

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ
KESİN RAPORU**

ALT ÇENE TAM DİŞSİZLİK OLGULARINDA ANTERİOR BÖLGEYE
YERLEŞTİRİLEN İMPLANTLAR ÜZERİNE UYGULANAN FARKLI PROTEZ
TASARIMLARININ İN VİTRO OLARAK KUVVET DAĞILIMI YÖNÜNDEN
İNCELENMESİ

Proje Yürütücüsü:
Prof. Dr. Mutahhar Ulusoy

Yardımcı Araştırmacı:
Dr. Dt. Kemal Çoğalan

Proje Numarası:
09B3334003

Başlama Tarihi:
27/03/2009
Bitiş Tarihi:
27/03/2011

Rapor Tarihi:
13/09/2011

Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Ankara – 2011

I. PROJENİN TÜRKÇE VE İNGİLİZCE ADI VE ÖZETLERİ

Alt Çene Tam Dişsizlik Olgularında Anterior Bölgeye Yerleştirilen İmplantlar Üzerine Uygulanan Farklı Protez Tasarımlarının İnvitro Olarak Kuvvet Dağılımı Yönünden İncelenmesi

İmplant üstü protezler tam dişsiz hastaların yaşam kalitesini arttırmaktadır. İmplant üstü protez tipinin seçiminin implant ve çevre dokuların sağlığı açısından önem taşıdığı düşünülmektedir. İmplant üstü overdenture protezlerde en çok bar ve topuz tutucular kullanılmaktadır. Topuz ve bar tutuculu implant üstü overdenture protezlere alternatif olarak implant üstü sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan posterior hareketli bölümlü bir protez yapılabilir.

Yaptığımız çalışmanın amacı implant üstü sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan posterior hareketli bölümlü protezlerin implantlar ve kemikte oluşturdukları streslerin, sonlu elemanlar stres yöntemi kullanılarak topuz ve bar tutuculu overdenture protezlerle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi ve implant sayısının etkinliğinin incelenmesidir.

Çalışmamızda, tam dişsiz bir alt çenede 2 ve 4 implant üzerine implant üstü sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan posterior hareketli bölümlü protez, topuz tutuculu overdenture protez ve bar tutuculu overdenture protez yapılmış. Her bir modele 1. Molar dişin merkezinden 100 N vertikal ve 100 N oblik kuvvet uygulanmıştır. Oluşan stresler Algor Fempro programı kullanılarak incelenmiştir.

Çalışmamızın sonucunda, implant üstü sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan posterior hareketli bölümlü protezde, topuz ve bar tutuculu protezlere göre implant ve peri-implant kemikte stresler daha yüksek, mukoza altındaki kortikal kemikte stresler daha düşüktür. Spongiyoz kemikteki maksimum stres değerleri çok düşük değerlerde kayıt edilmiştir. Dört implantlı modellerde kaydedilen stres değerleri iki implantlı modellere göre implantlarda ve peri-implant kemikte daha yüksek, mukoza altındaki kortikal kemikte daha düşüktür. Oblik kuvvetler de stresi artırmaktadır.

In vitro Stress Distribution Evaluation Of Different Prosthesis Designs Supported By Anteriorly Located Implants In Mandibular Edentulous Cases

Implant prosthesis improve the quality of life of edentulous patients. Selection of prosthesis types supported by implants is considered to be of importance for peri-implant region and surrounding tissue health. Major attachments used in implant overdentures are bar and stud attachments. An anterior fixed- splinted implant supported restoration with a precision partial denture posteriorly is an alternative restoration to the removable implant-supported bar or ball retained overdenture.

The aim of this study is to evaluate the stress transmitted to the peri-implant region and implants by an anterior fixed- splinted implant supported restoration with a precision partial denture posteriorly comparing bar and ball retained overdenture and to find out the effect of number of implants using finite element analysis.

In our study we prepared six, three dimensional finite element models representing distal extension mandibular removable partial denture connected to an anterior fixed implant-supported prosthesis, ball retained mandibular overdenture and bar retained mandibular overdenture built over 2 and 4 implants. 100 N vertical and 100 N oblique force were applied on the first mandibular molar teeth each model. The stress were investigated using the Algor Fempro programme.

The results of our study shows us stress on peri-implant bone and implants were higher and stress on cortical bone under mucosa were lower distal extension mandibular removable partial denture connected to an anterior fixed implant-supported prosthesis than bar and ball retained overdenture. In all models; maximum stress concentrations occurred on the surface of cortical-bone at the implant interface. The maximum stress results at the spongios bone were very low. Models with 4 implants have higher stress values on implants and peri-implant bone and lower stress values on the cortical bone under mucosa than the with 2 implants . Oblique forces were increased the stress values.

II. AMAÇ VE KAPSAM

Kişilerin kendilerine olan güvenlerini büyük ölçüde azaltan dişsizlik, ayrıca stomatognatik sistemin en önemli fonksiyonları olan çiğneme ve konuşma fonksiyonlarını da zayıflatan bir durumdur(Mericske-Stern ve ark,2000).

Günümüzde dişsiz hastaların tam protezlerle tedavisinde elde edilen başarı, hekimin beceri ve bilgisinin yanısıra büyük ölçüde ağzın anatomik ve fizyolojik özellikleri ile sınırlıdır.(Misch,2005) Böyle durumlarda konvansiyonel protezlerden memnun kalmayan tam dişsiz hastalar için, implantlar standart bir tedavi olmuştur ve bu vakalarda, implant destekli protezler ile hasta memnuniyetinin çarpıcı şekilde arttığı gözlenmiştir.(Setz,2000)

Dişsiz hastalarda implant tedavi planlaması aşağıda özetlediğimiz amaçlar doğrultusunda gerçekleştirilmelidir (Misch, 2005).

-Rezidüel kretin morfolojik özelliklerine bağlı olarak implantların optimum sayısının ve yerlerinin belirlenmesi.

-İmplantlara ve destek dokulara gelecek oklüzal kuvvetlerin uygun şekilde dağılımının sağlanması.

-İmplant yerleri, protez dizaynı ve buna uygun tutucu mekanizmaların belirlenmesi

-Optimum estetik sonucun alınması ve hijyen protokolünün belirlenmesi (Zitzmann ve ark, 1999).

İmplantın uygulanacağı bölgedeki kemik yüksekliğinin az olması, kron yüksekliğini ve implanta gelen olumsuz kuvvetleri artırması bakımından tedavi planlamasını etkileyen önemli bir kriterdir. Zira, augmentasyon ve benzeri cerrahi uygulamaların, kemiğin yüksekliğini arttırmada çok başarılı olmadığı bilinmektedir. Alt ve üst çenede ön bölgeler, en fazla kemik yüksekliği sergileyen alanlardır(Zarb ve Mericske-Stern,2004).

Tedavi planlamasında diğer bir önemli faktör de kemik yoğunluğudur. 1988 yılında Misch tarafından, kortikal ve spongiöz kemiğin makroskobik özelliklerini temel alan, kemik yoğunluğuna dayalı bir sınıflama yapılmıştır. “Misch Kemik Yoğunluğu Sınıflaması” diye adlandırılan bu sınıflamaya göre:

D1 yoğun kortikal kemik

D2 kalın spongiyöz kemiği çevreleyen, çok yoğun ve gözenekliye doğru ilerleyen kortikal kemik

D3 yoğunluğu az spongiyoz kemiği çevreleyen ince gözenekli kortikal kemik

D4 yoğunluğu az spongiyoz kemik.

D1 sınıf kemik üst çenede görülmezken, alt çenede nadiren görülür. D2 alt çenede, D3 ise daha çok üst çenede olan kemik yoğunluğudur. D4 üst çene molar bölgede veya sinüs grefti yapıldıktan sonra görülen kemiktir (Misch, 1999).

Alt çenede foramen mentaleler arası bölge implant yerleştirilmesi açısından en uygun bölgedir. Posterior bölgede ise inferior alveolar sinir ve kemik rezorpsiyonundan dolayı sıklıkla implant için yeterli kemik hacmi bulunmaz. Anatomik koşulları zorlayarak yerleştirilen bir implant komplikasyon ve başarısızlık riskini artırır(Mericske-Stern,2004).

İmplant dişhekimliği, hastanın özelliklerine ve problemine yönelik olarak çok çeşitli tedavi seçenekleri ortaya koymaktadır(Misch,2005). Dişsiz bir hastaya implant destekli bir protez yapılacaksa iki tedavi alternatifi vardır. Birincisi hastaların da daha çok yapılmasını istediği tamamen implant destekli sabit restorasyonlar, ikincisi de overdenture tipinde protezlerdir.Alt çene tam dişsizliklerde oldukça sık karşılaşılan anteriorda kemik rezorpsiyonun az olduğu, posteriorda ise yetersiz kemik hacminin olduğu durumlarda; posterior bölgelere implant yerleştirilemediğinden biyomekanik açıdan uygun sabit bir protez yapmak mümkün olmaz.Böyle olgularda overdenture protezlere bir alternatif olarak anterior implant üstü sabit bir proteze çeşitli tutucularla bağlanan hareketli bölümlü bir protez yapılması yeni ve başarılı bir tedavi seçeneğidir(Pellecchia, 2000, Starr, 2001, Uludag, 2006).

Dental implantlar klinik çalışmalardaki yüksek başarılar göstermelerine rağmen hala erken veya geç olacak şekilde kaybedilebilmektedirler. Geç implant kayıpları genellikle protezin tesliminden sonra olur ve çoğunlukla biyomekanik komplikasyonlardır. Biyomekanik nedenli implant kaybının mekanizması tamamen anlaşılammıştır. Yapılan çalışmalardaki biyomekanik faktörler sonuçsuz kalmıştır (Esposito,1998).

Kemik-implant-protezin tüm komponentlerinde meydana gelen streslerin, okluzal kuvvetlerin büyüklük ve lokalizasyonuna bağlı etkiler oldukları ortak fikirdir. İmplant destekli protezler eksternal veya internal kuvvetlerin etkisi altında olabilir. Bu kuvvetlerin implant üzerindeki ve kemikteki, nicelik ve niteliğini anlamak gerekmektedir. (Merickse-Stern R,1996,Duyck,2000)

Bu noktadan hareketle, yapacağımız çalışmada alt çene tam dişsizliklerde anterior bölgeye yerleştirilen en az implant uygulamasıyla, en etkin yük dağılımını sağlamaya yönelik olarak implantlar üzerine yapılan farklı protez tiplerinin yarattıkları gerilimlerin sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile değerlendirilmesi çalışmamızın amacını teşkil etmektedir.

Yapacağımız çalışmada yaygın bir kullanıma sahip olan küresel ataçmanlı ve barlı overdenture protezlerle, bu yeni tedavi seçeneğinin nasıl bir kuvvet dağılımı sergilediği belirlenecek ayrıca implant sayısının kuvvet dağılımında nasıl bir rol oynadığı incelenecektir.

III. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi ve Ay Tasarım Ltd. Şti. laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda, sonlu eleman stres analiz (SESA) yöntemi kullanılmıştır. Tıp ve Diş Hekimliğinde, sonuçları sağlam dayanaklarla sunabilmek amacıyla biyolojinin konusunu oluşturan varlıkların, davranışlarının incelenmesinde mekanik yöntemler kullanılarak yapılan tüm stres analiz çalışmaları içerisinde sonlu elemanlar stres analiz yöntemi avantajları nedeniyle tercih edilmektedir. Yöntem matematiksel bir yöntemdir, temelinde herhangi bir şekle sahip yapıyı daha basit geometrik şekillere ve elemanlara bölmek vardır (Eskitaşcıoğlu ve Yurdukoru,1995).

Araştırmada, mandibula şekline sahip kemik üzerinde, ilerde açıklayacağımız üzere anterior bölgeye 2 ve 4 implant yerleştirerek üzerine uygulanan farklı protez tasarımlarının yapıldığı modeller üzerinde analiz yapıldı.

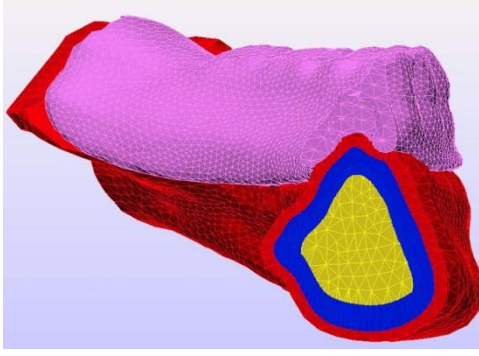
3 boyutlu ağ yapısının düzenlenmesi ve daha homojen hale getirilmesi, 3 boyutlu katı modelin oluşturulması ve sonlu elemanlar stres analizi işlemi için Intel Pentium ® D CPU 3,00 GHz işlemci, 250gb Hard disk, 3.00 GB RAM donanımlı ve Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 3 işletim sistemi olan bilgisayardan, Nextengine (NextEngine, Inc. 401 Wilshire Blvd., Ninth Flor Santa Monica, California 90401) lazer tarayıcısı ile makro çözünürlükte yapılan 3 boyutlu taramadan, Rhinoceros 4.0 (3670 Woodland Park Ave N ,Seattle, WA 98103 USA) 3 boyutlu modelleme yazılımından ve Algor Fempro (ALGOR, Inc. 150 Beta Drive Pittsburgh, PA 15238-2932 USA) analiz programından yararlanıldı.

2.1. Matematik Modellerin Hazırlanması

İlk aşama olarak analiz edilecek yapının üç boyutlu ve gerçek boyutla orantılı geometrik ana modeli olan alt çene modeli hazırlanmıştır. Kemiği ifade eden taban parçasının

oluşturulmasında insan alt çenesi, protezler ve protez parçaları Nextengine tarayıcısı kullanılarak tarandı. Elde edilen görüntüler, 3d-doctor yazılımına atıldı ve burada “Interactive Segmentation” yöntemi ile Hounsfield Değerlerine bakılarak kemik dokusu ayrıştırıldı. Yapılan ayrıştırma işleminden sonra “3d Complex Render” yöntemi ile 3 boyutlu model elde edildi ve bu şekilde kemik dokusu modellenmiş oldu. Kemik dokusundan offset yöntemi ile spongiyoz kemik elde edildi ve gerekli uyumlamaların yapılması ile kuvvet aktarımı sağlanmış oldu. Bu şekilde mandibula kortikal kemik, spongiyoz kemik, mukoza protez alt ve st parçaları ve implantlar gerçek morfolojisini yansıtacak biçimde modele taşındı. Yapılan modellemeler Rhinoceros yazılımında modeller 3 boyutlu uzayda doğru koordinatlara yerleştirildi ve modelleme işlemi tamamlanmış oldu. Rhino’da yapılan modellemeler, 3 boyutlu koordinatlar korunarak Fempro yazılımına aktarıldı. Burada modeller Bricks ve Tetrahedra elemanlar şeklinde katı modele çevrildi. Bricks ve Tetrahedra katı modelleme sisteminde, Fempro modelde oluşturabildiği kadar 8 nodlu elemanlar kullanır. 8 nodlu elemanların gerekli detaya ulaşamadığı durumlarda 7 nodlu, 6 nodlu, 5 nodlu ve 4 nodlu elemanlar kullanılır.

Mandibulada sıklıkla D2 kemik kalitesi grldğinden dolayı buna uygun olarak dens trabeküler kemiği kaplayan 2mm kortikal kemik ve bunun üzerinde 1 mm kalınlığında mukoza olacak şekilde model oluşturulmuştur. Kortikal ve trabeküler kemik isotropik, homojen, lineer elastik olarak kabul edilmiştir. Çalışmamızda kullanılan implantlar ITI Straumann (Institut Straumann AG, Basel, Switzerland) marka baz alınarak modellenmiştir. Karşılaştırmalı bir çalışma yapılacak olması sebebiyle aynı çap (4 mm) ve boyda (12mm) implantlar kullanılmıştır. İmplantların modellenmesi için Nextengine 3d lazer tarayıcısından ve Rhinoceros yazılımından yararlanıldı. İmplantlar kemiğe 90°’ lik bir aı ile yerleştirilmişlerdir. Modellerdeki implantların kemikle osseointegrasyonu tam olarak (%100) kabul edilmiştir. Uygulanan kuvvetler altında kemik ile implant arasında hareket oluşmasına izin verilmemiştir.



Şekil 2.1. Modelin kesiti



Şekil 2.2. Kullanılan implant

Sonlu elemanlar stres analizinde kullanılan materyalin elastik katsayıları ve Poisson oranları **Çizelge 2.1**'de gösterilmiştir(Barao ve ark., 2009; Chun ve ark.,2005; Menicucci ve ark.,1998; Sevimay ve ark., 2005) .

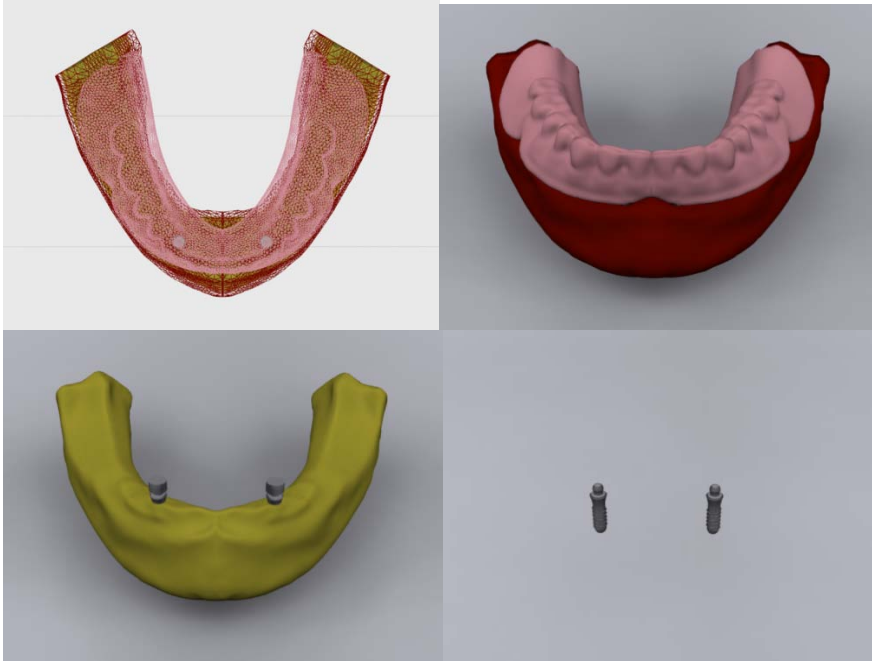
	Elastik Katsayıları	Poisson Oranları
Titanyum implant ve abutment	110 ³¹ GPa	0.35v
Dense trabeküler kemik	1.37 ³² GPa	0.3 v
Kortikal kemik	13.7 ³² GPa	0.3 v
Co-cr alaşım	218 ³³ GPa	0.33 v
Feldspatik porselen	82.8 ³⁴ GPa	0.35v
Akrilik dişler ve akrilik rezin	3000 MPa	0.35v
Mukoza	680 MPa	0.45v
Barın plastik klipsi	3000 MPa	0.28v
Topuztutucu ve hassas tutucunun matrixi	5 MPa	0.48v

Çizelge 2.1. Kullanılan materyallerin elastik katsayıları ve poisson oranları

İmplant sayısı ve protez tipine bağı olarak 6 farklı model oluşturulmuştur.

Model 1:

Alt çene modelinde 4 mm çapında 12 mm uzunluğunda vida şeklindeki iki implant her iki tarafta kaninler bölgesine merkezden uzaklığı 11 mm birbirine uzaklığı 22 mm olacak şekilde yerleştirilmiştir. İmplantlar üzerine topuz tutuculara sahip overdenture tarzı bir protez hazırlanmıştır. Topuz tutucunun çapı 2 mm ve tutuculuğu sağlayan matriksin kalınlığı da 2 mm olacak şekilde oluşturulmuştur. Bu modelde 108974 düğüm 590996 eleman kullanılmıştır (Şekil 2.3).

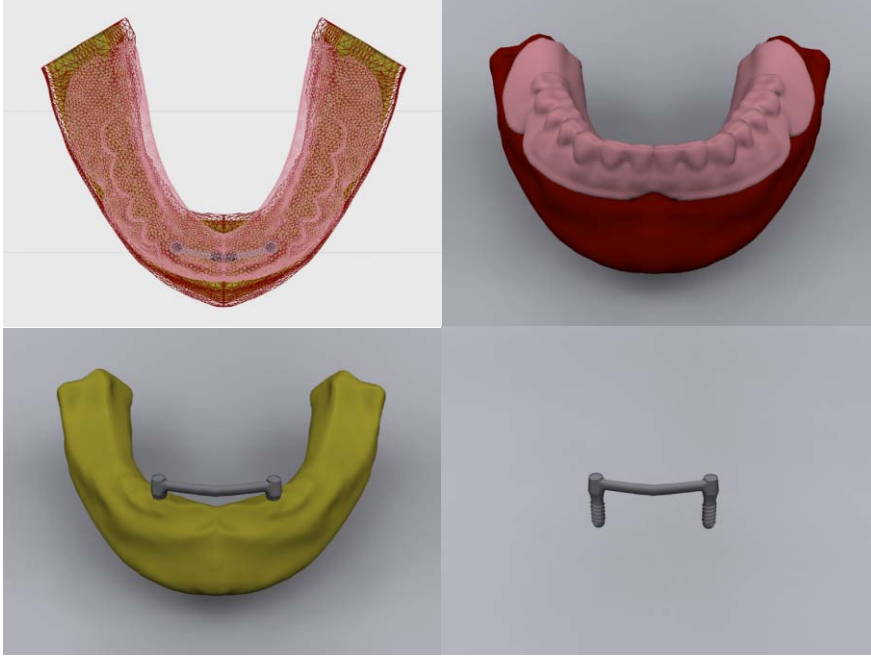


Şekil 2.3. İki implant üzerine yapılmış topuz tutuculu overdenture protez.

