

# Suvremeni materijali kao zamjena za amalgamski ispun

---

**Brdarić, Sara**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, School of Dental Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:127:818948>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial 3.0 Unported](#) / [Imenovanje-Nekomercijalno 3.0](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-19**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb School of Dental Medicine Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Sara Brdarić

# **SUVREMENI MATERIJALI KAO ZAMJENA ZA AMALGAMSKI ISPUN**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

Rad je ostvaren na Zavodu za endodonciju i restaurativnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta u Zagrebu.

Mentor rada: izv. prof. dr. sc. Vlatko Pandurić, dr. med. dent., Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Tihana Sedlar, mag. educ. philol. croat. et hist.

Lektor engleskog jezika: Gaj Tomaš, mag. educ. philol. angl. et germ.

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

Datum obrane rada: \_\_\_\_\_

Rad sadrži: 33 stranice

4 slike

CD

Rad je vlastito autorsko djelo koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu izvorni su doprinos autora diplomskog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija, odnosno propusta u navođenju njihova podrijetla.

## **Zahvala**

Ovaj rad željela bih posvetiti roditeljima kao zahvalu za njihovu neizmjernu vjeru u moj uspjeh. Bili su motivacija i poticaj za sve moje uspjehe. Ova je diploma vaša koliko i moja.

Zahvaljujem mentoru izv. prof. dr. sc. Vlatku Panduriću na ponuđenoj temi i pomoći pri izradi ovog rada.

Velika hvala mojoj obitelji i prijateljima koji su bili uz mene od prvog dana studija, a posebno Anama na podršci, razumijevanju i divnim trenucima po kojima ću pamtiti razdoblje studija.

## **Suvremeni materijali kao zamjena za amalgamski ispun**

### **Sažetak**

Kad se ustanovilo da je karijesom uništeno zubno tkivo potrebno nadomjestiti, javila se potreba za pronalaskom adekvatnog materijala. Prvi pravi takav materijal bio je amalgam, slitina žive s jednim ili više metala. Upravo ta živa bila je predmetom mnogih rasprava u krugovima struke zbog čega su se dogodili i amalgamski ratovi. Uz živu, postoji niz nedostataka - pojava rubne pukotine, siva boja, sekundarni karijes i preventivno proširenje kaviteta. Veliki korak prema poboljšanju karakteristika materijala bila je pojava kompozitnih smola. Svojstvima kao što su bijela boja, mogućnost nijansiranja, poštedna preparacija, zaobljeni rubovi kaviteta, nadmašili su amalgam, ali ne u potpunosti. Nedostatak je relativno visoka cijena. Nakon kompozita došli su staklenoionomerni cementi - dvokomponentni materijal dostupan i u kapsuliranom izdanju za jednostavniju i precizniju upotrebu. Istaknuli su se činjenicom da za rad ne iziskuju suho radno polje, a uz to otpuštaju i ione fluora. Time je SIC postao prvi materijal izbora kad se radi o dubokim kavitetima u blizini pulpe, ali i u sanaciji mliječnih zuba. Zbog lošije boje, slabije mogućnosti poliranja i veće cijene, indikacije za korištenje su se smanjile. Prošle se godine pojavljuje novi dvokomponentni materijal, naziva Cention N. Svrstava se u kompozitne smole. Cention N obuhvatio je prednosti svih dosad korištenih materijala. Bojom zadovoljava estetske standarde današnjice, može se nanositi u jednom sloju, dobro se polira te uz fluoridne otpušta kalcijeve i hidroksilne ione. Cention N djeluje i kao depo-preparat čime održava neutralan pH u ustima unatoč pojavi kariogenih bakterija.

**KLJUČNE RIJEČI:** karijes, amalgam, SIC, kompozit, Cention N

## **Modern Alternatives to Amalgam Fillings**

### **Summary**

When destroyed dental tissue needs to be restored, adequate material is required. The first such material was amalgam, a mixture of mercury and one or several metal alloys. It was the mercury that was a controversial choice among professionals which led to the so-called amalgam wars. Amalgams have a wide range of drawbacks – marginal fractures, grey color, secondary caries, and preventive cavity expansions. A significant step in terms of improving materials were composite fillings. The white color, shade selection, cost-effective preparation, round cavity walls – outweigh the use of amalgam fillings, but not entirely. The price remains its biggest obstacle. After composite resins, glass-ionomer cement was used. The two-component material is also available in capsules for more accurate use, notable for the fact that they do not require a dry working field and because they release fluoride ions. Therefore, glass-ionomer cement became the first choice when treating deep pulp cavities but also when repairing deciduous teeth. Due to poor coloring, lower possibility of polishing and greater costs, the use has dropped. New two-component material Cention N, a composite resin sort, came into use last year. The benefits over the previously used materials are abundant. Its color satisfies the aesthetic standards of today; it can be applied in a single layer; it polishes well, and apart from fluoride, it releases calcium and hydroxyl ions. It also acts as a dental depot, maintaining a neutral pH in the mouth despite the onset of cariogenic bacteria.

Keywords: caries, amalgam, glass ionomer cement, composite, Cention N

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. DENTALNI AMALGAMI.....	4
2.1. Povijesni prikaz.....	5
2.2. Sastav.....	5
2.3. Klasifikacija.....	6
2.4. Zahtjevi za kliničku primjenu.....	6
2.5. Svojstva.....	7
2.5.1. Promjene dimenzija.....	7
2.5.2. Tečenje.....	7
2.5.3. Otpornost na tlak.....	8
2.5.4. Zakašnjela ili sekundarna ekspanzija.....	8
2.5.5. Korozija.....	8
2.5.6. Rubna pukotina.....	9
2.5.7. Toplinska provodljivost.....	9
2.5.8. Toksičnost.....	9
2.6. Primjena.....	9
2.7. Kompozitne smole.....	10
3. STAKLENOIONOMERNI CEMENTI.....	11
3.1. Sastav.....	12
3.2. Klasifikacija.....	12
3.3. Svojstva.....	14
3.4. Primjena u <i>sandwich</i> tehnici.....	15
3.5. Smolom modificirani staklenoionomeri.....	15
4. CENTION N.....	17
4.1. Sastav.....	18
4.2. Svojstva.....	18
4.2.1. Oslobođanje iona.....	18
4.2.2. Smanjivanje stresa skupljanja.....	19
4.2.3. Polimerizacija.....	20
4.3. Primjena.....	20
5. RASPRAVA.....	23

6. ZAKLJUČAK.....	26
7. LITERATURA.....	28
8. ŽIVOTOPIS AUTORA.....	32



## **Popis skraćenica**

tzv. - takozvani

SIC - staklenoionomerni cement

% - posto

tj. - to jest

µm - mikrometar

cm - centimetar

SAD - Sjedinjene Američke Države

ADA - American Dental Association

MPa - megapaskal

H<sub>2</sub>O - voda

Zn - cink

ZnO - cinkov oksid

H<sub>2</sub> - vodik

HEMA - 2-hidroksietil metakrilat

Bis-GMA - bisfenol-A-glicidil metakrilat

PMDM - piromelitik dimetakrilat

PMGDM - piromelitik glicerol dimetakrilat

UDMA - uretan dimetakrilat

DCP - triklordekan dimetanol dimetakrilat

TMX-UDMA - tetrametil ksililen diuretan dimetakrilat

PEG-400-DMA - polietilen glikol 400 dimetakrilat

GPa - gigapaskal

nm - nanometar



Zubni je karijes najraširenija kronična bolest današnjice i označava manjak zubne supstance (1). Nastaje djelovanjem triju osnovnih čimbenika: zubne plohe, mikroorganizama i okoline. Kasnije se dodala i četvrta komponenta, a to je vrijeme (2).

