40723

T.C.
İstanbul Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Diş Hastalıkları ve Tedavisi
Anabilim Dalı
Danışman: Prof.Dr.Fatma KORAY

ÜST KÜÇÜKAZI DİŞİNDEKİ BLACK V. SINIF KAVİTENİN VE YAPILAN RESTORASYONUN DİŞİN YAPISINDAKİ GERİLME DAĞILIMLARINA ETKİSİNİN ÜÇ BOYUTLU SONLU ELEMANLAR METODU İLE ARAŞTIRILMASI

(Doktora Tezi)

Dt. Esra YILDIZ

T.C. Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

İSTANBUL - 1994

40723

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ 1

2. GENEL BİLGİLER 3

3. AMAÇ 20

4. GEREÇ VE YÖNTEM 22

5. BULGULAR 45

6. TARTIŞMA 143

7. SONUÇLAR 163

8. ÖZET 165

9. SUMMARY 166

10. KAYNAKLAR 167

11. ÖZGEÇMİŞ 177

1. GİRİŞ

Dişlerin bukko-servikal bölgelerindeki sert doku kayıplarına sıklıkla rastlanılmaktadır. Bu sert doku kayıplarının nedenleri; çürük, progresif ve kronik karakterdeki abrazyon ve erozyon gibi patolojik proçeslerdir.

Dişlerin servikal bölgelerinde oluşan çürüklerin nedeni, bakteri plağının sert dokuyu yıkıcı metabolik ürünleridir. Diş-dişeti fizyomorfolojisindeki bozukluklar, yetersiz ağız hijyeni gibi çeşitli faktörler servikal bölgeyi bakteri plağı retansiyonuna elverişli kılmakta ve bunun sonucunda da servikal çürük proçesleri başlamaktadır. Servikal mine dokusundaki mikromorfolojik dispozisyon da konak faktörü olarak servikal çürüğün ilerlemesinde etkilidir.

Abrazyon, diş fırçalanması esnasında fırçanın ve/yada macun içindeki abrasiflerin mekanik etkisi sonucu diş sert doku kaybını; erozyon ise kimyasal ya da idiopatik etkenler sonucu oluşan sert doku kayıplarını tanımlamaktadır. Kimyasal erozyonda sert doku kaybının nedeni asitlerdir. Asitlerin kaynağı genelde diyetin içerdiği yiyecek ve içeceklerdir. Bunun yanısıra ağız ortamında kuvvetli asitleri oluşturabilecek gazların bulunduğu havayı soluyan yada gastrik sorunları olan kişilerde de erozyonlara rastlanılmaktadır. İdiopatik servikal erozyonlar ise abrazyon ve erozyonun etyolojik faktörlerinin kombine etkisi ile gelişmektedirler. Servikal bölgede ortaya çıkan abrazyon ve erozyon türü sert doku kayıplarının etyolojisini saptamak ve buna göre tedavilerini belirlemek oldukça zordur(3).

1984'de Lee ve Eakle(70) servikal erozyon patogenezine yeni bir bakış açısı getirmişler ve bu tip lezyonlarda öncelikli etyolojik faktörün, maloklüzyon ve çiğneme kuvvetleri nedeniyle oluşan çekme gerilmesi olduğunu ve lezyonun meydana geldiği dişteki yıkımda lokal çevrenin ikincil bir rol üstlendiğini bildirmişlerdir.

Servikal çürüklerin tedavisi ve büyük boyutlara ulaşan erozyon ve abrazyon türündeki sert doku kayıplarının onarımı için servikal restorasyonlar yapılmakta ve dişin fizyomorfolojik özellikleri yeniden kazandırılmaktadır. Servikal bölgedeki sert doku kayıplarını restore etmek amacıyla uzun yıllar amalgam ve silikat kullanılmış, son yıllarda ise estetiğin ön plana çıkmasıyla kompozit, porselen inley gibi materyaller gittikçe artan bir popülarite kazanmışlardır.

Günümüzde; çeşitli materyallerle yapılan restorasyonların başarısı değerlendirilirken, diş-dolgu materyali arasındaki tutunma, kenar bütünlüğü ve kenar sızıntısı önemli kriterlerin başında gelmektedir. Bu kriterlerin değerlendirilebilmesi için, yapılan çalışmalarda materyalin yapısının, fizik özelliklerinin (örn. Isı genleşme katsayısının) yanısıra dişin biyomekanik özellikleri de araştırılmakta ve diş ile restorasyonlardaki gerilme ve yer değiştirmeler, yapılan çeşitli gerilme analizleri ile irdelenmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. RESTORASYONLARIN KENAR BÜTÜNLÜĞÜ VE MİKROSIZINTI

Oral kavitede oluşan 5-55°C'lik ısı değişiklikleri, diş dokularının ve restoratif materyallerin genleşme katsayılarına ve ısıyı iletme özelliklerine göre reaksiyon göstermelerine ve oluşan farklı değerlerdeki genleşme ve daralmalarla restoratif materyalle kavite duvarları arasında mikroskopik bir aralığın gelişmesine neden olmaktadırlar. Bu mikro aralığın ortaya çıkmasında genleşme ve büzülmeler arasındaki boyutsal farkların yanısıra, restoratif materyallerin kavite duvarlarına yetersiz adaptasyonu ve kaide olarak kullanılan materyallerin çözünmeleride etkilidir. Bu aralığa, ağız sıvılarının ve mikroorganizmaların kolayca girip çıkabilmesi sonucunda oluşan perkolasyon, bir diğer deyişle mikrosızıntı, dentin duyarlılığına, marjinal renkleşmeye, mine kenar kırıklarına, sekonder çürüklere ve pulpa irritasyonuna neden olmaktadır. Mikrosızıntının değerlendirilmesinde, radyoizotoplar, gümüş nitrat, basınçlı hava, çeşitli boyalar ve skenning elektron mikroskopisi (SEM) gibi farklı yöntemlerden yararlanılmaktadır(77,83).

Amalgam restorasyonunun dişle kimyasal bağlantısının olmaması, ısı genleşme katsayısının diş dokularınınkinden farklılık göstermesi ve sertleşme esnasında kontraksiyona uğraması, sürekli olarak kavite duvarı ile materyal arasında bir boşluk oluşmasına ve bunu takiben mikrosızıntının kaydedilmesine neden olmaktadır(5).

1985'de Gottlieb ve ark.(44), 160 adet premolar dişin sement-mine birleşiminin 2 mm yukarısında hazırladıkları 5. sınıf kaviteleri vernikli ve verniksiz olarak geleneksel ve yüksek bakır içerikli amalgamla restore etmişler ve çalışma sonuçlarını 2 hafta, 3, 6, 12 aylık sürelerde mikrosızıntı açısından değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, 2. hafta sonrasında değerlendirilen vernikli geleneksel amalgamla restore edilmiş kavitelerin, oklüzal mikrosızıntısında bir azalma olduğu, yüksek bakır içerikli amalgam restorasyonlarda ise tüm araştırma süreçlerinde mikrosızıntı izlendiği, uygulanan kavite verniğinin sızıntı üzerinde anlamlı bir etkisinin bulunmadığı, geleneksel amalgamlarla kıyaslandığında yüksek bakır içerikli amalgamların hem gingivalde hem de oklüzalde daha yüksek sızıntı gösterdiği tespit edilmiştir.

1987'de Yu ve ark.(117), bonding ajanların kullanımı ile amalgamdaki mikrosızıntının azaltılabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca 5. sınıf amalgam restorasyonlarında,

gingival duvarda oklüzal duvardakinden daha fazla sızıntının oluştuğunu, bundaki en önemli nedenin ise gingival bölgedeki minenin ince ve sıklıkla aprizmatik yapısından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Servikal kavitelerde yapılan in-vitro çalışmalarda amalgamla birlikte kullanılan kavite verniklerinin sızıntıyı azalttıkları saptanmıştır(26,60,77).

Yapılan diğer bir çalışmada ise, smear tabakasının varlığının dentin geçirgenliğini azaltsa dahi mikrosızıntıyı arttırdığı ve bu nedenle dentin kanallarına girmiş smear tabakası uzantıları kaldırılmaksızın, bu tabakanın kalınlığının azaltılması gerektiği bildirilmiştir(80).

Amalgam restorasyonlarda, dolgu-kavite duvarı arasında oluşan aralığın 5-20 µm. arasında değiştiği(97), amalgamın lineer ısı genleşme katsayısının çevre dokuların yaklaşık 2-3 misli olmasına rağmen(16), kavite kenarlarının doğru preparasyonunun, düzenli amalgam maniplasyonunun, kondansasyonunun ve cilalanmasının mikrosızıntıyı azaltabileceği belirtilmiştir(5).

1992'de Kim ve ark.(66) yaptıkları SEM çalışmasıyla, alaşım partikülünün şeklinin amalgamda izlenen kenar sızıntısını etkileyebileceğini, materyalin adaptasyonunun plastisite ve kondanse edilebilme yeteneğine bağlı bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca çalışmada, küresel partiküllü γ_2'li ve γ_2'siz amalgamların ince kıyılmış partiküllü γ_2'li ve γ_2'siz amalgamlara nazaran daha fazla kenar sızıntısı gösterdikleri de bildirilmiştir.

Günümüzde estetiğin ön plana çıkmasıyla, kompozit reçineler servikal lezyonların restorasyonunda da sıklıkla kullanılır olmuşlardır. Diş ile kompozit materyal arasındaki mikrosızıntıyı, kompozit materyalinin polimerizasyon büzülmesi(32), elastisite modülü(61,62), ısı genleşme katsayısı(49,50), su absorpsiyon özellikleri(106) etkilemektedir. Kavite servikal sınırlarının dentinle çevrelendiği durumlarda, kompozit reçinelerin düzgün ve sürekli bir kapamayı gerçekleştirebilmeleri oldukça zordur. Bununda esas nedeni, polimerizasyon büzülmesidir(17,84). Restorasyon dentine bağlanabilse de polimerizasyon büzülme kuvvetleri genellikle bu bağlanma kuvvetlerini aşmakta ve böylece yüzeyler arasında açılmaya neden olmaktadır(17,21). Bu soruna çözüm arayışı içinde, bağlanmayı engelleyen büzülme kısmını kompanse etmek amacıyla restorasyonu bükülebilir kılan bir materyalin uygulanması ileri sürülmüştür(61).

Yapılan çalışmalar, mineye bağlanan kompozit reçine restorasyonlarda, asitle dağlama tekniği ile iyi bir kenar bütünlüğü sağlanırken(8,34,48,49,50,92), kavite sınırlarının sement-mine birleşiminin altına indiği durumlarda kenar kapanmasının istenildiği

kadar iyi olmadığını ve bu bölgede sızıntı miktarında bir artma görüldüğünü ortaya koymuşlardır(34,42,91,101). Bunda da en önemli rolü, bölgedeki yetersiz prizmatik mine yapısının oynadığını bildirmişlerdir(92).

5. sınıf restorasyonlarda kullanılan kompozit reçinelerin klinik başarısının arttırılabilmesi için, gingival bölgedeki kenar sızıntısının en aza indirilmesi gerekmektedir. Son yıllarda bu amaç doğrultusunda kullanılan dentin bonding ajanların, kompozit reçine ile dentin arasındaki kenar aralığını ve bu duvarda oluşan mikrosızıntıyı azalttığı belirtilmiştir(8,18,34,101). Yine bu amaç doğrultusunda, 1992'de Mixson ve ark.(75) tarafından yapılan bir çalışmada, kullanılan dentin bonding tipinin ve kavite şeklinin kenar bütünlüğünü etkilediği, "V" şeklindeki preparasyonlarda smear tabakası kaldırılarak uygulanan dentin bonding ajanlarının, direkt olarak smear tabakasına tutunanlardan daha az sızıntı gösterdikleri tespit edilmiştir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar; lineer ısı genleşme katsayıları, geleneksel kompozit reçinelerden daha yüksek olan mikrodolduruculu kompozitlerde oluşacak olan mikrosızıntının kontrolünün çok daha zor olduğunu ve minimal kenar sızıntısının, geleneksel ve mikrodolduruculu kompozitin bir kombinasyonunun kullanılması halinde sağlanabileceğini ortaya çıkarmıştır(49,50).

Sınırları mine-sement birleşimine yada dentine uzanmış olan servikal lezyonlarda yapılacak olan kompozit reçine restorasyonlarının altında, kalın bir tabaka olarak cam iyonomer simanlarının kullanımı önerilmiştir(12,72). Bu şekilde gerçekleştirilen ve "sandviç teknik" olarak isimlendirilen yöntem sonucu, hem sızıntı açısından riskli bölge olan dentinde yada mine-sement sınırındaki örtme en iyi şekilde sağlanabilmekte, hem de cam iyonomerin asitle dağlanabilmesi sonucu, kompozit reçinenin tutunacağı yüzey miktarı arttığı gibi bonding ve kompozit reçinenin cam iyonomere tutunma kuvveti de artmaktadır(52,72,82).

5. sınıf kavitelerin restorasyonunda, direkt kompozitlerin yanısıra, ışık ya da ısı ile polimerize edilen ve yapıştırıcı bir kompozit reçine ile kaviteye adaptasyonu sağlanan kompozit inleylerden de yararlanılmaktadır.

1990'da Haller ve ark.(46) tarafından yapılan bir çalışmada, çeşitli dentin adesifler kullanılarak gerçekleştirilen 5. sınıf kompozit restorasyonlar ve direkt kompozit inleylerin kenar uyumları araştırılmış ve geleneksel kompozit restorasyon tekniği ile yapılan dolgularda, dentin adesiflerine rağmen kenar uyumunun yeterli olmadığı, kompozit inley tekniğinde dentin adesif uygulamasının ise kenar uyumunu olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir.

MOD tipi kavitelerde yapılan bir çalışmada da, bir dentin bonding ya da bir mine bonding ile yerleştirilen ısı uygulamalı kompozit inley restorasyonların tüm kenarlarında, özellikle de sement kenarında ışıkla polimerize olan veya geleneksel olarak yerleştirilen kompozit reçine restorasyonlarından anlamlı olarak daha az mikrosızıntı izlendiği saptanmıştır(110).

Üç farklı bizotaj tipiyle hazırlanan MOD kavitelerde, uygulanan kompozit inleylerdeki en iyi kenar uyumunun, yuvarlaklaştırılmış bizotajlı kavite preparasyonunda olduğu görülmüştür(47).

Yapılan bir in-vitro çalışmada ise, kompozit inleylerin kenar örtme kapasitesinde gerek kaide materyalinin, gerekse yapıştırıcı olarak kullanılan materyalin seçiminin oldukça önemli olduğu vurgulanmıştır(103).

1992'de Fullemann ve ark.(35); yapılan bir yıllık klinik gözlemler sonucunda, mükemmel sonuçlar alınan 24 adet kompozit inley restorasyonunu, SEM ile incelediklerinde, örneklerin % 6.6'sında diş ile yapıştırıcı siman arasında, % 27.1'inde de simanla inley arasında bir kenar aralığı oluştuğunu tespit etmişlerdir. Bulguların karşılaştırılabilmesi için hazırlanan beş adet inley yerleştirildikten hemen sonra SEM'de incelenmiş ve hiçbir örnekte kenar aralığına rastlanmamıştır. Bulguların değerlendirilmesinde restorasyonların tipi, lokalizasyonu ve üretim tekniği gözönüne alınmış, molarlar ve premolarlar arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

1993'de Puy ve ark.(87) tarafından yapılan bir çalışmada, 10 adet dişte indirekt metotla hazırlanan MOD inley kompozit restorasyonların minede bitirilen kenarlarında mikrosızıntıya hiç rastlanmazken, sementte bitirilen yanlızca iki kenarda az bir miktarda mikrosızıntıya rastlandığı bildirilmiştir.

1989'de Yücel ve ark.(118), 60 adet premoların vestibülünde hazırladıkları 5. sınıf kavitelere yerleştirdikleri direkt kompozit restorasyonları ve kompozit inley restorasyonları mikrosızıntı açısından değerlendirmişler ve direkt yerleştirilen kompozit restorasyonlarında inleylere nazaran daha fazla sızıntı olduğunu saptamışlardır.

Servikal kavitelerde seramik inleylerden de restorasyon için yararlanılmaktadır. 1985'de Mörmann ve ark.(76), çekilmiş altışar adet molar dişte yaptıkları MOD amalgam, altın inley ve Cerec sistem inleyin restorasyon/diş ara yüzeyinin mikromorfolojisini, termosiklus öncesi ve sonrası replika tekniği ve SEM ile araştırmışlardır. Kenar bütünlüğü, sadece termosiklus sonrasında yapılan boya penetrasyon yöntemiyle değerlendirilmiş ve sonuçta herbir grupta 12 adet olan aproksimal yüzeyin altın inleylerin ikisinde, amalgamların dördünde, porselen inleylerin onunda, boya penetrasyonunun olmadığı

tespit edilmiştir. SEM analizinde ise, termosiklus öncesi altın restorasyonların % 11'inde, amalgam restorasyonların % 64'ünde, porselen inley restorasyonların da % 98'inde, termosiklus sonrasında ise, altın restorasyonların % 3'ünde, amalgam restorasyonların % 9'unda, porselen inley restorasyonların ise % 88'inde mükemmel kenar uyumu saptanmıştır.

1989'da Meissner ve ark.(73) tarafından servikal bölgeye in vitro ve in vivo olarak uygulanan porselen inleylerdeki mikrosızıntı, SEM ile araştırılmış ve sonuçta mikrodolduruculu bir kompozit ile yapıştırılan porselen restorasyonlarında, mine/yapıştırıcı kompozit arasındaki bağlanmanın yapıştırıcı kompozit ile porselen arasındaki bağlanmadan daha iyi olduğu belirtilmiştir.

1990'da Reich ve ark.(91) direkt indirekt kompozit ve seramik inleylerde diş ve inley arasındaki aralığı araştırmışlar, SEM ve boya penetrasyon yöntemiyle yaptıkları çalışmaların sonucunda, kompozit inleylerde yapıştırıcı siman aralığının artması halinde kenar aralığı değeri artarken, geniş siman aralığı olan seramik inleylerde iyi bir kenar uyumu izlendiğini bildirmişlerdir.

1991'de Qualtrough ve ark.(88), 24 adet çekilmiş premolar dişte hazırladıkları MOD kavitelere uyguladıkları porselen inley restorasyonlarda, SEM ile yapılan inceleme sonrası, mine/yapıştırıcı siman arayüzeyinin inley/yapıştırıcı siman arayüzeyinden daha iyi bir bağlantı gösterdiğini bildirmişler ve kompozit yapıştırıcı reçinenin, mineye adaptasyonunun bizotajlı ve bizotajsız preparasyonlarda aynı ölçüde olduğunu saptamışlardır.

Servikal lezyonların restorasyonunda kullanılan bir diğer materyal de, amalgama alternatif olarak sunulan altın inleydir. Döküm altın inley restorasyonlarında, restorasyonla diş arasındaki aralık yapıştırıcı siman tarafından doldurulmakta ve altın inleyin kaviteyi örtme kapasitesi bu yapıştırıcı simanın örtme kapasitesiyle ölçülmektedir(77). ADA spesifikasyonlarına göre, dişhekimliğinde kullanılan döküm altın alaşımları dört

Tablo 1
Döküm Altın Alaşımlarının Sınıflandırılması(83)

Tip	Au ve Pd (% minimum)
I	% 83
II	% 78
III	% 78
IV	% 75

grupta toplamaktadır (Tablo 1). Genellikle Tip I alaşımlar basit inley restorasyonlarında kullanılırlar(83).

1980'de Hormati ve ark.(56), sınırları mine üzerinde bulunan servikal kaviteleri amalgam, kompozit ve sıkıştırılmış altın ile restore ettiklerinde ve mikrosızıntı açısından bu materyalleri değerlendirdiklerinde, amalgam ve sıkıştırılmış altının 5.sınıf kavitelerde en az sızıntı gösteren materyaller olduğunu, kompozit reçinenin ise ancak asitle dağlama yöntemiyle birlikte kullanıldığında kabul edilebilir bir sızıntı gösterdiğini tespit etmişlerdir.

1985'de Bauer ve Henson(4), gingival kenarını, mine-sement birleşiminin 1 mm altında hazırladıkları servikal kaviteleri, amalgamla, kompozit ve altın ile restore etmişler ve 4°C ile 60°C arasında değişen termosiklus sonrasında, hazırladıkları örnekleri mikrosızıntı açısından değerlendirmişlerdir. Restorasyonların mine duvarında, asitle dağlama tekniği ile birlikte kullanılan kompozitlerin, sement duvarında ise direkt doldurulan altının en iyi kenar bütünlüğünü sağlayan materyaller olduğunu saptamışlardır.

1991'de Staehle ve Ackermann(102) tarafından yapılan çalışmada çekilmiş insan azı dişlerinde hazırlanan 1. sınıf kavitelerin kompozit ve metal inleylerle restorasyonu sonrasında oluşan mikrosızıntı değerlendirilmesinde, çinko fosfat simanıyla yapıştırılan 10 adet metal inleyin 9'unda sızıntı olduğu kaydedilmiştir.

2.2. DİŞLERİN ÜZERİNE GELEN OKLÜZAL KUVVETLER VE DİŞLERDEKİ GERİLMELER

2.2.1. Oklüzal Kuvvetler

19. yüzyılın sonlarından bu yana, pekçok araştırıcı tarafından maksimum ısırma kuvveti ve çiğneme kuvvetleri ölçülmeye çalışılmıştır.

1895 yılında, Black tarafından gnatodinamometre kullanılarak yapılan ısırma kuvveti ölçümü sonucunda, yetişkinlerde molar dişlerdeki maksimum ısırma kuvvetinin, 385.5N ile 952.6N arasında değiştiği, kesici dişlerde ise bu değerin 245.5N ile 783.4N arasında olduğu tespit edilmiştir(27,45).

Daha sonra yapılan çalışmalarda ölçümler, hidrostatik gnatodinamometreden, elektronik strain-gauge gnatodinamometresinden, değişken indüktans strain-gauge gnatodinamometresinden ve ses dalgalarından yararlanılarak yapılmıştır(37,45).

1981'de Gibbs ve ark.(37) tarafından, ses dalgaları kullanarak doğal dişler üzerinde oluşan kuvvetler ölçülmüş ve maksimum ısırma kuvvetinin 250-1270 N arasında değiştiği, cins ve yaşla ısırma kuvveti arasında herhangi bir korelasyonun bulunmadığı bildirilmiştir. Aynı zamanda çiğneme kuvvetinin maksimum ısırma kuvvetinin % 36.2'si olduğu tespit edilmiştir.

1982'de Widmalm ve Ericsson(111) ise, geleneksel bir basınç ileticisi kullanarak sentrik ve eksentrik oklüzyonun premolarlar bölgesindeki maksimum ısırma kuvvetine yapacağı etkileri araştırmışlar ve sentrik oklüzyonda maksimum ısırma kuvvetinin 181N ile 608N arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Yapılan çeşitli çalışmalarda, kaydedilen maksimum ısırma kuvvetinin ve çiğneme güçlerinin değişken olduğu izlenmiştir(37,45,111) (Tablo 2).

Tablo 2

Çeşitli Araştırıcılar Tarafından Saptanan Çiğneme ve Maksimum Isırma Kuvvetleri(45)

Araştırıcı	Pozisyon	Kuvvetin Tipi	Değer (N)
Howell ve Manly (1948)	Molar	Maksimum ısırma kuvveti	412.7-901N
Helkimo (1978)	Molar	Maksimum ısırma kuvveti	190-610N
Proffit (1983)	Molar	Maksimum ısırma kuvveti	174-543N
Gibbs (1981)	Molar	Maksimum ısırma kuvveti	250-1270N
Wildmalm (1982)	Premolar	Maksimum ısırma kuvveti	181-608N
Proffit (1983)	Molar	Çiğneme kuvveti	24-400N
Helkimo (1978)	Molar	Çiğneme kuvveti	68-544N

2.2.2. Oklüzal Kuvvet Uygulanan Dişteki Gerilmeler

Gerilmenin Tanımı: Herhangi bir cismi deforme etmeye yönelik bir kuvvet uygulandığında, bu dış kuvvet uygulamasına karşı cismin iç yapısında gerilme olarak adlandırılan bir iç reaksiyon ortaya çıkar. Dışardan uygulanan kuvvet ve cismin iç yapısında oluşan reaksiyon (gerilme), cismin yüzeyine dağılmakta ve bu nedenle oluşan gerilme; birim yüzeydeki kuvvet olarak olarak tanımlanmaktadır. Bu açıdan gerilme basınç olarak da düşünülebilmekte ve aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir(16).

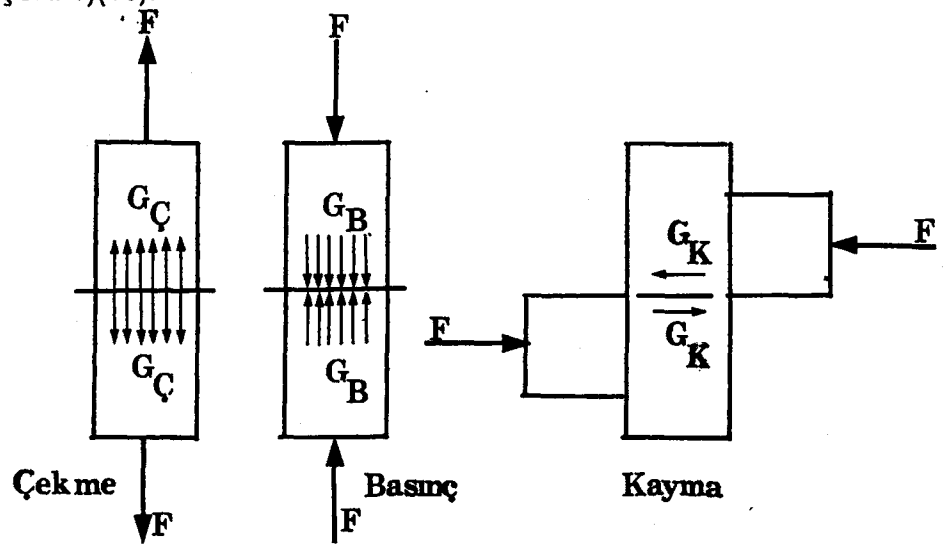
$$\text{(Basınç) Gerilme} = \frac{\text{Kuvvet}}{\text{Alan}}$$

Teorik olarak gerilme; birim alandaki kuvvete dayanarak cismin içersinde oluşan iç dirençtir. Bir cismi her yönden ve açıdan etkileyebilen kuvvetler, cismin içersinde karışık gerilmelerin oluşmasına neden olmaktadır. Gerilmeler; çekme, basınç ve kayma gerilmeleri olmak üzere üç tiptedirler(14,16,19,83).

Çekme Gerilmesi: Aynı doğrultuda fakat zıt yönde iki kuvvetin cismi etkilemesiyle oluşmaktadır. Çekme uygulandığında, cismi oluşturan moleküller birbirinden ayrılmaya zorlanır.

Basınç Gerilmesi: Aynı doğrultuda ve yönde iki kuvvetin cismi etkilemesiyle oluşmaktadır. Basınç uygulandığında, cisim içindeki moleküller birbirine yaklaşmaya zorlanır.

Kayma Gerilmesi: Birbirine paralel doğrultudaki iki kuvvetin aynı yönde cismi etkilemesi sonucu oluşmaktadır. Cismin bir bölümü öbür tarafa kaymaya zorlanmaktadır (Şekil 1)(16).



Şekil 1: Gerilmenin üç ana tipi(16)

Bir cisme uygulanan çekme yada germe kuvveti, cismin uzamasına, basınç ya da itici kuvvet ise, kısalmasına yada basılmasına neden olmaktadır. Bir kuvvet uygulandığında, cismin birim uzunluğunda meydana gelen değişiklik, birim şekil değiştirme (strain) olarak tanımlanmakta ve aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir(16,19,83).

$$\text{Birim şekil değiştirme (strain)} = \frac{\text{Deformasyon}}{\text{Orjinal Uzunluk}}$$

Uygulanan kuvvetlerin büyüklüğü ve kuvvete tabi tutulan materyalin tipi, birim şekil değiştirme (strain) miktarını değiştirmektedir. Materyalin yapısı veya kompozisyonuna ve materyale uygulanan kuvvetin tipine ve büyüklüğüne bakılmaksızın her bir kuvvet uygulaması ile deformasyon ve birim şekil değiştirme (strain) meydana gelmektedir(16).

Cisme dışardan uygulanan kuvvet, ya cismin hareketine yada deformasyonuna neden olmakta ve dış kuvvet uygulaması sonucu cismin içinde gerilme oluştuğunda, birim şekil değiştirme (strain) de mutlaka ona eşlik etmektedir(19).

Cisimlerin üzerlerine gelen kuvvetlerin yoğunlaştığı bölgeleri görebilmek ve uygulama esnasında o cismin daha dayanıklı ve güçlü olabilmesi için şeklinin nasıl olması gerektiğini saptayabilmek amacıyla gerilme analizleri yapılmaktadır(14,16,19).

2.2.3. Dişhekimliğinde Kullanılan Gerilme Analiz Yöntemleri

Diş yapısı ve restorasyonları içersindeki gerilmelerin lokalizasyonunu ve şiddetini saptamak amacıyla, dişhekimliğinde çeşitli gerilme analiz yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Dişhekimliğinde kullanılan gerilme analiz yöntemleri;

- Kırılgan vernik tekniği
- Strain-gauge tekniği
- 2 ve 3 boyutlu fotoelastisite teknikleri
- 2 ve 3 boyutlu sonlu elemanlar metodu (Finite Element Method = FEM)
- Lazer ışınlarıyla gerilme analizi yöntemi olarak sıralanabilir(14,16,19,105).

Diş ve onu çevreleyen destek yapılardaki gerilme dağılımlarının analizi, 60'lı yıllardan bu yana dişhekimliği araştırıcılarının yoğun ilgisini çekmiştir. Eksperimental ve nümerik metotlarla yapılan bu çalışmalarda;

- restorasyonların, kuronların, dental implantların, retansiyon pinlerinin, köprü ve parsiyel protezlerin şekil ve dizaynları(24,28,67).
- kemik, periodontal ligament ve dişin birbirine etkileri(104).
- ortodontik aygıtların etkileri(59) araştırılmıştır.

2.2.3.1. Sonlu Elemanlar Metodu ile Dişler Üzerinde Yapılan Gerilme Analizleri

Sonlu Elemanlar Metodu (FEM): Sonlu elemanlar metodu, heterojen materyal özellikli ve düzensiz geometrili yapılara uygulanabilen nümerik bir yöntemdir. Metodun temelini, sürekli ortamın sonlu sayıda birleşen, sonlu sayıda düzgün yapıda elemanlardan oluşan, matematiksel bir modeli oluşturur. Sürekli ortam, matematiksel tanımlama için eleman olarak adlandırılan sonlu sayıdaki alt bölümlere ayrılır. Üç boyutlu çalışmalarda dört yüzlü veya altı yüzlü elemanlar sıklıkla kullanılırken, iki boyutlu çalışmalarda üçgen veya dörtgen elemanlar kullanılmaktadır. Orjinal modelin figüratif olarak bölünmesiyle ortaya çıkan bu elemanlar, orjinal materyalin özelliklerini tümüyle gösterirler. Yöntemde; herbir eleman için düğümsel yük-yerdeğiştirme ilişkisinin saptanabilmesi amacıyla, toplam potansiyel enerjinin minimumu prensibi kullanılmaktadır. Bu nedenle de metot, biyolojik yapıların, dolayısıyla da dişin yapısal davranışlarının sınanmasında ideal olarak bulunmuştur. Bu yaklaşımda, fiziksel modellerden ziyade matematiksel modeller kullanılmaktadır. Programın temelini teşkil eden kuramsal formülasyon, lineer elastik materyal davranışına dayanır. Metotta, orjinal yapının gerçekçi bir incelemeye tabi tutulabilmesi için, kullanılacak eleman sayısının yeterli olması gerekmektedir. Eleman sayısının artması ile çözümlenmesi gereken denklem sayısı artmakta ve bu çok sayıdaki denklemin çözümü için dijital bilgisayarlar kullanılmaktadır(14,16,29,30,95, 99,105,121).

Modeldeki yer değiştirmelerin ve gerilmelerin hesaplanabilmesi için analizi yapılacak sistemle ilgili verilmesi gereken bilgiler şunlardır:

1- Düğüm nokta sayısı
2- Eleman sayısı
3- Her elemanı gösteren bir numaralama sistemi
4- Her düğümü gösteren bir numaralama sistemi
5- Sistemde yeralan materyallerin elastisite modülleri ve poisson değerleri
6- Her düğümün koordinatları
7- Sınır şartları
8- Dış düğümlere uygulanan kuvvetler(16,29,30).

Yöntemde, herbir elemanın kendi içindeki uygunluğu ve elemanların birbirleriyle birleştikleri düğüm noktalarındaki denge şartlarının da sağlanması gerekmektedir.

2.2.3.2. Dişler ve Restorasyonlar Üzerinde Sonlu Elemanlar Metodu (FEM) ile Yapılan Gerilme Analizleri

1973'de Farah ve ark.(30), full altın kuron preparasyonlu bir birinci büyükazı dişindeki gerilme dağılımını, fotoelastisite ve sonlu elemanlar yöntemleriyle iki boyutlu olarak araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, dentin-altın arayüzündeki gerilmenin yönü kadar, büyüklüğününde önemli olduğunu ve bu bilginin ışığı altında, kullanılabilecek simanın tipinin yada diş-restorasyon arasındaki bağlantıda meydana gelebilecek başarısızlığın nedeninin saptanabileceğini bildirmişlerdir.

1973'de Thresher ve Saito(105), bir üst kesici dişi homojen ve heterojen özelliklerde iki boyutlu modelleyip, dişin tüberkül tepesine yatay yönde gelecek şekilde uygulanan 15N'luk bir yükün meydana getireceği gerilme dağılımını sonlu elemanlar yöntemiyle araştırmışlardır. Sonuçlar, iç gerilme dağılımının saptanmasında, heterojen bir modelin kullanılmasının nedenli önemli olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, dişeti çizgisinin hemen üstündeki servikal bölgenin, yüksek gerilmelerin izlendiği bölge olduğu ve yüklerin büyük bir kısmının bu bölgeden destek kemik içersine transfer edildiği, dişlerdeki yerdeğiştirmelerin çoğunlukla dişin yukarı yarısında izlendiğini saptamışlardır.

1974'de Farah ve Craig(29), üç farklı kenar preparasyonu kullanarak restore edilen bir birinci büyükazı dişini iki boyutlu sonlu elemanlar yöntemiyle incelemişler, en avantajlı kenar bitiminin geniş açılı epolman olduğunu ifade etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada, farklı tipte ve kalınlıktaki siman kaideler kullanarak 1. sınıf amalgam dolgu yapılan bir büyük azı dişindeki gerilme dağılımları, iki boyutlu sonlu elemanlar metodu ile araştırılmış ve kaide maddesi ile amalgamın elastisite modüllerinin birbirine yakın olması gerektiği bildirilmiştir(16).

Metal-porselen kuron ve porselen jaket kuron yapılmış bir üst keser dişte sonlu elemanlar metodu ile yapılan bir araştırmada, maksimum gerilmelerin kuvvetin uygulandığı yüzeyde oluştuğu, kesici kenara doğru gerilmelerin azaldığı özellikle kuronların palatinalinde, dişetine yakın kenarda minimum gerilmelerin olduğu saptanmıştır(16).

1975'de Selna ve ark.(99), oklüzal kuvvetler nedeniyle bir üst ikinci küçükazı dişinde oluşan gerilmeleri iki boyutlu sonlu elemanlar metodu ile araştırmışlar, kuron ve kökteki içsel gerilme dağılımında eksentrik yük uygulamasının etkisinin ortaya konma-

sında, oluşan asal gerilmelerin yön ve büyüklüklerinin önemli olduğunu bildirmişlerdir.

1976'da Yettram ve ark.(116), sağlıklı ve full kuron restorasyonlu bir alt ikinci küçükazı dişindeki oklüzal kuvvetler nedeniyle oluşacak olan gerilme dağılımını, iki boyutlu FEM kullanarak araştırmışlar, sonuç olarak, minenin dentinden daha sert olmasından ötürü minede dentinden daha fazla gerilmelerin lokalize olduğunu, mine-sement birleşimine yakın olan mine dokusunda gerilmelerin arttığını bildirmişler ve servikal restorasyonlu bireylerde rastlanan ağrı şikayetinin, bölgede oluşan yüksek gerilmelerden ötürü olabileceğini vurgulamışlardır.

1976'da Farah ve ark.(31), çeşitli kaide materyalleri yada kaide materyalleri kombinasyonu üzerine yapılan bir 1. sınıf kompozit restorasyondaki maksimum gerilmeleri saptamak amacıyla sonlu elemanlar metodunu kullanmışlar ve optimum şartın kompozit ve siman kaidenin eşit elastisite modülüne sahip olmaları halinde gerçekleşeceğini bildirmişlerdir.

1978'de Dayangaç(22), MOD kavitelerde, amalgam dolgu kırılma olasılığını azaltabilecek kavite şekillerini iki boyutlu FEM ile araştırmış, kavite tabanı tüberkül eğimlerine uyacak biçimde çukurlaştırılmış, oklüzal taban ile aproksimal duvar birleşimi bizote edilmiş ve basamağı dik açılı hazırlanmış MOD kavite şeklinin, amalgam dolgu kırılma olasılığını azalttığını tespit etmiştir.

1980'de Takahashi ve ark.(104), üst santral kesicinin, alt ikinci küçükazı ve alt birinci büyükazı dişlerinin çeşitli kuvvet durumlarındaki davranışlarını iki boyutlu FEM ile araştırmışlar, oluşturdukları model dişe, vertikal eksenle 30°, 60° ve 90°'lik açılar yapan 10N'luk statik yük uyguladıklarında, vertikal eksenle kuvvet arasındaki açının artmasıyla dişlerdeki rotasyonun ve periodontal ligamentte oluşan gerilmelerin arttığını bildirmişlerdir.

1983'de Rubin ve ark.(95), asimetrik geometriye ve homojen olmayan materyal yapısına sahip bir alt büyükazı dişinin üç boyutlu matematik modelini hazırlayarak, kuvvetler karşısında oluşan gerilmelerin dağılımını incelemişler ve sonuçları literatürdeki iki boyutlu analiz sonuçları ile karşılaştırmak suretiyle değerlendirmişlerdir.

1984'de de Vree ve ark.(23), geleneksel ve modifiye edilmiş 1. sınıf kavite preparasyonlarını mekanik açıdan karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Modifiye edilmiş kavite preparasyonu; basamaklandırılmış bir kavite duvarı ve yaklaşık 90°'lik bir kavite yüzey açısı ile karakterize edilmiştir. Amalgam dolgu ile restore edilmiş kavitelerde 500N'luk iki farklı yük uygulamasının meydana getireceği gerilmeleri ve yerdeğiştirmeleri sonlu elemanlar yöntemiyle incelemişler, sonuç olarak, modifiye edilmiş kavite şeklinin geleneksel kavite şekli ile kıyaslandığında daha düşük gerilme değerleri ve daha az gerilme

konsantrasyonları gösterdiğini saptamışlardır. 90°'lik bir kavite yüzey açısının hazırlanması ile amalgam restorasyonun kenar kırılma olasılığında bir azalma olduğunu bildirmişlerdir.

1985'de Gurusami(45), kemik ve periodonsiyumla birlikte üç boyutlu olarak matematik modeli hazırlanan bir alt ikinci küçükazı dişinin sert dokularında, meydana gelen gerilme dağılımlarını ve çeşitli dolgu materyalleriyle restore edilmiş farklı boyutlardaki 2. sınıf kavite şekillerinin bu dağılım üzerine etkilerini, FEM ile araştırmış, minedeki asal gerilmelerin dentine kıyasla daha yüksek olduğunu, tüberküller arası mesafeden çok, pulpal derinliğin gingival derinliğe oranının gerilme dağılımına etkisinin bulunduğunu, dentinden daha düşük elastisite modül değerine sahip restoratif materyallerin, minede ve restorasyon çevresindeki dentinde yüksek gerilmelere neden olduğunu tespit etmiştir.

1987'de Williams ve ark.(113), amalgam ve pin destekli amalgam materyali içindeki ve etrafındaki gerilme dağılımının saptanabilmesi amacıyla, sonlu elemanlar yönteminden yararlanmışlardır. Standart 1. ve 2. sınıf amalgam restorasyonlarda, en yüksek ve etkili asal gerilmelerin, fissürün hemen altındaki materyalde meydana geldiğini, genellikle gerilmelerin fissürde oluştuğunu, geniş 1. sınıf amalgam dolguları stabilize etmek için kullanılan uzun paslanmaz çelik pinlerin, amalgam kitlesi içindeki gerilmeleri arttırdığını ifade etmişlerdir.

1988'de Anusavice ve Hojjatie(2), bir üst keser dişin kesici kenar uzunluğu farklı olan üç ayrı seramik kuronla restore edilmesi halinde, oluşacak gerilme dağılımını sonlu elemanlar yöntemiyle incelemişlerdir. Çalışmada, kesici kenara yakın lingual yüzey boyunca 200N'luk bir kuvvet uygulaması yapılmıştır. Sonuç olarak; insizo-gingival yöndeki diş sertdoku kaybının, kuron yada siman tabakasındaki gerilme dağılımını anlamlı olarak etkilemeyeceğini ve uygulanan kuvvetin oryantasyonunun, prepare edilmiş dişin veya kuronun geometrisinden daha etkili bir faktör olduğunu ortaya koymuşlardır.

1988'de van Noort ve ark.(108), amalgam ve kompozit reçine ile restore edilen alt 1. büyükazı dişinde, restoratif materyalle diş dokuları arasındaki arayüzde, oklüzal kuvvetlerin etkisiyle gelişen çekme ve kayma gerilme değerlerini iki boyutlu FEM ile incelemişler, sonuçta; diş dokuları ile restorasyonların arasındaki çekme ve kayma gerilmelerinin restoratif materyalin elastisite modülü tarafından etkilenebileceğini ve elastisite modülü arttığında gerilmeninde artacağını bildirmişlerdir.

1988'de Khera ve ark.(64), farklı boyutlardaki MOD kavite preparasyonlu ve preparasyonsuz alt premolar dişteki gerilme dağılımını üç boyutlu FEM ile araştırmışlar, geniş ve derin preparasyonların minesindeki gerilme değerlerinin küçük preparasyonlardaki değerlerden daha büyük olduğunu, konservatif yaklaşım ile kavite preparasyonu

yapılan dişlerin derin ve geniş kavite preparasyonu yapılan dişlerden daha az kırığa eğilimli olduklarını ifade etmişlerdir.

1988'de Darendeliler(20), üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemini kullanarak farklı mine preparasyonlarını ve pin uygulamalarını içeren çeşitli ön keser diş restorasyonlarında gerilme dağılımını incelemiş, yapılan restorasyonların kırılmasında kayma tipindeki gerilmelerin etken olduğunu, kırılmanın daha çok mine-kompozit temas yüzeyinde meydana geldiğini, pinle desteklenen kavite preparasyonunun kuvvetler karşısında daha dayanıklı olduğunu bildirmiştir.

1989'da Zhao ve ark.(119), ikinci premolar ve ikinci molar dişlerine vertikal ve oblik yükler uygulandığında, periodontal destek dokularda oluşan gerilme dağılımını iki boyutlu sonlu elemanlar tekniği ile araştırmışlar, sonuç olarak; küçükazı ve molar dişlerin oklüzal yüzeylerine dik gelen kuvvetlerin periodontal destek dokularda oluşturdukları gerilmelerin üniform bir dağılım gösterdiğini, küçükazılarda oblik yüklemede gerilmelerin marjinal mine tümseğinde ve dişin apeksinde yoğunlaştığını, molarların oklüzaline uygulanan oblik yükün ise yanlızca marjinal mine tümseğinde yoğunlaşan ve daha ufak boyutlarda olan gerilmelere neden olduğunu tespit etmişlerdir.

1989'da Zhou ve ark.(120), bir adet sağlam ve bir adet 1. sınıf kavite preparasyonu hazırlanmış alt molar dişte yaptıkları FEM çalışması sonucunda, kavite hazırlanan dişte, gerilmelerin normalin çok üstünde olduğunu, kavitenin derinliğinin artmasıyla zararlı birtakım etkilerin oluşacağını ve bu nedenle derin çürüklerde bir onley yada bir kuron protezi yapmanın daha uygun olacağını ileri sürmüşlerdir.

1990'da Hojjatie ve Anusavice(53), yaptıkları üç boyutlu sonlu elemanlar çalışmasında, posterior seramik kuronların oklüzal kalınlıklarının ve yük oryantasyonunun gerilme dağılımı üzerine etkilerini araştırmışlar ve farklı oklüzal kalınlığı olan kuronların içersinde gerilme dağılımlarındaki farkların yanlızca yükün uygulandığı kısma yakın yerlerde meydana geldiğini, uygulanan kuvvetin oryantasyonunun, büyük çekme gerilmelerinin gelişmesi üzerine olan etkilerinin, seramiğin oklüzal kalınlığı üzerine olan etkilerine nazaran daha önemli olduğunu vurgulamışlardır.

1990'da Goel ve ark.(41), sağlıklı bir alt molar dişin mine ve dentinindeki gerilmeleri, oklüzo-gingival ve mezio-distal yönlerde analiz etmek için üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemini kullanmışlar ve sonuçları iki boyutlu sonlu elemanlar yönteminin sonuçlarıyla kıyaslamışlardır. Sonuç olarak, her ne kadar mine ve dentin arasında orjinal bir bağlantı mevcutsa da, bu iki dokunun çiğneme kuvvetleri karşısındaki cevaplarının farklı olduğunu ve aynı doku içersinde değişen bu cevabın komşu dokunun yapısına bağlı bulunduğunu bildirmişlerdir.

1991'de Goel ve ark.(40), üst birinci premolardaki mine-dentin birleşimine komşu olan dentin ve minedeki gerilmeleri araştırabilmek amacıyla üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemini kullanmışlar ve servikal bölgede gerilmelerin yoğunlaştığını, bukkal ve lingual yüzeylerin 1/3 oklüzalinde yeralan minenin kalınlığının ve mine-dentin bağlantısının konturunun gerilmeleri belirgin ölçüde etkilediğini, servikal bölgedeki mine-dentin mekanik bağlantısının diğer bölgelerden daha zayıf olduğunu ve bunun bölgedeki mineyi servikal çürüklerin gelişmesine elverişli, kırılmalara karşı daha hassas hale getirebileceğini ifade etmişlerdir.

1991'de Khera ve ark.(65), MOD kavitelerini farklı derinlik, farklı isthmus genişliği ve farklı dentin kalınlığına göre hazırlamışlar ve kavitelerde oluşan gerilme dağılımlarını üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemiyle araştırmışlardır. Sonuç olarak, dar fakat derin kavite preparasyonlarının, geniş ve aynı ölçüde derin kavite preparasyonlarına benzer cevaplar verdiğini, kavite preparasyonunun derinliğinin diş ve tüberküllerin kırılmasında en önemli faktör olduğunu, tek başına isthmus genişliğinin ise olası kırıklarda enaz etkili faktörü oluşturabileceğini bildirmişlerdir.

1991'de Sakaguchi ve ark.(96), bruksizm sırasında, sağlıklı üst premolar dişte meydana gelebilecek deformasyon ve gerilme dağılımlarını hem deneysel metotla hemde iki boyutlu sonlu elemanlar yöntemiyle araştırmışlar ve sonlu elemanlar yönteminde elde edilen sonuçlarla deneysel sonuçların birbiriyle uygunluk içersinde olduklarını, tüberküllerin bağımsız hareketlerinin dentinin elastik özelliklerinden dolayı olabileceğini ve mine-dentin birleşiminin gerilmeleri transfer edebilme kapasitesine bağlanabileceğini belirtmişlerdir.

1991'de Dérand(25), seramik inleylerdeki ve yapıştırıcı materyallerdeki gerilmeleri ve yer değiştirmeleri saptayabilmek amacıyla iki boyutlu sonlu elemanlar yöntemini kullanmış ve sadece oklüzal yüzeydeki isthmusda 200N'luk bir yük uygulanması halinde, inleyin proksimal kısmının altındaki dentinde gerilmelerin oluştuğunu ve geleneksel siman materyalinde, kompozit yapıdaki yapıştırıcı simana nazaran daha fazla kayma gerilmesi meydana geldiğini saptamıştır.

1992'de Goel ve ark.(39), MOD kavitelerin ebatlarındaki farklılıkların ve kavite derinliğinin restore edilen bir dişteki gerilmeler üzerine etkisini araştırmak amacıyla üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemini kullanarak alt ikinci premolar dişin matematik modelini gerçekleştirmişlerdir. Sonuçta; derin hazırlanan kavitelerin, gerilme dağılımı açısından zararlı olduğu, hazırlanan kavitenin çürükten dolayı daha derin hazırlanmasının gerekli olması halinde, bir metal inley yada porselen restorasyonların tercih edilmesinin daha uygun olacağını bildirmişlerdir.

2.3. DİŞLERİN FİZYO-ANATOMİK YAPISI İÇİNDE SERVİKAL BÖLGENİN VE SERVİKAL RESTORASYONLARIN BİYOMEKANİK AÇIDAN ÖNEMİ

Dişlerin fizyo-anatomik yapıları içersinde servikal bölge, dinamik oklüzyonda gerilmelerin yoğunlaştığı bölge olarak gösterilmiştir(40,105,116). Bu nedenle servikal bölgede yapılacak operatif ve restoratif işlemler sırasında bölgede oklüzal kuvvetler nedeniyle oluşabilecek gerilmeleri de karşılayabilecek mekanik şartların sağlanmasının önemi ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla servikal bölgede hazırlanacak olan kavitelerin ve yapılacak olan restorasyonların diş biyomekaniği açısından yeterlilikleri de büyük bir önem kazanmıştır.

Oklüzal kuvvetin doğrudan etkilemediği bir restorasyonun, mekanik gerilime maruz kalmadığı yolundaki yaygın kanıya rağmen(93), ilk kez Gabel(36) tarafından, 5. sınıf restorasyonların hasara uğramasında mekanik kuvvetlerin etkili olabileceği, dişlerin bukkal yüzeylerinde lateral ekskursif kuvvetlerin etkisiyle çekme gerilmelerinin ortaya çıkacağı ve restorasyonun oklüzal kenarlarının açılarak daha sonra gelişen yıkıma önderlik edeceği hipotezi ortaya atılmıştır. Leff(71) tarafından yapılan bir araştırmada, 200 kg'lık bir sentrik oklüzyon kuvvetinin dişlerin bukkal yüzeylerinde 20 kg'lık bir lateral ekskursif kuvveti oluşturduğu bildirilmiştir.

5. sınıf kavitelerle ilgili olarak yapılan biyomekanik araştırmalar, oklüzal kuvvetler nedeniyle kuvvetin uygulandığı noktadan uzakta yeralan restorasyonlarda da gerilmelerin ortaya çıkabileceğini, kavitelerin serviko-oklüzal genişliğindeki değişmelerden ötürü gerilmelerin meydana gelebileceğini ve dişlerde oluşacak deformasyonun diş dokularındaki kayıp miktar ile orantılı olacağını göstermiştir(55).

Yettram(116) ve Thresher(105) oklüzal yüzeylere uygulanan kuvvetler etkisi ile servikal bölgede gerilmelerin yoğunlaşıp, bükülmenin ortaya çıktığını ve bunun oluşmasında iki ana mekanizmanın rol oynadığını bildirmişlerdir. Bunlardan biri, eksentrik oklüzal kuvvetler nedeniyle restorasyonun üzerinde oluşan çekme gerilmelerinin neden olduğu lateral deformasyon, bir diğeri ise sentrik kuvvetler nedeniyle restorasyonun üzerinde oluşan basınç gerilmelerinin neden olduğu vertikal deformasyondur.

Heymann(51), özellikle bruksisizm ya da travmatik oklüzyona sahip bireylerin dişlerinde, büyük oklüzal gerilmelerin meydana gelebileceğini ve bunun da servikal bölgede artan bir bükülmeye neden olabileceğini, dolayısıyla da restorasyonların bir kısmında yada tamamında kopma ve ayrılmaların ortaya çıkabileceğini bildirmiştir. Lambrechts ve ark.(69) tarafından da bruksisizm ve maloklüzyonun sıklıkla servikal erosif lezyonlarla birlikte yeraldığı, servikal restorasyonların çekme gerilmesine maruz

kalmaları halinde restorasyonlarda bağlanma yetersizlikleri ve sızıntının oluşabileceği belirtilmiştir.

Oklüzal kuvvetlere bağlı olarak, diş ve diş sisteminde gerilme tür ve şiddetleri değişkenlik gösterirken, diş sert dokularının morfolojik ve mikromorfolojik fiziksel özellikleri de kişiden kişiye, aynı kişide dişten dişe ve hatta aynı dişin farklı bölgelerinde oldukça büyük değişiklikler göstermektedir(16,83).Özellikle mine dokusunun morfolojik konumuna bağlı olarak hacmi, sertlik derecesi, elastisite modülü ve mikroskopik anatomisi, prizmatik yapısı ayrıcalıklar göstermektedir(16,63,70,83). Dentin dokusunda da morfolojik konumu ile ilgili fiziksel özellikler farklıdır. Dentin; esneklik özelliğinden dolayı kuvvetler karşısında kırılmaksızın elastik olarak deforme olurken, mine; rijit bir yapı olarak hareket eder(16,70). Ayrıca iki dokunun da çekme ve basınç gerilmelerine verdikleri cevabın farklı olmasından dolayı en büyük basınç gerilmelerinin oluştuğu bölgeler, horizontal yönde iki destek dişten geçen rotasyon ekseni (=esas destek hattı), oklüzal kontakt ve kök apeksi, en büyük çekme gerilmesinin oluştuğu yer ise esas destek hattına en yakın bölgedir(70). Yaşın ilerlemesiyle her iki dokuda da birtakım değişiklikler oluşmakta, minenin kırılganlığı artarken, dentin-mine birleşimindeki zayıf olan mekanik bağlantı daha da zayıflamakta ve dentinin sklerotik karakterinde de artma izlenmektedir.

3. AMAÇ

Çiğneme aygıtında yeralan biyolojik elemanlar arasında çok hassas biyomekanik bir denge vardır.

Oral kavitede kimi zaman istemli (çiğneme, konuşma), kimi zamansa refleks ya da yarı refleks olarak gelişen yutkunma, dişleri sıkma, gıcırdatma gibi devinimler sonucunda ortaya çıkan, nitelik ve nicelik açısından büyük bir değişkenlik gösteren kuvvetler dişler üzerinde etkili olmaktadırlar. Dişler sağlıklı olduklarında fizyoanatomik formlarına bağlı olarak; üzerlerine gelen bu kuvvetleri, önce iç strüktürlerinde daha sonra da kök, periodontal ligament yoluyla çene kemiklerinde ve kemik trabeküller yoluyla da gittikçe azalan bir şiddette yüz kemiklerine dağıtmaktadırlar. Ancak, dişlerin akut ya da kronik patolojik proçeslerle yada çeşitli operatif işlemlerle morfolojik bütünlükleri bozulduğunda, kuvvetler nedeniyle iç yapılarında oluşan gerilme dağılımı etkilenmekte ve bazı bölgelerde gerilmeler yoğunlaşmaktadır.

Yapılan biyomekanik çalışmalarla, gerilmelerin dişlerin servikal bölgelerinde yoğunlaştığının saptanması(40,105,116), toplumların % 50'sinde yada daha fazlasında bruksizmin mevcut olması(15) ve son yıllarda servikal erosif lezyonların etyolojisinde çoğunlukla dişler üzerine gelen kuvvetlerin etkili olabileceğinin bildirilmesi(10,70,74), sıklıkla premolarların(68,79,109) servikal bölgesinde meydana geldiği bildirilen çürük, abrazyon, erozyon gibi sert doku kayıplarına ve restorasyonlarına yönelik yapılan tedavilerin araştırılması gerektiğini düşündürmüştür.

Restorasyon yapıldığında, her ne kadar dişin morfolojik bütünlüğü görsel olarak tamamlanmış olsa da tam bir entegrasyon sözkonusu olamamakta, diş dokuları ile restorasyon materyalindeki gerilme ve deplasmanların farklı olması engellenememektedir. Bu nedenden ötürü, restorasyonun kenar bütünlüğünün biyomekanik nedenlerle de bozulması beklenilmekte ve bu konunun oklüzyon, kavite lokalizasyonu ve boyutları, restoratif materyaller açısından araştırılması gerekmektedir.

