



## NDIKIMI I NUMRIT TË DHËMBËVE TË NGARKUAR NË SHPËRNDARJEN E FORCAVE VERTIKALE OKLUZALE TE URAT DENTARE TË NJË ANËSHME ME NJË ELEMENT ZAVENDËSUES TË VAZHUESHËM

## THE INFLUENCE OF THE NUMBER OF LOADED TEETH ON THE DISTRIBUTION OF OCCLUSAL VERTICAL FORCES IN ONE-SIDED DENTAL BRIDGES WITH ONE DISTAL CANTILEVER

Vujasin S.<sup>1</sup>, Dejanoska T.<sup>2</sup>, Dimitroska S.<sup>3</sup>, Belazelkovska Grezhlovska A.<sup>4</sup>

Vujasin S.<sup>1</sup>, Dejanoska T.<sup>2</sup>, Dimitroska S.<sup>3</sup>, Belazelkovska Grezhlovska A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fakulteti i Mjekësisë Stomatologjike, EURM, Shkup, RM

<sup>2</sup>PZU "Dental International" – Shkup

<sup>3</sup>Fakulteti i Mjekësisë Stomatologjike, EURM, Shkup, RM

<sup>4</sup>Fakulteti i Mjekësisë Stomatologjike, EURM, Shkup, RM

<sup>1</sup>Faculty of Dental Medicine, EURM, Skopje, RM

<sup>2</sup>PZU "Dental International" – Skopje

<sup>3</sup>Faculty of Dental Medicine, EURM, Skopje, RM

<sup>4</sup>Faculty of Dental Medicine, EURM, Skopje, RM

### ABSTRAKT

**Qëllimi:** Qëllimi i punimit është të analizoj shpërndarjen e forcave vertikale okluzale në dhëmbët mbështetës në konstruktionet e urës dentare të njëanshme, në harqet dhëmbore të shkurtuara me një element zavendësues të vazhdueshëm, varësisht numrit të njësisive okluzale.

**Materiali dhe metoda:** Në pesë modele matematikore në një hark dentar të shkurtuar në nofullën e poshtme, u ndërtaua një urë dentare e njëanshme me 5 dhëmbë mbështetës dhe një element distal. Është aplikuar një metodë e elementeve përfundimtare (FEM). Ngarkimi okluzal është bërë me forca vertikale okluzale të simuluar prej 0.5-512N. Forcat u aplikuan në sipërfaqet okluzale të dhëmbëve. Ngarkimi është bërë si në vijim: në modelin 1 – në elementin zavendësues të vazhdueshëm, në modelin 2 – në elementin zavendësues të vazhdueshëm dhe dhëmbin shtyllë distal, në modelin 3 – në elementin zavendësues të vazhdueshëm dhe dy dhëmbët shtyllë distal, në modelin 4 - në elementin zavendësues të vazhdueshëm dhe tre dhëmbët shtyllë distal, në Modelin 5 - në elementin zavendësues të vazhdueshëm dhe të gjithë dhëmbët shtyllë. Forcat e shpërndara maten në nivelin e ligamentit periodontal (PDL).

**Rezultatet:** Krahasimi në përqindje i forcave të shpërndara në dhëmbët mbështetës në modelet e gjurmara 1, 2, 3, 4 dhe 5 tregon një shpërndarje të ndryshme të forcave vertikale okluzale ndërmjet modeleve. Shpërndarje më të barabartë në përqindje të forcave vertikale okluzale është vërejtur në modelin 5, i ndjekur nga modeli 4 dhe modeli 3, ndërsa shpërndarje më pak e favorshme është vërejtur në modelin 1 dhe

### ABSTRAKT

**Aim:** The paper aims to analyze the distribution of occlusal vertical forces on the abutment teeth in single-sided dental bridge constructions, in slightly shortened dental arches with one distal extension/cantilever, depending on the number of occlusal units.

**Material and method:** In five mathematical models with a slightly shortened dental arch in the lower jaw, a single-sided dental bridge was constructed with 5 abutment teeth and one distal cantilever. A finite element method (FEM) was applied. Occlusal loading was done with simulated occlusal vertical forces of 0.5-512N. Forces were applied on the occlusal surfaces of the teeth. The loading was done as follows: in Model 1 – on the distal cantilever, in Model 2 - on the distal cantilever and the distal abutment tooth, in Model 3 - on the distal cantilever and the two distal abutment teeth, in Model 4 - on the distal cantilever and the three distal abutment teeth, in Model 5 - on the distal cantilever and all abutment teeth. Distributed forces are measured at the level of the periodontal ligament (PDL).

**Results:** The percentage comparison of distributed forces on the abutment teeth in the examined models 1, 2, 3, 4 and 5 indicates a different distribution of occlusal vertical forces between the models. The most even distribution of the percentage of occlusal vertical forces was observed in model 5, followed by Model 4 and Model 3, while the most unfavorable distribution was noted in model 1 and model 2. In all 5 models, the highest percentage of force is distributed on the distal abutment tooth, with the highest percentage noted in



modelin 2. Në të gjitha 5 modelet, përqindja më e lartë e forcës është shpërndajtur në dhëmbin shtyllë distal me përqindjen më të lartë të shënuar në modelin 1. Me rritjen e numrit të dhëmbëve të ngarkuar në modelet 2, 3, 4 dhe 5, përqindja e forcës së shpërndarë zvogëlohet me përqindjen më të ulët të forcave të shpërndara të gjetura në modelin 5. Ka një ndryshim domethënës në vlerat e përqindjes së forcave të shpërndara në dhëmbin shtyllë distal në modelin 1 dhe modelin 5. Në modelin 1 varion nga 92.39% në 148.45%, dhe për modelin 5 nga 38.09% në 48.02%. Në modelin 5 dhe modelin 4, drejtimi i forcës së shpërndarë në të gjithë dhëmbët përputhet me drejtimin e forcës së aplikuar, që do të thotë se konstruksioni fiks në modelet 4 dhe 5 është më i qëndrueshëm.