Zbog potrebe za sanacijom defekata tvrdih zubnih tkiva uzrokovanih karijesom, pojavili su se materijali, ali i brojne metode izrade kaviteta za njihovo najpovoljnije sidrenje.

Prije otprilike sto godina G. V. Black podijelio je kavitete prema mjestu nastanka karijesa u pet razreda. Ta se podjela koristi i danas.

- I. razred obuhvaća kavitete u jamicama i fisurama svih zuba, a odnosi se na okluzalne plohe premolara i molara, bukalne i vestibularne, oralne i palatinalne jamice te slijepu udubinu (*foramen coecum*) gornjih prednjih zuba.
- II. razred obuhvaća kavitete na aproksimalnim ploham distalnih zuba ispod kontaktne točke.
- III. razred obuhvaća kavitete na aproksimalnim ploham prednjih zuba ispod kontaktne plohe.
- IV. razred obuhvaća kavitet nastao proširenjem III. razreda na prednjim zubima i podrazumijeva gubitak incizalnog kuta.
- V. razred obuhvaća kavitete na glatkim ploham u cervikalnim dijelovima svih zuba (3).

Uz podjelu karijesnih lezija (kaviteta), G. V. Black postavio je i temeljna načela preparacije kaviteta za amalgamski ispun koja se sastoje od nekoliko koraka. Prvi je korak otvaranje karijesne lezije tako da se omogući pristup svim inficiranim dijelovima zuba. Slijedi odstranjivanje karijesnog dentina, ali se ne odstranjuje sav dentin koji je promijenio boju jer i sklerotičan (sterilan) dentin može biti smeđe boje. Preventivno proširenje kaviteta obuhvaća izradu rubova u zdravom tkivu i fiziološki čistom mjestu. Na kraju se oblikuj kavitet u ormarić, tako da su stijenke okomite na dno te međusobno paralelne. Odstranjuju se i kvržice podminirane karijesom te caklina nepoduprta zdravim dentinom jer ne može izdržati snagu žvačne sile (3).

Sljedeći je korak restauracija zuba, tj. nadoknada uklonjenog zubnog tkiva određenim materijalom. Osim toga, dentalni materijali moraju ispuniti određena mehanička, optička i tehnološka očekivanja. S obzirom na to koja su uporabna svojstva i zahtjevi pacijenta, odabire se koji će se materijal koristiti za pojedino mjesto sanacije (4).

Amalgami i staklenoionomerni cementi se ubrajaju u kategoriju osnovnih materijala za ispune. Nazivaju se osnovnima zbog njihove dugotrajnosti, ekonomičnosti i lakog korištenja. Najčešće se rabe bez adheziva i postavljaju se u jednom sloju (bulk) u kavitet, samostvrđavajući su i ne zahtijevaju kompliciranu opremu za korištenje.

Iako je veliki korak naprijed u razvoju materijala za izradu ispuna napravljen pojavom kompozita i adhezivnih sustava u zadnjih nekoliko desetljeća, osnovni materijali poput amalgama i SIC-a i dalje su ostali popularni. Uz navedene materijale, prije godinu dana na tržište je došla nova podvrsta kompozita – Cention N. Iako još nije postao materijal prvog izbora i nema veliki spektar indikacija za upotrebu, svojim se raznim svojstvima izdvaja od svih do sada.

Svrha ovog rada je ponuditi prikaz materijala koji se u terapiji karijesa mogu koristiti kao alternativa amalgamu te ukazati na nedostatke korištenja amalgama u rekonstrukciji razorenih zuba karijesom.

## **2. DENTALNI AMALGAMI**

Dentalni je amalgam legura žive s jednim ili više metala (srebro, kositar...), a naziv mu potječe od grčkih riječi: *a* - ne i *malagma* - omekšanje (5). Najstariji je i najrasprostranjeniji materijal za rekonstrukciju defekata tvrdih zubnih tkiva, ali i najčešće rabljeni materijal za ispune na stražnjim zubima.

## 2.1. Povijesni prikaz

Najraniji zapisi o amalgamu mogu se pronaći u kineskoj literaturi dinastije Tang, u djelima Su Kunga. Kung govori o spoju od 100 dijelova žive, 45 dijelova srebra i 900 dijelova kositra za ispune zuba. Dva tisućljeća kasnije Jochan Stocker, njemački liječnik, uvodi naziv amalgam i za ispune koristi smjesu vrelog zelenog vitriola i žive. Daje i prvi zapis o amalgamu 1528. godine. Godine 1826. u Francuskoj Taveau miješa strugotine srebrnog novca sa živom i taj spoj naziva srebrnom pastom.

Amalgam se širi i u SAD. Uvode ga braća Crowcour iz Europe 1833. godine, no njegova primjena nailazi na snažan otpor zbog toksičnosti žive. Nesuglasice unutar dentalnih krugova bile su toliko velike da su rezultirale dvama amalgamskim ratovima (6).

Razvoju amalgama veliki doprinos daje Greene Vardiman Black. Preporučuje slitinu koja sadrži 65 % srebra s manjim količinama cinka i bakra ili zlata i kositra. Blackova se istraživanja smatraju presudnima u razvoju dentalnih amalgama zbog svoje cjelovitosti.

Nova generacija amalgama javlja se 1963. godine kad su Innes i Youdellis otkrili i opisali tzv. non-gama<sub>2</sub> amalgame koji ne sadrže gama<sub>2</sub> fazu (7).

Daljnji napredak označava konstrukcija kapsule amalgama s točno doziranim omjerima predamalgamskog praha i žive.

## 2.2. Sastav

Kemijski su sastojci suvremenih, tzv. non-gama<sub>2</sub> amalgama srebro, kositar, bakar i živa. U manjoj su količini prisutni molibden, cink, zlato, platina, paladij, nikal (8).

Srebro pridonosi otpornosti amalgama, smanjuje razlijevanje rubnih dijelova i deformaciju zbog okluzijskog tlaka te usklađuje širenje volumena. Kositar smanjuje mehaničku otpornost i

ekspanziju, a povećava razlijevanje. Bakar povećava otpornost i tvrdoću te sprječava pretjeranu ekspanziju, a cink neutralizira okside.