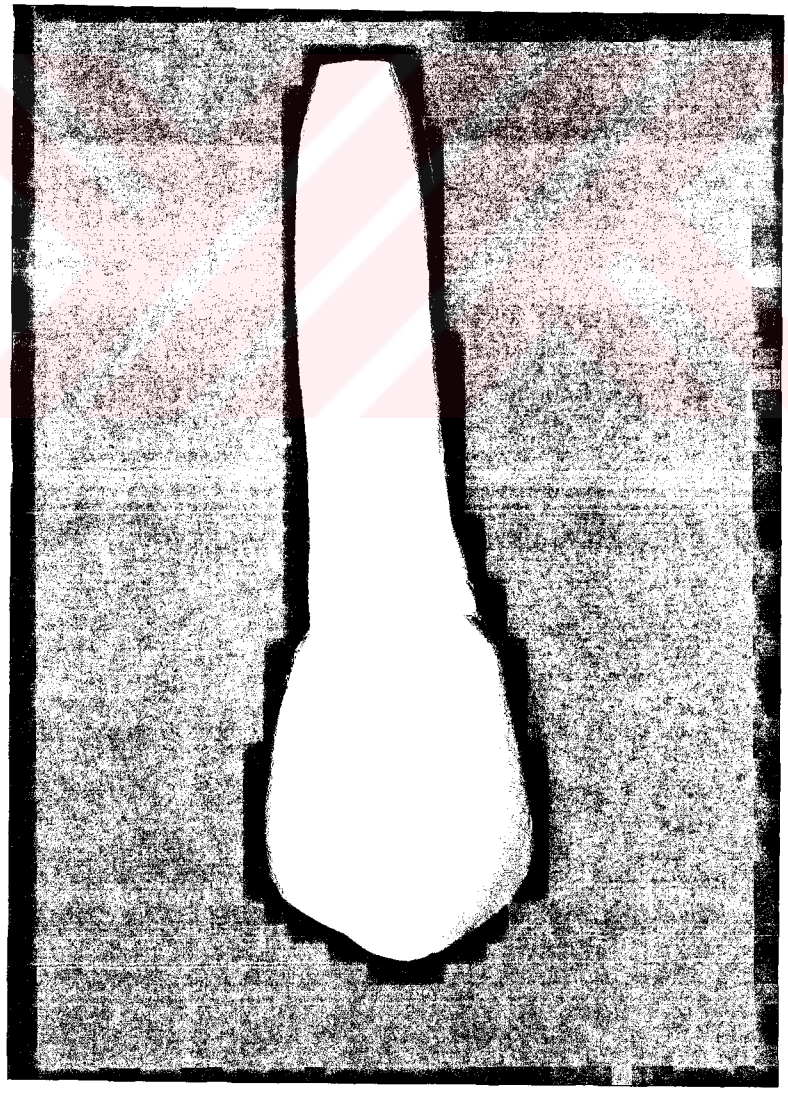
Servikal bölgedeki kavite ve restorasyonların kenar bütünlüğüne yönelik araştırmaların in vitro yapılanların da; kişiye ve dişe özgü kapanış tiplerinin, diş morfolojilerinin ve fizik özelliklerinin çok sayıdaki varyasyonu nedeniyle parametrelerin standardizasyonu mümkün olamamakta ve bu da çalışma sonuçlarını tartışılır yapmaktadır.

Araştırmamızda; diş morfolojisinin, preparasyon formunun ve boyutlarının, diş üzerine gelen kuvvetlerin sabit tutulabilmesi amacıyla, bir matematik model üzerinde çalışılması düşünülmüş ve diş morfolojisini gerçeğe en yakın şekilde yansıtacağı düşünülen 3 boyutlu matematik model üzerinde sonlu elemanlar yöntemi ile incelemelerin yapılması planlanmıştır. Eşdeğerde ancak farklı tipte oklüzal kuvvetlerin etkisi altında, diş strüktüründe gerilmelerin yoğun olduğu bölgelerden biri olan servikal bölgede; gerek kavite preparasyonunun gerekse çeşitli restorasyonların gerilme dağılımı ve oluşan deplasmanlar yönünden incelenmesi, kenar bütünlüğünde meydana getirdikleri değişikliklerin boyutsal değerlerinin saptanması amaçlanmıştır.

4. GEREÇ ve YÖNTEM

4.1. SONLU ELEMANLAR ANALİZİ İÇİN ÜST 1. PREMOLAR DİŞİN MATEMATİK MODELİNİN HAZIRLANMASI

Ortodontik nedenlerle çekimi yapılmış, on adet üst 1. premoların boyutlarının ortalaması ile elde edilen değerler, 15 katı büyütülerek alçıdan üst 1. premolar dişinin modeli hazırlanmıştır (Resim 1).

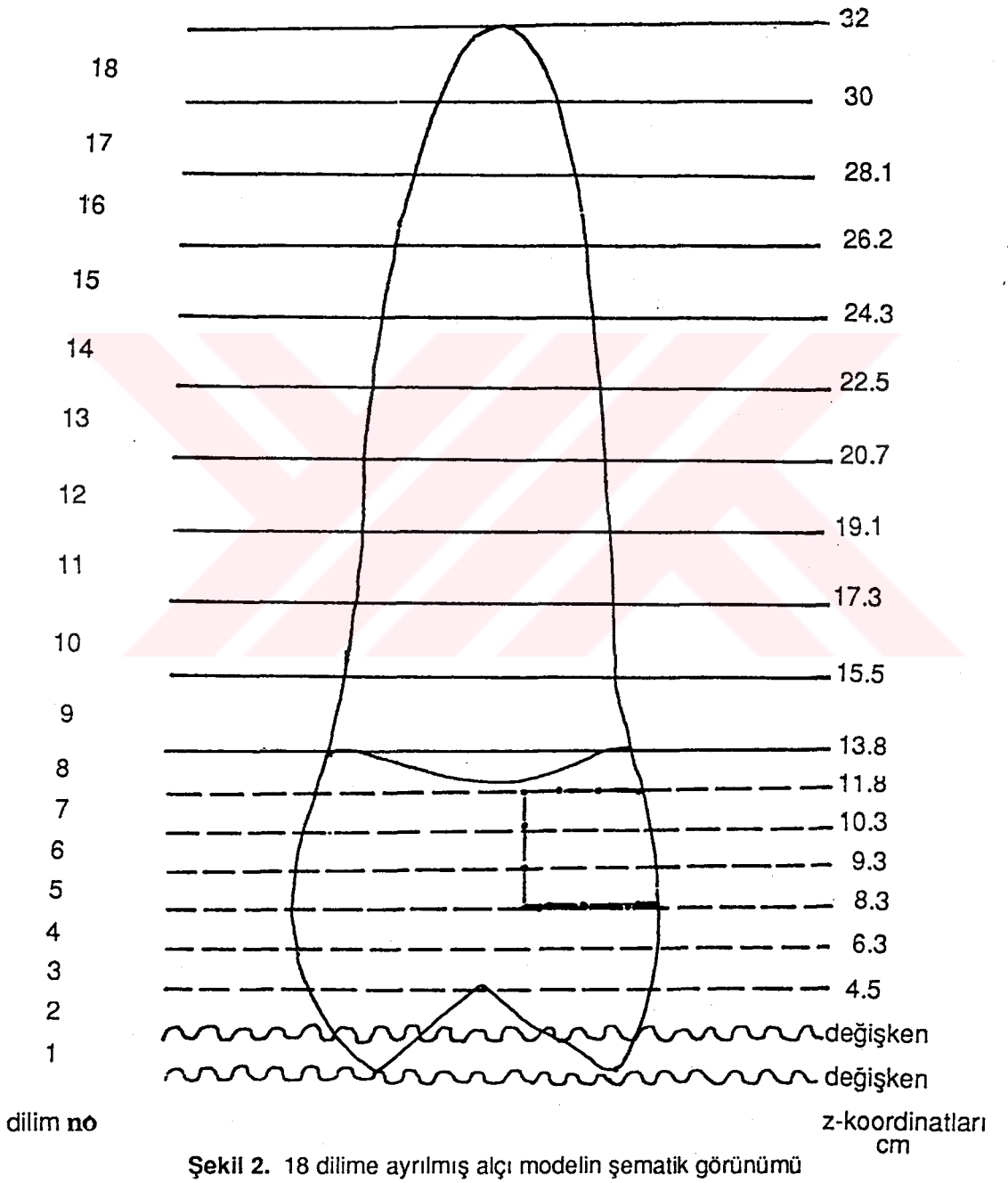


Resim 1. Dişin alçıdan modeli

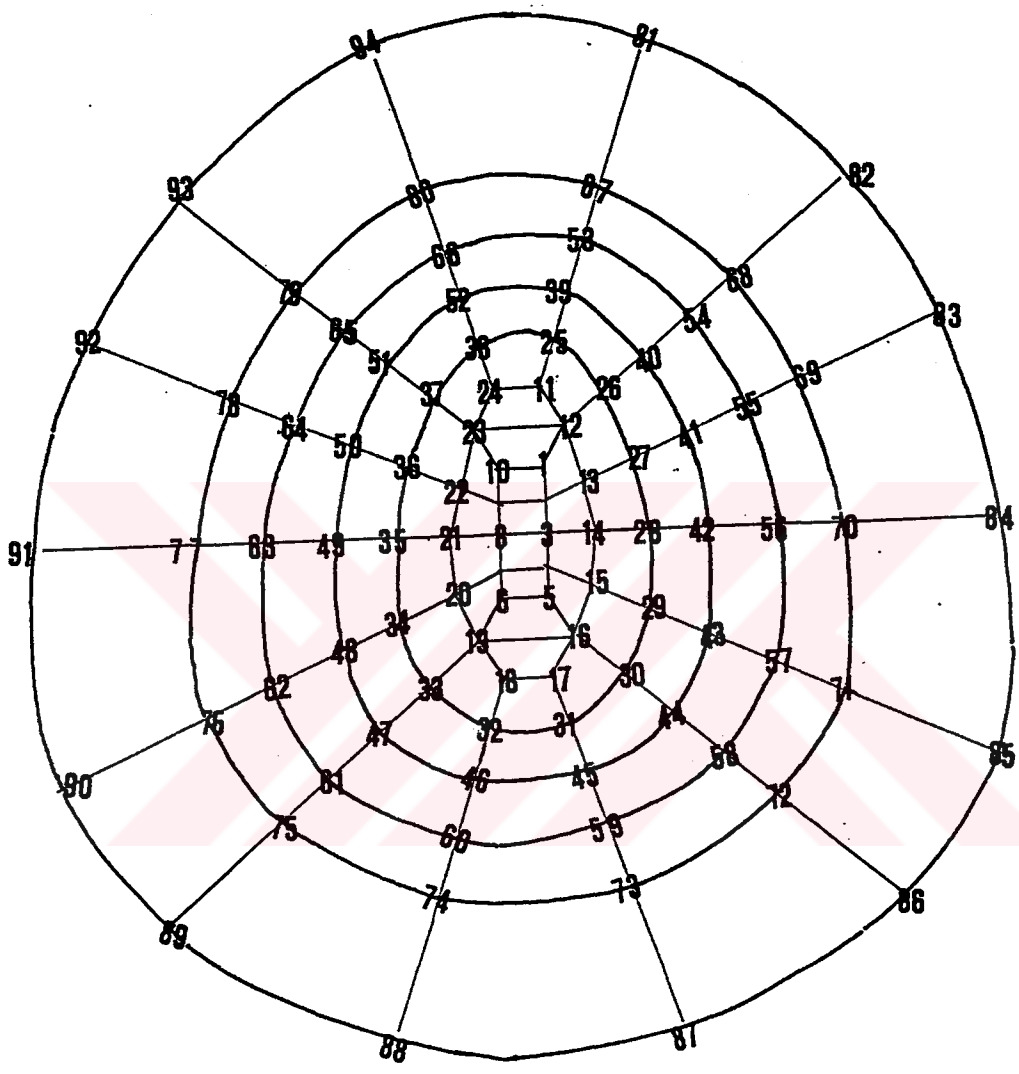
Üst 1. premoların bukko-servikalinde, mine-sement sırının 1 mm üzerinde, 2 mm derinliğinde, 2 mm yüksekliğinde ve 3.5 mm genişliğinde hazırlandığı varsayılan bir 5. sınıf kavite, alçı model üzerine boyutları 15 katı büyütülmüş olarak aktarılmıştır. Böylelikle alçıdan hazırlanan diş modelinin, bukko-servikalinde mine-sement sınırının 1.5 cm üzerinde 3x3x5.25 cm boyutlarında bir 5. sınıf kavite hazırlanmıştır (Resim 2).

Resim 2. 5.sınıf kavite açılmış dişin alçıdan modeli

Bu model, elemanların koordinatlarına göre "z" ekseni boyunca x-y düzlemine paralel olarak 18 dilime bölünmüştür (Şekil 2,3). Bu işlemle herbir dilimin alt ve üst yüzeylerine karşılık gelen 19 yüzeyde düğüm noktalarının"z" koordinatları saptanmıştır.



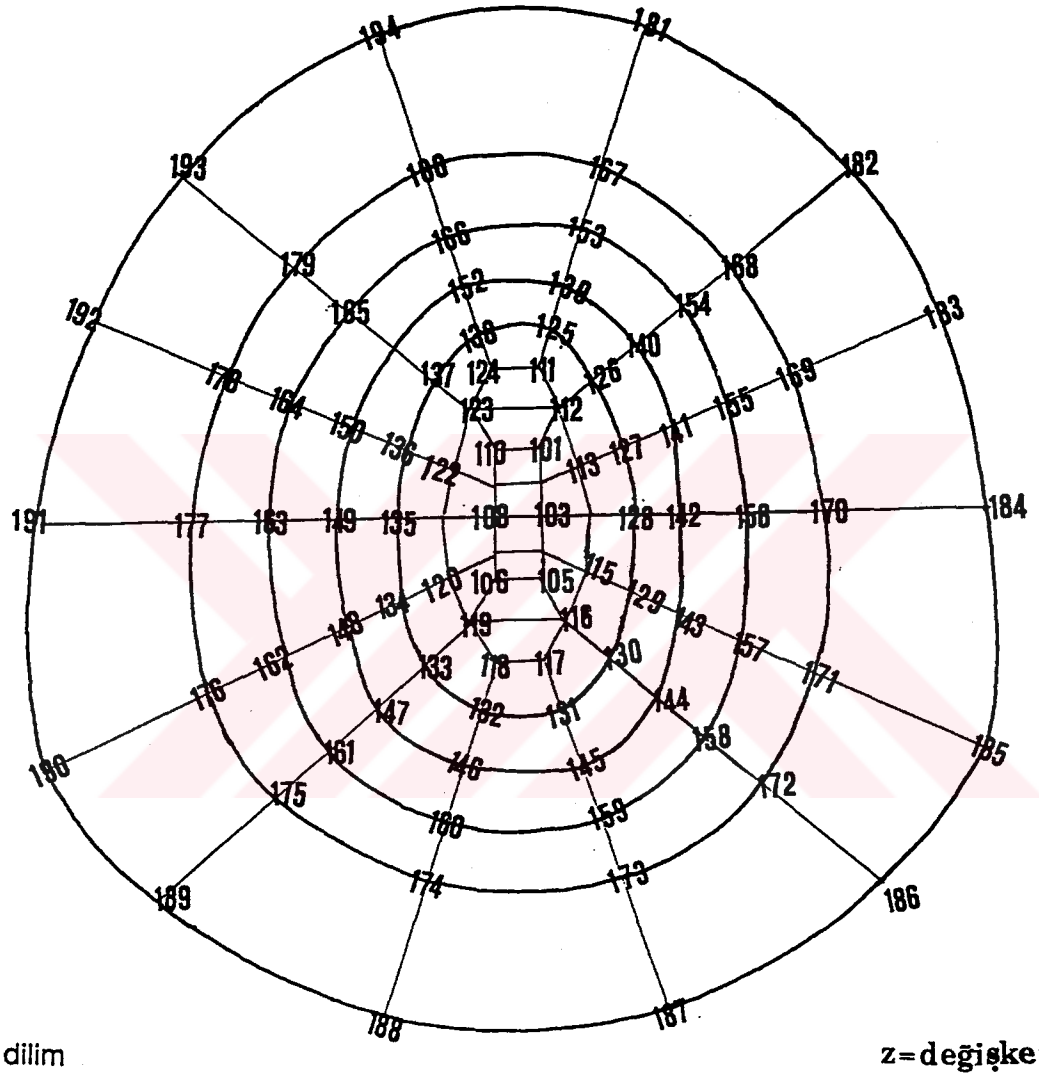
Şekil 2. 18 dilime ayrılmış alçı modelin şematik görünümü



1. dilim

z =değişken.

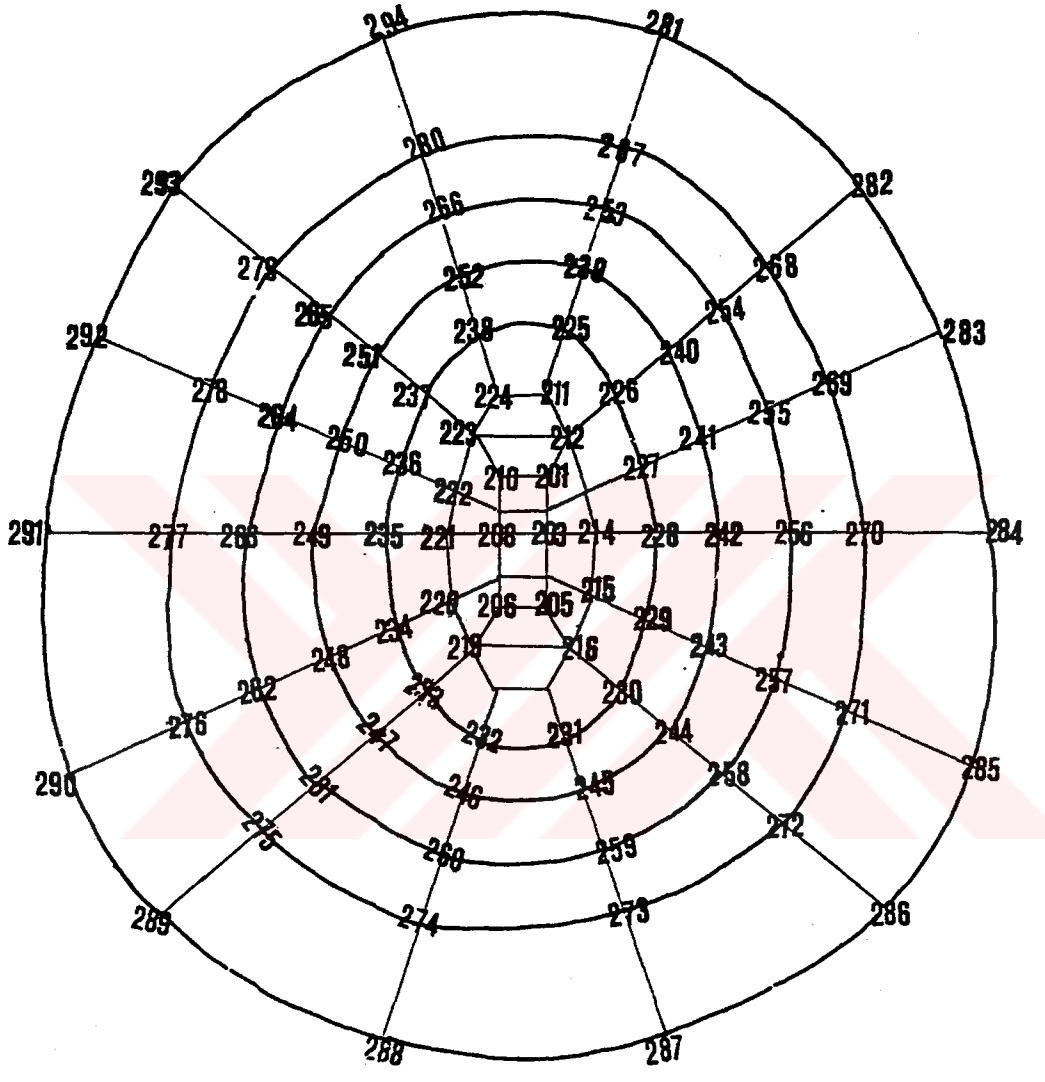
Şekil 3. Herbir dilimin x-y eksenine paralel üst yüzeyleri



2. dilim

z=değişken

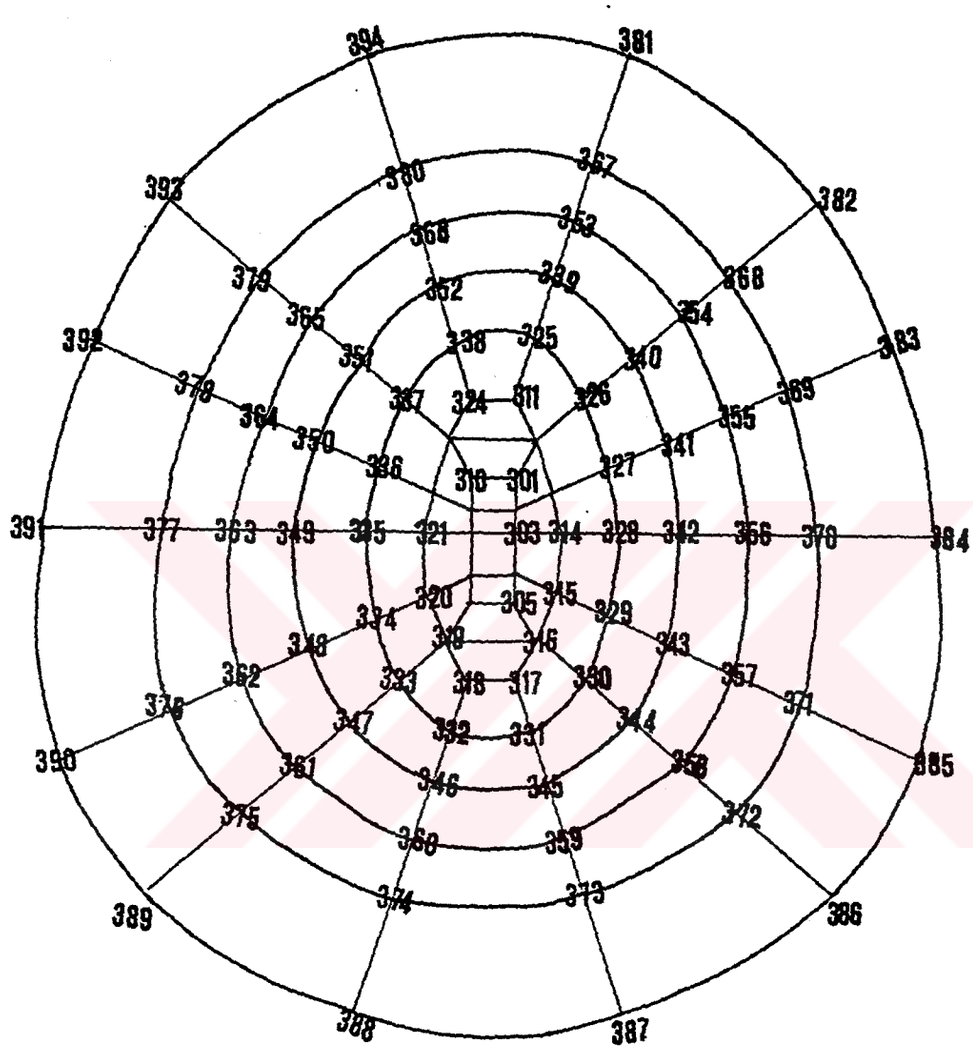
Şekil 3. (Devam)



3. dilim

z=4.5 cm

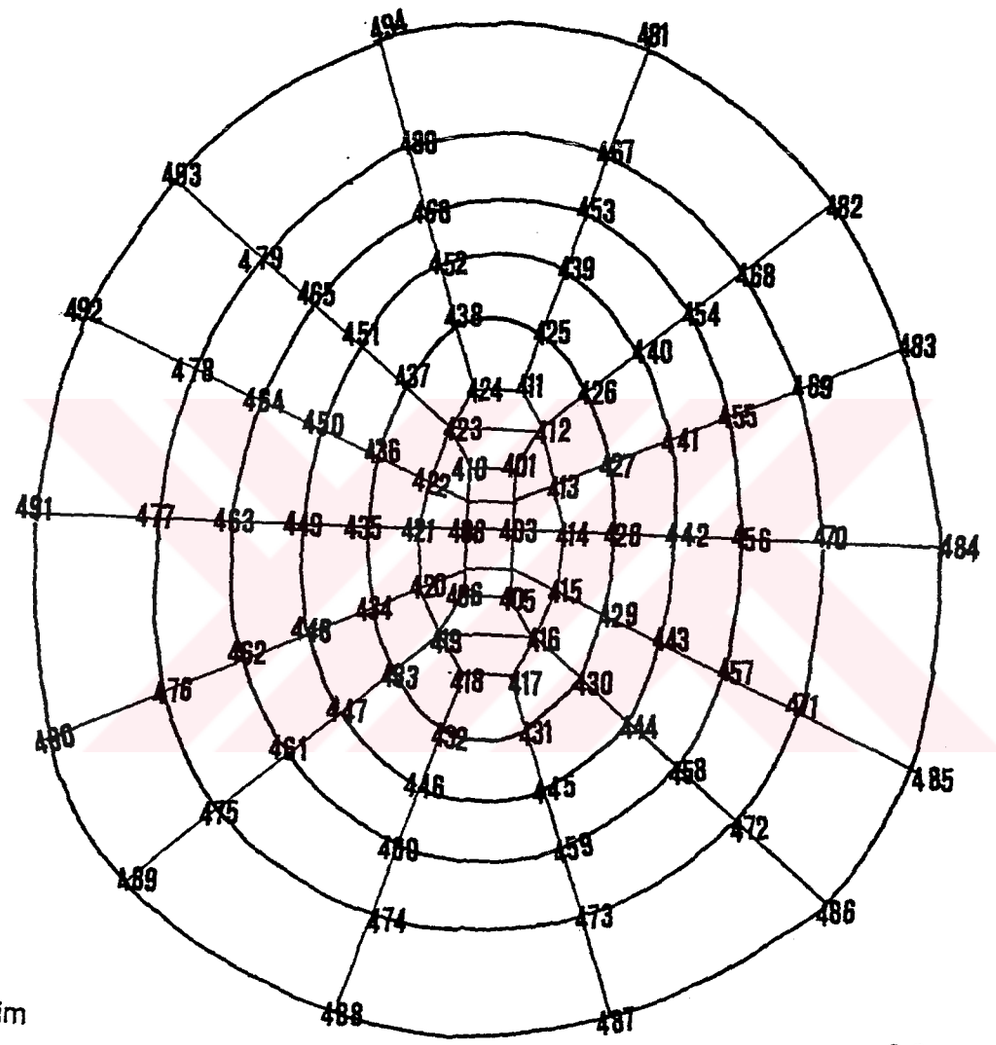
Şekil 3. (Devam)



4. dilim

z=6.3 cm

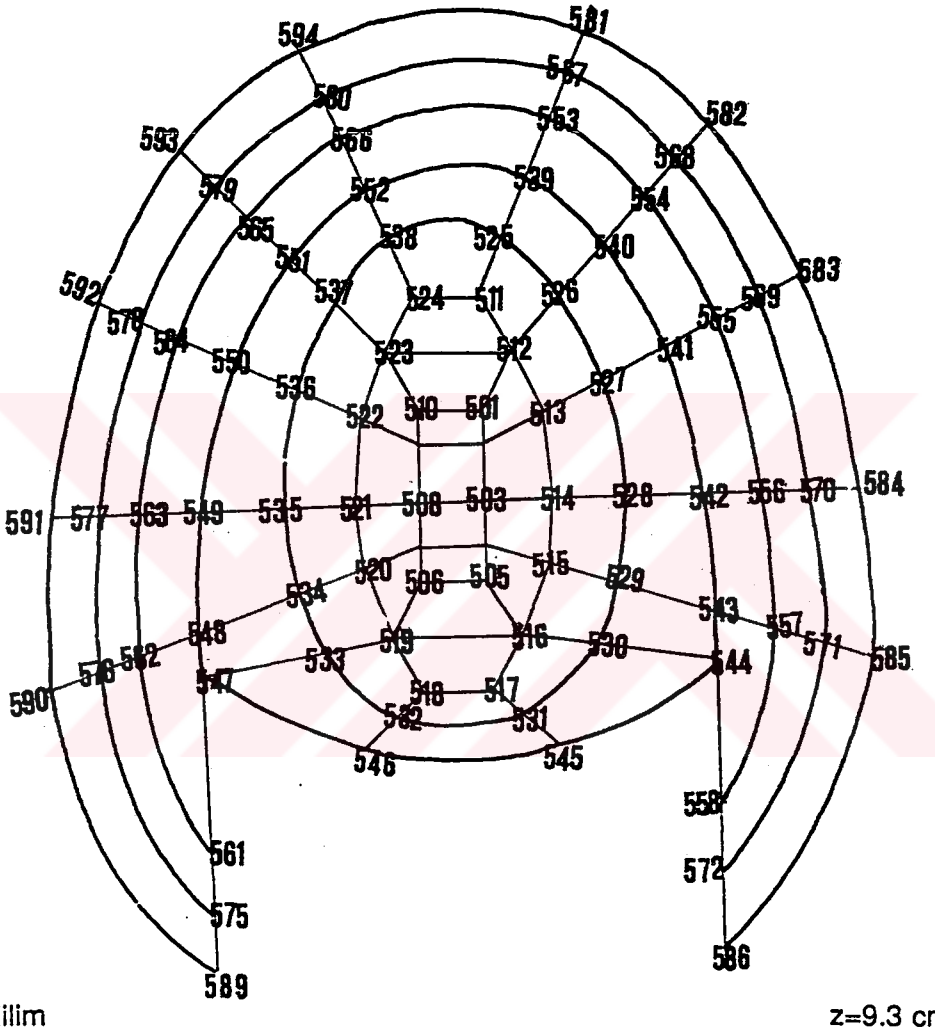
Şekil 3. (Devam)



5. dilim

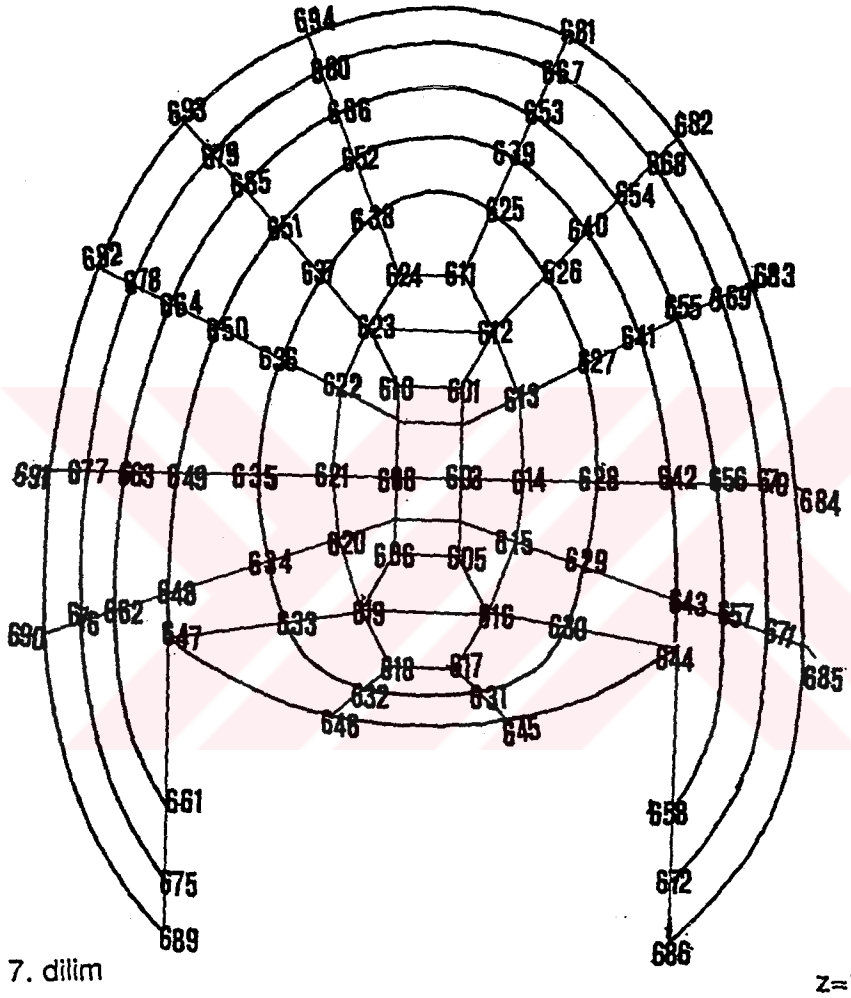
z=8.3 cm

Şekil 3. (Devam)



6. dilim z=9.3 cm

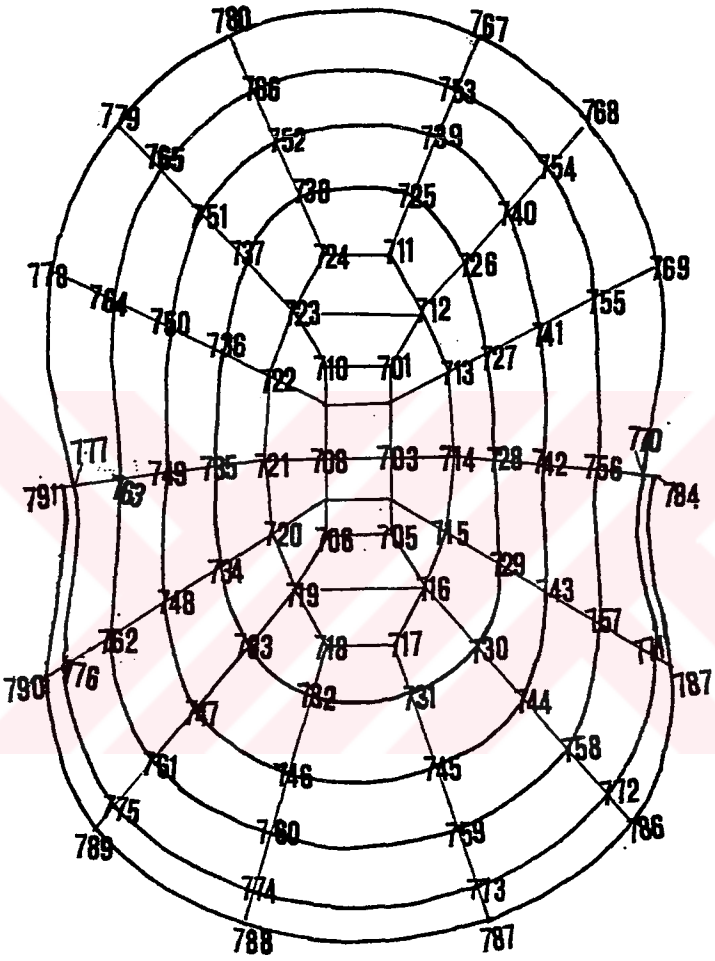
Şekil 3. (Devam)



7. dilim

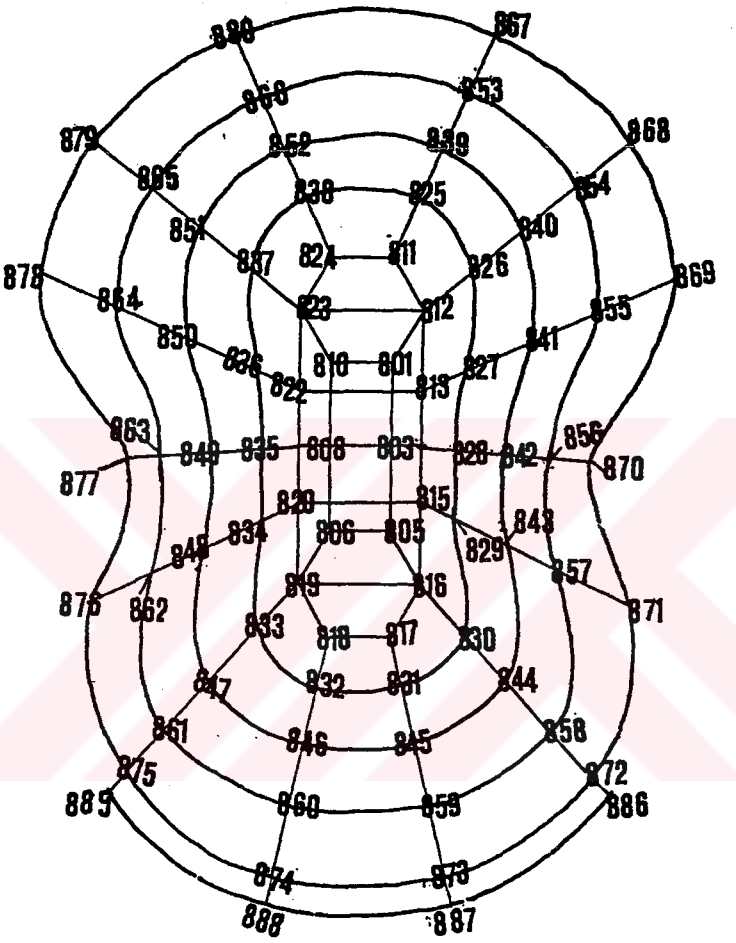
z=10.3 cm

Şekil 3. (Devam)



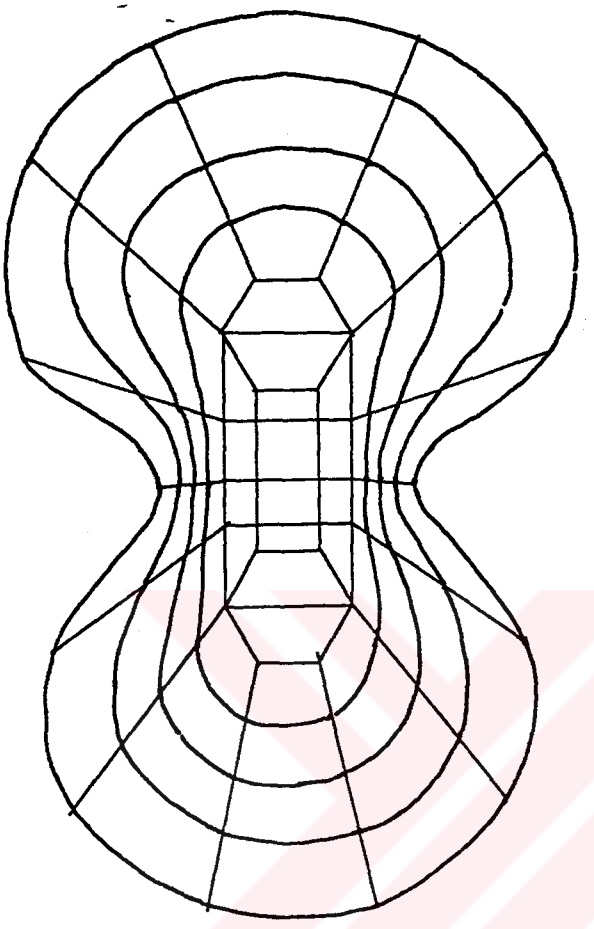
8. dilim z=11.8 cm

Şekil 3. (Devam)

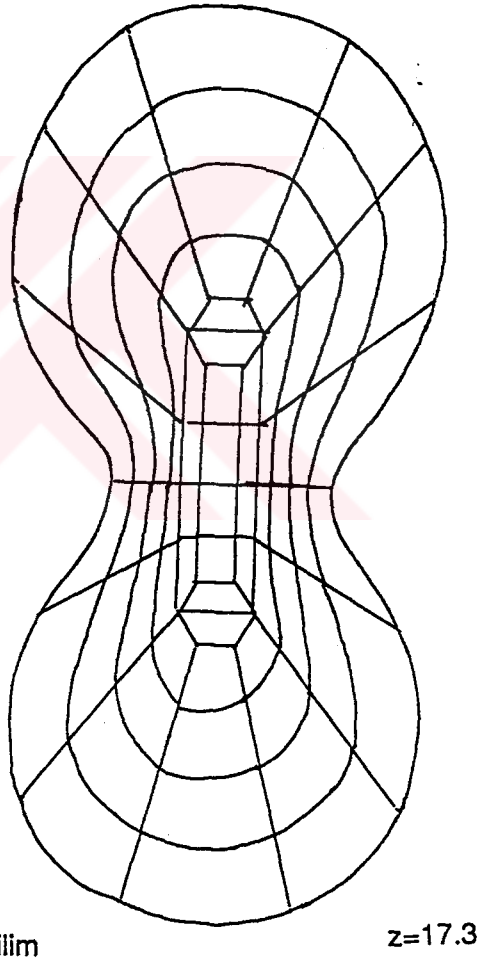


9. dilim z=13.8 cm

Şekil 3. (Devam)

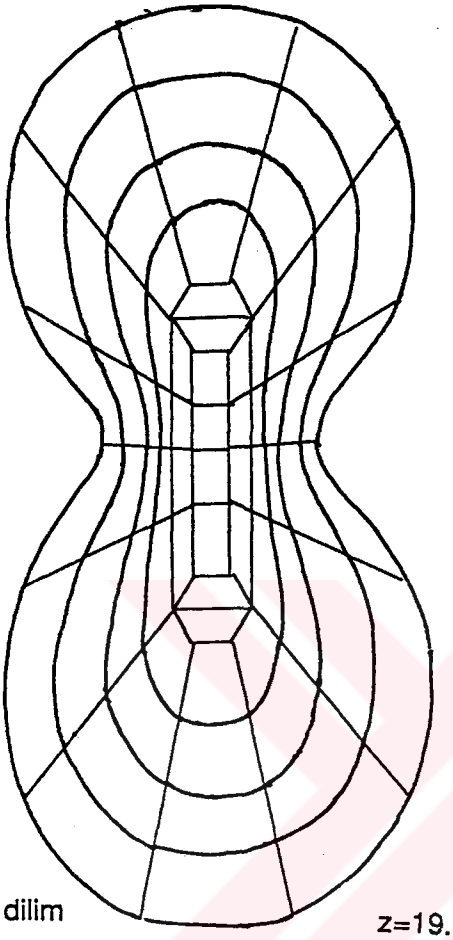


10. dilim z=15.5 cm

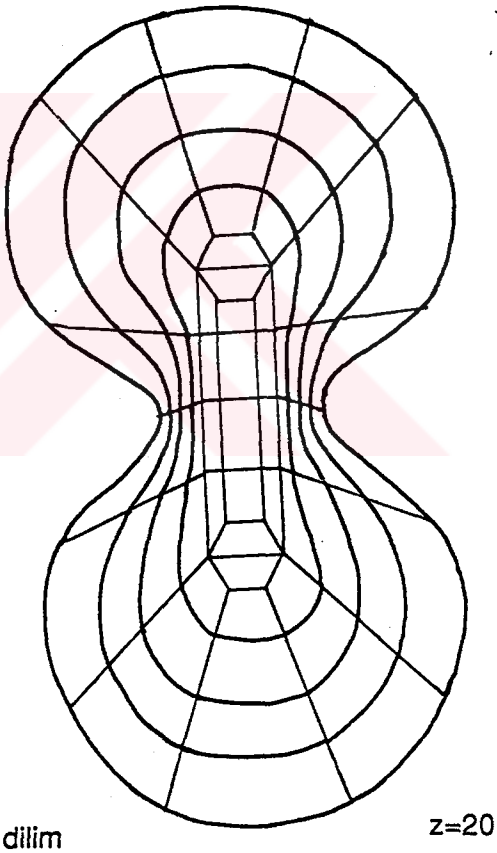


11. dilim z=17.3 cm

Şekil 3. (Devam)

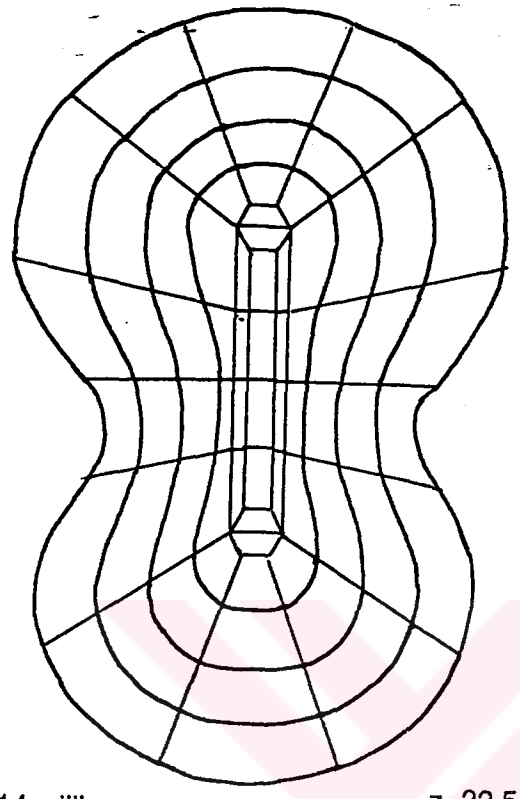


12. dilim z=19.1 cm

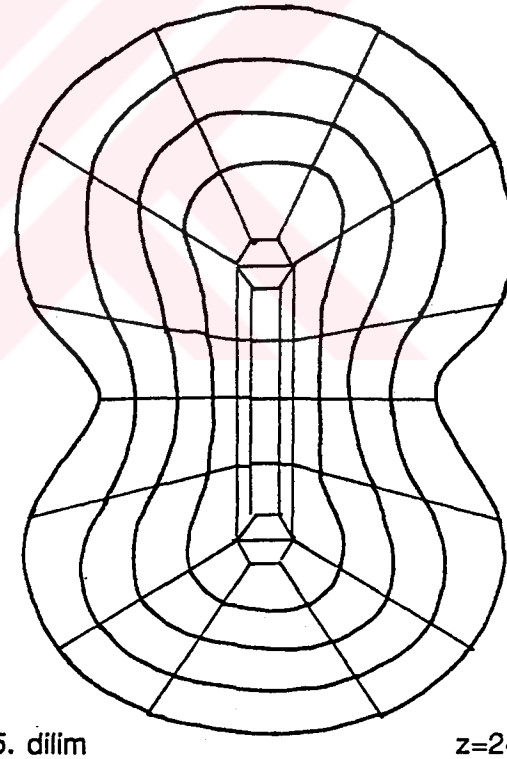


13. dilim z=20.7 cm

Şekil 3. (Devam)

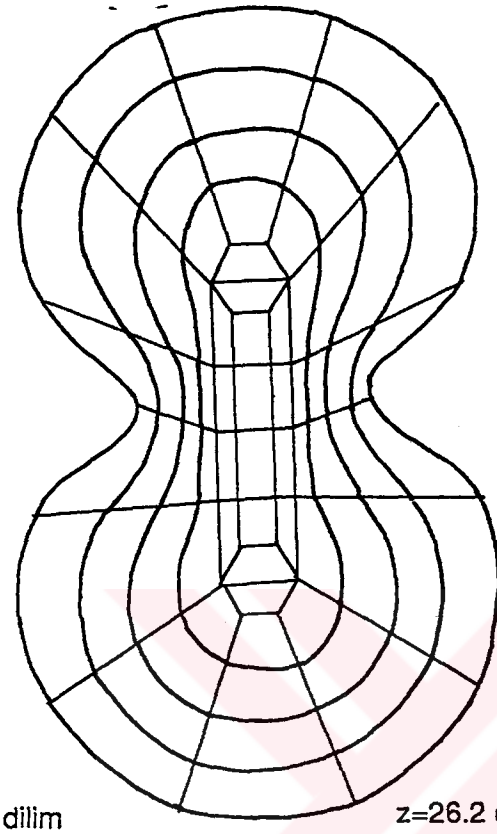


14. dilim z=22.5 cm

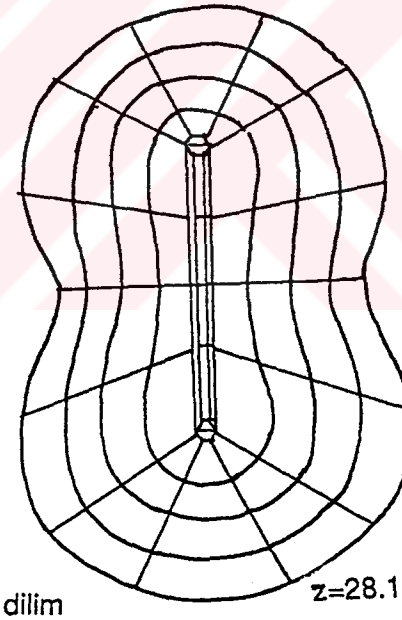


15. dilim z=24.3 cm

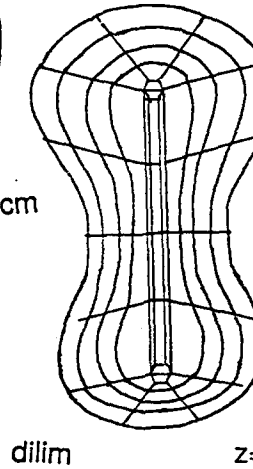
Şekil 3. (Devam)



16. dilim z=26.2 cm



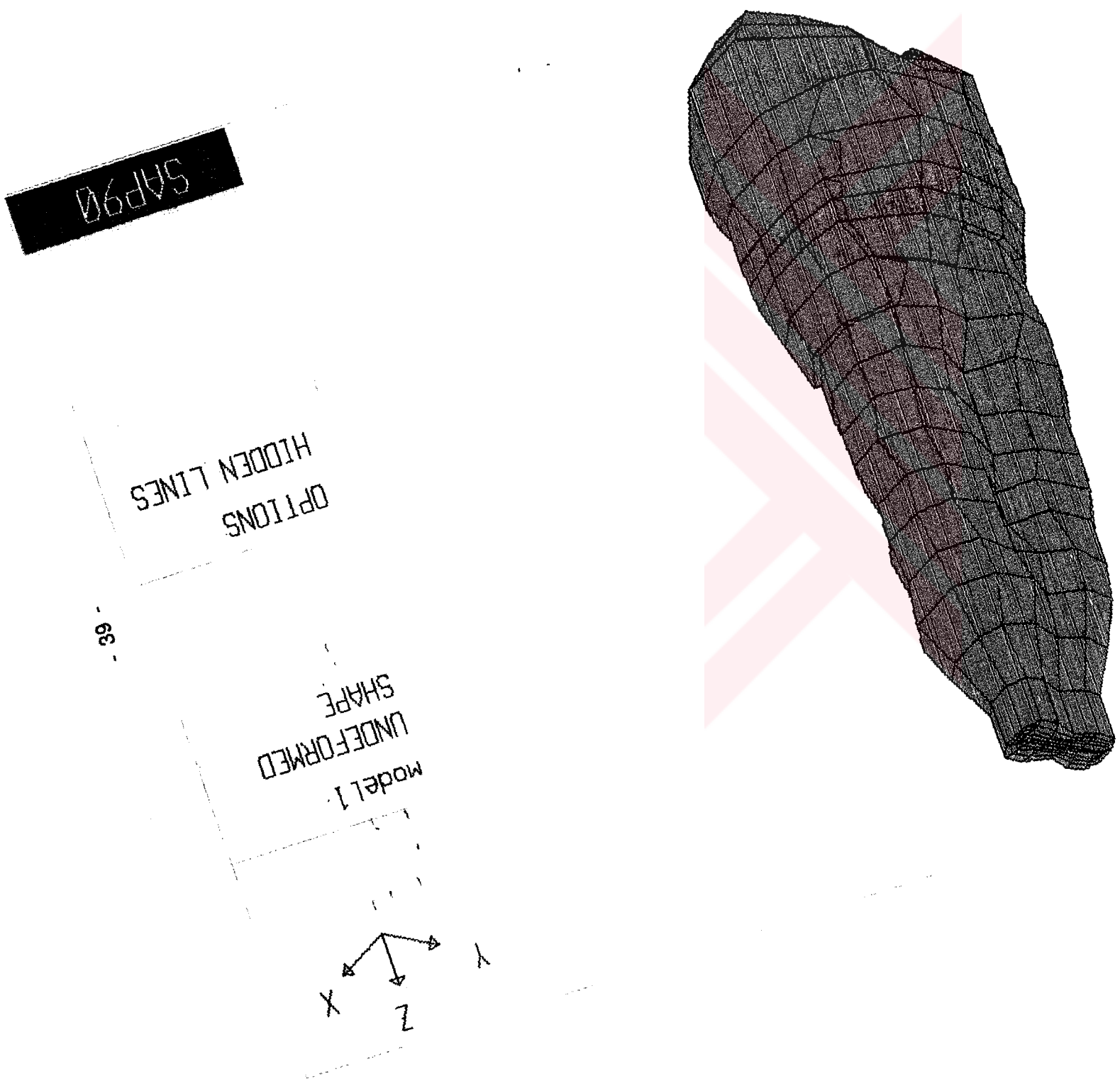
17. dilim z=28.1 cm



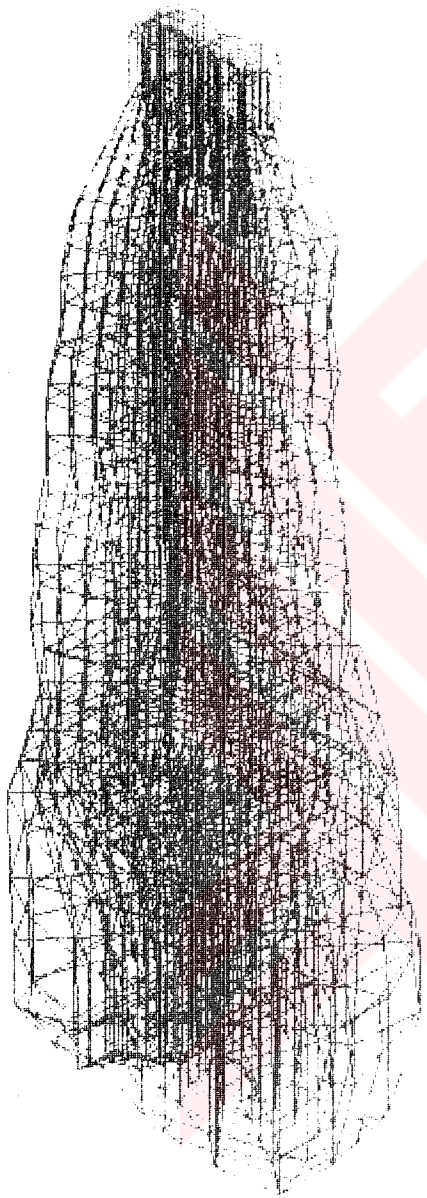
18. dilim z=30 cm

Şekil 3. (Devam)

Alçı diş modelinin kesilmesi sonucu oluşan alçı yüzeyler, elektronik bir sayısallaştırıcı yardımıyla taranmış ve koordinatlar doğrudan bilgisayardan alınmıştır. Bu suretle, noktaların x ve y koordinatları bulunmuştur. Diş modelinin kesilmesiyle elde edilen tüberkül bölgesini kapsayan ilk iki dilim hariç tüm dilimler, aynı yükseklikteki bir sıra elemandan oluşmuş ve her köşesinde üç adet ötelenme serbestliği bulunan sekiz köşeli 1314 adet sonlu elemandan oluşan, 1880 düğüm noktasından meydana gelen üst 1. premolar dişin matematik modeli hazırlanmıştır (Şekil 4,5).



Şekil 4. Üst 1. premoların matematik modeli



Sekil 5. Üst 1. premoların matematik modeli

4.2. MATEMATİK MODELE OKLÜZAL KUVVETİN UYGULANMASI

Bir premolar dişte oluşabilecek ortalama maksimum ısırma kuvveti olan 475 N(111) değerindeki yük (-Y-) dişin oklüzal yüzeyine dik ve "z" eksenine paralel yönde uygulanmıştır. Matematik modele kuvvet üç farklı bölgeden tatbik edilmiştir.

Yayılı Yük Uygulaması (-Y1-)

Yük, oklüzal yüzeydeki bütün düğüm noktalarına eşit oranda dağıtılarak uygulanmıştır.

Tek Nokta Kontaktını Taklit Eden Yük Uygulaması (-Y2-)

Oklüzal yüzeyde mezial bölgede tek nokta kontaktı, matematik modele aktarılmış ve kuvvet 48-49-50-62-63-64-76-77-78 numaralı oklüzal düğüm noktalarına eşit oranda dağıtılarak uygulanmıştır.

Lingual Tüberkülün Mezial Eğimine Yük Uygulanması (-Y3-)

Kuvvet, matematik modelin oklüzal yüzeyinde lingual tüberkülün mezial eğimi boyunca yer alan 21-22-23-24-35-36-37-38-49-50-51-52-63-64-65-66-77-78-79-80-91-92-93-94 numaralı düğüm noktalarına eşit oranda dağıtılarak uygulanmıştır.

4.3. MATEMATİK MODELE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİN AKTARILMASI

Matematik modeli meydana getiren elemanlara çalışma kapsamında bulunan restoratif materyaller; amalgam, kompozit inley, porselen inley, altın inley, mikro doldurucu kompozit, çinkooksit öjenol simanı (geçici dolgu maddesi olarak) Ketac-Bond cam iyonomer simanı (kaide maddesi olarak) ve mine ile dentine ait elastisite modülü*, poisson oranı** değerleri yüklenmiştir. Kullanılan değerler, değişik değerlerin verildiği kaynaklar arasından seçilmiştir (Tablo 3)(11,25,29,30,95,112,113,115).

---

* **ELASTİSİTE MODÜLÜ (YOUNG MODÜLÜ):** Materyaldeki gerilmenin birim uzamaya oranıdır(16,83) ve

$$\text{Elastisite Modülü} = \frac{\text{Gerilme}}{\text{Birim Uzama}}$$ formülüyle ifade edilir.

** **POİSSON ORANI:** Bir cisme çekme kuvveti uygulandığında, yükün geldiği yönde cismin boyunda uzama, yüke dik olan boyutta ise kısalma olmaktadır. Yan yöndeki deformasyonun eksen yönündeki deformasyona oranı poisson katsayısını verir(57,83).