**Përfundim:** Përqindja e forcave të shpërndara në dhëmbët shtyllë është në korrelacion me numrin e dhëmbëve të ngarkuar. Për të arritur një konstruksion të urës dentare mirë të ekuilibruar, në harqet dhëmbore të njëanshme të shkurtuara me një element zavendësues të vazhduar, ngarkesa okluzale duhet të aplikohet në të paktën tre dhëmbë shtyllë distal.

**Fjalë kyçe:** Forcat vertikale okluzale, ura dentare, harqe dhëmbore të shkurtuara, metoda e elementeve përfundimtare (FEM), ligament periodontal (PDL), element zavendësues distal, dhëmbë shtyllë.

## HYRJE

Transmetimi i duhur i forcave okluzale përmes strukturave të urës në dhëmbët shtyllë është thelbësor për suksesin e terapisë dhe shëndetin oral.

Shpërndarja e forcave okluzale në strukturat e urës me elemente zavendësuese të vazhduar është specifike, sepse elementi zavendësues i vazhduar sillet mekanikisht si lozi njëkrahësh në raport me pjesën tjetër të konstruksionit të urës.

Forcat okluzale që veprojnë në strukturat e vazhduara të urës mund të shkaktojnë: lëkundje, inklinim, shtrembërim ose deformim. Nga lartë përmendur, planifikimi dhe përpunimi i konstruksioneve të urave të vazhduara kërkon më shumë vëmendje në krahasim me ato klasike. Urat dentare me elemente zavendësuese të vazhduara duhet të jenë të balancuara statikisht dhe biodinamikisht.

Vështirësia në harmonizimin e aspekteve biologjike dhe mekanike i bën ndërtimet e urave me elemente zavendësuese të vazhduara një temë të shpeshtë në literaturën profesionale. Dizajni i strukturës të urës është shumë i rëndësishëm për shpërndarjen e forcave

model 1. As the number of loaded teeth increases in models 2, 3, 4 and 5, the percentage of distributed force decreases with the lowest percentage of distributed forces found in model 5. There is a significant difference in the distributed forces percentage values on the distal abutment tooth in model 1 and model 5. In Model 1 it ranges from 92.39% to 148.45%, and for Model 5 from 38.09% to 48.02%. In Model 5 and model 4, the direction of the distributed force in all teeth aligns with the direction of the applied force, which means that the fixed construction in models 4 and 5 is the most stable.

**Conclusion:** The percentage of distributed forces on the abutment teeth is in correlation with the number of teeth loaded. In order to achieve a well-balanced, single-sided dental bridge construction in slightly shortened dental arches with one distal cantilever, the occlusal load must be applied on at least three distal abutment teeth.

**Key words:** Occlusal vertical forces, dental bridges, shortened dental arches, finite element method (FEM), periodontal ligament (PDL), distal cantilever, abutment teeth.

## INTRODUCTION

An adequate transmission of occlusal forces through bridge structures onto abutment teeth is essential to the success of therapy and oral health.

Distribution of occlusal forces in distally extended bridge structures is specific, because from a mechanical viewpoint, the distal cantilever behaves like a single-armed lever in relation to the rest of the construction.

Occlusal forces acting on extended bridge structures can lead to: loose teeth, tilting, twisting, or crooked teeth. As a result, the planning and manufacture of distally extended bridge constructions require more attention compared to the traditional ones. Distally extended dental bridges must be statically and biodynamically balanced.

The difficulty of reconciling the biological and mechanical aspects makes distally extended bridge constructions a frequent topic in the professional literature. The design of a distally extended bridge structure is very important for the distribution of masticatory forces on the supporting tissues.

According to Fueki et al., an extended bridge construction can be successful if the biological and mechanical elements are balanced.[1]

Edward lists the three most important factors when planning distally extended bridge structures: the



përtpjëse në indet mbështetëse.

Sipas Fueki dhe bashkëautorët ndërtimi i urës së vazhduar mund të jetë i suksesshëm nëse elementet biologjike dhe mekanike janë të balancuara.[1]

Edward numëron tre faktorët më të rëndësishëm kur planifikohen strukturat e urës së vazhduar: dhëmbët shtyllë, forca funksionale e përtpjës dhe lidhja e elementit të vazhduar. Dhëmbët shtyllë duhet të kenë: 1) një sipërfaqe periodontale më të madhe se dhëmbi që zëvendësohet; 2) raporti i pjesës koronale dhe radikulare të dhëmbit shtyllë është 2:3; 3) të ketë lëvizshmëri të ulët, të jetë vital dhe me një periodont të shëndetshëm. Kontaktet okluzale duhet të reduktohen dhe elementi I i vazhduar nuk duhet të jetë në kontakt me antagonistët.[2]

Për të ruajtur integritetin e indeve mbështetëse, Sharma dhe bashkëautorët konsiderojn se planifikimi i ndërtimit të urës duhet të sigurojë qëndrueshmëri optimale të sigurt nën veprimin e forcave përtpjëse[3]. Nëse nuk arrihet një ekuilibër i përshtatshëm dinamik, do të ketë një rritje të ndjeshme të stresit në strukturat mbajtëse të dhëmbëve dhe elementët strukturorë, duke përfunduar në trajtim të dështuar.

Fratila dhe bashkëautorët nga ana tjetër, thonë se një ndërtim ure me elemente zavendësuese të vazduara nuk posedon një ekuilibër dinamik dhe sugjerojnë që çdo ndërtim i tillë duhet të ketë të paktën dy dhëmbë shtyllë [4].

Li Mei-hua dhe bashkëautorët analizuan shpërndarjen e forcave në një urë dentare me elemente zavendësuese të vazhduara mvarësisht numrit të dhëmbëve shtyllë. Forcat më të mëdha u shpërndanë në shtyllën distale, të cilat iu shtua elementi i vazhduar. Duke përfshirë më shumë dhëmbë shtyllë në konstruktion, forca e shpërndarë në shtyllën distale zvogëlohet. Reduktimi nuk ishte proporcional me rritjen e numrit të dhëmbëve shtyllë [5]. Edhe në hulumtimin e Hong-So dhe bashkëautorët rritja e numrit të dhëmbëve mbështetës nuk tregoi një reduktim proporcional të stresit periodontal[6].

Sipas Laurell, në një konstruktion të urës me elemente të vazhduara, forca më të mëdha shpërndahen në dhëmbin shtyllë, tek i cili është bashkangjitur elementi zavendësues I vazhduar, dhe forcat më të vogla shpërndahen në dhëmbin shtyllë mezial[7].

