

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta
Katedra pedagogiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zavádění nových technologií do praktické výuky zubních techniků
Introducing new technologies into the practical training of dental technicians

Edita Sýkorová

Vedoucí práce: PhDr. Jiří Leipert, Ph.D
Studijní program: Učitelství praktického vyučování a odborného výcviku
Studijní obor: B UPVOV 20 (0114RP300002)

Odevzdáním této bakalářské práce na téma Zavádění nových technologií do praktické výuky zubních techniků potvrzuji, že jsem ji vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Prohlašuji, že jsem při její tvorbě nepoužila nástrojů umělé inteligence. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

České Budějovice, 04.04.2025

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce panu PhDr. Jiřímu Leiptovi, Ph.D., za odborné vedení, podnětné připomínky a odborné rady nezbytné pro vznik této práce. Dále moc děkuji zejména mojí rodině, která mi pomáhala a podporovala mě nejen při tvorbě této práce, ale během celého studia.

ABSTRAKT

Tato práce se zaměřuje na problematiku aktualizace školního vzdělávacího programu oboru Asistent zubního technika v závislosti na postupu zavádění nových technologií do běžné stomatologické praxe. Teoretické kapitoly popisují a analyzují aktuální stav studijního programu na středních zdravotnických školách a profil absolventa a dále přináší rozsáhlou rešerši potenciálně využitelných technologií ve výuce oboru a snaží se i zhodnotit jejich budoucí přínos. Praktická část pak následně navrhuje postup realizace změn vzdělávacího programu, vyhodnocuje výsledek již aktualizovaného předmětu a přináší návrh na strukturu jednoho konkrétního nového odborného předmětu. V diskuzi a závěru shrnuje hlavní výzvy a problémy celého procesu a získané poznatky.

KLÍČOVÁ SLOVA

CAD/CAM, 3D modelování, sintrování, frézování, 3D tisk, 3D skenování, odborné vzdělávání, školní vzdělávací program, střední zdravotnická škola

ABSTRAKT

This thesis focuses on the issue of updating the school curriculum for the Dental Technician Assistant program in relation to the introduction of new technologies into routine dental practice. The theoretical chapters describe and analyze the current state of the study program at secondary medical schools and the graduate profile. They also provide an extensive review of potentially applicable technologies in the program and attempt to evaluate their future benefits. The practical part subsequently proposes the implementation process for changes in the educational program, evaluates the results of the already updated subject, and offers a proposal for the structure of one specific new professional subject. The discussion and conclusion summarize the main challenges and issues of the entire process and the findings obtained.

KEYWORDS

CAD/CAM, 3D modeling, sintering, milling, 3D printing, 3D scanning, vocational education, school curriculum, secondary medical school.

Obsah

1	Úvod.....	8
1.1	Historický vývoj.....	8
1.2	Současný stav.....	8
1.3	Výhled do budoucna.....	8
2	Teoretická část.....	10
2.1	Cíle práce.....	10
2.2	Metody práce.....	10
2.3	Popis současného studijního programu.....	11
2.3.1	<i>Odborné vzdělání.....</i>	<i>11</i>
2.3.2	<i>Všeobecné vzdělávání.....</i>	<i>11</i>
2.3.3	<i>Praktická výuka.....</i>	<i>11</i>
2.3.4	<i>Profil absolventa.....</i>	<i>12</i>
2.3.5	<i>Možnosti dalšího vzdělávání.....</i>	<i>12</i>
2.3.6	<i>Vyšší odborné vzdělávání (VOŠ).....</i>	<i>12</i>
2.3.7	<i>Vysokoškolské studium.....</i>	<i>12</i>
2.3.8	<i>Specializační kurzy a certifikace.....</i>	<i>13</i>
2.3.9	<i>Práce v zahraničí a mezinárodní certifikace.....</i>	<i>13</i>
2.4	Analýza aktuálních a budoucích požadavků na absolventa studijního oboru.....	13
2.4.1	<i>Aktuální požadavky na absolventy.....</i>	<i>13</i>
2.4.2	<i>Budoucí požadavky a trendy.....</i>	<i>15</i>
2.5	Rešerše stávajících a nových technologií používaných v oboru.....	16
2.5.1	<i>Otiskování.....</i>	<i>16</i>
2.5.2	<i>Návrh a modelování náhrady.....</i>	<i>18</i>
2.5.3	<i>Výroba konstrukce náhrady.....</i>	<i>21</i>
2.5.4	<i>Moderní materiály v dentální technice.....</i>	<i>28</i>
2.5.5	<i>Estetické dokončení.....</i>	<i>30</i>
2.5.6	<i>Nasazení náhrady.....</i>	<i>32</i>
3	Praktická část.....	34
3.1	Zavádění nových technologií do učebního plánu.....	34
3.1.1	<i>Zachování: Nadále platné postupy a technologie.....</i>	<i>34</i>
3.1.2	<i>Aktualizace výuky: začlenění moderních technologií a trendů.....</i>	<i>36</i>
3.1.3	<i>Omezení či nahrazení: Zastaralé prvky výuky.....</i>	<i>37</i>
3.2	Příklad modernizace tematického celku – Kreslení a modelování a Zhotovování stomatologických protéz.....	39
3.2.1	<i>Seznámení s 3D modelováním pomocí Nomad Sculpt.....</i>	<i>40</i>
3.2.2	<i>Výuka kreslení zubů pomocí Dental Sketching.....</i>	<i>41</i>
3.2.3	<i>Výuka práce s profesionální stomatologickou aplikací Zirkonzahn.....</i>	<i>42</i>
3.2.4	<i>Realizace ve výuce a výsledky.....</i>	<i>44</i>
3.2.5	<i>Reflexe, diskuse a zpětná vazba.....</i>	<i>44</i>
3.3	Návrh tematického celku – Úvod do digitálních technologií v protetické technologii.....	45
3.3.1	<i>Začlenění tematického celku do školního výukového plánu.....</i>	<i>45</i>
3.3.2	<i>Vzdělávací cíle tematického celku.....</i>	<i>46</i>
3.3.3	<i>Obsah a organizace výuky.....</i>	<i>46</i>
3.3.4	<i>Metodické pojetí výuky.....</i>	<i>46</i>

3.3.5	<i>Závěr a přínos tematického celku</i>	47
4	Diskuse: Přejchod od tradiční k technologické výuce – výzvy, přínosy a úskalí ...	48
4.1	Přejchod k technologicky orientované výuce	48
4.2	Finanční náročnost.....	48
4.3	Postoje tradičně založených učitelů.....	49
4.4	Co se osvědčilo a co se nepovedlo	49
4.5	Výměna zkušeností a odborné setkávání	49
4.6	Shrnutí.....	50
5	Závěr	51
	Seznam použitých informačních zdrojů	53
	Seznam příloh	56

1 Úvod

1.1 Historický vývoj

S trochou nadhledu můžeme konstatovat, že stomatologie jako odvětví je stejně staré jako lidstvo samo. Zubní kazy samozřejmě trápí lidstvo už od doby kamenné a je známo, že zubní protézy a můstky se běžně vyráběly již 700 let př. n. l. Etruskové zapouštěli náhradní chrup ze zvířat do zlatých držáků, ale nahrazovali chybějící chrup převážně jen v místech, která jsou vidět při mluvení. Féničané zase zhotovovali falešné zuby ze slonoviny a upevňovali je v ústech zlatými drátky. Lékaři však již tehdy bolavé zuby nejen trhali, ale snažili se je také různými způsoby zachránit. Jeden z otců stomatologie, Aulus Cornelius Celsus, doporučoval trhat zuby, až když se viklají, a radil je dobře čistit. Zuby si s pomocí párátko ošetřovali staří Řekové i Římané. Indové je čistili snítkami fikovníku a Číňané už měli zubní kartáčky.

První zmínka o estetické stomatologii, a to o zubních fazetách, se objevila ve 30. letech 20. století v Hollywoodu jako reakce na požadavky tehdejších hvězd, které chtěly mít dokonalý úsměv. Vyvinul je americký zubní lékař Charles Pincus (1904–1986). Historicky prvním pacientem s touto náhradou byla herečka Marilyn Monroe a z této doby také pochází typické slovní spojení „hollywoodský úsměv“ (Redakce časopisu StomaTeam, 2021).

1.2 Současný stav

Všechny průmyslové obory se často potýkají s různými novými výzvami, které se někdy neočekávaně objevují a zásadně ovlivňují zaběhlou praxi. Jedná se zejména o měnící se dostupnost jak stávajících technologií, tak uvádění nových, ale může jít o změnu akceptace tradičně využitých technologií, jejich efektivity a ekonomičnosti, či přehodnocení jejich vlivu na životní prostředí.

1.3 Výhled do budoucna

Jedním z fenoménů posledních let je nástup digitálních technologií, či obecně digitalizace, kde hlavním jejím cílem by mělo být především zefektivnění a automatizace opakovaných činností vykonávaných lidmi a tím následného dosažení ekonomických úspor.

Ve stomatologii se první aplikace nových technologií a digitalizace začaly objevovat již před desítkami let. Nicméně vzhledem k nutnosti specifického řešení náhrady pro každého

jednotlivého pacienta se dbá především na přesnost výsledných prací, jakožto nejdůležitějšího parametru výroby zubních náhrad. Z tohoto důvodu byly dlouhou dobu využívány pouze tradiční technologie a ruční výroba. Teprve postupné rozšiřování nových technologií v jiných průmyslových odvětvích, jejich zpřesnění a zlevnění umožnilo i ve stomatologii nastartovat změnu zaběhlé praxe.

Jedním z hlavních problémů přechodu na nové technologie jsou zejména vysoké vstupní náklady na vybavení, ale také diametrálně odlišné požadavky na kvalifikaci a dovednosti, kterými musí pracovníci v oboru stomatologie disponovat. Změna z manuálně orientované výroby náhrad, kde je vyžadována velká manuální zručnost a zkušenost pracovníků, na vysoce kvalifikované operátory komplexních obráběcích center a CAD/CAM zařízení je zásadním problémem oboru. Přesholení starší generace pracovníků se jeví jako nemožná a bude zde nutná generační obměna.

Cílem mé práce je zmapovat a přiblížit aktuální stav školství a ukázat možnosti využití celé řady nových technologií, které mohou sloužit k efektivnější výrobě protetických náhrad a zároveň identifikovat oblasti, kde bude nutné provést změnu školního studijního programu s cílem zajištění potřebných studijních předpokladů, dovedností a návyků získaných absolventy školy.

Téma Zavádění nových technologií do praktické výuky zubních techniků jsem si zvolila, protože jako dlouholetý praktik oboru a nyní učitel vnímám zásadní změnu v mém oboru a chápu, že bez přizpůsobení způsobu a zaměření přípravy našich žáků nebudou tito dobře připraveni pro výkon svého budoucího povolání.

2 Teoretická část

2.1 Cíle práce

Jak jsem již zmínila v úvodu, jako pedagog jsem aktivní pouze část své pracovní kariéry. Větší část jsem strávila v praxi jako člen týmu stomatologické laboratoře. Pro výkon mého aktuálního povolání učitele jsem si musela tedy doplnit pedagogické vzdělání, jehož zakončením je i tato bakalářská práce. Přestože při výuce čerpám zejména ze své předchozí praxe, musím se i já vzhledem k již probíhajícímu procesu zavádění digitálních technologií přizpůsobovat a vzdělávat a také uzpůsobovat obsah výuky. Při tom narážím na zastaralost a pomalost zavádění nových trendů do školního výukového programu, který ale je nutno slepě dodržovat. Z tohoto důvodu jsem si jako cíle mé práce stanovila následující:

- Zmapovat aktuální stav výuky odborných předmětů v oboru Asistent zubního technika
- Provést rešerši dostupných a potenciálně využitelných technologií ve výuce tohoto oboru
- Navrhnout postup realizace změn školního studijního programu a strukturu nového odborného předmětu nebo tematického celku.

Moje závěry budu využívat při diskusi s vedením oboru a školy o postupu aktualizace studijního programu.

2.2 Metody práce

Při zpracování teoretické části bakalářské práce jsem využívala především rešeršní metodu analýzy a syntézy odborných textů. Informace byly čerpány zejména z elektronických médií a zdrojů, dále monografií, odborných článků a studií zaměřených na aplikaci moderních stomatologických technologií v praxi a ve vzdělávání. Byla provedena komparace různých přístupů k implementaci nových technologií s cílem identifikovat jejich přínosy, rizika a překážky při zavádění. Dále byla aplikována deskriptivní metoda, která sloužila k popisu současného stavu využívání technologií ve výuce. Při formulaci konkrétních návrhů vychází práce z praktických zkušeností autora a jeho kolegů a z dostupných informací o aplikovaných technologiích ve vzdělávací praxi.

2.3 Popis současného studijního programu

Studijní program oboru Asistent zubního technika (kód 53-44-M/03) byl navržen tak, aby připravil absolventy studia na výkon zaměstnání v různých typech stomatologických laboratořích, a to pod dohledem zkušených spolupracovníků a odborníků, jako jsou zubní technici, diplomovaní specialisté nebo zubní lékaři. Asistent zubního technika se věnuje zejména výrobě různých stomatologických pomůcek, mezi které patří například fixní a snímatelné zubní náhrady a ortodontické aparáty, a v případě potřeby provádí i jejich opravy a renovace. Kromě toho ovládá práci s běžnými zdravotnickými přístroji a dalšími technologiemi využívanými v laboratoři.

Studium trvá běžně čtyři roky a je zakončeno teoretickou a praktickou maturitní zkouškou. Výuka kombinuje:

2.3.1 Odborné vzdělání

Je specifické pro obor a tvoří ho předměty jako jsou například somatologie, patologie, stomatologie, mikrobiologie, epidemiologie a hygiena, první pomoc, základy latinského jazyka, veřejné zdravotnictví a výchova ke zdraví, kreslení a modelování, stomatologická protetika, protetická technologie, zhotovování stomatologických protéz, cvičení z protetické technologie a psychologie.

