

**M A S A R Y K O V A
U N I V E R Z I T A**

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Zájmová činnost při ZŠ – 3D vizualizace a architektonický model

Diplomová práce

BC. JAKUB SLOVÁK

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Hodis, Ph.D.

Katedra technické a informační výchovy
Učitelství pro základní školy

Brno 2022

MUNI
PED

Bibliografický záznam

Autor:	Bc. Jakub Slovák Pedagogická fakulta Masarykova univerzita Katedra technické a informační výchovy
Název práce:	Zájmová činnost při ZŠ – 3D vizualizace a architektonický model
Studijní program:	Učitelství pro základní školy
Studijní obor:	Učitelství pro základní školy
Vedoucí práce:	Ing. Zdeněk Hodis, Ph.D.
Rok:	2022
Počet stran:	134
Klíčová slova:	Projektové vyučování, vizualizace, prostorová představivost, jemná motorika, 3D grafika, modelování

Bibliographic record

Author: Bc. Jakub Slovák
Faculty of Education
Masaryk University
Department of Technical Education and
Information Science

Title of Thesis: Elementary school activity - 3D visualization and
architectural model

Supervisor: Ing. Zdeněk Hodis, Ph.D.

Year: 2022

Number of Pages: 134

Keywords: Project-based learning, visualization, spatial
imagination, fine motor skills, 3D graphics,
modeling

Anotace

Tato diplomová práce sleduje průběh zájmové aktivity na téma vizualizace a architektonický model v malé skupině žáků základní školy. Aktivita je s prvky projektové výuky navržena jako kroužek v trvání jednoho školního roku a průběh je zdokumentován a s důrazem na praktické poznatky reflektován. V teoretické části se zabývám problematikou jemné motoriky a prostorové představivosti, což jsou fenomény žáky v průběhu kroužku provázející, determinující výsledek jejich práce a podobnými aktivitami jsou také trénovány a zdokonalovány.

Abstract

This diploma thesis follows the course of extracurricular activities on the topic of visualisation and architectural model in a small group of elementary school students. The activity is designed with elements of project-based learning lasting one school year and the progress is documented and reflected with emphasis on practical knowledge. In the theoretical part I deal with the issue of fine motor skills and spatial imagination, which are the phenomena accompanying the pupils during the activity, determine the result of their work and are also trained and improved by similar activities .

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně, s využitím pouze citovaných pramenů, dalších informací a zdrojů v souladu s Disciplinárním řádem pro studenty Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity a se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Brně 20. dubna 2022

.....
Bc. Jakub Slovák

Poděkování

Děkuji za vedení práce a věcné připomínky Ing. Zdeňku Hodisovi, Ph.D., za poskytnutí četných zdrojů a inspirace Moravské zemské knihovně v Brně a zúčastněným žákům za jejich péči a vynaložené úsilí.

Obsah

1	Úvod	13
2	Teoretická část	14
2.1	Projekt a projektová výuka	14
2.2	Vizualizace	14
2.3	Prostorová představivost	18
2.4	Jemná motorika	33
2.5	Program SketchUp	38
3	Aplikační část	43
3.1	Vytvoření metodiky	43
3.2	Analýza výchozího stavu	51
3.3	Aplikace metodiky do praxe	54
3.4	Tvorba vizualizací	58
3.5	Výroba modelů	76
3.6	Reflexe projektu	107
4	Závěr	110
	Seznam obrázků	111
	Použité zdroje	115
Příloha A	Přehled nástrojů programu SketchUp a popis jejich funkce	118

1 Úvod

Tato závěrečná teoreticko-aplikační práce navrhuje konkrétní zájmovou aktivitu pro rozvoj prostorové představivosti a jemné motoriky žáků na druhém stupni základních škol. V teoretické části stati tyto fenomény popisuje jak obecně, tak také v kontextu navrhované aktivity. Obecný popis je cenným výtahem pro zájemce o podobné projekty, nabízí potřebný přesah zejména pro porozumění problematice prostorové a geometrické představivosti a jejich souvislosti s manipulační činností při modelářských aktivitách. To může být přínosné pro učitele obecně, jelikož manipulační činnosti a schopnost představivosti je průřezovým fenoménem více vzdělávacích oblastí.

V praktické části je stručně navržena podoba zájmové činnosti s motivací inspirovat k vedení podobné aktivity například učitele technické a informační výchovy na základních školách. Návrh je uveden do praxe realizací projektu, tedy uskutečněním kroužku s malým počtem žáků. Dokumentace průběhu je stěžejní částí práce, je k ní přistupováno jako k výzkumu, jehož výstupem má být klíčové momenty zprostředkovat čtenáři a nabídnout mu tak ke studiu možné postupy a jejich nedostatky, aby při vlastním projektu byl efektivnější. Průběh projektu a vhodnost navržených postupů a metod je v závěru práce reflektována (z části i průběžně), závěrečné stanovisko vedoucího projektu je součástí diskuze. Ta má odpovědět na základní výzkumnou otázku, jestli je projekt v takové podobě realizovatelný a přínosný, případně kde jsou nedostatky a jak je odstranit.

2 Teoretická část

2.1 Projekt a projektová výuka

Pojem projekt je dnes užíván ve velmi širokém významu a školství je jedním z oborů, kde je jím plýtváno a je devalvován. Za projekt (a aplikaci projektové výuky) se označuje cokoliv, co je problém označit jinak, protože to například není součástí běžné frontální výuky a podobně.

Já si v práci dovoluji termín užívat pro označení celého průběhu naší zájmové aktivity, a to zejména na základě těchto jejích charakteristik, které se navzájem často podmiňují:

- Nízký počet účastníků, jejichž kontakt s učitelem (vedoucím projektu) má osobnější charakter, než při frontální výuce.
- Jasně formulovaný cíl, jehož dosažení je komplexním problémem a práce na něm se dělí do více různorodých činností.
- Vysoká autonomie každého žáka ve smyslu výběru postupů při práci a zodpovědnosti za jejich volbu.
- Dílčí činnosti mají svá pravidla, avšak ta jsou dána hlavně schopnostmi a dovednostmi účastníků, výběr originálních postupů není dále omezován, a proto lze dílčí úkoly plnit mnoha způsoby.
- Metodika je předem vytvořena a je podle ní postupováno při jakési úvodní „výukové fázi“, ale učení v dalším průběhu často probíhá méně řízeně, řešením problémů, na které jsme se konkrétně teoreticky nepřipravili, ale zvládneme je překonat, protože využijeme dílčích znalostí a dovedností, abychom z nich pospojovali nové (rozvíjení kompetence k řešení problémů). (Novotný, 2012)

2.2 Vizualizace

Vizualizace v našem projektu je užívána v užším významu, než s ní pracují psychologické a jiné vědy obecně. Informační exploze moderní doby zasahuje mimo jiných oblastí života i výchovnou sféru. Informace přitom nejsou předávány jen slovně, ale i nonverbálně. V komunikačním procesu se tak využívá hodnoty symbolů a znaků, které „zvýrazňují“ informace slovně předávané. Proto můžeme smyslové poznávání (v našem případě vidění) vnímat jako katalyzátor při poznávání významu pojmů. Takových podpůrných sdělení ve vztahu učitele a žáka se objevuje čím

dál více, a to například užitím paralingvistiky, mimiky, gestiky, nebo proxemiky. (Spousta, 2007)

Z hlediska terminologického můžeme vizualizaci považovat za činnost, při které je nějaký jev nebo proces (včetně charakteristických vlastností a struktur) převeden do podoby, která nám umožňuje zrakově jej zkoumat.

Vizuálii jako produkt vizualizace můžeme členit podle různých kritérií, v případě produktu vzniklého během projektu jde však u digitálního i papírového díla o model z hlediska obsahu a formy zobrazované skutečnosti (zobrazujeme trojrozměrný, potenciálně reálný objekt), kterému se v architektuře podobně jako v modelářství říká maketa. Takový model je přitom jako druh vizuálie specifický potlačením detailů, což je jeden ze stěžejních momentů našeho projektu, s kterým se žáci musí vypořádat (identifikovat informace nepodstatné a zanedbat je). Funkcí námi tvořené vizuálie není možné z hlediska didaktického, psychologického, sociologického, ani edukologického určit jednoznačně, protože model v projektu primárně nefiguruje jako pomůcka pro zefektivnění edukačního procesu, ale jako jeho samotný cíl a finální výstup. Slovo model tedy v práci užívám v širším významu, protože sice jde o vizuálii ve smyslu transformace abstraktního v konkrétní (případně transformace informací různého druhu z mnoha zdrojů do jednoho hmatatelného modelu), ale zároveň mluvíme o produktu celé zájmové činnosti. (Spousta, 2007)

Dalšími, ve školství se hojně vyskytujícími formami vizuálií jsou dvojrozměrná schémata, mapy, nebo trojrozměrný globus a plastiky, ale i audiovizuální záznamy a podobně. Sledujeme u nich například způsoby prezentace (statická, dynamická), způsoby zobrazení skutečnosti (realistické, schematické, symbolické), nebo míry sémantizace a reliability.

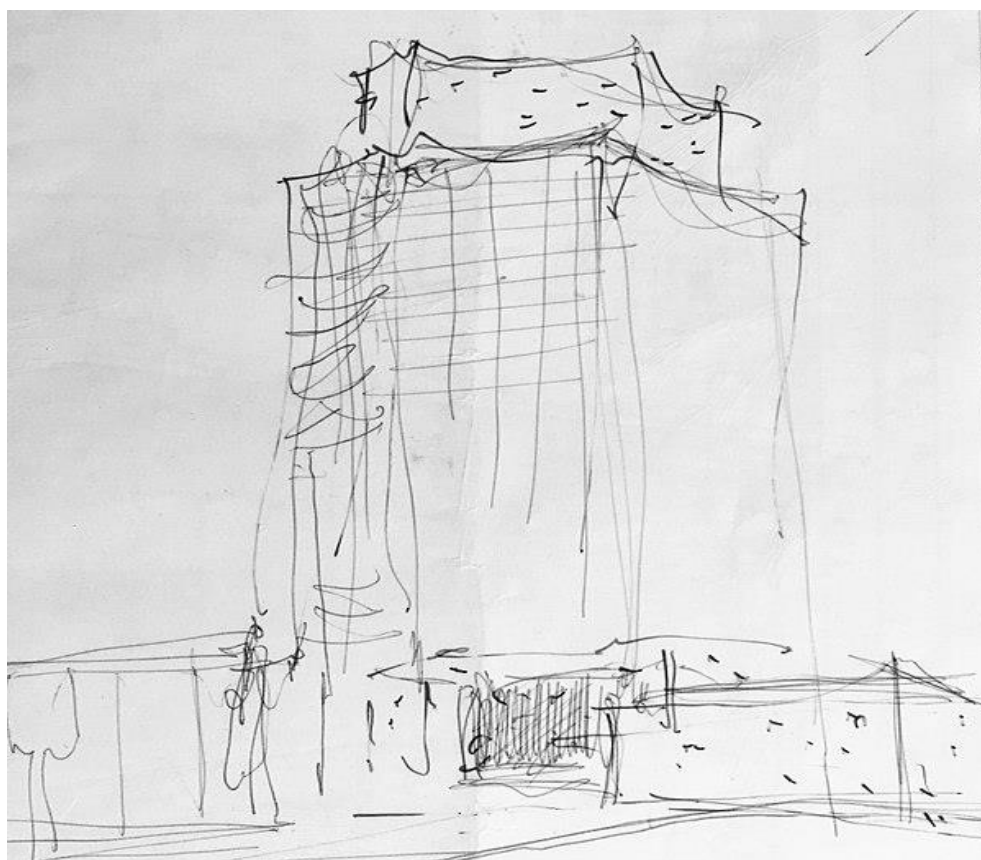
Z hlediska obsahu považujeme za vizuálie i reálné předměty, které jsou konkrétní a jedinečné, avšak mohou plnit zástupnou roli pro více předmětů stejného druhu, například jeden konkrétní obraz reprezentující celé dílo jeho autora. Kopie je podobně jako model užívána i v architektuře, avšak v takovém případě nezanedbáváme tvarové podrobnosti, nýbrž pečlivě kopírujeme každý detail. Taková kopie může vznikat různými cestami, hypoteticky i kresbou a podobně. V kontextu moderních technologií však o takovém druhu vizuálie mluvíme například při tvorbě 3D skenu předmětu, čehož se využívá pro digitalizaci a případnou další reprodukci použitím 3D tisku. Druhem vizuálií, kterých jsme se již dotkli v úvodu (informační exploze) jsou i symboly. Jejich užití vyžaduje

zavedení konvence, aby člověk podnět tvořící i zkoumající přikládal symbolu tentýž význam. Symbol dobře zavedený a pochopený usnadňuje náročnější myšlenkové operace, kdy samotný vzhled symbolu není stěžejní, ale zajímá nás především význam, který nese. Vhodné užití symbolů představuje například dopravní značení, nebo značky obecně. S tímto se žáci setkávají při výuce informatiky podle nové koncepce, kdy se uvádí, že používání podobných symbolů je prakticky kódování, protože dlouhá a složitá informace je nahrazena symbolem, s jehož významem jsou všichni zúčastnění obeznámeni, takže dochází ke zefektivnění komunikace bez rizik nedorozumění. Zůstaneme-li v technických oborech, značky jsou všudypřítomné a usnadňují nám třeba zachycení reálného předmětu do podoby technického výkresu. Je zřejmé, že porozumění symbolům vyžaduje konkrétní znalosti jejich významu, obecně také mluvíme o nutnosti abstrakce pro jejich užívání, např. při zápisu matematické úlohy, kdy se symbolem rozumí nějaká operace prováděná s objekty. (Spousta, 2007)

Využitím vizuálií a syntézou slovního i mimoslovního předávání informací můžeme rozvíjet vyšší kognitivní funkce na úkor těch nižších, jejichž převaha má za následek výskyt velkého množství dětí s ryze reproduktivním přístupem k učení. Těm české školství zřejmě dlouhodobě tvořilo vhodnější podmínky k rozvoji, protože naši žáci jsou v mezinárodním srovnání úspěšnější ve vědomostech než v dovednostech. Současná pedagogika přitom žádá kultivaci divergentního způsobu myšlení, kritických, hodnotících a zejména pak tvořivých dovedností dítěte. Korelaci mezi vysokou úrovní vzdělanosti a množstvím předaných informací hledáme obtížněji, než mezi vzdělaností a schopností informace zpracovávat (tedy i vizuálně). Jednoduše řečeno si začínáme uvědomovat, že současnost a budoucnost požaduje u jedince daleko vyšší úroveň kritického myšlení a schopnosti vyhledávat a třídit informace než jen jejich memorování. Typická otázka žáka základní školy zní: „A k čemu mi to bude nazpaměť, když se to dá vygooglit?“ Nutno podotknout, že v mnoha případech je takové zamyšlení na místě a poukazuje na vývoj, kterým jsme prošli, a který musí vzdělávací systém respektovat a reflektovat.

U různých druhů vizuálií se zejména s ohledem na jejich funkci ve výuce autoři přiklání k zanedbání estetické úrovně a kvality tvorby. Takový přístup je relativně obhajitelný při tvorbě grafů a schémat. I v architektuře, případně designu můžeme paradoxně najít momenty, kdy je u vizualizace důležitý vztah několika prvků, ale celkový estetický dojem z díla ne (za tím účelem poté třeba vzniká vizualizace nová). Protože je

ale produktem v našem projektu jeden 3D model digitální a jeden fyzický, nedochází k tvorbě několika modelů, které by vzájemně plnily významně odlišné funkce, a tak je kvalita zpracování a estetická úroveň obecně u obou modelů důležitá. Míra zjednodušení detailů oproti skutečnému objektu může být vysoká, ovšem pro dekorativní účel výsledného produktu by neměla vést k poškození celkového dojmu, ale pouze ke zjednodušení práce do takové úrovně, aby ji bylo možné žáky vybraného věku realizovat (viz dále v aplikaci metodiky v praktické části). (Spousta, 2007)



Obrázek 1 – Skica budovy za účelem zachycení základních obrysů bez důrazu na přesnost a detaily. Amandamaia [Early sketch of BC Electra Building by Charles Ned Pratt]. In: commons.wikimedia.org [online]. 19. ledna 2017 [cit. 20.4.2022]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/Early_sketch_of_BC_Electra_Building_by_Charles_Ned_Pratt.jpg

Specifikem vizualizace v našem případě je i fakt, že v architektuře se často pro podobné účely zpracovávají objekty, které zatím neexistují.

Stěžejní funkcí takového modelu je potom odhalení toho, jak bude stavba skutečně vypadat, bude-li stát. Jde tedy o přenesení informací z podoby čísel a nápadů tvůrce do podoby, kterou můžeme zrakově vnímat. My ale budeme často vizualizovat něco, co již existuje, takže tato funkce odpadá. U nás ji nahrazuje možnost digitální verzi přenést do proporcí, které odpovídají malé maketě. Model nám tedy slouží jako opora pro výtvarnou činnost díky tomu, že rozměry a tvarové podrobnosti odpovídající desítkám metrů ve skutečnosti si najednou můžeme představit jako centimetrové vzdálenosti, a přesto pracovat s poměry, které zaručí, že vzhled makety odpovídá vzhledu reálné stavby. Můžeme ale opět mluvit o změně typu informace, protože děti sice čerpají i ze zdrojů obrazových, tedy vizuální cestou, obecně se však jedná o záznamy do plochy, jako například satelitní snímek, fotografie budovy apod. Vytvořený 3D model však už zobrazuje vztahy mezi objekty v prostoru a tento transfer informací je činností žáka. Jejím uspokojivým zvládnutím sledujeme rozvoj a užití prostorové představivosti.

2.2.1 Vizualizace v 3D grafice

Trojrozměrné počítačové modelování je běžně užívanou technikou záznamu informace v mnoha oborech. Konkurenceschopnost mnoha vývojářských studií způsobuje, že se na trh dostává velké množství grafického softwaru určeného primárně, nebo i exkluzivně pro práci s 3D grafikou. Nezůstává však již jen u programového vybavení, 3D tisk se v posledních letech stává fenoménem dostupným běžné populaci a pro jeho výhody se hledá uplatnění v různých odvětvích průmyslu, ale i v medicíně a v umění. 3D modelování bylo revoluční i pro vývoj technické grafiky a přípravy dokumentací, protože umožňuje vizualizovat výrobek před zhotovením a odhalit tak potenciální nedostatky projektu nízkonákladově a relativně rychle.

2.3 Prostorová představivost

Samotná definice pojmu prostorové představivosti není vůbec jednoduchá. Někteří autoři o ní hovoří jako o schopnosti operovat prostorovými představami, podle Gardnera (1999) jde o inteligenci s jádrem schopností, které zajišťují přesné vnímání vizuálního světa. Šarounová (1988) prostorovou představivost dělí na soubor jednotlivých schopností, které se týkají našich představ o prostoru, o tvarech a vzájemných vztazích

mezi tělesy, o vztazích mezi předměty a námi a podobně. Říčan (1975) kromě prostorové orientace a kinestetické (v souvislosti s pohybem) představivosti zmiňuje význam **vizualizace** jako schopnosti představit si, do jakých vzájemných vztahů se dostanou předměty okolo nás, pokud se octnou v určitých polohách. Dušek (1970) tvrdí, že představivost v jednom oboru není zárukou požadované úrovně takové schopnosti v oboru jiném. Nepracuje proto s pojmem prostorová představivost, ale **představivost geometrická**. Ve své práci se poté věnuje rozvoji představivosti s geometrickým obsahem a navrhuje cvičení vedoucí k jejímu rozvoji. Pojem geometrická představivost užívá také Šarounová (1988), přičemž ji dále dělí na složky:

- Rozeznávání rovinných útvarů
- Vztahy mezi útvary v rovině
- Rozeznávání těles v prostoru
- Vzájemná poloha těles a rovin v prostoru

Další definice pracují s pojmy schopností a dovedností vybavovat si geometrické útvary a jejich vlastnosti. Zdůrazňuje se přitom i schopnost představit si útvary ve vztazích, v nichž nemohou být pomocí modelů předvedeny (průniky), nebo vybavovat si útvary i na základě jejich popisu a naopak. Protože autoři se ve velké míře shodují, že reálný prostor okolo nás vnímáme prostřednictvím geometrických představ – tedy na základě našich zkušeností s geometrickými objekty (a naše 3D modelování i tvorba makety je s tím v souladu – části budov často připodobňujeme k základním prostorovým tělesům), užívá se někdy i rozšířený pojem **geometrická prostorová představivost**. Pro zjednodušení však dále v textu pracuji s kratším **prostorová představivost** a myslím tím **schopnosti týkající se vlastností a vzájemných vztahů mezi geometrickými útvary v trojrozměrném prostoru**. (Molnár, 2009)

Na úrovni prostorové představivosti žáka mimo jiné závisí jeho schopnost vypořádat se s technickými problémy při návrhu, nebo výrobě. Toto přitom není důležité jen při studiu a uplatnění v technických oborech, ale také v běžném životě. V něm jsme zvyklí se s prostorem uspokojivě vypořádat pro účely správného chování a ani si to neuvědomujeme. Neustále vyhodnocujeme, jaká je struktura prostředí, ve kterém se nacházíme. Správná funkčnost zraku a mozku zaručí, že máme dobrou představu o uspořádání předmětů okolo nás. Tato představa přitom nemusí být úplně přesná nebo komplexní, přesněji řečeno nikdy nebude. Detailnost vjemu jsme naučení přizpůsobit situaci, kterou se chystáme

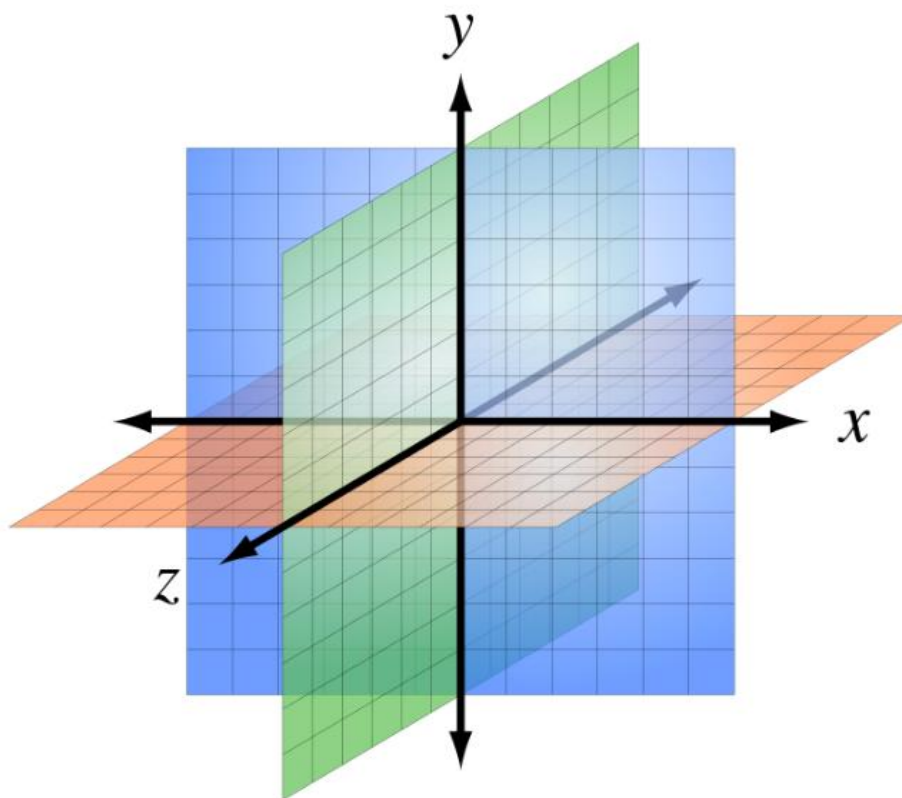
zvládnout. Například při procházení dveřmi vnímáme prostor jinak než při navlékání nitě do očka jehly, protože v každém případě potřebujeme úplně jinou přesnost. Umíme také nepodstatné vjemy ignorovat, nebo jim alespoň přikládat nízkou důležitost. Navlékám-li zmíněnou nit do jehly, vidím sice neustále vzdálenost jehly od zdi naproti, avšak pro zvládnutí úkonu je to informace nepodstatná, a tak ji zanedbávám. Pro nás se subjektivně jedná o procesy fundamentální a samozřejmé, avšak naše tělo musí v takové situaci předvést spolehlivý výkon. Součástí něj je zachycení vhodného množství světla regulací zornice, soustředění světelných paprsků na jedno místo rohovkou a čočkou, vytvoření odpovídajícího nervového vzruchu sítnicí a přenos a transformace informace v primární zrakové kůře týlního laloku (a dalších).

Kromě prevence ohrožení sebe i ostatních při pohybu na ulicích je pro některé lidi správná funkce takového systému velmi důležitá profesně. Například řidiči musí v současné dopravě reagovat na opravdu vysoké množství podnětů, z nichž některé představují riziko právě při špatném vyhodnocení prostoru a pohybu. Piloti zřejmě vnímají podnětů méně, nicméně přichází jiné úskalí – letadlo je často od jiných objektů velmi vzdáleno, a tak je významným referenčním vjemem například pozice horizontu. Často přitom dochází k matoucím vyhodnocením a mylným představám. Ještě specifičtější je vnímání prostoru v podmínkách snížené gravitace, kdy už může dojít k výraznému narušení orientačního smyslu. Poznatky o vnímání prostoru člověkem však od nepaměti využívá i **architektura**, tedy obor s naším projektem úzce spjatý. Starověké civilizace si existenci optických klamů uvědomovaly, řada staveb tak vznikla s jemnou odchylkou od pravidelnosti, která zaručuje pozorujícímu člověku lepší estetický dojem. Pro dekorativní účely se hojně a dlouho využívá mozaikových vzorů vyvolávajících v pozorovateli dojem, že obklad vystupuje do prostoru, i když ve skutečnosti je plochý. (Molnár, 2009)

našeho narození stejně kvalitní, ale díky našemu vlastnímu pohybu jsme toho do jisté míry schopni velmi brzy. Už půlroční děti v experimentech ukazují, že dokážou rozlišit mezi stejně vzorovanou podložkou umístěnou hned pod skleněnou desku a v jiné části pod podložku hlouběji. Děti zlom rozpoznají a odmítají se vydat tam, kde tuší hloubku. (Šikl, 2012)

Prostorové vnímání se však dále mění a jednotlivé prvky se objevují v různých fázích jeho vývoje. Například rozlišení některých (protikladných) pojmů jako tady a tam, dopředu a dozadu, nebo nahoru a dolů přichází okolo 2,5 let života (Tuan, 1977). Jiní autoři mluví o prostorovém instinktu, díky kterému je malé dítě schopné rozeznat předměty různých tvarů bez toho, aniž by je nějak intelektuálně zkoumalo. Větší děti umí absolvovat cestu do školy a zpět, i když ji nedokážou dobře slovně popsat. (Piaget, 1970)

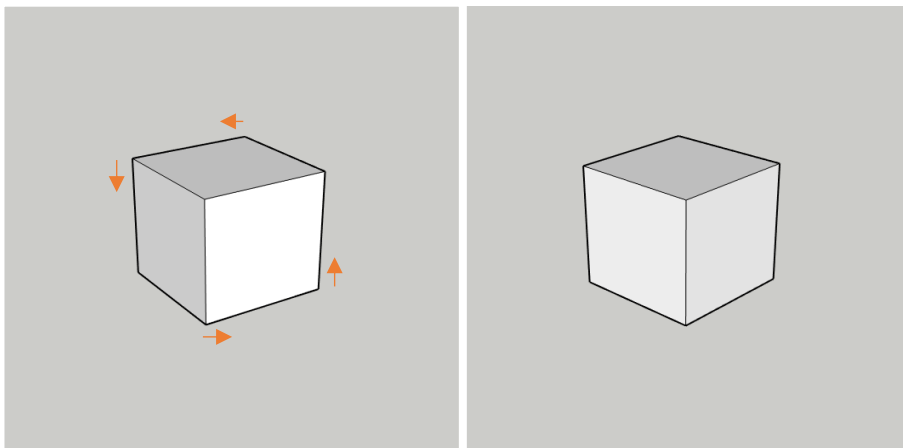
Výzkum ukazuje, že první charakteristikou prostoru, kterou jsme schopni za svého života vnímat, je směr. Postačující je pro nás přitom rozlišení šesti základních směrů – tam a zpět na třech navzájem kolmých osách. Složením takových směrů totiž pokryjeme celý prostor, ve kterém se nacházíme. Jejich kombinací vzniká směr, na který miminko otáčí hlavu, když odtud slyší hlas matky. Po směru přichází na řadu vzdálenost. Dítě s ní přijde do styku, když se začne natahovat ruku po různě vzdálených předmětech, později se začne pohybovat samo po zemi. Protože ovládá základní charakteristiky prostoru – směr a vzdálenost, je schopné se dostat kam potřebuje, alespoň teoreticky. Na tomto principu stojí celá analytická geometrie, směrem a vzdáleností je prostor svým způsobem dokonale popsán. (Siwek, 2011)



Obrázek 3 – Vyplnění prostoru třemi směry a jejich kombinacemi. Sakura-mbo~commonswiki [3D coordinate system]. In: commons.wikimedia.org [online]. 26. července 2007 [cit. 20.4.2022]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2c/3D_coordinate_system.svg/731px-3D_coordinate_system.svg.png?20070726170602

I při vnímání námi tvořeného 3D modelu v grafickém programu sledujeme podnět plošný a indicie v nás vytváří iluzi, že zachycené informace jsou trojrozměrné objekty, se kterými můžeme pohybovat, dívat se na ně z jiných stran a podobně. Kromě nápověd zmíněných v předchozím textu se přidají ještě jevy zapříčiněné právě vzájemným pohybem pozorovatele a sledovaného objektu. Pozorujeme-li například strom z jednoho pohledu (zespod, stojíme u kmene), může pro nás být obtížné u některých větví určit, zda jsou dále, nebo blíže než větve jiné. Pokud se ale začneme pohybovat, naše představa je čím dál přesnější. Je to dáno tím, že vnímáme, jak se obraz pozorovaných objektů mění na naší sítnici. Pro tento jev při posuvném pohybu se někdy užívá označení **paralaxa pohybu**. Náš mozek umí vyhodnotit, že objekt, který se zdánlivě přesouvá

pomaleji, je vzdálenější než ten, který se přesouvá rychleji. Dobře to můžeme sledovat při jízdě vlakem, kdy se díváme z okénka, a zatímco stromy u trati naším zorným polem obrazně řečeno jen proletí, dům vzdálený sto metrů se posouvá pomaleji a vrch kopce za ním ještě pomaleji. Vyhodnocení těchto informací je tak sofistikované, že na základě rozdílu v rychlosti pohybu obrazů na sítnici dokážeme poměrně uspokojivě odhadovat nejen uspořádání „dále/blíže“, ale i konkrétní vzdálenosti. Pohyb pozorovatele nemusí být pouze po přímce, podobný princip se uplatňuje i tehdy, když okolo objektu přecházíme dokola. Různě vzdálené body od nás se přitom jako obraz na naší sítnici mohou zdánlivě pohybovat naproti sobě. Grafický software takových jevů (i těch dříve zmíněných) využívá k navození dojmu, že sledujeme (a tedy i modelujeme) trojrozměrné objekty. Ukažme si to na příkladu z programu SketchUp níže. Na pracovní ploše je vymodelována krychle. Změníme úhel pohledu a sledujeme, jak se některé vybrané body pohybují odlišným směrem. To náš mozek vyhodnotí na základě zkušeností se skutečným prostorem jako situaci, kdy je před námi krychle a my se pohybujeme okolo ní. Dojmu pomáhají i další nápovědy (perspektiva, stínování). Přitom se můžeme na chvíli zkusit od zkušeností s prostorem oprostit a uvědomíme si, že na obrázcích se pouze transformovalo několik úseček, skutečná krychle tam není, jen její rovinná reprezentace. My jsme tomu jevu transformace úseček však přiřadili prostorový význam. (Šíkl, 2012)



Obrázek 4 – Rovinná reprezentace krychle v programu SketchUp a její zdánlivé otočení (směr pohybu klíčových bodů je naznačen šipkami)

2.3.1 Měření prostorové představivosti

Úroveň prostorové představivosti se samozřejmě snažíme v rámci výzkumů měřit, kvantifikovat. K tomu slouží celá řada standardizovaných testů, které známe také jako část diagnostiky struktury poznávacích schopností, nebo mezi laiky populárními testy inteligence. Koneckonců některé testy, které využívají například tzv. Rybakovových figur, přímo mezi testy inteligence spadají. Proto se při testování prostorové představivosti musí dbát na různorodost úloh. Bylo zjištěno, že některé typy úloh dokáže velmi inteligentní osoba řešit uspokojivě i při nízké úrovni prostorové představivosti, a tak mohou být výsledky zavádějící. Některé problémy totiž testovaná osoba dokáže snadněji vyřešit s využitím dílčích geometrických znalostí, například o vlastnostech útvarů, objektů a podobně, což se ale již opírá o nějaký teoretický matematický aparát (získaný vzděláním) a schopnost představivosti při takovém řešení nemusí být stěžejní. Pro účely našeho projektu však nemusíme pojem prostorové představivosti chápat tak rigidně a opírat se o nejužší vymezení. Děti při modelování matematické znalosti používají také, a to dokonce velmi často, takže jednotlivé složky inteligence se spojují a jejich vzájemné vazby jsou cílem, ne překážkou.

Ani terminologie není z výše uvedených důvodů nejjednodušší, ale je dobré zmínit, že podle Kuřiny (1990) vzniká u člověka prostorový dojem právě tehdy, když jedinec má ve své paměti jakousi zásobu objektů, které jsou něčím blízké rovinné reprezentaci, jež sleduje (například část kvádra je obdélník a toto je jakási geometrická spojitost mezi prostorem a rovinou). Nazývá to názorným myšlením a tvrdí, že jde o konstrukci ve vědomí člověka na základě nepostačující informace. Dovednost geometrické útvary si vybavovat považuje za složku tohoto druhu myšlení. Kromě vybavování si útvarů je nutná také schopnost s nimi v mysli operovat, manipulovat. Toto je pro řešení konstrukčně technických úkolů pochopitelně důležitější, než jakákoliv formální znalost geometrie (názvy útvarů a těles, matematický správné vyjádření jejich klíčových vlastností a podobně). Zjednodušeně řečeno, člověk by se naučil krychli poznat a vnímat její vlastnosti, i kdyby samotné slovo krychle neznal. Věděl by, že když ji položí na stůl, budou některé stěny kolmé a jiné rovnoběžné s podložkou, i když pojmy kolmost a rovnoběžnost nemusí ovládat.

