

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA PEDAGOGICKÁ
KATEDRA VÝPOČETNÍ A DIDAKTICKÉ TECHNIKY

3D MODELOVÁNÍ VE VÝUCE NA ZÁKLADNÍCH ŠKOLÁCH
DISERTAČNÍ PRÁCE

Mgr. Jan Fadrhonc

Specializace v pedagogice, obor Informační a komunikační technologie ve vzdělávání

Školitel: prof. PaedDr. Jarmila Honzíková, Ph.D.

Plzeň 2021

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Mgr. Jan Fadrhonc

Název disertační práce: 3D modelování ve výuce na základních školách

Název disertační práce anglicky: 3D modeling in teaching in primary schools

Studijní program: Specializace v pedagogice

Studijní obor: Informační a komunikační technologie ve vzdělávání

Školitel: prof. PaedDr. Jarmila Honzíková, Ph.D.

Rok obhajoby: 2021

Klíčová slova v češtině: 3D modelování, vzdělávání, základní škola, prostorová představivost, kreativita

Klíčová slova v angličtině: 3D modeling, education, primary school, spatial imagination, creativity

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 18. srpna 2021

.....
vlastnoruční podpis

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval všem, co mě ve studiu podporovali, a tím umožnili vznik této práce. Především děkuji mojí školitelce prof. PaedDr. Jarmile Honzíkovej, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady. Mgr. Vladimíře Lovasové, Ph.D. děkuji za rady z oblasti psychologie. Dále děkuji všem kolegům z kateder KVD a KMT, kteří mě ve studiu podporovali a stávajícímu i minulému vedení katedry KVD za umožnění studia. Poděkování patří také mým blízkým za podporu a trpělivost.

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	7
ÚVOD	8
1 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ	9
1.1 VNÍMÁNÍ	9
1.1.1 Od vnímání k představivosti	10
1.2 PŘEDSTAVIVOST	11
1.2.1 Představivost pohledem pedagogů	11
1.2.2 Představivost pohledem psychologů	12
1.2.3 Shrnutí	12
1.3 PROSTOROVÁ PŘEDSTAVIVOST	13
1.3.1 Konstrukční představivost	15
1.3.2 Mentální rotace	15
1.4 SIMULACE, MODELOVÁNÍ A MODEL	16
1.4.1 Model	17
1.4.2 Modelování	19
2 3D MODELOVÁNÍ A 3D TISK V KONTEXTU STÁVAJÍCÍHO VZDĚLÁVÁNÍ	20
2.1 ZAŘAZENÍ 3D MODELOVÁNÍ DO VÝUKY	20
2.1.1 Matematika a její aplikace	20
2.1.2 Informační a komunikační technologie	22
2.1.3 Umění a kultura	23
2.1.4 Člověk a svět práce	23
2.1.5 3D modelování ve vztahu k inovaci technické výchovy	24
3 METODIKA VÝUKY 3D MODELOVÁNÍ PRO ZŠ	26
3.1 PRŮBĚH OVĚŘOVÁNÍ	27
3.2 POPIS METODIKY	28
3.3 STRUČNÝ POPIS ÚLOH	28
3.3.1 Teoretická a předváděcí část	29
3.3.2 Hrací kostka	29
3.3.3 Figurka	30
3.3.4 Věž	31
3.3.5 Váza	31
3.3.6 Hrnek	32
3.3.7 Džbánek	32
3.3.8 Krabička	33
3.3.9 Semafor	33
3.3.10 Domek	34
3.3.11 Auto	34
3.4 DALŠÍ ÚLOHY A ZHODNOCENÍ	35
3.5 MOŽNOSTI IMPLEMENTACE 3D TISKU DO VÝUKY	35
3.5.1 Výběr vhodné technologie	36
3.5.2 Základní princip 3D tisku s využitím technologie FDM	37
3.5.3 Využití 3D tisku v procesu výuky	38
4 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	40
4.1 KLÍČOVÉ OTÁZKY PŘEHLEDOVÉ STUDIE	41
4.1.1 Odpovědi na klíčové otázky přehledové studie	42
4.1.2 Jaké impulzy byly příčinou volby řešeného tématu?	42

4.1.3	Které pojmy jsou pro naše téma důležité?	43
4.1.4	Je stanovený výzkum možné provést a navazuje na nějaké předešlé?	43
4.1.5	Jakým způsobem probíhá výzkum našeho tématu v ČR?	43
4.1.6	Jakým způsobem probíhá výzkum našeho tématu ve světě?	44
4.1.7	Které publikace jsou u tohoto tématu považovány za klíčové?	44
4.2	VYHLEDÁVÁNÍ TEORETICKÝCH ZDROJŮ	44
4.2.1	Srovnávací tabulky vyhledávání teoretických zdrojů.	44
4.3	VYHLEDÁVÁNÍ V DATABÁZÍCH	46
4.4	KLÍČOVÁ SLOVA	46
4.4.1	Výskyt klíčových slov v databázích	48
4.4.2	Srovnávací tabulky vyhledávání v databázích	50
4.5	ZHODNOCENÍ PŘEHLEDOVÉ STUDIE	52
5	PILOTNÍ OVĚŘOVÁNÍ.....	54
5.1	LIMITY PILOTNÍHO OVĚŘOVÁNÍ	54
5.2	POUŽITÉ VÝZKUMNÉ METODY	55
5.3	PRŮBĚH A VÝSLEDKY TESTOVÁNÍ	56
5.3.1	Porovnání skupin v 6. třídě	58
5.3.2	Porovnání 7. a 8. třídy, 9. a 8. třídy	60
5.3.3	Zhodnocení porovnání hodnot v oblasti prostorové představivosti	63
5.4	PRIMÁRNÍ VÝSLEDEK PILOTNÍHO OVĚŘOVÁNÍ	63
5.5	DISKUZE VÝSLEDKŮ.....	66
6	REALIZACE PRIMÁRNÍHO VÝZKUMU	69
6.1	POUŽITÉ VÝZKUMNÉ METODY	70
6.1.1	Urbanův figurální test tvořivého myšlení	70
6.1.2	Modifikovaný test tvořivého myšlení	72
6.1.3	Modifikovaná škála Urbanova testu	74
6.2	VÝZKUMNÝ VZOREK.....	80
6.3	LIMITY VÝZKUMU	80
6.4	VÝZKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY.....	81
6.5	PRŮBĚH VÝZKUMU	83
6.6	VÝSLEDKY VÝZKUMU.....	84
6.6.1	Pozorování	84
6.6.2	Vyhodnocení jednotlivých kategorií	84
6.6.3	Tvorba dle zadání.....	109
6.6.4	Kreativita modelů	110
6.6.5	Hodnocení modelů dle prostorové představivosti.....	111
6.6.6	Shrnutí a diskuze.....	112
	ZÁVĚR.....	114
	RESUMÉ V ČESKÉM JAZYCE	115
	SUMMARY IN ENGLISH.....	116
	SEZNAM LITERATURY	117
	PŘEHLED PUBLIKAČNÍ ČINNOSTI	121
	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ	123

SEZNAM ZKRATEK

RVP ZV: Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání;

ŠVP: školní vzdělávací program;

NÚV: Národní pedagogický institut;

WoS: Web of Science;

3D: trojrozměrný, neboli prostorový;

HS: hrubé skóry dosažené při testování;

PL: testové úlohy zaměřené na výběr obrazců;

SP: testové úlohy zaměřené na práci s kostkami;

MA: testové úlohy zaměřené na práci s maticemi.

Úvod

V době výběru tématu disertační práce se začala technologie 3D tisku dostávat do povědomí široké veřejnosti. Ruku v ruce s popularizací 3D tisku šla i popularizace samotného 3D modelování. Rozvoj běžně dostupných moderních technologií by měl být spjat s rozšířením výuky v oblasti informačních a komunikačních technologií a zároveň v oblasti technického vzdělávání. Právě odhalení možností implementace výuky 3D modelování do základních škol je hlavním cílem disertační práce.

3D modelování je poměrně složitý proces, na který se můžeme dívat hned z několika úhlů pohledu. Proto se v první kapitole seznámíme se základními pojmy z oblasti informatiky, pedagogiky a psychologie.

Druhá kapitola seznámí čtenáře s možnostmi zařazení výuky 3D modelování s prvky 3D tisku do výuky na základní školy. Budeme v ní analyzovat stávající hlavní kurikulární dokument českého vzdělávání – Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání.

Ve třetí kapitole bude čtenář stručně seznámen s vytvořenou metodikou 3D modelování. Ta obsahuje popis jejího ověřování, stručný popis jednotlivých úloh a technologií 3D tisku včetně výběru té nevhodnější pro implementaci do výuky na základních školách.

V kapitole Současný stav řešené problematiky bude čtenář seznámen s přehledovou studií, která obsahuje klíčové otázky, popis procesu vyhledávání teoretických zdrojů dle klíčových slov a výsledky vyhledávání se srovnávacími tabulkami zdrojů.

Výsledky pilotního ověřování jsou popsány v kapitole páté. Tento předvýzkum byl zaměřen na zkoumání vlivu výuky 3D modelování dle vytvořené metodiky na prostorovou představivost. Ta byla u žáků základní školy testována pomocí části testu figurální inteligence z Testu struktury inteligence I-S-T 2000 R Rudolfa Amthauera (2005).

V závěrečné šesté kapitole je představena realizace primárního výzkumu zabývající se implementací vytvořené metodiky výuky 3D modelování v kontextu prostorové představivosti a kreativity. Respondenty vytvořený 3D model je hodnocen v několika kategoriích dle námi modifikovaného Urbanova figurálního testu tvořivého myšlení.

1 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ

V oblasti 3D modelování ve výuce na základních školách se budeme setkávat s pojmy z oblasti pedagogiky a psychologie, v našem případě se zaměříme na proces vnímání, představivost a prostorovou představivost. Tyto dvě vědní disciplíny mají mnohdy odlišný pohled na výklad jednotlivých pojmů. Proto si je nejen přiblížíme, ale u některých budeme nuceni provést i transformaci, jakým způsobem budou pojmy vnímány v kontextu námi řešené problematiky. Z hlediska informatiky se dále zaměříme na pojmy spojené s problematikou modelování.

1.1 VNÍMÁNÍ

Základem a předpokladem vnímání jsou podle Nakonečného (2015) senzorní procesy označované jako čítí, tj. procesy probíhající ve smyslových orgánech. Tyto procesy dodávají do mozku, fyziologického centra vnímání, smyslová data, z nichž se v mozkové kůře pomocí její analogicko-systematické činnosti vytvářejí vjemy. Vnímání lze tak chápat jako proces organizace smyslových dat do určitých struktur, které odrážejí objekty a události ve vnějším světě, jejich vlastnosti a vztahy. Není to pouhá skladba počitků, jako například barva, tvar, váha a další vlastnosti nějakého objektu, který vidíme a držíme v ruce, nýbrž specifický mentální celek, který jako celek vnímáme, můžeme s ním někdy také manipulovat a označit je slovy.

Vnímání chápeme podle Holečka, Miňhové a Prunnera (2007) jako poznávací proces, který slouží k tvorbě vjemů odrazem souhrnu vlastností: Biologicky účelná reakce organismu na situaci je podmíněna rozpoznáním vlastností a vztahu objektu v prostředí. Základní vývojovou formou orientace subjektu je vnímání. Tento poznávací proces je spojen s bezprostředním působením smyslových podnětů a zahrnuje řadu procesů, majících jak dílčí, tak celostní funkci. Vnímání je zároveň procesem příjmu a zpracování informací. Psychologicky jde o aktivní centrální a konstruktivní proces vytváření mentálních obsahů zvaných vjemy pomocí senzorních dat, ve kterém integrují vrozené činitele a učení. Vjemy jsou nejen transformovanými senzorními daty, ale také nositeli významů. Podle těchto autorů je vnímání úzce spojeno s předmětnou činností a s pamětí. Na jeho průběhu se podílejí emoční i motivační procesy, hodnotové soustavy a očekávání, které jsou součástí individuální zkušenosti. Při procesu poznávání zapojuje najednou více analyzátorů. Tuto součinnost analyzátorů při odrážení vnějšího světa nazýváme vnímání

a výsledek procesu vnímání nazýváme vjem. Vjem je tedy odrazem souhrnu vlastností těch předmětů a jevů, které momentálně působí na naše analyzátoři. Ve vjemech se proto předměty a jevy odrážejí jako celky.

Vnímání můžeme chápat jako proces, pro který jsou základem senzomotorické schopnosti člověka, ať již je to zrak, sluch, čich, chuť nebo hmat. Kvalita těchto sensorů do značné míry ovlivňuje celý proces. V rámci řešení naší problematiky žáci pracují s virtuálním 3D modelem v 3D prostředí. Při 3D modelování žáci vytváří 3D model ve virtuálním prostředí. Interakce žáků s prostředím, které se zobrazuje na monitoru, je závislé zejména na kvalitě zraku. Pokud se bude operovat v učebním procesu s žáky se sníženou schopností tohoto sensorického smyslu, může být práce s těmito žáky velmi obtížná nebo dokonce nemožná. Mimo cití se při vytváření vjemů uplatňují též další činitelé jako osobní zkušenost (Plous, 1993), která vjem dává do určitých kontextů a prostředí ve kterém vjem vzniká. V mozkové kůře proběhne následně syntéza těchto informací a vytvoří se ucelený vjem. Osobní zkušeností může v našem případě být předchozí výuka obdobných témat, jako počítačová grafika či geometrie nebo již nabitě schopnosti v oblasti zacházení s PC. Mimo základních vlastností objektu jsou i další činitelé ovlivňující výsledek procesu vnímání. Pokud jsou tyto vlivy negativní, může docházet k vynechání důležitých vlastností u vytváření vjemů, nebo v případě spojení s nějakou negativní emocí může dokonce dojít k „vytěsnění z paměti“. Mezi negativní vlivy můžeme zařadit například prostředí (ruchy, hluk), aktuální stav jedince (zranění, nemoc), napjatou sociální atmosféru, nebo pro žáka nezajímavou výuku (Holeček, Miňhová & Prunner, 2007). Proto je nutné při jakékoliv výuce nastavit optimální prostředí ve třídě, žáky motivovat v probírané problematice a navodit přátelskou atmosféru.

1.1.1 OD VNÍMÁNÍ K PŘEDSTAVIVOSTI

Návaznost vnímání a představivosti je jasná. Můžeme jí demonstrovat na příkladu. Ve výuce 3D modelování mají žáci za úkol vytvořit model hrací kostky. Vycházíme z toho, že žák druhého stupně již ví, co je to hrací kostka. Z tohoto důvodu musel u žáka proběhnout poznávací proces zpracovávající vlastnosti kostky. Tento proces poznávání se označuje jako vnímání. Žák se již dříve setkal s hrací kostkou, držel kostku v ruce, pozoroval jí, házel s ní, možná i dřevěnou hrací kostku strčil do pusy a ochutnal jí.

Žák využil celou řadu smyslů pro její analýzu. V mysli žáka se posléze utvořil ucelený obraz kostky. Pro připomenutí, nebyl to jen souhrn vlastností a parametrů, které kostka má, ale záleželo též na situaci a prostředí, ve kterém se žák i kostka nacházela. Mimo situace se též uplatní jeho předchozí zkušenost. Pokud již v té době uměl počítat, věděl, že na každé straně je určitý počet teček, které představují čísla. Žák také pravděpodobně věděl, že se hrací kostky používají v různých hrách, proto zná její určení. Všechny tyto informace z receptorů, pocity z prostředí a podobně se spojí právě ve vjem. Při tvorbě modelu kostky musí tento vjem žák vyvolat z paměti, pracovat s ním, transformovat jej do virtuálního prostředí, v tuto chvíli již dochází k procesu obrazotvornosti – představivosti. Tyto procesy na sebe úzce navazují a do jisté míry se překrývají.

Zjednodušeně můžeme říci, že proces vnímání je určitou vstupní informací, kterou dále zpracováváme v procesu představivosti.

1.2 PŘEDSTAVIVOST

Představivost jako taková je pro nás důležitá zejména proto, že je nadřazeným pojmem prostorové představivosti. Ve většině odborné literatury se představivost chápe jako určitá schopnost (Perný, 2004). Vzhledem ke komplexnosti pojmu se obecně na tuto problematiku nahlíží poněkud odlišně, a to ze dvou pohledů. Nejprve si popíšeme pedagogický pohled, jenž bude následován psychologickým. Tyto pohledy bude následovat shrnutí.

1.2.1 PŘEDSTAVIVOST POHLEDEM PEDAGOGŮ

Nejprve se zaměříme na to, jak na představivost pohlížejí pedagogové. Pedagogický slovník uvádí, že představivost chápeme jako základní psychickou funkci, jež zajišťuje možnost aktuálního psychického zpřístupnění jevů, jež nejsou de facto přítomny, a to jak ve smyslu rekonstruujícím, tj. ve smyslu nového vyvolání již známých podnětů z minulosti, tak ve smyslu konstruktivním, invenčním, tj. z hlediska tvorby originálních, pouze na představách založených a de facto dosud neexistujících produktů. Představivost je vázána na ostatní psychické funkce a procesy a je integrovanou součástí systému psychiky (Průcha, 1998).

Dle T. A. Il'jinové (1972) pedagogika chápe představivost spíše jako produkt intelektuální aktivity žáka, kterou se snažíme pozitivně ovlivňovat výchovně-vzdělávacím procesem.

Představivost žáka se utváří v jeho studijní činnosti pod vlivem požadavků. Bezprostřední dojmy také ovlivňují a rozvíjí představivost. Především se zdokonaluje rekonstrukční představivost, spojená s představou spíše vnímaného materiálu, předmětu, jevu. Představy žáků přitom neztrácejí na živosti, jasnosti a konkrétnosti, ale jsou stále realističtější, stále věrnější, odrážejí obsah vyučovaných předmětů, přečtených knih, přestávají být nesouvislé. Taktéž se rozvíjí i tvořivá představivost jako vytváření nových obrazů přetvářením dojmů minulé zkušenosti. I tady začínají být obrazy reálnější, tlumí se bezuzdná fantazie stojící mimo zákony logiky. V představivosti žáka se častěji tvoří obrazy odpovídající skutečnosti.

1.2.2 PŘEDSTAVIVOST POHLEDEM PSYCHOLOGŮ

V. Uherčíková (1999) uvádí, že představivost v běžném životě chápeme jako schopnost vytvářet si představy. Představa je potom obraz vytvořený v mysli na základě skutečnosti.

Představivost (Kelnarová & Matějková, 2010) je psychický děj, který vede k vzniku paměťových představ, které jsou mentálními prezentacemi předcházejícího vjemu. Představy mají tendenci se asociovat a při jejich vybavování tak často naskočí nejenom aktuální představa, ale i další, které jsou s touto propojené.

Psychologie uvádí dva druhy představivosti. Reprodukční představivost je vytváření představ na základě slovního popisu, textu, náčrtu, schématu apod., tvůrčí představivost je vytváření úplně nových originálních obrazů na základě spojování představ či různých jejích částí dříve získaných. Pro úplnost budiž dodáno, že představa je názorný obraz něčeho, co v daném okamžiku nepůsobí na naše receptory (Čáp, 1993). Představivost, která je zdrojem myšlení a tvoření, lze nazvat obrazotvorností. Pokud bychom měli specifikovat druhy představivosti, jedná se o představivost matematickou, geometrickou a prostorovou (Pelikán, 1998).

1.2.3 SHRNUÍ

Podle těchto definic, jak z psychologie, tak z pedagogiky, můžeme představivost chápat jako vytváření „obrazu“ určitých skutečností (pojmu, jevu, objektu) v mysli člověka. Tento „obraz“ je dále zpracováván, jsou na něj navázány další příbuzné abstrakce, což může vést až k vytvoření nového zcela originálního „obrazu“. Ten by pak mohl být transformován až do reálného světa či virtuálního ztvárnění.

1.3 PROSTOROVÁ PŘEDSTAVIVOST

Prostorová představivost je rozsáhle rozpracovaná oblast, obzvláště v zahraniční literatuře. Tento pojem často splývá s pojmem prostorová orientace, jinými slovy rozdíl mezi „spatial imagination“ a „spatial orientation“ bývá chápán v některých případech odlišně. Tyto pojmy samozřejmě úzce souvisí, ale v našem výzkumu operujeme zejména s prostorovou představivostí (spatial imagination). Jde nám hlavně o vztah objektu (reálnému nebo jeho obrazu) v jeho prostředí a vnímání těchto součinitelů člověkem. Vztah člověka k prostoru, kterým je obklopen a jak se v něm orientuje, v zásadě nezkoumáme.

S pojmem prostorové představivosti se setkáváme v odborných publikacích poměrně často, tento pojem je definován různě. Např. v psychologii je chápána jako součást figurální inteligence, kterou můžeme chápat jako schopnost zacházet s tvarově-obrazným materiálem, včetně manipulace s dvojrozměrnými i trojrozměrnými obrazy. Kromě schopnosti zachytit plošné a prostorové proporce představuje figurální inteligence i schopnost nacházet mezi obrazy logické souvislosti (Amthauer, 2005).

H. Gardner (1999) vymezuje inteligenci jako „schopnost řešit problémy nebo vytvářet produkty, které mají v jednom nebo více kulturních prostředcích určitou hodnotu“. Rozlišuje tyto základní druhy inteligencí: jazyková inteligence – jako schopnost používat jazyk, řeč a písmo k přesvědčování, vysvětlování, zapamatování apod., hudební inteligence – jako schopnost vnímat, uchovávat, reprodukovat a vytvářet melodii vyjádřenou tónem, rytmem a ténbr (barvu zvuku), logicko-matematická inteligence – jako schopnost získávat, zvládat a používat logické a matematické znalosti, přičemž vývoj probíhá od senzomotorického stádia přes konkrétní operace až k formálním operacím, prostorová inteligence – jako schopnost zajišťující přesné vnímání vizuálního světa, umožňující transformovat a modifikovat původní vjemy a vytvářet z vlastní vizuální zkušenosti myšlenkové představy, i když už žádné vnější podněty nepůsobí, tělesně-pohybová inteligence – jako schopnost řízení pohybů vlastního těla a obratné zacházení s předměty, intrapersonální inteligence – jako schopnost najít přístup sám k sobě, k vlastnímu citovému životu, interpersonální inteligence – jako schopnost najít přístup k jiným lidem, všimnout si jiných jedinců a rozlišovat mezi nimi.

Jádrem prostorové inteligence jsou podle H. Gardnera (1999) schopnosti, které zajišťují přesné vnímání vizuálního světa, umožňují transformovat a modifikovat původní vjemy a vytvářejí z vlastní vizuální zkušenosti myšlenkové představy, i když už žádné vnější podněty nepůsobí. Díky těmto schopnostem může člověk konstruovat různé tvary, nebo s nimi manipulovat. Schopnosti, které tvoří prostorovou inteligenci, nejsou zcela jistě identické: někdo může mít velmi přesné zrakové vnímání, a přitom nedokáže nakreslit, vybavit si ani transformovat imaginární svět, a naopak stupeň rozvoje prostorové inteligence není svázán bezpodmínečně se zrakovou zkušeností. S tím úzce souvisí i závěr H. Gardnera (1999): pojmenovat přetáčená tělesa a vystihnout slovně jejich postavení je velmi obtížné, snazší je vyřešit úkol pomocí inteligence prostorové. Prostorová inteligence se skládá z většího počtu volně souvisejících schopností, ty nejdůležitější jsou: 1. schopnost rozpoznat stejnou formu, 2. schopnost transformovat jednu formu do formy druhé, nebo rozpoznat, že k takové transformaci došlo, 3. schopnost vytvářet mentální představy a pak tyto představy transformovat, 4. schopnost grafického záznamu prostorových informací.

A. Šarounová (1991) definuje prostorovou představivost jako soubor schopností, které se týkají představ o prostoru, tvaru a vzájemných vztazích mezi tělesy, mezi předměty a námi a též o prostorových vztazích mezi jednotlivými částmi našeho těla. Podle L. Rumanové (2011), je prostorová představivost schopnost představovat si vlastnosti geometrických trojrozměrných předmětů, jejich tvar (podoba těles), polohu, velikost a umístění v prostoru.

Prostorová představivost je důležitá pro každého z nás, neboť se všichni pohybujeme v trojrozměrném prostoru. Je to dovednost vybavovat si (Pelikán, 1998) dříve viděné objekty, jejich vlastnosti, polohu, prostorové vazby, dříve nebo v daném okamžiku viděné objekty, které jsou vnímány v jiné vzájemné poloze, než v jaké byly vnímány původně, objekt v prostoru na základě rovinného obrazu, neexistující reálný objekt v trojrozměrném prostoru na základě jeho slovního popisu. Každý z nás má určitou míru představivosti, kterou je třeba neustále rozvíjet. K rozvoji představivosti přispívá značnou mírou i technická výchova, která nabízí možnost aplikovat představivost v reálné tvorbě (Honzíková, 2008).

Můžeme konstatovat, že prostorová představivost vychází z představivosti a dále tuto problematiku konkretizuje a vymezuje. Lze tedy uvést, že prostorová představivost je schopnost (či druh inteligence) umožňující nám zacházet s objekty (tělesy, předměty) v prostoru; a to v představách, v reálném či virtuálním světě a hledat mezi nimi vzájemné souvislosti, pomocí prostorové představivosti můžeme tyto objekty dále upravovat či vytvářet nove.

1.3.1 KONSTRUKČNÍ PŘEDSTAVIVOST

V kontextu zkoumání kreativity v technických oborech se můžeme setkat s pojmem konstrukční tvořivost či představivost. Tento pojem však v rámci české odborné literatury není zcela jasně ukotven. V zahraniční literatuře se setkáváme s obdobným pojmem „design creativity“.

V české literatuře se můžeme setkat s používáním ještě konkrétnějšího využití tohoto termínu z hlediska využití kreativity v různých prostředích, tedy konkrétněji se jedná o plošnou a prostorovou konstrukční kreativitu (Kořátková, 2005).

V rámci výuky 3D modelování bychom mohli mluvit dokonce o virtuální konstrukční tvořivosti, neboť veškeré 3D modelování v rámci metodiky probíhá ve virtuálním 3D prostoru.

1.3.2 MENTÁLNÍ ROTACE

V předvýzkumu využíváme testy založené na zkoumání schopnosti mentální rotace, proto stručně vymezíme i tento pojem.

Mentální rotaci se věnoval R. N. Sheppard a J. Metzler (1971). Prováděli experimenty za pomoci obrázků, na kterých byly trojrozměrné geometrické tvary. Vycházeli z představy, že stejně, jak lze manipulovat s reálnými předměty, tak lze manipulovat obdobným způsobem i s mentálními představami daných objektů. Z jejich výzkumu vyplynulo, že doba, za kterou odpovídali, je tím větší, čím větší byl úhel mentální rotace objektem, jedná se tedy o lineární funkci. Stanovili též definici: Mentální rotace představuje schopnost otáčet mentální obraz dvourozměrných a trojrozměrných objektů stejně jako vizuální reprezentaci takovéto rotace v lidské mysli.

Steven G. Vandenberg a Allan R. Kuse (1978) provedli výzkum založený na původním výzkumu schopnosti mentální rotace R. N. Shepard a J. Metzler (1971). Jejich testování

bylo založeno na dvourozměrných kresbách trojrozměrných objektů. Každý z těchto obrazů byl pomocí počítače zobrazován na osciloskopu v různých orientacích otočených podle svislé osy. Tento výzkum odhalil významný rozdíl mezi schopností mentální rotace mezi muži a ženami, přičemž muži měli lepší výsledky. Byla též zjištěna souvislost s testy prostorové vizualizace, ale nebyla prokázána přímá souvislost s verbální schopností.

Pro měření schopností v oblasti prostorové představivosti se využívají nejčastěji testy na mentální rotaci, která samozřejmě není ve vztahu ekvivalentním. Mohli bychom říct, že mentální rotace je jedním ze základních předpokladů pro proces prostorové představivosti. Proto i v našem předvýzkumu jsme se rozhodli využít testy založené na mentální rotaci.

1.4 SIMULACE, MODELOVÁNÍ A MODEL

Vzhledem k zaměření naší práce a metodiky výuky je pro nás nezbytné přiblížit si pojmy model a modelování, společně s těmito pojmy se v odborné literatuře často uvádí pojem simulace. Při simulaci bereme již vytvořený model a uvádíme jej „do pohybu“ a sledujeme jeho chování v různých situacích. Někdy může být smysluplné zabývat se pouze jednou z těchto činností, např. sochu můžeme chápat jako model, se kterým neděláme simulace, simulace dopravních nehod můžeme provádět s reálnými auty (Pelánek, 2011).

V rámci řešené problematiky se zabýváme zejména tvorbou 3D modelů samotných a případné simulace nikterak nevyužíváme, proto se zaměříme na vymezení pojmů model a modelování.

Na jednoduchou otázku, co je model a modelování neexistuje jednoznačná nebo dokonce jednoduchá odpověď. Vždy se s těmito termíny operuje v rámci řešené problematiky, a ne vždy zcela adekvátně.

Slova model a modelovat byla v posledních desetiletích používána tak často, a tak nezodpovědně, že ztratila téměř všechn význam. Tento proces proběhl i v řadě vědeckých oblastí, a tak dnes nemá metodologie vědy ve věci termínu „modelování“ vůbec jasno. Neexistuje všeobecně přijatá definice a mezinárodní odborné akce spíše „mapují“, co vše se pod tímto termínem rozumí (Křivý & Kindler, 2001).

1.4.1 MODEL

Slova „model“ se používalo v běžné řeči nejprve pro předlohu. V odborném jazyku doby před simulací a virtuální realitou zůstal z této praxe termín „funkční model“, a to pro první exemplář navrženého výrobku, který pracuje tak, jak by výrobek pracovat měl, přestože jiné vlastnosti výrobku (např. estetické) tento exemplář ještě nemá (Křivý & Kindler, 2001).

Vymezení pojmu modelu jako synonymum pro prototyp, je v rámci tématu naší práce velmi příhodné, obzvláště v kontextu navrhnutí prototypu pomocí 3D modelování a následného 3D tisku. Tento postup se běžně využívá v různých technických a uměleckých odvětvích. I žáci základních škol vybavených 3D tiskárnami si mohou tento proces návrhu prototypu vyzkoušet.

Přes mnohoznačnost pojmu model jej můžeme charakterizovat jako zjednodušenou formu zobrazení zkoumaného úseku reality. Model je sestaven podle určitých pravidel, která dovolují napodobovat chování a vlastnosti zobrazované reality. Model je nejen prostředkem získávání poznatku, ale pomocí modelu je také možno rozvinout teorii určité oblasti. Konstrukce modelu a pravidla této konstrukce jsou většinou vázána na řešení konkrétních úloh teoretického i praktického rázu (Briš & Litschmannová, 2008).

Model, jak již bylo uvedeno, má nejednoznačné vymezení, různé obory si jej vykládají dle jejich zaměření a dochází tak i k samotnému zkreslení jeho celkového významu. Obecně však můžeme říct, že je jakýmsi obrazem (formou zobrazení) reálného. Tento obraz je zjednodušený dle jeho následného využití. Toto zjednodušení zanedbává nepodstatné prvky dle cíle jeho využití.

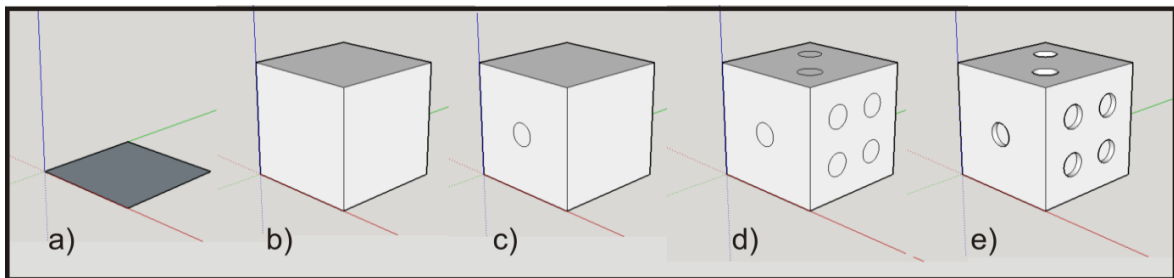
V naší práci budeme uvažovat o modelu jako o obrazu skutečného objektu, tento obraz je tvořen na základě obrazové, tvarové a funkční podobnosti. Jeho zjednodušení spočívá v zanedbání nepodstatných vlastností vzhledem k řešení dané úlohy.

Například při řešení první úlohy – tvorba hrací kostky, kdy je úloha je primárně zaměřená na orientaci ve virtuálním prostředí a seznámení s jeho funkcemi. V této úloze žáci společně s vyučujícím vytváří tento model na základě tvarové podobnosti, jedná se o krychli. Hrací kostka musí mít též zajištěnou funkčnost, která spočívá v tvorbě důlku

pro zobrazení čísel. Zjednodušení spočívá v tom, že pro nás není důležitý rozměr kostky, zaoblení stran či zaoblení důlků. Výběr barvy, případně textury je pak na každém žákovi.

Při správném zhotovení modelu každý vizuálně dokáže daný objekt identifikovat – ano, je to hrací kostka. Při případném vytištění na 3D tiskárně pak bude plnit i její základní funkci, která samozřejmě bude ovlivněna jejím zjednodušením (když pomíneme technologii výroby), tedy nebude se s ní tak dobře házet, neboť bude mít ostré hrany, ale výukový účel byl splněn.

Obrázek 1: *Tvorba modelu hrací kostky.*



V případě, že bychom chtěli virtuální 3D model nějakým způsobem klasifikovat a říci o jaký typ modelu se jedná, čeká nás opět nelehký úkol. Podíváme-li se na základní členění modelů podle (Pelánek, 2011), tak rozlišujeme následující typy modelů.

- Mentální modely
- Fyzické modely
- Matematické modely
- Výpočetní modely

Kam tedy naše modely zařadit? Zjednodušeně řečeno **mentální modely** úzce souvisí s představivostí, jsou v podstatě základem pro tvorbu ostatních typů modelů. **Fyzické modely** souvisí se snadnější fyzickou vizualizací, mezi ně můžeme zařadit hračky, výukové modely dějů či principů, modely budoucích (prezentace návrhu) či dávno minulých budov a objektů, modely interiéru atd. **Matematické modely** tvoří rovnice, které popisují stav světa pomocí vztahu proměnných či diferenciálních rovnic. **Výpočetní modely** se zkoumají přímo simulací, tato simulace vzniká na základě výpočtů či kódu v programu.

Přestože virtuální 3D model není nic hmatatelného, cíle jsou v kontextu naší práce v podstatě obdobné jako u fyzických modelů, a to zaměření na vizualizaci. Mohli bychom

ale také najít prvky matematických modelů, neboť ve své podstatě jsou námi tvořené 3D modely zapisovány pomocí matematických zápisů obdobně jako u vektorové grafiky.

1.4.2 MODELOVÁNÍ

Modelování budeme v užším smyslu zaměření práce chápat jako proces tvorby virtuálních 3D modelů, na které budou aplikovány principy zjednodušení nepodstatných vlastností vzhledem k cíli řešeného problému. Zachována však musí být základní funkční a vizuální podobnost.

Modelování je tvůrčí lidská činnost spočívající v idealizaci a zjednodušení dějů reálného světa. Většina autorů se shoduje v tom, že model musíme chápat jako určitou formu zobrazení skutečnosti. Rozdílly jsou pouze v tom, jaká je modelována skutečnost, jaké jsou modelovací prostředky a k jakému účelu model slouží (Briš & Litschmannová, 2008).

2 3D MODELOVÁNÍ A 3D TISK V KONTEXTU STÁVAJÍCÍHO VZDĚLÁVÁNÍ

V této kapitole se zaměříme nejprve na možnost začlenění výuky 3D modelování do stávajícího konceptu vzdělávání. Provedeme analýzu rámcově vzdělávacího programu pro základní vzdělávání (RVP), určíme v něm vhodné předměty a následně tematické okruhy, ve kterých by mohla být výuka realizována. Následně si popíšeme základní technologie 3D tisku a určíme tu nejvhodnější pro podporu výuky 3D modelování na základních školách.

2.1 ZAŘAZENÍ 3D MODELOVÁNÍ DO VÝUKY

Pro zařazení 3D modelování do výuky musíme analyzovat závazný rámec vzdělávání obsažený v RVP. RVP je rozděleno do několika částí, pro nás bude klíčová **Část C**, kde se vyskytují **Vzdělávací oblasti**. Vzhledem jejich obsahu se zaměříme pouze na následující oblasti: **Matematika a její aplikace, Informační a komunikační technologie, Umění a kultura a Člověk a svět práce**.

2.1.1 MATEMATIKA A JEJÍ APLIKACE

Ve vzdělávací oblasti **Matematika a její aplikace** jsme si nejprve prošli náplň všech tematických okruhů, poté jsme vybrali ty, které mají spojitost s výukou 3D modelování. Matematika je rozdělená na čtyři tematické okruhy, a to

první stupeň:

- Číslo a početní operace;
- Závislosti, vztahy a práce s daty;
- **Geometrie v rovině a prostoru;**
- Nestandardní aplikační úlohy a problémy.

Druhý stupeň:

- Číslo a proměnná,
- Závislosti, vztahy a práce s daty,
- **Geometrie v rovině a prostoru,**
- Nestandardní aplikační úlohy a problémy.

Vzhledem k obsahu se blíže podíváme pouze na **Geometrii v rovině a prostoru**, a to pro první i druhý stupeň. Podívejme se tedy na očekávané výstupy pro první stupeň (NÚV,

2017). Identifikační kód uvádí v prvním písmenu obor, následuje označení ročníku, číslo okruhu a pořadí v očekávaném výstupu.

- **M-3-3-01** rozezná, pojmenuje, vymodeluje a popíše základní rovinné útvary a jednoduchá tělesa; nachází v realitě jejich reprezentaci
- **M-3-3-02** porovnává velikost útvarů, měří a odhaduje délku úsečky
- **M-3-3-03** rozezná a modeluje jednoduché souměrné útvary v rovině
- **M-5-3-01** narýsuje a znázorní základní rovinné útvary (čtverec, obdélník, trojúhelník a kružnici); užívá jednoduché konstrukce
- **M-5-3-02** sčítá a odčítá graficky úsečky; určí délku lomené čáry, obvod mnohoúhelníku sečtením délek jeho stran
- **M-5-3-03** sestrojí rovnoběžky a kolmice
- **M-5-3-04** určí obsah obrazce pomocí čtvercové sítě a užívá základní jednotky obsahu
- **M-5-3-05** rozpozná a znázorní ve čtvercové síti jednoduché osově souměrné útvary a určí osu souměrnosti útvaru překládáním papíru

Pro druhý stupeň jsou očekávané výstupy (NÚV, 2017):

- **M-9-3-01** zdůvodňuje a využívá polohové a metrické vlastnosti základních rovinných útvarů při řešení úloh a jednoduchých praktických problémů; využívá potřebnou matematickou symboliku
- **M-9-3-02** charakterizuje a třídí základní rovinné útvary
- **M-9-3-03** určuje velikost úhlu měřením a výpočtem
- **M-9-3-04** odhaduje a vypočítá obsah a obvod základních rovinných útvarů
- **M-9-3-05** využívá pojem množina všech bodů dané vlastnosti k charakteristice útvaru a k řešení polohových a nepolohových konstrukčních úloh
- **M-9-3-06** načrtne a sestrojí rovinné útvary
- **M-9-3-07** užívá k argumentaci a při výpočtech věty o shodnosti a podobnosti trojúhelníků
- **M-9-3-08** načrtne a sestrojí obraz rovinného útvaru ve středové a osově souměrnosti, určí osově a středově souměrný útvar
- **M-9-3-09** určuje a charakterizuje základní prostorové útvary (tělesa), analyzuje jejich vlastnosti
- **M-9-3-10** odhaduje a vypočítá objem a povrch těles
- **M-9-3-11** načrtne a sestrojí síť základních těles
- **M-9-3-12** načrtne a sestrojí obraz jednoduchých těles v rovině
- **M-9-3-13** analyzuje a řeší aplikační geometrické úlohy s využitím osvojeného matematického aparátu

Na základě těchto očekávaných výstupů můžeme tvrdit, že výuka 3D modelování může být do výuky matematiky bez problému začleněna, a to nejen jako prostředek pro tvorbu rovinných útvarů a těles, ale i jako prostředek pro rychlejší vizualizaci a zjišťování rozměrů. Přímo o základech modelování se RVP zmiňuje již na prvním stupni v očekávaných výstupech **M-3-3-01** a **M-3-3-03**.

2.1.2 INFORMAČNÍ A KOMUNIKAČNÍ TECHNOLOGIE

Ve vzdělávací oblasti informační a komunikační technologie se nachází dohromady 5 tematických okruhů.

Tři pro první stupeň:

- Základy práce s počítačem;
- Vyhledávání informací a komunikace;
- Zpracování a využití informací.

A dva pro druhý stupeň:

- Vyhledávání informací a komunikace;
- Zpracování a využití informací.

Vzhledem k obsahu pro nás bude zajímavý pouze tematický okruh **Zpracování a využití informací**, a to v obou stupních ZŠ, protože obsahuje následující očekávané výstupy.

- **ICT-5-3-01** pracuje s textem a obrázkem v textovém a grafickém editoru
- **ICT-9-2-01** ovládá práci s textovými a grafickými editory i tabulkovými editory a využívá vhodných aplikací
- **ICT-9-2-05** zpracuje a prezentuje na uživatelské úrovni informace v textové, grafické a multimediální formě

Pokud se podíváme pozorně, najdeme i zde návaznost na 3D modelování, neboť 3D modelování probíhá pomocí grafického editoru. Základy ovládní 3D modelovacího grafického programu lze tedy učit jak na prvním, tak na druhém stupni v hodinách informatiky.

2.1.3 UMĚNÍ A KULTURA

Ve vzdělávací oblasti umění a kultura jsme se zaměřili, z pochopitelného důvodu, na analýzu pouze Výtvarné výchovy. Ta je rozdělená na dva celky, a to první a druhý stupeň.

V očekávaných výstupech pro první stupeň najdeme zmínku dokonce i o modelování. Jakým způsobem bude toto modelování uchopeno, je samozřejmě na daném učiteli a příslušném ŠVP.

- **VV-5-1-02** užívá a kombinuje prvky vizuálně obrazného vyjádření ve vztahu k celku: v plošném vyjádření linie a barevné plochy; v objemovém vyjádření **modelování** a skulpturální postup; v prostorovém vyjádření uspořádání prvků ve vztahu k vlastnímu tělu i jako nezávislý model

Další možné zařazení 3D modelování můžeme najít v očekávaném výstupu pro druhý stupeň, kde se používá pojem počítačová grafika v kontextu vizualizací.

- **VV-9-1-03** užívá prostředky pro zachycení jevů a procesů v proměnách a vztazích; k tvorbě užívá některé metody uplatňované v současném výtvarném umění a digitálních médiích – **počítačová grafika**, fotografie, video, animace

Ve výtvarné výchově můžeme učit žáky 3D modelovat jak na prvním, tak na druhém stupni.

2.1.4 ČLOVĚK A SVĚT PRÁCE

Člověk a svět práce je poměrně unikátní vzdělávací oblast, protože na druhém stupni nejsou všechny tematické okruhy povinné. Školy si vybírají minimálně jeden tematický okruh k jednomu povinnému, což je Svět práce.

Tematické okruhy pro první stupeň:

- Práce s drobným materiálem;
- Konstrukční činnosti;
- Pěstitelské práce;
- Příprava pokrmů.