2.3.2 Všeobecné vzdělávání

Tato část zahrnuje klasické všeobecné předměty jako český jazyk a literatura, cizí jazyk (obvykle anglický), dějepis, občanská nauka, matematika, fyzika, chemie, biologie a ekologie, tělesná výchova a informační a komunikační technologie.

2.3.3 Praktická výuka

Součástí programu jsou praktická cvičení a výuka v realistických podmínkách, které probíhají zejména ve školních zubních laboratořích pod vedením odborných učitelů. Ve třetím a čtvrtém ročníku žáci absolvují taktéž souvislou odbornou praxi ve vybraných zubních laboratořích, což jim umožňuje praktikovat nabyté teoretické znalosti v reálném prostředí (SZŠ a VOŠZ České Budějovice, 2024).

2.3.4 Profil absolventa

Absolventi oboru Asistent zubního technika jsou vybaveni teoretickými znalostmi a praktickými návyky tak, že jsou schopni se zapojit do pracovní činnosti v zubní laboratoři. Jsou schopni technologicky správně zpracovávat veškeré protetické materiály používané ve stomatologii. Dále ovládají obsluhu a údržbu zdravotnických přístrojů a zařízení zubní laboratoře. Mohou samostatně zhotovovat všechny typy fixních a snímatelných zubních náhrad, základní typy ortodontických pomůcek a provádět jejich opravy.

Absolventi mohou případně najít uplatnění ve všech typech speciálních zubních laboratoří, a také v speciálních oblastech jako plastická chirurgie, ORL, výzkumné ústavy či dentální depa. (SZŠ a VOŠZ Karlovy Vary, 2019)

2.3.5 Možnosti dalšího vzdělávání

Po úspěšném absolvování maturitní zkoušky mají žáci oboru Asistent zubního technika několik možností dalšího vzdělávání a profesního rozvoje. Navazující studium rozšiřuje kariérní možnosti a umožňuje uplatnění nejen v laboratořích, ale i ve výzkumu, vývoji zdravotnických materiálů a technologií či ve vzdělávání budoucích odborníků.

2.3.6 Vyšší odborné vzdělávání (VOŠ)

Absolventi mohou pokračovat například na Vyšší odborné škole zdravotnické v programu Diplomovaný zubní technik, kde získají hlubší odborné znalosti a vyšší kvalifikaci. Studium na VOŠ obvykle trvá tři roky a je zakončeno absolutoriem s titulem DiS (diplomovaný specialista). Tento stupeň vzdělání umožňuje absolventům pracovat s větší samostatností a podílet se na náročnějších technických procesech v laboratoři.

2.3.7 Vysokoškolské studium

Zájemci o další akademický rozvoj mohou volit z vysokých školy s navazujícími nebo příbuznými obory, například:

- Stomatologické obory na lékařských fakultách (např. dentální hygienistka)
- Zdravotnické technologie
- Biomedicínské inženýrství (ČVUT, VUT, VŠB-TUO)
- Materiálové inženýrství se zaměřením na zdravotnictví

2.3.8 Specializační kurzy a certifikace

Absolventi mohou své znalosti rozvíjet prostřednictvím odborných kurzů, které nabízejí různé vzdělávací instituce, profesní organizace i soukromé firmy a pomáhají absolventům držet krok s moderními trendy v oboru. Zaměřují se například na:

- Digitální technologie ve stomatologii (3D modelování, CAD/CAM systémy, 3D tisk)
- Speciální materiály a techniky výroby protetických prací
- Ortodontické a implantologické technologie

2.3.9 Práce v zahraničí a mezinárodní certifikace

Další možností je získání mezinárodní certifikace a uplatnění v zahraničí. V některých zemích (např. Německo, Velká Británie, Švýcarsko) existují specializované programy pro další vzdělávání zubních techniků, které umožňují rozšířit kvalifikaci a získat uznávané certifikáty.

2.4 Analýza aktuálních a budoucích požadavků na absolventa studijního oboru

Absolventi oboru Asistent zubního technika musí splňovat řadu specifických požadavků, které se však neustále vyvíjejí s ohledem na aktuálně využívané technologie a měnící se potřeby a zaměření stomatologického průmyslu. Technologický pokrok, digitalizace a využívání nových materiálů mění nejen způsob výroby zubních náhrad, což má přímý dopad na požadavky kladené na absolventy tohoto oboru, ale i klíčové dovednosti potřebné pro výkon tohoto povolání. Zatímco dříve se kladl důraz především na manuální zručnost a tradiční výrobní postupy, dnes se zubní technici stále více setkávají s digitálními technologiemi, jako jsou CAD/CAM systémy, 3D tisk nebo intraorální skenování (Savková et al., 2021).

2.4.1 Aktuální požadavky na absolventy

Manuální dovednosti a tradiční techniky

Ruční práce využívaná při zhotovování zubních náhrad a ortodontických pomůcek stále zůstává základem profese zubního technika. Přesnost, jemná motorika a cit pro detail jsou

nezbytné při modelování voskových korunek, vrstvení keramiky nebo dokončovacích úpravách náhrad. (Strub et al., 2016)

Digitální technologie a CAD/CAM systémy

Mnohé moderní laboratoře již nyní vyžadují, aby absolventi uměli pracovat s CAD/CAM technologiemi, což zahrnuje návrh protetiky v softwaru, obsluhu frézovacích strojů a porozumění 3D tisku. Schopnost pracovat s digitálními modely je dnes již stávající standardem a stále častěji se využívají virtuální návrhy namísto fyzických odlitků.

Orientace v nových materiálech

Zpracování dentálních materiálů, důkladná znalost vlastností a správného použití materiálů je nezbytná pro kvalitní práci. Od tradičních kovů a keramiky po nové hybridní materiály a bioaktivní pryskyřice. Například lithium-disilikátová keramika se dnes běžně používá pro výrobu estetických náhrad díky své pevnosti a přirozenému vzhledu (Hubálková a Krňoulová, 2009).

Obsluha a údržba laboratorního vybavení

Schopnost efektivně využívat a udržovat nástroje a přístroje v zubní laboratoři je klíčová pro plynulý provoz. Znamená to schopnost nastudovat obslužné pokyny, provádět preventivní údržbu a výměny opotřebovaných či spotřebních částí a zvládat komunikaci se servisní organizací.

Komunikace a týmová spolupráce

Efektivní a otevřená komunikace se stomatology a dalšími odborníky. Znalost odborné terminologie a schopnost využívat digitální platformy pro přenos dat (např. cloudová úložiště pro 3D modely) jsou dnes zásadní (Savková et al., 2021).

Porozumění potřebám pacientů, empatie a schopnost naslouchat přispívají k lepšímu přizpůsobení protetických řešení individuálním požadavkům.

2.4.2 Budoucí požadavky a trendy

Automatizace a umělá inteligence

S pokračující digitalizací se očekává rostoucí využití umělé inteligence v návrhu a výrobě protetických prací. Například modely strojového učení již dnes umožňují automatickou detekci hran preparace v CAD softwarech, což urychluje proces návrhu korunek a můstků.

Využití virtuální a rozšířené reality (VR/AR) nabízí jednak nové možnosti v tréninku a také vizualizaci protetických řešení, což může zlepšit přesnost a efektivitu práce.

Specializace a interdisciplinární přesah

Budoucí technici se pravděpodobně budou více specializovat na určité oblasti, například na implantologii, estetickou stomatologii nebo výrobu ortodontických aparátů. Znalost biokompatibilních materiálů a regenerativních technologií může být klíčem k lepšímu uplatnění na trhu práce.

Personalizovaná stomatologie

Potřeba výrazně individuálního přístupu k pacientům, kde vzhledem k rostoucímu důrazu na estetiku a komfort budou absolventi muset navrhovat řešení šitá na míru specifickým potřebám každého pacienta.

Ekologické a udržitelné postupy

Důraz na udržitelnost se stane nedílnou součástí běžné praxe. Povede k nutnosti implementace postupů a materiálů s menším dopadem na životní prostředí a efektivnějšímu využívání zdrojů. Minimalizace odpadu a optimalizace spotřeby materiálů a energie budou klíčové pro udržitelný provoz laboratoří.

Důraz na celoživotní vzdělávání a adaptabilita

Technologický pokrok vyžaduje, aby se absolventi neustále vzdělávali. Školy se snaží do výuky zahrnout nejnovější poznatky, ale praxe ukazuje, že zubní technici se musí průběžně učit práci s novými materiály a přístroji. Kurzy, certifikace a účast na odborných konferencích jsou proto stále důležitější (Hubálková, 2019).

2.5 Rešerše stávajících a nových technologií používaných v oboru

2.5.1 Otiskování

Otiskování je prvním krokem v procesu vzniku zubní náhrady, u kterého je velmi důležitá i součinnost s pacientem. Získání přesného modelu a celková ergonomie procesu vzniku otisku je zásadní pro celkový výsledek výroby protetických náhrad.

Tradiční metody otiskování

Tradiční postup zahrnuje použití otiskovacích hmot. Zubní lékař aplikuje do okolí připraveného zubu otiskovací hmotu a následně vloží do úst otiskovací lžici naplněnou dalším množstvím hmoty. Poté se lžice s otiskem opatrně vyjme z úst, otisk se zkontroluje, případně ošetří dezinfekcí.

Příkladem otiskovacích hmot jsou například algináty a silikony.

Alginátové otiskovací hmoty jsou hydrofilní materiály, které se snadno mísí s vodou a rychle tuhnou, což umožňuje rychlé získání otisku. Jejich nevýhodou je omezená rozměrová stabilita, a proto jsou vhodné především pro takzvané předběžné otisky nebo situační modely.

Silikonové otiskovací hmoty, známé také jako polyvinylosiloxany, poskytují vysokou přesnost a rozměrovou stabilitu, což je činí vhodnými pro definitivní otisky ve fixní protetice. Existují různé techniky aplikace těchto hmot:

- Jednodobý monofázový otisk: Používá se jedna hmota v jedné fázi, která se nanáší jak na otiskovací lžici, tak na otiskované zuby. Tato metoda je vhodná pro náhrady nesené implantáty a kombinované náhrady s nesponovými kotevními prvky.
- Jednodobý dvoufázový otisk: Využívají se hmoty ve dvou konzistencích – hustší fáze do lžice a řidší fáze na otiskované zuby. Tato technika je běžně používána ve fixní protetice pro korunky, můstky, kořenové nástavby, inlaye a onlaye.
- Dvoudobý dvoufázový otisk: Tato technika zahrnuje dvě fáze otiskování s použitím hmot různé konzistence. Nejprve se provádí otisk hmotou konzistence tmelu, následně se tento otisk upraví a provede se druhý otisk hmotou konzistence řídkého krému. Tato metoda je vhodná pro situace vyžadující vysokou přesnost detailů.

Digitální otiskování pomocí intraorálního skeneru

Digitální otiskování pomocí takzvaných intraorálních skenerů představuje nový přístup v zubní protetice, který nahrazuje mechanický otisk otiskem digitálním a přináší tak řadu výhod pro všechny strany zapojené do vzniku zubní náhrady, pacienta nevyjímaje.

3D skenování je metoda, při níž se získávají údaje o rozměrech, tvarech a barvách reálného objektu s cílem vytvořit jeho digitální trojrozměrný model. Během skenování se shromažďují data ve formě husté sítě bodů, známé jako mračno bodů (point cloud). Každý bod je definován svými souřadnicemi ve 3D prostoru a společně vytvářejí povrch výsledného modelu.

Za první způsob zachycení prostoru lze považovat fotografii. Ve stomatologii se myšlenkou optického snímání povrchu dutiny ústní zabýval Bruce A. Schuller. Přibližně před třiceti lety byly představeny první 3D skenery využívající princip aktivní triangulace, které umožňovaly detailní snímání povrchu. Další vývoj těchto technologií šel ruku v ruce s pokrokem výpočetní techniky, přičemž zejména rostoucí výpočetní výkon počítačů umožnil realistické zobrazení 3D modelů.

Existují tři hlavní metody skenování:

- První z nich je optické skenování, které využívá odraz světla od objektu do speciální kamery skeneru. Na základě získaných dat pak zařízení vytváří 3D model. Tato technologie však není příliš přesná a není vhodná pro zachycení jemných detailů.
- Další metodou je dotykové skenování, které pracuje na principu fyzického kontaktu sondy s povrchem objektu. Pohyb sondy je průběžně zaznamenáván, čímž vzniká prostorová mapa trojrozměrného modelu.
- Nejpřesnější metodou skenování je laserová technologie. Laserový paprsek dopadá na povrch objektu a jeho odraz je snímán speciální kamerou. Na základě doby, za kterou se paprsek vrátí, skener vypočítá vzdálenost jednotlivých bodů. Tímto způsobem vzniká mračno bodů, z něhož se následně sestavuje digitální model. Laserové skenování umožňuje zachytit i velmi jemné detaily s vysokou přesností.

Intraorální skenery jsou zařízení, která umožňují získat digitální 3D model chrupu pacienta prostřednictvím bezkontaktního skenování laserem. Skenovací hlavice snímá povrch zubů

a měkkých tkání, přičemž data jsou okamžitě zpracovávána a zobrazována na monitoru ve formě 3D digitálního modelu. Není-li některá oblast dostatečně nasnímána, lze ji okamžitě doskenovat, aniž by bylo nutné celý „otisk“ pořídit znovu.

Obsluha vidí výsledný 3D obraz na monitoru a může ihned zkontrolovat, zda bylo vše potřebné zachyceno. Tento digitální otisk lze následně použít pro plánování a výrobu protetických náhrad, ortodontických aparátů či dalších stomatologických pomůcek. (Lowe, 2022)

Výhody digitální CAD/CAM náhrady jsou:

- **Přesnost a spolehlivost** – Digitální skenování eliminuje chyby spojené s deformací otiskovacích hmot či jejich nesprávnou manipulací. Tím je dosaženo vyšší přesnosti otisků, což vede k lepšímu přizpůsobení protetických náhrad.
- **Spokojenost pacienta** – Bezkontaktní skenování je pro pacienty mnohem pohodlnější než tradiční otiskování pomocí otiskovacích hmot, které mohou být nepříjemné a vyvolávat dávivý reflex.
- **Rychlost a efektivita** – Digitální otisky jsou okamžitě dostupné a lze je snadno sdílet se zubní laboratoří, což zkracuje dobu potřebnou k výrobě náhrad. Například celý proces od digitálního otisku po fixaci zubní náhrady může trvat pouze čtyři dny.
- **Možnosti archivace a komunikace** – Digitální data lze snadno archivovat a kdykoli k nim přistupovat, což usnadňuje sledování vývoje léčby a komunikaci mezi lékařem a laboratoří.

