115942

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

ELASTOMERİK ESASLI BAZI ÖLÇÜ MADDELERİNİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Dt. Ayşe Nurcan DUMAN

115942

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Bülent BEK

Ankara-2002

Bu tez, Gazi Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından 11/2000-05 proje kod numarası ile desteklenmiştir.

GAZİ ÜNİVERSİTESI SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

BAŞKAN

ÜYE ÜYE ÜYE ÜYE

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

ENSTİTÜ MÜDÜRÜ

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde deney aşamasında büyük katkıları olan Gaziantep Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Doç Dr. Ahmet Kaya'ya, verilerin yorumlanmasında değerli görüşleriyle katkıda bulunan Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kimya Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Ali Usanmaz'a, istatistiksel analizlerin yapılmasında gösterdiği özverili çalışmadan dolayı Sayın Nazmiye Kurşun'a, tez yazım ve basım aşamasında gösterdikleri ilgi ve özenden dolayı sevgili Fatma Arar, Murat Teberoğlu ve Ömer Yalçın'a, çalışmadaki katkılarından dolayı danışmanım Sayın Prof. Dr. Bülent Bek'e ve beni her zaman özveriyle destekleyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
GİRİŞ	1
GENEL BİLGİLER	4
MATERYAL VE YÖNTEM	59
BULGULAR	76
TARTIŞMA	129
SONUÇ	150
ÖZET	154
YABANCI DİLDE ÖZET	156
KAYNAKLAR	158
ÖZGEÇMİŞ	168
EK	169

Simgeler ve Kısaltmalar

A	Alan
D_e	Deborah Numarası
f	Frekans
F	Kuvvet
G	Makaslama Modülüsü
G*	Kompleks Modülüs
G'	Depolama Modülüsü
G''	Yitirme Modülüsü
G(t)	Gevşeme Modülüsü
Hz	Hertzian (Frekans Birimi)
J(t)	Sürünme Uyarlılığı
N	Newton
Pa	Pascal
Pas	Pascal/saniye^{-1}
sn	Saniye
tan δ	Tanjant Delta
t_e	Deneysel Zaman
t_k	Kelvin Gecikme Zamanı
t_m	Maxwell Gecikme Zamanı
t_r	Gerilme Gevşeme Zamanı
γ'	Makaslama Oranı veya Gerinim Oranı
γ	Gerinim
η	Görünür Viskozite
η'	Dinamik Viskozite
ω	Sinüzoidal Dalganın Açısal Frekansı ($\omega=2\pi f$)
τ	Gerilme
δ	Delta, Dinamik Mekanik Deneylerde Faz Açısı
°C	Derece

Şekiller, Resimler, Grafikler

Şekil 1. Polisülfid Ölçü Maddelerinin Kimyasal Reaksiyonu 7
Şekil 2. Kondanse Reaksiyonlu Silikon Ölçü Maddelerinin Kimyasal Reaksiyonu 9
Şekil 3. İlave Reaksiyonlu Silikon Ölçü Maddelerinin Kimyasal Reaksiyonu 10
Şekil 4. a. Terminal Etilenimin, b. Aromatik Sülfonik Asit Esteri 13
Şekil 5. Polieter Polimerinde X İle Gösterilen Tekrarlanan Eter Birimi 13
(R, Hidrojen Atomu veya Alkil Grupları)
Şekil 6. Polieter Esaslı Ölçü Maddelerinin Kimyasal Reaksiyonu 13
Şekil 7. Uygulanan Gerilmeye Karşı Materyalde Görülen Gerinim 26
Şekil 8. Gerilme Komponentleri 26
Şekil 9. Normal ve Makaslama Kuvveti 27
Şekil 10. Makaslama Gerilmesi ve Makaslama Oranının Oluşumu 28
Şekil 11. n Sabitine Göre Sıvıların Gösterdiği Özellikler 31
Şekil 12. Akma Üzerinde Zamanın Önemi 33
Şekil 13. Mekanik Analoglar a) Elastik Maddeler b) Visköz Maddeler 34
c-d) Viskoelastik Maddeler
Şekil 14. Elastik Maddeler İçin Gerinim-Zaman Eğrisi 35
Şekil 15. Visköz Maddeler İçin Gerinim-Zaman Eğrisi 36
Şekil 16. Viskoelastik (Maxwell tip) Maddeler İçin Gerinim-Zaman Eğrisi 36
Şekil 17. Viskoelastik (Voigt tip) Maddeler İçin Gerinim-Zaman Eğrisi 37
Şekil 18. Pseudoplastik Bir Maddenin Akma Eğrisi 39
Şekil19. Sürünme Eğrileri 40
Şekil 20. Gerilme Gevşemesi Eğrisi 41
Şekil 21. Titreştirici (Periyodik) Deneyler 43
Şekil 22. Kompleks Modülüsünün Komponentleri 44
Şekil 23. Maddenin Linear Viskoelastik Bölgesinin Tayin Edilmesi 46
Şekil 24. Bazı Temsili Noktalarda Oluşan Dalga Formu Cevapları 46

Resim 1. Çalışmada Kullanılan Elastomerik Esaslı Ölçü Maddeleri 61
Resim 2. Çalışmada Kullanılan Kondanse Reaksiyonlu Silikon Ölçü Maddeleri 61
Resim 3. Çalışmada Kullanılan İlave Reaksiyonlu Silikon Ölçü Maddeleri 62
Resim 4. Çalışmada Kullanılan Polieter Esaslı Ölçü Maddeleri 62
Resim 5. Rheo Stress 1 Reometre Cihazı 64
Resim 6. Termostat Sirkülator Kutusu 65
Resim 7. Kompresör 66
Resim 8. Deney Öncesi Rheo Win Job Manager'da Ayarlamaların Yapılması 66

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Resim 9. Rheo Win Job Manager'da Sıcaklık Ayarlamaları Yapılması 67
Resim 10. Deney Esnasından Bir Görünüm 67

Grafik 1. Akma Testi Uygulanan Dent a Scon Ultra Baz Madde 77
Grafik 2. Akma Testi Uygulanan Dent a Scon Universal Baz Madde 78
Grafik 3. Akma Testi Uygulanan Durosil S Baz Madde 78
Grafik 4. Akma Testi Uygulanan Speedex Light Baz Madde 79
Grafik 5. Akma Testi Uygulanan Aquasil Monofaz Baz Madde 79
Grafik 6. Akma Testi Uygulanan Panasil Contact Plus Baz Madde 80
Grafik 7. Akma Testi Uygulanan Permadyne L Baz Madde 80
Grafik 8. Akma Testi Uygulanan Baz Kondanse ve İlave Silikon Maddelerin Farklı 83
Makaslama Oranı Aralıklarındaki Görünür Viskozite Değerleri
Grafik 9. Akma Testi Uygulanan Dent a Scon Likit Aktivatör Madde 84
Grafik 10. Akma Testi Uygulanan Paste Hardener Aktivatör Madde 85
Grafik 11. Akma Testi Uygulanan Aquasil Monofaz Aktivatör Madde 85
Grafik 12. Akma Testi Uygulanan Panasil Contact Plus Aktivatör Madde 86
Grafik 13. Akma Testi Uygulanan Aktivatör Kondanse ve İlave Silikon Maddelerin 88
Farklı Makaslama Oranı Aralıklarındaki Görünür Viskozite Değerleri
Grafik 14. Frekans Sweep Testi Uygulanan Durosil L Baz Madde 90
Grafik 15. Frekans Sweep Testi Uygulanan Speedex Putty Baz Madde 91
Grafik 16. Frekans Sweep Testi Uygulanan Aquasil Soft Putty Baz Madde 91
Grafik 17. Frekans Sweep Testi Uygulanan Panasil Putty Baz Madde 92
Grafik 18. Frekans Sweep Testi Uygulanan Reprosil Putty Baz Madde 92
Grafik 19. Frekans Sweep Testi Uygulanan Impregum F Baz Madde 93
Grafik 20. Frekans Sweep Testi Uygulanan Permadyne H Baz Madde 93
Grafik 21. Frekans Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon, İlave Silikon ve 97
Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarındaki Dinamik Viskozite Değerleri
Grafik 22. Frekans Sweep Testi Uygulanan Aquasil Soft Putty Aktivatör Madde 98
Grafik 23. Frekans Sweep Testi Uygulanan Panasil Putty Aktivatör Madde 99
Grafik 24. Frekans Sweep Testi Uygulanan Reprosil Putty Aktivatör Madde 99
Grafik 25. Frekans Sweep Testi Uygulanan Impregum F Aktivatör Madde 100
Grafik 26. Frekans Sweep Testi Uygulanan Permadyne Aktivatör Madde 100
Grafik 27. Frekans Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon ve Polieter 103
Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarındaki Dinamik Viskozite Değerleri
Grafik 28. Frekans Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon, İlave Silikon ve 107
Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarındaki Tanjant Delta Değerleri

Grafik 29. Frekans Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon ve Polieter 110
Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarındaki Tanjant Delta Değerleri
Grafik 30. Frekans Time Testi Uygulanan Dent a Scon Ultra Ölçü Maddesi 111
Grafik 31. Frekans Time Testi Uygulanan Dent a Scon Universal Ölçü Maddesi 112
Grafik 32. Frekans Time Testi Uygulanan Durosil L Ölçü Maddesi 112
Grafik 33. Frekans Time Testi Uygulanan Durosil S Ölçü Maddesi 113
Grafik 34. Frekans Time Testi Uygulanan Speedex Light Ölçü Maddesi 113
Grafik 35. Frekans Time Testi Uygulanan Speedex Putty Ölçü Maddesi 114
Grafik 36. Frekans Time Testi Uygulanan Aquasil Monofaz Ölçü Maddesi 115
Grafik 37. Frekans Time Testi Uygulanan Aquasil Soft Putty Ölçü Maddesi 116
Grafik 38. Frekans Time Testi Uygulanan Panasil Contact Plus Ölçü Maddesi 116
Grafik 39. Frekans Time Testi Uygulanan Panasil Putty Ölçü Maddesi 117
Grafik 40. Frekans Time Testi Uygulanan Reprosil Putty Ölçü Maddesi 117
Grafik 41. Frekans Time Testi Uygulanan Impregum F Ölçü Maddesi 119
Grafik 42. Frekans Time Testi Uygulanan Permadyne H Ölçü Maddesi 119
Grafik 43. Frekans Time Testi Uygulanan Permadyne L Ölçü Maddesi 120
Grafik 44. Frekans Time Testi Uygulanan Kondanse Silikon, İlave Silikon ve Polieter 123
Maddelerin Farklı Zaman Değişim Aralıklarındaki Dinamik Viskozite Değerleri
Grafik 45. Frekans Time Testi Uygulanan Kondanse Silikon, İlave Silikon ve Polieter 123
Maddelerin Farklı Zaman Değişim Aralıklarındaki Tanjant Delta Değerleri
Grafik 46. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Durosil L Baz Madde 169
Grafik 47. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Speedex Putty Baz Madde 169
Grafik 48. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Aquasil Soft Putty Baz Madde 170
Grafik 49. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Panasil Putty Baz Madde 170
Grafik 50. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Reprosil Putty Baz Madde 171
Grafik 51. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Impregum F Baz Madde 171
Grafik 52. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Permadyne H Baz Madde 172
Grafik 53. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Aquasil Soft Putty Aktivatör Madde 172
Grafik 54. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Panasil Putty Aktivatör Madde 173
Grafik 55. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Reprosil Putty Aktivatör Madde 173
Grafik 56 Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Impregum F Aktivatör Madde 174
Grafik 57. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Permadyne H Aktivatör Madde 174

Tablolar

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Ticari Elastomerik Esaslı Ölçü Maddeleri 60

Tablo 2. Akma Testi Uygulanan Maddelerin Kimyasal Özelliklerine Göre Dağılımı 76

Tablo 3. Akma Testi Uygulanan Baz ve Aktivatör Maddelerin Dağılımı 76

Tablo 4. Akma Testi Uygulanan Baz Maddelerin Kimyasal Özelliklerine Göre Dağılımı 77

Tablo 5. Akma Testi Uygulanan Baz Maddelerin Dağılımı 77

Tablo 6. Akma Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranlarındaki Görünür Viskozite Değeri Dağılımı 80 81

Tablo 7. Akma Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranı Değişim Aralıklarında Görünür Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi 81

Tablo 8. Akma Testi Uygulanan Baz İlave Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranlarındaki Görünür Viskozite Değeri Dağılımı 82

Tablo 9. Akma Testi Uygulanan Baz İlave Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranı Değişim Aralıklarındaki Görünür Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi 82

Tablo 10. Akma Testi Uygulanan Baz Kondanse ve İlave Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranı Değişim Aralıklarında Görünür Viskozite Değişim Yüzdeleri Bakımından Karşılaştırılması 83

Tablo 11. Akma Testi Uygulanan Aktivatör Maddelerin Kimyasal Özelliklerine Göre Dağılımı 84

Tablo 12. Akma Testi Uygulanan Aktivatör Maddelerin Dağılımı 84

Tablo 13. Akma Testi Uygulanan Aktivatör Kondanse Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranlarındaki Görünür Viskozite Değeri Dağılımı 86

Tablo 14. Akma Testi Uygulanan Aktivatör Kondanse Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranı Değişim Aralıklarında Görünür Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi 87

Tablo 15. Akma Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranlarındaki Görünür Viskozite Değeri Dağılımı 87

Tablo 16. Akma Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranı Değişim Aralıklarında Görünür Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi 87

Tablo 17. Akma Testi Uygulanan Aktivatör Kondanse ve İlave Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranı Değişim Aralıklarında Görünür Viskozite Değişim Yüzdeleri Bakımından Karşılaştırılması 88

Tablo 18. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Maddelerin Kimyasal Özelliklerine Göre Dağılımı 89

Tablo 19. Frekans Sweep Testi Uygulanan Baz ve Aktivatör Maddelerin Dağılımı 89

Tablo 20.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Maddelerin Kimyasal Özelliklerine Göre Dağılımı	90
Tablo 21.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Maddelerin Dağılımı	90
Tablo 22.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon Maddelerin Farklı Frekanslardaki Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı	94
Tablo 23.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarındaki Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi	94
Tablo 24.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz İlave Silikon Maddelerin Farklı Frekanslardaki Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı	94
Tablo 25.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz İlave Silikon Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarındaki Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi	95
Tablo 26.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Polieter Maddelerin Farklı Frekanslardaki Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı	95
Tablo 27.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarındaki Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi	95
Tablo 28.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon, İlave Silikon ve Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Dinamik Viskozite Değerlerinin Değişim Yüzdeleri Bakımından Karşılaştırılması	96
Tablo 29.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Maddelerin Kimyasal Özelliklerine Göre Dağılımı	98
Tablo 30.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Maddelerin Dağılımı	98
Tablo 31.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon Maddelerin Farklı Frekanslardaki Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı	101
Tablo 32.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarındaki Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi	101
Tablo 33.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Polieter Maddelerin Farklı Frekanslardaki Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı	101
Tablo 34.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarındaki Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi	102
Tablo 35.	Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon ve Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Dinamik Viskozite Değerlerinin Değişim Yüzdeleri Bakımından Karşılaştırılması	102

Tablo 36. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Maddelerin Dağılımı 103
Tablo 37. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon Maddelerin Farklı 103
Frekanslardaki Tanjant Delta Değeri Dağılımı
Tablo 38. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon Maddelerin Farklı 104
Frekans Değişim Aralıklarındaki Tanjant Delta Değişimleri İçin Uygulanan
Wilcoxon Eşleştirme Testi
Tablo 39. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz İlave Silikon Maddelerin Farklı 104
Frekanslardaki Tanjant Delta Değeri Dağılımı
Tablo 40. Frekans-Sweep Testi Uygulanan İlave Silikon Maddelerin Farklı Frekans 105
Değişim Aralıklarındaki Tanjant Delta Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon
Eşleştirme Testi
Tablo 41. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Polieter Maddelerin Farklı 105
Frekanslarda Tanjant Delta Değeri Dağılımı
Tablo 42. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Polieter Maddelerin Farklı Frekans 105
Değişim Aralıklarındaki Tanjant Delta Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon
Eşleştirme Testi
Tablo 43. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon, İlave Silikon ve 106
Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Tanjant Delta
Değişim Yüzdeleri Bakımından Karşılaştırılması
Tablo 44. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Maddelerin Dağılımı 107
Tablo 45. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon Maddelerin Farklı 108
Frekanslardaki Tanjant Delta Değeri Dağılımı
Tablo 46. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon Maddelerin Farklı 108
Frekans Değişim Aralıklarındaki Tanjant Delta Değişimleri İçin Uygulanan
Wilcoxon Eşleştirme Testi
Tablo 47. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Polieter Maddelerin Farklı 108
Frekanslardaki Tanjant Delta Değeri Dağılımı
Tablo 48. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Polieter Maddelerin Farklı 109
Frekans Değişim Aralıklarındaki Tanjant Delta Değişimleri İçin Uygulanan
Wilcoxon Eşleştirme Testi
Tablo 49. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon ve Polieter 109
Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Tanjant Delta Değerlerinin
Değişim Yüzdeleri Bakımından Karşılaştırılması
Tablo 50. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Maddelerin Kimyasal Özelliklerine 110
Göre Dağılımı
Tablo 51. Frekans-Time Testi Uygulanan Maddelerin Dağılımı 111

Tablo 52. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Kondanse Silikon Maddelerin Zamana Göre Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı 114

Tablo 53. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Kondanse Silikon Maddelerin Zaman Değişim Aralığına Göre Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi 115

Tablo 54. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış İlave Silikon Maddelerin Zamana Göre Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı 118

Tablo 55. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış İlave Silikon Maddelerin Zaman Değişim Aralığına Göre Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi 118

Tablo 56. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Polieter Maddelerin Zamana Göre Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı 120

Tablo 57. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Polieter Maddelerin Zaman Değişim Aralığına Göre Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi 121

Tablo 58. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Ölçü Maddelerinin Farklı Zaman Değişim Aralıklarına Göre Dinamik Viskozite Değerlerinin Değişim Yüzdeleri Bakımından Karşılaştırılması 121

Tablo 59. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Kondanse Silikon Maddelerin Zamana Göre Tanjant Delta Değeri Dağılımı 123

Tablo 60. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Kondanse Silikon Maddelerin Zaman Değişim Aralığına Göre Tanjant Delta Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi 124

Tablo 61. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış İlave Silikon Maddelerin Zamana Göre Tanjant Delta Değeri Dağılımı 124

Tablo 62. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış İlave Silikon Maddelerin Zaman Değişim Aralığına Göre Tanjant Delta Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi 125

Tablo 63. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Polieter Maddelerin Zamana Göre Tanjant Delta Değeri Dağılımı 125

Tablo 64. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Polieter Maddelerin Zaman Değişim Aralığına Göre Tanjant Delta Değişimlerine Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi 126

Tablo 65. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Ölçü Maddelerinin Farklı Zaman Değişim Aralıklarına Göre Tanjant Delta Değerlerinin Değişim Yüzdeleri Bakımından Karşılaştırılması 126

I. GİRİŞ

Protetik tedavide uygulanan bütün işlemlerin, hasta ağzında hazırlanması ve bitirilmesi kuşkusuz mümkün değildir. Hastaya uygulanacak tedavinin bir bölümü klinik ortamda hasta ağzında, diğer bölümü ise laboratuvar ortamında sert ve/veya yumuşak oral dokuların kaydedildiği model üzerinde çalışılarak yürütülmektedir.

Dişhekimliğinde başarılı protez yapımının ilk adımı net ve doğru alınmış ölçülerdir. Yapılacak restorasyonun uyumlu olabilmesi, ölçü alınması ile başlayan klinik ve laboratuvar çalışmalarıyla devam eden uzun bir sürecin hassasiyetine bağlıdır.

Ağzın herhangi bir bölgesinin negatif boşluğunu elde etmek amacıyla yapılan işleme **"ölçü alma"**; kullanılan materyale de **"ölçü maddesi"** adı verilir.

Günümüz diş hekimliğinde, uygulanan protetik tedaviler için değişik amaçlara dönük çeşitli yapı ve özelliklerde ölçü maddeleri geliştirilmiştir. Bunlar arasında alçı, stenç, çinko-oksit ojenol, hidrokolloidler ve sentetik kauçuk esaslı ölçü maddeleri (elastomerler) yer almaktadır. Kullanılacak ölçü maddeleri; ideal olarak aşağıdaki gereksinimleri karşılayabilecek özellikte olmalıdır:

1. Kullanımı kolay olmalı ve özel düzenek gerektirmemelidir.

2. Yeterli akıcılıkta detayları kaydedebilmelidir.

3. Uygun sertleşme zamanına sahip olmalıdır.

4. Boyutsal doğruluk ve boyutsal stabilite göstermelidir.

5. Plastik deformasyon ve yırtılma direnci yüksek olmalıdır.

6. Ağız dokularına zarar vermemeli ve biyolojik olarak uyumlu olmalıdır.

7. Hastaya rahatsızlık vermemelidir.

8. Model ve die maddesi ile uyum göstermelidir.

9 . Uzun raf ömrüne ve düşük maliyete sahip olmalıdır.

Her ne kadar yukarıdaki kriterlerin tümüne sahip ideal ölçü maddesi olmasa da, amaca uygun malzemenin seçimi, tedavinin diğer aşamalarında doğrudan etkili olacaktır. Maddelerin özelliklerinin ve kullanım alanlarının bilinmesi, hem diş hekimi hem de yardımcı teknik eleman için oldukça yararlıdır.

Materyal seçimi; ölçü maddelerinin farklı özellikleri ve özel klinik uygulamaların gerektirdiği fiziksel gereksinimlerin göz önünde bulundurulmasıyla yapılabilir.

Ölçü maddelerinin akma (reolojik) özellikleri; maddenin uygulanma şartları ile ağzın sert ve yumuşak dokularına adaptasyonunu etkilediğinden, yüzey detayının kopyalanması ve alınan ölçünün netliği için önem taşımaktadır.Üretici firmaların sunduğu ölçü maddelerinin reolojisi üzerinde bilgi sahibi olmak, bu ürünlerin klinik kullanımını belirgin biçimde etkileyecek, bilimsel bir tarzda kullanılan teknikleri ve maddelerin içeriklerini değiştirme fırsatı da verecektir.

Elastomerik esaslı ölçü maddeleri, yüzey detaylarını en iyi şekilde yansıtmaları, boyutsal stabilitelerinin iyi olması, minimum daimi deformasyon göstermeleri, klinik kullanım kolaylığı ve laboratuvar çalışmalarına uygun olmaları gibi üstünlükleri nedeniyle, özellikle sabit protetik diş tedavilerinde tercih edilen ölçü maddeleridir.

Son 20 yıl içinde ölçü maddeleri üzerinde yapılan araştırmalar ve ölçü maddelerinin yeniden gözden geçirildiği çalışmalar, ölçü maddelerindeki gelişmelere paralel olarak günümüzde çoğu protetik uygulama bakımından en fazla kabul gören ölçü maddelerinin silikon esaslı ve polieter esaslı elastomerik ölçü maddeleri olduğunu; daha önceki yıllarda revaçta olan polisülfid esaslı elastomerik ölçü maddelerinin ise yeni

maddelerin ortaya çıkması ile güncelliğini yitirdiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, yapılan çalışmaya elastomerik esaslı polisülfid ölçü maddeleri dahil edilmemiştir.

Bu çalışmanın amacı; baz ve aktivatör bileşenlerden oluşan farklı marka ve yoğunluktaki silikon ve polieter esaslı elastomerik ölçü maddelerinin in vitro koşullarda; bileşenleri karıştırılmadan karıştırma öncesinde ve bileşenleri karıştırıldıktan sonra sertleşme süresi esnasında gösterdikleri reolojik özellikleri incelemek ve kendi aralarında karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir.

II. GENEL BİLGİLER

1. POLİMERLER

Diş hekimliğinde kullanılan maddelerin kimyasal yapı ve özelliklerinin bilinmesi ve buna göre uygulama alanlarının belirlenmesi başarılı bir tedavi için gereklidir. Bunlar arasında yer alan polimerler, diş hekimliğinin pek çok alanında yararlanılan maddelerdendir [1,2,3].

Diş hekimliğinde; kaide maddesi, tamir maddesi, restoratif madde, siman, ölçü maddeleri, maksillofasiyal madde ve sabit protetik restorasyon maddeleri olarak değişik amaçlarla kullanılan, farklı özelliklere sahip polimer yapıda maddeler bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan başlıca polimer türleri: vinil akrilikler, polistiren, epoksiler, polikarbonatlar, polivinilasetatlar, polietilen, polisülfid, silikonlar, polieter ve poliakrilik asitlerdir [1,2,3].

Bu polimerik maddelerin gösterdikleri fiziksel özellikler, o maddelerin kullanım alanını belirlemektedir. Restoratif amaçlı olarak kullanılan polimerik yapıdaki rezinler, çiğneme basıncı altında deforme olmayacak kadar sertken; ölçü maddesi olarak kullanılan polimerik maddeler, tutucu bölgelerden geçecek ve sonra eski halini alacak kadar elastiktir [4,5,6,7,8].

2. ELASTOMERİK ÖLÇÜ MADDELERİ

Diş hekimliğinde ölçü maddeleri, hidrokolloid esaslı ölçü maddelerinden sonra, 1950 yıllarından itibaren gelişme gösteren elastomerik esaslı ölçü maddelerinin kullanımı ile yeni bir boyut kazanmıştır [1,2,9,10,11].

Lastiğe benzer, oda sıcaklığında belirli kimyasal reaktif maddeler katkısıyla polimerize olan, geri dönüşümsüz ölçü maddelerine **"elastomerik ölçü maddeleri"** adı verilmektedir. Kolloid jeller veya sentetik lastikler olarak da adlandırılan

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

bu ölçü maddeleri, American Dental Association (ADA)'nın 19 numaralı spesifikasyonuyla tanımlanmışlardır [1,2,10,12,13].

Elastomerik esaslı ölçü maddeleri; yüzey detaylarını en iyi şekilde yansıtmaları, boyutsal stabilitelerinin iyi olması, minimum daimi deformasyon göstermeleri ve kullanım kolaylığı gibi üstün özelliklerinin olması nedeniyle günümüzde en çok tercih edilen; sabit, hareketli ve implant protezler için geniş kullanım alanına sahip ölçü maddeleridir [1,2,12,13,14,15,16].

Yapı olarak elastomerik ölçü maddeleri, belirli noktalardan birbirine bağlanarak 3 boyutlu bir zincir yapısı oluşturan ve aralarında zayıf etkileşimler olan büyük moleküllerden oluşmuşlardır. Çekilme durumunda, gerilme kuvvetleri altında bu zincirler birbiri üzerinden kayarak açılırken, gerilme ortadan kaldırıldığında tekrar eski hallerine geri dönerler. Bu şekilde esneyebilir bir özellik kazanan ve genellikle iki bileşenli sistemlerden oluşan elastomerlerde polimerizasyon veya çapraz bağlanma, kondensasyon veya ilave reaksiyon ile meydana gelmektedir [1,2,9,10,11,12,14].

Elastomerik esaslı ölçü maddeleri, **kimyasal yapılarına** ve **sertleşmelerinde görülen reaksiyona göre** 3 ana sınıfa ayrılırlar [2,12,14,17,18]:

1. Polisülfid esaslı ölçü maddeleri

2. Silikon esaslı ölçü maddeleri

- **a.** Kondanse polimerizasyonlu silikonlar
- **b.** İlave polimerizasyonlu silikonlar (Vinyl polysiloxanes)

3. Polieter esaslı ölçü maddeleri.

Bu üç grupta toplanan elastomerik esaslı ölçü maddeleri **yoğunluklarına göre** ise kendi aralarında şu kıvamlarda bulunmaktadırlar[1,2,11,18,19,20,21]:

1. Polisülfid esaslı ölçü maddeleri düşük (wash, light body), orta (medium, regular body) ve yüksek (heavy body) yoğunluk kıvamlarında;

2. Silikon esaslı ölçü maddelerinden

a. Kondanse polimerizasyonlu silikonlar düşük ve çok yüksek (putty) yoğunluk kıvamlarında;

b. İlave polimerizasyonlu silikonlar düşük, orta, yüksek, çok yüksek ve monofaz (hem düşük hem yüksek kıvamların bir arada olduğu tek yoğunluk) kıvamlarında;

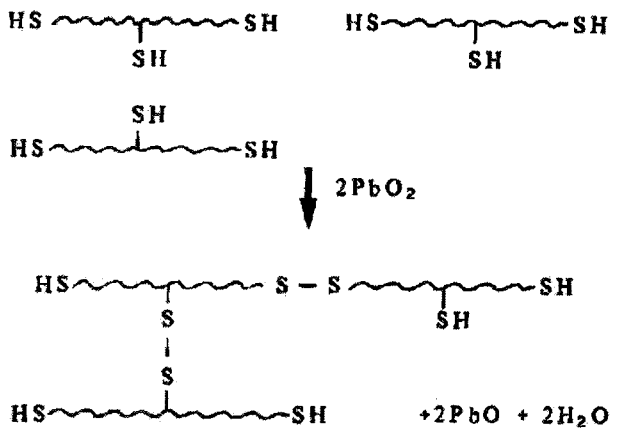
3. Polieter esaslı ölçü maddeleri düşük, orta, inceltici ile birlikte orta ve yüksek yoğunluk kıvamlarında kullanılmaktadırlar.

Düşükten, çok yüksek yoğunluk kıvamına doğru giderek akıcılık kıvamının azalması, maddenin yapısına katılan inert doldurucu oranı ile belirlenmektedir. Doldurucu oranı arttıkça maddenin akıcılığı azalmaktadır [14,18,21,22].

Ağza akış özellikleri çok iyi ayarlanmış visköz sıvılar şeklinde yerleştirilen ve sertleşme reaksiyonu sonucunda viskoelastik katı haline dönüşen elastomerik esaslı ölçü maddeleri, genellikle baz ve aktivatör özelliği taşıyan iki pat halinde bulunmaktadır. Bununla beraber bazen kondanse silikon maddelerde olduğu gibi baz bileşeni pat ve aktivatör bileşeni likit olarak üretilebilmektedir. Ölçüler ya sadece orta yoğunluk kıvamında ya da düşük ve yüksek veya çok yüksek kıvamların birlikte kullanılması ile alınmaktadır [18,20,21,22,23,24,24,26].

2.1. Polisülfid Esaslı Ölçü Maddeleri

İlk kullanılan kauçuk esaslı ölçü maddesi olup 1955 yılında Pearson tarafından geliştirilmiştir. Düşük molekül ağırlığındaki polisülfid polimerine kurşun dioksit gibi oksitleyici maddelerin eklenmesiyle terminal merkaptan-thiol-(-SH) gruplarının oksidasyonuyla polimer zinciri uzar; yanlarda bulunan pendant merkaptan (-SH) gruplarının oksidasyonu ile de kondensasyon reaksiyonu sonucu çapraz bağlanma meydana gelir. Viskozitenin artmasıyla zincirde uzama meydana gelir ve yapının elastiklik kazanmasıyla üç boyutlu lastik örgü ağı oluşur [2,10,11,12,19].



Şekil 1. Polisülfid Ölçü Maddelerinin Kimyasal Reaksiyonu

Baz pata katılan plastikleştiriciler (n-bütil fitalat) viskoziteyi kontrol eder; inert doldurucular (titanyum dioksit) yoğunluk vererek viskoziteyi kontrol eder ve fiziksel özellikleri modifiye eder. Aktivatör pata katılan sülfür (kükürt) sertleşme reaksiyonuna katılır; inert yağ (parafinik tip veya n-bütil fitalat) kurşun oksit ve sülfür ile birlikte pata şekil verir[1,14].

Ekzotermik bir reaksiyon sonucunda, maddenin toplam miktarına ve aktivatörün konsantrasyonuna bağlı olarak ısı açığa çıkmaktadır ve yan ürün olarak su oluşmaktadır [14,18,20,25].

Çalışma süresi oda sıcaklığında (23°C) 4-7 dakika, sertleşme süresi ağız ısısında (37°C) 6-10 dakikadır [2,12,14].

Elastomerler içinde en yüksek yırtılma direncine sahip maddelerdir. Bu değer 4000 gr/cm^2 dir. Boyutsal değişimi 24 saat sonunda %0.3-0.4'tür [9,10,11,12,14,19].

Klinik olarak kabul edilen sertleşme meydana geldikten sonra reaksiyonun daha yavaş oranda saatler hatta günlerce devam etmesi nedeniyle bu maddelerle alınan ölçüler mümkün olduğunca çabuk dökülmelidir [2,9,12,14,18].

2.2. Silikon Esaslı Ölçü Maddeleri

Polisülfidlerin uzun sertleşme zamanı, kötü kokusu, yapışkan yapısı nedeniyle leke bırakması gibi çokça eleştirilen bazı özelliklerinin bulunması sonucu geliştirilmiş maddelerdir. Sertleşme reaksiyonunda görülen polimerizasyon tipine göre iki tip silikon esaslı ölçü maddesi kullanılmaktadır[15,16,17]. Hidrofobik yapıda olduklarından yüksek temas açısına ve düşük ıslatabilirliğe sahiplerdir. Bu nedenle kan ve tükrükten uzak, çok kuru çalışma zeminine ihtiyaç gösterirler ve alçı dökerken hava kabarcığı bırakmamak için dikkatli olmayı gerektirirler. Kondanse polimerizasyonlu silikonların ekonomik nedenlerden dolayı daha yaygın kullanımları vardır; ancak ilave polimerizasyonlu silikonlar son yıllarda hidrofobik özelliklerinin azaltılarak ıslanabilirliklerinin iyileştirilmesiyle daha fazla önem kazanmışlardır [1,2,9,12,14,18].

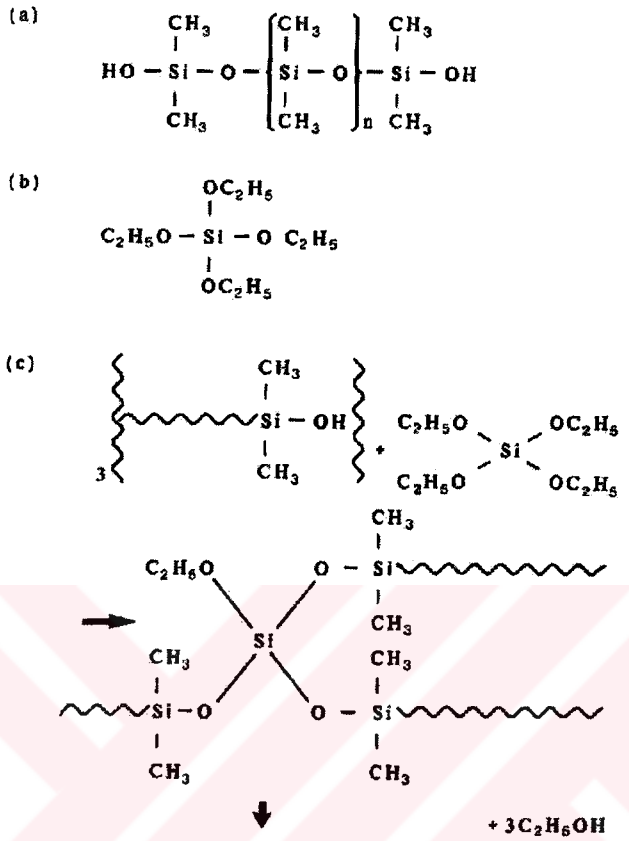
2.2.1. Kondanse Polimerizasyonlu Silikonlar

Düşük molekül ağırlıklı hidroksil sonlu polidimetilsiloksan içeren silikon polimeri ile trietil silikat gibi 3-4 fonksiyonlu alkil grupları arasında kalay oktoat varlığında meydana gelen çapraz bağlantılı bir reaksiyondur [2,9,10,11,15,19].

Baz pata katılan ilave doldurucular (silika) yoğunluk vererek viskoziteyi kontrol eder ve fiziksel özellikleri modifiye ederler. Aktivatör pata katılan kalay bileşikleri (dibütil kalay dilorat) sertleşme reaksiyonunda aktivatör görevi görür[1,14].

Ekzotermik reaksiyon sonucunda, yan ürün olarak hızlı bir buharlaşma ile uçarak kaybolan metil veya etil alkol oluşmaktadır[12,14,18,20,25].

Çalışma süresi 3-4 dakika, sertleşme süresi 6-8 dakikadır [2,12,14].



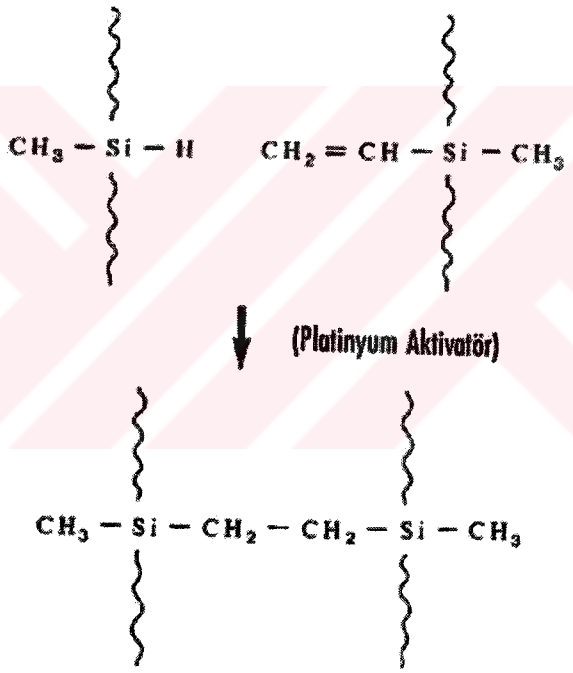
Şekil 2. Kondanse Reaksiyonlu Silikon Ölçü Maddelerinin Kimyasal Reaksiyonu

Yırtılma dirençleri 3000 gr/cm^2 dir. Polisülfidlerden daha elastiklerdir. Geniş arayüz embrasürler, undercut yüzeyler ve zayıf destekli dişlerin olduğu periodontitis vakalarında bu ölçüler tercih edilmektedir. Çok üniteli köprü çalışmaları için çalışma süreleri bir dereceye kadar sınırlıdır. %0.6 değer ile en yüksek boyutsal değişime sahip elastomerdir. Polimerizasyon sonucu oluşan alkolün buharlaşmasına bağlı olarak uniform olmayan bir büzülme meydana gelir. Büzülmenin yarısı ilk 1 saatte ortaya çıkar; polimerizasyon sonucu meydana gelen boyutsal değişim 2 hafta devam eder. İlk 24 saat sonunda %0.02-0.06, ikinci 24 saatte buna ilaveten %0.02'lik bir büzülme daha olur. Maddenin düşük yoğunluk kıvamında, çok yüksek yoğunluk kıvamından daha büyük oranda büzülme meydana gelir [2,9,10,11,12,14,18,19,23].

