



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**



**BULK-FİLL KOMPOZİTLER İLE RESTORE EDİLEN  
SINIF II KAVİTELERİN TERMO-MEKANİK  
YÜKLEME SONRASI SERVİKAL  
MİKROSIZINTISININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Bilge ERSÖZ**

**DİŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ ANABİLİM DALI  
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Gürkan GÜR**

**ANKARA  
2018**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**BULK-FİLL KOMPOZİTLER İLE RESTORE EDİLEN  
SINIF II KAVİTELERİN TERMO-MEKANİK  
YÜKLEME SONRASI SERVİKAL  
MİKROSIZINTISININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Bilge ERSÖZ**

**DİŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ ANABİLİM DALI  
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Gürkan GÜR**

**ANKARA  
2018**

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na

Uzmanlık tezi olarak hazırlayıp sunduğum "Bulk-fill kompozitler ile restore edilen Sınıf II kaviteilerin termo-mekanik yükleme sonrası servikal mikrosızıntısının değerlendirilmesi" başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan klinik çalışma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler ve yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Uzmanlık Öğrencisinin Adı Soyadı

Tarih

İmza

# İÇİNDEKİLER

Etik Beyan .....	ii
İçindekiler.....	iii
Simgeler ve Kısaltmalar .....	vi
Şekiller .....	vii
Çizelgeler .....	viii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Kompozit Reziner .....	2
1.1.1. Kompozit Rezinerin Yapısı .....	3
1.1.2. Kompozit Resin Dolgu Maddelerinin Sınıflandırılması .....	8
1.1.2.1. İnorganik Doldurucu Partiküllerin Çeşidi ve Miktarına Göre Sınıflandırma .....	8
1.1.2.2. Kompozit Resin Esaslı Dolgu Maddelerinin Viskozitelerine Göre Sınıflandırılması .....	11
1.1.2.3. Kompozit Resin Esaslı Dolgu Maddelerinin Polimerizasyon Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması.....	11
1.1.2.4 Kompozit Resin Esaslı Dolgu Maddelerinin Yerleştirme Tekniklerine Göre Sınıflandırılması .....	14
1.2. Kompozit Rezinerdeki Güncel Gelişmeler.....	15
1.2.1. Siloran Bazlı Kompozitler .....	15
1.2.2. Nanokompozitler .....	15
1.3. Bulk-Fill Kompozitler .....	16
1.3.1. Bulk-fill Kompozitler ve Geleneksel Kompozitlerin Farkları.....	17
1.4. Bağlanma .....	20
1.4.1. Minenin Yapısal Özellikleri ve Mineye Bağlanma.....	21
1.4.2. Dentinin Yapısal Özellikleri ve Dentine Bağlanma.....	22
1.5. Polimerizasyon Büzülmesi ve Mikrosızıntıya Etkileri .....	24
1.5.1. Kompozit Resin Restorasyonlarda Mikrosızıntı.....	25
1.5.2. Mikrosızıntı Değerlendirmesinde Kullanılan Yöntemler.....	26
1.5.2.1. Boya Penetrasyon Yöntemi .....	26
1.6. Ağız İçi Koşulları Taklit Etmek İçin Kullanılan Test Yöntemleri .....	28
1.6.1. Isı Döngüsü ( <i>Thermal Cycling</i> ) ile Yaşlandırma .....	29
1.6.2. Bekletme ile Yaşlandırma Yöntemi.....	29
1.6.3. Oklüzal Yükleme ile Yaşlandırma Yöntemi.....	29
1.6.4. Çiğneme Simülatörü ile Yaşlandırma Yöntemi.....	30
1.7. Tez Çalışmasının Amacı .....	32
<b>2. MATERYAL ve METOD.....</b>	<b>34</b>
2.1. Örneklerin Hazırlanması .....	34
2.2. Araştırmada Kullanılan Materyaller .....	35
2.2.1. Çalışmada Kullanılan Adeziv Sistem.....	36
2.2.1.1. Clearfil S <sup>3</sup> Bond .....	36
2.2.2. Çalışmada Kullanılan Kompozit Reziner .....	36
2.2.2.1. Filtek™ Ultimate Akışkan Kompozit .....	36
2.2.2.2. Filtek Bulk-fill Posterior.....	38

2.2.2.3. Filtek Bulk-fill Akışkan Restoratif.....	38
2.2.2.4. Filtek Ultimate Universal Restoratif .....	39
2.3. Restorasyon Prosedürleri.....	39
2.4. Termo-mekanik Yükleme ve Mikrosızıntının Değerlendirilmesi .....	42
2.5. İstatistiksel Analiz.....	46
<b>4. TARTIŞMA.....</b>	<b>52</b>
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>68</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>69</b>
<b>ÖZET.....</b>	<b>88</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>89</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>90</b>



## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimimin boyunca desteğini ve yardımlarını benden esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak bana yol gösteren ve tez çalışmamda emeği geçen değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Gürkan GÜR'e,

Uzmanlık eğitimine ilk girdiğim günden beri her konuda arkamda olup bana ablalık yapan, tez çalışmam ve diğer bütün çalışmalarım boyunca anlayış ve yardımını asla esirgemeyen Dr.Dt. Gülbike Demirel'e ,

Çalışmam süresince maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan asistan arkadaşlarım Dt. Fulya Demir, Dt. Ceren Değer, Dt. Yasemin Dedeğa, Dt. Orhun Karacan ve Dt. Tuğçe Tartıcı' ya, diğer bölüm arkadaşlarıma ve Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'ndaki tüm hocalarıma,

Tez çalışmam boyunca moral ve motivasyonumu yüksek tutan her zaman en yakınımda olan Uzm. Dt. Tuğçe Yılmaz ve Dt. Gözdem Bayraktar'a,

Beni bugünlere büyük özveri ve emekle getiren, hayatım boyunca beni her konuda anlayışla karşılayıp, tereddütsüz destekleyen anneme, babama, ablama ve biricik yeğenlerime,

Bilgi ve tecrübelerini paylaşarak bana yol gösteren, örnek olan değerli kayınpederim Prof.Dr.Ertan R. Ersöz'e,

Tez yazım sırasında ve her konuda sabırla bana destek olan, beni destekleyen, her zaman iyi ki var dediğim değerli eşim Dr.Dt.Erman Ersöz'e

Bu tez ile birlikte doğan, büyüyen, adım atan, anne diyen sevgili Bade'me,

Sonsuz teşekkürler.

## SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde
(+)	Pozitif
<	Küçüktür
°C	Santigrat derece
4-META	4-metakriloksietil trimellat anhidrit
BHT	2,4,6-tritersiyeer bütilfenol
Bis-EMA	Bisfenol A etil metakrilat
Bis-GMA	Bis-fenol A glisidil metakrilat
C	Karbon
cm	Santimetre
EGDMA	Etilen Glikol Dimetakrilat
g	Gram
GPa	Gigapascal
HA	Hidroksiapatit
HEMA	Hidroksietil metakrilat
Hz	Hertz
LED	Light Emitting Diode
MDP	Methacryloyloxydecyl dihydrogenphosphate
mm	Milimetre
MMA	Metil Metakrilat
MPa	Megapaskal
mW	Megawatt
N	Newton
nm	Nanometre
-OH	Hidroksil İyonu
PEGDMA	Polietilen Glikol Dimetakrilat
pH	Power of hydrogen
PMP	4-metoksifenol
QTH	Quartz Tungsten Halojen
s	Saniye
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
SiO <sub>2</sub>	Silikon Dioksit
TEGDMA	Tri Etil Glikol Dimetakrilat
UDMA	Üretan dimetakrilat
UV	Ultraviyole
ZrO <sub>2</sub>	Zirkonyum Oksit
Mm	Mikrometre

## ŞEKİLLER

Şekil 1.1.	Monomerlerin Yapısı .....	4
Şekil 1.2.	Silan çeşitlerinin açık kimyasal formülü .....	6
Şekil 1.3.	Kamforokinon'un açık kimyasal formülü .....	7
Şekil 1.4.	Farklı boyutlardaki inorganik partiküller .....	9
Şekil 2.1.	Hazırlanan kaviteğin şematik görünümü .....	35
Şekil 2.2.	Clearfil S3 Bond .....	36
Şekil 2.3.	Filtek™ Ultimate Akışkan Kompozit .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Şekil 2.4.	Filtek Bulk-fill Posterior .....	38
Şekil 2.5.	Filtek Bulk-fill Akışkan Restoratif .....	38
Şekil 2.6.	Filtek Ultimate Universal Restoratif .....	39
Şekil 2.7.	Otomatrix Bandı Yerleştirilmiş Kavite (A) ve Restorasyonların Tamamlanmış Hali (B) .....	39
Şekil 2.8.	Çalışmada kullanılan kompozitlerin gruplandırılması .....	40
Şekil 2.9.	Kompozitlerin kaviteye yerleştirilme şekilleri .....	41
Şekil 2.10.	Akriliğe gömülmüş örnekler .....	43
Şekil 2.11.	Çiğneme simülatörü .....	43
Şekil 2.12.	Örneklerin çiğneme simülatöründe termo-mekanik olarak yüklenmesi .....	44
Şekil 2.13.	Termo-mekanik yüklemenin sıcaklık aralıkları .....	45
Şekil 2.14.	Termo-mekanik yüklemenin kuvvet, hız ve siklus değerleri .....	45
Şekil 2.15.	Gingival kenar mikrosızıntı skorlamasının şematik çizimi .....	46
Şekil 3.1.	Bazı örneklerin mikrosızıntı miktarları. A: Minede sonlanan kavitede "0" skorlu mikrosızıntı, B: Dentinde sonlanan kavitede "1" skorlu mikrosızıntı, C: Dentinde sonlanan kavitede "2" skorlu mikrosızıntı, D: Dentinde sonlanan kavitede "3" skorlu mikrosızıntı. ....	47



## ÇİZELGELER

<b>Çizelge 1.1.</b> Kompozit rezin içerisindeki çeşitli büyüklükteki inorganik doldurucular.....	10
<b>Çizelge 1.2.</b> Dental Marketteki Bulk-fill Kompozitlerden Bazılarının Organik ve İnorganik İçerikleri .....	19
<b>Çizelge 2.1.</b> Çalışmada Kullanılan Kompozit Materyaller ve İçerikleri .....	37
<b>Çizelge 2.2.</b> Boya Penetrasyonun Sızıntı Derecelendirme Skalası .....	46
<b>Çizelge 3.1.</b> Sınıf II Kutu kaviteilerinin mikrosızıntı skorları .....	48
<b>Çizelge 3.2.</b> Mine-dentin ve dentin-sementte sonlanan kompozit grupların karşılaştırılması. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ dir. Anlamlı farklılık gösteren p degerleri koyu olarak işaretlenmiştir.....	50
<b>Çizelge 3.3.</b> Mine-dentin ve dentin-sementte sonlanan restorasyonlarda termomekanik yüklemenin mikrosızıntı skorları üzerine etkisi. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ dir. Anlamlı farklılık gösteren p degerleri koyu olarak işaretlenmiştir. ....	51
<b>Çizelge 3.4.</b> Termo-mekanik yüklemenin kavitenin lokalizasyonu üzerine etkisi. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi $p=0.05$ dir. Anlamlı farklılık gösteren p degerleri koyu olarak işaretlenmiştir.....	51

# 1. GİRİŞ

Kompozit esaslı rezin teknolojisinin, restoratif diş hekimliğinin kullanımına sunulması, geçen yüzyılda diş hekimliğine sağlanan en önemli katkılardan biri olmuştur (Fortin ve Vargas, 2000).

Kompozit restorasyonların; sağlam diş dokusunu koruma, çürük, kırık, aşınma ve konjenital defektlerin estetik olarak rehabilitasyonu ile diş estetiğinin yeniden sağlanması, preparasyonsuz veya minimal preparasyonla dişin yeniden konturlanması gibi özellikleri mevcuttur. Ayrıca postoperatif hassasiyet, marjinal renklenme ve rekürrent çürük oluşumu gibi restorasyonlar için olumsuz olan faktörleri elimine edebilmesi ve mikrosızıntının azaltılması gibi avantajları da bulunmaktadır. (Kwon ve ark., 2012; Moszner ve Salz, 2001). Işıklı sertleşen kompozitlerin kullanımı, posterior dişler gibi strese maruz kalan bölgelerde de oldukça yaygındır (Garoushi ve ark., 2013; Manhart ve ark., 2000).

Işıklı sertleşen kompozit restorasyonlar uzun yıllardan beri tabakalama tekniği ile uygulanmaktadır. Kompozit tabakaları 2 mm'yi geçmeyecek şekilde uygulanarak aşamalı olarak polimerize edilmekte ve bu sayede yeterli polimerizasyon sağlanarak, minimum polimerizasyon büzülmesi ve minimum stres oluşumu hedeflenmektedir (Tarle ve ark., 2014).

Kompozit materyallerdeki güncel gelişmeler ile bulk-fill rezin bazlı kompozit materyaller piyasaya tanıtılmıştır. Bulk-fill kompozitlerin kimyasal içeriğinde yapılan değişiklikler sonucunda, geleneksel kompozitlere göre polimerizasyon büzülmesinin yol açtığı stres azalmış ve materyalin ışık geçirgenliği artmıştır (İlie ve ark., 2013; RJ Kim ve ark., 2015). Bulk-fill kompozitler posterior bölgede tek veya iki tabaka halinde uygulanabilmekte, kısa sürede polimerizasyonu tamamlanmakta ve klinisyene uygulamada kolaylık sağlamaktadır (Bucuta ve İlie, 2014; Czasch ve İlie, 2013). Özellikle derin ve geniş kavitelelerin restorasyonu sırasında, tabakalama yöntemine göre uygulama sırasında harcanan süre oldukça kısalmaktadır (Benetti ve ark., 2015).

Restoratif materyal ile diş sert dokusunun ısı değişimleri karşısında gösterdikleri büzülme ve genleşme oranlarının farkı, mikrosızıntının en önemli nedenidir. Ağız içi ısının düşmesi ile restorasyon ve diş yüzeyi arasında negatif basınç oluşarak ağız içindeki sıvıların restorasyon kenarlarından sızmasına neden olmaktadır (Bullard RH ve ark., 1988, Saboia V de P ve ark., 2002). Restoratif materyal ile kavite duvarı arasından bu şekilde bakteri, sıvı, molekül, enzim, asit ve iyonların mikroskobik olarak geçebilmektedir (Kidd EAM, 1976). Günümüz restoratif diş hekimliğinin en büyük sorunlarından birisi mikrosızıntıdır ve Sınıf II restorasyonlarda sıklıkla mine-sement birleşim hattında karşılaşılmaktadır (Beznos C, 2001; Ferrari M ve Davidson CL, 1996; Hilton TJ ve ark., 1997).

### **1.1. Kompozit Rezinler**

Diş rengineki restorasyon materyalleri bugüne kadar uzun bir evrim geçirmiştir. Bunlar:

1. Silikat simanlar
2. Akrilik dolgular (doldurucu içermeyen rezinler)
3. Akrilik dolgular (doldurucu içeren rezinler)
4. Kompozit rezinler (Bowen RL ve Marjenhoff WA, 1991).

İlk defa 1962 yılında Rafael Bowen tarafından geliştirilen kompozit rezinler, esas olarak organik bir matriks içerisine belli oranlarda ilave edilen inorganik doldurucular ve doldurucuların organik matrikse tutunmasını sağlayan bağlayıcı kısımdan oluşan dolgu maddeleridir. Hem organik hem de inorganik maddeleri içeren bu dolgu maddelerine ‘birleşik’ anlamına gelen ‘kompozit’ adı verilmiştir. Genel olarak ideal bir dolgu maddesi; mekanik etkilere karşı dirençli, kavite duvarlarına adaptasyonu iyi, iletkenliği düşük, przitesi azaltılmış, biyoyumlu, hazırlaması ve uygulaması kolay, estetik, oral bölgede hacim ve şekil değişikliğine uğramayan, maliyeti ucuz, raf ömrü uzun, mine-dentin bonding ajanlarıyla uyumlu ve bitirme-polisaj işlemleri iyi olmalıdır (C Altun, 2005).

### 1.1.1. Kompozit Rezinlerin Yapısı

Diş hekimliğinde kullanılan kompozit rezinler; sert inorganik partiküllerin taşıyıcı bir rezin matrisi içerisinde dağılması ile meydana gelmektedir (Schwartz RS ve ark., 1996).

Kompozit rezinler dört ana bileşenden oluşmaktadır (Sakaguchi, 2012);

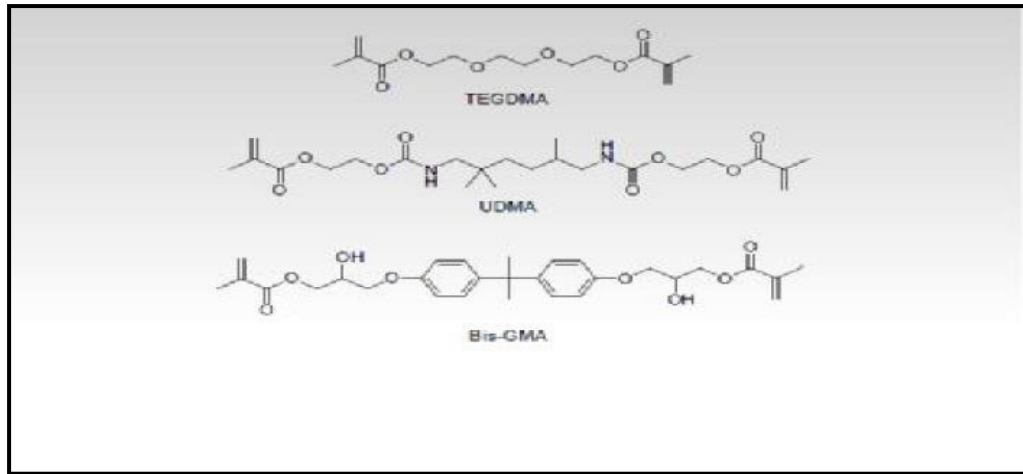
1. Organik polimer matrisi
2. İnorganik doldurucular
3. Bağlayıcı ajanlar
4. Başlatıcı-hızlandırıcı sistem.

**1. Organik polimer matrisi:** Taşıyıcı faz miktarının yüksek olması polimerizasyon büzülmesini arttırmaktadır. Organik matrisi iyi bir ısı yalıtkanıdır. Bu nedenle matrisi oranı fazla olan rezinin ısı iletkenliği de düşük olmaktadır (Dayangaç, 2000).

a) **Monomer ve Komonomer:** En sık kullanılan Bisfenol A Glisidil metakrilat (BİS-GMA) veya renk değişimine daha dirençli olan ve iyi bir adezyon sağlayan Uretan dimetakrilat (UDMA)'dır. BİS-GMA, Bisfenol A ile glisidil metakrilatın birleşmesi sonucu oluşan bifonksiyonel aromatik bir biglisidil metakrilattır (Bayne, 2005; Summitt ve ark., 2006). Günümüzde sıklıkla kullanılan Bis-GMA, tek olarak veya UDMA gibi monomerler ile kombine kullanılan standart kompozitlerin, hacimsel olarak yaklaşık %20' sini oluşturmaktadır (Hervas-Garcia ve ark., 2006). Son yıllarda, adezyonu iyi olan ve renk değişimine daha dirençli olan üretan dimetakrilat (UDMA) da polimer matrisi olarak kullanılmaktadır (Dayangaç, 2000). Bu monomerin molekül ağırlığı Bis-GMA' nın molekül ağırlığı ile hemen hemen eşittir, ancak Bis-GMA'ya göre viskozitesi daha düşüktür (Peutzfeldt, 1997). Bis-GMA'dan daha az viskozite göstermesinin sebebi hidroksil grubuna göre daha zayıf hidrojen bağı oluşturan amino grubunu içermesidir (Khatri ve ark., 2003).

Esneklik ve dayanıklılık gösteren UDMA rezininin fiziksel ve mekanik özellikleri, Bis-GMA'ya göre daha başarılıdır (Nicolae ve ark., 2014). Monomerin imino grubu içermesi, zincir transfer reaksiyonları ile polimerizasyonun devamlılığı için alternatif bir yol oluşturmaktadır. Bu reaksiyonlar, matriks ağdaki serbest radikallerin hareketliliğinin artmasına bağlı olarak, UDMA monomerinin polimerizasyon ve monomer dönüşüm derecesinin artması ile sonuçlanmaktadır (Sideridou ve ark., 2002).

Molekül ağırlığı düşük olan ve yüksek viskoziteye sahip Bis-GMA molekülü polimerizasyon büzülmesini arttırmaktadır. Bis-GMA'ya alternatif olarak düşük viskoziteye sahip Bisphenol A Dimethacrylate (Bis-DMA), Ethylene Glycol Dimethacrylate (EGDMA), TEGDMA, Methyl Methacrylate (MMA) veya UDMA gibi monomerler kullanılmaktadır (Hervas-Garcia ve ark., 2006; Sakaguchi, 2012). Bisfenol A glisidil dimetakrilat (Bis-GMA), hidroksil gruplardan (-OH) oluşan güçlü intramoleküler hidrojen bağları içermesi ve yapısındaki katı aromatik çekirdekten dolayı, en visküz ve en az esneklik gösteren monomer olarak kabul edilmektedir (Khatri ve ark., 2003). Viskoziteyi azaltıp akıcılığını arttırmak için matrikse Tri Etilen Glikol Di Met Akrilat (TEGDMA) eklenmektedir (Bektaş ÖÖ, 2006). Fakat kompozitin TEGDMA ile seyreltilmesi sonucunda su emilimi ve polimerizasyon büzülmesinin arttığı gözlenmektedir (Kalachandra ve Kusy, 1991).



Şekil 1.1. Monomerlerin Yapısı

**b) Başlatıcı ve aktivatörler:** Taşıyıcı fazın, yani polimer matriksin polimerizasyonu materyalin sertleşmesini sağlamaktadır. Polimerizasyon; ısı, ışık ve kimyasal reaksiyonlar sonucu meydana gelmektedir. Organik faz içindeki başlatıcı, kimyasal ve/veya fiziksel aktivasyon sonucu monomerin çift bağları ile reaksiyona giren enerjiden zengin serbest radikallerin oluşmasına ve polimer zincirlerinin meydana gelmesine neden olmaktadır. Polimerizasyon başlatıcısı her üç yöntemde de 'benzoil peroksit' veya 'kamferokinon' dur. Ancak her yöntemde kullanılan aktivatör farklı olmaktadır. Aktivatör, polimerizasyon başlatıcısını aktive etmektedir ve ışık ile sertleşen kompozit rezinlerde aktivatör 'benzoil metileter'dir. Bu madde fotonları absorbe ederek foton enerjisini polimerizasyon enerjisine dönüştürmektedir. (Willems G ve ark., 1993). Kimyasal yolla sertleşen kompozit rezinlerde aktivatör 'tersiyer amin'dir. Hem kimyasal hem de ışık ile sertleşen kompozit rezinlerin (dual-cure) sertleşme mekanizmaları kimyasal ve fotoaktivasyon ile gerçekleşmektedir. Her üç tipte de bozulmuş benzoil peroksitin hidroksil grupları taşıyıcı fazın molekülleri ile çarpışmakta ve reaksiyon zinciri başlamaktadır. Bu reaksiyonlar sonucu makro moleküller meydana gelmektedir. Bu makro moleküller ise büyüyerek birbiri ile çapraz bağlar oluşturmaktadır (Hervas-Garcia ve ark., 2006; Sakaguchi, 2012).

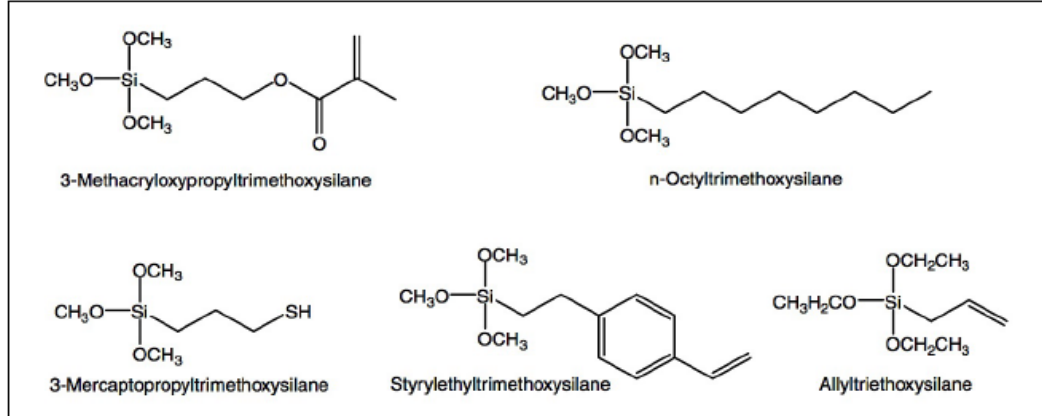
**c) Polimerizasyon inhibitörleri:** Dimetakrilat monomerlerinin saklama esnasında kendiliğinden polimerize olmasını engellemek amacı ile inhibitörler kullanılmaktadır. Bu amaçla % 0,1 veya daha az 4-metoksifenol (PMP) yada 2,4,6-tritersiyer bütilfenol (BHT) kullanılmaktadır. Bütilfenol aynı zamanda kompozit rezinlerin renk stabilitesini de sağlamaktadır (Hervas-Garcia ve ark., 2006; Sakaguchi, 2012).

**2. İnorganik Doldurucular:** Doldurucular kompozit materyalin mekanik ve fiziksel özelliklerini geliştirmek için kullanılmaktadır. İnorganik doldurucular, ısıl genişlemenin kötü etkilerini ve polimerizasyon büzülmesini azaltmaktadır. Ayrıca radyoopasiteyi, uygulamada kolaylığı ve estetik özelliklerin gelişmesini sağlamaktadır (Hervas-Garcia ve ark., 2006; Sakaguchi, 2012).

Kompozit materyallerin sınıflandırılması, genellikle içinde bulundukları doldurucu partikül büyüklüklerine göre yapılmaktadır. Kompozitlerde kullanılan partiküllerin büyüklükleri 20-30µm (makro), 0,04-0,2µm (mikro) ve 0,4-3µm (mikrohibrit) şeklinde sıralanmaktadır (Sakaguchi, 2012).

İnorganik doldurucular olarak; silikon dioksit, boron silikat ve lityum alüminyum silikatlar kompozitlerin içerisinde sıklıkla kullanılmaktadır (Hervas-Garcia ve ark., 2006; Sakaguchi, 2012). Ayrıca bazı kompozitlerde radyoopasiteyi sağlamak için baryum, stronsiyum, çinko, alüminyum veya zirkonyum da bulunmaktadır (Xu, 1999; Hervas-Garcia ve ark., 2006 ve Sakaguchi, 2012).

**3. Bağlayıcı Ajanlar:** Kompozit materyalin başarılı özelliklere sahip olabilmesi için, organik polimer matris ile inorganik doldurucular arasında bağlantının çok iyi olması gerekmektedir. Bu bağlantı kompozit üreticileri tarafından farklı şekillerde sağlanmaktadır, ancak sıklıkla bunun için organik silikon olarak adlandırılan “silanlar” kullanılmaktadır (Şekil 1.2) (Sakaguchi, 2012).

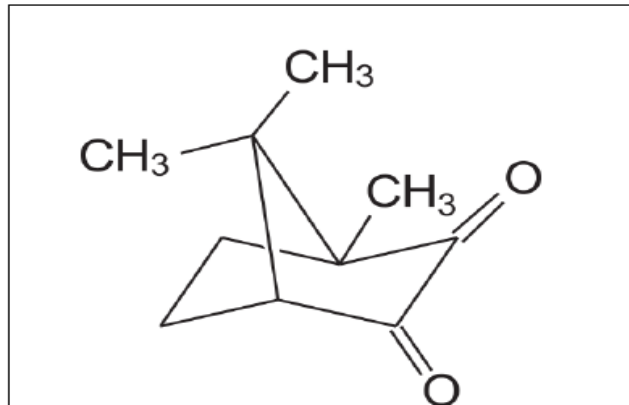


Şekil 1.2. Silan çeşitlerinin açık kimyasal formülü (Cramer ve ark., 2011)

Bağlayıcı ajanlar kompozit materyaller için kritik önem taşımaktadır (Sakaguchi, 2012):

- Rezin matriks ile doldurucular arasında güçlü bir köprü oluşturmaktadır.
- Kompozitlerin mekanik özelliklerini geliştirmektedir ve klinik uygulama sırasında doldurucuların rezin matriksten ayrılmasını minimuma indirmektedir.
- Sonuç olarak ara fazda partiküller ve polimer matriks arasında oluşan stresi orta seviyeye indirmektedir.
- Hidrofobik bir ortam oluşturarak kompozit materyalin su absorpsiyonunu minimum düzeyde tutmaktadır (Munksgaard ve ark., 2000; Burgess ve ark., 2002b ve Mills ve ark., 2002).