Uveďme **některé typy úloh zkoumající úroveň prostorové představivosti** a vztáhněme je k dílčím činnostem účastníků našeho kroužku, abychom ukázali, že modelování (virtuální i hmatatelné) využívá

poznatků (individuálních získaných konstruktů), které se schopností prostorové představivosti korelují:

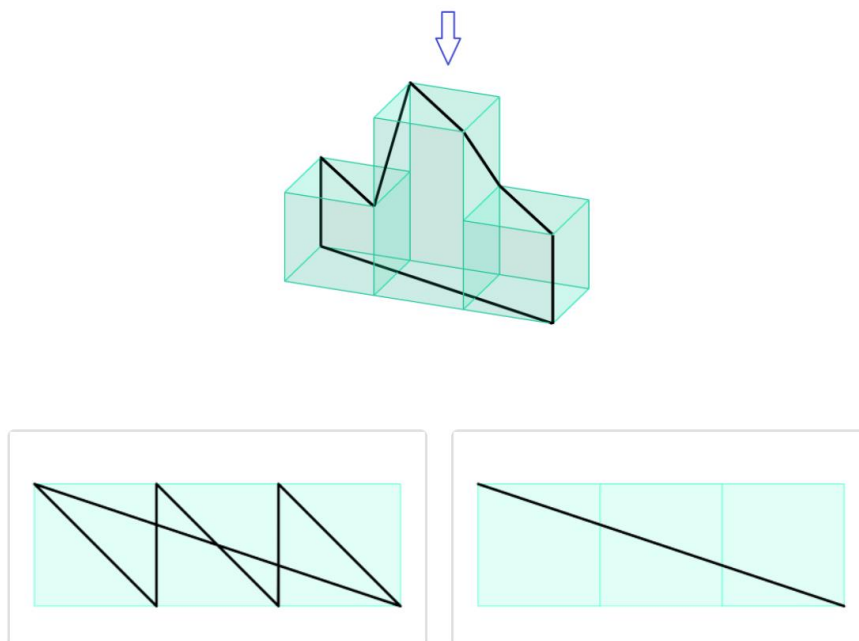
- Objekt (typicky složen z krychlí) je zobrazen ve volném rovnoběžném promítání a je naznačen směr, ze kterého se dívá pozorovatel. Máme za úkol určit, co vidí (v některých úlohách si máme představit pouze nejbližší stěnu objektu a neuvažovat, co je za ní – podobně jako je definován řez na rozdíl od průřezu).
- Úlohy tohoto typu testují, jak přesně si dokáže člověk představit pohled na objekt, aniž by ho měl skutečně k dispozici (jak pohled, tak objekt). To při modelování pomáhá správně pochopit podstatu řezů a určit tak tvar objektu nejen ve smyslu tvaru jeho stěn, ale také jeho průběžné šířky a výšky, pořadí, v jakém vystupují další části z objektu při posouvání roviny průřezu a podobně. Taková schopnost se dá pochopitelně nahradit opakovanou konstrukcí průřezů a jejich analýzou, což je ale zdlouhavé a daleko méně praktické než spolehlivá představivost.
- Předloha je objekt s určitými hranami, testovanému je ze stejného pohledu nabízeno několik skupin hran (vždy však nějaká chybí) a má určit, která z těchto skupin tvoří část předlohy.
- Podobné úlohy zkoumají porozumění člověka hranolům a jejich skládání. Hrana je při modelování většiny architektonických objektů výrazný prvek. Její vlastnosti (délka a směr) jsou klíčové pro dodržení žádoucího tvaru. Stejně tak důležité jsou ale vzájemné polohy různých hran, jejich průsečíky, úhly, které svírají a podobně. Z praktického hlediska je potom hrana místo, kde se dělí materiál. Místo, které musíme pečlivě předrýsovat, kde jeden kus střídá druhý, střídají se barvy. V praktické části práce je patrné, jakou část tvorby zaujímá právě konstrukce hran, jejich měření a rozbor. Porozumění tomu, která hrana je při konstrukci dané části modelu relevantní, která kam sahá a jaké se po složení dotýká, je pro konstrukci správných sítí a doplňujících částí materiálu nezbytnou schopností.
- Je nabízena síť tělesa (typicky krychle nebo kvádrů) a testovaný má určit, ke kterému tělesu ve volném rovnoběžném promítání patří (které by se z ní dalo složit). Síť má pochopitelně nějakou vlastnost, která řešení úlohy omezuje na jediné správné (stěny jsou různobarvné, obsahují nějaký obrázek a podobně).
- Z části jsem se sítí dotkl již výše u rozboru hran, ale pro naše účely budou skutečně často klíčové. Podobné úlohy zkoumají

porozumění člověka problematice sítí neboli způsobů, jak těleso se stěnami rozložit do roviny, tak, aby se nerozpadlo na části, ale zůstalo celistvé. Toto může být pro žáky důležité nejen pro účel vyhotovení správného tělesa (zejména u hranolů s nepravidelnými podstavami, kde mezi hranami v síti nejsou pravé úhly a neleží přímo u sebe, ale jejich délka musí přesto nutně odpovídat), ale také pro správnou práci s materiálem. Například můžeme používat papír, který má z každé strany odlišnou strukturu a my jako vnější (v hotovém modelu pohledovou) požadujeme pouze jednu z nich. V takovou chvíli se skutečně jedná o úlohu řešící správnou orientaci sítě, a tedy i schopnost plánovat, kterým směrem se bude materiál ohýbat a které stěny budou jak otočeny.

- Ve volném rovnoběžném promítání je například třikrát zakresleno tvarově složitější (členitější – s různými výstupky a prolisy) těleso, které je v nějakém směru postupně převráceno vždy o stejný úhel, přičemž testovaný má ze sady jiných těles vybrat takové, které by v nabízené řadě pokračovalo (bylo by dalším otočením).
- Podobné úlohy testují schopnost transformovat těleso otočením jen v představách, bez nutnosti otočený objekt nějak znázornit. To může být důležité při rýsování útvarů, které budou lepeny převráceně, nebo budou lepeny na místa, kde není možné materiál při rýsování přiložit a požadovaný tvar obkreslit. Například uvnitř nějakého prostoru, mezi více objekty...
- Ve volném rovnoběžném promítání je v rovině uspořádáno několik objektů, které ale neleží přímo za sebou, uspořádání je složitější. Testovaný má vybrat, který půdorys (pohled shora) odpovídá znázorněné situaci.
- Podobně jako některé předchozí úlohy zkoumáme schopnost vnímat vztahy mezi různými pohledy bez jejich konstrukce, pouze s využitím představivosti. Zde se přidruží i schopnost vnímat vzájemnou polohu objektů ve smyslu rozhodnutí, který je více vpravo/vlevo, případně o jakou část jiný objekt přesahuje, jak je od něj daleko ve vztahu k vlastní velikosti a podobně. Schopnost podobné věci vnímat při modelování nabízí autorovi kontrolní mechanismy správného postupu, dobrý odhad, lepší představu o tvaru stěn tělesa a podobně.
- Z malých krychlí je sestavena část kvádru (přičemž tato část jiný kvádr netvoří, je členitější) a testovaný má z jiných částí vybrat tu, která by nabízenou na kvádr doplnila (může jimi ale otáčet).

- Jedná se o využití jakési syntézy schopností z předchozích typů úloh. Zkoumá se poměrně komplexní schopnost s objekty v představách manipulovat, vnímat jejich vzájemnou polohu a slučovat je v jeden. A to i se schopností představit si, jestli někde nevzniká kolize, nebo naopak dutina, nevyplněná část. Při modelování toto využíváme často, zejména při práci s materiálem, kdy zhotovujeme protikusy, které do sebe musí zapadnout a pro dobrou pevnost se doplňovat co nejpřesněji. Bez přesahů a bez dutin.
- Testovaný má vybrat, která z barevných krychlí vznikne použitím menších barevných kostek, jež má v nabídce.
- Znovu je testována schopnost člověka v duchu manipulovat s předměty a orientovat se ve vztazích různobarevných ploch v rovině, a to i při jejím otáčení nebo překlopení. Stejně jako předchozí schopnosti je tato využitelná zejména při praktických činnostech s materiálem, kdy například rýsujeme obraz vzoru, který je vůči němu zrcadlový, ale nemáme možnost kvůli umístění vzoru materiál přiložit a prostě obkreslit.

Předcházející seznam zdaleka není kompletní, úloh na testování prostorové představivosti je tolik, že je kompletní klasifikace nad rámec této práce. Další úlohy vznikají kombinací nebo modifikací zmíněných. Příklad takové úlohy je na dalším obrázku. Úkolem je ze dvou nabízených řešení vybrat to, které je pohledem na dané těleso shora:



Obrázek 5 – Úloha ověřující úroveň prostorové představivosti. Drátek v průhledném objektu (střední) – online Rozhodovačka [online]. Umíme matiku [cit. 20.4.2022]. Dostupné z: <https://www.umimematiku.cz/>

Výsledky výzkumu a měření prostorové představivosti jsou pro účel této práce zajímavé zejména pro popis ontogenetického vývoje (viz dále v práci), ale také zjištěným významným rodovým rozdílem, tedy rozdílem mezi schopností představivosti dívek a chlapců. Chlapci, zejména pokud jde o trojrozměrné objekty a jejich polohy a transformace, dosahují lepších výsledků. (Beisetzer a Drtina, 2019) To je něco, co samozřejmě v kontextu kroužku o pár dětech nemusí být pro vedoucího významné, ale jistě to může souviset se skladbou účastníků podobné aktivity, která bude zřejmě častěji vyhledávána (ne však výlučně) chlapci.

Vysvětlení, proč k tomuto rodovému rozdílu dochází (a upozorňují na něj další a další autoři), je předmětem mnoha výzkumů. Zajímavý je názor Repáše (Hejný a kol., 1990), který navrhuje, že pro rozvoj schopností prostorového vidění zřejmě existují určitá příznivá období ve vývoje jedince. První z nich by přitom mělo být okolo 5. a 6. roku života, kdy chlapci tráví více času hraním si s kostkami a stavebnicemi, což jim umožňuje více se přiblížit úrovni těchto schopností, kterou mají danou geneticky.

Jiní autoři dávají rodový rozdíl do souvislosti s jinými podobnými fenomény. Již Gattonův test z roku 1882 dokázal, že muži jsou citlivější na ostré, pronikavé a vysoké zvuky, jsou méně citliví k bolesti a podobně. Tady ještě souvislosti s vnímáním prostoru nevidíme, ale při analýze výsledků zkoumání lidí s poškozeným mozkem na ně již narazíme. Ukázalo se, že muži s poraněním na pravé straně hlavy ztrácí většinu svých prostorových dovedností, zatímco ženy s podobným poškozením neztrácí žádné, nebo jen malou část. Tyto poznatky dále rozvíjí lékařská modernější věda a výzkumy trvající od devadesátých let minulého století, kdy již můžeme aktivitu mozku v reálném čase pozorovat na obrazovce a nacházet tak nevyvratitelné souvislosti. Pravá hemisféra se u chlapců rozvíjí rychleji a prostorové a logické vnímání je na vyšší úrovni. Dívky mají naproti tomu díky hladině estrogenu větší počet nervových spojení mezi oběma hemisférami, což mimo jiné vede k dovednosti dělat více věcí najednou, což je v dnešní době velmi zpopularizovaný závěr těchto výzkumů.

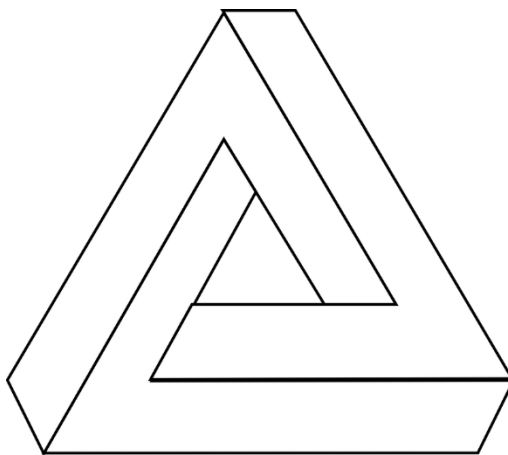
Zajímavý přístup k problematice představuje též Dorner (1987), podle něhož se při utváření naší sexuální identity několik týdnů po

narození mozek „programuje“ na něco, čemu se dá z historického hlediska říci geneticky daný „mužský“ nebo „ženský“ mozek. Mužský je programován pro lov (a součástí portfolia schopností úspěšného lovce je jistě i výborné vnímání prostoru), zatímco ženský pro ochranu a péči o domov. Toto rozdělení samozřejmě není dokonalé (a z dnešního pohledu mohou formulace působit až komicky), ale souvislost s hladinou testosteronu (v období tvorby sexuální identity) byla zkoumána, takže je pravděpodobné, že testosteron s úrovní prostorové představivosti může souviset. Podle Laznibatové a kol. (2001) má dokonce na výkony v testech prostorové představivosti vliv aktuální hladina testosteronu v těle. Pozitivně korelovala s mírou prostorových schopností, a naopak negativně s mírou některých schopností verbálních.

2.3.2 Rozvíjení prostorové představivosti

Chceme-li fenoménu prostorové představivosti porozumět více do hloubky, musíme se nutně zabývat i možnostmi jejího rozvoje. Jak ukážeme v dalším textu, k něčemu takovému dochází v životě lidského jedince prakticky nevyhnutelně a jen zřídka jde o cílený trénink, kdy bychom představivost chápali jako schopnost, v níž se zdokonalujeme pečlivou volbou postupů a sofistikované taktiky. I na základě předchozího textu je totiž zřejmé, že k rozvoji prostorové představivosti dochází náhodně během života. Je to nutná část přizpůsobení se prostředí, ve kterém žijeme. Příroda nám nadělila smyslové orgány, které jsou schopny trojrozměrný prostor vyhodnocovat a vytvářet tak informace, díky kterým se pohybujeme a své okolí geometricky chápeme. Pakliže není taková schopnost narušena nějakou fyziologickou vadou, každý jedinec se dostane do fáze, kdy prostoru rozumí, dokáže si v něm představit jednoduchou cestu spojující body, intuitivně používá vztahy (vzájemnou polohu) dvou objektů a podobně.

Stopenová (1999) například použitím testu čtverců zjistila, že během jednoho semestru výuky geometrie pro studenty učitelství 1. stupně ZŠ stoupla mezi posluchači průměrná úroveň prostorové představivosti (ve výsledcích byly statisticky významné rozdíly).



Obrázek 6 – Penroseův trojúhelník – známý grafický paradox související s geometrickou představivostí.

Didaktika matematiky již dlouho počítá se skutečností, že rozvoj prostorové představivosti je velmi závislý na vrozených vlohách každého žáka. Rozvojem přitom myslíme naplnění dílčích cílů, mezi které můžeme řadit schopnosti:

- Vytvářet si přesné představy o tvaru geometrických objektů
- Stanovit a popsat vzájemnou polohu množin bodů, které tvoří geometrický útvar
- Na základě slovní informace vymodelovat obrázek znázorňující prostorovou situaci do roviny (například prostřednictvím volného rovnoběžného promítání)
- Rozhodnout o viditelnosti různých útvarů tvořících nějakou situaci v prostoru (co je za čím „schované“)
- Udělat si představu o velikosti základní jednotky, ale také vyobrazených útvarů
- Představit si složitější útvary jako kombinaci (matematicky řečeno sjednocení) jednodušších (základních) útvarů
- Užívat geometrickou symboliku a terminologii k popisu pozorované (modelované) situace

Rozvojem prostorové představivosti se zabývá řada autorů, často přitom přistupují k logickému rozdělení na rozvoj zprostředkovaný výukou ve škole (z největší části stereometrií v hodinách matematiky) a rozvoj mimoškolní. Výzkumy ukazují, že děti předškolního věku již mají dobrou zkušenost s identifikací plošných tvarů, se kterými se dostanou do styku například při hře s plošnými stavebnicemi (na způsob skládání

tangramů) a podobně. Hodně dětí také přistupuje k užití základní geometrické terminologie, když tyto tvary pojmenovává tak, jak to po něm později vyžadují ve školním prostředí. Žáci jsou v prvních letech na základní škole silní v uvědomování si základních vlastností těles (na základě toho i intuitivní pochopení podobnosti, shodnosti, nebo osově souměrnosti), slabší jsou však obecně ve znázorňování těles, nebo obecně ztotožnění modelu s náčrtkem. Toto by patrně mohlo být eliminováno užíváním jednoduchých modelů a požadováním, aby děti tvořily náčrty, třeba i tam, kde není z časových důvodů prostor k rýsování.

Bylo také zjištěno, že v pátém ročníku základních škol jsou již schopnosti spojené s prostorovou představivostí na velmi odlišné úrovni. Někteří žáci dosahují v testech výsledků, které potvrzují úroveň prostorové představivosti postačující ke studiu ročníku devátého, zatímco jiní nezvládají ani učivo vyžadující prostorovou představivost přiměřenou jejich věku. Společným znakem dětí silnějších byl přitom (ne příliš překvapivě) zájem o techniku, v důsledku čehož se patrně dostali do kontaktu s problémy vyžadujícími vyšší úroveň geometrické představivosti daleko dříve, než to po nich vyžadovaly školní osnovy. Nepříliš překvapivými, ale důležitými jsou také výsledky disertační práce Slavomíry Schubertové (2008), která zkoumala prostorovou představivost v různých souvislostech. Potvrdila nezanedbatelnou korelaci mezi prostorovou představivostí a všeobecnou inteligencí.

Historicky se názory na správný přístup k výuce stereometrie s cílem rozvoje prostorové představivosti (právě na toto téma se většinou problematika rozvíjení prostorové představivosti v souvislosti se školou zužuje) liší, zejména důrazem na jiné části metodiky. Souhrnem získaných poznatků by však mohl být následující seznam správných představ, které bychom v žácích měli budovat. Jsou to představy o:

- Tvarech základních geometrických útvarů v dvojrozměrném i trojrozměrném prostoru (bod, přímka, rovina, krychle, kvádr, jehlan, kužel, koule, válec, hranol, pravidelný mnohostěn, části těchto těles...)
- Vztazích mezi takovými útvary a tělesy (incidence, inkluze, rovnoběžnost, kolmost, uspořádání, orientace, podobnost, shodnost, symetrie)
- Pohybu těchto útvarů a těles (posunutí, otočení apod.)
- Jednoduchých operacích (dělení útvaru na části, odebírání těchto částí, sjednocení těles, rozvinutí sítí těles apod.)
- Pravoúhlých a volných rovnoběžných průmětech základních těles

horních končetin (zejména dlaní a prstů), definice nevylučuje ani použití nohou nebo úst. Klíčová je velká přesnost, jejíž dosažení daný úkon vyžaduje. Jemnou motoriku lze dále klasifikovat na tyto druhy:

- **Manipulační aktivity** jsou typické odborným zacházením s objekty, činností s nimi za účelem vykonat nějakou relativně složitou operaci (například dva objekty dostat do zamýšlené vzájemné polohy, udržet je v ní a podobně). Koordinačně může jít o pohyby různě složité, například i podle toho, jestli používáme obě ruce (tzv. bimanuální činnosti), kolik prstů na nich potřebujeme zapojit, zda je využíváme pouze pro úchop a podobně. Často se o manipulaci hovoří jako o **ideokinetickém pohybu**, protože je to tvůrčí činnost s cílem vytvoření nějakého artefaktu, zhmotnění představy. Výsledkem je pak předmět, nebo jejich skupina, které plní rozdílnou funkci – ozdoby, zbraně, nástroje, přístroje a podobně. Manipulační aktivita je v živočišné říši pro člověka typická, ale ne výlučně. Víme, že její projevy se objevují i v chování zvířat, zejména inteligentnějších savců, ale i hmyzu a jiných živočichů. U člověka se však rozvinula nejvíce a její využití je nejsofistikovanější. Manipulaci, kdy jsou využívány svaly nohou pro provádění činností, které obvykle člověk dělá rukama, označujeme termínem **pedipulace**. To je typické pro některé vývojové předchůdce člověka (úchop nohou je z anatomických důvodů kvalitnější, než u nás). **Oropulací** zase nazýváme činnosti, při kterých tyto úkony vykonávají ústa. S tím se setkáváme, když nemůžeme k manipulaci využít horní končetiny (z důvodu jejich postižení, nebo vytížení jinou činností). Běžně se také setkáváme s kombinací výše zmíněných dovedností, typicky při hře na některé hudební nástroje, které to vyžadují.
- **Grafomotorika** je souhrnným názvem pro pohybové aktivity vedoucí k vytvoření grafického záznamu jedincem, tedy činnosti provádějící psaní, kreslení, rýsování, malování a podobně. Ovládnutí těchto aktivit vyžaduje obratnost rukou, jejich výbornou koordinaci se zrakovým ústrojím, ale také gramotnost, zejména bavíme-li se o psaní. Pro užívání symbolů, kterými písmo disponuje, musí jedinec chápat jejich význam. Pro člověka je typické, že psaní předchází grafické projevy spontánnější, kdy se jedinec učí zachytit vjemy ze svého okolí kreslením jednoduchých obrázků. V průběhu vývoje se grafomotorika (rychlost je samozřejmě individuální) zdokonaluje a člověk se uchýlí k zápisu symboličtějšímu – psanému textu. Kvalita psaného projevu se u dětí postupně zlepšuje, ruka se uvolňuje,

symboly jsou konstantní. Při grafomotorických činnostech je zajímavým a typickým projevem dominance jedné ruky, která tyto činnosti provádí výrazně kvalitněji a jedinec se k jejímu používání uchyluje, má-li tu možnost. Dílčí schopností, která se v rámci grafo-motoriky v dětském věku vyvíjí, je tzv. **tužkový úchop**. Malíková hrana vytváří oporu na podložce, přičemž palec, ukazováček a prostředníček bříšky svírají psací potřebu. Aktivuje se přitom velké množství drobných svalů, které by však neměly přecházet v křečovitě zatnutí.

- **Logomotorika** označuje pohyb mluvních orgánů za účelem artikulované řeči, verbálního sdělení. Roli hraje nádech, výdech, stažení vazů hlasivek, pohyb svalstva rtů, jazyka, patra a dalších. Tyto projevy jsou také automaticky doplňovány mimikou a gestikulací.
- **Oromotorika** je název pro využití mluvních orgánů, mluvidel, k jiným činnostem. Nejčastěji při sebesycení, kdy využíváme sací, žvýkací, nebo polykací motorické aktivity svalů v orofaciální oblasti těla.
- **Mimika** je složkou neverbální komunikace a označuje pohybovou aktivitu obličejových svalů s cílem vyjádřit nějakou emoci. Základní (univerzální) emoce se přitom u všech lidí projevují kontrakcemi podobných svalových skupin, díky čemuž jsme schopni je zhruba identifikovat.
- **Vizuomotorika** je jakýmsi propojením očních pohybů a pohybů zbytku těla. Popisuje například zpětnovazební zrakovou kontrolu součinnosti rukou a očí při psaní a kreslení. Je-li taková schopnost narušena, pro jedince je velmi obtížné, nebo přímo nemožné, naučit se psát. Souhru zraku a ruky si můžeme představit jako spojení představy právě psaného znaku s pohyby dlaně a prstů, které tuto představu naplní. Zjednodušeně řečeno si musíme uvědomit, kam dále prsty nervovým signálem poslat, pokud se nacházíme hrotem psací potřeby v nějakém bodě a uvědomujeme si, kam chceme pokračovat. (Vyskotová, Macháčková, 2013)

Když jsme si ilustrovali, co všechno do problematiky jemné motoriky spadá (a definice může být i širší – haptika a podobně), pojďme se zaměřit na oblasti klíčové v kontextu námi provozovaných aktivit. Děti by se měly v průběhu projektu zdokonalit zejména ve schopnostech **jemné manipulace**. Tyto schopnosti úzce souvisí s kognitivními funkcemi mozku, protože manipulaci (v jisté fázi našeho vývoje obzvláště) využíváme k poznávání svého okolí. Poté hovoříme o tzv.

somatosenzorické funkci rukou, kdy pomocí doteku vnímáme klíčové vlastnosti předmětu, jako je jeho tvrdost, hrubost povrchu, teplota, hmotnost a podobně. Pro volbu technologického postupu při práci s materiálem jsou tyto informace v kombinaci se zrakovými vjemy a teoretickými znalostmi (případně zkušenostmi) o materiálech nezbytnou součástí pracovního postupu. Podle vlastností samotný materiál volíme z nabízených, vybíráme postupy, jak jej dělit, spojovat a podobně.

Manipulační schopnost obvykle dělíme na dvě komponenty z hlediska fáze celé zamýšlené činnosti. První je přenosová komponenta, tedy pohyb končetiny směrem k objektu zájmu, přičemž důležitý není jen směr, ale také držení paže vzhledem k předpokládanému tvaru a orientaci objektu v prostoru. Tyto pohyby jsou zautomatizovány, nepřemýšlíme, o jakou vzdálenost se musí paže posunout a podobně. Vše je řízeno pomocí zrakové zpětné vazby ve velmi krátkém čase, připadá nám okamžitá a ničím nepodmíněná. Druhou komponentou je manipulační, shrnující uchopení objektu a manipulaci s ním. Zraková kontrola je zde důležitější, zkoumá pozici jednotlivých prstů, u bimanuálních akcí soulad obou končetin. Načasování všech úkonů je taktéž v brzkém věku zautomatizováno a koordinace všech akcí je samozřejmě řízena centrální nervovou soustavou. Než se tyto schopnosti vyvinou do podoby, v jaké je zná dospělý jedinec, dochází v prvních letech života k typickému vývoji. Z hlediska ontogeneze se zjednodušeně jedná o následující posloupnost:

- V prenatalním vývoji je horní končetina nejdříve spíše ploutvovitá, později dochází k diferenciaci a vývoji jednotlivých prstů. Ty jsou tvořeny jednotlivými paprsky, které rostou zvlášť a zbavují se vzájemného spojení, to však ve formě kožní řasy poměrně dlouho přetrvává. Na konci druhého měsíce vývoje plodu jsou již prsty dotvořeny. Ve dvanáctém týdnu těhotenství již bývá na ultrazvuku patrná flexe (stažení) a extenze (natažení) paže. Tyto pohyby bývají prudké. Nenarozené dítě často pohybuje rukama v oblasti okolo obličeje, dochází k „cumlání“ prstů, ty získávají povrchovou citlivost důležitou pro pozdější funkci hmatovou.
- Postnatální vývoj je poznamenán procesem vzniku nových funkcí, specializací tkání a orgánů. Vývoj jemné motoriky úzce souvisí s rozvinutím procesů vedoucím k poznávání prostředí. Jedinec je obklopen mnoha podněty, z nichž některé vyžadují k plnému pochopení interakci ve smyslu manipulace. Předměty je nutno „osahat“, aby dítě odhalilo všechny vlastnosti a vůbec také zjistilo, že je umí zkoumat.

-
- Novorozenec disponuje úchopem, který nazýváme reflexním. Jde skutečně o reakci způsobenou tzv. úchopovým reflexem, kdy dlaň reaguje na tlakový podnět v ní. První dva měsíce postnatálního vývoje tento úchop sílí, později slábne a vymizí.
 - Ve čtyřech týdnech začíná motorický vývoj dítěte souviset s rozvojem optické orientace. Zrak se dotváří a kojenec cítí potřebu brát do rukou předměty, které vidí.
 - V osmi týdnech začínáme pozorovat koordinaci mezi oběma rukama. Dítě leží na zádech a jednou rukou zkoumá druhou, prohmatává ji. Důležitá je přitom zpětná vazba zdravě rozvinutého zraku u bdělého dítěte. Podnět je poměrně složitý, protože dítě cítí dotek v obou dlaních a také pozoruje, že tento vjem zřejmě souvisí s jejich vzájemnou polohou (že se dotýkají). Vzniká také souhra všech prstů.
 - Ve čtyřech měsících se začíná objevovat opravdu vědomý úchop, takzvaně palmární, kdy jsou kolem předmětu sevřeny všechny prsty. Dítě používá obě ruce, nebo každou zvlášť, aby objekt zájmu uchopilo a dostalo k ústům, kde probíhá další zkoumání. Dá se pozorovat, že ústa se při tom otevírají již při uchopení předmětu, dochází ke koordinaci více orgánů a také ke zrakové kontrole pohybu. (Vyskotová, Macháčková, 2013)

Fylogenetický vývoj pro nás tak zajímavý není, ale rámcově v něm lze pozorovat jisté podobnosti předchůdců člověka s jinými primáty. Menší savci sice dokáží v obou tlapách třít kořist (například kočky nebo krysy), neumí však hýbat jednotlivými prstci a tak předmět neuchopí do jedné končetiny. Toho byli schopni již nejnižší primáti, jejichž palec se však nestavil anatomicky ostatním prstům do opozice, proto byl úchop předmětu spíše hákovitý a ne tak spolehlivý. Palec v opozici toto zdokonalil a dalším vývojem je umožněno jeho spojení v posledním článku s jinými prsty, takzvaná špetka, precizní úchop. Po vývoji bipedální lokomoce (pohyb po dvou zadních končetinách) se funkce rukou dále specializovala na schopnost manipulace. Centrální nervový systém i svalstvo dlaně nám umožňuje její tvar přizpůsobit předmětu (vyklenout a zploštit klenbu dlaně). Konkrétně u zástupců australopitéků se objevil silnější palec a pohyblivý ukazovák, homo habilis se pro výrobu nástrojů naučil využívat široké spektrum různých úchopů, homo erectus zase začal dávat přednost jedné ruce před druhou, tedy byla pozorovatelná laterality.

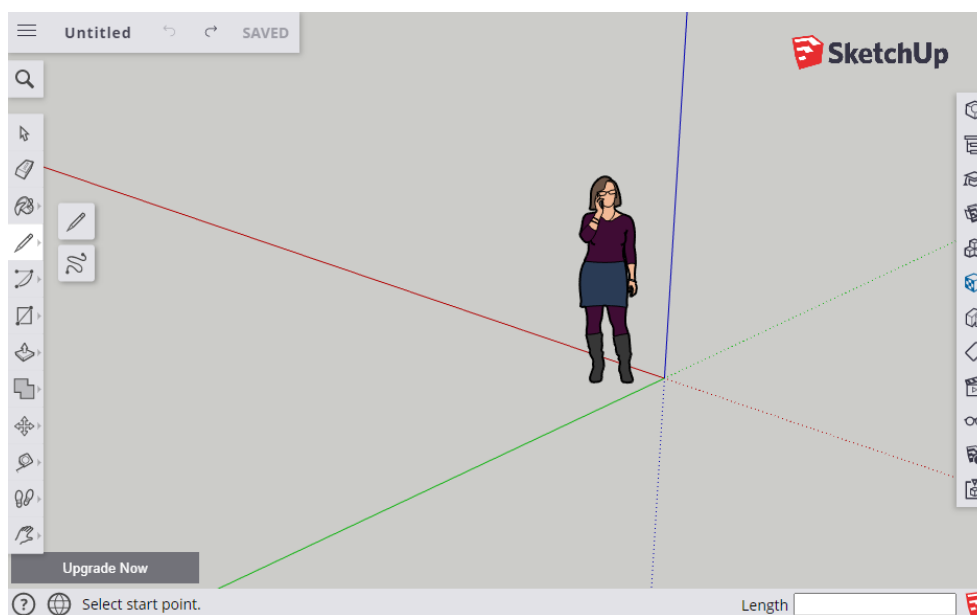
Z předchozích odstavců pozorný čtenář pozoroval jisté souvislosti mezi jemnou motorikou a prostorovou představivostí, která je zpracována výše. Konkrétní ilustrací může být rozdělení senzorické percepce (vnímání pomocí smyslů, v případě manipulace hmatem horní končetiny) na somatognozii a stereognozii. První termín značí schopnost správné identifikace vlastního těla, jeho pozice v prostoru, vztahu k okolí. Stereognozie je zase schopností vnímání při úchopu předmětu jeho tvar a vlastnosti povrchů. Poruchy takových funkcí negativně ovlivňují kvalitu interakce člověka se svým okolím, omezují jej při provádění běžných, ale i pracovních činností. Poruchy jsou doprovázeny zpomalenou a neobratnou manipulací, zejména při oslabení schopnosti vizuální zpětné vazby. Člověk typicky využívá nepřiměřeně silný stisk při úchopu, předměty mu padají a podobně. (Vyskotová, Macháčková, 2013)

2.5 Program SketchUp

Webová verze programu SketchUp je přístupná na adrese: sketchup.com/products/sketchup-for-web

Program nenabízí autorskou českou lokalizaci. Vzhledem k tomu, že je aplikace webová, a dnešní prohlížeče mají integrované překladače, poměrně uspokojivou lokalizaci (alespoň u kratších textů) mohou žáci přesto užívat. Program je natolik intuitivní, že by žáci neměli mít výrazné problémy ani s výchozí verzí, anglickou.

Po kliknutí na tlačítko *Start Modeling* je po uživateli požadováno přihlášení. Pro něj lze vytvořit nový účet spárovaný s libovolnou e-mailovou adresou. V takovém případě rozhraní požaduje zadání daného e-mailu, jména a vytvoření hesla. Alternativou je použití Google nebo Apple účtu. Po přihlášení se načte rozhraní, kde může uživatel buď vytvořit nový soubor volbou *Create New*. Zde má na výběr tři základní šablony s různými jednotkami – *Feet and Inches* (imperiální systém), *Milimetres* (metrický systém pro menší projekty) a *Meters* (metrický systém pro větší projekty). Nás bude zajímat druhá možnost, tak ji zvolíme. Poté už se objeví základní rozhraní pro tvorbu projektu, viz obrázek:



Obrázek 8 – Základní rozhraní webové verze programu SketchUp.

Většinu obrazovky zabírá virtuální prostor, kde je znázorněn průběh naší práce. U nových (prázdných) projektů SketchUp umístí k počátku souřadnicového systému obrázek postavy, aby se v prázdném prostředí uživatel informoval o velikosti scény. V pravém dolním rohu je pro nás důležité textové pole (na obrázku výše předepsané *Length*). Během práce v programu, zejména tvorby entit, je vždy aktivní – psaním čísel jej vyplňujeme bez toho, abychom jej nějak předem aktivovali. Podle vybraného nástroje očekává zadání konkrétních informací (například počet stran mnohoúhelníku, než vybereme střed a budeme psát poloměr). Proto sledujme, jak je pole v různých momentech předepsáno (to se mění samo). Využitelnost pole je níže zmíněna u každého nástroje zvlášť. Důležitou informací je i to, že program místo desetinné čárky, kterou žáci našich škol používají, očekává tečku. Čárka slouží pro oddělení více hodnot. U většiny nástrojů také platí, že zatímco hodnotu píšu do pole, směr stále určuji umístěním kurzoru na pracovní ploše.

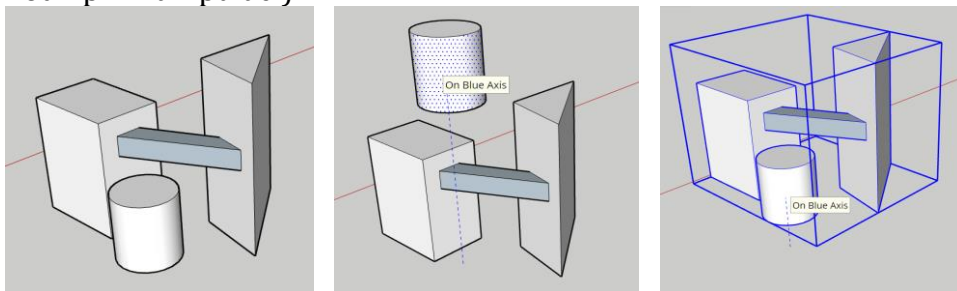
V dolní liště je také velice stručná nápověda k právě vybranému nástroji. Na obrázku výše vidíme instrukci „*Select start point.*“, protože aktivní je nástroj *Line* a program nás vybízí, abychom vybrali první bod.

V levém horním rohu je panel s ikonkou hlavní nabídky , ze které může uživatel vytvářet nové projekty, otevírat a ukládat stávající, exportovat výstupy různých formátů, nebo svůj projekt stáhnout na

pevný disk počítače. Výchozím místem pro ukládání souborů je totiž cloudový prostor spárovaný s aktivním účtem. Panel kromě hlavní nabídky ukazuje název souboru (výchozí *Untitled* můžeme změnit při ukládání), symboly šipek pro návrat o akci vzad, nebo posun o akci vpřed (program používá i klasické zkratky *Ctrl + Z*, resp. *Ctrl + Y*) a volbu *Save* pro rychlé uložení projektu (poprvé výběr složky, podruhé a dále již automatické uložení do stávajícího souboru).

Na levém okraji okna vidíme panel nástrojový, který jednotlivé funkce sdružuje do skupin a tím šetří místo a zvyšuje přehlednost. Každá skupina má zástupnou ikonku, po kliknutí na ni pravým tlačítkem myši se rozbalí konkrétní nástroje (viz obrázek výše s rozkliknutou skupinou *Line*). Popis nástrojů a jejich funkcí je součástí přílohy, v dalším textu se zaměřím na obecné vlastnosti programu.

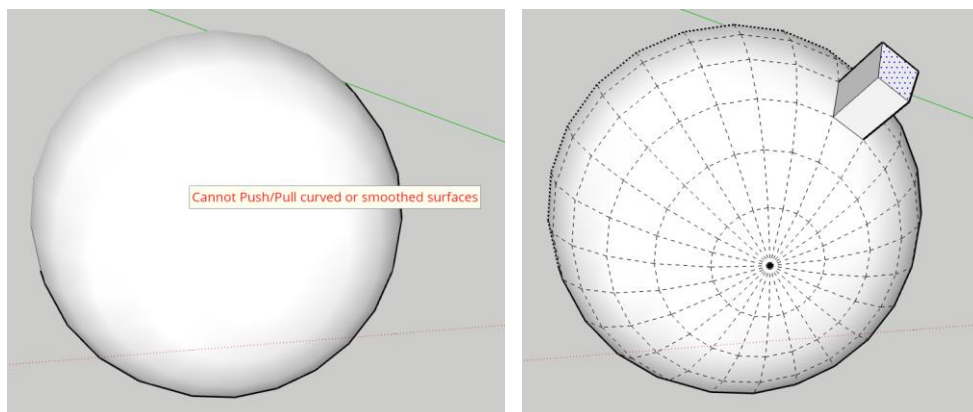
Jakékoliv entity v projektu lze slučovat do skupin (*Groups*). Skupina entit se chová jako jedna entita, jednotlivé prvky jsou svázány a mohou je upravovat (přesouvat, rotovat, měnit velikost apod.) pouze jako celek. Skupinu vytvořím příkazem *Make a group*, pokud mám jednotlivé prvky v aktivním výběru a kliknu na jeden z nich pravým tlačítkem myši. Skupinu lze analogicky opět rozdělit příkazem *Explode*. Některé nástroje (například *Push/pull*) nelze obecně na skupinu aplikovat, během tvorby tak často jednotlivé prvky rozdělujeme a opětovně slučujeme (kvůli pohodlí při manipulaci).