2.5.2 Návrh a modelování náhrady

Dalším krokem procesu vzniku náhrady je vytvoření pracovního modelu. Je zhotoven buď pomocí fyzického otisku – model sádrový, nebo pomocí digitálního otisku – model digitální, a následuje fáze návrhu tvaru budoucí náhrady. Tato fáze zahrnuje např. modelování korunky, můstku či skeletu protézy – tedy stanovení, jak bude náhrada vypadat, jak bude velká, jak bude vyhovovat do skusu atd.

Tradiční metody modelování

Zubní technik pracuje s fyzickým modelem. V případě korunky či můstku obvykle použije tzv. voskový modelační postup – na sádrový model preparovaného zubu nanáší speciální

dentální vosk a ručně jej modeluje do podoby požadované korunky. Vosk umožňuje velmi jemné tvarování detailů (technik může přidávat a odebírat vrstvičky vosku, vytvářet rýhy imitující fissury na okluzních ploškách apod.). Výsledkem je voskový model korunky ve správném tvaru a velikosti.

Podobně se tradičně navrhuje například kovová konstrukce částečné snímatelné náhrady (tzv. skelet) – technik na model nanese vosk v místech, kde má být kovová konstrukce (třeba patro u horní protézy, spony kolem zubů), a vytvoří tak voskový vzor.

U celkových snímatelných protéz zase technik umísťuje umělé zuby do vosku – na připravenou bázi postupně rozmístí plastové zuby odpovídajících velikostí a tvarů a ve vosku je zafixuje ve správné pozici, aby simulovaly budoucí zubní náhradu. Voskový model se pak zkouší v ústech pacientovi při tzv. zkoušce protézy, kde lze ještě upravit postavení zubů, než se protéza dokončí.

Manuální modelování je tedy značně závislé na zručnosti a estetickém citu technika. Zkušený technik dokáže vytvořit velmi přirozeně vypadající náhradu, která přesně sedí do skusu a respektuje individuální anatomii pacienta. Na druhou stranu lidský faktor s sebou nese určitou variabilitu – kvalita může kolísat případ od případu. Navíc ruční modelování je časově náročné, zejména u složitějších prací. Každý detail se musí ručně vypracovat, což může trvat desítky minut až hodiny soustředěné práce. Pokud je potřeba vyrobit více stejných náhrad (např. sadu korunek), technik musí každou vymodelovat zvlášť, což zvyšuje pracnost.

Digitální modelování CAD

CAD technologie je ve srovnání s jinými technologiemi poměrně mladá. Její kořeny sahají až do 19. století, kdy byla původně využívána v umělecké tvorbě. Teprve ve druhé polovině 20. století začal její vývoj směřovat k průmyslové výrobě.

V případě digitálního modelování probíhá vznik náhrady na počítači pomocí specializovaného CAD softwaru. Příkladem využívaného software jsou například programy jako Exocad či 3Shape umožňující technikovi virtuálně vymodelovat korunky, můstky, implantátové suprakonstrukce i snímatelné náhrady s velkou přesností.

Zubní technik (případně přímo zubní lékař v ordinaci) si nahraje do používaného software model chrupu získaný skenováním. Software umožňuje virtuálně navrhnout tvar budoucí náhrady – například korunky – pomocí řady různých nástrojů. Tento přístup tak zásadně mění hlavní náplň práce zubních techniků. „Těžiště laboratoře se po dlouhých desetiletích přesunulo ze stolu s keramikou do softwaru pro design náhrad v počítači“, konstatuje zkušený český technik Jakub Hošek (Tautová, 2024).

Při vzniku modelu se může vycházet z knihovny tvarů zubů (již předdefinované tvary zubů podle anatomických pravidel) a tyto tvary přizpůsobit konkrétní situaci. Technik tak nemusí tvořit vše od nuly; vybere zub odpovídající např. první molár, software jej zasadí do mezery a technik pouze doladí velikost, kontakty se sousedními zuby a artikulaci (skus). Software také umožní analyzovat skusové poměry – ukáže, kde by navržená korunka narážela do protějších zubů, a lze ji ihned virtuálně upravit, aby skus seděl ideálně. U velkých rekonstrukcí lze využít kopírování tvarů – např. tvar zdravého zubu na jedné straně lze zrcadlově aplikovat na protější stranu vznikající náhrady. Estetické modelování (zejména u předních zubů) zahrnuje potom i úpravu tvaru tak, aby náhrada ladila s úsměvem pacienta – digitálně lze například nastavit sklon a délku předních zubů, zobrazit si náhled úsměvu apod.

Digitální návrh vzniká do značné míry asistovaně. Přesnost návrhu je velmi vysoká – rozměry lze doladovat v řádu desetin milimetru. Software navíc zabrání některým chybám – např. upozorní, pokud je navržená korunka příliš tenká v některém místě, nebo nedovolí vytvořit tvar, který by nešlo vyrobit (např. podsekřiviny pro frézování). Výsledkem je virtuální 3D model náhrady. Ten je možné kdykoli uložit, kopírovat, poslat e-mailem apod. Variabilita kvality se snižuje – digitální systém umožňuje standardizovat postup, takže výsledky jsou konzistentnější.

Výhody digitální CAD/CAM náhrady:

- **Přesnost a kvalita návrhu** – Při manuálním modelování se estetiky dosahuje čistě rukama a okem technika – šikovný technik může ručně vymodelovat velmi přirozený tvar, ale vyžaduje to umělecký talent a zkušenost. Digitální postup nabízí možnost vizualizace – na obrazovce lze vidět, jak navržený zub zapadá do úsměvu, a případně to konzultovat s lékařem či pacientem ještě před výrobou. Software také obsahuje

anatomicky správné tvary, což může méně zkušenému technikovi pomoci vytvořit esteticky vyhovující náhradu. Nicméně finální estetika nezáleží jen na vytvořeném modelu – hodně se dotváří až v následujících fázích (volba materiálu, barvy, vrstvení). Každopádně digitální nástroje umožňují lépe plánovat estetiku předem a případně provést změny jednoduše úpravou modelu (na rozdíl od vosku, který by se musel přetavit a modelovat znovu). Digitální návrh dovoluje velmi přesné dodržení funkčních parametrů – díky simulaci skusu lze minimalizovat nutné následné úpravy. Ruční modelování sice technik provádí v artikulátoru (přístroj simulující skus), ale drobné odchylky se mohou projevit a při nasazení korunky pak lékař musí korunku upravovat, aby nekolidovala se skusem. U digitálního postupu je riziko menší, software umí automaticky vyhladit kontaktní plochy tak, aby pasovaly, a navrhnout optimální tvar okluze. Dochází tedy k omezení chyb a předělávek.

- **Rychlost a efektivita** – Ruční modelování může být zdlouhavé, zejména u komplexních rekonstrukcí. Digitální modelování je zpravidla rychlejší, jakmile je uživatel v softwaru zblhlý – výběr předloh zubů a automatizované funkce ušetří čas. Například jednoduchou korunku lze v CAD navrhnout za pár minut, zatímco ručně by modelování trvalo podstatně déle. U rozsáhlých prací (např. celého zubního oblouku) je časová úspora ještě větší – software dokáže třeba „naklonovat“ určitý tvar pro více zubů, zatímco ručně by každý zub musel být vymodelován jednotlivě. Navíc jak již bylo zmíněno, odpadá nutnost začínat od nuly při opravách – digitální návrh lze editovat, místo aby se dělal nový.
- **Spokojenost pacienta** – Vizualizace může předejít nespokojenosti pacienta a následným úpravám. Tyto nepřímé úspory jsou obtížně vyčíslitelné, ale reálně zlepšují efektivitu procesu.
- **Opakovatelnost a archivace** – Digitální data lze i u návrhu znovu využít, a i s odstupem času lze získat stejný výsledek. Pokud by pacient např. korunku zlomil, z uložených dat lze náhradu jednoduše znovu zhotovit se stejným výsledkem.

2.5.3 Výroba konstrukce náhrady

V této fázi se předem navržený tvar náhrady zhotovuje z definitivního materiálu. Vzniká fyzická konstrukce náhrady. U korunek či můstků to může být vnitřní konstrukce (např.

kovová nebo zirkoničitá, na které se pak nanese keramika) nebo rovnou celá korunka v požadovaném tvaru. U snímatelných náhrad jde o nosnou část (např. pryskyřičné patro u celkové protézy) a případně kovové prvky u částečných protéz.

Tradiční a digitální přístup se v této fázi liší především způsobem výroby: manuální techniky zahrnují odlévání kovů či polymeraci pryskyřic, zatímco digitální techniky využívají frézování nebo 3D tisk.

Paralelně se změnou výrobní technologie probíhá dynamický vývoj dentálních materiálů. Nové materiály umožňují zhotovit estetičtější, odolnější a biokompatibilnější náhrady a jsou navrženy s cílem maximálního využití potenciálu CAM technologií.

Postupný přechod z manuálních na digitální techniky přináší i jejich kombinace, takzvaný hybridní digitální postup. Spojuje výhody přesné digitální konstrukce a ručního dotvoření estetického povrchu. Například lze vyfrézovat korunku s tzv. redukcí – tedy o něco menší, se záměrným prostorem pro keramiku. Technik pak na zirkonové nebo lisované jádro ručně navrství tenkou vrstvičku porcelánu jen v kritických místech (např. na povrchu předních zubů, aby dosáhl detailního vrstvení incizálních efektů). Tím se kombinuje pevné jádro z CAD/CAM (zajišťující pevnost) s ručně vrstveným povrchem (zajišťujícím špičkovou estetiku).

Tradiční výroba (odlévání, lisování, polymerace)

Navazuje na ruční modelování, kdy technik vytvořil voskový model požadované konstrukce na sádrovém modelu. Tento voskový model se nyní použije k výrobě finální části metodou tzv. ztraceného vosku. Postup je např. u kovové korunky či skeletu protézy následující: voskový model se zatmelí do speciální sádrové nebo fosfátové formovací hmoty (vyplní se jí kruhová forma). Forma se vloží do plně programovatelné vypalovací pece, kde je vosk teplem z formy eliminován a vznikne dutina přesného tvaru původního voskového modelu. Do této dutiny je pak odstředivě nebo pod tlakem vtláčen roztavený kov (např. dentální slitina na bázi zlata nebo chrom-kobaltu). Po vychladnutí kov ztuhne v podobě dané dutiny, forma se rozbije a výsledkem je kovový odlitek – např. kovová korunka nebo konstrukce můstku. Technik poté odstraní přívodní licí kanálky pro odlévání, odlitek opískuje, opracuje povrch a dále upraví. Podobně se vyrábí i kovové části snímatelných protéz. V případě celokeramických náhrad se někdy používá lisování za tepla – např. u korunek z lisované

sklo-keramiky technik vytvoří voskový model korunky, ten zatmelí do speciální formovací hmoty a ve speciální peci se pod tlakem vtlačí tavená keramická hmota, která nahradí vosk.

U celkových protéz je postup odlišný: tam technik po voskové zkoušce zasádruje model s voskovou protézou (včetně usazených zubů) do rozevratelné čtyřdílné kovové formy (kyvety), vosk se vyplaví a vzniklá dutina se vyplní akrylátovou pryskyřicí. Ta se pak ve vodní lázni za tepla polymeruje (vytvdí), čímž získáme hotovou akrylátovou bázi protézy se zuby, která po očištění a vyleštění odpovídá finální náhradě.

Tradiční výrobní postupy jsou materiálově i časově náročné. Například odlévání kovu vyžaduje precizní přístup – chyby v zahřívání, nečistoty nebo nerovnoměrné chlazení mohou vést k porositě či deformaci odlitku. Každý materiál (kov, keramika, pryskyřice) také prochází objemovými změnami – kov se při tuhnutí smršťuje, sádra mírně rozpíná atd. Zkušený technik to kompenzuje (např. volbou formovací hmoty s patřičnou expanzí tak, aby výsledné smrštění kovu nevadilo), avšak určitá odchylka může nastat. Tradiční postup tak vyžaduje mnoho zkušeností a pečlivých kroků, aby výsledná přesnost konstrukce byla vysoká. Přesto se konvenční technologií daří dosahovat přesnosti řádově v desítkách mikrometrů, což je dostatečné pro klinicky dobrý výsledek. V minulosti byl tento postup jedinou možností a osvědčil se – například kovové korunky odlévané ze zlata měly vynikající přesnost okrajů a sloužily pacientům desítky let. Největší nevýhodou je pak jednorázovost celého procesu a prakticky nemožnost nápravy případné chyby vzniklé v průběhu procesu.

Digitální výroba (frézování, 3D tisk)

V digitálním pracovním postupu se finální konstrukce zhotovuje přímo z dat navržených v počítači, a to nejčastěji metodou CNC frézování nebo 3D tisku.

CNC frézování (tzv. subtraktivní výroba), které obvykle probíhá ve specializovaných 4osých či 5osých frézovacích jednotkách. Frézování je proces, kdy počítačem řízený stroj odebírá materiál z předem připraveného polotovaru (bloku). Pro zubní náhrady se používají polotovary z různých materiálů – například keramické bločky (lithium-disilikát, oxid zirkoničitý v předslinovaném stavu), disky z pryskyřice (pro dočasné náhrady či prototypy), kompozitní bločky, případně voskové nebo plastové bločky (které se následně odlévají tradičně). CNC fréza dle digitálního modelu obrousí bloček do tvaru požadované náhrady.