Volitelné tematické okruhy pro výběr k povinnému Svět práce:

- Práce s technickými materiály;
- Design a konstruování;
- Pěstitelské práce, chovatelství;
- Provoz a údržba domácnosti;
- Příprava pokrmů;
- Práce s laboratorní technikou;
- Využití digitálních technologií.

Po prozkoumání těchto okruhů jsme našli provázanost s **Design a konstruování**, kde jsou následující očekávané výstupy:

- **ČSP-9-2-01** sestaví podle návodu, náčrtu, plánu, jednoduchého programu daný model
- **ČSP-9-2-02** navrhne a sestaví jednoduché konstrukční prvky a ověří a porovná jejich funkčnost, nosnost, stabilitu aj.

V nich se hovoří o tvorbě modelu v jednoduchém programu a návrhu a sestavování jednoduchých konstrukčních prvků, což zcela přesně odpovídá našemu pojetí výuky 3D modelování.

2.1.5 3D MODELOVÁNÍ VE VZTAHU K INOVACI TECHNICKÉ VÝCHOVY

V posledních letech odborníci, zejména pak akademici, volají po nutnosti inovace vzdělávací oblasti Člověk a svět práce (Dostál et al., 2017). Důvodem je zastaralost výuky, která by měla lépe odpovídat potřebám společnosti a nejen to, podle výzkumů se i žákům výuka jeví jako méně oblíbená, a tak chybí ve výuce i motivace.

Jako možné východisko se plánuje zavedení předmětu Technika, na který připravil Jiří Dostál (2018) podkladovou studii, ve které se popisuje technické vzdělávání v kontextu existujících kurikulárních dokumentů a nových společenských a technologických výzev. Zmiňuje komparaci podoby realizace technického a prakticko-činnostního vzdělávání se zahraničím. Vysvětluje, že budoucí předmět není možné učit ve fyzice a informatice. Z jeho podkladové studie vyplývá, že nový předmět by měl brát důraz na spojení teorie s praxí, využití počítačem řízených strojů a propojení celého procesu výroby. Což znamená, že by žáci měli být schopni výrobek navrhnout – vymodelovat (ano, vidíme zde jasné propojení s výukou 3D modelování), vytvořit jednotlivé části pomocí CNC zařízení (mezi které patří i 3D tiskárna), části povrchově upravit a následně zkompletovat.

Aktuální otázkou však je, kdy a zda vůbec dojde k zavedení předmětu technika, či inovaci technické výchovy, neboť vzhledem k pandemické situaci je české školství postaveno před zásadnější otázky.

3 METODIKA VÝUKY 3D MODELOVÁNÍ PRO ZŠ

Metodika výuky 3D modelování pro ZŠ začala vznikat na základě společenské poptávky po využití moderních technologií ve školství. V našem případě se jednalo o implementaci výuky související s 3D tiskem.

Podklady pro metodiku začaly vznikat již v roce 2015, kdy jsme začali spolupracovat se základními školami na kvalitnější propagaci technického vzdělávání prostřednictvím ukázek právě těchto moderních technologií.

Při volbě vhodného prostředí pro 3D modelování jsme museli zvážit několik hledisek.

První hledisko spočívalo ve volbě vhodné věkové skupiny, ve které chceme výuku realizovat. S přihlédnutím k tomu, že hlavním cílem je propagace technického vzdělávání, jsme chtěli vytvořit úlohy a upřednostnit prostředí pro co největší věkovou skupinu žáků základních škol. Původně jsme uvažovali o výuce na celém druhém stupni a vyšších ročnících stupně prvního.

Druhé hledisko bylo zaměřeno na rozsah realizované výuky. Museli jsem si zodpovědět několik otázek. Bude uzpůsobena projektovému dni? Bude jí možno zařadit do výuky s minimální hodinovou dotací? Bude se pouze jednat o výuku v nepovinných předmětech či kroužcích? Rozhodli jsme se, že výuka 3D modelování by měla pokrýt zejména možnost výuky klasické v běžném školním režimu. Museli jsme však počítat s tím, že výuka ve školních vzdělávacích plánech je nabytá a musíme výuku uzpůsobit počtu přidělených hodin, tedy musíme počítat i s variabilitou v tomto ohledu.

Potřebovali jsme vybrat prostředí, které nám umožní osvojit si nástroje programu ve velmi krátkém čase – musí být intuitivní, a zároveň, vzhledem k možné implementaci výuky i na první stupeň – musí být jednoduchý. Na základě těchto úvah jsme vyřadili běžné CAD programy používané zejména na středních školách zaměřené na tvorbu výkresů či strojních součástí.

V posledním hledisku jsme se zaměřili na výukový obsah, tedy co s žáky budeme modelovat. Pro seznámení s modelováním jsme se rozhodli, že budeme společně tvořit běžně známé předměty z prostředí žáků. Nebudeme se věnovat abstrakcím či uměleckým modelům – již z důvodu předpokládaného zařazení výuky 3D modelování do technické výchovy.

Po zvážení všech těchto hledisek jsme se rozhodli pro výuku v prostředí programu SketchUp. Toto prostředí je velmi intuitivní a umožňuje rychlé zorientování v jeho nástrojích. Je vhodné pro tvorbu základních modelů, nevýhodu můžeme nalézt v obtížné tvorbě komplexních modelů např. složitých strojních součástí. Všechny obrázky uvedené v této kapitole jsou z vlastního zdroje.

3.1 PRŮBĚH OVĚŘOVÁNÍ

Stejně jako každá výuka, proběhla metodika výuky 3D modelování procesem vývoje a úprav na základě zkušeností a výuky samotné.

Chronologicky byla metodika v roce 2015 nejprve navržena na projektové dny, kdy jsme společně s kolegy navštěvovali, nebo byli navštěvováni základními školami a v rozmezí 3 až 6 vyučovacích hodin žáky seznamovali s technologií 3D tisku a modelováním samotným. Tyto projektové dny fungují, sice v omezené míře, ještě dodnes.

Další podněty pro úpravu metodiky vznikly na základě tvorby výukových materiálů pro Raabe do publikace ***Učení pro život a práci: metodická příručka pro 2. stupeň ZŠ: vzdělávací oblast Člověk a svět práce*** vydané roku 2017. V této publikaci se nachází kapitola věnovaná právě 3D modelování. Úlohy obsahují pracovní listy a postupy tvorby jednotlivých modelů.

Souběžně s tvorbou těchto výukových materiálů jsme se s výukou 3D modelování začali úspěšně zapojovat do projektu Dětské univerzity (DU) ZČU, která probíhá každý zimní semestr. Kurzy jsme v rámci DU pořádali jak pro druhý, tak i pro první stupeň. Práce s dětmi prvního stupně, zejména pak s žáky prvních tříd, kteří neměli s PC žádné zkušenosti, byla velmi přínosná. Samozřejmě, jednalo se o zájmovou skupinu, ale byli jsme schopni ověřit, že výuka je realizovatelná i u velmi mladých žáků bez ohledu na jejich předchozí zkušenosti s grafickými editory či PC samotným.

V roce 2017 jsme též v publikaci ***Technické vzdělávání na základních školách v kontextu společenských a technologických změn*** zveřejnili výsledky pilotního ověřování na základních školách. Výuka 3D modelování probíhala ve všech třídách druhého stupně základní školy v Plzeňském kraji.

Aktuálně probíhá rozšíření metodiky výuky o další příklady, které jsou současně zařazeny v projektu Digitální gramotnost a ověřovány na základních školách. Ve spolupráci s Českou

školní inspekci se vytváří výukové aktivity na 3D modelování ověřující klíčové kompetence, tyto aktivity též budou testovány na ZŠ.

3.2 POPIS METODIKY

Celý proces výuky 3D modelování byl testován a průběžně upravován v průběhu více než 6 let. Testování se účastnili zejména žáci základních škol v různých skupinách, při standartní výuce, projektových dnech, v rámci dětské univerzity. Celkově touto výukou prošlo více než 500 žáků základních škol. Testování též probíhalo i v dalších věkových skupinách, účastnili se ho též studenti středních a vysokých škol.

Zařazení metodiky 3D modelování do výuky zaleží na konkrétní škole a jejím ŠVP. Je vhodné vybrat některý z předmětů z informatiky (informační a komunikační technologie: zpracování a využití informací) či technické výchovy (člověk a svět práce: design a konstruování). Dalo by se též uvažovat i o zařazení části metodiky do výuky matematiky, zejména pak geometrie. Mezipředmětové vazby matematiky a technické výchovy potvrzuje i publikace Tomkové V. a Honzíkové J. (2015).

Pro realizaci je nutné mít PC s nainstalovaným programem SketchUp (alternativně lze využít online verzi bez nutnosti instalace, ale s nutným přístupem na internet) pro každého žáka a PC s dataprojektorem pro provedení instruktáže učitelem.

Výuka 3D modelování je rozdělena do jednotlivých aktivit, se kterými se postupně stručně seznámíme.

3.3 STRUČNÝ POPIS ÚLOH

Mezi aktivity elementární patří:

- Hrací kostka, Figurka.

Tyto úlohy je vhodné realizovat vždy bez ohledu na věkovou skupinu, jsou základem pro další tvorbu.

Rotační aktivity, které lze vybrat dle věku a hodinové dotace:

- Věž, Váza, Hrnek, Džbán.

Tyto aktivity jsou v tomto výpisu seřazeny od nejjednodušší po nejsložitější, každá z nich navazuje na aktivitu Figurku a každá navíc obsahuje různou problematiku tvorby modelů (výsuv částí z rotačních modelů, duté rotační modely, spojování rotačních modelů, opravy

a ruční úpravy rotačních modelů). V případě, že pracujeme s prvním stupněm či máme malou hodinovou dotaci, vybírá se pouze jedna aktivita, buď Věž, nebo Váza.

Aktivity hodnotící:

- Semafor, Krabička od sirek.

V těchto aktivitách je nutné dodržovat přesné rozměry. Ty mohou být žákům zadány formou pracovních listů či zadání a dle kvality jejich vypracování lze žáky hodnotit.

Samostatná práce pro rozvoj představivosti a kreativity:

- Auto, Dům.

Výuku je vhodné zakončit jednou z těchto aktivit. Očekává se, že žáci už mají základy tvorby z jiných aktivit již naučené. Jedná se o ryze samostatnou práci, při které žáci rozvíjí vlastní kreativitu a představivost.

Rozšiřující aktivity pro práci s 3D tiskárnou

- Klíčenka, Přívěšek, Střelec.

Tyto úlohy jsou zaměřeny na práci s 3D tiskárnou. Vzhledem k zaměření práce a stavu vybavenosti škol touto technologií se o nich zmíníme jen okrajově.

3.3.1 TEORETICKÁ A PŘEDVÁDĚCÍ ČÁST

Teoretická, dalo by se říct úvodní, část výuky je zaměřena na vysvětlení principu fungování počítačem řízených strojů. Učitel v této části představí princip 3D tiskárny, případně jiného počítačem řízeného stroje, v závislosti na tom, jaký má k dispozici.

Učitel provádí výklad, komentuje videa, principy zařízení. Hlavním úkolem teoretické části je žákům představit proces výroby od návrhu modelu, až po jeho vytisknutí (obrobení). Žáky je též nutné správně namotivovat a nadchnout pro výuku 3D modelování. K motivaci lze využít různá videa k využití moderních technologií (prášková metalurgie a spékání laserem, 3D tisk domů, automobilů, potravin atd.).

3.3.2 HRACÍ KOSTKA

Odhadovaný čas: 30 min.

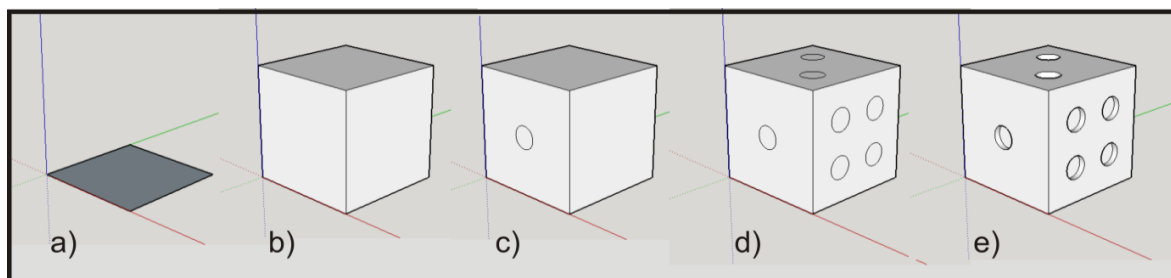
Forma výuky: zejména instruktáž, samostatná práce.

Tato úloha má zejména za cíl seznámit žáky s prací v trojrozměrném pracovním prostředí. Učitel provádí instruktáž, ve které předvede výrobu krychle a vytvoří několik stran hrací kostky. Po instruktáži následuje samostatná práce žáků, kdy mají za úkol kostku dokončit.

Při instruktáži a samostatné práci je nutné, zejména v méně zkušených třídách, pomáhat některým žákům tak, aby si správně osvojili základy tvorby 3D modelů. Zkušení žáci mohou úlohu vytvořit poměrně rychle, bude je zapotřebí zaměstnat, hrací kostku si proto mohou obarvit, případně jí zvolit vhodnou texturu. Pokud se bude jednat o nevyváženou skupinu, můžete rychlejší žákům zadat za úkol najít právě i nástroje pro obarvování a tvorbu textur.

Při tvorbě hrací kostky jsou žáci nuceni využívat nejen základní nástroje pro tvorbu modelu, ale i pohybovat se ve 3D prostředí a model různě rotovat tak, aby se na kostku koukali ve všech pohledech.

Obrázek 2: Tvorba modelu hrací kostky.

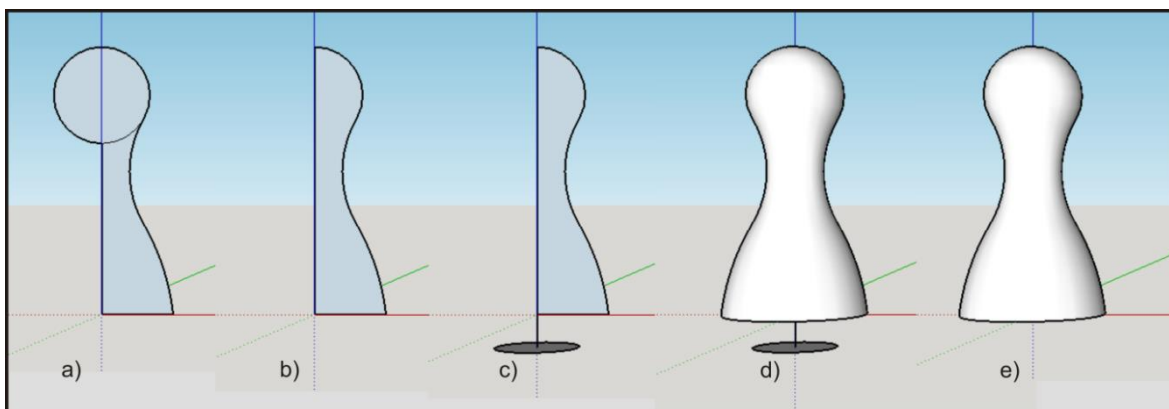


3.3.3 FIGURKA

Odhadovaný čas: 30 min.

Forma výuky: zejména instruktáž, samostatná práce.

Jako jednoduchý základ tvorby rotačních modelů slouží tvorba figurky do hry „Člověče, nezlob se!“. Tvorba modelů pomocí rotace může být pro žáky velmi obtížná, musí si představit objekt v řezu, řez pak rozdělit na dvě poloviny a následně rotovat po kružnici (viz obrázek 3). Proto je velmi důležité, aby první rotační model byl jednoduchý a žáci vytvářeli něco známého. Učitel provede instruktáž a věnuje se žákům v případě potřeby jednotlivě.

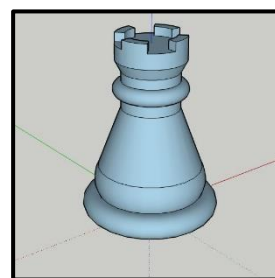
Obrázek 3: Tvorba modelu Figurka.


3.3.4 VĚŽ

Odhadovaný čas: 30 min.

Forma výuky: zejména instruktáž, samostatná práce.

Tato úloha je zaměřená na opakování tvorby rotačních modelů. Oproti figurce má složitější tvar a musí se zde řešit problém s tvorbou cimbuří tak, aby bylo rovnoměrně rozmístěno a ve stejné výšce. Vhodné zařadit do výuky pro nižší ročníky.

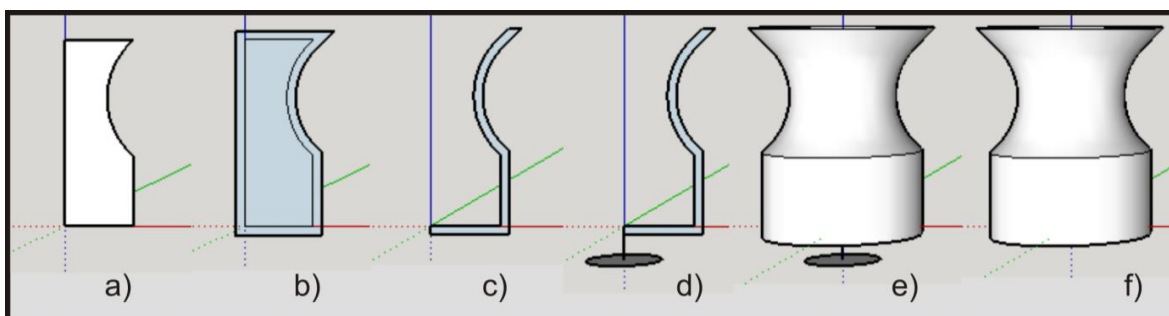
Obrázek 4: Model věže ze hry šachy.


3.3.5 VÁZA

Odhadovaný čas: 30 min.

Forma výuky: zejména instruktáž, samostatná práce.

Úloha váza navazuje na úlohu Figurka, mimo základní tvorbu rotačního modelu řeší tvorbu dutin. V tomto případě musí učitel společně s žáky vytvořit správně poloviční řez materiálem vázy. Problematická je zde představitivost, musí se zde nastavit správná tloušťka polovičního řezu a i jeho šířka. Důraz musí být kladen i na správné propojení obrysů, jinak nám nepůjde objekt správně rotovat.

Obrázek 5: Tvorba modelu Váza.


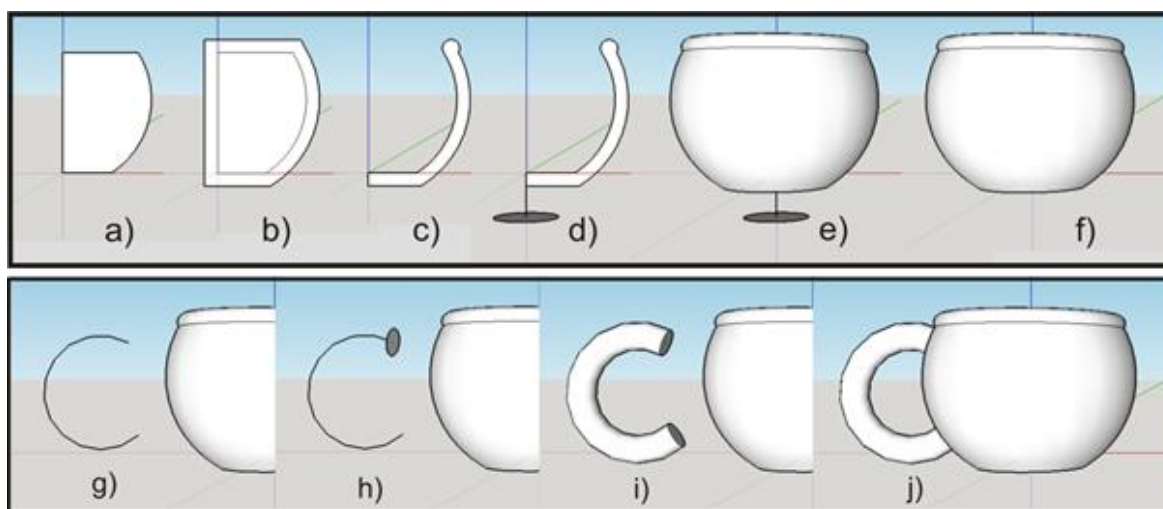
3.3.6 HRNEK

Odhadovaný čas: 45 min.

Forma výuky: zejména instruktáž, samostatná práce.

Mezi složitější rotační úlohy patří hrnek. Žáci si v této úloze prohloubí znalosti v oblasti tvorby dutých modelů pomocí rotace. Oproti váze navíc obsahuje tvorbu ucha hrnku a následné spojení dvou modelů.

Obrázek 6: Tvorba modelu Hrnek.



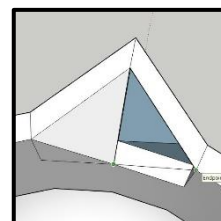
3.3.7 DŽBÁNEK

Odhadovaný čas: 60 min.

Forma výuky: zejména instruktáž, samostatná práce.

Pokud máme výuku ve zkušenější třídě, můžeme na aktivitu Figurka, případně na aktivitu Váza, rovnou navázat úlohou Džbánek. Není vhodné kombinovat s úlohou Hrnek, ať není výuka příliš repetitivní, neboť obdobně, jako v aktivitě Hrnek, tvoříme dutý model, řešíme tvorbu ucha a jeho spojení s tělem džbánu. Navíc však žáky postavíme před problém tvorby náustku, který vyžaduje přímou editaci a úpravu modelu. Tato úloha se nedoporučuje v nižších ročnících.

Obrázek 7: Tvorba náustku džbánu.



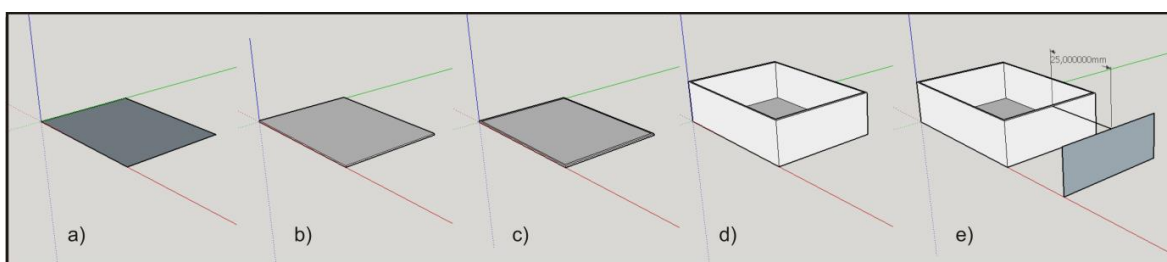
3.3.8 KRABIČKA

Odhadovaný čas: 30 min.

Forma výuky: samostatná práce.

Tato úloha je zaměřená zejména na přesnost. Žákům je zadán úkol, aby vytvořili co nejnějnější model otevřené krabičky od sirek. Musí respektovat její rozměry, tvar a otvírání, také musí zohlednit šířku papíru tak, aby nebyl jen dvourozměrný. Tato úloha může být využita pro potřeby hodnocení.

Obrázek 8: Tvorba modelu krabičky od sirek.



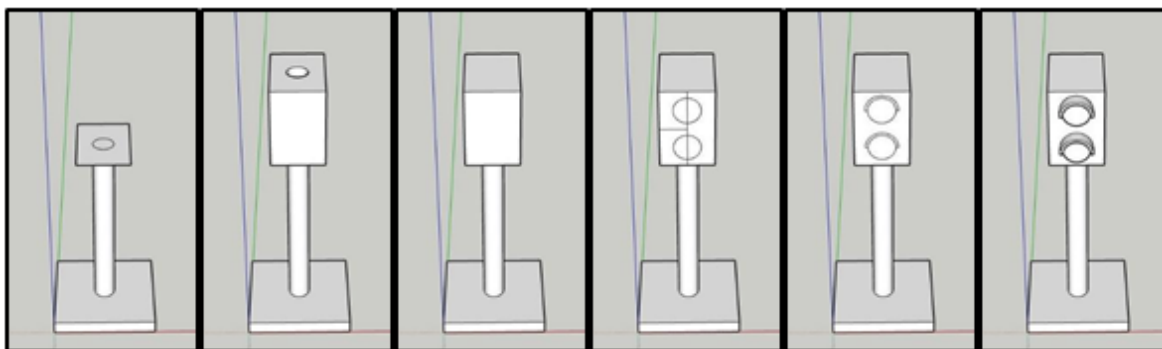
3.3.9 SEMAFOR

Odhadovaný čas: 30 min.

Forma výuky: samostatná práce.

Obdobně jako krabička od sirek je tato úloha zaměřena na práci s přesnými rozměry, a navíc vyhledávání optických středů ploch a částečnou opravu modelu. Stejně jako aktivita Krabička může být použita pro potřeby hodnocení.

Obrázek 9: Tvorba modelu semaforu.



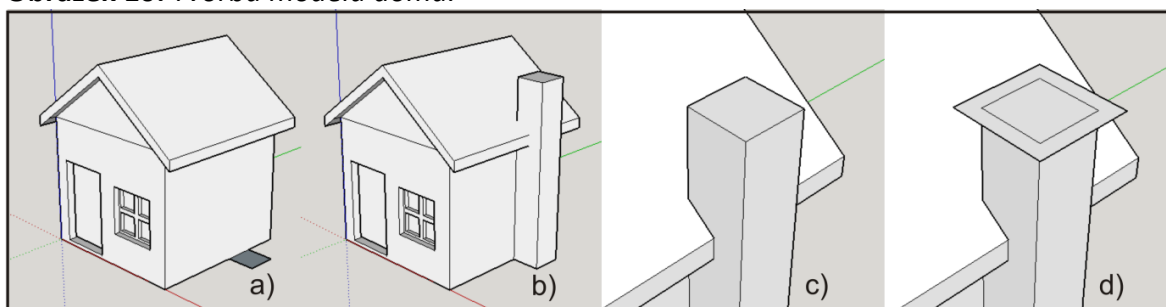
3.3.10 DOMEK

Odhadovaný čas: 45 min.

Forma výuky: samostatná práce.

Úloha Domek je komplexní příklad zaměřený hlavně na samostatnou práci. Rozvíjí u žáků zejména kreativitu a představivost. Učitel žákům zadá za úkol vytvořit model jejich domu snů, což je úkol genderově neutrální. Žáci mohou vytvářet nejen dům, ale i jeho okolí. Z hlediska rozmanitosti se dosáhlo poměrně zajímavých výsledků, žáci přidávali do domu a okolí zajímavé prvky, například heliport, hřiště či stáj pro koně. Do úlohy je vhodné zakomponovat třeba i nějakou soutěž pro zvýšení motivace. Učitel může žákům ukázat tvorbu základních prvků domu (dveře, okna, komín, střecha atd.). Na tuto úlohu je vhodné vyhradit jednu vyučovací hodinu.

Obrázek 10: *Tvorba modelu domu.*



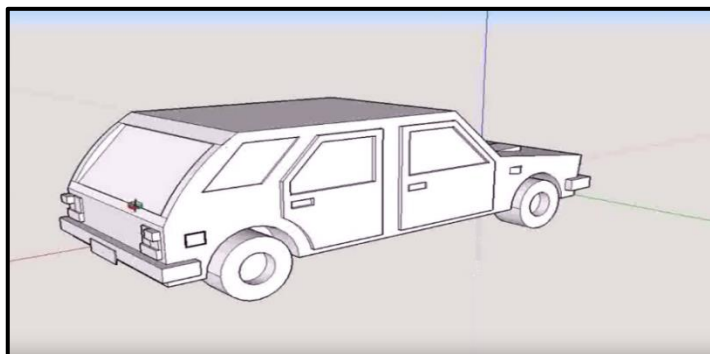
3.3.11 AUTO

Odhadovaný čas: 45 min.

Forma výuky: samostatná práce.

Aktivita Auto je alternativou k aktivitě Dům. Úloha ovšem není plně genderově neutrální jako v předchozím případě. U žáků dojde obdobně k rozvoji kreativity a zejména představivosti. K automobilu mohou též doplnit jeho okolí.

Obrázek 11: *Model automobilu.*



3.4 DALŠÍ ÚLOHY A ZHODNOCENÍ

Metodika též obsahuje další úlohy zaměřené na využití 3D tiskárny. Jedná se o jednoduché výrobky, např. náušnice, klíčenka či figurka do hry šachy.

Obrázek 12: Ukázky aktivit pro 3D tisk.



Odhad času u aktivit je **pouze orientační**. Záleží na schopnostech a zkušenostech jak žáků, tak učitele a je přímo úměrný počtu žáků.

V průběhu ověřování metodiky se nám potvrdilo, že nejefektivnější výuku tvoří kombinace samostatné práce a instruktáže, kdy se na začátku výuky, v úvodní části, žáci seznámí pomocí učitelovi instruktáže s novými nástroji, či metodami tvorby modelů. Tato instruktáž je bezprostředně následována samostatnou prací. Za předpokladu, že učitel vidí, že žáci mají určitý opakující se problém, provede instruktáž k jeho řešení.

3.5 MOŽNOSTI IMPLEMENTACE 3D TISKU DO VÝUKY

V dnešní době je kladen důraz na propojení výuky s praxí, též se často skloňuje podpora a zatraktivnění technického vzdělávání. V tomto ohledu mohou být právě 3D tiskárny jedním z možných řešení.

Tvorba 3D modelu od návrhu až po vytištění a případnou povrchovou úpravu představuje, dalo by se říct, částečně zjednodušený model využívání CNC strojů v praxi. Vzhledem k tomu, že 3D tiskáren je celá řada, popíšeme si základy fungování jednotlivých typů tiskáren a vybereme vhodnou pro využití ve výuce. Odpovíme též na otázku, jakým způsobem by mohl být vybraný typ 3D tiskárny využit ve výuce.

3.5.1 VÝBĚR VHODNÉ TECHNOLOGIE

Jelikož je 3D tisk relativně novou technologií, a to nejen z hlediska implementace do vzdělávání, budeme v následujícím textu stručně charakterizovat nejčastěji využívané principy tisku.

SLA (stereolytografie)

SLA je forma technologie 3D tisku, která používá při vytváření modelů vrstvení materiálu pomocí fotopolymerizace (světlo způsobí spojení molekul a vytváří polymer). Extrémně detailní součástky vznikají osvětlením fotocitlivé pryskyřice, například laserem. Pryskyřice v nevytvrzené formě je silně toxická a při špatné manipulaci rychle vyvolává alergie. Vyžaduje tedy profesionální obsluhu a speciální pracoviště (Průša & Průša 2014).

Používání tiskáren využívajících tuto technologii by bylo z hlediska bezpečnosti velmi obtížné, obzvláště v prostředí základních škol.

SLS (selective laser sintering)

Další technologie pro tvorbu funkčních součástek se jmenuje SLS – laserem se sintruje (spéká, materiál se neroztaví do tekuté podoby) nylonový prach. Technologie umožňuje tisk objektu pouze z jedné barvy, výhodou ale je, že na výsledném objektu není tak výrazné vrstvení materiálu. Principem je velice podobná DMLS (Průša & Průša, 2014).

Tato technologie 3D tisku je finančně nákladná. Z edukativního hlediska je její funkce obdobná „černé skříňce“, do které zadáme, co má vyrobit a ona to udělá. Celý princip 3D tisku na ní nelze demonstrovat, neboť aby nedošlo ke kontaminaci nylonového prášku či poranění očí laserem, musí být zcela uzavřená.

DMLS (direct metal laser sintering)

DMLS je aditivní technologie výroby kovových součástí. V komoře pro výrobu je platforma pro dodávání materiálu a výrobní plocha. Relokační čepel přemísťuje nový prášek na vrchol výrobní plochy. Soustředěným laserovým paprskem se nanosený kovový prášek zatavuje v pevnou součástku. Tyto součásti jsou vyráběny aditivně, vrstvu po vrstvě. Každá vrstva má obvykle tloušťku 40 mikrometrů. Tento přímý proces slinování (spékání) laserem usnadňuje vytváření velmi složitých geometrických tvarů.

Tato technologie má z hlediska edukace stejné nevýhody jako SLS, navíc cena je zde ještě několikanásobně větší a zařízení bývají poměrně velké. Proto ani tento typ 3D tiskáren nemůžeme doporučit.

FDM (fusion deposition modeling)

FDM je aditivní výrobní technologie (AM) běžně používaná pro modelování a prototypování. Pracuje na aditivním principu, neboli vrstvení materiálu. Plastová struna nebo kovový drát se odvíjí od cívky a dodává materiál pro výrobu součásti (Taufik & Prashant, 2016).

Tato technologie je cenově dostupná, 3D tiskárnu lze pořídit od několika tisíc korun. Dalo by se říci, že její pořizovací náklady jsou obdobné ceně PC. Oproti ostatním technologiím je z hlediska bezpečnosti problematická pouze teplota trysky (200 stupňů Celsia). Po stránce edukativní může být tiskárna odkrytá, můžeme ukázat jednotlivé prvky a vysvětlit jejich princip. Tiskárnu si žáci dokonce mohou i z koupených dílů s pomocí učitele sestavit, což je vhodný příklad provázání s praxí. Proto můžeme prohlásit, že FDM je nejvhodnější technologií pro podporu výuky na základních školách.

3.5.2 ZÁKLADNÍ PRINCIP 3D TISKU S VYUŽITÍM TECHNOLOGIE FDM

Pro 3D tisk je nejprve potřeba 3D model. Ten lze vytvořit na základě vlastního návrhu nebo získat z některé z existujících webových databází. Těchto databází je celá řada (například Thingiverse, 3DShook, Pinshape, Cults 3D, ...), některé databáze poskytují modely zdarma, v jiných si modely musíme koupit.

3D model je potřeba převést do formátu STL (STereoLithography). Soubory STL popisují jenom geometrii trojrozměrného objektu bez reprezentace barvy, textury nebo jakéhokoliv jiného běžného atributu CAD modelu. STL formát je specifikován jak ASCII, tak binární reprezentací. Binární soubory jsou běžnější, protože jsou více kompaktní (Bruns, 1993). Jinými slovy, 3D model ve formátu STL zobrazuje pouze povrch objektu a je zcela „dutý“.

Následně se musí model převést do strojově čitelného kódu (G-code). K tomu slouží tzv. překladače (například KISSlicer, Slic3r, CuraEngine), které jsou součástí většiny programů pro ovládání 3D tiskáren. Jak již bylo řečeno, model je v podstatě dutý, proto se v překladači musí nastavit hustota výplně, která může vypadat různě, třeba jako mřížka.

Hustota výplně se nejčastěji nastavuje v %. V překladači se též nastavují podpory pro 3D modely. Tyto podpory jsou využívány pro tisk složitějších modelů, neboť nelze tisknout do prázdného prostoru, ale materiál se musí na něco, alespoň z části, vrstvit. Jedno z nejdůležitějších nastavení je také velikost vrstev. Ty se u levnějších běžně prodávaných tiskáren (v cenové relaci do 100 tisíc korun) pohybují řádově v desetinách milimetrů, nejmenší velikost vrstev může být i 0,05 mm.

Kód má několik tisíc řádků i u zdánlivě malých objektů. Úvod a závěr kódu obsahuje různá nastavení tiskárny, např. nastavení teploty trysek a podložky, případně rychlost větráčků. V samotném těle kódu je pak zaznamenán pohyb pro tiskovou hlavu, případně podložku.

Po přeložení na strojově čitelný kód můžeme zdánlivě tisknout, nicméně před samotným přeložením na G-kód je ještě třeba nastavit parametry pro 3D tisk. Parametry pro tisk ovlivňují hlavně dva faktory, a to druh plastu, kterým budeme tisknout, a samotný model a jeho určení. Nejčastěji se nastavuje teplota trysek, teplota vyhřívané podložky, rychlost chlazení pomocí ventilátorů a rychlost tisku. Tato nastavení lze uložit do vytvořených profilů.

Pro 3D tisk je stejně jako u jiných tiskáren potřeba náplně. Náplní do 3D tiskárny je plastový drát z různých typů plastů, nejčastěji se používá tisková struna s průřezem 1,75 nebo 3 mm. Tato struna je krokovým motorem vedena do trysky, kde se plast roztaví a pomocí pohybu tiskové hlavy a podložky, jenž je realizován pomocí ostatních krokových motorů, je po jednotlivých vrstvách roztavený plast nanášen na podložku. Toto vrstvení pokračuje, dokud není model hotov. I poměrně malý model o velikosti zhruba jednoho cm může mít desítky či stovky vrstev.

3.5.3 VYUŽITÍ 3D TISKU V PROCESU VÝUKY

Využití 3D tiskáren ve výuce na základní škole je poměrně komplikované. Představa, že si žáci ve třídě čítající přes 20 žáků budou moci vytisknout všechny vytvořené modely, je v rámci běžného výukového procesu ne příliš dobře proveditelná. Narážíme tu hned na několik problémů. Tisk modelů je poměrně časově náročný, i menší modely se tisknou několik desítek minut. Mimo velikosti modelů je totiž důležitá pro rychlost tisku i jejich propracovanost. Takže ve třídě by muselo být více 3D tiskáren. Efektivní by byl minimálně poloviční počet tiskáren, než je žáků. To mimo hluku, který by byl při takovém počtu 3D tiskáren poměrně značný, souvisí s dalším problémem, a to údržbou. Většina tiskáren

vyžaduje údržbu jak před začátkem tisku (kalibrace, příprava tiskové plochy, atd.), tak průběžnou. Ne každý model se povede vytisknout na první pokus, je potřeba dohled a při problému, např. odtrhnutí od podložky, tisk přerušit. Tudiž by bylo potřeba, kromě samotného učitele, i více správců tiskáren.

V klasické výuce tedy může být tiskárna využita spíše jako motivační prostředek. Mimo ukázek tisku a motivace v teoretické oblasti lze tiskárnu využít i v modelování tím způsobem, že se vytisknou pouze nejlépe povedené výtvary žáků.

Efektivní zařazení 3D tiskárny do výuky by mohlo být realizováno ve skupinové projektové výuce, kdy žáci zpracovávají vybrané téma, jehož částí může být i vytvoření a vytištění 3D modelu. Činnosti žáků se střídají, stejně jako by se mohlo střídat jejich využívání 3D tiskárny.

Samozřejmě při menším počtu žáků, např. v zájmových kroužcích, kdy jejich počet nepřesáhne deset a učitel bude mít k dispozici více tiskáren, je možné žáky zapojit i do správy samotných zařízení. Tím se zaručí rychlejší tisk modelů žáků a žáci získají novou zkušenost v ovládnání složitějších zařízení. To ale nemůžeme doporučit v nižších ročnících druhého stupně na školách, kde žáci nejsou vedeni v technické zručnosti, protože se operuje s teplotami kolem 200 stupňů Celsia.

Otázka využití 3D tisku na prvním stupni základních škol pomocí 3D tiskárny je velmi obtížná. Východisko z tohoto problému můžeme spatřovat ve využití 3D per, které fungují na podobném principu jako tavné pistole. Výrobce u per zaměřených pro děti uvádí věk minimálně 8 let, neboť se zde pracuje s teplotami přes 100 stupňů celsia.

4 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Stav řešené problematiky přiblíží přehledová studie, která seznámí čtenáře s aktuálním stavem výzkumu zaměřeného na 3D modelování a prostorovou představivost u žáků základních škol. Tato studie je konceptuálně rozdělena na dvě části, na vyhledávání teoretických zdrojů, které slouží zejména jako opora teoretické části, a vyhledávání výzkumných článků v databázích Web of Science a Scopus. Tento výstup byl publikován v prestižním oborovém mezinárodním recenzovaném časopise JTIE (Fadrhonc & Honzíková, 2019).

Podnětem pro disertační práci a tvorbu přehledové studie byl aktuální vývoj v oblasti 3D tiskáren. 3D tiskárny se v posledních několika letech neustále zdokonalují (Krotký, Honzíková & Moc, 2016) a současně se stávají i cenově dostupnější jak pro domácnosti, tak i pro základní školy. Právě tato dostupnost zapříčinila, že si některé základní školy začaly pořizovat právě 3D tiskárny, mnohdy pouze s malou znalostí principu technologie 3D tisku a též s malou koncepční představou zařazení této technologie do vzdělávání, což potvrzuje i naše osobní zkušenost. (Již dvě základní školy z Plzně se na nás obrátily s prosbou o sestavení 3D tiskárny a zaškolením. Jiná s prosbou o opravu funkční, ale špatně nastavené tiskárny a další dvě s žádostí o pomoc při jejich výběru.) Právě využitelnost 3D tiskáren ve výuce vnímáme jako problém. Je důležité, aby se 3D tiskárna nestala pouhou inventurní položkou, proto je potřeba vědět, jak do výuky zakomponovat 3D tiskárnu jako pomůcku. V technické výchově se dá 3D tiskárna využít jako ukázka principu počítačem řízených strojů (frézek, gravírovacích laserů, obráběcích strojů atd.), toto využití je ale nedostačující a nevyužije celý potenciál dané problematiky. V optimálním případě se v rámci hodin informatiky žáci seznámí s tvorbou 3D modelů a naučí se vytvářet jednodušší i složitější 3D modely. V hodinách technické výchovy mohou žáci připravovat modely pro tisk (optimálně nastavit podpěry, rozmístit na tiskovou plochu a nastavovat parametry tisku samotného), u vytištěných modelů pak zkoumat materiál a možnosti povrchové úpravy. Samozřejmě nejsme vázaní ve výuce pouze těmito dvěma předměty. To, do jaké míry se výuka 3D tisku a 3D modelování bude realizovat, záleží na mezipředmětových vazbách, neboť tato problematika má široké pole působnosti. Výuka může být realizována nejen v technické výchově a informatice, ale

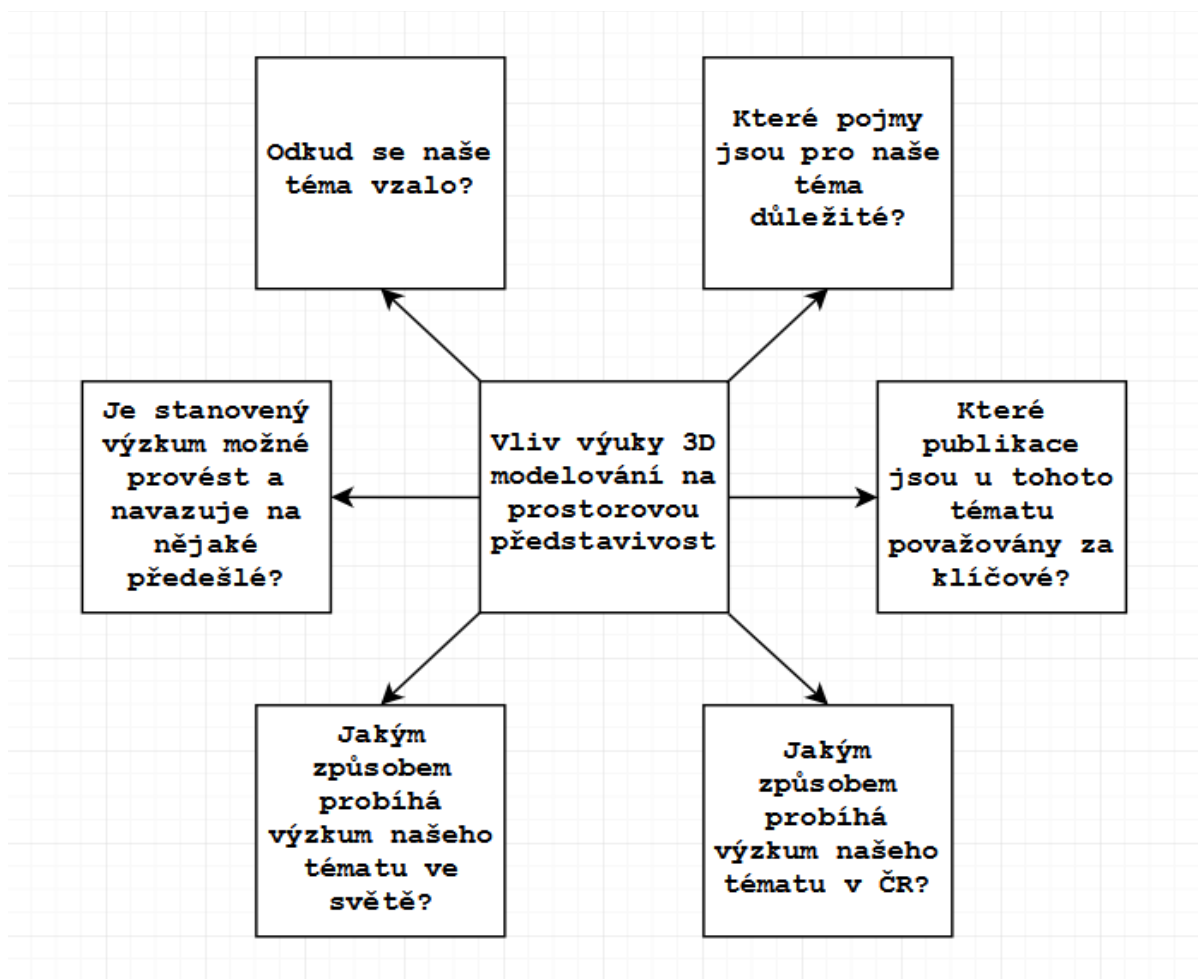
i v matematice a výtvarné výchově. Implementace do výuky záleží na časové dotaci a schopnostech a zkušenostech učitele v oblasti 3D tiskáren a 3D modelování.

