

**T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KÜTLESEL VEYA TABAKALI FORMDA UYGULANAN  
BULK-FILL KOMPOZİTLERİN SIZDIRMAZLIK  
PERFORMANSLARININ İN VİTRO KOŞULLARDA  
İNCELENMESİ**

**Dt. Ezgihan ARSLAN**

**Pedodonti Programı  
UZMANLIK TEZİ**

**ANKARA  
2016**

**T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KÜTLESEL VEYA TABAKALI FORMDA UYGULANAN  
BULK-FILL KOMPOZİTLERİN SIZDIRMAZLIK  
PERFORMANSLARININ İN VİTRO KOŞULLARDA  
İNCELENMESİ**

**Dt. Ezgihan ARSLAN**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Zafer C. ÇEHRELİ**

**Pedodonti Programı  
UZMANLIK TEZİ**

**ANKARA  
2016**

## ONAY SAYFASI

22.09/2016

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığına

Dt. Ezgihan ARSLAN ..... 22.09.2016 ..... tarihinde jürimiz önünde yaptığı savunmasında "Kültürel ve Yaşınla İlgili Formda Uygulanan Full-Fill Kompozitlerin Sızdırmazlık" başlıklı çalışması jürimiz tarafından Çocuk Diş Hekimliği Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir. Perforasyonların İn Vitro Kullanımında İncelenmesi

Jüri Başkanı : Prof. Dr. M. Can Aray

Hacettepe Üniversitesi

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Zafer Can GEREKLI

Hacettepe Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Burcu Can GEREKLI

Baskent Üniversitesi

ONAY : Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıda jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Osman Taha Köseoğlu  
Dekan Vekili

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca ve tezimin her aşamasında büyük bir özveri ve sabırla bana yardımcı olup değerli bilgi ve tecrübeleri ile bana her zaman yol gösterip ufku açan; anlayışı, hoşgörüsü ve sonsuz desteğini her zaman her konuda hissettiğim, hayatım boyunca minnetle anacağım çok değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Zafer Çehrelî'ye,

Pedodonti eğitimim boyunca her türlü yardım ve desteğiyle her zaman yanımda olan, emek ve bilgilerini hiçbir zaman esirgemeyen, bilimsel ve mesleki tecrübesini paylaşarak pedodonti eğitimime katkıda bulunan çok değerli hocalarım Prof. Dr. Atilla Ataç, Prof. Dr. Seval Ölmez, Prof. Dr. Meryem Tekçiçek, Prof. Dr. Melek Turgut, Prof. Dr. Cem Güngör, Yrd. Doç. Dr. Tülin İleri Keçeli'ye,

Birlikte çalışmaktan keyif aldığım desteklerini ve arkadaşlıklarını her zaman hissettiğim Pedodonti Asistan Odası Ekibi; Dr. Gizem Erbaş Ünverdi, Dr. Beste Özgür, Dt. Pınar Serdar Eymirli, Uzm. Dt. Cansu Özşin Özler, Uzm. Dt. Gülsüm Atasever, Uzm. Dt. Elif Ballıkaya, Uzm. Dt. Elif Ataol, Uzm. Dt. İrem Mergen, Uzm. Dt. Özge Güneş, Uzm. Dt. Cansu Uzun, Uzm. Dt. Sara Köprülü, Uzm. Dt. Münevver Şener, Dt. Neslihan Özdemir, Dt. Nihal Taş, Dt. Aybike Şahlanan, Dt. Aylar Yıldız, Dt. Gülce Esentürk, Dt. Aslıhan Cesur, Dt. Özge Bektaş, Dt. Hayrunnisa Şimşek ve Dt. Nermin Özgür'e,

Pedodonti ailesinin değerli üyeleri Aysun Usta, Mehtap Bilgin, Özlem Kale, Güzide Semerci, Aysel Delikaya, Ayten Mengüloğlu ve Necat Kaya'ya,

Sonsuz emekleri ve sevgileri ile beni bugünlere getiren, bana güvenen, her zaman yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen, hayatımı onları onurlandırmak için adadığım, öncelikle varlığından hep güç aldığım canım babam Tuncay Arslan, çok sevgili annem Hülya Arslan, çok sevdiğim her zaman destekçilerim olan kardeşlerim Muzaffer Arslan ve Sümeyye Arslan'a,

En içten teşekkürlerimle...

## ÖZET

**ARSLAN, E. Kütlesel veya tabakalı formda uygulanan Bulk-Fill kompozitlerin sızdırmazlık performanslarının in vitro koşullarda incelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Pedodonti Uzmanlık Tezi, Ankara, 2016.**

Bu çalışma, bulk-fill yapıdaki farklı kompozit rezinlerin sınıf 1 kavitelelerdeki sızdırmazlık performanslarının in vitro koşullarda değerlendirilmesi amacıyla yürütülmüştür. Çekilmiş çürüksüz 168 adet insan 3. azı dişi, kullanılan dolgu materyali/adeziv uygulama moduna göre 14 alt gruba (n=12) rastgele ayrılmıştır: **Grup 1:** Minede ön asitleme (ÖA) + FL-BOND II + Beautifil Bulk fill Restorative 2X2 mm inkrement; **Grup 2:** ÖA + FL-BOND II + Beautifil Bulk fill Restorative 4 mm tek inkrement; **Grup 3:** ÖA + FL-BOND II + Beautifil Bulk fill Flowable 2X2 mm inkrement; **Grup 4:** ÖA + FL-BOND II + Beautifil Bulk fill Flowable 4 mm tek inkrement; **Grup 5:** ÖA + Single Bond Universal (SBU)+Filtek Bulk Fill Posterior 2X2 mm inkrement; **Grup 6:** ÖA + SBU + Filtek Bulk Fill Posterior 4 mm tek inkrement; **Grup 7:** ÖA + SBU + Filtek Bulk Fill Flowable 2X2 mm inkrement; **Grup 8:** ÖA+ SBU+ Filtek Bulk Fill Flowable 4 mm tek inkrement; **Grup 9:** ÖA + Adhese Universal Vivapen (AU) + Tetric Evo Ceram Bulk Fill 2X2 mm inkrement; **Grup 10:** ÖA + AU + Tetric Evo Ceram Bulk Fill 4 mm tek inkrement; **Grup 11:** ÖA + AU + Tetric Evo Flow Bulk Fill Flowable 2X2 mm inkrement; **Grup 12:** ÖA + AU + Tetric Evo Flow Bulk Fill Flowable 4 mm tek inkrement; **Grup 13:** ÖA + SBU + Z550 2X2mm inkrement; **Grup 14:** ÖA + SBU + Z550 4 mm tek inkrement. Örnekler 1000 devir termosiklusa tabi tutulduktan sonra, %0,5'lik bazik fuksin solüsyon ile boya penetrasyon testi gerçekleştirilmiştir. Diş kesitlerinden alınan dijital görüntüler üzerinde görüntü analizi ile kantitatif olarak belirlenen mikrosızıntı düzeyleri, Tek yönlü varyans analizi ve Tukey testleri ile istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır (p=0.05). Kütlesel teknikte uygulanan örnekler, tabakalama tekniği ile uygulanan örneklere kıyasla anlamlı düzeyde yüksek sızıntı göstermişlerdir (p<0.05). Akışkan kompozitlerin uygulandığı gruplar da anlamlı düzeyde yüksek mikrosızıntı göstermiştir (p<0.05). Tüm gruplar içinde en fazla sızıntı düzeyi Grup 3 ve Grup 4'te izlenmiştir (p<0.05)

Anahtar kelimeler: mikrosızıntı, bulk fill kompozitler

## ABSTRACT

**ARSLAN, E. In vitro microleakage of Bulk-Fill resin composite materials applied Bulk/Incremental modes. Hacettepe University Health Sciences Institute Specialty Thesis in Pediatric Dentistry, Ankara, 2016.** This in vitro study was conducted to evaluate the sealing effectiveness of different bulk fill composite resins in class I cavities. Extracted human third molars (n=168) were randomly allocated into 14 experimental groups (n=12/group) with respect to the composite resin/adhesive system employed: **Group 1:** Phosphoric acid etching of enamel (PE) + FL-BOND II + Beautifil Bulk fill Restorative 2X2mm increment; **Group 2:** PE + FL-BOND II + Beautifil Bulk fill Restorative 4 mm single increment; **Group 3:** PE + FL-BOND II + Beautifil Bulk fill Flowable 2X2mm increment; **Group 4:** PE + FL-BOND II + Beautifil Bulk fill Flowable 4 mm single increment; **Group 5:** PE + Single Bond Universal (SBU) + Filtek Bulk Fill Posterior 2X2mm increment; **Group 6:** PE + SBU + Filtek Bulk Fill Posterior 4 mm single increment; **Group 7:** PE + SBU + Filtek Bulk Fill Flowable 2X2mm increment; **Group 8:** PE + SBU + Filtek Bulk Fill Flowable 4 mm single increment; **Group 9:** PE + Adhese Universal Vivapen (AU) + Tetric Evo Ceram Bulk Fill 2X2mm increment; **Group 10:** PE + AU + Tetric Evo Ceram Bulk Fill 4 mm single increment; **Group 11:** PE + AU + Tetric Evo Flow Bulk Fill Flowable 2X2mm increment; **Group 12:** PE + AU + Tetric Evo Flow Bulk Fill Flowable 4 mm single increment. **Group 13:** PE + SBU + Z550 2X2mm increment; **Group 14:** PE + SBU + Z550 4 mm single increment. Specimens were subjected to 1000X thermocycling, and thereafter to 0.5% basic fuchsin dye penetration test. The extent of microleakage was measured quantitatively using image analysis on sections of specimens. One-way ANOVA and Tukey tests were used for statistical analysis of the data (p=0.05). Single increment application of the tested composites resulted in significantly greater leakage values compared with their layered counterparts (p<0.05). Flowable bulk-fill composites showed significantly greater leakage values (p<0.05). The maximum amount of microleakage was observed in groups 3 and 4 (p<0.05).

**Key Words:** microleakage, bulk-fill composite

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER	ix
TABLolar	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kompozit Rezinler	3
2.1.1. Kompozit Rezinlerin Yapısı	3
2.1.2. Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması	6
2.1.3. Farklı Özellikteki Kompozit Rezinler	13
2.2. Polimerizasyon Büzülmesi	17
2.2.1. Materyal Formülasyonuna Bağlı Faktörler	18
2.2.2. Polimerizasyona Bağlı Faktörler	19
2.3. Adeziv Sistemler	23
2.4. Mikrosızıntı ve Tespit Yöntemleri	25
2.4.1. Klinik Tespit Yöntemleri	26
2.4.2. İn Vitro Tespit Yöntemleri	27
3. GEREÇ VE YÖNTEM	33
3.1. Örneklerin Hazırlanması	33
3.2. Mikrosızıntı Testi ve Görüntü Analizi	37
3.3. İstatistiksel Analiz	40
4. BULGULAR	41
5. TARTIŞMA	58
6. SONUÇ	65
KAYNAKLAR	66

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bis-EMA	Bisfenol A etoksiledimetakrilat
Bis-GMA	Bisfenolglisidil metakrilat
cm <sup>2</sup>	Santimetrekare
dk	Dakika
EGDMA	Etilen glikol dimetakrilat
FDI	Dünya Diş Hekimleri Birliği
HEMA	2-hidroksietil metakrilat
LED	Light Emitting Diode
MDPB	12-metasiriloiloksidodesil piridiniumbromid
mm	Milimetre
MMA	Metil metakrilat
Mn	Manganez
mW	Miliwatt
nm	Nanometre
Pac	Plazma ark
pH	Potential of hydrogen
S-PRG	Yüzeyi önceden reaksiyona girmiş cam
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
sn	Saniye
TCD	Trisiklodekan
TEGDMA	Trietilen glikol dimetakrilat
TPO	Trimetilbenzoil-difenilfosfinoksit
UDMA	Üretan dimetakrilat
USPHS	Amerika Birleşik Devletleri Sağlık Servisi
UTMA	Üretan tetrametakrilat
UV	Ultraviyole
YbF <sub>3</sub>	Yiterbiyum Triflorür
QTH	Quartz-tungsten halojen
µm	Mikrometre



## ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
3.1.	Çalışmada kullanılan adeziv sistemler ve restoratif materyaller	37
3.2.	Örneklerden kesit almada kullanılan düşük hızlı, su soğutmalı elmas separeli kesim cihazı (Isomet 4000,Buehler, Lake Bluff, IL, A.B.D.)	38
3.3.	Örneklerde boya penetrasyonunu ölçmek ve dijital fotoğrafını çekmede kullanılan ışık mikroskopu (Olympus SZ61, Tokyo, Japonya)	38
4.1.	Çalışmada yer alan tüm grupların ortalama mikrosızıntı değerleri	46
4.2.	Tüm grupların mikrosızıntı değerlerinin en çoktan en aza doğru sıralaması	54
4.3.	Gruplara göre mikrosızıntının ışık mikroskopundaki örnek görüntüleri	56

## TABLOLAR

Tablo		Sayfa
3.1.	Çalışmada kullanılan restoratif materyallerin kimyasal içerikleri.	39
4.1.	Restorasyon materyallerinin uygulama tekniğine göre mikrosızıntı değerleri	41
4.2.	Kompozit tipine göre mikrosızıntı değerleri	41
4.3.	Kompozit tipi göz önünde bulundurulmaksızın, kullanılan uygulama tekniğine göre mikrosızıntı değerleri	42
4.4.	Farklı kompozitlerin uygulama tekniklerine göre ortalama mikrosızıntı değerleri	43
4.5.	Test edilen kompozit tipine göre mikrosızıntı değerleri	44
4.6.	Uygulama tekniği bazında kompozit tiplerine göre mikrosızıntı değerleri	45
4.7.	Test edilen kompozitlerde, geleneksel ve akışkan formun tabakalama ve bulk-fill tekniği ile uygulama yönünden etkinliği	46
4.8.	Farklı kompozit materyallerin mikrosızıntı değerleri	47
4.9.	Farklı kompozit materyallerinde mikrosızıntı değerlerinin ikili karşılaştırmaları	47
4.10.	Tüm alt grupların mikrosızıntı değerine göre ikili karşılaştırmaları	48
4.11.	Tüm alt grupların ortalama mikrosızıntı değerleri	55

## 1. GİRİŞ

Geçtiğimiz 20 yıl içerisinde ergen ve erişkin bireylerde estetik beklentilerdeki artışa paralel olarak posterior dişlerde diş rengindeki estetik restoratif materyallerin kullanılma sıklığında önemli bir artış gözlenmektedir. Posterior dişlere uygulanan rezin bazlı kompozit restoratif materyaller, günümüzde renk stabilitesi, aşınma ve kırılma direnci gibi önemli bazı parametreler yönünden amalgama yakın özellikler kazanabilmiş olmakla beraber, polimerizasyon büzülmesi ve bunu takip eden mikrosızıntı ile tekrarlayan (ikincil) diş çürüğü halen tam olarak engellenememektedir. Polimerizasyon büzülmesini azaltma yönündeki çalışmalar, kompozit rezinlerin fiziksel özelliklerini iyileştirme veya bunların klinik uygulama tekniklerini modifiye etmeyi amaçlamaktadır.

Tekrarlayan diş çürüğü, dolgu gibi direkt teknikle yerleştirilen diş restorasyonlarının başarısızlığında rol oynayan en önemli faktörler arasında yer almaktadır. Direkt kompozit restorasyonlarda ikincil diş çürüğünün en önemli nedeni, foto-polimerizasyon sırasında gerçekleşen kontraksiyondur (1-3). Marjinal bütünlüğün bozulmasıyla sonuçlanan bu durum, diş-restorasyon hattında biyofilm oluşumuna da uygun ortam hazırlar. İkincil çürük, sadece mevcut restorasyonun kaybıyla sonuçlanmaz, aynı zamanda çevre sağlam dokuların da gereksiz yere uzaklaştırılmasına neden olur. Restorasyon değişimlerinin dişlerden %37'ye varabilen oranda sağlam doku kaybı ile sonuçlandığı bilinmektedir (4). Kavite preparasyonlarının şekli ve duvar formu, kompozit rezinlerin uygulama teknikleri, kullanılan dentin adezivinin tipi ve kaide materyalleri de mikrosızıntıyı önemli ölçüde etkileyebilmektedir.

Özellikle posterior dişlerde kompozitin tipi ve uygulama tekniği özellikle yüksek konfigürasyon faktörüne sahip kavitelere kompozitin adezyonu üzerine ciddi bir etki oluşturmakta, polimerizasyon büzülmesini direkt olarak etkilemektedir. Bu nedenle kompozit rezinlerin tabakalı (inkremental) olarak yerleştirilmesi, polimerizasyon büzülmesini ve oluşan kuvvetleri önleyici pratik bir yöntem olarak ileri sürülmüştür (5,6). İnkremental

teknikte, görünür ışıkla polimerize edilen kompozitlerin maksimum inkrement kalınlığı 2mm'dir (7,8). Ancak bu teknik; derin kaviterlerde hem zaman alması hem de kompozit eklemeleri sırasında hava kabarcığı riskini artırması gibi dezavantajlara sahiptir (9).

Geçtiğimiz 7-8 yıl içerisinde, geleneksel tabakalı (inkremental) teknikle uygulanan kompozit rezinlere alternatif olarak geliştirilen tek tabaka halinde posterior bölge dişlere uygulanabilen kompozit rezinler piyasaya sürülmüş ve kullanım kolaylığı nedeniyle artan bir popülerite ile kabul görmüştür. Bulk-Fill adıyla da bilinen bu kompozit rezinler uygulama süresini ve kontaminasyon riskini azaltan daha az tabakaya gereksinim duyması sebebiyle tabakalar halinde yerleştirme yöntemiyle kullanılan kompozitlerde karşılaşılan bazı sorunları ortadan kaldırmaktadır (10-12).

Üreticiler tarafından 4 mm kalınlığındaki tek inkrement halinde polimerize edilebildiği ifade edilen (13) bulk fill kompozitler, bu özellikleri ile klinik uygulama yönünden hasta ve hekime ciddi bir avantaj sağlamaktadır (14). Ancak bu tip kompozitlerin farklı inkrement kalınlıklarındaki sızdırmazlık özellikleri hakkında yeterli laboratuvar verisi bulunmamaktadır.

Bu gözlemlerin ışığında çalışmamızın amacı, konfigürasyon faktörünün maksimum düzeyde olduğu bilinen okluzal kaviterlerde, bulk-fill yapıdaki farklı kompozit resin materyallerinin farklı inkrement kalınlıklarındaki sızdırmazlık düzeylerini in vitro koşullarda karşılaştırmaktır. Bu çalışmada üç başlangıç hipotezi test edilmiştir:

1. Sızdırmazlık direnci, bulk-fill yapıdaki farklı kompozit materyallerden etkilenmemektedir.
2. Sızdırmazlık direnci, kompozit materyalin uygulanma tekniğinden (inkremental ve bulk fill) etkilenmemektedir.
3. Sızdırmazlık direnci, uygulanan kompozit materyalin formundan (pat ve akışkan) etkilenmemektedir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Kompozit Reziner

Diş hekimliğinde estetik materyallerin gelişimi silikat simanlar ve akrilik rezinler ile başlamıştır. Ardından, 1956 yılında Buonocore asitle pürüzlendirme tekniğini geliştirmiş (15) ve bu gelişmeleri 1962 yılında Raphael Bowen'in Bis-GMA (Bis fenol A glisidil dimetakrilat) olarak adlandırılan bir monomer sentezlemesi ile rezin kompozitler takip etmiştir (16). Materyal biliminde "kompozit" terimi, birbiri içinde çözünmeyen, kimyasal yapıları birbirinden farklı en az iki maddenin, üç boyutlu kombinasyonu olarak tanımlanmaktadır (17,18).

#### 2.1.1. Kompozit Rezinerin Yapısı

Kompozit rezin materyaller organik rezin matriks (taşıyıcı faz), inorganik doldurucu partiküller (dağılan faz) ve bu iki kısmı birbirine bağlayan ara bağlayıcı (birleştirici ajan) olmak üzere 3 ana bileşenden oluşmaktadır (19,20).

#### Organik Matriks

Organik matriks içinde monomerler, komonomerler, polimerizasyon başlatıcılar, hızlandırıcı sistem, polimerizasyon inhibitörleri, ultraviyole (UV) stabilizatörler ve üretici firmaya göre değişen ilave bileşenler bulunmaktadır (21).

Diş hekimliğinde kullanılan monomerlerin gelişimi metil metakrilat rezinler ile başlamaktadır. Akrilik yapılarından dolayı sert, bükme ve çekmeye karşı dirençli olmalarına rağmen metil metakrilat rezinler polimerizasyon büzülmesi, renklenme, yüksek termal genleşme katsayısı, sekonder çürük ve pulpa hasarı gibi dezavantajlara sahiptir (18).

Bowen'in geliştirdiği ve glisidil metakrilat ve Bisfenol A epoksi kullanılarak sentezlenen Bis-GMA monomeri zamanla metil metakrilat esaslı matriksin yerini almıştır (20). Bis-GMA'nın yüksek moleküler ağırlığına bağlı olarak mekanik özellikleri iyidir ve polimerizasyon büzülme oranı azdır. Ancak

yüksek vizkozitesi, içine katılabilen doldurucu miktarını sınırlamaktadır (22). Yapılan sonraki çalışmalarda Bis-GMA'nın yüksek viskozitesini azaltmak amacıyla rezin matriks içerisine düşük moleküler ağırlıktaki komonomerler eklenmiştir. Bu komonomerler; trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA), etilen glikol dimetakrilat (EGDMA), metil metakrilat (MMA), bisfenol A etoksi dimetakrilat (Bis-EMA) ve üretan tetrametakrilat (UTMA) dır (23).

Kompozit rezinlerin organik matrisinde sıklıkla kullanılan bir diğer monomer ise üretan dimetakrilat (UDMA)'dır. 1974 yılında Foster ve Walker tarafından geliştirilen UDMA, TEGDMA ile tek başına veya Bis-GMA ile ve/veya diğer monomerlerle de birlikte kullanılabilir. UDMA'nın moleküler ağırlığı Bis-GMA ile benzer olmasına rağmen vizkozitesi oldukça düşüktür. Bis-GMA ve UDMA esaslı rezin materyaller ile yapılan çalışmalarda materyaller arasında başarı açısından farklılık bulunmamıştır (18,24).

Kompozitlerin mekanik özelliklerini iyileştirmek ve polimerizasyon büzülmesine bağlı mikrosızıntının ortadan kaldırılması için yeni monomerler geliştirilmiştir. Bunlar; spiro ortokarbonat, siklik eter, vinil siklopropan, siklik asetal ve allil sülfid, likit kristalin monomerler, kompomerler, radyopak monomerler, trisiklodekan (TCD) üretan, organik modifiye seramikler (ormoser) ve siloranlar olarak sayılabilir (25,26).

Kompozit rezinlerin polimerizasyonu 465 nm dalga boyunda görünür mavi ışıkla veya kimyasal olarak başlatılır (27). Polimerizasyon başlatıcı olarak ışıkla polimerize olan kompozit rezinlerde tersiyer alifatik amin ile kombine olarak alfa diketon (kamforokinon) kullanılırken kimyasal olarak polimerize olan kompozit rezinlerde aromatik tersiyer amin ve benzoil peroksit birlikte kullanılmaktadır. Hızlandırıcı sistemler polimerizasyon başlatıcıya etki ederler ve klinik çalışma süresini düzenler. Normal saklama koşullarında kompozit rezin materyalin ısı, ışık ve diğer kimyasal yollarla polimerizasyonunu engellemek ve raf ömrünü arttırmak amacıyla içerisine polimerizasyon önleyici bileşenler ilave edilmektedir. Bu amaçla genellikle hidrokinon mono metil eter kullanılır. UV ışınlarını absorbe edici ajan olarak en sık kullanılan 2-hidroksi-4-metoksi benzofenon, kompozit rezinlerde renklenmeye sebep olan elektromanyetik radyasyonu absorbe ederek renk

stabilitesini sağlar ve uzun dönemde renklenmeye neden olan başlangıç sistemindeki amin üzerine UV ışınının etkilerini yok eder (28).

### **İnorganik Doldurucu Partiküller**

İnorganik doldurucu partiküllerin nasıl elde edildiği, tipi, partikül büyüklüğü ve dağılımı, ağırlık ve hacim olarak konsantrasyonu ile hangi oranda ilave edildiği kompozit rezinin mekanik özelliklerini belirlemede büyük önem taşımaktadır. İnorganik doldurucular termal genleşme katsayısını ve polimerizasyon büzülmesini azaltırken, radyoopasiteyi ve estetik özellikleri artırır. Ayrıca rezine kıvam kazandırarak uygulamayı kolaylaştırır ve rezinin polimerizasyondan önce şekillendirilmesini sağlarlar. Organik matrikse ilave edilen inorganik doldurucu partiküller organik matriksin fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirdiği için organik matrikse mümkün olduğunca fazla miktarda doldurucu eklenmesi amaçlanır (28-30).

İnorganik doldurucular organik matriks içinde dağılmış çeşitli şekil ve büyüklükteki kuartz, bor silikat, kolloidal silika, baryum silikat, lityum alüminyum silikat, stronsiyum, baryum, zirkonyum, çinko ve yitrium cam gibi partiküllerden oluşur (30).

Silika partikülleri karışımın mekanik özelliklerini güçlendirir ve ışığı geçirip yayarak kompozit rezine mineye benzer yarı şeffaf bir görüntü kazandırır. Saf silika, kristalin (kristobalit, tridimit, kuartz) ve non kristalin (silikat cam) olmak üzere 2 formda bulunur. Kristalin formların sert olması rezin kompozitin bitirme ve polisaj işlemlerini güçleştirdiğinden, günümüzde silikanın non kristalin formu (silikat cam) tercih edilmektedir. Baryum, stronsiyum, çinko, zirkonyum gibi partiküller ise kompozit rezine radyoopasite özelliği kazandırır (23,25,31).