Në hulumtimin e shpërndarjes së forcave vertikale okluzale në strukturat e urës distalisht të vazduar me tre njësi okluzale, Awadalla dhe bashkëautorët vërtetuan se një forcë më e madhe shpërndahet në shtyllën distale, dhe në shtyllën meziale forca është më e ulët. Në shtyllën distale forca ndikon në intrusion të dhëmbit, kurse në shtyllën meziale veprojnë në drejtim të kundërt[8].

abutment teeth, the functional force of mastication, and the junction of the connection with the extension unit. Abutment teeth should have: 1) a periodontal surface larger than the tooth being replaced; 2) the ratio of the coronal and radicular part of the abutment tooth is 2:3; 3) to have low mobility, to be vital and with a healthy periodontium. Occlusal contacts should be reduced, and the extended unit should not be in contact with the antagonists.[2]

To preserve the integrity of the supporting tissues, Sharma et al. consider that the planning of the bridge construction must provide optimal reliable stability under the action of masticatory forces.[3] If a satisfactory dynamic balance is not achieved, there will be a significant increase in stress on tooth bearing structures and structural elements, leading to treatment failure.

Fratila et al. on the other hand, argue that a distally extended bridge construction cannot be in dynamic balance and suggest that every such construction should have at least two abutments [4].

Li Mei-hua et al. examined the distribution of forces in a dental bridge with a distally extended unit depending on the number of abutment teeth. The greatest forces were distributed on the distal abutment tooth, to which the cantilever is added. By including more abutment teeth in the construction, the distributed force on the distal abutment tooth is reduced. The reduction was not proportional to the increase in the number of abutment teeth.[5] The research of Hong-So et al. likewise found that increasing the number of abutment teeth did not show a proportional reduction in periodontal stress.[6] According to Laurell, in a distal cantilever construction, larger forces are distributed on the distal abutment tooth to which the distally extended unit is attached, and smaller forces are distributed on the mesial abutment tooth.[7]

In examining the distribution of occlusal vertical forces in distal cantilever bridge structures with three occlusal units, Awadalla et al. proved that a greater force is distributed on the distal abutment tooth, while the force is lower on the mesial abutment tooth. On the distal abutment, the force intrudes the tooth, while on the mesial it extracts the tooth, that is, they act in different directions.[8]

Guo, Tang, and Pan performed an occlusal force distribution analysis of a distally extended bridge structure with three occlusal units 45, 46 and a distally extended unit 47, with a loading force of 250N. When the distally extended unit was not loaded, the greatest force was distributed on the distal abutment which was in the same direction as the direction of action of the applied force.[9]



Guo, Tang dhe Pan kryen një analizë të shpërndarjes së forcës okluzale të një strukture të urës të vazhduar me tre njësi okluzale 45, 46 dhe një element zavendësues të vazhduar 47, me një forcë ngarkimi prej 250 N. Kur elementi i shtrirë distalisht nuk ishte i ngarkuar, forca më e madhe shpërndahej në shtyllën distale e cila ishte në të njëjtin drejtim me drejtimin e veprimit të forcës së aplikuar[9].

Valeria dhe bashkëautorët gjatë analizës së shpërndarjes së forcave okluzale në një konstrukcion ure me dy dhëmbë shtyllë 34, 35 dhe një element zavendësues të vazhduar 36, ajo vërejtë se stresi ishte më i madh në shtyllën meziale 34, dhe beson se është rezultat i efektit të lozit njëkrahësh në elementin e vazhduar[10]. E gjithë kjo referon faktin se duhet të kryhen kërkime mbi shpërndarjen e forcave okluzale te urat me elemente zavendësuese të vazhduara, të cilat do të ofrojnë informacione aplikative të dobishme për planifikimin e strukturave të urave të vazhduara.

## QËLLIMI

Qëllimi i këtij punimi është analiza e shpërndarjes së forcave vertikale okluzale në dhëmbët shtyllë në konstrukcionet e urës njëanëshe, në harqet dhëmbore të shkurtuara me një element zavendësues të vazhduar, mvarësish numrit të njësi okluzale.

## MATERIALI DHE METODA

Ekzaminimi është bërë në pesë modele matematikore me dhëmbë të shkurtuar në nofullën e poshtme, në të cilat janë modeluar strukturat e një ure të njëanëshe me 5 dhëmbë shtyllë dhe një element zavendësues të vazhduar.

Është aplikuar një metodë e elementeve përfundimtare (FEM). Analiza numerike dhe rrjeti i elementeve të fundit është bërë me softuerin kompjuterik SOFISTIK të prodhuar në Nuremberg, Gjermani.

Për modelimin e dhëmbëve, ligamentit periodontal, materialeve ndërtimore për konstrukcion protetikor dhe intensitetit të forcave janë përdorur të dhëna të marra nga literatura.

Valeria et al. during the analysis of the distribution of occlusal forces in a bridge construction with two abutment teeth 34, 35 and a distal cantilever 36, noted the greatest stress on 34, which is believed to be the result of the lever effect of the distally extended unit. [10]

The above finding points to the fact that research should be done on the distribution of occlusal forces in distally extended dental bridges, which will provide useful application information for the planning of distally extended bridge constructions.

## OBJECTIVE

The aim of the research is to analyze the distribution of occlusal vertical forces on the supporting teeth in one-sided bridge constructions, in slightly shortened dental rows with one distal cantilever, depending on the number of occlusal units.

## MATERIAL AND METHOD

The examination was done on five mathematical models with a slightly shortened dentition in the lower jaw, wherein one-sided bridge structures with 5 abutment teeth and one distally extended unit were modeled.

A finite element method (FEM) was applied. Numerical analysis and finite element mesh was done with SOFISTIK computer software manufactured in Nuremberg, Germany.

Data taken from the relevant literature were used for the modeling of the teeth, the periodontal ligament, the building materials for prosthetic construction and the intensity of the forces.



