

UNIVERZITET U BEOGRADU
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Tamara M. Sinobad

**EVALUACIJA FOTOMETRIJSKIH METODA
U ISPITIVANJU DIMENZIONALNE
STABILNOSTI ELASTOMERNIH
OTISNIH MATERIJALA**

Doktorska disertacija

Beograd, 2016.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF DENTISTRY

Tamara M. Sinobad

**EVALUATION OF PHOTOMETRIC METHODS
IN ASSESSMENT OF DIMENSIONAL
STABILITY OF ELASTOMERIC
IMPRESSION MATERIALS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016.

Mentor:

Profesor dr Kosovka Obradović-Đuričić
Univerzitet u Beogradu - Stomatološki fakultet

Komentor:

Docent dr Zoran Nikolić
Univerzitet u Beogradu - Fizički fakultet

Članovi komisije:

1. Profesor dr Slobodan Dodić, Univerzitet u Beogradu - Stomatološki fakultet
2. Profesor dr Vojkan Lazić, Univerzitet u Beogradu - Stomatološki fakultet
3. Profesor dr Dušan Popović, Univerzitet u Beogradu - Fizički fakultet

Datum javne odbrane doktorske disertacije: _____

Ovu doktorsku disertaciju posvećujem mom zlatu, sinu Iliji, koji je ključna osoba u mom životu i koji predstavlja glavni izvor moje životne i stvaralačke energije.

ZAHVALNICA

Zadovoljstvo mi je da se zahvalim svima koji su mi pomogli u izradi ove doktorske disertacije.

Neizmerno se zahvaljujem mentoru, prof. dr. Kosovki Obradović-Đuričić, na profesionalnom i ljudskom pristupu mentorskom poslu, stručnom usmeravanju u toku rada, iskrenoj podršci i bezgraničnom poverenju, što mi je pomoglo da istrajem do kraja. Uvek je verovala u mene, podržala moju ideju o temi ove doktorske disertacije i usmeravala ka cilju. Hvala joj što je i u mojim prelomnim životnim trenucima bila uz mene.

Izuzetnu zahvalnost dugujem i komentoru, doc. dr. Zoranu Nikoliću, koji je prihvatio i saglasio se sa mojim izborom teme ove doktorske disertacije i tokom naučnog rada u inspirativnoj i podsticajnoj atmosferi doprineo da zaokružim čitav proces rada. Svojim bogatim znanjem i profesionalnim savetima usmeravao me je tokom realizacije ovog istraživanja. Zahvaljujem mu se na stručnoj saradnji, uloženom vremenu i trudu i pomoći u statističkoj obradi podataka.

Posebnu zahvalnost dugujem prof. dr. Slobodanu Dodiću na izuzetnom razumevanju, dragocenim sugestijama i stručnoj pomoći.

Iskreno se zahvaljujem prof. dr. Vojkanu Laziću na stalnom interesovanju, stručnoj saradnji i korisnim savetima.

Zahvaljujem se prof. dr. Dušanu Popoviću na posvećenju pažnji, vremenu i stručnim savetima.

Beskrajnu zahvalnost dugujem i svojoj voljenoj, dragoj porordici, suprugu Vladimiru i sinu Iliji, na velikoj ljubavi, ogromnom razumevanju i izuzetnoj podršci.

Od sveg srca želim da se zahvalim milim, voljenim roditeljima, mami Biljani i tati Milanu, jer su mi kao "tandem" davali vetar u leđa i činili da uvek budem sigurna i bezbrižna. Njihova ljubav je nezamenljiva, njihova podrška je nemejljiva.

Iskreno želim da se zahvalim i dragom, voljenom bratu Veljku koji mi uvek nesebično pruža ogromnu podršku i pomoć, a posebno mu se zahvaljujem na pažnji i toploj bratskoj ljubavi.

Dr Tamara Sinobad

EVALUACIJA FOTOMETRIJSKIH METODA U ISPITIVANJU DIMENZIONALNE STABILNOSTI ELASTOMERNIH OTISNIH MATERIJALA

REZIME

U stomatologiji se otisni materijali upotrebljavaju za reprodukciju oblika i odnosa zuba i okolnih oralnih tkiva, a dobijeni otisci se koriste za izradu dijagnostičkih i master modela. Dimenzionalna stabilnost elastomernih otisnih materijala u različitim uslovima, važan je faktor koji direktno utiče na preciznost i trajnost indirektno izrađenih definitivnih zubnih nadoknada. Definiše se kao sposobnost materijala da zadrži svoju veličinu i oblik tokom vremena.

Cilj ovog istraživanja je ispitivanje različitih mogućnosti originalnih fotometrijskih metoda u proceni dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala i utvrđivanje njihove efikasnosti i preciznosti u poređenju sa referentnom metodom koju preporučuju važeći standardi za elastomerne otisne materijale u stomatologiji (ISO 4823:2000, ANSI/ADA Specifikacija br.19).

Za potrebe ovog istraživanja korišćeno je pet elastomernih otisnih materijala: dva kondenzaciona silikona (Oranwash L–Zhermack i Xantopren L blue–Heraeus Kulzer), dva adicione silikona (Elite HD+ light body–Zhermack i Variotime Light Flow–Heraeus Kulzer) i jedan polietar (Impregum™ Soft 3M ESPE). Uzorci ispitivanih otisnih materijala dobijeni su iz specijalne modle od nerđajućeg čelika koja je izrađena prema preporukama važećih standarda. Dimenzionalna stabilnost otisnih materijala ispitana je u zavisnosti od vremena (5min, 30min, 60min i 24h od momenta odvajanja otiska od modle), pri temperaturama od 23°C, 35°C i 40°C, kao i pod uticajem različitih dezinficijenasa (5,25% NaOCl, glutaraldehid, benzalkonijum hlorid –Sterigum i sprej na bazi etanola i izopropanola – Zeta 7).

Ispitivanje dimenzionalne stabilnosti elastomera u zavisnosti od različitih faktora vršeno je shodno metodi koju preporučuje standard ISO 4823 i originalnim fotometrijskim metodama. Standardna metoda podrazumeva odgovarajući postupak merenja referentnog rastojanja (d_1-d_2) između vertikalnih žlebova na pozicioniranoj standardizovanoj modli, odnosno na uzorku otisnog materijala, korišćenjem mikroskopa preciznosti 0,01mm. Fotometrijske metode se zasnivaju na specijalnim metodama obrade digitalne fotografije u kolorimetrijskom i fotometrijskom domenu, kao i metodama za prepoznavanje oblika – “pattern recognition“ metodama. Korišćenjem Remote Capture opcija softverskog paketa, koji je prilagođen fotoaparatu Canon PowerShot G9 (12 megapiksela, 2 fps, 6x/24x), akvizicija podataka je realizovana automatski, sa računara Lenovo ThinkPad T530 - Intel i5 2.5 GHz, SSD HyperX Fury 120 GB, - MS 7 Professional 64 i Fujitsu Siemens V3205 - Intel CD 1.6 GHz, Transcend SSD370 - MS 7 Professional. Uzastopnim merenjem istovetnih otisaka dobijene su vremenske serije fotografija istog otiska. Evaluacija fotometrijskih metoda omogućena je uvođenjem novog modela merenja, variranjem brojnih parametara kako u softverskom tako i u eksperimentalnom domenu.

Rezultati dobijeni komparativnom analizom dve primenjene metode u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomera, pokazali su da postoji veoma mala statistički značajna razlika između dve ispitivane grupe u funkciji vremena ($p=0,103$, $F=2,02$), kao i u funkciji vremena i temperature ($p=0,095$, $F=2,12$). U individualnim merenjima pojedinih uzoraka zapažaju se nešto veće vrednosti dimenzionalnih promena kod metode prema ISO 4823 u odnosu na fotometrijske metode ispitivanja. Kod ispitivanja dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala u funkciji vremena i primenjenog dezinficijensa, pokazalo se da ne postoji statistički značajna razlika između dve ispitivane grupe ($p=0,145$, $F=1,60$). Rekalibrisani sistem u softverskom pogledu uz uvođenje funkcionalne zavisnosti navedenih metoda i ponovljen postupak razvrstavanja po grupama pokazuje da nema statistički značajne razlike između ispitivanih metoda u zavisnosti od vremena ($p=0,307$, $F=1,24$), u zavisnosti od vremena i temperature ($p=0,300$, $F=1,30$), kao i u funkciji dezinficijensa ($p=0,401$, $F=1,05$). Ovim je pokazano da su u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomera, ukoliko se sprovede dodatna rekalibracija, fotometrijske metode pogodne da supstituišu referentnu metodu ISO 4823.

Dimenzionalna stabilnost svih ispitivanih materijala tokom perioda od 24h, bez obzira na temperaturu i dezinficijens, bila je u okviru dozvoljene granice od 1,5% po ISO standardu. Podjednako su pouzdani rezultati dobijeni metodom prema ISO 4823 i fotometrijskim metodama, ali su fotometrijske metode preciznije, lakše za implementaciju, portabilnije, detektuju promene na celoj površini elastomernog otiska, analiza promena je trodimenzionalna i prilaze svakom mogućem uzorku otisnog materijala, što znači da imaju širu primenu nego standardna metoda (ISO 4823). Ukoliko se sprovede dodatna recalibracija, fotometrijske metode su pogodne da supstituišu referentnu metodu prema ISO 4823 u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala.

Ključne reči: dimenzionalna stabilnost, stomatološki materijali za otiske, silikoni, polietar, dezinfekcija, standardi, fotometrijske metode

Naučna oblast: Kliničke stomatološke nauke

Uža naučna oblast: Stomatološka protetika

UDK: 615.46:616.314-7(043.3)

EVALUATION OF PHOTOMETRIC METHODS IN ASSESSMENT OF DIMENSIONAL STABILITY OF ELASTOMERIC IMPRESSION MATERIALS

ABSTRACT

Dental impression materials are used to reproduce the form and relations of teeth and surrounding oral tissues, and the impressions are used for fabricating diagnostic and master casts. Dimensional stability of elastomeric impression materials under various conditions, is pivotal factor for the accuracy and durability of the final prosthetic restorations. It is defined as the ability of a material to retain its size and form over time.

The aim of this study was to evaluate different possibilities of the original photometric methods in assessment of dimensional stability of elastomeric impression materials and to determine their efficiency and precision in comparison with the reference method recommended by the valid standards for dental elastomeric impression materials (ISO 4823:2000, ANSI/ADA Specification No.19).

Five elastomeric impression materials were used in this study: two condensation silicones (Oranwash L - Zhermack and Xantopren L blue - Heraeus Kulzer), two addition silicones (Elite HD + light body - Zhermack and Variotime Light Flow - Heraeus Kulzer) and one polyether (Impregum™ Soft 3M ESPE). A specific stainless steel test block, made according to the recommendations of ISO standard, was used for the fabrication of the samples of tested impression materials. Dimensional stability of the impression materials was examined as a function of time (5min, 30min, 1h and 24h after removal from the test block) at the temperatures of 23°C, 35°C and 40°C. The effect of each applied disinfectant (5.25% NaOCl, glutaraldehyde, benzalkonium chloride – Sterigum and aerosol with ethanol and isopropanol - Zeta 7) was tested as well.

Testing of dimensional stability of elastomers, depending on various factors, was performed according to the standard method (ISO 4823) and the original photometric methods. The standard method is a specific method of measurement the reference distance (d1-d2) between the vertical lines on the positioned test block and on the samples of the elastomeric impressions, using a microscope with a precision of 0.01 mm. Photometric methods are based on special methods of processing of digital images in colorimetric and photometric domain, as well as pattern recognition methods. Data acquisition was carried out with a Canon PowerShot G9 camera (12 megapixels, 2 fps, 6x/24x), and automated with the computer Lenovo ThinkPad T530 - Intel i5 2.5 GHz, SSD HyperX Fury 120 GB - MS 7 Professional 64 and Fujitsu Siemens V3205 - 1.6 GHz Intel CD, Transcend SSD370 - MS 7 Professional, by using Remote Capture software package. Identical impressions consecutive measurements were realized, and time-depending series of images of the same impression were initially obtained. Evaluation of photometric methods was improved with new model of measurement, by varying a number of parameters in both the software and the experimental domain.

The results obtained by comparative analysis of both methods applied in testing of dimensional stability of elastomers, have shown the existence of little significant difference of the obtained dimensional changes between the two study groups in function of time ($p = 0.103$, $F = 2.02$), as well as in function of time and temperature ($p = 0.095$, $F = 2.12$). Testing the dimensional stability of elastomeric impression materials depending on time and applied disinfectant, hasn't shown statistically significant difference between the two study groups ($p = 0.145$, $F = 1.60$). Individual measurements of the particular samples according to standard method (ISO 4823) have shown slightly higher values of dimensional changes compared to photometric methods. Recalibrated system in software domain and the introduction of the functional dependence of these methods and the repeated process of classification by groups shows no statistically significant differences between the tested methods depending on time ($p = 0.307$, $F = 1.24$), time and temperature ($p = 0.300$, $F = 1.30$), and disinfectant as well ($p = 0.401$, $F = 1.05$). This demonstrates that, if further recalibration is carried out, photometric methods are suitable to substitute the standard method (ISO 4823) in testing of dimensional stability of elastomers.

The dimensional stability of all tested materials was within ISO standard's acceptable limit of 1.5%, throughout the 24h test period, regardless of the temperature and disinfectant. The results obtained by standard method, as described in ISO 4823, and photometric methods are equally reliable, but the photometric methods are more accurate, easier to apply, more portable, changes can be detected on the entire surface of the elastomeric impression, analysis of changes is three-dimensional and each sample shape of the impression can be measured, which means they have a wider application than standard method (ISO 4823). If additional recalibration is carried out, photometric methods are suitable to substitute the referential method according to ISO 4823 in testing of dimensional stability of elastomeric impression materials.

Keywords: dimensional stability, dental impression materials, silicones, polyether, disinfection, standards, photometric methods

Scientific field: Clinical Dental Sciences

Field of academic expertise: Prosthetic Dentistry

UDC: 615.46:616.314-7(043.3)

SADRŽAJ

UVOD.....	1
1. OTISNI MATERIJALI KOJI SE KORISTE U STOMATOLOGIJI.....	3
1.1. Istorijat.....	3
1.2. Podela otisnih materijala	6
1.3. Osobine elastomernih otisnih materijala (hemijski sastav, polimerizacija, radno vreme, vreme vezivanja, vreme polimerizacije, primena).....	7
1.4. Faktori koji utiču na dimenzionalnu stabilnost elastomernih otisnih materijala	26
2. DEZINFEKCIJA OTISNIH MATERIJALA	39
3. METODE ISPITIVANJA DIMENZIONALNE STABILNOSTI ELASTOMERNIH OTISNIH MATERIJALA	43
3.1. Prva ispitivanja dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala.....	43
3.2. Najnovije metode ispitivanja dimenzionalne stabilnosti elastomera.....	46
3.3. Ispitivanje dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala po preporuci Međunarodne organizacije za standarde (ISO 4823:2000)	52
4. HIPOTEZA I CILJ ISTRAŽIVANJA.....	56
5. ZADACI.....	57
6. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA.....	59
6.1. MATERIJAL.....	59
6.1.1. Ispitivani materijali.....	59
6.1.2. Izrada otisaka iz standardizovane modle (ISO 4823:2000).....	61
6.1.3. Ispitivani dezinficijensi.....	65
6.2. METODE ISTRAŽIVANJA	66
6.2.1. Merenje prema ISO 4823:2000	66
6.2.2. Fotometrijske metode i spektralna analiza (FFT).....	69
6.2.2.1. Eksperimentalna postavka	69
6.2.2.2. Postupci merenja.....	70

6.2.2.3. Kalibracija u eksperimentu	74
6.2.2.4. Mere nesličnosti fotografija.....	75
6.2.2.5. Opis mehanizama za utvrđivanje mera nesličnosti fotografija.....	76
6.2.2.6. Modifikacije uvedene u fotometrijske metode	77
6.2.3. Statističko predprocesiranje podataka dobijenih navedenim analizama	81
6.2.4. Korišćena softverska rešenja u statističkim obradama podataka.....	83
7. REZULTATI	84
7.1. Procena dimenzionalne stabilnosti ispitivanih otisnih materijala u funkciji vremena shodno metodi koju preporučuje ISO 4823	84
7.1.1. Statistička analiza	89
7.2. Procena dimenzionalne stabilnosti ispitivanih otisnih materijala u funkciji vremena fotometrijskim metodama.....	90
7.2.1. Statistička analiza	94
7.3. Ispitivanje uticaja različitih dezinficijensa na dimenzionalnu stabilnost elastomernih otisnih materijala shodno preporukama ISO 4823.....	95
7.3.1. Dezinficijens Sterigum	95
7.3.2. Dezinficijens 5,25% NaOCl	99
7.3.3. Dezinficijens Zeta 7.....	103
7.3.4. Statistička analiza	107
7.3.4.1. Dezinficijens Sterigum	107
7.3.4.2. Dezinficijens 5,25% NaOCl	107
7.3.4.3. Dezinficijens Zeta 7.....	108
7.3.4.4. Između dezinficijensa	108
7.4. Ispitivanje uticaja različitih dezinficijensa na dimenzionalnu stabilnost elastomernih otisnih materijala fotometrijskim metodama	109
7.4.1. Dezinficijens Sterigum	109
7.4.2. Dezinficijens 5,25% NaOCl	113
7.4.3. Dezinficijens Zeta 7.....	117
7.4.4. Statistička analiza	121
7.4.4.1. Dezinficijens Sterigum	121
7.4.4.2. Dezinficijens 5,25% NaOCl	121
7.4.4.3. Dezinficijens Zeta 7.....	122
7.4.4.4. Između dezinficijensa	122
7.5. Procena dimenzionalne stabilnosti ispitivanih otisnih materijala u zavisnosti od temperature shodno metodi koju preporučuje ISO 4823	123
7.5.1. Temperatura od 23°C	125
7.5.2. Temperatura od 35°C	126
7.5.3. Temperatura od 40°C	127
7.5.4. Statistička analiza	129
7.5.4.1. Temperatura od 23 °C	129
7.5.4.2. Temperatura od 35 °C	129
7.5.4.3. Temperatura od 40 °C	130
7.5.4.4. Između temperatura	130

7.6. Ispitivanje dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala u zavisnosti od temperature fotometrijskim metodama.....	131
7.6.1. Temperatura od 23°C	133
7.6.2. Temperatura od 35°C	134
7.6.3. Temperatura od 40°C	135
7.6.4. Statistička analiza	137
7.6.4.1. Temperatura od 23°C	137
7.6.4.2. Temperatura od 35°C	137
7.6.4.3. Temperatura od 40°C	138
7.6.4.4. Između temperatura	138
7.7. Variranje čipa upotrebom različitih fotoaparata pri merenjima fotometrijskim metodama.....	139
7.7.1. Statistička analiza	141
7.8. Variranje ambijentalne osvetljenosti prilikom akvizicije podataka fotometrijskim metodama kod upotrebe fotoaparata Canon G9	142
7.8.1. Statistička analiza	144
7.9. Variranje ugla pod kojim je obavljena akvizicija podataka fotometrijskim metodama kod upotrebe fotoaparata Canon G9 (90°, 60° i 30°).....	145
7.9.1. Statistička analiza	147
7.10. Variranje žižne daljine kod fotoaparata Canon G9 pri akviziciji podataka fotometrijskim metodama (70mm, 35mm).....	148
7.10.1. Statistička analiza	150
7.11. Variranje kolorita pozadine pri akviziciji podataka fotometrijskim metodama kod fotoaparata Canon G9 (white, yellow, orange).....	151
7.11.1. Statistička analiza	154
7.12. Komparativna analiza rezultata dobijenih fotometrijskim metodama i metodom prema ISO 4823	155
7.12.1. Komparativna analiza rezultata dobijenih fotometrijskim metodama i metodom prema ISO 4823 za ispitivane vremenske intervale (5min, 30min, 60min i 24h) pri temperaturi od 23°C.....	155
7.12.2. Komparativna analiza rezultata dobijenih fotometrijskim metodama i metodom prema ISO 4823 za ispitivane vremenske intervale (5min, 30min, 60min i 24h) pri temperaturi od 35°C.....	156
7.12.3. Komparativna analiza rezultata dobijenih fotometrijskim metodama i metodom prema ISO 4823 za ispitivane vremenske intervale (5min, 30min, 60min i 24h) pri temperaturi od 40°C.....	157
7.12.4. Komparativna analiza rezultata dobijenih fotometrijskim metodama i metodom prema ISO 4823 za ispitivani dezinficijens (Sterigum) 5min, 30min, 60min i 24h nakon dezinfekcije.....	158
7.12.5. Komparativna analiza rezultata dobijenih fotometrijskim metodama i metodom prema ISO 4823 za ispitivani dezinficijens (5,25% NaOCl) 5min, 30min, 60min i 24h nakon dezinfekcije.....	159

7.12.6. Komparativna analiza rezultata dobijenih fotometrijskim metodama i metodom prema ISO 4823 za ispitivani dezinficijens (Zeta 7) 5min, 30min, 60min i 24h nakon dezinfekcije	160
7.12.7. Statistička analiza	161
8. DISKUSIJA	163
8.1. DISKUSIJA REZULTATA	163
8.1.1. Vreme	163
8.1.2. Dezinficijensi	167
8.1.3. Temperatura	171
8.2. DISKUSIJA METODA	174
8.2.1. Komparativna analiza merenja po ISO 4823 i fotometrijskih merenja	181
9. ZAKLJUČCI	190
LITERATURA	192
BIOGRAFIJA	217

Pouzdanost ispitivanja nekog materijala zavisi od merenja, odnosno mernih instrumenata i standarda koji se moraju kontrolisati i unapređivati. (1)

UVOD

Otisni materijali se u stomatologiji koriste za reprodukciju oblika i odnosa zuba i okolnih oralnih tkiva, a otisci realizovani otisnim materijalima se upotrebljavaju za izradu dijagnostičkih i master modela. Za uspešnost i preciznost indirektno izrađenih zubnih nadoknada neophodno je obezbediti preciznu kopiju čvrstih i mekih struktura usne duplje. Od posebnog značaja za očuvanje preostale zubne supstance ispod nadoknade je preciznost demarkacije i očuvanje integriteta marginalnog ruba. Pokazalo se da 34,3% fiksnih nadoknada zahteva zamenu usled neadekvatnog rubnog zaptivanja i loše adaptacije nadoknada. (2) Preciznost uzetog otiska i njegova stabilnost u različitim uslovima predstavljaju osnovu za preciznost i trajnost definitivnih zubnih nadoknada. Na preciznost otisaka utiče veliki broj faktora među kojima je i pravilan izbor otisnog materijala. (3) Odabir otisnih materijala često zavisi od subjektivnog izbora stomatologa na osnovu ličnog afiniteta i iskustva sa određenim materijalom. Osnovne osobine koje treba da pokaže otisni materijal su: visoka sposobnost reprodukcije, biokompatibilnost, odnosno neškodljivost za ljudski organizam, hemijska inertnost u uslovima usne šupljine, dimenzionalna stabilnost u različitim uslovima koja je neophodna za izlivanje preciznih gipsanih modela na kojima će se izrađivati definitivne zubne nadoknade.

Takođe je neophodno da hemijski ne reaguju sa materijalom od koga se izliva radni model. Potrebno je da se lako pripremaju, da im je vreme vezivanja relativno kratko, da se ne lepe za tkiva koja otiskuju i da se mogu dezinfikovati. (4,5)

U savremenoj stomatološkoj praksi najčešće se u svrhu otiskivanja brušenih zuba koriste elastični otisni materijali, elastomeri, među kojima su najpoznatiji adicioni i kondenzacioni silikoni i polietri.

Otiskivanje u stomatologiji koje predstavlja rutinsku, ali veoma važnu proceduru za uspešnost definitivnih zubnih nadoknada je u isto vreme i neizvesno. Stomatolozi uvek sa nestrpljenjem iščekuju da vide da li otisak predstavlja adekvatan “negativ“ njihovog

rada. Uvek se postavlja pitanje da li je preparacija zuba korektna, da li je primenjena adekvatna tehnika za datu situaciju i da li je pravilno odabran otisni materijal.

Adekvatan izbor otisnog materijala je od velikog značaja jer na neki način utiče na sve ostale varijable. Postoje nedoumice vezane za izbor odgovarajućeg materijala, njegove klinički relevantne osobine i upotrebu. To se dodatno komplikuje činjenicom da postoji preko 40 brendova jednog istog tipa otisnog materijala koje distribuira oko 30 različitih kompanija. Marketing ponekad igra ključnu ulogu u izboru odgovarajućeg materijala.(6)

Dimenzionalna stabilnost je važan faktor koji direktno utiče na preciznost budućih zubnih nadoknada. U literaturi su opisane brojne metode ispitivanja dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala u zavisnosti od različitih faktora. Najpoznatija tehnika merenja je ona koju je postavila Međunarodna organizacija za standarde (ISO 4823:2000), odnosno Američka stomatološka asocijacija (ANSI/ADA Specifikacija br.19). (7,8) Ovim standardima su određene najpriznatije specifikacije o ponašanju elastomernih otisnih materijala. U skladu sa razvojem tehnologije, prva merenja u cilju procene dimenzionalne stabilnosti otisnih materijala vršena su pomoću mikroskopa i mikrometarskog zavrtnja. Uzorci ispitivanog elastomera izrađeni su pomoću modle koja je ista ili slična onoj opisanoj u referentnim standardima, kao i otiskivanjem različitih master modela koji simuliraju preparisane zube. Merenja su vršena na elastomernim otiscima ili na gipsanim modelima dobijenim iz otisaka. Razvojem digitalne tehnologije počinje akvizicija podataka sa računara i analiza fotografije visoke rezolucije.

Ovo istraživanje se bavi evaluacijom originalnih fotometrijskih metoda, kao i njihovih modifikacija i treba da ukaže na mogućnosti ovih metoda u proceni dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala. Sva ispitivanja treba da omoguće verodostojniji prikaz granica primenljivosti i utvrđivanje apsolutne tačnosti fotometrijskih metoda u poređenju sa metodom koju preporučuju važeći standardi.

1. OTISNI MATERIJALI KOJI SE KORISTE U STOMATOLOGIJI

1.1. Istorijat

Koncept otiskivanja anatomske-morfoloških struktura usne duplje u svrhu izrade modela na kojima se dizajniraju protetske nadoknade datira još iz ranog 18.veka. Namac, Philip Pfaff (1713-1766), stomatolog Frederika Velikog od Pruske, prvi je opisao tehniku otiskivanja oralnih tkiva pomoću voska koji je prethodno omekšan u toploj vodi, a pomoću tog otiska je izradio i model u gipsu. Prvu kašiku za otiskivanje uveo je 1820.godine francuski stomatolog C.F. Delabarre. Kašike su bile vrlo slične današnjim, napred su imale dršku, a izrađivane su od metala ili srebra. Omekšali vosak se plasirao u kašiku, a zidovi kašike su onemogućavali pritisak obraza na vosak. Po otiskivanju, kašika je vađena iz usta u pravcu zuba i potapana u hladnu vodu. Višak voska uklanja se nožićem, a zatim je kašika još jednom brzo postavljena na oralna tkiva. (9,10,11,12)

Do sredine 19.veka pčelinji vosak je bio jedini otisni materijal koji se koristio u stomatologiji. Procedura ovakvog načina otiskivanja sastojala se u adaptiranju zagrejanog voska na zube i okolna tkiva. U početku se to radilo prstima, ali zbog deformacije voska počeli su da se koriste držači voska, odnosno kašike za otiskivanje. Zatim je vosak hlađen i pažljivo uklanja iz usta.

Oko 1845. godine počinje upotreba gipsa kao otisnog materijala. Ne može se sa sigurnošću tvrditi ko je prvi upotrebio gips kao otisni materijal. Podjednake zasluge pripisane su Amos-u Westcott-u, W.H. Dwinelle-u i E.J.Dunning-u. (13,14) Gipsani otisci su uvek morali biti premazani nekim izolatorom (lakom) pre izlivanja gipsanog modela.

Korišćenje gutaperke za otiskivanje počinje 1848.godine. Potapana je u ključalu vodu, mešana, plasirana direktno u kašiku, a zatim u usta pacijenta dok se ne stegne, kada je vađena iz usta. Britanac, Charles Stent 1857.godine testirao je kombinacije različitih voskova i otkrio termoplastične mase za modelovanje slične onima koje su i danas u upotrebi. Iako je trebalo da one zamene čist vosak i gips, tek se u kasnim sedamdesetim godinama osetilo da će gips u budućnosti biti najvažniji otisni materijal. U 19.veku

veliko interesovanje se poklanja otiskivanju u cilju izrade totalnih i parcijalnih proteza.(12,13,14,15)

U ranom 20.veku i dalje su u upotrebi bili već postojeći otisni materijali. Do tog vremena postojala su dva osnovna tipa otisnih materijala:

1) materijali koji se zagrevaju da bi mogli da se adaptiraju na oralna tkiva, a hlađenjem postaju čvrsti (vosak, termoplastične mase i gutaperka) i

2) gips, materijal koji postaje plastičan mešanjem sa vodom, a očvršćava kristalizacijom.

Kašike za otiskivanje su se izrađivale u različitim veličinama i od različitih materijala (legiranog kalaja, presovanog aluminijuma, nemačkog srebra i porcelana). Najčistiji materijal je bio porcelan, ali nije mogao da se modifikuje (adaptira) i lako je pucao. Kalaj je bio popularan zato što je lako mogao da se savija i seče. Pored gore navedenih standardnih kašika neki stomatolozi su preporučivali upotrebu individualnih kašika. Kasnijih godina više su se koristile cink-oksidi eugenol paste za otiskivanje. (10,16)

Oduvek je bilo teže uzimati otiske za izradu parcijalnih nego totalnih zubnih proteza. Većina neuspeha bila je zbog uobičajene distorzije voska i termoplastičnih masa. Problem kod otisaka od gipsa bio je taj što su otisci obično morali da se vade u fragmentima, a zatim spajaju voskom za lepljenje. To je uzrokovalo nepreciznu reprodukciju oralnih tkiva i podminiranih zona oko zuba. Jedini materijal koji je mogao da reši ovaj problem trebao je da poseduje dovoljnu elastičnost tako da može biti uklonjen iz usta bez deformacije. Kao rezultat toga nastao je fleksibilan otisni materijal koji zadržava elastičnost i nakon vezivanja. Ideja je potekla od želatinoznih kalupa koji su korišćeni za otiskivanje statueta. Prvi takav materijal pronašao je 1925.godine, Austrijanac Alphons Poller. Novi patentirani materijal zvao se "Nogacoll". Posle smrti ovog pronalazača, 1931.godine, jedna kompanija je preuzela tu formulu i prodavala isti materijal pod nazivom "Denticole". Na tržištu se kroz nekoliko godina pojavilo još dvanaestak takvih proizvoda. Svi ovi materijali bili su reverzibilni hidrokoloidei organskog porekla. Njihov osnovni sastojak je agar-agar, biljni koloid ekstrahovan iz morskih algi. Tehnika upotrebe reverzibilnih hidrokoloidei bila je veoma komplikovana. Ova želatinozna supstanca je morala najpre da se razmekša zagrevanjem, a zatim je bilo

potrebno hlađenje da bi se materijal vezao. Zbog toga je ovaj način uzimanja otisaka zahtevao upotrebu posebnih grejača i kašika sa rashladnim sistemima.

Tokom Drugog svetskog rata, kada u Americi više nisu bile dostupne morske alge iz japanskog područja koje su se do tada koristile za proizvodnju agar-agara, počela je upotreba domaćih mrkih morskih algi. Iako je škotski hemičar još krajem 19.v. iz mrkih morskih algi izdvojio supstancu koju je nazvao algin, njena priroda je utvrđena tek kasnije. Pokazalo se da se radi o alginskoj kiselini. Ona je nerastvorljiva u vodi, ali njene soli sa natrijumom, kalijumom i amonijumom su rastvorljive. Ova značajna osobina primenjena je u proizvodnji otisnih materijala koji se koriste u stomatologiji. (5) Posle II svetskog rata, istraživanja su bila usmerena na rafiniranje već poznatog algina, supstance dobijene iz mrkih morskih algi. Rezultat je bio današnji ireverzibilni hidrokolid alginat. Jednostavna priprema i upotreba, kao i pristupačna cena učinili su ovaj materijal vrlo popularnim. Međutim, nedostaci reverzibilnih i ireverzibilnih hidrokoloida kao što su dimenzionalna nestabilnost, nedovoljna preciznost, mala otpornost na kidanje, vrlo ograničena upotreba, negativan uticaj na procese vezivanja gipsa pri prevođenju otiska u radni model i drugi, nametnuli su potrebu za novim otisnim materijalima. (10,12,17,18,19)

Tako 1955. godine počinje upotreba najstarijih elastomernih otisnih materijala – polisulfida. To su prvi sintetički gumozni materijali nastali postupkom vulkanizacije. Razvio ih je S.L.Pearson na Univerzitetu u Liverpulu. (12,20) Zbog svog hemijskog sastava nazivaju se i merkaptani, tioplasti ili tiogume. (21) Za razliku od hidrokoloida, polisulfidi su imali dobru dimenzionalnu stabilnost i povećanu otpornost na kidanje. (5) Međutim, pored neprijatnog mirisa, polisulfidi, zbog prisustva olovnih derivata, mogu delovati nadražajno i toksično na pacijente kojima se uzima otisak. Zatim, 1958. godine počinje upotreba kondenzacionih silikona, sredinom šezdesetih (1968) polietara, a sedamdesetih godina prošlog veka i adicijonih silikona. Pored otisnih materijala pojavile su se i raznovrsne kašike, kao i nove tehnike za uzimanje otisaka.

Na tržištu su prvi preparati silikona bili u obliku paste. Kao nosači silikona upotrebljavani su otisci uzeti voskom ili termoplastičnim masama. Proizvođači su kasnije napravili silikone u obliku testa. Pomoću metalnog prstena, ovim silikonima su se uspešno uzimali pojedinačni otisci brušenih zuba.

Danas se silikonski otisni materijali zbog jednostavne pripreme, dobrih fizičkih osobina i dobrog prihvatanja od strane pacijenta široko primenjuju u stomatološkoj praksi. (21,22,2)

Prvo sveobuhvatnije istraživanje koje je u sebi sistematizovalo dosadašnje rezultate vezano za istoriju stomatoloških materijala od 1819 – 1981 objavljeno je 1997.godine. U svom preglednom radu RA. Glenner detaljno je opisao evoluciju stomatoloških otisaka, dajući dublji pogled na širok dijapazon materijala i metoda koji su se koristili od ranog 18. veka do danas. (23)

U novije vreme sve više se govori o novom elastomernom otisnom materijalu koji predstavlja kombinaciju polietara i polivinil siloksana, vinil polietar silikonu. (24) On predstavlja “složeni stil u građevinarstvu“ obzirom da poseduje najbolje osobine polietara i adicijonih silikona.

1.2. Podela otisnih materijala

Postoje različite klasifikacije otisnih materijala u zavisnosti od faktora koji se prate. Otisni materijali su podeljeni na viskozne i fluidne u zavisnosti od osobina pre vezivanja. Viskozni otisni materijali vrše kompresiju tkiva koja se otiskuju, a tako dobijeni otisak naziva se mukokompresioni ili mukodinamički. Najviskozniiji otisni materijali su termoplastične mase. Cink-oksidi eugenol paste, alginat, ređi elastomeri predstavljaju fluidne otisne materijale kojima se dobija mukostatički otisak bezubih vilica. U zavisnosti od količine punila, elastomeri mogu biti različite viskoznosti: retki (light body), srednje konzistencije (medium, regular body), gusti (heavy body) i veoma gusti – testasti (putty) koji sadrže najviše punila.

Na osnovu hemizma vezivanja izvršena je druga podela otisnih materijala i to na reverzibilne i ireverzibilne. Mehanizam vezivanja reverzibilnih otisnih materijala odvija se putem fizičkih fenomena kao što je promena temperature. Tu spadaju vosak, agar(hidrokoloid), termoplastične mase. Ireverzibilni su oni materijali čije se vezivanje odvija putem hemijske reakcije. U ireverzibilne materijale za otiske spadaju gips, cink-oksidi eugenol paste, alginat (ireverzibilni hidrokoloid) i elastomeri.

Podela otisnih materijala na neelastične i elastične, izvršena je u zavisnosti od njihovih osobina posle vezivanja. Neelastični otisni materijali su: voskovi, gips za otiske, termoplastične mase i cink-oksidi eugenol paste. U grupu elastičnih otisnih materijala spadaju hidrokoloidi (agar, alginat) i elastomeri (polisulfidi, polietri, kondenzacioni i adicione silikoni, vinil polietar silikoni). U stručnoj literaturi sve više pažnje se poklanja novom elastomernom otisnom materijalu, vinil polietar silikonu.

(2,5,21,24)

1.3. Osobine elastomernih otisnih materijala (hemijski sastav, polimerizacija, radno vreme, vreme vezivanja, vreme polimerizacije, primena)

Elastomeri su elastični, ireverzibilni, sintetički gumozni materijali. Njihovu osnovu čine polimeri male molekulske mase čije se vezivanje i međusobno umrežavanje ostvaruje procesima kondenzacione i adicione polimerizacije. Hemijska reakcija u kojoj se od monomernih molekula stvaraju polimerni molekuli naziva se polimerizacija. Polisulfidi i kondenzacioni silikoni nastaju reakcijom kondenzacione polimerizacije. Polimerizacija polietara i adicione silikona je adicione tipa. U cilju dobijanja preciznog otiska potrebno je da se materijal nakon mešanja aktivnih komponenti ponaša kao viskozna tečnost koja lako klizi preko brušenih površina zuba i mekih tkiva, a da u odgovarajućem vremenskom periodu razvije elastičnost, zadrži postignuti oblik i omogući odvajanje otiska od otisnutih površina bez njegovog oštećenja. Za povećanje viskoznosti odgovorni su procesi lančanog vezivanja i umrežavanja, dok je za elastičnost materijala odgovoran proces umrežavanja. (25,26)

Elastomeri su dobili naziv na osnovu reči elastičnost i polimerizacija. Materijal koji se pod dejstvom sile trenutno deformiše, a po prestanku dejstva te sile trenutno vraća u prvobitno stanje predstavlja idealno elastičan materijal. Kada se materijal izložen dejstvu sile sporo deformiše i po prestanku njenog dejstva sporo vraća u prvobitno stanje naziva se anelastičan. Viskozan materijal se pod dejstvom sile sporo deformiše, a nastala deformacija se zadržava i po prestanku dejstva sile. Viskoelastični materijali imaju osobine elastičnih, anelastičnih i viskoznih materijala. Ovi materijali se pod

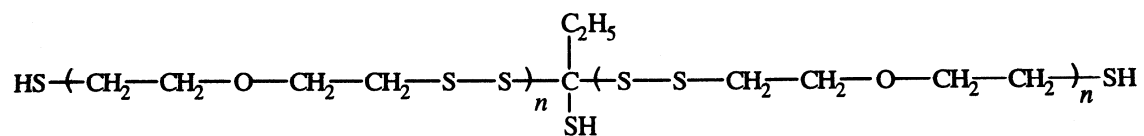
dejstvom sile u izvesnoj meri trenutno deformišu, a deformacija im se povećava tokom vremena. Deo deformacije nestaje odmah po prestanku dejstva sile (elastična komponenta), deo nestaje tokom određenog vremenskog perioda (anelastična komponenta), a jedan deo deformacije se trajno zadržava što predstavlja viskoznu komponentu deformacije.

Elastomernim otisnim materijalima više odgovara naziv viskoelastični obzirom da se prilikom odvajanja od otisnutih podminiranih zona otisci dobijeni ovim materijalima mogu u manjoj ili većoj meri trajno deformisati.

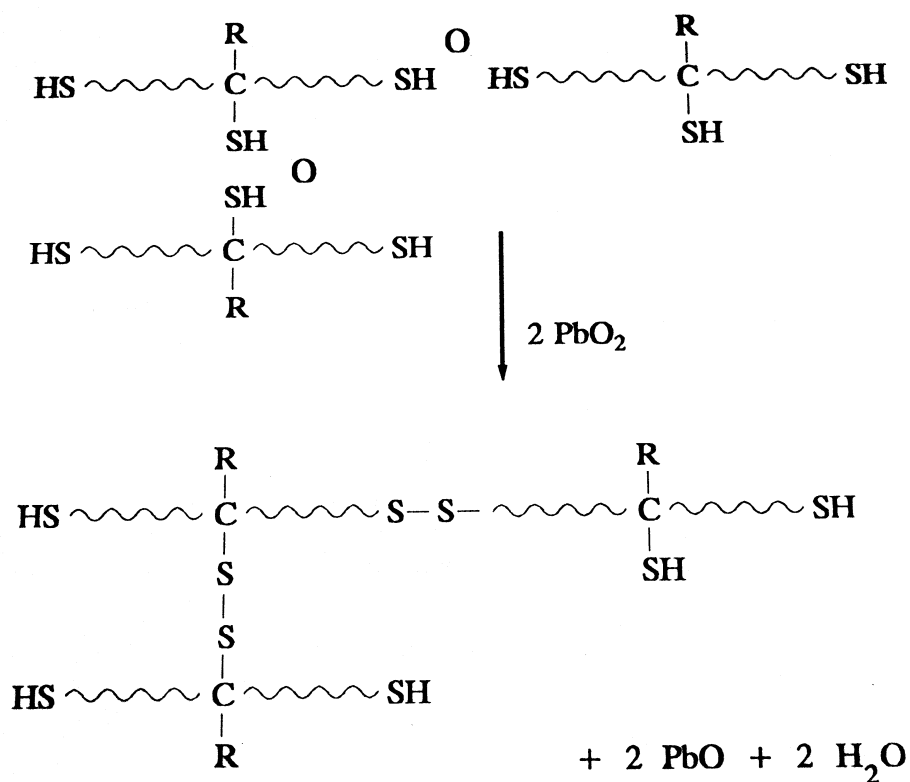
Što je brzina opterećivanja veća, elastična komponenta će više dolaziti do izražaja. Zato otisak treba odvajati brzim pokretom pošto je poželjno da tada dominira elastična komponenta deformacije. (5,21)

Hemijska reakcija stvaranja polimernog molekula od monomernih molekula naziva se polimerizacija. Vezivanje i umrežavanje polimera male molekulske mase vrši se procesima kondenzacione i adicione polimerizacije. Elastomeri se često nazivaju i "gumozne mase", zato što povećanjem viskoznosti dobijeni polimerizat dobija svojstva gume.

Na tržištu se preparat polisulfida (PS) nalazi u obliku dve različito obojene paste. Polisulfid prepolimer sa terminalnim i bočnim tiol (-SH) grupama, punioci (talk, titan-dioksid), plastifikatori (dibutil-ftalat) i male količine sumpora ulaze u sastav osnovne paste. Plastifikatori i punioci definišu viskoznost materijala. Dimenzionalnu stabilnost i čvrstoću vezanog materijala određuju punioci. Sumpor se dodaje zbog pojačavanja reakcije vezivanja. U sastav reaktor paste ulaze: oksidaciona materija (olovo-dioksid, olovo-IV-oksidi), plastifikatori, inertna ulja parafinskog tipa i usporivači (oleinska ili stearinska kiselina). Formiranje paste omogućavaju inertna ulja. Polimerizacija polisulfida je kondenzacionog tipa. Produžavanje lanaca i povećanje viskoznosti dešava se u prvoj fazi u reakciji terminalnih -SH grupa. Trodimenzionalna mreža polisulfida s elastičnim svojstvima obrazuje se u drugoj fazi umrežavanjem polimernih lanaca oksidacijom bočnih -SH grupa. Na dimenzionalnu stabilnost ovih materijala negativno utiče voda koja je sporedni proizvod ove reakcije, (slika 1.1., slika 1.2.). (2,5,21)

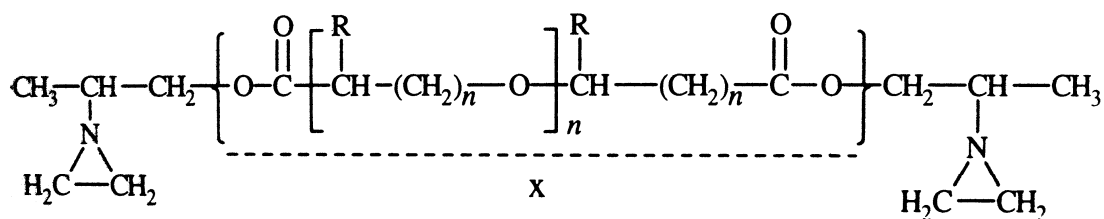


Slika 1.1. Strukturna formula merkaptana (tioalkohol ili tiol) (21)

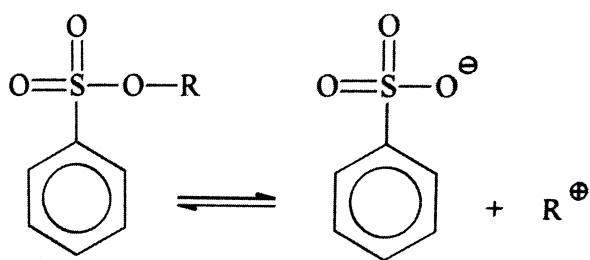


Slika 1.2. Polimerizacija i umrežavanje polisulfida (21)

Preparat polietara (PE) se sastoji od dve različito obojene paste. Polietar prepolimer terminovan imin-grupama, plastifikatori i inertna punila ulaze u sastav osnovne paste, dok estar aromatične sulfonske kiseline $C_6H_5SO_3CH_2CH_3$ (inicijator za početak reakcije koji se razlaže na anjon $C_6H_5SO_3^-$ i katjon-karbokatjon $CH_3CH_2^+$), inertna punila i inertna ulja čine reaktor pastu, (slika 1.3., slika 1.4., slika 1.5.). Punioci pasti daju masu i definišu viskoznost nevezanog elastomera, a čvrstoću i dimenzionalnu stabilnost vezanog materijala. Odnos u kome se mešaju osnovna i reaktor pasta je 8:1. Smanjenje krutosti vezanog materijala postiže se razređivačem, a usporivači se koriste da produže radno vreme i vreme vezivanja. Polietri nastaju reakcijom adicione polimerizacije koja se odvija kroz fazu aktivacije, inicijacije i propagacije, (slika 1.4., slika 1.6., slika.1.7.). (2,5,21)

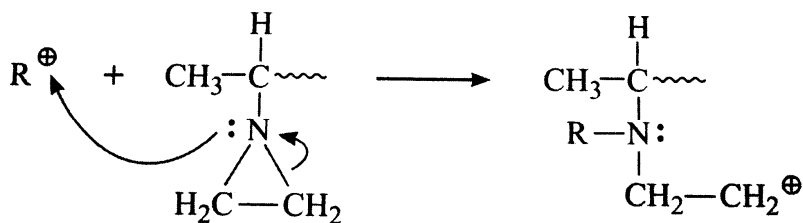


Slika 1.3. Strukturna formula prepolimera polietra (5)

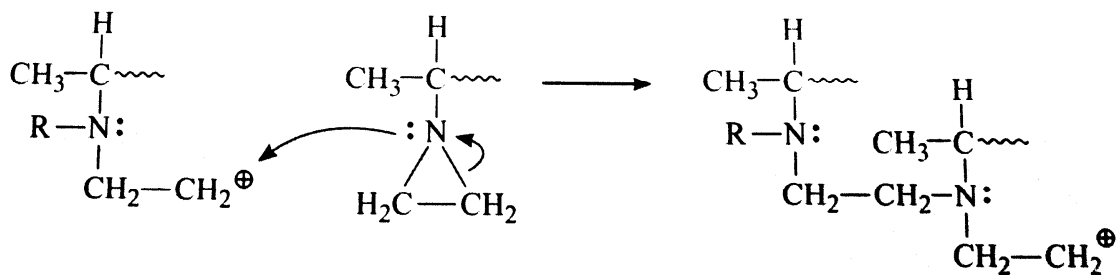


Slika 1.4. Faza aktivacije (5)

Slika 1.5. Karbokatjon (5)



Slika 1.6. Faza inicijacije (5)

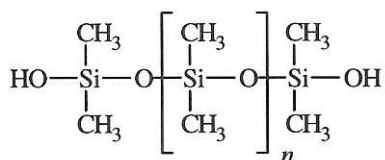


Slika 1.7. Faza propagacije (5)

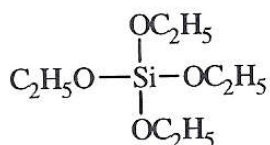
Preparat kondenzacionih silikona (KS) može se naći u obliku dve paste, paste i tečnosti ili testa i tečnosti. Na preciznost otiska povoljno utiče homogenost otisne mase, što se postiže upotrebom preparata u obliku dve paste.

U sastav osnovne paste (testa) ulazi prepolimer kratkog lanca polidimetil-silikon na čijim krajevima se nalaze hidrosilne grupe (α -w-hidroksi-polidimetilsiloksan) i punioci (silicijum-dioksid, metalni oksidi) koji pored konzistencije preparata određuju fizičke

osobine polimerizata, (slika 1.8.). Umreživač (tetraetil-silikat) i katalizator (organsko jedinjenje kalaja) čine reaktor pastu, odnosno tečnost, (slika 1.9.). (2,5,21)

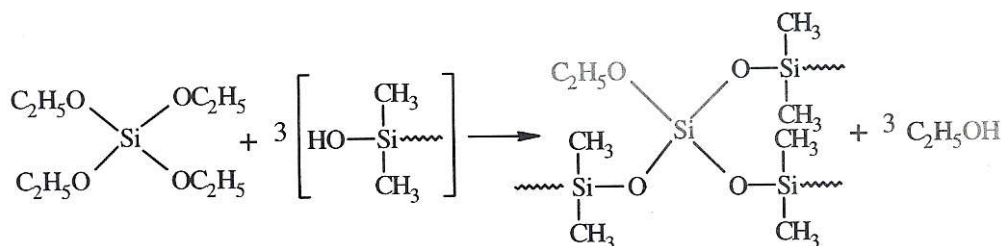


Slika 1.8. Strukturna formula silikonskog prepolimera (polidimetil-silikona) (5)



Slika 1.9. Strukturna formula umreživača (tetraetil-silikata) (5)

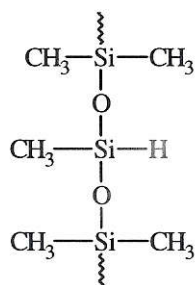
Kondenzacioni silikoni nastaju reakcijom kondenzacione polimerizacije. Mešanjem dve paste (paste i tečnosti), počinje reakcija polimerizacije. Preko svojih hidroksilnih grupa, 3 lanca silikona prepolimera se vezuju za umreživač pod dejstvom katalizatora, (slika 1.10).



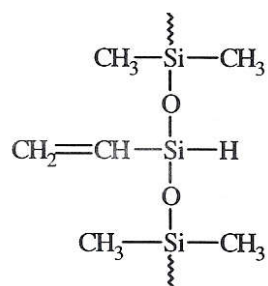
Slika 1.10. Reakcija vezivanja komponenata kondenzacionih silikona (21)

Do kontrakcije materijala dolazi usled isparavanja etil-alkohola koji je sporedni proizvod ove reakcije.

Preparat adicijonih silikona (AS) čine dve paste. Prepolimer polidimetil-silikon (siloksan) u kome su neke metil grupe zamenjene vodonikom, ostali silikonski prepolimeri i punioci ulaze u sastav osnovne paste, (slika 1.11.). Prepolimer polidimetil-silikon (siloksan) u kome su neke metil grupe zamenjene vinil grupama, katalizatori (hlorplatinska kiselina, so platine), usporivači reakcije i punila čine reaktor pastu, (slika 1.12.). (2,5,21)

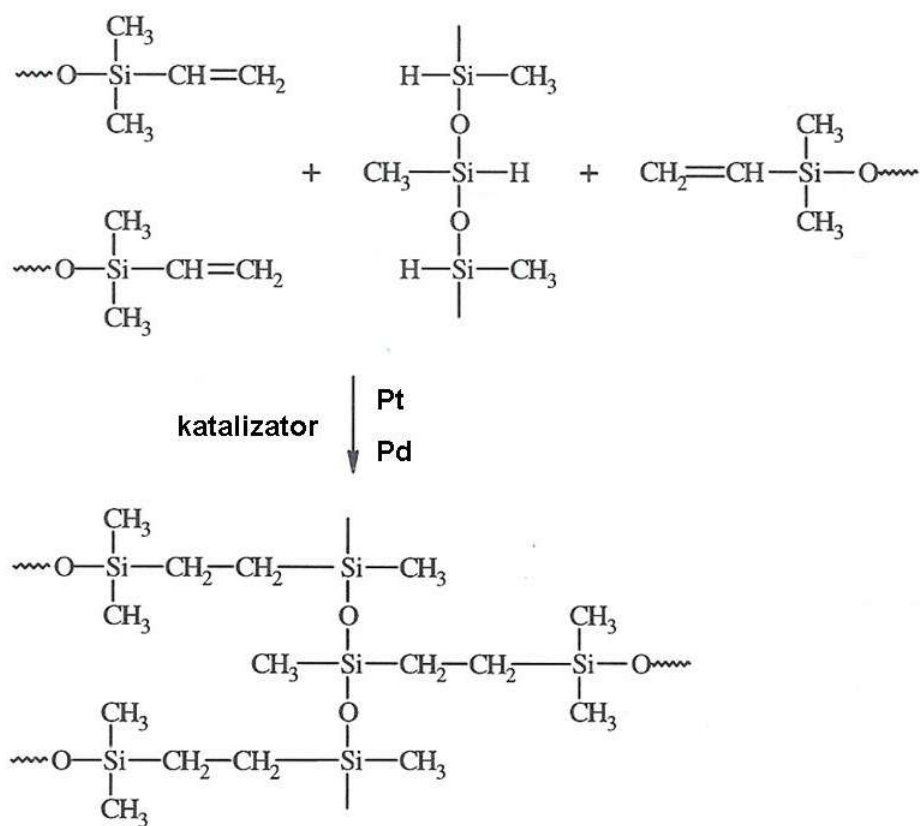


Slika 1.11. Polidimetil-silikon u kome je metil-grupa zamenjena vodonikom (21)



Slika 1.12. Polidimetil-silikon u kome je metil-grupa zamenjena vinil-grupom (21)

Polimerizacija adicijonih silikona (polivinil-siloksana) je adicijonog tipa. Mešanjem dve paste, pod uticajem katalizatora, započinje reakcija polimerizacije, (slika 1.13.).



Slika 1.13. Reakcija vezivanja komponenata adicijonih silikona (21)

Polimerizovani adicijonni silikoni su dimenzionalno stabilni zato što se reakcija adicione polimerizacije završava bez sporednih proizvoda (voda, alkohol), koji predstavljaju uzrok kontrakcije materijala.

Polimerne nečistoće, kao što su rezidualne silanol grupe, mogu u vlažnim uslovima reagovati s komponentama osnovne paste pri čemu nastaje vodonik, jer je reakcija vezivanja jednim delom krenula u kondenzacionu polimerizaciju, (slika 1.14.).



Slika 1.14. Reakcija kondenzacione polimerizacije uz pojavu gasa vodonika (21)

Negativan uticaj vodonika se sprečava dodavanjem plemenitih metala (platina, paladijum) koji brzo reaguju sa slobodnim radikalima ili se kompenzuje odloženim izlivanjem modela, nekoliko sati posle uzimanja otiska. (2,5,21)

Polisulfidi u obliku retke paste su dobri za finu reprodukciju detalja jer prodiru u uzane prostore. Pored toga, oni imaju izraženu otpornost na kidanje pa se otisak može nesmetano odvojiti sa nepovoljnih oblika. Osnova polisulfida je polidimetil polimer, slično kondenzacionim silikonima. Međutim, polisulfidi imaju drugačiju terminalnu grupu koja je odgovorna za hemijske reakcije koje se razlikuju od hemijskih reakcija kondenzacionih silikona. To utiče na poboljšanje dimenzionalne stabilnosti. U odnosu na druge materijale iz grupe elastomera, polisulfidi imaju manju trenutnu deformaciju i bolji elastični oporavak. Takva elastična relaksacija omogućava da se otisci dobijeni ovim materijalom mogu izliti samo 6 minuta nakon uklanjanja otiska iz usne duplje. (27) Neka istraživanja navode da ovi materijali, kao i polietri nisu dimenzionalno stabilni ukoliko se čuvaju u dužem vremenskom periodu, ali da to nije od kliničkog značaja. (28) Bolju dimenzionalnu stabilnost pokazuju gušći polisulfidi koji u sastavu imaju više punila. Najčešće se koriste u izradi fiksnih nadoknada i parcijalnih proteza. Među brojnim nedostacima polisulfida su ostljivost na spoljne uticaje i dimenzionalna nestabilnost pri stajanju, dugo vezivanje materijala, neprijatan miris, kao i toksično i nadražajno delovanje olovnih derivata iz materijala na pacijente. (21)

Polivinil siloksani i polietri su otisni materijali koji pokazuju odličnu dimenzionalnu stabilnost u različitim uslovima čuvanja i ispitivanja. (29,30,31,32,33)

Polietri postaju popularni zbog svojih fizičkih osobina, dobre dimenzionalne stabilnosti i sposobnosti reprodukcije oralnih struktura. (25,34) Polietri su hidrofilni materijali koji poseduju dobro tečenje i visok moduo elastičnosti pa se teško uklanjaju iz podminiranih prostora. Dimenzionalna stabilnost polietara posledica je odsustva sporednih proizvoda u reakciji polimerizacije. (25) Krutost materijala nakon vezivanja otežava odvajanje otisaka sa podminiranih mesta. Da bi se otisak odvojio od otisnute površine potrebno je primeniti veću silu. Zbog smanjene elastičnosti, polietri se ne preporučuju za otiskivanje labavih, kao i izrazito podminiranih zuba i grebena. Međutim ta krutost predstavlja prednost kod otiskivanja za protetske nadoknade na implantatima zbog veće preciznosti. (35) Zbog hidrofilne prirode i malog kontaktnog ugla lako je izlivanje gipsanih modela. (36-38) Međutim, usled krutosti polietara, prilikom odvajanja gipsanog modela od otiska može doći do preloma zuba na izlivenom modelu. U literaturi je opisana brza, jednostavna i ekonomična procedura koja olakšava odvajanje gipsanih modela od elastomernih otisaka. (39)

U početku su polietri bili dostupni samo u jednoj viskoznosti. Najčešće korišćena tehnika otiskivanja bila je monofazna. (40) Zbog lakšeg i pogodnijeg rukovanja i prevazilaženja izražene krutosti materijala dizajnirani su mekši polietri. (41,42) Uvođenjem gušćih i ređih sistema materijala započinje primena dvostrukog sistema otiskivanja (jednovremenskog i dvovremenskog). Uvedena je i četvrta, matriks tehnika otiskivanja (43,44) koja zahteva upotrebu tri viskoznosti otisnog materijala, a u cilju boljeg menadžmenta regiona sulkusa. Polietar predstavlja materijal izbora za ovu tehniku otiskivanja.

Za razliku od polivinil siloksana, preporučeno vreme izlivanja otisaka izrađenih od polietara je u okviru 1h ili 24h, zbog gubitka isparljivih supstanci ili apsorpcije vode, što dovodi do deformacije u toku vremena. Pod vlažnim uslovima polietri pokazuju bolju reprodukciju površinskih detalja nego polivinil siloksani. (45)

U drugoj studiji se navodi da su hidrofilni polivinil siloksani otisni materijali koji su dimenzionalno stabilni kako u suvim tako i u uslovima vlažne sredine. Ipak, najbolja reprodukcija detalja ovim materijalima postignuta je u uslovima suve sredine. (46)

Lošeg su ukusa, teško se mešaju, imaju izraženu krutost, malu otpornost na kidanje i sporu relaksaciju. Kratko radno vreme i vreme vezivanja, izrazita krutost nakon vezivanja i visoka cena ovih materijala uticalo je na njihovu limitiranu upotrebu. (5,47)

Brojni nedostaci polietara doveli su do razvoja silikonskih otisnih materijala. Prijatnog su ili neutralnog mirisa i ukusa pa su silikonski otisni materijali dobro prihvaćeni od strane pacijenata. Lako se pripremaju i uklanjaju sa lica, ruku i instrumenata što je od značaja za svakodnevni rad.

Polivinil siloksani predstavljaju materijale izbora zbog njihove dobre reprodukcije detalja, izražene elastične relaksacije, izuzetne dimenzionalne stabilnosti i mogućnosti višestrukog izlivanja modela iz pojedinačnog otiska. (48,49) Fleksibilni su, imaju odličnu otpornost na kidanje, a po odvajanju od otisnutih površina ne podležu plastičnoj deformaciji. Imaju umereno kratko radno vreme i vreme vezivanja. Pristupačna cena, trajnost i stabilnost preparata pri čuvanju su takođe od značaja. (5,50) Hidrofobni su i to im je nedostatak. Dodavanje surfaktanata dovelo je do smanjenja kontaktnog ugla i povećanja hidrofилности ovih materijala. U jednoj studiji je na površinu otisaka od adicijonih silikona aplikovan topički surfaktant jedan sat pre izlivanja gipsanih modela. (51) Adicioni silikoni su prevazišli nedostatak kondenzacionih silikona, polimerizacionu kontrakciju, zato što nema oslobađanja sporednih proizvoda. Adicioni silikoni pokazuju odličnu dimenzionalnu stabilnost čak i posle 4 nedelje od momenta otiskivanja. (52) Ovi elastični otisni materijali se koriste u izradi fiksnih i mobilnih protetskih nadoknada kao i u izradi nadoknada na implantatima. Zbog odličnih fizičkih i hemijskih osobina polivinil siloksani već dugi niz godina predstavljaju materijale izbora u izradi otisaka kada se zahteva visok nivo preciznosti.