Polimerizasyon çok çabuk oluştuğu için ani bir sertleşme reaksiyonu ile plastikten elastik özelliğe hızlı bir geçiş olur. Elastik özellikler geliştikten sonra alınan ölçü deformasyona neden olacağından, karıştırma hızlı yapılıp materyal ağıza hemen yerleştirilmelidir [2,11,12,14].

2.2.2. İlave polimerizasyonlu silikonlar (Vinyl polysiloxanes)

Düşük molekül ağırlıklı vinil polidimetilsiloksan polimeri ile H_2 yan grupları içeren siloksan prepolimerinin platin tuzunun aktivasyonuyla oluşan iyonik bir polimerizasyondur [12,14,18,20,25].



Şekil 3. İlave Reaksiyonlu Silikon Ölçü Maddelerinin Kimyasal Reaksiyonu

Reaksiyon sonucunda düşük molekül ağırlıklı yan ürün oluşmaz [1,2,9,10,12].

Çalışma süresi 2-4 dakika, sertleşme süresi 3-6.5 dakikadır [2,12,14].

Yırtılma dirençleri kondanse silikonla aynıdır (3000 gr/cm^2). Büzülmeye neden olacak yan ürün oluşmadığından düşük düzeyde boyutsal değişim (24 saat sonunda %0.01) gösterirler. Bu nedenle ölçü geç dökülebilir. Yüzey netliği mükemmeldir.

Sertleştikten sonra rijit olmaları nedeniyle düşük fleksibilite gösterirler. Bu durum tam ark ölçü alımında, ölçünün block-out yapılmayan undercut bölgelerden uzaklaştırılmasında problem oluşturabilir. Deformasyondan (ölçünün ağızdan uzaklaştırılmasından) sonra eski haline geri dönen en iyi elastomerdir [1,2,9,12,14,18,19].

Bazı ilave silikonlarda -OH grubu bulunabilir. Bu durumda reaksiyon sonucunda H_2 gazı açığa çıkarak ikincil bir reaksiyon oluşur. Bazı üreticiler H_2 gazı çıkışının sağlanabilmesi ve model yüzeyinde boşluk oluşmaması için model elde edilmeden önce ölçünün bekletilmesini önerirler. Bazen de ortaya çıkan gazın yapıda tutulması için ürüne H_2 absorbe eden iyice bölünmüş Pd ve Pt gibi soy metaller katılır [1,2,9,12,14,24,26].

İlave silikonlar hidrofobik yapıları nedeniyle alçıya döküldüğünde yüksek temas açıları oluşturarak genellikle preparasyon marjini, retantif oluk, pin yuvası gibi kuronun uyumu ile ilgili kritik bölgelerde yoğunlaşıp modelde önemli defektlerin oluşmasına neden olan hava kabarcıkları oluştururlar. Üretici tarafından, ilave silikon ölçü maddelerine yüzeyi aktive eden ajanlar (surfaktantlar) katılarak temas açısı azaltılır, ıslatma derecesi geliştirilir. Bu şekilde hem hava kabarcığı oluşumu azaltılır hem de alçının dökümü kolaylaştırılır; net ölçü ve model elde edilmesi sağlanır[1,2,9,14,24,26,27].

Monofaz olarak bilinen tek yoğunluk kıvamındaki ilave polimerizasyonlu silikonlarda, karışımın bir miktarı şırınga, bir miktarı da kaşık maddesi olarak kullanılır. Makaslama incelmesi sonucu ölçü maddesi şırıngaya yerleştirildiğinde (yüksek makaslama gerilmesinde) düşük; kaşık içine yerleştirildiğinde (düşük makaslama gerilmesinde) yüksek viskoziteye sahip olur. Bu şekilde karıştırılmış ölçü maddeleri, şırınga içinde kullanılırsa şırınga ucundan püskürtme boyunca daha yüksek makaslama oranları oluşumu ile kolaylıkla detaylı bölgeler içine akarlar; kaşık içinde kullanıldıklarında kaşık dışına akmazlar [1,2,14,27,28].

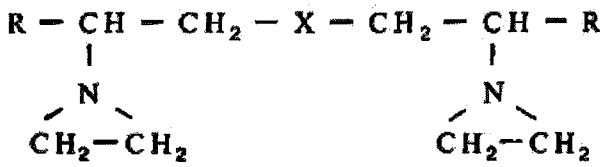
Yoğunluğu nedeniyle önerilen miktarda homojen bir hamur elde edilene kadar elde yoğrulan, çok yüksek yoğunluktaki polyvinil siloksan ölçü maddesinin; latex eldiven vulkanizasyonunda kullanılan ve ambalajda yüzeye hareket eden sülfür bileşikleriyle reaksiyona girmesi, platinyum içeren aktivatör yapıyı bozar. Bunun sonucunda polimerizasyonun gecikmesi veya engellenmesi ortaya çıkar. Bunu önlemek için putty kıvam ölçü maddesi yoğrulurken eldiven kullanılmaması tavsiye edilmekle beraber, diğer yandan ellerin korunması da önemli olduğundan etkiyi azaltmak için karıştırma öncesi eldivenlerin su veya deterjan ile yıkanması veya vinil eldiven kullanılması önerilmektedir [1,2,29,30]

Yine diş preparasyonu ölçüsü alınmadan önce kaide veya kor maddesi olarak kullanılan modifiye rezin cam iyonomer siman ile dişeti retraksiyon ipliğinde kullanılan ilaçlar doğrudan veya dolaylı olarak polyvinil siloksan maddelerle sertleşme esnasında etkileşme potansiyelinde olup polimerizasyonu inhibe ederek net olmayan ölçüler elde edilmesine neden olan çeşitli maddelerdir [31].

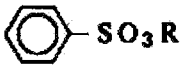
2.3. Polieter Esaslı Ölçü Maddeleri

Bin dokuz yüz altmışların ortalarında geliştirilen polieter esaslı ölçü maddeleri, 1975 yılından itibaren geniş kullanım alanı bulmuştur. Epimin adıyla da bilinen elastomerlerdir. Düşük molekül ağırlıklı polieterin terminal etilenimin grupları ile aromatik sülfonik asit esterinin katyonik polimerizasyonu ile çapraz bağlanan yüksek molekül ağırlıklı hidrofilik polieter lastiği oluşur [12,18,20,25].

Baz pata katılan ilave doldurucular (silika) yoğunluk vererek viskoziteyi kontrol eder ve fiziksel özellikleri modifiye eder; plastikleştiriciler (fitalat) karıştırmaya yardım eder. Aktivatör pata katılan silika gibi ilave doldurucular ve fitalat gibi plastikleştiriciler pata şekil verir[1,14].

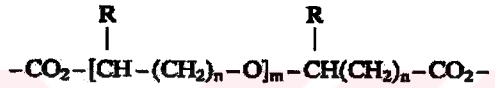


(a)

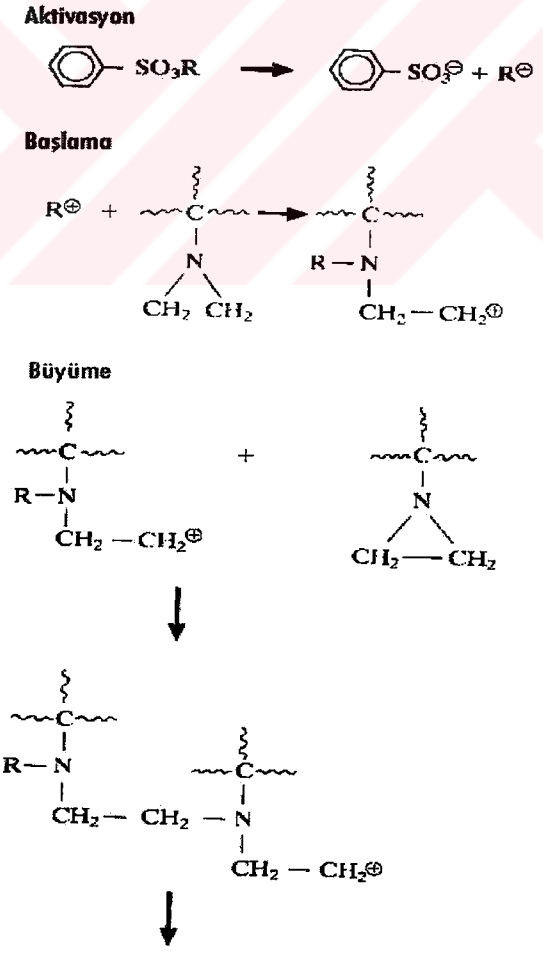


(b)

Şekil 4. a. Terminal Etilenimin b. Aromatik Sülfonik Asit Esteri



Şekil 5. Polieter Polimerinde X İle Gösterilen Tekrarlanan Eter Birimi



Şekil 6. Polieter Esaslı Ölçü Maddelerinin Kimyasal Reaksiyonu

Çalışma süresi 2 dakika, sertleşme süresi 3-4.5 dakikadır [2,15,17].

Çalışma süresi çok kısa olduğundan karıştırmadan hemen sonra viskoelastik özellik kazanırlar ve düşük basınçta elastik özellik gösterirler. Bu nedenle karıştırıldıktan hemen sonra yerine oturtulmazsa ölçüde deformasyon oluşma ihtimali artar[1,2,9].

Yırtılma dirençleri polisülfidlerden daha az, silikonlardan daha yüksektir. Boyutsal değişim 24 saat sonunda %0.01'dir. Kalıcı şekil değişimi polisülfidlerden az, silikonlardan yüksektir. Yüzey netliği mükemmeldir. Hidrofilik olduğundan en düşük temas açısına sahip elastomerdir. Alçı modele en iyi netliği polieterler, sonra silikon esaslılar ve polisülfidler verir. İkinci modelin boyutsal doğruluğu da polieter ve ilave silikonlarda daha iyidir. Bununla beraber sülfonik asit aktivatör maddeye karşı alerjik reaksiyon görülebilmektedir [1,2,9,12,14,18,19].

Polieterler, düşük makaslama oranında yüksek viskozite gösterirler. Bu özellik şırıngadan materyalin akışını zorlaştırır. Bu nedenle materyalin fiziksel ve mekanik özelliklerini değiştirmeyen, aktivatöre eşit uzunlukta bir inceltici ilave edilerek akıcılığı ve fleksibilitesi artırılırken, elastiklik modülüsü ve viskozitesi azaltılır. Maddenin sertleştikten sonra rijit yapı kazanması, periodontitis ve derin undercut yapılar varlığında tam ark ölçülerin ağızdan uzaklaştırılmasında güçlük oluşturabilmektedir. İnceltici katılarak bu sertlik de azaltılabilmektedir [1,2,9,12,14,18].

Yüksek makaslama gerilmesinde viskozitedeki azalma, tek bir karışımın kullanılmasına olanak verir. En kısa çalışma ve sertleşme zamanına sahip olan bu ölçü maddelerinin, ısı ve nem arttıkça sürenin daha da kısalacağı sıcak ve nemli günlerdeki klinik uygulamalarda göz önünde tutulmalıdır [12,14,24,25].

3. ELASTOMERİK ÖLÇÜ MADDELERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Elastomerik ölçü maddelerinin özelliklerinin çoğu Uluslararası Standart (ISO 4823:1992)'da belirtilen gereksinimleri içermektedir [32].

3.1. Elastomerik Ölçü Maddelerinin Sertleşme Özellikleri

Elastomerik ölçü maddelerinin sertleşme özellikleri başlıca; farklı yoğunluklardaki maddelerin çalışma ve sertleşme zamanları, viskoziteleri ve boyutsal değişimleri ile etkilenmektedir [2,9,10,11].

3.1.1 Elastomerik Ölçü Maddelerinin Çalışma ve Sertleşme Zamanı

Çalışma süresi; ölçü maddesinin karıştırılmaya başlandığı andan itibaren şırınga ve/veya kaşığın doldurulması, prepare edilmiş bölgeye ölçü maddesinin enjekte edilmesi ve kaşığın ağıza yerleştirilmesi için geçen zamandır. Oda ısısında (23°C) ölçülür [9,11,18,32].

Sertleşme süresi; ölçü maddesinin karıştırılmasının başlangıcından polimerizasyonun ölçünün elastik form kazanmasıyla ağızdan minimum deformasyonla çıkarılabileceği seviyeye ulaştığı ana kadar geçen zamandır. Ağız ısısında (37°C) ölçülür [11,18,32].

Polimerizasyon reaksiyonunun bir sonucu olarak viskozite zamanla hızlı şekilde arttığından ölçünün yerleştirme zamanı önemlidir. Lastiğimsi kıvam gelişmeye başladıktan sonra elastik madde ağıza yerleştirilirse, ölçü ağızdan uzaklaştırıldıktan sonra ölçü içinde oluşan artık gerilmeler açığa çıkar ve net olmayan ölçülere neden olur [1,2,9,11,12,14,18,23].

Baz ve aktivatör maddelerin birbirine karıştırılması ile oluşan reaksiyon sonucu lastikleşen elastomerik ölçü maddelerinde ana amaç, bu iki farklı yapının homojen olarak karıştırılmasıdır. Kontrast renklerdeki baz ve aktivatörün karıştırılması ile

karışımın homojenliği kontrol edilir. Karışımın homojen yapılamaması sonucu yetersiz aktivatör içeren kısmı yada ölçünün aynı oranda sertleşmeyen kısmı nedeniyle polimerizasyon reaksiyonu da uniform olmayacağından distorsiyona uğramış ölçü elde edilecektir [12,14,15,20,24,25,26].

Homojen bir karışım elde edilmesi amacıyla otomatik karıştırma tabancaları kullanılabilir. Genellikle orta ve düşük kıvamlı elastomerlerin karıştırılmasında kullanılan bu sistem, baz aktivatör oranının ideale yakın olarak ayarlanabilmesi, karıştırma zamanının ve hava kabarcığı oluşumunun azalması ve karıştırma sırasında maddenin olası kontaminasyonunun engellenmesi avantajlarına sahiptir [16,17,33].

Polimerizasyon, sertleşmeden sonra bir süre daha devam edebilir. Özellikle kondanse tip silikonlarda iki hafta veya daha uzun sürebilir[1,2,9,11,12,14].

Sıcaklıktaki artış elastomerlerin polimerizasyon hızını artırırken, çalışma ve sertleşme zamanını kısaltır. Polieterler ve kondanse tip silikonlarda polimerizasyon reaksiyonu, polisülfidler ve ilave tip silikonlara oranla daha az sıcaklık değişiminden etkilenir. Polisülfidlerde çalışma süresini uzatmak için düşük ısılı ortam veya karıştırma ünitesi seçilmelidir. Nemli ortam ve çok az su ilavesi ise reaksiyonu hızlandırır [10,11,19]. İlave tip silikonlar için karıştırma camını veya spatülü soğutmak, çalışma süresini uzatmak için oldukça etkilidir [2,10,11,14].

Viskozitenin artması da çalışma ve sertleşme zamanını azaltmaktadır [1,2,12,14].En uzun çalışma ve sertleşme zamanı polisülfidlerde, sonra silikonlar ve polieterlerdedir. Hem hasta hem de hekiminin rahatı ve memnuniyeti için bir ölçü maddesinin en ideal kombinasyonu, uzun bir çalışma zamanı ve kısa bir sertleşme zamanıdır. Düşük ve orta viskoziteli polieterin kısa çalışma ve sertleşme zamanı baz ve aktivatöre eşit uzunlukta inceltici eklenerek makul olarak artırılabilir [34,35].

3.1.2. Elastomerik Ölçü Maddelerinin Viskozitesi

Klinik çalışmalar, ölçü maddelerinin viskozitesinin, maksimum detaylı ve minimum hava kabarcıklı die ve ölçü elde edilmesinde en önemli faktör olduğunu göstermiştir [17,27,35]. Viskozite ne kadar düşük olursa madde ince detaylar içine o kadar fazla akacaktır. Silikonlar ve polieterler en düşük akıcılığa, polisülfidler en yüksek akıcılığa sahiptir[1,2,12].

Viskozite; madde, sıcaklık, karıştırma sonrası zamanı, karıştırma metodu veya hızı ile değişebilir. Viskozitede zamanla en hızlı artış polieter ve silikon esaslı ölçü maddelerinde olur. Maddenin aynı tipi için viskozite düşükten yüksek yoğunluğa doğru artar. Kullanılan maddenin en iyi avantajlarından yararlanmak için ölçü maddesinin uygun karıştırma zamanına ve ağıza yerleştirme zamanına dikkat edilmelidir. Örneğin düşük yoğunlukta polisülfid 5.5 dakikada ağız içine enjekte edilir veya yerleştirilirken, orta yoğunlukta polisülfid 3 dakikada aynı viskoziteye sahip olacaktır. Benzer olarak 4 dakikadaki orta yoğunlukta polisülfid, 2 dakikada yüksek yoğunlukta polisülfid ile aynı viskoziteye sahip olacaktır[2].

Silikonların viskozitesi, diğer elastomerlerden daha düşük olduğundan karıştırılmaları kolaydır. Tek karışım olduğunda, makaslama incelmesi sonucu spatülasyon, şırıngalama ve kaşığın ağıza yerleştirilmesi boyunca ölçü maddeleri göreceli olarak yüksek rotasyonel hıza sahip yüksek makaslama gerilmesi altındadır ve viskozitede azalma olacaktır. Bu maddeler kendi ağırlıkları altında kaşık içinde bekletildiğinde, düşük makaslama gerilmesi altındadır ve viskozite daha yüksektir. Viskozite üzerinde makaslama oranının etkisi hakkında bilgiyle çok daha başarılı ölçüler elde edilecektir. Genellikle bir maddenin viskozitesi ne kadar yüksek olursa o kadar belirgin makaslama incelmesi etkisi olur [27,28].

3.1.3. Elastomerik Ölçü Maddelerinin Boyutsal Değişimi

Dental ölçülerde doğruluk ve detayı kaydetme özelliği, uygulamanın kolaylığı ve sertleşme özellikleri kadar büyük öneme sahiptir. Boyutsal sabitlik, ölçü maddesinin bir yüzeyi kopyaladıktan sonraki boyutunun, kopyaladığı yüzeyin orijinal boyutuna göre gösterdiği değişim miktarıdır [2,9,11].

Polimerizasyonun devam etmesi, uçucu madde kaybı, uzun süre suya veya yüksek neme maruz kalma ve uzun dönem viskoelastik etkiler nedeniyle ölçü ağızdan uzaklaştırıldıktan sonraki ilk 24 saatte, undercut bölgelerde boyutsal değişim oluşur. En büyük boyutsal değişim kondanse silikonlarda, sonra polisülfidlerde, polieterlerde ve ilave silikonlarda olur[2,9,12,34,36].

Sertleştikten sonra ağızdan çıkarılarak oda sıcaklığına getirilen ölçü maddesi, yaklaşık olarak 15°C ısısal büzülme gösterir[36,37]. Düşük yoğunluk maddelerinin büzülme etkisi, yüksek veya çok yüksek yoğunluk maddelerinden daha fazladır. Bu ölçü maddesinin ısısal genleşme katsayısına, kalınlığına, dolayısıyla ölçü kaşığına bağlıdır[10,11]. Büzülmenin bir kısmı, ölçü aralığının kontraksiyonuna neden olan akrilik kaşığın ısısal büzülmesi ile kompanse edilir. Ölçü maddesinin kalın olduğu bölgede ölçü aralığı fazla genleşirken, daha ince bölgede ölçü aralığı hafif büzülür. Doğru kaşık maddesi (şahsi akrilik kaşık) kullanımı ve yeterli ölçü maddesi kalınlığı ile (2-4 mm) tek bir madde yerine, düşük ve çok yüksek yoğunluk kıvamlarının kombinasyonu ile çift ölçü tekniği (putty wash) kullanılarak büzülme karşılanabilir, ölçünün uniform kalınlıkta olması ve daha net ölçü elde edilmesi sağlanır[19,34,36,37,38,39].

Klinik olarak belirgin boyutsal doğruluk ve yüzey kalitesi bozulmadan ölçü maddelerinin dezenfekte edilebilmeleri önemlidir[2,9,11,40,41]. Polieter ve ilave reaksiyonlu silikonlar, %2 gluteraldehit ve gluteraldehit içeren fenol, klorex, benzalkonyum klorür solüsyonları içinde 30 dakika, %5.25'lik Na hipoklorit içinde 10 dakika bekletilerek dezenfekte edilebilir. Ancak polieterler hidrofilik yapıları nedeniyle dezenfeksiyon

solüsyon içine daldırılarak değil klorin dioksit gibi sprey formunda dezenfektanlar uygulanarak su emilimi olmaksızın dezenfekte edilmelidirler[40,41].

3.2. Elastomerik Ölçü Maddelerinin Mekanik Özellikleri

Polimerizasyonun, madde sertleştikten sonra da sürmesi nedeniyle elastomerlerin mekanik özellikleri zamana bağımlıdır ve zamanla değişmektedir[34,42,43].

3.2.1. Elastomerik Ölçü Maddelerinin Sertlik Özellikleri

İdeal ölçü maddesi farklı durumlar altında gerilmelere karşı koyacak yeterlikte mekanik özelliklere sahip olmalıdır. Polimerize olmuş madde, doku undercutları üzerinde büküldüğünde olduğu gibi elastisitesini devam ettirmelidir. Elastik derecesinin üstünde ölçü maddesinin distorsiyonu, kalıcı deformasyona ve hatalı ölçülere neden olabilir[34,42,43]. Aşırı derecede rijit olan bir ölçü maddesini, aşırı undercut'lı dokular üzerinden uzaklaştırmak mümkün olmaz ve ölçü genellikle alçı die maddesinden uzaklaştırılırken de die'ın kırılma olasılığını arttırırlar[2,9,44]. Ölçü maddesinin gingival sulkus derinliği gibi ince bir bölgesi, ağızdan çıkarılırken yırtılmaya eğilimlidir. Yeterli yırtılma dayanıklığı, yırtılmayı en aza indirir[45]. Ölçü maddesi undercut bölgesinden zorlanmadan uzaklaştırılması için yeterince esneyebilir (fleksibil); alçı dökülürken ise, alçı ağırlığına distorsiyona uğramadan karşı koyacak yeterlikte rijit olmalıdır. Rijidite, elastiklik modülüsü olarak bilinen mekanik özellikle belirlenir. Elastiklik modülüsü yüksek olan madde rijitken, elastiklik modülüsü düşük olan madde fleksibildir[42,43,44,46].

Polisülfidlerin ve ilave silikonların sertliği zamanla pek değişmez. Kondanse silikon, putty yoğunluktaki ilave silikon ve polieter maddeler zamanla sertleşir. Düşük fleksibilite ve yüksek sertlik, klinik olarak diş ve kaşık arası ölçü aralığının geniş yapılmasıyla kompanse edilebilir[10,11,42,44].

3.2.2. Elastomerik Ölçü Maddelerinin Kalıcı Deformasyonu

Elastomerler, gerilimsiz halde iken amorf durumdadırlar. Çekme yükü uygulanması halinde, üç boyutlu zincir yapı çözülür ve gerilmenin uygulandığı yönde kısmen uzayarak elastik deformasyon sergilerler. Çekme yükü kaldırıldığında moleküler zincirler gerilim öncesi durumlarına geçerek, makroskobik kütlenin orijinal şekline geri dönmesine yol açar[10,11]. Çekme yükü, elastik deformasyon sınırlarının üzerine çıktığında ise moleküler zincirler zayıfladıkları yerden koparak maddenin ayrılmasına neden olurlar. Moleküler zincirlerin çekme gerilimi yönündeki dayanıklılığı, maddenin çekme dayanıklılığını ortaya koymaktadır. Elastomerlerin kısmi çapraz bağlara sahip nispeten doğrusal polimerler oldukları; bu çapraz bağların maddenin hafızasını oluşturduğu ve böylece gerilme ortadan kalktığında maddenin orijinal şekline geri dönebildiği belirtilmiştir [45,46,47]. Çapraz bağlantının derecesi maddenin sadece elastik geriye dönüşünün değil, aynı zamanda yırtılma dayanıklılığının da bir göstergesi olmaktadır. Deformasyon oranı arttıkça yırtılma direnci de artar, ölçü ne kadar uzun deforme edilirse o kadar çok kalıcı deformasyon oluşur. Bu nedenle viskoelastik maddeyle alınan ölçünün daimi deformasyonunu azaltmak amacıyla, bir defada ve ani bir hareketle ağızdan çıkarılması gerekmektedir [45,47].

Ölçü kaydedilirken, ölçü maddesinin ölçü kaşığına yapışması da önemlidir. Fark edilemeden kalabilen kısmi ayrılma, ölçünün büyük distorsiyonuna neden olabilir. Üreticiler genellikle ölçü maddesinin ölçü kaşığına bağlanmasını artırmak için kaşık adezivlerini sunarlar. İlave retansiyon, perfore edilmiş kaşıkların kullanımı ile sağlanır[10,11,48].

İlave silikonlar en az kalıcı deformasyona sahip elastomerlerdir. Bunu kondanse silikonlar, polieterler ve polisülfidler izler. Ölçüyü erken çıkarmak, yüksek kalıcı deformasyona neden olabilir [49]. Bununla beraber üreticiler genellikle ölçünün ağızdan uzaklaştırılması için minimum bir zaman önerirler. Sertleşme reaksiyonu bitmeden

ölçünün çıkarılmaması gerektiği, aksi takdirde alçının mikro yapısının ters yönde etkilenerek zayıf ve kolayca aşınabilen bir model elde edilmesine neden olacağı belirtilmiştir[50].

3.2.3. Elastomerik Ölçü Maddelerinde Viskoelastiklik

İdeal bir elastomerik ölçü maddesi, tam bir elastik geriye dönüş göstermelidir. Polieter ve ilave silikonlar ideal elastik davranışa en çok yaklaşan maddelerdir. Polisülfidler yüksek gerilme gevşemesi nedeniyle nispeten geniş visköz akışkanlığa sahip olduklarından nispeten zayıf elastik özellikler gösterirler. İlave silikonlar, kondanse silikonlardan daha iyi elastik özellikler gösterirler[1,2,51].

Polisülfidler en viskoelastik özelliğe sahip olan elastomerik ölçü maddeleridir. Deformasyondan orjinal şekline geri dönmek için daha fazla zamana ihtiyaç duyarlar. Bunu kondanse silikonlar, polieterler ve ilave silikonlar izler [51].

Bir tam kuron preparasyonu kaydedilirken, dişeti altı basamaklarda şekillenen ölçü maddesinin ince kısımlarının yırtılmadan uzaklaştırılabilmesi için, kullanılan ölçü maddesi yırtılma direnci yüksek ve viskoelastik yapıda olmak zorundadır. Polisülfidler en iyi yırtılma direncine sahip olduklarından bu gibi durumlarda kullanımları başarılı sonuç verir[34,52].

İmplant protezlerinde, kuron içi preparasyonlarda, uzun boşluklu ve çok üniteli sabit protezlerde, zayıf destekli dişlerin bulunduğu periodontitis vakalarında ve geniş arayüz embrasürleri ile undercut yüzeylerin varlığında uygulama kolaylığı, netlik, stabilite ve elastik özelliklerinden dolayı ilave silikon esaslı ölçü maddeleri tercih edilmektedir [16,17,53,54].

Undercut yüzeyin az bulunduğu, açık embrasür bölgeleri ve paralel olmayan diş preparasyonu ve implant mevcudiyetinde, netliği, rijitliği ve yırtılma direnci açısından polieter esaslı ölçü maddeleri kullanılabilmektedir[16,17,53,54].

Viskoelastik yapıdaki oral yumuşak dokuların ıslak olması nedeniyle; total dişsiz bölgelerin kaydedilmesi, en iyi hidrofilik özelliğe sahip polieter esaslı ölçü maddeleri ile sağlanabilir. Yine doku ve diş destekli Kennedy I, II ve IV sınıf hareketli bölümlü protez ölçüleri şahsi kaşıklar yardımıyla ilave silikon ve polieter esaslı elastomerik ölçü maddeleri ile mükemmel kenar şekillenmesine olanak sağlayarak uyumlu parsiyel protez yapımını mümkün kılmaktadırlar [2,16,17,34,52,53,54,55].

İlave silikon ve polieter esaslı ölçü maddeleri sertlik ve düşük akma , yedi güne kadar boyutsal stabilitelerinin iyi olması, kısa çalışma zamanı ve ağızda kalma zamanı gibi avantajları nedeniyle ısırma kayıt maddeleri olarak da kullanılabilirler [1,2,16].

4. ELASTOMERİK ÖLÇÜ MADDELERİNDEKİ YENİLİKLER

Her ne kadar polieter ve ilave silikonlar mükemmel ölçü maddeleri olsa da ideal değildir. İdeal madde karıştırma gerektirmez; sınırsız çalışma zamanına ve ağıza yerleştirdikten sonra kısa bir sertleşme zamanına sahip olmalı, oral dokuları ve die materyalini iyi ıslatabilmeli, mükemmel elastik özelliklere, yüksek netliğe ve mükemmel biyolojik uyumluluğa sahip olmalıdır. Bu ideal özelliklere yaklaşabilen bir madde, ışıkla sertleşen oligomer bir elastomerdir [52,56,57].

Görünür ışınla sertleşen bir diketon başlatıcı, bir amin aktivatör ve silika doldurucudan oluşan polieter üretan dimetakrilat esaslı polimer (PUDMA) elastomerik ölçü maddelerine ilave edilebilir. Bu ölçü maddelerinde, polimerizasyon 400-500 nm dalga boyundaki mavi ışıkla başlamaktadır. Düşük ve yüksek olarak iki yoğunluk kıvamında bulunan ölçü maddelerinin, düşük yoğunluğu plastik bir şırıngada, yüksek yoğunluk kıvamı ise bir tüpte önceden karıştırılmış şekilde bulunmaktadır. Bu nedenle karıştırma veya şırıngaya yükleme ihtiyacı göstermemektedirler. Çalışma süresi daha uzun, sertleşme süresi kısa, netliği ve ıslatılabilirlikleri iyidir. Özellikleri değişmeksizin kolaylıkla dezenfekte edilebilirler. Yırtılma dirençleri 6000-7000gr/cm^2 dir. Ancak 1988 yılı başlarında piyasaya sürülen bu malzemenin üretimi, madde ile yapılan çalışmalarda

üstün özellikler sergilemesine rağmen, daha sonraki yıllarda üretici firma tarafından durdurulmuştur [1,2,19,52,56,57].

Ölçü maddelerindeki gelişmelerin yeniden gözden geçirildiği ve değerlendirildiği çalışmalarda da ifade edildiği gibi; polieter ve ilave silikon maddelerin gelişimi, elastomerik ölçü maddelerinin klinik kullanımlarında ve özelliklerinde büyük ilerlemelere neden olmuştur [16,49,57].

Polieter esaslı ölçü maddeleri üzerinde son yıllarda yapılan modifikasyonlar; otomatik karıştırma sistemlerinin geliştirilmesi, ağızdan ölçünün uzaklaştırılması sırasında esneyebilirliklerini artırma ve bu maddelerle çalışma süresini arttırma yönündedir. İlave silikonlar için yapılan çalışmalar, sertleşmeden sonra H_2 gazı salmayan ve böylece doğrudan modeli dökülebilen ürünler; yeterli makaslama incelmesine sahip tek yoğunluk sistemleri; putty-wash ölçülerin ağızdan uzaklaştırılmasında yardımcı olacak fleksibilitesi artmış daha yumuşak putty (soft putty) maddelerin takdimi; ıslatılabilirliği geliştirmek ve hava kabarcığı sayısını azaltmak için surfaktan ilavesiyle daha az hidrofobik özellikte maddelerin geliştirilmesi ve putty yapı dışındaki diğer yoğunlukların manipülasyonlarını kolaylaştıran, ölçü içinde hava kabarcığı sayısını ve harcanan madde miktarını azaltan otomatik karıştırma sistemleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Kondanse silikonlar için yapılan yenilikler ise daha az boyutsal büzülmeye sahip madde üretimi üzerinedir[16,49,52,57].

Diş hekimliğinin her alanında olduğu gibi; ölçü maddelerindeki yeniliklerin de takip edilmesi ve bu maddelerin özelliklerinin bilinmesi, çeşitli klinik durumların gereksinim gösterdiği mekanik ve fiziksel özelliklerin göz önünde tutulması ile kullanılacak madde seçimini kolaylaştırmaktadır. Ürün seçimi ölçü maddesinin tip ve sınıfından ziyade gerçek özelliklerine dayanmalıdır [2,15,16,17,52].

İyi bir ölçü maddesi hasta ağzına yerleştirildiğinde, sert ve yumuşak oral dokuların ince detaylarını kaydetmek için akmalıdır. Bu, düşük bir viskoziteyi veya

pseudoplastik özelliği gerektirir. Ölçü maddelerinin yoğunluğu, hekime elverişli akma özelliği olan ürünü seçmede yardım eder [1,2,10,11].

Elastomerik ölçü maddelerinin yüksek hassasiyetli ölçü maddeleri olarak kullanımında akma (reolojik) özellikleri büyük rol oynamaktadır [1,2,10,12].

5. REOLOJİ

Maddelerin akış ve deformasyon özelliklerinin bilimi veya maddelerin sıvı ve katı konumlarındaki mekanik davranışları **"reoloji"** olarak tanımlanmaktadır [1,2,7,8,59,60].

Kelime olarak, Hindistan Lafayette Üniversitesi'nden Prof. Dr. Eugene C. Bingham tarafından, 1928 yılında hocasının tavsiyesi üzerine bulunmuş bir terimdir [8,61].

Reoloji sözcüğü, maddelere uygulanan kuvvetler ve buna karşı oluşan deformasyonlar arasındaki geçici ilişkiyi temel denklem olarak tanımlamaya çalışmak için Eski Yunanca'da "akma" anlamına gelen "rhein" kelimesinden türetilen "akış" anlamındaki "rheos" kelimesi ile dil, neden, ifade anlamındaki "logos" kelimesinin bir araya gelmesiyle oluşmuştur [8]. Buna dayalı olarak reoloji sözcüğünün Türkçe kelime karşılığının "akışkanlığın lisanı" olduğu söylenebilir.

Bu tanım, 1929 yılında kurulan Amerika Reoloji Birliği (American Society of Rheology) tarafından resmi olarak kabul edilmiştir [60,61].

5.1. Elastomerlerde Reolojik Özelliklerin Önemi

Ağza akış özellikleri çok iyi ayarlanmış visköz sıvılar şeklinde yerleştirilen ve sertleşme reaksiyonu sonucunda viskoelastik katı haline dönüşen elastomerik ölçü maddelerinde; minimum hava kabarcığı olan hassas ölçü elde etmek için, karışmamış bileşenlerin viskoziteleri kadar karıştırılarak elde edilen formun akma davranışı da çok önemlidir. Bu reolojik özellikler; ölçü maddesini karıştırma kolaylığı, karıştırma esnasında karışan hava miktarını ve ölçü alınırken havanın uzaklaştırılması gibi faktörleri kontrol

etmesi ve kontrollü kullanımı sağlaması nedeniyle madde için büyük önem taşımaktadır [1,10,11].

5.2. Reolojik Özelliklerin İncelenmesi

Reoloji, maddelerin deformasyonunun incelenmesi olduğundan, reolojik özelliklerin incelenmesi için, öncelikle gerilme (stress) ve gerinim (strain) kavramları açıklanmalıdır [1,2,4,11]:

5.2.1.Gerilme

Bir maddeye dışarıdan bir kuvvet (yük) uygulandığında; kütle içerisinde uygulanan kuvvetin yönüne ters, fakat şiddetine eşit bir karşı (reaksiyon) kuvvet oluşur. Madde içerisinde oluşan iç kuvvetin, kütlenin birim alanına olan oranına **"gerilme"** denir. Uluslararası Birim Sistemi (SI)'nde birimi psi (lb/ in^2) veya Pascal'dır. Başka bir deyişle, birim alana düşen kuvvet olarak tanımlanır. Madde içinde, dış kuvvetleri dengelemek için oluşan bir tepkidir [1,2,10,11].

(1 Pa = 1 N/m^2 = 1 MN/mm^2) (1 MPa = 10^6 Pa = 150 psi)

Gerilme = Kuvvet / Alan denklemi sembolik olarak aşağıdaki denklem ile ifade edilir:

$$\tau = F / A$$

Bir gerilmenin mevcut olduğu her yerde buna eşlik eden bir deformasyon veya gerinim de vardır [1,2,11].

5.2.1. Gerinim

Bir maddeye gerilme kuvveti uygulandığında meydana gelen değişimin birim uzunluğa oranına **"gerinim"** denir. Yüzde ile ifade edilir, birimi yoktur. Maddenin geometrik şeklindeki değişmedir [1,2,10,11].

Gerinim = Uzunluktaki değişim (deformasyon) / Orijinal uzunluk

denklemi sembolik olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir:

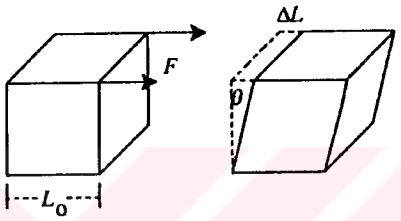
$\gamma = (L - Lo) / Lo = \Delta L / Lo$

L = Materyale etki uygulandıktan sonra oluşan uzunluk,

Lo = Materyalin orjinal uzunluğu,

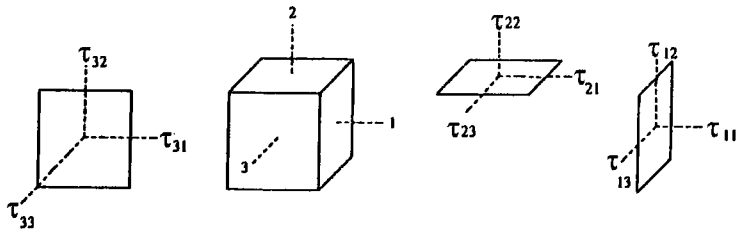
ΔL = Materyale etki uygulandıktan sonra oluşan deformasyon miktarı

θ = Materyale etki uygulandıktan sonra dikey doğru ile materyal arasında oluşan açı değeridir.