Živa treba imati široku, zrcalnu površinu bez filma i ne bi smjela imati više od 0,02 % hlapljivog ostatka ni više od 0,001 % primjesa metala. Za izradu dentalnih amalgama koristi se elementarna živa koja je najmanje toksična od svih oblika u kojima postoji i prisutna je u leguri do maksimalno 5 %. Unatoč malom postotku, živa je postala glavna tema rasprava o opasnosti za zdravlje organizma. Problematika je i danas aktualna.

### **2.3. Klasifikacija**

Amalgami se mogu podijeliti prema nekoliko kriterija: prema broju elemenata unutar legure, obliku čestica, količinskom udjelu bakra i količinskom udjelu cinka (5).

Podjela prema broju elemenata unutar legure amalgame svrstava u binarne, ternarne i kvarterne. Prema obliku čestica i načinu proizvodnje dijele se na strugotinaste, kuglaste, pakuglaste i mješovite legure. Strugotinasti, pakuglasti i mješoviti tip pokazuju visok, a okruglasti nizak stupanj kondenzacijske otpornosti.

Dentalni se amalgami prema količinskom udjelu bakra dijele na konvencionalne, s 3 - 6 % bakra, mješovite, s 9 % bakra i one s visokim udjelom bakra koji sadrže do 28 % bakra. Mješoviti i amalgami s visokim udjelom bakra nastali su kako bi se isključila gama2 faza te zamijenila bakrom. Gama2 faza odgovorna je za manjak čvrstoće i sklonost koroziji.

Posljednja je podjela ona prema količinskom udjelu cinka pa tako razlikujemo legure koje sadržavaju više od 0,01 % i one koje ga ne sadržavaju (Non-Zn amalgami).

### **2.4. Zahtjevi za kliničku primjenu**

ADA specifikacija No. I za amalgamske slitine propisuje određene zahtjeve koji određuju kvalitetu dentalnih amalgama. Propisana su tri fizikalna svojstva kao mjera kakvoće: tečenje, otpornost na tlak i promjena dimenzija.

Tečenje je promjena amalgama u dužinu pod određenim tlakom u određenom vremenu. Prema podatku iz 1980. godine, dozvoljeno je tečenje 3 %. Zahtijeva se da je otpornost na tlak nakon sat vremena 80 MPa, pri čemu otpornost na tlak stvrdnutih amalgamskih ispuna iznosi 275

MPa, a nekih i do 55 MPa. Promjene dimenzija tijekom 24 sata mora biti između -10 i +20  $\mu\text{m}/\text{cm}$ .

Amalgam je otporniji na tlak, a slabiji na vlak i savijanje, zato kavitet mora biti tako oblikovan da su ispuni uglavnom izloženi silama tlaka, a ne vlaka i savijanja. Ako je izložen tlačnim silama, ima sklonost tečenja ili loma. Pod stalnim tlakom amalgam pokazuje stalnu deformaciju i nakon konačnog stvrdnjavanja.

Stoga se, zbog što boljeg sidrenja u kavitet, teži izradi geometrijski pravilnog oblika. Takva preparacija zahtijeva opsežno uklanjanje zubnog tkiva. Nužna je i zaštita dentina odgovarajućom podlogom jer amalgam ima visoki termički koeficijent provodljivosti (8, 9, 10).

## **2.5. Svojstva**

### **2.5.1. Promjene dimenzija**

Prodoranjem žive kroz površinu čestica predamalgamskog praha započinje proces amalgamacije tijekom kojeg se događaju određene dimenzijske promjene.

Smatra se da je kontrakcija amalgama u prvih 20 minuta posljedica otapanja žive. Nakon toga slijedi kompenzacijska ekspanzija koja prelazi u maksimalnu ekspanziju, zatim sekundarna kontrakcija, a nakon 6 do 8 sati dimenzije se ustabile.

Promjene dimenzije nakon 24 sata moraju biti između -10 i +20  $\mu\text{m}/\text{cm}$  (10). Višak žive uzrokuje ekspanziju uz koju se pojavljuje i povećano razlijevanje, što smanjuje otpornost amalgama na mehaničke utjecaje. Manjak žive pak smanjuje plastičnost amalgama, povećava poroznost, smanjuje otpornost na tlak, slabi rubno zatvaranje i povećava sklonost koroziji te kontrakciji.

Najbolji i najprecizniji omjeri žive i predamalgamskog praha postižu se u kapsuliranom sustavu koji se postupkom tritracije miješaju u posebno dizajniranim uređajima, amalgamatorima.

### **2.5.2. Tečenje**

Tečenje dentalnog amalgama promjena je u dužinu pod određenim tlakom u određenom vremenu izražena u postotcima, odnosno označava sposobnost nastajanja plastičnih deformacija tijekom procesa stvrdnjavanja materijala. Cilindrični uzorak amalgama star 6 dana



izloži se djelovanju tlaka od 36 Mpa. Podatak iz 1980. godine govori da je maksimalno dopušteno tečenje 3 % (8, 9, 10).

### **2.5.3. Otpornost na tlak**

Otpornost na tlak nakon jednog sata trebala bi iznositi 80 Mpa. Ona može biti smanjena zbog nedostatne amalgamacije, neadekvatnog nabijanja amalgama, sporog stavljanja ispuna, korozije i visokog udjela žive (8, 9, 10)

### **2.5.4. Zakašnjela ili sekundarna ekspanzija**

Zakašnjela ili sekundarna ekspanzija nastaje kad amalgami koji sadržavaju cink dođu u doticaj s vlagom. Ona se odvija prema kemijskoj reakciji:  $\text{H}_2\text{O} + \text{Zn} \rightarrow \text{ZnO} + \text{H}_2$  (plin).

Nastali vodikov plin ne spoji se s amalgamom, ali povisuje tlak unutar njega, što rezultira odstojećim ispunom, povećava njegovo tečenje i mikropropuštanje, koroziju te poroznost amalgamskog ispuna (5).

### **2.5.5. Korozija**

Najvažniji su čimbenici koji uzrokuju oštećenje amalgamskog ispuna elektrokemijska korozija i mehaničke sile, ali i njihov sinergistički utjecaj. Korozija zbog kemijskih reakcija oštećuje površinski i ispodpovršinski sloj amalgama te je tako oslabljen ispun lakše podložan trošenju.

Svaki metal uronjen u elektrolit teži prijeći u ionsko stanje. Ulogu elektrolita u usnoj šupljini imaju meko i koštano tkivo te slina. Jačina korozije ovisi o razlici potencijala između metala i elektrolita, kao i razlici potencijala dvaju metala.

Jedan je od glavnih čimbenika korozije gama2 faza. Dolazi do nastanka sitnih lomova u obliku slova V na rubovima ispuna prilikom normalnog žvačnog opterećenja, što stvara pogodne uvjete za nakupljanje plaka i nastanka sekundarnog karijesa (5, 11).