Gelişen kompozit rezin materyallerin inorganik yapısını oluşturan doldurucu partiküller, boyutları, toplam ağırlıktaki oranları, yüzey şekilleri ve içerikleri ile ilk üretilen kompozitlere göre zamanla farklılık göstermiştir. İlk üretilen kompozit rezinlerin partikül büyüklüğü ortalama 25-30 µm arasında iken, günümüzde 0,005-0,075 µm'ye (nanodoldurucu partiküller) kadar küçültülmüş ve inorganik doldurucuların toplam ağırlıktaki oranlarının artması

amaçlanmıştır (32). Kompozit rezin materyale ilave edilen inorganik doldurucu partiküllerin oranının yüksek olması materyalin daha iyi fiziksel özelliklere sahip olmasını sağlarken, inorganik doldurucu partikülün boyutunun küçük olması kompozitin polisajlanabilirliğini ve restorasyonun estetik sonuçlarını önemli ölçüde etkiler (9,33).

### **Ara Bağlayıcı**

Kompozit rezinlerin iyi mekanik özelliklere sahip olması ve kimyasal yapının devamlılığının sağlanması için organik matriks ile inorganik doldurucular arasında sıkı bir bağlanmaya gereksinim vardır. Bu iki yapı arasındaki bağlanma ara bağlayıcı ajan kullanılarak sağlanır. Ara bağlayıcılar, organik silisyum bileşiği olan silanlardan oluşur (24,34).

Kompozit rezinlerde silika partiküllerinin yüzeyi silan bağlayıcı ajanlar ile önceden kaplanmış ve silika partikülleri yüzeyinde çift fonksiyonlu ince bir katman oluşturulmuştur. Bu katmandaki moleküllerin bir ucu silika partiküllerinin yüzeyinde bulunan hidroksil grupları ile bağ kurarken, diğer ucu organik matriksteki polimerlerde bulunan metakrilat grupları ile bağlanmıştır (19,35).

Silan bağlayıcı ajanı, doldurucu partiküller ile rezin matriks arasındaki adezyonu ve hidrolitik stabiliteyi artırırken, rezinin çözünürlüğünü ve su emilimini azaltır. Resin kompozitlerde en çok kullanılan ajan organofonksiyonel silan olan  $\gamma$ -metakriloksipropiltrimetoksisilan'dır (19,34).

### **2.1.2. Kompozit Resinlerin Sınıflandırılması**

Kompozit rezinleri tanımlamak için önerilen çok sayıda sınıflama sistemi mevcut olmakla birlikte bu sınıflamalar araştırmacılara göre de farklılık göstermektedir (21,32,36). Kompozit rezin materyaller içeriğindeki inorganik doldurucu partiküllerinin büyüklüğüne, polimerizasyon yöntemlerine ve viskozitelerine göre sınıflandırılmaktadır (19). En yaygın kullanılan sınıflama sisteminde doldurucu partikül büyüklüğü dikkate alınmaktadır (29).



## **İnorganik Doldurucuların Partikül Büyüklüklerine Göre Kompozit Resinlerin Sınıflandırılması**

### ***Megafil kompozit resinler***

Bu tip kompozitlerde inorganik doldurucu partiküller 50-100 µm büyüklüğündedir. Okluzal temas yüzeylerine veya aşınma miktarı yüksek olan bölgelere yerleştirilebilen insert olarak adlandırılan cam partiküller de mega doldurucu partiküllerdir. Bu tür kompozitler sadece özel amaçlar için üretilmiş olup rutin kullanımı mevcut değildir (19).

### ***Geleneksel (makrofil ve midifil) kompozit resinler***

Makrofil ve midifil kompozitler, geleneksel kompozitler olarak da bilinmektedir. 1-10 µm büyüklüğündeki doldurucu partiküller midifil, 10-100 µm büyüklüğündeki doldurucu partiküller ise makrofil olarak adlandırılır (9,19).

Geleneksel kompozitler ağırlık olarak %75-80 oranında cam ve kuartz doldurucu partikül içermektedirler. Bu kompozitlerin doldurucu partiküllerinin büyük ve sert olmasından dolayı, organik matriksleri doldurucularından daha çabuk aşınır ve resin matriksin aşınması sonucu açığa çıkan doldurucu partikülleri yüzey pürüzlülüğünü arttırarak renk değişikliğine neden olur. Makrofil kompozitlerin cilalanması zor ve pürüzsüz bir yüzey elde edilmesi imkansızdır (9,37,38). Polisajlanma özelliğinin yetersizliği, boyanma ve renk değişikliğine meyilli olmaları nedeniyle günümüzde pek sık kullanılmamaktadır.

### ***Minifil kompozit resinler***

Küçük partiküllü kompozitler olarakta adlandırılan bu tip kompozitlerde doldurucu partikül büyüklüğü 0.1-1 µm arasında değişmektedir ve partikül miktarı makrofil kompozitlere oranla daha fazladır (38). Partiküllerin organik polimer matriks içerisinde serbestçe dağılabilir olması, partikül miktarını arttırmış ve partikül yüzdesi ağırlıkça %75-85'e ulaşmıştır. Minifil kompozitlerde inorganik doldurucular, baryum ve stronsiyum gibi ağır

metalleri içeren, cam ile yoğunlaştırılmış partiküllerdir. Bu tür partiküllerin kullanılması ile aşınmaya karşı direnç arttırılmıştır. Estetik özellikleri kabul edilebilir düzeydedir. Ancak çiğneme kuvvetlerine karşı dirençleri azdır (28).

### ***Mikrofil kompozit rezinler***

Mikrofil kompozitler'in inorganik doldurucuları ağırlıkça %35-60 oranında amorf koloidal silika partiküllerinden oluşmaktadır ve partikül büyüklüğü 0.01-0.1  $\mu\text{m}$  (ortalama 0.04  $\mu\text{m}$ ) boyutundadır. Doldurucu partiküller küçük olduğu için organik matrisle hemen hemen aynı seviyede aşınır. Bu yüzden diğer kompozit tiplerine göre daha yüksek aşınma direnci gösterip geleneksel kompozitlere göre daha düzgün bir yüzey elde edilerek bitirme ve polisaj işlemleri istenilen düzeyde tamamlanabilir (39). Ancak mikrofil kompozitlerin bazı dezavantajları da vardır. Düşük doldurucu içeriği dolayısıyla elastik modülüs ve kırılma direnci düşük, kırılma eğilimleri yüksektir. Ayrıca renk stabilitesi iyi değildir. Bu materyallerin yüksek rezin içeriği nedeniyle devamlı su absorpsiyonu hem fiziksel özellikleri hem de renk stabilitesini olumsuz etkiler (37,40). Düşük kırılma direnci ve potansiyel marjinal yıkımdan dolayı mikrofil kompozitlerin Sınıf II ve geniş Sınıf I restorasyonlar gibi yoğun stres oluşan alanlarda kullanımı kontraendikedir. Sınıf V restorasyonlar, stres taşımayan Sınıf III restorasyonlar ve küçük Sınıf I restorasyonlarda kullanılabilirler (22).

### ***Hibrit kompozit rezinler***

Günümüzde kullanılan kompozit rezinlerin büyük çoğunluğunu hibrit kompozit rezinler oluşturmaktadır. Bu tip kompozit rezinlerde mekanik özelliklerin geliştirilmesi için tüm doldurucu tiplerinin en iyi özellikleri kombine edilerek farklı doldurucu çeşitleri kullanılır. Bu amaç doğrultusunda geleneksel kompozitlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinden, mikrofil kompozitlerin ise yüzey düzgünlüğü özelliğinden faydalanılır (41). Hibrit kompozitler büyüklükleri 0,04-1  $\mu\text{m}$  ve 1–5  $\mu\text{m}$  olan toplam ağırlığın yaklaşık %70-80'ini meydana getiren farklı doldurucu partiküller içermektedir. Hibrit türünün belirlenmesinde büyük partikül adı kullanılmaktayken küçük

partiküller karışımının ikinci komponentini oluşturur. Bu tip kompozitler araştırmacılar tarafından geleneksel hibrit, mikrohibrit ve nanohibrit olarak sınıflandırılmaktadır. Doldurucu partikül boyutu ortalama 1µm ve üzeri olan kompozitler hibrit, doldurucu partikül boyutu 1 µm'nin altında olan kompozitler ise mikrohibrit olarak tanımlanmıştır (9,19,28).

Çeşitli büyüklükte doldurucu partiküllerin bileşimi materyalin aşınma, kırılma direnci ve cilalanabilme özelliğini arttırırken polimerizasyon büzülmesini azaltır. Aynı zamanda materyalin hem anterior hem de posterior bölgede kullanımını mümkün hale getirir (22). Küçük moleküller büyüklerin arasına rastgele serptildiği için bu kompozitlerin yüzeyleri düzgündür, mekanik ve fiziksel özellikleri de geleneksel kompozitlere göre daha üstündür. Doldurucu partiküllerin dağılımı, yüksek oranlarda doldurucu eklenebilmesini mümkün kılarken klinik olarak uygulanımı da kolaylaştırmaktadır (19,27,28).

### ***Nanofil kompozit rezinler***

Nano(fil) kompozitler, mikrofil kompozitlerin estetik özellikleri ve hibrit kompozitlerin dayanıklılığı gibi olumlu özelliklerin bir araya getirildiği bir kompozit jenerasyonudur (42).

Mikro doldurucu içeren kompozitlerde yüzey alanlarının çok geniş olması kompozit içerisine katılabilme oranlarını sınırlamaktayken, nano doldurucuların küçük boşlukları doldurması, kompozit matriksi içindeki doldurucu oranının artmasına neden olmaktadır. Bu da kompozit rezin materyal yüzey parlaklığının daha iyi ve aşınma direncinin yüksek olması gibi istenen klinik özellikleri beraberinde getirmektedir (42,43). Nanokompozitlerin doldurucu partiküllerinin boyutu görünür ışığın dalga boyundan (0.4-0.8 µm) daha küçüktür ve bu durum materyalin optik özelliklerini geliştirir (44). Ayrıca doldurucu boyutları çok küçük oldukları için polimer zincirlerinin arasına iyi bir uyum göstererek yerleşir ve polimerizasyon büzülmesi minimuma indirgenir (43).

Nanokompozitler yüksek translusentlik ve cilalanabilme özellikleriyle mikrofil kompozitlere benzerken fiziksel özellikleri ve aşınma direnci

bakımından hibrit kompozitlere benzemektedir. Bu nedenle üreticiler nanokompozitlerin hem anterior hem de posterior bölgede kullanımını önermektedir (45).

## **Polimerizasyon Yöntemlerine Göre Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması**

### ***Kimyasal olarak polimerize olan kompozit rezinler***

Kimyasal olarak polimerize olan kompozitler, baz ve katalizör olmak üzere 2 bileşenden oluşmaktadır. Her bir bileşen doldurucu ve rezin içermektedir. Bileşenlerden birinde polimerizasyonu başlatan benzoil peroksit, diğerinde ise polimerizasyonu hızlandıran tersiyer amin bulunmaktadır. Polimerizasyon bu 2 bileşenin karıştırılmasıyla başlar (19,30,46). Karıştırma homojen yapılamaz ise polimerizasyon da homojen olmayacağı için kompozitin fiziksel özellikleri olumsuz etkilenmektedir. Ayrıca zaman içerisinde tersiyer aminlerin ağız ortamında kimyasal değişikliğe uğraması ile amin renklenmesi görülmektedir ve bu renklenme ultraviyole ışığı, nem ve oksidasyon ile hızlanmaktadır (19).

### ***Işık ile polimerize olan kompozit rezinler***

İlk defa 1972 yılında 365 nm dalga boyuna sahip ultraviyole ışığı ile aktive edilebilen bir polimerizasyon başlatıcı olan benzoin metil eter içeren kompozit tipi kullanıma sunulmuştur. Ancak bu tip kompozitlerin hasta ve hekime zararlı etkilerinden dolayı kullanımı zaman içerisinde terk edilmiştir (19,46).

Günümüzde görünür ışık yoluyla aktive olan rezinler tercih edilmektedir. Işık ile polimerize olan kompozitlerde mavi ışığa duyarlı bir diketon olan kamforokinon ve hızlandırıcı olarak da alifatik amin bulunur. Polimerizasyonun başlaması için rezinin içerisinde bulunan polimerizasyon başlatıcı kamforokinona uygun dalga boyunda ışık verilmelidir (19). Bu amaçla LED, kuartz–tungsten halojen, diyot ve argon lazer, plazma ark gibi ışık kaynakları kullanılmaktadır (47-49). Kamforokinon 460-480 nm

dalgaboyundaki mavi görünür ışığı absorbe ettiğinde diketon/amin kompleksi aktive olur ve rezinin polimerizasyonu başlatılır (38,50). Işık ile polimerize olan kompozit rezinlerde büzülme ışık kaynağına doğru olacağından, kenar uyumunda problemler görülebilir ancak bu durumun asit ile pürüzlendirme ve adeziv sistemlerin uygulanmasıyla önlenmesi amaçlanır (19).

Görünür ışıkla polimerize olan kompozitlerin tek komponent içermesi, kompozitin yerleştirilmesi için hekime yeterli çalışma zamanı kazandırması, bitirme işlemlerinin kısa sürede tamamlanabilmesi ve küçük parçalar halinde polimerize edildiklerinde daha az büzülme göstermesi gibi avantajları vardır. Ayrıca kimyasal kompozitlerle kıyaslandığında polimerizasyon dönüşüm oranlarının daha yüksek, renk seçeneklerinin ve renk stabilitesinin fazla olması, dayanıklılık ve buna bağlı kırılma dirençlerinin yüksek olması da yaygın olarak tercih edilmelerine neden olmuştur (38).

### **Hem kimyasal yolla hem de ışıkla polimerize olan kompozit rezinler**

Bu tür rezinlerin polimerizasyonu ışıkla başlar ve kimyasal olarak devam eder. Kimyasal olarak polimerizasyon hızı yavaştır, ancak fotokimyasal olarak rezine ilave bir polimerizasyon sağlanmıştır. Işıkla polimerizasyonun tamamen sağlanamayacağı durumlarda kullanılması tavsiye edilmektedir. Özellikle derin kaviteelerde, 2 mm'den daha kalın rezin uygulamalarında, girişin zor olduğu interproksimal alanlarda başarılıdır (19).

### **Viskozitelerine Göre Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması**

#### ***Kondanse olabilen (packable) kompozit rezinler***

Bu kompozitler posterior dişlerde amalgama alternatif olarak üretilmiştir ve benzer şekilde uygulanırlar. Özellikle sınıf 2 kaviteelerde kontakt noktalarının kolay oluşturulabilmesi, kaviteye basınç uygulayarak rahat yerleştirilebilmeleri gibi avantajları bulunmaktadır (28,51,52).

Kondanse olabilen kompozitler hibrit ve konvansiyonel kompozitlere göre daha yüksek oranda doldurucu (hacimce %80) içerir. Yüksek oranda

doldurucu içeriği işlenebilirliklerinin artmasını ve yüksek fiziksel-mekanik özellikler göstermesini sağlamaktadır (52,53). Partikül büyüklüğü 0.7-20 µm arasında değişmektedir. Kondanse olabilen kompozitlerin viskoziteleri yüksektir ve diğer kompozit rezinlerden daha az yapışkandırlar. Bu sebepten el aletleriyle bir seferde yerleştirilip anatomik form işlenebilir, bu da son bitirme ve polisaj işlemlerini azaltır. Ancak büyük doldurucu partiküller içermesinden dolayı, daha fazla aşınma ve bitirme ve polisaj işlemlerinden sonra pürüzlü yüzey oluşma riski fazladır (53,54).

Yüksek viskozitelerinden dolayı küçük okluzal kavitelere uygulanmaları zordur. Uygulanımları sırasında kavite duvarlarında ve kompozit tabakaları arasında boşluklar oluşabilir. Kavite duvarlarına adaptasyonu arttırmak için akışkan kompozit rezinlerle kullanılmaları önerilmektedir (40).

### ***Akışkan kompozit rezinler***

Akışkan kompozit rezinler geleneksel hibrit kompozitler ile aynı doldurucu içeriğine sahip olmasına rağmen doldurucu partikül miktarı geleneksel hibrit kompozitlerden %20-25 oranında daha azdır (55). Akıcı kıvamları sayesinde şırınga sistemleri ile kolayca uygulanabilirler ve kaviteye ulaşılması güç bölgelerine bile ulaşarak iyi bir adaptasyon gösterirler.

Akışkan kompozit rezinler kondanse olabilen kompozitlerin altında stres kırıcı bir bariyer oluşturmak ve polimerizasyon büzülmesini engellemek amacıyla, kavite preparasyonunun tabanındaki ve kavite kenarlarındaki mikroçatlakların kapatılmasında, pit ve fissürlerin örtülmesinde, restorasyon tamirinde, koruyucu rezin restorasyonlarda, sınıf 5 restorasyonlarda, insizal kenar tamirlerinde ve air abrazyon kavitelelerinde kullanılabilirler (55-57).

Geleneksel hibrit kompozitlerle karşılaştırıldığında inorganik doldurucu miktarının daha az olmasına bağlı olarak aşınma dirençleri düşüktür ve materyalin dayanıklılığında azalma görülmektedir. Ayrıca uygulama sırasında akıcılıklarının kontrol edilmesinin zor olması ve aletlere yapışması da akışkan kompozitlerin dezavantajlarından (55,58).

Son yıllarda doldurucu oranı daha yüksek olan yeni nesil akışkan kompozit rezinler üretilerek mekanik özellikler iyileştirilmiştir ve buna bağlı olarakta derin ve geniş kavitelerde daimi restorasyon materyali olarak kullanılabileceği öne sürülmüştür (28,59-61).

### **2.1.3. Farklı Özellikteki Kompozit Rezinler**

#### **Ormoserler**

1998 yılında restoratif diş hekimliğinde, geleneksel rezin kompozitlerde polimerizasyon büzülmesi sonucu ortaya çıkan problemleri aşabilmek amacıyla organik modifikasyonlu seramikler geliştirilmiştir (62). Bu materyale, organik-modifiye-seramik kelimelerinin ilk hecelerinden oluşan ormoser adı verilmiştir (19).

Ormoserler temel olarak inorganik, organik kısım, polisiloksan olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır ve bu bileşenlerin oranı da materyalin termal, optik ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Organik polimerler sertlik, çapraz bağlanabilme, polarite ve optik özellikleri etkiler. İnorganik içerikteki cam ve seramik ise kimyasal stabilite ve termal ekspansiyondan sorumludur. Bunlara ek olarak polisiloksan işlenişi, elastisite ve arayüz özelliklerini etkilemektedir (63).

Ormoserlerin mine ve dentin adezyonlarının iyi olması, biyouyumlu ve kolay uygulanabilir olmaları, iyi estetik özelliklere sahip olması gibi avantajları vardır. Ormoserler geleneksel kompozitlere göre daha düşük aşınma hızına sahiptir ve basınca karşı daha dirençlidirler (64). Hibrit kompozitler ile kıyaslandığında ise ormoserler daha düşük doldurucu içeriğine sahip olmasına rağmen benzer oranda büzülme göstermektedirler (65).

#### **İyon Salabilen Kompozit Rezinler**

Bu kompozit rezinlerin yapısında bulunan kimyasallardan serbestleşen kalsiyum, hidroksil ve florür gibi fonksiyonel iyonlar, mikroorganizmaları ve asitleri etkileyerek restorasyona komşu olan diş sert dokularının demineralizasyondan korunmasını sağlar. Restoratif materyalin dış

tabakasındaki pH değerine bağlı olarak açığa çıkan iyonların miktarında değişir. Dental plak varlığında pH azalır ve bununla birlikte koruyucu iyonların salınımı da artar pH arttığında ise iyon salınımı yavaşlar (66).

Antibakteriyel özelliğe sahip olan kompozitler iki şekilde elde edilebilir (67). Rezin matriksin içine çözünebilir klorheksidin gibi antimikrobiyaller ilave edilir ve restoratif materyalden salınarak etkili olur. Bir diğer yöntem de, antimikrobiyal ajanın, rezin matriks içinde sabit kalması sağlanır. Yeni geliştirilen bir monomer olan 12-metasiriloiloksidodesil piridinium bromid (MDPB) matriks içinde sabit kalarak dışarı salınmadan, bakteri üremesi ve plak birikimine karşı engelleyici etki gösterir (68).

### **Siloran Esaslı Kompozit Rezinler**

Bu tip kompozit rezinler ışıkla sertleşen halka açılımlı polimerizasyon reaksiyonu gösteren oksiran ve siloksan olarak adlandırılan iki farklı molekülden oluşmaktadır. Siloran ismi, materyalin kimyasal yapısını oluşturan siloksan ve oksiran yapıtaşlarından gelmektedir (69).

Siloran bazlı kompozitlerde; oksiran halka açılımlı monomerler sayesinde daha az polimerizasyon büzülmesi görülürken, siloksana bağlı olarak ise kompozitin hidrofobik özellikleri artmıştır. Bu kompozitler, biyolojik sıvılar içerisinde çözünmez ve stabildirler (70). Siloksanın hidrofobik özelliklerine bağlı olarak su absorpsiyonu ve ekzojen renklenme azalmaktadır (63). Oksiranlar, geleneksel Bis-GMA bazlı kompozit rezinlerle karşılaştırıldığında artmış sertleşme derinliği, yüksek dayanıklılık, düşük polimerizasyon büzülmesi gibi avantajlara sahiptir (70).

Siloranların açık halka kimyası halka sistemlerinin açılması ve bölünmesi ile başlar. Bu işlem, kimyasal bağlar meydana geldiğinde, bir önceki adımda kaybedilen hacmi önlemeye neden olmaktadır. Literatüre bakıldığında; siloran bazlı sistemler metakrilat esaslı sistemlerle karşılaştırıldığında, kenar uyumu, polimerizasyon büzülmesi ve mikrosızıntı açısından siloranların daha iyi olduğu rapor edilmiştir (71,72). Ancak bu materyallerin klinik uygulaması, renk seçeneğinin az olması sebebiyle posterior dişlerle sınırlandırılmıştır.



## **Bulk Fill Kompozit Rezinler**

Son yıllarda yeni nesil bir nanohibrit kompozit türü olan modifiye edilmiş başlatıcı sistemlere sahip ve düşük büzülme stresi vadeden bulk fill rezin kompozitler piyasaya sunulmuştur. Bu kompozit materyallerin adı aynı zamanda uygulama tekniğini de içermektedir. Kısa aktivasyon süresi ve yeterli polimerizasyon ile 4 mm kalınlığa kadar tek tabaka (bulk) halinde uygulanabilirler (73). Tek tabakalı olarak uygulama tekniği klinik çalışma süresini azaltarak hasta-hekim konforunu artırır, kompozit tabakasının daha iyi adaptasyonunu sağlar ve tabakalar arasında boşluk kalma riski yoktur (10,74).

Bulk fill adıyla bilinen bu kompozit rezinleri konvansiyonel kompozit türlerinden ayıran en önemli özellik, Bowen monomerinin daha düşük viskozite kazanacak şekilde modifiye edilmiş olmasıdır. Kimyasal yapıdaki bu değişikliğin polimerizasyon büzülmesini %70'lere varan oranda azalttığı bildirilmiştir (75). Erken dönem laboratuvar raporları, bulk fill kompozitlerin yeterli marjinal adaptasyona sahip olduğunu ve standart kompozitlerle benzer sonuçlar elde edildiğini savunmaktadır (13). Bulk fill kompozit rezinler düşük büzülme stresine sahiptirler ve buna bağlı olarak da daha iyi kenar uyumu gösterirler. Posterior bölgede çiğneme kuvvetlerine karşı yeterli direnç sağlarlar. Çalışma süresi boyunca çabuk polimerize olmadığı için, kavite içerisine yerleştirmek geleneksel kompozitlere göre daha kolaydır. Polisajlanabilme özellikleri iyidir (76).

Bulk fill kompozit rezinler 10 sn kadar kısa bir sürede 4 mm'ye kadar hızlı bir şekilde yeterli sertleşme derinliği sağlayan fotobaşlatıcılar içermektedir. Bu kompozitlerin inorganik doldurucu oranı ve içeriği üretici firmaya göre değişmektedir. Genel olarak; zirkonyum/silika partikülleri, yiterbiyum triflorid, karmaoksit, baryum cam ve proakrilat partiküllerini içerirler. Bu partiküller, radyoopasiteyi artırarak ışık cihazının etkisinin derinlere ulaşabilmesini sağlamaktadır. Ayrıca kompozite mineye benzer bir şeffaflık vererek estetik üstünlük sağlamaktadır (10,19,74).

Bulk fill kompozitler pürüzsüz yapıya sahip olmalarından dolayı herhangi bir akışkan kaide materyali kullanmadan kavite duvarlarında yüksek

adaptasyon sağlamaktadır. Büzülme stresini azaltıcı bir teknolojiye sahiptirler. Bu teknoloji ile kenar uyumunu artırarak, polimerizasyon büzülme stres değerini ve büzülme hacmini azaltmışlardır (76). İyi bir kenar uyumu ve düşük polimerizasyon büzülmesi, dişte deformasyonu, postoperatif hassasiyeti, mikrosızıntıyı ve sekonder çürük gelişme olasılığını azaltabilir (12,77,78).

### **Giomerler**

Rezin esaslı restorasyon materyallerine flor iyonu serbestleştirme özelliği kazandırabilmek için önceden reaksiyona girmiş cam iyonomer (pre-reacted glass ionomer-PRG) doldurucu teknolojisi geliştirilmiştir. PRG doldurucular, su varlığında polialkenoik asit ve fluoroakuminasilikat cam arasında meydana gelen asit-baz reaksiyonu sonucu oluşan bir hidrojel ile elde edilirler (79). Oluşan bu ıslak siliköz hidrojel, kurutma ve dondurma işlemlerinden geçerek nemden arındırılır. Ardından öğütülüp silanize edilerek belirli büyüklüklerde PRG doldurucular elde edilir ve rezin içerisine eklenirler (80). PRG teknolojisi ile üretilen rezin esaslı dental materyal, Shofu firmasına ait "Giomer" adlı üründür.

