



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra biomedicínské techniky

**Hodnocení kompozitních výplňových materiálů používaných v
zubním lékařství**

Evaluation of composite fillings materials used in dentistry

Diplomová práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Systémová integrace procesů ve zdravotnictví

Vedoucí práce: Ing. Vojtěch Kamenský

Bc. Haya Aldinová

Kladno 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Aldinová** Jméno: **Haya** Osobní číslo: **503749**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra biomedicínské techniky**
Studijní program: **Systémová integrace procesů ve zdravotnictví**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Hodnocení kompozitních výplňových materiálů používaných v zubním lékařství

Název diplomové práce anglicky:

Evaluation of composite filling materials used in dentistry

Pokyny pro vypracování:

Cílem práce je zhodnocení kompozitních výplňových materiálů používaných v zubním lékařství z hlediska jejich vlastností, nákladů a nákladové efektivity. V rámci diplomové práce analyzujte současný stav využití různých typů výplňových materiálů používaných v oblasti zubního lékařství. V následné praktické části se zaměřte na zhodnocení pouze kompozitních materiálů. V práci využijte metody modelování pro odhad kumulovaných nákladů a nákladové efektivity. Výstupem práce bude přehled používaných kompozitních materiálů v ČR, náklady na dané materiály a systémy a zhodnocená nákladová efektivita kompozitních materiálů.

Seznam doporučené literatury:

- [1] F Schwendicke , G Göstemeyer, M Stolpe, J Krois, Amalgam Alternatives: and Value of Information Analysis, Journal of dental research, ročník 12, číslo 97, 2018
- [2] SOFAN E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G., Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type, Ann Stomatol , ročník 8, číslo 1, 2017

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Vojtěch Kamenský

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **14.02.2022**

Platnost zadání diplomové práce: **18.09.2023**

doc. Ing. Martin Rožánek, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Hodnocení kompozitních výplňových materiálů používaných v zubním lékařství“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k diplomové práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 12. 5. 2022

.....

Bc. Haya Aldinová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych především moc poděkovala vedoucímu práce Ing. Vojtěchu Kamenskému za jeho odborné vedení, ochotu, trpělivost, věcné rady a konstruktivní kritiku při zpracování diplomové práce. Dále mé poděkování patří všem zubním lékařům a odborníkům za konzultace. A v neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině a manželovi za obrovskou podporu nejen při psaní diplomové práce, ale i během celého studia.

ABSTRAKT

Hodnocení kompozitních výplňových materiálů používaných v zubním lékařství

Diplomová práce se věnuje hodnocení kompozitních výplňových materiálů používaných v zubním lékařství. Dentální biomateriály, které jsou předmětem mnohým klinických studií jsou v současnosti velmi aktuální tematikou a je neustálým zájmem tyto materiály zdokonalovat.

Cílem práce je zhodnotit kompozitní výplňové materiály v ČR, náklady na dané materiály a zhodnocení nákladové efektivity kompozitních materiálů.

Pro splnění stanovených cílů byly použity metody analýzy trhu, analýza odborné literatury, analýza nákladové efektivity a modelování nákladové efektivity pomocí modelového příkladu.

Z analýzy trhu a analýzy odborné literatury byly vybrány čtyři nejpoužívanější kompozitní materiály. Výpočet nákladové efektivity pomocí modelového příkladu určil jako nákladově nejefektivnější kompozitním materiálem z pohledu pacienta GC G-aenial Universal Injectable.

Klíčová slova

výplňové materiály, zubní lékařství, kompozitní pryskyřice, amalgám, životnost, biokompatibilita

ABSTRACT

Evaluation of composite fillings materials used in dentistry

The diploma thesis deals with the evaluation of composite filling materials used in dentistry. Dental biomaterials, which are the subject of many clinical studies, are nowadays very current and there is a constant interest in improving these materials.

The aim of the work is to evaluate composite filling materials in the Czech Republic, the cost of the materials and to evaluate the cost-effectiveness of composite materials.

Methods, market analysis, professional literature search, cost-effectiveness analysis and cost-effectiveness modeling using a model example to meet the required objectives.

The four most used composite materials were selected from the market analysis and the analysis of professional literature. The cost-effectiveness calculation using a model example identified GC G-aenial Universal Injectable as the most cost-effective composite material from a patient perspective.

Keywords

dental biomaterials, dentistry, composite resin, amalgam, longevity, biocompatibility

Obsah

Seznam symbolů a zkratk	9
1 Úvod	10
2 Přehled současného stavu	11
2.1 Dentální biomateriály	11
2.2 Výplňové materiály v zubním lékařství	12
2.2.1 Amalgám	12
2.2.2 Sklopolyalkenoátové (skloionomerní) cementy	17
2.2.3 Kompozitní pryskyřice	20
2.3 Adhezivní systém	25
2.3.1 Indikace použití adhezivního systému	25
3 Cíle práce	26
4 Metody	27
4.1 Analýza trhu	27
4.2 Dotazníkové šetření	27
4.3 Analýza odborné literatury	28
4.4 Analýza nákladové efektivity	28
4.4.1 Hodnocení nákladové efektivity	29
4.4.2 Inkrementální analýza nákladové efektivity	30
4.5 Model pro výpočet nákladové efektivity	32
4.5.1 Struktura modelu	33
5 Výsledky	34
5.1 Analýza trhu	34
5.2 Výsledky dotazníkového šetření	36
5.2.1 Používané výplňové materiály	36
5.2.2 Preference používaných kompozitních materiálů	37
5.2.3 Nejčastěji používané kompozitní materiály	37
5.2.4 Forma kompozitního materiálu	38
5.2.5 Životnost kompozitních materiálů	39
5.2.6 Subjektivní hodnocení výdrže kompozitních materiálů	39
5.2.7 Počet výměn kompozitním materiálem	40

5.2.8	Umístění kompozitních výplní	41
5.2.9	Způsob nákupu kompozitních materiálů	41
5.2.10	Cena výkonu	42
5.2.11	Cena výkonu nejrozsáhlejší výplně	43
5.2.12	Kalkulace jednotlivých položek do ceny výkonu	44
5.2.13	Délka ošetření	44
5.2.14	Vliv kompozitního materiálu na průběh ošetření	45
5.3	Životnosti vybraných kompozitních materiálů	46
5.3.1	GC G-aenial Universal Injectable	46
5.3.2	GC Gradia Direct	46
5.3.3	Tetric EvoCeram	47
5.3.4	Tetric EvoFlow	47
5.4	Analýza nákladové efektivity	48
5.5	Modelování nákladové efektivity	50
5.5.1	Simulace výdrže kompozitního materiálu	50
5.5.2	Náklady modelové struktury	51
5.5.3	Výsledky nákladové efektivity	51
5.5.4	Výpočet ICER	53
5.5.5	Shrnutí výsledků nákladové efektivity	56
6	Diskuse	57
7	Závěr	60
	Seznam použité literatury	61
	Seznam tabulek	67
	Seznam obrázků	68
	Příloha A: Dotazníkové šetření pro zubní lékaře	69

Seznam symbolů a zkratek

ADA	American Dental Association
Ag	Sříbro
ASPA	Assistatn Secretary for Public Affairs
Bis-GMA	bisphenol A-glycidyl methacrylate
CEA	Cost Effectiveness Analysis
Cu	Měď
EDTA	kyselina ethylendiamintetraoctová
FDA	Food and Drug Administration
FDI	Foreign Direct Investment
GIC	Glass-ionomer-cement
Hg	Rtuť
IADR	International Association for Dental Research
ICER	Incremental Cost-Effectiveness Ratio
MPa	Megapascal
Sn	Cín
WHO	Wordl Health Organization
Zn	Zinek

1 Úvod

Stomatologie prošla od svého počátku po současnost velkým pokrokem a vývojem. Vzhledem k dynamické době a k technickému pokroku ve zdravotnictví dochází k neustálému zdokonalování dentálních biomateriálů používaných pro léčbu kariézních lézí v dutině ústní.

Práce se zaměřuje na problematiku výplňových materiálů používaných v zubním lékařství a jejich vliv na lidský organismus. Jelikož jsou biomateriály v současnosti velmi diskutovaným a aktuálním tématem v moderní stomatologii nejen v ČR, ale i celosvětově je středem pozornosti i spousta klinických studií a vědeckých výzkumů, které se neustále snaží tyto materiály zlepšovat, tak aby byly pro lidský organismus nejvíce biokompatibilní.

Cílem práce je analyzovat současný stav využití výplňových materiálů pro oblast zubního lékařství. V diplomové práci jsou popsány běžně používané výplňové materiály a jejich výhody a nevýhody použití. Dále se práce zaměřuje na biologické hodnocení materiálů (tzv. biokompatibilitu). V praktické části se práce bude zaměřovat pouze na kompozitní výplňové materiály a jejich nákladovou efektivitu.

2 Přehled současného stavu

Tato část práce se zaměřuje na zhodnocení biomateriálů používaných v zubním lékařství, konkrétně výplňových materiálů. Úvodem jsou shrnuty základní informace o biomateriálech používaných ve stomatologii. V dalších kapitolách je práce zaměřena na specifika definitivních výplňových materiálů, jejich vlastností a vliv na tkáň v dutině ústní. Důležitým aspektem bude biokompatibilita těchto materiálu a zhodnocení současného stavu. V závěrečné části kapitoly bude stručně popsán adhezivní systém a jakým způsobem se tyto materiály váží na tvrdé struktury zubu.

2.1 Dentální biomateriály

Jako biomateriál lze považovat látku nebo kombinaci látek, které jsou přírodního, či syntetického původu, a které částečně nebo úplně nahrazují určitou část lidského těla. Jejich vlastnosti se využívají pro reparaci, či regeneraci lidské tkáně nebo orgánu. Svými vlastnostmi a biokompatibilitou se živými tkáněmi tak biomateriály přispívají k zachování a zlepšení kvality života jedince [1, 2].

Stomatologie je vědní obor zabývající se diagnostikou, terapií zubních tkání a správnou funkcí orální oblasti. Biomateriály v zubním lékařství mají své místo a jsou využívány v širokém spektru napříč všemi specializacemi. Ve stomatologii jsou z biomateriálů zhotovovány např.: zubní výplňové materiály, protetické a snímatelné náhrady. V chirurgii to mohou být dentální implantáty nebo augmentáty. V ortodontii to jsou fixní a snímatelné aparáty a jejich jednotlivé součástky [3].

Je očividné, že zubní biomateriály hrají důležitou roli při rekonstrukci poškozených zubních tkání jako jsou výplňové materiály, jejichž funkcí je nahrazení poškozené skloviny a dentinu [1].

Pochopení vlastností dentálních biomateriálů je důležité pro jejich srovnání s vlastnostmi tvrdých a měkkých tkání v dutině ústní před jejich aplikacemi. Různé zubní náhrady mají tendenci z mnoha důvodů selhávat. Jako příklad lze uvést jejich poškození nebo mechanické selhání. Klinický přínos zubních biomateriálů je silně spojen s jejich fyzikálními, mechanickými a biologickými vlastnostmi. V ideálním případě by vlastnosti biomateriálů měly co nejvíce odpovídat vlastnostem ztracených tkání, které mají být nahrazeny [1].

V následujících kapitolách bude věnována pozornost definitivním výplňovým materiálům používaných v zubním lékařství, mezi které patří amalgám, kompozitní pryskyřice a skloionomerní cement.

2.2 Výplňové materiály v zubním lékařství

V posledních několika desetiletích proběhlo široké spektrum výzkumů hlavně v oblasti tkáňového inženýrství, které vedly k významnému zlepšení kvality dentálních biomateriálů nahrazujících ztracenou tkáň zubu. Tyto biomateriály měly velmi podobné vlastnosti jako přirozený zub [1].

V současnosti lidé často trpí běžnými onemocněními v dutině ústní jako jsou zubní kazy či záněty zubní dřeně. Všechny tyto problémy jsou způsobeny bakteriální infekcí, která poškozuje strukturu zubu. Jako léčbu doporučují zubní lékaři odstranění infikované části zubu a nahrazení chybějící tkáně vhodnými výplňovými materiály, jako jsou amalgám, skloionomerní cement či kompozitní pryskyřice [4].

2.2.1 Amalgám

Amalgám patří mezi nejstarší trvalé zubní výplňové materiály, který se používá již přes 100 let. Avšak jeho historie využití ve stomatologii sahá až do 7. století v Číně. První amalgám byl připraven v roce 1836, kdy došlo ke smíchání pilin ze stříbrné mince se rtutí. Do Ameriky se rozšířil z Evropy a začal se zde používat na místo dosud používané zlaté tepavé výplně [5].

Amalgám se oproti jiným výplňovým materiálům váže k zubu makromechanicky a ne chemicky. Zubní lékař připravuje kavitu ošetřovaného zubu do takového tvaru, aby v ní materiál držel a nevypadl nebo nepraskl. Zde se musí dodržovat pracovní postup a jistá pravidla během preparace, která zajistí retenci a rezistenci amalgámu v kavitě zubu [7, 8].

Tento postup může být zároveň považován za velkou nevýhodu amalgámu, jelikož vede k odpreparování i zdravé tkáně zubu oproti kompozitním materiálům. Nedostatek tkáně vede k oslabení zubu a poté k jeho fraktuře. Tento materiál je nákladově efektivní a široce užívaný. I přes značné výhody je otázka bezpečnosti již řadu let diskutována [7].

Stříbrný amalgám vznikne smíšením prášku (slitina kovů) se rtutí, v tzv. procesu amalgace, která je exotermní reakcí. Po smíchání má amalgám měkkou konzistenci, díky níž dochází k lepší kondenzaci do kavity preparovaného zubu. Po několika hodinách tvrdne pomocí chemické reakce probíhající v amalgámu [7].

Slitina je složena ze stříbra, cínu a mědi s přísadou zinku a rtuti. Slitina může být vyrobena různými způsoby. Podle způsobu výroby rozdělujeme amalgám na pilinový, smíšený (takzvaný „blend“), sférický a sféroidní. Díky pozměněným metalurgickým postupům se později začaly více používat a upřednostňovat tzv. non-gama-2 amalgámy se zvýšeným obsahem mědi ve slitině. Jejich vlastností je vyšší odolnost vůči korozi, což zlepšuje jejich klinické vlastnosti [6, 7].

Dle dřívějších norem, které vydala Americká dentální asociace (ADA) se konvenční amalgámy vyráběly minimálně z 65 % Ag a maximálně 6 % Cu, 29 % Sn a 2 % Zn.

V současnosti se vyrábějí slitiny non-gama-2 amalgámů obsahující 12-30 % mědi s 40-70 % stříbra [6].

Složení amalgámu [6]:

Tabulka 1 Obsah prvků v prášku konvenčního amalgámu [6]

Prvek	Obsah	Vlastnosti
Stříbro (Ag)	min. 65 %	Zvyšuje mechanickou odolnost, antikorozi, expanduje
Cín (Sn)	max. 29 %	Zvyšuje plasticitu, koroze, kontrakce
Měď (Cu)	max. 6 %	Zvyšuje pevnost a tvrdost amalgámu
Zinek (Zn)	max. 2 %	Antioxidant, vnitřní koroze amalgámu
Rtuť (Hg)	max. 3 %	Předamalgamace – rychlejší tuhnutí a spojování prášku a rtuti

Vlastnosti amalgámu

Dle různých kritérií lze vlastnosti amalgámů dělit na chemické, fyzikální a biologické. Chemické vlastnosti jako např. koroze jsou závislé na složení a poměru jednotlivých komponent amalgámu. Nepříznivým faktorem je koroze na povrchu, což ovlivňuje jejich kvalitu, tím že se na drsném povrchu materiálu lépe usazuje a množí bakteriální povlak. Proto se doporučuje amalgámový povrch po určité době po jejich kondenzaci vyleštit [5, 9].

Fyzikální vlastnosti amalgámu vykazují dobré hodnoty. Jsou mechanicky odolné a dá se s nimi dobře manipulovat. Fyzikální vlastnosti jsou ovlivněny dle morfologického typu amalgámu [5, 9].

Mezi nejdůležitější fyzikální vlastnosti amalgámu patří:

- Flow (tok) – vlastnost kdy do 24 hodin dochází k deformaci amalgámu po jeho aplikaci. Dle ADA tato hodnota nesmí překročit 3 %.
- Creep (tečení) – dochází k trvalé deformaci amalgámu do 1 týdne po jeho aplikaci. Tato hodnota nesmí překročit 2 %
- Pevnost v tlaku – jako minimální hodnota se udává 80 MPa po 1 hodině od aplikace a 350 MPa po 1 týdnu [5, 6].

Amalgám během tvrdnutí mění svůj objem. Některé amalgámy kontrahují jiné zase expandují v průběhu tvrdnutí. Amalgámy s vyšším obsahem stříbra a mědi mají větší sklon k expanzi než amalgámy s nižším obsahem stříbra. Při expanzi dochází k pnutí amalgámu, obzvláště u zubů s větší destrukcí, kde u velkých výplní dochází k prasknutí zubu. Amalgám má antikariogenní účinek, díky čemuž zabraňuje vzniku sekundárního kazu, jelikož obsahuje stříbro a měď, které mají bakteriostatické účinky [9, 10].

Použití amalgámových výplní

Jelikož se v současné době využívají i jiné plastické výplňové materiály než amalgámy, které jsou estetičtější a dostatečně odolné, omezilo se jejich použití na postranní úsek chrupu. Jejich indikace použití se orientuje na velké výplně na žvýkacích ploškách zubu I. a II. Blackovy třídy [6].

Pro jejich mechanickou odolnost se tento materiál volí jako možnost, pokud jsou destruované zuby v zadním úseku chrupu. Nedoporučuje se jejich použití v přímém kontaktu s kovovými rekonstrukcemi (protetické práce, korunky), kde může dojít k elektrogalvanické korozi a následnému zvýšenému uvolňování rtuti z amalgámu.

Vzhledem k obsahu rtuti se amalgám příliš nedoporučuje gravidním ženám a dětem. Nedoporučuje se ani u pacientů trpících alergickou reakcí na některou ze složek obsažených v amalgámu [6, 7].

Výhody

Životnost amalgámu se uvádí i více jak 10 let, což je déle než u ostatních výplní jako kompozitní pryskyřice nebo skloionomer. Aplikace amalgámu není tak technicky náročná jako u kompozitních výplní, proto je s nimi jednodušší manipulace v ruce zubního lékaře. Jedná se o velmi mechanicky odolný materiál s dlouhou životností, který je velmi pevný v tlaku. I pro obsah rtuti je v mnoha zemích stále používaným materiálem pro svoji nízkou cenu. Oproti jiným výplním je jejich cena výrazně nižší, což je výhodnější pro sociálně slabší skupiny lidí, kteří upřednostní faktor ceny před estetickou stránkou [7].

Nevýhody

Při odstraňování staré výplně amalgámu dochází k uvolňování rtuti během preparace. Uvolněná rtuť má nepříznivé účinky na životní prostředí. V roce 2016 byla provedena klinická studie od Pereira, která srovnávala amalgámové výplně se skloionomerními výplněmi a kompozitními výplněmi. Při srovnání s ostatními výplněmi bylo zjištěno, že amalgámové výplně vyžadují odstranění většího množství zdravé tkáně zubu během preparace kavity, než je tomu tak u kompozitních výplní [7].

Ostatní výplňové materiály nevyžadují takový zásah, jelikož fungují na mechanismu adhezivního systému. Vzhledem k neestetičnosti „černých plomb“ se doporučuje jejich použití v laterálním úseku chrupu. Ve velmi vzácných případech se může rozvinout alergická reakce na amalgám [7].

Amalgám může způsobovat tzv. amalgámovou tetováž, kdy během kondenzace amalgámu nebo odpreparování dojde k poranění bukalní nebo gingivální sliznice a zavlčení částic amalgámu do takto narušené sliznice, čímž dojde k poranění sliznice. Taková léze má poté šedé nebo černé zbarvení a představují tak estetickou vadu [6, 7].

Tabulka 2 Výhody a nevýhody amalgámu [7]

Výhody	Nevýhody
Dlouhá životnost	Nízká estetika
Nízká finanční a časová nákladovost	Přítomnost rtuti a její toxické účinky
Mechanicky odolný	Nutné odstranit více tkáně při preparaci
	Může způsobovat změnu barvy na sliznicích

Biokompatibilita a vliv na živou tkáň

Amalgámové výplně jsou kontroverzním tématem pro svůj obsah rtuti. K největší expozici amalgámů dochází během aplikace výplně nebo jeho odstraňování. Rtuťová pára je při manipulaci vdechována, proto jsou zubní lékaři často tomuto jevu vystaveni během manipulace s amalgámem. Rtuť je průběžně uvolňována z přítomné amalgámové výplně uvnitř dutiny ústní [11, 12, 13].