**4. Başlatıcı-hızlandırıcı sistem:** Kompozit materyallerin sertleştirilmesi kimyasal veya ışık kaynağı yardımıyla gerçekleşmektedir. Işık aktivasyonu, genellikle görünür ışık dalga boyundaki mavi ışığın foto-aktivatörlerinin absorbe edilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Kompozit materyallerin içerisinde foto-aktivatör olarak kamforokinon kullanılmaktadır ve genellikle materyallerin içeriğine %0,2-1 oranında katılmaktadır (Munksgaard ve ark., 2000; Burgess ve ark., 2002b ve Mills ve ark., 2002) (Şekil 1.3). Kamforokinon'un foto-aktivatör olarak sıklıkla kullanılmasına rağmen, plazma ark ışık kaynağı ile aktive edilen kompozit materyallerde farklı ajanlar kullanılmaktadır (Sakaguchi, 2012).



Şekil 1.3. Kamforokinon'un açık kimyasal formülü (Neumann ve ark., 2008).



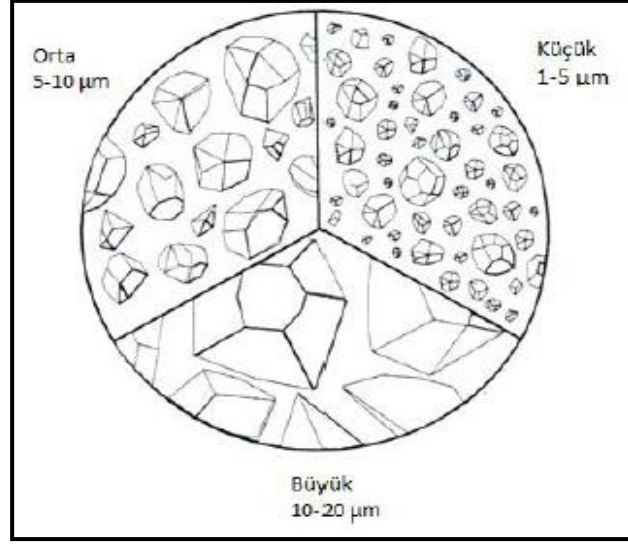
Günümüzde direkt kompozit restoratif materyallerde kullanılan monomerler ile ilgili en belirgin sorun, polimerizasyon sonrasında görülen büzülmedir. Kompozitlerin polimerizasyonu, serbest radikal başlatıcıların vinil monomer polimerizasyonuna bağlı olmaktadır. Bu monomerlerin dönüşümü esnasında moleküller arası boşluklar oluşmaktadır. Tek bir monomer için bu mesafe kısa sayılsa da, uzun polimer zincirlerinde mesafe önem taşımaktadır (Rawls HR ve Upshaw JE, 2003). Büzülme miktarı; rezinin hacmine, kompozisyonuna ve polimerizasyon derecesine bağlıdır. Mevcut dental kompozitlerin büzülme değerlerinin hacimce %1,6-8 olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Rawls HR ve Upshaw JE, 2003; Koibuchi H ve ark., 2001). Restorasyon, marjinlerde meydana gelen büzülme streslerine karşı koyamaz ise bağlayıcı ajan ayrılarak bir aralık (gap) gelişmektedir. Oluşan bu aralığın da mikrosızıntıya, sekonder çürüğe ve ağrıya neden olabileceği bildirilmiştir (Gwinnett AJ ve Kanca JA, 1992).

### **1.1.2. Kompozit Rezin Dolgu Maddelerinin Sınıflandırılması**

Kompozit rezin dolgu maddeleri; inorganik doldurucu partiküllerinin çeşidi ve miktarı, viskoziteleri veya polimerizasyon şekillerine göre farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır (Sturdevant CM ve ark., 1995).

#### **1.1.2.1. İnorganik Doldurucu Partiküllerin Çeşidi ve Miktarına Göre Sınıflandırma**

Günümüzde geçerliliğini koruyan, Lutz ve Philips tarafından önerilen, inorganik doldurucu partiküllerin büyüklüğü ve miktarı esas alınarak yapılan sınıflandırmadır (Bayne ve Heymann-Swift, 1994; Dayangaç, 2000; Lutz ve Phillips, 1983 ve Willems ve ark., 1992). Çeşitli büyüklükte inorganik doldurucu içeren kompozit türlerine örnek Şekil 1.4' de gösterilmiştir (Albers, 2002).



**Şekil 1.4.** Farklı boyutlardaki inorganik partiküller

İlk üretilen kompozitler, makro doldurucu boyutta üretilmişlerdir ve inorganik doldurucuları kuartz partikülleridir. Organik matrisi aşınmaya karşı daha dirençsizdir, parlatılamamaktadır ve kolay renklenmektedir. Aşınmaya direncinin düşük olması da posterior dişlerde kullanımının kısıtlanmasına neden olmaktadır (Türkün Ş, 2009). Makro doldurucu ve midi doldurucu kompozitler, geleneksel kompozitler olarak da adlandırılmaktadır (Willems G ve ark., 1993).

Doldurucu partikül büyüklüğü 0,1-1 µm olan kompozit rezinlere, 'mini doldurucu veya küçük partiküllü kompozitler', partikül büyüklüğü 0,01-0,1 µm olan kompozit rezinlere 'mikro doldurucu kompozitler' denir. Mikro doldurucu kompozitlerin inorganik doldurucuları kolloidal silika partikülleridir. Doldurucu partiküller organik matrisle hemen hemen aynı seviyede aşınma direncine sahiptir. Yüzeyleri daha düzgündür, akışkandır ancak strese maruz kalan bölgelerde dayanıksızdır (Türkün Ş, 2009). Partikül büyüklüğü 0,01 µm olan kompozit rezinlere de 'nano doldurucu kompozitler' denmektedir. Farklı büyüklükteki doldurucu partiküllerinin karışımını içeren kompozit rezinler ise 'hibrit kompozitler' olarak adlandırılmaktadır. Bunların partikül büyüklüğü makro doldurucu rezinlerden daha küçük, partikül miktarı ise mikro doldurucu rezinden daha fazladır. Her iki kompozit rezinin özelliklerini taşımasına rağmen, hibrit türünün belirlenmesinde büyük partikülün adı kullanılmaktadır. Küçük partiküller ise karışımın ikinci bileşenini

oluşturmaktadır. Hibrit kompozitlerin yüzey düzgünlüğü mikrofil kompozitlere benzemektedir. Stres gelen bölgelerde daha rahat kullanılmaktadırlar. Bu kompozit rezinlerde doldurucular, silanizasyon dışında hiçbir işlem uygulanmadan monomer matrikse katılmaktadırlar. Bu nedenle, bu tür kompozitler homojen kompozitler olarak da adlandırılmaktadır. Polimer matriksin az olması, bu tür kompozitlerin; iyi kondanse edilmesine, polimerizasyon büzülmesinin azalmasına, aşınmaya karşı direncin yükselmesine ve pulpal irritasyonların azalmasına neden olmaktadır (Önal B, 2004). Viskozite sorununu çözmek amacıyla önceden polimerize edilmiş mikro dolduruculu kompozit kitlesi 1-20  $\mu\text{m}$  büyüklüğünde partiküller elde edilecek biçimde öğütülmüş ve bu partiküller doldurucu olarak monomer matrikse eklenmiştir. Doldurucu partiküller üzerinde modifikasyon yapıldığı için de bu tür kompozit rezinlere ‘heterojen kompozitler’ adı verilmektedir (Craig ve Robert G, 2005; Dayangaç B, 2000 ve Willems ve ark., 1993).

**Çizelge 1.1.** Kompozit rezin içerisindeki çeşitli büyüklükteki inorganik doldurucular

<b>KOMPOZİT REZİN</b>	<b>İNORGANİK DOLDURUCU BÜYÜKLÜĞÜ (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>İNORGANİK DOLDURUCU YÜZDESİ (%)</b>
Mega dolduruculu	50-100 $\mu\text{m}$	% 70-80
Makro dolduruculu	10-100 $\mu\text{m}$	%70-80
Midi dolduruculu	1-10 $\mu\text{m}$	%70-80
Mini dolduruculu	0.1-1 $\mu\text{m}$	%75-85
Mikro dolduruculu	0.01-0.1 $\mu\text{m}$	%35-60
Hibrit	0.04 -1 $\mu\text{m}$	%75-80
Nano dolduruculu	0.005-0.01 $\mu\text{m}$	%85-90

### 1.1.2.2. Kompozit Resin Esaslı Dolgu Maddelerinin Viskozitelerine Göre Sınıflandırılması

a) **Kondanse Edilebilir Geleneksel Kompozitler (packable):** Bu tür kompozit rezinlerin yapısı, hibrit kompozitlerden farklı olup, hibrit kompozitlere göre daha yüksek oranda doldurucu içermektedirler. Ayrıca doldurucu dağılımı da farklı olmaktadır. Aşırı basınca maruz kalan posterior dişlerin restorasyonunda, amalgama benzer şekilde uygulanmaktadırlar. Materyalin yapışkan olmaması ona manüplasyon kolaylığı sağlamaktadır. Sınıf II restorasyonlarda metal matriks bandı ve kama kullanılarak kolayca fizyolojik interproksimal kontak sağlanabilmesi ve restorasyonun kütleler halinde sertleştirilebilmesi önemli avantajlarıdır (Manhart ve ark., 2000).

b) **Akışkan kompozitler (flowable):** Kavite geometrisinin her zaman ideal koşullarda sağlanamadığı adeziv preparasyonlarda oluşan polimerizasyon büzülmesini engellemek ve stres kırıcı bir bariyer oluşturmak amacıyla geliştirilen akışkan kompozit rezinler; geleneksel kompozitlerin altında, restorasyon yüzeyinde ve kenarlarında kalan mikroçatlakların kapatılmasında kullanılabilir. Şırınga sistemleri sayesinde kolaylıkla uygulanmaktadır (Labella ve ark., 1999).

### 1.1.2.3. Kompozit Resin Esaslı Dolgu Maddelerinin Polimerizasyon Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması

Tek bir molekülden makromoleküllerin şekillenmesi, 'polimerizasyon' olarak adlandırılmaktadır. (Leinfelder KF ve Lemans JE, 1988; Phillips RW, 1991).

Yapılarını büyük oranda monomer ve ko-monomer şeklindeki dimetakrilatların oluşturduğu kompozit rezinlerde, monomerler polimer haline geçmeden önce karbon-karbon bağları  $=C=C=$  şeklinde dizilimlidir. Bu çift bağlar polimerizasyon sırasında açılmakta ve monomerler birbirleriyle yeni bağlar oluşturarak polimer zincirlerini oluşturmaktadır. Polimerizasyon mekanizmalarına göre kompozit rezinler aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır:

- a) Kimyasal yolla (self-curing),
- b) Ultraviyole ışıkla,
- c) Görünür ışıkla,
- d) Argon Lazer ile,
- e) Hem kimyasal hem görünür ışıkla (dual-cure) polimerize olan kompozitler. (Crispin JB, 1994; Dayangaç B, 2000 ve Sturdevant CM, 1995).

**a) Kimyasal yolla polimerize olan kompozitler:** Bu ürünler iki pastalı sistemden meydana gelmektedir ve kimyasal sertleşmeyi başlatmak için birinci pastada benzoil peroksit serbest radikalleri, ikinci pastada ise tersiyer amin içermektedirler. Bu iki pasta karıştırıldığında serbest radikaller ortaya çıkmakta ve polimerizasyon sürecini tetiklemektedir. Karıştırma ile birlikte polimerizasyon süreci başladığı için, uygulayan kişinin kompozit materyali polimerizasyon tamamlanmadan önce preparasyona yerleştirmek ve kondanse etmek için çok az zamanı bulunmaktadır. Çalışma zamanının yetersizliği dezavantajının yanısıra, hazırlama aşamasındaki karıştırma işlemi homojen yapılamadığı zaman polimerizasyon reaksiyonunun tüm kompozit kütesinde düzgün bir biçimde gerçekleşememe ihtimali de bulunmaktadır (Baum ve ark., 1985).

**b) Ultraviyole (UV) ışıkla polimerize olan kompozitler:** Daha sonraları polimerizasyonu sağlamak için alternatif bir teknik olarak Ultraviyole (UV) ışık kullanımı ortaya atılmış (Cook, 1980), ancak polimerizasyon için gerekli olan UV cihazlarının bazı güvenlik problemleri sergilemeleri sebebiyle bu teknik, yerini görünür ışıkla polimerizasyona bırakmıştır (Baum ve ark., 1985).

**c) Görünür ışıkla polimerize olan kompozitler:** Günümüzde bu görünür ışık genel olarak quartz tungsten halojen (QTH) ışık kaynakları ve (ışık yayan diyotlar) LED ışık kaynaklarından elde edilmektedir (Bennett ve Watts, 2004).

Görünür ışıkla polimerize olan kompozitler içlerinde mavi ışıkla aktive edilebilen kamforokinon içermektedirler. Kamforokinon yaklaşık 470 nm dalga boyu ışığa maruz kaldığında, monomerin polimerizasyon reaksiyonunu başlatan serbest

radikallerin oluşmasını sağlayan iki keton reaksiyonu başlatmaktadır (Bennett ve Watts, 2004).

**d) Lazer ışığı ile polimerize olan kompozitler:** 400-500 nm dalga boyu aralığında ışık spektrumunda polimerize olan kompozit rezinlerin, 488 nm dalga boyuna sahip Argon lazerler ile polimerize olabildiği gösterilmiştir (Burtscher P, 1991).

Argon lazer, daha büyük kompozit kütlelerinin polimerizasyonunu gerçekleştirebilmektedir. Görünür ışıkla polimerizasyonda 2 mm kalınlığında kompozit uygulanırken, Argon lazer ile 3-4 mm kalınlığında kompozit polimerize olabilmektedir. Argon lazerinin çığneme kuvvetlerine karşı direnci arttırdığı, daha iyi adezyon, daha derin bölgelere ulaşan ve daha kısa sürede polimerizasyon sağladığı gösterilmiştir (Kelsey WP ve ark., 1991). Görünür ışıkla polimerize olan kompozit rezinler ile karşılaştırıldığında argon lazerle polimerize olan kompozit rezinlerde lazer ışığının homojen penetrasyonu nedeniyle polimerizasyon büzülmesi azalmaktadır. Bu kompozitlerde yüksek bir sertlik elde edildiği, mineye bağlanma kuvvetinin arttığı kaydedilmiştir. Ancak cihaz fiyatları oldukça pahalı olduğu için daha az tercih edilmektedirler (Burtscher P, 1991).

**e) Hem kimyasal hem de ışık ile polimerize olan kompozit rezinler:** Bu rezin grubunda, kimyasal polimerizasyonun yanında fotokimyasal olarak ilave bir polimerizasyon da sağlanmaktadır. Polimerizasyonun tam olarak gerçekleşmemesinden endişe edilen her ortamda kullanılması önerilen bu sistemler, özellikle rezin simanlarda tercih edilmektedir (Dayangaç, 2000).

#### 1.1.2.4 Kompozit Resin Esaslı Dolgu Maddelerinin Yerleştirme Tekniklerine Göre Sınıflandırılması

Kompozit resinlerin prepare kavitelere uygulama teknikleri açısından incelendiğinde iki yöntem ön plana çıkmaktadır:

- a) Bulk tekniği
- b) İnkremental (tabakalama) tekniği

**Bulk tekniği;** daha önce de bahsedildiği gibi kaviteye kompozitin tek tabaka olarak uygulanmasını takiben, kompozit resinin tek aşamada polimerize edilmesi şeklindedir. (Price RB ve ark., 2000).

**İnkremental (tabakalama) tekniği;** kompozit resin kalınlığı 2 mm veya daha az olarak belirtilmiştir. Her tabaka sonrasında okluzal yüzeyden ışık ile polimerize edilerek yapılan ve restorasyon tamamlanana kadar bu işlemlerin tekrarını içeren sistemdir. Böylece uygun ışık penetrasyonu ve buna bağlı olarak yeterli polimerizasyon sağlanmaktadır. Yeterli polimerizasyon sonucunda; yüksek fiziksel özellikler, daha iyi kenar uyumu ve kompozit resinlerin sitotoksitesinin azaldığı gözlemlenmiştir (Poskus LT ve ark., 2004a; Price RB ve ark., 2000). Tabakalama tekniğinin diğer bir avantajı ise; polimerizasyon esnasında oluşan büzülmenin azaltılmasıdır. Polimerizasyon büzülmesinin azalması ile stres, tüberkül deformasyonu, mikroçatlaklar ve buna bağlı olarak hassasiyet oluşma ihtimalinin azalacağı rapor edilmiştir. Oluşan bu stresler diş-rezin arayüzünde adeziv kopmaya ve bunun sonucunda kenar boşluğu, mikrosızıntı ve sekonder çürüklere neden olabilmektedir (Giachetti L ve ark., 2006). Tabakalama tekniğinin dezavantajı olarak; tabakalar arasında boşluk kalması, tabakalar arası kontaminasyon, konservatif preparasyonlarda kompozit resinlerin uygulama zorluğu ve her tabakayı yerleştirme ve polimerize etmek için gereken süre sayılabilmektedir (Abbas G ve ark., 2003).

## **1.2. Kompozit Resinlerdeki Güncel Gelişmeler**

Günümüzde geleneksel kompozitlerde gerek monomer gerekse doldurucu açısından bir çok yenilik mevcuttur.

### **1.2.1. Siloran Bazlı Kompozitler**

Siloran bazlı kompozitler polimerizasyon büzülmesi ve stresi azaltmak amacıyla geliştirilmiştir. Siloranlar büzülmesi çok düşük olan bir monomerik sistem kullanmaktadır ve çok aktif olan bu sistem radikal oksiranların üzerindeki katyonik halkaların açılmasıyla polimerize olmaktadır. Siloran ismi siloksan ve oksiran monomerlerinin birleşmesiyle türetilmiştir (Leprince ve ark., 2010; Weinmann ve ark., 2005)

### **1.2.2. Nanodolduculu Kompozitler**

Klasik resin kompozitler, mikroskobik (1-5 µm) ve submikroskobik (0,4-0,8 µm) cam parçacıklarının harmanlanmasıyla meydana gelen hibrit tipler ve tipik olarak silika içeren (0.04-0.05µm), çoğunlukla prepolimerize parçacıkların da bulunduğu mikro dolduruculu materyallerden oluşmaktadır (Jung ve ark., 2007).

Daha küçük boyutta parçacıkların üretilmesi, üreticilerin materyale daha fazla doldurucu eklemelerine olanak tanımaktadır (Ferracane, 1995). Kompozit resinlerde doldurucu açısından görülen en büyük yeniliklerden biri, nano boyutlardaki inorganik doldurucuların materyale eklenmesidir (Suzuki ve ark., 2009).

Nanodolduruculu kompozitler; organik matriksin içine, nanomer ve nanoclusterlar birlikte katılarak, ağırlıkça % 72-87 oranında doldurucu içeren kompozitler olarak üretilmişlerdir. Bu durum yeterli derecede klinik ve estetik performans ortaya çıkmasını sağlamıştır. Nanomerler, organik polimer matrikste ayrı



ayrı bulunmaktadır. Nanoboyuttaki doldurucular geleneksel dolduruculardan daha küçük hacimlidirler. Bu yüzden organik matriks ile temas eden yüzey alanı artarak, organik-inorganik faz bağlantısını kuvvetlendirmektedir (Ure ve Harris, 2003).

Nanoclusterlar, küçük nanomerlerin gevşek bağlar ile bir araya geldiği, silika ve zirkonyum partikülleri içeren bir yapıdan oluşmaktadır. Nanoclusterlar, restorasyona gelen basınç kuvvetlerine karşı tek bir partikül şeklinde direnç göstermektedir. Yüzeyde etkili olan aşındırıcı kuvvetler karşısında nanomer boyutta kopmalar meydana gelebildiğinden nano dolduruculu kompozitlerin hem aşınma dirençlerinin ve mekanik özelliklerinin yüksek olmasını, hem de yüzey özelliklerinin uzun süre devam edebilmesini sağlamaktadır (Ure ve Harris, 2003).

Çoğu üretici mikrohibrit kompozitlerinin formülasyonunu daha çok nanoparçacık içerebilecek şekilde değiştirmekte ve içlerine mikrofil kompozitlerdekine benzer şekilde önceden polimerize edilmiş rezin doldurucular eklemektedir, bu kompozitler nanohibrit kompozitler olarak adlandırılmaktadır (Ilie ve Hickel, 2009a). Nanohibrit ve mikrohibritler esneklik dayanımları ve katsayıları açısından birbirlerine benzemekle beraber mikrohibrit kompozitler bu konuda az farkla daha üstündür, buna rağmen her iki tip kompozit de bu açıdan mikro dolduruculu kompozitlerden daha başarılıdır (Ferracane, 2011).

### **1.3. Bulk-Fill Kompozitler**

Çeşitli uygulama aşamaları gerektiren ve polimerizasyon büzülmesi kontrol altına alınmış olan kompozit rezinler, firmalar tarafından geniş bir ürün yelpazesıyla modifiye edebilmesine rağmen, hekim restoratif materyalin formülasyonuna bağlı faktörleri modifiye edememektedir. Bulk-fill kompozitler teknikten bağımsız olarak, formülasyonu itibarıyla, 4-5 mm kalınlığında kütleli yerleştirildiğinde, kontrollü polimerizasyon büzülmesi (Ilie ve Hickel, 2011b) ve kabul edilebilir polimerizasyon dönüşüm derecesi (Bouschlicher ve ark., 2004) sergilemektedir. Bulk-fill kompozitler tek tip olarak bilinseler de bu kompozitler de kendi aralarında farklılıklar

göstermektedir. Ortak noktaları firmalar tarafından iddia edilen polimerizasyon derinliklerinin 4-5 mm kadar olmasıdır (Dentsply Caulk, 2009; Dentsply Detrey, 2003; Heraeus Kulzer, 2011) Bunun dışında viskozitelerinden kullanım alanlarına, fotoinisiyator sistemlerinden monomer kimyalarına kadar farklılıklar sergilemektedirler (Czasch ve Ilie, 2013; Ilie ve ark., 2013b; Walter, 2013).

### **1.3.1. Bulk-fill Kompozitler ve Geleneksel Kompozitlerin Farkları**

Bulk-fill kompozitlerde; makro boyutta doldurucu kullanımı ile materyalin translüentliği artırılmış, daha düşük elastikiyet modülüne sahip partiküller kullanılmış, rezin matrisin içeriği modifiye edilmiş veya farklı foto-başlatıcılar kullanılarak geleneksel kompozitlere göre üstün özellikler elde edilmiştir (Par ve ark., 2015).

Üretici firmalar, Bowen'in tanımlamış olduğu Bis-GMA formülünü modifiye ederek daha yüksek viskoziteye sahip monomerler elde etmiştir. Bu modifikasyon hidroksil grubu içermeyen Bis-GMA, alifatik üretilen dimetakrilat, kısmen aromatik üretilen dimetakrilat ya da yüksek derecede dallı metakrilatların birleşimi ile gerçekleşmektedir. Monomerdeki ve organik matrisdeki bu değişikliğin, polimerizasyon büzülmesinin yol açtığı stresi % 70 oranında azalttığı gösterilmiştir (Garcia ve ark., 2014).

Geleneksel kompozitlerde mekanik özellikleri iyileştirmek için doldurucu oranı artırılıp, estetiği özelliklerin geliştirilmesi için doldurucu büyüklüğü azaltılırken; bulk-fill kompozitler daha düşük oranda fakat daha büyük doldurucular içermektedir (Bucuta ve Ilie, 2014). Doldurucu miktarının azaltılması ile materyalin translüentliği artmaktadır (Ilie ve ark., 2013). Doldurucuların büyüklüğünün artması ile total doldurucu-rezin matris arayüzü oranı azalmış olmaktadır. Böylece ışığın materyalin içerisinde saçılması azalmakta ve mavi ışığın materyalin derinliklerine kadar ulaşmasına olanak sağlanmaktadır (Ilie ve Stark, 2014). Bu sayede bulk-fill kompozit 4-5mm'lik tabakalar halinde polimerize olabilmektedir. Böylece restorasyon

prosedürü basitleşmiş, tedavi süresi kısalmış, diş hekimleri ve hastalar için daha konforlu bir tedavi süreci sağlanmıştır (Benetti ve ark., 2015; El-Safty ve ark., 2012).

Çizelge 1.2.'de, piyasadaki bazı akışkan ve yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitlerin monomer içerikleri görülmektedir. Tablodan da anlaşılacağı üzere bulk-fill kompozitler üretilirken Bis-GMA/TEG-DMA karışımına alternatif modifiye monomerik karışımlar kullanılmış, bazılarında organik yapıya Bis-GMA monomeri eklenmemiştir.



**Çizelge 1.2.** Dental Marketteki Bulk-fill Kompozitlerden Bazılarının Organik ve İnorganik İçerikleri

Bulk-Fill Rezin Bazlı Kompozitler	Üretici firma adı	Ürünün tipi	Organik yapı	İnorganik yapı	Doldurucu miktarı (ağırlık / hacim)
Venus Bulk-Fill	Heraus Kulzer (Hanau, Germany)	Akışkan Bulk-fill	UDMA, EBPDMA, TEGDMA	Ba-Al-F-Si-cam, İterbiyum (III) florür (YbF <sub>3</sub> ), SiO <sub>2</sub>	65/38
SureFil SDR Flow	Dentsply Caulk (Konstanz, Germany)	Akışkan Bulk-fill	Modifiye UDMA, EBPDMA, TEGDMA	Ba-Al-F-B-Si-cam (baryum aluminofloro-borosilikat cam), Sr-Al-F-Si-cam	68/44
X-tra base	Voco (Cuxhaven, Germany)	Akışkan Bulk-fill	Bis-GMA, UDMA	--	75/61
Filtek Bulk-fill	3M-ESPE (St. Paul, MN, USA)	Bulk-fill	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, procrylat resins	Zirkonyum/silika, İterbiyum (III) florür	76.5/58.4
Filtek Bulk-fill Flow	3M/ESPE, St. Paul, MN, USA	Akışkan Bulk-fill	Bis-GMA, BisEMA, UDMA	Zirconia	64/42
Tetric EvoCeram Bulk-fill	Ivoclar Vivadent (Schaan, Liechtenstein)	Bulk-fill	UDMA, Bis-GMA	Baryum camı, İterbiyum (III) florür, karışık oksit, prepolimer	79-81/60-61
SonicFill	Kerr (Orange, CA, USA)	Bulk-fill	Bis-EMA, Bis-GMA, TEGDMA	Baryum camı, Silikon dioksit	83.5/-
X-tra fil	Voco (Cuxhaven, Germany)	Bulk-fill	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-EMA	--	86/70.1
Estelite	Tokuyama	Bulk-fill	Bis-GMA, Bis-MPEPP, TEGDMA	Silisyum oksit, Zirkonyum oksit	70/56
Ever X Posterior	Gc, Japan	Bulk-fill	Bis-GMA, TEGDMA,	Silikon dioksit, baryum camı, polimetilmetakrilat, fotobaşlatıcılar	
Beautiful-Bulk Flowable	Shofu, Kyoto, Japan	Akışkan Bulk-fill	Bis-GMA, Bis-MPEPP, TMGDMA	F-Al-Si-cam	73/ 60
Beautiful- Bulk	Shofu, Kyoto, Japan	Bulk-fill			87/74.5

Viskozitelerine göre bulk-fill kompozitler ikiye ayrılmaktadır; düşük viskoziteye sahip bulk-fill kompozitler (akışkan bulk-fill kompozitler) ve yüksek viskoziteye sahip olan bulk-fill kompozitler. Piyasaya ilk çıkan bulk-fill kompozitler akışkan bulk-fill kompozitler SDR ve Venus Bulk-Fill olarak üretilse de, günümüzde yüksek viskoziteye sahip birçok bulk-fill kompozit piyasaya sürülmüştür (Bucuta ve İlie, 2014). Yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitler aşınmaya karşı daha dirençlidir ve yüksek oranda inorganik doldurucu içermektedir. Düşük viskoziteli bulk-fill kompozitler özellikle düzensiz yüzeylerde, kavite duvarlarına daha iyi adaptasyon sağlamaktadır (Kim ve ark., 2015). Akışkan bulk-fill kompozitlerin uygulaması, ‘capping’ denilen bir restoratif prosedürü gerektirmektedir (Dentsply Caulk, 2009; Heraeus Kulzer, 2011). Üretici firmalar akışkan bulk-fill kompozitlerin düşük yüzey sertliği ve yüksek su emilimi göstermelerinden dolayı, üstlerinin 2 mm kalınlığında akışkan olmayan geleneksel kompozitle örtülmesini tavsiye etmektedir (El Safty ve ark., 2012). Bu yüzden düşük viskoziteli bulk-fill kompozitler tabakalama tekniği gerektirmeyen bu dolgu materyallerinin hızlı restorasyon yapabilme avantajını sınırlandırmaktadır (İlie ve ark., 2014). Yani, bulk-fill kompozitlerin tümü final materyal olmak üzere üretilmemiştir (Burgess ve Çakır, 2010). Yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitlerin ise ayrıca bir kompozit tabakası ile kapatılmasına gerek yoktur. Bundan dolayı yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitler tek aşamalı materyaller olarak uygulanabilmektedirler (Tarle ve ark., 2014).