Tablo 3: Kullanılan materyallere ilişkin fiziksel özellikler

Matematik Modelde Kullanılan Materyaller	Elastisite Modülü (N/mm^2)	Poisson Oranı
Mine	85800	0.33
Dentin	19800	0.31
Amalgam	13790	0.35
Porselen İnley	70000	0.28
Kompozit İnley	17176	0.30
Mikrodolduruculu Kompozit	6085	0.33
Ketac-Bond	5400	0.30
ZOE Simanı	2070	0.28
Altın İnley	79518	0.30

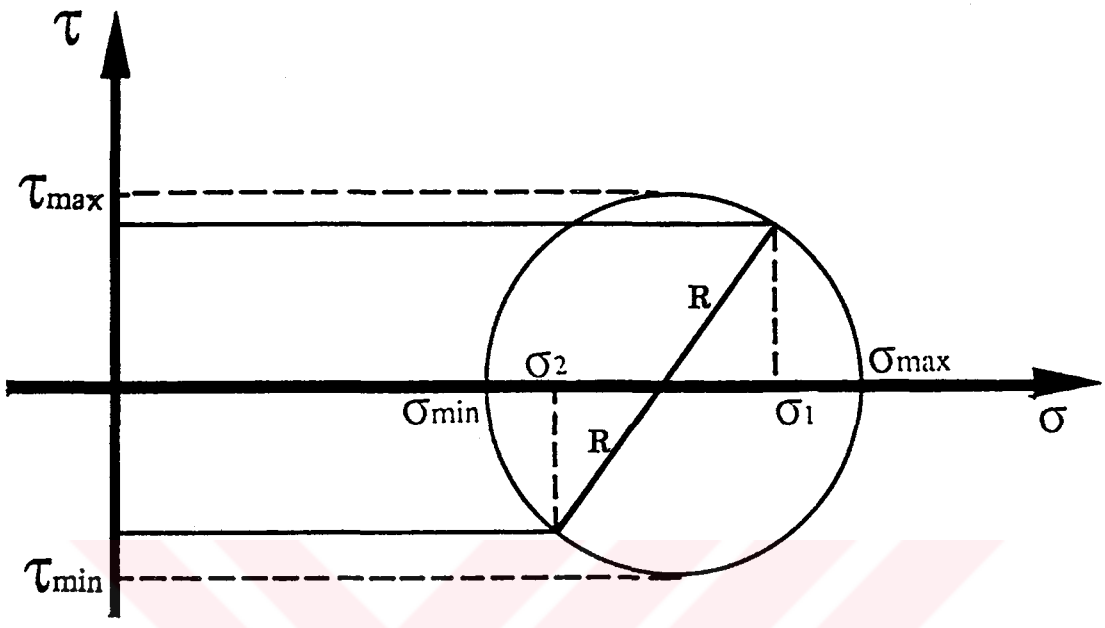
İnce bir tabaka olan periodonsiyuma ilişkin değerler, çalışmamızda dikkate alınmamıştır.

Gevşek bir bağ dokusu yapısında ve gerilme dağılımına etkisi çok az olan pulpa dokusu, matematik modelde boş bir hacim olarak değerlendirilmiştir (E=0)(95).

Matematik modelde diş, kole bölgesinden kök ucuna kadar kemik dokusuna sabit mesnetli olarak tasarlanmıştır.

4.4. MATEMATİK MODELDE GERİLME VE YER DEĞİŞTİRMELERİN SAPTANMASI

3 boyutlu sonlu elemanlar gerilme analiz metodu aracılığı ile elemanların köşelerindeki düğümlerde oluşan x-y-z eksenleri yönündeki normal gerilmeler (σ_x, σ_y, σ_z) ile kayma gerilmeleri (τ_{xy}, τ_{xz}, τ_{yz}) hesaplanmaktadır. Bu noktalarda oluşan asal gerilmeleri hesaplamak için Otto Mohr (1882) tarafından ortaya konan Mohr dairesi metodu kullanılmaktadır. Mohr dairesinde gerilmeler (σ) yatay eksende, kayma gerilmeleri (τ) ise dikey eksende çizilmektedir (Şekil 6)(57).



Şekil 6. Mohr dairesinde maksimum ve minimum asal gerilmeler ile kayma gerilmelerinin belirlenmesi(57)

Matematik model analizinde, 1880 adet düğümde ortaya çıkan tüm gerilme ve deplasmanlara ait nümerik değerler tüm olasılıklar için ayrı ayrı kaydedilmiştir. Bu nümerik değerlerin önceden belirlenen inceleme bölgeleri kapsamına giren bölümleri ayrıca ele alınarak incelenmiştir. İnceleme bölgeleri olarak;

- vestibül duvar
- pulpa-aksiyal duvar
- mine-dentin sınırı
- kaide ile restoratif materyalin ara yüzeyi seçilmiştir.

Çalışmada bir noktadan geçen sonsuz sayıdaki kesitte sonsuz sayıda gerilme oluşacağı gerçeğinden hareket edilerek değişik durumları birbirleri ile karşılaştırabilmek için bir basit parametre seçmek gerekir. Burada karşılaştırma parametresi olarak

$$p = \sigma_{max} - \sigma_{min}$$ seçilmiştir.

σ_{max} en büyük gerilmeyi, σ_{min} en küçük gerilmeyi ifade etmektedir.

İncelenen bölgelerdeki düğümlerde oluşan yer değiştirmeler de hesaplanan maksimum yer değiştirme değeri ile değerlendirilmiştir. Maksimum yer değiştirme değeri üç boyuttaki yer değiştirme değerlerinin karelerinin toplamının kare köküne eşittir.

$$U_{max} = \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + u_z^2}$$

Matematik diş modelinin, oklüzal yüzeyine modelin uzun ekseni boyunca uygulanan yük sonucu, diş ve restorasyonda ortaya çıkan gerilme ve yer değiştirmeler, SAP 90 (A series of Computer Programs for the Static and Dynamic Analysis of Structures, Computers and Structures Inc.) programı kullanılarak belirlenmiştir. Matematik model analizleri, Tekfen Mühendislik A.Ş.'de 50 MHz merkezi işlemci hızı ve 16Mb bellek kapasitesi olan Best marka IBM uyumlu bilgisayarda yapılmıştır. Nümerik değerlerin, tabloların basımında Hewlett-Packard Laser Printer (lazer yazıcı), renkli grafiklerin basılmasında, Hewlett-Packard HP-Paint Jet Printer (renkli mürekkepli yazıcı) kullanılarak Tekfen Mühendislik A.Ş.'de gerçekleştirilmiştir.

5. BULGULAR

5.1. 1. TİP YÜKLEMEDE (Y-1) GERİLME DEĞERLERİ

Sonlu elemanlar metoduyla 3 boyutlu olarak gerçekleştirilen üst 1. premoların matematik modelinin oklüzal yüzeyine yayılı olarak yük uygulanması sonucu, modelin vestibül yüzünde ilerde bir 5. sınıf kavitenin açılacağı bölgesindeki mine dokusunu temsil eden düğüm noktalarında karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmeler Tablo 4, 5'de ve Grafik 1, 2'de gösterildi. Bu metoda göre hazırlanan diş modelinde vestibül yüzeyi oluşturan mezial ve distal kenarlarda meydana gelen gerilmelerin, oklüzalden servikale doğru gidildikçe arttığı izlendi (Tablo 4, 5, Grafik 1a-d,2a-d). Vestibül yüzeyin mezial ve distal kenarlarının 0.17N/mm^2 olarak tespit edilen gerilme değerinin (Tablo 4,5, Grafik 1a,2a) servikalde her iki kenarda farklılaşarak mezial kenarda 3.16N/mm^2'ye (Tablo 4, Grafik 1d) distal kenarda ise 0.64N/mm^2 (Tablo 5, Grafik 2d). yükseldiği belirlendi. Mezial kenarın servikalinde oluşan gerilmelerin (Tablo 4 Grafik 1d), distal kenarın servikalinde görülen (Tablo 5, Grafik 2d) değerden ~ 5 misli daha fazla olduğu tespit edildi.

İleride açılacak bir 5. sınıf kavitenin pulpa aksiyal duvarının yeralacağı bölgeye tekabül eden dentin dokusunda, kuvvet uygulanması sonucunda oluşan ve karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmelerin, duvarı meydana getiren mezial ve distal kenarlarda birbirine benzer değerler gösterdiği (Tablo 6, 7, Grafik 3,4) ve her iki kenarın oklüzalinden servikaline doğru gidildikçe gerilme değerlerinin arttığı görüldü (Tablo 6, 7, Grafik 3a-d, 4a-d). Duvarın her iki kenarının oklüzalinde ~ 0.05N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 6, 7, Grafik 3a,4a) ara katmanlarda artarak servikalde 0.11N/mm^2'ye ulaştığı saptandı (Tablo 6, 7 Grafik 3d,4d). Pulpa aksiyal duvarda karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmelerin (Tablo 6, 7 ,Grafik 3,4) vestibül yüzde oluşan gerilme değerlerinden (Tablo 4, 5, Grafik 1, 2) daha düşük olduğu tespit edildi.

Sonlu elemanlar metoduyla hazırlanan diş modelinde mezial ve distalde mine-dentin sınırını oluşturan elemanların düğüm noktalarında karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmelerin değişken olduğu, her iki kenarın oklüzalinde ~ 0.1N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 8, 9, Grafik 5a, 6a) mezial kenarın servikalinde

0.46N/mm^2'ye (Tablo 8, Grafik 5d), distal kenarın servikalinde ise 0.11N/mm^2'ye (Tablo 9, Grafik 6d) ulaştığı izlendi.

İleride matematik diş modelinin servikal bölgesinde açılacak bir 5. sınıf kavitenin kaide maddesi ile restoratif materyalinin arasında bulunacak olan duvara tekabül eden ve dentin dokusunda yeralan sağlıklı diş modeli bölgesinde her iki kenarda benzer gerilme değerlerinin oluştuğu ve bu değerlerin yüzeyi meydana getiren kenarların oklüzalinde ~ 0.05N/mm^2 (Tablo 10, 11, Grafik 7a,8a) olup servikalinde ~0.13N/mm^2'ye (Tablo 10, 11, Grafik 7d,8d) ulaştığı saptandı.

3 boyutlu olarak hazırlanan diş modelinin servikal bölgesinde açılan bir kole kavitesinin vestibül yüzeyinde 1. tip yükleme sonrasında karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmelerin, oklüzalden servikale gidildikçe arttığı (Tablo 4, 5, Grafik 1a-d,2a-d), artan bu değerlerin yüzeyin her iki kenarında birbirine benzer olduğu (Tablo 4,5, Grafik1a-d,2a-d) ve sağlıklı diş modelinin vestibülünde oluşan gerilmelerden (Tablo 4,5, Grafik 1a-d,2a-d) daha yüksek olduğu görüldü. Kavitenin bu yüzünün her iki kenarının oklüzalinde 0.31N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 4,5, Grafik 1a,2a), her iki kenarın servikalinde 3.3N/mm^2 (Tablo 4 Grafik 1d) ve 3.5N/mm^2'ye (Tablo 5, Grafik 2d) ulaştığı belirlendi.

Matematik modeldeki 5. sınıf kavitenin pulpa-aksiyal duvarında yük uygulaması sonucunda karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmelerin (Tablo 6, 7 Grafik 3, 4), vestibül yüzeyde izlenen gerilme miktarlarından (Tablo 4, 5, Grafik 1, 2) daha düşük olduğu tespit edildi. Duvarın mezial ve distal kenarlarında oluşan gerilmelerin birbirlerine yakın değerde olduğu, oklüzalde ~ 0.1N/mm^2 (Tablo 6, 7, Grafik 3a, 4a) civarında iken servikalde 0.18N/mm^2'ye (Tablo 6, 7, Grafik 3d,4d) yükseldiği belirlendi.

Diş modelindeki 5. sınıf kavitenin mine-dentin sınırına rastlayan kısmında, mezial ve distal kenarların oklüzalinde 0.17N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 8, 9 Grafik 5a,6a), servikalde her iki kenarda farklılaşarak mezial kenarda 0.65N/mm^2'ye (Tablo 8, Grafik 5d), distal kenarda ise 1.11N/mm^2'ye (Tablo 9, Grafik 6d) yükseldiği izlendi.

Üst 1. premoların matematik modelinde hazırlanan servikal kavite, çeşitli restoratif materyallerle restore edildiğinde, kavitenin vestibül yüzü boyunca uygulanmış olan materyallerde karşılaştırma parametresine göre hesap edilen gerilme değerlerinin, mezial kenarın servikal düğüm noktası (Tablo 4, Grafik 1d) dışındaki tüm düğüm noktalarında kavite açılmasını takiben oluşan gerilmelerden daha düşük olduğu (Tablo 4, 5, Grafik 1a-c,2a-d) görüldü.

Matematik modeldeki 5. sınıf kavitenin ZOE simanıyla geçici olarak restorasyo-

nun gerçekleştirildiği düşünüldüğünde, 1. tip yükleme sonrasında materyalin vestibül yüzünün mezial kenarının oklüzalinde 0.10N/mm^2'lik (Tablo 4, Grafik 1a), distal kenarının oklüzalinde ise 0.16N/mm^2'lik (Tablo 5, Grafik 2a) bir gerilme görülürken mezial kenarın servikalinde 3.27N/mm^2'lik (Tablo 4, Grafik 1d), distal kenarın servikalinde ise 1.40N/mm^2'lik (Tablo 5, Grafik 2d) gerilme değerleri saptandı.

Matematik modelde hazırlanan 5. sınıf kavitenin farklı iki şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu bir kompozit ile restorasyonunun yapıldığı düşünüldüğünde, restorasyonların vestibül yüzeylerinin her iki kenarının oklüzalinde 0.19N/mm^2 olarak tespit edilen gerilme değerlerinin (Tablo 4, 5, Grafik 1a,2a), servikalde her iki kenarda farklılaştığı ve mezial kenarın servikal düğüm noktasında 3.8N/mm^2 olarak tespit edilen gerilme değerinin (Tablo 4, Grafik 1d), distal kenarın servikal düğüm noktasında 0.6N/mm^2 olduğu (Tablo 5, Grafik 2d) belirlendi.

Aynı inceleme bölgesinde matematik modeldeki 5. sınıf servikal kavitenin restorasyonu için yerleştirildikleri düşünülen amalgam ve kompozit inleyin mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde gösterdikleri 0.17N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 4, 5, Grafik 1a, 2a), mezial kenarın servikalinde 4.2N/mm^2'ye ulaştığı (Tablo 4, Grafik 1d), distal kenarın servikalinde ise amalgamda meydana gelen 0.77N/mm^2'lik gerilmenin (Tablo 5, Grafik 2d), kompozit inleyin distal kenarının servikalinde 0.92N/mm^2'lik bir değerde olduğu (Tablo 5, Grafik 2d) belirlendi.

Bu materyalleri, vestibül yüzeyde karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmeler açısından kaviteye yerleştirildiği düşünülen porselen ve altın inleylerin takip ettiği, her iki materyalin vestibül yüzün mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.15N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 4, 5, Grafik 1a, 2a), vestibül yüzeyin mezial kenarının servikalinde porselen inleyde 3.8N/mm^2 iken (Tablo 4, Grafik 1d), altın inleyde 3.75N/mm^2 olduğu (Tablo 4, Grafik 1d), vestibül yüzeyin distal kenarının servikalinde ise porselen inleyde 1.13N/mm^2 olan gerilmenin (Tablo 5, Grafik 2d), altın inleyde 1.27N/mm^2 değerinde bulunduğu (Tablo 5, Grafik 2d) belirlendi. Ayrıca yine bu yüzde tüm materyallerin mezial kenarın servikalinde (Tablo 4, Grafik 1d), distal kenarın servikalinden (Tablo 5, Grafik 2d) daha yüksek gerilme değerleri gösterdiği saptandı.

Matematik modelde açılmış ve çeşitli materyallerle restore edilmiş olan servikal kavitenin pulpa-aksiyal duvarında, kaviteye yerleştirildiği düşünülen tüm restoratif materyallerin kavite açılmasını takiben karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmelerden daha düşük gerilme değerleri gösterdiği belirlendi (Tablo 6, 7, Grafik 3a-d,4a-d). Restore edilmiş kavitenin pulpa-aksiyal duvarının her iki kenarında karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmelerin oklüzalden servikale gidildikçe arttığı (Tablo 6, 7 Grafik 3a-d, 4a-d) ve restoratif materyallerin çoğunda duvarın distal kenarında izle-

nen gerilme değerlerinin (Tablo 7, Grafik 4a-d), mezial kenarda izlenen değerlerden daha yüksek olduğu (Tablo 6, Grafik 3a-d) saptandı.

Matematik modeldeki servikal kavitenin ZOE simanıyla geçici olarak restore edildiği düşünülen tipinde, restorasyonun pulpa-aksiyal duvarının mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.072N/mm^2 (Tablo 6, Grafik 3a) ve 0.075N/mm^2'lik gerilme değerleri (Tablo 7, Grafik 4a) görülürken, her iki kenarın servikalinde 0.147N/mm^2'lik gerilme değerleri gösterdiği belirlendi (Tablo 6, 7, Grafik 3d,4d). Materyalin kendi iç yapısında da homojen bir artış tespit edildi (Tablo 6, 7, Grafik 3a-d, 4a-d).

Matematik modelde açılmış olan 5. sınıf bir kavitenin tabanı ile gingival duvarına yerleştirilen cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu bir kompozitle restorasyonunun gerçekleştirildiği düşünülen model tipinde, pulpa-aksiyal duvarın mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.062N/mm^2'lik (Tablo 6, Grafik 3a) ve 0.065N/mm^2'lik (Tablo 7, Grafik 4a) gerilme değerleri görülürken, servikalde her iki kenarda 0.134N/mm^2'lik gerilme değeri (Tablo 6, 7, Grafik 3d, 4d) belirlendi.

Matematik modelin bukko-servikalindeki 5. sınıf kavitenin yanlızca tabanına konan cam iyonomer üzerine yerleştirilen mikrodolduruculu bir kompozitle restorasyonunun gerçekleştirildiği tipinde ise restorasyonun pulpa-aksiyal duvarın her iki kenarının oklüzalinde 0.062N/mm^2'lik (Tablo 6, Grafik 3a) ve 0.064N/mm^2'lik (Tablo 7, Grafik 4a) gerilme değerlerinin, mezio-servikal düğüm noktasında 0.125N/mm^2'ye (Tablo 6, Grafik 3d), disto-servikal düğüm noktasında ise 0.135N/mm^2'ye (Tablo 7, Grafik 4d) ulaştığı görüldü. İki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozitlerle 5. sınıf kavite restorasyonunun gerçekleştirildiği düşünülen matematik model tiplerinin bu duvarında karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilme değerlerinin birbirine benzer olduğu ve oklüzalden servikale homojen bir artış gösterdiği saptandı (Tablo 6,7, Grafik 3a-d, 4a-d).

Matematik modeldeki servikal kavitenin amalgam ile restorasyonunun gerçekleştirildiğinin düşünüldüğü tipinde, pulpa-aksiyal duvarın mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.053N/mm^2 (Tablo 6, Grafik 3a) ve 0.055N/mm^2 (Tablo 7, Grafik 4a) olarak karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilme değerlerinin, her iki kenarın servikalinde 0.11N/mm^2'lik gerilme değerine yükseldiği belirlendi (Tablo 6, 7, Grafik 3d, 4d). Pulpa-aksiyal duvarda yeralan cam iyonomer kaide materyalinin kendi iç yapısında karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilme değerlerinde homojen bir artış olduğu tespit edildi (Tablo 6, 7, Grafik 3a-d, 4a-d).

Matematik modelin bukko-servikalinde açılan 5. sınıf kavitenin kompozit inley ile restore edildiği düşünülen tipinde ise pulpa-aksiyal duvarın mezial ve distal kenarları-

nın oklüzalinde 0.051N/mm^2 (Tablo 6, Grafik 3a) ve 0.053N/mm^2'lik (Tablo 7, Grafik 4a) gerilme değerleri izlenirken, aynı kenarların servikalinde 0.10N/mm^2 (Tablo 6, Grafik 3d) ve 0.11N/mm^2'lik (Tablo 7, Grafik 4d) gerilme değerleri izlendi. Restorasyonun kaide materyalinin bulunduğu bu duvarda gerilmelerin homojen bir artış içersinde oldukları görüldü (Tablo 6, 7, Grafik 3a-d, 4a-d).

Pulpa-aksiyal duvarlarında karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmeler yönünden değerlendirilen bu matematik model tiplerini, porselen ve altın inley restorasyonlu matematik model tiplerinin izlediği belirlendi. Restorasyonların bu duvarlarının mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.04N/mm^2 olarak izlenen gerilme değerinin (Tablo 6, 7, Grafik 3a, 4a) her iki kenarın servikalinde 0.1N/mm^2 olduğu saptandı (Tablo 6, 7, Grafik 3d,4d).

Matematik modelde çeşitli materyallerle restore edilmiş 5. sınıf kavitenin mine-dentin sınırına rastlayan duvarında, karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmelerin, kavite açılmasını takiben oluşan gerilmelerden daha düşük olduğu belirlendi (Tablo 8, 9, Grafik 5a-d, 6a-d).

ZOE simanı ile 5. sınıf kavitenin geçici olarak restore edildiği düşünülen matematik model tipinin, mine-dentin duvarına rastlayan mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.12N/mm^2'lik gerilme değeri saptanırken (Tablo 8, 9, Grafik 5a, 6a) her iki kenarın servikalinde 0.52N/mm^2'lik gerilme değerleri görüldü (Tablo 8, 9, Grafik 5d, 6d).

Matematik modelde açılmış olan 5. sınıf bir kavitenin tabanı ile gingival duvarına yerleştirilen cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu bir kompozitle restorasyonunun gerçekleştirildiği düşünülen model tipinde, mine-dentin sınırına rastlayan mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.116N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 8, 9, Grafik 5a,6a), mezio-servikal düğüm noktasında 0.57N/mm^2 (Tablo 8, Grafik 5d) ve disto-servikal düğüm noktasında 0.32N/mm^2 olduğu (Tablo 9, Grafik 6d) tespit edildi.

Matematik modelin bukko-servikalindeki 5. sınıf kavitenin yanlızca tabanına konan cam iyonomer simanı üzerine yerleştirilen mikrodolduruculu bir kompozitle restorasyonunun gerçekleştirildiği model tipinin, mine-dentin sınırına rastlayan mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.116N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 8, 9, Grafik 5a, 6a), mezio-servikal düğüm noktasında 0.58N/mm^2'ye (Tablo 8, Grafik 5d) ve disto-servikal düğüm noktasında 0.3N/mm^2'ye (Tablo 9, Grafik 6d) ulaştığı görüldü.

Bukko-servikal bölgesinde hazırlanan 5. sınıf kavitenin amalgamla restore edildiği düşünülen matematik model tipinin, mine-dentin sınırına rastlayan mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde görülen 0.112N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 8, 9, Grafik 5a, 6a) mezio-servikal düğüm noktasında 0.61N/mm^2'lik (Tablo 8, Grafik 5d) ve

disto-servikal düğüm noktasında 0.16N/mm^2'lik (Tablo 9, Grafik 6d) gerilme değerlerine yükseldiği saptandı.

Matematik modelin bukko-servikalinde açılan 5. sınıf kavitenin kompozit inleyle restore edildiği düşünülen tipinde, mine-dentin sınırına rastlayan mezial ve distal kenarların oklüzalinde 0.111N/mm^2'lik (Tablo 8, Grafik 5a) ve 0.110N/mm^2'lik (Tablo 9, Grafik 6a) gerilme değerlerinin, mezio-servikal düğüm noktasıda 0.614N/mm^2'ye (Tablo 8, Grafik 5d) ve disto-servikal düğüm noktasında 0.172N/mm^2'ye ulaştığı tespit edildi (Tablo 9, Grafik 6d).

Model üzerinde açılan 5. sınıf kavitenin altın inleyle restore edildiği düşünülen model tipinin, mine-dentin sınırına rastlayan mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.113N/mm^2 (Tablo 8, Grafik 5a) ve 0.117N/mm^2 (Tablo 9, Grafik 6a) olan gerilme değerlerinin porselen inleyle restore edildiği düşünülen matematik model tipinden daha yüksek olduğu (Tablo 8, 9, Grafik 5a, 6a) saptandı. Buna karşın altın inleyli model tipinin, aynı inceleme bölgesinde mezio-servikal düğüm noktasında 0.51N/mm^2 (Tablo 8, Grafik 5d) ve disto-servikal düğüm noktasında 0.08N/mm^2 (Tablo 9, Grafik 6d) olan gerilme değerlerinin, porselen inley restorasyonlu model tipinden daha düşük olduğu belirlendi (Tablo 8, 9, Grafik 5d, 6d).

Tüm materyallerin kavitenin mine-dentin sınırına rastlayan bu kısmında karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilme değerlerinin (Tablo 8, 9, Grafik 5a-d, 6a-d), pulpa-aksiyal duvarda gösterdikleri gerilme değerinden daha yüksek olduğu tespit edildi (Tablo 6, 7, Grafik 3a-d, 4a-d).

Matematik modelin bukko-servikalinde açılan ve çeşitli materyallerle restore edilen kole kavitesinin, kaide materyali ile restoratif materyal arasında kalan duvarına tekabül eden kısmının, mezial ve distal kenarlarında kavitenin açılmasını takiben oluşan gerilmelerin oklüzalden servikale gidildikçe arttığı (Tablo 10, 11, Grafik 7a-d,8a-d), mezial ve distal kenarların oklüzalinde 0.091N/mm^2 (Tablo 10, Grafik 7a) ve 0.092N/mm^2 (Tablo 11, Grafik 8a) olan gerilme değerlerinin, mezio-servikalde 0.252N/mm^2 (Tablo 10, Grafik 7d), disto-servikalde 0.261N/mm^2'ye ulaştığı belirlendi (Tablo 11, Grafik 8d).

Sonlu elemanlar metoduyla hazırlanan üst 1. premoların matematik modelinin bukko-servikalinde açılan kole kavitesinin bu bölgesinin her iki kenarının oklüzalinde ZOE simanı, amalgam ve kompozit inley restorasyonları dışında tüm restorasyon tiplerinde benzer gerilmeler izlenirken (Tablo 10, 11, Grafik 7a, 8a) servikalde bu benzer dağılımın kaybolduğu görüldü (Tablo 10, 11, Grafik 7d, 8d).

Matematik modelde açılan kavitenin incelenen bu bölgesinde, restorasyonu takiben en yüksek gerilmelerin mezio-servikal düğüm noktasında olduğu ve bu düğüm noktasında altın inleyli restorasyonda 0.148N/mm^2'lik, porselen inleyli restorasyonda 0.147/mm^2'lik, ZOE simanı restorasyonda 0.146N mm^2'lik gerilme değerlerinin görüldüğü, bu restorasyonları 0.138N/mm^2 ile kompozit inley, 0.136N/mm^2 ile amalgam, 0.132N/mm^2 ile kavite tabanındaki cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodoldurucu-lu kompozit restorasyonların izlediği ve tüm materyallerin ardından 0.122N/mm^2'lik gerilme değeri ile hem kavite tabanına hem de gingival duvarına cam iyonomer kaide yerleştirilen mikrodoldurucu-lu kompozit restorasyonunun izlediği tespit edildi (Tablo 10, Grafik 7d). Kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki duvarın disto-servikalinde ise altın ve porselen inley restorasyonlu model tiplerinde (Tablo 11, Grafik 8d) mezio-servikalde oluşan gerilmelere benzer değerler görülürken (Tablo 10, Grafik 7d), amalgam ve ZOE siman restorasyonlu model tiplerinin, mezio-servikalde izlenen gerilme değerlerinden daha yüksek gerilme değerleri gösterdiği, diğer restorasyonlu model tiplerinde izlenen değerlerinde her iki kenarda birbirine yakın olduğu saptandı (Tablo 10,11, Grafik 7d,8d). Ayrıca bu kenarın servikalinde oluşan gerilmelerin (Tablo 11, Grafik 8d), oklüzalinde oluşan gerilmelerden (Tablo 11, Grafik 8a) daha yüksek olduğu görüldü.

5.2. 2. TİP YÜKLEMEDE (Y-2) GERİLME DEĞERLERİ

Sonlu elemanlar metoduyla 3 boyutlu olarak gerçekleştirilen üst 1. premoların matematik modelinin oklüzal yüzeyinin mezial tarafından tek nokta kontaktını taklit edecek şekilde bir yük uygulanması sonucunda, modelin vestibül yüzünde servikal bölgedeki mine dokusunda bulunan ve ilerde bir 5. sınıf kavitenin açılacağı diş bölgelerini temsil eden düğümlerde karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmeler Tablo 12, 13, Grafik 1,2'de gösterildi. Bu metoda göre hazırlanan matematik modelin vestibül yüzünde yükün direkt olarak uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.078N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 13, Grafik 2a), aynı kenarın servikalinde 0.65N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 13, Grafik 2d) buna karşın yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.367N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 12, Grafik 1a) aynı kenarın servikalinde 8.4N/mm^2'ye ulaştığı saptandı (Tablo 12, Grafik 1d). Modelin bu yüzünü oluşturan düğüm noktalarında meydana gelen gerilmelerin oklüzalden servikale gidildikçe arttığı tespit edildi (Tablo 12, 13, Grafik 1a-d,2a-d).

İlerde açılacak bir 5. sınıf kavitenin pulpa-aksiyal duvarının yeralacağı bölgeye tekabül eden dentin dokusunda, 2. tip yük uygulanması sonucunda oluşan ve karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilme değerlerinin, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarda (Tablo 15, Grafik 4a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki ke-

nardan (Tablo 14, Grafik 3a-d) daha düşük olduğu saptandı. Sağlıklı diş modelinin, pulpa-aksiyal duvarının yükün direkt uygulanmadığı distal tarafındaki kenarının oklüzalinde oluşan 0.017N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 15, Grafik 4a) servikale gidildikçe arttığı ve servikalde 0.044N/mm^2'ye ulaştığı (Tablo 15, Grafik 4d), aynı duvarın yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde 0.105N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 14, Grafik 3a) ise servikalde 0.232N/mm^2'ye yükseldiği belirlendi (Tablo 14, Grafik 3d).

Sonlu elemanlar metoduyla hazırlanan diş modelinde mezial ve distalde mine-dentin sınırını oluşturan elemanların düğüm noktalarındaki gerilmelerin, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarda (Tablo 17, Grafik 6a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenara (Tablo 16, Grafik 5a-d) nazaran daha düşük olduğu tespit edildi. Ve yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzal düğüm noktasında 0.042N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 17, Grafik 6a), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzal düğüm noktasında 0.219N/mm^2 olduğu (Tablo 16, Grafik 5a), oluşan bu gerilmelerin yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın servikalinde 0.116N/mm^2'ye (Tablo 17, Grafik 6d), mezial taraftaki kenarın servikalinde de 1.191N/mm^2'ye yükseldiği görüldü (Tablo 16, Grafik 5d).

İleride matematik diş modelinin servikal bölgesinde açılacak bir 5. sınıf kavitenin kaide maddesi ile restoratif materyalin arasında yeralacak olan duvara tekabül eden ve dentin dokusunda yeralan sağlıklı diş modeli bölgesinde oluşan gerilmelerin yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarında izlenen değerlerinin (Tablo 19, Grafik 8a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarında izlenen gerilme değerlerinden daha düşük olduğu görüldü (Tablo 18, Grafik 7a-d). Yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.024N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 19, Grafik 8a), aynı kenarın servikalinde 0.040N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 19, Grafik 8d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.109N/mm^2 olarak tespit edilen gerilme değerinin (Tablo 18, Grafik 7a) ise aynı kenarın servikalinde 0.269N/mm^2'ye ulaştığı belirlendi (Tablo 18, Grafik 7d).

3 boyutlu olarak hazırlanan matematik diş modelinin servikal bölgesinde açılan bir kole kavitesinin vestibül yüzeyinde 2. tip yükleme sonrasında karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilme değerlerinin, sağlıklı diş modelinde oluşan gerilme değerlerinden daha yüksek olduğu izlendi (Tablo 12, 13, Grafik 1a-d,2a-d). Kavitenin vestibül yüzeyinin mezial ve distal kenarlarında izlenen gerilmelerin, oklüzalden servikale gidildikçe arttığı (Tablo 12, 13, Grafik 1a-d,2a-d) ve yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarda oluşan gerilme değerlerinin (Tablo 12, Grafik 1a-d), yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarda oluşan gerilme değerlerine nazaran (Tablo 13, Grafik 2a-d)

daha yüksek olduğu görüldü. Buna göre, yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.474N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 12, Grafik 1a), servikalde 8.4N/mm^2'ye ulaştığı (Tablo 12, Grafik 1d), yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde ise 0.106N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 13, Grafik 2a) aynı kenarın servikalinde 2.396N/mm^2'lik bir değerde olduğu belirlendi (Tablo 13, Grafik 2d).

Matematik modelin bukko-servikalindeki 5. sınıf kavitenin pulpa-aksiyal duvarının direkt yük uygulanmadığı distal tarafındaki kenarı boyunca izlenen gerilme değerlerinin (Tablo 15, Grafik 4a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarı boyunca izlenen gerilmelerden (Tablo 14, Grafik 3a-d).daha düşük olduğu saptandı. Direkt yük uygulanmayan distal taraftaki kavite kenarının oklüzal düğüm noktasında 0.037N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 15, Grafik 4a), servikalde 0.05N/mm^2'ye (Tablo 15, Grafik 4d) ulaştığı, yükün uygulandığı mezial taraftaki kavite kenarının oklüzal düğüm noktasında 0.16N/mm^2 olan gerilme değerinin ise (Tablo 14, Grafik 3a), aynı kenarın servikalinde 0.32N/mm^2'ye yükseldiği tespit edildi (Tablo 14, Grafik 3d). Kavitenin pulpa-aksiyal duvarının her iki kenarında izlenen gerilme değerlerinin (Tablo 14, 15, Grafik 3a-d, 4a-d), vestibülde izlenen gerilme değerlerinden daha düşük olduğu belirlendi (Tablo 12, 13, Grafik 1a-d, 2a-d).

Matematik modeldeki 5. sınıf kavitenin mine-dentin sınırına rastlayan kısmında mezial ve distal kenarlarda karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilme değerlerinin (Tablo 16, 17, Grafik 5a-d, 6a-d), vestibülde izlenen gerilme değerlerinden düşük (Tablo 12, 13, Grafik 1a-d, 2a-d), buna karşın pulpa-aksiyal duvarda oluşan gerilme değerlerinden yüksek olduğu görüldü (Tablo 14, 15, Grafik 3a-d, 4a-d). Bu inceleme bölgesinde yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde saptanan 0.061N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 17, Grafik 6a), aynı kenarın servikalinde 0.63N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 17, Grafik 6d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 0.255N/mm^2 olarak tespit edilen gerilme değerinin (Tablo 16, Grafik 5a), aynı kenarın servikalinde 1.39N/mm^2'ye ulaştığı saptandı (Tablo 16, Grafik 5d).

Üst 1. premoların matematik modelinde hazırlanan servikal kavite, çeşitli restoratif materyallerle restore edildiğinde, materyallerin 2. tip yük uygulaması sonucunda vestibül yüzeylerinde gösterdikleri gerilmelerin, yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının servikal düğüm noktası dışındaki (Tablo 12, Grafik 1d) tüm noktalarda kavite açılmasını takiben oluşan gerilme değerlerinden daha düşük olduğu belirlendi (Tablo 12, 13, Grafik 1a-c, 2a-d). Ayrıca incelenen bazı materyallerin vestibül yüzeylerinin mezial ve distal kenarlarında gösterdikleri gerilme değerlerinin oklüzalden servikale doğru gidildikçe arttığı (Tablo 12, 13, Grafik 1a-d, 2a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarda materyallerde oluşan gerilmelerin (Tablo 12, Grafik 1a-d), yükün direkt uygulanmadı-

ğı distal tarafta izlenen gerilme değerlerinden daha yüksek olduğu saptandı (Tablo 13, Grafik 2a-d).

Matematik modeldeki 5. sınıf kavitenin ZOE simanıyla geçici olarak restorasyonunun gerçekleştirildiği düşünüldüğünde, 2. tip yükleme sonrasında materyalin vestibül yüzünün, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.076N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 13, Grafik 2a), aynı kenarın servikalinde 1.072N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 13, Grafik 2d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde ise 0.344N/mm^2 olarak tespit edilen gerilme değerinin (Tablo 12, Grafik 1a), aynı kenarın servikalinde 7.5N/mm^2'lik bir değerde olduğu saptandı (Tablo 12, Grafik 1d).

Sonlu elemanlar metoduyla hazırlanan matematik modeldeki 5. sınıf kavitenin gerek tabanına gerekse gingival duvarına yerleştirildiği düşünülen cam iyonomer simanı üzerine konan mikrodolduruculu bir kompozit restorasyonunun vestibül yüzünde, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.075N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 13, Grafik 2a), aynı kenarın servikalinde 0.67N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 13, Grafik 2d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde oluşan 0.326N/mm^2'lik gerilme değerinin ise (Tablo 12, Grafik 1a), aynı kenarın servikalinde 8.7N/mm^2'ye yükseldiği tespit edildi (Tablo 12, Grafik 1d).

Diş modelinin bukko-servikalinde hazırlanan kole kavitesinin yanlızca tabanına yerleştirilen cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozit restorasyonunun vestibül yüzünün mezial ve distal kenarlarının oklüzal düğüm noktalarında, kavite tabanıyla birlikte gingival duvarında da cam iyonomer kaide bulunan mikrodolduruculu kompozitte görülen gerilme değerleri izlenirken (Tablo 12, 13, Grafik 1a, 2a) disto-servikal düğüm noktasında 0.65N/mm^2'lik (Tablo 13, Grafik 2d), mezio-servikal düğüm noktasında da 8.9N/mm^2'lik gerilme değerleri görüldü (Tablo 12, Grafik 1d).

Aynı inceleme bölgesinde matematik modeldeki 5. sınıf kavitenin restorasyonu için yerleştirildiği düşünülen amalgamın vestibül yüzünün, yükün direkt uygulanmadığı distal tarafındaki kenarının oklüzalinde 0.072N/mm^2'lik bir gerilmenin oluştuğu (Tablo 13, Grafik 2a), bu değerin aynı kenarın servikal düğüm noktasında 0.5N/mm^2'ye ulaştığı (Tablo 13, Grafik 2d), yükün uygulandığı mezial tarafındaki kenarının oklüzalinde ise 0.327N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 12, Grafik 1a), aynı kenarın servikalinde 9.9N/mm^2'ye yükseldiği saptandı (Tablo 12, Grafik 1d).

Matematik modelin servikalinde açılan 5. sınıf kavitenin restorasyonunda kullanıldığı düşünülen kompozit inleyin vestibül yüzünün, yükün direkt uygulanmadığı distal tarafındaki kenarının oklüzalinde 0.07N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 13, Grafik 2a),

aynı kenarın servikalinde 0.5N/mm^2'ye ulaştığı (Tablo 13, Grafik 2d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.326N/mm^2 olan gerilme değerinin ise (Tablo 12, Grafik 1a), aynı kenarın servikalinde 10.2N/mm^2 olduğu tespit edildi (Tablo 12, Grafik 1a).

Sonlu elemanlar metoduyla hazırlanmış olan matematik modeldeki 5. sınıf kavitenin restorasyonunda kullanılan materyaller vestibül yüzeylerindeki gerilme miktarları açısından incelendiğinde, altın inleyin vestibül yüzeyinin yükün direkt uygulanmadığı distal tarafındaki kenarının oklüzalinde 0.076N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 13, Grafik 2a), porselen inley restorasyonun aynı kenarının oklüzalinde 0.074N/mm^2 olduğu saptandı (Tablo 13, Grafik 2a). Yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde, altın inleyde 0.33N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 12, Grafik 1a), porselen inleyde 0.335N/mm^2 olduğu tespit edildi (Tablo 12, Grafik 1a). Restorasyonların vestibül yüzeylerinin servikal düğüm noktalarına gelindiğinde, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarında altın ve porselen inley restorasyonlarında 0.8N/mm^2'lik gerilme oluşurken (Tablo 13, Grafik 2d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarda altın inleyde 10.3N/mm^2'lik, porselen inleyde de 10.4N/mm^2'lik gerilme değerleri izlendi (Tablo 12, Grafik 1d).

Matematik modelde açılmış ve çeşitli materyallerle restore edilmiş olan servikal kavitenin pulpa-aksiyal duvarı boyunca karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilme değerlerinin, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarında (Tablo 15, Grafik 4a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarında meydana gelen gerilme değerlerinden (Tablo 14, Grafik 3a-d) daha düşük olduğu görüldü.

Matematik modeldeki 5. sınıf kavitenin ZOE simanıyla geçici olarak restore edildiği düşünülen model tipinde, restorasyonun pulpa-aksiyal duvarının distal kenarının oklüzalinde 0.028N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 15, Grafik 4a), aynı kenarın servikalinde 0.04N/mm^2'ye (Tablo 15, Grafik 4d) ulaştığı, mezial kenarının oklüzalinde ise 0.132N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 14, Grafik 3a), aynı kenarın servikalinde 0.265N/mm^2'ye yükseldiği belirlendi (Tablo 14, Grafik 3d).

Hazırlanan 5. sınıf kavitenin tabanı ile birlikte gingival duvarına da yerleştirilen cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozitle restorasyonunun gerçekleştirildiği düşünülen matematik model tipinde, pulpa-aksiyal duvarın yükün direkt uygulanmadığı distal tarafındaki kenarının oklüzalinde 0.023N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 15, Grafik 4a), aynı kenarın servikalinde 0.035N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 15, Grafik 4d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde hesaplanan 0.119N/mm^2'lik gerilme değerinin ise (Tablo 14, Grafik 3a), aynı kenarın servikalinde 0.254N/mm^2' olduğu saptandı (Tablo 14, Grafik 3d).

Diş modelindeki servikal kavitenin yanlızca tabanına yerleştirildiği düşünülen cam iyonomer simanı üzerine konan mikrodoldurucuiu kompozitle restorasyonun gerçekleştirildiği düşünülen model tipinde, pulpa-aksiyal duvarın yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.023N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 15, Grafik 4a), aynı kenarın servikalinde 0.035N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 15, Grafik 4d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde oluşan 0.119N/mm^2'lik gerilme değerinin ise (Tablo 14, Grafik 3a), aynı kenarın servikalinde 0.245N/mm^2'ye ulaştığı belirlendi (Tablo 14, Grafik 3d).

Matematik modeldeki servikal kavitenin amalgam ile restorasyonunun gerçekleştirildiğinin düşünüldüğü model tipinde, pulpa-aksiyal duvarın distal kenarının oklüzalinde 0.019N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 15, Grafik 4a), aynı kenarın servikalinde 0.036N/mm^2'ye yükselirken (Tablo 15, Grafik 4d), mezial kenarının oklüzalinde 0.109N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 14, Grafik 3a), aynı kenarın servikalinde 0.229N/mm^2'ye yükseldiği görüldü (Tablo 14, Grafik 3d).

Kaviteye yerleştirildiği düşünülen kompozit inley restorasyonlu matematik model tipinin, pulpa-aksiyal duvarının distal kenarının oklüzalinde oluşan 0.018N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 15, Grafik 4a), aynı kenarın servikalinde 0.037N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 15, Grafik 4d), mezial kenarının oklüzalinde ise 0.106N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 14, Grafik 3a), aynı kenarın servikalinde 0.229N/mm^2'ye ulaştığı saptandı (Tablo 14, Grafik 3d). Porselen ve altın inley ile restorasyonların yapıldığı düşünülen matematik model tiplerinde, pulpa-aksiyal duvarın distal kenarının oklüzalinde 0.017N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 15, Grafik 4a), aynı kenarın servikalinde porselen inleyde 0.049N/mm^2'ye, altın inleyde ise 0.051N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 15, Grafik 4d), her iki restorasyonun mezial kenarının oklüzalinde saptanan 0.09N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 14, Grafik 3a), aynı kenarın servikalinde porselen inleyde 0.205N/mm^2'ye, altın inleyde ise 0.206N/mm^2'ye yükseldiği tespit edildi (Tablo 14, Grafik 3d).

Matematik modelde hazırlanan servikal kavitenin çeşitli materyallerle restore edildiği model tiplerinde, mine-dentin sınırına rastlayan kısmında, yükün uygulandığı mezial tarafta bulunan düğümlerde karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmelerin (Tablo 16, Grafik 5a-d), yükün direkt uygulanmadığı distal tarafta bulunan düğümlerdeki gerilmelerden daha yüksek olduğu izlendi (Tablo 17, Grafik 6a-d).

ZOE simanı ile 5. sınıf kavitenin geçici olarak restore edildiği düşünülen matematik model tipinin mine-dentin sınırına rastlayan distal kenarının oklüzalinde 0.042N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 17, Grafik 6a), aynı kenarın servikalinde

0.29N/mm^2 olduğu (Tablo 17, Grafik 6d), mezial kenarının oklüzalinde ise 0.202N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 16, Grafik 5a), aynı kenarın servikalinde 1.091N/mm^2'ye ulaştığı belirlendi (Tablo 16, Grafik 5d).

Matematik modelde açılmış olan bir 5. sınıf kavitenin tabanı ile gingival duvarına yerleştirilen cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu bir kompozitle restorasyonunun gerçekleştirildiği düşünülen model tipinde, mine-dentin sınırına rastlayan distal kenarın oklüzalinde 0.043N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 17, Grafik 6a), aynı kenarın servikalinde 0.166N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 17, Grafik 6d), mezial kenarın oklüzalinde ise 0.199N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 16, Grafik 5a), aynı kenarın servikalinde 1.29N/mm^2 olduğu saptandı (Tablo 16, Grafik 5d).

Yanlızca kavite tabanına konan cam iyonomer simanı üzerinde yerleştirilen mikrodolduruculu bir kompozitle 5. sınıf kole kavitesinin restorasyonunun düşünüldüğü matematik model tipinde, mine-dentin sınırına rastlayan distal kenarın oklüzalinde 0.044N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 17, Grafik 6a), aynı kenarın servikalinde 0.164N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 17, Grafik 6d), mezial kenarın oklüzalinde ise 0.209N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 16, Grafik 5a), aynı kenarın servikalinde 1.28N/mm^2'ye ulaştığı tespit edildi (Tablo 16, Grafik 5d).

Bukko-servikal bölgesinde hazırlanan 5. sınıf kavitenin amalgamla restore edildiği düşünülen matematik model tipinin mine-dentin sınırına rastlayan distal kenarının oklüzalinde 0.044N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 17, Grafik 6a), aynı kenarın servikalinde 0.108N/mm^2 olduğu (Tablo 17, Grafik 6d), mezial kenarın oklüzalinde ise 0.207N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 16, Grafik 5a), aynı kenarın servikalinde 1.39N/mm^2'ye yükseldiği saptandı (Tablo 16, Grafik 5d).

Matematik modelin bukko-servikalinde açılan 5. sınıf kavitenin kompozit inleyle restore edildiği düşünülen tipinde, mine-dentin sınırına rastlayan distal kenarın oklüzalinde amalgamla aynı değerde bir gerilme izlenirken (Tablo 17, Grafik 6a), aynı kenarın servikalinde amalgamdan farklı olarak 0.101N/mm^2'lik bir gerilme değeri saptandı (Tablo 17, Grafik 6d). Aynı inceleme bölgesinde mezial kenarın hem oklüzalinde hem de servikalinde amalgamda görülen gerilme değerlerinin meydana geldiği görüldü (Tablo 16, Grafik 5a, 5d).

Model üzerinde açılan 5. sınıf kavitenin altın ve porselen inleyle restore edildiği düşünülen matematik model tiplerinin, mine-dentin sınırına rastlayan distal kenarlarının oklüzalinde 0.051N/mm^2'lik ve 0.049N/mm^2'lik gerilme değerlerinin (Tablo 17, Grafik 6a), aynı kenarın servikalinde 0.15N/mm^2'ye ve 0.13N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 17, Grafik 6d), tespit edilirken aynı inceleme bölgesinin mezialdeki kenarının oklüzalinde

her iki materyalde de görülen 0.237N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 16, Grafik 5a), aynı kenarın servikalinde yine her iki restorasyonda da 1.40N/mm^2'ye ulaştığı saptandı (Tablo 16, Grafik 5d).

Matematik modelin bukko-servikalinde açılan ve çeşitli materyallerle restore edilen kole kavitesinin kaide materyali ile restoratif materyal arasında kalan duvarına tekabül eden kısmında, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının (Tablo 19, Grafik 8a-d), yükün uygulandığı mezial kenarına (Tablo 18, Grafik 7a-d) nazaran daha düşük gerilme değerleri gösterdiği, duvarın hem mezial hem de distal kenarlarının servikalinde (Tablo 18, 19, Grafik 7d, 8d) izlenen gerilme değerlerinin her iki kenarın oklüzalinde oluşan gerilmelerden (Tablo 18, 19, Grafik 7a, 8a) daha yüksek olduğu belirlendi. Bu bölgede; kavite açılmasını takiben yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde oluşan 0.037N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 19, Grafik 8a), aynı kenarın servikalinde 0.084N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 19, Grafik 8d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde ise 0.151N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 18, Grafik 7a), aynı kenarın servikalinde 0.449N/mm^2 olduğu (Tablo 18, Grafik 7d) saptandı.

Sonlu elemanlar metoduyla hazırlanan üst 1. premoların matematik modelinin bukko-servikalinde hazırlanan kole kavitesinin, bu bölgesindeki distal kenarının oklüzalinde amalgam ve ZOE simanlı restorasyonlarda 0.025N/mm^2 olarak tespit edilen gerilme değerinin, porselen ve altın inley restorasyonlarında 0.023N/mm^2 olduğu, kompozit inley restorasyonunda ise 0.024N/mm^2 olan gerilme değerini, 0.027N/mm^2'lik gerilme değeriyle yanlızca kavite tabanında bulunan cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozit restorasyonunun ve bu materyalide aynı kenarın oklüzalinde oluşan gerilme değerleri yönünden 0.026N/mm^2'lik gerilme değeri ile hem kavite tabanında hemde gingival duvarında cam iyonomer bulunan mikrodolduruculu kompozit restorasyonun izlediği tespit edildi (Tablo 19, Grafik 8a). Yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise ZOE siman restorasyonunda 0.108N/mm^2 olan gerilme değerinin amalgam restorasyonunda 0.10N/mm^2, altın ve porselen inley restorasyonlarda 0.115N/mm^2 ve 0.114N/mm^2, kompozit inley restorasyonda 0.101N/mm^2 ve iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer simanı üzerine konan mikrodolduruculu kompozit restorasyonlarda da 0.105N/mm^2 olduğu saptandı (Tablo 18, Grafik 7a). Aynı inceleme bölgesinde yükün uygulanmadığı distal taraftaki kenarın servikalinde ise ZOE ve altın inley restorasyonunda oluşan 0.051N/mm^2'lik gerilme değerini 0.05N/mm^2'lik bir değerle porselen inleyin, 0.045N/mm^2'lik bir değerle hem kavite tabanında hem de gingival duvarında cam iyonomer bulunan mikrodolduruculu kompozit restorasyonunun izlediği, 0.044N/mm^2'lik bir değerle sadece kavite tabanında cam iyonomer kaide bulunan mikrodolduruculu kompozit restorasyonun bu materyalin ardından geldiği, amalgam resto-

rasyonunun ise bu düğüm noktasındaki 0.042N/mm^2'lik gerilme değerinin, 0.041N/mm^2'lik bir gerilme değeri gösteren kompozit inley restorasyonundan daha yüksek olduğu belirlendi (Tablo 19, Grafik 8d). Yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın servikalinde ise en yüksek gerilmelerin 0.3N/mm^2 ile ZOE simanı ve altın inley restorasyonlarında oluştuğu, bu restorasyonları 0.295N/mm^2'lik gerilme değeri ile iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozit restorasyonların izlediği, porselen inley restorasyonda bu değerin 0.29N/mm^2 olduğu amalgam ve kompozit inley restorasyonlarında ise 0.287N/mm^2'lik gerilme değeri ile bu inceleme bölgesinde izlenen gerilme değerleri yönünden tüm restorasyonların en gerisinde yeraldıkları tespit edildi (Tablo 18, Grafik 7d).

5.3. 3. TİP YÜKLEMEDE (Y-3) GERİLME DEĞERLERİ

Sonlu elemanlar metoduyla 3 boyutlu olarak gerçekleştirilen üst 1. premoların matematik modelinin lingual tüberkülünün mezial eğimine yayılı yük uygulanması sonucunda, modelin vestibül yüzünde servikal bölgedeki mine dokusunda bulunan ve ilerde bir 5. sınıf kavitenin açılacağı diş bölgelerini temsil eden düğümlerde karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmeler Tablo 20, 21, Grafik 1,2'de gösterildi. Bu metoda göre hazırlanan matematik modelin vestibül yüzünde yükün direkt olarak uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.084N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 21, Grafik 2a), aynı kenarın servikalinde 0.390N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 21, Grafik 2d), buna karşın yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde 0.143N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 20, Grafik 1a), aynı kenarın servikalinde 5.55N/mm^2'ye ulaştığı saptandı (Tablo 20, Grafik 1d).

İlerde açılacak bir 5. sınıf kavitenin pulpa-aksiyal duvarının yeralacağı bölgeye tekabül eden dentin dokusunda, 3. tip yük uygulaması sonucunda oluşan ve karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilme değerlerinin, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarda (Tablo 23, Grafik 4a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenardan (Tablo 22, Grafik 3a-d) daha düşük olduğu saptandı. 5. sınıf kavitenin açılacağı matematik modeldeki pulpa-aksiyal duvarın yükün direkt uygulanmadığı distal tarafındaki kenarının oklüzalinde oluşan 0.01N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 23, Grafik 4a), servikalde 0.02N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 23, Grafik 4d), aynı duvarın yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde 0.076N/mm^2 olan gerilme değerinin ise (Tablo 22, Grafik 3a), servikalde 0.099N/mm^2'ye yükseldiği belirlendi (Tablo 22, Grafik 3d).

Sonlu elemanlar metoduyla hazırlanan diş modelinde mezial ve distalde minedentin sınırını oluşturan elemanların düğüm noktalarındaki gerilmelerin yükün direkt uy-

gulanmadığı distal taraftaki kenarda (Tablo 25, Grafik 6a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenara (Tablo 24, Grafik 5a-d) nazaran daha düşük olduğu tespit edildi. Ve yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.034N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 25, Grafik 6a), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.109N/mm^2 olduğu (Tablo 24, Grafik 5a), oluşan bu gerilmelerin yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın servikalinde 0.077N/mm^2'ye (Tablo 25, Grafik 6d), mezial taraftaki kenarın servikalinde ise 0.787N/mm^2'ye yükseldiği görüldü (Tablo 24, Grafik 5d).

İleride matematik diş modelinin servikal bölgesinde açılacak bir 5. sınıf kavitenin kaide maddesi ile restoratif materyal arasında yer alacak olan duvara tekabül eden ve dentin dokusunda yeralan sağlıklı diş modeli bölgesinde oluşan gerilmelerin yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarında izlenen değerlerinin (Tablo 27, Grafik 8a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarında izlenen gerilme değerlerinden daha düşük olduğu görüldü (Tablo 26, Grafik 7a-d). Yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.009N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 27, Grafik 8a), aynı kenarın servikalinde 0.028N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 27, Grafik 8d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.072N/mm^2 olarak tespit edilen gerilme değerinin (Tablo 26, Grafik 7a) ise aynı kenarın servikalinde 0.175N/mm^2'ye ulaştığı belirlendi (Tablo 26, Grafik 7d).

3 boyutlu olarak hazırlanan matematik diş modelinin servikal bölgesinde açılan bir kole kavitesinin 3. tip yükleme sonrasında vestibül yüzeyinin mezial ve distal kenarlarında karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilme değerlerinin, oklüzalden servikale gidildikçe arttığı (Tablo 20, 21, Grafik 1a-d, 2a-d) ve yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarda oluşan gerilme değerlerinin (Tablo 20, Grafik 1a-d), yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarda oluşan gerilme değerlerine nazaran daha yüksek olduğu görüldü (Tablo 21, Grafik 2a-d). Buna göre, yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.178N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 20, Grafik 1a), servikalde 5.3N/mm^2'ye ulaştığı (Tablo 20, Grafik 1d), yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde ise 0.046N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 21, Grafik 2a), aynı kenarın servikalinde 0.4N/mm^2'lik bir değerde olduğu belirlendi (Tablo 21, Grafik 2d).