4.1 KLÍČOVÉ OTÁZKY PŘEHLEDOVÉ STUDIE

Na základě koncepce disertační práce jsme se museli zeptat na aktuální stav výzkumu v této oblasti, proto jsme si položili následující otázky:

- Jaké impulzy byly příčinou volby řešeného tématu?
- Které pojmy jsou pro naše téma důležité?
- Je stanovený výzkum možné provést a navazuje na nějaké předešlé?
- Jakým způsobem probíhá výzkum našeho tématu v ČR?
- Jakým způsobem probíhá výzkum našeho tématu ve světě?
- Které publikace jsou u tohoto tématu považovány za klíčové?

Obrázek 13: Pojmová mapa klíčových otázek přehledové studie.



Zdroj: Fadrhonc & Honzíkova, 2019

4.1.1 ODPOVĚDI NA KLÍČOVÉ OTÁZKY PŘEHLEDOVÉ STUDIE

Na klíčové otázky přehledové studie jsme odpovídali pomocí informací získaných z vyhledávání teoretických zdrojů a vyhledávání výzkumů v databázích Web of Science a Scopus. V odpovědích na klíčové otázky bereme v potaz zejména koncepci původně navrhovaného výzkumu, tedy pilotního ověřování.

4.1.2 JAKÉ IMPULZY BYLY PŘÍČINOU VOLBY ŘEŠENÉHO TÉMATU?

Odpověď na první otázku, odkud se naše téma vzalo, dokážeme zodpovědět sami. V poslední době nastává boom počítačem řízených strojů v cenových relacích umožňující jejich nákup, tedy i jejich využitelnost, jednak v domácnostech, tak i ve vzdělávací oblasti. Jedná se většinou o menší stroje s omezenější velikostí výrobku. Mezi tyto stroje můžeme zařadit laserová gravírovací zařízení, menší frézky, soustruhy a 3D tiskárny. Právě 3D tiskárny se v posledních letech začaly objevovat na základních školách. Jejich využití je zejména na základních školách samozřejmě velmi rozdílné. Můžou sloužit v podstatě jen jako reklama, jak je daná škola pokroková, ale samotné využití se může zredukovat na předvádění tisku či dokonce 3D tiskárna může sloužit pouze jako inventární položka ve skříni. V lepším případě jsou 3D tiskárny využívány ve výuce, ať již v různých kroužcích, nebo dokonce je průkopníci a nadšenci z řad kantorů zařadí do již tak nabyté výuky technické výchovy nebo informatiky. Pro zařazení 3D tiskárny jako prostředku pro výuku je důležitá znalost celého procesu tvorby modelu. V první řadě je potřeba vytvořit 3D model, následuje jeho úprava a příprava pro tisk. V dalším kroku je potřeba model „přeložit“ na strojově čitelný kód, připravit tiskárnu na tisk a model vytisknout. Nás zejména zajímá samotná tvorba modelu. Výuka 3D modelování se začala na základních školách realizovat až v posledních několika letech, a to pouze jen na malém zlomku z nich. To souvisí již s výše zmíněným boomem 3D tiskáren, ale i se vznikem a optimalizací intuitivních nástrojů pro 3D modelování. Základní škola by měla své žáky připravit do života v různých oblastech. Stále se mluví o podpoře technického vzdělávání, které pomůže připravit, ale i nadchnout žáky nebo studenty pro budoucí zaměstnání v oblasti techniky, zejména strojírenství. Do určité míry by zde mohla pomoci právě výuka 3D modelování. Musíme se ale ptát, zda je pro tuto výuku vhodná právě cílová skupina žáků základní školy. To lze ověřit samozřejmě otestováním, například pomocí didaktických testů, do jaké míry se v oblasti modelování žáci v daném prostředí zlepšili. To je samozřejmě, alespoň pro nás, ta jednodušší cesta, která má poměrně jasný výsledek.

Ta složitější cesta spočívá v otázce, do jaké míry, či zdali vůbec, ovlivní výuka 3D modelování žáky v oblasti prostorové představivosti. To je důležité z hlediska toho, zda má vůbec smysl vyučovat žáky ve zjednodušeném programu, který se liší z hlediska možností a složitosti od programů, se kterými se budou žáci potkávat v reálném pracovním prostředí.

4.1.3 KTERÉ POJMY JSOU PRO NAŠE TÉMA DŮLEŽITÉ?

K odpovědi na tuto otázku jsme použili informací získaných z vyhledávání zejména teoretických zdrojů. Mezi pojmy můžeme zařadit 3D modelování, představivost, prostorová inteligence, prostorová představivost a mentální rotace. Tyto pojmy nás budou zajímat v souvislosti s výukou a žáky. Pojem 3D tisk (tiskárny) jsme do vyhledávání nezařadili z toho důvodu, že toto zařízení bereme jako výukový prostředek pro naplnění cíle. Také by se objevily články zaměřené spíše technickým, nikoliv edukativním směrem.

4.1.4 JE STANOVENÝ VÝZKUM MOŽNÉ PROVÉST A NAVAZUJE NA NĚJAKÉ PŘEDEŠLÉ?

Prostorová představivost se v minulosti měřila nejčastěji podle schopnosti mentální rotace, což dokazují i starší výzkumy již z 80. let. Jedná se zejména o práce Vandenberg a Kuse (1978), které vychází z práce Sheparda a Metzlera (1971). Aktuálnější problematiku testování prostorové představivosti řeší Amthauer (2005) pomocí části jeho testů struktury inteligence.

4.1.5 JAKÝM ZPŮSOBEM PROBÍHÁ VÝZKUM NAŠEHO TÉMATU V ČR?

V ČR se obdobnou problematikou zabývala zejména disertační práce Janovce (2011). Používal obdobné metody a postupy, jaké chceme ve výzkumu využít i my, s tím rozdílem, že jeho cílová skupina jsou studenti vysoké školy. V našem prostředí se též mnoho prací věnuje využití 3D modelování, ale jako prostředku pro výuku specifické problematiky. Můžeme zde uvést například výzkumy Jančaříková, Jančařík (2016, 2017), kteří zkoumají využitelnost zobrazení pomocí 3D modelů ve výuce v e-kurzech. V databázích Web of Science a Scopus se nám nepodařilo nalézt české výzkumy zaměřené na cílovou skupinu žáků základních škol týkající se prostorové představivosti v kontextu výuky 3D modelování. Náš výzkum bude tedy v podstatě transformace již provedeného výzkumu Janovce (2011) na základní školy.

4.1.6 JAKÝM ZPŮSOBEM PROBÍHÁ VÝZKUM NAŠEHO TÉMATU VE SVĚTĚ?

V databázích Scopus a WoS nebyla nalezena žádná publikace, která by se věnovala stejnému výzkumnému problému. Relativně příbuzný výzkum provádí Toptas, Celik a Turgce (2012), kteří se věnují kvalitě tvorby virtuálních 3D modelů. Na již vytvořený 3D model, který značně odpovídá realitě, přikládají modely žáků a následně výsledky porovnávají mezi sebou. Ostatní výzkumy berou 3D modely jako prostředek pro výuku v různých oblastech např. zdravotnictví, strojírenství, architektura, astronomie atd. Výzkum, který provádí Toptas, Celik a Turgce (2012) je poměrně podnětný, přistupuje k řešení této problematiky z jiného úhlu pohledu. Tento výzkum může být námětem pro realizaci obdobného výzkumného šetření v našich podmínkách.

4.1.7 KTERÉ PUBLIKACE JSOU U TOHOTO TÉMATU POVAŽOVÁNY ZA KLÍČOVÉ?

Mezi klíčové publikace můžeme zařadit ty, které nám pomohly stanovit pojmy, které jsou pro nás důležité, tedy literaturu v tabulce Třídění teoretických přístupů představivosti a prostorové představivosti. Jako hlavní opora z hlediska výzkumu nám poslouží disertační práce Janovce (2011). Aktuální výzkum, alespoň v podobné problematice, řeší autoři Toptas, Celik a Turgce (2012) v Řecku. Proces zkoumání prostorové představivosti a jeho historický vývoj nám osvětlí Shepard a Metzler (1971), na které navazují Vadenberg a Kuse (1978). A aktuální problematiku testování řeší Amthauer (2005).

4.2 VYHLEDÁVÁNÍ TEORETICKÝCH ZDROJŮ

Nejprve proběhlo vyhledávání teoretických zdrojů. Pro vyhledávání se využila celá řada způsobů, například: doporučení školitele, konzultanta, návštěva knihovny, hledání zdrojů na internetu a doporučení kolegů. Na první pohled se může zdát, že se jedná poměrně o nahodilou činnost, která bude mít pouze malý význam. Opak je pravdou. Kombinací takto hledaných zdrojů se nám podařilo vyhledat velké množství pro nás klíčové literatury. Tento druh hledání nám pomohl odpovědět zejména na klíčovou otázku, které pojmy jsou pro naše téma důležité.

4.2.1 SROVNÁVACÍ TABULKY VYHLEDÁVÁNÍ TEORETICKÝCH ZDROJŮ.

Srovnávací tabulky 1 a 2 obsahují třídění teoretických přístupů představivosti, prostorové představivosti a prostorové inteligence, zabývají se též rozborem prací s mentální rotací.

Tabulka 1: *Tabulka třídění teoretických přístupů představivosti, prostorové představivosti a prostorové inteligence.*

Autor	Rok publikace	Problematika
J. Kelnarová a E. Matějková	2010	Snaha o podložení faktu psychického děje vedoucího ke vzniku paměťových představ .
H. Gardner	1999	Vymezení inteligence jako schopnosti řešit problémy s určitou hodnotou v kulturních prostředích. Podrobné zpracování pojmu prostorová inteligence .
J. Průcha	1998	Pojednání o systému integrace fantazie do psychiky.
J. Pelikán	1998	Klasifikace obrazotvornosti (představivosti). Rozdělení představivosti na matematickou, geometrickou a prostorovou představivost .
J. Čáp	1993	Rozbor pojmu představivost z hlediska psychologie. Vliv vzniku obrazu na základě složek vlivu.
T. A. Il'jina	1972	Chápání představivosti jako produktu intelektuální aktivity žáka. Vliv bezprostředních dojmů na rozvoj představivosti .

Zdroj: Fadrhonc & Honzíková, 2019

Tabulka 2: *Tabulka rozboru prací zabývajících se mentální rotací.*

Autor	Rok publikace	Problematika
J. Janovec	2011	Pojem 3D modelování . Diagnostika schopnosti prostorové představivosti a schopnosti manipulovat s obrazy v naší mysli.
R. Amthauer	2005	Vyhodnocování I-S-T testu . Definování figurální inteligence .
S. G. Vandenberg a A. R. Kuse	1978	Provádění výzkumu a testování založeném na prostorové představivosti 3D objektů pomocí 2D kreseb.
R. N. Shepard a J. Metzler	1971	Podrobný popis výsledků experimentu za pomoci obrázků trojrozměrných geometrických tvarů. Specifikace lineární funkce umožňující schopnost rotace objektem a mentálními obrazy .

Zdroj: Fadrhonc & Honzíková, 2019

4.3 VYHLEDÁVÁNÍ V DATABÁZÍCH

Vyhledávání v databázích je pro nás klíčové a nejlépe nám odpoví na otázku, jakým způsobem probíhá výzkum v ČR a ve světě. Pro vyhledávání jsme využili databáze Web of Science a Scopus.

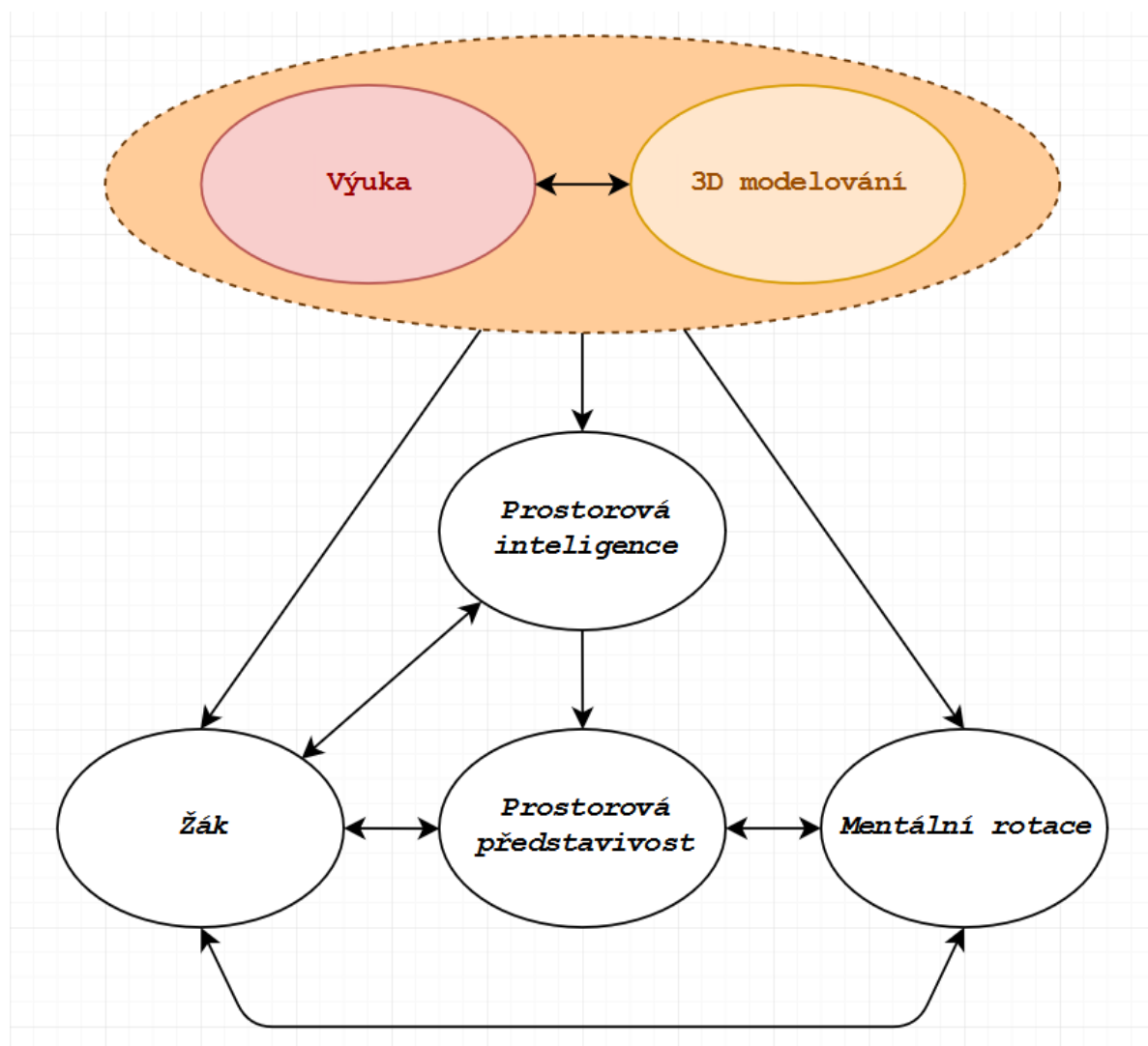
4.4 KLÍČOVÁ SLOVA

Výběr klíčových slov úzce souvisí s klíčovými pojmy, proto se do určité míry překrývají. Stanovit systém vyhledávání přes klíčová slova byl poměrně problematický. Pro naše účely jsme vytvořili následující koncepci. Pro to, aby byl článek validně vyhledán, bylo potřeba, aby obsahoval alespoň 3 klíčová slova. Z toho muselo být alespoň jedno z klíčových slov 3D modelování nebo výuka. Podle tohoto systému jsou i vytvořeny tabulky 3 až 5. Mezi primární klíčová slova tedy patří 3D modelování a výuka. V kontextu našeho výzkumu je 3D modelování definováno jako tvorba trojrozměrných modelů ve virtuálním prostředí, odchylky od tohoto pojetí pak mají vliv na relevanci vyhledaných článků. Mezi sekundární slova následně řadíme slova: prostorová inteligence, prostorová představivost, mentální rotace a žák. Vyhledávání probíhalo v online databázích, kde je nutné vyhledávat přes anglická slova, proto jsme přeložili slova do angličtiny a přiřadili jim i odpovídající ekvivalenty.

- **Výuka** (Teaching, Learning, Education)
- **3D modelování** (3D Modeling);
- **Prostorová představivost** (Space imagination);
- **Prostorová inteligence** (Spatial (figural) intelligence);
- **Žák** (Pupil, Student);
- **Mentální rotace** (Mental rotation).

V pojmové mapě (obr. č. 14) je znázorněn vzájemný vztah mezi jednotlivými pojmy a vzájemná návaznost jednotlivých klíčových slov v kontextu nastaveného systému vyhledávání. Jako dva hlavní výrazy byly vybrány Výuka a 3D modelování. Pokud vyhledaný článek neobsahoval alespoň jedno z nich, nebyl vyhledán. Proto jsme je dali v pojmové mapě na stejnou úroveň. Souvztažnost výuky a žáka je jasná, výuka nás zajímá zejména ve vztahu k samotným žákům, u kterých zkoumáme rozvoj prostorové inteligence za pomoci právě výuky 3D modelování. Prostorová představivost je pak, dalo by se říci, podmnožinou prostorové inteligence a zkoumá se pomocí mentální rotace.

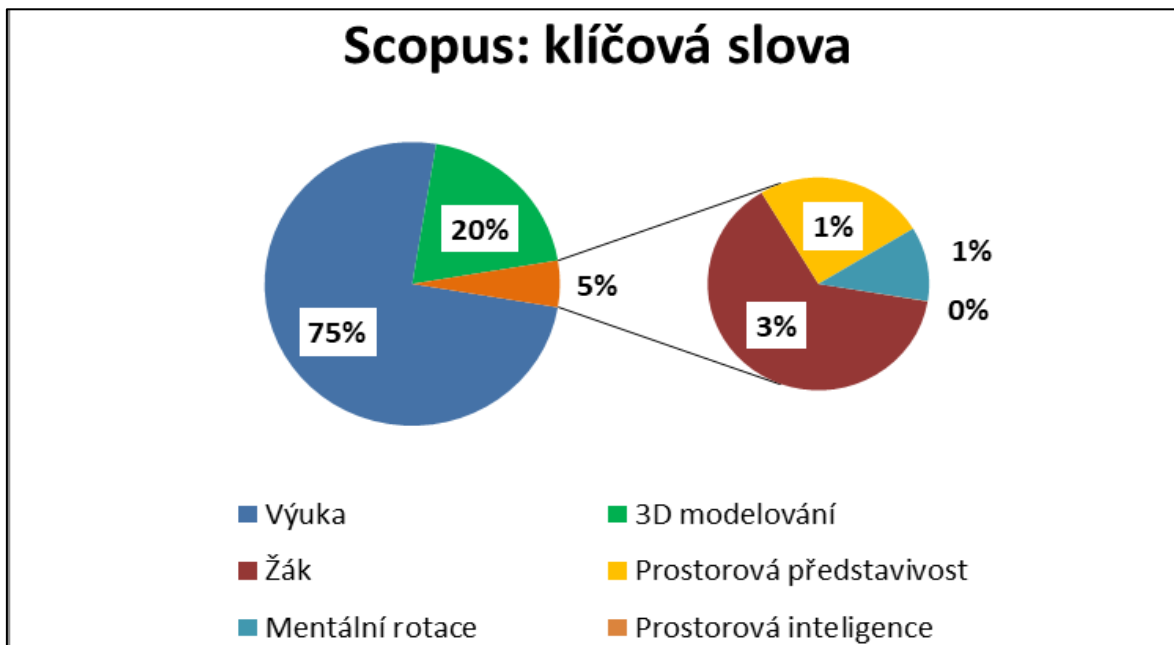
Obrázek 14: Pojmová mapa klíčových slov.



Zdroj: Fadrhonc & Honzíkova, 2019

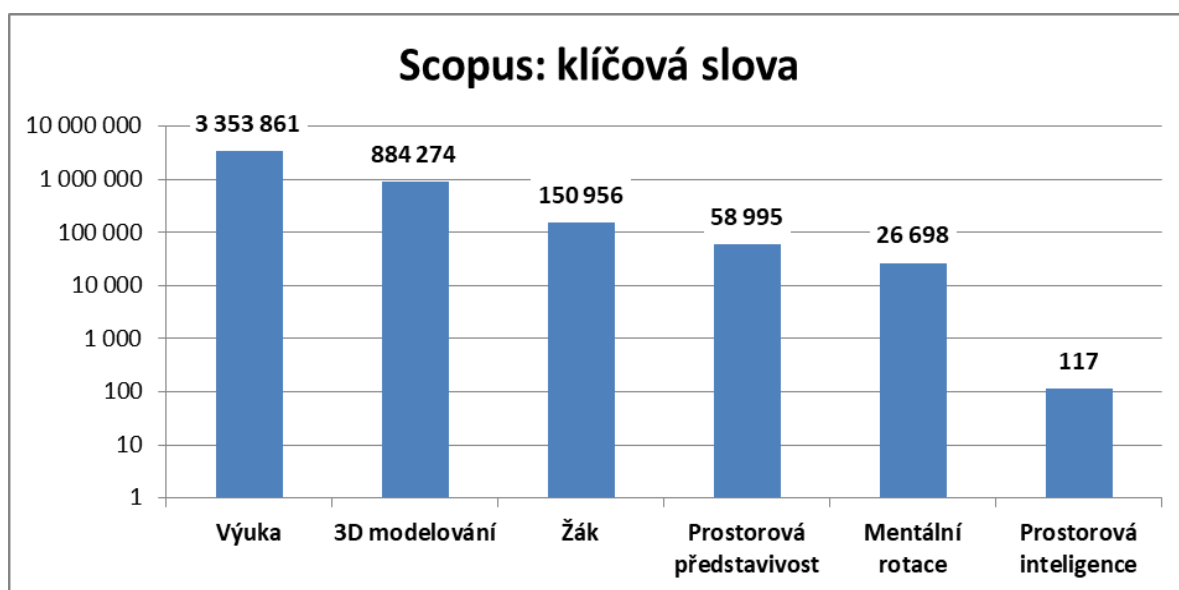
4.4.1 VÝSKYT KLÍČOVÝCH SLOV V DATABÁZÍCH

V této části se podíváme na zastoupení klíčových slov v jednotlivých databázích. Pro lepší názornost budou zobrazeny v grafech. Jednotlivá klíčová slova jsou zobrazena jako součet jejich anglických ekvivalentů.



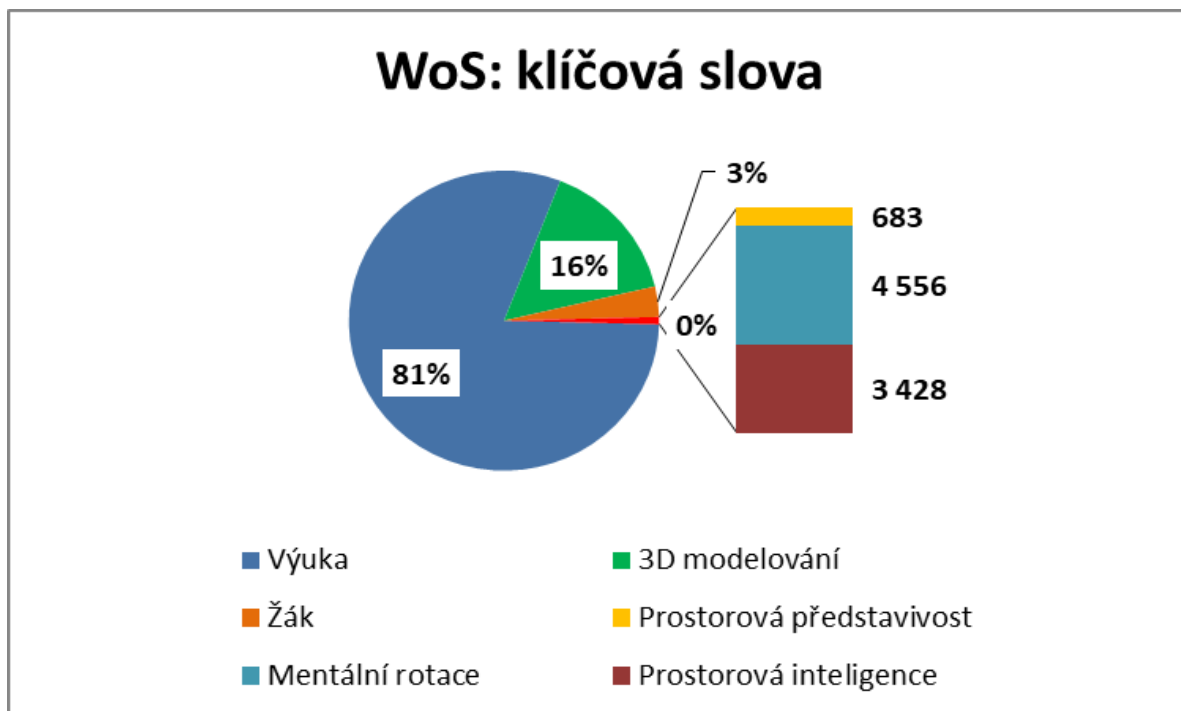
Graf 1: Graf výskytu klíčových slov v databázi Scopus (Zdroj: Fadrhonc & Honzíková, 2019).

Na grafu č. 1 je znázorněno procentuální zastoupení jednotlivých výrazů. Můžeme si povšimnout zásadního rozdílu v poměru vyhledaných klíčových slov.



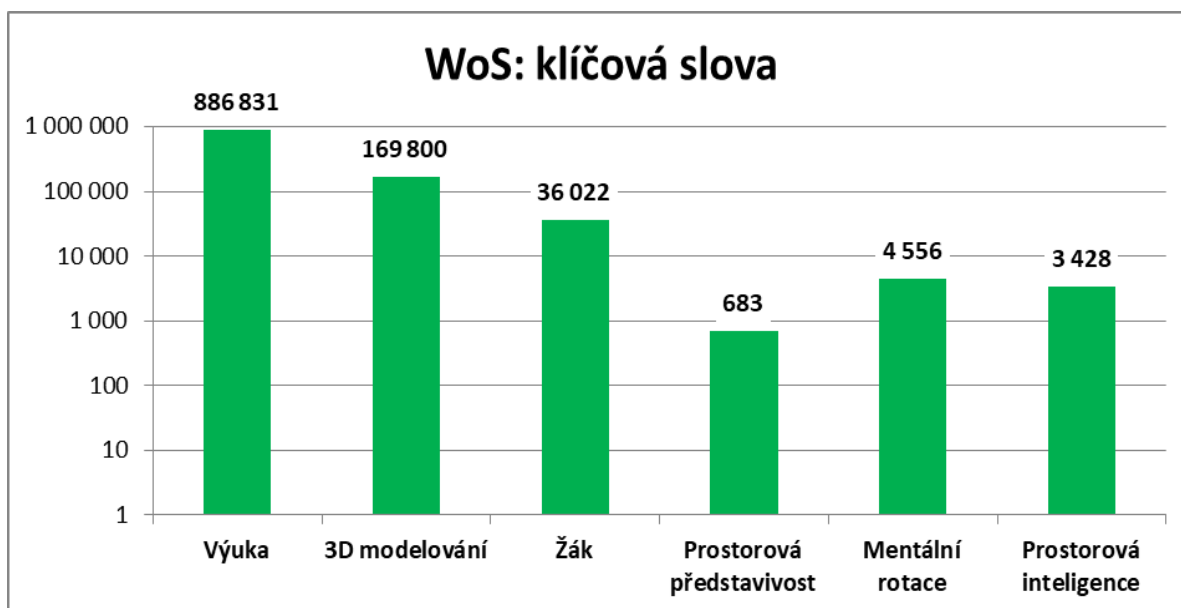
Graf 2: Graf výskytu klíčových slov v databázi Scopus (Zdroj: Fadrhonc & Honzíková, 2019).

V grafu je znázorněn počet vyhledaných výrazů v celé databázi. Pro lepší přehlednost je použito logaritmické měřítko.



Graf 3: Graf výskytu klíčových slov v databázi Web of Science (Zdroj: Fadrhonc & Honzíková, 2019).

Na grafu č. 3 je znázorněno procentuální zastoupení jednotlivých výrazů. Pro lepší přehlednost jsou u tří nejméně vyskytujících se slov zobrazeny hodnoty, neboť při zobrazení procentuálního zastoupení by byl popisek vždy 0%.



Graf 4: Graf výskytu klíčových slov v databázi Web of Science (Zdroj: Fadrhonc & Honzíková, 2019).

V grafu č. 4 je znázorněn počet vyhledaných výrazů v celé databázi. Pro lepší přehlednost je použito logaritmické měřítko. Můžeme zde vidět velké rozdíly v množství vyhledaných výrazů.

4.4.2 SROVNÁVACÍ TABULKY VYHLEDÁVÁNÍ V DATABÁZÍCH

Srovnávací tabulky (č. 3 až 5) byly rozděleny do 3 částí podle primárních vyhledávaných slov a obsahují publikace s nejbližší možnou podobností k našemu tématu.

Tabulka 3: Srovnávací tabulka s oběma primárními klíčovými slovy.

Vyhledávané výrazy	Autor	Rok	Problematika
Výuka; 3D modelování; Prostorová představivost;	Smeuranu I.	2017	Inovativní scénáře pro snazší učení a vzdělávání.
	Ferdiánová V.	2016	Využití moderních technologií 3D modelování v pedagogickém oboru matematiky a geometrie.
	Thehub A.	2007	Zpracování teorie osoby, prostoru a představivosti pro snazší formy učení.
Celkem 7 výsledků.			
Výuka; 3D modelování; Prostorová inteligence;	Grossird E., Talbot H.	2017	Využití 3D modelování a výroby prvků z recyklovaných plastů pro podporu rozvoje prostorové představivosti a inteligence.
	García Benítez, López Molina, Castellanos Pedroza	2016	Využití 3D modelování a modelů v oblasti geologických průzkumů.
Celkem 54 výsledků.			
Výuka; 3D modelování; Žák;	Jančaříková K., Jančařík K.	2017	Rozvoj e-learningu jako formy učení za podpory použití 3D modelování a tvorby elektronických učebnic.
	Jančaříková K., Jančařík K.	2016	Využití dynamických modelů a 3D projekce pro rozvoj vyučování.
Celkem 16 výsledků.			
Výuka; 3D modelování; Mentální rotace;	Berney S., Molinari G.	2015	Jak využít prvky 3D modelů pro jednodušší učení a pochopení anatomie a jejich učebních modelů.
	Qi S., Yan Y., Li R., Hu J.	2013	Tvorba projektů za použití 3D modelování pro učení zubařské praxe a zubní hygienistiky.
	Ardebili M.,	2008	Použití 3D modelování a dalších multimediálních softwarů pro učení lepší prostorové představivosti.
Celkem 12 výsledků.			

Zdroj: Fadrhonc & Honzíkova, 2019

Tabulka 4: Srovnávací tabulka s primárním klíčovým slovem *výuka*.

Vyhledávané výrazy	Autor	Rok	Problematika
Výuka; <i>Prostorová představivost;</i> <i>Prostorová inteligence;</i>	Ginn S., Pickens S.	2008	Vliv výuky prostorové představivosti a prostorové inteligence pro podporu výuky sexuální výchovy na základních školách a lepší prevence proti šíření pohlavních chorob.
	Lindenberg U., Kliegl R., Baltes P.	1992	Rozvoj paměťových možností pomocí prostorové představivosti a prostorové inteligence jedinců v době technického rozvoje.
Celkem 21 výsledků.			
Výuka; <i>Prostorová představivost;</i> <i>Žák;</i>	Koller A., Rost J., Koller M.	1994	Individuální výuka prostorové představivosti za použití IST testů a její vliv na žáka a jeho možnosti učení.
Celkem 3 výsledky.			
Výuka; <i>Prostorová představivost;</i> <i>Mentální rotace;</i>	Habacha H., Molinaro C., Dosseville F.	2014	Efektivnost výuky žáků, jejich prostorové představivosti na sportovní výkony a znalost mentální rotace objektů z kategorizace míčových her.
Celkem 38 výsledků.			
Výuka; <i>Prostorová inteligence;</i> <i>Žák;</i>	Lopowská M., Czaplewska E., Wysocka A.	2011	Visuospatická výuka dětí a žáků s dyslexií.
Celkem 2 výsledky.			
Výuka; <i>Prostorová inteligence;</i> <i>Mentální rotace;</i>	Heyden K., Jolles J.	2017	Využití efektu intervence třídy žáků za pomoci používání výukových materiálů pro podporu prostorové představivosti.
	Robbins T., James M., Owen A., Sahakian B.	1994	Cambrigský neuropsychologický test automatické baterie, který využívá faktory prostorové inteligence pro jednodušší pochopení a následnému hodnocení.
Celkem 8 výsledků.			
Výuka; Žák; <i>Mentální rotace;</i>	Topas V., Celik S., Karaca E.	2012	Novodobá forma učení prostorového přemýšlení a využívání 3D modelovacího programu pro rozvoj mentální rotace u žáků základních škol.
Celkem 4 výsledky.			

Zdroj: Fadrhonc & Honzíkova, 2019

Tabulka 5: Srovnávací tabulka s primárním klíčovým slovem 3D modelování.

Vyhledávané výrazy	Autor	Rok	Problematika
3D modelování; Prostorová představivost; Prostorová inteligence;	Harvard A.	1998	Studie zaměřená na interaktivní a multimediální učební pomůcky jako jsou 3D modely, testy prostorové představivosti a inteligence a grafické prostorové modely v rámci hodin IT.
Celkem 1 výsledek.			
3D modelování; Prostorová představivost; Žák;	Jančařík A.	2016	Model učebního plánu zabývajícího se matematickými znalostmi základní školy za podpory využití 3D modelování v přítomnosti žáků.
Celkem 1 výsledek.			
3D modelování; Prostorová představivost; Mentální rotace; Žádné relevantní výsledky.			
Celkem 1 výsledek.			
3D modelování; Prostorová inteligence; Žák; Žádné relevantní výsledky.			
Žádný výsledek.			
3D modelování; Prostorová inteligence; Mentální rotace; Žádné relevantní výsledky.			
Žádný výsledek.			
3D modelování; Žák; Mentální rotace;	Ardebili M.	2006	Použití 3D modelování a multimediálního softwaru pro zlepšení prostorových vizualizačních dovedností.
Celkem 14 výsledků.			

Zdroj: Fadrhonc & Honzík, 2019

4.5 ZHODNOCENÍ PŘEHLEDOVÉ STUDIE

Přehledová studie vznikla na základě potřeby dohledání ucelených podkladů pro plánovaný předvýzkum vlivu 3D modelování na prostorovou představivost, na jehož základě byly sestaveny klíčové otázky přehledové studie. Odpovědi na klíčové otázky byly vytvořeny podle informací získaných z vyhledaných publikací. Další části se týkají hlavně vyhledávání zdrojů. Pro vyhledávání teoretických zdrojů byla využita celá řada způsobů, a bylo důležité zejména pro stanovení základních pojmů. Do značné míry odpovídalo na možnost realizace výzkumu a částečně odpovídalo na otázky, jakým způsobem se provádí výzkum v ČR a zahraničí. Vyhledávání v databázích plnilo zejména kontrolní funkci. Odpovídalo též na otázky, zda náš výzkum na nějaký navazuje a jakým způsobem se obdobné výzkumy provádí.

Pro teoretickou oporu nám posloužila hlavně běžně dostupná literatura, mohli jsme tak lépe porozumět pojmům jako představa (Kelnarová & Matějková, 2010), představivost

(Čáp, 1993; Il'jina, 1972; Pelikán, 1998), prostorová inteligence (Gardner, 1999) a prostorová představivost (Pelikán, 1998). Prostorová představivost se historicky zkoumala pomocí testování schopností mentální rotace. Testování bylo založeno na obrázcích trojrozměrných geometrických tvarů (Shepard & Metzler, 1971), na tento výzkum navázali Vendenberg a Kuse (1978). Dnes se mluví o prostorové představivosti jako součásti inteligence, Gender (1999) podrobně popisuje pojem prostorová inteligence. Amthauer (2005) operuje s pojmem figurální inteligence, který je v podstatě nadřazený prostorové představivosti, ve svém testu struktury inteligence měří právě i škálu figurální inteligence. Náš pilotní výzkum, stejně jako v disertační práci Janovce (2011), bude vycházet z tohoto testu a měřit prostorovou představivost pomocí mentální rotace. Chtěli jsme náš plánovaný výzkum porovnat s ostatními, což znamenalo pročíst se velkým množstvím článků. V databázích WoS a Scopus je celá řada článků, které se věnují využití 3D modelů ve výuce, ať již například ve vzdělávání (Jančaříková & Jančařík, 2016, 2017) nebo specifickém oboru jako například geologie (García Benítez, López Molina & Castellanos Pedroza, 2016), sport (Habacha, Molinaro & Dosseville, 2014), matematika (Fardiánová, 2016), zdravotnictví (Berney, Bértracourt, Milinari & Hoynek, 2015), atd. Publikace byly mnohdy podnětné, ale neshodovaly se přesně se zaměřením našeho předvýzkumu, tedy vlivu výuky 3D modelování na prostorovou představivost. Mezi nejprínosnější publikace můžeme zařadit řecký článek autorů Toptas, Çelik a Karaca (2012), který popisuje výzkum vedený u žáků základních škol. Tento výzkum se věnuje porovnávání vytvořených modelů s předlohou. Můžeme tedy říci, že náš předvýzkum byl originální a zároveň přínosný.

5 PILOTNÍ OVĚŘOVÁNÍ

Pilotní ověřování probíhalo na maloměstské škole v Plzeňském kraji, cílovou věkovou skupinu tvořil celý druhý stupeň této základní školy. Pilotní výzkum měl několik cílů:

- **Ověřit metodiku výuky 3D modelování v reálném školním prostředí**, zejména její realizovatelnost, ale i její efektivitu. Pro ověření této části byla zvolena metoda pozorování, pomocí které jsme zkoumali probíhající výuku jako celek. Následovala metoda rozhovoru s učitelem, pro ověření efektivity výuky.
- **Porovnat dosaženou úroveň prostorové představivosti s tabulkovými hodnotami** z důvodu možné zastaralosti dat. Tabulkové hodnoty byly použity z metodické příručky pro vyhodnocování Test struktury inteligence I-S-T 2000 R Rudolfa Amthauera, konkrétně jeho upraveného českého vydání z roku 2005.
- **Porovnání vlivu klasické výuky s výukou 3D modelování na prostorovou představivost**, abychom ověřili, zda a do jaké míry ovlivňuje výuka 3D modelování u žáků různých tříd druhého stupně prostorovou představivost.

Data a výsledky posledního cíle byla zveřejněna v monografii Technické vzdělávání na základních školách v kontextu společenských a technologických změn (2017).

5.1 LIMITY PILOTNÍHO OVĚŘOVÁNÍ

Každý výzkum, stejně tak i náš, vychází, dalo by se říci, z idealizovaného záměru. Tato idea je však limitována reálnými možnostmi pro realizaci daného výzkumu. Na tyto limity však nesmíme zapomínat, výzkum samotný i jeho vyhodnocení musí tyto limity zohlednit.

V rámci ověření metodiky 3D modelování jsme v rámci pilotáže řešili celou řadu limitů. Mezi tyto limity patří absence 2 tříd ve vyšších ročnících, neboť jsme výzkum prováděli v maloměstské škole a jednalo se o slabší ročníky. Se školou jsme měli navázanou pouze krátkodobou spolupráci, proto samotná výuka 3D modelování probíhala v kratším časovém úseku, než by případně probíhala v rámci jejího zařazení do interní školní výuky. Krátký časový rozestup necelé dva měsíce mohl ovlivnit výsledky mezi pretestem a posttestem. Jako další limit můžeme zmínit zmenšení vzorku z důvodu aktuálního chřipkového období, z tohoto důvodu někteří žáci vyplnili pouze jeden z testů. Všechny tyto limity zmiňujeme u popisu realizace předvýzkumu či při jeho vyhodnocování.

5.2 POUŽITÉ VÝZKUMNÉ METODY

Možnost realizace výuky 3D modelování v reálném prostředí základní školy byla zkoumána pomocí pozorování, pro zhodnocení její efektivity jsme jí doplnili o rozhovor s vyučujícím.

Pedagogický experiment byl zvolen jako výzkumná metoda pro ověřování dosažené prostorové představivosti s tabulkovými hodnotami a současně rozdílů vlivu klasické výuky s výukou obohacenou o 3D modelování na prostorovou představivost. Pedagogický experiment byl proveden na menší maloměstské základní škole v Plzeňském kraji.

Pro zjištění rozvoje prostorové představivosti, tedy pokroku jedinců, byl využit pretest a posttest. Jako nezávisle proměnou jsme určili výuku 3D modelování podle vytvořené metodiky. Závisle proměnnou byl stanoven rozvoj prostorové představivosti. Pro nutnost využití pretestu a posttestu musíme uvažovat i o zařazení nežádoucí proměnné, a to samotného měření, neboť je nutné vzít v potaz, že pretest může do určité míry ovlivnit výsledky v posttestu, pokud probíhá v krátkém časovém intervalu.

Potřebné skupiny, kontrolní i experimentální, byly vybrány náhodně mezi žáky na dané škole, u kterých probíhá oddělená výuka informatiky, a to ve shodném rozsahu. Mohou to být 2 různé třídy daného ročníku nebo 2 skupiny v rámci jedné třídy. Z důvodu rovnocennosti skupin bylo zjištěno, dle jakých hledisek k tomuto rozdělení došlo, aby nebyl výrazný rozdíl v hodinové dotaci předmětů typu matematika, informatika a technická výchova.