Şekil 7. Uygulanan Gerilmeye Karşı Materyalde Görülen Gerinim (Eğilme-Makaslama-Şeklinde Deformasyon)

Gerilme ve gerinimin, matematiksel olarak analizi karışıktır. Bir cisim için 9 farklı gerilme tanımlanabilir. Bir Kartezyen koordinat sistemi (x_1, x_2, x_3) kullanılarak bir gerilme 3 komponenti bakımından genelleştirilerek ifade edilebilmektedir [8,59].



Şekil 8. Gerilme Komponentleri

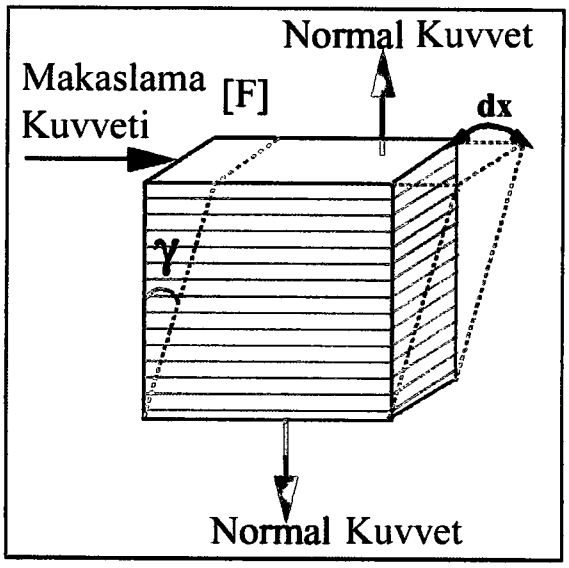
Buna göre, τ_{11}, τ_{22} ve τ_{33}; normal gerilmeler olarak adlandırılır. İlk rakam, kuvvetin üzerine etkidiği yüzü; ikinci rakam kuvvetin yönünü gösterir. Örneğin τ_{11} ; x_1 yönünde, dikey yönde etkiyen normal gerilmedir. τ_{23} ; x_3 yönünde x_2'ye dikey yönde etkiyen bir makaslama gerilmesidir. Bu kuvvetlerin her biri kendi gerilme komponentleri

bakımından ifade edilebilir. Aynı durum gerinim için de oluşur. Gerilme komponentleri, bir gerilme matrix formunda yazılan bir gerilme tensor (vektör niceliği) olarak özetlenebilir. Gerinim için ilgili bir tensor de matrix formunda ifade edilebilir [8,63].

$$\tau = \begin{matrix} \tau_{11} & \tau_{12} & \tau_{13} \\ \tau_{21} & \tau_{22} & \tau_{23} \\ \tau_{31} & \tau_{32} & \tau_{33} \end{matrix} \qquad \gamma = \begin{matrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \gamma_{13} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \gamma_{23} \\ \gamma_{31} & \gamma_{32} & \gamma_{33} \end{matrix}$$

Laboratuvarda bir deney ile incelenen komponent sayısını azaltmak için ölçüm sistemleri seçilir. Mümkün olduğunca çok sayıda komponent **"sıfır"** olarak yerleştirilir. Uygulanan gerilme için geometri seçme imkanı vardır. Yaygın olarak kullanılan deneysel geometrilerden biri de, sadece tek bir yönde makaslayıcı bir gerilmenin uygulanması ve aynı yönde oluşan akmanın izlenmesi için basit makaslamadır[8,63].

Laboratuvarda genellikle normal gerilme/gerinim veya makaslama (shear) gerilme/gerinim uygulayabiliriz. Normal kuvvet, deformasyon düzlemine dik yönde etki ederken; makaslama gerilimi, deformasyon düzlemine paralel yönde etki eder [8,63].



Şekil 9. Normal ve Makaslama Kuvveti

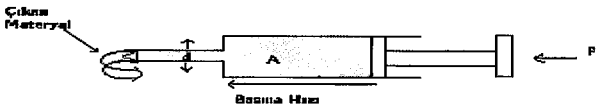
Reolojide, sıklıkla gerilmeyle beraber olan makaslama kuvvetleri büyük öneme sahiptir. Makaslayıcı kuvvetin etkisi maddenin birbirine paralel yüzeylerinin hareket etmesine neden olmaktadır. Her ne kadar farklı şekillerde örnekler düşünülebilse de, görüş ve terimlerin tanımları için basit bir küp şeklinin ele alınması faydalıdır. Makaslama kuvveti, küpün üst yüzüne paralel uygulanan ve yön değiştiren çizgilerde şeklin değişmesi ile oluşan deformasyonu göstermektedir[10,64]. **Makaslama gerilmesi**; kuvvetin, makaslama kuvvetinin etkilediği alan üzerine bölünmesiyle açıklanır. Basit makaslama geriniminde; maddenin tabakalarının kendi düzlemlerinde hareket etmesi, bir referans tabakasına ve referans tabakasından olan uzaklıklarına bağlıdır. İki tabakanın bağıntılı yer değiştirmesinin, tabakaların ayrılmaları ile bölünmesi **"basit makaslama gerinimi"** olarak adlandırılır. Çoğu test metodunda örnek basit bir makaslamaya maruz bırakılır. Şayet deformasyon yeterince küçükse; "radyan" (θ) olarak ifade edilen makaslama açısı, makaslama oranına eşittir [8,63,64].

Makaslama gerinimi oranı veya **makaslama oranı**; en genel çerçevede birim zamanda makaslama geriniminin değiştiği ilerleyen bir hız olarak tanımlanır. Makaslama oranı birimi $\mathbf{sn^{-1}}$ 'dir [8]

Makaslama gerilmesi= $\tau = \mathbf{F/A}$

Makaslama oranı $= \dot{\gamma} = \mathbf{d\gamma / dt}$

Makaslama gerilmesi ve makaslama oranının oluşumu, bir enjektörden sıvı materyalin boşaltılması veya atılması olarak da göz önünde canlandırılabilir [62].



Şekil 10. Makaslama Gerilmesi ve Makaslama Oranının Oluşumu

Materyal sabit oranda sıkıştırıldığı zaman, makaslama gerilmesi enjektörün pistonunu bastırmak için gerekli olan kuvvet ile bağlantılıdır. Makaslama oranı ise akışkanlık değerinin bir fonksiyonudur [1,62]. Buna göre düşük viskoziteli bir maddenin yüksek akışkanlık değeri oluşturması düşük bir kuvvet gerektirirken, daha visköz olan bir madde, daha küçük akışkanlık değeri oluşturmak için yüksek kuvvete gereksinim duyacaktır [62].

5.2.3.Viskozite

Viskozite, bir sıvının akmaya karşı gösterdiği direncin bir ölçüsüdür. Makaslama gerilmesinin, makaslama oranına olan oranıdır ve birimi Pas(Pa/sn^{-1}) veya Poise (1 Pas = 10 Poise)dır[1,4]:

$\eta=\tau / \gamma'$ denklemi ile ifade edilir:

η=viskozite, τ=makaslama gerilmesi ve γ'= makaslama oranıdır.

Karışmış olan maddelerin başlangıç viskozitesi ve zamana bağlı olarak giderek artan viskozite, uygulama kolaylığı yönünden önem taşımaktadır. Karışımın viskozitesi öyle bir noktaya kadar artar ki bu noktadan sonra manipülasyon imkansız hale gelir. Karışım anından bu noktaya kadar geçen zaman, materyalin çalışma zamanıdır [2,9,10,18,62].

Bir dental materyalin viskozitesi, yapılacak çalışma için uygun olup olmadığını belirler [1,2,10,11,62]. Akma özelliğinin tam karakterizasyonu için, viskozitenin çok geniş değer aralığında, maksimum hızının fonksiyonel olarak ölçülmesi gerekir[10,11].

Küçük molekül ağırlıklı sıvıların akışını temsil etmek için **Newton Kanunu** kullanılır. Newton Kanunu'na uyan, Newtonumsu (Newtonian) akışkanlar için makaslama gerilmesi ile makaslama oranı arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Doğrunun eğimi, mutlak viskoziteye eşittir [1,4].

Newtonumsu olmayan akışkanların davranışını tanımlamak için genel bir ilişki **Üss Kanunu** modelidir. Materyalin reolojik özelliklerini detaylı incelemek için aşağıda verilen denklem oluşturulmuştur[4,61,64,65,66,67]:

$$\tau = K(\gamma')^n$$

Burada K ve n sabittir, n sabiti akışkanlık indeksini ifade eder. Materyalin reolojik özelliklerini nitelendiren ana faktör bu indeks değeridir. Bu n sabitine göre sıvılar 3 değişik şekilde akışkanlık gösterirler:

1. Newtonumsu sıvılar

2. Pseudoplastik sıvılar

3. Dilatant sıvılar

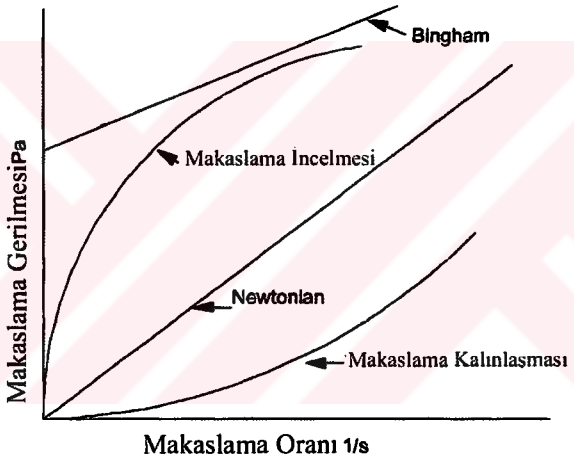
n=1, Akışkanlık indeksi 1 olduğunda, makaslama gerilmesi, materyalin makaslama oranı ile orantılıdır. Bu şekilde davranan materyaller **"Newtonumsu sıvılar"** olarak ifade edilirler[1,2,4,64,65,66].

n<1, Akışkanlık indeksi 1'den az olduğunda, makaslama oranındaki bir artış, makaslama gerilmesiyle orantılı artıştan daha düşük oluşur. Yani viskozite, artan makaslama oranı ile etkili bir şekilde düşer. Bu olaya **"makaslama incelmesi"** adı verilir. Bu şekilde davranan materyaller de **"Pseudoplastik sıvılar"** olarak ifade edilirler[1,2,4,64,65,66].

n>1, Akışkanlık indeksi 1'den büyük olduğunda, makaslama oranındaki bir artış, makaslama gerilmesindeki orantılı artıştan daha yüksek oluşur. Böylece etkili olarak artan viskozite görülür. Bu olaya **"makaslama kalınlaşması"** adı verilir. Bu tür materyaller de **"Dilatant sıvılar"** olarak ifade edilirler[2,58,59].

Bazen, polimerlerin çok konsante çözeltileri gibi maddelerde akışın olabilmesi için, belli bir gerilmenin (τ_o) üzerine çıkılması gerekir. Ancak **akma-germe-dayanıklılığı (yield strength)** adı verilen bu değer aşıldıktan sonra akma gerçekleşir. Yield değeri üstünde akma Newtonumsu ya da Pseudoplastik şeklinde olabilir. Pseudoplastik davranış düşük makaslama oranında; Newtonumsu davranış yüksek makaslama oranlarında görülür [4,63].**Plastik akma** adı verilen bu davranış **Bingham Akış Modeli** ile aşağıdaki gibi ifade edilir [4,61,64,65]:

$\tau = \tau_o + \eta\gamma'$ τ_o= **akma-germe-dayanıklılığı**



Şekil 11. n Sabitine Göre Sıvıların Gösterdiği Özellikler

Dental materyallerde Newtonumsu ve Pseudoplastik davranış yaygınken, Dilatant davranış enderdir [1,2,9,10,11,12,14,17].

Makaslama incelmesi (pseudoplastik davranış)nde; maddenin yapısı, makaslama ile değişmektedir. Zamana bağımlı olmayan bu davranış, makaslama yönünde uzamaya neden olan uzun zincirleri, denge şekillerinden bozma eğiliminde olan kuvvetler nedeniyle oluşur [4,58].

Makaslama kalınlaşması, makaslama oranının artması ile viskozitedeki artış ile karakterizedir [63,64].

Yukarıdaki etkiler, makaslamaya bağımlı olan; ancak zamana bağımlı olmayan etkilerdir. Bir maddenin cevabı **"thixotropik"** olabilir. Bu, plastik davranışın veya makaslama incelmesinin zamana bağımlı bir analoğudur. Thixotropik bir sistem, sabit bir makaslama oranına maruz kaldığında, zamanın artmasıyla geri dönüşümlü olarak çok daha akışkan olur, viskozitesi azalır. Partiküllerin dağılması için, yapısal bozulma ve yeniden düzenlenme arasında bir dengeye ulaşılana kadar, viskozitedeki azalma zamanla devam eder. Şayet makaslanan sistem daha sonra durması için bırakılırsa, sonunda orijinal yapısına geri döner ve thixotropik bir ilmik (loop) kurulur[58,59,63,64,65].

Thixotropik bir sistemin karşıt durumu **"anti thixotropik"** bir davranıştır. Zamanla viskozitedeki bir artış, makaslama kalınlaşması sistemleriyle oluşur. Bu yaygın bir davranış değildir [28,58,59,63,64,65].

5.3. Reolojik Davranış Çeşitleri

Maddeye uygulanan bir gerilmeye karşı cevap olarak üç temel tip davranış gözlenebilir[2,4,64,65,66]:

1. Şayet gerilme uzaklaştırıldığında, oluşan deformasyon geri dönüşümlü ise maddenin **"elastik bir katı"** olacağı söylenir. Deformasyonun oluşmasında kullanılan enerji saklanır ve deformasyon uzaklaştırıldıktan sonra madde tekrar eski haline geri döner. Bu deformasyon, moleküler düzeyde bir molekülün atomları arasındaki bağların gerilmesi ve bağ açılarının değişmesi sonucu görülen bir deformasyondur [1,2,4,63,64,65,66].

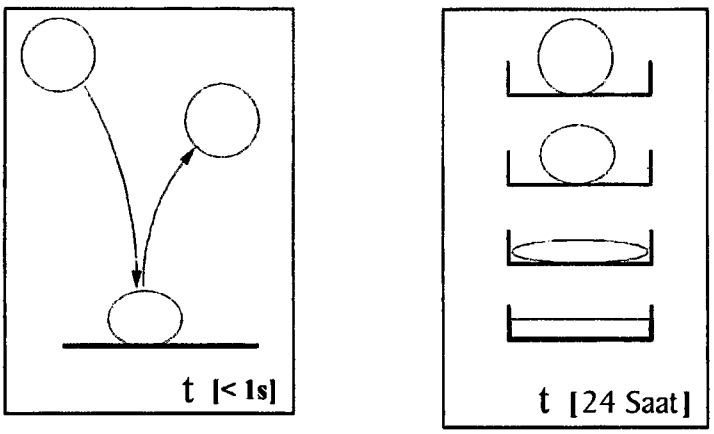
2. Şayet uygulanan gerilme , geri dönüşümsüz deformasyona neden olursa, visköz bir akma oluşur. Akışkanlığın oluşması durumunda, maddenin **"visköz bir likit"** olacağı söylenir. Akmanın sürmesi için gereken enerji, ısı olarak dağıtılır. Uygulanan

gerilmenin etkisiyle yapıdaki moleküller birbiri üzerinden kayarak geri dönüşümsüz olarak yer değiştirirler [1,2,4,63,64,65,66].

3. Bununla beraber çoğu maddenin uygulanan gerilmeye cevabı, bu iki sınır arasındadır. Bazı sentetik polimerlerde olduğu gibi zamana bağımlı olan bu cevap, son derece yavaş olabilir. Şayet orijinal haline dönüş hemen olmazsa ve maddeler hem visköz hem de elastik özellikler gösterirse **"viskoelastik maddeler"** olarak ifade edilirler [1,2,4,63,64,65,66].

Katımsı elastik davranıştan, visköz bir akışkanı tam olarak ayırmak için, Marcus Reiner, **Deborah numarasını** (Deborah number) önermiştir. Maddenin gerilmeden gevşeme zamanının **(t_r)**, deneysel zamana **(t_e)** olan oranı olarak tanımlanan ve boyutsuz olan Deborah numarası **(D_e)**, gözlenen davranışın zamanla ilişkili olan kavramıdır. Maddelerin ve deformasyonun karakteristik zamanının, birlikte düşünülmesi gerektiğini ve şayet yeterince uzun beklenirse "her şeyin akacağını" ifade eder[64].

Zamanın etkisi bir örnekle şu şekilde açıklanabilir: Bir deney kabına sıkılan bir parça macun, ilk anda sıçrayarak kaba düşecektir. Oysa 24 saat gibi uzun bir zaman sonra macun, kap içinde seviyesini bulana kadar akacaktır. Örneğin şekline, boyutlarına ve uygulanan kuvvetin şekline göre akma değişik şekilde oluşacaktır[64].



Şekil 12. Akma Üzerinde Zamanın Önemi

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Deborah numarası (D_e), aşağıdaki şekilde ifade edilir:

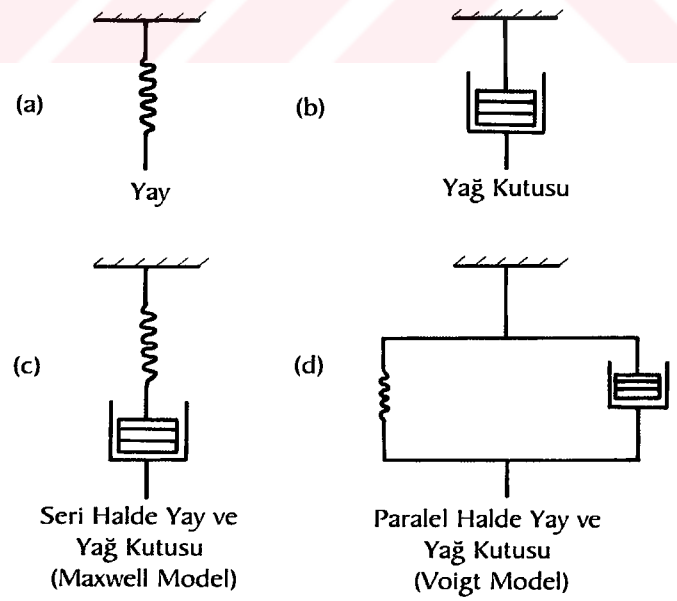
$$D_e = t_r / t_e$$

Şayet t_r (gerilmenin gevşeme zamanı), t_e (deneysel zaman)'dan daha **büyük** ise; D_e **1**'den **büyük** olacaktır, uygulanan gerilmenin çoğu saklanacaktır ve madde **"elastik bir katı"** gibi davranacaktır[63,64].

Şayet t_r , t_e 'den daha **küçük** ise; D_e 1'den **küçük** olacaktır, enerji miktarı kaybolacaktır ve madde **"visköz bir akışkan"** gibi davranacaktır[63,64].

5.4. Mekanik Analoglar

Polimerlerin viskoelastik davranışını matematiksel olarak ifade etmek üzere çeşitli modeller ileriye sürülmüştür. Bu modellerin temsili için tanımlanan yay (spring) ve yağ kutusu (dashpot) değişik sayı ve düzenlemelerde bir araya getirilmektedir[4].

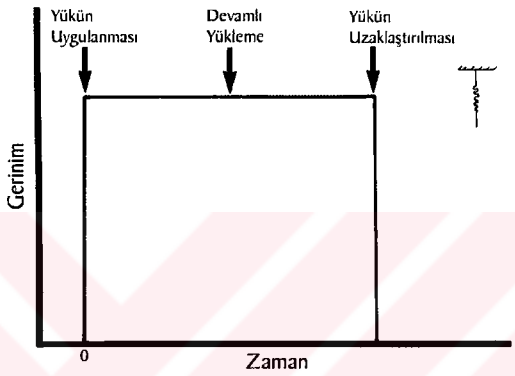


Şekil 13. Mekanik Analoglar a) Elastik Maddeler b) Visköz Maddeler c-d) Viskoelastik Maddeler

1. İdeal elastik bir katıyı temsil etmede kullanılan mekanik analog, gerilmenin gerinim ile doğru orantılı olarak arttığı, **Hooke Kanunu**'na uyan bir **"yay"**dır. İdeal elastik bir katının temel davranışı, Hooke Kanunu'na göre şöyledir :

$$\tau = G\,\gamma$$

τ, uygulanan gerilme; γ, meydana gelen gerinim iken, **G,** makaslama modülüsü olarak ifade edilen orantılılık sabitidir [1,4,60,61,64,65].



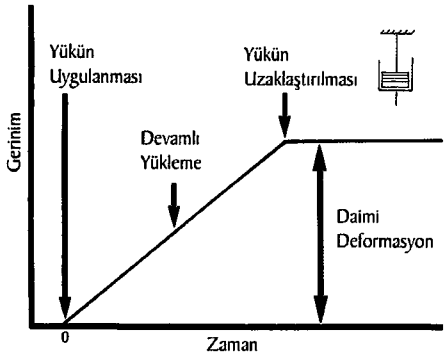
Şekil 14. Elastik Maddeler İçin Gerinim-Zaman Eğrisi

Elastik bir maddeye gerilme uygulandığında, elastiğin deformasyonu anidir ve zamandan bağımsızdır. Gerilme kaldırılınca, yay orijinal boyutuna geri döner. Gerinim uzaklaştırılana ve madde orijinal şekline dönene kadar gerilme sabit kalır[1,4,60,61,64,65].

2. İdeal Newtonumsu bir akışkanı ifade etmede kullanılan mekanik analog, Newton Kanunu'na uyan viskozitede bir akışkan ile dolu bir **"yağ kutusu"**dur[4]. İdeal visköz bir akışkanın davranışı, **Newton Kanunu** ile tanımlanır. Bu değer;

$\tau = \eta\,\gamma'$ ile ifade edilir.

τ= Uygulanan makaslama gerilimi, γ' = Makaslama oranı ve η = Viskozite' yi ifade eden orantılılık sabitidir [60,61,64,65].

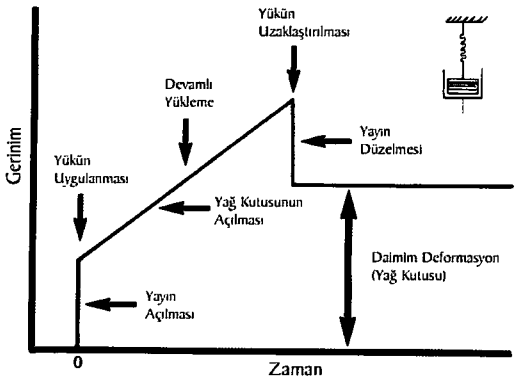


Şekil 15. Visköz Maddeler İçin Gerinim-Zaman Eğrisi

Visköz bir maddeye gerilme uygulandığında zamanla doğru orantılı olan ve tam olarak eski haline dönmeyen (düzelmeyen) deformasyon oluşur[1,4,60,61,64,65].

3. Viskoelastik bir davranışı ifade etmek için, elastik katı ve visköz akışkanı temsil eden iki basit modelin farklı kombinasyonları kullanılabilir [4,59,61,66,67,68].

a) Viskoelastik bir akışkanı göstermek için kullanılan bir mekanik analog, bir yay ve bir akışkan ile dolu yağ kutusunun art arda **seri şekilde** olmasıyla gösterilen bir **Maxwell Model**'dir.



Şekil 16. Viskoelastik (Maxwell tip) Maddeler İçin Gerinim-Zaman Eğrisi

Gerilme uygulanması halinde **akışkanlık** ile birlikte **elastisite** görülür. Yay, gerilmenin gevşemesi için kuvveti uzaklaştırmaya çalışırken uzar; yağ kutusu ise gerinim oranına hakimdir ve yavaşça açılır. Gerilme uzaklaştırıldığında yay düzelir ama yağ kutusu düzelmez. Şayet gerilme, yay tam olarak gevşemeden önce uzaklaştırılırsa;

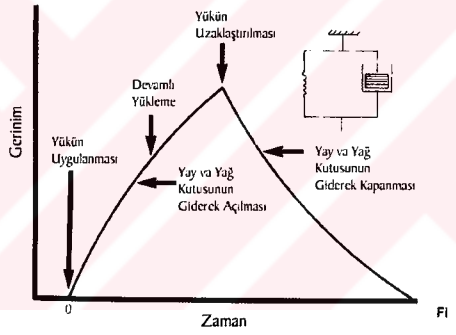
yay kısmen geri döner, ancak yağ kutusu dönmez. Yağ kutusu, yavaş değişimini ani olarak yanıtlayamayacağı için, oluşan gerinim yay ile sağlanır. Her iki elementteki gerilme benzerdir, gerinim ilavedir[65,66,67,68]. Aşağıdaki temel denklemler modeli tanımlar:

$$\gamma' = \tau / \eta + \tau' / G \qquad \eta / G = t_m$$

τ' = farklı zamandaki gerilme, t_m = Maxwell gevşeme zamanıdır.

Gevşeme zamanı bir Maxwell akışkanının karakteristik zamanı olarak da adlandırılır[65,66,67,68].

b) Viskoelastik cevap, bir yay ve bir yağ kutusunun **paralel olması** şeklinde gösterilen bir **Kelvin veya Voigt Model** ile de gösterilebilir.



Şekil 17. Viskoelastik (Voigt tip) Maddeler İçin Gerinim-Zaman Eğrisi

Polimer zincirinin dolaşmış hacminin bir gerilmeye verdiği cevap gibi, element gecikmiş elastik veya viskoelastik bir cevap gösterir. Yağ kutusu, yayın dengesinin kurulmasına bir direnç kırıcı gibi davranır. Gerinim her iki elementte aynıdır, gerilme ilavedir[65,66,67,68].

$$\tau = \eta\gamma' + G\gamma \qquad \eta / G = t_k$$

t_k = Kelvin cismi için gecikme zamanıdır.

Gerinim eğrisinin şekli, yağ kutusuna karşı yayın göreceli baskınlığına bağlıdır. Elastisite ne kadar baskın olursa, gerinim eğrileri o kadar sabit bir durumda

yatay bir çizgiye doğru belirgin bir şekilde oluşur. Viskozite ne kadar baskın olursa, eğri o kadar sabit bir eğim oluşumu için doğrulur [65,66,67,68] .

Her bir eğrinin şeklinde, yay için makaslama modülüsü (**G**) veya sürünme uyarlılığı (creep compliance) (**J**); yağ kutusu için (viskozite) (η) önemlidir[67,68].

5.5.Reolojik Ölçüm Metodları

Bir madde üzerinde reolojik ölçüm yaparken başlıca üç test kategorisi vardır. Bunlar; **akma testleri**, **basamak değişim (step) testleri** ve **titreşim veya dinamik mekanik testler**dir. Akışkan maddelerin davranışı akma testi uygulamaları; elastik ve viskoelastik yapıdaki maddelerin (Maxwell ve Kelvin mekanik modellerin) davranışı basamak değişim testleri (sürünme ve gerilme gevşemesi testleri) ve titreşim-dinamik mekanik testlerinin uygulanmasıyla incelenebilir [67,68].

5.5.1. Akma (Flow) Testi

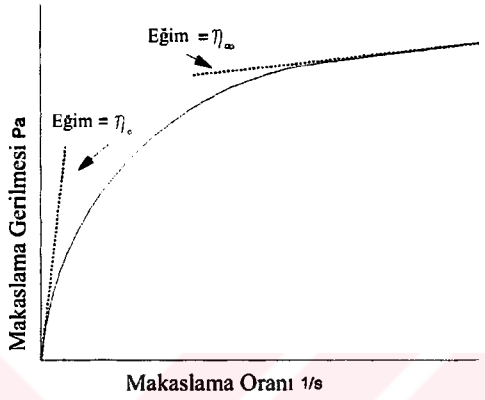
Akışkan maddeler, sabit bir oranda onları devamlı makaslayan kuvvetlere maruz kaldıklarında incelenebilirler. Değişen makaslama ve gerilme şartları altında, makaslama oranının bir fonksiyonu olarak gözlenen makaslama gerilmesi akma eğrisini verir[63,64,65].

Akma testinde; madde bir kez geri dönüşümsüz deforme edildiğinde, çizgisel (linear) viskoelastik davranışının sınırlarından çıkar ve iç yapı daimi olarak bozulur[64,65].

Yağlar, su ve basit şeker solüsyonları gibi Newtonumsu akışkanlar için elde edilen gerilme ve gerinim oranından bağımsız akma eğrisi, orjinden geçen düz bir doğru hattıdır [4,58,64,65].

Polimer eriyikleri ve solüsyonlar gibi Newtonumsu olmayan akışkanımsı maddeler, yeterince geniş makaslama aralığı üzerinde akma özellikleri ölçüldüğünde;

akma boyunca örnek üzerinde görüldüğü gibi 3 farklı bölge gösterirler. Viskozitenin sabit değere ulaştığı yerde, alt ve üst Newtonumsu bölgeler olarak bilinen iki uç bölge vardır[58,59,64,65,66].



Şekil 18. Pseudoplastik Bir Maddenin Akma Eğrisi

Sıfır makaslama oranında η_o viskosite olarak kabul edilen alt Newtonumsu bölgede, viskosite değişen makaslama oranlarıyla sabittir. Gelişigüzel sıralanan zincir segmentleri, termal hareketin etkisiyle makaslama bölgesinde, her moleküler sıraya dizilme eğilimine karşı koyar. Bu nedenle moleküller, en rastgele ve büyük ölçüde dolaşmış durumdadırlar ve akmaya karşı en büyük dirence sahiplerdir[58,64,65,66].

Viskozitenin makaslama oranı ile değiştiği yer, orta bölgedir. Akma genelikle bir makaslama incelmesinin olduğu bu bölgede ölçülür. Makaslama arttıkça moleküller çözülmeye, makaslama bölgesinde sıralanmaya başlarlar; birbiri üzerinden kayarak geçmeye dirençleri azalmıştır [58,64,65,66].

Yüksek makaslama oranında η_∞ viskosite olarak kabul edilen üst Newtonumsu bölgede, viskosite yine değişen makaslama oranlarıyla sabittir. Moleküller hemen hemen tamamen çözülür ve sıraya dizilirler. Akmaya karşı minimum direnç

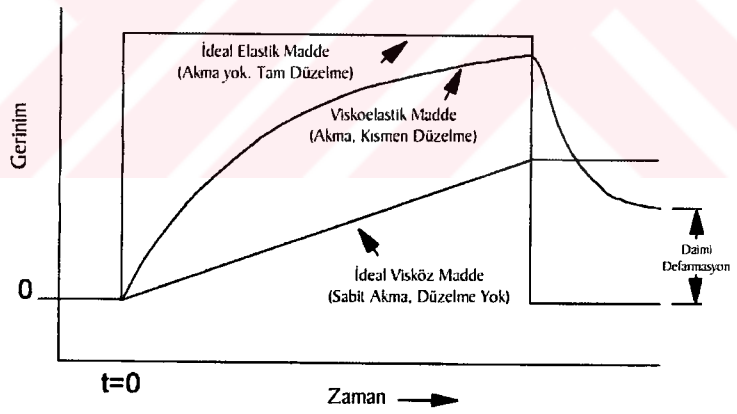
gösterirler. Daha yüksek makaslama, sonuçta ana zincir bağlarının geniş olarak kırılmasına neden olur ve mekanik bozulma oluşur[58,64,65,66].

5.5.2. Creep (Sürünme, Kayma) Deneyleri

Sürünme testi, maddenin viskoelastik özellikleri hakkında önemli bilgi veren bir test türüdür. Sabit bir makaslama gerilmesi ani olarak uygulanır ve oluşan deformasyon (gerinim), zamanın bir fonksiyonu olarak ölçülür. Sürünme uyarlığı (Creep compliance) **(J),** makaslama modülüsünün **(G)** tersidir ve şöyle tanımlanır[58,64,65]:

$$J(t) = \gamma(t) / \tau$$

γ **(t)** = bir **t** süresinde ölçülen gerinim, τ = gerilme **t** = geçen zamandır.



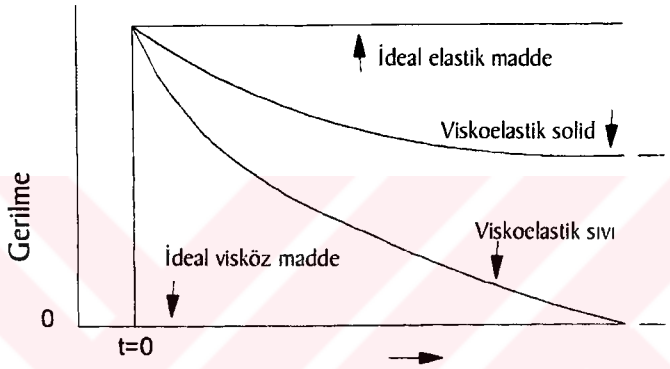
Şekil 19. Sürünme Eğrileri

Sürünme davranışını tanımlayan mekanik bir analog bir Kelvin modeldir. Bu sistem makaslama gerinimine maruz kaldığında yay ve yağ kutusu eşit olarak gerinir. Deformasyonla oluşan toplam makaslama gerilmesi bireysel makaslama gerilmelerinin toplamıdır [4,66,67,68].

5.5.3. Gerilme Gevşeme (Stress Relaxasyon) Deneyleri

Gevşeme testi, sürünme testine bağlıdır; uygulanan makaslama gerilmesi "sıfır"dır ve zamanın bir fonksiyonu olarak oluşan deformasyonun esneyen elastik kısmı ölçülür. Bu **"gerilme gevşemesi"** olarak adlandırılır [66,68]. Gevşeme modülüsü şöyle ifade edilir:

$$G(t) = \tau(t) / \gamma$$



Şekil 20. Gerilme Gevşemesi Eğrisi

Maxwell Model, sıklıkla viskoelastik sıvıların (akışkanların), gerilme gevşemesi verilerini yorumlamak için kullanılır. Toplam makaslama gerinimi yay ve yağ kutusunun gerinimleri toplamına eşittir [4,66,67,68].

Sürünme ve gerilme gevşemesi, birbirini tamamlayıcı testlerdir. Gerilme kontrollü reometreler ile gerilme içinde bir basamak değişimi uygulanarak bir sürünme testinde gerinim büyümesi izlenir; sonra basamak, sıfır gerilmeye geri çekilerek (step back) maddelerin eski haline dönüşü kaydedilebilir [64,65].

Testin her iki tipinden, zamanın bir fonksiyonu olarak oluşan eğrilerin şekillerinden madde hakkında viskoelastik bilgi elde edilir. Uygulanan gerilme süresi için değişmeyen ve gerilme uzaklaştırıldığında görünen kayıplar olmaksızın hemen esas duruma dönen yay, esas durumdan gerilmiş duruma hemen değiştiği için, uygulanan gerilmeyi (enerjiyi) içine depolar. Diğer yandan yağ kutusu gerilme uygulandığında sabit

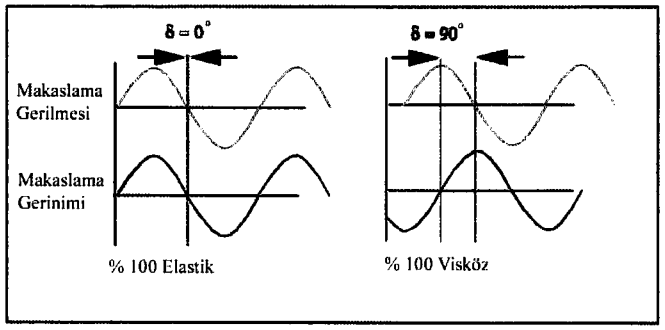
bir artış gösterir, ancak ani bir değişim yoktur; uygulanan gerilmenin kesilmesi üzerine, sistem esas haline dönmez ama kuvvet etkilemeksizin kalır. Bu nedenle uygulanan enerjinin, sistemde onu hiçbir şeyin saklamaması ile tamamen dağıtıldığı söylenebilir. Bu enerji kaybı, akışkan kayarken oluşan iç sürtünme ve ısı sonucu durur. Akışkan bir sistemde, gerilme sabit veya sinüzoidal da olsa, gerinimin uygulanan bir gerilmenin daima arkasında kalacağı açıktır [9,66]. Viskoelastik maddeler, gerinime linear olmayan bir cevap verir. Depolanan enerji ve yapının bir miktar düzelme yeteneği ile örneğe uygulanan toplam deformasyondan daha az bir daimi deformasyon gösterirler [64,65,68].

Akışkanlar için modülüsün göz önüne alınması yerine viskosite çok daha yararlıdır. Çoğunlukla uygulanan bir gerilme orijinal hacimle ilgili çok geniş bir gerinime neden olacaktır. Belli bir zaman periyodunda gerinim oranı veya makaslama oranı olarak bilinen gerinimin değişim oranını göz önünde tutmak daha faydalıdır($\mathbf{d\gamma / dt}$). [60,64,65,67].

5.5.4. Periyodik veya Dinamik Testler

Viskoelastik maddeler sıklıkla belirli bir frekansta değişken yüklemeye maruz kalırlar. Bu nedenle deformasyonun bu tipi boyunca viskoelastik maddelerin davranışlarını göz önünde bulundurmak uygundur. Çok küçük deformasyonların ölçümünün, maddelere herhangi yapısal zarar verilmeden yapılabilmesi ve hem elastik hem de visköz özelliklerin izlenebilmesi titreşim deformasyonu ile test işleminin başlıca avantajlarıdır [63,64,65].

Şekil 21'de bir maddeye belirli bir frekansta titreştirici (oscillatory) bir gerilme veya gerinim uygulandığı zaman, alt yüzeye uygulanan "giren" (input) sinüzoidal gerinim (γ) ve bunun karşılığı olan üst yüzeyde yay ile oluşumu kaydedilen "oluşan"(output) sinüzoidal gerilmeyi (τ) gösteren titreştirici (periyodik) bir deney , şematik olarak ifade edilmektedir[64,65,68].



Şekil 21. Titreştirici (Periyodik) Deneyler

Maddenin yapısına bağlı olarak değişik cevaplar oluşmaktadır. Gerilme veya gerinimi temsil eden iki sinüs dalgası; **"elastik bir katı "** için aynı faz içinde, **"visköz bir akışkan"** için fazın 90° dışında olacaktır. **"Viskoelastik bir madde"** ise iki sinüs dalgası arasında (0°-90°) bir faz değişikliği, δ ,gösterecektir [61,63,64,65].

Titreşim deneyleri, sinüzoidal fonksiyonlar olduklarından bu testlerle **solid** veya **visköz** davranışın ölçümünde kullanılan **G, J** ve η değerleri, **(*)** üssü ile modifiye edilirler[63,64,65].