Model 2:

Alt çene modelinde 4 mm çapında 12 mm uzunluğunda vida şeklindeki iki implant her iki tarafta kaninler bölgesine merkezden uzaklığı 11 mm birbirine uzaklığı 22 mm olacak şekilde yerleştirilmiştir. Bar ile birbirine bağlanmış implantlar üzerine overdenture tarzı bir protez

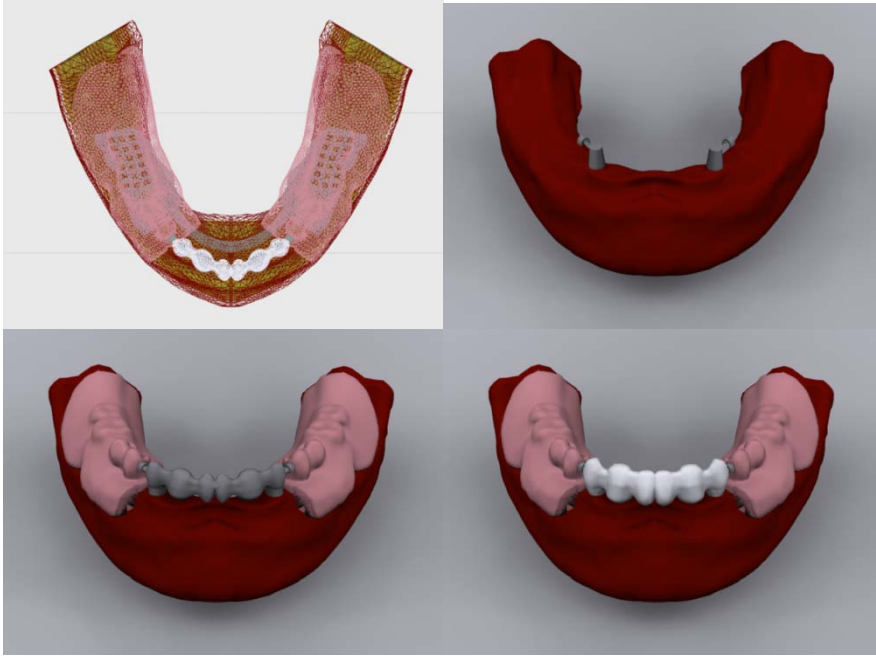
yapılmıştır. Barın kesiti armut kesitli (Dolder Bar) olacak şekilde yapılmıştır. . Bu modelde 112896 düğüm 619972 eleman kullanılmıştır (Şekil2.4).



Şekil 2.4. İki implant üzerine yapılmış barlı overdenture protez

Model 3:

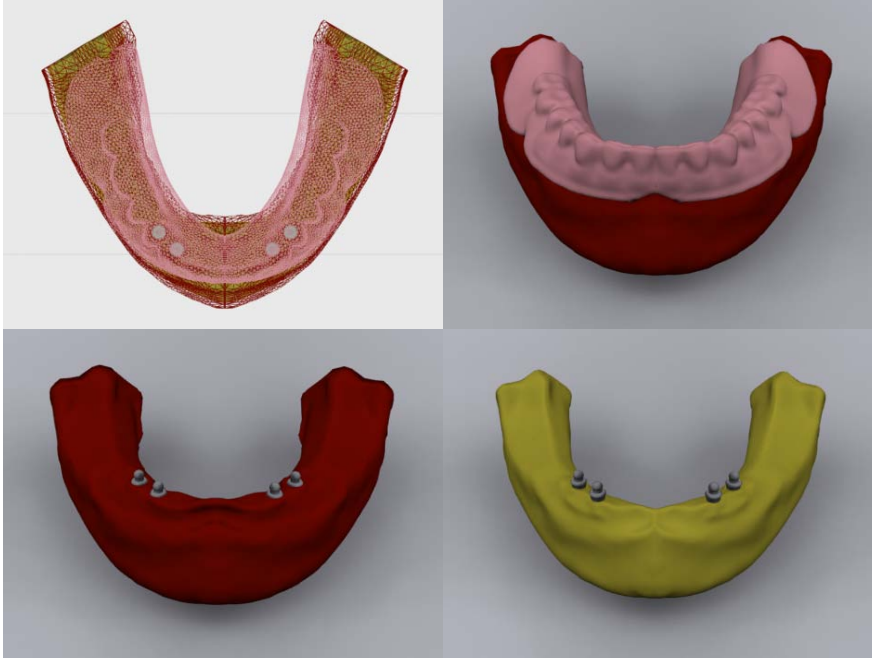
Alt çene modelinde 4 mm çapında 12 mm uzunluğunda vida şeklindeki iki implant her iki tarafta kaninler bölgesine merkezden uzaklığı 11 mm birbirine uzaklığı 22 mm olacak şekilde yerleştirilmiştir. Kanin kanin arası implant üstü sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan posterior hareketli bölümlü bir protez yapılmıştır. Sabit protez metal destekli porselen köprü olup, her iki kanin dişin distalinde topuz tutuculu hassas tutuculara sahiptir. Topuz tutucuların çapı 2 mm olup tutuculuğu sağlayan matrikste 2mm kalınlığa sahip olacak şekilde hazırlanmıştır. Bu modelde 128086 düğüm 712630 eleman kullanılmıştır (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. Kanin-kanin arası implant üstü sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan HBP.

Model 4:

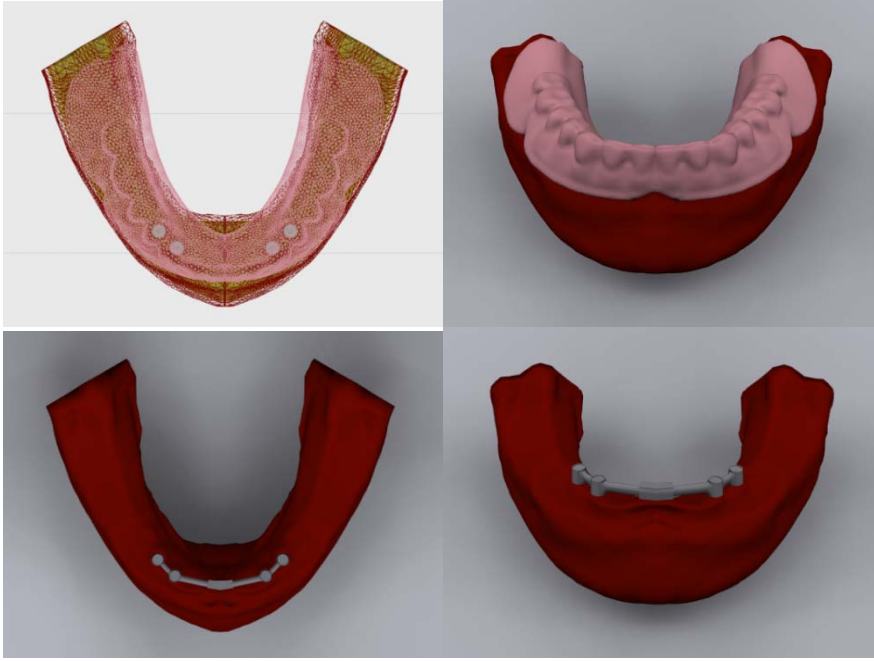
Alt çene modelinde 4 mm çapında 12 mm uzunluğunda vida şeklindeki 4 implant her iki tarafta kaninler bölgesi ve 1. premolar bölgesine yerleştirilmiştir. Kaninler bölgesine yerleştirilen implantların merkezden uzaklığı 11 mm birbirine uzaklığı 22 mm, premolarlar bölgesine yerleştirilen implantlar ise kaninler bölgesine yerleştirilen implanttan 3 mm distaldedir. İmplantlar üzerine topuz tutuculu tutuculara sahip overdenture tarzı bir protez hazırlanmıştır. Topuz tutucuların çapı 2 mm ve tutuculuğu sağlayan matriksin kalınlığı da 2 mm olacak şekilde oluşturulmuştur. Bu modelde 125506 düğüm 686808 eleman kullanılmıştır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Dört implant üzerine yapılmış topuz tutuculu overdenture protez

Model 5:

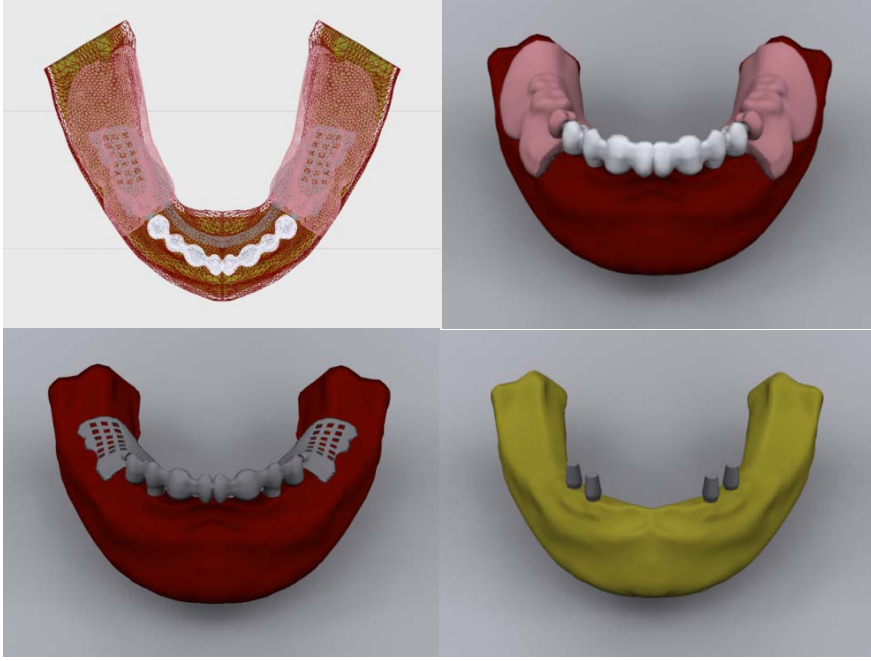
Alt çene modelinde 4 mm çapında 12 mm uzunluğunda vida şeklindeki 4 implant her iki tarafta kaninler bölgesi ve 1. premolar bölgesine yerleştirilmiştir. Kaninler bölgesine yerleştirilen implantların merkezden uzaklığı 11 mm birbirine uzaklığı 22 mm, premolarlar bölgesine yerleştirilen implantlar ise kaninler bölgesine yerleştirilen implanttan 3 mm distaldedir. Bar ile birbirine bağlanmış implantlar üzerine overdenture tarzı bir protez yapılmıştır. Barın kesiti armut kesitli (Dolder Bar) olacak şekilde yapılmıştır. Bu modelde 129348 düğüm 715924 eleman kullanılmıştır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Dört implant üzerine yapılmış barlı overdenture protez.

Model 6:

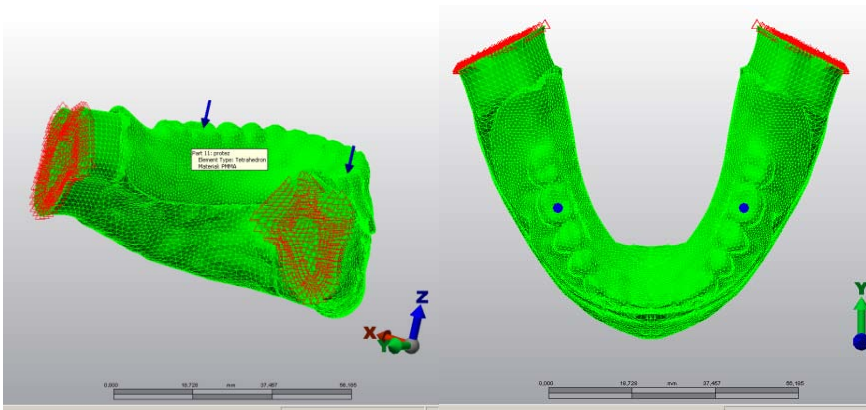
Alt çene modelinde 4 mm çapında 12 mm uzunluğunda vida şeklindeki 4 implant her iki tarafta kaninler bölgesi ve 1. premolar bölgesine yerleştirilmiştir. Kaninler bölgesine yerleştirilen implantların merkezden uzaklığı 11 mm birbirine uzaklığı 22 mm, premolarlar bölgesine yerleştirilen implantlar ise kaninler bölgesine yerleştirilen implanttan 3 mm distaldedir. 1. premolarlar arası implant üstü sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan posterior hareketli bölümlü bir protez yapılmıştır. Sabit protez metal destekli porselen köprü olup, her iki 1. premolar dişin distalinde topuz başlı hassas tutuculara sahiptir. Topuz tutucuların çapı 2 mm olup tutuculuğu sağlayan matrikste 2mm kalınlığa sahip olacak şekilde hazırlanmıştır. Bu modelde 141998 düğüm 794356 eleman kullanılmıştır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. 1.premolarlar arası implant üstü sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan HBP.

2.2. Yükleme

Yaptığımız çalışmada oklüzal kuvvetler her iki taraftaki alt 1. Molar dişin merkezinden vertikal (0°) olarak 100 N (~10,2 kg) ve oblik (45°) 100 N (10,2 kg) olacak şekilde uygulanmıştır.



Şekil 2.9. Kuvvetin uygulandığı noktalar.

2.3. Sonuçların Yorumlanması

Sonlu elemanlar stres analizleri (SESA) sonucunda elde edilen değerler, varyansı olmayan matematiksel hesaplamalar sonucunda ortaya çıktığı için, bu değerlerin istatistiksel analizi yapılmamaktadır. Yapılması gereken, çıkan değerlerin ve stres dağılımlarının dikkatli bir şekilde incelenmesi ve büyük bir titizlikle yorumlanmasıdır.

Uygulanan kuvvetler sonucunda oluşan stresler iki ana grupta toplanır. Bunlar normal stresler σ (gerilme ve sıkışma stresi) ve τ kesme stresleridir. Bir adet üç boyutlu stres elemanının x, y, z düzlemlerine; bir normal iki kesme stresi etki eder. Kesme stresleri; $\tau_{xy} = \tau_{yx}, \tau_{yz} = \tau_{zy}, \tau_{xz} = \tau_{zx}$ şeklinde gösterilebilir. Dolayısıyla herhangi bir üç boyutlu elemanın stres durumu, tamamen üç normal ve üç kesme stres komponenti ile tanımlanır.

Bir üç boyutlu elemanda, en büyük stres değeri, bütün kesme stres bileşenlerinin sıfır olduğu durumda oluşur. Bir eleman bu konumda olduğunda, normal streslere Principle Stres denir. Principle Stres; Maksimum Principle Stres, intermediate principle stres ve Minimum Principle Stres olarak üçe ayrılır. Genelde σ_1 en büyük pozitif değeri, σ_2 ara değeri, σ_3 ise en küçük negatif değeri göstermektedir. Bu değerleri sıraya koyacak olursak $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ şeklinde bir sıralama olur.

σ_1 : Maximum Principle Stresi simgeler, en büyük pozitif değerdir ve tipik olarak en yüksek **gerilme stres**'ini ifade eder.

σ_3 : Minimum Principle Stresi simgeler, en küçük negatif değerdir ve tipik olarak en yüksek **sıkışma stres**'ini ifade eder.

Analiz sonuçlarında artı değerler gerilme streslerini, eksi değerler ise sıkışma streslerini belirtmektedir. Bir stres elemanında belirgin ölçüde hangi stres tipi daha büyük mutlak değere sahip ise, o stres elemanı daha büyük olan stres tipinin etkisi altındadır.

Kırılğan materyaller için principle stres değerleri önemlidir. Çünkü;

$\sigma_1 > S_{ut}$ [en yüksek gerilme dayanıklılığı (ultimate tensile strenght)] veya

$\sigma_3 > S_{uc}$ [en yüksek sıkışma dayanıklılığı (ultimate compressive strenght)] olduğu zaman başarısızlık oluşur.

Von Mises stres, çekilebilir ve dövülebilir materyaller için, deformasyonun başlangıcı olarak tanımlanır ve üç principle stres olarak tanımlanır.

$$\sigma = \sqrt{\frac{[(\sigma^1 - \sigma^2)^2 + (\sigma^2 - \sigma^3)^2 + (\sigma^3 - \sigma^1)^2]}{2}}$$

Von Mises stres değeri implant materyalinde oluşan stres değerlerinin değerlendirilmesinde principle stres değerlerinden daha anlamlıdır. Dolayısıyla implantta oluşan Von Mises stres değeri titanyumun germe dayanıklılığını geçerse başarısızlık olur. Ayrıca Von Mises stres değerlerini stres dağılımları ve yoğunlaşmaları hakkında genel bir bilgi edinmek amacıyla değerlendirebiliriz.

IV. ANALİZ VE BULGULAR

Çalışmamızda 2 farklı açıda çift taraflı uygulanan 100 N kuvvet sonucu 6 farklı modelde oluşan stres dağılımları kortikal- spongiyöz kemik üzerinde Von Mises, Principle Maximum ve Principle Minimum verileriyle, implant üzerindeki stres dağılımı ise Von Mises verileriyle değerlendirilmiştir.

3.1. Kortikal Kemik Bulguları

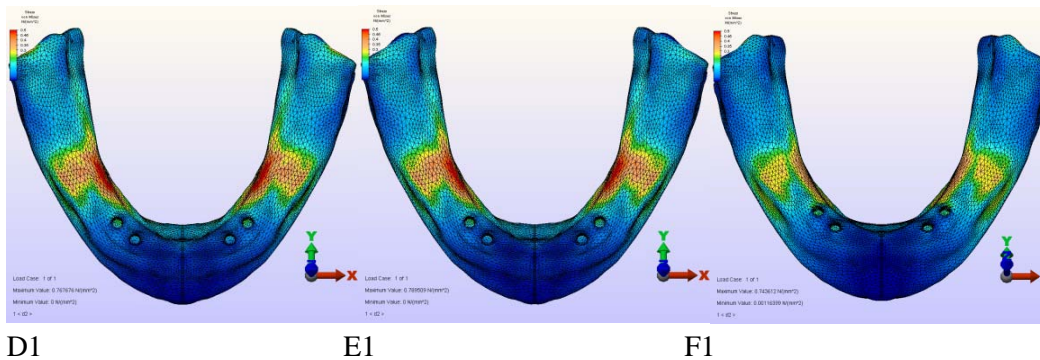
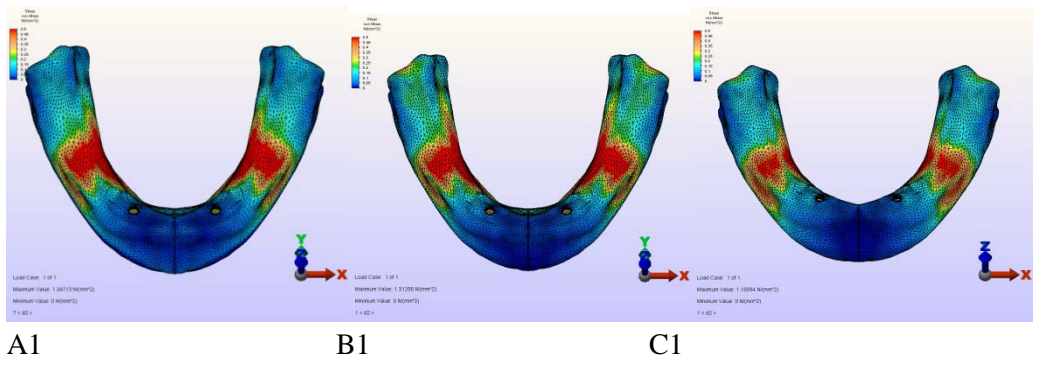
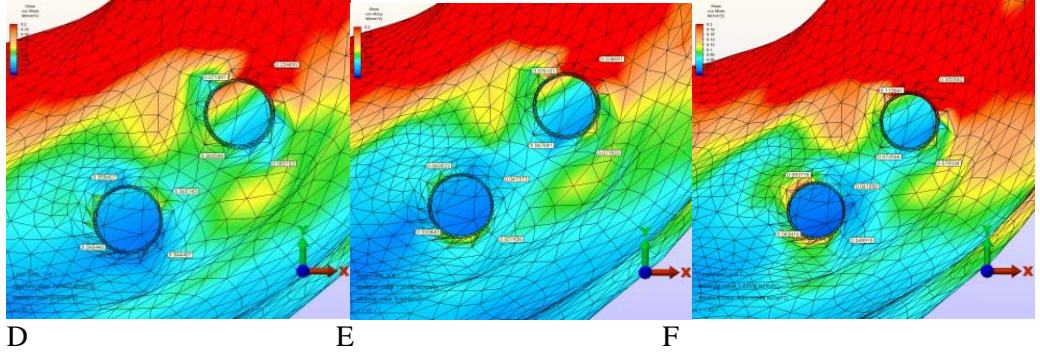
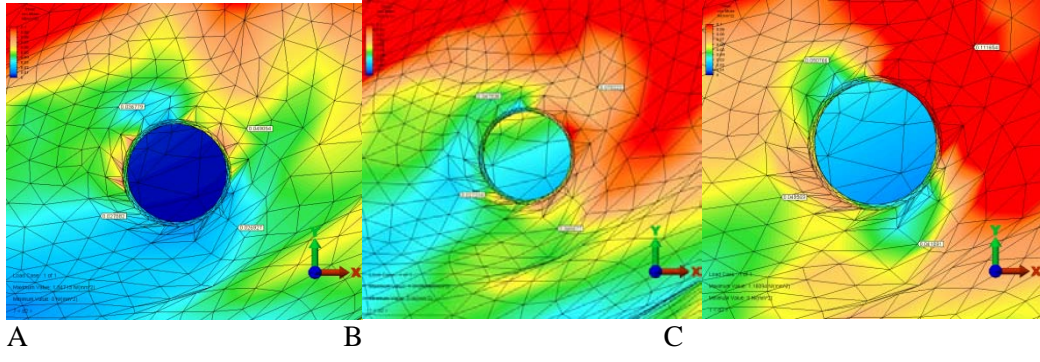
Kortikal kemik üzerinde implant çevresinde belirlenen referans noktalarında ve protez sahasında stres değerleri incelenmiştir.