Pro vyjádření očekávaného vlivu nezávisle proměnné na závislou proměnnou jsme stanovili základní hypotézu: „Výuka informačních technologií doplněná o část 3D modelování má větší vliv na prostorovou představivost u žáků druhého stupně základních škol, než výuka základní“.

Měření závisle proměnné probíhalo pomocí testů Rudolfa Amthauera Test struktury inteligence I-S-T 2000 R, jeho upraveného českého vydání z roku 2005. Z testu byla vybrána pouze část zabývající se testováním figurální inteligence. Tento test má formu A, která byla využita jako pretest a formu B, jež se využila jako posttest. Zadávaní, administrování a vyhodnocování inteligenčního testu probíhalo za spolupráce a pod vedením odborného pracovníka katedry psychologie FPE ZČU v Plzni.

Manuál vyhodnocování I-S-T testu, ani test samotný či příklady nebo ukázky z jeho jednotlivých částí nemohou být z etických a autorských důvodů v práci zobrazeny či jinak publikovány. Je to z důvodu toho, aby se nestal příliš známým a nedošlo tak k znehodnocení dalších měření.

5.3 PRŮBĚH A VÝSLEDKY TESTOVÁNÍ

Pilotní výzkum probíhal v akademickém roce 2016/2017. Pozorovanou skupinu tvořil celý druhý stupeň základní školy. Žáci nejprve dostali k vypracování pretest, poté v experimentálních skupinách probíhala výuka 3D modelování podle již zmíněné metodiky. Ověření metodiky 3D modelování v kontrolních skupinách bylo zařazeno až po postestu, aby nedošlo k znehodnocení dalších částí výzkumu.

Na výzkumu se podílel učitel informatiky, který byl seznámen s náplní metodiky. Velkou výhodou bylo to, že už s prací v programu SketchUp byl již obeznámen, nicméně výuku 3D modelování na dané škole zatím nerealizoval. Na úvod výuky proběhl motivační výklad o 3D modelování a 3D tisku, byla ukázána 3D tiskárna, vysvětlen na ní princip a následně ukázky různých videí o těchto technologiích. Následovala výuka řízená již učitelem, při které docházelo k pozorování žáků.

Na základě pozorování a následném rozhovoru s učitelem bylo zjištěno, že výuka 3D modelování podle metodiky:

- *se z hlediska obtížnosti nijak nevymyká výuce jiných oblastí z informatiky či technické výchovy;*
- *byla pro většinu žáků velmi motivující, mohlo to být však způsobeno tím, že toto téma bylo pro žáky zcela nové;*
- *lze realizovat na druhém stupni a není potřeba jí upravovat.*

Dále jsme se zaměřili na porovnání výsledků testovaných žáků v oblasti prostorové představivosti s tabulkovými hodnotami. Žáci byli otestováni částí testu struktury inteligence I-S-T 2000 R, z kterého byla vybrána škála figurální inteligence, jež obsahuje následující úlohy.

- **Výběr obrázců (PL):** Každá úloha ukazuje jeden obrazec rozstříhaný na několik kousků. Zkoumaná osoba má zjistit, který z deseti možných obrázců vznikne složením jednotlivých částí.
- **Úlohy s kostkami (SP):** V tomto subtestu jsou dány kostky, na jejichž šesti stranách jsou odlišné značky. Vždy je vidět pouze tři strany kostky. Každá položka ukazuje jednu z daných kostek ve změněné poloze. Testovaný jedinec má zjistit, o kterou z nich se jedná.
- **Úlohy s maticemi (MA):** V každé úloze je na levé straně řada(y) obrázců uspořádaných podle určitého pravidla. Úkolem zkoumané osoby je zjistit, který z pěti nabízených obrázců bude stát na místě otazníku v neúplné řadě uspořádané podle stejného pravidla jako úplná řada(y). (Amthauer, 2005).

První úlohy typu Výběr obrázců (PL) jsou zaměřeny na otestování plošné mentální rotace, Úlohy s kostkami (SP) slouží k otestování schopnosti plošné a prostorové mentální rotace a Úlohy s maticemi (MA) testují schopnost hledat vzájemné souvislosti mezi obrázky.

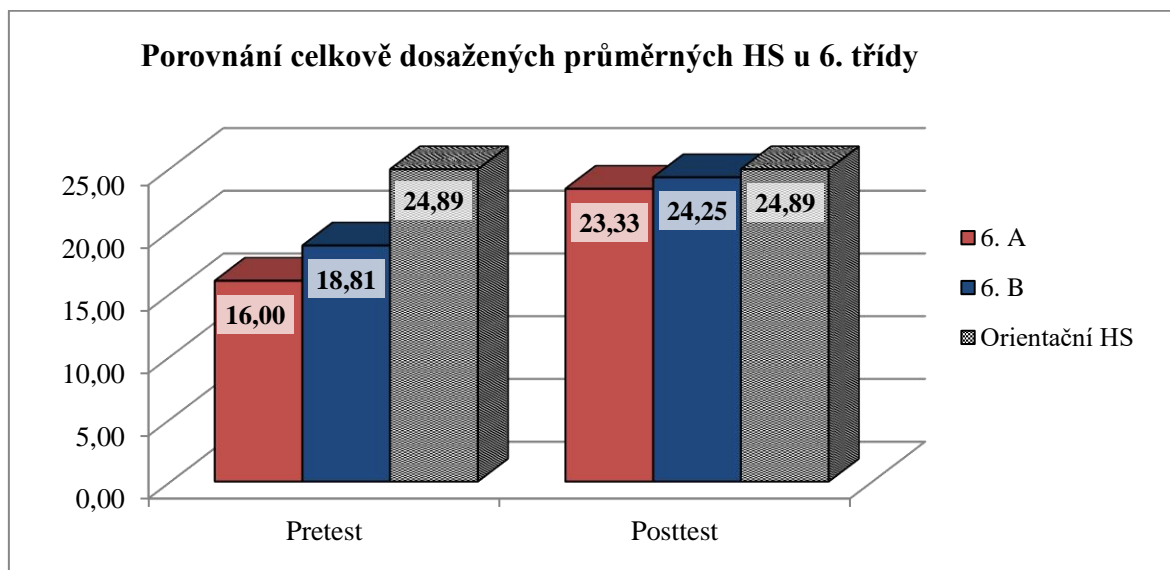
Celkově bylo 78 respondentů. Žáci byli náhodným výběrem rozděleni do experimentálních a kontrolních skupin. Optimálního stavu, kdy máme obě skupiny ze stejného ročníku, se nám podařilo, vzhledem k velikosti základní školy, dosáhnout pouze u šesté třídy.

Z důvodu menšího počtu žáků, tedy absenci více skupin v 7., 8. a 9. třídě, bylo nutno přikročit k rozdělení experimentálních a kontrolních skupin následovně: jako kontrolní skupinu jsme určili 8. třídu, kterou postupně porovnáváme s dvěma experimentálními skupinami, 7. a 9. třídou. Pomocí T-testu bylo po získání výsledků pretestu pro jistotu ověřeno, že mezi porovnávanými skupinami v oblasti prostorové představivosti není statisticky významný rozdíl. Mohou tedy být použity jako kontrolní a experimentální skupina.

Naměřená data jsou porovnána mezi kontrolní a experimentální skupinou pomocí grafů. Používané zkratky v tabulkách a grafech: hrubé skóry (HS), výběr obrázců (PL), úlohy s kostkami (SP), úlohy s maticemi (MA).

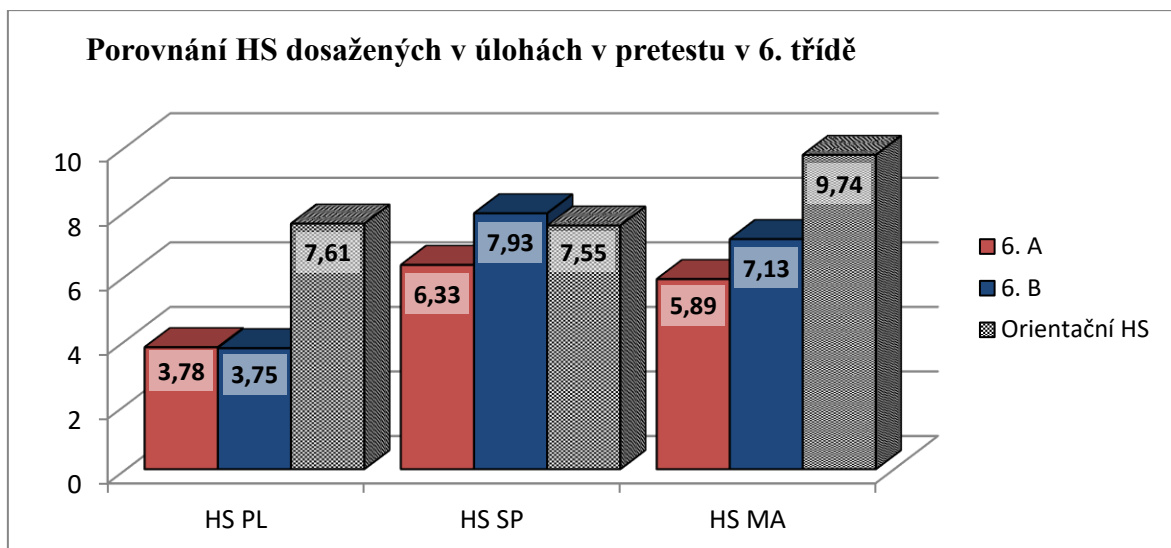
5.3.1 POROVNÁNÍ SKUPIN V 6. TŘÍDĚ

U grafů č. 5 až č. 7 pro porovnání výsledků šesté třídy jsou pro ilustraci uvedeny orientační hodnoty hrubých skóru. Ty jsou však opravdu orientační, neboť jsou koncipovány až pro 7. třídu, proto je třeba je brát pouze pro ilustraci a nepředpokládalo se, že budou dosaženy.



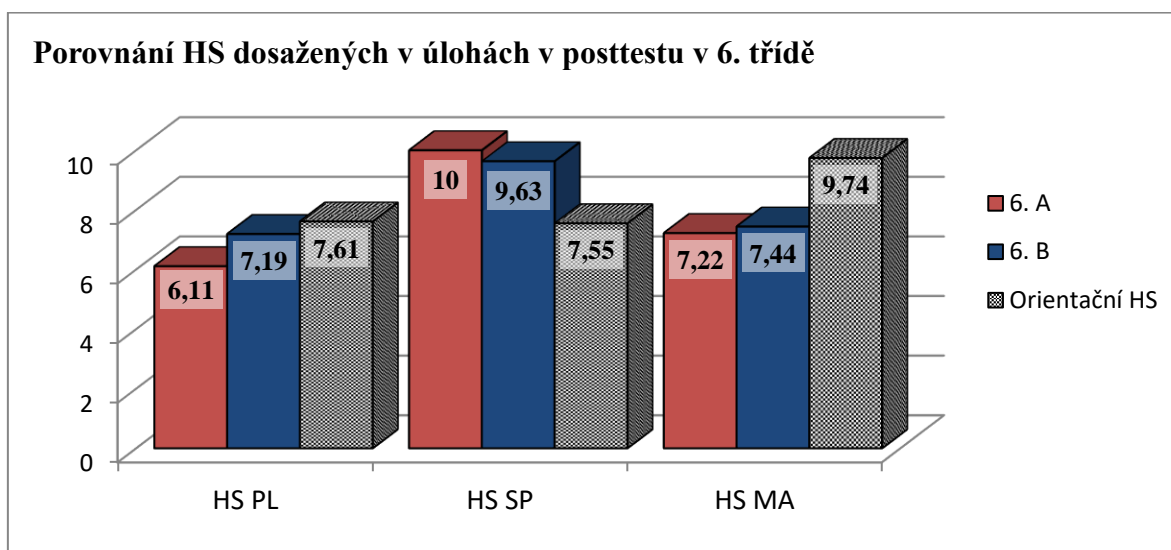
Graf 5: Porovnání celkově dosažených průměrných HS (Zdroj: Dostál et al., 2017).

V grafu č. 5 můžeme vidět celkové průměrné HS ze všech úloh figurální inteligence. Třída 6. B zde byla jako experimentální skupina a 6. A jako kontrolní skupina. Dle očekávání jsou výsledky hrubých skóru dosažených v celém testu figurální inteligence nižší než orientační hodnoty, které jsou stanoveny až pro 7. třídu. Můžeme si ale povšimnout, že v posttestech obou tříd je rozdíl oproti orientační hodnotě velmi malý, obzvláště ve třídě 6. B, tedy experimentální skupině.



Graf 6: Porovnání HS dosažených v úlohách v pretestu (Zdroj: Dostál et al., 2017).

Na grafu číslo 6 můžeme vidět výsledky dosažené v pretestech u žáků 6. třídy. Dílčí hodnoty hrubých skóre odpovídají předpokladu, že nebudou dosahovat hodnot orientačních. Až na výjimku v úloze s kostkami (SP) dosahovali žáci 6. B, experimentální skupiny, lepších výsledků.

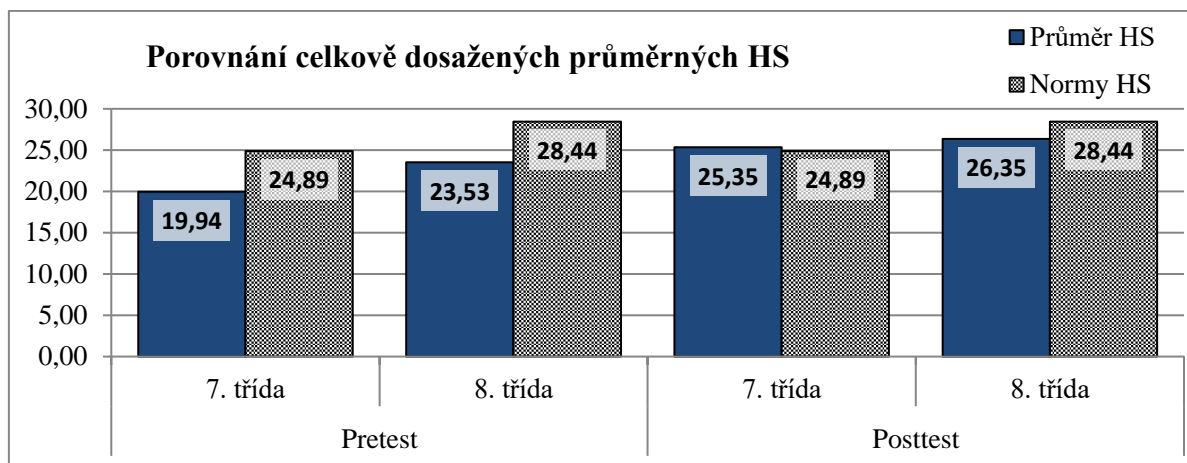


Graf 7: Porovnání HS dosažených v úlohách v posttestu (Zdroj: Dostál et al., 2017).

Výsledky testování žáků vyšlé v posttestech jsou zaznamenány na grafu 7. Zajímavým faktem je však vysoké HS u úloh s kostkami (SP). Ve výsledcích posttestu je patrné zlepšení u obou tříd. Zejména u úloh s kostkami (SP) obě třídy překročily poměrně výrazně orientační hodnoty. Navíc kontrolní skupina (6. A) překonala experimentální, u žáků byl i větší pokrok, pokud porovnáme výsledky s pretestem v grafu číslo 6.

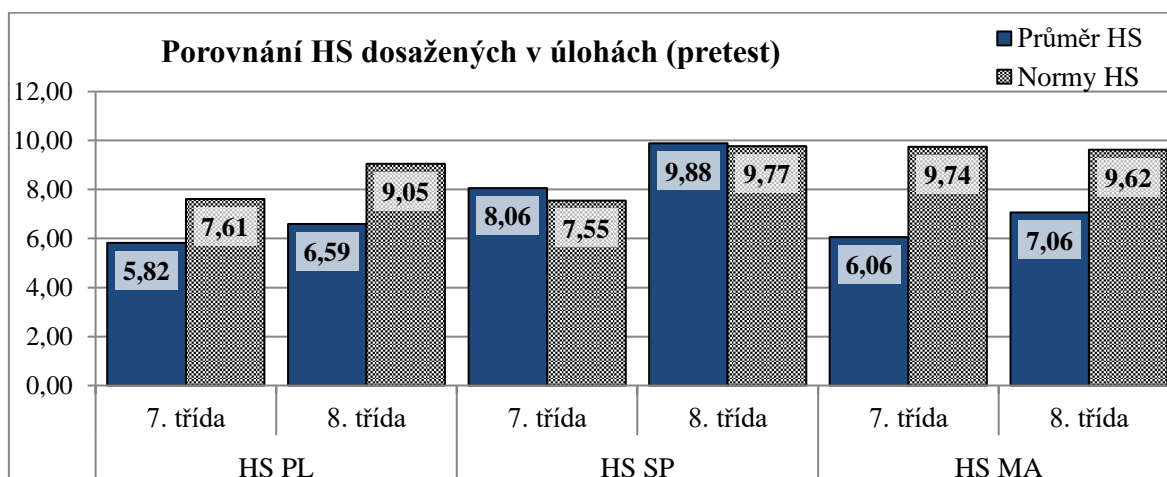
5.3.2 POROVNÁNÍ 7. A 8. TŘÍDY, 9. A 8. TŘÍDY

Zobrazení naměřených hodnot a porovnání s normami naleznete v grafech 8 až 13. U sedmé třídy je z důvodu přehlednosti v grafech uvedena norma hrubých skórů, ale jedná se pouze o hodnoty orientační, nikoliv normované, proto je potřeba k nim v tomto smyslu přistupovat.



Graf 8: Porovnání celkově dosažených průměrných HS (Zdroj: Dostál et al., 2017).

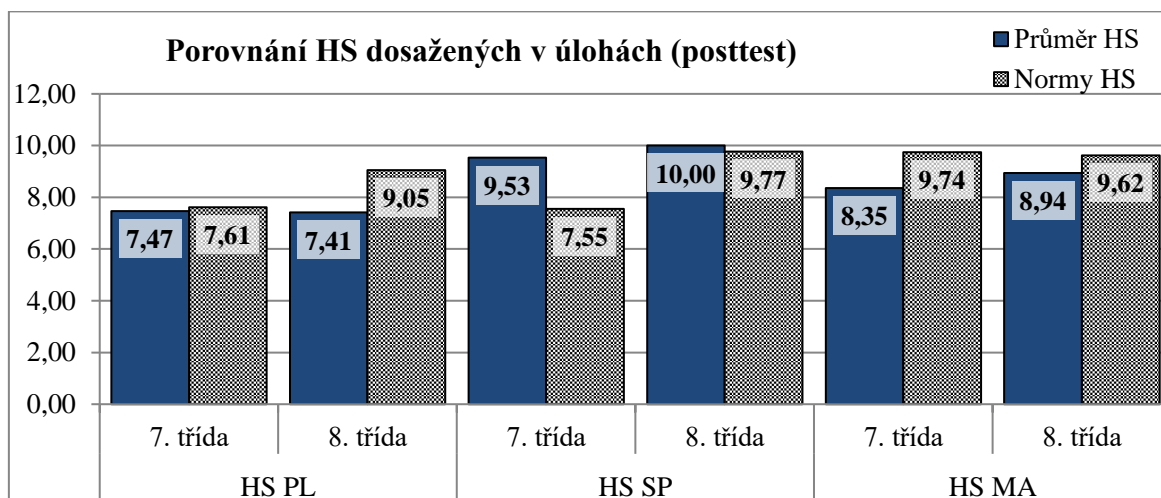
V grafu číslo 8 je možné vidět celkové průměrné výsledky HS ze všech úloh figurální inteligence. 7. třída zde byla jako experimentální skupina a 8. třída jako kontrolní skupina. Z grafu je patrné, že oběma třídám vyšly v pretestu poměrně nízké hodnoty oproti normám, v posttestu se tyto hodnoty od norem tolik neliší.



Graf 9: Porovnání HS dosažených v úlohách v pretestu (Zdroj: Dostál et al., 2017).

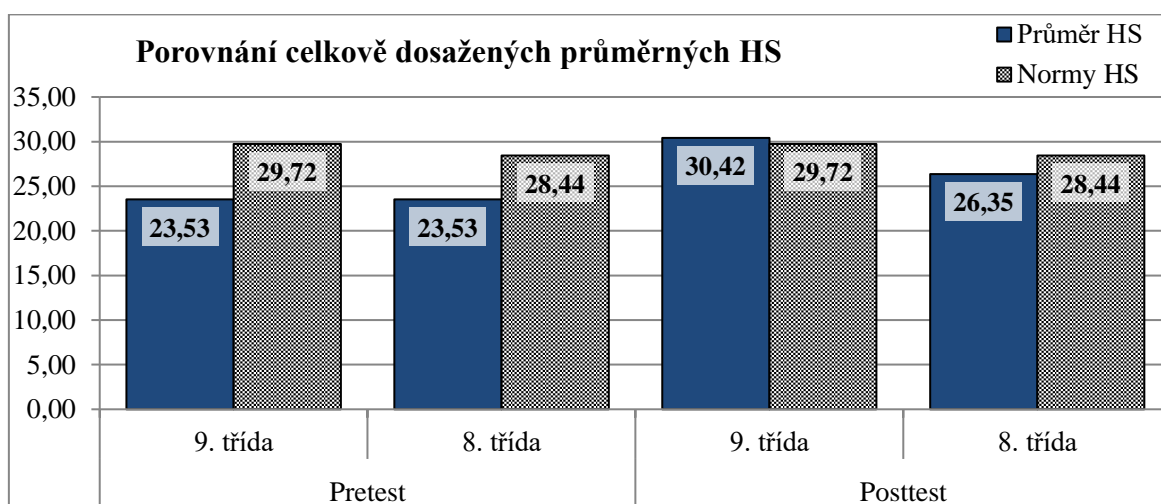
Dílčí průměrné výsledky jednotlivých úloh v pretestu jsou zobrazeny na grafu 9. Výsledky v úlohách s maticemi (MA) a skládání obrazců (PL) jsou v obou třídách poměrně nízké a jsou pod očekávanými normami. V úloze s kostkami SP si ale žáci vedli lépe, jejich

výsledky jsou v obou třídách srovnatelné s normami, dokonce tyto normy lehce překračují.



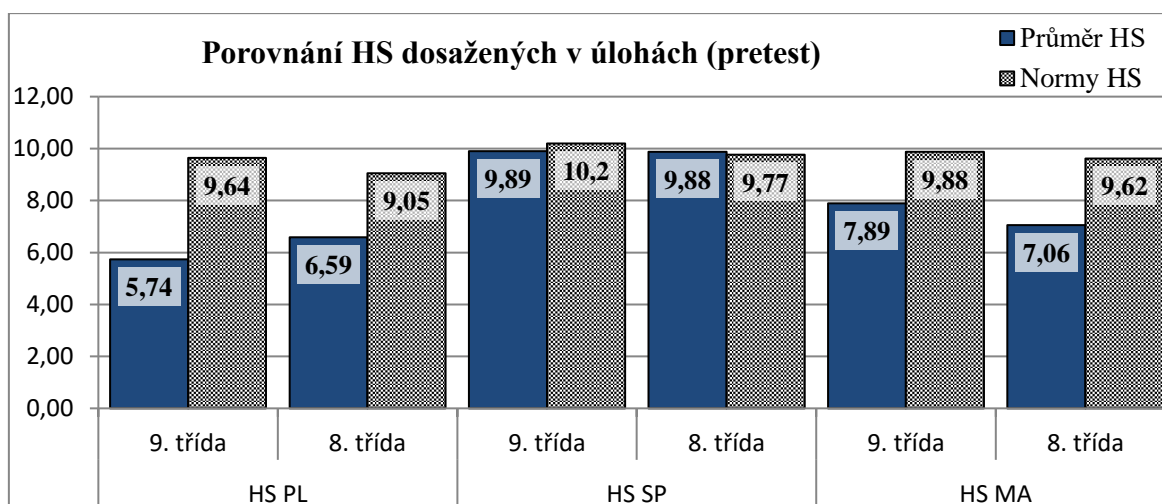
Graf 10: Porovnání HS dosažených v úlohách v posttestu (Zdroj: Dostál et al., 2017).

Dílčí průměrné výsledky testů figurální inteligence dosažené v posttestu zobrazuje graf 10. Oproti pretestu (graf 9) můžeme vidět u obou tříd dosažení lepších výsledků, zejména v úlohách s maticemi (MA) a úlohách se skládáním obrázků (PL). Zajímavý vývoj je vidět v úloze s kostkami (SP). Výsledky žáků 7. třídy jsou znatelně lepší, ale u žáků 8. třídy jsou výsledky jen nepatrně vyšší.



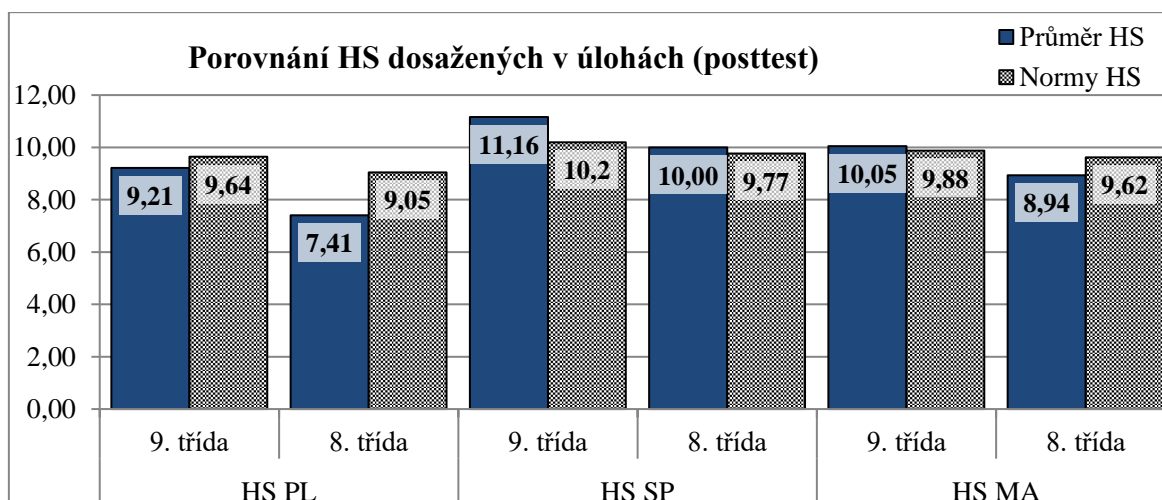
Graf 11: Porovnání celkově dosažených průměrných HS (Zdroj: Dostál et al., 2017).

V grafu číslo 11 lze vidět celkové průměrné výsledky HS ze všech úloh figurální inteligence. 9. třída zde byla jako experimentální skupina a 8. třída jako kontrolní skupina. V pretestech žáci nedosahují hodnot z norem, je zde vidět poměrně veliký rozdíl. V posttestech jsou hodnoty obdobné jako u norem, 9. třída normy lehce překonala a 8. třída je mírně pod hranicí norem.



Graf 12: Porovnání HS dosažených v úlohách v pretestu (Zdroj: Dostál et al., 2017).

Dílčí průměrné výsledky úloh figurální inteligence v pretestu jsou zaznamenány na grafu 12. Stejně jako u ostatních výsledků pretestů můžeme vidět nižší než normovanou hodnotu hrubých skóre u úloh s maticemi (MA) a u úloh s obrazci (PL). Výsledky u úloh s kostkami (SP) téměř odpovídají normám, v 9. třídě norem lehce nedosahují a v 8. třídě je lehce překračují.



Graf 13: Porovnání HS dosažených v úlohách v posttestu (Zdroj: Dostál et al., 2017).

V grafu 13 můžeme vidět průměrné hodnoty dosažené v dílčích úlohách testu figurální inteligence. Pokud se podíváme na výsledky 9. třídy, tak hodnoty norem zhruba odpovídají ve výsledcích dosažených úloze s maticemi (MA), kde normy lehce překračují. Lehce nižší jsou průměrné výsledky u úloh s obrazci (PL) a v úloze s kostkami (SP) normy průměrné výsledky opět překračují. Největší pokrok oproti pretestu (graf 12) je u 9. třídy vidět u úlohy s obrazci (PL) a následně u úlohy s maticemi (MA).

5.3.3 ZHODNOCENÍ POROVNÁNÍ HODNOT V OBLASTI PROSTOROVÉ PŘEDSTAVIVOSTI

Výsledky žáků z předvýzkumu, vzhledem k počtu respondentů, nelze v širším měřítku nijak zobecňovat. Nicméně naměřené hodnoty v porovnání s tabulkovými vykazují nižší výsledky zejména u úkolů zaměřených na skládání obrázců (PL) a u úlohy s maticemi (MA). Oproti tomu žáci dosáhli stejných, nebo dokonce větších průměrných hodnot v úlohách zaměřených na práci s kostkami (SP), tyto úlohy vzhledem k zaměření metodiky jsou pro nás klíčové. Zdálnivě nižší hodnoty u šesté třídy byly způsobeny tím, že pro porovnání byly zvoleny tabulkové hodnoty orientační pro sedmou třídu, orientační hodnoty též mohly ovlivnit nižší výsledky u třídy sedmé.

Můžeme tedy říci, že celkové výsledky žákovské prostorové představitosti na našem zkoumaném vzorku jsou nižší než v tabulkových hodnotách, a to zejména v pretestech. Nicméně tento rozdíl není nijak alarmující a může být ovlivněn velikostí našeho vzorku.

5.4 PRIMÁRNÍ VÝSLEDEK PILOTNÍHO OVĚŘOVÁNÍ

Pro porovnání výsledků byly stanoveny hypotézy týkající se rozdílu mezi prvním a druhým měřením.

- **H₀:** „Mezi prvním a druhým měřením prostorové představitosti v kontrolní (experimentální) skupině **není statisticky významný rozdíl.**“
- **H_A:** „Mezi prvním a druhým měřením prostorové představitosti **je statisticky významný rozdíl.**“

Pro ověření hypotéz byl použit u všech skupin dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu. *Zdroj:* uvedeny v tabulkách číslo 6 až 10.

Tabulka 6: 6. A, dvouvýběrový párový t-test na stř. hodnotu.

6. A	Σ HS	Σ HS2
Stř. hodnota	23,33	16
Rozptyl	36,75	34,75
Pozorování	9	9
Pears. korelace	0,675	
Hyp. rozdíl stř. hod.	0	
Rozdíl	8	
t Stat	4,563	
P(T<=t) (1)	0,001	
t krit (1)	1,860	
P(T<=t) (2)	0,002	
t krit (2)	2,306	

Zdroj: Dostál et al., 2017

Tabulka 7: 6. B, dvouvýběrový párový t-test na stř. hodnotu.

6. B	Σ HS	Σ HS2
Stř. hodnota	24,25	18,813
Rozptyl	39,53	19,896
Pozorování	16	16
Pears. korelace	0,144	
Hyp. rozdíl stř. hod.	0	
Rozdíl	15	
t Stat	3,036	
P(T<=t) (1)	0,004	
t krit (1)	1,753	
P(T<=t) (2)	0,008	
t krit (2)	2,131	

Zdroj: Dostál et al., 2017

Tabulka 8: 7. třída, dvouvýběrový párový t-test na stř. hodnotu.

7. třída (experiment.)	Σ HS	Σ HS2
Stř. hodnota	25,35	19,94
Rozptyl	63,74	30,18
Pozorování	17	17
Pears. korelace	0,221	
Hyp. rozdíl stř. hod.	0	
Rozdíl	16	
t Stat	2,585	
P(T<=t) (1)	0,01	
t krit (1)	1,746	
P(T<=t) (2)	0,020	
t krit (2)	2,120	

Zdroj: Dostál et al., 2017

Tabulka 9: 9. třída, dvouvýběrový párový t-test na stř. hodnotu.

9. třída (experiment.)	Σ HS	Σ HS2
Stř. hodnota	30,42	23,526
Rozptyl	58,81	47,485
Pozorování	19	19
Pears. korelace	0,763	
Hyp. rozdíl stř. hod.	0	
Rozdíl	18	
t Stat	5,934	
P(T<=t) (1)	6E-06	
t krit (1)	1,734	
P(T<=t) (2)	1E-05	
t krit (2)	2,101	

Zdroj: Dostál et al., 2017

Tabulka 10: 8. třída, dvouvýběrový párový t-test na stř. hodnotu.

8. třída (kontrolní)	Σ HS	Σ HS2
Stř. hodnota	26,35	23,53
Rozptyl	88,87	82,52
Pozorování	17	17
Pears. korelace	0,798	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	16	
t Stat	1,974	
P(T<=t) (1)	0,033	
t krit (1)	1,746	
P(T<=t) (2)	0,066	
t krit (2)	2,120	

Zdroj: Dostál et al., 2017)

Z výsledků (tabulka 6 až 10) je patrné překročení kritické hranice (t krit (1)) ve všech skupinách, proto se nám u všech měření potvrdila hypotéza alternativní.

„Mezi prvním a druhým měřením prostorové představivosti je rozdíl.“

Toto ovšem může být způsobeno i nežádoucím vlivem pretestu na posttest způsobeným krátkým časovým intervalem mezi testováním, který činil bez mála dva měsíce.

Pro porovnání rozdílů výsledku dosažených v testech figurální inteligence u experimentální a kontrolní skupiny byly stanoveny hypotézy.

- **H₀:** „Mezi hrubými skóry dosaženými v testu prostorové představivosti kontrolní a experimentální skupiny není statisticky významný rozdíl.“

- **H_A:** „Mezi hrubými skóry dosaženými v obou skupinách jsou rozdíly.“

Bylo provedeno ověření rozptylů dvouvýběrovým F-testem pro rozptyl (tab. 11, 13 a 15). U všech skupin nebyl zjištěn statisticky významný rozptyl. Proto mohlo být u všech skupin použito porovnání podle dvouvýběrového T-testu s rovností rozptylů (tab. 12, 14 a 16).

Tabulka 11: 6. třída, dvouvýběrový F-test pro rozptyl.

Porovnání 6. A a B	$\sum HS$	$\sum HS2$
Stř. hodnota	24,25	23,33
Rozptyl	39,53	36,75
Pozorování	16	9
Rozdíl	15	8
F	1,076	
P(F<=f) (1)	0,480	
F krit (1)	3,218	

Zdroj: Dostál et al., 2017

Tabulka 12: 6. třída, dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů.

Porovnání 6. A a 6. B	$\sum HS$	$\sum HS2$
Stř. hodnota	24,25	23,33
Rozptyl	39,53	36,75
Pozorování	16	9
Společný rozptyl	38,57	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	23	
t Stat	0,354	
P(T<=t) (1)	0,363	
t krit (1)	1,714	
P(T<=t) (2)	0,726	
t krit (2)	2,069	

Zdroj: Dostál et al., 2017

Tabulka 13: 7. a 8. tř., dvouvýběrový F-test pro rozptyl.

Porovnání 7. a 8. třídy	$\sum HS$	$\sum HS2$
Stř. hodnota	26,35	25,35
Rozptyl	88,87	63,74
Pozorování	17	17
Rozdíl	16	16
F	1,394	
P(F<=f) (1)	0,257	
F krit (1)	2,334	

Zdroj: Dostál et al., 2017

Tabulka 14: 7., 8. tř., dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů.

Porovnání 7. a 8. třídy	$\sum HS$	$\sum HS2$
Stř. hodnota	26,35	25,353
Rozptyl	88,87	63,743
Pozorování	17	17
Společný rozptyl	76,31	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	32	
t Stat	0,334	
P(T<=t) (1)	0,370	
t krit (1)	1,694	
P(T<=t) (2)	0,741	
t krit (2)	2,037	

Zdroj: Dostál et al., 2017

Tabulka 15: 7. a 8. tř., dvou-výběrový F-test pro rozptyl.

Porovnání 9. a 8. třídy	$\sum HS$	$\sum HS^2$
Stř. hodnota	26,35	30,421
Rozptyl	88,87	58,813
Pozorování	17	19
Rozdíl	16	18
F	1,511	
P(F<=f) (1)	0,199	
F krit (1)	2,2496	

Zdroj: Dostál et al., 2017

Tabulka 16: 9., 8. tř., dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů.

Porovnání 9. a 8. třídy	$\sum HS$	$\sum HS^2$
Stř. hodnota	30,421	26,353
Rozptyl	58,813	88,868
Pozorování	19	17
Společný rozptyl	72,956	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	34	
t Stat	1,4266	
P(T<=t) (1)	0,0814	
t krit (1)	1,6909	
P(T<=t) (2)	0,1628	
t krit (2)	2,0322	

Zdroj: Dostál et al., 2017

Výsledky porovnání pomocí T-testu prokázaly u všech skupin platnost základní hypotézy.

„Mezi hrubými skóry dosaženými v testu prostorové představivosti kontrolní a experimentální skupiny není statisticky významný rozdíl.“

Na tento výsledek mohou mít hlavní vliv dva aspekty. Prvním, stejně jako u porovnání výsledku pretestu a posttestu, je malý časový odstup těchto testů. Testy jsou samozřejmě pro možnost opakování ve variantě A a B, které se liší prohozením úloh. Přesto žáci mohli mít ještě v relativně živé paměti výsledky a postupy z řešení pretestů při řešení úloh v posttestech. Dalším možným důvodem tohoto výsledku může být krátká doba působení kurzu 3D modelování. V zásadě k obdobným výzkumným úskalím dospěli J. Bařko s V. Lovasovou (2016), kteří zjišťovali potenciál práce s robotickou stavebnicí na rozvíjení myšlení žáků základní školy. Také v jejich případě se do výzkumných závěrů negativně promítaly předchozí zkušenosti žáků s algoritmy řešení testových úloh a nedostatečný časový prostor pro aplikaci činností s robotickou stavebnicí, který byl limitován reálnými možnostmi základních škol.

5.5 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Přímo na potenciál 3D modelování se zaměřoval J. Janovec (2011), který ve své disertační práci navrhl a provedl pedagogický výzkum, jehož respondenty byli studenti prvního ročníku bakalářského studijního programu Strojírenská technologie na Fakultě výrobních technologií a managementu Univerzity J. E. Purkyně. Autor nejprve navrhl vlastní schéma

výuky a poté zkoumal vliv této formy výuky na rozvoj prostorové představivosti. Výzkum vedl k závěru, že využití aplikace SolidWork ve výuce předmětu konstruktivní geometrie přináší zvýšení úrovně prostorové představivosti studentů, aniž by negativně ovlivnilo jejich vědomosti (Janovec, 2011). Aplikace SolidWork, která je pro svou komplexnost využívána u studentů, spíše než u žáků, je stejně jako program SketchUp zaměřena na tvorbu 3D modelů. Pro testování žáků byla stejně jako v případě našeho výzkumu využita část testu struktury inteligence Rudolfa Amthauera (2005). Byly zde vybrány první dvě sady úloh ze škály figurální inteligence, Výběr obrazců (PL) a Úlohy s kostkami (SP), tedy úlohy zaměřené na plošnou a prostorovou mentální rotaci. Úlohy s maticemi (MA) zkoumající vztahy mezi obrazci do testování zařazeny nebyly. Na rozdíl od našeho výzkumu bylo výukou na studenty působeno po dobu celého semestru, tím pádem byla tato doba i rozdílem času mezi pretestem a posttestem.

Relativně příbuzné výzkumy můžeme najít také v zahraničí. Například v Turecku se zabývají výzkumem zlepšování prostorové představivosti žáků prostřednictvím 3D modelovacího programu (SketchUP). Představivost zkoumají z hlediska tvorby modelu tak, aby se co nejvíce podobaly vzoru, a tím i skutečnému objektu. Vytvořené modely žáků následně porovnávají se vzorem a mezi sebou (Toptas, 2012).

Prostorová představivost úzce souvisí s technickou představivostí. V roce 2008 provedla J. Honzíková na Fakultě pedagogické ZČU výzkum porovnávající výsledky respondentů v oblasti tvořivého myšlení a technické představivosti. V tomto výzkumu nebyla potvrzena přímá spojitost mezi těmito schopnostmi, byla totiž prokázána hypotéza: „Mezi výsledky dosaženými u Torranceho figurálního testu a výsledky dosaženými u testu technické představivosti (TST), je ve všech zařazených skupinách významný rozdíl.“. Proč respondenti, kteří dosahují poměrně vysokého skóre v testech tvořivého myšlení, již nedosahují tak vysoké hodnoty v testech technické představivosti? Jedním z důvodů může být činnost velkého mozku, konkrétně pak činnost jeho pravé a levé poloviny. Výzkumy ukázaly, že velký mozek ovládá veškeré paměťové a učební dovednosti. Další pokusy z šedesátých a sedmdesátých let profesorů Rogera Sperryho a Roberta Ornsteina ukázaly, že mozková kůra rozděluje plnění úkolů mezi pravou a levou polovinu mozku, přičemž mezi úkoly pravé poloviny mozku patří úkoly zaměřené na rytmus, prostorové vědomí, představivost, snění, barvu, dimenze a úkoly vyžadující holistický přístup, tedy

povědomí o dané věci jako celku. Levá polovina mozku se naproti tomu zabývá slovy, logikou, čísly, posloupnostmi, přehledy a analýzou. A to může být i příčinou výsledků v tomto testování tvořivých schopností. Pokud lidé procházejí přípravou na činnosti závisující více na jedné polovině mozku než na druhé, postupně si vytvářejí dominantní návyky, a ty potom způsobí, že tito jedinci i v dalším životě dávají přednost činnostem ovládajícím tutéž mozkovou hemisféru (Buzan, 2007). Ovšem kombinací obou lze dosáhnout překvapivých výsledků. Ve vzdělávání tedy nepreferovat pouze dovednosti jedné poloviny mozku, ale kombinovat a zaměstnávat celý mozek na základě synergie a opakování. A právě při tvořivém řešení daných úkolů je nutné využívat obě dvě poloviny mozku (Honzíková, 2008).

6 REALIZACE PRIMÁRNÍHO VÝZKUMU

V této kapitole se budeme věnovat výzkumu, který probíhal v akademických rocích 2019/2020 a 2020/2021. Čtenář bude seznámen s metodami výzkumu, specifikacemi výzkumného vzorku, limity výzkumu, samotným průběhem výzkumu a také jeho výsledky.

Disertační práce jako celek řeší problematiku implementace výuky 3D modelování do základních škol. V předvýzkumu jsme na tuto problematiku pohlíželi z hlediska možného rozvoje prostorové představivosti a vhodnosti zaražení výuky 3D modelování do různých ročníků druhého stupně základních škol. Nicméně vliv této výuky na rozvoj prostorové představivosti nebyl prokázán, stejně tak nebyl vyhodnocen statisticky významný rozdíl mezi porovnávanými ročníky.

Při plánování primárního výzkumu jsme mohli navázat na předvýzkum. Pilotní výzkum bylo možné rozšířit o větší výzkumný vzorek a eliminovat některé z jeho limitů, poté bychom mohli dosáhnout statistický významného rozdílu mezi pretestem a posttestem při ověřování vlivu výuky 3D modelování na prostorovou představivost.