Ucar a Brantley provedli v roce 2011 studii, která zkoumá toxicitu rtuti v amalgámových výplních. Zhodnotili, že faktory jako jsou věk, amalgámová kompozice a mastikace ovlivňují uvolňování rtuti do vnějšího prostředí dutiny ústní. Jakmile se rtuť uvolní je rozpuštěna ve slině a přechází tak dále do systému. K těmto jevům dochází při vdechování intraorálních výparů rtuti v dutině ústní nebo u opotřebených výplní vlivem mastikace [14].

Může se objevit kovová chuť v ústech při kontaktu amalgámu s jinými kovovými materiály nebo čerstvé amalgámové výplně se starou výplní. Dochází tak ke krátkodobým elektrochemickým dějům. Tyto příznaky odezní samovolně [6].

Bezpečnost amalgámových výplní

Z dlouhodobého hlediska jsou amalgámové výplně velmi mechanicky odolné a jejich životnost, při správné orální hygieně a vhodného typu amalgámové výplně, může vydržet i několik desítek let, ale průměrně se uvádí 8-10 let. Díky specifické technice preparování během ošetření zubu snese výplň i větší zatížení při žvýkacím tlaku [6, 9].

I přes značně kladné zkušenosti s amalgámovými výplněmi je otázka bezpečnosti tohoto materiálu již řadu let stále diskutabilním tématem. Hlavní příčinou je rtuť obsažená v materiálu, kdy bylo zjištěno že dochází k postupnému uvolňování rtuti z amalgámové výplně. Mechanické tření zubů na amalgám a rtuť v ní obsáhla, která se rozpouští ve slinách v dutině ústní napomáhá uvolňování rtuti v amalgámu do prostředí dutiny ústní [7].

Mezinárodní dohoda známá jako „Minamata Convention on Mercury“ má za úkol snížit, případně vyloučit použití rtuti. Má tak zajistit snížení negativních účinků, jak na

životní prostředí, tak i na lidskou populaci. Vlivem této dohody vzrůstá tlak na postupné snižování používání dentálních amalgámů. Důvodem tohoto rozhodnutí je snaha ke snížení nepříznivých účinků použití tohoto materiálů, ale zároveň zajistit bezpečnou zdravotní péči. Avšak dle epidemiologického posouzení bylo zjištěno, že neexistují žádné nebo minimální důkazy o úmrtí nebo vzniku chronického onemocnění ve spojitosti s amalgámem [7].

Toxicita rtuti

Ojedinele může docházet k alergickým reakcím u amalgámových výplní (kontaktní alergie), které se mohou projevit na kůži jako ekzém nebo reakce na sliznicích jako gingivostomatitida. Symptomy po krátké době odezní [6].

Vědecký výzkum vedený FDA došel k závěru, že není žádná souvislost mezi zdravotními problémy a amalgámových výplní. FDA považuje za bezpečné použití amalgámových výplní, jak u dospělých, tak i u dětí od 6 let. Dále bylo zjištěno že je minimum důkazů o nepříznivých účincích na plod během těhotenství. Množství amalgámu obsažené v mateřském mléce u matky mající amalgámové výplně je přijatelné, jelikož obsahuje méně rtuti, než kolik je minimální hranice. Na studii, která se opírá o tahle tvrzení se podílelo spousta dobrovolníků a nenašla žádné podstatné důkazy o nežádoucích účincích amalgámu, které by ovlivnil zdravotní stav dítěte v prenatálním období [7].

Likvidace amalgámu jako odpadu je dána zákonem (např. odlučovač amalgámu, recyklace zbytků amalgámu). Důvodem je minimalizovat ekologická rizika [6].

Současný trend použití amalgámu

Celosvětově se uvádí, že dochází k poklesu používání amalgámových výplní. Přesné údaje nejsou známy kvůli nedostatku dostupných publikací [7].

Použití amalgámu více klesá v USA a Austrálii, než např. ve Velké Británii. Jedním z hlavních faktorů klesajícího použití je rtuť uvolňující se z amalgámu. Ojedinelé studie spojují toxické účinky uvolňující se rtuti z amalgámu s rozvojem Alzheimerovi choroby nebo roztroušené sklerózy [7].

Amalgám doposud nebyl zcela zakázán v žádné zemi světa. Dle zprávy WHO z roku 1991 ani nejmodernějšími analytickými metodami se nedá prokázat nepříznivý účinek amalgámu na zdraví lidského organismus. O rok později tento fakt potvrdil i Institut německých stomatologů. V současnosti neexistuje žádná klinická studie, která by jednoznačně potvrdila toxicitu amalgámových výplní [5].

Pro eliminaci a snížení negativního vlivu amalgámu se nedoporučuje v současnosti indikace u dětí do 18 let a těhotných žen nebo osob trpící rizikovým onemocněním jako je roztroušená skleróza. Doporučuje se opatrná manipulace stomatologů a zdravotníků s materiálem a volit spíše použití kapslového amalgámu [5].

2.2.2 Sklopolyalkenoátové (skloionomerní) cementy

Sklopolyalkenoátové neboli skloionomerní cementy jsou na dentálním trhu již více jak 50 let a od té doby prošly velkým vývojem, který neustále pokračuje. Do klinické praxe zavedli skloionomerní materiály Wilson a Kent v roce 1969. Název je z anglického glass-ionomer-cements (GIC). Bývají označovány v literatuře i jako sklopolyalkenoátové cementy nebo jako ASPA cementy (Alumino-Silicate-Polyalkenoate-Acid cements). Poprvé byl GIC v klinické praxi použit v roce 1972. V současné době došlo k dalšímu posunu tohoto materiálu, které má propracovanější vlastnosti [1, 5].

Jedná se o estetický adhezivní materiál, který se neustále vyvíjí. Předchůdci skloionomerních výplní byly silikátové a silikofosfátové cementy. Časem se od těchto materiálu upustilo pro jejich toxicitu. Skloionomerní výplňové materiály se řadí svojí barvou mající blízky odstín jako tvrdé zubní tkáň k estetickým výplňovým materiálům. Vývoj estetickým výplňových materiálů začal právě u silikátových materiálu, až po dnešní fotokompozitní materiály [5, 10].

Klinické zkušenosti zubních lékařů s tímto materiálem jsou různé. Mezi odborníky se těší oblibě díky své chemické vazbě k tvrdým zubním tkáním a antikariogenním účinků. Bývá kritizován pro svoji nedostatečnou mechanickou odolnost a transparenci [15, 16, 17].

Cementy se váží k tvrdým zubním tkáním chemickou vazbou pomocí iontové výměny. Dlouhodobě uvolňují ionty fluoridů se schopností zpětného nasycení, a tím nabývají antikariogenního účinku. Více adherují ke sklovině než k dentinu. U chemicky tuhoucích materiálů má křehkou strukturu a jsou méně odolné vůči okluznímu zatížení. Jsou technicky náročné a málo chemicky a mechanicky odolné. V současnosti jsou skloionomerní cementy na mnohem kvalitnější úrovni, než dříve díky neustálému vývoji [10, 16, 18].

Složení

Základním složením GIC je voda, která hraje důležitou roli v jejich struktuře. Cement vzniká acidobazickou reakcí – iontovou výměnou mezi kalciumfluorohnito-křemičitým sklem a vodným roztokem polyalkenoátových kyselin. Prášek je složen ze skla o velikosti 4-50 mikrometrů [1, 10, 19].

Rychlost tuhnutí cementu závisí na skladování. Cement je velmi citlivý na vlhkost při narušení vodní balance se snižují fyzikální vlastnosti a cement je tak náchylný k erozi. Dehydratace cementu vede k prasklinám [10, 20, 21].

GIC se skládají ze tří hlavních složek:

1. Anorganická složka

Skládá se z reaktivní aluminium-silikátového skla. Obsahuje mletou taveninu skla s partikulemi, která se skládá z oxidu křemičitého (30 %), oxidu hlinitého (25 %), oxidu vápenatého (25 %). Dále se v nich nacházejí oxid sodíku a fosforu (2-5 %). Obsahují také fluoridy (10-20 %). Pro svoje složení mají cementy antikariogenní účinky [22, 23, 24].

2. Organické kyseliny polyalkenoátové

Jsou složeny z kyseliny polyalkenoátové a hydroxykarbonové. Dále obsahují kyselinu akrylovou, itakonovou, maleinovou. V cementu se tyto kyseliny nacházejí ve formě polymerů a kopolymerů, které snižují viskozitu a zvyšují rychlosti tuhnutí [5, 10].

3. Reakční médium

Obsahuje destilovanou vodu, případně kyselinu vinnou. Dle složení prášku a tekutiny se rozeznávají tyto typy skloionomerních cementů [21]:

- a) Klasické (hydrous) – dochází ke smíchání prášku s organickými kyselinami
- b) Vodou ředitelné (anhydrous) – mísí se s destilovanou vodou a jejich výhodou je přesnější poměr prášku a kyseliny při ruční přípravě. Je důležité je chránit před vlhkem [5, 21].
- c) Pryskyřičí modifikované skloionomerní cementy – jiným názvem hybridní ionomerní cementy či polymerující skloionomery. Patří k nejpokročilejším cementů. [5, 10].

Vlastnosti skloionomerních cementů

Jejich hlavní vlastností je schopnost chemicky se vázat na dentin a sklovinu. Tento předpoklad je důležitý pro spolehlivý okrajový uzávěr výplně. Chemickou vazbu umožňuje kyselina polyakrylová. Pro vazbu GIC k dentinu není potřeba dentin upravovat, vazba se zvýší po aplikaci tzv. kondicionéru (např. EDTA) [5, 10].

Pevnost v tlaku a ohybu je menší ve srovnání s kompozitními a amalgámovými výplněmi, což je činí méně mechanicky odolné. Estetické vlastnosti GIC nejsou na tak vysoké úrovni jako kompozitní výplně, což je jejich nevýhoda [5, 10, 25].

Na počátku uvedení skloionomerních materiálů na trh to byl revoluční objev v dentální estetice, vzhledem k barvě blížící se barvě zubu. Hlavním aspektem určující jejich estetičnosti je poměr množství polyakrylové kyseliny a velikost částic cementu [26, 27].

Použití a indikace

Jsou indikovány v klinické praxi, když je potřebné ošetření provést v krátkém čase. Tím se i snižuje cena výkonu ošetření. Materiál je velmi nenáročný na aplikaci a použití a nevyžaduje dokonale suché pole. Jsou vhodné jako trvalá výplň u pacientů

s nedostatečnou orální hygienou a vysokou kazivostí. V současnosti není jiná výplň, která by měla antikariogenní účinky a zároveň by disponovala vysokou estetikou. Ze všech výplňových materiálů mají GIC nejlepší okrajový uzávěr [5, 10, 27].

Nejčastěji se používají jako výplně u krčkových kazů (I., II., III. a V. Blackovy třídy). Jsou vhodné u krčkovitých defektů jako jsou eroze nebo klínovité defekty. Mohou být použity jako definitivní nebo jako provizorní výplně. U dočasných zubů se hodí jako definitivní výplň, ale u dospělých jedinců se využívá spíše jako provizorní výplň před definitivní výplní (např. u nepřímého překrytí zubní dřeně, endodontické ošetření, postendodontické ošetření, dostavby, čepové nástavby) [5, 10].

Pro tento způsob využití se používá pojem alternativní restorativní terapie. Tuto techniku aplikace GIC podpořila i WHO a IADR (International Association for Dental Research) [1].

Dále je materiál vhodný jako podložka pod kompozitní a amalgámové výplně nebo použití v kombinaci s kompozitní výplní jako tzv. sendvičová výplň. Slouží jako fixace protetických prací, inlayí či ortodontických zámků. Kryje vhodně kořenové kazy, kde je kontraindikace použití kompozitních materiálů. Slouží jako preventivní výplň u pečetění fisur zubu. I přes velmi široké spektrum použití a indikací mají cementy nevýhodu v jejich nedostatečné mechanické odolnosti v tlaku oproti kompozitním nebo amalgámovým materiálům. Proto výplň selhává při aplikaci do větších kavit v laterálním úseku chrupu [5].

Tabulka 3 Výhody a nevýhody skloionomerních cementů [5]

Výhody	Nevýhody
Antikariogenní účinek	Nižší estetika než u kompozitních výplní
Vhodné použít u pacientů s horší orální hygienou	Nedostatečná mechanická odolnost
Nenáročné použití a aplikace	Kratší životnost materiálů
Nižší finanční nákladovost	
Vhodné u dočasného chrupu	

Biokompatibilita

GIC jsou velmi biotolerantní a šetrné k okolním tkáním. Vylučování fluoridů v minimálních koncentracích dlouhodobě nevykazují známky patogenity k okolním tkáním. Vylučování ze zubu do dutiny ústní se dle studie od Forstein děje pomocí prosté difuze. Uvolňování fluoridů závisí na složení a množství polyakrylové kyseliny a cementu [24, 25].

Vzhledem k chemickému složení GIC mají schopnost uvolňovat fluoridové ionty, což snižuje patogenitu mikrobiálního povlaku. Fluoridy se uvolňují z výplně po ztuhnutí

a stabilizuje se jeho uvolňování po 2-3 měsících. Dochází tak neustále k výměně a uvolňování fluoridových iontů v nízkých koncentracích, jak z vnitřního, tak i vnějšího prostředí zubu. Z tohoto důvodu mají dobré profylaktické účinky na zubní tkáň [5, 10, 22].

Dle William et. Al z roku 2002 obsah fluoridů v GIC nebyl původním záměrem pro jejich inkorporaci pro antikarogenní účinky. Důvodem bylo, že fluoridy velmi dobře chemicky reagovaly s ostatními složkami materiálu [23].

2.2.3 Kompozitní pryskyřice

Na trhu se poprvé kompozitní materiály objevily v 60. letech 20. století. Od vzniku kompozitních pryskyřic se neustále zvyšovaly nároky a docházelo k neustálému vývoji materiálu, jak po estetické stránce, tak po jejich restorativních vlastnostech. V roce 1962 profesor Ray Bowen poprvé vytvořil a syntetizoval monomer s velkou molekulární hmotností, který vykazoval menší polymerační kontrakci oproti již používaným pryskyřicím. Chtěl tím zvýšit jejich fyzikální vlastnosti [5].

Od 70. let se začalo využívat ultrafialového světla pro polymeraci kompozitních výplní. Nedostatečná polymerace do hlubších vrstev a vedlejší účinky, vedly k jejich nahrazení za viditelné světlo (421-491 nm), které se používá do současnosti a neustále se vyvíjí [1, 28].

Za posledních deset let se staly kompozitní pryskyřice nejvíce využívaným výplňovým materiálem. Postupně nahrazují amalgámové výplně, které se standardně používaly více než 100 let. Takový posun nebyl jen díky jejich vysoké estetice, ale i díky způsobu preparace, který šetří zubní tkáň a je méně invazivní pro zub oproti amalgámovým výplním [29, 30].

Hlavním obsahem kompozitních výplňových materiálů je pryskyřičná matrix, silany, iniciátor-aktivátor systém, inhibitory a optické modifikátory. Materiálové vlastnosti určuje a ovlivňuje každá obsažená složka. Kompozitní pryskyřice se liší od amalgámových výplní svojí velmi vysokou estetikou, jelikož mají barvu zubních tkání. Estetický vzhled kompozitních výplní závisí na různých faktorech jako opacita, transparence a různé škály barevných odstínů. Po aplikaci do vypreparované kavity materiál tuhne chemicky nebo přívodem energie [1, 5, 10].

Složení kompozitních pryskyřic

Kompozitní materiál je hmota složená z anorganických a organických látek. Organická část je složena z pryskyřice – pojiva, jejímž úkolem je spojit a vázat materiál dohromady. Anorganická část je složena z tzv. plniva, což jsou částice rozemletého skla, které jsou zodpovědné za chemickou a mechanickou odolnost, RTG kontrast a přirozený vzhled. Pomocí tzv. silanu dojde se spojení anorganické části plniva a organické

pryskyřice. Dalšími komponenty je iniciační systém, který umožňuje ztuhnutí materiálu a pigmenty [10].

Materiál se skládá ze tří hlavních složek: organické matrix, anorganického plniva a spojovacího silanu [5]:

Organická pryskyřice (matrix) – její obsah tvoří monomery, kopolymery, iniciační systém tuhnutí, inhibitory samovolného tuhnutí (polymerace), stabilizátory a barevné pigmenty [1, 5]. Nejčastěji se jako monomer pro výrobu současných kompozitních materiálů používá tzv. Bowenův monomer – bis – GMA. Nyní se pro výrobu pryskyřičné matrix používá kombinace různých dimetakrylátů [10].

Anorganická fáze (plnivo) – je tvořena křemičitým práškem SiO_2 , částičky oxidu hlinitého a oxidu boritého, sklokeramikou, keramikou. Dále obsahuje hlinitokřemičitá a borosilikátová skla, fosfáty a barevné pigmenty (anorganická barviva oxidy železa nebo organická barviva). Tato část hraje důležitou roli při určování jejich fyzikálních a mechanických vlastností. Plniva se přidávají pro zvýšení fyzikálních sil organické matrix pryskyřice. Plniva snižují teplotní roztažnost, sorpci vody a polymerizační smrštění, zároveň zvyšují radioopacitu a zvyšují estetické vlastnosti materiálu [1, 5, 10, 31].

Silany – složka umožňující pevnou vazbu anorganického plniva a organické pryskyřice pomocí chemické vazby. Jedná se o organo-křemičité sloučeniny, které se pevně váží na plnivo a poté kopolymerují s monomerní organické matrix [5, 10].

Vlastnosti kompozitních materiálů

Fyzikální vlastnosti kompozitních materiálů závisí na typu kompozitního materiálu a na množství plniva. Hlavními aspekty pro mechanickou odolnost jsou pevnost v tlaku a v ohybu. Pevnost v tlaku u kompozitních výplní dosahuje hodnoty 280-480 MPa. Pevnost v ohybu dosahuje v rozmezí 100-160 MPa. Jsou to hodnoty srovnatelné s hodnotami pevnosti dentinu, skloviny i amalgámu [5, 32].

Pokrok ve vývoji kompozitních výplní se soustřeďoval hlavně na mechanickou odolnost výplní, tak aby bylo možné je použít i do distálního úseku chrupu, kde jsou moláry zatěžovány žvýkacím tlakem. U současné kvality kompozitních materiálů je lze aplikovat do většiny rekonstrukčních terapií zubu. Stále je tu riziko při rekonstrukci velmi rozsáhlých kavit, kdy může dojít k frakturám výplní. V některých literaturách se uvádějí různé mechanické vlastnosti u kompozitních výplní stejné kategorie, proto je někdy složité odhadnout výsledný mechanický výkon [31, 36].

Nejvíce používaným způsobem tuhnutí kompozitních materiálů je v současnosti fotoiniciace. Hlavní a důležitou podmínkou pro kvalitní zhotovení kompozitní výplně a pro dosažení optimálního výsledku je dostatečně zpolymerizovaná kompozitní výplň. Při nedokonalé polymeraci dochází k nepříznivému ovlivnění kvality výplně [5, 33].

Stupeň polymerace je závislá na:

- Době polymerace
- Intenzitě ozařování
- Teplotě kompozitu a na teple vycházející ze světlovodu
- Působení světla v místnosti [5, 10]

Nedokonalá polymerace fotokompozitního materiálu má za následek:

- Snížení biologické tolerance výplně
- Snížená tvrdost povrchu výplně
- Zvýšená cytotoxicita výplně z důvodu nedostatečné polymerace monomeru
- Barevná nestálost
- Menší mechanická odolnost a tím snazší fraktura výplně
- Snížená mikroretence [5, 10]

Pro reakci polymerace se využívají fotopolymerační lampy. Existují různé druhy polymeračních lamp, avšak v současnosti se na dentálním trhu nejvíce používají LED lampy [34, 35].