Yüksek viskoziteli kompozitlerden sonik aktivasyona sahip Sonicfill denilen bir kompozit tipi bulunmaktadır. Sonik enerji viskoziteyi düşürmekte ve böylece materyal akışkan kompozit gibi uygulanarak kavite duvarlarına iyi adaptasyon sağlamaktadır. Sonik enerji durdurulduğunda ise kompozit daha viskoz hale geçmekte ve restorasyonun şekillendirilmesine olanak tanımaktadır (Agarwal ve ark., 2015).

#### **1.4. Bağlanma**

Adezyon (bağlanma) kelime olarak latinedeki “adhaerere” kelimesinden gelmektedir. Adeziv terminolojisinde adezyon ya da bağlanma bir maddenin başka bir

maddeye yapışmasıdır. Bağlanan maddeye ya da yüzeye “adherend”, bağlanmayı sağlayan maddeye ise “adeziv” veya “adherent” denilmektedir (Dayangaç B, 2000). Bağlanma için üç farklı mekanizmadan bahsedilmektedir (Dayangaç B, 2000; Nakabayashi ve ark., 1998). Fiziksel bağlanma; hidrojen bağları, van der waals kuvvetleri veya diğer elektrostatik etkileşimler gibi sekonder kuvvetler sonucu farklı yapıdaki düz yüzeyler arasında gerçekleşen oldukça zayıf bir bağlanma türüdür. Kimyasal bağlanma; farklı yapıdaki atomların yüzeyleri arasında oluşan bağlanmadır. İyonik, kovalent ve metalik bağlar gibi primer kimyasal bağların etkisi ile oluşmaktadır. Mekaniksel bağlanma ise; girintili çıkıntılı yüzeyler arasındaki güçlü kilitleme olarak tanımlanmaktadır. Diş hekimliğinde bağlanma öncelikle mekanik bir kilitleme ile gerçekleşmektedir.

#### **1.4.1. Minenin Yapısal Özellikleri ve Mineye Bağlanma**

Olgun mine, ağırlıkça % 95-98 inorganik, % 4 su ve % 1-2 organik materyalden; hacim bakımından ise % 86 inorganik materyal, % 12 su ve % 2 organik materyalden meydana gelmektedir (Schwartz RS ve ark., 1996). İnorganik yapının büyük bir kısmı hidroksiapatit (HA) kristallerinden oluşmaktadır (Dayangaç B, 2000; Cengiz T, 1996). Minenin histolojik yapı elemanları, birbirlerinden 1 µm aralıklarla sıralanan 4-6 µm çapında mine prizmalarıdır (Önal B ve ark., 2003). Bu prizmalar mine-dentin sınırından yüzeye doğru uzanmaktadır. Bu prizmaların arası, ‘interprizmatik substans’ adını alan materyal ile doludur (Cengiz T, 1996). Minenin yapısı derinliği ve lokalizasyonu göz önünde bulundurulmadığında (daha dış yüzeydeki aprizmatik mine hariç) hemen hemen homojen bir yapı sergilemektedir (Schwartz RS ve ark., 1996). İnorganik yapının fazla olması nedeni ile de yüzey enerjisi yüksektir (Dayangaç B, 2000; Newbrun E, 1989). Bu nedenle dental materyallerin mineye bağlanması dentin ile karşılaştırıldığında daha başarılıdır (Schwartz RS, 1996).

Buonocore 1955 yılında, mineye % 85’lik fosforik asit uygulamasının akrilik rezinlerin retansiyonunu arttırdığını bildirmiştir (Buonocore MG, 1955). Dental

adezivlerin mine ile mikromekanik etkileşimi; mineye asit uygulanması sonucu yüzeyinde oluşan mikropörözelere rezin monomerlerin infiltrasyonu sonucu oluşmaktadır. Mineye bağlanma asit uygulanmış yüzeylere polimerlerin mikromekanik retansiyonu veya HA'e kimyasal bağlanma ile oluşmaktadır. Mine demineralizasyonunun altın standardı, yüksek konsantrasyonlu asit (% 35, pH<1.0) uygulanmasıdır. Asit uygulamasını takiben adeziv uygulanması ve kompozit restorasyonun tamamlanması ile asit uygulanmış mineye mikromekanik bağlanma oldukça tatmin edicidir. İn-vitro çalışmalarda, asit uygulanmış mineye (total etch) kompozit rezinlerin bağlanma dayanımlarının 27 MPa olarak ölçüldüğü belirtilmiştir (Barkmeier WW, 1994). Mikromekanik bağlanmaya ek olarak kimyasal bağlanma; minedeki HA' in kalsiyum iyonu ile birleşmesi veya fosfat veya hidroksil grupları ile reaksiyona girmesi sonucu oluşmaktadır (Di Renzo M, 1994).

Self-etching primerler ise; mine yüzeyini asidik primer ile demineralize etmektedir. Primerler karbolik asit veya fosfat ester ilavesi ile asidik hale getirilmektedir. Self-etching primerlerin pH'sı 0.4 ila 2.5 (zayıf-kuvvetli) arasındadır. Kesilmemiş mine yüzeyine kuvvetli asidik primerin oluşturduğu demineralizasyon alanının zayıf asitle kıyaslandığında daha derin olduğu bildirilmiştir (Pashley D ve Tay FR, 2001). Buna rağmen işlem görmemiş mine dokusuna zayıf veya kuvvetli self-etch adezivlerin tek basamaklı veya iki basamaklı uygulamalarının geleneksel üç basamaklı total etch adezivlere kıyasla daha düşük bağlanma değerleri verdiği bildirilmiştir (Perdigao J, ve Geraldeli S, 2003). Self-etch adeziv sistemlerinin sağlam mine dokusuna bağlanma dayanımlarını arttırabildiği ancak bu değerlerin total etch sistemleri kadar güçlü ve güvenilir olmadığı bildirilmiştir (Perdigao J ve ark., 2005).

#### **1.4.2. Dentinin Yapısal Özellikleri ve Dentine Bağlanma**

Dentin ektomezenşimal kökenli, kollajenden zengin bir organik matriksin mineralizasyonu ile meydana gelmektedir (Cengiz T, 1996 ve Dayangaç B, 2000). Ağırlıkça % 70 inorganik, % 12 su, % 18 organik materyal; hacimce ise % 50 inorganik materyal, % 25 su, % 25 organik materyalde oluşmaktadır. Dentin heterojen

bir dokudur. Dentini oluşturan ana yapılar; tübüller, odontoblast uzantıları, peritübüler dentin ve tübüller arasını dolduran intertübüler dentindir. Yüksek derecede geçirgen olan dentin tübülleri pulpa ile direkt temasta olan odontoblastik uzantılar içermektedir (Schwartz RS ve ark., 1996). Tübüllerin çevresinde yüksek derecede mineralize olan peritübüler dentin bulunmaktadır. Tübüllerin arasında ise intertübüler dentin yer almaktadır. Adeziv sistemlerin güçlü bağlandığı intertübüler dentinin derin dentinde daha az bulunması adeziv sistemlerin bağlanma dayanımını azaltmaktadır (Dayangaç B, 2000). Tübül çapları mine-dentin birleşiminde 0,8 µm, pulpa yakınlarında 2,5 µm'dir. Yaşlanmayla birlikte dentin tübülleri daralmaktadır. Tübül sayısı pulpa yakınlarında mm<sup>2</sup>'de yaklaşık 45.000, dentin-mine birleşimine yakın bölgelerde 20.000 orta kısımlarda yaklaşık 30.000'dir (Dayangaç B, 2000). Dentin tübüllerinin yelpaze şeklindeki yayılımı nedeni ile tübüllerin yüzey alanının % 3'ü yüzeysel dentinde, % 25'i derin dentinde bulunmaktadır (Schwartz RS ve ark., 1996). 25-30 mm/Hg'lik intrapulpal basınç nedeni ile tübüller içindeki sıvı devamlı olarak dışarıya doğru akış halindedir. Bu, intratübüler dentin geçirgenliğini zorlaştırarak bağlanmayı güçleştirmektedir. Bir diğer dentin yapısı ise yaşla birlikte oluşan sklerotik dentindir. Bu yapının, peritübüler dentin apozisyonu ve mineral kristallerinin dentin tübüllerine hızlı bir şekilde çökmesi sonucu oluştuğu bildirilmektedir (Stanley HR ve ark., 1983). Dentinin inorganik içeriği mineye göre daha azdır ve HA kristallerinin dağılımı minedeki gibi düzenli değildir (Swift EJ, 2002).

Dentinin pörözlü yapısını, pulpadan çıkan ve mine-dentin sınırına kadar devam eden çok sayıda sıvı dolu kanal oluşturmaktadır. Diş sert dokuları bir frez veya başka bir alet ile prepare edildiğinde arta kalan organik ve inorganik bileşenler yüzeyde "smear tabakası" adı verilen bir debris meydana getirmektedir (Bowen RL, 1984; Ishioka S ve Caputo AA, 1989). Bu tabaka smear tıkaçları oluşturarak dentin kanallarının ağızlarını tıkamakta ve dentin permeabilitesini % 86 oranında azaltmaktadır (Perdigao J ve Swift EJ; 1994). Smear tabakasının yapısı, HA ve denatüre kollajenden meydana gelmektedir. Bu değişmiş kollajen preparasyon işleminden kaynaklanan ısı ve sürtünmeden dolayı jelatin kıvamındadır (Eick JD ve ark., 1991). Ancak smear tabakasının submikron pörözitesi dentin sıvısının difüzyonuna izin vermektedir. Dentine bağlanmada Nakabayashi tarafından öne



sürülen hibridizasyon teorisi, günümüzde de geçerliliğini korumaktadır (Nakabayashi N, 1991). Yüzeysel dentinin asitle demineralizasyonu, kollajen fibrillerini açığa çıkarmaktadır. Açığa çıkan kollajen fibrillerin içerisinde ve arasında mikroporoziteler mevcuttur. Düşük vizkoziteli monomerlerin bu yüzeyden diffüze olarak demineralize olmuş alanda rezin-dentin arayüzünü oluşturduğu bildirilmiştir. Polimerizasyon ile beraber fibrillerin rezin ile birleşmesi, rezin ile güçlendirilmiş dentinde hibrit tabakasını oluşturmaktadır. Bu hibrit tabakasının oluşması çoğu adeziv sistemin temel bağlanma mekanizmasıdır (Nakabayashi N ve ark., 1991; Gwinnett AJ, 1993)

### **1.5. Polimerizasyon Büzülmesi ve Mikrosızıntıya Etkileri**

Kompozit rezinler, polimerizasyon esnasında monomer yapıdan polimer yapıya geçerken büzülme göstermektedir (Hofmann N ve ark., Peutzfeld A, 1997) ve buna “polimerizasyon büzülmesi” denmektedir. Bu büzülme esnasında kompozit yapı, diş sert dokusundan ayrılma eğilimi göstermektedir. Bunun sonucunda da kavite yüzeyleri arasında stres oluşmakta ve “gap” diye isimlendirilen boşluklar meydana gelmektedir (Versluis A ve ark., 1996; Davidson CL ve Feilzer AJ, 1997). Bu boşluklar dental materyalin adezyon gücünün zayıf olmasına ve adaptasyon eksikliğine bağlı olarak oluşur ve genişlikleri 20-50 µm'dir (Hilton T, 1998). En çok posterior restorasyonların gingival kenarında görülmektedir. Kompozit rezinlerde oluşan bu boşluğu en aza indirmek amacıyla bir çok dentin bağlayıcı sistemin geliştirilmesine rağmen, restorasyonların servikal bölgelerindeki mikrosızıntı halen devam etmektedir (Goracci G ve ark., 1995; Perdigao J ve ark., 1996). Bu durum asitle pürüzlendirme ve bonding sistemlerinin uygulanması ile önlenmeye çalışılmaktadır (Özel E, 2003).

Rezin yapısı, inorganik doldurucu partikül oranı ve doldurucu tipi polimerizasyon büzülmesini etkileyen faktörler arasında sayılmaktadır (Özel E, 2003;

Fitchie JG ve ark, 1995). Moleköl ağırlığı yüksek olan kompozit rezinler daha az polimerizasyon büzülmesi göstermektedirler (Civelek A ve Ersoy M, 2003).

Polimerizasyon büzülmesini etkileyen faktörler şu şekilde sınıflanabilir:

1-) Kavite geometrisi:

a-) Konfigürasyon faktörü (C faktörü)

b-) Kavite büyüklüğü

2-) Kompozitin kaviteye uygulanma tekniği:

a-) Tabakalı teknik

b-) Işığın pozisyonu

3-) Restoratif materyalin fiziksel özelliği:

a-) Elastikiyet modülüsü

b-) Boyutsal değişme (büzülme) (Unterbrink GL ve Liebenberg WH, 1999;

Barros GK ve ark., 2003 ve Loguercio AD ve ark., 2004).

Rezin kompozitlerde büzülme stresi, hacimsel veya doğrusal büzülme ölçümleri ile ilgili değildir ancak elastikiyet modülüsü ile ilişkilidir (Civelek A ve Özel E, 2004). Yüksek elastikiyet modülüsü olan kompozit rezinler, polimerizasyon esnasında yüksek büzülme stresi göstermektedirler (Unterbrink GL ve Liebenberg WH, 1999).

### **1.5.1. Kompozit Rezin Restorasyonlarda Mikrosızıntı**

Kompozit rezinlerin mekanik özelliklerinin geliştirilmesine rağmen, ağız ortamında hassas çalışma tekniği gerektirmeleri, adezyon problemlerine yol açabilmektedir. Ayrıca, yerleştirilmelerinden sonra oluşan fiziksel ve kimyasal değişikliklere bağlı olarak da restorasyonda büzülme gerçekleşebilmektedir (Sporrius O ve Grossman ES, 1989). Tüm restoratif materyallerde, yerleştirildikten sonraki kısa dönemde büzülme oluşmakta ve diş yapıları ile aralarında mikro boşluklar oluşmaktadır (Perdigão J ve Swift EJJr, 2006). Civelek ve ark.'nın (2003),

kompozitlerin mikrosızıntı seviyelerini inceledikleri bir çalışmada; kompozitler arasında minede farklılık görülmezken, dentinde mikrosızıntı tamamen elimine edilemediği gibi, kompozitler arasında da farklılıklar olduğunu gözlemlenmiştir.

Restoratif materyaller diş dokusuyla ancak iyi bir bağlanma gerçekleştirdiği zaman mikrosızıntı da azalacaktır. Ancak hiçbir restoratif materyal kenar aralığını tamamen kapatamamakta ve uzun vadede mikrosızıntıyı önleyememektedir (Van Meerbeek B ve ark., 2003).

### **1.5.2. Mikrosızıntı Değerlendirmesinde Kullanılan Yöntemler**

Kompozit rezinler piyasaya sürüldüğünden bu yana, mikrosızıntısı konusunda bir çok bilimsel çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda, boya penetrasyon yöntemi, hava basıncı yöntemi, bakteriyel çalışma yöntemi, radyoaktif izotop yöntemi, kimyasal işaretleyiciler yöntemi, ısı ve mekanik döngü testi uygulama yöntemi, nötron aktivasyon analiz yöntemi, elektrokimyasal yöntem, tarama mikroskop analiz yöntemi gibi farklı yöntemler kullanılmıştır. Bunlar arasında en basit ve sıklıkla tercih edilen yöntem boya penetrasyon yöntemidir (Türkün LŞ ve Ergücü Z, 2004; Ergücü Z ve Türkün LŞ, 2005; Taylor MJ ve Lynch E, 1993). Mikrosızıntının değerlendirilmesi için organik boyaların kullanımı, en yaygın ve en eski yöntemlerdendir. 1874 yılında King adlı araştırmacı yaptığı sızıntı çalışmasında mavi mürekkep kullanırken, 1875 yılında Tomas adlı araştırmacı kumaş mürekkebi kullanmıştır (Alani AH ve Toh CG, 1997).

#### **1.5.2.1. Boya Penetrasyon Yöntemi**

Mikrosızıntı çalışmalarının büyük bir çoğunluğu, diş sert dokusu ile restorasyon arayüzüne sızan boya miktarı incelenerek yapılmaktadır. Bu nedenle boya penetrasyon yöntemi, oldukça önemli bir yöntemdir (Taylor MJ ve Lynch E, 1992; Tiritöglü M, 1993; Pashley DH ve ark., 2002). Bu yöntemde çekilmiş dişlere

restorasyon yapılır, kök uçları rezin esaslı materyal ile kapatılır, restorasyon dışında kalan tüm dış yüzeyi cila (genelde bu iş için tırnak cilası kullanılır) ile kaplanır ve belirli bir süre boya içinde bekletilir. Daha sonra örnekler boyadan çıkartılır ve dişlerden kesit alınır ve bu kesitler mikroskop altında incelenir (Tiritoğlu M, 1993).

Boya penetrasyon yönteminde bazik fuksin, eritrosin, metilen mavisi, anilin mavisi, kristal viyole kullanılabilir. Diş hekimliği bilimsel çalışmalarında kullanılan boyalar, solüsyon veya farklı boyutlarda parçacık içeren süspansiyonlar şeklindedir. Boyanın yapısındaki parçacıkların çapı, dentin kanallarının iç çapından (1-4 µm) daha küçük olmalıdır (Taylor MJ ve Lynch E, 1992). Mikrosızıntı ölçüm yöntemlerinde kullanılan boyanın özelliği de oldukça önemlidir. Mikrosızıntı çalışmasında kullanılan boyanın rengini muhafaza etmesi istense de bu her zaman mümkün olmayabilir. Örneğin anilin mavisi, kalsiyum hidroksit gibi ortamı alkalileştiren maddelerin varlığında renk kaybolmaktadır. Bu durum boya penetrasyon yönteminin olumsuzluklarından biridir. Bir başka olumsuz yön ise alınan kesitin küçük bir bölümünün incelenmesiyle, restorasyonun tümü hakkında bir değerlendirme yapma zorunluluğunun olmasıdır (Taylor MJ ve Lynch E, 1992).

Mikrosızıntının tayini için kullanılan yöntemde standardizasyon önemlidir. Mikrosızıntıyı tespit etmek için boyanın ne kadar yayılım gösterdiğine bakılmakta ve bu derecelendirilmektedir (Charlton DG ve Moore BK, 1992; Alani AH ve Toh CG, 1997; Tanrıverdi FF ve ark., 1995). Kullanılan boyaların sulu solüsyonlarının kullanılabilmesi, ışık altında gözle hızlı bir ölçüm yapılabilmesi, kolay elde edilebilmesi, toksik olmaması ve ekonomik olması boya penetrasyon yönteminin avantajlarıdır (Charlton DG ve Moore BK, 1992).

Yapılan çalışmalarda birbirinden farklı çok çeşitli boyalar kullanıldığı görülmektedir. Bu tür çalışmalarda % 20'lik floresan, % 0.01'lik akridin turuncusu, %0.25'lik toluidin mavisi, % 2'lik eritrosin, % 0.05'lik kristal violet, % 0.5-% 2'lik bazik fuksin, % 50'lik gümüş nitrat, % 2'lik anilin mavisi, % 0.2-% 2'lik metilen mavisi gibi çeşitli boya solüsyonları kullanılmıştır (Piva E ve ark., 2002). Fosfat ilavesiyle tamponlanmayan metilen mavisinin asidik yapıda olduğu ve insan dişindeki

kalsiyumu çözümlenerek mikrosızıntı sonuçlarını yanıltabileceği ifade edilmiştir. Bu boyaların konsantrasyonları genellikle % 0,5-% 10 arasındadır. Modellerin boya solüsyonlarında bekletilme süreleri ise 4-72 saat arasında ya da daha fazla olmaktadır (Alani AH ve Toh CG, 1997). Restorasyon ve diş dokusuna bağlanabilen boyalar, restorasyon ve kavite duvarları arasındaki boşluğu olduğundan daha fazla ve daha derin gösterebilirler (Alani AH ve Toh CG, 1997). Boyaların partikül boyutları da mikrosızıntı sonuçlarını etkilemektedir (Van Meerbeek B ve ark., 2003).

Sızıntı çalışmalarında ısı döngü testi uygulamaları da kullanılmaktadır. Restore edilen diş, in vitro koşullarda belirli derecelerde yüksek ve düşük ısılarla maruz bırakılarak ağız ortamına benzer ısı değişimleri oluşturulmaya çalışılmaktadır. Isıya bağlı değişimlerin sebep olduğu kenar sızıntısını ilk olarak Nelsen, Wollcot ve Paffenbarger'in bildirdiği sanılmaktadır (Nelsen RJ ve ark., 1952).

Yapılan çalışmalarda ısı döngü testi için 0-68° C arasında ısılar kullanılmıştır. Bu ısı değişimleri, sıcak-soğuk içeceklerin içilmesi sırasında diş yüzeyinde oluşan ısı değişimlerine benzer olarak belirlenmiştir (Alani AH ve Toh CG, 1997). Sonraki çalışmalarda minimum ve maksimum ısılar 5-55° C olarak tercih edilmiştir. Hazırlanan örneklerin soğuk ve sıcak solüsyonlarda bekletilme süreleri 10 s, 15 s, 30 s, 60 s, 120 s değerleri arasında değişmektedir. Araştırmalarda tercih edilen siklus sayısı ise 1-100000 arasında değişmektedir (Gale MS ve Darvell BV, 1999).

## **1.6. Ağız İçi Koşulları Taklit Etmek İçin Kullanılan Test Yöntemleri**

Restoratif materyallerin uzun dönem başarılarının tespit edilmesi için yapılan in vitro deneylerde ağız içi koşullar laboratuvar ortamında taklit edilmektedir. Ağız içi koşulların gerçeğe yakın taklit edilmesi ile zaman ve materyalden tasarruf edilmektedir.

### **1.6.1. Isı Döngüsü (*Thermal Cycling*) ile Yaşlandırma**

Normal koşullarda ağız ortamı ısının yaklaşık olarak 35,2 °C olduğu tespit edilmiştir (Spierings ve ark., 1987). Dental restoratif materyallerin ağız içi koşullarını taklit edebilmek için başvurulan yöntemlerden en önemlisi olan ısı döngü testi pek çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Gale ve Darvell, 1999; Li ve ark., 2002; Frankenberger ve Tay, (2005). Gale ve Darwell (1999)'e göre ISO standartlarında 10.000 tur yaklaşık olarak in vivo 1 yıla denk gelmektedir (Gale M ve Darvell B, 1999). Fakat, Brown ve ark.'nın (1972) çalışmalarına göre ise 10 turun 1 güne eşit olduğunu savunulmaktadır (Brown WS ve ark., 1972).

Isı döngüsü işlemi örneklerde iki etkiye sebep olmaktadır. Birincisi; sıcak su bileşenlerin arasındaki hidrolizi hızlandırmaktadır ve polimerize olmamış monomer ve ürünlerin ortama ayrışmasını sağlamaktadır. İkincisi; materyaller üzerinde ısısız genişleme ve büzülmenin yan etkilerini taklit etmektedir (Hashimoto ve ark., 2000; De Munck ve ark., 2005). Isı döngü testi ile yapılan yaşlandırma sonucunda kollajenlerin hidrolizi ile ya da ısısız genişleme katsayısı dişe göre daha fazla olan restoratif materyallerin genişip daralması sonucu boşluklar oluştuğu bildirilmiştir (McCabe ve Walls, 1998; Gale ve Darvell, 1999).

### **1.6.2. Bekletme ile Yaşlandırma Yöntemi**

Bu metodda örnekler en çok 37°C'deki yapay tükürük ya da su içerisinde belirli bir süre bekletilerek yapay olarak yaşlandırılmaktadır. Bu periyot birkaç ay, 4-5 yıl veya daha uzun süre olabilmektedir (De Munck ve ark., 2003).

### **1.6.3. Oklüzal Yükleme ile Yaşlandırma Yöntemi**

Doğal koşulları taklit etmenin bir diğer yolu da mekanik olarak diş sert dokularına kuvvet yüklemesi yapılmasıdır (Frankenberger ve ark., 2005). Belli bir

kuvvet altında yapılan bu tip çalışmalarda ısı döngü testinin de eklenmesi ile adezyon gücünün zayıfladığı tespit edilmiştir (Frankenberger ve ark., 2005). Mekanik yüklemenin nanosızıntıya etkisinin incelendiği bir çalışmada, sızıntının etkilenmediği tespit edilmiştir (Li ve ark., 2002 b). Ancak yeni adezivlerin gelişmesi ile pek çok yeni çalışmaya gerek duyulmaktadır.

#### **1.6.4. Çiğneme Simülatörü ile Yaşlandırma Yöntemi**

Ağız ortamı, restorasyonların yorulmaya bağlı başarısızlıkları için gerekli tüm faktörleri içermektedir. Bu amaçla, dental restorasyonların uzun ömürlülük ve dayanıklılık karakterlerinin gerçekçi verileri için uzun dönemli klinik araştırmalar gerekmektedir. Bu da parametrelerin standardize edilmesi konusunda güçlükler ortaya çıkarmaktadır ve maliyetler de oldukça yüksek olmaktadır (Florian B ve ark., 2012). Bu nedenle yorulmanın test edilebilmesi amacıyla örneklere özelleştirilmiş frekans, kuvvet ve stres uygulayabilen birçok alet geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları ise klinik ortamın çok daha gerçeğe yakın olması amacıyla, test ortamlarına ilave nem ve kontrollü sıcaklık da uygulayabilmektedir (Kern M ve ark., 1993).

Sulu ortama maruz kalan dental materyallerin mekanik özellikleri etkilenmektedir (Florian B ve ark., 2012). Bu nedenle laboratuvar ortamında yapılan araştırmalar, ısıya bağlı değişkenlikleri taklit etmek durumundadır. Bir takım etik sorunlar, maliyet ve uzun zaman alışı nedeni ile klinik testlerin yapımını zorlaştırmaktadır ve restoratif materyallerin klinik öncesi çiğneme kuvvetlerine, kırılma ve aşınmaya karşı test edilmesinde büyük yarar vardır.

Bu yöntem ile ağız içi çiğneme koşulları taklit edilmeye çalışılmaktadır. Bir cihaz yardımı ile istenilen sayıda kuvvet ve frekansla numuneler üzerine çiğneme kuvveti uygulanmaktadır (Kramer ve ark., 2012).