PRG dolduruculu restoratif materyallerde sürekli flor salınımı ve reşarj olabilme özelliği, önceden reaksiyona girmiş hidrojelde bulunan flor ve katyon iyonunun yer değiştirmesi ile gerçekleşmektedir (80). Giomerin içerisinde asit-baz reaksiyonunu dışarda tamamlayan bir doldurucu bulunması diğer hibrit kompozit rezinler ile kıyaslandığında aradaki en önemli farklılıktır. Poliasitle modifiye kompozit rezinlere göre giomerde asit-baz reaksiyonunun çok daha uzun sürede gerçekleşmesi nedeniyle hidrojel tabakası çok daha kalın olmaktadır (81,82). Ayrıca rezin matrikste yer alan cam doldurucuların miktarı da flor serbestleştirilmesinde önemli rol almaktadır. Bu özellikler göz önünde bulundurulduğunda giomerler klinik olarak büyük bir avantaj sağlamaktadırlar. Giomerde flor salınımı ve reşarj özelliği cam iyonomer hidrojel komponentin varlığıyla ilişkilirken, kompomer ve kompozit rezinlerde rezin matriksin su absorpsiyonuyla ilişkilidir. Buna bağlı olarak flor iyonu salma ve reşarj kapasitesine bakıldığında giomer daha başarılı olabilir (82).

Klinik alışmalar, özellikle sınıf I ve II restorasyonlarda anatomik form, renk uyumu, retansiyon, marjinal butnlk, postoperatif hassasiyet yönünden giomerlerin kompozit rezin ve rezin-modifiye cam iyonomer simanlardan daha başarılı olduğunu rapor etmektedir (83-85). Sınıf V restorasyonlarda ise rezin-modifiye cam iyonomer siman ile benzer klinik sonuçlarının olduğu ve anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir (83,85).

## 2.2. Polimerizasyon Büzülmesi

Kompozit dolgu materyalleri işıkla ya da kimyasal yolla aktive edilip polimerizasyon reaksiyonu gerçekleştiğinde, monomerlerin polimer zincirine dönüşmesi sırasında hacimsel olarak bir büzülme meydana gelmektedir ve bu durum polimerizasyon büzülmesi olarak adlandırılır. Polimerizasyon büzülmesi üretildikleri günden bu yana kompozit rezinlerin tam olarak zlelenememiş en önemli problemlerinden birisidir (86,87).

Kompozit rezinlerin polimerizasyonu sırasındaki hacimsel büzülme iki faktöre bağlıdır. Bunlar; polimerizasyon sırasında monomerler arasındaki Van der Waals kuvvetlerinin kovalent bağ ile yer değiştirmesi ve monomerler arasındaki uzaklığın polimerizasyon sonrası oluşan polimer zincirleri arasındaki intermoleküler uzaklıktan daha büyük olmasıdır (88).

Kompozit rezinlerde jelasyon, moleküllerin bir araya gelmesi ve bu Şekilde viskz olan likitin rijit bir materyale dönüşme safhasıdır. Kompozit rezin materyallerin polimerizasyonu pre-jel ve post-jel faz olarak iki safhadan oluşur. Pre-jel safhasında kompozitin elastik modülü artarak plastik deformasyona izin vermeyecek seviyeye ulaşır ve rezin kavite içine yayılarak stresi azaltır. Post-jel safhasında ise kavite duvarı ile rezin arasındaki bağlanma kuvvetleri polimerizasyon sonucu oluşan büzülmenin serbest olarak gelişmesini engelleyerek internal streslerin oluşmasına yol açar (89,90).

Kompozit rezinlerin polimerizasyon büzülmesi sırasında oluşan büzülme stresi kavite duvarları tarafından sınırlandırılır. Materyalin hacimsel büzülme miktarı, viskoelastik özelliği ve polimerizasyon sırasında kazandığı elastik modülüsü büzülme stresini oluşturan önemli faktörlerdir (91).

Polimerizasyon sırasında rezinin plastik deformasyonu, akışkanlık özelliği ve higroskopik ekspansiyonu ise büzülme streslerini bir miktar kompanse etmektedir (92,93).

Diş dokularıyla restoratif materyal arasındaki bağlanma yeterli olmadığına polimerizasyon büzülmesi sonucu kompozit ile kavite duvarları arasındaki uyum bozularak restorasyon kenarlarında mikrosızıntı, renklenme ve sekonder çürükler görülebilmektedir (94). Diş dokuları ile bağlantı iyiyse, kompozitin büzülmesiyle birlikte diş dokusunda stres oluşmaktadır ve bu durum postoperatif hassasiyet, tüberkül hareketi ve tüberkül kırıkları ile sonuçlanabilmektedir (95).

### **2.2.1. Materyal Formülasyonuna Bağlı Faktörler**

#### ***Rezin kompozitin doldurucu içeriği***

Polimerizasyon reaksiyonu sırasında, organik matrikste bulunan monomerler polimer haline geçtiğinde yapıda hacimce küçülme görülürken, inorganik fazda bir değişim meydana gelmemektedir. Rezin kompozitlerin yapısında bulunan inorganik doldurucu partiküllerin oranı arttırıldığında, daha az polimerizasyon büzülmesi meydana gelir (96,97). Bu durum, doldurucu partikül hacminin fazla olduğunda, rezin matriks hacminin azalması ile ilişkilidir (96).

Küçük partiküllü doldurucuların oranının arttırılması materyallerin mekanik özelliklerini geliştirmektedir. Ayrıca metakrilat bazlı rezin kompozitlerin doldurucu boyutu ve içeriği nanoteknoloji ile birlikte geliştirilmiştir (9). Son yıllarda rezin kompozitlerin yapısına katılan nanofil silika partikülleri, hibrit ve mikrofil rezin kompozitlerin polimerizasyon büzülmesi ve streslerini önemli ölçüde azaltmıştır. Diğer rezin kompozit türlerine göre daha fazla doldurucu içeriğine sahip olan nanofil kompozitlerde daha düşük polimerizasyon büzülme oranları görülmektedir (98,99).

### ***Monomerin kimyasal yapısı***

Monomer çeşidi büzülme stresini etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Rezin kompozitin büzülme derecesi monomerin moleküler ağırlığı, polimer dönüşüm derecesi ve monomerin miktarı ile ilişkilidir. Moleküler ağırlığı düşük olan monomerler, yüksek moleküler ağırlıklı monomerler ile karşılaştırıldığında daha fazla polimerizasyon büzülmesi gösterir (38,100).

Rezin kompozitlerin organik matriksinde uzun yıllardır Bis-GMA ve TEGDMA monomerleri kullanılmaktadır. TEGDMA, Bis-GMA ile karşılaştırıldığında daha düşük viskoziteli ve düşük moleküler ağırlıklı bir monomer olduğundan TEGDMA monomerini içeren rezinlerin polimerizasyon büzülme miktarları daha fazla olmaktadır (18,101). UDMA yüksek molekül ağırlığına sahip olmakla birlikte Bis-GMA'ya oranla akıcı olduğundan seyreltici madde kullanımı gerektirmez. UDMA düşük büzülme özelliğinin yanı sıra Bis-GMA'ya oranla düşük su emilimi gösterdiği ve daha sert yapıda olduğu için tercih edilebilir. Ayrıca UDMA monomeri Bis-GMA'dan daha reaktif ve bu durum jelasyonun başlamasından önce daha yüksek polimerizasyon oranı ve daha yüksek dönüşümün sağlanmasına izin vermektedir (18,102).

Moleküler ağırlığı yüksek olan kompozitlerin geliştirilmesiyle ilgili olarak yapılan çalışmalarda dimer asit monomer, üretan monomer ve modifiye üretan dimetakrilat rezinlerin Bis-GMA ve UDMA'ya göre daha az polimerizasyon büzülmesi oluşturdukları gösterilmiştir (103). Katyonik halka açılımı ile polimerize olan oksiran ve siloran monomerleri dimetakrilat rezinlerden daha düşük polimerizasyon büzülmesi göstermektedir. Oksiranın yavaş polimerizasyonu da oluşan stres miktarını azaltmada etkilidir (104).

### **2.2.2. Polimerizasyona Bağlı Faktörler**

#### ***Kavite geometrisi***

Kavite konfigürasyon faktörü (C faktör), kompozit rezinin bağlandığı yüzeylerin bağlanılmayan serbest yüzeylere oranı olarak tanımlanmaktadır. Kavite duvarları tarafından sınırlandırılmayan serbest yüzey kompozit rezinin

plastik deformasyonuna izin vereceğinden stres seviyesi de artacaktır (105). C faktör 1'in altında olduğu durumlarda büzülme stresleri azalırken, C faktör 3'ün üzerinde olduğunda ise stres değerleri hızla artmaktadır (106). C faktörün artması, bağlanma dayanıklılığını azaltmakta buna bağlı olarak kenar uyumunda bozulmalara yol açmaktadır (107).

Kavitenin genişliği ve derinliği de polimerizasyon büzülmesini etkilemektedir. Kavite dar ve yüzeysel olduğunda uygulanan kompozit rezin hacmi azalacağı için büzülme miktarı da az olacaktır (57). Ayrıca kaide materyallerinin kullanımı da kavite derinliğini azaltarak hem uygulanan kompozit rezin hacmini azaltıp hem de kavitenin C faktörünü değiştirerek polimerizasyon büzülmesini olumlu yönde etkileyebilir (19). Restorasyonun boyutu kütleli yerleştirme tekniği uygulandığında daha da önemli hale gelmektedir (19,57).

### ***Kompozit uygulama tekniği***

Polimerizasyon büzülme stresinin etkilerini azaltmak için farklı restoratif teknikler önerilmektedir (108). Kütleli uygulama (bulk) tekniği, kompozitlerin kaviteye tek tabaka halinde yerleştirilmesi esasına dayanmaktadır (74). Tabakalar halinde (inkremental) yerleştirme tekniği ise 2 mm kalınlığındaki kompozit tabakalarının ayrı ayrı polimerizasyonuna dayalı bir tekniktir (109). Birçok araştırmacı C-faktörün büzülme stresi oluşumundaki olumsuz etkisini azaltmak için, kompozit rezinin kaviteye tabakalar halinde uygulanmasını önermektedir. Tabakalama tekniğinde her tabakanın polimerizasyonu sırasında bağlanan yüzey alanı azalacağından büzülme stresi ve polimerizasyon streslerine bağlı oluşan tüberkül hareketleri azalırken, monomer dönüşüm derecesi, restorasyonun kenar uyumu ve kompozit rezinin mekanik özellikleri ise artar (24,110).

Günümüzde kompozit uygulamalarında çoğunlukla tabakalama yöntemi tercih edilmektedir (111). Kompozit rezin restorasyonlar yerleştirilirken, horizontal tabakalama, oblik tabakalama ve vertikal tabakalama gibi çeşitli tabakalama teknikleri kullanılmaktadır. Büzülme stresini azaltmak için kompozitin bulk tekniği yerine tabakalar halinde

yerleştirilmesi önerilmektedir (112,113). Ancak kompozit rezinin bulk tekniğiyle uygulaması ile küçük parçalar halinde uygulanması karşılaştırıldığında stres azaltılması ve marjinal adaptasyonun artırılması açısından herhangi bir fark bulunmamış mikrosızıntı çalışmaları da mevcuttur (74).

### ***Işıklı polimerizasyon tekniği***

Görünür mavi ışık ile polimerize olan kompozit rezinlerde, 450-500 nm dalga boyundaki ışığı absorbe ederek polimerizasyonu başlatan inisiyatörler bulunmaktadır. Işığın etkisiyle kamforokinon harekete geçmekte, amin ile birlikte reaksiyona girerek serbest radikaller oluşturmaktadır. Polimerizasyonun başarısı için uygulanan kompozitin içinde bulunan kamforokinon moleküllerinin tamamının ışığı yeterli derecede absorbe etmesi gereklidir. Bu başarı; ışığın uygulanma süresi, ışık cihazının gücü, ışık cihazı ile kompozit rezin arasındaki mesafe, uygulama kalınlığı ve kompozit rezinin rengi gibi birçok etkene bağlıdır. Geleneksel olarak kullanılan ışık cihazları için temel olarak iki önemli faktör vardır (114). Bunlar; ışığın gücü ve ışığın uygulama süresidir. Daha güçlü ışık daha fazla ışığa hassas molekülün etkilenmesi demektir. Işığın gücü; birim alana düşen enerji miktarıyla ölçülür. Geleneksel olarak kullanılan ışık cihazları için, ışık gücünün en az 400 mW/cm<sup>2</sup> olması istenir (115). Ayrıca artan ışık aktivasyon süresi de artan monomer dönüşüm derecesine bağlı olarak yüksek büzülme streslerine neden olur (104).

Günümüzde diş hekimliğinde kullanılan kompozit rezinler, ışık yayan diyot (Light-Emitting Diode-LED), quartz-tungsten halojen (QTH), argon lazer ve plazma ark (pac) ışık cihazlarıyla polimerize edilebilmektedirler. Geleneksel ışık cihazları 450-500 mW/cm<sup>2</sup> yoğunluğunda ışık üretirken, yüksek ışık şiddetine sahip cihazlar, 1000 mW/cm<sup>2</sup>'nin üzerinde ışık üretme kapasitesine sahiptir. Plazma arc (PAC, xenon) ve lazer gibi yüksek şiddette enerji veren ışık kaynakları polimerizasyon hızını arttırarak, derin polimerizasyon ve polimerizasyon süresinin kısalması gibi avantajlara

sahiptir. Ancak polimerizasyon hızının artmasıyla, pre-jel faz süresi kısalmaya ve buna bağlı olarak polimerizasyon büzülme stresleri de artabilir (87,116,117).

Uzun süre ışık uygulamanın büzülme stresini arttırdığı saptanmıştır fakat polimerizasyon süresini kısaltarak büzülme stresini önlemek de doğru değildir; bu durum yetersiz polimerizasyona bağlı olarak toksik monomerlerin pulpa üzerindeki olumsuz etkilerine, restorasyon ile diş bağlantısında defektlerin oluşmasına ve bağlanmadaki başarısızlığa bağlı olarak da kenar sızıntısına, postoperatif hassasiyete, renklenmeye, aşınmaya ve sekonder çürüğe yol açabilmektedir (118).

Işık kaynağı ile rezin kompozit arasındaki mesafe ışık şiddetinin etkinliğini belirleyen önemli bir faktördür. Işığın iletilirken kayba uğraması ya da yüzeylerden yansımaları ışık şiddetinin etkinliğini önemli derecede etkilemektedir. Işık uygulama ucunun kompozit yüzeyinden 10 mm kadar uzaklaştırıldığında ışık şiddetinin %50 oranında azaldığı bildirilmiştir (119,120).

Polimerizasyon hızının azaltılması ve visköz akış için gerekli süreyi sağlamak amacıyla çeşitli fotoaktivasyon metodları devamlı yüksek yoğunlukta ışık uygulamasına alternatif olarak geliştirilmiştir (91). Işığın kompozit yüzeyine ilk geldiği andaki enerji düzeyinin düşürülmesinin, restorasyonun polimerizasyon büzülmesini ve internal streslerini azalttığı tespit edilmesiyle birlikte soft start ve pulse delay adı verilen teknikler geliştirilmiştir. Soft start polimerizasyon tekniğinde materyal ilk olarak birkaç saniye düşük ışık yoğunluğuyla polimerize edilir. Ardından ışık yoğunluğu yavaş yavaş artırılarak polimerizasyona devam edilir (121-123). Pulse delay yönteminde ise önce kısa süreli, düşük yoğunluklu ışık uygulanır ardından bir süre hiç ışık uygulamadan beklenir ve yaklaşık 3 dk sonra yüksek enerjili ışık uygulanarak polimerizasyon bitirilir (24,122,123). Çoğu araştırmacı yaptığı çalışmalar sonucunda bu tekniklerin kenar uyumunu geliştirdiğini bildirmişlerdir (114,123).

### ***Kavite taban materyallerinin kullanılması***

Polimerizasyon büzülmesine bağlı streslerin azaltılmasında uygulanan



diğer bir yaklaşım da kavite taban maddeleri ve “liner”ların stres absorbe edici olarak kullanılmasıdır (124). Liner materyallerinin kullanılması ile büzülme streslerine karşı elastik bir bariyer oluşturulabileceği ve streslerin daha eşit bir şekilde dağılacağı belirtilmiştir (95). Ayrıca liner ve kavite taban maddelerinin kullanılması ile restoratif materyal miktarı azaltılarak polimerizasyon büzülmesinde azalma sağlanacağı bildirilmiştir (124).

### ***Elastisite modülü***

Elastisite modülü, materyalin stres altında elastikliğini ve çökme miktarını değerlendirmek için kullanılan bir parametredir ve materyalin belli bir yük altında gerilim ile gerinim ilişkisini açıklamaktadır (125).

Yüksek elastisite modülüne sahip materyaller daha katı, düşük modüllü olanlar ise daha esnektir. Mikrodoldurucu kompozitler gibi daha esnek materyaller dişle birlikte esneyerek bağlanma yüzeyini korumaktadır. Partikül miktarı fazla olan kompozitler yüksek elastisite modülüne sahiptir ve polimerizasyon sırasında kompozit-dentin ara yüzeyinde fazla büzülme stresine sebep olmaktadır (19,126). Daha yüksek elastisite modülü eğer diş-restorasyon arayüzeyindeki bağlanma bozulmazsa diş yapılarına daha büyük stresler transfer etmektedir (97). Bununla birlikte yüksek elastisite modülü, restorasyonun fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi yönünden tercih edilen bir özelliktir. Elastisite modülünü değiştirmek amacıyla doldurucu içeriğini modifiye etmek mümkündür fakat bunun sonucunda rezin miktarı da değişeceğinden büzülme değerleri yine etkilenecektir (104).

Dentin adeziv uygulamasının, kavite duvarı ile kompozit arasında elastisite modülü düşük yapay bir elastik duvar oluşturarak büzülme streslerini azaltacağı bildirilmiştir (19).

### **2.3. Adeziv Sistemler**

Dentin adeziv sistemler Bis-GMA, UDMA gibi hidrofobik monomerlerden, TEGDMA gibi viskozite düzenleyicilerden ve HEMA gibi ıslatıcı ajanlardan oluşmaktadır. Dentin adezivler, dentine infiltre olabilmeyi sağlayan hidrofilik gruplar ve Bis-GMA gibi monomerler ile kopolimerizasyon

için gerekli olan hidrofobik gruplardan oluşurlar. Dentin adezivinin en önemli görevi asitle pürüzlendirme sonrası kollajende oluşan boşlukları doldurmak, dentin tübüllerinin içine girerek rezin tagların oluşumunu ve hibrit tabakanın sabitleşmesini sağlamaktır (127).

Son yıllardaki adeziv sistemlerde görülen önemli gelişmelere rağmen, dişteki bağlanma yüzeyi restorasyonların en zayıf bölgesi olarak devam etmektedir. Diş dokuları ve/veya adeziv arayüzeyinin oral kavitedeki tükürük ve su ile kontamine olması, klinik olarak restorasyonun zayıf kenar uyumuna, retansiyon kaybına ve kenar renklenmesine neden olmaktadır (128,129).

Adeziv sistemler, smear tabakayı uzaklaştırarak (etch-and-rinse) ya da smear tabakayı koruyarak (self-etch) mine/dentin dokusuna iki farklı şekilde etki etmektedirler (130,131). Bu iki yaklaşım arasındaki fark, etch-and-rinse sistemlerde, suyla uzaklaştırılması gereken ayrı bir pürüzlendirme (genellikle %35-37'lik fosforik asit jel ile karakterize) ile ön hazırlık aşaması gerektirirken (127), self-etch/primer ajanı sadece hava ile kurutulur, bu yüzden modifiye smear tabakası içinde kalır. Pürüzlendirmedeki bu farklılıklara rağmen, adezyon için gerekli olan primer ve bond uygulama işlemi adeziv sisteme bağlı olarak ayrı ayrı veya birlikte uygulanabilir (131).

Adezivlerin güncel sınıflaması uygulanan aşama sayısına bağlıdır. Etch-and-rinse sistemler, primer ve bondun ayrı ayrı ya da tek şişede kombine olarak kullanımına bağlı olarak iki ya da üç aşamalı olabilir. Benzer şekilde self-etch adezivler, asidik primer ajanının adezivden ayrı veya tek aşamada uygulama prosedürüne izin verecek şekilde adezivle kombine olarak kullanımına bağlı olarak iki veya tek aşamalı sistem şeklinde olabilir (131).

Etch-and-rinse adezivler mineye yüksek bağlanma dayanıklılığı sağlarken, postoperatif hassasiyet riski ve dentinde kullanıldığında potansiyel nanosızıntı oluşma riski gibi dezavantajları vardır. Self-etch adezivler ise, kullanım kolaylığı, kısa uygulama zamanı, postoperatif hassasiyette azalma, dentine olan kimyasal bağlanma gibi avantajlara sahiptir. Ancak mineye düşük bağlanma dayanıklılığı ve minedede kullanıldığında potansiyel nanosızıntı oluşturma riski vardır (127).

Bir diğ er kullanılan teknik ise selektif-etch tekniğ idir. Bu teknik, dentine olan kimyasal bağlanmayı en iyi şekilde kullanan self-etch yaklaşımını korurken, mikromekanik retansiyonu arttırmak amacıyla sadece minenin pürüzlendirilmesi işlemini içermektedir. Adeziv uygulamadan önce mine 15 sn asitle pürüzlendirilir. Bu teknik, her iki yöntemin de avantajlarını içerirken dezavantajlarını gidermektedir (132). Son zamanlarda hem etch-and-rinse hem de self-etch olarak kullanılabilen tek komponentli 'universal' veya 'multi-mod' adezivler piyasaya sunulmuştur. Tercihe bağı lı olarak mine dokusu asitle pürüzlendirilebilir (133). Universal adezivler mineye self-etch şeklinde uygulandığı nda bağlanma etkinliğ inin azaldığı gözlenmiştir (134). Fosforik asitle selektif olarak minenin pürüzlendirilmesinin bu sorunu çözdüğü savunulmaktadır (132).

#### **2.4. Mikrosızıntı ve Tespit Yöntemleri**

Kompozit rezin restorasyonların başarısızlığındaki önemli faktörlerden birisi polimerizasyon büzülmesi sonucu ortaya çıkan marjinal mikrosızıntıdır. İyi bir marjinal uyum, yeterli fiziksel ve mekanik özelliklere sahip materyallerin kullanımı marjinal sızıntıyı azaltan faktörlerdendir. Marjinal mikrosızıntının miktarında rol oynayan faktörler ise; polimerizasyon sırasında materyalde meydana gelen boyutsal değı şiklikler, rezinin su emilimi, ağı z ortamının beslenme sırasında değı şik sıcaklıklara maruz kalması ve diş sert dokuları ile restorasyon materyalinin ısıl genleşme katsayısının önemli miktarda farklı olmasıdır (9,135,136).

Diş ve restorasyon ara yüzeyindeki sızıntının engellenmesi restorasyonların başarısı ve klinik ömrü açısından büyük önem taşımaktadır. İdeal bir restorasyon materyali kavite duvarlarına iyi bir adaptasyon ve yalıtım sağlamalıdır. Aksi halde mikrosızıntı; marjinal renklenmelere ve kırıklara, ikincil çürüğe ve vital dişlerde pulpa duyarlılığı gibi sorunlara yol açar (137,138).

Restorasyonun başarısını olumsuz yönde etkileyen mikrosızıntının saptanabilmesi için bu güne dek bir çok yöntem kullanılmıştır.

Klinik değı rlendirme bir restoratif materyalin etkinliğini incelemede

daha değerli kabul edilmektedir. Ancak bu çalışmalar, standardizasyonun güçlükleri ve zaman alması sebebiyle hızla gelişen restoratif materyallerin ve adeziv sistemlerin değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle in vitro testler günümüz diş hekimliğinde mikrosızıntı araştırmalarında; restoratif materyallerin erken dönemde değerlendirilmesinde, diş-restorasyon ara yüzündeki boşlukların belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (139).

Mikrosızıntının tespitinde görsel yöntemler ve penetrasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Görsel yöntemle incelemelerde, SEM yardımıyla diş-restorasyon birleşimindeki uyum değerlendirilir. Penetrasyon yönteminde ise boyayıcılar, radyoizotoplar, kimyasal işaretleyiciler, bakteriler veya basınçlı havanın diş-restorasyon birleşiminde oluşturduğu sızıntı miktarı stereo mikroskop yardımı ile değerlendirilmektedir (140). Bütün bu yöntemler arasında boya penetrasyon yöntemleri, kolay temin edilebilir ve ucuz olmaları, kimyasal reaksiyon ve radyasyona ihtiyaç duymamaları, toksik olmamaları gibi avantajları nedeniyle sıklıkla tercih edilen yöntemlerdir (140-142).

#### **2.4.1. Klinik Tespit Yöntemleri**

Restoratif bir materyalin klinik şartlarda fonksiyonel performansını ve estetiğini değerlendirmek amacıyla Ryge tarafından USPHS kriterleri geliştirilmiştir. Bu kriterler renk uyumu, anatomik form, kenar renklenmesi, kenar uyumu ve sekonder çürüğün değerlendirilmesine yönelik parametreler içermektedir (143). Bu parametreler arasında kenar uyumu, kenar renklenmesi ve sekonder çürük mikrosızıntının klinik belirteçleri olarak yorumlanır (144).

Hickel ve ark. tarafından 2007 yılında FDI kriterleri olarak tanımlanan yeni kriterler yayınlanmıştır. FDI kriterleri, fonksiyonel, biyolojik, ve estetik özellikler olmak üzere 3 kategoride toplanmıştır (145). Fonksiyonel özellikler arasında yer alan kenar uyumu ile estetik özellikler arasında yer alan yüzey ve kenar renklenmesi; mikrosızıntının değerlendirilmesinde kullanılan klinik belirteçlerdir.

### **Nötron Aktivasyon Analizi:**

Bu yöntem, mikrosızıntının hem in vitro hem de in vivo koşullarda ölçülebilmesine olanak sağlar. İn vivo olarak uygulanacağı zaman; yapılan restorasyonun kenarına kimyasal bir işaretleyici olan manganez (Mn) yerleştirilip ardından diş çekilir ve nükleer reaktörde dişe Mn25 bombardımanı yapılarak mikrosızıntı belirlenir (146).