Celkový finální estetický vzhled výplně závisí na několika různých faktorech souvisejících, jak na technice aplikace, tak na kvalitě materiálu. Aby se dosáhlo perfektního estetického výsledku hrají důležitou roli faktory jako dostatek odstínů, fluorescence, translucence, leštitelnost, odolnost proti opotřebení a zachování lesku. Anorganické oxidy se přidávají v malých dávkách k poskytnutí vhodného odstínu, který se nejvíce blíží odstínu zubu. Anorganické oxidy patří mezi nejvíce používané pigmenty. Existuje široká škála odstínů od velmi světlých po žluté až šedé odstíny [1, 36, 37, 38].

Použití kompozitních materiálů

Indikace kompozitních materiálů je ovlivněna vlastnostmi použitého materiálu, velikostí a lokalizací kavity, případně individuálním zhodnocením pacienta nebo lékaře. Kompozita jsou určena pro zhotovení výplní v barvě tvrdých zubních tkání [5, 10].

Jelikož dochází neustále ke zlepšování vlastností a vývoji kompozitních materiálů, rozšiřuje se jejich pole indikací. Důležitým aspektem při aplikaci kompozitního materiálu je kvalitní dentinový adhezivní systém, který umožní trvalý okrajový uzávěr k dentinu a cementu zubu. Nejdůležitější podmínkou pro toto spojení je zachování dokonalého suchého pracovního pole, např. pomocí latexové blány – kofferdamu. Jelikož postupně došlo ke zdokonalení mechanických vlastností kompozitních materiálů rozšířilo se jejich použití na náhradu větších částí zubu, a to na nahrazení celého hrbolku zubu. Jednou z indikací je zručnost ošetřujícího zubního lékaře a výborná ústní hygiena pacienta pro možnou nejdelší životnost výplně [5, 35, 36].

Tabulka 4 Indikace a kontraindikace kompozitních materiálů [5, 10]

Indikace	Kontraindikace
Výplně I. až V. Blackovy třídy malého i velkého rozsahu	Nevyhovující ústní hygiena pacienta
Anatomická úprava tvaru zubů (diastema, hypoplatické změny skloviny, čípkovité zuby)	Nemožnost zajištění přehledného a suchého pracovního pole a dostatečné vysušení kavity
Traumatické, erozivní, mechanické, defekty zubů (eroze, klínovité defekty v krčkové oblasti)	Subgingivální okraj kavity
Vrozené a získané defekty ve sklovině	Špatné skusové poměry
Kompozitní fazety, kompozitní inlaye	Rozsáhlé výplně u pacientů s bruxismem, či jinými parafunkcemi
Pečetění fisur a zhotovení preventivních výplní	Špatný biologický faktor zubu
Endodontické dostavby v kombinaci s kompozitními FRC čepy	Nedostatek času pro zhotovení výplně
Fixace ortodontických zámků	
Fixace protetických prací (korunky, inlaye fazety)	
Dlahování v parodontologii	
Provizorní fixace zubů v dentální traumatologii	

Výhody a nevýhody

Hlavními nedostatky kompozitních materiálů jsou polymerační smrštění, citlivost na techniku a cytotoxicita. Polymerační smršťování je jedním z hlavních nedostatků kompozitních výplní. Dochází k tomu během polymerace, kde dochází k přeměně monomeru na polymer. Vyústí to v objemové smrštění, které je procentuálně zastoupené ve 2-6 % [1, 39].

Smršťovací napětí působí vlivem bondování v adhezivním systému, kdy dochází k napětí výplně vůči zubu. To vede k defektům, kdy vznikne mikropára mezi zubem a výplní, a kde může časem potencionálně vzniknout i sekundární kaz. Dochází tak postupně i k mikroprasklinám ve sklovině. Tyto faktory vedou k selhání terapie zubu kompozitní výplní [1].

Tabulka 5 Výhody a nevýhody kompozitních materiálů [1, 5]

Výhody	Nevýhody
Estetický vzhled výplně	Polymerační kontrakce, možnost vzniku mikropár
Barevná stálost	Nevykazují antikariogenní účinky
Nízká retence zubního plaku na povrchu výplně	Hydrofobní vlastnosti brání těsnému kontaktu s dentinem
Dobrá mechanická odolnost	Materiál citlivý na techniku zpracování
Nedráždivý, biokompatibilní, chemicky stálý materiál v dutině ústní	
Dobrá okrajová uzavěr	

Biokompatibilita a životnost

Jednotlivé složky kompozitních materiálů mohou mít toxický vliv na zubní dřeň. Dochází k tomu v případě, kdy materiál nebyl dostatečně zpolymerizován a je přítomen nadbytek volného monomeru, který má toxické účinky. Toxické účinky se mohou projevit u výplně, které jsou aplikovány velmi blízko zubní dřeni. Tento jev je označován jako microleakage, kdy dochází k prosakování a změnám v zubní dřeni vlivem polymerační kontrakce. Pacienti mohou pociťovat tzv. pooperační citlivost, až bolest vlivem aplikace materiálu blízko zubní dřeni. Mohou se objevit i alergické reakce [5].

Kompozitní výplně mohou mít vliv, jak na pacienta, tak i ošetřujícího lékaře. Mezi hlavní účinky na lidský organismus jsou cytotoxicita a alergické reakce na kompozitní materiál. Některé faktory mohou ovlivnit biokompatibilitu kompozitu jako např.: složení (typ pryskyřice, plnivo), metoda a kvalita polymerace, správná manipulace (technika aplikace do kavity, leštění). Kvalitně zpolymerizovaný kompozitní materiál je jedním z klíčových faktorů pro minimalizaci vedlejších efektů. Fotokompozitní materiály jsou méně cytotoxické než chemicky tuhnutí kompozitní materiály [35].

Většina odborníků se shoduje, že kompozitní výplně vydrží pět až sedm let. Někteří uvádějí až 10 let. V porovnání s jinými materiály mají nižší životnost. Například amalgám může vydržet od 10 až 15 let a totéž platí pro keramiku a zlato. Ostatní výplňové materiály mají také nevýhody. Například amalgám vyžaduje odstranění více zdravé tkáně z pacientova přirozeného zubu oproti kompozitním výplním a zlaté a keramické výplně jsou drahé [40].

2.3 Adhezivní systém

Vývoj adhezivních systémů udělalo velký pokrok a revoluci v záchovné stomatologii. Díky tomuto systému je možné úspěšně konzervativně ošetřit zub a zároveň dosáhnout vysoké estetiky pomocí různých barevných odstínů u kompozitních výplní [41].

Pro úspěšnou terapii ošetření pomocí kompozitních výplní je nutné, aby se tento materiál navázal na tvrdé tkáně zubu a měl těsný okrajový uzávěr. Vzhledem k histologické stavbě skloviny a dentinu existují bariéry, které zamezují spontánnímu spojení výplně se zubem. Jelikož mají kompozitní výplně jiné složení a jiný způsob tuhnutí je potřebné spojit je s tvrdými zubními tkáněmi pomocí tzv. adhezivního systému [1, 5].

Adheze vzniká v momentě, kdy dochází k přitažlivé síle mezi atomy a molekulami dvou různých povrchů, které jsou navzájem v těsném kontaktu. Jako první popsal adhezi ke kompozitním materiálům Buonocore v roce 1955, který objasnil princip mikroretence v naleptané struktuře [1, 5].

Během ošetřování je nutné dodržet konkrétní kroky a pracovní postupy, aby vznikla dostatečná adheze materiálu k zubu [41].

Samotné spojení kompozitního materiálu se sklovinou je pomocí tzv. sklovinné bondy neboli sklovinná či dentinová adheziva. [42].

Hlavní faktor, který snižuje účinnost dentinového adheziva je nedodržování pracovního postupu při jeho aplikaci. Dalšími faktory jsou přesušení a přeleptání dentinu, nesprávná aplikace jednotlivých komponent. [1, 5].

2.3.1 Indikace použití adhezivního systému

Vzhledem k pokroku adhezivního systému za posledních třicet let mají adheziva široké uplatnění a indikaci v zubním lékařství:

- Sanace kariézních a nekariézních defektů
- Bondování nepřímých protetických náhrad (korunky, inlaye, overlaye)
- Bondování estetických fazet
- Uzavření diastemy (mezera mezi horními jedničkami)
- Součást fisurálního pečetidla
- Připevnění ortodontických zámků
- Desenzibilizační prostředek u odhaleného dentinu
- Endodontické ošetřování kořenových kanálků [10, 43].

3 Cíle práce

Cílem diplomové práce je zhodnocení kompozitních výplňových materiálů používaných v zubním lékařství z hlediska jejich vlastností, nákladů a nákladové efektivity. V rámci diplomové práce bude analyzován současný stav využití různých typů výplňových materiálů používaných v oblasti zubního lékařství.

Následná praktická část bude zaměřena na zhodnocení pouze kompozitních materiálů používaných v zubním lékařství. V práci budou využity metody modelování pro odhad kumulovaných nákladů a nákladové efektivity.

Pro splnění hlavních cílů bylo nutné nejprve splnit dílčí kroky:

- Seznámení s problematikou výplňových materiálů používaných v zubním lékařství pomocí analýzy současného stavu
- Průzkum současného trhu s kompozitními materiály v ČR
- Analýza odborné literatury ze studií publikovaných v ČR i ze zahraničí pro získání informací ohledně biokompatibility a životnosti kompozitních materiálů
- Analýza nákladové efektivity pomocí informací získaných z průzkumu trhu a analýzy odborné literatury
- Modelování nákladové efektivity

Výstupem práce bude přehled používaných kompozitních materiálů v ČR, náklady na dané materiály a zhodnocená nákladová efektivita kompozitních materiálů.

4 Metody

Následující kapitola popisuje jednotlivé metody, které budou využity pro praktickou část diplomové práce. Získaná data budou použita pro další kapitolu Výsledky. Pomocí sběru a zpracování dat bude analyzován současný trh s kompozitními materiály a analýza odborné literatury. Dále budou sbírána data nákladové informace od zubních lékařů z klinické praxe. Pomocí sesbíraných informací bude analyzována nákladová efektivita kompozitních výplní pomocí modelování nákladové efektivity.

4.1 Analýza trhu

Na trhu s dentálními materiály se angažuje spousta výrobců a firem, proto může být pro zubního lékaře náročné vybrat z velkého množství různých druhů, kvality a pořizovacích cen materiálů vhodný a nákladově efektivní kompozitní materiál pro svoji praxi i pro spokojenost pacientů.

V současné době se na trhu kompozitních materiálů nachází stovky firem, dodavatelů a distributorů, kteří dodávají různé druhy a typy materiálů s různými pořizovacími cenami. Průzkum trhu má analyzovat český trh s kompozitními výplňovými materiály. Pro sběr dat byly použity ceníky dodavatelů a distributorů na českém trhu.

Podrobnější průzkum trhu pomůže analyzovat současnou konkurenci na českém trhu s kompozitními materiály. Hlavní parametry, které budou sledovány jsou: konkrétní výrobce, dodavatel, distributor, typ kompozitního materiálu a pořizovací cena materiálu. Tato analýza poskytne lepší přehled v poptávce po materiálu a cenách, které budou sloužit pro analýzu nákladové efektivity.

4.2 Dotazníkové šetření

V rámci práce byl vytvořen dotazník určený pro zubní lékaře v ČR. Pomocí dotazníkového šetření byly vybrány nejčastěji používané kompozitní materiály a data, která budou dále zpracována v analýze nákladové efektivity. Zubní lékaři byli dotazováni na typ a druh kompozitního materiálu, který nejčastěji používají. Dotazováni byli dále na dodavatele materiálů, jejich preference při používání materiálu, ceny kompozitních výplní v jejich praxi a na čas ošetřování pacienta v ordinaci. Dílčí částí dotazníku byly otázky na životnost materiálu, kterou mají vyzpozorovanou v klinické praxi na pacientech.

Cílem dotazníku je získat informace a data, která pomohou se lépe zorientovat a vybrat nejčastěji používané kompozitní materiály v klinické praxi u zubních lékařů. Informace z dotazníku budou použity jako vstupní informace pro další zpracování dat v kapitole Výsledky. Dotazník byl distribuován přes odbornou diskusi zubních lékařů.

4.3 Analýza odborné literatury

Analýza odborné literatury byla provedena obecnou rešerší zdrojů, které se věnují výdrži, životnosti a případné biokompatibilitě kompozitních materiálů.

Rešerše je soupis literatury k vybranému tématu, která bude součástí analýzy v dalších částech práce. Shromážděním a prostudováním získaných dat a informací z relevantních zdrojů a literatury jako např.: odborná elektronická databáze, vědecké články a studie, pomohou získat potřebné údaje pro hodnocení nákladové efektivity kompozitních materiálů [44].

Údaje budou vyhledávány pouze pro materiály uvažované v hodnocení nákladové efektivity.

4.4 Analýza nákladové efektivity

Analýza nákladové efektivity neboli Cost Effectiveness Analysis (CEA) je jedna z metod hodnocení zdravotnických technologií. CEA je jedním z typu ekonomického hodnocení, které porovnává náklady a účinky alternativních zdravotních intervencí [49]. CEA se používá k identifikaci nákladově nejefektivnější intervence z množiny intervencí, které mají podobné výsledky. Posuzují se všechny relevantní náklady a přínosy spojené se zkoumanými metodami v určitém časovém horizontu [45].

CEA je dána výši nákladů k množství efektů, tedy jako podíl ceny a efektu. Analýza nákladové efektivity porovnává náklady v monetárních jednotkách s výstupy v kvantitativních nemonetárních jednotkách, které pocházejí z dat zjištěných z analýzy trhu a analýzy odborné literatury, jako např.: životnost kompozitních materiálů. Efektivnost je v tomto případě vyjádřena naturálními či fyzikálními jednotkami [51, 52, 53].

Metoda CEA se používá tehdy pokud je nutné zjistit efektivní využití finančních zdrojů pro oblast, kde není snadné stanovit hodnotu přínosů [53].

CEA poskytuje metodu pro stanovení priorit při přerozdělování zdrojů na intervence v oblasti zdraví tím, že identifikuje intervence, které mají potenciál přinést největší zlepšení zdraví za co nejmenší zdroje [54, 55].

Vztah pro výpočet nákladové efektivity zdravotnické technologie [51]:

$$CEA = \frac{C_{int}}{E_{int}} \quad (4.1)$$

C_{int} jsou náklady intervence v peněžních jednotkách

E_{int} je efekt intervence v jednotkách efektu

CEA poskytuje informace o zdravotních a nákladových dopadech intervence ve srovnání s alternativní intervencí. Pokud jsou čisté náklady na intervenci kladné, což znamená, že efektivnější intervence je nákladnější, jsou výsledky prezentovány jako poměr nákladů a efektivity [54].

4.4.1 Hodnocení nákladové efektivity

Nejprve je nutné stanovit kritéria sběru dat. Základními elementy hodnocení nákladové efektivity budou [45, 46]:

- perspektiva
- komparátor
- časový horizont
- diskontování
- efekt
- senzitivita

Perspektiva – je hledisko, které určuje, jaké náklady a z jakého pohledu se budou analyzovat. Práce bude hodnotit perspektivu plátce v tomto případě pacienta [46].

Časový horizont – stanovuje se dostatečně dlouhý časový interval pro zachycení všech zdravotních a ekonomických výsledků. Práce sleduje celoživotní časový horizont potřeby výměny zubu kompozitní výplní [46].

Komparátor – u CEA je nutné stanovit komparátor (nová intervence se kterou srovnáváme původní intervenci) pro zjištění, zda daná technologie je nákladově efektivní ve srovnání s jinou technologií. Lze porovnávat intervence, které mají stejné výstupy ve stejných jednotkách [46].

Diskontování – Pomocí diskontování se vyjadřuje preference dřívějších hodnot oproti pozdějším. Diskontování umožňuje porovnávat náklady i účinky měnící se v čase. Tzn. budoucí náklady mají pro současnost menší hodnotu než náklady realizované hned [46].

Cílová populace – Studovaná populace je v našem případě pacient

V následující tabulce jsou základní nastavení ekonomického hodnocení pomocí analýzy nákladové efektivity dle doporučení CHEERS.

Tabulka 6 Ekonomické hodnocení

Parametr	Nastavení v analýze
Popis populace	Zaměřeno na českou populaci, v tomto případě pacienta
Perspektiva	Plátce – pacient
Hodnocené intervence	Hodnocené kompozitní materiály
Časový horizont	Celoživotní
Diskontování	3 %
Efekt	Průměrný čas do selhání materiálu
Měření efektivity	Odhad pomocí modelu
Náklady	Náklady na materiál
Měření nákladů	Odhad pomocí modelu
Uvažovaná měna	CZK

Vstupy budou zohledněny jako vstupy z hlediska nákladů a efektů. Efektem bude považována průměrná doba životnosti materiálu. Náklady, které budou uvažovány jsou náklady za kompozitní materiál.

Informace o efektu získáme z analýzy odborné literatury. Data o nákladech za materiál získáme z průzkumu trhu. Nákladová efektivita bude počítaná pomocí vytvořeného modelu hodnotící nákladovou efektivitu.

4.4.2 Inkrementální analýza nákladové efektivity

Při hodnocení dvou alternativních technologií se jejich rozdíly v nákladech (nákladový přírůstek) porovnává s jejich rozdíly v efektech (přírůstkový účinek) na základě vzájemného poměru. Tento poměr se označuje jako přírůstkový poměr nákladů a efektů – ICER (Incremental Cost-Effectiveness Ratio). ICER tedy můžeme definovat jako poměr rozdílů nákladů daných léčebných technologií a rozdílu jejich efektů a je výstupem CEA [46, 47].

Poměr ICER vyjadřuje, kolik finančních jednotek je nutné vynaložit na získání další jednotky efektu navíc. ICER je vhodné použít v momentě, kdy je hodnocení zdravotní technologie více nákladná oproti původní technologii (komparátoru) a přitom generuje

vyšší efekt, tzn. kolik stojí každá další jednotka efektu, kterou nám poskytuje účinnější technologie oproti současné [46, 47, 48].

Důležité pro správnost analýzy nákladové efektivity je vytvořit vztah mezi náklady a přínosy dané zdravotnické technologie a následně pak porovnat s novou, alternativní technologií. Výsledkem jsou vyčíslené náklady na klinickou jednotku [48].

ICER se vypočítá pomocí vztahu [46]:

$$ICER = \frac{C_{int} - C_{comp}}{E_{int} - E_{comp}} \quad (4.2)$$

C_{int} jsou náklady intervence v Kč

C_{comp} jsou náklady komparátoru v Kč

E_{int} jsou efekty intervence (jednotky efektu)

E_{comp} jsou efekty komparátoru (jednotky efektu)

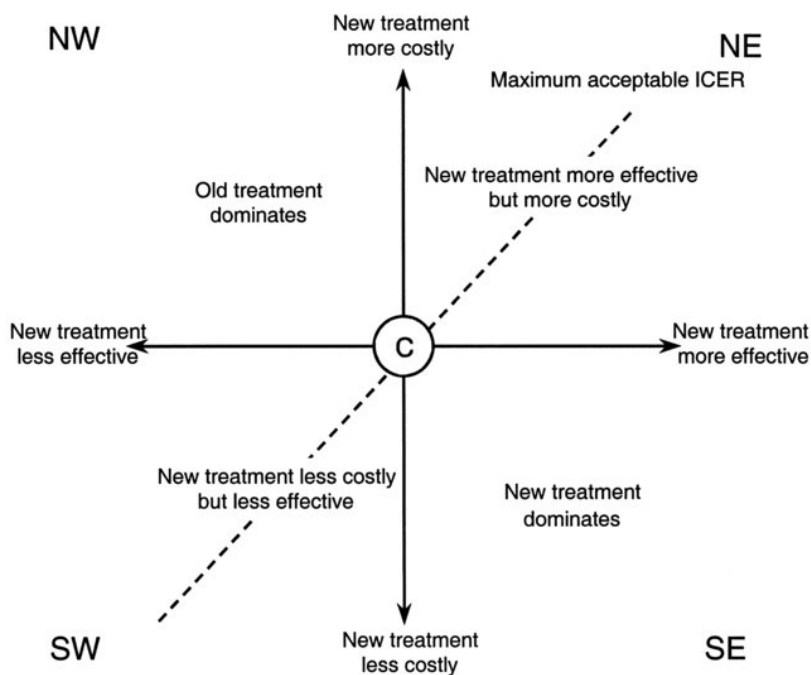
Hodnocení výsledné hodnoty ICER

Při srovnání dvou intervencí s určitými náklady a efekty jsou výsledkem čtyři varianty možností, které lze znázornit do grafu úrovně nákladové efektivity, který je uveden níže [45, 49].