3.1.1.Von Mises Bulguları

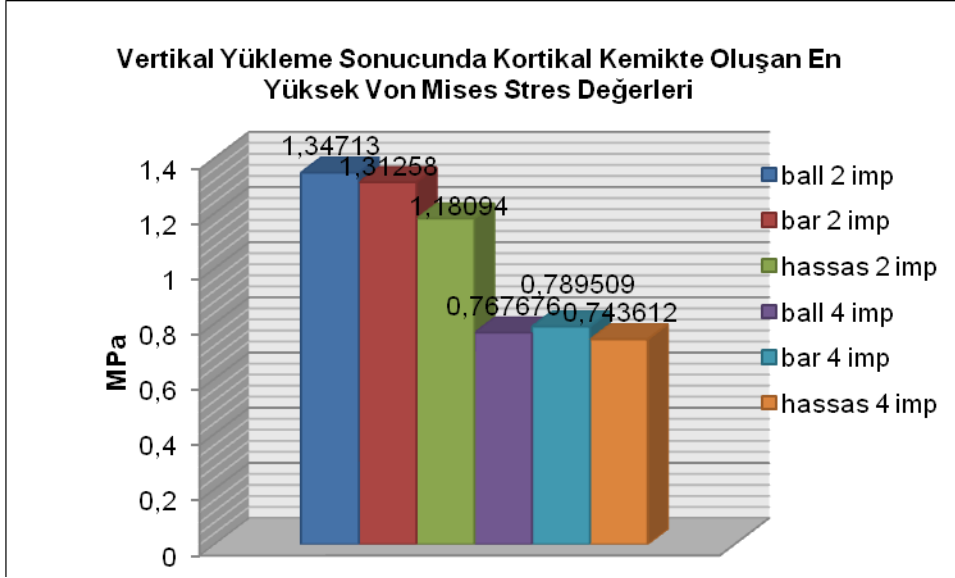
1) Vertikal Yükleme (0°): 6 ayrı model üzerindeki vertikal yükleme sonucu kortikal kemikte implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan ortalama Von Mises stres değerleri **Çizelge 3.1.**, streslerin dağılımı **Şekil 3.1.** ve oluşan en yüksek stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi **Grafik 3.1.**'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yükleme sonucu kortikal kemikte k: kanin; pm: 1. premolar bölgesinde bulunan implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stres değerlerinin MPa ortalamaları.

VM	Topuz 2 imp	Bar 2 imp	Hassas 2 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp	Topuz 4 imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp
	0°(k)	0°(k)	0°(k)	0° (k)	0° (k)	0° (k)	0° (pm)	0°(pm)	0° (pm)
B	0,026927	0,046677	0,041091	0,044487	0,057456	0,049915	0,065103	0,077923	0,079334
L	0,036779	0,047038	0,050766	0,059407	0,063523	0,093776	0,071481	0,076101	0,112641
M	0,027882	0,027314	0,049569	0,040440	0,033843	0,063416	0,082598	0,067691	0,073566
D	0,049054	0,070222	0,111654	0,065745	0,047373	0,041056	0,229493	0,228691	0,355582



Şekil 3.1. Vertikal yükleme sonucunda kortikal kemikte oluşan Von Mises stres dağılımının incelenmesi. A-A1: topuz 2 implant overdenture; B-B1: bar 2 implant overdenture; C-C1: hassas tutuculu 2 implant HBP; D-D1: topuz 4 implant overdenture; E-E1: bar 4 implant overdenture; F-F1: hassas tutuculu 4 implant HBP.



Grafik 3.1. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yükleme sonucu kortikal kemikte oluşan en yüksek Von Mises stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi.

Vertikal yükleme sonucunda implantlar etrafında oluşan Von Mises stres değerleri incelendiğinde en yüksek stres değerleri, 4 implant üzerine yapılmış ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanmış HBP olan modelde premolar bölgesine yerleştirilmiş implant etrafında gözlenmiştir. İmplantlar etrafında oluşan en düşük Von Mises stres değerleri ise kaninler bölgesine 2 implant yerleştirilmiş topuz tutuculu overdenture protezli modelde kaydedilmiştir (Çizelge 3.1).

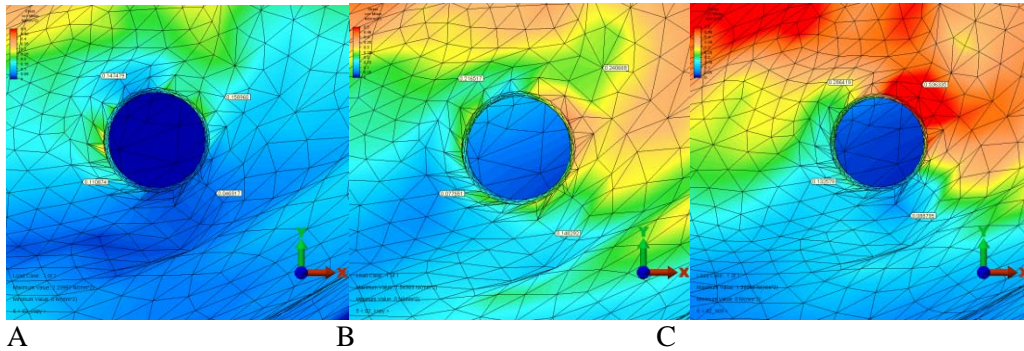
Kortikal kemikte yükleme sonrasında oluşan Von Mises stres alanları incelendiğinde, yüksek stres bölgeleri kırmızı alanlarla gösterilmiştir. İmplantlar etrafında oluşan stresleri gösteren imajlarda skala değer aralığı 0-0,1 MPa, kortikal kemiğin tamamında oluşan stresleri gösteren imajlarda değer aralığı 0-0,5 MPa arasındadır. İki implantlı modellerde implantlar etrafındaki kortikal kemikte oluşan Von Mises stresleri incelendiğinde, tüm modellerde streslerin implantların distal bölgelerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Dört implantlı modellerde implantlar etrafındaki en yüksek Von Mises stresleri premolar bölgesine yerleştirilmiş implantın distal yüzeyinde görülmüştür. İmplant sayısı 2' den 4'e çıktığında tüm modellerde özellikle birinci premolar bölgesindeki implantların etrafında oluşan Von Mises streslerinin arttığı görülmüştür (Şekil 3.1).

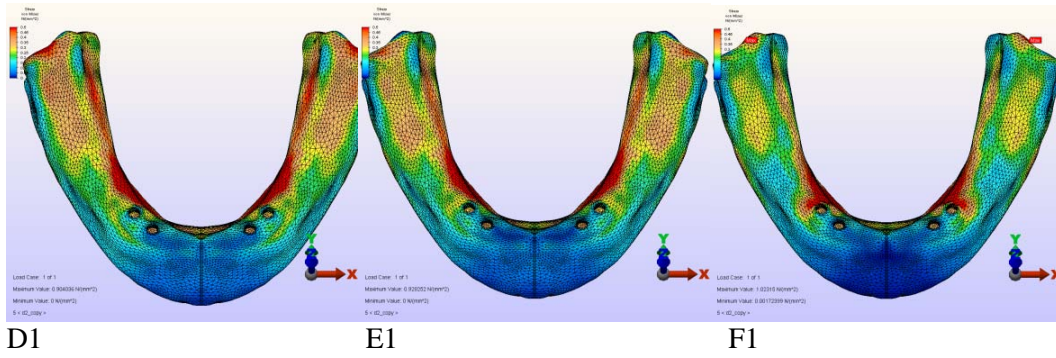
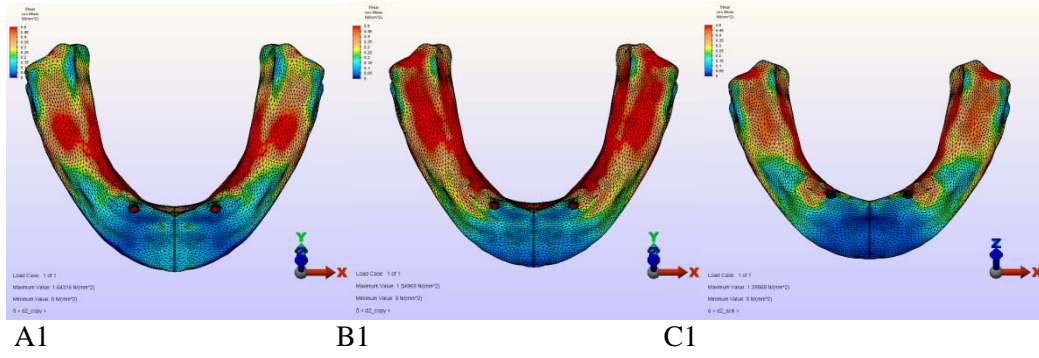
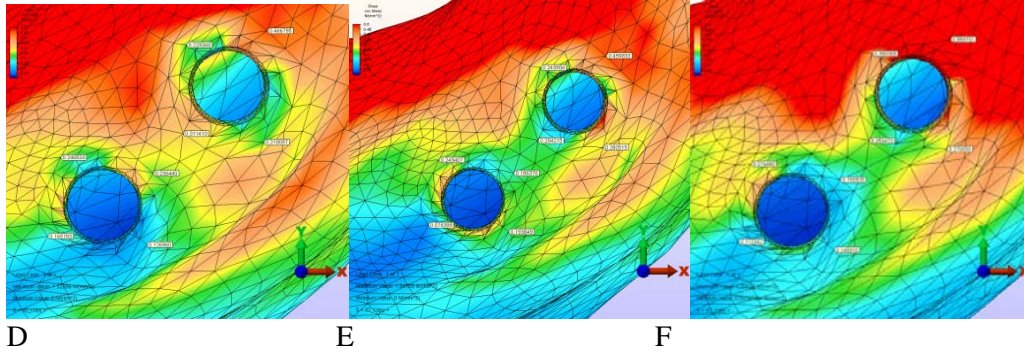
Kortikal kemiğin protez sahasındaki tüm yüzeyleri incelendiğinde; en yüksek stres değeri kaninler bölgesine 2 implant yerleştirilmiş topuz tutuculu overdenture protezli modelde ~1,34 MPa, en düşük stres değeri ise 4 implant üzerine yapılmış ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan hareketli bölümlü bir proteze sahip olan modelde ~0,74 MPa görülmüştür. Tüm modellerde mukoza altındaki kortikal kemikte en yüksek Von Mises stres değerleri kuvvetin uygulandığı bölgenin çevresinde ve lingual yüzeylerde görülmüştür. İmplant sayısı ikiden dörde çıktığında, protez sahasında mukoza altındaki kortikal kemikte oluşan Von Mises stres değerlerinin düştüğü gözlenmiştir(Grafik 3.1,Şekil 3.1).

2) 45° Yükleme: 6 ayrı model üzerindeki 45°'lik yüklemde kortikal kemikte oluşan ortalama Von Mises stres değerleri **Çizelge 3.2.**, streslerin dağılımları **Şekil 3.2.** ve oluşan en yüksek stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi **Grafik 3.2.**'de sunulmuştur.

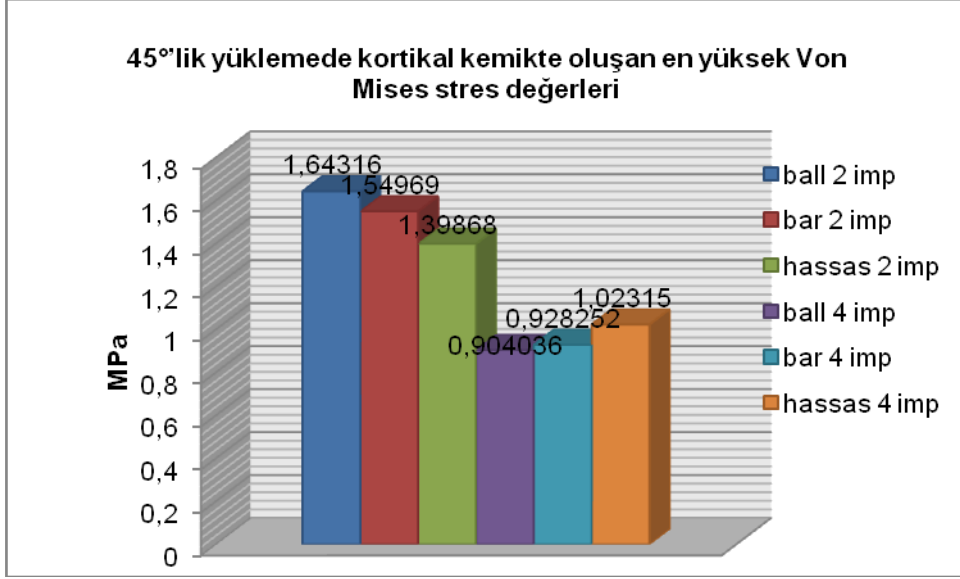
Çizelge 3.2. Protez modeli üzerine uygulanan 45°'lik yükleme sonucu kortikal kemikte k: kanin; pm: 1. premolar bölgesinde bulunan implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stres değerlerinin MPa ortalamaları.

VM	Topuz 2 imp	Bar 2 imp	Hassas 2 imp	Topuz 4 imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp	Topuz 4 imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp
	45°(k)	45°(k)	45°(k)	45° (k)	45° (k)	45° (k)	45° (pm)	45° (pm)	45° (pm)
B	0,051357	0,148292	0,088795	0,126960	0,193849	0,145910	0,218097	0,280515	0,276050
L	0,138946	0,216517	0,286419	0,246824	0,249407	0,274480	0,229368	0,243904	0,386968
M	0,100933	0,077551	0,132579	0,165783	0,076388	0,112342	0,311410	0,204215	0,253472
D	0,146632	0,240668	0,536335	0,236440	0,186376	0,150925	0,466795	0,459833	0,959731





Şekil 3.2. 45°'lik yükleme sonucunda kortikal kemikte oluşan Von Mises stres dağılımının incelenmesi. A-A1: topuz 2 implant overdenture; B-B1: bar 2 implant overdenture; C-C1: hassas tutuculu 2 implant HBP; D-D1: topuz 4 implant overdenture; E-E1: bar 4 implant overdenture; F-F1: hassas tutuculu 4 implant HBP.



Grafik 3.2. Protez modeli üzerine uygulanan 45°lik yüklem sonucu kortikal kemikte oluşan en yüksek Von Mises stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi.

45° lik yüklem sonucunda implantlar etrafındaki kortikal kemikte oluşan stres değerlerinde vertikal yüklem değerlerine göre artış gözlenmektedir. Bunun nedeni de uygulanan kuvvetin lateral bileşenin olması ve devirici kuvvet etkisi yapmasıdır.

45° lik yüklem sonucunda implantlar etrafında oluşan Von Mises stres değerleri incelendiğinde, en yüksek stres değerleri, 4 implant üzerine yapılmış ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanmış HBP olan modelde premolar bölgesine yerleştirilmiş implant etrafında gözlenmiştir. İmplantlar etrafında oluşan en düşük Von Mises stres değerleri ise kaninler bölgesine 2 implant yerleştirilmiş topuz tutuculu overdenture protezli modelde kaydedilmiştir (Çizelge 3.2).

Kortikal kemikte 45° lik yüklem sonrasında oluşan Von Mises stres alanları incelendiğinde, yüksek stres bölgeleri kırmızı alanlarla gösterilmiştir. İmplantlar etrafında kortikal kemikte oluşan stresleri gösteren imajlarda skala değer aralığı 0-0,1 MPa, kortikal kemiğin tamamında oluşan stresleri gösteren imajlarda değer aralığı 0-0,5 MPa arasındadır. İki implantlı modellerde implantlar etrafındaki kortikal kemikte oluşan Von Mises stresleri incelendiğinde, modellerde streslerin daha çok implantların distal bölgelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Dört implantlı modellerde implantlar etrafındaki kortikal kemikte Von Mises streslerinin premolar bölgesine yerleştirilmiş implantların distal yüzeylerinde yoğunlaştığı görülmüştür.

İmplant sayısı ikiden dörde çıktığında implantların etrafında oluşan Von Mises stres değerlerinin yükseldiği görülmüştür (Şekil 3.2).

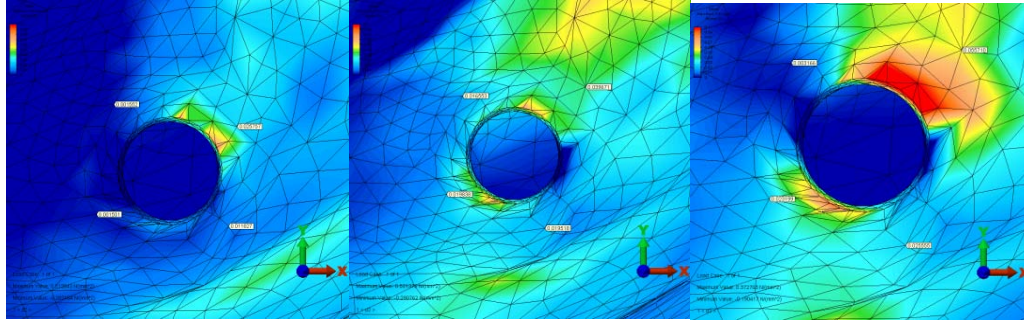
Kortikal kemiğin protez sahasındaki tüm yüzeyleri incelendiğinde; en yüksek stres değeri kaninler bölgesine 2 implant yerleştirilmiş topuz tutuculu overdenture protezli modelde ~1,64 MPa, en düşük stres değeri ise 4 implant üzerine yapılmış topuz tutuculu overdenture protezli modelde ~0,90 MPa görülmüştür. Tüm modellerde kortikal kemikteki en yüksek Von Mises stres değerleri kuvvetin uygulandığı bölgenin çevresinde ve lingual yüzeylerde görülmüştür. İmplant sayısı arttığında mukoza altında ki kortikal kemikte oluşan Von Mises stres değerlerinin düştüğü gözlenmiştir (Grafik 3.2, Şekil 3,2).

3.1.2. Gerilme Tipi Stres Bulguları (Principle Stres Maksimum)

1) **Vertikal Yükleme:** 6 ayrı model üzerindeki vertikal yüklemde kortikal kemikte oluşan ortalama gerilme tipi stres (Maksimum Principle Stres) değerleri **Çizelge 3.3.**, streslerin dağılımları **Şekil 3.3.** ve oluşan en yüksek stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi **Grafik 3.3.**'te sunulmuştur.

Çizelge 3.3. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yükleme sonucu kortikal kemikte k: kanin; pm: 1. premolar bölgesinde bulunan implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan Gerilme Tipi stres (Maksimum Principle Stres) değerlerinin MPa ortalamaları.