V případě malých náhrad (inleje, korunky) trvá frézování jen jednotky desítek minut. U rozsáhlejších prací (můstky) to může trvat i několik hodin, ale stroj pracuje automaticky bez nutnosti ručního zásahu a v režimu 24/7. Výsledkem frézování je např. hotová monolitická korunka (celá vyfrézovaná z jednoho kusu materiálu) nebo přesná konstrukce (např. zirkoniová konstrukce můstku). U frézování kovů se používají buď měkké předslinované chrom-kobaltové disky, které se po obrobení ještě sintrováním vytvrdí, nebo fréza vybavená silnějším vřetenem, která umí frézovat i do pevného kovového polotovaru (to je náročnější a méně rozšířené). Velmi populární je frézování oxidu zirkoničitého – stroj vyfrézuje korunku z předslinovaného zirkonu, která je o ~20 % větší (software předběžně zvětší tvar o očekávané smrštění). Poté se tato korunka vypálí v peci při ~1500 °C, čímž zirkon zcela zesklivatí, zmenší se na plánovanou velikost a získá extrémní tvrdost. Proces sintrování trvá několik hodin, ale opět je automatizovaný. (Redakce časopisu StomaTeam, 2016)

Frézování z prefabrikovaných bloků má tu výhodu, že bloky (zejména keramické nebo zirkoničité) jsou průmyslově vyráběny za ideálních podmínek – materiál je homogenní, bez vnitřních vad, slinutý při vysokém tlaku a teplotě. Vyfrézovaná náhrada z takového bloku má tudíž vynikající materiálové vlastnosti a minimální vnitřní pnutí.

3D tisk je velice slibná technologie, v současnosti existují jistá omezení ohledně mechanických vlastností tištěných objektů. Pokud vezmeme v úvahu požadavky na kvalitu výsledného materiálu a zejména na přesnost a pevnost, téměř všechny definitivní náhrady se zatím vyrábějí frézováním.

3D tisk je tak aktuálně využíván zejména jako doplňková metoda s velkým potenciálem do budoucna, nespornou výhodou této technologie je schopnost vytvářet složité tvary s minimálním odpadem materiálu a často rychleji či levněji než frézování. 3D tisk se aktuálně v laboratoři skvěle uplatňuje u pomocných výrobků: zhotovení fyzických modelů z digitálních otisků, tisk nástřikových kapen (pro vizualizaci budoucího tvaru zubů), výroba provizorních korunek a můstků či šablon pro lékaře (například chirurgických šablon pro implantologii) – to vše jsou dnes běžné aplikace aditivní technologie. (Booth, J. 2021)

Zubní technici využívají 3D tisk i pro tzv. zkušební náhrady – levně a rychle vytisknou například návrh celkové protézy z pryskyřice, vyzkouší jej v ústech pacienta, a teprve poté

finální práci zhotoví konvenčně nebo frézováním. Tím se předchází chybám a zvyšuje se spokojenost pacienta s výsledkem ještě před dokončením práce.

Do budoucna se očekává vývoj nových tiskových materiálů a technologií, které by kvalitou dohaly stávající frézované polotovary. Není vyloučeno, že v horizontu několika let se objeví 3D tiskárny schopné přímo vyrobit finální korunku či můstek z keramického materiálu s vysokou pevností. Velkým trendem se stává 3D tisk protézových základů – lze vytisknout bázi celkové snímatelné náhrady s přesností a rychlostí převyšující tradiční postupy. Zuby do protézy se pak buď vlepují prefabrikované, nebo se tisknou z průhledné pryskyřice a dodatečně barví. Dále je tu možnost přímého tisku průhledných alignerů z biokompatibilního materiálu – namísto termoformování folie na tištěný model by se aligner vytvořil přímo 3D tiskem. Za zmínku stojí rovněž dvojbarevné PMMA disky pro monolitické celkové protézy. (Theodoridis, G. 2021)

Mimo plastových pryskyřic se v zubní technice úspěšně uplatňuje také 3D tisk kovových součástí, což umožňuje vyrábět kovové konstrukce náhrad přímo, bez odlévání. Příkladem je inovativní postup tvorby kostry částečné snímatelné náhrady tiskem místo tradičního odlitku z chromkobaltu. Příklady z praxe potvrzují, že 3D tisk kovových konstrukcí dokáže modernizovat i tak konzervativní produkt, jakým je částečná snímatelná náhrada. Digitálně vyrobená kostra náhrady z tiskárny byla v uvedeném experimentu bez dalšího doladování připravena k doplnění pryskyřičných zubů a zhotovení báze protézy standardním postupem. Principem 3D tisku je aditivní výroba, objekt tvoří postupným přidáváním materiálu vrstvičku po vrstvě podle digitálních dat. Příklady technologií 3D tisku jsou:

- **SLA – Stereolithography:** Tekutá fotopolymerní pryskyřice je bodově vytvrzována UV laserem. Přístroj po vrstvách (~50 mikrometrů tenkých) „vykresluje“ tvar náhrady. UV paprsek je směřován na požadované místo prostřednictvím naklápění dvou zrcadel. Jelikož se vytvrzování provádí bod po bodu, rychlost tisku závisí na velikosti tiskové vrstvy a počtu tištěných objektů. Pokud se tisknou dva objekty namísto jednoho, doba tisku se přibližně zdvojnásobí. Lze tak vytisknout např. prototypy korunek, provizorní náhrady, chirurgické šablony, zkušební protézy, nebo i finální výrobky z biokompatibilních pryskyřic (prozatím spíše dočasného charakteru).

- **DLP – Digital light Processing:** Na rozdíl od SLA tisku se zde vytvrzování jednotlivých vrstev provádí digitálním projektorem, který osvětluje pouze oblasti určené k vytvrzení, a to najednou pro celou vrstvu. Hlavní výhodou této technologie oproti předchozímu způsobu tisku je její vyšší rychlost. Počet tištěných objektů nemá na dobu tisku vliv – tisk jednoho, dvou nebo tří objektů zabere stejný čas, protože každá vrstva je vytvrzena najednou. (Savková et al., 2021)
- **SLM/SLS – Laserové sintrování:** Existují také 3D tiskárny kovů (metoda selektivního laserového spékání), které umí vytavit kovový prášek do tvaru kovové korunky či konstrukce – tyto přístroje jsou ovšem velmi nákladné a používají se hlavně ve specializovaných laboratořích a průmyslu. Tato technologie funguje na principu bodového tavení materiálu, který se působením tepla roztaví a následně opět ztuhne. Pracovní komora je zcela uzavřená, protože je nutné udržovat specifické teploty odpovídající bodu tání práškového materiálu. Na podložku je pomocí válce nanášena první vrstva prášku, a poté je laserem zahřívána a spojována v určených místech podle digitálního návrhu. Po dokončení laserového zpracování dané vrstvy se základna posune níže a proces se opakuje, dokud není celý objekt vytvořen. Hlavní výhodou této technologie je široká škála použitelných materiálů a možnost tvorby modelů bez potřeby podpůrných struktur. Sintrované výrobky nemají téměř žádná omezení týkající se tvaru nebo rozměrů. V současnosti je tato metoda jedním z nejefektivnějších a nejvýhodnějších způsobů výroby náhrad, zejména díky přímému zpracování kovů, eliminaci složitých a časově náročných postupů a snížení rizika vzniku defektů. (Hrkal a Čičmanec, 2020)

Výhody digitální CAD/CAM náhrady:

- **Přesnost a kvalita konstrukce** – Digitální výroba je obecně velmi přesná a reprodukovatelná. Frézování z prefabrikovaných bloků má tu výhodu, že bloky (zejména keramické nebo zirkoničité) jsou průmyslově vyráběny za ideálních podmínek – materiál je homogenní, bez vnitřních vad, slinutý při vysokém tlaku a teplotě. Digitální proces eliminuje několik mezikroků, kde se v klasickém postupu kumulovala chyba (otisk → model → vosk → odlitek). Tím se snižuje riziko kumulace tolerancí. Výsledná přesnost dosedu na pahýl (tj. jak těsně korunka přiléhá

k preparovanému zubu) bývá u CAM náhrad excelentní, často v jednotkách desítek mikrometrů, což je plně srovnatelné s konvenčními odlitky. Dodatečným přínosem moderních materiálů je možnost umístit okraje náhrady šetrněji k dání. Metalokeramické korunky se často z estetických důvodů zhotovovaly s okrajem schovaným pod okrajem dásně (subgingiválně), aby nebyl vidět tmavý kovový lem. (Walczak et al., 2020)

- **Trvanlivost a pevnost konstrukce** – Z hlediska materiálů přinesly digitální technologie do protetiky nové možnosti, které ovlivňují životnost náhrad. Tradiční metalokeramické korunky (kovové jádro + keramický povrch) byly dlouho zlatým standardem díky pevnosti kovu; jejich slabinou však někdy bylo odštípnutí keramiky z kovu nebo prosvítající tmavý okraj kovu u dásně. Moderní CAD/CAM umožnil nástup celokeramických korunek, zejména z oxidu zirkoničitého, který má mimořádnou pevnost. Zirkonová korunka frézovaná z monobloku je extrémně odolná proti prasknutí – nemá vrstvy porcelánu, které by se mohly odloupnout. V minulosti první generace zirkonu trpěla nižší estetikou (byl neprůhledný, proto se překrýval porcelánem a tím se trochu ztrácela jeho pevnostní výhoda), ale dnes se prosazuje trend monolitických zirkonových korunek s vylepšenou průsvitností, které kombinují vysokou pevnost a přijatelnou estetiku. Hošek (Tautová, 2024) uvádí, že současný trend celoanatomických zirkonových náhrad přináší větší přesnost, lepší funkci, estetiku, vyšší stabilitu, a dokonce nižší náklady ve srovnání s dřívějšími technikami
- **Rychlost a efektivita** – Tradiční výroba vyžaduje mnoho ručních kroků a čas na tuhnutí materiálů (odlitek musí vychladnout, pryskyřice vytvrdit apod.). Digitální výroba je z velké části automatizovaná – jakmile je návrh hotov, stroj může vyrábět i přes noc bez dozoru. Frézování jedné korunky trvá cca 10–20 minut, což je velmi rychlé. 3D tisk zubního modelu může trvat hodinu či dvě, ale při jednom cyklu lze vytisknout více modelů najednou – takže čas na jeden kus je pak nízký. Pokud srovnáme celkový výrobní cyklus: digitální postup může být dokončen rychleji než konvenční. Například jednočlenný můstek lze frézovat a mít připraven ke zkoušce ještě tentýž den, kdežto konvenčně by tentýž úkon (od vosku po odlití a opracování) zabral minimálně celý den včetně čekání. V praxi to znamená, že digitální

technologie zkracují výrobní lhůty – náhrady lze vyrobit v kratším čase, dokonce i za zlomek času oproti tradičním metodám.

- **Náklady na výrobu a vybavení** – U tradiční výroby je hlavní náklad lidská práce, technika a spotřební materiály (sádra, vosk, slitiny, keramické prášky atd.). U digitální je výraznou položkou investice do přístrojů – frézovací jednotky, 3D tiskárny, pece, skenery. Vybavení může stát i miliony korun, což je pro laboratoř či kliniku značná zátěž. Nicméně jedna fréza může nahradit několik techniků v rutinní práci. Ekonomický efekt digitálních technologií se projeví tehdy, pokud je zařízení dostatečně vytiženo.
- **Komfort pro pacienta** – Zásadním je estetické srovnání, pokud jde o věrnost napodobení zubu, zde zatím dále platí, že zkušený technik stále může nejjemnější nuance vytvořit ručně lépe, než to zvládne stroj z homogenního materiálu. Digitální monolitické náhrady jsou však rok od roku estetičtější – vícevrstvé materiály, možnost potisku keramiky barevnými inkousty před sintrováním apod., to vše napomáhá lepším výsledkům a běžný pacient již rozdíl nepozná.

2.5.4 Moderní materiály v dentální technice

Nové CAM technologie výroby potřebují pro maximální využití svého potenciálu další vývoj a jak stávajících, tak zcela nových materiálů. Hlavní trendy v oblasti materiálů zahrnují nástup celokeramických systémů, zdokonalování kompozitních pryskyřic, využití vysokovýkonných polymerů a rozvoj specializovaných materiálů pro 3D tisk.

- Celokeramické náhrady místo kovu: Nejvýraznější změnou posledních dekad je odklon od kovových náhrad směrem k celokeramice. Zatímco dříve dominovaly metalokeramické korunky a můstky (kovová kapna potažená keramickou fasetou), dnes jsou standardem náhrady bezkovové. Díky pokroku v keramických materiálech již keramika dosahuje potřebné pevnosti i v monolitické (celé z jednoho kusu) podobě. Moderní celokeramické korunky nabízejí vynikající estetiku – světlo skrze ně prochází podobně jako u přirozené skloviny, na rozdíl od kovokeramiky, kde neprůhledná kovová substruktura estetiku limituje. Celokeramika však klade vysoké nároky na přesnost zhotovení – zde právě pomáhá digitalizace a precizní CNC frézování.