Komparátor se nachází ve středu grafu s označením „C“. ICER nové intervence se nachází v jednom ze čtyř polí kolem bodu „C“. Mohou tedy nastat čtyři možné varianty [46].

- V prvním kvadrantu (levý horní kvadrant na Obrázku 1) se nacházejí nové intervence, které mají vyšší náklady a menší efekty než komparátor, proto jsou tyto intervence rovnou zamítnuty.
- Nové intervence nacházející se v levém dolním kvadrantu, které mají nižší náklady a menší efekty než komparátor, tak je nutné u nich provést další analýzu (ICER).
- Nové intervence, které se nacházejí v pravém dolním kvadrantu, které mají nižší náklady a větší efekty, než komparátor jsou rovnou přijaty.
- Nové intervence, které se nacházejí v pravém horním kvadrantu, které mají vyšší efekty a vyšší náklady je nutné u nich provést další analýzu (ICER) [46].

Pokud se nová technologie nachází v levém dolním kvadrantu a v pravém horním kvadrantu, tedy pokud má intervence nižší efekt s nižšími náklady nebo vyšší efekt s vyššími náklady doporučuje se provést další analýza ICER. Na volbě optimální varianty bude záležet ochota platit (willingness to pay) za přidanou jednotku efektu technologie, kterou označuje diagonálně probíhající přímka v grafu [45, 49].



Obrázek 1 Úroveň nákladové efektivity [50]

Pokud má daná technologie nižší náklady a přináší vyšší užitek, je možné uvést hodnocenou technologii jako dominantní. Pokud by byla nová technologie nákladnější oproti původní technologii, ale měla by zároveň vyšší užitek, je potřeba se rozhodovat na základě výsledné hodnoty ICER a definované ochoty platit [45].

4.5 Model pro výpočet nákladové efektivity

Pomocí modelování lze vytvořit matematický či fyzikální model, který reprezentuje strukturu a chování reálného systému. Pomocí modelování lze predikovat chování jiných systémů, kde jsme omezeni množstvím informací [51, 52].

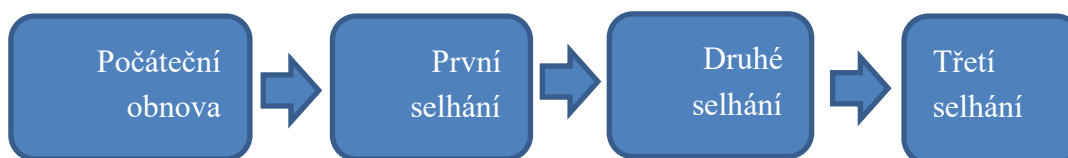
Díky modelům lze lépe pochopit jevy, které jsou pozorovány a napodobit tak jejich chování, případně je simulovat [53].

Simulací se rozumí aktivity, které vedou k ověření správnosti modelu a získání nových informací o daném pozorovaném systému, který vznikl modelováním. Simulace umožní lepší pochopení chování určitých systémů [54].

4.5.1 Struktura modelu

Pro simulaci výdrže materiálu při uvažování jedné, dvou nebo tří výměn kompozitního materiálu byl upraven model publikovaný kanadským úřadem pro dohled nad léčivými [55]. V této analýze provedli autoři modelování pomocí Markovového modelu (bližší princip Markovových modelů je popsán v [56]).

V této diplomové práci bude využit stejný princip přechodu z do jednotlivých selhání materiálu. Avšak oproti studii [55], kde byl přechod simulován v rámci cyklů Markovova modelu byl v práci využito simulování výskytu selhání pomocí náhodné veličiny.



Obrázek 2 Grafická struktura modelu

V modelu vycházíme z počáteční obnovy kompozitním materiálem (první náhrada), kdy došlo k poškození zubu zubním kazem. Sleduje se doba do selhání první náhrady (životnost materiálu), a kdy je potřeba jej vyměnit za novou (druhou) kompozitní výplň [55]. Oproti studii [55], kde uvažovali neomezené množství selhání kompozitního materiálu do konce života pacienta, jsou v této práci simulovány maximálně tři možné selhání materiálu.

Model simuluje čas do výskytu selhání pomocí náhodné veličiny, kdy pro simulaci je použito trojúhelníkové rozdělení pravděpodobnosti. Na základě parametrů tohoto rozdělení pravděpodobnosti je simulován náhodný čas do výskytu selhání.

Protože je simulace prováděna pomocí náhodného času, tak je potřeba provést pro jednotlivé materiály sérii simulací. Model bude vytvářen v prostředí MS Excel a pro každý materiál bude provedeno 100 iterací, kdy si pod každou iterací můžeme představit jednoho pacienta.

Pro každého pacienta bude možné simulovat vynaložené náklady na terapii a dobu života s kompozitním materiálem. Jak již bylo řečeno bude provedeny simulace za předpokladu jedné výměny, dvou výměn a tří výměn. Pro každý analyzovaný scénář bude pro každý materiál provedeno 100 simulací.

5 Výsledky

Jednou z metod pro zhodnocení kompozitních výplňových materiálů a zpracování výsledků byl průzkum trhu a dotazník pro zubní lékaře v ČR. Na základě získaných informací a dat byly vybrány nejčastěji používané kompozitní materiály, pro které byla následně vypočtena nákladová efektivita z pohledu plátce (v tomto případě pacienta). Pro výpočet nákladové efektivity bylo nutné odhadnout životnost jednotlivých hodnocených kompozitních materiálů na základě analýzy odborné literatury a určit relevantní patientské náklady. Pro výpočet analýzy nákladové efektivity bylo potřeba vytvoření modelu simulující náklady a délku života s kompozitní výplní. Model byl počítán pro simulace od jedné do tří výměn.

5.1 Analýza trhu

Podrobnější průzkum trhu pomůže analyzovat současnou konkurenci na českém trhu s kompozitními materiály. Hlavní parametry, které budou sledovány jsou: konkrétní výrobce, dodavatel, distributor, typ kompozitního materiálu a pořizovací cena materiálu. Tato analýza poskytne lepší přehled v poptávce po materiálu.

Největšími a nejvýznamnějšími světovými výrobci kompozitních materiálů jsou:

- Ivoclar Vivadent
- GC America
- Tokuyama Dental Corporation
- 3M
- Densply Sirona
- VOCO
- Kerr

Na českém trhu se kompozitní materiály od uvedených výrobců dostávají na český trh prostřednictvím distributorů a dodavatelů. Uvedené firmy patří největší dodavatele dentálních výrobků do zubních ordinací [57, 58, 59, 60, 61].

- Dentamed, spol. s.r.o
- Henry Schein Dental s.r.o.
- Hu-Fa Dental a.s.
- SMRČEK Z-CON s.r.o. (Smrček Dental)
- JANDA-DENTAL a.s.

Tabulka 7 Analýza trhu s kompozitními materiály v CZK [57, 58, 59, 60, 61]

TYP MATERIÁLU	DODAVATEL					Průměrná cena v Kč
	Dentamed	Hu-Fa	Henry Schein	Smrček Dental	Janda Dental	
IPS Empress Direct Enamel 3 g	1780	1711	1469	1729	1665	1671
IPS Empress Direct Dentin 3 g	1728	1711	1469	1729	1665	1660
IPS Empress Direct Trans Opal 3 g	1780	1761	1750	1729	1716	1747
IPS Empress Direct Opaque 1,8g	1198	1168	1180	1179	1137	1173
IPS Empress Direct Flow 1,8g	1105	990	1035	-	997	1032
Tetric EvoCeram Nanohybrid 3 g	1675	1675	1675	1675	1614	1663
Tetric EvoFlow 2 g	1086	1089	1086	1029	1047	1068
Tetric EvoCeram Bulk Fill 3 g	1700	1564	1680	1579	-	1631
Evetric 3,5g	914	899	913	909	881	904
EverX Flow 2ml	1890	1370	1890	1370	1370	1578
Omnichroma Flow 3 g	1625	1500	1600	-	-	1575
GC Gradia Direct Anterior/Posterior 2,7ml, 4 g	1746	1500	1750	1720	1540	1652
GC G-aenial Universal Flo 2ml, 3,4g	1520	1520	2140	1520	1520	1644
G-aenial Universal Injectable 1ml	1150	990	1170	990	990	1058
GC Essenttia LoFlo 2ml	1650	1550	1670	1390	1544	1563
GC Gradia Direct LoFlo 2x1,5 g	1250	1250	1720	-	1216	1359
SDR Plus-15x0,25 g	1694	1645	1694	1502	1661	1640
Filtek one Bulk Fill Restorative 4 g	1973	1912	1973	1690	1715	1853
Filtek Bulk fill Flowable 2x2g	1973	1865	1970	1973	1783	1519

Tabulka demonstruje nejvíce prodávané a používané kompozitní materiály od jednotlivých dodavatelů na českém trhu s jejich prodejními cenami v českých korunách. Tyto data jsou veřejně dostupná na webových stránkách jednotlivých dodavatelů [57, 58, 59, 60, 61].

5.2 Výsledky dotazníkového šetření

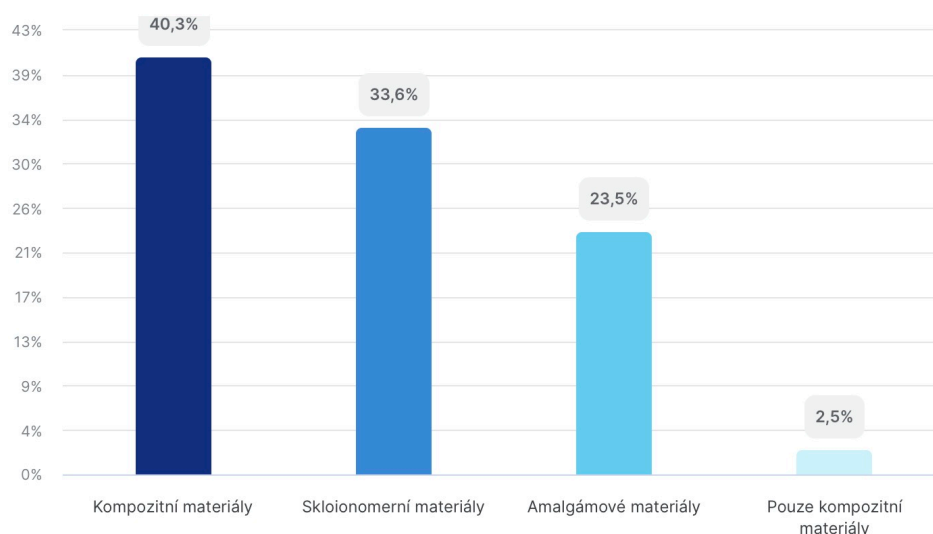
Byl vytvořen dotazník určen pro české zubní lékaře, který byl zveřejněn na sociální síti v odborné diskusi stomatologů. Lékaři byli dotazováni na typy a nejčastěji používané výplňové materiály v každodenní praxi a na jejich preference u kompozitních výplňových materiálů. Otázky byly zaměřeny na životnost materiálu, průměrnou cenu výkonů či dobu výkonů, při ošetřování.

Dotazníku se účastnilo celkem 51 respondentů. Odpovědi byli zaznamenány od soukromých ordinací praktických zubních lékařů, až po stomatologická centra. Je nutné brát v potaz, že otázky kladené v dotazníku byly zaměřené pro účel zjištění informací v průměrných hodnotách (nejčastěji používané materiály, průměrná cena ošetření). Otázky jsou pokládány účelově v obecné podobě a nebere se v potaz konkrétní pacient, či zub nebo velikost kavity jsou hodnoceny průměrné/běžné hodnoty.

Na základě dotazníkového šetření zubní lékaři odpověděli a vybrali nejčastěji používané kompozitní výplně ve své každodenní praxi. Tyto výsledky následně pomohly vybrat konkrétní kompozitní materiály, se kterými se bude dále pracovat a vyhodnocovat jejich data pro nákladovou analýzu.

5.2.1 Používané výplňové materiály

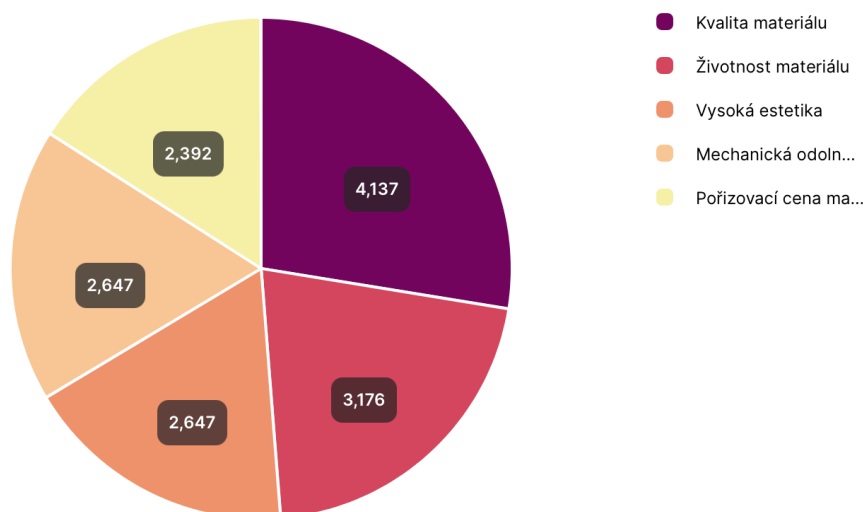
Jak můžete vidět na Obrázku 3 na otázku, jaké výplňové materiály lékaři nejčastěji používají v klinické praxi, tak nejčastější volbou při ošetřování zubního kazu výplňovými materiály patří kompozitní výplně. Některé ordinace ale stále používají amalgámové výplně. Skloionomerní výplně se používají jako provizorní výplně, před aplikaci definitivní kompozitní výplně.



Obrázek 3 Nejčastěji používané výplňové materiály v zubní praxi

5.2.2 Preference používaných kompozitních materiálů

Při zjišťování preferencí, při používání kompozitních výplní je pro zubní lékaře nejdůležitější kvalita materiálu, který používají, dalším důležitým faktorem je životnost výplně. Pořizovací cena, za kterou materiál pořizují lékaři nepovažují za hlavní determinant výběru optimálního kompozitního materiálu.



Obrázek 4 Preference při používání kompozitních výplní

5.2.3 Nejčastěji používané kompozitní materiály

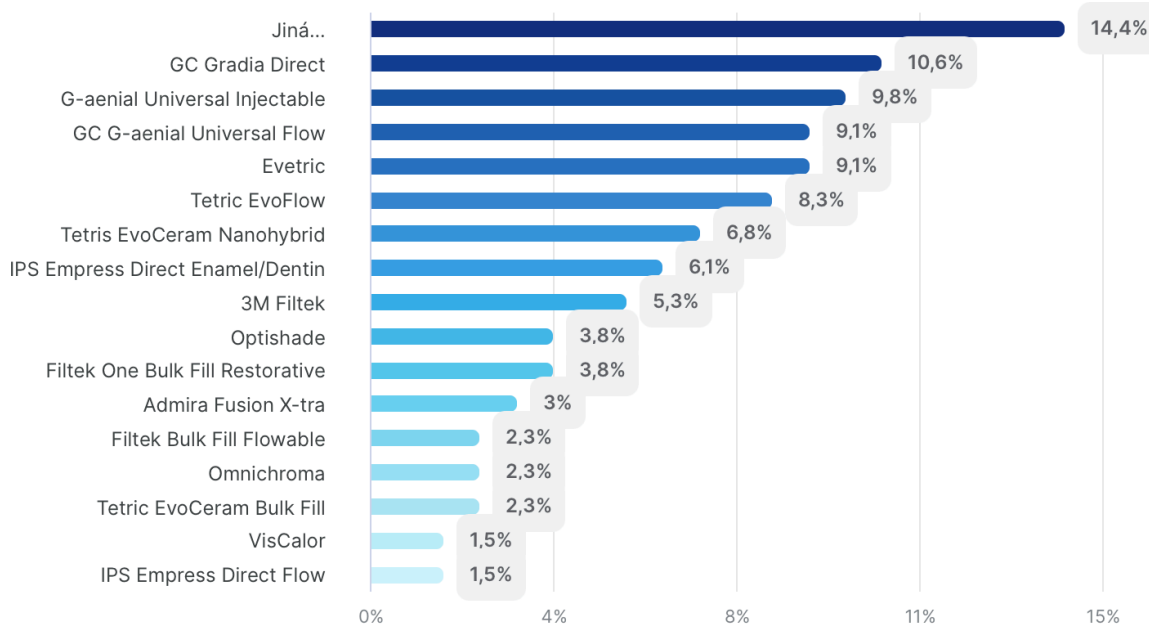
Při výběru možnosti u nejčastěji používaných kompozitních materiálů dominují v zubních praxích kompozitní materiály od firem Ivoclar Vivadent a GC. Seznam vybraných odpovědí byl sestaven z průzkumu trhu, který je v tabulce č. 7.

Výběr byl zúžen na čtyři materiály, kde bude hodnocena životnost dle analýzy odborné literatury a dostupných klinických studií a dále počítána jejich nákladová efektivita.

Do užšího výběru pro další hodnocení se dostaly materiály: G-aenial Universal Injectable, GC Gradia Direct, Tetric EvoFlow a Tetric EvoCeram Nanohybrid.

Jedná se o materiály, jak v tekuté, tak i v tuhé formě. Odpovědi „Jiné“ byly velmi variabilní s velkým počtem různých odpovědí.

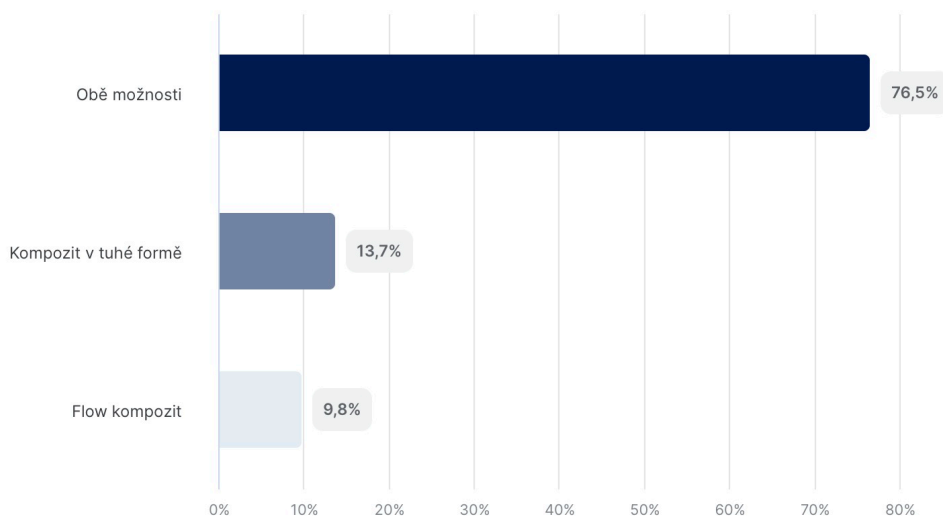
Procentuální zastoupení jednotlivých udávaných materiálů můžeme vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 5 Nejčastěji používané kompozitní materiály

5.2.4 Forma kompozitního materiálu

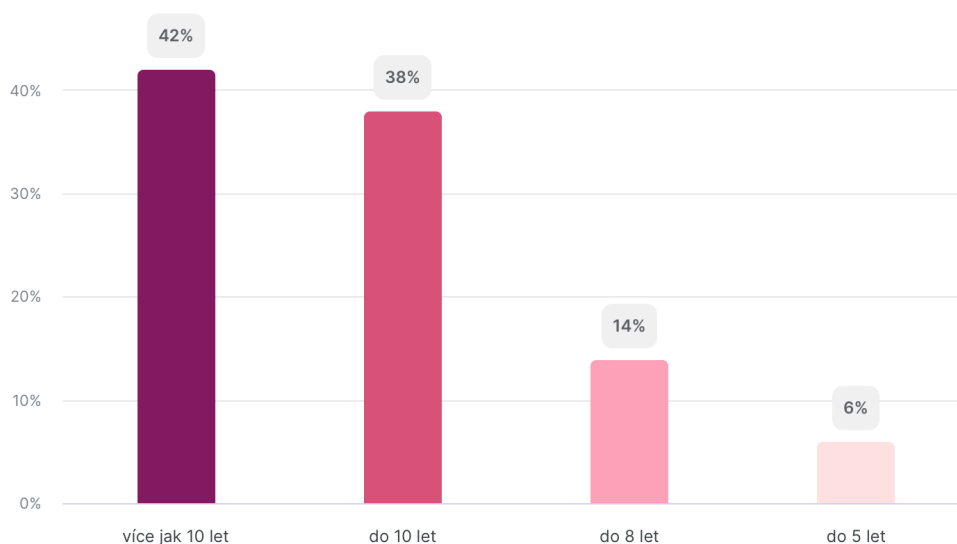
Častou technikou při ošetřování kompozitní výplně je kombinace, jak tekuté (flow) tak i tuhé (nanohybridní) formy kompozitu. Zubní lékaři mají různé zkušenosti, tekutá forma jim často šetří čas při ošetřování. Grafické znázornění výsledků demonstruje druh kompozitu, se kterým se lékařům lépe pracuje, spolu s procentuálním zastoupením můžeme vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 6 Preferovaný typ kompozitní výplně

5.2.5 Životnost kompozitních materiálů

Na otázku životnosti kompozitních materiálů zubní lékaři z velké části hodnotí délku výdrže jako více jak 10 let. Velmi malá část uvádí, že je výdrž kompozitní výplně do 5 let. Grafické znázornění výsledků spolu s procentuálním zastoupením můžeme vidět na následujícím obrázku.