Opisana je alternativna tehnika za izradu podminiranih zona na zubima primenom kompozitnih materijala pomoću šablona od transparentnog vinil polisiloksana. Ova tehnika ne zahteva upotrebu glicerina kao izolatora, pa ne ugrožava vezu zuba i kompozita što produžava trajnost dobijene podminirane zone. (53)

Prilikom izrade privremenih kruna često je potrebno isključiti podminirane zone na susednim zubima. Na taj način olakšano je skidanje i stavljanje privremene krune tokom njene izrade, bez neopravdane nelagodnosti za pacijenta, rizika od distorzije ili preloma. Za tu namenu, kao alternativa materijalima koji se obično koriste (dentalni vosak), može

se upotrebiti vinil polisiloksan indikator. Prednosti ovog materijala su jednostavna aplikacija i uklanjanje sa podminiranih mesta, dobro prijanjanje za susedne strukture bez njihovog prebojavanja, neutralan miris i ukus. (54)

Hsu Y. opisuje jednostavnu tehniku izrade kašike za otiskivanje na skeletu parcijalne skeletirane proteze pomoću vinil polisiloksan okluzalnog registratora, čime se zaobilazi potreba za eliminisanjem podminiranih mesta na modelu voskom. Rubovi takve silikonske kašike se formiraju viskoznijim, a sam otisak manje viskoznim polivinil siloksanom. (55)

Razvoj nauke o materijalima omogućio je da se u novi otisni materijal integrišu dobre osobine već postojećih materijala. Novi elastomerni otisni materijali, vinil polietar silikoni, poseduju najbolje osobine polietara i polivinil siloksana. Vinil polietar silikon je nov elastomerni otisni materijal o kome se sve više govori u savremenoj literaturi. Ovaj materijal ima dimenzionalnu stabilnost i otpornost na kidanje polivinil siloksana, a hidrofilnost i tečenje polietara. Iako je tačan sastav tajna proizvođača, na deklaraciji proizvoda je naznačeno da je udeo polietara 5% - 20%, da bi se poboljšala hidrofilnost materijala, dok veći udeo u vinil polietar silikonu ima kombinacija vinil dimetil polisiloksana (10% - 50%), metilhidrogen dimetilpolisiloksan (3% - 10%) i silikon dioksid (30% - 65%). (56)

Vremenski period koji protekne od početka mešanja aktivnih komponenti elastomernih otisnih materijala do početka razvoja njihove elastičnosti predstavlja radno vreme ovih materijala. (7,8)

Elastičnost elastomernih otisnih materijala posle njihovog vezivanja podjednako je važna kao i trenutak kada taj materijal počinje da razvija elastičnost. Na osnovu stepena povećanja viskoznosti ne može se procenjivati stepen razvoja elastičnosti pojedinih elastomera. (57) Procena kraja radnog vremena elastomernog otisnog materijala samo na osnovu merenja viskoznosti može dovesti do pogrešnog zaključka da materijal nije dostigao svoje radno vreme iako je već postignut značajan stepen njegove elastičnosti. (58-62)

Polivinil siloksani već na početku procesa vezivanja postižu visok stepen umrežavanja. Povećanjem temperature ubrzava se razvoj elastičnosti ovih otisnih materijala. Ako se elastomerni otisni materijal unese u usta pacijenta u momentu kada je materijal već razvio svoju elastičnost, otisak neće biti korektan. Otisni materijal treba upotrebiti odmah posle mešanja njegovih komponenti. (63)

Vreme koje protekne od početka pripreme preparata do trenutka kada je materijal dovoljno vezan (polimerizovan) da otisak može da se ukloni iz usta pacijenta sa minimumom distorzije naziva se vreme vezivanja elastomera. Na dužinu vremena vezivanja i razvoj reoloških osobina utiču temperatura i vlažnost sredine (usne duplje).(41) Modifikovanje vremena vezivanja može se vršiti promenom odnosa osnovne i reaktor paste, hlađenjem površine za mešanje, držanjem u frižideru, usporivačima u preparatu. Na temperaturi usne duplje, ono u proseku iznosi 8 minuta za kondenzacione, a 6 minuta za adicione silikone. Kondenzacioni silikoni imaju duže radno vreme i vreme vezivanja od adicijonih. Polietri imaju približno iste vrednosti radnog vremena i vremena vezivanja kao kondenzacioni silikoni. (5) U poređenju sa drugim elastomernim otisnim materijalima polisulfidi imaju najduže radno vreme (4,3 min na 37°C) i vreme vezivanja (12,5 min na 37 °C).

Vreme koje protekne od početka pripreme preparata do završene polimerizacije predstavlja vreme polimerizacije elastomernih otisnih materijala. Ono je duže od vremena vezivanja pošto se procesi polimerizacije nastavljaju i nakon vađenja otiska iz usne duplje. Toplota skraćuje vreme vezivanja i ubrzava polimerizaciju. Vezivanje stomatološkog otisnog materijala u ustima pacijenta tokom vremena preporučenog od strane proizvođača može biti nedovoljno da se materijal u potpunosti polimerizuje. Usled toga materijal neće razviti elastične osobine po vađenju iz usne duplje. (64,65)

Produžena polimerizacija, tokom dodatnih 5min u vodenom kupatilu, značajno redukuje trajnu deformaciju većine ispitivanih materijala, dok je poboljšanje elastičnog oporavka neznatno kod vinil polisiloksana, a značajno kod polietara. Iznos elastičnog oporavka elastomera je u korelaciji sa hemijskim sastavom ovih otisnih metrijala. Tokom preporučenog intraoralnog vremena vezivanja polivinil siloksana reakcija umrežavanja

je dovoljno uznapredovala, tako da se već u toj fazi znatno razvila elastičnost ovih materijala. (27)

Hemijski sastav otisnog materijala utiče na njegovu trajnu deformaciju nakon istezanja. Polietri pokazuju znatno veću trajnu deformaciju od polivinil siloksana. Dužina vremena vezivanja materijala na temperaturi od 35°C utiče na veličinu trajne deformacije polietara.

Produžavanjem intraoralnog vremena vezivanja otisnog materijala, usled većeg stepena polimerizacije, mogu se poboljšati elastične osobine polimerizovanih otisnih materijala i time smanjiti rizik od nastanka trajnih deformacija usled naprezanja materijala i rezultujućih nepreciznosti. (65,67) Uticaj produženog vremena vezivanja na trajnu deformaciju elastomernih otisnih materijala ispitivali su Balkenhol i sar. (68) Produžavanje fabrički preporučenog vremena vezivanja vinil polisiloksan otisnih materijala neće dovesti do poboljšanja njihovog elastičnog oporavka. Nasuprot njima, za polietre bi se produžavanje vremena vezivanja moglo preporučiti.

Na preciznost otiska i kvalitet protetske nadoknade utiče i sam postupak otiskivanja zbog mogućih ekstraoralnih i intraoralnih interakcija otisnih i različitih protetskih materijala. (22) Delimična, odnosno nekompletna polimerizacija elastomernih otisnih materijala može imati štetan uticaj na njihovu dimenzionalnu stabilnost. (69,70)

Na polimerizaciju elastomera negativno mogu da utiču lateks rukavice, koferdam (71-74), cementi (cink-oksidi eugenol i glasjonomer) (75,76), sredstva za retrakciju gingive (77,78) i hemostazu (79), tečni kompoziti (80,81), privremene krune (82).

Različite supstance imaju potencijal interakcije sa polivinil siloksan otisnim materijalom tokom reakcije vezivanja. Ispitivanje inhibicije polimerizacije postalo je aktuelno tek kada su mere zaštite u stomatologiji postale standardne procedure u sprečavanju mogućeg širenja infekcije. Pošto su stomatolozi svakodnevno izloženi različitim mikroorganizmima prisutnim u pljuvački i krvi neophodna je odgovarajuća zaštita. (83) Značajnu barijeru širenju infekcije predstavlja upotreba rukavica i koferdama.

Prva upotreba hirurških rukavica od lateks gume bila je 1890. godine. (84) Njihova upotreba se drastično povećala tek 1980. godine kada je upotreba lateks rukavica počela

široko da se preporučuje u prevenciji širenja infekcija putem krvi, kao što je HIV (humani imunodeficijentni virus).

Standardne medicinske rukavice se najčešće prave od lateksa ili sintetičkih materijala kao što su vinil (PVC) i nitril. Vinil rukavice su lošijeg kvaliteta i pružaju slabiju zaštitu od virusa i određenih hemikalija u odnosu na lateks rukavica.

Rukavice predstavljaju uobičajenu meru zaštite lekara tokom stomatoloških tretmana. U brojnim istraživanjima se pokazalo da do inhibicije vezivanja polivinil siloksana može doći usled direktne i indirektne kontaminacije sumporom iz lateks rukavica. (71-73,85) Lateks, od koga su napravljene rukavice, može imati negativan uticaj na reakciju vezivanja (polimerizacije) polivinil siloksana. (85) U zavisnosti od toga u kom stepenu ometaju reakciju vezivanja polivinil siloksana u formi testa lateks rukavice su klasifikovane u tri kategorije: nereaktivne, reaktivne i veoma reaktivne. (86)

Lateks rukavice pojedinih proizvođača dovode do usporavanja procesa vezivanja ili pak do izrazite ili kompletne inhibicije polimerizacije većine testastih adicijonih silikona. Ispitujući uticaj lateksa na vezivanje polivinil siloksana u obliku testa, ispitivani materijali mešani su čistim i suvim rukama bez rukavica, sa lateks rukavicama, sa opranim lateks rukavicama i sa vinil rukavicama. Rukavice od lateksa, bilo da su oprane sapunom i vodom, alkoholom, deterdžentom, ili ne, utiču na inhibiciju polimerizacije testastih adicijonih silikona. (72,87)

Prilikom upotrebe testastih adicijonih silikona, umesto rukavica od lateksa, treba koristiti vinil rukavice pošto se pokazalo da one nemaju značajnog uticaja na polimerizaciju ovih otisnih materijala. Ne preporučuje se upotreba koferdama od lateksa prilikom rada sa adicijonim silikonima. (88) Baumann (85) pretpostavlja da inhibiciju polimerizacije polivinil siloksana verovatno uzrokuje jedinjenje iz prirodne lateks gume (cink dietil ditiokarbamat). Ta hemikalija služi za ubrzavanje procesa vulkanizacije (proizvodnje gume) kojim prirodna lateks guma postaje pogodna za proizvodnju raznih proizvoda od gume. Interesantno je da ovaj i brojni drugi akceleratori uzrokuju i alergijski kontaktni dermatitis. Pored ovih supstanci, uzročnici alergijskih reakcija mogu biti i konzervansi, boje i drugi aditivi, kao i protein prirodne lateks gume. Upotrebom vinil i nitril rukavica pokušano je da se prevaziđe ovaj problem. Iako su vinil rukavice alternativa onim od lateksa, određen broj ljudi je alergičan na oba materijala. Pored toga, vinil rukavice ne

pružaju adekvatnu zaštitu od širenja infekcije kao lateks rukavice. (84) Vinil rukavice se mogu nositi zasebno ili preko lateks rukavica, ali se ne smeju kontaminirati talkom iz lateks rukavica. (89)

Potpuna inhibicija polimerizacije primećena je i kod testastih i kod ređih adicisionih silikona u kontaktu sa ispitivanim koferdamom. (88) Na vezivanje kondenzacionih silikona nisu imale uticaj ni lateks ni vinil rukavice. (89)

Vršena su ispitivanja mehanizma inhibicije i odloženog vezivanja polivinil siloksana lateksom.(74) Kontaminacija platinskog katalizatora polivinil siloksana jedinjenjem sumpora koje je prisutno u lateksu verovatno predstavlja mehanizam inhibicije polimerizacije ovih otisnih materijala. Do inhibicije polimerizacije može doći već tokom pripreme testastih polivinil siloksana upotrebom lateks rukavica. Pored toga, na zube i gingivu se može deponovati sumpor iz lateksa i u kontaktu sa ovim otisnim materijalima sprečiti njihovo vezivanje. (86,90,91) Za dekontaminaciju je potrebno mehaničko čišćenje površina četkicom za zube obzirom da jednostavno ispiranje usta vodom, fabričkim tečnostima za ispiranje usta, vodonikom ili alkoholom neće dovesti do dekontaminacije. (92) Prema drugim autorima nijedna od ispitivanih metoda čišćenja, uključujući i mehaničku, nije bila uspešna u sprečavanju inhibicije polimerizacije. (72)

Pre otiskivanja potrebno je izvršiti privremenu dislokaciju slobodne gingive oko preparisanih (izbrušenih) zuba. Najčešće se primenjuje hemijsko-mehanički metod otvaranja regiona gingivalnog sulkusa. (93,94) Hemijska sredstva koja se koriste za retrakciju gingive mogu biti konvencionalna astringentna (aluminijum hlorid, aluminijum sulfat, fero sulfat) 10%, 20%, and 25% aluminum chloride, 25% aluminum sulfate, and 15.5% ferric sulfate i eksperimentalna adrenergička (HCl-epinefrin, HCl-tetrahidrozolin, HCl-oksümetazolin, HCL-fenilefrin)0.1% and 0.01% HCl-epinephrine, 0.05% HCl-tetrahydrozoline, 0.05% HCl-oxymetazoline, and 10% HCl-phenylephrine, u zavisnosti od vrste hemijskih i farmakoloških aktivnih grupa.(95,96)

Ova hemijska sredstva se proizvode u obliku tečnosti za natapanje, gela, paste, pene ili impregniranog konca. Aplikuju se u gingivalni sulkus u vremenskom periodu neophodnom za postizanje retrakcije. Neposredno pre otiskivanja gingivalni sulkus se

ispira mlazom vode i vazduha (vodom i vazduhom pod pritiskom-pusterom). U postupku retrakcije duplim koncem, neimpregnirani, tanji konac se postavlja apikalnije od debljeg impregniranog konca.(97) I pored ispiranja gingivalnog sulkusa dešava se da se primese ovih hemijskih sredstava zadrže u gingivalnom sulkusu i tako dođu u kontakt sa otisnim materijalom tokom njegove polimerizacije. Hemijska sredstva za retrakciju gingive mogu izazvati promene u vremenu polimerizacije polivinil siloksana kako u laboratorijskim uslovima, tako i na temperaturi usne duplje. Indeks kompatibilnosti vremena polimerizacije za elastomerne otisne materijale predstavlja odnos uobičajenog vremena polimerizacije i vremena vezivanja nakon kontakta sa retrakcionim sredstvom. Kod otiskivanja adicionim silikonima ovaj preporučeni indeks može kliničaru olakšati izbor sredstva za retrakciju. (98)

Brojna istraživanja su posvećena ispitivanju uticaja različitih hemijskih sredstava za retrakciju gingive na polimerizaciju elastomernih otisnih materijala. (77-79,98) Značaj uticaja ovih hemikalija na procese polimerizacije elastomera je kontroverzan. Rezultati većine studija su potvrdili negativan uticaj ovih medikamenata na fizičko-hemijske osobine i polimerizaciju polivinil siloksana i drugih otisnih materijala iz grupe elastomera.(77,78,98) Drugi pak navode da ova hemijska sredstva ne dovode do inhibicije polimerizacije ovih otisnih materijala. (79) Moguće objašnjenje ovih kontradiktornosti je korišćenje različitih metoda ispitivanja. Uticaj konvencionalnih i eksperimentalnih sredstava za privremenu dislokaciju gingive na polivinil siloksane nije u potpunosti razjašnjen, najverovatnije zbog različitih materijala i metoda koji su korišćeni u ovim studijama.

Za definisanje inhibicije polimerizacije polivinil siloksana ispitivana je sposobnost reprodukcije detalja. O'Mahony i sar. (78) su ustanovili da fero-subulfat, fero-sulfat i aluminijum- hlorid negativno utiču na kvalitet reprodukcije detalja adicionim silikonima, verovatno zbog sumpora koji dovodi do odlaganja ili inhibicije reakcije polimerizacije ovih otisnih materijala, a ne utiču na njihovu dimenzionalnu stabilnost. Posebno negativan uticaj pokazao je aluminijum hlorid posle čije primene su površine otiska bile izuzetno hrapave. U cilju dobijanja kvalitetnog otiska, potrebno je ukloniti sve tragove ovih supstanci.

S druge strane, Machado i Guedes (79), ispitujući teksturu površine otisaka izrađenih od polivinil siloksana, zaključuju da konvencionalni hemostatski rastvori kao što su aluminijum sulfat, fero sulfat i aluminijum hlorid nisu pokazali bilo kakav inhibitorski potencijal na adicione silikone.

U svim procenama različitih sredstava za retrakciju na kinetiku reakcije polimerizacije raznih elastomera, eksperimenti su vršeni pri laboratorijski kontrolisanoj temperaturi.

Ispitivanje uticaja aluminijum hlorida (konvencionalni) i dva eksperimentalna sredstva za retrakciju gingive (tetrahidrozolin hidrohlorid i oksimetazolin hidrohlorid) na inhibiciju reakcije polimerizacije i otpornost na kidanje četiri tipa elastomernih otisnih materijala (polisulfida, polietara, adicijonih i kondenzacionih silikona) vršili su Sábio i sar.(77) Otpornost na kidanje polisulfida bila je smanjena nakon kontakta sa aluminijum hloridom i oksimetazolin hidrohloridom, što je pokazalo da ove supstance utiču na reakciju polimerizacije. Aluminijum hlorid je inhibirao polimerizaciju polietara, kondenzacionih i adicijonih silikona. U kontaktu sa svim ispitivanim hemikalijama polietri su pokazali smanjenu otpornost na kidanje. Ova studija je pokazala da samo jedno od ispitivanih sredstava za retrakciju gingive (tetrahidrozolin hidrohlorid) može da se primeni bez negativnog uticaja na ispitivane osobine ovih otisnih materijala.

Kinetika reakcije vezivanja i reološke osobine polietara i polivinil siloksana u velikoj meri zavise od temperature na kojoj se odvija proces polimerizacije. (30) Dok su ranija ispitivanja uticaja hemijskih sredstava za retrakciju na vinil siloksanetar na sobnoj temperaturi (23°C) i temperaturi usne duplje (37°C), pokazala da su konvencionalna sredstva za retrakciju kompatibilnija sa ovim otisnim materijalom na temperaturi od 37°C (99), novija istraživanja ističu negativan uticaj hemijskih sredstava za retrakciju gingive na vreme polimerizacije polivinil siloksana, kako na sobnoj tako i na temperaturi usne duplje. Autori navode da je tokom procesa otiskivanja potrebno sprečiti direktan kontakt hemijskog sredstva i polivinil siloksana. (98)

Pojedini materijali koji se koriste za izradu privremenih protetskih nadoknada, ukoliko dođu u kontakt sa elastomernim otisnim materijalima, mogu da inhibiraju njihovu polimerizaciju.

Do izrazite inhibicije polimerizacije polivinil siloksana dovode bis-akril, bis-glicidil metakrilat ili materijali za privremene krune na bazi gumiranog uretana. Poli(metil metakrilat) i poli(etil metakrilat) pokazuju zanemarljiv stepen inhibicije polimerizacije adicijonih silikona. Na polimerizaciju polietara ovi materijali za privremene krune nisu imali veliki uticaj. (82) Mehanizam koji dovodi do inhibicije polimerizacije još uvek nije dovoljno razjašnjen. Različita su mišljenja u pogledu toga koji sastojak dovodi do inhibicije polimerizacije. (76,81,100) Tokom vizuelne inspekcije, zbog različitih boja ispitivanih otisnih materijala, nije bila moguća njihova objektivna procena. Zbog subjektivnog načina procene inhibicije polimerizacije nije bilo moguće kvantifikovati njen iznos. Uobičajene metode dekontaminacije - ispiranje vodom ili sredstvima za ispiranje usta kao što je 0.12% chlorhexidine, mehaničko čišćenje nisu efikasne. Pokazalo se da je jedino efikasno rešenje dekontaminacija površine zuba 3% vodonik peroksidom tokom 10 s, a zatim ispiranje vodom tokom 5 s. (82)

U cilju sprečavanja inhibicije polimerizacije, definitivne otiske polivinil siloksanom trebalo bi planirati pre izrade privremenih kruna, primeniti adekvatne mere dekontaminacije neposredno pre otiskivanja ili umesto adicijonih silikona koristiti polietre.

1.4. Faktori koji utiču na dimenzionalnu stabilnost elastomernih otisnih materijala

Dimenzionalna stabilnost se definiše kao sposobnost materijala da zadrži svoju veličinu i oblik tokom vremena. (101)

Dimenzionalna stabilnost elastomera direktno utiče na preciznost i trajnost budućih zubnih nadoknada, a determinisana je brojnim faktorima:

- završetak hemijske reakcije
- polimerizaciona kontrakcija, oslobađanje sporednih proizvoda (voda, alkohol)
- isparavanje konstituenata
- vreme koje protekne od odvajanja otiska sa objekta do izlivanja modela
- relaksacija (opuštanje) materijala nakon stresa usled načina rukovanja ili posebnih oblika koji se otiskuju
- variranje temperature
- uticaj hemijskih agenasa (medijuma u koji se otisak deponuje)

Da bi deformacija elastomernog otiska bila minimalna, potrebno je razmotriti: da li je izbor vrste materijala korektan, upotrebu individualne kašike izrađene od akrilata (ukoliko akrilat nije dovoljno vezan, proces polimerizacije akrilata nije završen pa je i dalje izražena polimerizaciona kontrakcija), da li je obezbeđen prostor između kašike i preparisanih zuba u cilju postizanja uniformne debljine otisnog materijala i primenu odgovarajuće tehnike otiskivanja. Veza materijala i kašike (mehanička ili pomoću adheziva) treba da bude jaka. Pritisak kašike sa otisnim materijalom na površine koje se otiskuju treba da je umeren. Materijal ne sme da počne da razvija elastične osobine pre plasiranja u usnu duplju niti se sme vršiti kontinuirani pritisak na otisni materijal koji je već razvio elastičnost. Pomeranje kašike u toku polimerizacije otisnog materijala, prerano odvajanje otiska od otisnutih površina, kao i odvajanje kašike primenom neodgovarajuće tehnike, sigurno će dovesti do znatne deformacije otisaka. (65) Od značaja je i uticaj mekih tkiva usne duplje kao i različitih oblika zubnog luka (maksila i mandibula). Uslovi pod kojima se čuvaju elastomerni otisci takođe su od velikog značaja za dimenzionalnu stabilnost ovih otisnih materijala.

Preciznost i dimenzionalna stabilnost elastomernih otisnih materijala predmet su brojnih istraživanja. U ispitivanjima dimenzionalnih promena elastomernih otisnih materijala primjenjivane su različite direktne i indirektne metode merenja njihove kontrakcije. Ova istraživanja daju podatke koji se mogu primeniti u kliničkoj praksi ili informacije o odgovarajućim fizičko-hemijskim osobinama materijala.

Prateći uticaj polimerizacione kontrakcije i isparavanja sporednih proizvoda na dimenzionalnu stabilnost elastomera, Fano i sar.1992.god. (102) su ustanovili da isparavanje igra značajnu ulogu i više zavisi od stepena viskoznosti i količine materijala nego od same reakcije vezivanja. Promenom dimenzija i oblika uzorka može se menjati proces isparavanja, dok se reakcija polimerizacije uvek završava u određenom vremenskom periodu. Na proces isparavanja konstituentata silikonskih otisnih materijala tokom reakcije polimerizacije utiču: početni polimeri male molekulske mase, tečni katalizatori, plastifikatori i sporedni proizvodi u reakciji kondenzacione polimerizacije (voda i alkohol). Isparavanje je direktno proporcionalno površini, a obrnuto proporcionalno zapremini otisnog materijala. Kada je materijal u tanjem sloju brže će eliminisati isparljive supstance nego kada je u debljem sloju. Plastifikatori, komponente koje smanjuju viskoznost, zastupljene su u većoj koncentraciji kod ređih elastomera i doprinose kontrakciji materijala. Dimenzionalne promene su najveće odmah nakon polimerizacije (50% ukupnih promena za jedan dan se dogodi u toku prvih pet sati), brzo opadaju, dostižu nultu vrednost ili postaju konstantne kroz nekoliko sati. U cilju merenja kumulativnog efekta ovih faktora na dimenzionalnu stabilnost elastomera dizajniran je test linearnih dimenzionalnih promena.

U literaturi su opisane različite tehnike otiskivanja. Brojna istraživanja su posvećena ispitivanju superiornosti pojedinih tehnika otiskivanja elastomernim otisnim materijalima u cilju dobijanja što preciznijeg otiska.

Polimerizaciona kontrakcija je važan faktor koji utiče na dimenzionalnu stabilnost elastomernih otisnih materijala. Do gubitka mase i kontrakcije silikona dolazi zbog oslobađanja sporednog proizvoda (etil-alkohola) u reakciji kondenzacione polimerizacije. Kao rezultat ovog procesa otisna šupljina će se proširiti pa će izliveni

radni model biti veći od svog izvornog oblika. Prilikom odvajanja otiska od otisnutih površina može doći i do odvajanja otisnog materijala od kašike. Usled toga dolazi do deformacije otisne šupljine, a izlivanjem takvog otiska dobiće se manji radni model.

Na dimenzionalnu stabilnost silikonskih otisnih materijala u funkciji vremena utiče i to što se proces polimerizacije nastavlja i nakon vađenja otiska iz usne duplje. (103) Fluidniji silikonski otisni materijali su osetljiviji na duže stajanje u poređenju sa onim silikonima u obliku gustog testa. Pored viskoznosti materijala na kvalitet otiska utiču i tehnike otiskivanja. (104) U literaturi su opisane uobičajene tehnike otiskivanja koje se koriste, kao i potencijalne posledice. Različite kliničke situacije zahtevaju primenu različitih tehnika otiskivanja, a svaka od njih ima svoje prednosti i mane. (105,106)

Tehnike otiskivanja se mogu podeliti na monofazne i dvofazne. Kod monofazne tehnike otiskivanja upotrebljava se otisni materijal srednje viskoznosti u jednoj fazi. Kod dvofazne tehnike otiskivanja gušći i ređi otisni materijali se upotrebljavaju istovremeno ili u dve etape. Jednovremenski način otiskivanja podrazumeva istovremenu upotrebu gušćeg silikona (koji se unosi u standardnu kašiku) i ređeg silikonskog otisnog materijala (koji se nanosi pomoću šprica). Pri ovakvom načinu otiskivanja može biti onemogućeno precizno registrovanje detalja usled dislokacije ređeg otisnog materijala gušćim. Tehnika dvostrukog otiskivanja podrazumeva dobijanje primarnog otiska gustom silikonskom masom pomoću standardne kašike. Po uklanjanju otiska iz usta pacijenta vrši se priprema otiska za korektivni (završni) otisak ređim otisnim materijalom pravljenjem prostora i odvodnih kanala za unošenje ređeg elastomera. Važan faktor koji utiče na preciznost dvostrukog sistema otiskivanja je kontrolisana količina fluidnog materijala, a upravo to nedostaje kod jednovremenskog otiskivanja kao i kada se prostor za ređi silikon pravi pomoću polietilenskog spejsera. Veoma je važan i način na koji se pravi prostor za fluidniji otisni materijal. Najbolji rezultati postignuti su upotrebom spejsera uniformne debljine (1mm i 2mm) čime je postignuta kontrolisana veličina prostora potrebna za korektivni otisak ređim elastomerom. Ređi elastomeri su fluidni otisni materijali koji dobro oblažu površine koje se otiskuju i mogu ući u uzane prostore pod blagim pritiskom. Zbog toga, ređi elastomerni otisni materijali imaju dobre reproduktivne sposobnosti, ali su manje dimenzionalno stabilni. Ukoliko je

otisni sloj predebeo doći će do veće polimerizacione kontrakcije. Ovi materijali su manje podložni deformaciji ukoliko se koriste u dovoljno tankom sloju. Prethodna istraživanja su pokazala da se potreban prostor za ređi elastomer može obezbediti izradom primarnog otiska preko privremenih kruna, zato što se najprecizniji otisci postižu debljinom fluidnog silikona od 1 – 2 mm. (107) Novija istraživanja potvrđuju konstataciju da u kliničkoj praksi kod primarnog otiska gušćim silikonom treba koristiti privremene krune u cilju postizanja uniformne debljine ređeg otisnog materijala za završni otisak. (108)

Na preciznost otiska utiču debljina otisnog sloja fluidnog silikona, kao i veza otisnog materijala i kašike. Uniformna debljina ređeg silikona od 2mm i dobra veza elastomera i kašike postiže se upotrebom individualne kašike koja je premazana odgovarajućim adhezivom. Pored toga, ovakav način otiskivanja je jednostavniji i prijatniji za pacijenta. Individualna kašika od samovezujućeg akrilata se dizajnira na odgovarajućem modelu. Prostor za otisni materijal se obezbeđuje pločom roze voska koja se pre izrade kašike adaptira na model u obliku potkovice, 2-3mm ispod vrata zuba. Stoperi, mesta gde samovezujući akrilat dodiruje okluzalnu površinu zuba, predstavljaju čvrste oslonce individualne kašike i obezbeđuju njenu pravilnu orijentaciju prilikom postavljanja u usta. Preko bočnih zuba na obe strane zubnog luka, kao i u predelu sekutića formiraju se rupice u vosku promera 3x3mm. Na strani zubnog luka gde se nalazi preparacija stoperi treba da budu distalno od preparacije. Potrebno je formirati zaštitni sloj između voska i samovezujućeg akrilata da bi se sprečilo impregniranje površine individualne kašike voskom tokom egzotermne reakcije polimerizacije samovezujućeg akrilata. To se postiže premazivanjem modela i voska izolakom. U suprotnom, navoštana unutrašnja površina kašike bi dovela do izvrtanja otisnog materijala zbog negativnog uticaja na adheziv kojim treba da se obezbedi veza otisnog materijala i kašike. Zatim se traka samovezujućeg akrilata adaptira preko voska do distalne površine poslednjeg zuba sa obe strane zubnog luka, a na sredini kašike se formira drška. Kašika se uklanja sa modela kada je dovoljno očvrsla, a još uvek topla na dodir. Na kraju se kašika obrađuje frezom. (109) Pre aplikacije adheziva ostaci voska moraju u potpunosti da se uklone iz kašike pre aplikacije adheziva da se ne bi umanjila jačina veze individualne kašike i elastomera. Da bi se oduprla silama koje nastaju tokom odvajanja otiska od otisnutih

površina, veza otisnog materijala i kašike mora biti dovoljno jaka. U suprotnom, ukoliko veza nije dovoljno jaka, pri odvajanju otiska može doći do deformacije otisnog materijala, a definitivna protetska nadoknada neće biti dobra. (110-113) Bez obzira na vrstu kašike (standardna ili individualna) preporučuje se upotreba adheziva u cilju ostvarivanja adekvatne retencije između individualne kašike i otisnog materijala. Stoperi individualne kašike, kojima se definiše debljina otisnog sloja, dodatno poboljšavaju vezu otisnog materijala i kašike. Na jačinu veze utiče i kombinacija odgovarajućeg adheziva i otisnog materijala. I pored toga što su kombinacije ovih materijala preporučene od strane proizvođača, one ne moraju obavezno biti i najbolje. (114,115) U literaturi je opisano da na jačinu veze otisnog materijala i kašike ne utiče tip akrilata za izradu individualne kašike (autopolimerizujući, svetlosnopolimerizujući), a da se adhezivima u obliku spreja ostvaruje slabija veza nego adhezivima koji se aplikuju četkicom (konvencionalni). (116) Individualne kašike je potrebno izraditi minimum 24h pre njihove upotrebe, pošto se procesi polimerizacije i kontrakcije odvijaju dokle god ima slobodnog monomera. Ovim je eventualni uticaj polimerizacije kontrakcije individualne kašike od akrilata tokom polimerizacije elastomera i sledstvene deformacije otiska sveden na minimum. (109) Fehling i sar. (117) preporučuju upotrebu individualne kašike tri dana posle njene izrade. Najjača veza individualne kašike i polivinil siloksana postignuta je upotrebom kašike sedam dana posle njene izrade. (118) Maruo i sar. ističu značajan uticaj dužine vremena potrebnog za sušenje adheziva na jačinu veze elastomera i polimerizovanog metilmetakrilata. Ovi autori preporučuju sušenje adheziva u trajanju od 10-15 minuta u cilju postizanja stabilne, dugotrajne veze individualne kašike i silikonskih otisnih materijala. Ukoliko su individualne kašike izrađene od kompozitnih materijala koji svetlosno polimerizuju, mogu se odmah upotrebiti.

Dizajn individualne kašike (perforirana ili neperforirana) i temperatura na kojoj se čuvaju otisci utiču na dimenzionalne promene uzoraka. Navodi se da mehanička retencija kod perforiranih kašika sprečava kontrakciju otisnog materijala prema centru kašike. Kod otiskivanja polivinil siloksanom, prilikom odvajanja otisaka od otisnutih površina povremeno može doći do odvajanja otisnog materijala od neperforirane individualne kašike, što se ne dešava ukoliko se koristi perforirana individualna kašika. Zbog toga bi kod otiskivanja ovim elastomernim otisnim materijalima trebalo

primenjivati perforiranu kašiku jer će perforacije povećati efekte adheziva i poboljšati preciznost. Kod polietara nije primećeno odvajanje otisaka bez obzira da li je korišćena perforirana ili neperforirana kašika. (29)

Izlivanje većeg broja modela, istog stepena preciznosti, na osnovu jednog otiska dobijenog adicijom silikonima, moguće je zahvaljujući elastičnosti i dimenzionalnoj stabilnosti ovih elastomernih otisnih materijala. (65)

Dimenzionalnu stabilnost elastomera u zavisnosti od različitih tehnika otiskivanja i serijskih izlivanja modela iz pojedinačnog otiska tokom četiri dana ispitivali su Lacy i sar. (103) Kada su koristili dvostruki sistem otiskivanja, poređenjem modela koji su izliveni prvog i četvrtog dana (šesto i sedmo izlivanje modela iz istog otiska) zapazili su da je došlo do izraženih promena. Najmanje vrednosti dimenzionalnih promena tokom sva četiri dana ispitivanja postignute su primenom individualne kašike od akrilata, preporučenog adheziva i fluidnijeg elastomernog otisnog materijala.

Među elastomerima najizraženiju elastičnost poseduju silikonski otisni materijali. Međutim, pri većim deformacijama trajno se deformišu. Tokom otiskivanja ovim materijalima neophodan je brz postupak unošenja kašike u usta pacijenta, kao i njeno centriranje. Zahtevaju kontrolu pritiska na kašiku i mirovanje otiska u ustima sve dok se materijal ne veže. Prvo će se vezati slojevi otisnog materijala koji su u kontaktu sa površinom koja se otiskuje (oralne strukture) pa tek onda slojevi materijala uz kašiku zato što toplota ubrzava proces polimerizacije. Pošto proces polimerizacije počinje već tokom mešanja komponenti, a konzistencija otisnog materijala se brzo menja, svako pomeranje otiska narušilo bi već stvorenu strukturu. Zbog hidrofobne prirode kondenzacioni silikoni zahtevaju relativno suvo radno polje. Postoje pokušaji da se hidrofilnim aditivima kompenzuje hidrofobnost adicijom silikona.

Prilikom izrade otiska zubnog luka primenjuju se odgovarajuće sile. One su kompleksne i zavise od brojnih faktora. Pored broja, veličine, oblika i položaja kliničkih kruna preostalih zuba, stanja zdravlja preostalih zuba i periodoncijuma, oblika i konzistencije mekih tkiva, geometrijskog dizajna preparisanih zuba, prisustva podminiranih zona u vilicama, ove sile zavise i od dizajna kašike, fizičkih osobina otisnih materijala i

materijala od kojih je izrađena kašika za otiske, kao i jačine veze otisnog materijala i kašike. (119) Količina otisne mase, stepen podminiranosti i stres u otisnom materijalu su u međusobnoj zavisnosti. Lokalizacija demarkacije preparacije i način otiskivanja, odnosno odvajanja otisaka od otisnutih površina, takođe utiču na deformaciju materijala pod dejstvom ovih sila. Elastični oporavak elastomernih otisnih materijala nakon deformacije predstavlja osnovnu osobinu ovih materijala koja značajno utiče na preciznost otisaka. Ukupan iznos trajne deformacije otiska predstavlja rezultat udruženog efekta viskoelastičnih svojstava i fenomena polimerizacione kontrakcije otisnog materijala.

Prema ISO standardu 4823, trajna deformacija elastomernih otisnih materijala određuje se nakon testa kompresije uzoraka ispitivanih otisnih materijala. (7) Shodno tome, tokom odvajanja otiska sa otisnutih površina pravac sile direktno utiče na deformaciju materijala u podminiranim zonama u horizontalnoj ravni. Međutim, na trajnu deformaciju otiska utiče zatezno naprezanje koje se dešava u različitim zonama vezanog viskoznijeg elastomernog otisnog materijala. (60,120-122) Kao posledica zateznog naprezanja otisnog materijala dolazi do njegovog elastičnog oporavka. Povećanjem naprezanja smanjuje se elastični oporavak otisnog materijala i ne može se predvideti jednostavnim testom kompresije materijala. (66) U kliničkoj praksi naprezanje fluidnijeg elastomernog otisnog materijala javlja se u podminiranim zonama i uskim interdentalnim prostorima, naročito u tankom rubu otisnog materijala oko demarkacije preparisanog zuba. (67,122) Otiskivanje preparisanih zuba kod kojih je demarkacija locirana subgingivalno u iznosu većem od 2mm predstavlja veoma zahtevan postupak. (68) Veličina istezanja otisnog materijala varira u kliničkim uslovima u zavisnosti od dubine sulkusa i iznosa stvarnih sila istezanja.

Tokom odvajanja otiska gracilni rubovi otisnog materijala koji predstavljaju zonu demarkacije se istežu i lako može doći do njihovog kidanja. Na otisku se lako mogu detektovati mesta na kojima je otisni materijal pokidan, a takav otisak bi trebalo ponoviti. Nepreciznosti koje su rezultat trajne deformacije materijala se teško mogu detektovati, a nepovoljno utiču na preciznost definitivnih zubnih nadoknada. Na elastični oporavak otisnog materijala po odvajanju od otisnutih površina utiču njegove osobine, debljina otisnog sloja i stepen polimerizacije samog materijala, dužina trajanja deformacije i veličina istezanja. Na obim trajne deformacije otiska utiču veličina

kompresije ili istežanja otisnog materijala i dužina trajanja naprezanja materijala. (60,65,66,120,123)

Najmanje promene će se dogoditi brzim, dobro usmerenim vađenjem otiska usled kratkotrajnog dejstva deformišućih sila. Rotacioni način odvajanja otiska od otisnute površine podrazumeva odvajanje otiska primenom sile u jednoj tački na prednjem delu kašike gde se nalazi drška. Odvajanje otiska primenom sile u više tačaka oko kašike predstavlja translatorni način odvajanja otiska od otisnute površine. U literaturi ne postoje potpuno komparabilne reference u kojima se otiskivanje i merenje vrši na isti način. Teorijska i empirijska istraživanja su prateći procese relaksacije materijala dosta dobro opisivala sazrevanje polimernih materijala u prvih nekoliko sati, završetke procesa polimerizacije u jedan do dva sata, kao i otpuštanje isparljivih konstituenata iz ovih materijala. Ovakvi radovi nisu u analitičkom pogledu primenljivi jer ne sadrže informacije o tome na koji način su se dogodile inicijalne mehaničke deformacije. (102) Eksperimentalne i empirijske studije u kojima se mehanički tretirao komadni uzorak elastomera (balk polimer), nakon čega su se pratile mehaničke osobine uzorka i indirektno tumačila anizotropna mehanička istežanja i sabijanja. (124)

Ispitivanje veličine sile koja je potrebna da bi se otisak odvojio od modela koji simulira pun zubni niz, vršeno je u laboratorijskim uslovima, odgovarajućom aparaturom, primenom sile u jednoj i tri tačke na individualnoj kašiki sa adicijom silikonom. (125) Rezultati ovog istraživanja su pokazali da su kod oba načina odvajanja otiska od otisnute površine primenjene velike sile (224N i 514N). Ovako velike sile se ne bi mogle primeniti u kliničkoj praksi, već bi se otisni materijal morao postupno odvajati od mekih i čvrstih tkiva, primenom sile u jednoj tački. Ovaj postupak odvajanja otiska se i pokazao kao jednostavniji. Na ovaj način, u predelu dejstva sile (anteriorno) dolazi do prekida perifernog ventila i odvajanja otiska od otisnutih površina. Postupno odvajanje i distalnih delova otiska nastaje daljom primenom sile. Kod translatornog načina odvajanja otiska dobijene su veće vrednosti primenjene sile usled istovremenog odvajanja kompletnog otiska primenom podjednake sile u više tačaka na kašiki, čime se istovremeno prekida ventil u svim tačkama u kojima je primenjena sila.

Rezultati eksperimentalnih kliničkih ispitivanja u kojima se utvrđivalo polje sila u usnoj duplji pri odvajanju otisaka dobijani su neposrednim analizama inicijalnih deformacija. Ova istraživanja nisu obuhvatala vremenski razvoj materijala posle deformacija niti su

se bavila relaksacijama. U in vivo studiji (121), primenjena je sila od 36N - 40N pri rotacionom odvajanju otisaka dobijenih silikonskim otisnim materijalima različite viskoznosti i metalnom kašikom. Dobijene vrednosti primenjene sile značajno su manje u poređenju sa onim navedenim u prethodnoj in vitro studiji. Kada je primenjena kašika za jednokratnu upotrebu izrađena od plastike, vrednost primenjene sile iznosila je 20N. Smatra se da je razlog tome fleksibilnost plastične kašike, koja se sama savijala pa je odvajanje otisaka sa podminiranih mesta bilo olakšano. (121,126,127) Moguće je i da su u cilju sprečavanja lomljenja plastične kašike, operatori primenjivali manju silu. Međutim, ispitivanjem uticaja rigidnosti kašike na preciznost otisaka od polivinil siloksana, Hoyos i sar. (128) su ustanovili da se plastičnim kašikama dobijaju manje precizni otisci nego metalnim. Drugi autori (127) navode da u pogledu fleksibilnosti nema razlike između plastičnih i individualnih kašika od akrilata. Lokalizovano delovanje sile, udruženo sa odvajanjem kašike sistemom poluge nadole, rotacijom oko distalnih molara, mnogo je veće u odnosu na izmerenu primenjenu silu. U slučaju kada postoje brojne interdentalne podminiranosti, kao i protruzija sekutića, pri odvajanju se generišu veće sile. Ističe se i to da su za pacijenta neprijatne sile koje su veće od 45N. Ukoliko se ne preduzmu mere predostrožnosti postoji opasnost od oštećenja mekih tkiva ili zuba antagonista.

Ispitivanja u ovom domenu vršena su indirektno mereći uticaje i doprinose različitih parametara u integralnom domenu. Uticaj vremena praćen je direktno tako što su na jednom uzorku praćena različita stanja uzorka elastomera u određenim vremenskim intervalima. Doprinosi načina odvajanja otiska utvrđivani su indirektno nakon ekstrakcije doprinosa uticaja vremena. Način odvajanja otiska treba uskladiti sa mestom koje je bitno za definitivnu zubnu nadoknadu jer su najveće deformacije na mestu vuče, a to je prvo mesto odvajanja otiska. (129)

Na dimenzionalnu stabilnost elastomernih otisaka utiču i visoke vrednosti koeficijenta termičkog širenja i skupljanja ovih materijala. Veličina kontrakcije materijala pri hlađenju sa temperature usne duplje na sobnu temperaturu, kao i moguća izloženost ekstremnim temperaturnim promenama u toku transporta do udaljenih stomatoloških laboratorija od značaja su za preciznost i stabilnost ovih otisnih materijala.(65)

Iz ovih razloga otisak je poželjno čuvati na temperaturi koja je blizu one koja vlada u ustima pacijenta. Brojna ispitivanja uticaja izraženih temperaturnih promena na dimenzionalnu stabilnost adicijonih silikona i polietara publikovana su u stomatološkoj literaturi. (29,130-133)

Corso ističe da je hlađenje elastomernih otisnih materijala sa temperature usne duplje na sobnu u korelaciji sa smanjenjem dimenzionalne stabilnosti i preciznosti zbog visokog koeficijenta termičke kontrakcije elastomera. Takođe je naveo da čuvanje otisaka na temperaturama koje su više od onih na kojima su otisci napravljeni izaziva progresivnu ekspanziju otisnog materijala. Čuvanje otisaka na nižoj temperaturi praćeno time da otisni materijal dostigne sobnu temperaturu rezultuje ukupnom ekspanzijom otiska. Čuvanje otisaka polietara i adicijonih silikona na temperaturi od 4°C tokom 24h, kao i polietara na temperaturi od 40°C tokom 24h, nakon čega su tokom 2h stajali na sobnoj temperaturi, rezultovalo je malom ekspanzijom otisaka što je delimično kompenzovalo kontrakciju otiska usled polimerizacione kontrakcije materijala. Srednja vrednost dimenzionalnih promena bila je od 1-18µm. U ovom istraživanju nije vršena procena dimenzionalnih promena u sve tri dimenzije (29)

Povećanje temperature skraćuje radno vreme i vreme vezivanja elastomernih otisnih materijala. Suprotno tome, hlađenje produžava radno vreme elastomera. Kod otiskivanja većeg broja brušenih zuba ponekad je poželjno produžiti radno vreme otisnog materijala. Kod sistema za automatsko mešanje adicijonih silikona nije moguća promena odnosa baze i katalizatora, pa hlađenje otisnog materijala predstavlja alternativu. Chew i sar. (130) su procenjivali dimenzionalnu stabilnost ohlađenih otisnih materijala i uticaj ponovnog zagrevanja otisaka na temperaturu usne duplje na njihovu preciznost. Na osnovu merenja modela dobijenih iz otisaka polivinil siloksana na sobnoj temperaturi, kao i na modelima izlivenim iz otisaka koji su neposredno pre izlivanja zagrevani na temperaturu usne duplje, zaključili su da ni hlađenje ni ponovno zagrevanje otisaka nisu od kliničkog značaja za dimenzionalnu stabilnost i preciznost ovih otisnih materijala. Ispitivanjem uticaja temperature na dimenzionalnu preciznost adicijonih silikona i polietara, Purk i sar. (131) su izlagali otiske ekstremnim temperaturama (-10°C, 24°C i 66°C). Kada je spoljnja temperatura 38°C, temperatura u vozilima kojima se otisci

transportuju može da dostigne čak 66°C. Pod takvim uslovima ekstremno visoke temperature nijedan elastomer nije stabilan. Zaključili su da adicioni silikoni pokazuju veće dimenzionalne promene od polietara i da su te promene od kliničkog značaja.

Poznato je da punioci, kao što su silicijum-dioksid i metalni oksidi, pored konzistencije preparata određuju i fizičke osobine polimerizata. Ispitivanjem uticaja vremena čuvanja i količine punioca elastomera, Chen i sar. (33) su ustanovili da najveću preciznost pokazuju polivinil siloksani sa velikom količinom punioca.

Dimenzionalne promene kondenzacionih i adicijonih silikona, polisulfida i polietara ispitivane su u zavisnosti od vremena (30min i 24h) koje protekne od početka mešanja preparata otisnih materijala do momenta prevođenja otiska u radni model. (34) Posle 30minuta vrednost linearnih promena ispitivanih materijala je iznosila od 0,11% do 0,45%, a posle 24h veličina kontrakcije je bila od 0,18% do 0,84%. Najveća dimenzionalna stabilnost zapažena je kod polietara pošto su dimenzionalne promene iznosile 0,20% posle 30minuta, a 0,22% posle 24h. Kod adicijonih silikona najveća promena je iznosila 0,22% posle 30minuta i 0,40% posle 24h. Najveće vrednosti linearnih promena uočene su kod polisulfida i kondenzacionih silikona i to do 0,40% posle 30minuta, a 0,80% posle 24h.

Preciznost i stabilnost elastomera ispitivana je u zavisnosti od vremena koje protekne od momenta odvajanja otiska do njegovog prevođenja u radni model, serijskim izlivanjem pojedinačnog otiska nakon nekoliko vremenskih intervala. Testirane su i različite tehnike otiskivanja. Polivinil siloksani su pokazali najveću stabilnost. Upotrebom individualne kašike i odgovarajućeg adheziva postignuti su najbolji rezultati. Kod dvostrukog sistema otiskivanja standardnom kašikom, preciznost modela izlivenih posle 2 do 4 dana se smanjuje. Drugi po stabilnosti, kod primene individualne kašike, su polietri. Neznatno smanjenje referentnih dijametara izlivenih modela zapaženo je tokom prvog sata, dok je naredna četiri dana zapaženo srazmerno povećanje modela. Polisulfidi i kondenzacioni silikoni su tokom četiri dana merenja pokazali slične promene, progresivno uvećanje promera serijski izlivenih modela, kada se otiskivanje vršilo pomoću individualne kašike. (103,134)

Kod svih ispitivanih kondenzacionih silikona zapažene su različite promene odgovarajućih dimenzija (u buko lingvalnom i mezio distalnom pravcu). Dobljene rezultate autori objašnjavaju time što je otisni materijal zarobljen u kašici, a i različitim naprežanjem materijala usled polimerizacije kontrakcije zbog nejednake distribucije materijala oko preparisanih zuba. Kod otiskivanja individualnom kašikom, zbog veze materijala i kašike putem adheziva, dolazi do kontrakcije elastomernog otisnog materijala prema kašici, što je razlog dobijanja modela većih dimenzija. U zavisnosti od proizvođača kondenzacionih silikona, serijskim izlivanjem otisaka (dobijenih dvostrukim sistemom otiskivanja) tokom četiri dana, dobijani su modeli čiji se dijametar drastično povećavao, odnosno modeli čiji se dijametar smanjivao. Ujednačeno povećanje veličine modela u funkciji vremena zapaženo je kod jednovremenskog otiskivanja gušćim i ređim kondenzacionim silikonom, kao i upotrebom fluidnijeg i individualne kašike. Kod dvovremenskog sistema otiskivanja prisutna je veća ekscentričnost u povećanju dimenzija izlivenih modela. Otiske izrađene kondenzacionim silikonima potrebno je što pre prevesti u radne modele da bi se postigla maksimalna preciznost.

Druga studija, pokazala je sličnu neujednačenost dobijenih vrednosti dimenzionalnih promena u funkciji vremena kod dvostrukog sistema otiskivanja različitim adicisionim silikonima. U svim ispitivanim vremenskim intervalima, izlivanjem su konstantno dobijani manji modeli sa linearnim dimenzionalnim promenama do 0,3%, odnosno modeli većih dimenzija od master modela sa promenama od 0,1%, u zavisnosti od ispitivanog adicisionog silikona. Promene ostalih adicisionih silikona nisu bile konstantne u smislu stalnog povećanja ili smanjenja dobijenih modela, a iznosile su oko 0,08%. (135)

U jednom istraživanju (136) vršena su otiskivanja master modela (koji simulira preparisan zub) kondenzacionim i adicisionim silikonom, polietrom i polisulfidom, otisci su izliveni posle 1, 4 i 24 sata. Da bi se ispitala dimenzionalna stabilnost ovih elastomera u funkciji vremena, poređena je veličina marginalnog zjapa između krunice (izrađene na master modelu) i master modela i između krunice i izlivenih modela. Ukoliko se odmah prevedu u radne modele polisulfidi pokazuju dobru dimenzionalnu stabilnost.

Kod dužeg stajanja ovih materijala dolazi do njihovih značajnih promena u dimenziji. Izuzetnu dimenzionalnu stabilnost posle svih ispitivanih vremenskih perioda pokazali su adicioni silikoni i polietri. Odloženo izlivanje modela kod otisaka izrađenih od kondenzacionih silikona dovodi do značajnih dimenzionalnih promena. U poređenju sa drugim ispitivanim materijalima, posle četiri sata stajanja, najveće promene u dimenziji, u smislu izrazite kontrakcije, zapažene su kod kondenzacionih silikona. Ukoliko se modeli izlivaju odmah, ovi materijali pokazuju veću stabilnost i preciznost od ispitivanih polisulfida.

Individualnom kašikom se postiže minimalna količina otisnog materijala koja je dovoljna za izradu korektnog otiska, a time se postiže željena vrednost dimenzionalne promene koja je u korelaciji sa količinom otisnog sloja elastomera. Čak i mala promena dimenzije nadoknade može dovesti do velikog marginalnog zjapa. Navodi se da marginalna diskrepanca veća od 100 μ m nije prihvatljiva. (137) Neujednačena kontrakcija otisnog materijala usled kompleksne geometrije preparacije, a time i otiska otežava predviđanje željene dimenzionalne promene otisnog materijala. Za postizanje maksimalne preciznosti, otiske izrađene od kondenzacionih silikona ne treba koristiti za serijsko izlivanje modela, već je potrebno da se što pre prevedu u radne modele.

Komparativnom analizom dimenzionalne preciznosti četiri komercijalna tipa adicionih silikona, indirektnim merenjem na izlivenim gipsanim modelima, Bader i sar. su ustanovili da su svi ispitivani materijali precizni u funkciji vremena i da izlivanje može biti odloženo i do četiri nedelje bez značajnih promena dimenzionalne stabilnosti. (51)

2. DEZINFEKCIJA OTISNIH MATERIJALA

Da bi se sprečilo širenje infektivnih oboljenja neophodna je dezinfekcija celokupne stomatološke opreme uključujući i otiske. (65,138)

U stomatološkoj praksi, otisni materijali izloženi inficiranoj pljuvački i krvi predstavljaju glavni izvor zaraze. Bakterije, virusi i gljivice mogu opstati na površini i u unutrašnjosti otisnih materijala. Mogućnost prenošenja bolesti sa pacijenata na zdravstvene radnike u stomatološkoj ordinaciji, osobe koje vrše transport otisaka i tehničare u laboratoriji može se sprečiti primenom visokog standarda higijene i odgovarajućih protokola dezinfekcije. (139-141) Ispiranjem otisaka u tekućoj vodi broj mikroorganizama se smanjuje. Međutim, određen broj bakterija ostaje na površini otisnog materijala i može se preneti na model. (139,142)

Američka stomatološka asocijacija (ADA), Centri za kontrolu i prevenciju bolesti, proizvođači otisnih materijala i drugi, kontinuirano izdaju priručnike o adekvatnim protokolima dezinfekcije. (141,143-148) U literaturi su opisane i predlagane brojne metode dezinfekcije otisaka: u antimikrobnim rastvorima (149) dezinficijensima u spreju (150) sterilizacija u autoklavu (151-156), mikrotalasima (157), UV zračenjem (158,159), dezinfekcija plazmom (160), imedijatno izlivanje i dezinfekcija modela ili putem dezinficijensa koji se nalazi u gipsu (161) Dezinficijensi mogu biti inkorporirani i u otisnom materijalu. (162) Oni dodatno dezinfikuju otisne materijale bez negativnog uticaja na njihovu dimenzionalnu stabilnost. (150-152,158,162,163) Nova metoda dezinfekcije otisnih materijala koja je opisana u literaturi je fotodinamička dezinfekcija. To je alternativna metoda za inaktivaciju patogenih mikroorganizama. Osnovu ove procedure čini fotohemijska aktivnost koja uključuje tri komponente: fotoaktivna supstanca- dezinficijens, fotosenzitivni detekcioni sistem, koji postaje toksičan pod uticajem svetla, a aktivira se specifičnim svetlom c talasne dužine u prisustvu kiseonika. On se selektivno akumulira na patogene, a ne na okolne normalne ćelije. Kiseonik koji je ekstremno toksičan za ćelije formira neku vrstu slobodnih radikala, oksidativni stres postaje veoma visok i dovodi do izumiranja ćelija. Ovaj metod se pokazao izuzetno efikasnim u dezinfekciji adicisionih i kondenzacionih silikona i polietara. Fotodinamički metod dezinfekcije otisaka je pokazao istu efikasnost kao i konvencionalni

dezinficijensi na bazi hipohlorita.(164,165) Iako su predlagane razne procedure dezinfekcije, hemijska dezinfekcija otisaka u rastvorima dezinficijensa predstavlja najpouzdaniji i najpraktičniji metod. Potapanjem otiska u antimikrobni rastvor, dezinfikovaće se i spoljašnja i unutrašnja površina otiska, uključujući i kašiku, a rizik od inhalacije dezinficijensa će biti minimalan. (143,149,153,161,166-169)

Vreme izlaganja otisnih materijala vlažnoj sredini može se skratiti primenom dezinficijensa u spreju. (170,171) Neujednačena distribucija dezinficijensa po površini otiska, kao i ograničena efikasnost dezinfekcije (posebno kod hidrofилnih hidrokoloida koji su porozni pa mikroorganizmi mogu da prodru i opstanu u unutrašnjosti otisnog materijala), predstavljaju nedostatke ovog načina dezinfekcije.(140)

Za evaluaciju odgovarajućeg dezinficijensa i protokola dezinfekcije značajna su dva faktora:

1. Efikasnost dezinficijensa u eliminisanju patogenih mikroorganizama
2. Uticaj dezinfekcije na dimenzionalnu stabilnost otisnih materijala

Veliki broj radova posvećen je ispitivanju dimenzionalne stabilnosti otisnih materijala posle dezinfekcije.(170,172-177) Pored rastvora glutaraldehida i natrijum hipohlorita, koji su najčešće korišćeni dezinficijens, ispitivana su i jedinjenja joda, persirćetna kiselina, orto-ftalaldehid, alkohol, kao i fenoli. Od otisnih materijala najčešće su korišćeni elastomeri.

Uzorci su dezinfikovani antimikrobnim sredstvom u spreju ili su potapani u rastvor dezinficijensa u vremenskom periodu do 60 minuta ili duže. Kontrolni uzorci su ostavljani na vazduhu, u vodi ili su odmah izliveni. U vrednovanju dimenzionalnih promena otisnih materijala, merenja su vršena na otiscima ili na odgovarajućim izlivenim modelima. Zbog velikog broja varijabli i navedenih raznolikosti u metodama ispitivanja, direktno poređenje rezultata brojnih istraživača je veoma teško. (178-184)

Preporučeno vreme trajanja dezinfekcije, za većinu površinskih dezinficijensa, je 10 – 15 minuta. Duže izlaganje otisaka dezinfekcionim sredstvima često nastaje usled ponovljenog postupka dezinfekcije u stomatološkim laboratorijama. Istraživanja su

pokazala da ne postoji dobra komunikacija između stomatoloških ordinacija i laboratorija u pogledu toga da li i koji metod dezinfekcije je primenjen, pa se postupak dezinfekcije otisaka duplira. (167,185)

Glutaraldehid (2%) ima značajan uticaj na dimenzionalnu stabilnost adicijonih silikona i polietara ukoliko su otisci u dužem vremenskom periodu (18h) izloženi tom dezinficijensu. Otiske je potrebno dezinfikovati u preporučenom vremenskom periodu koje je neophodno za dezinfekciju elastomera. (186)

Druga studija je pokazala da su adicijoni silikoni stabilni čak i posle dezinfekcije glutaraldehidom u vremenskom periodu od 16h. Polietri su ekspandirali nakon dezinfekcije, a kondenzacioni silikoni i polisulfidi su se kontrahovali. Kontrolni uzorci polietara, polisulfida i kondenzacionih silikona u suvoj sredini su pokazali kontrakciju. (187)

Istraživanje koje su sproveli Giammanco i sar. (168) pokazalo je da otisci moraju biti dezinfikovani odmah zato što se efikasnost pojedinih dezinficijenasa smanjuje ukoliko se postupak dezinfekcije odloži za 6h od momenta otiskivanja.

U početku se preporučivalo da se polisulfidi i adicijoni silikoni dezinfikuju u rastvoru bilo kog odobrenog dezinficijensa, a polietri samo dezinficijensima u spreju na bazi hlora u trajanju od 2-3 minuta. 1991.godine je odobrena dezinfekcija polietara u antimikrobnim rastvorima. (144,188)

Pojedini ispitivači savetuju upotrebu spreja za dezinfekciju polietara kao i sušenje otisaka posle dezinfekcije obzirom na veće promene ovog materijala u odnosu na kontrolnu grupu zbog apsorpcije tečnosti. Noviji polietri prevazilaze problem apsorpcije vode i stabilni su kao i silikoni. (178,187,189)

Tradicionalni hidrofobni adicijoni silikoni su se pokazali kao najstabilniji otisni materijali, čak i posle dezinfekcije u dužem vremenskom periodu. (178,187) Brzo vezujući polivinilsiloksani su pogodni kao i tradicionalni. (190) Hidrofilni adicijoni silikoni imaju tendenciju da upijaju vodu i da se šire ukoliko se dugo ostave u dezinficijensu. (191)

Interakcija dezinficijensa i otisnih materijala ne može se pripisati samo njihovim osnovnim komponentama, već i posebnim sastojcima koji su karakteristični za određene proizvođače. (192)

3. METODE ISPITIVANJA DIMENZIONALNE STABILNOSTI ELASTOMERNIH OTISNIH MATERIJALA

Nauka u potpunosti zavisi od merenja. Dostupnost merne opreme i sposobnost da se ona efikasno koristi su ključne ukoliko istraživači mogu objektivno da dokumentuju postignute (dobijene) rezultate.

Metrologija, verovatno najstarija nauka na svetu, je nauka o merenju. Poznavanje njene primene je osnovna potreba praktično svih profesija koje su zasnovane na nauci. Metrologija pruža osnovu za poređenje rezultata ispitivanja. Ona povezuje ljudske profesionalne aktivnosti širom sveta putem zajedničkih mernih jedinica i procedura, kao i prepoznavanjem, akreditacijom i međusobnim testiranjem mernih standarda i laboratorija u različitim zemljama. (1)

3.1. Prva ispitivanja dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala

U ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala posle vezivanja, u zavisnosti od različitih faktora korišćene su brojne metode. Ispitivanja dimenzionalne stabilnosti i preciznosti elastomera vršena su linearnim merenjima na samim otisnim materijalima ili na gipsanim modelima dobijenim iz elastomernih otisaka. O preciznosti otisnih materijala zaključuje se i procenom rubnog zaptivanja između definitivne nadoknade izrađene na master modelu i gipsanog modela izlivenog iz elastomernog otiska master modela. (136)

Određen broj studija (153,169,193) upotrebljava tehniku merenja otisaka koju preporučuju Međunarodna organizacija za standarde (ISO 4823) i Američka stomatološka asocijacija (ANSI/ADA Specifikacija br.19). Ova metoda se sastoji u merenju profilisanih žlebova na elastomernim otiscima dobijenim iz mašinski obrađene modle, pomoću mikroskopa (7,8). Neke studije uvode različite modifikacije standardne metode (177,194-196). Modifikovana tehnika je zahtevala izradu modela iz otiska, a merenja su i dalje zavisila od tipa mikroskopa i mikrometarskog zavrtnja.

Razvojem tehnologije iz sedamdesetih godina prva merenja koja su se primenjivala u cilju procene dimenzionalne stabilnosti otisnih materijala bila su analogna. To su: mikroskopije (klasična optika) i mehanička pozicioniranja (mikrometarski zavrtnji). Merenja su vršena direktno na elastomernim otisnim materijalima ili indirektno, merenjem na gipsanim modelima izlivenim iz elastomernih otisaka. Uzorci ispitivanog elastomera dobijeni su iz modle iste ili slične onoj opisanoj u ISO standardu. (29,34,172,197,198)

U literaturi je dosta zastupljena procena dimenzionalne stabilnosti i preciznosti elastomernih otisnih materijala na osnovu merenja modela dobijenih iz otisaka master modela gornje ili donje vilice sa patrljcima (klinovima) ili pojedinačnih patrljaka koji simuliraju preparisane zube. Merenja se čak i u novijim istraživanjima vrše mikroskopom ili mikrometrom. (51,56,103,104,134,136,170,190,199,)

Eames i sar. (34) su još 1979.god. ispitivali dimenzionalnu stabilnost elastomernih otisnih materijala u funkciji vremena. Prvu grupu uzoraka polisulfida, polietara, kondenzacionih i adicionih silikona pripremali su prema uputstvu ADA Specifikacije br.19. Merenje linearnih dimenzionalnih promena vršili su svetlosnim mikroskopom. Drugu grupu uzoraka su dobili otiskivanjem preparisanog patrljka od nerđajućeg čelika, simulirajući situaciju u kliničkoj praksi. Iz otisaka su, posle 30minuta i 24časa, izliveni gipsani modeli. Preciznost izlivenih modela ispitivali su pomoću kapice od nerđajućeg čelika, izrađene na osnovnom modelu, što nije slučaj u kliničkoj praksi.