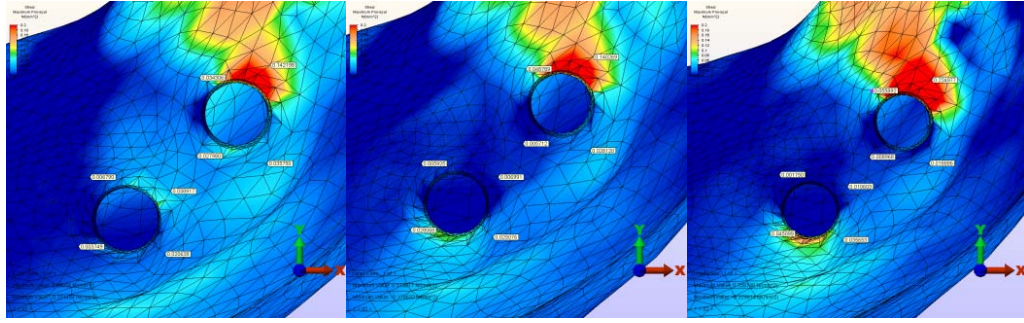
MaxP	Topuz 2 imp	Bar 2 imp	Hassas 2 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp
	0°(k)	0°(k)	0°(k)	0° (k)	0° (k)	0° (k)	0° (pm)	0°(pm)	0° (pm)
B	0,011827	0,019518	0,025555	0,020638	0,025076	0,035653	0,035750	0,028120	0,018886
L	0,001552	0,016553	0,003166	0,006790	0,005925	0,001750	0,034306	0,048789	0,055892
M	0,001501	0,019838	0,023199	0,003749	0,028068	0,045099	0,027980	0,005712	0,008968
D	0,025757	0,039671	0,055710	0,038917	0,006991	0,010603	0,142198	0,140269	0,224977



A

B

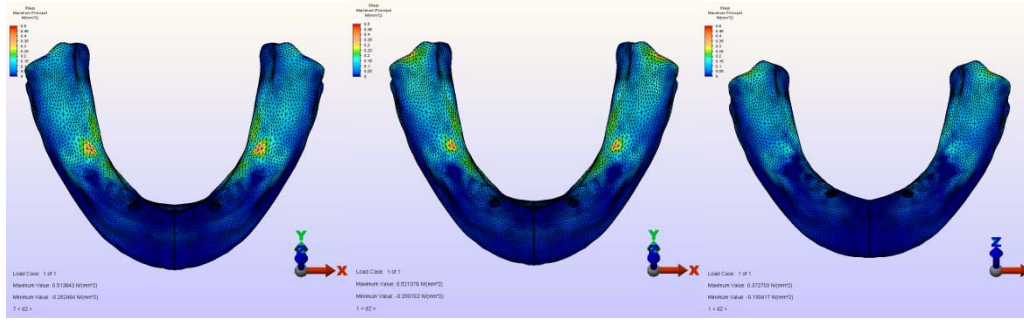
C



D

E

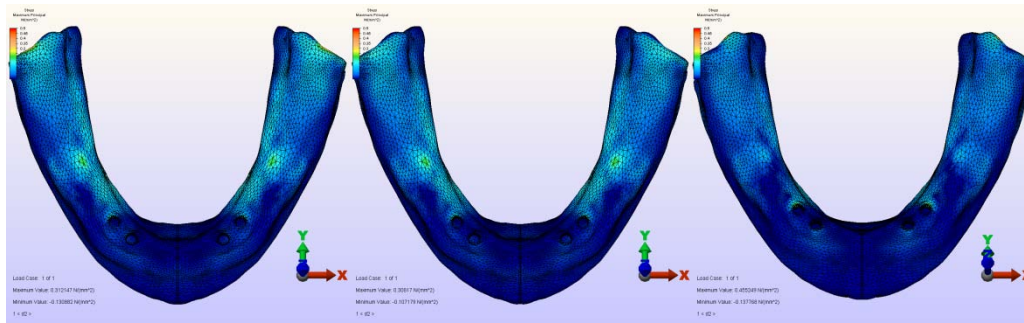
F



A1

B1

C1

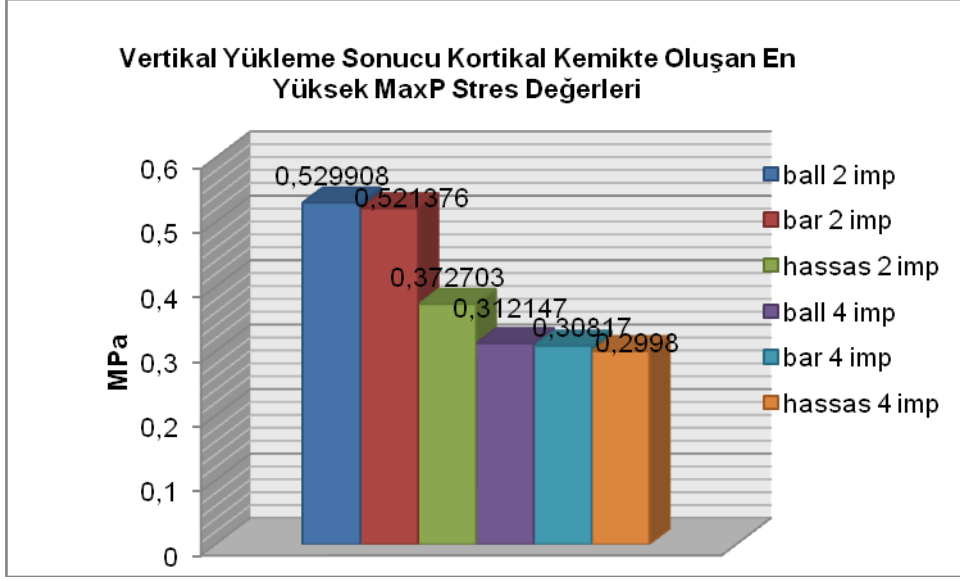


D1

E1

F1

Şekil 3.3. Vertikal yükleme sonucunda kortikal kemikte gerilme tipi stres (Maksimum Principle Stres) dağılımının incelenmesi. A-A1: topuz 2 implant overdenture; B-B1: bar 2 implant overdenture; C-C1: hassas tutuculu 2 implant HBP; D-D1: topuz 4 implant overdenture; E-E1: bar 4 implant overdenture; F-F1: hassas tutuculu 4 implant HBP.



Grafik 3.3. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yükleme sonucu kortikal kemikte oluşan en yüksek Gerilme Tipi stres (Maksimum Principle Stres) değerlerinin bar grafik olarak ifadesi.

Vertikal yükleme sonucunda implantlar etrafında oluşan gerilme tipi stres değerleri incelendiğinde, en yüksek stres değerleri, 4 implant üzerine yapılmış ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanmış HBP olan modelde premolar bölgesine yerleştirilmiş implant etrafında özellikle distal bölgede gözlenmiştir. İmplantlar etrafında oluşan en düşük gerilme tipi stres değerleri ise kaninler bölgesine 2 implant yerleştirilmiş topuz tutuculu overdenture protezli modelde kaydedilmiştir (Çizelge 3.3).

Kortikal kemikte vertikal yükleme sonrasında oluşan gerilme tipi stres alanları incelendiğinde, yüksek stres bölgeleri kırmızı alanlarla gösterilmiştir. İmplantlar etrafında oluşan stresleri gösteren imajlarda skala değer aralığı 0-0,1 MPa, mukoza altında oluşan stresleri gösteren imajlarda değer aralığı 0-0,5 MPa arasındadır. İki implantlı modellerde implantlar etrafındaki kortikal kemikte oluşan gerilme tipi stres yoğunlukları incelendiğinde tüm modellerde en yüksek stresler implantların distal bölgelerinde görülmüştür. Ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan HBP' den oluşan modelde topuzve bar tutuculu modellere göre implant etrafında daha fazla stres yoğunluğu görülmüştür. 4 implantlı modellerde implantlar etrafındaki gerilme tipi stres yoğunlukları dağılımı birbirine oldukça benzemektedir. Stres yoğunluğu implantın distal bölgesinden linguale doğru bir dalgalanma göstermektedir. Bununla beraber implant etrafındaki kortikal kemikte en yüksek stres yoğunluğu ön bölge sabit hassas tutuculu HBP' li modelde premolar bölgesindeki implantın distal yüzeyinde

görülmüştür. İmplant sayısı 2' den 4' e çıktığında kanin bölgesindeki implantların etrafında oluşan gerilme tipi stres yoğunluğunun azaldığı ancak premolar bölgesindeki implantlar etrafında stres yoğunluğunun arttığı görülmüştür (Şekil 3.3).

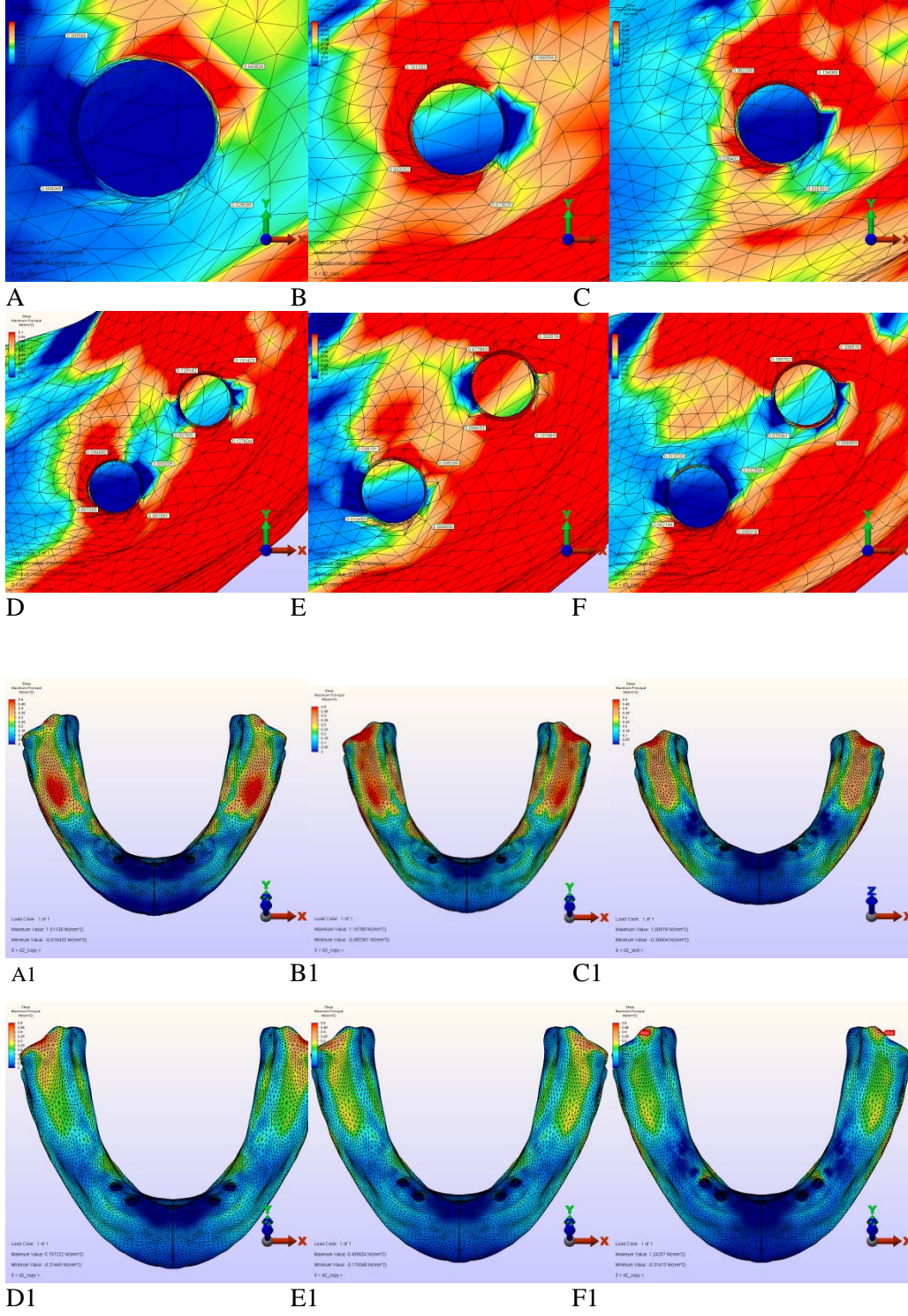
Kortikal kemiğin protez sahasındaki tüm yüzeyleri incelendiğinde; en yüksek stres değeri kaninler bölgesine 2 implant yerleştirilmiş topuz tutuculu overdenture protezli modelde ~0,53 MPa, en düşük stres değeri ise 4 implant üzerine yapılmış ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan hareketli bölümlü bir proteze sahip olan modelde ~0,29 MPa görülmüştür. Tüm modellerde kortikal kemikteki en yüksek gerilme tipi stres değerleri kuvvetin uygulandığı bölgenin çevresinde ve lingual yüzeylerde görülmüştür (Grafik 3.3, Şekil 3.3).

Aynı protez tipine sahip modeller incelendiğinde implant sayısı ikiden dörde çıktığında kortikal kemiğin mukoza altındaki yüzeylerinde gerilme tipi stres (Maksimum Principle Stres) değerlerinin düştüğü gözlenmiştir (Grafik 3.3, Şekil.3.3)

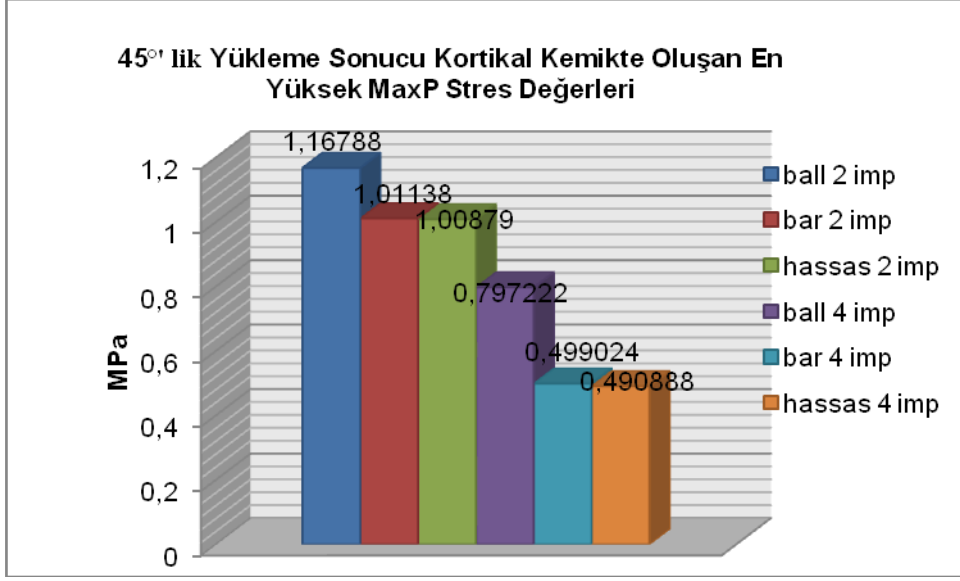
2) 45° Yükleme: 6 ayrı model üzerindeki 45°'lik yüklemeye kortikal kemikte oluşan ortalama gerilme tipi stres (Maksimum Principle Stres) değerleri **Çizelge 3.4.**, streslerin dağılımları **Şekil 3.4.** ve oluşan en yüksek stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi **Grafik 3.4.**'te sunulmuştur.

Çizelge 3.4. Protez modeli üzerine uygulanan 45°'lik yükleme sonucu kortikal kemikte k: kanin; pm: 1. premolar bölgesinde bulunan implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan Gerilme Tipi stres (Maksimum Principle Stres) değerlerinin MPa ortalamaları.

MaxP	Topuz 2 imp	Bar 2 imp	Hassas 2 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp
	45°(k)	45°(k)	45°(k)	45° (k)	45° (k)	45° (k)	45° (pm)	45° (pm)	45° (pm)
B	0,029099	0,073020	0,036300	0,066800	0,091551	0,095318	0,137469	0,127604	0,086859
L	0,009566	0,101332	0,082208	0,038191	0,094650	0,013230	0,077843	0,129142	0,189702
M	0,004049	0,060252	0,038402	0,010458	0,051555	0,042144	0,066653	0,037891	0,029361
D	0,043824	0,066894	0,134089	0,085309	0,030205	0,032506	0,200578	0,131423	0,338570



Şekil 3.4. 45°'lik yükleme sonucunda kortikal kemikte gerilme tipi stres (Maksimum Principle Stres) dağılımının incelenmesi. A-A1: topuz 2 implant overdenture; B-B1: bar 2 implant overdenture; C-C1: hassas tutuculu 2 implant HBP; D-D1: topuz 4 implant overdenture; E-E1: bar 4 implant overdenture; F-F1: hassas tutuculu 4 implant HBP.



Grafik 3.4. Protez modeli üzerine uygulanan 45°'lik yükleme sonucu kortikal kemikte oluşan en yüksek Gerilme Tipi stres (Maksimum Principle Stres) değerlerinin bar grafik olarak ifadesi.

45°' lik yükleme sonucunda implantlar etrafındaki kortikal kemikte oluşan gerilme tipi stres değerlerinde vertikal yükleme değerlerine göre ciddi miktarda artış gözlenmiştir.

45°' lik yükleme sonucunda implantlar etrafında oluşan gerilme tipi stres değerleri incelendiğinde, en yüksek toplam stres değerleri 4 implant üzerine yapılmış ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanmış HBP olan modelde premolar bölgesine yerleştirilmiş implant etrafında gözlenmiştir. İmplantlar etrafında oluşan en düşük gerilme tipi stres değerleri ise kaninler bölgesine 2 implant yerleştirilmiş topuz tutuculu overdenture protezli modelde kaydedilmiştir (Çizelge 3.4).

Kortikal kemikte 45°' lik yükleme sonrasında oluşan gerilme tipi stres alanları incelendiğinde, yüksek stres bölgeleri kırmızı alanlarla gösterilmiştir. İmplantlar etrafında oluşan stresleri gösteren imajlarda skala değer aralığı 0-0,1 MPa, kortikal kemiğin tamamında oluşan stresleri gösteren imajlarda değer aralığı 0-0,5 MPa arasındadır. İki implantlı modellerde implantlar etrafındaki kortikal kemikte oluşan gerilme tipi stres yoğunlukları incelendiğinde, iki implant üzerine yapılmış topuz tutuculu overdenture protezli modelde implantın disto-lingual yüzeyindeki stres yoğunlaşması dikkat çekmektedir. İki implantlı bar tutuculu modelde stresler implantın bukkal, mesial ve lingual yüzeylerinde yoğunlaşmıştır. İki implant üzerine yapılmış sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan HBP' den oluşan modelde implant

etrafında disto-lingual ve meziyo-bukkal yüzde daha fazla stres yoğunluğu görülmüştür (Şekil 3.4).

Dört implantlı modellerde implantlar etrafındaki gerilme tipi stres yoğunlukları incelendiğinde, topuz tutuculu overdenture protezli modelde her iki implantın bukkal ve lingual yüzeylerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Stres yoğunluğu implantın distal bölgesinden linguale doğru bir dalgalanma göstermektedir. Bununla beraber implant etrafındaki kortikal kemikte en yüksek stres yoğunluğu ön bölge sabit hassas tutuculu HBP' li modelde premolar bölgesindeki implantın distal yüzeyinde görülmüştür (Şekil 3.4).

Kortikal kemiğin protez sahasındaki tüm yüzeyleri incelendiğinde; en yüksek stres değeri kaninler bölgesine 2 implant yerleştirilmiş topuz tutuculu overdenture protezli modelde ~1,16 MPa, en düşük stres değeri ise 4 implant üzerine yapılmış ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan hareketli bölümlü bir proteze sahip olan modelde ~0,49 MPa görülmüştür. Tüm modellerde kortikal kemikteki en yüksek gerilme tipi stres değerleri kuvvetin uygulandığı bölgenin çevresinde özellikle bukkal sahada ve trianguler bölgede görülmüştür (Grafik 3.4, Şekil 3.4).