### **2.5.6. Rubna pukotina**

Prije pojave dentinskih adheziva, amalgami su se u kavitet sidrili isključivo mehanički. To je zahtijevalo opsežnije brušenje i uklanjanje zdravog zubnog tkiva. Ako se ta načela ne ispoštuju, može nastati rubna pukotina. To je međuprostor između ispuna i zubnog tkiva koji rezultira mikropropuštanjem.

Danas se nastanak rubne pukotine smanjio primjenom adhezijskih sustava. Oni smanjuju potrebu za opsežnim brušenjem, a omogućavaju i primjenu amalgama u kavitetima s ograničenim mogućnostima retencije (5).

### **2.5.7. Toplinska provodljivost**

Amalgam je dobar vodič topline, a termički mu je koeficijent provodljivosti veći od dentina pa je potrebno zaštititi dentin i pulpu odgovarajućim sredstvima (12).

### **2.5.8. Toksičnost**

Toksičnost se amalgama zapravo odnosi na toksičnost žive. Ona se u dentalnom amalgamu nalazi u elementarnom obliku.

Štetni utjecaji dentalnog amalgama na zdravlje pacijenata mogu biti lokalni, u usnoj šupljini, ili sistemski, ovisno o mogućnosti prodora otpuštenih sastojaka iz materijala u organizam te o stupnju njihove resorpcije.

Lokalni se simptomi manifestiraju u obliku lihenoidne reakcije, tetovaže sluznice, pečenja jezika ili metalnog okusa u ustima (13, 14, 15).

Glavobolja, slaba koncentracija, umor, tromost i slične pojave također se smatraju posljedicom amalgamskih ispuna (16, 17).

## **2.6. Primjena**

Ovaj je materijal indiciran u primjeni za ispune kaviteta I. i II. razreda, ali i V. razreda ako je smješten u nevidljivo područje zubnog niza. Pakirani su u kapsule u kojima su dozirani predamalgamski prah i živa. Miješaju se u posebnim uređajima – amalgamatorima u koje se

postavlja kapsula na poseban držač. Postupak miješanja izvodi se ekscentričnim pomacima u trajanju od 3 do 30 sekundi. U tom postupku dolazi do amalgamacije, tj. do kemijskog procesa vezanja predamalgamskog praha i žive. Tako se zamiješani amalgam, u pravilno ispreparirane kavitete, unosi nosačima amalgama, kondenzira nabijačima i oblikuje odgovarajućim instrumentima te se, nakon stvrdnjavanja, polira. Poliranje se izvodi 24 sata nakon izrade ispuna jer je tek tada završen proces stvrdnjavanja amalgama. Izvodi se raznim brusnim elementima uz vodeno hlađenje pri malom broju okretaja. Poliranjem površine amalgamskog ispuna povećavaju se mehanička otpornost i otpornost prema koroziji, poboljšava se rubno zatvaranje, postiže se bolji izgled, ali i snižava električni potencijal (5).

## **2.7. Kompozitne smole**

S obzirom na to da amalgami imaju brojne nedostatke, javila se potreba za pronalaskom alternativnih materijala. Kompozitne smole su postale najčešća zamjena amalgamskom ispunu. Najveća i najuočljivija razlika bila je u boji. Kompoziti su svojom bijelom bojom, koja dolazi u nekoliko nijansi, potpuno zasijenili amalgame. Poboljšanjem snage sveze i estetskim karakteristikama postali su prvi materijal izbora. Osnovna im je prednost što za pravilnu preparaciju potrebno ukloniti puno manje zdravog tvrdog tkiva zuba u odnosu na standardna pravila preparacije za amalgamski ispun (18). Ušteda tvrdog zubnog tkiva vidi se u samom izgledu kaviteta. Preparacija ima zaobljeniji izgled, dakle potrebno je ukloniti karijes, a kako se materijal ne veže mehaničkim silama, nije potrebno kavitetu dati geometrijski pravilan oblik koji bi to omogućavao. Vanjski su rubovi preparacije uži jer se pokušava očuvati kontakt na tvrdim zubnim tkivima, a ne na restaurativnom materijalu, čime se on manje troši (19). Zaobljene unutarnje linije kaviteta olakšavaju unošenje kompozitnog materijala i manja je šansa da ostane zraka u uglovima kaviteta (20).

Nema potrebe ni za preventivnim proširenjem kaviteta, pogotovo u lateralnom segmentu kod aproksimalnih preparacija.

### **3. STAKLENOIONOMERNI CEMENTI**

Kao zamjena za amalgamski ispun koriste se i staklenoionomerni cementi (SIC). Staklenoionomerni cement razvili su 1970. godine Wilson i Kent, a McLean ga je 1973. godine preporučio za uporabu u stomatologiji (21).

### **3.1. Sastav SIC-a**

SIC dvokomponentni su sustavi sastavljeni od tekućine i praha. Prah sadrži čestice kalcijskoaluminijskog fluorosilikatnog stakla, a tekućina je 35 - 65 % vodena otopina kopolimera poliakrilne kiseline i voda (22). Prahom su određena čvrstoća, tvrdoća i sposobnost otpuštanja fluorida, a tekućina je odgovorna za sposobnost adhezije te biološku podnošljivost (23).

Tekućina i prah SIC-a mogu se miješati ručno ili biti u kapsuliranom obliku. Prilikom ručnog miješanja važno je paziti na precizne mjere. Prah se uzima iz bočice pomoću dozatora u suvišku te se višak odstranjuje prilikom vađenja dozatora, struganjem o bočicu. Određena količina praha miješa se s određenom količinom tekućine uz pomoć kapaljki za tekućinu. Preporuke o mjerama daje proizvođač. Tako zamiješan cement unosi se u kavitet i modelira. U trenutku kad cement izgubi površinski sjaj, prestaje kliničko radno vrijeme. To označava da je sva kiselina zasićena prahom i da ne postoji slobodna poliakrilna kiselina (24).

U kapsuliranom obliku SIC omjer tekućine i praha određen je unutar kapsule. Materijal se aktivira stavljanjem u mješalicu, nakon čega se stavlja u poseban aplikator i spreman je za unošenje u kavitet. Prednost je kapsuliranog oblika smanjenje ljudske pogreške koja može nastati prilikom ručnog miješanja te lakša manipulacija jer kapsule imaju na vrhu uske kanile koje omogućavaju precizno unošenje materijala u kavitet. Nedostatak im je visoka cijena.

### **3.2. Klasifikacija**

U literaturi se pronalaze razne podjele. U daljnjem se tekstu navode tri klasifikacije koje se danas najčešće koriste, a to su tradicionalna podjela prema Wilsonu i McLeanu, podjela prema načinu primjene prema Albersu i Hickelova podjela prema sastavu.