Dişin içinde manganez bulunması sonuçların değişmesine sebep olabilir. Ayrıca bu yöntem mikrosızıntının lokalizasyonunun tam belirlenememesi, hassas bir çalışma gerektirmesi, pahalı olması ve radyasyon tehlikesi gibi dezavantajlara sahiptir. Bu sebeplerden dolayı kullanımı tercih edilmez (146,147).

### **2.4.2. İn Vitro Tespit Yöntemleri**

#### **Boya Penetrasyon Yöntemi:**

Mikrosızıntının ölçümünde kullanılan en eski yöntemlerden olup kolay ve basit uygulaması nedeniyle de günümüzde hala en çok tercih edilen yöntemdir (148). Bu yöntemde, mikrosızıntının tespiti için daha önceleri organik boyalar kullanılırken, floresan boya geliştirilmesi ile beraber bu tekniğin kullanımı da artmıştır. Mikrosızıntının tespit edilebilmesi için farklı boyutlarda partikül içeren süspansiyonlar veya hazır solüsyonlar şeklinde özel boyalar kullanılmaktadır (149).

Mikrosızıntı çalışmalarında en çok kullanılan boyalar; metilen mavisi (%0.2-2), bazik fuksin (%0.5-2), floresan (%2-20), kristal viyole (%0.05), anilin mavisi (%2), gümüş nitrat (%50), toluidin mavisi (%0.25), eritrosin (%2) ve Rodamin B (%0.2), fosforikasit (%37), akridin turuncusu (%0.1)'dur (150-154).

Mikrosızıntının ölçümünde kullanılan boya maddelerinin özelliklerine dikkat edilmelidir. Örnek olarak metilen mavisi fosfat ile tamponlanmadığında asidik yapıdadır ve dişte bulunan kalsiyumu çözebileceği için yanıltıcı sonuçlara sebep olabilir (151).

Bu yöntemde çekilmiş ve temizlenmiş dişe restorasyon yapıldıktan sonra kök uçları rezin bir materyal ile kapatılır. Ardından mikrosızıntının

değerlendirileceği bölge dışındaki tüm yüzeyler tırnak cilası gibi bir izolan madde ile örtülür ve örnekler hazırlanan solüsyonun içine bırakılır. Seçilen boya maddesine ve hazırlanan yoğunluğuna göre örneklerin solüsyon içinde kalma zamanı belirlenir. Oda sıcaklığında belirlenen sürede boya içinde bekletilen örnekler çıkarıldıktan sonra akan suyun altında yıkanır ve etrafındaki izolan madde uzaklaştırılır (131,141,147,155). Örnekler daha sonra aşağıdaki yöntemlerden birisi kullanılarak değerlendirilir:

a) Kesit Alma Yöntemi: Hazırlanan örneklerden kesit alınarak veya aşındırma işlemi yapılarak mikrosızıntının araştırılması istenilen bölgeler binoküler mikroskop altında değerlendirilir. Boyanın ne kadar penetre olduğuna bakılarak ölçüm işlemi tamamlanır (141). Örneklerden mikrosızıntı tespitinin daha güvenilir bir şekilde değerlendirilebilmesi için üç kesit alınmalıdır (156).

b) Şeffaflaştırma Yöntemi (Dehidratasyon-Demineralizasyon): Bu yöntemde, restorasyonu tamamlanan dişler ilk olarak 48 saat kadar %5'lik nitrik asitte bırakılarak dekalsifiye edilir. Ardından 24 saat süreyle %80'lik etil alkolde, takiben 2 saat kadar %90'lık etil alkolde ve son olarakta 3 saat %100'lük etil alkolde bekletilerek dehidrate edilir. Bu işlemlerden sonra dişlerin demineralize olup tamamen şeffaf hale gelebilmeleri için 24 saat metil salisilatta bekletilirler (157). Şeffaflaşan ve boya penetrasyonunun görünür hale geldiği örneklerde mikrosızıntının tespit edilmesi ve değerlendirilmesi için fotoğraf çekilip kayıt alınır (151).

c) Volümetrik Ölçüm Yöntemi: Bu yöntemde boya solüsyonunda bekletilen dişler nitrik asit solüsyonuna bırakılarak çözdürme işlemi yapılır. Spektrofotometre kullanılarak nitrik asit içerisindeki boya konsantrasyonuna bakılır ve sızıntı miktarı tespit edilir. Fakat mikrosızıntının lokalizasyonu belirlenemez (158).

Boya penetrasyon yöntemi teknik hassasiyet gerektiren bir uygulamadır ve sonuçların değerlendirilmesi standardizasyon gerektirir. Boya penetrasyon yöntemi toksik olmaması, kimyasal reaksiyona ve radyasyona gerek duymaması, ucuz ve kolay uygulanabilir olması, hızlı ve direkt ölçüm yapılabilmesi ve sert dokularla reaksiyona girmemesi gibi avantajlara sahiptir

(151). Bu tekniğin en önemli dezavantajı ise kesit alma işleminde dış örneklerinin zarar görmesi ve tekrar inceleme yapılamaz duruma gelmesi, üç boyutlu olan sızıntının iki boyutta izlenebilmesi ve sızıntının yoğunluğundaki farklılaşmaların belirlenememesidir (147,151,159). Ancak bu sorunun giderilebilmesi için aynı örnekten birkaç kesitin alınması ile bu sorun büyük oranda çözülebilmektedir (147,151).

### **Radyoaktif İzotop Yöntemi:**

Bu yöntem 1951 yılında geliştirilmiştir ve boya penetrasyon yönteminden sonra en sık kullanılan mikrosızıntı ölçüm yöntemidir. Dış hekimliği araştırmalarında mikrosızıntı tespiti için  $Ca^{45}$ ,  $P^{32}$ ,  $Na^{22}$ ,  $C^{14}$ ,  $I^{131}$ ,  $Rb^{86}$ ,  $S^{35}$  izotopları kullanılır. Mikrosızıntı incelemesi yapılacak örnek birkaç saat süreliğine izotopların olduğu solüsyona bırakılır (141). Daha sonra örnekten kesit alınır ve fotoğraf filmine aktarılır (147). Dış dokusu ile restorasyon arasından geçen radyoizotoplar radyograf ile saptanır (160,161). İzotopların derinlere penetre olabilmeleri sayesinde, mikrosızıntı miktarı kısa bir süre içerisinde, doğru verilerle saptanabilmektedir (162). Mikrosızıntı derecelerinin belirlenmesinde, boya penetrasyon yönteminden daha hassas olmasına rağmen dış dokusu veya restoratif materyal izotopları yapılarına çekerek yanıltıcı bir dağılıma neden olabilmektedir (141). Ayrıca sonuçların subjektif olarak değerlendirilmesi, özel cihaz ve bilgi gerektirmesi, pahalı olması tekniğin dezavantajlarındandır (163).

### **Kimyasal Ajanların Kullanılması:**

Komfield tarafından ilk kez 1953 yılında mikrosızıntı çalışmalarında radyoaktif olmayan kimyasal ajanların kullanılabileceği gösterilmiştir (164). Örnekler baryum sülfat içine koyularak akrilik restorasyonların etrafındaki marjinal renklenme ile mikrosızıntının tespiti yapılmıştır. Bu yöntemde iki renksiz bileşen reaksiyona girerek opak bir görüntü oluşturmaktadır. Kullanılan iki kimyasal ajan da küçük molekülü olmalı ve penetrasyon özelliğine sahip olmalıdır. Fotoğraflama tekniğiyle gösterilen mikrosızıntının

tespitinde genellikle mikroorganizmadan daha küçük olan ve iyi penetrasyon özelliğine sahip gümüş iyonlarını içeren gümüş tuzları tercih edilir. Bu amaçla en çok %50'lik gümüş nitrat tuzu kullanılır (141). Ayrıca Leinfelder ve ark. da pH'ı değiştirebilme özelliğinden faydalanarak çözünebilir kalsiyum hidroksiti işaretleyici olarak kullanıp mikrosızıntı tespiti yapmışlardır (165).

Bu yöntemde mikrosızıntının tespit edilmesinde radyoaktif olmayan kimyasal ajanların kullanılması en önemli avantajdır (166). Kantitatif veri elde edilmesi de yöntemin avantajları arasındadır. Fakat her iki kimyasal bileşenin de penetrasyon özelliğine sahip olması gerekliliği ve sonuçların subjektif yorumlanması yöntemin dezavantajlarındandır (167,168).

### **Elektrokimyasal Analiz:**

Bu analiz, eksternal bir güç kaynağına bağlı elektrolit içine batırılmış iki ayrı elektrot arasında oluşan elektrik akımının ölçülmesine dayanır (169). Örnek diş elektrik kaçağı oluşmayacak şekilde izole edilir ve kökünden restorasyona temas edecek bir şekilde elektrot yerleştirilir. Bu işlemlerin ardından elektrolitik ortam sağlamak amacıyla fizyolojik solüsyon hazırlanır ve düzenek bu solüsyona batırılarak elektrik akımı uygulanır. Elektrik akımı hazırlanan örnek içinden geçerken elektrokimyasal ortamda meydana gelen alternatif akım değişiklikleri ölçülerek mikrosızıntı değeri hesaplanır (170).

Bu tekniğin avantajı, örnekler zarar görmeden belirli periyotlarda tekrarlanabilen ve kantitatif ölçümler elde edilebilmesidir. Ancak bu analiz metal restorasyonların sızıntı değerlerinin incelenmesinde kullanılamaz. Kök kanallarındaki mikrosızıntının belirlenmesinde daha çok tercih edilen bir yöntem olsa da apikal mikrosızıntıyla temas etmemesi sonucu yanlış veriler de elde edilebilmektedir (170).

### **Bakteriyel Mikrosızıntı Yöntemi:**

Diş sert dokusu ile restorasyon arasından sızan bakteri toksinleri ve diğer bakteri ürünlerinin incelenmesi ile mikrosızıntı tespiti amaçlanır (141,151). Belirli bir bakteri cinsi ve besiyeri kullanılan bu yöntemde örnekler gram pozitif ile gram negatif bakteri içeriğine sahip kültür ortamına konulur.



İnkübasyon süresi bitiminde besi yerinde bulunan işaretleyici solüsyondaki renk değişikliği incelenerek mikrosızıntı miktarı tespit edilir (150,151,168,171). Laboratuvarda çalışılması kolay olan ve ağız içinden izole edilebilecek bir bakterinin kullanımı tercih edilir. Bu nedenle S.epidermidis, S.sanguis, P.floresans, F.nukleatum, kullanılabilir (141,171,172). Bu yöntemin dezavantajı; diş ile restorasyon materyali arasındaki açıklığın 0.5-1 µm genişliğinden daha dar olması durumunda bakteri toksinleri ve diğer bakteri ürünleri geçemeyeceğinden mikrosızıntı tespiti yapılamamasıdır (141). Ayrıca bu yöntemle sadece kalitatif sonuçlar elde edilmesi de bir diğer dezavantajdır (171).

### **SEM Analizi (Taramalı Elektron Mikroskop Analiz Yöntemi):**

Boya penetrasyon yönteminden sonra örneklerden alınan kesitler SEM ile incelenir ve restorasyon ile diş arasındaki kenar uyumu değerlendirilerek mikrosızıntı miktarı ve lokalizasyonu tespit edilir (141).

SEM analizi görüntüyü büyütebilme özelliğinin çok iyi olması nedeniyle yüzey özelliklerinin ayrıntılı incelenmesine olanak sağlar. Bu sayede örneğin yüzey mikro yapısı görüntülenerek tanecik boyutu ve farklı kristal fazlar izlenebilir (141). Bu analiz, diğer mikrosızıntı yöntemleri ile birlikte verilerin doğrulanması amacıyla da kullanılabilir. Bu olumlu özelliklerin yanı sıra pahalı olması, alınan kesitlerde boşlukların oluşması sonucu yanlış sonuç vermesi ve tekrar kesit almaya imkan vermeyecek ölçüde örnekler zarar verilebilmesi gibi dezavantajlara sahiptir. Dişlerden alınan ölçüler ile replikaların elde edilmesi; inceleme sırasında karşılaşılan deformasyon, kesit alma, kurutma gibi sorunları gidermek için geliştirilmiştir (141,147). Bu amaçla boyutsal stabilitesi yüksek olduğundan polivinil siloksan ölçü maddeleri kullanılırken, epoksi rezin materyali ise replika elde etmek için tercih edilir (147).

### **Mikrotomografi ile Analiz:**

Mikrotomografide X ışını kullanarak, restoratif materyalin diş yüzeyine adaptasyonu ve ara yüzeydeki boşluklar üç boyutlu olarak

saptanabilmektedir (173,174). Ayrıca, kompozit restorasyonlarda karşılaşılan polimerizasyon büzülmesi açısal, alansal ve hacimsel olarak ölçülerek kavite şekli, konfigürasyon faktörü ve kullanılan restoratif materyallerin karşılaştırması yapılabilmektedir (173). Mikrotomografi yönteminde az miktarda X ışını emilimi olan tam doymamış adezivler sebebiyle küçük boşluklar tespit edilemeyebilir (174). Bununla birlikte, çok yüksek X ışını absorbe eden, dentin ile benzer absorpsiyona sahip olan ya da absorpsiyon göstermeyen materyaller ile restorasyon yapıldığında; restorasyon ile kavite arasında yetersiz veya uygun olmayan radyografik kontrast sebebiyle bu analiz uygulanamayabilir (173).



### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 21.01.2015 tarih ve 16969557-108 numaralı onayı ve Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi'nin desteği (Proje ID: THD-2015-5232) ile yürütülmüştür.

Bu çalışmada çekilmiş insan 3. azı dişlerine açılan standart Sınıf I kaviterlerde farklı yapıdaki rezin ve giomer bazlı restoratif materyallerin kütleli ve tabakalı yüklenmesi sonucunda gelişen mikrosızıntının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

#### 3.1. Örneklerin Hazırlanması

Yeni çekilmiş insan 3. azı dişleri, çekimi hemen takiben sert ve yumuşak doku artıkları uzaklaştırıldıktan sonra lastik/fırça ve ponza patı ile temizlenmiş ve ışık mikroskopu altında X20 büyütme ile incelenerek, minede çürük, gelişimsel defektler, çatlak ve kron ve kök yüzeylerinde çekim travması tespit edilen dişler çalışma dışında bırakılmıştır. Araştırmaya dahil edilen dişler (n=168) deneyler yapılana dek +4°C'de her hafta yenilenen serum fizyolojik içerisinde saklanmıştır. Bu çalışmada restoratif materyal olarak Beautifil Bulkfill Restorative (Shofu, Kyoto, Japonya), Beautifil Bulkfill Flowable (Shofu, Kyoto, Japonya), Filtek Bulk Fill Posterior (3M ESPE, A.B.D.), Filtek Bulk Fill Flowable (3M ESPE, A.B.D.), Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar vivadent, Liechtenstein), Tetric EvoFlow Bulk Fill Flowable (Ivoclar vivadent, Liechtenstein) ve Filtek Z550 (3M ESPE, A.B.D.) tabakalama ve bulk yöntemi ile kullanılmış, üretici firmaların önermiş olduğu FL-BOND II (Shofu, Kyoto, Japonya), Single Bond Universal (3M ESPE, St.Paul, MN, A.B.D.) ve Adhese Universal Vivapen (Ivoclar vivadent, Liechtenstein) adeziv sistemleri selektif-pürüzlendirme tekniği ile uygulanmıştır. Bu çalışmada kullanılan restoratif materyaller ve adeziv sistemler Şekil 3.1'de, kimyasal içerikleri ise Tablo 3.1'de yer almaktadır.

Derin dolgu simülasyonu için dişlerin okluzal seviyesi referans alınarak 4 mm derinlikte ve bukkolingual olarak 4 mm genişliğinde Sınıf I kaviterler

açılmıştır. Kaviteler, su soğutma altında aerotör ve 4 mm derinlik göstergeli silindirik elmas fissür frez yardımıyla açılmış, kavite boyutları periodontal sond ile ölçülmüştür. Her 10 dişte bir yeni frez kullanılmıştır. Tüm gruplarda ilk aşama olarak kavite marjinlerinde mineye selektif-etch tekniği ile 15 sn süreyle %37'lik fosforik asit jel (FineEtch 37, Spident, Korea) uygulanmış; ardından 30 sn boyunca hava-su spreyi ile yıkanmış ve 5 sn boyunca hava ile kurutulmuştur. Örnekler farklı restoratif materyal ve uygulama protokolleri uygulanmak üzere 14 alt gruba (n=12/grup) rastgele ayrılmıştır:

**Grup 1 (Beautiful Bulkfill Restorative- tabakalama tekniği):** Üretici firmanın önerileri doğrultusunda FL BOND II primeri 10 sn süreyle tek kullanımlık fırça ile dişlerin mine ve dentin yüzeylerine uygulandıktan sonra hava spreyi ile içeriğindeki solvent uzaklaştırılmıştır. Ardından fırça yardımıyla bond uygulaması yapılmış ve yeni bir LED ışık kaynağı (Elipar S10, 3M ESPE, A.B.D.) ile 5 sn polimerize edilmiştir. Giomer bazlı restoratif materyal (Beautiful Bulkfill Restorative) 2 mm'lik 2 tabaka halinde horizontal tabakalama tekniği uygulanarak restorasyonlar tamamlanmıştır. Her bir tabaka 10 sn süreyle LED ışık kaynağı ile polimerize edilmiştir.

**Grup 2 (Beautiful Bulkfill Restorative- bulk tekniği):** FL BOND II adeziv sistemi Grup 1'de olduğu gibi üretici firmanın önerileri doğrultusunda dişlere uygulanmıştır. Giomer bazlı Beautiful Bulkfill Restorative materyali 4 mm'lik tek tabaka halinde kaviteye yerleştirildikten sonra LED ışık kaynağı ile 10 sn polimerize edilmiştir.

**Grup 3 (Beautiful Bulkfill Flowable- tabakalama tekniği):** Grup 1 ve 2'de olduğu gibi FL BOND II adeziv sistemi üretici firmanın önerilerine uygun olarak uygulanmıştır. Daha sonra akışkan formdaki giomer içerikli Beautiful Bulkfill Flowable, kolay uygulanabilir şırınga sistemi yardımıyla tabakalama tekniği kullanılarak iki seferde 4 mm derinliğindeki sınıf I kavitelere uygulanmış ve her tabaka LED ışık kaynağı ile 10 sn polimerize edilmiştir.

**Grup 4 (Beautiful Bulkfill Flowable- bulk tekniği):** FL BOND II adeziv sistemi, önceki gruplarda belirtilen aşama, süre ve işlem sırasına uygun olarak dişlere uygulanmıştır. Beautiful Bulkfill Flowable 4 mm'lik tek tabaka halinde sınıf I kavitelere yerleştirilerek 10 sn LED ışık kaynağı ile

polimerize edilmiştir.

**Grup 5 (Filtek Bulk Fill Posterior- tabakalama tekniği):** Hazırlanan örneklere üretici firmanın önerileri doğrultusunda tek kullanımlık fırça yardımı ile Single Bond Universal 15 sn ovalanarak uygulanmıştır ve adezivin içeriğindeki çözücüleri uzaklaştırmak amacıyla 5 sn süreyle basınçlı hava uygulanmıştır. Adezivin LED ışık kaynağı ile 10 sn polimerize edilmesini takiben, Filtek Bulk Fill Posterior 2x2 mm tabakalar halinde kaviteye uygulanarak restorasyonlar tamamlanmıştır. Her bir tabaka 20 sn süreyle LED ışık kaynağı ile polimerize edilmiştir.

**Grup 6 (Filtek Bulk Fill Posterior- bulk tekniği):** Single Bond Universal Grup 5'te olduğu gibi kavitelere uygulanmıştır. Ardından Filtek Bulk Fill Posterior 4 mm'lik tek tabaka halinde dişlere yerleştirilerek LED ışık kaynağı ile 20 sn polimerize edilmiştir.

**Grup 7 (Filtek Bulk Fill Flowable- tabakalama tekniği):** Single Bond Universal Grup 5 ve Grup 6'da olduğu gibi uygulanmasını takiben, akışkan formdaki Filtek Bulk Fill Flowable uygulama ucu yardımıyla dişlere tabakalama tekniği kullanılarak 2X2 mm inkrementler halinde yerleştirilmiştir. Her bir tabaka LED ışık kaynağı ile 20 sn polimerize edilmiştir.

**Grup 8 (Filtek Bulk Fill Flowable- bulk tekniği):** Single Bond Universal önceki gruplarda belirtilen aşama, süre ve işlem sırasına uygun olarak dişlere uygulandıktan sonra Filtek Bulk Fill Flowable bulk tekniği ile tek seferde 4 mm'lik kavitelere yerleştirilerek restorasyonlar tamamlanmış ve 20 sn süreyle LED ışık kaynağı ile polimerize edilmiştir.

**Grup 9 (Tetric EvoCeram Bulk Fill- tabakalama tekniği):** Üretici firmanın önerileri doğrultusunda Adhese Universal Vivapen diş yüzeyine 20 sn süreyle ovalanarak uygulanmıştır. Bu işlemi takiben parlak ve hareketsiz bir film tabakası oluşana kadar adezive basınçlı hava uygulanmıştır. Adeziv, 10 sn boyunca LED ışık kaynağı ile polimerize edilmiştir. Daha sonra Tetric EvoCeram Bulk Fill 2 mm'lik 2 tabaka halinde kavitelere yerleştirilerek restorasyonlar tamamlanmış ve 10 sn süreyle LED ışık kaynağı ile polimerize edilmiştir.

**Grup 10 (Tetric EvoCeram Bulk Fill- bulk tekniği):** Adeziv sistem Grup 9'da olduğu gibi üretici firmanın belirttiği şekilde dişlere uygulanmıştır. Ardından Tetric EvoCeram Bulk Fill materyali, 4 mm tek inkrement olarak bulk tekniğiyle uygulanmıştır ve 10 sn süreyle LED ışık kaynağı ile polimerize ederek restorasyonlar tamamlanmıştır.

**Grup 11 (Tetric EvoFlow Bulk Fill Flowable- tabakalama tekniği):** Adhese Universal Vivapen üretici firmanın önerileri doğrultusunda Grup 9'da olduğu gibi dişlere uygulanmıştır. Ardından akışkan formdaki Tetric EvoFlow Bulk Fill Flowable şırınga sistemi ile 2 mm'lik iki tabaka halinde sınıf I kavitelere uygulanmış ve her tabaka LED ışık kaynağı ile 10 sn polimerize edilmiştir.

**Grup 12 (Tetric EvoFlow Bulk Fill Flowable- bulk tekniği):** Adhese Universal Vivapen Grup 9'da olduğu gibi dişlere uygulandıktan sonra Tetric EvoFlow Bulk Fill Flowable materyali, bulk tekniği ile tek seferde 4 mm'lik kavitelere yerleştirilerek restorasyonlar tamamlanmış ve 10 sn süreyle LED ışık kaynağı ile polimerize edilmiştir.

**Grup 13 (Filtek Z550- tabakalama tekniği):** Single Bond Universal, Grup 5'te belirtilen aşama, süre ve işlem sırasına göre uygulanmıştır. Adeziv uygulamasını takiben, Filtek Z550 materyali, 2 mm'lik 2 tabaka halinde horizontal tabakalama tekniği kullanılarak restorasyonlar tamamlanmıştır. Her bir tabaka 10 sn süreyle LED ışık kaynağı ile polimerize edilmiştir.

**Grup 14 (Filtek Z550- bulk tekniği):** Single Bond Universal, Grup 5'teki olduğu gibi uygulandıktan sonra, Filtek Z550 materyali, 4 mm'lik tek tabaka halinde bulk tekniğiyle kaviteye yerleştirilmiş ve LED ışık kaynağı ile 10 sn polimerize edilmiştir.



**Şekil 3.1.** Çalışmada kullanılan adeziv sistemler ve restoratif materyaller

### 3.2. Mikrosızıntı Testi ve Görüntü Analizi

Restoratif prosedürlerin tamamlanmasının ardından tüm dişler oda ısısındaki distile suda 48 saat bekletildikten sonra 1000'er kez  $5\pm 5^{\circ}\text{C}$  ve  $55\pm 5^{\circ}\text{C}$  su banyolarında 15 sn bekletilmek üzere termosiklusa tabi tutulmuştur. Termal siklus uygulaması, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Eğitim ve Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan cihazda gerçekleştirilmiştir. Mikrosızıntı, boya penetrasyonu yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu amaçla restorasyon marjinlerinin etrafındaki 1 mm'lik diş dokusu açıkta kalacak şekilde tüm diş yüzeyleri 2 kat renkli tırnak cilası ile örtülerek, apeksler 2 kat mum ile kapatılmıştır. Hazırlanan örnekler 24 saat süre ile %0.5'lik bazik fuksin çözeltisinde bekletilmiştir. Örnekler bazik fuksin solüsyonundan çıkarıldıktan sonra akan musluk suyu altında yıkanmış, tırnak cilası uzaklaştırılmış ve şeffaf soğuk akril blokların içerisine gömülmüştür. Ardından örneklerden düşük hızlı, su soğutmalı kesit alma cihazında (Isomet 4000, Buehler, Lake Bluff, IL, A.B.D.) (Şekil 3.2) elmas disk ile bukkolingual yönde birbirine paralel olarak 3 adet longitudünel kesit alınmıştır (175). Stereomikroskop (Şekil 3.3) altında her bir kesitin 24X büyütme ile dijital fotoğrafı alınarak görüntüler TIFF formatında kaydedilmiştir. Mine-dolgu birleşim yüzeyinin bukkal ve lingual

yüzlerinde oluşan boya penetrasyonunu (mm) ölçmek için görüntü analiz yazılımı (ImageJ for MacOSX; V.1.34, National Institutes of Health; Bethesda, MD, USA) kullanılmıştır. Her bir kesit için mikrosızıntı değeri bukkal-lingual mine-restoratif materyal yüzey uzunlukları toplamı ile bukkal-lingual boya penetrasyon değerleri toplamına bölünmesi ile hesaplanmıştır (176).