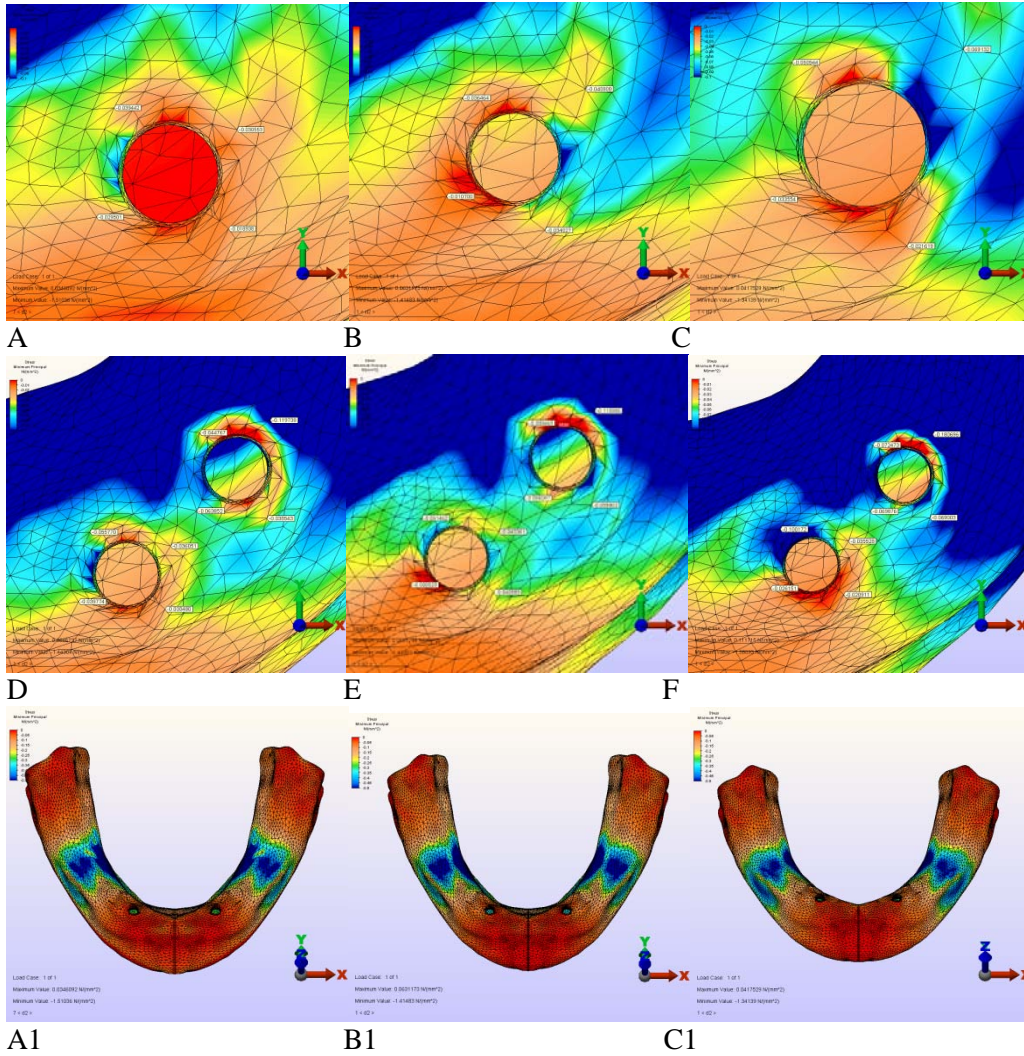
Aynı protez tipine sahip modeller incelendiğinde implant sayısı ikiden dörde çıktığında kortikal kemiğin mukoza altında ki yüzeylerinde gerilme tipi stres (Maximum Principle Stres) yoğunluğunun azaldığı gözlenmiştir (Şekil 3.4).

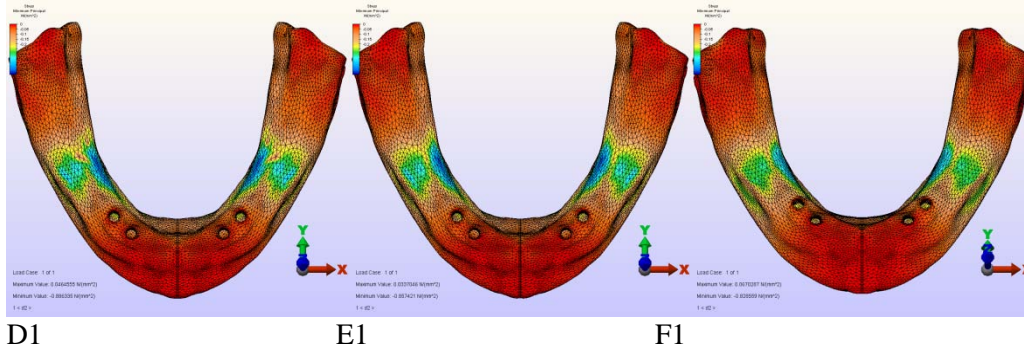
3.1.3. Sıkışma Tipi Stres Bulguları (Principle Stres Minimum)

1) Vertikal Yükleme: 6 ayrı model üzerindeki vertikal yüklemelerde kortikal kemikte implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan ortalama sıkışma tipi stres (Minimum Principle Stres) değerleri **Çizelge 3.5.**, streslerin dağılımları **Şekil 3.5.** ve oluşan en yüksek streslerin bar grafik olarak ifadesi **Grafik 3.5.**'te sunulmuştur.

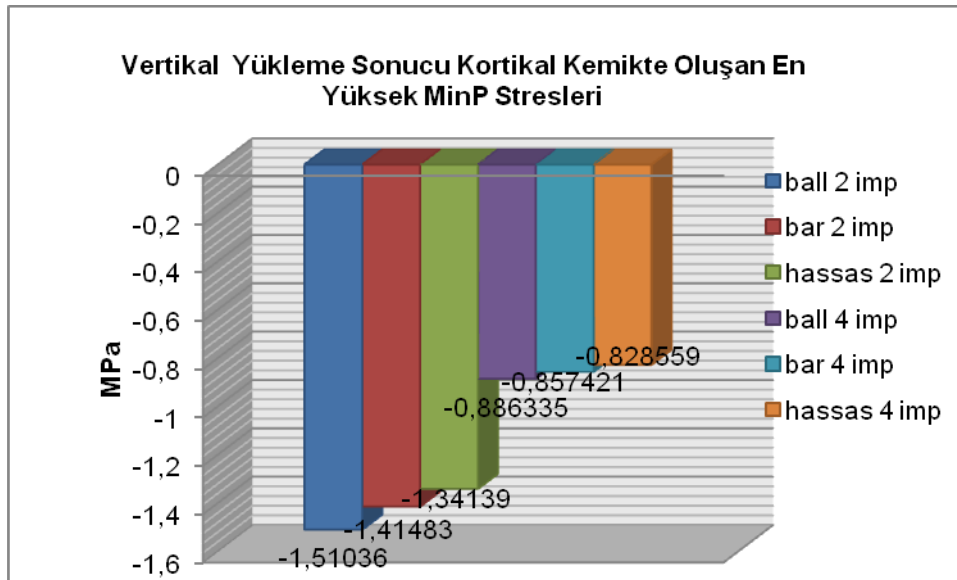
Çizelge 3.5. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yüklemeye sonucu kortikal kemikte k: kanin; pm: 1. premolar bölgesinde bulunan implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan Sıkışma Tipi stres (Minimum Principle Stres) değerlerinin MPa ortalamaları.

MinP	Topuz 2 imp	Bar 2 imp	Hassas 2 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp
	0°(k)	0°(k)	0°(k)	0° (k)	0° (k)	0° (k)	0° (pm)	0°(pm)	0° (pm)
B	-0,018938	-0,034027	-0,021619	-0,030480	-0,040888	-0,020911	-0,038543	-0,059903	-0,069003
L	-0,039442	-0,036464	-0,050544	-0,055770	-0,061462	-0,100172	-0,044767	-0,038469	-0,072473
M	-0,029501	-0,010700	-0,033554	-0,039774	-0,008529	-0,026151	-0,063852	-0,066047	-0,069876
D	-0,030553	-0,040808	-0,069132	-0,036051	-0,045061	-0,035528	-0,119738	-0,119985	-0,180696





Şekil 3.5. Vertikal yüklemeye sonucunda kortikal kemikte sıkışma tipi stres (Minimum Principle Stres) dağılımının incelenmesi. A-A1: topuz 2 implant overdenture; B-B1: bar 2 implant overdenture; C-C1: hassas tutuculu 2 implant HBP; D-D1: topuz 4 implant overdenture; E-E1: bar 4 implant overdenture; F-F1: hassas tutuculu 4 implant HBP.



Grafik 3.5. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yüklemeye sonucunda kortikal kemikte oluşan en yüksek Sıkışma Tipi streslerin (Minimum Principle Stres) bar grafik olarak ifadesi.

Vertikal yüklemeye sonucunda implantlar etrafında oluşan sıkışma tipi stres değerleri incelendiğinde en yüksek stresler, 4 implant üzerine yapılmış ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanmış HBP olan modelde premolar bölgesine yerleştirilmiş implant etrafında, özellikle distal bölgede gözlenmiştir. Kaninler bölgesine 2 implant yerleştirilmiş topuz tutuculu overdenture protezli modelde elde edilen değerler diğer modellere göre daha düşük stresler olduğunu göstermektedir (Çizelge3.5).

Kortikal kemikte vertikal yükleme sonrasında oluşan sıkışma tipi stres alanları incelendiğinde, yüksek stres bölgeleri mavi alanlarla gösterilmiştir. İmplantlar etrafında oluşan stresleri gösteren imajlarda skala değer aralığı -0,1-0 MPa, kortikal kemiğin tamamında oluşan stresleri gösteren imajlarda değer aralığı -0,5-0 MPa arasındadır. İki implantlı modellerde implantlar etrafındaki kortikal kemikte oluşan sıkışma tipi stres yoğunlukları incelendiğinde bar tutuculu overdenture protezli modelin ve ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan HBP'li modelde implantların distal bölgelerinde, topuz tutuculu overdenture protezli modelin diğer iki modeldeki kadar olmasa da mesial yüzeydeki yoğunluk dikkat çekmektedir. Ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan HBP' den oluşan modelde topuz ve bar tutuculu modellere göre implant etrafında daha fazla stres yoğunluğu görülmüştür. Dört implantlı modellerde implantlar etrafındaki sıkışma tipi stres yoğunlukları dağılımı birbirine oldukça benzemektedir. Stres yoğunluğu implantın meziyo-lingual bölgesinden linguale doğru bir dalgalanma göstermektedir. Bununla beraber implant etrafındaki kortikal kemikte en yüksek stres yoğunluğu ön bölge sabit hassas tutuculu HBP' li modelde premolar bölgesindeki implantın meziyo-lingual yüzeyinde ve kanin bölgesindeki implantın lingual yüzeyinde görülmüştür(Şekil 3.5).

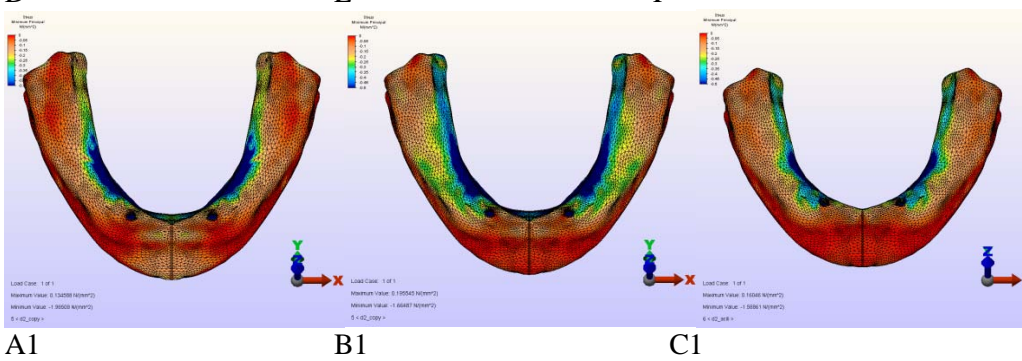
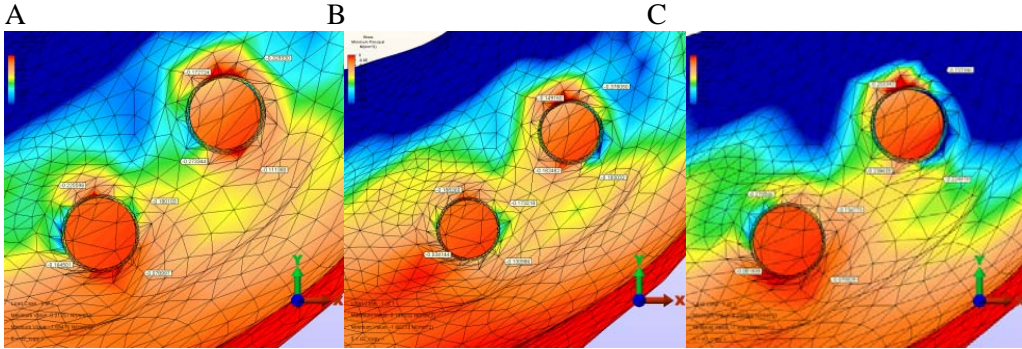
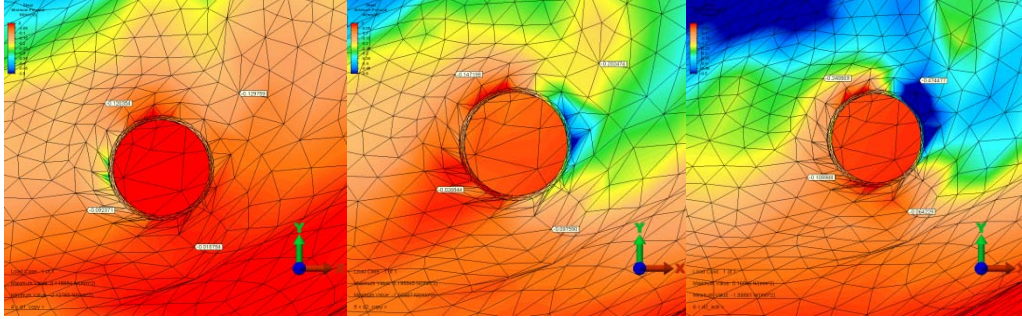
Kortikal kemiğin protez sahasındaki tüm yüzeyleri incelendiğinde; en yüksek stres, kaninler bölgesine 2 implant yerleştirilmiş topuz tutuculu overdenture protezli modelde \sim 1,51 MPa, en düşük stresler ise 4 implant üzerine yapılmış ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan hareketli bölümlü bir proteze sahip olan modelde \sim 0,82 MPa görülmüştür. Tüm modellerde kortikal kemikteki en yüksek sıkışma tipi stresler kuvvetin uygulandığı bölgenin çevresinde görülmüştür(Grafik 3.5, Şekil 3.5).

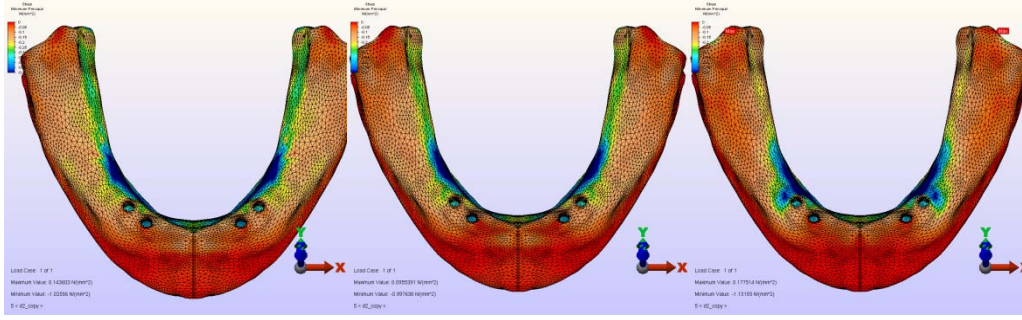
Aynı protez tipine sahip modeller incelendiğinde implant sayısı ikiden dörde çıktığında kortikal kemiğin tüm yüzeylerinde sıkışma tipi stres (Minimum Principle Stres) yoğunluğunun azaldığı gözlenmiştir.

2) 45° Yükleme: 6 ayrı model üzerindeki 45°'lik yüklemelerde kortikal kemikte oluşan ortalama sıkışma tipi stres (Minimum Principle Stres) değerleri **Çizelge 3.6.** streslerin dağılımları **Şekil 3.6.** ve oluşan en yüksek streslerin bar grafik olarak ifadesi **Grafik 3.6.**'da sunulmuştur.

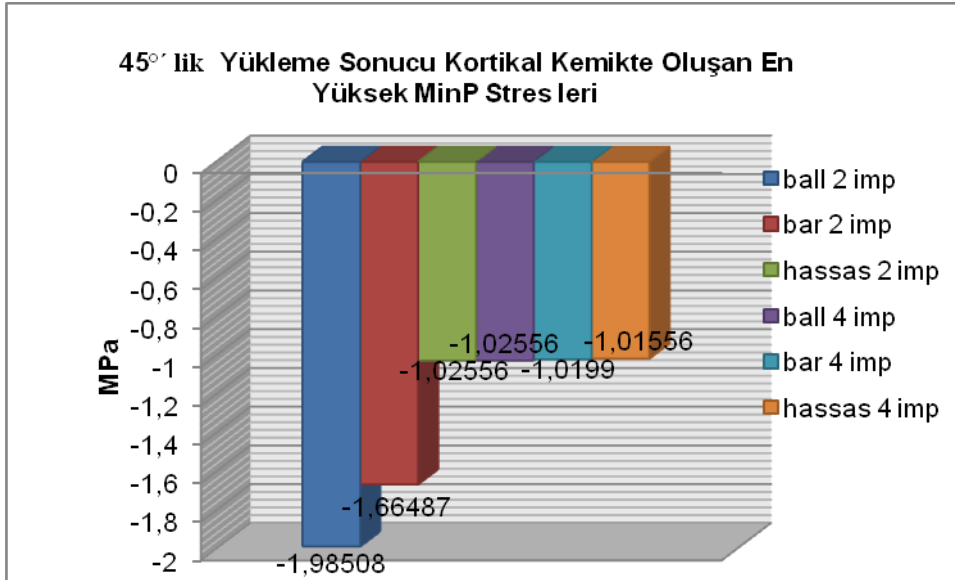
Çizelge 3.6. Protez modeli üzerine uygulanan 45°lik yükleme sonucu kortikal kemikte k: kanin; pm: 1. premolar bölgesinde bulunan implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan Sıkışma Tipi stres (Minimum Principle Stres) değerlerinin MPa ortalamaları.

MinP	Topuz 2 imp	Bar 2 imp	Hassas 2 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp
	45°(k)	45°(k)	45°(k)	45° (k)	45° (k)	45° (k)	45° (pm)	45° (pm)	45° (pm)
B	-0,029013	-0,097590	-0,064229	-0,078997	-0,130986	-0,070029	-0,111380	-0,193032	-0,224979
L	-0,140263	-0,147198	-0,240869	-0,225598	-0,188260	-0,270566	-0,172724	-0,149160	-0,253343
M	-0,105090	-0,026844	-0,109988	-0,164501	-0,034144	-0,081909	-0,273344	-0,182482	-0,239435
D	-0,121205	-0,202474	-0,474477	-0,180103	-0,173218	-0,134775	-0,329330	-0,378050	-0,737990





D1 E1 F1
Şekil 3.6. 45°lik yükleme sonucunda kortikal kemikte sıkışma tipi stres (Minimum Principle Stres) dağılımının incelenmesi. A-A1: topuz 2 implant overdenture; B-B1: bar 2 implant overdenture; C-C1: hassas tutuculu 2 implant HBP; D-D1: topuz 4 implant overdenture; E-E1: bar 4 implant overdenture; F-F1: hassas tutuculu 4 implant HBP.



Grafik 3.6. Protez modeli üzerine uygulanan 45°lik yükleme sonucu kortikal kemikte oluşan en yüksek Sıkışma Tipi streslerin (Minimum Principle Stres) bar grafik olarak ifadesi.

45° lik yükleme sonucunda implantlar etrafındaki kortikal kemikte oluşan sıkışma tipi streslerde vertikal yüklemeye göre ciddi miktarda artış gözlenmiştir.

45°lik yükleme sonucunda implantlar etrafında oluşan sıkışma tipi stres değerleri incelendiğinde, en yüksek streslerin, 4 implant üzerine yapılmış ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanmış HBP olan modelde premolar bölgesine yerleştirilmiş implant etrafında, özellikle distal bölgede gözlenmiştir (Çizelge 3.6).

Kortikal kemikte 45°'lik yükleme sonrasında oluşan sıkışma tipi stres alanları incelendiğinde yüksek stres bölgeleri mavi alanlarla gösterilmiştir. İmplantlar etrafında oluşan stresleri gösteren imajlarda skala değer aralığı -0,1-0 MPa, kortikal kemiğin tamamında oluşan stresleri gösteren imajlarda değer aralığı -0,5-0 MPa arasındadır. İki implantlı modellerde implantlar etrafındaki kortikal kemikte oluşan sıkışma tipi stres yoğunlukları incelendiğinde, bar tutuculu overdenture protezli modelin ve ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan HBP'li modelde implantların distal bölgelerindeki stres yoğunluğu dikkat çekmektedir. Ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan HBP' den oluşan modelde topuz ve bar tutuculu modellere göre implantlar etrafında daha fazla stres yoğunluğu görülmüştür. Dört implantlı modellerde stres yoğunluğu topuz tutuculu overdenture protezli modeldeki implantların meziyo-lingual yüzeylerinde, bar tutuculu overdenture ve ön bölge sabit arka bölge HBP'li protezli modellerin premolar bölgesindeki implantların disto-bukkal yüzeylerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 3,6).