Tepe (peak) gerilmesinin, tepe gerinimine oranı (τ_o/γ_o) kompleks modülüsü (**G***) olarak tanımlanır. Kompleks modülüsü (**G***), depolama modülüsü (**G'**) ile yitirme modülüsü (**G"**)miktarının toplamına eşittir [63,64,65].

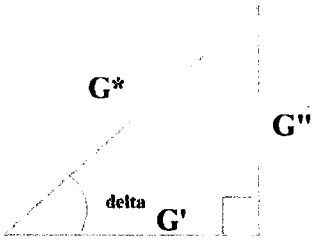
$$G^* = G' + iG'' = \sqrt{G'^2 + G''^2}$$

Depolama modülüsü, sinüzoidal bir makaslama deformasyonunda gerinimle **aynı faz içinde** olan gerilmenin; gerinim ile bölünmesi olarak tanımlanır. Farklı sistemler, aynı gerinim şiddetinde kıyaslandığında devir başına eski haline dönen ve saklanan enerjinin bir ölçüsüdür[64,65,67].

Yitirme modülüsü, gerinim fazının **90° dışındaki** gerilme ile bölünmesi olarak tanımlanır. Farklı sistemler, aynı şiddette kıyaslandığında sinüzoidal

deformasyonun devir başına ısı gibi kaybolan veya dağılan enerjisinin bir ölçümüdür [58,64,65,67].

Depolama ve yitirme modülüsü, sinüzoidal gerilme ve gerinim arası **faz açısı** (δ) aracılığıyla kompleks modülüsüyle ilişkilidir. **G*** değerini derive etmek için koordinat (Kartezyen) sistemlerinin kullanımı uygundur. Bir dik üçgenin x, y düzlemindeki G' ve G" komponentleri, (δ) faz açısı ve G* ile basit olarak trigonometrik şekilde ifade edilirler [64,65].



Şekil 22. Kompleks Modülüsünün Komponentleri

G' = G*cosδ **G" = G*sinδ**

Depolama modülüsü, δ **=0°** iken **cos0=1** olduğundan **G* = G'** dür.

Yitirme modülüsü, δ **=90°** iken **sin90=1** olduğundan **G* = G"** dür.

Depolama modülüsü **G'**, **gerçek**tir veya **G*** kompleks modülüsünün **faz komponentindedir** ve bir örneğin **viskoelastik davranışının elastik bir komponenti** ile doğru orantılıdır[58,64,65].

Yitirme modülüsü **G", hayali**dir (imaginary) veya **faz komponentinin dışında**dırve **visköz** ısıtma gibi uygulanan gerilmenin dağıtılmasına yardım eder [64,65].

Yitirme modülüsü, enerjinin visköz dağılmasının bir ölçüsüdür ve açısal bir titreşme frekansına (ω) sahip bir **dinamik viskozite** (η') olarak ifade edilebilir [58,63,64,65].

η' = G" / ω ω = açısal titreşim frekansıdır.

Dinamik viskozite (η') , viskoelastik davranışın visköz komponentinin doğrudan ölçümüdür ve **gerçek**tir, **faz komponenti**ndedir [58,64,65].

Faz ilişkisi, kompleks modülüsü **G*** ne bir alternatif olarak kompleks bir viskozite, η^* ile aynı derecede ifade edilebilir:

$$\eta^* = \eta' - i\eta'' = \sqrt{\eta'^2 + \eta''^2}$$

η^*= kompleks viskozitedir.

η' , yitirilen enerjiyi; η'' , depolanan enerjiyi temsil eder [58,63,64,65].

$$\eta' = G'' / \omega$$

$$\eta'' = G' / \omega$$

Denklemde η'', depolanan enerji ile birleşmiş olan viskoelastik davranışın komponenti ile ilişkilidir, belirli bir ismi yoktur ve elastisitenin doğrudan bir ölçümü olmadığından geniş ölçüde kullanılmaz. Tamamen **hayali**dir ve bütün kompleksin **fazı dışında**dır. Zaman türevi veya açısal frekans (ω), bir ara dönüşüme izin veren, bir parametredir[58,64,65].

Yitirme modülüsünün, depolama modülüsüne bölünmesi ile:

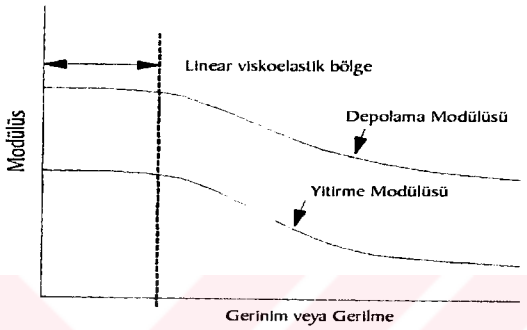
$G'' / G' = \tan\delta$ değeri elde edilir [63,64,65].

Yitirme modülüsünün depolama modülüsüne oranı olan **tan** δ değeri doğrudan elastik ve visköz komponentin dengesini yansıtır. **Büyük değerler, akışkanımsı** özelliklere eşit sayılırken; **küçük değerler, solidimsi** davranışa eşit sayılır [64,65].

Titreşim deneylerinde viskoelastik ve katı bir maddeyi analiz etmede zorunlu olarak başlıca ilk adım, maddenin linear viskoelastik bölgesini tanımlamaktır.

Linear sapma noktası belirlenerek, o noktadan önce herhangi bir yerde saptanan gerilme bölgesinde deneyler gerçekleştirilir[64,65].

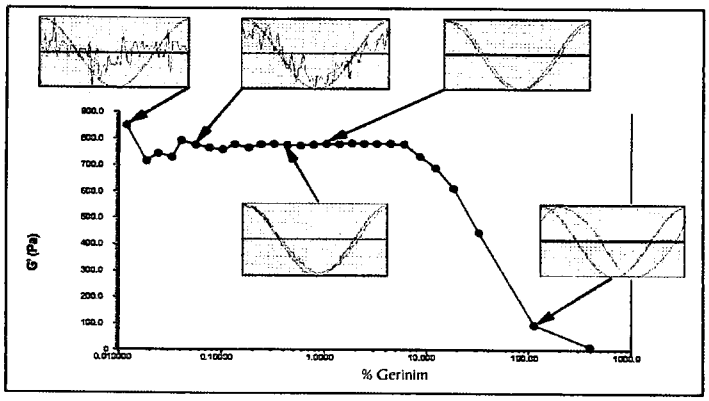
Bir titreşim testinde bir örneğin linear viskoelastik bölgesinin sınırlarını tayin etmek için, tork (gerilme) veya gerinim büyüklüğü, belirli bir referans frekans için değiştirilmelidir. Linear bölge, stabil bir depolama modülüsü oluşumu ile gerilme ve gerinim cevabının sabit bir eğimi olarak tanımlanabilir [64,65].



Şekil 23. Maddenin Linear Viskoelastik Bölgesinin Tayin Edilmesi

Dinamik mekanik deneyler, deney süresince bilgisayar ekranı üzerinden oluşan grafiklerin izlenmesiyle; kabul edilemez ses düzeyini tanımlama imkanı verdiğinden ve linear olmayan etkilerin sinüzoidal olmayan dalga formları olarak gösterildiği yerde; input ve output dalga formlarının şekillerini tayin edebilme (değerlendirme) açısından son derece yararlıdır [64,65].

Şekil 24'de, bir deney için oluşan dalga formu cevaplarının bazı temsili noktalar için anlatıldığı bir grafik görülmektedir[64,65].



Şekil 24. Bazı Temsili Noktalarda Oluşan Dalga Formu Cevapları

İlk dalga formu, sesli (heavy) bir düzeyi göstermektedir; bu form gerinimin en düşük seviyesi olduğundan şaşırtıcı değildir. İkinci dalga formu, bir sinüs dalgası olarak daha iyi ayırt edilebilmektedir ve daha stabil bir veri bölgesidir. Üçüncü ve dördüncü noktalardaki dalga formları, depolama modülüsü (G') için plato bölgesindedir ve linear bölge için iyi veri elde edilebilecek noktalardır. Son nokta depolama modülüsünde belirgin bir düşüş göstermektedir. Eğrinin şekli, ideal simetrik sinüs dalga şeklinden değişmiştir, linear olmayan davranışla birlikte olan bir dalga kontaminasyonu özelliğindedir. Linear olmayan bir cevaba ulaşıldığı zaman, depolama modülüsü platosu azalmakta ve gerilme ile gerinimin cevabı geometrik olarak artmaktadır[64,65].

Frekans-sweep testi, maddelerin yapısal özelliğini, elastik ve visköz davranışının nasıl değiştiğini gösteren en yaygın şekilde kullanılan dinamik mekanik testlerden biridir. Bu testte input büyüklüğü sabit tutulurken frekans arttırılmaktadır. Parmak baskısı (finger printing) olarak da adlandırılan bu testte daha solidimsi özellik gösteren maddeler genellikle daha yüksek frekanslardadır. Belirli bir frekans için veri, tam bir sinüs dalga siklüsü boyunca toplanmalıdır. Deney için bir frekans aralığı seçerken, frekans testleri tamamlamak için gereken zamanı göz önünde bulundurmak önemlidir. Şayet bir test ω = 0.01 rad/sn'lik düşük bir frekansta yürütülmüşse, bir siklüsü tamamlamak için gereken zaman $(2\pi/(.01)(60))=10.5$ dakika olarak hesaplanabilir. Şayet üç siklüs gerekirse tek bir depolama ve yitirme modülüsü (G' ve G'') çifti elde etmek, en az 31.5 dakika alacaktır. Genellikle 0.01 rad/sn'den daha düşük frekanslarda dinamik veri toplamanın gereksiz olduğu; bir siklüsü tamamlamak için gereken zaman dikkate alındığında çoğu deney için; 0.1 rad/sn'lik bir frekansın en düşük limit olarak, 100 rad/sn'lik bir frekansın ise üst limit olarak elverişli olduğu bildirilmektedir[64,65].

Başka bir dinamik-mekanik test türü olan **frekans-time testi**, eşit sıcaklıktaki maddelerin viskoelastik yapısının, frekans sabit olduğunda zamana bağlı olarak nasıl değiştiğini gözlemlemek için kullanılan ideal bir testtir. Sertleşme zamanı,

çapraz bağlantı kinetiği hakkında bilgi vermektedir. Depolama ve yitirme modülüsünün geçiş yeriyle tanımlanan bir noktadan sonra madde lastiğimsi özellik göstermektedir[64,65].

5.6. Reolojik Özelliklerin Ölçüm Teknikleri

Reolojik özellikleri laboratuvarda gözlemlemek için çeşitli ölçüm teknikleri mevcuttur. Kullanılan yöntemler genellikle 3 sınıfa ayrılır:

1. Devamlı makaslama teknikleri: Maddenin bir tüp (boru) içinden veya rotasyon yapan yüzeyler arasından durmaksızın akmasıdır.

2. Titreştirici makaslama tekniği: Bir maddeye titreştirici genellikle harmonik kuvvetlerin uygulanması ve bunların verdiği cevabın ölçülmesidir.

3. Çekme ve basma (tension -compression) kombinasyonu: Maddenin çekme, basma, bükme (bending), torsiyon ve basit makaslama gerilmeleri altında test edilmesidir. Deformasyon sabit değildir ve madde deforme edilmiş bir durumda tutulduğunda, zamanla oluşan kuvvet değişimi veya kuvvetlerin etkisi altında oluşan deformasyon değişimi ölçülmektedir [63,64,65].

Bu amaçla kullanılan cihazlar şu başlıklar altında sıralanabilirler [63,64,65]:

5.6.1. Kapiller (Kılcal) Reometreler

Akışkanların akma özelliklerini ölçmek için yapılan ilk çalışmalar, çoğunlukla kapiller reometrelerin prensipleriyle uygulanmıştır. Yaklaşık olarak M.Ö. 3000 kadar erken dönemlerde Sümerler; birim zamanda bir huniden akan su miktarını, ağırlığın bir birimi olarak kullanmışlardır. Akmayı ölçmek için bir tüp veya kapillerin kullanıldığı ilk bilimsel çalışma, 1839 yılında Hagen tarafından yapılmıştır. Bunu kısa süre sonra yapılan Poiseuille'in çalışması izlemiştir. Poiseuille, kapiller akma oluşumunu inceleyerek, akışın gerçekleşebilmesi için gerekli olan basınç azalması ile akma oranı arasındaki ilişkiyi keşfetmiştir. Bu, aynı zamanda kapiller reometrelerin temeli olmuştur[63].

Bu grupta incelenen bir akışkan, kapiller bir tüp içinden akmaya zorlanır ve kapiller boyunca basınç farkı ile hacimsel akma oranı doğrudan ölçülerek makaslama gerilmesi ile makaslama oranı, viskozitenin hesaplanması için kullanılır. Bu yöntem, Newtonumsu akışkanların viskozitesini belirlemek için çok kesin bir metod olmakla beraber; geniş makaslama oranı değişkenliği yüzünden Newtonumsu olmayan akışkanlar için uygun değildir. Çalışma kolaylığı göstermesi, ucuz olması, yüksek derecede doğruluk göstermesi, geniş bir sıcaklık aralığı üzerinde sıcaklığı belli bir düzeyde tutma kolaylığına sahip olması bu metodun başlıca avantajları iken; kapiller bir tüp boyunca geniş bir aralıkta makaslama oranlarının olması ve thixotropik maddelerin zamana bağımlılığının kolaylıkla ölçülememesi gibi dezavantajları mevcuttur. Bu grup reometrelerin en yaygın olarak kullanılanı **U-tüp reometre**dir. Akışkanın tüp boyunca akışını sağlamak için; hidrostatik başlık, gaz basıncı, piston ve tüpün doldurulması metodları ile basınç uygulanmaktadır [4,58,60,61].

5.6.2. Rotasyonel Reometreler

İlk kullanılan rotasyonel reometre 1890'da Couette tarafından tasarlanmış bir eş merkezli (concentric) silindir reometredir. Bundan 20 yıl sonra Hatcheck, Couette reometrenin modifiye edilmiş bir versiyonunu tanımlamıştır. Bin dokuz yüz kırk yılından itibaren, ticari olarak çok sayıda mevcut dizaynları ortaya çıkmıştır. Bu grupta, test maddesi rotasyon yapan yüzeyler arasında makaslanır. Rotasyonel reometreler için tork ve rotasyonel hız, doğrudan ölçülür ve sonra makaslama oranı ve makaslama gerilmesi kullanılarak viskozite hesaplanır [58,63]. Kapiller reometrelerden üstün bazı avantajları vardır. Bunlar; bir örneğin istendiği kadar uzun süre makaslanabilmesi yani zamanın bir fonksiyonu olarak reolojik değişikliklerin ölçülebilmesi ve hemen hemen uniform bir makaslama oranının örnek boyunca mevcut olabilmesidir. Yüksek makaslama oranlarının aşırı sıcaklık artışı olmaksızın elde edilememesi ve kapiller reometrelerden daha pahalı olmaları ise dezavantajlarıdır [58,60,61,63].

Enstrümanın rotasyon yapan yüzeylerinin geometrik şekli, gerekli olan makaslama oranına bağlı olarak; eş merkezli silindir, kon ve plak, çift kon-plak, kon-kon, plak-plak ve disk olarak sınıflandırılabilir[63]:

5.6.2.1. Eş Merkezli (Concentric) Silindir

Test maddesi, eş merkezli silindirler arasına yerleştirilir. Dış silindir dönerken, iç silindirin sabit olduğu kabul edilir. Bununla beraber donatım dizaynına bağlı olarak iç silindir veya hatta iki silindir de dönebilir. Fazla miktar örnek gerektirmesi bu geometrinin dezavantajıdır [4,63,65].

5.6.2.2. Kon ve Plak

Test maddesi, kon ve plak arası boşlukta makaslanır. Genellikle kon dönerken, plak sabit kalır. Kon tepesi, mekanik aşınmayı önlemek için kesilmiştir (truncated). Maximum kullanılabilir kon açısı, aralığın daha geniş kısımları içinde ikincil akma problemlerinden kaçınmak için genellikle 4-5° dir, kesim (truncation) yüksekliği ise 10-100 mikrometre arası değişir. Makaslama oranı kon açısından; makaslama gerilmesi ise kon çapından derive edilir. Plak geometrisi makaslama alanının merkezden kenara değişmesi dezavantajına müsaade eder. Bu nedenle gerilme ve gerinim oranı belirli bir pozisyonda hesaplanır. Bu genellikle kenardır ve bunu program yürütür. Plak çapı, makaslama oranı aralığını etkiler. Maddenin yerleştirildiği aralık (gap) büyüklüğü, makaslama oranının başlıca determinantıdır, mevcut partiküllerle sınırlanabilir. Bu geometri, Newtonumsu olmayan akışkanlar için uygundur [4,63,64,65].

5.6.2.3. Çift Kon-Plak

Yüksek derecede visköz veya gevrek test maddeleri, çift kon-plak geometride test edilebilir. Basit kon-plak reometreler, örnek kon veya plak yüzeyin üzerinden muhtemelen kırılacağı veya kayacağı için uygun değildir [63].

5.6.2.4. Kon-Kon

Akışkan, genel bir eksene ve tepeye sahip göreceli dönen yüzeyler arasında yerleştirilir. Böyle enstrümanların, akışkanın yer çekimi ağırlığı ile enstrümanda kalması, kon-plak geometri üzerinde görünen bir avantaja sahiptir. Ancak yapımı ve çalışması son derece güç olduğundan nadiren kullanılır [61,63,65].

5.6.2.5. Plak- Plak

Akışkanların viskozitesi, merkezi boyunca bir eksen etrafında dönen iki paralel, düz, dairesel diskler arasında oluşan makaslama ile ölçülür [4,63,64,65].

5.6.2.6. Disk

Disk reometre, iki plak-plak reometre ve bir konsentrik silindir kenarı bölgesi olarak düşünülebilir. Bu enstrüman Newtonumsu akışkanlar için kullanılan pahalı bir cihazdır [63].

5.6.3. Titreştirici (Oscillatory) Reometreler

Test edilen maddeye küçük şiddette bir deformasyon (veya gerilme) uygulanır ve cevap olarak oluşan gerilme(veya gerinim) ölçülür. Gerilme, gerinim veya sıklıkla her ikisi de zamanla harmonik olarak değişirler. Titreştirici testler bazı avantajlara sahiptir. Bunlar, maddeye herhangi bir yapısal zarar gelmeksizin çok küçük deformasyonun ölçümünün yapılabilmesi ve hem visköz hem de elastik özelliklerin incelenebilmesidir [60,61,64,65]. Test cihazı konvansiyonel ve yeni olarak iki gruba ayrılır:

5.6.3.1. Konvansiyonel Reometreler

Test edilen madde, genellikle küçük şiddette bir sinüzoidal hareket formu olan değişken bir deformasyona maruz bırakılır. Bu metod sıklıkla, viskoelastik maddeler için yaygındır. Yüzeylerden birinin titreşmesi ve diğer yüzeyin hareketinin ölçülmesi

genellikle uygundur. Rotasyonel reometrelerde olduğu gibi titreşen yüzeylerin geometrisine göre, silindirler, konlar ve plaklar şeklinde kullanılabilirler [61,63].

5.6.3.2. Yeni Reometreler

Maddenin sabit akma davranışını tayin etmek için kullanılır. Test altındaki maddede harmonik gerinimler oluşturmak için bir yüzey sabit rotasyonda tutulur. Kullanılan geometriler, bir disk açısal bir hızda çalışırken diğer diskin mümkün olduğunca serbest olarak dönmesine izin verildiği iki paralel disk, (ortogonal reometre); iç ve dış kürenin eş eksenli miller üzerinde eşit açısal hızla döndüğü iki eş eksenli küre (balans reometre) veya diğer geometrilerde (eksentrik silindir, yer değiştirmiş yarımküre,eğik plak ve eğik kon) olarak seçilebilir [60,61,63].

5.6.4. Paralel Plak Plastometreler

Test edilen madde, aynı büyüklükte paralel plaklar arasında sıkıştırılır. Üst plağa kuvvet uygulanır ve plak mesafesinin hareket oranı, zamanın bir fonksiyonu olarak ölçülür. Paralel plak akışının bu şekli, laboratuvarda kolaylıkla oluşturulabilir [63].

5.6.5.Sürgü (Sliding) Plak Reometre

Uniform makaslama akışı oluşturmak için en basit geometri iki paralel plak içermesidir. İnce bir likit tabakası, iki düz plak arasına yerleştirilir. Plaklardan biri yerinde sıkıştırılır, ikinci plak sabit bir hızda çevrilir. Sürülen plağı, belirli bir kuvvetle çekmek için hız ölçülür. Bu teknik asfalt gibi yüksek viskoziteli akışkanların incelenmesi için uygulanır [63].

5.6.6. Sürgü Silindir ve Bar Reometreler

Sürgü silindir reometre, basit makaslama oluşturmak için kullanılır ve akma bazen teleskobik akma olarak adlandırılır. Akışkan bir iç ve dış silindir arasında dairesel bir aralıkta yerleştirilir. Dış silindir dikey ve sabit olarak tutulur, iç silindirin ucuna

kuvvet uygulanır ve hareket veya yer değiştirme hızı ölçülür. Bar reometre de aynı zamanda bir teleskobik makaslama reometrenin bir örneğidir. Prensip aynıdır; ancak daha dar ve uzun bir silindir (bar) kullanılır [63].

5.6.7. Şerit (Band) Reometre

Şerit reometre de basit makaslamalar oluşturmak için kullanılır. İnce bir metal veya plastik şerit, takozlarla ayrılan düz ve paralel metal bloklar arasındaki dar bir aralık içinden bir ağırlıkla çekilir. Akışkan bir su haznesinde tutulur ve şeridin her iki yanındaki boşluklar içine çekilir. Şeridin hızı, mürekkep gibi test akışkanının viskozitesini değerlendirmek için ölçülür [4,63].

5.6.8. Penetrometre

Cihazın temel parçası, visköz bir akışkanın içine belirli bir kuvvet ile ve/veya belirli bir süre için belirli bir derinliğe kadar ilerletildiği silindir bir iğne veya kondur. Bu grubun en tanınmış örneği olan bir Vicat penetrometrede, 8 mm yüksekliğinde ve 16 mm çapında metal bir halka, üzerinde 3mm çapında Vicat iğnesi ve 300 gr ağırlık bulunan karıştırılmış materyalle doldurulur ve penetrometrenin tabanına yerleştirilir. İğne lastik madde yüzeyine 10 sn süreyle tutularak değer okunur. Bu işlem her 30 snde bir tekrarlanır. Ölçü maddesinin ilk sertleşme anı, iğnenin örneğe daha fazla penetre olmamaya başladığı süredir. Son sertleşme de, ölçü maddesine son üç penetrasyon değerinin ilkidir. Materyal sertleşince elastisite iğnenin penetrasyonuna yine izin verir, ancak bu her uygulamada aynı değerdedir [1,2,61].

5.6.9 Yarık (Slit) Reometre

Akışkan, sabit paralel plaklar arasında incelenebilir. Akışkan, genişliği kalınlığından daha büyük dikdörtgen bir kanal içinden akar. Kapiller akmayı andırır; ancak geometrisi farklıdır [63].

5.6.10. Delik (Orifice) Reometre

Akışkan, ince bir plaktaki delik içinden veya çok kısa bir tüp içinden bir su haznesinden çıkar. Akışkanın belirli bir hacmi için delikten aktığı zaman ölçülür. Akma şartları kullanım için çok komplekstir [63].

5.6.11. Eğme (Bending) Test Cihazı

Eğme testleri özellikle katılar için kullanılır. Örnek çubuğu şekli dairesel veya dikdörtgen kesitindedir. Çubuğu deforme etmek için; basit balkon (bir ucu sıkıştırılmış), çift balkon (her iki ucu sıkıştırılmış), üç nokta yükleme ve dört nokta yükleme olmak üzere çeşitli düzenekler mevcuttur [1,63].

5.6.12. Çekme(Tensile) Test Cihazı

Çekme testi biri sabit, diğeri hareketli iki blok arasında sıkıştırılan örneğin gerilmesi metodudur. Solidler ve yüksek visköz likitler için kullanılabilir. Test maddesi; şerit, çubuk, halter veya halka şeklindedir. Test etme metodu maddeye göre değişmektedir [1,2,63].

5.7. Literatürde Elastomerik Esaslı Ölçü Maddeleri İle Yapılmış Reolojik Çalışmalar

Elastik esaslı ölçü maddelerinin özelliklerinin, manipülasyon (çalışma) ve sertleşme zamanlarıyla etkilenmesi nedeniyle; literatürde bu maddelerin farklı şartlar altındaki elastisite, viskozite ve rijiditesini ölçmek için çeşitli araştırıcılar reolojik prensipler uygulamışlar ve çalışma ve sertleşme boyunca maddelerin reolojik özelliklerindeki değişiklikleri incelemişlerdir [17,27,28,34].

Mc Lean[69] , Myers ve Peyton[70] ile Miller ve Myers[69,71]; bir penetrometre kullanarak elastomerlerin viskozitesini incelemişlerdir. Bu araştırmacılar, viskozite değişimlerinden elde edilen çalışma zamanının klinik olarak gözlenen çalışma süresinden

biraz daha uzun olduğunu gözlemlemişlerdir; Miller ve Myers[69,71], aynı zamanda karıştırılmış materyalle yüklü bir şırınga kullanarak küçük bir miktar madde boşaltmışlar ve bu şekilde silikon ölçü maddelerinin reolojik özelliklerini incelemişler; materyalin artık el basıncıyla şırıngadan itilemediği zamanın, çalışma zamanının sonu olacağını düşünmüşlerdir. Ancak; kullanılan yöntemin her tip elastomer, özellikle de yüksek viskoziteli olanlar için elverişli olmaması ve fazla miktar maddeyi gerektirmesi bu yöntemin başlıca dezavantajlarıdır[69,70,71] .

Reisbick[72], bir ram ve silindir penetrometreyi; viskozitenin silikon ölçü maddelerinin netliği ve stabilitesi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla, viskoziteyi ölçmek için kullanmıştır.

Wilson[69,73] , her tip ölçü maddesi için çalışma ve sertleşme zamanının, viskozite artışının tahmininden elde edilmesini mümkün kılan bir reciprocating reometrenin kullanımını tarif etmiştir ve sertleşme zamanını, oluşan trasenin genişliğinin sabit olduğu andaki zaman olarak belirlemiştir. Daha sonra aynı şartlar altında penetrometre ve reciprocating reometre ile elastomerlerin sertleşme zamanını belirleyerek sonuçları karşılaştırmış ve ölçü maddelerinin sertleşme zamanını tayin etmede, reciprocating reometrenin kullanımının daha gerçekçi bir metod olduğunu ifade etmiştir[73] .

Mc Cabe ve Bowman[74], viskozitenin %50 artışına kadar geçen sürenin ölçü maddesinin çalışma süresini belirlemede elverişli bir metod olduğunu; uzun çalışma ve kısa sertleşme süresine sahip maddelerin en uygun ölçü maddeleri olduğunu ifade etmişlerdir[51,69].

Bir reciprocating reometre, İngiliz Standartlarda (British Standard, 4284:1968) tanımlanmıştır[63,73]. Bondoc ve arkadaşları[62] ,Chong[63], Mansfield ve Wilson[62,69,74], Yeh ve arkadaşları[63] , Mc Cabe ve Storer[63,69], Finger ve Ohsawa[63,69] ile Omori ve arkadaşları[75]; bir reciprocating reometreyi, elastomerlerin çalışma ve sertleşme

zamanları ile reolojik özelliklerini ölçmek için kullanmışlardır. Bu araştırmacılar, elastomerlerin sertleşme özelliği düşünüldüğünde, bu sürenin hem çalışma hem de sertleşme zamanını içerdiğini; geç yerleştirilen ölçü maddesi içinde iç gerilmeler oluştuğunu belirtmişler ve bu nedenle ölçü maddesinin karıştırıldıktan sonra mümkün olduğunca çabuk kullanılması gerektiği üzerinde durmuşlardır [62,63,69,74].

Arikawa ve arkadaşları[51,57,69], Wilson'un reciprocating reometresinin bir modifikasyonu olan bir titreşen (pulsating) reometreyi geliştirmişlerdir. Bunun, sertleşme esnasında gözlenen reolojik özellikler ile elastomerlerin çalışma ve sertleşme zamanlarının hesaplanmasını veren reometrik trasenin izlerini incelemek için uygun olduğunu ifade etmişlerdir[51,57].

Ölçü maddelerinin akması; Braden[62,75], Yeh ve arkadaşları[63] ile Finger ve Ohsawa[63,69] tarafından hem İngiliz Standart (BS, 4269, Part 1:1987) hem de Uluslararası Standart (ISO, 4823:1992) test işlemlerinde standart yoğunluk testi olarak kullanılan paralel plak plastometre ile tayin edilmiştir. Yoğunluk testinde, ölçü maddesinin standart bir hacmi, cam plaklar arasında bastırılarak yerleştirilmiş ve zamanın belirli bir uzunluğu için akmaya bırakılarak oluşan diskin çapı ölçülmüştür[32,63].

Alternatif olarak, Combe ve Moser[76], Vermilyea ve arkadaşları[77,78] ile Mc Cabe ve Bowman [74] tarafından, bir kapiller reometre kullanılarak da sıvı ve akışkan ölçü maddelerinin reolojik davranışı hakkında bilgi elde edilmesinin mümkün olduğu ileri sürülmüştür[76,77,78].

Stannard ve Craig[79] tarafından yörünge (heliopatik) reometre, Stannard ve Sadighi-Nouri[80] tarafından rotasyonel reometre kullanılarak ilave tip silikonların değişen fenil propiolik asit miktarları ilavesiyle sertleşme zamanlarını modifiye etmek amacıyla, polimer reaksiyonu incelenmiştir. Bu araştırıcılar, ilave silikonların çalışma zamanının çok kısa olduğunu ve baz/aktivatör oranındaki artışın çalışma zamanını uzattığını belirtmişlerdir[79,80].

Braden[62,69,75], Braden ve arkadaşları[69,75], Hertfort ve arkadaşları[51,62,69]; Koran ve arkadaşları[27,57], Peutzfeldt ve Asmussen [63], Stannard[57] ile Eyre ve arkadaşları[81]; ölçü maddelerinin reolojik özelliklerinin, rotasyonel bir reometre kullanılarak tayin edilebileceğini göstermişlerdir[62,69,75,81].

Rotasyonel cihaz, Jorgensen[51] ile De Araujo ve arkadaşları[51,57] tarafından da kullanılmıştır. Bu araştıcılar elastomerlerin sürünme (creep) eğrilerini değerlendirmişlerdir[51,57].

Elastomerik ölçü maddelerinin polimerizasyonu ve polimerizasyon boyunca viskozitedeki değişiklikler, Cook[27,57,82] tarafından bir kon ve plak rotasyonel reometre kullanılarak reolojik metotlar ile ölçülmüştür. Sertleşen maddelerin gerilme gevşeme (stres relaxation) modülüsünün baz/aktivatör oranına ve diluent seviyesine olan bağımlılığı, ağ örgüsü yapısını açıklamak için kullanılmıştır. Gerilme gevşeme modülüsü, iki teknik kullanılarak ölçülmüştür; birinci teknikte, örnekler bir çekme test cihazında sıkıştırılmış; ikinci teknikte, eş eksenli silindir geometresi kullanılmıştır [57,63].

Jamani ve arkadaşları[69] , elastomerik ölçü maddelerinin yoğunluğunu, çalışma ve sertleşme zamanını belirlemek için "comprheometre" (compression ve rheometre kelimelerinden türetilmiştir) olarak bilinen, gerinim kontrollü bir geliştirilmiş cihazı tanımlamışlardır. Gerilme kontrollü bir reometrede, maddeye gerilme uygulanıp oluşan gerinim (deformasyon) ölçülürken; bu cihazın çalıştırılma prensibi sabit bir sıkıştırıcı gerinimin uygulanmasını ve oluşan gerilmenin ölçülmesini içermektedir[69].

Yine Jamani ve arkadaşları[17,83], sertleşme zamanında elastik düzelme değerlerini tayin etmek için bir "shearrheometre" geliştirmişlerdir. Kısa bir süre için materyal içinde bir makaslama gerilmesi oluşturulmuş ve oluşan düzelme grafik olarak kaydedilmiştir. Sonuçlar, başlangıçtan sertleşme süresi sonrasına kadar elastik düzelmede önemli bir gelişme olduğunu göstermiştir. Aynı donatım Jamani ve

arkadaşları[83] tarafından, hem karıştırmadan 30 sn sonra hem de sertleşme zamanında elastomerik ölçü maddelerinin esnekliğini tayin etmek için kullanılmıştır[83].

Inoue ve Wilson[51], Bovis ve arkadaşlarının[69] kompozit maddeler için dizayn ettikleri titreştirici (oscillating) reometrenin bir modifikasyonunu elastomer maddeler için kullanmışlardır. Pek çok araştırmacı tarafından da oscillating reometrenin, sertleşme boyunca elastomerik ölçü maddelerinin reolojik özelliklerini ölçmek için uygun olduğu bulunmuştur [28,51,84,85].

Inoue ve Wilson[51], Finger ve Ohsawa[69] ile Mc Cabe ve Carrick[86]; oscillating reometreyle elastomerlerin çalışma ve sertleşme zamanları ile viskoelastik özelliklerini incelemişler ve reolojik parametrelerin dağılımını değerlendirmişlerdir[51,69,86].

Oscillating reometre, silikon ölçü maddelerinin sertleşme özellikleri üzerinde lastik eldivenin etkisini inceleyen Rosen ve arkadaşları[63] tarafından da kullanılmıştır.

Abuasi[87], "displacement reometre" adını verdiği, Wilson reometrenin bir modifikasyonu olan yeni bir gerilme kontrollü reometre geliştirmiştir ve bu metodla ile 5 elastomer maddenin çalışma ve sertleşme zamanını ölçmüştür. Bunun diğer metodlardan farklı olmadığını belirtmiştir[87].

Reolojik çalışmalardaki başlıca deneysel hedef; bir madde deforme edildiğinde, elastik olarak ne kadar enerjiyi sakladığını ve visköz akmada ne kadar enerjiyi kaybettiğini belirlemektir. Viskoelastik maddeler gerilmeye maruz kaldıklarında, enerjinin bir kısmı deforme edilen sistemin değişik kısımlarıyla elastik olarak saklanmaktadır, enerjinin kalan miktarı akan sistemin değişik kısımlarıyla ısı gibi dağıtılmaktadır [64,65].

III. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı ve Gaziantep Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; baz ve aktivatör maddelerden oluşan farklı marka ve yoğunluktaki silikon ve polieter esaslı elastomerik ölçü maddelerinin in vitro koşullarda;

* **baz** ve **aktivatör** bileşenlerinin maddeler **karıştırılmadan önce** gösterdikleri reolojik özellikler (**düşük viskoziteli** maddeler için **görünen-apparent-viskozite** değerleri ve **diğer viskozitelerdeki** maddeler için **dinamik viskozite ve tanjant delta değerleri**) ile

* baz ve aktivatör bileşenlerin karıştırılmasıyla elde edilen **karışımların sertleşme boyunca** gösterdikleri reolojik özellikleri (**dinamik viskozite ve tanjant delta değerleri**) incelemek ve

* **baz-aktivatör maddeler** ile elde edilen **karışımların** reolojik özelliklerinin kendi aralarında karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

1. Araştırmada Kullanılan Materyaller

1. Kondanse reaksiyonlu silikon esaslı ölçü maddeleri (Durosil L, DurosilS, Spedex Putty, Spedex Light, Dent a Scon Ultra, Dent a Scon Universal)
2. İlave reaksiyonlu silikon esaslı ölçü maddeleri (Aquasil Soft Putty, Aquasil Monophase DECA, Panasil Putty,Panasil Contact Plus, Reprosil)
3. Polieter esaslı ölçü maddeleri (Impregum F, Permadyne L, PermadyneH)
4. Rheo Stress 1 reometre (Haake, Germany)
5. Peltier Sıcaklık Kontrol Ünitesi (TCP/P, Haake, Germany)
6. Sensor (Kon-plak, C/35/2° Ti, Haake, Germany)
7. Termostat Sirkülator Kutusu (K/10, PC/10, Haake, Germany)
8. Kompresör (Carot 106/E, Germany)
9. Kronometre (Germany)
10. Spatül, karıştırma kağıdı (Dent a Scon Dosage Scale, Dentsply, De Trey, D-78467, Konstanz, Germany)
11. Applyfix 2, otomatik karıştırma tabancası, kartuş ve karıştırma uçları (Kettenbach,D-35713, Eschenburg, Germany)

Araştırmada materyal olarak, Tablo.1'de yer alan kondanse ve ilave reaksiyonlu silikon esaslı ölçü maddeleri ile polieter esaslı elastomerik ölçü maddeleri seçilmiştir.

ÜRÜN ADI	ÜRETİCİ FİRMA	SERTLEŞME TİPİ	YOĞUNLUK	TAKIM NO
Dent-a-scon ultra	De Trey/Dentsply D-78467 Konstanz	Kondanse Silikon	Düşük	01/01
Dent-a-scon universal	De Trey/Dentsply D-78467 Konstanz	Kondanse Silikon	Düşük	01/01
Durosil L	President, Elly-Stoegmeyr,80999, München	Kondanse Silikon	Çok yüksek	06/01
Durosil S	President, Elly-Stoegmeyr,80999, München	Kondanse Silikon	Düşük	06/01
Speedex Putty	Coltène/Whaledent, D-78462 Konstanz	Kondanse Silikon	Çok yüksek	05/00
Speedex Light	Coltène/Whaledent, D-78462 Konstanz	Kondanse Silikon	Düşük	05/00
*Aquasil Monophase FS DECA	De Trey/Dentsply D-78467 Konstanz	İlave Silikon	Orta	02/00
Aquasil Soft Putty	De Trey/Dentsply D-78467 Konstanz	İlave Silikon	Yumuşak çok yüksek	10/00
Panasil Putty	Kettenbach D-35713 Eschenburg	İlave Silikon	Çok yüksek	07/00
*Panasil contact plus	Kettenbach D-35713 Eschenburg	İlave Silikon	Düşük	04/00
Reprosil	Caulk/Dentsply, Milford, DE, 19963-0359	İlave Silikon	Çok yüksek	03/01
Impregum F	ESPE, D-82229, Seefeld	Polieter	Orta	11/00
Permadyne L	ESPE, D-82229, Seefeld	Polieter	Düşük	02/00
Permadyne H	ESPE, D-82229, Seefeld	Polieter	Yüksek	03/01

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Ticari Elastomerik Esaslı Ölçü Maddeleri

(* Otomatik karıştırma sistemli ölçü maddeleri)

Resim 1'de çalışmada kullanılan bütün elastomerik esaslı ölçü maddeleri birarada; Resim 2'de kondanse reaksiyonlu silikon esaslı ölçü maddeleri, Resim 3'de ilave reaksiyonlu silikon esaslı ölçü maddeleri ve Resim 4'de polieter esaslı ölçü maddeleri yer almaktadır.