1. Tradicionalna podjela (prema Wilsonu i McLeanu):
  - a. tip I – za cementiranje *inleyja*, *onlayja*, krunica i mostova
  - b. tip II – za izradu ispuna – tip II a – estetski cementi  
tip II b – pojačani cementi
  - c. tip III – cementi za podloge (24)
  
2. Podjela prema načinu primjene (prema Albersu):
  - a. SIC za cementiranje – cementi koji se stvrdnjavaju kemijskim putem i rabe za cementiranje nadomjestaka (*inleyja*, *onlayja*, krunica i mostova)
  - b. SIC za izradu ispuna – cementi koji se stvrdnjavaju kemijskim putem i sadrže veći udio čestica praha te veći izbor boja, što ih razlikuje od SIC-a za cementiranje
  - c. metalom ojačani SIC – cementi kojima su dodani metali u svrhu poboljšanja fizičko-mehaničkih svojstava, a stvrdnjavaju se kemijski i neestetski su
  - d. cermet cementi – čestice praha SIC spojene su toplinskom obradom s česticama metala, stvrdnjavaju se kemijskim putem i neestetski su
  - e. SIC kavitetni premazi (*liners*) – brzostvrdnjavajući radiokontrastni premazi koji služe za dentin ispod kompozitnih ispuna te su kemijsko i svjetlosno stvrdnjavajući
  - f. SIC za podloge – koriste se za izradu podloge ispod ispuna, a stvrdnjavaju se kemijskim putem
  - g. SIC za pečačenje – rabe se za pečačenje jamica i fisura, stvrdnjavaju se kemijskim putem
  - h. smolom modificirani SIC – rabe se za izradu završnih ispuna ili kao podloga ispod kompozitnih ispuna, a obuhvaćaju svjetlosno i dvostruko stvrdnjavajuće SIC (24)
  
3. Podjela prema sastavu SIC-a (prema Hickelu):
  - a. konvencionalni SIC – SIC koji se stvrdnjavaju acido-baznom reakcijom, odnosno kemijskim putem

- b. visoko viskozni SIC – ispuni V. razreda, na mliječnim zubima, podloga u tzv. *sandwich* tehnici
- c. metalima pojačani SIC – ispuni na mliječnim molarima i nadogradnja destruiranih kruna
- d. smolom modificirani SIC – podloga ispod kompozitnih ispuna, ispuni I., III. i V. razreda, pečačenje fisura, preventivni ispuni (24)

### 3.3. Svojstva

Staklenoionomerni cementi, zahvaljujući svojstvima koja posjeduju, našli su široku primjenu u restaurativnoj i preventivnoj stomatologiji, ali i u protetici.

Adhezivno vezanje za tvrda zubna tkiva, antikarijesni učinak, biokompatibilnost, niska toksičnost, ekspanzija i kontrakcija slična tvrdim zubnim tkivima kvalitete su kojima se SIC može pohvaliti (25).

Jedna od najvećih prednosti SIC-a jest otpuštanje fluorida, čime se smanjuje inicijacija sekundarnog karijesa (26). Pojava sekundarnog karijesa čest je uzrok gubitka ispuna.

Fluoridi koje tvrda zubna tkiva preuzimaju od SIC-a reduciraju i zaustavljaju proces demineralizacije, a povećavaju procese remineralizacije. Sudjeluju i u procesima formiranja pelikule i zubnog plaka te inhibiciji rasta mikrobne flore (27).

Veća koncentracija fluora postiže se i u slini čime se postiže profilaktičko djelovanje na sve zube u usnoj šupljini (24).

S druge strane, mane ovog materijala odnose se na lošija fizičko-mehanička svojstva. Slabija čvrstoća i niska otpornost na trošenje ograničili su SIC na uporabu u područjima visokog stresa, zato se u lateralnim segmentima koriste kao privremeni ispuni (28). Među nedostatke SIC-a svrstavamo još i lošiju mogućnost poliranja. Poliranje je završni dio restauracije i predstavlja smanjenje površinske hrapavosti te ogrebotina nastalih za vrijeme oblikovanja ispuna (29). Hrapavost je površine funkcija mikrostruktura i morfologije stvorene nizom fizikalnih i kemijskih procesa. Upravo je hrapavost važan kriterij za predviđanje kliničkog vijeka trajanja ispuna (30). Hrapava površina ispuna povećava sklonost bržoj kolonizaciji bakterija i nakupljanja plaka, što dovodi do povećanog rizika od karijesa (31). Kao posljednju negativnost SIC-a valja spomenuti i nedostatnu estetiku.

### **3.4. Primjena u *sandwich* tehnici**

*Sandwich* tehnika dobila je ime po činjenici da se SIC nalazi između površine zuba i restaurativnog materijala (najčešće kompozit) (32).

Konvencionalni i smolom modificirani staklenoionomerni cementi posjeduju razne prednosti, ali ne i preporučena fizikalna svojstva kompozita. Upravo zato *sandwich* tehnika koristi prednosti i jednog i drugog materijala.

Uloga je SIC-a zamjena za dentin jer posjeduje sličan koeficijent toplinske ekspanzije i fizikalna svojstva, a kompoziti kao zamjena za caklinu zbog povećane otpornosti na trošenje i boljih estetskih svojstava (33).

*Sandwich* tehnika često se koristi kod klase II i kod mliječnih zuba gdje je poželjno istovremeno imati učinak otpuštanja fluorida u kontaktnoj točki sa susjednim zubom i dobra fizikalna svojstva okluzalne plohe koja postiže kompozitna smola. Ova se tehnika koristi i kod tunel preparacije kod koje se uz kontaktnu točku postavlja SIC, a kompozit okluzalno (34, 35).

### **3.5. Smolom modificirani staklenoionomerni cementi**

Smolom modificirani staklenoionomerni cementi su kojima je dodana hidrofilna organska matrica (HEMA). Ostale organske matrice, poput Bis-GMA-a, PMDM-a, PMGDM-a, koje se koriste kod kompozitnih materijala, ne mogu se koristiti kod SIC-a jer su hidrofobne (nisu topive u vodi). Dodavanjem hidrofilne matrice poboljšana su fizikalno-kemijska svojstva materijala te je, uz acidobaznu reakciju, omogućeno i dodatno stvrdnjavanje pomoću plavog svjetla i/ili tamnom reakcijom polimerizacije.

Acidobazna reakcija (tamna reakcija) počinje miješanjem praha i tekućine. Traje i nakon osvjetljavanja unesenog materijala u kavitet. Za vrijeme osvjetljavanja polimerizacijskim svjetlom odvija se svijetla reakcija, a onda ponovno acidobazna reakcija (tamna reakcija) unutar kaviteta.

Smolom modificirani SIC-i vežu se za caklinu i dentin istom kemijskom vezom kao i konvencionalni, ali ostvaruju i dodatnu mikromehaničku vezu. Njome stvaraju hibridni sloj na caklini i dentinu. Ovakav mehanizam pospješuje retenciju i smanjuje rubnu propusnost (36, 37).