Matematik modelin bukko-servikalindeki 5. sınıf kavitenin pulpa-aksiyal duvarının direkt yük uygulanmadığı distal tarafındaki kenarı boyunca izlenen gerilme değerlerinin (Tablo 23, Grafik 4a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarı boyunca izlenen gerilmelerden (Tablo 22, Grafik 3a-d) daha düşük olduğu saptandı. Direkt yük uygulanmayan distal taraftaki kavite kenarının oklüzal düğüm noktasında 0.022N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 23, Grafik 4a), servikalde 0.012/Nmm^2'ye ulaştığı (Tablo 23, Gra-

fik 4d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kavite kenarının oklüzalinde 0.100N/mm^2 olan gerilme değerinin ise (Tablo 22, Grafik 3a), aynı kenarın servikalinde 0.186N/mm^2'ye yükseldiği belirlendi (Tablo 22, Grafik 3d). Kavitenin pulpa-aksiyal duvarının her iki kenarında izlenen gerilme değerlerinin tek bir nokta haricinde (Tablo 22, 23 Grafik 3a-c-d, 4a-d), vestibülde izlenen gerilme değerlerinden daha düşük olduğu saptandı (Tablo 20, 21, Grafik 1a-d, 2a-d).

Matematik modeldeki 5. sınıf kavitenin mine-dentin sınırına rastlayan kısmında, karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilme değerlerinin, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde saptanan 0.018N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 25, Grafik 6a), aynı kenarın servikalinde 0.088N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 25, Grafik 6d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 0.114N/mm^2 olarak tespit edilen gerilme değerinin (Tablo 24, Grafik 5a), aynı kenarın servikalinde 0.761N/mm^2'ye ulaştığı saptandı (Tablo 24, Grafik 5d).

Matematik modeldeki 5. sınıf kavitenin ZOE şimanıyla geçici olarak restorasyonunun gerçekleştirildiği düşünüldüğünde, 3. tip yükleme sonrasında materyalin vestibül yüzünün yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.04N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 21, Grafik 2a), aynı kenarın servikalinde 0.238N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 21, Grafik 2d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde ise 0.132N/mm^2 olarak tespit edilen gerilme değerinin (Tablo 20, Grafik 1a), aynı kenarın servikalinde 4.5N/mm^2'lik bir değerde olduğu saptandı (Tablo 20, Grafik 1d).

Sonlu elemanlar metoduyla hazırlanan matematik modeldeki 5. sınıf kavitenin gerek tabanına gerekse gingival duvarına yerleştirildiği düşünülen cam iyonomer simanı üzerine konan mikrodolduruculu bir kompozit restorasyonunun, vestibül yüzünde yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.051N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 21, Grafik 2a), aynı kenarın servikalinde 0.238N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 21, Grafik 2d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde oluşan 0.123N/mm^2'lik gerilme değerinin ise (Tablo 20, Grafik 1a), aynı kenarın servikalinde 5.1N/mm^2'ye yükseldiği tespit edildi (Tablo 20, Grafik 1d).

Diş modelinin bukko-servikalinde hazırlanan kole kavitesinin yanlızca tabanına yerleştirilen cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozit restorasyonunun vestibül yüzünün mezial ve distal kenarlarının oklüzal düğümlerinde kavite tabanıyla birlikte gingival duvarında da cam iyonomer kaide bulunan mikrodolduruculu kompozitte görülen gerilme değerleri izlenirken (Tablo 20, 21, Grafik 1a, 2a), disto-servikal düğümde 0.25N/mm^2'lik (Tablo 21, Grafik 2d), mezio-servikal düğümde 5.3N/mm^2'lik gerilme değerleri görüldü (Tablo 20, Grafik 1d).

Aynı inceleme bölgesinde matematik modeldeki 5. sınıf servikal kavitenin restorasyonu için yerleştirildiği düşünülen amalgamın vestibül yüzünün, yükün direkt uygulanmadığı distal tarafındaki kenarının oklüzalinde 0.06N/mm^2'lik gerilmenin oluştuğu (Tablo 21, Grafik 2a), bu değerin aynı kenarın servikalinde 0.35N/mm^2'ye ulaştığı (Tablo 21, Grafik 2d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde ise 0.125N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 20, Grafik 1a), aynı kenarın servikalinde 5.9N/mm^2'ye yükseldiği saptandı (Tablo 20, Grafik 1d).

Matematik modelin servikalinde açılan 5. sınıf kavitenin restorasyonunda kullanıldığı düşünülen kompozit inleyin vestibül yüzünün, yükün direkt uygulanmadığı distal tarafındaki kenarının oklüzalinde 0.064N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 21, Grafik 2a), aynı kenarın servikalinde 0.39N/mm^2'ye ulaştığı (Tablo 21, Grafik 2d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde ise 0.125N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 20, Grafik 1a), aynı kenarın servikalinde 6N/mm^2 olduğu tespit edildi (Tablo 20, Grafik 1d).

Sonlu elemanlar metoduyla hazırlanmış olan matematik modeldeki 5. sınıf kavitenin restorasyonunda kullanılan materyaller, vestibül yüzeylerindeki gerilme miktarı açısından incelendiğinde, altın inleyin vestibül yüzeyinin yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.058N/mm^2'lik gerilme değeri saptanırken (Tablo 21, Grafik 2a), aynı kenarın servikalinde 0.39N/mm^2'ye ulaştığı (Tablo 21, Grafik 2d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde ise 0.162N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 20, Grafik 1a), aynı kenarın servikalinde 6.5N/mm^2'ye yükseldiği saptandı (Tablo 20, Grafik 1d).

Hazırlanan 5. sınıf kaviteye yerleştirildiği düşünülen porselen inley restorasyonunun vestibül yüzünün distal kenarının oklüzalinde 0.087N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 21, Grafik 2a), aynı kenarın servikalinde 0.65N/mm^2 olduğu (Tablo 21, Grafik 2d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 0.13N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 20, Grafik 1a), aynı kenarın servikalinde 6.6N/mm^2 olduğu belirlendi (Tablo 20, Grafik 1d).

Matematik modelde açılmış ve çeşitli materyallerle restore edilmiş olan servikal kavitenin pulpa-aksiyal duvarı boyunca karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilme değerlerinin yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarında (Tablo 23, Grafik 4a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarında meydana gelen gerilme değerlerinden (Tablo 22, Grafik 3a-d) daha düşük olduğu görüldü.

Matematik modeldeki 5. sınıf kavitenin ZOE simanıyla geçici olarak restore edildiği düşünülen model tipinde, restorasyonun pulpa-aksiyal duvarının distal kenarının oklüzalinde 0.017 N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 23, Grafik 4a), aynı kenarın servikalinde 0.009 N/mm^2'lik bir değerde olduğu (Tablo 23, Grafik 4d), mezial kenarın oklüzalinde ise 0.082 N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 22, Grafik 3a), aynı kenarın servikalinde 0.15 N/mm^2'ye yükseldiği belirlendi (Tablo 22, Grafik 3d).

Hazırlanan 5.sınıf kavitenin tabanı ile birlikte gingival duvarına da yerleştirilen cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozitle restorasyonunun gerçekleştirildiği düşünülen matematik model tipinde, pulpa-aksiyal duvarın yükün direkt uygulanmadığı distal tarafındaki kenarının oklüzalinde 0.014 N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 23, Grafik 4a), aynı kenarın servikalinde 0.019 N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 23, Grafik 4d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.078 N/mm^2'lik gerilme değerinin ise (Tablo 22,Grafik 3a), aynı kenarın servikalinde 0.133 N/mm^2'ye yükseldiği saptandı (Tablo 22, Grafik 3d).

Diş modelindeki servikal kavitenin yanlızca tabanına yerleştirildiği düşünülen cam iyonomer simanı üzerine konan mikrodolduruculu kompozitle restorasyonunun gerçekleştirildiği düşünülen model tipinde, pulpa-aksiyal duvarın yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.014 N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 23, Grafik 4a), aynı kenarın servikalinde 0.019 N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 23, Grafik 4d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde oluşan 0.078N/mm^2'lik gerilme değerinin ise (Tablo 22, Grafik 3a), aynı kenarın servikalinde 0.126 N/mm^2'ye ulaştığı belirlendi (Tablo 22, Grafik 3d).

Matematik modeldeki servikal kavitenin amalgam ile restorasyonunun gerçekleştirildiğinin düşünüldüğü model tipinde, pulpa-aksiyal duvarın distal kenarının oklüzalinde 0.012 N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 23, Grafik 4a), aynı kenarın servikalinde 0.019 N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 23, Grafik 4d), mezial kenarın oklüzalinde ise 0.076 N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 22, Grafik 3a), servikalde 0.109 N/mm^2'ye ulaştığı saptandı (Tablo 22, Grafik 3d).

Açılan 5. sınıf kavitenin kompozit inleyle restorasyonunun gerçekleştirildiğinin düşünüldüğü model tipinde, pulpa-aksiyal duvarın distal kenarının oklüzalinde 0.011 N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 23, Grafik 4a), aynı kenarın servikalinde 0.018 N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 23, Grafik 4d), mezial kenarın oklüzalinde ise 0.074 N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 22, Grafik 3a), aynı kenarın servikalinde 0.128 N/mm^2'ye ulaştığı görüldü (Tablo 22, Grafik 3d).

Porselen ve altın inley restorasyonlarının yapıldığı düşünülen matematik model tiplerinde, pulpa-aksiyal duvarın distal kenarının oklüzalinde 0.010 N/mm^2'lik ve 0.015 N/mm^2'lik gerilme değerleri saptanırken (Tablo 23, Grafik 4a), aynı kenarın servikalinde 0.027 N/mm^2'ye ve 0.030 N/mm^2'ye varan değerlerin oluştuğu (Tablo 23, Grafik 4d), mezial kenarın oklüzalinde ise 0.067 N/mm^2 ve 0.065 N/mm^2 olan gerilme değerlerinin (Tablo 22, Grafik 3a), aynı kenarın servikalinde her iki restorasyonda da 0.13 N/mm^2'ye ulaştığı saptandı (Tablo 22, Grafik 3d).

Matematik modelde hazırlanan servikal kavitenin çeşitli materyallerle restore edildiği model tiplerinde, mine-dentin sınırına rastlayan kısmında, yükün uygulandığı mezial tarafta bulunan düğümlerde karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilmelerin (Tablo 24, Grafik 5a-d), yükün direkt uygulanmadığı distal tarafta bulunan düğümlerdeki gerilmelerden daha yüksek olduğu izlendi (Tablo 25, Grafik 6a-d).

ZOE simanı ile 5.sınıf kavitenin geçici olarak restore edildiği düşünülen matematik model tipinin, mine-dentin sınırına rastlayan distal kenarının oklüzalinde 0.020 N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 25, Grafik 6a), aynı kenarın servikalinde 0.035 N/mm^2 olduğu (Tablo 25,Grafik 6d), mezial kenarın oklüzalinde ise 0.089 N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 24, Grafik 5a), aynı kenarın servikalinde 0.633 N/mm^2 olduğu belirlendi (Tablo 24, Grafik 5d).

Matematik modelde açılmış olan bir 5.sınıf kavitenin tabanı ile gingival duvarına yerleştirilen cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu bir kompozitle restorasyonunun gerçekleştirildiği düşünülen model tipinde, mine-dentin sınırına rastlayan distal kenarın oklüzalinde 0.025 N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 25, Grafik 6a), aynı kenarın servikalinde 0.026 N/mm^2 olduğu (Tablo 25, Grafik 6d), mezial kenarın oklüzalinde ise 0.09 N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 24, Grafik 5a), aynı kenarın servikalinde 0.703 N/mm^2'ye yükseldiği saptandı (Tablo 24, Grafik 5d).

Yanlızca kavite tabanına konan cam iyonomer simanı üzerine yerleştirilen mikrodolduruculu bir kompozitle 5.sınıf kole kavitesinin restorasyonunun düşünüldüğü matematik model tipinde, mine-dentin sınırına rastlayan distal kenarın oklüzalinde 0.025 N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 25,Grafik 6a), aynı kenarın servikalinde 0.027 N/mm^2 olduğu (Tablo 25, Grafik 6d), mezial kenarın oklüzalinde ise 0.090 N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 24,Grafik 5a), aynı kenarın servikalinde 0.723 N/mm^2'ye yükseldiği tespit edildi (Tablo 24, Grafik 5d).

Bukko-servikal bölgesinde hazırlanan 5.sınıf kavitenin amalgamla restore edildiği düşünülen matematik model tipinin mine-dentin sınırına rastlayan distal kenarının oklüzalinde 0.029 N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 25,Grafik 6a), aynı kenarın ser-

vikalinde 0.047 N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 25,Grafik 6d), mezial kenarın oklüzalinde ise 0.094 N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 24, Grafik 5a), aynı kenarın servikalinde 0.805 N/mm^2'ye ulaştığı saptandı (Tablo 24, Grafik 5d).

Matematik modelin bukko-servikalinde açılan 5.sınıf kavitenin kompozit inleyle restore edildiği düşünülen tipinde, mine-dentin sınırına rastlayan distal kenarın oklüzalinde 0.030 N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 25, Grafik 6a), aynı kenarın servikalinde 0.053 N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 25, Grafik 6d), mezial kenarın oklüzalinde ise 0.096 N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 24, Grafik 5a), aynı kenarın servikalinde 0.825 N/mm^2'ye ulaştığı izlendi (Tablo 24, Grafik 5d).

Model üzerinde açılan 5.sınıf kavitenin altın ve porselen inleyle restore edildiği düşünülen matematik model tiplerinin, mine-dentin sınırına rastlayan distal kenarlarının oklüzalinde 0.026 N/mm^2 ve 0.041 N/mm^2 olan gerilme değerlerinin (Tablo 25,Grafik 6a), aynı kenarın servikalinde 0.081 N/mm^2'ye ve 0.117 N/mm^2'ye yükseldiği (Tablo 25, Grafik 6d) tespit edilirken, aynı inceleme bölgesinin mezial kenarının oklüzalinde 0.131 N/mm^2 ve 0.116 N/mm^2 olan gerilme değerlerinin(Tablo 24, Grafik 5a), aynı kenarın servikalinde 0.903 N/mm^2'ye ve 0.912 N/mm^2'ye yükseldiği görüldü (Tablo 24, Grafik 5d).

Matematik modelin bukko-servikalinde açılan ve çeşitli materyallerle restore edilen kole kavitesinin kaide materyali ile restoratif materyal arasında kalan duvarına tekabül eden kısmında, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın (Tablo 27,Grafik 8a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenara (Tablo 26, Grafik 7a-d) nazaran daha düşük gerilme değerleri gösterdiği, duvarın mezial kenarının servikalinde (Tablo 26, Grafik 7d) izlenen gerilme değerlerinin kenarın oklüzalinde oluşan gerilmeden daha yüksek olduğu belirlendi (Tablo 26, Grafik 7a). Bu bölgede kavite açılmasını takiben yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde oluşan 0.021 N/mm^2'lik gerilme değerinin (Tablo 27, Grafik 8a), aynı kenarın servikalinde 0.015 N/mm^2 olduğu (Tablo 27, Grafik 8d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 0.087 N/mm^2 olan gerilme değerinin (Tablo 26, Grafik 7a), aynı kenarın servikalinde 0.244 N/mm^2'ye ulaştığı saptandı (Tablo 26, Grafik 7d).

Sonlu elemanlar metoduyla hazırlanan üst 1. premoların matematik modelinin bukko-servikalinde hazırlanan kole kavitesinin bu bölgesinin distal duvarının oklüzalinde, ZOE simanlı ve iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer üzerine konan mikrodolduruculu kompozit restorasyonlarda 0.011 N/mm^2 olan gerilme değerinin, amalgam restorasyonunda 0.009 N/mm^2, porselen inley restorasyonunda 0.007 N/mm^2, kompozit inley restorasyonunda 0.008 N/mm^2 ve altın inley restorasyonunda da 0.016 N/mm^2

değerinde olduğu (Tablo 27, Grafik 8a), aynı kenarın servikalinde ise gerilme değerlerinin ZOE siman restorasyonunda 0.014 N/mm^2'ye, iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozit restorasyonlarında 0.020 N/mm^2'ye, amalgam restorasyonunda 0.025 N/mm^2'ye, porselen inley restorasyonunda 0.032 N/mm^2'ye, kompozit inley restorasyonunda 0.026 N/mm^2'ye ve altın inley restorasyonunda da 0.031 N/mm^2'ye yükseldiği belirlendi (Tablo 27, Grafik 8d).

Yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise ZOE siman restorasyonu, iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodoldrurucu-lu kompozit restorasyonları, amalgam ve kompozit inley restorasyonları ~0.06 N/mm^2'lik gerilme değerleri gösterirken, porselen inley restorasyonunda 0.077 N/mm^2'lik, altın inley restorasyonunda 0.080 N/mm^2'lik gerilmelerin oluştuğu (Tablo 26,Grafik 7a), bu değerlerin aynı kenarın servikalinde ZOE siman restorasyonu, iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozit restorasyonları, amalgam ve kompozit inley restorasyonlarında 0.17 N/mm^2'ye, porselen inley ve altın inley restorasyonlarında 0.18 N/mm^2'ye yükseldiği tespit edildi (Tablo 26, Grafik 7d).

5.4. 1. TİP YÜKLEMEDE YER DEĞİŞTİRME DEĞERLERİ

Sonlu elemanlar metoduyla 3 boyutlu olarak gerçekleştirilen üst 1. premoların matematik modelinin vestibül yüzünde, servikal bölgedeki mine dokusunda bulunan ve ileride bir 5.sınıf kavitenin açılacağı diş bölgelerini temsil eden elemanların düğümlerinde, 1.tip yükleme sonucunda oluşan maksimum deplasmanlar Tablo 28, 29, Grafik 9, 10 'da gösterildi. Bu metoda göre hazırlanan matematik modelin vestibül yüzeyini oluşturan mezial ve distal kenarların oklüzalinde izlenen 0.36 μm-0.37 μm'lik max. yer değiştirme değerinin (Tablo 28,29, Grafik 9a,10a), servikale doğru kavite ara katmanlarında 0.34 μm-0.35 μm (Grafik 9b,10b) ve 0.31 μm-0.32 μm'ye (Grafik 9c,10c), her iki kenarın servikalinde ise 0.25 μm'ye kadar düştüğü tespit edildi (Tablo 28,29, Grafik 9d,10d).

İlerde açılacak bir kavitenin pulpa-aksiyal duvarının yeralacağı bölgeye tekabül eden dentin dokusunda 1.tip yükleme sonucunda oluşan max. yer değiştirme değerlerinin (Tablo 30,31, Grafik 11a-d,12a-d), vestibül yüzdeki mine dokusunda izlenen max. yer değiştirme değerlerinden daha düşük olduğu belirlendi (Tablo 28,29, Grafik 9a-d, 10a-d). Yine bu bölgede mezial ve distal kenarların oklüzalinde 0.30-0.31 μm arasında görülen max. yer değiştirme değerinin (Tablo 30,31, Grafik 11a,12a), servikale doğru kavite ara katmanlarında 0.27-0.28 μm (Tablo 30,31, Grafik 11b, 12b) ve 0.23-0.24 μm'ye (Tablo 30,31, Grafik 11c, 12c), servikalde ise her iki kenarda 0.16 μm'ye düştüğü görüldü (Tablo 30,31, Grafik 11d,12d).

Sonlu elemanlar metoduyla hazırlanan diş modelinde mine-dentin sınırının mezial ve distal kenarlarını oluşturan elemanların düğümlerindeki max. yer değiştirmelerin (Tablo 32,33, Grafik 13a-d, 14a-d), gerek miktar gerekse dağılım karakteri açısından daha çok vestibül yüzü oluşturan mineye benzerlik gösterdiği saptandı (Tablo 28,29, Grafik 9a-d, 10a-d). Bu yüzeyin mezial ve distal kenarlarının oklüzal kısmında 0.35-0.36 µm'lık bir max. deplasman izlenirken (Tablo 32,33, Grafik 13a, 14a), bu miktarın servikale doğru kavite ara katmanlarında 0.33-0.34 µm'ye (Tablo 32,33, Grafik 13b, 14b) ve 0.30 ve 0.32 µm'ye düştüğü (Tablo 32, 33, Grafik 13c, 14c) servikalde ise her iki kenarda 0.24 µm'ye düştüğü belirlendi (Tablo 32, 33, Grafik 13d, 14d).

İlerde diş modelinin servikal bölgesinde açılacak bir kole kavitesinin kaide maddesi ile restoratif materyal arasında yeralacak olan yüzeye tekabül eden ve dentin dokusunda yeralan sağlıklı diş modeli bölgesinde mezial ve distal kenarlar boyunca oluşan max. deplasmanların oklüzalde 0.31-0.32 µm iken (Tablo 34,35, Grafik 15a,16a), servikale gidildikçe kavite ara katmanlarında 0.28-0.29 µm (Tablo 34,35,Grafik 15b,16b) ve 0.25-0.26 µm'ye (Tablo 34,35, Grafik 15c,16c), servikalde ise 0.17-0.18 µm'ye düştüğü saptandı (Tablo 34,35, Grafik 15d,16d).

3 boyutlu olarak hazırlanan matematik diş modelinde servikal bölgede açılan bir kole kavitesinin vestibül yüzünde 1.tip yükleme sonucunda oluşan max. yer değiştirme miktarlarının sağlıklı diş modelinde oluşan max. yer değiştirme miktarlarına nazaran arttığı izlendi (Tablo 28,29, Grafik 9a-d, 10a-d). Artan bu yer değiştirme miktarı, kavitenin vestibül yüzünü oluşturan mezial ve distal kenarların oklüzalinde 0.83-0.85 µm iken (Tablo 28,29, Grafik 9a,10a), kavite ara katmanlarında bu değerlerin 0.77-0.79 µm (Tablo 28,29, Grafik 9b,10b) ve 0.72-0.73 µm'ye (Tablo 28,29, Grafik 9c,10c), kavite servikalinde ise 0.35-0.34 µm'ye düştüğü belirlendi (Tablo 28,29, Grafik 9d,10d).

Kavitenin pulpa-aksiyal duvarının 1.tip yük uygulaması sonucunda gösterdiği max. yer değiştirme miktarının (Tablo 30,31, Grafik 11a-d, 12a-d), vestibül duvarda izlenen max. yer değiştirme miktarından daha düşük olduğu tespit edildi (Tablo 28,29, Grafik 9a-d, 10a-d). Duvarın mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.54-0.55 µm olan max. deplasmanın (Tablo 30,31, Grafik 11a,12a), servikale doğru gidildikçe kavite ara katmanlarında 0.46-0.48 µm'ye (Tablo 30,31, Grafik 11b,12b) ve 0.39-0.40 µm'ye (Tablo 30,31, Grafik 11c, 12c), servikalde ise her iki kenarda 0.23 µm'ye düştüğü saptandı (Tablo 30,31, Grafik 11d,12d).

Kavitenin mine-dentin sınırına rastlayan kısmında oluşan max. yer değiştirme miktarlarının (Tablo 32,33, Grafik 13a-d, 14a-d), vestibül yüzde oluşan değerlerden daha düşük olduğu görüldü (Tablo 28,29,Grafik 9a-d, 10a-d). Bu bölgedeki max. yer değiştirmelerin, mezial ve distal kenarların oklüzalinde 0.77-0.79 µm iken (Tablo 32,33,

Grafik 13a,14a), servikale doğru kavite ara katmanlarında 0.74-0.75 μm (Tablo 32,33, Grafik 13b,14b) ve 0.67-0.69 μm'ye (Tablo 32,33, Grafik 13c,14c) ve her iki kenarın servikalinde ise 0.31 μm'ye düştüğü görüldü (Tablo 32,33, Grafik 13d,14d).

Üst 1. premoların matematik modelinde hazırlanan servikal kavite, çeşitli restoratif materyallerle restore edildiğinde, 1.tip yükleme sonucunda materyallerin gösterdikleri max. yer değiştirmelerin, kavite açıldığında izlenen değerlere kıyasla tüm inceleme bölgelerinde daha düşük olduğu belirlendi (Tablo 28-35, Grafik 9-16).

Matematik modelde hazırlanan 5.sınıf kavitenin vestibül yüzü boyunca kaviteye uygulanmış olan materyallerden ZOE simanının en fazla yer değiştiren materyal olduğu görüldü (Tablo 28,29, Grafik 9a-d,10a-d), restorasyonun vestibül yüzeyinin mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.68-0.70 μm olan max. yer değiştirme miktarının (Tablo 28,29, Grafik 9a,10a), kavite ara katmanlarında 0.63-0.65μm'ye (Tablo 28,29, Grafik 9b,10b) ve 0.58-0.59 μm'ye (Tablo 28,29, Grafik 9c,10c), her iki kenarın servikalinde ise 0.31 μm'ye düştüğü saptandı (Tablo 28,29, Grafik 9d,10d).

İki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodoldurucu kompozit restorasyonlarının ZOE simanından sonra, kavite açılmasını takiben oluşan max. yer değiştirme miktarına en yakın cevabı veren restorasyonlar olduğu tespit edildi (Tablo 28,29, Grafik 9a-d,10a-d). Bu restorasyonlarda, kavitenin bu bölgesinin mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.55-0.58 μm arasında değişen max. yer değiştirmeler görülürken (Tablo 28,29, Grafik 9a,10a), kavite ara katmanlarında 0.51-0.53 μm (Tablo 28,29, Grafik 9b,10b) ve 0.47-0.49 μm'ye (Tablo 28,29, Grafik 9c,10c), her iki kenarın servikalinde ise ~0.29 μm'ye varan max. yer değiştirmeler tespit edildi (Tablo 28,29, Grafik 9d,10d).

Hazırlanan 5.sınıf kaviteye yerleştirildiği düşünülen amalgamın vestibül yüzünün mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.46-0.47 μm'lik max. deplasman değerinin (Tablo 28,29, Grafik 9a,10a), servikale doğru kavite ara katmanlarında 0.42-0.44 μm (Tablo 28,29, Grafik 9b,10b) ve 0.39-0.40 μm'lik (Tablo 28,29, Grafik 9c,10c) servikalde ise her iki kenarda 0.27 μm'lik max. yer değiştirme değeri gösterdiği saptandı (Tablo 28,29,Grafik 9d,10d).

Matematik modeldeki 5.sınıf kaviteye yerleştirildiği düşünülen kompozit inleyin ise vestibül yüzünün mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.44-0.45 μm'lik bir max. deplasman izlenirken (Tablo 28,29,Grafik 9a,10a), bu değerlerin servikale doğru kavite ara katmanlarında 0.40-0.42 μm'ye (Tablo 28,29,Grafik 9b,10b) ve 0.37-0.38 μm'ye (Tablo 28,29, Grafik 9c,10c) servikalde ise her iki kenarda 0.26 μm'lik bir değere ulaştığı saptandı (Tablo 28,29, Grafik 9d,10d).

Yapılan restorasyonlar max. yer değiştirme miktarı açısından incelendiklerinde;bu restorasyonları vestibül yüzeyinin mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.33-0.34 µm'lik (Tablo 28,29,Grafik 9a,10a) ve kavite ara katmanlarında 0.30-0.31 µm (Tablo 28,29, Grafik 9b,10b) ve 0.29 µm'lik (Tablo 28,29,Grafik 9c,10c), vestibül yüzün her iki kenarının servikalinde ise 0.24 µm'lik max. yer değiştirme değeri gösteren porselen inleyin izlediği saptandı (Tablo 28,29, Grafik 9d,10d).

Matematik modeldeki 5.sınıf kavitenin restorasyonunda kullanılan altın inleyin ise kullanılan tüm materyallere kıyasla max. yer değiştirme açısından vestibül yüzde en az yer değiştiren materyal olduğu ve bu materyalin mezial ve distal kenarların oklüzalinde 0.32-0.33 µm arasında değişen max. yer değiştirme değerlerinin (Tablo 28,29, Grafik 9a,10a), kavite ara katmanlarında 0.30-0.31 µm (Tablo 28,29, Grafik 9b,10b) ve 0.28-0.29 µm değerlerine (Tablo 28,29,Grafik 9c,10c), her iki kenarın servikalinde ise 0.24 µm değerine ulaştığı görüldü (Tablo 28,29, Grafik 9d,10d).

Çeşitli materyallerle restore edilmiş olan matematik modeldeki 5.sınıf kavitenin pulpa-aksiyal duvarı boyunca izlenen max. yer değiştirme değerlerinin (Tablo 30,31, Grafik 11a-d, 12a-d), vestibülde izlenen değerlerden daha düşük olduğu tespit edildi (Tablo 28,29,Grafik 9a-d, 10a-d).

Hazırlanan matematik modelde 5.sınıf kavitenin açılmasından sonra pulpa-aksiyal duvarda meydana gelen max. yer değiştirme miktarına en yakın miktarın kavitenin ZOE simanıyla restore edilmesinden sonra oluştuğu belirlendi. Bu duvarda da oklüzalden servikale gidildikçe max. deplasman değerlerinin azaldığı saptandı (Tablo 30,31,Grafik 11a-d,12a-d). ZOE siman restorasyonunun pulpa-aksiyal duvarının mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.47-0.48 µm'lik (Tablo 30,31,Grafik 11a,12a), kavite ara katmanlarında 0.40-0.41 µm'lik(Tablo 30,31, Grafik 11b,12b) ve 0.34-0.35 µm'lik (Tablo 30,31, Grafik 11c,12c), her iki kenarın servikalinde de 0.20-0.21 µm'lik (Tablo 30,31,Grafik 11d, 12d) max. deplasman miktarları saptandı.

İki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodoldurucu kompozitlerle restorasyonu yapılan 5.sınıf kavitenin pulpa-aksiyal duvarının mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.40-0.41 µm'lik (Tablo 30,31,Grafik 11a,12a), kavite ara katmanlarında 0.35-0.36 µm'lik (Tablo 30,31, Grafik 11b,12b) ve 0.30-0.31 µm'lik (Tablo 30,31, Grafik 11c,12c), her iki kenarın servikalinde ise 0.18–0.19 µm'lik (Tablo 30,31, Grafik 11d,12d) max. yer değiştirme değerleri tespit edildi.

Matematik modelde hazırlanan 5.sınıf kaviteye yerleştirildiği düşünülen amalgam restorasyonunun, bu duvarının mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.35-0.36 µm'lik (Tablo 30,31, Grafik 11a,12a), kavite ara katmanlarında 0.30-0.32 µm'lik (Tablo

30,31, Grafik 11b,12b) ve 0.26-0.27 μm'lik (Tablo 30,31, Grafik 11c,12c), her iki kenarın servikalinde ise 0.17 μm'lik bir max. yer değiştirme değeri belirlendi (Tablo 30,31, Grafik 11d,12d).

Sonlu elemanlar metoduyla hazırlanan diş modelinin bukko-servikalinde açılan 5.sınıf kavitenin restorasyonunda kullanılan kompozit inleyin bu duvarının mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.34-0.35 μm'lik max. deplasman değeri saptanırken (Tablo 30,31,Grafik 11a,12a), kavite ara katmanlarında 0.30-0.31 μm (Tablo 30,31, Grafik 11b,12b) ve 0.26 μm'ye (Tablo 30,31, Grafik 11c,12c) varan değerler gösterdiği, bu değerlerin her iki kenarın servikalinde ~ 0.17 μm'ye düştüğü saptandı (Tablo 30,31, Grafik 11d,12d).

5.sınıf kaviteye yerleştirildiği düşünülen porselen inleyin ise pulpa-aksiyal duvarın mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.28-0.29 μm'lik (Tablo 30,31, Grafik 11a,12a), kavite ara katmanlarında 0.25-0.26 μm (Tablo 30,31, Grafik 11b,12b) ve 0.22-0.23 μm'lik (Tablo 30,31,Grafik 11c,12c), her iki kenarın servikalinde ise 0.15 μm 'lik max. deplasman değerlerinin oluştuğu (Tablo 30,31,Grafik 11d,12d) saptanırken; altın inleyin vestibül yüzde olduğu gibi bu inceleme bölgesinde de tüm restorasyonlardan daha az deplasman değeri gösterdiği belirlendi. Restorasyonun bu duvarının mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde 0.27-0.28 μm'lik (Tablo 30,31, Grafik 11a,12a), kavite ara katmanlarında 0.25-0.26 μm ve 0.22-0.23 μm'lik (Tablo 30,31, Grafik 11b-c,12b-c) ve her iki kenarın servikalinde 0.15 μm'lik değerlerde yer değiştirdiği tespit edildi (Tablo 30,31, Grafik 11d,12d).

Restorasyonların mine-dentin sınırına rastlayan kısımlarında görülen yer değiştirmeler incelendiğinde; inceleme bölgesinde kavite açılmasından sonra görülen max. yer değiştirmelere en yakın değerlerin ZOE siman restorasyonunda meydana geldiği; bunu farklı iki şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozit restorasyonlarının, amalgam,kompozit, porselen ve altın inley restorasyonlarının izlediği görüldü (Tablo 32,33, Grafik 13a-d,14a-d). Bu inceleme bölgesinde de oklüzalden servikale doğru gidildikçe yer değiştirme değerlerinin azaldığı (Tablo 32,33,Grafik 13a-d,14a-d) ve servikalde mezial ve distal kenarlarda materyallerin verdikleri yer değiştirme cevaplarının birbirine yaklaştığı belirlendi (Tablo 32,33, Grafik 13d,14d). Mine-dentin sınırına rastlayan bu inceleme bölgesinde izlenen max. yer değiştirmelerin (Tablo 32,33,Grafik 13a-d,14a-d) daha çok vestibül yüzdeki max. deplasman değerlerine yakın (Tablo 28,29, Grafik 9a-d,10a-d), pulpa-aksiyal duvarda oluşan max. deplasman değerlerinden ise yüksek olduğu tespit edildi (Tablo 30,31, Grafik 11a-d, 12a-d).

Kavitenin kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki duvarının mezial ve distal kenarlarında; kavitenin yanlızca ZOE simanıyla kapatılmış olduğu durumda elde

edilen max. deplasman değerlerinin herhangi bir materyal ile restore edilmemiş kavitenin max. deplasman değerlerine yakın olduğu görüldü (Tablo 34,35,Grafik 15a-d,16a-d). Bu duvarda izlenen deplasman değerlerinin pulpa-aksiyal duvar değerlerine yakın olup (Tablo 30,31, Grafik 11a-d, 12a-d); tüm matematik model tiplerinin servikaldeki max. yer değiştirmeler yönünden birbirine benzer cevaplar verdiği tespit edildi (Tablo 34,35, Grafik 15d,16d). İncelenen bu duvarda da diğer inceleme bölgelerinde olduğu gibi tüm analizi yapılan matematik model tiplerinde oluşan max. deplasmanların oklüzalden servikale doğru azaldığı belirlendi (Tablo 34,35, Grafik 15a-d,16a-d).

5.5. 2. TİP YÜKLEMEDE YER DEĞİŞTİRME DEĞERLERİ

Sonlu elemanlar metoduyla 3 boyutlu olarak gerçekleştirilen üst 1. premoların matematik modelinin vestibül yüzünde servikal bölgedeki mine dokusunda bulunan ve ilerde bir 5. sınıf kavitenin açılacağı diş bölgelerini temsil eden elemanların düğüm noktalarında; oklüzal yüzeyin mezial tarafından tek nokta kontaktını taklit edecek şekilde yük uygulanması sonucu oluşan maksimum deplasmanlar Tablo 36,37, Grafik 17a-d,18a-d'de gösterildi. Bu metoda göre hazırlanan diş modelinin vestibül yüzeyinin, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalindeki 0.45 μm'lik yer değiştirmenin servikale gidildikçe kavite ara katmanlarında 0.32 μm ve 0.21 μm'lik deplasman değerlerine ve servikalde de 0.07 μm'ye düştüğü belirlendi (Tablo 37, Grafik 18a-d). Yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.83 μm olan yer değiştirme miktarının, servikale doğru kavite ara katmanlarında 0.74 μm ve 0.65 μm'ye düştüğü ve bu değerlerin servikalde 0.50 μm'ye ulaştığı izlendi (Tablo 36, Grafik 17a-d).

İlerde açılacak bir kavitenin pulpa-aksiyal duvarının yeralacağı bölgeye tekabül eden dentin dokusunda kuvvet uygulanması sonucu oluşan yer değiştirmelerin miktarının, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarında (Tablo 39,Grafik 20a-d) yükün uygulandığı mezial taraftaki kavite kenarından daha düşük olduğu Tablo 38, Grafik 19a-d'de gösterildi. Duvarın, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.46 μm'lik bir deplasman oluşurken; servikale doğru kavite ara katmanlarında bu değerin 0.33 μm ve 0.21 μm'ye; servikalde ise 0.071 μm'ye düştüğü (Tablo 39, Grafik 20a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde ise 0.78 μm'lik bir deplasman izlenirken, bu değerin kavite ara katmanlarında 0.67 μm ve 0.55 μm'ye ve de servikalde 0.35 μm'ye düştüğü tespit edildi (Tablo 38, Grafik 19a-d).

Sonlu elemanlar metoduyla hazırlanan matematik diş modelinde mine-dentin sınırının mezial ve distal kenarlarındaki düğüm noktalarında oluşan yer değiştirmelerin

(Tablo 40,41, Grafik 21a-d,22a-d), vestibül yüzeydeki mine dokusuna benzer değerlerde olduğu (Tablo 36,37, Grafik 17a-d,18a-d) ve oklüzalden servikale gidildikçe oluşan deplasman miktarlarının azaldığı saptandı (Tablo 40,41, Grafik 21a-d,22a-d). Mine-dentin sınırında yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.46 µm'lik bir deplasman oluşurken, bu değerin kavite ara katmanlarında 0.33 µm ve 0.21 µm'ye düştüğü, servikalde ise 0.075 µm'lik bir değere ulaştığı (Tablo 41, Grafik 22a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.83 µm olan yer değiştirmenin kavite ara katmanlarında 0.73 µm ve 0.64 µm olduğu, bu değerlerin servikalde 0.49 µm'ye düştüğü görüldü (Tablo 40, Grafik 21a-d).

İlerde diş modelinin servikal bölgesinde açılacak bir kole kavitesinin, kaide maddesi ile restoratif materyal arasında yeralacak olan duvara tekabül eden ve dentin dokusunda yeralan, sağlıklı diş modeli bölgesinde oluşan deplasmanların, kuvvetin direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarında (Tablo 43, Grafik 24a-d), kuvvetin uygulandığı mezial taraftaki kenarından daha düşük olduğu görüldü (Tablo 42, Grafik 23a-d). Yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.46 µm'lik bir deplasman görülürken, servikale doğru bu değerin kavite ara katmanlarında 0.33 µm ve 0.22 µm'ye ve servikalde de 0.075 µm'ye düştüğü saptandı (Tablo 43, Grafik 24a-d). Yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzal kısmında oluşan 0.79 µm'lik yer değiştirmenin kavite ara katmanlarında 0.68 µm ve 0.59 µm'ye, servikalde de 0.39 µm'ye varan değerler gösterdiği belirlendi (Tablo 42, Grafik 23a-d).

3 boyutlu olarak hazırlanan diş modelinin servikal bölgesinde açılan bir kavitenin vestibül yüzeyinin mezial ve distal kenarlarında 2.tip yükleme sonucu oluşan yer değiştirme miktarlarının sağlıklı diş modelinde oluşan yer değiştirme miktarlarına oranla arttığı izlendi (Tablo 36,37, Grafik 17a-d,18a-d). Artan bu yer değiştirme miktarının, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.71 µm'lik bir değer gösterdiği, bu değerin kavite ara katmanlarında 0.53 µm ve 0.40 µm'ye, servikalde ise 0.13 µm'ye düştüğü (Tablo 37, Grafik 18a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 1.33 µm'lik deplasman miktarının kavite ara katmanlarında 1.26 µm ve 1.17 µm'ye, servikalde de 0.56 µm'ye varan değerlerde olduğu görüldü (Tablo 36, Grafik 17a-d).

Kavitenin pulpa-aksiyal duvarının, direkt yük uygulanmadığı distal taraftaki kenarı boyunca izlenen yer değiştirme miktarlarının (Tablo 39, Grafik 20a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki duvar boyunca izlenen deplasman değerlerinden daha düşük olduğu saptandı (Tablo 38, Grafik 19a-d). Direkt yük uygulanmayan distal taraftaki kavite kenarının oklüzalinde 0.56 µm olan deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.37 µm ve 0.21 µm'ye, kavite servikalinde ise 0.05 µm'ye düştüğü (Tablo39, Grafik 20a-d),

yükün uygulandığı mezial taraftaki kavite duvarının oklüzalinde 1.06 µm olan deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.91 µm ve 0.76 µm'ye, kavite servikalinde ise 0.42 µm'ye düştüğü tespit edildi (Tablo 38, Grafik 19a-d).

Kavitenin; mine-dentin sınırına rastlayan kısmında oluşan yer değiştirme miktarının (Tablo 40,41, Grafik 21a-d,22a-d), vestibül yüzeyde oluşan değerlere yakın olduğu görüldü (Tablo 36, 37, Grafik 17a-d, 18a-d). Bu bölgede yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.66 µm'lik deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.51 µm ve 0.37 µm'ye, kavite servikalinde ise 0.11 µm'ye düştüğü (Tablo 41, Grafik 22a-d), yükün direkt uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 1.29 µm olarak tespit edilen deplasman değerinin kavite ara katmanlarında 1.24 µm ve 1.11 µm'ye, kavite servikalinde ise 0.52 µm'ye düştüğü saptandı (Tablo 40, Grafik 21a-d).

Üst 1. premoların matematik modelinde hazırlanan servikal kavite; çeşitli restoratif materyallerle restore edildiğinde, materyallerin vestibül yüzeylerinde yük uygulaması sonucunda, gösterdikleri yer değiştirmelerin, kavite açıldığında izlenen değerlere kıyasla daha düşük olduğu belirlendi (Tablo 36,37, Grafik 17a-d,18a-d). Kavitenin vestibül yüzü boyunca uygulanmış olan materyallerden, ZOE simanının en fazla yer değiştiren materyal olduğu görüldü (Tablo 36,37, Grafik 17a-d,18a-d). Materyalin vestibül yüzünün, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.60 µm'lik yer değiştirme değeri görülürken, kavite ara katmanlarında 0.43 µm ve 0.30 µm'lik, kavite servikalinde de 0.10 µm'lik bir yer değiştirmenin olduğu (Tablo 37, Grafik 18a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 1.19 µm olan deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 1.10 µm ve 0.98 µm'ye, servikalde ise 0.53 µm'ye varan değerlerde olduğu saptandı (Tablo 36, Grafik 17a-d).

İki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodoldurucu kompozit restorasyonlar, ZOE simanından sonra, kavite açılmasını takiben vestibül yüzde oluşan yer değiştirme miktarlarına en yakın cevabı veren restorasyonlardır (Tablo 36,37, Grafik 17a-d,18a-d). Bu restorasyonların, vestibül yüzde yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.53 µm'lik bir deplasman değeri gösterdikleri, bu değerin, kavite ara katmanlarında 0.36 µm ve 0.23 µm olduğu, servikalde ise 0.08 µm'ye ulaştığı (Tablo 37,Grafik 18a-d), yükün direkt uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 1.07 µm olan deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında ~ 0.97 µm ve ~ 0.85 µm'ye, servikalde ise 0.51 µm'ye varan değerlere düştüğü belirlendi (Tablo 36, Grafik 17a-d).

İncelenen bu bölgede; kaviteye yerleştirildiği düşünülen amalgam restorasyonun ise yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.49 µm'lik bir deplasman değeri gösterdiği, bu değerin kavite ara katmanlarında 0.33 µm'ye ve 0.21

μm'ye düştüğü, servikalde ise 0.07 μm'ye ulaştığı (Tablo 37, Grafik 18a-d); yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise aynı restorasyonda izlenen 0.96 μm değerindeki deplasmanın, kavite ara katmanlarında 0.86 μm ve 0.75 μm'ye düşerken servikalde 0.51 μm'lik bir deplasman gösterdiği saptandı (Tablo 36, Grafik 17a-d).

Kompozit inleyin vestibül yüzünde ise yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.48 μm'lik bir deplasman görülürken, kavite ara katmanlarında 0.33 μm'lik ve 0.21 μm'lik yer değiştirme değerleri ve servikalde de 0.07 μm'lik deplasman değeri gösterdiği (Tablo 37, Grafik 18a-d); yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde görülen 0.93 μm'lik deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.83 μm ve 0.72 μm'ye, servikalde ise 0.50 μm'ye varan değerlerde olduğu tespit edildi (Tablo 36, Grafik17a-d).

Kullanılan materyaller vestibül yüzlerinde oluşan yer değiştirme miktarları açısından incelendiğinde, bu materyalleri; yükün uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.44 μm'lik, kavite ara katmanlarında 0.32 μm ve 0.21 μm'lik, servikalde ise 0.07 μm'lik deplasman değerleri gösteren porselen inleyin (Tablo 37, Grafik 18a-d); yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.79 μm'lik deplasman değeri verirken, kavite ara katmanlarında 0.70 μm ve 0.61 μm'lik ve de servikalde 0.50 μm'lik deplasman değerleri gösterdiği belirlendi (Tablo 36, Grafik 17a-d).

Altın inley restorasyonun ise, kullanılan tüm materyallerle yer değiştirme açısından karşılaştırılmasında, vestibül yüzde enaz yer değiştiren materyal olduğu ve bu materyalin, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.44 μm'lik bir deplasman gösterirken, kavite ara katmanlarında 0.32 μm'lik ve 0.21 μm'lik, servikalde ise 0.08 μm'lik deplasman gösterdiği (Tablo 37, Grafik 18a-d); yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise yer değiştirme miktarı 0.78 μm iken, kavite ara katmanlarında 0.69 μm ve 0.61 μm olduğu ,bu değerlerin servikalde ise 0.50 μm'ye kadar düştüğü belirlendi (Tablo 36, Grafik 17a-d).

Çeşitli materyallerle restore edilmiş matematik modeldeki 5. sınıf kavitenin, pulpa-aksiyal duvarı boyunca izlenen yer değiştirme miktarlarının, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarında (Tablo 39, Grafik 20a-d), yükün direkt uygulandığı mezial taraftaki kenarından daha düşük olduğu görüldü (Tablo 38, Grafik 19a-d). Bu yüzeyde de kavite açıldıktan sonra meydana gelen yer değiştirme miktarına en yakın miktarın ZOE siman restorasyonunda olduğu belirlendi. Restorasyonun bu duvarının yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.52 μm'lik bir deplasman görülürken, kavite ara katmanlarında bu değerin 0.35 μm ve 0.20 μm'ye ulaştığı ve servikalde de 0.045 μm'lik bir yer değiştirme gösterdiği (Tablo 39, Grafik 20a-d); buna karşın

yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalindeki 0.98 µm'lik yer değiştirme değerinin, kavite ara katmanlarında 0.84 µm ve 0.69 µm olduğu; servikalde ise 0.40 µm'ye düştüğü saptandı (Tablo 38, Grafik 19a-d).

İki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodoldurucu kompozit restorasyonlarının bu duvarların, direkt kuvvetin uygulanmadığı distal taraftaki kenarlarının oklüzalinde 0.49 µm'lik, kavite ara katmanlarında 0.34 µm'lik ve 0.20 µm'lik yer değiştirmeler görülürken, servikalde 0.04 µm'lik bir deplasman değeri saptandı (Tablo 39, Grafik 20a-d). Aynı restorasyonlar, yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.91 µm'lik, kavite ara katmanlarında ~0.78 µm'lik ve ~0.64 µm'lik yer değiştirmeler gösterirken, bu değerlerin servikalde 0.38 µm'ye düştüğü belirlendi (Tablo 38,Grafik 19a-d).

Bu restorasyonların ardından aynı inceleme bölgesinde; yerleştirildiği düşünülen amalgamın, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.48 µm'lik; kavite ara katmanlarında 0.33 µm'lik ve 0.20 µm'lik yer değiştirme değerleri gösterirken, servikalde 0.056 µm'lik yer değiştirme gösterdiği (Tablo 39, Grafik 20a-d); yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 0.85 µm'lik deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.72 µm ve 0.59 µm olduğu, bu değerlerin servikalde ise 0.37 µm'ye düştüğü görüldü (Tablo 38, Grafik 19a-d).

Aynı bölgede; kaviteye yerleştirildiği düşünülen kompozit inley restorasyonunun ise, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.47 µm'lik yer değiştirme miktarının, kavite ara katmanlarında 0.33 µm ve 0.20 µm'ye, servikalde ise 0.058 µm'ye düştüğü (Tablo 39, Grafik 20a-d); yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 0.84 µm olan yer değiştirme değerinin, kavite ara katmanlarında 0.71 µm ve 0.58 µm'ye, servikalde ise 0.36 µm'ye düştüğü izlendi (Tablo 38, Grafik 19a-d).

Porselen inley restorasyonunun pulpa-aksiyal duvarının; yükün direkt uygulanmadığı distal tataftaki kenarının oklüzalinde 0.45 µm'lik deplasman değeri görülürken, kavite ara katmanlarında bu değerin 0.33 µm ve 0.21 µm'ye; servikalde de 0.077 µm'ye varan bir değişim gösterdiği (Tablo 39, Grafik 20a-d); yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 0.75 µm olan deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.64 µm ve 0.53 µm'ye ve de servikalde 0.35 µm'ye kadar düştüğü belirlendi (Tablo 38,Grafik 19a-d).

Altın inley restorasyonu ise bu duvarın yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.45 µm'lik deplasman gösterirken bu değerin kavite ara katmanlarında 0.33 µm ve 0.21 µm'ye, servikalde ise 0.078 µm'ye varan bir değişim gösterdiği saptandı (Tablo 39, Grafik 20a-d). Aynı restorasyon, yükün uygulandığı mezial

taraftaki kenarın oklüzalinde 0.75 µm'lik deplasman gösterirken, kavite ara katmanlarında bu değerin 0.63 µm ve 0.53 µm'ye ve de servikalde 0.35 µm'ye düştüğü görüldü (Tablo 38, Grafik 19a-d).

Mine-dentin sınırında kavite açılmasından sonra görülen yer değiştirmelere en yakın değerlerin ZOE simanı ile sağlandığı (Tablo 40,41, Grafik 21a-d,22a-d), bunu; yükün uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde ve ara katmanlarında birbirine yakın değerlerle iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozitlerin, amalgam, kompozit, porselen ve altın inley restorasyonlarının izlediği (Tablo 41, Grafik 22a-c), aynı kenarın servikalinde ise bu homojenliğin kaybolup; porselen, altın inleylerin ve iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozitlerin ~0.08 µm'lik deplasman değeri ile ZOE simanının ardında yeraldıkları, bu restorasyonları 0.073 µm'lik deplasman değeri ile amalgam ve kompozit inley restorasyonların izlediği belirlendi (Tablo 41, Grafik 22d). Tüm restorasyonlarda yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarda izlenen deplasman değerlerinin, ZOE simanının gösterdiği deplasman değerlerinden daha düşük olduğu, bu siman restorasyonu; mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ve ara katmanlarında iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozitlerin, amalgamın, kompozit, porselen ve altın inley restorasyonlarının izlediği (Tablo 40, Grafik 21a-c), aynı kenarın servikalinde ise tüm materyallerin birbirine benzer değerde yer değiştirdiği saptandı (Tablo 40, Grafik 21d).

Çeşitli materyallerle restore edilmiş kavitenin kaide materyali ile restoratif materyali arasındaki duvarının, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarında (Tablo 43, Grafik 24a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarına nazaran daha düşük deplasman değerleri görülürken (Tablo 42, Grafik 23a-d), duvarın hem mezial hem de distal kenarlarında oklüzalden servikale gidildikçe deplasman değerlerinde düşme olduğu saptandı (Tablo 42,43, Grafik 23a-d,24a-d). Bu bölgede, kavite açılmasını takiben yükün uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde oluşan 0.58 µm'lik deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.40 µm'ye ve 0.24 µm'ye kavite servikalinde de 0.063 µm'ye varan bir azalma gösterdiği (Tablo 43, Grafik 24a-d); yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 1.12 µm olan deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 1.01 µm ve 0.91 µm olduğu; kavite servikalinde ise bu değerlerin 0.41 µm'ye ulaştığı tespit edildi (Tablo 42, Grafik 23a-d). Bu yüzde de kavite açılmasını takiben oluşan bu deplasman değerlerine en yakın değerlerin ZOE simanı ile sağlandığı saptandı (Tablo 42,43, Grafik 23a-d,24a-d). Yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde ve kavite ara katmanlarında iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozitlerin, amalgam, kompozit inley,

altın ve porselen inley restorasyonlarının gösterdikleri deplasman değerlerinin, ZOE simanının gösterdiği değerlere yakın olduğu (Tablo 43, Grafik 24a-c); kavite servikalinde ise porselen ve altın inley restorasyonlarının 0.09 µm'luk deplasman değeriyle, kavite açılmasını takiben bu bölgede oluşan deplasmandan daha yüksek bir değer gösterdikleri (Tablo 43, Grafik 24d); amalgam ve kompozit inley restorasyonların açılmış kavitede görülen deplasman değerlerine en fazla benzeyen değerleri gösteren materyaller olduğu; ZOE simanının ve iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozitlerin gösterdikleri ~0.05 µm'lik deplasman değerlerinin ise kavitenin açılmasını takiben oluşan deplasman değerlerinden daha düşük olduğu saptandı (Tablo 43, Grafik 24d). Yükün uygulandığı mezial tarafta da ZOE siman restorasyonun kavite açılmasını takiben görülen yer değiştirme miktarlarına en yakın cevapları veren materyal olduğu belirlendi. Bu materyali, duvarın mezial tarafındaki kenarının oklüzalinde ve kavite ara katmanlarında iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozitlerin, amalgamın, kompozit inleyin, porselen ve altın inleylerin izlediği (Tablo 42, Grafik 23a-c) servikalde ise yer değiştirme açısından materyaller arasında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edildi (Tablo 42, Grafik 23d).

5.6. 3. TİP YÜKLEMEDE YER DEĞİŞTİRME DEĞERLERİ

Sonlu elemanlar metoduyla 3 boyutlu olarak gerçekleştirilen üst 1. premoların matematik modelinin; oklüzal yüzeyinde lingual tüberkülün mezial eğimine dağılı yük uygulaması sonucunda vestibül yüzünde, servikal bölgedeki mine dokusunda bulunan ve ilerde bir 5. sınıf kavitenin açılacağı diş bölgelerini temsil eden elemanların köşe noktalarında oluşan max. deplasmanlar Tablo 44, 45, Grafik 25a-d, 26a-d'de gösterildi. Bu metoda göre hazırlanan diş modelinde, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde oluşan 0.32 µm'lik yer değiştirmenin, servikale gidildikçe kavite ara katmanlarında 0.24 µm ve 0.16 µm'lik deplasman değerlerine ve servikalde de 0.081 µm'ye düştüğü belirlendi (Tablo 45, Grafik 26a-d). Yükün uygulandığı mezial kısımdaki kenar boyunca, oklüzalde 0.43 µm olan yer değiştirme miktarının, servikale doğru kavite ara katmanlarında 0.37 µm ve 0.31 µm'ye düştüğü ve bu değerlerin servikalde 0.27 µm'ye düştüğü izlendi (Tablo 44, Grafik 25a-d).

İlerde açılacak bir kavitenin pulpa-aksiyal duvarının yeralacağı bölgeye tekabül eden dentin dokusunda kuvvet uygulanması sonucunda oluşan yer değiştirmelerin miktarının yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarında (Tablo 47, Grafik 28a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kavite kenarından daha düşük olduğu (Tablo 46, Grafik 27a-d) gösterildi. Yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde

0.28 μm'lik bir deplasman oluşurken, servikale doğru kavite ara katmanlarında bu değerin 0.20 μm ve 0.12 μm'ye, servikalde ise 0.045 μm'ye düştüğü (Tablo 47, Grafik 28a-d) yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 0.51 μm'lik bir deplasman değeri izlenirken, bu değerin kavite ara katmanlarında 0.43 μm ve 0.35 μm'ye, servikalde de 0.23 μm'ye düştüğü tespit edildi (Tablo 46, Grafik 27a-d).

Sonlu elemanlar metoduyla hazırlanan diş modelinde mine-dentin sınırını oluşturan elemanların köşe noktalarındaki yer değiştirmelerin (Tablo 48, 49, Grafik 29a-d, 30a-d) vestibül yüzeydeki mine dokusuna benzer değerlerde olduğu (Tablo 44, 45, Grafik 25a-d, 26a-d) ve oklüzalden servikale doğru gidildikçe deplasman miktarlarının azaldığı saptandı (Tablo 48, 49, Grafik 29a-d, 30a-d). Mine-dentin sınırında, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.3 μm'lik bir deplasman oluşurken, bu değerin kavite ara katmanlarında 0.23 μm ve 0.16 μm'ye düştüğü; kavite servikalinde ise 0.076 μm'lik bir yer değiştirmenin oluştuğu (Tablo 49, Grafik 30a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.46 μm olan yer değiştirme miktarının kavite ara katmanlarında 0.38 μm ve 0.33 μm'ye servikalde de 0.27 μm'ye varan değerlere ulaştığı görüldü (Tablo 48, Grafik 29a-d).

İlerde diş modelinin servikal bölgesinde açılacak bir kole kavitesinin kaide maddesi ile restoratif materyalinin arasında yer alacak olan duvara tekabül eden ve dentin dokusunda yeralan; sağlıklı diş modeli bölgesinde oluşan deplasmanların, kuvvetin direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarında (Tablo 51, Grafik 32a-d) kuvvetin uygulandığı mezial taraftaki kenarından daha düşük olduğu görüldü (Tablo 50, Grafik 31a-d). Yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.29 μm'lik bir deplasman değeri görülürken, servikale doğru bu değerin kavite ara katmanlarında 0.20 μm ve 0.13 μm'ye, servikalde ise 0.055 μm'ye düştüğü saptandı (Tablo 51, Grafik 32a-d). Yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzal kısmında oluşan 0.50 μm'lik yer değiştirme miktarının, kavite ara katmanlarında 0.43 μm ve 0.36 μm'ye, servikalde ise 0.24 μm'ye varan değerler gösterdiği belirlendi (Tablo 50, Grafik 31a-d).