- Zirkonová keramika: Stěžejním materiálem současné fixní protetiky je oxid zirkoničitý (zirkon). Zirkonová keramika kombinuje mimořádnou pevnost s přijatelnou estetikou. První generace zirkonu byla velmi neprůsvitná, a proto se používala jako náhrada kovu v metalokeramických systémech (zirkonová kapna + vrstvená estetická keramika). Poslední roky však přinesly vysoce translucenční zirkony a možnost zhotovit zirkon monoliticky – tedy celou korunku či můstek jen ze zirkonu, bez fazetování. Spodní část materiálu (určená pro krček zubu) je nejpevnější a méně propustná, zatímco vrchní vrstva (řezací hrana) je více translucenční pro estetiku, ale stále dostatečně pevná. Tento koncept umožňuje frézovat plně anatomické korunky a můstky, které mají přirozený barevný a optický efekt bez nutnosti ručního dobarvování vrstev. (Hubálková a Krňoulová, 2009)
- Skleněné keramiky a lithium disilikát: Další důležitou skupinou materiálů jsou sklokeramické materiály, zejména lithium disilikát (známý pod obchodním názvem IPS e.max). Lithiumdisilikátová keramika byla průlomem v estetické protetice – umožňuje zhotovit vysoce estetické korunky a fasety s relativně vysokou pevností (~400 MPa). Lze ji frézovat z polotovaru nebo lisovat z předlitků (IPS e.max Press). Tento materiál tak kombinuje výhody monolitu (přesná výroba, homogenita) s možností drobných estetických úprav a je samozřejmě optimalizovaný pro CNC obrábění.
- Kompozitní materiály a hybridní keramiky: Vedle čistých keramik se rozvíjejí i pryskyřičné kompozitní materiály pro protetiku. Jde například o CAM kompozitní bloky plněné keramickými částicemi (tzv. hybridní keramiky, např. VITA Enamic) nebo vysokovýplňové kompozity pro dočasné i trvalé náhrady. Jejich výhodou je šetrnost k protějším čelisti (mají podobnou abrazivitu jako zubní sklovina) a snadnější opracování. Nevýhodou bývá o něco nižší dlouhodobá odolnost a stabilita barev oproti keramice. Využívají se proto často pro provizorní náhrady nebo krátkodobější řešení. V poslední době byly uvedeny i kompozitní pryskyřice pro 3D tisk, které jsou schválené k výrobě definitivních korunek a můstků – tyto materiály jsou chemicky podobné používaným CAM blokům, ale vytvrzují se přímo při tisku. (Novák a Gregor, 2024)

- Polymerní náhrady kovu: Snahou inovátorů je také najít materiály, které by v některých indikacích nahradily kovové komponenty lehčími a estetičtějšími alternativami. Objevily se např. vysokovýkonné termoplasty jako PEEK (polyetheretherketon), které mají vysokou pevnost a jsou používány v medicíně (např. jako náhrady kostí). V zubní technice se PEEK testuje pro výrobu nosných prvků rozsáhlých můstků či provizorních implantátových konstrukcí – výhodou je nízká hmotnost a to, že neobsahuje kov, takže je vhodný pro alergiky. Dalším příkladem jsou speciální polyamidové pryskyřice pro snímatelné náhrady, které umožňují vyrobit částečnou protézu zcela bez kovových spon.

2.5.5 Estetické dokončení

V mnoha případech nestačí, aby náhrada měla jen správný tvar a vyhovovala do skusu – je potřeba dosáhnout i žádoucí estetické podoby (barvy, průsvitnosti, tvarových detailů) tak, aby náhrada byla k nerozeznání od přirozeného zubu. Tato finální úprava se může týkat zejména korunek a můstků ve viditelných úsecích chrupu. U snímatelných náhrad jde o zbarvení pryskyřičné báze tak, aby připomínala vzhled dásně, a o celkové vyleštění náhrady.

Tradiční postupy

- Vrstvení porcelánu: Historicky nejestetičtější korunky jsou metalokeramické nebo zirkonokeramické, kde na pevné jádro (kovové či zirkonové) zubní technik ručně navrství keramické hmoty tak, aby imitovaly sklovinu a dentin zubu. Keramický prášek smíchaný s kapalinou se nanáší štětečkem v několika vrstvách: nejprve dentinová vrstva (základní barva), pak sklovinná vrstva (translucentnější materiál), případně efektové barvy (např. opalescentní špičky, bílé skvrnky apod.). Po nanesení se korunka vloží do keramické pece a vypálí při ~800 °C, čímž porcelán sintruje (ztaví se) a pevně přilne k podkladu. Technik poté korunku zkontroluje a často ještě doplní další vrstvy či barvicí glazury pro dosažení požadovaného odstínu. Tento ruční proces vyžaduje vysokou odbornost a grafické schopnosti technika. Výsledkem může být náhrada, která je od okolních zubů k nerozeznání, co do barvy i průsvitnosti. Avšak časová náročnost je vysoká (každá vrstva se musí nanést

a vypálit, někdy i 3–4 cykly vypalování) a také platí, že vrstvený porcelán je křehčí – může se pod silným skusem odštípnout.

- U celkových protéz tradiční estetika spočívá hlavně ve volbě odstínu plastových zubů (ty jsou prefabrikované v různých barvách a tvarech) a pigmentaci pryskyřice dásně. Technik může do akrylátu přimíchat růžové pigmenty, aby protézni báze vypadala jako přirozená dásně, případně ručně domalovat žilkování. Tyto detaily jsou ale často omezeny. Navazuje na ruční modelování, kdy technik vytvořil voskový model požadované konstrukce na sádrovém modelu. Tento voskový model se nyní použije k výrobě finální části metodou tzv. ztraceného vosku.

Digitální estetika a dokončení

U CAD/CAM technologie je nutno postupovat alternativními nebo kombinovanými postupy.

- Monolitická korunka: Je vyfrézována (nebo vytisknuta) celá z jednoho materiálu, který už obsahuje požadovanou barvu. Např. korunka z vícevrstvého zirkonového disku, který má u krčku tmavší odstín a směrem k incizi se zesvětluje a stává průsvitnějším. Takový polotovar umožní získat relativně estetický výsledek bez ručního vrstvení – po vyfrézování a sintrování se korunka pouze dobarví povrchovými barvami a naglazuje v peci, čímž získá lesk. Povrchové dobarvení spočívá v nanesení tenkých barevných glazur, které zvýrazní např. jamky, fisury nebo dodají zubu charakter (např. lehce nažloutlý nádech na krčku). Tyto barvy se při ~750 °C zapálí do povrchu. Výhodou monolitického přístupu je jednoduchost a pevnost – žádná slabá vrstva, která by se mohla odloupnout. Postup však neumožňuje vždy dosáhnout přesné barevné kombinace.
- Hybridní digitální postup: U náročných frontálních estetických rekonstrukcí řada techniků volí kombinovaný hybridní přístup. Spojuje výhody přesné digitální konstrukce a ručního dotvoření estetického povrchu. Například lze vyfrézovat korunku s tzv. redukcí – tedy o něco menší, se záměrným prostorem pro keramiku. Technik pak na zirkonové nebo lisované jádro ručně navrství tenkou vrstvičku porcelánu jen v kritických místech (např. na povrchu předních zubů, aby dosáhl detailního vrstvení incizálních efektů). Tím se kombinuje pevné jádro z CAD/CAM

(zajišťující pevnost) s ručně vrstveným povrchem (zajišťujícím špičkovou estetiku). Tento postup vyžaduje jak digitální vybavení, tak klasickou pec, ale umožňuje dosáhnout vynikajících výsledků. Pro pacienta to znamená, že náhrada vypadá velmi přirozeně.

2.5.6 Nasazení náhrady

Posledním krokem je finální úprava povrchu náhrady, její vyzkoušení a připevnění v ústech pacienta. Zde jsou rozdíly mezi tradičním a digitálním postupem již téměř zanedbatelné, neboť nakonec každá náhrada – ať zhotovená jakkoli – prochází rukama lékaře, který ji nasazuje.

Přesto zmíníme několik aspektů:

- **Finální úpravy v laboratoři:** Tradičně i digitálně vyrobené náhrady potřebují závěrečné opracování. U kovových a keramických odlitků technik zalešťuje povrch, u monolitických frézovaných korunek je třeba odříznout tzv. čepy (místa uchycení v bloku) a povrch dohladit. Tištěné náhrady se musí očistit od zbytků pryskyřice a odstranit podpůrné struktury. Následuje finální leštění a glazování v peci (pokud jde o keramiku). Tyto kroky jsou podobné bez ohledu na předchozí postup – vyžadují zručnost a cit pro detail. U tradičních odlitků někdy technik musí ručně drobnou frézou upravit vnitřek korunky, aby seděla na pahýlu. U dobře nastaveného CAD/CAM procesu to není třeba – náhrady bývají často už z výroby velmi přesné, takže technik nemusí upravovat jejich vnitřní plochu (dosed).
- **Zkouška a nasazení v ústech:** Lékař nasadí hotovou náhradu do úst pacienta a kontroluje několik věcí: přesnost dosedu, kontakty se sousedními zuby, skusové kontakty s protější čelistí a estetický vzhled. V ideálním případě není třeba žádných úprav a náhradu lze ihned napevno fixovat (cementovat nebo šroubovat na implantát). U tradičních náhrad někdy bývalo nutné upravit kontaktní body (když náhrada na modelu seděla, ale v ústech se mírně lišila pozice zubů) nebo přešetřit bod, který ve skusu překážel. U digitálně zhotovených náhrad je potřeba těchto úprav menší, protože CAD model zohledňuje i případné kolize chrupu.
- **Cementace/lepení:** Samotný akt připevnění korunky nebo můstku (cementování) je stejný pro obě varianty – použije se buď skloionomerní nebo pryskyřičný cement

atd. Rozdíl může být v tom, že u moderních celokeramických náhrad se často používají adhezivní cementy, které zajišťují velmi pevné spojení a umožňují i to supra/subgingivální umístění okrajů (jak bylo zmíněno). Tyto cementy byly ale dostupné i pro tradiční náhrady, takže to nelze přičíst jen digitalizaci, spíše celkovému pokroku v materiálech. (Mazánek, J.,2014)

Výhody digitální CAD/CAM náhrady:

- Přesnost a kvalita návrhu: Digitální postup v mnoha případech zredukoval počet návštěv lékaře a odstranil nutnost úprav a korekcí již hotové náhrady.
- Spokojenost pacienta: Odlišnost vizualizace od nasazené náhrady je minimální, možnost nespokojenosti pacienta s výsledkem se minimalizuje. Zásadně se také zkracuje časová náročnost celého procesu.

3 Praktická část

3.1 Zavádění nových technologií do učebního plánu

Nástup digitálních technologií jistě ovlivňuje všechny předměty studia, v mé práci se zaměřím na návrh inovace učebního plánu pro odborné předměty Kreslení a modelování, Protetická technologie a Zhotovování stomatologických protéz. Návrhy člením do třech následujících kategorií:

- **Zachování** – prvky výuky, které je nutno zachovat
- **Aktualizace** – prvky výuky kde je nutno začlenit moderní technologie
- **Omezení či nahrazení** – zastaralé prvky výuky

Návrh popisuje, které tradiční postupy zachovat, jaké nové metody a technologie zařadit, co naopak omezit či vypustit jako zastaralé, a jaké nové klíčové dovednosti by si měli žáci osvojit. Cílem je efektivnější výuka, která propojuje osvědčené základy s digitálními postupy a připraví žáky na současnou stomatologickou praxi.

3.1.1 Zachování: Nadále platné postupy a technologie

I v éře digitalizace zůstávají některé tradiční metody nenahraditelné pro pochopení základů oboru a rozvoj manuální zručnosti. Tyto prvky výuky je vhodné zachovat, protože tvoří nezbytný základ, na němž lze stavět moderní technologie:

- **Detailní znalost zubní anatomie a morfologie:** Předmět Kreslení a modelování by měl nadále klást důraz na podrobné studium tvaru zubů. Ruční kreslení a modelování učí žáky pečlivě pozorovat anatomické tvary jednotlivých zubů, chápat jejich funkční souvislosti v zubním oblouku a osvojit si prostorovou představivost
- **Tradiční laboratorní techniky:** Z předmětu Protetická technologie je vhodné zachovat výuku základních postupů zhotovování protetických prací klasickými metodami. Patří sem například otiskování a zhotovení sádrových modelů, artikulace modelů v mechanickém artikulátoru, vosková modelace konstrukcí (wax-up) a následné lití kovových částí náhrad, vrstvení keramiky na kovové konstrukce (metalokeramika) aj. Tyto postupy tvoří základ protetické výroby a umožňují žákům pochopit principy, na nichž stojí i moderní digitální metody. Například znalost správného postupu

otiskování a zhotovení modelu je důležitá i tehdy, když laboratoř obdrží digitální otisk – technik musí rozumět tomu, jak vzniká situace v ústech, a umět ji případně ověřit na fyzickém modelu.

- Zhotovování celkových a částečných snímatelných náhrad klasickým způsobem: I přes nástup digitálních technologií se dosud většina celkových protéz a mnohé skeletové náhrady vyrábějí převážně analogově. Výuka by měla zachovat nácvik jednotlivých fází zhotovení celkové protézy (anatomický a funkční otisk, registrace skusu, zkouška voskových náhrad, polymerace pryskyřice atd.) a rovněž tradiční postupy výroby skeletové náhrady (modelace voskového vzoru skeletu na modelu a jeho odlití z kovu, zkouška konstrukce a následné zhotovení sedel z plastu). Tyto postupy poskytují žákům komplexní pochopení výroby náhrady od počátku do konce. Do budoucna je samozřejmě možné některé fáze nahradit digitálními metodami, ale porozumění základnímu ručnímu postupu je klíčové pro pochopení principu fungování náhrady.
- Principy artikulace a okluze: I když digitální artikulátory a virtuální simulace skusu nabývají na významu, žáci by se měli nejprve naučit základy artikulace “postaru”. Zachování výuky práce s mechanickým artikulátorem, správného nastavení mezičelistních vztahů a pochopení principu obličejového oblouku je nadále relevantní. Díky tomu pochopí, proč je nutné náhrady zhotovovat tak, aby respektovaly pacientovu funkční anatomii. Tyto znalosti pak využijí i při práci s digitálními systémy (které sice mnohé vypočítají automaticky, ale technik musí rozumět, co a proč software dělá).
- Ruční zručnost a estetické cítění: Tradiční ruční postupy – ať už jde o modelaci z vosku, broušení a leštění náhrad, či vrstvení fazetovací keramiky – by měly zůstat součástí výuky. Rozvíjejí totiž jemnou motoriku, cit pro detail a estetiku. Absolvent, který si vyzkoušel ručně vymodelovat zub nebo vybrousit drobný detail, lépe ocení i nastavení parametrů v software a lépe posoudí estetický výsledek práce. Zkušenosti ukazují, že kombinace řemeslných dovedností a digitálních nástrojů vede k nejlepším výsledkům – moderní technologie neodstraňují potřebu lidské odbornosti, pouze jí poskytují nové prostředky.