İn-vitro testler uygulanırken en doğru sonucu alabilmek için çiğneme sistemini mümkün olduğunca yansıtmak gerekmektedir. Bireylerde ısırma kuvvetleri geniş bir

aralığa sahiptir. Çiğneme yada yutkunma sırasında oluşan fizyolojik ısırma kuvvetleri 10 ile 120 N arasında değişmektedir (Bates JF ve ark., 1976; Kohyama K ve ark., 2004). Maksimum ön ısırma kuvveti 190 N ile 290 N arasında değişirken, posterior bölgede 200 N dan 360 N kadar çıkabilmektedir (Fontijn FA ve ark., 2000; Morneburg TR ve Proschel PA, 2002). Isırma işlemi esnasında kaslardaki aktivasyon yaklaşık her yarım siklus için 0.2-1.5 Hz frekans aralığındadır (Kohyama K ve ark., 2004; Baltzer A ve Kaufmann-Jinoian V, 2002). Bu nedenle, uygun bir çiğneme sistemini taklit eden bir cihazın tek veya çoklu ekseninde hareket ederken önceden belirlenen kuvvetleri belirli sayıda tekrarlar ile materyale uygulayabilmesi gerekmektedir.

Literatüre göre çiğneme simülöründe yaklaşık olarak 240.000- 250.000 adet döngü bir yıllık klinik ortamdaki kullanıma karşılık gelmektedir. Araştırmalarda kullanılan, termo-mekanik yüklemeye maruz bırakılan ve 1.200.000 döngü sonunda kırılmadan kalan örnek gruplarının kullanım süreleri 5 yıllık bir klinik ömüre eşdeğerdir (Florian B ve ark., 2012; Heydecke G ve ark., 2001).

Simüle edilen çiğneme döngüsü, test sırasında kuvvetlerin döngüsel olarak oluşturulabilmesi amacıyla bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir. 1.3 Hz-1.8 Hz'lik çiğneme frekansı ile her 0.6-1.1 saniyede bir siklus fizyolojik sınırlar içerisinde kabul edilmektedir (Kohyama K ve ark., 2004; Martin S ve ark., 2009 ve Yu-seok J ve ark., 2010). Çiğneme simülöründe çeşitli ağırlıklarla ve çeşitli sikluslarla örneklerle yüklemeler yapılabilmektedir. Çalışmalarda sıklıkla posterior bölgedeki normal okluzyon ve çiğneme kuvvetlerini yansıtmak amacıyla 49 N'luk bir kuvvet uygulanmaktadır (Fontijn FA, 2000).

Çeşitli firmaların çeşitli amaçlarla ürettikleri ve piyasa da bulunan çiğneme simülörleri bulunmaktadır. Bunlar arasında Zwick/Roell22 (Almanya), Bose23 (ABD), Sd Mechatronik 24 (Almanya) firmaların ürünleri bulunmaktadır. Çalışmalarda en yaygın kullanılan dual akslı çiğneme simülörü, su haznesi bulunan, farklı kuvvetler uygulayabilen ve hem ikili hem de sekizli çeşitleri olan cihazdır (Martin S ve ark., 2009).



Çiğneme simülatörünün en büyük özelliği bütün haznelere ayrı ayrı örnekler yerleştirilerek aynı anda tüm örneklere belirli bir kuvvet uygulayabilmektedir. Bir diğer önemli özelliği kullanıcı tarafından ayarlanan bir ısısı döngüsü sağlayabilmesidir (Martin S ve ark., 2009; Heintze SD ve ark., 2006). Dual akslı çiğneme simülatörü, bilgisayar ile kontrol edilen, ve çift yönde (dikey ve yatay) kuvvet uygulayabilen bir alettir. Plastik örnek tutucular içerisinde örnekler yerleştirilmektedir, çiğneme simülatöründeki karşıt mekanizma çalışmacının belirlediği miktarda yatay ve dikey hareket ederek belirlenen çiğneme siklusunu yerine getirmektedir. Antagonist olarak çeşitli materyallerden ve çaplardan yapılmış top uçları bulunmaktadır (Martin S ve ark., 2009; Wassel RW ve ark., 1994).

### **1.7. Tez Çalışmasının Amacı**

Mikrosızıntı günümüz diş hekimliğinin en büyük sorunlarından biridir. Kompozitin diş yüzeyine bağlanma değerleri ne kadar yüksek ise mikrosızıntı da o oranda azalacaktır. Polimerizasyon büzülmesi; kavite geometrisi, restoratif materyalin fiziksel özelliği ve kompozitin kaviteye uygulanma tekniği gibi faktörlerden etkilenmektedir. Kompozit restorasyonun polimerizasyon büzülmesinin azaltılması, bağlanmayı artırıp mikrosızıntıyı azaltacaktır. Bu nedenle polimerizasyon büzülmesinin azalması için uzun yıllardır tabakalama tekniği önerilmektedir. Ancak son yıllarda hekimin çalışma zamanının azaltılması ve hasta konforunun artırılması amacıyla, restorasyonun tek tabakada tamamlanmasına izin veren bulk-fill kompozitlerin kullanımı yaygınlaşmıştır.

Bu sebeple çalışmamızda kullanılan örnekler; tabakalama ve bulk-fill teknikleri kullanılarak 4 farklı kompozit rezin sistemi (Geleneksel kompozit, akıcı kompozit üzerinde uygulanmış geleneksel kompozit, bulk-fill kompozit, akıcı bulk-fill kompozit üzerine uygulanmış geleneksel kompozit) ile restore edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; restore edilen örneklerin çiğneme simülöründe yaşlandırıldıktan sonra diş dokuları ve restorasyonlar arasındaki mikrosızıntı değerlerini karşılaştırmaktır.



## 2. MATERYAL ve METOD

Bu çalışmada; tek aşamalı bir self-etch adeziv sistem ve farklı tipte dört kompozit sistemi kullanılmıştır, kutu kavite şeklinde hazırlanan çürüksüz molar dişlerde, tabakalama ve bulk tekniklerinin Sınıf II restorasyonlardaki mikrosızıntı düzeyine olan etkisinin in-vitro koşullarda incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışma gruplarına çiğneme simülöründe termo-mekanik yükleme uygulanarak, kontrol gruplarıyla çalışma gruplarının termo-mekanik yükleme sonrası mikrosızıntı değerleri kıyaslanmıştır. Mikrosızıntı miktarlarını değerlendirmek için boya penetrasyon yöntemi tercih edilmiştir.

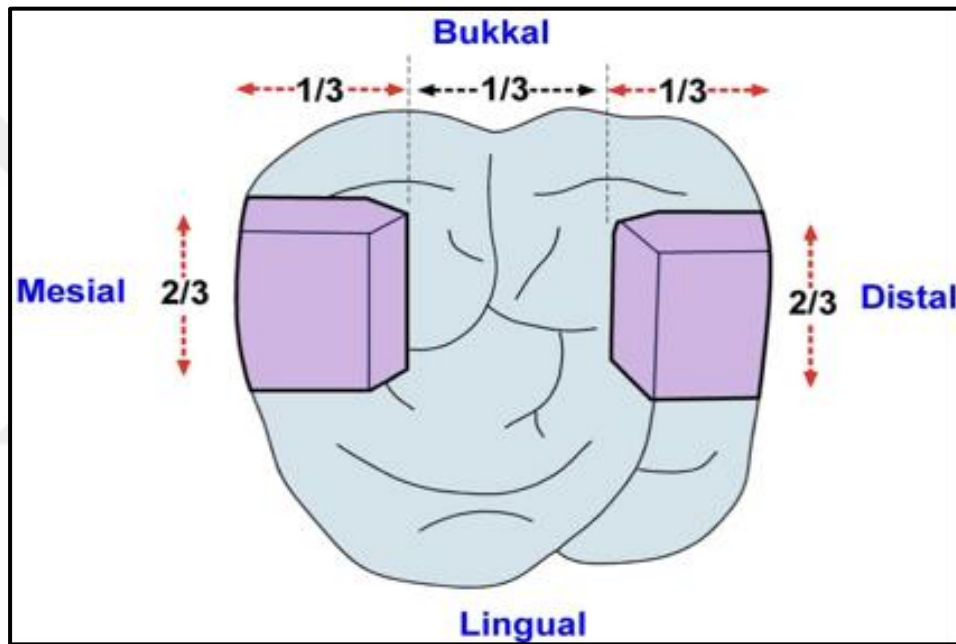
Bu çalışma Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulu onayını almıştır (36290600/46). Araştırmamız, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

### 2.1. Örneklerin Hazırlanması

Bu in-vitro çalışma için periodontal nedenler ile çekilmiş, çürüksüz ve restorasyonsuz 80 adet üçüncü molar diş seçilmiştir. Dişler çekildikten sonra çalışma için kullanılacakları zamana kadar +4 °C distile su içerisinde muhafaza edilmiştir. Çekimlerinden sonra ortalama 2 haftadan kısa süre içinde örneklerin restorasyon işlemleri tamamlanmıştır.

Diş taşı ve yumuşak dokular keskin bir el aleti ile uzaklaştırılmıştır. Deneyimli bir operatör, fissür frezler ile sulu soğutma altında 80 adet diş, her dişte mezial ve distal yüzeylere iki kutu kavite formu olacak şekilde toplamda 160 adet kutu kavite hazırlamıştır. Kaviterler yüksek hızda dönen su soğutmalı döner alet yardımıyla, her kavitede yeni bir silindirik elmas frez (Meisinger, Germany) kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışma için seçilen 80 adet molar dişin mezial kaviterleri mine-sement sınırının 1 mm altında, distal kaviterleri ise mine-sement sınırının 1mm üzerinde

sonlanacak şekilde hazırlanmıştır. Kavitelelerin meziodistal genişliği dişin meziodistal genişliğinin 1/3'ü; kavitelelerin bukkolingual genişliği intercuspall mesafenin 1/3' ü kadardır. Hazırlanan kavitelelerin derinliklerini standardize etmek için, okluzal yüzeyler silikon karbid bir zımpara kağıdıyla (P1000-P4000 Metkon, Gripo 2v Grinder-Polisher, Turkey), sulu soğutma altında bütün kavitelelerin yüksekliği 5 mm derinlikte olacak şekilde aşındırılmıştır. Kavitelelerin final derinliği dijital kumpas (Mitutoyo 500, Mitutoyo Corporation, Kanagawa, Japan) ile ölçülerek kavitelelerin derinlikleri standardize edilmiştir.



Şekil 2.1. Hazırlanan kavitelelerin şematik görünümü

## 2.2. Araştırmada Kullanılan Materyaller

Çalışmamızda bütün gruplarda aynı self-etch adeziv sistemi kullanılmıştır. Restorasyon işlemleri için tek bir LED ışık cihazı (Radii Plus, SDI, Bayswater, AVUSTRALYA) ve aynı üretici firmaya ait A2 rengindeki dört farklı kompozit materyali seçilmiştir (Çizelge 2.1).

## 2.2.1. Çalışmada Kullanılan Adeziv Sistem

### 2.2.1.1. Clearfil S<sup>3</sup> Bond

CLEARFIL S<sup>3</sup> BOND, mine ve dentinin tek bir ürün ile eş zamanlı tedavi görmesine olanak sağlayan, tek komponentli, ışıkla polimerize olan bir bonding sistemidir. Clearfil S3 Bond tüm metakrilat esaslı kompozit restoratif materyallerle birlikte kullanılabilen tek aşamalı bir self-etch adezivdir. İçerisinde MDP, HEMA, BIS-GMA, hidrofobik dimetakrilat, foto-başlatıcılar, silanlanmış koloidal silika, etil alkol ve su bulunmaktadır (Şekil 2.2) (Çizelge 2.1).



Şekil 2.2. Clearfil S3 Bond

## 2.2.2. Çalışmada Kullanılan Kompozit Rezinler

### 2.2.2.1. Filtek™ Ultimate Akışkan Kompozit



Şekil 2.3. Filtek™ Ultimate Akışkan Kompozit

Çizelge 2.1. Çalışmada Kullanılan Kompozit Materyaller ve İçerikleri

Materyal	Materyal Tipi	Renk	Kimyasal İçerik	Doldurucu % ağırlıkça	Önerilen kalınlık	Capping tabakası
Filtek Ultimate Akışkan Restoratif	Akıcı kompozit	A2	BisGMA, TEGDMA, Procrylat rezin, Ytterbiyum triflorür 0.1-5.0µm, Kümeleşmemiş 20nm silika dolgu, Kümeleşmemiş 75nm silika dolgu ve yüzey değiştirilmiş kümeleşmiş zirkonya/silika Doldurucu partikül boyutu: 0.6-10 µm	65	2mm	Hayır
Filtek Ultimate Universal Restoratif	Geleneksel kompozit	A2	Bis-GMA, TEGDMA, EDMAB, Dimetakrilat, seramik, Silika İterbiyum triflorür, Reaksiyona girmiş polikaprolakton polimeri, Benzotriazol, Difeniliyodonyum heksafluorofosfat. Doldurucu partikül boyutu: 0.6-10 µm	78,5	2mm	Hayır
Filtek Bulk-fill Akışkan Restoratif	Akıcı bulk-fill kompozit	Universal	BisGMA, UDMA, bisEMA, procrylat resinleri, ytterbium trifloride, zirkonyum /silika	64,5	4mm	Gerekli
Filtek One Bulk-fill Restoratif	Bulk-fill kompozit	A2	AUDMA, AFM, diüretan-DMA, ve 1, 12-dodecane-DMA, ytterbium trifluoride, zirconyum/silika	76,5	5mm	Hayır

### 2.2.2.2. Filtek Bulk-fill Posterior

Restoratif, geleneksel şırıngalarla ve tek doz kapsüller halinde ambalajlanmıştır (Şekil 2.4) (Çizelge 2.1).



Şekil 2.4. Filtek Bulk-fill Posterior

### 2.2.2.3. Filtek Bulk-fill Akışkan Restoratif



Şekil 2.5. Filtek Bulk-fill Akışkan Restoratif

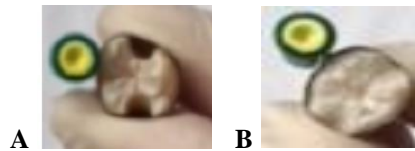
#### 2.2.2.4. Filtek Ultimate Universal Restoratif



Şekil 2.6. Filtek Ultimate Universal Restoratif

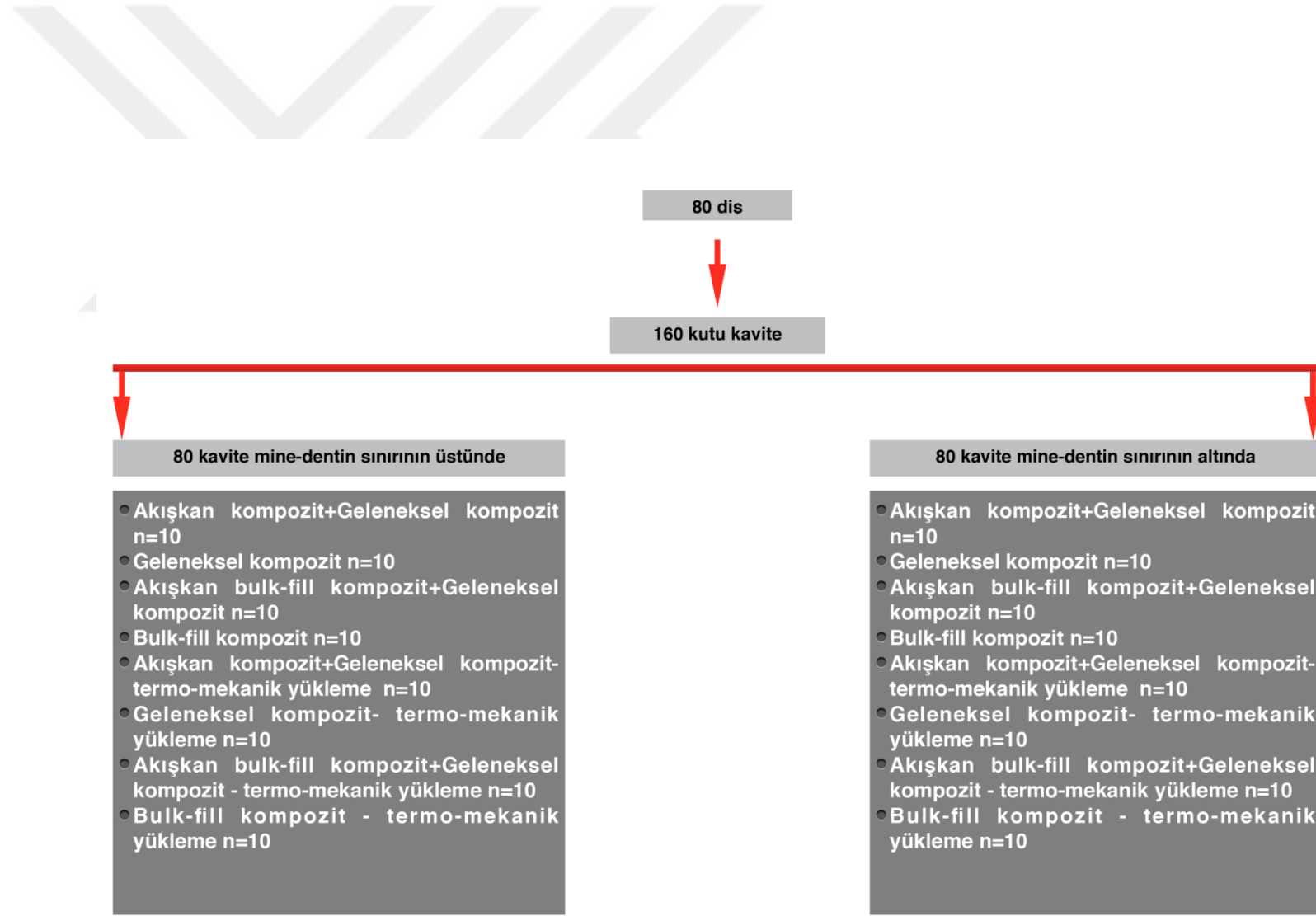
### 2.3. Restorasyon Prosedürleri

Preparasyonlar tamamlandıktan sonra, kayıp proximal duvarları yeniden oluşturabilmek için örneklere metal matrix bandları (Adapt SuperCap Matrix no 2182, Kerr-Hawe, Bioggio, Switzerland) yerleştirilmiştir (Şekil 2.7). Kavitelere su ile yıkanarak 5 s boyunca yağsız hava-su spreyi ile kurutulmuştur. Bütün kavitelere aynı adeziv sistem uygulanmıştır. Tek aşamalı self-etch adeziv (Clearfil Tri-S Bond Plus, Kuraray) kavitelere uygulanıp yağsız hava-su spreyi ile inceltilerek led ışık cihazı ile 10 s ışıkla polimerize edilmiştir. Aynı kompozit sistemi uygulanan her gruptaki 40 örneğin 20'si mine-sement seviyesinin 1 mm altında, 20'si mine-sement seviyesinin 1 mm üzerinde sonlanmaktadır. Böylece her kompozit grubunun mine-dentin ve dentin-sementte sonlanan 2 alt grubu bulunmaktadır. Dişler aşağıda tarif edildiği gibi restore edilmiştir.



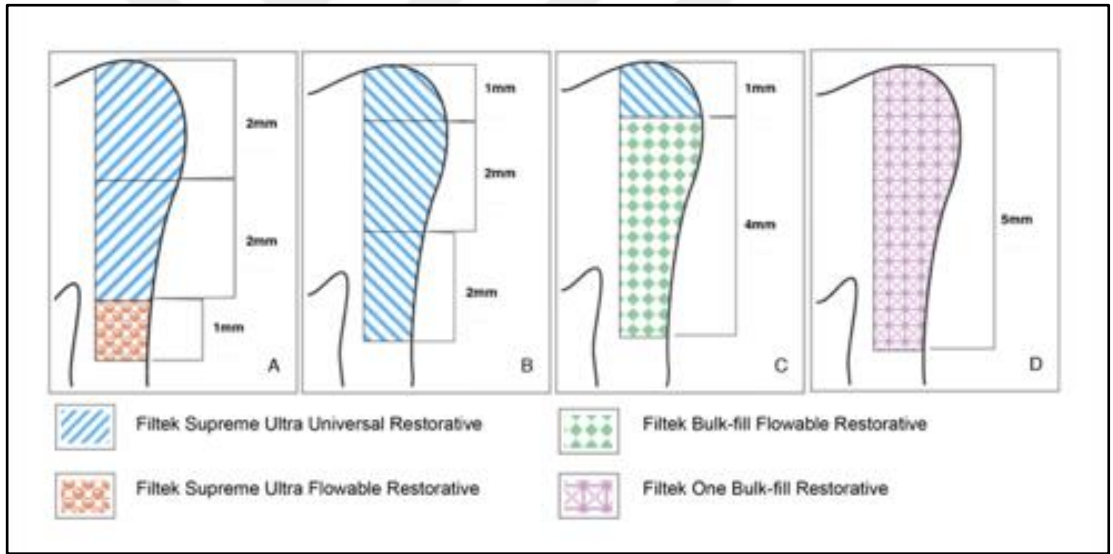
Şekil 2.7. Otomatrix Bandı Yerleştirilmiş Kavite (A) ve Restorasyonların Tamamlanmış Hali (B).





Şekil 2.8. Çalışmada Kullanılan Kompozitlerin Gruplandırılması

**Akışkan kompozit + Geleneksel kompozit grup:** Hazırlanan kavitelere Clearfil S3 Bond Plus (Kuraray Noritake Dental Inc.) aplikatör fırçası yardımıyla uygulandı ve ardından 10 s beklendi. Kavite duvarları adeziv uzaklaşmayacak şekilde hava-su spreyi yardımıyla kurutuldu (Yaklaşık 10 s). Ardından bonding ajan led ışık cihazı (SDI Raddi Plus, SDI Limited, Australia) ile 10 s polimerize edildi. Işığın cihazdan çıkış gücü en az 1000 mW/cm<sup>2</sup> olacak şekilde, periyodik olarak radyometre ile kontrol edildi. Kavite tabandaki 1 mm'lik tabakası geleneksel akışkan kompozit (Filtek Supreme Ultra Flowable Restorative) ile restore edildi. Kalan kavite yüksekliği de 2 mm'lik geleneksel kompozit (Filtek Supreme Ultra Universal Restorative) tabakalarıyla inkremental olarak tabakalandı. Her kompozit tabakası üretici firmanın tavsiyesi doğrultusunda, 20 s ışık cihazı ile polimerize edildi (Şekil 2.8) (Şekil 2.9 A).



**Şekil 2.9.** Kompozitlerin Kaviteye Yerleştirilme Şekilleri

**Geleneksel kompozit grup:** Aynı adeziv sistem daha önce tarif edildiği gibi uygulandı ve polimerize edildi, ardından kavite geleneksel kompozit (Filtek Supreme Ultra Universal Restorative) kullanılarak üç horizontal tabaka ile tabakalanarak restore edildi ve her tabaka 20 s ışıkla polimerize edildi (şekil 2.8) (Şekil 2.9 B).

**Akışkan bulk-fill kompozit + Geleneksel kompozit grup:** Aynı adeziv sistem daha önce tarif edildiği gibi uygulandı ve ışıkla polimerize edildi, ardından kavitelerin ilk 4 mm' lik tabakası akışkan bulk-fill kompozit (Filtek Bulk-fill Flowable Restorative) kullanılarak oluşturuldu ve 20 s polimerize edildi. Kalan kavite kısmına da geleneksel kompozit (Filtek Supreme Ultra Universal Restorative) ile capping yapıldı ve 20 s ışıkla polimerize edildi (Şekil 2.8) (Şekil 2.9 C).

**Bulk-fill kompozit grup:** Aynı adeziv sistem daha önce tarif edildiği gibi uygulandı ve ışıkla polimerize edildi, ardından bulk-fill kompozit (Filtek One Bulk-fill Restorative) 5 mm olarak tek tabakada yerleştirildi ve 20 s okluzal yüzey, band çıkarıldıktan sonra da 20 s bukkal yüzey ve 20 s lingual yüzeyden polimerize edildi (Şekil 2.8) (Şekil 2.9 D).

#### **2.4. Termo-mekanik Yükleme ve Mikrosızıntının Değerlendirilmesi**

Kavitelerin restorasyonları tamamlandıktan sonra örneklerin apikal kısımları, apexten boya sızması amacıyla bir tabaka mum ile kapatıldı. Restorasyonlar ve 1 mm marjinleri hariç dişlerin bütün yüzeyleri iki kat tırnak cilası ile boyandı. Termo-mekanik yükleme uygulayabilmek için, örneklerin çiğneme simülatörüne sabitlenebilmesi amacıyla simülatör cihazının çemberine uygun şekilde 3 cm yüksekliğinde, 2.5 cm iç çapta PVC kalıplar hazırlandı. Restorasyonların servikal duvarı akriliğin 2 mm üzerinde kalacak şekilde, örnekler bu PVC kalıpların merkezinde kimyasal sertleşen soğuk akril aracılığı ile konumlandırıldı (Şekil 2.10).



**Şekil 2.10.** Akriliğe gömülmüş örnekler

Ardından 160 örnek iki alt gruba ayrıldı. İlk alt gruptaki 80 örnek kontrol grubu olarak tayin edildi ve termo-mekanik yükleme uygulanmadı (Şekil 2.8). Diğer 80 örnek ise oral kaviteyi taklit etmek amacıyla çiğneme simülatöründe (Esetron chewing simulator, Turkey) termo-mekanik yüklemeye maruz bırakıldı. Örnekler simülatör cihazına (Şekil 2.11) yerleştirildi ve 2 mm'lik paslanmaz çelik uçlar aracılığıyla termo-mekanik yükleme uygulanmaya başlandı (Şekil 2.12).



**Şekil 2.11.** Çiğneme simülatörü

Çalışmada kullanılan dual akslı çiğneme simülatörü, bilgisayar ile kontrol edilen, 5°C ile 55°C arasında ısısal değışiklikleri yansıtan ve çift yönde kuvvet uygulayabilen bir alettir. Altı adet örnek tutucusu bulunmaktadır. Simüle edilen çiğneme döngüsü, test sırasında kuvvetlerin döngüsel olarak oluşturulabilmesi için bilgisayar tarafından kontrol edildi. 1.6 Hz lik çiğneme frekansı, rapor edilen 0.6-1.1 s.cycle<sup>-1</sup> lik fizyolojik sınırlar içerisinde (Gillings ve ark., 1973).



Şekil 2.12. Örneklerin çiğneme simülatöründe termo-mekanik olarak yüklenmesi

Bu araştırmada çalışma gruplarındaki 80 örnek, dual akslı çiğneme simülatörü ile termo-mekanik olarak yüklendi. 49 N'luk değeri posterior bölgedeki normal okluzyon ve çiğneme kuvvetlerini yansıtmaktadır (Panavia, Kuraray Dental). Örneklerin 1 yıllık yaşlanma sürecine tabi tutulması planlandı. Buna göre her bir örneğe 50 N'luk kuvvet, 240.000 adet siklus, 1.6 Hz frekans aralığında uygulandı.



Şekil 2.13. Thermo-mekanik yüklemenin sıcaklık aralıkları



Şekil 2.14. Thermo-mekanik yüklemenin kuvvet, hız ve siklus değerleri

Eşzamanlı olarak örnek kaplarına dolan su ile örneklere 2500 adet ısı döngü testi uygulanmış oldu. Kaplara dolan su her sıcaklık derecesinde 60 s kalarak  $+5^{\circ}\text{C}$  ve  $+55^{\circ}\text{C}$  lik sıcaklık aralıklarında değişecek şekilde ayarlandı. Cihazın ısı döngü testi sıcaklıkları (Şekil 2.13) ve mekanik yüklemesi (Şekil 2.14) cihazın dijital ekranı yardımı ile periyodik olarak kontrol edildi.