3 boyutlu olarak hazırlanan diş modelinde, servikal bölgede hazırlandığı düşünülen bir kole kavitesinin, vestibül yüzeyinde; 3. tip yük uygulanması sonucunda oluşan yer değiştirme miktarlarının kavitenin disto-servikal kenarları dışındaki tüm katmanlarında sağlıklı diş modelinde oluşan yer değiştirme miktarlarına nazaran arttığı izlendi (Tablo 44, 45, Grafik 25a-d, 26a-c). Artan bu yer değiştirme miktarlarının, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.36 μm'lik bir değer gösterdiği, bu değerin kavite ara katmanlarında 0.27 μm ve 0.17 μm'ye; kavite servikalinde ise 0.031 μm'ye (Tablo 45, Grafik 26a-d) düştüğü, yükün uygulandığı mezial taraftaki kavite kenarının oklüzalinde 0.61 μm'lik deplasman miktarının kavite ara katmanlarında 0.57 μm ve

0.52 µm'ye, kavite servikalinde de 0.27 µm'ye varan değerlerde olduğu görüldü (Tablo 44, Grafik 25a-d).

Kavitenin pulpa-aksiyal duvarının direkt yük uygulanmadığı distal taraftaki kenarı boyunca izlenen yer değiştirme miktarlarının (Tablo 47, Grafik 28a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarı boyunca izlenen deplasman değerlerinden daha düşük olduğu saptandı (Tablo 46, Grafik 27a-d). Direkt yük uygulanmayan distal taraftaki kavite kenarının oklüzalinde 0.32 µm olan deplasman değerinin kavite ara katmanlarında 0.22 µm ve 0.13 µm'ye; kavite servikalinde ise 0.026 µm'ye düştüğü (Tablo 47, Grafik 28a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kavite kenarının oklüzalinde 0.62 µm olan deplasman değerinin kavite ara katmanlarında 0.52 µm ve 0.43 µm'ye, kavite servikalinde ise 0.24 µm'ye düştüğü tespit edildi (Tablo 46, Grafik 27a-d).

Direkt yükün uygulanmadığı distal taraftaki kenarın servikalinde bulunan köşe noktası hariç (Tablo 47, Grafik 28d), kavitenin pulpa-aksiyal duvarını meydana getiren elemanların köşe noktalarının tümünde (Tablo 46, 47, Grafik 27a-d, 28a-c) kavite açılmasını takiben oluşan deplasman değerlerinin sağlık diş modelinin pulpa-aksiyal duvarında meydana gelen deplasman değerlerinden daha yüksek olduğu belirlendi (Tablo 46, 47, Grafik 27a-d, 28a-d).

Kavitenin mine-dentin sınırına rastlayan kısmında oluşan yer değiştirme miktarının (Tablo 48, 49, Grafik 29a-d, 30a-d) vestibül yüzeyde oluşan değerlere yakın olduğu görüldü (Tablo 44, 45, Grafik 25a-d, 26a-d). Bu bölgede yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kavite kenarının oklüzalinde saptanan 0.36 µm'lik deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.26 µm ve 0.17 µm'ye, kavite servikalinde ise 0.03 µm'ye düştüğü; (Tablo 49, Grafik 30a-d) yükün direkt uygulandığı mezial taraftaki kavite kenarının oklüzalinde ise 0.63 µm olarak tespit edilen deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.58 µm ve 0.52 µm'ye, kavite servikalinde ise 0.26 µm'ye düştüğü saptandı (Tablo 48, Grafik 29a-d).

Üst 1. premoların matematik modelinde hazırlanan servikal kavite, çeşitli restoratif materyallerle restore edildiğinde, materyallerin yük uygulaması sonucunda gösterdikleri yer değiştirmelerin, kavite açıldığında izlenen değerlere kıyasla inceleme bölgelerinin büyük bir kısmında daha düşük olduğu belirlendi . Restoratif materyallerle restore edildiği düşünülen kavitenin vestibül yüzünde; yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarda oluşan yer değiştirme değerlerinin (Tablo 45, Grafik 26a-d), yükün direkt uygulandığı mezial taraftaki kenarda izlenen deplasman değerlerinden düşük olduğu belirlendi (Tablo 44, Grafik 25a-d). Kaviteye yerleştirildiği düşünülen ZOE simanının bu yüzünde, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.35 µm olan

deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.24 µm ve 0.15 µm'ye, servikalde ise 0.041 µm'ye varan değerlere indiği görülürken (Tablo 45, Grafik 26a-d) yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.56 µm olan deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.50 µm ve 0.44 µm'ye, servikalde ise 0.26 µm'ye düştüğü izlendi (Tablo 44, Grafik 25a-d).

İki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodoldurucu kompozit restorasyonların, ZOE simanından sonra kavite açılmasını takiben vestibül yüzde oluşan yer değiştirme miktarına en yakın cevapları veren restorasyonlar olduğu tespit edildi. Bu materyallerin vestibül yüzeylerinin, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarlarının oklüzalinde 0.34 µm'lik deplasman değeri gösterdikleri, bu değerin kavite ara katmanlarında 0.24 µm ve 0.15 µm olduğu, kavite servikalinde ise 0.053 µm'ye ulaştığı (Tablo 45, Grafik 26a-d), yükün direkt uygulandığı mezial taraftaki kenarlarının oklüzalinde 0.51 µm olan deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.45 µm ve 0.39 µm'ye, servikalde ise 0.26 µm'ye düştüğü belirlendi (Tablo 44, Grafik 25a-d).

Kaviteye yerleştirildiği düşünülen amalgam restorasyonunun vestibül yüzünde, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde 0.33 µm'lik bir deplasman değeri görülürken; bu değerin kavite ara katmanlarında 0.24 µm ve 0.16 µm'ye düştüğü; kavite servikalinde ise 0.065 µm'ye ulaştığı (Tablo 45, Grafik 26a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise aynı restorasyonun 0.47 µm olan deplasman değeri kavite ara katmanlarında 0.41 µm ve 0.35 µm'ye düşerken, servikalde 0.26 µm'lik bir deplasman değeri gösterdiği saptandı (Tablo 44, Grafik 25a-d). Kompozit inley restorasyonunun aynı duvarının, yükün direkt uygulanmadığı distal tarafındaki kenarının oklüzal kısmında 0.33 µm'lik bir deplasman görülürken, kavite ara katmanlarında 0.24 µm'lik ve 0.16 µm'lik yer değiştirme değerleri ve servikalde de 0.068 µm'lik deplasman değeri izlenirken (Tablo 45, Grafik 26a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde görülen 0.47 µm'lik deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.40 µm ve 0.34 µm'ye, servikalde de 0.26 µm'ye düştüğü tespit edildi (Tablo 44, Grafik 25a-d).

Yapılan restorasyonlar, vestibül yüzlerinde oluşan yer değiştirme miktarları açısından incelendiğinde, kullanıldığı düşünülen porselen inley restorasyonun, yükün uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.32 µm olan yer değiştirme değerinin, kavite ara katmanlarında 0.24 µm ve 0.17 µm'ye servikalde ise 0.088 µm'ye düştüğü (Tablo 45, Grafik 26a-d) yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde görülen 0.41 µm'lik deplasman değerinin ise kavite ara katmanlarında 0.35 µm ve 0.30 µm'ye, servikal de ise 0.26 µm'ye varan değerlerde olduğu izlendi (Tablo 44, Grafik 25a-d).

Restorasyonda kullanıldığı düşünülen bir diğer materyal olan altın inleyin vestibül yüzünün, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.25 μm olan deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.19 μm ve 0.12 μm'ye düştüğü ve servikalde 0.057 μm'ye ulaştığı (Tablo 45, Grafik 26a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.41 μm olan deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.36 μm ve 0.32 μm iken, servikalde 0.28 μm'ye düştüğü saptandı (Tablo 44, Grafik 25a-d).

Restore edilmiş kavitenin pulpa-aksiyal duvarı boyunca izlenen yer değiştirme miktarlarının, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarında; (Tablo 47, Grafik 28a-d) yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarından daha düşük olduğu görüldü (Tablo 46, Grafik 27a-d). ZOE simanının bu duvarının, yükün direkt uygulanmadığı distal tarafındaki kenarının oklüzalinde 0.31 μm'lik bir deplasman görülürken, kavite ara katmanlarında bu değerin 0.21 μm ve 0.12 μm'ye ulaştığı ve servikalde de 0.031 μm'lik bir yer değiştirme gösterdiği (Tablo 47, Grafik 28a-d), buna karşın yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.59 μm'lik yer değiştirme değerinin, kavite ara katmanlarında 0.50 μm ve 0.41 μm olduğu, bu değerlerin servikalde 0.24 μm'ye kadar düştüğü saptandı (Tablo 46, Grafik 27a-d).

İki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodoldurucu kompozit restorasyonlarının bu duvarlarının, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarlarının oklüzalinde 0.30 μm'lik, kavite ara katmanlarında 0.21 μm ve 0.12 μm'lik yer değiştirmeler izlenirken, bu değerlerin servikalde 0.036 μm'ye ulaştığı saptandı (Tablo 47, Grafik 28a-d). Aynı duvarın, yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde 0.56 μm'lik, kavite ara katmanlarında 0.47 μm'lik ve ~ 0.39 μm'lik yer değiştirmeler görülürken, bu değerlerin servikalde 0.23 μm'ye düştüğü belirlendi (Tablo 46, Grafik 27a-d).

Bu restorasyonların ardından aynı inceleme bölgesinde; yapıldığı düşünülen bir amalgam restorasyonunun, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.29 μm'lik, kavite ara katmanlarında 0.20 μm'lik ve 0.13 μm'lik yer değiştirme değerleri görülürken servikalde 0.041 μm'lik bir yer değiştirme saptandığı (Tablo 47, Grafik 28a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 0.54 μm'lik deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.45 μm ve 0.37 μm olduğu bu değerlerin servikalde 0.23 μm'ye düştüğü görüldü (Tablo 46, Grafik 27a-d).

Kompozit inley restorasyonunun aynı duvarının, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde oluşan 0.29 μm'lik yer değiştirme miktarının, kavite ara katmanlarında 0.20 μm ve 0.12 μm'ye, servikalde ise 0.042 μm'ye ulaştığı (Tablo 47, Grafik 28a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 0.53 μm

olan yer değiştirme değerinin, kavite ara katmanlarında 0.45 µm'ye ve 0.36 µm'ye, servikalde ise 0.23 µm'ye düştüğü izlendi (Tablo 46, Grafik 27a-d).

Porselen inley restorasyonu, pulpa-aksiyal duvarında, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.28 µm'lik deplasman değeri gösterirken, bu değerin kavite ara katmanlarında 0.20 µm ve 0.12 µm'ye; servikalde de 0.049 µm'ye varan bir değişim gösterdiği (Tablo 47, Grafik 28a-d), yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 0.49 µm olan deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.41 µm ve 0.34 µm'ye, servikalde ise 0.23 µm'ye düştüğü belirlendi (Tablo 46, Grafik 27a-d).

Altın inley restorasyonu, pulpa-aksiyal duvarında, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının oklüzalinde 0.24 µm'lik deplasman gösterirken, bu değerin kavite ara katmanlarında 0.17 µm ve 0.11 µm'ye; kavite servikalinde ise 0.04 µm'ye varan bir değişim gösterdiği saptandı (Tablo 47, Grafik 28a-d). Aynı restorasyonun, yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarının oklüzalinde gösterdiği 0.47 µm'lik deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.40 µm'ye ve 0.33 µm'ye, servikalde ise 0.22 µm'ye düştüğü görüldü (Tablo 46, Grafik 27a-d).

Mine-dentin sınırında kavite açılmasından sonra görülen yer değiştirmelere en yakın değerlerin, ZOE siman restorasyonu ile sağlandığı; bunu yükün uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde ve ara katmanlarında birbirine yakın değerlerle; farklı iki şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozitlerin, amalgam, kompozit inley, porselen ve altın inley restorasyonların izlediği (Tablo 49, Grafik 30a-c), aynı kenarın servikalinde ise homojenliğin bozulup porselen inley restorasyonunun 0.08 µm'lk deplasman değerini, 0.06 µm'lik deplasman değeriyle amalgam ve kompozit inley restorasyonlarının izlediği, altın inley restorasyonunun 0.057 µm'lik deplasman değerinin ardından, 0.05 µm'lik yer değiştirme değerine sahip farklı iki şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozit restorasyonların geldiği belirlendi (Tablo 49, Grafik 30d). Tüm restorasyonlarda yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarda izlenen deplasman değerlerinin, ZOE simanının gösterdiği deplasman değerlerinden daha düşük olduğu; bu restorasyonu, mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ve kavite ara katmanlarında iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer üzerine konan mikrodolduruculu kompozit, amalgam, kompozit inley, porselen ve altın inley restorasyonlarının izlediği (Tablo 48, Grafik 29a-c), aynı kenarın servikalinde ise tüm restorasyonların birbirine benzer değerde yer değiştirdiği saptandı (Tablo 48, Grafik 29d).

Kavitenin kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki duvarının, yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarının (Tablo 51, Grafik 32a-d) yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarına nazaran daha düşük deplasman değerleri gösterdiği (Tablo 50, Grafik 31a-d), duvarın hem mezial hem de distal kenarlarında oklüzalden servikale gidildikçe deplasman değerlerinde düşme olduğu saptandı (Tablo 50, 51, Grafik 31a-d, 32a-d). Bu bölgede kavite açılmasını takiben yükün uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde oluşan 0.33 µm'lik deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.23 µm ve 0.14 µm'ye, kavite servikalinde 0.03 µm'ye varan bir azalma gösterdiği; (Tablo 51, Grafik 32a-d) yükün uygulandığı mezial taraftaki kenarın oklüzalinde ise 0.63 µm olan deplasman değerinin, kavite ara katmanlarında 0.56 µm ve 0.50 µm olduğu; servikalde ise bu değerlerin 0.23 µm'ye ulaştığı tespit edildi (Tablo 50, Grafik 31a-d). Bu duvarda da kavite açılmasını takiben oluşan deplasman değerlerine en yakın değerlerin, ZOE simanı ile sağlandığı saptandı. Yükün direkt uygulanmadığı distal taraftaki kenarın oklüzalinde, bu restorasyonda oluşan 0.31 µm'lik deplasman değerini, iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozit, amalgam ve kompozit inley restorasyonunun izlediği, bu materyallerin ardından da 0.28 µm'lik yer değiştirme değeri ile porselen inley ve 0.24 µm'lik deplasman değeriyle altın inley restorasyonların takip ettiği belirlendi (Tablo 51, Grafik 32a). Aynı kenarda kavite ara katmanlarında ise altın inley dışında kullanıldığı düşünülen tüm restorasyonların hemen hemen aynı deplasman değerini gösterdiği saptandı (Tablo 51, Grafik 32b-c). Servikale gelindiğinde ise, porselen inley restorasyonun 0.065 µm'lik deplasman değeriyle, kavite açılmasını takiben bu bölgede oluşan deplasmandan daha yüksek bir değer gösterdiği; bu restorasyonu 0.05 µm'lik deplasman değerine sahip amalgam, kompozit inley ve altın inley restorasyonlarının izledikleri, 0.04 µm değerinde bir deplasman gösteren iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozit restorasyonlarını ise kavite açılmasını takiben bölgede oluşan deplasman değerine en yakın cevabı veren ZOE siman restorasyonunun izlediği belirlendi (Tablo 51, Grafik 32d).

Yükün uygulandığı mezial taraftada ZOE simanı, kavite açılmasını takiben görülen yer değiştirme miktarlarına en yakın cevabı veren restorasyon olarak belirlendi. Ve bu materyali tüm kenar boyunca iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozit, amalgam, kompozit inley, porselen ve altın inley restorasyonların izlediği tespit edildi (Tablo 50, Grafik 31a-d).

5.7. BULGULARIN TABLO ve GRAFİKLERİ

Açıklamalar:

Matematik Model Tiplerinin Numaralandırılması

Matematik Model Tipleri	Tablo ve Grafik Sayıları
Sağlıklı üst 1. premolar	1
5. sınıf kaviteli üst 1. premolar	2
Amalgam Restorasyonlu üst 1. premolar	3
Porselen İnley Restorasyonlu üst 1. premolar	4
Kompozit İnley Restorasyonlu üst 1. premolar	5
Mikrodolduruculu Kompozit Restorasyonlu üst 1. premolar	6
Gingival basamağında cam iyonomer bulunan mikrodolduruculu kompozit restorasyonlu üst 1. premolar	7
ZOE siman restorasyonlu üst 1. premolar	8
Altın inley restorasyonlu üst 1. premolar	9

Açıklamalar:

Oklüzal Kuvvet Yüklemelerinin Numaralandırılması

*	Tüm oklüzal yüzeye yayılı yük uygulaması	Tip 1 (Y-1)
*	Oklüzal yüzün mezialinde tek nokta kontaktını taklit eden yük uygulaması	Tip 2 (Y-2)
*	Lingual tüberkülün mezial eğimine yayılı yük uygulaması	Tip 3 (Y-3)

Tablo 4 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin mezial kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 5 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin distal kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 6 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 7 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın distal kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 8 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***mezialde mine-dentin sınırında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 9 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***distalde mine-dentin sınırında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 10 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 11 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 8: Mezialde mine-dentin sınırı (N/mm^2)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
475	0.110	0.175	0.112	0.112	0.111	0.116	0.116	0.128	0.113
575	0.111	0.352	0.116	0.101	0.116	0.136	0.136	0.158	0.100
675	1.120	2.080	1.530	1.370	1.620	1.490	1.460	1.310	1.340
775	0.460	0.650	0.614	0.523	0.614	0.583	0.573	0.522	0.514

Tablo 9: Distalde mine-dentin sınırı (N/mm^2)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
472	0.106	0.175	0.112	0.115	0.110	0.116	0.116	0.127	0.117
572	0.109	0.341	0.115	0.103	0.116	0.136	0.136	0.148	0.103
672	0.356	1.890	0.470	0.570	0.503	0.511	0.531	0.683	0.560
772	0.118	1.110	0.162	0.099	0.172	0.300	0.320	0.520	0.080

Tablo 10: Kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarı (N/mm^2)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
461	0.053	0.091	0.050	0.056	0.050	0.056	0.056	0.061	0.058
561	0.054	0.202	0.055	0.054	0.052	0.064	0.065	0.074	0.055
661	0.068	0.204	0.072	0.077	0.068	0.085	0.086	0.103	0.078
761	0.132	0.252	0.136	0.147	0.138	0.132	0.122	0.146	0.148

Tablo 11: Kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarı (N/mm^2)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
458	0.054	0.092	0.051	0.056	0.052	0.057	0.057	0.062	0.056
558	0.056	0.194	0.056	0.054	0.052	0.066	0.066	0.077	0.054
658	0.071	0.215	0.076	0.075	0.071	0.090	0.091	0.107	0.076
758	0.131	0.261	0.144	0.147	0.136	0.128	0.118	0.170	0.147

Tablo 12 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin mezial kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 13 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin distal kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 14 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 15 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın distal kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 12: Vestibül yüzeyin mezial kenarı (N/mm^2)

Düğüm No	Matematik Model Tipleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
489	0.367	0.474	0.327	0.335	0.326	0.326	0.326	0.344	0.336
589	0.373	0.787	0.307	0.247	0.306	0.336	0.326	0.358	0.230
689	2.440	4.400	3.000	2.980	3.000	2.800	2.700	2.500	2.960
789	8.400	8.400	9.900	10.400	10.200	8.900	8.700	7.500	10.300

Tablo 13: Vestibül yüzeyin distal kenarı (N/mm^2)

Düğüm No	Matematik Model Tipleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
486	0.078	0.106	0.072	0.074	0.070	0.075	0.075	0.076	0.076
586	0.078	0.258	0.059	0.064	0.055	0.076	0.076	0.105	0.066
686	0.230	1.402	0.083	0.310	0.095	0.147	0.167	0.377	0.320
786	0.650	2.396	0.500	0.800	0.500	0.650	0.670	1.072	0.810

Tablo 14: Pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarı (N/mm^2)

Düğüm No	Matematik Model Tipleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
447	0.105	0.160	0.109	0.091	0.106	0.119	0.119	0.132	0.090
547	0.135	0.282	0.146	0.102	0.143	0.172	0.172	0.192	0.100
647	0.187	0.128	0.199	0.135	0.195	0.141	0.207	0.261	0.135
747	0.232	0.322	0.229	0.205	0.229	0.245	0.254	0.265	0.206

Tablo 15: Pulpa-aksiyal duvarın distal kenarı (N/mm^2)

Düğüm No	Matematik Model Tipleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
444	0.017	0.037	0.019	0.017	0.018	0.023	0.023	0.028	0.017
544	0.028	0.062	0.026	0.031	0.027	0.029	0.028	0.036	0.031
644	0.049	0.070	0.039	0.048	0.041	0.036	0.036	0.040	0.048
744	0.044	0.054	0.036	0.049	0.037	0.035	0.035	0.040	0.051

Tablo 16 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***mezial-de mine-dentin sınırında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 17 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***distal-de mine-dentin sınırında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 18 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kalde materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarın-da*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 19 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kalde materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarın-da*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 16: Mezialde mine-dentin sınırı (N/mm^2)

Düğüm No	Matematik Model Tipleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
475	0.219	0.255	0.207	0.237	0.206	0.209	0.199	0.202	0.237
575	0.078	0.520	0.087	0.146	0.073	0.159	0.184	0.169	0.197
675	3.030	3.500	3.600	3.660	3.600	3.300	3.200	2.800	3.640
775	1.191	1.390	1.390	1.402	1.390	1.289	1.290	1.091	1.403

Tablo 17: Distalde mine-dentin sınırı (N/mm^2)

Düğüm No	Matematik Model Tipleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
472	0.042	0.061	0.044	0.049	0.044	0.044	0.043	0.042	0.051
572	0.043	0.157	0.038	0.051	0.039	0.040	0.041	0.061	0.052
672	0.196	1.096	0.084	0.260	0.092	0.135	0.115	0.305	0.270
772	0.116	0.630	0.108	0.131	0.101	0.164	0.166	0.290	0.151

Tablo 18: Kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarı (N/mm^2)

Düğüm No	Matematik Model Tipleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
461	0.109	0.151	0.100	0.114	0.101	0.105	0.105	0.108	0.115
561	0.114	0.329	0.114	0.113	0.101	0.114	0.117	0.132	0.113
661	0.161	0.430	0.166	0.151	0.164	0.175	0.186	0.192	0.160
761	0.269	0.449	0.287	0.290	0.267	0.295	0.295	0.315	0.300

Tablo 19: Kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarı (N/mm^2)

Düğüm No	Matematik Model Tipleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
458	0.024	0.037	0.025	0.023	0.024	0.027	0.026	0.025	0.023
558	0.031	0.054	0.028	0.031	0.027	0.028	0.028	0.027	0.032
658	0.048	0.074	0.040	0.051	0.043	0.035	0.034	0.033	0.052
758	0.040	0.084	0.042	0.050	0.041	0.044	0.045	0.051	0.051

Tablo 20 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin mezial kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 21 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin distal kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 22 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 23 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın distal kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 20: Vestibül yüzeyin mezial kenarı (N/mm^2)

Düğüm No	Matematik Model Tipleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
489	0.143	0.178	0.125	0.130	0.125	0.124	0.123	0.132	0.162
589	0.153	0.043	0.119	0.105	0.118	0.120	0.120	0.129	0.127
689	1.530	2.400	1.720	1.870	1.720	1.530	1.510	1.380	1.780
789	5.550	5.300	5.900	6.600	6.000	5.300	5.100	4.500	6.500

Tablo 21: Vestibül yüzeyin distal kenarı(N/mm^2)

Düğüm No	Matematik Model Tipleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
486	0.084	0.046	0.060	0.087	0.064	0.052	0.051	0.040	0.058
586	0.108	0.058	0.072	0.095	0.074	0.058	0.056	0.040	0.063
686	0.281	0.210	0.223	0.360	0.232	0.171	0.172	0.125	0.207
786	0.390	0.400	0.350	0.650	0.390	0.250	0.238	0.238	0.390

Tablo 22: Pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarı (N/mm^2)

Düğüm No	Matematik Model Tipleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
447	0.076	0.100	0.076	0.067	0.074	0.078	0.078	0.082	0.065
547	0.097	0.165	0.097	0.077	0.094	0.105	0.105	0.113	0.073
647	0.139	0.237	0.126	0.097	0.124	0.140	0.150	0.158	0.092
747	0.099	0.186	0.109	0.133	0.128	0.126	0.133	0.150	0.131

Tablo 23: Pulpa-aksiyal duvarın distal kenarı (N/mm^2)

Düğüm No	Matematik Model Tipleri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
444	0.010	0.022	0.012	0.010	0.011	0.014	0.014	0.017	0.015
544	0.008	0.026	0.010	0.009	0.010	0.011	0.011	0.014	0.011
644	0.021	0.031	0.020	0.019	0.020	0.020	0.020	0.019	0.016
744	0.027	0.012	0.019	0.027	0.018	0.019	0.019	0.009	0.030

Tablo 24 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***mezial-de mine-dentin sınırında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 25 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***distal-de mine-dentin sınırında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 26 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kalde materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarın-da*** karşılaştırma paremetresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 27 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kalde materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarın-da*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

Tablo 24: Mezialde mine-dentin sınırı (N/mm^2)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
475	0.109	0.114	0.094	0.116	0.096	0.090	0.090	0.089	0.131
575	0.109	0.143	0.094	0.101	0.093	0.092	0.091	0.095	0.108
675	1.950	2.700	2.050	2.320	2.050	1.860	1.870	1.580	2.230
775	0.787	0.761	0.805	0.912	0.825	0.723	0.703	0.633	0.903

Tablo 25: Distalde mine-dentin sınırı (N/mm^2)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
472	0.034	0.018	0.029	0.041	0.030	0.025	0.025	0.020	0.026
572	0.050	0.023	0.038	0.058	0.039	0.027	0.027	0.017	0.036
672	0.203	0.171	0.164	0.290	0.182	0.124	0.119	0.098	0.172
772	0.077	0.088	0.047	0.117	0.053	0.027	0.026	0.035	0.081

Tablo 26: Kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarı (N/mm^2)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
461	0.072	0.087	0.065	0.077	0.065	0.064	0.064	0.064	0.080
561	0.075	0.185	0.067	0.078	0.068	0.070	0.070	0.071	0.078
661	0.110	0.248	0.107	0.105	0.106	0.112	0.112	0.116	0.104
761	0.175	0.244	0.174	0.184	0.174	0.174	0.174	0.173	0.185

Tablo 27: Kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarı (N/mm^2)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
458	0.009	0.021	0.009	0.007	0.008	0.011	0.011	0.011	0.016
558	0.009	0.010	0.009	0.012	0.009	0.007	0.007	0.003	0.017
658	0.020	0.033	0.018	0.022	0.019	0.016	0.016	0.014	0.023
758	0.028	0.015	0.025	0.032	0.026	0.020	0.020	0.014	0.031

Grafik 1 : ***1. 2. ve 3. tip yüklemede*** analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin mezial kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

a) düğüm no: 489

b) düğüm no: 589

c) düğüm no: 689

d) düğüm no: 789

Grafik 2 : ***1. 2. ve 3. tip yüklemede*** analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin distal kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

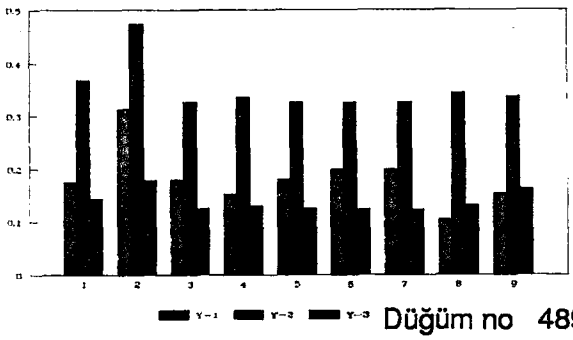
a) düğüm no: 486

b) düğüm no: 586

c) düğüm no: 686

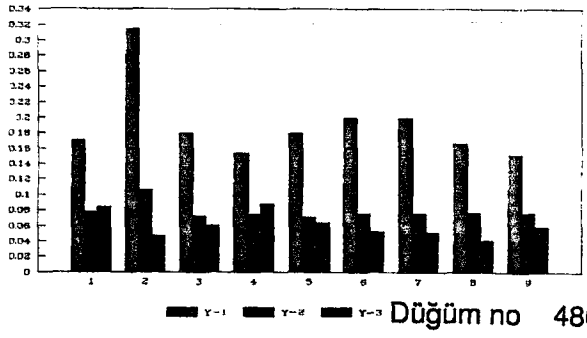
d) düğüm no: 786

Grafik 1a



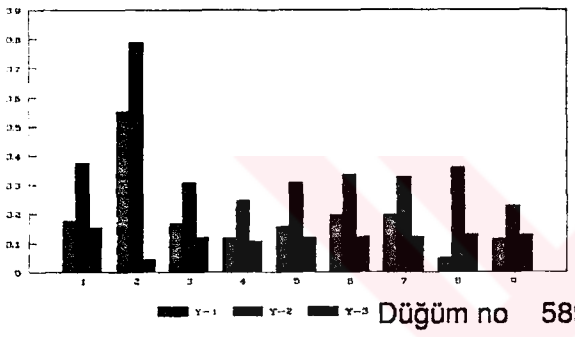
Düğüm no 489

Grafik 2a



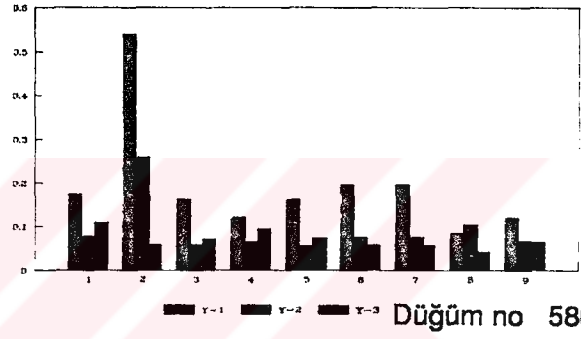
Düğüm no 486

Grafik 1b



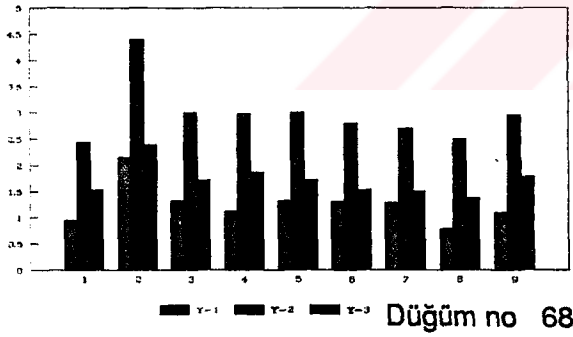
Düğüm no 589

Grafik 2b



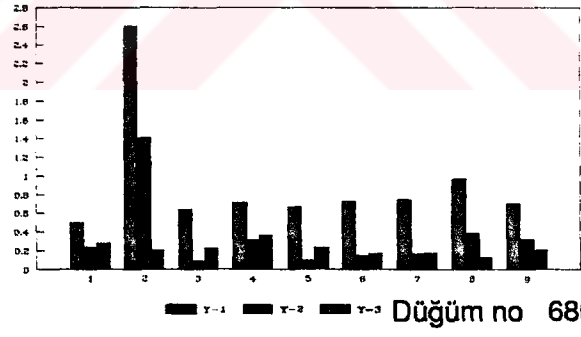
Düğüm no 586

Grafik 1c



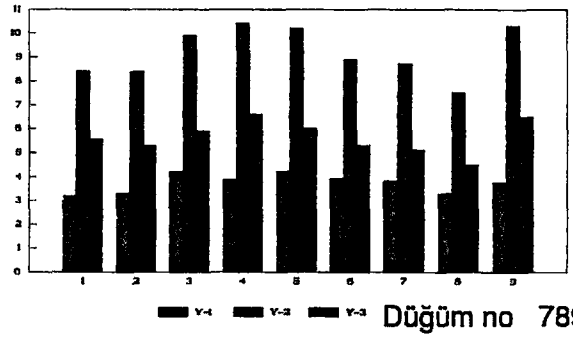
Düğüm no 689

Grafik 2c



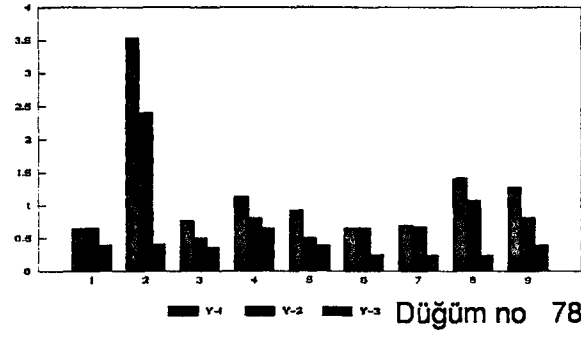
Düğüm no 686

Grafik 1d



Düğüm no 789

Grafik 2d



Düğüm no 786

Grafik 3 : ***1. 2. ve 3. tip yüklemede*** analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

a) düğüm no: 447

b) düğüm no: 547

c) düğüm no: 647

d) düğüm no: 747

Grafik 4 : ***1. 2. ve 3. tip yüklemede*** analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın distal kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

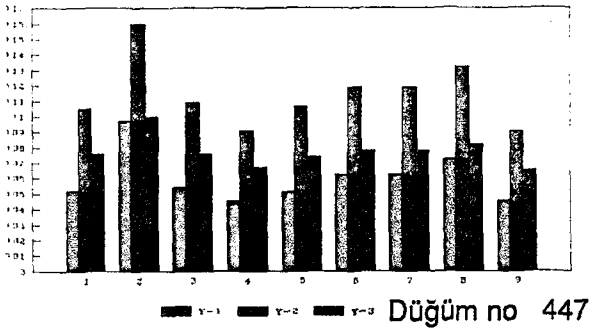
a) düğüm no: 444

b) düğüm no: 544

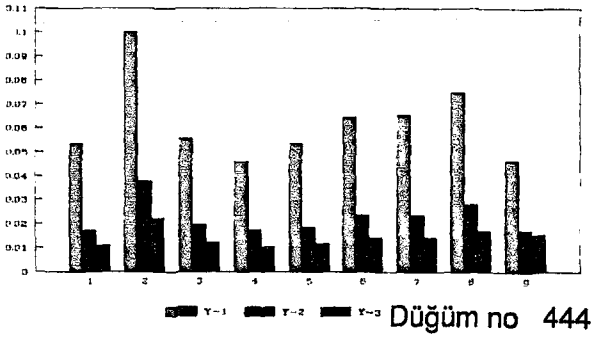
c) düğüm no: 644

d) düğüm no: 744

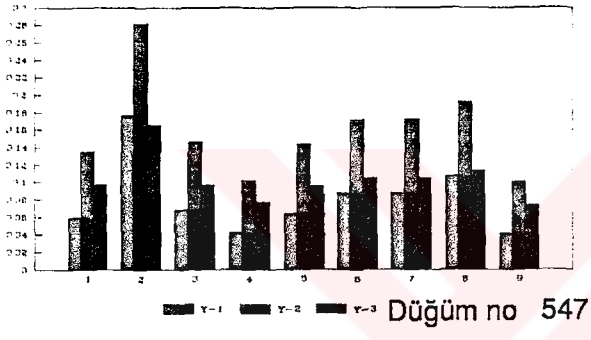
Grafik 3a



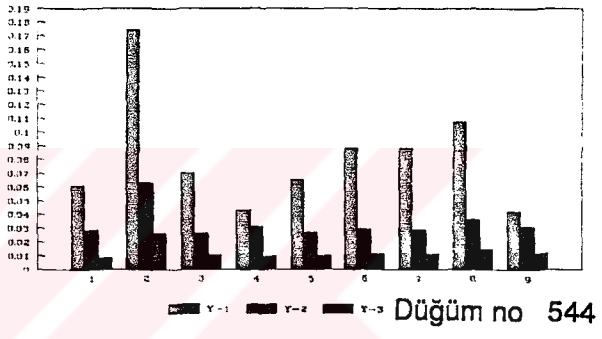
Grafik 4a



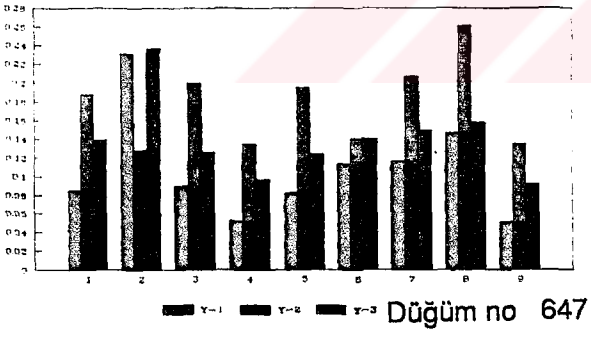
Grafik 3b



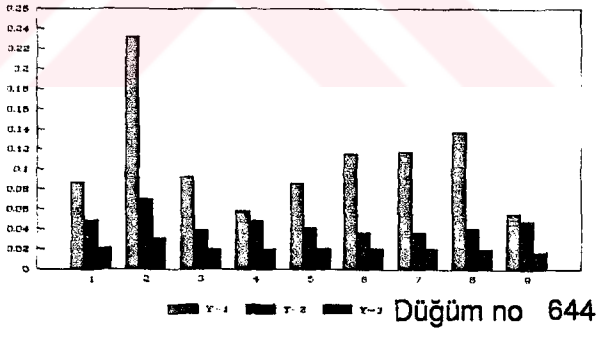
Grafik 4b



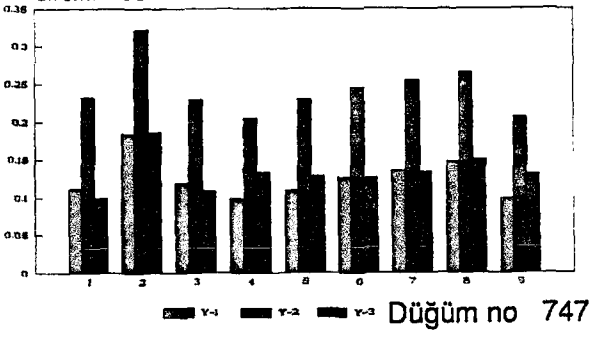
Grafik 3c



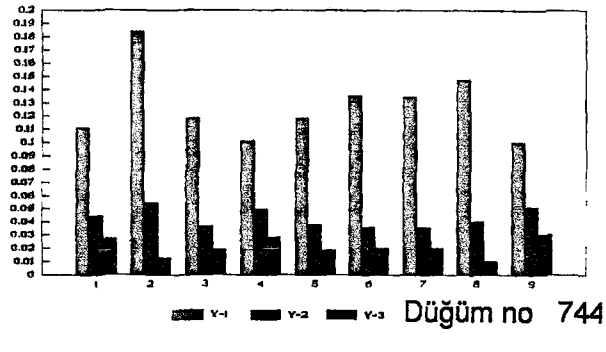
Grafik 4c



Grafik 3d



Grafik 4d



Grafik 5 : ***1. 2. ve 3. tip yüklemede*** analiz edilen matematik model tiplerinde ***mezialde mine-dentin sınırında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

a) düğüm no: 475

b) düğüm no: 575

c) düğüm no: 675

d) düğüm no: 775

Grafik 6 : ***1. 2. ve 3. tip yüklemede*** analiz edilen matematik model tiplerinde ***distalde mine-dentin sınırında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

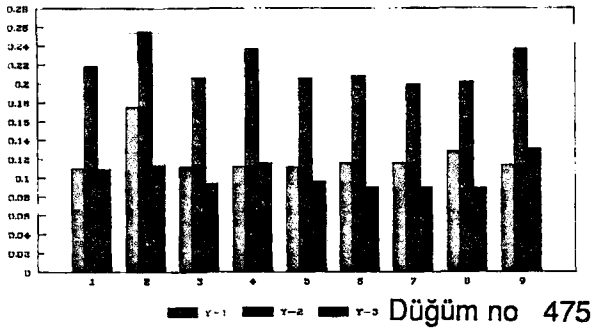
a) düğüm no: 472

b) düğüm no: 572

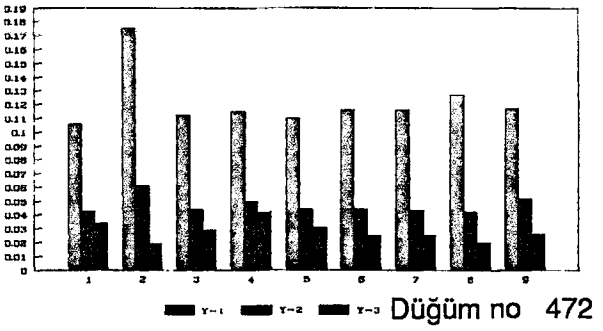
c) düğüm no: 672

d) düğüm no: 772

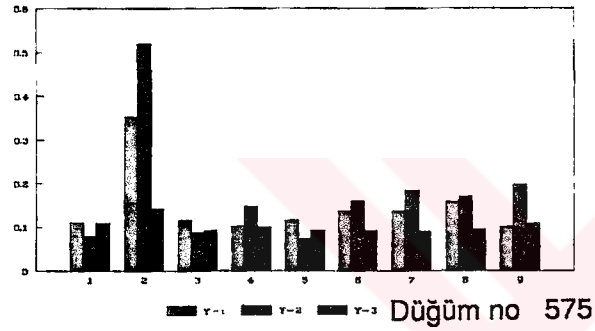
Grafik 5a



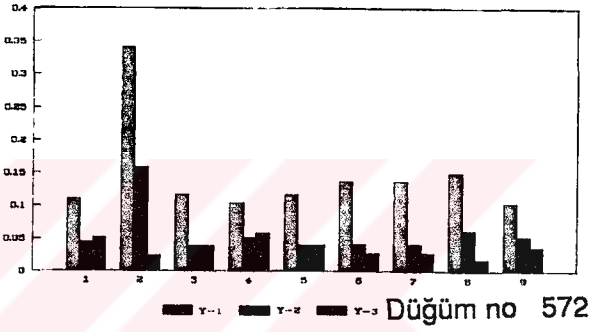
Grafik 6a



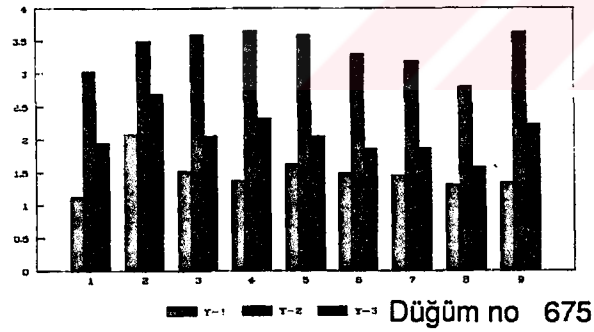
Grafik 5b



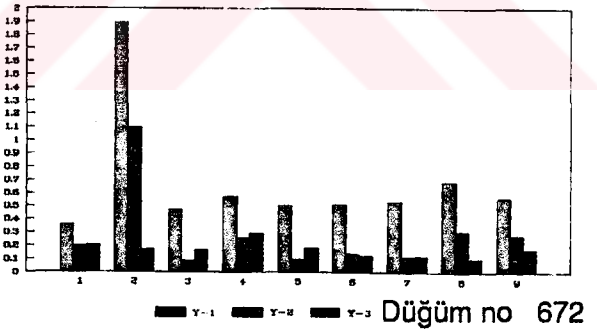
Grafik 6b



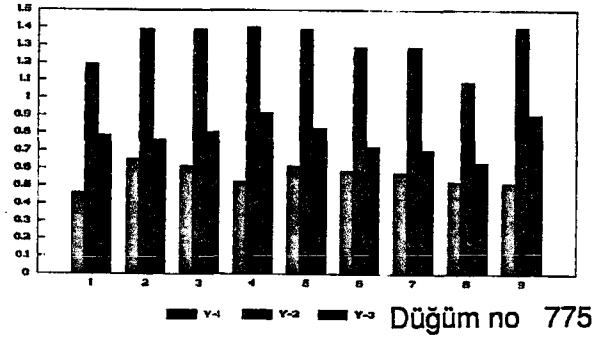
Grafik 5c



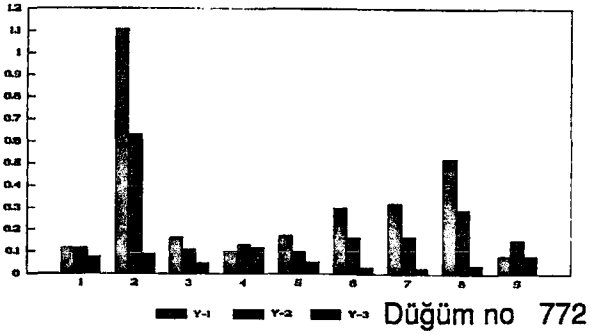
Grafik 6c



Grafik 5d



Grafik 6d



Grafik 7 : ***1. 2.*** ve ***3. tip yüklemede*** analiz edilen matematik model tiplerinde ***kalde materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

a) düğüm no: 461

b) düğüm no: 561

c) düğüm no: 661

d) düğüm no: 761

Grafik 8 : ***1. 2.*** ve ***3. tip yüklemede*** analiz edilen matematik model tiplerinde ***kalde materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarında*** karşılaştırma parametresine göre gerilme değerleri (N/mm^2).

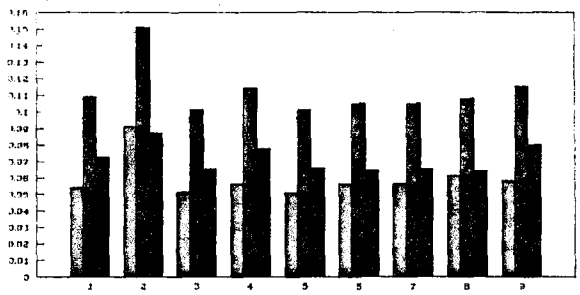
a) düğüm no: 458

b) düğüm no: 558

c) düğüm no: 658

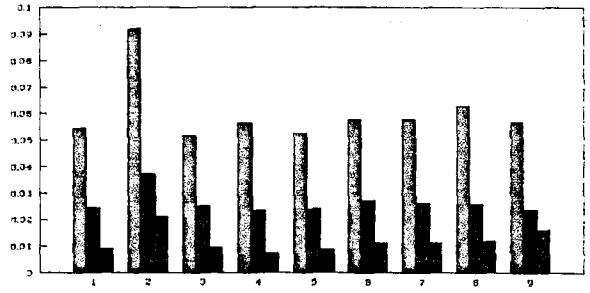
d) düğüm no: 758

Grafik 7a



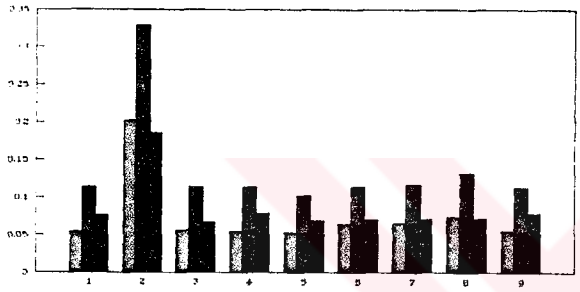
Düğüm no 461

Grafik 8a



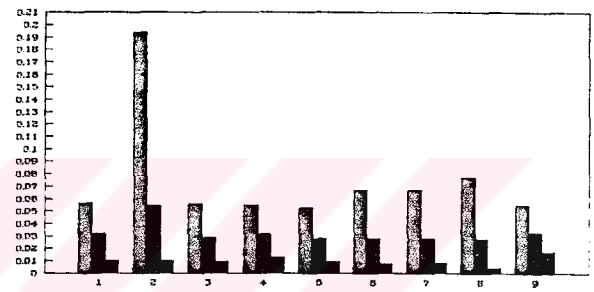
Düğüm no 458

Grafik 7b



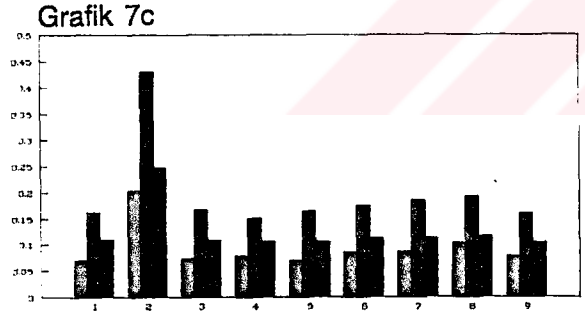
Düğüm no 561

Grafik 8b



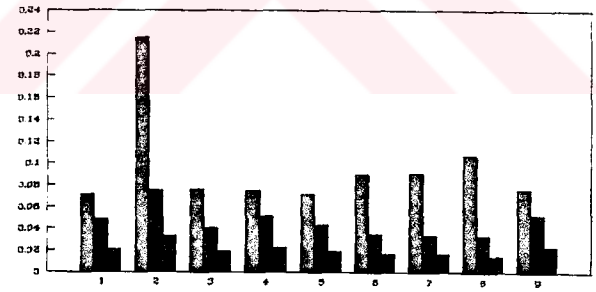
Düğüm no 558

Grafik 7c



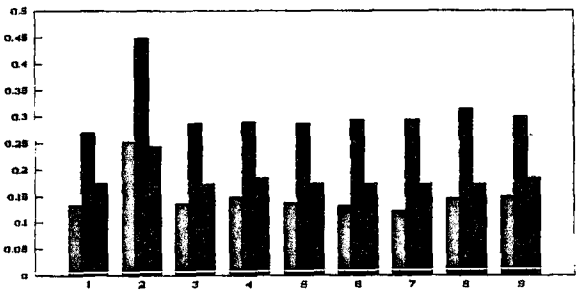
Düğüm no 661

Grafik 8c



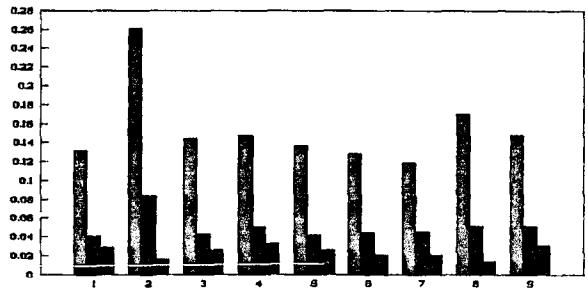
Düğüm no 658

Grafik 7d



Düğüm no 761

Grafik 8d



Düğüm no 758

Tablo 28 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 29 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 30 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 31 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 28: Vestibül yüzeyin mezial kenarı (μm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
489	0.363	0.831	0.461	0.330	0.441	0.556	0.566	0.688	0.323
589	0.341	0.771	0.428	0.309	0.407	0.515	0.523	0.636	0.304
689	0.319	0.720	0.391	0.291	0.371	0.470	0.478	0.584	0.287
789	0.252	0.350	0.271	0.240	0.264	0.289	0.290	0.315	0.240

Tablo 29: Vestibül yüzeyin distal kenarı (μm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
486	0.376	0.851	0.477	0.342	0.455	0.573	0.582	0.706	0.335
586	0.354	0.790	0.441	0.319	0.420	0.530	0.539	0.652	0.314
686	0.328	0.736	0.400	0.298	0.380	0.482	0.490	0.597	0.295
786	0.257	0.345	0.275	0.247	0.268	0.291	0.291	0.314	0.247

Tablo 30: Pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarı (μm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
447	0.300	0.546	0.351	0.280	0.340	0.400	0.404	0.470	0.276
547	0.271	0.469	0.309	0.254	0.300	0.350	0.354	0.406	0.251
647	0.238	0.398	0.269	0.227	0.261	0.299	0.303	0.345	0.225
747	0.160	0.231	0.172	0.154	0.169	0.187	0.189	0.207	0.153

Tablo 31: Pulpa-aksiyal duvarın distal kenarı (μm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
444	0.311	0.558	0.362	0.291	0.351	0.412	0.417	0.482	0.287
544	0.281	0.484	0.321	0.263	0.311	0.362	0.367	0.419	0.260
644	0.245	0.407	0.276	0.235	0.269	0.307	0.310	0.353	0.233
744	0.165	0.235	0.177	0.158	0.173	0.192	0.194	0.211	0.157