Procena stabilnosti i preciznosti četiri grupe elastomera vršena je i pomoću mikrometarskog zavrtnja sa granicom greške od 0,001mm. Kao master model korišćen je model gornje vilice sa mašinski obrađenim cilindričnim patrljcima od aluminijuma koji su simulirali dva preparisana molara. Buko-lingvalne i mezio-distalne dimenzije na referentnim molarima merene su na gipsanim modelima koji su serijski izliveni iz pojedinačnog otiska u različitim vremenskim intervalima i to: 30minuta, 1h, 2h, 3h, 24h, 48h i 96h od momenta odvajanja otiska. Ispitivanje je vršeno u zavisnosti od različitih tehnika otiskivanja, vrste materijala, različitih proizvođača iste vrste materijala i serijskih izlivanja modela iz istog otiska. (103,134)

Iz otisaka master modela, koji predstavlja dva maksimalna sekutića paralelnih distalnih površina, različitim adicijom silikona, izliveni su u odgovarajućim vremenskim intervalima modeli na kojima je pomoću mikrometarskog zavrtnja, preciznosti $2,54\mu\text{m}$, vršeno merenje referentnog rastojanja između distalnih površina centralnih sekutića i na osnovu istog rastojanja na kontrolnom modelu doneti su zaključci o dimenzionalnoj stabilnosti ispitivanih elastomera. (135)

Dimenzionalna stabilnost elastomernih otisnih materijala u funkciji vremena ispitivana je na osnovu mikroskopskog merenja veličine marginalnog zjapa (u μm) između krunice izrađene od legure zlata na master modelu od zlata, koji simulira izbrušeni zub, i master modela, a zatim je postupak ponovljen za gipsane modele koji su izlivani posle 1, 4 i 24 sata od momenta odvajanja otiska. Pošto krunica nije izrađena na modelima izlivenim iz otisaka dobijenih otiskivanjem master modela elastomernim otisnim materijalima pomoću individualne kašike, nego na samom master modelu, ovaj metod merenja ne odgovara kliničkoj situaciji. (136)

Ispitivanje dimenzionalne stabilnosti elastomera posle primene različitih dezinficijensa takođe je vršeno mikroskopom na uzorcima ovih materijala dobijenim iz standardne modle prema ISO 4823. (197)

Uticaj dezinficijensa na dimenzionalnu stabilnost elastomera procenjivan je na osnovu mikroskopskog merenja dimenzija uzoraka dobijenih iz standardizovane modle. Umesto prstena korišćena je "kašika" od samovezujućeg akrilata koja premazana adhezivom, a u rastvor hemijskog dezinfekcionog sredstva potapan je ceo "otisni kompleks". (198)

Procena dimenzionalne stabilnosti dva različita elastomerna otisna materijala (adicijom silikona i polietara) vršena je u zavisnosti od temperature na kojoj su čuvani otisci i u zavisnosti od dizajna individualne kašike (perforirana i neperforirana). Za izradu uzoraka korišćena je modla sa pet žlebova koji su slični onim opisanim u ADA Specifikaciji br.19. Uzorci su napravljeni iz modle postupkom koji je drugačiji od onog koji preporučuje ADA Specifikacija br.19. Pokretnim mikroskopom, preciznosti $0,5\mu\text{m}$, vršena su merenja i horizontalnih i vertikalnih linija na uzorcima. Merenja su vršena

10min po vađenju otiska iz modle na temperaturi od $(35\pm 1)^{\circ}\text{C}$ i posle perioda od 26h tokom koga su otisci čuvani na različitim temperaturama (23°C , 40°C i 4°C). (29)

Dimenzionalna stabilnost otisaka izrađenih od vinil polietar silikona, polivinil siloksana i polietara ispitivana je u funkciji odloženog izlivanja modela do dve nedelje posle dezinfekcije. Otisci metalnog modela sa cilindričnim patrljcima su posle dezinfekcije u 2,5% rastvoru glutaraldehida izliveni gipsom. Merenja su vršena na dobijenim gipsanim modelima digitalnim mikrometrom rezolucije $1\mu\text{m}$, dok je greška instrumenta $2\mu\text{m}$.(56)

U komparativnoj studiji, ispitivanje dimenzionalne stabilnosti i preciznosti različitih elastomernih otisnih materijala vršeno je na gipsanim modelima dobijenim iz otisaka master modela od nerđajućeg čelika koji predstavlja dva konična patrljka sa žlebovima na okluzalnim i aproksimalnim površinama za potrebe merenja. Dimenzije (širina i visina) patrljaka kao i rastojanje između njih mereni su pokretnim mikroskopom preciznosti $0,01\text{mm}$. (104)

Procenu dimenzionalne preciznosti adicijonih silikona Suprabha i sar. (200) vršili su poređenjem dve različite tehnike otiskivanja i korišćenjem dva dizajna spejsera na osnovu merenja linearnih promena rastojanja između dve preparacije. Otisci su napravljeni na master modelu od nerđajućeg čelika koji simulira tročlani most koji treba da nadomesti mandibularni prvi molar. Merenje je vršeno pokretnim mikroskopom preciznosti $0,001\text{cm}$, na gipsanim modelima koji su dobijeni izlivanjem otisaka posle 24h od momenta otiskivanja.

3.2. Najnovije metode ispitivanja dimenzionalne stabilnosti elastomera

Razvojem digitalne tehnologije omogućena je upotreba sofisticiranijih i preciznijih metoda za procenu dimenzionalne stabilnosti otisnih materijala. Počinje akvizicija podataka sa računara, merne tehnike su optičke mikroskopije, a pozicioniranja nisu mehanička nego optička i laserska. Analiza digitalne fotografije visoke rezolucije počinje posle 2000. godine. Procena dimenzionalne stabilnosti elastomera vršena je na

osnovu ispitivanja samog otisnog materijala ili merenjem na modelima dobijenim iz otisaka.

Clancy i sar. (52) su ispitivali dimenzionalnu stabilnost elastomera u funkciji vremena. Koristili su uzorke iz modle prema ADA Specifikaciji br. 19, otiske su stavljali pod reflektujući mikroskop, nakon čega je slika projektovana na ekranu tadašnjeg računara za analizu fotografija, što ujedno predstavlja i početak upotrebe kompjutera u ovakvim istraživanjima.

U jednom od referentnih istraživanja korišćene su dve metode merenja. Jedna metoda pomoću mikrometarskog zavrtnja, a druga laserskim skenerom sa automatskom obradom podataka u cilju procene dimenzionalne stabilnosti i preciznosti otisnih materijala. Merenja su vršena na gipsanim modelima izlivenim iz otisaka. Mnogo preciznija merenja postignuta su laserskim skenerom (201).

De Long i sar. 2001. (202) ispituju faktore koji utiču na skeniranje otisaka od polivinil siloksana i nalaze da je od značaja ugao pod kojim se vrši skeniranje kao i sama tekstura materijala. Nemogućnost skeniranja elastomernih otisaka usled različite refleksije ovih otisnih materijala zahtevala je izradu modela (203).

Procenu hidrofилnosti elastomernih otisnih materijala mereći veličinu kontaktnog ugla na komadnom uzorku polimera Michalakis i sar. vršili su pomoću digitalnih fotografija i odgovarajućeg softvera. (204)

Dimenzionalna stabilnost otisnih materijala nakon dezinfekcije procenjivana je na osnovu merenja uzoraka otisnih materijala dobijenih iz modle (slične onoj opisanoj u ISO 4823), pomoću automatskog laserskog mikrometra i računarske obrade podataka. (205)

U svom istraživanju Rodriguez J. i sar. (206) procenjuju dimenzionalnu stabilnost osam najčešće korišćenih otisnih materijala u periodu od dvanaest nedelja koristeći dve vrste modli. Jedna modla je ona standardna koju je preporučila ADA Specifikacija br.19. za

elastomerne otisne materijale, a druga, individualna modla, je omogućavala merenje u dve dimenzije (duž x i y ose). Preciznost otisaka je proverena optičkim mikroskopom 10 minuta posle njihove pripreme. Posle 24h otisci su skenirani bezkontaktnim laser profilometrom, preciznosti 0,1 μ m. Otisci su skenirani na rastojanju od 50 μ m. Posle dve, četiri, osam i dvanaest nedelja otisci su ponovo skenirani korišćenjem iste tehnike. Za otiske dobijene iz standardne modle vršena su dva merenja duž x ose, a za otiske dobijene iz individualne modle urađena su dva merenja duž x ose, dva merenja duž y ose i dva po dijagonali. Obe modle su takođe skenirane, koristeći ista podešavanja, što je omogućilo poređenje mera modle i otiska.

U ispitivanju preciznosti različitih tehnika otiskivanja sa različitom debljinom spejsera Andreas E. i sar. (207) uvode novi pristup u ispitivanju verodostojnosti i preciznosti stomatoloških otisaka kompletnog zubnog luka. Cilj ovog istraživanja je ispitivanje mogućnosti procene trodimenzionalne preciznosti i tačnosti konvencionalnih i digitalnih otisaka kompletnog zubnog luka odgovarajućim novim skenerom, kao i poređenje preciznosti konvencionalnih i digitalnih otisaka. Modulirano belo svetlo je projektovano na površinu modela i reflektujuće svetlo uhvaćeno objektivom sa malom dubinom polja. Sistem ima mogućnost merenja površina u okviru polja od 10x10x10cm. Različita uveličavajuća sočiva se mogu koristiti da bi se smanjila veličina polja i time povećala rezolucija do 50nm. Izrađen je čelični model zubnog luka i izmeren preporučenim skenerom. Napravljeni su konvencionalni otisci referentnog modela i izliveni gipsom. Dobijeni gipsani modeli su skenirani i korišćeni kao digitalni modeli. Napravljeni su i digitalni otisci referentnog modela, kao i digitalni modeli. Preciznost je merena superponiranjem digitalnih modela u okviru svake grupe. Superponiranjem digitalnih modela sa digitalnim referentnim modelom procenjena je verodostojnost obe metode otiskivanja.

Procena linearne dimenzionalne preciznosti četiri tehnike otiskivanja polietrom na laboratorijskom modelu koji simulira situaciju u kliničkoj praksi vršena je merenjem referentnih rastojanja na gipsanim modelima izlivenim posle 30 minuta od momenta otiskivanja, korišćenjem trodimenzionalne koordinatne mašine za merenje, preciznosti 0,001mm. (208)

Trodimenzionalnu (koordinatnu) mašinu za merenje preciznosti 0,001mm koristili su u svom istraživanju i Chugh A. i sar. Mehanički sistem je dizajniran tako da pomera mernu sondu u cilju lociranja referentnih tačaka na okluzalnoj i horizontalnoj platformi. Sastoji se od četiri dela: kućišta mašine, merne sonde koja može biti mehanički optička ili laserska, kontrolni sistem i softver za merenje. (209) Na modelima izlivenim posle 24h iz otisaka akrilatnog master modela, vršeno je merenje referentnih rastojanja u cilju utvrđivanja linearnih dimenzionalnih promena kod različitih tehnika otiskivanja polivinil siloksanima. Anteroposteriorne i lateralne dimenzije merene su koordinatnom mašinom za merenje preciznosti na dve decimale milimetra. Vertikalne dimenzije su merene na profilnom projektoru sa 10X uvećanjem. (210)

Jedna in vitro studija je dizajnirana tako da se na osnovu procene dimenzionalnih promena adicijonih silikona, merenjem referentnih horizontalnih i vertikalnih rastojanja na gipsanim modelima duž horizontalne ose preparacije zuba na otisku dela zubnog luka odredi koja tehnika otiskivanja ima najveću dimenzionalnu preciznost. Merenje 11 različitih lokacija vršeno je mikroskopski na analizatoru slike. (211)

Ispitivanje kvaliteta reprodukcije detalja i dimenzionalne stabilnosti vinil polietar silikona u poređenju sa vinil polisiloksanom, u funkciji vremena i ispitivanog dezinficijensa, Nassar i Chow vrše merenjem dimenzija uzoraka dobijenih iz modle po ISO 4823. Procenu reprodukcije detalja vrše posmatranjem odgovarajuće linije na uzorku pomoću svetlosnog mikroskopa pod 10 puta uvećanjem. Dimenzionalnu stabilnost ispituju merenjem referentnog rastojanja, na strugu sa x,y stočićem koji ima digitalni čitač sa rezolucijom enkodera od 5 μ m. Precizno poravnanje uzoraka alatnim mikroskopom sa 30 puta uvećanjem omogućilo je lakšu identifikaciju otisnutih linija na površini uzorka. (172)

Utvrđivanje dimenzionalne stabilnosti tri različita elastomerna otisna materijala pre i posle sterilizacije u autoklavu Kumar i sar. vršili su na uzorcima ispitivanih materijala dobijenim iz standardizovane modle prema ADA Specifikaciji br.19. Merenja referentnih rastojanja na otiscima rađena su stereomikroskopom sa uvećanjem od 0,65X

pomoću odgovarajućeg softvera za analizu fotografija u tri različita vremenska intervala (pre sterilizacije, 1h i 24h nakon sterilizacije u autoklavu). (154)

Procena dimenzionalne stabilnosti uzoraka polietara i adicijonih silikona u zavisnosti od temperature, dobijenih iz standardizovane modle prema ISO 4823, vršeno je merenjem odgovarajućih rastojanja na digitalnim fotografijama uzoraka sa lenjirom pomoću softvera koji je omogućavao skaliranje, kalibraciju i devet puta uvećanje. (133)

Dimenzionalnu stabilnost adicijonih silikona Aalaei i sar. procenjivali su na osnovu merenja referentnih rastojanja na gipsanim modelima izlivenim posle 1h, 24h i 168h, iz otisaka modle, slične onoj opisanoj u ADA Specifikaciji br.19. Merenja su vršila dva operatora, stereomikroskopom sa uvećanjem 32 X i korišćenjem klizača sa skalom 0,01mm preciznosti. (212)

Fotometrijske metode koje su se koristile u toku ovih istraživanja i koje su i same predmet istraživanja ustanovljene su na Fizičkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Ove metode su našle široku primenu u volumetrijskim i spektrometrijskim karakterizacijama plazme i mikrostrukturnoj analizi, u karakterizacijama grupa ćelija i tkiva, u kinetičkim analizama obojenih rastvora sa reakcijama, u analizama složenih višekomponentnih sistema, u analizama kvašenja tkanina i mnogim drugim.(213-218)

Njihova primena u stomatologiji je **nova i prvi put** su korišćene kao originalne metode u okviru magistarske studije autora pod nazivom: „Analiza dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala“. (129)

Procena dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala u zavisnosti od različitih faktora vršena je metodom analize digitalne fotografije elastomernih otisaka kompletnog zubnog luka. (129,219)

U okviru ove disertacije ispitane su mogućnosti fotometrijskih metoda u proceni dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala.

Analiza digitalne fotografije omogućava direktno merenje otisnog materijala bez potrebe prethodnog izlivanja modela. Moguće je proračunavanje i linearnih i

volumetrijskih promena dimenzija u funkciji vremena, ali je konačan rezultat predstavljen linearnim dimenzionalnim promenama. Postupak merenja je automatizovan sa računara, tako da nastaje statistički dovoljan broj uzoraka fotografija koji omogućava da se sa kvalitetnom statističkom značajnošću utvrdi uticaj datog parametra sa visokom tačnošću.

U analizi vremenski distribuiranih fotografija istog uzorka vršeno je inicijalno poređenje svake fotografije sa prvom u serijalu. Vremena nastanka fotografija su poznata, a shodno tome i vremenski pomeraj u odnosu na prvonastalu fotografiju u serijalu. To je omogućilo jasno definisanje vremenske skale kao nezavisne promenljive u daljim analizama. Zavisno promenljiva podrazumevala je apsolutne, i još praktičnije i korespondentnije u odnosu na rezultate drugih autora, relativne statističke promene linearnih dimenzija uzorka prve fotografije sa izabranom u serijalu (numeričkim postupkom obrade mera nesličnosti, korišćenjem kalibracionih rezultata) vremenski distribuiranom u tačno definisanom trenutku, opisanom kroz nezavisnu vremensku promenljivu.

Mehanizam upoređivanja fotografija po principu svaka sa svakom u serijalu, korišćen je u cilju povećanja tačnosti rezultata i smanjivanja greške merenja. To je vršeno tako što su dobijeni rezultati o merama nesličnosti transformisani u apsolutne i relativne statističke promene linearnih dimenzija uzorka, birajući bilo koja dva trenutka koja su uzeta za analizu pomeranja. Matematičkim postupkom su šiftovani i po nezavisnoj i po zavisnoj promenljivoj. Vrednost šifta, korekcije u vremenskoj skali, bila je vremenska distanca između dva birana trenutka za poređenja i ona je dodata na vreme nastanka ranije fotografije. Vrednost korekcije u domenu apsolutne i relativne statističke promene linearnih dimenzija uzorka bila je dobijena vrednost datih veličina i ona je dodata na vrednost ukupne promene linearnih dimenzija uzorka u ranijem trenutku. Ovim mehanizmom je od $n \times n$ rezultata u megamatrici mera nesličnosti i promena linearnih dimenzija uzorka dobijena n -tostruko definisana (korigovana) vrednost svakog rezultata promene linearnih dimenzija uzorka u vremenu.

Grafikoni promena linearnih dimenzija uzorka u vremenu za sve vrste uzoraka i sve načine tretiranja, dobijani su kao rezultati inicijalnih merenja promena linearnih dimenzija uzorka, tako i onih korigovanih (tačnijih).

Evaluacija opisane originalne metode omogućena je uvođenjem novog modela merenja, variranjem brojnih parametara kako u softverskom tako i u eksperimentalnom domenu, kao i primenom postupka merenja shodno metodi koju preporučuju važeći standardi (ISO 4823:2000, ADA Specifikacija br. 19). (7,8)

Dosadašnja iskustva ukazuju na brojne prednosti fotometrijske metode u odnosu na pomenute u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala.

3.3. Ispitivanje dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala po preporuci Međunarodne organizacije za standarde (ISO 4823:2000)

ISO 4823:2000 (7) je standard u kome su detaljno opisani zahtevi koje mora da ispunjava elastomerni otisni materijal, kao i brojna ispitivanja neophodna za utvrđivanje kvaliteta materijala potrebnog za odgovarajuću upotrebu, a koji je već spreman za prodaju.

Prema ovom Međunarodnom standardu, priprema uzoraka, ispitivanje kao i čuvanje kompletne opreme i svih materijala vrše se u laboratorijskim uslovima na sobnoj temperaturi od $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$, pri relativnoj vlažnosti vazduha od $(50\pm 10)\%$. Uzorke ispitivanih materijala treba pripremati prema uputstvima proizvođača.

Potrebno je obaviti neophodnu kalibraciju tako da sve stavke budu u skladu sa specifikacijama navedenim za ovaj standard ili sa nekim normativnim dokumentom citiranim u njemu. Za merenje vremena u toku pripreme i ispitivanja uzoraka potrebno je koristiti štopericu sa preciznošću od 1s.

Za izradu uzoraka prema ISO 4823 potrebno je napraviti modlu sa prstenom od nerđajućeg čelika. Na standardizovanoj modli od nerđajućeg čelika obeležene su tri horizontalne i dve vertikalne linije. Linija *a* je promera $(50\pm 8)\mu\text{m}$, linija *b* $(20\pm 4)\mu\text{m}$,

linija c (75 ± 8) μm , linije $d1$ i $d2$ iste su širine kao linija c . Rastojanje od linije $d1$ do linije $d2$ iznosi 25mm. Rastojanje između linije a i linije b je 2,5mm, a između linije a i linije c je 5mm. Od nerđajućeg čelika izrađen je i prsten spoljašnjeg promera $\emptyset(37,97\pm 0,03)\text{mm}$, unutrašnjeg promera $\emptyset(30\pm 0,02)\text{mm}$ i debljine 6mm, kao i metalna pločica veličine 50mm x 50mm i 3mm debljine. Na prstenu se nalazi i jedan žleb dubine 1mm da bi lakše mogao da se odvoji od modle.

Pre pripreme uzoraka potrebno je ultrazvukom očistiti modlu sa prstenom. Neposredno pre mešanja materijala modla sa prstenom se stavi na 15min u rernu podešenu na $(35\pm 1)^\circ\text{C}$ zbog temperiranja. Polietilenski listić, dimenzija 50mm x 50mm i 0,035mm debljine, treba fiksirati za donju stranu metalne pločice pomoću tankog sloja silikona. Po završenom mešanju materijala potrebno je izvaditi modlu sa prstenom iz rerne i postaviti prsten na modlu tako da se formira prostor za izradu uzoraka. Zamešan otisni materijal treba plasirati u modlu tako da se ona lagano prepuni duž jedne strane. Najpre treba da se prekriju linije a , b i c na jednoj strani modle, a zatim pritiskom metalne pločice materijal treba da se postepeno usmeri duž linija do drugog kraja modle. Zatim se višak materijala istisne pritiskom pločice prekrivene polietilenskom folijom na prsten modle. Formirani kompleks se potom stavlja u vodeno kupatilo na $(35\pm 1)^\circ\text{C}$ u cilju simuliranja temperature usne duplje, u onom vremenskom periodu koji je prema preporuci proizvođača potreban da otisak bude u ustima. Po vađenju iz vodenog kupatila, uzorak se izvadi iz modle, ispere destilovanom vodom i osuši. Izdignute linije na uzorku predstavljaju pozitivne kopije urezanih linija na površini modle.

Pomoću mikroskopa se ispituje da li je uzorak otisnog materijala u skladu sa odgovarajućim zahtevima. Reprodukcijska linija se smatra zadovoljavajućom ukoliko su linije a , b i c kontinuirane (bez prekida) između linija $d1$ i $d2$. Važno je napomenuti da je usled različitih boja materijala, pri ispitivanju uzoraka, neophodno koristiti svetlo različite jačine, specijalne filtere za boju ili oba, u cilju utvrđivanja adekvatne reprodukcije odgovarajućih linija na površini uzorka otisnog materijala.

Uzorci otisnih materijala za koje je utvrđeno da su po zahtevanim propozicijama mogu se koristiti za ispitivanje linearnih dimenzionalnih promena.

Od opreme za merenje je potreban mikroskop preciznosti od 0,01mm, uvećanjem od 4x do 12x, malim uglom osvetljenosti i sa mernim stočićem koji poseduje hod od najmanje 27mm.

Najpre se pristupa pripremanju i pozicioniranju modle. Potrebno je prvo očistiti modlu ultrazvučnim aparatom. Modlu treba postaviti na postolje mikroskopa tako da linija $d1$ bude sa desne strane, a linija c najniža linija. Na mikroskopu X osu treba orijentisati tako da bude paralelna sa linijom c i oko 0,03mm ispod te najniže linije. Y osa će na taj način biti postavljena paralelno sa linijama $d1$ i $d2$. Pomerajući stočić ili postolje potrebno je Y osu postaviti najmanje 0,1mm upolje, desno od linije $d1$ na modli.

Procedura merenja rastojanja između odgovarajućih linija na pozicioniranoj modli se sastoji iz nekoliko koraka. Pokretni stočić na mikroskopu treba pomerati kontinuirano samo u jednom smeru sve dok se ne očita zadnje merenje između linija $d1$ i $d2$. Za inicijalno merenje potrebno je pomeriti levo ivicu X ose tako da se poravna sa unutrašnjom ivicom linije $d1$, zaustaviti pokretanje, očitati i zabeležiti tu poziciju kao početno merenje. Za krajnje merenje treba pomeriti levu ivicu Y ose tako da se poravna sa unutrašnjom ivicom linije $d2$, zaustaviti pomeranje i očitati konačnu poziciju. Razliku između početnih i konačnih očitavanja izračunati i zabeležiti tu vrednost. Uraditi još dva dodatna merenja rastojanja između linija $d1$ i $d2$. Prosek ove tri dobijene vrednosti se obeležava sa L1.

Na uzorku otisnog materijala protokol merenja rastojanja između linija $d1$ i $d2$ duž linije c se vrši na isti način kao i merenje tog rastojanja na modli. Razlika je samo u pozicioniranju uzorka. Da bi linija c bila najniža linija, uzorak treba orijentisati na postolju mikroskopa tako da linija $d2$ bude sa desne strane kada se vrši inicijalno merenje. Rezultat merenja uzorka se obeležava sa L2.

Izračunavanje dimenzionalne promene svakog uzorka, L , izraženo u procentima, do najbližih 0,05%, vrši se pomoću sledeće jednačine:

$$L=100(L1-L2) / L1$$

gde:

$L1$ predstavlja rastojanje između linija $d1$ i $d2$ izmereno na modli

$L2$ predstavlja rastojanje između linija $d1$ i $d2$ izmereno na uzorku ispitivanog otisnog materijala

Dobijenu vrednost dimenzionalne promene izražene u procentima treba uporediti da li je u skladu sa maksimalnim dozvoljenim vrednostima linearnih dimenzionalnih promena koje propisuje ISO 4823, a to je 1,5%.

Komentarisanje da li je neki materijal prošao testiranje zadovoljavajuće ili ne, kao i prezentovanje rezultata vrši se u zavisnosti od broja uzoraka. Treba navesti broj uzoraka koji je ispitivan, koliko od tih uzoraka je u skladu sa navedenim zahtevima i da li je materijal dimenzionalno stabilan ili ne.

Za ispitivanje linearnih dimenzionalnih promena inicijalno je potrebno napraviti seriju od tri uzorka ispitivanog otisnog materijala. Ukoliko je najmanje dva od tri uzorka u skladu sa odgovarajućim zahtevima, materijal "prolazi". Ako nijedan uzorak nije u skladu sa postavljenim zahtevima, materijal "nije prošao". Ukoliko samo jedan uzorak odgovara zahtevima potrebno je dodatno napraviti još tri uzorka. Materijal je "prošao" ako su sva tri dodatna uzorka u skladu sa zahtevima. U bilo kom drugom slučaju materijal "nije prošao".

4. HIPOTEZA I CILJ ISTRAŽIVANJA

Dimenzionalna stabilnost otisnih materijala je veoma važna zato što se izrada protetskih nadoknada vrši indirektno. Za uspešnost i preciznost indirektno izrađenih nadoknada neophodno je obezbediti preciznu kopiju čvrstih i mekih struktura usne duplje.

U okviru ovog istraživanja pošlo se od pretpostavke da fotometrijske metode pružaju šire mogućnosti za procenu dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala kako u kvantitativnom, tako i u kvalitativnom pogledu i istovremeno obezbeđuju veću preciznost postignutih rezultata u poređenju sa klasičnim metodama ispitivanja dimenzionalne stabilnosti elastomera koju preporučuju važeći standardi.

S tim u vezi, cilj istraživanja u okviru ove doktorske teze je da se ispituju različite mogućnosti fotometrijskih metoda u proceni dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala i da se njihova efikasnost i preciznost uporede sa efikasnošću i preciznošću referentne metode koju preporučuju važeći standardi (ISO 4823:2000, ANSI/ADA Specifikacija br.19). (7,8)

5. ZADACI

Osnovni cilj ovog istraživanja nametnuo je sledeće zadatke:

1. Da se odaberu otisni materijali koji se najčešće koriste u stomatološkoj praksi.
2. Da se uzorci pojedinih materijala pripreme po preporukama ISO 4823:2000.
3. Da se proceni dimenzionalna stabilnost ispitivanih otisnih materijala u funkciji vremena shodno metodi koju preporučuje ISO 4823:2000.
4. Da se proceni dimenzionalna stabilnost ispitivanih otisnih materijala u zavisnosti od temperature shodno metodi koju preporučuje ISO 4823:2000.
5. Da se shodno preporukama ISO 4823:2000 ispita uticaj različitih dezinficijensa na deformaciju otisaka uzetih ispitivanim otisnim materijalima.
6. Da se uvedu nove do sada nekorišćene fotometrijske metode.
7. Da se razvije matematički model koji će omogućiti utvrđivanje kvaliteta (prirode) deformacije elastomera.
8. Da se obavi kompletno variranje svih parametara pri merenjima kako za fotometrijske tako i za referentne metode.
9. Da se evaluiraju novi modeli fotometrijskih metoda u proceni dimenzionalne stabilnosti elastomera sa stanovišta preciznosti i tačnosti.
10. Da se fotometrijskim metodama ispita dimenzionalna stabilnost elastomernih otisnih materijala u funkciji vremena.

11. Da se fotometrijskim metodama ispita dimenzionalna stabilnost elastomernih otisnih materijala u zavisnosti od temperature.
12. Da se fotometrijskim metodama utvrdi uticaj različitih dezinficijensa na deformaciju otisaka uzetih ispitivanim otisnim materijalima.
13. Da se izvrši komparativna analiza rezultata dobijenih standardnom metodom (ISO 4823:2000) i rezultata dobijenih fotometrijskim metodama za svaki ispitivani materijal i za svaki faktor relevantan za dimenzionalnu stabilnost materijala.
14. Da se izvrši statistička obrada dobijenih podataka i donesu odgovarajući zaključci.

6. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

6.1. MATERIJAL

Sva istraživanja u ovoj doktorskoj tezi obavljena su u in vitro uslovima u laboratorijama Fizičkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Celokupna oprema i materijali koji su korišćeni u istraživanju čuvani su, po preporuci ISO 4823:2000, na sobnoj temperaturi od $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$, pri relativnoj vlažnosti vazduha od $(50\pm 10)\%$ pre upotrebe i merenja.

6.1.1. Ispitivani materijali

Za potrebe ovog istraživanja korišćeni su sledeći elastomerni otisni materijali:

- dva kondenzaciona silikona (Oranwash L–Zhermack + Indurent gel–Zhermack i Xantopren L blue–Heraeus Kulzer + Activator Universal Plus–Heraeus Kulzer)
- dva adiciona silikona (Elite HD+ light body–Zhermack i Variotime Light Flow–Heraeus Kulzer)
- polietar (Impregum™ Soft 3M ESPE).

Kondenzacioni silikoni mešani su ručno, prema uputstvu proizvođača, na sobnoj temperaturi od $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$, pri relativnoj vlažnosti vazduha od $(50\pm 10)\%$. Obe komponente kondenzacionih silikona nalaze se u tubi. Podjednake dužine baze i odgovarajućeg aktivatora istisnute su na podlogu od masnog papira (Zhermack, Heraeus Kulzer), temeljno promešane plastičnom špatulom i plasirane u standardizovanu modlu. Podeoci na papiru za mešanje omogućavaju odgovarajuće doziranje materijala, (slika 6.1., slika 6.2.).



**Slika 6.1. Oranwash L (Zhermack)
Indurent gel (Zhermack)**



**Slika 6.2. Xantopren L Blue(HeraeusKulzer)
Activator UniversalPlus(HeraeusKulzer)**

Adicioni silikoni su pakovani u kertridže za automatsko mešanje i upotrebljeni prema uputstvu proizvođača na sobnoj temperaturi od $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ pri relativnoj vlažnosti vazduha od $(50\pm 10)\%$. Na kertridžima se nalaze dve odvojene komore sa komponentama preparata adicisionih silikona. Pre nego što su aplikatori, plastični nastavci sa spiralom za ravnomerno mešanje, bili pričvršćeni na kertridže, proverena je prohodnost otvora obe komore. Kertridži sa nastavcima postavljeni su u aplikacijski pištolj (Zhermack), pomoću koga je potrebna količina otisnog materijala istiskivana direktno u standardizovanu modlu. Nastavak za automatsko mešanje obezbeđuje pravilno doziranje komponenti tako da se odgovarajuća količina materijala može u kontinuitetu istiskivati, (slika 6.3., slika 6.4.).



**Slika 6.3. Elite HD+ light body
(Zhermack)**



**Slika 6.4. Variotime light flow
Heraeus Kulzer)**

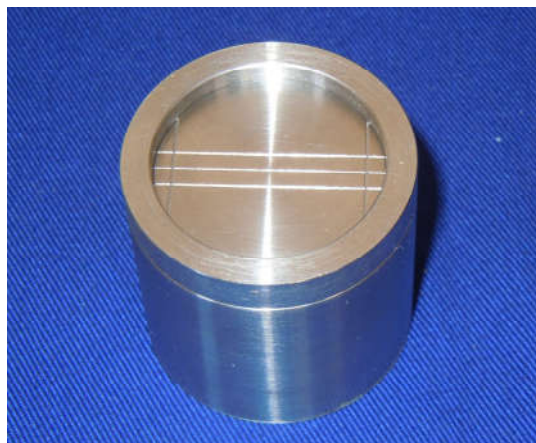
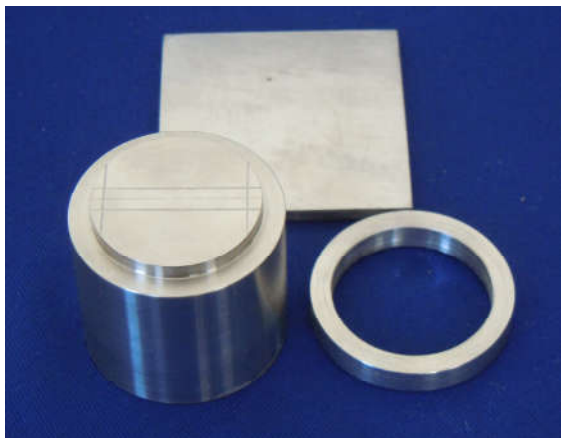
Preparat polietra mešan je ručno prema uputstvu proizvođača na sobnoj temperaturi od $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ pri relativnoj vlažnosti vazduha od $(50\pm 10)\%$. Iste dužine baze i odgovarajućeg aktivatora istisnute su iz tuba na podlogu od masnog papira za mešanje (3M ESPE), temeljno promešane plastičnom špatulom i unete u standardizovanu modlu, (slika 6.5.).



Slika 6.5. Impregum™ Soft (3M ESPE)

6.1.2. Izrada otisaka iz standardizovane modle (ISO 4823:2000)

Uzorci ispitivanih otisnih materijala, pripremljeni prema uputstvima proizvođača, plasirani su u specijalnu modlu od nerđajućeg čelika koja je izrađena prema preporukama Međunarodne organizacije za standarde (ISO 4823:2000) i Američke stomatološke asocijacije (ANSI/ADA Specifikacija br.19) za elastomerne otisne materijale. Na standardizovanoj modli obeležene su tri horizontalne i dve vertikalne linije (žleba). Linija *a* je promera $(50\pm 8)\mu\text{m}$, linija *b* $(20\pm 4)\mu\text{m}$, linija *c* $(75\pm 8)\mu\text{m}$, linije *d1* i *d2* iste su širine kao linija *c*. Referentno rastojanje *d1-d2* iznosi 25mm. Od nerđajućeg čelika izrađen je i prsten spoljašnjeg promera $\text{Ø}(37,97\pm 0,03)\text{mm}$, unutrašnjeg promera $\text{Ø}(30\pm 0,02)\text{mm}$ i debljine 6mm, kao i metalna pločica veličine 50mm x 50mm i 3mm debljine, (slika 6.6., slika 6.7.). Inicijalna karakterizacija modle urađena je u Laboratoriji za metrologiju Fizičkog fakulteta u Beogradu.



Slika 6.6. Standardizovana modla (ISO 4823) i metalna pločica

Slika 6.7. Modla po standardu ISO 4823

Pre upotrebe, modla i prsten su ultrazvučno očišćeni i temperirani na $(35\pm 1)^{\circ}\text{C}$ u trajanju od 15min. Polietilenski listić, dimenzija 50mm x 50mm i 0,035mm debljine, fiksiran je za donju stranu metalne pločice tankim slojem silikona. Ispitivani otisni materijal zamešan je prema uputstvu proizvođača. Po završenom mešanju materijala modla sa prstenom je izvađena iz sterilizatora. Prsten je postavljen na modlu, a formirani prostor je zatim napunjen dovoljnom količinom otisnog materijala tako da se dobijena komorica lagano prepunila duž jedne strane. Otisnim materijalom su prvo prekrivene referentne linije a, b i c na jednoj strani modle, a zatim je materijal pritiskom metalne pločice postupno usmeren duž tih linija do drugog kraja modle. Pritiskom na metalnu pločicu, sve dok ne dođe u kontakt sa prstenom, istisnut je sav višak otisnog materijala. Formirani skup je 60s po završenom mešanju otisnog materijala postavljen u vodeno kupatilo na $(35\pm 1)^{\circ}\text{C}$ u cilju simuliranja temperature usne duplje, u vremenskom periodu koji je prema preporuci proizvođača potreban da otisak bude u ustima pacijenta. Po vađenju otisnog kompleksa iz vodenog kupatila, uzorak otisnog materijala je odvojen od modle, ispran destilovanom vodom i osušen mlazom vazduha, (slika 6.8.).



Slika 6.8. Otpisi ispitivanih otisnih materijala dobijeni iz modle po ISO 4823

Po svakom parametru napravljen je uzorak od 50 otisaka, 10 otisaka po svakom otisnom materijalu. Dimenzionalna stabilnost otisnih materijala je ispitana u zavisnosti od vremena koje protekne od momenta odvajanja otiska od modle, u zavisnosti od temperature kojoj je otisak izložen i u zavisnosti od preparata koji se koristi za dezinfekciju otiska.

Prvu grupu predstavljaju uzorci otisnih materijala čija se dimenzionalna stabilnost pratila u prvih 5min po odvajanju otisaka od modle, posle 30min, 1h i 24h pri temperaturi od $23\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Druga i treća grupa uzoraka izložene su temperaturnim intervalima od $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ i $40\pm 1^{\circ}\text{C}$, i u funkciji vremena su se evaluirale dimenzionalne promene (u prvih 5min, 30min, 1h i 24h od momenta odvajanja otisaka od modle). Održavanje temperature je postignuto pomoću platforme sa adaptiranim malim grejačem sa regulacijom površinske temperature (ARE Heating Magnetic Stirrer, VELP Scientifica), (slika 6.9.).



**Slika 6.9. Grejač-ARE Heating Magnetic Stirrer,
VELP Scientifica**

Dimenzionalna stabilnost uzoraka otisnih materijala pod uticajem različitih dezinficijenasa ispitana je potapanjem dve grupe od po 50 otisaka u rastvor glutaraldehida (Sterigum) i rastvor natrijum hipohlorita (5,25% NaOCl) u trajanju od 10 minuta. Ispitana je i nova preskripcija dezinficijensa u obliku spreja na bazi etanola i izopropanola (Zeta 7) na uzorku od 50 otisaka, (slika 6.10., slika 6.11.).



**Slika 6.10. Sterigum (Zhermack)
Zeta 7 (Zhermack)**



Slika 6.11. Kadica za dezinfekciju

6.1.3. Ispitivani dezinficijensi

Od dezinficijenasa, prema uputstvu proizvođača, korišćeni su 5,25% NaOCl i dezinficijens i deterdžent na bazi glutar – aldehida i benzalkonijum hlorida (Sterigum–Zhermack) koji je virocidan (HIV, HBV, HCV), baktericidan, tuberkulocidan i fungicidan. Sastav Steriguma: 100g proizvoda sadrži (m/m) –dezinficijens(glutar-aldehid 0,50g / benzalkonijum hlorid 0,50g) i rastvarač (pročišćena voda do 100g).

Rastvori dezinficijenasa menjani su na svakih 10 otisaka.

Odmah po odvajanju od modle, otisak je, prema uputstvu proizvođača, potopljen u posebnu posudu sa odgovarajućim dezinficijensom u trajanju od 10 minuta. Otisak je zatim izvađen iz posude, temeljno ispran pod mlazom vode i osušen pod mlazom vazduha. Merenja su vršena u prvih 5min, 30min, 1h, 24h od momenta kada je otisak izvađen iz dezinficijensa.

Korišćen je i dezinficijens u spreju Zeta 7 (Zhermack). Ovaj dezinficijens širokog spektra je baktericidan (S.aureus, P.aeruginosa, E.hirae), fungicidan (C.albicans), tuberkulocidan (M.terrae) i virocidan (Poliovirus, Adenovirus, HIV, HBV, HCV). Sastav Zeta 7: 100g proizvoda sadrži 83g etanola i 10g izopropanola.

Po odvajanju od modle otisak je, prema uputstvu proizvođača, po čitavoj površini isprskan dezinficijensom u spreju i ostavljen da se osuši u periodu od najmanje 3 minuta, nakon čega je vršeno merenje.

6.2. METODE ISTRAŽIVANJA

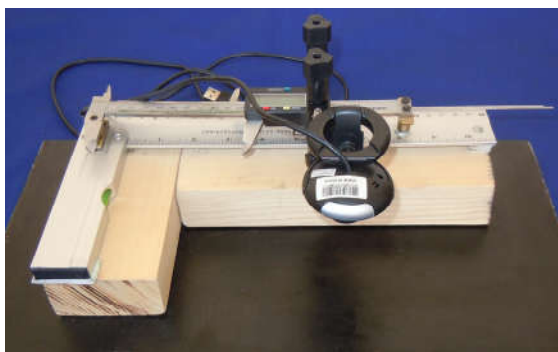
6.2.1. Merenje prema ISO 4823:2000

Prva serija merenja izvršena je u skladu sa protokolima ispitivanja koje je postavila Međunarodna organizacija za standarde (ISO 4823:2000), (poglavlje 3.3.).

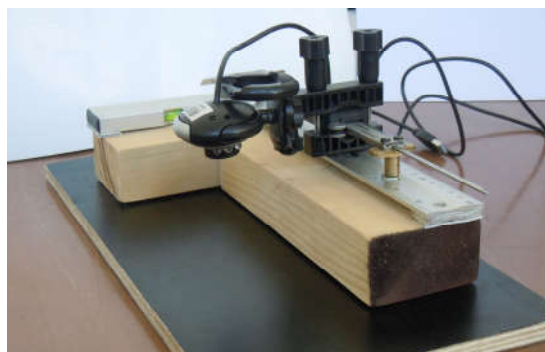
Metoda koju preporučuje ISO 4823 podrazumeva korišćenje mikroskopskih mernih tehnika u detekciji dimenzionalnih promena elastomernih uzoraka. U cilju implementacije mernih tehnika po standardu ISO 4823, izvršena su inicijalna merenja korišćenjem optičkog mikroskopa Nikon SMZ800 (220), sa pripadajućom kamerom Luminera, Infinity 1, pokretnim postoljem za uzorak i baždarenom skalom sa mikrometarskom podelom, koji se koristi u Laboratoriji za rast kristala Fizičkog fakulteta, za karakterizacije kristala milimetarskih i submilimetarskih dimenzija. Preciznost merenja ovim mikroskopom je $\pm 1\mu\text{m}$. Merenja su obavljena na otiscima elastomera, kao i na modli, varirajući temperaturu kao ambijentalnu karakteristiku, a eksperimentalno varirajući osvetljenost, modove akvizicije kamere i pozicije kamere u odnosu na uzorak. Sprovedena merenja uzeta su sa greškom od 0.001 mm i u daljem eksperimentu su korišćena kao referentna merenja.

U cilju implementacije merne tehnike, koja bi sa zadatim nivoom tačnosti reda 0.01 mm (nonijus) mogla da bude referentna tehnika po ISO standardu, pri čemu bi merenja mogla biti obavljena kontinuirano u dužim vremenskim intervalima i sa boljom kontrolom ambijentalnih uslova, razvijeno je rešenje kod koga je pokretno postolje sa mikroskopskom lupa-kamerom i nonijus skalom korišćeno u nešto izmenjenom obliku u odnosu na merenje sa Nikon mikroskopom. Održavanjem nepokretnog uzorka stvorena je mogućnost značajno veće kontrole ambijentalnih parametara, a istovremeno se korišćenjem digitalnog fotoaparata mogla vršiti akvizicija podataka fotometrijskim metodama, koja u potpunosti u realnom vremenu prati mikroskopiranje. Premeri mikroskopskom lupa-kamerom sa nonijus skalom, pokazali su da je u odnosu na kalibracioni (referentni) način merenja, implementiranim korišćenjem Nikon mikroskopa, dobijena sigurna zahtevana tačnost. Time je prenesena metoda ISO standarda na bolje kontrolisane eksperimentalne postavke.

Merenja su obavljena korišćenjem USB lupe mikroskopa, bazirane na HP 4310 WEB kameri rezolucije 1280x720px, na originalnom nonijus postolju preciznosti 0,01mm, sa nepokretnim uzorkom. Pokretni klizač sa web kamerom je sa hodom od najmanje 27mm. Mogućnost uvećanja je od 4 do 12 puta, a ugao iluminacije je mali, (slika 6.12., slika 6.13.).



Slika 6.12. Merenje prema ISO 4823



Slika 6.13. Referentno merenje ISO 4823

Pri ovim merenjima, obavljeno je i variranje parametara u eksperimentalnom domenu. U cilju uklanjanja subjektivnih procena, učestvovala su četiri operatora koji obavljaju merenja.

U ovom istraživanju granica tačnosti instrumenta (za nonijus, koji predstavlja analog submilimetarskoj skali na pokretnom stočiću mikroskopa) utvrđena je tako što je više operatora merilo istu modlu i dobijalo različite rezultate. Pokazalo se u kojoj meri se svaki operator vraća na centar i koliko je bilo to pomeranje. Iz osipanja rezultata i standardne devijacije dobila se granica merljivog. Greška hoda klizača, odnosno granica tačnosti u skali je 0,01mm. Ukupni hod je 25mm, sa greškom od 0,01mm na oba kraja, pa granica tačnosti u relativnim dimenzionalnim promenama iznosi $(2 \times 0,01\text{mm}) / 25\text{mm} = 0,08\%$.

Referentna metoda je podrazumevala variranje operatora i njegovih subjektivnih sudova o detektovanoj promeni, o brzini pokretanja klizača i podešavanju USB lupe mikroskopa.

Rastojanje između odgovarajućih linija $d1$ i $d2$ na standardizovanoj modli izmereno je tri puta. Prosek ove tri vrednosti obeležen je sa $L1$.

Merenje rastojanja između linija $d1$ i $d2$ na uzorcima ispitivanih materijala izvršeno je tri puta. Prosek ove tri dobijene vrednosti obeležen je sa $L2$.

Izračunavanje dimenzionalne promene svakog uzorka, L , izraženo u procentima, vršilo se pomoću sledeće jednačine:

$$L=100(L2-L1) / L1$$

gde:

$L1$ predstavlja rastojanje između linija $d1$ i $d2$ izmereno na modli

$L2$ predstavlja rastojanje između linija $d1$ i $d2$ izmereno na uzorku ispitivanog otisnog materijala

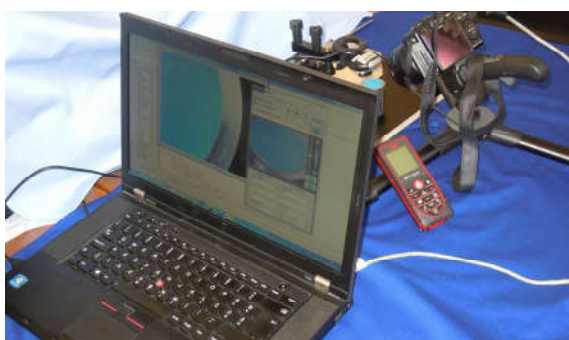
Dobijena vrednost dimenzionalne promene izražena u procentima upoređena je sa maksimalnim dozvoljenim vrednostima linearnih dimenzionalnih promena koje propisuje ISO 4823:2000, a to je 1,5%.

6.2.2. Fotometrijske metode i spektralna analiza (FFT)

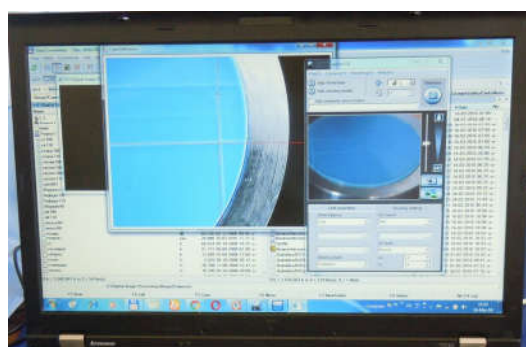
Druga serija merenja vršena je fotometrijskim metodama. Procena deformacije elastomernih otisnih materijala zasniva se na specijalnim metodama obrade digitalne fotografije u kolorimetrijskom i fotometrijskom domenu, kao i metodama za prepoznavanje oblika na fotografijama – “pattern recognition“ metodama.

6.2.2.1. Eksperimentalna postavka

Vremenske serije fotografija istog otiska analizirane su u ovom radu. Korišćenjem Remote Capture opcija softverskog paketa, koji je prilagođen fotoaparatu Canon G9 PowerShot (12 megapiksela, 2 fps, 6x/24x), akvizicija podataka je realizovana automatski, sa računara. Zahvaljujući kvalitetnom CCD čipu, u ponovljivim uslovima merenja sa dominantnim spoljašnjim osvetljenjem intenzivnim LED lampama (OSRAM) i potpunim zaobilazanjem autofokus i autometering opcija, radom u isključivo manuelnom režimu i podešavanjem opcija direktno sa računara Lenovo ThinkPad T530 – Intel i5 2.5 GHz, SSD HyperX Fury 120 GB, – MS 7 Professional 64 i Fujitsu Siemens V3205 – Intel CD 1.6 GHz, Transcend SSD370 - MS 7 Professional, uz korišćenje adaptera-tube (Canon) i CloseUp sočiva (Hama do 10D), primenjenih na pomenutom fotoaparatu, dobijene su izuzetno kvalitetne i veoma reproducibilne makro fotografije površine otisnog materijala, (slika 6.14., slika 6.15.).



Slika 6.14. Eksperimentalna postavka



Slika 6.15. Prozori upravljačkih aplikacija kamere i Remote Capture

Napravljene su fotografije otisaka, realizacijom serijala merenja koji su bili fragmentirani po 60 snimaka u 30 minuta i ponovljeni više puta tokom dana (5 minuta po odvajanju otiska od modle, posle 30minuta, 1h) i posle 24h, pri temperaturama od 23°C, 35°C i 40°C, zatim tokom 30minuta posle vađenja otisaka iz dezinficijensa, kao i posle 1h i 24h.

Izuzetna uvećanja kod kojih je rezolucija fotografije bila takva da je jedan mikrometar bio predstavljen jednim pikselom (to je bilo maksimalno uvećanje, i kao takvo davalo je relativno usko vidno polje veličine 4x3 milimetra), dobijena su menjanjem rastojanja do objekta i žižne daljine sočiva fotoaparata, korišćenjem fleksibilnog postolja za fotoaparat (ManFrotto). Pošto veći praktični značaj za rad pri ovom uvećanju nije postojao, jako korisnim su se pokazala podesiva uvećanja kod kojih je dobijeno 2 do 5 puta veće vidno polje (rezolucije kod koje je 2 do 5 mikrometara bilo predstavljeno jednim pikselom na fotografiji).

Vremenski parametri za okidanja bili su kontrolisani meračem vremena operativnog sistema. Vremenska rezolucija postavljena u eksperimentu bila je 30 sekundi (s). Zahvaljujući Remote Capture opciji skladištenja fotografija na hard disku računara, bez obzira što je rađeno sa maksimalnom rezolucijom i maksimalnim kvalitetom fotografije, odstupanja tajmera bila su najviše 1 s.

6.2.2.2. Postupci merenja

Prvi model (postupak) merenja je automatizovan sa računara Lenovo ThinkPad T530 – Intel i5 2.5GHz, 8 MB RAM memorije, 2 SSD diska Kingston HyperX Fury 120 GB i Patriot Ignite 240 GB, – MS 7 Professional 64, Nvidia Quadro NVS 5400M i Intel HD 4000 grafičkim procesorima i Fujitsu Siemens V3205 – Intel CD 1.6 GHz, Transcend SSD370 - MS 7 Professional, korišćenjem Remote Capture opcija softverskog paketa, koji je prilagođen fotoaparatu Canon G9 (12 megapiksela, 2 fps, 6x/24x). Upotrebom adaptera-tube (Canon) i CloseUp sočiva (Hama do 10D) na fotoaparatu Canon G9 dobijaju se kvalitetne i reproducibilne makro fotografije, (slika 6.16., slika 6.17.).



Slika 6.16. Fotoaparati Canon G9 PowerShot



Slika 6.17. Eksperimentalni „set up“

Drugi model (postupak) merenja, u cilju evaluacije opisanih metoda, obavljen je variranjem parametara, kako u eksperimentalnom, tako i u softverskom domenu.

Eksperimentalno, upotrebom drugog fotoaparata: Casio Exilim EXFH-25, realizovano je variranje CCD-CMOS čipa, (slika 6.18.). Vršeno je i variranje optike u vidu promene žižnih daljina, promene ugla merenja, osvetljenosti dodatnim lampama i menjanja kolorita pozadine.



Slika 6.18. Fotoaparati Casio Exilim EXFH-25

U softverskom pogledu, variranje parametara podrazumevalo je primenu različitih kompresija pri ekstrakcijama fotografija u merenjima, varijacije algoritama za ekstrakcije pozadine i 3D rekonstrukciju objekata, varijacije dodatnih geometrijskih i

kolorimetrijskih transformacija kojima će se preparirati snimci u reproducibilni oblik, nezavisan od načina snimanja ranije opisanim eksperimentalnim varijacijama.

Sve napred navedeno je omogućilo verodostojniji prikaz granica primenljivosti i utvrđivanje apsolutne tačnosti opisanih fotometrijskih metoda.

Do sada korišćene fotometrijske metode (129,219) za procesiranje digitalnih fotografija bile su bazirane na analizama celih fotografija, analizama objekata detektovanih na njima i analize prepoznatljivih tekstura. To znači:

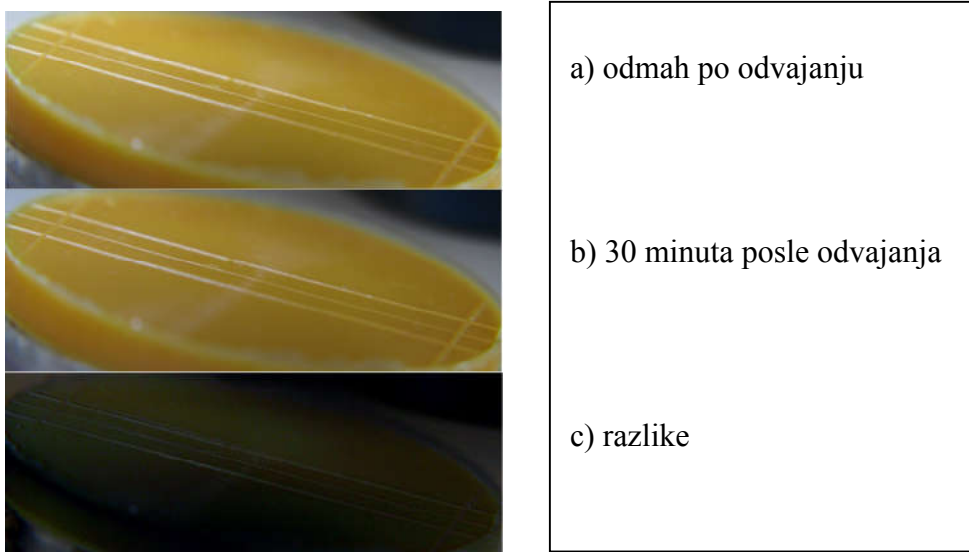
- a) Kada se analizira cela zona fotografija, metoda je isključivo fotometrijska i dobijena mera nesličnosti je posledica usrednjavanja mera nesličnosti uparenih istovetnih piksela sa dve fotografije.
- b) Ukoliko se analizira specifični objekat ili grupa objekata na fotografiji, predprocesirajuće operacije bazirane su na dekompoziciji i segmentovanju fotografija na objekte.
- c) Postoje metode koje u predprocesiranju analiziraju tekture za poređenja, koje postoje na fotografijama.

Metode koje su korišćene bile su zasnovane na klasičnim metodama za obradu digitalnih fotografija kao i na metodama spektralne – Furijeove analize (FFT-Fast Fourier Transform - Brza Furijeova Transformacija) koje daju veoma brze i verodostojne rezultate. FFT metode u suštini nisu fotometrijske, a veoma su efikasne u analizama digitalnih fotografija mikroskopiranih površina uzoraka, (slika 6.19.).



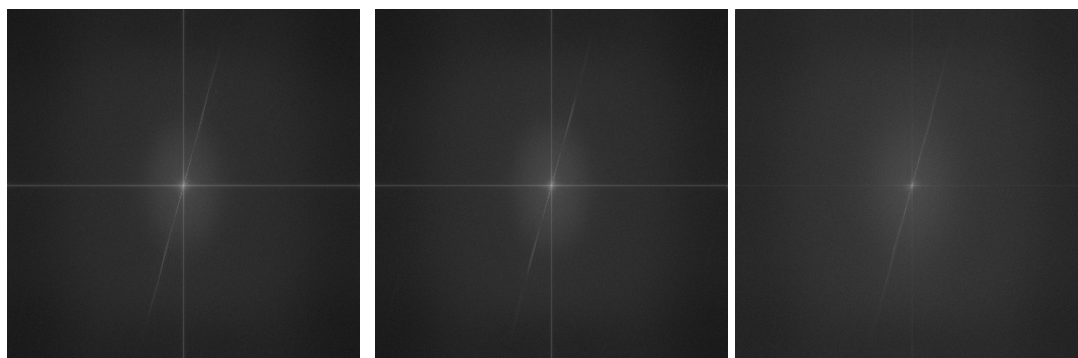
Slika 6.19. Isečak sa digitalne fotografije silikonskog otiska

Rađena je i inicijalna kalibracija u kojoj je odgovarajućim postupkom utvrđena mera nesličnosti istovetne fotografije u poređenju same sa sobom u modifikovanom obliku statistički distribuiranim šumom vrednosti 1 piksela. Na taj način je omogućeno da se za svaku fotografiju utvrdi mera nesličnosti nastala tačno definisanim distribuiranim šumom i da se za fotografije iz istog serijala srednja vrednost mere nesličnosti uzima kao nominalno pomeranje koje produkuje 1 piksel na datom serijalu fotografija, (slika 6.20.).



Slika 6.20. Istovetni isečak sa dve fotografije elastomernog otiska i njihove razlike

Primenom dvodimenzionalne FFT analize dobijen je spektar predstavljen matricom istih dimenzija kao što su predstavljene ulazne fotografije. Potpuno istim numeričkim postupkom koji je primenjen kod čistih fotometrijskih metoda, utvrđuje se mera nesličnosti fotografija, ali se u ovom slučaju umesto piksela izvornih fotografija, međusobno porede pikseli njihovih dobijenih spektara, (slika 6.21.). (213-216,218,220-230)



a) odmah po odvajanju

b) 30 minuta posle odvajanja

c) razlike

Slika 6.21. FFT spektri snage istovetnih isečaka sa dve fotografije (slika 6.20.) i razlike FFT spektara snage

6.2.2.3. Kalibracija u eksperimentu

Jednostavnim makroskopskim merenjem, poređenjem zone vidnog polja sa vidljivom milimetarskom skalom, na svakom serijalu fotografija utvrđen je formalni interval vidnog polja izražen u milimetrima (sa submilimetarskom podelom). Ovaj postupak se u literaturi naziva kalibracija kamere. Na osnovu toga je omogućeno da se uvede puna funkcionalna zavisnost mere nesličnosti i apsolutne statističke promene linearnih dimenzija uzorka, kao i puna funkcionalna zavisnost mere nesličnosti i relativne statističke promene dimenzija, s obzirom da su sve fotografije u svim serijalima imale iste dimenzije 4000x3000 piksela (Canon G9) i 3648x2736 piksela (Casio). (219,231-236)

U cilju prevazilaženja mogućih nereproducibilnosti određivanja mera grešaka i pouzdanosti sistema obavljena su probna okidanja pre svake značajnije serije merenja. Ovo je studiozno rađeno jer su korišćena komercijalna rešenja u originalnoj postavci unapred nepoznate tačnosti, pa je ovim putem rađena i kalibracija sistema. Na taj način su utvrđeni standardi za merenja i dokazano je da ne postoji statistički značajna promena fotografija nepokretnih, nepromenljivih objekata u postavljenom eksperimentu za kalibraciju. To znači, da istrošenost baterije koja napaja elektroniku fotoaparata u režimu učestalih okidanja nije dolazila do izražaja u parametrima dobijene fotografije,

kao što nije bila primetna promena spoljašnjeg osvetljenja LED lampi, tako da nije detektovana vremenska promenljivost osvetljenosti fotografisanih nepromenljivih objekata, osim u slučaju variranja parametra osvetljenost kada su u dva slučaja podešene tačno određene osvetljenosti od 300lx i 100lx. Za potrebe određivanja vrednosti osvetljenosti korišćen je aparat luksmetar. Kao mera inicijalne greške sistema ustanovljena je vrednost statističke mere nesličnosti dve fotografije istog objekta nastale u istoj seriji. Sa tim parametrom bilo je moguće dimenziono kalibrisati sistem i rezultate kasnijih merenja tumačiti na osnovu statističkih parametara, poput mere nesličnosti.

6.2.2.4. Mere nesličnosti fotografija

Osnovna hipoteza u ovom eksperimentu bila je da uzorak koji nema punu vremensku nepromenljivost, koji makar za mikrometar na nekom svom delu promeni svoje dimenzije u nekom vremenskom intervalu, daje u vremenski distribuiranoj seriji fotografija rastući niz vrednosti statističke mere nesličnosti fotografija poredeći ih međusobno. U cilju većeg značaja dobijenih zaključaka o vremenskoj evoluciji uzorka, treba generisati matricu mera nesličnosti fotografija iste serije u poređenjima svake sa svakom. Matrica je karakteristična po tome što sadrži dijagonalne nulte vrednosti, jer je mera nesličnosti fotografije i nje same jednaka 0. Polja u matrici vremenski su ekvidistantna, tako da omogućavaju jednostavnu upotrebu svih prezentovanih rezultata u matrici i procedurom preindeksiranja moguće je stvoriti broj od n^2 vrednosti za dalju statistiku. Tako uvećani broj rezultata značajno povećava tačnost merenja, jer statističku grešku umanjuje $n^{1/2}$ puta.