**Şekil 3.2.** Örneklerden kesit almada kullanılan düşük hızlı, su soğutmalı elmas separeli kesim cihazı (Isomet 4000, Buehler, Lake Bluff, IL, A.B.D.)



**Şekil 3.3.** Örneklerde boya penetrasyonunu ölçmek ve dijital fotoğrafını çekmede kullanılan ışık mikroskopu (Olympus SZ61, Tokyo, Japonya)



**Tablo 3.1.** Çalışmada kullanılan restoratif materyallerin kimyasal içerikleri.

<b>Ürün Adı</b>	<b>Üretici Firma</b>	<b>Kimyasal İçerik</b>
<b>Beautiful Bulkfill Restorative</b>	Shofu, Kyoto, Japonya	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-MPEPP, S-PRG doldurucu içerikli Floroaluminasilikat cam, Başlatıcılar, Pigmentler
<b>Beautiful Bulkfill Flowable</b>	Shofu, Kyoto, Japonya	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-MPEPP, S-PRG doldurucu içerikli Floroaluminasilikat cam, Başlatıcılar, Pigmentler
<b>Filtek Bulk Fill Posterior</b>	3M ESPE, St. Paul, MN, A.B.D.	AUDMA, UDMA, ERPG-DMA, Diüretan-DMA, 1, 12-dodecane-DMA, YbF3, zirkonya/silika doldurucu
<b>Filtek Bulk Fill Flowable</b>	3M ESPE, St. Paul, MN, A.B.D.	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, Prokriyat, YbF3, zirkonya/silika doldurucu
<b>Tetric EvoCeram Bulk Fill</b>	Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein	Dimetakrilat komonomerler (Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA), fotobaşlatıcı/polimerizasyon güçlendiriciler (Kamforokinon, TPO, dibenzoil germanyum yan ürünü-Ivocerin) Baryum alüminyum silikat cam, itterbiyum triflorür, küresel karıştırılmış oksit doldurucular, prepolimerler
<b>Tetric EvoFlow Bulk Fill</b>	Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein	Dimetakrilat komonomerler (Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA), fotobaşlatıcı/polimerizasyon güçlendiriciler (Kamforokinon, TPO, dibenzoil germanyum yan ürünü-Ivocerin) Baryum alüminyum silikat cam, itterbiyum triflorür, kopolimerler
<b>Filtek Z550</b>	3M ESPE, St. Paul, MN, A.B.D.	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, PEGDMA, yüzeyi işlenmiş zirkonya/silika doldurucu, TEGDMA

(Bis-GMA= Bisfenol A diglisidil eter metakrilat, UDMA= Üretan dimetakrilat, TEGDMA= Trietilen glikol dimetakrilat, Bis-MPEPP= Bisfenol A polietoksi metakrilat, S-PRG= Yüzeyi önceden reaksiyona girmiş cam, AUDMA= Yüksek moleküler ağırlıklı aromatik dimetakrilat, Bis-EMA= Bisfenol A etoksi dimetakrilat, YbF3= Ytterbiyum Triflorür, TPO= Trimetilbenzoiil difenilfosfinoksit, PEGDMA= Polietilen glikol dimetakrilat)

### 3.3. İstatistiksel Analiz

Çalışma verilerinin analizi için SPSS for Windows 11.5 paket programı (SPSS Inc. Chicago, A.B.D.) kullanılmıştır. Veriler, uygulama tekniklerine ve kompozit tipine göre bağımsız gruplarda yapılan t testi ile değerlendirilmiştir.

Farklı uygulama tekniklerinin (kütlesel ve tabakalı uygulama) kompozit tipine göre ortalama mikrosızıntı değerleri üzerindeki etkisi t testi ile değerlendirilmiştir.

Test edilen dört farklı kompozit rezin materyalinin mikrosızıntı değerleri ve uygulama tekniklerinin ortalama mikrosızıntı değerleri üzerindeki etkileri tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel farkların hangi gruptan kaynaklandığı, Tukey testi ile tespit edilmiştir.

Çalışmada yer alan tüm alt grupların ikili karşılaştırmaları Tukey testi ile yapılmıştır (Tüm testler için  $\alpha = 0.05$ ).

#### 4. BULGULAR

Uygulama tekniklerine göre ortalama mikrosızıntı değerleri ve bu ortalamalar arasındaki farkların istatistiksel değerlendirme sonuçları Tablo 4.1'de yer almaktadır. Analiz sonuçlarına göre mikrosızıntı değerleri uygulama tekniğine göre anlamlı düzeyde farklılık göstermekte olup, kütlesele uygulama tekniğiyle restorasyonu tamamlanan örnekler, tabakalama tekniği uygulanan örneklere kıyasla anlamlı düzeyde yüksek mikrosızıntı göstermişlerdir (bağımsız gruplarda t testi,  $p=0.022$ ).

**Tablo 4.1.** Restorasyon materyallerinin uygulama tekniğine göre mikrosızıntı değerleri (ortalama±standart sapma). \* $p=0,05$

	N	Mikrosızıntı	p
<b>Tabakalama</b>	84	0,516±0,294	0,022*
<b>Kütlesele</b>	84	0,620±0,288	

Test edilen kompozit tipine göre ortalama mikrosızıntı değerleri ve bu ortalamalar arasındaki farkın anlamlı olup olmadığının tespiti için yapılan bağımsız gruplarda t testi sonuçları Tablo 4.2'de yer almaktadır. Akışkan kompozitlerin uygulandığı örneklerin mikrosızıntı değerleri geleneksel kompozit uygulanan örneklerden anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (bağımsız gruplarda t testi,  $p=0,035$ ).

**Tablo 4.2.** Kompozit tipine göre mikrosızıntı değerleri (ortalama±standart sapma). \* $p=0,05$

	N	Ortalama	p
<b>Geleneksel</b>	96	0,527±0,273	0,035*
<b>Akışkan</b>	72	0,623±0,316	

Test edilen farklı kompozit tipleri göz önünde bulundurulmaksızın, uygulama tekniğine göre ortalama mikrosızıntı değerleri ve bu ortalamaların tespiti için yapılan bağımsız gruplarda t testi sonuçları Tablo 4.3'de verilmiştir. Buna göre sadece Filtek Bulk Fill grubunda tabakalama ve kütleli uygulama tekniğinin mikrosızıntı değerleri arasında anlamlı düzeyde fark bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Kullanılan diğer ürünlerde uygulama tekniğine göre mikrosızıntı değerleri arasında anlamlı düzeyde fark bulunmamaktadır ( $p > 0,05$ ). Filtek Bulk Fill grubunda kütleli uygulama tekniğinin mikrosızıntı değeri, tabakalama tekniğindeki mikrosızıntı değerinden anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur.

**Tablo 4.3.** Kompozit tipi göz önünde bulundurulmaksızın, kullanılan uygulama tekniğine göre mikrosızıntı değerleri (ortalama $\pm$ standart sapma).

\* $p=0,05$

		N	Mikrosızıntı	p
<b>Beautiful</b>	Tabakalama	24	0,767 $\pm$ 0,329	0,783
	<b>Bulkfill</b>	Kütleli	24	
<b>Filtek Bulk</b>	Tabakalama	24	0,318 $\pm$ 0,066	0,000*
	<b>Fill</b>	Kütleli	24	
<b>Tetric Evo</b>	Tabakalama	24	0,344 $\pm$ 0,071	0,189
	Kütleli	24	0,378 $\pm$ 0,100	
<b>Filtek Z550</b>	Tabakalama	12	0,754 $\pm$ 0,242	0,092
	Kütleli	12	0,603 $\pm$ 0,173	

Test edilen farklı kompozitlerde tabakalama ve kütleli uygulama tekniklerinin ortalama mikrosızıntı değerleri arasındaki farkın istatistiksel değerlendirme sonuçları Tablo 4.4'te yer almaktadır.

**Tablo 4.4.** Farklı kompozitlerin uygulama tekniklerine göre ortalama mikrosızıntı değerleri (ortalama±standart sapma). \*p=0,05

		<b>N</b>	<b>Mikrosızıntı</b>	<b>p</b>
<b>Tabakalama</b>	Beautiful Bulkfill	24	0,77±0,33	0,000*
	Filtek Bulk Fill	24	0,32±0,07	
	Tetric Evo	24	0,34±0,07	
	Filtek Z550	12	0,75±0,24	
<b>Kütlesel</b>	Beautiful Bulkfill	24	0,79±0,30	0,000*
	Filtek Bulk Fill	24	0,70±0,29	
	Tetric Evo	24	0,38±0,10	
	Filtek Z550	12	0,60±0,17	

Tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre farklı kompozitlerde tabakalama ve kütleli uygulama tekniklerinin ortalama mikrosızıntı değerleri arasında anlamlı düzeyde fark bulunmaktadır ( $p<0,05$ ). Bu farkın hangi gruptan kaynaklandığının tespiti için yapılan tukey testi sonuçlarına göre;

Tabakalama uygulama tekniğinde; Beautiful Bulkfill ile Filtek Z550 arasında anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p>0,05$ ). Aynı şekilde Filtek Bulk Fill ve Tetric Evo karşılaştırıldığında da benzer sonuçlar olduğu bulunmuştur ( $p>0,05$ ). Ancak Beautiful Bulkfill ve Filtek Z550; Filtek Bulk Fill ile Tetric Evo ortalamasından anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur ( $p=0,000$ ).

Kütlesel uygulama yöntemi için ise; Beautiful Bulkfill ile Filtek Bulk Fill grupları arasında mikrosızıntı değerleri arasında anlamlı farklılık görülmezken ( $p=0,185$ ), Tetric Evo ve Filtek Z550'nin mikrosızıntı değerinden anlamlı derecede daha fazla olduğu bulunmuştur ( $p=0,000$ ,  $p=0,029$ ).

Filtek Bulk Fill; Beautiful Bulkfill ve Filtek Z550 ile karşılaştırıldığında benzer sonuçlar göstermiştir ( $p=0,185$ ,  $p=0,262$ ). Tetric Evo ile karşılaştırıldığında ise anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p=0,000$ ).

Tetric Evo, diğer bütün ürünlerin mikrosızıntı değerlerinden anlamlı derecede farklı olup mikrosızıntı ortalaması anlamlı derecede daha düşük

bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Test edilen kompozit tipine göre mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırması için yapılan bağımsız gruplarda t testi sonuçları Tablo 4.5'te verilmiştir. Beautifil Bulkfill ve Tetric Evo gruplarında mikrosızıntı değerleri anlamlı düzeyde farklılık gösterirken ( $p=0,000$ ,  $p=0,029$ ), Filtek Bulk Fill'in mikrosızıntı değeri kompozit tiplerine göre anlamlı düzeyde farklılık göstermemektedir ( $p=0,519$ ). Filtek Z550 için akışkan tipte kompozit uygulanmadığı için karşılaştırma yapılamamıştır.

Beautifil Bulkfill ve Tetric Evo'nun akışkan tipteki kompozitlerinde mikrosızıntı değeri geleneksel tipteki kompozitlerin mikrosızıntı değerinden anlamlı derecede fazla bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

**Tablo 4.5.** Test edilen kompozit tipine göre mikrosızıntı değerleri (ortalama±standart sapma). \* $p=0,05$

		N	Mikrosızıntı	p
<b>Beautifil Bulkfill</b>	Geleneksel	24	0,559±0,315	<b>0,000*</b>
	Akışkan	24	1,000±0,000	
<b>Filtek Bulk Fill</b>	Geleneksel	24	0,535±0,298	0,519
	Akışkan	24	0,482±0,273	
<b>Tetric Evo</b>	Geleneksel	24	0,334±0,083	<b>0,029*</b>
	Akışkan	24	0,388±0,085	
<b>Filtek Z550</b>	Geleneksel	24	0,679±0,220	-
	Akışkan	0	-	

Uygulama tekniği bazında kompozit tiplerine göre mikrosızıntı değerleri Tablo 4.6'da yer almaktadır. Buna göre kütleli uygulama yönteminde kompozit tipine göre mikrosızıntı ortalaması anlamlı düzeyde farklılık gösterirken ( $p<0,05$ ), tabakalama yönteminde kompozit tipine göre mikrosızıntı değeri anlamlı bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Kütlesel uygulama tekniğinde; akışkan formdaki kompozitlerin mikrosızıntı değeri, geleneksel kompozitlere göre anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

**Tablo 4.6.** Uygulama tekniği bazında kompozit tiplerine göre mikrosızıntı değerleri (ortalama±standart sapma). \* $p=0,05$

		<b>N</b>	<b>Mikrosızıntı</b>	<b>p</b>
<b>Tabakalama</b>	Geleneksel	48	0,492±0,266	0,392
	Akışkan	36	0,548±0,329	
<b>Kütlesel</b>	Geleneksel	48	0,561±0,277	<b>0,030*</b>
	Akışkan	36	0,699±0,288	

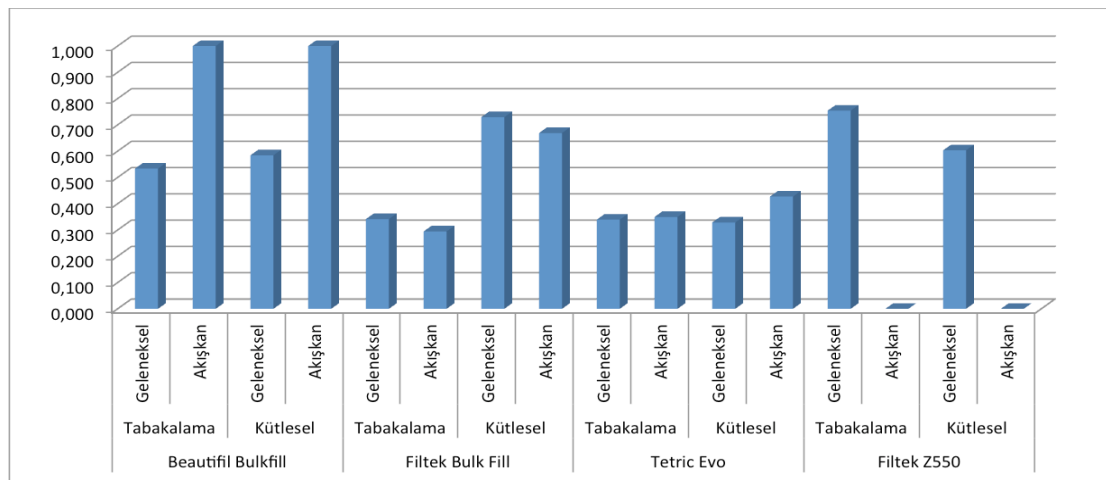
Test edilen kompozitlerde, geleneksel ve akışkan formun tabakalama ve bulk fill tekniği ile uygulama yönünden etkinliğini karşılaştırmak amacıyla yapılan t testi sonuçları Tablo 4.7’de verilmiştir. Buna göre Beautifil Bulkfill için tabakalama ve kütlesel uygulama tekniğinde, Tetric Evo’da ise kütlesel uygulama tekniğinde kompozit tipine göre anlamlı düzeyde farklılık görülmektedir ( $p<0,05$ ). Beautifil Bulkfill’in tabakalama ve kütlesel uygulama yönteminde akışkan kompozit mikrosızıntı değeri geleneksel kompozit mikrosızıntı ortalamasından anlamlı derecede daha fazladır ( $p<0,05$ ). Aynı şekilde Tetric Evo’nun kütlesel uygulama yönteminde akışkan kompozit mikrosızıntı ortalaması geleneksel kompozitin mikrosızıntı ortalamasından anlamlı derecede daha yüksektir ( $p<0,05$ ).

Filtek Z550’nin akışkan formu olmadığı için karşılaştırma yapılamamıştır. Diğer markaların farklı yöntemlerinde kompozit tipine göre mikrosızıntı ortalaması anlamlı düzeyde farklılık göstermemektedir ( $p>0,05$ ).

Bu bulgulara ilişkin grafik Şekil 4.1’de yer almaktadır.

**Tablo 4.7.** Test edilen kompozitlerde, geleneksel ve akışkan formun tabakalama ve bulk-fill tekniği ile uygulama yönünden etkinliği (ortalama±standart sapma). \*p=0,05

			N	Mikrosızıntı	p
<b>Beautiful Bulkfill</b>	Tabakalama	Geleneksel	12	0,534±0,327	<b>0,000*</b>
		Akışkan	12	1,000±0,000	
	Kütlesel	Geleneksel	12	0,584±0,315	<b>0,000*</b>
		Akışkan	12	1,000±0,000	
<b>Filtek Bulk Fill</b>	Tabakalama	Geleneksel	12	0,341±0,077	0,080
		Akışkan	12	0,294±0,044	
	Kütlesel	Geleneksel	12	0,729±0,312	0,623
		Akışkan	12	0,669±0,279	
<b>Tetric Evo</b>	Tabakalama	Geleneksel	12	0,339±0,071	0,736
		Akışkan	12	0,349±0,075	
	Kütlesel	Geleneksel	12	0,328±0,096	<b>0,012*</b>
		Akışkan	12	0,427±0,079	
<b>Filtek Z550</b>	Tabakalama	Geleneksel	12	0,754±0,242	-
		Akışkan	0	-	
	Kütlesel	Geleneksel	12	0,603±0,173	-
		Akışkan	0	-	



**Şekil 4.1.** Çalışmada yer alan tüm grupların ortalama mikrosızıntı değerleri



Test edilen kompozitlerin mikrosızıntı değerleri Tablo 4.8'de yer almaktadır. Tek yönlü varyans analizi ile yapılan istatistiksel değerlendirme uyarınca, test edilen restoratif materyallerin sızdırmazlık ortalamaları arasında anlamlı düzeyde farklılık bulunmaktadır ( $p<0,05$ ).

**Tablo 4.8.** Farklı kompozit materyallerin mikrosızıntı değerleri (ortalama $\pm$ standart sapma).  $p=0,05^*$

	N	Mikrosızıntı	p
Beautiful Bulkfill	48	0,78 $\pm$ 0,31	
Filtek Bulk Fill	48	0,51 $\pm$ 0,28	
Tetric Evo	48	0,36 $\pm$ 0,09	0,000*
Filtek Z550	24	0,68 $\pm$ 0,22	
Total	168	0,57 $\pm$ 0,30	

Test edilen kompozitler arasındaki farklılığın hangi gruptan kaynaklandığı Tukey ile tespit edilmiş olup, ikili karşılaştırma sonuçları Tablo 4.9'da yer almaktadır.

**Tablo 4.9.** Farklı kompozit materyallerinde mikrosızıntı değerlerinin ikili karşılaştırmaları

		Fark	p
Beautiful Bulkfill	Filtek Bulk Fill	,270859*	,000
	Tetric Evo	,418356*	,000
	Filtek Z550	,100912	<b>,357</b>
Filtek Bulk Fill	Beautiful Bulkfill	-,270859*	,000
	Tetric Evo	,147497*	,019
	Filtek Z550	-,169947*	,031
Tetric Evo	Beautiful Bulkfill	-,418356*	,000
	Filtek Bulk Fill	-,147497*	,019
	Filtek Z550	-,317445*	,000
Filtek Z550	Beautiful Bulkfill	-,100912	<b>,357</b>
	Filtek Bulk Fill	,169947*	,031
	Tetric Evo	,317445*	,000

(Tukey testi,  $p=0,00$ ) **Kalın** işaretli değerler, istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Buna göre Beautifil Bulkfill ile Filtek Z550'nin mikrosızıntı değerleri arasında anlamlı bir farklılık görülmezken, her iki kompozit Filtek Bulk Fill ve Tetric Evo'dan anlamlı derecede yüksek sızıntı göstermişlerdir. Tetric Evo, diğer kompozitlerden anlamlı derecede düşük mikrosızıntı değeri vermiştir. İstatistiksel analiz sonuçları uyarınca; mikrosızıntı değerleri Beautifil Bulkfill=Filtek Z550>Filtek Bulk Fill>Tetric Evo şeklinde sıralanmıştır.

Tüm alt gruplarda Tukey testi kullanılarak yapılan ikili karşılaştırma sonuçları tablo 4.10'da yer almaktadır.

**Tablo 4.10.** Tüm alt grupların mikrosızıntı değerine göre ikili karşılaştırmaları

Gruplar		Ortalama Farkı	Standart Hata	p
Grup 1	Grup 2	<b>-,050593</b>	,077425	<b>,514</b>
	Grup 3	-,466422*	,077425	,000
	Grup 4	-,466422*	,077425	,000
	Grup 5	,192107*	,077425	,014
	Grup 6	-,195757*	,077425	,012
	Grup 7	,239086*	,077425	,002
	Grup 8	<b>-,135439</b>	,077425	<b>,082</b>
	Grup 9	,194268*	,077425	,013
	Grup 10	,205177*	,077425	,009
	Grup 11	,184117*	,077425	,019
	Grup 12	<b>,106425</b>	,077425	<b>,171</b>
	Grup 13	-,220478*	,077425	,005
	Grup 14	<b>-,069417</b>	,077425	<b>,371</b>
	Grup 2	Grup 1	<b>,050593</b>	,077425
Grup 3		-,415829*	,077425	,000
Grup 4		-,415829*	,077425	,000
Grup 5		,242700*	,077425	,002
Grup 6		<b>-,145163</b>	,077425	<b>,063</b>
Grup 7		,289680*	,077425	,000
Grup 8		<b>-,084846</b>	,077425	<b>,275</b>
Grup 9		,244862*	,077425	,002
Grup 10		,255771*	,077425	,001
Grup 11		,234711*	,077425	,003

	<b>Grup 12</b>	,157018*	,077425	,044
	<b>Grup 13</b>	-,169885*	,077425	,030
	<b>Grup 14</b>	<b>-,018824</b>	,077425	<b>,808</b>
<b>Grup 3</b>	<b>Grup 1</b>	,466422*	,077425	,000
	<b>Grup 2</b>	,415829*	,077425	,000
	<b>Grup 4</b>	<b>0,000000</b>	,077425	<b>1,000</b>
	<b>Grup 5</b>	,658529*	,077425	,000
	<b>Grup 6</b>	,270665*	,077425	,001
	<b>Grup 7</b>	,705508*	,077425	,000
	<b>Grup 8</b>	,330983*	,077425	,000
	<b>Grup 9</b>	,660690*	,077425	,000
	<b>Grup 10</b>	,671599*	,077425	,000
	<b>Grup 11</b>	,650539*	,077425	,000
	<b>Grup 12</b>	,572847*	,077425	,000
	<b>Grup 13</b>	,245944*	,077425	,002
	<b>Grup 14</b>	,397005*	,077425	,000
<b>Grup 4</b>	<b>Grup 1</b>	,466422*	,077425	,000
	<b>Grup 2</b>	,415829*	,077425	,000
	<b>Grup 3</b>	<b>0,000000</b>	,077425	<b>1,000</b>
	<b>Grup 5</b>	,658529*	,077425	,000
	<b>Grup 6</b>	,270665*	,077425	,001
	<b>Grup 7</b>	,705508*	,077425	,000
	<b>Grup 8</b>	,330983*	,077425	,000
	<b>Grup 9</b>	,660690*	,077425	,000
	<b>Grup 10</b>	,671599*	,077425	,000
	<b>Grup 11</b>	,650539*	,077425	,000
	<b>Grup 12</b>	,572847*	,077425	,000
	<b>Grup 13</b>	,245944*	,077425	,002
	<b>Grup 14</b>	,397005*	,077425	,000
<b>Grup 5</b>	<b>Grup 1</b>	-,192107*	,077425	,014
	<b>Grup 2</b>	-,242700*	,077425	,002
	<b>Grup 3</b>	-,658529*	,077425	,000
	<b>Grup 4</b>	-,658529*	,077425	,000
	<b>Grup 6</b>	-,387864*	,077425	,000
	<b>Grup 7</b>	<b>,046979</b>	,077425	<b>,545</b>

	<b>Grup 8</b>	-,327546*	,077425	,000
	<b>Grup 9</b>	<b>,002161</b>	,077425	<b>,978</b>
	<b>Grup 10</b>	<b>,013070</b>	,077425	<b>,866</b>
	<b>Grup 11</b>	<b>-,007990</b>	,077425	<b>,918</b>
	<b>Grup 12</b>	<b>-,085682</b>	,077425	<b>,270</b>
	<b>Grup 13</b>	-,412585*	,077425	,000
	<b>Grup 14</b>	-,261524*	,077425	,001
<b>Grup 6</b>	<b>Grup 1</b>	,195757*	,077425	,012
	<b>Grup 2</b>	<b>,145163</b>	,077425	<b>,063</b>
	<b>Grup 3</b>	-,270665*	,077425	,001
	<b>Grup 4</b>	-,270665*	,077425	,001
	<b>Grup 5</b>	,387864*	,077425	,000
	<b>Grup 7</b>	,434843*	,077425	,000
	<b>Grup 8</b>	<b>,060317</b>	,077425	<b>,437</b>
	<b>Grup 9</b>	,390025*	,077425	,000
	<b>Grup 10</b>	,400934*	,077425	,000
	<b>Grup 11</b>	,379874*	,077425	,000
	<b>Grup 12</b>	,302181*	,077425	,000
	<b>Grup 13</b>	<b>-,024722</b>	,077425	<b>,750</b>
	<b>Grup 14</b>	<b>,126339</b>	,077425	<b>,105</b>
<b>Grup 7</b>	<b>Grup 1</b>	-,239086*	,077425	,002
	<b>Grup 2</b>	-,289680*	,077425	,000
	<b>Grup 3</b>	-,705508*	,077425	,000
	<b>Grup 4</b>	-,705508*	,077425	,000
	<b>Grup 5</b>	<b>-,046979</b>	,077425	<b>,545</b>
	<b>Grup 6</b>	-,434843*	,077425	,000
	<b>Grup 8</b>	-,374526*	,077425	,000
	<b>Grup 9</b>	<b>-,044818</b>	,077425	<b>,564</b>
	<b>Grup 10</b>	<b>-,033909</b>	,077425	<b>,662</b>
	<b>Grup 11</b>	<b>-,054969</b>	,077425	<b>,479</b>
	<b>Grup 12</b>	<b>-,132662</b>	,077425	<b>,089</b>
	<b>Grup 13</b>	-,459565*	,077425	,000
	<b>Grup 14</b>	-,308504*	,077425	,000
<b>Grup 8</b>	<b>Grup 1</b>	<b>,135439</b>	,077425	<b>,082</b>
	<b>Grup 2</b>	<b>,084846</b>	,077425	<b>,275</b>
	<b>Grup 3</b>	-,330983*	,077425	,000