Grafik 9 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

a) düğüm no: 489

b) düğüm no: 589

c) düğüm no: 689

d) düğüm no: 789

Grafik 10 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

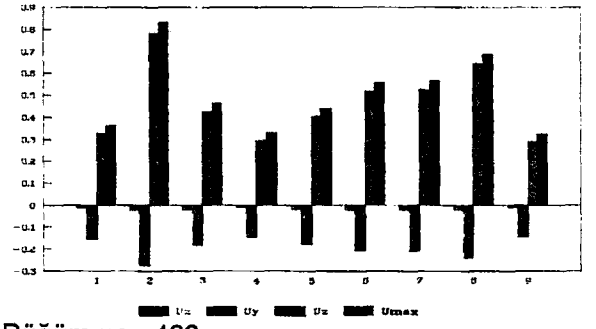
a) düğüm no: 486

b) düğüm no: 586

c) düğüm no: 686

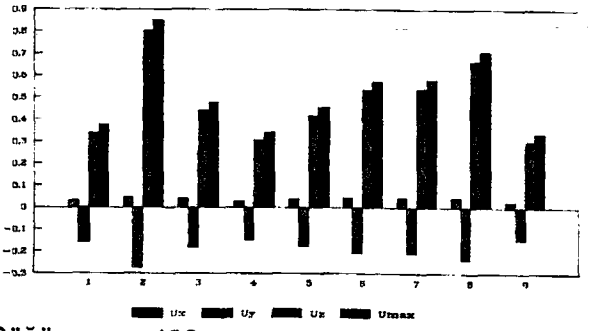
d) düğüm no: 786

Grafik 9a



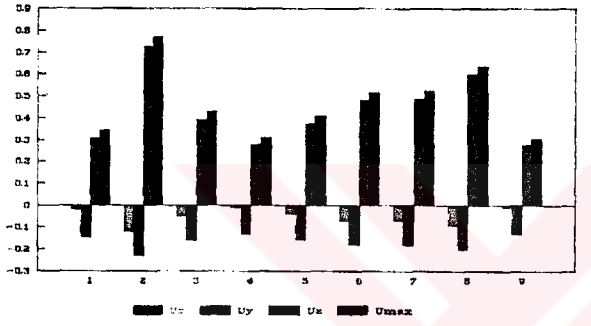
Düğüm no 489

Grafik 10a



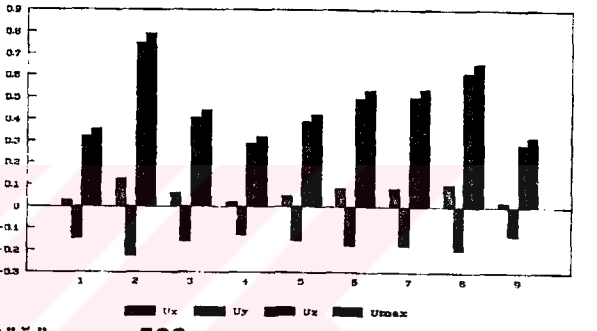
Düğüm no 486

Grafik 9b



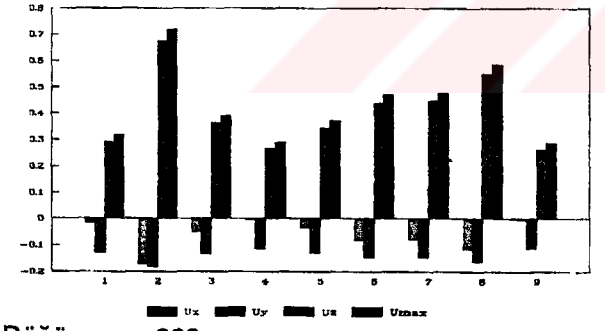
Düğüm no 589

Grafik 10b



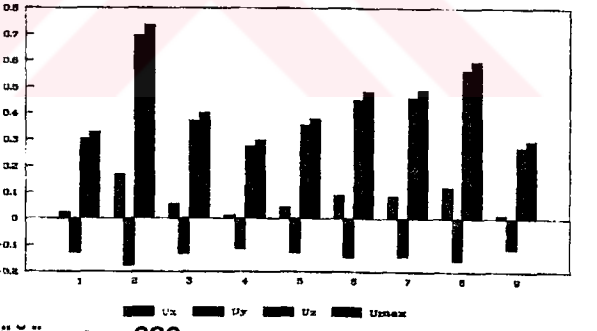
Düğüm no 586

Grafik 9c



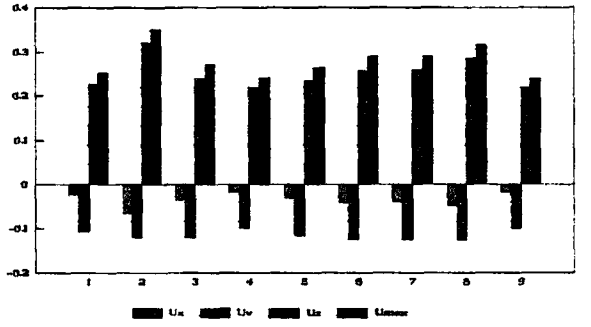
Düğüm no 689

Grafik 10c



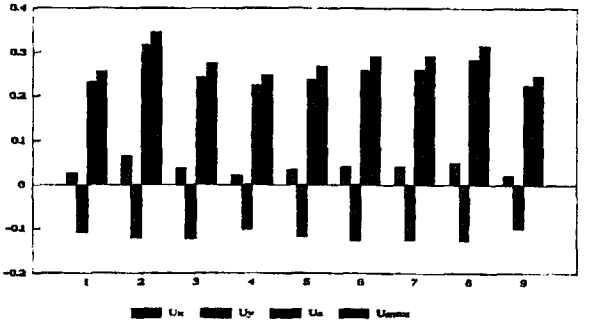
Düğüm no 686

Grafik 9d



Düğüm no 789

Grafik 10d



Düğüm no 786

Grafik 11 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

a) düğüm no: 447

b) düğüm no: 547

c) düğüm no: 647

d) düğüm no: 747

Grafik 12 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

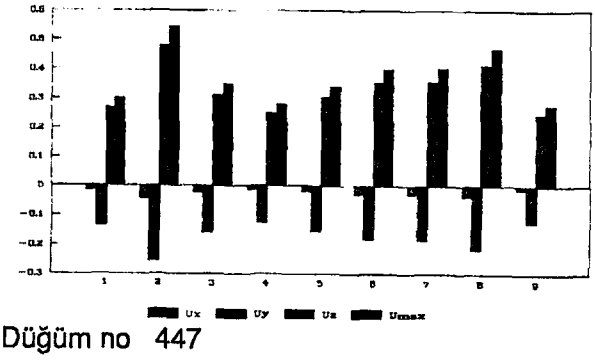
a) düğüm no: 444

b) düğüm no: 544

c) düğüm no: 644

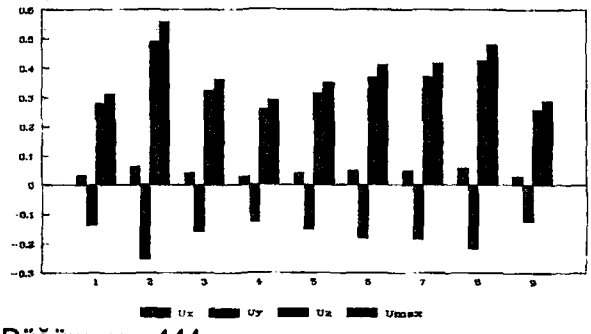
d) düğüm no: 744

Grafik 11a



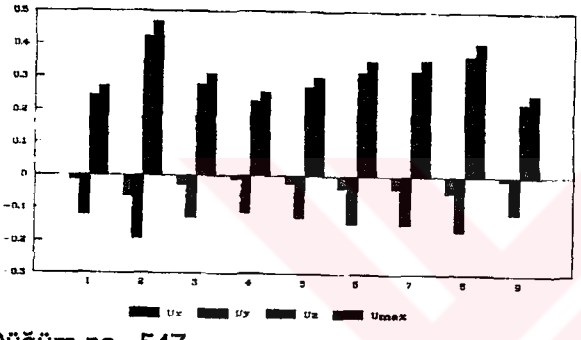
Düğüm no 447

Grafik 12a



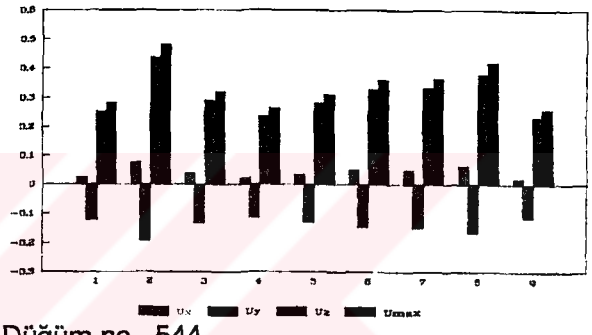
Düğüm no 444

Grafik 11b



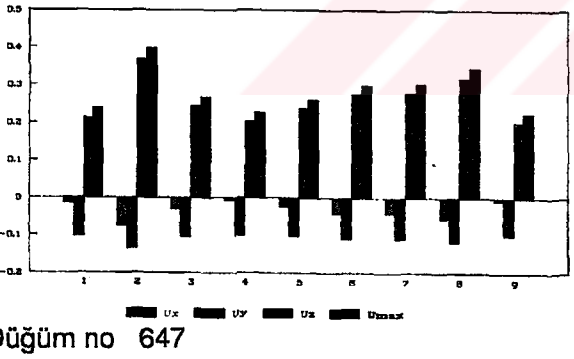
Düğüm no 547

Grafik 12b



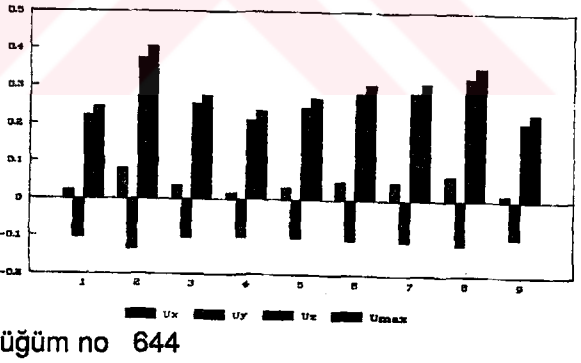
Düğüm no 544

Grafik 11c



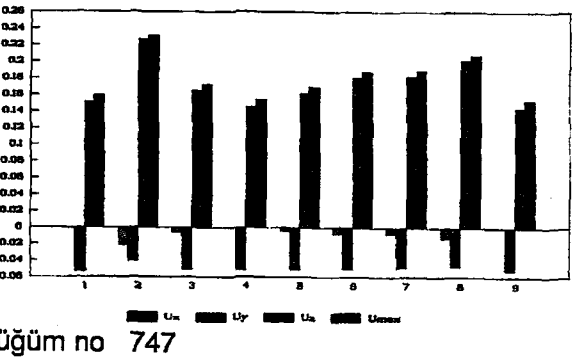
Düğüm no 647

Grafik 12c



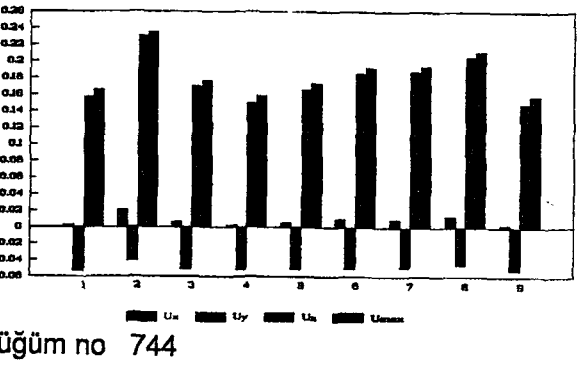
Düğüm no 644

Grafik 11d



Düğüm no 747

Grafik 12d



Düğüm no 744

Tablo 32 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***mezialde mine-dentin sınırında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 33 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***distalde mine-dentin sınırında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 34 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kalde materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 35 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kalde materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 32: Mezialde mine-dentin sınırı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
475	0.353	0.775	0.443	0.319	0.422	0.529	0.537	0.646	0.313
575	0.334	0.745	0.414	0.301	0.393	0.498	0.506	0.613	0.295
675	0.308	0.671	0.373	0.282	0.355	0.444	0.451	0.546	0.278
775	0.243	0.316	0.263	0.239	0.258	0.276	0.276	0.294	0.238

Tablo 33: Distalde mine-dentin sınırı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
472	0.366	0.792	0.456	0.331	0.435	0.544	0.551	0.662	0.325
572	0.344	0.755	0.424	0.309	0.402	0.508	0.515	0.623	0.304
672	0.320	0.693	0.386	0.292	0.367	0.460	0.467	0.566	0.289
772	0.249	0.317	0.269	0.246	0.263	0.279	0.280	0.296	0.245

Tablo 34: Kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
461	0.310	0.602	0.369	0.283	0.356	0.428	0.434	0.512	0.278
561	0.283	0.545	0.332	0.263	0.320	0.382	0.387	0.457	0.260
661	0.258	0.499	0.300	0.245	0.290	0.342	0.347	0.412	0.243
761	0.178	0.233	0.193	0.185	0.190	0.202	0.203	0.215	0.187

Tablo 35: Kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
458	0.321	0.614	0.380	0.293	0.366	0.441	0.445	0.523	0.288
558	0.293	0.559	0.342	0.272	0.331	0.393	0.398	0.470	0.269
658	0.265	0.506	0.306	0.252	0.297	0.349	0.355	0.420	0.250
758	0.185	0.238	0.200	0.193	0.198	0.209	0.209	0.222	0.194

Grafik 13: 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***mezialde mine-dentin sınırında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (µm).

a) düğüm no: 475

b) düğüm no: 575

c) düğüm no: 675

d) düğüm no: 775

Grafik 14: 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***distalde mine-dentin sınırında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (µm).

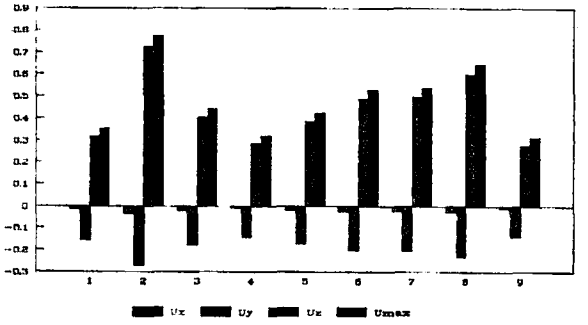
a) düğüm no: 472

b) düğüm no: 572

c) düğüm no: 672

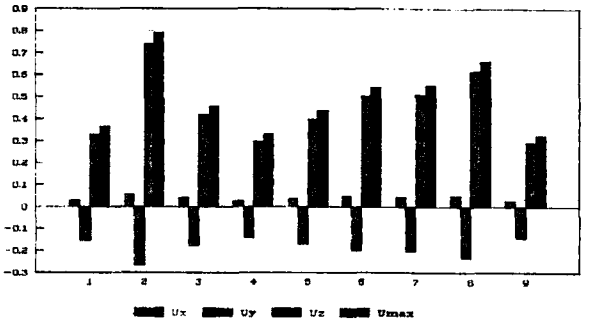
d) düğüm no: 772

Grafik 13a



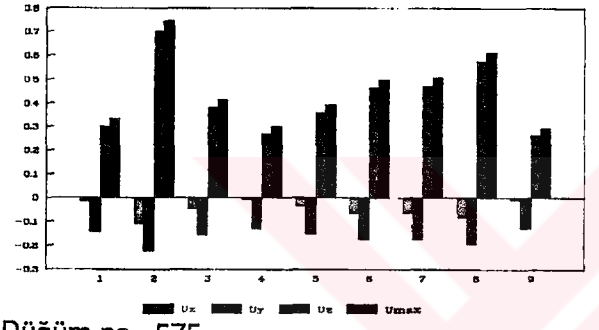
Düğüm no 475

Grafik 14a



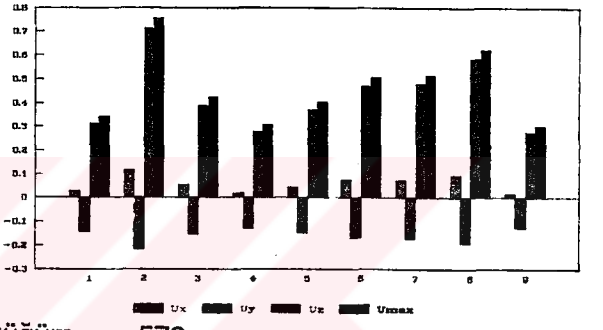
Düğüm no 472

Grafik 13b



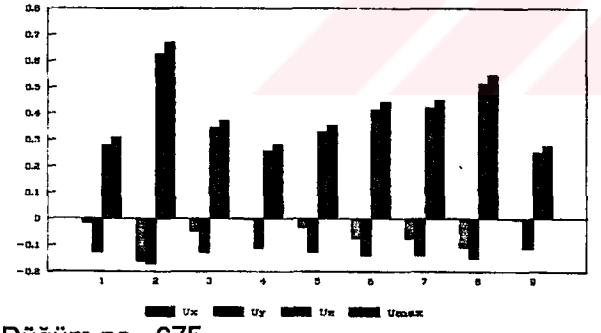
Düğüm no 575

Grafik 14b



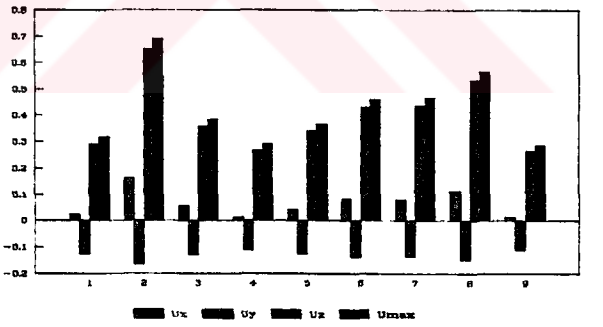
Düğüm no 572

Grafik 13c



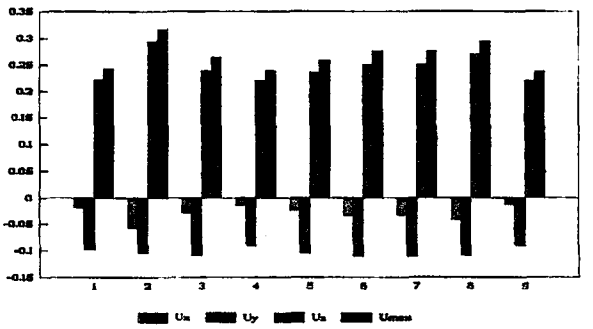
Düğüm no 675

Grafik 14c



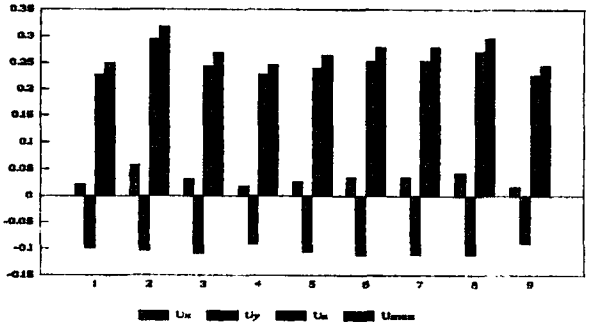
Düğüm no 672

Grafik 13d



Düğüm no 775

Grafik 14d



Düğüm no 772

Grafik 15 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kalde materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (µm).

a) düğüm no: 461

b) düğüm no: 561

c) düğüm no: 661

d) düğüm no: 761

Grafik 16 : 1. tip yüklemede (Y-1) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kalde materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (µm).

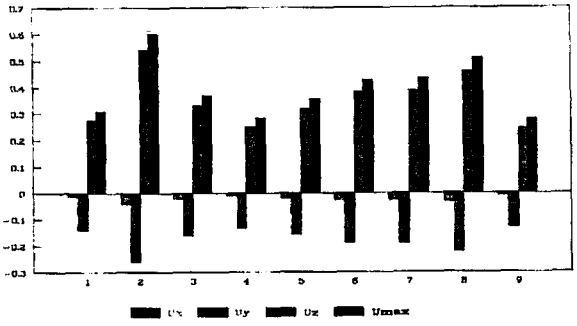
a) düğüm no: 458

b) düğüm no: 558

c) düğüm no: 658

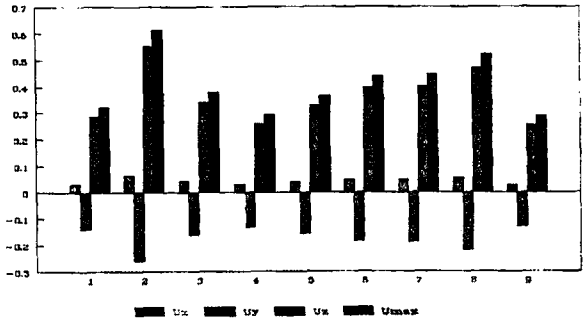
d) düğüm no: 758

Grafik 15a



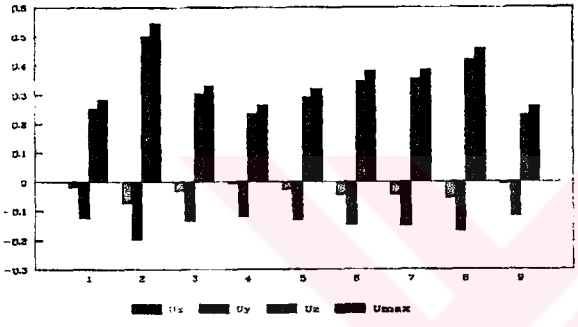
Düğüm no 461

Grafik 16a



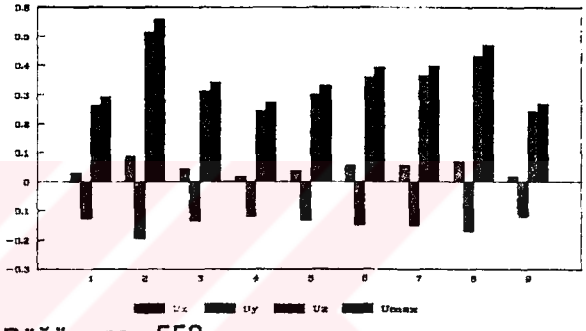
Düğüm no 458

Grafik 15b



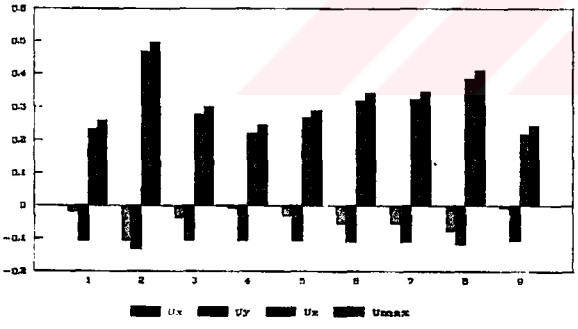
Düğüm no 561

Grafik 16b



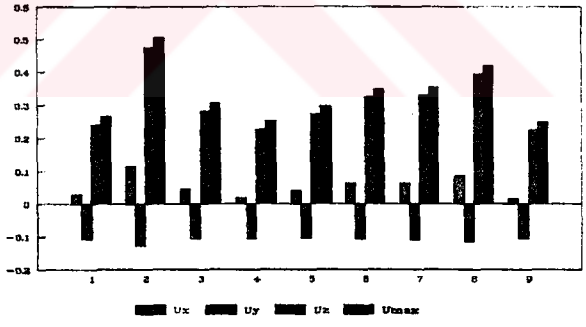
Düğüm no 558

Grafik 15c



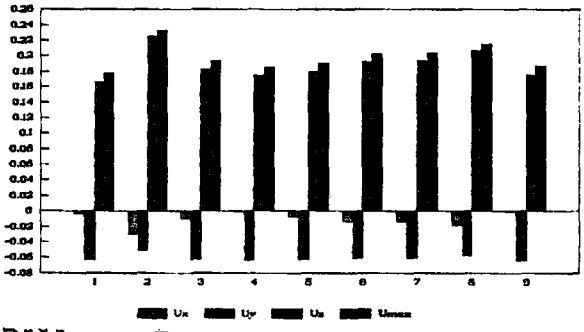
Düğüm no 661

Grafik 16c



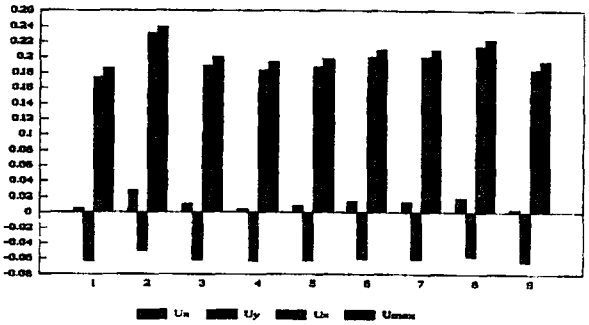
Düğüm no 658

Grafik 15d



Düğüm no 761

Grafik 16d



Düğüm no 758

Tablo 36 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 37 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 38 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 39 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 36: Vestibül yüzeyin mezial kenarı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
489	0.839	1.337	0.961	0.797	0.935	1.061	1.070	1.193	0.788
589	0.745	1.265	0.863	0.701	0.834	0.967	0.977	1.105	0.692
689	0.655	1.170	0.750	0.617	0.722	0.849	0.856	0.985	0.612
789	0.507	0.567	0.511	0.500	0.505	0.519	0.518	0.538	0.500

Tablo 37: Vestibül yüzeyin distal kenarı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
486	0.457	0.710	0.493	0.449	0.485	0.533	0.537	0.607	0.448
586	0.328	0.538	0.335	0.327	0.334	0.362	0.366	0.430	0.326
686	0.212	0.407	0.211	0.214	0.212	0.233	0.238	0.301	0.215
786	0.074	0.137	0.076	0.079	0.074	0.088	0.088	0.109	0.080

Tablo 38: Pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
447	0.785	1.064	0.855	0.757	0.840	0.911	0.916	0.985	0.751
547	0.671	0.913	0.727	0.643	0.713	0.777	0.781	0.841	0.638
647	0.554	0.760	0.599	0.537	0.588	0.639	0.643	0.695	0.533
747	0.359	0.424	0.370	0.353	0.365	0.383	0.385	0.402	0.353

Tablo 39: Pulpa-aksiyal duvarın distal kenarı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
444	0.462	0.561	0.481	0.455	0.477	0.496	0.498	0.523	0.453
544	0.334	0.379	0.339	0.333	0.338	0.343	0.344	0.356	0.332
644	0.216	0.217	0.208	0.217	0.209	0.203	0.203	0.205	0.217
744	0.071	0.055	0.056	0.077	0.058	0.048	0.047	0.045	0.078

Grafik 17: 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

a) düğüm no: 489

b) düğüm no: 589

c) düğüm no: 689

d) düğüm no: 789

Grafik 18: 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

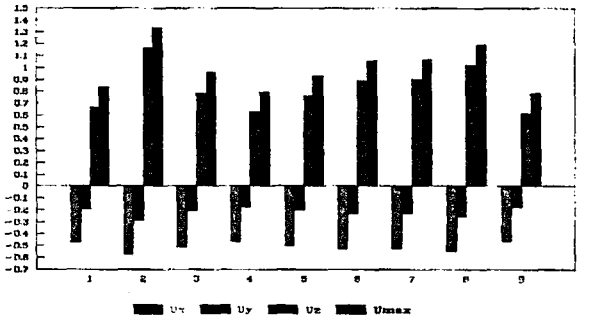
a) düğüm no: 486

b) düğüm no: 586

c) düğüm no: 686

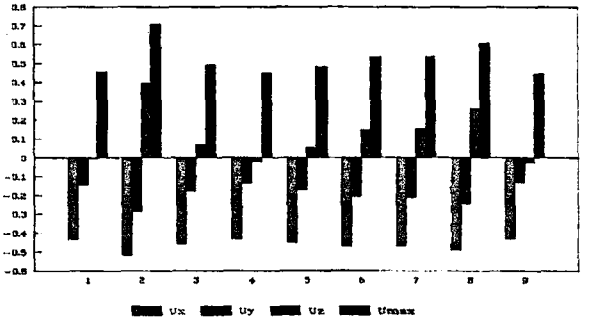
d) düğüm no: 786

Grafik 17a



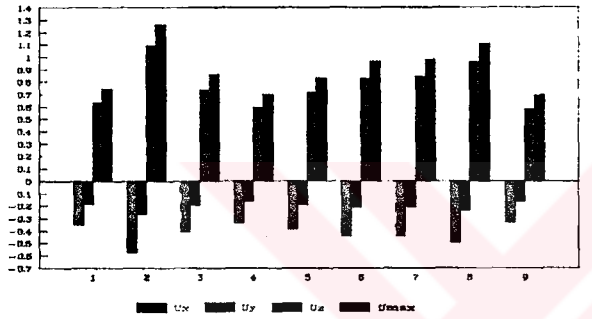
Düğüm no 489

Grafik 18a



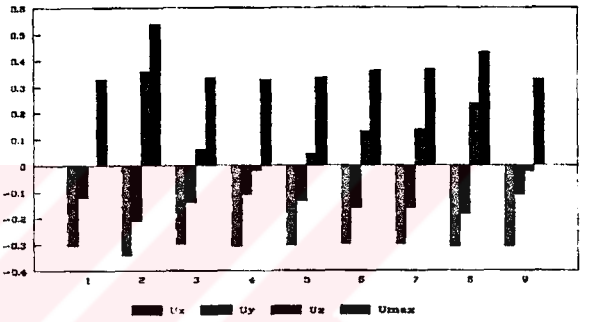
Düğüm no 486

Grafik 17b



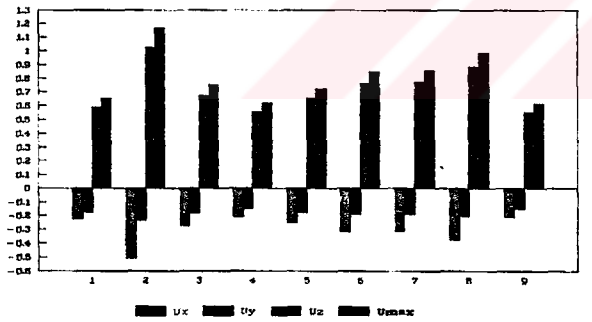
Düğüm no 589

Grafik 18b



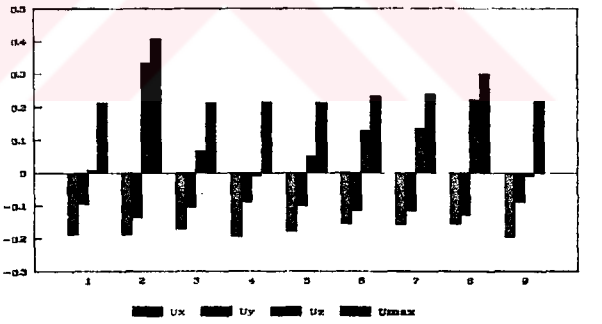
Düğüm no 586

Grafik 17c



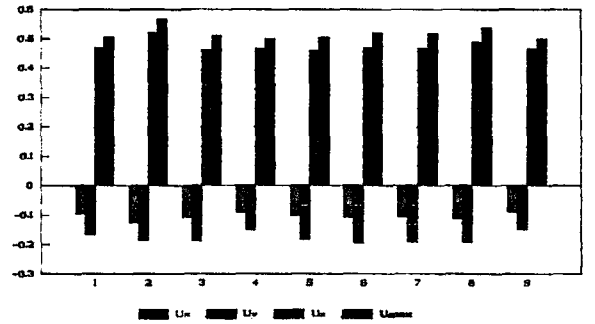
Düğüm no 689

Grafik 18c



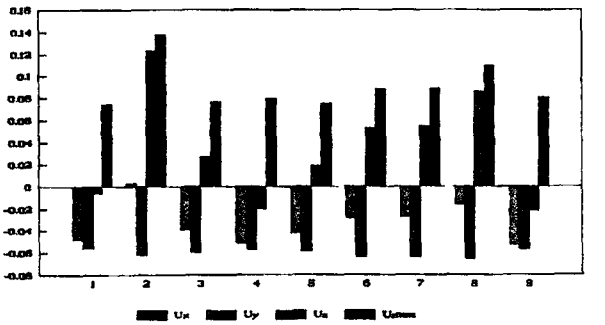
Düğüm no 686

Grafik 17d



Düğüm no 789

Grafik 18d



Düğüm no 786

Grafik 19: 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

a) düğüm no: 447

b) düğüm no: 547

c) düğüm no: 647

d) düğüm no: 747

Grafik 20: 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

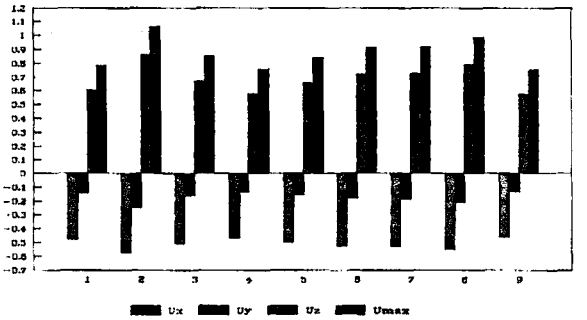
a) düğüm no: 444

b) düğüm no: 544

c) düğüm no: 644

d) düğüm no: 744

Grafik 19a

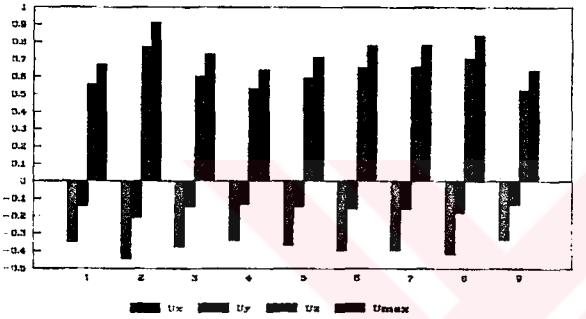


Düğüm no 447

Grafik 20a

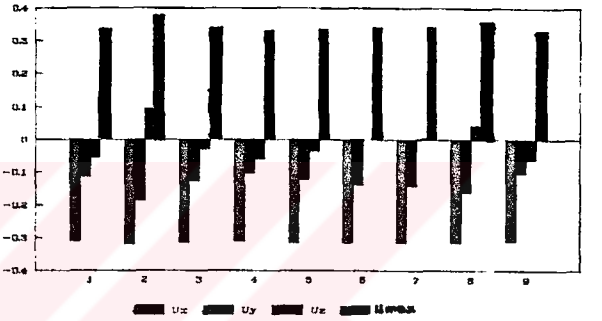
Düğüm no 444

Grafik 19b



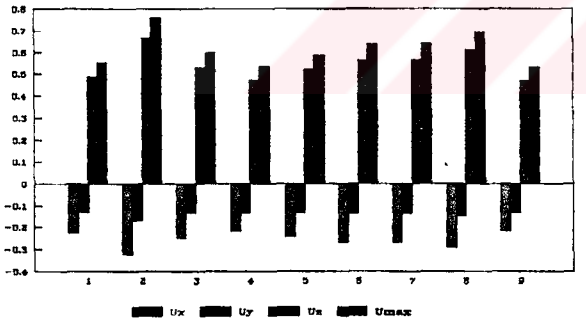
Düğüm no 547

Grafik 20b



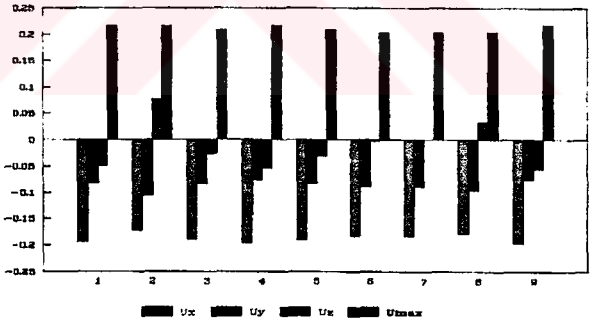
Düğüm no 544

Grafik 19c



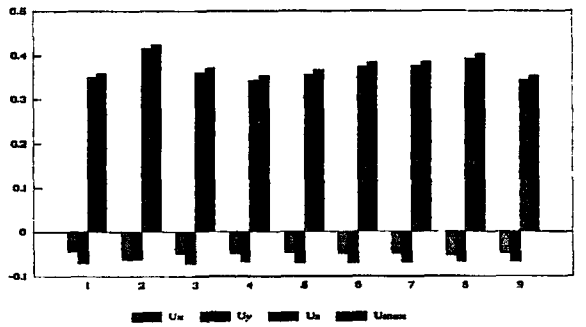
Düğüm no 647

Grafik 20c



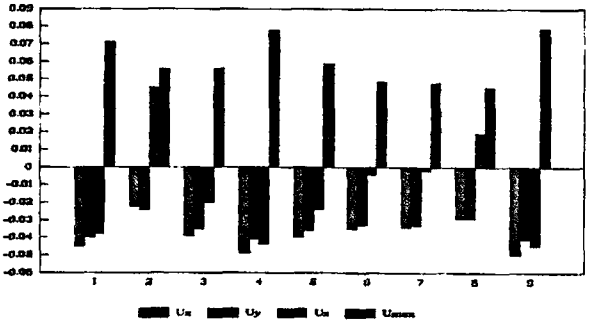
Düğüm no 644

Grafik 19d



Düğüm no 747

Grafik 20d



Düğüm no 744

Tablo 40 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***mezial-de mine-dentin sınırında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 41 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***distal-de mine-dentin sınırında*** oluşan max yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 42 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarın-da*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 43 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarın-da*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 40: Mezialde mine-dentin sınırı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
475	0.836	1.296	0.947	0.791	0.922	1.041	1.049	1.162	0.782
575	0.738	1.242	0.848	0.691	0.819	0.949	0.955	1.081	0.684
675	0.646	1.116	0.735	0.610	0.709	0.823	0.831	0.949	0.605
775	0.495	0.522	0.503	0.501	0.500	0.503	0.501	0.509	0.501

Tablo 41: Distalde mine-dentin sınırı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
472	0.464	0.666	0.494	0.456	0.488	0.526	0.529	0.584	0.455
572	0.334	0.510	0.342	0.333	0.341	0.364	0.367	0.421	0.333
672	0.218	0.374	0.212	0.221	0.214	0.227	0.231	0.282	0.221
772	0.075	0.118	0.073	0.083	0.073	0.080	0.081	0.095	0.085

Tablo 42: Kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
461	0.795	1.126	0.875	0.753	0.857	0.942	0.948	1.031	0.745
561	0.687	1.017	0.761	0.656	0.745	0.824	0.829	0.913	0.651
661	0.591	0.919	0.655	0.572	0.641	0.713	0.720	0.805	0.569
761	0.390	0.418	0.401	0.418	0.401	0.402	0.402	0.408	0.421

Tablo 43: Kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
458	0.462	0.581	0.483	0.456	0.478	0.501	0.504	0.534	0.455
558	0.334	0.404	0.341	0.341	0.341	0.346	0.348	0.367	0.341
658	0.220	0.248	0.216	0.236	0.219	0.210	0.210	0.218	0.236
758	0.075	0.063	0.062	0.091	0.066	0.053	0.054	0.053	0.093

Grafik 21: 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***mezialde mine-dentin sınırında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (µm).

a) düğüm no: 475

b) düğüm no: 575

c) düğüm no: 675

d) düğüm no: 775

Grafik 22: 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***distalde mine-dentin sınırında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (µm).

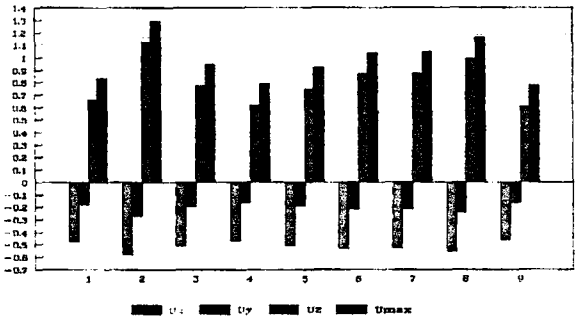
a) düğüm no: 472

b) düğüm no: 572

c) düğüm no: 672

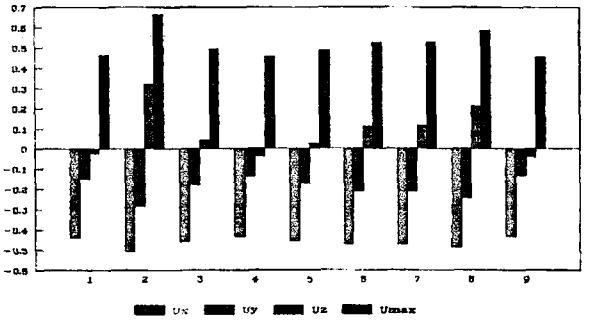
d) düğüm no: 772

Grafik 21a



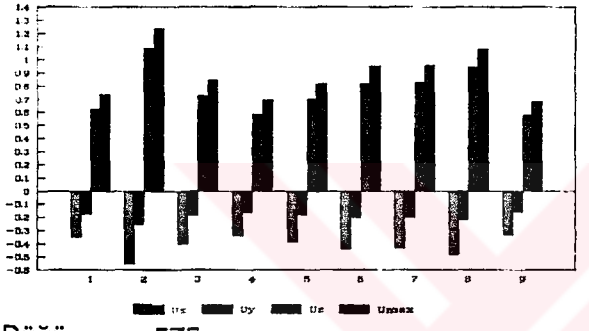
Düğüm no 475

Grafik 22a



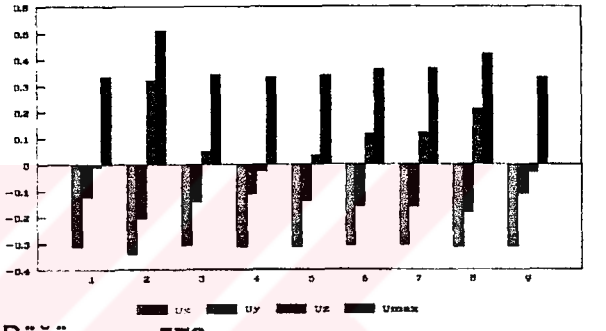
Düğüm no 472

Grafik 21b



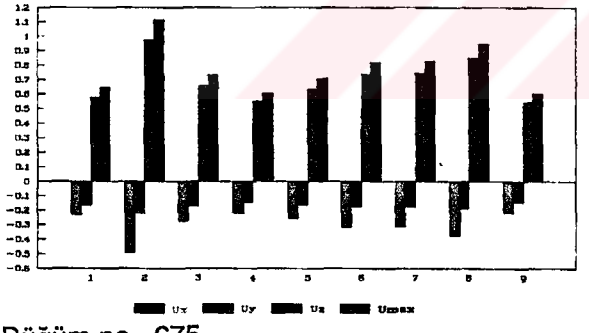
Düğüm no 575

Grafik 22b



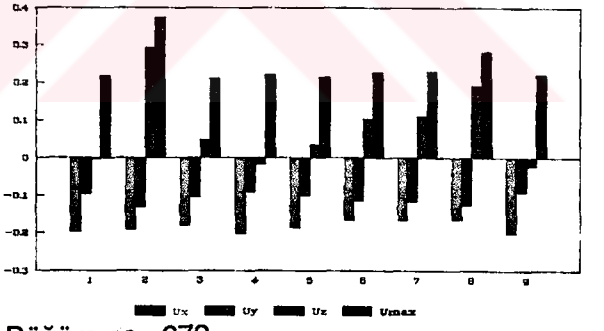
Düğüm no 572

Grafik 21c



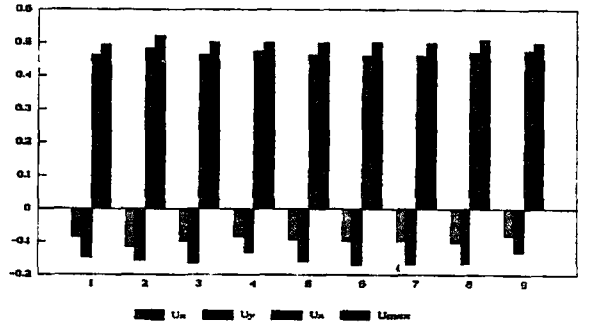
Düğüm no 675

Grafik 22c



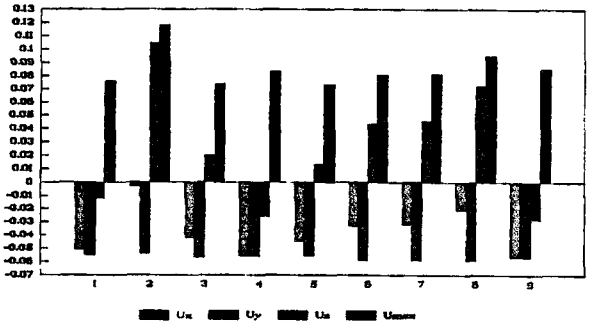
Düğüm no 672

Grafik 21d



Düğüm no 775

Grafik 22d



Düğüm no 772

Grafik 23: 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (µm).

a) düğüm no: 461

b) düğüm no: 561

c) düğüm no: 661

d) düğüm no: 761

Grafik 24 : 2. tip yüklemede (Y-2) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (µm).

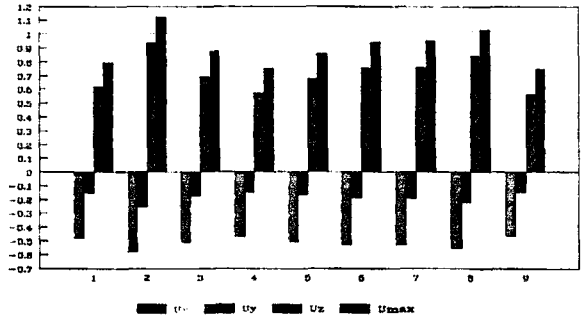
a) düğüm no: 458

b) düğüm no: 558

c) düğüm no: 658

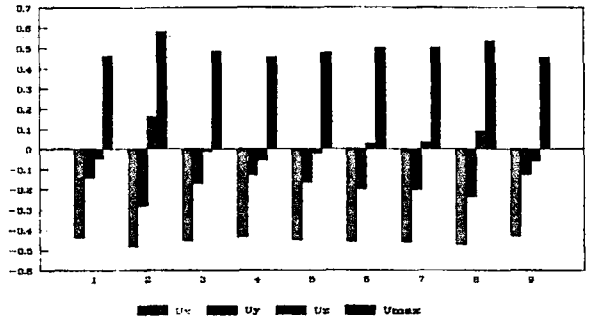
d) düğüm no: 758

Grafik 23a



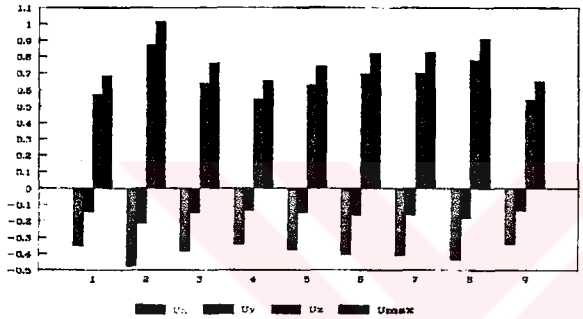
Düğüm no 461

Grafik 24a



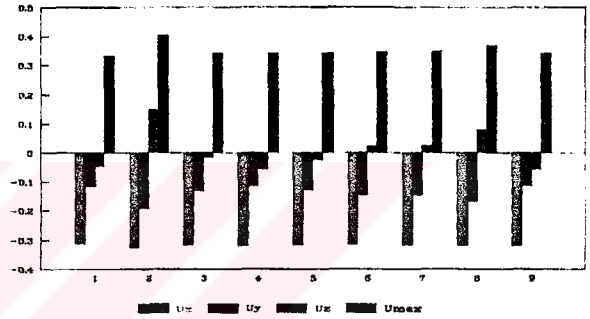
Düğüm no 458

Grafik 23b



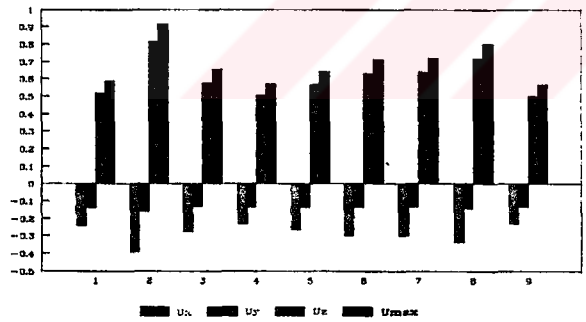
Düğüm no 561

Grafik 24b



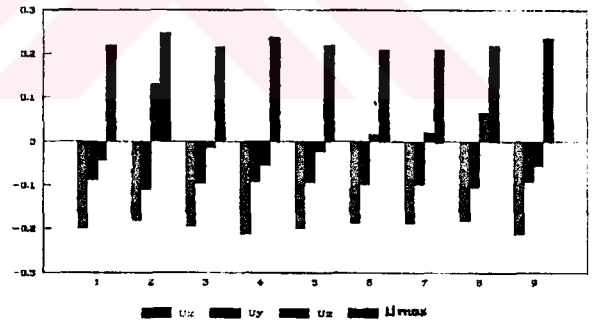
Düğüm no 558

Grafik 23c



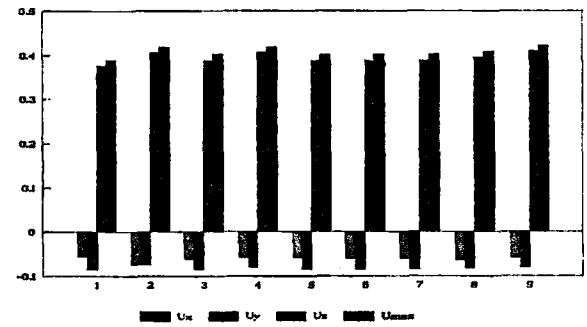
Düğüm no 661

Grafik 24c



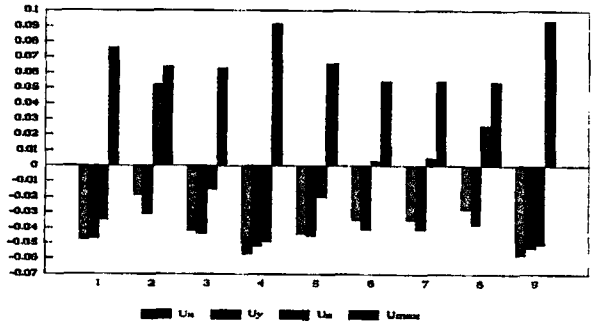
Düğüm no 658

Grafik 23d



Düğüm no 761

Grafik 24d



Düğüm no 758

Tablo 44 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 45 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 46 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 47 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 44: Vestibül yüzeyin mezial kenarı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
489	0.434	0.613	0.479	0.415	0.470	0.515	0.518	0.562	0.415
589	0.372	0.576	0.416	0.350	0.404	0.455	0.458	0.508	0.362
689	0.319	0.529	0.352	0.300	0.342	0.389	0.392	0.444	0.320
789	0.270	0.276	0.268	0.268	0.266	0.266	0.265	0.269	0.283

Tablo 45: Vestibül yüzeyin distal kenarı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
486	0.322	0.369	0.337	0.321	0.334	0.342	0.343	0.351	0.258
586	0.241	0.270	0.243	0.243	0.243	0.241	0.242	0.246	0.190
686	0.168	0.174	0.162	0.172	0.164	0.154	0.153	0.150	0.128
786	0.081	0.031	0.065	0.088	0.068	0.053	0.053	0.041	0.057

Tablo 46: Pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
447	0.514	0.625	0.544	0.499	0.537	0.566	0.568	0.595	0.472
547	0.435	0.529	0.457	0.419	0.451	0.477	0.479	0.502	0.402
647	0.355	0.436	0.374	0.346	0.368	0.389	0.390	0.411	0.339
747	0.232	0.246	0.232	0.230	0.231	0.235	0.236	0.240	0.229

Tablo 47: Pulpa-aksiyal duvarın distal kenarı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
444	0.285	0.323	0.297	0.283	0.295	0.303	0.304	0.312	0.242
544	0.202	0.221	0.208	0.202	0.208	0.211	0.212	0.215	0.174
644	0.128	0.131	0.130	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.112
744	0.045	0.026	0.041	0.049	0.042	0.036	0.036	0.031	0.040

Grafik 25: 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (µm).

a) düğüm no: 489

b) düğüm no: 589

c) düğüm no: 689

d) düğüm no: 789

Grafik 26: 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***vestibül yüzeyin distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (µm).

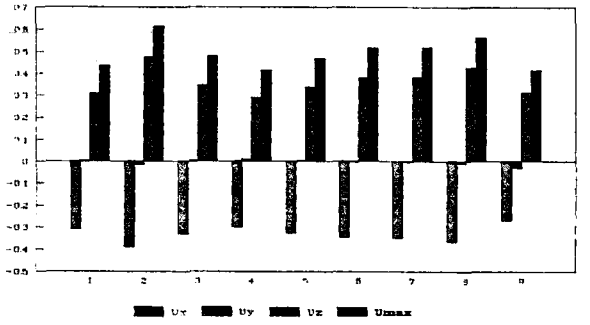
a) düğüm no: 486

b) düğüm no: 586

c) düğüm no: 686

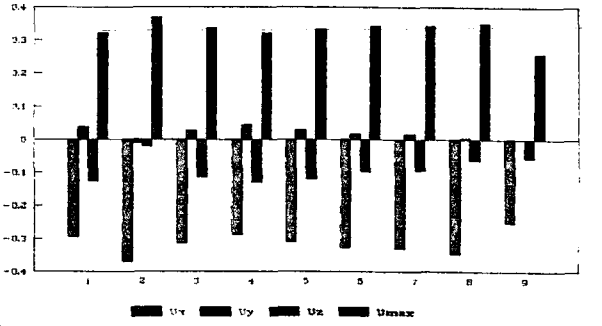
d) düğüm no: 786

Grafik 25a



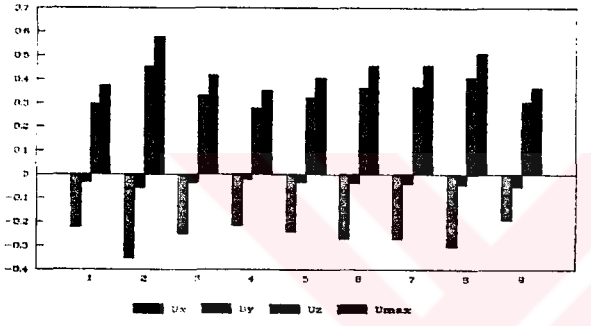
Düğüm no 489

Grafik 26a



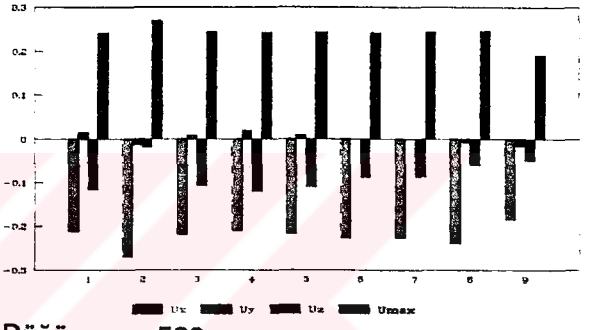
Düğüm no 486

Grafik 25b



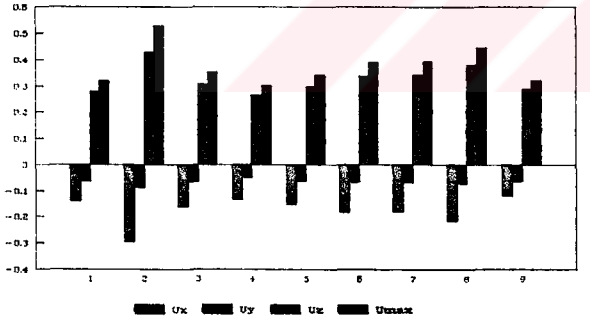
Düğüm no 589

Grafik 26b



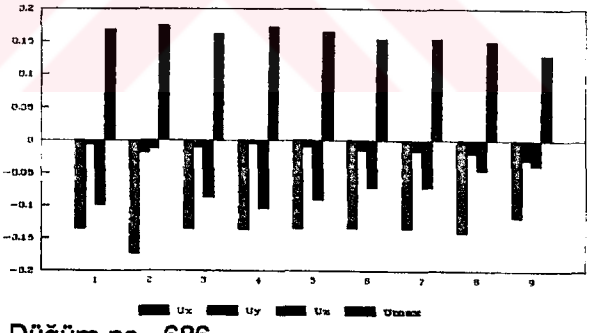
Düğüm no 586

Grafik 25c



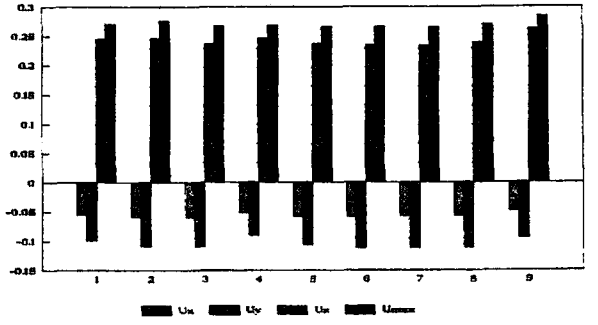
Düğüm no 689

Grafik 26c



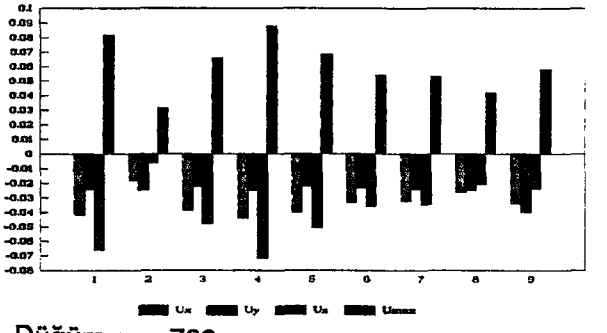
Düğüm no 686

Grafik 25d



Düğüm no 789

Grafik 26d



Düğüm no 786

Grafik 27: 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (µm).

a) düğüm no: 447

b) düğüm no: 547

c) düğüm no: 647

d) düğüm no: 747

Grafik 28: 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***pulpa-aksiyal duvarın distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (µm).