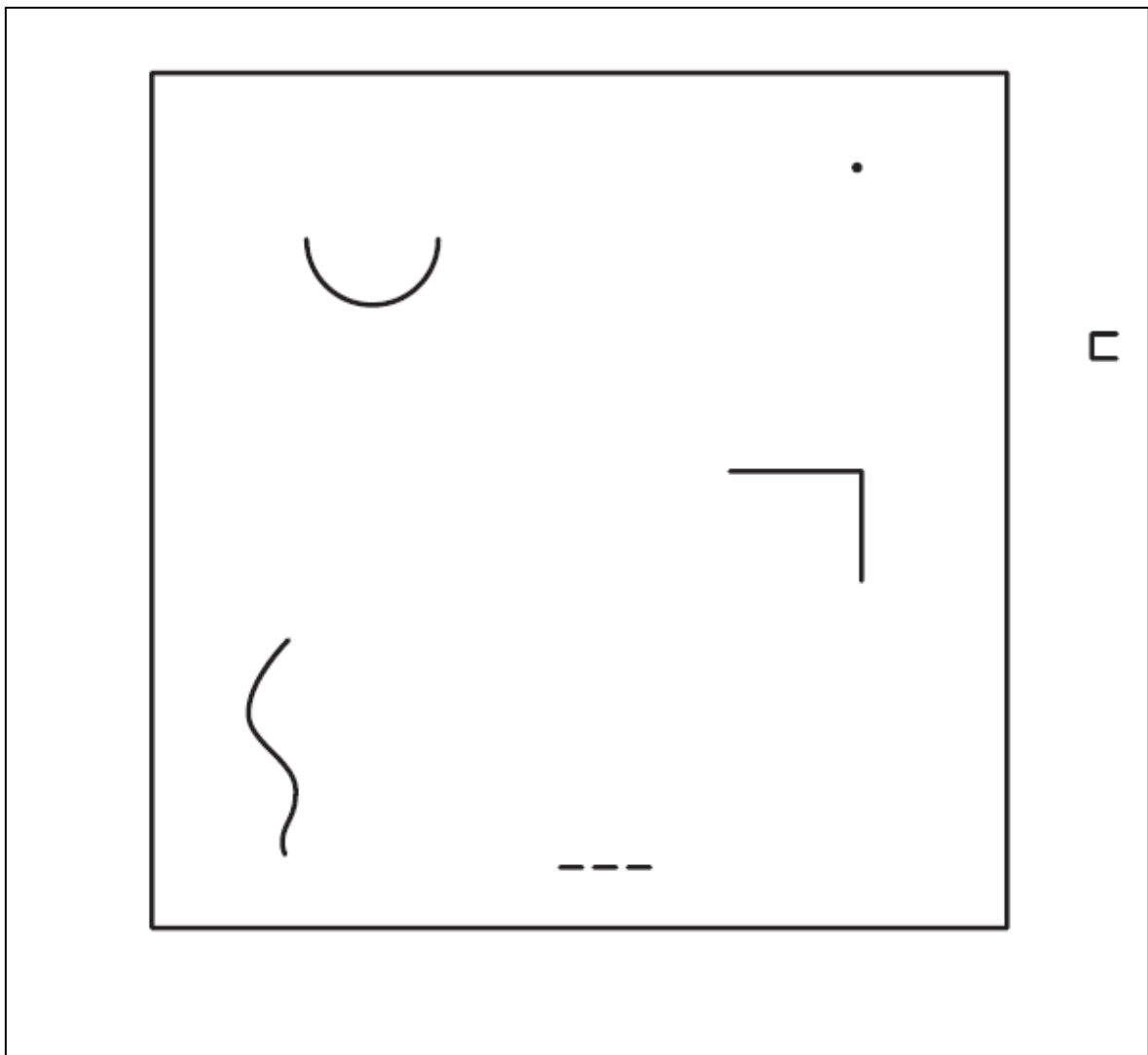
Bylo nutné zvážit modifikaci hlavní výzkumné otázky, k čemuž jsme s přihlédnutím k okolnostem nakonec přistoupili. Neřešili jsme již nadále otázku, zda je vhodné výuku 3D modelování do základního vzdělávání implementovat, ale v jakém stupni vzdělávání by bylo vhodné výuku 3D modelování začít realizovat. Úprava hlavní výzkumné otázky byla provedena na základě aktuální společenské poptávky. V průběhu tvorby disertační práce začalo probíhat ověřování předmětu Technika na základních školách. Na ověřování spolupracujeme, v jeho rámci řešíme právě i možnosti implementace moderních technologií do vzdělávání. Mezi tyto technologie spadá i výše zmiňované 3D modelování s 3D tiskem. Vzhledem k tomu, že ověřování předmětu Technika probíhá na desítkách základních škol v celé České republice a na jeho ověření se podílejí metodici z většiny pedagogických fakult, bylo bezpředmětné se původní výzkumné otázce věnovat. Proto ji bylo nezbytné modifikovat.

6.1 POUŽITÉ VÝZKUMNÉ METODY

V primárním výzkumu se budeme zabývat porovnáním výsledků výuky, tedy porovnání výstupních úloh dle námi vytvořené metodiky 3D modelování, a to v různých stupních vzdělávání. Toto porovnání proběhne na základě modifikovaného Urbanova figurálního testu tvořivého myšlení. Jako doprovodná metoda bylo vybráno pozorování. Na základě výsledků zvolených metod se pokusíme vybrat vhodný stupeň vzdělávání pro výuku 3D modelování podle naší metodiky.

6.1.1 URBANŮV FIGURÁLNÍ TEST TVOŘIVÉHO MYŠLENÍ

Jako základ pro vyhodnocování žákovských a studentských prací jsme využili Urbanův figurální test tvořivého myšlení (TSD – Z). Tento test je však uzpůsoben na vyhodnocování klasické kresby na papír, papír obsahuje prvky, které žáci mohou využít ve své kresbě. Volba tohoto testu nebyla náhodná, chtěli jsme zjistit, do jaké míry jsou žáci a studenti limitováni věkem z hlediska prostorové představivosti a tvořivého myšlení. Podle výsledků budeme moci určit, zda je v některé z věkových skupin vzdělávání nevhodné vyučovat 3D modelování podle naší metodiky, nebo jakou skupinu případně upřednostnit. Na obrázku 15 uvádíme zadání původního Urbanova figurálního testu tvořivého myšlení.

Obrázek 15: Ukázka zadání Urbanova figurálního testu tvořivého myšlení.

Zdroj: Urban, Jellen & Kováč, 2003

Výsledná žákovská kresba se hodnotí dle škály o 14 kategoriích. Tyto kategorie bylo nutné modifikovat, přesto slouží jako základ a je třeba je zde uvést jejich stručný popis. Původní metodika vyhodnocování Urbanova testu se skládá z následující kategorií podle Urbana, Jellena a Kováče (2003):

Vyhodnocení testu (stručný popis)

Kresbu hodnotíme podle těchto kategorií:

1. Použití předložených prvků (Wf)

Pro každé použití – bez konkrétního dokreslení – předložených 6 fragmentů (půlkruh, tečka, pravý úhel, vlnovka, přerušená čára a malé hranaté „u“ mimo rám) se udělí jeden bod.

Nejvíce tedy: 6 bodů

2. Dokreslení (Eg)

Za každé dokreslení některého z prvků se přidělí jeden bod.

Nejvíce tedy: 6 bodů

3. Nové prvky (Ne)

Pro figury a prvky, které jsou nakresleny bez grafického spojení s některým z předložených 6, je možné přidělit 1 bod, za opakující se prvky se ale přiděluje pouze 1 bod (např. 6 stromů = 1 bod).

Nejvíce tedy: 6 bodů

4. Grafické spojení (Vz)

Pro každé grafické spojení/propojení dvou prvků se přiděluje 1 bod.

Nejvíce tedy: 6 bodů

5. Tematické spojení (Vth)

Pro každé tematické spojení dvou předložených prvků, bez ohledu na to, zda jsou spojené graficky, se uděluje 1 bod. Důležité je, aby toto spojení bylo v rámci jisté kompozice. Při rozpoznávání tematického spojení může pomoci i popis autora kresby při odevzdání testového archu.

Nejvíce tedy: 6 bodů

6. Překročení hranice závislé na figuře (Bfa)

Za dokreslení, resp. použití „malého u“ za rámem se přiděluje 6 bodů.

Počet tedy: 0 nebo 6 bodů

7. Překročení hranice nezávislé na figuře (Bfu)

Za každé dokreslení mimo rám, které není spojeno s „malým u“, se přidělí 6 bodů. Přitom musí být zjevné, že se nejedná o překročení hranice způsobené grafomotorickou „nemotorností“, náhodou či nepozorností.

Počet tedy: 0 nebo 6 bodů

8. Perspektiva (Pe)

Kresby, u kterých je zjevný pokus o trojrozměrné zachycení. Uděluje se 6 bodů.

Počet tedy: 0 nebo 6 bodů

9. Humor. Resp. afektivní/emocionalita/expresní síla kresby (Hu)

Každá kresba, která vyvolává u posuzovatele reakci humoru, zábavy, smíchu, může být ohodnocena do 6 bodů. To samé platí pro téma, resp. obsahy s expresivní silou. Jde v podstatě o jediné relativně subjektivní kritérium, při kterém sehraje roli zkušenost pozorovatele. V tomto případě je možné hodnotit i celkový dojem z kresby, tj. jak se posuzovateli „líbí“.

Nejvíce tedy: 6 bodů

10. Nekonvenčnost A (Uka)

Za každou nekonvenční manipulaci s materiálem (např. otáčení testového archu) se přidělí 3 body.

Počet tedy: 0 nebo 3 bodů

11. Nekonvenčnost B (Ukb)

Za surrealistické nebo abstraktní prvky, resp. použití abstraktivního, surrealistického nebo symbolického tématu se přidělí 3 body.

Počet tedy: 0 nebo 3 bodů

12. Nekonvenčnost C (Ukc)

Při použití znaku nebo symbolu (např. písmen, číslic, všeobecně platných symbolů – kříž, zavináč), které jsou součástí kresby, a ne jejím pojmenováním, se přidělí 3 body.

Počet tedy: 0 nebo 3 bodů

13. Nekonvenčnost D (Ukd)

Za nekonvenční použití, tedy ne stereotypní, předložených 6 fragmentů, se přidělí 3 body. Příklady pro stereotypní řešení, resp. figury jsou uvedeny v podrobných instrukcích pro vyhodnocování v dalším textu.

Počet tedy: 0 nebo 3 bodů

14. Časový faktor (Zf)

Není nevyhnutelnou podmínkou, může se však bodovat. Když v předcházejících 13 kategoriích (Wf až Ukd) dosáhne proband minimálně 25 bodů, přidělí se mu 0 až 6 bodů, podle délky řešení (s.13, 14).

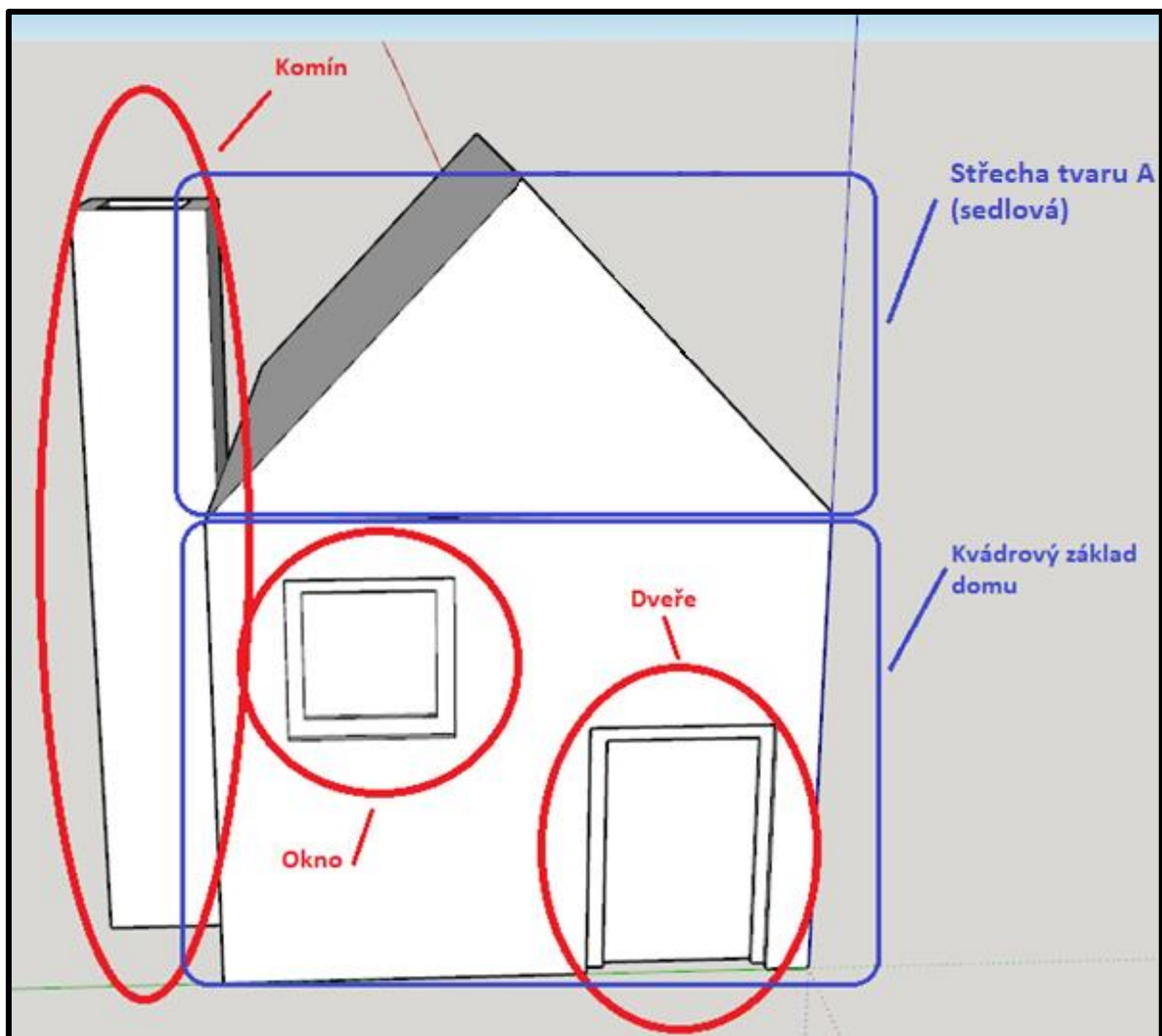
6.1.2 MODIFIKOVANÝ TEST TVOŘIVÉHO MYŠLENÍ

Původní zadání jsme modifikovali tak, aby korespondovalo s obsahem naší výuky. Místo původních abstraktních prvků vytištěných na papíře bylo nutno vybrat jiný „vzor“, který by lépe odpovídal naší metodice. Pro tyto účely byla vybrána aktivita Domek (kapitola 3.3.10). Jedná se o jednu z možných výstupních úloh celé metodiky výuky 3D

modelování. Učitel v rámci této úlohy provede úvodní instruktáž, kde žáky seznámí s tvorbou základních částí domu. Náplní zbytku hodiny je samostatná práce na tvorbě vlastního domu snů. Aktivita Domek tudíž klade velký důraz na představivost a tvořivost. Vzhledem k těmto skutečnostem jsme se jako zadání pro testovou úlohu rozhodli zvolit právě úvodní instruktáž.

Model z úvodní instruktáže není pro žáky a studenty při samostatné aktivitě k dispozici, pouze se žákům promítne při instruktáži. Ukázkou předlohy modelu domu, pomocí kterého byla prováděna instruktáž, naleznete na obrázku 16. Na obrázku jsou vyznačeny i základní prvky, které budeme sledovat při vyhodnocování v různých škálách.

Obrázek 16: Předvedené prvky, které dohromady dávají objekt dům



Klasické využití komínu (střešní), se žákům také ukazuje, na obrázku není zobrazeno z důvodu přehlednosti (Zdroj: vlastní)

6.1.3 MODIFIKOVANÁ ŠKÁLA URBANOVA TESTU

Nejnáročnějším procesem přípravné fáze výzkumu byla modifikace hodnotící škály Urbanova figurálního testu tvořivého myšlení. K této modifikaci muselo dojít z důvodu odlišného žakovského výstupu. Původní kresba na papír byla nahrazena 3D modelem ve virtuálním prostředí.

Nejprve jsme museli zhodnotit jednotlivé kategorie a vyřadit z nich ty, které kvůli konceptu úlohy či změně media (papírovou formu nahradila virtuální), nebo změně 2D prostoru na 3D, nejsou relevantní.

Mezi vyřazené kategorie patří:

Nekonvenčnost A (Uka) měří nekonvenční manipulaci s materiálem (např. otáčení testového archu). Tuto kategorii jsme vyřadili, protože ve 3D virtuálním prostoru se respondent musí pohybovat ve všech osách, proto se tato kategorie vzhledem k otevřenosti virtuálního prostředí měřit nedá.

Časový faktor (Zf) – na vypracování testové aktivity byl stanoven časový limit 40 minut, proto by pro nás bylo hodnocení v této škále nevyhovující.

Zbývající kategorie byly modifikovány a doplněny novými. Popis jednotlivých kategorií je doprovázen stručným popisem vyhodnocování. Vzhledem k počtu základních prvků jsme museli upravit rozsah hodnocení většiny otázek z 6 na 5 bodů. U popisu jednotlivých kategorií se nachází název původní kategorie, ze které modifikovaná vychází a rozmezí bodů pro hodnocení.

1. Použití předvedených prvků (PP)

Název před modifikací: Použití předložených prvků (Wf)

Za každé použití základního předvedeného prvku (dveře, okno, komín, střecha ve tvaru A (sedlová), kvádrové „základny“) se přiděluje jeden bod. Jeden bod za použití jednoho prvku, v kategorii maximálně 5 bodů.

Počet: 0–5 bodů.

2. Dokreslení (DO)

Nová kategorie

Dokreslení domu pomocí prezentovaných prvků (vytvoření více oken, dveří) a dalších doplňků (přidání textur, barev, částí – klika u dveří, mřížka u oken).

Jeden bod za více než jedno použití základního prvku, maximálně jeden bod za každý typ opakovaného prvku. Maximálně jeden bod za detail u každého typu prvku. Maximálně 2 za využití textur a jeden bod za použití barev.

Počet: 0–5 bodů.

3. Nové prvky (NP)

Název před modifikací: Nové prvky (Ne)

Nové prvky v rozmezí vylepšení domu (musí být jeho přímou součástí), např. hodiny na štítu, terasa, garáž, netradiční dveře, kulatá okna. Za každý prvek jeden bod, maximálně 5 bodů.

Počet: 0–5 bodů.

4. Nové objekty (NO)

Název před modifikací: Překročení hranice závislé na figuře (Bfa)

Za dokreslení nových objektů mimo dům se uděluje jeden bod. Jedná se o nové originální objekty, které nejsou v prostoru domu (nejsou jeho součástí), může se jednat o bazén, plot, strom, houpačku, cestu, zahradu, zeď.

Počet: 0–5 bodů.

5. Grafické spojení (GS)

Název před modifikací: Grafické spojení (Vz)

Pro každé grafické spojení/propojení dvou objektů se přiděluje bod. Například bazén je umístěn na ploše zahrady – 1 bod, pokud je bazén volně v prostoru – 0 bodů. Počet bodů nesmí přesáhnout počet nových objektů.

Počet: 0–5 bodů.

6. Tematické spojení (TS)

Název před modifikací: Tematické spojení (Vth)

Zde se hodnotí tematické spojení objektů ve škále 0 až 5 bodů. Pokud jsou všechny objekty tematicky přímo propojeny s domem – 5 bodů, pokud bylo kresleno něco jiného než dům, pak se hodnotí 0 body. Pokud se vyskytují objekty s přímou a nepřímou vazbou na dům (dopravní prostředky, silnice, slunce, mraky ...) a je jich zhruba polovina, 3 body.

Počet: 0–5 bodů.

7. Překročení osového prostoru (PO)

Název před modifikací: Překročení hranice nezávislé na figuře (Bfu)

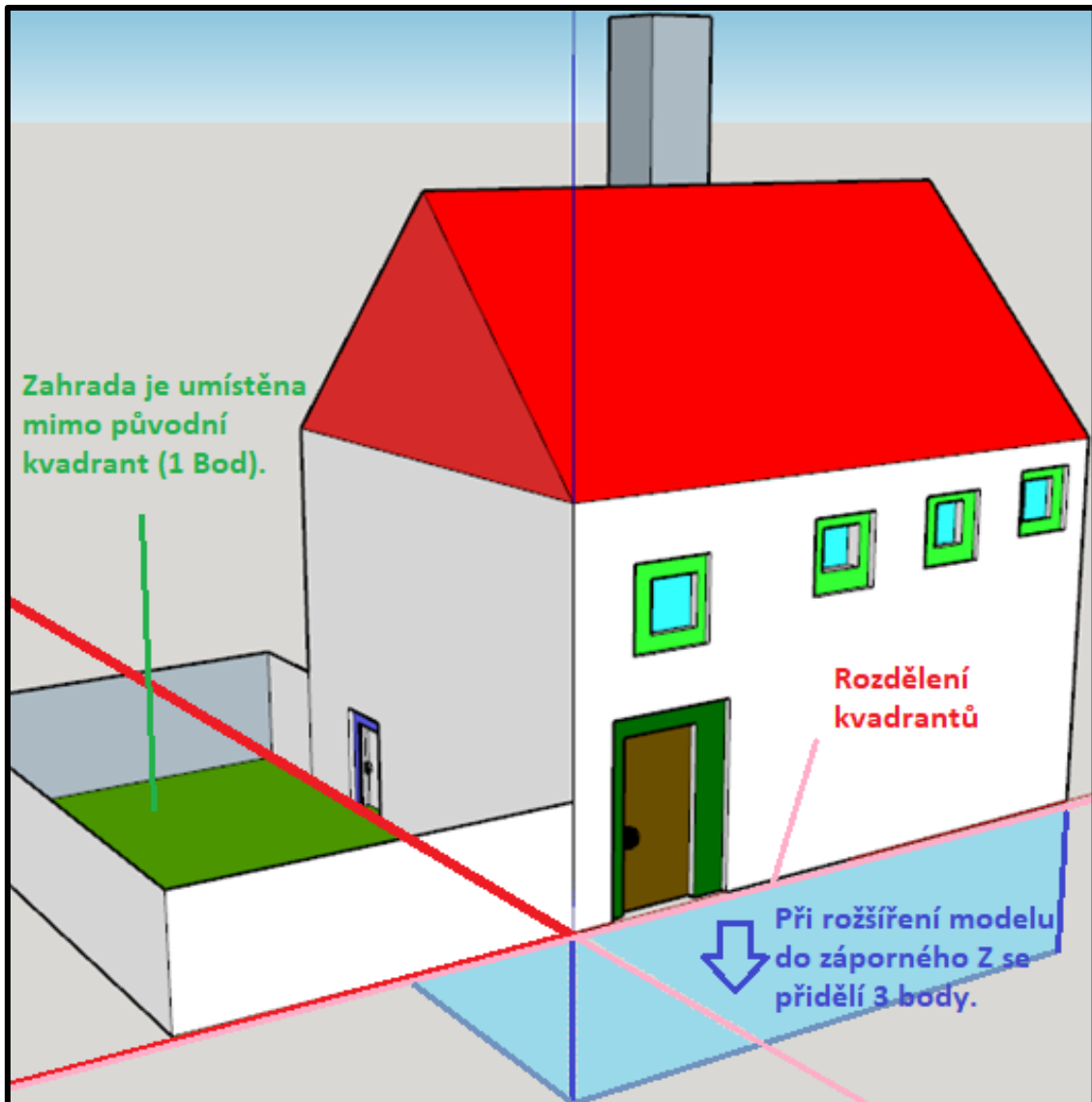
Hodnotí se každé překročení osového prostoru, kde byl zakreslen původní objekt – dům.

Pokud se jedná o překročení původního vymezení os (X+ a Y+) na X+, Y-/X-, Y-/X-, Y+, přidělí se jeden bod za každý kvadrant (např. zahrada v následujícím obrázku je umístěna v jednom jiném než původním kvadrantu, proto se respondent ohodnotí jedním bodem).

Překročení hranice výšky, tedy os ze Z+ na Z- (ať již v jakémkoliv kvadrantu), přidělí se 2 body (např. vytvoření sklepa pod dům, vytvoření bazénu na zahradě, který jde pod její úroveň).

Počet: 0–5 bodů.

Obrázek 17: Znárodnění vyhodnocení PH u náhodně vybraný obrázku modelu žáka prvního stupně.



Zdroj: vlastní

8. Zachování poměru rozměrů (ZP)

Název před modifikací: Perspektiva (Pe)

Hodnocení pomocí škály – všechny objekty a prvky jsou modelovány zhruba ve stejném poměru. Velikost dveří a oken si odpovídá navzájem i vůči velikosti domu, stejné platí i pro ostatní objekty (např. stromy).

Počet: 0–5 bodů.

9. Funkčnost (FU)

Nová kategorie

Hodnocení pomocí škály – všechny objekty a prvky jsou vytvářeny s ohledem na jejich funkčnost, dům má dostatek oken, k terase vedou dveře od domu, bazén je vybaven schody, zahrada je obehnaná plotem nebo zdí.

Počet: 0–5 bodů.

10. Propracovanost (PR)

Nová kategorie

Hodnocení pomocí škály, prvky jsou tvořeny se smyslem pro detail, vzájemně na sebe navazují a jejich vnitřní proporce odpovídají. V modelu nejsou zjevné chyby (např. přebytečné čáry, nebo čáry v jiných osách). Rámy oken jsou přiměřeně velké z protilehlých stran, klika dveří odpovídá jejich velikosti, textury, jsou-li využity, odpovídají velikostně – jedna taška nebude přes půl střechy.

Počet: 0–5 bodů.

11. Humor – afektivní/emocionalita/expresní síla modelu (HU)

Název před modifikací: Humor. Resp. afektivní/emocionalita/expresní síla kresby (Hu)

Každý model, který vyvolává u posuzovatele reakci humoru, zábavy, smíchu, může být ohodnocen do 5 bodů. To samé platí pro témata, resp. obsahy s expresivní silou. V tomto případě je možné hodnotit i celkový dojem z modelu, tj. jak se posuzovateli „líbí“, sladění barev aj.

Počet: 0–5 bodů.

12. Nekonvenčnost B (NB)

Název před modifikací: Nekonvenčnost B (Ukb)

Za surrealistické nebo abstraktní prvky či objekty, resp. použití abstraktivního, surrealistického nebo symbolického tématu se přidělí 3 body.

Počet: 0 nebo 3 body.

13. Nekonvenčnost B (NC)

Název před modifikací: Nekonvenčnost C (Ukc)

Při použití znaku nebo symbolu (např. písmen, číslic, všeobecně platných symbolů – kříž, zavináč), které jsou součástí modelu, se přidělí 3 body.

Počet: 0 nebo 3 body.

14. Nekonvenčnost D (ND)

Název před modifikací: Nekonvenčnost D (Ukd)

Za nekonvenční použití, tedy ne stereotypní, předložených 5 prvků, se přidělí 3 body. Za nekonvenční použití prvků můžeme považovat například střešní, či kulatá okna, jiný než kvádrový tvar domu, jiný tvar střechy, nebo její prodloužení až k základům.

Počet: 0 nebo 3 body.

6.2 VÝZKUMNÝ VZOREK

Výzkumný vzorek tvořilo celkem 263 respondentů. Nicméně výsledný počet vyhodnocovaných úloh byl pouze 199. Z modelů respondentů jsme museli vyřadit ty, co měli již s 3D modelováním zkušenosti. Další vyřazení respondenti byli ti, co svojí práci uložili špatně, či neuložili vůbec.

Finální počet respondentů z prvního stupně tvořilo 48 žáků, jednalo se o žáky různé věkové skupiny od druhé až po pátou třídu. Druhý stupeň zastupovalo 42 respondentů, žáků od šesté do osmé třídy. Velikost těchto vzorků a relativně velké věkové rozmezí bylo ovlivněno pandemickou situací během výzkumu.

Střední škola byla zastoupena celkem 20 respondenty, jednalo se o studenty netechnického oboru, aby bylo pravděpodobnější, že se nesetkali v předchozím studiu s 3D modelováním. Jednalo se o studenty ve věkovém rozmezí 18 až 20 let.

Studenty vysoké školy zastupovali studenti bakalářského studia o 38 respondentech a studenti magisterského studia o 51 respondentech. Jednalo se o studenty učitelství pro první stupeň a mateřské školy.

6.3 LIMITY VÝZKUMU

Zásadním limitem výzkumu byla **pandemická situace**, která ovlivnila negativním způsobem velikost výzkumného vzorku všech skupin, zejména u střední školy a znemožnila nám dále diferencovat rozdílnost věkových skupin u prvního a druhého stupně.

Mezi hlavní limity výzkumu patří:

- **Velikost výzkumného** vzorku jako celku, stejně tak i jednotlivých skupin, zejména počet respondentů u střední školy. Výzkum by bylo vhodné provést opakovaně s větším vzorkem tak, abychom mohli z výsledku výzkumu brát obecné závěry na základě statisticky významných rozdílů.
- **Rozdílnost věku** u respondentů prvního a druhého stupně, vliv tohoto limitu bude ověřován pomocí pozorování.
- **Využití nestandardizovaného výzkumného nástroje**, tedy modifikovaného Urbanova testu.

- **Rozdílný počet vyučujících** u věkových skupin. Ve skupině respondentů ze střední školy byl pouze jeden vyučující, jeho pojetí výuky na základě metodiky 3D modelování mohlo výsledky u studentů zkreslit.

6.4 VÝZKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY

Stanovení hypotéz nám poslouží na zodpovězení hlavní výzkumné otázky.

Na kterém stupni vzdělávání je vhodné výuku 3D modelování z hlediska kreativity a prostorové představivosti začít realizovat?

Pokud se na problém podíváme z hlediska tvořivosti, předpokládáme, že na základě věku by neměl být významný rozdíl v představivosti u jednotlivých stupňů vzdělávání.

Vzhledem k uvedeným normám v Urbanově figurálním testu tvořivého myšlení (Urban, Jellen & Kováč, 2003) by rozdíl mezi průměrnými výsledky dosažených celkových skóre mezi skupinou prvního a druhého stupně neměl být vyšší než 25 %. To z důvodu, že do výzkumu nebyla zahrnuta první a devátá třída. Výsledky starších respondentů nejsou v normách uvedeny.

Dalším podkladem pro formulování hypotézy byl výsledek testování Tvarového skládacího testu G. A. Lienerta. V tomto testu se sice jedná o plošný test, oproti našemu virtuálnímu trojrozměrnému prostředí, ale dle výzkumů mentální rotace R. N. Sheppard a J. Metzler (1971) víme, že rozdíl mezi plošnou a trojrozměrnou rotací je zanedbatelný. Honzíková (2013) ve výsledcích testování pomocí tvarového testu došla k obdobným závěrům. Rozdíl mezi výsledky skupin prvního a druhého stupně nepřesáhnul 25 % a zároveň nejlepších výsledků dosáhli žáci druhého stupně, následování vysokoškoláky a pedagogy.

Tabulka 17: *Výsledky Tvarového skládacího testu.*

Skupina	1. stupeň	2.stupeň	Studenti PF	Pedagogové
Průměrná hodnota celkového hodnocení	92,96	112,4	107,82	107

Zdroj: Honzíková, 2013

Dle těchto pokladů jsme stanovili hranici maximálního rozdílu mezi skupinami 25 procent.

H₁: Rozdíl mezi průměrnými dosaženými výsledky skóre modifikovaného Urbanova testu v oblasti kreativity nebude přesahovat 25 % z naměřených hodnot mezi všemi skupinami respondentů.

Také budeme předpokládat, dle uvedených podkladů, že nejlepších výsledků budou dosahovat žáci druhého stupně.

H₂: Nejvyšších naměřených průměrných hodnot skóre dosažených v oblasti kreativity dosáhne skupina respondentů z druhého stupně.

Prostorová představivost se u žáků rozvíjí s rostoucím věkem (Amthauer, 2005). Proto bychom měli v oblasti prostorové představivosti pozorovat lepší výsledky u respondentů vyššího věku. V našem výzkumu byly skupiny respondentů rozděleny dle stupně vzdělávání, tedy žáky prvního stupně, žáky druhého stupně, studenty střední školy, studenty bakalářského a studenty magisterského studia. Mezi klíčové kategorie, jež sledují prostorovou představivost, jsme zařadili Zachování poměru rozměrů (ZP), Funkčnost (FU) a Propracovanost (PR). Závislost prostorové představivosti na věku jsme vyjádřili hypotézou:

H₃: U modifikovaného Urbanova testu dosáhnou respondenti z vyšších stupňů vzdělávání průměrně vyššího skóre celkových výsledků v kategoriích prostorové představivosti než respondenti z nižších stupňů vzdělávání.

Potvrzení této hypotézy bude jedním z indikátorů dobře vybraných kategorií a správnosti sestavení testu.

Abychom mohli realizovat výuku ve všech testovaných stupních vzdělávání, stanovili jsme dvě hranice. První je maximální 30 % rozdíl mezi průměrnými výsledky respondentů z různých skupin vzdělávání a druhá hranice odpovídá maximálnímu patnáctiprocentnímu rozdílu mezi průměrnými výsledky respondentů mezi „návaznými“ (například budeme studenty Mgr. považovat za návazné na Bc., a ty za návazné na středoškoláky) stupni vzdělání.

H₄: Dosažené průměrné skóre v oblasti prostorové představivosti naměřeného v modifikovaném Urbanově testu se v jednotlivých skupinách stupňů vzdělávání bude lišit maximálně o 30 % z naměřených hodnot, zároveň rozdíl mezi návaznými stupni vzdělávání nepřesáhne 20 % z naměřených hodnot.

6.5 PRŮBĚH VÝZKUMU

Výuka dle metodiky 3D modelování probíhala ve více skupinách, v každém stupni vzdělávání byly nejméně 3 skupiny s nejméně 2 různými vyučujícími. Výjimku tvořili pouze respondenti ze střední školy, kde se nám bohužel vzhledem k pandemické situaci nepodařilo šetření zopakovat, jednalo se pouze o skupinu 20 studentů, kde prováděl výuku jen jeden vyučující.

Výzkum probíhal již při začátku výuky dle metodiky 3D modelování. Žáků a studentů jsme se v úvodu výuky dotazovali, zda mají nějaké zkušenosti s programy pro 3D modelování, pokud taková skutečnost nastala, byla zaznamenána. To nám pomohlo později s vyřazením daného respondenta z výzkumného vzorku. Během výuky 3D modelování byli žáci a studenti pozorováni obzvláště v případech nutnosti výpomoci učitele. Po uvedení problematiky a odučení základních aktivit vyučující přešel k instruktáži u výstupní aktivity. Učitel během instruktáže žáky/studenty několikrát upozornil, aby nepracovali a pouze sledovali vyučujícího. Dále bylo nutné žáky/studenty upozornit i na to, že dům, který je vyučujícím prezentován, nemají ve svém úkolu napodobovat, ale vytvořit si vlastní dům snů.

Aby tvorba žákovského modelu odpovídala co nejvíce reálné výukové situaci, měli žáci přibližně 40 minut na tvorbu. Čas se však drobně odchyloval v každé skupině na základě trvání ukázky, při které probíhalo i vysvětlování, zkoušení žáky/studenty a případná výpomoc. Což ovšem též koresponduje s reálnou výukovou situací.

Výsledek své práce pak respondenti uložili. Tyto uložené 3D modely byly využity pro zkoumání kreativity a představivosti žáků.

6.6 VÝSLEDKY VÝZKUMU

Výsledky výzkumu jsme rozdělili do 3 částí. Nejprve se seznámíme s nejdůležitějšími výsledky pozorování, následně se seznámíme s výsledky respondentů z jednotlivých stupňů vzdělávání podle výsledků dosažených v jednotlivých kategoriích testu. V poslední části proběhne ověření hypotéz na základě výsledků testování. Všechny uvedené grafy a obrázky v této kapitole jsou z vlastního zdroje.

6.6.1 POZOROVÁNÍ

V průběhu výuky 3D modelování probíhalo pozorování, které nám mělo dopomoci odpovědět na možná úskalí výzkumu. Využití tohoto běžně využívaného výzkumného nástroje se nám vyplatilo. V rámci pozorování jsme zjistili následující.

- Výuka 3D modelování všechny testované žáky a studenty střední školy bavila, hlavním důvodem byl zřejmě motivační aspekt, neboť se pro žáky jednalo o něco nového.
- Největší problémy se zvládnutím výuky měli žáci prvního stupně, ale pouze ti, co neměli předchozí zkušenosti s ovládnutím PC. Nejednalo se o problém přiměřenosti věku, ale o nedostatek osvojených dovedností se zacházením s myší. Jednalo se o problém jemné motoriky v kombinaci s koordinací (ruky s myší a očí s obrazovkou).
- Většinu studentů VŠ výuka bavila, ale našel se i jeden student, který projevoval nezájem, protože neviděl v této výuce smysl pro jeho budoucí uplatnění.
- Studenti VŠ měli obavy z poslední aktivity, i když jim bylo sděleno, že se jedná o anonymní výzkum, ale i tak se našli tací, co soubor nakonec neuložili.
- Žáci prvního stupně používají živější barvy při tvorbě modelů oproti ostatním skupinám a mají větší problém s přesností.

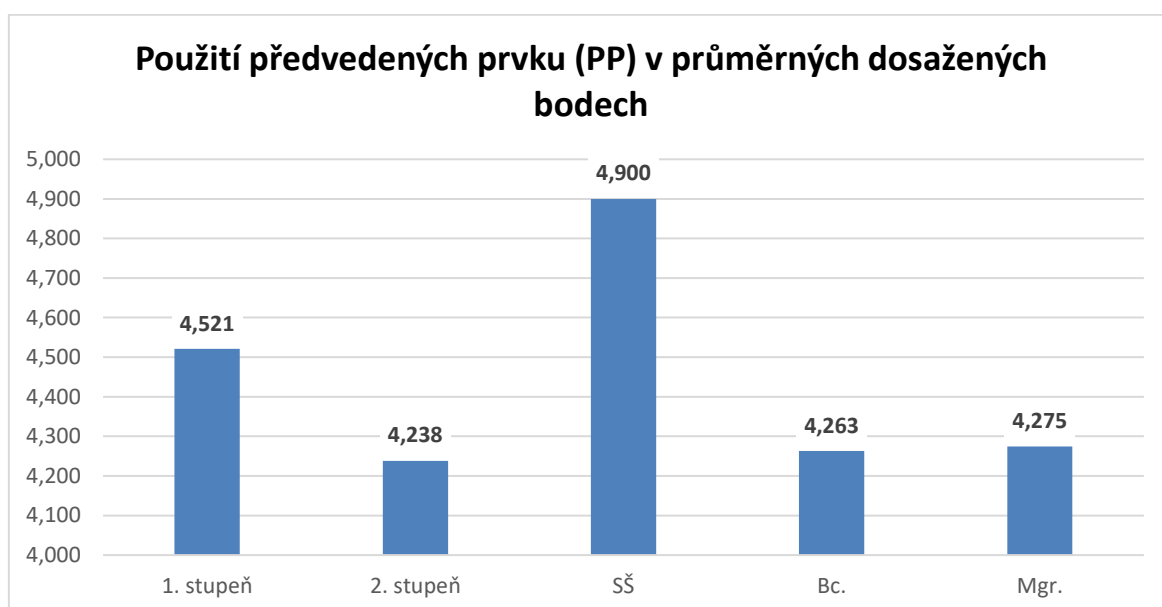
6.6.2 VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍ

Všechny soubory s uloženým modelem domu byly přesunuty do složek dle věkových skupin a následně přejmenovány – očíslovány. Všechny 3D modely byly prohlédnuty, vyřadily se z nich ty, které byly zjevně špatně uloženy, například prázdné soubory. Po prohlédnutí všech modelů jsme se vrátili k modifikované škále, kterou jsme lehce upravili tak, aby odpovídala potřebám vyhodnocení. Dalším krokem bylo hodnocení modelů, které bylo oproti původnímu testu komplikovanější. Každý model se musel při hodnocení v jednotlivých kategoriích natáčet a přibližovat tak, aby hodnocení bylo

relevantní. Po ohodnocení všech modelů ve všech kategoriích bylo přistoupeno k zpracování a reprezentování dat. V grafech je vždy zobrazen průměr dosažených bodů.

Použití předvedených prvků (PP)

Tato kategorie je jedním z ukazatelů toho, jak moc se model podobá originálu. Aby žák/student obdržel plný počet bodů (5), musí využít všechny základní prvky. Mezi základní prvky byla zařazena okna a dveře obdélníkového či čtvercového tvaru, komín ve tvaru dlouhého kvádrů zhruba se čtvercovou podstavou, sedlová střecha a kvádrová hlavní část domu. Výsledky uvádíme v grafu č. 14.

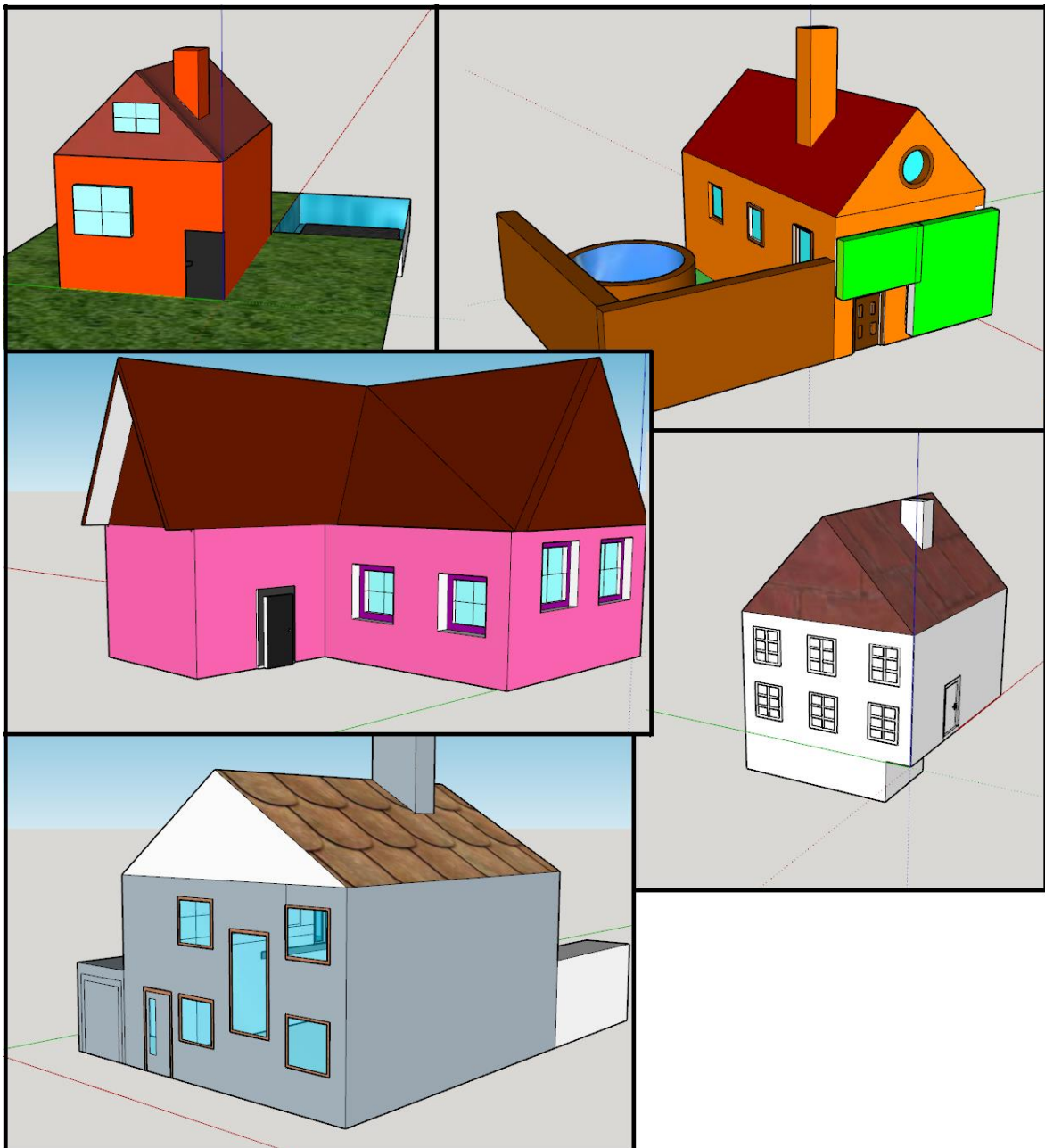


Graf 14: Použití předvedených prvků (PP) v průměrných dosažených bodech, pro lepší zobrazení dat má osa s hodnotami posunutá minimum na 4.