3.1.2 Aktualizace výuky: začlenění moderních technologií a trendů

Aby učební plán držel krok s vývojem oboru, je nutné do výuky systematicky zapojit digitální technologie a nové metody, které se v současnosti ve stomatologické protetice používají. Tyto inovace by měly doplnit výše zmíněné tradiční základy a rozšířit kompetence absolventů:

- CAD/CAM – digitální navrhování a výroba náhrad: Výuka by měla reflektovat fakt, že počítačové navrhování a frézování nebo tisk zubních náhrad (CAD/CAM systémy) se stalo standardem moderní protetiky. Je vhodné zařadit samostatné bloky, kde se žáci naučí pracovat se specializovaným softwarem pro 3D modelování zubních náhrad. Například v prostředí virtuálního modelu by měli umět navrhnout korunku nebo můstek – určit jeho tvar, velikost, kontaktní plochy, tloušťku materiálu a podobně. Důležité je také vyučovat správné postupy digitální komunikace mezi ordinací a laboratoří, tj. jak pracovat s daty z intraorálních skenerů, jak kontrolovat digitální otisk a jak komunikovat případné úpravy s lékařem. Navrhuji zařadit do učebního plánu například témata: základy 3D modelování zubů, postup od intraorálního skenu k CAD návrhu a výrobě, ukázky různých software (Exocad, 3Shape aj.), a ideálně i praktickou demonstraci – např. vyrobit jednoduchý model korunky od skenu až po frézování na školním přístroji nebo ve spolupráci s externí laboratoří.
- Intraorální skenování a digitální otisky: V rámci teoretické výuky protetických postupů by žáci měli být seznámeni s principy 3D skenování v zubní ordinaci. Výuka by proto měla zahrnovat: seznámení s intraorálním skenerem (jeho funkce, ukázka skenování celého oblouku), výhody digitálního otisku a jeho porovnání s konvenčním otiskem. Prakticky by si mohli vyzkoušet například naskenovat sádrový model intraorálním skenerem a následně tento sken použít v dalším postupu (třeba vytisknout model nebo ho nahrát do CAD software). Tím získají zkušenost s digitálním řetězcem „otisk – model – náhrada“.
- 3D tisk v zubní technice: Další klíčovou technologií, kterou je třeba zakomponovat do výuky, je 3D tisk. Žáci by měli porozumět principu 3D tisku a vidět prakticky výsledek. Mohou si například nechat vytisknout vlastní digitálně navržený model zubu nebo jednoduchou dlahu. Dále by měli znát možnosti a omezení 3D tisku –

například že finální práce (definitivní korunky, můstky) se zatím většinou frézují z prefabrikovaných bloků kvůli lepším vlastnostem materiálu.

- Nové dentální materiály a jejich zpracování: Do učebního plánu je nutné zakomponovat seznámení s moderními materiály jako je např. zirkonoxidová keramika, lithium disilikát (lisovaná keramika typu e.max) a další high-tech plasty pro speciální indikace. Žáci by měli vědět, jaké jsou vlastnosti těchto materiálů, k čemu se používají a jakou techniku zpracování vyžadují. Důležité je také učit správné technologické postupy pro tyto materiály – tedy jak dodržet parametry, aby náhrada byla funkční, estetická a trvanlivá.
- Implantologická protetika: Středoškolská výuka samozřejmě nemá suplovat specializované kurzy implantologie, ale z hlediska zubní techniky by měla poskytnout základní orientaci. Navrhuji do předmětu Protetická technologie přidat okruh “Náhrady na implantátech”. Žáci by měli znát specifika práce s implantáty. Dále by měli vědět, že existuje digitální plánování implantátů a výroba navigačních chirurgických šablon, což zubní technik může ve spolupráci s lékařem zajišťovat. Do cvičení lze zahrnout např. zhotovení modelu s implantátovými analogy a otevřenou lžící, nebo zhotovení provizorní korunky na implantát (žák si vyzkouší nasadit plastové pouzdro implantátového systému do pryskyřičné korunky). Cílem je, aby absolventi nebyli zcela zaskočení, když se v praxi setkají s prací na implantátech.
- Digitální komunikace a spolupráce: Do výuky by se měly promítnout i nástroje, které zefektivňují tuto komunikaci – například využití laboratorního softwaru na správu zakázek, sdílení dat v cloudu, komunikace digitálních fotografií a skenů pro přesné stanovení odstínu či tvaru. Žáci by měli pochopit, jak na sebe navazují jednotlivé kroky vzniku zubní náhrady: lékař pořídí intraorální sken, technik jen dostane v podobě dostane 3D modelu, otevře jej v CAD, navrhne náhradu, data pošle do frézy či 3D tisku, a hotovou náhradu spolu s protokolem předá lékaři. Tím získají představu, jak důležitá je standardizace a sdílení dat.

3.1.3 Omezení či nahrazení: Zastaralé prvky výuky

Inovace učebního plánu neznamena jen přidání nových témat, ale také přehodnocení stávající náplně – některé postupy lze omezit, zjednodušit či nahradit modernějšími, aby

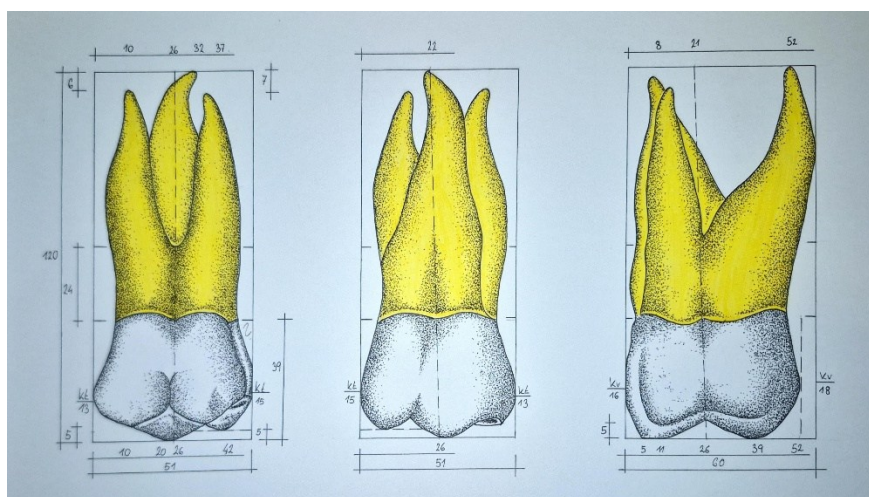
výuka byla efektivní a zaměřená na praxi budoucnosti. Zde jsou oblasti, které považují za vhodné upravit:

- Redukce výuky ryze analogových postupů tam, kde je již nahradila digitalizace: Jakmile do osnov zařadíme digitální otiskování a CAD/CAM, je možné ubrat čas věnovaný některým čistě analogovým úkonům. Například v předmětu Zhotovování stomatologických protéz lze zkrátit dobu nácviku zhotovování sádrových modelů z otisků a jejich artikulace – tyto činnosti se stále učit mají, ale nemusí se jim věnovat tak velký rozsah.
- Omezení duplicity výuky a lepší provázání s moderními nástroji: Některé dovednosti se tradičně učí ručně, ale mohou se efektivněji naučit v kombinaci s digitálními pomůckami. Například kreslení okluzních plošek by se mohlo částečně nahradit jejich modelováním v počítači (žák by si nejprve nakreslil zub rukou, ale poté by mohl zkusit vytvořit tentýž tvar ve 3D programu – to by pro něj byla zpětná vazba a zároveň by se učil software). Cílem je provázat tradiční a moderní způsob – ne je nechat odděleně. Tím se zabrání i tomu, aby se stejná věc učila dvakrát izolovaně (např. jednou ručně a podruhé digitálně) bez propojení.
- Vypuštění již překonaných témat: Učební dokumenty musí projít revizí, zda neobsahují pasáže, které byly relevantní před desítkami let, ale dnes se již neuplatňují nebo se v návaznosti na obměnu učebního plánu uplatňovat přestanou. Lze je vypustit nebo zmínit jen okrajově pro zajímavost. Příkladem je například učivo ke zhotovení plášťových kovových korunek, což je technologie dnes již nevyužívaná, nahradila ji keramika na kov či celokeramika.
- Změna důrazu v praktické výuce: Zatímco dříve mohl být vrcholem praktické výuky výrobek typu fixní můstek metodou kov–pryskyřice (což byla kdysi moderní metoda), dnes by se důraz měl přesunout na kombinaci analogové a digitální výroby. Například místo toho, aby žáci na závěr studia dělali “jen” metalo-keramický můstek klasicky, mohli by vyrobit kombinovaný můstek – tj. navrhnout konstrukci digitálně, nechat ji vyfrézovat (nebo vytisknout a odlít) a pak ji ručně keramicky fazetovat.
- Aktualizace terminologie a teorie: V teoretických předmětech (protetická technologie, somatologie) je třeba používat aktuální terminologii a doplnit nové

poznatky. Například do výkladu o otiskovacích hmotách zahrnout digitální otiskovací systémy, k popisu artikulátorů přidat virtuální artikulátory, ke kapitole o zubních náhradách doplnit moderní klasifikace (např. náhrady nesené implantáty).

3.2 Příklad modernizace tematického celku – Kreslení a modelování a Zhotovování stomatologických protéz

V rámci předmětu Kreslení a modelování bylo cílem inovace nahradit tradiční výuku založenou na kresbě zubů tužkou na papír moderní, digitální metodou CAD digitální navrhování.



Obrázek 1 – Příklad tradiční kresby zubů tužkou (Vlastní zdroj)

Na tento předmět ve vyšších ročnících dále navazuje předmět Zhotovování stomatologických protéz, kde opět dochází k náhradě tradičního způsobu vzniku zubní náhrady metodou digitální. Tato modernizace již na naší škole probíhá, v následujícím textu se zabývám jejími principy a výsledky, a také podněty získanými diskuzí s kolegy.

Výuka IT je na středních školách již pevně zavedena, nicméně pro oblast CAD je vhodné zařadit samostatné bloky, kde se žáci naučí pracovat se specializovaným softwarem pro 3D modelování zubních náhrad. Je však nezbytné, aby žáci již od prvního ročníku získávali dovednosti v digitálním modelování. Ruční kreslení a modelace stále tvoří základ, ale jejich propojení s 3D technologiemi zlepšuje prostorovou představivost, přesnost a připravuje žáky na reálné pracovní prostředí. Jako efektivní způsob výuky se v našem případě ukázal tento postup:

- Seznámení s 3D modelováním hravou formou v aplikaci Nomad Sculpt
- Následný přechod k preciznímu digitálnímu kreslení zubů na iPadech s využitím aplikace Procreate a portálu Dental Sketching
- Výuka práce s profesionálním programem Zirkonzahn

Tento přístup umožňuje žákům lépe pochopit zubní morfologii a postupně si osvojit dovednosti, které budou v praxi využívat při práci s CAD/CAM technologiemi.

3.2.1 Seznámení s 3D modelováním pomocí Nomad Sculpt

V prvním ročníku se žáci nenásilně a hravou formou seznamují se základy prostorového modelování. K tomu využíváme mobilní aplikaci Nomad Sculpt, která umožňuje intuitivní práci se 3D objekty.

Popis Nomad Sculpt:

- Aplikace je uživatelsky přívětivá a snadno pochopitelná i pro začátečníky.
- Umožňuje sochařský přístup k modelování, což je pro žáky přirozené – pracují s virtuální hmotou podobně jako s plastelínou nebo voskem.
- Rozvíjí prostorové myšlení a cit pro detail, což jsou klíčové dovednosti zubního technika.

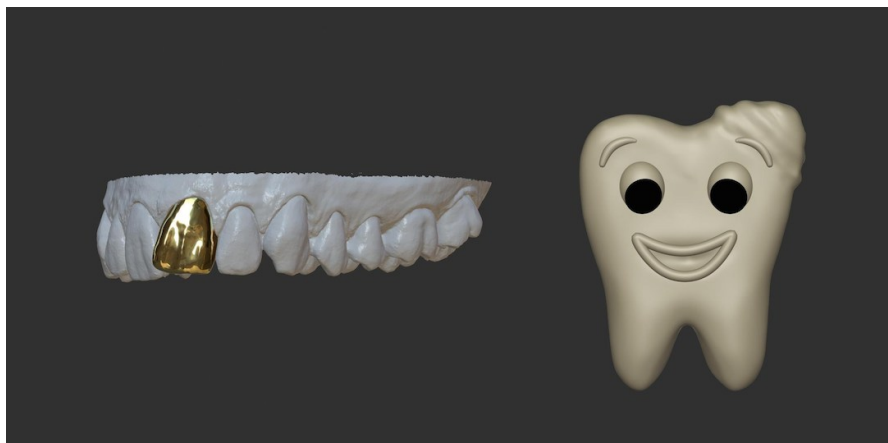
Průběh výuky:

- Žáci si nejprve osvojí ovládání aplikace – učí se pracovat s nástroji jako je přidávání a ubírání materiálu, vyhlazování, tvorba detailů.
- Postupně přecházejí ke konkrétním úkolům zaměřeným na tvarování zubů – například modelují jednoduché tvary, poté přecházejí ke složitějším strukturám (řezák, stolička).
- Výuka probíhá zábavnou formou, čímž se odbourává strach z technologie a žáci se přirozeně zapojují do procesu digitální tvorby.

Přínosy této metody:

- Žáci lépe pochopí objem a tvar zubu, než kdyby ho pouze kreslili na papír.
- Práce ve 3D prostředí je blízká moderním CAD/CAM technologiím, se kterými budou pracovat v dalších ročnících.

- Digitální modelování zubů už od prvního ročníku připravuje žáky na budoucí praxi ve stomatologické laboratoři.



Obrázek 2 – Příklad práce v aplikaci Nomad Sculpt (Vlastní zdroj)

3.2.2 Výuka kreslení zubů pomocí Dental Sketching

Jakmile si žáci osvojí základy práce s 3D objekty, přecházejí na detailnější kreslení zubů v aplikaci Procreate na iPadu, přičemž využívají výukový portál Dental Sketching.

Popis Dental Sketching:

- Dental Sketching je online vzdělávací platforma, která žákům krok za krokem ukazuje, jak správně kreslit jednotlivé zuby.
- Obsahuje výuková videa, tutoriály a cvičení, která žákům pomáhají zdokonalovat jejich kreslicí techniku.
- Výuka na iPadech umožňuje práci s vrstvami a nástroji pro přesné kreslení, což zlepšuje schopnost zachytit detaily zubní anatomie.