**Tabela 1.** Karakteristikat fizike të indeve biologjike dhe materialet të përdorura gjatë analizës së elementeve përfundimtare

Vlerat për modelim	Moduli i elasticitetit të Young-ut E (MPa)	Koeficienti Poisson v
Dhëmbi <sup>11</sup>	10 000	0,3
Ligamenti periodontal <sup>11</sup>	100	0,45
Co-Cr legura (Remanium 2000+) <sup>12</sup>	200 000	0,3
Qeramika në kurorë <sup>23</sup>	96 000	0,29
Zn-cementi polikarboksilatë <sup>33</sup>	5 110	0,35

**Table 1.** Physical characteristics of biological tissues and materials used in the analysis with finite elements.

Modelling values	Young's modulus of elasticity E (MPa)	Poisson's ratio v
Tooth <sup>11</sup>	10 000	0,3
Periodontal ligament <sup>11</sup>	100	0,45
Co-Cr alloy (Remanium 2000+) <sup>12</sup>	200 000	0,3
Crown ceramics <sup>23</sup>	96 000	0,29
Zn polycarboxylate cement <sup>33</sup>	5 110	0,35

Dhëmbët, së bashku me punimin protetikor fiks, janë anizotropikë, përkatësisht përbërësit e tyre kanë modul të ndryshëm të elasticitetit, veçanërisht elementi periodontal,[14,15,16] Prandaj në hulumtim është aplikuar analiza jolineare.

Indi kockor modelohet si i ngurtë, pasi monitorohen vetëm forcat e shpërndara në ligamentin periodontal. Forcat vertikale okluzale nga 0.5 në 512N janë simuluar.

Ngarkimi okluzal është bërë me forca vertikale okluzale të simuluar nga 0.5 në 512N. Vendi i veprimit janë sipërfaqet okluzale të dhëmbëve. Ngarkimi bëhet: në modelin 1 – në elementin e vazhduar distalisht (fig. 1.a); në modelin 2 – në elementin e vazhduar distalisht dhe në dhëmbin shtyllë (fig.1.b), në modelin 3 – në elementin e vazhduar distalisht dhe dy dhëmbët shtyllë distal(fig.1.c), në modelin 4 – në një element të vazhduar distalisht dhe tre dhëmbët shtyllë distal (fig.1.d), Në modelin 5 - elementi I vazhduar distalisht dhe të gjithë dhëmbët shtyllë (fig.1.e).

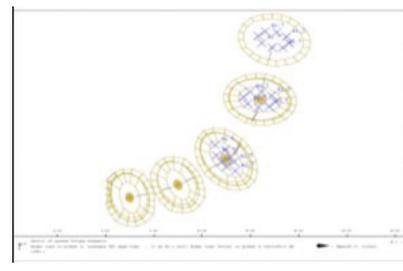
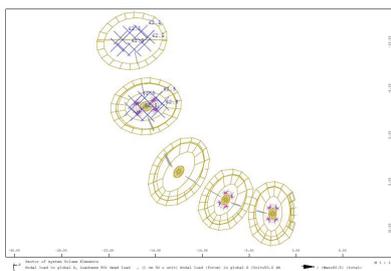
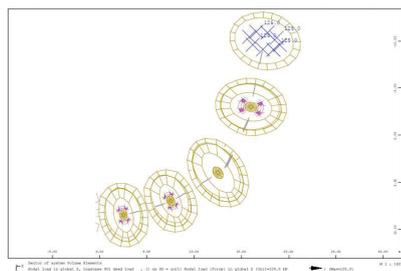
Forcat e shpërndara maten në nivelin e ligamentit periodontal (PDL).

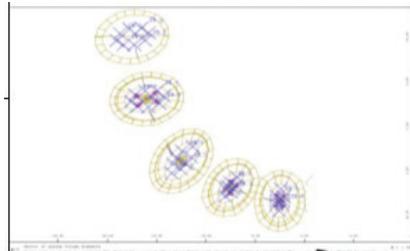
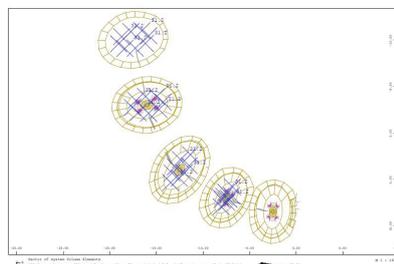
The teeth, together with the fixed prosthetics, are anisotropic, that is, their components have different modulus of elasticity, especially the periodontal element. [14,15,16] Therefore, nonlinear analysis was applied in the research.

The bone tissue is modeled as rigid, since only the forces distributed in the periodontal ligament are monitored.

Occlusal vertical forces from 0.5 to 512N are simulated. Occlusal loading is done with simulated occlusal vertical forces from 0.5 to 512N. The site of action is the occlusal surfaces of the teeth. The loading is done: With model 1 – on the distally extended unit (fig. 1.a); In model 2 – on the distally extended unit and the distal abutment tooth (fig.1.b), In model 3 – on the distally extended unit and the two distal abutment teeth (fig.1.c), In model 4 – on the distally extended unit and the three distal abutment teeth (fig.1.d), In model 5 - the distally extended unit and all abutment teeth (fig.1.e).

Distributed forces are measured at the level of the periodontal ligament (PDL).





**Fotografi nr.1.** Plani i ngarkesës në modele:

a) modeli 1, b) modeli 2, c) modeli 3, d) modeli 4, e) modeli 5

**Fig. 1.** Load plan for models:

a) for model 1, b) for model 2, c) for model 3, d.) for model 4,  
e) for model 5

## REZULTATET

**Tabela 2.** Shpërndarja e forcave okluzale vertikale në dhëmbët shtyllë në modelin 1 gjatë ngarkesës të elementit të vazhduar e shprehur në përqindje

F/F забн/ teeth	0.5 N	1 N	2 N	4 N	8 N	16 N	32 N	64 N	128 N	256 N	512 N
31	-20,34	-19,15	-18,28	-18,76	-17,01	-14,50	-14,09	-14,95	-14,67	-10,41	-8,49
32	-5,67	-5,01	-5,13	-7,15	-9,79	-10,05	-10,88	-11,42	-13,63	-13,67	-15,86
33	31,84	31,77	29,93	23,53	9,80	1,73	-6,17	-6,80	-9,92	-13,92	-24,12
34	94,17	92,39	93,48	102,38	117,00	122,82	131,13	133,17	138,21	138,00	148,46
35											
<b>Вкупно/ Total</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

## RESULTS

**Table 2.** Percentage distribution of occlusal vertical forces on the supporting teeth in model 1 under load the distally extended unit

Përqindja e forcës së shpërndarë në dhëmbët shtyllë në modelin 1 gjatë ngarkimit të pjesës së vazhduar distalisht është më e lartë në dhëmbin shtyllë distal, e cila rritet me rritjen e forcës së aplikuar. Përqindja e forcave të shpërndara ka një shpërndarje përafërsisht të barabartë me forcat më të vogla të aplikuar deri në 4N, dhe më pas ndryshon përqindja e forcave të shpërndara. Përqindja rritet dukshëm në shtyllën distale, dhe më pak në incizivin lateral, ndërsa zvogëlohet në incizivin qendror.