Obrázek 9 – Slučování entit do skupin. Vlevo jednotlivé objekty samostatně, uprostřed chování takového modelu při přesouvání jednoho objektu, vpravo chování modelu po přesouvání celé skupiny (válec není možné přesunout po sloučení samostatně).

Podobným způsobem můžeme využít některé další nastavení entit, zejména příkazy *Hide* a *Unhide*. Touto cestou mohou jednotlivé prvky, případně skupiny (výběry) zneviditelnit a zase zviditelnit (to musí být ovšem aktivováno zobrazení neviditelných entit v nastavení *Display* (viz výše). Jsou-li neviditelné entity zobrazeny, poznáme je odlišným

vzhledem (místo plných čar přerušované apod.). Některé entity jsou neviditelné defaultně, například koule v tomto programu je ve skutečnosti aproximována mnohostěnem, jehož hrany jsou skryty, což vyvolává dojem zaobleného tělesa. Takové hrany mohou zobrazit, pokud potřebují některé z nich upravit.



Obrázek 10 – Rozdíl mezi zobrazením koule bez neviditelných hran (vlevo – nelze část koule transformovat) a s neviditelnými hranami (vpravo – můžeme upravovat jednotlivé části koule).

Kromě funkce samotných nástrojů je dobré zmínit několik rad k práci v programu. Uživatel může pracovat s řadou klávesových zkratk univerzálně platných ve většině programů. Jsou jimi zejména zkratky Ctrl+Z pro vrácení stavu souboru o jeden krok (akci) zpět a naopak Ctrl+Y pro opětovný posun o akci vpřed. Pro práci se schránkou a vkládání entit můžeme využít zkratky Ctrl+C, Ctrl+V, nebo Ctrl+X pro kopírování do schránky (kopíruje se aktivní výběr, je-li nějaký), vkládání ze schránky (po vložení po nás bude chtít program duplikovanou entitu umístit a potvrdit kliknutím), resp. vyjmutí (kopírování do schránky a smazání originálu).

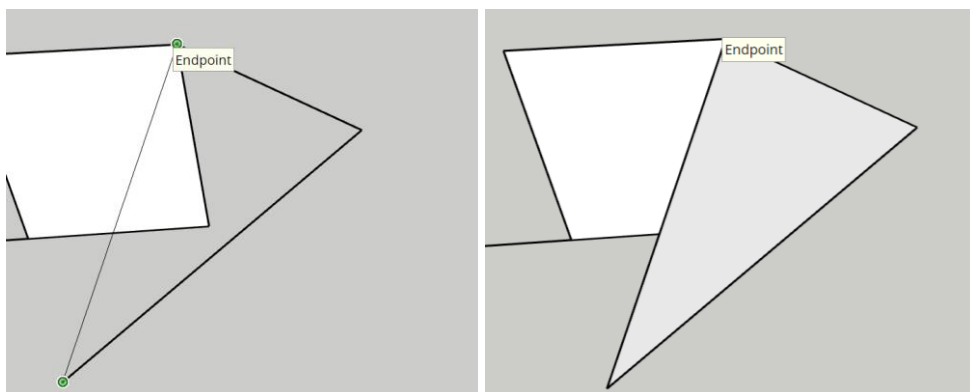
Důležitou vlastností programu je také přichytávání kurzoru k některým prvkům a nabízení směrů (nebo pozic) při tvorbě entit, pokud jsou nějakým způsobem význačné pro entity již existující. Jednoduše řečeno – program mi kurzor navede do míst, kde jsou nějakým způsobem zajímavé body – středy úseček, koncové body úseček, ale i prodloužení existujících úseček, nebo posunutí existujících bodů ve směru některé osy. Při kreslení čar mi bude program při obratné práci s kurzorem nabízet směry rovnoběžné s existujícími entitami, směry kolmé, tečné a podobně. Pro všechna přichytávání platí, že je lze v nastavení vypnout,

případně zapnout jen vyhovující. Program nabízí uživateli tolik zjednodušení, že je obtížné je kategorizovat nebo popsat, takže nejlepším způsobem pro náročnějšího uživatele je vyzkoušet různá nastavení sám. Uživatel méně náročný si u jednodušších projektů bez problému vystačí s výchozím nastavením, přičemž nejlépe se s ním seznámí vlastní prací v programu, ne teoretickým popisem.



Obrázek 11 – Pomoc programu SketchUp při pohybu kurzorem.

Vlastností programu je také automatické vytváření rovných ploch, pokud uživatel nakreslí jejich okraj. Toho využíváme při konstrukci mnohoúhelníků. Je-li čára při kreslení uzavřena (z počátečního bodu se přes jeden nebo více dalších dostanu opět do něj) a leží-li všechny nakreslené čáry v jedné rovině, plocha, kterou ohraničují, se zviditelní a zůstane součástí modelu, pokud ji cíleně neodstraním (užitím nástroje *Select*).



Obrázek 12 – Uzavření kreslené plochy v programu.

3 Aplikační část

3.1 Vytvoření metodiky

3.1.1 Expoziční fáze práce

Ať už se jedná o podnícení zájmu pro přihlášení do kroužku, nebo úvodní hodinu, na které bychom měli žáky motivovat, je vhodné seznámit je s nějakým dokončeným projektem podobného typu. Sám vedoucí projektu by měl mít nějaké téma zpracované do formy 3D vizualizace i fyzického modelu, aby žáci získali představu, čeho můžou v daném časovém úseku dosáhnout, jestli je to esteticky uspokojí, obohatí o nové dovednosti a zabaví. Při dalších ročnících můžeme prezentovat práce dřívějších ročníků a působit tak autentičtěji. Je také možné projekt nepředstavovat jako celek, ale ukázat dětem zvlášť různé vizualizace v programu SketchUp a zvlášť papírové modely vytvořené nadšenci do modelování. V takovém případě může být atraktivní právě nabízené propojení dvou různých výstupů (vizualizace a fyzický model) v jeden projekt, kdy téma vyčerpáme jak pro účel počítačové prezentace (možnost promítat, snadno sdílet, tvořit animace a podobně) tak pro účel demonstrace „na vlastní oči“, kdy může člověk maketu obdivovat jako něco na pomezí techniky a umění. Pro zjednodušení a komunikaci můžeme za účelem motivace vyrobit vizuální prezentace představující náš kroužek, jako plakáty nebo letáčky. Konkrétní ukázka je nabídnuta dále v aplikaci metodiky.

Úvodní hodina by měla reagovat na náladu účastníků a na úroveň porozumění projektu, které dosud dosáhli. Pokud již při přihlášení dobře pochopili posloupnost činností (zájem o konkrétní dílo -> jeho počítačová vizualizace -> výroba makety a její prezentace), můžeme jednotlivé fáze detailněji popsat, nastítnit jejich průběh a začít pracovat na výuce v programu SketchUp. Pokud s postupem seznámení nejsou, tak to napravíme a představíme jim atraktivně tuto posloupnost:

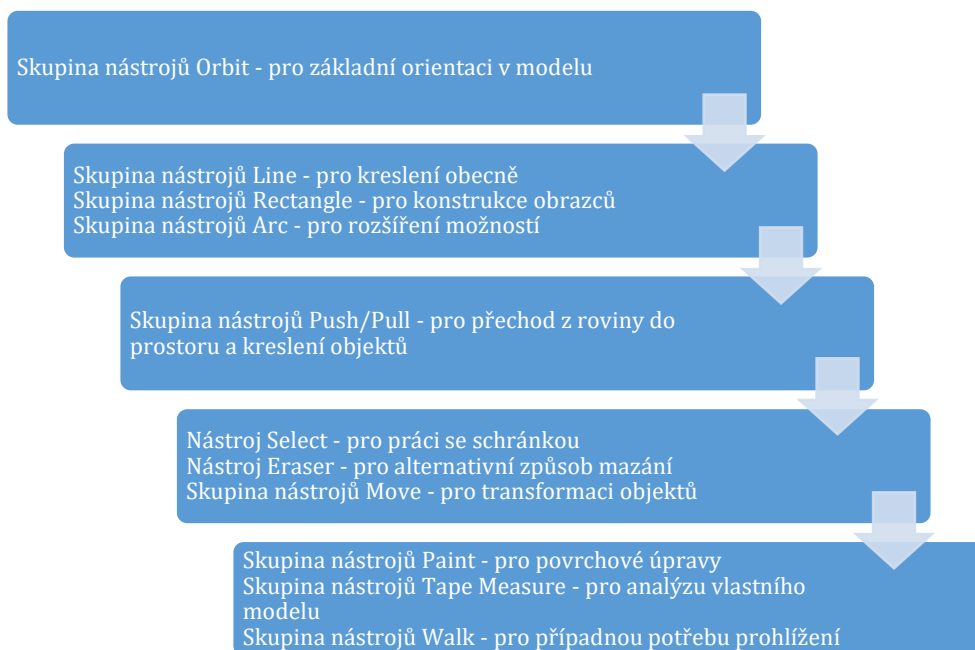
- Naučíme se nástroj po nástroji pracovat v 3D grafickém programu SketchUp
- Prozkoumáme některá díla světové architektury
- Jedno takové dílo si vyberete a pomocí programu SketchUp jej vymodelujete (zdrojem informací bude internet – obrázky a jiné modely)

-
- Vizualizaci v programu SketchUp zmenšíme a zdokumentujeme (důležité rozměry) tak, aby podle ní šel vyrobit papírový model
 - Zvolíme vhodné materiály a techniky a model vyrobíme
 - Celou naši práci můžeme spolu se zajímavostmi o budově prezentovat ostatním, náš model vystavit a podobně

3.1.2 Práce v programu

Metodická opora vytvořená pro výuku práce v programu SketchUp nemusí být nejvhodnější pro každý účel. Je sestavována s ohledem na věk žáků, předpokládanou časovou dotaci pro projekt, a hlavně s ohledem na účel použití toho programu. Přestože se absolvovaná výuka zřejmě může stát dobrým základem pro další zdokonalení dovedností (i s tímto cílem je samozřejmě tvořena), omezuje se na využívání nástrojů, jejichž pokročilé funkce nepřesahují rámec volený vedoucím projektu. I proto je dobré buď témata omezit (nabídnout výběr ze seznamu témat, který jsem sám vytvořil), nebo při uznávání témat volených žáky přemýšlet, jestli s ovládanými nástroji jsou schopni model digitalizovat uspokojivě podrobně (tedy s vynecháním nástrojů nebo postupů, které by toto zvládly, ale přesahují rámec výuky).

Metodika výuky základů práce v programu se odkazuje na popis jeho pracovního prostředí (výše v teoretické části) a je poměrně stručná. Pouze navrhuji nejlogičtější posloupnost jednotlivých instrukcí, aby si žáci nástroje osvojili v takovém pořadí, kdy bude často znalost předchozího navádět k tomu, že na funkci nástroje dalšího žák často přijde sám, intuitivně. Samotné expoziční fáze výuky (jak daný nástroj v programu funguje a jak ho použít) se vždy omezují na popsané základy v teoretické části. Žákům vysvětlíme, jak pomocí periférií nástroj použít, v reálném čase předvedeme, jak s jeho pomocí pracujeme. Pak žáky necháme, aby si nástroj „proklikali“, aby jej chvíli sami užívali. Chodíme mezi nimi a snažíme se odhadnout, jestli jeho funkci rozumí, nebo čekali, že bude fungovat jinak, něco jim nejde a podobně. Poté přejdeme k dalšímu nástroji, nebo skupině. Postupujeme přitom podle tohoto schématu:



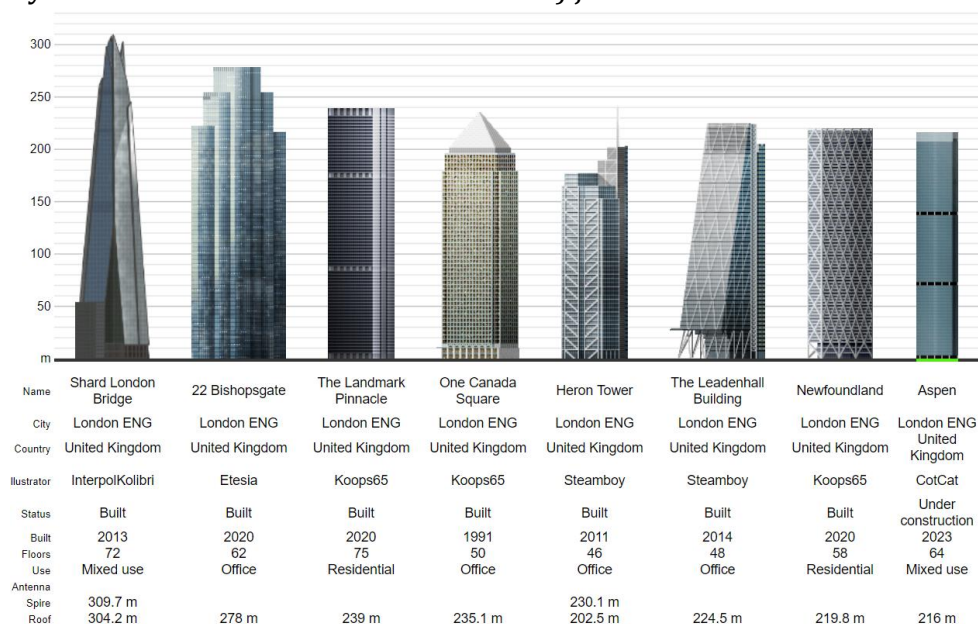
Obrázek 13 – Schéma postupu výuky v programu po jednotlivých nástrojích nebo skupinách

3.1.3 Výběr tématu

Předpokládáme, že během úvodních hodin a během výuky práce v programu jsme již žáky trochu poznali, měli jsme čas taktně si pohovořit o jejich zájmech a podobně. Pokud ne, můžeme sami zařadit hodinu, kdy v krátkosti pohovoříme o světové architektuře, zajímavých dílech, případně vlastních zájmech a podobně. Žáky přitom zatím neomezujeme a jejich nápady netlumíme, byť třeba nevyhovují projektu tak, jak jej zamýšlíme. Spíše jejich směr uvažování moderujeme a snažíme se vyhovět jejich zájmu, ale zároveň pohlídat, aby bylo reálné práci na dané téma zvládnout (zejména s ohledem na úroveň práce v programu SketchUp, kterou už máme možnost několik hodin pozorovat).

Rychlým a vhodným způsobem, jak žáky motivovat k výběru, může být „virtuální exkurze“ do některých měst, například s využitím aplikace Google Earth, nebo jiných mapových programů. Dále existují fanouškovské weby zabývající se architekturou, jako konkrétní příklad uvedu stránku Skyscraperspage.com, kde uživatelé tvoří rozsáhlou databázi zejména výškových budov, a na slušné úrovni tuto databázi doplňují o rastrový nákres těchto budov. Více takových obrázků pak může uživatel sám umístit do „diagramu“, filtrovat tak budovy na základě výšky,

lokality, stavu (koncept, schválená, v konstrukci, stojící, zničená atd.), účelům užívání a podobně. Ukázka takového grafu (v tomto případě Londýn včetně budov aktuálně v konstrukci) je zde:



Obrázek 14 – Diagram města Londýn ze stránky skyscraperspage.com (zobrazeny nejvyšší obytné budovy). Dostupné z: <https://skyscraperpage.com/diagrams/?cityID=807>

Tuto stránku ještě zřejmě zmíním. Pokud si člověk ověřuje informace z více zdrojů, případně porovnává nákresy budov od různých autorů a nachází shody, může takový diagram sloužit i jako zdroj informací o některých (zejména vertikálních) rozměrech konkrétní budovy. Diagramy jsou totiž zobrazeny s ryskami označujícími desítky metrů, což pro naše účely (kdy je modelován mrakodrap, kde nižší jednotky metrů nehrají klíčovou roli v celkovém dojmu) většinou stačí. Je vhodné žáky upozornit na to, že některé nákresy mohou být z doby, kdy byla budova pouze ve fázi konceptu, případně mohou obsahovat nepřesnosti z jiných důvodů. Nákres je vždy možné porovnat s fotografiemi budovy a společně s žákem odhadnout, zdali je dostatečně věrnou reprezentací a může jej jako zdroj rozměrů použít. To rozvíjí žakovu kompetenci pracovat s vyhledanými informacemi z více zdrojů, kriticky je hodnotit a porovnávat.

3.1.4 Vizualizace

Žáky bychom měli nechat vyhledat fotografie díla, případně model v mapové aplikaci, videa, nebo náhledy v podobných aplikacích, jako je

StreetView integrované do map společnosti Google. Můžeme je přitom instruovat, že jakmile budou mít představu o posloupnosti dvě práce (čím začít jako základem, co naopak brát jako detaily, které budou dělat později a podobně), mohou sami začít modelovat. Sám vedoucí se musí s tématy předem seznámit a připravit si nápady, které žákům poskytne v případě, že zrovna nemají vlastní. Takovou pomoc můžeme poskytovat formou didaktického rozhovoru, kdy celou myšlenku neprozrazujeme, ale žáka necháme, aby na ni přišel sám (například jej navedeme na to, aby si budovu představil ve zjednodušené podobě jako sestavu nějakých základních těles, aby vnímal opakující se prvky jako možnost kreslit jej pouze jednou a duplikovat a podobně). Nelze předvytvořit univerzální postup, jakým tuto fázi projektu řídit. Předpokládá se však rozvržení učebny, kdy vedoucí na jednotlivé projekty uvidí, případně softwarové vybavení, které mu poskytne sledovat práci na jednotlivých projektech v reálném čase na vlastním počítači. Musíme žáky neustále sledovat a rozumět jejich záměrům podle volených nástrojů a průběhu práce. Pak také musíme přemýšlet, jestli tyto nástroje jsou adekvátní a nejlepší možné pro danou činnost. Pokud ne, přemýšlíme, jestli je lepší žáka v konkrétním případě nechat práci dodělat vlastním způsobem, nebo je vhodné zasáhnout a instruovat k efektivnějšímu řešení.

S postupem času zřejmě mezi žáky vzniknou výrazné rozdíly, kvůli různorodé náročnosti témat, úrovni zvládnutí práce v programu, motivaci postihnout jemnější detaily a podobně. V takové fázi do projektu vstupujeme jako moderátoři, kteří nabízejí žákům diskuzi, jestli něco nevynechat, nezjednodušit, nebo naopak jestli pozornost nepřenést dočasně jinnam, k odlišné části díla. Opět nelze poskytnout univerzální návod, ale do práce žáků zasahujeme opatrně, aby dostali možnost rozvíjet své kompetence k řešení problémů, aby reflektovali svá slabší rozhodnutí a podobně. Odhadujeme časovou náročnost zbývajících práce a takticky navádíme všechny tak, aby končili ve stejnou chvíli s různě detailními modely, které však budou všechny esteticky uspokojivé.

3.1.5 Fyzický model

Práce na vyhotovení fyzického modelu budovy není předcházena žádnou instruktážní fází velkého rozsahu. Předpokládáme, že různorodost témat z hlediska tvarových charakteristik staveb bude vyžadovat různý přístup k práci, ať už ve smyslu použitých materiálů, nebo technik k jejich úpravě, spojování a podobně. K různorodosti postupů bychom měli děti

vést, abychom rozvíjeli jejich kompetence pracovní a také kompetence k řešení problémů. Vzniklé problémy budou u každého účastníka specifické a budou vyžadovat originální řešení. Práce vedoucího v takovou chvíli zahrnuje i odhad – zdali postup vymyšlený žákem je dobrou (nemusí být nejlepší) variantou, nebo by bylo lepší žáka správným směrem navést.

Malá skupinka účastníků projektu dovoluje v takové chvíli zařadit hodinu s podobou jakéhosi brainstormingu. Navrhují postup, kdy si žáci připraví (vytisknou) několik screenshotů svého digitálního modelu a zformují kruh, ve kterém postupně necháme všechny nahlas vyjádřit, jaký postup (pro jednotlivé části) chtějí volit, pokud vědí. Při tom samozřejmě hodinu moderujeme a pokud odhadneme „slepou uličku“, nabízáme vlastní nápady. Alternativou je takové sezení dělat průběžně, případně opět s využitím počítačů. Každý z účastníků má zřejmě jinou úroveň zkušeností a dovedností týkajících se modelářské činnosti. Pokud jsme témata vhodně volili, můžeme je například naučit vyrábět sítě jednotlivých těles z papíru a nastítnit, jak se z několika jednoduchých těles dá složit poměrně komplikovaný tvar, pokud člověk předem vše dobře promyslí. Předpokládá se schopnost vedoucího projektu analyzovat, jestli s podobnou činností mají účastníci zkušenost a na jaké je úrovni, aby jim mohl adekvátní postupy nabídnout jako možná řešení. Kromě konstrukcí sítí těles také nabídneme řešení výřezu komplikovanějších tvarů (nebo s požadavkem na vyšší pevnost v tlaku, případně zamezení deformace vysycháním lepidla apod.) z materiálů, jako je polystyren či různé molitanové pěny.

Obecně při práci vnímáme dva základní modelářské přístupy (rozdělení však není striktní, navzájem se v jisté míře kombinují):

1. Při výrobě části modelu se již počítá s povrchovou úpravou, například síť tělesa před složením barevně upravíme nalepením další vrstvy a podobně, přičemž v pozdějších fázích je práce „čistší“, pohledové části vznikají bez nutnosti finální úpravy.
2. Tak jako při vizualizaci výše (první vznikl model, poté textury) nejprve všechno „vymodelujeme“ (přitom nevnímáme nevyhovující barvu nebo strukturu materiálů) a až jako poslední část práce náš prakticky hotový model upravujeme povrchově. Při tom volíme celou škálu postupů, jako je barvení tekutými barvami, nanášení sprejů, lepení předpřipravených textur, vytisknutých obrázků a podobně. Pro specifické modely můžeme také požadovat úpravy

struktury, jako lepení dalších materiálů, sypkých směsí pro simulaci přírodních povrchů apod.

Předpokládám, že v průběhu práce bude vhodné účastníky motivovat k užití spíše druhého způsobu, tedy rozdělit práci na „hrubou“ – tvary a „jemnou“ – povrchy, přičemž se tyto práce snažíme chronologicky zařadit za sebe. Z mé zkušenosti vyplývá, že žáci mají tendenci se v jistých chvílích zaměřit na detaily, které třeba nejsou podstatné, a nestíhají dodělat důležitější části modelu, které jsou pro celkový dojem daleko podstatnější. Jednoduše řečeno vznikají například domy s naprosto dokonalou garáží i s funkčními vraty, přitom dům stále nemá střechu a okna. Pokud však vedoucí projektu uzná, že je to vzhledem ke specifikaci modelu nebo schopnostem žáka vhodné řešení, pak je samozřejmě možné přístupy kombinovat.

3.1.6 Presentace hotové práce

Pokud budeme za produkt činnosti v kroužku (mimo ty nehmotné – osvojení si dovedností apod.) považovat počítačový model a jeho fyzickou podobu, jejich prezentace má vlastní specifika a funkci. Předpokládám, že pro děti (obecně bez větší zkušenosti s 3D grafikou) může být fyzický model atraktivnější, protože si díky zkušenostem s výtvarnými činnostmi všeho druhu (typické pro věk žáků základní školy) dokáží dobře představit náročnost takové výroby. To u virtuální podoby platit nemusí. Pro některé může být ze stejného důvodu paradoxně atraktivnější počítačová vizualizace, která jim rozšíří obzory v problematice využití počítačové grafiky. Právě proto navrhuji prezentovat výsledky jako celek, včetně souvislostí mezi nimi a vším, co práci samotné předcházelo (a co ji doprovázelo).

Žáci mohou ostatním povídat o tom, proč si dané téma vybrali, jak zjišťovali rozměry a tvarové vlastnosti, jak zhotovili počítačový model, aby jej mohli snadno upravovat a připravit si tak podklad pro model fyzický. Mohou sdělit, jak se poprali s předvýrobní fází, kdy si museli rozmyslet postupy a použití různých materiálů, jaké výzvy jim to přineslo a proč se rozhodli zvolit použité řešení. Komplexnost práce podtrhne, pokud nebudou referovat jen o své tvůrčí činnosti, ale přidají informace o díle samotném – o budově a jejím historickém a místním významu či dalších zajímavostech.

Technická stránka prezentace vyžaduje také přípravu. Je vhodné žáky motivovat, aby svou práci dokumentovali, případně jim toto

nabídnout jako službu – pořizovat snímky obrazovky ze zajímavých fází vizualizace (zaznamenat stěžejní tvůrčí nápady, které jim pomohli vyřešit výrazné problémy) a fotografie probíhajících prací s materiály v druhé polovině projektu. Takové záznamy žákům umožní svou práci následně přiblížit kamarádům a jedná se o dobrý zvyk do jejich budoucích (třeba větších) projektů. Dokumentace usnadňuje zopakování postupu (zejména někým jiným), umožňuje i s větším časovým odstupem reflektovat volené postupy a podobně. V neposlední řadě je zrychlený pohled na jakékoliv vznikající dílo esteticky velmi uspokojivý a nabízí ilustraci, kterou slovní popis nemůže vynahradit. Finální podoba prezentace může být klasická počítačová souslednost snímků v jakémkoliv formátu, která se stane podkladem pro komentář autora. Ten může v polovině nabídnout prohlídku souboru s hotovou vizualizací a na po celou dobu nechat vystavený fyzický model, který si později žáci prohlédnou i z blízka.

3.1.7 Možná rozšíření projektu

Z mé zkušenosti vyplývá, že v souvislosti s nastupujícími vzdělávacími plány i mimoškolní zkušeností s oborem mají žáci 3D grafiku neodmyslitelně spjatou s 3D tiskem. Je pochopitelné, že zřejmě dojde na dotaz, jestli budeme modely tisknout, když už si s nimi tu práci dáváme, nebo přímo dotaz, proč model vyrábět zdlouhavě z papíru, když tisknout jde. Je vhodné s žáky diskutovat na téma výhod a nevýhod 3D tisku pro tuto činnost, případně s nimi přemýšlet, jestli s nástupem 3D tiskáren a jejich rozšíření i do domácností ztratí modelářská činnost, (případně vyrábění z drobných materiálů obecněji) své místo mezi tradičními a oblíbenými volnočasovými aktivitami. Já se vzhledem k dosavadnímu vývoji domnívám, že nikoliv. Modelářství už podobným (i když třeba ne tak významným) vlivům odolávalo v minulosti, některé úkony bylo možné nahradit technologicky vyspělejšími řešeními už před 3D tiskem (kupování lisovaných polotovarů, částí a podobně), přesto se k němu modelář často neobrátil. Drobná práce a nahrazení jednoduchého řešení složitějším, více-krokovým, totiž člověku přináší jisté uspokojení. Platí to i v jiných oborech, například v grafice, kde někdo dává přednost osobnější práci rukou na papír před ryze digitálním řešením, nebo v módě, kdy má ručně vyráběný kus oblečení daleko vyšší hodnotu, než kus strojově vyráběný po tisících. Domnívám se, že modelářská činnost bez využití 3D tisku bude z podobného důvodu vždy lákavá. Vzniklý model je sám originálem,

nelze jej snadno reprodukovat a snížit tím jakousi jeho uměleckou hodnotu.

Nicméně 3D tisk se s naší činností nedostává do žádného rozporu, právě naopak. Vytvoření počítačového modelu je koneckonců příležitostí daný objekt k tisku připravit a můžeme tedy kroužek obohatit o tuto cestu. V takovém případě je však na místě poměrně rozsáhlý blok teorie i praktického modelování s cílem vysvětlit žákům odlišnost modelů sloužících k prezentaci virtuální (důraz na detaily, autenticitu textur a podobně) a modelů sloužících k tisku. U těch je zapotřebí problematiku 3D tiskáren znát a respektovat jejich limity a specifikace. Detailní model může být naprosto nevhodný, dokud autor jeho podobu nepřizpůsobí vynecháním detailů, zjednodušením entit a podobně. Na internetu je k dohledání velké množství zdrojů informací k tomuto tématu, včetně videí popisujících, jak libovolný model k 3D tisku připravit, a to i v programu SketchUp. Tato problematika je v tuto chvíli nad rámec mé přípravy, v pilotní verzi kroužku se tomu neplánuji věnovat, i když dětem v případě zájmu rád nastíním, co je úskalím a co by nás v takovém případě čekalo za práci.

Dalším možným rozšířením projektu je nějaká syntéza témat, například skupinový projekt, který zpracuje nějakou oblast (blok budov, ulice, vesnice) tak, že modely jednotlivých účastníků vytvoří tematický celek. Případně může více účastníků zpracovávat stejné téma, ale volit odlišné postupy a své výsledky potom porovnat a diskutovat. Zde se také nabízí varianta vizualizací neexistujících staveb a děl, tedy jakási tvorba konceptů tak, jak se jí často věnují opravdoví architekti. Můžeme žákům zadat požadavky, případně je i zasadit do místního kontextu, nebo si hrát na probíhající rekonstrukci skutečného díla a nechat je navrhovat a prezentovat různorodá řešení. Takový průběh by skutečně byl spíše simulací práce architektonických kanceláří při vypsané soutěži, jak si často zkouší studenti vybraných oborů ve vyšších stupních vzdělávání. Domnívám se, že i na základní škole má takový projekt své místo a může žákům pomoci se rozhodnout, mají-li o takové směřování své kariéry zájem.

3.2 Analýza výchozího stavu

Účastníky projektu jsou čtyři chlapci z šestých a sedmých tříd základní školy. Počet je volen s ohledem na nutnost průběh dokumentovat a mít dobrý přehled o průběhu jejich práce. Po dokončení by mělo být jasnější,

jak náročné je projekt v tomto počtu účastníků vést a o kolik více by se jich mohlo účastnit v praxi, kdy by průběh nemusel být analyzován pro účely vytvoření diplomové práce. Dívka se bohužel pilotní verze neúčastnila, přesněji řečeno jedna si vyslechla motivační hodinu, ale z časových důvodů se rozhodla dát přednost jiné aktivitě ve stejnou dobu. Tento stav není kvůli malému vzorku statisticky významný, ale zřejmě by nebylo překvapením, kdyby se v něm odrážela v teoretické části popsaná rodová diverzita zájmů dětí v konkrétní fázi jejich vývoje, ale i obecně. Zájem o informace ke kroužku projeví chlapci v daleko větší míře, také se obecně jednalo o žáky úspěšnější v technických předmětech a zajímajících se o takové směřování jejich studia.

Z praktických důvodů budu chlapce nazývat jmény, která však neodpovídají realitě. Specifikem situace je fakt, že jsem všechny chlapce učil na matematiku, a tak mám přehled o jejich dovednostech v tomto příbuzném (s ohledem na geometrii a prostorovou představivost i grafomotorickou šikovnost při ní) oboru. V krátkosti nabízím jejich výchozí rozpořádání a zkušenost s podobnými činnostmi:

- Kristián je žák šesté třídy s velkým zájmem o architekturu. I před projektem má malou zkušenost s 3D grafikou, ale ničemu se nevěnoval systematicky a toto by rád změnil, v nějakém programu se naučil komplexně. Má již před začátkem spoustu nápadů na díla, která by chtěl zpracovávat, o celý projekt projevuje nadšeně zájem a je ambiciózní. Také s modelářskou činností má zkušenosti, doma skládá papírové modely a také již zkoušel vyrobit vlastní. Kromě architektury se zajímá také o vojenská zařízení a vozidla, což by mohlo podobný projekt tematicky rozšířit.
- David je žák šesté třídy. Do projektu se nejdříve nepřihlásil, začal chodit o jeden týden později po tom, co si od spolužáka vyslechl tlumočený obsah seznamovací hodiny, což v něm probudilo motivaci zúčastnit se. O architekturu se dosud nijak nezajímal, ale je zřejmé, že mu téma není cizí, jen ho dosud nenapadlo se tím z vlastní vůle zabývat. Matematicky je průměrně nadaný, stejně se dá charakterizovat úroveň jeho zvládání práce s počítačem. S 3D grafikou se seznámil nedávno ve škole, je začátečník v ovládání jiného programu. S modelářstvím má také malou zkušenost, setkal se s papírovými modely v časopisech a podobně.
- Michal je žák šesté třídy. O architekturu se velmi zajímá, rodiče pracují v příbuzném oboru. S 3D grafikou zkušenosti nemá, ale rád by se v nějakém programu naučil, i kvůli zájmu o 3D tisk. Modelářská

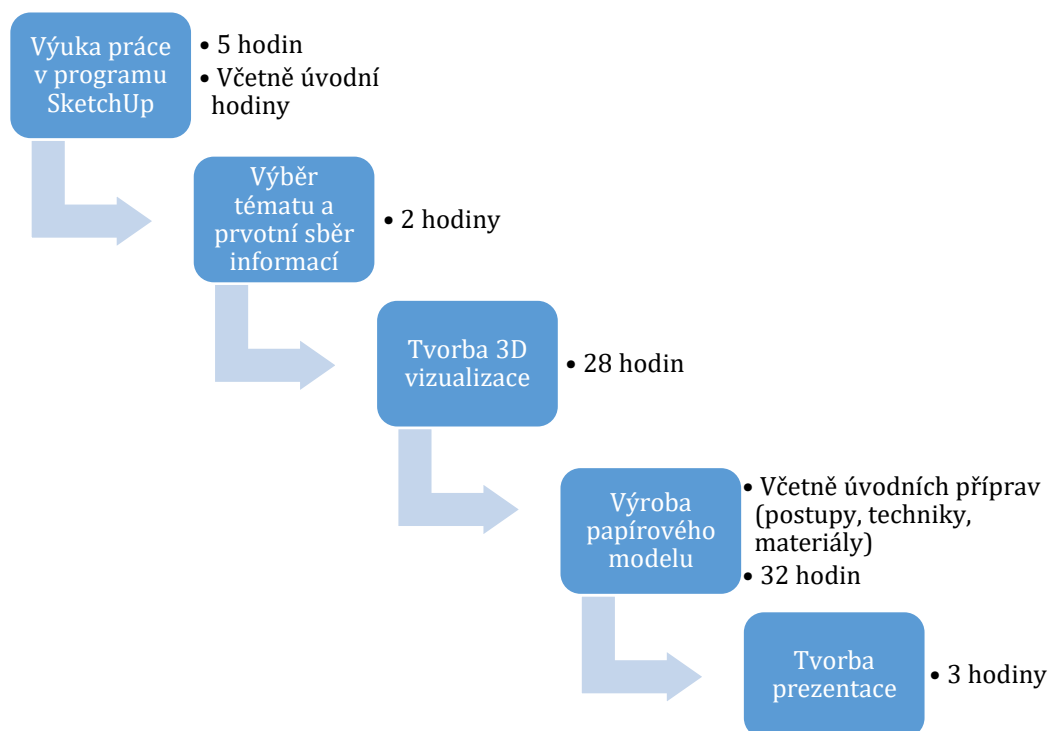
činnost mezi jeho koníčky nepatří, ale také té se prý bude rád věnovat, zejména ho motivuje vidina modelování výškových budov. Z hlediska matematiky jemný motorický neklid a nejistota, pomalejší tempo práce.

- Dalibor je žák sedmé třídy. Má široké spektrum zájmů (avšak do většiny nepronikl nijak hluboko, přehled je dobrý, ale plytký), proto projevuje zvědavost i ohledně architektury a zejména možnosti naučit se novou dovednost na PC. Projevuje velký zájem i o 3D tisk a další možnosti rozšíření naší činnosti. S modelářstvím prakticky nemá zkušenosti, matematicky je nadaný, avšak patrný je grafomotorický neklid projevující se při rýsování i při ovládání PC, který by mohl komplikovat zejména práci na drobných detailech ve fyzickém modelu. Domnívám se, že pravidelná činnost podobného charakteru by však zároveň mohla potíže oslabovat, případně chlapce naučit se s nimi vypořádat bez vlivu na kvalitu vytvořeného díla.