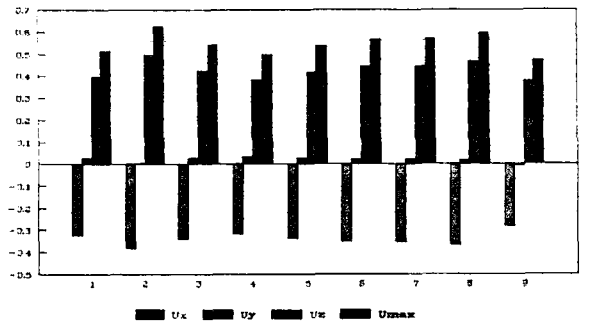
a) düğüm no: 444

b) düğüm no: 544

c) düğüm no: 644

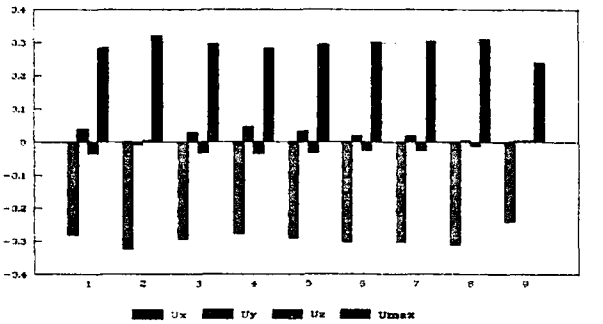
d) düğüm no: 744

Grafik 27a



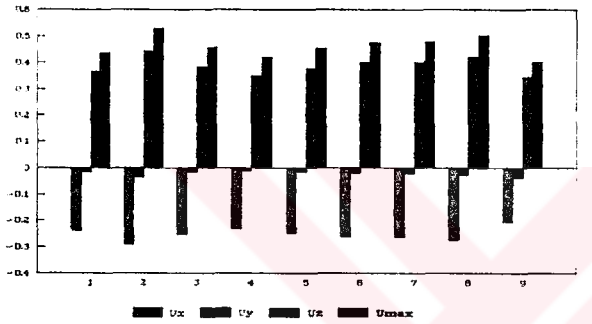
Düğüm no 447

Grafik 28a



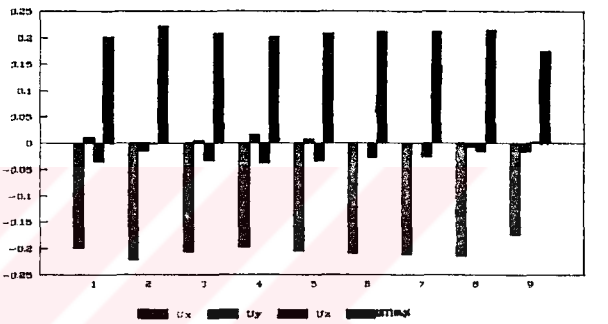
Düğüm no 444

Grafik 27b



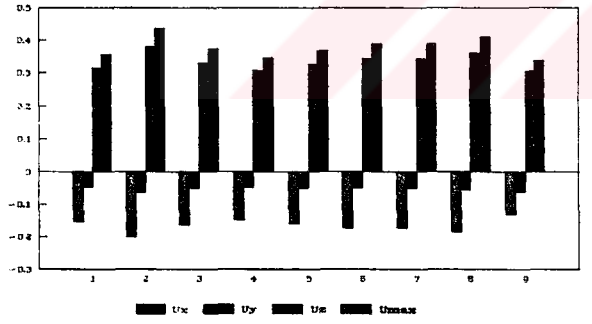
Düğüm no 547

Grafik 28b



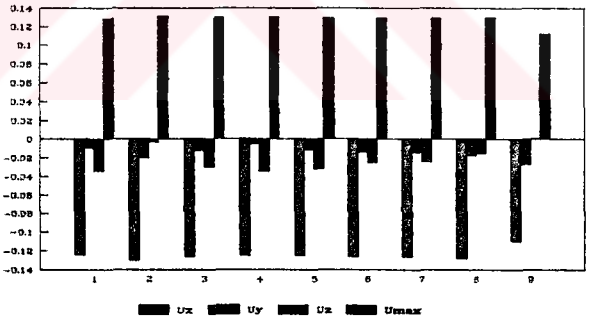
Düğüm no 544

Grafik 27c



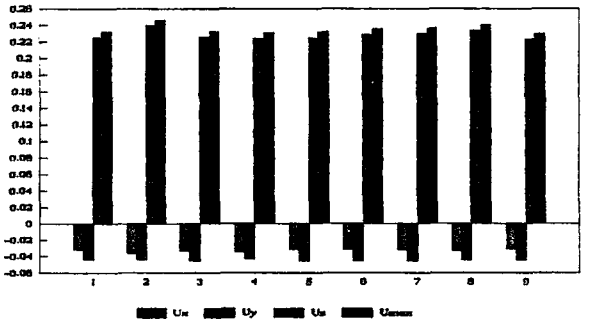
Düğüm no 647

Grafik 28c



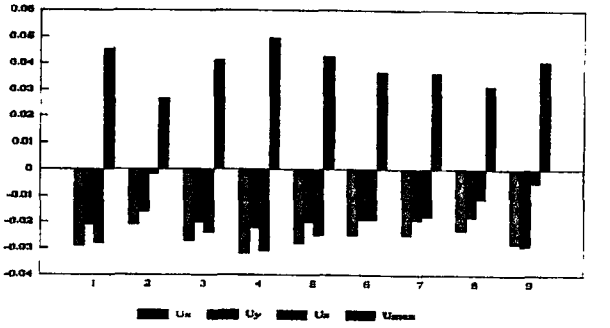
Düğüm no 644

Grafik 27d



Düğüm no 747

Grafik 28d



Düğüm no 744

Tablo 48 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***mezial-de mine-dentin sınırında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 49 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***distal-de mine-dentin sınırında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 50 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kalde materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarın-da*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 51 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kalde materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarın-da*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

Tablo 48: Mezialde mine-dentin sınırı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
475	0.460	0.631	0.503	0.439	0.493	0.537	0.539	0.581	0.431
575	0.386	0.585	0.428	0.364	0.416	0.466	0.468	0.517	0.370
675	0.331	0.524	0.364	0.314	0.354	0.398	0.400	0.448	0.328
775	0.272	0.263	0.271	0.277	0.270	0.266	0.265	0.264	0.290

Tablo 49: Distalde mine-dentin sınırı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
472	0.315	0.360	0.328	0.313	0.326	0.335	0.335	0.344	0.256
572	0.233	0.261	0.236	0.235	0.236	0.236	0.236	0.241	0.189
672	0.165	0.170	0.160	0.168	0.161	0.153	0.152	0.149	0.128
772	0.076	0.030	0.063	0.084	0.065	0.051	0.050	0.041	0.057

Tablo 50: Kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
461	0.503	0.636	0.537	0.481	0.530	0.564	0.566	0.600	0.456
561	0.430	0.566	0.463	0.415	0.455	0.488	0.489	0.523	0.401
661	0.366	0.508	0.394	0.357	0.388	0.419	0.422	0.460	0.352
761	0.243	0.235	0.243	0.260	0.242	0.238	0.238	0.234	0.265

Tablo 51: Kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarı (µm)

Düğüm	Matematik Model Tipleri								
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
458	0.290	0.330	0.302	0.288	0.300	0.309	0.308	0.318	0.246
558	0.208	0.233	0.215	0.211	0.214	0.216	0.217	0.221	0.182
658	0.136	0.144	0.138	0.143	0.139	0.136	0.136	0.137	0.122
758	0.055	0.030	0.050	0.065	0.052	0.044	0.042	0.036	0.051

Grafik 29: 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***mezialde mine-dentin sınırında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

a) düğüm no: 475

b) düğüm no: 575

c) düğüm no: 675

d) düğüm no: 775

Grafik 30 : 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***distalde mine-dentin sınırında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (μm).

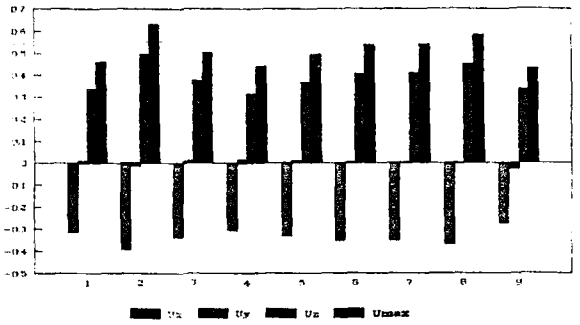
a) düğüm no: 472

b) düğüm no: 572

c) düğüm no: 672

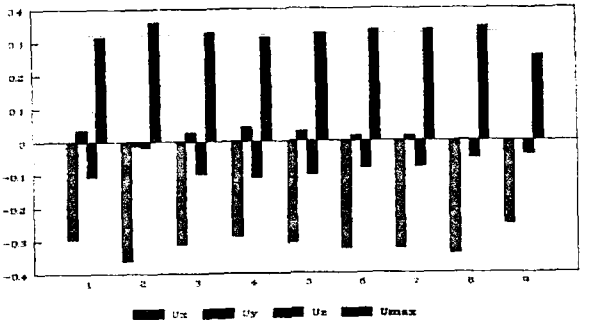
d) düğüm no: 772

Grafik 29a



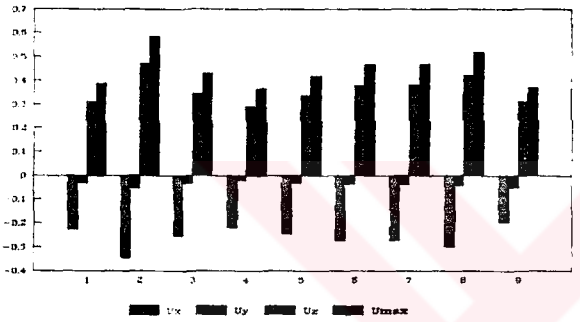
Düğüm no 475

Grafik 30a



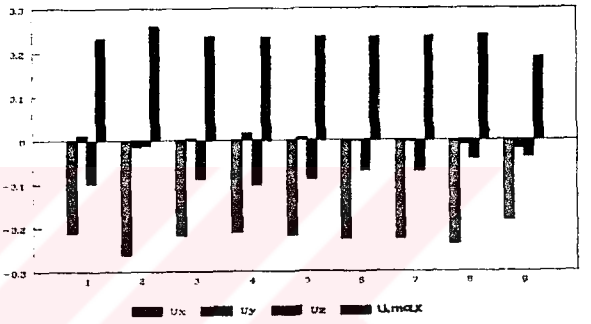
Düğüm no 472

Grafik 29b



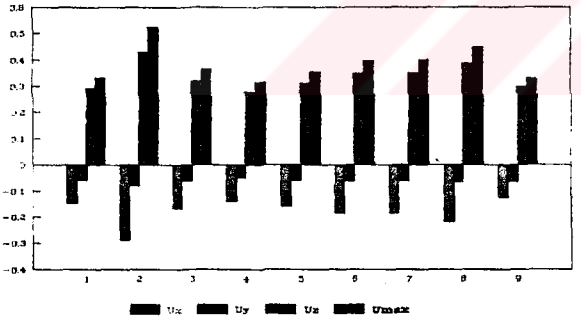
Düğüm no 575

Grafik 30b



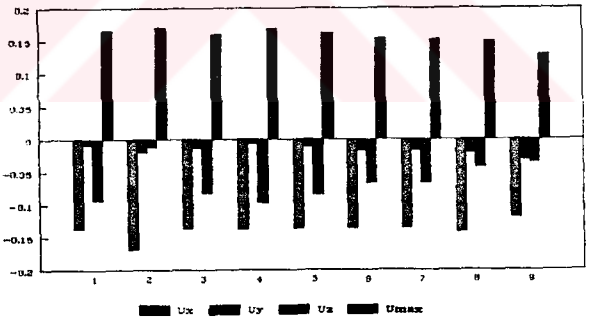
Düğüm no 572

Grafik 29c



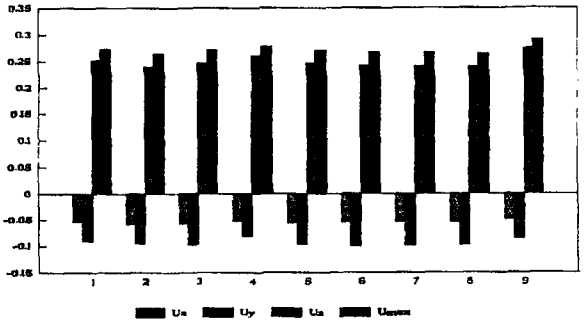
Düğüm no 675

Grafik 30c



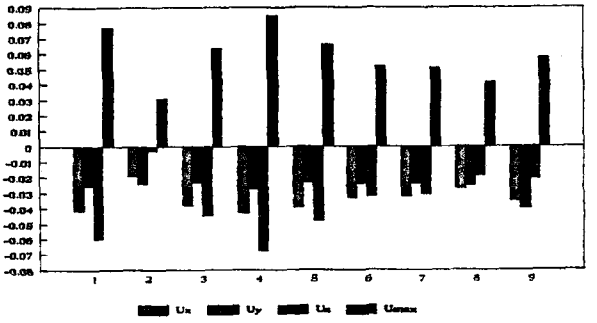
Düğüm no 672

Grafik 29d



Düğüm no 775

Grafik 30d



Düğüm no 772

Grafik 31: 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin mezial kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (µm).

a) düğüm no: 461

b) düğüm no: 561

c) düğüm no: 661

d) düğüm no: 761

Grafik 32: 3. tip yüklemede (Y-3) analiz edilen matematik model tiplerinde ***kaide materyali ile restoratif materyal arasındaki yüzeyin distal kenarında*** oluşan max. yer değiştirme değerleri (µm).

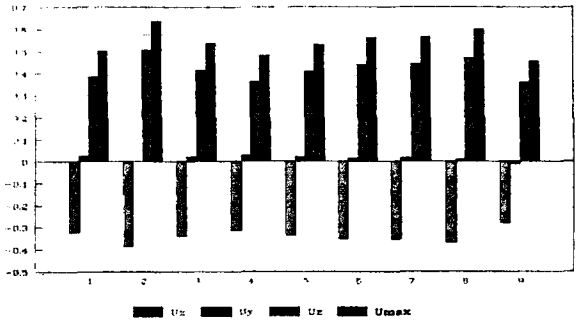
a) düğüm no: 458

b) düğüm no: 558

c) düğüm no: 658

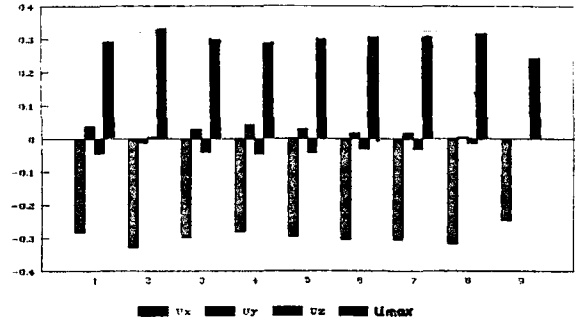
d) düğüm no: 758

Grafik 31a



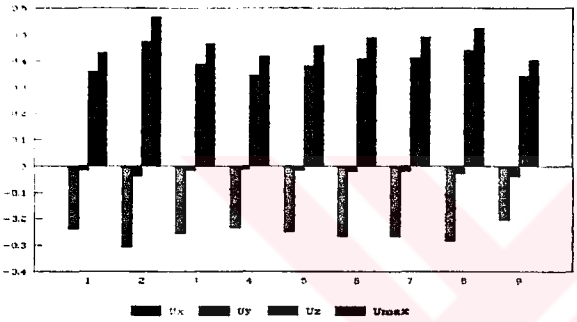
Düğüm no 461

Grafik 32a



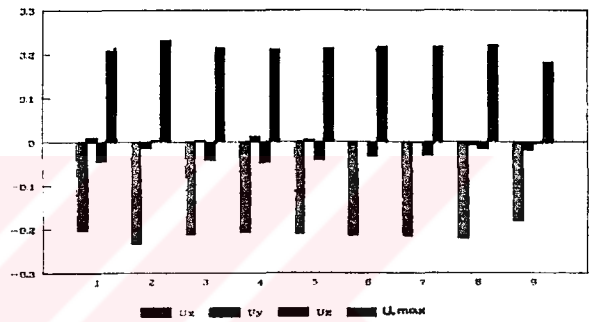
Düğüm no 458

Grafik 31b



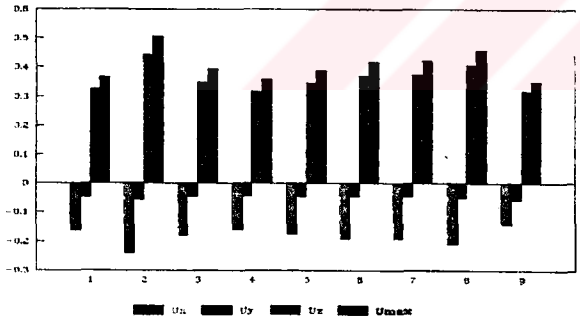
Düğüm no 561

Grafik 32b



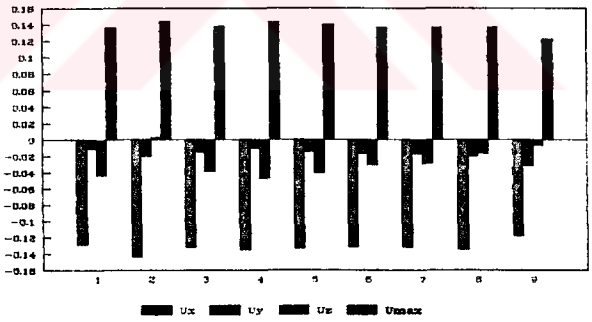
Düğüm no 558

Grafik 31c



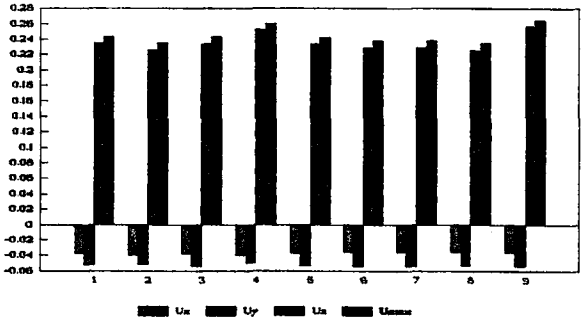
Düğüm no 661

Grafik 32c



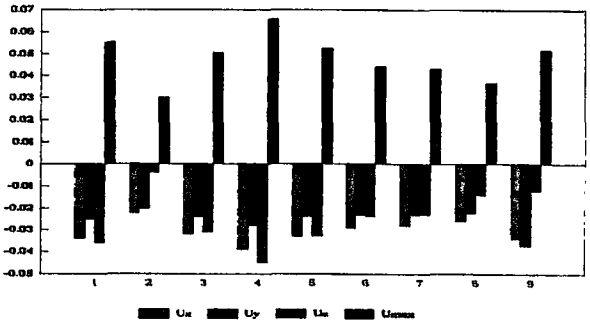
Düğüm no 658

Grafik 31d



Düğüm no 761

Grafik 32d



Düğüm no 758

6. TARTIŞMA

Kenar uyumu ve perkolasyon, diş restorasyonlarının başarısını etkileyen faktörlerin arasında birçok bilim adamının ilgi odağı olmuş, bu konuda klinik gözlemlere dayalı incelemelerle yetinilmeyip, in vitro araştırmalar da yapılmıştır(4,34,44,50,56).

İn vitro çalışmalarda önceleri, çekilmiş insan dişlerine kavite açılıp, değişik restoratif materyaller uygulanmış ve sonra kavite duvarlarında oluşan kenar sızıntısı incelenmiştir. Ancak deneyin, ağız ortamını taklit eden bir düzenek içersinde gerçekleştirilmesinin gerekliliği termosiklus uygulamalarının düzeneğe katılmasına neden olmuş ve termosiklusun kenar sızıntısı araştırmaların da önemli bir faktör olduğu anlaşılmıştır.

60'lı yıllardan bu yana dişlerin iç dinamiği, pekçok bilim adamının dikkatini çekmiştir. Restorasyonun kenar uyumunda, diş ve restorasyondaki iç dinamiğin de rol oynayabileceği hipotezinden hareketle, in vitro deneylere oklüzal kuvvetleri taklit eden kuvvet yükleme siklusu da eklenmiştir.

Çalışmamızda çürük, abrazyon ve erozyon gibi nedenlerle sıklıkla sert doku kayıplarının görüldüğü premolarların(68,79,109) servikal bölgelerinde kullanılan materyaller, kenar uyumu açısından dişin iç dinamiği de göz önüne alınarak araştırılmışlardır.

Araştırmamızda, gerilme dağılımı ve yer değiştirme analizleri için 3 boyutlu sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Günümüzde kompleks, asimetrik ve irregüler 3 boyutlu bir obje olan dişin gerilme dağılımının analizinde nümerik bir metot olan sonlu elemanlar metodu sıklıkla tercih edilmektedir. Sonlu elemanlar metodu matematiksel tekniğe dayalı bir metottur. İlk kez 1956'da geliştirilen metot, uçak endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulmuş olup, günümüzde inşaat ve uzay mühendisliği alanlarında da hizmet vermektedir. Zaman içerisinde bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, metoda olan ilgiyi arttırmış ve metot daha da geliştirilmiştir. Bu metotta, orjinal yapının gerçekçi bir şekilde incelenebilmesi için eleman sayısının yüksek olması gerekmektedir. Eleman sayısının artmasıyla birlikte çözümlenmesi gereken denklem sayısı artmakta ve analiz edilen yapının fiziksel özelliklerini taklit eden bu çok sayıdaki denklemin çözümü, ancak dijital bilgisayarların kullanımı ile mümkün olabilmektedir(39,95,99,121).

Gerilme dağılımını saptamaya yönelik diğer yöntemlerden biri olan fotoelastisite yönteminin esasını ise, materyal homojenitesi oluşturmaktadır. Bu yöntemle yapılan araştırmalarda dişin homojen bir yapı olduğu ve restorasyonun tek bir homojen materyalle yapıldığı kabul edilmektedir(45,99). Sonlu elemanlar yöntemi fotoelastisite ve strain-gauge metotlarıyla karşılaştırıldığında, sıklıkla kullanılan bir yöntem olup, bu yöntemle diş gibi kompleks yapılar modellenebilmekte ve yapıya uygulanan kuvvetler nedeniyle modelde oluşan gerilme ve yer değiştirmeler ayrıntılı olarak değerlendirilebilmektedir(29). Kullandığımız bu metot, dişte yapılan birçok preparasyon geometrisinin ve dişe uygulanan restoratif materyal tipinin, gerilme dağılımı açısından araştırılabilmesine de olanak sağlamıştır(64,99).

Çalışmamızın benzerine literatürde rastlanmamıştır. İlk kez tarafımızdan üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile üst 1. premolarda 5. sınıf kavite açıldığı ve sonrada bu kavitenin amalgam, porselen inley, kompozit inley, altın inley, mikrodolduruculu kompozit ve ZOE simanı gibi değişik materyallerle restore edildiğinde, dişte ortaya çıkan gerilme ve yer değiştirmeler nümerik olarak saptanmıştır. Ve çalışmamızın bulguları gerek deneysel gerekse klinik çalışmalar için ışık tutucu bir kaynak oluşturmuşlardır.

Çalışmamızın, in vitro çalışmalara nazaran üstün olduğu bazı hususları vardır. Günümüzde bazı in vitro test düzenekleriyle gerilme dağılımları ölçülebilse de çoğunlukla sofistike araç-gerece, uzman personele ve uzun deney sürelerine ihtiyaç duyulmaktadır(113). Ayrıca dişlerin hem geometrileri, hem de kendine özgü bir mimari yapı gösteren makroskobikten mikroskobik boyutlara kadar indirgenebilen strüktürleri, dişe ilişkin parametrelerin sabit tutulmasını bu tür çalışmalarda zorlaştırmaktadır(39,64).

Oysa çalışmamızda kullandığımız sonlu elemanlar yöntemi ile dişin fiziksel ve morfolojik özellikleri, oklüzal kuvvetlerin gücü ve yönü sabit tutulabilmekte ve böylelikle metodun en büyük avantajı da ortaya çıkmaktadır(81). Matematik modelde, uygulanan yük karşısında kavitenin ve yapılan restorasyonların gerilme dağılımında ve yer değiştirmelerinde oluşan farklılıklar, değişken olarak tutulan materyallere ait elastisite ve poisson oranlarındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır.

Çalışmamız yukarda belirtilen nedenlerle in vitro çalışmalara olduğu kadar, iki boyutlu sonlu elemanlar çalışmalarına da üstünlük göstermektedir. Yapılan iki boyutlu FEM çalışmalarında modellemeler düzlemsel ve simetrik olarak yapılmıştır(22,29,30). Oysa üzerinde araştırma yapılan obje, oral kavite içersinde yer alan diş materyali olup, üç boyutlu asimetrik bir yapıya sahiptir. Düzlemsel ve asimetrik diş geometrilerini, farklı mekanik özelliklerdeki diş sert dokularını ve farklı yön ve şiddetteki oklüzal kuvvetlerini gerçeğe en yakın şekilde yansıtabilmek amacıyla, çalışmamızda üç boyutlu bir matematik diş modeli hazırlanmış ve araştırma bu matematik model üzerinde gerçekleştirilmiştir.

FEM ile yapılan araştırmalarda; biyolojik objelerin gerçek yapılarının geometrik modellerle şekillendirilebilmeleri; objelerin tam bir dörtgen, üçgen ya da prizma gibi belirli bir geometrik formda olmamalarından ötürü zor olmakta ve hazırlanan matematik modellerde orjinal obje anatomisine bir miktar keskin geometrik özellikler kazandırılmaktadır.

Araştırılacak olan dişin; sonlu sayıda düzgün yapıda elemanlardan oluşan matematik modeli oluşturulduktan sonra, her elemana dişte bulunduğu bölgeye göre o bölgenin dokusuna ilişkin elastisite modülü ve poisson değerleri ve eğer modelde bir restorasyon mevcutsa, restorasyonun bulunduğu bölgede o restorasyon materyaline ya da materyallerine ilişkin elastisite modül ve poisson değerleri entegre edilmektedir(14,16,29). Çalışmamızda modele aktarılacak olan, diş dokularına ve restorasyon materyallerine ilişkin elastisite modül değerleri çeşitli literatür verilerinden araştırılmıştır. Ve yapılan literatür incelemesinde materyallere ilişkin elastisite modül değerlerinde farklılıklar olduğu görülmüştür. Bu farklılıklar, ultrasonik teknik, optik strain-gauge tekniği gibi farklı yöntemlerin kullanılmasından ve ölçülen materyalin lokalizasyonundan ileri gelmektedir(78,85,116).

Periodontal dokunun ve destek alveol kemiğinin mine ve dentin dokularındaki gerilme dağılımında anlamlı bir etki oluşturmadığının bildirilmesinden hareket edilerek(45) üst 1. premoların morfolojik bütünlüğü içersinde hazırlanan matematik modelimiz, kole bölgesinden kök ucuna kadar kemik dokusuna sabit mesnetli olarak düşünülmüştür.

Araştırmamızda matematik modele yüklenecek olan ısırma kuvvetinin nitelik ve nicelikleri saptanırken çeşitli kaynaklardan yararlanılmıştır(14,37,111). Dişler üzerine gelen kuvvetler çok eski devirlerden bu yana pekçok araştırmaya konu olmuştur. Nitelik ve nicelik açısından çok farklı olan bu kuvvetlerin araştırılmasına yönelik yapılan ilk çalışmalarda yararlanılan kuvvet ölçüm teknikleri eleştirilere açık yöntemlerdir. Ölçümde yararlanılan ileticilerin çoğunlukla dişler arasında tutulması, yanlızca alt çenenin serbest hareketini engellemekle kalmamakta aynı zamanda doğaldan uzak dinamik bir yapının da oluşmasına neden olmaktadır. Bunun yanısıra ölçümlerin genellikle total ve parsiyel protezlere yerleştirilen ileticilerle yapılması, doğal diş sistemlerinde oluşacak olan değerlerin gerçekçi bir şekilde yansıtılmasını engellemektedir. Oysa son yıllarda doğal dişler üzerinde de ölçümler yapılabilmekte ve daha gerçeğe yakın değerler saptanabilmektedir(14,27,37,111). Çalışmamızda 475 N değerindeki maksimum ısırma kuvveti modele yüklenmiştir(37). Yutkunma, konuşma, dişleri sıkma ve gıcırdatma esnasında sıklıkla dişler üzerine dik olarak gelen kuvvet ısırma kuvvetidir. Bir gün içerisinde bireylerin 585 ile 2400 kez arasında değişen sıklıkta yutkundukları ve yutkunma esnasında da dişlerin

bir gün içersinde 8.5 dakika süreyle temas ettikleri bildirilmiştir(14). Isırma kuvveti (yemek yeme dışında) yarı refleks bir fizyolojik olayın (yutkunmanın) diş üzerine getirdiği kaçınılmaz etkili bir yüktür.

475N'luk maksimum ısırma kuvveti, hazırlanan matematik modelin oklüzal yüzeyine üç ayrı tipte yüklenmiştir. Isırma kuvvetinin matematik modelde yükleneceği bölgelerin seçimi yapılırken sıklıkla rastlanılan oklüzyon kontakt alanları tercih edilmiştir(7,90). Çalışmamızda uygulanan yüklemeler:

- 1. tip yükleme (Y-1): Tüm oklüzal yüzeye yayılı yük uygulaması
- 2. tip yükleme (Y-2): Tek nokta kontağını taklit edecek şekilde oklüzal yüzeyin mezialinde belirli bir kısım noktaya yük uygulanması.
- 3. tip yükleme (Y-3): Lingual tüberkülün mezial eğimine yayılı yük uygulanması.

şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Bu farklı üç tip yükün uygulanmasındaki amaç, farklı kapanış özelliklerinin gerilme dağılımı üzerinde olan etkisini araştırmaktır. Klinik çalışmalarda, oklüzyon yeni yeni dikkati çekmekte, in vitro araştırmalarda ise ender olarak yükleme siklusu deney düzeneğinde yeralmaktadır. Çalışmamızın bulguları; bugüne değin hiç dikkate alınmamış bu parametrenin (oklüzal kuvvetin etkili olduğu alanın), diş ile restorasyonlardaki gerilmeler ve restorasyonun kenar uyumu açısından ne denli önemli olduğunu kanıtlamıştır.

Gerilmelere bağlı olarak meydana gelen yapısal değişmelerin yanısıra, submikroskobik düzeyde dişin strüktürel mimari elemanlarında ve restorasyonlarda yer değiştirmelerin de olması beklenmelidir. Oluşan bu yer değiştirmelerin restorasyon materyalinin kenar uyumu açısından büyük önem taşıdığı, dişlerin birbirlerine her temas edişinden sonra var olan aralığın daha da genişleyeceği ve sonra tekrar eski boyutuna döneceği düşünülmelidir. Bu nedenlerden dolayı, çalışmamızda, yük uygulaması sonucu dişte oluşan gerilmeler kadar yer değiştirmelerde tüm ayrıntılarıyla incenlemiş ve sonuçlar birlikte irdelenmiştir.

Çalışmamızın başında morfolojik bütünlüğü bozulmamış üst 1. premolarda oluşan gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri incelenmiştir. Canlının evrimi sonucunda, dişlerin morfolojileri gibi mikroskobik ve mikromorfolojik yapıları da çiğneme fonksiyonuna göre değişime uğramıştır(98). Dişin yapısı; üzerine gelen çiğneme kuvvetini en iyi şekilde tolere edebilecek ve dağıtabilecek bir modifikasyon sonucunda oluşmuştur. Bu nedenle öncelikle sağlıklı diş morfolojisinde oluşan gerilme ve yer değiştirmelerin karakteristiği saptanmış, kavite preparasyonun, farklı materyaller ve teknikler ile yapılan restorasyonların, bu doğal biyomekaniğe etkisi ya da uyumu değerlendirilmiş ve tartışılmıştır.

Normal morfolojik bütünlüğü bozulmamış sağlıklı bir üst 1. premoların matematik modelinin oklüzal yüzüne,1. tip yük uygulandığında modelin 1/3 bukko-servikalinde, vestibül yüzeyin oklüzalinde yeralan düğüm noktalarında, oluşan gerilmelerin birbirine yakın değerlerde olduğu saptanmıştır (Tablo 4, 5, Grafik 1a, 2a). Ancak servikale gidildikçe gerilme değerleri değişkenlik göstermiş (Tablo 4, 5, Grafik 1a-d,2a-d), özellikle mezio-servikalde (Tablo 4, Grafik 1d), disto-servikaldeki değerin ~ 5 misli daha fazla gerilmenin oluştuğu belirlenmiştir (Tablo 5, Grafik 2d).

Yüzeydeki mine dokusundan pulpal yönde 2 mm derinlikte yeralan dentin dokusunda ise oluşan gerilmelerin, oklüzalden servikale doğru arttığı (Tablo 6, 7, Grafik 3a-d, 4a-d), artan bu değerlerin mezial (Tablo 6, Grafik 3a-d) ve distal (Tablo 7, Grafik 4a-d) taraflarda eşdeğerde oldukları görülmüştür.

Hazırlanan matematik modelin 1/3 servikalinde mine-dentin sınırına rastlayan bölgesinde ise 1. tip yükleme sonucunda gerilmelerin, mezio-servikal düğüm noktasına komşu noktası dışında (Tablo 8, Grafik 5c), diğer tüm noktalarında (Tablo 8, 9, Grafik 5a-b-d, 6a-d), vestibül yüzdeki minede oluşan (Tablo 4,5, Grafik 1a-d, 2a-d) gerilme değerlerinden daha düşük olduğu, yüzeyden 2 mm derinde yeralan dentin dokusundan ise daha yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 6, 7, Grafik 3a-d, 4a-d).

Oklüzal yüzeyin mezialinde tek nokta kontaktını, taklit edecek şekilde uygulanan 2. tip yüklemede (Tablo 12-19, Grafik 1-8) ve lingual tüberkülün mezial eğimine yayılı olarak uygulanan 3. tip yüklemede, incelenen bölgelerde oluşan gerilmelerin dağılım karakterinin (Tablo 20-27, Grafik 1-8), 1. tip yüklemeden (Tablo 4-11, Grafik 1-8) farklı olmadığı tespit edilmiştir. Ancak modelin oklüzal yüzünün mezial tarafından yükün uygulandığı 2. ve 3. tip yüklemelerde matematik modelin mezialinde yeralan düğüm noktalarında (Tablo 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, Grafik 1a-d, 3a-d, 5a-d, 7a-d), distal düğüm noktalarına nazaran daha yüksek gerilme değerleri bulunmuştur (Tablo 13,15,17, 19,21,23,25,27, Grafik 2a-d, 4a-d, 6a-d, 8a-d).

Çalışmamızda elde ettiğimiz bu bulgular, servikal bölgenin gerilmelerin en yoğun olduğu bölgelerden biri olduğunu ortaya koymakta ve literatür verileri de bu bulgumuzu desteklemektedir(40,105,116). Yapılan çalışmalarda, oklüzal kuvvetler nedeniyle oluşan gerilmelerden özellikle çekme gerilmesi sonucunda, mine ve dentin dokularının kristal yapılarındaki kimyasal bağda ayrılmalar meydana geleceği ve küçük moleküllerin ayrılan bu kristal yapılar arasına girerek kimyasal bağların yeniden oluşturulmasını önleyeceği bildirilmiştir. Bunun bir sonucu olarak da strüktürel değişime uğramış bu dokuların daha kolay çözünüp, aşınabileceği ve tipik kama şeklindeki defektlere dönüşebileceği ileri sürülmüştür(70). Bu bilgileri destekleyen bulgularımızın ışığı altında, bireylerin kapanış özellikleri her ne olursa olsun, dişler üzerine gelen kuvvetlerin servikal lezyon

gelişimine potansiyel risk faktörü teşkil edebileceği ve kapanış özelliğinin ise lezyonun derinliğinde etkili olabileceği kanısına varılmıştır.

Morfolojik bütünlüğü bozulmamış matematik diş modelimizin mine dokusunda, dentin dokusundan daha yüksek gerilme değerlerinin görülmesi, dentinden daha yüksek elastisite modülüne sahip mine dokusunda daha fazla gerilmelerin lokalize olacağını bildiren Yettram ve ark.(116) bulgularına, mine ve dentin arasında orjinal bir bağlantı mevcutsa da bu iki dokunun, çiğneme kuvvetleri karşısındaki cevaplarının farklı olduğunu ileri süren Goel ve ark.(41)'nın bulgularına paralellik göstermiştir.

Hazırlanan matematik modelde, oklüzal yüzeye değişik lokalizasyonlarda uygulanan yük sonucunda modelin düğüm noktalarında oluşan gerilmeler, aynı noktalarda yer değiştirmeleri de beraberinde getirmiştir. Gerilmeler etkisiyle dişin submikroskobik düzeydeki yapısal elemanlarında meydana gelen yer değiştirmelerin de incelenmesi, çalışmamızın bütünlüğü yönünden, dişin biyomekaniğinin tanınabilmesi açısından önem taşımaktadır. Ayrıca bu bilgilerin dişteki çeşitli patolojik olayların aydınlatılmasında da katıda bulunacağı düşünülmüştür. Morfolojik bütünlüğü bozulmamış üst 1. premoların matematik modelinde oklüzal yüzeye üç farklı lokalizasyonda uygulanan yük sonucu meydana gelen gerilmeler neticesinde oluşan deplasman değerlerinin ,oklüzalden servikale (Tablo 28-51, Grafik, 9-32) gidildikçe azaldığı tespit edilmiştir. Modelde oluşan deplasmanların, kuvvetin uygulanma lokalizasyonlarına göre gerek nitelik gerekse nicelik açısından büyük bir değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Sonuç olarak; dişin biyomekaniği açısından oklüzyonun çok önemli bir rol oynadığı ve dişin oklüzal yükler karşısındaki davranışında, en az yükün miktarı kadar yükün geldiği bölgenin de önem taşıdığı vurgulanmalıdır. Elde edilen bu bulgulardan dolayı, morfolojik bütünlüğü bozulmamış dişlerin mikroskobik ve submikroskobik strüktürü içersinde oluşan hareketlerin, kişilerin kapanış özelliklerine bağlı olarak değiştiği ve bunun in vitro şartlarda yapılması planlanan çalışmalarda en önemli handikabı oluşturacağı tarafımızdan düşünülmektedir. Araştırmamızda saptanan deplasman değerleri; her ne kadar dişin makroskobik boyutları içinde büyük bir önem taşımıyor gibi görünse de, dişin mikroskobik ve hatta submikroskobik strüktürü içinde bu hareketliliğin önemli olduğunu ve yapısal elemanların oklüzyona bağlı olarak sürekli bir devinim içersinde bulunduklarını göstermiştir.

Çalışmamızda gerilmelerin yoğunlaştığı servikal bölgede bir lezyon olup, bu lezyonun restoratif tedavisi amacıyla bir kavite açıldığı zaman, restorasyon yapımından önce diş biyomekaniğinde ne gibi değişikliklerin oluştuğu araştırılmıştır. Dişin morfolojik bütünlüğünün mevcut bir lezyonla ya da mevcut lezyonun tedavisi için yapılan operatif bir işlem nedeniyle bozulması halinde, 1. ve 2. tip yüklemelerde dişin vestibül yüzünün servikal bölgesinde, biyomekanik özelliklerin büyük bir değişim gösterdiği ve morfolojik

bütünlüğü korunan matematik modele nazaran daha yüksek gerilmelerin oluştuğu saptanmıştır (Tablo 4,5,12,13, Grafik 1a-d, 2a-d). Kavite açılmasını takiben vestibül yüzeyde karşılaştırma parametresine göre hesaplanan gerilme değerlerinin, oklüzalden servikale gidildikçe arttığı izlenmiştir (Tablo 4,5,12,13,20,21, Grafik 1a-d, 2a-d). Ve özellikle 2. ve 3. tip yüklemelerde vestibül yüzün mezio-servikalinde en yüksek değerlere ulaşmıştır (Tablo 12,20, Grafik 1d).

Kavitenin mine-dentin sınırına rastlayan kısmında, çoğu düğüm noktasında izlenen gerilme değerlerinin her 3 yüklemede de (Tablo 8,9,16,17,24,25, Grafik 5a-d, 6a-d), vestibül yüzeyde izlenenden (Tablo 4,5,12,13,20,21, Grafik 1a-d, 2a-d) daha düşük olduğu saptanmıştır. Kavitenin vestibül yüzünden pulpa-aksiyal duvara doğru gidildiğinde, gerilme değerlerinin daha da düştüğü görülmüştür (Tablo 4-27, Grafik 1-8). Kanımızca bu bulgumuzun nedeni; açılan kavitede yeralan düğüm noktalarının farklı mekanik özelliklere ve elastisite modüllerine sahip iki farklı doku ile çevrili olmasıdır. Genel olarak, vestibülden pulpa-aksiyal duvara doğru azalan gerilme değerlerinin (Tablo 4-27, Grafik 1-8), oklüzalden servikale doğru arttığı (Grafik 1a-d-8a-d) ve özellikle 2. ile 3. tip yüklemelerde kavitenin mezial düğüm noktalarında (Tablo 12,14,16,18,20,22,24,26, Grafik 1a-d, 3a-d, 5a-d, 7a-d), distal düğüm noktalarına göre (Tablo 13,15,17,19,21,23,25,27, Grafik 2a-d, 4a-d,6a-d, 8a-d) daha yüksek gerilmelerin oluştuğu saptanmıştır. Gerilmenin getireceği sorunlar açısından; kavitesi boş bırakılmış dişlerin servikal bölgelerinin daha fazla risk taşıdığı belirlenmiştir.

Dişlerin servikal bölgelerinde, gerek oluşan sert doku kayıpları gerekse bu kayıpların rekonstrüksiyonu için başvurulan operatif işlemler nedeniyle bozulan morfolojik bütünlüğün, dişin iç mekaniğine de yansıyacağı yolundaki kanımız, kavitenin oluşturulduğu matematik modelin oklüzaline, farklı lokalizasyonlarda uygulanan yüklemeler sonrasında morfolojik bütünlüğü bozulmamış dişte saptanan gerilme değerlerindeki artışla doğrulanmıştır (Tablo 4-27, Grafik 1-8).

5. sınıf kavitenin yeraldığı matematik modelde yük uygulaması sonrasında oluşan gerilmelerin yanısıra oluşan yer değiştirmeler de değerlendirildiğinde, her 3 yüklemede de saptanan değerlerin gerilmelerden farklı olarak oklüzalden servikale gidildikçe azaldığı belirlenmiştir (Tablo 28-51, Grafik 9-32).

Mezialde tek nokta kontaktını taklit edecek şekilde matematik modelin belirli birkaç oklüzal düğümüne yük uygulanması halinde, kavitenin gerek vestibül (Tablo 36, Grafik 17a-d), gerekse pulpa-aksiyal duvarlarının (Tablo 38, Grafik 19a-d) mezialinde izlenen yer değiştirme değerlerinin, distal duvarda izlenen (Tablo 37, 39, Grafik 18,20) değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Bu tip yüklemede yer değiştirmelerin vestibülden (Tablo 36, 37, Grafik 17a-d, 18a-d) pulpa-aksiyal duvar yönünde (Tablo 40,41,42,43,38,39, Grafik 21,22,23,24, 19,20) belirli bir oranda azaldığı, özellikle pulpa-aksiyal duvarın disto-servikalinde 0.05 µm'ye kadar düştüğü (Tablo 39, Grafik 20d) görülmüştür. Böyle bir yüklemede; yer değiştirme açısından kavitenin en risksiz bölgesini pulpa-aksiyal duvarın disto-servikal köşesinin oluşturduğu (Tablo 39, Grafik 20d), en riskli bölgesini ise 1.33 µm ile vestibül yüzdeki mezio-oklüzal köşenin oluşturduğu (Tablo 36, Grafik 17a) saptanmıştır.

Lingual tüberkülün mezial eğimine yayılı yük uygulanımı ile karakterize olan 3. tip yüklemede, modelin vestibül yüzünde görülen en fazla yer değiştirmenin mezio-oklüzal düğüm noktasında olduğu (Tablo 44, Grafik 25a), en az yer değiştirmenin ise pulpa-aksiyal duvarın disto-servikal düğüm noktasında gerçekleştiği (Tablo 47, Grafik 28d) saptanmıştır.

Bulgularımız; açılan kavitelerin hiçbir şartta açık bırakılmayıp mutlaka geçici ya da sürekli dolgu malzemeleri ile kapatılması gerektiğini göstermiştir. Kavitelerin açık bırakılmamasının sadece açık dentin yarasının kapatılması ve dolayısıyla olası dentin duyarlılığının ya da pulpadaki çeşitli dejeneratif olayların engellenmesini sağlamakla kalmayıp; dişin biyomekaniği açısından da büyük önem taşıdığı gerçeğini ortaya koymuştur. Diş modeli üzerinde kavite açılmasından sonra oluşan yer değiştirme miktarlarının, dişin histolojik elemanlarıyla submikroskobik boyutta değerlendirilmesi de gerekmektedir. Örneğin; kavitenin pulpa-aksiyal duvarının, dentin dokusu içersinde yeralan mezio-oklüzal köşesinde, tek nokta temasını taklit eden 2. tip yüklemede görülen 1.06 µm'lik (Tablo 38,Grafik 19a) deplasman değeri bir dentin kanalı duvarının 1/4-1/2 oranında kanal merkezine doğru hareket etmesi anlamına gelecektir ki bu da kavitesi açılmış dişlerin kesinlikle doldurulmadan açık bırakılmaması gerektiğini bir kez daha vurgulayan çarpıcı bir bulgudur.

Ufak bir varsayımla; açılmış kavitelerdeki dentin duyarlılığının, dentin kanalı içindeki dentin lenfinin pulpal basınç nedeniyle hareketinden kaynaklanabileceği gibi; kavite açılması ve bunu takiben submikroskobik yapı elemanlarındaki olası hareketlilikten de ortaya çıkabileceğini ve bunun da ayrı bir araştırma konusu olarak ele alınıp incelenmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

Sürekli restorasyonun herhangi bir nedenle yapılamayacağı durumlarda kavitelerin geçici olarak doku dostu bir materyal olan ZOE simanı ile kapatılması klinikte sıklıkla başvurulan bir yöntemdir. Bu nedenle araştırmamıza, restoratif materyallerin yanısıra ZOE simanı da katılmış ve gerek gerilme dağılımı gerekse yerdeğiştirme yönünden incelenmiştir.

Matematik modelin 1/3 servikalinde hazırlanan bir 5. sınıf kavitenin tümünün geçici siman olarak kullanılan ZOE simanıyla kapatılması ve oklüzal yüzeye farklı lokalizasyonlarda yük uygulanması halinde; servikalde oluşan gerilmelerin oklüzalde oluşan gerilmelerden daha yüksek olduğu görülmüştür (Tablo 4-27, Grafik 1d-a, 2d-a, 3d-a, 4d-a, 5d-a, 6d-a, 7d-a, 8d-a). 2. tip yüklemede, vestibül yüzün mezio-servikal düğüm noktasında (Tablo 12, Grafik 1d), disto-servikal düğüm noktasından ~ 7 misli daha fazla gerilme oluştuğu (Tablo 13, Grafik 2d) belirlenmiştir. Bu düğüm noktası (Tablo 12, Grafik 1d) her 3 yükleme tipi içinde, en fazla risk taşıyan düğüm noktasıdır. 2. ve 3. tip yüklemelerde gerek materyalin diş yüzünde gerekse iç yapısında mezial taraftaki düğüm noktalarında (Tablo 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, Grafik 1, 3, 5, 7), distal taraftakilere nazaran daha yüksek gerilmeler oluşmuştur (Tablo 13,15,17,19,21,23,25,27, Grafik 2,4,6,8).

Matematik modelde oluşturulan kavitenin tümünün, ZOE simanıyla kapatılması ve tüm yük uygulamaları sonrasında oluşan yer değiştirmelerin kavite duvarında oluşan yer değiştirmelere en yakın değerlerde olduğu görülmüş ve oluşan yer değiştirmelerin oklüzalden servikale doğru azaldığı saptanmıştır (Tablo 28-51, Grafik 9-32). Oluşan yer değiştirmeler açısından incelenen tüm diğer materyaller arasında ZOE simanı en iyi kenar uyumu gösteren dolayısıyla da en az kenar aralığı meydana getiren materyal olarak tespit edilmiştir. Bu bulguların ışığı altında ZOE simanının iyi bir kuafaj materyali olmasının yanısıra biyomekanik açıdan kavite duvarına çok iyi uyum sağlayan bir materyal olarak da seçilmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Ancak gerilme dağılımı açısından, oluşması mümkün sorunların ve materyalin, yüklemeler sırasında bütünlüğünün bozulma olasılığı da gözardı edilmemelidir. Ayrıca ZOE simanıyla geçici olarak kapatılmış bir kavitede, daha sonra yapılması düşünülen kompozit reçine esaslı dolgu materyalinin polimerizasyonunun, kavitede arta kalmış olan gözle görülemeyecek denli ufak boyutlardaki siman parçacıklarından ötürü tam manasıyla gerçekleşemeyeceği ve bu nedenle kompozit dolgulardaki sızıntı değerlerinin artabileceği bildirilmiştir(114).

Servikal kavitelerde amalgamın sıklıkla kullanıldığı düşünülerek çalışmamızda, matematik modele geleneksel amalgam materyaline ait elastisite değeri ve poisson oranı yüklenerek, oluşan gerilme dağılımı ve yer değiştirmeler incelenmiştir.

Cam iyonomer kaide üzerine yerleştirilen bir amalgam restorasyonunun kavite duvarı ile proksimitesinin sıfır olduğunu kabul ederek oluşturduğumuz matematik modelde, oklüzal yüzeye yayılı yük uygulanması sonucunda vestibüldeki amalgam yüzeyinde, özellikle mezio-servikal köşede oluşan gerilme değerlerinin çok yüksek olduğu görülmüştür (Tablo 4, Grafik 1d). Uygulanan yük sonucu, amalgamın yüzeyinde oluşan gerilmelerin, oklüzalden servikale gidildikçe arttığı izlenmiştir (Tablo 4, 5, Grafik 1a-d,

2a-d). Amalgamın iç yapısında oluşan gerilmelerin (Tablo 8, 9, Grafik 5a-d, 6a-d), yüzey amalgamına nazaran daha düşük değerlerde olduğu (Tablo 4, 5, Grafik 1a-d,2a-d) belirlenmiştir. Restorasyonun pulpa-aksiyal duvarında yeralan cam iyonomer kaidenin ,mezial ve distal oklüzal köşelerinde oluşan gerilmelerin birbirine benzer değerde olduğu (Tablo 6, 7, Grafik 3a, 4a) ve bu değerlerin servikalde arttığı görülmüştür (Tablo 6, 7,Grafik 3d, 4d).

2. ve 3. tip yüklemelerde daha önce incelenen bölgelerde meydana gelen gerilmelerin, yükün modelin mezial tarafından uygulanmasından ötürü özellikle mezial tarafta (Tablo 12,14,16,18,20,22,24,26, Grafik 1a-d, 3a-d, 5a-d, 7a-d), distal tarafa nazaran (Tablo 13,15,17,19,21,23,25,27, Grafik 2a-d, 4a-d, 6a-d, 8a-d) daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca 2. ve 3. tip yük uygulamalarında modelin mezial tarafında oluşan gerilmelerin (Tablo 12,14,16,18,20,22,24,26, Grafik 1a-d, 3a-d, 5a-d, 7a-d), 1. tip yüklemede mezial tarafta oluşan gerilmelerden (Tablo 4,6,8,10, Grafik 1a-d, 3a-d, 5a-d, 7a-d) daha yüksek iken, distal tarafta izlenen gerilmelerin (Tablo 13,15,17,19,21,23,25,27, Grafik 2a-d, 4a-d, 6a-d, 8a-d), 1. tip yüklemede izlenen değerlerin daha da altına düştüğü belirlenmiştir (Tablo 5,7,9,11, Grafik 2a-d, 4a-d, 6a-d, 8a-d). 3. tip yükleme sonucu oluşan gerilmelerin (Tablo 20-27) incelenen çoğu düğüm noktasında, 1. tip yüklemede izlenen değerlerden büyük (Tablo 4-11), 2. tip yüklemede izlenen gerilme değerlerinden ise incelenen çoğu düğüm noktasında daha düşük olduğu saptanmıştır (Tablo 12-19).

Amalgam dolgunun sağlıklı diş yapısına benzer bir gerilme dağılımı gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle hazırlanan bir servikal kavitenin amalgamla restorasyonu sonucunda, oluşan gerilme dağılımı açısından ,sağlıklı diş morfolojisine sahip bir dişten büyük bir ayrıcalık göstermeyeceği düşüncesindeyiz. Materyalin iç yapısında gerilmenin azalması, yüzey bozulsa da restorasyonun daha derin bölgelerindeki bütünlüğün korunmasını sağlayacaktır. Buna karşın yüzeydeki gerilmenin fazla olması materyal yapısını olumsuz etkileyecek ve yüzeydeki bütünlüğü tehlikeye düşürecektir. Yüzey pürüzlülüğü, korozyonu arttırıcı bir etki yapmasının yanısıra plak retansiyonu içinde elverişli bir ortam oluşturacaktır.

Matematik modelde 1/3 servikal bölgede; hazırlanan kavitenin proksimitesi sıfır olmak üzere bir amalgam dolgu ile restore edildiği düşünüldüğünde her 3 yüklemede de servikal bölgelerde izlenen deplasman değerlerinin, oklüzalde izlenen değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür (Tablo 28-51, Grafik 9-32).

Matematik modelde başlangıçta sıfır olan proksimitenin 1. ve 2. tip yük uygulamaları sonucu vestibül yüzdeki mezio-oklüzal köşede 0.3 µm'lik bir aralık olarak karşımıza çıktığı görülmüştür (Tablo 28,36, Grafik 9a, 17a). 3. tip yüklemede vestibül yüzde-

ki disto-oklüzal düğüm noktası 0.03 µm'lik yer değiştirme değeri ile restorasyonun en az riskli noktasını oluşturmuştur (Tablo 45, Grafik 26a).

Oluşan yer değiştirmeler açısından amalgam restorasyonun altında yeralan cam iyonomer kaidenin bulunduğu pulpa-aksiyal duvardaki en riskli bölge, 2. tip yüklemede 0.21 µm'luk aralıkla mezio-oklüzal düğüm noktasında görülürken (Tablo 38, Grafik 19a), en risksiz bölgenin 2. tip yüklemede 0.001 µm'lik aralıkla disto servikal düğüm noktasında oluştuğu tespit edilmiştir (Tablo 39, Grafik 20d). Amalgam restorasyona ait düğüm noktalarında, yük uygulamaları sonucunda meydana gelen yer değiştirmeler klinik uygulamada materyalin değişik özelliklerinden kaynaklanan kaçınılmaz marjinal aralığa eklenen bir boyut olarak ortaya çıkmaktadır. Klinikte amalgam restorasyonların kenar aralığı bilinen bir sorundur. Ancak, korozyon olarak adlandırılan fiziko-kimyasal olayı izleyen ve zaman içerisinde dişle amalgam arasında oluşan bu aralık tükürükten gelen Cl iyonlarının korozyon sonucu amalgamda açığa çıkan Sn ile reaksiyona girerek oluşturduğu $SnCl_2$ parçacıkları ile doldurulmakta ve amalgamın eskimesiyle derin bölgelerde kenar aralığı sorunu bir ölçüde çözümlenebilmektedir. Çalışmamız; amalgam dolgu ile kavite arasında ideal bir proksimite sağlanabilse bile dişin üzerine gelen yükler nedeniyle dolgu ve diş arasında, dişin her temasa girişinde tekrarlanan bir aralığın oluşacağını göstermiştir. Tek nokta kontaktı olan oklüzyonda, amalgam restorasyonun mezio-oklüzal köşesindeki marjinal aralığın her oklüzal kontaktta yaklaşık % 1 oranında genişleyip daralacağı tespit edilmiştir. Bu bulgumuz klinikte amalgamın kontraksiyonuna bağlı olarak normalde 5-20 µm(97) arasındaki marjinal aralık değerinin dişin her oklüzyona girişinde genişlediğini ve sonra daraldığını göstermiş, bununda perkolasyon sorununu arttırıcı bir etki yapacağını düşündürmüştür.

1987'de Yu ve ark.(117) amalgamın, dentin bonding ile uygulanması sonucunda daha az mikrosızıntı gösterdiğini bildirmişlerdir. Kanımızca, diş ile amalgam arasında saptadığımız gerilme kuvvetlerinden daha yüksek değerde bir kuvvetle diş sert dokularına ve amalgama tutunabilen bir bağlayıcı ajanın kullanımı, bu bölgelerdeki deplasmanı önleyecek ve biyomekanik etkilerle oluşabilecek mikrosızıntı ortadan kalkabilecektir. Araştırmamızın sonuçlarına göre amalgamın güçlü bir bağlayıcı ajanla kullanımı bizim tarafımızdan da önerilmektedir.

Yapılan başka bir çalışmada, bırakılan smear tabakasının amalgamdaki mikrosızıntıyı arttırdığı bildirilmiştir(80). Smear tabakasının elastisite modülünün dentinden daha düşük olduğu varsayımıyla, sonlu elemanlar analizi açısından smearde deplasmanın daha fazla olacağı ve mikrosızıntının da artabileceği beklenmelidir.

İn vitro çalışmalarda amalgam dolguların daha çok servikalinde mikrosızıntı değerlerinin yüksek bulunması(44,117), çalışmamız bulguları ile bir çelişki oluşturmakta-

dır. Çelişkinin, yapılan in vitro çalışmalarda bizim çalışmamızda yeralmayan termosiklus uygulanımından kaynaklandığı düşünülebilinir. Ancak, amalgamın oklüzal duvara yakın olan bölgesiyle gingivale yakın olan bölgesindeki ısı genleşmesinin farklı olmasının yada diş dokularında servikal bölgedeki dentin ile kavitenin oklüzaline yakın olan dentindeki ısı genleşme katsayılarının farklı olmasının söz konusu olmayacağını; bu nedenle de deneylerde termosiklusun bulunmasının bulgularımızla yapacağımız karşılaştırmada etkili bir faktör olamayacağını düşünmekteyiz. Bunun yanısıra termosikluslu olarak yapılan in vitro deney düzeneklerinde, çoğunlukla yükleme sikluslarının bulunmamasının bu çelişkiyi yaratan neden olduğu kanısındayız. Bu düşüncemizi destekleyen en önemli husus ise çalışmamız içersinde farklı yüklemeler sonrasında farklı sonuçların alınmasıdır.

1985'de Gottlieb ve ark.(44) çalışmalarında elastisite modülü, geleneksel amalgamdan 3 katı daha fazla olan(13) yüksek oranda bakır içeren amalgamda, geleneksel amalgama göre gingival ve oklüzalde daha yüksek mikrosızıntının oluştuğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da restoratif materyalin elastisite modülü yükseldikçe daha az deplasmanın meydana geldiği ve sonuçta kenar aralığının arttığı saptanmıştır. Araştırmamız bu çalışmanın bulgularını desteklemektedir.

Kompozit reçineler, estetik amaçla 5. sınıf kavitelerde en yaygın kullanılan restorasyon materyalidir. Diş sert dokularına tutunması minede daha çok mikromekanik adezyonla, dentinde ise kimyasal adezyonla gerçekleşen bu materyalde, polimerizasyon büzülmesi sonucunda kenar aralığı ortaya çıkmaktadır(32). Kenar aralığının boyutu klinik başarıyı olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Çalışmamızda hazırlanan matematik model üzerinde polimerizasyon büzülmesi dışında, gerilme ve yer değiştirmelerin kompozit restorasyonun kenar bütünlüğüne ne ölçüde etki ettiği araştırılmıştır.

Araştırmada kompozit restorasyon materyali olarak mikrodolduruculu kompozite ait elastisite modülü ve poisson değeri kullanılmıştır. 5. sınıf kavitenin restorasyonun dişetine yakınlığı dolayısıyla restorasyon yüzeyinin plak tutucu olmaması, bir başka deyişle çok iyi cilalanabilir olması(1) büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle kompozit materyalin seçiminde, mikrodolduruculu tipteki kompozit materyali tercih edilmiştir. Morfolojik bütünlüğü kavite açılmasıyla 1/3 servikalde bozulan matematik modelde, cam iyonomer kaide üzerine yerleştirilen mikrodolduruculu bir kompozit ile restorasyon yapıldığında ve matematik modelin oklüzaline yayılı yük uygulandığında restorasyonun vestibül yüzeyinde oluşan gerilmelerin oklüzal kenarda birbirine yakın olduğu (Tablo 4, 5, Grafik 1a, 2a), servikalde ise özellikle mezial köşede gerilme değerinin çok büyük bir artış gösterdiği saptanmıştır (Tablo 4, Grafik 1d). Genel olarak gerilmelerin incelendiği tüm bölgelerde, değerlerin oklüzalden servikale doğru arttığı (Tablo 4-11, Grafik 1a-8d) izlenmiştir.