	<b>Grup 4</b>	-,330983*	,077425	,000
	<b>Grup 5</b>	,327546*	,077425	,000
	<b>Grup 6</b>	<b>-,060317</b>	,077425	<b>,437</b>
	<b>Grup 7</b>	,374526*	,077425	,000
	<b>Grup 9</b>	,329707*	,077425	,000
	<b>Grup 10</b>	,340616*	,077425	,000
	<b>Grup 11</b>	,319557*	,077425	,000
	<b>Grup 12</b>	,241864*	,077425	,002
	<b>Grup 13</b>	<b>-,085039</b>	,077425	<b>,274</b>
	<b>Grup 14</b>	<b>,066022</b>	,077425	<b>,395</b>
<b>Grup 9</b>	<b>Grup 1</b>	-,194268*	,077425	,013
	<b>Grup 2</b>	-,244862*	,077425	,002
	<b>Grup 3</b>	-,660690*	,077425	,000
	<b>Grup 4</b>	-,660690*	,077425	,000
	<b>Grup 5</b>	<b>-,002161</b>	,077425	<b>,978</b>
	<b>Grup 6</b>	-,390025*	,077425	,000
	<b>Grup 7</b>	<b>,044818</b>	,077425	<b>,564</b>
	<b>Grup 8</b>	-,329707*	,077425	,000
	<b>Grup 10</b>	<b>,010909</b>	,077425	<b>,888</b>
	<b>Grup 11</b>	<b>-,010151</b>	,077425	<b>,896</b>
	<b>Grup 12</b>	<b>-,087844</b>	,077425	<b>,258</b>
	<b>Grup 13</b>	-,414747*	,077425	,000
	<b>Grup 14</b>	-,263685*	,077425	,001
<b>Grup 10</b>	<b>Grup 1</b>	-,205177*	,077425	,009
	<b>Grup 2</b>	-,255771*	,077425	,001
	<b>Grup 3</b>	-,671599*	,077425	,000
	<b>Grup 4</b>	-,671599*	,077425	,000
	<b>Grup 5</b>	<b>-,013070</b>	,077425	<b>,866</b>
	<b>Grup 6</b>	-,400934*	,077425	,000
	<b>Grup 7</b>	<b>,033909</b>	,077425	<b>,662</b>
	<b>Grup 8</b>	-,340616*	,077425	,000
	<b>Grup 9</b>	<b>-,010909</b>	,077425	<b>,888</b>
	<b>Grup 11</b>	<b>-,021060</b>	,077425	<b>,786</b>
	<b>Grup 12</b>	<b>-,098753</b>	,077425	<b>,204</b>
	<b>Grup 13</b>	-,425656*	,077425	,000

	<b>Grup 14</b>	-,274594*	,077425	,001
<b>Grup 11</b>	<b>Grup 1</b>	-,184117*	,077425	,019
	<b>Grup 2</b>	-,234711*	,077425	,003
	<b>Grup 3</b>	-,650539*	,077425	,000
	<b>Grup 4</b>	-,650539*	,077425	,000
	<b>Grup 5</b>	<b>,007990</b>	,077425	<b>,918</b>
	<b>Grup 6</b>	-,379874*	,077425	,000
	<b>Grup 7</b>	<b>,054969</b>	,077425	<b>,479</b>
	<b>Grup 8</b>	-,319557*	,077425	,000
	<b>Grup 9</b>	<b>,010151</b>	,077425	<b>,896</b>
	<b>Grup 10</b>	<b>,021060</b>	,077425	<b>,786</b>
	<b>Grup 12</b>	<b>-,077693</b>	,077425	<b>,317</b>
	<b>Grup 13</b>	-,404596*	,077425	,000
	<b>Grup 14</b>	-,253534*	,077425	,001
<b>Grup 12</b>	<b>Grup 1</b>	<b>-,106425</b>	,077425	<b>,171</b>
	<b>Grup 2</b>	-,157018*	,077425	,044
	<b>Grup 3</b>	-,572847*	,077425	,000
	<b>Grup 4</b>	-,572847*	,077425	,000
	<b>Grup 5</b>	<b>,085682</b>	,077425	<b>,270</b>
	<b>Grup 6</b>	-,302181*	,077425	,000
	<b>Grup 7</b>	<b>,132662</b>	,077425	<b>,089</b>
	<b>Grup 8</b>	-,241864*	,077425	,002
	<b>Grup 9</b>	<b>,087844</b>	,077425	<b>,258</b>
	<b>Grup 10</b>	<b>,098753</b>	,077425	<b>,204</b>
	<b>Grup 11</b>	<b>,077693</b>	,077425	<b>,317</b>
	<b>Grup 13</b>	-,326903*	,077425	,000
	<b>Grup 14</b>	-,175842*	,077425	,025
<b>Grup 13</b>	<b>Grup 1</b>	,220478*	,077425	,005
	<b>Grup 2</b>	,169885*	,077425	,030
	<b>Grup 3</b>	-,245944*	,077425	,002
	<b>Grup 4</b>	-,245944*	,077425	,002
	<b>Grup 5</b>	,412585*	,077425	,000
	<b>Grup 6</b>	<b>,024722</b>	,077425	<b>,750</b>
	<b>Grup 7</b>	,459565*	,077425	,000
	<b>Grup 8</b>	<b>,085039</b>	,077425	<b>,274</b>

	<b>Grup 9</b>	,414747*	,077425	,000
	<b>Grup 10</b>	,425656*	,077425	,000
	<b>Grup 11</b>	,404596*	,077425	,000
	<b>Grup 12</b>	,326903*	,077425	,000
	<b>Grup 14</b>	<b>,151061</b>	,077425	<b>,053</b>
<b>Grup 14</b>	<b>Grup 1</b>	<b>,069417</b>	,077425	<b>,371</b>
	<b>Grup 2</b>	<b>,018824</b>	,077425	<b>,808</b>
	<b>Grup 3</b>	-,397005*	,077425	,000
	<b>Grup 4</b>	-,397005*	,077425	,000
	<b>Grup 5</b>	,261524*	,077425	,001
	<b>Grup 6</b>	<b>-,126339</b>	,077425	<b>,105</b>
	<b>Grup 7</b>	,308504*	,077425	,000
	<b>Grup 8</b>	<b>-,066022</b>	,077425	<b>,395</b>
	<b>Grup 9</b>	,263685*	,077425	,001
	<b>Grup 10</b>	,274594*	,077425	,001
	<b>Grup 11</b>	,253534*	,077425	,001
	<b>Grup 12</b>	,175842*	,077425	,025
	<b>Grup 13</b>	<b>-,151061</b>	,077425	<b>,053</b>

(Tukey testi, p=0,00) **Kalın** işaretli değerler, istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Geleneksel tabakalama yöntemi uygulanan Filtek Bulk Fill Posterior (Grup 5), Filtek Bulk Fill Flowable (Grup 7), Tetric EvoCeram Bulk Fill (Grup 9), Tetric EvoFlow Bulk Fill (Grup 11) ve kütleli olarak uygulanan Tetric EvoCeram Bulk Fill (Grup 10), Tetric EvoFlow Bulk Fill (Grup 12) arasında benzer sızdırmazlık düzeyleri gözlenmiştir.

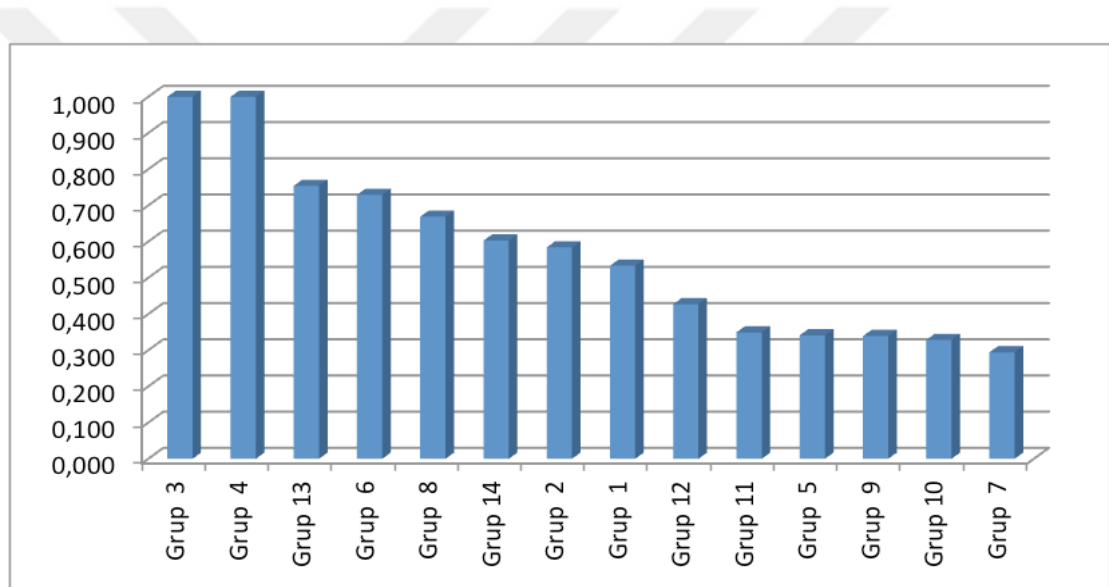
Kütleli olarak uygulanan Filtek Bulk Fill Posterior (Grup 6), Filtek Bulk Fill Flowable (Grup 8), Filtek Z550 (Grup 14) ve geleneksel tabakalama yöntemi uygulanan Filtek Z550 (Grup 13) arasında mikrosızıntı değerlerinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir.

Giomer bazlı Beautifil Bulkfill Restorative geleneksel tabakalama yöntemi (Grup 1) ve kütleli formda (Grup 2) uygulandığında, benzer mikrosızıntı değerleri vermiştir. Öte yandan Grup 1 ile kütleli olarak uygulanan Filtek Bulk Fill Flowable (Grup 8), Tetric EvoFlow Bulk Fill (Grup 12), Filtek Z550 (Grup 14) arasında da anlamlı bir fark bulunmamıştır. Grup

2’de kütleli olarak uygulanan Filtek Bulk Fill Posterior (Grup 6), Filtek Bulk Fill Flowable (Grup 8) ve Filtek Z550 (Grup 14) ile benzer mikrosızıntı değerleri göstermiştir.

Giomer bazlı Beautifil Bulk Flowable, üretici firmanın talimatlarına uygun olarak kütleli formda (Grup 4) ve tabakalama yöntemi ile (Grup 3) uygulandığında gruplar arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Sayısal kıyaslama sonucunda tüm gruplar içinde en fazla sızıntı düzeyinin Grup 3 ve Grup 4’e ait olduğu saptanmıştır.

Test edilen kompozitlere ilişkin ortalama mikrosızıntı değerleri, çoktan aza doğru sıralanacak şekilde Şekil 4.2’de ve Tablo 4.11’de yer almaktadır.



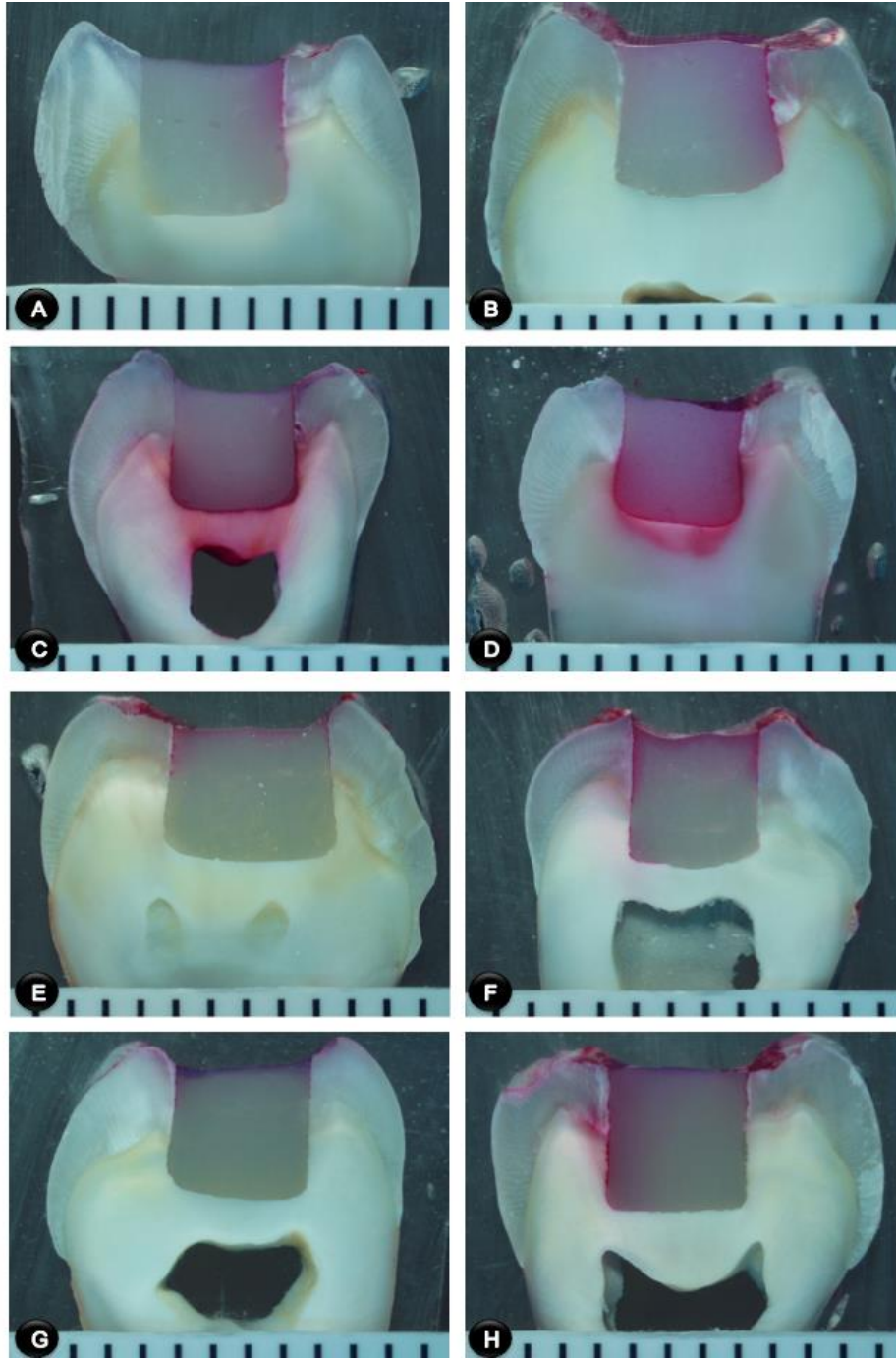
**Şekil 4.2.** Tüm grupların mikrosızıntı değerlerinin en çoktan en aza doğru sıralaması



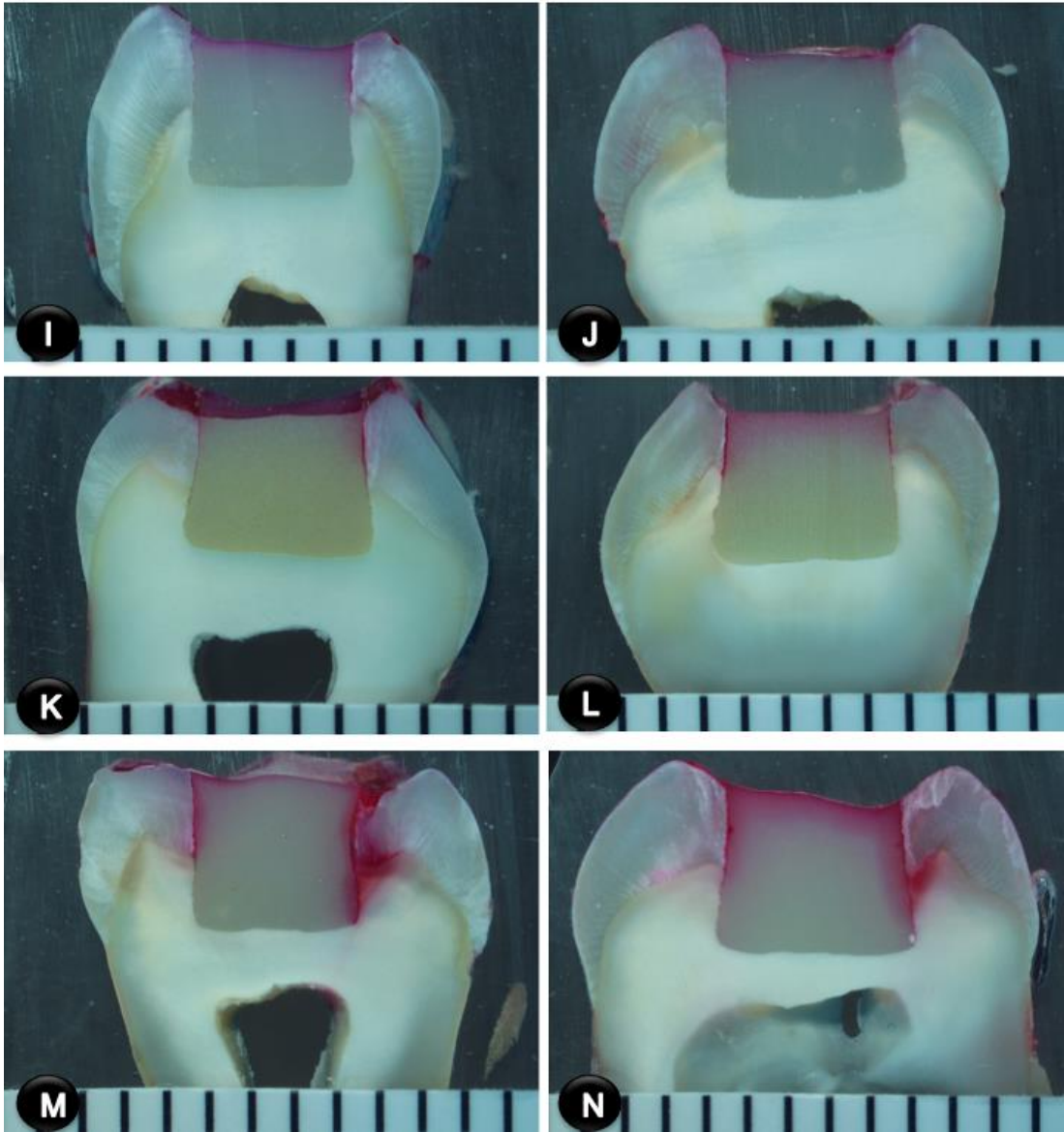
**Tablo 4.11.** Tüm alt grupların ortalama mikrosızıntı değerleri

Grup	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maximum
<b>Grup 3</b> <b>(Beautifil Bulk Flowable-Tabakalama)</b>	1,000	0,000	1,000	1,000
<b>Grup 4</b> <b>(Beautifil Bulk Flowable-Kütlesel)</b>	1,000	0,000	1,000	1,000
<b>Grup 13</b> <b>(Filtek Z550- Tabakalama)</b>	0,754	0,242	0,274	1,000
<b>Grup 6</b> <b>(Filtek Bulk Fill Posterior-Kütlesel)</b>	0,729	0,312	0,316	1,000
<b>Grup 8</b> <b>(Filtek Bulk Fill Flowable-Kütlesel)</b>	0,669	0,279	0,273	1,000
<b>Grup 14</b> <b>(Filtek Z550- Kütlesel)</b>	0,603	0,173	0,407	0,935
<b>Grup 2</b> <b>(Beautifil Bulk Restorative-Kütlesel)</b>	0,584	0,315	0,188	1,000
<b>Grup 1</b> <b>(Beautifil Bulk Restorative-Tabakalama)</b>	0,534	0,327	0,206	1,000
<b>Grup 12</b> <b>(Tetric EvoFlow Bulk Fill-Kütlesel)</b>	0,427	0,079	0,297	0,597
<b>Grup 11</b> <b>(Tetric EvoFlow Bulk Fill-Tabakalama)</b>	0,349	0,075	0,218	0,484
<b>Grup 5</b> <b>(Filtek Bulk Fill Posterior-Tabakalama)</b>	0,341	0,077	0,220	0,460
<b>Grup 9</b> <b>(Tetric EvoCeram Bulk Fill-Tabakalama)</b>	0,339	0,071	0,235	0,470
<b>Grup 10</b> <b>(Tetric EvoCeram Bulk Fill-Kütlesel)</b>	0,328	0,096	0,266	0,588
<b>Grup 7</b> <b>(Filtek Bulk Fill Flowable-Tabakalama)</b>	0,294	0,044	0,227	0,374

Test edilen kompozitlerde mikrosızıntının ışık mikroskobu altındaki örnek görüntüleri Şekil 4.3'de yer almaktadır:



**Şekil 4.3.** Gruplara göre mikrosızıntının ışık mikroskopundaki örnek görüntüleri (A: Beautifil Bulk Restorative-tabakalama; B: Beautifil Bulk Restorative-kütlesel; C: Beautifil Bulk Flowable-tabakalama; D: Beautifil Bulk Flowable-kütlesel; E: Filtek Bulk Fill Posterior-tabakalama; F: Filtek Bulk Fill Posterior-kütlesel; G: Filtek Bulk Fill Flowable-tabakalama; H: Filtek Bulk Fill Flowable-kütlesel).



**Şekil 4.3 (Devam):** Gruplara göre mikrosızıntının ışık mikroskopundaki örnek görüntüleri (I: Tetric EvoCeram Bulk Fill-tabakalama; J: Tetric EvoCeram Bulk Fill-kütlesel; K: Tetric EvoFlow Bulk Fill-tabakalama; L: Tetric EvoFlow Bulk Fill-kütlesel; M: Filtek Z550-tabakalama; N: Filtek Z550-kütlesel).

## 5. TARTIŞMA

Günümüzde, diş hekimliği uygulamalarının klinik başarısını arttırabilmek ve bireylerin estetik beklentilerini karşılayabilmek amacıyla restoratif materyaller devamlı olarak yenilenmekte, doldurucu teknolojisi ve dağılımında modifikasyonlarla daha üstün özellikli kompozit rezinler üretilmektedir. Bu çalışmada, fiziksel form itibarıyla yeni bir nesil olarak kabul gören Bulk Fill kompozit rezinlerin farklı form ve uygulama teknikleri ile sızdırmazlık direnci üzerindeki olası etkileri araştırılmıştır.

Restorasyon ve diş arasındaki bağlantının kalitesi, mikrosızıntıyı etkileyen önemli bir faktördür. Günümüz teknolojisiyle bir dental materyalin tam sızdırmazlığı sağlanamamakla beraber, mikrosızıntının minimuma indirgenmesi için uygulanabilecek tüm stratejiler değerlendirilmektedir (147).

Bir dental materyalin sızdırmazlık özelliğinin tespitinde birçok yöntem kullanılmaktadır. İn vitro mikrosızıntı testleri, ağız ortamındaki değişkenleri tam olarak sağlayamamakla birlikte, klinik ortamda kontrolü güç olan birçok değişkenin laboratuvar ortamında kontrolünü mümkün hale getirebildikleri için halen sıklıkla tercih edilen bir çalışma modeli olarak literatürde yer almaktadır (139,177). Elbette klinik çalışmalar bir materyalin performansının değerlendirilmesinde en değerli yöntem olarak kabul edilmektedir. Ancak standardizasyon güçlükleri, zaman alması ve sürekli yeni materyallerin geliştirilmesi sebebiyle, restoratif materyallerin değerlendirilmesi güçtür (139). Bundan dolayı in vitro testler restoratif materyallerin değerlendirilmesinde, mikrosızıntı araştırmalarında ve diş-restorasyon arayüzündeki boşlukların tespitinde sıklıkla kullanılmaktadır (139). Pashley ve ark. ve Grey ve ark.; seçilmiş parametreler yönünden in vitro ve in vivo değerlendirme sonuçları arasında anlamlı farklar olmadığını bildirmişlerdir (178,179). Barnes ve ark. ise in vivo ve in vitro yöntemi karşılaştırdıkları çalışmalarında in vitro boya penetrasyon testinin mikrosızıntının tespitinde daha net sonuçlar verdiğini rapor etmiştir (180).

Ağız boşluğu içindeki sıcaklık 4-60°C arasında değişmektedir (181). Bu koşulları taklit edebilmek amacıyla farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu

yöntemler; deney örneklerini ıslak ortamda bekletme, mekanik ajitasyona uğratma ve termosiklus olarak sıralanabilir (139,181). Mikrosızıntının in vitro koşullarda değerlendirildiği çalışmalarda termosiklus yönteminin %79,3 oranında, boya penetrasyon tekniğinin %86,8 oranında kullanıldığını; boya penetrasyon testlerinde ise bazik fuksin'in %40,8 oranında tercih edildiği bildirilmiştir (139). Diş hekimliği araştırmalarında en sık kabul gören rejim, 5-55°C ( $\pm 5^\circ\text{C}$ ) sıcaklık değişimi ile gerçekleştirilen termosiklus yöntemidir (139,181). Termosiklus uygulamasıyla diş-restorasyon arayüzünde oluşabilecek termal stres ile marjinal boşluklar oluşur ve kullanılan dental materyallerin bu bozulmaya ne kadar direnç gösterebileceği, ne kadar mikrosızıntı oluşabileceği ölçülebilmektedir (182). Literatürde termosiklus uygulaması için transfer-bekletme süreleri ve devir sayıları konusunda bir fikir birliği olmadığı görülmekte, ancak kısa bekletme süresi uygulamasının ağız içi ortamı taklit etmede daha başarılı olduğu anlaşılmaktadır (183). Bu nedenle çalışmamızda örneklerle 5-55°C ( $\pm 5^\circ\text{C}$ ) arasında, bekleme süresi 15 sn, transfer süresi 10 sn olacak şekilde 1000 devir termosiklus uygulanmıştır.