Projekt probíhá každý týden v úterý (po dohodě s účastníky) s dotací 90 minut. První polovina (do finální podoby vizualizace) probíhá v počítačové učebně, kde má každý žák k dispozici poměrně výkonný desktop, své cloudové úložiště (pro sběr podkladů a podobně) a samozřejmě přístup na internet (využijeme online verzi SketchUpu běžící přímo v prohlížeči). Navíc jsou lavice uspořádány do tvaru podkovy (sedíme zády k sobě), takže žáci mohou komunikovat a zároveň jednoduše sledovat obrazovky ostatních (pro vedoucího velmi výhodné). Druhá polovina (výtvarná činnost) proběhne v klasické školní třídě, kde máme možnost uskladnit nepoužité materiály mezi hodinami a každý má dostatek místa k práci beze strachu z poškození techniky. Na každou hodinu bude mít žák přesto k dispozici notebook, na kterém může prohlížet svou vizualizaci (zmenšenou na velikost modelu pro získání konkrétních rozměrů při úpravě materiálů), případně vyhledávat informace o výtvarných technikách, dostupných materiálech a podobně. Na zařazení prezentace na konci projektu se v průběhu domluvíme (na případných rozšířeních projektu k tématu 3D tisku a podobně taktéž), taková fáze by proběhla opět v počítačové učebně.

Na konci projektu se žáci zúčastní výzkumu, který bude šetřit získané zkušenosti a pohled samotných žáků na ně. Podrobnosti k němu budou v další části práce.

Jak vyplývá již z předchozí práce, projekt má více různorodých částí. Zjednodušené schéma příkladu výuky s předpokládanou dotací vyučovacích (45 minut) hodin je níže. Záměrem je vejít se s prací do rozmezí 60–70 hodin, aby mohl být projekt při týdenním průběhu realizován během jednoho školního roku.



Obrázek 15 – Rozdělení činností s uvažovanou časovou dotací.

3.3 Aplikace metodiky do praxe

3.3.1 Před úvodní hodinou

Nábor do kroužku probíhal před zahájením výuky rozesláním letáků a zprávy v informačním systému školy v této podobě (použito konkrétní dílo z mé dřívější práce pro ilustraci):



Obrázek 16 – Rozeslaný příspěvek, na který reagovali zájemci o kroužek.

3.3.2 Úvodní hodina

Prvních 45 minut bylo zasvěceno motivační fázi a prvnímu seznámení se s žáky, včetně analýzy jejich očekávání od kurzu. Prezentoval jsem jim hotový projekt na téma World Trade Center, představil jim jednotlivé fáze tak, jak jsou popsány dříve v teoretické části práce. Bavili jsme se o vztahu žáků k architektuře. Je zřejmé, že zatímco dva z nich se o ni zajímají a hlavní motivací projekt dokončit je tematická blízkost jejich zájmům, u dalších dvou je motivací spíše snaha získat nové dovednosti (ovládání 3D grafického softwaru) a téma architektury je jen prostředkem, který se rozhodli přijmout.

Nabídnul jsem případné rozšíření oblastí zájmu, že by tedy mohli zpracovávat i modely technických zařízení, dopravních prostředků, vojenské techniky a podobně. Chlapcům jsem však vysvětlil, že je dobré se nad tímto zamyslet až ve chvíli, kdy mám nějaké zkušenosti s prací v programu a jsem schopen rozhodnout o tom, co zvládnu a co bude nad mé síly.

3.3.3 Výuka práce v programu SketchUp

Výuka práce v programu proběhla ve shodě s navrženou metodikou v předchozím textu. Žáci si probírané nástroje zkoušeli v praxi, občas se však stávalo, že nechtěli jen vyzkoušet samotné ovládání nástroje, ale také chtěli bezprostředně nástroj využít k nějaké relativně komplikované konstrukci. Pokud jsem uznal, že takové „blbnutí“ je v danou chvíli dobrým způsobem, jak dovednost s nástrojem fixovat a prohloubit, tak jsem chlapce nechal pokračovat, případně je i motivoval dál dotazy a připomínkami. Například při zaoblení (sražení) vrchních hran kvádra dokázal Kristián srazit hrany protějším nástrojem Push/Pull, ale následně nevěděl, jak pokračovat v zaoblení hran zbylých. K tomu slouží nástroj Follow Me a učitel může v danou chvíli (pokud se zorientuje ve snaze žáka a zná program) připomenout, že jiným nástrojem docílí kýženého výsledku a podobně.

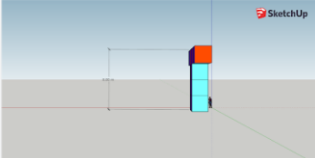
Abych měl zpětnou vazbu o tom, jak se chlapci zdokonalují a v programu orientují, zařadil jsem průběžné úkoly, které měli splnit. Příklad zadání a vypracování takového úkolu je níže. Zkoumal jsem (kromě základní orientace v prostředí programu) zejména dovednosti s nástroji Line, Rectangle, Push/Pull, Paint, Move (případně alternace pomocí schránky a kopírování), práci s kamerou a podobně:

1. Vymodeluj krychli o hraně 2 metry.
2. Každou stěnu krychle obarvi jinou barvou.
3. Krychli zkopíruj tak, aby v tvém modelu byla třikrát a všechny tři polož na sebe.
4. Ze tří krychlí na sobě udělej skupinu.
5. Skupinu zkopíruj a vlož někam do prostoru.
6. Novou skupinu otoč o 90° a zkus položit na tu původní tak, aby vznikl tvar písmena T.
7. Pomocí nástroje *Dimensions* mi v modelu ukaž celkovou výšku písmena T.
8. Do složky *1. úkol* na disku Google nahraj 3 obrázky (formát PNG) výsledného objektu - zepředu, ze strany a shora.

Název ↓	Velikost souboru
 Písmeno T - 1. úkol zhora.png	17 kB
 Písmeno T - 1. úkol zezadu.png	19 kB
 Písmeno T - 1. úkol ze strany.png	21 kB

 Písmeno T - 1. úkol ze strany.png

PodrobnostiAktivita



Obrázek 17 – Příklad zadání a vypracování úkolu šetřícího porozumění nástrojem programu.

Podobné úkoly je podle mě vhodné zařadit, nemusí to však být nutnost, a nakonec jsem volil zadání bezprostřední, nepromyšlené příliš předem. Občas jsem se velmi mýlil v odhadu toho, co je pro chlapce nástroj komplikovanější a co naopak jednoduchý, což bylo navíc u všech velmi různorodé. Rozhodl jsem se proto příliš strukturované úkoly vynechat a po vysvětlení některých nástrojů dávat dílčí praktičtější zadání typu „kdo zvládne nástrojem Follow me vymodelovat kouli“, „kdo zvládne okna z jedné strany domu přenést na stranu protější nástrojem Rotate“ a podobně.

Zajímavým momentem bylo setkání chlapců s úhly a jejich velikostí. Tuto problematiku ještě neměli teoreticky probranou z hodin matematiky, proto byli z nové jednotky a jejího významu nejdříve zaskočení. Znali ale pojem pravý úhel, takže jsme stručně měření úhlů vysvětlili na tabuli a chlapci se brzy zorientovali do takové míry, aby přibližnou velikost úhlu dokázali odhadnout a s nástroji správně pracovat.

3.3.4 Výběr témat

Průběh této fáze byl silně individuální. Stalo se mi vše, co jsem si z hlediska diverzity mohl při tak malém počtu žáků přát.

Kristián měl problém s tím, že vhodných témat měl pro svůj zájem o architekturu hned několik a nemohl si vybrat, které nakonec zvolí. Nechal jsem mu čas, aby zamýšlené budovy prozkoumal a přemýšlel, která se mu (nyní už se zkušeností se SketchUpem) bude dobře konstruovat a kterou je reálné vyhotovit i jako maketu. Pro lokální význam a osobní zkušenost nakonec zvolil téma brněnské vily Tugendhat. Již při výběru projevil náznaky představ, jak bude při výrobě postupovat, což mě i přes tvarovou složitost objektu naplnilo vírou, že vše systematicky zvládne.

David sám s žádným nápadem nepřišel, spíš projevil zájem o to, abych mu téma sám poradil, nebo jej alespoň inspiroval. Zkusil jsem přivést řeč na mrakodrapy a David na některé příklady reagoval tak, že je zná, tuší o co jde. Řeč pochopitelně přišla i na ikonický Manhattan a Empire State Building. David si budovu vyhledal a uvědomil si, že ji zná (jako mnoho lidí vlivem západní popkultury) a že je to pro její proslulost vhodné a atraktivní téma pro zpracování.

Michal měl svůj vysněný plán v hlavě již od začátku projektu. S velkým zájmem o mrakodrapy a zároveň lokální architekturu měl v plánu zpracovat brněnský AZ Tower. Téma je podle mého názoru velmi vhodné

z hlediska náročnosti. Budova je jistě s přiměřenou dávkou úsilí takto starým žákem zpracovatelná, ale zároveň představuje zajímavou geometrií jistou výzvu.

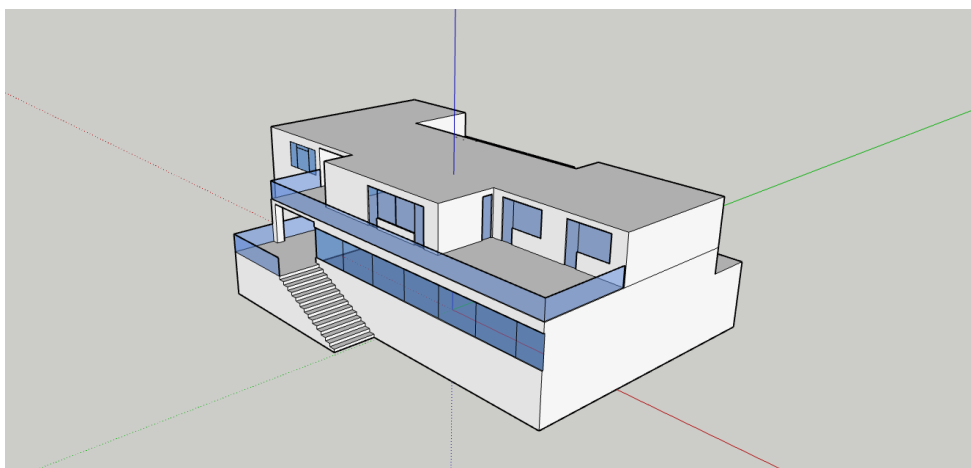
Dalibor chvíli nemohl přijít s nápadem, který by ho nadchl, ale inspirován prací kolegů na dílech s regionálním významem (Tugendhat, AZ Tower) jej napadlo zpracovat téma nám vůbec nejbližší – školní budovu, v které jsme právě seděli. Musím přiznat, že tímto nápadem jsem byl nadšen, protože otevírá úplně nové možnosti, zejména sběr podkladů pro tvorbu má specifickou formu – vše (rozměry, barvy, tvarové náležitosti) analyzujeme ne zprostředkovaně, ale přímo a v reálném čase. Nebránil bych se myšlence příště podobné téma zpracovat skupinově se všemi účastníky, a o to detailněji.

3.4 Tvorba vizualizací

S ohledem na rozsah a důležitost textu tvoří hlavní dvě fáze projektu samostatně členěný oddíl.

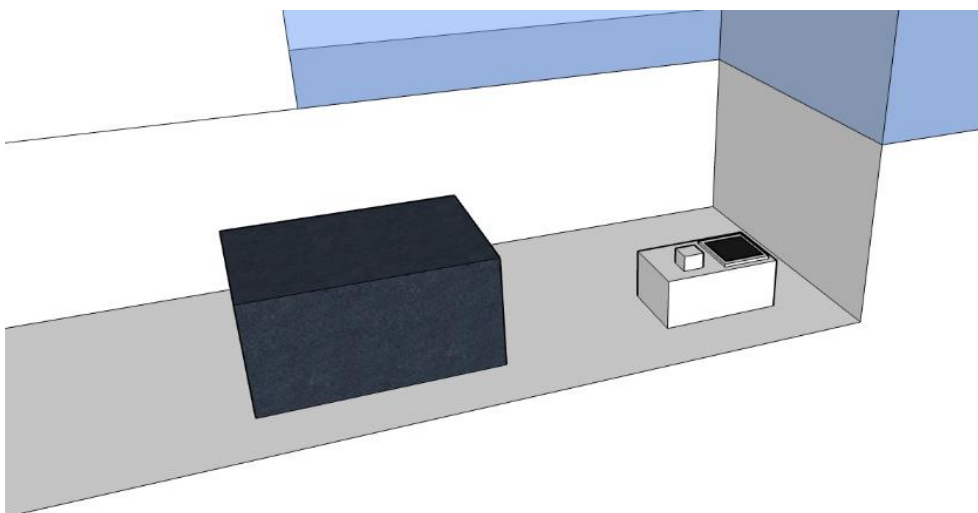
3.4.1 Vila Tugendhat (Kristián)

Kristián zvládl výuku ve SketchUpu asi nejlépe a zatímco jsem s ostatními chlapci teprve přemýšlel, co a jak modelovat, on sám budovu prakticky dokončil, a to velmi efektivně. Podle mapy si naměřil rozměry půdorysu (přitom musel prokázat dobrou prostorovou představivost a práci s obrazovými zdroji – některé části vily jsou totiž v terénu atd.). Narýsoval půdorys (pro každé ze tří podlaží zvlášť, protože jsou různé) a nástrojem *Push/Pull* vytáhl do patřičných výšek. Ty jsme konzultovali a nakonec volili odhadem z obrázků, kde je možné vilu porovnat s lidmi, případně porovnat výškový rozměr relativně k délkovému (který známe z půdorysu). Po vymodelování základního tvaru objektu si rozvrhl rozmístění oken a dveří a dodělal zábradlí (vše jsou ploché obarvené entity, pro celkový dojem to stačí).



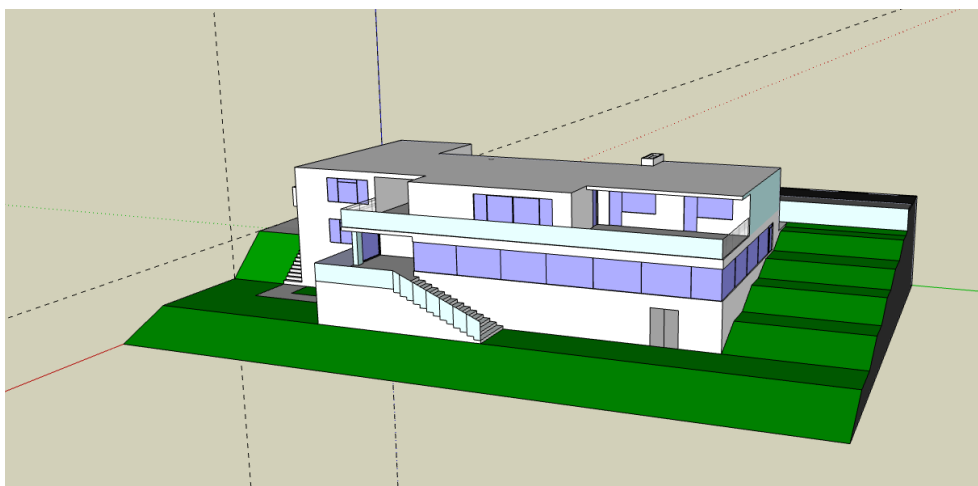
Obrázek 18 – Základní podoba modelované vily

Kristián se poté pustil do detailů, jako jsou například na obrázku níže. Dovolil jsem si připomenout mu, co je naším cílem – vizualizovat model, který bude prakticky možné vyrobit z papíru a který bude vilu uspokojivě znázorňovat. Po rozpravě uznal, že místo těchto detailů, které bude téměř nemožné vyrobit (je dobré žákům dát představu, o jak malé předměty vzhledem k měřítku půjde, např. porovnat s celkovou velikostí vily řádově v nižších desítkách centimetrů), bude lepší objekt zasadit do terénu, protože to je pro budovu charakteristické.



Obrázek 19 – Detaily modelu vily

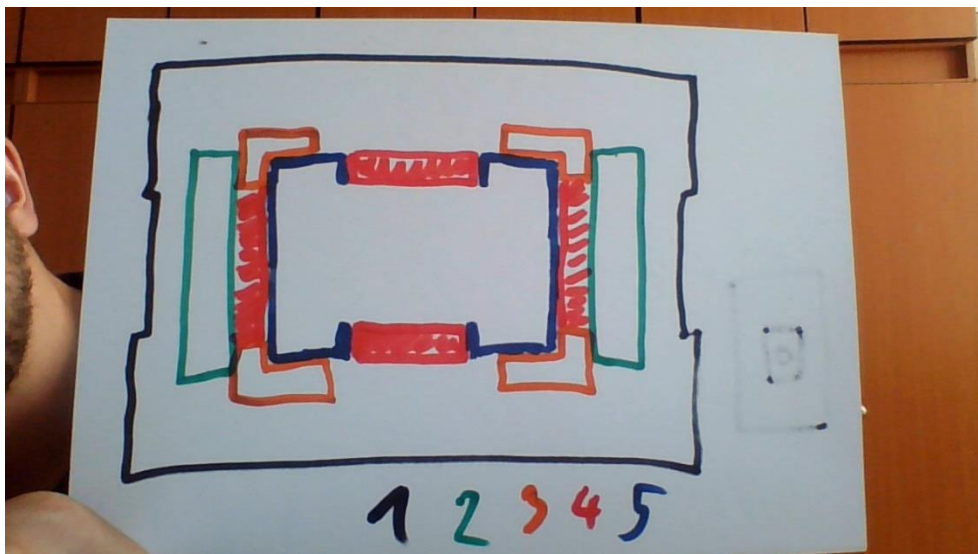
Kristián si sám navrhl, jak velkou část terénu znázorní, a začal na něm pracovat. Nepovažoval jsem za nutné žáky uvádět do problematiky modelování „naturálního“, tedy přirozeně vyhlazených zakřivení terénu. Našemu účelu z časových důvodů lépe posloužila zjednodušená reprezentace nakloněnými plochami, viz obrázek.



Obrázek 20 – Finální podoba vizualizace vily

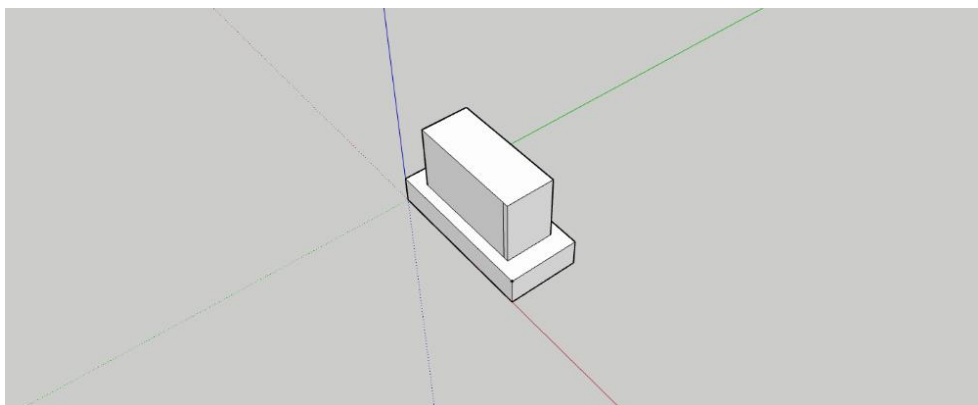
3.4.2 Empire State Building (David)

David se při přemýšlení možných postupů začal obávat komplikovaného tvaru budovy. Pracovat začal sám, ale práce byla bez konceptu, s obtížemi měřil dílčí rozměry a měl problém je správně interpretovat a zanášet do modelu. Proto jsem mu nabídl jiný pohled na daný objekt. Půdorys můžeme vnímat jako vrstvy „nabalené na sebe“, které se vytahují do prostoru a od krajních směrem doprostřed dosahují větších a větších výšek. Jednoduchý půdorys na základě prohlížení objektu dokázal sestavit:



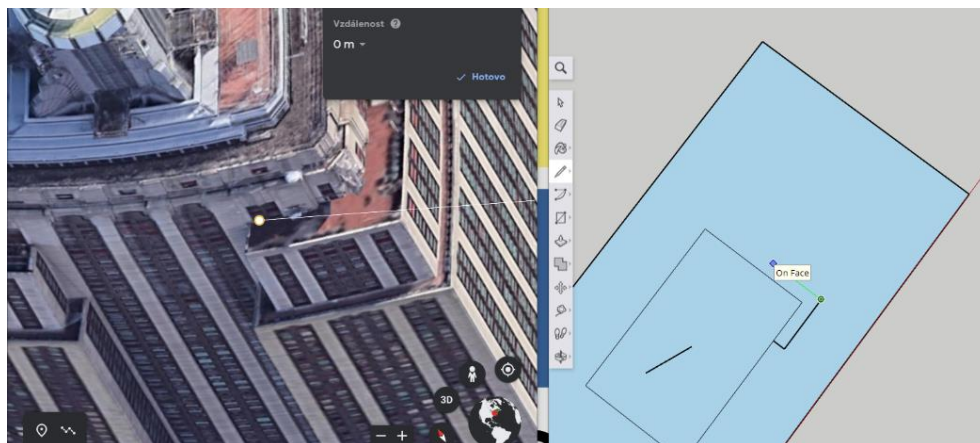
Obrázek 21 – Náčrtek půdorysu se zřetelnými částmi rozdílné výšky

Na základě toho schématu se pustil do modelování systematictějšího, kdy už zjišťoval konkrétní rozměry a věděl, kam je do modelu zanášet, jak postupovat. Práce potom vypadalo takto:

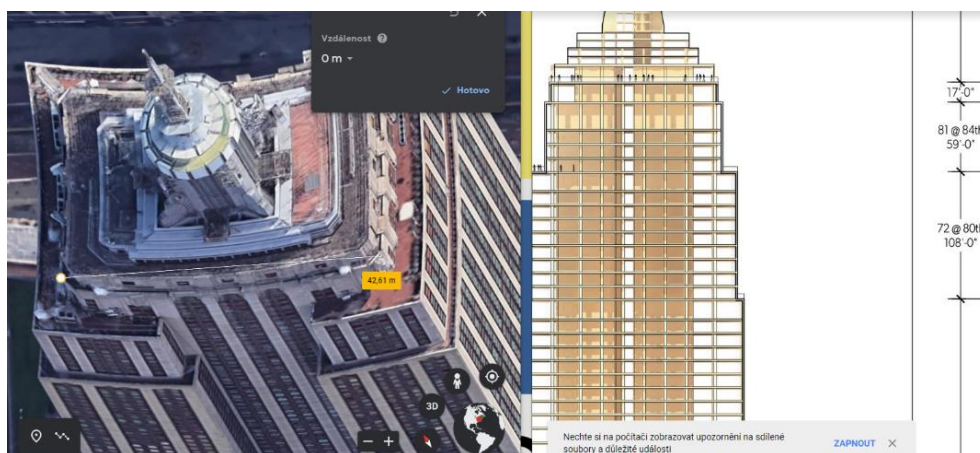


Obrázek 22 – Prvotní pokus o konstrukci mrakodrapu

I s tímto přístupem však narazil David na limity, a to u složitějších částí, jejichž půdorysem nejsou jen čtyřúhelníky, ale jedná se o různé tvary obklopující rohy budovy a podobně. Napadlo mě práci rozdělit striktně na práci v rovině – vytvoření půdorysu se všemi detaily (hranami), které budou pro vytažení do prostoru využity, a tažení do prostoru až na závěr (což by měla být pro snadnou dostupnost materiálů s výškovými údaji relativně snadná práce – viz obrázek).



Obrázek 23 – Kreslení půdorysu podle měření v mapovém podkladu



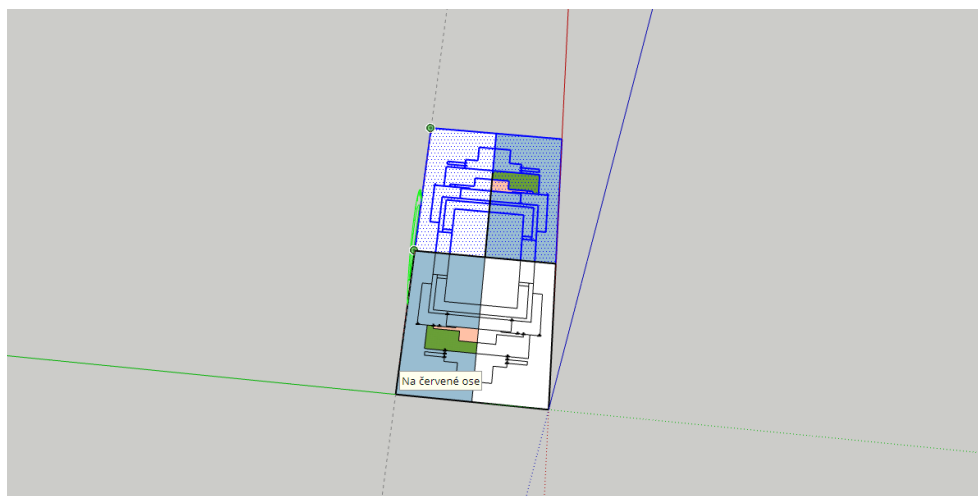
Obrázek 24 – Analýza bokorysu budovy (výšky jednotlivých částí)

David chtěl půdorys kreslit celý, napadlo mě mu poradit (navést ho), že je jistým způsobem pravidelný – souměrný podle dvou os. Na základě toho a znalostí kopírování a transformací v programu si uvědomil, že bude stačit kreslit čtvrtinu, viz obrázek níže, kterou pak dvakrát zrcadlí. Po těchto nápovědách David pracoval samostatně, systematickosti procesu ho motivovala a v práci se dobře orientoval. Některé plochy obarvil, to může v poměrně složitém obrázku pomoci s orientací v modelu.



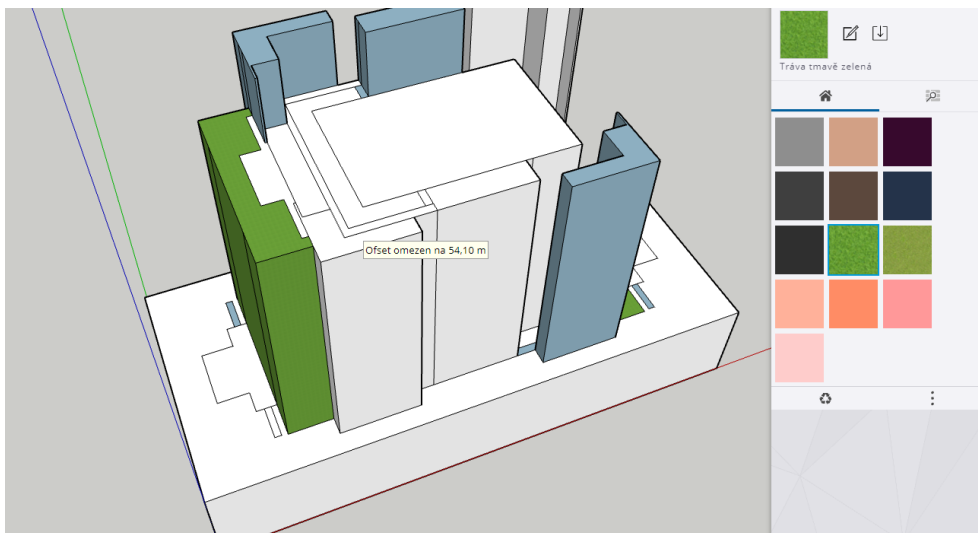
Obrázek 25 – Kompletní půdorys čtvrtiny objektu

Hotový půdorys (vzniklý transformací čtvrtiny) lze vidět na dalším obrázku. Takovou transformaci lze provést různými způsoby. David zvolil rotaci entity se zachováním vzoru. Není to nejvhodnější způsob k použití při tvorbě modelu k 3D tisku, protože nezachová orientaci stěn (program rozeznává vnitřní a vnější stranu plochých entit), ale v tomto případě použít lze. Výsledná entita vzniká rotací o přímý úhel kolem osy souměrnosti.



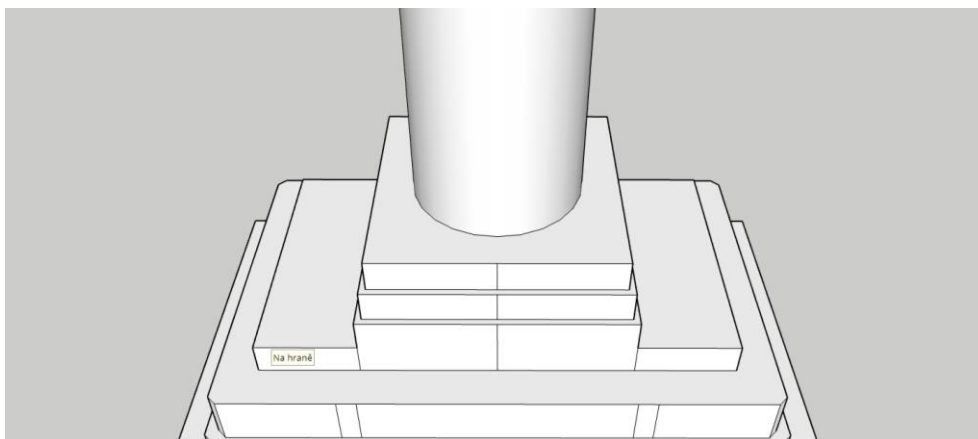
Obrázek 26 – Vyhotovený půdorys

Další prací bylo vytažení příslušných částí do odpovídajících výšek. Tyto výšky jsou na internetu dohledatelné, práce tak spočívá spíše v dobré orientaci v modelu (prostorové představivosti), protože vzorem je bokorys, který u nás teprve vzniká. Žák tak musí dobře chápat vztah mezi dvěma různými pohledy a být pečlivý při výběru správných částí plochy.



Obrázek 27 – Tažení částí objektu do výšky

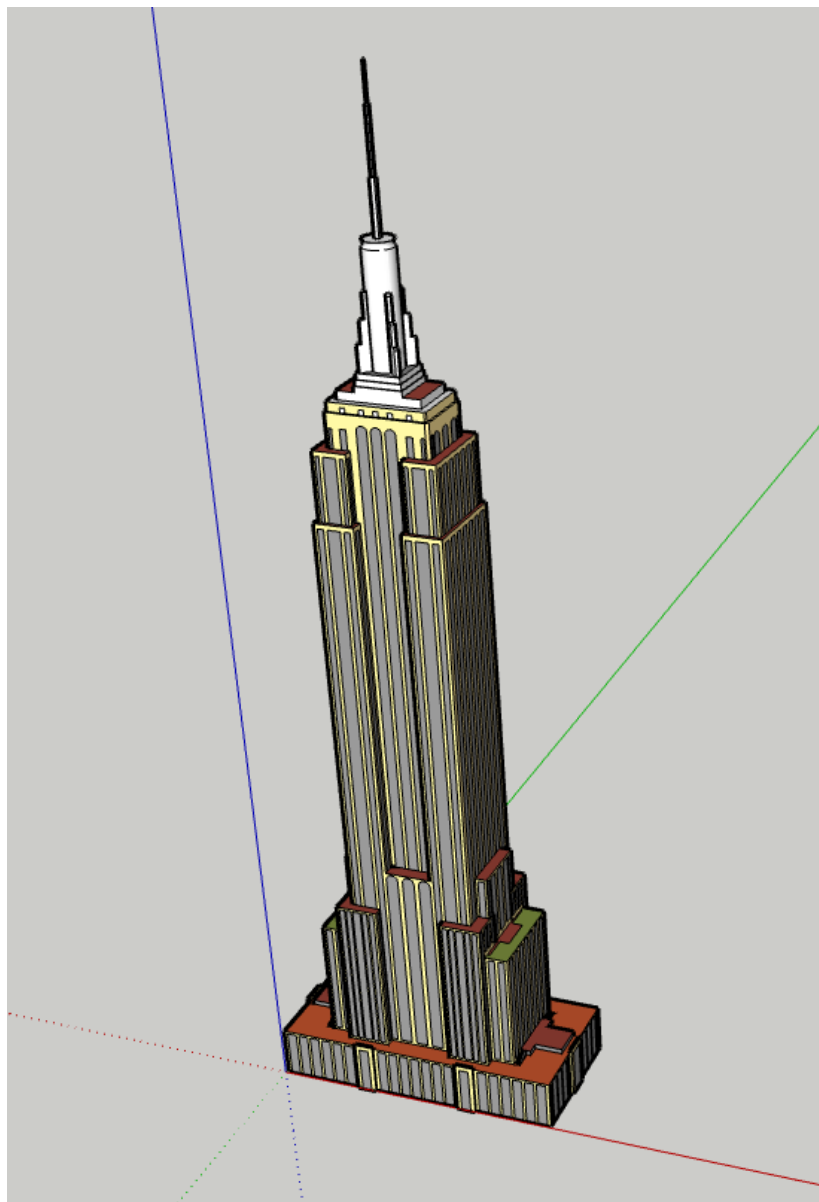
Po vytažení do výšky následovalo poslední modelování, a to detaily střechy a antény na ní. Při tomto žák postupoval jen díky studiu obrazových materiálů a odhadům rozměrů na jejich základě. Znovu je dobré nabídnout žákovi kritiku a nápady typu „tato část mi připadá trochu vyšší než ta pod ní, přidal bych metr, když to tvoří celé patro“ a podobně.