2. ve 3. tip yüklemelerde incelenen tüm bölgelerin mezialde (Tablo 12,14,16,18, 20,22,24,26, Grafik 1a-d, 3a-d, 5a-d, 7a-d), distaldekinden (Tablo 13,15,17,19,21, 23,25,27, Grafik 2a-d, 4a-d, 6a-d, 8a-d) daha yüksek gerilme değerleri gösterdiği belirlenmiş olup, restorasyonun en risksiz düğüm noktasının pulpa-aksiyal duvardaki disto-oklüzal düğüm noktası olduğu görülmüştür (Tablo 15,23, Grafik 4a).

Mikrodolduruculu kompozit ile cam iyonomer kaide materyallerinin elastisite modüllerinin birbirine yakın olmasından ötürü restorasyonda gerilmelerin daha üniform dağılabileceği, dolayısıyla da her iki yapı arasında gerilmeye bağlı olarak bir ayrılmanın sözkonusu olamayacağı düşünülmüştür. Çalışmamız; dentinle ve çeşitli yöntemlerle yapılan pürüzlendirmelerle(6,38,43,52,86) kompozitle adezyonunun sağlanabildiği cam iyonomer simanlarının; birlikte kullanıldıkları kompozitlerin gerilme özellikleriyle de mükemmel bir uyum içersinde olduklarını göstermiştir. Cam iyonomerin kompozitle birlikteliği içsel gerilme ve deplasmanlar açısından da başarılı bir kombinasyondur.

Sınırları mine-sement hududuna ya da dentine uzanan kompozit restorasyonlarında; materyalin dişe tutunmasını sağlayacak pürüzlü bir mine yüzeyinin yokluğu bölgede oluşacak olan kenar aralığı ve bunu takiben gelişecek perkolasyon sorununa yönelik, birtakım çözümlerin araştırılmasına neden olmuştur. Bu amaç doğrultusunda dentin ile olduğu kadar mineyle de kimyasal bağ yapabilen(72), mekanik olarak ya da asitle dağlamak suretiyle kompozitin tutunabileceği pürüzlü yüzeyi oluşturabilen(6,38,43,52) ve saldığı F iyonu ile sekonder çürükleri önleyen(33) cam iyonomer simanlarının bu tip bölgelerde dişeti sınırına kadar uzatılabilmesi önerilmiştir(72). Buna karşın simanın ağız sıvılarında kolaylıkla çözünmesinden dolayı materyalin gingivalde tam olarak ağız ortamına açılmayıp, bir miktar daha içerde yeralması ve üzerinin bir kompozit materyalle örtülmesi tercih edilmiştir(38,54).

Çalışmamızda gingival duvara da yerleştirilen bir cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozit restorasyonunun biyomekanik özellikleri araştırılmıştır. Bu restorasyonun gerçekleştirildiği matematik modelde vestibül yüzün oklüzalinde mikrodolduruculu kompozitte her 3 yüklemede de (Tablo 4,5,12,13,20,21, Grafik 1a, 2a) gerilme değerlerinin servikaldeki cam iyonomer kaidenin gerilme değerlerinden (Tablo 4,5,12,13,20,21, Grafik 1d, 2d) düşük olduğu saptanmıştır. Kompozit materyali kendi içersinde oklüzalden servikale doğru artan gerilme değerleri göstermiştir (Tablo 4,5,12,13,20,21, Grafik 1b-c, 2b-c). Gerek kavite tabanına gerekse hem tabana hem de gingival duvara yerleştirilen cam iyonomer simanı üzerine konan mikrodolduruculu kompozit restorasyonlarında her 3 yüklemede de gerilme dağılımı açısından belirgin bir fark izlenmemiştir (Tablo 4,5,12,13,20,21, Grafik 1,2).

Van Meerbeek'in(107) düşük elastisite modülüne sahip kompozit reçineler kullanıldığında, oluşan gerilmelerin materyalin gösterdiği elastik deformasyon ile kompanse edilebileceği şeklindeki görüşü, çalışmamızda kullandığımız mikrodolduruculu kompozit materyalinde elde ettiğimiz bulgularla benzer niteliktedir.

Bu iki farklı tipte yerleştirilen cam iyonomer siman kaide üzerine yapılan mikrodolduruculu restorasyonlarda kavite duvarı ile restorasyonlar arasındaki uyumun iyi olduğu saptanmıştır. Restorasyonlarda oklüzalden servikale doğru yer değiştirmelerin azaldığı (Tablo 28-51, Grafik 9a-32d), vestibül yüzde en riskli bölgenin 1. ve 2. tip yüklemelerde 0.2 µm'lik aralık değeri ile mezio-oklüzal düğüm noktası olduğu (Tablo 28,36, Grafik 9a-17a), en risksiz bölgenin ise 2. tip yüklemede 0.008 µm'lik aralık değeri ile pulpa aksiyal duvarın disto-servikal düğüm noktası olduğu belirlenmiştir (Tablo 39, Grafik 20d). Yapılan in vitro sızıntı çalışmalarında en fazla sızıntının gingival duvarda görüldüğü bildirilmiştir(8,18,34,42,101). Oysa çalışmamızda saptanan bulgular mine duvarındaki aralığın servikaldeki aralıktan daha geniş olduğunu ve olası sızıntının daha çok mine duvarında meydana gelebileceğini ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular çalışmamızda yeralmayan, oysa klinik çalışmalarda son derece büyük bir titizlikle uygulanması vurgulanan bizotaj ve bonding sisteminin(8,101) önemini ortaya çıkarmaktadır. Mine duvarında oluşan bu aralık in vitro çalışmaların bulgularına ters düşmektedir. Bu durum çalışmamızda bizotajın yapılmaması ve bonding sisteminin kullanılmamasıyla açıklanmalıdır(34,42,101).

Belki de çalışmamızda oklüzalde görülen yer değiştirme değeri; bizotaj ve bağlayıcı ajan uygulanmadığı için önlenememiş ya da azaltılamamış, fakat klinikte uygulanan yöntemlerle azaltılabilen bir değerdir. Kanımızca klinik çalışmalarda yapılan bizotaj ve bonding uygulamaları ile biyomekanik açıdan matematik modelde görülmüş olan oklüzal yüzeydeki açılmalar engellenebilmekte ve böylece servikalde, oklüzalden daha fazla sızıntı oluşabilmektedir. Bunun yanısıra; yapılan in vitro çalışmalarda termosiklusla beraber yükleme siklusununda yapılması ve bir bonding ajan kullanılmaması halinde bulgularımızla benzer sonuçların alınacağı beklenmelidir. Kanımızca, bu konunun in vitro çalışmalarla da aydınlatılmasının geleceğe yönelik pekçok olumlu katkısı olacaktır.

Kompozitlerin kenar bütünlüğünü, polimerizasyon büzülmesinin olumsuz şekilde etkilemesi, kompozitin önceden polimerize edilmiş bir blok dolgu şeklinde kaviteye uygulanmasını gündeme getirmiştir. Bu kompozit blok dolgunun, tekrar kompozit yapılı bir yapıştırıcı siman ile kaviteye adesif tutunması ile daha başarılı bir kenar bütünlüğü sağlanmıştır(110). Çalışmamızda kompozit inleylerin; kullanıldıkları 5. sınıf kavitelerde, dişteki gerilme ve yerdeğiştirmelere ne denli entegre olabileceği araştırılmıştır.

1/3 servikalinde bir kavite açılmasıyla morfolojik bütünlüğü bozulmuş olan dişin matematik modelinin, cam iyonomer kaide üzerine yerleştirilen kompozit inley materyali ile restorasyonu incelenmiştir. Materyalin 1. tip yüklemede vestibül yüzeyinin mezial ve distal kenarlarının oklüzalinde birbirine eşdeğer olan gerilme değerlerinin (Tablo 4,5, Grafik 1a-2a) servikale gidildiğinde farklılaşarak yükseldiği görülmüştür (Tablo 4-5, Grafik 1d-2d). Her 3 yükleme tipinde materyalin vestibül yüzünün mezio-servikal düğüm noktasında (Tablo 4,12,20, Grafik 1d), disto-servikal düğüm noktasına nazaran oldukça yüksek gerilme değerleri oluştuğu saptanmıştır (Tablo 5,13,21, Grafik 2d). 2. ve 3. tip-yüklemede mezial tarafta (Tablo 12,20, Grafik 1a-d) distal tarafa nazaran daha yüksek gerilme değerleri izlenmiştir (Tablo 13,21, Grafik 2a-d). Cam iyonomer simanının yeraldığı pulpa aksiyal duvarın özellikle servikal düğüm noktalarındaki gerilme değerlerinin ise her 3 yüklemede de kompozit inleyde izlenen gerilme değerlerinden daha düşük olduğu saptanmıştır (Tablo 6,7,14,15,22,23,Grafik 3a-d,4a-d).

Restorasyonda her 3 yükleme sonrasında oluşan yer değiştirme karakterinin oklüzalden servikale gidildikçe azalma şeklinde olduğu görülmüştür (Tablo 28-51, Grafik 9a-32d). Restorasyonun en riskli bölgelerinin 0.4 µm'lik aralık değeri ile 1. tip yüklemede vestibül yüzün disto-oklüzal (Tablo 29, Grafik 10a) ve 2. tip yüklemede de vestibül yüzün mezio-oklüzal düğüm noktasında olduğu (Tablo 36, Grafik 17a), dişe en iyi adaptasyonun 0.003 µm'lik aralık değeri ile 2. tip yüklemedeki pulpa aksiyal duvarın disto-servikal köşesinde olduğu görülmüştür (Tablo 39, Grafik 20d).

Kaide materyali cam iyonomer ve kompozit inley ile dişin elastisite modülleri farklı olduğundan, sentrik oklüzyonda restorasyonda (kaide ve inleyde) ve dişte farklı gerilme ve yer değiştirmeler ortaya çıkmakta ve çeşitli oklüzyon tiplerinde, genişlikleri değişen kenar aralıkları oluşmaktadır. Klinik uygulamada inleyin yapıştırıcı kompozit siman ile diş sert dokularına adezyonu söz konusudur. Bu adezyon kuvvetinin, içsel gerilme kuvvetinin üzerinde olması ile ancak kenar bütünlüğü ideal olan bir restorasyon gerçekleştirilebilecektir. İn vitro çalışmalarda da bunun önemine değinilmektedir(4,103). Ancak, literatürdeki veriler yapıştırıcı simanın diş ile kompozit inleye tutunma gücünün farklı olduğunu bildirmiştir(35). Adezyon gücü fazla olan yapıştırıcı kompozit simanın, en iyi teknik(47) ile uygulanımı büyük önem taşımaktadır.

Porselen materyali gerek estetik özelliğinden gerekse yüzeyinin mükemmel cilalanabirliliği(89) ile plak retansiyonunu en aza indirmesinden ötürü üst 1. premolarların servikal lezyonlarında tercih edilmekte ve dolayısıyla klinikte sıklıkla porselen inley endikasyonu konulmaktadır. Tarafımızdan biyomekanik uygunluğu araştırılan materyalerden biri de seramiktir.

Matematik modelin 1/3 servikalinde hazırlanan kavitenin cam iyonomer kaide üzerine yerleştirilen bir porselen inleyle restorasyonu gerçekleştirildiğinde her 3 yüklemede de porselen inleyin yüzeyindeki gerilmelerin servikalde (Tablo 4,5,12,13,20,21, Grafik 1d,2d) oklüzalden daha yüksek olduğu görülmüştür (Tablo 4,5,12,13,20,21, Grafik 1a,2a). Özellikle 2. ve 3. tip yüklemelerde porselenin dış yüzünün mezio-servikal düğüm noktasında oluşan gerilme değerlerinin (Tablo 12,20, Grafik 1d) disto-servikal düğüm noktasında oluşan gerilme değerlerinden ~10 misli daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Tablo 13,21, Grafik 2d). Porselenin iç yapısında da gerilme dağılımının şiddetinin yüzeydekine oranla daha az olduğu saptanmıştır (Tablo 8,9,16,17,24,25, Grafik 5a-d,6a-d). Cam iyonomer kaide materyali ile komşu olan duvarda ise değerlerin 1. ve 2. tip yüklemelerde oklüzalden servikale doğru gidildikçe arttığı (Tablo 10,11,18,19, Grafik 7a-d,8a-d), fakat özellikle oklüzal kısımda, her 3 yüklemede de materyalin iç yapısında görülen gerilme değerlerinden daha düşük değerler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 10,11,18,19,26,27, Grafik 7a,8a). Kavite tabanında yer alan cam iyonomer kaide materyalinde ise gerilme değerlerinin porselene nazaran daha da düştüğü tespit edilmiştir (Tablo 6,7,14,15,22,23, Grafik 3a-d, 4a-d). Mine dokusuna (E=85800 N/mm^2) oldukça yakın bir elastisite modülüne sahip olan (E=70000 N/mm^2) porselen materyali de yükler karşısında mine dokusunda olduğu gibi fazla bir deformasyon gösterememekte, buna karşın yüksek gerilme değerleri dikkat çekmektedir.

Restorasyon, her 3 yükleme sonrasında da oklüzalden servikale doğru azalan yer değiştirme değerleri göstermiştir (Tablo 28-51, Grafik 9a-32d). Özellikle 1.tip yüklemede materyalin vestibül yüzünün hem mezial hem de distal kenarlarının oklüzalinde (Tablo 28,29, Grafik 9a,10a), 2.tip yüklemede materyalin vestibül yüzünün yanlızca mezio-oklüzal düğüm noktasında (Tablo 36, Grafik 17a), 0.5 µm'lik bir aralığın oluştuğu görülmüş ve bu düğüm noktaları restorasyonun en riskli bölgelerini oluşturmuşlardır. Restorasyonun; kenar uyumu açısından en başarılı bölgeleri 3. tip yüklemede vestibül ve pulpa-aksiyal duvarların mezio-servikal köşesidir (Tablo 44,46, Grafik 25d,27d) ki bu bölgelerde yanlızca 0.01 µm'lik bir aralık oluşmaktadır. Günümüzde porselen materyalleri polimer yapılı bağlayıcı simanlarla adapte edilmektedir. Restorasyonda meydana gelen açıklık; porselen ile diş arasındaki bir sorun olmayıp, yapıştırıcı simanın porselenle ve dişle olan proksimitesine bağlı olarak gelişmektedir. Porselen inleylerde kenar açıklığının 200 µm'dan daha fazla olması halinde yapıştırıcı kompozitin su geçirgenliğinin arttığı ve sonuçta da yapıştırma özelliğinin etkilendiği(94) düşünülürse, materyalle restore edilmiş olan dişin her fonksiyona girişinde oluşan aralıklar nedeniyle, yapıştırıcı simanın daha fazla etkilenmesi kaçınılmaz olacak ve bunun ardından da daha fazla sızıntı görülecektir.

Çalışmamızda materyale ait bulgularımız, yapıştırıcı siman materyalinin bulunmadığı koşulları yansıtmaktadır. Klinik uygulamada, yapıştırıcı simanın porselene adezyon gücünün, restorasyonun kavite duvarlarına komşu yüzeylerindeki gerilme değerlerinden fazla olmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca oklüzal yüzeyde selektif mölleme ile oklüzyonun da, gerilmelerin en az olduğu oklüzyon tipine dönüştürülmesinde yarar vardır. Özetle, Mörmann ve ark.(76) tarafından yapılan in vitro çalışmada da bildirildiği üzere seramik inleyler yapıştırıcı siman ile uyguladıkları zaman, diğer inley ve amalgam restorasyonlara üstünlük gösterebilmektedirler.

Morfolojik bütünlüğü 1/3 servikalde kavite açılmasıyla bozulan matematik modelin, cam iyonomer kaide üzerine yerleştirilen bir altın inleyle restorasyonu gerçekleştirildiğinde, 1. tip yüklemede materyal yüzeyinde mezial ve distal oklüzal kenarlarda oluşan gerilmelerin eşdeğerde olduğu görülmüştür (Tablo 4,5, Grafik 1a,2a). Bu değerlerin servikale gidildikçe arttığı ve mezio-servikalde (Tablo 4, Grafik 1d), disto-servikal düğüm noktasından ~3 misli daha fazla gerilme oluştuğu tespit edilmiştir (Tablo 5, Grafik 2d). Ancak diğer iki yükleme tipinde vestibül yüzün mezio-servikal düğüm noktasında oluşan gerilme değerlerinin (Tablo 12,20, Grafik 1d), disto-servikal düğüm noktasındaki değerlerden çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 13,21, Grafik 2d). Materyalin iç yapısındaki gerilmelerin (Tablo 8,9,16,17,24,25, Grafik 5a-d,6a-d), her üç yükleme tipinde yüzey gerilmelerinden daha düşük olduğu saptanmıştır (Tablo 4,5, 12,13,20,21, Grafik 1a-d,2a-d). Cam iyonomer kaide materyaline gelindiğinde ise oluşan gerilme değerlerinin altın inleye kıyasla daha da düştüğü görülmüştür (Tablo 6,7, 14,15,22,23, Grafik 3a-d, 4a-d). Restorasyondaki gerilme değerleri yüksekliğinde materyalin elastisite modülünün önemli rolü olduğu kanısına varılmıştır.

Restorasyonun yükler karşısındaki hareketliliği incelendiğinde ise 1. tip yüklemede materyalin vestibül yüzünün hem mezial hem de distal kenarlarının oklüzalinde (Tablo 28,29, Grafik 9a,10a) ve 2. tip yüklemede de materyalin vestibül yüzünün yanlızca mezio-oklüzalinde (Tablo 36, Grafik 17a) 0.5 µm'lik bir aralığın oluştuğu görülmüş ve bu düğüm noktaları bu tip yüklemeler için en fazla risk taşıyan noktalar olarak kabul edilmiştir. Restorasyonda kenar aralık riskinin en az olduğu bölge ise 3. tip yüklemedeki 0.01 µm'lik bir aralığın tespit edildiği vestibül yüzün mezio-servikal düğüm noktasıdır (Tablo 44, Grafik 25d).

Klinik çalışmalarda, servikal lezyonların cam iyonomer simanıyla restorasyonu endike ise de çalışmamızda kullanılan Ketac-Bond cam iyonomer simanının 5400 N/mm^2 olan elastisite modül değerinin çalışmamızda kullanılan mikrodoldurucu bir kompozit olan Durafilin 6085 N/mm^2 olan elastisite modül değerine çok yakın olmasından ötürü bir cam iyonomer restorasyonlu matematik model analizi yapılması düşünül-

memiştir. Her ne kadar Ketac-Bond cam iyonomer simanı, bir kaide simanı ise de sürekli dolgu materyali olarak kullanılan diğer cam iyonomer simanlarının elastisite modüllerinin de bu simandan pek farklı olmadığı literatür de bildirilmiştir(100). Ayrıca gingival basamağında cam iyonomer kaide bulunan mikrodolduruculu kompozit restorasyonu ile gingival duvarında yanlızca mikrodolduruculu kompozit bulunan restorasyon arasında gerilme ve yer değiştirmeler açısından belirgin bir farklılığın olmaması, çalışmamıza bir cam iyonomer restorasyonun da katılmasının gereksiz olduğunu göstermiştir.

Gerilme dağılımı ve yer değiştirme açısından cam iyonomer restorasyon ile mikrodolduruculu kompozitin özdeş tutulabileceği kanısına varılmıştır. Ancak, konu klinik açıdan yorumlandığında cam iyonomerin dentine olan adezyonu ile mineye olan adezyonun farklı kuvvette olduğunun unutulmaması ve bunun ortodontik nedenle çekilecek dişlerde yükleme siklusu uygulanarak in vitro deneylerle de incelenmesi gerektiği düşünülmektedir.

1/3 bukko-servikal bölgede bir kavite açılmasıyla morfolojik bütünlüğü bozulan matematik modelimizin restorasyonunda kullanılan materyaller değişik kontakt noktalarına göre uygulanan kuvvet karşısında gerek kontakt noktasına gerekse materyallerin değişmesine bağlı olarak farklı gerilme dağılımları ve yer değiştirmeler göstermişlerdir. Çalışmamıza benzer 5. sınıf kavite ve restorasyonların 3 boyutlu sonlu elemanlar metodu ile analizine literatürde rastlanılmadığı için bulgularımızı doğrudan literatür verileriyle karşılaştırma olanağı bulunamamıştır. Bu nedenle bulgularımız in vitro sonuçlar ile karşılaştırılmış ve sonuçlar arasındaki farklara yorum getirilmiştir.

Yüksek elastisite modülüne sahip altın ve porselen inley materyallerinin lingual tüberkülün mezial eğimine yük uygulanması halinde kullanılan diğer restoratif materyallere kıyasla özellikle servikal düğüm noktalarında daha yüksek gerilme değerleri gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo20,21,24,25,Grafik 1d,2d,5d,6d). Bu bulgumuz 1988'de Van Noort ve ark.(108)'larının elastisite modülü arttığında gerilmenin de artacağı şeklindeki bulgularına paralellik göstermektedir.

Kullandığımız materyallerden porselen ve altın inley materyallerinde ortaya çıkan yer değiştirme değerleri, diğer materyallerdeki yer değiştirme değerlerine oranla daha düşük bulunmuştur. Ancak, bu materyallerde daha fazla kenar aralığı ortaya çıkacağı ve bunun materyallerin rijitliği ile açıklanabileceği düşüncesindeyiz. İnleyler ile yapılan birçok in vitro çalışmada inleyin yapıştırılmasında kullanılan simanın seçiminin oldukça önemli olduğunun vurgulanması(77,103) bizim bulgularımızı desteklemektedir.

1990'da Kemp-Scholte ve Davidson(62) tarafından elastisite modülü ile kenar sızıntı arasında yüksek bir korelasyon olduğu ve yüksek elastisite modülüne sahip

kompozit reçine kullanıldığında daha fazla kenar aralığı oluştuğu bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda da elastisite modülü 17176 N/mm^2 olan kompozit inley materyali ile elastisite modülü 6085 N/mm^2 olan mikrodoldurucu kompozit materyali, yer değiştirme değerleri açısından karşılaştırıldığında; yüksek elastisite modülü gösteren kompozit inley materyalinin, daha düşük yer değiştirme değerleri gösterdiği saptanmıştır. Mikrodoldurucu kompozit ile kompozit inley olarak kullanılan kompozit reçine materyali arasındaki farklı elastisite modül değerleri, materyallerin içerdikleri partikül büyüklüğü ve konsantrasyonuna bağlıdır(9). İnorganik doldurucunun hacimsel yüzdesi ile elastisite modülü arasında 1986'da Braem(9), 1992'de Jones ve ark.(58) da anlamlı bir korelasyon bulunduğunu bildirmişlerdir.

Kullanılan restorasyon materyallerinden özellikle kompozitlerde, malzeme organik ve inorganik komponentlerin silan ile bağlanmasıyla oluşmaktadır. Ayrıca amalgamda ve cam iyonomerde de materyalin iç yapısı homojen değildir. Günümüz teknolojisinin imkanları yeterli olabilseydi, materyallerin iç yapılarındaki fizik özelliklerindeki farklılıklar da matematik modele yüklenebilirdi. Böyle ideal bir çalışma ile de restorasyonun iç yapısındaki gerilmelerin meydana getirebileceği çözülmeler hakkında da fikir edinilebilirdi.

Oldukça küçük bir elastisite modül değerine sahip ZOE simanı ile elde edilen bulgularımız ise materyalin kuvvetler karşısında gösterdiği yüksek yer değiştirme değeri ile uygun hermetik kapamayı sağladığını göstermiştir. Ancak; tek bu değer gözönüne alınarak yapılan değerlendirme sonrasında, ZOE simanının ideal bir dolgu materyali olduğu sonucuna varılması bir önyargıyı çağrıştırmaktadır.

Restoratif materyallerin elastisite modülü, gerilme dağılımında olduğu gibi yer değiştirmelerde de önemli rol oynamaktadır. Elastisite modülünün yüksek olması ile materyalin yer değiştirme kapasitesi düşmektedir. Materyalin elastisite modülü ile diş sert dokusunun elastisite modülü arasındaki fark azaldıkça oklüzal kuvvet ile oluşan kenar aralığı artmakta ve perkolasyon olumsuz etkilenmektedir. Klinikte, restorasyonun başarısında; materyallerin elastisite modüllerinin yanısıra diş sert dokularının strüktürel özellikleri de önemli bir rol oynamaktadırlar. Dentinin patolojisi, örneğin; sklerotik, demineralize, hiper - ya da hipomineralize olması, minenin mineralizasyon özellikleri gibi dişe ve kişiye özgü (örn: yaş) özellikleri de kavite duvarındaki sert dokuların elastisite modüllerini etkileyecektir. Bizim araştırmamızın ileri bir aşamasında tüm bu özelliklerinde matematik modele aktarılabilmeleri amaçlanmalıdır.

Araştırmamızın bulguları materyallerle kavite arasında meydana gelen aralıkta materyallerin ısı genleşme katsayıları kadar elastisite modüllerinin de etkili ve restorasyonun kenar bütünlüğü ile klinik başarısı açısından da önemli olduğunu ortaya koymuş-

tur. Bu özelliğin restorasyon materyallerinin seçiminde de önemli bir kriter olması gerektiği anlaşılmıştır.

Araştırmamızın sonuçları; kenar bütünlüğü ve dişe biyomekanik uygunluğu açısından; elastisite modülleri birbirine yakın materyallerin birlikte kullanılmasını ve restoratif materyalin seçiminde etrafında yeralacak olan diş sert dokularına uygun elastisite modüllü olanlarının seçilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Elastisite modülleri birbirine benzer materyallerin kombine olarak kullanılmasıyla, oklüzal kuvvetlerin daha üniform dağılması sağlanacaktır. Ayrıca araştırmamızın bulguları ideal bir restorasyonda, yukarda belirttiğimiz hususların yanısıra, kenar bütünlüğünün sağlanabilmesi için restoratif materyalin bir bağlayıcı ajan ile kaviteye yerleştirilmesini de öngörmektedir. Bu bağlayıcı ajanın gerek restoratif materyale gerekse diş sert dokularına, deplasman nedeni olan gerilme değerinden çok daha yüksek değerde bir kuvvetle adezyonu gerekmektedir. Adezyonun kimyasal adezyon ağırlıklı olması ise tercih edilmelidir. Sandviç tekniğinde olduğu gibi farklı materyallerle yapılan restorasyonlarda, restorasyonun elemanları arasındaki bağlanma gücünün kimyasal adezyon ağırlıklı olup, bu bölgelerdeki gerilmelerden daha yüksek değerde bir kuvvette olması aranılmalıdır.

Çalışmamız; bir premoların servikal restorasyonunda kullanılan restoratif materyallerin ağız ortamındaki stabilitesinin, biyolojik uygunluğunun yanısıra biyomekanik uygunluğunun da büyük bir önem taşıdığını, biyomekanik uygunlukta materyalin fizik özelliklerinin yanısıra dişin yapısal elemanlarının ve dişe gelen oklüzal kuvvetlerin de etkili olabildiğini göstermiştir. İdeal bir restorasyonun dayanıklılık açısından, dişte bulunduğu bölge ve derinlikteki orjinal gerilme dağılımına benzer bir gerilme dağılımı göstermesi gerekmektedir.Ancak çalışmamız bu durumda da kavite preparasyonu ile dişte bozulan gerilme dağılımı ve artan deplasman değerlerinin bir sonucu olarak diş ile dolgu materyali arasında geniş bir aralığın oluştuğunu, bunun önlenmesi içinse diş ile restorasyon arasında mutlaka güçlü bir kimyasal adezyonun sağlanması gerektiğini ortaya çıkarmış ve bu konuların in vitro çalışmalarla da desteklenmesi gerektiğini vurgulamıştır.

7. SONUÇ

1- Farklı oklüzyon özelliklerine göre (Y-1; oklüzal yüzeye yayılı, Y-2; mezialde tek nokta kontaktı; Y-3; lingual tüberkülün mezial eğimine yayılı) eşit değerde ve aynı yönde uygulanan yükler morfolojik bütünlüğü bozulmamış, bir 5.sınıf kavitenin açılmasıyla morfolojik bütünlüğü bozulmuş ve çeşitli materyellerle restorasyonu yapılmış matematik model tiplerinin her birinde farklı gerilme ve yer değiştirmelere neden olmuştur.

2- Morfolojik bütünlüğü korunmuş, 5.sınıf kavite açılarak morfolojik bütünlüğü bozulmuş ve çeşitli materyallerle kavitenin restorasyonu yapılmış matematik modellerde her 3 yüklemede de; servikal bölge, gerilmelerin en yoğun buna karşın deplasmanların en az olduğu bölgedir.

3- Morfolojik bütünlüğü 5.sınıf kavite açılarak bozulan matematik modeldeki gerilmeler, diğer analiz edilen matematik model tiplerine oranla artmıştır.

4- Elastisite modülü yüksek olan porselen ve altın inley restorasyonlarında, amalgam, kompozit inley, iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer üzerine konan mikrodolduruculu kompozit ve ZOE simanına kıyasla daha yüksek gerilme değerleri saptanmıştır.

5- Elastisite modülleri birbirine yakın materyallerin kombine kullanıldığı model tiplerinde daha üniform bir gerilme dağılımı meydana gelmiştir.

6- (Y-2) tipi yüklemede; bulunan yüksek gerilme değerleri; üst 1.premolarda oklüzal kuvvetin tek nokta temasını önleyecek şekilde bir selektif möllemenin yararı olacağını göstermiştir.

7- Analiz edilen tüm matematik model tiplerinde en yüksek yer değiştirme (Y–1)'de vestibül yüzün disto-oklüzal düğümünde, (Y-2)'de vestibül yüzün mezio-oklüzal düğümünde, (Y-3)'de ise pulpa-aksiyal duvarın mezio-oklüzal düğümündedir.

8- Restorasyonlarda kullanılan materyallerin elastisite modülleri yükseldikçe deplasman miktarları azalmış ve buna karşın dişle materyal arasındaki aralık artmıştır.

9- Üst 1.premoların 5.sınıf kavitesinin restorasyonunda kullanılan materyaller arasında elastisite modülü en düşük materyal olan ZOE simanı en az kenar aralığı gösteren materyaldir. Bu materyali oluşan kenar aralığı açısından iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozitler, amalgam, kompozit inley, porselen ve altın inleyler izlemiştir.

10- Üst 1. premolardaki 5.sınıf kavitenin restorasyonunda tek bir materyal yerine elastisite modülleri birbirine yakın değerdeki materyallerin kombine olarak kullanımı restorasyonun biyomekanik açıdan başarısını arttırır.

11- Üst 1. premolardaki 5.sınıf kavitenin restorasyonunda kimyasal adezyon sağlayan bağlayıcı bir ajan kullanılmalıdır. Bu ajanın kimyasal adezyon gücü maksimum ısırma kuvveti sonucunda restoratif materyalle diş arasında oluşan kenar aralığına neden olan gerilme kuvvetinin üzerinde olmalıdır.

12- 5.sınıf kavite açılmış bir premoların matematik modelinde, oklüzal yük etkisi ile oluşan deplasman değerleri dentin kanal çapının önemli boyutlarda daralmasına ve genişlemesine dolayısıyla da dentin duyarlılığına neden olabilecek boyutlardadır.

8. ÖZET

Çalışmamızda; diş strüktüründe gerilmelerin yoğun olduğu bölgelerden biri olan servikal bölgede; gerek kavite preparasyonunun, gerekse çeşitli restorasyonların gerilme dağılımı ve oluşan deplasmanlar yönünden incelenmesi ve bunların kenar bütünlüğünde meydana getirdikleri değişikliklerin saptanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda; 3 boyutlu sonlu elemanlar metodundan (FEM) yararlanılmış ve SAP 90 programı kullanılmıştır.

Üst 1. premoların matematik modeli üzerine; oklüzal yüzeye yayılı (Y-1), mezialde tek nokta (Y-2) ve lingual tüberkülün mezial eğimine yayılı (Y-3) olmak üzere 475 N'luk max. ısırma kuvveti uygulanmıştır.

Matematik modelde servikal bölgede hazırlanan 5.sınıf kavite cam iyonomer kaide üzerine yerleştirilen amalgam, mikrodolduruculu kompozit, altın, porselen ve kompozit inleyle ve bu materyallerin dışında da geçici dolgu materyali olarak kullanılan ZOE simanı kullanılarak restore edilmiştir.

Sonuçta; ZOE simanının en fazla deplasman gösteren materyal olduğu, bunu iki farklı şekilde yerleştirilmiş cam iyonomer kaide üzerine konan mikrodolduruculu kompozitlerin, amalgam, kompozit, porselen ve altın inleylerin izlediği saptanmıştır. Oluşan gerilmeler yönünden; içi boş bırakılan kavitenin yüksek gerilme değerleri gösterdiği; farklı lokalizasyonlu, eş değerli yükleme tiplerinin servikal bölgede yoğunlaşan gerilmelere neden olduğu ve elastisite modülü birbirine yakın değerdeki restoratif materyal kombinasyonlarında üniform bir gerilme dağılımının meydana geldiği tespit edilmiştir.

9. SUMMARY

A3-dimensional finite element technique (FEM) was used to determine the stress distribution and displacement in a normal maxillar first premolar with and without class V cavity preparation. The effects of different filling materials are also investigated for the stress distribution. FEM analysis of the first upper premolar is performed by using SAP 90 structural application program. A vertical load of 475 N was applied on the occlusal surface from three different locations.

The class V cavity was restored with ZOE cement (as a temporary cement), amalgam, microfilled composite resin, porcelain, gold and composite inlays and a glass-ionomer (Ketac-Bond) was used as a base material.

According to the results obtained, ZOE cement showed the most displacement in comparison with microfilled composite resins, amalgam, composite, porcelain and gold inlays. In conclusion, cavity preparation to first upper premolar caused higher stresses with respect to tooth having no cavity.

10. KAYNAKLAR

1- Ameye,C., Lambrechts, P. ve Vanherle,G.: Conventional and microfilled composite resins. Part I:Color stability and marginal adaptation. J Prosthet Dent 46:623-630, 1981.

2- Anusavice,K.J. ve Hojjatie,B.: Influence of incisal length of ceramic and loading orientation on stress distribution in ceramic crowns. J Dent Res 67:1371-1375, 1988.

3- Bader,J.D., Levitch,L.C., Shugars,D.A., Heymann,H.O. ve McClure,F.: How dentists classified and treated non-carious cervical lesions. J Am Dent Assoc. 124:46-54, 1993.

4- Bauer,J.G. ve Henson,J.L.: Microleakage of direct filling materials in class V restorations using thermal cycling. Quintessence Int 11:765-769, 1985.

5- Ben-Amar,A.: Reduction of microleakage around new amalgam restorations. J Am Dent Assoc. 119:725-728, 1989.

6- Benderli,Y.: Camiyonomer simanları ile kompozit reçine dolgu materyalinin birbirine tutunması ve bağlanma şiddetine etki eden faktörler üzerine in vitro incelemeler. Doktora tezi, İstanbul Üniv., İstanbul, 1991.

7- Beyli,M.: Kişisel görüşme, 1992.

8- Blunck,U. ve Roulet,J.F.: In vitro marginal quality of dentin-bonded composite resins in class V cavities. Quintessence Int 20:407-412, 1989.

9- Braem,M., Lambrechts,P., Van Doren,V. ve Vanherle,G.: The impact of composite structure on its elastic response. J Dent Res 65:648-653, 1986.

10- Braem,M., Lambrechts,P. ve Vanherle,G.: Stress-induced cervical lesions. J Prosthet Dent 67:718-722, 1992.

11- Braem,M., Van Doren, V.E., Lambrechts,P., ve Vanherle,G.: Determination of Young's modulus of dental composites: a phenomenological model. J Mater Scie 22:2037-2042, 1987.

12- Brown,K.B., Swartz,M.L., Cochran,M.A. ve Phillips,R.W.: The glass-ionomer-lined cervical composite restoration: an in vitro investigation. Oper Dent 18:17-27, 1993.

13- Bryant,R.W. ve Mahler,D.B.: Modulus of elasticity in bending of composites and amalgams. J Prosthet Dent 56:243-248, 1986.

14- Caputo,A.A. ve Standlee,J.P.: Biomechanics in clinical dentistry. Quintessence Publishing Co., Inc., Chicago, 1987.

15- Clark, G.T., Beemsterboer,P.L. ve Rugh,J.D.: Nocturnal masseter muscle activity and the symptoms of masticatory dysfunction. J Oral Rehabil 8:279-286, 1981.

16- Craig,R.G.: Restorative dental materials. 8.Baskı, The C.V. Mosby Co.,St. Louis, 1989.

17- Crim,G.A.: Assessment of microleakage of 12 restorative systems. Quintessence Int 18:419-421, 1987.

18- Crim,G.A.: Influence of bonding agents and composites on microleakage. J Prosthet Dent 61:571-574, 1989.

19- Çalıkkocaoğlu,S.: Bölümlü protezler. 2.Baskı, İ.Ü. Basımevi ve Film Merkezi., İstanbul, 1992.

20- Darendeliler,S.: Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan üç boyutlu gerilme analizi ile mine preparasyon teknikleri ve pin kullanımı kapsayan çeşitli ön diş restorasyonlarının kıyaslanarak kırılma olasılığı en az olan restorasyon tipinin incelenmesi. Doktora tezi, Gazi Üniv., Ankara, 1988.

21- Davidson,C.L., de Gee,A.J. ve Feilzer,A.: The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. J Dent Res 63:1396-1399, 1984.

22- Dayangaç,B.: Sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile M.O.D. amalgam dolgu kırılma olasılığını azaltabilecek kavite şeklinin incelenmesi. Doçentlik tezi, Hacettepe Üniv., Ankara, 1978.

23- De Vree,J.H.P., Peters,M.C.R.B. ve Plasschaert,A.J.M.: The influence of modification of cavity design on distribution of stresses in a restored molar. J Dent Res 63:1217-1220, 1984.

24- Demirel,Ş.: Üç değişik metal alaşımı kullanılarak hazırlanan metal seramik implant üst yapı protezlerinin statik kuvvetler altında sonlu elemanlar stres analiz yöntemi (FEM) ile incelenmesi. Doktora tezi, İstanbul Üniv., İstanbul, 1992.

25- Dérand,T.: Stress analysis of cemented or resin-bonded loaded porcelain inlays. Dent Mater 7:21-24, 1991.

26- Derkson,G.D., Pashley,D.H. ve Derkson,M.E.: Microleakage measurement of selected restorative materials: A new in vitro method. J Prosthet Dent 56:435-440,1986.

27- Efeoğlu,A.: Dişhekimliği Tarihi. Alemdar Ofset., İstanbul, 1992.

28- El-Ebrashi,M.K., Craig,R.G. ve Peyton,F.A.: Experimental stress analysis of dental restorations, Part VII. Structural design and stress analysis of fixed partial dentures. J Prosthet Dent 23:177-186, 1970.

29- Farah,J.W. ve Craig,R.G.: Finite element stress analysis of a restored axisymmetric first molar. J Dent Res 53:859-866, 1974.

30- Farah,J.W., Craig,R.G. ve Sikarskie,D.L.: Photoelastic and finite element stress analysis of a restored axisymmetric first molar. J Biomechanics 6:511-520, 1973.

31- Farah,J.W., Powers,J.M., Dennison,J.B., Craig,R.G. ve Spencer,J.: Effects of cement bases on the stresses and deflections in composite restorations. J Dent Res 55:115-120, 1976 (Medline abstr).

32- Feilzer,A.J., de Gee,A.J. ve Davidson,C.L.: Curing contraction of composites and glass-ionomer cements. J Prosthet Dent 59:297-300, 1988.

33- Forsten,L.: Short-and long-term fluoride release from glass-ionomer based liners. Scand J Dent Res 99:340-342, 1991.

34- Fuks,A.B., Hirschfeld,Z. ve Grajower,R.: Marginal leakage of cervical resin restorations with a bonding agent. J Prosthet Dent 54:654-657, 1985.

35- Fullemann,J., Krejci,I. ve Lutz,F.: Kompositinlays: Klinische und rastereletronenmikroskopische Untersuchung nach einjahriger Funktionszeit. Schweiz Monatsschr Zahnmed 102:292-298, 1992 (Medline abstr).

36- Gabel,A.B.: American textbook of operative dentistry 1947, Philadelphia: Lee and Febiger, p.662 (Hood,J.A.A. no:55 içinden).

37- Gibbs,C.H., Mahan,P.E., Lundeen,H.C., Brehnan,K., Walsh,E.K. ve Holbrook,W.B.: Occlusal forces during chewing and swallowing as measured by sound transmission. J Prosthet Dent 46:443-449, 1981.

38- Godoy,F.G., Draheim,R.N. ve Titus, H.W.: Shear bond strength of a posterior composite resin to glass ionomer bases. Quintessence Int 19:357-359, 1988.

39- Goel,V.K., Khera,S.C., Gurusami,S. ve Chen,R.C.S.: Effect of cavity depth on stresses in a restored tooth. J Prosthet Dent 67:174-183, 1992.

40- Goel,V.K., Khera,S.C., Ralston,J.F. ve Chang,K.H.: Stresses at the dentinoenamel junction of human teeth-A finite element investigation. J Prosthet Dent 66:451-459, 1991.

41- Goel,V.K., Khera,S.C. ve Singh,K.: Clinical implications of the response of enamel and dentin to masticatory loads. J Prosthet Dent 64:446-454, 1990.

42- Gordon,M., Plasschaert,A.J.M., Saiku,J.M. ve Pelzner,R.B.: Microleakage of posterior composite resin materials and an experimental urethane restorative material tested in vitro above and below the cementoenamel junction. Quintessence Int 17:11-15, 1986.

43- Gordon,M., Plasschaert,A.J.M., Soelberg,K.B. ve Bogdan,M.S.: Microleakage of four composite resins over a glass ionomer cement base in class V restorations. Quintessence Int 12:817-820, 1985.

44- Gottlieb,E.W., Retief,D.H. ve Bradley,E.L.: Microleakage of conventional and high-copper amalgam restorations. J Prosthet Dent 53:355-361, 1985.

45- Gurusami,S.A.: Stresses in the human tooth-an application of finite element technique. Master Tezi., Iowa, 1985.

46- Haller,B., Klaiber,B. ve Secknus,A.: Randschluß zervikaler Kompositinlays in vitro. Dtsch Zahnärztl Z 45:296-299, 1990.

47- Hanning,M., Weinle,S. ve Albers,H.K.: Der Einfluß modifizierter Präparationsformen auf die Randqualität von Kompositinlays aus SR-Isosit. Dtsch Zahnärztl Z 46:609-611, 1991.

48- Hembree Jr, J.H.: Microleakage of composite resin restorations with different cavosurface desings. J Prosthet Dent 44:171-174, 1980.

49- Hembree Jr, J.H.: Marginal leakage of microfilled composite resin restorations. J Prosthet Dent 50:632-635, 1983.

50- Hembree Jr., J.H. ve Taylor,T.: In vitro marginal leakage of composite resin restorations using a combination of conventional and microfilled resins. Quintessence Int 12:813-815, 1985.

51- Heymann,H.O., Sturdevant,J.R., Bayne,S., Wilder,A.D., Sluder,T.B. ve Brunson,W.D.: Examining tooth flexure effects on cervical restorations: A two-year clinical study. J Am Dent Assoc 122:41-47, 1991.

52- Hinoura,K., Moore,B.K. ve Phillips,R.W.: Tensile bond strength between glass ionomer cements and composite resins. J Am Dent Assoc 114:167-172, 1987.

53- Hojjatie,B. ve Anusavice,K.J.: Three-dimensional finite element analysis of glass-ceramic dental crowns. J Biomechanics 23:1157-1166, 1990.

54- Holtan,J.R., Nystrom,G.P., Douglas,W.H. ve Phelps II, R.A.: Microleakage and marginal placement of a glass ionomer liner. Quintessence Int 21:117-122, 1990.

55- Hood,J.A.A.: Biomechanics of the intact, prepared and restored tooth: some clinical implications. Int Dent J 41:25-32, 1991.

56- Hormati,A.A. ve Chan,K.C.: Marginal leakage of compacted gold, composite resin and high-copper amalgam restorations. J Prosthet Dent 44:418-422, 1980.

57- İnan,M.: Cisimlerin Mukavemeti. 6.Baskı, İ.T.Ü. Vakfı Yayını, Yayın No.25., İstanbul, 1988.

58- Jones,D.W., Rizkalla,A.S., Sutow,E.J. ve Hall,G.C.: Elastic moduli of wet and dry experimental composite materials. J Dent Res 71: 559, 1992 (Abstr no 666).

59- Kavsaoğlu, A.A.E.: Sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile kanin distalizasyonunda kullanılan farklı yöntemlerin karşılaştırılması. Doktora tezi, Hacettepe Üniv., Ankara, 1986.

60- Kelsey III,W.P. ve Panneton,M.J.: A comparison of amalgam microleakage between a copal varnish and two resin-compatible cavity varnishes. Quintessence Int 19:895-898, 1988.

61- Kemp-Scholte,C.M. ve Davidson,C.L.: Marginal sealing of curing contraction gaps in class V composite resin restorations.J Dent Res 67:841-845, 1988.

62- Kemp-Scholte,C.M. ve Davidson,C.L.: Marginal integrity related to bond strength and strain capacity of composite resin restorative systems. J Prosthet Dent 64:658-664, 1990.

63- Khera,S.C., Carpenter,C.W., Vetter,J.D. ve Staley,R.N.: Anatomy of cusps of posterior teeth and their fracture potential. J Prosthet Dent 64:139-147, 1990.

64- Khera,S.C., Goel,V.K., Chen,R.C.S. ve Gurusami,S.A.: A three-dimensional finite element model. Oper Dent 13:128-137, 1988.

65- Khera,S.C., Goel,V.K., Chen,R.C.S. ve Gurusami,S.A.: Parameters of MOD cavity preparations: A 3-D FEM Study, Part II. Oper Dent 16:42-54, 1991.

66- Kim,J.Y., Takahashi,Y., Kito,M., Morimoto,Y. ve Hasegawa,J.: Semi-quantitative analysis of early microleakage around amalgam restorations by fluorescent spectrum method: A laboratory study. Dent Mater J 11:45-58, 1992.

67- Ko,C.C., Chu,CS., Chung,K.H. ve Lee,M.C.: Effects of posts on dentin stress distribution in pulpless teeth.J Prosthet Dent 68:421-427, 1992.

68- Koçkapan,C.: Rastelektronenmikroskopische Untersuchungen über die Oberflächenstrukter keilförmiger Defekte. Zahnärztl Praxis 39:366-368, 1988.

69- Lambrechts,P., Braem,M. ve Vanherle,G.: Evaluation of clinical performance for posterior composite resins and dentine adhesives.Oper Dent 12:53-78, 1987.

70- Lee,W.C. ve Eakle,W.S.: Possible role of tensile stress in the etiology of cervical erosive lesions of teeth. J Prosthet Dent 52:374-380, 1984.

71- Leff,A.: Gnathodynamics of four mandibular positions. J. Prosthet Dent 16:844-847, 1966.

72- McLean,J.W., Powis,D.R., Prosser,H.J. ve Wilson,A.D.: The use of glass-ionomer cements in bonding composite resins to dentine. Br Dent J 158:410-414, 1985.

73- Meissner,M., Beetke,E. ve Beer,R.: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zum Randschlußverhalten silanisierter, mit Komposit eingesetzter Keramikinlays im Zahnhalsbereich. Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl 77:543-548, 1989 (Medline abstr.)

74- Meyer,G., Dawid,E. ve Schwartz,P.: Zur Pathomorphologie keilförmiger Defekte. Dtsch Zahnärztl Z 46:629-632, 1991.

75- Mixson,J.M., Eick,J.D., Moore,D.L. ve Tira, D.E.: Effect of two dentin bonding agents on microleakage in two different cavity designs. J Prosthet Dent 67:441-445, 1992.

76- Mörmann,W., Brandestini,M., Ferru,A., Lutz,F. ve Krejci,I.: Marginale Adaptation von adhäsiven Porzellaninlays in vitro. Schweiz Mschr Zahnmed 95:1118-1129, 1985.

77- Murray,J.J.: The prevention of dental disease. 2.Baskı, Oxford Medical Publications., Oxford, 1989.

78- Nakayama,W., Hall,D.R., Grenoble,D.E. ve Katz J.L. Elastic properties of dental resin restorative materials J Dent Res 53:1121, 1974 (Bryant,R.W. ve Mahler,D.B - no.13 içinden).

79- Ott,R.W. ve Pröschel,P.: Zur Ätiologie des keilförmigen Defektes. Dtsch Zahnärztl Z 40:1223-1227, 1985.

80- Pashley,D.H. Depew,D.D. ve Galloway,S.E.: Microleakage channels: Scanning electron microscopic observation. Oper Dent 14:68-72, 1989.

81- Peters,M.C.R.B. ve Poort,H.W.: Biomechanical stress analysis of the amalgam-tooth interface. J. Dent Res 62:358-362, 1983.

82- Peutzfeldt,A. ve Asmussen,E.: Bonding and gap formation of glass-ionomer cement used in conjuction with composite resin. Acta Odontol Scand 47:141-148, 1989.

83- Phillips,R.W.: Skinner's science of dental materials. 8.Baskı, W.B. Saunders Co.,Philadelphia, 1982.

84- Pintado,M.R. ve Douglas.W.H.: The comparison of microleakage between two different dentin bonding resin systems. Quintessence Int 19:905-907, 1988.

85- Powers,J.M. ve Farah,J.W.: Apparent moduls of elasticity of dental amalgams J Dent Res 54:902, 1975 (Bryant,R.W. ve Mahler,D.B. - no:13 içinden).

86- Powis,D.R., Folleras,T., Merson,S.A. ve Wilson,A.D.: Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. J Dent Res 61:1416-1422, 1982.

87- Puy,M.C.L. Navarro,L.F., Llacer, V.J. ve Ferrandez,A.: Composite resin inlays: A study of marginal adaptation. Quintessence Int 24:429-433, 1993.

88- Qualtrough,A.J.E., Cramer,A., Wilson,N.H.F., Roulet,J.F. ve Noack, M.: An in vitro evaluation of the marginal integrity of a porcelain inlay system. Int J Prosthodont 4:517-523, 1991.

89- Qualtrough,A.J.E., Wilson,N.H.F. ve Smith,G.A.: The porcelain inlay: A historical view. Oper Dent 15:61-70, 1990.

90- Ramfjord,S.P. ve Ash,M.M.: Occlusion, 2.Baskı, W.B.Saunders Co., Philadelphia, 1971.

91- Reich,E., Schmalz,G. ve Federlin,M.: Randspaltverhalten von Keramik- und Kompositinlays in vitro. Dtsch Zahnärztl Z 45:656-660, 1990.

92- Retief,D.H., Woods,E. ve Jamison,H.C.: Effect of cavosurface treatment on marginal leakage in class V composite resin restorations. J Prosthet Dent 47:496-501, 1982.

93- Robinson,A.D.: Caries, class V cavity preparation and amalgam fillings. Br Dent J 20:558-562, 1967.

94- Roulet, J.F.: Werkstoffkundliche Parameter und Ihre Auswirkungen auf die Klinik.Dtsch Zahnärtzl Z 43:887-892, 1988.

95- Rubin,C., Krishnamurthy,N., Capilouto,E. ve Yi,H.: Stress analysis of the human tooth using a three-dimensional finite element model.J Dent Res 62:82-86, 1983.

96- Sakaguchi,R.L., Brust,E.W., Cross,M., Delong,R. ve Douglas,W.H.: Independent movement of cusps during occlusal loading. Dent Mater 7:186-190, 1991.

97- Saltzberg, D.S., Ceravolo, F.J., Holstein,F., Groom,G. ve Gottsegen,R.: Scanning electron microscope study of the junction between restorations and gingival cavosurface margins. J Prosthet Dent 36:517-522, 1976.

98- Schumacher,G.H., ve Schmidt,H.: Anatomie und Biochemie der Zähne. Gustav Fischer., Stuttgart, 1972.

99- Selna,L.G., Shillingburg,H.T. ve Kerr,P.A.: Finite element analysis of dental structures-axisymmetric and plane stress idealizations. J Biomed Mater Res 9:237-252, 1975.

100- Smith,D.C., Pulver,L.E., McComb,D., ve Tam L.: Evaluation of cavity base and lining materials. Presented at I.A.D.R. General Session, Chicago, 1987.

101- Sparrius,O. ve Grossman,E.S.: Marginal leakage of composite resin restorations in combination with dentinal and enamel bonding agents. J Prosthet Dent 61:678-684, 1989.

102- Staehle, H.J. ve Ackermann, J.: Experimentelle Untersuchungen uber die Dichtigkeit von okklusalen Kompositfullungen im Vergleich zu okklusalen Metallinlays. ZWR 100:648-650, 652-653, 1991 (Medline abstr.).

103- Staehle,H.J., Emmerich,M. ve Scharbeth,C.: Randdichtigkeit von Kompositinlays bei verschiedenen Unterfüllungen. Schweiz Monatsschr Zahnmed 102:1189-1194, 1992.

104- Takahashi,N., Kitagami,T. ve Komori,T.: Behaviour of teeth under various loading conditions with finite element method. J Oral Rehabil 7:453-461, 1980.

105- Thresher,R.W. ve Saito,G.E.: The stress analysis of human teeth. J Biomechanics 6:443-449, 1973.

106- Torstenson, B. ve Brännström,M.: Contraction gap under composite resin restorations: Effect of hygroscopic expansion and thermal stress. Oper Dent 13:24-31, 1988.

107- Van Meerbeek,B.: Dentine Adhesion: morphological, physico-chemical and clinical aspects. Master Tezi. K.U.L., Leuven, 1993.

108- Van Noort,R., Cardew,G.E. ve Howard,I.C.: A study of the interfacial shear and tensile stresses in a restored molar tooth. J Dent 16:286-293, 1988.

109- Völk,W., Mierau, H.-D., Biehl, P., Dornheim, G. ve Reithmayer,Chr.: Beitrag zur Ätiologie der keilförmigen Defekte. Dtsch Zahnärztl Z 42:499-504, 1987.

110- Wendt Jr,S.L.: Microleakage and cusp fracture resistance of heat-treated composite resin inlays. Am J Dent 4:10-14, 1991.

111- Widmalm,S.E. ve Ericsson,S.G.: Maximal bite force with centric and eccentric load. J Oral Rehabil 9:445-450, 1982.

112- Willems, G.: Multi standart criteria for the selection of potential posterior composites. Master Tezi. K.U.L., Leuven, 1992.

113- Williams,K.R., Edmundson,J.T. ve Rees,J.S.: Finite element stress analysis of an amalgam restored molar tooth. Dent Mater 3:200-206, 1987.

114- Woody,T.L. ve Davis,R.D.: The effect of eugenol-containing and eugenol-free temporary cements on microleakage in resin bonded restorations. Oper Dent 17:175-180, 1992.

115- Wright,K.W.J. ve Yettram,A.L.: Finite element stress analysis of a class I amalgam restoration subjected to setting and thermal expansion. J Dent Res 57:715-723, 1978.

116- Yettram,A.L., Wright,K.W.J. ve Pickard,H.M.: Finite element stress analysis of the crowns of normal and restored teeth. J Dent Res 55:1004-1011, 1976.

117- Yu,X.Y., Wei,G. ve Xu,J.W.: Experimental use of a bonding agent to reduce marginal microleakage in amalgam restorations. Quintessence Int 18:783-787, 1987.

118- Yücel,T., Akın,E., Soydan,N., Tunçelli,B. ve Demirel,Ş.: Çeşitli posterior kompozitlerle dolgu-kavite kenarının mikrosızıntı açısından incelenmesi. İ.Ü. Diş Hek. Fak. Dergisi 23:101-104,1989.

119- Zhao,Y.F., Wang,X.Y., Guo,K.K., Kang,Z.L., Shen,H., Dai,X. ve Huang,S.H.: The finite element analysis of the bicuspid and molar of mandible. Hua Hsi I Ko Ta Hsueh Pao 20:311-314, 1989 (Medline abstr.).

120- Zhou,S.M., Hu,H.P. ve Wang,Y.F.: Analysis of stresses and breaking loads for class I cavity preparations in mandibular first molars. Quintessence Int 20:205-210, 1989.

121- Zienkiewicz,O.C.: The finite element method. 3. Baskı, McGraw-Hill, London, 1977.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU

11. ÖZGEÇMİŞ

1966'da İstanbul'da doğmuşum. Annem ev hanımı Gökçen (Karaoğlu) Yıldız, babam Yüksek Mimar Mühendis Hüseyin Yıldız'dır. İlköğrenimimi Turhan ve Mediha Tansel İlkokulunda, orta öğrenimimi ise Özel Kadıköy Kız Lisesinde tamamladım. 1983 yılında yüksek öğrenimime başladığım İ.Ü. Dişhekimliği Fakültesi'nden 1988 yılında mezun oldum. Ve aynı yıl fakültenin Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, Konservatif Diş Tedavisi Bilim Dalında doktora eğitimine başladım. Halen İ.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı Konservatif Diş Tedavisi Bilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktayım.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