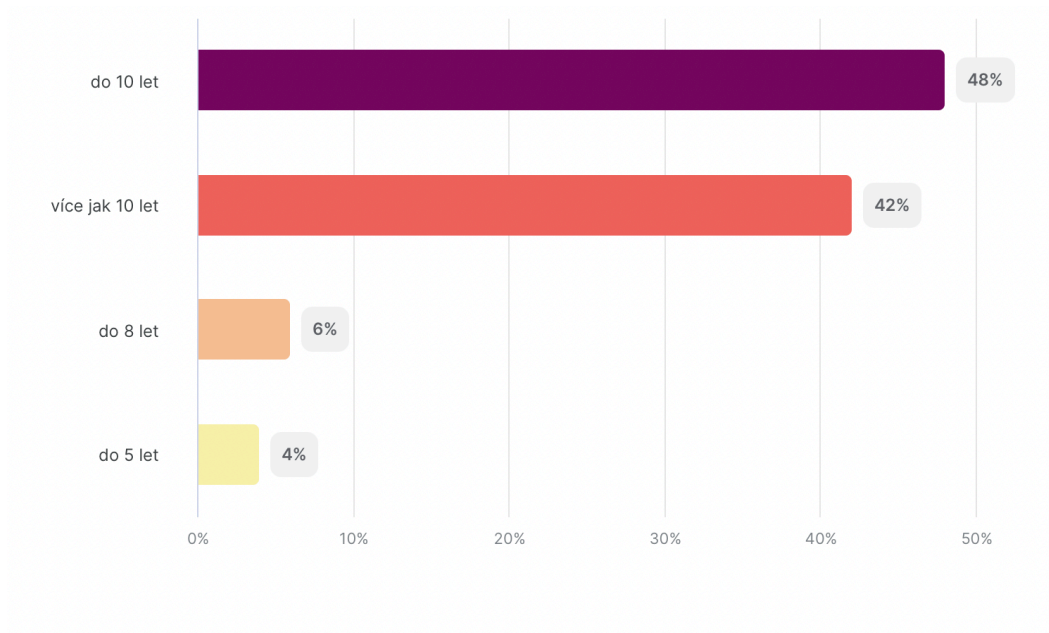
Obrázek 7 Životnost kompozitních výplní

5.2.6 Subjektivní hodnocení výdrže kompozitních materiálů

V odpovědi na to, jak dlouho vydrží kompozitní výplň, dokud není zapotřebí jej vyměnit za novou výplň, by zubní lékaři volili dřívější výměnu, než za více jak 10 let, tzn. dříve, jak délka životnosti, kterou označili v předchozím dotazu.

Životností kompozitní výplně je myšleno, dokud není narušena výplň, či pokud nejsou prasklé okraje výplně, případně pokud není prasklý zub nebo dokud není zaznamenána výrazná změna barvy kompozitní výplně, která by byla nevyhovující z důvodu estetiky.

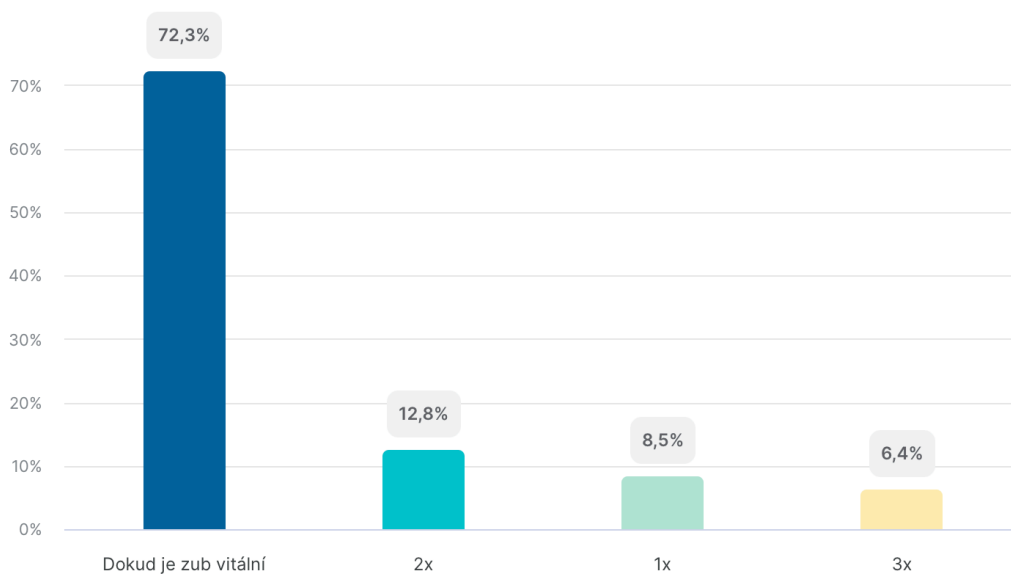
Grafické znázornění odpovědí z dotazníkového šetření je prezentováno na následujícím obrázku.



Obrázek 8 Subjektivní hodnocení výdrže kompozitních materiálů

5.2.7 Počet výměn kompozitním materiálem

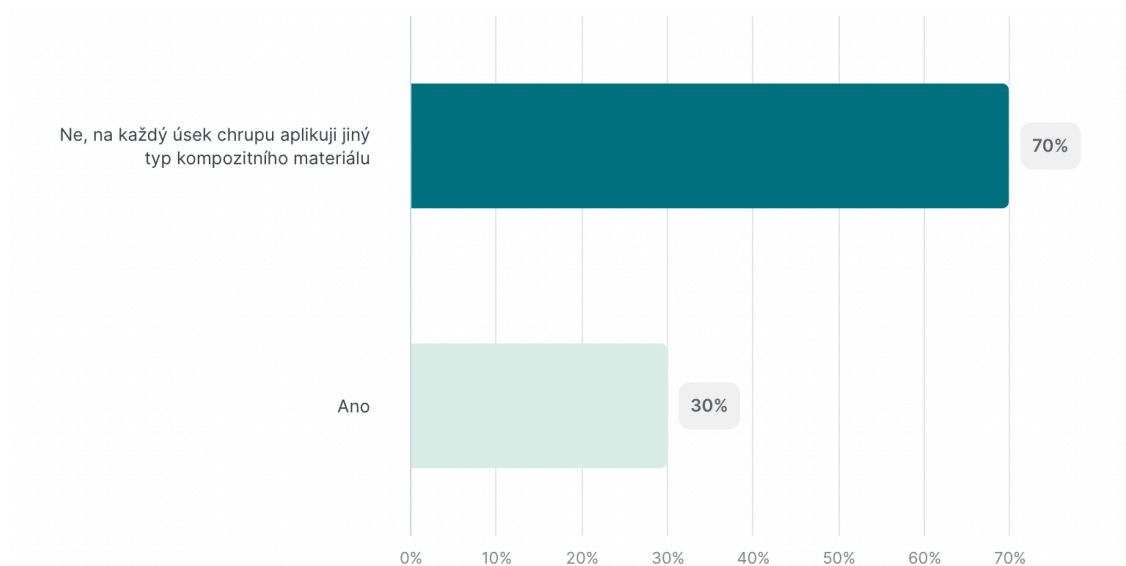
Na otázku kolikrát by lékaři vyměnili stávající (nevyhovující) kompozitní výplň za novou výplň, případně zda by volili jinou možnost ošetření (jako např. extrakce zubu), převažuje názor, že počet výměn není limitovaný, dokud je zub stále vitální (živý), tedy je možné u něj provést tolik výměn kompozitní výplní, pokud to bude možné. Případný počet výměn u jednoho zubu by bylo 2x.



Obrázek 9 Počet výměn kompozitním materiálem

5.2.8 Umístění kompozitních výplní

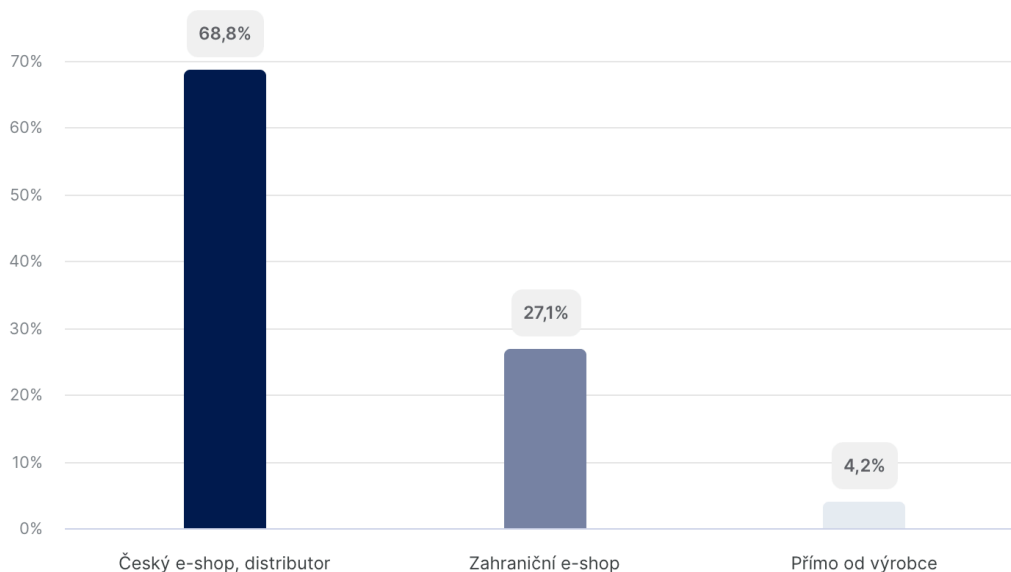
Častou technikou při aplikaci kompozitní výplně je kombinace obou typů kompozitu, jak flow kompozita, tak i v tekuté formě. Jsou však limitované místem použití. Na otázku, zda lékaři používají stejný typ kompozitní výplně, jak do frontálního, tak i distálního úseku odpověděli, že některé typy se liší v místě aplikace. Odpovědi v grafické podobě můžeme vidět na následujícím obrázku spolu s procentuálním zastoupením jednotlivých odpovědí.



Obrázek 10 Nejčastější umístění kompozitních výplní

5.2.9 Způsob nákupu kompozitních materiálů

Nejčastějšími dodavateli kompozitních materiálů do zubních ordinací jsou české e-shopy, či jiní tuzemští distributoři. Menší část lékařů nakupuje materiál v zahraničí. Velmi malé procento uvádí, že přímo od výrobce.

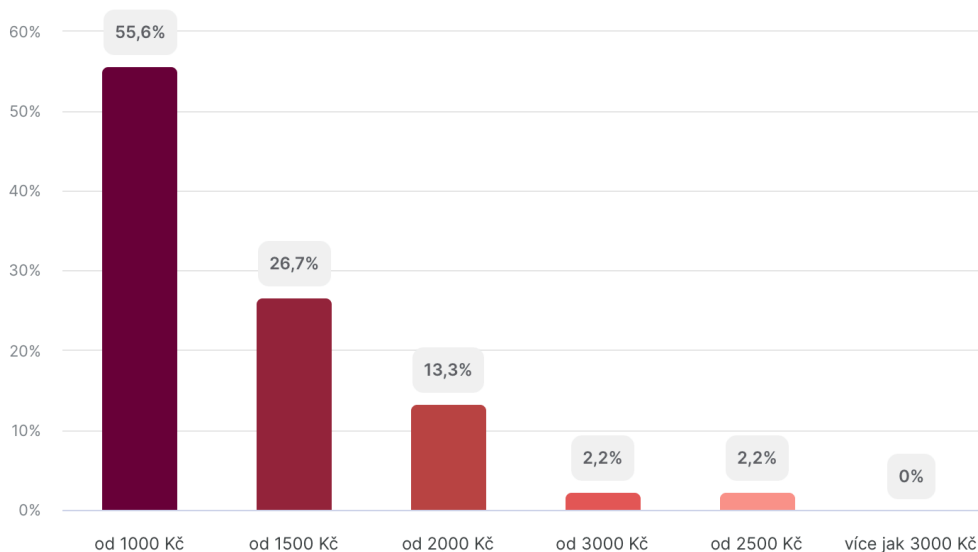


Obrázek 11 Nejčastější dodavatelé

5.2.10 Cena výkonu

Cena výkonu kompozitní výplně je individuální v každé praxi, ale nejčastěji se cena u nejmenší výplně pohybuje od 1000 Kč za jednu ošetřenou plošku (stranu) zubu. Hlavní faktor určující cenu výkonu je čas pacienta strávený v zubní ordinaci, při ošetřování zubu. Ceník bývá zkalkulovaný podle tzv. minutové kalkulace ordinace, kdy se do ceny výkonu započítávají veškeré náklady zubní ordinace na ošetření kompozitní výplně, jako jsou např.: použitý materiál, režijní náklady, cena práce lékaře a jiné ekonomické náklady ordinace.

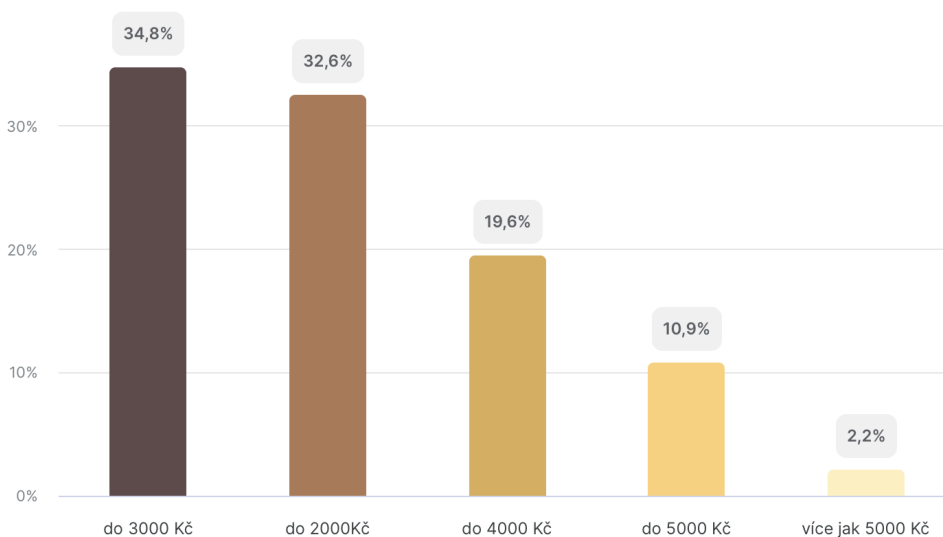
Odpovědi v grafické podobě můžeme vidět na následujícím obrázku spolu s procentuálním zastoupením jednotlivých odpovědí



Obrázek 12 Cena výkonu

5.2.11 Cena výkonu nejrozsáhlejší výplně

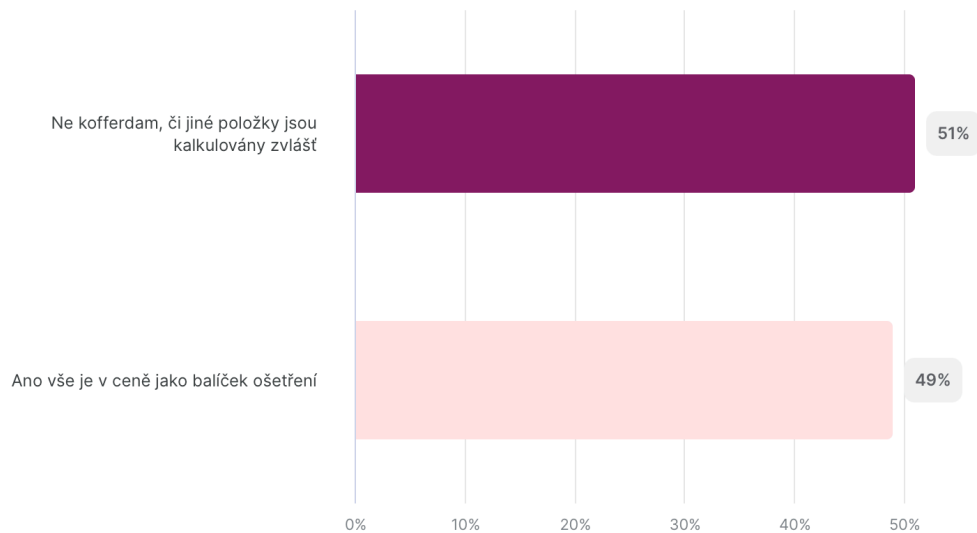
Za největší výplň pacient zaplatí v některých zubních ordinacích do 5000 Kč, nejčastěji to však bývá nejvýše do 3000 Kč. Jak již bylo poznamenáno výše, cena se odvíjí od určené minutové kalkulace praxe, kterou si může ordinace nechat zhotovit od soukromé firmy specializující se na tuto oblast.



Obrázek 13 Cena výkonu nejrozsáhlejší výplně

5.2.12 Kalkulace jednotlivých položek do ceny výkonu

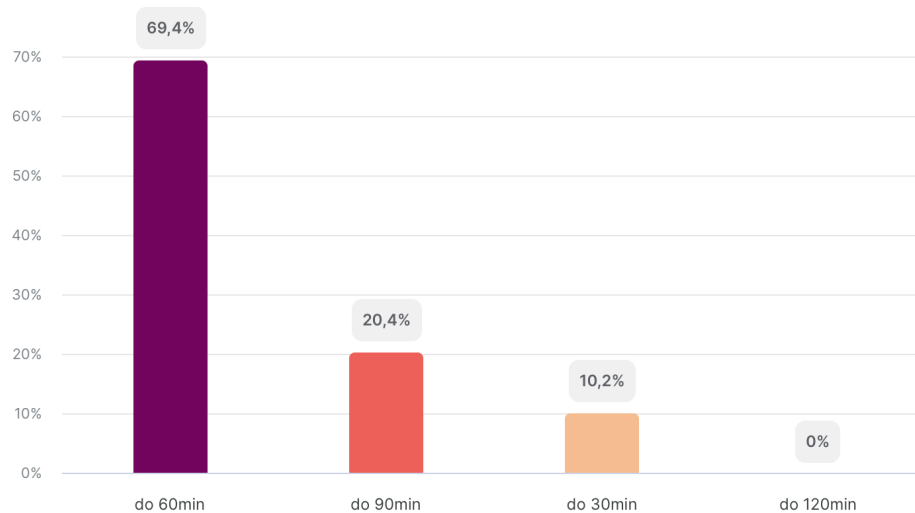
Některé stomatologické ordinace nabízí ošetření jako balíček služeb, kde jsou již v ceně kalkulovány na základě minutové kalkulace praxe. Jedná se o položky jako např.: použitý materiál, anestezie (hrazená zdravotní pojišťovnou), kofferdam (ochranná blána). V jiných praxích kalkulují zvlášť cenu za výplň, cenu na anestezii (pokud nemají uzavřené smlouvy se zdravotní pojišťovnou) a cenu za použití kofferdamu.