Obrázek 28 – Práce na detailech střechy

Po vyhotovení modelu zbývá dokončit barevné provedení. Po pouhém obarvení fasády model nepůsobil dobře, nedařilo se nám najít vhodné odstíny pro zachování celkového dobrého dojmu. Proto jsme se rozhodli doplnit vertikální pruhy reprezentující řady oken. Jejich šířku opět David odhadoval. Tentokrát na základě toho, že do nějaké části, která má

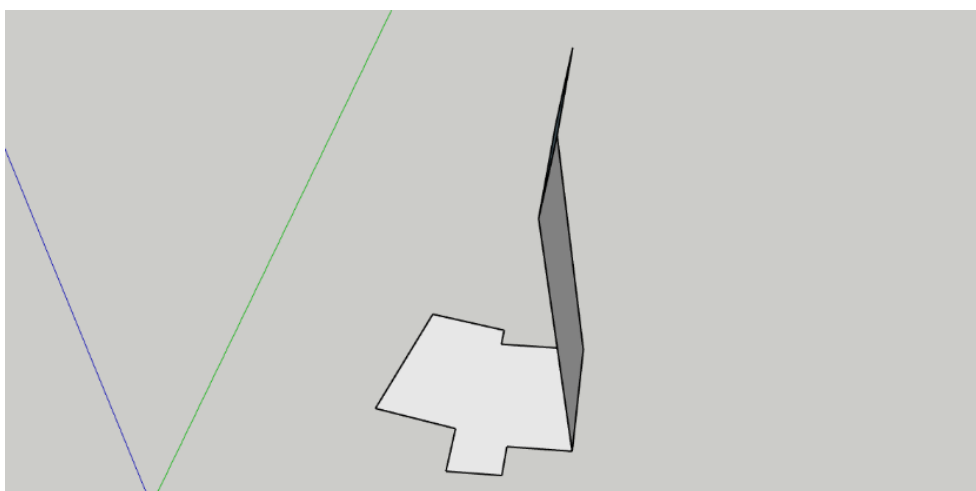
konkrétní rozměr, se mají vlézt například tři vedle sebe. Po jejich dokončení a obarvení již model vypadal velmi dobře a mohli jsme jej považovat za dokončený:



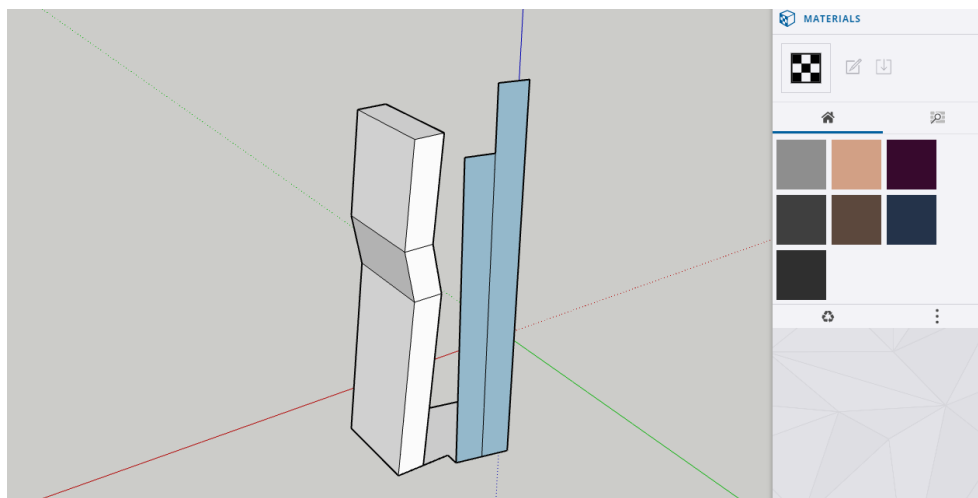
Obrázek 29 – Finální podoba vizualizace budovy

3.4.3 AZ Tower (Michal)

Michal začal svou vizualizaci nakreslením půdorysu, který má sice poměrně složitý tvar, ale vzhledem k dispozici detailního mapového podkladu a měření v něm lze zhotovit uspokojivou reprezentaci. Po prozkoumání tvaru budovy žák naznal, že jedinou výraznou komplikací, s kterou si neví rady, je lomená část. Ta v podstatě jako jediná nebude tvořena vertikálním vytažením půdorysu. Žák chtěl podobného lomení docílit konstrukcí příslušného úhlu, ale to není dobře měřitelné, ani dostatečně přesné pro reprodukci (hrany by se ve vrchní části nemusely potkat ve vyhovující výšce vlivem i malé nepřesnosti). Proto jsem mu navrhl, ať se zaměří na boční hranu lomené části, ale místo úhlu měří „úskok“ (vychýlení oproti vertikální ose) a výšku, kde nastává. Tento úskok lze měřit při dobré představivosti z mapového podkladu, nebo jej můžeme odhadnout z bočního pohledu budovy porovnáním s nějakým známým rozměrem. Výšky v modelu obecně jsme vyčetli z nákrešů na dříve zmíněném webu zabývajícím se mrakodrapy. Model v průběhu výše popsané fáze a při kreslení dalších bočních stěn je na obrázku:

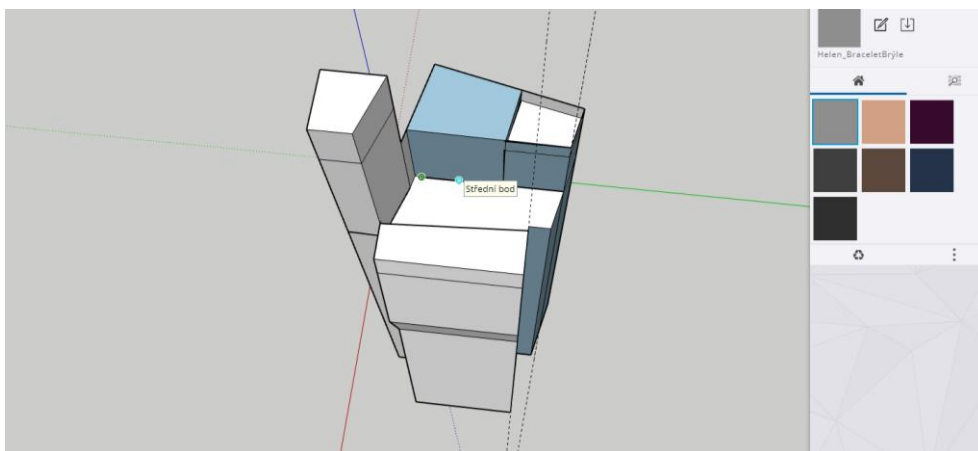


Obrázek 30 – Půdorys s částí lomené stěny



Obrázek 31 – Pokračující práce se stěnami

Po vytažení nachystaného půdorysu (jeho částí) do příslušných výšek již model připomínal skutečnou stavbu, avšak bylo zapotřebí dodělat několik detailů v horní části. Při jejich konstrukci začalo Michalovi dělat problém uzavírání ploch, při vytahování do prostoru zjistil, že některé plochy jsou lehce nakloněné a některé hrany nevedou přesně žadáním směrem, přičemž to není při běžně používaném přiblížení poznat. Toto je něco, co se zejména mladším a méně pečlivým uživatelům SketchUpu může stávat často. Při modelování bylo špatně užito přichytávání kurzoru nebo zamknutí směru kreslených čar, typicky si žák správný směr drží, ale právě při kliknutí potvrzujícím dokončení entity s myší pohne a koncový bod je o malý kousek jinde. Tyto chyby se bohužel většinou projeví se zpožděním, kdy už je těžké je opravit a jedná se o práci, kterou nelze zautomatizovat. Chyba se musí identifikovat a ručně opravovat veškeré nepřesnosti, které jsou jejím důsledkem. Ukázka podobné nepřesnosti níže:

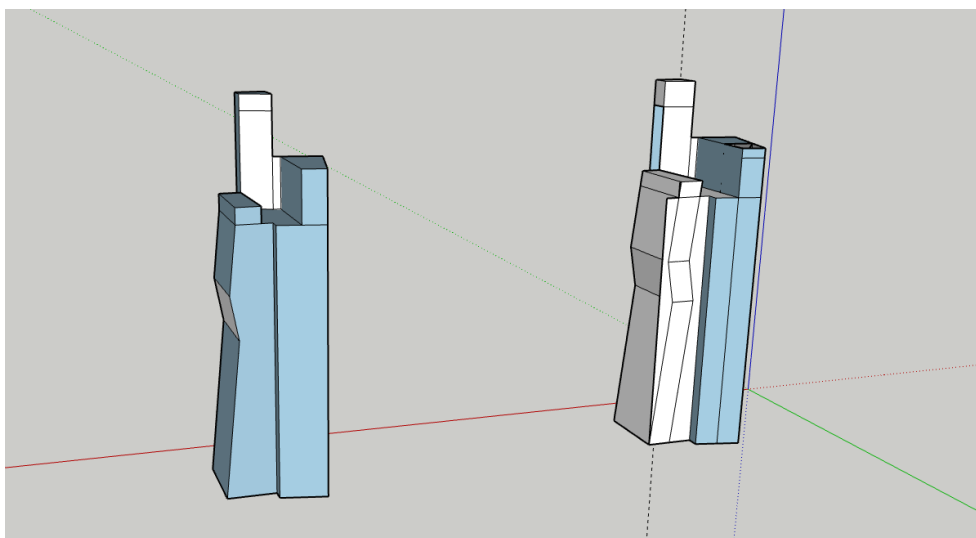


Obrázek 32 – Práce na střešních detailech odhalující nepřesnosti



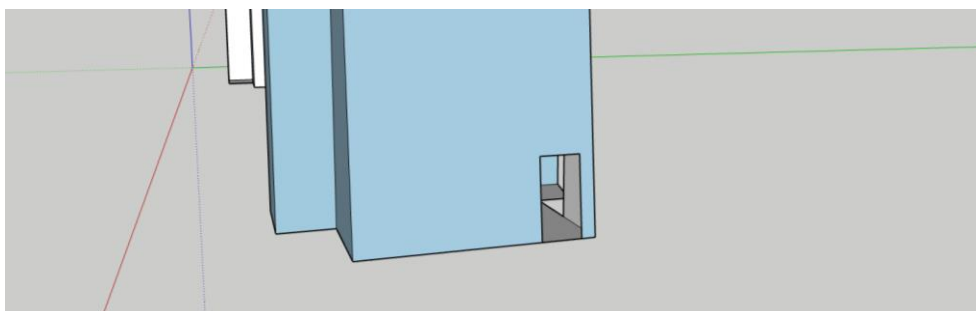
Obrázek 33 – Nežádoucí hrana vzniklá nepřesnou prací

Abychom měli jistotu, že náprava je kompletní a model chyby neobsahuje, navrhl jsem Michalovi, aby zvolil řešení radikální a model zhotovil znovu, do stejného souboru. Může tak využívat již zjištěné rozměry, ale hlídat si, že hrany mají žádoucí směr a konstruujeme jen ty nezbytné (nepotřebné entity pomocného rázu mohou model činit nepřehledným a samy o sobě se stát zdrojem chyb – nechtěné přichycení kurzoru a podobně). Překreslený model (již daleko rychleji než původní) na obrázku níže:

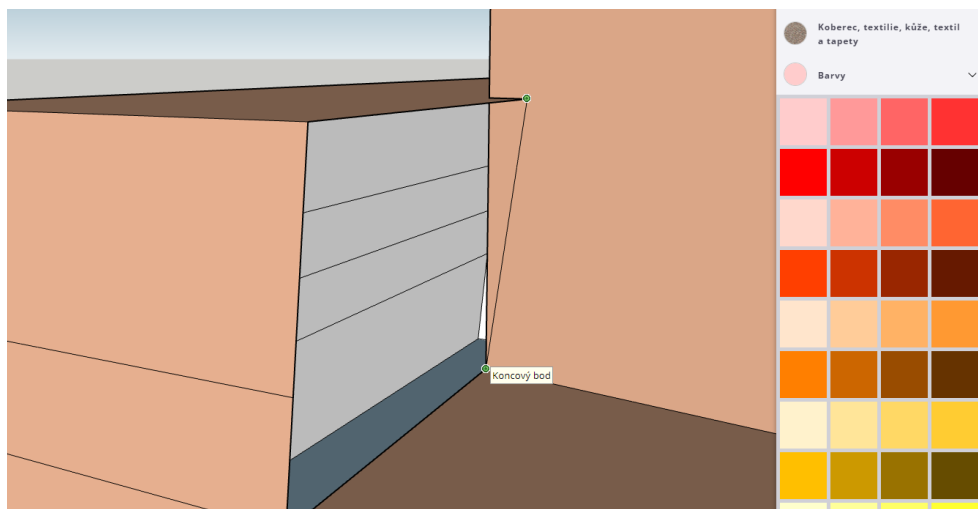


Obrázek 34 – Náprava novým vyhotovením objektu

Základní tvar budovy je tímto hotový a přirozeně přichází na řadu práce na některých detailech, jako jsou průchody ve spodní části budovy nebo tvarové podrobnosti ve střešní části patrné na dalších snímcích. Pro tyto části není možné nalézt žádný informační zdroj s konkrétními rozměry. Žáka instruujeme, aby v podobných chvílích čerpal z obrazových podkladů a rozměry odhadoval ve vztahu k již existujícím. Připomeňme žákům i smysluplnost některých rozměrů. Je žádoucí přemýšlet prakticky a ověřovat, zda-li například nemá patro na výšku méně než je okolo nás v podobných budovách běžné a podobně.

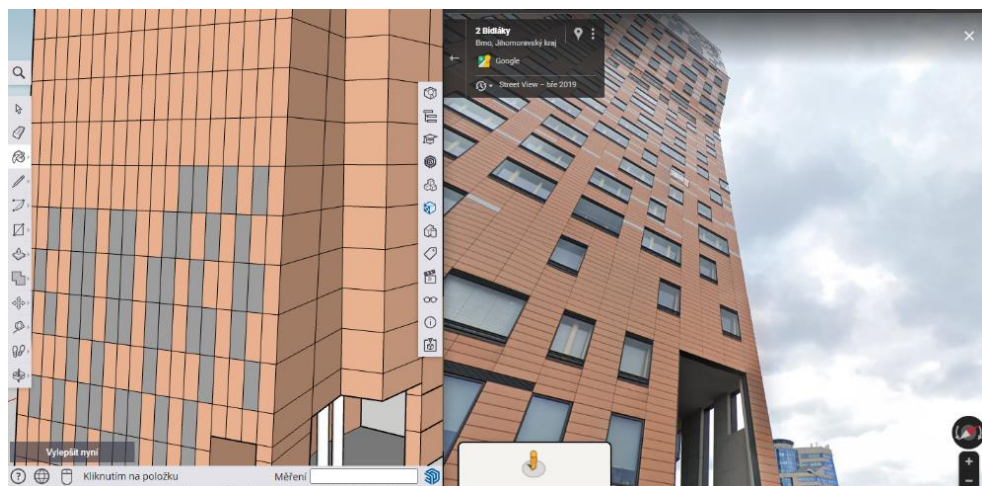


Obrázek 35 – Práce na detailech

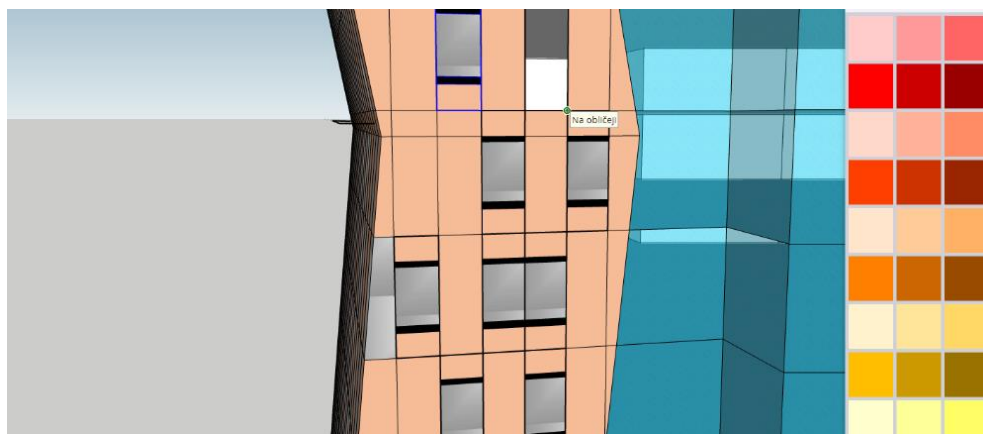


Obrázek 36 – Pokračování práce na detailech

Vzhledem k rychlosti dosavadní práce a potřebě autenticitu vizualizace podpořit vzhledem fasády, rozhodl se žák pustit se do stereotypní a zdlouhavé práce s okny, která jsou na budově rozmístěna na první pohled náhodně a není možné si jejich polohu zjednodušit, vnímat v umístění nějaký vzorec. Naštěstí jsou obrazové podklady v dostatečně dobré kvalitě na to, aby žák při dostatku času jedno okno po druhém správně umístil a dosáhl naprosto autentického rozložení. Je ale nutné práci systematizovat, proto jsem chlapce navedl, aby si části stěn s okny rozdělil na jakousi síť panelů. Některé panely okno obsahují, jiné ne. Více panelů s oknem vedle sebe pak tvoří okno násobně větší. Po rozdělení na požadovaný počet panelů (na výšku podle pater, na šířku podle fotek – něco jako panely je pozorovatelné i na skutečné budově) si pak žák označil jinou barvou ty, kde se okno objevuje. Poté stačí jedno okno nakreslit a kopírováním rozmístit (výjimku tvoří okna v lomené části, které musel žák nakreslit zvlášť pro jejich jiný tvar, nebo okna rohová dokreslená ručně po jednom). Lépe bude postup pozorovat přímo na obrázcích níže:

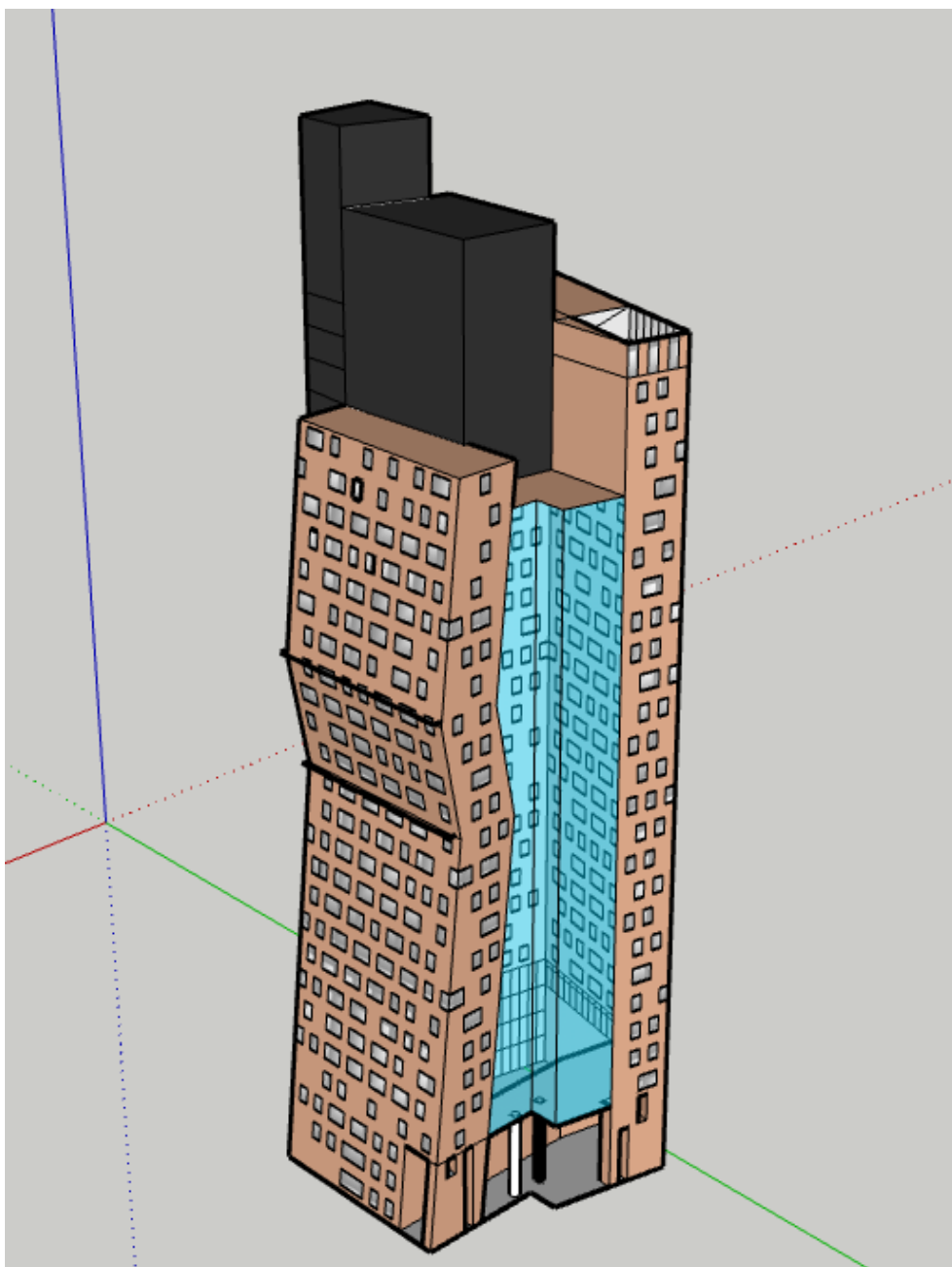


Obrázek 37 – Příprava na rýsování oken



Obrázek 38 – Rýsování oken

Po dokončení této práce jsme z časových důvodů vizualizaci považovali za uspokojivou a dokončenou. Celkový dojem je dobrý, což je patrné na snímku níže. Zanedbána byla třeba skutečná barevná podoba fasády, která není jednobarevná, ale tvořená jakýmsi přechodem z oranžové na bílou (ve skutečnosti nejde o plynulý přechod, ale měnící se poměr oranžových a bílých panelů směrem zdola nahoru). Podobné výzvy můžeme nechat otevřené pro další práci, ale pro srovnání tempa účastníků je dočasně ignorovat.

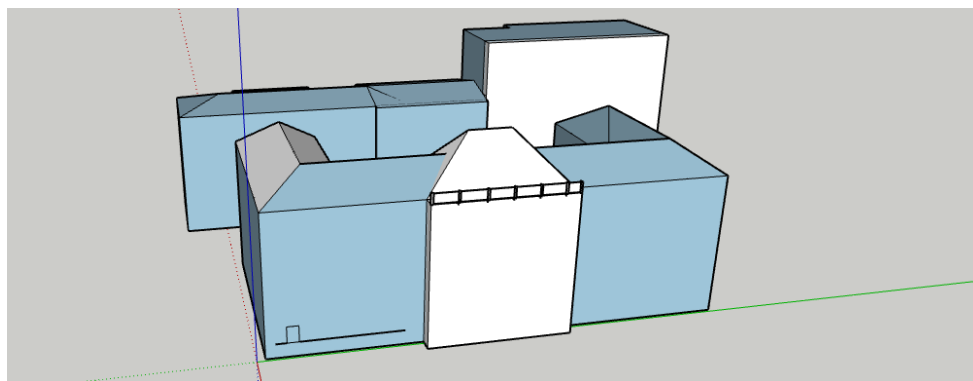


Obrázek 39 – Finální podoba vizualizace budovy

3.4.4 Školní budova (Dalibor)

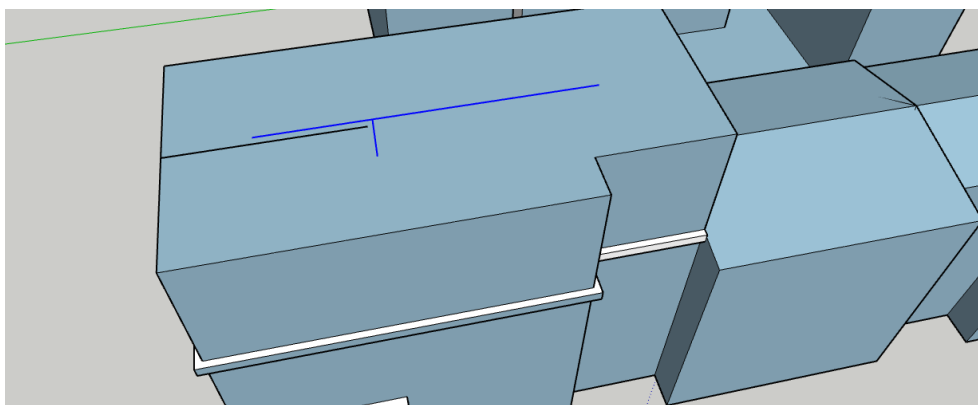
Dalibor začal nakreslením půdorysu a vytažením budov do výšky. Půdorys se dá pro kvalitní mapové podklady dobře měřit z mapových

aplikací, pro výšky jsme použili odhady. Žák mohl při práci skutečnou budovu porovnat, mohli jsme změřit výšku stropů a podle počtu pater s přihlédnutím ke stropům a podlahám odhadnout výškové rozměry. Vizualní kontrola, jestli odhad není příliš nepřesný, může proběhnou porovnáním s dostupnými obrázky. Žákovi jsem nabízel myšlenky, že čelní prostřední stěna téměř vypadá jako čtverec a podobně. Postupně (například při konstrukci střechy níže na obrázku) už podobným způsobem smýšlel sám a sklon střechy (transformačními nástroji a nástrojem Select lze snadno upravovat v průběhu) odhadl sám. Podobně postupoval při dalších neznámých rozměrech. Žákům ukážeme, že někdy je odhad nutný, ale porovnáním s jinými rozměry a podobně se dá docílit toho, že je pro výsledný účel díla dostatečně přesný.



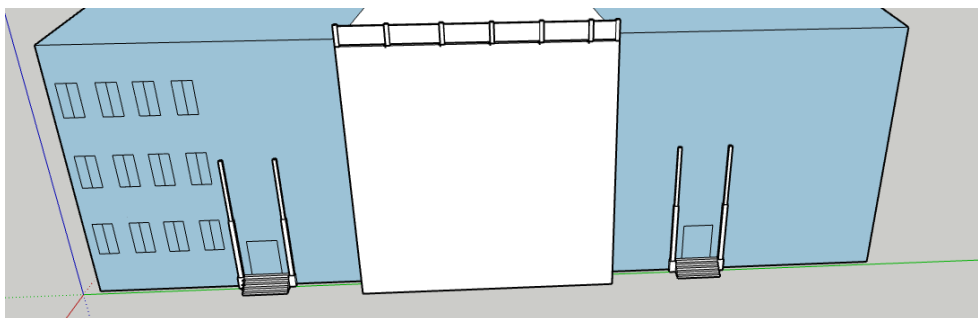
Obrázek 40 – Základní podoba vizualizace školy

Dalibor musel v zadní části budovy dodělat střechy s poměrně komplikovanými tvary. V takové chvíli potřebuje žák pomoci, úvahy o tvarových podrobnostech totiž přesahují rámec učiva základních škol a pro některé žáky tak může jít o neřešitelné geometrické problémy. Žáky navádíme jednoduchými úvahami („Tato hrana se mi zdá být přesně uprostřed, ale nebude určitě tak vysoko, je to jen jedno patro“), případně je necháme postupovat samotné a výsledek podrobíme opatrné kritice, aby si žák sám uvědomil a opravil některé nepřesnosti. Práce na detailech a tvaru střechy je vidět na obrázku níže:



Obrázek 41 – Práce na konstrukci střech

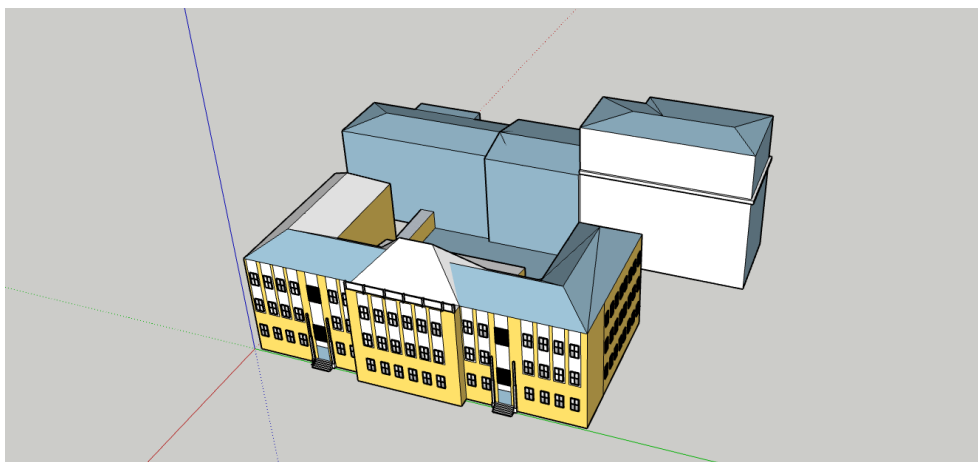
Po dokončení základního tvaru objektu čekala Dalibora práce na fasádních prvcích a detailech. Zde opět žáka instruujeme, aby si vzhledem k velikosti a možnému měřítku uvědomil nedůležitost některých detailů a práci si zbytečně nekomplikoval jejich zohledňováním. Druhou metodickou poznámkou je samozřejmě vhodnost kopírování (duplikování) entit při modelování nebo kreslení podobných objektů. Okna můžeme pro náš účel po celém objektu rozdělit do několika málo skupin a těm nechat jednotný rozměr. Pak už je hlavní část práce na rozvržení si místa žákem a správné duplikaci a umístění entit, nebo jejich skupin. Práce s okny je vidět níže:



Obrázek 42 – Modelování oken a fasádních prvků

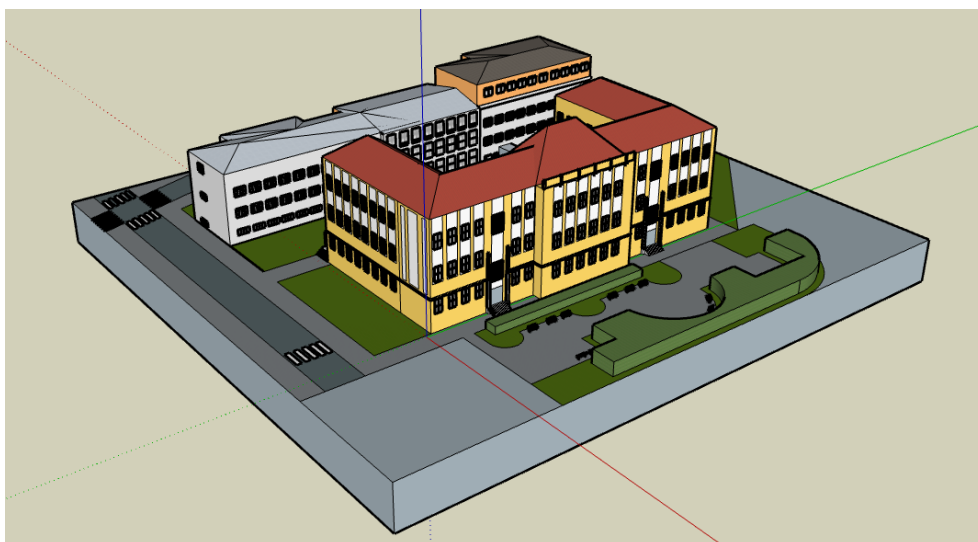
Práce na podobných prvcích je později patrná v celém modelu a žák v ní pokračoval i po dokončení základní podoby modelu, kdy byl oproti ostatním popředu a mohl se tak věnovat detailům, které bychom jinak vynechali. Ještě předtím jsem mu ale doporučil, aby pro celkový dojem model obarvil a doplnil některé ploché entity na fasádě pro odlišení jednotlivých částí. Na dalším obrázku je vidět stěna s dokončenými okny,

která byla rozdělena na jednotlivé panely a z části již otexturována. V této práci žák pokračoval i u jiných pavilonů.



Obrázek 43 – Pokračující práce na detailech a texturách

Po dokončení budov a jejich barevného provedení jsem žáka instruoval, aby vytvořil ve zjednodušené podobě pozemek okolo objektu, a to tak, jak se k němu budeme později při vyrábění stavět jako k podstavci. Tedy přesahující o několik centimetrů (s ohledem na měřítko) půdorys objektu samotného, a rozvržen tak, aby budovy byly zhruba uprostřed. Vytvoření takového půdorysu se opět opírá hlavně o dostupné mapové podklady a schopnost žáka určit, co je pro celkový estetický dojem podstatné a co je možno ignorovat. V tomto můžeme opět účinně asistovat a motivovat. Dokončená vizualizace je na obrázku níže:



Obrázek 44 – Finální podoba vizualizace školy

3.5 Výroba modelů

3.5.1 Vila Tugendhat (Kristián)

Kristiánovi jsem před zahájením prací nastínil dvě možnosti, jak postupovat při propojení budovy samotné a terénu okolo. Bud' vyrobit terén samotný a budovu poté tvarově navázat (spodní patra upravit, aby terén tvarově vyplnila), nebo v terénu nechat dutinu, do které pak vilu v její skutečné podobě zasadíme (vlastně budeme simulovat postup, jaký byl při skutečné stavbě zvolen). Vybral si druhý způsob a rozhodl se, že podstavec (pevně ohraničená část terénu) vytvoří z vlnité lepenky konstrukcí sítě, protože by například při vyřezávání z polystyrenových bloků nemusel být dostatečně přesný (na terén navazují schody, východy z domu a podobně). Proto byla první fáze výroby zaměřena na vytvoření přesných řezů terénem (boční stěny podstavce) a jeho dotvoření včetně

dutiny pro pozdější umístění budovy.



Obrázek 45 – Boční stěna uvažovaného podstavce

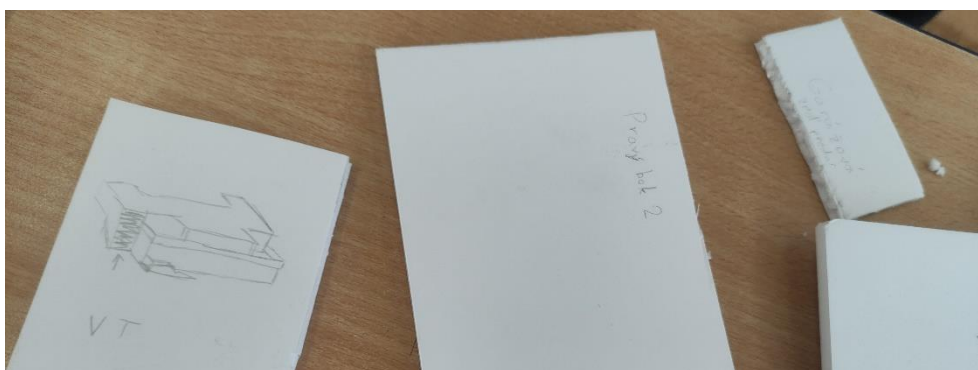
Detaily terénu a jeho přírodní vzezření je možno před kompletací modelu dotvořit ve stylu diorámy s použitím sádky a podobných hmot, včetně jejich povrchové úpravy (barvení, simulace vegetace sypáním, lepením a podobně). Takovou práci jsem žákovi ale doporučil až po vytvoření alespoň hrubé verze budovy, aby si byl jistý, že kompletace s podstavcem bude technicky možná a podobně.

Žák sám se rozhodl nepokračovat kompletací a lepením podstavce, pouze si na něj nachystal díly a přešel k vyřezání jednotlivých pater budovy z paspartovací lepenky. Takové střídání činnosti může práci atraktivnit, je-li žák unaven monotónní prací na konkrétní části. V tuto chvíli jsem si uvědomil, jak důležité je v žácích zakořenit zvyk vše dobře rozmyslet a narýsovat. Kristián je velmi zručný a pečlivý v geometrii, vyřezání pater však z nějakého důvodu nevěnoval takovou pozornost a došlo ke vzniku nepřesností. Pokusme se žákům vysvětlit, že v takovém měřítku se dva délkové milimetry mohou přenést v nevhodný úhel, nedoléhající materiál a podobně, což mohou být překážky, které odstraníme jen opakováním celé činnosti a plýtváme tak materiálem. Můžeme jim vliv nepřesnosti ukázat na příkladu, aby si výrazný vliv malé nepřesnosti dokázali představit.



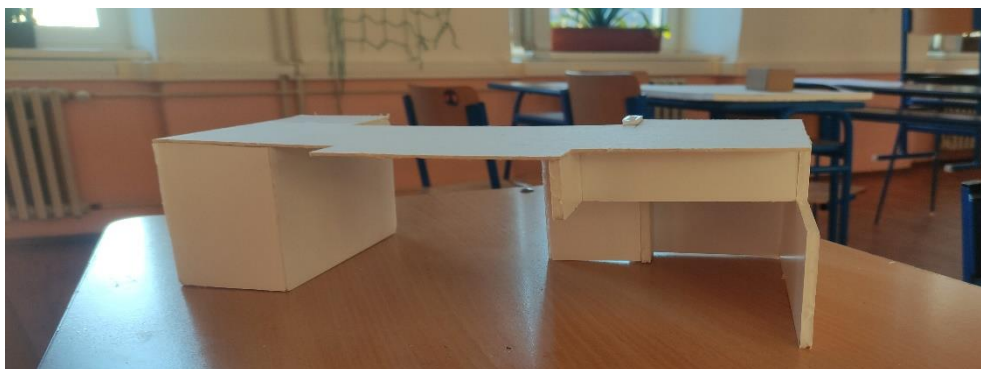
Obrázek 46 – Půdorys jednoho z pater

Stěny budovy vyrobíme z materiálu, který je lehčí a lépe se řeže – jedná se o kappa desky zakoupené vy výtvarných potřebách. Žák je instruován, aby si rozmyslel, kolik stěn a jak dlouhých každé patro obklopuje. Kristián se toho velmi poctivě zhostil, vytvořil si náčrty a ve své vizualizaci provedl potřebná měření. Při vyrábění jednotlivých částí si vše poctivě dokumentuje, jak je vidět na obrázku níže. Snažme se podobným zvykům naučit všechny žáky.



Obrázek 47 – Značení a systematická práce

Kristián se postupně dopracoval k vytvoření základní kostry celého patra, přičemž se s použitými materiály seznámil natolik, že pracoval samostatně. Výsledek je poměrně přesný, a tak jej pobízím, aby stejně pracoval nadále.



Obrázek 48 – Kompletace části budovy

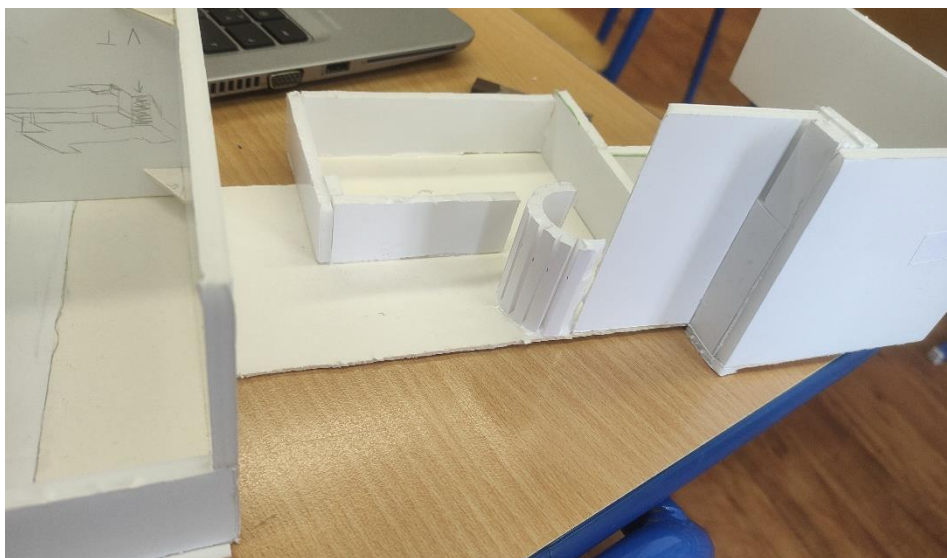
V jistých chvílích je chlapec příliš orientován na detaily. Měli bychom žákům připomínat, co všechno je ještě čeká a co je pro celkový dojem nejdůležitější. Kupříkladu práce na dalších patrech (pro získání celkového tvaru budovy) je důležitější, než tvorba schodů na obrázku níže (přesto si žák zaslouží za precizní řešení pochvalu – můžeme ukázat ostatním jako možné využití materiálů – podpěry atd.).