Glavne su prednosti smolom modificiranih SIC-a povećana čvrstoća i smanjena topljivost, bolja adhezija na tvrda zubna tkiva, visok stupanj izlučivanja iona fluora i lakše rukovanje.

S druge strane, smolom modificirani SIC-i imaju i negativne strane, poput polimerizacijske kontrakcije, promjene boje, ekspanzije, adsorpcije vode i toksičnosti ostalih monomera (37, 38, 39).



Cention N novi je restaurativni materijal koji se svrstava u grupu Alkasite. Alkasite je kategorija materijala za ispune, koji su, kao i kompomeri ili ormoceri, podskupina kompozitnih smola.

#### **4.1. Sastav**

Cention N dvokomponentni je sustav. Sastoji se od praha i tekućine koji se ručno miješaju u omjeru 1 : 1.

Tekućina se sastoji od četiriju križnosvezujućih metakrilatnih monomera, inicijatora te stabilizatora i ona je samostvrdnjavajuća. Kombinacija UDMA-a, DCP-a, TMX-UDMA-a i PEG-400-DMA-a rezultira jakim mehaničkim svojstvima i dobrom dugoročnom stabilnošću. UDMA daje čvrstoću, TMX-UDMA i DCP krutost, a PEG-400-DMA vlaži površinu materijala.

Prah sadrži barij-aluminij silikatno staklo, *isofillere*, iterbij trifluorid, kalcij-barij-aluminij fluorosilikatno staklo, kalcij fluorosilikatno staklo, amortizere stresa nakupljanja i inicijatore.

Zahvaljujući iterbij trifluoridu, Cention N radioopaktni je i dobro vidljiv na rendgenskoj slici. Relativno je translucentan materijal (transparencija 11 %), u usporedbi s drugim materijalima baziranim na staklenim ionomerima (40).

#### **4.2. Svojstva**

##### **4.2.1. Oslobođanje iona**

Kad se materijal zamiješa, sadrži 78,4 % anorganskog punila, a alkalno staklo čini 24,6 % težine i ono oslobađa značajne količine fluorida. Alkalno staklo također oslobađa kalcijeve i hidroksilne ione. Svi navedeni ioni sprječavaju demineralizaciju i potiču remineralizaciju tvrdih zubnih tkiva. Njihovo oslobođanje ovisi o pH vrijednosti usne šupljine. Ako je pH nizak, npr. zbog aktivnog biofilma plaka, tj. visoko aktivnih kariogenih bakterija, Cention N oslobađa veću količinu iona nego kad je pH neutralan.

Demineralizacija se uglavnom odnosi na gubitak minerala, najviše kalcija i fosfata, iz zubne strukture koja se javlja tijekom napada kariogenih bakterija. Inhibicija demineralizacije fluoridima pripisana je smanjenoj topljivosti cakline uslijed ugradnje fluoridnih iona u kristalnu

rešetku cakline u obliku fluorapatita. U prisutnosti fluoridnih iona, hidroksilni ioni iz hidroksiapatita mogu se njima zamijeniti i dati fluoroapatit.

Antikarijesna aktivnost fluorida javlja se i nakon primjene topikalnih fluorida. Stvaraju depo ione tako što formiraju sloj kalcijevog fluorida na površini zuba. Povećana dostupnost ovih iona tijekom kariogene aktivnosti može potaknuti remineralizaciju i smanjiti sklonost demineralizaciji.

Cention N oslobađa i hidroksilne ione koji mogu neutralizirati pojavu kiselosti (regulacija pH) uzrokovanu prisutnošću kariogenih bakterija (40).

#### **4.2.2. Smanjivanje stresa skupljanja**

S obzirom na to da je Cention N samostvrđavajući materijal, dubina stvrđavanja zapravo je neograničena. Ovaj je materijal dizajniran za brzo i jednostavno nanošenje u jednom sloju (bulk). Zbog toga je bitno da pokazuje malo polimerizacijsko skupljanje i malu silu skupljanja. Problemi povezani s polimerizacijskim skupljanjem mogu uključivati marginalnu diskoloraciju, rubne pukotine, pucanje i preosjetljivost. Cention N sadrži posebno patentirano punilo (djelomično silanizirano) koje zadržava stres skupljanja na minimumu. *Isofiller*, koji se nalazi i u bulk kompozitu, djeluje kao sredstvo za ublažavanje sile skupljanja, dok je omjer organskog i anorganskog, zajedno sa sastavom monomera materijala, odgovoran za nisko volumetrijsko skupljanje.

Kad se materijal polimerizira, monomerni lanci koji se nalaze na punilima zajedno sa silanima započinju proces umrežavanja, a sile između punila dolaze u kontakt i prebacuju silu naprezanja na zidove kaviteta. Na ovaj stres utječu volumetrijsko skupljanje i modul elastičnosti. Visoki modul elastičnosti označava neelastičnost, a nizak modul označava veću elastičnost materijala. Zbog niskog modula elastičnosti, koji iznosi 10 GPa, sredstvo za ublažavanje stresa djeluje kao opruga. Ono se širi dok su sile između punila rasle tijekom polimerizacije. Standardna punila inače imaju veći modul elastičnosti u iznosu od 71 GPa.

Silani vezani za čestice punila poboljšavaju vezu između anorganskog punila (staklo i kvarc) i monomerne matrice jer imaju sposobnost ostvarivanja kemijske veze (40).

### **4.2.3. Polimerizacija**

Cention N samostvrdnjavajući je materijal s opcionalnim svjetlosnim stvrdnjavanjem. Kad se materijal koristi kao samostvrdnjavajući, zamiješa se i unosi u kavitet, kondenzira i oblikuje te ostavi 4 minute.

Sustavi za samostvrdnjavanje sastavljeni su od dviju komponenta koje su odvojene u zasebna pakiranja kako bi se spriječile bilo kakve prijevremene reakcije. Proces samostvrdnjavanja temelji se na inicijatorskom sustavu koji se sastoji od soli bakra, peroksida i tiokarbamida.

Nakon miješanja praha i tekućine te postavljanja u kavitet, započinje proces samostvrdnjavanja. Međutim, zbog brzine i praktičnosti, smatra se povoljnim koristiti polimerizacijsko plavo svjetlo. Cention N sadrži fotoinicijator Ivocerin® i inicijator acil fosfin oksid za svjetlosnu polimerizaciju. Ivocerin je žute boje koja je komplementarna na plavo svjetlo (40).

### **4.3. Primjena**

Cention N materijal je za izradu direktnih restauracija, dostupan u A2 nijansi. Namijenjen je za sanaciju mliječnih zuba i u izradi kaviteta I., II. I V. razreda. Otpušta fluoride, kalcij i hidroksilne ione. Kao materijal s dvostrukim stvrdnjavanjem (samostvrdnjavajući i svjetlosno polimerizirajući) može se koristiti i kao bulk materijal. Opcionalno svjetlosno stvrdnjavanje provodi se plavim svjetlom valne duljine 400 - 500 nm.