Obrázek 14 Kalkulace jednotlivých položek do ceny výkonu

5.2.13 Délka ošetření

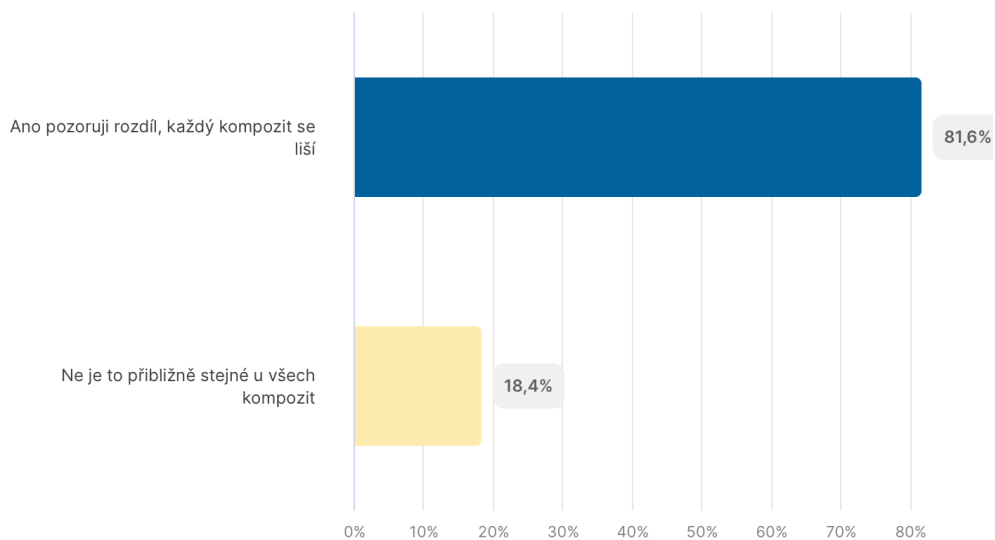
Průměrná doba sanace (ošetřování zubního kazu výplní), kterou věnuje většina zubních lékařů pacientovi je do 60 minut. Do 90 minut to bývá, pokud se jedná o větší destrukci zubu, případně si začínající lékaři nechávají více času na ošetřování, případně pokud se chce lékař více zaměřit na vysokou estetiku výplně.



Obrázek 15 Délka ošetření

5.2.14 Vliv kompozitního materiálu na průběh ošetření

S každým kompozitním materiálem se lékařům jinak pracuje a ošetřuje. Jiné materiály mají tužší konzistenci jsou jednoduché a rychlé pro aplikaci a jiné mohou mít neforemnou strukturu. Čím jednodušší manipulace, tím je ošetření rychlejší a preciznější pro ošetřujícího.



Obrázek 16 Vliv kompozitního materiálu na průběh ošetření

5.3 Životnosti vybraných kompozitních materiálů

Na základě odpovědí zubních lékařů z dotazníku a získaných informací z průzkumu trhu a analýzy odborné literatury byly vybrány čtyři kompozitní materiály, které budou předmětem zhodnocení jejich životnosti a následně bude počítána jejich nákladová efektivita z pohledu plátce – pacienta.

Pro účel práce byly vybrány následující kompozitní materiály: G-aenial Universal Injectable, GC Gradia Direct, Tetric EvoFlow a Tetric EvoCeram Nanohybrid. Pro uvedené materiály byly vyhledány klinické studie zabývající se jejich životností.

5.3.1 GC G-aenial Universal Injectable

G-aenial Universal Injectable je vysoce pevný, ultrajemný částicový kompozit s ideální viskozitou, manipulačními a adaptačními vlastnostmi. Homogenně rozptýlené složení s velmi jemnými částicemi poskytuje vysokou pevnost v ohybu a odolnost proti opotřebení pro trvanlivou a dlouhotrvající estetickou obnovu, která si zachovává svůj lesk po mnoho let po aplikaci [62].

G-aenial Universal Injectable, byl představený v říjnu 2018 společností GC America, poskytuje vysokou pevnost v ohybu, odolnost proti opotřebení, lesk a stálost barvy [62].

Tento kompozit, který má tekutou konzistenci, snižuje vznik vzduchových bublin, které mohou potenciálně ohrozit okrajový uzávěr [60]. G-aenial Universal Injectable je dostupný v 16 odstínech. Jeho barvy napodobují přirozenou strukturu zubu a okolní tkáň a poskytují zlepšenou barevnou stálost, což je klíčová výhoda pro pacienty, zejména při použití na předních zubech [62].

Podle American Dental Association je současná odhadovaná životnost kompozitního materiálu až sedm let. Avšak pro velmi dobré mechanické vlastnosti, jako vysoká fyzická pevnost a odolnost proti opotřebení může být životnost G-aenial Universal Injectable až 12 let [62].

5.3.2 GC Gradia Direct

Jedná se o mikrofilní nanohybrid, který nabízí širokou škálu odstínů k použití a usnadňuje a urychluje dosažení přirozeně vypadající a dlouhotrvající výplně. Díky velmi dobrému přizpůsobení odstínu okolní struktuře zubu lze snadno dosáhnout vysoké estetiky pouze s jedním odstínem. Kombinace různých odstínů nabízí neomezené estetické výsledky [63].

V tříleté longitudinální, prospektivní randomizované kontrolované klinické studii byly porovnávány kompozitní výplně. Cílem studie bylo porovnat klinickou výkonnost, způsob opotřebení různých druhů kompozitních výplní [64].

Celková klinická úspěšnost přežití výplní po 3 letech byla 100 % bez poškození či fraktury výplní a bez větších problémů souvisejících s materiálem, které by vyžadovaly výměnu výplní během 3letého období studie [64].

Další klinická studie hodnotila klinický výkon kompozitních pryskyřičných inlayí a onleyí po dobu 9 let. Výplně byly zhotoveny z materiálu GC Gradia Direct. Bylo zhotoveno 60 kompozitních inleyí a onleyí u 32 pacientům [65].

Všechny náhrady byly hodnoceny v časovém úseku 3, 6 a 9 let po aplikaci výplně dle upravených kritérií U.S. Public Health Service. Celkově byla úspěšnost výplní po 9letém sledování 85 % a míra selhání 15 %. Závěrem studie bylo, že kompozitní inlaye a onleje vykazovaly přijatelné dlouhodobé klinické výsledky [65].

5.3.3 Tetric EvoCeram

Tento materiál patří mezi nanohybridní kompozita. Zahraniční studie s názvem „Klinická výkonnost postranních kompozitních výplní po dobu 10 let“ od autorů Peschke, Watzke a Heintze sleduje životnost kompozitních výplní Tetric EvoCeram (testováno u kavit I. a II. druhé třídy) [66].

K hodnocení dlouhodobé klinické výkonnosti Tetric EvoCeram v postranním úseku chrupu byla použita vybraná kritéria FDI. Studii bylo podrobena 50 kavit, které byly ošetřeny pomocí Tetric EvoCeram. Revize výplní byla sledována po 6 měsících, 1, 2, 5 a deseti letech. Po 10 letech bylo možné posoudit 34 výplní (68 %). Kritéria FDI zahrnovala hodnocení estetických, funkčních a biologických vlastností [66].

Po 10 letech bylo 100 % dostupných výplní stále na svém místě, nevyskytl se žádný kaz ani přecitlivělost a většina výplní byla podle kritérií hodnocena jako „výborná“ nebo „dobrá“. Sami pacienti hodnotili výplně jako výborné (97,1 %) nebo jako dobré (2,9 %). U 100 % úspěšných náhrad, bylo u více než 96 % z nich hodnoceno jako vynikající. Mnoho významných odborníků přispělo ke stále rostoucí databázi in-vitro a klinických výsledků ze studií o řadě produktů Tetric Evo. Toto množství vědeckých údajů potvrzuje dlouhodobý klinický úspěch a oblíbenost řady produktů Tetric Evo mezi zubními lékaři. Dlouhodobé studie ukazují spolehlivost a přežití tohoto materiálu až z 95,1 % po dobu 10 let [66].

5.3.4 Tetric EvoFlow

Tekutý nanohybridní kompozit Tetric EvoFlow je ideální pro použití v kombinaci s jinými kompozity jako jsou Tetric EvoCeram a Tetric EvoCeram Bulk Fill [63]. U tekutých neboli zatýkaných kompozitních materiálů lze tyto materiály použít, jak v tekuté, tak i ve stabilní formě. Stejně jako Tetric EvoCeram vykazuje Tetric EvoFlow životnost až cca 10 let [67, 68].

Tetric EvoFlow se vyznačuje optimální povrchovou afinitou a současnou stabilitu. Teče tam, kde je potřeba, a v případě potřeby je stabilní. Za toto chování je zodpovědný regulátor viskozity, protože reguluje tekutost produktu při dávkování. Pod náhradou nezůstávají žádné bubliny, a to ani při obnově zubů na těžko dostupných místech [67, 68].

5.4 Analýza nákladové efektivity

Analýza nákladové efektivity (CEA) hodnotí efektivitu jednotlivých kompozitních výplní, která je počítána z pohledu plátce, v tomto případě pacienta. Cílem je, který kompozitní výplňový materiál je pro pacienta nákladově nejefektivnější a nejvýhodnější z pohledu životnosti a celkové ceny výplně. V rámci analýzy nákladové efektivity jsme se zaměřili na zhodnocení nákladové efektivity při uvažované 1 výměně, 2 výměnách a 3 výměnách. Předpokladem je, že čím delší životnost kompozitního materiálu, tím je nákladově efektivnější a tyto předpoklady se projeví, při opakovaných výměnách. Analýza nákladové efektivity porovnává danou intervenci kompozitní materiál s jiným kompozitním materiálem jako komparátoru.

Pro výpočet nákladové efektivity vybraných kompozitních materiálů byly použity informace z průzkumu trhu kompozitních materiálů (pořizovací ceny jednotlivých kompozitních materiálů). Dalším důležitým údajem pro výpočet CEA je minutová kalkulace ordinace. Jedná se o hodnotu, která počítá s veškerými náklady, kterou zubní ordinace vynaloží na daný výkon (práce lékaře, režijní náklady provozu zubní ordinace, ceny použitých materiálů, použitá přístrojová technika, čas ošetření) [69].

Cena minutové kalkulace byla získána ze soukromé zubní ordinace po ústní konzultaci se zubním lékařem, který tuto informaci poskytl. Přehled zjištěných informací je uveden v následující tabulce 8.

Z dotazníkového šetření bylo zjištěno, že většina zubních lékařů věnuje přibližně 60 minut pacientovi při ošetřování kompozitní výplní. Tento časový údaj je zároveň uvažován jako hodnota ztráty produktivity pacienta, který se dostaví na ošetření. Jedná se o hodinovou ztrátu produktivity, kdy pacient nepracuje, tzn. není mu vyplácena mzda. Ztráta produktivity pacienta z důvodů dopravy do zubní ordinace nebyla započítána, protože se jedná o individuální parametr, který je ovlivněn polohou ordinace a není způsoben samotným ošetřením.

Pro výpočet hodinové ztráty produktivity pacienta byl zjištěn medián čistého průměrného platu v ČR pro rok 2021, který činil 27 989 Kč, při plném úvazku 40 hodin týdně. Celková průměrná hodinová ztráta produktivity pacienta tedy činí 700 Kč [70]. Při započítání všech výše uvedených hodnot byla získána celková reálná cena, kterou pacient zaplatí za jednotlivé typy kompozitních výplní. Tento údaj dále vstupuje do výpočtu CEA a poté i do výpočtu ICER. Náklady pacienta za kompozitní výplň pro jednotlivé materiály jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8 Náklady na kompozitní výplň v pohledu plátce – pacienta

Materiál	Cena výplně [Kč]	Minutová kalkulace ordinace	Čas pacienta v ordinaci (ztráta produktivity)	Cena kompozitní výplně [Kč]	Čistý medián platu [Kč]	Hodinová ztráta produktivity pacienta [Kč]	Celková cena výplně [Kč]
GC G-aenial Universal Injectable	1 058	60 Kč/min	60 min	3 600	27 989	700	4 300
GC Gradia Direct	1 652	70 Kč/min	60 min	4 200	27 989	700	4 900
Tetric EvoCeram	1 663	70,08 Kč/min	60 min	4 204,8	27 989	700	4 904,8
Tetric EvoFlow	1 068	60,16 Kč/min	60 min	3 609,6	27 989	700	4 309,6

5.5 Modelování nákladové efektivity

Pro potřeby zhodnocení nákladové efektivity byl vytvořen jednoduchý model pro výpočet nákladové efektivity. Bude modelován příklad u zubu, který postoupil jednu, dvě a tři výměny kompozitní výplně u jednotlivých kompozitních materiálů.

Délka životnosti výplně se z klinického hlediska hodnotí, dokud je výplň intaktní, nevznikne prasklina na výplni či zubu, případně zda výplň nevypadne. Dalšími důvody může být, dokud není narušen okrajový uzávěr výplně nebo nedojde k výrazné a neestetické změně odstínu výplně. To jsou jedny z indikací k přistoupení výměny současné nevyhovující výplně za novou kompozitní výplň. Jedná se o obecný model, kde není uvažován konkrétní zub.

Výsledkem těchto výpočtů bylo zjistit celkové průměrné náklady a efekty, pokud pacient podstoupí tři, dvě nebo jednu náhradu kompozitní výplně za život. Dále je počítána CEA před diskontací a po diskontování 3 %. Získané vypočtené údaje budou poté použity pro výpočet ICER.

5.5.1 Simulace výdrže kompozitního materiálu

Délka výdrže kompozitního materiálu byla simulována na podkladě informací získaných ze studií uvedených v kapitole 5.3. Jelikož nebyly nalezeny bližší informace o rozdělení pravděpodobnosti času do výskytu poruchy kompozitního materiálu bylo po dohodě s vedoucím práce vybráno trojúhelníkové rozdělení pravděpodobnosti.

Pomocí tohoto rozdělení pravděpodobnosti byl simulován čas výdrže kompozitního materiálu. Trojúhelníkové rozdělení předpokládá, že hodnota je náhodně simulována v určeném intervalu, kde největší pravděpodobnost výskytu má definovaná střední hodnota.

Následující tabulka shrnuje použité vstupní parametry pro simulaci výdrže kompozitního materiálu. Hodnoty jsou udávány v letech.

Tabulka 9 Vstupní data do simulace výdrže jednotlivých kompozitních materiálů

Typ materiálu	Minimální hodnota	Střední hodnota	Maximální hodnota
GC G-aenial Universal Injectable	0	8	12
GC Gradia Direct	0	5	9
Tetric EvoCeram	0	7	11
Tetric EvoFlow	0	8	10

Simulace probíhali v programu MS Excel. Tento program nenabízí funkci pro simulaci trojúhelníkového rozdělení, proto bylo potřeba pomocí funkcí VBA nadefinovat funkci pro simulaci výdrže výplňového materiálu. Do funkce efektu byly zadány tři hodnoty životnosti materiálu, tzn. od nejnižší hodnoty, střední hodnoty a maximální možné hodnoty životnosti jednotlivého kompozitního materiálu, zjištěné z analýzy odborné literatury.

Simulace byla vždy prováděna pro 100 pacientů, kdy každému pacientovi byl simulován náhodný čas do doby výměny kompozitního materiálu (pomocí výše popsání trojúhelníkového rozdělení).

Celkovým efektem v rámci CEA byla tedy celková doba života s kompozitním materiálem měřena v letech. Hodnocené údaje jsou udávány v průměrných hodnotách za 100 simulovaných pacientů.

5.5.2 Náklady modelové struktury

Do nákladové efektivity vstupují údaje o celkových průměrných nákladech, kde je uvažován i vliv diskontování. Zde je uveden vztah pro diskontování, který byl použit v dalších výpočtech [71]. Bližší popis nákladů je uveden v tabulce 8 (kapitola 5.4).

$$PV = \sum_{t=0}^N \frac{P}{(1+r)^t} \tag{5.1}$$

PV – současná hodnota

P – hodnota nákladů nebo efektu v roce t

r – hladina diskontování (3 %)

t – časové období, v rozsahu od 0 do N (roky)

N – maximální vyšetřovaná doba (roky)

5.5.3 Výsledky nákladové efektivity

V následujících tabulkách jsou uvedené výpočty jednotlivých modelových situací, které mohou nastat u pacienta. Jak již bylo zmíněno, v modelu bylo počítáno se sto pacienty, kde jsme poté získaly průměrné hodnoty celkových nákladů, diskontovaných nákladů a efektů. Následující část práce uvádí výpočty nákladů a efektů u jednotlivých kompozitních materiálů.

Modelový příklad tří výměn materiálu za sledované období

Následující tabulka uvádí hodnoty, pokud pacient podstoupí tři výměny (náhrady) kompozitní výplně zubu. Po výpočtu tří výměn u náhrady kompozitním materiálem se jako nejefektivnější materiál jeví GC G-aenial Universal Injectable, který má efekt 20,5 roků výdrže a je zároveň nejlevnějším materiálem. Jako druhý nejefektivnější materiál je Tetric EvoFlow, který je i druhým nejlevnějším materiálem. GC Gradia Direct a Tetric EvoCeram jsou oba dražšími materiály a zároveň mají nižší efekt než předchozí kompozitní materiály. V tomto případě nemusí vždy ten nejdražší materiál být i nejlepším.

Tabulka 10 Modelový příklad tří výměn

Materiál	Celkové náklady [Kč]	Diskontované náklady [Kč]	Efekt (počet let)
GC G-aenial Universal Injectable	12 900	10 711	20,5
Tetric EvoFlow	12 928,8	10 918,6	18
GC Gradia Direct	14 700	13 488	16
Tetric EvoCeram	14 714,4	12 436,9	17,6

Modelový příklad dvou výměn materiálu za sledované období

Tabulka u modelového příkladu se dvěma výměnami kompozitním materiálem stále ukazuje jako nejvýhodnější materiál GC G-aenial Universal Injectable pro svoji delší životnost a nižší cenu. U Tetric EvoCeram a Tetric EvoFlow je životnost po dvou výměnách srovnatelná, ale Tetric EvoFlow se liší výrazně nižší cenou.

Tabulka 11 Modelový příklad dvou výměn

Materiál	Celkové náklady [Kč]	Diskontované náklady [Kč]	Efekt (počet let)
GC G-aenial Universal Injectable	8 600	7 696	14
Tetric EvoFlow	8 619,2	7 711,6	12
GC Gradia Direct	9 800	9 384	11
Tetric EvoCeram	9 809,6	8 894	12,1

Modelový příklad jedné výměny materiálu za sledované období

Modelový příklad, kde je infikovaný zub ošetřen první kompozitní výplní demonstruje následující tabulka, kde je GC G-aenial Universal Injectable stále tím nejvýhodnějším materiálem pro svoji životnost a nižší cenu. Jako druhým nejefektivnějším kompozitem je Tetric EvoFlow a Tetric EvoCeram, které se příliš neliší v délce životnosti, ale cenově je patrný rozdíl u Tetric EvoCeram, který je výrazně dražším materiálem, proto bude Tetric EvoFlow i efektivnějším. V tomto příkladě nebyly náklady diskontovány.

Tabulka 12 Modelový příklad jedné výměny

Materiál	Celkové náklady [Kč]	Diskontované náklady [Kč]	Efekt (počet let)
GC G-aenial Universal Injectable	4 300	4 300	6,5
Tetric EvoFlow	4 309,6	4 309,6	6,1
GC Gradia Direct	4 900	4 900	5,6
Tetric EvoCeram	4 904,8	4 904,9	6,2

Simulovaná výdrž kompozitního materiálu je u každého pacienta individuální. U někoho může vydržet výplň dva roky u jiného 8 a více let, ale průměrné hodnoty se pohybují okolo více jak 6 let.

5.5.4 Výpočet ICER

ICER vyjadřuje množství finančních jednotek v korunách českých, které je třeba vynaložit k získání další jednotky efektu navíc neboli kolik peněžních jednotek stojí získání každého dalšího efektu.

Porovnávanou intervencí je kompozitní materiál, který je srovnáván s jiným kompozitním materiálem jako komparátor. Byly srovnávány čtyři vybrané kompozitní výplňové materiály mezi sebou. ICER byl počítán u pacientů, kteří podstoupili tři, dvě a jednu výměnu kompozitní výplní v celoživotním horizontu, bez diskontování celkových nákladů a po diskontaci 3 % celkových nákladů. Hodnoty pro náklady a efekty byly převzaty z tabulky pro výpočet CEA viz tabulka 8.