Obrázek 49 – Detail části se schody

Kristiánův smysl pro detail a kreativní řešení se projevoval i nadále, například využitím vlastností kappa desky pro konstrukci zaoblené kostry stěny na obrázku níže. Žák počítal s finálním oblepením dalším materiálem, proto v zaoblené části desku částečně nařezal na jakési panely, které po fixaci lepením tvoří přibližně požadovaný oblouk.

Postup je patrný z obrázku níže, kde dochází k další kompletaci chystaných dílů.



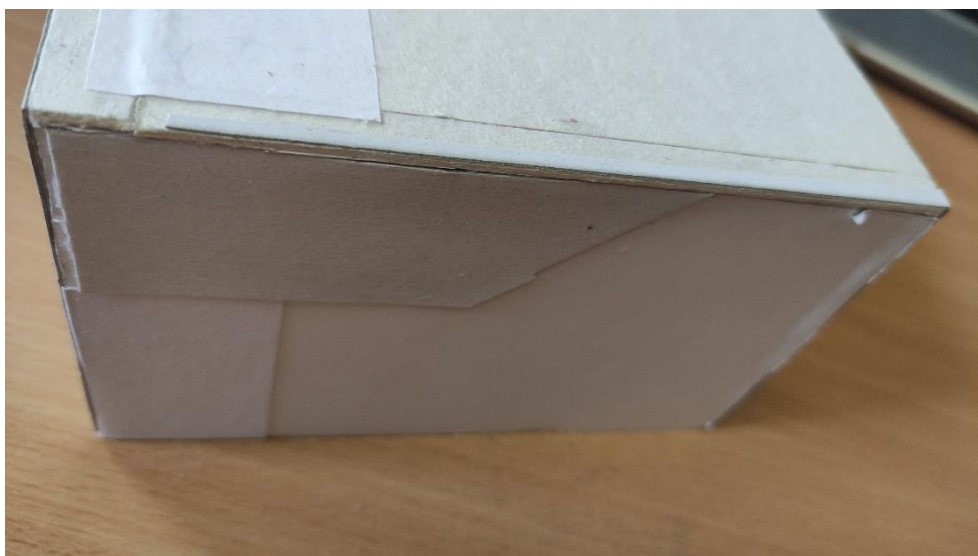
Obrázek 50 – Využití nařezání polystyrenové desky k tvorbě zaoblené stěny

Během práce na budově samotné již průběžně probíhala práce na podstavci (terénu), díky čemuž žák rozbil stereotyp činnosti, mohl nechat schnout lepené spoje a podobně. Podstavec původně sestával z bočních částí, které byly slepeny spojovacím kvádrem z kartonu. Ten tvoří zadní část, ve vizualizaci je to vlastně příjezdová cesta nad vilou. Terén samotný musel být pečlivě proměřen tak, aby byl podstavec vlastně negativ budovy. Spojí se zasunutím do sebe, bez nutnosti lepit. Proto musí být terén uprostřed přerušen a obsahovat místo pro vilu samotnou. Povrch terénu je různými, do jisté míry improvizními (v tuto chvíli již mají žáci více zkušeností s papírem) technikami zpevňován a tvarován, jak je vidět na obrázku níže. Jedná se o přípravu na sádrování, tedy tvorbu povrchu samotného. Na obrázku je patrné i místo pro budovu (terén tvoří jen kraj podstavce) a zadní spojovací kvádr, ke kterému se budova při kompletaci zasune:



Obrázek 51 – Příprava podstavce na sádrování (konstrukce a zpevňování terénu)

Žák se znovu vrátil k práci na budově samotné. Její detailnost a celkový dojem byly na vysoké úrovni, ale přesto jsem žákovi navrhnul, že bychom mohli vhodnými technikami vykompenzovat nepřesnosti, které vznikly nepřesným rýsováním (ledabyly přiložené ryska, posunutí pravítka při rýsování a podobně). Tyto techniky jsou poměrně univerzálně použitelné. Místa, kde stěnám do pravého úhlu chybí pár milimetrů, se dají nastavovat dolepováním kousků materiálu, jakýmsi vrstvením. Tím se postupně přiblížíme žádoucímu rozměru a vzhled povrchu nemusíme řešit, pakliže přijde ještě fáze konečná – celkové oblepení objektu dalším materiálem. Podobnými nápravami je i dolepování kousků lepenky v částech podlah, kde nepřesností při rýsování nedošlo ke kýžené návaznosti částí na sebe. Obě úpravy jsou viditelné na následujících snímcích.



Obrázek 52 – Kompenzace nerovností dolepováním vrstev v částech stěn



Obrázek 53 – Kompenzace nepřesností v půdorysu dolepováním chybějících částí

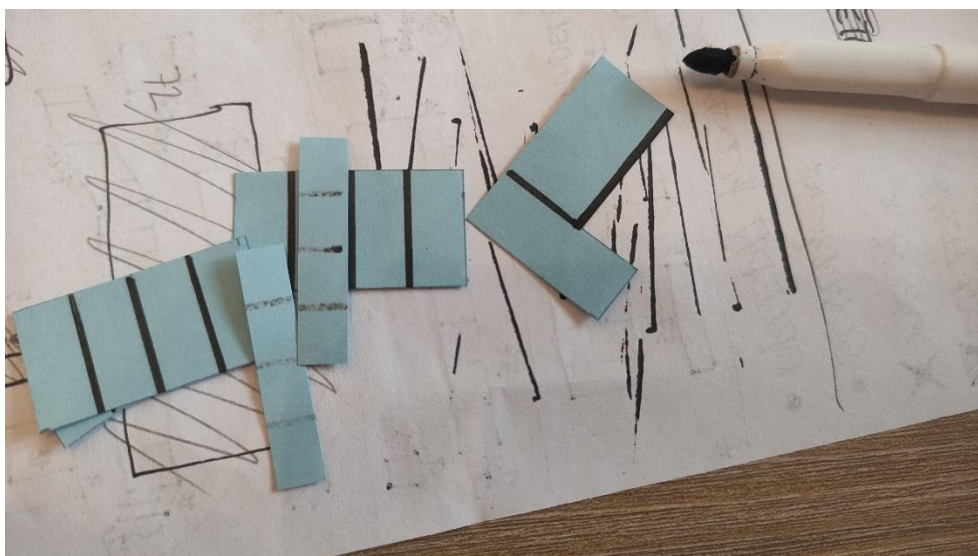
Znovu jsme se vrátili k práci na podstavci, tentokrát již zmíněným sádrováním. Jedná se o klasickou sypkou sádro ředěnou pro plasticitu vodou. Mějme na paměti, že pracujeme s papírovým podkladem, který by příliš mnoho vlhkosti deformovalo. Tomu se dá ale pomalým vrstvením a dostatkem času pro vyschnutí předejít a terén tak poměrně uspokojivě vytvarovat:



Obrázek 54 – Práce se sádrou

Po zaschnutí sádry již čekala podstavec (kromě oblepení dokola a přidání schodů – viz dále) jen povrchová úprava nátěrem. Stejně jako u ostatních modelů můžeme použít obyčejné temperové barvy. Jejich výhodou je dostupnost (zejména ve škole) a také to, že s nimi žáci zřejmě mnohokrát pracovali a mají zkušenost jak s mícháním, tak natíráním samotným. Hotový podstavec je možné vidět na finálním snímku později.

Budovu samotnou čekaly ještě detaily v podobě oken, dveří a schodů. Okna žák vymyslel tak, že je vyřeže z barevného papíru a fixem rozdělí, aby simuloval vzhled jejich rámců. Schody vznikaly vrstvením lepenky jako na obrázku níže. Tato práce je zdoluhavá, ale v principu je jednoduché dosáhnout velké přesnosti a výsledek je navíc pevný a nedeformuje se. Práce na detailech je patrná z dalších snímků:



Obrázek 55 – Chystání oken z barevného papíru



Obrázek 56 – Chystání schodů (lepení postupně se zmenšujících obdélníků na sebe)

Po dolepení detailů, případně dalších povrchů (zakrývajících nepřesnosti) a nabarvení terénu se při kompletaci dostáváme k velmi uspokojivému výsledku práce, jak je vidět na snímku:



Obrázek 57 – Finální podoba modelu vily

3.5.2 Empire State Building (David)

Původní záměr byl celou stavbu rozdělit na kvádry, vytvořit ty, a následně je lepit k sobě. David si neudělal rozsáhlý plán až do konce, místo toho chtěl něčím jednoduchým začít a vyzkoušet, jak mu to půjde, aby podle toho mohl další taktiku upravit, nebo volit jinou. Rozhodli jsme se, že vhodným začátkem bude velký kvádr tvořící několik prvních pater budovy (s největším půdorysem). David jako materiál zvolil vlnitou lepenku a chtěl poradit, jaký tvar má vlastně vyřezat. V tu chvíli jsem na papíře připomněl podobu sítě kvádrů a vysvětlil nutnost ke stěnám přidat i přesahy sloužící k následnému lepení stěn k sobě v pravém úhlu



Obrázek 58 – Rýsování sítě tělesa

(známé „pacičky“ z papírových vystřihovacích modelů). Práce na první části je vidět na obrázku:

Po vyřezání a lepení kvádrů se začalo zdát, že tento materiál není pro Davida vhodný. Pro střední vlnitou vrstvu dochází k nepřesnostem při rýsování i vyřezávání a ohýbání, výsledek nemá potřebnou přesnost ani pevnost. Domluvili jsme se, že postup lepení kvádrů ještě zkusíme, ale se slabším materiálem (výkresový papír).

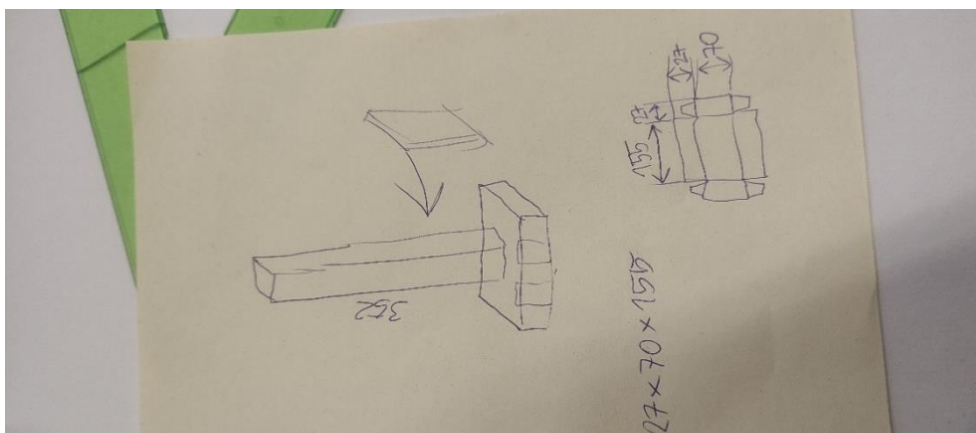
Z výkresového papíru se podařilo vyrobit podobným postupem poměrně přesnou síť, po jejímž složení máme bez spodní stěny kvádr



Obrázek 59 – Pohled zespodu na nejnižší část mrakodrapu

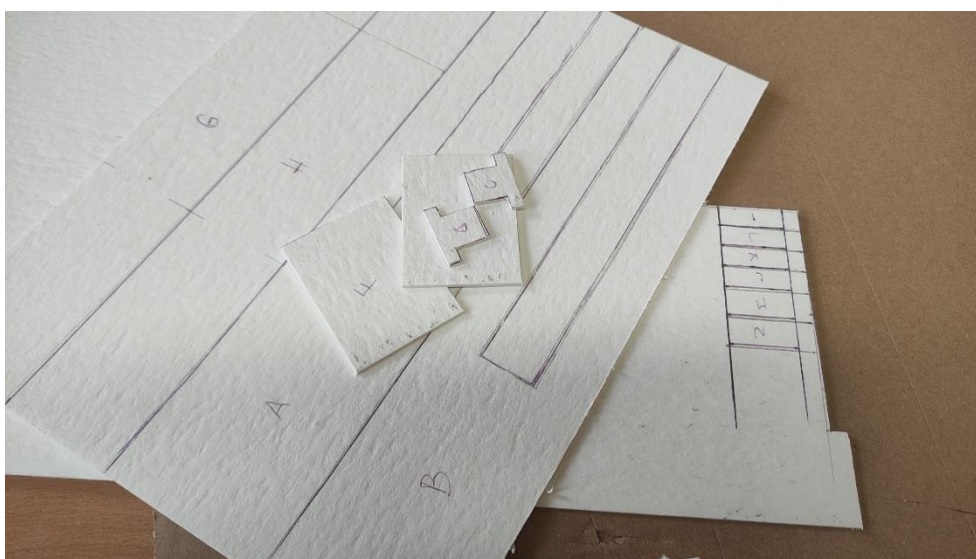
přesně odpovídající vizualizaci. Protože se jedná o slabý materiál, měl by být vyplněn jiným, který zamezí borcení. Proto je vhodné vyrobit (na obrázku níže z kartonových bloků, kterými se vyplňují krabice se zbožím při přepravě) rozměrově přesnou výplň, kterou do krabičky vlepíme:

V další fázi jsme začali přemýšlet, jak budovu rozdělit na další zhotovitelné celky (zvolené měřítko je výrazným zmenšením a požaduje detailní práci). Navedl jsem Davida na nápad, že by nemusel další části (kvádry) vyrábět skládáním sítě, ale využít dostupné plošné materiály (lepenky, kappa desky) pro vyřezání dílů pouze přibližné hloubky, která však bude pro celkový dojem dostatečně podobná vizualizované a oproti skládání kvádrů výrazně usnadní práci (pakliže bude řezání dostatečně přesné). Proto jsme budovu začali vnímat jako jednotlivé díly a těmi se zabývat:



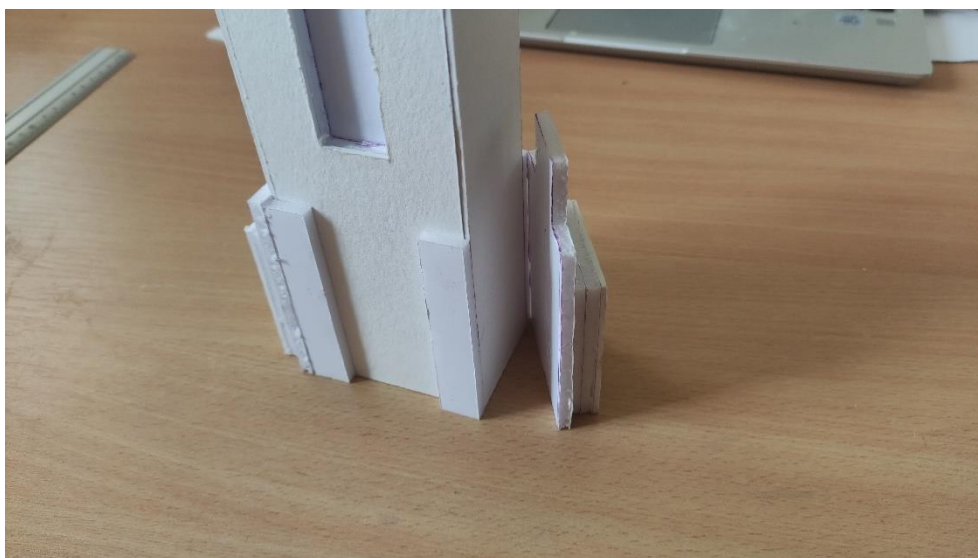
Obrázek 60 - Návrh a zamyšlení nad dalším postupem

Chystání jednotlivých dílů se týkalo několika materiálů, je žádoucí co největší přesnost, proto by měla být žákovi při rýsování nabízena častá zpětná vazba a případná asistence:



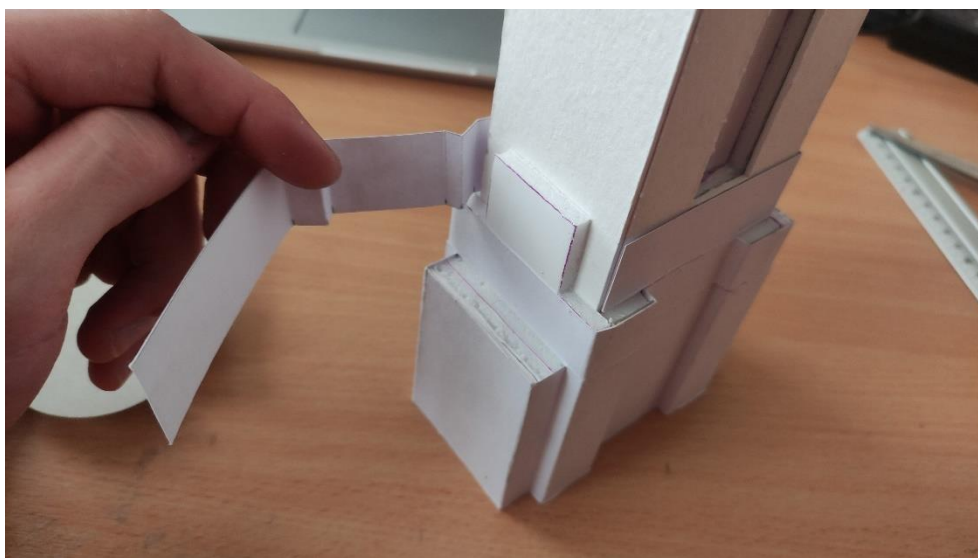
Obrázek 61 - Chystání částí k oblepení kostry

Následná kompletace nachystaných dílů už je jen zkouškou orientace v nich a přesnosti lepení. Navádíme žáka, aby díly při schnutí lepidla opakovaně kontroloval, a to zejména jejich lícování v klíčových částech (například že všechny musí dosahovat na snímku níže půdorysu,) modelu.



Obrázek 62 – Lepení samotné

Protože hojně využitá kappa deska není v místech řezu příliš vzhledná a model působí příliš členitě, nabízí se možnost oblépit jej dalším materiálem a dosáhnout tak povrchové celistvosti. Problémem je, že v tuto chvíli už se jedná tvarově o velmi složitý objekt. Možným postupem je proto rozdělit ho na horizontální „sekce“ a ty pak oblépovat pečlivě naměřeným, narýsovaným a zohýbaným pruhem materiálu:



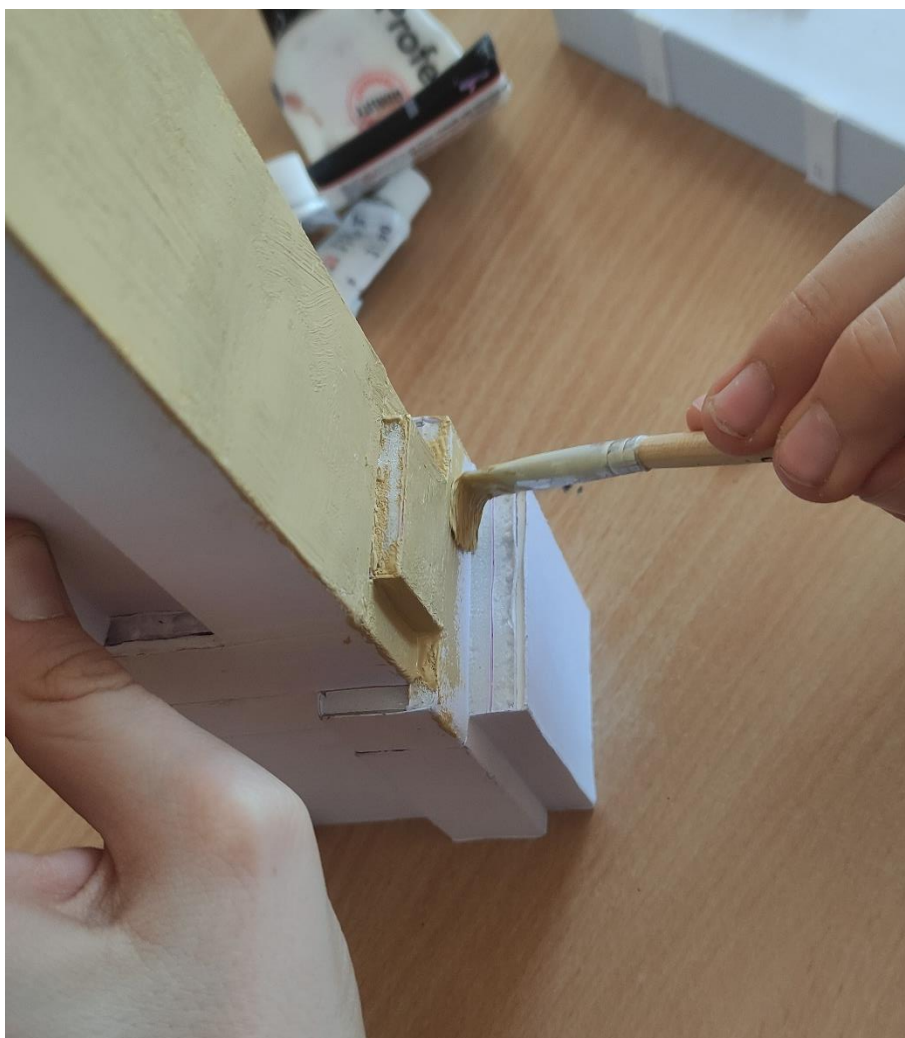
Obrázek 63 – Oblepení budovy pruhy papíru pro docílení celistvého dojmu

Následovala práce na detailech vrcholu budovy. Zde můžeme nechat iniciativu na žákovi a improvizovat. Náš postup lze vidět na obrázku, včetně použití klasické špejle jako antény. Další části (viditelné na hotovém modelu níže) vznikali například i rolováním pruhu papíru, díky čemuž vytvoříme poměrně přesný a pevný válec bez nutnosti zabývat se sítí nebo precizním lepením (průměr řídíme délkou použitého pruhu).



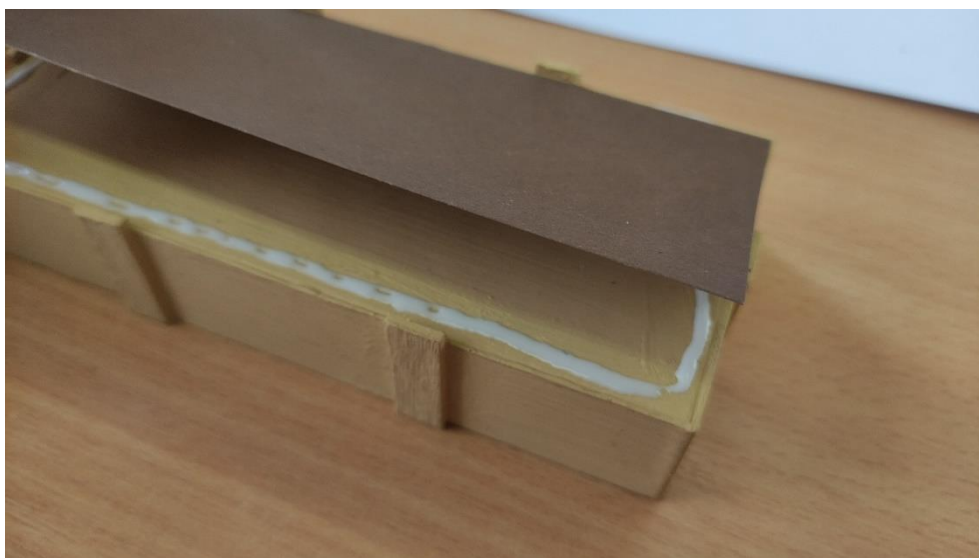
Obrázek 64 – Práce na detailech ve vrchní části budovy

Po dokončení detailů je model tvarově uspokojivý a přichází na řadu barvení. Stejně jako u ostatních jsme z praktických důvodů volili temperové barvy. Zajímavým momentem je samotná volba a míchání odstínů, kdy není na škodu žáky nechat zkoušet a bádát, případně je navádět na přidání správné barvy a jejich snažení korigovat. Budova obsahuje poměrně velké lepené plochy a je třeba dbát na rozumné množství vody v barvě a nanášení tenkých vrstev s dostatkem času ke schnutí.



Obrázek 65 – Natírání téměř hotového mrakodrapu

Až po barvení přichází čas na finální úpravu střech. I zde by se nabízelo barvení, ale byla by to práce opravdu velmi složitá, vyžadující přesnost a trpělivost pravděpodobně přesahující možnosti žáků. Praktičtější způsobem je nachystat si střechy z vhodně barevného papíru a lepit je. V takovém případě není malá chyba nenávratným poškozením (míchání stejného odstínu barvy, kterou jsme již jednou použili, je úkol prakticky nemožný). Lepení je vidět na dalším snímku:



Obrázek 66 – Lepení střešních částí

Po zaschnutí barev a lepených střech následuje kompletace. Z praktických důvodů totiž až dosud nebyl mrakodrap umístěn na jeho spodní část. To je posledním krokem a máme k dispozici hotový model:

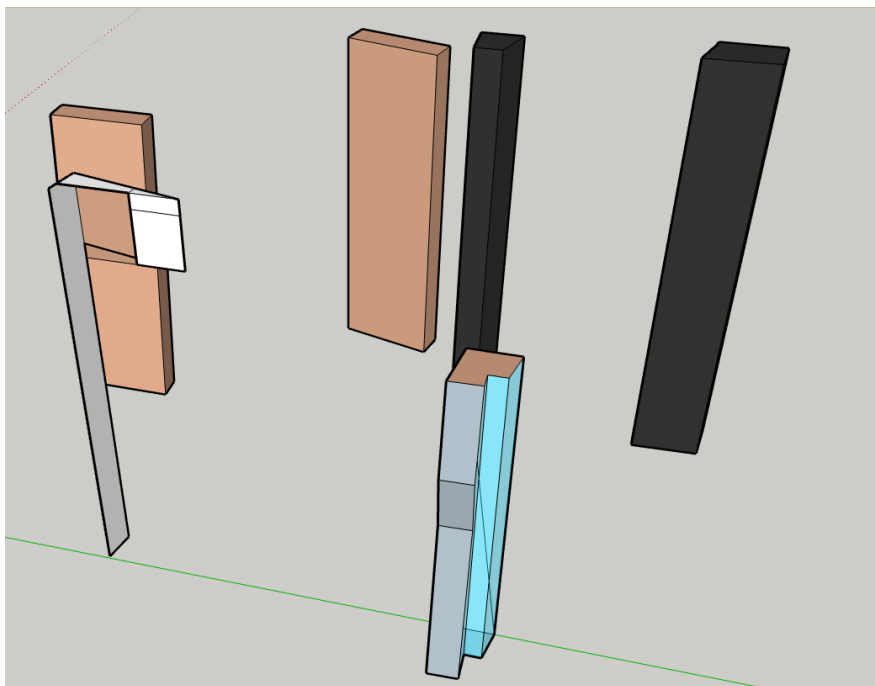


Obrázek 67 – Finální podoba modelu mrakodrapu

3.5.3 AZ Tower (Michal)

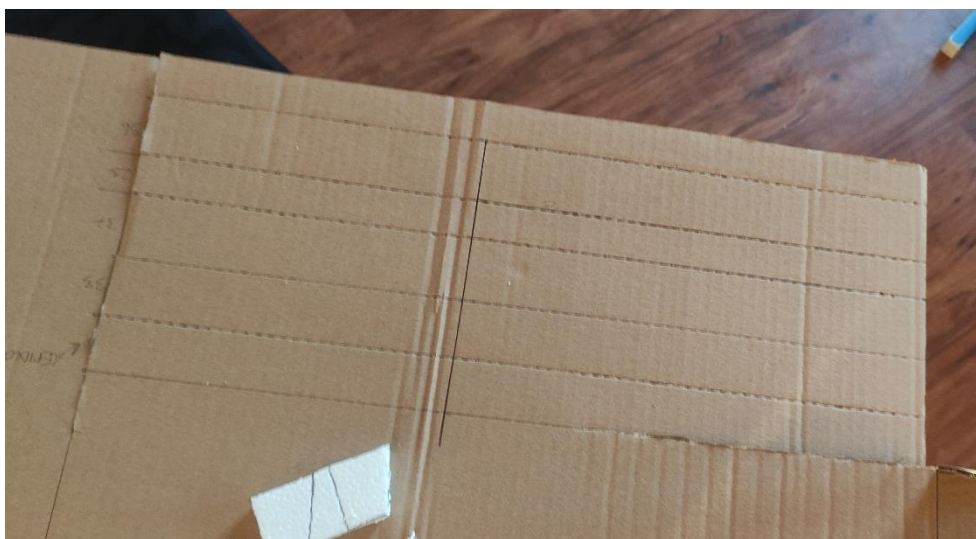
S Michalem jsme nejdéle přemýšleli, jak budovu vnímat, aby bylo možné práci rozdělit na části a autentický model vyrobit. Michalův nápad byl, že na prvních pár pater (znatelný průchod u paty budovy) bychom se měli dívat zvlášť, aby bylo reálné průchod a sloupové zhotovit. To jsem mu odsouhlasil.

Rozhodli jsme se vizualizaci rozdělit na části, které by byly tvarově jednodušší. Na tělesa, jejichž sítě umí sedmák sestavit. Tato konkrétní budova se tvarově nezdá příliš složitá, ale není tomu tak, celkový tvar je poměrně komplikovaný. Naše volba model rozdělit na části se ukázala být jako vhodná, vznikla uspokojivá vizualizace potřebných dílů, která Michala naplnila optimizmem, že práci zvládne:



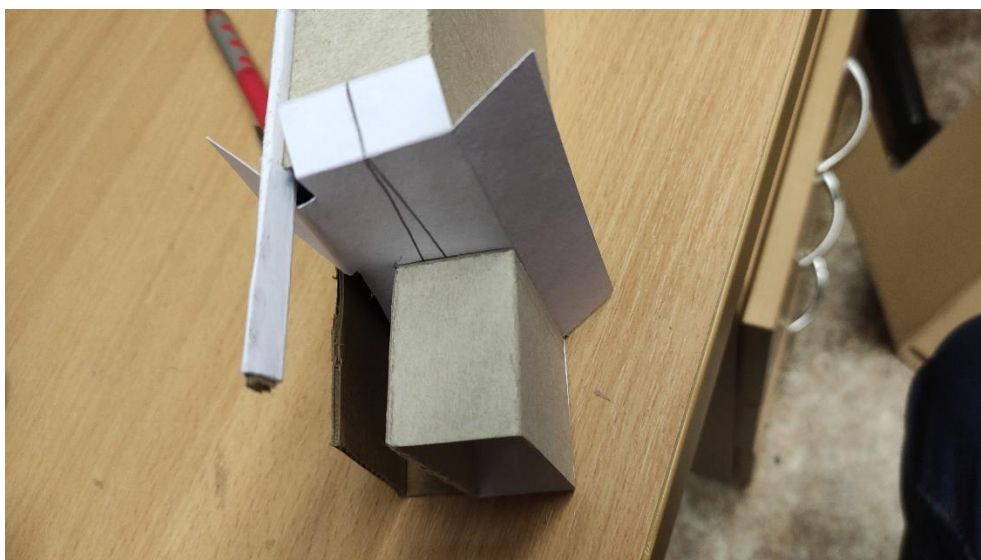
Obrázek 68 – Vizualizace budovy rozdělená na více částí

Rozhodl se první vyrobit ty tvarově nejjednodušší, jde většinou o hranoly, jejichž síť sám zvládne vymyslet, s případnými přesahy materiálu kvůli lepení. Rozhodnutí o materiálu pro některé části (na budově prosklené) jsme odsunuli na dobu, kdy už bude vyroben zbytek. Pro ten zkusíme v tomto měřítku volit dostupnou vlnitou lepenku a v případě nevhodného povrchu obalit lepením jiným materiálem. Lepenku je dobré před ohýbáním rytím z jedné strany zeslabit, toto místo pak při opatrném ohýbání lom vede, viz obrázek:



Obrázek 69 – Kreslení a řezání sítě pro jednotlivé hranoly

Ani tak nemusí vždy dojít k požadované přesnosti. Proto úvaha o lepení obalu – například už s požadovanou barvou (použití barevných papírů), tedy bez nutnosti nátěru. Jako první byly zhotoveny nejvyšší hranoly. Aby síť nebyla příliš složitá a případná chyba znehodnotila jen polovinu práce, tmavou část budovy žák rozdělil na dva hranoly a ty zhotovil a následně slepil. To je obecně velmi vhodný postup. Projekt jako celek je pro žáka často zdánlivě příliš složitý, výsledek se zdá být nedosažitelný. V duchu výše ukázané vizualizace jednotlivých částí motivujme žáka, aby si práci strukturoval, dělil na menší úkony, které je schopen vykonat. Na obrázku níže je ukázána práce na detailu jednoho z hranolů, jehož spodní část obsahuje jakýsi podchod. Postup pro výrobu vznikl improvizací přímo při práci, popis nebude tak výmluvný, jako ilustrace:



Obrázek 70 – Práce na detailech ve spodní části budovy

Je zřejmé, že práce není dokonalá – některé části nedoléhají, konstrukce není pevná, materiál nedrží dokonale. To v této fázi vůbec nevadí – žák práci přece rozdělil na části, což nutně znamená, že je v závěru bude spojovat. Není problém v pozdější fázi oblepit již složitější objekt jako celek a tím jej jak zpevnit, tak zlepšit estetický dojem. Na obrázku níže je předstupuň pro takovou práci – lepení základní podoby jednotlivých částí k sobě:



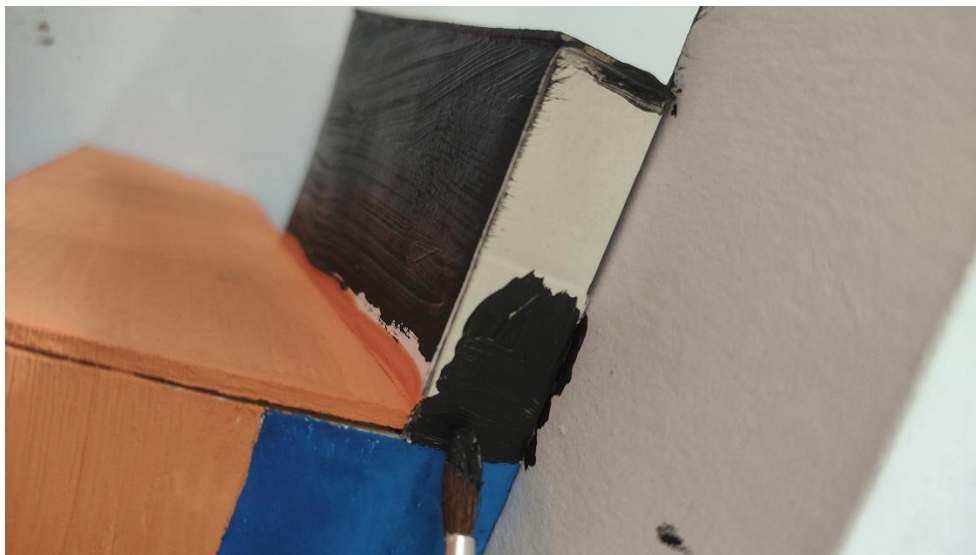
Obrázek 71 – Lepení dílčích částí k sobě

Podobný postup je použit pro výrobu celé věže – složité tvary jsou rozdělené na takové, které žák sám dokáže zhotovit, případně to dokáže s pomocí vedoucího. Lomená část budovy byla rozdělena na jednotlivé stěny, vyrobené z výkresového papíru a pro pevnost podlepeny lepenkou. Pak byly spojeny lepením v celek:



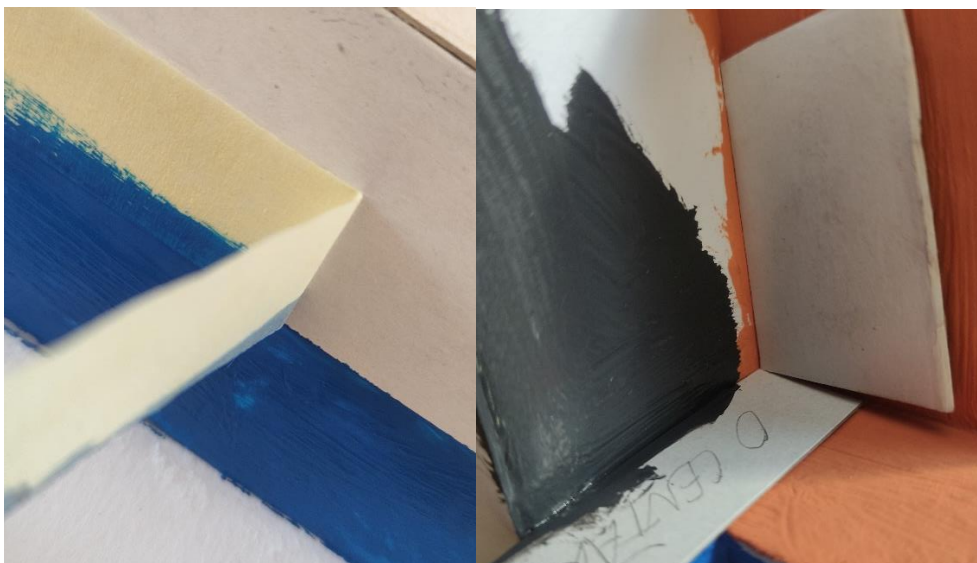
Obrázek 72 – Konstrukce lomené části budovy

Opět lze vidět nedokonalosti – například zvlnění povrchu vlivem promáčknutí vlnité lepenky v kombinaci s vlhkostí použitého lepidla. Opět je to nedostatek, který vyřeší následné oblepení pevnějším materiálem, který bude přesněji předrýsován a vyřezán. U takové dokončující práce je dobré žáky seznámit s vhodnými taktikami lepení – nemá smysl dávat lepidlo do protlačené části, kterou chceme „schovat“ – chyba by se mohla zmírnit, ale nezmizela by. Oblepení vrchní vrstvou materiálu skutečně stačí provést bodovým lepením v místech, kde jsme si jisti přesností i u „kostry“, na kterou lepíme (hrany, nejrovnější plochy atd.). Na dalších obrázcích je už model oblepen a tvary jsou dotaženy do nejlepší možné přesnosti, díky čemuž může následovat barvení:



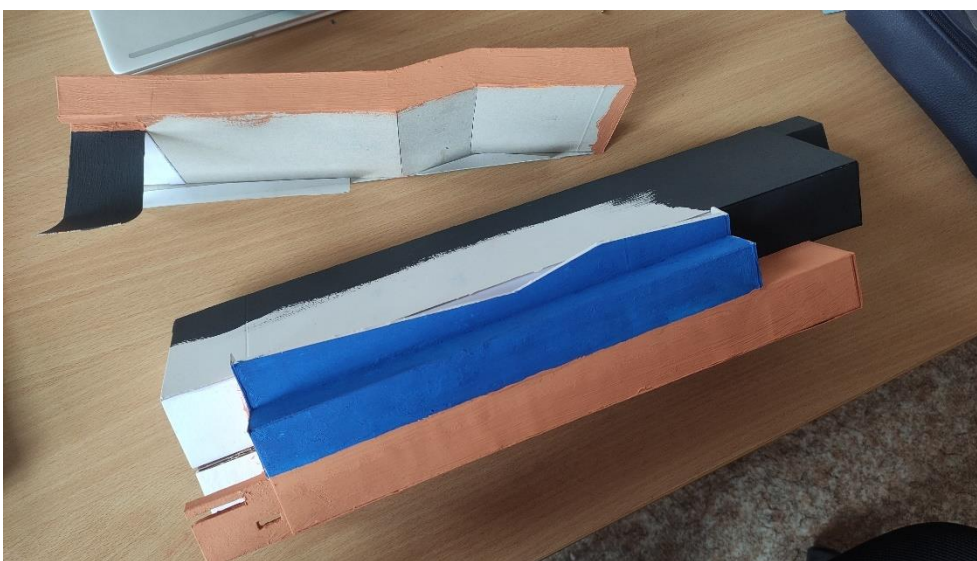
Obrázek 73 – Barvení budovy

Budova obsahuje jak velké souvislé plochy, tak členité detaily (jako na obrázku výše). Co se týče ploch, při barvení musíme myslet na vlhkost barvy, která může zejména slabší a špatně přilepené části materiálu zvlhčit a deformovat. Tomu se dá předejít použitím menšího množství vody a celkově nanášením tenčích vrstev a dostatečného času k proschnutí mezi vrstvami. Také mějme na paměti, že někdy je deformace dočasná, a tak malá, že se po uschnutí materiál znovu napne a vrátí do původního stavu. Co se naopak týče detailů, již výše je vidět ono úskalí – hranice dvou barev, v horším případě ještě lomená, kde jakkoliv malý štětec působí nemotorně. Způsoby jsou dva, žáci s nimi možná sami přijdou. Buď použijeme maskovací pásku, nebo prostý kus papíru. První má tu výhodu, že po aplikaci drží a docílíme s menším úsilím větší přesnosti. Problémem pásky je, že po odlepení může strhnout barvu nebo povrch papíru, na které byla nalepena. Přiložený papír (stejný princip, jen bez lepení) toto riziko nenese, avšak při natírání je potřeba jej precizně držet a ani tak nemusí být výsledek (kvůli nedoléhání papíru) stoprocentní. Měli bychom podle šikovnosti žáka odhadnout, která varianta bude vhodnější, s držetím krycího papíru případně asistovat. Obě varianty vidíme na dalších obrázcích:



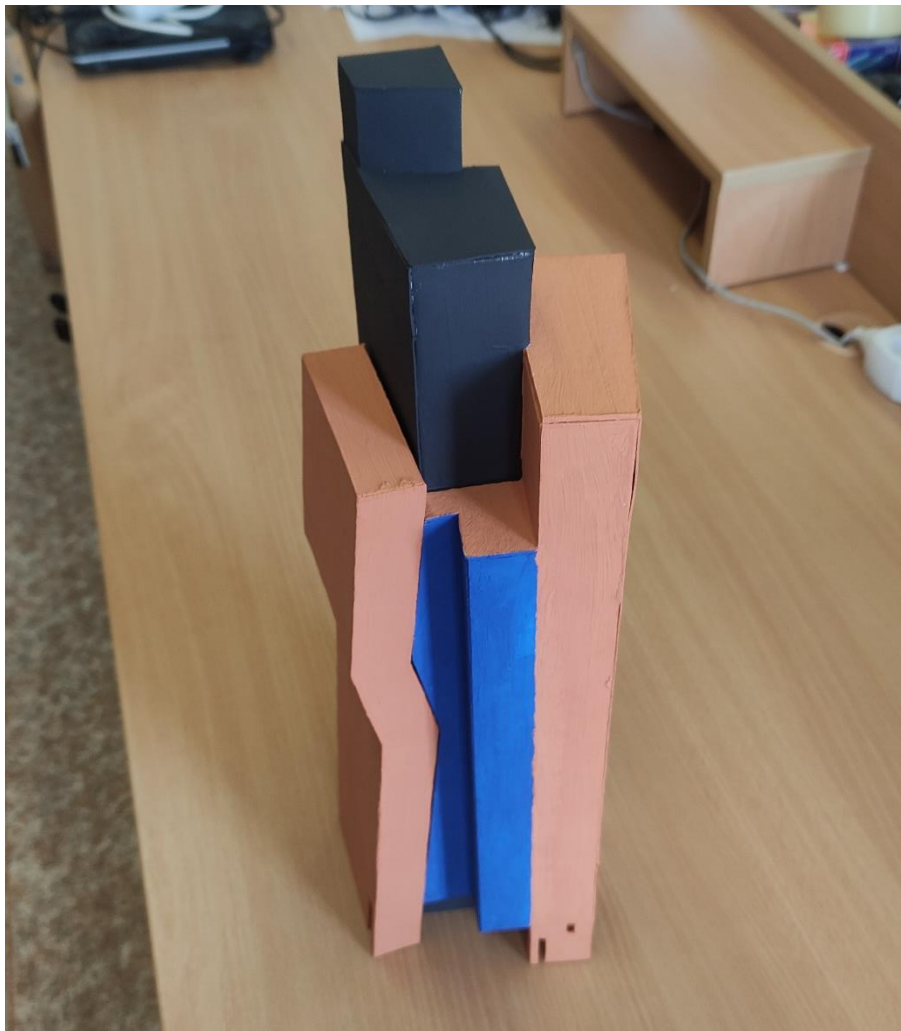
Obrázek 74 – Použití papírové pásky k „maskování“, vedle podobné využití kousku papíru

Po dobarvení všech viditelných částí bude následovat finální lepení. Bylo zapotřebí předem rozhodnout, v které fázi barvit. Toto rozmyšlení zřejmě nebylo ideální, příště bychom volili barvení menších kusů a až následné lepení, to by ale zase nemusely části dobře doléhat. Takto musel žák často využívat pásku a věnovat se precizní práci se štětcem na rozhraních barev. Poslední dvě části před lepením (už s nachystanými přesahy k lepení) jsou na dalším obrázku:



Obrázek 75 – Poslední fáze výroby před lepením

Po slepení je model v zamýšlené podobě, viz obrázek:



Obrázek 76 – Finální podoba modelu mrakodrapu

3.5.4 Školní budova (Dalibor)

Budova školy je na první pohled rozsáhlá a členitá, proto jsem Dalibora informoval o tom, že počítám s výrazným zjednodušením detailů, případně zanedbáním některých podrobností. Ani tak si příliš nedokázal představit, čím by měl začít a jak postupovat. Doporučil jsem mu, aby začal podstavcem s půdorysem všeho, co se v modelu objeví.

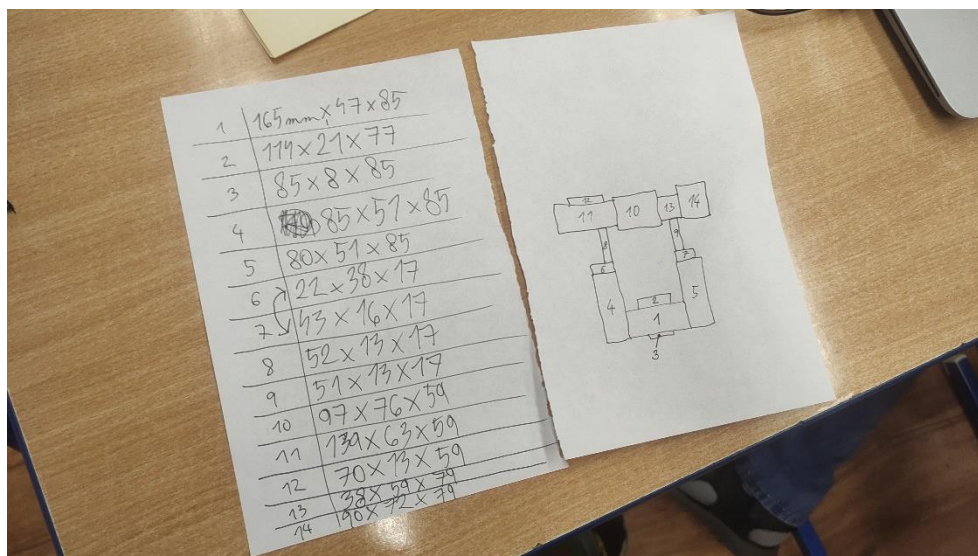
Dalibor podstavec udělal ze zbytku polystyrenu. Na ten jsem mu doporučil nalepit vrstvu bílé lepenky, která je pevnější, má hladký povrch, a navíc se na ni dá snadno kreslit tužkou. Po lepení při vysychání došlo

k lehké deformaci (prohnutí) podstavce. Využijme takové chvíle pro to, abychom v dětech vybudovali zvyk, že řada chyb se dá napravit přidáním materiálu, konstrukčního prvku a podobně. V tomto případě jsem doporučil třeba fixaci dřevěným hranolkem s požadovanou pevností:



Obrázek 77 – Příprava podstavce

Po výrobě tvaru podstavce jsem Daliborovi doporučil, aby se na budovu (bez střechy) díval jako na sestavu kvádrů, které díky jednoduché síti zvládne vyrobit, povrchově upravit zvlášť, a až ve finální podobě s požadovanými detaily (okna – například nalepená nebo nekreslená a podobně) z kvádrů budovu kompletovat (a střechu řešit jako komplikovaný problém na závěr). Dalibor tento postup pochopil a vítal. Dal jsem mu za úkol vyrobit si přehled takových kvádrů a jejich rozměrů, ze kterých model sestaví:



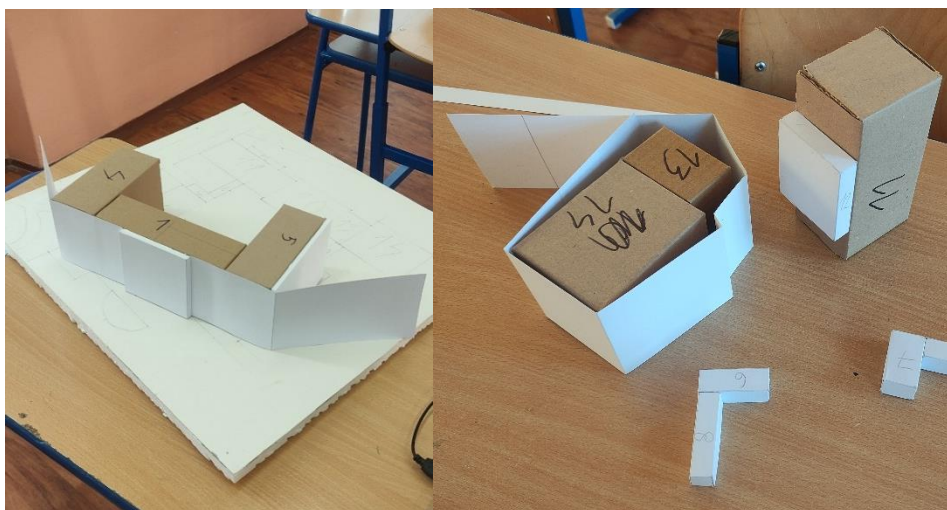
Obrázek 78 – Seznam připravovaných částí objektu, jejich rozměry a rozvržení

Dalibor s tímto neměl moc zkušenosti, výhodou je, že všechny části mají geometricky stejnou podstatu. S první sítí jsem mu pomohl a dal mu nějaké rady týkající se vlnité lepenky (například při využití zbytkového materiálu si vše rozvrhnout, abych zamýšlené ohyby neumístil do poškozených míst materiálu, nebo blízko dříve ohýbaných a nařezávaných částí krabic). Při dalších se jednalo o mechanické opakování stejného postupu s jinými rozměry (a někdy slabším materiálem pro vyšší přesnost) a Dalibor tak práci zrychlil a zpřesnil:



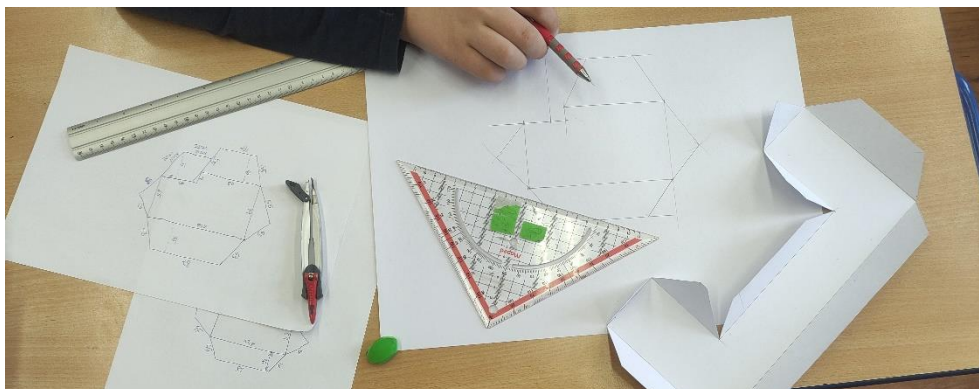
Obrázek 79 – Sítě budov a jejich spojování

Velkým nedostatkem přesto zůstaly křivě řezané hrany a nepřesnosti v měření, díky kterým nemusí kvádr ležet na podložce rovně, nemusí lícovat některé žádoucí stěny a podobně. Snažme se v takovou chvíli vybudovat v žácích přesvědčení, že při modelářské činnosti je málokdy věc ztracena. V našem případě chceme stejně dosáhnout jiného povrchu a tak je možné každou část oblépit pláštěm (například z výkresového papíru), který při přesných rozměrech (s tímto materiálem je Dalibor úspěšnější) vytvoří vyhovující spodní hranu pro oporu a navíc zlepší celkový dojem. Pro stejně vysoké části budovy využijeme najednou řezaný pruh, díky čemuž by měli přesněji lícovat:



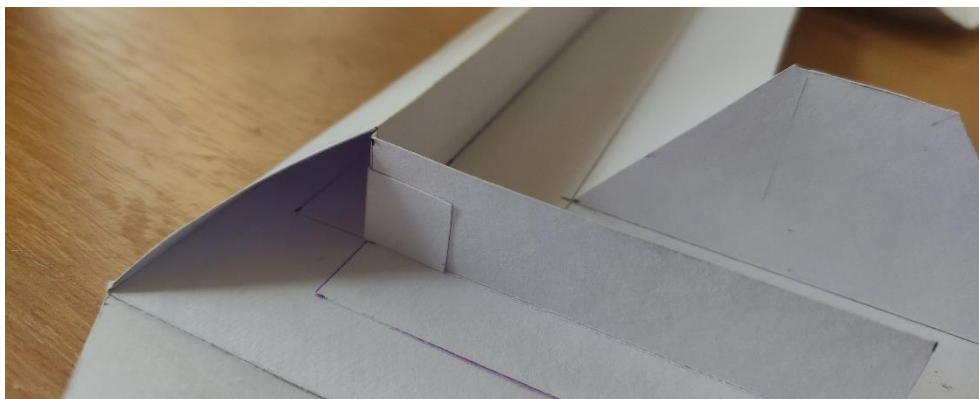
Obrázek 80 – Oblepení spojených částí pláštěm

Přirozeným vývojem v práci se dostáváme ke konstrukci střech. To mohou být relativně složité mnohostěny, se kterými si Dalibor vůbec nevěděl rady. Poskytl jsem mu po chvíli brainstormingu svůj pohled – střechy by se daly vyrobit jako síť sestavená okolo půdorysu. Tím si pohlídáme odpovídající tvar po nalepení (půdorys bude přesně odpovídat tvaru budovy pod ním) a práce se v principu velice usnadní. Pokud má žák přesto potíže síť vymyslet (uvědomí si přibližný tvar, ale nedokáže určit správné a relevantní rozměry pro konstrukci), můžeme mu poskytnout náčrtek a nechat na něm „pouze“ rýsování a následnou kompletaci. Tak jsme postupovali my:



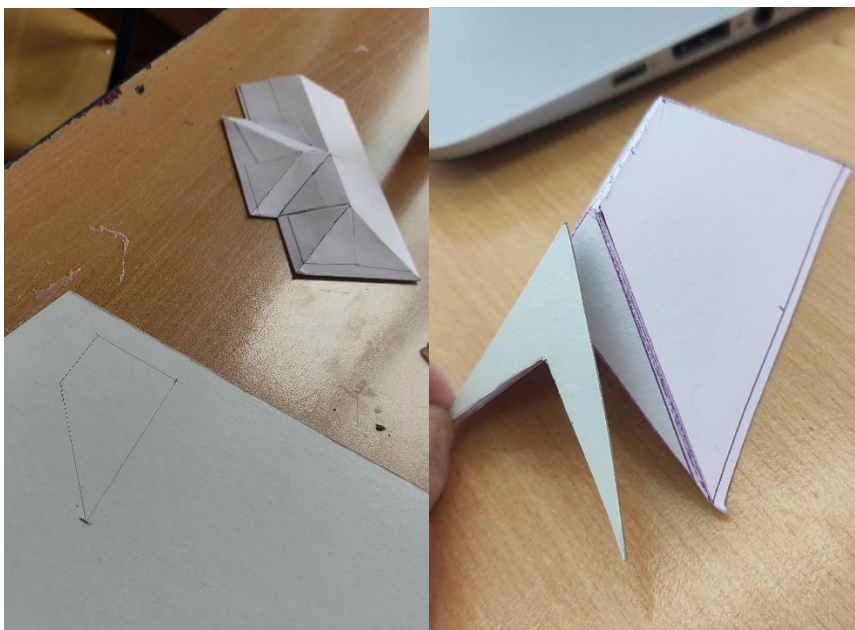
Obrázek 81 – Rýsování střech

Aby vrchní části střechy držely správný sklon a nebortily se (přestože počítáme se zpevněním dalším materiálem na závěr), jsou spojeny s opěrným pásem nalepeným kolmo k půdorysu, jak je vidět na dalším obrázku. Takový postup je pro sedlové střechy poměrně dobře funkční a univerzální, ale rýsování a příprava před ním je skutečně většinou nad rámec zkušeností žáka s geometrií, proto při tom musíme asistovat, žákovi dávat návodné otázky a podobně. Vnitřní ukotvení střechy je viditelné na dalším obrázku:



Obrázek 82 – Lepení střechy

Střechy kvůli úhlům v síti nebudou hned kompletní, musíme ale síť vymyslet tak, aby se daly dolepit přidaným materiálem a zacelily se tak vzniklé díry. Poté následuje zpevnění střechy, nalepení výsledného pohledového materiálu. Díky hotovému základnímu tvaru už nemusíme konstruovat síť, ale stačí vyřezávat jednotlivé části zvlášť a postupně lepit, viz obrázky:



Obrázek 83 – Zpevnění střech

Od monotónní práce a složitější geometrie si může žák odpočinout návratem k práci na podstavci. Takový postup jsem volil já. Protože Dalibor není při práci s barvami jistý, navrhl jsem mu, aby si nejdříve podstavec nanečisto vybarvil pastelkami – ty pak půjdou barvami (například temperovými) přetřít na hotovo. Práce na podstavci:



Obrázek 84 – Pokračující práce na podstavci

Vrátili jsme se k jednotlivým budovám a při prozkoumání jsme došli k závěru, že někde jsou odchylky od pravoúhlosti příliš znatelné a mohly by komplikovat další práci (takový úsudek bude zřejmě na vedoucím

jako na zkušenějším modeláři). Protože můžeme budovy znovu oblepit pohledovým materiálem, nabízí se možnost nerovnosti částečně dorovnat lepením kusů materiálu vhodné tloušťky. Taková struktura se poté schová pod poslední vrstvu. Tento postup lze pozorovat na dalších snímcích:



Obrázek 85 – Kompenzace nerovností

Na řadu přichází úvaha, jak hotové budovy po nabarvení připevnit k podložce. Elegantním řešením je opatřit několik rohů modelu například špejlemi, které budou mít v podstavci příslušné otvory a model tak bude „nasazovací“. Výhodou je, že se jedná o rozebíratelný spoj, který nám umožní dodatečné úpravy a podobně. Tento postup však vyžaduje pečlivý vyměření otvorů. Předrýsování přitom může proběhnout otiskem (špejle se natře barvou a model pečlivě přiloží do zamýšlených míst, vznikne nám tak značka pro vytvoření otvoru). Tento postup je ilustrován na snímku:



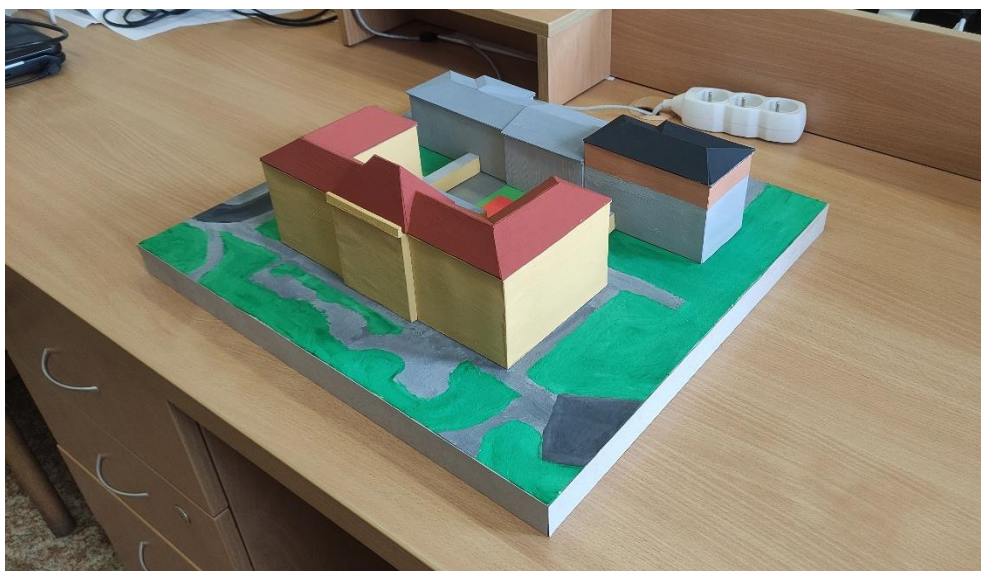
Obrázek 86 – Špejle v modelu nachystané k otisknutí

Následovala vyčerpávající práce s natíráním (bylo zapotřebí vytvořit větší množství odstínů, žákovi asistujeme) a následnou kompletací modelu (lepení střech po zaschnutí, fixace pavilonů k sobě v zamýšlené poloze apod.):



Obrázek 87 – Lepení střech

Dokončený model po nasazení je na následujícím snímku:



Obrázek 88 – Finální podoba modelu školy

3.6 Reflexe projektu

Předpoklad účasti více žáků na projektu se mi po této fázi zdá být špatně uvážený, počet čtyř účastníků v podobných podmínkách zaměstnává učitele natolik, že musí občas nechat někoho z žáků vyčkat, aby ho mohl instruovat, upozornit na nějaké riziko a podobně. Zejména se jedná o poskytnutí rad ohledně vlastností některých materiálů, specifík jejich stříhání, řezání, skládání, lepení a podobně. Dále se jedná o dohled nad bezpečností práce a případnou asistenci s motoricky náročnými úkony. Větší skupina žáků by zřejmě byla dobře obsloužena formou tandemové výuky (vyššího počtu pedagogů ve funkci asistentů a konzultantů). Podrobněji rozebraná úskalí náročnosti vedení projektu následují.

V průběhu projektu jsem opakovaně narážel na nízkou zkušenost žáků s významem chyby v geometrii, zejména podceňování jejího významu. Žáci například vidí, že ryska pravítka úplně nepřekrývá přímku (ověřeno tak, že po instrukci, aby ji srovnali, jsou toho schopni), ale nevěnují tomu pozornost. Předpokládají, že vzniklá odchylka není významná. Výhodou podobné projektové výuky může být to, že žáky o významnosti chyby nemusíme poučovat – necháme je s odchylkou pracovat a oni sami získají praktickou zkušenost s tím, jak velkou roli bude hrát v pozdějším (klidně s odstupem hodin práce) lepení, doléhání částí, existenci pravých úhlů, zamýšlených rovnoběžností a podobně. Přitom

chyba, které se velmi významně projeví, nemusí vůbec znamenat neúspěch. Učíme žáky, že v praktickém životě lze často najít řešení, jak odchylku kompenzovat, chybu skrýt či odstranit. Příkladem může být dolepování vrstev na modely v praktické části práce, kdy jsme nakonec docílili přesností, které původně nebyly možné.

Při druhém pokusu o podobný projekt bych zvažoval klást větší důraz na fázi přípravy modelování, tedy období mezi výběrem tématu a počátkem prací s materiálem. Například se nabízí možnost provést individuální pohovory (sdílení nápadů), kdy každému tématu věnujeme skutečně desítky minut, jeho zpracování (jak virtuální, tak fyzické) si zkusíme představit a veškeré postupy systematicky vymyslet a zaznamenat. Ostatní účastníci mohou v takového chvíli plnit roli konzultantů, nabízet svůj kritický pohled a alternativní nápady.

Přestože jsem se snažil zpracování modelů do jisté míry řídit s ohledem na schopnosti žáků, dostali jsme se několikrát do situace, kdy bylo zapotřebí vyřešit problém tyto schopnosti přesahující (střecha školy je dobrým příkladem). S problémem jsme si poradili tak, že jsem vymyslel řešení já a aby to bylo přínosné pro žáka (ve smyslu učení se), tak jsem mu jej nesdělil hned, ale pokoušel jsem se ho navádět, aby si ke stejnému řešení došel sám. Při zpětném pohledu se mi však jeví nevyužitý potenciál práce s materiálem. Příště bych téma buď zjednodušil (tak aby se mohl žák každé části modelu věnovat déle), nebo jednoduše zvýšil časovou dotaci, aby vznikl prostor pro nejkrásnější prvky skutečné projektové výuky – zkoušení, selhávání, objevování, napravování. Nabídl bych žákům tolik času, aby mohli vyzkoušet jakkoliv naivní řešení, jen aby skutečně vlastnoručně odhalili jeho nedostatky.

V jistém smysl protichůdnou variantou by bylo jako vedoucí do projektu vstoupit výrazněji a některé části modelů již předem s rozmyslem žákům předchystat. Podobně, jako se s tím mohou setkat v časopisech a jejich tištěných papírových vystřihovánkách. Aktivita by byla charakterem odlišná, těžiště úspěchu by bylo v následování pokynů a instrukcí. Je to ale možnost, jak kroužek modifikovat. Tento nápad by bylo možné rozvinout v kroužek jiný – v něm by měl žák za úkol postupně navrhnout papírový model, který je možné reprodukovat a distribuovat tak, aby si jej mohli zhotovit na základě nějakých podkladů jiní žáci.

Pro mě nejcenějším momentem projektu bylo, když si žáci uvědomili, jak klíčový význam měla pro náš úspěch ona vizualizace na počítači. V průběhu prací na fyzickém modelu jsme se zkusili zamyslet, jak bychom postupovali bez počítačové předlohy. Chlapci mi dali za pravdu,

že práce by byla prakticky nemožná pro složitost dohledávání rozměrů a relevantních obrazových podkladů znovu a znovu. To je cenná zkušenost pro žáky obecně a intuitivním způsobem jim to ukazuje, k čemu je důležité si v životě řešení „namyslet“, teoreticky jej analyzovat před započtím prací.

Zajímavým pro mě bylo zjištění, že chlapci nechtěli svou práci příliš prezentovat. S postupem času mi ale připadalo, že to souviselo s jejich počátečním nižším sebevědomím. Jak se modely zdokonalovaly před očima, jejich vůle je předvést ostatním rostla. Jsme ale domluveni, že si nyní vyzkoušíme skupinovou práci, kdy před samotnou prezentací zkusíme navzájem vylepšit všechny modely, nejen vlastní. Například si rozdělíme tvorbu detailů, které jsme původně nechtěli zpracovávat, ale celkový dojem by ještě zlepšily. Samotná prezentace tedy rozhodně neproběhla ve fázi, kdy jsem ji původně plánoval, a proto není součástí práce.

S tím souvisí pro mě zásadní technický poznatek k reflexi – v projektu bych příště nepotřeboval tolik času na vizualizaci počítačovou. Tento čas bych naopak věnoval práci s materiálem.

Domnívám se, že zmíněné nižší sebevědomí chlapců na začátku prací je způsobeno jejich nedostatečnou zkušeností s rozsáhlými projekty. Ve výuce je pojem projekt devalvován natolik, že žáci nevěří, že by mohli zvládnout na něčem pracovat měsíce, stále nebýt hotovi, přestože postupují správně a jsou na cestě k uspokojivému výsledku. V tomto projektu si vyzkoušeli, že taková situace nastat může a pokud je práce dobře strukturovaná a systematická, výsledek může být vysoko nad původním očekáváním.

4 Závěr

Projekt se ukázal být v navrhované podobě realizovatelný, konkrétní průběhy byly zdokumentovány pro zájemce o vedení podobných aktivit. Průběžná reflexe odhalila řadu nedostatků, které by mohly být napraveny způsoby navrhovanými v závěrečné části.