Kortikal kemiğin protez sahasındaki tüm yüzeyleri incelendiğinde; en yüksek streslerin kaninler bölgesine 2 implant yerleştirilmiş topuz tutuculu overdenture protezli modelde ~1,98 MPa, en düşük streslerin ise 4 implant üzerine yapılmış ön bölge sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan hareketli bölümlü bir proteze sahip olan modelde ~1,01 MPa görülmüştür. Tüm modellerde kortikal kemikteki en yoğun sıkışma tipi stres alanları kuvvetin uygulandığı bölgenin çevresinde ve ark boyunca lingual yüzeylerde görülmüştür. Aynı protez tipine sahip modeller incelendiğinde implant sayısı ikiden dörde çıktığında kortikal kemiğin tüm yüzeylerinde sıkışma tipi stres (Minimum Principle Stres) yoğunluğunun azaldığı gözlenmiştir (Grafik 3.6, Şekil 3.6).

3.2. Spongiyoz Kemik Bulguları:

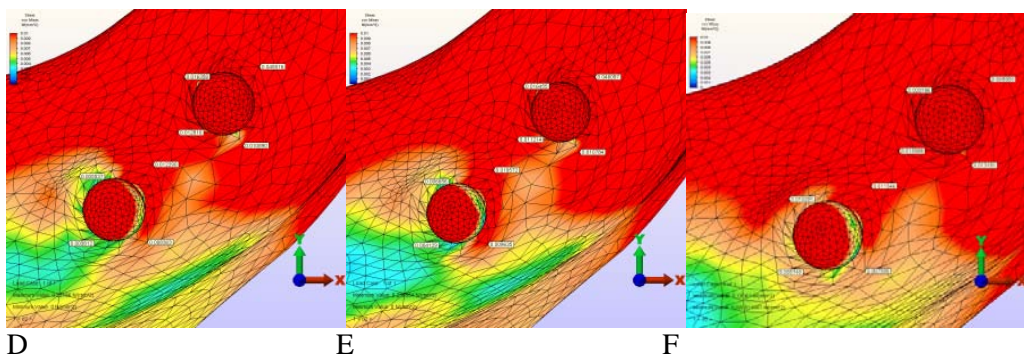
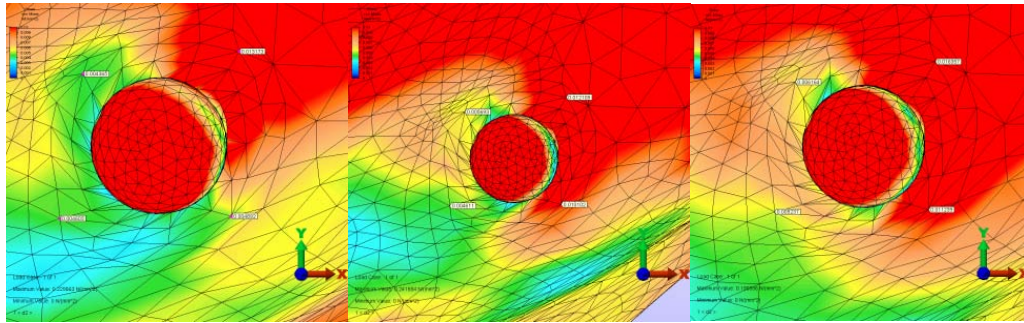
Spongiyoz kemik üzerinde implantlar etrafında belirlenen referans noktalarında ve spongiyoz kemikte oluşan stres dağılımları incelenmiştir.

3.2.1. Von Mises Bulguları

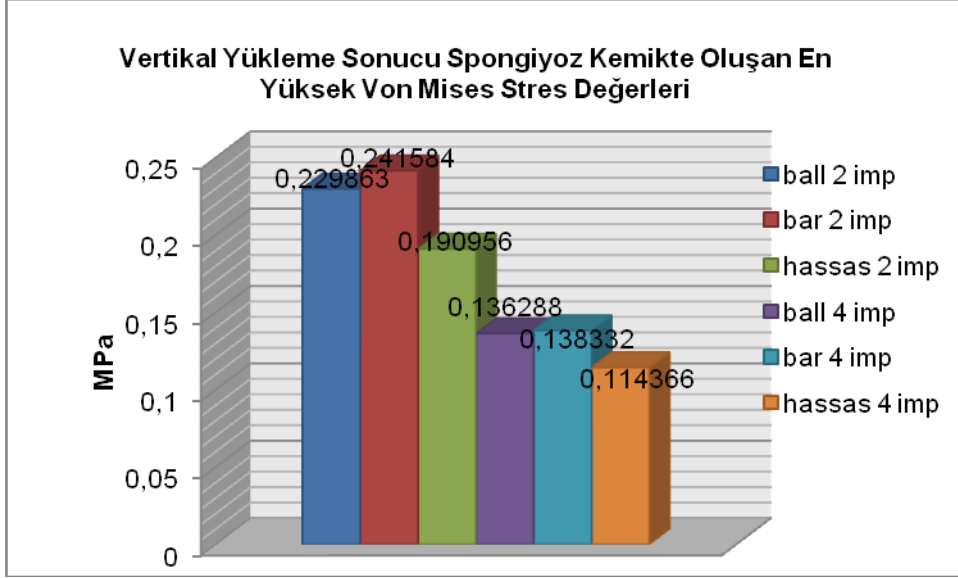
1) **Vertikal Yükleme (0°):** 6 ayrı model üzerindeki vertikal yükleme sonucu spongiyöz kemikte implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan ortalama Von Mises stres değerleri **Çizelge 3.7.**, streslerin dağılımları **Şekil 3.7.** ve oluşan en yüksek stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi **Grafik 3.7.**'de sunulmuştur.

Çizelge 3.7. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yükleme sonucu spongiyöz kemikte k: kanin; pm: 1. premolar bölgesinde bulunan implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stres değerlerinin MPa ortalamaları.

VM	Topuz 2 imp	Bar 2 imp	Hassas 2 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp
	0°(k)	0°(k)	0°(k)	0° (k)	0° (k)	0° (k)	0° (pm)	0°(pm)	0° (pm)
B	0,004892	0,010102	0,011239	0,008363	0,009635	0,007305	0,010890	0,010784	0,013181
L	0,004365	0,005693	0,006164	0,005537	0,006656	0,010281	0,016358	0,016455	0,020186
M	0,004603	0,004611	0,005237	0,003812	0,004129	0,005740	0,012816	0,011214	0,013088
D	0,013173	0,012105	0,016357	0,012290	0,010572	0,011546	0,045516	0,046087	0,065000



Şekil 3.7. Vertikal yükleme sonucunda spongiyöz kemikte Von Mises stres dağılımının incelenmesi. A: topuz 2 implant overdenture; B: bar 2 implant overdenture; C: hassas tutuculu 2 implant HBP; D: topuz 4 implant overdenture; E: bar 4 implant overdenture; F: hassas tutuculu 4 implant HBP.



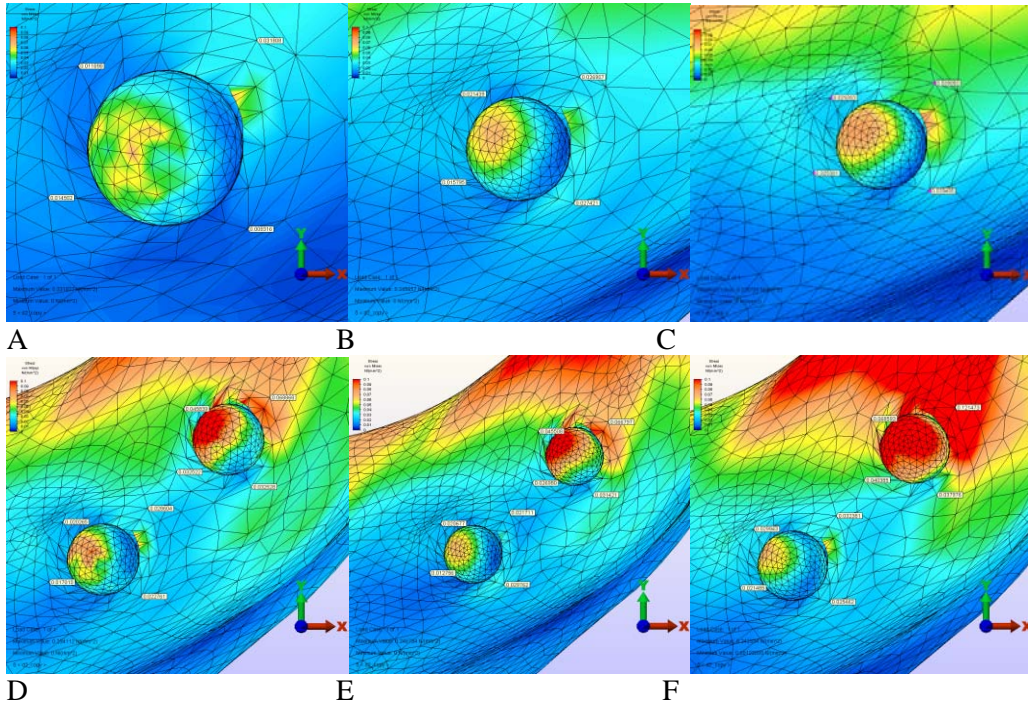
Grafik 3.7. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yükleme sonucu spongiyöz kemikte oluşan en yüksek Von Mises stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi.

Tüm modellerde spongiyöz kemikte kayıt edilen vertikal yükleme sonucu oluşan Von Mises stres değerleri kortikal kemiğe göre oldukça düşük ve birbirine yakın seyretmektedir. 2 implant üzerine yapılmış bar tutuculu overdenture protezli modelin Von Mises stres değeri bir miktar yüksek olsa da bu fark oldukça düşüktür. İki implantlı modellerde streslerin daha yüksek olduğu görülmektedir.

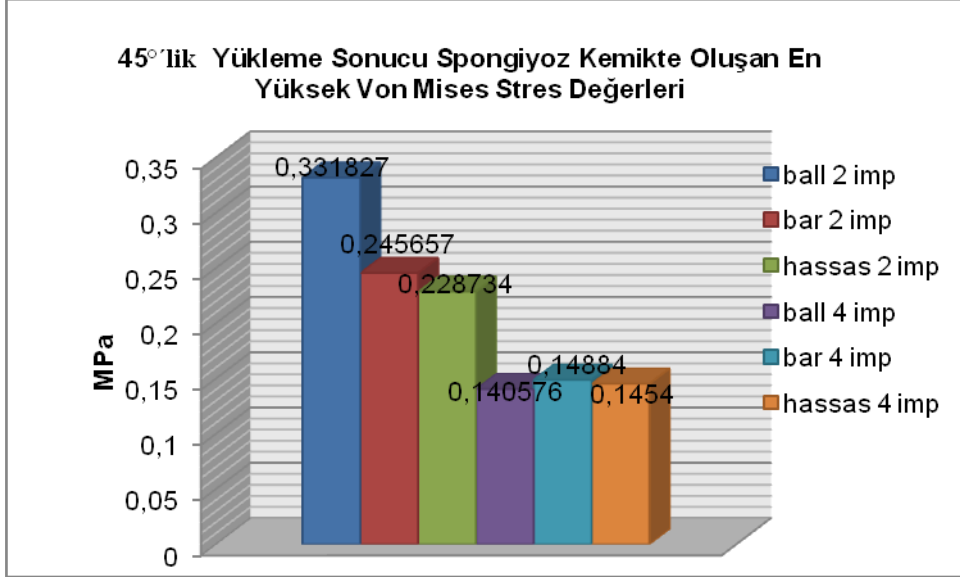
2) 45° Yükleme: 6 ayrı model üzerindeki 45°'lik yüklemde spongiyöz kemikte implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan ortalama Von Mises stres değerleri **Çizelge 3.8.**, streslerin dağılımları **Şekil 3.8.** ve oluşan en yüksek stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi **Grafik 3.8.**'de sunulmuştur.

Çizelge 3.8. Protez modeli üzerine uygulanan 45°'lik yükleme sonucu spongiyöz kemikte k: kanın; pm: 1. premolar bölgesinde bulunan implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan Von Mises stres değerlerinin MPa ortalamaları.

VM	Topuz 2 imp	Bar 2 imp	Hassas 2 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp
	45°(k)	45°(k)	45°(k)	45° (k)	45° (k)	45° (k)	45° (pm)	45° (pm)	45° (pm)
B	0,008316	0,027421	0,025455	0,022761	0,029762	0,025462	0,032528	0,031421	0,037976
L	0,011898	0,021439	0,025053	0,020265	0,020677	0,029943	0,045839	0,045508	0,068593
M	0,014502	0,015795	0,025381	0,017010	0,012756	0,021485	0,032522	0,026980	0,040385
D	0,031808	0,026907	0,039853	0,028604	0,021711	0,032381	0,068868	0,066797	0,121473



Şekil 3.8. 45°'lik yükleme sonucunda spongiyöz kemikte oluşan Von Mises stres dağılımının incelenmesi. A: topuz 2 implant overdenture; B: bar 2 implant overdenture; C: hassas tutuculu 2 implant HBP; D: topuz 4 implant overdenture; E: bar 4 implant overdenture; F: hassas tutuculu 4 implant HBP.



Grafik 3.8. Protez modeli üzerine uygulanan 45°'lik yükleme sonucu spongiyoz kemikte oluşan en yüksek Von Mises stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi.

45°'lik yükleme sonucunda spongiyoz kemikte görünen Von Mises değerleri incelendiğinde vertikal yüklemeye göre stres değerleri bir miktar artmıştır. Ancak bu artış MPa cinsinden değerlendirildiğinde düşüktür.

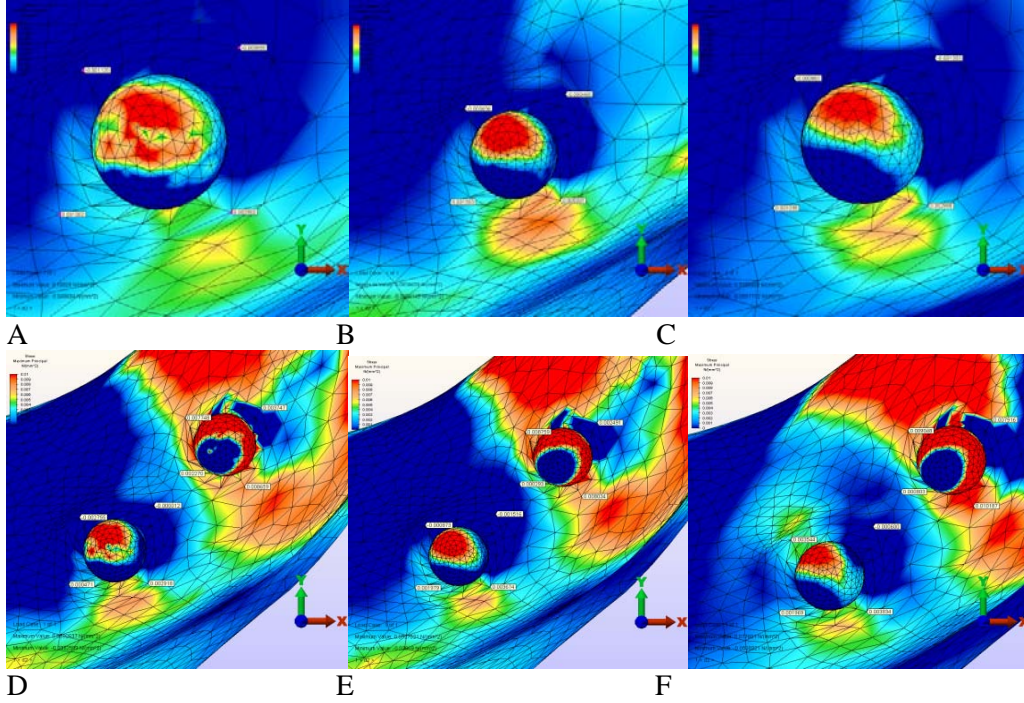
45°'lik yükleme sonucunda modellerde oluşan Von Mises stres değerleri birbirine yakın değerlerde seyretmekle beraber 2 implantlı topuz tutuculu overdenture protezli modelde bir miktar yüksektir. Dört implantlı modellerde streslerin daha düşük olduğu görülmektedir.

3.2.2. Gerilme Tipi Stres Bulguları (Principle Stres Maksimum)

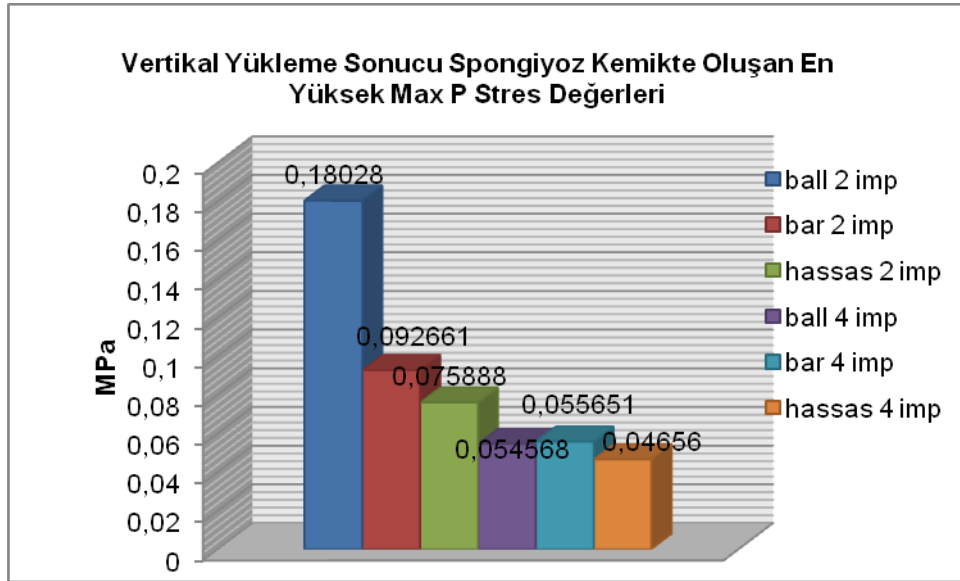
1) Vertikal Yükleme: 6 ayrı model üzerindeki vertikal yüklemeye spongiyoz kemikte implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan ortalama gerilme tipi stres (Maksimum Principle Stres) değerleri **Çizelge 3.9.**, streslerin dağılımları **Şekil 3.9.** ve oluşan en yüksek stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi **Grafik 3.9.**'da sunulmuştur.

Çizelge 3.9. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yükleme sonucu spongiyöz kemikte k: kanin; pm: 1. premolar bölgesinde bulunan implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan Gerilme Tipi stres (Maksimum Principle Stres) değerlerinin MPa ortalamaları.

Max P	Topuz 2 imp	Bar 2 imp	Hassas 2 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp
	0°(k)	0°(k)	0°(k)	0° (k)	0° (k)	0° (k)	0° (pm)	0°(pm)	0° (pm)
B	0,002982	0,005301	0,002988	0,002918	0,003674	0,003834	0,008659	0,008034	0,010187
L	0,001120	0,000656	0,000981	0,002755	0,000873	0,003544	0,007748	0,008759	0,009048
M	0,001302	0,001553	0,001038	0,000471	0,001979	0,001969	0,002270	0,000293	0,000803
D	0,000855	0,000480	0,001393	0,000012	0,001516	0,000600	0,003747	0,002491	0,007916



Şekil 3.9. Vertikal yükleme sonucunda spongiyöz kemikte gerilme tipi stres (Maksimum Principle Stres) dağılımının incelenmesi. A: topuz 2 implant overdenture; B: bar 2 implant overdenture; C: hassas tutuculu 2 implant HBP; D: topuz 4 implant overdenture; E: bar 4 implant overdenture; F: hassas tutuculu 4 implant HBP.