	I_1	I_2	I_3	...	...	I_{N-2}	I_{N-1}	I_N
I_1	0	$D(I_1, I_2)$	$D(I_1, I_3)$	...	...	$D(I_1, I_{N-2})$	$D(I_1, I_{N-1})$	$D(I_1, I_N)$
I_2	$D(I_2, I_1)$	0	$D(I_2, I_3)$	...	...	$D(I_2, I_{N-2})$	$D(I_2, I_{N-1})$	$D(I_2, I_N)$
I_3	$D(I_3, I_1)$	$D(I_3, I_2)$	0	...	...	$D(I_3, I_{N-2})$	$D(I_3, I_{N-1})$	$D(I_3, I_N)$
...
...
I_N	$D(I_N, I_1)$	$D(I_N, I_2)$	$D(I_N, I_3)$	...	...	$D(I_N, I_{N-2})$	$D(I_N, I_{N-1})$	0

Indeksiranjem fotografija koje su nastale fotografisanjem istovetnog uzorka u vremenu kao $I_1, I_2, \dots, I_{N-1}, I_N$, sa zadatom vremenskom rezolucijom, i međusobnim poređenjem fotografija po principu poređenja svaka sa svakom nekim od opisanih algoritama za utvrđivanja sličnosti, dobijene su vrednosti mere nesličnosti poređenih fotografija (indeksirane brojevima) kao:

$$D(I_i, I_j),$$

gde su I_i i I_j analizirane fotografije respektivno. Sama vrednost $D(I_i, I_j)$ može se dobiti različitim numeričkim postupcima u zavisnosti od primenjenog algoritma za utvrđivanje mera nesličnosti poređenih fotografija. (217,219,231-236,237)

6.2.2.5. Opis mehanizama za utvrđivanje mera nesličnosti fotografija

Svaki piksel na fotografiji predstavljen je vektorom u RGB prezentaciji. RGB znači da su osnovne komponente u izgradnji bilo koje boje vrednosti međusobno nezavisnih udela R (crvene), G (zelene) i B (plave) komponente boje. Vrednosti bilo koje komponente predstavljene su osmobicnim celim brojem u intervalu 0 – 255. Na primer, čista crvena boja ima RGB vrednost = (255, 0, 0), čista zelena boja ima RGB vrednost = (0, 255, 0), ..., čista bela boja ima RGB vrednost = (255, 255, 255), čista crna boja ima RGB vrednost = (0, 0, 0), dok bilo koja boja u ovoj prezentaciji ima RGB vrednost = (R, G, B). Ukoliko bi se svi pikseli na neke dve fotografije predstavili matricama vektora $RGB_{ij}^1 = (R_{ij}^1, G_{ij}^1, B_{ij}^1)$ i $RGB_{ij}^2 = (R_{ij}^2, G_{ij}^2, B_{ij}^2)$ respektivno, mera nesličnosti bi bila u osnovnom slučaju uzimajući celu fotografiju kao oblast u kojoj se utvrđuje sličnost kao:

$$D(I_1, I_2) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left((R_{ij}^1 - R_{ij}^2)^2 + (G_{ij}^1 - G_{ij}^2)^2 + (B_{ij}^1 - B_{ij}^2)^2 \right)}{M \cdot N}}$$

gde su M i N širine i visine poređenih fotografija respektivno.

Konačno, bilo je neophodno dovođenje u vezu linearnih parametara sistema i njihovih grešaka i statističkih parametara. Eksperimentalno nije obavljano dodatno merenje, već

su postojeće fotografije bile automatski usrednjeno degenerisane na celoj svojoj površini u vrednosti jednog piksela. Poređenjem fotografije i njenog degenerisanog lika dobijala se vrednost statističke mere nesličnosti koja odgovara jednom pikselu. Ovakvim postupkom obavlja se kompletna kalibracija sistema i definiše jasna linearno dimenziona skala. (219,231-236,238-240)

6.2.2.6. Modifikacije uvedene u fotometrijske metode

Pored navedenih metoda, pošto je u ovom radu uzorak otisnog materijala dobijen sa modle, a ne sa otiska zubnog luka, razvijene su adaptibilne metode za analize površina nastalih odvajanjem otiska sa mehanički obrađenih modli na strugu (detekcija koncentričnih krugova, tekstura nastalih procedurama mikropoliranja), metode za formalne geometrijske analize detektovanih objekata i sl.

U sklopu razvijene metode za analize ekstraktovanih objekata pravilnih geometrijskih oblika, razvijene su metode za stanjivanje i skeletonizaciju objekata metodama “distance-transforma”, “medial axis transforma” i metodama matematičke morfologije, na već adaptiranim digitalnim fotografijama posle “threshold” ili “semi-threshold” filterovanja. Zatim su skeletonizovani objekti analizirani metodama za geometrijsku analizu (Hough transform), koje predstavljaju prepoznavanje geometrijskih oblika na slikama, odnosno prepoznavanje linija. Sve metode implementirane su korišćenjem rešenja iz biblioteke OpenCV, kao i razvijenim kodom. U analizama rezultata tretirani su deskriptori tipa perimetar za koncentrične krugove, geometrijski parametri za preferencijalne pravce i linearne dimenzije skeletonizovanih objekata, Ojlerovi brojevi kao mikro prepoznavanje forme objekata i “chain-code” parametri. Hijerarhije regiona i inkluzione relacije u analizama otisaka dobijenih sa modle nisu bile neophodne. U analizama površina veoma su bile zastupljene metode za analize tekstura (modifikacija FFT i Wavelet (241) transform-a) kao i metode za analize specifičnih paterna baziranih na korelacionoj analizi.

Pored toga, veoma važan eksperimentalni doprinos bio je u postavci sa preciznim pozicioniranjem fotoaparata korišćenjem katetometara. U softverskom pogledu

unapređene su tehnike geometrijskih transformacija fotografija u vidu 3D rekonstrukcije objekata fotografisanih u prostoru i dobijanje orto-foto snimaka za dalja procesiranja. Ove metode bile su bazirane na procedurama za kalibracije kamere, koje veoma dobro pokriva biblioteka OpenCV.

U ovoj studiji tačno pozicioniranje fotoaparata prema uzorku obezbeđeno je na dva načina-eksperimentalno i upotrebom softvera. Eksperimentalno, fotoaparat je pozicioniran korišćenjem laboratorijskih katetometara, koji se uobičajeno koriste u fizičkim merenjima za precizno pozicioniranje instrumenata. To znači da su u svakom trenutku, rastojanje i orijentacija fotoaparata i uzorka bili određeni sa procenjenom greškom od 0.1 mm. Rastojanje od fotoaparata do uzorka, u makro modu, bilo je veće od 100 mm uz korišćenje close-up sočiva, pa je relativna greška rastojanja bila 0.1 %. Podešavanje distanci i uglova fotoaparata vršeno je pomoću laserskog daljinometra visoke preciznosti Leica Disto D3 BT, (slika 6.22., slika 6.23.). Dodatno, fotoaparat je korišćen u manuelnom fokus modu, upotrebom fiksne žižne daljine (35mm SLR ekv.), osim u slučaju kada je variran parameter žižna daljina. Canon fotoaparat omogućava podešavanje žižne daljine objektiva na nekoliko fiksni vrednosti, čija reproducibilnost je izuzetno precizna. U primenjenom softveru, analiza fotografije je izvršena nakon geometrijske transformacije snimljenih uzoraka koji su u saglasnosti sa pomeranjima markiranih pozicija na uzorku. Ova transformacija se takođe koristi u geodeziji za procesiranje dobijenih fotografija u post-produkciji aero-foto snimaka u orto-foto. (219)



**Slika 6.22. Leica Disto D3 BT
merenje rastojanja**



**Slika 6.23. Leica Disto D3 BT
merenje ugla**

Na osnovu analize deskriptora, razvijen je matematički metod za evaluaciju promena deskriptora u 3D modelu. Time je unapređeno ranije fotometrijsko rešenje za analize

dimenzionalnih promena u vidu precizne kvalifikacije trendova promena, a ne samo kvantitativne mere. Treba napomenuti, da je to bilo realizovano samo na analizama skeletonizovanih objekata i nije moguće tu metodu primenjivati za analize fotografija otisaka zubnog luka. Analiza deskriptora linearnih dimenzija omogućava da se samo preko njih detektuje priroda promena što klasična fotometrija objekata sa senkama ne može da postigne. Deskriptori su opisivači objekta pomoću samo jednog ili nekoliko parametara. Ranije razvijenom fotometrijskom metodom precizno se može utvrditi da li je došlo do promene i koliko ona iznosi, a ne može se utvrditi priroda (trend) te promene, tj, da li je došlo do kontrakcije ili ekspanzije materijala.

U cilju poopštenja dobijanja standardizovanih rezultata kako referentne metode tako i primenjenih fotometrijskih metoda, izvršena su moguća variranja parametara.

Fotoaparati koji se koriste pored spoljašnje optike tipa close up, ima i svoju unutrašnju optiku, objektiv. Cilj variranja parametara u eksperimentalnom domenu bio je da se pokaže da je merenje invarijantno u odnosu na izbor fotoaparata. Da bi se to pokazalo pošlo se od toga da fotoaparati:

- Mogu da imaju različite CCD čipove.
- Mogu da imaju različite žižne daljine, pa i sam fotoaparat može da varira žižnu daljinu.
- Mogu da postoje različite ambijentalne osvetljenosti.
- Mogu da postoje različiti koloriti (boje) kao pozadina.

Po svim ovim parametrima je izvršeno variranje.

Pored ambijentalnih variranja, kojima se bavi ova disertacija, primenjena su i variranja u domenu osvetljenosti, gde je utvrđeno postojanje praga osvetljenosti koji je neophodno ostvariti da ambijentalne promene ne bi uticale na procesirani fotometrijski rezultat. Preporuka je da se koristi jače LED osvetljenje koje zavisi od prosečne osvetljenosti u laboratoriji, boje uzorka, itd., ili ograničiti dolazak ambijentalnog svetla na uzorak u vidu pokrivke, zastora ili kutije. Ambijentalna osvetljenost je varirana korišćenjem lampe sa belim LED diodama sa promenljivim nivoom osvetljenosti.

Rađena su dva serijala merenja u kojima su setovane tačno određene osvetljenosti od 300lx i 100lx. Vrednost osvetljenosti merena je luksmetrom.

Pri akviziciji podataka fotometrijskim metodama kod fotoaparata Canon G9 vršeno je i variranje kolorita pozadine upotrebom Pentacon Carl Zeiss Jena Filter Yellow and Orange.

Za variranje ugla pod kojim je obavljena akvizicija podataka fotometrijskim metodama kod upotrebe fotoaparata Canon G9 (90°, 60° i 30°) korišćen je instrument Leica Disto D3 BT.

Takođe, u ovom radu korišćeno je variranje čipova i nekih ekspozicionih parametara, variranjem akvizicionih kamera i fotoaparata, pri čemu su dobijeni rezultati koji su u potpunosti usaglašeni i ne utiču značajnije na kvalitet rezultata. I u ovom slučaju veća je reproducibilnost rezultata kod otiska dobijenog sa modle nego u slučaju otiska dobijenog sa zubnog luka. Upotrebom drugog fotoaparata, Casio Exilim EXFH-25, realizovano je variranje CCD-CMOS čipa. Vršeno je i variranje optike u vidu promene žižnih daljina (70mm i 35mm) kod fotoaparata Canon G9 pri akviziciji podataka fotometrijskim metodama.

6.2.3. Statističko predprocesiranje podataka dobijenih navedenim analizama

Jednostavnom statistikom u domenu analize osnovnih deskriptivnih parametara utvrđene su vrednosti maksimalnih linearnih promena uzorka u prvih 5 minuta i u prvih 30 minuta. Iako ovakvim neanalitičkim izborom intervala za dalju statističku analizu nije izgledalo da će se opis ponašanja različitih uzoraka u različitim načinima tretiranja dobro opisati nekim parametarskim ili neparametarskim testom hipoteze o postojanju značajne razlike dobijenih rezultata različitim serijalima merenja, u grubim naznakama se isticala forma kako inicijalnih tako i konačnih zaključaka.

U sledećem koraku slojevite analitike opisana analiza rađena je sa setom generisanih podataka procedurom povećanja tačnosti. Pošto je set podataka sa nagomilanim multiplim vrednostima po nezavisnoj promenljivoj (degenerisan u matematičkom smislu) veoma osetljiv i nestabilan za Min-Max analize na interval i u celini, primenjena su rešenja za korigovani Max podatak kao maksimalna vrednost u prvih 75 percentila, sortiranih u rastućem nizu ili kao maksimum medijane rezultata. U statističkom pogledu, ovaj praktično neparametarski postupak kvalitetno odbacuje šum koji je sa sobom donela generisana multipletnost.

U apsolutnom tumačenju maksimalnih promena linearnih dimenzija i u slučaju potrebe pune komparacije sopstvenih rezultata maksimalnih vrednosti promena linearnih dimenzija uzorka, sa rezultatima iz literature treba izbegavati ovakav neparametarski filter, i koristiti ga oprezno samo u slučajevima generisanja ulaznih podataka za neki od testova hipoteze u sopstvenim merenjima. Komparabilnost sa rezultatima drugih autora je u punoj meri održana sameravajući rezultate ne takvih ulaznih podataka, već zaključaka koji su dobijeni testovima hipoteze.

Povećanjem broja parametara dobijenih sa grafikona koji su dalje uključivani u testove hipoteze o postojanju značajne razlike, povećavala se osetljivost testa i vrlo jasno kristalisalo polje zaključaka. Parametri koji su dalje uključivani u statističke analize bili su osim uračunatih maksimalnih vrednosti i korigovani maksimumi nastali neparametarskim filterom, izabranih vremenskih intervala, bili su i trendovski, osnovni regresioni parametri, koeficijent pravca i promena koeficijenta pravca u slučajevima regresionih analiza baziranih na metodama najmanjih kvadrata prvog i drugog reda.

Zanimljiva i veoma korisna bila je analiza metodom najmanjih kvadrata gde je opisna funkcija bila nepolinomijalnog tipa sa izraženom horizontalnom asimptomom. U tu svrhu najjednostavnije i najpogodnije je bilo uvođenje eksponencijalnih funkcija (opadajućih, negativnog znaka i sa ofsetom). (242,243) U serijalima kraćih temperiranih merenja nije detektovan apsolutni maksimum linearnih promena dimenzija uzoraka, ali se uključivanjem asimptotske analize kroz eksponencijalnu aproksimaciju dobijao najpogodniji podatak za izuzetno kvalitetna poređenja dugih vremenskih evolucija uzoraka, prezentovanih u literaturi, nastalih veoma različitim mernim tehnikama. Praktično, merenja apsolutnih i relativnih promena linearnih dimenzija dobili su kroz ovaj parametar pravog reprezentanta. Dodatno, asimptotska analiza je omogućavala nastavak merenja u neprekinutom setapu, gde se jednostavnim numeričkim postupkom omogućavalo kontinuiranu akviziciju rezultata u domenu apsolutnih i relativnih promena dimenzija tretiranih uzoraka. Konačno, asimptotska analiza je omogućavala efikasniji rad u smislu organizacije merenja, skladištenja i održavanja uslova kod dugotrajnih tretiranja uzoraka na tačno definisanim temperaturama i u izvesnom pogledu stvarala je mogućnost paralelizma u eksperimentalnom radu.

Nisu postojali uslovi za uvođenje regresione analize višeg nivoa visoke tačnosti, jer definisane tačnosti merenja opisanog mernog postupka i tako dobijeni izvorni podaci za regresionu analizu, pokazuju da viši koeficijenti polinomijalne regresije, ili složeni adekvatni parametri nekih nepolinomijalnih regresija imaju značajno akumulirane greške. No, u literaturi se i ne sreću precizniji opisi vremenskih promena linearnih dimenzija uzorka, tako da merenja u ovom radu imaju mogućnost pune komparabilnosti sa rezultatima iz literature.

6.2.4. Korišćena softverska rešenja u statističkim obradama podataka

Softversko rešenje koje je korišćeno za potrebe merenja u ovom radu i prateće numeričke kalkulacije razvijeno je korišćenjem razvojnog okruženja Bloodshed Dev C++ Version 4.9.9.2 (244), uz korišćenje inkorporiranih biblioteka FreeImage Library Version 3.2 (245) i GNU Scientific Library Version 1.9 (246), OpenCV 1.0 za procesiranje digitalnih fotografija, akviziciju fotografija korišćenjem WEB kamere i numeričku analizu. (247-249)

Softver za statističke kalkulacije, koji je korišćen u ovom radu je SPSS Statistica Version 10.0.1., koji je omogućavao veoma kompleksne statističke analize korišćenjem automatizovanih procedura primenom Production Facility alata sa sopstvenim Script jezikom, a za grafičku prezentaciju rezultata korišćen je OriginPro 7.5. (219,233-236,241,250,251)

Podaci su prikazani tabelarno kao srednje vrednosti dobijenih dimenzionalnih promena ispitivanih materijala, kao i grafički u funkciji ispitivanih parametara. Inicijalni podaci su imali Gaussovu distribuciju pa su za statističku analizu korišćeni parametarski testovi. Poređenje varijabli je izvedeno upotrebom Studentovog t testa i analize varijanse-ANOVA test. Postojanje statistički značajne razlike između posmatranih grupa, odnosno korelacije u vrednostima različitih parametara je prihvatano prema kriterijumu nivoa značajnosti $p < 0,1$. Ovaj granični nivo značajnosti uzet je s obzirom na činjenicu da je grupisanje podataka bilo takvo da je mali broj pojedinačnih rezultata činio grupu za poređenje zbog izrazite stratifikacije raslojavanja rezultata u vrlo kompleksnim multiparametarskim analizama.

7. REZULTATI

7.1. Procena dimenzionalne stabilnosti ispitivanih otisnih materijala u funkciji vremena shodno metodi koju preporučuje ISO 4823

Tabela 1. Relativne dimenzionalne promene ispitivanih materijala [%] u funkciji vremena proteklog od momenta odvajanja otisaka pri temperaturi od 23°C, shodno metodologiji koju preporučuje ISO 4823

Relativne dimenzionalne promene elastomera [%] – granica greške 0,08%												
Materijal	Vreme 1			Vreme 2			Vreme 3			Vreme 4		
	5	Accu 5		5	30	Accu 30	5	30	Accu 60	5	30	Accu 24h
1 KS	-0.765	-0.765		-0.142	-0.383	-1.047	-0.079	-0.191	-0.953	-0.044	-0.096	-1.082
2 KS	-0.689	-0.689		-0.128	-0.344	-0.828	-0.071	-0.172	-0.893	-0.039	-0.086	-1.200
3 AS	-0.516	-0.516		-0.096	-0.258	-0.847	-0.053	-0.129	-0.626	-0.030	-0.065	-0.094
4 AS	0.063	0.063		0.012	-0.032	-0.162	0.007	-0.016	-0.265	0.004	0.008	0.003
PE	0.013	0.013		0.002	0.007	-0.013	0.001	-0.003	-0.040	0.001	0.002	0.055
Average	-0.379	-0.379		-0.070	-0.189	-0.574	-0.039	-0.095	-0.555	-0.022	-0.047	-0.464

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Vreme 1 – Faza razvoja uzoraka u prvih 5 minuta. Polja 5 i Accu5 predstavljaju vrednosti diferencijalnih i akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta.

Vreme 2 – Faza razvoja uzoraka oko prvih 30 minuta. Polja 5, 30 i Accu30 predstavljaju vrednosti diferencijalnih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 i 30 minuta posle Accu5 i akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja.

Vreme 3 – Faza razvoja uzoraka oko prvih 60 minuta. Polja 5, 30 i Accu60 predstavljaju vrednosti diferencijalnih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 i 30 minuta posle Accu30 i akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja.

Vreme 4 – Faza razvoja uzoraka oko prvih 24 časa. Polja 5, 30 i Accu24 predstavljaju vrednosti diferencijalnih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 i 30 minuta posle Accu60 i akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

Merenjem dimenzije otisaka tokom 5min, odmah nakon odvajanja od modle, dobijena je srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena -0,379%. (Tabela 1)

Izmerena srednja akumulirana vrednost dimenzionalnih promena otisnih materijala posle 30minuta od početka merenja iznosila je -0,574%. (Tabela 1)

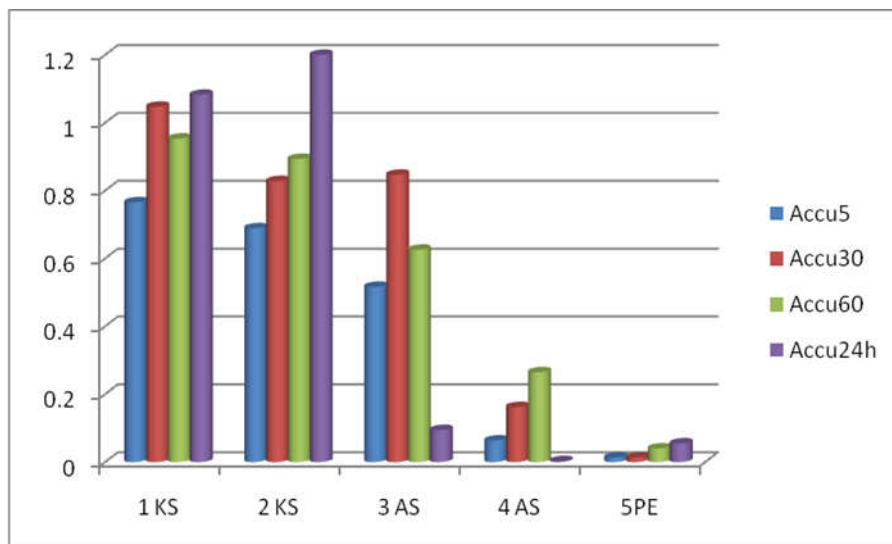
Srednja vrednost izmerenih akumuliranih dimenzionalnih promena u okviru 60minuta od početka merenja iznosila je -0,555%. (Tabela 1)

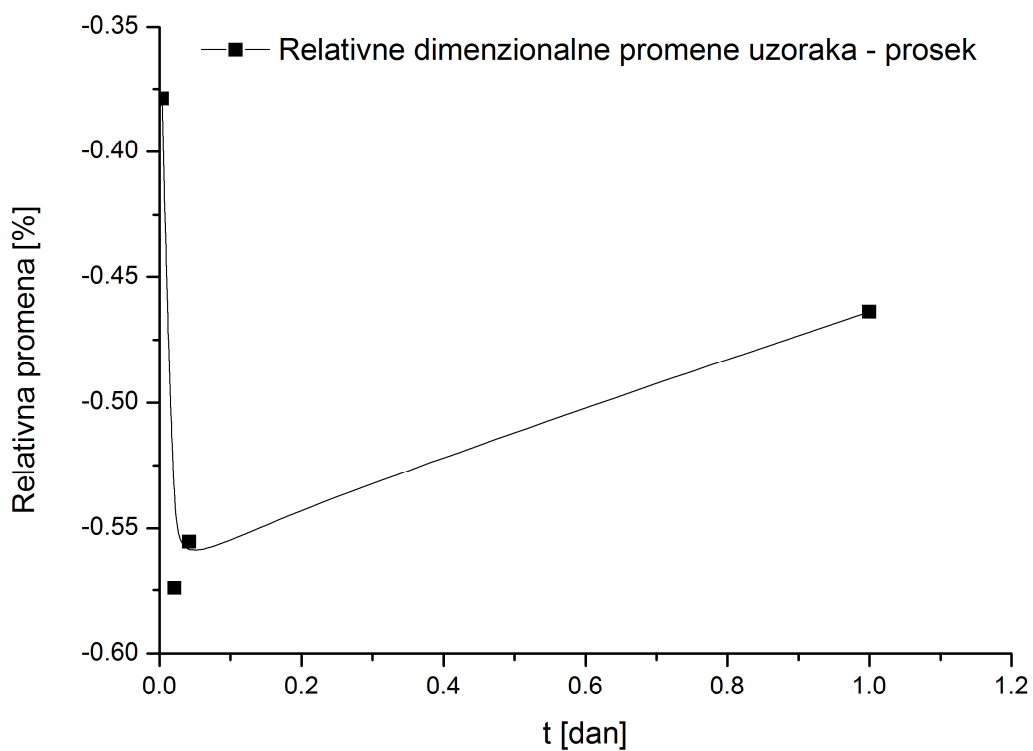
Posle 24 časa, srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena bila je -0,464 %. (Tabela 1)

Tabela 2. Akumulirane(accu) vrednosti dimenzionalnih promena ispitivanih materijala [%] posle 5minuta, 30minuta, 60minuta, 24časa i srednje vrednosti dobijenih akumuliranih vrednosti dimenzionalnih promena (average)

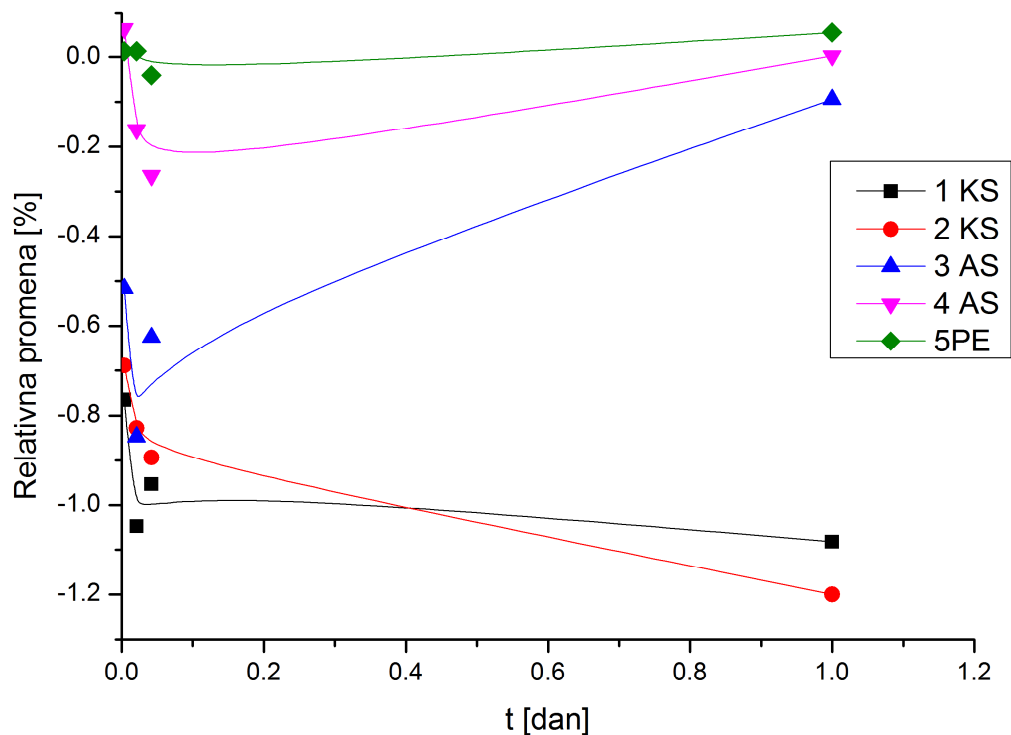
Materijal	Relativne dimenzionalne promene elastomera [%] (granica greške 0,08%)			
	Vreme			
	Accu 5	Accu 30	Accu 60	Accu 24
1 KS	-0.765	-1.047	-0.953	-1.082
2 KS	-0.689	-0.828	-0.893	-1.200
3 AS	-0.516	-0.847	-0.626	-0.094
4 AS	0.063	-0.162	-0.265	0.003
5PE	0.013	-0.013	-0.040	0.055
Average	-0.379	-0.574	-0.555	-0.464

Grafikon 1. Uporedna analiza apsolutnih vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena različitih uzoraka za različite vremenske intervale



Grafikon 2. Prosečna vrednost relativnih dimenzionalnih promena svih uzoraka u funkciji vremena

Najznačajnija kontrakcija materijala se uočava u prvih sat vremena, nakon čega u toku 24 časa nastupa blaga relaksacija otisnih materijala. (Grafikon 2)

Grafikon 3. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji vremena

Najbolju dimenzionalnu stabilnost u funkciji ispitivanih vremenskih intervala pokazuje polietar, a najveće dimenzionalne promene su uočene kod kondenzacionih silikona. Zapažene su značajne razlike u veličini dimenzionalnih promena kondenzacionih silikona s jedne i adicionih silikona i polietra s druge strane. (Grafikon 3)

7.1.1. Statistička analiza

Tabela 3. Statistička analiza - ISO 4823 Vreme

Vreme	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24
Temp.	23°C	23°C	23°C	23°C
p	0.056	0.077	0.061	0.055
F	2.19	2.41	2.45	2.66

p – Nivo značajnosti u primenjenom testu hipoteze u poređenju grupisanih uzoraka za isto vreme.

Test vrednost (F) – F-value One way ANOVA.

Tabela prikazuje p i F vrednosti među grupama uzoraka ispitivanih otisnih materijala (2KS, 2AS, 1PE) za isto vreme, pri temperaturi od 23°C. Vertikalna organizacija uzoraka podrazumeva pet grupa ispitivanih otisnih materijala za isto vreme.

Organizovanjem horizontalnih grupa, gde svaku grupu predstavljaju rezultati uzoraka koji su jednako vremenski tretirani, i daljom statističkom analizom se dobija da postoje statistički značajne razlike između tih grupa, pri čemu je $F=35,3$, $p=0,030$. Time je pokazano da u razvoju uzoraka svih ispitivanih materijala grupisanih po vremenima postoje statistički značajne razlike.

Horizontalna organizacija predstavlja sve grupe ispitivanih otisnih materijala za isto vreme.

7.2. Procena dimenzionalne stabilnosti ispitivanih otisnih materijala u funkciji vremena fotometrijskim metodama

Tabela 4. Apsolutne vrednosti relativnih dimenzionalnih promena ispitivanih materijala [%] u funkciji vremena proteklog od momenta odvajanja otisaka pri temperaturi od 23°C, prema razvijenoj fotometrijskoj metodi

Materijal	Relativne dimenzionalne promene elastomera [%] – granica greške 0,025%										
	Vreme 1		Vreme 2			Vreme 3			Vreme 4		
	5	Accu 5	5	30	Accu 30	5	30	Accu 60	5	30	Accu 24h
1 KS	-0.064	-0.064	-0.032	-0.042	-0.181	-0.036	-0.020	-0.220	-0.025	-0.039	-0.515
2 KS	-0.048	-0.048	-0.024	-0.032	-0.179	-0.030	-0.014	-0.184	-0.024	-0.034	-0.486
3 AS	-0.045	-0.045	-0.022	-0.030	-0.157	-0.034	-0.042	-0.177	-0.021	-0.029	-0.417
4 AS	-0.043	-0.043	-0.022	-0.029	-0.187	-0.027	-0.007	-0.187	-0.027	-0.268	-0.394
PE	-0.013	-0.013	-0.006	-0.008	-0.040	-0.002	-0.083	-0.136	-0.021	-0.049	-0.059
Average	-0.043	-0.043	-0.021	-0.028	-0.149	-0.026	-0.033	-0.181	-0.024	-0.084	-0.374

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Vreme 1 – Faza razvoja uzoraka u prvih 5 minuta. Polja 5 i Accu5 predstavljaju vrednosti diferencijalnih i akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta.

Vreme 2 – Faza razvoja uzoraka oko prvih 30 minuta. Polja 5, 30 i Accu30 predstavljaju vrednosti diferencijalnih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 i 30 minuta posle Accu5 i akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja.

Vreme 3 – Faza razvoja uzoraka oko prvih 60 minuta. Polja 5, 30 i Accu60 predstavljaju vrednosti diferencijalnih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 i 30

minuta posle Accu30 i akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja.

Vreme 4 – Faza razvoja uzoraka oko prvih 24 časa. Polja 5, 30 i Accu24 predstavljaju vrednosti diferencijalnih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 i 30 minuta posle Accu60 i akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

Merenjem dimenzije otisaka tokom 5min, odmah nakon odvajanja od modle, dobijena je srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena -0,043%. (Tabela 4)

Izmerena srednja akumulirana vrednost dimenzionalnih promena otisnih materijala posle 30minuta od početka merenja iznosila je -0,149%. (Tabela 4)

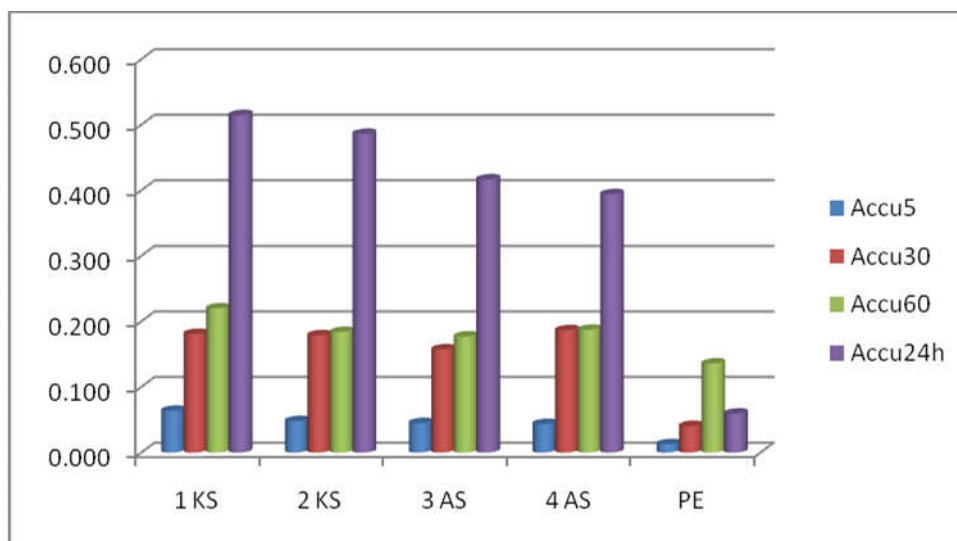
Srednja vrednost izmerenih akumuliranih dimenzionalnih promena u okviru 60minuta od početka merenja iznosila je -0,181%. (Tabela 4)

Posle 24 časa, srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena bila je -0,374%. (Tabela 4)

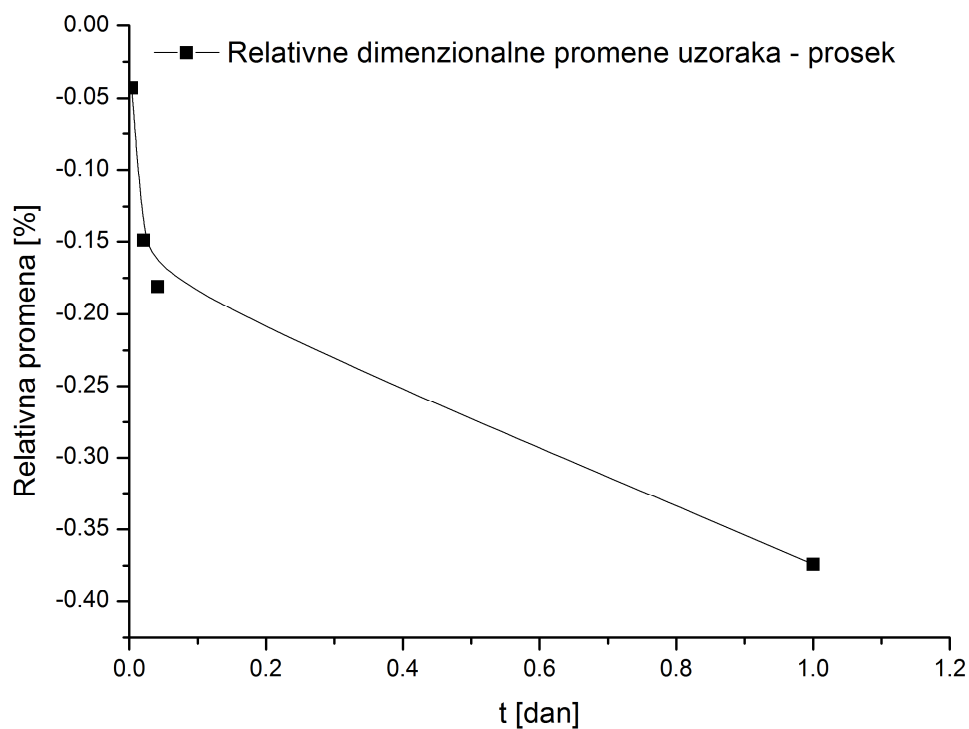
Tabela 5. Akumulirane(accu) vrednosti dimenzionalnih promena ispitivanih materijala [%] posle 5minuta, 30minuta, 60minuta, 24časa i srednje vrednosti dobijenih akumuliranih vrednosti dimenzionalnih promena (average)

Materijal	Relativne dimenzionalne promene elastomera [%] (granica greške 0,025%)			
	Vreme			
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24
1 KS	-0.064	-0.181	-0.220	-0.515
2 KS	-0.048	-0.179	-0.184	-0.486
3 AS	-0.045	-0.157	-0.177	-0.417
4 AS	-0.043	-0.187	-0.187	-0.394
PE	-0.013	-0.040	-0.136	-0.059
Average	-0.043	-0.149	-0.181	-0.374

Grafikon 4. Uporedna analiza apsolutnih vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena različitih uzoraka za različite vremenske intervale

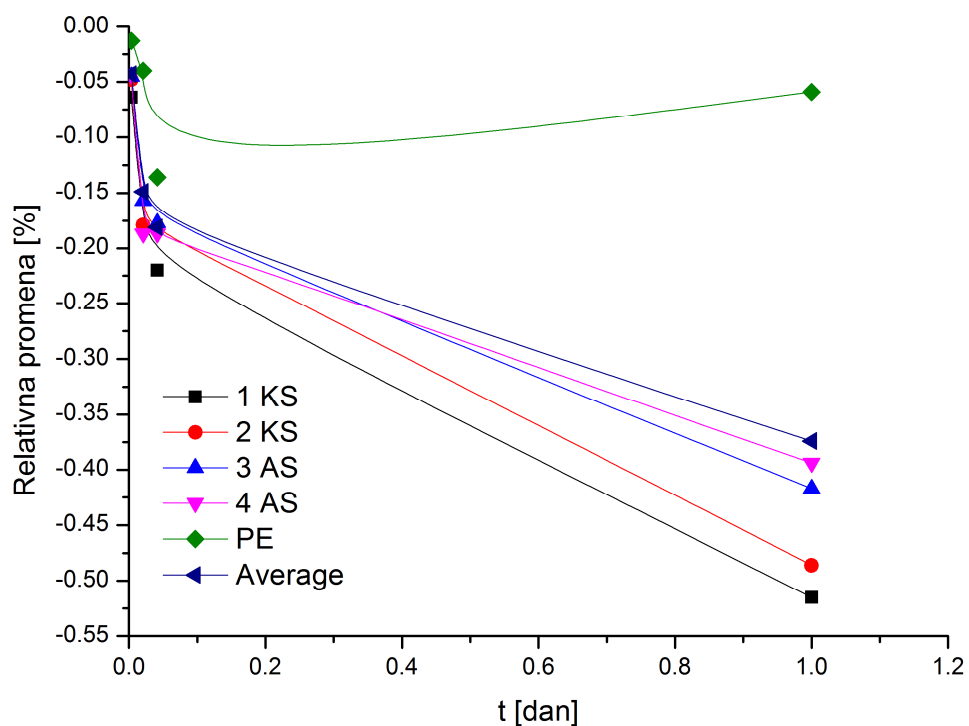


Grafikon 5. Prosečna vrednost relativnih dimenzionalnih promena svih uzoraka u funkciji vremena



Najznačajnije promene dešavaju se u prvih sat vremena, a kasnije nastupa blaga stabilizacija ispitivanih otisnih materijala. (Grafikon 5)

Grafikon 6. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji vremena



Kod polietra su uočene najmanje dimenzionalne promene u funkciji vremena, nešto veće su zapažene kod adicionih, a najveće kod kondenzacionih silikona. (Grafikon 6)

7.2.1. Statistička analiza

Tabela 6. Statistička analiza – Fotometrija Vreme

Vreme	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24
Temp.	23°C	23°C	23°C	23°C
p	0.039	0.064	0.057	0.055
F	2.36	2.54	2.63	2.84

p – Nivo značajnosti u primenjenom testu hipoteze u poređenju grupisanih uzoraka za isto vreme.

Test vrednost (F) – F-value One way ANOVA.

Tabela prikazuje p i F vrednosti među grupama uzoraka ispitivanih otisnih materijala (2KS, 2AS, 1PE) za isto vreme, pri temperaturi od 23°C. Vertikalna organizacija uzoraka podrazumeva pet grupa ispitivanih otisnih materijala za isto vreme.

Organizovanjem horizontalnih grupa, gde svaku grupu predstavljaju rezultati uzoraka koji su jednako vremenski tretirani, i daljom statističkom analizom se dobija da postoje statistički značajne razlike između tih grupa, pri čemu je $F=44,2$, $p=0,021$. Time je pokazano da u razvoju uzoraka svih ispitivanih materijala grupisanih po vremenima postoje statistički značajne razlike.

Horizontalna organizacija predstavlja sve grupe ispitivanih otisnih materijala za isto vreme.

7.3. Ispitivanje uticaja različitih dezinficijenasa na dimenzionalnu stabilnost elastomernih otisnih materijala shodno preporukama ISO 4823

7.3.1. Dezinficijens Sterigum

Tabela 7. Akumulirane (Accu) vrednosti dimenzionalnih promena uzoraka materijala [%] za ispitivani dezinficijens (Sterigum) posle 5minuta, 30minuta, 60minuta, 24časa nakon dezinfekcije i srednje vrednosti dobijenih akumuliranih vrednosti dimenzionalnih promena (average), shodno metodologiji koju preporučuje ISO 4823

Materijal	Relativne dimenzionalne promene elastomera [%] (granica greške 0,08%)			
	Vreme			
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24
1 KS	-0.773	-0.861	-0.979	-1.083
2 KS	-0.944	-1.179	-1.173	-1.707
3 AS	-0.509	-0.565	-0.675	-0.463
4 AS	-0.435	-0.501	-0.429	-0.672
PE	-0.435	-0.357	-0.464	-0.531
Average	-0.619	-0.693	-0.744	-0.891

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Accu5 - Vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta posle dezinfekcije.

Accu30 - Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu60 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu24 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja posle dezinfekcije.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

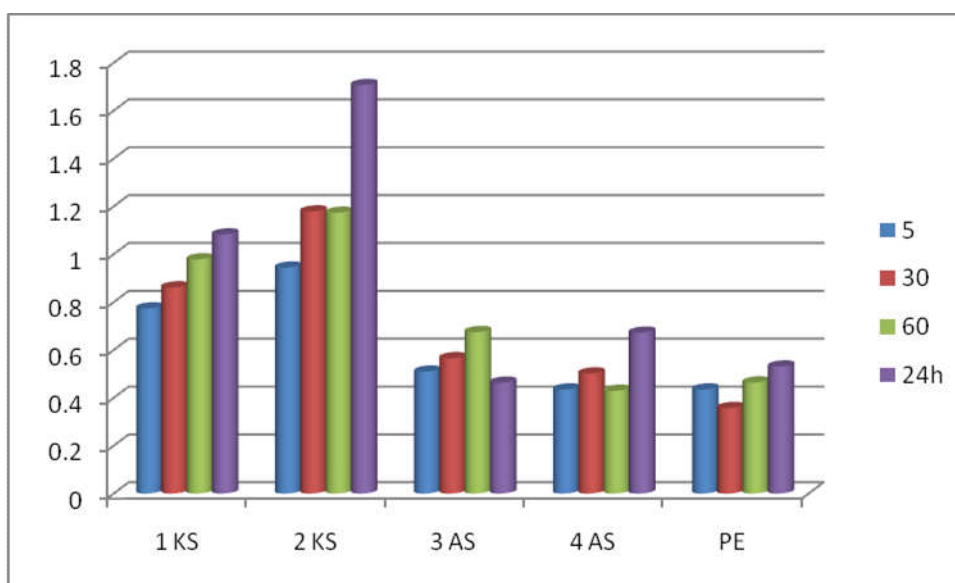
Merenjem dimenzije dezinfikovanih otisaka tokom 5min nakon dezinfekcije, dobijena je srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena -0,619%. (Tabela 7)

Izmerena srednja akumulirana vrednost dimenzionalnih promena dezinfikovanih otisnih materijala posle 30minuta od završene dezinfekcije iznosila je -0,693%. (Tabela 7)

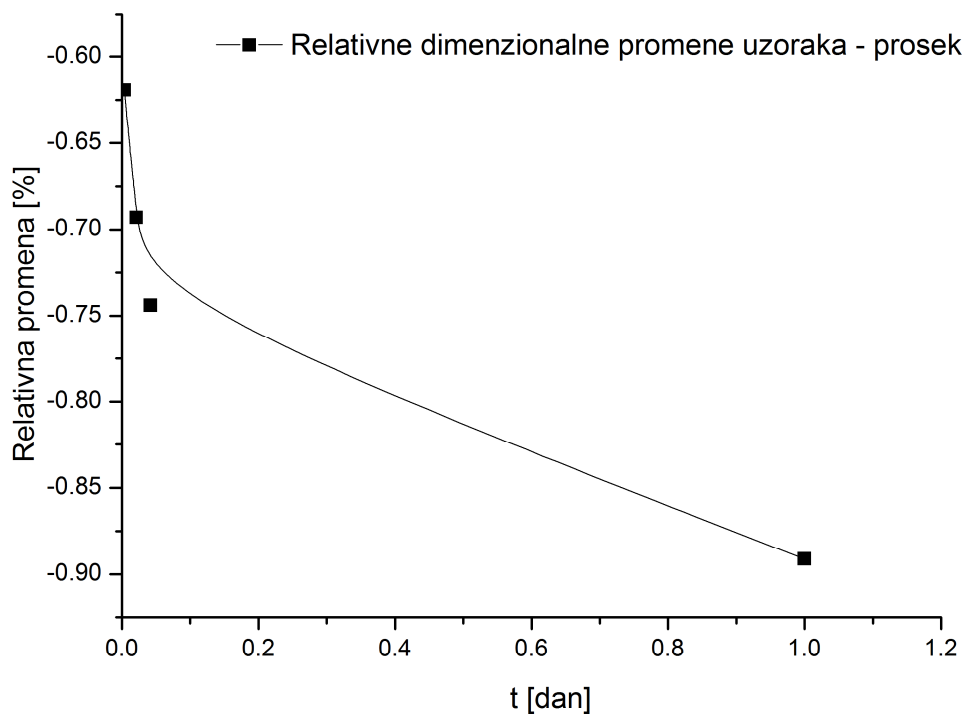
Srednja vrednost izmerenih akumuliranih dimenzionalnih promena u okviru 60minuta od završene dezinfekcije iznosila je -0,744 %. (Tabela 7)

Posle 24 časa nakon dezinfekcije uzoraka materijala, srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena bila je -0,891%. (Tabela 7)

Grafikon 7. Upporedna analiza apsolutnih vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena različitih uzoraka za različite vremenske intervale i primenjeni dezinficijens (Sterigum)

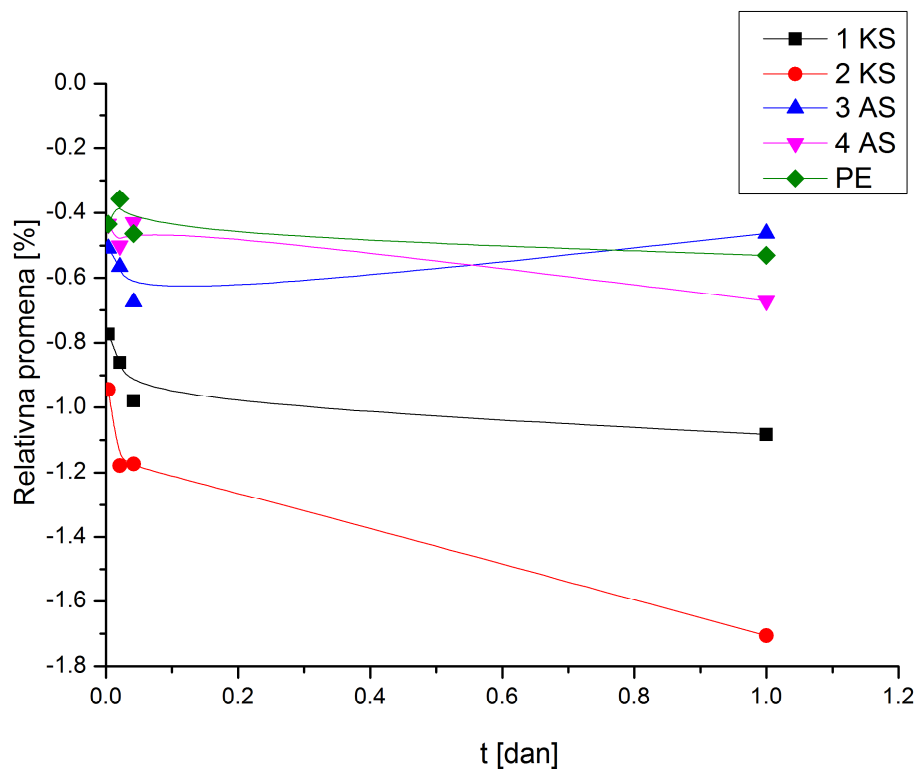


Grafikon 8. Prosečna relativna dimenzionalna promena svih uzoraka u funkciji vremena i primenjenog dezinficijensa (Sterigum)



Najznačajnija kontrakcija materijala se uočava u prvih sat vremena, nakon čega u toku 24 časa nastupa blaga stabilizacija otisnih materijala za ispitivani dezinficijens (Sterigum). (Grafikon 8)

Grafikon 9. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji vremena i ispitivanog dezinficijensa (Sterigum)



Može se videti da su izraženije dimenzionalne promene kondenzacionih silikona u odnosu na adicione silikone i polietar u funkciji vremena za ispitivani dezinficijens (Sterigum). (Grafikon 9)

7.3.2. Dezinficijens 5,25% NaOCl

Tabela 8. Akumulirane (Accu) vrednosti dimenzionalnih promena uzoraka materijala [%] za ispitivani dezinficijens (5,25% NaOCl) posle 5minuta, 30minuta, 60minuta, 24časa nakon dezinfekcije i srednje vrednosti dobijenih akumuliranih vrednosti dimenzionalnih promena (average), shodno metodologiji koju preporučuje ISO 4823

Materijal	Relativne dimenzionalne promene elastomera [%] (granica greške 0,08%)			
	Vreme			
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24
1 KS	-0.835	-0.980	-1.115	-1.499
2 KS	-1.027	-1.307	-1.333	-1.904
3 AS	-0.569	-0.713	-0.701	-0.694
4 AS	-0.693	-0.661	-0.656	-0.632
PE	-0.395	-0.349	-0.432	-0.472
Average	-0.704	-0.802	-0.848	-1.040

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Accu5 - Vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta posle dezinfekcije.

Accu30 - Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu60 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu24 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja posle dezinfekcije.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

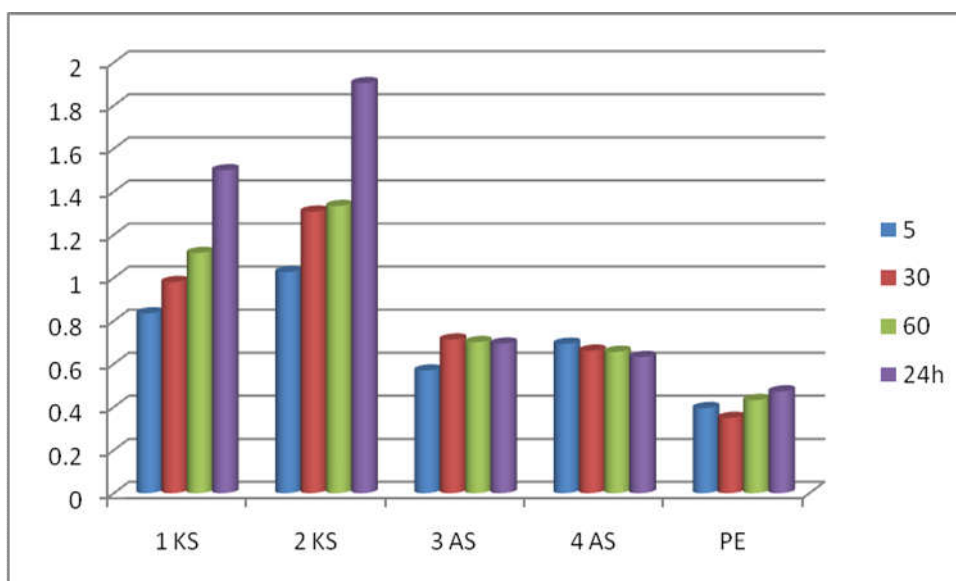
Merenjem dimenzije dezinfikovanih otisaka tokom 5min nakon dezinfekcije, dobijena je srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena $-0,704\%$. (Tabela 8)

Izmerena srednja akumulirana vrednost dimenzionalnih promena dezinfikovanih otisnih materijala posle 30minuta od završene dezinfekcije iznosila je $-0,802\%$. (Tabela 8)

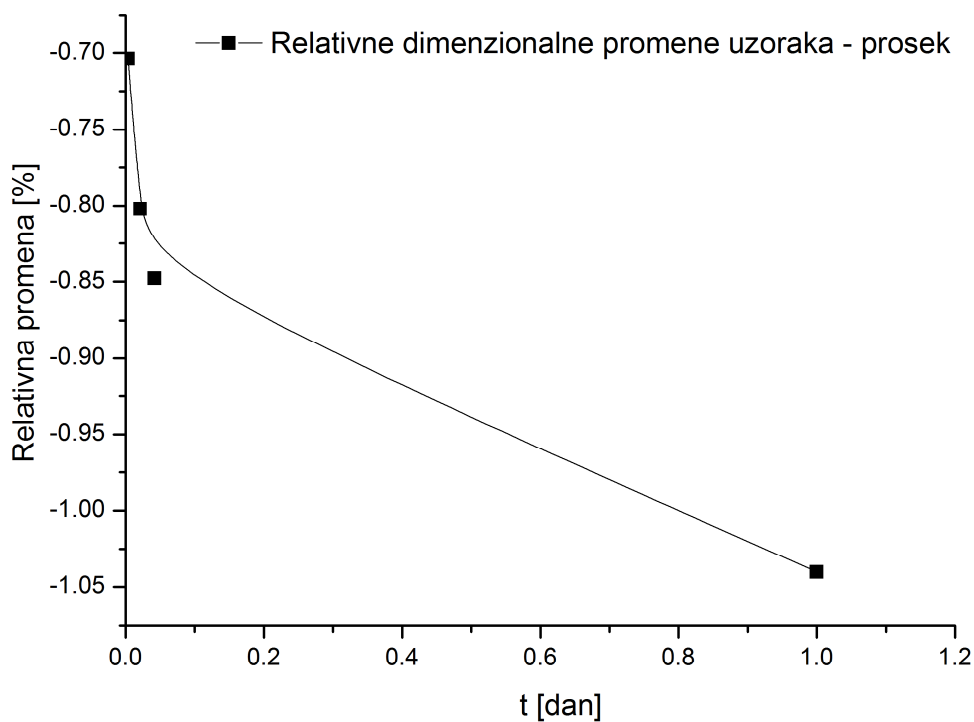
Srednja vrednost izmerenih akumuliranih dimenzionalnih promena u okviru 60minuta od završene dezinfekcije iznosila je $-0,848\%$. (Tabela 8)

Posle 24 časa nakon dezinfekcije uzoraka materijala, srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena bila je $-1,040\%$. (Tabela 8)

Grafikon 10. Uporedna analiza apsolutnih vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena različitih uzoraka za različite vremenske intervale i primenjeni dezinficijens (5,25% NaOCl)

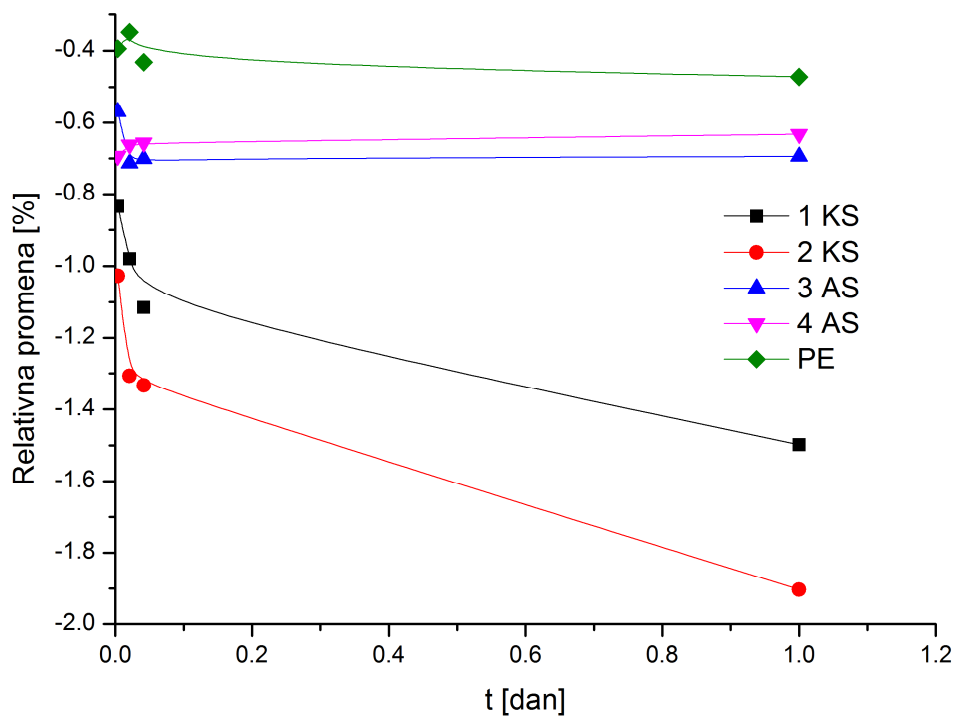


Grafikon 11. Prosečna relativna dimenzionalna promena svih uzoraka u funkciji vremena i primenjenog dezinficijensa (5,25% NaOCl)



Najznačajnija kontrakcija materijala se uočava u prvih sat vremena, nakon čega u toku 24 časa nastupa blaga stabilizacija otisnih materijala za ispitivani dezinficijens (5,25% NaOCl). (Grafikon 11)

Grafikon 12. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji vremena i ispitivanog dezinficijensa (5,25% NaOCl)



Kod polietra su uočene najmanje dimenzionalne promene u funkciji vremena za ispitivani dezinficijens, a nešto veće su zapažene kod adicionih, dok najveće promene pokazuju kondenzacioni silikoni. (Grafikon 12)

7.3.3. Dezinficijens Zeta 7

Tabela 9. Akumulirane (Accu) vrednosti dimenzionalnih promena uzoraka materijala [%] za ispitivani dezinficijens (Zeta 7) posle 5minuta, 30minuta, 60minuta, 24časa nakon dezinfekcije i srednje vrednosti dobijenih akumuliranih vrednosti dimenzionalnih promena (average), shodno metodologiji koju preporučuje ISO 4823

Relativne dimenzionalne promene elastomera [%] (granica greške 0,08%)				
Materijal	Vreme			
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24
1 KS	-0.418	-0.524	-0.661	-1.106
2 KS	-0.820	-0.883	-0.993	-1.310
3 AS	-0.499	-0.545	-0.615	-0.712
4 AS	-0.481	-0.569	-0.691	-0.676
PE	0.348	0.167	0.085	-0.250
Average	-0.374	-0.471	-0.575	-0.811

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Accu5 - Vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta posle dezinfekcije.