Kladné hodnoty vyjadřují, že je porovnávaná intervence dražší, ale přináší více efektu. Zde se dá uvažovat o ochotě plátce – pacienta připlatit si za efekt navíc.

Tabulka 13 hodnotí výpočet pro jednu náhradu kompozitní výplní. Výsledky ukazují, že dominantní intervencí ve srovnání s ostatními materiály je GC G-aenial Universal

Injectable. Je levnější a zároveň efektivnějším materiálem oproti ostatním materiálům, které mají zápornou hodnotu vůči GC G-aenial Universal Injectable, tzn. ostatní materiály jsou vůči němu dražší a méně efektivní.

Tetric EvoCeram je vůči Tetric EvoFlow a GC Gradia Direct dražší, ale je efektivnějším materiálem, jelikož má delší životnost. Důležité je, zda je pacient ochotný za takovou výplň zaplatit. Vynaložit o 5 952 Kč více na Tetric EvoCeram vůči Tetric EvoFlow, abychom získali jeden rok životnosti navíc u kompozitní výplně by nebylo pro pacienta nákladově efektivní.

Ve srovnání Tetric EvoCeram je vůči GC Gradia Direct efektivnější a jen o něco málo dražší, proto má smysl si za tento materiál připlatit, poměr ICER není vysoký je předpoklad, že bude pro některé pacienty nižší než jejich individuální ochota platit NA neurčuje žádnou hodnotu, protože pro materiál, který bereme jako komparátor se hodnota ICER nepočítá.

Tabulka 13 ICER pro modelový příklad jedné výměny

Typ materiálu	Náklady [Kč]	Efekt	ICER		
GC G-aenial Universal Injectable	4 300	6,5	NA	NA	NA
Tetric EvoFlow	4 309,6	6,1	-24	NA	NA
GC Gradia Direct	4 900	5,6	-666,66	-1 180,8	NA
Tetric EvoCeram	4 904,8	6,2	-2 016	5 952	8

Tabulka 14, která hodnotí dvě výměny kompozitním materiálem za život pacienta vychází nákladově a efektivně obdobně u jednotlivých materiálů jako v tabulce 1

Tabulka 14 ICER pro modelový příklad dvou výměn

Typ materiálu	Náklady [Kč]	Efekt	ICER		
GC G-aenial Universal Injectable	8 600	13,9	NA	NA	NA
Tetric EvoFlow	8 619,2	12	-10,10	NA	NA
GC Gradia Direct	9 800	11	-413,79	-1 180,8	NA
Tetric EvoCeram	9 810	12,1	-672,22	1 1908	9,1

ICER byl počítán i pro diskontované náklady 3 %, kdy je sledovaný časový horizont celoživotní. Tabulka 15 uvádí výsledky při uvažování diskontace nákladů 3 % a hodnotí dvě výměny kompozitní výplně. Opět je nejefektivnějším a nejméně nákladným materiálem GC G-aenial Universal Injectable oproti ostatním kompozitům. Ve srovnání materiálů Tetric EvoCeram a Tetric EvoFlow je Tetric EvoCeram dražším materiálem, ale efektivnějším. V tomto případě se pacientovi nevyplatí zaplatit 11 824 Kč pro prodloužení životnosti kompozitní výplně o jeden rok.

Tabulka 15 ICER pro výpočet modelového příkladu dvou výměn po diskontování

Typ materiálu	Náklady [Kč]	Efekt	ICER		
GC G-aenial Universal Injectable	7 695	13,9	NA	NA	NA
Tetric EvoFlow	7 711,6	12	-8,73	NA	NA
GC Gradia Direct	9 126	11	-493,44	-1 414,4	NA
Tetric EvoCeram	8 894	12,1	-666,11	11 824	-211

V tabulce 16, která hodnotí tři výměny kompozitní výplně na zubu je opět nákladově nejefektivnějším a nejlevnějším materiálem GC G-aenial Universal Injectable ve srovnání s ostatními materiály. Tetric EvoCeram je dražším a méně efektivním materiálem, ve srovnání s Tetric EvoFlow, ale je efektivnějším a o něco méně dražším materiálem ve srovnání s GC Gradia Direct.

Tabulka 16 ICER pro výpočet modelového příkladu tří výměn

Typ materiálu	Náklady [Kč]	Efekt	ICER		
GC G-aenial Universal Injectable	12 900	20,5	NA	NA	NA
Tetric EvoFlow	12 929,8	18	- 11,95	NA	NA
GC Gradia Direct	14 700	16	- 400	- 885,1	NA
Tetric EvoCeram	14 714,4	17,6	- 625,65	- 4 461,5	9

Tabulka 17 hodnotí potřebu tří náhrad kompozitní výplně za život pacienta. I zde je GC G-aenial Universal Injectable silně dominantní intervencí a všechny ostatní materiály jsou dražší a méně efektivní.

Tabulka 17 ICER pro výpočet modelového příkladu tří výměn po diskontování

Typ materiálu	Náklady [Kč]	Efekt	ICER		
GC G-aenial Universal Injectable	10 711	20,5	NA	NA	NA
Tetric EvoFlow	10 918,6	18	-83,04	NA	NA
GC Gradia Direct	12 881	16	-482,22	-981,2	NA
Tetric EvoCeram	12 437	17,6	-595,17	-3 796	-277,5

Tabulka 18 má stejné hodnoty i výsledky jako tabulka 16 výše, jelikož se u první náhrady nepočítá diskotance z důvodů, že náklady na kompozitní materiál byly vynaloženy v čase 0 simulace.

Tabulka 18 ICER pro výpočet jedné výměny po diskontování

Typ materiálu	Náklady [Kč]	Efekt	ICER		
GC G-aenial Universal Injectable	4 300	6,5	NA	NA	NA
Tetric EvoFlow	4 309,6	6,1	-24	NA	NA
GC Gradia Direct	4 900	5,6	-666,66	-1 180,8	NA
Tetric EvoCeram	4 904,8	6,2	-2 016	5 952	8

5.5.5 Shrnutí výsledků nákladové efektivity

Pomocí výpočtu CEA a ICER byl nákladově nejefektivnějším kompozitním materiálem GC G-aenial Universal Injectable ve všech modelových příkladech. Druhým nejefektivnějším kompozitem jsou Tetric EvoCeram a Tetric EvoFlow. Nevýhodou u Tetric EvoCeram je jeho vysoká cena, která se promítne v ochotě pacienta připlatit si o tolik dražší materiál, ve srovnání s jinými levnějšími a efektivnějšími možnostmi. GC Gradia Direct je nejméně efektivním ze všech materiálů pro svojí vysokou cenu a výrazně nižší efektivitu ve srovnání s ostatními kompozity.

6 Diskuse

Cílem diplomové práce bylo zhodnocení kompozitních výplňových materiálů používaných v zubním lékařství z hlediska jejich vlastností, nákladů a nákladové efektivity. V rámci teoretické části diplomové práce byl analyzován současný stav využití různých typů výplňových materiálů používaných v oblasti zubního lékařství. Praktická část byla zaměřena na zhodnocení pouze kompozitních materiálů.

Téma kompozitních výplňových materiálů ve stomatologii je velmi aktuálním tématem, který je neustálým předmětem diskusí i nových klinických studií. Je zájem neustále tyto materiály zdokonalovat, tak aby byly pro lidské tělo co nejvíce biokompatibilní a přínosné i z pohledu životnosti.

V současnosti většina zubních lékařů upřednostňuje použití kompozitních výplní oproti amalgámovým výplním pro jejich mechanickou odolnost a vysokou estetiku.

Pro účely práce byla sbírána subjektivní data od zubních lékařů dotazníkovou formou. Tyto údaje byly dále zpracovány a vyhodnoceny. Kolem 50 % zubních lékařů má zkušenosti s kompozitními výplněmi, které měli životnost i více jak 10 let. Ve srovnání s klinickými studiemi a dentálními články z analýzy odborné literatury se hodnota 10 i více let shoduje i s těmito studiemi.

Zahraniční studie od [72] „Přežití, důvody selhání a klinické charakteristiky kompozitních výplní v předním a zadním úseku chrupu po dobu 8 let“, kdy bylo výzkumu podrobena sto pacientů, demonstruje své výsledky. Ze studie vyplývá, že 21 % všech kompozitních výplní po 8 let od jejich zhotovení selhalo. Více podléhali selhání výplně ve frontálním úseku chrupu než laterálním úseku.

V další studii od Da Rosa [73] „Klinické hodnocení zadních kompozitních výplní: nálezy po 17 letech“ byla provedena za účelem vyhodnocení dlouhodobého přežití kompozitních výplní umístěných v klinické praxi. Byli vybráni a pozváni k účasti pacienti ze soukromé zubní ordinace, kterým byla zhotovena kompozitní výplň v laterálním úseku chrupu s kompozitními materiály P-50 od výrobce 3M nebo Herculite XR od výrobce Kerr, kde byly zub izolován kofferdamem.

Výsledkem bylo, že mezi 282 kompozitními výplněmi bylo zaznamenáno 98 selhání, což je 34,8 %. Míra přežití nebyla významná pro materiál, ale byla významná pro zub, typ a velikost kavity. Hlavní příčinou poruchy byla fraktura kompozitního materiálu. Závěrem bylo, že klinická výkonnost hodnocených zadních kompozitních výplní byla přijatelná po 17letém hodnocení. Pravděpodobnost selhání kompozitních výplní u molárů s rozsáhlou kavitou a velkými výplni je však vyšší.

V retrospektivní longitudinální studii [74] byla zkoumána životnost kompozitních výplní s použitím 2 různých kompozitů P-50 APC od 3M ESPE a Herculite XR od Kerr. Pro sběr dat se účastnilo 61 pacientů s 362 kompozitními náhradami. Studie byla

hodnocena pomocí kritérií FDI. Oba hodnocené kompozitní materiály vykazovaly dobrý klinický výkon po dobu 22 let s 1,5 % (3M) a 2,2 % (Kerr) roční mírou selhání.

Nejnovější studie tzv. „in-house study“ (interní studie) „Klinický výkon zadních kompozitních výplní po 33 letech“, která je hodnocena v klinické praxi retrospektivně hodnotila výkonnost postranních kompozitních výplní po dobu až 33 let. Studie byla provedena v Brazílii a účastnilo se ji sto pacientů, kterým byla v letech mezi lednem 1986 a prosincem 1992 zhotovena kompozitní výplň. Roční míra selhání se pohybovala kolem 2,5 %, v souladu s jinými podobnými longitudinálními studii. Výplně, které byly na místě více než 30 let, všechny vykazovaly známky stárnutí (zabarvení výplně, deformace), ale byly stále klinicky přijatelné. Autoři studie poznamenávají, že žádný z použitých materiálů není stále na trhu a zůstává diskutabilní, zda „vylepšené“ formulace výrobců skutečně přinesou lepší míru výdrže materiálu [75].

V případě této diplomové práce byl pro výběr nejefektivnějšího kompozitního materiálu použita metoda CEA, která byla počítána pomocí modelového příkladu a následně byl vypočítán i ICER. Potřebná data byla získána pomocí analýzy trhu, analýzy odborné literatury, dotazníkového šetření a dalších údajů zpracovaných v práci. Pomocí těchto informací bylo možné spočítat CEA jednotlivých materiálů v případě, když pacient podstoupil jednu, dvě nebo tři výměny kompozitním materiálem, jelikož se sleduje celoživotní horizont potřeby výměny poškozeného zubu vyhovující kompozitní výplní.

Dle výsledku CEA vyšel materiál GC G-aenial Universal Injectable jako nejlevnější a zároveň nejefektivnějším materiálem s cenou 4 300 Kč za jednu výplň, kterou pacient ve skutečnosti zaplatí v zubní ordinaci, včetně jeho času a ztráty jeho pracovní produktivity. Efekt životnosti v průměru na 6,5 let. CEA vychází obdobně pokud by pacient podstoupil dvě nebo tři náhrady kompozitní výplní za svůj život v případě, že by stávající kompozitní výplň selhala. Studie, které sledovaly životnost kompozitů udávají i více jak 10 let. Hodnoty mohou být samozřejmě individuální pro každého pacienta, u některých pacientů může výplň vydržet 5 let u jiného 8 let, ale průměr se pohybuje kolem těchto vypočtených hodnot.

GC G-aenial Universal Injectable vychází jako silně dominující intervencí. Z dotazníkového šetření a průzkumu trhu je tento materiál velmi oblíbeným typem na dentálním trhu a také velmi poptávaným mezi zubními lékaři.

Pomocí ICER byly zjištěné výsledky z CEA vypočítány v poměru nákladů a efektů na modelových příkladech jednotlivých materiálů u jedné, dvou a tří výměn kompozitní výplní před diskontací a po diskontování, jelikož je sledován celoživotní horizont.

Dle výsledků ICER ve všech modelových příkladech výsledky demonstrují, že GC G-aenial Universal Injectable je nejlevnější a zároveň nejefektivnějším materiálem oproti ostatním materiálům, které mají zápornou hodnotu vůči GC G-aenial Universal Injectable, tudíž jsou dražší a méně efektivní. Druhým efektivním materiálem vyšel Tetric EvoCeram vůči Tetric EvoFlow a GC Gradia Direct, který je dražší, ale efektivnějším

materiálem, v případě, pokud by pacient podstoupil jednu nebo dvě výměny kompozitní výplně, u tří výměn by tato intervence nebyla nákladově efektivní.

Další aspektem, který tu vstupuje je ochota pacienta platit. Záleží na ochotě pacienta připlatit si o 5 952 Kč více za efektivnější, ale dražší materiál Tetric EvoCeram oproti Tetric EvoFlow, pokud by nebyla možnost použití GC G-aenial Universal Injectable.

Pro pacienta je nejvýhodnější volbou kompozitní materiál, který je nákladově za nejnižší cenu s nejvyšším efektem, tzn. s nejdélší životností. Z provedeného výzkumu vyplývá, že je tím nejefektivnějším materiálem G-aenial Universal Injectable, který má pozitivní hodnocení i u zubních lékařů a v klinických studiích je jeho životnost hodnocena až 10 let. Podobnou životnost do 10 let vykazují i kompozita Tetric EvoCeram a Tetric EvoFlow, jenže jsou cenově nákladnější. Velkým kritériem pro pacienta jako plátce je cena výkonu, za který platí u zubního lékaře.

V našem případě, pokud by byl výhodnější dražší materiál s vyšší životností a byl by použit u pacienta, který je v mladším věku a má dobrý biologický faktor zubu a je u něj pravděpodobné, že za život podstoupí více náhrad kompozitní výplně, tak se mu vyplatí investovat do dražší výplně, která má vyšší životnost. Nemusel by za život tak často měnit stávající kompozitní výplň, která by byla nevyhovující, jelikož by ta dražší výplň, za kterou by si pacient připlatil, měla větší výdrž z důvodu vyšší kvality. V případě starší generace lze zvolit použití levnějšího materiálu s nižší životností, kde by z důvodu horšího biologického faktoru zubu mohl zubní lékař přistoupit k jiné terapii (např. protetická koruna, extrakce).

7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zhodnocení kompozitních výplňových materiálů používaných v zubním lékařství z hlediska jejich vlastností, nákladů a nákladové efektivity.

Práce nejprve seznamuje s problematikou výplňových materiálů používaných v zubním lékařství. Dále se práce zaměřuje pouze na hodnocení kompozitních výplňových materiálů, jelikož jsou v současnosti nejvíce používaným dentálním biomateriálem, jak v ČR, tak i v zahraničí. Pomocí průzkumu současného trhu, dotazníku pro zubní lékaře a analýzy odborné literatury bylo možné vybrat čtyři nejpoužívanější kompozitní materiály, kde byla dále zjišťována životnost jednotlivých výplní pomocí klinických studií.

Pro modelování výpočtu nákladové efektivity byla provedena analýza nákladové efektivity, kde efektem byla životnost kompozitního materiálu vypočtená pomocí trojúhelníkové rozdělení pravděpodobnosti.

Byla použita metoda CEA pro zhodnocení nákladově nejefektivnějšího materiálu pro plátce – pacienta v celoživotním časovém horizontu. CEA bylo možné hodnotit z dat získaných z průzkumu trhu a analýzy odborné literatury. Pro výpočet CEA byl vytvořen modelový příklad zubu, který podstoupí jednu, dvě a tři výměny kompozitním materiálem. Dále byl počítán ICER pro jednotlivé kompozitní materiály u jedné, dvou a tří výměn touto výplní.

Z výsledků CEA a ICER byl nákladově nejefektivnějším kompozitním materiálem G-aenial Universal Injectable, který je cenově nejlevnějším a nejefektivnějším z pohledu životnosti. Tetric EvoCeram je také efektivním materiálem, ale je cenově dražší oproti předchozímu materiálu, proto by záleželo na ochotě pacienta platit, zda by si za nákladnější materiál byl ochoten připlatit.

Seznam použité literatury

- [1] ZOHAIB, Khurshid, Najeeb SHARIQ, Sohail Zafar MUHAMMAD a Sefat FARSHID. *Advanced dental biomaterials* [online]. Elsevier, 2019 [cit. 2021-04-11]. ISBN 978-0-08-102476-8.
- [2] CHEN, Q. a G. THOUAS. *Biomaterials: a basic introduction*. Boca Raton: CRC press, 2014. ISBN 978-1-4822-2769-7.
- [3] SERBAN, M. *Translational biomaterials: the journey from the bench to the market—think ‘product’*. *Current Opinion in Biotechnology*. Elsevier, 2016, 40, 31-34. DOI: 10.1016/j.copbio.2016.02.009. ISSN 09581669.
- [4] RAMKUMAR, Yadav a Kumar MUKESH. *Dental restorative composite materials: A review*. *Journal of Oral Biosciences* [online]. 2019, 2019, 61(2), 6 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: doi:10.1016/j.job.2019.04.001
- [5] MINČÍK, Jozef. *Kariologie*. Praha: StomaTeam, 2014. ISBN 978-80-904377-2-2.
- [6] HELLWIG, Elmar, Thomas ATTIN a Joachim KLIMEK. *Záchovná stomatologie a parodontologie*. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0311-4.
- [7] ZOHAIB, Khurshid, Najeeb SHARIQ, Zafar Sohail MUHAMMAD a Sefat FARSHID. *Advanced dental biomaterials* [online]. Elsevier: Elsevier, 2019 [cit. 2021-7-12]. ISBN 978-0-08-102477-5.
- [8] *Dental Amalgam Fillings | FDA. U.S. Food and Drug Administration* [online]. Dostupné z: <https://www.fda.gov/medical-devices/dental-devices/dental-amalgam-fillings>
- [9] JANSOVÁ, K. a M. EBER. *Preklinická stomatologie: Dentální amalgamy II. díl. 1. vyd.* Olomouc: Univerzita Palackého, 1996. ISBN 978-807-0676-813.
- [10] STEJSKALOVÁ, J. *Konzervační zubní lékařství. 2. vyd.* Praha: Galén, 2008. ISBN 9788072625406.
- [11] BATES, M.N. (2006) *Mercury Amalgam Dental Fillings: An Epidemiologic Assessment*. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2006; 209, 309-316.
- [12] RATHORE M, Singh A, Pant VA. *The dental amalgam toxicity fear: a myth or actuality*. *Toxicol Int*. 2012; 19 (2): 81-88
- [13] CLARKSON TW, Magos L, Myers GJ. *The toxicology of mercury – current exposures and clinical manifestation*. *N Engl J Med*. 2003; 349 (18): 1731-1737
- [14] YURDANUR Uçar, William A. Brantley, "Biocompatibility of Dental Amalgams", *International Journal of Dentistry*, vol. 2011, Article ID 981595, 7 pages, 2011. <https://doi.org/10.1155/2011/981595>

- [15] WILSON, Alan D. Glass-ionomer cement origins, development, future. *Clinical Materials*[online]. 1991, 7(4), 275-282 [cit. 2021-8-1]. Dostupné z: doi:doi.org/10.1016/0267-6605(91)90070-V.
- [16] WILSON Alan D. Developments in glass-ionomer cements. *Int J Prosthodont*. 1989 Sep-Oct;2(5):438-46. PMID: 2701062.
- [17] CRISP S, Wilson AD. Reactions in glass ionomer cements: I. Decomposition of the powder. *J Dent Res*. 1974 Nov-Dec;53(6):1408-13. doi: 10.1177/00220345740530061901.
- [18] WILSON Alan D, Kent BE. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br Dent J*. 1972 Feb 15;132(4):133-5. doi: 10.1038/sj.bdj.4802810.
- [19] CRISP S, Ferner AJ, Lewis BG, Wilson AD. Properties of improved glass-ionomer cement formulations. *J Dent*. 1975 May;3(3):125-30. doi: 10.1016/0300-5712(75)90063-9.
- [20] WILSON, A.D. and McLean, J.W. (1988) Glass-ionomer cements. Quintessence Publ Co., Chicago. ISBN 0867152001
- [21] WILSON AD, Paddon JM, Crisp S. The hydration of dental cements. *J Dent Res*. 1979 Mar;58(3):1065-71. doi: 10.1177/00220345790580030701.
- [22] ANUSAVICE KJ. *Philips` Science of Dental Materials* 12. ed. Indie: Elsevier; 2012, ISBN 9780323242059
- [23] WILLIAMS JA, Billington RW, Pearson GJ. The glass ionomer cement: the sources of soluble fluoride. *Biomaterials*. 2002 May;23(10):2191-200. doi: 10.1016/s0142-9612(01)00352-0.
- [24] FORSTEN L. Short- and long-term fluoride release from glass ionomers and other fluoride-containing filling materials in vitro. *Scand J Dent Res*. 1990;98(2):179-185. doi: 10.1111/j.1600-0722.1990.tb00958.x.
- [25] DE WITTE AM, De Maeyer EA, Verbeeck RM, Martens LC. Fluoride release profiles of mature restorative glass ionomer cements after fluoride application. *Biomaterials*. 2000 Mar;21(5):475-82. doi: 10.1016/s0142-9612(99)00188-x.
- [26] GUIDA A, Hill RG, Towler MR, Eramo S. Fluoride release from model glass ionomer cements. *J Mater Sci Mater Med*. 2002;13(7):645-9. doi: 10.1023/a:1015777406891.
- [27] DUMINIS T, Shahid S, Karpukhina NG, Hill RG. Predicting refractive index of fluoride containing glasses for aesthetic dental restorations. *Dent Mater*. 2018 May;34(5):e83-e88. doi: 10.1016/j.dental.2018.01.024.
- [28] LEPRINCE JG, Palin WM, Hadis MA, Devaux J, Leloup G. Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency. *Dent Mater*.