Mekanik yükleme ve ısı döngü testi aşamaları tamamlandıktan sonra, kontrol grubu dahil bütün örnekler  $23^{\circ}\text{C}$ 'deki % 5' lik bazik fuksin boyasına 24 saat boyunca daldırıldı. 24 saatin sonunda dişler distile su ile herhangi bir boya artığı kalmayacak şekilde yıkandı. Mikrosızıntı seviyelerini görebilmek için restorasyonlardan mezial-distal düzlemde mid-sagital yönde, yavaş turda dönen bir elmas testere (Micracut 175, Metkon Instruments Ltd, Bursa, Turkey) ile irrigasyon altında kesitler alındı. Alınan kesit örneklerinin servikal gingival mikrosızıntı miktarı, stereomikroskop (Leica MZ 12; Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) altında x40 büyütmede incelendi. Mikrosızıntı miktarları Çizelge 2.2' de tarif edilen skalaya göre skorlandı:

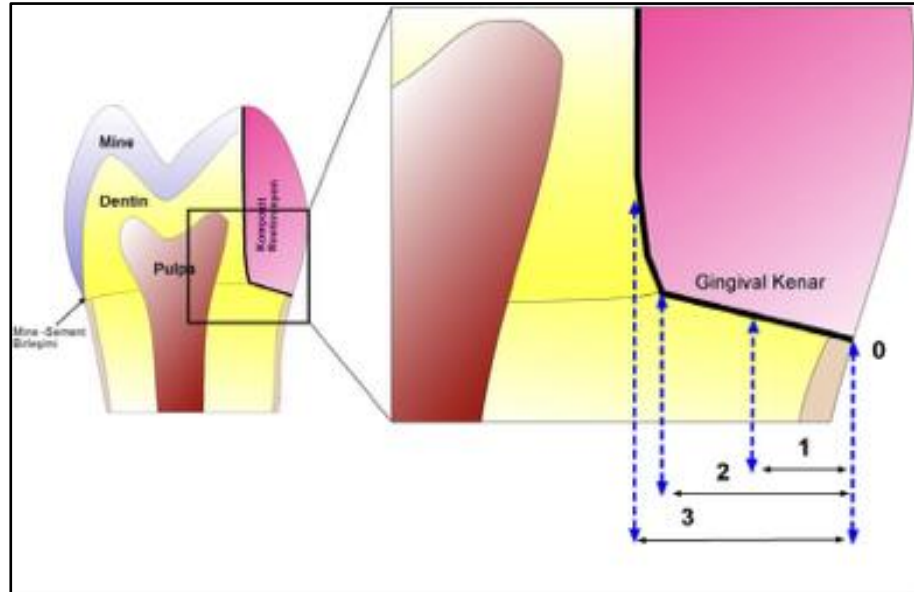
**Çizelge 2.2.** Boya Penetrasyonun Sızıntı Derecelendirme Skalası

Skor	Mikrosızıntı düzeyi
0	mikrosızıntı yok,
1	servikal duvarın yarısına kadar sızıntı var,
2	servikal duvarın tamamında mikrosızıntı var,
3	servikal duvardan aksiyal pulpa duvarına uzanan mikrosızıntı var.

## 2.5. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz için her bir restorasyondaki iki kesitten, en yüksek skorlu kesit o restorasyonun mikrosızıntı skorunu temsil etmesi için seçildi.

Servikal gingival mikrosızıntı skorlarının sonuçları Kruskal-Wallis H ve Mann-Whitney U testleri kullanılarak istatistiksel değerlendirilmeye tabi tutulmuştur.



**Şekil 2.15.** Gingival kenar mikrosızıntı skorlamasının şematik çizimi

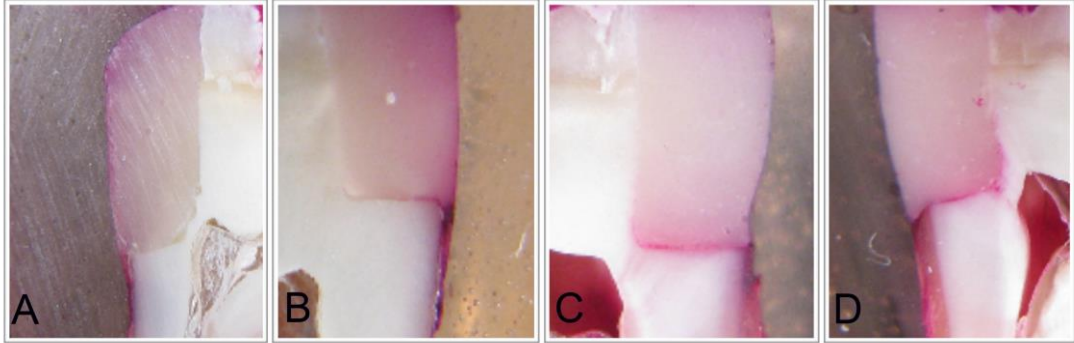


### 3. BULGULAR

Sınırları mine-dentin ve dentin-sementte sonlanan kavitelelerin, dört farklı restoratif materyal (geleneksel kompozit, geleneksel akıcı kompozit, bulk-fill akıcı kompozit, bulk-fill kompozit) kullanılarak restore edildikten sonra, termo-mekanik yükleme öncesi ve sonrası boya penetrasyon yöntemi ile mikrosızıntılarının incelendiği bu çalışmada elde edilen veriler Kruskal-Wallis H ve Mann-Whitney-U testleri ile analiz edilmiş gruplar arasında istatistiksel olarak farklı sonuçlar olduğu saptanmıştır ( $p<0,05$ ).

#### 3.1. Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada hazırlanan toplam 160 örneğin mikrosızıntı skorlamaları kullanılarak elde sızıntı değerleri Çizelge 3.1’de de gösterilmiştir. Şekil 3.1 farklı skorlara sahip örneklerin mikrosızıntılarını göstermektedir.



**Şekil 3.1.** Bazı örneklerin mikrosızıntı miktarları. A: Mine-dentinde sonlanan kavitede “0” skorlu mikrosızıntı , B: Dentin-sementte sonlanan kavitede “1” skorlu mikrosızıntı, C: Dentin-sementte sonlanan kavitede “2” skorlu mikrosızıntı, D: Dentin-sementte sonlanan kavitede “3” skorlu mikrosızıntı.



**Çizelge 3.1.** Sınıf II Kutu kaviteilerinin mikrosızıntı skorları

	Termo-mekanik Yükleme Yapılmayan Örnekler							
	Mine (mine-sement seviyesinin üzerinde sonlanan)				Dentin ( mine-sement seviyesinin altında sonlanan)			
	Skor 0	Skor 1	Skor 2	Skor 3	Skor 0	Skor 1	Skor 2	Skor 3
<b>Akışkan Kompozit + Geleneksel Kompozit</b>	8	2			7	3		
<b>Geleneksel Kompozit</b>	6	4			6	3	1	
<b>Akışkan Bulk-fill kompozit+ Geleneksel Kompozit</b>	6	4			9	1		
<b>Bulk-fill Kompozit</b>	10				9	1		
	Termo-mekanik Yükleme Yapılan Örnekler							
	Mine (mine-sement seviyesinin üzerinde sonlanan)				Dentin ( mine-sement seviyesinin altında sonlanan)			
	Skor 0	Skor 1	Skor 2	Skor 3	Skor 0	Skor 1	Skor 2	Skor 3
<b>Akışkan Kompozit + Geleneksel Kompozit</b>	5	4	1		2	5	3	
<b>Geleneksel Kompozit</b>	1	7	2		1	4	5	
<b>Akışkan Bulk-fill kompozit+ Geleneksel Kompozit</b>	4	6				4	6	
<b>Bulk-fill Kompozit</b>	7	3				4	3	3

Yapılan Kruskal-Wallis H değerlendirmesinde mine-dentinde sonlanan ve termo-mekanik yükleme yapılmayan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır ( $p>0,05$ ). Mine-dentinde sonlanan ve termo-mekanik yükleme yapılan örnekler arasında ise yalnızca geleneksel kompozit ve bulk-fill kompozit grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu sonucuna varılmıştır. ( $p<0,05$ ). Mine-dentinde sonlanan ve termo-mekanik yükleme yapılan geleneksel kompozit grubu yine mine-dentinde sonlanan ve termo-mekanik yükleme yapılan bulk-fill kompozit grubuna oranla daha fazla mikrosızıntı sergilemiştir. ( $p<0,05$ ) (Çizelge 3.2).

Yine mine-dentinde sonlanan restorasyonlar dikkate alındığında termo-mekanik yükleme yalnızca geleneksel kompozit grubu için istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmuştur ( $p<0,05$ ). Mine-dentinde sonlanan diğer restorasyon gruplarına uygulanan termo-mekanik yükleme, istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etki oluşturmamıştır ( $p>0,05$ ) (Çizelge 3.3).

Yapılan Kruskal-Wallis H değerlendirmesinde dentin-sementte sonlanan ve termo-mekanik yükleme yapılmayan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır ( $p>0,05$ ). Dentin-sementte sonlanan ve termo-mekanik yükleme yapılan örnekler arasında ise geleneksel kompozit grubu ile akıcı kompozit+geleneksel kompozit, bul-fill akıcı+geleneksel kompozit, bulk-fill kompozit grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmiştir ( $p<0,05$ ). Dentin-sementte sonlanan ve termo-mekanik yükleme yapılan geleneksel kompozit grubu, akıcı kompozit+geleneksel kompozit, bulk-fill akıcı+ geleneksel kompozit, bulk-fill kompozit gruplarına oranla daha fazla mikrosızıntı sergilemiştir ( $p<0,05$ ) (Çizelge 3.2).

Yine dentin-sementte sonlanan restorasyonlar dikkate alındığında termo-mekanik yükleme yalnızca akıcı kompozit+geleneksel kompozit, bulk-fill akıcı+ geleneksel kompozit ve bulk-fill kompozit grupları için istatistiksel olarak anlamlı bir

fark oluşturmuştur ( $p < 0,05$ ). Dentin-sementte sonlanan diğer restorasyon gruplarına uygulanan termo-mekanik yükleme, istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etki oluşturmamıştır ( $p > 0,05$ ) (Çizelge 3.3).

**Çizelge 3.2.** Mine-dentin ve dentin-sementte sonlanan kompozit grupların karşılaştırılması. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi  $p=0.05$  dir. Anlamlı farklılık gösteren p değerleri koyu olarak işaretlenmiştir.

		termo mekanik yükleme yapılmayan	termo mekanik yükleme yapılan
Minede sonlanan restorasyonlar	İkili Karşılaştırma	$p=0,1261$	<b><math>p=0,0374</math></b>
			Geleneksel kompozit grubu * Bulk-fill kompozit grubu
		$p=0,4037$	<b><math>p=0,0004</math></b>
Dentinde sonlanan restorasyonlar	İkili Karşılaştırma		Akıcı kompozit+ Geleneksel kompozit grubu * Geleneksel kompozit grubu
			Geleneksel kompozit grubu * Bulk-fill akıcı kompozit grubu + Geleneksel kompozit grubu
			Geleneksel kompozit grubu * Bulk-fill kompozit grubu

**Çizelge 3.3.** Mine-dentin ve dentin-sementte sonlanan restorasyonlarda termo-mekanik yüklemenin mikrosızıntı skorları üzerine etkisi. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi  $p=0.05$  dir. Anlamlı farklılık gösteren p degerleri koyu olarak isaretlenmiştir.

	Termo-mekanik yüklemenin etkisi			
	Akıcı kompozit+ Geleneksel kompozit grubu	Geleneksel kompozit grubu	Akıcı bulk-fill+Geleneksel kompozit grubu	Bulk-fill kompozit grubu
Minede sonlanan kaviteleler	$p=0.2663$	<b><math>p=0.0280</math></b>	$p=0,6563$	$p=0,2105$
Dentinde sonlanan kaliteler	<b><math>p=0.0.036</math></b>	$p=0,7214$	<b><math>p=0,0008</math></b>	<b><math>p=0,0001</math></b>

Yapılan Mann-Whitney-U değerlendirmesinde termo-mekanik yükleme yapılmayan gruplar için kavitenin lokalizasyonu istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmazken ( $p>0,05$ ), termomekanik yükleme yapılan grupların tümünde dentin-sementte sonlanan restorasyonlar, mine-dentinde sonlanan restorasyonlara oranla daha fazla mikrosızıntı değerleri sergilemiştir. ( $p<0,05$ ) (Çizelge 3.4).

**Çizelge 3.4.** Termo-mekanik yüklemenin kavitenin lokalizasyonu üzerine etkisi. Ortalama farklılık anlamlılık düzeyi  $p=0.05$  dir. Anlamlı farklılık gösteren p degerleri koyu olarak isaretlenmiştir.

	Mine Dentin-lokalizasyonunun etkisi			
	Akıcı kompozit+ Geleneksel kompozit grubu	Geleneksel kompozit grubu	Akıcı bulk-fill+Geleneksel kompozit grubu	Bulk-fill kompozit grubu
Termo-mekanik yükleme yapılmayan gruplar	$p> 0.9999$	$p> 0.9999$	$p> 0.9999$	$p> 0.9999$
Termo-mekanik yükleme yapılan gruplar	<b><math>p=0,0444</math></b>	<b><math>p=0,0111</math></b>	<b><math>p=0,0023</math></b>	<b><math>p=0,0004</math></b>

## 4. TARTIŞMA

Mikrosızıntı; restoratif materyal ile kavite duvarları arasında oluşan mikroaralıklardan bakteri, ağız sıvıları, molekül ve iyonların geçişi olarak tanımlanmaktadır (Taylor ve Lynch, 1992; Alani ve Toh, 1997; Heintze ve ark., 2008). Kompozit restorasyonların yenilenmesinde başlıca sebep olarak görülmektedir (Alani ve Toh, 1997; Heintze ve ark., 2008; Taylor ve Lynch, 1992). Mikrosızıntı nedenleri arasında; polimerizasyon büzülmesi, restorasyon materyalinin ağız içerisinde maruz kaldığı ısı, mekanik ve kimyasal stresler, diş dokusu ve restorasyon materyali arasındaki ısıl genişleme katsayısı farklılıkları ve adezyonun yetersizliği gibi faktörler sayılabilmektedir (Altun, 2004; Kubo ve ark., 2004; Alonso ve ark., 2006; Moreira da Silva ve ark., 2007).

Polimerizasyon büzülmesi ve mikrosızıntı birbiriyle ilişkili kavramlardır ve polimerizasyon büzülmesi sonucu oluşan stresin azaltılmasına yönelik birçok yöntem önerilmektedir (Civelek ve ark., 2005). Polimerizasyon büzülme stresinin azaltılması için, kaviteye ve uygulama tekniğine bağlı faktörler değiştirilebilmektedir ancak materyalin bileşenlerine ait içerikler modifiye edilememektedir. Bu noktada da üretici firmalar devreye girerek polimerizasyon büzülmesi azaltılmış, farklı restoratif aşamalar gerektiren kompozit rezinleri klinisyenlerin tercihine sunmuştur.

Son zamanlarda bu ürünlerden en dikkat çekenini bulk-fill kompozitler olmuştur (D'Alpino PHP ve ark., 2011; Shortall AC ve ark., 2002). Geleneksel kompozitlerde yer alan Bis-GMA monomerinin kimyasında yapılan değişikliklerle viskozitesi düşük yeni bir monomer elde edilmiştir. Bu sayede geleneksel rezin kompozitlerden ve hatta akışkan kompozitlerden bile daha düşük derecede polimerizasyon büzülmesi göstermekte olup, marjinal adaptasyonu daha iyidir ve sonuç olarak çürük, kenar sızıntısı, pulpa irritasyonu ve hassasiyet gibi olumsuzlukların da oluşumuna engel olmaktadır (Czasch P ve Ilie N, 2013; El Damanhoury ve Platt, 2014; Leprince ve ark., 2014). Bulk-fill kompozitlerin polimerizasyon kinetiğinin daha iyi kontrol edilmesini

sağlayan; geliştirilmiş translusent yapısı ve metakrilat rezin içerisine yerleştirilen foto aktif gruplarıdır (Cara RR ve ark., 2007).

Bulk-fill kompozitler materyalin formülasyonu nedeniyle hekimin uygulama tekniğinden bağımsız olarak, 4-5 mm kalınlıkta kütleli olarak uygulanabilmektedir ve bu şekilde uygulandığında kontrollü polimerizasyon büzülmesi ve kabul edilebilir polimerizasyon dönüşüm derecesi sergilemektedir (Alrahlah ve ark., 2014; Bouschlicher ve ark., 2004; Czasch&Ilie, 2013; Ilie ve Hickel, 2011; Jin ve ark., 2009). Ayrıca bulk-fill kompozit materyaller, kütleli uygulamaya izin vermesi sayesinde hastanın koltuktaki tedavi süresinin kısalmasını sağlaması ve pratik olması sebebiyle birçok klinisyen tarafından tercih edilen materyaller olmaktadır. Bu nedenle bu güncel materyallerin klinik başarılarını doğru bir şekilde tespit edebilmek amacıyla, bu çalışmada bulk-fill kompozitlerde geleneksel kompozitleri mikrosızıntı değerleri açısından karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Ağız içinde bir çok kuvvete maruz kalan restorasyonlar in-vitro koşullarda her yönüyle değerlendirilmeye çalışılmakta ancak in-vitro çalışmaların belirli limitasyonları olduğu için oral çevre tam olarak yansıtılamamaktadır. İn-vitro koşullarda ağız ortamına benzer davranışları sağlayabilmek amacıyla çalışmamızda çiğneme simülatörü kullanılarak termo-mekanik yükleme yapılmıştır.

Mikrosızıntı çalışmalarının büyük çoğunluğunda çekilmiş insan dişi kullanıldığı bildirilmiştir (Türkün ve Ergücü, 2004). Canlı insan dişlerinin bağlama ve mikrosızıntı testlerini gerçekleştirmek için en iyi substrat olduğu bilinmektedir. Bununla beraber, bu çalışmaların in-vivo olarak yapılması oldukça zor olmaktadır. Bazı in-vitro çalışmalarda inek dişleri kullanılsa da (Hilton, 2002; Pazinato ve ark., 2003; Alonso ve ark., 2004), Rueggeberg, (1991) in-vitro çalışmalar için çekilmiş insan dişlerinin kullanılmasını önerilmektedir. Bu öneri doğrultusunda bu çalışmada çekilmiş üçüncü molar insan dişleri kullanılmıştır.

Dişler çekildikten sonra geçen süre ve dişlerin saklama koşullarının, deney sonuçlarını etkileyeceği bir çok çalışma tarafından bildirilmiştir (Konno AN ve ark., 2003; Retief DH, 1991).

Dişlerin saklanacağı sıvıda bulunan herhangi bir kimyasal maddenin diş yapısında değişikliğe neden olup, dentin geçirgenliğini değiştirebileceği ve bu nedenle yapılan ölçümlerde hatalar olabileceği çalışmalar tarafından gösterilmektedir (Dental materials, 1994). Formaldehitin oksidasyon süreci ortam solüsyonunun pH'inin değişimine neden olan formik asit oluşturabileceği için çekilmiş dişleri saklamak için uygun bir ortam olmadığı belirtilmektedir (Rueggeberg, 1991). Bu amaca uygun olarak kullanılabilir timol, etanol, serum fizyolojik, distile su gibi farklı solüsyonlar önerilmektedir (Retief DH, 1991; Konno AN ve ark., 2003). Ancak bir çok çalışmada saklama solüsyonu olarak distile su tercih edilmiştir (Manso AP ve ark., 2009; Türkün LS ve Çelik EU, 2004). Bu çalışma için toplanan dişler Goodis ve ark.'nın (1993) çalışmalarındaki sonuçlar dikkate alınarak, dentin geçirgenliğini koruyabilmek amacıyla, distile su dolu cam kavanoz içinde +4 °C' de saklanmıştır.

Dişlerin çekiminden sonra geçen sürenin uzaması dentin yapısında değişikliklere neden olarak bağlanmayı etkileyebileceği için çekimden sonra bekleme süresi 6 ay ile sınırlı olmalıdır (Lee JJ ve ark., 2007). Bu nedenle çalışmamızda kullanılan dişlerin çekiminden sonraki iki hafta içerisinde restorasyon aşamaları tamamlanmıştır.

Mikrosızıntı çalışmalarında gruptaki örnek sayısı yapılan araştırmaya göre değişiklik göstermekle birlikte, bir çok çalışmada her grup için örnek sayısının genellikle 10 olması gerektiği bildirilmiştir (Oba A ve Aras Ş, 2003; Chuang SF ve ark., 2001; Türkün L ve Ergücü Z, 2004; Crim GA ve Garcia-Godoy F, 1987). Bu araştırmada toplam 80 adet gömülü üçüncü molar dişi kullanılmış, her dişin mezial ve distal yüzeyine birer kavite hazırlandığı için toplam 160 kavite hazırlanmıştır. Gruplar 10'ar örnekten oluşmakta ve 4 farklı kompozit sisteminin uygulandığı toplam 16 adet alt grup bulunmaktadır.

Hazırlanan örneklerin kavite boyutu, şekli ve lokasyonu, mikrosızıntı çalışma sonuçlarını etkilemektedir. Çünkü bu değişkenler adeziv materyallerin bağlanma etkinliğiyle yakından ilişkilidir (Hilton, 2002). Kavite şeklinin, restorasyonda oluşabilecek stres üzerine etkili olduğu ve bu nedenle de mikrosızıntı formasyonu doğrudan ilişkili olan bir faktör olduğu düşünülmektedir. Bu stresin restorasyona bağlanan temas halindeki yüzey alanıyla ilişkili olduğu kanıtlanmıştır (Feilzer ve ark., 1993;1995). Hazırlanan kavitenin derinliği de oluşabilecek mikrosızıntının derecesini etkilemektedir. Bunun nedeni olarak, dentin tübüllerinin yarıçapı ve yoğunluğundaki farklılıklar görülmektedir (Trowbridge, 1987).

Sınıf II kutu kavite, posterior kompozit restorasyonlar için klasik Sınıf II kavitelere göre daha konservatif olmaları nedeni ile günümüzde yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu nedenle bu çalışmadaki bütün kavite kutu kavite şeklinde hazırlanmıştır.

Yapılan çalışmalarda dentin veya semente olan bağlanma kuvvetinin mineye olan bağlanma kuvvetinden daha düşük olduğu belirtilmektedir (Castelnuovo J ve ark., 1996; Hegde MN ve ark., 2009; Umer F ve ark., 2011). Bu iki doku, kompozit rezinlerin adezyonu için mine dokusu gibi uygun koşullar sağlayamamakta (Lopes GC ve ark., 2002) ve bunun nedeni olarak; sementin hipomineralize ve hiperorganik dış tabakasının, adeziv sistemler için asit uygulansa dahi mikroretansiyona izin vermeyen kompleks bir substrat yapı olarak davranması gösterilmektedir (Yuan Y ve ark., 2008). Bu çalışmada da restorasyon ve mine-dentin arası ve restorasyon dentin-sement arası mikrosızıntı değerlerini karşılaştırmak amacı ile her grubun mine-sement seviyesinin altı ve üzeri olacak şekilde iki alt grubu bulunmaktadır. Bu amaçla, gruplardaki örneklerin mezial kavite preparasyonları mine-sement sınırının 1mm altında, distal kavite preparasyonları mine-sement sınırının 1mm üzerinde sonlanacak şekilde bitirilmiştir.

Bir çok çalışmada yüzey preparasyon işlemleri tamamlandıktan hemen sonra adeziv sistemin dentine uygulanması önerilmektedir (Toledano M ve ark.,



2007; Ozcan M ve ark., 2010). Bu çalışmada da bağlanma dayanımının azalmaması için dişlerin yüzey hazırlığının tamamlanmasının ardından hemen restoratif işlemlere başlanmıştır.

Polimerizasyon büzülmesi; polimerizasyon sırasında monomerlerin polimer ağına dönüşümü esasında ortaya çıkmakta, van der Waals bağlarının daha kısa kovalent bağlarına dönüşmesi sonucu oluşmaktadır. Polimerizasyon streslerinin oluşması için % 1,5-5 polimerizasyon büzülmesinin yeterli olduğunu belirtilmiştir (Anusavice KJ, 2003). *Bouschlicher, Vargas ve Boyer tarafından yapılan bir çalışmada (1997)*; geleneksel kompozitlerin polimerizasyonları sırasında, viskoelastik özelliğin azalmasından dolayı, yüksek büzülme stresi geliştirdiği gösterilmiştir. Büzülme streslerini azaltmak için önerilen yöntemlerden bazıları; düşük elastikiyet modülüsüne sahip bir ara tabaka kullanılması, kompozitin altına adezivin daha kalın uygulanması (Choi KK ve ark., 2000) ve tabakalama tekniğinin kullanılmasıdır (Lutz E ve ark., 1986; Unterbrink GL ve Liebenberg WH, 1999).

Önceleri geleneksel kompozitler, kaviteye kütleli bir şekilde yerleştirilirken, yapılan araştırmalar sonucunda tabakalama tekniğinin daha başarılı olduğu gösterilmiştir. Bu yöntemin kütleli yerleştirmeye oranla, polimerizasyon büzülmesini daha iyi kontrol edebileceği ve restorasyon ile diş sert dokusu arasındaki büzülmeyle ilgili oluşan mikro düzeydeki aralıkları azaltabileceği saptanmıştır (Taylor MJ ve Lynch E, 1993). Bu şekilde tabakaların kalınlığının sınırlı olması, ışığın rezine penetrasyonunu da kolaylaştırmaktadır (Lazarchik DA ve ark., 2007; El-Safy S ve ark., 2012). Kalınlığın 2 mm'yi geçtiği durumlarda, kavite tabanında kalan materyalin yeterli seviyede polimerize olamayacağı ve ideal sertliğine erişemeyeceği için restorasyonun fiziksel ve mekanik özelliklerinin bozulacağı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Ernst CP ve ark., 2006; Fagundes TC ve ark., 2006).

Mikrosızıntıyı azaltmak için, bahsedilen şekilde daha düşük elastikiyet modülüsüne sahip ara tabaka olarak akışkan kompozitlerin veya farklı fiziksel özelliklere sahip kompozit rezinlerin kullanılması tavsiye edilmektedir (Choi KK ve ark., 2000; Ferdianakis K, 1998; Reeves GW, 1995). Düşük viskoziteli rezinlerin şok

emici etkisi yarattıkları yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Montes MAJR ve ark., 2001). Akışkan kompozitlerin inorganik doldurucu partikül oranı geleneksel kompozitlere göre daha düşük olduğundan, elastikiyet modülüsü hibrit kompozitten ve dentinden daha düşüktür ve 1–5 GPa arasındadır. Düşük elastikiyet modülüsünün, bu materyallere büzülme stresini absorbe ederek daha fazla esneklik özelliği kazandırdığı bir çok araştırmacı tarafından çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Civelek A ve ark., 2003; Estefan AM ve Estefan D, 2000; Labella R ve ark., 1999; Park SH ve ark., 1999; Unlu N ve ark., 2003; Unterbrink GL ve Liebenberg WH, 1999).

Bulk-fill kompozitlerin akışkan bulk-fill kompozitler olarak ikinci bir tipi bulunmaktadır. Akışkan bulk-fill kompozitler düşük viskozitelidir ve enjekte edilebilir formdadır (Chesterman J ve ark., 2017). Akışkan bulk-fill kompozitlerin marjinal bütünlüğü ve mikrosızıntıyı azalttığını gösteren bir çok çalışma bulunmaktadır (Roggendorf MJ ve ark., 2011; Agarwal RS ve ark., 2015; Benetti AR ve ark., 2015; Furness A ve ark., 2014).

Bu araştırma; bu güncel bulk-fill kompozit rezinlerin, akıcı bulk-fill kompozitlerin, standart geleneksel kompozitlerle ve geleneksel kompozit restorasyonların altına daha visköz bir materyal uygulanan gruplarla polimerizasyon büzülmesi ve buna bağlı gelişen mikrosızıntı seviyelerini kıyaslamak ve termomekanik yüklemenin mikrosızıntı üzerine etkilerini gözlemlemek amacı ile yapılmıştır. Bu nedenle çalışmamızda dört farklı kompozit sistemi kullanılmış ve klinik olarak hangisinin daha başarılı sonuçlar verdiği araştırılmıştır. Her kompozit grubunun mine-sement birleşiminin altında ve üzerinde sonlanan ve termomekanik yüklemeye uygulanan ve uygulanmayan alt grupları bulunmaktadır.