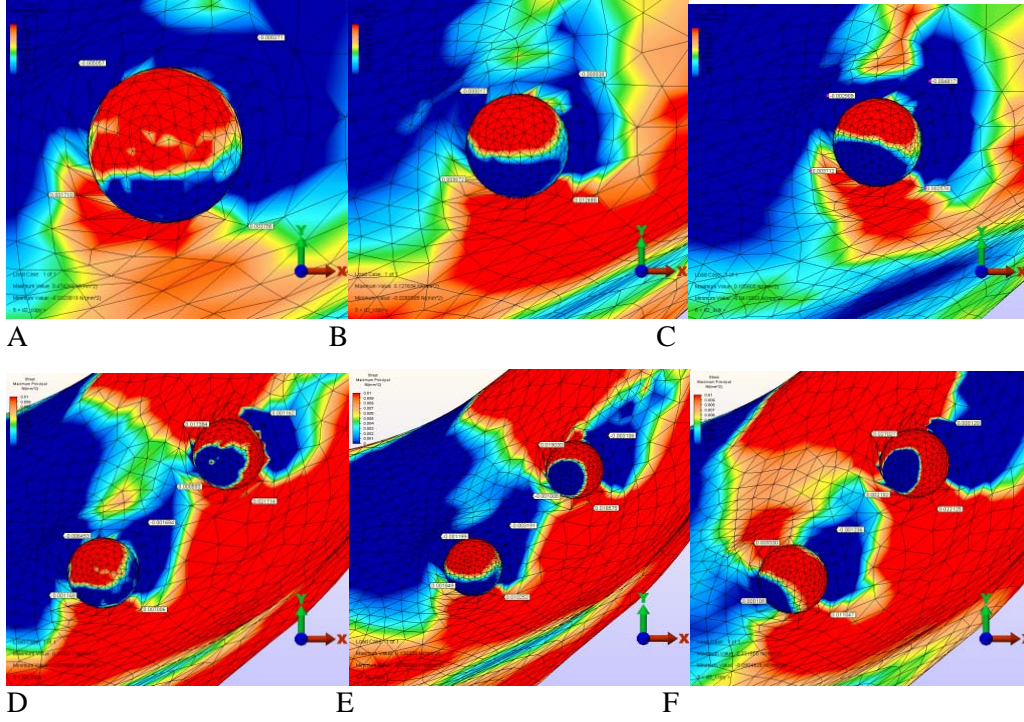
Grafik 3.9. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yükleme sonucu spongiyoz kemikte oluşan en yüksek Gerilme Tipi stres (Maksimum Principle Stres) değerlerinin bar grafik olarak ifadesi.

Vertikal yükleme sonucunda spongiyoz kemikte oluşan gerilme tipi stresler incelendiğinde kaydedilen değerler $\sim 0,001-0,2$ MPa aralığında seyretmekte olup oldukça düşük seyretmektedir. Modeller arasında ve modellerin farklı yüzeylerinde kaydedilen değerler birbirine yakın olup 2 implant üzerine yapılmış topuz tutuculu modelde bir miktar daha yüksektir.

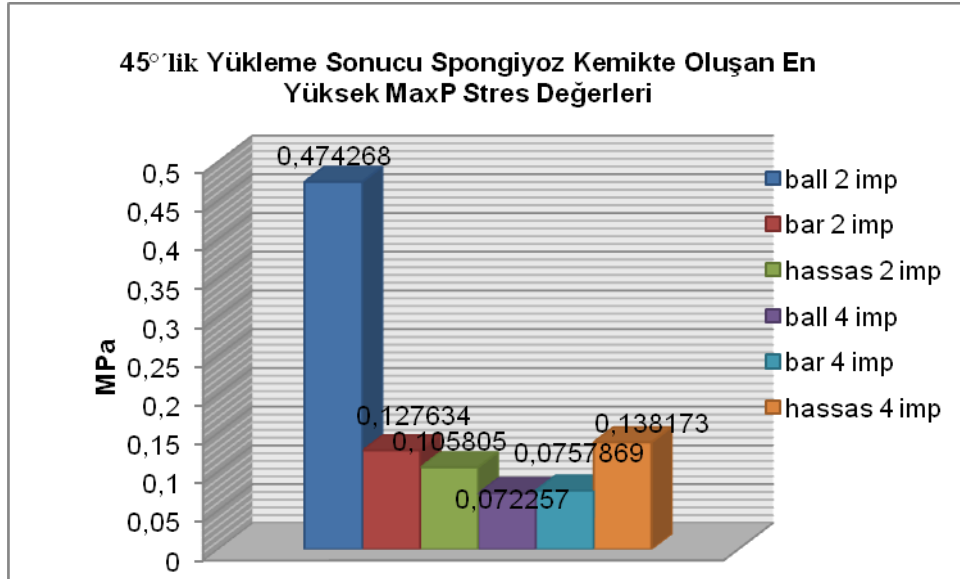
2) 45° Yükleme: 6 ayrı model üzerindeki 45°'lik yüklemelerde spongiyoz kemikte implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan ortalama gerilme tipi stres (Maksimum Principle Stres) değerleri **Çizelge 3.10.**, streslerin dağılımları **Şekil 3.10.** ve oluşan en yüksek stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi **Grafik 3.10.**'da sunulmuştur.

Çizelge 3.10. Protez modeli üzerine uygulanan 45°'lik yükleme sonucu spongiyoz kemikte k: kanin; pm: 1. premolar bölgesinde bulunan implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan Gerilme Tipi stres (Maksimum Principle Stres) değerlerinin MPa ortalamaları.

MaxP	Topuz 2 imp	Bar 2 imp	Hassas 2 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp
	45°(k)	45°(k)	45°(k)	45° (k)	45° (k)	45° (k)	45° (pm)	45° (pm)	45° (pm)
B	0,003786	0,012680	0,002570	0,007006	0,010252	0,011047	0,021714	0,018575	0,022125
L	0,005057	0,000017	0,002909	0,006453	0,001199	0,009330	0,017384	0,019030	0,027027
M	0,001710	0,003672	0,003712	0,001169	0,001849	0,000108	0,000593	0,001008	0,002192
D	0,000271	0,000038	0,004817	0,001684	0,003191	0,001236	0,001162	0,003106	0,000120



Şekil 3.10. 45°'lik yükleme sonucunda spongiyöz kemikte oluşan gerilme tipi stres (Maksimum Principle Stres) dağılımının incelenmesi. A: topuz 2 implant overdenture; B: bar 2 implant overdenture; C: hassas tutuculu 2 implant HBP; D: topuz 4 implant overdenture; E: bar 4 implant overdenture; F: hassas tutuculu 4 implant HBP.



Grafik 3.10. Protez modeli üzerine uygulanan 45°'lik yükleme sonucu spongiyöz kemikte oluşan en yüksek Gerilme Tipi stres (Maksimum Principle Stres) değerlerinin bar grafik olarak ifadesi.

Spongiyöz kemikte 45°'lik yükleme sonucunda oluşan gerilme tipi stresler incelendiğinde vertikal yüklemeye göre streslerin bir miktar arttığı gözlenirse de meydana gelen stresler yine de düşüktür. Modeller arasında oluşan gerilme tipi stresler birbirine yakındır. Spongiyöz

kemikteki en yüksek stres değerleri incelendiğinde 2 implant üzerine yapılmış topuz tutuculu overdenture protezli modelde stresler diğer modellere göre bir miktar daha yüksektir.

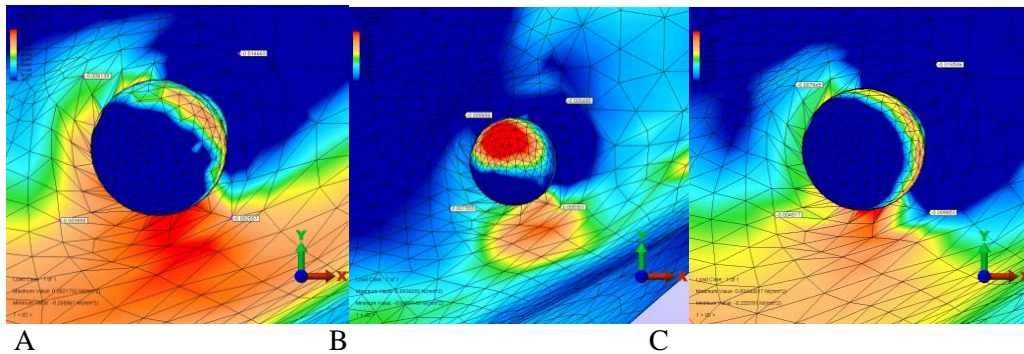
3.2.3. Sıkışma Tipi Stres Bulguları (Principle Stres Minimum)

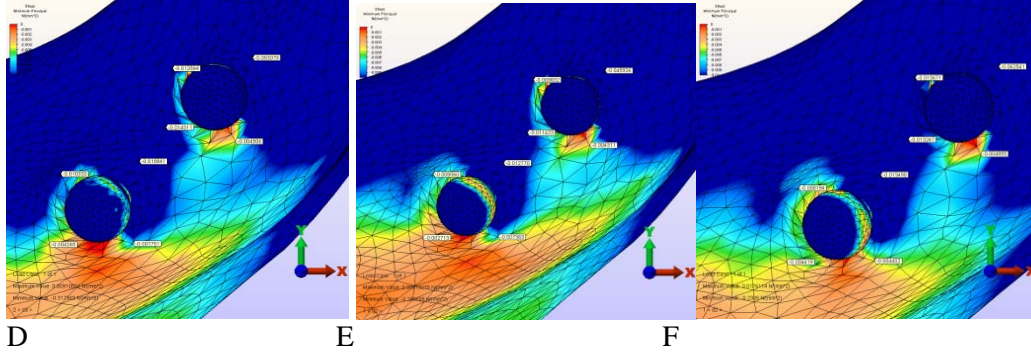
1) Vertikal Yükleme:

6 ayrı model üzerindeki vertikal yüklemede spongiyoz kemikte implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan ortalama sıkışma tipi stres (Minimum Principle Stres) değerleri **Çizelge 3.11.**, streslerin dağılımları **şekil 3.11.** ve oluşan yüksek streslerin bar grafik olarak ifadesi **Grafik 3.11.**'de sunulmuştur.

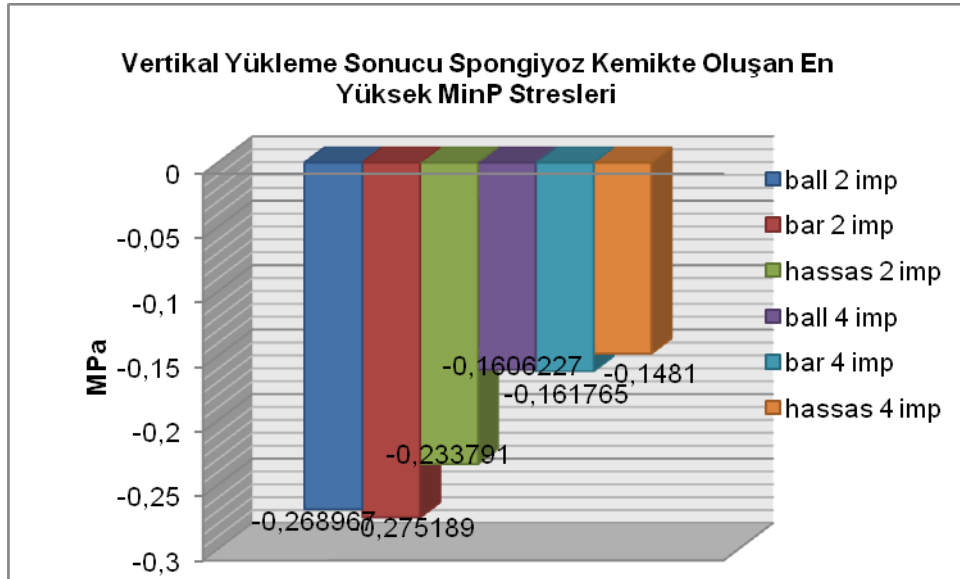
Çizelge 3.11. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yükleme sonucu spongiyoz kemikte k: kanin; pm: 1. premolar bölgesinde bulunan implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan Sıkışma Tipi stres (Minimum Principle Stres) değerlerinin MPa ortalamaları.

MinP	Topuz 2 imp	Bar 2 imp	Hassas 2 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp
	0°(k)	0°(k)	0°(k)	0° (k)	0° (k)	0° (k)	0° (pm)	0° (pm)	0° (pm)
B	-0,00255	-0,00619	-0,00985	-0,00651	-0,00736	-0,00440	-0,00378	-0,00431	-0,00485
L	-0,00613	-0,00705	-0,00794	-0,00867	-0,00806	-0,00819	-0,01055	-0,00983	-0,01367
M	-0,00388	-0,00370	-0,00481	-0,00358	-0,00271	-0,00441	-0,01176	-0,01142	-0,01324
D	-0,01466	-0,01331	-0,01850	-0,01330	-0,01277	-0,01349	-0,04458	-0,04592	-0,06254





Şekil 3.11. Vertikal yükleme sonucunda spongiyöz kemikte oluşan sıkışma tipi stres (Minimum Principle Stres) dağılımının incelenmesi. A: topuz 2 implant overdenture; B: bar 2 implant overdenture; C: hassas tutuculu 2 implant HBP; D: topuz 4 implant overdenture; E: bar 4 implant overdenture; F: hassas tutuculu 4 implant HBP.

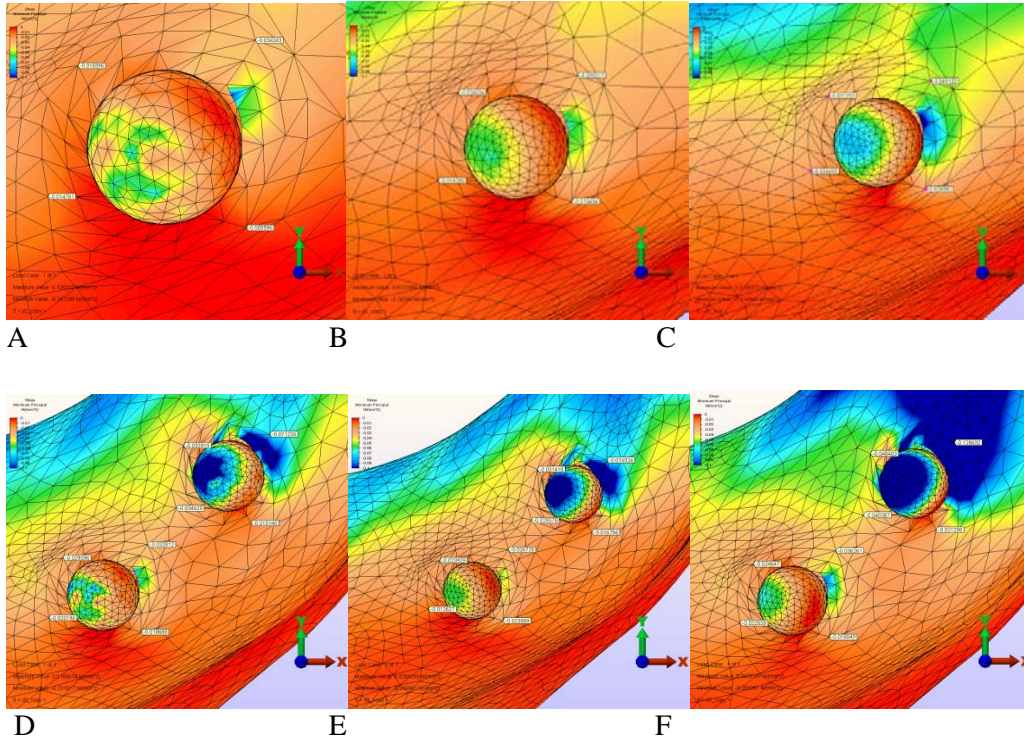


Grafik 3.11. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yükleme sonucu spongiyöz kemikte oluşan en yüksek Sıkışma Tipi streslerin (Minimum Principle Stres) bar grafik olarak ifadesi
Tüm modellerde spongiyöz kemikte kayıtlı edilen vertikal yükleme sonucu oluşan sıkışma tipi stresler birbirine yakın ve kortikal kemiğe göre oldukça düşük kaydedilmiştir. Dört implantlı modellerde streslerin daha düşük olduğu görülmektedir.

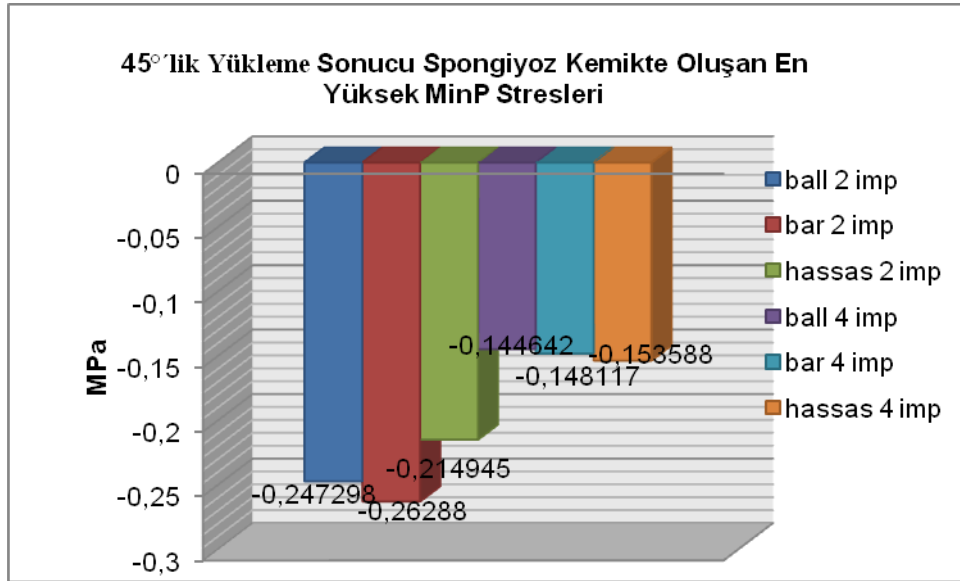
2) 45° Yükleme: 6 ayrı model üzerindeki 45°'lik yüklemede spongiyöz kemikte implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan ortalama sıkışma tipi stres (Minimum Principle Stres) değerleri **Çizelge 3.12.**, streslerin dağılımları **Şekil 3.12.** ve oluşan en yüksek streslerin bar grafik olarak ifadesi **Grafik 3.12.**'de sunulmuştur.

Çizelge 3.12. Protez modeli üzerine uygulanan 45°'lik yükleme sonucu spongiyöz kemikte k: kanin; pm: 1. premolar bölgesinde bulunan implantlar etrafında belirlenen noktalarda oluşan Sıkışma Tipi stres (Minimum Principle Stres) değerlerinin MPa ortalamaları.

MinP	Topuz 2 imp	Bar 2 imp	Hassas 2 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp
	45°(k)	45°(k)	45°(k)	45° (k)	45° (k)	45° (k)	45° (pm)	45° (pm)	45° (pm)
B	-0,00559	-0,01845	-0,02658	-0,01868	-0,02388	-0,01804	-0,01514	-0,01678	-0,02120
L	-0,01839	-0,02403	-0,03125	-0,02909	-0,02392	-0,02464	-0,03391	-0,03141	-0,04843
M	-0,01476	-0,01425	-0,02465	-0,02019	-0,01262	-0,02253	-0,03462	-0,02937	-0,04038
D	-0,03424	-0,03021	-0,04912	-0,03288	-0,02679	-0,0362	-0,07122	-0,07432	-0,12863



Şekil 3.12. 45°'lik yükleme sonucunda spongiyöz kemikte oluşan sıkışma tipi stres (Minimum Principle Stres) dağılımının incelenmesi. A: topuz 2 implant overdenture; B: bar 2 implant overdenture; C: hassas tutuculu 2 implant HBP; D: topuz 4 implant overdenture; E: bar 4 implant overdenture; F: hassas tutuculu 4 implant HBP.



Grafik 3.12. Protez modeli üzerine uygulanan 45°' lik yükleme sonucu spongiyoz kemikte oluşan en yüksek sıkışma tipi streslerin (Minimum Principle Stres) bar grafik olarak ifadesi

Spongiyoz kemikte 45°' lik yükleme sonucunda oluşan sıkışma tipi stresler incelendiğinde, vertikal yüklemeye göre streslerin bir miktar arttığı gözlenirse de meydana gelen stresler yine de kortikal kemiğe göre oldukça düşüktür. Modeller arasında oluşan sıkışma tipi stresler birbirine yakın olup arasındaki farklar oldukça düşüktür. Ayrıca Von Mises ve gerilme tipi stres değerlerinde olduğu gibi kortikal kemiğe göre değer olarak oldukça az stresler oluşmuştur. Dört implantlı modellerde streslerin daha düşük olduğu görülmektedir.