Diş ile restoratif materyal arasında oluşan mikrosızıntının in vitro koşullarda değerlendirilmesinde boya veya radyoaktif izotop penetrasyonu, elektrokimyasal analiz, bakteriyel penetrasyon, hava veya sıvı filtrasyonu, serum sızıntı yöntemi, SEM analizi ve mikrotomografi gibi çok sayıda yöntem kullanılabilir (151). Boya penetrasyon yöntemi, kolay uygulanması, düşük maliyeti, toksik ürün oluşturmaması ve radyasyona gereksinim duymaması sebebiyle sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir (147,175,177). Ancak ara yüzeyde meydana gelen ve uniform olmayan 3 boyutlu mikrosızıntıyı tespit edemez (184). 3 boyutlu değerlendirmeler ise pahalı donanım gereksiniminden dolayı tercih edilememektedir (185).

Boya penetrasyonunun ardından mikrosızıntı değerleri; kesitlerde yüzdesel ölçüm yöntemleri, dehidratasyon-demineralizasyon ve volümetrik ölçüm yöntemiyle bulunabilmektedir. Dehidratasyon-demineralizasyon analizi kimyasal solüsyonlar gerektirdiği için teknik bir dezavantaj oluşturmaktadır (147,186). Volümetrik ölçüm yöntemi de mikrosızıntı değerlendirmesi için özel ekipman ve eğitilmiş personel gereksinimi nedeniyle çok sık tercih

edilememektedir. Yüzdesel ölçüm yönteminde ise alınan kesitler mikroskop altında incelenerek fotoğraflanmakta ve boya penetrasyon seviyeleri dijital ortamda değerlendirilerek objektif veriler ile güvenilir sonuçlar elde edilmektedir (186).

Bu çalışmada örneklerden alınan kesitler mikroskopta incelenirken 1 mm aralıklara sahip cerrahi cetvel kesitlerin üzerine konularak fotoğraflanmış ve Image-J analiz programıyla ölçümler yapılmıştır.

Mikrosızıntıya yol açan en önemli etkenlerden biri polimerizasyon büzülmesidir. Polimerizasyon büzülmesinin fazla olması sonucu materyalde stres oluşur ve buna bağlı olarak da tüberküllerde deformasyonlar görülür. Tüberkül deformasyonu dişin yapısında mikro çatlaklara ve hassasiyete yol açmaktadır (10,74).

Direkt posterior kompozit restorasyonlarda polimerizasyon büzülme stresini azaltmak ve yeterli derecede sertleşme sağlamak için uygulanan standart prosedür, tabakalar halinde yerleştirme tekniğidir (6,187). Ancak bu teknikte, tedavi zamanının uzaması ve tabakalar arasında boşluk kalabilmesi gibi dezavantajlar mevcuttur (74). Rezin bazlı kompozitlerdeki bu dezavantajlar yeni monomer ilavesi, translusensi, fotobaşlatıcı sistemler (188,189) ve doldurucu teknolojisindeki son gelişmeler ile (190) giderilmeye çalışılmıştır. Bu gelişmeler ışığında polimerizasyon derinliği artırılmış ve büzülme oranları azaltılmış tek tabaka halinde tamamen sertleştirilebilen “bulk-fill rezin bazlı kompozitler” kullanıma sunulmuştur (191).

Tabakalama ve kütleli yerleştirme tekniğinin polimerizasyon büzülmesi, tüberkül defleksiyonu ve deformasyon oranına etkileri hakkında farklı veriler bulunmaktadır. Klasik görüş; tabakaların kalınlığının sınırlı olması ve ışığın rezine penetrasyonunu kolaylaştırması gibi avantajlarından dolayı tabakalama yönteminin, kompozit rezinin polimerize olması esnasında büzülme miktarını azaltarak tüberkül deformasyonu ve mikrosızıntıyı da azaltacağı yönündedir (10,74). Lee ve arkadaşları, tabakalama tekniğinde kütleli uygulama tekniğine göre tüberkül defleksiyonu oranında ciddi bir azalma olduğunu bildirmişlerdir (192). Park ve arkadaşları da kütleli uygulama tekniğinde, tabakalama ile hazırlanan restorasyonlara göre

tüberkül defleksiyonunun arttığını rapor etmişlerdir (187).

Ayrıca bu görüşlere zıt olarak Versluis ve arkadaşları, tabakalama yöntemi kullanılarak yapılan restorasyonlarda deformasyon ve diş-dolgu arasındaki stres oranının arttığını tespit etmişlerdir (109). Kuijs ve arkadaşları da çalışmalarında benzer sonuçlar elde etmişler ve tabakalama yönteminde polimerizasyon büzülmesinin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir (193). Abbas ve arkadaşlarının premolar dişlerde yaptıkları tüberkül defleksiyon ölçümlerine göre, tabakalama yönteminde kütleli yüklemeye yöntemine kıyasla tüberkül hareketi miktarı daha fazla bulunmuştur (194).

Literatüre bakıldığında iki dolgu tekniğinin benzer sonuçlarının olduğunu savunan çalışmalar da mevcuttur. Winkler ve arkadaşları arayüz streslerini değerlendirdikleri Sınıf 1 restorasyonlarda kütleli ve tabakalama tekniği arasında anlamlı bir fark olmadığını bulmuşlardır (195). Campodonico ve arkadaşları ile Sarret ve arkadaşları tabaka sayısının azaltılmasının ve kütleli tek tabaka halinde uygulamanın başarılı sonuçlandığını rapor etmişlerdir (196,197). İdriss ve arkadaşları yaptıkları in vitro çalışmalarında sınıf 2 kompozit restorasyonlardaki arayüz genişliğini incelemişler kütleli uygulama tekniği ve tabakalama tekniği arasında anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir (198).

Çalışmamızda bulk fill kompozit rezinin tabakalama tekniğine karşı kullanımı daha kolay ve restorasyonda mikrosızıntı açısından güvenilir bir tercih olup olmayacağı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kütleli uygulama tekniğinin tabakalama tekniğine kıyasla mikrosızıntı değerlerini anlamlı derecede arttırdığını göstermektedir. Ancak farklı materyalleri ve farklı formlarını göz önünde bulundurduğumuzda, kütleli olarak uyguladığımız Tetric EvoCeram Bulk Fill'in (Grup 10) tüm gruplar ile sayısal olarak kıyaslandığında Grup 7'den sonra 2. en iyi sızdırmazlık değerine sahip olduğu görülmüştür. Tabakalama yöntemi kullanılan Grup 5, 7, 9, 11 ile arasında anlamlı farklılık görülmediği; sonuçların benzer olduğu tespit edilmiştir.

Hızlı ve kolay uygulama avantajı ile birlikte mikrosızıntı açısından da, tabakalama yöntemi kullanılan Filtek Bulk Fill'in geleneksel ve akışkan formu

(Grup 5, 7), Tetric EvoCeram (Grup 9), Tetric EvoFlow (Grup 11) ile benzer güvenilirlikte olduğunu düşünüldüğünde, Tetric EvoCeram Bulk Fill'in geleneksel formda kütleli uygulama yöntemi ile (Grup 10) tercih edilebileceği speküle edilebilir.

Akışkan kompozit rezinler, üretildikleri günden günümüze kadar astar ve kaide maddesi, fissür örtücü ve daimi restorasyon materyali gibi geniş kullanım alanları bulmuşlardır (199). Kavite geometrisinin her zaman ideal koşullarda olmadığı preparasyonlarda oluşan polimerizasyon büzülmesini engellemek ve stres kırıcı bir bariyer oluşturmak amacıyla geliştirilen akışkan kompozit rezinler, restoratif diş hekimliği uygulamalarında tercih edilen bir yöntemdir.

Yapılan çalışmalar, akışkan kompozit rezinlerin, geleneksel kompozit rezinlere kıyasla kaviteye kolay diffüze olduğunu göstermektedir. Ancak, fazla organik matris içeriği polimerizasyon büzülmesini, aşınmayı ve arayüzde boşluk oluşumunu arttırmaktadır (200,201). Son yıllarda doldurucu içeriği artırılmış akışkan kompozitler üretilmiştir. Üreticiler tarafından bu kompozitlerin daha geniş veya daha derin kavitelerde geleneksel kompozitlere benzer şekilde daha kalın bir tabaka halinde kullanımları önerilmektedir (61).

Scotti ve arkadaşları geleneksel kompozit rezinler ve bulk fill akışkan kompozitlerin mikrosızıntı değerlerini karşılaştırmış ve her iki kompozitin mine marjinlerinde benzer mikrosızıntı değerleri gösterdiğini rapor etmişlerdir (202).

Çalışmamızda, akışkan ve geleneksel kompozit rezinler kullanılmış olup, akışkan kompozitlerin mikrosızıntı değerleri geleneksel kompozit rezinlerin mikrosızıntı değerlerinden anlamlı derecede fazla bulunmuştur. Ancak bu değerlendirme, bazı materyaller için geçerli olmayabilir. Akışkan kompozit rezin olan Filtek Bulk Fill Flowable tabakalama yöntemi (2X2mm inkrement) ile kaviteye uygulandığında (Grup 7) diğer gruplar karşısında en düşük mikrosızıntı değerini vermiştir. Benzer sonuçlar Grup 11 için de geçerlidir. Bu sonuçlara göre kavite geometrisinin uygun olduğu vakalarda tabakalama yöntemi ile Filtek Bulk Fill Flowable ve Tetric EvoFlow Bulk Fill



kullanımı mikrosızıntı direnci yönünden tercih sebebi olabilir. Ancak, bu varsayımların klinik çalışmalarla da desteklenmesi gerekmektedir.

Giomerler, cam ionomer-kompozit kombinasyonu ile oluşan hibrit materyallerin en güncel versiyonları arasında yer almakta olup, halen 2. jenerasyonları kullanımdadır. Bu materyallerde restoratif materyal içerisinde stabil halde cam ionomer üretmek amacıyla önceden tepkimeye girmiş cam ionomer teknolojisi (S-PRG) kullanılmaktadır. Giomerlerin flor salma ve depolama özelliklerinin yanısıra üstün estetik özellikleri, kolay cilalanabilmeleri ve kompozit rezinler kadar dirençli olmaları gibi avantajları mevcuttur (203). Yapılan çalışmalarda giomerlerin yüksek flor salabilme ve depolama özelliklerinden dolayı sekonder çürükleri ve demineralizasyonu %14-35 oranında azalttığı bildirilmiştir (204,205).

Giomer esaslı kompozit rezinler flor serbestleştirme özelliği ile her ne kadar ön plana çıkıyor olsa da, yeni geliştirilen materyaller olduğundan bu materyallerin mikrosızıntıları ile ilgili literatürde yeterince çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu materyalin sızdırma direnci üzerine daha çok araştırma yapılması gerekmektedir. Çalışmamızda kullanılan giomer esaslı Beautifil Bulkfill (Shofu, Japonya) materyalinin akışkan kompozit tipinin tabakalama ve kütleli uygulama tekniğinin her ikisinde diğer gruplara kıyasla en yüksek mikrosızıntı değerine sahip olduğu görülmüştür. Öte yandan Beautifil Bulkfill materyalinin geleneksel kompozit tipinin her iki uygulama tekniğinde de daha kabul edilebilir mikrosızıntı değerleri saptanmıştır. Giomer bazlı kompozit rezinlerde minde selektif pürüzlendirme yapılmış olması ve üretici firmanın kendi önerdiği adeziv sistemi kullanılmış olmasına rağmen gelişen mikrosızıntının klinik açıdan önemi değerlendirilirken, bu özel materyalin oldukça uzun dönem klinik takiplerle ortaya konulmuş antiplak ve çürük engelleyici özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle yüksek çürük riskli hastalarda giomerlerin flor iyonu serbestleştirme, depolama ve antiplak (206) özelliklerinden yararlanmak amacıyla Beautifil Bulkfill'in tabakalama ve kütleli yükleme teknikleriyle kullanımı tercih edilebilir.

Pediatric restorative dentistry in different materials, different techniques are used. Our study's limits included the results obtained, the evaluated restorative materials' none of them completely prevented microleakage. Together with this, Tetric Evo's higher leakage levels than other materials are being brought to the attention.



## 6. SONUÇ

Bulk-fill yapıdaki farklı kompozit rezin materyallerinin farklı inkrement kalınlıklarında sızdırmazlık düzeylerine etkilerinin değerlendirildiği bu in vitro çalışmanın deneysel koşulları ve metodolojik sınırlamaları içerisinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Sızdırmazlık direnci, bulk-fill yapıdaki farklı kompozit materyallerden etkilenmektedir. Buna göre birinci başlangıç hipotezi reddedilmiştir.
2. Sızdırmazlık direnci, kompozit materyalin uygulanma tekniğinden (inkremental ve bulk fill) etkilenmektedir. Buna göre ikinci başlangıç hipotezi reddedilmiştir.
3. Sızdırmazlık direnci, uygulanan kompozit materyalin formundan (pat ve akışkan) etkilenmektedir. Buna göre üçüncü başlangıç hipotezi reddedilmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Wilder, A.D., May, K.N., Bayne, S.C., Taylor, D.F.,Leinfelder, K.F. (1999) Seventeen - Year Clinical Study of Ultraviolet - Cured Posterior Composite Class I and II Restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 11 (3), 135-142.
2. Collins, C., Bryant, R.,Hodge, K. (1998) A clinical evaluation of posterior composite resin restorations: 8-year findings. *Journal of Dentistry*, 26 (4), 311-317.
3. Wang, Z., Landis, F.A., Giuseppetti, A.A., Lin-Gibson, S.,Chiang, M.Y. (2014) Simultaneous measurement of polymerization stress and curing kinetics for photo-polymerized composites with high filler contents. *Dental Materials*, 30 (12), 1316-1324.
4. Millar, B., Robinson, P.,Davies, B. (1992) Effects of the removal of composite resin restorations on Class II cavities. *British Dental Journal*, 173 (6), 210-212.
5. Jedrychowski, J.R., Bleier, R.G.,Caputo, A.A. (1997) Shrinkage stresses associated with incremental composite filling techniques. *ASDC Journal of Dentistry for Children*, 65 (2), 111-115.
6. Van Ende, A., De Munck, J., Van Landuyt, K.L., Poitevin, A., Peumans, M.,Van Meerbeek, B. (2013) Bulk-filling of high C-factor posterior cavities: effect on adhesion to cavity-bottom dentin. *Dental Materials*, 29 (3), 269-277.
7. Sakaguchi, R., Douglas, W.,Peters, M. (1992) Curing light performance and polymerization of composite restorative materials. *Journal of Dentistry*, 20 (3), 183-188.
8. Pilo, R., Oelgiesser, D.,Cardash, H. (1999) A survey of output intensity and potential for depth of cure among light-curing units in clinical use. *Journal of Dentistry*, 27 (3), 235-241.
9. Ferracane, J.L. (2011) Resin composite—state of the art. *Dental Materials*, 27 (1), 29-38.

10. Lazarchik, D.A., Hammond, B.D., Sikes, C.L., Looney, S.W., Rueggeberg, F.A. (2007) Hardness comparison of bulk-filled/translucent and incremental-filled/occlusally irradiated composite resins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 98 (2), 129-140.
11. Moorthy, A., Hogg, C., Dowling, A., Grufferty, B., Benetti, A.R., Fleming, G. (2012) Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with bulk-fill flowable resin-based composite base materials. *Journal of Dentistry*, 40 (6), 500-505.
12. van Dijken, J.W., Pallesen, U. (2014) A randomized controlled three year evaluation of "bulk-filled" posterior resin restorations based on stress decreasing resin technology. *Dental Materials*, 30 (9), e245-e251.
13. Campos, E.A., Ardu, S., Lefever, D., Jassé, F.F., Bortolotto, T., Krejci, I. (2014) Marginal adaptation of class II cavities restored with bulk-fill composites. *Journal of Dentistry*, 42 (5), 575-581.
14. Leprince, J.G., Palin, W.M., Vanacker, J., Sabbagh, J., Devaux, J., Leloup, G. (2014) Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *Journal of Dentistry*, 42 (8), 993-1000.
15. Buonocore, M.G. (1955) A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *Journal of Dental Research*, 34 (6), 849-853.
16. Bowen, R.L. (1962) Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bis phenol and glycidyl acrylate. *US patent 3,066,112*.
17. Hickel, R., Dasch, W., Janda, R., Tyas, M., Anusavice, K. (1998) New direct restorative materials. *International Dental Journal*, 48 (1), 3-16.
18. Peutzfeldt, A. (1997) Resin composites in dentistry: the monomer systems. *European Journal of Oral Sciences*, 105 (2), 97-116.
19. Dayangaç, B. (2000). Kompozit rezin restorasyonlar: Güneş Kitabevi.
20. Bowen, R.L., Marjenhoff, W.A. (1992) Dental composites/glass ionomers: the materials. *Advances in Dental Research*, 6 (1), 44-49.

21. Lutz, F.,Phillips, R.W. (1983) A classification and evaluation of composite resin systems. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 50 (4), 480-488.
22. Puckett, A.D., Fitchie, J.G., Kirk, P.C.,Gamblin, J. (2007) Direct composite restorative materials. *Dental Clinics of North America*, 51 (3), 659-675.
23. Willems, G., Lambrechts, P., Braem, M.,Vanherle, G. (1993) Composite resins in the 21st century. *Quintessence International*, 24 (9).
24. Schneider, L.F.J., Cavalcante, L.M.,Silikas, N. (2010) Shrinkage stresses generated during resin-composite applications: a review. *Journal of Dental Biomechanics*, 1 (1).
25. Moszner, N.,Salz, U. (2001) New developments of polymeric dental composites. *Progress in Polymer Science*, 26 (4), 535-576.
26. Ilie, N.,Hickel, R. (2011) Resin composite restorative materials. *Australian Dental Journal*, 56 (s1), 59-66.
27. Sakaguchi, R.L.,Powers, J.M. (2012). Craig's restorative dental materials: Elsevier Health Sciences.
28. García, A.H., Lozano, M.A.M., Vila, J.C., Escribano, A.B.,Galve, P.F. (2006) Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 11 (2), E215-220.
29. Anusavice, K. (2003) Phillips R. *Phillips' science of dental materials. 11th ed. St. Louis: Elsevier.*
30. Ferracane, J. (1995) Current trends in dental composites. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 6 (4), 302-318.
31. Xu, H. (1999) Dental composite resins containing silica-fused ceramic single-crystalline whiskers with various filler levels. *Journal of Dental Research*, 78 (7), 1304-1311.
32. Leinfelder, K. (1985) Composite resins. *Dental Clinics of North America*, 29 (2), 359-371.

33. Ikejima, I., Nomoto, R., McCabe, J.F. (2003) Shear punch strength and flexural strength of model composites with varying filler volume fraction, particle size and silanation. *Dental Materials*, 19 (3), 206-211.
34. Halvorson, R.H., Erickson, R.L., Davidson, C.L. (2003) The effect of filler and silane content on conversion of resin-based composite. *Dental Materials*, 19 (4), 327-333.
35. Wilson, K.S., Antonucci, J.M. (2006) Interphase structure–property relationships in thermoset dimethacrylate nanocomposites. *Dental Materials*, 22 (11), 995-1001.
36. Willems, G., Lambrechts, P., Braem, M., Celis, J.-P., Vanherle, G. (1992) A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. *Dental Materials*, 8 (5), 310-319.
37. Ardu, S., Braut, V., Uhac, I., Benbachir, N., Feilzer, A.J., Krejci, I. (2010) A new classification of resin-based aesthetic adhesive materials. *Collegium Antropologicum*, 34 (3), 1045-1050.
38. Burgess, J., Walker, R., Davidson, J. (2002) Posterior resin-based composite: review of the literature. *Pediatric Dentistry*, 24 (5), 465-479.
39. Suzuki, S., Leinfelder, K., Kawai, K., Tsuchitani, Y. (1995) Effect of particle variation on wear rates of posterior composites. *American Journal of Dentistry*, 8 (4), 173-178.
40. Roeters, J., Shortall, A., Opdam, N. (2005) Can a single composite resin serve all purposes? *British Dental Journal*, 199 (2), 73-79.
41. Blackham, J., Vandewalle, K., Lien, W. (2009) Properties of hybrid resin composite systems containing prepolymerized filler particles. *Operative Dentistry*, 34 (6), 697-702.
42. Egilmez, F., Ergun, G., Cekic-Nagas, I., K. Vallittu, P., VJ Lassila, L. (2013) Short and long term effects of additional post curing and polishing systems on the color change of dental nano-composites. *Dental Materials Journal*, 32 (1), 107-114.

43. Sideridou, I.D., Karabela, M.M.,Vouvoudi, E.C. (2011) Physical properties of current dental nanohybrid and nanofill light-cured resin composites. *Dental Materials*, 27 (6), 598-607.
44. Beun, S., Glorieux, T., Devaux, J., Vreven, J.,Leloup, G. (2007) Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dental Materials*, 23 (1), 51-59.
45. De Andrade, A.K.M., Duarte, R.M., Batista, A.U.D., Lima, K.C., dos Anjos Pontual, M.L.,Montes, M.A.J.R. (2011) 30-Month randomised clinical trial to evaluate the clinical performance of a nanofill and a nanohybrid composite. *Journal of Dentistry*, 39 (1), 8-15.
46. McCabe, J.F.,Walls, A.W. (2013). Applied dental materials: John Wiley & Sons.
47. Cekic-Nagas, I.,Ergun, G. (2011) Effect of different light curing methods on mechanical and physical properties of resin-cements polymerized through ceramic discs. *Journal of Applied Oral Science*, 19 (4), 403-412.
48. Knezevic, A., Ristic, M., Demoli, N., Tarle, Z., Music, S.,Mandic, V.N. (2007) Composite photopolymerization with diode laser. *Operative Dentistry*, 32 (3), 279-284.
49. Fleming, M.G.,Maillet, W.A. (1999) Photopolymerization of composite resin using the argon laser. *Journal-Canadian Dental Association*, 65, 447-452.
50. Stansbury, J.W. (2000) Curing dental resins and composites by photopolymerization. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 12 (6), 300-308.
51. Leinfelder, K.F., Bayne, S.C.,Swift, E.J. (1999) Packable composites: overview and technical considerations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 11 (5), 234-249.
52. Jackson, R.D.,Morgan, M. (2000) The new posterior resins and: a simplified placement technique *The Journal of the American Dental Association*, 131 (3), 375-383.



53. Manhart, J., Kunzelmann, K., Chen, H.,Hickel, R. (2000) Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. *Dental Materials*, 16 (1), 33-40.
54. Leinfelder, K., Radz, G.,Nash, R. (1998) A report on a new condensable composite resin. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*, 19 (3), 230-232, 234, 236-237.
55. Bayne, S.C., Thompson, J.Y., Swift, E.J., Stamatides, P.,Wilkerson, M. (1998) A characterization of first-generation flowable composites. *The Journal of the American Dental Association*, 129 (5), 567-577.
56. Labella, R., Lambrechts, P., Van Meerbeek, B.,Vanherle, G. (1999) Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. *Dental Materials*, 15 (2), 128-137.
57. Unterbrink, G.L.,Liebenberg, W.H. (1999) Flowable resin composites as" filled adhesives": literature review and clinical recommendations. *Quintessence International*, 30 (4).
58. Lee, I.B., Min, S.H., Kim, S.Y.,Ferracane, J. (2010) Slumping tendency and rheological properties of flowable composites. *Dental Materials*, 26 (5), 443-448.
59. Fortin, D.,Vargas, M.A. (2000) The spectrum of composites: new techniques and materials. *The Journal of the American Dental Association*, 131, 26S-30S.
60. Salerno, M., Derchi, G., Thorat, S., Ceseracciu, L., Ruffilli, R.,Barone, A.C. (2011) Surface morphology and mechanical properties of new-generation flowable resin composites for dental restoration. *Dental Materials*, 27 (12), 1221-1228.
61. Ikeda, I., Otsuki, M., Sadr, A., Nomura, T., Kishikawa, R.,Tagami, J. (2009) Effect of filler content of flowable composites on resin-cavity interface. *Dental Materials Journal*, 28 (6), 679-685.
62. Wolter, H., Storch, W.,Ott, H. (1994). New inorganic/organic copolymers (ORMOCER® S) for dental applications [Bildiri].MRS Proceedings.

63. Zimmerli, B., Strub, M., Jeger, F., Stadler, O., Lussi, A. (2009) Composite materials: composition, properties and clinical applications. A literature review. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin= Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie= Rivista mensile svizzera di odontologia e stomatologia/SSO*, 120 (11), 972-986.
64. Tagtekin, D.A., Yanikoglu, F.C., Bozkurt, F.O., Kologlu, B., Sur, H. (2004) Selected characteristics of an Ormocer and a conventional hybrid resin composite. *Dental Materials*, 20 (5), 487-497.
65. Cattani-Lorente, M., Bouillaguet, S., Godin, C., Meyer, J. (2001) Polymerization shrinkage of Ormocer based dental restorative composites. *Eur Cell Mater*, 1 (1), 25-26.
66. Manhart, J., Kunzelmann, K.H., Chen, H.Y., Hickel, R. (2000) Mechanical properties of new composite restorative materials. *Journal of Biomedical Materials Research*, 53 (4), 353-361.
67. Gökçe, K. (2005) Kompozit restorasyonlarda son gelişmeler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2005 (3).
68. Imazato, S., Tarumi, H., Kato, S., Ebisu, S. (1999) Water sorption and colour stability of composites containing the antibacterial monomer MDPB. *Journal of Dentistry*, 27 (4), 279-283.
69. Weinmann, W., Thalacker, C., Guggenberger, R. (2005) Siloranes in dental composites. *Dental Materials*, 21 (1), 68-74.
70. Eick, J., Kostoryz, E., Rozzi, S., Jacobs, D., Oxman, J., Chappelow, C. ve diğerleri. (2002) In vitro biocompatibility of oxirane/polyol dental composites with promising physical properties. *Dental Materials*, 18 (5), 413-421.
71. Thalacker, C., Heumann, A., Weinmann, W., Guggenberger, R., Luchterhandt, T., Syrek, A. (2004) Marginal integrity of class V silorane and methacrylate composite restorations. *J Dent Res*, 83, A1364.
72. Palin, W.M., Fleming, G.J., Nathwani, H., Burke, F.T., Randall, R.C. (2005) In vitro cuspal deflection and microleakage of maxillary premolars restored with novel low-shrink dental composites. *Dental Materials*, 21 (4), 324-335.