Accu30 - Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu60 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu24 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja posle dezinfekcije.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

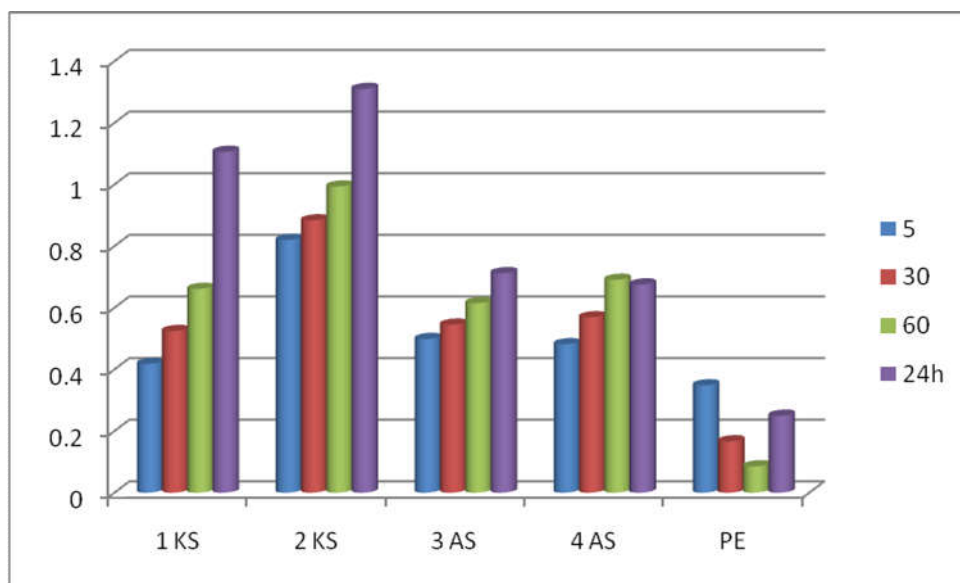
Merenjem dimenzije dezinfikovanih otisaka tokom 5min nakon dezinfekcije, dobijena je srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena $-0,374\%$. (Tabela 9)

Izmerena srednja akumulirana vrednost dimenzionalnih promena dezinfikovanih otisnih materijala posle 30minuta od završene dezinfekcije iznosila je $-0,471\%$. (Tabela 9)

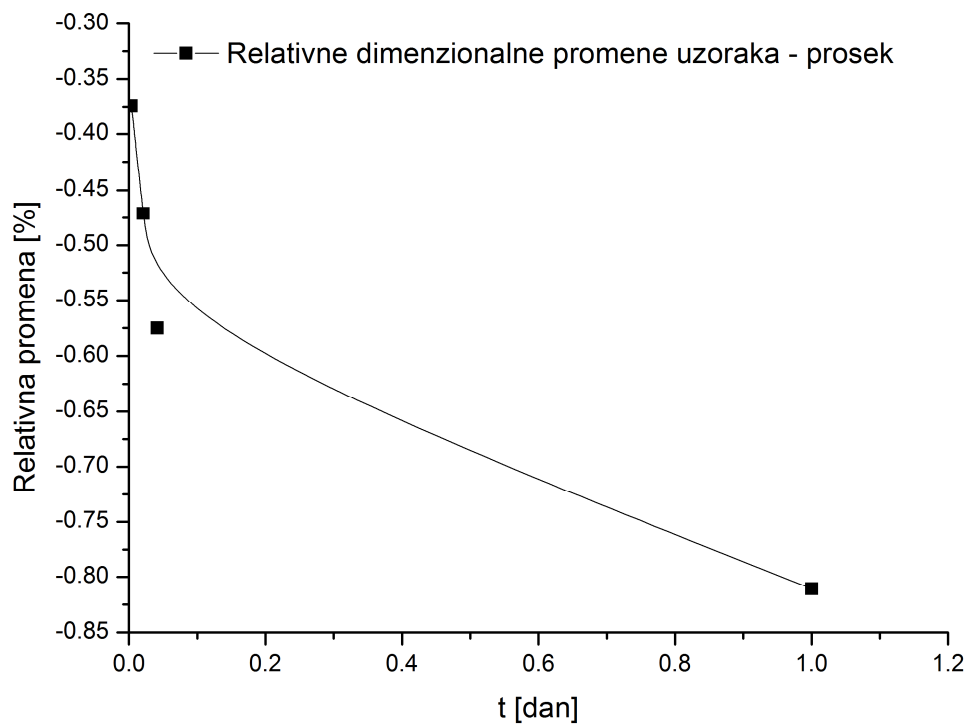
Srednja vrednost izmerenih akumuliranih dimenzionalnih promena u okviru 60minuta od završene dezinfekcije iznosila je $-0,575\%$. (Tabela 9)

Posle 24 časa nakon dezinfekcije uzoraka materijala, srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena bila je $-0,811\%$. (Tabela 9)

Grafikon 13. Uporedna analiza apsolutnih vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena različitih uzoraka za različite vremenske intervale i primenjeni dezinficijens (Zeta 7)

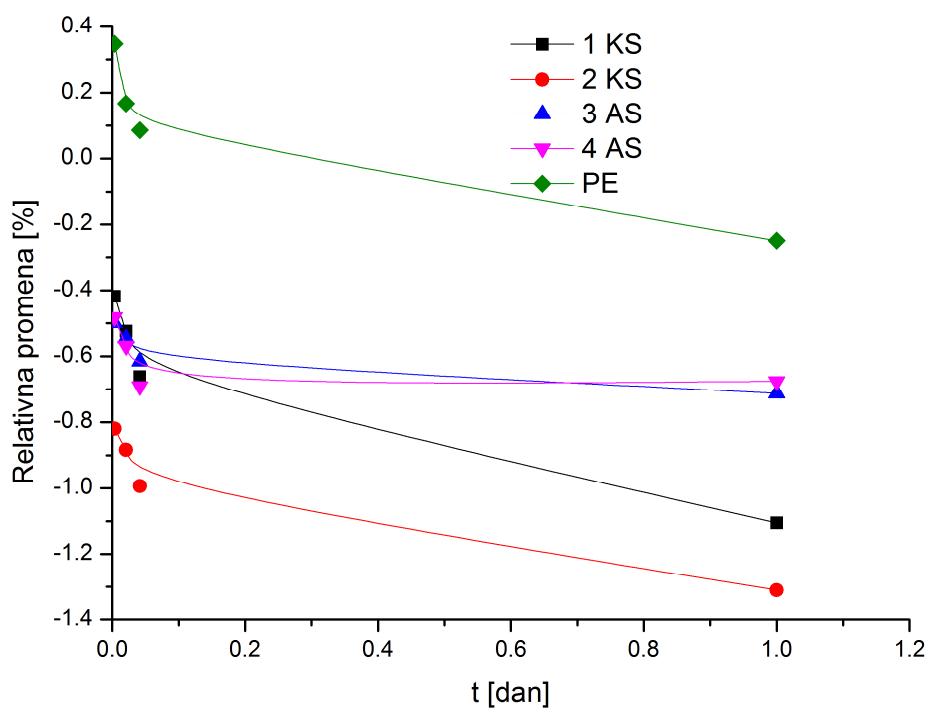


Grafikon 14. Prosečna relativna dimenzionalna promena svih uzoraka u funkciji vremena i primenjenog dezinficijensa (Zeta 7)



Najznačajnija kontrakcija materijala se uočava u prvih sat vremena, nakon čega u toku 24 časa nastupa blaga stabilizacija otisnih materijala za ispitivani dezinficijens (Zeta 7). (Grafikon 14)

Grafikon 15. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji vremena i ispitivanog dezinficijensa (Zeta 7)



Najmanje dimenzionalne promene u funkciji vremena za ispitivani dezinficijens uočene su kod polietra, nešto veće su zapažene kod adicijenskih, dok najveće promene pokazuju kondenzacioni silikoni. (Grafikon 15)

7.3.4. Statistička analiza

Tabela 10. Statistička analiza – ISO 4823 Dezinficijensi

Vreme	Accu 5			Accu 30			Accu 60			Accu 24		
	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
p	0.049	0.04	0.026	0.075	0.066	0.062	0.046	0.094	0.086	0.035	0.041	0.05
F	2.46	2.65	3.07	2.31	2.53	2.66	2.51	2.39	2.3	3.08	2.36	2.29

p – Nivo značajnosti u primenjenom testu hipoteze u poređenju grupisanih uzoraka za isto vreme.

Test vrednost (F) – F-value One way ANOVA.

Tabela prikazuje p i F vrednosti po pet grupa uzoraka ispitivanih otisnih materijala za svako ispitivano vreme i dezinficijens, pri temperaturi od 23°C. Vertikalna organizacija uzoraka podrazumeva po pet grupa ispitivanih otisnih materijala za isto vreme i ispitivani dezinficijens.

7.3.4.1. Dezinficijens Sterigum

Organizovanjem horizontalnih grupa, gde svaku grupu predstavljaju rezultati uzoraka koji su jednako vremenski tretirani za ispitivani dezinficijens Sterigum, i daljom statističkom analizom se dobija da postoje statistički značajne razlike između tih grupa, pri čemu je $F=30,3$, $p=0,095$. Time je pokazano da u razvoju uzoraka svih ispitivanih materijala grupisanih po vremenima i ispitivanom dezinficijensu Sterigum pri temperaturi od 23°C postoje statistički značajne razlike.

7.3.4.2. Dezinficijens 5,25% NaOCl

Organizovanjem horizontalnih grupa, gde svaku grupu predstavljaju rezultati uzoraka koji su jednako vremenski tretirani za ispitivani dezinficijens 5,25% NaOCl, i daljom

statističkom analizom se dobija da postoje statistički značajne razlike između tih grupa, pri čemu je $F=70,6$, $p=0,042$. Time je pokazano da u razvoju uzoraka svih ispitivanih materijala grupisanih po vremenima i ispitivanom dezinficijensu 5,25% NaOCl pri temperaturi od 23°C postoje statistički značajne razlike.

7.3.4.3. Dezinficijens Zeta 7

Organizovanjem horizontalnih grupa, gde svaku grupu predstavljaju rezultati uzoraka koji su jednako vremenski tretirani za ispitivani dezinficijens Zeta 7, i daljom statističkom analizom se dobija da postoje statistički značajne razlike između tih grupa, pri čemu je $F=22,3$, $p=0,099$. Time je pokazano da u razvoju uzoraka svih ispitivanih materijala grupisanih po vremenima i ispitivanom dezinficijensu Zeta 7, pri temperaturi od 23°C postoje statistički značajne razlike.

7.3.4.4. Između dezinficijenasa

Vrednosti statističkih značajnosti i pripadajućih F-vrednosti u zavisnosti od primenjenog dezinficijensa za sve uzorke u svim vremenskim intervalima iznose $p=0,050$, $F=4,35$.

7.4. Ispitivanje uticaja različitih dezinficijenasa na dimenzionalnu stabilnost elastomernih otisnih materijala fotometrijskim metodama

7.4.1. Dezinficijens Sterigum

Tabela 11. Akumulirane (Accu) vrednosti dimenzionalnih promena uzoraka materijala [%] za ispitivani dezinficijens (Sterigum) posle 5minuta, 30minuta, 60minuta, 24časa nakon dezinfekcije i srednje vrednosti dobijenih akumuliranih vrednosti dimenzionalnih promena (average), prema razvijenoj fotometrijskoj metodi

Relativne dimenzionalne promene elastomera [%] (granica greške 0,025%)				
Materijal	Vreme			
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24
1 KS	-0.170	-0.190	-0.488	-0.610
2 KS	-0.269	-0.142	-0.402	-0.484
3 AS	-0.205	-0.149	-0.413	-0.524
4 AS	-0.184	-0.148	-0.342	-0.557
PE	-0.177	-0.029	-0.137	-0.237
Average	-0.201	-0.131	-0.356	-0.482

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Accu5 - Vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta posle dezinfekcije.

Accu30 - Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu60 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu24 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja posle dezinfekcije.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

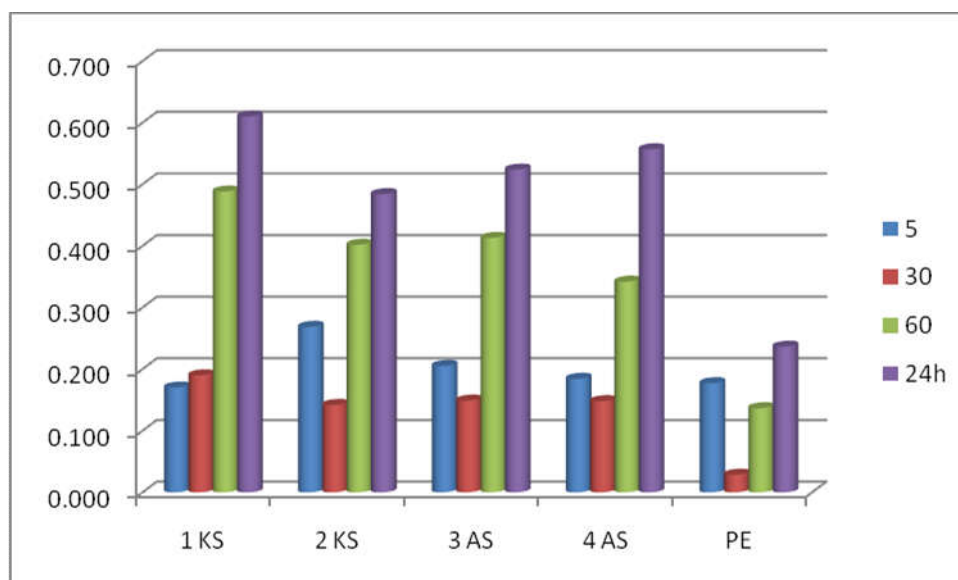
Merenjem dimenzije dezinfikovanih otisaka tokom 5min nakon dezinfekcije, dobijena je srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena -0,201%. (Tabela 11)

Izmerena srednja akumulirana vrednost dimenzionalnih promena dezinfikovanih otisnih materijala posle 30minuta od završene dezinfekcije iznosila je -0,131%. (Tabela 11)

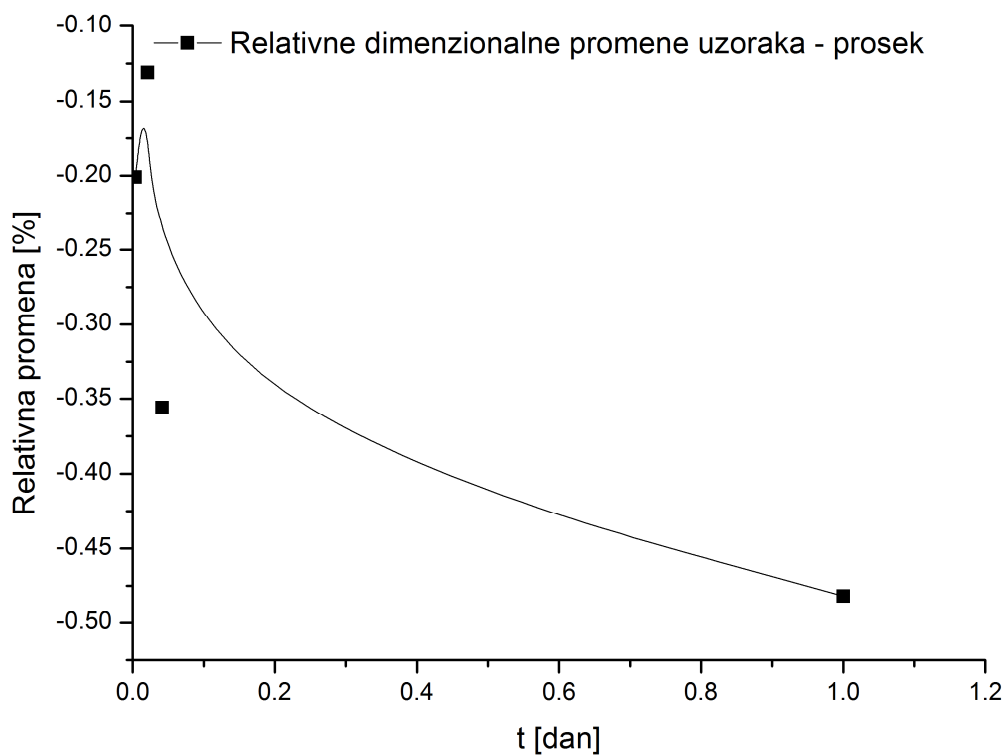
Srednja vrednost izmerenih akumuliranih dimenzionalnih promena u okviru 60minuta od završene dezinfekcije iznosila je -0,356%. (Tabela 11)

Posle 24 časa nakon dezinfekcije uzoraka materijala, srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena bila je -0,482%. (Tabela 11)

Grafikon 16. Uporedna analiza apsolutnih vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena različitih uzoraka za različite vremenske intervale i primenjeni dezinficijens (Sterigum)

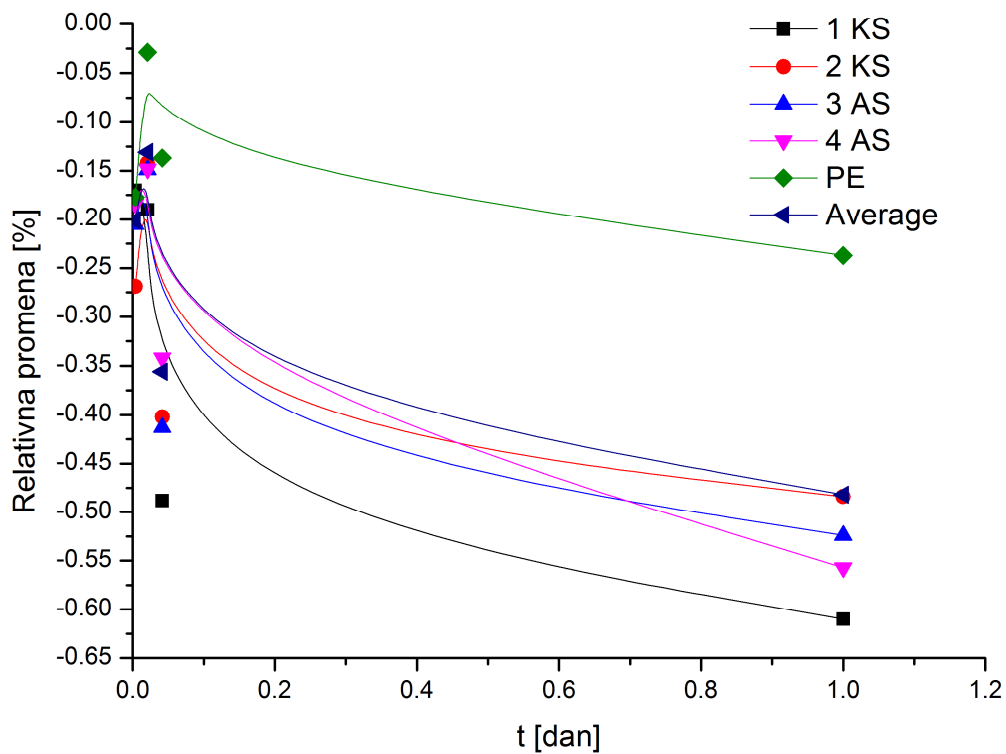


Grafikon 17. Prosečna relativna dimenzionalna promena svih uzoraka u funkciji vremena i primenjenog dezinficijensa (Sterigum)



Najznačajnije dimenzionalne promene se uočavaju u prvih sat vremena, nakon čega u toku 24 časa nastupa blaga stabilizacija otisnih materijala za ispitivani dezinficijens Sterigum. (Grafikon 17)

Grafikon 18. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji vremena i ispitivanog dezinficijensa (Sterigum)



Može se videti da se polietar pokazao kao najstabilniji, a kondenzacioni silikon 1KS kao najmanje stabilan otisni materijal u funkciji vremena za ispitivani dezinficijens (Sterigum). (Grafikon 18)

7.4.2. Dezinficijens 5,25% NaOCl

Tabela 12. Akumulirane (Accu) vrednosti dimenzionalnih promena uzoraka materijala [%] za ispitivani dezinficijens (5,25% NaOCl) posle 5minuta, 30minuta, 60minuta, 24časa nakon dezinfekcije i srednje vrednosti dobijenih akumuliranih vrednosti dimenzionalnih promena (average), prema razvijenoj fotometrijskoj metodi

Materijal	Relativne dimenzionalne promene elastomera [%] (granica greške 0,025%)			
	Vreme			
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24
1 KS	-0.102	-0.579	-0.884	-1.960
2 KS	-0.174	-0.734	-0.899	-1.300
3 AS	-0.114	-0.434	-0.997	-1.213
4 AS	-0.095	-0.447	-0.730	-0.944
PE	-0.079	-0.238	-0.366	-0.707
Average	-0.113	-0.486	-0.775	-1.225

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Accu5 - Vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta posle dezinfekcije.

Accu30 - Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu60 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu24 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja posle dezinfekcije.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

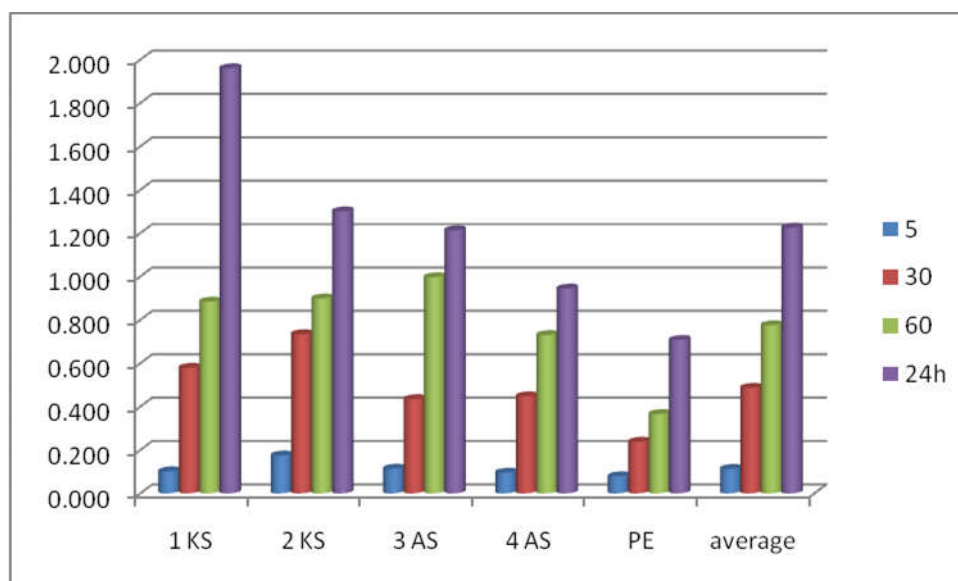
Merenjem dimenzije dezinfikovanih otisaka tokom 5min nakon dezinfekcije, dobijena je srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena $-0,113\%$. (Tabela 12)

Izmerena srednja akumulirana vrednost dimenzionalnih promena dezinfikovanih otisnih materijala posle 30minuta od završene dezinfekcije iznosila je $-0,486\%$. (Tabela 12)

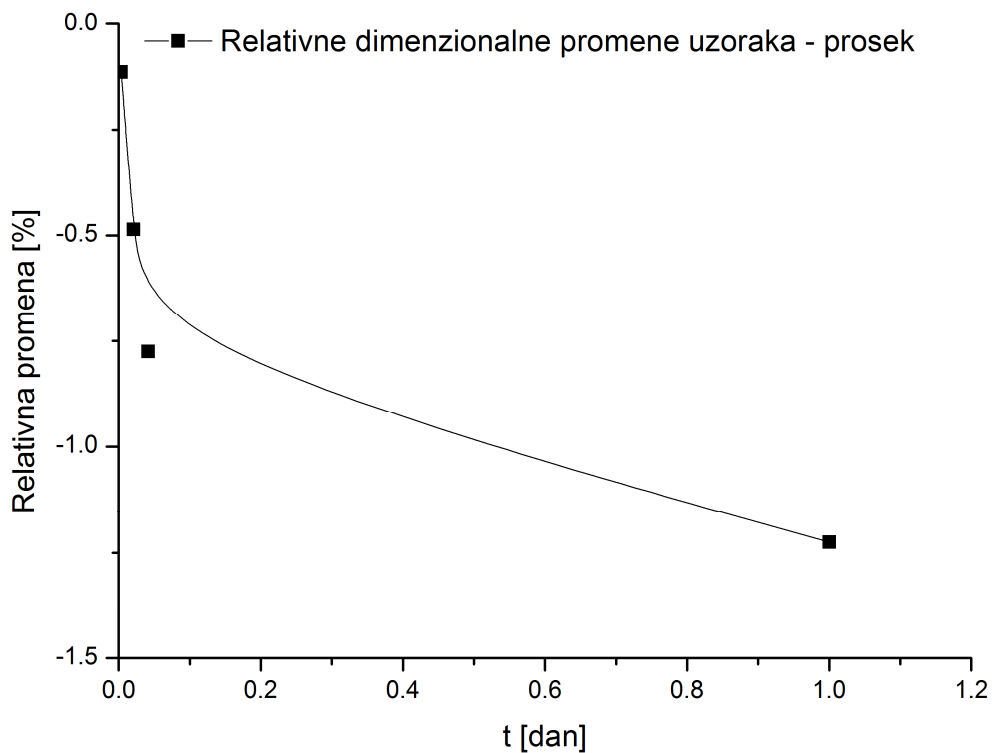
Srednja vrednost izmerenih akumuliranih dimenzionalnih promena u okviru 60minuta od završene dezinfekcije iznosila je $-0,775\%$. (Tabela 12)

Posle 24 časa nakon dezinfekcije uzoraka materijala, srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena bila je $-1,225\%$. (Tabela 12)

Grafikon 19. Usporedna analiza apsolutnih vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena različitih uzoraka za različite vremenske intervale i primenjeni dezinficijens (5,25% NaOCI)

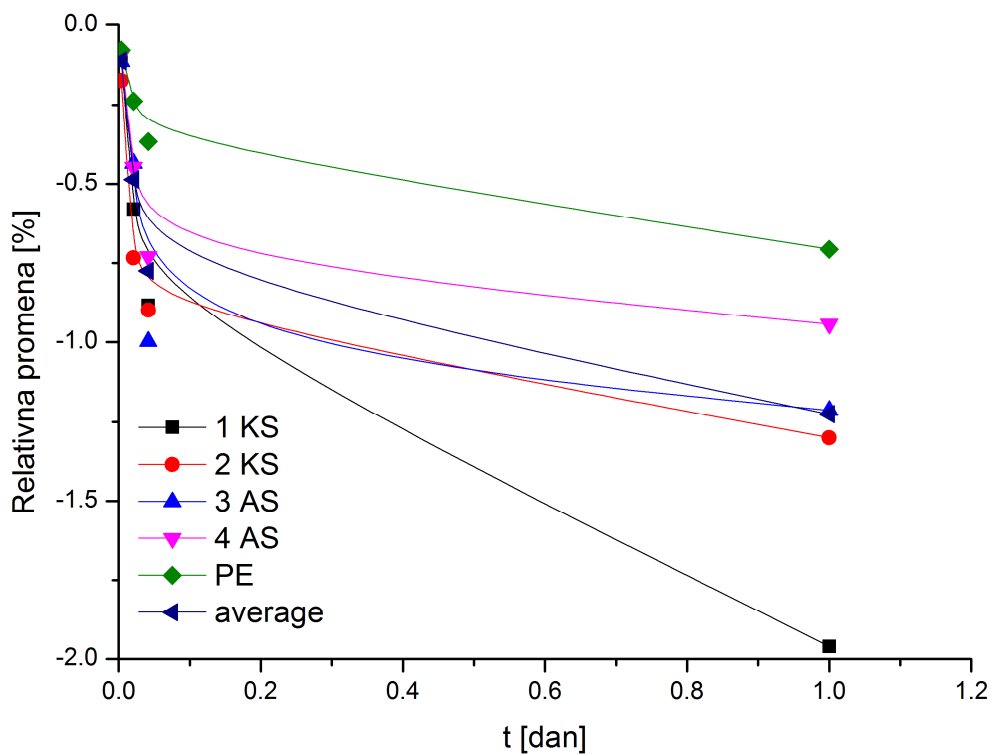


Grafikon 20. Prosečna relativna dimenzionalna promena svih uzoraka u funkciji vremena i primenjenog dezinficijensa (5,25% NaOCl)



Najznačajnija kontrakcija materijala se uočava u prvih sat vremena, nakon čega u toku 24 časa nastupa blaga stabilizacija otisnih materijala za ispitivani dezinficijens (5,25% NaOCl). (Grafikon 20)

Grafikon 21. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji vremena i ispitivanog dezinficijensa (5,25% NaOCl)



Kod polietra su uočene najmanje dimenzionalne promene u funkciji vremena za ispitivani dezinficijens, nešto veće kod adicionog silikona 4AS, a najveće promene su uočene kod kondenzacionog silikona 1KS. Adicioni silikon 3AS i kondenzacioni 2KS pokazuju slične promene u dimenziji. (Grafikon 21)

7.4.3. Dezinficijens Zeta 7

Tabela 13. Akumulirane (Accu) vrednosti dimenzionalnih promena uzoraka materijala [%] za ispitivani dezinficijens (Zeta 7) posle 5minuta, 30minuta, 60minuta, 24časa nakon dezinfekcije i srednje vrednosti dobijenih akumuliranih vrednosti dimenzionalnih promena (average), prema razvijenoj fotometrijskoj metodi

Materijal	Relativne dimenzionalne promene elastomera [%] (granica greške 0,025%)			
	Vreme			
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24
1 KS	-0.100	-0.173	-0.629	-0.415
2 KS	-0.180	-0.172	-0.578	-0.380
3 AS	-0.115	-0.161	-0.457	-0.264
4 AS	-0.096	-0.145	-0.416	-0.317
PE	-0.018	-0.026	-0.191	-0.108
Average	-0.102	-0.135	-0.454	-0.297

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Accu5 - Vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta posle dezinfekcije.

Accu30 - Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu60 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu24 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja posle dezinfekcije.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

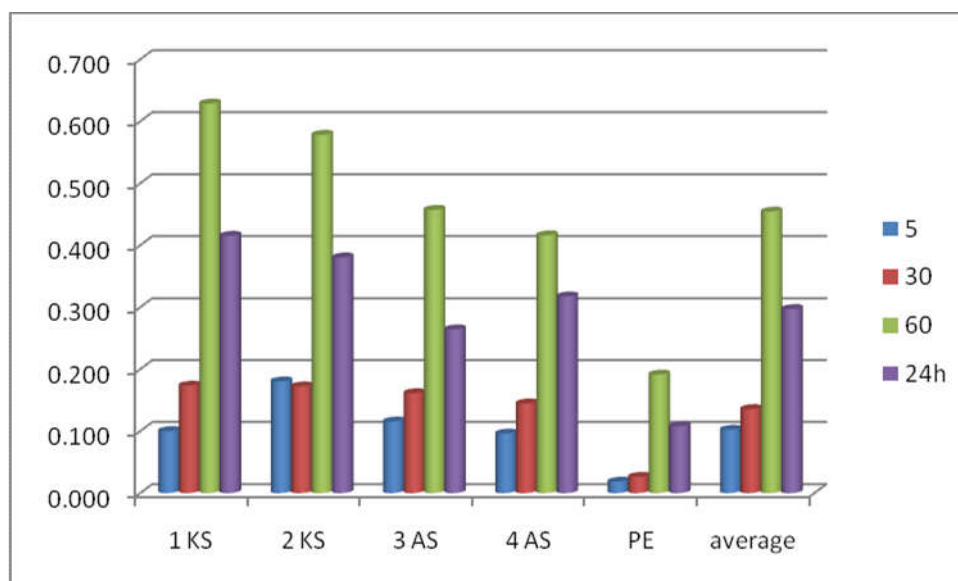
Merenjem dimenzije dezinfikovanih otisaka tokom 5min nakon dezinfekcije, dobijena je srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena $-0,102\%$. (Tabela 13)

Izmerena srednja akumulirana vrednost dimenzionalnih promena dezinfikovanih otisnih materijala posle 30 minuta od završene dezinfekcije iznosila je $-0,135\%$. (Tabela 13)

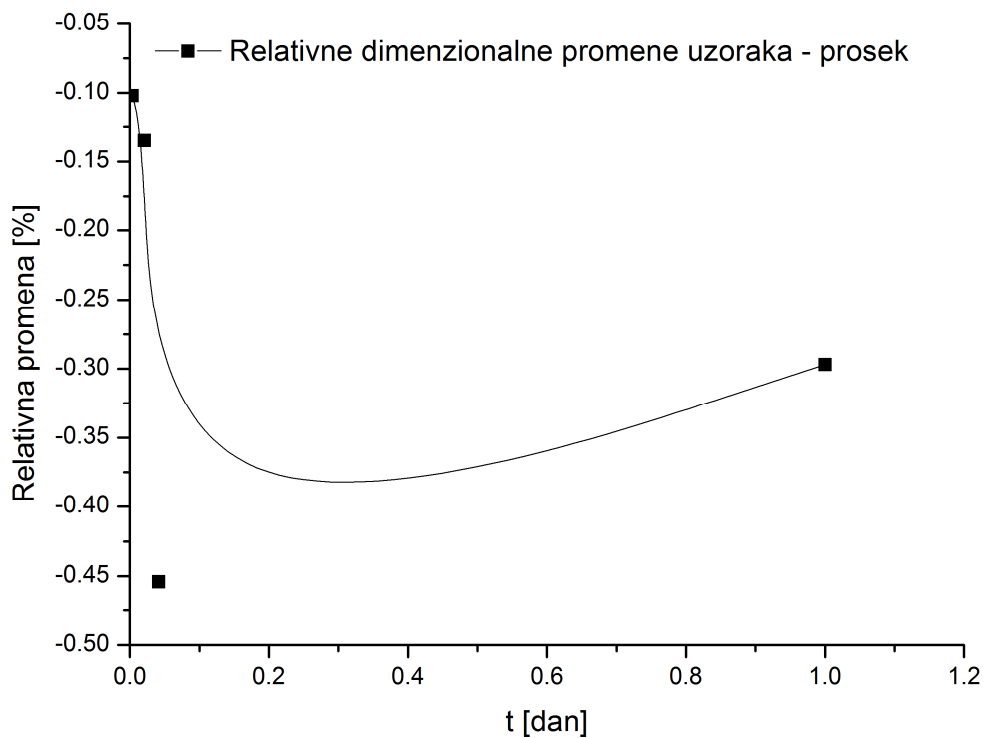
Srednja vrednost izmerenih akumuliranih dimenzionalnih promena u okviru 60minuta od završene dezinfekcije iznosila je $-0,454\%$. (Tabela 13)

Posle 24 časa nakon dezinfekcije uzoraka materijala, srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena bila je $-0,297\%$. (Tabela 13)

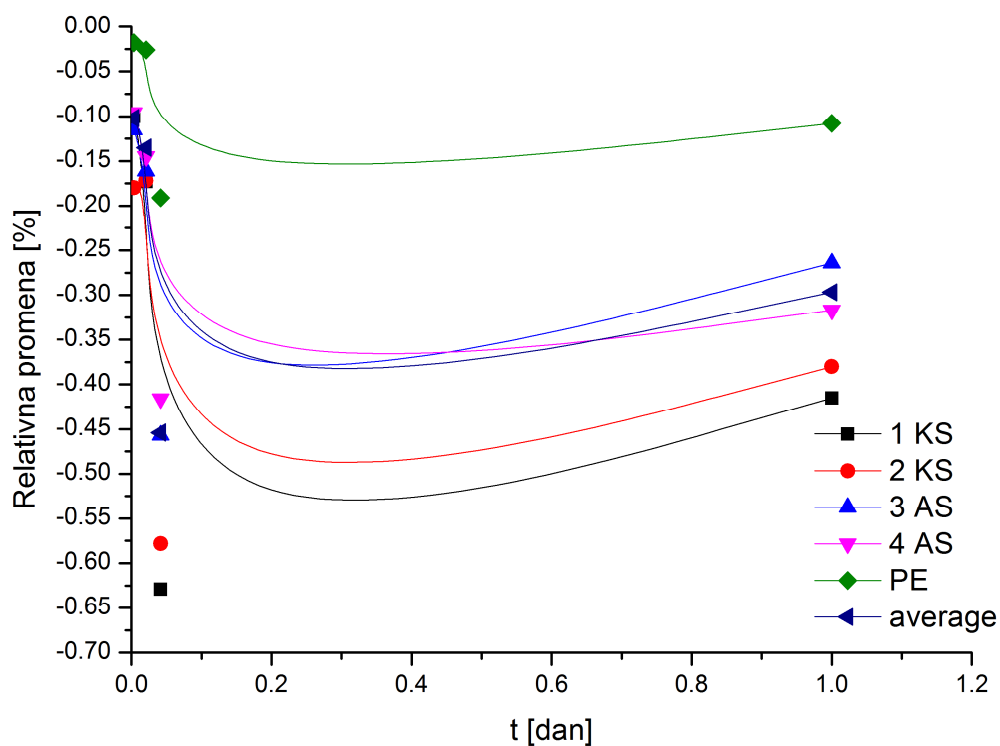
Grafikon 22. Uporedna analiza apsolutnih vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena različitih uzoraka za različite vremenske intervale i primenjeni dezinficijens (Zeta 7)



Grafikon 23. Prosečna relativna dimenzionalna promena svih uzoraka u funkciji vremena i primenjenog dezinficijensa (Zeta 7)



Najznačajnija kontrakcija materijala se uočava u prvih sat vremena, nakon čega u toku 24 časa nastupa blaga relaksacija otisnih materijala za ispitivani dezinficijens (Zeta 7). (Grafikon 23)

Grafikon 24. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji vremena i ispitivanog dezinficijensa (Zeta 7)

Najmanje dimenzionalne promene u funkciji vremena za ispitivani dezinficijens uočene su kod polietra, nešto veće su zapažene kod adicionih, dok najveće promene pokazuju kondenzacioni silikoni. (Grafikon 24)

7.4.4. Statistička analiza

Tabela 14. Statistička analiza - Fotometrija Dezinficijensi

Vreme	Accu 5			Accu 30			Accu 60			Accu 24		
Dezinf.	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z	N	S	Z
p	0.044	0.023	0.018	0.066	0.058	0.061	0.042	0.075	0.078	0.034	0.032	0.031
F	2.58	2.82	3.27	2.45	2.69	2.83	2.54	2.54	2.43	3.09	2.51	2.40

p – Nivo značajnosti u primenjenom testu hipoteze u poređenju grupisanih uzoraka za isto vreme.

Test vrednost (F) – F-value One way ANOVA.

Tabela prikazuje p i F vrednosti za po pet grupa uzoraka ispitivanih otisnih materijala za svako ispitivano vreme i dezinficijens, pri temperaturi od 23°C. Vertikalna organizacija uzoraka podrazumeva po pet grupa ispitivanih otisnih materijala za isto vreme i ispitivani dezinficijens.

7.4.4.1. Dezinficijens Sterigum

Organizovanjem horizontalnih grupa, gde svaku grupu predstavljaju rezultati uzoraka koji su jednako vremenski tretirani za ispitivani dezinficijens Sterigum, i daljom statističkom analizom se dobija da postoje statistički značajne razlike između tih grupa, pri čemu je $F=34,3$, $p=0,090$. Time je pokazano da u razvoju uzoraka svih ispitivanih materijala grupisanih po vremenima i ispitivanom dezinficijensu Sterigum pri temperaturi od 23°C postoje statistički značajne razlike.

7.4.4.2. Dezinficijens 5,25% NaOCl

Organizovanjem horizontalnih grupa, gde svaku grupu predstavljaju rezultati uzoraka koji su jednako vremenski tretirani za ispitivani dezinficijens 5,25% NaOCl, i daljom statističkom analizom se dobija da postoje statistički značajne razlike između tih grupa, pri čemu je $F=88,3$, $p=0,040$. Time je pokazano da u razvoju uzoraka svih ispitivanih

materijala grupisanih po vremenima i ispitivanom dezinficijensu 5,25% NaOCl pri temperaturi od 23°C postoje statistički značajne razlike.

7.4.4.3. Dezinficijens Zeta 7

Organizovanjem horizontalnih grupa, gde svaku grupu predstavljaju rezultati uzoraka koji su jednako vremenski tretirani za ispitivani dezinficijens Zeta 7, i daljom statističkom analizom se dobija da postoje statistički značajne razlike između tih grupa, pri čemu je $F=25,3$, $p=0,092$. Time je pokazano da u razvoju uzoraka svih ispitivanih materijala grupisanih po vremenima i ispitivanom dezinficijensu Zeta 7, pri temperaturi od 23°C postoje statistički značajne razlike.

7.4.4.4. Između dezinficijenasa

Vrednosti statističkih značajnosti i pripadajućih F-vrednosti u zavisnosti od primenjenog dezinficijensa za sve uzorke u svim vremenskim intervalima iznose $p=0,045$, $F=4,70$.

7.5. Procena dimenzionalne stabilnosti ispitivanih otisnih materijala u zavisnosti od temperature shodno metodi koju preporučuje ISO 4823

Tabela 15. Relativne dimenzionalne promene ispitivanih materijala [%] u funkciji temperature i vremena proteklog od momenta odvajanja otisaka, shodno metodologiji koju preporučuje ISO 4823

Vreme	Relativne dimenzionalne promene elastomera [%] – granica greške 0,08%											
	Accu5			Accu30			Accu60			Accu24		
Materijal	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C
1 KS	-0.77	-0.34	-0.29	-1.05	-0.44	-0.38	-0.95	-0.79	-0.31	-1.08	-1.52	0.71
2 KS	-0.69	-0.37	-0.24	-0.83	-0.44	-0.36	-0.89	-0.70	-0.26	-1.20	-1.47	0.81
3 AS	-0.52	-0.28	-0.33	-0.85	-0.36	-0.37	-0.63	-0.61	-0.23	-0.09	-1.15	0.57
4 AS	0.06	-0.29	-0.26	-0.16	-0.41	-0.33	-0.27	-0.68	-0.21	0.00	-0.96	0.61
5 PE	0.01	-0.04	-0.04	0.01	-0.12	-0.11	-0.04	-0.53	-0.26	0.06	-0.20	0.15
Average	-0.38	-0.26	-0.23	-0.57	-0.35	-0.31	-0.56	-0.66	-0.25	-0.46	-1.06	0.57

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Accu5 - Vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta.

Accu30 - Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja.

Accu60 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja.

Accu24 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja.

Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

Merenjem dimenzije otisaka tokom (posle) 5min, odmah nakon odvajanja od modle, dobijena je srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena -0,38% za uzorke

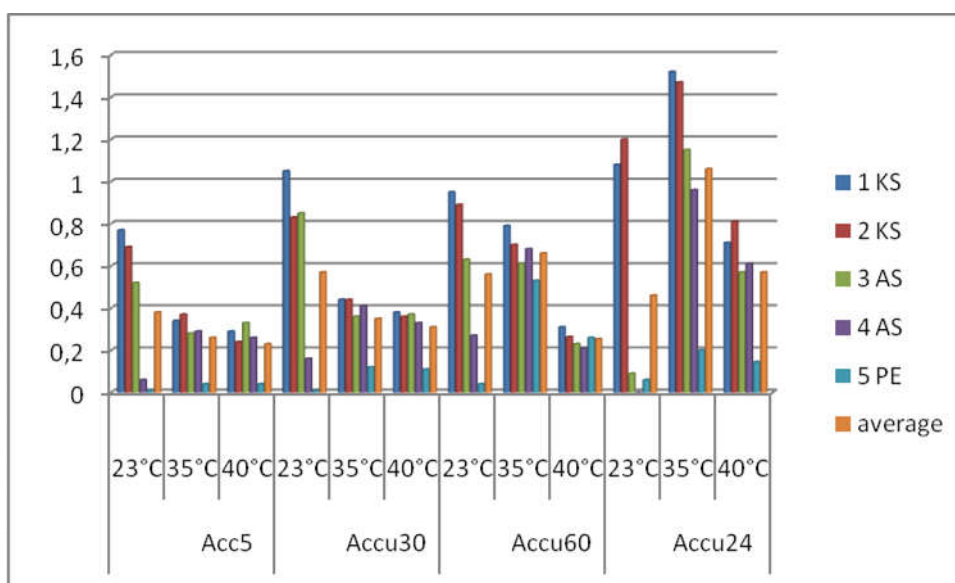
na temperaturi od 23°C, -0,26% pri ispitivanoj temperaturi od 35°C, a na 40°C ta promena je iznosila -0,23%. (Tabela 15)

Izmerena srednja akumulirana vrednost dimenzionalnih promena otisnih materijala posle 30minuta od početka merenja iznosila je -0,57% za uzorke na 23°C, -0,35% na 35°C i -0,31% na 40°C. (Tabela 15)

Srednja vrednost izmerenih akumuliranih dimenzionalnih promena u okviru 60minuta od početka merenja iznosila je -0,56% za uzorke na 23°C, -0,66% na 35°C, a -0,76% na 40°C. (Tabela 15)

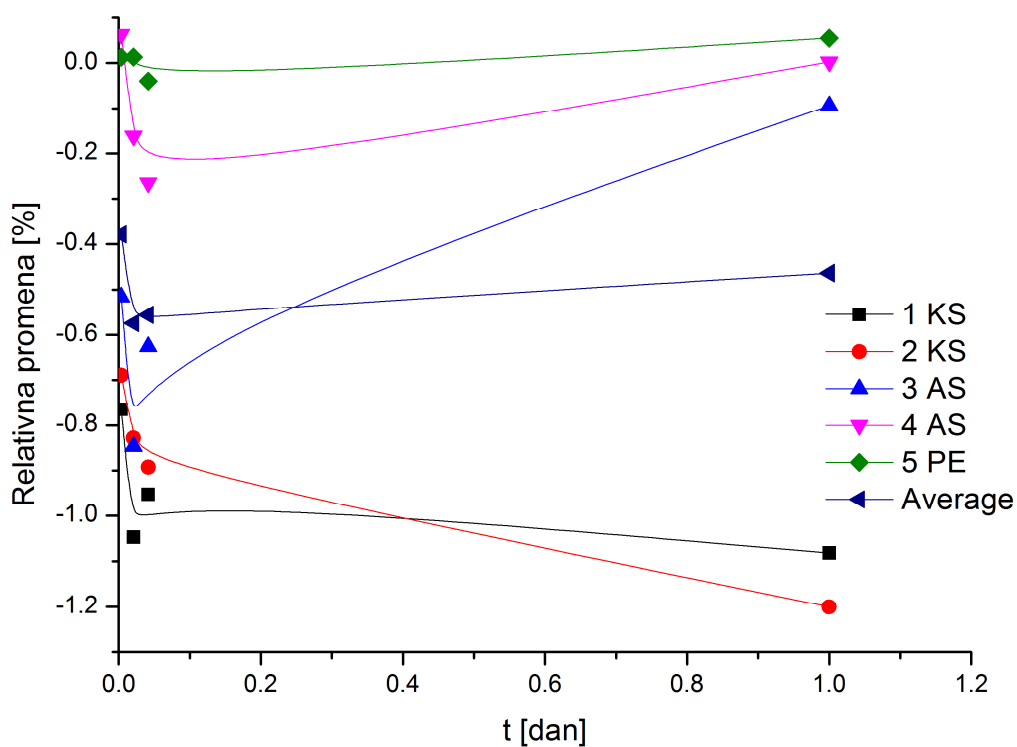
Posle 24 časa, srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena bila je -0,46% na 23°C, -1,06% na 35°C i -1,14% na 40°C. (Tabela 15)

Grafikon 30. Uporedna analiza apsolutnih vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena različitih uzoraka za različite temperature i vremenske intervale



7.5.1. Temperatura od 23°C

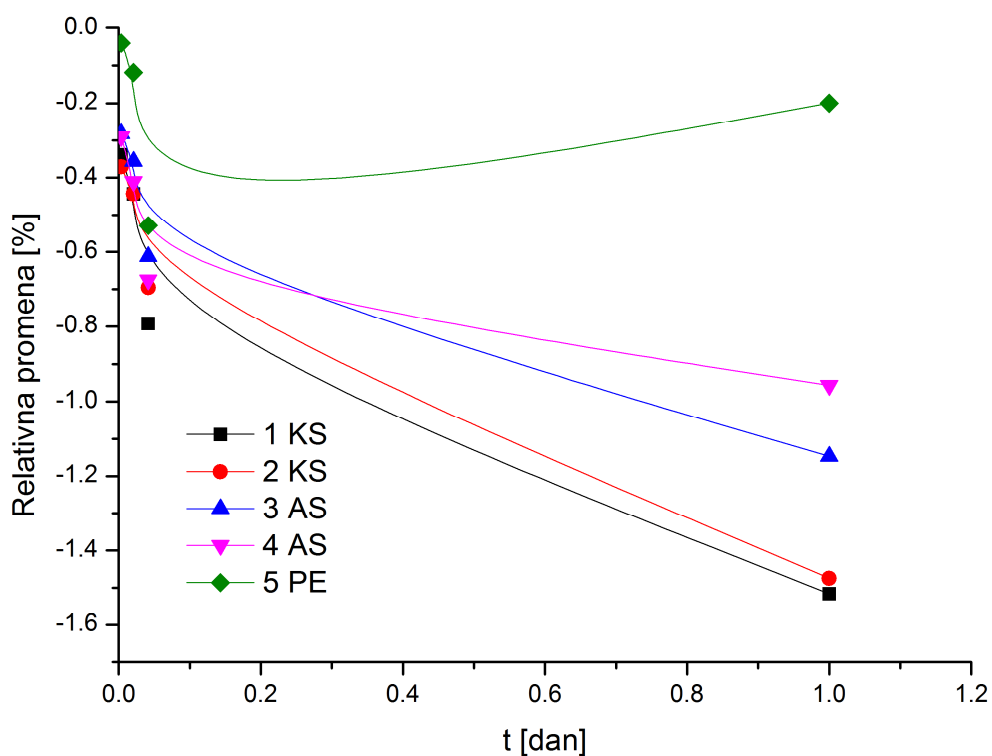
Grafikon 31. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji vremena pri temperaturi od 23°C



Preparat polietra pokazuje najmanje dimenzionalne promene (oko nule) u funkciji vremena pri temperaturi od 23°C, dok se najveće dimenzionalne promene zapažaju kod kondenzacionih silikona. (Grafikon 31)

7.5.2. Temperatura od 35°C

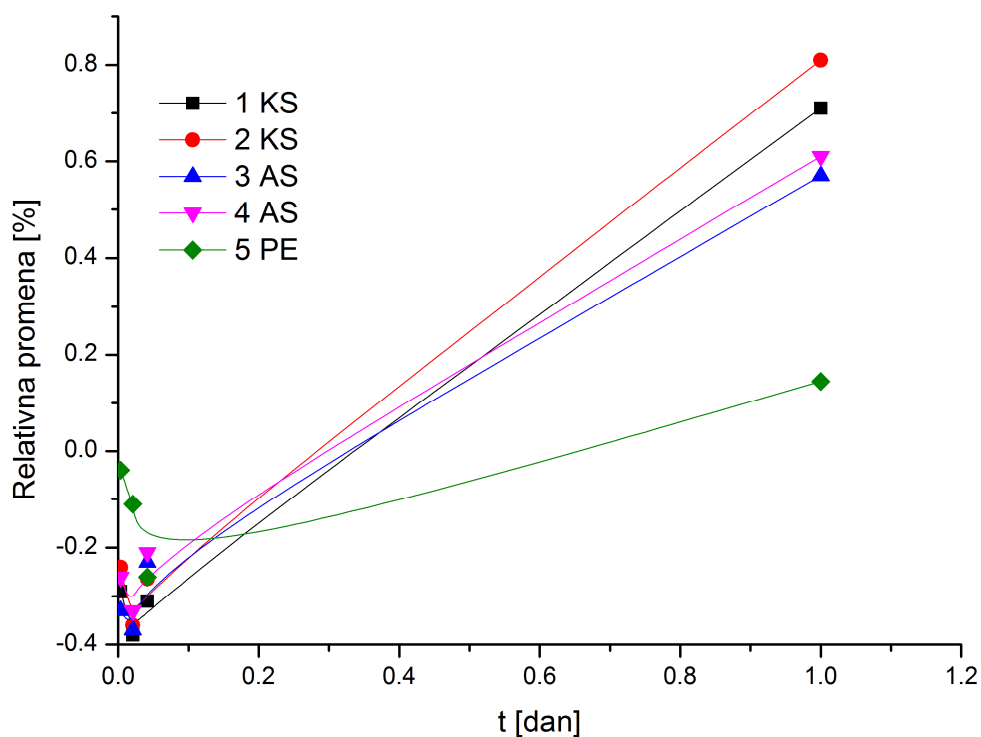
Grafikon 32. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji vremena pri temperaturi od 35°C



Najveću dimenzionalnu stabilnost pokazuje polietar, a najmanju kondenzacioni silikoni. Najizraženije promene su u prvih sat vremena. Posle 24h uočava se stabilizacija otisnih materijala sa vidljivom ekspanzijom polietra. (Grafikon 32)

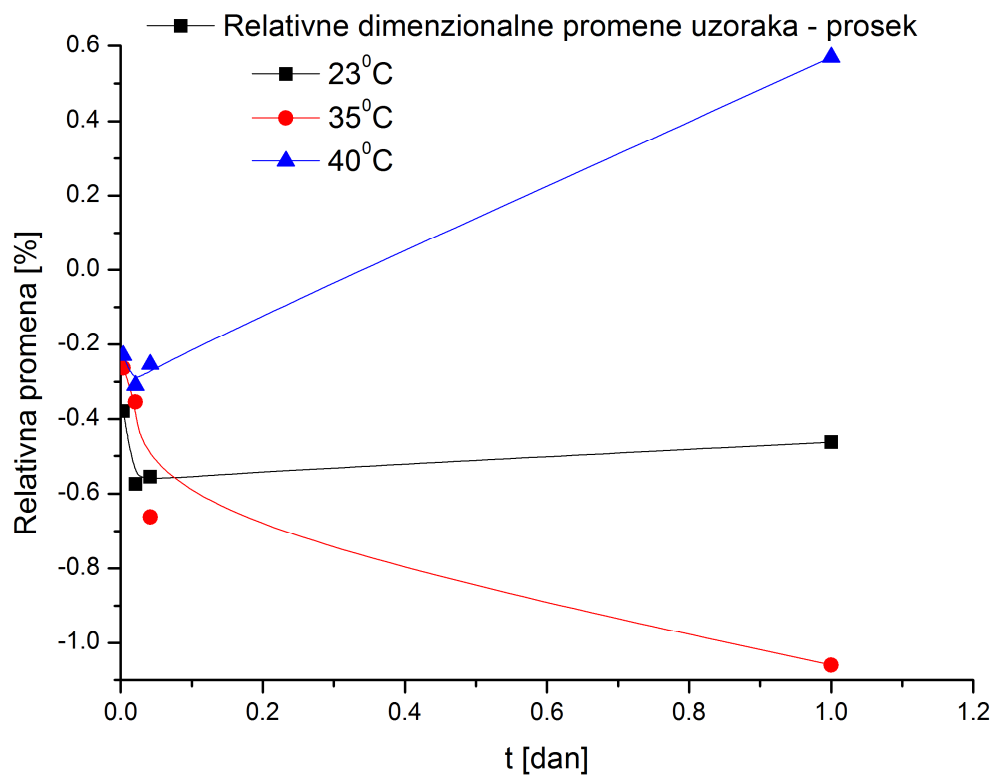
7.5.3. Temperatura od 40°C

Grafikon 33. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji vremena pri temperaturi od 40°C



U kratkom vremenskom periodu se uočava kontrakcija, a kasnije ekspanzija svih uzoraka otisnih materijala. Kod polietra su uočene veoma male dimenzionalne promene. (Grafikon 33)

Grafikon 34. Prosečna vrednost relativnih dimenzionalnih promena svih uzoraka u funkciji vremena i temperature



Na temperaturama od 23°C i 35°C izražena je kontrakcija svih ispitivanih otisnih materijala, dok je na 40°C dominantna ekspanzija. (Grafikon 34)

7.5.4. Statistička analiza

Tabela 16. Statistička analiza - ISO 4823 Temperatura

Vreme	Accu5			Accu30			Accu60			Accu24		
	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C
Temp.	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C
p	0.056	0.023	0.069	0.077	0.063	0.084	0.061	0.048	0.061	0.055	0.100	0.110
F	2.19	3.67	1.80	2.41	2.93	2.26	2.45	2.60	2.79	2.66	2.26	2.01

p – Nivo značajnosti u primenjenom testu hipoteze u poređenju grupisanih uzoraka za isto vreme.

Test vrednost (F) – F-value One way ANOVA.

Tabela prikazuje p i F vrednosti za po pet grupa uzoraka ispitivanih otisnih materijala za svako ispitivano vreme i temperaturu. Vertikalna organizacija uzoraka podrazumeva po pet grupa ispitivanih otisnih materijala za isto vreme i temperaturu.

7.5.4.1. Temperatura od 23 °C

Organizovanjem horizontalnih grupa, gde svaku grupu predstavljaju rezultati uzoraka koji su jednako vremenski tretirani na temperaturi od 23°C, i daljom statističkom analizom se dobija da postoje statistički značajne razlike između tih grupa, pri čemu je $F=35,3$, $p=0,030$. Time je pokazano da u razvoju uzoraka svih ispitivanih materijala grupisanih po vremenima na temperaturi od 23°C postoje statistički značajne razlike.

7.5.4.2. Temperatura od 35 °C

Organizovanjem horizontalnih grupa, gde svaku grupu predstavljaju rezultati uzoraka koji su jednako vremenski tretirani na temperaturi od 35°C, i daljom statističkom analizom se dobija da postoje statistički značajne razlike između tih grupa, pri čemu je

$F=52,3$, $p=0,090$. Time je pokazano da u razvoju uzoraka svih ispitivanih materijala grupisanih po vremenima na temperaturi od 35°C postoje statistički značajne razlike.

7.5.4.3. Temperatura od 40°C

Organizovanjem horizontalnih grupa, gde svaku grupu predstavljaju rezultati uzoraka koji su jednako vremenski tretirani na temperaturi od 40°C , i daljom statističkom analizom se dobija da postoje statistički značajne razlike između tih grupa, pri čemu je $F=60,1$, $p=0,093$. Time je pokazano da u razvoju uzoraka svih ispitivanih materijala grupisanih po vremenima na temperaturi od 40°C postoje statistički značajne razlike

7.5.4.4. Između temperatura

Vrednosti statističkih značajnosti i pripadajućih F-vrednosti svih grupa uzoraka za sva vremena u zavisnosti od ispitivane temperature $p=0,046$, $F=4,76$.

7.6. Ispitivanje dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala u zavisnosti od temperature fotometrijskim metodama

Tabela 17. Relativne dimenzionalne promene ispitivanih materijala [%] u funkciji temperature i vremena proteklog od momenta odvajanja otisaka, prema razvijenoj fotometrijskoj metodi

Vreme	Relativne dimenzionalne promene elastomera [%] – granica greške 0,025%											
	Accu5			Accu30			Accu60			Accu24		
Materijal	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C
1KS	-0.06	-0.19	-0.08	-0.18	-0.26	-0.10	-0.22	-0.42	-0.24	-0.52	-0.77	0.43
2KS	-0.05	-0.20	-0.08	-0.18	-0.27	-0.10	-0.18	-0.40	-0.23	-0.49	-0.79	0.43
3AS	-0.05	-0.17	-0.09	-0.16	-0.21	-0.11	-0.18	-0.36	-0.20	-0.42	-0.60	0.35
4AS	-0.04	-0.16	-0.08	-0.19	-0.21	-0.10	-0.19	-0.38	-0.19	-0.39	-0.54	0.37
5PE	-0.01	-0.02	-0.01	-0.04	-0.07	-0.03	-0.14	-0.33	-0.22	-0.06	-0.11	0.08
Average	-0.04	-0.15	-0.07	-0.15	-0.20	-0.17	-0.18	-0.38	-0.22	-0.37	-0.56	0.33

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Accu5 - Vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta.

Accu30 - Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja.

Accu60 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja.