Resim 1. Çalışmada Kullanılan Elastomerik Esaslı Ölçü Maddeleri



Resim 2. Çalışmada Kullanılan Kondanse Reaksiyonlu Silikon Ölçü Maddeleri



Resim 3. Çalışmada Kullanılan İlave Reaksiyonlu Silikon Ölçü Maddeleri



Resim 4. Çalışmada Kullanılan Polieter Esaslı Ölçü Maddeleri

Deneyler, bir Peltier sıcaklık kontrol ünitesi (TCP/P, Haake, Germany) ve bir termostat (K/10, PC/10, Haake, Germany) ile donatılmış gerilme kontrollü bir reometre cihazı (Rheo Stress 1 reometre, Haake, Germany) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bir sirkülasyon ünitiyle birlikte olan Peltier sıcaklık kontrol ünitesi, kullanıcıya -40°C ile 85°C arası sıcaklıklarda ölçüm yapma imkanı vermektedir. Reometre cihazı, hava yastıklı bir cihaz olduğu için kompresör yardımıyla çalışmaktadır. Kullanılan kompresörün (Carot 106/E), çıkışı 4 bar, gelişi 6 bardır ve yaklaşık 2.9 bar filtreye sahiptir.

Çalışmada kullanılan Haake marka gerilme kontrollü reometre cihazının, 10^{-4} -10^{2} Hz'lik frekans aralığı mevcuttur; 10^{2}-10^{5} MPas oranında viskozite değerleri ölçülebilmekte ve 0.05-1500 sn^{-1} oranlarında makaslama oranı aralığı elde edilebilmektedir.

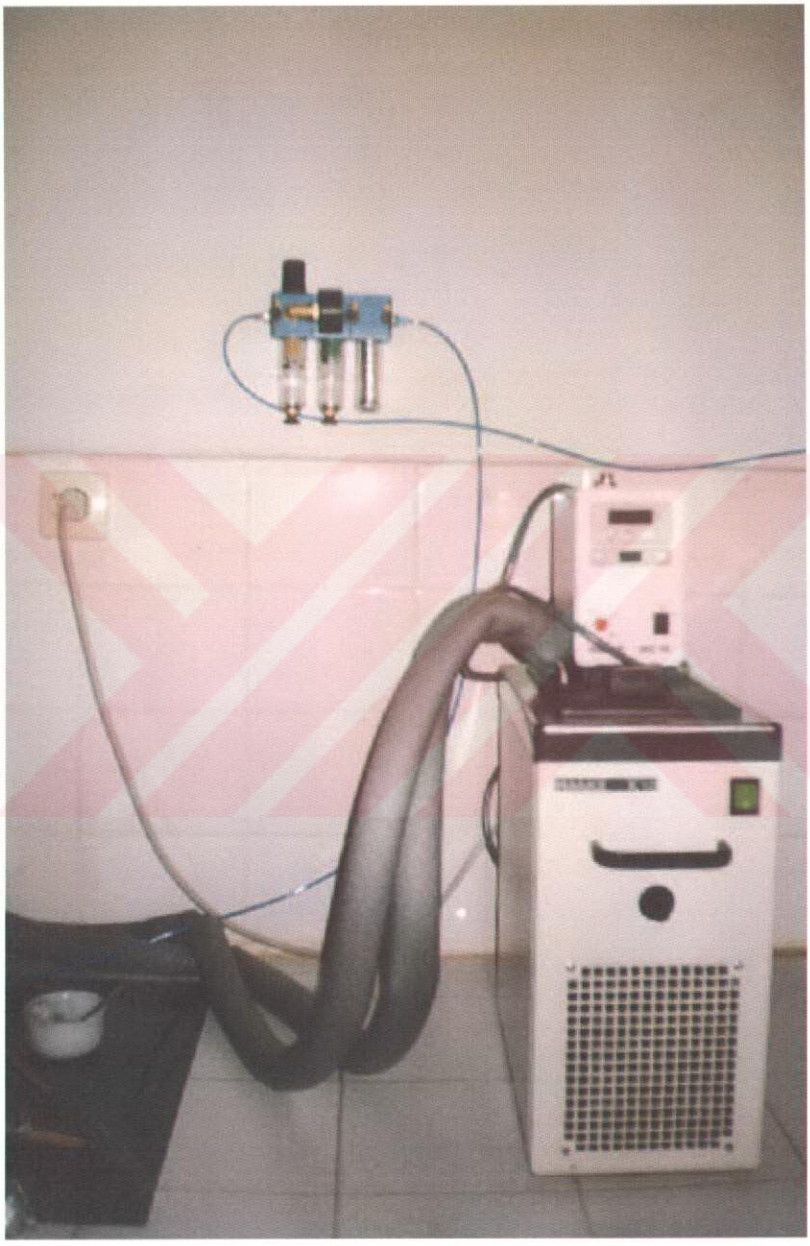
Kontrollü sıcaklık sağlamak için kullanılan sensör, bir kon-plak geometrisindedir. Titanyum'dan yapılmış olan sensörün çapı 3.5 cm, açısı 2° dir. Bilgisayar bağlantılı cihazda deneyler RheoWin Job Manager Program'da yapılmış; elde edilen grafikler ve sayısal verilerle, viskozite ve tanjant delta değerleri RheoWin Data Manager Program kullanılarak hesaplanmıştır.

Resim 5'de gerilme kontrollü reometre cihazı, Resim 6'da termostat sirkülator kutusu, Resim 7'de kompresör görülmektedir. Resim 8 ile 9'da deney öncesi bilgisayarda Rheo Win Job Manager Programı'nda yapılan ayarlamalar ve Resim 10'da ise deney yapımı esnasından bir görüntü yer almaktadır.

Enstrüman tamamen bilgisayar desteklidir ve Rheo Win programı deney boyunca ekran üzerinde görünen grafik veriler ile deneylerin kontrolünü sağlamaktadır. Kayıtlar, bir yazıcıya çıkarılabilmektedir veya sonuçlar istendiğinde yeniden incelenmek üzere hard diskete kaydedilerek bilgi saklanabilmektedir.



Resim 5. Rheo Stress 1 Reometre Cihazı



Resim 6. Termostat Sirkülator Kutusu



Resim 7. Kompresör



Resim 8. Deney Öncesi Rheo Win Job Manager'da Ayarlamaların Yapılması



Resim 9. Rheo Win Job Manager'da Sıcaklık Ayarlamaları Yapılması



Resim 10. Deney Esnasından Bir Görünüm

2. Deney Tasarımı

Araştırmanın amaçları doğrultusunda yapılan deneyler iki temel aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada; **baz** ve **aktivatör** maddelerden oluşan ölçü maddelerinin **karıştırılmadan önceki** reolojik özellikleri, ikinci aşamada ise maddeler **karıştırıldıktan sonraki** reolojik özellikleri incelenmiştir. Bu aşamalar şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

1. Baz ve **aktivatör** maddelerden oluşan ölçü maddelerinin **karıştırılmadan önce** reolojik özelliklerini incelemek için;

* Maddeler **baz** ve **aktivatör** olarak iki grupta toplandı.

* **Baz** ve **aktivatör** maddeler de kendi aralarında yoğunluklarına göre iki gruba ayrıldı.

* **Düşük yoğunluk** gösteren **akışkan (visköz) baz** ve **aktivatör** maddeler **akma (flow) testi**ne tabi tutuldular.

* **Orta, yüksek ve çok yüksek yoğunluk**ta bulunan **viskoelastik maddeler** oldukları düşünülen, **baz** ve **aktivatör** maddelere ise öncelikle viskoelastisitelerinden emin olmak için **sürünme-gevşeme deneyleri (creep recovery)** uygulandı. Yapılan test sonucunda bu yoğunluklardaki maddelerin ikisi (Aquasil monofaz baz ve aktivatör maddeler) dışında diğerlerinin viskoelastik yapıda oldukları doğrulandı.

* Daha sonra **viskoelastik** yapıdaki **baz** ve **aktivatör** maddelere **dinamik mekanik-titreştirici-testler (frekans sweep test)** uygulandı.

2. Baz ve **aktivatör** maddelerden oluşan ölçü maddelerinin **karıştırıldıktan sonra** sertleşme boyunca gösterdikleri reolojik özeliklerini incelemek için ise, **dinamik mekanik-titreştirici-testler (frekans time test)** uygulandı.

3. Deney Süreci

Deney tasarımının birinci aşamasında **Akma (Flow) Testi** uygulanan **düşük yoğunluk** gösteren **akışkan (visköz)** yapıdaki **baz** maddeler şunlardır:

-Dent a Scon Ultra, Dent a Scon Universal, Durosil S, Speedex Light (Kondanse silikon)

-Panasil Contact Plus (İlave silikon)

-Permadyne L (Polieter).

Aktivatör maddeler ise;

- Dent a Scon Likit, Paste Hardener (Kondanse silikon)

- Panasil Contact Plus aktivatör (İlave silikon)dür.

Bu grup maddelere, daha sonradan yapılan sürünme-gevşeme testi sonucunda, visköz karakterde oldukları tespit edilen Aquasil monofaz baz ve aktivatör maddeleri (İlave silikon) ilave edilmiştir.

Deneyler, bilgisayar program destekli Haake marka reometre cihazına **"Akma Testi"** için ilgili programın yüklenmesi suretiyle RheoWin Job Manager'da gerçekleştirildi., Yukarıda sıralanan visköz yapıdaki her bir baz ve aktivatör madde; kon açısı 2° olan, 3.5 cm çapında kon-plak geometrisine sahip cihazın test plağını 1 mm yükseklikte örtecek şekilde tüpten test plağı üzerine sıkılarak yerleştirildi. Ancak; Dent a Scon Ultra ve Dent a Scon Universal maddelerinin aktivatör maddesi olan Dent a Scon Likit, sıvı olması nedeniyle test örneği 1mm yüksekliğinde şekillendirilemedi. Bunun üzerine cihazın kullanma talimatı doğrultusunda test örneği 0.107 mm aralıkta şekillendirildi. Akma Testi deneyleri, **23°C± 0.01** sıcaklık ve **0-300 sn^{-1}** lik makaslama oranı aralığında, **600 sn'**de gerçekleştirildi. Her deney örneği için bu testler 3'er kez yinelenerek, 21 deney baz maddeler, 12 deney aktivatör maddeler için olmak üzere toplam 33 tane Akma Testi yapıldı.

Her bir baz ve aktivatör madde için deney sonunda elde edilen; tork büyüklüğü ve kon-plak geometrisinden hesaplanan **makaslama gerilmesi (τ)** ve frekans ve açısal yerdeğiştirme büyüklüğünden hesaplanan **makaslama oranı (γ')** değerleri, Newtonumsu akışkanlar ve makaslama incelmesi (Pseudoplastik) davranışı gösteren maddelerin viskozitelerini hesaplamak için kullanılan $\eta = \tau / \gamma$ formülüne uyarlanarak her bir maddenin **görünen-apparent-viskozite** değerleri hesaplandı.

Deney tasarımının birinci aşamasında; **orta, yüksek ve çok yüksek yoğunluk** kıvamlarında bulunmaları nedeniyle **viskoelastik maddeler** oldukları düşünülen, **baz** ve **aktivatör** maddelere, **dinamik mekanik-titreştirici-testler (frekans sweep test)** uygulanmadan önce viskoelastisitelerinden emin olmak için **sürünme-gevşeme deneyleri (creep recovery)** uygulandı.

Viskoelastik ve solid maddelerle **dinamik mekanik testler** yapılmadan önce, **linear viskoelastik aralığın** belirlenmesi amacıyla linear kısımdan en son sapmadan önce herhangi bir gerilme (deformasyon) noktasının belirlenip o nokta altında çalışılması zorunluluğu nedeniyle; öncelikle linear viskoelastik bölgeyi tayin etmek için 50 ile 2000 Pa aralığında, maddelerle ön çalışmalar yapıldı. Bu çalışmalarda, maddelerin 300 Pa'a kadar linear özellik gösterdikleri, daha sonra sapmaların olduğu gözlendi ve deneylerin 100 Pa'da gerçekleştirilmesine karar verildi.

Sürünme-Gevşeme Testlerinin uygulandığı viskoelastik madde oldukları düşünülen **baz** maddeler şunlardır:

-Durosil L, Speedex Putty (Kondanse silikon)

-Aquasil Putty, Aquasil monofaz, Panasil Putty, Reprosil Putty (İlave silikon)

-Impregum F, Permadyne H (Polieter).

Aktivatör maddeler ise;

-Aquasil Putty aktivatör, Aquasil Monofaz aktivatör, Panasil Putty aktivatör, Reprosil aktivatör (İlave silikon)

-Impregum F aktivatör, Permadyne aktivatör (Polieter)dür.

Deneyler, bilgisayar program destekli Haake marka reometre cihazına **"Sürünme-Gevşeme Testi"** için ilgili programın yüklenmesi suretiyle RheoWin Job Manager'da (creep recovery modunda) gerçekleştirildi. Yukarıda sıralanan her bir baz ve aktivatör madde; kon-plak geometrisine sahip cihazın test plağını 1 mm yükseklikte örtecek şekilde test plağı üzerine sıkılarak yerleştirildi. Her deney; **23°C± 0.01** sıcaklıkta sürünme (creep) testi için **500sn 100 Pa** gerilmede, gevşeme (recovery) testi için **500 sn 0 Pa** gerilme altında toplam **1000 sn** süreyle yapıldı. Testler; Aquasil Monofaz baz ve aktivatör maddeler için 1'er, diğer deney örnekler için 3'er kez yinelenerek, 22 deney baz maddeler, 16 deney aktivatör maddeler için olmak üzere toplam 38 tane Sürünme-Gevşeme Testi yapıldı.

Statik bir test olan Sürünme-Gevşeme Testi sonuçları, grafik çıktılar olarak alındı. Grafik çıktılarının temel karakterine göre maddeler; elastik, visköz ve viskoelastik maddeler olarak belirlendi (Şekil 19 ve 20). Test sonucu Aquasil monofaz maddesinin baz ve aktivatör bileşenlerinin visköz yapıda oldukları, diğerlerinin elastik ve viskoelastik yapıda oldukları kanıtlandı.

Deney tasarımının birinci aşamasında; **sürünme-gevşeme deneyleri** sonucunda **viskoelastik maddeler** oldukları ispatlanan, **baz** ve **aktivatör** maddelere, bu defa **dinamik mekanik-titreştirici-testler (frekans sweep test)** uygulandı.

Dinamik mekanik-titreştirici-bir test olan **Frekans Sweep Testi** uygulanan viskoelastik **baz** maddeler:

-Durosil L, Speedex Putty (Kondanse silikon)

-Aquasil Putty, Panasil Putty, Reprosil Putty (İlave silikon)

-Impregum F, Permadyne H (Polieter).

Aktivatör maddeler ise;

-Aquasil Putty aktivatör, Panasil Putty aktivatör, Reprosil aktivatör (İlave silikon)

-Impregum F aktivatör, Permadyne aktivatör (Polieter).

Deneyler, bilgisayar program destekli Haake marka reometre cihazına **"Frekans Sweep Testi"** için ilgili programın yüklenmesi suretiyle RheoWin Job Manager'da (titreşim-oscillating- modunda) gerçekleştirildi. Yukarıda sıralanan her bir baz ve aktivatör madde; kon-plak geometrisine sahip cihazın test plağını 1 mm yükseklikte örtecek şekilde test plağı üzerine doğrudan tüpten sıkılarak veya spatül ve parmaklar yardımıyla yerleştirildi. Dinamik mekanik frekans sweep testi için deneyler; **23°C± 0.01** sıcaklıkta, **100 Pa** gerilmede ve **0.1-100 Hz** frekans aralığında, **1170 sn**'de yapıldı. Her deney örneği için testler 3'er kez yinelenerek, 21 deney baz maddeler, 15 deney aktivatör maddeler için olmak üzere toplam 36 tane Frekans Sweep Testi yapıldı.

Bu test sonucunda, test edilen her bir baz ve aktivatör maddeden elde edilen verilerden yararlanılarak **dinamik viskozite** ve **tanjant delta** değerleri hesaplandı. Bu amaçla, $\eta' = G'' / \omega$, $\tan\delta = G'' / G' = \eta' \omega / G'$ formülleri kullanıldı.

Deney tasarımının ikinci aşamasını gerçekleştirmek üzere; **baz** ve **aktivatör** maddelerden oluşan elastomerik ölçü maddelerinin **karışımlarının** sertleşme boyunca gösterdikleri reolojik özeliklerini saptamak üzere, bir diğer **dinamik mekanik test** olan **Frekans Time Testi** uygulandı.

Frekans Time testlerinin uygulandığı **silikon ve polieter esaslı ölçü maddeleri**:

-Dent a Scon Ultra, Dent a Scon Universal, Durosil S, Durosil L, Speedex Light, Speedex Putty (Kondanse silikon)

-Aquasil Monofaz DECA, Aquasil Putty, Panasil Contact Plus, Panasil Putty, Reprosil Putty (İlave silikon)

-Impregum F, Permadyne H, Permadyne L (Polieter).

Bu test grubunda kullanılan ölçü maddelerinden, bazı baz maddelerin aktivatör maddeleri ortaktır. Bunlardan; Dent a Scon Ultra ve Dent a Scon Universal baz maddelerin aktivatörü Dent a Scon Likit aktivatör; Durosil L ve Durosil S ile Speedex Light

ve Speedex Putty baz maddelerin aktivatörü Paste Hardener; Permadyne H ve Permadyne L baz maddelerin aktivatörü ise Permadyne aktivatördür.

"Frekans Time Testi" için, bilgisayar program destekli Haake marka reometre cihazına ilgili programın yüklenmesi suretiyle deneyler, RheoWin Job Manager'da (titreşim-oscillating- modunda) gerçekleştirildi. Yukarıda sıralanan baz ve aktivatör maddelerden oluşan her bir ölçü maddesi; üretici firmanın önerileri doğrultusunda ve önerdikleri çalışma süresinde bir kronometre, karıştırma kağıdı, spatül veya otomatik karıştırıcı sistem gibi yardımcı malzemeler ile hava kabarcığı oluşturmaksızın karıştırılarak, bir spatül yardımıyla veya otomatik karıştırıcı ucundan doğrudan kon-plak geometrisine sahip cihazın test plağını 1 mm yükseklikte örtecek şekilde test plağı üzerine yerleştirildi. Karıştırma başladıktan 1 dakika sonra ölçüm yapılmaya başlandı. Bu "0" (sıfır) zamanı göstermektedir. Frekans Time testi için deneyler; **37°C± 0.01** sıcaklıkta, **100 Pa** gerilmede ve çalışma zamanı bitiminden itibaren sertleşme zamanını kapsayacak şekilde **300 sn** süreyle yapıldı. Her deney örneği için testler 3'er kez yinelenerek, 18 deney kondanse silikon esaslı ölçü maddeleri, 15 ilave silikon esaslı ölçü maddeler ve 9 deney de polieter esaslı ölçü maddeleri için olmak üzere toplam 42 tane Frekans Time Testi yapıldı.

Bu test sonucunda da, yine test edilen karışım maddelerinden elde edilen verilerden yararlanılarak **dinamik viskozite** ve **tanjant delta** değerleri hesaplandı. Bu amaçla da , $\eta' = G'' / \omega$, $\tan\delta = G'' / G' = \eta' \omega / G'$ formülleri kullanıldı.

Bu şekilde toplam 149 deney gerçekleştirildi. Deneylerden elde edilen verilerle; Akma Testi için hesaplanan **görünür viskozite değeri** ile Dinamik Mekanik-Titreştirici Testler (Frekans Sweep ve Frekans Time Testleri) için hesaplanan **dinamik viskozite** ve **tanjant delta** değerleri esas alınarak araştırma amaçlarına uygun olan istatistik metotlar uygulandı.

-**Akışkan (visköz)** yapıdaki **baz** ve **aktivatör** maddelere 23°C±0.01' de, 0-300 makaslama oranı (1/sn) aralığında uygulanan **Akma (Flow) Testi** sonucunda hesaplanan **görünen-apparent-viskozite** (Pas) değerlerinin istatiksel değerlendirmesini saptamak amacıyla, ilk ölçümün yapıldığı "0" makaslama oranı ile son ölçümün yapıldığı "250." makaslama oranı arasında (0,50,100,150,200,250 olmak üzere) 5 periyodik makaslama oranı aralığı belirlendi. Maddeler kimyasal özelliklerine göre **baz** ve **aktivatör** olarak iki grup halinde karşılaştırıldı. Bu amaçla sırasıyla ; **"0." makaslama oranı ile "50." makaslama oranı**, **"50." makaslama ile "100." makaslama oranı, ..." 200." makaslama oranı ile "250." makaslama oranı**'ndaki **görünen viskozite** değerlerinin birbirinden farklı olup olmadığını test etmek için eşleştirilmiş örneklerde kullanılan non-parametrik bir test yöntemi olan **"Wilcoxon Testi"** uygulandı. Değerler, normal dağılıma uymadığı ve çok geniş aralıkta yer aldığı için, bu test yöntemi seçilmiştir. Daha sonra **baz** ve **aktivatör** madde gruplarının kendi aralarındaki değişim yüzdeleri **"Mann-Whitney U Testi"** ile hesaplanmıştır. Bu da non-parametrik bir test yöntemidir.

-**Viskoelastik** yapıdaki **baz** ve **aktivatör** maddelere 23°C±0.01'de 0.1-100 Hz frekans aralığında uygulanan **Frekans Sweep Testi** sonucu hesaplanan **dinamik viskozite** (Pas) ve **tanjant delta** değerlerinin istatiksel değerlendirmesini saptamak amacıyla, ilk ölçümün yapıldığı "0.1." frekans ile son ölçümün yapıldığı "10." Frekans arasında (0.1,1 ve 10 olmak üzere) 2 periyodik frekans aralığı belirlendi. Maddeler kimyasal özelliklerine göre **baz** ve **aktivatör** olarak iki grup halinde karşılaştırıldı. Bu amaçla baz ve aktivatör maddelerin sırasıyla; **"0.1." frekans ile "1."frekans**, **"1." frekans ile "10." frekans** 'daki **dinamik viskozite** ve **tanjant delta** değerlerinin birbirinden farklı olup olmadığını test etmek için non-parametrik bir test yöntemi olan **"Wilcoxon Testi"** uygulandı. Daha sonra kimyasal özelliğine göre baz maddelerin (3 tür) **dinamik viskozite** ve **tanjant delta** değerlerinin değişim yüzdeleri, **"Kruskal Wallis Analizi"** ile hesaplandı. Veriler normal dağılıma uymadığından ve denek sayısı az olduğundan **"Tek Yönlü Varyans Analizi"**nin non-parametrik karşılığı olan **"Kruskal**

Wallis Analizi" kullanıldı. Yapılan bu analizle kimyasal özelliklerine göre 3 gruba ayrılan maddeler arasında fark bulunması durumunda, hangi grupların birbirinden farklı olduğunu belirlemek amacıyla **"Çoklu Karşılaştırma Testi"** uygulandı. Kimyasal özelliğine göre aktivatör maddelerin (2 tür) **dinamik viskozite** ve **tanjant delta** değerlerinin değişim yüzdeleri ise non-parametrik **"Mann-Whitney U Testi"** ile hesaplandı.

Baz ve **aktivatör** bileşenlerin **karışımlarına** 37°C±0.01'de 1 Hz frekans aralığında 300 sn uygulanan **Frekans Time Testi** sonucu hesaplanan **dinamik viskozite** (Pas) ve **tanjant delta** değerlerinin istatiksel değerlendirmesini saptamak amacıyla da, ilk ölçümün yapıldığı "0."saniye (karıştırmanın başlamasından 1 dakika sonra) ile son ölçümün yapıldığı "300." saniye arasında (0,50,100,150,200,250,300 olmak üzere) 6 periyodik zaman aralığı belirlendi. **Kondanse silikon**, **ilave silikon** ve **polieter** maddeler olarak üç gruba ayrılan maddelere, kendi grupları arasında sırasıyla ; **"0" zaman** ile **"50." zaman, "50. zaman** ile **"100." zaman... "250. zaman** ile **"300." zaman** 'daki **dinamik viskozite** ve **tanjant delta** değerlerinin birbirinden farklı olup olmadığını test etmek için non-parametrik bir test yöntemi olan **"Wilcoxon EşleştirmeTesti"** uygulandı. Daha sonra **kondanse silikon**, **ilave silikon** ve **polieter** madde grupları arasındaki değişim yüzdeleri, **"Kruskal Wallis Analizi"** ile hesaplandı. Bu analizle fark bulunduğunda , hangi grupların birbirinden farklı olduğu ise **"Çoklu Karşılaştırma Testi"** kullanılarak test edildi.

IV. BULGULAR

Bu bölümde, araştırmada kullanılan silikon ve polieter esaslı ölçü maddelerinin incelenen reolojik özellikleri şu üç temel grup altında sunulmaktadır:

1. Akma Testleri Bulguları (baz ve aktivatör bileşenler karıştırılmadan önce uygulanan akma testlerine ilişkin bulgular)

2. Frekans Sweep Testleri Bulguları (baz ve aktivatör bileşenler karıştırılmadan önce uygulanan dinamik testlere ilişkin bulgular)

3. Frekans Time Testleri Bulguları (baz ve aktivatör bileşenler karıştırıldıktan sonra uygulanan dinamik testlere ilişkin bulgular).

*Akma Testleri Bulgularından elde edilen **görünen viskozite değerleri**;

*Frekans Sweep Testleri Bulgularından elde edilen **dinamik viskozite** ve **tanjant delta değerleri** ile

*Frekans Time Testleri Bulgularından elde edilen **dinamik viskozite** ve **tanjant delta değerleri**ne dayalı olarak; istatistik analiz tekniklerinden Wilcoxon Eşleştirme Testi, Mann-Whitney U Testi, Kruskal Wallis Analiz Testi ve Çoklu Eşleştirme Testleri kullanılmıştır.

4.1. AKMA TESTLERİ BULGULARI

Akma Testleri Bulguları, Tablo 2-17'de ve Grafik 1-13 'de yer almaktadır.

Akma Testi uygulanan akışkan (düşük viskoziteli) baz ve aktivatör maddelerin kimyasal özelliklerine göre dağılımı Tablo 2 'de görülmektedir.

Tablo 2. Akma Testi Uygulanan Maddelerin Kimyasal Özelliklerine Göre Dağılımı

Madde Türü	Deney Sayısı (n)	Yüzde(%)
Kondanse silikon	18	54.5
İlave silikon	12	36.4
Polieter	3	9.1
Toplam	33	100.0

Akma Testi uygulanan akışkan maddelerin baz ve aktivatör olma durumlarına göre dağılımı Tablo 3 'de yer almaktadır.

Tablo 3. Akma Testi Uygulanan Baz ve Aktivatör Maddelerin Dağılımı

Maddelerin İçeriği	Deney Sayısı (n)	Yüzde (%)
Baz	21	63.6
Aktivatör	12	36.4
Toplam	33	100.0

4.1.1. Kimyasal Özelliklerine Göre Baz Maddelere Uygulanan Akma Testi Bulguları

Akma Testi uygulanan akışkan baz maddelerin kimyasal özelliklerine ve ticari isimlerine göre dağılımları Tablo 4 ve 5'de bulunmaktadır.

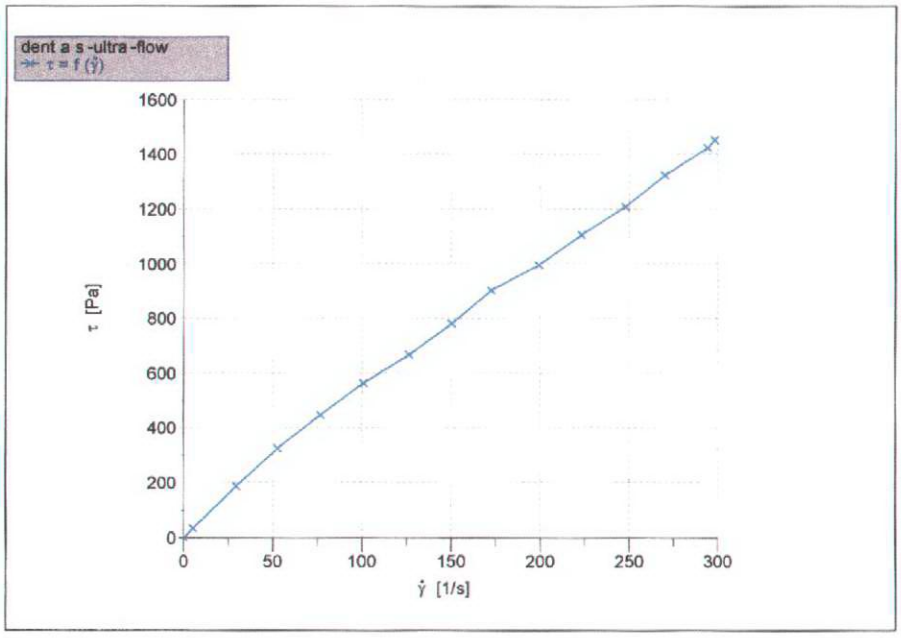
Tablo 4. Akma Testi Uygulanan Baz Maddelerin Kimyasal Özelliklerine Göre Dağılımı

Madde Türü	Deney Sayısı (n)	Yüzde (%)
Kondanse Silikon	12	57.1
İlave Silikon	6	28.6
Polieter	3	14.3
Toplam	21	100.0

Tablo 5. Akma Testi Uygulanan Baz Maddelerin Dağılımı

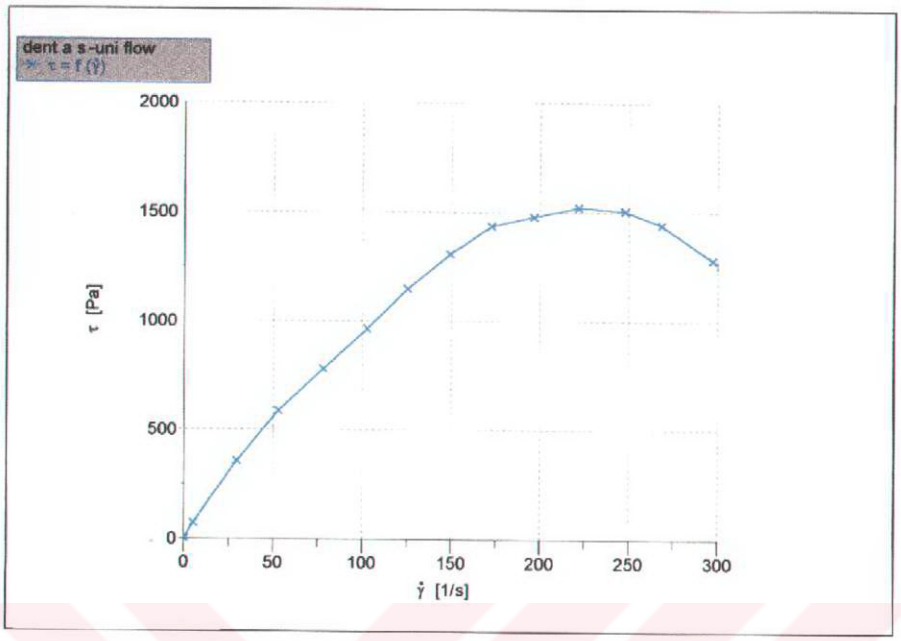
Madde Türü	Maddelerin İsimleri	Deney Sayısı (n)	Yüzde (%)
Kondanse silikon	Denta scon Ultra	3	14.3
Kondanse silikon	Denta scon Universal	3	14.3
Kondanse silikon	Durosil S	3	14.3
Kondanse silikon	Speedex Light	3	14.3
İlave silikon	Aquasil Monofaz	3	14.3
İlave silikon	Panasil Contact Plus	3	14.3
Polieter	Permadyne L	3	14.3
Toplam		21	100.0

Akma Testi uygulanan baz maddeler Grafik 1-7 arasında yer almaktadır.

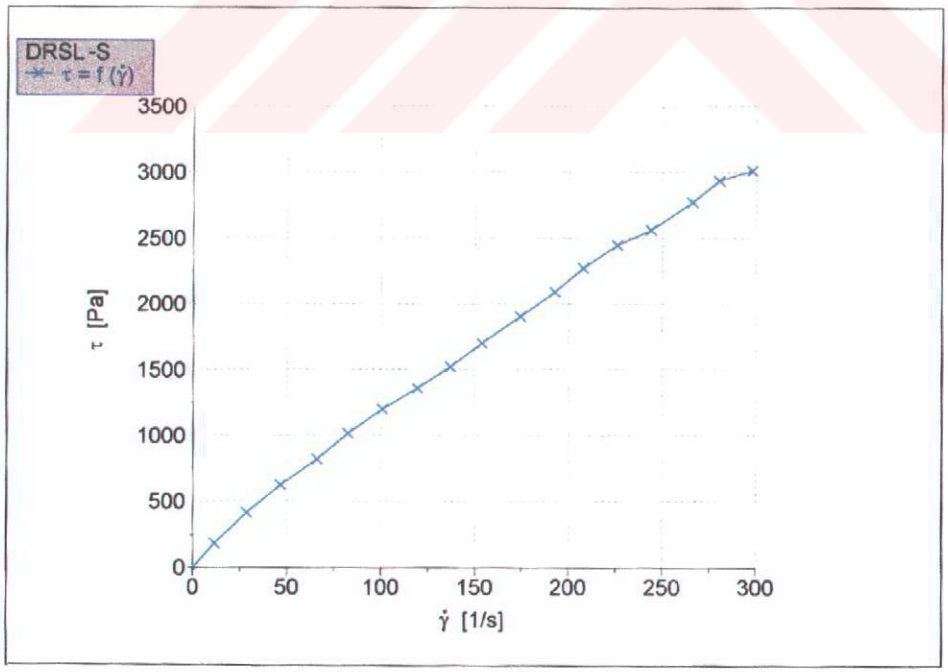


Grafik 1. Akma Testi Uygulanan Dent a Scon Ultra Baz Madde

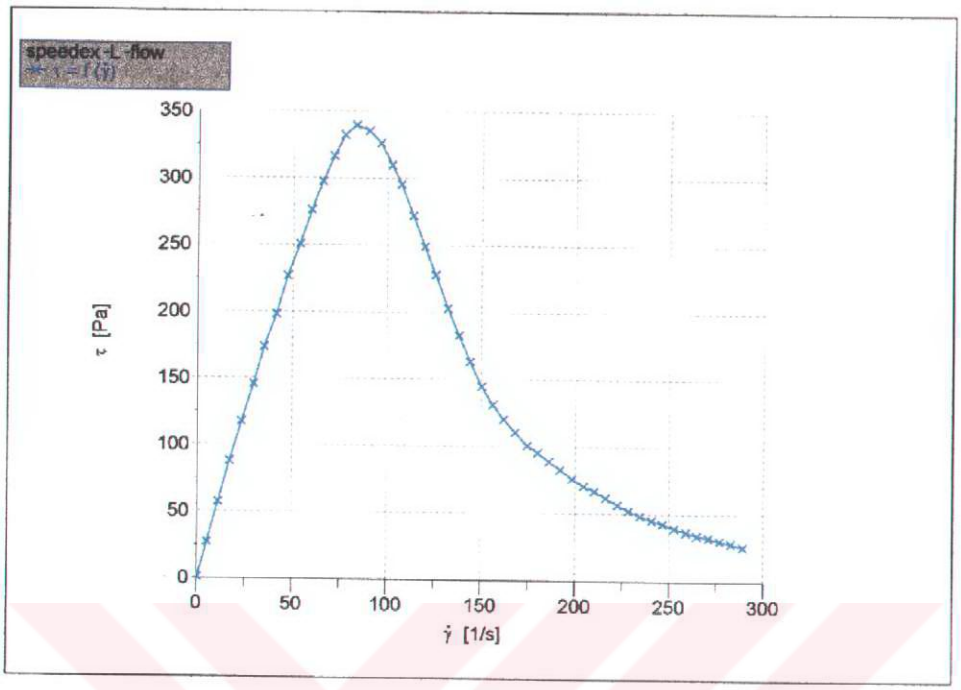
T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ



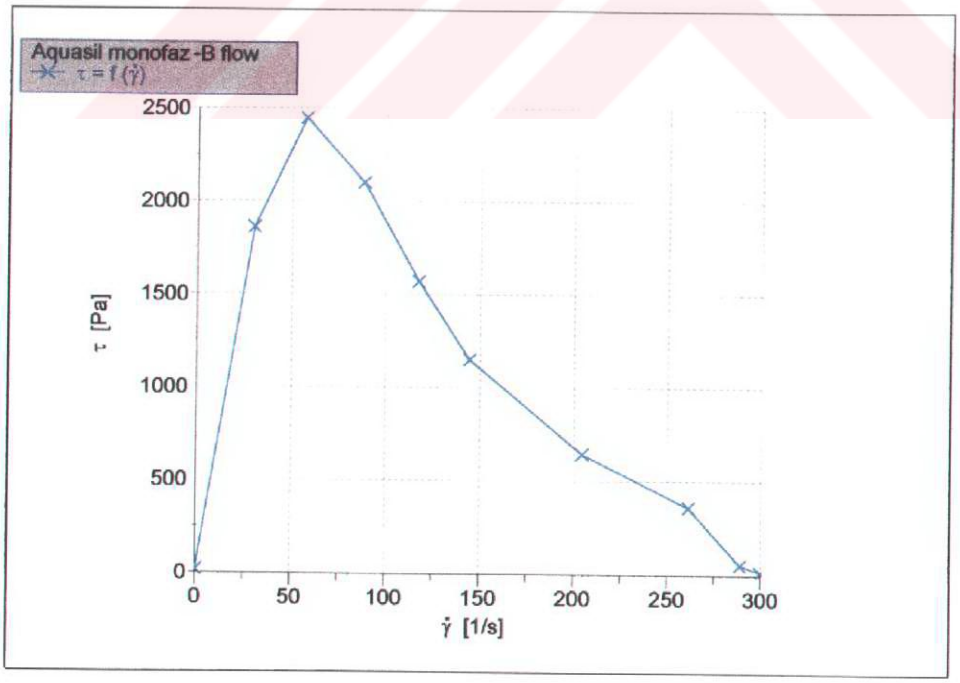
Grafik 2. Akma Testi Uygulanan Dent a Scon Universal Baz Madde



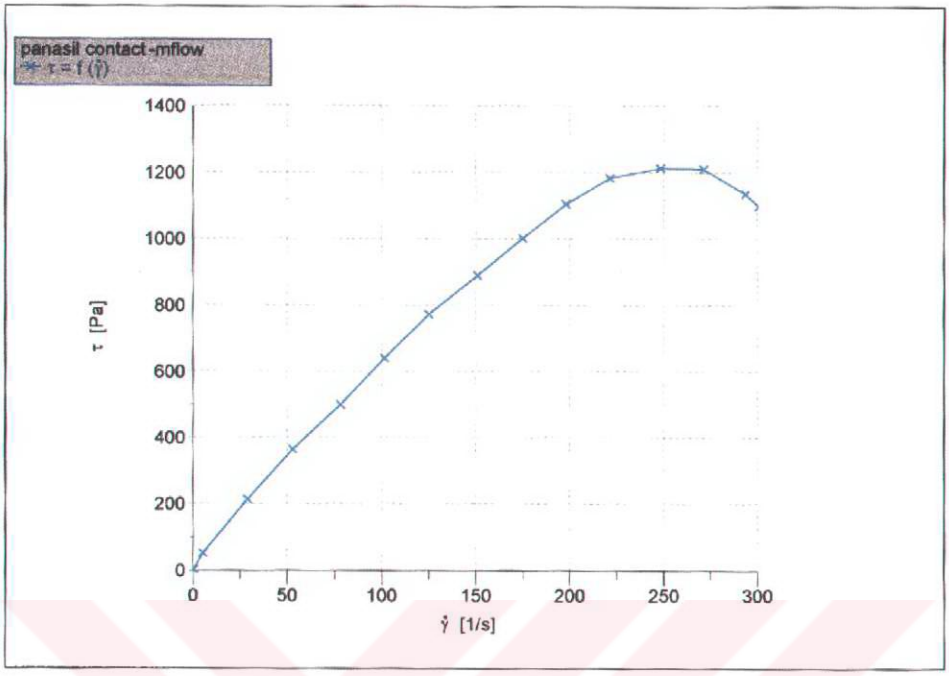
Grafik 3. Akma Testi Uygulanan Durosil S Baz Madde



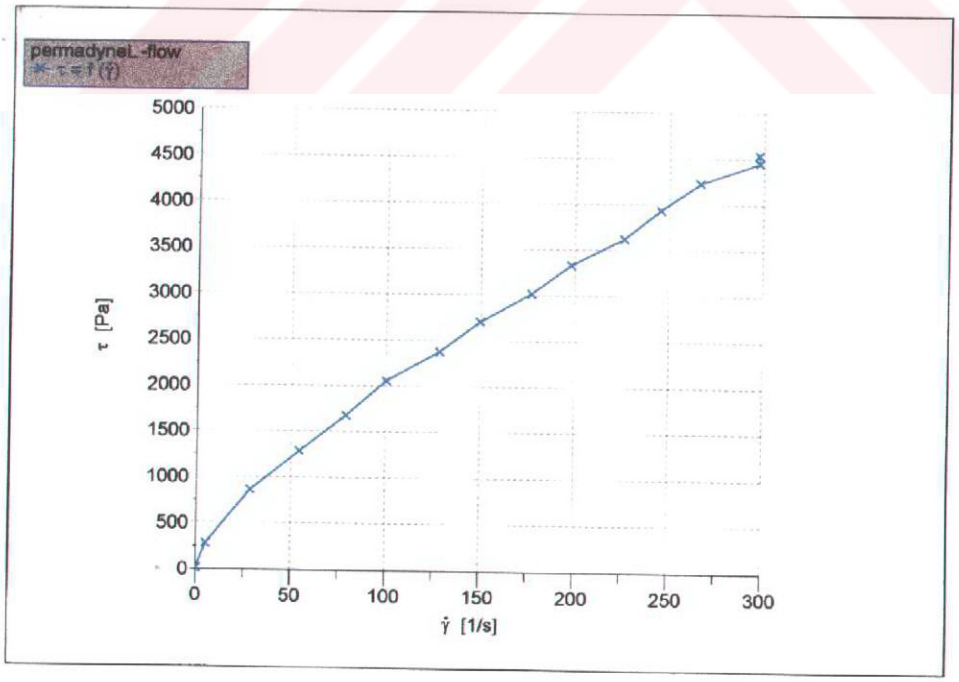
Grafik 4. Akma Testi Uygulanan Speedex Light Baz Madde



Grafik 5. Akma Testi Uygulanan Aquasil Monofaz Baz Madde



Grafik 6. Akma Testi Uygulanan Panasil Contact Plus Baz Madde



Grafik 7. Akma Testi Uygulanan Permadyne L Baz Madde

Akma testi uygulanan baz kondanse silikon maddelerin farklı makaslama oranlarında görünür viskozite değerleri Tablo 6'da görülmektedir.