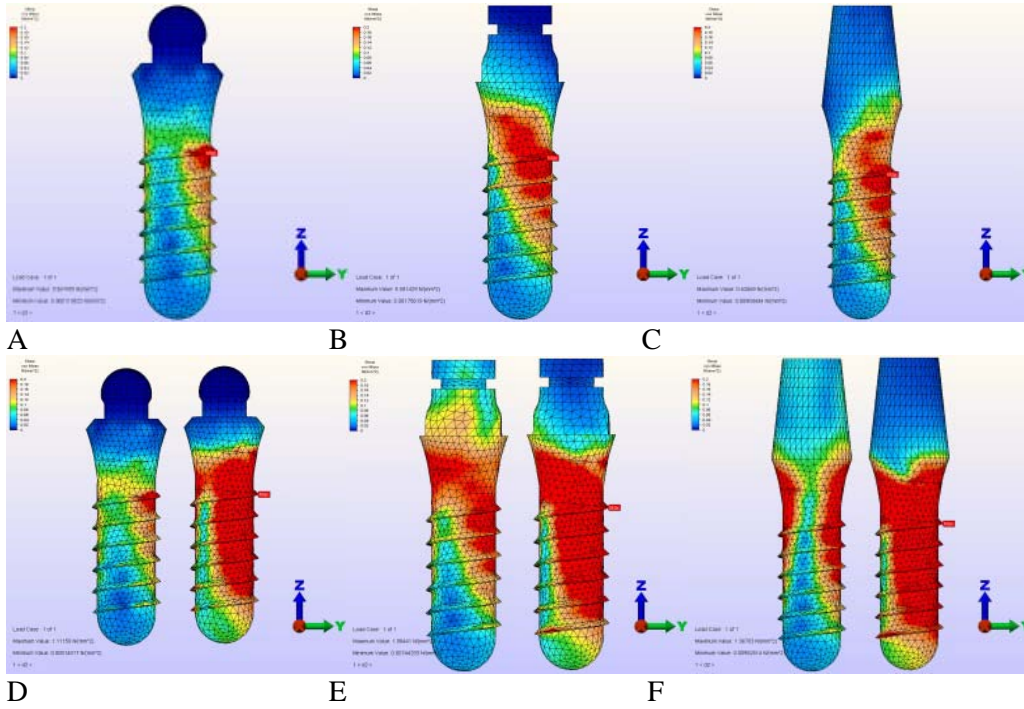
3.3. İmplant Bulguları

Von Mises Bulguları

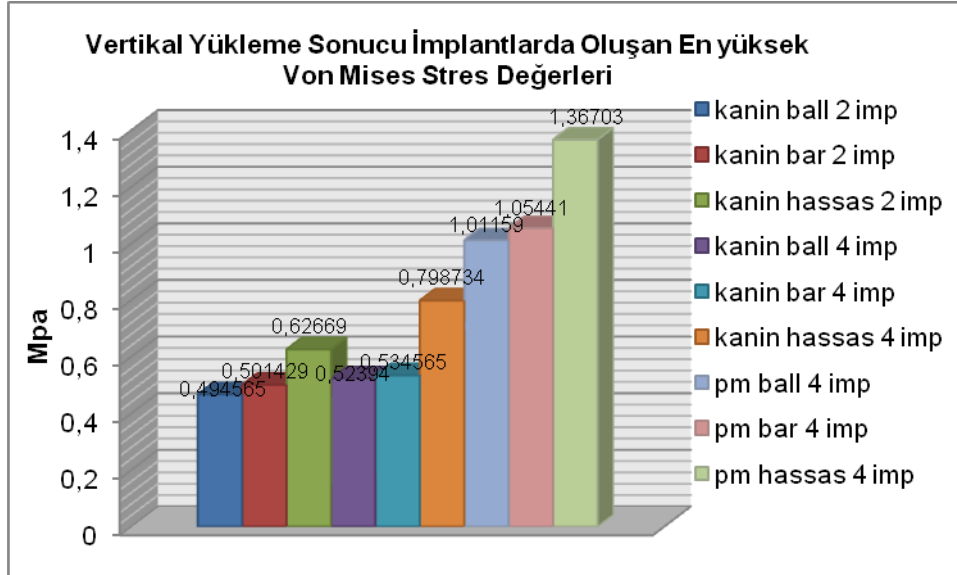
1)Vertikal Yükleme (0°): 6 ayrı model üzerindeki vertikal yüklemeye oluşan ortalama Von Mises stres değerleri **Çizelge 3.13.**, streslerin dağılımları **Şekil 3.13.** ve oluşan en yüksek stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi **Grafik 3.13.**'te sunulmuştur.

Çizelge 3.13. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yükleme sonucu k: kaninler ve pm: 1. premolar bölgesindeki implantlarda oluşan Von Mises stres değerlerinin MPa ortalamaları.

İmp.	Topuz 2 imp	Bar 2 imp	Hassas 2 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp
	0°(k)	0°(k)	0°(k)	0° (k)	0° (k)	0° (k)	0° (pm)	0° (pm)	0° (pm)
VM	0,49456	0,50142	0,62669	0,52394	0,53456	0,79873	1,01159	1,05441	1,36703



Şekil 3.13. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yüklemeye sonucu k: kaninler ve pm: 1. premolar bölgesindeki implantlarda oluşan Von Mises stres dağılımının incelenmesi. A: topuz 2 implant overdenture; B: bar 2 implant overdenture; C: hassas tutuculu 2 implant HBP; D: topuz 4 implant overdenture; E: bar 4 implant overdenture; F: hassas tutuculu 4 implant HBP.



Grafik 3.13. Protez modeli üzerine uygulanan vertikal yüklemeye sonucu implantlarda oluşan en yüksek Von Mises stres değerlerinin değerlerinin bar grafik olarak ifadesi.

Vertikal yükleme sonucunda en düşük Von Mises stres değerleri kaninler bölgesine yerleştirilmiş 2 implant üzerine yapılan topuz tutuculu overdenture protezli modeldeki implantlarda ~0,49 MPa görülmüştür. En yüksek Von Mises stres değerleri ise 4 implant üzerine yapılmış ön bölge sabit arka bölge hareketli hassas tutuculu protezli modelin birinci premolarlar bölgesindeki implantlarda ~1,36 MPa görülmüştür.

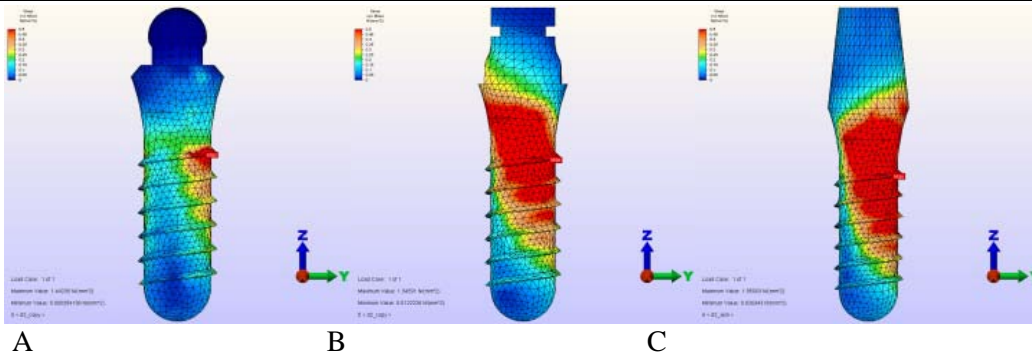
Tüm modellerde Von Mises stresleri, implantların kuvvetin uygulandığı taraf olan distal bölgede yoğunlaştığı görülmektedir.

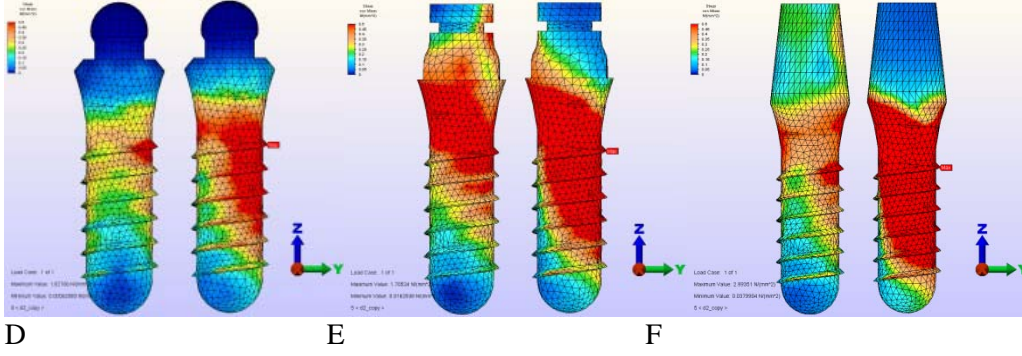
Aynı protez tipine sahip modeller incelendiğinde implant sayısı ikiden dörde çıktığında implantlara görünen Von Mises tipi stres değerlerinin arttığı gözlenmiştir.

2) 45° Yükleme: 6 ayrı model üzerindeki 45°'lik yüklemeye oluşan ortalama Von Mises stres değerleri **Çizelge 3.14.**, streslerin dağılımları **Şekil 3.14.** ve oluşan en yüksek stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi **Grafik 3.14.**'te sunulmuştur.

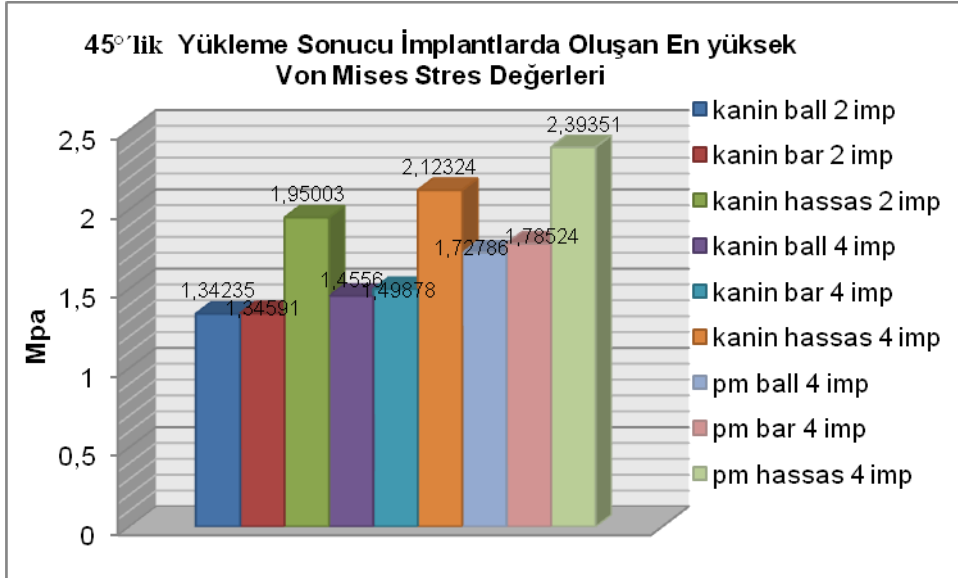
Çizelge 3.14. Protez modeli üzerine uygulanan 45°'lik yüklemeye sonucu k: kaninler ve pm: 1. premolar bölgesindeki implantlarda oluşan Von Mises stres değerlerinin MPa ortalamaları.

İmp.	Topuz 2 imp	Bar 2 imp	Hassas 2 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp	Topuz 4imp	Bar 4 imp	Hassas 4 imp
	45°(k)	45°(k)	45°(k)	45° (k)	45° (k)	45° (k)	45° (pm)	45° (pm)	45° (pm)
VM	1,34235	1,34591	1,95003	1,4556	1,49878	2,12324	1,72786	1,78524	2,39351





Şekil 3.14. Protez modeli üzerine uygulanan 45°'lik yükleme sonucu k: kaninler ve pm: 1. premolar bölgesindeki implantlarda oluşan Von Mises stres dağılımının incelenmesi. A: topuz 2 implant overdenture; B: bar 2 implant overdenture; C: hassas tutuculu 2 implant HBP; D: topuz 4 implant overdenture; E: bar 4 implant overdenture; F: hassas tutuculu 4 implant HBP.



Grafik 3.14. Protez modeli üzerine uygulanan 45°'lik yükleme sonucu implantlarda oluşan en yüksek Von Mises stres değerlerinin bar grafik olarak ifadesi.

45°'lik yükleme sonucunda implantlar üzerinde oluşan Von Mises stres değerlerinde vertikal yükleme değerlerine göre artış gözlenmektedir. Bunun nedeni de uygulanan kuvvetin lateral bileşeninin olması ve devirici kuvvet etkisi yapmasıdır.

45°'lik yükleme sonucunda implantlarda oluşan en yüksek Von Mises stres değerleri incelendiğinde, kaninler bölgesine yerleştirilmiş 2 implant üzerine yapılan topuz tutuculu overdenture protezli modeldeki implantlarda ~1,34 MPa olarak en düşük, 4 implant üzerine

yapılmış ön bölge sabit arka bölge hareketli hassas tutuculu protezli modelin birinci premolarlar bölgesindeki implantlarda ~2,39 MPa olarak en yüksek değer kaydedilmiştir.

45°'lik yüklemde de vertikal yüklemde olduğu gibi aynı protez tipine sahip modeller incelendiğinde implant sayısı ikiden dörde çıktığında implantta görünen Von Mises tipi stres değerlerinin arttığı gözlenmiştir.

V. SONUÇ VE ÖNERİLER

Alt çene tam dişsiz bir mandibulada 2 ve 4 implant üzerine yapılmış 3 farklı protez tasarımının implant ve kemik üzerinde oluşan stres dağılımlarının 3 boyutlu SESA yöntemiyle değerlendirildiği araştırmamız sonucunda:

1. İmplant üstü sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan posterior hareketli bölümlü protez tasarımının, mukoza altındaki kortikal kemik üzerinde, topuz ve bar tutuculu implantüstü overdenture protezlere göre daha düşük ve homojen, implant ve implant çevresindeki kortikal kemikte daha yüksek stresler oluşturduğu görülmüştür. Ancak aradaki farklar MPa cinsinden değerlendirildiğinde düşüktür.
2. Topuz ve bar tutuculu implant üstü overdenture protez tasarımları birbirleriyle karşılaştırıldığında; topuz tutuculu overdenture protez tasarımları protez sahasında mukoza altındaki kortikal kemikte daha fazla stres gösterirken, implant ve implant çevresindeki kortikal kemikte bar ataçmalı overdenture protezlere göre daha düşük stresler kaydedilmiştir.
3. Dört implantlı modellerde iki implantlı modellere göre implant ve implant çevresindeki kortikal kemikte daha fazla stres, protez sahasında mukoza altındaki kortikal kemiğin tamamında ise daha az streslerin oluştuğu görülmüştür.
4. Oblik yükleme sonucunda bütün modellerde hem implantta, hem de kemikte kayıt edilen stres değerleri vertikal yüklemede oluşan stres değerlerinden daha yüksektir.
5. İmplantların üzerinde oluşan Von Mises stres değerleri incelendiğinde; en yüksek değerlere sahip modelin, 4 implant üzerine yapılmış metal destekli porselen köprüye hassas tutucularla bağlanan HBP olduğu görülmüş ancak bu değer implantın dayanıklılık direncinin (900 MPa) oldukça altındadır.
6. Bütün modellerin etrafındaki kortikal kemik dokusunda oluşan sıkışma ve gerilme tipi stres değerleri, kortikal kemiğin en yüksek sıkışma (167 MPa) ve gerilme (121 MPa) stres dayanıklılığının oldukça altındadır.

7. Bütün modellerde implantlarda oluşan stresler implantların boyun bölgesi civarında ve kuvvetin uygulandığı noktaya yakın olan implantların distal bölgesinde yoğunlaşmıştır.
8. Bütün modellerde protez sahasında mukoza altındaki kortikal kemikte oluşan stresler incelendiğinde, streslerin kuvvetin uygulandığı bölge civarında yoğunlaştığı görülmektedir.
9. Bütün modellerde spongiyöz kemikteki stres bulguları ise kortikal kemiğe kıyasla oldukça düşük değerlerdedir.

Yukarıdaki bulguların ışığı altında bir genelleme yapılacak olursa implant üstü sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan posterior hareketli bölümlü bir protez tasarımının, özellikle anterior bölgede kemik rezorpsiyonunun fazla olmadığı durumlarda topuz ve bar tutuculu overdenture protezlere bir alternatif olabileceği söylenebilir. Bununla birlikte yeterli uzunluk ve çapta implantların yerleştiremediği ve implantların üzerine streslerin gelmesi istenmiyorsa topuz tutuculara sahip overdenture protezler tercih edilebilir. Ön bölgede yeterli kemik hacmi olup, iyi bir şekilde osseointegre olmuş yeterli çap ve uzunluğa sahip implantlar üzerine yapılmış sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan posterior hareketli bölümlü bir protez tasarımı yapılabilir. Özellikle arka bölgede bıçak sırtı krete sahip hastalarda mukoza altındaki kemikte daha az stres oluşturmasından dolayı bu tasarım daha başarılı olabilir. İmplant üstü sabit bir proteze hassas tutucularla bağlanan posterior hareketli bölümlü bir protez tasarımı ile ilgili az sayıda in vivo çalışma bulunduğundan ileride çalışmamızla ilgili sonuçlarını karşılaştırabileceğimiz uzun süreli klinik takip çalışmaları yapılabilir.

VI. KAYNAKLAR

Ben-Ur Z., Gorfil C., Shifman A. Anterior implant-supported overdentures. *Quintessence Int.* 1996;27:603-606

Duyck J. Biomechanical characterisation of in vivo load on oral implants. Thesis. Katholieke Universiteit Leuven;2000.p.8-49

Eskitaşçıoğlu G., Yurdukoru B. (1995) Diş hekimliğinde sonlu elemanlar stres analiz yöntemi A. Ü. Diş Hek. Fak. Derg.,(2):65-70

Esposito M, Hirsch J-M, Lekholm U, Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants (II) Etapatogenesis. *European Journal of Oral Sciences* 1998;106:721-64

Fuminori T, Iwao H. Finite element analysis of stress-breaking attachments on maxillary implant-retained overdentures. *Int J Prosthodontics* 2007;20: 193-198

Misch CE. *Dental implant prosthetics*. China: Mosby: 2005, sf. 196-227.

Mericske-Stern RD, Assal P, Buegerin W. Simultaneous force measurements in 3 dimensions on oral endosseous implants in vitro and in vivo. *Clinical Oral Implants Research* 1996;7:378-86)

Mericske-Stern RD, Taylor TD, Besler U. Management of the edentulous patient. *Clin Oral Impl Res* 2000; 11: 108-25

Pellecchia M., Pellecchia R., Emtiaz S. Distal extension mandibular removable partial denture connected to an anterior fixed implant-supported prosthesis *Journal of Prosthetic Dentistry* 2000;83:607-12

Setz M.J., Wright P.S., Ferman A.M. Effects of attachment type on the mobility implant stabilized overdentures-an in vitro study *Int J Prosthodontics* 2000;13: 494-499

Sevimay M, Eskitascioglu G, Usumez A. Three-Dimensional Finite- Element analysis of functional stresses in different bone locations produced by implants placed in the maxillary postreior region of the sinus flor. J Prosthet Dent. 2005;93:38-44

Sevimay M, Eskitascioglu G, Usumez A. The influence of occlusal loading location on stresses transferred to implant-supported prostheses and supprting bone: a three-dimensional finite-element study. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2005;93:38-44

Sevimay M, Turhan F, Kilicarslan MA, Eskitascioglu G. a Three-dimensional finite-element analysis of the effect of different bone quality on stres distribution in an implant supported crown. Journal of Prosthetic Dentistry 2005;93:227-34

Starr N. L. The distal extension case: an alternative restorative design for implant prosthetics. The İnt J Periodontics&Restorative Dentistry 2001;21-1 :61-67

Uludag B., Celik G. , Sahin V., Ozturk G. Fabrication of implant-assisted restorations utilizing functional impression techniques:case reports. Journal Of Oral Implantology 2007;33: 297-304

Uludag B, Celik G,. Photoelastic stress analysis of various retention mechanisms on 3-implant-retained mandibular overdentures, Journal of Prosthetic Dentistry 2007;97:229-35

Ulusoy M., Aydın K. Diş Hekimliğinde Hareketli Bölümlü Protezler, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları 2005

Zarb GA, Mericske-Stern R. Clinical protocol for treatment with implant supported overdentures. In ZarbGA, Bolender CL, editors. Prosthodontic treatment for edentulous patients. St Louis: Mosby Inc; 2004. sy. 498-509.

Zitzmann NU, Marinello CP. Treatment plan for restoring the edentulous maxilla with implant supported restorations: Removable overdenture versus fixed partial denture design. J Prosthet Dent 1999; 82: 188-96. 24

VII- EKLER

Ek 1: Mali bilanço ve Açıklamaları

	Hizmet Alımı Adı (03.5+03.8+06.6)			
1	Sanal Ortamda Sonlu Eleman Analizi ile Modelleme Ve Biyomekanik Testler	18		8.024,00 YTL

Hizmet alımı kapsamında sonlu elemanlar stres analizinde ki modelleme ve analizler Ay Tasarım Ltd. Şti. tarafından yapılmıştır .Ayrıntılı açıklama aşağıda verilmiştir.

Sonlu Elemanlar Stres Analizi Ana Modeli Ve Analizi(1 Adet)..... 1.600,00 YTL+KDV

Sonlu Elemanlar Stres Analizi Minor Modelleme Ve Analizi(5 Adet) ...800,00 YTL+KDV

Ek Kuvvet Analizleri(12 Adet)..... 1.200,00 YTL+KDV

Toplam

6.800,00YTL

KDV

1.224,00YTL

GENEL TOPLAM

8.024,00 YTL

Ek 2: Yayınlar ve Tezler

Çalışma, A.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Araştırma Görevlilerinden Dr. Dt. Kemal Çoğalan'ın Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Çalışmaya ait bilimsel yayın hazırlığı devam etmektedir.