Bu çalışmada, farklı kompozitlerin ve farklı restorasyon prosedürlerinin mikrosızıntı düzeylerine olan etkisini kıyaslanacağı için örneklerin kavite büyüklükleri ve adeziv sistem parametreleri sabit tutulmuştur. Bütün kavitelere Clearfil S3 Bond Plus (Kuraray Noritake Dental Inc.) aplikatör fırçası yardımıyla uygulanmıştır ve ardından 10 s beklenmiştir. Kavite duvarları adeziv uzaklaşmayacak şekilde hava-su spreyi yardımıyla kurutulmuştur (Yaklaşık 10 s). Ardından bonding

ajan led ışık cihazı (SDI Raddi Plus, SDI, AVUSTRALYA) ile üretici firma talimatları doğrultusunda 10 s ışıkla polimerize edilmiştir.

Bu çalışma için dört farklı kompozit kullanılarak, dört farklı kombinasyonla gruplar restore edilmiştir. Birinci restorasyon kombinasyonu için; kavite tabanına 1mm akışkan kompozit uygulanmasının ardından üzerine 2'şer mm geleneksel kompozit yerleştirilmiştir. Böylece elastik duvar konsepti ile stresin azaltılması hedeflenmiştir. İkinci restorasyon kombinasyonu için; klinikte en sık uygulanan yöntem olan geleneksel kompozit ile inkremental olarak 2'şer mm tabakalanmıştır. Üçüncü restorasyon kombinasyonu için; akışkan bulk-fill kompozit kavite tabanına 4mm uygulanıp, 20 s polimerize edildikten sonra üzerine 1mm geleneksel kompozit ile capping işlemi yapılmıştır (El Safty ve ark., 2012). Dördüncü restorasyon kombinasyonunda ise sadece bulk-fill kompozit kullanılarak 5mm olarak tek seferde tabakalanmıştır.

Ağız ortamı, dental restorasyonlarda yorulmaya bağlı meydana gelebilecek başarısızlıklar için gerekli olan tüm faktörleri içermektedir. Bu nedenle, restorasyonların dayanıklılık ve uzun ömür karakteristiklerine ait gerçekçi verilerin elde edilebilmesi için uzun dönemli klinik araştırmalara gereksinim duyulmaktadır. Isı döngüsü ile yaşlandırma tekniği, dental restorasyonların uzun dönem klinik şartlarını taklit etmesi için uygulanan yöntemlerden bir tanesidir. **Türkün ve Ergücü'nün (2004)** farklı mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan gereç ve yöntemlerin karşılaştırmasını yaptıkları derlemelerinde, en sık tercih edilen yaşlandırma yönteminin ısı döngü testi yöntemi olduğu, ısı döngüsü öncesi ve sonrası, örneklerin 24 saat boyunca 37° C' deki distile suda bekletilmesi gerektiği bildirilmiştir. Isı döngü uygulamasının çok büyük oranda 5°-55° C sıcaklıkları arasında (%98,7), çeşme suyu kullanılarak gerçekleştirildiği (% 96,6), en sık tercih edilen döngü sayısının da 250-500 arasında olduğu, ısı banyosunda (dwell time) kalma süresinin ise 30 s olarak (% 82,7) uygulandığı belirtilmektedir (Türkün L ve Ergücü Z, 2004). **Gale ve Darvell'in çalışmalarına (1999) göre;** 10.000 adet ısı döngüsü in-vivo olarak yaklaşık 1 yıllık fonksiyona eşdeğerdir.

Termo-mekanik yükleme ağız ortamını taklit eden bir diğer yöntemdir. Bu yöntemde kullanılan dual akslı çiğneme simülatörü mekanik okluzal yüklemenin yanında eş zamanlı olarak ısı döngüsü de uyguladığı için oral çevreyi taklit etmede oldukça başarılıdır. Isı döngü esnasında sıvı, dişlerin bulunduğu hazne içerisinde devir daim yapmaktadır. Bu sayede haznede sürekli soğuk veya sıcak su kalması sağlanmaktadır (Martin S ve ark., 2009). Literatüre göre çiğneme simülatöründe yaklaşık olarak 240.000- 250.000 adet döngü bir yıllık klinik ortamdaki kullanıma karşılık gelmektedir. (Florian B ve ark., 2012; Heydecke G ve ark., 2001). Çiğneme simülatörü ile yapılan çalışmalarda siklus sayıları ve uygulanan kuvvetler araştırmacıların amacına uygun olarak değişiklik göstermektedir.

**Att ve ark.'nın (2009) yaptığı bir çalışmada;** doğal diş üzerine farklı zirkonyum oksit materyallerinden, posterior bölgede 3 üyeli köprüler yaparak bu örneklerin yarısı, çiğneme simülatöründe 5 yıllık yaşlandırma işlemi için termo-mekanik yüklemeye (1.200.000 siklus, 1.6 Hz) maruz bırakılırken, diğer yarısı kontrol grubu olarak tayin edilip, termo-mekanik yükleme işlemi yapılmadan universal test cihazına sokulmuştur. **Guess ve ark.'nın çalışmasında (2013);** 144 adet çekilmiş diş üzerine farklı kalınlıkta yapılan onlay ve ultra-ince kronlar karşılaştırılmış, örneklerin yaşlandırılması için 49 N kuvvetle 1.200.000 siklus uygulanmıştır. **Mi-Jin ve ark.'nın çalışmasında (2012);** örneklere çiğneme simülatöründe 300.000 siklusta 49 N ile yaşlandırma yapılarak yüzey aşınma oranlarına bakılmıştır. **Barcellos ve ark.'nın çalışmasında (2013);** 70 adet çekilmiş üst kanin diş post sistemlerinin araştırılması esnasında 30 N kuvvet altında, 250.000 siklus, 2.6 Hz frekansı ile yorulma testleri yapıldıktan sonra kırılma testlerine tabii tutulmuştur. 72 adet çekilmiş diş üzerinde üç farklı bonding sistemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, 1.6 Hz frekansta, 1.200.000 siklusta ve 50 N kuvvet altında yükleme yapıldıktan sonra bağlantı dirençlerine bakılmıştır (Schwendicke F ve ark., 2015).

Bu çalışmadaki öncelikli amacımız; oral bölgedeki çiğneme kuvvetleri ve ısı farklılıklarına maruz kalan örneklerin mikrosızıntılarını kıyaslayabilmektedir. Bu amaçla, farklı ısı uygulamaları ve okluzal yüklemeyi birlikte gerçekleştiren dual akslı çiğneme simülatörü kullanılmıştır. Literatürdeki çalışmalar ışığında bu

çalışmanın kontrol grubu dışındaki örneklerine; restorasyonların oral bölgede maruz kaldığı kuvvetlere yakın olması amacıyla 50 N'luk çiğneme yükü uygulanmıştır. 1 yıllık yaşlanma sürecini taklit edebilmesi için de 240.000 siklus, 1.6 Hz frekansta uygulanmıştır. Örnekler eşzamanlı olarak her sıcaklık derecesinde 60 s kalacak şekilde +5 °C ve +55 °C aralığında örnek kaplarına dolan su aracılığı ile de ısı döngü testine maruz bırakılmıştır (Esetron chewing simulator, Turkey).

Kompozit rezinlerin mikrosızıntı seviyeleri genellikle boya penetrasyon yöntemi ile tespit edilmektedir (Civelek A ve ark, 2003; Derhami K ve ark., 1995; Dejou J ve ark., 1996; Zivkovic S ve ark., 2000). Boya penetrasyon yönteminde, çekilmiş dişlerin ilk önce restorasyonları tamamlanmaktadır (Roulet JF ve ark., 1989). Restorasyonun dışında kalan tüm diş yüzeyi su geçirmeyen bir tırnak cilasası ile örtüldükten sonra boyanın içine bırakılmaktadır. Örnekler, belirlenen süre kadar boya içinde bekletildikten sonra çıkarılıp akan suyun altında yıkanmaktadır. Örneklerden kesit alındıktan sonra boyanın ne kadar sızdığı görsel olarak ölçülmektedir (Hilton TJ, 2002). **Türkün ve Ergücü'nün** kullanılan farklı boya türlerini inceledikleri araştırmalarında (2004); çalışmaların %86.8'inde dişler yaşlandırma işleminden sonra boya solüsyonlarında bekletilmiştir (Türkün LŞ ve Ergücü Z, 2004). Kullanılan boya solüsyonlarının tercih edilme oranları şöyledir: bazik fuksin (%40.8), gümüş nitrat (%26.5) ve metilen mavisi (%20). Banyoda kalma süresi, bazik fuksin için 24 veya 48, gümüş nitrat için 2 ve metilen mavisi için 4 saattir (Türkün LŞ ve Ergücü Z, 2004). Mikrosızıntıyı ölçmek için farklı partikül büyüklüğüne sahip bir çok boya kullanılabilir. Ancak bu farklı boyaların çalışma sonuçlarını etkilemediği ve hepsinin kullanılabilir olduğu bildirilmiştir (Hilton TJ, 2002). **Crim ve ark. (1985;1987)**, farklı sürelerde boya çözeltisinde beklettikleri örneklerin mikrosızıntı değerlerini inceledikleri çalışmalarında boya penetrasyon derecelerinin, boyada kalış süresinden de etkilenmediğini bildirmiştir.

Çalışmamızda tüm örneklerin restorasyonları tamamlandıktan sonra, apexten boya sızması için apikal bölge bir tabaka pembe mumla kaplanmıştır ardından diş yüzeyindeki herhangi bir çatlaktan boyanın sızmasını önlemek için iki tabaka tırnak cilasası sürülmüştür. Kontrol grubu dışında kalan örnekleri çiğneme simülatöründe

termo-mekanik yüklemeye tabi tutacağımız için apexleri kapatılmış ve ojeyle örtülmüş dişler, simülatörün üretici firma talimatları doğrultusunda akrilik ile PVC kalıplara yerleştirilmiştir. Ardından termo-mekanik sıklusa maruz kalan ve kalmayan tüm örnekler, literatür taramalarında mikrosızıntı tespiti için en çok tercih edilen %0.5' lik bazik fuksin boyasına (23°C'de 24 saat) batırılmıştır.

Üç boyutlu değerlendirme yapıldığında; geleneksel, tek yönde yatay, ortadan bölme veya bir kaç kesit almaya göre mikrosızıntının daha iyi saptandığı (Gwinnett JA ve ark., 1995; Gale MS ve ark., 1994) ancak üç boyutlu değerlendirme yapmanın zor ve zaman alıcı olduğu, ayrıca uygulayan kişinin deneyiminden etkilendiği bildirilmiştir (Hilton T, 1998). **Türkün ve Ergücü'nün (2004) çalışmalarında;** mikrosızıntının değerlendirilmesinde en çok (% 96.7) tercih edilen yöntemin iki boyutlu değerlendirme yöntemi olduğu belirtilmiştir (Türkün LŞ ve Ergücü Z, 2004). Bu nedenle çalışmamızda, mikrosızıntı skorlamasında iki boyutlu değerlendirme yöntemi kullanılmış, yavaş turda dönen elmas separe ile (Micracut 175, Metkon Instruments Ltd, Bursa, Turkey), mezial-distal düzlemde mid-sagittal yönde, irigasyon altında kesitler alınmıştır. Daha sonra tüm örneklerin mikrosızıntı değerleri, stereomikroskop (Leica MZ 12; Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) altında 40 büyütmede (x40) tespit edilmiştir. Ancak bu yöntemde değerlendirme sistemi gözlemcinin kendi yorumuna dayalı olmaktadır ve sızıntı miktarı yalnızca kesitin elde edildiği yüzeylerde değerlendirilmektedir (Yavuz ve ark., 2003). Bu nedenle boya penetrasyon derinliklerinin skorlaması, iki farklı araştırmacı tarafından konsensus oluşturarak ve hangi restorasyonların uygulandığından habersiz bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Boya penetrasyon derinliklerinin skorlanmasında, **Nadig ve ark.'nın (2011) çalışmalarında kullandığı skala tercih edilmiştir.**

Daha önce de bahsedildiği gibi bir çok araştırmada, restorasyonların servikal kenarının dentin veya sementte sonlandığı durumlarda, mine kenarına göre daha zayıf kenar örtülmesi gerçekleştiği gösterilmiştir (Poggio C ve ark., 2013; Chiesa M ve ark., 2013; Ferrari M ve ark., 1997). Heterojen yapısı nedeniyle, dentin bağlanma için uygun bir doku örneği göstermemektedir (Bala O ve ark., 2003). Bu nedenle, kütleli bir şekilde kaviteye yerleştirilen kompozit rezin, dentin

yüzeyinden ayrılma eğilimi göstermekte ve buna bağlı olarak mikro düzeyde gözenekler oluşmasına neden olmaktadır (Crim GA ve Chapman KW, 1986; Crim GA., 1991; LeClaire CC ve ark., 1988). Bunlara ek olarak, proksimal kavitelere ulaşım zorluğu ve nem kontrolünün yetersizliği, bu bölgelerde restorasyonun kalitesini azaltabilmektedir (Ferracane JL, 1992). **Neiva ve ark. (1998)'nın çalışmasında;** minede sonlanan kavite kenarlarında farklı restoratif tekniklerin mikrosızıntı açısından bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir. Bunun yanında, farklı adeziv sistemlerin kullanıldığı daha önceki araştırmalar incelendiğinde de, birçok adeziv sistemin mine dokusunda daha iyi performans gösterdiği, sement ve dentin dokusunda ise aynı performansı sergileyemediği ispatlanmıştır (Manhart ve ark., 2001; Alavi ve Kianimesh, 2002; Arisu ve ark., 2009).

Bu çalışmada da, mikrosızıntı değerleri kavitenin lokalizasyonundan önemli derecede etkilenmiştir. Marjini mine-dentinde sonlanan restorasyonlardaki boyanın infiltrasyon miktarı, marjini dentin-sementte sonlanan restorasyonlara göre anlamlı derecede düşüktür ( $p<0,05$ ). Bu sonuçlar, literatürlerde yayınlanmış olan 'Dentinde meydana gelen mikrosızıntı miktarı mineye oranla daha yüksektir.' sonuçları ile uyumludur (Poggio C ve ark., 2013).

Benzer şekilde termo-mekanik yükleme yapıp yapılmaması da mikrosızıntı skorlarını anlamlı derecede etkilemiştir. Bu etki, mine-dentin ve dentin-sementte sonlanan kavitelere farklılık göstermiştir. Mine-dentinde sonlanan ve termo-mekanik yükleme yapılmayan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmazken ( $p>0,05$ ), termo-mekanik yükleme yapılan örnekler arasında geleneksel kompozit ve bulk-fill kompozit grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark izlenmiştir ( $p<0,05$ ). Mine-dentinde sonlanan ve termo-mekanik yükleme yapılan geleneksel kompozit grubu yine mine-dentinde sonlanan ve termo-mekanik yükleme yapılan bulk-fill kompozit grubuna oranla daha fazla mikrosızıntı sergilemiştir. ( $p<0,05$ ).

Dentin-sementte sonlanan restorasyonlar dikkate alındığında, termo-mekanik yükleme yapılmayan gruplar, arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark izlenmezken

( $p>0,05$ ) termo-mekanik yükleme yapılan örnekler arasında ise geleneksel kompozit grubu ile akıcı kompozit+geleneksel kompozit, bul-fill akıcı+ geleneksel kompozit, bulk-fill kompozit grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmiştir ( $p<0,05$ ). Dentin-sementte sonlanan ve termo-mekanik yükleme yapılan geleneksel kompozit grubu, diğer gruplara oranla daha fazla mikrosızıntı sergilemiştir ( $p<0,05$ ).

*Chan ve Glyn Jones'un (1994)*, ısı döngüsünün mikrosızıntı üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, kök yüzeyine yaptıkları restorasyonlardan sonra dişlerin yarısı sabit sıcaklıkta bekletilirken diğer yarısına da ısı döngü testi uygulanmıştır. Tüm örneklerin mikrosızıntı değerleri incelendiğinde ısı döngü testinin uygulandığı ve uygulanmadığı örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir. Araştırmacıların kompozit rezin materyallerinin farklı ısı döngü tekniklerinin mikrosızıntı değerleri üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında; ısı döngü testi banyolarında bekletilme sürelerinin ve farklı siklus sayılarının, kompozitlerin mikrosızıntı değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı bildirilmiştir (Crim GA ve Garcia-Godoy F, 1987; Doerr CL ve ark., 1996).

Diğer bir çalışmada çiğneme simülatörünün uyguladığı mekanik yükleme kuvvetlerinin, tüberkül sapması, marjinlerde stres, mikrosızıntı ve bu alanlardan boya infiltrasyon artışına neden olduğu bulunmuştur. Diş ve restorasyon arası adezyon kuvveti incelendiğinde ise; yüklemenin sıklığına ve şiddetine bağlı olarak adezyon kopabilmekte ve mikrosızıntı gelişebilmektedir (Mandras ve ark., 1991; Lundin ve Noren, 1991; Campos ve ark., 2005).

Bu çalışmada da bu çalışma sonuçlarına benzer olarak, örnekler termo-mekanik yükleme sonrasında termo-mekanik yükleme yapılmayan kontrol gruplarına göre, daha yüksek mikrosızıntı skorları sergilemektedir. Yaşlandırma işlemlerinden sonra restorasyonların adezyon kabiliyetinin azaldığı, mikroaralıklar oluştuğu ve bu nedenlerden dolayı diş-restorasyon arası sızıntı değerlerinde artış olduğu tahmin edilmektedir.



Sınıf II restorasyonların gingival basamağına uygulanan akışkan kompozitlerin mikrosızıntıyı azalttığını gösteren bir çok in-vitro çalışma bulunmaktadır (Leevailoj C ve ark., 2001; Prager MC, 1997; Attar N ve ark., 2004; Ölmez A ve ark., 2004; Yıldırım S ve ark., 2005). Bunlara ek olarak; adeziv tabakanın elastikiyet modülüs değeri hibrit tabaka ve rezin kompozitin elastikiyet modülüs değerlerine yaklaşırsa, ara tabaka olarak düşük viskoziteli rezinlerin uygulanabileceği de önerilmektedir (Van Meerbeek B ve ark., 1993). Doldurucu içeren adeziv sistemler veya düşük viskoziteli rezinlerin elastik kavite duvarı konsepti ile uygulanmasının mikrosızıntı açısından bir etkisinin olmadığını belirten çalışmalar da mevcuttur (Pongprueksa P ve ark., 2007; Peris ve Duarte S Jr & Andrade MF (2003); ve Jain P ve Belcher M, 2000). **Poggio ve ark.'larının (2013) çalışmasına göre;** gingival kenarın mine-sement birleşiminin apikaline uzandığı Sınıf II kavitelere kullanılan farklı restoratif materyal ve tekniklere rağmen mikrosızıntı tamamen elimine edilememektedir (Rosa BT ve Perdigao J, 2000). Bu araştırmanın aksine kavite gingival kenarlarının mine-sement birleşiminin apikaline uzandığı dolayısıyla ideal koşulların sağlanamadığı preparasyonların varlığında, oluşan polimerizasyon büzülmesinin engellenmesi ve stres kırıcı bir bariyer oluşturulması amacıyla akışkan kompozitlerin uygulanması önerilmektedir (Yip KH ve ark., 2003; Peşkersoy C ve ark., 2013; Loguercio AD ve ark., 2008).

İlgili literatür incelendiğinde görüldüğü üzere, akışkan kompozitlerin elastik duvar konseptine uygun şekilde uygulanmasının mikrosızıntıya olan etkisi kesin değildir. Ancak bu tez çalışması sonucunda, kavite tabanına uygulanan akışkan kompozitin, restorasyonun lokalizasyonundan ve termo-mekanik yüklemekten bağımsız olarak, yalnızca geleneksel kompozit kullanılarak restore edilen kavitelere mikrosızıntıyı engellemede daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmada test edilen bulk-fill kompozitlerin mikrosızıntı sonuçları dikkate alındığında; mine-dentinde sonlanan ve termo-mekanik yükleme yapılmayan bulk-fill kompozit grupları ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark izlenmemiştir ( $p>0,05$ ), termo-mekanik yükleme yapılan örnekler arasında geleneksel

kompozit ve bulk-fill kompozit grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark izlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Dentin-sementte sonlanan restorasyonlar dikkate alındığında, termo-mekanik yükleme yapılmayan gruplar, arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark izlenmezken ( $p > 0,05$ ) termo-mekanik yükleme yapılan örnekler arasında hem bulk-fill hem de akıcı bulk-fill grupları geleneksel kompozit grubuna oranla daha az mikrosızıntı sergilemiştir. Ancak bulk-fill kompozit grupları ile akışkan+geleneksel kompozit grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ( $p > 0,05$ ).

Bulk-fill kompozitlerin popülaritesinin artmasıyla birlikte tabakalama ve bulk tekniğinin kıyaslandığı bir çok çalışma yapılmıştır. Tabakalama tekniğindeki tüberkül sapması oranı daha önce bahsedildiği gibi bir çok araştırmada bulk tekniğine göre kayda değer bir şekilde daha düşük bulunmuştur (Lee ve ark., 2007; Park ve ark., 2008). Buna paralel olarak *Poskus ve ark. (2004b)*, tabakalama ve bulk-fill uygulamalı kompozit rezin (Solitaire, SureFil, Filtek A110, Z100 ve ALERT) materyallerinin mikrosızıntı değerlerini inceledikleri bir çalışmada, bulk-fill tekniği ile uygulanan örneklerde tabakalı teknik ile uygulanan örneklere göre daha fazla mikrosızıntı olduğunu bildirmiştir. *Yazıcı' nın yaptığı bir klinik takip çalışmasında (2015)*; dişler Tetric EvoCeram Bulk-Fill ve Filtek Ultimate Universal Restorative ile restore edilmiş ve 18 ay sonunda sadece Filtek Ultimate Universal Restorative grubuna ait iki restorasyon kenar uyumu açısından daha başarılı bulunmuştur.

Diğer yandan bu görüşlere zıt olarak bulk-fill kompozitin daha başarılı sonuçlar verdiğini kanıtlayan çalışmalar da mevcuttur. *Verluis ve ark.'nın çalışmasında (1996)*; tabakalama (inkremental) yöntemiyle yapılan restorasyonlarda deformasyon oranı ile diş-restorasyon arası stres oranının daha fazla olduğu bildirilirken, *Sarret (2005) ve Campodonico ve ark. (2011)*, tabaka sayısının azaltılması hatta tek tabaka (bulk) halinde uygulanmasında bile başarılı sonuçlar elde edileceğini bildirmiştir. *Kuijs ve ark.'nın (2003) ve Abbas ve ark.'nın (2003) çalışmalarında*; tabakalama yönteminde polimerizasyon büzülmesinin daha fazla olduğu rapor edilmiştir. *Benetti AR ve ark., (2015); Furness A ve ark.,'nın (2014) yaptığı çalışmalara göre*; bulk-fill kompozitler geleneksel kompozitlere göre daha üstün marjinal bütünlük sergilemektedir

(Burgess J ve Cakir D, 2010; Furness A ve ark., 2014). **Jang ve ark. (2015)'nin çalışmalarında**, yüksek doldurucu içeren akışkan kompozit (G-Aenial Universal Flo), iki akışkan bulk-fill kompozit (Surefil SDR Flow ve Venüs Bulk fill) ve akışkan olmayan bulk-fill kompozit (Tetric N-Ceram Bulk fill) geleneksel kompozitlerle (Tetric Flow, Filtek Supreme Ultra) karşılaştırılmış, 4 mm derinlikte uygulanan SDR Bulk-fill ile Venüs Bulk-fill'in yüksek sertlik oranı sergilediği, ve metakrilat bazlı kompozitlerin gerekli polimerizasyon derinliğini sağlayamadığı bildirilmiştir. **Özyurt ve Ersöz'ün yaptığı bir başka çalışmada da (2000)**; bulk, okluzogingival horizontal, oblik ve fasiyolingual tabakalama teknikleri ile restore edilen Sınıf II kaviteilerin gingival kenarlarındaki gap formasyonu SEM görüntüleriyle değerlendirilmiş, bulk tekniğinde oluşan mikroaralığın bariz şekilde fazla olduğu gözlenmiş ve tabakalama tekniklerinden hiçbirinin marjinal aralığın azaltılmasında etkili olmadığı gösterilmiştir.

**Aranha ve Pimenta'nın çalışmasında (2004)**, Sınıf II kaviteelerde nanohibrit kompozit rezin olan Tetric Ceram®'in tabakalı ya da bulk-fill tekniği ile uygulanan örnekleri arasında mikrosızıntı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemektedir. **Heintze ve ark.'nin (2015)**, Sınıf II kaviteelerde tek kütle halinde yerleştirdikleri Tetric EvoCeram Bulk-Fill rezin kompozit ile tabakalı yöntemle uyguladıkları Tetric EvoCeram geleneksel rezin kompoziti karşılaştırdıkları bir *in-vitro* çalışmada, kenar uyumu açısından materyaller arasında anlamlı bir farklılık görülmediği bildirilmiştir. **Campos ve ark.'nin çalışmalarında (2014)**; 5 farklı kompozit materyalin (Venus Bulk-Fill/Venus Diamond; Tetric EvoCeram BulkFill/Tetric EvoCeram; Surefil SDR/Ceram-X; SonicFill; Ceram-X/Ceram-X (kontrol)) Sınıf II kavitelerdeki kenar adaptasyonu *in-vitro* olarak karşılaştırılmıştır ve geleneksel rezin kompozitler ile bulk-fill rezin kompozitlerin benzer kenar uyumu oranları sergilediği rapor edilmiştir.

İlgili literatür incelendiğinde görüldüğü üzere, bulk-fill kompozitlerin mikrosızıntısı ile ilgili yapılan çalışmalar farklı sonuçlar sergilemektedir. Bu durum metodolojik ve materyal farklılıklarından kaynaklanıyor olabilir. Bu çalışmanın bulguları sonucunda termo-mekanik yükleme ile yaşlandırılan ve dentin

sınırında lokalize olan restorasyonlarda bulk-fill ve akıcı bulk-fill kompozitlerin, geleneksel kompozite oranla daha az mikrosızıntı sergilediği sonucuna varılmıştır.

Geleneksel kompozitlerin tabakalama tekniği kullanılarak yapıldığı ve değerlendirildiği klinik çalışma sayısının literatürde oldukça fazla olmasına karşın, bulk-fill kompozitler ile ilgili klinik takip çalışma sayısının yetersiz olduğu tespit edilmiştir (Van Dijken JW ve Allesen U, 2014; Van Dijken JW ve Pallesen U, 2015). Çalışmamız bu doğrultuda, uzun yıllardır kullanılan geleneksel kompozit rezinlerin klinik performansları ile piyasaya yeni sürülen bulk-fill kompozit rezinlerin klinik performanslarını kıyaslamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşımın, hem klinik ile ilişkili sonuçların tespiti hem de klinisyenler için yararlı olacağı düşüncesindeyiz.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın limitleri dahilinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilir:

a) Sınırı dentin-sementte sonlanan restorasyonlar, mine-dentinde sonlanan restorasyonlara göre daha yüksek mikrosızıntı değeri gösterir.

b) Termo-mekanik yüklemeye maruz kalan örneklerin mikrosızıntı miktarları artar, mine-dentinde sonlanan restorasyonlar, dentin-sementte sonlanan restorasyonlara oranla termo-mekanik yüklemeden daha az etkilenirler.

c) Restoratif materyallerin dört farklı kombinasyonu kıyaslandığında, kavitenin dentinde sonlandığı ve termo-mekanik yükme uygulandığı durumda, bulk-fill kompozitler, geleneksel kompozite göre mikrosızıntıyı daha başarılı şekilde engellemiştir. Ancak kavite tabanına akışkan kompozit yerleştirildiğinde benzer mikrosızıntı sonuçları izlenmiştir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre; bulk-fill kompozitler özellikle çocuk veya anksiyeteli hastaların posterior bölge restorasyonlarında, tedavi süresinin kısalması istenen durumlar için geleneksel kompozitler kıyasla tercih edilebilir materyallerdir.