Tablo 6. Akma Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranlarındaki Görünür Viskozite Değeri Dağılımı

Makaslama Oranı (γ') (1/s)	Görünür Viskozite (η) (Pas)			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0	12.6442±14.3965	5.6550	2.6800	40.4000
50	8.1658±3.5010	7.5050	4.7000	13.4000
100	7.1867±3.2912	6.9450	3.0400	12.0000
150	6.1825±3.6633	6.7100	0.9700	11.0000
200	5.0458±3.2675	5.0000	0.3700	10.8000
250	4.7175±3.2227	4.8500	0.1400	10.2000

Tablo 6'da Akma testi uygulanan baz kondanse silikon maddelerin (Dent a Scon Ultra, Dent a Scon Universal, Durosil S, Speedex Light) "0." makaslama oranında gözlenen 12.6 Pas en yüksek görünür viskozite değeri, makaslama oranının artmasıyla giderek azalmış; "50." makaslama oranında 1.5 kat, "250." Makaslama oranında 1.7 kat daha düşüş göstermiştir.

Akma testi uygulanan baz kondanse silikon maddelerin farklı makaslama oranı aralıklarında gösterdikleri görünür viskozite değişimleri için uygulanan Wilcoxon Testi sonuçları Tablo 7'de yer almaktadır.

Tablo 7. Akma Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranı Aralıklarında Görünür Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Makaslama Oranı Aralıkları	P
0-50	.6379*
50-100	.0037**
100-150	.0022**
150-200	.0047**
200-250	.0342***

*p> 0.05
**p< 0.01
***p<0.05

Tablo 7'de test edilen baz kondanse silikon maddelerde, makaslama oranının artmasıyla gözlenen görünür viskozite değeri değişimi; 0-50 makaslama oranı aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmadı (p> 0.05); 50-100, 100-150 ve 150-200 makaslama oranı aralıklarında istatistiksel olarak (p< 0.01) düzeyinde ve 200-250 makaslama oranı aralığında istatistiksel olarak (p< 0.05) düzeyinde anlamlı bir fark olarak bulundu.

Akma testi uygulanan baz ilave silikon maddelerin farklı makaslama oranlarında görünür viskozite değerleri Tablo 8'de bulunmaktadır.

Tablo 8. Akma Testi Uygulanan Baz İlave Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranlarındaki Görünür Viskozite Değeri Dağılımı

Makaslama Oranı (γ') (1/s)	Görünür Viskozite (η) (Pas)			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0	1845.440±2151.261	1497.050	8.5600	5080.000
50	29.1167±23.1123	28.9500	6.2800	56.3000
100	16.4367±11.4931	14.9500	5.7100	34.1000
150	8.9700±4.8340	7.4800	5.5600	18.5000
200	4.9217±1.6676	5.3850	2.8900	6.8700
250	4.8467±0.1115	4.8900	4.7200	4.9300

Tablo 8'de Akma Testi uygulanan baz ilave silikon maddelerin (Aquasil Monofaz, Panasil Contact Plus) en büyük görünür viskozite değeri, "0." makaslama oranındadır ve 1845 Pas'dır. "50." makaslama oranında bu değer 64 kat hızlı bir düşüş göstermiş; "250." makaslama oranına kadar 7 kat daha azalmıştır.

Akma Testi uygulanan baz ilave silikon maddelerin farklı makaslama oranı aralıklarında görünür viskozite değişimleri için uygulanan Wilcoxon Testi sonuçları Tablo 9'da görülmektedir.

Tablo 9. Akma Testi Uygulanan Baz İlave Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranı Aralıklarında Görünür Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Makaslama Oranı Aralıkları	P
0-50	.0277*
50-100	.0277*
100-150	.0277*
150-200	.0277*
200-250	.1088**

*p< 0.05
**p> 0.05

Tablo 9'da test edilen baz ilave silikon maddelerin farklı makaslama oranı aralıklarında gözlenen görünür viskozite değeri değişimlerinde; 0-50, 50-100, 100-150 ve 150-200 makaslama oranı aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($p<0.05$). 200-250 makaslama oranı aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p> 0.05$).

Akma Testi uygulanan baz kondanse ve ilave silikon maddelerin farklı makaslama oranı aralıklarında görünür viskozite değişim yüzdeleri bakımından Mann-Whitney U Testi ile karşılaştırılması Tablo 10' da yer almaktadır.

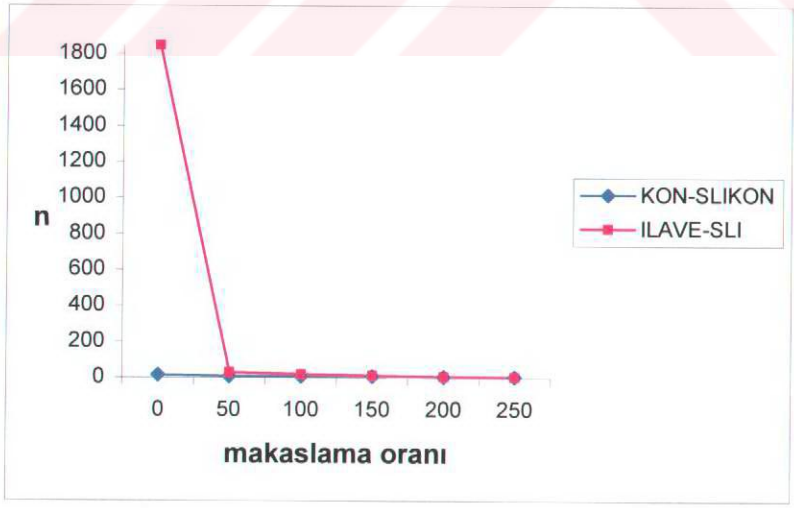
Tablo 10. Akma Testi Uygulanan Baz Kondanse ve İlave Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranı Aralıklarında Görünür Viskozite Değişim Yüzdeleri Bakımından Karşılaştırılması

Makaslama Oranı Aralıkları	Kondanse Silikonlar		İlave Silikonlar		P
	(x±SD)	Ortanca	(x±SD)	Ortanca	
0-50	14.1124±50.5183	29.1237	-60.2069±42.1524	-62.5261	.0114*
50-100	-13.0249±11.0609	-9.9001	-32.1745±19.6182	-34.2457	.0394*
100-150	-21.3734±27.8856	-7.8209	-32.4209±27.3385	-30.8859	.6396**
150-200	-26.3901±27.5297	-14.6637	-36.4430±31.0846	-37.6735	.5121**
200-250	-19.2307±27.7663	-10.0564	-13.5339±5.1624	-12.3656	.6650**

*p<0.05
**p>0.05

Akma Testi uygulanan baz kondanse ve ilave silikon maddeler, farklı makaslama oranı aralıklarında görünür viskozite değişim yüzdeleri bakımından karşılaştırıldığında, 0-50 ve 50-100 makaslama oranı aralıklarında ilave silikonlarda gözlenen görünür viskozite değerindeki düşüş daha büyüktü ve bu değişim, istatiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu (p<0.05). 100-150, 150-200 ve 200-250 makaslama oranı aralıklarında her iki tür madde için görünür viskozite değerinde gözlenen düşüş ise istatiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmadı (p>0.05).

Grafik 8, Akma Testi uygulanan baz kondanse ve ilave silikon maddelerin, farklı makaslama oranı aralıklarındaki görünür viskozite değerlerini karşılaştırmaktadır.



Grafik 8. Akma Testi Uygulanan Baz Kondanse ve İlave Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranı Aralıklarındaki Görünür Viskozite Değerleri

Akma Testi uygulanan **baz kondanse ve ilave silikon** maddeer için uygulanan istatistiksel testler; farklı makaslama oranı aralıklarında gözlenen görünür

viskozite değerlerinde, makaslama oranının artmasıyla iki maddede de düşüşün olduğunu ortaya koymuştur; ancak **ilave silikon** örneklerin 0-50 ve 50-100 makaslama oranı aralıklarında gözlenen belirgin viskozite azalması anlamlı bir fark olarak bulunmuştur ($p<0.05$).

4.1.2. Kimyasal Özelliklerine Göre Aktivatör Maddelere Uygulanan Akma Testi Bulguları

Akma Testi uygulanan akışkan aktivatör maddelerin kimyasal özelliklerine ve ticari isimlerine göre dağılımları Tablo 11 ve 12'de bulunmaktadır.

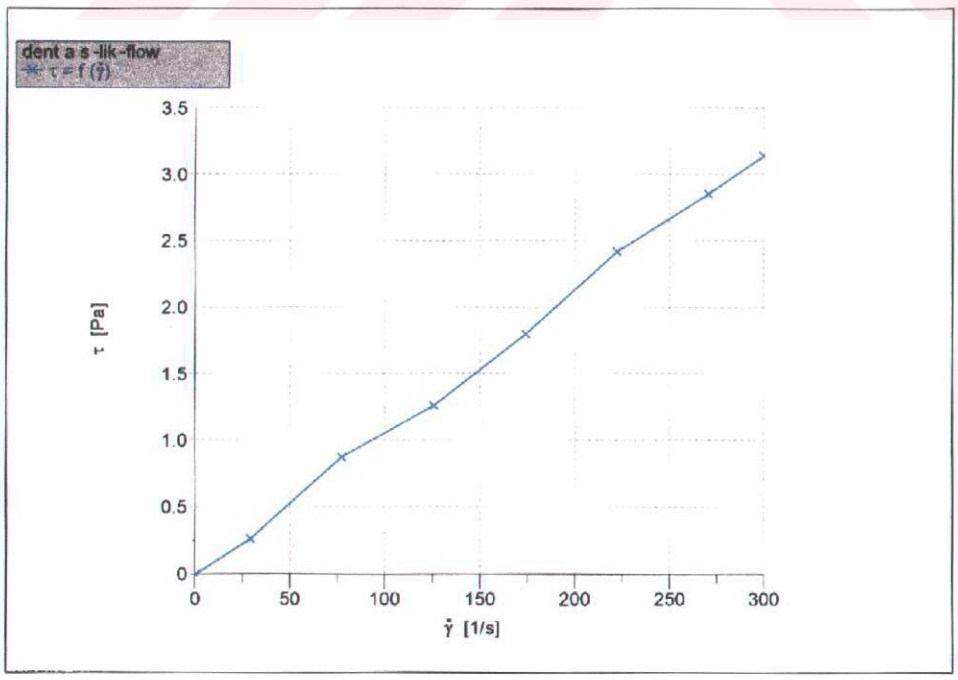
Tablo 11.Akma Testi Uygulanan Aktivatör Maddelerin Kimyasal Özelliklerine Göre Dağılımı

Madde Türü	Deney Sayısı (n)	Yüzde (%)
Kondanse Silikon	6	50.0
İlave Silikon	6	50.0
Toplam	12	100.0

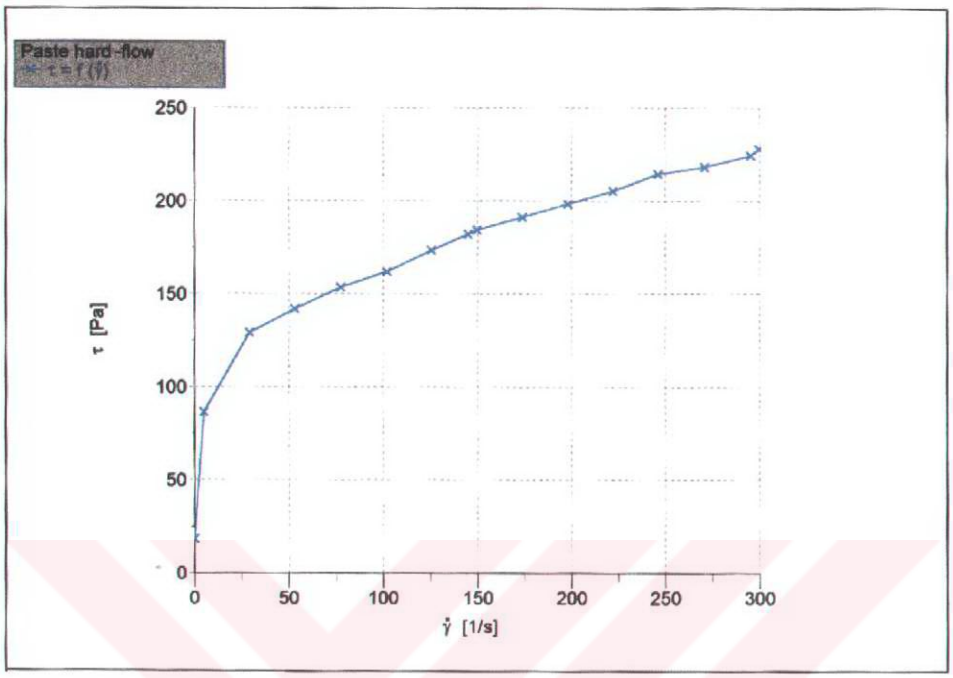
Tablo 12. Akma Testi Uygulanan Aktivatör Maddelerin Dağılımı

Madde Türü	Maddelerin İsimleri	Deney Sayısı (n)	Yüzde (%)
Kondanse silikon	Denta Scon Likit Aktivatör	3	25.0
Kondanse silikon	Paste Hardener	3	25.0
İlave silikon	Aquasil Monofaz Aktivatör	3	25.0
İlave silikon	Panasil Contact Plus Akt.	3	25.0
Toplam		12	100.0

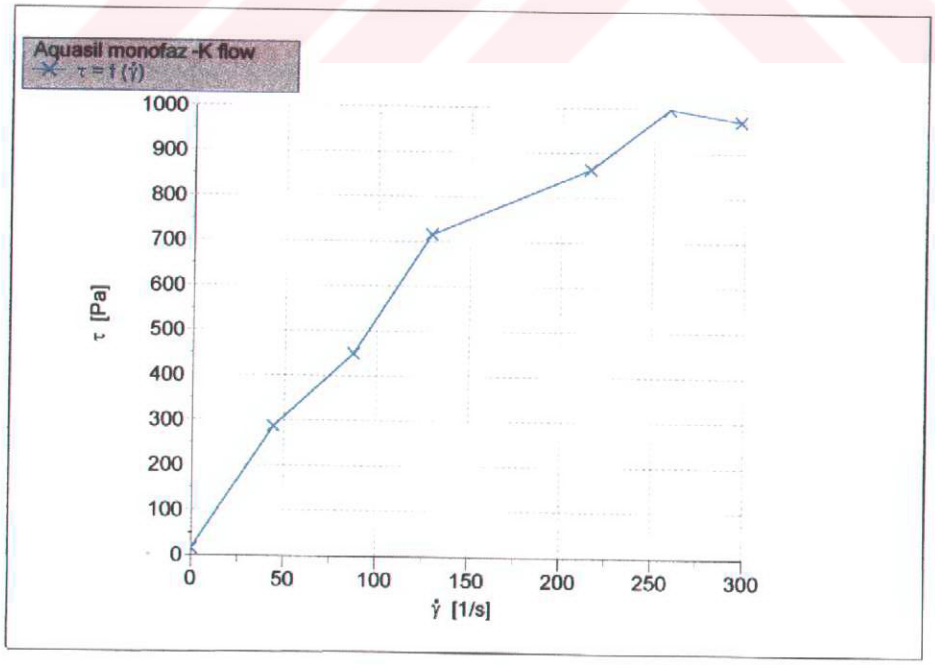
Akma Testi uygulanan aktivatör maddeler Grafik 9-12 arasında yeralmaktadır.



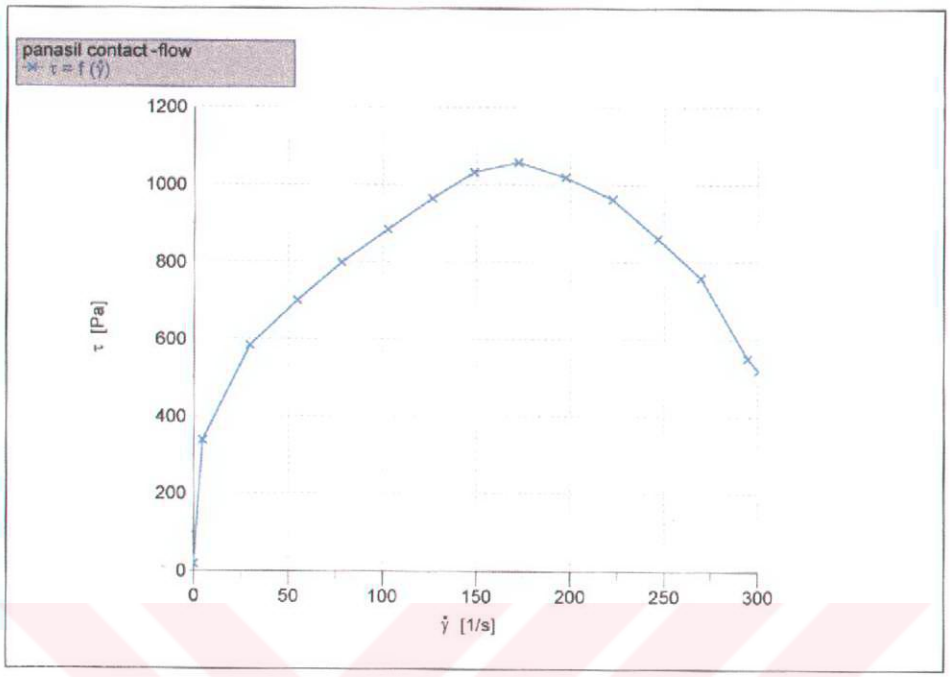
Grafik 9. Akma Testi Uygulanan Dent a Scon Likit Aktivatör Madde



Grafik 10. Akma Testi Uygulanan Paste Hardener Aktivatör Madde



Grafik 11. Akma Testi Uygulanan Aquasil Monofaz Aktivatör Madde



Grafik 12. Akma Testi Uygulanan Panasil Contact Plus Aktivatör Madde

Akma testi uygulanan aktivatör kondanse silikon maddelerin farklı makaslama oranlarında görünür viskozite değerleri Tablo 13'de bulunmaktadır.

Tablo 13. Akma Testi Uygulanan Aktivatör Kondanse Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranlarında Görünür Viskozite Değeri Dağılımı

Makaslama Oranı (γ') (1/s)	Görünür Viskozite (η) (Pas)			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0	432.5270±778.4625	117.0800	0.0010	1990.000
50	1.7157±1.9218	1.4861	0.0103	4.2500
100	0.8839±0.9672	0.8017	0.0084	2.0200
150	0.6570±0.7115	0.6207	0.0097	1.4300
200	0.5267±0.5680	0.5054	0.0094	1.1300
250	0.4418±0.4734	0.4303	0.0099	0.9200

Tablo 13'de, Akma Testi uygulanan aktivatör kondanse silikon maddelerin (Dent a Scon Likit ve Paste Hardener) en büyük görünür viskozite değeri (432.5 Pas), "0." makaslama oranında gözlenmiştir. Bu değer "50." makaslama oranına kadar 255 kat , "250." makaslama oranına kadar 4 kat daha düşüş göstermiştir.

Akma Testi uygulanan aktivatör kondanse silikon maddelerin farklı makaslama oranı aralıklarında görünür viskozite değişimleri için uygulanan Wilcoxon Testi sonuçları Tablo 14'de yer almaktadır.

Tablo 14. Akma Testi Uygulanan Aktivatör Kondanse Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranı Değişim Aralıklarında Görünür Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Makaslama Oranı Aralıkları	P
0-50	.1159*
50-100	.0935*
100-150	.0747*
150-200	.0431**
200-250	.2489*

*p> 0.05
**p< 0.05

Tablo 14'de, test edilen aktivatör kondanse silikon maddelerin görünür viskozite değerlerinde gözlenen değişim; 0-50, 50-100, 100-150 ve 200-250 makaslama oranı aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmadı ($p>0.05$); 150-200 makaslama oranı aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu ($p<0.05$).

Akma Testi uygulanan aktivatör ilave silikon maddelerin farklı makaslama oranlarında görünür viskozite değerleri Tablo 15'de bulunmaktadır.

Tablo 15. Akma Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranlarında Görünür Viskozite Değeri Dağılımı

Makaslama Oranı (γ') (1/s)	Görünür Viskozite (η) (Pas)			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0	442.1667±279.5707	530.5000	90.0000	682.0000
50	7.8617±3.7250	6.7100	5.1600	14.7000
100	5.7117±1.7666	5.2500	4.2700	8.6100
150	5.3500±0.9774	5.0750	4.5500	6.9500
200	4.7367±0.2517	4.5900	4.5700	5.1700
250	3.3500±0.600	3.3500	3.2900	3.4100

Tablo 15'de test edilen ilave silikon maddelerin (Aquasil Monofaz aktivatör ve Panasil Contact Plus aktivatör) en yüksek görünür viskozite değeri "0" makaslama oranında (442 Pas) gözlenmiştir. Bu değer "50." makaslama oranına kadar 57 kat ve "250" makaslama oranına kadar 2.5 kat daha düşüş göstermiştir.

Akma testi uygulanan aktivatör ilave silikon maddelerin farklı makaslama oranı aralıklarında görünür viskozite değişimleri için uygulanan Wilcoxon Testi sonuçları Tablo 16'da yer almaktadır.

Tablo 16. Akma Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranı Aralıklarında Görünür Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Makaslama Oranı Aralıkları	P
0-50	.0277*
50-100	.0277*
100-150	.3454**
150-200	.3454**
200-250	.1088**

*p< 0.05
**p> 0.05

Tablo 16'da test edilen ilave silikon maddelerin görünür viskozite değerlerindeki değişim, 0-50 ve 50-100 makaslama oranı aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu ($p<0.05$). 100-150, 150-200 ve 200-250 makaslama oranı aralıklarında ise bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmadı ($p>0.05$).

Tablo 17'de, Akma Testi uygulanan aktivatör kondanse ve ilave silikon maddelerin, farklı makaslama oranı aralıklarında görünür viskozite değerlerinin değişim yüzdeleri bakımından Mann-Whitney U Testi ile karşılaştırılması görülmektedir.

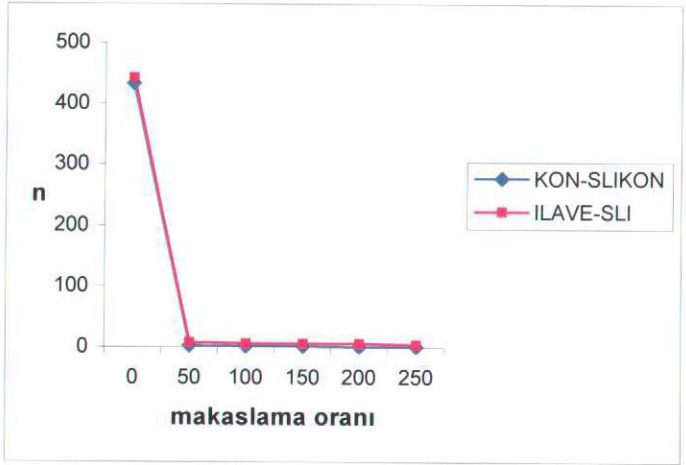
Tablo 17. Akma Testi Uygulanan Aktivatör Kondanse ve İlave Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranı Aralıklarında Görünür Viskozite Değişim Yüzdeleri Bakımından Karşılaştırılması

Makaslama Oranı Aralıkları	Kondanse Silikonlar		İlave Silikonlar		P
	(x±SD)	Ortanca	(x±SD)	Ortanca	
0-50	296.5341±611.1480	-95.8731	-96.3745±3.6543	-97.6911	.4233*
50-100	-24.6242±31.6535	-36.2651	-23.6550±9.3978	-20.7220	.4233*
100-150	-13.8140±16.4537	-19.1566	-3.4485±11.4046	-1.8091	.2002*
150-200	-12.5267±9.0700	-15.5443	-9.7510±11.5933	-8.0155	.3367*
200-250	-6.6932±10.6964	-7.9673	-31.3566±4.7096	-30.6911	.0196**

*p>0.05
**p<0.05

Tablo 17'de test edilen aktivatör kondanse ve ilave silikon maddelerin, farklı makaslama oranı aralıklarında gözlenen görünür viskozite değerlerindeki değişim; 0-50, 50-100, 100-150, 150-200 makaslama oranı aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmazken ($p>0.05$); 200-250 makaslama oranı aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu ($p<0.05$). Bu makaslama oranı aralığında ilave silikonlarda gözlenen düşüş daha fazlaydı.

Grafik 13, Akma Testi uygulanan aktivatör kondanse ve ilave silikon maddelerin farklı makaslama oranı aralıklarında görünür viskozite değerlerinin değişimini karşılaştırmaktadır.



Grafik 13. Akma Testi Uygulanan Aktivatör Kondanse ve İlave Silikon Maddelerin Farklı Makaslama Oranı Aralıklarında Görünür Viskozite Değerleri

Grafik 13, test edilen aktivatör kondanse ve ilave silikon maddelerin makaslama oranlarının artmasıyla görünür viskozite değerlerinin azaldığını; ancak bu değişimin birbirinden farklı olmadığını belirtmektedir.

Kimyasal özelliklerine göre düşük yoğunluktaki baz ve aktivatör maddelere uygulanan Akma Testi, az sayıda (3 tane) baz polieter madde olması ve hiç aktivatör polieter madde olmaması nedeniyle bu grup bulgular 3 tür madde yerine 2 tür madde ile kıyaslandı.

4.2. FREKANS-SWEEP TESTİ BULGULARI

Uygulanan Sürünme-Gevşeme Testi* (Creep Recovery Test) sonucu viskoelastik yapıda oldukları saptanan baz ve aktivatör maddelere uygulanan Frekans-Sweep Testinin Bulguları, Tablo 18-49 ve Grafik 14-29'da yer almaktadır.

Frekans-Sweep Testi uygulanan orta, düşük ve çok yüksek yoğunluktaki maddelerin kimyasal özelliklerine göre dağılımı Tablo 18'de görülmektedir.

Tablo 18. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Maddelerin Kimyasal Özelliklerine Göre Dağılımı

Madde Türü	Deney Sayısı (n)	Yüzde(%)
Kondanse silikon	6	16.7
İlave silikon	18	50.0
Polieter	12	33.3
Toplam	36	100.0

Frekans-Sweep Testi uygulanan maddelerin baz ve aktivatör olma durumlarına göre dağılımları Tablo 19 'da bulunmaktadır.

Tablo 19. Akma Testi Uygulanan Maddelerin Baz ve Aktivatör Maddelerin Dağılımı

Maddelerin İçeriği	Deney Sayısı (n)	Yüzde (%)
Baz	21	58.3
Aktivatör	15	41.7
Toplam	36	100.0

Frekans-Sweep Testi uygulanan baz maddelerin kimyasal özelliklerine ve ticari isimlerine göre dağılımları Tablo 20 ve 21'de yer almaktadır.

* Ek Bölümü'ne bakınız.

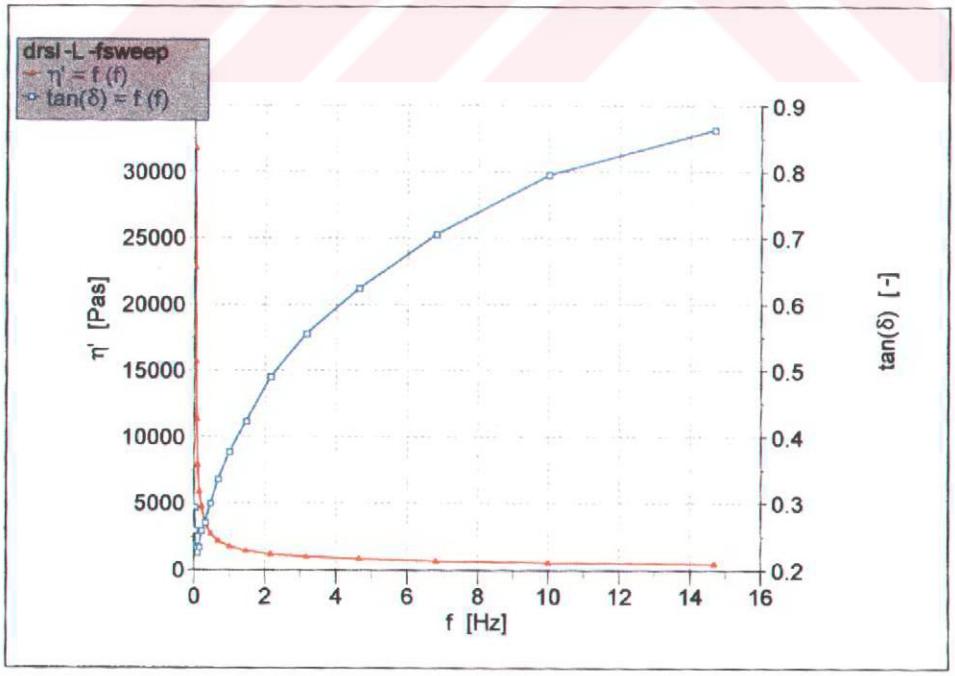
Tablo 20. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Maddelerin Kimyasal Özelliklerine Göre Dağılımı

Madde Türü	Deney Sayısı (n)	Yüzde(%)
Kondanse silikon	6	28.6
İlave silikon	9	42.9
Polieter	6	25.6
Toplam	21	100.0

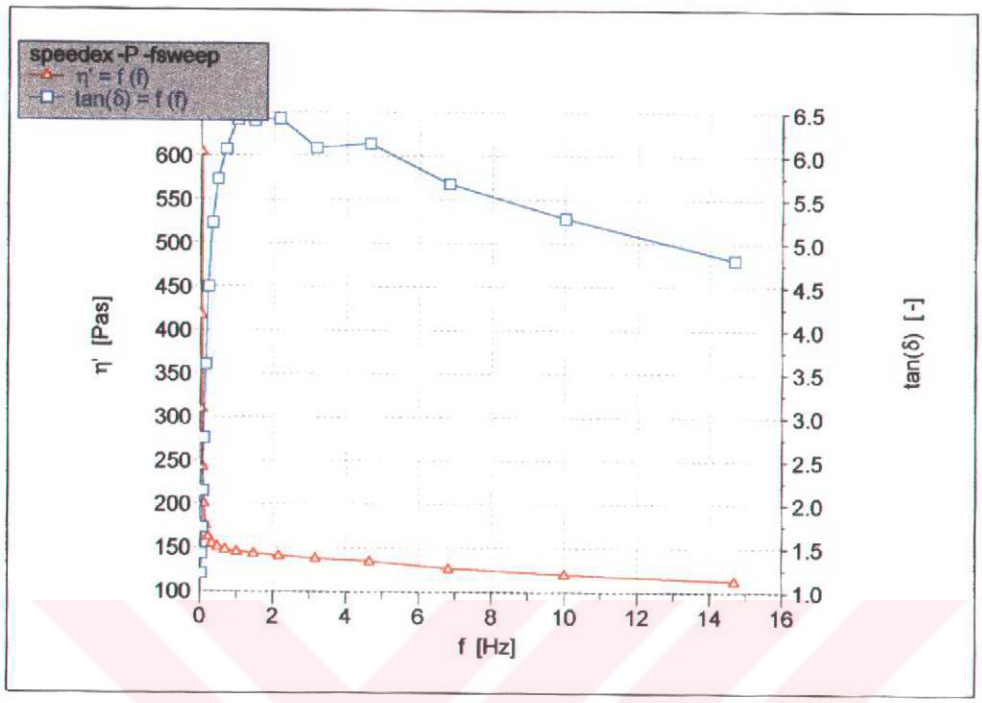
Tablo 21. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Maddelerin Dağılımları

Madde Türü	Maddelerin İsimleri	Deney Sayısı(n)	Yüzde (%)
Kondanse silikon	Durosil L	3	14.3
Kondanse silikon	Speedex Putty	3	14.3
İlave Silikon	Aquasil Soft Putty	3	14.3
İlave silikon	Panasil Putty	3	14.3
İlave silikon	Reprosil Putty	3	14.3
Polieter	Impregum F	3	14.3
Polieter	Permadyne H	3	14.3
Toplam		21	100.0

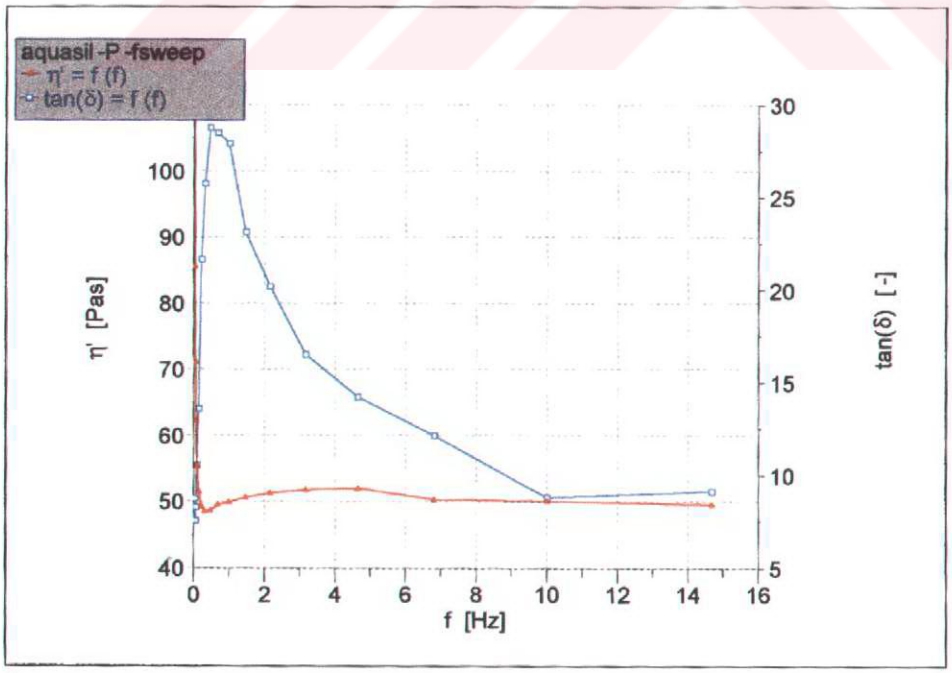
Frekans-Sweep Testi uygulanan baz maddeler Grafik 14-20'de görülmektedir.