Forcat e shpërndara në shtyllën distale kanë të njëjtin drejtim veprimi si forca e aplikuar. Në incizivët qendrorë forca e shpërndarë ka drejtim të kundërt të veprimit nga forca e aplikuar, kurse në incizivët lateral dhe kaninët për forcat më të vogla forcat e shpërndara kanë të njëjtin drejtim veprimi, derisa për forcat më të mëdha ato kanë të kundërtin drejtim të veprimit.

The percentage of the distributed force on the abutment teeth in model 1 when loading the distally extended unit is the highest on the distal abutment, which increases with the increase in the strength of the applied force. The percentage of distributed forces has an approximately even distribution for smaller applied forces up to 4N, and then the percentage of distributed forces changes. The percentage visibly increases on the distal abutment, and somewhat less on the second incisor, while it decreases on the central incisor.

The distributed forces on the distal abutment the same direction of action as the applied force. On the central incisors, the distributed force has the opposite direction of action from the applied force, and on the lateral incisors and canines, for smaller forces, the distributed forces have the same direction of action, and for larger forces, they have the opposite direction of action.



**Tabela 3.** Shpërndarja e forcave okluzale vertikale në dhëmbët shtyllë në modelin 2 gjatë ngarkesës të elementit të vazhduar dhe dhëmbit shtyllë distal e shprehur në përqindje

**Table 3.** Percentage of distribution of occlusal vertical forces on abutment teeth in Model 2 under load the distal cantilever and distal abutment tooth

F/F заби/ teeth	0.5 N	1 N	2 N	4 N	8 N	16 N	32 N	64 N	128 N	256 N	512 N
41	-11,49	-11,32	-7,71	-9,95	-8,11	-5,65	-5,32	-4,85	-5,74	-3,95	-3,70
42	1,17	1,06	2,96	0,60	-0,79	-1,50	-2,77	-3,03	-3,08	-2,58	-3,73
43	30,89	30,56	29,86	25,81	17,95	10,29	3,61	0,80	-0,55	-0,48	-3,56
44	79,43	79,70	74,89	83,54	90,95	96,85	104,49	107,08	109,37	107,01	110,98
45											
<b>Вкупно/ Total</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Për të gjitha forcat e aplikuara, përqindja e forcës së shpërndarë është më e lartë në shtyllën distale të dhëmbit. Me rritjen e forcës së aplikuar, përqindja e forcës së shpërndarë rritet në shtyllën distale dhe në incizivin lateral dhe zvogëlohet në inciziv qendror dhe kaninin. Përqindja e forcës së shpërndarë është përafërsisht e barabartë për forcat e aplikuara deri në 2N, por më pas diferencat rriten

For all applied forces, the percentage of distributed force is highest on the distal abutment tooth. With the increase of the applied force, the percentage of the distributed force increases on the distal abutment and on the lateral incisor, and decreases on the canine and central incisor. The percentage of distributed force is approximately equal for applied forces up to 2N, but then the differences increase.

**Tabela 4.** Shpërndarja e forcave okluzale vertikale në dhëmbët shtyllë në modelin 3 gjatë ngarkesës të elementit të vazhduar dhe dy dhëmbë shtyllë distal e shprehur në përqindje

**Table 4.** Percentage of distribution of occlusal vertical forces on abutment teeth in Model 3 under load the distal cantilever and the two distal abutment teeth

F/F заби/ teeth	0.5 N	1 N	2 N	4 N	8 N	16 N	32 N	64 N	128 N	256 N	512 N
31	-3,65	-3,39	-3,33	-2,94	-0,51	0,67	1,47	2,07	1,34	0,80	0,27
32	8,64	8,70	8,73	8,61	7,77	6,15	4,34	3,48	2,44	1,74	1,37
33	37,10	36,93	36,93	35,33	29,69	23,00	16,59	14,08	13,80	14,13	14,12
34	57,91	57,76	57,67	59,00	63,06	70,18	77,59	80,37	82,42	83,33	84,25
35											
<b>Вкупно/ Total</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Përqindja e forcës së shpërndarë është më e lartë në shtyllën distale, e cila rritet me rritjen e forcës së aplikuar dhe në pjesën tjetër të dhëmbëve zvogëlohet në drejtimin distal. Për forcat e aplikuara deri në 16N, diferencat janë minimale, dhe për forcat më të mëdha, ndryshimi në përqindjen e forcave të shpërndara rritet në drejtimin distal. Përqindja më e vogël e forcës shpërndahet në incizivin qendror.

The percentage of the distributed force is the highest on the distal abutment, which increases with the increase of the applied force, while on the rest of the teeth it decreases in the distal direction. For applied forces up to 16N, the differences are minimal, and for larger forces, the difference in the percentage of distributed forces increases in the distal direction. The smallest percentage of force is distributed on the central incisor.