Accu24 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

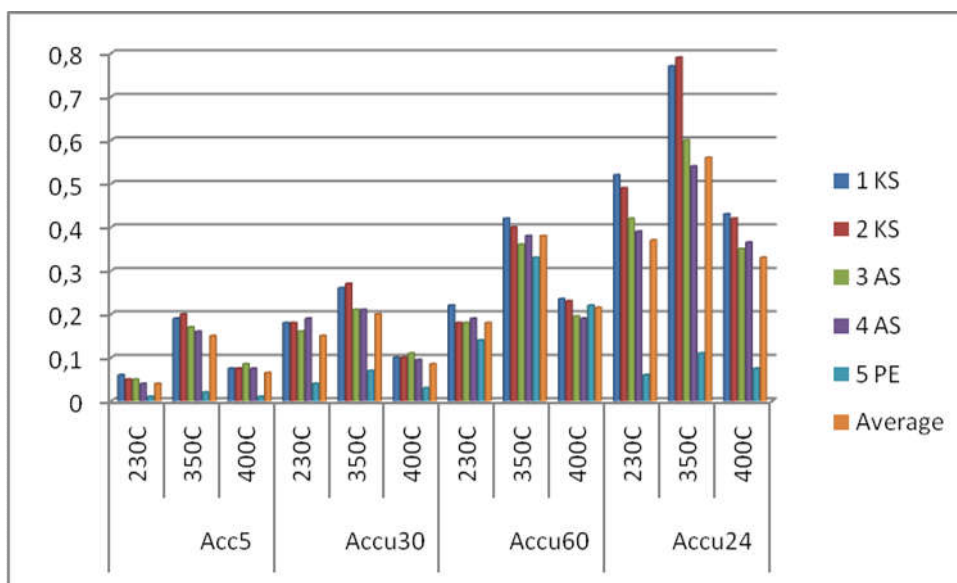
Merenjem dimenzije otisaka posle 5min, odmah nakon odvajanja od modle, dobijena je srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena -0,04% za uzorke na temperaturi od 23°C, -0,15% pri ispitivanoj temperaturi od 35°C, a na 40°C ta promena je iznosila -0,07%. (Tabela 17)

Izmerena srednja akumulirana vrednost dimenzionalnih promena otisnih materijala posle 30minuta od početka merenja iznosila je -0,15% za uzorke na 23°C, -0,20% na 35°C i -0,17% na 40°C. (Tabela 17)

Srednja vrednost izmerenih akumuliranih dimenzionalnih promena u okviru 60minuta od početka merenja iznosila je -0,18% za uzorke na 23°C, -0,38% na 35°C, a -0,22% na 40°C. (Tabela 17)

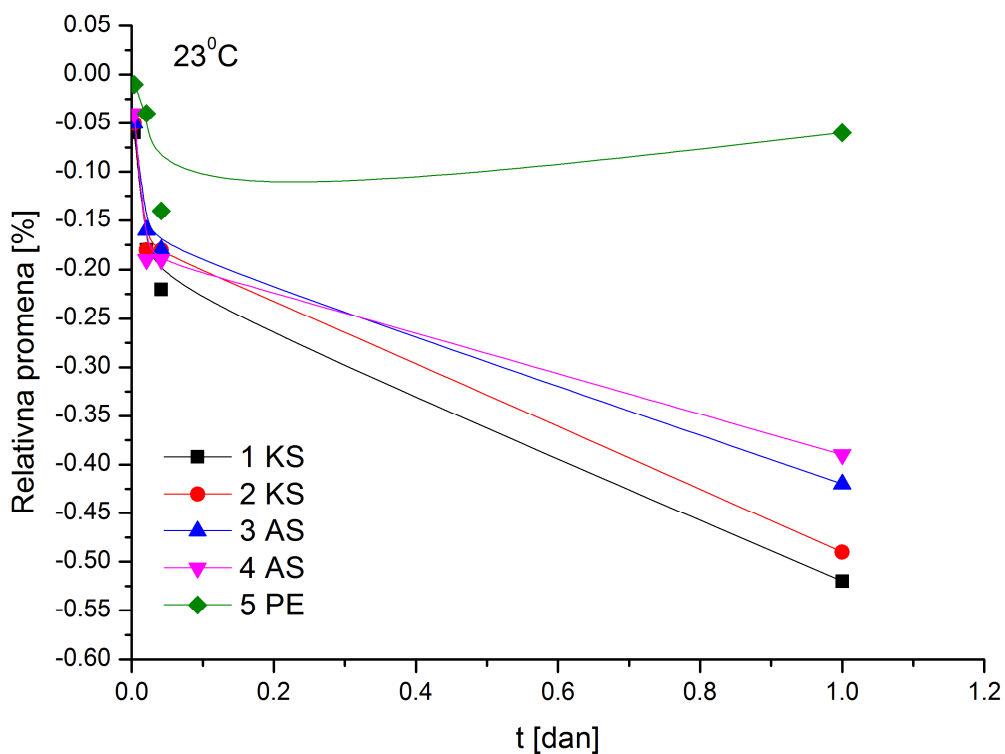
Posle 24 časa, srednja vrednost akumuliranih dimenzionalnih promena bila je -0,37% na 23°C, -0,56% na 35°C i 0,33% na 40°C. (Tabela 17)

Grafikon 25. Uporedna analiza apsolutnih vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena različitih uzoraka za različite temperature i vremenske intervale



7.6.1. Temperatura od 23°C

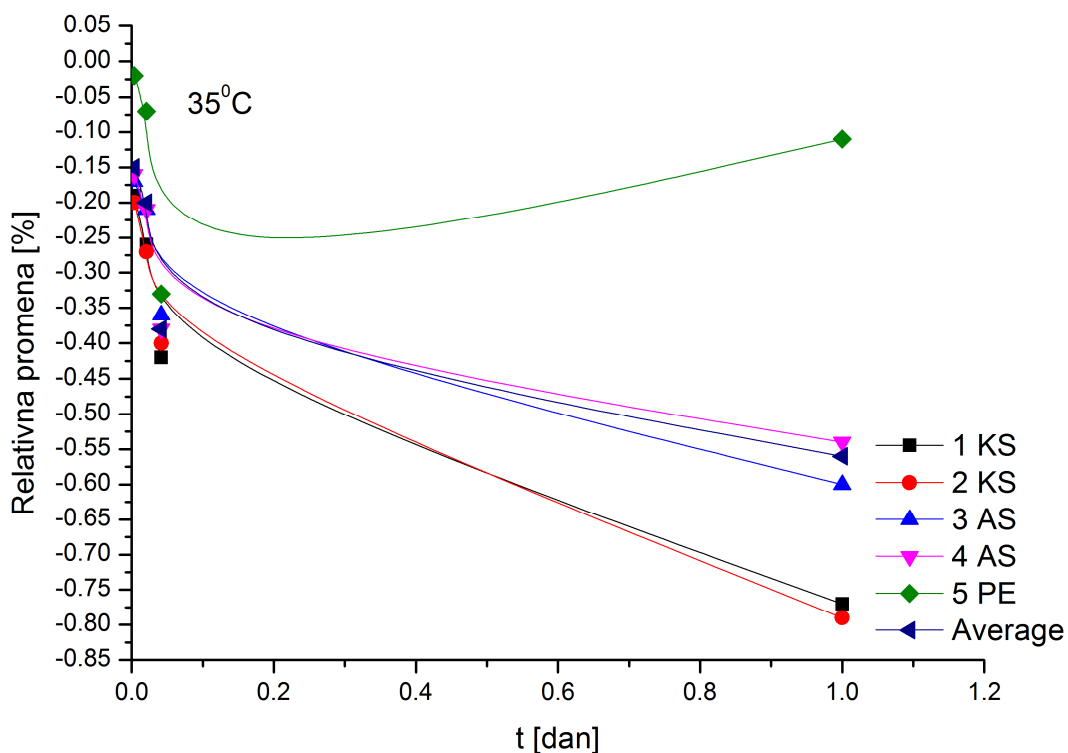
Grafikon 26. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji vremena pri temperaturi od 23°C



Minimalne vrednosti dimenzionalnih promena zapažaju se kod polietra. Najveće vrednosti dimenzionalnih promena uočavaju se kod kondenzacionih silikona, nešto manje kod adicionih, a polietar pokazuje najveću dimenzionalnu stabilnost. (Grafikon 26)

7.6.2. Temperatura od 35°C

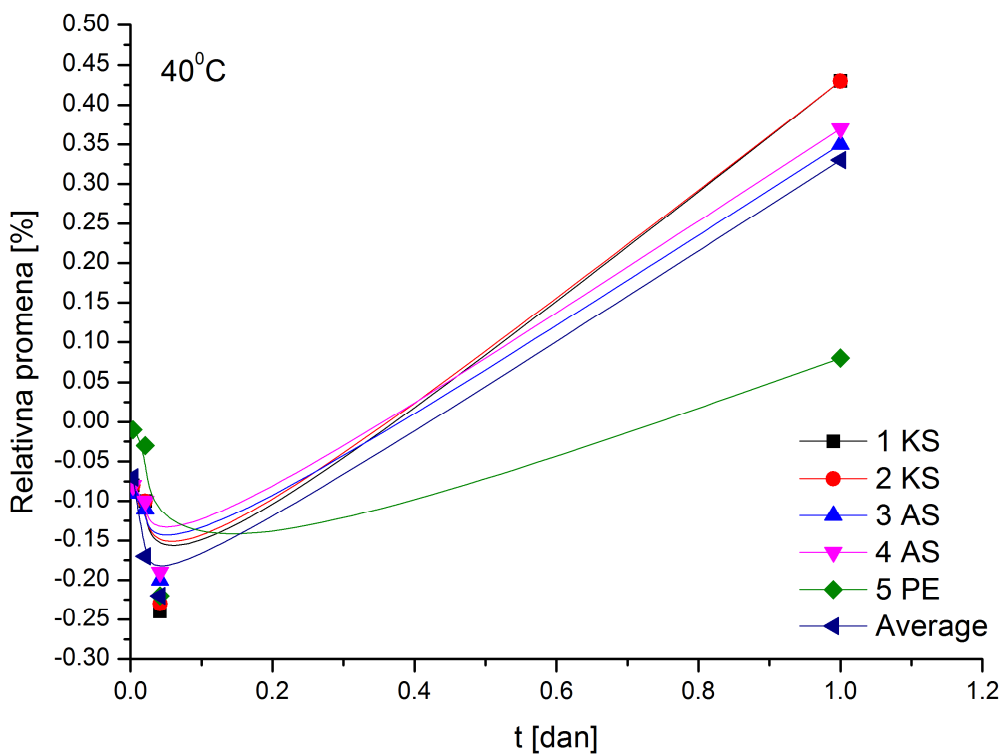
Grafikon 27. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji vremena pri temperaturi od 35°C



U prvih sat vremena izražene su kontrakcije preparata polietra koje se smanjuju u toku 24h. Adicioni silikoni pokazuju veće kontrakcije od polietra, a najveće kontrakcije materijala uočene su kod kondenzacionih silikona. (Grafikon27)

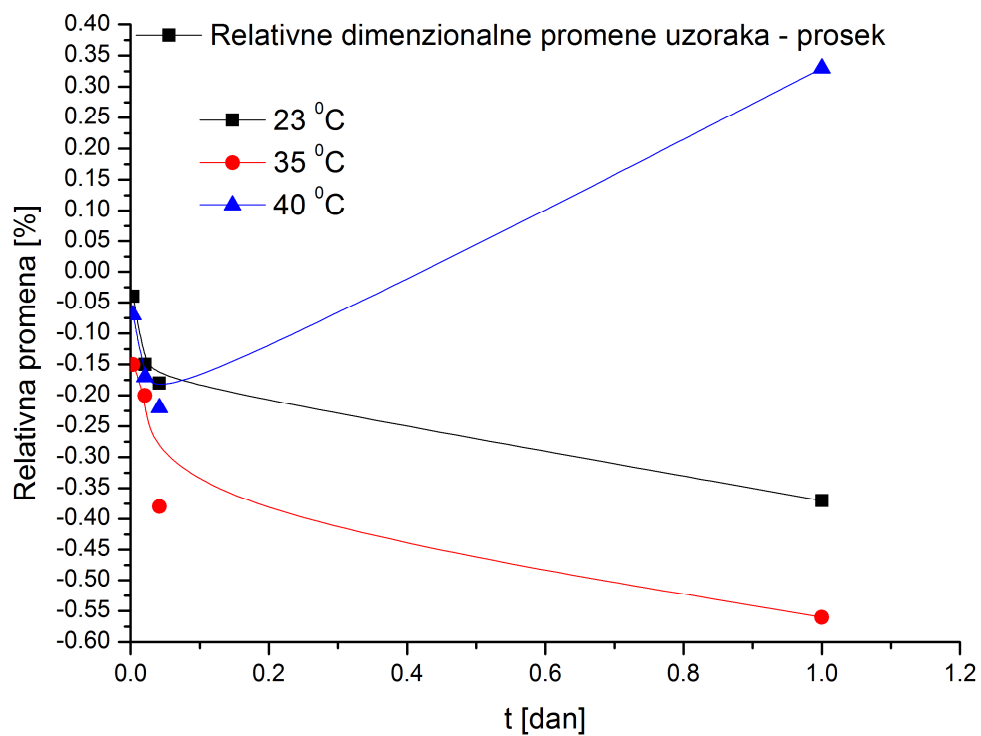
7.6.3. Temperatura od 40°C

Grafikon 28. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji vremena pri temperaturi od 40°C



Veoma male promene su uočene kod polietra. U početku, u kratkom vremenskom periodu, zapaža se kontrakcija, a kasnije ekspanzija svih ispitivanih otisnih materijala. (Grafikon 28)

Grafikon 29. Prosečna vrednost relativnih dimenzionalnih promena svih uzoraka u funkciji vremena i temperature



Na 40°C su dominantne ekspanzije, dok su na 23°C i 35°C izražene kontrakcije ispitivanih otisnih materijala. (Grafikon 29)

7.6.4. Statistička analiza

Tabela 18. Statistička analiza - Fotometrija Temperatura

Vreme	Accu5			Accu30			Accu60			Accu24		
	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C	23°C	35°C	40°C
p	0.039	0.014	0.062	0.064	0.043	0.077	0.057	0.048	0.047	0.055	0.082	0.106
F	2.36	3.69	1.86	2.54	2.96	2.29	2.63	2.80	2.86	2.84	2.43	2.16

p – Nivo značajnosti u primenjenom testu hipoteze u poređenju grupisanih uzoraka za isto vreme.

Test vrednost (F) – F-value One way ANOVA.

Tabela prikazuje p i F vrednosti za po pet grupa uzoraka ispitivanih otisnih materijala za svako ispitivano vreme i temperaturu. Vertikalna organizacija uzoraka podrazumeva po pet grupa ispitivanih otisnih materijala za isto vreme i temperaturu.

7.6.4.1. Temperatura od 23°C

Organizovanjem horizontalnih grupa, gde svaku grupu predstavljaju rezultati uzoraka koji su jednako vremenski tretirani na temperaturi od 23°C, i daljom statističkom analizom se dobija da postoje statistički značajne razlike između tih grupa, pri čemu je $F=44,2$, $p=0,021$. Time je pokazano da u razvoju uzoraka svih ispitivanih materijala grupisanih po vremenima na temperaturi od 23°C postoje statistički značajne razlike.

7.6.4.2. Temperatura od 35°C

Organizovanjem horizontalnih grupa, gde svaku grupu predstavljaju rezultati uzoraka koji su jednako vremenski tretirani na temperaturi od 35°C, i daljom statističkom analizom se dobija da postoje statistički značajne razlike između tih grupa, pri čemu je

$F=58,6$, $p=0,086$. Time je pokazano da u razvoju uzoraka svih ispitivanih materijala grupisanih po vremenima na temperaturi od 35°C postoje statistički značajne razlike.

7.6.4.3. Temperatura od 40°C

Organizovanjem horizontalnih grupa, gde svaku grupu predstavljaju rezultati uzoraka koji su jednako vremenski tretirani na temperaturi od 40°C , i daljom statističkom analizom se dobija da postoje statistički značajne razlike između tih grupa, pri čemu je $F=62,4$, $p=0,090$. Time je pokazano da u razvoju uzoraka svih ispitivanih materijala grupisanih po vremenima na temperaturi od 40°C postoje statistički značajne razlike

7.6.4.4. Između temperatura

Vrednosti statističkih značajnosti i pripadajućih F-vrednosti svih grupa uzoraka za sva vremena u zavisnosti od ispitivane temperature iznose $p=0,040$, $F=5,40$.

7.7. Variranje čipa upotrebom različitih fotoaparata pri merenjima fotometrijskim metodama

Tabela 19. Relativne dimenzionalne promene ispitivanih materijala u zavisnosti od variranja čipa, upotrebom različitih fotoaparata (Canon G9 i Casio EX-FH 25)

Canon G9				
Materijal	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24h
1 KS	-0.064	-0.181	-0.220	-0.515
2 KS	-0.048	-0.179	-0.184	-0.486
3 AS	-0.045	-0.157	-0.177	-0.417
4 AS	-0.043	-0.187	-0.187	-0.394
PE	-0.013	-0.040	-0.136	-0.059
Average	-0.043	-0.149	-0.181	-0.374
Casio EX-FH 25				
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24h
1 KS	-0.139	-0.257	-0.313	-0.525
2 KS	-0.122	-0.196	-0.273	-0.563
3 AS	-0.071	-0.205	-0.248	-0.471
4 AS	-0.132	-0.211	-0.273	-0.462
PE	-0.101	-0.086	-0.150	-0.082
Average	-0.113	-0.191	-0.251	-0.421

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Accu5 - Vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta posle dezinfekcije.

Accu30 - Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

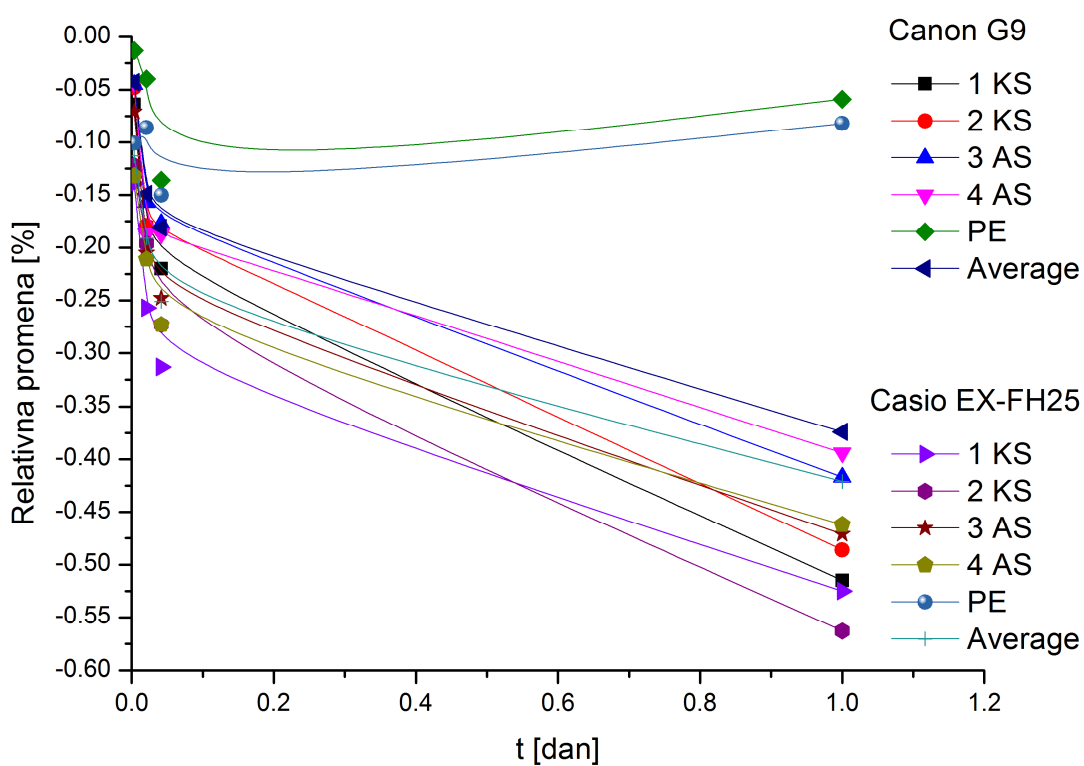
Accu60 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu24 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja posle dezinfekcije.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

Grafikon 35. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji variranja čipa, upotrebom različitih fotoaparata (Canon G9 i Casio EX-FH 25)



Variranjem čipa dobijeni su rezultati prikazani na grafikonu 35. Detektovane su veće promene kod Casio fotoaparata što je odraz da Casio ima nešto veću osetljivost CCD čipa i nešto izraženiji šum. Rezultati su u granicama ISO standarda kod oba aparata. (Grafikon 35)

7.7.1. Statistička analiza

Vrednosti statističkih značajnosti i pripadajućih F-vrednosti u zavisnosti od primenjenog čipa za sve uzorke u svim vremenima, pri temperaturi od 23°C iznose $p=0,182$, $F=1,30$. Ne postoje statistički značajne razlike u funkciji primenjenog čipa.

7.8. Variranje ambijentalne osvetljenosti prilikom akvizicije podataka fotometrijskim metodama kod upotrebe fotoaparata Canon G9

Tabela 20. Relativne dimenzionalne promene ispitivanih materijala u zavisnosti od variranja ambijentalne osvetljenosti prilikom akvizicije podataka fotometrijskim metodama kod upotrebe fotoaparata Canon G9

Materijal	300 lx			
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24h
1 KS	-0.064	-0.181	-0.220	-0.515
2 KS	-0.048	-0.179	-0.184	-0.486
3 AS	-0.045	-0.157	-0.177	-0.417
4 AS	-0.043	-0.187	-0.187	-0.394
PE	-0.013	-0.040	-0.136	-0.059
Average	-0.043	-0.149	-0.181	-0.374
Materijal	100 lx			
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24h
1 KS	-0.147	-0.398	-0.220	-0.643
2 KS	-0.149	-0.360	-0.442	-0.621
3 AS	-0.342	-0.164	-0.334	-0.678
4 AS	-0.051	-0.214	-0.194	-0.522
PE	-0.165	-0.087	-0.182	-0.161
Average	-0.171	-0.245	-0.274	-0.525

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Accu5 - Vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta posle dezinfekcije.

Accu30 - Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

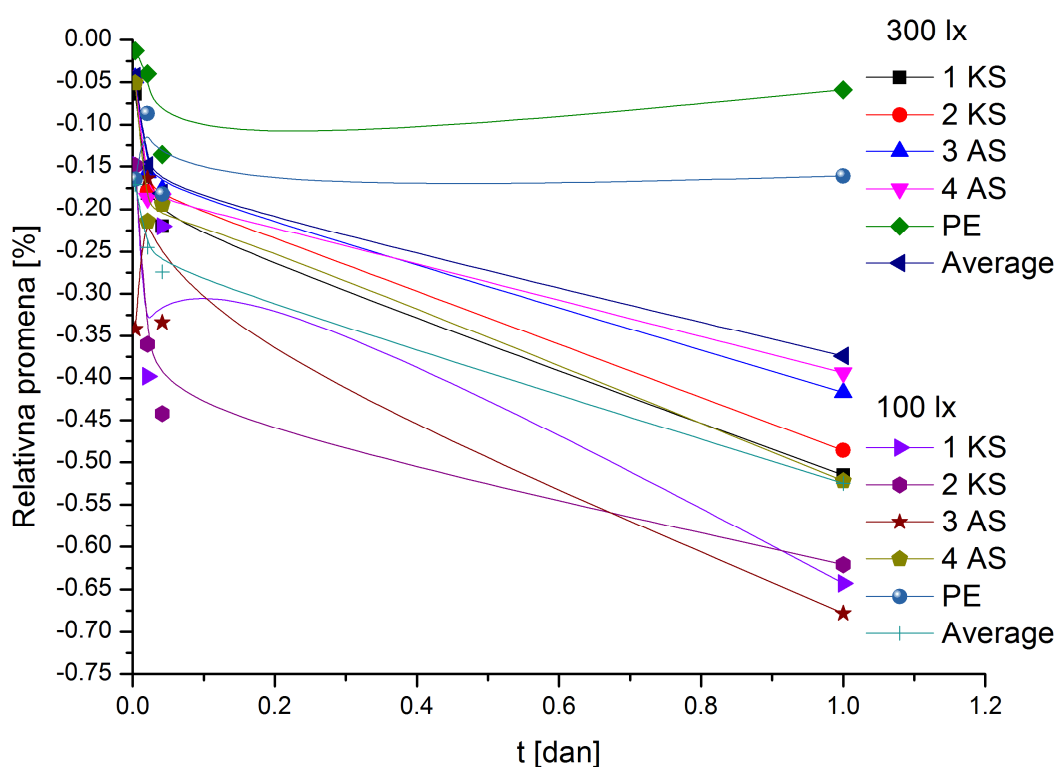
Accu60 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu24 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja posle dezinfekcije.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

Grafikon 36. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji variranja ambijentalne osvetljenosti prilikom akvizicije podataka fotometrijskim metodama kod upotrebe fotoaparata Canon G9



Primenjene su osvetljenosti intenziteta dnevne svetlosti (300lx) i laboratorijske fluorescentne osvetljenosti (100lx). Prilikom smanjene osvetljenosti značajnije su fluktuacije rezultata, ali su i pored toga rezultati dobijeni na oba načina u skladu sa vrednostima ISO standarda. (Grafikon 36)

7.8.1. Statistička analiza

Vrednosti statističkih značajnosti i pripadajućih F-vrednosti u zavisnosti od ambijentalne osvetljenosti za sve uzorke u svim vremenima, pri temperaturi od 23°C iznose $p=0,142$, $F=1,74$. Ne postoje statistički značajne razlike u funkciji primenjene ambijentalne osvetljenosti.

7.9. Variranje ugla pod kojim je obavljena akvizicija podataka fotometrijskim metodama kod upotrebe fotoaparata Canon G9 (90°, 60° i 30°)

Tabela 21. Relativne dimenzionalne promene ispitivanih materijala u zavisnosti od variranja ugla pod kojim je obavljena akvizicija podataka fotometrijskim metodama kod upotrebe fotoaparata Canon G9 (90°, 60° i 30°)

90°				
Materijal	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24h
1 KS	-0.064	-0.181	-0.22	-0.515
2 KS	-0.048	-0.179	-0.184	-0.486
3 AS	-0.045	-0.157	-0.177	-0.417
4 AS	-0.043	-0.187	-0.187	-0.394
PE	-0.013	-0.04	-0.136	-0.059
Average	-0.043	-0.149	-0.181	-0.374
60°				
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24h
1 KS	-0.050	-0.165	-0.318	-0.580
2 KS	-0.054	-0.295	-0.173	-0.427
3 AS	-0.062	-0.211	-0.218	-0.630
4 AS	-0.058	-0.173	-0.214	-0.594
PE	-0.020	-0.031	-0.223	-0.046
Average	-0.049	-0.175	-0.229	-0.455
30°				
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24h
1 KS	-0.067	-0.178	-0.434	-0.666
2 KS	-0.084	-0.387	-0.212	-0.454
3 AS	-0.063	-0.308	-0.310	-0.787
4 AS	-0.058	-0.129	-0.241	-0.716
PE	-0.033	-0.043	-0.213	-0.069
Average	-0.061	-0.209	-0.282	-0.538

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Accu5 - Vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta posle dezinfekcije.

Accu30 - Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

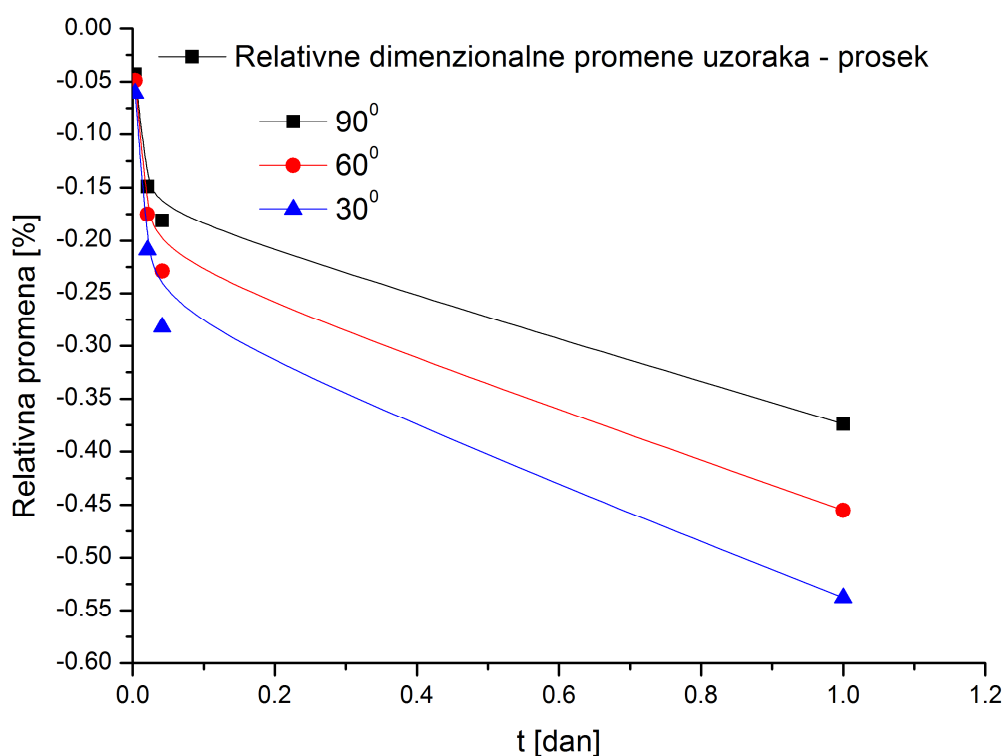
Accu60 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu24 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja posle dezinfekcije.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

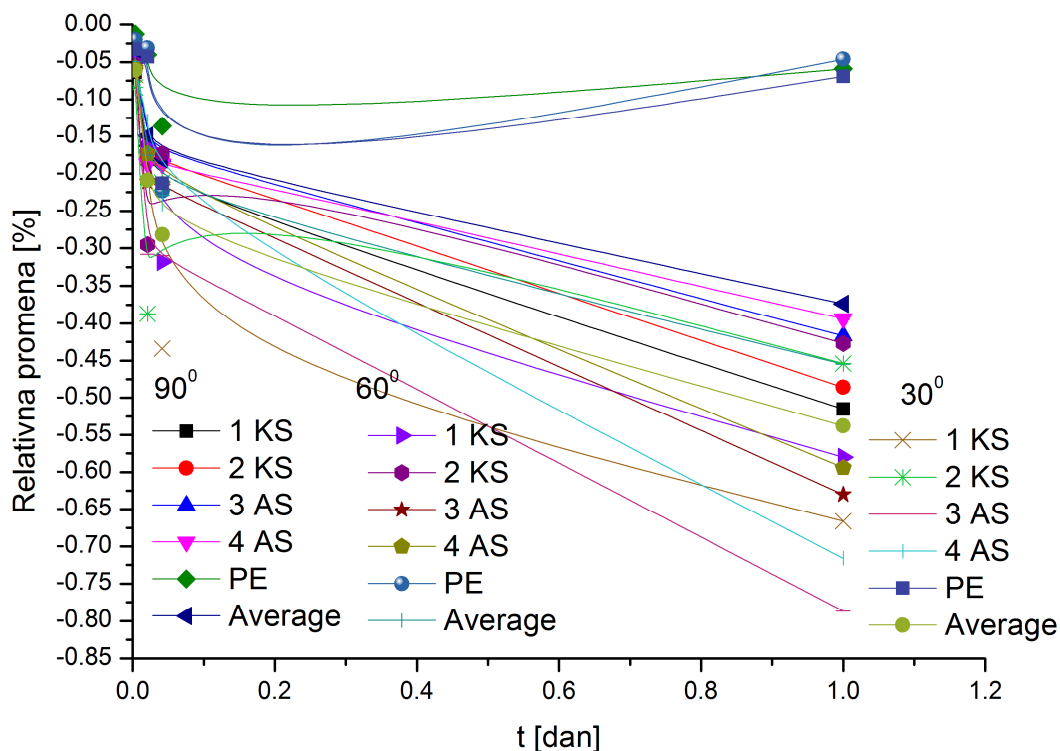
Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

Grafikon 37. Prosečna vrednost relativnih dimenzionalnih promena svih uzoraka u funkciji variranja ugla pod kojim je obavljena akvizicija podataka fotometrijskim metodama kod upotrebe fotoaparata Canon G9 (90°, 60° i 30°)



Variranjem ugla nagnutosti fotoaparata u odnosu na površinu uzorka dobijene su veće promene za manje uglove, ali su svi dobijeni rezultati u granicama ISO standarda. (Grafikon 37)

Grafikon 38. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji variranja ugla pod kojim je obavljena akvizicija podataka fotometrijskim metodama kod upotrebe fotoaparata Canon G9 (90°, 60° i 30°)



7.9.1. Statistička analiza

Vrednosti statističkih značajnosti i pripadajućih F-vrednosti u zavisnosti od variranja ugla za sve uzorke u svim vremenima, pri temperaturi od 23°C iznose $p=0,102$, $F=1,82$. Postoji veoma mala statistički značajna razlika u funkciji ugla pod kojim je obavljena akvizicija podataka fotometrijskim metodama kod upotrebe fotoaparata Canon G9.

7.10. Variranje žižne daljine kod fotoaparata Canon G9 pri akviziciji podataka fotometrijskim metodama (70mm, 35mm)

Tabela 22. Relativne dimenzionalne promene ispitivanih materijala u zavisnosti od variranja žižne daljine kod fotoaparata Canon G9 pri akviziciji podataka fotometrijskim metodama (70mm, 35mm)

70 mm				
Materijal	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24h
1 KS	-0.064	-0.181	-0.22	-0.515
2 KS	-0.048	-0.179	-0.184	-0.486
3 AS	-0.045	-0.157	-0.177	-0.417
4 AS	-0.043	-0.187	-0.187	-0.394
PE	-0.013	-0.04	-0.136	-0.059
Average	-0.043	-0.149	-0.181	-0.374
35 mm				
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24h
1 KS	-0.069	-0.151	-0.180	-0.699
2 KS	-0.047	-0.169	-0.207	-0.364
3 AS	-0.041	-0.147	-0.216	-0.292
4 AS	-0.046	-0.277	-0.245	-0.415
PE	-0.013	-0.030	-0.091	-0.037
Average	-0.043	-0.155	-0.188	-0.362

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Accu5 - Vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta posle dezinfekcije.

Accu30 - Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

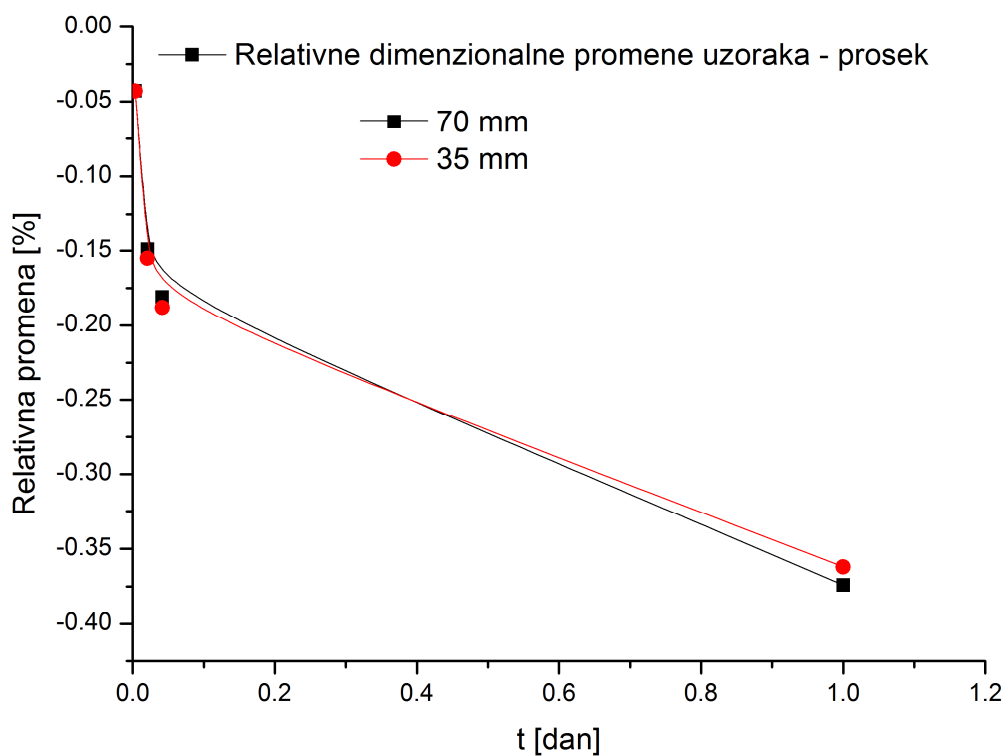
Accu60 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu24 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja posle dezinfekcije.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

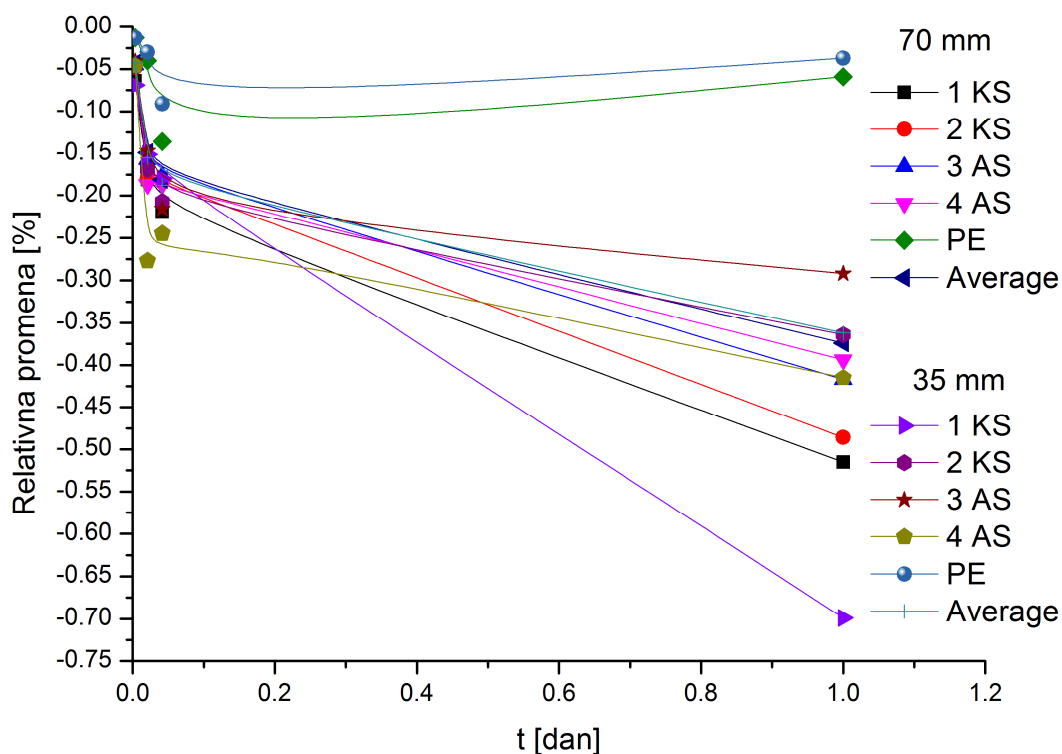
Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

Grafikon 39. Prosečne vrednosti relativnih dimenzionalnih promena svih uzoraka u funkciji variranja žižne daljine kod fotoaparata Canon G9 pri akviziciji podataka fotometrijskim metodama (70mm, 35mm)



Korišćene su žižne daljine od 70mm i 35mm, ekvivalenta 35 milimetarskog SLR fotoaparata (full frame formata). U ovom opsegu žižnih daljina ne primećuju se razlike u dobijenim rezultatima. Sve dobijene vrednosti su u granicama ISO standarda. (Grafikon 39)

Grafikon 40. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji variranja žižne daljine kod fotoaparata Canon G9 pri akviziciji podataka fotometrijskim metodama (70mm, 35mm)



7.10.1. Statistička analiza

Vrednosti statističkih značajnosti i pripadajućih F-vrednosti u zavisnosti od žižne daljine objektiva za sve uzorke u svim vremenima, pri temperaturi od 23°C iznose $p=0,304$, $F=1,03$. Ne postoje statistički značajne razlike u funkciji žižne daljine objektiva.

7.11. Variranje kolorita pozadine pri akviziciji podataka fotometrijskim metodama kod fotoaparata Canon G9 (white, yellow, orange)

Tabela 23. Relativne dimenzionalne promene ispitivanih materijala u zavisnosti od variranja kolorita pozadine pri akviziciji podataka fotometrijskim metodama kod fotoaparata Canon G9 upotrebom Pentacon Carl Zeiss Jena Filter Yellow and Orange i bez filtera (white)

White-bez filtera				
Materijal	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24h
1 KS	-0.064	-0.181	-0.22	-0.515
2 KS	-0.048	-0.179	-0.184	-0.486
3 AS	-0.045	-0.157	-0.177	-0.417
4 AS	-0.043	-0.187	-0.187	-0.394
PE	-0.013	-0.04	-0.136	-0.059
Average	-0.043	-0.149	-0.181	-0.374
Yellow				
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24h
1 KS	-0.087	-0.279	-0.311	-0.619
2 KS	-0.079	-0.301	-0.234	-0.827
3 AS	-0.063	-0.226	-0.243	-0.839
4 AS	-0.054	-0.254	-0.329	-0.523
PE	-0.021	-0.051	-0.218	-0.122
Average	-0.061	-0.222	-0.267	-0.586
Orange				
	Accu5	Accu30	Accu60	Accu24h
1 KS	0.146	0.358	0.436	0.847
2 KS	0.107	0.522	0.288	1.191
3 AS	0.090	0.296	0.297	1.006
4 AS	0.102	0.357	0.396	0.639
PE	0.026	0.091	0.273	0.174
Average	0.094	0.325	0.338	0.772

Legenda:

1KS – kondenzacioni silikon Oranwash L (Zhermack)

2KS – kondenzacioni silikon Xantopren L Blue (Heraeus Kulzer)

3AS – adicioni silikon Elite H-D+ light body (Zhermack)

4AS – adicioni silikon Variotime light flow (Heraeus Kulzer)

5PE – polietar Impregum Soft (3M-ESPE)

Accu5 - Vrednosti akumuliranih dimenzionalnih promena uzoraka u prvih 5 minuta posle dezinfekcije.

Accu30 - Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 30 minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

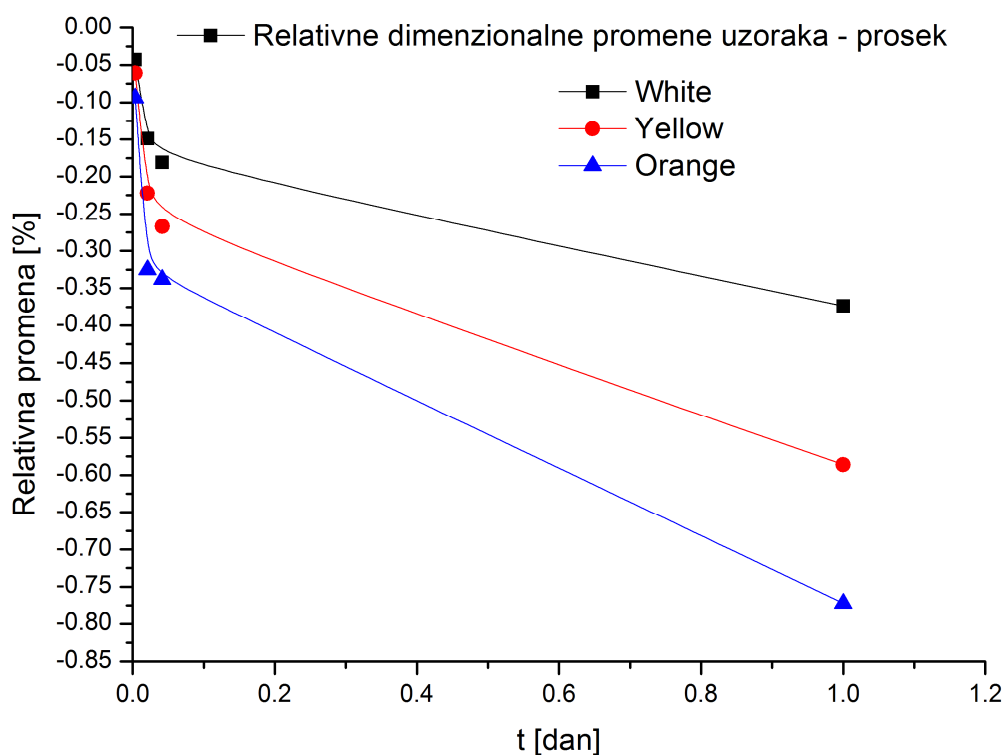
Accu60 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 60minuta od početka merenja posle dezinfekcije.

Accu24 – Akumulirane ukupne vrednosti promena posle 24h od početka merenja posle dezinfekcije.

Average – Srednje vrednosti rezultata dimenzionalnih promena uzoraka.

Negativan predznak označava dimenzionalnu promenu u smislu kontrakcije otisnog materijala.

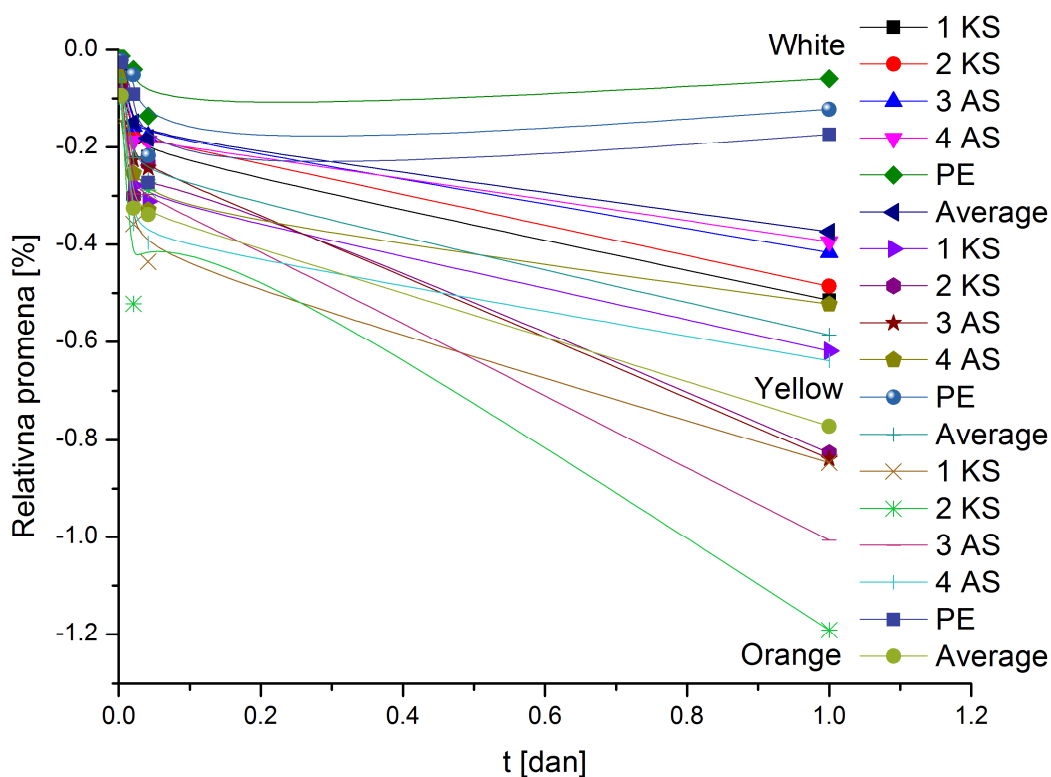
Grafikon 41. Prosečne vrednosti relativnih dimenzionalnih promena svih uzoraka u funkciji variranja kolorita pozadine (white, yellow, orange) pri akviziciji podataka fotometrijskom metodom kod fotoaparata Canon G9 uz korišćenje Pentacon Carl Zeiss Jena Filter Yellow and Orange i bez filtera (white)



Variranjem kolorita pozadine dobijene su najveće vrednosti za narandzasti filter.

Variranjem filtera pojačava se kontrast na fotografiji, ali su sve dobijene vrednosti u granicama ISO standarda. (Grafikon 41)

Grafikon 42. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka u funkciji variranja kolorita pozadine (white, yellow, orange) pri akviziciji podataka fotometrijskim metodama kod fotoaparata Canon G9 uz korišćenje Carl Zeiss Jena Filter Yellow and Orange i bez filtera (white)



Kod obojenih uzoraka, primenom filtera, značajnije se detektuju promene, ali su dobijene vrednosti u granicama ISO standarda. (Grafikon 42)

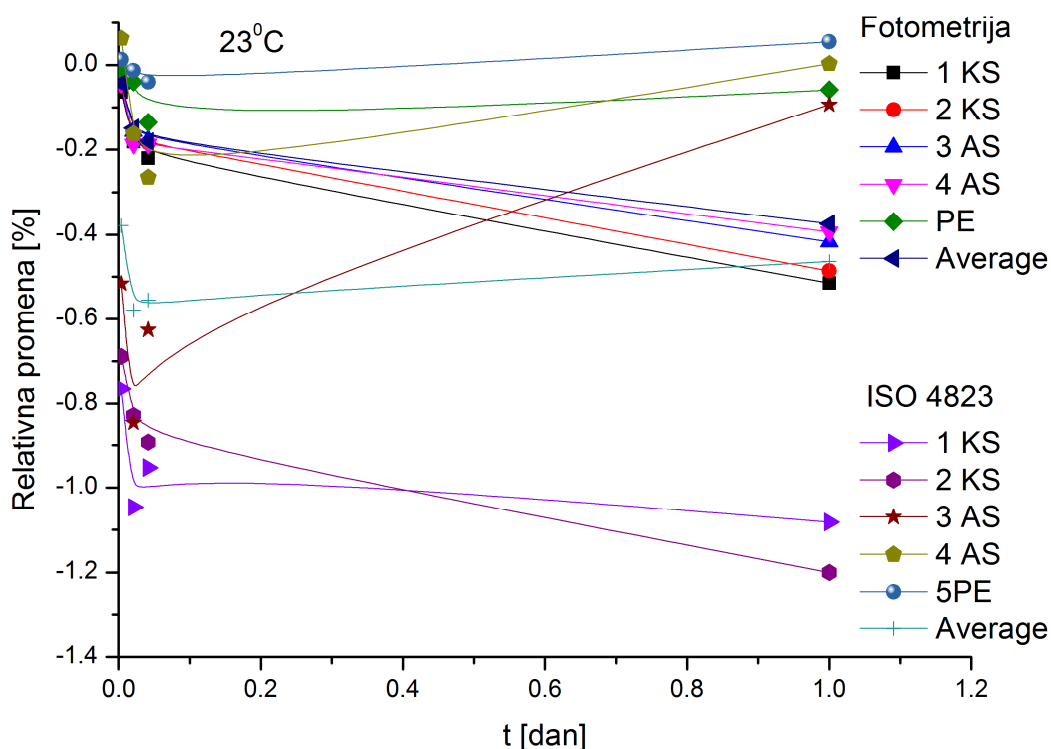
7.11.1. Statistička analiza

Vrednosti statističkih značajnosti i pripadajućih F-vrednosti u zavisnosti od variranja kolorita pozadine za sve uzorke u svim vremenima, pri temperaturi od 23°C iznose $p=0,100$, $F=1,96$. Postoji veoma mala statistički značajna razlika u funkciji variranja kolorita pozadine.

7.12. Komparativna analiza rezultata dobijenih fotometrijskim metodama i metodom prema ISO 4823

7.12.1. Komparativna analiza rezultata dobijenih fotometrijskim metodama i metodom prema ISO 4823 za ispitivane vremenske intervale (5min, 30min, 60min i 24h) pri temperaturi od 23°C

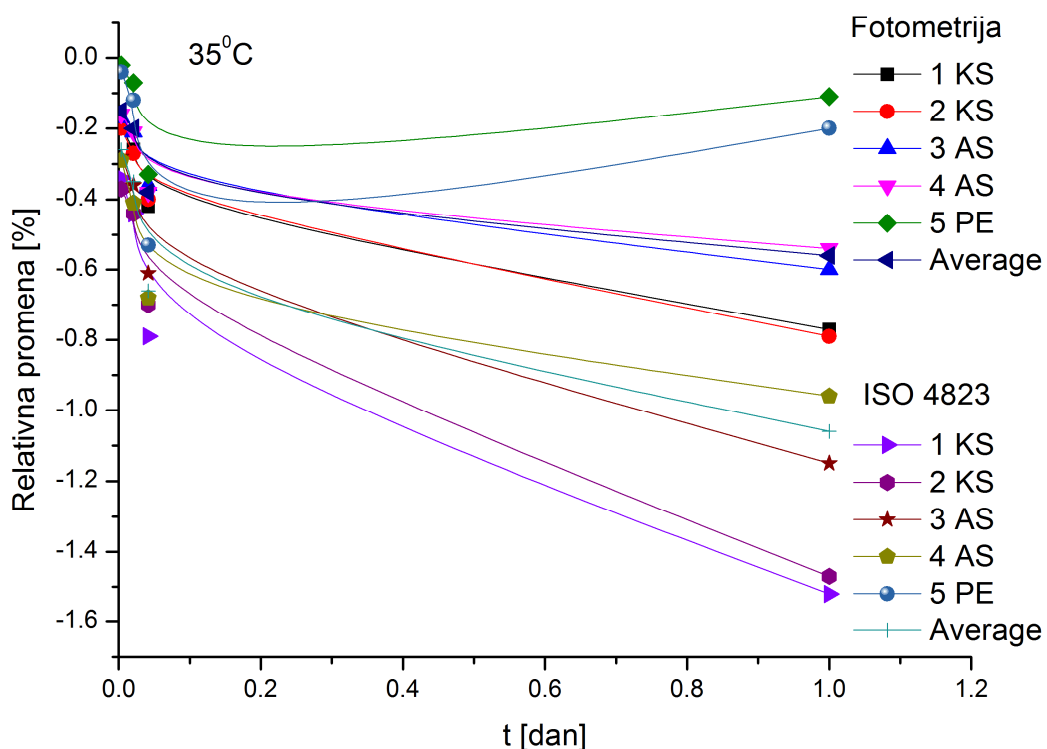
Grafikon 43. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka dobijene fotometrijskim metodama i metodom prema ISO4823 za ispitivane vremenske intervale (5min, 30min, 60min i 24h) pri temperaturi od 23°C



Prosečne vrednosti relativnih dimenzionalnih promena uzoraka otisnih materijala u funkciji vremena pri temperaturi od 23°C kreću se od -0,3% do -0,5% kod ispitivanja prema ISO metodi, a od -0,1% do -0,3% kod ispitivanja dimenzionalne stabilnosti fotometrijskim metodama. Svi dobijeni rezultati su u skladu sa dozvoljenim vrednostima standarda ISO 4823. (Grafikon 43)

7.12.2. Komparativna analiza rezultata dobijenih fotometrijskim metodama i metodom prema ISO 4823 za ispitivane vremenske intervale (5min, 30min, 60min i 24h) pri temperaturi od 35°C

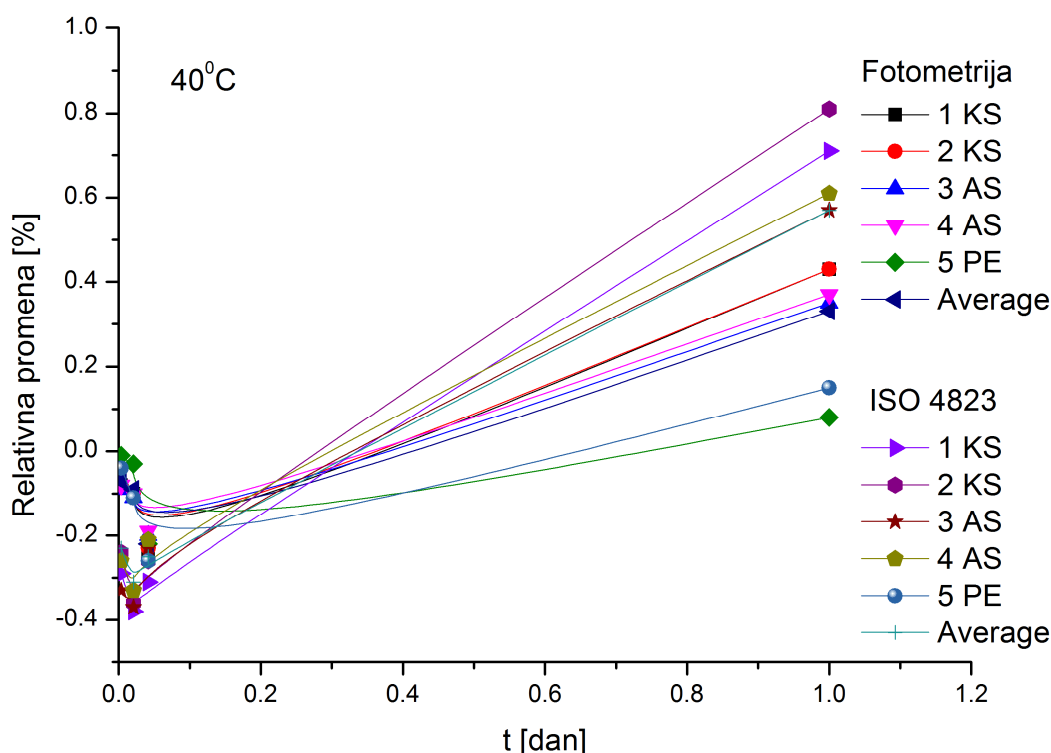
Grafikon 44. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka dobijene fotometrijskim metodama i metodom prema ISO4823 za ispitivane vremenske intervale (5min, 30min, 60min i 24h) pri temperaturi od 35°C



Prosečne vrednosti relativnih dimenzionalnih promena uzoraka otisnih materijala u funkciji vremena pri temperaturi od 35°C kreću se od -0,3% do -1,1% kod ispitivanja prema ISO metodi, a od -0,1% do -0,6% kod ispitivanja dimenzionalne stabilnosti fotometrijskim metodama. Dobijeni rezultati su u granicama dozvoljenih vrednosti standarda ISO 4823. (Grafikon 44)

7.12.3. Komparativna analiza rezultata dobijenih fotometrijskim metodama i metodom prema ISO 4823 za ispitivane vremenske intervale (5min, 30min, 60min i 24h) pri temperaturi od 40°C

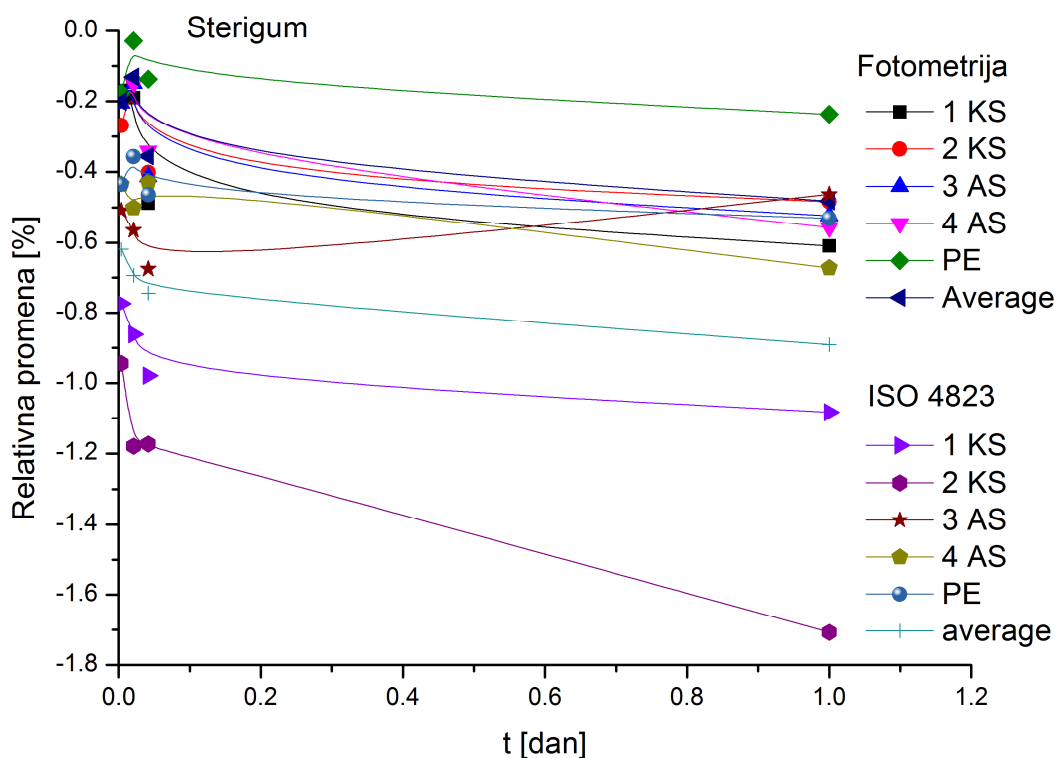
Grafikon 45. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka dobijene fotometrijskim metodama i metodom prema ISO4823 za ispitivane vremenske intervale (5min, 30min, 60min i 24h) pri temperaturi od 40°C



Prosečne vrednosti relativnih dimenzionalnih promena uzoraka otisnih materijala u funkciji vremena pri temperaturi od 40°C kreću se od -0,2% do 0,6% kod ispitivanja prema ISO metodi, a od -0,1% do 0,3% kod ispitivanja dimenzionalne stabilnosti fotometrijskim metodama. Svi dobijeni rezultati su u skladu sa dozvoljenim vrednostima standarda ISO 4823. (Grafikon 45)

7.12.4. Komparativna analiza rezultata dobijenih fotometrijskim metodama i metodom prema ISO 4823 za ispitivani dezinficijens (Sterigum) 5min, 30min, 60min i 24h nakon dezinfekcije

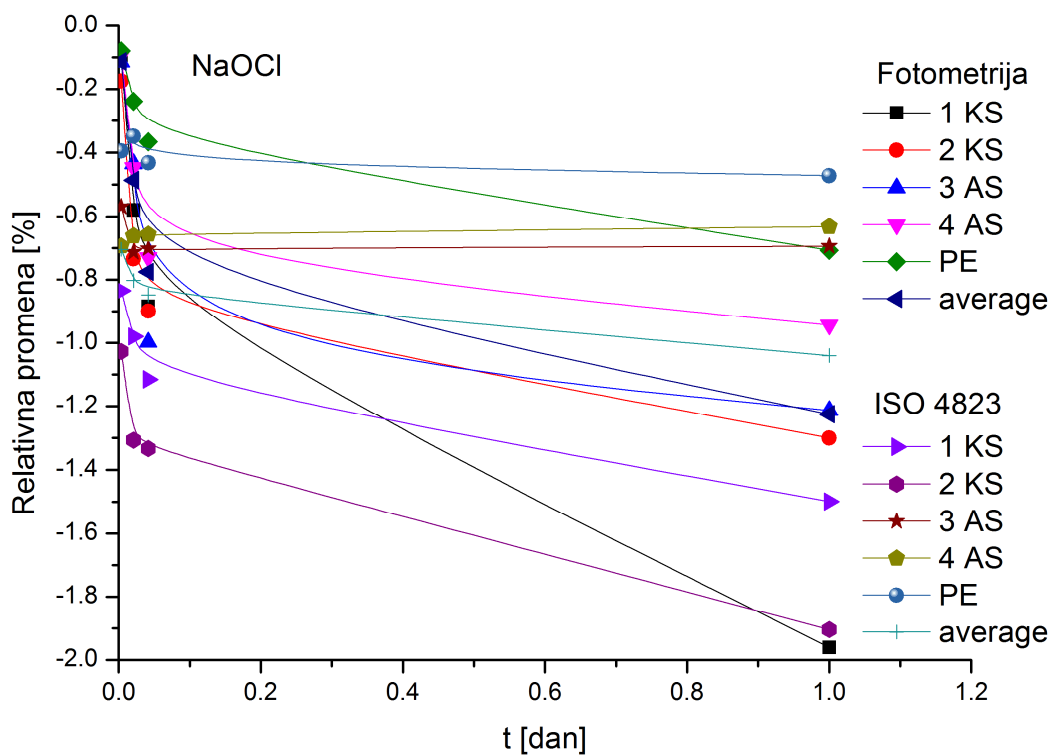
Grafikon 46. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka dobijene fotometrijskim metodama i metodom prema ISO4823 za ispitivani dezinficijens (Sterigum) posle 5min, 30min, 60min i 24h nakon dezinfekcije



Prosečne vrednosti relativnih dimenzionalnih promena uzoraka otisnih materijala u funkciji vremena za ispitivani dezinficijens Sterigum kreću se od -0,6% do -0,9% kod ispitivanja prema ISO metodi, a od -0,1% do -0,5% kod ispitivanja dimenzionalne stabilnosti fotometrijskim metodama. Dobijeni rezultati su na nivou dozvoljenih vrednosti regulisanih standardom ISO 4823. (Grafikon 46)

7.12.5. Komparativna analiza rezultata dobijenih fotometrijskim metodama i metodom prema ISO 4823 za ispitivani dezinficijens (5,25% NaOCl) 5min, 30min, 60min i 24h nakon dezinfekcije

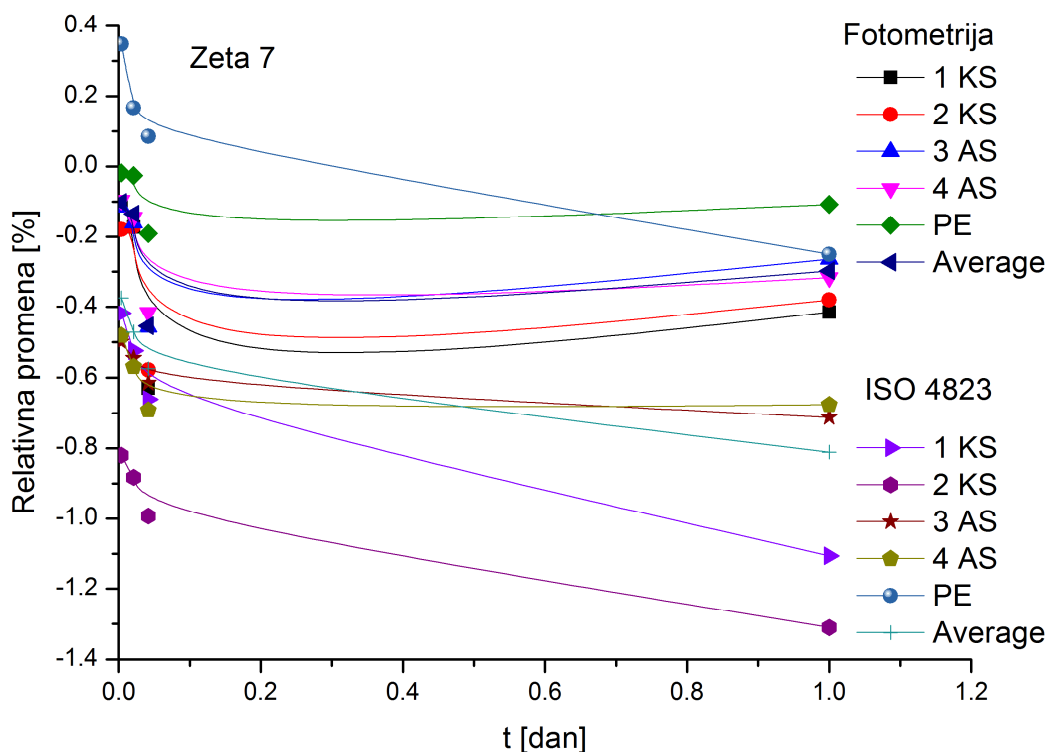
Grafikon 47. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka dobijene fotometrijskim metodama i metodom prema ISO4823 za ispitivani dezinficijens (5,25% NaOCl) posle 5min, 30min, 60min i 24h nakon dezinfekcije



Prosečne vrednosti relativnih dimenzionalnih promena uzoraka otisnih materijala u funkciji vremena za ispitivani dezinficijens 5,25% NaOCl kreću se od -0,7% do -1% kod ispitivanja prema ISO metodi, a od -0,1% do -1,2% kod ispitivanja dimenzionalne stabilnosti fotometrijskim metodama. Svi dobijeni rezultati su na nivou dozvoljenih vrednosti regulisanih standardom ISO 4823. (Grafikon 47)

7.12.6. Komparativna analiza rezultata dobijenih fotometrijskim metodama i metodom prema ISO 4823 za ispitivani dezinficijens (Zeta 7) 5min, 30min, 60min i 24h nakon dezinfekcije

Grafikon 48. Relativne dimenzionalne promene svih grupa uzoraka dobijene fotometrijskim metodama i metodom prema ISO4823 za ispitivani dezinficijens (Zeta 7) posle 5min, 30min, 60min i 24h nakon dezinfekcije



Prosečne vrednosti relativnih dimenzionalnih promena uzoraka otisnih materijala u funkciji vremena za ispitivani dezinficijens Zeta 7 kreću se od -0,4% do -0,8% kod ispitivanja prema ISO metodi, a od -0,1% do -0,4% kod ispitivanja dimenzionalne stabilnosti fotometrijskim metodama. Dobijeni rezultati su u skladu sa dozvoljenim vrednostima regulisanih standardom ISO 4823. (Grafikon 48)

7.12.7. Statistička analiza

Komparativna analiza fotometrijskih metoda i metode prema ISO 4823

1. Zavisnost od vremena

Prvu grupu predstavljaju svi uzorci u svim vremenima pri temperaturi od 23°C kod primenjenih fotometrijskih metoda.