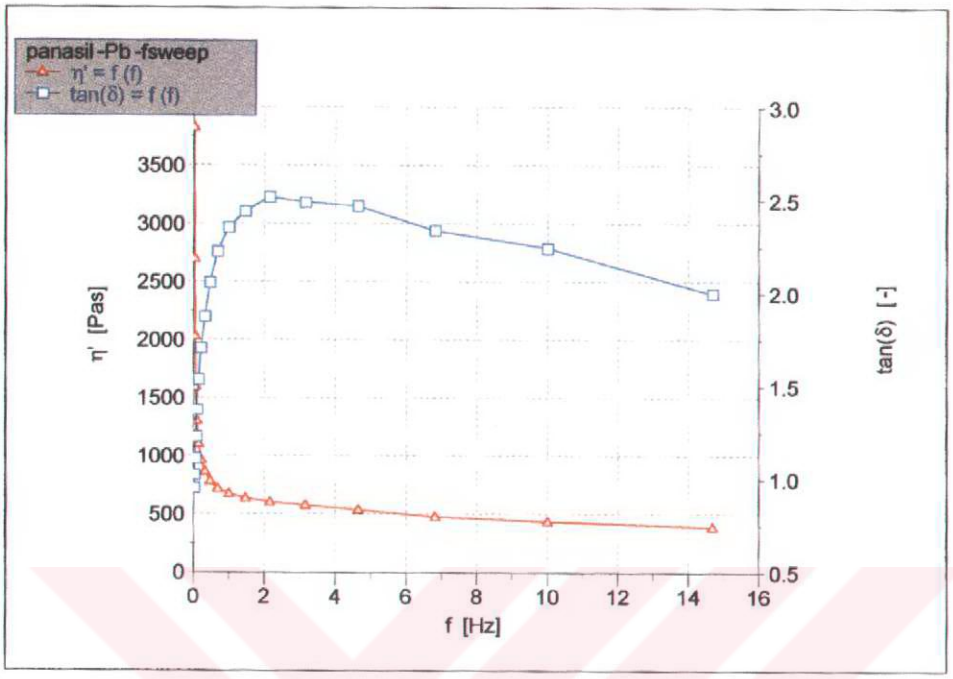
Grafik 14.Frekans-Sweep Testi Uygulanan Durosil L Baz Madde



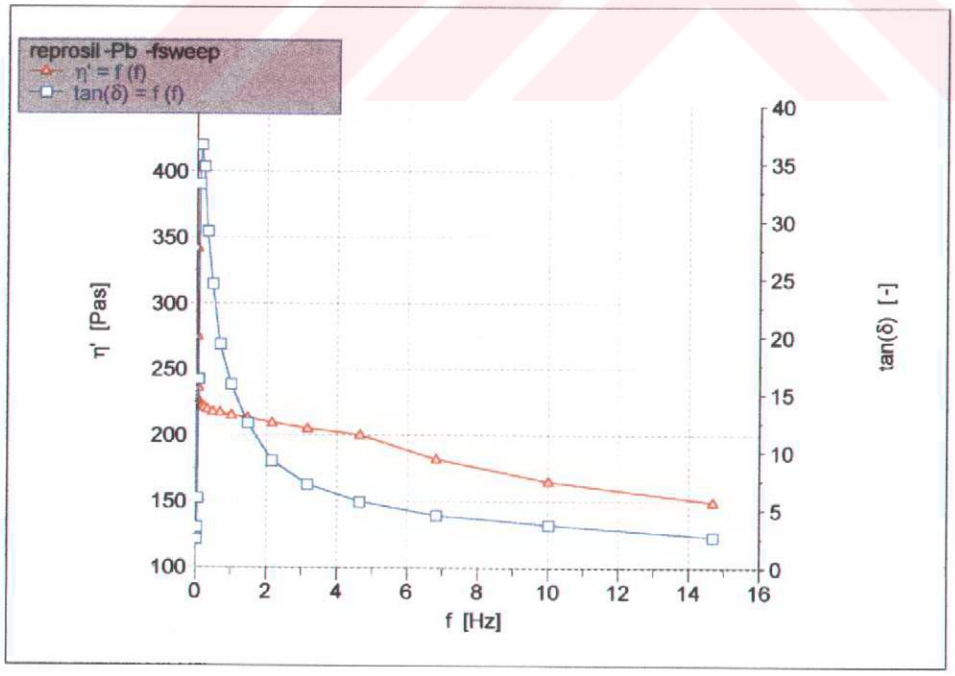
Grafik 15.Frekans-Sweep Testi Uygulanan Speedex Putty Baz Madde



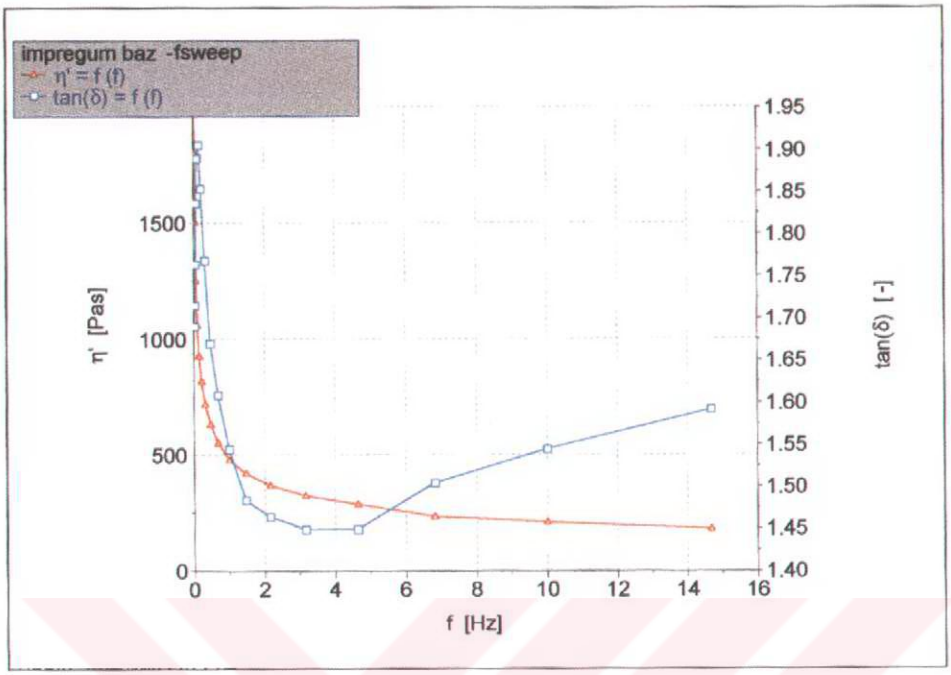
Grafik 16.Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aquasil Soft Putty Baz Madde



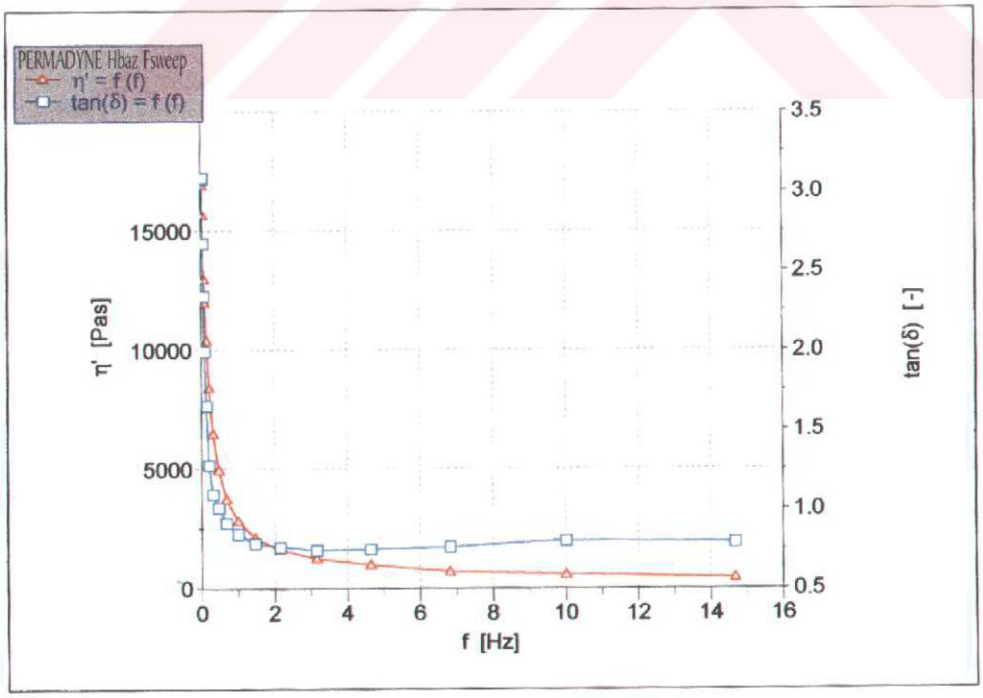
Grafik 17.Frekans-Sweep Testi Uygulanan Panasil Putty Baz Madde



Grafik 18.Frekans-Sweep Testi Uygulanan Reprosil P Baz Madde



Grafik 19.Frekans-Sweep Testi Uygulanan Impregum F Baz Madde



Grafik 20.Frekans-Sweep Testi Uygulanan Permadyne H Baz Madde

4.2.1.Kimyasal Özelliklerine Göre Baz Maddelere Uygulanan Dinamik Viskozite Değeri Bulguları

Frekans-Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon maddelerin farklı frekanslardaki dinamik viskozite değerleri Tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 22. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon Maddelerin Farklı Frekanslardaki Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı

Frekans (Hz)	Dinamik Viskozite (η') (Pas)			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0.1	4413.500±4701.843	3986.000	183.0000	10200.00
1	991.3333±938.9770	923.0000	132.0000	2020.000
10	357.1667±263.5704	330.5000	115.0000	640.0000

Tablo 22'de Frekans Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon maddelerin en yüksek dinamik viskozite değeri, 0.1 Hz'de 4414 Pas'dır; frekansın "0.1" Hz'den "1" Hz'e değişmesiyle bu değer 4.5 kat ve "1" Hz'den "10" Hz'e değişmesiyle 2.8 kat daha azalma yönünde bir değişme göstermektedir.

Tablo 23'de Frekans Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon maddelerin farklı frekans değişim aralıklarındaki dinamik viskozite değişimleri Wilcoxon Testi ile eşleştirilmiştir.

Tablo 23. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarındaki Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	P
0.1-1	.0277*
1-10	.0277*

*p<0.05

Tablo 23'de Frekans-Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon maddelerin, 0.1-1Hz ve 1-10 Hz frekans değişim aralıklarında azalma yönünde gözlenen dinamik viskozite değerindeki değişim, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu ($p<0.05$).

Tablo 24'de Frekans-Sweep Testi uygulanan baz ilave silikon maddelerin farklı frekanslarda gösterdikleri dinamik viskozite değerleri bulunmaktadır.

Tablo 24. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz İlave Silikon Maddelerin Farklı Frekanslardaki Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı

Frekans (Hz)	Dinamik Viskozite (η') (Pas)			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0.1	553.2333±644.7912	225.0000	38.600	1550.000
1	314.3778±298.9890	213.0000	28.3000	737.0000
10	210.9556±173.1136	165.0000	25.7000	438.0000

Frekans-Sweep Testi uygulanan baz ilave silikon maddeler, en yüksek dinamik viskozite değeri 0.1 Hz frekansda 553 Pas'dır. Tablo 24'de bu değerin, frekansın "0.1" Hz'den"1" Hz'e değişmesiyle 1.8 kat;"1" Hz'den "10" Hz'e değişmesiyle 1.5 kat daha azalma yönünde değişim gösterdiği görülmektedir.

Tablo 25'de Frekans-Sweep Testi uygulanan baz ilave silikon maddelerin farklı frekans değişim aralıklarındaki dinamik viskozite değişimleri Wilcoxon Testi ile eşleştirilmiştir.

Tablo 25. Frekans-Sweep Testi Uygulanan İlave Silikon Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarındaki Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	P
0.1-1	.0109*
1-10	.0284*

*p<0.05

Tablo 25'de Frekans-Sweep Testi uygulanan baz ilave silikon maddelerin 0.1-1Hz ve 1-10 Hz frekans değişim aralıklarında dinamik viskozite değerlerinde gözlenen düşüş, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu ($p<0.05$).

Frekans-Sweep Testi uygulanan baz polieter maddelerin farklı frekanslarda gösterdikleri dinamik viskozite değerleri Tablo 26'da verilmektedir.

Tablo 26. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Polieter Maddelerin Farklı Frekanslarda Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı

Frekans (Hz)	Dinamik Viskozite (η') (Pas)			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0.1	8035.000±7440.451	6890.000	1060.000	17000.00
1	1776.833±1335.943	1710.500	480.0000	3360.000
10	389.0000±179.6760	379.5000	209.0000	577.0000

Frekans-Sweep Testi uygulanan baz polieter maddelerin en yüksek dinamik viskozite değeri 0.1 Hz'de 8035 Pas'dır. Bu değerin frekansın "0.1" Hz'den "1" Hz'e değişmesiyle 4.5 kat ve "1" Hz'den "10" Hz'e değişmesiyle 4.5 kat daha azalma yönünde değişme gösterdiği Tablo 26'da görülmektedir.

Tablo 27'de Frekans-Sweep Testi uygulanan baz polieter maddelerin farklı frekans değişim aralıklarındaki dinamik viskozite değişimleri Wilcoxon Testi ile eşleştirilmiştir.

Tablo 27. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	P
0.1-1	.0277*
1-10	.0277*

*p<0.05

Tablo 27'de Frekans-Sweep Testi uygulanan baz polieter maddelerin, 0.1-1Hz ve 1-10 Hz frekans değişim aralıklarında dinamik viskozite değerlerinde düşüş yönünde gözlenen değişim, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu ($p<0.05$).

Frekans-Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon, ilave silikon ve polieter maddelerin farklı frekans değişim aralıklarında dinamik viskozite değerleri, değişim yüzdeleri bakımından Tablo 28'de Kruskal-Wallis Analizi kullanılarak karşılaştırıldı. Bu analizle fark bulunması durumunda, hangi grupların birbirinden farklı olduğunu anlamak için Çoklu Karşılaştırma Testi uygulandı.

Tablo 28. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon, İlave Silikon ve Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Dinamik Viskozite Değişim Yüzdeleri Bakımından Karşılaştırılması

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	Kondanse Silikon		İlave Silikon		Polieter	
	(x±SD)	Ortanca	(x±SD)	Ortanca	(x±SD)	Ortanca
01-1	-53.2759±27.6476	-52.8734	-21.8580±22.5509	-9.7473	-68.9555±11.8575	-69.3600
1-10	-41.3217±28.8960	-42.1362	-19.2274±18.3518	-20.1878	-70.7258±11.9175	-71.3258

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	Kruskal-Wallis Testi	Çoklu KarşılaştırmaTesti		
	p	Kondanse-İlave Silikon	Kondanse Silikon-Polieter	İlave Silikon-Polieter
01-1	.0037*	p<0.01*	p>0.05**	P<0.01*
1-10	.0093*	p>0.05**	p<0.05***	P<0.01*

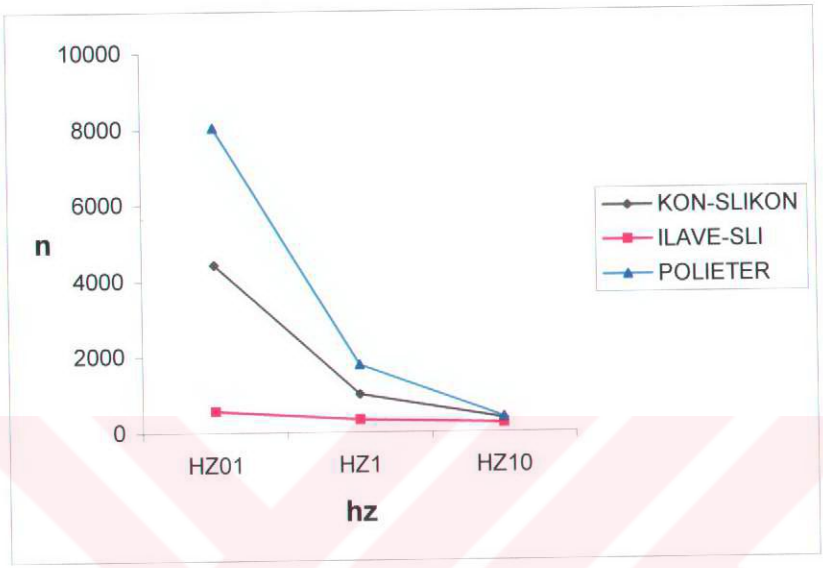
*p<0.01
**p>0.05
***p<0.05

Tablo 28'de Frekans-Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon, ilave silikon ve polieter maddelerin farklı frekans değişim aralıklarında dinamik viskozite değerleri, değişim yüzdeleri bakımından incelendiğinde; 0.1-1 Hz ve 1-10 Hz frekans değişim aralığında en az düşüşün baz ilave silikonlarda, en büyük düşüşün baz polieterlerde olduğu görüldü ve bu değişim, istatistiksel olarak her iki aralıkta da anlamlı bulunduğundan ($p<0.01$), Çoklu Karşılaştırma Testi uygulandı.

Çoklu Karşılaştırma Testi sonucunda; 0.1-1 Hz frekans aralığında dinamik viskozite değerinde düşüş yönünde gözlenen değişim; baz kondanse silikon-ilave silikon arasında ve baz ilave silikon-polieter arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu ($p<0.01$); baz kondanse silikon-polieter arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmadı ($p>0.05$).

1-10 Hz frekans değişim aralığında dinamik viskozite değerinde gözlenen düşüş; baz kondanse-ilave silikon arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmazken ($p>0.05$); baz kondanse silikon-polieter arasında ($p<0.05$) düzeyinde ve baz ilave silikon-polieter arasında ($p<0.01$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu.

Grafik 21'de, Frekans-Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon, ilave silikon ve polieter maddeler, farklı frekans değişim aralıklarında dinamik viskozite değerlerinin değişim yüzdeleri bakımından karşılaştırılmıştır.



Grafik 21. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon, İlave Silikon ve Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarındaki Dinamik Viskozite Değerlerinin Karşılaştırılması

Grafik 21'de, Frekans-Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon, ilave silikon ve polieter maddelerin 0.1-1 Hz frekans değişim aralığında baz kondanse silikon ve polieterlerdeki dinamik viskozite değerindeki düşüş, baz ilave silikonlardan daha büyüktü. 1-10 Hz frekans değişim aralığında baz polieterlerde gözlenen dinamik viskozite değerindeki düşüş, baz kondanse ve ilave silikonlardan daha büyüktü.

4.2.2.Kimyasal Özelliklerine Göre Aktivatör Maddelere Uygulanan Dinamik Viskozite Değeri Bulguları

Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör maddelerin (Aquasil P aktivatör, Panasil P aktivatör, Reprosil P aktivatör, Impregum F aktivatör ve Permadyne aktivatör) kimyasal özelliklerine ve ticari isimlerine göre dağılımları Tablo 29 ve 30'da bulunmaktadır.

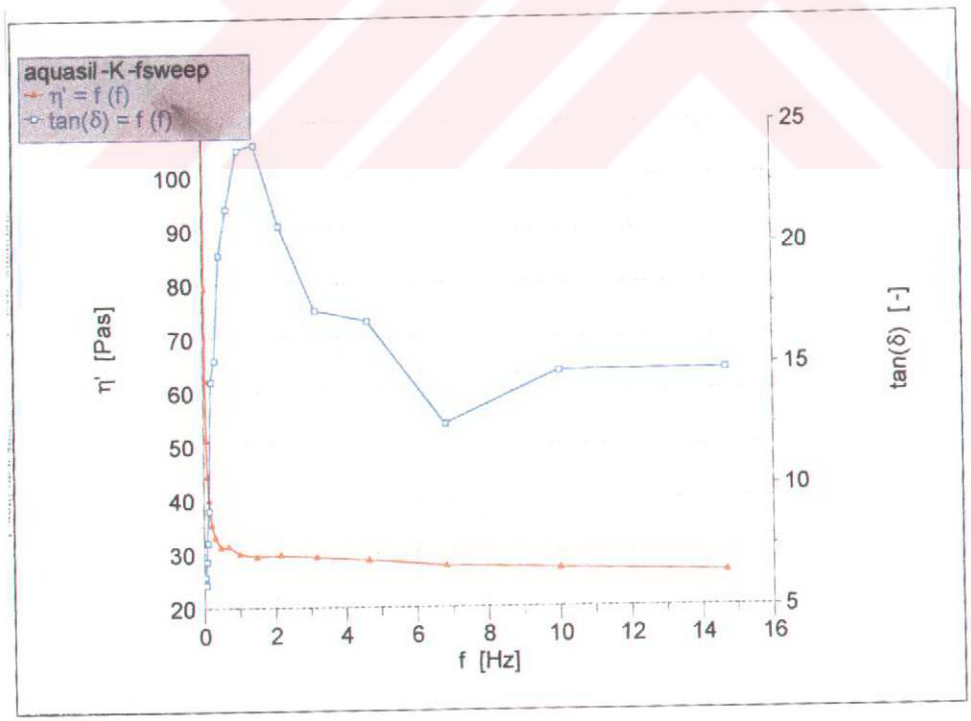
Tablo 29. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Maddelerin Kimyasal Özelliklerine Göre Dağılımı

Madde Türü	Deney Sayısı (n)	Yüzde(%)
İlave silikon	9	60.0
Polieter	6	40.0
Toplam	15	100.0

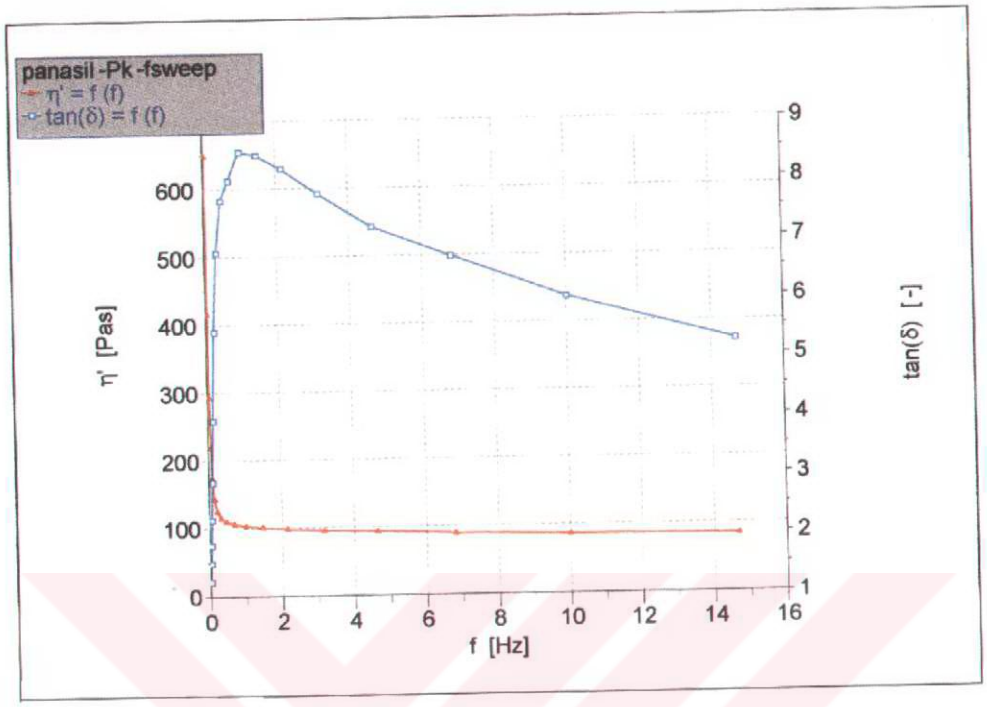
Tablo 30. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Maddelerin Dağılımı

Madde Türü	Maddelerin İsimleri	Deney Sayısı(n)	Yüzde (%)
İlave Silikon	Aquasil Soft Putty Aktivatör	3	20.0
İlave Silikon	Panasil Putty Aktivatör	3	20.0
İlave Silikon	Reprosil Putty Aktivatör	3	20.0
Polieter	Impregum F Aktivatör	3	20.0
Polieter	Permadyne Aktivatör	3	20.0
Toplam		15	100.0

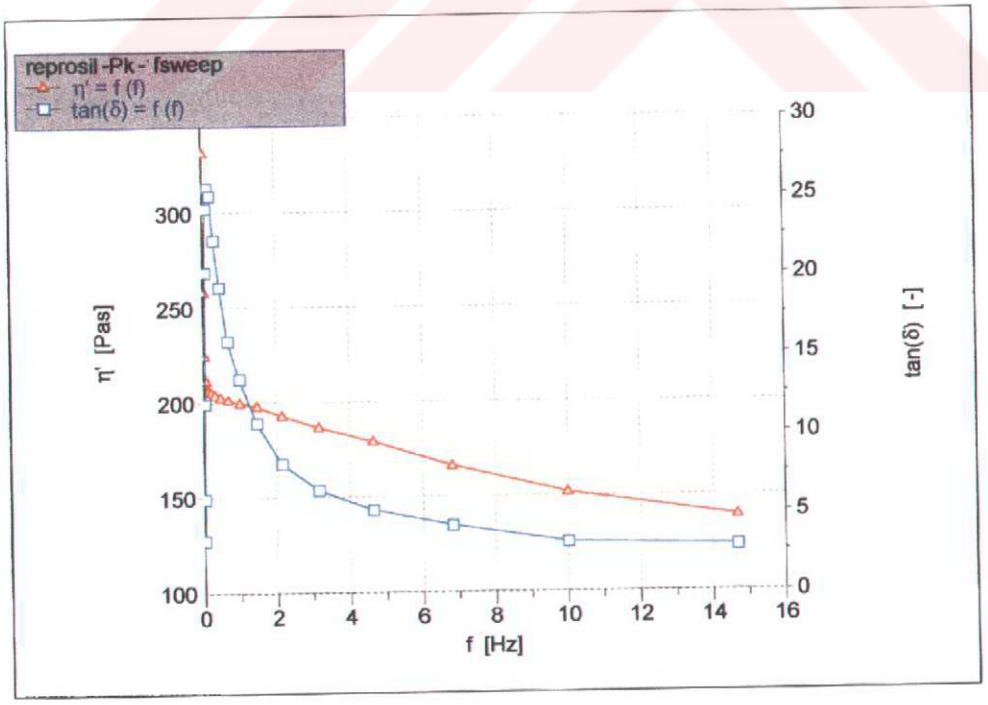
Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör maddeler Grafik 22-26'da görülmektedir.



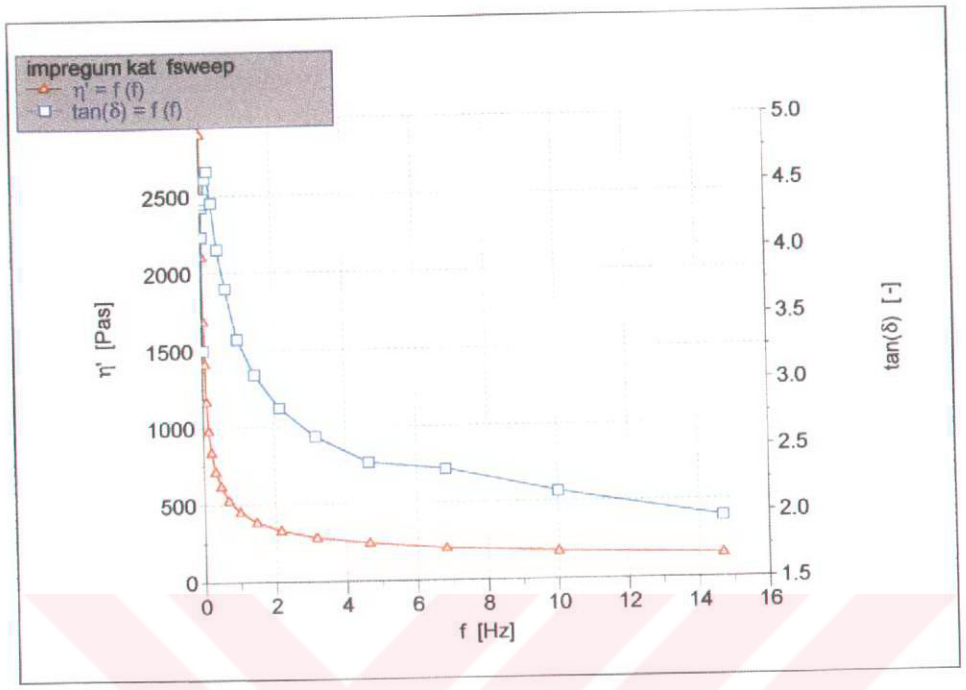
Grafik 22. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aquasil Soft Putty Aktivatör Madde



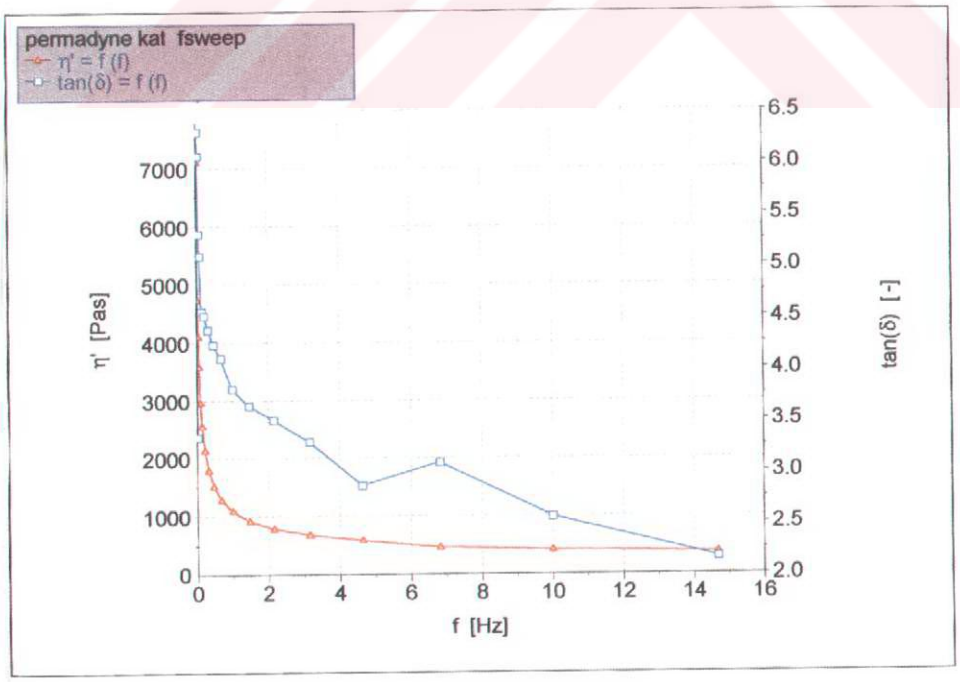
Grafik 23. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Panasil Putty Aktivatör Madde



Grafik 24. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Reprosil Putty Aktivatör Madde



Grafik 25. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Impregum F Aktivatör Madde



Grafik 26. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Permadyne Aktivatör Madde

Tablo 31'de Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon maddelerin farklı frekanslarda gösterdikleri dinamik viskozite değerleri bulunmaktadır.

Tablo 31. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon Maddelerin Farklı Frekanslardaki Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı

Frekans (Hz)	Dinamik Viskozite (η') (Pas)			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0.1	177.7333±111.2917	174.0000	44.5000	355.0000
1	147.7444±112.4485	107.0000	30.0000	339.0000
10	120.1111±83.0369	88.4000	27.1000	259.0000

Frekans-Sweep Testi uygulanan baz ilave silikon maddelerin en yüksek dinamik viskozite değerinin 0.1 Hz'de 178 Pas olduğu; frekansın "0.1" Hz'den "1" Hz'e değişmesiyle 1.2 kat, "1" Hz'den "10" Hz'e değişmesiyle 1.2 kat daha azalma yönünde bir değişme gösterdikleri Tablo 31'de görülmektedir.

Tablo 32'de Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon maddelerin farklı frekans değişim aralıklarındaki dinamik viskozite değişimleri Wilcoxon Testi ile eşleştirilmiştir.

Tablo 32. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	P
0.1-1	.0109*
1-10	.0209*

*p<0.05

Tablo 32'de Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon maddelerin 0.1-1Hz ve 1-10 Hz frekans değişim aralığındaki dinamik viskozite değerlerindeki düşüş, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu (p<0.05).

Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör polieter maddelerin farklı frekanslarda gösterdikleri dinamik viskozite değerleri Tablo 33'de verilmektedir.

Tablo 33. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Polieter Maddelerin Farklı Frekanslarda Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı

Frekans (Hz)	Dinamik Viskozite (η') (Pas)			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0.1	2178.333±1539.889	1380.000	1170.000	4990.000
1	670.5000±280.2419	530.0000	457.0000	1100.000
10	249.0000±87.6698	235.0000	180.0000	417.0000

Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör polieter maddelerin 0.1 Hz'de gösterdikleri en yüksek dinamik viskozite değerinin (2178 Pas); frekansın "0.1" Hz'den "1" Hz'e değişmesiyle 3.2 kat, "1" Hz'den "10" Hz'e değişmesiyle 2.7 kat daha azalma yönünde bir değişme gösterdiği Tablo 33'de görülmektedir.

Tablo 34'de Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör polieter maddelerin farklı frekans değişim aralıklarındaki dinamik viskozite değişimleri Wilcoxon Testi ile eşleştirilmiştir.

Tablo 34. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralığına Göre Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	p
0.1-1	.0277*
1-10	.0277*

*p<0.05

Tablo 34'de Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör polieter maddelerin 0.1-1Hz ve 1-10 Hz frekans değişim aralıklarındaki dinamik viskozite değerindeki düşüş, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu ($p<0.05$).

Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon ve polieter maddelerin farklı frekans değişim aralıklarında dinamik viskozite değerlerinin, değişim yüzdeleri bakımından Mann-Whitney U Testi ile karşılaştırılması Tablo 35'de görülmektedir.

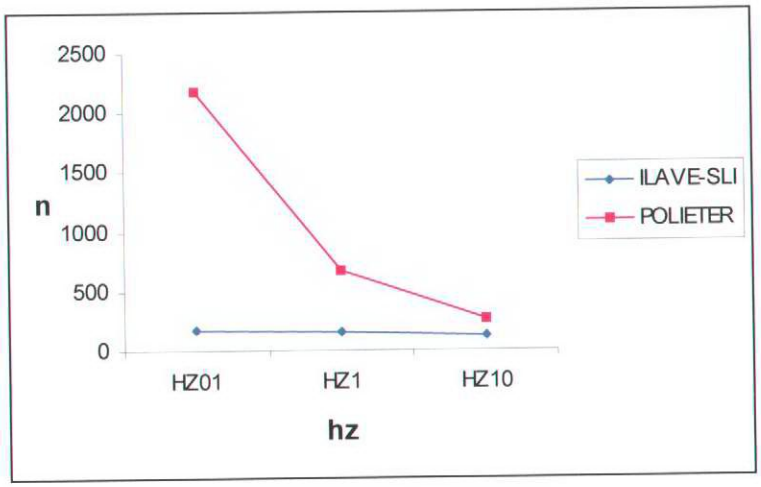
Tablo 35. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon Ve Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Dinamik Viskozite Değerlerinin Değişim Yüzdeleri Bakımından Karşılaştırılması

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	Aktivatör İlave Silikon		Aktivatör Polieter		p
	(x±SD)	Ortanca	(x±SD)	Ortanca	
01-1	-19.0840±18.2961	-8.8235	-64.8563±7.9388	-61.5942	.0014*
1-10	-13.7989±10.4331	-16.6355	-61.1017±8.4541	-60.6127	.0014*

*p<0.01

Tablo 35'de Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon ve polieter maddelerin 0.1-1 Hz ve 1-10 Hz frekans değişim aralıklarında dinamik viskozite değerlerinde, en büyük düşüş aktivatör polieterlerde gözlendi. Bu değişim her iki frekans değişim aralığında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu ($p<0.01$).

Grafik 27'de, Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon ve polieter maddeler, farklı frekans değişim aralıklarında dinamik viskozite değerlerinin değişim yüzdeleri bakımından karşılaştırılmıştır.



Grafik 27. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon ve Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Dinamik Viskozite Değerleri

Grafik 27'de, Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon ve polieter maddelerin farklı frekans değişim aralıklarında dinamik viskozite değerleri karşılaştırıldığında, frekans oranı arttıkça dinamik viskozite değeri azalmıştır. Aktivatör polieterlerde gözlenen dinamik viskozite değerindeki düşüş daha büyüktür.

4.2.3. Kimyasal Özelliklerine Göre Baz Maddelere Uygulanan Tanjant Delta Değeri Bulguları

Frekans-Sweep Testi uygulanan baz maddelerin kimyasal özelliklerine göre dağılımı Tablo 36'da bulunmaktadır.

Tablo 36. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Maddelerin Dağılımı

Madde Türü	Deney Sayısı (n)	Yüzde(%)
Kondanse silikon	6	28.6
İlave silikon	9	42.9
Polieter	6	25.6
Toplam	21	100.0

Frekans-Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon maddelerin farklı frekanslardaki tanjant delta değerleri dağılımı Tablo 37'de verilmiştir.

Tablo 37. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon Maddelerin Farklı Frekans Aralıklarında Tanjant Delta Değeri Dağılımı

Frekans (Hz)	Tanjant Delta Değeri			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0.1	1.5217±1.4209	1.4750	0.2200	2.9600
1	3.5283±3.4820	3.4000	0.3300	7.1100
10	2.9867±2.4911	2.7700	0.6700	5.7000

Tablo 37'de Frekans-Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon maddelerin en düşük tanjant delta değeri, 0.1 Hz'de 1.5'dur. Frekansın, "0.1" Hz'den"1" Hz'e değişmesiyle 2.3 kat yükselme ve "1" Hz'den "10" Hz'e değişmesiyle 1.2 kat azalma yönünde bir değişme göstermektedir.