Kavitenin dentin-sementte sonlandığı durumlarda, geleneksel kompozitler diğer kompozitlere göre daha az tercih edilir materyaller olarak görülmektedir. Ek olarak, kavite tabanına geleneksel kompozitin altına, akışkan geleneksel kompozit uygulanan grup, sadece geleneksel kompozit uygulanan gruba göre daha az sızıntı gösterdiği için, özellikle dentin-sementte sonlanan restorasyonlarda geleneksel kompozit altına akışkan kompozit uygulaması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- ABBAS G, FLEMING GJ, HARRINGTON E, SHORTALL AC, BURKE FJ. (2003). Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with a packable composite resin cured in bulk or in increments. *J Dent*, **31**: 437-444.
- AGARWAL RS, HIREMATH H, AGARWAL J, GARG A. (2015). Evaluation of cervical marginal and internal adaptation using newer bulk fill composites: An in vitro study. *J Conserv Dent*, **18**: 56-61.
- ALANI AH, TOH CG. (1997). Detection of microleakage around dental restorations: A Review. *Oper Dent*, **22**: 173-185.
- ALAVI AA, KIANIMANESH N. (2002). Microleakage of direct and indirect composite restorations with three dentin bonding agents. *Oper Dent*. **27**: 19-24.
- ALBERS, H.F. (2002). *Tooth-Colored Restoratives Principles and Techniques*. (Ninth edition). Hamilton: BC Decker Inc, 86-112.
- ALONSO RCB, CORRER GM, CUNHA LG, BORGES AFS, RONTANI RMP, SINHORETI MAC. (2006). Dye staining gap test: an alternative method for assessing marginal gap formation in composite restorations. *Acta Odontol Scand*. **64**: 141-145.
- ALONSO, R.C.B., SINHORETI, M.A.C., SOBRINHO, L.C., CONSANI, S., GOES, M.F. (2004). Effect of resin liners on the microleakage of class v dental composite restorations. *J. Appl. Oral Sci.*, **12**: 56-61.
- ALRAHLAH A., SİLİKAS N., WATTS D.C. (2014). Post cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dent Mater*, **30**: 149-154.
- ALTUN C. (2004). Restoratif Diş Hekimliğinde Mikrosızıntı. *Gülhane Tıp Derg*, **46**(3): 264-269.
- ANUSAVICE KJ. (2003). Philips' science of dental materials. 11th ed. MO, Saunders, USA pp 92-94, 154-162.
- ARANHA ACC, PIMENTA LAF. (2004). Effect of two different restorative techniques using resinbased composites on microleakage. *Am J Dent*; **17**(2): 99-103.
- ARISU HD, ELIGUZELOGLU E, UCTASLI MB, OMURLU H, TURKOZ E. (2009). Effect of multiple consecutive adhesive coating on microleakage of class v cavities. *Eur J Dent*, **3**: 178-184.
- ATT W, KOMINE F, GERDS T, STRUB JR. (2009). Marginal adaptation of three different zirconium dioxide three-unit fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent*, **101**: 239-47.

- ATTAR N, TURGUT MD, GUNGOR HC. (2004). The effect of flowable resin composites as gingival increments on the microleakage of posterior resin composites. *Oper Dent*, **29**: 162-167,.
- BALA O, ÜCTAŞLI MB, ONLU I. (2003). The leakage of class II cavities restored with packable resin based composites. *J Contemp Dent Pract*, **4**:1-7.
- BALTZER A, KAUFMANN-JINOIAN V. (2002). Die Beurteilung von Kaukräften. *Quintessenz Zahntechnik*, **28**: 928-98.
- BARCELLOS RR, CORREIA DPD, FARINA AP, MESQUITA MF, FERRAZ CCR, CECCHIN D. (2013). Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with intra- radicular post: The effects of post system and dentine thickness. *Journal of Biomechanics*; **46**: 2572-7.
- BARKMEIER WW, ERICKSON RL. (1994). Shear bond strength of composite to enamel and dentin using scotchbond multi-purpose. *Am J Dent*, **7**(3): 175- 179,..
- BARROS GK, AGUIAR FH, SANTOS AJ, LOVADINO JR. (2003). Effect of different intensity light curing modes on microleakage of two resin composite restorations. *Oper Dent*, **28**: 642-646,
- BATES JF, STAFFORD GD, HARRISON A. (1976). Masticatory function—a review of the literature. III. Masticatory performance and efficiency. *J Oral Rehabil*, **3**: 57-67.
- BAUM L, PHILLIPS RW, LUND MR. (1985). Textbook of operative dentistry. Tooth colored restoratives. 2th. Edition, 206.
- BAYNE, S.C., HEYMAN, H.O. AND SWIFT, E.J.JR. (1994). Update on dental composite restorations. *The Journal of the American Dental Association*, **125**(6), 687-701.
- BEKTAŞ ÖÖ. (2006). Farklı ışık kaynaklarının ve ışık uygulama tekniklerinin kompozit rezinlerdeki polimerizasyon büzülmesi ve dentine bağlanma dayanımlarına etkisinin incelenmesi. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sivas,
- BENETTI, A.R., HAVNDRUP-PEDERSEN, C., HONORÉ, D., PEDERSEN, M.K. AND PALLESEN, U. (2015). Bulk-Fill Resin Composites: Polymerization Contraction, Depth of Cure, and Gap Formation. *Operative Dentistry*, **40**(2), 190-200.
- BENNETT A, WATTS DC. (2004). Performance of two blue light-emitting-diode dental light curing units with distance and irradiation-time. *Dent Mater*, **20**: 72-79.
- BEZNOS C. (2001). Microleakage at the cervical margin of composite Class II cavities with different restorative techniques. *Oper Dent*, **26**: 60-69.
- BOUSCHLICHER M.R., RUEGGERBERG F.A., WILSON B.M. (2004). Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. *Oper Dent*, **29**:698-704.

- BOUSCHLICHER MR, VARGAS MA, BOYER DB. (1997). Effect of composite type, light intensity, configuration factor and laser polymerization on polymerization contraction forces. *American Journal of Dentistry*, **10**(2): 88-96.
- BOWEN RL, et al: (1984). Smear layer: removal and bonding considerations, *Oper Dent*, 3(suppl): 30-34,
- BOWEN RL, MARJENHOFF WA. (1991). Development of an adhesive system for bonding to hard tooth Bowen RL ve Marjenhoff WA.
- BROWN WS, JACOBS HR, THOMPSON RE. (1972). Thermal fatigue in teeth. *J Dent Res*, **51**(2): 461-467.
- BUCUTA, S. AND ILIE, N. (2014). Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *The Journal of Clinical Oral Investigations*, **18**(8), 1991-2000.
- BULLARD RH, LEINFELDER KF, RUSSELL CM. (1988). Effect of coefficient of thermal expansion on microleakage. *J Am Dent Assoc*, **116**: 871-874,
- BUONOCORE MG. (1955).A single method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res*, **34**: 849-853,
- BURGESS J, CAKIR D. (2010). Comparative properties of low-shrinkage composite resins. *Compend contin, Educ Dent*, **31**:10-5.
- BURGESS JO, WALKER RS, PORCHE CJ, RAPPOLD A. (2002b). Light curing--an update. *Compend Contin Educ Dent*, **23**(10):889-892.
- BURTSCHER P. (1991). Curing of composites with an Argon laser. *J Dent Res*; **70**: 526 (Abstract no: 2080).
- ALTUN C. (2005). Kompozit dolgu materyallerinde son gelişmeler. *GÜ Tıp Derg*, **47**(1): 77-82.
- CAMPBELL SD (1990). Esthetic modification of cast dental-ceramic restorations. *Int J Prosthodont*. Mar-Apr, **3**(2):123-9.
- CAMPODONICO CE, TANTBIROJN D, OLIN PS, VERSLUIS A. (2011). Cuspal deflection and depth of cure in resin-based composite restorations filled by using bulk, incremental and transtooth-illumination techniques. *J Am Dent Assoc*, **142**: 1176–1182.
- CAMPOS EA, ARDU S, LEFEVER D, JASSE FF, BORTOLOTTI T, KREJCI I. (2014). Marginal adaptation of class II cavities restored with bulk-fill composites. *J Dent*, **42**: 575- 581.
- CAMPOS PE, SAMPAIO FILHO HR, BARCELEIRO MO. (2005). Occlusal loading evaluation in the cervical integrity of Class II cavities filled with composite. *Operative Dentistry*, **30**(6): 727-732.



- CARA RR, FLEMING GJ, PALIN WM, WALMSLEY AD, BURKE FJ. (2007). Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with resin-based composites with and without an intermediary flowable layer. *J Dent*, **35**: 482-489.
- CASTELNUOVO J, TJAN AH, LIU P. (1996). Microleakage of multi-step and simplified-step bonding systems. *Am J Dent*, **9**: 245-8.
- CENGİZ T. (1996). Endodonti, Barış Yayınları Fakülteler Kitabevi, İzmir, ss 7-16.
- CHAN MF, GLYN JONES JC. (1994). Significance of thermal cycling in microleakage analysis of root restorations. *J Dent*, **22**(5): 292-5.
- CHARLTON DG, MOORE BK. (1992). In vitro evaluation of two microleakage detection tests. *J Dent*, **20**: 55-58.
- CHESTERMAN J, JOWETT A, GALLACHER A, NIXON P. (2017). Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *Br Dent J*, **222**: 337-44.
- CHOI KK, CONDON JR, FERRACANE JL. (2000). The effects of adhesive thickness on polymerization contraction stress of composite. *J Dent Res*; **79**: 812-7
- CHUANG SF, LIU JK, CHAO CC, LIAO FP, CHEN YH. (2001). Effects of owable composite lining and operator experience on microleakage and internal voids in Class II composite restorations. *J Prosthet Dent*, **85**: 177-83.
- CIVELEK A, ERSOY M, L'HOTELIER E, SOYMAN M, SAY E.C. (2003). Polymerization shrinkage and microleakage in class II cavities of various resin composites. *Oper Dent*, **28**: 635-641.
- CIVELEK A, ERSOY M, ÖZEL E, SOYMAN M. (2005). Flexural modulus and polymerization shrinkage of Class V composite resin restorations. *Balk J Stom*, **9**: 22-24.
- CIVELEK A, ÖZEL E. (2004). Işıkla polimerize olan kompozitlerin polimerizasyon derinliği. *Akademik Dental Dişhekimliği Dergisi*, **6**: 34-38.
- COOK WD. (1980). Factors affecting the depth of cure of UV polymerized composites. *J Dent Res*, **59**: 800 808.
- CRAIG, ROBERT G. (2005). Direct Esthetic Restorative Materials, *Restorative Dental Materials*, **13**: 244-267.
- CRAMER NB, STANSBURY JW, BOWMAN CN. (2011). Recent advances and developments in composite dental restorative materials. *J Dent Res*, **90**(4): 402-416.
- CRIM GA, CHAPMAN KW. (1986). Effect of placement techniques on microleakage of a dentin-bonded composite resin. *Quintessence Int*, **17**: 21-24,.
- CRIM GA, GARCIA-GODOY F. (1987). Microleakage: the effect of storage and cycling duration. *J Prosthet Dent*. **57**(5): 574-6.

- CRIM GA, SWARTZ ML, PHILLIPS RW. (1985). Comparison of four thermocycling techniques. *J Prosthet Dent*, **53**(1): 50–3.
- CRIM GA. (1991). Microleakage of three resin placement techniques. *Am J Dent*, **4**: 69-72.
- CRISPIN JB. (1994). Contemporary esthetic dentistry: practice fundamentals. 3rd Ed. Tokyo: Quint Pub Co Ltd, 60-71.
- CZASCH, P. AND ILIE, N. (2013). *In vitro* comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *The Journal of Clinical Oral Investigations*, **17**(1): 227-235..
- D'ALPINO PHP, BECHTOLD J, DOS SANTOS PJ, ALONSO RCB, DI HIPÓLITO V, SILIKAS N, ET AL. (2011). Methacrylate- and silorane-based composite restorations: hardness, depth of cure and interfacial gap formation as a function of the energy dose. *Dent Mater*, **27**:1162–1169.
- DAVIDSON CL, FEILZER AJ, (1997). Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent*, **25**(6):435-40.
- DAYANGAÇ, B. (2000). Kompozit rezin restorasyonlar. Ankara: Günes Kitapevi Ltd. ğti, s: 4-84.
- DE MUNCK J, VAN LANDUYT K, PEUMANS M, POITEVIN A, LAMBRECHTS P, BRAEM M, VAN MEERBEEK B. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*, **84**(2): 118-132..
- DE MUNCK J, VAN MEERBEEK B, YOSHIDA Y, INOUE S, VARGAS M, SUZUKI K, ET AL. (2003). Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res*, **82**: 136-140.
- DEJOU J, SINDRES V, CAMPS J. (1996). Influence of criteria on the results of *in vitro* evaluation of microleakage. *Dent Mater*, **12**: 342-349,.
- DENTSPLY CAULK. (2009). Surefil SDR flow Directions For Use.
- DENTSPLY DETREY. (2003). Quixfil Scientific Compendium.
- DERHAMI K, COLI P, BRANNSTRÖM M. (1995). Microleakage in Class 2 composite resin restorations. *Oper Dent*, **20**: 100-105.
- DI RENZO M, ELLIS TH, DOMINGUE A, ET AL. (1994). Chemical reactions between dentin and bonding agents. *J Adhes*, **47**(1): 115-121.
- DOERR CL, HILTON TJ, HERMESCH CB. (1996). Effect of thermocycling on the microleakage of conventional and resin-modified glass ionomers. *Am J Dent*. **9**(1): 19–21.
- EICK JD., ET AL. (1991). The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion: Part I. *Quintessence Int*, **22**: 967-977,..

- EL-DAMANHOURY H., PLATT J. (2014). Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulkfill resin composites. *Operative Dentistry*, **39**(4): 374-382.
- EL-SAFETY S., SILIKAS N., WATTS D.C. (2012). Creep deformation of restorative resin-composites intended for bulk-fill placement. *Dent Mater*, **28**(8): 928-35..
- EL-SAFETY, S., SILIKAS, N. AND WATTSA, D.C. (2012). Creep deformation of restorative resin-composites intended for bulk-fill placement. *Dental Materials*, **28**(8), 928-935.
- ERGÜCÜ Z, TÜRKÜN LŞ. (2005). Nanokompozitlerin mikrosızıntısında adezivlerin önemi. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **26**: 59-64.
- ERNST CP, BRANDENBUSCH M, MEYER G, CANBEK K, GOTTSCHALK F, WILLERSHAUSEN B. (2006). Two-year clinical performance of a nanofiller vs a fine-particle hybrid resin composite. *Clin Oral Investig*, **10**: 119–125.
- ESTEFAN AM, ESTEFAN D. (2000). Microleakage study of flowable composite resin systems. *Compend Contin Educ Dent*, **21**: 705-712,.
- FAGUNDES TC, BARATA TJE, BRESCIANI E, CEFALY DGF, JORGE MFF, NAVARRO MFL. (2006). Clinical evaluation of two packable posterior composites: 2-year follow-up. *Clin Oral Invest*, **10**:197–203.
- FEILZER, A.J., DE GEE, A.J., DAVIDSON, C.L. (1993). Setting stresses in composites for two different curing modes. *Dent. Mater*, **9**: 2-5.
- FEILZER, A.J., KAKABOURA, A.I., DE GEE, A.J., DAVIDSON, C.L. (1995). The influence of water sorption on the development of setting shrinkage stress in traditional and resin-modified glass ionomer cements. *Dent Mater*, **11**: 186-190.
- FERDIANAKIS K. (1998). Microleakage reduction from newer esthetic restorative materials in permanent molars. *J Clin Pediatr Dent*, **22**: 221-229,.
- FERRACANE JL. (1992). Using posterior composites appropriately. *J Am Dent Assoc*, **123**: 53-8.
- FERRACANE, J.L. (2011). Resin composite-State of art. *Dent.Mater*, **27**: 29-38.
- FERRACANE, JL. (1995). Current trends in dental composites. *Crit. Rev. Oral Biol. Med.*, **6**: 302- 318.
- FERRARI M, CAGIDIACO MC, DAVIDSON CL. (1997). Resistance of cementum in Class II and V cavities to penetration by an adhesive system. *Dent Mater*, **13**: 157-62.
- FERRARI M, DAVIDSON CL. (1996). Sealing performance of Scotchbond Multi-Purpose-Z100 in Class II restorations. *Am J Dent*, **9**: 145-149,.

- FITCHIE JG, PUCKETT AD, REEVES GW, HEMBREE JH. (1995). Microleakage of a new dental adhesive comparing microfilled and hybrid resin composites. *Quintessence Int*, **26**: 505-510,.
- FLORIAN B, MICHAEL S , JAN FG, DANIEL E , MICHAEL N. (2012). In vitro performance of full-contour zirconia single crowns. *Dental Material*, **28**: 449-56.
- FONTIJN FA, SLAGTER AP, VAN DER BILT A, VAN MA, WITTER DJ, KALK W, JANSEN JA. (2000). Biting and chewing in overdentures, full dentures, and natural dentitions. *J Dent Res*, **79**: 1519-24.
- FORTIN, D., VARGAS, M.A. (2000). The spectrum of composites: New techniques and materials. *JADA*, **131**: 26-30.
- FRANKENBERGER R, TAY F. (2005). Self-etch vs etch-and-rinse adhesives: effect of thermomechanical fatigue loading on marginal quality of bonded resin restorations. *Dent Mater*, **21**:397-412.
- FRANKENBERGER R, PASHLEY D, REICHE S, LOHBAUERA U, PETSCHelta A, TAY F. (2005). Characterisation of resin-dentine interfaces by compressive cyclic loading. *Biomaterials*, **26**:2043-2052..
- FURNESS A, TADROS MY, LOONEY SW, RUEGGEBERG FA. (2014). Effect of bulk/incremental fill on internal gap formation of bulk-fill composites. *Journal of Dentistry*, **42**:439-49.
- GALE M, DARVELL B. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent*, **27**:89-99.
- GALE MS, DARVELL BW, CHEUNG GSP. (1994). Three-dimensional reconstruction of microleakage pattern using a sequential grinding technique. *J Dent*, **22**: 370-375.
- GARCIA, D., YAMAN, P., DENNISON, J. AND NEIVA, G. (2014). Polymerization Shrinkage and Depth of Cure of Bulk Fill Flowable Composite Resins. *Operative Dentistry*, **39**(4): 441-448..
- GAROUSHIA, S., SÄILYNOJA, E., VALLITTU, P.K. AND LASSILAA, L. (2013). Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite. *Dental Materials*, **29**(8): 835-841.
- GIACHETTI L, SCAMINACI RUSSO D, BAMBI C, GRANDINI R. (2006). A review of polymerization shrinkage stress: current techniques for posterior direct resin restorations. *J Contem Den Pract*, **7**: 79-88.
- GILLINGS BR, GRAHAM CH, DUCKMANTON NA. (1973). Jaw movements in young adult men during chewing. *J Prosthet Dent*, **29**(6): 616-27.
- GOODIS, H.E., MARSHALL, G.W., WHITE, J.M., GEE, L., HORNBERGER, B., MARSHALL, S.J. (1993). Storage effects on dentin permeability and shear bond strengths. *Dent. Mater*, **9**: 79-84.

- GORACCI G., MORI G., BAZZUCCHI M. (1995). Marginal seal and biocompatibility of a fourth-generation bonding agent. *Dent Mater*, **11**: 343-347.
- GUESS PC, SCHULTHEIS S, WOLKEWITZ M, ZHANG Y, STRUB JR. (2013). Influence of preparation design and ceramic thicknesses on fracture resistance and failure modes of premolar partial coverage restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **110-4**: 264-73.
- GWINETT AJ, KANCA JA. (1992). Micromorphology of the bonded dentin interface and its relationship to bond strength. *Am J Dent*, **5**: 73-77.
- GWINETT AJ. (1993). Qualitative contribution of resin infiltration/hybridization of dentin bonding. *Am J Dent*, **6**(1): 7-9.
- GWINNETT JA, TAY FR, PANG KM, WEI SH. (1995). Comparison of three methods of critical evaluation of microleakage along restorative interfaces. *J Prosthet Dent*, **74**: 575-585,.
- HASHIMOTO, M, OHNO, H., KAGA, M, ENDO, K, SANO, H., OGUCHI, H. (2000). In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J. Dent. Res*, **79**: 1385-1391.
- HEGDE MN, VYAPAKA P, SHETTY S. (2009). A comparative evaluation of microleakage of three different newer direct composite resins using a self etching primer in class V cavities: An in vitro study. *J Conserv Dent*; **12**: 160-3.
- HEINTZE S, FORJANIC M, CAVALLERI A. (2008). Mikroleakage of class II restorations with different tracers – comparison with sem quantitative analysis. *J Adhes Dent*, **10**(4): 259-267.
- HEINTZE SD, G. ZELLWEGERA G, CAVALLERIA A, FERRACANE J. (2006). Influence of the antagonist material on the wear of different composites using twodifferent wear simulation methods. *Dent Mater*, **22**:166-75.
- HEINTZE SD, MONREAL D, PESCHKE A. (2015). Marginal quality of class II composite restorations placed in bulk compared to an incremental technique: evaluation with SEM and Stereomicroscope. *J Adhes Dent*, **17**:147-154.
- HERAEUS KULZER. (2011). Venus Bulk Fill Product Profile.
- HERVAS-GARCIA A, MARTINEZ-LOZANO MA, CABANES-VILA J, BARJAU-ESCRIBANO A, FOS- GALVE P. (2006). Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, **11**(2): E215-220.
- HEYDECKE G, ZHANG F, RAZOOG ME. (2001). In-Vitro color stability of double layer veneers after accelerated aging. *J Prosthet Dent*, **85**: 551-7.
- HILTON T. (1998). Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities? In vitro observations. *Trans Acad Dent Mater*, **12**: 21-71.

- HILTON TJ, SCHWARTZ RS, FERRACANE JL. Microleakage of four Class II resin composite insertion techniques at intraoral temperature. *Quintessence Int*, **28**: 135-144, 1997.
- HILTON TJ. (2002). Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities? In vitro investigations. Part 2. *Am J Dent*, **15**(4): 279–89.
- HOFMANN N, SIEBRECHT C, HUGO B, KLAIBER B. (2003). Influence of curing methods and materials on the marginal seal of Class V composite restorations in vitro. *Oper Dent*, **28**: 160-167.
- IDRISS S, HABIB C, ABDULJABBAR T, OMAR R. (2003). Marginal adaptation of class II resin composite restorations using incremental and bulk placement techniques: an ESEM study. *J Oral Rehabil*, **30**(10):1000-7.
- ILIE N, BUCUTA S, DRAENERT M. (2013). Bulk- II resin-based composites: An in vitro assessment of their mechanical performance. *Oper Dent*, **38**: 618-25.
- ILIE N., HICKEL R. (2011). Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR technology. *Dent Mater*, **27**: 348–55.
- ILIE N., HICKEL R. (2011b). Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR technology. *Dent Mater*, **27**:348–55.
- ILIE, N. AND STARK, K. (2014). Effect of different curing protocols on the mechanical properties of low-viscosity bulk-fill composites. *Clinical Oral Investigations*, **19**(2): 271-279.
- ILIE, N., BUCUTA, S. AND DRAENERT, M. (2013). Bulk-fill resin-based composites: an *in vitro* assessment of their mechanical performance. *Operative Dentistry*, **38**(6): 618-625..
- ILIE., HICKEL, R. (2009a). Investigations on mechanical behavior of dental composites. *Clin. Oral Invest.*, **13**: 427-438.
- ISHIOKA S, CAPUTO AA. (1989). Interaction between the dentinal smear layer and composite bond strengths, *J Prosthet Dent*, **61**: 180-185.
- Jain P, Belcher M. Microleakage of Class II resin-based composite restorations with owable composite in the proximal box. *Am J Dent*. 2000;13:235- 8.
- JANG JH, PARK SH, HWANG IN. (2015). Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resincomposites and highly filled flowable resin. *Oper Dent*, **40**: 172-180.
- JIN X., BERTRAND S., HAMMESFAHR P. (2009). New radically polymerizable resins with remarkably low curing stress. *J Dent Res*, **88**: 1651.
- JUNG M, SEHR K, KLIEMEK J. (2007). Surface texture of four nanofilled and one hybrid composite after finishing. *Oper. Dent*, **32**: 45-52.

- KALACHANDRA S, KUSY RP. (1991). Comparison of water sorption by methacrylate and dimethacrylate monomers and their corresponding polymers. *Polymer*, **32**(13): 2428–2434.
- KELSEY WP, BLANKENAU RJ, POWELL LG. (1991). Application of the Argon laser to dentistry. *Laser Surg Med*, **11**: 495-498.
- KERN M, DOUGLAS WH, FECHTIG T, STRUB JR, DELONG R. (1993). Fracture strength of all- porcelain, resin bonded bridges after testing in an artificial oral environment. *J Dent*, **21**:117-21.
- KHATRI CA, STANSBURY JW, SCHULTHEISZ CR. ANTONUCCI JM. (2003). Synthesis, characterization and evaluation of urethane derivatives of Bis-GMA. *Dental Materials*, **19**(7): 584-588.
- KIDD EAM. (1976). Micro-leakage: a review. *J Dent*, **4**: 199-206.
- KIM RJ, KIM YJ, CHOI NS. LEE IB. (2015). Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. *Journal of Dentistry*, **43**(4): 430-439.
- KOHYAMA K, HATAKEYAMA E, SASAKI T, DAN H, TERUAKI AZUMA T, KARITA K. (2004). Effects of sample hardness on human chewing force: a model study using silicone rubber. *Arch Oral Biol*, **49**: 805-16.
- KOIBUCHI H, YASUDA N, NAKABAYASHI N. (2001). Bonding to dentin with a self-etching primer: the effect of smear layers. *Dent Mater*, **17**(2): 122-126.
- KONNO AN, SINHORETI MA, CONSANI S, CORRER SOBRINHO L, CONSANI RL. (2003). Storage effect on the shear bond strength of adhesive systems. *Braz Dent J*, **14**: 42-7.
- KRAMER N, RUDOLPH H, GARCIA-GODOY F, FRANKENBERGER R. (2012). Effect of thermo-mechanical loading on marginal quality and wear of primary molar crowns. *Eur Arch Paediatr Dent*, **13**:185-190.
- KUBO S, YOKOTA H, YOKOTA H, HAYASHI Y. (2004). Microleakage of cervical cavities restored with flowable composites. *Am J Dent*, **17**(1), 33-37.
- KUIJS RH, FENNIS WMM, KREULEN CM, BARINK M, VERDONSCHOT N, (2003). Does Layering Minimize Shrinkage Stresses in Composite Restorations? *Journal of Dental Research*, **82**: 967–71.
- KWON Y, FERRACANE J. LEE IB. (2012). Effect of layering methods, composite type, and flowable liner on the polymerization shrinkage stress of light cured composites. *Dental Materials*, **28**(7): 801-809.
- LABELLA R, LAMBRECHTS P, VAN MEERBEEK B, VANHERLE G. (1999). Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dent Mater*, **15**: 128-37.