**Tabela 5.** Shpërndarja e forcave okluzale vertikale në dhëmbët shtyllë në modelin 4 gjatë ngarkesës të elementit të vazdhuar dhe tre dhëmbët shtyllë distal e shprehur në përqindje

**Table 5.** Percentage of distribution of occlusal vertical forces on abutment teeth in Model 4 under load the distal cantilever load and the three distal abutment teeth load

F/F забн/ teeth	0.5 N	1 N	2 N	4 N	8 N	16 N	32 N	64 N	128 N	256 N	512 N
41	6,12	6,16	6,20	6,19	7,25	7,50	7,50	6,66	6,53	6,47	5,77
42	12,93	12,94	12,93	12,90	11,94	10,48	9,81	8,47	9,51	9,10	10,00
43	31,72	31,70	31,67	31,51	27,54	24,77	19,97	22,45	20,75	21,57	20,72
44	49,23	49,20	49,19	49,40	53,26	57,25	62,72	62,42	63,21	62,86	63,51
45											
<b>Вкупно/ Total</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Përqindja e forcës së shpërndarë është më e lartë në shtyllën distale 44 e cila rritet me rritjen e forcës së aplikuar. Përqindja e forcës së aplikuar zvogëlohet në mënyrë mediale. Në të gjithë dhëmbët tjerë shtyllë, përqindja e forcës së aplikuar zvogëlohet me rritjen e forcës së aplikuar.

Përqindja e forcës së aplikuar është uniforme për forcat e vogla të ngarkesës deri në 8N, dhe më pas diferencat rriten.

The percentage of the distributed force is the highest on the distal abutment 44 which increases with the increase of the applied force. The percentage of applied force decreases medially. On all other abutment teeth, the percentage of the applied force decreases with the increase of the applied force.

The percentage of applied force is uniform for small load forces up to 8N, and then the differences increase.

**Tabela 6.** Shpërndarja e forcave okluzale vertikale në dhëmbët shtyllë në modelin 5 gjatë ngarkesës të elementit të vazdhuar dhe të gjithë dhëmbëve shtyllë të konstruksionit e shprehur në përqindje

**Table 5.** Percentage of distribution of occlusal vertical forces on abutment teeth in Model 5 under load of all construction units

F/F забн/ teeth	0.5 N	1 N	2 N	4 N	8 N	16 N	32 N	64 N	128 N	256 N	512 N
41	15,73	15,72	15,77	15,76	15,95	15,88	16,35	17,23	17,61	18,44	18,74
42	17,15	17,14	17,14	17,16	16,62	16,13	14,73	14,59	14,79	14,23	14,69
43	29,02	29,01	28,97	29,00	27,09	26,58	23,03	22,80	20,62	19,87	18,55
44	38,10	38,13	38,12	38,09	40,33	41,41	45,88	45,38	46,97	47,46	48,02
45											
<b>Вкупно/ Total</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Përqindja e forcës së shpërndarë në dhëmbët shtyllë në modelin 5 gjatë ngarkimit të gjithë elementeve të strukturës është më e lartë në shtyllën distale 44, i cili rritet me rritjen e forcës së aplikuar. Në të gjithë dhëmbët tjerë shtyllë të konstruksionit, përqindja e forcës së shpërndarë zvogëlohet me rritjen e forcës së

The percentage of the distributed force on the abutment teeth in model 5 during loading of all units of the construction is the highest on the distal abutment 44, which grows with the increase in the strength of the applied force. On the rest of the teeth supporting the structure, the percentage of the distributed force



aplikuar, me përjashtim të incizivit qendror, ku rritet minimalisht rreth 3%. Përqindja e forcës së shpërndarë për të gjitha forcat e aplikuar ka një shpërndarje afërsisht uniforme në të gjithë dhëmbët shtyllë me diferencë deri në 10% mes dhëmbëve agonist. Në të gjithë pjesët e konstruksionit, forcat e shpërndara kanë të njëjtin drejtim veprimi me drejtimin e forcës së aplikuar, për këtë arsye konstruksioni është i qëndrueshëm.

## DISKUTIMI

Krahasimi i vlerave të përqindjes së forcave të shpërndara në dhëmbët shtyllë në modelet e analizuar 1, 2, 3, 4 dhe 5 tregon një shpërndarje të ndryshme të forcave vertikale okluzale midis modeleve.

Shpërndarja më e barabartë e përqindjes së forcave vertikale okluzale gjendet në modelin 5, i ndjekur nga modeli 4 dhe modeli 3, dhe shpërndarja më pak e favorshme gjendet në modelin 1 dhe modelin 2.

Në të 3 modelet, përqindja më e lartë e forcës është shpërndara në shtyllën distale, që është më e lartë në modelin 1. Me rritjen e numrit të bartësve të dhëmbëve të ngarkuar në modelet 2, 3, 4 dhe 5, vlera e përqindjes së forcës zvogëlohet dhe përqindja më e ulët e ka një forcë të shpërndarë në modelin 5. Ndryshimi në vlerën e përqindjes së forcës së shpërndarë në dhëmbin shtyllë në modelin 1 dhe në modelin 5 është i madh. Në modelin 1 varion nga 92,39% në 148,45%, dhe në modelin 5 nga 38,09% në 48,02%.

Në modelin 5 dhe modelin 4, drejtimi i veprimit të forcës së shpërndarë në të gjithë dhëmbët është i barabartë me drejtimin e veprimit të forcës së aplikuar, që do të thotë se konstruksioni fiks në modelet 4 dhe 5 është më i qëndrueshëm. Konstruksioni fiks është më pak i qëndrueshëm në modelin 1 dhe modelin 2, sepse ka një veprim të ndryshëm të forcave të shpërndara. Në dhëmbët shtyllë distal drejtimi i veprimit të forcave të shpërndara ka të njëjtin drejtim me forcën e aplikuar, kurse në dhëmbët shtyllë mezial ka drejtimin e kundërt të forcës së aplikuar.

Rezultatet e marra nga hulumtimi i shpërndarjes së forcave vertikale okluzale të dhëmbëve shtyllë në strukturat e njëanshme të urës, në harqet dhëmbore të shkurtuara me një element zvendësues të vazhduar, mvarësisht numrit të dhëmbëve të ngarkuar, janë të përafërta me rezultatet e publikuara nga Li. Mei-hua dhe bashkëautorët [5], Hong-So dhe bashkëautorët [6], Laurell [7], Awadalla dhe bashkëautorët [5], Guo, Tang dhe Pan [5] dhe Valeria dhe bashkëautorët [5], Sterzenbach dhe bashkëautorët [17] dhe Prasad Aravind [18].