Drugu grupu predstavljaju svi uzorci u svim vremenima pri temperaturi od 23°C kod primenjene metode prema ISO 4823.

Vrednosti statističkih značajnosti i pripadajućih F-vrednosti za navedene dve grupe iznose $p=0,103$, $F=2,02$. Postoji veoma mala statistička razlika između ove dve ispitivane grupe.

Ukoliko se primeni dodatna kalibraciona procedura u softverskom pogledu i uvede funkcionalna zavisnost navedenih metoda, a zatim ponovi ovaj postupak razvrstavanja po grupama i statističke analize, dobija se $F=1,24$, $p=0,307$. To znači da ne postoje statistički značajne razlike između dve primenjene metode.

To znači da su fotometrijske metode pogodne da supstituišu metodu prema ISO 4823 u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala ukoliko se sprovede dodatna rekalkibracija.

2. Zavisnost od vremena i temperature

Prvu grupu predstavljaju svi uzorci u svim vremenima na svim temperaturama kod primenjenih fotometrijskih metoda.

Drugu grupu predstavljaju svi uzorci u svim vremenima na svim temperaturama kod primenjene metode prema ISO 4823.

Vrednosti statističkih značajnosti i pripadajućih F-vrednosti za navedene dve grupe iznose $p=0,095$, $F=2,12$. Postoji veoma mala statistička razlika između ove dve ispitivane grupe.

Ukoliko se primeni dodatna kalibraciona procedura u softverskom pogledu i uvede funkcionalna zavisnost navedenih metoda, a zatim ponovi ovaj postupak razvrstavanja po grupama i statističke analize, dobija se $F=1,30$, $p=0,300$. To znači da ne postoje statistički značajne razlike između dve primenjene metode.

To znači da su fotometrijske metode pogodne da supstituišu metodu prema ISO 4823 u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala ukoliko se sprovede dodatna rekalkibracija.

3. Zavisnost od vremena i primenjenog dezinficijensa

Prvu grupu predstavljaju svi uzorci u svim vremenima i svim ispitivanim dezinficijensima kod primenjenih fotometrijskih metoda.

Drugu grupu predstavljaju svi uzorci u svim vremenima i svim ispitivanim dezinficijensima kod primenjene metode prema ISO 4823.

Vrednosti statističkih značajnosti i pripadajućih F-vrednosti za navedene dve grupe iznose $p=0,145$, $F=1,60$. Ne postoji statistički značajna razlika između ove dve ispitivane grupe.

Ukoliko se primeni dodatna kalibraciona procedura u softverskom pogledu i uvede funkcionalna zavisnost navedenih metoda, a zatim ponovi ovaj postupak razvrstavanja po grupama i statističke analize, dobija se $F=1,05$, $p=0,401$. To znači da ne postoje statistički značajne razlike između dve primenjene metode.

To znači da su fotometrijske metode pogodne da supstituišu metodu prema ISO 4823 u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala ukoliko se sprovede dodatna rekalkibracija.

8. DISKUSIJA

8.1. DISKUSIJA REZULTATA

8.1.1. Vreme

Na dimenzionalnu stabilnost elastomernih otisnih materijala veliki uticaj ima vreme koje protekne od momenta odvajanja otiska od otisnute površine do njegovog prevođenja u gipsani model. Literaturni podaci govore o tome da su u brojnim studijama ispitivani uticaji različitih vremenskih intervala (odmah po odvajanju od otisnute površine, posle nekoliko sati, pa sve do 24h, nekoliko dana, pa čak i nedelja) u kombinaciji sa različitim otisnim materijalima i mernim postupcima.

U ovom istraživanju procenjivana je dimenzionalna stabilnost pet elastomernih otisnih materijala u različitim vremenskim intervalima pomoću dve metode. Upotrebljeni su otisni materijali koji se u našoj zemlji najčešće koriste u stomatološkoj praksi i to dva adiciona silikona (Elite HD+ light body–Zhermack i Variotime Light Flow–Heraeus Kulzer), dva kondenzaciona silikona (Oranwash L–Zhermack + Indurent gel–Zhermack i Xantopren L blue–Heraeus Kulzer + Activator Universal Plus–Heraeus Kulzer) i jedan polietar (Impregum™ Soft 3M ESPE). Dimenzionalne promene ovih materijala ispitivane su na otiscima dobijenim iz standardizovane modle (ISO 4823) u prvih pet minuta, posle 30minuta i 60minuta, kao i nakon 24h od momenta odvajanja otiska od modle što predstavlja uobičajeni period koji protekne od momenta otiskivanja do njegovog prevođenja u radni model, (tabele 1-4).

Pokazano je da se najznačajnije dimenzionalne promene ispitivanih otisnih materijala dešavaju u prvih sat vremena, posle čega se nakon 24h uzorak stabilizuje. Kod svih ispitivanih elastomera ponašanja su istovetna u smislu značajne kontrakcije materijala u prvih pola do jednog sata, a kasnije se polako stabilizuje do 24h, (grafikoni 2-6). Ovi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima drugih studija koji pokazuju da se dimenzionalne promene kondenzacionih i adicernih silikona uvek brže dešavaju na

početku i da se skoro polovina ukupnih promena za jedan dan dešava u prvih pet sati.(34,102,129,136,212)

U komparativnoj studiji, Al-Zarea i sar. (51) ispituju dimenzionalnu stabilnost četiri komercijalna adicione silikona uz primenu dvofazne tehnike otiskivanja za dva materijala i jednofazne za druga dva materijala. Merenja referentnih rastojanja vrše indirektno na gipsanim modelima izlivenim posle 1h, 2 dana, 1 nedelje i 2 nedelje od momenta otiskivanja. Rezultati merenja horizontalne dimenzije (rastojanja između dve preparacije) pokazuju da se najveće dimenzionalne promene materijala dešavaju u okviru jednog sata i da se te promene kreću od 0,49% do 0,51% što odgovara i prezentovanim rezultatima u okviru ove disertacije, (tabela 2, grafikon 2).

Dimenzionalna stabilnost elastomernih otisnih materijala (tri polisulfida, jednog kondenzacionog silikona, šest adicijonih silikona i jednog polietra) ispitivana je u funkciji vremena, odmah po odvajanju otiska, kao i posle 1h, 4h i 24h. Pokazalo se da odloženo izlivanje otisaka od polivinil siloksana i polietara dovodi do vrlo malih dimenzionalnih promena, dok odloženo izlivanje otisaka od polisulfida i kondenzacionih silikona rezultuje znatnim dimenzionalnim promenama materijala.(136) Dobijeni rezultati odgovaraju nalazima ove disertacije, da su najstabilniji polietri, zatim adicijoni silikoni, dok kondenzacioni silikoni pokazuju najmanju dimenzionalnu stabilnost, (grafikon 3, grafikon 6).

Istraživanja su pokazala da su dimenzionalna stabilnost i preciznost, dobra sposobnost reprodukcije detalja, mogućnost višestrukog izlivanja modela kao i lako rukovanje razlozi široke primene polivinil siloksana. (134,252,253)

Rezultati ispitivanja Manoj-a i sar. (208) pokazuju kojom tehnikom otiskivanja polietrima će se postići maksimum dimenzionalne preciznosti. Autori to zaključuju na osnovu merenja linearnih dimenzionalnih promena koje se dešavaju na otiscima master modela koji predstavlja deo zubnog luka. Otisci su izliveni posle 30 minuta od momenta otiskivanja, a merenja referentnih rastojanja vršena su na gipsanim modelima. Monofazna tehnika i tehnika otiskivanja pomoću matriksa pokazuju da je posle pola sata došlo do promene merenih rastojanja između preparacija i to kod monofazne - 0,208% i -0,029% , a -0,009% i -0,029% kod druge tehnike što odgovara rezultatima prezentovanim u tabelama 2 i 5 ove disertacije. Kod dvostrukog sistema otiskivanja

zapažena su mnogo veća odstupanja nego što su dobijena u okviru ove disertacije i to za jednovremensko otiskivanje $-0,720\%$ i $-0,677\%$, a $-0,768\%$ i $-0,773\%$ kod dvovremenskog načina otiskivanja. Nasuprot tome kod dvostrukog (dvofaznog) sistema otiskivanja zapažene su najmanje promene izmerenih mezio-distalnih i vestibulo-oralnih rastojanja ($-0,374\%$ do $0,282\%$).

Rezultati dobijeni u okviru ove disertacije, u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala, pokazali su da su u funkciji ispitivanih vremenskih intervala najstabilniji polietri. Najveće dimenzionalne promene zapažene su kod preparata kondenzacionih silikona. Eames i sar. (34) takođe navode da su posle 30minuta i 24h polietri pokazali najveću dimenzionalnu stabilnost, a da su u istom periodu najveće promene zapažene kod kondenzacionih silikona i polisulfida. Clancy i sar. (52) ističu da polivinil siloksani i polietri ostaju dimenzionalno stabilni i do četiri nedelje, za razliku od kondenzacionih silikona. Oni ukazuju na dramatično veliku kontrakciju kondenzacionih silikona u prva četiri sata što je u saglasnosti sa nalazima ove disertacije.

Izrazitu kontrakciju kondenzacionih silikona u odnosu na sve ostale ispitivane materijale (polisulfide, polietre i adicione silikone) posle 4h stajanja uočili su i Williams i sar. (136).

Za adicione silikone se smatra da ostaju stabilni u dužem vremenskom periodu i ne pokazuju značajne promene u odnosu na izvorni otisak, čak i posle 7 dana.(129,212,254)

Međutim, ukoliko se izlivanje modela iz otisaka izrađenih od adicionih silikona odlaže u vremenskom periodu dužem od 7 dana vrlo je teško tokom eksploatacije ovih materijala kontrolisati uticaj drugih neizvesnih spoljašnjih faktora koji bi dodatno uticali na dimenzionalne promene ovih materijala, nezavisno od promena materijala u funkciji vremena (koje se prate u kontrolisanim laboratorijskim uslovima).

Iako Williams i sar. (136) ističu superiornu dimenzionalnu stabilnost adicionih silikona u odnosu na ostale ispitivane materijale, novija istraživanja su pokazala da vreme koje protekne od momenta otiskivanja do izlivanja modela utiče na dimenzionalnu preciznost polivinil siloksana i da njihova preciznost opada u funkciji vremena. (255,256)

U jednoj studiji (257) vršena je procena preciznosti četiri vrste elastomera u funkciji tri različita vremena izlivanja modela (posle 1h, 4h i 24h), kao i višestrukog izlivanja modela iz istog otiska (5minuta nakon odvajanja modela izlivenih posle 4sata). Najmanje dimenzionalne promene ovih materijala zapažene su kada su modeli izliveni posle jednog sata. Promene vrednosti rastojanja između dve preparacije za sve ispitivane materijale bile su u opsegu od -0,33% do +0,05%. Interesantno je, da su kondenzacioni silikoni pokazivali najmanje promene dimenzije širine patrljka kada su modeli izliveni posle jednog sata. U ovoj disertaciji adicioni silikoni i polietri su se pokazali stabilnijim od kondenzacionih, (grafikon 3, grafikon 6). Iz otisaka od polietara dobijani su modeli sa manjim promerom patrljaka u odnosu na osnovni (0,14%). Povećanje dijametra kod adicionih silikona iznosila je oko 0,2% nezavisno od vremena izlivanja. Odloženo izlivanje modela imalo je najznačajniji uticaj na visinu patrljaka. Visina patrljka se značajno smanjivala između prvog i četvrtog sata izlivanja modela iz otisaka od kondenzacionih silikona i polisulfida, kao i kod adicionih silikona što je bilo neočekivano. Najmanju promenu u visini patrljka pokazali su AS kod modela izlivenih posle 1sata (-0,03%). Kod modela izlivenih iz otisaka od polietara vreme izlivanja nije imalo uticaja na ovu dimenziju. Rastojanje između dve preparacije se nije bitno menjalo u funkciji vremena.

Za kondenzacione silikone mnoga ispitivanja su pokazala da izlivanja modela ne bi trebalo odlagati u periodu dužem od 30 minuta od momenta završenog otiskivanja.(52,135,136,258)

8.1.2. Dezinficijensi

Otisci predstavljaju jednu od prvih faza u planiranju i izradi protetskih nadoknada i ortodontskih aparata. Putem pljuvačke, krvi i dentalnog plaka se mogu preneti mnoge bolesti, od obične prehlade, do pneumonije, tuberkuloze, hepatitisa, herpesa, stečenog imunodeficijentnog sindroma. Glavni put širenja infekcije sa pacijenata na zdravstvene radnike u stomatološkoj ordinaciji i laboratoriji je putem kontaminiranih otisaka koji dolaze u kontakt sa potencijalno infektivnim bakterijama i virusima. Izlivanjem nedezinfikovanih otisaka dobijaju se modeli koji dalje predstavljaju put širenja infekcije. (259,260)

Zbog toga je u stomatološkim ordinacijama i laboratorijama neophodna primena adekvatnog postupka dezinfekcije kako otisaka tako i celokupne opreme. Istraživanja su pokazala da se otisci efikasno mogu dezinfikovati potapanjem u antimikrobne rastvore ili dezinficijensima u spreju. (175)

Efikasnost dezinfekcionog sredstva u eliminisanju patogenih mikroorganizama, hemijska stabilnost antimikrobnog rastvora i uticaj odgovarajuće procedure dezinfekcije na dimenzionalnu stabilnost otisnih materijala su ključni faktori u razmatranju primene odgovarajućeg postupka dezinfekcije otisaka.

Upotreba dezinficijensa u spreju je praktična, ali je njihovo dejstvo lokalno. Kod antimikrobnih rastvora su sve površine otisnog materijala i kašike u kontaktu sa dezinficijensom, pa se zato smatraju najpouzdanijim načinom dezinfekcije otisaka. U nekim studijama se prednost daje dezinfekciji UV zracima zato što nema nadražujućih isparenja. (261) Sterilizacija elastomera u autoklavu je efikasan, ali i skup metod koji nije pogodan za pojedine elastomere (polietre) jer dolazi do većih dimenzionalnih promena i oštećenja reprodukovanih detalja usled zamućenja i lepljivosti površine polietarskih otisaka. (154)

Smatra se da ukoliko se otisci drže u antimikrobnom rastvoru u preporučenom trajanju neće doći do destruktivnih dimenzionalnih promena. (262,263)

Najizraženije dimenzionalne promene ispitivanih otisnih materijala u ovoj disertaciji zapažene su pod uticajem sredstava za dezinfekciju. Nije velika zavisnost između

dezinficijensa međusobno, nego za određeni dezinficijens u funkciji vremena i to najviše za natrijum hipohlorit, (poglavlja 7.3.4.2., 7.3.4.4., 7.4.4.2., 7.4.4.4.). Ovaj dezinficijens je dosta pristupačan zbog niske cene, ali je nestabilan tokom vremena pa uvek treba napraviti svež rastvor da bi se obezbedila neophodna efikasnost dezinficijensa. U literaturi se navodi da je hlor veoma reaktivan i u koncentraciji od 5,25% može da reaguje sa otisnim materijalom i da se fiksira na njegovoj površini što uzrokuje dodatnu ekspanziju gipsa pri izlivanju modela. (196) Rezultati dobijeni posle jednog dana evolucije uzoraka tretiranih 5,25% NaOCl-om su u ovoj studiji iznosili i do 1.225%, (tabela 12). Ukoliko se otisci dezinfikuju u 5,25% NaOCl-u mora se u istom danu izliti model. Ovi nalazi su u saglasnosti sa rezultatima Saleh Saber-a i sar. (194) i prethodnog istraživanja autora (129).

Dobijene vrednosti dimenzionalnih promena adicijonih silikona u okviru pola sata nakon dezinfekcije u rastvoru glutaraldehida (Sterigum) u ovoj studiji iznosile su 0,14% (tabela 11) što odgovara rezultatima Melilli-a i sar. (169) kod kojih su promene adicijonih silikona nastale odmah posle dezinfekcije u glutaraldehidu bile 0,13%.

Akumulirane ukupne vrednosti promena svih uzoraka posle 24h od početka merenja posle dezinfekcije u rastvoru glutaraldehida (Sterigum) iznosile su -0,482% tako da se izrada modela iz takvih otisaka može odložiti za jedan dan, (tabela 11).

Veoma je teško ponašanje nekog materijala pripisati njegovom hemijskom sastavu. Pored osnovnih poznatih komponenti preparati mogu sadržati i druge sastojke koji su tajna svakog proizvođača. Dimenzionalne promene elastomernih otisnih materijala posle dezinfekcije u različitim antimikrobnim rastvorima ili dezinficijensima u spreju su kompleksne prirode i odnose se na njihov individualni hemijski sastav. (194)

Procenom dimenzionalne stabilnosti vinil polietar silikona, polivinil siloksana i polietara u funkciji odloženog izlivanja modela do dve nedelje posle dezinfekcije u 2,5% rastvoru glutaraldehida dobijene su veće dimenzije modela u odnosu na kontrolni metalni model. Mogući uzrok većih dimenzija je kontrakcija materijala u svim pravcima

ka centru mase materijala. Adhezivi i mehanička retencija kašike mogu dodatno biti uzrok kontrakcije materijala ka zidovima kašike. (149,190)

Hidrofobnim materijalima se kvašenje vodenim tečnostima poboljšava dodavanjem surfaktanata, supstanci sličnih sapunima. Kod otisnih materijala u stomatologiji je to veoma važno zbog boljeg oblaganja oralnih tkiva otisnim materijalom. Ova osobina je bitna i kod izlivanja otisaka gipsom u cilju dobijanja modela na kojima neće biti blazni zbog zarobljenog vazduha. (22,191,264)

Istraživanja su pokazala da ukoliko se produžava vreme izlaganja hidrofилnih polivinil siloksana dezinficijensima, može doći do potpunog rastvaranja surfaktanta sa površine materijala i gubitka prvobitne prednosti poboljšanog kvašenja materijala. (176,184,265)

Tokom dužeg držanja hidrofилnih adicijonih silikona u rastvorima dezinficijensa može doći do upijanja vode i dimenzionalnih promena ovih otisnih materijala. (65)

Stepen apsorpcije hidrofилnih adicijonih silikona posle 18h dezinfekcije u 2%glutaraldehydu razlikovao se u zavisnosti od proizvođača otisnog materijala. (191)

Veličina dimenzionalnih promena hidrofилnih adicijonih silikona posle dužeg izlaganja rastvoru dezinficijensa (glutaraldehyda i orto-ftalaldehyda) zavisi od specifičnog hemijskog sastava i dezinficijensa i otisnih materijala, koji je jedinstven za svakog proizvođača. (174,184) Zhermack-ovi preparati adicijonog i kondenzacionog silikona koji su ispitivani u okviru ove disertacije su hidrofилni.

U nekim publikacijama (177,266-268) u kojima se ispituje uticaj dezinficijensa na dimenzionalnu stabilnost elastomernih otisnih materijala navodi se da interakcija ovih agenasa i ispitivanih materijala ne dovodi do značajnih dimenzionalnih promena otisaka, dok drugi autori ističu negativan uticaj sredstava za dezinfekciju na elastomerne otiske. (161,187,196,204,219)

Najčešće korišćena dezinfekciona sredstva za dezinfekciju elastomera su rastvori natrijum hipohlorita i glutaraldehyda. (170,172-174,176,184)

Procenjujući uticaj dužine trajanja dezinfekcije na dimenzionalnu stabilnost elastomera Carvalhal i sar. (193) su uočili da se dezinfekcija mora obaviti u okviru određenog vremenskog perioda zbog reaktivnosti dezinfekcionih sredstava. Ovi autori ističu da u

kraćem vremenskom periodu rastvor natrijum hipohlorita dovodi do većih dimenzionalnih promena kondenzacionog silikona (Xantopren) u poređenju sa glutaraldehidom, što je u saglasnosti sa rezultatima prethodnog istraživanja (219) i rezultatima dobijenim pomoću obe metode u okviru ove studije, (tabele 7,8,11,12).

Na dimenzionalnu stabilnost ispitivanih otisnih materijala značajno utiče početak dejstva dezinficijensa. Najznačajnije promene se dešavaju u prvih sat vremena (nekoliko minuta). U prvih pet minuta dešava se skoro polovina svih promena, (grafikoni 8,11,14,17,20,23). To je u saglasnosti sa rezultatima prethodne studije (219) i Melilli-a i sar. (169) koji nalaze da imedijatna dezinfekcija uzrokuje značajne dimenzionalne promene, dok dezinfekcija ponovljena posle šest sati ne dovodi do bitnijih promena, verovatno zbog hemijske stabilizacije materijala u prvim satima nakon otiskivanja.

Od svih ispitivanih materijala za sve ispitivane dezinficijense polietri pokazuju najmanje dimenzionalne promene, nešto veće adicioni silikoni, a najveće kondenzacioni, (grafikoni 46,47,48).

Rezultati Jagger-a i sar (183) su pokazala da i veoma male dimenzionalne promene adicionih silikona nakon dezinfekcije mogu biti od kliničkog značaja.

U proceni dimenzionalne stabilnosti elastomera ne treba zanemariti štetne promene na površini materijala koje uzrokuju pojedini rastvori dezinficijensa, ukoliko su u većoj koncentraciji. (269) Fotometrijskom metodom se mogu detektovati diskoloracije uzrokovane tim mikroskopskim promenama na površini otisnog materijala.

Akumulirane ukupne vrednosti dimenzionalnih promena dobijenih u ovoj studiji za adicione silikone posle dezinfekcije u 2% glutaraldehidu su u saglasnosti sa rezultatima Wadhvani-a i sar. (190) i iznosile su 0,14% za period od 30 minuta, a kroz sat vremena ta promena je iznosila 0,34% - 0,41%, (tabela 11).

8.1.3. Temperatura

U literaturi se navodi da temperaturna variranja, do kojih uobičajeno dolazi u stomatološkoj praksi, utiču na dimenzionalnu stabilnost elastomera. Prelazak elastomernih otisaka s temperature usne duplje na sobnu temperaturu, utiče na njihovu dimenzionalnu stabilnost. Otisci su često izloženi ekstremnim temperaturnim promenama u toku transporta, pa se postavlja pitanje njihove dimenzionalne postojanosti. (29,131) Različiti klimatski uslovi usloveli su i različite temperaturne intervale koji se prate u okviru ovih istraživanja. Tokom transporta vozilom do udaljenih stomatoloških laboratorija otisci su često i po nekoliko sati izloženi visokim temperaturama. Kada je napolju 38°C, temperatura u kolima može da dostigne i 66°C. Purk i sar. su ispitivali uticaj ekstremnih temperatura od 10°C do čak 66°C na elastomere. Zaključili su da su svi elastomeri izuzetno nestabilni pod takvim uslovima.

Corso i sar. (29) ispituju ponašanje polietara i polivinil siloksana na temperaturama od 4°C, 23°C i 40°C, dok Pant i sar. (270) procenjuju uticaj temperature od 21± 2°C i 37°C na ponašanje otisaka od polivinil siloksana. Veće dimenzionalne promene zapažene su kada su materijali čuvani na višim temperaturama. Autori ukazuju na to da bi otiske izrađene od polietara i polivinil siloksana trebalo čuvati na temperaturi od 21± 2°C. Ovaj nalaz je u skladu sa rezultatima dobijenim u okviru ove disertacije.

Kada su čuvani na temperaturi od 23°C, polietri i adicioni silikoni su pokazivali kontrakciju, a ekspanziju kada su tokom 24h čuvani na 4°C, a zatim tokom 2h na sobnoj temperaturi. Posle čuvanja na temperaturi od 40°C tokom 24h, a zatim tokom 2h na sobnoj temperaturi, kod polietara je primećena ekspanzija, a kod adicijonih silikona kontrakcija. U ovom istraživanju nije vršena procena dimenzionalnih promena u trećoj dimenziji, iako autori ističu dešavanje dimenzionalnih promena u sve tri dimenzije.(29) Merenja horizontalne linije na uzorcima na temperaturi od 23°C pokazuju da je došlo do kontrakcije materijala 0,25%, na 4°C ekspanzija materijala 0,10%, a na 40°C ekspanzija 0,18%. Merenja vertikalne linije pokazuju kontrakciju materijala na 23°C 0,03%, na 4°C ekspanziju od 0,04%, a na 40°C kontrakciju od 0,02%.

Uzorci ispitivanih materijala u okviru ove disertacije dobijeni su iz standardizovane modle koju preporučuje ISO 4823. Procenjivan je uticaj temperaturnih promena pri prelasku otiska sa temperature usne duplje na sobnu, kao i uticaj povišene temperature kojoj su otisci često izloženi prilikom rutinskog transporta do stomatoloških laboratorija. Na temperaturi od 23°C ispitivani materijali pokazuju najizraženiju kontrakciju u prvih sat vremena nakon čega se, posle 24h, uzorci stabilizuju. Najstabilniji su se pokazali polietri. Na 35°C povećava se kontrakcija uzoraka u funkciji vremena, dok je na 40°C posle 30minuta zapažena kontrakcija, a posle 60minuta ekspanzija svih materijala, osim preparata polietra koji je do 60minuta pokazivao kontrakciju. Kod svih materijala posle 24h stajanja na 40°C uočava se ekspanzija. Sve promene su u okvirima ISO standarda. Ovi rezultati su u skladu sa nalazima Corsa i sar. Najmanje dimenzionalne promene zapažene su kod polietra i adicionog silikona Variotime light flow (Heraeus Kulzer).

U okviru ove disertacije održavanje temperature postignuto je pomoću platforme sa adaptiranim malim grejačem sa regulacijom površinske temperature. Održavanjem nepokretnog uzorka stvorena je mogućnost značajno veće kontrole ambijentalnih parametara, a istovremeno se korišćenjem digitalnog fotoaparata mogla vršiti akvizicija podataka fotometrijskim metodama, koja u potpunosti u realnom vremenu prati mikroskopiranje. Ukoliko se ne bi vršila paralelna merenja uzoraka pomoću dve metode, samo fotometrijskim metodama moguće je merenje uzoraka tokom boravka u vodenom kupatilu (u posebnoj otvorenoj posudi tako da materijal nije izložen višku vlage). (129) Na značaj održavanja temperature ukazale su i Maria i Sanette. (133) U toku postavljanja uzorka na pokretni stočić mikroskopa kao i tokom postupka merenja dolazi do gubitka toplote uzoraka otisnih materijala. Do momenta kada je treće očitavanje završeno uzorak se sigurno već ohladio. U njihovoj studiji nije bilo moguće održavanje lokalne temperature tokom merenja uzoraka otisnih materijala pomoću mikroskopa, a nije ni bilo moguće postaviti mikroskop pored inkubatora za kontrolu temperature. U cilju što manjeg odavanja toplote do momenta merenja, ovi autori su u svom istraživanju vršili merenje rastojanja na digitalnim fotografijama, a ne direktno na uzorcima. Po vađenju iz inkubatora otisci (dobijeni iz standardizovane modle prema ISO 4823) su zajedno sa lenjirom (0,5mm skale) fotografisani digitalnim fotoaparatom. Rastojanje između dva žleba izmereno je tri puta na fotografiji.

Utvrđeno je da postoje bitne razlike za ispitivane temperaturne intervale, što potvrđuje i nivo značajnosti $p=0,046$. Ovi rezultati su u skladu sa rezultatima prethodnog istraživanja. (129)

Neka ispitivanja (271) pokazala su da se preciznost otisaka od adicijonih silikona značajno povećava kada se oni pre izlivanja zagreju na 37 °C, dok rezultati drugih studija (272,273) ukazuju na to da zagrevanje otisaka na temperaturu usne duplje pre njegovog prevođenja u radni model nije od kliničkog značaja za dimenzionu stabilnost polivinil siloksana.

U kraćim vremenskim periodima nije opravdano veštačko temperiranje posebnih uslova za čuvanje otisaka. Dimenzionalna stabilnost otisnih materijala najnovije generacije u potpunosti odgovara ISO standardu. Uzrok naglašenih dimenzionalnih promena je nestabilnost ovih materijala u toku vremena, pa je od značaja i dužina izlaganja uzoraka povišenim temperaturama.

8.2. DISKUSIJA METODA

Najpriznatije specifikacije o ponašanju elastomernih otisnih materijala su one koje je postavila Međunarodna organizacija za standarde (ISO 4823:2000) i Američka stomatološka asocijacija (ANSI/ADA Specifikacija br. 19).

U ovim standardima, među brojnim procedurama testiranja materijala, opisane su i metode merenja dimenzionalnih promena posle vezivanja materijala.

Ovaj standard detaljno opisuje izradu uzoraka otisnih materijala pomoću standardizovane modle sa žlebovima za procenu dimenzionalne stabilnosti elastomera.

Tehnika opisana u ISO 4823 i ADA Specifikaciji br.19 zasniva se na merenju referentnih linija na ispitivanom elastomernom otisku dobijenom iz mašinski obrađene modle. Merenja se obavljaju mikroskopom sa pokretnim postoljem sa submilimetarskom skalom i mogućnostima merenja sa preciznošću od 0,01mm. Na dimenzionalnu stabilnost elastomera utiču brojni faktori među kojima su najznačajniji polimerizaciona kontrakcija i oslobađanje sporednih proizvoda (voda, alkohol), vreme koje protekne od momenta otiskivanja do njegovog prevođenja u radni model, uticaj temperature i drugih spoljašnjih faktora, način dezinfekcije, pažljivo rukovanje i odgovarajuća tehnika otiskivanja. (3,103,129,134,135,274,275)

Površina uzoraka dobijenih iz modle je ravna i glatka za razliku od površine zuba kod otisaka dobijenih otiskivanjem zubnog niza. Na taj način se eliminišu drugi faktori, kao što su pomeranja u podminiranim zonama, koji dovode do dimenzionalnih promena. Limitiranost ovog načina ispitivanja su jednodimenzionalna i linearna merenja.

Dimenzionalne promene otisnih materijala se dešavaju u sve tri dimenzije. Mikroskopske tehnike merenja su jednodimenzionalne pri čemu se zanemaruju promene koje se dešavaju u sve tri dimenzije. (169,196,52) Istraživanja Kronström-a i sar. (177) i Saleh Saber-a i sar. (194) prikazuju referentne tačke za merenja rastojanja trodimenzionalnih objekata što potvrđuje postojanje trodimenzionalnih promena, shodno rezultatima prethodnih (129,219) i ovog istraživanja.

U ovoj disertaciji, u cilju evaluacije fotometrijskih metoda u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala, za izradu uzoraka ispitivanih materijala

korišćena je standardizovana modla prema važećim standardima za elastomerne otisne materijale (ISO 4823 i ADA Specifikacija br. 19) i pet u našoj zemlji najčešće korišćenih elastomernih otisnih materijala, (poglavlje 6.1.1.). Ispitivanje dimenzionalne stabilnosti elastomera u zavisnosti od različitih faktora vršeno je shodno metodi koju preporučuje ISO 4823 i fotometrijskim metodama. Uobičajeni metod koji preporučuju eminentni standardi je lako ponovljiv i olakšava poređenje različitih materijala kod kojih je primenjen isti protokol. Ovaj metod ne simulira kliničke uslove koji podrazumevaju upotrebu kašika za otiskivanje, odgovarajućih adheziva i gipsa za izlivanje modela.

Drugi modeli istraživanja uključuju uslove slične onima u kliničkoj praksi, ali na taj način uvode brojne dodatne faktore koji utiču na dimenzionalnu stabilnost, što stvara raznolikost i otežava poređenje. Upotrebom minimalnog broja varijabli utvrđuje se ponašanje samog otisnog materijala. (276) Kada se koriste kašike za otiskivanje, a merenja vrše indirektno na modelima treba imati na umu da kontrakcija otisnog materijala dovodi do povećanja određenih dimenzija na gipsanom modelu (mezio-distalni promer brušenog zuba), ali i do skraćivanja gingivo-okluzalnih dimenzija. .

Zbog kompresije koja se pri odvajanju otiska vrši u predelu podminirane zone dolazi do trajne deformacije materijala i smanjenja te dimenzije na izlivenom modelu. Utvrđeno je da postoji zavisnost podminirane zone i visine patrljka. Kada postoji podminirana zona na patrljku njegova visina je veća nego kod onih bez podminiranosti. Ukoliko se kao otisni materijal koriste adicioni i kondenzacioni silikoni ta promena je mala i iznosi 0,08%, dok je kod polietara i polisulfida ta promena 0,2%. Adicioni i kondenzacioni silikoni su pokazali bolju relaksaciju od polietara i polisulfida. Pokazalo se da podminiranost ne utiče na širinu patrljka, nasuprot uticaju na visinu. (257)

Neki autori navode da na obim preciznosti više utiče tehnika otiskivanja nego sam materijal, dok drugi tvrde da preciznost otiska direktno zavisi od izbora otisnog materijala. (69,277)

Otiskivanje koje se vrši u in vitro uslovima razlikuje se od onog in vivo gde otisni materijal dolazi u kontakt sa pljuvačkom i biofilmom koji postoji na površinama oralnih struktura. Ukoliko se u eksperiment uključe pritisak koji se vrši na kašiku sa otisnim

materijalom pri otiskivanju, sile koje se generišu pri odvajanju otiska od otisnutih površina, kao i uticaj gipsa prilikom izlivanja modela, uvode se dodatni parametri koji utiču na dimenzionalnu stabilnost otisnih materijala.

Do povećanja mezio-distalnog promera patrljka na izlivenom modelu dolazi usled polimerizacione kontrakcije vezanog materijala ka centru mase u interproksimalnim zonama. Polimerizaciona kontrakcija otisnog materijala ka zidovima kašike, koji obezbeđuju mehaničku retenciju ili onu pomoću adheziva, dovodi do povećanja buko-lingvalnih dimenzija. Ovi autori ističu da je nedostatak linearnog sistema merenja taj što ne uključuje mogućnost promena u sve tri dimenzije. (208)

U stručnoj literaturi nema doslednosti (uniformnosti) u pogledu metoda korišćenih u proceni dimenzionalne stabilnosti otisnih materijala. (278)

Direktnim merenjem na otiscima ograničava se broj neophodnih materijala uključenih u eksperiment i omogućava preciznije sagledavanje uticaja datog parametra na ispitivani otisni materijal.

Ukoliko se merenje vrši indirektno, na izlivenim gipsanim modelima, pored toga što se dodatno komplikuje eksperiment, uvode se i druge varijable koje utiču na dimenzionalnu stabilnost elastomera pored onih koje se ispituju.

U studijama koje se bave ispitivanjem dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala u zavisnosti od različitih faktora korišćen je veliki broj varijabli. Komparativna statistička analiza rezultata takvih istraživanja je veoma teška zbog izostanka standardizacije i velikog broja upotrebljenih parametara.

U nekim publikacijama autori su koristili standardni metod(29,34,114,153,169,193,197, 198), dok su drugi uveli modifikacije i opisuju neku vrstu tehnike koja simulira kliničke uslove. (103,134,135,177,190,194,196,199,255,279)

Ispitivanja se ponekad vrše na samom elastomernom otisku, a ponekad na modelu dobijenom iz otiska. Preciznost elastomernih otisnih materijala veća je od preciznosti gipsanih modela. (280)

Merenje preciznosti gipsanih modela u cilju procene preciznosti otisnog materijala nije preporučljivo. Upotreba standardnih ili individualnih kašika od akrilata, adhezivnih materijala, kao i gipsa za izlivanje modela mogu da zbune i maskiraju pravi rezultat. Većina naučnih studija koje se bave ispitivanjem dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala uvode ove varijable čime se maskiraju prave osobine materijala.

Nedostatak standardizacije čini poređenje ovakvih studija težim.

Nassar i sar. (56) navode da je limitiranost njihove studije, ta što su merenja u cilju procene dimenzionalne stabilnosti otisnih materijala vršena indirektno na gipsanim modelima umesto direktnog merenja na samim otisnim materijalima. Taj indirektni pristup merenja uslovljava varijacije u dobijenim rezultatima. Kao nedostatak navode i to što su u cilju lakšeg merenja mikrometrom patrljci dizajnirani kao cilindri paralelnih strana, a ne kao blago konične preparacije zuba.

Precizna procena dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala može biti načinjena samo ako se iz metoda izuzmu sve one varijable koje mogu da maskiraju rezultat.

U literaturi nema konsenzusa po pitanju toga koji merni uređaj treba koristiti u proceni dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala. Najčešće korišćeni instrumenti za merenja su mikroskopi i kaliperi (mikrometarski zavrtnji). Danas su dostupne savremenije tehnike merenja (281) kao što su razni softveri za merenje koji koriste digitalne fotografije uzoraka ili laser skeneri za merenje digitalizovanih otisaka i modela. I pored toga najzastupljenija merenja su još uvek ona pomoću mikroskopa.

U nekoliko istraživanja se navode različiti uređaji kao što su trodimenzionalni Zeiss-ov metar, digitalni kaliper, mikroskop, stereomikroskop. (253,282,283)

ISO 4823 preporučuje upotrebu pokretnog svetlosnog mikroskopa za merenje referentnih rastojanja na uzorcima dobijenim iz standardizovane modle. Fotometrijske metode pružaju mogućnost merenja uzoraka dok su u vodenom kupatilu ili u rastvoru dezinficijensa. (129,219) Istraživanja su ukazala na problem održavanja temperature uzorka pri ispitivanju uticaja različitih temperatura na dimenzionalnu stabilnost elastomera. (133) Tokom postavljanja uzoraka na postolje mikroskopa, kao i tokom postupka merenja dolazi do gubitka (odavanja) toplote. Do momenta završnog merenja

uzorka pomoću mikroskopa uzorak se već sigurno ohladio. Prednost merenja uzoraka tokom boravka u vodenom kupatilu ili na platformi sa adaptiranim grejačem sa održavanjem površinske temperature je ta što se temperatura održava konstantnom.

Dozvoljene vrednosti dimenzionalnih promena elastomera propisane su odgovarajućim standardima za uzorke otisnih materijala koji su dobijeni na način koji preporučuju važeći standardi. Prema ISO 4823 te promene ne smeju biti veće od 1,5%. Međutim, površina uzoraka iz modle je mala, a na većim površinama, kao što je zubni luk, dolazi do umnožavanja vrednosti dimenzionalne nestabilnosti. Ukoliko se koriste uzorci drugačiji od onih opisanih važećim standardima, postavlja se pitanje mogućnosti procene dimenzionalnih promena u odnosu na vrednost dozvoljenu standardom.

Nedostatak merenja uzoraka metodom koju preporučuje ISO 4823 je i ta što se procena dimenzionalne stabilnosti materijala vrši jednodimenzionalnim merenjima.

Preciznost ovakvog načina merenja limitirana je veštinom operatora koji izvodi ovakva merenja i preciznošću mikrometarskog zavrtnja sa kojim se vrši i translacija. Drugi nedostatak je taj što uzorci elastomera koji se ispituje ne predstavljaju klinički relevantan oblik. To znači da nije isto naprezanje materijala i deformacija do koje dolazi pri otiskivanju, odnosno odvajanju otisaka od otisnutih površina kao kod realnih otisaka u kliničkoj praksi. Treće ograničenje se sastoji u tome što se propisana merenja registruju na ravnoj površini, zanemarujući pri tome mogućnost dešavanja dimenzionalnih promena u tri dimenzije.

Modifikovana tehnika nije pokazala značajne prednosti pošto je zahtevala izradu modela iz otiska, uvodeći greške vezane za dimenzionalne promene koje se mogu dogoditi u materijalu od koga se izliva model, a merenja su i dalje zavisila od mikroskopa i mikrometra.

Stober i sar. (149) su otiskivali master model koji predstavlja modifikovani tipodont sa simuliranim preparacijama zuba (od nerđajućeg čelika). Merenja referentnih rastojanja su vršili na gipsanim modelima dobijenim iz prethodno dezinfikovanih elastomernih

otisaka, kao i na master modelu. Dimenzionalne promene ovih materijala su izražene u tri dimenzije. Njihova tehnika je takođe zahtevala izradu gipsanih modela iz otisaka, a merenja su obavljena mikroskopom.

Thouati i sar. (196) na primer, za izradu elastomernih otisaka koriste modlu opisanu u Specifikaciji francuskog standarda koji je u skladu sa ADA Spec. br. 19 i ISO 4823. U cilju procene dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala autori vrše merenja referentnih rastojanja na gipsanim modelima izlivenim iz dezinfikovanih otisaka.

U skladu sa tehnološkim prednostima 21. veka, u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti otisnih materijala u stomatologiji, omogućena je primena preciznijih i sofisticiranijih metoda merenja. (281,284,285)

U studiji iz 1983.godine, Clancy i sar. (52) su ispitivali dimenzionalnu stabilnost tri elastomera u funkciji vremena koristeći uzorke iz modle koju je odredila ISO 4823. Otiske su stavljali pod reflektujućim mikroskopom, a zatim je slika projektovana na ekranu tadašnjeg računara za analizu fotografije. Merenja su vršena na referentnim linijama na uzorcima.

Prednost automatske akvizicije podataka uočili su Quick i sar. (201) još 1992.god., u vreme kada tehnologija nije bila toliko razvijena. Utvrđivanje dimenzionalne preciznosti otisnih materijala vršili su merenjem odgovarajućih dimenzija na gipsanom modelu, dobijenom iz otiska master modela koji predstavlja zubni luk sa zubima ispreparisanim za cele krune, pomoću dve metode – mikrometrom i laserskim skenerom kojim su postignuta mnogo preciznija merenja.

Na optičko skeniranje otisaka od polivinil siloksana utiču brojni faktori među kojima je tekstura ovih otisnih materijala, kao i ugao pod kojim se vrši skeniranje. (202)

U svom istraživanju Shah i sar. (203) ukazuju na problem skeniranja elastomernih otisaka zbog različite reflektivnosti ovih otisnih materijala. Ova limitiranost usloвила je izlivanje modela iz otisaka uvodeći time nepreciznosti koje utiču na rezultat. Sama

tehnika skeniranja modela je brza, međutim proces obrade fotografija nastalih skeniranjem, pomoću softvera za superponiranje, dugo traje. Ova metoda je veoma skupa, a pored toga zahteva i odgovarajuća podešavanja da bi se prevazišli navedeni problemi skeniranja različitih materijala.

U okviru jedne studije korišćen je modifikovani, eksperimentalni otisni materijal na bazi vinil polisiloksana koji je razvijen za optičku digitalizaciju i dizajniran da optimizira refleksiju svetla lasera. (286)

Reprodukcijom površina konvencionalnim otiscima, umesto direktnog skeniranja, prevazilazi se problem skeniranja materijala različite boje i refleksije što može biti izvor greške kada se skeniraju uzorci različitih nivoa prozračnosti. (206)

Mnogi autori navode da je limitiranost standarda u tome što se promene uočavaju na maloj površini, linearnim merenjem rastojanja između dve tačke, ne uračunavajući promene koje se dešavaju u sve tri dimenzije. Zbog toga istraživači uvode nove modele i tehnike ispitivanja. U cilju procene dimenzionalne stabilnosti i preciznosti elastomera merenja referentnih rastojanja se vrše na osnovu modela dobijenih otiskivanjem master modela koji simulira ispreparisane zube za fiksne nadoknade ili kompletni zubni luk. (34,103,134,136,257)

U nekim studijama, pored standardizovane korišćene su i posebne modle da bi se ukazalo na dimenzionalne promene elastomera koje se dešavaju u sve tri dimenzije. (201,206)

Ender i Mehl takođe ističu značaj trodimenzionalne verodostojnosti i preciznosti otisaka. Oni su novim skenerom vršili procenu 3D tačnosti konvencionalnih i digitalnih otisaka kompletnog zubnog luka. Njihova studija je pokazala da su se konvencionalni otisci pokazali preciznijim i verodostojnijim u odnosu na digitalne otiske. Autori smatraju da digitalni otisci ne mogu još uvek potpuno da zamene konvencionalne otiske u cilju izrade protetskih nadoknada. (285)

8.2.1. Komparativna analiza merenja po ISO 4823 i fotometrijskih merenja

U prethodnom istraživanju (219), u analizi dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala, korišćen je model gornje vilice od epoksi smole gde su tri zuba (sekutić, premolar i molar) ispreparisana za metalokeramičku krunu. Otiskivanje je vršeno individualnom kašikom premazanom odgovarajućim adhezivom. Otisci su odvajani od otisnute površine pokretima rotacije i translacije. Na ovaj način je simulirana situacija koja se dešava u kliničkoj praksi. Uzorci ispitivanih adicionih i kondenzacionih silikona izrađeni su i iz modle prema odgovarajućem standardu ISO 4823. Analiza dimenzionalnih promena vršena je direktno na otiscima, fotometrijskim metodama čija je primena u stomatologiji nova i prvi put su korišćene kao originalne metode u okviru magistarske teze autora pod nazivom „Analiza dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala“. (129)

U okviru ove doktorske disertacije vršena je analiza dimenzionalnih promena elastomernih otisnih materijala specijalnim metodama obrade digitalne fotografije u fotometrijskom i FFT domenu kao i prema metodi koju preporučuje ISO 4823. Merenja su vršena na uzorcima elastomernih otisnih materijala dobijenim iz standardizovane modle prema ISO 4823. Nije bilo neophodno korišćenje kašike za otiskivanje, adhezivnih sredstava niti gipsa što bi dodatno komplikovalo eksperiment i uvodilo nove varijable koje mogu uticati na dimenzionalnu stabilnost ispitivanih materijala. Stoga, dimenzionalne promene elastomera u ovoj studiji isključivo su posledica promena u samom otisnom materijalu.

Ispitivanja dimenzionalnih promena elastomera shodno metodi koju preporučuju važeći standardi baziraju se na linearnom merenju rastojanja između referentnih linija pomoću mikroskopa sa pokretnim postoljem sa hodom od najmanje 27mm i submilimetarskom skalom preciznosti 0,01mm.

Greške nastale merenjem prema ISO standardu, pomoću mikroskopa, su veće iz više razloga:

Prvi razlog je hod mikroskopa. Korišćenjem resetovanja izbegnuto je pojavljivanje histerezisa i kompenzovani su efekti potencijalnih proklizavanja.

Drugi razlog je paralaksa koja nastaje čitanjem. Ne može sa sigurnošću da se garantuje apsolutna vertikalnost USB lupe mikroskopa bazirane na HP 4310 WEB kameri rezolucije 1280x720px, na nonijus postolju preciznosti 0,01mm, sa nepokretnim uzorkom.. Ukoliko je lupa mikroskop pod uglom pravi se paralaksa tokom snimanja, ali to variranje ne pokazuje statistički značajne razlike.

Treći razlog je uticaj operatora. Najveći uticaj operatora je na brzinu pokretanja klizača. Merenja ručno vođenim mikrometrima i mikroskopima sa stočićem i submilimetarskom skalom podložna su brojnim greškama koje su u vezi sa hodom klizača koji može da napravi i prebačaj usled naglog okretanja i podbačaj usled sporog okretanja. Referentna metoda je podrazumevala variranje operatora i njegovih subjektivnih sudova o detektovanoj promeni, o brzini pokretanja klizača. Nevertikalnost lupe mikroskopa takođe spada u domen individualnih merenja. U ovom slučaju variranja dobijen rezultat koji je u skladu sa preporukama standarda. Pokazalo se da uticaj individualnih merenja povezanih sa umorom, uznemirenošću i uopšte dnevnim ritmom operatora nije od statističkog značaja ($F=1,13$, $p=0,37$).

Četvrti i najveći momenat zbog čega linearno merenje nije reprezentativno je taj što se na otisku uočava dimenzionalna promena u jednom smeru.

Prednost ispitivanja dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala metodom obrade digitalne fotografije u fotometrijskom i FFT domenu, predstavlja mogućnost automatizovanog snimanja digitalnim fotoaparatom Canon G9 koji ima mogućnost da fotografiše direktno sa računara i čija je pozicija fiksirana na postolju. Na taj način nastaje statistički dovoljan broj uzoraka fotografija koji omogućavaju da se sa kvalitetnom statističkom značajnošću utvrdi uticaj odgovarajućeg parametra sa visokom tačnošću. Tokom merenja podaci su skladišteni u računaru, a njihova obrada je automatska. Velika prednost ovog načina merenja je i ta što se promena prati direktno na elastomernom otisnom materijalu i na celoj površini otiska.

Ovakvim načinom merenja na otiscima dobijenim iz standardizovane modle stvara se mogućnost preciznijeg merenja i postiže finija analiza kojom se omogućava filtriranje podataka gde su dobijene vrednosti sa manjim standardnim devijacijama. Primećeno je da brušenjem materijala (nerđajućeg čelika) od koga je izrađena standardizovana modla,

nastaju koncentrični krugovi koji predstavljaju dobar reper za automatska merenja bazirana na analizi digitalne fotografije, za razliku od metode ispitivanja dimenzionalne stabilnosti elastomera putem merenja rastojanja između profilisanih žlebova na modli shodno metodi koju preporučuju važeći standardi. Manju osetljivost i anizotropiju bi pokazivali paralelni žlebovi koji bi nastali linearnim brusnim pokretima.

Prednosti FFT metoda u odnosu na primenjene fotometrijske metode, izuzetno su naglašene u domenu automatske eliminacije pripadajućeg šuma na fotografijama, koji su inicijalno svakom čisto fotometrijskom metodom inkorporirani u dobijene mere nesličnosti, bez mogućnosti da se bez kalibracionog postupka šum efikasno eliminiše. Prednost im je i u veoma osetljivom mehanizmu za detekcije promene oblika u statističkom domenu, a to je izvorno izrazita prednost baš u merenjima na fotografijama (uzorcima) koje imaju u sebi detalje potpuno proizvoljnih oblika, što je od većeg značaja kod otisaka zuba.

Prednosti metoda korišćenih u ovom istraživanju u odnosu na druge navedene u brojnim referencama, ogledaju se u tome da se radila izvorno dvodimenzionalna analiza promena u celom vidnom polju, a finom analizom boja i tonova u oblastima senke dobijala se trodimenzionalna analiza.

Druga prednost je u tome što je merenje realizovano u velikom broju tačaka. Postignuta je visoka reproducibilnost i mogla je kasnije da se poveća tačnost dobijenih rezultata dimenzionalnih promena poređenjem fotografija po principu svaka sa svakom.

Ovim načinom merenja je omogućena asimptotska numerička analiza koja je omogućila bolji menadžment uzoraka, paralelna merenja (više uzoraka), merenje uzoraka u dužem vremenskom intervalu. Adaptibilna tačnost, u zavisnosti od toga koji detalj želimo da pratimo je i prednost i mana zato što je fiksna veličina fotografije 4000x3000 piksela, tako da imamo fiksnu relativnu grešku od 0,025% (utvrđenu kalibracionom metodom i variranjem parametara).

Realizovanim kalibracionim postupkom je utvrđena reproducibilnost nonijusa koji predstavlja analog submilimetarskoj skali na pokretnom stočiću mikroskopa. U ovom

istraživanju granica tačnosti instrumenta od 0,01mm utvrđena je tako što je više operatora merilo istu modlu i dobijali različite rezultate. Pokazalo se u kojoj meri se svaki operator vraća na centar i koliko je bilo to pomeranje. Iz osipanja rezultata i standardne devijacije dobijena je granica merljivog. Točak na nonijusu nema prazan hod, odnosno nema proklizavanja. Ukoliko postoji proklizavanje pojavljuje se histerezis u pozicioniranju. Granica greške kod fotometrijskog ispitivanja je 0,025%, što znači da je veća preciznost nego kod mikroskopa i nonijus skale gde je 0,08% granica tačnosti u relativnim promenama. Metodologijom prema ISO 4823 koja je primenjena u ovom istraživanju uočava se relativna promena do 0,08%, što predstavlja granicu tačnosti i granicu detekcije promena uopšte. To znači da male dimenzionalne promene koje postoje kod polietara su na granici vidljivog metodom prema ISO 4823. Teško se uočava dimenzionalna promena preparata polietra (PE) koja se meri samo u funkciji vremena. Polietar se metodom prema ISO 4823 tačnije meri samo u dezinficijensima gde on pod uticajem hemijskih supstanci menja svoja svojstva. Takođe su, dimenzionalne promene Kulzer-ovog preparata adicionog silikona (4AS) slabo uočljive ovim načinom merenja. Prednost fotometrijskih metoda je mogućnost uočavanja dimenzionalnih promena kod stabilnih uzoraka kao što je polietar.

Evaluacija fotometrijskih metoda vršena je variranjem brojnih parametara kako u softverskom tako i u eksperimentalnom domenu. Nije moguće u eksperimentu uvek koristiti isti fotoaparat, pa je neophodno bilo utvrditi u kolikoj meri izbor fotoaparata utiče na kvalitet merenja. Uvedeno je variranje čipova i nekih ekspozicionih parametara, variranjem akvizicionih kamera i fotoaparata. Kao i kod izbora fotoaparata, u izmenjenim laboratorijskim uslovima, ne može da se garantuje izbor istih tehnika i uslova, pa je rađeno i variranje žižne daljine.

Teško je postići istu osvetljenost u različitim laboratorijskim ambijentima, pa je bilo važno videti koliko je doprinos ambijentalne osvetljenosti bitan za eksperiment. Činjenica, da uzorak u nekim uslovima može da bude neravnomerno osvetljen u određenom delu, uslovlila bi da se mora utvrditi koliko utiče ambijentalna osvetljenost na eksperiment. Prosečni okvir laboratorijske osvetljenosti prilikom merenja mikroskopom ili fotoaparatom je od 100lx do 300lx.

Takođe, svaki ambijent u laboratoriji može da bude opterećen primesama nekih kolorita tako da reflektovano svetlo koje dolazi na uzorak primi boju okoline. Iz tog razloga je rađeno variranje kolorita pozadine.

U nekim eksperimentalnim uslovima, prilikom snimanja, pogotovo ukoliko se paralelno vrši merenje i pomoću mikroskopa, teško je postaviti aparat u ortogonalni položaj. Zbog toga je neophodno bilo ispitati šta se dešava ukoliko se promeni ugao pod kojim se obavlja akvizicija podataka.

Na taj način dobijeni su rezultati koji su u potpunosti usaglašeni, tako da variranja navedenih parametara ne utiču značajnije na kvalitet rezultata. I u ovom slučaju veća je reproducibilnost rezultata kod otiska dobijenog sa modle nego u slučaju otiska dobijenog sa zubnog luka. (129,219) Treba primetiti da merenja na uzorcima dobijenih sa modle pokazuju veću stabilnost u odnosu na ambijentalno osvetljenje nego uzorci dobijeni sa zubnog luka. Za razliku od fotometrijskih analiza otiska zubnog luka, u ovom slučaju manje je značajno numeričko repositioniranje kamere, pa metode pokazuju daleko veću stabilnost.

Rezultati ovog istraživanja su pokazali da, prilikom variranja parametara u eksperimentalnom domenu, postoji veoma mala statistički značajna razlika samo u funkciji variranja kolorita pozadine i ugla pod kojim je obavljena akvizicija podataka fotometrijskim metodama kod upotrebe fotoaparata Canon G9, (poglavlje 7.9.1., poglavlje 7.11.1.).

Pored navedenih parametara, kada se koriste različiti fotoaparati moguće je vršiti i variranje ISO osetljivosti, ekspozicije i veličine blende, ali u ovom istraživanju to nije rađeno.

Velike vrednosti ISO-a se koriste samo u slučajevima pokretnih uzoraka. Povećanom osetljivošću dobila bi se suvišna granulacija, pa je vrednost ISO-a spuštena na minimum, što znači da su dobijene najkvalitetnije fotografije. Kratke ekspozicije koriste se za brze događaje. Zakonitosti snimanja nepokretnih objekata govore u prilog tome da ove parametre nije potrebno menjati. Opasno je koristiti velike blende za snimanje objekata pod uglom jer bi se gubila dubinska oštrina. Ukoliko bi se varirali ovi parametri gubio bi se kvalitet snimka, pa je njihovo menjanje kontraindikovano.

Fotometrijske metode omogućavaju uočavanje promena na celoj površini uzorka dobijenog iz standardizovane modle prema ISO 4823, a ne samo promenu rastojanja između određenih tačaka. Metodom prema ISO 4823 nije moguće ispitati dimenzionalnu stabilnost na elastomernim otiscima punog zubnog niza, što se u okviru magistarske teze autora pokazalo da je moguće uraditi fotometrijskim metodama. Ispitivanjem dimenzionalne stabilnosti uzoraka elastomera iz standardizovane modle metodom prema ISO 4823 i fotometrijskim metodama u okviru doktorske disertacije autora, pokazalo se da su dobijeni rezultati u granicama greške, što potvrđuje vrednost fotometrijskih ispitivanja dimenzionalnih promena elastomera na otiscima zuba vršenih u okviru magistarske studije autora. Ovim metodama precizno se mogla sagledati dimenzionalna promena elastomera, ali nije bilo moguće uočiti trend dimenzionalne promene, odnosno da li je došlo do kontrakcije ili ekspanzije materijala.

Ovaj nedostatak je prevaziđen uvedenim softverskim variranjem u istraživanje u okviru dokorskog rada. Variranjem algoritama za ekstrakcije pozadine i 3D rekonstrukciju objekta, primenom različitih kompresija pri ekstrakcijama fotografija u merenjima, variranjem dodatnih geometrijskih i kolorimetrijskih transformacija kojima su se preparirali snimci u reproducibilni oblik, nezavisan od načina snimanja ranije opisanim eksperimentalnim varijacijama, nisu dobijeni drugačiji rezultati nego standardnim metodama koje su modifikovane da bi se utvrdio pravac promene. Merenje je nezavisno od variranja parametara u softverskom pogledu, jer osim promena u pravcu, nije se pokazalo da postoje neke ozbiljnije promene dobijenih rezultata.

Metoda ISO 4823 zahteva izradu uzoraka na specifičan način i ne može svuda da se primeni. Fotometrijskim metodama može se vršiti ispitivanje direktno na samom otisnom materijalu, bez potrebe izlivanja gipsanog modela čime bi se uvodile nove greške. Mogućnost procene dimenzionalne promene na bilo kakvom uzorku elastomernog otisnog materijala predstavlja izuzetnu prednost ove metode.

Pošto se pokazalo da su rezultati dobijeni ovom metodom u skladu sa ISO standardom, to znači da se fotometrijske metode mogu primenjivati kao metode u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomera.

Rezultati vezani za dimenzionalne promene ispitivanih otisnih materijala dobijeni standardnom metodom koju preporučuje ISO 4823:2000 i fotometrijskim metodama analizirani su u funkciji vremena, temperature i upotrebljenog dezinficijensa.

Komparativnom analizom merenja prema ISO 4823 i fotometrijskih merenja u funkciji temperature analizirana su tri slučaja i to na 23 °C, na 35 °C i na 40 °C. Dobijeni su rezultati koji govore u prilog potpune saglasnosti različitih metoda merenja u okvirima standarda (ISO 4823) za dimenzionalne stabilnosti uzoraka, a to je 1,5%.

Može se primetiti da se u individualnim merenjima pojedinih uzoraka po standardima ISO 4823 dobijaju rezultati nešto većih vrednosti za 0,1% – 0,5%. Više mogućih razloga postoji za ova odstupanja, a najbitniji je taj što se fotometrijskim metodama praktično vrši merenje na celoj površini, a zatim se stepen promena "prevodi" u linearne dimenzionalne promene, pa je na taj način omogućeno detektovanje "anizotropija" neravnomernih pomeranja u različitim pravcima za razliku od mikroskopije kod koje se vide promene samo u jednoj dimenziji. Drugi razlog je taj što se fotometrijski detektuju i paterni površine koji izlaze iz okvira preferencijalne linije koja se mikroskopski meri, čime se u "usrednjavanje" uključuje znatno veća oblast, na kojoj ne mora postojati istovetni režim promene. Treći razlog je potencijalna preosetljivost fotometrijskih metoda na promene boje, koje u izvesnoj meri mogu biti kompenzatori za detekcije promena.

U svakom slučaju, trendovi temperaturnih zavisnosti dimenzionalne stabilnosti u vremenu jasno su opisane obema metodama sa usrednjenim odstupanjima reda 0.5% maksimalno. Takođe, sve karakteristike dimenzionalnih stabilnosti ispitivanih materijala i njihova uporedna analiza u potpunoj su saglasnosti sa rezultatima dobijenim bilo kojom metodom.

Komparativnom analizom mikroskopskih i fotometrijskih merenja u funkciji primenjenog dezinficijensa analizirana su tri slučaja i primenom Steriguma, NaOCl i Zeta 7 dezinficijensa na 23 °C posle 5min, 30min, 60min i 24h nakon dezinfekcije. Dobijeni su rezultati koji govore u prilog potpune saglasnosti različitih metoda merenja u okvirima standarda za dimenzionalne stabilnosti uzoraka.

Može se primetiti da se u individualnim merenjima pojedinih uzoraka po standardima ISO 4823 dobijaju rezultati nešto većih vrednosti za 0,1% - 0,5%, (poglavlje 7.12.).

Više mogućih razloga postoji za ova odstupanja, a najbitniji je što se fotometrijskim metodama praktično vrši merenje na celoj površini, a zatim se stepen promena "prevodi" u linearne dimenzionalne promene, pa je na taj način isključena mogućnost detektovanja "anizotropija" neravnomernih pomeranja u različitim pravcima. Drugi razlog je taj što se fotometrijski detektuju i paterni površine koji izlaze iz okvira preferencijalne linije koja se mikroskopski meri, čime se u "usrednjavanje" uključuje znatno veća oblast, na kojoj ne mora postojati istovetni režim promene. Treći razlog je potencijalna preosetljivost fotometrijske metode na promene boje, koje u izvesnoj meri mogu biti kompenzatori za detekcije promena. Četvrti, ali ne i najmanje bitan razlog je, taj, što se u slučajevima primenjenih dezinficijensa pojavljuju u izvesnoj meri reakcije na površini uzorka, čime se praktično uzorak za dalja fotometrijska merenja modifikuje. U svakom slučaju, trendovi vremenskih zavisnosti dimenzionalne stabilnosti kod primenjenih dezinficijensa jasno su opisane obema metodama sa usrednjenim greškama reda 0.5% maksimalno. Takođe, sve karakteristike dimenzionalnih stabilnosti materijala u funkciji primenjenog dezinficijensa i njihova uporedna analiza u potpunosti su saglasnosti sa rezultatima dobijenim bilo kojom metodom.

U ovoj disertaciji, komparativnom analizom dve primenjene metode u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomera u funkciji vremena pokazalo se da postoji veoma mala statistički značajna razlika između dve ispitivane grupe ($p=0,103$, $F=2,02$). Prvu grupu čine svi uzorci ispitivanih materijala u svim ispitivanim vremenskim intervalima pri temperaturi od 23°C kod primenjenih fotometrijskih metoda, a drugu grupu svi uzorci ispitivanih materijala u svim ispitivanim vremenima pri temperaturi od 23°C kod primenjene metode prema ISO 4823. Zapažaju se nešto veće vrednosti dimenzionalnih promena kod metode prema ISO 4823 u odnosu na fotometrijske metode ispitivanja. Rekalibrisani sistem u softverskom pogledu uz uvođenje funkcionalne zavisnosti navedenih metoda i ponovljen postupak razvrstavanja po grupama pokazuje da nema statistički značajne razlike između ispitivanih metoda ($p=0,307$, $F=1,24$). Ovim je pokazano da su u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomera, ukoliko se sprovede dodatna rekalibracija, fotometrijske metode pogodne da supstituišu referentnu metodu ISO 4823, (poglavlje 7.12.7.).