- LAZARCHIK DA, HAMMOND BD, SIKES L. C. et al. (2007). Hardness Comparison Of Bulk-Filled / Transtooth and Incremental –Filled Occlusally Irridiated Composte Resins, *J Prosthet Dent*, **98**: 129-140.
- LECLAIRE CC, BLANK LW, HARGRAVE JW, PELLEU GB. (1988). Use of a two-stage composite resin fill to reduce microleakage below the cementoenamel junction. *Oper Dent*, **13**: 20-23.
- LEE JJ, NETTEY-MARBELL A, COOK AJR, PIMENTA LA, LEONARD R, RITTER AV. (2007). Using extracted teeth for research: the effect of storage medium and sterilization on dentin bond strengths. *JADA*, **138**: 1599-1603.
- LEE MR., CHO BH., SON HH., UM CM., LEE IB. (2007). Influence of cavity dimension and restoration methods on the cuspal deflection of premolars in composite restoration, *Dental Materials*, **23**, 288–295
- LEEVAILOJ C, COCHRAN MA, MATIS BA, MOORE BK, PLATT JA. (2001). Microleakage of posterior packable resin composites with and without flowable liners. *Oper Dent*, **26**: 302-307.
- LEINFELDER KF, LEMANS JE. (1988). Clinical restorative materials and techniques. 3rd Ed. Philadelphia: LEA and Febiger Co; p: 309-312.
- LEPRINCE J., PALIN W.M., VANACKER J., SABBAGH J., DEVAUX J., LELUP G. (2014). Physico-mechanical Characteristics of Commercially Available Bulk-Fill Composites. *J Dent*, **42**: 993-1000.
- LEPRINCE JG, PALIN WM, MULLIER T, DEVAUX J, VREVEN J, LELOUP G. (2010). Investigating filler morphology and mechanical properties of new low-shrinkage resin composite types. *J Oral Rehabil*, **37**: 364–376.
- LI H, BURROW M, TYAS M. (2002). The effect of load cycling on the nanoleakage of dentin bonding systems. *Dent Mater*, **18**: 111-119.
- LOGUERCIO AD, MOURA SK, PELLIZZARO A, DAL- BIANCO K, PATZLAFF RT, GRANDE RH, et al. (2008). Durability of enamel bonding using two-step self-etch systems on ground and unground enamel. *Oper Dent*, **33**:79- 88.
- LOGUERCIO AD, REIS A, SCHROEDER M, BALDUCCI I, VERSLUIS A, BALLESTER RY. Polymerization shrinkage: effects of boundary conditions and filling technique of resin composite restorations. *J Dent*, **32**: 459-470, 2004.
- LOPES GC, BARATIERI LN, ANDRADA MAC, VIEIRA LCC. (2002). Dental adhesion: present state of the art and future perspectives. *Quintessence Int*, **33**: 213-224.
- LUNDIN SA, NORÉN JG. (1991) Marginal leakage in occlusally loaded, etched, Class II composite resin restorations, *Acta Odontologica Scandinavica*, **49**(4): 247-254.



- LUTZ E, KREJCI I, OLDENBURG TR. (1986). Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restorations: A new restorative technique. *Quint Int*; **17**: 777-84.
- LUTZ F, PHILLIPS RW. (1983). A classification and evaluation of composite resin systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **50**(4): 480-488.
- MANDRAS RS, RETIEF DH, RUSSEL CM (1991) The effects of thermal and occlusal stresses on the microleakage of the Scotchbond 2 dentinal bonding system. *Dental Materials*, **7**(1): 63-67.
- MANHART J, CHEN HY, MEHL A. (2001). Marginal quality and microleakage of adhesive class V restorations. *J Dent*, **29**: 123-130.
- MANHART, J., KUNZELMANN, K.H., CHEN, H.Y. AND HICKEL, R. (2000). Mechanical Properties of New Composite Restorative Materials. *Journal of Biomedical Materials Research*, **53**(4): 353-361.
- MANSO AP, BEDRAN-RUSSO AK, SUH B, PASHLEY DH, CARVALHO RM. (2009). Mechanical stability of adhesives under water storage. *Dent Mater*, **25**: 744-749.
- MARTIN S, MILTIADIS EM, KLAUS L, MATTHIAS K. (2009). In vitro evaluation of a mechanical testing chewing simulator. *Dental Materials*, **25**: 494-9.
- MCCABE J, WALLS A. (1998). Properties used to characterize materials. Oxford, Blackwell Science.
- MI-JIN K, SUN HO, JI HK, SUNG WJ, DEOG GS, SANG HJ, JIN SA, JAE JR. (2012). Wear evaluation of the human enamel opposing different y-tzp dental ceramics and other porcelains. *Journal of Dentistry*, **40**: 979-88.
- MILLS DA, JOHANNSEN EA, COCOLIN L. (2002) Yeast diversity and persistence in botrytis-affected wine fermentations. *Appl Environ Microbiol*, **68**(10): 4884-93.
- MONTES M.A.J.R, DE GOES M.F, DA CUNHA M.R.B, SOARES, A.B. (2001). A morphological and tensile bond strength evaluation of an unfilled adhesive with low-viscosity composites and a filled adhesive in one and two coats. *J Dent*, **29**: 435-441.
- MOREIRA DA SILVA E, DOS SANTOS GO, GUIMARAES JGA, BARCELLOS AAL, SAMPAIO EM. (2007). The influence of C-factor, flexural modulus and viscous flow on gap formation in resin composite restorations. *Oper Dent*, **32**(4): 356-362.
- MORNEBURG TR, PROSCHEL PA. (2002). Measurement of masticatory forces and implant loads: a methodologic clinical study. *Int J Prosthodont*, **15**: 20-7.
- MOSZNER N, SALZ U (2001). New developments of polymeric dental composites. *Prog Polym Sci*, **26**: 576.

- MUNKSGAARD EC, PEUTZFELDT A, ASMUSSEN E. (2000). Elution of TEGDMA and BisGMA from a resin and a resin composite cured with halogen or plasma light. *Eur J Oral Sci*, **108**(4): 341-345.
- NADIG RR, BUGALIA A, USHA G, KARTHIK J, RAGHOOTHAMA RAO, VEDHAVATHI B. (2011). Effect of four different placement techniques on marginal microleakage in class II composite restorations: an in vitro study. *World J Dent*, **2**(2): 111-116.
- NAKABAYASHI N, NAKAMURA M, YASUDA N. (1991). Hibrit layer as dentin-bonding mechanism. *J Esthet Dent*, **3**(4): 133-138.
- NAKABAYASHI, N, PASHLEY, D.H. (1998). Hybridization of Dental Hard Tissues, (1st ed.), Quintessence Publishing Co, pp 18–20, Tokyo.
- NEIVA IF, ANDRADA MAC, BARATIERI LN, MONTEIRO S, RITTER AV. (1998). An in vitro study of the effect of restorative technique on marginal leakage in posterior composites. *Oper Dent*, **23**: 282-289.
- NELSEN RJ, WOLCOTT RB, PAFFENBARGER GC. (1952). Fluid exchange at the margins of dental restorations. *JADA*, **44**(3): 288-95. .
- NEUMANN MG, SCHMITT CC, CORREA IC, GOI BE. (2008). The Effect of using Mixed Initiator Systems on the Efficiency of Photopolymerization of Dental Resins. *J Braz Chem Soc*, **19**(7): 1413-1417.
- NEWBRUN E. (1989). Dental research: Problems, progress, and prognosis. *J Dent Res*, **68**: 1377-1378.
- NICOLAE, L.C., SHELTON, R.M., COOPER, P.R., MARTIN, R.A. AND PALIN, W.M. (2014). The effect of Bioglass addition on mechanical and physical properties of photoactive UDMA-TEGDMA resin composites. *Key Engineering Materials*, **587**: 215-221.
- OBA A, ARAS Ş. (2003). Fuji II LC ve F2000'in mikrosızıntı özelliklerinin süt dışında in vitro koşullarda karşılaştırılması. *GÜ Diş Hek Fak Derg*, **20**(3): 23–8.
- ÖNAL B, ÖZATA F, DIEKWISCH TGH. (2003). Diş sert dokularında taramalı elektron mikroskopu atlası. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, ss 8-10.
- ÖZCAN M, SCHOONBEEK G, GÖKÇE B, CÖMLEKOĞLU E, DÜNDAR M. (2010). Bond strength comparison of amalgam repair protocols using resin composite in situations with and without dentin exposure. *Oper Dent*, **35**: 655-62.
- ÖZEL E. (2003). Beş farklı restoratif materyalin su emiliminin distile suda ve yapay tükürükte in vitro incelenmesi. Yeditepe Üniversitesi, Master Tezi, İstanbul.
- ÖZYURT P, ERSÖZ E. (2000). Class II kompozit resin restorasyonlarda marjinal adaptasyonun farklı yerleştirme teknikleri ile incelenmesi: SEM çalışması. *AÜ Diş Hek Fak Derg*, **27**(3): 319-323.

- PAR M., GAMULIN, O., MAROVIC, D., KLARIC, E. AND TARLE, Z. (2015). Raman spectroscopic assessment of degree of conversion of bulk-fill resin composites--changes at 24 hours post cure. *Operative Dentistry*, **40**(3): E92-101.
- PARK JK, CHANG JH, FERRACANE J, LEE IB. (2008). How Should Composite Be Layered to Reduce Shrinkage Stress, Incremental or Bulk filling? *Dental Materials*, , **24**: 1501–1505.
- PARK SH, KREJCI I, LUTZ F. (1999). Consistency in the amount of linear polymerization shrinkage in syringe-type composites. *Dent Mater*, **15**: 442-446,.
- PASHLEY D, TAY FR. (2001). Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. *Dent Mater*, **17**(5): 430-444.
- PASHLEY DH, AGEE K, ZHANG Y, SMITH A, TAVSS EA, GAMBOGI RJ. (2002). The effects of outward forced convective flow on inward diffusion in human *Am J Dent. Aug*, **15**(4): 256-61.
- PAZINATTO, F.B., CAMPOS, B.B, COSTA, L.C., ATTA, M.T. (2003). Effect of the number of thermocycles on microleakage of resin composite restorations. *Pesqui Odontol Bras.*,**17**: 337- 341.
- PERDIGAO J, GERALDELI S. (2003). Bonding characteristics of self-etching adhesives to intact versus prepared enamel. *J Esthet Restor Dent*, **15**(1): 32-41.
- PERDIGAO J, GOMES G, DUARTE S JR, et al. (2005). Enamel bond strengths of pairs of adhesives from the same manufacturer. *Oper Dent*, **5**(2): 107-112.
- PERDIGAO J, LAMBRECHTS P, VAN MEERBEEK B, BRAEM M, YILDIZ E, YUCEL T, VANHERLE G. (1996). The interaction of adhesive systems with human dentin. *Am J Dent*, **9**: 167-173.
- PERDIGAO J, SWIFT EJ. (1994). Adhesion of a total-etch phosphate ester bonding agent, *Am J Dent*, **7**: 149-152.
- PERDIGÃO J, SWIFT EJJR. (2006). Fundamental concepts of enamel and dentin adhesion. In: Sturdevant's art and science of operative dentistry, Fifth Ed, Ed(s), Roberson, T.M., Heymann, H.O., Swift, E.J. Mosby Inc., Missouri; 245-279. .
- PERIS AR, DUARTE S JR, ANDRADE MF. (2003). Evaluation of marginal microleakage in Class II cavities: Effect of microhybrid, owable and compactible resins. *Quintessence Int*, **34**(2): 93-98.
- PEŞKERSOY C, YILDIRIM G, ÖZATA F, ÖNAL B. (2013). Üç farklı akışkan kompozitin ve bir kendinden adezivli akışkan kompozitin Sınıf V restorasyonlardaki mikrosızıntı değerlerinin in vitro olarak incelenmesi. *EU Dişhek Fak Derg*, **34**: 99-104.
- PEUTZFELDT, A. (1997). Resin composites in dentistry: the monomer systems. *European Journal of Oral Sciences*, **105**(2), 97-116.

- PHILLIPS RW. (1991). *Skinner's science of dental materials*. 9th Ed. Philadelphia: W.B. Saunders; p: 157-235.
- PIVA E, MEINHARDT L, DEMARCO FF, POWERS JM. (2002). Dyes for caries detection: influence on composite and compomer microleakage. *Clin Oral Investig*, **6(4)**: 244-8.
- POGGIO C, CHIESA M, SCRIBANTE A, MEKLER J, COLOMBO M. (2013). Microleakage in Class II composite restorations with margins below the cej: In vitro evaluation of different restorative techniques. *Med Oral Patol Cir Bucal*, **18**: 793-8.
- PONGPRUEKSA P, KUPHASUK W, SENAWONGSE P. (2007). Effect of elastic cavity wall and occlusal loading on microleakage and dentin bond strength. *Oper Dent*, **32**: 464-473.
- POSKUS LT, PLACIDO E, CARDOSO PE. (2004a). Influence of placement techniques on Vickers and Knoop hardness of Class II composite resin restorations. *Dent Mater*, **20**: 726-732.
- POSKUS LT, PLACIDO E, CARDOSO PEC. (2004b). Influence of adhesive system and placement technique on microleakage of resin-based composite restorations. *J Adhes Dent*, **6**: 227-232.
- PRAGER MC. (1997). Using flowable composites in direct posterior restorations. *Dent Today*, **16**: 62-69.
- PRICE RB, DOYLE G, MURPHY D. (2000a). Effects of composite resin thickness on the shear bond strength to dentin. *Jcan Dent Assoc*, **66**: 35-39.
- PRICE RB, MURPHY DG, DERAND T. (2000b). Light energy transmission through cured resin composite and human dentin. *Quintessence Int*, **31**: 659-667.
- RAWLS HR, UPSHAW JE. (2003). Restorative resins. In: Anusavice KJ, editor. *Phillip's science of dental materials*. (11th ed.) WB Saunders, Philadelphia, pp 399-441.
- REEVES GW, FITCHIE JG, HEMBREE JH JR, PUCKETT AD. (1995). Microleakage of new dentin bonding systems using human and bovine teeth. *Oper Dent*, **20**: 230-235.
- RETIEF DH. (1991). Standardizing laboratory adhesion tests. *J Dent*, **4**: 231-236.
- ROBINSON PB, MOORE, BK, SWARTZ ML. (1988). The effect on microleakage of interchanging dentine adhesives in two composite resin systems in vitro. *Br Dent J*, **164**:77-79.
- ROGGENDORF MJ, KRÄMER N, APPELT A, NAUMANN M, FRANKENBERGER R. (2011). Marginal quality of flowable 4-mm base vs. conventionally layered resin composite. *Journal of Dentistry*, **39**:643-7.

- ROSA BT, PERDIGAO J. (2000). Bond strength of nonrinsing adhesives. *Quintessence Int*, **31**: 353-8.
- ROULET JF, REICH T, BLUNK U, NOACK M. (1989). Quantitative marginal analysis in the scanning electron microscope. *Scanning Microsc*, **3**: 147-158.
- RUEGGEBERG, F.A. (1991). Substrate for adhesion testing to tooth structure –review of the literature. *Dent. Mater*, **7**: 2-10.
- SABOIA V DE P, PIMENTA LA, AMBROSANO GM. (2002). Effect of collagen removal on microleakage of resin composite restorations. *Oper Dent*, **27**: 38-43,
- SAKAGUCHI RL, POWERS, J.M. (2012). Craig's Restorative Dental Materials. Philadelphia, Elsevier.
- SARRETT DC., (2005).Clinical Challenges and The Relevance of Materials Testing for Posterior Composite Restorations, *Dental Materials*, **21**: 9-20.
- SCHWARTZ RS, SUMMIT JB, ROBBINS W, SANTOS JD. (1996).Fundamentals of Operative Dentistry. USA: *Quintessence Publishing Co*, pp 141-186,
- SCHWENDICKE F, KERN M, DÖRFER C, KLEEMANN- LÜPKES J, PARIS S, BLUNCK U. (2015). Influence of using different bonding systems and composites on the margin integrity and the mechanical properties of selectively excavated teeth in vitro. *Journal Of Dentistry*, **43**: 327-34.
- SHORTALL AC, HARRINGTON E, PATEL HB, LUMLEY PJ (2002). A pilot investigation of operator variability during intra-oral light curing. *Br Dent J*, **193**: 276–280.
- SIDERIDOU, I., TSERKI, V. AND PAPANASTASIOU, G. (2002). Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, **23(8)**: 1819-1829.
- SPIERINGS T, PETERS M, BOSMAN F, PLASSCHAERT M. (1987). Verification of theoretical modeling of heat transmission in teeth by in vivo experiment, *J Dent Res*, **66**: 1336-1339..
- SPORRIUS O, GROSSMAN E.S. (1989). Marginal leakage of composite resin restorations in combination with dentinal enamel bonding agents. *J Prosthet Dent*, **61**: 678-684.
- STANLEY HR, PEREIRA JC, SPIEGEL E, BROOM C, SCHULTZ M. (1983). The detection and prevalence of reactive and physiologic sclerotic dentin, reparative dentin and dead tracts beneath various types of dental lesions according to tooth surface and age. *J Oral Pathol*, **12**: 257-289,
- STURDEVANT CM, ROBERSON TM, HEYMANN HO, STURDEVANT JR. (1995). The art and science of operative dentistry. 3rd Ed. St. Louis: Mosby-Year Book Inc; p: 252-263.

- SUMMITT, J.B., ROBBINS J.W., HILTON, T.J. AND SCHWARTZ, R.S. (2006). Fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach. (Third edition). Quintessence Publishing Company, 261.
- SUZUKI, T, KYOIZUMI, H., KANEHIRA, M., ENDO, T, UTTERODT, A, HISAMITSU, H., KOMATSU, M (2009). Resistance of nanofill and nanohybrid resin composites to toothbrush abrasion with calcium carbonate slurry. *Dent. Mater. J*, **28**: 708- 716.
- SWIFT EJ. (2002). Dentin/enamel adhesives: review of the literature. *Pediatr Dent*, **24**: 456-461.
- TANRIVERDI FF, BELLI S, ALPTEKIN T. (1995). İki dentin bonding sistemin marjinal sızıntısının incelenmesinde iki farklı yöntemin karşılaştırılması. *Ank Üniv Diş Hek Derg*, **22**: 1-6.
- TARLE, Z, ATTIN, T, MAROVIC, D., ANDERMATT, L, RISTIC M AND TAUBÖCK, T T (2014). Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. *The Journal of Clinical Oral Investigations*, **19**(4): 831-840.
- TAYLOR MJ, LYNCH E. (1992). Microleakage. *J Dent*, **20**: 3-10.
- TAYLOR MJ, LYNCH E. (1993). Marginal adaptation. *J Dent*, **21**: 265-273.
- TIRITOĞLU M. (1993). Kenar sızıntısı belirleme yöntemleri. *Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **17**: 11-15,
- TOLEDANO M, OSORIO R, OSORIO E, AGUILERA FS, YAMAUTI M, PASHLEY DH, TAY F. (2007). Durability of resin-dentin bonds: Effects of direct/indirect exposure and storage media. *Dent Mater*, **23**: 885-893.
- TROWBRIDGE, H.O. (1987). Model systems for determining biologic effects of microleakage. *Oper. Dent.*, **12**: 164-172.
- TÜRKÜN L, ERGÜCÜ Z. (2004). Estetik restoratif materyallerin mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan gereç ve yöntemlerin karşılaştırılması. *GÜ Dişhek Fak Derg*, **21**:143– 51.
- TÜRKÜN LS, ÇELİK EU. (2004). Farklı kavite tiplerinde kendinden asitli adeziv sistemlerin kenar sızıntılarının incelenmesi. *EÜ Dis Hek Fak Derg.*; **25**: 55-61.
- TÜRKÜN Ş., (2009). Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi 2.Sınıf Maddeler Bilgisi Ders Notları, İzmir, s.16-30.

- UMER F, NAZ F, KHAN FR. (2011). An in vitro evaluation of microleakage in class V preparations restored with Hybrid versus Silorane composites. *J Conserv Dent*; **14**: 103-7.
- UNLU N, KRAKAYA S, OZER F, SAY EC. (2003) Reducing microleakage in composite resin restorations: An in vitro study *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, **11(4)**: 171-175.
- UNTERBRINK GL, LIEBENBERG WH. (1999). Flowable resin composites as filled adhesives literature review and clinical recommendations. *Quint Int*, **30**: 249-257.
- URE D, HARRIS J. (2003). Nanotechnology in dentistry: reduction to practice. *Dent Update* **30**: 10-15.
- VAN DIJKEN JW, PALLESEN U. (2014). A randomized controlled three year evaluation of "bulk-filled" posterior resin restorations based on stress decreasing resin technology. *Dent Mater*, **30**: 245-251.
- VAN DIJKEN JW, PALLESEN U (2015). Randomized 3-year clinical evaluation of Class I and II posterior resin restorations placed with a bulk-fill resin composite and a one-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent*, **17**: 81-88.
- VAN MEERBEEK B, MUNCK JD, YOSHIDA Y, INOUE S, VARGAS MA, VIJAY P, LANDUYT KV, LAMBRECHTS P, VANHERLE G (2003). Adhesion to enamel and dentin: Current status and future challenges. *Oper Dent*; **28**: 215-235.
- VERSLUIS A, DOUGLAS WH, CROSS M, SAKAGUCHI RL (1996). Does an Incremental Filling Technique Reduce Polymerization Shrinkage Stresses? *J Dent. Res.*, **75**: 871-878.
- WALTER R. (2013). Critical appraisal: Bulk-fill flowable composite resins. *J Esthet Restor Dent*, **25(1)**: 72-6.
- WASSEL RW, MCCABE JF, WALLS AW. (1994). A Two-body frictional wear test. *J. Dent. Res*, **73**: 1546.
- WEINMANN W, THALACKER C, GUGGENBERGER R. (2005). Siloranes in dental composites. *Dent Mater*, **21**: 68-74.
- WILLEMS G, LAMBRECHTS P, BRAEM M, VANHERLE G. (1993). Composite resins in the 21<sup>st</sup> century. *Quintessence Int*, **24**: 641-58.
- WILLEMS, G., LAMBRECHTS, P., BRAEM, M., CELIS, J.P. AND VANHERLE, G. (1992). A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. *Dental materials*, **8(5)**: 310-319.
- XU HH. (1999). Dental composite resins containing silica-fused ceramic single-crystalline whiskers with various filler levels. *J Dent Res*, **78(7)**: 1304-1311.

- YAVUZ İ, AYDIN AH, KAYA S. (2003). Mikrosızıntı saptanmasında yeni bir yöntem. *T Klin J Dental Sci*, **9**: 79-85.
- YAZICI AR. (2015). Evaluation of bulk filled and nanofilled composites in class 2 restorations: 18-month results. Sözlü sunum. 93rd General Session & Exhibition of the IADR, Boston, Mart.
- YILDIRIM S, KOYUTÜRK AE, ŞENER Y, GÖKALP A. (2005). Farklı yöntemlerle restore edilen sınıf II kaviterlerde mikrosızıntının in vitro değerlendirmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **6**: 15-21,
- YIP KH, POON BK, CHU FC, POON EC, KONG FY, SMALES RJ. (2003). Clinical evaluation of packable and conventional hybrid resin-based composites for posterior restorations in permanent teeth: Results at 12 months. *J Am Dent Assoc*, **134**:1581-9.
- YUAN Y, SHIMADA Y, ICHINOSE S, TAGAMI J. (2008). Hybridization quality in cervical cementum and super cial dentin using current adhesives. *Dent Mater*, **24**:584-93.
- YU-SEOK J, JAE-WHANG L, YEON-JO C, JIN-SOO A, SANG-WAN S, JUNG-BO H. A (2010). Study on the in-vitro wear of the natural tooth structure by opposing zirconia or dental porcelain. *J Adv Prosthodont*, **2**: 111-5.
- ZIVKOVIC S. (2000). Quality assessment of marginal sealing using 7 dentin adhesive systems. *Quintessence Int*, **31**: 423-429.



## ÖZET

### **Bulk-Fill Kompozitler ile Restore Edilen Sınıf II Kavitelelerin Termo-Mekanik Yükleme Sonrası Servikal Mikrosızıntısının Değerlendirilmesi**

Bu in-vitro çalışmanın amacı; bulk-fill kompozitler ile restore edilen proksimal kutu kavitelelerin termo-mekanik yükleme sonrası mikrosızıntı miktarını araştırmaktır.

Bu çalışma için restoratif materyallerin dört farklı kombinasyonu (geleneksel akışkan kompozit+ geleneksel kompozit, geleneksel kompozit, akışkan bulk-fill kompozit + geleneksel kompozit+ bulk-fill kompozit) değerlendirilmiştir. Yeni çekilmiş üçüncü molar dişlere 160 adet proksimal kavite hazırlanmıştır. Mezial proksimal kavitelelerin gingival kenarı mine-semet birleşiminin 1mm altında, distal proksimal kavitelelerin gingival kenarı mine-sement birleşiminin 1mm üzerinde sonlanacak şekilde kaviteleler prepare edilmiştir. Termo-mekanik yükleme öncesi ve sonrası (240.000 x 50 N, 5 ile 55 ° C arasında 2500 termosiklus), dişler 24 saat boyunca 23 ° C'de % 0.5'lik bazik fuksin boyasına batırılmıştır. Örneklerden alınan kesitler stereomikroskopta incelenmiştir ve mikrosızıntı skorları, üç yollu Kruskal-Wallis H ve Mann-Whitney-U testleri ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (p<0,05).

Dentin-sementte sonlanan restorasyonlar, mine-dentinde sonlanan restorasyonlara göre daha yüksek mikrosızıntı değeri göstermiştir. Termomekanik yüklemeye maruz kalan örneklerin mikrosızıntı miktarı artmıştır. Mine-dentinde sonlanan restorasyonlar, dentin-sementte sonlanan restorasyonlara göre termo-mekanik yüklemeden daha az etkilenmiştir. Restoratif materyallerin dört farklı kombinasyonu kıyaslandığında, kavitenin dentin-sementte sonlandığı ve termo-mekanik yükleme uygulandığı durumda; bulk-fill kompozitler, geleneksel kompozitlere göre mikrosızıntıyı önlemede daha başarılı olmuştur. Ancak geleneksel kompozitin altına kavite tabanına akışkan kompozit yerleştirildiğinde benzer mikrosızıntı sonuçları izlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Bulk-fill kompozit, Mikrosızıntı, Termo-mekanik yükleme

## SUMMARY

### **Evaluation of The Cervical Integrity During Thermo-Mechanical Loading of Class II Box Cavities Restored With Bulk-Fill Composites**

The purpose of this in vitro study was to evaluate the effects of thermo-mechanical loading on microleakage of proximal box cavities, which restored with bulk-fill composites.

Four different combinations of restorative materials (conventional flow-able composite + conventional paste-like composite, conventional paste-like composite, bulk-fill flow-able composite + conventional paste-like composite, bulk-fill paste-like composite) were evaluated. One hundred sixty proximal box cavities were prepared in freshly extracted third molars. Gingival margins of the mesial proximal box cavities were terminated at the 1mm below the cemento-enamel junction and distal proximal box cavities were 1 mm above. Before and after thermo-mechanical loading (240,000 x 50 N, 2500 thermocycles between 5 and 55 °C), the teeth were immersed in a 0.5% basic fuchsin dye at 23°C for 24 hours. Sectioned samples were examined under a stereomicroscope. The results of cervical gingival microleakage scores were statistically evaluated using Kruskal-Wallis H and Mann-Whitney U tests ( $p < 0.05$ ).

The restoration that ended at the dentin had a higher value of microleakage than the restorations that ended at the enamel. The amount of microleakage increased in samples exposed to thermomechanical loading. The restorations that ended at the enamel were less affected by the thermo-mechanical load than the restorations that ended at the dentin. When four different combinations of restorative materials are compared, when the cavity ends in a dentin and thermo-mechanical loading is applied, bulk-fill composites have been more successful in preventing microleakage than traditional composites. However, similar microleakage results have been observed when a flowable composite is placed underneath the conventional composite.

**Keywords:** Bulk-fill composite, Microleakage, Thermo-mechanical loading

## ÖZGEÇMİŞ

### I. Bireysel Bilgiler

Adı : Bilge  
Soyadı : Ersöz  
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa- 19/03/1990  
Uyruğu : TC  
Medeni Durumu : Bekar  
İletişim Adresi ve Telefonu : Turan Güneş Bulvarı Park Oran Sitesi  
B3/49 ÇANKAYA/ANKARA  
05452714016

### II. Eğitimi

2015-2018 Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Uzmanlık Eğitimi  
2008-2013 Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi  
2003-2007 Bursa Şükrü Şenkaya Anadolu Lisesi  
1996-2003 Dilek Özer İlköğretim Okulu  
Yabancı Dili: İngilizce

### III. Ünvanları

2013 Diş Hekimi  
2015 Araştırma Görevlisi

### IV. Bilimsel İlgi Alanları:

#### Posterler:

- Polidiastema vakasının silikon anahtar kullanılarak direkt kompozit restorasyonla estetik rehabilitasyonu: olgu sunumu. 20. Uluslararası RDD Bilimsel Kongresi (2016).

**Bilimsel Etkinlikler:**

**Seminerler:**

1. Diş Hekimliğinde Beyazlatma (2016)