Obrázek 3 – Příklad digitální žákovské práce na grafickém tabletu (Vlastní zdroj)

Průběh výuky:

- Žáci si nejprve projdou tutoriály na Dental Sketching, kde se seznámí s metodikou kreslení jednotlivých zubů.
- Následně si samostatně procvičují kresbu na iPadu – začínají jednoduchými tvary a postupně přecházejí ke složitějším morfologiím.
- Učitelé mohou sledovat postup žáků přes platformu a poskytovat zpětnou vazbu.

Přínosy této metody:

- Žáci se učí precizně kreslit detaily zubů, což rozvíjí jejich jemnou motoriku a cit pro estetiku.
- Práce s iPadem simuluje reálné nástroje, které budou používat při digitálním návrhu protetických prací.
- Digitální kreslení umožňuje rychlé opravy a zpětnou vazbu, čímž se zvyšuje efektivita učení.

3.2.3 Výuka práce s profesionální stomatologickou aplikací Zirkonzahn

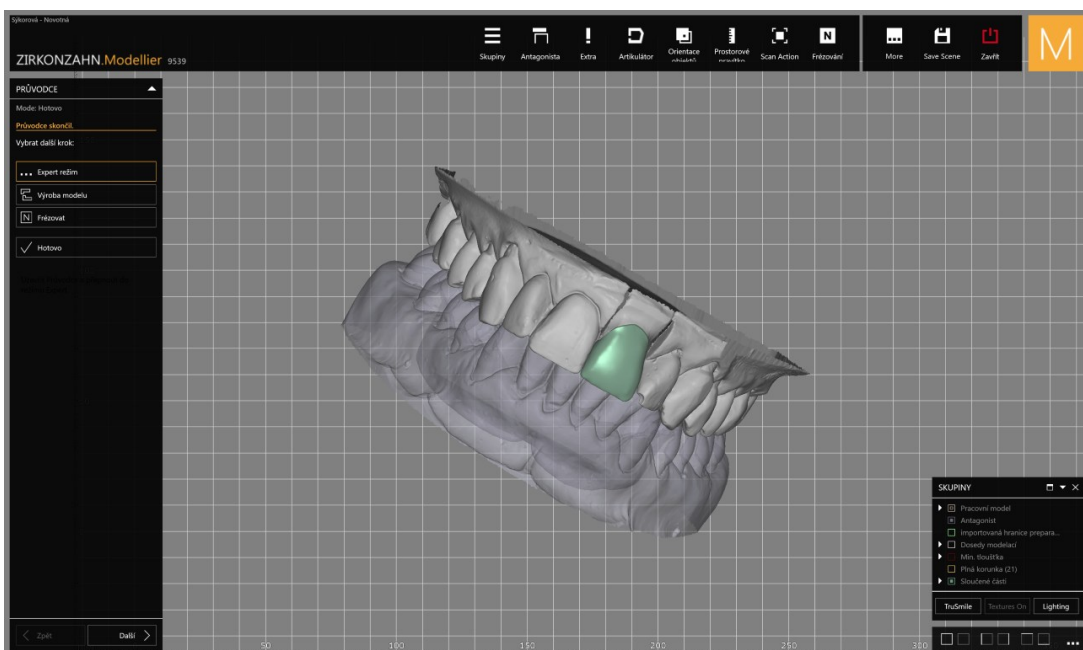
Kombinace prvních dvou kroků vytváří ideální základ pro práci s profesionálními stomatologickými aplikacemi.

Popis Zirkonzahn:

- Software Zirkonzahn patří mezi špičkové nástroje pro CAD/CAM modelování zubních náhrad a umožňuje zubním technikům vytvářet precizní a estetické protetické práce.

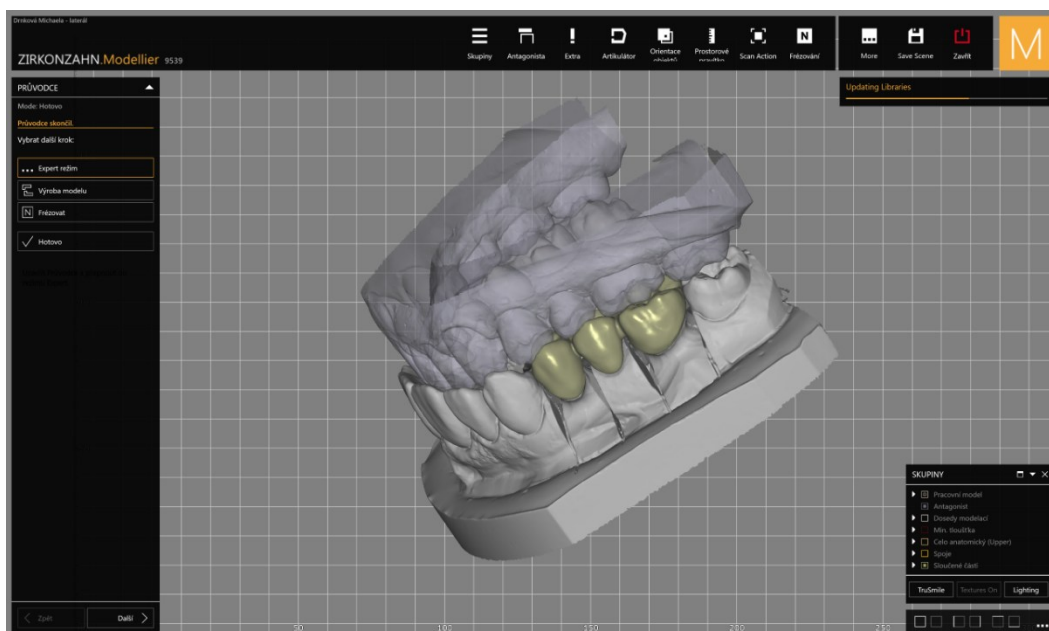
Průběh výuky:

- Ve druhém ročníku se žáci začínají učit základy práce s CAD/CAM technologií. Výuka začíná s jednoduchými úkoly, aby si žáci osvojili klíčové nástroje programu, jako práce s 3D modelem zubu – jak ho otáčet, zvětšovat a analyzovat, digitální modelování jednoduchých korunek podle anatomických pravidel, použití nástrojů pro přizpůsobení tvaru a velikosti korunky.



Obrázek 4 – Příklad žákovské práce v modelačním programu ZirkonZahn

- Ve třetím ročníku žáci přecházejí k pokročilejším návrhům, kde se učí modelovat nejen jednotlivé korunky, ale i složitější můstky a náhrady. Pracují s digitálním modelem a dělají jeho úpravy, naučí se nastavení okluzních vztahů (skusových kontaktů).



Obrázek 5 – Příklad pokročilé žákovské práce v modelačním programu ZirkonZahn

- Ve čtvrtém ročníku budou žáci pracovat na reálných zakázkách v rámci školní laboratoře. Mohou řešit reálné klinické případy, například návrh digitální náhrady podle naskenovaného otisku, který by se následně vyrobil.

Přínosy této metody:

- Žáci získají praktickou schopnost samostatného vytvoření komplexní protetické práce na základě reálného zadání. Umí pracovat s profesionálním nástrojem, případně jsou schopni se ve velmi krátké době se adaptovat podobný na software využívaný na jejich budoucím pracovišti.

3.2.4 Realizace ve výuce a výsledky

Implementace moderních technologií probíhala postupně a s ohledem na potřeby a úroveň jednotlivých žáků. V předmětu Kreslení a modelování se ukázalo, že práce na iPadu je pro žáky motivující. Většina žáků přijala změnu s nadšením, zejména díky interaktivní formě výuky. Žáci ocenili možnost rychlého opravení chyb a opakovaného procvičování. Přes počítační technické výzvy (např. synchronizace účtů, připojení k síti) se výuka rychle stabilizovala a přinesla zřetelný posun ve výsledcích.

V předmětu Zhotovování stomatologických protéz jsme zaznamenali vysoký zájem ze strany žáků o práci v softwaru Zirkonzahn. Po zvládnutí základních funkcí byli schopni vytvořit jednoduché návrhy, které jsme následně vyexportovali a vytiskli na školní 3D tiskárně. Vytvořili jsme tak první provizorní můstky, na kterých si žáci mohli ověřit, jak návrh v počítači odpovídá výsledku v reálném materiálu. Tento zážitek měl značný motivační dopad.

3.2.5 Reflexe, diskuse a zpětná vazba

Z pohledu učitele se ukazuje jako velmi přínosné, že žáci získali kontakt s moderními nástroji, které se v praxi běžně využívají. Přestože zavádění nových technologií přináší určitou míru nejistoty a náročnosti, přínosy převažují. Výuka se stala atraktivnější, žáci lépe chápou souvislosti a jsou více samostatní.

Pozitivní dopady:

- Zvýšení zájmu žáků o odborné předměty.

- Zlepšení výsledků v oblasti morfologie zubů.
- Osvojení si základních digitálních dovedností.
- Rozšíření profesních obzorů a zvýšení kompetencí.

Slabší stránky:

- Vyšší nároky na přípravu učitele.
- Potřeba technické podpory.
- Nevyrovnaná úroveň digitálních dovedností jak mezi žáky, tak mezi učiteli.

3.3 Návrh tematického celku – Úvod do digitálních technologií v protetické technologii

3.3.1 Začlenění tematického celku do školního výukového plánu

S rozvojem digitálních technologií v oblasti zubní protetiky vzniká potřeba přizpůsobit způsob výuky novým trendům a současně žákům nabídnout již od počátku studia smysluplný kontakt s tím, co je v moderní laboratorní praxi běžné. Domnívám se, že právě první ročník představuje vhodný prostor k vytvoření motivačního a zážitkového základu, na kterém může pozdější odborné vzdělávání přirozeně stavět. Výuka by měla být přístupná, srozumitelná, ale zároveň podnětná a propojená s realitou. Z toho důvodu navrhuji zařazení inovovaného tematického celku s názvem „Úvod do digitálních technologií v protetické technologii“, který by mohl vhodně nahradit nebo nově vyplnit část cvičení v předmětu Protetická technologie v 1. ročníku.

Cílem tematického celku není zvládnutí pokročilých funkcí softwaru, ale vytvoření pozitivního vztahu k digitálním technologiím, rozvoj základní orientace v digitálním prostředí a představení souvislostí mezi návrhem a realizací stomatologických náhrad. Žáci by si měli „osahat“ prostředí CAD/CAM softwaru, sledovat proces návrhu jednoduchého modelu, a pochopit základní princip převodu digitálního návrhu do fyzické podoby prostřednictvím 3D tisku. Výuka je vedena s důrazem na zážitek, motivaci a práci s chybou, bez tlaku na výkon.

Navrhovaný tematický celek lze realizovat v rámci cvičení v předmětu Protetická technologie v 1. ročníku, konkrétně v rozsahu přibližně 34 vyučovacích hodin (tedy

poloviny časové dotace určené pro cvičení – 2 hodiny týdně, celkem 68 hodin ročně). Výuka by probíhala v odborné učebně nebo počítačové pracovně vybavené výukovou technikou (PC s přístupem k softwaru Nomad Sculpt a PrusaSlicer, iPady, dataprojektor) a v případě možností i v místnosti s 3D tiskárnou.

Tato struktura umožňuje realizovat tematický celek v 2. pololetí školního roku, čímž se žákům včas nabídne smysluplné propojení tradičního a digitálního přístupu.

3.3.2 Vzdělávací cíle tematického celku

- Seznámit žáky s významem digitálních technologií v oblasti zubní protetiky.
- Zopakovat a zafixovat znalosti získané v předmětu Kreslení a modelování v prostředí softwaru Nomad Sculpt.
- Umožnit žákům vytvořit jednoduchý model a následně návrh fixní náhrady s podporou vyučujícího.
- Demonstrovat proces převodu digitálního návrhu do reálné podoby prostřednictvím 3D tisku.
- Podporovat pozitivní vztah k moderním technologiím a odborné práci v digitálním prostředí.

3.3.3 Obsah a organizace výuky

Výuka tematického celku je rozdělena do několika logických celků. Každý blok obsahuje teoretickou i praktickou složku a je uzpůsoben schopnostem žáků 1. ročníku. Předpokládá se práce v menších skupinách, střídání práce individuální a skupinové, řízené reflexe a využití multimediálních prvků. Tematický plán výuky je přiložen v příloze práce.

3.3.4 Metodické pojetí výuky

Z hlediska metodiky se jedná o výuku zážitkového a podpůrného charakteru. Nejde o to, aby žáci zvládli složité softwarové operace, ale aby v sobě našli odvahu a chuť pracovat s moderními technologiemi. Výuka je otevřená chybám, přístupná a vedená s důrazem na podporu. Učitel zde vystupuje jako průvodce, nikoli hodnotitel.

Využívají se prvky:

- vizualizace a demonstrace (ukázky softwaru, tisku),

- kooperativního učení (práce ve dvojicích, sdílení výsledků),
- reflexe (co se podařilo, co bylo náročné),
- zážitkové pedagogiky (sledování reálného tisku, pocit vlastního návrhu).

V závěru tematického celku žáci odevzdávají jednoduchý výstup – např. návrh jedné korunky, doplněný krátkým slovním popisem postupu, případně jednoduchým pracovním listem.

3.3.5 Závěr a přínos tematického celku

Z pedagogického hlediska vnímám zařazení tohoto tematického celku jako velmi přínosné. Nabízí žákům možnost zorientovat se v moderních technologiích, které budou v budoucnosti nejen využívat, ale které se mohou stát jádrem jejich profesního zaměření. Zároveň snižuje obavy z neznámého, buduje digitální sebevědomí a vytváří prostor pro přirozený zájem o obor.

Z mé zkušenosti vyplývá, že žáci reagují na tyto aktivity velmi pozitivně – oceňují, že „vidí výsledek své práce“, že mohou něco navrhnout a vidět, jak jejich myšlenka získává reálnou podobu. Pro mnoho z nich je to moment, kdy si poprvé uvědomí, že jejich práce může mít reálný dopad. Právě proto považuji tuto změnu v obsahu výuky za smysluplnou a potřebnou.