Komparativnom analizom dve primenjene metode u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomera u funkciji vremena i temperature pokazalo se da postoji veoma mala statistička razlika između dve ispitivane grupe ($p=0,095$, $F=2,12$). Prvu grupu čine svi uzorci ispitivanih materijala u svim vremenima, na svim ispitivanim temperaturama kod primenjenih fotometrijskih metoda, a drugu grupu svi uzorci ispitivanih materijala u svim vremenima na svim ispitivanim temperaturama kod primenjene metode prema ISO 4823.

Rekalibrisani sistem u softverskom pogledu uz uvođenje funkcionalne zavisnosti navedenih metoda i ponovljen postupak razvrstavanja po grupama pokazuje da nema statistički značajne razlike između ispitivanih metoda ($p=0,300$, $F=1,30$). Ovim je pokazano da su u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomera, ukoliko se sprovede dodatna recalibracija, fotometrijske metode pogodne da supstituišu referentnu metodu ISO 4823, (poglavlje 7.12.7.).

Komparativnom analizom dve primenjene metode u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomera u funkciji vremena i primenjenog dezinficijensa pokazalo se da ne postoji statistički značajna razlika između dve ispitivane grupe ($p=0,145$, $F=1,60$). Prvu grupu čine svi uzorci ispitivanih materijala u svim vremenima i svim ispitivanim dezinficijensima kod primenjenih fotometrijskih metoda, a drugu grupu svi uzorci ispitivanih materijala u svim vremenima i svim ispitivanim dezinficijensima kod primenjene metode prema ISO 4823.

Rekalibrisani sistem u softverskom pogledu uz uvođenje funkcionalne zavisnosti navedenih metoda i ponovljen postupak razvrstavanja po grupama pokazuje da nema statistički značajne razlike između ispitivanih metoda ($p=0,401$, $F=1,05$). Ovim je pokazano da su u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomera, ukoliko se sprovede dodatna recalibracija, fotometrijske metode pogodne da supstituišu referentnu metodu ISO 4823, (poglavlje 7.12.7.).

Podjednako su pouzdani rezultati dobijeni i metodom prema ISO 4823 i fotometrijskim metodama, ali su fotometrijske metode lakše za implementaciju, detektuju promene na celoj površini elastomernog otiska i prilaze svakom mogućem uzorku otisnog materijala, što znači da imaju širu primenu nego ISO metoda. Ukoliko se sprovede dodatna recalibracija, fotometrijske metode su pogodne da supstituišu metodu prema ISO 4823 u ispitivanju dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala.

9. ZAKLJUČCI

1. Veća je preciznost fotometrijskih metoda u odnosu na metodu prema ISO 4823.
2. Fotometrijske metode su portabilnije jer postoji mogućnost ekstenzije pod različitim uslovima (bolje je temperiranje, može da se snima uzorak tokom boravka u vodi i rastvorima dezinficijensa).
3. Dok je ISO 4823 ograničen na merenje samo uzoraka iz modle, pripremljenih na specifičan način, kod fotometrijskih merenja postoji mogućnost direktnog merenja bilo kakvog uzorka otisnog materijala (otisak dobijen iz standardizovane modle ili dobijen otiskivanjem bilo kakvog master modela).
4. Izrazita prednost fotometrijske analize je mogućnost ispitivanja dimenzionalnih promena elastomera direktno i na celoj površini realnih otisaka gornje i donje vilice sa ispreparisanim zubima za protetske nadoknade, što se ne može izvesti metodom po ISO standardu.
5. Pošto ima mogućnost direktnog merenja bilo kakvog uzorka otisnog materijala nema potrebe za izlivanjem modela čime se dodatno komplikuje eksperiment i uvode nove varijable koje utiču na dimenzionalnu stabilnost otisnih materijala.
6. Fotometrijskim metodama se promena uočava na čitavoj površini uzorka, dok se metodom prema ISO 4823 o dimenzionalnoj promeni zaključuje na osnovu merenja rastojanja između dve referentne linije.
7. Fotometrijska analiza je trodimenzionalna, što znači da se uočavaju promene koje se dešavaju u sve tri dimenzije, za razliku od metode prema ISO gde je merenje jednodimenzionalno.

8. Akvizicija podataka fotoaparatom Canon G9 Power Shot je automatska, direktno sa računara.
9. Veća je brzina izvođenja eksperimenta u odnosu na ISO 4823 ili druge metode. Fotometrijske metode su jednostavnije za realizaciju u odnosu na ISO 4823 jer nema operatora koji vrši merenje, tj. okretanja bilo kakvog klizača i mogućih proklizavanja.
10. Ispitivanjem dimenzionalne stabilnosti elastomera fotometrijskim metodama stvara se mogućnost boljeg vladanja eksperimentom i testiranjem.
11. Rezultati promena koje su uočene fotometrijskim metodama i standardnom metodom su u skladu sa dozvoljenim vrednostima prema standardu ISO 4823.
12. Fotometrijskim merenjima i onim prema ISO 4823 detektovana su istovetna ponašanja materijala. To znači da se za svaki materijal oponaša trend koji postoji.
13. Fotometrijske metode su osetljivije tako da kod stabilnih uzoraka otisnih materijala (polietara) postoji bolja mogućnost uočavanja promena ako se primene ove metode.
14. Variranjem parametara u softverskom pogledu, fotometrijskim metodama je moguće utvrditi i smer dimenzionalne promene (ekspanziju, kontrakciju), a ne samo njen iznos.
15. Fotometrijske metode mogu da budu supstitucija metodi koju preporučuje ISO 4823.

LITERATURA

1. Preben Howarth, Danish Fundamental Metrology Ltd, Denmark; Fiona Redgrave, National Physical Laboratory, United Kingdom. Metrology - in short. 3rd ed. Euramet project 1011; 2008 [preuzeto 07.11.2012.]. Dostupno na: <http://www.npl.co.uk/upload/pdf/metrologyinshort.pdf>
2. Phillips RW. Skinner's Science of Dental Materials. 9th ed. Philadelphia: WB: Saunders Co.; 1991.
3. Hamalian TA, Nasr E, Chidiac JJ. Impression Materials in Fixed Prosthodontics: Influence of Choice on Clinical Procedure. J Prosthodont. 2011;20(2):153-60.
4. Rubel BS. Impression materials:a comparative review of impression materials most comonly used in restorative dentistry. Dent Clin North Am. 2007;51(3): 629-642.
5. Stamenković D, Obradović-Đuričić K, Ivanović V, Vulićević ZR, Marković D, Todorović A, et al. Stomatološki materijali. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet; 2009.
6. Cowie RR. Understanding impression materials and techniques. Dent Today. 2007;26(3):108,110-111.
7. Standardisation IOF. ISO 4823:2000. Dentistry-Elastomeric Impression Materials. Geneva,Switzerland 2004.
8. Revised American Dental Association Specification no. 19 for Non-aqueous, Elastomeric Dental Impression Materials. J Am Dent Assoc. 1977;94(4):733-41.
9. Guerini V. A History of Dentistry. Philadelphia & New York, Lea & Febiger; 1909. pp. 241-242,305-6.
10. Bremner MDK. The Story of Dentistry. New York & London, Dental Items Of Interest Pub Co.; 1958. pp.91, 222,225-6.
11. Delabarre CF. A Treatise on the Mechanical part of the Art of the Dentist. Paris, 1820.

12. Hoffmann-Axthelm W. History of Dentistry. Chicago: Quintessence Pub. Co. Inc.; 1981. pp. 268,284.
13. Samuel S. White. American Academy of Dental Science, A History Of Dental And Oral Science In America. Philadelphia, 1876. pp. 46-7.
14. Harris CA. A Dictionary of Dental Science. Philadelphia, Lindsay & Blakiston. 1849. pp. 385-6.
15. Maury F. Treatise on The Dental Art. Philadelphia, Lea & Blanchard, 1843. pp. 189-90.
16. Wilson GHA. Manual of Dental Prosthetics. Philadelphia & NY, 1911. pp. 56-63.
17. Lufkin AW. A History Of Dentistry. Philadelphia, Lea & Febiger, 1938. pp. 214-6.
18. Craddock EW. Prosthetic Dentistry. St. Louis, Mosby, 1951. pp. 62-6.
19. Heartwell CM. Syllabus of Complete Dentures. Philadelphia, Lea & Febiger, 1968. pp. 136-8.
20. Pearson SL. A New Elastic Impression Material: A preliminary report. Br Dent J. 1955;99:72-6.
21. Vujošević LJ, Stamenković D, Obradović-Đuričić K, Pavlović G, Popović G. Stomatološki materijali. Beograd: Medicinska knjiga-Medicinske komunikacije; 1997.
22. Mandikos MN. Polyvinyl siloxane impression materials:an update on clinical use. Aust Dent J. 1998;43(6):428-434.
23. Glenner RA. Dental impressions. J Hist Dent. 1997;45(3):127-30.
24. Hussein LA. Accuracy of Optimized Rubber Base Impression Materials (Linear and Surface Analysis). Aust J Basic&Appl Sci 2014;8(1):543-551.
25. Craig RG, Powers JM. Restorative dental materials. St. Louis: Mosby; 2002.
26. Powers JM, Wataha JC. Dental materials-properties and manipulation. 7 th ed. St. Louis : Mosby;2000.pp.139-40,162-177.
27. Blomberg PAH, Mahmoud S, Smales RJ, Makinson OF. Comparative elasticity tests for elastomeric (non putty) impression materials.Aust Dent J. 1992;37:346-52.

28. Panichuttra R, Jones RM, Goodacre C, Munoz CA, Moore KB. Hydrophilic polyvinyl siloxane impression materials dimensional accuracy, wettability and effect on gypsum hardness. *Int J Prosthodont.* 1991;4:240-48.
29. Corso M, Abanomy A, Di Canzio J, Zurakowski D, Morgano SM. The effect of temperature changes on the dimensional stability of polyvinyl siloxane and polyether impression materials. *J Prosthet Dent.* 1998;79:626-31.
30. Rios MP, Morgano SM, Stein RS, Rose L. Effects of chemical disinfectant solutions on the stability and accuracy of the dental impression complex. *J Prosthet Dent.* 1996;76:356-62.
31. Seyedan K, Sazegara H, Kalalipour M, Alavi K. Dimensional accuracy of polyether and polyvinyl siloxane materials for different implant impression technique. *Res J Appl Sci.* 2008;3(3):257-63.
32. Pant R, Juszczuk AS, Clark RKF, Radford DR. Long-term dimensional stability and reproduction of surface detail of four polyvinyl siloxane duplicating materials. *J Dent.* 2008;36:456-61.
33. Chen SY, Liang WM, Chen FN. Factors affecting the accuracy of elastomeric impression materials. *J Dent* 2004;32:603-9.
34. Eames WB, Wallace SW, Suway NB, Rogers LB. Accuracy and dimensional stability of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent.* 1979;42:159–162.
35. Ceyhan JA, Johnson GH, Lepe X. The effect of tray selection, viscosity of impression material and sequence of pour on the accuracy of dies made from dual arch impressions. *J Prosthet Dent.* 2003;90:143–149.
36. Dykema RW, Goodacre CJ, Phillips RW. Impressions and records for indirect procedures in Johnston's modern practice in fixed prosthodontics, 4th edn. W.B. Saunders, Philadelphia, 1986; pp 110–129.
37. Mondon M, Ziegler C. Changes in water contact angles during the first phase of setting of dental impression materials. *Int J Prosthodont.* 2003;16:49–53.
38. Chai JY, Yeung TC. Wettability of non aqueous elastomeric impression materials. *Int J Prosthodont.* 1991;4:555–560.
39. Galindo D, Hagan ME. Procedure to prevent cast breakage during separation from elastomeric impressions. *J Prosthet Dent.* 1999;81:37-8.

40. Craig RG, O'Brien WJ, Powers JM. Dental materials: properties and manipulation, 5th edn. Mosby Inc., 1996; St Louis.
41. Berg JC, Johnson GH, Lepe X, Adan-Plaza S. Temperature effect on the rheological properties of current polyether and polysiloxane impression materials during setting. *J Prosthet Dent.* 2003;90:150–161.
42. Lu H, Nguyen B, Powers JM. Mechanical properties of three hydrophilic addition silicone and polyether elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent.* 2004;92:151–154.
43. Livaditis GJ. Comparison of the new matrix system with traditional fixed prosthodontic impression procedures. *J Prosthet Dent.* 1998;79:200–207.
44. Livaditis GJ. The matrix impression system for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent.* 1998;79:208–216.
45. Johnson GH, Lepe X, Aw TC. The effect of surface moisture on detail reproduction of elastomeric impressions. *J Prosthet Dent.* 2003;90:354–64.
46. Petrie CS, Walker MP, O'Mahony AM, Spencer P. Dimensional accuracy and surface detail reproduction of two hydrophilic vinyl polysiloxane impression materials tested under dry, moist, and wet conditions. *J Prosthet Dent.* 2003;90:365–72.
47. O'Brien WJ. Dental materials and their selection. 3rd edn, IL Quintessence Publishing Co Inc., 2002.
48. Council on dental materials, instruments and equipments: vinyl polysiloxane impression materials: a Status Report. *J Am Dent Assoc.* 1990;120(5):595–6,598,600.
49. Wassel R W, Ibbetson R J. The accuracy of polyvinyl siloxane impression made with standard and reinforced stock tray. *J Prosthet Dent.* 1991;65(6):748–57.
50. Powers JM, Farah JW. Elastomeric Impression Materials. *The Dental Advisor.* 2003;20(10):88.
51. Al-Zarea BK, Sughaireen MG. Comparative Analyses of Dimensional Precision of Different Silicone Impression Materials. *J Contemp Dent Pract.* 2011;12(3):208–215.
52. Clancy J, Scandrett FR, Ettinger RL. Long-term dimensional stability of three current elastomers. *J Oral Rehab.* 1983;10:325–333.

53. Varjão FM. Use of transparent vinyl polysiloxane in a minimally invasive approach for creating composite resin undercuts for partial removable dental prostheses. *J Prosthet Dent.* 2012;107:55-58.
54. Barwacz CA, Fakhry A. Use of a vinyl polysiloxane (VPS) indicator material to block out proximal undercuts during fabrication of fixed provisional restorations. *J Prosthet Dent.* 2012;107:132-133.
55. Hsu Y. Use of polyvinyl siloxane material for an altered cast impression tray. *J Prosthet Dent.* 2014;112:695-696.
56. Nassar U, Oko A, Adeeb S, El-Rich M, Flores-Mir C. An in vitro study on the dimensional stability of a vinyl polyether silicone impression material over a prolonged storage period. *J Prosthet Dent.* 2013;109:172-178.
57. Mc Cabe JF, Carrick TE. Rheological properties of elastomers during setting. *J Dent Res.* 1989;68(8):1218-1222.
58. Chai J, Pang I, Leong D, Kim JE, Torres P. An investigation of the Rheological Properties of 10 Vinyl-Polysiloxane Impression Materials. *JProsthodont.* 1993;2(3):167-173.
59. Wilson HJ. Elastomeric impression materials:The setting material. *Br Dent J.* 1996; 121.
60. Inoue K, Wilson HJ. Viscoelastic properties of elastomeric impression materials. *J Oral Rehabil.* 1978;5:89-94.
61. Cook WD. Rheological studies of the polymerization of elastomeric impression materials. I.Network structure of the set state. *J Biomed Mater Res.* 1982; 16:315-330.
62. Cook WD. Rheological studies of the polymerization of elastomeric impression materials.II.Viscositymeasurements. *J Biomed Mater Res.* 1982;16:331-334.
63. McCabe JF, Arikawa H. Rheological properties of elastomeric impression materials before and during setting. *J Dent Res.* 1998;77(11):1874-1880.
64. Tan E, Chai J. Working times of elastomeric impression materials according to dimensional stability and detail reproduction. *Int J Prosthodont.* 1995;8:541-7.
65. Anusavice KJ. Phillip's Science of dental materials.11th ed. Philadelphia:WB Saunders Co:2003.

66. Lawson NC, Burgess JO, Litaker MS. Tensile elastic recovery of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent* 2008;100:29-33.
67. Klooster J, Logan GI, Tjan AH. Effects of strain rate on the behavior of elastomeric impression. *J Prosthet Dent*. 1991;66:292-8.
68. Balkenhol M, Haunschild S, Erbe C, Wöstmann B. Influence of prolonged setting time on permanent deformation of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent*. 2010;103:288-294.
69. Chee WW, Donovan TE. Polyvinyl siloxane impression materials: a review of properties and techniques. *J Prosthet Dent*. 1992;68:728-32.
70. Blatz MB, Sadan A, Burgess JO, Mercante D, Hoist S. Selected characteristics of a new polyvinyl siloxane impression materialda randomized clinical trial. *Quintessence Int*. 2005;36:97-104.
71. Kahn RL, Donovan TE, Chee WW. Interaction of gloves and rubber dam with a poly(vinyl siloxane) impression material: a screening test. *Int J Prosthodont*. 1989;2:342-6.
72. Kimoto K, Tanaka K, Toyoda M, Ochiai KT. Indirect latex glove contamination and its inhibitory effect on vinyl polysiloxane polymerization. *J Prosthet Dent*. 2005;93:433-8.
73. Ravikumar C M, Sangur R. Effect of five brands of latex gloves on the setting time of polyvinyl siloxane putty impression materials. *Indian J Dent Res*. 2012;23:209-12.
74. Walid Y, Al-Ani Z, Gray R. Silicone impression materials and latex gloves. Is interaction fact or fallacy? *Dent Update*. 2012;39(1):39-42.
75. Jones RH, Cook GS, Moon MG. Effect of provisional luting agents on polyvinyl siloxane impression material. *J Prosthet Dent*. 1996;75:360-3.
76. Moon MG, Jarrett TA, Morlen RA, Fallo GJ. The effect of various base/core materials on the setting of a polyvinyl siloxane impression material. *J Prosthet Dent*. 1996;76:608-12.
77. Sabio S, Franciscone PA, Mondelli J. Effect of conventional and experimental gingival retraction solutions on the tensile strength and inhibition of polymerization of four types of impression materials. *J Appl Oral Sci*. 2008;16:280-5.

78. O'Mahony A, Spencer P, Williams K, Corcoran J. Effect of 3 medicaments on the dimensional accuracy and surface detail reproduction of polyvinyl siloxane impressions. *Quintessence Int.* 2000;3:201-6.
79. Machado CE, Guedes CG. Effects of sulfurbased hemostatic agents and gingival retraction cords handled with latex gloves on the polymerization of polyvinyl siloxane impression materials. *J Appl Oral Sci.* 2011;19:628-33.
80. Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ Jr, Stamatides P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc.* 1998;129: 567-77.
81. Al-Sayed HD, Al-Resayes SS, Jamjoom FZ, Al-Sowygh ZH. The effect of various core build-up materials on the polymerization of elastomeric impression materials. *KSUJDS* 2013;4:71-5.
82. Al-Sowygh ZH. The effect of various interim fixed prosthodontic materials on the polymerization of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent.* 2014;112:176-181.
83. Allen AL, Organ RJ. Occult blood accumulation under the fingernails: A mechanism for the spread of blood-borne infection. *J Am Dent Assoc.* 1982; 105: 455-9.
84. DermNet NZ [Internet]. DermNet New Zealand Trust; 2013 [preuzeto 25.01.2015]. Dostupno na: <http://www.dermnetnz.org/>
85. Baumann MA. The influence of dental gloves on the setting time of impression materials. *Br Dent J.* 1995;179:130-5.
86. Kahn RL, Donovan TE. A pilot study of polymerization inhibition of poly (vinyl siloxane) materials by latex gloves. *Int J Prosthodont.* 1989;2:128-30.
87. Ravikumar C M, Sangur R. Effect of five brands of latex gloves on the setting time of polyvinyl siloxane putty impression materials. *Indian J Dent Res.* 2012;23:209-12.
88. Reitz CD, Clark NP. The setting of vinyl polysiloxane and condensation silicone putties when mixed with gloved hands. *J Am Dent Assoc.* 1998;116(3):371-375.
89. Tomaszewska IM. Effect of latex gloves, vinyl gloves and latex dental-dams on the setting of polyvinyl siloxane impression materials. *Stoma J.* 2014;67(1):44-51.

90. Noonan JE, Goldfogel MH, Lambert RL. Inhibited set of the surface of addition silicones in contact with rubber dam. *Oper Dent.* 1985; 10: 46-8.
91. Chee WW, Donovan TE, Kahn RL. Indirect inhibition of polymerization of a polyvinyl siloxane impression material: a case report. *Quintessence Int.* 1991;22(2):133-135.
92. Browning GC, Bromme JC Jr, Murchison DF. Removal of latex glove contaminants prior to taking polyvinylsiloxane impressions. *Quintessence Int.* 1994; 25(11):787-790.
93. Al-Ani A, Bennani V, Chandler NP, Lyons KM, Thomson WM. New Zealand dentists' use of gingival retraction techniques for fixed prosthodontics and implants. *N Z Dent.* 2010;106:92-6.
94. Bennani V, Schwass D, Chandler N. Gingival retraction techniques for implants versus teeth. *J Am Dent Assoc.* 2008;139:1354-63.
95. Felpel LP. A review of pharmacotherapeutics for prosthetic dentistry: part I. *J Prosthet Dent.* 1997;3:285-92.
96. Nowakowska D, Panek H. Classification of retraction materials in the aspect of biocompatibility with gingival sulcus environment. *Polish J Environ Stud.* 2007;16:204-8.
97. Cloyd S, Puri S. Using the double-cord packing technique of tissue retraction for making crown impressions. *Dent Today.* 1999;18:54-9.
98. Nowakowska D, Raszewski Z, Saczko J, Kulbacka J, Wieckiewicz W. Polymerization time compatibility index of polyvinyl siloxane impression materials with conventional and experimental gingival margin displacement agents. *J Prosthet Dent.* 2014;112:168-175.
99. Nowakowska D, Raszewski Z. Effect of gingival margin retraction agents on the polymerization time of the vinylsiloxanether impression elastomer in rheometer study. *J Stoma.* 2011;64:887-94.
100. Tachibana K, Kuroe T, Tanino Y, Satoh N, Ohata N, Sano H, et al. Effects of incremental curing on contraction stresses associated with various resin composite buildups. *Quintessence Int.* 2004;35:299-306.
101. The glossary of prosthodontic terms. *J Prosthet Dent.* 2005;94:10-92.

102. Fano V, Gennari PU, Ortalli I. Dimensional stability of silicone-based impression materials. *Dent Mater.* 1992;8:105-109.
103. Lacy AM, Bellman T, Fukui H, Jendersen MD. Time-dependent accuracy of elastomer impression materials. Part I: Condensation silicones. *J Prosthet Dent.* 1981;45: 209-214.
104. Pandey A, Mehtra A. Comparative study of Dimensional stability and accuracy of various elastomeric materials. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences* 2014;13(3):40-45.
105. Singh K, Sahoo S, Prasad KD, Goel M, Singh A. Effect of Different Impression techniques on the Dimensional Accuracy of Impressions using Various Elastomeric Impression Materials: An in vitro Study. *J Contemp Dent Pract.* 2012;13(1):98-106.
106. Kumar MP, Patil SG, Dheeraj B, Reddy K, Goel D, Krishna G. A comparison of accuracy of matrix impression system with putty reline technique and multiple mix technique: An in vitro study. *J Int Oral Health.* 2015;7(6):48-53.
107. Nissan J, Gross M, Shifman A, Assif D. Effect of wash bulk on the accuracy of polyvinyl siloxane putty-wash impressions. *J Oral Rehabil.* 2002;29:357-361.
108. Chugh A, Arora A, Singh VP. Accuracy of Different Putty-Wash Impression Techniques with Various Spacer Thickness. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2012;5(1):33-38.
109. Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brachett SE. *Fundamental of Fixed Prosthodontics*, Third edition, Quintessence Publishing Co., Inc., Chicago 1997; 290-292 .
110. Cho GC, Donovan TE, Chee WW, White SN. Tensile bond strength of polyvinyl siloxane impressions bonded to a custom tray as a function of drying time: part I. *J Prosthet Dent.* 1995;73:419-423.
111. Nicholson JW, Porter KH, Dolan T. Strength of tray adhesives for elastomeric impression materials. *Oper Dent.* 1985;10: 12-16.
112. Soulong MZ, Setchell DJ. Properties of the tray adhesive of an addition polymerizing silicone to impression tray materials. *J Prosthet Dent.* 1991;66:743-747.

113. Dixon DL, Breeding LC, Bosser MJ, Nafso AJ. The effect of custom tray material type and surface treatment on the tensile bond strength of an impression material/adhesive system. *Int J Prosthodont.* 1993;303-306.
114. Payne JA, Pereira BP. Bond strength of two nonaqueous elastomeric impression materials bonded to two thermoplastic resin tray materials. *J Prosthet Dent.* 1995;74: 563-568.
115. Bindra B, Heath JR. Adhesion of elastomeric impression materials to trays. *J Oral Rehabil.* 1997;24:63-69.
116. Peregrina A, Land MF, Wandling C, Johnston WM. The effect of different adhesives on vinyl polysiloxane bond strength to two tray materials. *J Prosthet Dent.* 2005;94:209-213.
117. Fehling AW, Hesby RA, Pelleu GB Jr. Dimensional stability of autopolymerizing acrylic resin impression trays. *J Prosthet Dent.* 1986;55:592-597.
118. Maruo Y, Nishigawa G, Oka M, Minagi S, Irie M, Suzuki K. Tensile bond strength between custom tray and elastomeric impression material. *Dent Mater. J* 2007; 26(3):323-328.
119. Moseley JP, Dixon DL, Breeding LC. Custom impression trays. Part III: A stress distribution model. *J Prosthet Dent.* 1994;71:532-538.
120. Endo T, Finger WJ. Evaluation of the elastic recovery of polyether impression materials. *Am J Dent.* 2005;18:355-60.
121. Sotiriou M, Hobkirk JA. An in vivo investigation of seating and removal forces associated with recording impressions in dentate patients. *J Prosthet Dent.* 1995;74:455-62.
122. Laufer BZ, Baharav H, Ganor Y, Cardash HS. The effect of marginal thickness on the distortion of different impression materials. *J Prosthet Dent.* 1996;76:466-71.
123. Klooster J, Logan GI, Tjan AH. Effects of strain rate on the behavior of elastomeric impression. *J Prosthet Dent.* 1991;66:292-8.
124. Omori K, Arikawa H, Inoue K. An evaluation of elastomeric impression materials based on surface compressive strength. *J Oral Rehabil.* 2001;28:320-7.

125. Dixon DL, Breeding LC, Moseley JP. Custom impression trays.Part II:Removal forces. *J Prosthet Dent.* 1994;71:316-318.
126. Collard EW, Caputo AA, Standlee JP, Trabert KC. Dynamic stresses encountered in impression removal. *J Prosthet Dent.* 1973;29:498-506.
127. Burton JF, Hood JA, Plunkett DJ, Johnson SS. The effect of disposable and custom-made impression trays on the accuracy of impressions. *J Dent.* 1989;17:121-123.
128. Hoyos A, Soderholm KJ. Influence of tray rigidity and impression technique on accuracy of polyvinyl siloxane impressions. *Int J Prosthodont.* 2011;24:49-54.
129. Sinobad T. Analiza dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala [magistarski rad]. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet; 2010.
130. Chew CL, Chee WW, Donovan TE. The influence of temperature on the dimensional stability of polyvinyl siloxane impression material. *Int J Prosthodont.* 1993; 6:528-32.
131. Purk JH, Wiles MG, Tira DE, Eick JD, Hung SH. The effects of different storage conditions on the polyether and polyvinylsiloxane impression materials. *J Am Dent Assoc.* 1998;129:1014-21.
132. Kambhampati S, Subhash V, Vijay C, Das A. Effect of temperature changes on the dimensional stability of elastomeric impression materials. *J Int Oral Health.* 2014;6(1):12-19.
133. Maria GA, Sanette MS. The effect of temperature on linear dimensional stability of elastomers. *J Res Dent.* 2014;2:6-12.
134. Lacy AM, Fukui H, Bellman T, Jendersen MD. Time dependent accuracy of elastomer impression materials. Part II: Polyether, polysulfides, and polyvinylsiloxane. *J Prosthet Dent.* 1981;45:329-333.
135. Marcinak CF, Draughn RA. Linear dimensional changes in addition curing silicone impression materials. *J Prosthet Dent.* 1982;47:411-413.
136. Williams PT, Jackson DG, Bergman W. An evaluation of the time-dependent dimensional stability of eleven elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent.* 1984; 52:120-122.

137. Kashani HG, Khera SC, Gulker IA. The effects of bevel angulation on marginal integrity. *J Am Dent Assoc.* 1981;10:882.
138. Rutala WA, Weber DJ, Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities, 2008. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2008. p.20-21, 88-89,104-105.
139. Sofou A, Larsen T, Owall B, Fiehn NE. In vitro study of transmission of bacterial from contaminated metal models to stone models via impressions. *Clin Oral Investig.* 2002;6:166-170.
140. Samaranayake LP, Hunjan M, Jennings KJ. Carriage of oral flora on irreversible hydrocolloid and elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent.* 1991;65:244-249.
141. Centers for Disease Control. Recommended Infection-Control Practices for Dentistry, 1993. *MMWR* 1993;41:1-12.
142. Estafanous EW, Palenik CJ, Platt JA. Disinfection of Bacterially Contaminated Hydrophilic PVS Impression Materials. *J Prosthodont.* 2012;21(1):16-21.
143. ADA Council on Scientific Affairs and ADA Council on Dental Practice. Infection control recommendations for the dental office and the dental laboratory. *J Am Dent Assoc.* 1996;127(5):672-80.
144. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment, Council on Dental Practice, and Council on Dental Therapeutics: Infection control recommendations for the dental office and the dental laboratory. *J Am Dent Assoc.* 1988;116:241-248.
145. Cottone JA, Young JM, Dinyarian P. Disinfection/sterilization protocols recommended by manufacturers of impression materials. *Int J Prosthodont.* 1990;3: 379-383.
146. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment, Council on Dental Therapeutics: Infection control recommendations for the dental office and the dental laboratory. *J Am Dent Assoc.* 1992; (Suppl): 1-8.
147. Cottone JA, Terezhalmay TT, Molinari JA. Practical infection control in dentistry. 2nd edn. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 1996; pp.273.

148. Kohn WG, Collins AS, Cleveland JL, Harte JA, Eklund KJ, Malvitz DM. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Guidelines for infection control in dental health-care settings-2003. *MMWR Recomm Rep.* 2003;52(RR 17):1-61.
149. Stober T, Johnson GH, Schmitter M. Accuracy of the newly formulated vinyl siloxanether elastomeric impression material. *J Prosthet Dent.* 2010;103(4):228-39.
150. Stern MA, Johnson GH, Toolson LB. An evaluation of dental stones after repeated exposure to spray disinfectants. Part I: abrasion and compressive strength. *J Prosthet Dent.* 1991;65:713-718.
151. Holtan JR, Olin PS, Rudney JD. Dimensional stability of a polyvinylsiloxane impression material following ethylene oxide and steam autoclave sterilization. *J Prosthet Dent.* 1991;65:519-525.
152. Funsaka M, Kawada E, Oda Y. Dimensional stability and accuracy of elastomeric impression materials following steam autoclave sterilization. *J Tokyo Dent Coll Soc.* 1999;99:193-205.
153. Surendra GP, Anjum A, Babu CLS, Shetty S. Evaluation of dimensional stability of autoclavable elastomeric impression material. *J Indian Prosthodont Soc.* 2011;11(1):63-66.
154. Thota KK, Jasthi S, Ravuri R, Tella SA. Comparative Evaluation of the Dimensional Stability of Three Different Elastomeric Impression Materials after Autoclaving – An In vitro Study. *J Clin Diagn Res.* 2014;8(10):ZC48-ZC50.
155. Millar BJ, Deb S. Effect of Autoclave Sterilisation on the Dimensional Stability and Tear Strength of Three Silicone Impression Materials. *Open Journal of Stomatology* 2014;4:518-526. <http://dx.doi.org/10.4236/ojst.2014.412069>
156. Deb S, Etemad-Shahidi S, Millar BJ. Dimensional Stability of Autoclave Sterilised Addition Cured Impressions and Trays. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2014;22:35-42.
157. Choi YR, Kim KN, Kim KM. The disinfection of impression materials by using microwave irradiation and hydrogen peroxide. *J Prosthet Dent.* 2014;112:981-987.

158. Ishida H, Nahara Y, Tamamoto M, Hamada T. The fungicidal effect of ultraviolet light on impression materials. *J Prosthet Dent.* 1991;65:532-535.
159. Godbole SR, Dahane TM, Patidar NA, Nimonkar SV. Evaluation of the Effect of Ultraviolet Disinfection on Dimensional Stability of the Polyvinyl Silioxane Impressions. an in-Vitro Study. *J Clin Diagn Res.* 2014;8(9):ZC73-ZC76.
160. Hesby RM, Haganman CR, Stanford CM. Effects of radiofrequency glow discharge on impression material surface wettability. *J Prosthet Dent.* 1997;77:414-22.
161. Lucas MG, Arioli JN, Nogueira SS, Batista AU, Pereira RD. Effect of Incorporation of Disinfectant Solutions on Setting Time, Linear Dimensional Stability, and Detail Reproduction in Dental Stone Casts. *J Prosthodont.* 2009;18(6):521-6.
162. Flanagan DA, Palenik CJ, Setcos JC, Miller CH. Antimicrobial activities of dental impression materials. *Dent Mater.* 1998;14:399-404.
163. Oda Y, Matsumoto T, Sumii T. Evaluation of dimensional stability of elastomeric impression materials during disinfection. *Bull Tokyo Dent Coll.* 1995;36:1-7.
164. Vlahova AP, Kisov CK, Popova EV, Haydushka IA, Mantareva VN. A new method for photodynamic disinfection of prosthetic constructions and impressions in prosthetic dentistry. *Folia Med (Plovdiv).* 2012;54(1):51-57.
165. Vlahova A, Kissov C, Popova E. Photodynamic disinfection of dental impressions as a new competitive method to the conventional cleansing procedures. *J Anal Oncol.* 2012;1(2):187-191.
166. CDC. Recommended infection-control practices for dentistry, 1993. *MMWR* 1993; 42(RR-8).
167. Almortadi N, Chadwick RG. Disinfection of dental impressions - compliance to accepted standards. *Br Dent J.* 2010;209(12):607-11.
168. Giammanco GM, Melilli D, Rallo A, Pecorella S, Mammina C, Pizzo G. Resistance to disinfection of a polymicrobial association contaminating the surface of elastomeric dental impressions. *New Microbiol.* 2009;32(2):167-72.

169. Melilli D, Rallo A, Cassaro A, Pizzo G. The effect of immersion disinfection procedures on dimensional stability of two elastomeric impression materials. *J Oral Sci.* 2008;50(4):441-6.
170. Ahila SC, Thulasingham C. Effect of disinfection on gypsum casts retrieved from addition and condensation silicone impressions disinfected by immersion and spray methods. *SRM J Res in Dent Sci.* 2014;5(3):163-169.
171. Drennon DG, Johnson GH, Powell GL. The accuracy and efficacy of disinfection by spray atomization on elastomeric impressions. *J Prosthet Dent.* 1989;62:468-475.
172. Nassar U, Chow AK. Surface Detail Reproduction and Effect of Disinfectant and Long-Term Storage on the Dimensional Stability of a Novel Vinyl Polyether Silicone Impression Material. *J Prosthodont.* 2014;00:1–5.
173. Queiroz DA, Pecanha MN, Neves ACC, Frizzera F, Tonetto MR, Silva-Concilio LR. Influence of disinfection with peracetic acid and hypochlorite in dimensional alterations of casts obtained from addition silicone and polyether impressions. *J Contemp Dent Pract.* 2013;14(6):1100-1105.
174. Kalantari MH, Malekzadeh A, Emami A. The Effect of Disinfection with Sodium Hypochlorite 0.5% on Dimensional Stability of Condensation Silicone Impression Materials of Speedex and Irasil. *J Dent Shiraz Univ Med Sci.* 2014;15(3):98-103.
175. Samra RK, Bhide SV. Efficacy of Different Disinfectant Systems on Alginate and Addition Silicone Impression Materials of Indian and International Origin: A Comparative Evaluation. *J Indian Prosthodont Soc.* 2010;10(3):182–189.
176. Hiraguchi H, Iwasaki Y, Iwasaki E, Kikuchi H, Hirosei H. Dimensional changes in stone models simulating full crown preparations with adjacent teeth resulting from long-term immersion of medium-viscosity additiontype silicone rubber impressions in disinfectant solutions. *Dent Mater J.* 2015;34(1):48–53.
177. Kronstrom MH, Johnson GH, Hompesch RW. Accuracy of a new ring-opening metathesis elastomeric dental impression material with spray and immersion disinfection. *J Prosthet Dent.* 2010;103(1):23–30.
178. McCormick RJ, Watts DC, Wilson NH. Effects of a solution of a succine aldehyde on elastomeric impressions. *J Dent.* 1989;17:246-249.

179. Storer R, McCabe JF. An investigation of methods available for sterilizing impressions. *Br Dent J.* 1981;151:217-219.
180. Chia WK, Stevens L, Basford KE, Randell DM. Dimensional change of impressions on sterilization. *Aust Dent J.* 1990;35:23-26.
181. Salem N, Combe EC. The effects of chemical sterilization on the dimensional stability of some elastomeric impression materials. *Clin Mater.* 1990;6:75-82.
182. Olin PS, Holtan JR, Breitbach RS, Rudney JD. The effects of sterilization on addition impressions in custom and stock metal trays. *J Prosthet Dent.* 1994;71:625-630.
183. Jagger D, Vowles R, McNally L, Davis F, O Sullivan D. The Effect of a Range of Disinfectants on the Dimensional Accuracy and Stability of Some Impression Materials. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2007;15(1):23 8.
184. Hiraguchi H, Kaketani M, Hirosei H, Kikuchi H, Yoneyama T. Dimensional changes in stone casts resulting from long-term immersion of addition-type silicone rubber impressions in disinfectant solutions. *Dent Mater J.* 2013;32(3):361–366.
185. Kugel G, Perry RD, Ferrari M, Lalicata P. Disinfection and communication practices:A survey of U.S. Dental Laboratories. *J Am Dent Assoc.* 2000; 131: 786-792.
186. Lepe X, Johnson GH. Accuracy of polyether and addition silicone after long-term immersion disinfection. *J Prosthet Dent.* 1997;78:245-249.
187. Johansen RE, Stackhouse JA. Dimensional changes of elastomers during cold sterilization. *J Prosthet Dent.* 1987;57:233-236.
188. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment. Disinfection of impressions. ADA Reports update. *J Am Dent Assoc.* 1991;122:110.
189. Johnson GH, Drennon DG, Powel GL. Accuracy of elastomeric impressions disinfected by imersion. *J Am Dent Assoc.* 1988;116:525-530.
190. Wadhvani CH, Johnson G, Lepe X, Raigrodski A. Accuracy of newly formulated fast-setting elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent.* 2005;93:530-539.

191. Lepe X, Johnson GH, Berg JC, Aw TC, Stroh GS. Wettability, imbibition, and mass change of disinfected low-viscosity impression materials. *J Prosthet Dent.* 2002; 88:268-276.
192. Setcos JC, Cheng M, Palenik CJ, Blumershine R. The effects of disinfectants on a polysulfide impression material. *J Dent Res.* 1986;65:260.
193. Carvalhal C, Mello J, Sobrinho L, Correr A, Sinhoreti M. Dimensional change of elastomeric materials after immersion in disinfectant solutions for different times. *J Contemp Dent Pract.* 2011;12(4):252-8.
194. Saleh Saber F, Abolfazli N, Kohsoltani M. The effect of disinfection by spray atomization on dimensional accuracy of condensation silicone impressions. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2010;4(4):124-9.
195. Kumar D, Madihalli A, Reedy K, Rastogi N, Pradeep N. Elastomeric impression materials: a comparison of accuracy of multiple pours. *J Contemp Dent Pract.* 2011;12(4):272-8.
196. Thouati A, Deveaux E, Iost A, Behin P. Dimensional stability of seven elastomeric impression materials immersed in disinfectants. *J Prosthet Dent.* 1996; 76(1):8-14.
197. Langenwalter EM, Aquilino SA, Turner KA. The dimensional stability of elastomeric impression materials following disinfection. *J Prosthet Dent.* 1990;63:270-276.
198. Rios MP, Morgano SM, Stein RS, Rose L. Effects of chemical disinfectant solutions on the stability and accuracy of the dental impression complex. *J Prosthet Dent.* 1996;76:356-362.
199. Johnson GH, Craig RG. Accuracy of four types of rubber impression materials compared with time of pour and a repeat pour models. *J Prosthet Dent.* 1985;53:484-490.
200. Rathee S, Eswaran B, Eswaran MA, Prabhu R, Geetha KR, Krishna GP, Jagadeshwari. A Comparison of Dimensional Accuracy of Addition Silicone of Different Consistencies with Two Different Spacer Designs - In-vitro Study. *J Clin Diagn Res.* 2014;8(7):38-41.

201. Quick D, Holtan J, Ross G. Use of scanning laser 3D digitizer to evaluate dimensional accuracy of dental impression materials. *J Prosthet Dent.* 1992;68(2):229-35.
202. DeLong R, Pintado MR, Ko CC, Hodges JS, Douglas WH. Factors influencing optical 3D scanning of vinyl polysiloxane impression materials. *J Prosthodont.* 2001;10(2):78-85.
203. Shah S, Sundaram G, Bartlett D, Sherriff M. The use of a 3D laser scanner using superimpositional software to assess the accuracy of impression techniques. *J Dent.* 2004;32(8):653-8.
204. Michalakis KX, Bakopoulou A, Hirayama H, Garefis DP, Garefi PD. Pre- and post-set hydrophilicity of elastomeric impression materials. *J Prosthodont.* 2007;16: 238-248.
205. Martin N, Martin MV, Jedynakiewicz NM. The dimensional stability of dental impression materials following immersion in disinfecting solutions. *Dent Mat.* 2007;23: 760-768.
206. Rodriguez JM, Bartlett DW. The dimensional stability of impression materials and its effect on in vitro tooth wear studies. *Dent Mater.* 2011;27:253–258.
207. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: A new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent.* 2013;109:121-128.
208. Manoj SS, Cehiran KP, Chitre V, Araset M. A Comparative Evaluation of the Linear Dimensional Accuracy of Four Impression Techniques using Polyether Impression Material. *J Indian Prosthodont Soc.* 2013;13(4):428–438.
209. Chugh A, Arora A, Singh VP. Accuracy of Different Putty-Wash Impression Techniques with Various Spacer Thicknesses. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2012;5(1):33-38.
210. Singh K, Sahoo, Prasad KD, Goel M, Singh A. Effect of Different Impression techniques on the Dimensional Accuracy of Impressions using Various Elastomeric Impression Materials:An in vitro Study. *J Contemp Dent Pract.* 2012;13(1):98-106.
211. Pande NA, Parkhedkar RD. An Evaluation of Dimensional Accuracy of One-Step and Two-Step Impression Technique Using Addition Silicone Impression Material: An In Vitro Study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2013;13(3):254–259.

212. Aalaei Sh, Rezaei Adli A, Mansoorali MR, Gholami F. Dimensional Stability of Two Polyvinyl Siloxane Impression Materials in Different Time Intervals. *J Dent Biomater*. 2015;2(4):155-161.
213. Jakšić Z, Vrhovac S, Panić B, Nikolić Z, Jelenković B. Upward penetration of grains through a granular medium. *European Physical Journal E - Soft Matter* 2008; 27(4):345-56.
214. Todorovic-Markovic B, Markovic Z, Mohai I, Nikolic Z, Farkas Z, Szepvolgyi J. RF thermal plasma processing of fullerenes. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2006;39(2):320-6.
215. J. Szépvölgyi ZM, B. Todorović-Marković, Z. Nikolić, I. Mohai, Z. Farkas et al. Effects of Precursors and Plasma Parameters on Fullerene Synthesis in RF Thermal Plasma Reactor. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*; 2006. p. 597-608.
216. Pavlović V, Nikolić M, Nikolić Z, Branković G, Živković L, Pavlović V. Microstructural Evolution and Electric Properties of Mechanically Activated BaTiO₃ Ceramics. *Journal of the European Ceramic Society (JECS)*. 2007;27(2-3):575-9.
217. Nikolić Z. Primena numeričkih metoda u fizičkim karakterizacijama polikristalnih i bioloških sistema.[doktorska disertacija].Beograd:Univerzitet u Beogradu, Fizički fakultet; 2006.
218. Isakovic A, Markovic Z, Todorovic-Markovic B, Nikolic N, Vranjes-Djuric S, Mirkovic M, Dramicanin M, Harhaji L, Raicevic N, Nikolic Z, Trajkovic V. Distinct cytotoxic mechanisms of pristine versus hydroxylated fullerene. *Toxicological Sciences*. 2006;91(1):173-183.
219. Sinobad T, Obradović-Đuričić K, Nikolić Z, Dodić S, Lazić V, Sinobad V, Jesenko-Rokvić A. The effect of disinfectants on dimensional stability of addition and condensation silicone impressions. *Vojnosanitetski preglad* 2014 Mar;71(3):251-8.
220. Malivuk DA, Žekić AA, Mitrović MM, Misailović BM. Dissolution of sodium chlorate crystals in supersaturated solutions. *Journal of Crystal Growth*. 377(2013)164–169.

221. L. Harhaji, A. Isakovic, L. Vucicevic, K. Janjetovic, M. Misirkic, Z. Markovic, B. Todorovic-Markovic, N. Nikolic, S. Vranjes-Djuric, Z. Nikolic, V. Trajkovic, Modulation of Tumor Necrosis Factor-mediated Cell Death by Fullerenes, *Pharmaceutical Research*, Vol. 25 No. 6 (2008), 1365 – 1376.
222. A. Isakovic, T. Jankovic, L. Harhaji, S. Kostic-Rajacic, Z. Nikolic, V. Vajs and V. Trajkovic, Antiglioma action of xanthenes from *Gentiana kochiana*: Mechanistic and structure–activity requirements, *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, Vol. 16 No. 10 (2008), 5683 – 5694.
223. B. Todorović - Marković, Z. Marković, Z. Nikolić, Z. Ristić and T. Nenadović, Optical Emission Measurements of Rotational Temperature of C₂ Radicals in Fullerene Processing, *Fullerenes, Nanotubes & Carbon Nanostructures*, Vol. 12 No. 3 (2004), 647 – 657.
224. Z. Marković, B. Todorović-Marković, I. Mohai, Z. Károly, Z. Farkas, Z. Nikolic and J. Szépvölgyi, OPTICAL EMISSION STUDY OF RF THERMAL PLASMA DURING FULLERENE SYNTHESIS, *Fullerenes, Nanotubes & Carbon Nanostructures*, Vol. 13 No. 3 (2005), 215 – 226.
225. B. Todorović-Marković, I. Draganić, Z. Marković, Z. Stojanović, M. Mitrić, N. Romčević, M. Romčević, Z. Nikolić, Multiple Charged Nitrogen Ion Beam Irradiation of Fullerene Thin Films, *Fullerenes, Nanotubes & Carbon Nanostructures*, Vol. 15 No. 2 (2007), 113 – 125.
226. Z. M. Nikolić and V. B. Pavlović, DPR Analysis of Microstructural Evolution of ZnO Ceramics, *Materials Science Forum*, Vol. 453 - 454 (2004), 453 – 458.
227. B. Todorović-Marković, Z. Marković, I. Mohai, Z. Nikolić, Z. Farkas and J. Szépvölgyi, Influence of Carbon Concentration and Rotational Temperature on Fullerene Yield in RF Reactor, *Materials Science Forum*, Vol. 518 (2006), 211 – 216.
228. B. Todorovic-Markovic, Z. Markovic, I. Mohai, Z. Karoly, Z. Farkas, Z. Nikolic and J. Szépvölgyi, Optical diagnostics of fullerene synthesis in the thermal plasma process, *Journal of the Serbian Chemical Society*, Vol. 70 No. 1 (2005), 79 -85.
229. V. Mitic, V. B. Pavlovic, B. Stojanovic and Z. Nikolic, The Influence of CaZrO₃ on Microstructure and Dielectric Properties of BaTiO₃, *Transactions of*

- the Materials Research Society of Japan (Trans. MRS - J), Vol. 29 No. 4 (2004), 1167-1169.
230. Z. Marković, B. Todorović - Marković, I. Mohai, Z. Nikolić, S. Farkas, T. Nenadović, J. Szepvolgyi, SYNTHESIS OF FULLERENES IN RF THERMAL PLASMA REACTOR, *Materials and Technology (Materiali in Tehnologije)*, Vol. 38 No. 6 (2004), 87 – 90.
231. I. T. Young, J. J. Gerbrands, L. J. van Vliet, *Fundamentals of Image Processing*, Delft University of Technology, (1998).
232. R. Crane, *A simplified approach to image processing: class. and modern techniques in C*, Prentice Hall, (1997).
233. Mudrinic T, Nikolic Z, Mojovic Z, Cupic Z, Milutinovic-Nikolic A, Jovanovic D, In situ videometry monitoring of bubble behavior during the electrocatalytic oxygen evolution reaction, *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, DOI 10.1007/s11144-014-0819-7, 115 81 - - 91 (4), 2015
234. Radojevic, RL; Petrovic, DV; Urosevic, MP; Nikolic, ZM; Miodragovic, RM, A digital method for apple surface quality grading, *Aktualni Zadaci Mehanizacije Poljoprivrede*, Vol. 40 355 - - 361 (7), 2012
235. Markovic, ZM; Perusko, DB; Tosic, DD; Romcevic, NZ; Dramicanin, MD; Nikolic, ZM; Markovic, BMT, The effect of oxidation on structural and electrical properties of single wall carbon nanotubes, *Hemijska Industrija*, Vol. 65 (4): 363 - - 370 (8), 2011
236. Radojevic, RL; Petrovic, DV; Pavlovic, VB; Nikolic, ZM; Urosevic, MP, Digital parameterization of apple fruit size, shape and surface spottiness, *African Journal of Agricultural Research* Vol. 6 (13): 3131 - - 3142 (12), 2011
237. I. N. Bankman, *Handbook of Medical Imaging*, Academic Press, (2000).
238. D. H. Ballard, C. M. Brown, *Computer Vision*, Prentice Hall, (1982).
239. S. Mann, *Intelligent image processing*, Wiley, (2002).
240. A. S. Glassner, J. Arvo, D. Kirk, P. S. Heckbert, A. W. Paeth, *Graphics Gems 1 - 5*, Academic Press, Inc., (1990 - 1995).
241. M. Burger, Z. Nikolic, Frequency domain and wavelet analysis of the laser-induced plasma shock waves, *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 110 (2015) 70–78.

242. W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, B. P. Flannery, Numerical Recipes in C, Cambridge University Press, Cambridge, (1995).
243. W. J. THOMPSON, COMPUTING FOR SCIENTISTS AND ENGINEERS, A Workbook of Analysis, Numerics and Applications, JOHN WILEY & SONS, INC., (1992).
244. S. B. Lippman, J. Lajoie, C++ Primer, Addison-Wesley, (2000).
245. FreeImage - a free, open source graphics library, Documentation Library version 3.2, (2008).
246. M. Galassi, J. Davies, J. Theiler, B. Gough, G. Jungman, M. Booth, F. Rossi, GNU Scientific Library – Reference Manual, Edition 1.9, for GSL Version 1.9, The GSL Team, (2007).
247. M. Nenadovic, Processing of Data Obtained by Measurements, Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, (1988).
248. J. Richter, Advanced Windows: the developer's guide to the Win32 API for Windows NT and Windows 95, Microsoft Press, (1995).
249. C. Petzold, Programming Windows by Charles Petzold, Microsoft Press, (1999).
250. Potkonjak, NI; Nikolic, Z; Anic, SR; Minic, DM, Electrochemical oscillations during copper electrodisolution/passivation in trifluoroacetic acid induced by current interrupt method, CORROSION SCIENCE Vol. 83 355 - - 358 (4), 2014.
251. Janjetovic, K; Vucicevic, L; Misirkic, M; Vilimanovich, U; Tovilovic, G; Zogovic, N; Nikolic, Z; Jovanovic, S; Bumbasirevic, V; Trajkovic, V; Harhaji-Trajkovic, L, Metformin reduces cisplatin-mediated apoptotic death of cancer cells through AMPK-independent activation of Akt, EUROPEAN JOURNAL OF PHARMACOLOGY Vol. 651 (1-3) (2011) 41 – 50.
252. Reddy SM, Vijitha D, Karthikeyan S, et al. Evaluation of dimensional stability and accuracy of autoclavable polyvinyl siloxane impression material. J Ind Prosthodont Soc. 2013;13:546-550.
253. Franco EB, da Cunha LF, Herrera FS, et al. Accuracy of single-step versus 2-step double-mix impression technique. ISRN Dent. 2011;2011:341546.

254. Shiozawa M, Takahashi H, Finger W, et al. Effects of the space for wash materials on sulcus depth reproduction with addition-curing silicone using two-step putty-wash technique. *Dent Mater J.* 2013;32:150-155.
255. Kumar S, Yadav D, Yadav R, et al. A comparative evaluation of tray spacer thickness and repeat pour on the accuracy of monophasic polyvinyl siloxane impression material: In vitro study. *Ind J Dent Res.* 2014;25:184-187.
256. Sharma M, Tandan A, Dwivedi R, et al. Dimensional accuracy and surface detail reproduction of hydrophilic vinylpolysiloxane and polyether impression materials under dry and wet conditions. *J Dent Peers.* 2014;2:1-6.
257. Johnson GH, Craig RG. Accuracy of four types of rubber impression materials compared with time of pour and a repeat pour models. *J Prosthet Dent.* 1985;53:484-490.
258. Franco EB, da Cunha LF, Benetti AR. Effect of storage period on the accuracy of elastomeric impression. *J Appl Oral Sci.* 2007;15:195-198.
259. Emphasis PS. Infection control in dental office: a realistic approach. *J Am Dent Assoc.* 1986;112:458-468.
260. Al-Omari WM, Jones JC, Wood DJ. The effect of disinfecting alginate and addition cured silicone rubber impression materials on the physical properties of impressions and the resultant casts. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 1998;6:103-110.
261. Boylon R.J., Goldstein G.R., A. Schulman. Evaluation of an ultraviolet disinfection unit. *J Prosthet Dent.* 1987;58:650-654.
262. Shillingburg-Jr HT, Sather DA, Wilson EL, Cain JR, Mitchell DL, Blanco LJ, Kessler JC. *Fundamentals of fixed prosthodontics.* 4th ed., Chicago: Quintessence Pub Co; 2012. p. 319-320.
263. James C. *Practical infection control in dentistry.* 3rd ed., Philadelphia: Wolters Kluwer; 2010. p. 246-260.
264. Rupp F, Axmann D, Jacobi A, Groten M, Geis-Gerstorfer J. Hydrophilicity of elastomeric non-aqueous impression materials during setting. *Dent Mater.* 2005;21:94-102.

265. Blalock JS, Cooper JR, Rueggeberg FA. The effect of chlorine-based disinfectant on wettability of a vinyl polysiloxane impression material. *J Prosthet Dent.* 2010;104:333-341.
266. Adabo GL, Zonarotti E, Fonseca RG, Cruz CA. Effect of disinfectant agents on dimensional stability of elastomeric impression materials. *J Prosthet Dent.* 1999;81(5): 621-4.
267. Matyas J, Dao N, Caputo AA, Lucatorto FM. Effects of disinfectants on dimensional accuracy of impression materials. *J Prosthet Dent.* 1990; 64(1): 25-31.
268. Herrera SP, Merchant VA. Dimensional stability of dental impressions after immersion disinfection. *J Am Dent Assoc.* 1986;113(3):419-22.
269. Walker MP, Rondeau M, Petrie C, Tasca A, Williams K. Surface quality and long-term dimensional stability of current elastomeric impression materials after disinfection: Basic science research. *J Prosthodont.* 2007;16(5):343-51.
270. Pant R, Andrzej S, Robert KF, David RR. Long-term dimensional stability and reproduction of surface detail of four polyvinyl siloxane duplicating materials. *J Dent.* 2008;36:456-461.
271. De Araujo PA, Jorgensen KD. Improved accuracy by reheating addition-reaction silicone impressions. *J Prosthet Dent.* 1986;55:11-2.
272. Tjan AH, Li T. Effects of reheating on the accuracy of addition silicone putty-wash impressions. *J Prosthet Dent.* 1991;65:743-748.
273. Chew CL, Chee WW, Donovan TE. The influence of temperature on the dimensional stability of poly (vinyl siloxane) impression materials. *Int J Prosthodont.* 1993;6:528-532.
274. Papadogiannis D, Lakes R, Palaghias G, et al. Effect of storage time on the viscoelastic properties of elastomeric impression materials. *J Prosthodont Res.* 2012;56: 11-18.
275. Leão MP, Pinto CP, Sponchiado AP, et al. Dimensional stability of a novel polyvinyl siloxane impression technique. *Braz J Oral Sci.* 2014;13:118-123.
276. Piwowarczyk A, Ottl P, Büchler A, Lauer HC, Hoffmann A. In vitro study on the dimensional accuracy of selected materials for monophasic elastic impression making. *Int J Prosthodont.* 2002;15:168-74.

277. Hung SH, Purk JH, Tira DE, Eick JD. Accuracy of one-step versus two-step putty wash addition silicone impression technique. *J Prosthet Dent.* 1992;67(5): 583-9.
278. Gonçalves FS, Popoff DA, Castro CD, Silva GC, Magalhães CS, Moreira AN. Dimensional stability of elastomeric impression materials: A critical review of the literature. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2011;19:163-6.
279. Johnson GH, Chellis KD, Gordon GE, Lepe X. Dimensional stability and detail reproduction of irreversible hydrocolloid and elastomeric impressions disinfected by immersion. *J Prosthet Dent.* 1998;79:446-453.
280. Donovan TE, Chee WW. A review of contemporary impression materials and techniques. *Dent Clin North Am.* 2004;48:445-70.
281. Kim SR, Lee WS, Kim WC, Kim HY, Kim JH. Digitization of dental alginate impression: Three-dimensional evaluation of point cloud. *Dent Mater J.* 2015;34(6):835–840.
282. Franco EB, Cunha LFd, Benetti AR. Effect of storage period on the accuracy of elastomeric impressions. *J Appl Oral Sci.* 2007;15:195-198.
283. Thielke S, Serrano JG, Lepe X. A method for true coordinate three-dimensional measurement of casts using a measuring microscope. *J Prosthet Dent.* 1998; 80:506-510.
284. Pandita A, Jain T, Yadav NS, Feroz SM, Pradeep, Diwedi A. Evaluation and comparison of dimensional accuracy of newly introduced elastomeric impression material using 3D laser scanners: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2013; 14(2):265-8.
285. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: A new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent.* 2013;109(2):121-128.
286. Persson ASK, Odén A, Andersson M, Sandborgh-Englund G. Digitization of simulated clinical dental impressions: virtual three-dimensional analysis of exactness. *Dent Mater.* 2009;25(7):929–936.

BIOGRAFIJA

Dr Tamara Sinobad, rođena je 18.04.1976.god. u Beogradu. Osnovnu školu "Sava Kovačević" u Beogradu završila je sa odličnim uspehom 5,00 i bila nagrađena diplomom "Vuk Karadžić". Za izuzetan uspeh u oblasti umetnosti – likovna kultura nagrađena je diplomom "Stevan Mokranjac". Treću beogradsku gimnaziju u Beogradu (prirodno-matematički smer) završila je takođe sa odličnim uspehom 5,00. Za postignut odličan uspeh u svim razredima kao i na maturskom ispitu nagrađena je diplomom "Vuk Karadžić".

Stomatološki fakultet Univerziteta u Beogradu upisala je 5.07.1995.god. u trajanju od šest godina i diplomirala 16.09.2003.god. sa prosečnom ocenom 8,31. Iz predmeta Stomatološka protetika – klinika, dobila je ocenu 10. Nakon obaveznog pripravničkog staža, obavljenog na klinikama Stomatološkog fakulteta u Beogradu, položila je stručni ispit 28.12.2004.god.

Magistarske studije na Stomatološkom fakultetu u Beogradu, iz naučne oblasti Stomatološka protetika, upisala je 12.11.2003.god. Uspešno je položila sve ispite predviđene programom magistarskih studija sa prosečnom ocenom 9,5. Specijalizaciju iz Ortopedije vilica upisala je 1.12.2010.god., a 26.12.2013.god. je stekla zvanje specijaliste ortopedije vilica.

Na Narodnom univerzitetu "Božidar Adžija" u Beogradu završila je tečajeve engleskog jezika, od početnog do višeg 3, sa odličnim uspehom. U SAD, Kalifornija, San Francisko, uspešno je završila program "World Learning, Homestay / USA" 24.08.1995.god. Znanje francuskog jezika stekla je tokom redovnog školovanja. Aktivno se služi računarima. Iz predmeta Uvod u primenu računara i programiranje, u okviru magistarskih studija, dobila je ocenu 10.

Magistarsku tezu pod nazivom „Analiza dimenzionalne stabilnosti elastomernih otisnih materijala“ uspešno je odbranila 29.6.2010.godine, čime je ispunila uslove za sticanje

akademskog zvanja magistra stomatoloških nauka. Istraživanje iz ove oblasti dr Tamara Sinobad nastavila je i u okviru doktorske disertacije. Aktivan je učesnik stručnih i naučnih skupova od nacionalnog i međunarodnog značaja, na kojima je do sada prezentovala brojne radove kao autor i koautor. Objavila je više radova u međunarodnim naučnim časopisima kao koautor i autor (M23).

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а _____ Тамара М. Синобад _____

број индекса _____ / _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Евалуација фотометријских метода у испитивању димензионалне стабилности

_____ еластомерних отисних материјала _____

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 01.04.2016.године

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Тамара М. Синобад

Број индекса _____ / _____

Студијски програм _____ / _____

Наслов рада

Евалуација фотометријских метода у испитивању димензионалне стабилности
еластомерних отисних материјала

Ментор Проф. др Косовка Обрадовић-Ђуричић

Коментор Доц. др Зоран Николић

Потписани/а Тамара М. Синобад

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 01.04.2016.године

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Евалуација фотометријских метода у испитивању димензионалне стабилности
еластомерних отисних материјала

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 01.04.2016.године