Na grafu 14 můžeme vidět takřka vyrovnané výsledky u žáků druhého stupně, studentů bakalářského a magisterského studia. Vyšší hodnoty u 1. stupně si vysvětlujeme méně rozvinutou prostorovou představivostí, děti se raději držely ukázek postupů z instruktáže. Nejvyšší hodnotu jsme zaznamenali u studentů středních škol, což může být způsobeno menším výzkumným vzorkem než u jiných skupin, takže se může jednat pouze o statistický výkyv. Na výsledek u středoškoláků může mít i vliv formálnost výuky, jednalo se o výuku v jedné celé třídě. Další možností je, že výuku dle metodiky 3D modelování ovlivnila osobnost učitele.

Na obrázku číslo 18 jsou zobrazeny náhodně vybrané ukázky modelů domů, které dosáhly hodnocení 5 bodů v této kategorii. Ukázka obsahuje náhled modelů ze všech skupin.

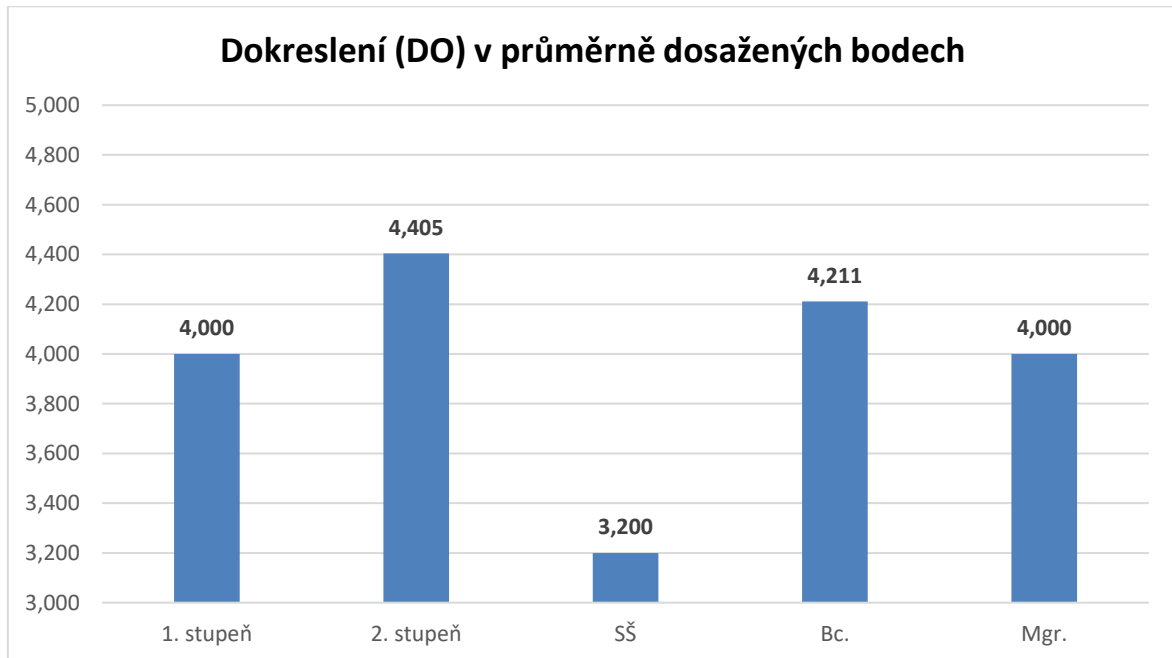
Obrázek 18: Náhodně vybrané obrázky z každé skupiny hodnocené 5 body v kategorii Použití předvedených prvku (PP).



Umístění jednotlivých ukázek: Nahoře: vlevo – 1. stupeň, vpravo – 2. stupeň. Uprostřed: vlevo SŠ., vpravo Bc. Dole Mgr.

Dokreslení (DO)

Škála dokreslení vyjadřuje míru dokreslení modelu. Nemusí se jednat pouze o barvy a textury, může se jednat o použití více prvků, které byly předvedeny v instruktaži. Do této kategorie se nepočítají prvky nové, originální. Výsledky představuje graf č. 15.



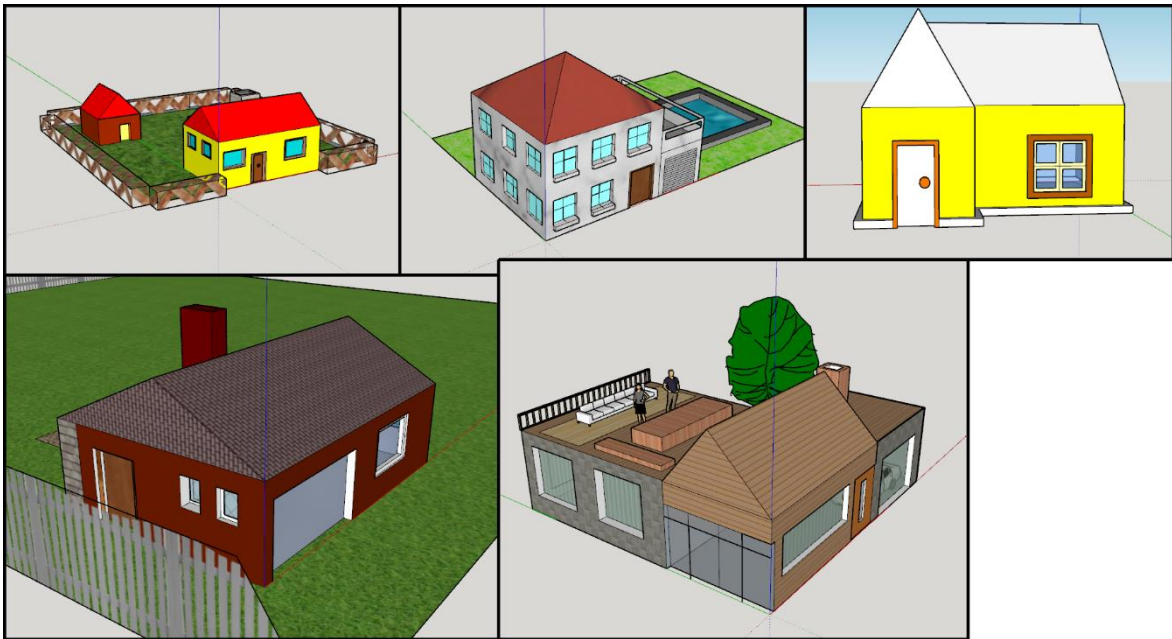
Graf 15: Dokreslení (DO) v průměrně dosažených bodech, pro lepší zobrazení dat je u osy s hodnotami nastaveno minimum na 3.

Na grafu 15 jsou zobrazeny výsledky respondentů v této kategorii, až na SŠ jsou tyto hodnoty celkem vyrovnané. To však může být způsobeno velikostí skupiny či odlišnou osobností učitele, protože se testování účastnila pouze jedna třída vyučovaná jedním učitelem. Největší průměrnou hodnotu jsme zaznamenali u žáků druhého stupně, to je dle našeho názoru způsobeno větším zájmem o problematiku než v případě vysokoškoláků. Lepší výsledek, než mají žáci prvního stupně, si vysvětlujeme tím, že pro žáky byla práce jednodušší, protože byli lépe obeznámeni se zacházením s PC, takže měli na dokreslování více času, což nám potvrdilo i pozorování.

Zajímavým jevem, který jsme pozorovali, bylo to, že žáci prvního stupně používali nejčastěji, oproti jiným skupinám, barvy nikoliv textury. To by mohlo být způsobeno horší znalostí angličtiny, protože textury jsou ve stejném nástroji jako barvy, nicméně jsou rozděleny podle kategorií v anglickém jazyce. Alternativní možností může být i specifikum věku, neboť žáci nižších ročníků mají raději výraznější živější barvy.

Na obrázku 19 se nacházejí náhodně vybrané příklady dokreslení 3D modelů domů z jednotlivých skupin respondentů. Všechny modely byly ohodnoceny 5 body, pokud se podíváme na model SŠ (vpravo nahoře), zdánlivě se může jevit jako nedokreslený model. Nicméně pro zachování objektivity hodnocení nás nezajímal celkový vzhled, kde mohl hrát velký vliv čas, ale schopnost model dokreslit (použití barev, textur, použití více předvedených prvků a dotvoření jejich detailů).

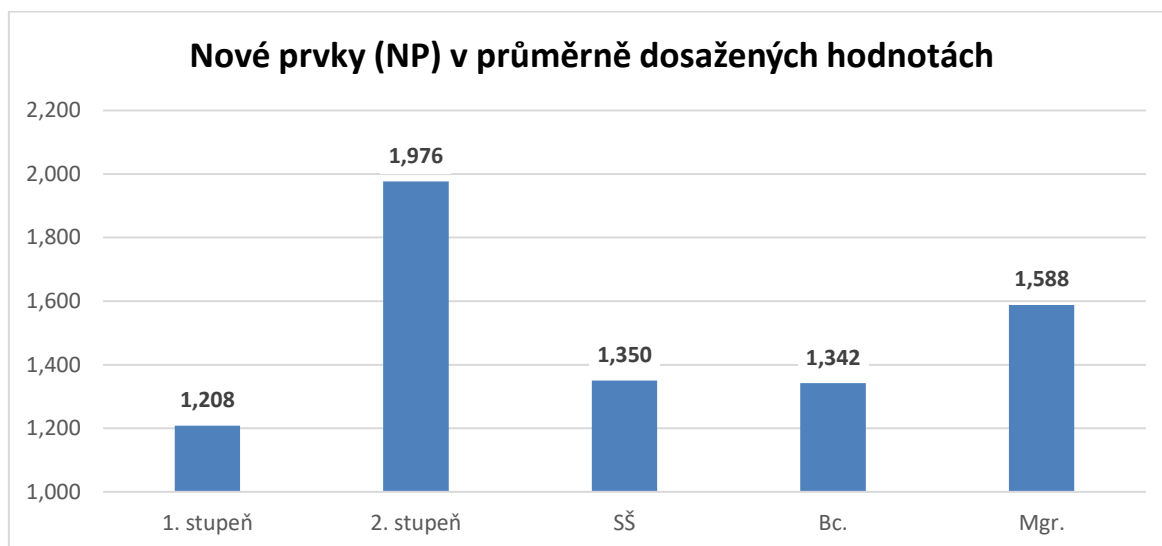
Obrázek 19: Příklady náhodně vybraných 3D modelů hodnocených 5 body v kategorii Dokreslení (DO).



Umístění jednotlivých ukázek: Nahoře: 1. stupeň, 2. stupeň, SŠ. Dole: Bc. Mgr.

Nové prvky (NP)

Kategorie Nové prvky je zaměřená na měření možností inovací v rámci 3D modelu domu přidáním nových prvků. Může se jednat o jiné tvary předvedených prvků, nějaký zcela nový prvek (například okap) nebo o ručně vytvořenou kresbu na fasádě domu. Musí se však jednat o přímé vylepšení domu, nikoliv jiných přidružených objektů. Naměřené hodnoty v této kategorii naleznete v grafu č. 16.

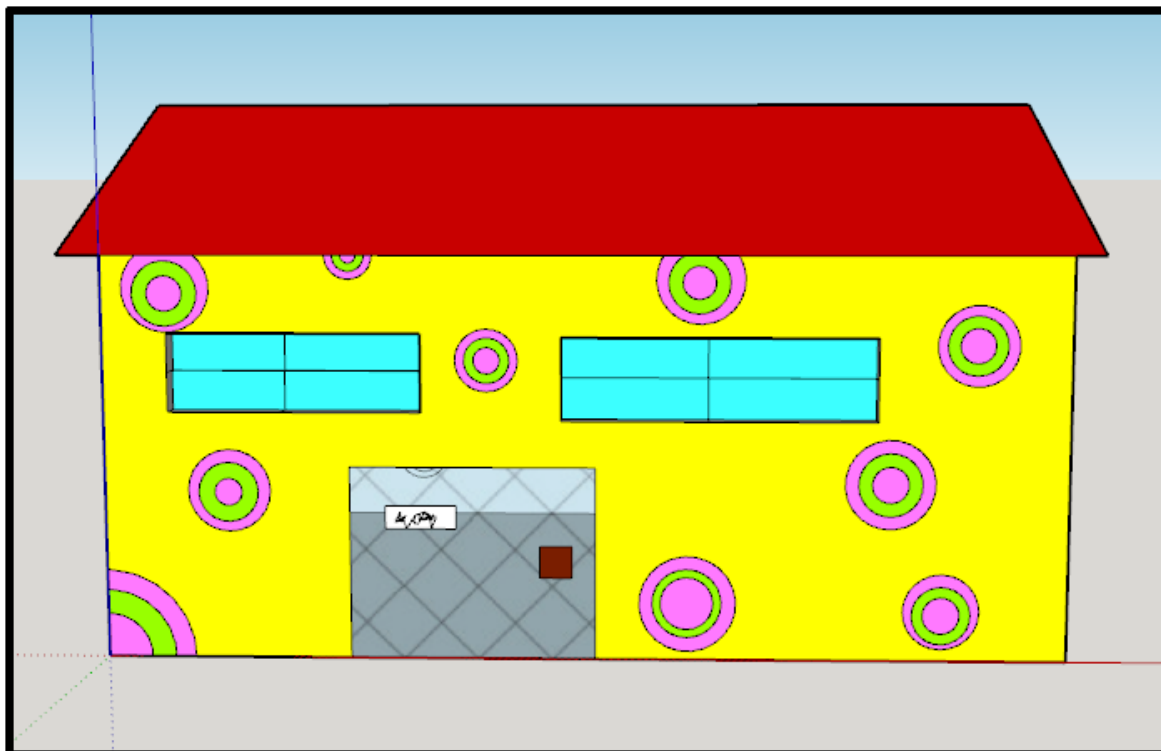


Graf 16: Nové prvky (NP) v průměrně dosažených bodech, pro ztelnější rozdíl mezi hodnotami bylo na ose s hodnotami zvoleno minimum 1 a maximum 2,2.

Na grafu 16 můžeme pozorovat průměrně dosažené hodnoty v kategorii Nové prvky (NP). Průměrně dosažené hodnoty jsou u prvního stupně, středoškoláků a respondentů z bakalářského studia relativně srovnatelné. Trochu vyčnívají výsledky u studentů magisterského studia. Znatelný rozdíl však můžeme pozorovat u skupiny žáků druhého stupně. Domníváme se, že zde hrála velkou roli motivace, žáky dle pozorování práce bavila a vzhledem k tomu, že jim šla rychleji než žákům prvního stupně, měli více času své modely „zkrášlit“.

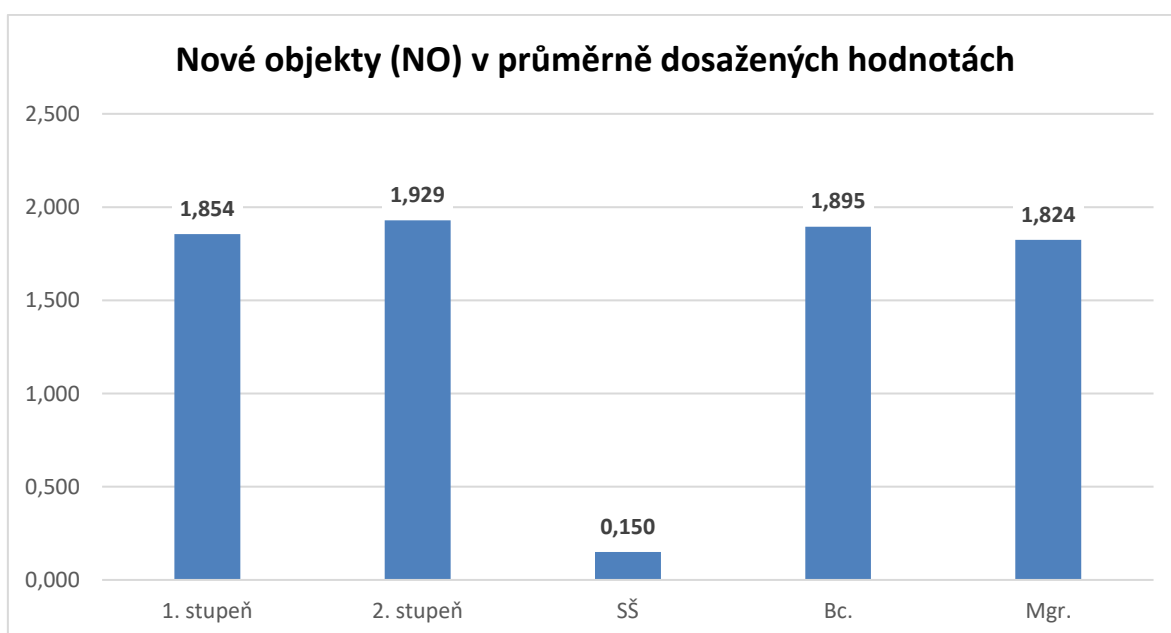
Na obrázku 20 se nachází náhled 3D modelu respondenta z druhého stupně. Dle toho, co je na obrázku vidět, by žák dostal dva body v této kategorii. Fasáda byla vylepšena originálními prvky barevného terčíku, tento prvek se však opakuje, proto byl hodnocen pouze jedním bodem. Dalším doplňkem je cedulka se jménem na prosklených dveřích.

Obrázek 20: Ukázka 3D modelu 2. stupně pro demonstraci hodnocení v kategorii Nové prvky (NP).



Nové objekty (NO)

V kategorii Nové objekty se hodnotí přítomnost nových objektů ve 3D modelu. Musí se jednat o vlastní vytvořené objekty, které nejsou součástí domu. Může se jednat o bazén, plot, strom, zahradu, pískoviště atd. Za každý nový objekt se uděluje 1 bod. Naměřené hodnoty v této kategorii naleznete v grafu č. 17.

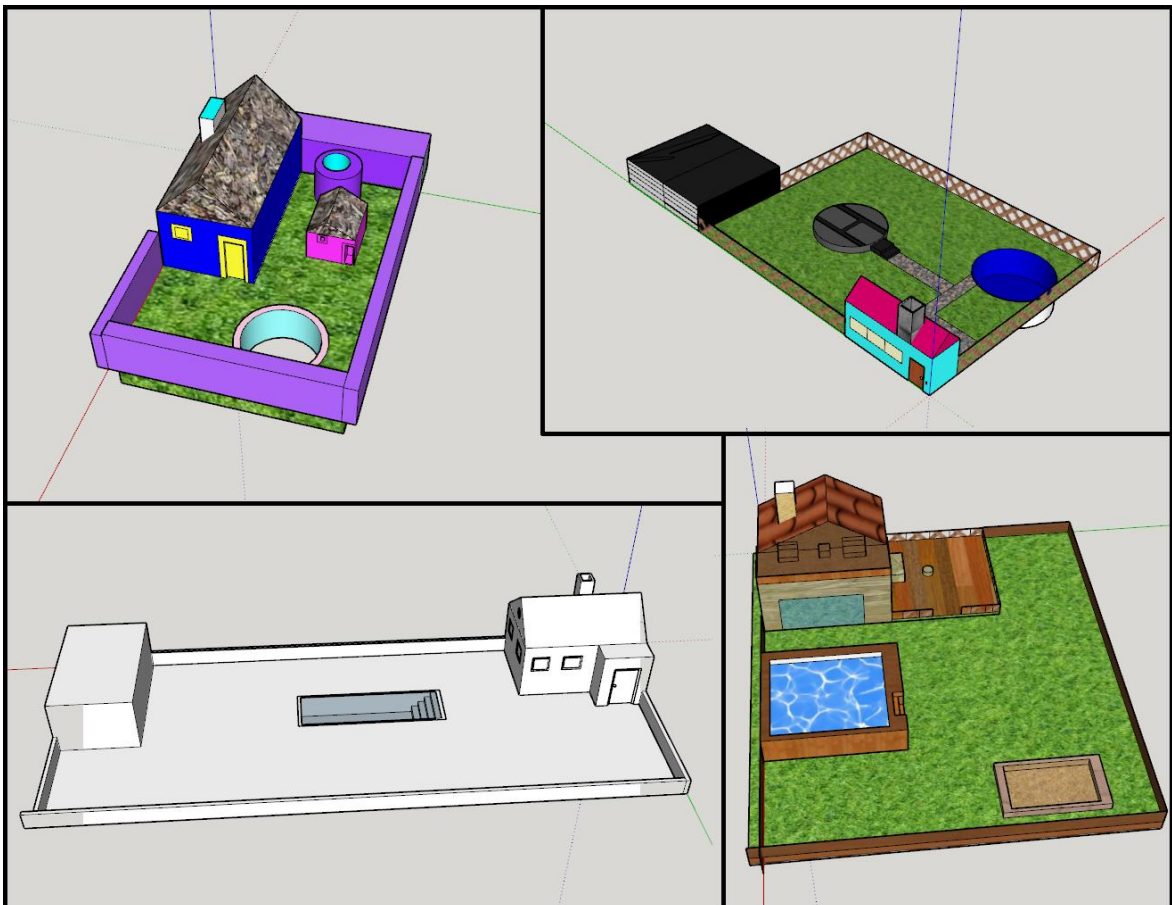


Graf 17: Průměrně dosažené body v kategorii Nové objekty.

Na grafu 17 si můžeme povšimnout takřka stejné hodnoty dosažených bodů u všech skupin, z čehož se vymyká pouze skupina respondentů SŠ, což může být způsobeno odlišným vedením výuky dle metodiky 3D modelování daným vyučujícím.

Náhodně vybrané nejlépe hodnocené ukázky 3D modelů se nacházejí na obrázku 21. Ukázky byly hodnoceny 5 body, až na ukázkou studentů bakalářského studia, ta byla ohodnocena 4 body, což bylo maximum v dané skupině. Ukázka středoškoláků zde není uvedena, protože v této skupině nebylo dosaženo více než jednoho bodu, proto by taková ukázka byla nevyhovující.

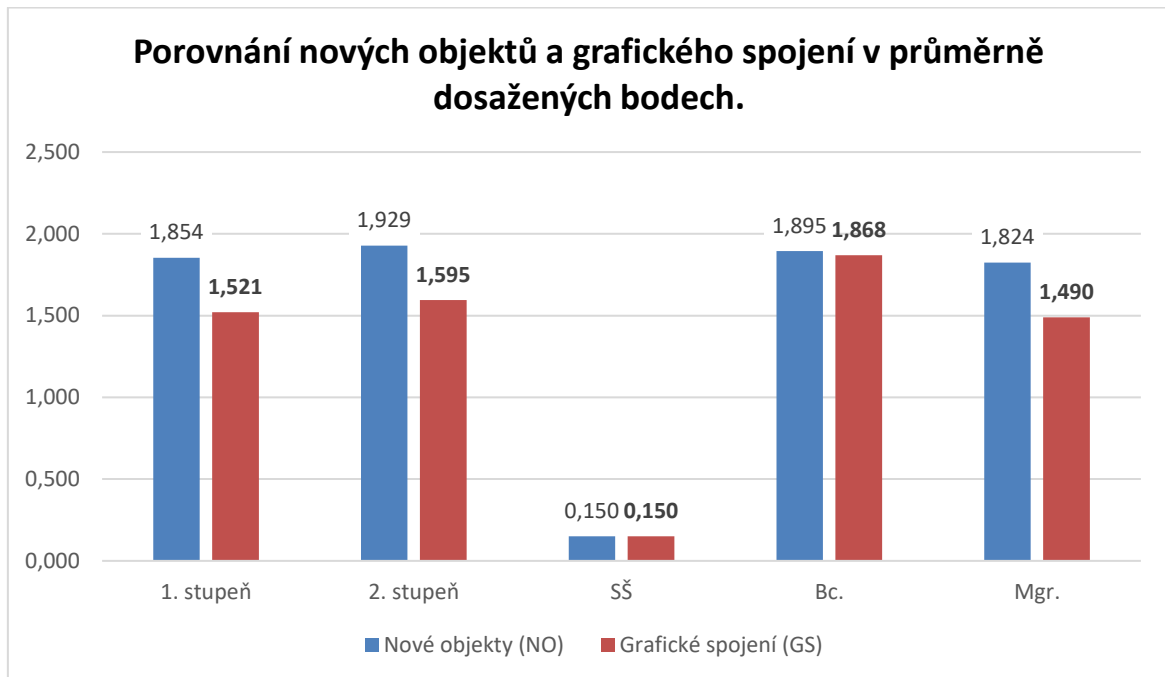
Obrázek 21: Ukázka nejlépe hodnocených náhodně vybraných náhledů modelů.



Umístění jednotlivých ukázek: Nahoře: vlevo 1. stupeň, vpravo 2. stupeň. Dole: vlevo Bc., vpravo Mgr.

Grafické spojení (GS)

Grafické spojení úzce souvisí s kategorií nové objekty, pro bodové ohodnocení v této kategorii je nutné, aby součástí modelu byly objekty. Pro každé grafické spojení/propojení dvou objektů se přiděluje bod. Například bazén je umístěn na ploše zahrady – 1 bod, pokud je bazén volně v prostoru – 0 bodů. Výsledky této kategorie jsou zobrazeny v grafu č. 18.

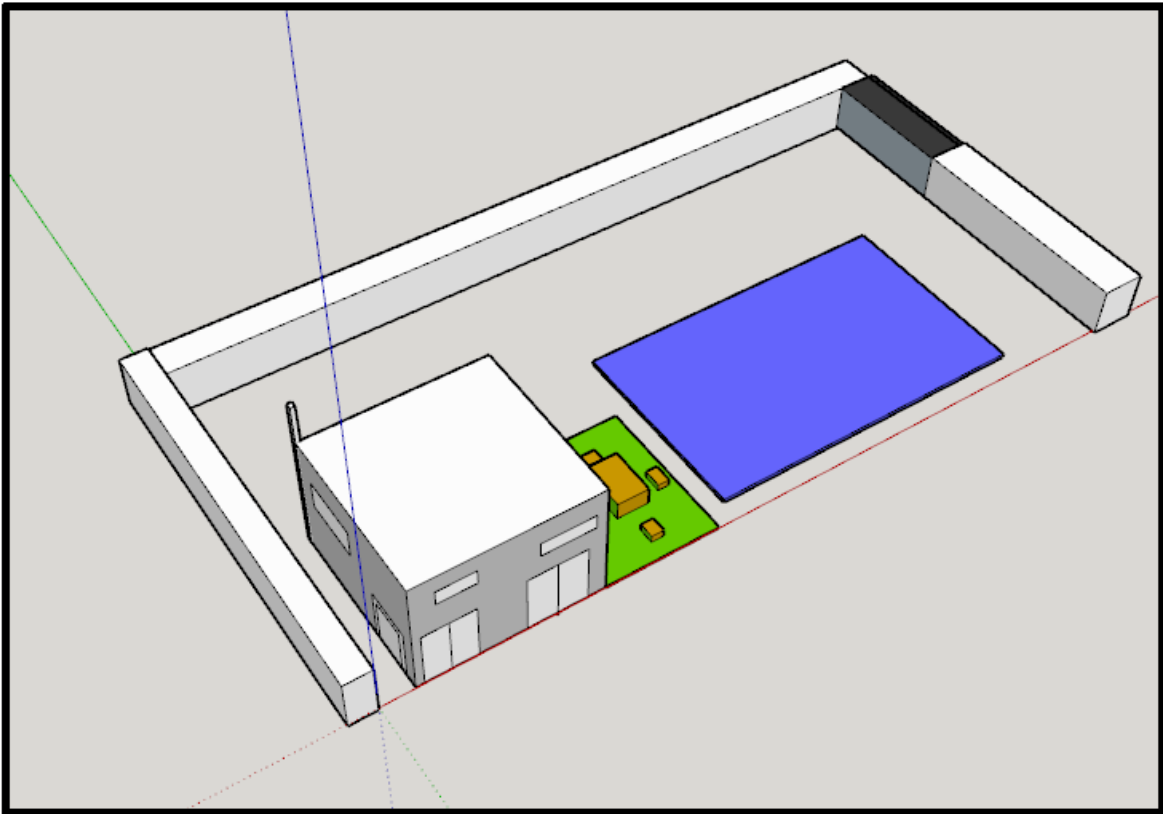


Graf 18: Porovnání nových objektů a grafického spojení v průměrně dosažených bodech.

Na grafu je pro nás podstatný rozdíl mezi počtem dosažených bodů v kategorii Nové objekty a Grafické spojení. Z porovnání hodnot je patrné, že středoškoláci a bakaláři měli graficky propojeny bezmála všechny objekty. Na druhé straně máme skupiny prvního a druhého stupně společně s respondenty magisterského studia. V těchto skupinách respondenti graficky nepropojili zhruba jednu pětinu objektů. Zajímavým faktem je, že jsme nepozorovali žádnou odlišnost výuky v tomto ohledu, vyučující žáky/studenty na grafické propojení nijak neupozorňoval. Respondenti v tomto případě nepovažovali za nutné všechny objekty spojit. Vliv případného nedostatku času se nám v pozorování neprokázal.

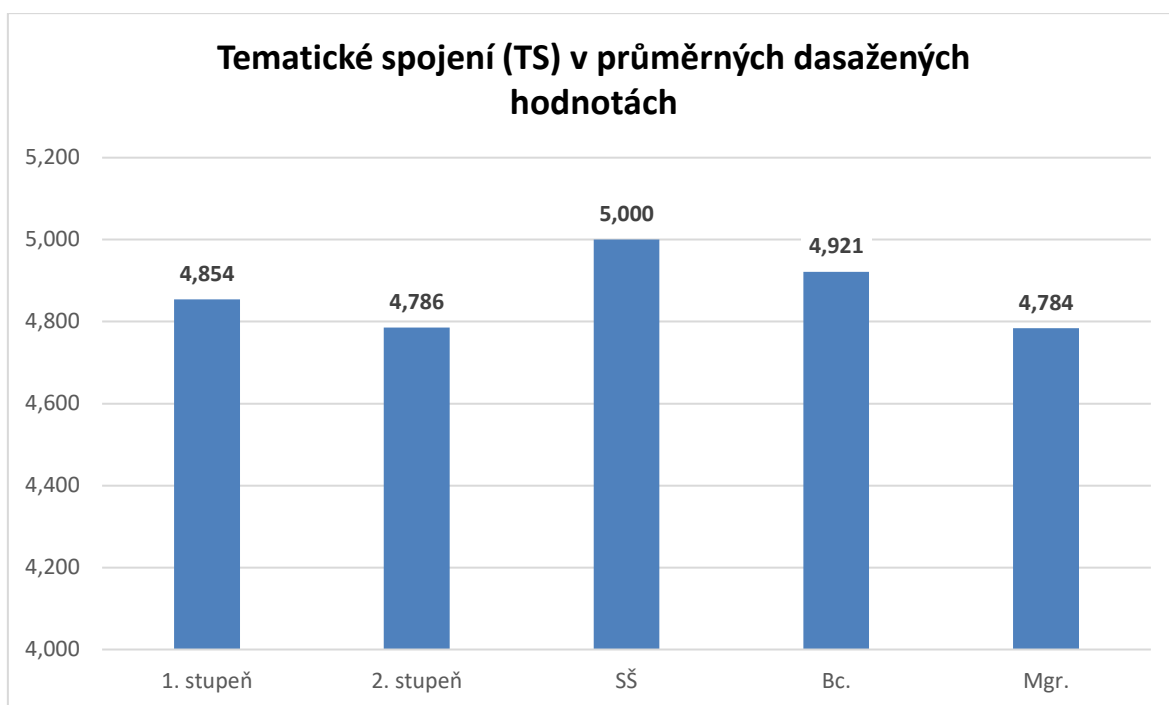
Znázornění chybějících grafických spojení naleznete na obrázku 22.

Obrázek 22: Ukázka chybějících grafických spojení.



Tematické spojení (TS)

V této škále jsme hodnotili, zda se model týká tematicky domu, respektive bydlení. Pokud by se respondent odchýlil od tématu a nekreslil vůbec dům, dostal by 0 bodů, k této situaci nedošlo. Pokud se v modelu objevovaly jiné objekty než ty související s bydlením, odečetli se na škále body dle pracnosti těchto objektů. Tato škála tedy určovala, do jaké míry se žák věnoval zadání. Výsledky naměřených hodnot jsou zobrazeny v grafu č. 19.



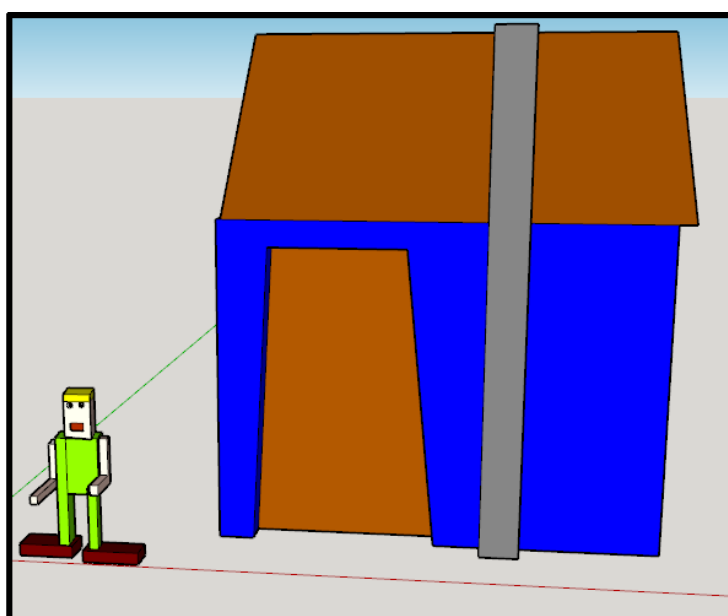
Graf 19: Tematické spojení v průměrných dosažených hodnotách, v grafu je posunuto minimum u osy s hodnotami na 4.

Na grafu 19 se nachází průměrné dosažené hodnoty v kategorii Tematické spojení. Můžeme si všimnout, že hodnoty jsou obdobné a vzhledem k velikosti skupin se nejedná o statisticky významný rozdíl. Vzhledem k velkým dosaženým hodnotám ve všech skupinách můžeme usuzovat, že se bezmála všichni respondenti

Obrázek 23: Ukázka náhodně vybraného obrázku s nejnižším hodnocením (3 body z 5).

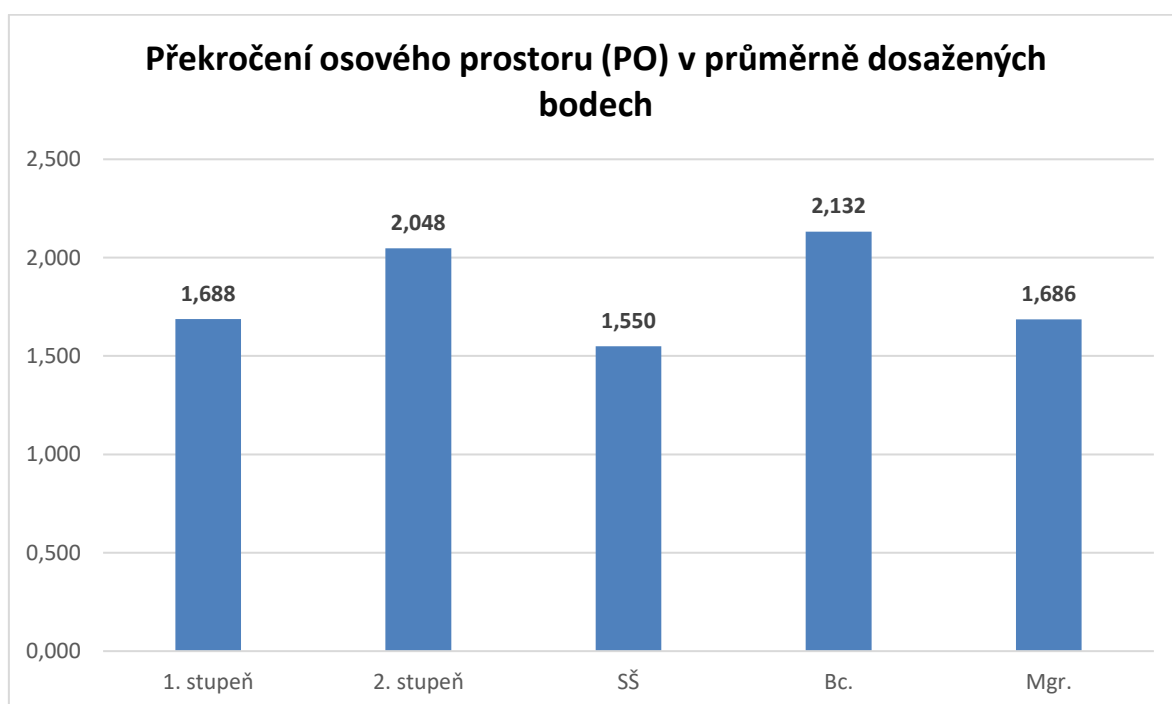
věnovali zadanému úkolu.

Na obrázku 23 se nachází ukázka modelu respondenta z prvního stupně. Model byl v této kategorii hodnocen pouze 3 body, neboť respondent věnoval zhruba stejné úsilí tvorbě postavy, jako samotnému návrhu domu.



Překročení osového prostoru (PO)

V kategorii Překročení osového prostoru se hodnotí každé překročení osového prostoru přes osy, kde byl zakreslen původní objekt – dům. Tato kategorie je poměrně zajímavá, budeme jí hodnotit pouze samostatně, protože může být interpretována dvěma způsoby. Tato kategorie by mohla být jedním z indikátorů prostorové představivosti jako schopnosti překročit osy z hlediska pohybu v prostoru, nebo bychom ji mohli označit jako indikátor pro kreativitu – jestli jsou žáci schopni překročit „vymezený“ prostor, tedy myslet kreativně. Výsledky uvádíme v grafu č. 20.

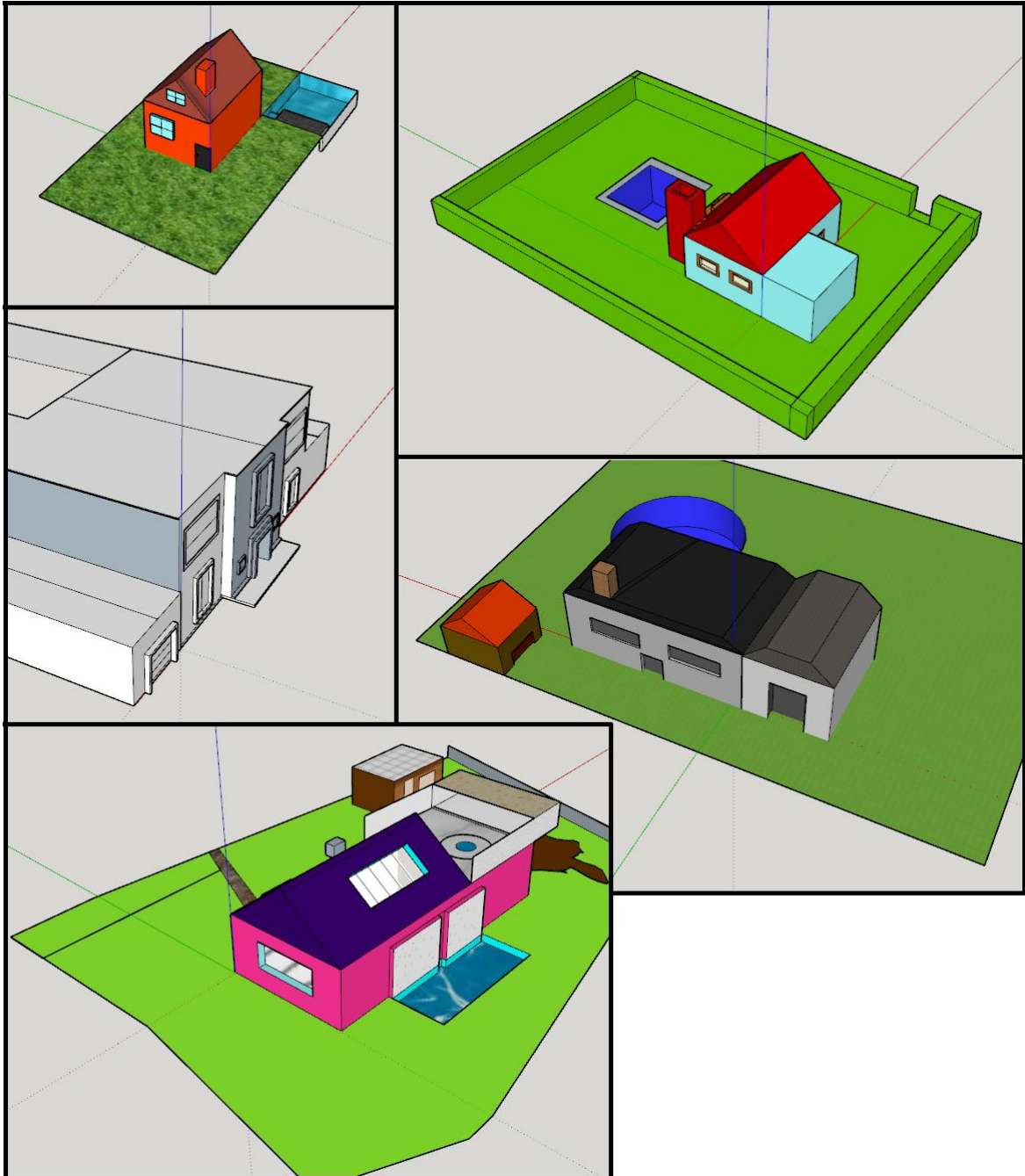


Graf 20: Překročení osového prostoru v průměrně dosažených bodech.

Graf 20 zobrazuje průměrně dosažené hodnoty v kategorii Překročení prostoru. Hodnoty jsou celkem vyrovnané, zhruba stejné výsledky mají respondenti z 1. stupně, střední školy a magisterského studia, oproti tomu o trochu vyšší hodnoty jsme naměřili u respondentů 2. stupně a bakalářského studia.

Na obrázku 24 můžete vidět náhodně vybrané ukázky nejlépe hodnocených modelů v kategorii Překročení osového prostoru.