Sipas Singh, dizajni i okluzionit në konstruksionet

decreases with the increase in the strength of the applied force, except for the central incisor, where it increases minimally by about 3%. The percentage of distributed force for all applied forces has an approximately uniform distribution on all abutment teeth with differences of up to 10% between adjacent teeth. In all units of the construction, the distributed forces have the same direction of action as the direction of the applied force, which is why the construction is stable.

## DISCUSSION

Comparing the values of the percentage of the distributed forces on the abutment teeth in the examined models 1, 2, 3, 4 and 5 shows a different distribution of the occlusal vertical forces between the models.

The most even distribution of the percentage of occlusal vertical forces is found in model 5, followed by model 4 and model 3, and the most unfavorable distribution is found in model 1 and model 2.

In all 3 models, the highest percentage of force was distributed on the distal abutment, which is the highest in model 1. As the number of loaded abutment teeth increases in models 2, 3, 4 and 5, the value of the percentage of distributed force decreases and the lowest percentage of the distributed force is noted in model 5. The difference in the value of the percentage of the distributed force on the distal abutment tooth in model 1 and in model 5 is large. In model 1 it ranges from 92.39% to 148.45%, and in model 5 from 38.09% to 48.02%.

In model 5 and model 4, the direction of action of the distributed force in all teeth is equal to the direction of action of the applied force, which means that the fixed construction in models 4 and 5 is the most stable. The fixed construction is the least stable in model 1 and model 2, because there is a different action of the distributed forces. On the distal abutments, the direction of action of the distributed forces has the same direction as the applied force, and on the mesial abutments has the opposite direction of the applied force.

The obtained results of the investigation of the distribution of the occlusal vertical forces of the supporting teeth in unilateral bridge structures, in slightly shortened dental rows with one distally extended unit, depending on the number of loaded teeth, are close to the results published by Li Mei-hua et al. [5], Hong-So et al. [6], Laurell [7], Awadalla et al. [5], Guo, Tang and Pan [5] and Valeria et al. [5], Sterzenbach et al. [17] and Prasad Aravind. [18]

According to Singh, occlusion design in fixed



fikse me një element zavendësues të vazhduar luan një rol kyç në suksesin e terapis.[19]

Rezultatet tregojnë se gjatë dizajnit të konstruksioneve të urës së njëanshme, në harqet dhëmbore të shkurtuara me një element distal, është e nevojshme të aplikohet ngarkesa okluzale në të paktën tre dhëmbë shtyllë distal, gjë që do të rezultojë në një ndërtim të qëndrueshëm të urës, dhe vlera e përqindjes së forcës së shpërndarë në dhëmbët shtyllë do të ulet prej 10% deri në 20% në krahasim me modelin 3, kur ngarkohen vetëm dy dhëmbë shtyllë distalë dhe elementi zavendësues i vazhduar. Gjithashtu, përqindja e forcës së shpërndarë në dhëmbët shtyllë do të shpërndahet në mënyrë të barabartë.

## PËRFUNDIMI

Bazuar në rezultatet e fituara, mund të konkludojmë se përqindja e forcave të shpërndara në dhëmbët shtyllë është në korrelacion me numrin e dhëmbëve shtyllë të ngarkuar. Konstruksionet e urave të njëanshme të balancuara mirë, në harqe dhëmbore të shkurtuar me një element zavendësues të vazhduar, mund të bëhen vetëm nëse ngarkesa okluzale është të paktën në tre dhëmbë shtyllë distal.

## REFERENCAT

1. Kenji Fueki, Eiko Yoshida, Yoshimasa Igarashi  
A systematic review of prosthetic restoration in patients with shortened dental arches. Japanese Dental Science Review. 2011;47(2): 167–174
2. Edward E. Hill, DDS., Decision-Making for Treatment Planning a Cantilevered Fixed Partial Denture. November/December 2009 Issue - Expires December 31st, 2012
3. Ashu Sharma, G. R. Rahul, Soorya T. Poduval, and Karunakar Shetty. Assessment of Various Factors for Feasibility of Fixed Cantilever Bridge: A Review Study. ISRN Dent. Mar 1. 2012;
4. Fratila C., Vasiloaica S., Silivasan S., Sebesan V., Boitor V., Stef L. Analysis of stress within the bridge and dental periodontal aggregate with one and two teeth support using photoelasticity. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures. 2012; 3(7): 1149 – 1155
5. LI Mei-hua, WANG Wei, DONG Li-hua, et al. A 3-DFE Stress analysis of a cantilevered fixed partial denture. JOURNAL OF COMPREHENSIVE STOMATOLOGY □ 2000-03

constructs with a distally extended unit has a critical role in the success of therapy. [19]

The results indicate that when designing one-sided bridge constructions, in slightly shortened dental rows with one distal extension, it is necessary to apply the occlusal load to at least three distal abutment teeth, which will result in a stable bridge construction, and the value of the percentage of distributed force of the distal abutment will decrease by about 10% to 20% relative to model 3, when only the two distal abutments and the distal cantilever are loaded. In addition, the percentage of distributed force on the abutment teeth will be more evenly distributed.

## CONCLUSION

Based on the obtained results, we can conclude that the percentage of distributed forces on the abutment teeth is correlated with the number of abutments loaded. Well-balanced single-sided bridge constructions, in slightly shortened dental rows (arches) with one distal cantilever, can be made only if the occlusal load is at least on three distal abutment teeth.