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Skica budovy za účelem zachycení základních obrysů bez důrazu na přesnost a detaily. Amandamaia [Early sketch of BC Electra Building by Charles Ned Pratt]. In: commons.wikimedia.org [online]. 19. ledna 2017 [cit. 20.4.2022]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/Early_sketch_of_BC_Electra_Building_by_Charles_Ned_Pratt.jpg..... 17

Obrázek 2 – Typická výzdoba fasády navozením prostorového dojmu v rovině. Palickap [Litomyšl, zámek, sgrafito (1)]. In: commons.wikimedia.org [online]. 6. června 2016 [cit. 20.4.2022]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/da/Litomy%C5%A1l%2C_z%C3%A1mek%2C_sgrafito_%281%29.jpg/1200px-Litomy%C5%A1l%2C_z%C3%A1mek%2C_sgrafito_%281%29.jpg?20160606212500 21

Obrázek 3 – Vyplnění prostoru třemi směry a jejich kombinacemi. Sakurambo~commonswiki [3D coordinate system]. In: commons.wikimedia.org [online]. 26. července 2007 [cit. 20.4.2022]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2c/3D_coordinate_system.svg/731px-3D_coordinate_system.svg.png?20070726170602 23

Obrázek 4 – Rovinná reprezentace krychle v programu SketchUp a její zdánlivé otočení (směr pohybu klíčových bodů je naznačen šipkami) 24

Obrázek 5 – Úloha ověřující úroveň prostorové představitivosti. *Drátek v průhledném objektu (střední) – online Rozhodovačka* [online]. Umíme matiku [cit. 20.4.2022]. Dostupné z: <https://www.umimematiku.cz/> 29

Obrázek 6 – Penroseův trojúhelník – známý grafický paradox související s geometrickou představitivostí. 31

Obrázek 7 – Strom booleovských operací a vznikající objekt. Zottie [Csg tree]. In: commons.wikimedia.org [online]. 10. srpna 2005 [cit. 20.4.2022]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/Csg_tree.png?20161122123438 33

Obrázek 8 – Základní rozhraní webové verze programu SketchUp. 39

Obrázek 9 – Slučování entit do skupin. Vlevo jednotlivé objekty samostatně, uprostřed chování takového modelu při přesouvání jednoho objektu, vpravo chování modelu po přesouvání celé skupiny (válec není možné přesunout po sloučení samostatně)..	40
Obrázek 10 – Rozdíl mezi zobrazením koule bez neviditelných hran (vlevo – nelze část koule transformovat) a s neviditelnými hranami (vpravo – můžeme upravovat jednotlivé části koule).	41
Obrázek 11 – Pomoc programu SketchUp při pohybu kurzorem	42
Obrázek 12 – Uzavření kreslené plochy v programu.	42
Obrázek 13 – Schéma postupu výuky v programu po jednotlivých nástrojích nebo skupinách	45
Obrázek 14 – Diagram města Londýn ze stránky skyscraperspage.com (zobrazeny nejvyšší obytné budovy). Dostupné z: https://skyscraperpage.com/diagrams/?cityID=807	46
Obrázek 15 – Rozdělení činností s uvažovanou časovou dotací.	54
Obrázek 16 – Rozeslaný příspěvek, na který reagovali zájemci o kroužek.	55
Obrázek 17 – Příklad zadání a vypracování úkolu šetřícího porozumění nástrojům programu.	56
Obrázek 18 – Základní podoba modelované vily	59
Obrázek 19 – Detaily modelu vily	59
Obrázek 20 – Finální podoba vizualizace vily	60
Obrázek 21 – Náčrtek půdorysu se zřetelnými částmi rozdílné výšky	61
Obrázek 22 – Prvotní pokus o konstrukci mrakodrapu	61
Obrázek 23 – Kreslení půdorysu podle měření v mapovém podkladu	62
Obrázek 24 – Analýza bokorysu budovy (výšky jednotlivých částí)	62
Obrázek 25 – Kompletní půdorys čtvrtiny objektu	63
Obrázek 26 – Vyhotovený půdorys	63
Obrázek 27 – Tažení částí objektu do výšky	64
Obrázek 28 – Práce na detailech střechy	64
Obrázek 29 – Finální podoba vizualizace budovy	65
Obrázek 30 – Půdorys s částí lomené stěny	66
Obrázek 31 – Pokračující práce se stěnami	67
Obrázek 32 – Práce na střešních detailech odhalující nepřesnosti	68
Obrázek 33 – Nežádoucí hrana vzniklá nepřesnou prací	68
Obrázek 34 – Náprava novým vyhotovením objektu	69
Obrázek 35 – Práce na detailech	69
Obrázek 36 – Pokračování práce na detailech	70
Obrázek 37 – Příprava na rýsování oken	71
Obrázek 38 – Rýsování oken	71
Obrázek 39 – Finální podoba vizualizace budovy	72
Obrázek 40 – Základní podoba vizualizace školy	73

Obrázek 41 – Práce na konstrukci střech.....	74
Obrázek 42 – Modelování oken a fasádních prvků.....	74
Obrázek 43 – Pokračující práce na detailech a texturách.....	75
Obrázek 44 – Finální podoba vizualizace školy	76
Obrázek 45 – Boční stěna uvažovaného podstavce.....	77
Obrázek 46 – Půdorys jednoho z pater	78
Obrázek 47 – Značení a systematická práce	78
Obrázek 48 – Kompletace části budovy.....	79
Obrázek 49 – Detail části se schody	79
Obrázek 50 – Využití nařezání polystyrenové desky k tvorbě zaoblené stěny	80
Obrázek 51 – Příprava podstavce na sádrování (konstrukce a zpevňování terénu)	81
Obrázek 52 – Kompenzace nerovností dolepováním vrstev v částech stěn	82
Obrázek 53 – Kompenzace nepřesností v půdorysu dolepováním chybějících částí.....	82
Obrázek 54 – Práce se sádkou.....	83
Obrázek 55 – Chystání oken z barevného papíru	84
Obrázek 56 – Chystání schodů (lepení postupně se zmenšujících obdélníků na sebe)	84
Obrázek 57 – Finální podoba modelu vily	85
Obrázek 58 – Rýsování sítě tělesa.....	85
Obrázek 59 – Pohled zespodu na nejnižší část mrakodrapu	86
Obrázek 60 – Návrh a zamyšlení nad dalším postupem	87
Obrázek 61 - Chystání částí k oblepení kostry.....	87
Obrázek 62 – Lepení samotné	88
Obrázek 63 – Oblepení budovy pruhy papíru pro docílení celistvého dojmu	88
Obrázek 64 – Práce na detailech ve vrchní části budovy	89
Obrázek 65 – Natírání téměř hotového mrakodrapu.....	90
Obrázek 66 – Lepení střešních částí.....	91
Obrázek 67 – Finální podoba modelu mrakodrapu	92
Obrázek 68 – Vizualizace budovy rozdělená na více částí.....	93
Obrázek 69 – Kreslení a řezání sítí pro jednotlivé hranoly.....	94
Obrázek 70 – Práce na detailech ve spodní části budovy	95
Obrázek 71 – Lepení dílčích částí k sobě.....	95
Obrázek 72 – Konstrukce lomené části budovy.....	96
Obrázek 73 – Barvení budovy.....	97
Obrázek 74 – Použití papírové pásky k „maskování“, vedle podobné využití kousku papíru.....	98
Obrázek 75 – Poslední fáze výroby před lepením	98

Obrázek 76 – Finální podoba modelu mrakodrapu	99
Obrázek 77 – Příprava podstavce	100
Obrázek 78 – Seznam připravovaných částí objektu, jejich rozměry a rozvržení	101
Obrázek 79 – Sítě budov a jejich spojování	101
Obrázek 80 – Oblepení spojených částí pláštěm	102
Obrázek 81 – Rýsování střech	103
Obrázek 82 – Lepení střechy	103
Obrázek 83 – Zpevnění střech	104
Obrázek 84 – Pokračující práce na podstavci	104
Obrázek 85 – Kompenzace nerovností	105
Obrázek 86 – Špejle v modelu nachystané k otisknutí	106
Obrázek 87 – Lepení střech	106
Obrázek 88 – Finální podoba modelu školy	107

Použité zdroje

1. NOVOTNÝ, Jan. Projektová výuka a aspekty tvořivosti v edukačním procesu. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2012. ISBN 978-80-7414-431-8.
2. SPOUSTA, Vladimír. Vizualizace: gnostický a komunikační prostředek edukologických fenoménů. Brno: Masarykova univerzita, 2007. Spisy Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity. ISBN 978-80-210-4420-3.
3. GARDNER, Howard. Dimenze myšlení: teorie rozmanitých inteligencí. Praha: Portál, 1999. ISBN 80-7178-279-3. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:ba2f6750-0050-11e4-9789-005056827e52>
4. ŠAROUNOVÁ, Alena. Rozvíjení geometrické představivosti ve škole. Matematika a fyzika ve škole. 1988, č. 5, s. 345-348.
5. ŘÍČAN, Pavel. Psychologie osobnosti. 3. vyd. Praha: Orbis, 1975. Pyramida. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:37200ec0-9db7-11e2-9a9f-005056827e51>
6. DUŠEK, František. Rozvoj prostorové představivosti. In FRANEK, Alois. Výbor článků z časopisu „Matematika ve škole“, Olomouc: Univerzita Palackého, 1970, s. 101-108 70
7. MOLNÁR, Josef. Rozvíjení prostorové představivosti (nejen) ve stereometrii. 2., rozš. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. Monografie. ISBN 978-80-244-2254-1. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:26c84440-f3d5-11e4-8936-005056827e51>
8. ŠIKL, Radovan. Zrakové vnímání. Praha: Grada, 2012. Psyché. ISBN 978-80-247-3029-5.
9. TUAN, Yi-fu. Space and Place: The Perspective of Experience. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1977. ISBN 978-0816638772

-
10. PIAGET, Jean a Bärbel INHELDER. Psychologie dítěte. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1970. Knižnice psychologické literatury. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:15bf9fc0-7cc9-11e7-aab4-005056827e52>
 11. SIWEK, Tadeusz. Percepce geografického prostoru. Praha: Česká geografická společnost, 2011. Geographica. ISBN 978-80-904521-7-6. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:9ed673f0-cb1f-11e9-b223-005056827e52>
 12. KUŘINA, František. Umění vidět v matematice. Praha: SPN, 1990. Odborná literatura pro učitele. ISBN 80-04-23753-3. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:57250590-b2f2-11e2-8b87-005056827e51>
 13. BEISETZER, Peter a René DRTINA. Výzkum prostorové představitosti v kontextu metakognitivní strategie. Praha: Extrasystem, 2019. Didaktika, pedagogika. ISBN 978-80-87570-43-2.
 14. HEJNÝ, Milan. Teória vyučovania matematiky 2. 2. vyd. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1990.
 15. DÖRNER, Günter, Friedemann DÖCKE, Franziska GÖTZ, Wolfgang ROHDE, Fritz STAHL a Renate TÖNJES. 1987. 33. Sexual differentiation: Sexual differentiation of gonadotrophin secretion, sexual orientation and gender role behavior. Journal of Steroid Biochemistry [databáze online]. Elsevier, 27(4), 1081-1087 [cit. 2022-04-20]. DOI: 10.1016/0022-4731(87)90193-2. ISSN 0022-4731. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022473187901932>
 16. LAZNIBATOVÁ, J. Nadané dieťa – jeho vývin, vzdelávanie a podporovanie. Bratislava: IRIS, 2001. ISBN 80-88778-32-8
 17. STOPENOVÁ, Anna. Matematika II: geometrie s didaktikou. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1999. ISBN 80-7067-978-6.

-
18. MOLNÁR, Josef, Slavomíra SCHUBERTOVÁ a Vladimír VANĚK. Konstruktivismus ve vyučování matematice: [učební text]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2008. ISBN 978-80-244-1883-4.
 19. VYSKOTOVÁ, Jana a Kateřina MACHÁČKOVÁ. Jemná motorika: vývoj, motorická kontrola, hodnocení a testování. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4698-2.

Příloha A Přehled nástrojů programu SketchUp a popis jejich funkce

Každý nástroj z panelu popisují, přičemž postupují po skupinách tak, jak je řadí program. Po zvolení je nástroj aktivní, dokud nevyberu nástroj jiný. Pro každou skupinu je první nástroj defaultní, tedy po zvolení skupiny je nástroj umístěn nejvýše aktivní a nemusím ho znovu vybírat (shoduje se se skupinou i ikonou a názvem). U nástrojů je popsána jejich základní funkce a modifikační klávesy – tedy klávesové zkratky, které činnost nástroje nějakým způsobem mění.

- Nástroj *Select* (bez skupiny)



- Nástroj, pomocí kterého vybíráme entity (prvky, útvary), abychom je mohli dále upravovat. Jeden prvek vybereme kliknutím na něj tlačítkem myši. Pokud kliknu tlačítkem pravým, otevírám rovnou nabídku možností, jak entitu modifikovat. Kliknutím a tažením za stálého držení tlačítka myši provádíme výběr skupiny prvků. Pokud tažení provádím směrem vpravo, zahrnou se do výběru všechny prvky, jež se z aktuálního pohledu celé vešly do oblasti, kterou jsem tažením vybral. Pokud jsem naopak táhnul myší doleva, zahrnou se do výběru všechny prvky, u nichž se do oblasti vybrané vlezl alespoň jejich bod (tento způsob je tedy „méně přísný“). Entity, které jsou po použití nástroje součástí výběru, jsou zvýrazněné modrou barvou.
- Modifikační klávesy:
 - Ctrl – přidá do výběru entitu, na kterou při držení klávesy kliknu
 - Shift + Ctrl – odebere z výběru entitu, na kterou při držení kláves kliknu
 - Shift – kombinuje funkci předchozích (entitu přidá/odebere z výběru podle toho, jestli je již součástí)
 - Ctrl + A – vybere všechny právě viditelné entity

○ Nástroj *Eraser* (bez skupiny)



- Tímto nástrojem entity smažeme. Můžeme buď na prvky klikat postupně, nebo tlačítko myši držet a přejet přitom po každém prvku, který chceme smazat. Během toho se nám prvky označují modře a smažou se po puštění tlačítka myši.
- Modifikační klávesy:
 - Shift – entity při držení klávesy nemažeme, ale pouze zneviditelníme (jejich zobrazení se dá zapnout v nastavení)
 - Ctrl – entity při držení klávesy zjemníme (mění se stínování)
 - Shift + Ctrl – vrací předchozí úpravu do výchozího stavu

• Skupina nástrojů *Paint*



Tyto nástroje slouží k úpravě vzhledu povrchu entit (viditelných ploch):

○ Nástroj *Paint*



- Po výběru nástroje se nám v pravé části obrazovky automaticky otevře nabídka *Materials*. V ní můžeme kliknutím na symbol lupy prohledávat poměrně širokou databázi materiálů. Kromě napodobení skutečných textur obsahuje databáze také škálu barev, případně bravy a materiály průsvitné. Samotný nástroj se používá tak, že zvolím materiál a kliknutím na plochu ji obarvím.
- Modifikační klávesy:
 - Shift – obarví všechny povrchy se stejným materiálem
 - Ctrl – obarví všechny plochy, které spolu sousedí
 - Shift + Ctrl – obarví všechny plochy se stejným materiálem na jednom objektu
 - Alt – během držení aktivuje nástroj *Sample Material* popsany níže

-
- Nástroj *Sample Material* 
 - Tímto nástrojem vyberu barvu nebo texturu, kterou jsem již v modelu použil. Následně mohu pokračovat obarvením dalších ploch pomocí předchozího nástroje. Pro nabrání vzorku kliknu na obarvenou plochu levým tlačítkem myši.
 - Skupina nástrojů *Line* 

Nástroje slouží ke kreslení čar:

 - Nástroj *Line* 
 - Nástroj ke kreslení rovných čar (úseček) a entit, jejichž okraj úsečky tvoří. Kliknutím do pracovní plochy vyberu počáteční bod a druhým kliknutím po přesunu kurzoru vyberu bod koncový. Poté můžu pokračovat (koncový bod první úsečky je počátečním bodem úsečky následující) a kreslit lomenou čáru, nebo mohu stiskem klávesy *Escape* zůstat u vytvoření čáry jednoduché a pokračovat jinde. Vyberu-li směr správným umístěním kurzoru, mohu délku úsečky napsat na klávesnici a potvrdit stisknutím klávesy *Enter*.
 - Modifikační klávesy:
 - Shift – zamknout směr
 - Šipky – zamknout směr ve směru některé osy, nebo rovnoběžný/kolmý k předchozí čáře
 - Nástroj *Freehand* 
 - Nástroj ke kreslení čáry nepravidelné, od ruky. Program námi nakreslenou čáru do jisté míry vyhladí, ale respektuje zamýšlené podrobnosti, pokud máme vybráno vhodné přiblížení. Čáru můžeme také uzavřít a vytvořit tak nepravidelnou plochou entitu s plným vnitřkem (obsahem). Čáru kreslíme po stisknutí tlačítka myši. Uvolněním tlačítka kreslení ukončíme. Dostanu-li se při kreslení blízko výchozímu bodu, program tvar automaticky uzavře.

-
- Skupina nástrojů Arc



Nástroje ke kreslení oblouků:

- Nástroj Arc



- Nástroj ke kreslení oblouku zadáním středu a dvou koncových bodů. Prvním kliknutím vybereme střed, druhým počáteční bod (tím určíme i poloměr, který můžeme místo toho napsat do pole), třetím bod koncový (tím určíme úhel, který můžeme místo toho napsat do pole).
- Modifikační klávesy:
 - Ctrl + „+“ / Ctrl + „-“ – mění počet segmentů (oblouk je ve skutečnosti tvořen rovnými segmenty, jejichž počet volí autor podle požadované přesnosti a velikosti souboru)
 - Shift (před prvním kliknutím – zamkne oblouk v aktuální orientaci (vzhledem k osám))
 - Šipky (před prvním kliknutím) – zamknou vodící úhloměr v některé rovině
 - Šipky (po prvním kliknutí) – zamknou směr kreslení ve směru některé osy

- Nástroj 2 Point Arc



- Alternativní nástroj pro kreslení oblouků. S použitím tohoto nástroje nejdříve vybíráme počáteční bod oblouku, poté bod koncový, a posledním kliknutím vybíráme „vyboulení“ oblouku (směr i velikost) – tedy polohu bodu, který na oblouku leží mezi body koncovými.
- Modifikační klávesy:
 - Ctrl + „+“ / Ctrl + „-“ – mění počet segmentů (oblouk je ve skutečnosti tvořen rovnými segmenty, jejichž počet volí autor podle požadované přesnosti a velikosti souboru)
 - Shift (před prvním kliknutím – zamkne oblouk v aktuální orientaci (vzhledem k osám))
 - Šipky (před prvním kliknutím) – zamknou vodící úhloměr v některé rovině

-
- Šipky (po prvním kliknutí) – zamknou směr kreslení ve směru některé osy
 - Nástroj *3 Point Arc* 
 - Poslední z nástrojů ke kreslení oblouků, který od nás očekává výběr tří bodů na oblouku – bodu počátečního, libovolného dalšího a koncového. Po výběru druhého bodu nám pole vpravo dole ukazuje úhel, který můžeme zadat ručně.
 - Modifikační klávesy:
 - Ctrl + „+“ / Ctrl + „-“ – mění počet segmentů (oblouk je ve skutečnosti tvořen rovnými segmenty, jejichž počet volí autor podle požadované přesnosti a velikosti souboru)
 - Shift (před prvním kliknutím – zamkne oblouk v aktuální orientaci (vzhledem k osám))
 - Šipky (před prvním kliknutím) – zamknou vodící úhloměr v některé rovině
 - Šipky (po prvním kliknutí) – zamknou směr kreslení ve směru některé osy
 - Nástroj *Pie* 
 - Nástroj sloužící ke kreslení kruhových výsečí. Funguje stejně jako nástroj *Arc*, ale automaticky zkonstruuje poloměr u počátečního i koncového bodu a tvoří tak uzavřený tvar.
 - Skupina nástrojů *Rectangle* 

Nástroje ke kreslení plošných útvarů a prostorového textu:

 - Nástroj *Rectangle* 
 - Nástroj sloužící ke kreslení obdélníků. Počáteční bod volíme prvním kliknutím, bod ležící na konci úhlopříčky přesunutím kurzoru a kliknutím druhým. Entita je uzavřená automaticky (útvár je vyplněn plochou). Program nabízí uživateli konstrukci čtverce (případně poměru stran ve zlatém řezu) tím, že v příslušné poloze kurzoru zvýrazní úhlopříčku obrazce. Místo přemístění kurzoru do

cílového místa mezi prvním a druhým kliknutím může uživatel vepsat hodnotu délky obou určujících stran, přičemž čísla oddělíme čárkou. Polohu obdélníku určí umístěním kurzoru.

- Modifikační klávesy:
 - Ctrl – přepnout na kreslení od středu obrazce místo jeho rohu
 - Šipky – zamknout vodící směr v některé základní rovině

○ Nástroj *Rotated Rectangle*

- Nástroj ke kreslení obdélníku, jehož hrany neleží všechny v některé se základních rovin. Jednoduše řečeno je otočen už při konstrukci (bez použití nástroje *Rotate*). Prvním kliknutím vybíráme počáteční bod jedné hrany, druhým kliknutím bod koncový. Přitom kurzorem určí nejen jeho vzdálenost, ale i směr první hrany. Poté podobným způsobem vybírám bod třetí, po jehož potvrzení je obdélník dokončený.
- Modifikační klávesy:
 - Alt – po prvním kliknutí zamkne vodící úhloměr v aktuální rovině (v takovém případě mohou vepsat do pole nejen délku první strany, ale i úhel)
 - Shift – zamkne aktuálně kreslenou čáru ve směru vybraném kurzorem
 - Šipky – otočí vodící úhloměr ve směru některé osy

○ Nástroj *Circle*

- Nástroj sloužící ke kreslení kruhu. Prvním kliknutím vybereme střed, druhým kliknutím bod na určující kružnici, tedy i poloměr. Ten můžeme také vepsat do pole. Kruh je stejně jako oblouk (viz výše) tvořen několika segmenty, přesněji jde tedy o pravidelný mnohoúhelník, jehož počet stran volíme podle požadované detailnosti (větší počet stran působí vizuálně lépe, ale soubor je objemnější).

- Modifikační klávesy:
 - Ctrl + „+“ / Ctrl + „-“ – mění počet segmentů, viz výše
 - Shift – před prvním kliknutím zamkne kruh ve vybrané orientaci
 - Šipky – otočí kruh ve směru některé základní osy



○ Nástroj *Polygon*

- Nástroj pro kreslení pravidelných mnohoúhelníků. Prvním kliknutím vybereme střed obrazce, druhým vrchol (určujeme tedy poloměr vodící kružnice – viz níže – který můžeme vepsat do textového pole. Počet stran nastavíme předem pomocí modifikačních kláves.
- Modifikační klávesy:
 - Ctrl + „+“ / Ctrl + „-“ – mění počet segmentů
 - Ctrl – po prvním kliknutí přepíná, jestli je vodící kružnice (její poloměr určujeme) konstruovanému mnohoúhelníku opsána, nebo vepsána.
 - Shift – před prvním kliknutím zamkne polygon v aktuální orientaci
 - Šipky – před prvním kliknutím jimi zamkneme polygon v některé základní rovině, po prvním kliknutí zamyká ve směru základních os poloměr, kterým určujeme velikost polygonu



○ Nástroj *3D Text*

- Nástroj sloužící k psaní textu, který vystupuje do prostoru. Takový text je automaticky komponentou. Výplň textu přitom můžeme vypnout, v takovém případě nápis vytvoří entitu obrysu textu v rovině. Po zvolení nástroje není k dispozici funkce *Instructor*, místo toho se automaticky otevře okno, kam vepíšeme požadovaný text, nastavíme typ písma, řez, výšku textu (tj. velikost písma) a hloubku, tj. jak moc bude text vystupovat do

prostoru. Po potvrzení musíme text umístit do modelu podobně, jako umísťujeme entitu vloženou z virtuální schránky.

- Skupina nástrojů *Push/Pull* 

Nástroje pro modelování objektů vytažením jejich půdorysu nebo průřezu do prostoru:

- Nástroj *Push/Pull* 

- Nástroj, který vytáhne do prostoru jakoukoliv uzavřenou plochu (entita tvořena částí roviny, kterou jsme ohraničili lomenou čarou nebo křivkami). Na rozdíl od dalšího nástroje v pořadí, zde je směr tažení po přímce, která je navíc kolmá k původní entitě. Z obdélníku tak vzniká kvádr, z kruhu válec apod. Pro vytažení mohu použít více ploch (v aktivním výběru), pokud leží ve stejné rovině. Ve většině případů jsou po použití nástroje všechny plochy tělesa vyplněny. Tažení funguje standardně na obě strany, čímž vzniká efekt tažení a můžeme modelovat do těles díry a otvory. Nástroj použijeme tak, že klikneme na plochu, kterou chceme vytáhnout, program by měl plochu zvýraznit tečkovaně, když na ni umístíme kurzor. Pokud program identifikuje plochu špatně (přidá k ní plochu okolní), pak zřejmě není hraniční čára/křivka uzavřena. Následuje pohyb kurzorem ve směru, kterým chci objekt táhnout. Operaci dokončím buď kliknutím, nebo vepsáním hodnoty (hloubky vznikajícího objektu) do pole a potvrzením klávesou Enter. Alternativní použití je předem označit plochu (nebo více) pomocí nástroje *Select*. Poté zvolím nástroj *Push/pull* a kliknutím zahájím operaci. Dále už pokračuji stejně. Místo dvou kliknutí můžeme mi začátkem a koncem operace tlačítka myši držet. V takovém případě operaci ukončíme puštěním tlačítka.
- Modifikační klávesy:
 - Ctrl – po vytažení vzniknou na konci objektu dvě plochy místo jedné, takže můžu dál

táhnout a na místě, kde bylo tažení přerušeno, vznikne entita navíc

- Alt – s tažením se deformují i okolní plochy (široká možnost využití – je třeba vyzkoušet)



○ Nástroj *Follow Me*

- Nástroj funguje podobně jako ten předchozí, ale tažení neprobíhá nutně po přímce kolmé k určující ploše. Směr je řízen jinou entitou ve stejném souboru, přes kterou pohybujeme kurzorem a program řídí vytažení objektu. Pro využití tohoto nástroje tedy musím mít průřez (plochu, kterou vytahuji) a řídící přímku nebo křivku. Operace začíná opět kliknutím na plochu, kterou chci vytáhnout. Ukončíme ji kliknutím na jakékoliv místo řídící křivky. Pokud je náš projekt jednoduchý (řídící křivka se s ničím nekříží apod.), pak stačí kurzorem najít bod na křivce, kde chci s tažením končit a kliknout. Pro lepší kontrolu můžeme po celé části křivky pohybovat kurzorem a tažení provést postupně. Tímto nástrojem můžeme také pohodlně modelovat rotační tělesa. Pokud vytvoříme pravouhlý trojúhelník a v rovině kolmé na některou z odvěsen kružnici, pak můžeme tento trojúhelník vytáhnout po kružnici a vzniká kužel.



○ Nástroj *Offset*

- Nástroj, kterým tvoříme kopie uzavřených křivek/lomených čar, a to v jednotné vzdálenosti od originálu. Z obrazce tak vzniká podobný obrazec se shodným středem. Pro použití nástroje musí být vnitřek obrazce vyplněn. Prvním kliknutím vybereme plochu, přemístěním kurzoru ve směru zmenšení/zvětšení a druhým kliknutím operaci ukončíme.



- Skupina nástrojů *Move*
Nástroje pro transformaci entit:

-
- Nástroj *Move* 
 - Nástroj pro přesun objektů v modelu. Entitu (nebo více) můžeme buď vybrat předem nástrojem *Select*, nebo ji vybrat až prvním kliknutím s tímto nástrojem. Kurzorem ovládáme směr přesunu a dalším kliknutím operaci dokončíme. Pokud mám kurzorem (nebo šipkou) nastaven požadovaný směr, mohu do pole vepsat vzdálenost pro přesun a potvrdit operaci stisknutím klávesy Enter.
 - Modifikační klávesy:
 - Shift – zamkne pohyb vzhledem k aktuálnímu směru
 - Ctrl – vytvoří kopii přesouvaného objektu (na původním místě zůstane originál)
 - Šipky – zamknou pohyb ve směru některé ze základních os
 - Nástroj *Rotate* 
 - Nástroj sloužící k otáčení objektů. Funguje podobně jako předchozí nástroj, entitu mohu vybrat předem, nebo až při rotaci samotné. Při používání nástroje je vyobrazen úhloměr pro zpřehlednění situace.
 - Modifikační klávesy:
 - Ctrl – přepíná, jestli na původním místě zůstane originál (vytváří kopii)
 - Šipky – zamykají pozici vodícího úhloměru v některé ze základních rovin
 - Nástroj *Scale* 
 - Mění velikost entit. Ovládání je podobné jako u předchozích dvou nástrojů. Máme-li entitu vybranou, okolo ní se zobrazí klec vodících bodů (kvádr opsaný všem zvoleným objektům), pomocí kterých „škálování“ ovládáme. Nefunguje pro samotné úsečky (ty buď protáhneme opětovným užitím nástroje *Line*, nebo přesuneme jejich koncový bod nástrojem *Move*)

-
- Modifikační klávesy:
 - Shift – držení umožňuje zachovat poměry velikostí vybraných objektů
 - Ctrl – středem transformace je geometrický střed tělesa (defaultně je to bod protější tomu, který k transformaci využíváme)
 - Skupina nástrojů *Tape Measure* 

Pomocné a měřicí nástroje:

 - Nástroj *Tape Measure* 
 - Nástroj k měření vzdáleností. Kliknutím vybereme první bod, pohybem kurzoru určujeme bod koncový. Pokud kurzor necháme chvíli na místě, objeví se u něj hodnota, která odpovídá vzdálenosti mezi oběma body.
 - Modifikační klávesy:
 - Ctrl – měřená vzdálenost zůstane po druhém kliknutí v modelu viditelná jako pomocná čára (ta není skutečně entitou, ale mohu ji použít například ke zkonstruování objektu v konkrétní vzdálenosti od jiného)
 - Shift – zamkne směr měření na přímce aktuálně určené umístěním kurzoru
 - Šipky – zamknou směr měření ve směru některé ze základních os
 - Nástroj *Dimensions* 
 - Slouží k vynesení délkových kót u objektů. Prvními dvěma kliknutími (případně jedním do některého bodu mimo dva krajní) vybíráme kótovaný rozměr, dalším pohybem kurzoru vybíráme pozici kóty a třetím kliknutím potvrzujeme. Kótu můžeme vynést v některé ze základních rovin. Bude viditelná na exportovaném obrazovém souboru, čehož můžeme využít (společně s nastavením pohledu a vypnutím perspektivy) k vytvoření zjednodušené technické dokumentace.

○ Nástroj *Text*



- Nástroj k vynesení textové informace k nějaké entitě. Text je s entitou spojen odkazovou čarou. Prvním kliknutím vybereme entitu, poté kurzorem určíme umístění textového pole a druhým kliknutím toto pole aktivujeme pro úpravy. Kliknutím mimo upravované pole tyto úpravy ukončíme. Klávesou *Esc* celou operaci zrušíme.

○ Nástroj *Section Plane*



- Tímto nástrojem vytváříme řezy. Kliknutím kamkoliv do vytvářeného modelu určíím rovinu řezu, její směr pak předem nastavíme šipkami, pokud nám nevyhovuje některý ze směrů nabízený programem (ten identifikuje vymodelované povrchy, hrany apod.).

○ Nástroj *Protractor*



- Pomocný úhloměr, který slouží k měření úhlů již zkonstruovaných, ale také ke kreslení čar pod určitým úhlem vzhledem k jiným entitám. Střed úhloměru při operaci umístíme do průsečíku dvou čar (vrchol měřeného úhlu) a klikneme pro potvrzení. Dalším pohybem kurzoru a následným kliknutím vybíráme první rameno úhlu. Podobným způsobem pak vybereme i rameno druhé. Po kliknutí na něj zůstane v textovém poli zobrazena velikost změřeného úhlu a v modelu bude přerušovanou čarou vyznačena příčka, na které leželo druhé vybrané rameno. Tu můžeme využít jako vodící entitu pro konstrukci čáry plné.
- Modifikační klávesy:
 - Ctrl – vypíná a zapíná funkci pomocné čáry pro další konstrukce (viz výše)
 - Šipky – před prvním kliknutím zamknou pozici úhloměru v některé ze základních rovin, po prvním kliknutí zamkne směr kreslených přímek ve směru některé základní osy

-
- Nástroj *Axes* 
 - Nástroj k přesunutí počátku pomocného systému souřadnic (tří základních os). Počátek můžeme i pootočit v některé ze základních rovin. Další přichytávání při konstrukcích entit se bude řídit novými osami. Nový počátek vybereme kurzorem myši a potvrdíme kliknutím. Dalším pohybem kurzoru poté vybíráme směr červené osy, potvrdíme kliknutím, a to samé opakujeme s osou zelenou.
 - Modifikační klávesy:
 - Alt – mění orientaci systému os
 - Skupina nástrojů *Walk* 

Nástroje pro prohlížení modelu.

 - Nástroj *Walk* 
 - Nástroj simulující chůzi pozorovatele při prohlížení modelu. Kamera se pohybuje podle pozice kurzoru. Kliknutím a stálým držením tlačítka myši v modelu vytvoříme křížek, který označuje místo, k němuž se chceme blížit. Pozice kurzoru vzhledem k tomuto křížku určuje, jak se bude kamera pohybovat – kurzor nad křížkem je pohyb vpřed, pod křížkem pohyb vzad. Kurzor na nějaké straně od křížku kameru během „chůze“ otáčí tímto směrem. Čím dále je kurzor od křížku, tím rychlejší je pohyb kamery.
 - Modifikační klávesy:
 - Shift – za držení klávesy se místo vpřed a vzad pohybujeme nahoru a dolů
 - Ctrl – zrychluje pohyb kamery
 - Alt – zapíná procházení entitami
 - Nástroj *Position Camera* 
 - Nástroj, který po kliknutí myši do nějakého bodu v modelu umístí kameru do výšky očí pozorovatele přesně nad tento bod. Poté se automaticky vybere nástroj *Look Around* (níže).

- Nástroj *Look Around*



- Nástroj, díky kterému se můžeme ve vytvářeném modelu rozhlížet, jako bychom v něm stáli. Zdroj (pozice pozorovatele) je přitom statický, můžeme ovládat pouze směr, kterým se díváme. V tomto se nástroj liší od poslední skupiny níže. Je užitečný zejména pro prozkoumávání interiérů a členitých modelů, kdy je velmi těžké najít vhodnou pozici pozorovatele, a proto o ni nechceme při rozhlížení přijít. Ovládá se kliknutím a tažením myši ve směru, kterým chceme kameru otočit.

- Skupina nástrojů *Orbit*



Další nástroje k prohlížení modelu, při běžné práci častěji používané.

- Nástroj *Orbit*



- Svým způsobem výchozí prohlížecký nástroj, používán nejčastěji, kromě samotného zvolení v menu aktivován kdykoliv stiskem a držením kolečka myši. Prakticky funguje tak, že pozice kurzoru při kliknutí se stává středem otáčení, dokud tlačítko myši držíme. Pohybem myši určujeme směr otáčení, přičemž pohyb vlevo kameru posouvá doprava. Podobným způsobem funguje pohyb v prostoru u mnoha programů, funkce je velmi intuitivní. Objekty nejbližší kurzoru se nedostávají ze zorného pole, tím jsou ohroženy spíše objekty na okraji aktuálního pohledu.

- Nástroj *Pan*



- Nástroj, který se ovládá kliknutím a tažením pravého tlačítka myši. Pozorovatel se pohybuje po přímkách, směrem opačným k pohybu myši. Na rozdíl od předchozího nástroje tedy pozorovatel okolo modelu nerotuje, jen se posouvá.

- Nástroj *Zoom*



-
- Nástroj pro přiblížení nebo oddálení pohledu. Ovládá se kliknutím tažením myši. Při pohybu kurzoru vzhůru se pohled přibližuje, pohybem kurzoru dolů oddaluje.
 - Modifikační klávesy:
 - Shift – místo přiblížení se mění úhel zorného pole (vyjádřený ve stupních)
- Nástroj *Zoom Window* 
- Nástroj sloužící k jednorázovému a přesnému přiblížení. Ovládá se nakreslením obdélníku pomocí kliknutí a tažení myši. Nakreslený obdélník se stane novým pohledem, nástrojem tedy jsme schopni přiblížit pohled rychleji a získat záběr přesně toho, co potřebujeme.
- Nástroj *Zoom Extents* 
- Nástroj se nijak neovládá, po kliknutí na něj vycentruje pohled tak, aby byl viditelný celý rozdělaný projekt.

Vedle panelu nástrojů je důležitý o panel dalších funkcí umístěný na druhé straně – při pravém kraji obrazovky. Nebudeme s ním zřejmě při modelování pracovat tak často, ale je dobré si alespoň stručně projít, které co se ve které záložce skrývá za funkci:

- Entity Info
Záložka, která zobrazuje základní informace o entitě, jež je aktuálně vybrána (např. nástrojem Select). Vidíme materiál, značku (je-li použit nástroj *Tag*), a můžeme entitu zneviditelnit, případně vypnout/zapnout stíny, které vrhá, nebo jsou vrženy na ni. U ploch navíc vidíme vyčíslený obsah. Je-li vybráno více entit, pak záložka vypíše jejich počet.
- Instructor
Záložka, která nabízí nápovědu k právě vybranému nástroji. Kromě stručného popisu funkce (Tool Operation) je k dispozici i krátká ilustrativní animace, ze které je poměrně jasné, co nástroj dělá a jak ho použít. Dále vidíme výpis modifikačních kláves.
- 3D Warehouse
Tato záložka nabízí procházení Warehouse, což je databáze

modelů, které vytvořili uživatelé SketchUpu a nabízí je jako polotovary pro vaše větší projekty. Modely z databáze lze filtrovat podle kategorií (umění, architektura, interiér, elektronika, zvířata apod.). Také můžeme výběr omezit velikostí modelu nebo počtem polygonů. Kromě jednotlivých modelů sdílí uživatelé i celé kolekce, tvořeny modely s podobným tématem (například několik váz tvořících jednu kolekci v kategorii interiérového designu). Vybraný model stáhneme a vkládáme do našeho projektu podobně jako obsah schránky (vybereme umístění a potvrdíme kliknutím).

- **Components**
Záložka zobrazující všechny komponenty v našem projektu. Komponenta je tvořena několika entitami, které jsou námi spojeny dohromady v celek. Například při modelování obývacího pokoje si všechny polygony tvořící židli označíme a vytvoříme z nich komponentu „židle“, protože dále už budeme přesouvat a otáčet pouze židli jako celek, nikoli každou nohu zvlášť apod. Na rozdíl od skupin (viz níže) se komponenty používají k definování objektů, které využijeme v modelu vícekrát (budeme je často duplikovat apod.). Kromě komponent v našem modelu nabízí záložka i vyhledávání ve Warehouse (viz výše).
- **Materials**
Záložka zobrazující námi využití materiály (povrchy) v modelu. Alternativně lze přepnout na zobrazení všech použitelných materiálů. Těch je v této verzi SketchUpu několik stovek, ve vyšších verzích lze nahrávat nové, nebo přidávat vlastní a upravovat již existující.
- **Styles**
Nabízí změnit grafický styl celé scény. Styly jsou přednastaveny a ovlivňují vzhled čar a ploch. Hrany tak můžeme zobrazovat méně konkrétní, pokroucené, simulovat vzhled ručně kreslené práce. Barevné schéma scény můžeme nastavit do výraznějších nebo naopak decentnějších odstínů a ovlivnit tím sytost. Některé styly invertují barvy tak, že hrany jsou světlejší než pozadí. Styl lze kdykoliv měnit, model zůstává beze změn.
- **Tags**
Záložka ke správě takzvaných tagů. Jedná se o virtuální štítky, které můžeme přidělit entitám a tím je lépe organizovat. Entity se stejným štítkem můžeme výběrem štítku označit do výběru,

příčemž štítky v modelu můžeme přidávat, odebírat, organizovat do složek a podobně.

- Scenes

V této záložce máme možnost nastavit jakési základní pohledy (je jich devět, jedná se o pohledy ve směru základních os a jejich kombinace). Dále můžeme měnit zobrazení mezi rovnoběžným promítáním a perspektivou (trojbodová a dvojbodová), případně měnit zorný úhel. Z jakéhokoliv pohledu máme také možnost vytvořit scénu. To je pozice kamery, která se uloží do souboru, například pro pozdější potřebu prezentace. Ze scén je možné vytvořit posloupnost, kdy mezi nimi program zvolenou rychlostí (a se zvoleným zpožděním) postupně přepíná, čímž vytvoříme poloautomatickou prezentaci.

- Display

V této záložce máme možnost měnit zobrazení několika způsoby. První j znovuzobrazení entit, které jsme cíleně skryli během práce. Volba *Unhide* je vrátí do původního stavu. Pokud je chceme vidět dočasně, ale jejich skrytost zachovat, můžeme zde zaškrtnout políčko pro zobrazení všech skrytých entit (*Hidden Objects*). Dalšími možnostmi je zobrazení skryté geometrie (například hrany mnohostěnů, které se pro simulaci kulatosti vůbec nezobrazují), nastavení stínů (podle data a času), mlhy a podobně