Ovaj se materijal može koristiti s ili bez adheziva. Ako se koristi bez adheziva, nije potrebno prethodno jetkati zub, ali je potrebna retencijska priprema. Ona je slična pripremi kaviteta za amalgam - rubovi cakline ne smiju se zakošavati i ne smije biti podminiranih područja. Ako se pak koristi s adhezivom, onda je priprema kaviteta poštenija i sličnija suvremenim principima preparacije gdje se nastoji očuvati čim više zdravog tvrdog zubnog tkiva (40).

Uz sve navedene prednosti, valja spomenuti i njegovu financijsku dostupnost.



Slika 1. Amalgamski ispun

Preuzeto s dopuštanjem autora izv. prof. dr. sc. Vlatka Pandurića.



Slika 2. Ispun Centionom N

Preuzeto s dopuštanjem autora izv. prof. dr. sc. Vlatka Pandurića.



Slika 3. Ispun izrađen od SIC-a  
Preuzeto s dopuštenjem autora izv. prof. dr. sc. Vlatka Pandurića.



Slika 4. Ispun Centionom N  
Preuzeto s dopuštenjem autora izv. prof. dr. sc. Vlatka Pandurića.





Amalgami su materijali za izradu ispuna čiji korijeni sežu daleko u povijest, u vrijeme vladavine kineske dinastije Tang, kad su pronađeni i prvi zapisi o njima. To su legure srebra, kositra, bakra i žive. Neosporive su činjenice da je to povoljan materijal, jednostavan za korištenje, koji ne iziskuje kompliciranu opremu za rad. Može se unijeti u kavitet u jednom sloju, što ubrzava samu izradu ispuna, ali i pacijentovo vrijeme provedeno u ordinaciji. Ipak, amalgami imaju i mnogo nedostataka. Iziskuju geometrijski pravilni kavitet, pri čemu se uklanja mnogo zdravog zubnog tkiva, ali i svojom se sivom bojom ne uklapaju u estetske standarde današnjice, posebice ne u području prednjih zuba. Također, česta je pojava i rubna pukotina između materijala te zubnog tkiva, što posljedično dovodi do sekundarnog karijesa.

Iako imaju dosta nedostataka, jedan je i dan danas aktualan – živa u sastavu amalgama. Još od 19. stoljeća upitna je štetnost žive u ovom materijalu. Iako govorimo o elementarnoj živi koja nije toksična, rasprave oko toga i danas se vode.

Zbog mnoštva nedostataka amalgama, pojavila se potreba za pronalaskom alternativnih materijala poboljšanih svojstava. Kao takvi, prvi su se pojavili kompoziti; materijali bijele boje koji dolaze u više nijansi pa se lako mogu prilagoditi boji zuba. Time proširuju svoj spektar indikacija za korištenje i postaju materijal izbora za sanaciju ne samo stražnjih već i prednjih zuba. Uz boju, najveći korak unaprijed bio je u preparaciji kaviteta. Poštednija preparacija i kavitet u negeometrijskom obliku pojednostavljuju izradu ispuna, a sidrenje materijala i dalje je zadovoljavajuće zbog korištenja adhezijskih sustava. Materijal se nanosi u tanjim slojevima, do 2 milimetra, a stvrdnjavanje je svjetlosno. Dolaze kao smole pakirane u plastične tube, što uvelike pojednostavljuje uporabu.

Nakon kompozita, na tron su zasjeli staklenoionomerni cementi; dvokomponentni sustavi koji dolaze u obliku praha i tekućine, ali i u kapsuliranom obliku. Preparacija je ista kao i za kompozitne smole, a moguće ih je koristiti i kod vrlo dubokih preparacija zbog svoje sposobnosti otpuštanja fluorida, čime sprječavaju nastanak sekundarnog karijesa, ali i potiču remineralizaciju tkiva. To su materijali dvostrukog stvrdnjavanja koji, isto kao i kompoziti, zahtijevaju uporabu adhezijskih sustava. Unatoč bijeloj boji, estetski nisu prihvatljivi kao kompoziti.

Prošle godine (2018.) pojavili su se materijali koje kategoriziramo kao podvrstu kompozita. Govorimo o Cention N dvokomponentnom sustavu. On isto dolazi u obliku praha i tekućine, ali postoji i u kapsuliranom obliku. Ovaj materijal sadrži pozitivne strane svih dosad spomenutih.

Boja je estetski prihvatljiva, ali se može pohvaliti i vrlo dobrom translucencijom. Uz fluoridne ione, otpušta i kalcijeve te hidroksile ione, što potiče remineralizaciju, a suzbija demineralizaciju zubnog tkiva. Cention N djeluje i kao depo preparat. Konstantno otpušta ione i time održava neutralan pH u ustima unatoč pojavi kariogenih bakterija.

Iako se koristi s adhezijskim sustavom, može se koristiti i bez njega. To ovaj materijal približava amalgamu. Ako se koristi adhezijski sustav, preparacija je jednaka kao za kompozitne smole i SIC-e, a ako se ne koristi, onda je preparacija bez zakošenih rubova, bez podminiranih područja te što pravilnija. Ovo je i dvostruko stvrđnjavajući materijal, dakle svjetlosna je polimerizacija opcionalna.



Iako je Cention N sličan amalgamu i SIC-u u smislu jednoslojnog nanošenja (bulk), mogućem korištenju bez adheziva i sposobnosti samostvrdnjavanja, sadrži određene prednosti nad tim materijalima, ali je i financijski vrlo dostupan.

Cention N zapravo je unapređenje materijala za ispune - nanošenje u jednom sloju (bulk), oslobađanje iona, trajnost ispuna nakon dvostrukog stvrdnjavanja, estetika boje. Kombinacijom tih svojstava zadovoljstvo pacijenta i stomatologa neće izostati.

U raznim *in vitro* istraživanjima koja su provedena, zaključuje se da je Cention N materijal sa sposobnošću otpuštanja hidroksilnih iona te iona fluora i kalcija tijekom duljeg vremenskog perioda, da dugotrajno održava čvrstoću na savijanje te nije sklon značajnim dimenzijskim promjenama. Kad se miješao u malo drugačijim omjerima, razlike su u čvrstoći savijanja i skupljanju zanemarive, tj. materijal se pokazao lakim za korištenje i neosjetljivim na preciznost miješanja. Cention N dolazi i u obliku kapsule.

Materijal se jednako dobro stvrdnjava pod svjetlom, ali i bez njega, samostvrdnjavanjem. Radioopaktan je, dobro se uklapa u strukturu okolnog tkiva te je translucetniji od standardnih SIC-a. Cention N vidljivo smanjuje demineralizaciju cakline.

Za kraj možemo reći da je Cention N estetski snažan, dvostruko stvrdnjavajući materijal, jednostavan za korištenje, a pritom i otpušta ione.



1. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *The Lancet*. 2007;369(9555):51–9.
2. Ciglar I, Škaljac G, Buntak-Kobler D, Prpić-Mehičić G. Čimbenici zubnoga kvara U: Šutalo J i sur. *Patologija i terapija tvrdih zubnih tkiva*. Zagreb: Naklada Zadro; 1994. str. 129-30.
3. Anić I, Šutalo J. Temeljna načela izradbe kaviteta U: Šutalo J i sur. *Patologija i terapija tvrdih zubnih tkiva*. Zagreb: Naklada Zadro; 1994. str. 341-6.
4. Schauerl Z, Alar Ž. Uvod u materijale U: Mehulić K i sur. *Dentalni materijali*. Zagreb: Medicinska naklada; 2017. str. 2.
5. Galić N, Prpić-Mehičić G. Dentalni amalgami U: Mehulić K i sur. *Dentalni materijali*. Zagreb: Medicinska naklada; 2017. str. 128-38.
6. Molin C. Amalgam - Fact and Fiction, *Scand J Res* 1992; 100:66-73.
7. Wirz J, Leupin T, Schmidli F. Moderne amalgame - Politur und Korosionsverhalten in In vitro- Versuch. *Quintessenz* 1990;7:1129-44.
8. Craig R i sur. *Restorative dental materials*. St Louis, Toronto, Princeton: CV Mosby Company, 1985; 198-224.
9. Phillips R, Skinners W. *Science of dental materials*. Philadelphia: WB. Saunders Co. 1982.
10. Bengel W. Amalgam-Werkstoff und Klinik. *Quintessenz*. 1990; 7:1129-44.
11. Brown D. The Development of Improved Amalgam Alloys. *Br Dent J* 1984; 157:427-31.
12. McCombe N i sur. *Zahnärztliche Werkstoffe*. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 1984; 85-175.
13. Eversole L R, Ringer M. The role of dental restorative materials in the pathogenesis of oral lichen planus. *Oral Surg* 1984; 57:383-7.
14. Amalgamtätowierung. *Quintessenz* 1990; 12:2047.
15. Owens B M et al. Oral Amalgam Tattoos: A Diagnostic Study. *Compend Contin Educ Dent* 1993; Vol. XIV, No 2:210-5.
16. Lussi A i sur. Toxikologie der Amalgame. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1989; 99:55-8.
17. Müller-Fahlbusch H, Wohning Th. Psychosomatische Untersuchung der mit Amalgamfüllungen in Verbindung gebrachten Beschwerden. *Dtsch Zahnärztl Z* 1983; 38:665-9.
18. Hinoura K, Setcos JC, Philips RW. Cavity design and placement techniques for Class 2 composites. *Oper Dent* 1988;13:12-9.

19. Barnes DM, Blank LW, Thompson VP, Holston AM, Gimgell JC. A 5-and 8-year clinical evaluation of a posterior composite resin. *Quintessence Int* 1991;22:143-51.
20. Douvitsas G. Effect of cavity design on gap formation in Cladd II composite resin restorations. *J Prosthet Dent* 1991;65:475-9.
21. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br Dent J.* 1972;132(4):133-5.
22. McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. *Quintessence Int.* 1994;25(9):587-9.
23. Šutalo J. Materijali za trajne ispune kaviteta. U: Šutalo J i sur. *Patologija i terapija tvrdih zubnih tkiva.* Zagreb: Naklada Zadro; 1994. str. 321-7.
24. Pavelić B. Staklenoionomerni cementi – provjerite i nadopunite Vaše znanje. *Sonda.* 2004;10:39-42.
25. Yip HK, Tay FR, Ngo H, Smales RJ, Pashley DH. Bonding of contemporary glass ionomer cements to dentin. *Dent. Mater.* 2001;17(5):456-70.
26. Delbem AC, Pederini D, Franca JG, Machado TM. Fluoride release/recharge from restorative material-effect of fluoride gels and time. *Operative Dentistry.* 2005;30(6) 690-5.
27. Weigand A, Buchalla W, Attin T. Review on fluoride-releasing restorative materials – Fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation *Dent Mater.* 2007;23(3):343-62.
28. Pelka M, Ebert J, Schneider H, Kramer N, Petschelt A. Comparison of two-and threebody wear of glass-ionomers and composites. *Eur J Oral Sci.* 1996;104(2):132-7.
29. Bashetty K, Joshi S. The effect of one-step and multi-step polishing systems on surface texture of two different resin composites. *J Conserv Dent.* 2010;13(1):34-8.
30. Filho HN, D'Azevedo MTF, Drumond NH, Marsola FP. Surface roughness of composite resins after finishing and polishing. *Braz Dent J.* 2003;14(1):37-41.
31. Rios D, Honório HM, Araújo PA, Machado MAA. Wear and superficial roughness of glass ionomer cements used as sealants, after simulated toothbrushing. *Braz Oral Res.* 2002;16(4):343-8.
32. Rao V, Reddy VV. An in vitro comparative evaluation of tensile bond strength at the two interfaces of the sandwich technique. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 1995;13(1):10-2.

33. Van Dijken JW, Kieri C, Carlen M. Longevity of extensive Class II open-sandwich restorations with a resin-modified glass-ionomer cement. *J Dent Res.* 1999;78(7):1319-25.
34. Strand GV, Nordbo H, Tveit AB, Espelid I, Wikstrand K, Eide GE. A 3-year clinical study of tunnel restorations. *Eur J Oral Sci.* 1996;104(4):384-9.
35. Jones SE. The theory and practice of internal tunnel restorations: a review of the literature and observations on clinical performance over eight years in practice. *Prim Dent Care.* 1999;6(3):93-100.
36. Watson T, Sidhu S, Griffith. Glass ionomers versus composites at the tooth interface. In: Hunt P. *Glass ionomers: The next generation. Proceeding of the 2nd International symposium on glass ionomers: Philadelphia, PA. International Symposia in dentistry;1994.* p. 123-9.
37. Koch G, Poulsen S. Developmental defects of the dental hard tissues and their treatment. *Pediatr Dent.* 2012;14:273-300.
38. Nicholson WJ, Czarnecka B. The biocompatibility of resin modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dent Mater.* 2008;24(12):1702-8.
39. Riberio AA, Purger F, Rodrigues JA, Oliveira PR, Lusii A, Monteiro AH, Alves HD, Assis JT, Vasconcellos AB. Influence of contact points on the performance of caries detection methods in approximal surface of primary molars: an in vivo study. *Caries Res.* 2015;49(2):99-108.
40. Scientific Documentation: Cention N <https://www.ivoclarvivadent.in/p/all/cention-n> (Pristupljeno 21.6.2019.)



## **8. ŽIVOTOPIS AUTORA**

Sara Brdarić rođena je 17. ožujka 1994. godine u Zagrebu. Nakon završene osnovne škole Otok, upisuje I. gimnaziju u Zagrebu. Godine 2013. upisuje Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom studija pohađa brojne stomatološke kongrese te četiri godine asistira u nekoliko privatnih stomatoloških ordinacija.