## REFERENCES

1. Kenji Fueki, Eiko Yoshida, Yoshimasa Igarashi  
A systematic review of prosthetic restoration in patients with shortened dental arches. Japanese Dental Science Review. 2011;47(2): 167–174
2. Edward E. Hill, DDS., Decision-Making for Treatment Planning a Cantilevered Fixed Partial Denture. November/December 2009 Issue - Expires December 31st, 2012
3. Ashu Sharma, G. R. Rahul, Soorya T. Poduval, and Karunakar Shetty. Assessment of Various Factors for Feasibility of Fixed Cantilever Bridge: A Review Study. ISRN Dent. Mar 1. 2012;
4. Fratila C., Vasiloaica S., Silivasan S., Sebesan V., Boitor V., Stef L. Analysis of stress within the bridge and dental periodontal aggregate with one and two teeth support using photoelasticity. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures. 2012; 3(7): 1149 – 1155
5. LI Mei-hua, WANG Wei, DONG Li-hua, et al. A 3-DFE Stress analysis of a cantilevered fixed partial denture. JOURNAL OF COMPREHENSIVE STOMATOLOGY □ 2000-03
6. Hong-So Yang DDS, Ph.D. Lisa A. Lang DDS,



COMPREHENSIVESTOMATOLOGY □ 2000-03

6. Hong-SoYang DDS, PhDaLisa A.LangDDS, MSbDavid A.FeltonDDS, MS. Finite element stress analysis on the effect of splinting in fixed partial dentures. The Journal of Prosthetic DentistryVolume 81, Issue 6, June 1999, Pages 721-728
7. Laurell L. Occlusal forces and chewing ability in dentitions with cross-arch bridges. Swed Dent J Suppl.1985;26:160p.
8. Awadalla HA1, Azarbal M, Ismail YH, el-Ibiari. Three-dimensional finite element stress analysis of a cantilever fixed partial denture. J Prosthet Dent. 1992 Aug;68(2):243-8.
9. Guo Y1, Tang L, Pan YH.Three-dimensional finite element analysis of the stress in abutment periodontal ligament of cantilever fixed bridge under dynamic loads. Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi. 2009 Sep;44(9):553-7
10. Valeria Pendefunda., Arina Ciocan+Pendefunda, Nicoleta ioanid, Alina Apostu.Finite element analyses of periodontal stresses in fixed prosthodontics. Romanian Journal of Oral Rehabilitation.Vol. 5, No. 4, October - December 2013
11. Bartakova S., Suchanek J., Miculka J., Vanek J.. Computer simulation of bont tissue response to a partial removable denture fitted to a lower jaw. Scripta Medica (Brno) 2003; 76(1): 21-28.
12. Infogram remanium 2000+; Dentaurum 04/04: www.dentaurum.com
13. Li L.et al. Tree-dimensional finite element analysis of weakened roots restored with different cements in combination with titaniumalloy posts. Chin Med J 2006; 119(4):305-311.
14. Magne P. Efficient 3D finite element analysis of dental restorative procedures using micro-CT data. DentMater.2007;23(5):539-48.
15. Lin CL, Yen-Hsiang C, Perng-Ru L. Multifactorial analysis of a cusp-replacing adhesive premolar restoration: A finite element study. J Dent. 2008;36:194-203.
16. DOROW C., KRSTIN N., SANDER F.G., Experiments to determine the material properties of the periodontal ligament, J-Orofac-Orthop., 2002 March,63(2),94-104
17. Sterzenbach G, Rosentritt M, Meyer-Lueckel MSbDavid A.FeltonDDS, MS. Finite element stress analysis on the effect of splinting in fixed partial dentures. The Journal of Prosthetic DentistryVolume 81, Issue 6, June 1999, Pages 721-728
7. Laurell L. Occlusal forces and chewing ability in dentitions with cross-arch bridges. Swed Dent J Suppl.1985;26:160p.
8. Awadalla HA1, Azarbal M, Ismail YH, el-Ibiari. Three-dimensional finite element stress analysis of a cantilever fixed partial denture. J Prosthet Dent. 1992 Aug;68(2):243-8.
9. Guo Y1, Tang L, Pan YH.Three-dimensional finite element analysis of the stress in abutment periodontal ligament of cantilever fixed bridge under dynamic loads. Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi. 2009 Sep;44(9):553-7
10. Valeria Pendefunda., Arina Ciocan+Pendefunda, Nicoleta ioanid, Alina Apostu.Finite element analyses of periodontal stresses in fixed prosthodontics. Romanian Journal of Oral Rehabilitation.Vol. 5, No. 4, October - December 2013
11. Bartakova S., Suchanek J., Miculka J., Vanek J.. Computer simulation of bont tissue response to a partial removable denture fitted to a lower jaw. Scripta Medica (Brno) 2003; 76(1): 21-28.
12. Infogram remanium 2000+; Dentaurum 04/04: www.dentaurum.com
13. Li L.et al. Tree-dimensional finite element analysis of weakened roots restored with different cements in combination with titaniumalloy posts. Chin Med J 2006; 119(4):305-311.
14. Magne P. Efficient 3D finite element analysis of dental restorative procedures using micro-CT data. DentMater.2007;23(5):539-48.
15. Lin CL, Yen-Hsiang C, Perng-Ru L. Multifactorial analysis of a cusp-replacing adhesive premolar restoration: A finite element study. J Dent. 2008;36:194-203.
16. DOROW C., KRSTIN N., SANDER F.G., Experiments to determine the material properties of the periodontal ligament, J-Orofac-Orthop., 2002 March,63(2),94-104
17. Sterzenbach G, Rosentritt M, Meyer-Lueckel H, Bitter K, Naumann M. Failure loads of all-ceramic cantilever fixed dental prostheses on post-restored abutment teeth: influence of the post



- H, Bitter K, Naumann M. Failure loads of all-ceramic cantilever fixed dental prostheses on post-restored abutment teeth: influence of the post presence and post position. Eur J Oral Sci. 2018 Dec;126(6):526-532.
- 18.Prasad Aravind, Abdul Razak P, Nimisha Ramesh, Deepthi Venugopalan and Athira M. CONSIDERATIONS IN CANTILEVER FIXED DENTAL PROSTHESIS. JPID – The journal of Prosthetic and Implant Dentistry / Volume 4 Issue 2 / January–April 2021
- 19.Singh B. Cantilever Fixed Partial Denture: Concept Revisited. J Indian Prosthodont Soc. 2020 Dec;20(Suppl 1):S38.
- presence and post position. Eur J Oral Sci. 2018 Dec;126(6):526-532.
- 18.Prasad Aravind, Abdul Razak P, Nimisha Ramesh, Deepthi Venugopalan and Athira M. CONSIDERATIONS IN CANTILEVER FIXED DENTAL PROSTHESIS. JPID – The journal of Prosthetic and Implant Dentistry / Volume 4 Issue 2 / January–April 2021
- 19.Singh B. Cantilever Fixed Partial Denture: Concept Revisited. J Indian Prosthodont Soc. 2020 Dec;20(Suppl 1):S38.