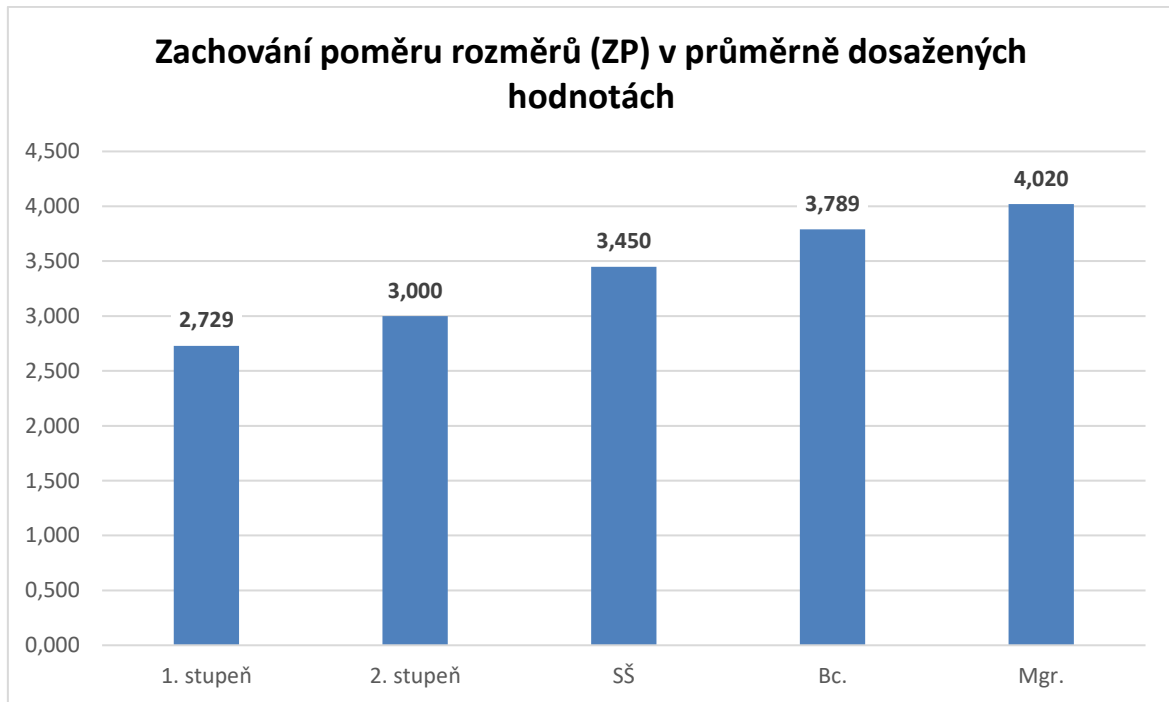
Obrázek 24: Ukázky obrázků nejlépe hodnocených modelů v kategorii Překročení osového prostoru.



Umístění jednotlivých ukázek: Nahoře: vlevo 1. stupeň, vpravo 2. stupeň. Uprostřed: vlevo SŠ, vpravo Bc.
Dole: Mgr.

Zachování poměru rozměrů (ZP)

Zachování poměru rozměrů se hodnotí škálou 0-5 bodů. Všechny objekty a prvky by měly být modelovány zhruba ve stejném poměru. Například velikostně odpovídající okna a dveře navzájem korespondují i s velikostí domu, stejně tak okolní objekty by neměly být nepřiměřeně velké, či malé. Výsledky představuje graf č. 21.



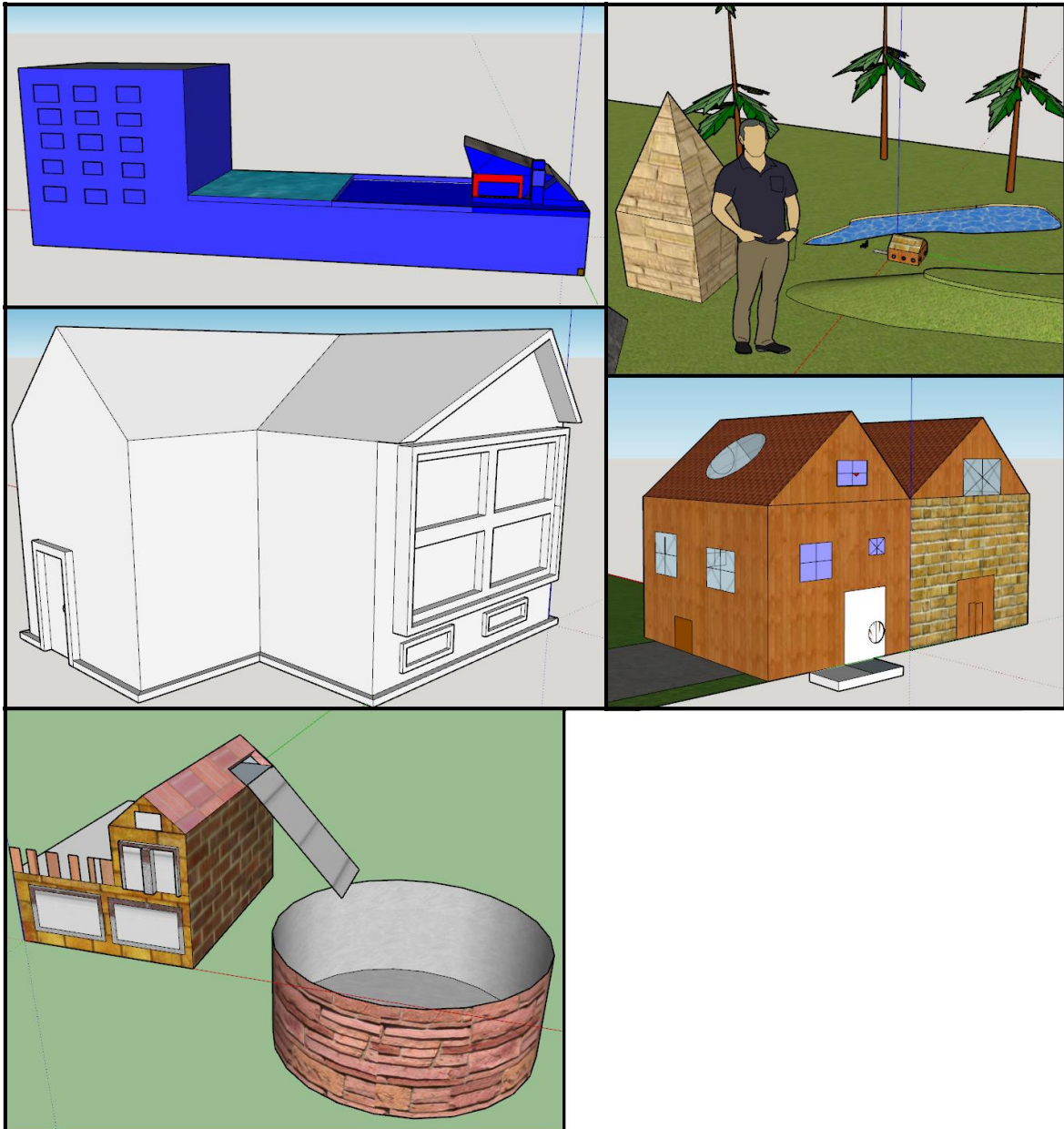
Graf 21: Zachování poměru rozměrů v průměrně dosažených hodnotách.

Graf 21 zobrazuje průměrně dosažené hodnoty v kategorii Zachování poměru rozměrů. Můžeme pozorovat, že se vzrůstajícím věkem respondenti lépe zachovávají poměr rozměrů, což odpovídá tomu, že prostorová představivost se rozvíjí u žáků s rostoucím věkem.

Obrázek 25 zachycuje náhodně vybrané ukázky modelů, které dostaly nejméně bodů v této kategorii. Ukázka z prvního stupně má velký nepoměr mezi jednotlivými prvky – např. hnědé dveře na pravé spodní straně modelu domu jsou několikanásobně menší než okna, model byl hodnocen 1 bodem. V ukázce z druhého stupně si můžeme povšimnout velkého nepoměru mezi vytvořeným domem a importovanými objekty (hodnocení 0 bodů). U modelu středoškoláka můžeme znovu pozorovat nepoměr mezi velikostí dveří a okny (hodnoceno 3 body), stejně tak jako u studentů bakalářského studia (hodnoceno 1 bodem), kde navíc velikost kliky u dveří velikostně překračuje okno aj. Ukázka od

respondenta z magisterského studia (hodnoceno 2 body) demonstruje rozdíl velikosti mezi domem a přidaným objektem, jeho ostatní prvky také mezi sebou velikostně nekorespondují.

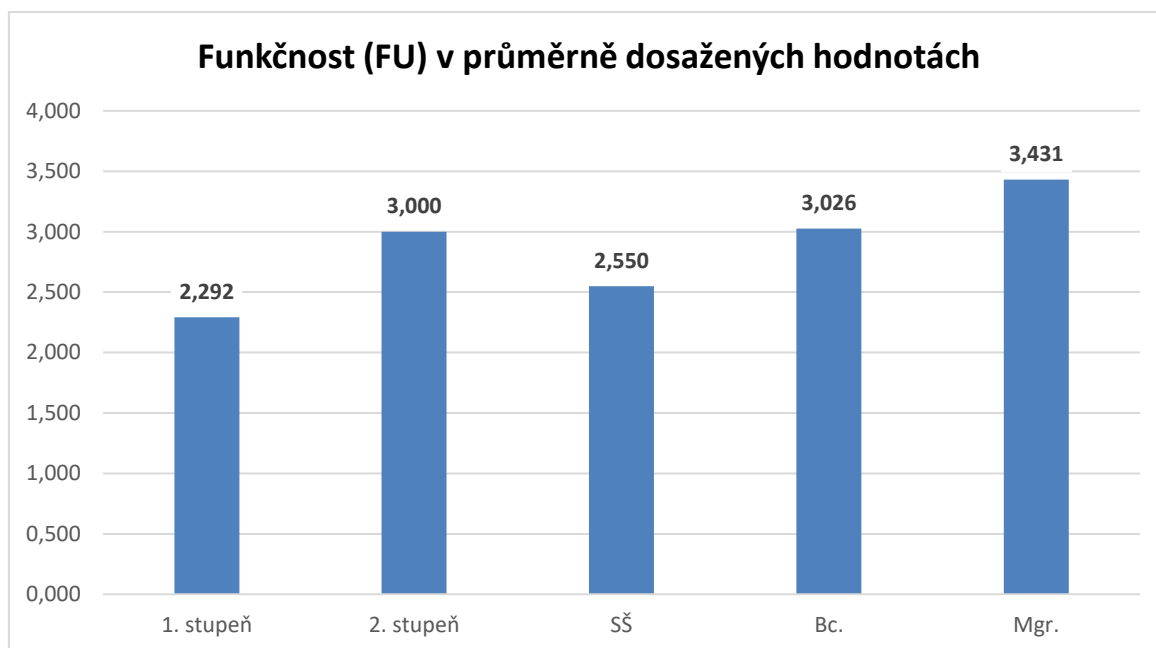
Obrázek 25: Ukázky náhodně vybraných nejhůře hodnocených modelů v kategorii Zachování poměru rozměrů.



Umístění jednotlivých ukázek: Nahoře: vlevo 1. stupeň, vpravo 2. stupeň. Uprostřed: vlevo SŠ, vpravo Bc. Dole: Mgr.

Funkčnost (FU)

Kategorie Funkčnost se hodnotí pomocí škály, hodnocení je zde založeno na vztahu mezi objekty a prvky, které mají být vytvářeny s ohledem na funkčnost. Dům má dostatek oken, na terasu vedou dveře, bazén je vybaven schody, zahrada je obehnaná plotem nebo zdí a je k ní zřízen přístup. Naměřené hodnoty v této kategorii naleznete v grafu č. 22.

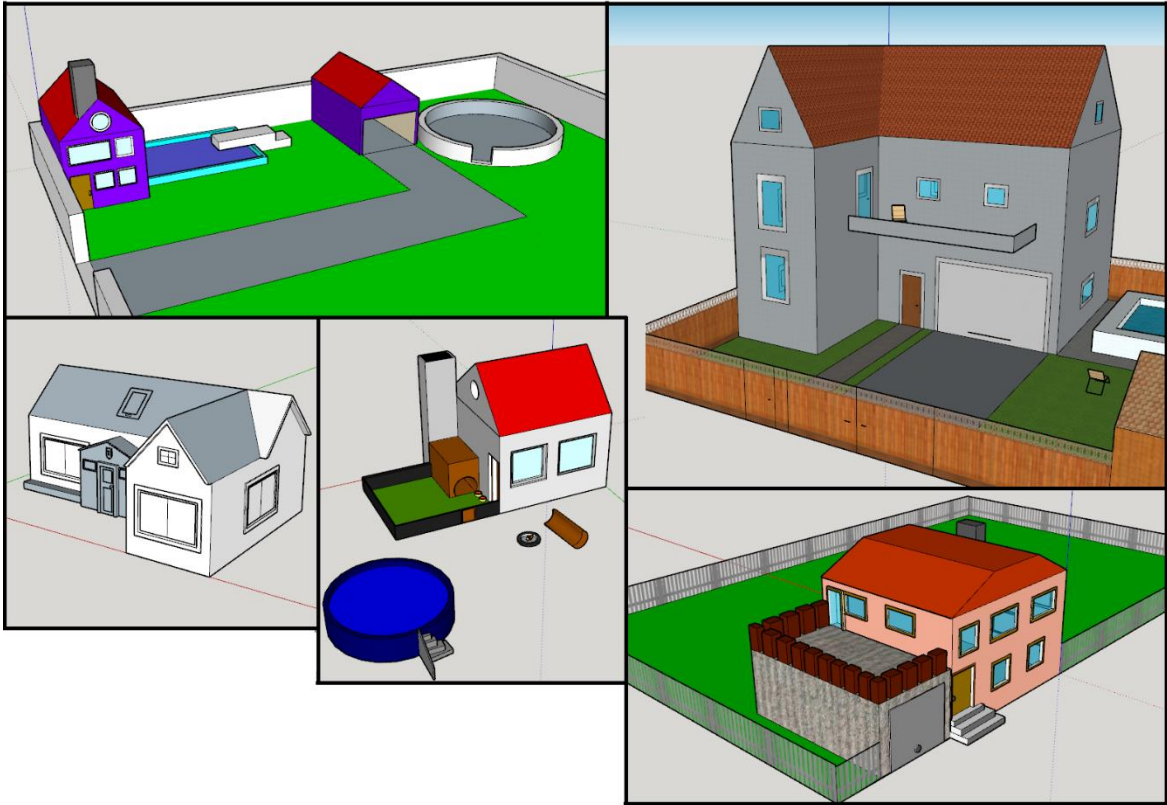


Graf 22: Funkčnost v průměrně dosažených hodnotách.

Na grafu 22 si můžeme povšimnout, že až na výjimku druhého stupně průměrné bodové ohodnocení stoupá spolu s věkem. Výkyv u druhého stupně může být způsoben pozorovaným větším zájmem žáků o dané téma než u dalších věkových skupin.

Ukázky náhodně vybraných 3D modelů, které byly hodnoceny 5 body v této škále, naleznete na obrázku 26.

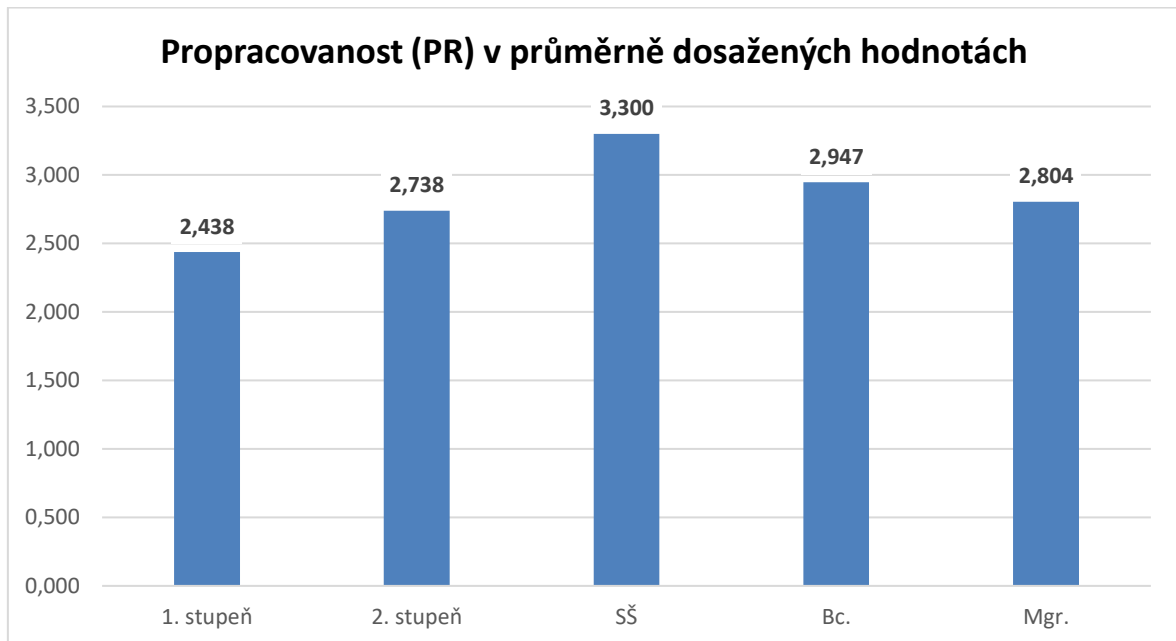
Obrázek 26: Náhodně vybrané ukázky 3D modelů ohodnocených 5 body v kategorii Funkčnost.



Umístění jednotlivých ukávek: Nahoře: vlevo 1. stupeň, vpravo 2. stupeň. Dole: vlevo SŠ., uprostřed Bc. vpravo Mgr.

Propracovanost (PR)

Propracovanost je kategorie, která se hodnotí pomocí škály 0-5 bodů. U 3D modelů se kontroluje, zda jsou prvky tvořeny se smyslem pro detail (např. okna mají stejně široký rám na protilehlé straně), vzájemně na sebe navazují a jejich vnitřní proporce odpovídají. V modelu nejsou zjevné chyby (například čáry nejsou omylem zakresleny v jiných osách, mezi částmi modelu nejsou mezery). Výsledky této kategorie jsou zobrazeny v grafu č. 23.

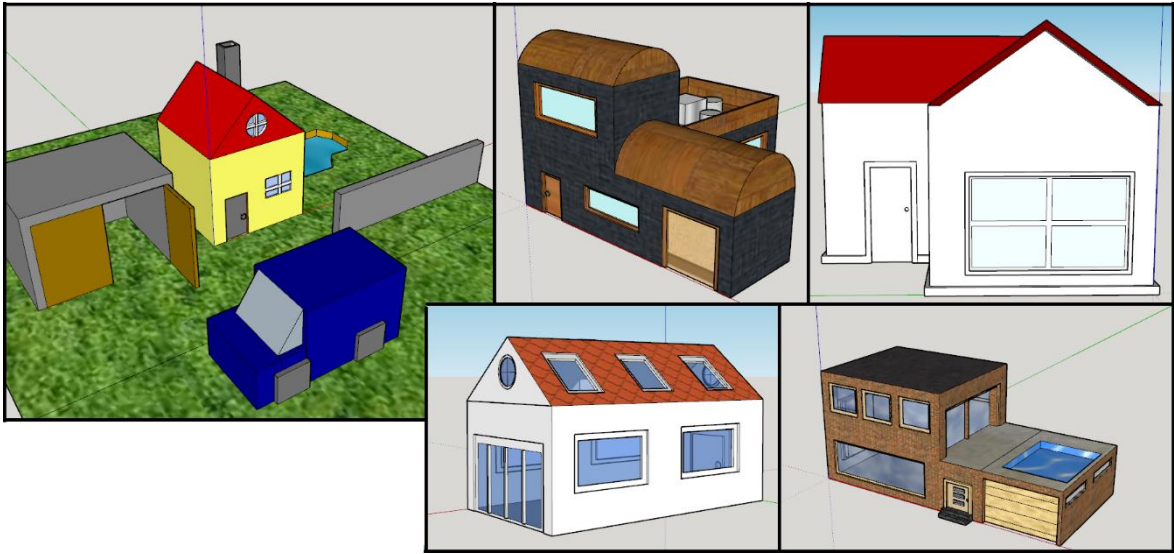


Graf 23: Propracovanost v průměrně dosažených hodnotách.

Na grafu 23 jsou zobrazeny průměrně dosažené body v každé ze skupin respondentů. Nejnižší hodnoty pozorujeme u skupiny žáků prvního stupně, nejvyšší u středoškoláků. Nejnižší hodnota u žáků prvního stupně je zřejmě způsobena horší schopností pracovat s PC, v některých případech se jednalo o žáky, kteří neměli v tomto ohledu žádnou či minimální zkušenost s ovládáním PC. Vyšší hodnoty v propracovanosti u SŠ mohou být způsobeny odlišným pojetím výuky dle metodiky 3D modelování. Žáci kladli větší důraz na detail a propracovanost, což se negativně promítlo v jiných kategoriích.

Na obrázku 27 jsou zobrazeny ukázky náhodně vybraných modelů s bodovým ohodnocením 5 (mimo prvního stupně, kde je vybraná ukázka s hodnocením 4 – což bylo nejvyšší ve skupině) z každé skupiny respondentů.

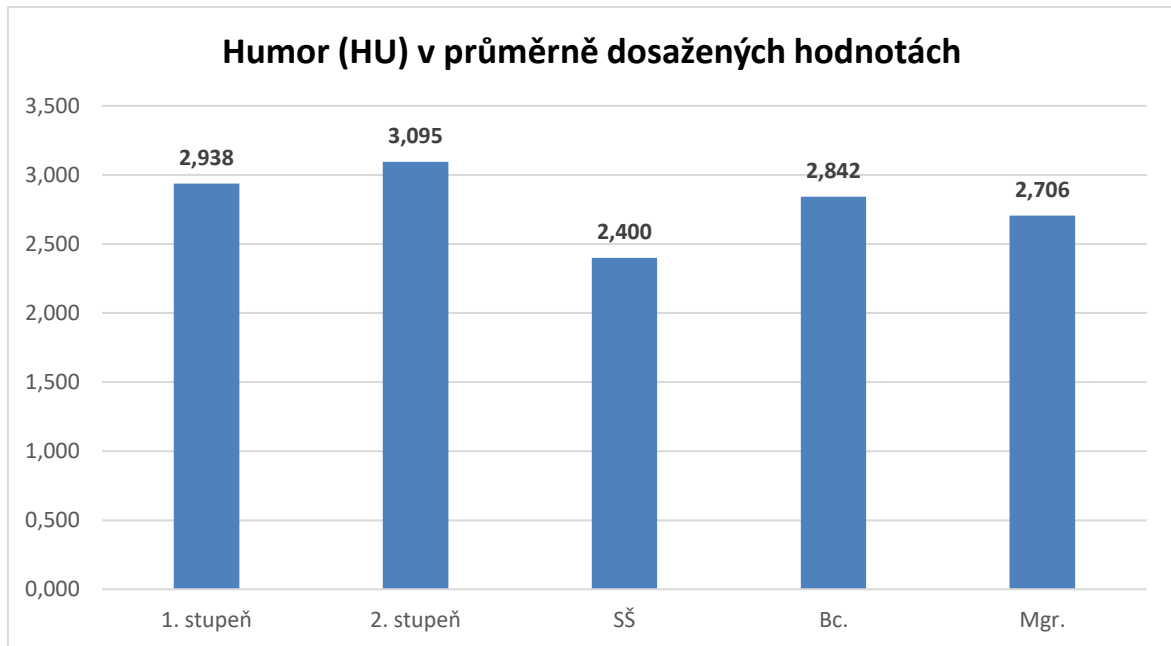
Obrázek 27: Náhodně vybrané ukázky nejlépe ohodnocených modelů v kategorii *Propracovanost*.



Umístění jednotlivých ukázek: Nahoře: vlevo – 1. stupeň, uprostřed – 2. stupeň, vpravo – SŠ. Dole: vlevo Bc., vpravo Mgr.

Humor – afektivní/emocionalita/expresní síla modelu (HU)

Každý model, který vyvolává u posuzovatele reakci humoru, zábavy, smíchu, může být ohodnocen do 5 bodů. To samé platí pro téma, resp. obsahy s expresivní silou. V tomto případě je možné hodnotit i celkový dojem z modelu, tj. jak se posuzovateli „líbí“, sladění barev aj. Výsledky naměřených hodnot jsou zobrazeny v grafu č. 24.

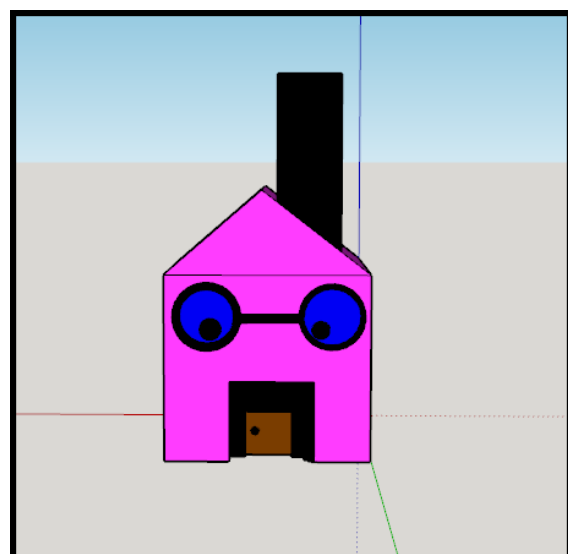


Graf 24: Humor v průměrně dosažených hodnotách.

Na grafu 24 jsou zobrazeny průměrné hodnoty počtu bodů respondentů každé skupiny. Nejnižší počet bodů dosáhli respondenti SŠ. Nejvyšších hodnot dosáhli respondenti z 2. stupně následovaní respondenti prvního stupně. Obecně však jde říci, že hodnoty v této kategorii jsou velmi vyrovnané.

Na obrázku 28 se nachází ukázka jediného modelu, který v této kategorii obdržel 5 bodů, jedná se o 3D model respondenta z druhého stupně.

Obrázek 28: Ukázka nejlépe hodnoceného modelu v kategorii Humor (HU).

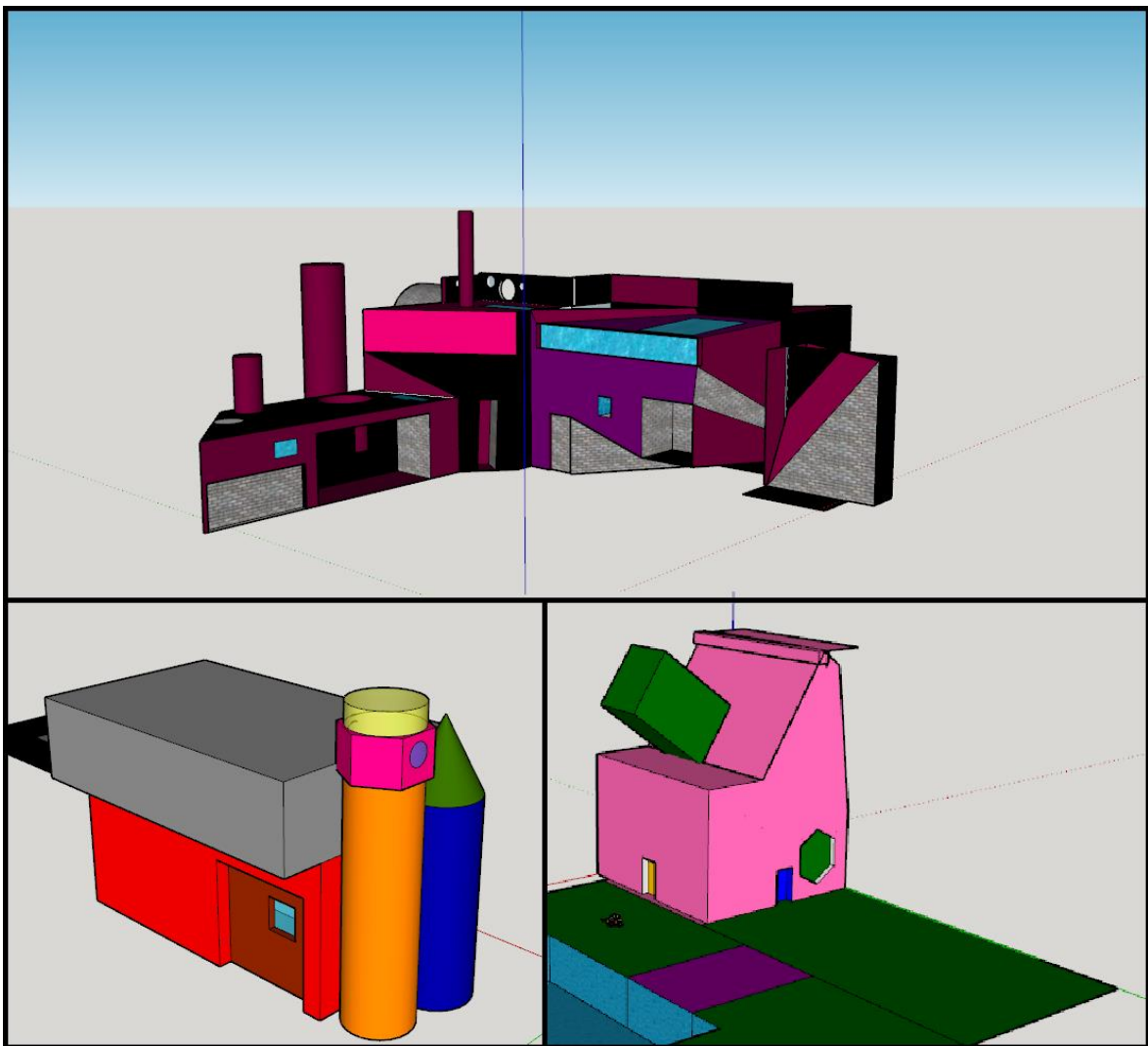


Nekonvenčnost B (NB)

V kategorii Nekonvenčnost B se hodnotí surrealistické ztvárnění modelu. Tato kategorie hodnotí pouze cílené ztvárnění, nikoliv ztvárnění způsobené neúmyslně. Ze všech 199 hodnocených modelů jsme našli surrealistické ztvárnění pouze u třech.

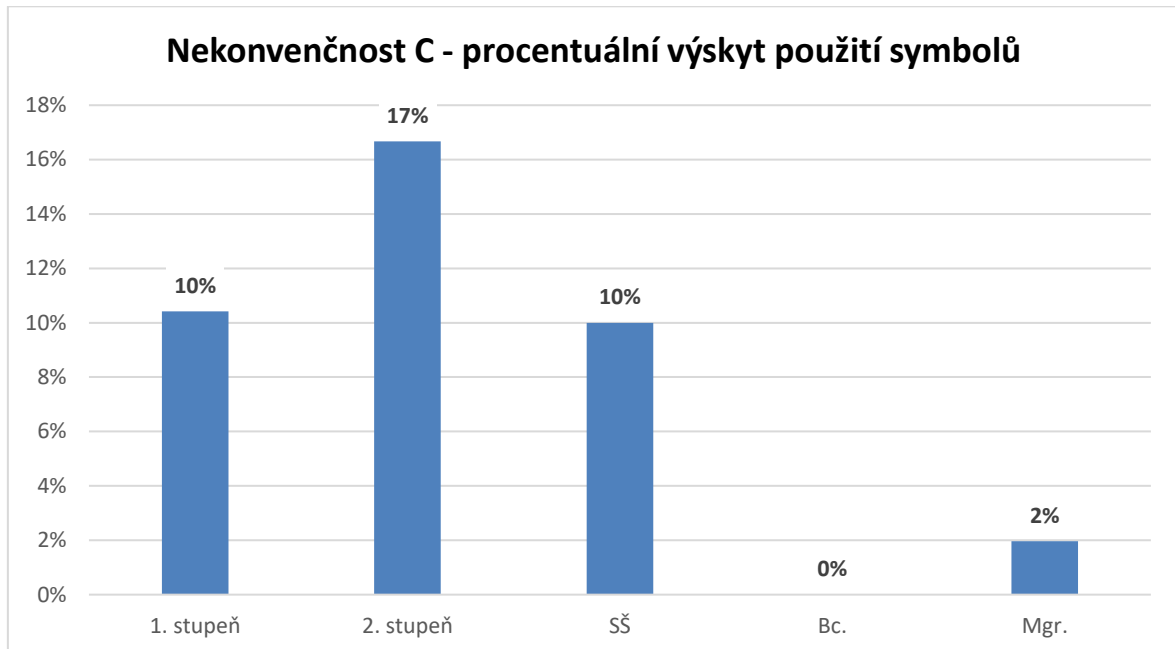
Na obrázku 29 se nachází ukázky takto hodnocených modelů. Nahoře se nachází model studentky bakalářského studia a pod ním jsou umístěny dvě ukázky žáků druhého stupně.

Obrázek 29: Ukázky modelů v surrealistickém ztvárnění.



Nekonvenčnost C (NC)

Nekonvenčnost C řeší používání symbolů (písmen, číslic, znaků, symboliky aj.) při tvorbě 3D modelů. Pokud daný model symbol využil, přidělili se respondentovi 3 body. V grafu č. 25 se nachází procentuální výskyt použití symbolů v této kategorii.

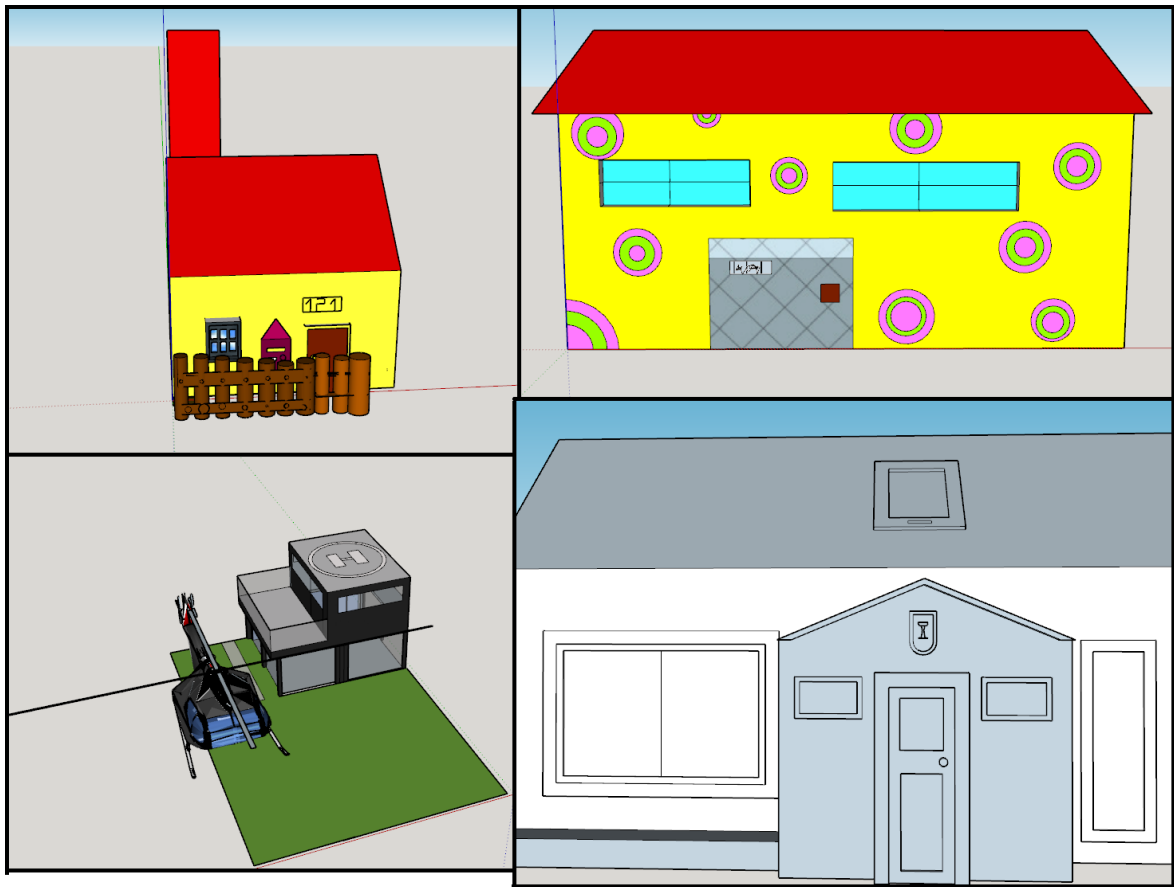


Graf 25: Procentuální výskyt použití symbolů v kategorii Nekonvenčnost C.

Na grafu 25 je zřetelné, že využití symbolů při tvorbě modelů bylo ve všech skupinách jen minimální, nejvíce u žáků druhého stupně. Studenti bakalářského studia ve svých modelech žádné symboly nepoužili. Vzhledem k nízkému zastoupení symbolů ve 3D modelech by bylo vhodné tento jev sledovat s větším vzorkem respondentů v každé ze skupin.

Na obrázku 28 můžeme vidět použití symbolů a znaků, jedná se o číslo popisné, popisek na dveřích, znak přistávací dráhy pro heliport a kalich. Na obrázku není ukázka ze skupiny bakalářů, neboť v jejich modelech se symboly nenacházely.

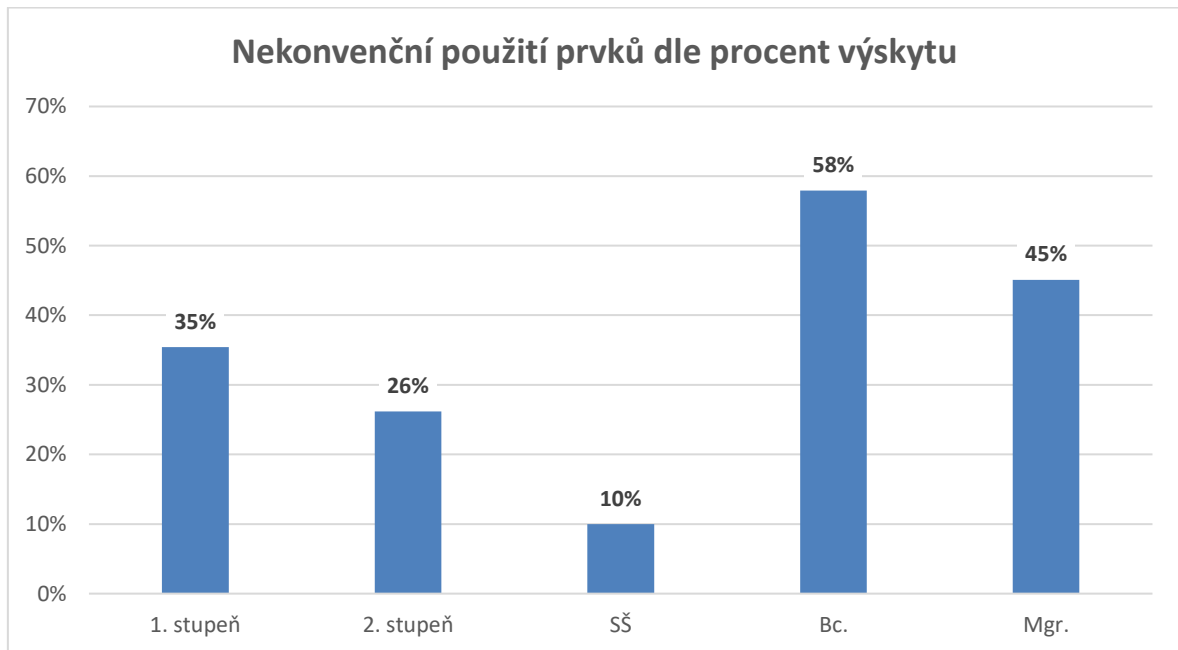
Obrázek 30: Ukázky modelů s použitím symbolů (Nekonvenčnost C).



Umístění jednotlivých ukázek: Nahoře: vlevo 1. stupeň, vpravo 2. stupeň. Dole: vlevo Mgr., vpravo SŠ.

Nekonvenčnost D (ND)

Kategorie Nekonvenčnost D sleduje nekonvenční použití či tvar představených prvků. Za nekonvenční použití prvků můžeme považovat například střešní, či kulatá okna, jiný než kvádrový tvar domu nebo jeho nestandardní použití, jiný tvar střechy, nebo její prodloužení až k základům atd. Pokud v modelu došlo k tomuto použití, respondent se ohodnotil 3 body. Nekonvenční použití prvků dle procent výskytu uvádíme v grafu č. 26.

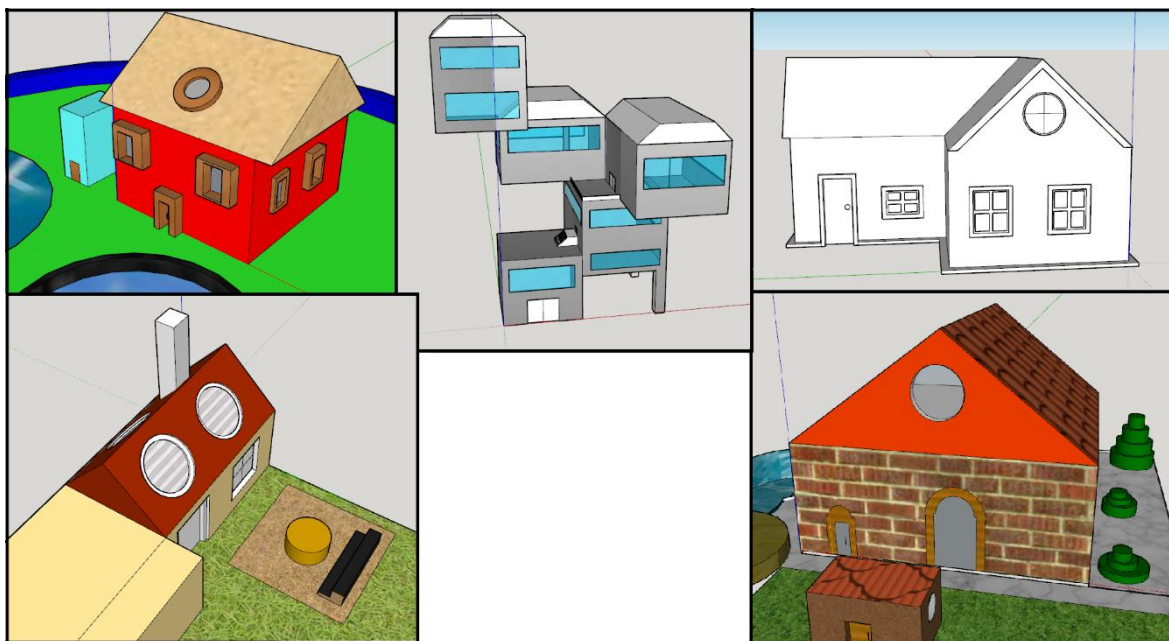


Graf 26: Nekonvenční použití prvků dle procent výskytu.

Na grafu 26 můžeme v každé skupině pozorovat procentuální zastoupení modelů, které splňovali kritérium nekonvenčního použití prvků. Hodnoty v grafu jsou poměrně hodně rozdílné, nekorespondují s věkem. Pro stanovení závěrů by bylo potřeba více respondentů v každé skupině.

Na obrázku 29 se nacházejí ukázky modelů s nekonvenčním použitím prvků. Nejčastěji se ve 3D modelech vyskytovala štítová kulatá okna (SŠ, Mgr.), nebo střešní okna (1. stupeň a Bc.). Netradiční využití kvádrového základu a nekonvenční tvar střechy můžeme vidět u modelu respondenta z druhého stupně a u respondenta magisterského studia, kde se nachází i klenutý tvar dveří.