- 2013 Feb;29(2):139-56. doi: 10.1016/j.dental.2012.11.005. Epub 2012 Nov 27. Erratum in: *Dent Mater*. 2013 Apr;29(4):493.
- [29] RAINES Alcaraz MG, Veitz-Keenan A, Sahrman P, Schmidlin PR, Davis D, Iheozor-Ejiofor Z. Direct composite resin fillings versus amalgam fillings for permanent or adult posterior teeth. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014 Mar 31;(3):CD005620. doi: 10.1002/14651858.CD005620.pub2
- [30] HABIB E, Wang R, Wang Y, Zhu M, Zhu XX. Inorganic Fillers for Dental Resin Composites: Present and Future. *ACS Biomater Sci Eng*. 2016;2(1):1-11. doi:10.1021/acsbomaterials.5b00401
- [31] FERRACANE JL. Resin composite--state of the art. *Dent Mater*. 2011;27(1):29-38. doi:10.1016/j.dental.2010.10.020
- [32] FERRACANE JL, Hilton TJ, Stansbury JW, et al. Academy of Dental Materials guidance-Resin composites: Part II-Technique sensitivity (handling, polymerization, dimensional changes). *Dent Mater*. 2017;33(11):1171-1191. doi:10.1016/j.dental.2017.08.188
- [33] CURTIS, Richard V. a Timothy F. WATSON. *Dental biomaterials: Imaging, testing and modelling*. Elsevier Science, 2014. ISBN 9781845694241.
- [34] SANTINI A. Current status of visible light activation units and the curing of light-activated resin-based composite materials. *Dent Update*. 2010;37(4):214-227. doi:10.12968/denu.2010.37.4.214
- [35] MALLINENI SK, Nuvvula S, Matinlinna JP, Yiu CK, King NM. Biocompatibility of various dental materials in contemporary dentistry: a narrative insight. *J Investig Clin Dent*. 2013;4(1):9-19. doi:10.1111/j.2041-1626.2012.00140.x
- [36] ILIE N, Hilton TJ, Heintze SD, et al. Academy of Dental Materials guidance-Resin composites: Part I-Mechanical properties. *Dent Mater*. 2017;33(8):880-894. doi:10.1016/j.dental.2017.04.013
- [37] FRANCO EB, Francischone CE, Medina-Valdivia JR, Baseggio W. Reproducing the natural aspects of dental tissues with resin composites in proximoincisor restorations. *Quintessence Int*. 2007;38(6):505-510.
- [38] NAHSAN FP, Mondelli RF, Franco EB, et al. Clinical strategies for esthetic excellence in anterior tooth restorations: understanding color and composite resin selection. *J Appl Oral Sci*. 2012;20(2):151-156. doi:10.1590/s1678-77572012000200005
- [39] BRAGA RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. *Dent Mater*. 2005;21(10):962-970. doi:10.1016/j.dental.2005.04.018

- [40] How you can make your composite restorations last longer. *Dental Products Report* [online]. 10.9.2019 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.dentalproductsreport.com/view/how-you-can-make-your-composite-restorations-last-longer>
- [41] SOFAN E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol (Roma)*. 2017;8(1):1-17. Published 2017 Jul 3. doi:10.11138/ads/2017.8.1.001
- [42] BAIER RE. Principles of adhesion. *Oper Dent*. 1992;Suppl 5:1-9.
- [43] PERDIGÃO J, Sezinando A. *Enamel and dentin bonding for adhesive restorations. Non-Metallic Biomaterials for Tooth Repair and Replacement Elsevier 2013*.
- [44] Co je rešerše. *Homepage* [online]. Dostupné z: <http://knihovna.cvut.cz/katalogy-a-databaze/reserse/co-je-reserse>
- [45] STÁTNÍ ÚSTAV PRO KONTROLU LÉČIV. *Postup pro hodnocení nákladové efektivity*. 2013, vol. 1
- [46] GOODMAN, C., S. *Introduction to health technology assessment*. Virginia. 2014.
- [47] BROWN, Gary a Melissa BROWN. Value-based medicine and pharmacoeconomics. *Retinal Pharmacotherapy* [online]. Elsevier, 2010, s. 356-361 [cit. 2019-11-23]. ISBN 978-1-4377-0603-1. Dostupné z: doi:10.1016/B978-1-4377-0603-1.00057-0
- [48] Robert, J. Brent. *Cost-benefit analysis and health care evaluations*. Massachusetts USA: Edward Elgar Publishing, 2003. ISBN 1 84064 844 9
- [49] Šoš, P. *Analýza nákladové efektivity sekvenční terapie deprese*. Praha, 2011. Diplomová práce. Vysoká škola ekonomická v Praze. Vedoucí práce Ondřej Lešetický
- [50] BRIGGS, Andrew a Magnus TAMBOUR. The Design and Analysis of Stochastic Cost-Effectiveness Studies for the Evaluation of Health Care Interventions. *Drug Information Journal* [online]. 2001, **35**(4), 1455-1468 [cit. 2022-05-12]. ISSN 0092-8615. Dostupné z: doi:10.1177/009286150103500441
- [51] BRENNAN, A. The role of modelling [online]. The University of Sheffield, 2009 [cit. 2016-03-03]. Dostupné z: <https://www.futurelearn.com/courses/hta/0/steps/14080>
- [52] HOLČÍK, Jiří a Otakar FOJT. *Modelování biologických systémů: (vybrané kapitoly)*. Brno: Vysoké učení technické, 2001. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2023-5.
- [53] PELÁNEK, R. Modelování: obecné principy [online]. Masarykova univerzita: Fakulta informatiky, 2015 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/~xpelanek/IV109/slidy/modelovani.pdf>

- [54] RŮŽIČKOVÁ, K. Modelování a simulace v geovědách [online]. Vysoká škola báňská – Technická universita Ostrava: Institut geoinformatiky, 2013 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: http://home1.vsb.cz/~ruz02/msg/prednasky/msg_skripta_v2.pdf
- [55] CADTH. CADTH | CADTH [online]. Copyright © 2021 Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health. Dostupné z: <https://cadth.ca/sites/default/files/pdf/feedback/HT0021-Dental-Amalgam.pdf>
- [56] Markov Model - YHEC - York Health Economics Consortium. *YHEC | Industry Experts in Health Economic Consultancy* [online]. Copyright ©2021 York Health Economics Consortium [cit. 26.11.2021]. Dostupné z: <https://yhec.co.uk/glossary/markov-model/>
- [57] Dentamed. *Pomáháme stomatologům být úspěšnější - Dentamed* [online]. Copyright © 1990 Dostupné z: <https://eshop.dentamed.cz/?search=kompozita>
- [58] Henry Schein Dental. *Henry Schein DENTAL e-shop - Henry Schein Dental* [online]. Copyright © 2019. Dostupné z: <https://hsdental-shop.cz/search/kompozit>
- [59] Smrček Dental. *Smrček Dental* [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://smrcek-dental.cz/?gclid=CjwKCAjwve2TBhByEiwAaktM1Orogn4JTaYtctkVLhCVQeg8mmiV2KBKo-kK4e3gvdEarRM_i2AFthoCBRgQAvD_BwE
- [60] HUFA *Hu-Fa Dental* [online]. Dostupné z: <https://www.hufa.cz>
- [61] JANDA-DENTAL.cz. *janda-dental.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.janda-dental.cz/vyhledavani/?string=kompozit>
- [62] How to create durable, esthetic restorations with G-ænial Universal Injectable. *Dental Products Report* [online]. 19.2.2019 Dostupné z: <https://www.dentalproductsreport.com/view/how-create-durable-esthetic-restorations-g-nial-universal-injectable>
- [63] Gradia Direct | GC Europe. *307 Temporary Redirect* [online]. Copyright © GC EUROPE A.G. 2021 [cit. 12.05.2022]. Dostupné z: <https://europe.gc.dental/en-CM/products/gradiadirect>
- [64] Palaniappan S, Elsen L, Lijnen I, Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Three-year randomised clinical trial to evaluate the clinical performance, quantitative and qualitative wear patterns of hybrid composite restorations. *Clin Oral Investig.* 2010;14(4):441-458. doi:10.1007/s00784-009-0313-1
- [65] GALIATSATOS, Aristidis, Panagiotis GALIATSATOS a Dimitra BERGOU. Clinical Longevity of Indirect Composite Resin Inlays and Onlays: An Up to 9-Year Prospective Study. *European Journal of Dentistry* [online]. 2022, 16(01), 202-208 [cit. 2022-05-12]. ISSN 1305-7456. Dostupné z: doi:10.1055/s-0041-1735420

- [66] Ivodent Magyarország Kft. [online]. Copyright ©. Dostupné z: https://ivodent.hu/_docs/804_e4ae28aad784fe61473f156ca4e1dc89.pdf
- [67] *Online Dentistry Products Store | Noble Dental Supplies* [online]. Copyright ©I Dostupné z: <https://www.nobledentalsupplies.com/download/file/656a8c84-a107-40cf-b35a-cd65ec08060c>
- [68] *Webshop Unident* [online]. Copyright ©. Dostupné z: <https://webshop.unident.se/storage/0FFC0ED03B0CE8191F632D4FFFC14737A9EA00CA9B9B2F4C89AA608E43939EAA/fe41842663b7492eba423a22bc6127fe/pdf/media/a975be10d90046beb7544d85651d73b4/tetricevoceram-evoflow.pdf>
- [69] Minutová a cenová kalkulace | Institut medicínské ekonomiky. *Institut medicínské ekonomiky* [online]. Dostupné z: <https://imek.cz/minutova-kalkulace>
- [70] Český statistický úřad: Průměrné mzdy - 4. čtvrtletí 2021. *Český statistický úřad: Průměrné mzdy - 4. čtvrtletí 2021* [online]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cri/prumerne-mzdy-4-ctvrtleti-2021>
- [71] BRIGGS, Andrew a Magnus TAMBOUR. The Design and Analysis of Stochastic Cost-Effectiveness Studies for the Evaluation of Health Care Interventions. *Drug Information Journal* [online]. 2001, **35**(4), 1455-1468 ISSN 0092-8615. Dostupné z: doi:10.1177/009286150103500441
- [72] SciELO - Brasil - Survival, Reasons for Failure and Clinical Characteristics of Anterior/Posterior Composites: 8-Year Findings Survival, Reasons for Failure and Clinical Characteristics of Anterior/Posterior Composites: 8-Year Findings . *SciELO - Brasil* [online]. Dostupné z: <https://www.scielo.br/j/bdj/a/VyQTGp5BpHzn8yGvDGzZBPQ/?lang=en>
- [73] Da Rosa Rodolpho, P. A., Cenci, M. S., Donassollo, T. A., Loguércio, A. D., & Demarco, F. F. (2006). A clinical evaluation of posterior composite restorations: 17-year findings. *Journal of dentistry*, *34*(7), 427–435. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2005.09.006>
- [74] Da Rosa Rodolpho, P. A., Donassollo, T. A., Cenci, M. S., Loguércio, A. D., Moraes, R. R., Bronkhorst, E. M., Opdam, N. J., & Demarco, F. F. (2011). 22-Year clinical evaluation of the performance of two posterior composites with different filler characteristics. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, *27*(10), 955–963. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.06.001>
- [75] Hellyer, P. The longevity of composite restorations. *Br Dent J* **232**, 459 (2022).

Seznam tabulek

Tabulka 1 Obsah prvků v prášku konvenčního amalgámu.....	13
Tabulka 2 Výhody a nevýhody amalgámu	15
Tabulka 3 Výhody a nevýhody skloionomerních cementů	19
Tabulka 4 Indikace a kontraindikace kompozitních materiálů.....	23
Tabulka 5 Výhody a nevýhody kompozitních materiálů.....	24
Tabulka 6 Ekonomické hodnocení	30
Tabulka 7 Analýza trhu s kompozitními materiály v CZK	35
Tabulka 8 Náklady na kompozitní výplň v pohledu plátce – pacienta.....	49
Tabulka 9 Vstupní data do simulace výdrže jednotlivých kompozitních materiálů	50
Tabulka 10 Modelový příklad tří výměn.....	52
Tabulka 11 Modelový příklad dvou výměn.....	52
Tabulka 12 Modelový příklad jedné výměny.....	53
Tabulka 13 ICER pro modelový příklad jedné výměny.....	54
Tabulka 14 ICER pro modelový příklad dvou výměn.....	54
Tabulka 15 ICER pro výpočet modelového příkladu dvou výměn po diskontování	55
Tabulka 16 ICER pro výpočet modelového příkladu tří výměn.....	55
Tabulka 17 ICER pro výpočet modelového příkladu tří výměn po diskontování...	56
Tabulka 18 ICER pro výpočet jedné výměny po diskontování.....	56

Seznam obrázků

Obrázek 1 Úroveň nákladové efektivity	32
Obrázek 2 Grafická struktura modelu.....	33
Obrázek 3 Nejčastěji používané výplňové materiály v zubní praxi	36
Obrázek 4 Preference při používání kompozitních výplní	37
Obrázek 5 Nejčastěji používané kompozitní materiály	38
Obrázek 6 Preferovaný typ kompozitní výplně	38
Obrázek 7 Životnost kompozitních výplní	39
Obrázek 8 Subjektivní hodnocení výdrže kompozitních materiálů.....	40
Obrázek 9 Počet výměn kompozitním materiálem.....	40
Obrázek 10 Nejčastější umístění kompozitních výplní	41
Obrázek 11 Nejčastější dodavatelé.....	42
Obrázek 12 Cena výkonu.....	43
Obrázek 13 Cena výkonu nejrozsáhlejší výplně.....	43
Obrázek 14 Kalkulace jednotlivých položek do ceny výkonu	44
Obrázek 15 Délka ošetření.....	45
Obrázek 16 Vliv kompozitního materiálu na průběh ošetření.....	45

Příloha A: Dotazníkové šetření pro zubní lékaře

České vysoké učení technické v Praze, Systémová integrace procesů ve zdravotnictví, Diplomová práce: Hodnocení kompozitních výplňových materiálů používaných v zubním lékařství

Dobrý den,

věnujte prosím několik minut svého času vyplnění následujícího dotazníku. Předem moc děkuji za odpovědi.

1 Jaké výplňové materiály používáte v každodenní praxi?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu nebo více odpovědí*

Kompozitní materiály Amalgámové materiály Skloionomerní materiály Pouze kompozitní materiály

2 Jaké jsou Vaše preference při používání kompozitních výplní?

Nápověda k otázce: *Změřte pořadí položek dle svých preferencí (1. - nejdůležitější, poslední - nejméně důležitá)*

Požizovací cena materiálu	<input type="text"/>
Životnost materiálu	<input type="text"/>
Kvalita materiálu	<input type="text"/>
Vysoká estetika	<input type="text"/>
Mechanická odolnost	<input type="text"/>

3 Vyberte nejčastěji používané kompozitní materiály ve Vaší praxi:

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu nebo více odpovědí*

- | | | | | |
|---|---|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> IPS Empress Direct Enamel/Dentin | <input type="checkbox"/> IPS Empress Direct Flow | <input type="checkbox"/> Tetric EvoCeram Nanohybrid | <input type="checkbox"/> Tetric EvoFlow | <input type="checkbox"/> Tetric EvoCeram Bulk Fill |
| <input type="checkbox"/> Evetric | <input type="checkbox"/> Omnichroma | <input type="checkbox"/> GC Gradia Direct | <input type="checkbox"/> GC G-aenial Universal Flow | <input type="checkbox"/> G-aenial Universal Injectable |
| <input type="checkbox"/> Filtek Bulk Fill Flowable | <input type="checkbox"/> Filtek One Bulk Fill Restorative | <input type="checkbox"/> Optishade | <input type="checkbox"/> Admira Fusion X-tra | <input type="checkbox"/> VisCalor |
| <input type="checkbox"/> 3M Filtek | | | | |
| <input type="checkbox"/> Jiná... | <input type="text"/> | | | |

4 S jakým druhem kompozitního materiálu se Vám lépe pracuje?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- Flow kompozit Kompozit v tuhé formě Obě možnosti

5 Jaká je dle Vás životnost/výdrž kompozitního materiálu?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- do 5 let do 8 let do 10 let více jak 10 let

6 Z Vašich zkušeností v praxi, jak dlouho vydrží kompozitní výplň jednoho zubu, dokud není zapotřebí jej vyměnit za novou kompozitní výplň?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- do 5 let do 8 let do 10 let více jak 10 let

7 Kolikrát byste vyměnili stávající (nevyhovující) kompozitní výplň za novou kompozitní výplň u jednoho zubu, než byste zvolili jinou možnost ošetření např.: endodontické ošetření, protetika, extrakce?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- 1x 2x 3x Dokud je zub vitální

8 Používáte stejný typ kompozitní výplně, jak do frontálního, tak i laterálního úseku?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- Ano Ne, na každý úsek chrupu aplikuji jiný typ kompozitního materiálu

9 Máte zkušenosti s Bulk Fill kompozity? Pokud ano, jak je hodnotíte?

10 Kde pořizujete kompozitní materiál?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- Český e-shop, distributor Zahraniční e-shop Přimo od výrobce

11 Jaká je cena nejmenší kompozitní výplně ve Vaší praxi?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- od 1000 Kč od 1500 Kč od 2000 Kč od 2500 Kč od 3000 Kč více jak 3000 Kč

12 Jaká je cena nejrozsáhlejší kompozitní výplně ve Vaší praxi?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- do 2000Kč do 3000 Kč do 4000 Kč do 5000 Kč více jak 5000 Kč

13 Je v ceně ošetření kompozitní výplní zahrnuté i použití dalších položek jako např.: kofferdam, anestezie?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- Ano vše je v ceně jako balíček ošetření Ne kofferdam, či jiné položky jsou kalkulovány zvlášť

14 Kolik času věnujete ošetření zubu kompozitní výplní (čas v průměru od nejmenší po největší plošku)?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- do 30min do 60min do 90min do 120min

15 Vpozorovali jste během ošetření rozdíl v délce aplikace, či horší manipulaci u jednotlivých kompozitních materiálů?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- Ano pozoruji rozdíl, každý kompozit se liší Ne je to přibližně stejné u všech kompozit