73. El-Damanhoury, H., Platt, J. (2014) Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Operative Dentistry*, 39 (4), 374-382.
74. El-Safty, S., Silikas, N., Watts, D. (2012) Creep deformation of restorative resin-composites intended for bulk-fill placement. *Dental Materials*, 28 (8), 928-935.
75. Giachetti, L., Bertini, F., Bambi, C., Scaminaci, R.D. (2007) A rational use of dental materials in posterior direct resin restorations in order to control polymerization shrinkage stress. *Minerva Stomatologica*, 56 (3), 129-138.
76. Tetric EvoCeram Bulk Fill. (2011) The bulk composite without compromises. *Scientific Documentation. Schaan, Liechtenstein: Ivoclar Vivadent*, 1-20.
77. Kim, R.J.Y., Kim, Y.J., Choi, N.S., Lee, I.B. (2015) Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. *Journal of Dentistry*, 43 (4), 430-439.
78. Webber, M.B.F., Marin, G.C., Saram, P., Progiene, L.F.L., Marson, F.C. (2014) Bulk-fill resin-based composites: Microleakage of Class II restorations. *JSCD*, 2, 15-19.
79. Tyas, M.J. (1991) Cariostatic effect of glass ionomer cement: a five - year clinical study. *Australian Dental Journal*, 36 (3), 236-239.
80. Ikemura, K., R. Tay, F., Endo, T., H. Pashley, D. (2008) A review of chemical-approach and ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. *Dental Materials Journal*, 27 (3), 315-339.
81. Okuyama, K., Murata, Y., Pereira, P., Miguez, P., Komatsu, H., Sano, H. (2006) Fluoride release and uptake by various dental materials after fluoride application. *American Journal of Dentistry*, 19 (2), 123-127.

82. Itota, T., Carrick, T.E., Yoshiyama, M., McCabe, J.F. (2004) Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. *Dental Materials*, 20 (9), 789-795.
83. Jyothi, K., Annapurna, S., Kumar, A.S., Venugopal, P., Jayashankara, C. (2011) Clinical evaluation of giomer-and resin-modified glass ionomer cement in class V noncarious cervical lesions: An in vivo study. *Journal of Conservative Dentistry*, 14 (4), 409.
84. Gordan, V.V., Blaser, P.K., Watson, R.E., Mjör, I.A., McEdward, D.L., Sensi, L.G. ve diğerleri. (2014) A clinical evaluation of a giomer restorative system containing surface prereacted glass ionomer filler: Results from a 13-year recall examination. *The Journal of the American Dental Association*, 145 (10), 1036-1043.
85. Guangtai S. (2012) A 6 Month Clinical Trials Using Giomer Restorative System. *Giomer MICD International Advasior Meeting*, Kyoto, Japan.
86. Yap, A., Ng, S., Siow, K. (2001) Soft-start polymerization: influence on effectiveness of cure and post-gel shrinkage. *Operative Dentistry*, 26 (3), 260-266.
87. Yap, A., Seneviratne, C. (2001) Influence of light energy density on effectiveness of composite cure. *Operative Dentistry*, 26 (5), 460-466.
88. Fu, J., Liu, W., Hao, Z., Wu, X., Yin, J., Panjiyar, A. ve diğerleri. (2014) Characterization of a low shrinkage dental composite containing bismethylene spiroorthocarbonate expanding monomer. *International Journal of Molecular Sciences*, 15 (2), 2400-2412.
89. Jedrychowski, J.R., Bleier, R.G., Caputo, A.A. (2000) Shrinkage stresses associated with incremental composite filling techniques in conservative Class II restorations. *ASDC Journal of Dentistry for Children*, 68 (3), 161-167, 150.
90. Braga, R.R., Ferracane, J.L. (2004) Alternatives in polymerization contraction stress management. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 15 (3), 176-184.

91. Braga, R.R., Ballester, R.Y., Ferracane, J.L. (2005) Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. *Dental Materials*, 21 (10), 962-970.
92. Ölmez, A., Tuna, D. (2002) Polimerizasyon Büzülmesine Etki Eden Faktörler. *Cumhuriyet Üni Diş Hek Fak Derg*, 5, 52-57.
93. Macorra García, J.C.d.I., Gómez Fernández, S. (1996) Quantification of the configuration factor in Class I and II cavities and simulated cervical erosions. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 4 (1), 29-33.
94. Ciucchi, B., Bouillaguet, S., Delaloye, M., Holz, J. (1997) Volume of the internal gap formed under composite restorations in vitro. *Journal of Dentistry*, 25 (3), 305-312.
95. Davidson, C., Feilzer, A. (1997) Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *Journal of Dentistry*, 25 (6), 435-440.
96. Aw, T., Nicholls, J. (2001) Polymerization shrinkage of densely-filled resin composites. *Operative Dentistry*, 26 (5), 498-504.
97. Condon, J.R., Ferracane, J.L. (2000) Assessing the effect of composite formulation on polymerization stress. *The Journal of the American Dental Association*, 131 (4), 497-503.
98. Terry, D.A. (2004) Direct applications of a nanocomposite resin system: Part 1-The evolution of contemporary composite materials. *Practical Procedures and Aesthetic Dentistry*, 16, 417-432.
99. Mitra, S.B., Wu, D., Holmes, B.N. (2003) An application of nanotechnology in advanced dental materials. *The Journal of the American Dental Association*, 134 (10), 1382-1390.
100. Gonçalves, F., Pfeifer, C.C., Stansbury, J.W., Newman, S.M., Braga, R.R. (2010) Influence of matrix composition on polymerization stress development of experimental composites. *Dental Materials*, 26 (7), 697-703.

101. Stansbury, J.W., Dickens, S.H. (2001) Network formation and compositional drift during photo-initiated copolymerization of dimethacrylate monomers. *Polymer*, 42 (15), 6363-6369.
102. Sideridou, I., Tserki, V., Papanastasiou, G. (2003) Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 24 (4), 655-665.
103. Marshall, S.J., Bayne, S.C., Baier, R., Tomsia, A.P., Marshall, G.W. (2010) A review of adhesion science. *Dental Materials*, 26 (2), e11-e16.
104. Ferracane, J.L. (2005) Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dental Materials*, 21 (1), 36-42.
105. Feilzer, A., De Gee, A., Davidson, C. (1987) Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *Journal of Dental Research*, 66 (11), 1636-1639.
106. Tarle, Z., Meniga, A., Ristic, M., Sutalo, J., Pichler, G., Davidson, C. (1998) The effect of the photopolymerization method on the quality of composite resin samples. *Journal of Oral Rehabilitation*, 25, 436-442.
107. El-Sahn, N., El-Kassas, D., El-Damanhoury, H., Fahmy, O., Gomaa, H., Platt, J. (2011) Effect of C-factor on microtensile bond strengths of low-shrinkage composites. *Operative Dentistry*, 36 (3), 281-292.
108. Bogra, P., Gupta, S., Kumar, S. (2012) Comparative evaluation of microleakage in class II cavities restored with Ceram X and Filtek P-90: An in vitro study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 3 (1), 9.
109. Versluis, A., Douglas, W., Cross, M., Sakaguchi, R. (1996) Does an incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses? *Journal of Dental Research*, 75 (3), 871-878.
110. Jafarpour, S., El-Badrawy, W., Jazi, H., McComb, D. (2012) Effect of composite insertion technique on cuspal deflection using an in vitro simulation model. *Operative Dentistry*, 37 (3), 299-305.

111. Truffier - Boutry, D., Place, E., Devaux, J.,Leloup, G. (2003) Interfacial layer characterization in dental composite. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30 (1), 74-77.
112. Rees, J., Jagger, D., Williams, D., Brown, G.,Duguid, W. (2004) A reappraisal of the incremental packing technique for light cured composite resins. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31 (1), 81-84.
113. Tjan, A.H., Bergh, B.H.,Lidner, C. (1992) Effect of various incremental techniques on the marginal adaptation of class II composite resin restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 67 (1), 62-66.
114. Feilzer, A., Dooren, L., Gee, A.d.,Davidson, C. (1995) Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration - cavity interface. *European Journal of Oral Sciences*, 103 (5), 322-326.
115. Rueggeberg, F., Caughman, W.F.,Curtis, J. (1994) Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Operative Dentistry*, 19, 26-26.
116. Dennison, J.B., Yaman, P., Seir, R.,Hamilton, J.C. (2000) Effect of variable light intensity on composite shrinkage. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 84 (5), 499-505.
117. Millar, B.,Nicholson, J. (2001) Effect of curing with a plasma light on the properties of polymerizable dental restorative materials. *Journal of Oral Rehabilitation*, 28 (6), 549-552.
118. Bektaş, Ö.Ö., Siso, Ş.H.,Eren, D. (2006) Işık kaynakları, polimerizasyon ve klinik uygulamalar. *EÜ Dişhek Fak Derg*, 27, 117-124.
119. Lovelth, L., Newman, S.,Bowman, C. (1999) The effects of light intensity, temperature, and comonomer composition on the polymerization behavior of dimethacrylate dental resins. *Journal of Dental Research*, 78 (8), 1469-1476.
120. Oesterle, L.J., Newman, S.M.,Shellhart, W.C. (2001) Rapid curing of bonding composite with a xenon plasma arc light. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 119 (6), 610-616.

121. Ilie, N., Kunzelmann, K.H.,Hickel, R. (2006) Evaluation of micro-tensile bond strengths of composite materials in comparison to their polymerization shrinkage. *Dental Materials*, 22 (7), 593-601.
122. Wang, Y.,Suh, B. (1999) The effect on microstrain in a composite of time interval in a two-step curing procerure. *J Dent Res*, 78, 395.
123. Kanca 3rd, J.,Suh, B.I. (1999) Pulse activation: Reducing resin-based composite contraction stresses at the enamel cavosurface margins. *American Journal of Dentistry*, 12 (3), 107-112.
124. Alomari, Q., Reinhardt, J.W.,Boyera, D. (2001) Effect of liners on cusp deflection and gap formation in composite restorations. *Operative Dentistry*, 26 (4), 406-411.
125. Attar, N.,Özel, Y. (2007) A Comparison of the Flexural Strength and Modulus of Elasticity of Different Resin Composites Farklı Rezin Kompozitlerin Esneme Dayanıklılığı ve Elastisite Modülünün Karşılaştırılması. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 31 (4), 26-35.
126. Sakaguchi, R.L.,Ferracane, J.L. (1998) Stress transfer from polymerization shrinkage of a chemical-cured composite bonded to a pre-cast composite substrate. *Dental Materials*, 14 (2), 106-111.
127. Breschi, L., Mazzoni, A., Ruggeri, A., Cadenaro, M., Di Lenarda, R.,Dorigo, E.D.S. (2008) Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dental Materials*, 24 (1), 90-101.
128. Mjor, I.,Gordan, V. (2002) Failure, repair, refurbishing and longevity of restorations. *Operative Dentistry*, 27 (5), 528-534.
129. Mjor, I., Shen, C., Eliasson, S.,Richter, S. (2002) Placement and replacement of restorations in general dental practice in Iceland. *Operative Dentistry*, 27 (2), 117-123.
130. Tay, F.R.,Pashley, D.H. (2002) Dental adhesives of the future. *Journal of Adhesive Dentistry*, 4 (2).
131. Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P. ve diğerleri. (2003) Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry*, 28 (3), 215-235.



132. Frankenberger, R., Lohbauer, U., Roggendorf, M.J., Naumann, M.,Taschner, M. (2008) Selective enamel etching reconsidered: better than etch-and-rinse and self-etch. *J Adhes Dent*, 10 (5), 339-344.
133. Hanabusa, M., Mine, A., Kuboki, T., Momoi, Y., Van Ende, A., Van Meerbeek, B. ve diğerleri. (2012) Bonding effectiveness of a new 'multi-mode'adhesive to enamel and dentine. *Journal of Dentistry*, 40 (6), 475-484.
134. Perdigão, J.,Loguercio, A. (2014) Universal or multi-mode adhesives: why and how? *The Journal of Adhesive Dentistry*, 16 (2), 193.
135. Roulet, J.,Noack, M. (1991) Criteria for substituting amalgam with composite resins. *International Dental Journal*, 41 (4), 195-205.
136. Boaro, L.C.C., Gonçalves, F., Guimarães, T.C., Ferracane, J.L., Versluis, A.,Braga, R.R. (2010) Polymerization stress, shrinkage and elastic modulus of current low-shrinkage restorative composites. *Dental Materials*, 26 (12), 1144-1150.
137. Vasquez, D. (2012) A New Generation Bulk Fill Composite for Direct Posterior Restorations. *Inside Dentistry*, 5 (5).
138. Mali, P., Deshpande, S.,Singh, A. (2006) Microleakage of restorative materials: an in vitro study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 24 (1), 15.
139. Türkün, Ş.,Ergücü, Z. (2004) Estetik restoratif materyallerin mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan gereç ve yöntemlerin karşılaştırılması. *Acta Odontologica Turcica*, 21 (2), 143.
140. Bauer, J.,Henson, J.L. (1984) Microleakage: a measure of the performance of direct filling materials. *Operative Dentistry*, 9 (1), 2.
141. Taylor, M.,Lynch, E. (1992) Microleakage. *Journal of Dentistry*, 20 (1), 3-10.
142. Yap, A., Ho, K.,Wong, K. (1998) Comparison of marginal sealing ability of new generation bonding systems. *Journal of Oral Rehabilitation*, 25 (9), 666-671.
143. Ryge G. (1980) Clinical criteria. *Int Dent J*, 30: (347-58).

144. Bayne, S.C.,Schmalz, G. (2005) Reprinting the classic article on USPHS evaluation methods for measuring the clinical research performance of restorative materials. *Clinical Oral Investigations*, 9 (4), 209-214.
145. Hickel, R., Roulet, J., Bayne, S., Heintze, S.D., Mjör, I.A., Peters, M. ve diğerleri. (2007) Recommendations for conducting controlled clinical studies of dental restorative materials. *Clinical Oral Investigations*, 11 (1), 5-33.
146. Douglas, W., Chen, C.,Craig, R. (1980) Neutron activation analysis of microleakage around a hydrophobic composite restorative. *Journal of Dental Research*, 59 (9), 1507-1510.
147. Alani, A.,Toh, C. (1997) Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Operative Dentistry*, 22 (4), 173-185.
148. Mueninghoff, L., Dunn, S.,Leinfelder, K. (1990) Comparison of dye and ion microleakage tests. *American Journal of Dentistry*, 3 (5), 192-194.
149. Johnson, W.T.,Zakariasen, K.L. (1983) Spectrophotometric analysis of microleakage in the fine curved canals found in the mesial roots of mandibular molars. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 56 (3), 305-309.
150. Karadağ, S. (2005) Mikrosızıntı araştırma teknikleri ve mikrosızıntıyı etkileyen faktörler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2005 (2).
151. Ayyıldız, S., Uyar, A.,Yüzügüllü, B. (2009) Diş hekimliğinde mikrosızıntı ve inceleme yöntemleri. *Atatürk Üni Dişhek Fak Dergisi*, 19 (3), 219-226.
152. Piva, E., Meinhardt, L., Demarco, F.F.,Powers, J.M. (2002) Dyes for caries detection: influence on composite and compomer microleakage. *Clinical Oral Investigations*, 6 (4), 244-248.
153. Loguercio, A.D., de Oliveira Bauer, P.R., Reis, D.A.,Grande, P.H.M. (2004) In vitro mieroleakage of packable composites in Class II restorations. *Quintessence Int*, 35, 29-34.

154. Williams, P., Schramke, D., Stockton, L. (2002) Comparison of two methods of measuring dye penetration in restoration microleakage studies. *Operative Dentistry*, 27 (6), 628-635.
155. De Munck, J.d., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M. ve diğeri. (2005) A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of Dental Research*, 84 (2), 118-132.
156. Dietrich, T., Kraemer, M., Lösche, G., Roulet, J.-F. (2000) Marginal integrity of large compomer Class II restorations with cervical margins in dentine. *Journal of Dentistry*, 28 (6), 399-405.
157. Robertson, D., Leeb, I.J., McKee, M., Brewer, E. (1980) A clearing technique for the study of root canal systems. *Journal of Endodontics*, 6 (1), 421-424.
158. de Magalhães, C.S., Campos Serra, M., Rodrigues Jr, A.L. (1999) Volumetric microleakage assessment of glass-ionomer resin composite hybrid materials. *Quintessence International*, 30 (2).
159. Heintze, S.D. (2007) Systematic reviews: I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II. The correlation between marginal quality and clinical outcome. *Journal of Adhesive Dentistry*, 9, 77.
160. Mjör, I.A., Toffentti, F. (2000) Secondary caries: A literature review with case reports. *Quintessence International*, 31 (3).
161. Shortall, A. (1982) Microleakage, marginal adaptation and composite resin restorations. *British Dental Journal*, 153 (6), 223.
162. Nakabayashi, N., Kojima, K., Masuhara, E. (1982) The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *Journal of Biomedical Materials Research*, 16 (3), 265-273.
163. Rhome, B.H., Solomon, E.A., Rabinowitz, J.L. (1981) Isotopic evaluation of the sealing properties of lateral condensation, vertical condensation, and Hydron. *Journal of Endodontics*, 7 (10), 458-461.
164. Komfield, B. (1953) Study of clinical behaviour of resins in operative dentistry. *J Dent Res*, 32: (714-15).

165. Leinfelder, K., O'neal, S., Mueninghoff, L. (1986) Use of Ca (OH)<sub>2</sub> for measuring microleakage. *Dental Materials*, 2 (3), 121-124.
166. Pashley, E., Comer, R., Simpson, M., Horner, J., Pashley, D., Caughman, W. (1991) Dentin permeability: Sealing the dentin in crown preparations. *Operative Dentistry*, 17 (1), 13-20.
167. Holtan, J.R., Nystrom, G.P., Douglas, W.H., Phelps, I., Raymond, A. (1990) Microleakage and marginal placement of a glass-ionomer liner. *Quintessence International*, 21 (2).
168. Cox CF. (1994) Evaluation And Treatment Of Bacterial Microleakage. *Am J Dent*, 7 (293-5).
169. Delivanis, P.D., Chapman, K.A. (1982) Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 53 (4), 410-416.
170. Pradelle-Plasse, N., Wenger, F., Picard, B., Colon, P. (2004) Evaluation of microleakage of composite resin restorations by an electrochemical technique: the impedance methodology. *Dental Materials*, 20 (5), 425-434.
171. Zivkovi, S., Bojovi, S., Pavlica, D. (2001) Bacterial penetration of restored cavities. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 91 (3), 353-358.
172. Matharu, S., Spratt, D., Pratten, J., Ng, Y.L., Mordan, N., Wilson, M. ve diğeri. (2001) A new in vitro model for the study of microbial microleakage around dental restorations: a preliminary qualitative evaluation. *International Endodontic Journal*, 34 (7), 547-553.
173. Kakaboura, A., Rahiotis, C., Watts, D., Silikas, N., Eliades, G. (2007) 3D-marginal adaptation versus setting shrinkage in light-cured microhybrid resin composites. *Dental Materials*, 23 (3), 272-278.
174. Papadogiannis, D., Kakaboura, A., Palaghias, G., Eliades, G. (2009) Setting characteristics and cavity adaptation of low-shrinking resin composites. *Dental Materials*, 25 (12), 1509-1516

175. Raskin, A., Tassery, H., D'Hoore, W., Gonthier, S., Vreven, J., Degrange, M. ve diğeri. (2003) Influence of the number of sections on reliability of in vitro microleakage evaluations. *American Journal of Dentistry*, 16 (3), 207-210.
176. Duangthip, D.,Lussi, A. (2002) Microleakage and penetration ability of resin sealant versus bonding system when applied following contamination. *Pediatric Dentistry*, 25 (5), 505-511.
177. Raskin, A., D'Hoore, W., Gonthier, S., Degrange, M.,Déjou, J. (2001) Reliability of in vitro microleakage tests: A literature review. *Journal of Adhesive Dentistry*, 3 (4).
178. Pashley, E., Tao, L., Mackert, J.,Pashley, D. (1998) Comparison of in vitro and in vivo bonding of composite resin to the dentin of canine teeth. *J Dent Res.* , 67 (2), 467-470.
179. Croll, T.P. (2000) Simplified resin-based composite sealant. *ASDC Journal of Dentistry for Children*, 67 (3), 182.
180. Barnes, D.M., Thompson, V., Blank, L.,McDonald, N. (1992) Microleakage of Class 5 composite resin restorations: a comparison between in vivo and in vitro. *Operative Dentistry*, 18 (6), 237-245.
181. Wendt, S., McInnes, P.,Dickinson, G. (1992) The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dental Materials*, 8 (3), 181-184.
182. Moszner, N., Salz, U.,Zimmermann, J. (2005) Chemical aspects of self-etching enamel–dentin adhesives: a systematic review. *Dental Materials*, 21 (10), 895-910.
183. Retief, D. (1991) Standardizing laboratory adhesion tests. *American Journal of Dentistry*, 4 (5), 231-236.
184. Gwinnett, J.A., Tay, F.R., Pang, K.,Wei, S.H. (1995) Comparison of three methods of critical evaluation of microleakage along restorative interfaces. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 74 (6), 575-585.
185. Gale, M., Darvell, B.,Cheung, G. (1994) Three-dimensional reconstruction of microleakage pattern using a sequential grinding technique. *Journal of Dentistry*, 22 (6), 370-375.

186. Amarante de Camargo, D., Sinhoreti, M., Correr-Sobrinho, L., de Sousa Neto, M., Consani, S. (2006) Influence of the methodology and evaluation criteria on determining microleakage in dentin-restorative interfaces. . *Clin Oral Investig.* , 10, 317-323. .
187. Park, J., Chang, J., Ferracane, J., Lee, I.B. (2008) How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? *Dental Materials*, 24 (11), 1501-1505.
188. Goracci, C., Cadenaro, M., Fontanive, L., Giangrosso, G., Juloski, J., Vichi, A. ve diğerleri. (2014) Polymerization efficiency and flexural strength of low-stress restorative composites. *Dental Materials*, 30 (6), 688-694.
189. Alrahlah, A., Silikas, N., Watts, D. (2014) Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dental Materials*, 30 (2), 149-154.
190. Garoushi, S., Säilynoja, E., Vallittu, P.K., Lassila, L. (2013) Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite. *Dental Materials*, 29 (8), 835-841.
191. Li, X., Pongprueksa, P., Van Meerbeek, B., De Munck, J. (2015) Curing profile of bulk-fill resin-based composites. *Journal of Dentistry*, 43 (6), 664-672.
192. Lee, M.R., Cho, B.H., Son, H.H., Um, C.M., Lee, I.B. (2007) Influence of cavity dimension and restoration methods on the cuspal deflection of premolars in composite restoration. *Dental Materials*, 23 (3), 288-295.
193. Kuijs, R., Fennis, W., Kreulen, C., Barink, M., Verdonschot, N. (2003) Does layering minimize shrinkage stresses in composite restorations? *Journal of Dental Research*, 82 (12), 967-971.
194. Abbas, G., Fleming, G., Harrington, E., Shortall, A., Burke, F. (2003) Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with a packable composite cured in bulk or in increments. *Journal of Dentistry*, 31 (6), 437-444.
195. Winkler, M., Katona, T.R., Paydar, N. (1996) Finite element stress analysis of three filling techniques for class V light-cured composite restorations. *Journal of Dental Research*, 75 (7), 1477-1483.

196. Campodonico, C.E., Tantbirojn, D., Olin, P.S.,Versluis, A. (2011) Cuspal deflection and depth of cure in resin-based composite restorations filled by using bulk, incremental and transtooth-illumination techniques. *The Journal of the American Dental Association*, 142 (10), 1176-1182.
197. Sarrett, D.C. (2005) Clinical challenges and the relevance of materials testing for posterior composite restorations. *Dental Materials*, 21 (1), 9-20.
198. 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. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30 (10), 1000-1007.
199. Bonilla, E., Stevenson, R., Caputo, A.,White, S. (2012) Microleakage resistance of minimally invasive Class I flowable composite restorations. *Operative Dentistry*, 37 (3), 290-298.
200. Ballal, V. (2010) Microleakage of flowable composite restorations. *European Journal of Dentistry*, 4 (3), 358.
201. Xie, H., Zhang, F., Wu, Y., Chen, C.,Liu, W. (2008) Dentine bond strength and microleakage of flowable composite, compomer and glass ionomer cement. *Australian Dental Journal*, 53 (4), 325-331.
202. Scotti, N., Comba, A., Gambino, A., Paolino, D.S., Alovisi, M., Pasqualini, D. ve diğerleri. (2014) Microleakage at enamel and dentin margins with a bulk fills flowable resin. *European Journal of Dentistry*, 8 (1), 1.
203. Kimyai, S., Savadi Oskoe, S., Ajami, A.A., Sadr, A.,Asdagh, S. (2011) Effect of three prophylaxis methods on surface roughness of giomer. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 16 (1), e110-114.
204. Naoum, S., Ellakwa, A., Martin, F.,Swain, M. (2011) Fluoride release, recharge and mechanical property stability of various fluoride-containing resin composites. *Operative Dentistry*, 36 (4), 422-432.

205. Dionysopoulos, P., Kotsanos, N., Koliniotou - Koubia, E.,Tolidis, K. (2003) Inhibition of demineralization in vitro around fluoride releasing materials. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30 (12), 1216-1222.
206. Kimyai, S., Lotfipour, F., Pourabbas, R., Sadr, A., Nikazar, S.,Milani, M. (2011) Effect of two prophylaxis methods on adherence of *Streptococcus mutans* to microfilled composite resin and giomer surfaces. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 16 (4), e561-567.