4 Diskuse: Přejchod od tradiční k technologické výuce – výzvy, přínosy a úskalí

Zavádění nových technologií do výuky oboru asistent zubního technika přináší řadu podstatných změn, které se dotýkají jak žáků, tak pedagogů a vedení školy. Tato diskuze shrnuje klíčové poznatky získané při realizaci přechodu z tradičních metod výuky ke kombinovanému modelu zahrnujícímu moderní digitální nástroje.

4.1 Přejchod k technologicky orientované výuce

Naše škola se rozhodla inovovat výuku předmětu Kreslení a modelování přechodem z klasického kreslení tužkou na papír na digitální výuku s využitím portálu Dental Sketching. Zároveň byly do praktické výuky zařazeny návrhy korunek a můstků pomocí softwaru Zirkonzahn, přičemž výstupy byly realizovány pomocí 3D tisku.

Tento přechod znamenal nejen změnu pracovních postupů, ale především změnu přístupu k vlastní výuce. Učitelé museli přehodnotit své dosavadní metody, naučit se ovládat nové prostředky, například software, dále osvojit si práci s iPady a zohlednit nové způsoby hodnocení výsledků práce žáků. Změny zasáhly také oblast plánování výuky a přípravy podkladů, protože tradiční výukové materiály bylo třeba upravit nebo zcela přepracovat.

4.2 Finanční náročnost

Jedním z hlavních faktorů, které ovlivnily proces implementace, byla finanční stránka projektu. Pořízení tabletů IT vybavení pro výuku, nákup softwarových licencí a zajištění 3D tiskárny s potřebným materiálem představovalo významnou investici, kterou bylo nutné projednat se zřizovatelem školy. Náklady byly částečně kryty z grantových programů a částečně z vlastního rozpočtu školy.

Vedle přímých nákladů se ukázalo jako finančně a časově náročné i zajištění technické podpory – bylo potřeba mít k dispozici IT specialistu, který pomůže při problémech se zařízením, připojením nebo kompatibilitou softwaru. Tyto požadavky kladou na školu vyšší nároky než u tradiční výuky.

4.3 Postoje tradičně založených učitelů

Další významnou výzvou byla různorodost přístupů pedagogického sboru. Zatímco část učitelů novou výuku přivítala s nadšením a motivací, jiní byli k technologickým změnám zdrženlivější. Učitelé, kteří dlouhodobě pracovali s tradičními metodami a pomůckami, vyjadřovali obavy z toho, že se žáci přestanou soustředit na manuální zručnost, nebo že se výuka stane příliš závislou na technice.

V některých případech se ukázalo, že učitelé postrádali základní dovednosti potřebné k práci s novými nástroji, a bylo nutné zajistit cílená školení. Právě ochota pedagogů učit se nové věci a aktivně hledat řešení se ukázala jako klíčová pro úspěšné zavedení inovací.

4.4 Co se osvědčilo a co se nepovedlo

Jedním z nejúspěšnějších prvků se ukázala být výuka pomocí portálu Dental Sketching, který žákům umožňuje samostatně trénovat kresbu pomocí předem připravených podkladů a videonávodů. Žáci se s tímto nástrojem rychle sžili, výuka se stala interaktivnější a přehlednější, a díky okamžité zpětné vazbě se zvýšila úroveň výstupů. Pozitivně hodnotili i možnost přístupu k obsahu z domova.

Naopak první pokusy o využití 3D tisku se neobešly bez komplikací. Došlo k řadě neúspěchů způsobených chybějícími zkušenostmi s 3D tiskem, například některé modely nebyly správně připravené ve formátu kompatibilním se softwarem tiskárny. V některých případech se stávalo, že tiskárna selhala během výuky.

4.5 Výměna zkušeností a odborné setkávání

Zajímavým přínosem v rámci implementace nových technologií do výuky jsou také odborná setkání a konference zubních techniků, které naše škola pravidelně pořádá. Tyto akce slouží nejen jako prezentace práce žáků a ukázka nových metod výuky, ale také jako platforma pro sdílení zkušeností mezi pedagogy z různých škol.

V rámci těchto konferencí jsme měli možnost představit způsob využití portálu Dental Sketching i výstupy ze softwaru Zirkonzahn. Zároveň jsme získali možnost porovnat naše zkušenosti a přístup se zkušenostmi a přístupem jiných středních zdravotnických škol.

4.6 Shrnutí

Celkově lze říci, že přechod k technologické výuce je dlouhodobý proces, který vyžaduje finanční investice, změnu myšlení, spolupráci pedagogického týmu, jeho přeškolení a schopnost adaptace. Přes počáteční obtíže však výhody nových technologií – zejména v oblasti motivace žáků výrazně převažují nad problémy, které se v průběhu zavádění objevily. Do budoucna je klíčové nadále kombinovat tradiční a technologické prvky a systematicky podporovat učitele v jejich profesním rozvoji.

5 Závěr

Podobně jako ostatní lékařské obory i stomatologie doprovází lidstvo po velkou část jeho existence a bude tomu i nadále. Vývoj oboru bude nadále ovlivňován jak měnicími se potřebami lidí, jako je posun z čistě zdravotnického zaměření směrem na zdravotně-estetické či čistě estetické zaměření, tak neustále se měnicími dostupnými technologiemi.

Cíle mé práce jsem stanovila tak, aby jednak mě osobně umožnily nasměřovat můj profesní rozvoj správným směrem a taktéž aby mi umožnily aktivně se podílet na aktualizaci výukového plánu naší školy a tím zajistit jak atraktivitu našeho oboru pro budoucí žáky, tak jejich budoucí uplatnění na trhu práce.

Prvním cílem bylo zmapovat aktuální stav výuky odborných předmětů v oboru Asistent zubního technika. Výstupem je komplexní popis studijního programu a profilu absolventa vzniklý srovnáním situace na různých školách.

Dalším cílem bylo provést rešerši dostupných a potenciálně využitelných technologií ve výuce oboru. Cíl považuji za splněný, avšak vzhledem k opravdu dynamickému rozvoji nových technologií je třeba konstatovat, že publikace a zdroje, které jsem k rešerši využívala mohou být dnes již zastaralé a rešerše nemusí obsahovat poslední inovace. Jako opatření v této oblasti bude nutno pro zajištění kontinuálního rozvoje oboru tuto rešerši v určitých časových odstupech opakovat a v návaznosti plánovat úpravy školního vzdělávacího programu.

Posledním cílem bylo navrhnout postup realizace změn vzdělávacího programu a strukturu nového odborného předmětu nebo tematického celku. Byly stanoveny základní principy provádění aktualizace školního vzdělávacího programu. I zde bude nutno aktualizací proces chápat jako trvalou součást tvorby vzdělávacího programu – případný požadavek na dosažení jakéhosi konečného aktuálního stavu, jak tomu bývalo v minulosti, nelze splnit. Vzdělávací program bude nutno neustále aktualizovat v návaznosti na postup nových technologií v zubních laboratořích. Dále byl vyhodnocen postup změn, u již aktualizovaných odborných předmětů a vytvořen návrh struktury jednoho nového odborného předmětu. Tento návrh bude předložen vedení oboru v rámci letošního aktualizace vzdělávacího programu.

Zamyslím-li se nad svými poznatky nabytými v průběhu tvorby této práce, musím ještě ke konkrétním závěrům zmíněným výše doplnit následující podnět.

Kontinuální a včasné vzdělání pedagogů je důležitou a nutnou podmínkou úspěchu celého aktualizacího procesu. V praxi bohužel téměř stoprocentně platí situace, kdy se pedagog seznamuje s novou tématikou paralelně k zavádění do výuky. Také generační obměna pedagogů se stává absolutní nutností – schopnost paralelně poznávat a vyučovat nové technologie a zároveň i inovovat pedagogické návyky jako například místo frontálních přednášek používat interaktivní workshopy a místo tradičních samostatných prací zadávat týmové úkoly, je pro valnou většinu pedagogů velice náročnou výzvou. Možnost kolegiálního poradenství, vzájemné podpory a výměny různých typů zkušeností je z mého pohledu jedinou šancí, jak v této výzvě uspět.

Seznam použitých informačních zdrojů

BOOTH, Jeremy. *Společnost zaměřená na digitální ortodoncii získala finanční prostředky na vývoj 3D tištěných zámků*. Online. Dental Tribune News. 2021. Dostupné z: <https://czsk.dental-tribune.com/news/spolecnost-zamerena-na-digitalni-ortodoncii-ziskala-financni-prostredky-na-vyvoj-3d-tistenych-zamku/>. [cit. 2025-03-30].

HRKAL, Jiří a ČIČMANEC, Michal. *Zhotovení kovových kotevních a spojovacích prvků částečných snímatelných náhrad 3D tiskem*. Online. 2020. Dostupné z: <https://www.stomateam.cz/cz/technologie/zhotoveni-kovovych-kotevnich-a-spojovacich-prvku-castečných-snímatelných-náhrad-3d-tiskem>. [cit. 2025-03-30]

HUBÁLKOVÁ, Hana a KRŇOULOVÁ, Jana. *Materiály a technologie v protetickém zubním lékařství*. Zubní lékařství. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-581-9.

LOWE, Robert A. *Technologie digitálního otiskování v současné stomatologické praxi*. Online. Dental Tribune News. 2022. Dostupné z: <https://czsk.dental-tribune.com/news/technologie-digitalniho-otiskovani-v-soucasne-stomatologicke-praxi/>. [cit. 2025-03-30].

MAZÁNEK, Jiří. *Zubní lékařství: propedeutika*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3534-4.

NOVÁK, Tomáš a GREGOR, Ladislav. *Nepřímé kompozitní náhrady CAD/CAM technologií*. Online. LKS Časopis. 2024. Dostupné z: <https://www.lks-casopis.cz/clanek/neprime-kompozitni-nahrady-cad-cam-technologie>. [cit. 2025-03-30].

Prispěvatelé WikiSkripta, *Otiskování*. Online. [online], Datum poslední revize 17. 07. 2016, 18:36 UTC. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Otiskov%C3%A1n%C3%AD> [cit. 2025-03-30]

REDAKCE ČASOPISU STOMATEAM. *Krok za krokem k digitální CAD/CAM technologii*. Online. Dental Tribune News. 2016. Dostupné z: <https://czsk.dental-tribune.com/news/krok-za-krokem-k-digitalni-cadcam-technologie>. [cit. 2025-03-30].

REDAKCE ČASOPISU STOMATEAM. *Trocha zubní historie*. Online. 2021. Dostupné z: <https://www.zuby.cz/a/trocha-zubni-historie>. [cit. 2025-03-09].

SAVKOVÁ, N. et al. *Souhrn poznatků o 3D tisku a jeho využití v zubním lékařství*. Online. Česká stomatologie a praktické zubní lékařství – Czech dental journal. Dostupné z: <https://cspzl.dent.cz/pdfs/sto/2021/02/04.pdf>. [cit. 2025-03-30].

STRUB, Jörg Rudolf; KERN, Matthias; TÜRPF, Jens Christoph; WITKOWSKI, Siegbert; HEYDECKE, Guido et al. *Protetika II*. Přeložila PROCHÁZKOVÁ, Jarmila aj. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5261-7.

STŘEDNÍ ZDRAVOTNICKÁ ŠKOLA A VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA ZDRAVOTNICKÁ KARLOVY VARY. *Školní vzdělávací program – Asistent zubního technika*. Online. 2019. Dostupné z: <https://www.zdravkavv.cz/wp-content/uploads/2020/03/%C5%A0VP-Asistent-zubn%C3%ADho-technika-2019.pdf>. [cit. 2025-03-30].

STŘEDNÍ ZDRAVOTNICKÁ ŠKOLA A VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA ZDRAVOTNICKÁ, ČESKÉ BUDĚJOVICE, HUSOVA 3. *Asistent zubního technika (53-44-M/03)*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.szscb.cz/c-48-asistent-zubniho-technika.html>. [cit. 2025-03-09].

TAUTOVÁ, Věra. *S Jakubem Hoškem o přínosu moderních technologií pro spolupráci zubního technika se zubními lékaři*. Online. LKS Časopis. 2024. Dostupné z: www.lks-casopis.cz/clanek/s-jakubem-hoskem-o-prinosu-modernich-technologii-pro-spolupraci-zubniho-technika-se-zubnimi-lekari. [cit. 2025-03-30].

THEODORIDIS, Gina. *Ortodontická léčba komplexních případů malokluze pomocí průhledných alignerů*. Online. Dental Tribune News. 2021. Dostupné z: <https://czsk.dental-tribune.com/news/ortodonticka-lecba-komplexnich-pripadu-malokluze-pomoci-pruhlednych-aligneru/>. [cit. 2025-03-30].

WALCZAK, K; FRIEDRICHS, D; MEISSNER, H a BOENING, K. Přesnost okrajového a vnitřního do sedu chrom-kobaltových korunek s různými typy preparace včetně pomocných prvků; CAD/CAM vs. konvenční technika. *Česká stomatologie a Praktické zubní lékařství*. Online. 2020, roč. 120, č. 3, s. 78-85. ISSN 1213-0613. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-stomatologie/2020-3-17/presnost-okrajoveho-a>

[vnitriho-dosedu-chrom-kobaltovych-korunek-s-ruzny-mi-typy-preparace-vcetne-pomocnych-prvku-cad-cam-vs-konvencni-technika-124052](#) [cit. 2025-03-30].

Seznam příloh

Příloha 1 – Návrh aktualizovaného tematického plánu předmětu Protetická technologie cvičení

Příloha 2 – Aktuální tematický plán předmětu Protetická technologie cvičení

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Příklad tradiční kresby zubů tužkou (Vlastní zdroj)39

Obrázek 2 – Příklad práce v aplikaci Nomad Sculpt (Vlastní zdroj).....41

Obrázek 3 – Příklad digitální žákovské práce na grafickém tabletu (Vlastní zdroj)41

Obrázek 4 – Příklad žákovské práce v modelačním programu ZirkonZahn.....43

Obrázek 5 – Příklad pokročilé žákovské práce v modelačním programu ZirkonZahn43