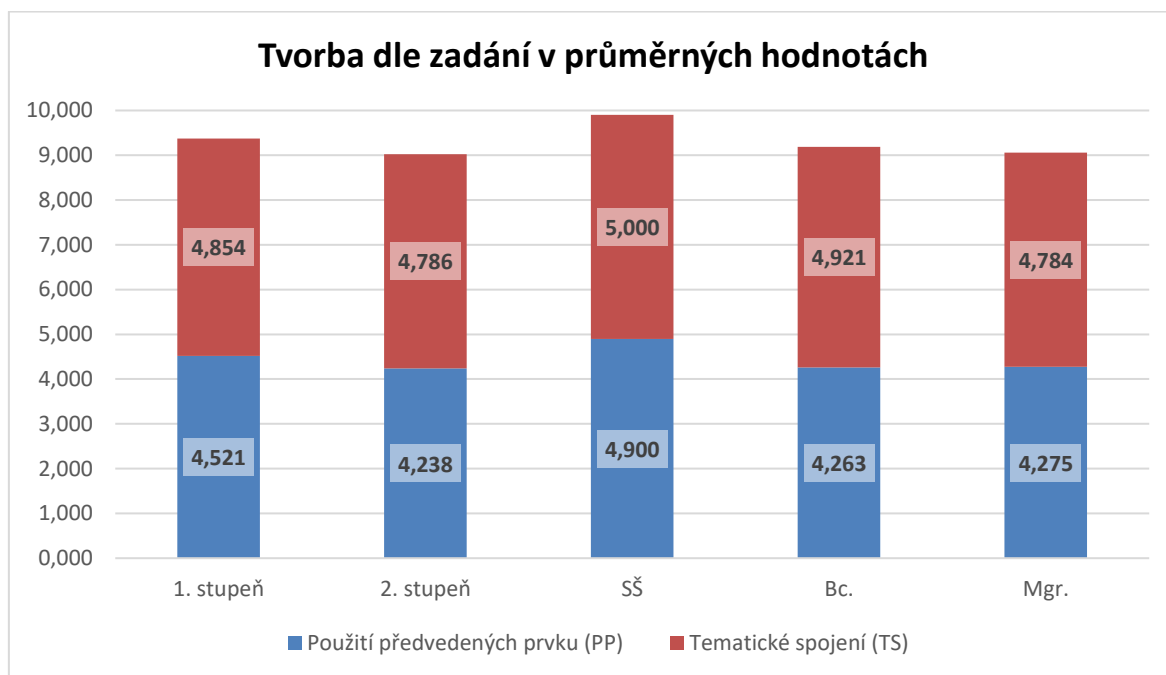
Obrázek 31: *Nekonvenční použití prvků či jejich vzhledu.*



Umístění jednotlivých ukázek: Nahoře: vlevo – 1. stupeň, uprostřed – 2. stupeň, vpravo – SŠ. Dole: vlevo Bc., vpravo Mgr.

6.6.3 TVORBA DLE ZADÁNÍ

Tvorbu dle zadání můžeme ověřit pomocí dvou ukazatelů, a to kategorií Použití předvedených prvků (PP) a Tematického spojení (TS). Kategorie PP zkoumá míru použití předvedených prvků z instruktaže respondenty. Kategorie TS ověřuje, do jaké míry se respondenti věnovali práci podle slovního zadání – tvorba vlastního domu snů. Výsledky uvádíme v grafu č. 27.

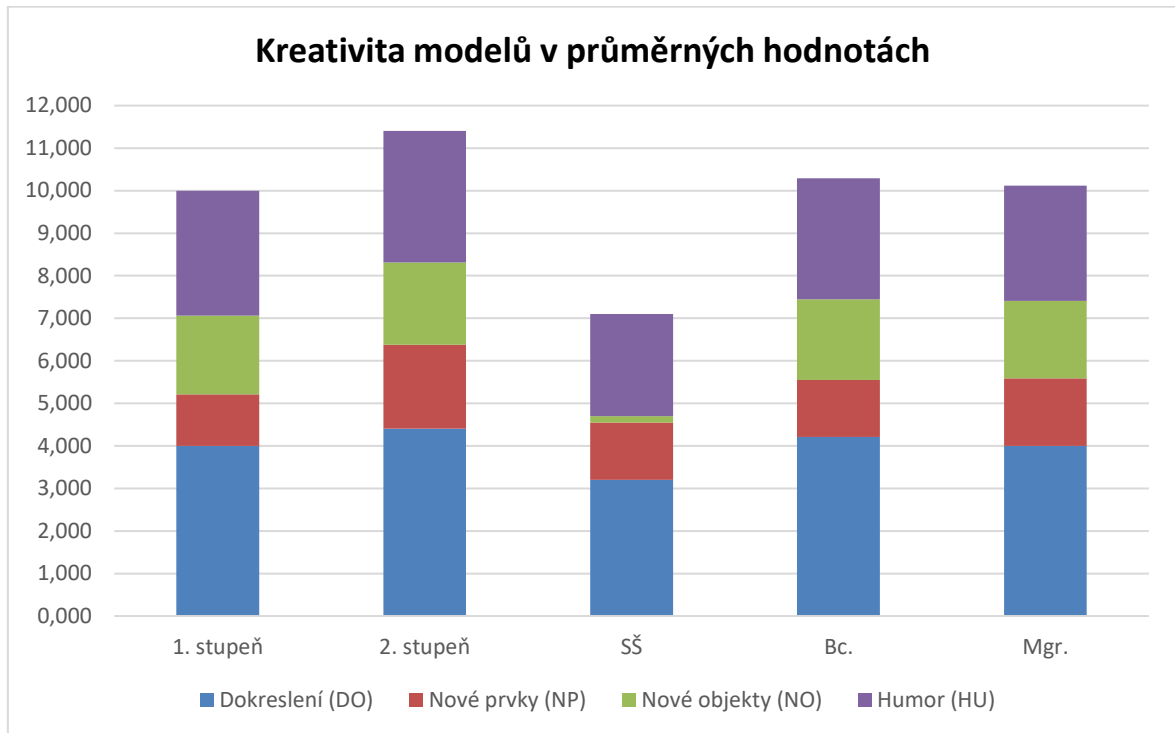


Graf 27: Tvorba dle zadání v průměrných hodnotách.

Graf 27 vyjadřuje součet dvou průměrných hodnot z kategorií Použití předvedených prvků a Tematické spojení. Nejlepšího výsledku dosáhli studenti střední školy, kteří se drželi zadání nejvíce. Výsledky ostatních skupin jsou velmi vyrovnané.

6.6.4 KREATIVITA MODELŮ

Pro posuzování kreativity u modelů jsme využili kategorie Dokreslení, Nové prvky, Nové objekty a Humor. Výsledky představuje graf č. 28.



Graf 28: *Kreativita modelů v průměrných hodnotách.*

Na grafu 28 jsou zobrazeny součty průměrně dosažených bodů z kategorie Dokreslení, Nové prvky, Nové objekty a Humor. Výrazně nižší hodnoty můžeme pozorovat u respondentů ze střední školy. Což může být způsobeno jednak malou skupinou respondentů a také mírně odlišným vedením výuky vyučujícího na tomto stupni vzdělávání, neboť oproti ostatním prováděl výuku pouze jeden vyučující, jednalo se pouze o jednu třídu. K vlivu odlišného pojetí výuky se přikláníme na základě pozorování a na základě nejlepších výsledků této skupiny ve tvorbě dle zadání.

Větší dosažené výsledky můžeme pozorovat u skupiny respondentů z druhého stupně, zde může mít velký vliv motivace. Ostatní skupiny byly bezmála vyrovnané.

Hypotéza H₂:

H₂: Nejvyšších naměřených průměrných hodnot skóre dosažených v oblasti kreativity dosáhne skupina respondentů z druhého stupně.

Hypotéza H₂ byla potvrzena.

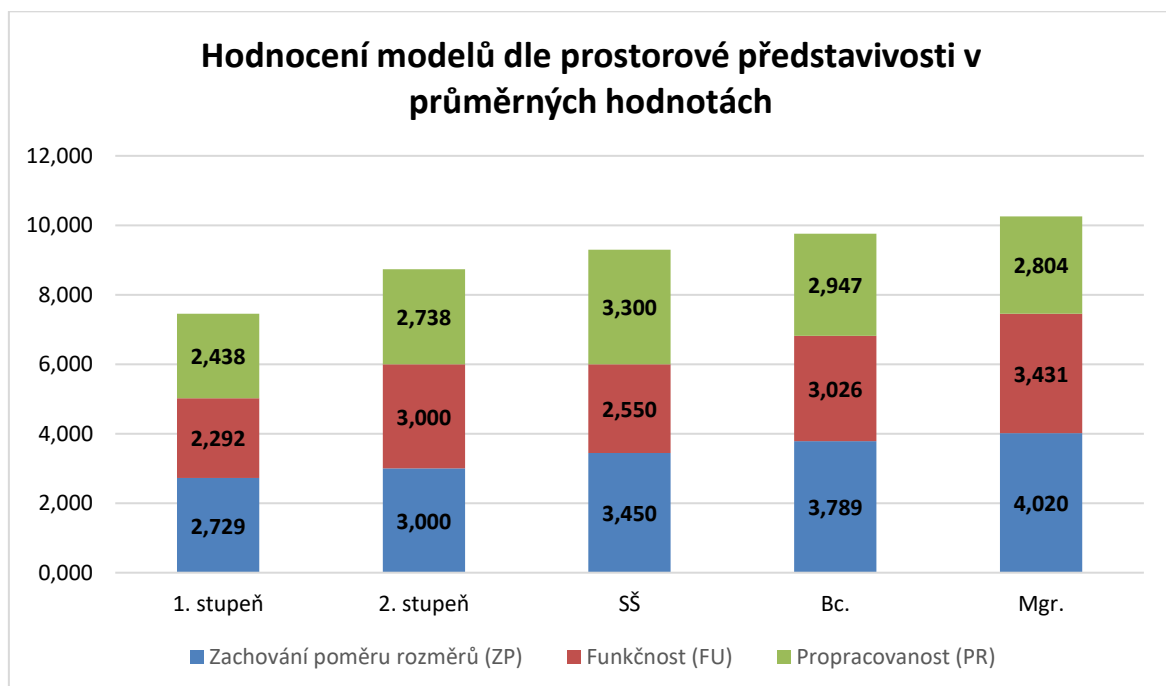
Hypotéza H₁:

H₁: Rozdíl mezi průměrnými dosaženými výsledky skóre modifikovaného Urbanova testu v oblasti kreativity nebude přesahovat 25 % z naměřených hodnot mezi všemi skupinami respondentů.

Hypotéza H₁ byla vzhledem nízkému výsledku u skupiny středoškoláků vyvrácena.

6.6.5 HODNOCENÍ MODELŮ DLE PROSTOROVÉ PŘEDSTAVIVOSTI

Hodnocení modelu z hlediska prostorové představitosti proběhlo na základě hodnocení v kategorii Zachování poměru rozměrů, Funkčnost a Propracovanost. Kategorii Grafické spojení jsme do souhrnného grafu nemohli zařadit, protože je přímo závislá na „kreativní“ kategorii Nové objekty a celkový výsledek by byl z části ovlivněn kreativitou. Výsledky uvádíme v grafu č. 29.



Graf 29: Hodnocení modelů dle prostorové představitosti v průměrných hodnotách.

Na grafu 29 jsou znázorněny výsledky v oblasti prostorové představivosti. Můžeme pozorovat postupný nárůst průměrně dosažených hodnot v oblasti prostorové představivosti ve skupinách dle jejich věku. Platí tedy čím starší žáci/studenti, tím podle našeho testování dokáží model v těchto ohledech tvořit lépe.

Hypotéza H₃:

H₃: U modifikovaného Urbanova testu dosáhnou respondenti z vyšších stupňů vzdělávání průměrně vyššího skóre celkových výsledků v kategoriích prostorové představivosti než respondenti z nižších stupňů vzdělávání.

Hypotéza byla ověřena.

Hypotéza H₄ zaměřená na rozdíl dosažených výsledků v jednotlivých skupinách

H₄: Dosažené průměrné skóre v oblasti prostorové představivosti naměřeného v modifikovaném Urbanově testu se v jednotlivých skupinách stupňů vzdělávání bude lišit maximálně o 30 % z naměřených hodnot, zároveň rozdíl mezi návaznými stupni vzdělávání nepřesáhne 20 % z naměřených hodnot.

Hypotéza byla též úspěšně ověřena. Největší nárůst dosažených výsledků můžeme pozorovat mezi prvním a druhým stupněm, ten tvoří nárůst o 14,64 procent. Největší rozdíl můžeme pozorovat mezi žáky prvního stupně a studenty magisterského studia, ten činí 27,26 procent.

6.6.6 SHRNUÍ A DISKUZE

Hlavní výzkumnou otázku: Na kterém stupni vzdělávání je vhodné výuku 3D modelování z hlediska kreativity a prostorové představivosti začít realizovat? Se nám pomocí našeho výzkumu podařilo zodpovědět. Přesto, že respondenti pracovali ve virtuálním prostředí, oproti původnímu Urbanově testu (Urban, Jellen & Kováč, 2003), došli jsme k obdobným závěrům, lepších průměrných výsledků z hlediska kreativity na základní škole dosáhli respondenti z druhého stupně. Zároveň se nám potvrdilo, že respondenti druhého stupně dosahovali celkově nejlepších výsledků, obdobně jako ve výzkumu Honzíkové (2013) věnovaném Tvarové skládacímu testu. Znatelně nejhorších průměrných výsledků v oblasti kreativity dosáhli studenti střední školy, což mohlo být způsobeno menším vzorkem respondentů a výukou pouze jedním vyučujícím.

V oblasti prostorové představivosti jsme ověřili naše hypotézy. Průměrné výsledky skóre při měření prostorové představivosti prokázaly, že prostorová představivost se rozvíjí s rostoucím věkem respondentů. To odpovídá testování na základě Testu struktury inteligence (Amthauer, 2005). V našem případě však maximální rozdíl mezi skupinami nepřesáhl 30 % mezi žáky prvního stupně a studenty magisterského studia.

Na základě těchto výsledků můžeme konstatovat, že nejvhodnějším stupněm pro realizaci výuky by měl být druhý stupeň základní školy, žáci v něm dosahují nejlepších výsledků z hlediska kreativity a rozdíl mezi naměřenou prostorovou představivostí není v porovnání s vyššími výsledky u vyšších stupňů vzdělávání tak markantní.

Ve výzkumu možností implementace metodiky výuky 3D modelování chceme nadále pokračovat. Jako základ nám poslouží námi modifikovaný Urbanův figurální test tvořivého myšlení. V dalším výzkumu se zaměříme na větší výzkumný vzorek ve všech skupinách, tím bychom měli odbourat určité limity vzniklé aktuální pandemickou situací.

ZÁVĚR

V disertační práci jsme se nejprve seznámili se základními vybranými pojmy k řešené problematice. Dále jsme zhodnotili možnosti výuky 3D modelování v kontextu základního vzdělávání, k tomu nám posloužila provedená analýza RVPZV. Také jsme se seznámili s možnostmi využití 3D tisku při výuce, a to i z hlediska využití různých technologií.

Stručně jsme představili metodiku výuky 3D modelování, na které je založena budoucí výuka i testování. Pomocí přehledové studie jsme zjistili současný stav řešené problematiky z hlediska výzkumů uveřejněných v databázích Web of Science a Scopus.

V pilotním ověřování jsme se zaměřili na zkoumání vlivu výuky 3D modelování na prostorovou představivost za pomoci Testu struktury inteligence I-S-T 2000 R, kde byla vybrána část figurální inteligence. Testování probíhalo pomocí pedagogického experimentu, byly vybrány dvě skupiny, kontrolní a experimentální a dvě varianty zadání testu.

V primárním výzkumu jsme se zaměřili na určení optimálního stupně vzdělávání pro implementaci výuky dle metodiky 3D modelování, a to z hlediska prostorové představivosti a kreativity. Jako primární nástroj jsme využili námi modifikovaný Urbanův test pro hodnocení 3D modelů doprovázený výzkumnou metodou pozorování výuky podle metodiky 3D modelování. Východiskem pro nás bylo určení druhého stupně jako nejvhodnějšího stupně vzdělávání pro realizaci této výuky. Nicméně na základě výzkumu a pozorování bychom mohli výuku 3D modelování implementovat i do vyšších ročníků prvního stupně, protože hodnoty naměřené kreativity u této skupiny takřka odpovídaly naměřeným hodnotám u obou skupin vysokoškoláků a rozdíl v naměřené prostorové představivosti byl znatelný, avšak ne markantní. Dle výsledků pozorování se však musí jednat o žáky, kteří jsou na práci s počítači zvyklí, neboť špatná schopnost koordinace ovládnutí PC přes myš značně ovlivňuje jednak výsledek práce žáků, ale i čas a nutnost výpomoci vyučujícího.

Význam disertační práce pro praxi spočívá zejména ve vytvořené metodice 3D modelování a zjištěních výzkumu. Z výsledků je patrné, že pokud provedeme patřičnou vzdělávací transformaci, jako v případě naší metodiky, můžeme výuku 3D modelování implementovat do výuky na základní školy, a to na druhý stupeň. Ve specifických případech můžeme výuku zařadit i do výuky vyšších ročníků prvního stupně.

RESUMÉ V ČESKÉM JAZYCE

Disertační práce řeší problematiku implementace výuky 3D modelování na základní školy. V teoretické části je čtenář seznámen s vybranými základními pojmy z oblasti pedagogiky, psychologie a informatiky. Následně jsou popsány technologie 3D modelování a 3D tisku v kontextu stávajícího vzdělávání, a to na základě analýzy rámcově vzdělávacího programu pro základní vzdělávání (RVP ZV).

V další části práce je stručně popsána vytvořená metodika výuky 3D modelování pro základní školy, na které je založen pilotní i primární výzkum. V pilotním výzkumu byl zkoumán vliv výuky 3D modelování na prostorovou představivost na základě části testu figurální inteligence z Testu struktury inteligence I-S-T 2000 R Rudolfa Amthauera.

V primárním výzkumu bylo cílem určení optimálního stupně vzdělávání pro implementaci výuky dle metodiky 3D modelování, a to z hlediska prostorové představivosti a kreativity. Vzhledem k absenci standardizovaného nástroje pro vyhodnocování 3D modelů bylo přistoupeno k modifikaci Urbanova figurálního testu tvořivého myšlení, kterým byl původně určen pro vyhodnocování kreseb na papír. Jako doprovodná výzkumná metoda bylo zvoleno pozorování. Východiskem bylo určení druhého stupně jako nejvhodnějšího stupně vzdělávání pro realizaci této výuky. Nicméně na základě výzkumu a pozorování bychom mohli výuku 3D modelování implementovat i do vyšších ročníků prvního stupně, protože hodnoty naměřené kreativity u této skupiny takřka odpovídaly naměřeným hodnotám u obou skupin vysokoškoláků a rozdíl v naměřené prostorové představivosti byl znatelný, avšak ne markantní.

SUMMARY IN ENGLISH

This dissertation thesis deals with the implementation of teaching 3D modeling in primary schools. In the theoretical part, the reader is acquainted with selected basic concepts in the field of pedagogy, psychology and computer science. The technologies of 3D modeling and 3D printing are described in the context of existing education, based on the analysis of the framework educational program for basic education (RVP ZV).

The next part of the thesis briefly describes the created methodology of teaching 3D modeling for primary schools, on which the pilot and primary research is based. The pilot research examined the influence of teaching 3D modeling on spatial imagination based on a part of the figural intelligence test from the Rudolf Amthauer I-S-T 2000 R (Intelligence Structure Test).

In the primary research, the aim was to determine the optimal level of education for the implementation of teaching according to the methodology of 3D modeling, in terms of spatial imagination and creativity. Due to the absence of a standardized tool for evaluating 3D models, a modification of Urban's figural test of creative thinking was made, which was originally intended for the evaluation of drawings on paper. Observation was chosen as an accompanying research method. The starting point was to determine the second level primary school as the most appropriate level of education for the implementation of this teaching. However, based on research and observations, we could teach 3D modeling in higher class of first level, because the values of measured creativity in this group almost corresponded to the measured values in both groups of university students and the difference in measured spatial imagination was noticeable, but not significant.

SEZNAM LITERATURY

- Aichinger, D. & Brändle, M. & Ekkert, F. & Fadrhonc, J. & Heller, K. & Honzíková, J. & Honzík, L. & Horlacher, B. & Hrdlička, J. & Jurich, N. & Kanta, T. & Korálová, E. & Kraitr, M. & Král, J. & Kranzigner, F. & Krotký, J. & Liš, J. & Prchlík, J. & Richtr, V. & Simbartl, P. & Spurk, M. & Štich, L. & Štrofová, J. & Tomisová, K. & Trein, H. (2017). *Učení pro život a práci: metodická příručka pro 2. stupeň ZŠ: vzdělávací oblast Člověk a svět práce*. 1. vyd. Bratislava: Dr. Josef Raabe Slovensko, s.r.o., 750 s. ISBN: 978-80-8140-285-2
- Amthauer, R., Burkhard, B., Liepmann, D. & Beaducel, A. (2005). *Test struktury inteligence I-S-T 2000 R: Příručka*. Praha: Testcentrum.
- Ardebili, M. (2006). Usin solid modeling and multimedia software to improve spatialvisualization skills, ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings.
- Automated 3D lymphoma lesion segmentation from PET/CT characteristics*, Proceedings - International Symposium on Biomedical Imaging, 174–178.
- Berney, S., Bétracourt, M., Milinari, G. & Hoynek, N. (2015). How spatial abilities and dynamic visualizations interplay when learning functional anatomy with 3D prjection and 3D anatomical models, *Anatomical Sciences Education*, 452–462.
- Briš, R. & Litschmannová M. *Statistika II*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita. ISBN 978-80-248-1482-7.
- Burns, M. (1993). *Automated fabrication: improving productivity in manufacturing*. Englewood Cliffs, N.J.: PTR Prentice Hall. ISBN 978-0-13-119462-5.
- Buzan, T. (2007). *Mentální mapování*. Praha: Portál. ISBN 978807367-200-3.
- Čáp, J. (1993). *Psychologie výchovy a vyučování*. Praha: Karolinum. ISBN 80-7066-534-3.
- Dostál, J. (2018). *Člověk a technika – podkladová studie k revizím RVP*. Praha: NÚV.
- Dostál, J. & Honzíková, J. & Hašková, A. & Kropáč, J. & Kožuchová, M. & Ďuriš, M. & Fadrhonc, J. & Stebila, J. & Částková, P. & Uhrinová, M. & Bendík, M. & Žilková, K. (2017). *Technické vzdělávání na základních školách v kontextu společenských a technologických změn*. 1. vyd. Olomouc: UPOL, 276 s. ISBN: 978-80-244-5238-8.
- Fardiánová, V. (2016). Using anaglyphs in descriptive geometry, *Proceedings of the European Conference on e-Learning, ECEL*, 194–200.
- García Benítez, S. R., López Molina, J. A., & Castellanos Pedroza, V. (2016). *Neural networks for defining spatial variation of rock properties in sparsely instrumented media*. *Boletín De La Sociedad Geologica Mexicana*, 68(3), 553–570.
doi:10.18268/BSGM2016v68n3a10
- Gardner, H. (1999). *Dimenze myšlení: teorie rozmanitých inteligencí*. Praha: Portál. ISBN 80-7178-279-3.
- Ginn, S. R. & Pickens, S. J. (2005). *Relationship between spatian activities and scores of mental rotation test as a function of sexual lessons, Perceptual and Motor Skills*, 877–881.
- Grossiord, E. & Talbot, H. (2017).

- Habacha, H., Molinaro, C., & Dosseville, F. (2014). *Effects of gender, imagery ability, and sports practice on the performance of a mental rotation task*. *American Journal of Psychology*, 127(3), 313–323. doi:10.5406/amerjpsyc.127.3.0313
- Harvard, A. (1998). Go – v originále [Gå], Human IT. Heyden, K. M. V. & Jolles, J. (2017) *Effects of a classroom intervention with spatial play materials on children's object and viewer transformation abilities*, *Developmental Psychology*, 290–305.
- Holeček, V. & Miňhová, J. & Prunner, P. (2007). *Psychologie pro právníky*. 2., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. Právnické učebnice. ISBN 978-80-7380-065-9.
- Honzíková, J. (2008). *Nonverbální tvořivost v technické výchově*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. ISBN 978-80-7043-714-8.
- Honzíková, J. (2013). Možnosti transverzálního výzkumu nonverbální tvořivosti. *Journal of Technology and Information Education*. 5(2), 48-55. ISSN: 1803-537X
- Honzíková, J. & Fadrhonc, J. (2019). *Aktivity a popularizační činnost v oblasti technického vzdělávání v kontextu výběru oboru střední školy*. *Journal of Technology and Information Education*, 1(11), s. 28-37. ISSN: 1803-537X
- Il'jina, T. A. (1972). *Pedagogika: učebnice pro posluchače pedagogických institutů*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Janovec, J. (2011). *Počítačem podporovaná konstruktivní geometrie* [Disertační práce]. Univerzita Hradec Králové.
- Jančařík, A. (2016). *Dynamic models using 3D projection, Proceedings of the European Conference on e-Learning, ECEL*, 296–304.
- Jančaříková, K. & Jančařík, A. (2016). *Work with 3D models in e-learning environments, Proceedings of the European Conference on e-Learning, ECEL*, 305–314.
- Jančaříková, K. & Jančařík, A. (2017). *Teaching aids and work with models in e-learning environments, Electronic Journal of e-Learning*, 244–258.
- Kelnarová, J. & Matějková E. (2010). *Psychologie: pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3270-1.
- Koller, O., Rost, J. & Koller, M. (1994). *Individual differences in solving spatial problems of the IST and IST-70 subtest on "cube problems, Zeitschrift fur Psychologie*, 65–85.
- Koťátková, S. (2005). *Hry v mateřské škole v teorii a praxi*. Praha: Grada. ISBN 80-247-0852-3.
- Krotký, J., Honzíková, J. & Moc, P. (2016). *Deformation of Print PLA Material Depending on the Temperature of Reheating Printing Pad*. *Manufacturing Technology*. Ústí nad Labem: UJEP, FVTM. Vol. 16, No 1, 140–144.
- Křivý, I. & Kindler E. (2001). *Simulace a modelování*. Ostrava: Ostravská univerzita. ISBN 80-704-2809-0.

- Lindenberger, U., Kliegl, R., & Baltes, P. B. (1992). *Professional expertise does not eliminate age differences in imagery-based memory performance during adulthood*. *Psychology and Aging*, 7(4), 585–593.
- Nakonečný, M. (2015). *Obecná psychologie*. Praha: Stanislav Juhaňák - Triton. ISBN 978-80-7387-929-7.
- NÚV. (2017). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha: MŠMT.
- Pelánek, R. (2011). *Modelování a simulace komplexních systémů: jak lépe porozumět světu*. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-5318-2.
- Pelikán, J. (1998). *Základy empirického výzkumu pedagogických jevů*. Praha: Karolinum. ISBN 8071845698.
- Perný, J. (2004). *Tvořivostí k rozvoji prostorové představivosti*. Liberec: Technická univerzita v Liberci. ISBN 80-7083802-7.
- Plous, S. (1993). *The psychology of judgment and decision making*. Philadelphia: Temple University Press. ISBN 0877229139.
- Průcha, J., Walterová, E. & Mareš, J. (1998). *Pedagogický slovník*. 2. rozš. a přeprac. vyd. Praha: Portál.
- Průša, J. & Průša M. (2014). *Základy 3D tisku [online]*. Prusa Research, [cit. 2017-06-23]. Dostupné z: <http://www.prusa3d.cz/wp-content/uploads/zaklady-3d-tisku.pdf>
- Qi, S., Yan, Y., Li, R. & Hu, J. (2013). *The impact of active versus passive use of 3D technology for students of dental university in China*, *Journal of Dental Education*, 1536–1542.
- Robbins, T. W., James, M., Owen, A. M., Sahakian, B. J., McInnes, L. & Rabbit, P. (1994). *Cambridge neuropsychological test automated battery (CANTAB): A factor analytic study of a large sample of normal elderly volunteers*, *Dementia*, 266–281.
- Rumanová, L. & Hynek, D. (2011). [online]: *Několko úloh o štvorstene na rozvoj priestorovej predstavivosti* http://www.geometriatelies.km.fpv.ukf.sk/zbornik/6_Rumanova.pdf (18. 06. 2017)
- Shepard, R. N. & Metzler, J. (1971). *Mental Rotation of Three-Dimensional Objects*. *Science [online]*. 171(3972), 701–703 [cit. 2017-06-18]. DOI: 10.1126/science.171.3972.701.
- Smeureanu, I. (2017). *Innovative educational scenarios in game based teaching and learning*, *Amfiteatru Economic*, 890–899.
- Šarounová, A. (1991). *Rozvíjení geometrické představivosti ve škole. Matematika a fyzika ve škole: časopis pro teorii a praxi vyučování matematice a fyzice*. Praha: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, 18(5).
- Uherčíková, V. (1999). *Rozvíjanie priestorovej predstavivosti prostredníctvom hier a hračiek*. In: *Zborník z odborného seminára: Hra a hračka*. Bratislava: Iuventa.

- Taufik, M. & Prashant, K. J. (2016). *A Study of Build Edge Profile for Prediction of Surface Roughness in Fused Deposition Modeling*. Journal of Manufacturing Science and Engineering [online]. 138(6), 061002- [cit. 2017-06-23]. DOI: 10.1115/1.4032193. ISSN 1087-1357.
- Thehub, A. (2007). *Space, self, and the theater of concinuousness*, Consciousness and cognition, 890–899.
- Tomková, V. & Honzíková, J. (2015). Význam geometrie v technickom vzdelávaní žiakov 2. stupňa základnej školy. *Acta Mathematica Nitriensia*, roč. 1, č. 2, s. 68-73. ISSN: 2453-6083.
- Toptas, V., Çelik, S. & Karaca, E. T. (2012). *Improving 8th Grades Spatial Thinking Abilities through a 3D Modeling Program*. TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology, 128–134.
- Urban, K. K., Jellen, G. H. & Kováč T. (2003). *Urbanův figurální test tvořivého myšlení (TSD – Z)*. Praha: Psychodiagnostika.
- Vandenberg, S. G. & Allan R. K. (1978). *Mental rotations, a group test of threedimensional spatial visualization*. Perceptual and Motor Skills. 47(2), 599–604. DOI: 10.2466/pms.1978.47.2.599.

PŘEHLED PUBLIKAČNÍ ČINNOSTI

2015

Fadrhonc, J. (2015). Analýza výuky tabulkových kalkulátorů na základních školách v České a Slovenské republice. In *Sborník příspěvků 5. ročník interdisciplinární studentské vědecké konference doktorandů FPE*. Plzeň: Západočeská univerzita, s. 9-14. ISBN: 978-80-261-0559-6.

2016

Fadrhonc, J. & Král, J. (2016). Zařazení 3D modelování do výuky na základních školách. In *Olympiáda techniky Plzeň 2016: sborník příspěvků z mezinárodní studentské odborné konference*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, s. 255-260. ISBN: 978-80-261-0620-3.

2017

Aichinger, D. & Brändle, M. & Ekkert, F. & Fadrhonc, J. & Heller, K. & Honzíková, J. & Honzík, L. & Horlacher, B. & Hrdlička, J. & Jurich, N. & Kanta, T. & Korálová, E. & Kraitr, M. & Král, J. & Kranzinger, F. & Krotký, J. & Liß, J. & Prchlík, J. & Richtr, V. & Simbartl, P. & Spurk, M. & Štich, L. & Štrofová, J. & Tomisová, K. & Trein, H. (2017). *Učení pro život a práci: metodická příručka pro 2. stupeň ZŠ: vzdělávací oblast Člověk a svět práce*. 1. vyd. Bratislava: Dr. Josef Raabe Slovensko, s.r.o., 750 s. ISBN: 978-80-8140-285-2

Aichinger, D. & Brändle, M. & Ekkert, F. & Fadrhonc, J. & Heller, K. & Honzíková, J. & Honzík, L. & Horlacher, B. & Hrdlička, J. & Jurich, N. & Kanta, T. & Korálová, E. & Kraitr, M. & Král, J. & Kranzinger, F. & Krotký, J. & Liß, J. & Prchlík, J. & Richtr, V. & Simbartl, P. & Spurk, M. & Štich, L. & Štrofová, J. & Tomisová, K. & Trein, H. (2017). *Technika: metodická příručka pro učitele vzdělávací oblasti Člověk a svět práce na 2. stupni ZŠ*. 1. vyd. Bratislava: Dr. Josef Raabe Slovensko, s.r.o., 750 s. ISBN: 978-80-8140-274-6

Aichinger, D. & Brändle, M. & Ekkert, F. & Fadrhonc, J. & Heller, K. & Honzíková, J. & Honzík, L. & Horlacher, B. & Hrdlička, J. & Jurich, N. & Kanta, T. & Korálová, E. & Kraitr, M. & Král, J. & Kranzinger, F. & Krotký, J. & Liß, J. & Prchlík, J. & Richtr, V. & Simbartl, P. & Spurk, M. & Štich, L. & Štrofová, J. & Tomisová, K. & Trein, H. (2017). *Welt der Arbeit : Methodikhandbuch für die Sekundarstufe I*. 1. vyd. Bratislava: Dr. Josef Raabe Slovensko, s.r.o., 750 s. ISBN: 978-80-8140-293-7

Dostál, J. & Hašková, A. & Kožuchová, M. & Kropáč, J. & Ďuriš, M. & Honzíková, J. & Částková, P. & Žilková, K. & Stebila, J. & Uhrinová, M. & Bendík, M. & Fadrhonc, J. (2017). *Technické vzdělávání na základních školách v kontextu společenských a technologických změn*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 273 s. ISBN: 978-80-244-5238-8

Fadrhonc, J. (2017). E-kurz 3D modelování pro základní školy. In *Olympiáda techniky Plzeň 2017 : sborník příspěvků z mezinárodní studentské odborné konference*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, s. 200-203. ISBN: 978-80-261-0710-1.

Fadrhonc, J. & Honzíková, J. (2017). Výzkum vlivu výuky 3D modelování na prostorovou představivost. In *Trendy ve vzdělávání 2017*. Olomouc: Univerzita Palackého, s. 62. ISBN: 978-80-244-5152-7.

Honzíková, J. & Dostál, J. & Hašková, A. & Kropáč, J. & Kožuchová, M. & Ďuriš, M. & Fadrhonc, J. & Stebila, J. & Částková, P. & Uhrinová, M. & Bendík, M. & Žilková, K. (2017). *Technické vzdělávání na základních školách v kontextu společenských a technologických změn*. 1. vyd. Olomouc: UPOL, 276 s. ISBN: 978-80-244-5238-8.

2018

Honzíková, J. & Fadrhonc, J. RESEARCHGATE – NEJEN SOCIÁLNÍ SÍŤ. (2018). *Technika a vzdelávanie*. ISSN: 1339-9888.

Honzíková, J. & Fadrhonc, J. (2018). *Současný stav výzkumů prostorové představivosti u žáků ZŠ v kontextu 3D modelování*. *Journal of Technology and Information Education*, 2(10), s. 108-122. ISSN: 1803-537X

2019

Honzíková, J. & Fadrhonc, J. (2019). *Aktivace zájmu žáků ZŠ o technické obory*. In *Trendy ve vzdělávání. Inovace ve školství - učitel jako aktér změny*. Olomouc: Univerzita Palackého, s. 22. ISBN: 978-80-244-5511-2

Honzíková, J. & Fadrhonc, J. (2019). *Aktivity a popularizační činnost v oblasti technického vzdělávání v kontextu výběru oboru střední školy*. *Journal of Technology and Information Education*, 1(11), s. 28-37. ISSN: 1803-537X

Krotký, J. & Fadrhonc, J. (2019). *Didactic potential of excursion method*. *Edukacja - Technika - Informatyka*, 2(28), č. 2, s. 128-133. ISSN: 2080-9069

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ

Obrázek 1: <i>Tvorba modelu hrací kostky.</i>	18
Obrázek 2: <i>Tvorba modelu hrací kostky.</i>	30
Obrázek 3: <i>Tvorba modelu Figurka.</i>	31
Obrázek 4: <i>Model věže ze hry šachy.</i>	31
Obrázek 5: <i>Tvorba modelu Váza.</i>	31
Obrázek 6: <i>Tvorba modelu Hrnek.</i>	32
Obrázek 7: <i>Tvorba náustku džbánu.</i>	32
Obrázek 8: <i>Tvorba modelu krabičky od sirek.</i>	33
Obrázek 9: <i>Tvorba modelu semaforu.</i>	33
Obrázek 10: <i>Tvorba modelu domu.</i>	34
Obrázek 11: <i>Model automobilu.</i>	34
Obrázek 12: <i>Ukázky aktivit pro 3D tisk.</i>	35
Obrázek 13: <i>Pojmová mapa klíčových otázek přehledové studie.</i>	41
Obrázek 14: <i>Pojmová mapa klíčových slov.</i>	47
Obrázek 15: <i>Ukázka zadání Urbanova figurálního testu tvořivého myšlení.</i>	71
Obrázek 16: <i>Předvedené prvky, které dohromady dávají objekt dům</i>	73
Obrázek 17: <i>Znázornění vyhodnocení PH u náhodně vybraný obrázku modelu žáka prvního stupně.</i>	77
Obrázek 18: <i>Náhodně vybrané obrázky z každé skupiny hodnocené 5 body v kategorii Použití předvedených prvku (PP).</i>	86
Obrázek 19: <i>Příklady náhodně vybraných 3D modelů hodnocených 5 body v kategorii Dokreslení (DO).</i>	88
Obrázek 20: <i>Ukázka 3D modelu 2. stupně pro demonstraci hodnocení v kategorii Nové prvky (NP).</i>	90
Obrázek 21: <i>Ukázka nejlépe hodnocených náhodně vybraných náhledů modelů.</i>	91
Obrázek 22: <i>Ukázka chybějících grafických spojení.</i>	93
Obrázek 23: <i>Ukázka náhodně vybraného obrázku s nejnižším hodnocením (3 body z 5).</i>	94
Obrázek 24: <i>Ukázky obrázků nejlépe hodnocených modelů v kategorii Překročení osového prostoru.</i>	96
Obrázek 25: <i>Ukázky náhodně vybraných nejhůře hodnocených modelů v kategorii Zachování poměru rozměrů.</i>	98
Obrázek 26: <i>Náhodně vybrané ukázky 3D modelů ohodnocených 5 body v kategorii Funkčnost.</i>	100
Obrázek 27: <i>Náhodně vybrané ukázky nejlépe ohodnocených modelů v kategorii Propracovanost.</i>	102
Obrázek 28: <i>Ukázka nejlépe hodnoceného modelu v kategorii Humor (HU).</i>	103
Obrázek 29: <i>Ukázky modelů v surrealistickém ztvárnění.</i>	104
Obrázek 30: <i>Ukázky modelů s použitím symbolů (Nekonvenčnost C).</i>	106
Obrázek 31: <i>Nekonvenční použití prvků či jejich vzhledu.</i>	108

Tabulka 1: <i>Tabulka třídění teoretických přístupů představivosti, prostorové představivosti a prostorové inteligence.</i>	45
Tabulka 2: <i>Tabulka rozboru prací zabývající se mentální rotací.</i>	45
Tabulka 3: <i>Srovnávací tabulka s oběma primárními klíčovými slovy.</i>	50
Tabulka 4: <i>Srovnávací tabulka s primárním klíčovým slovem výuka.</i>	51
Tabulka 5: <i>Srovnávací tabulka s primárním klíčovým slovem 3D modelování.</i>	52
Tabulka 6: <i>6. A, dvouvýběrový párový t-test na stř. hodnotu.</i>	63
Tabulka 7: <i>6. B, dvouvýběrový párový t-test na stř. hodnotu.</i>	63
Tabulka 8: <i>7. třída, dvouvýběrový párový t-test na stř. hodnotu.</i>	64
Tabulka 9: <i>9. třída, dvouvýběrový párový t-test na stř. hodnotu.</i>	64
Tabulka 10: <i>8. třída, dvouvýběrový párový t-test na stř. hodnotu.</i>	64
Tabulka 11: <i>6. třída, dvouvýběrový F-test pro rozptyl.</i>	65
Tabulka 12: <i>6. třída, dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů.</i>	65
Tabulka 13: <i>7. a 8. tř., dvouvýběrový F-test pro rozptyl.</i>	65
Tabulka 14: <i>7., 8. tř., dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů.</i>	65
Tabulka 15: <i>7. a 8. tř., dvou-výběrový F-test pro rozptyl.</i>	66
Tabulka 16: <i>9., 8. tř., dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů.</i>	66
Tabulka 17: <i>Výsledky Tvarového skládacího testu.</i>	81
Graf 1: <i>Graf výskytu klíčových slov v databázi Scopus (Zdroj: Fadrhonc & Honzíkova, 2019).</i>	48
Graf 2: <i>Graf výskytu klíčových slov v databázi Scopus (Zdroj: Fadrhonc & Honzíkova, 2019).</i>	48
Graf 3: <i>Graf výskytu klíčových slov v databázi Web of Science (Zdroj: Fadrhonc & Honzíkova, 2019).</i>	49
Graf 4: <i>Graf výskytu klíčových slov v databázi Web of Science (Zdroj: Fadrhonc & Honzíkova, 2019).</i>	49
Graf 5: <i>Porovnání celkově dosažených průměrných HS (Zdroj: Dostál et al., 2017).</i>	58
Graf 6: <i>Porovnání HS dosažených v úlohách v pretestu (Zdroj: Dostál et al., 2017).</i>	59
Graf 7: <i>Porovnání HS dosažených v úlohách v posttestu (Zdroj: Dostál et al., 2017).</i>	59
Graf 8: <i>Porovnání celkově dosažených průměrných HS (Zdroj: Dostál et al., 2017).</i>	60
Graf 9: <i>Porovnání HS dosažených v úlohách v pretestu (Zdroj: Dostál et al., 2017).</i>	60
Graf 10: <i>Porovnání HS dosažených v úlohách v posttestu (Zdroj: Dostál et al., 2017).</i> ...	61
Graf 11: <i>Porovnání celkově dosažených průměrných HS (Zdroj: Dostál et al., 2017).</i>	61
Graf 12: <i>Porovnání HS dosažených v úlohách v pretestu (Zdroj: Dostál et al., 2017).</i>	62
Graf 13: <i>Porovnání HS dosažených v úlohách v posttestu (Zdroj: Dostál et al., 2017).</i> ...	62
Graf 14: <i>Použití předvedených prvků (PP) v průměrných dosažených bodech, pro lepší zobrazení dat má osa s hodnotami posunutá minimum na 4.</i>	85
Graf 15: <i>Dokreslení (DO) v průměrně dosažených bodech, pro lepší zobrazení dat je u osy s hodnotami nastaveno minimum na 3.</i>	87
Graf 16: <i>Nové prvky (NP) v průměrně dosažených bodech, pro znatelnější rozdíl mezi hodnotami bylo na ose s hodnotami zvoleno minimum 1 a maximum 2,2.</i>	89
Graf 17: <i>Průměrně dosažené body v kategorii Nové objekty.</i>	90
Graf 18: <i>Porovnání nových objektů a grafického spojení v průměrně dosažených bodech.</i>	92
Graf 19: <i>Tematické spojení v průměrných dosažených hodnotách, v grafu je posunuto minimum u osy s hodnotami na 4.</i>	94

Graf 20: Překročení osového prostoru v průměrně dosažených bodech.....	95
Graf 21: Zachování poměru rozměrů v průměrně dosažených hodnotách.....	97
Graf 22: Funkčnost v průměrně dosažených hodnotách.	99
Graf 23: Propracovanost v průměrně dosažených hodnotách.	101
Graf 24: Humor v průměrně dosažených hodnotách.....	103
Graf 25: Procentuální výskyt použití symbolů v kategorii Nekonvenčnost C.....	105
Graf 26: Nekonvenční použití prvků dle procent výskytu.	107
Graf 27: Tvorba dle zadání v průměrných hodnotách.....	109
Graf 28: Kreativita modelů v průměrných hodnotách.....	110
Graf 29: Hodnocení modelů dle prostorové představivosti v průměrných hodnotách.....	111