Tablo 38'de Frekans-Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon maddelerin farklı frekans değişim aralıklarındaki tanjant delta değişimleri Wilcoxon Testi ile eşleştirilmiştir.

Tablo 38. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Tanjant Delta Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	P
0.1-1	.0277*
1-10	.3454**

*p<0.05
**p>0.05

Tablo 38'de Frekans-Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon maddelerin 0.1-1Hz frekans değişim aralığında tanjant delta değişimindeki düşüş, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunurken ($p<0.05$); 1-10 Hz frekans değişim aralığında tanjant delta değişimindeki yükselme, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmadı ($p>0.05$).

Tablo 39'da Frekans-Sweep Testi uygulanan baz ilave silikon maddelerin farklı frekanslarda gösterdikleri tanjant delta değerleri bulunmaktadır.

Tablo 39. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz İlave Silikon Maddelerin Farklı Frekanslardaki Tanjant Delta Değeri Dağılımı

Frekans (Hz)	Tanjant Delta			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0.1	12.6844±11.6065	10.6000	1.1700	33.3000
1	16.2122±12.7300	15.0000	2.0900	36.2000
10	6.4156±5.9878	3.7100	2.1200	19.8000

Frekans-Sweep Testi uygulanan baz ilave silikon maddelerinde 0.1 Hz'de tanjant delta değeri 12.7'dir. Frekansın "0.1" Hz'den"1" Hz'e değişmesiyle tanjant delta değerinde 1.3 kat artma ve "1" Hz'den "10" Hz'e değişmesiyle 2.5 kat azalma yönünde bir değişme gösterdikleri Tablo 39'da görülmektedir.

Tablo 40'da Frekans-Sweep Testi uygulanan baz ilave silikon maddelerin farklı frekans değişim aralıklarındaki tanjant delta değişimleri Wilcoxon Testi ile eşleştirilmiştir.

Tablo 40. Frekans-Sweep Testi Uygulanan İlave Silikon Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Tanjant Delta Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	P
0.1-1	.4069*
1-10	.0109**

*p>0.05
**p<0.05

Tablo 40'da Frekans-Sweep Testi uygulanan baz ilave silikon maddelerin tanjant delta değişimlerinde, 0.1-1Hz frekans değişim aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken (p>0.05), 1-10Hz frekans değişim aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu (p>0.05).

Frekans-Sweep Testi uygulanan baz polieter maddelerin farklı frekanslarda gösterdikleri tanjant delta değerleri Tablo 41'de verilmektedir.

Tablo 41. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Polieter Maddelerin Farklı Frekanslarda Tanjant Delta Değeri Dağılımı

Frekans (Hz)	Tanjant Delta			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0.1	1.8700±0.0963	1.8650	1.7400	2.0000
1	1.1100±0.4064	1.1100	0.6800	1.5500
10	1.0850±0.4110	1.0800	0.6300	1.5400

Frekans-Sweep Testi uygulanan baz polieter maddeler, 0.1 Hz'de en yüksek tanjant delta değerine sahiptir (1.9); frekansın "0.1" Hz'den"10" Hz'e yükselmesiyle tanjant delta değerinde 1.7 kat azalma yönünde bir değişme gösterdikleri Tablo 41'de görülmektedir.

Tablo 42'de Frekans-Sweep Testi uygulanan baz polieter maddelerin farklı frekans değişim aralıklarındaki tanjant delta değişimleri Wilcoxon Testi ile eşleştirilmiştir.

Tablo 42. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralığına Göre Tanjant Delta Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	p
0.1-1	.0277*
1-10	.1730**

*p<0.05
**p>0.05

Tablo 42'de Frekans-Sweep Testi uygulanan baz polieter maddelerin tanjant delta değeri değişimi, 0.1-1 Hz frekans değişim aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunurken (p<0.05), 1-10 Hz frekans aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmadı (p>0.05).

Frekans-Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon, ilave silikon ve polieter maddelerin farklı frekans değişim aralıklarında tanjant delta değerleri, değişim yüzdeleri bakımından Tablo 43'de Kruskal-Wallis Analizi kullanılarak karşılaştırıldı. Bu analizle fark bulunması durumunda, hangi grupların birbirinden farklı olduğunu anlamak için Çoklu Karşılaştırma Testi uygulandı.

Tablo 43. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon, İlave Silikon ve Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Tanjant Delta Değişim Yüzdeleri Bakımından Karşılaştırılması

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	Kondanse Silikon		İlave Silikon		Polieter	
	(x±SD)	Ortanca	(x±SD)	Ortanca	(x±SD)	Ortanca
01-1	97.5425±44.5318	98.4932	83.2264±114.7517	77.9528	-40.174011±23.0436	-39.3822
1-10	41.3784±69.3357	41.1994	-44.9553±34.3614	-68.2320	-2.5516±5.7474	-1.6983

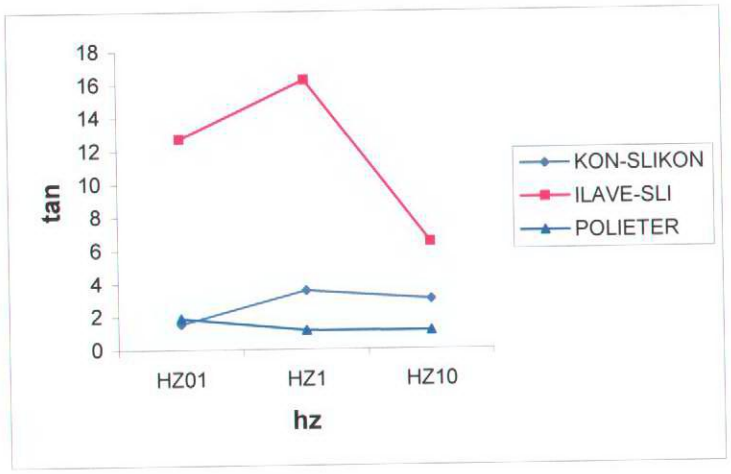
Frekans Değişim Aralığı (Hz)	Kruskal-Wallis Testi	Çoklu KarşılaştırmaTesti		
	P	Kondanse-İlave Silikon	Kondanse Silikon-Polieter	İlave Silikon-Polieter
01-1	.0188*	p>0.05**	p<0.05*	P<0.05*
1-10	.0379*	P<0.05*	p>0.05**	P<0.05*

*p<0.05
**p>0.05

Tablo 43'de Frekans-Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon, ilave silikon ve polieter maddelerin farklı frekans değişim aralıklarında tanjant delta değerleri değişim yüzdeleri bakımından karşılaştırıldığında; 0.1-1 Hz frekans değişim aralığında en büyük düşüşün baz polieterlerde, en büyük artışın baz kondanse silikonlarda olduğu görüldü ve bu fark, istatistiksel olarak anlamlı bulunduğundan ($p<0.05$), Çoklu Karşılaştırma Testi uygulandı. Bu testin sonucunda 0.1-1 Hz frekans değişim aralığında tanjant delta değerindeki değişim; kondanse-ilave silikonl arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmazken ($p>0.05$), kondanse silikon-polieter arasında ve ilave silikon-polieter arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu ($p<0.05$).

1-10 Hz frekans değişim aralığında tanjant delta değerinde en büyük düşüşün baz ilave silikonlarda, en büyük artışın baz kondanse silikonlarda olduğu görüldü ve bu durum istatistiksel olarak anlamlı bulunduğundan ($p<0.05$), Çoklu Karşılaştırma Testi uygulandı. 1-10Hz frekans değişim aralığında tanjant delta değerindeki değişim; kondanse-ilave silikon arasında ve ilave silikon-polieter arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunurken ($p<0.05$); kondanse silikon-polieter arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmadı ($p>0.05$).

Grafik 28'de, Frekans-Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon, ilave silikon ve polieter maddeler, farklı frekans değişim aralıklarında tanjant delta değerlerinin değişim yüzdeleri bakımından karşılaştırılmıştır.



Grafik 28. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Baz Kondanse Silikon, İlave Silikon ve Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Tanjant Delta Değerleri

Grafik 28'de, Frekans-Sweep Testi uygulanan baz kondanse silikon (Durosil L, Speedex P), ilave silikon(Aquasil P, Panasil P, Reprosil P) ve polieter (Impregum F, Permadyne H) maddeler, tanjant delta değerlerinin değişim yüzdeleri bakımından karşılaştırılmıştır. 0.1-1 Hz'de baz polieterdeki tanjant delta değerindeki düşüş, baz kondanse ve ilave silikondan daha fazlayken; 1-10 Hz'de baz ilave silikondaki düşüş, baz kondanse silikon ve polieterden daha fazlaydı.

4.2.4. Kimyasal Özelliklerine Göre Aktivatör Maddelere Uygulanan Tanjant Delta Değeri Bulguları

Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör maddelerin kimyasal özelliklerine göre dağılımı Tablo 44'de bulunmaktadır.

Tablo 44. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Maddelerin Kimyasal Özelliklerine Göre Dağılımı

Madde Türü	Deney Sayısı (n)	Yüzde(%)
İlave silikon	9	60.0
Polieter	6	40.0
Toplam	15	100.0

Tablo 45'de Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon maddelerin (Aquasil P aktivatör, Panasil P aktivatör, Reprosil P aktivatör) farklı frekanslarda gösterdikleri tanjant delta değerleri bulunmaktadır.

Tablo 45. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon Maddelerin Farklı Frekanslardaki Tanjant Delta Değeri Dağılımı

Frekans (Hz)	Tanjant Delta			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0.1	13.3844±9.5227	14.5000	2.9100	25.0000
1	17.3500±10.4112	13.2000	7.8600	35.8000
10	6.9433±4.1320	5.6800	3.1000	14.7000

Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon maddelerin 0.1 Hz'deki tanjant delta değerinin (13.4), frekansın "0.1" Hz'den "1" Hz'e değişmesiyle 0.8 kat artma yönünde ve "1" Hz'den "10" Hz'e değişmesiyle 2.5 kat azalma yönünde bir değişme gösterdiği Tablo 45'de görülmektedir.

Tablo 46'da Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon maddelerin farklı frekans değişim aralıklarındaki tanjant delta değerleri değişimleri Wilcoxon Testi ile eşleştirilmiştir.

Tablo 46. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Tanjant Delta Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	P
0.1-1	.3743*
1-10	.0077**

*p<0.05
**p<0.01

Tablo 46'da Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon maddelerin tanjant delta değerinin, 0.1-1Hz frekans değişim aralığında gözlenen artışı istatistiksel olarak ($p<0.05$) düzeyinde ve 1-10 Hz frekans değişim aralığında gözlenen düşüşü istatistiksel olarak ($p<0.01$) düzeyinde anlamlı bir fark olarak bulundu.

Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör polieter maddelerin farklı frekanslarda gösterdikleri tanjant delta değerleri Tablo 47'de verilmektedir.

Tablo 47. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Polieter Maddelerin Farklı Frekanslarda Tanjant Delta Değeri Dağılımı

Frekans (Hz)	Tanjant Delta			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0.1	3.8383±1.3724	4.1950	1.1600	5.0900
1	3.2583±1.1286	3.5750	1.0400	4.0100
10	2.3783±0.7933	2.3600	1.0500	3.1700

Tablo 47'de Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör polieter maddelerin (Impregum F aktivatör, Permadyne aktivatör) en yüksek tanjant delta değerleri, 0.1Hz'de 3.8'dir. Frekansın, "0.1" Hz'den "1" Hz'e değişmesiyle bu değerin 1.2

kat ve "1" Hz'den "10" Hz'e değişmesiyle 1.4 kat daha azalma yönünde bir değişme gösterdiği görülmektedir.

Tablo 48'de Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör polieter maddelerin farklı frekans aralıklarındaki tanjant delta değişimleri Wilcoxon Testi ile eşleştirilmiştir.

Tablo 48. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Tanjant Delta Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	P
0.1-1	.1159*
1-10	.0464**

*p>0.05
**p<0.05

Tablo 48'de Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör polieter maddelerin tanjant delta değeri değişimi, 0.1-1Hz frekans değişim aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmazken (p>0.05), 1-10 Hz frekans değişim aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu (p<0.05).

Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon ve polieter maddelerin farklı frekans değişim aralıklarında tanjant delta değerlerinin, Tablo 49'da değişim yüzdeleri bakımından Mann-Whitney U Testi ile karşılaştırılması görülmektedir.

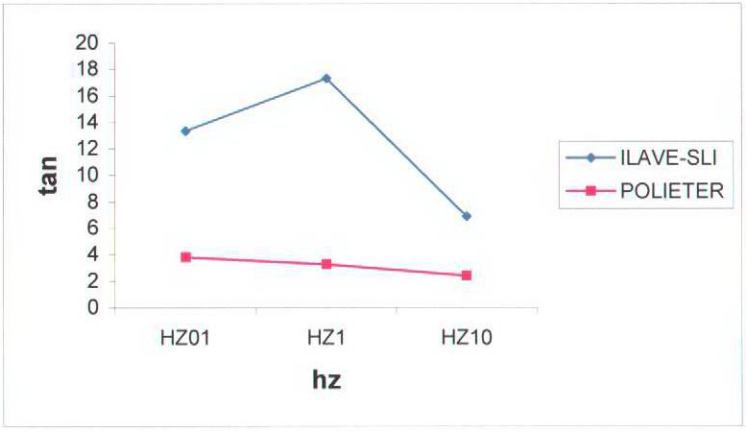
Tablo 49. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör İlave Silikon Ve Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Tanjant Delta Değerlerinin Değişim Yüzdeleri Bakımından Karşılaştırılması

Frekans Değişim Aralığı (Hz)	Aktivatör İlave Silikon		Aktivatör Polieter		P
	(x±SD)	Ortanca	(x±SD)	Ortanca	
01-1	95.2831±110.5646	146.8966	-13.7786±12.3414	-17.2179	.2880*
1-10	-55.2093±21.2531	-62.9393	-24.0668±13.9713	-26.8780	.0132**

*p>0.05
**p<0.05

Tablo 49'da Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon ve polieter maddelerin 0.1-1 Hz frekans değişim aralığındaki tanjant delta değerinin, aktivatör ilave silikonlarda artış ve aktivatör polieterlerde düşüş göstermesi, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmazken (p>0.05); 1-10 Hz frekans değişim aralığında tanjant delta değerinin aktivatör ilave silikonlarda daha büyük düşüş göstermesi istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulundu (p<0.05).

Grafik 29'da, Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon ve polieter maddelerin farklı frekans değişim aralıklarındaki tanjant delta değerleri karşılaştırılmıştır.



Grafik 29. Frekans-Sweep Testi Uygulanan Aktivatör Ilave Silikon ve Polieter Maddelerin Farklı Frekans Değişim Aralıklarında Tanjant Delta Değerleri

Grafik 29'da, Frekans-Sweep Testi uygulanan aktivatör ilave silikon ve polieter maddelerin, farklı frekans değişim aralıklarında tanjant delta değerleri karşılaştırıldığında, 1-10 Hz frekans değişim aralığında aktivatör ilave silikonlarda daha büyük düşüşün olduğu görülmektedir.

4.3. FREKANS-TİME TESTİ BULGULARI

Baz ve aktivatör bileşenlerinin karıştırılarak Frekans-Time Testi'ne tabi tutulduğu kondanse ve ilave silikonlar ile polieter ölçü maddelerinin bulguları Tablo 50 ve 65'de ve Grafik 30-45'de yer almaktadır.

Frekans-Time Testi uygulanan karışmış maddelerin kimyasal özelliklerine ve ticari isimlerine göre dağılımı Tablo 50 ve 51'de bulunmaktadır.

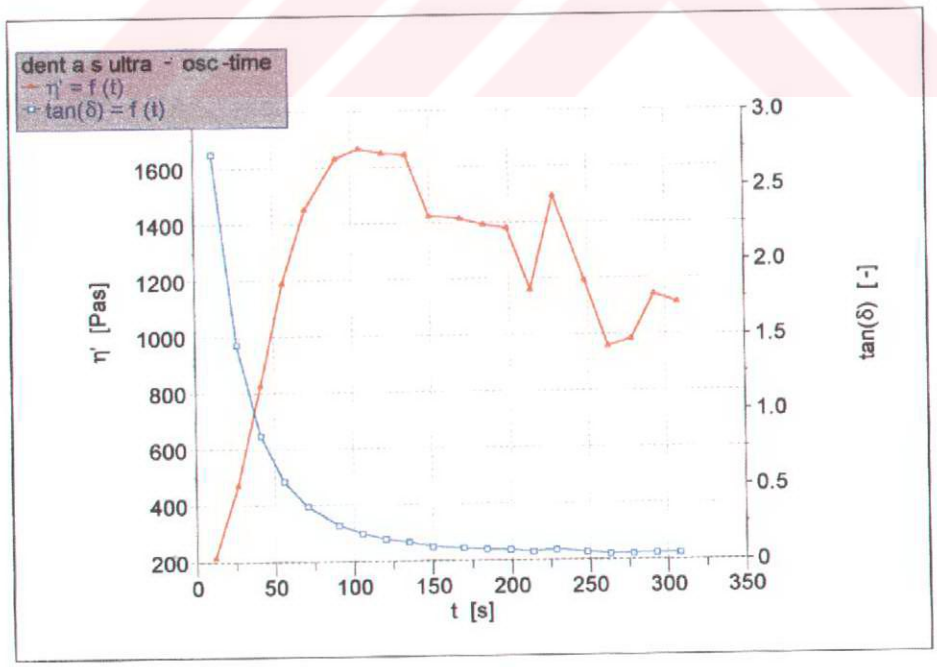
Tablo 50. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Maddelerin Kimyasal Özelliklerine Göre Dağılımı

Madde Türü	Deney Sayısı (n)	Yüzde(%)
Kondanse silikon	18	42.9
İlave silikon	15	35.7
Polieter	9	21.4
Toplam	42	100.0

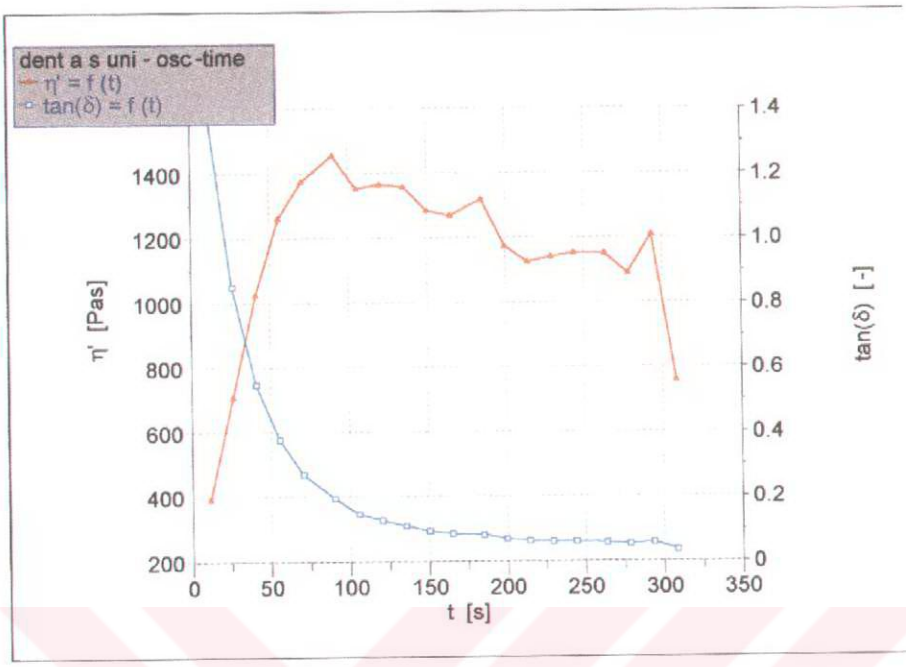
Tablo 51. FrekansTimeTesti Uygulanan Maddelerin Dağılımı

Madde Türü	Maddelerin İsimleri	Deney Sayısı(n)	Yüzde(%)
Kondanse silikon	Dent a Scon Ultra	3	7.1
Kondanse silikon	Dent a Scon Universal	3	7.1
Kondanse silikon	Durosil L	3	7.1
Kondanse silikon	Durosil S	3	7.1
Kondanse silikon	Speedex Light	3	7.1
Kondanse silikon	Speedex Putty	3	7.1
İlave silikon	Aquasil Monofaz DECA	3	7.1
İlave silikon	Aquasil Soft Putty	3	7.1
İlave silikon	Panasil Contact Plus	3	7.1
İlave silikon	Panasil Putty	3	7.1
İlave silikon	Reprosil Putty	3	7.1
Polieter	Impregum F	3	7.1
Polieter	Permadyne H	3	7.1
Polieter	Permadyne L	3	7.1
Toplam		42	100.0

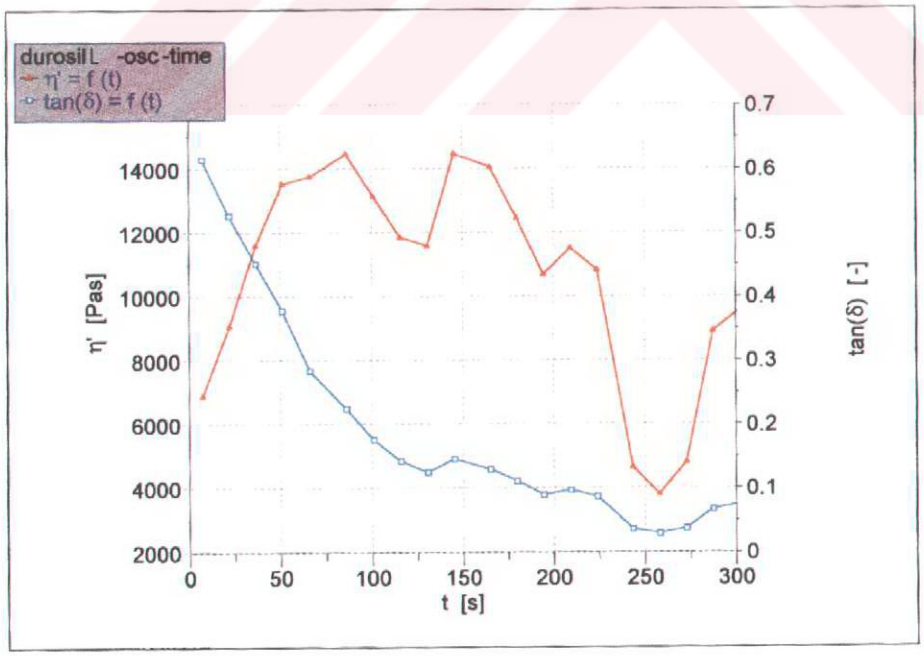
Grafik 30-35'de Frekans-Time Testi'ne tabi tutulan **kondanse silikon esaslı** ölçü maddeleri bulunmaktadır.



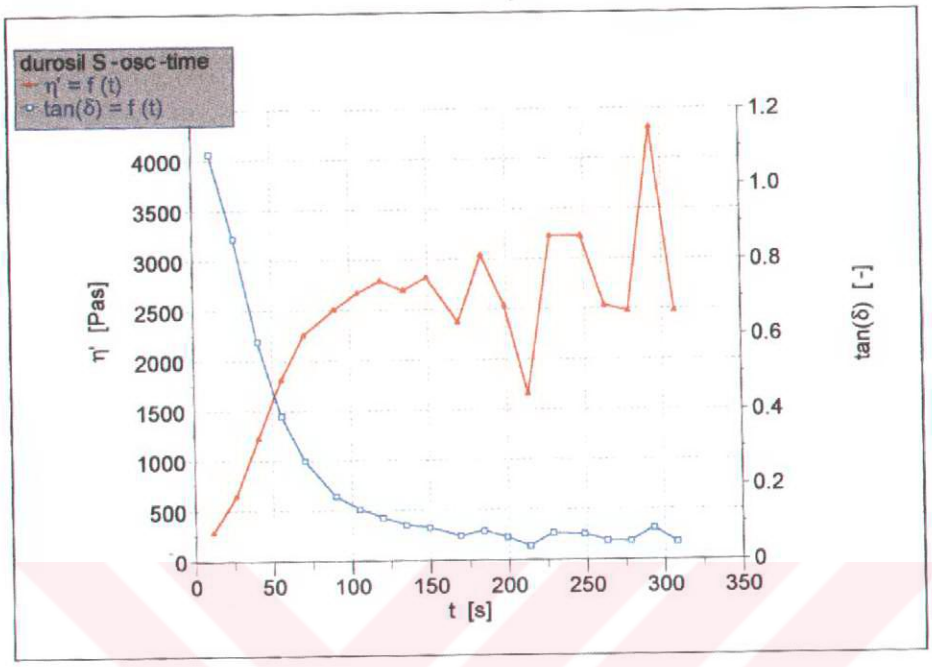
Grafik 30. Frekans-Time Testi Uygulanan Dent a Scon Ultra Ölçü Maddesi



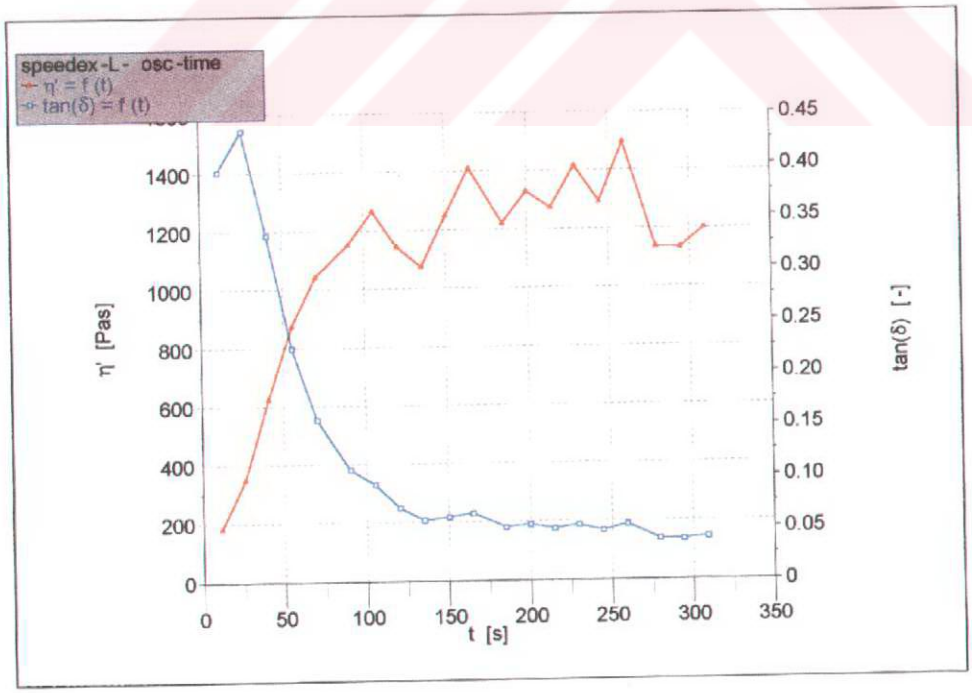
Grafik 31. Frekans-Time Testi Uygulanan Dent a Scon Universal Ölçü Maddesi



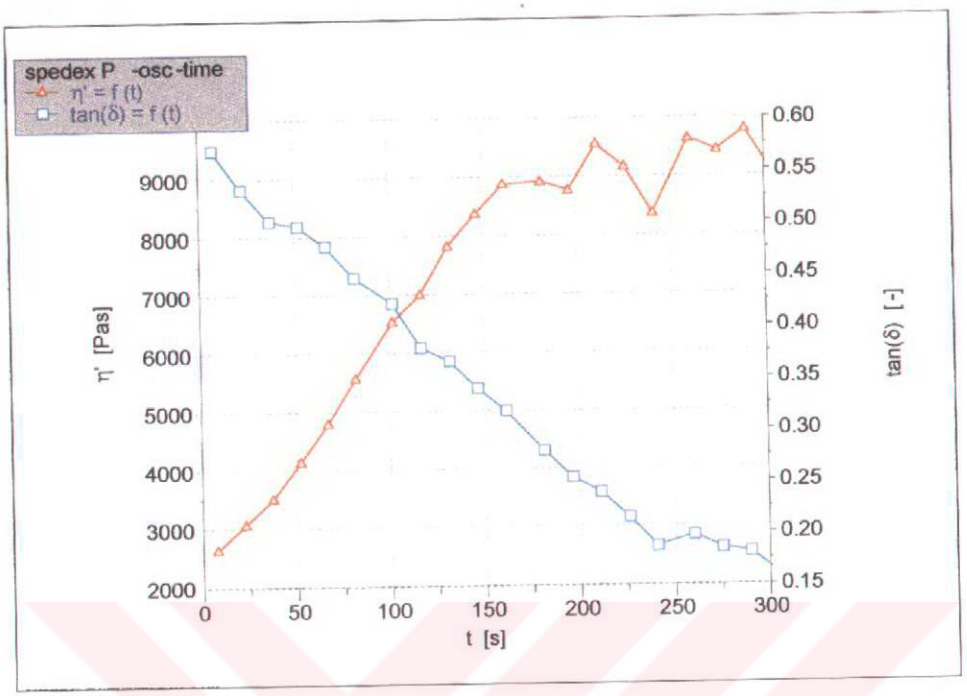
Grafik 32. Frekans-Time Testi Uygulanan Durosil L Ölçü Maddesi



Grafik 33. Frekans-Time Testi Uygulanan Durosil S Ölçü Maddesi



Grafik 34. Frekans-Time Testi Uygulanan Speedex Light Ölçü Maddesi



Grafik 35. Frekans-Time Testi Uygulanan Speedex Putty Ölçü Maddesi

4.3. Kimyasal Özelliklerine Göre Karışmış Maddelere Uygulanan Dinamik Viskozite Değeri Bulguları

Tablo 52'de Frekans-Time Testi uygulanan karışmış kondanse silikon maddelerin dinamik viskozite değerleri verilmiştir.

Tablo 52. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Kondanse Silikon Maddelerin Zamana Göre Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı

Zaman (sn)	Dinamik Viskozite (η') (Pas)			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0	1616.667±2049.434	346.0000	121.0000	6900.000
50	3606.889±4159.880	1325.000	674.0000	13500.00
100	4442.500±1016.533	235.000	1160.000	13100.00
150	4704.667±4538.979	2170.000	939.0000	14500.00
200	4066.056±3707.202	1960.000	847.0000	10700.00
250	3638.333±3329.394	1935.000	800.0000	9320.000
300	3938.833±3959.586	1560.000	713.0000	9780.000

Tablo 52'den Frekans-Time Testi uygulanan karışmış kondanse silikon maddelerin (Dent a Scon Ultra, Dent a Scon Universal, Durosil L, Durosil S, Speedex Light, Speedex Putty) dinamik viskozite değerleri; "0." saniyede 1617 Pas ile en düşük değerdedir, "150." saniyeye kadar 3 kat yükselme, "250" saniyeye kadar 1.3 kat düşüş ve "300" saniyede hafif bir yükselme gözlenmektedir.

Tablo 53'de, Frekans-Time Testi uygulanan karışmış kondanse silikon maddelerin zaman değişim aralığına göre gösterdikleri dinamik viskozite değişimleri Wilcoxon Testi ile eşleştirilmiştir.

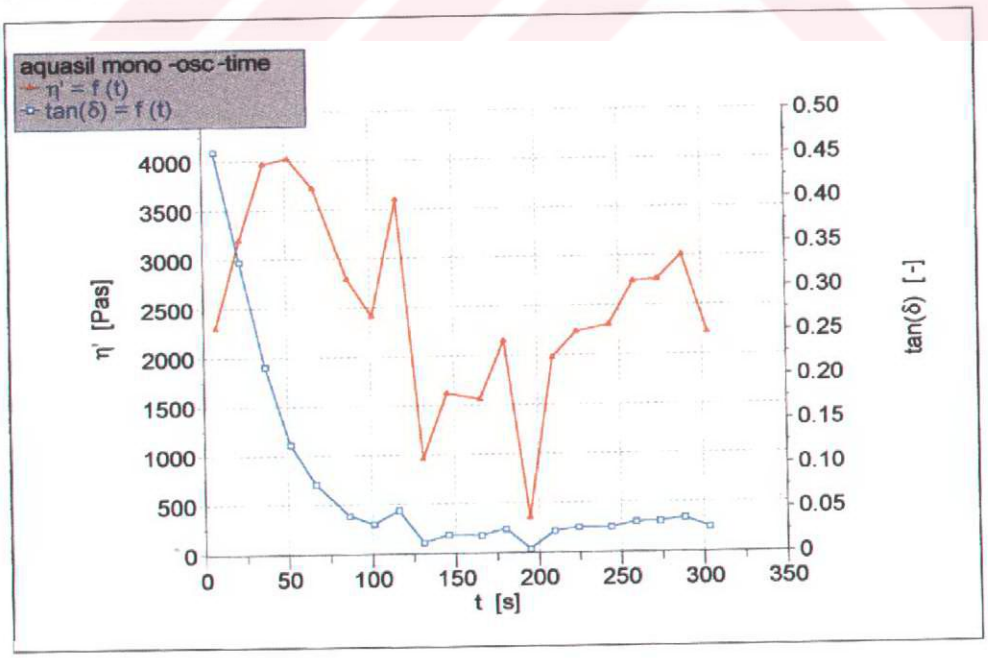
Tablo 53. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Kondanse Silikon Maddelerin Zaman Değişim Aralığına Göre Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Zaman Değişim Aralığı (sn)	p
0-50	.0002*
50-100	.0016**
100-150	.5713***
150-200	.0065**
200-250	.0429****
250-300	.8446**

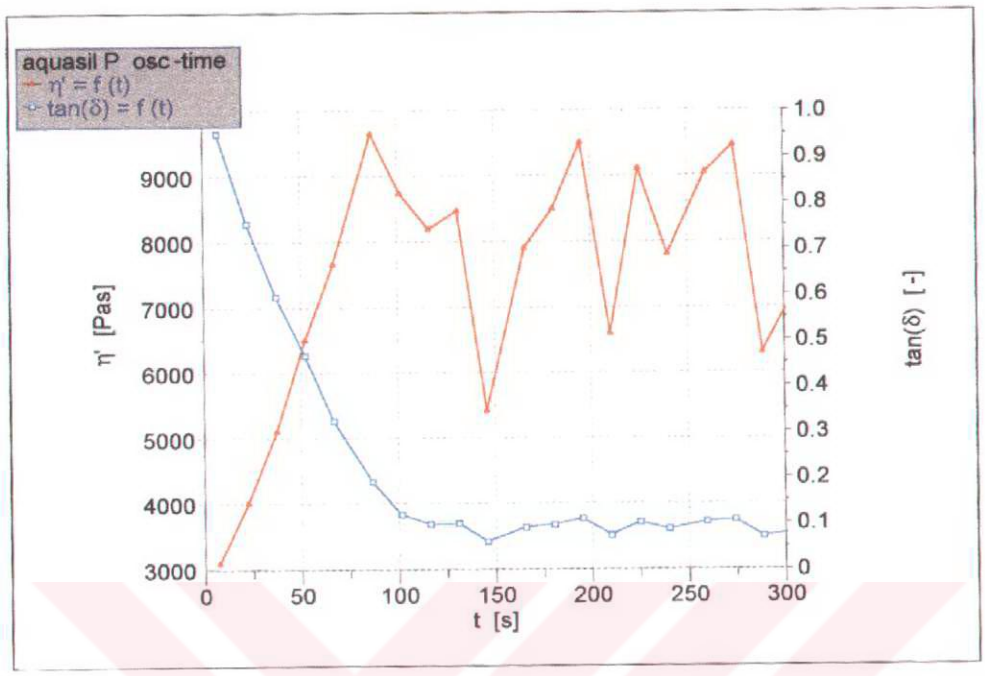
*p<0.001
**p<0.01
***p>0.05
****p<0.05

Tablo 53'de, Frekans-Time Testi uygulanan karışmış kondanse silikon maddelerin zaman değişim aralığına göre gösterdikleri dinamik viskozite değeri değişiminde, 0-50 ve 50-100 saniyeler için istatistiksel olarak (p<0.001 ve p<0.01) düzeyinde anlamlı bir fark bulundu;100-150 saniyeler için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p>0.05). 150-200 ve 250-300 saniyeler için (p<0.01) düzeyinde ve 200-250 saniyeler için (p<0.05) düzeyinde anlamlı bir fark bulundu

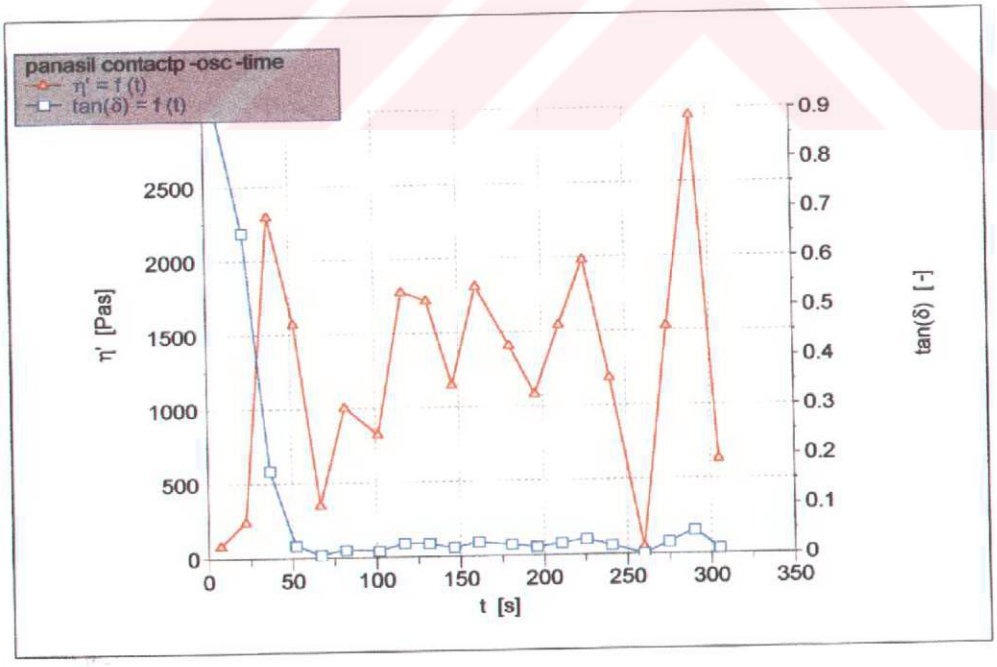
Grafik 36-40'da Frekans-Time Testi'ne tabi tutulan **ilave silikon esaslı** ölçü maddeleri bulunmaktadır.



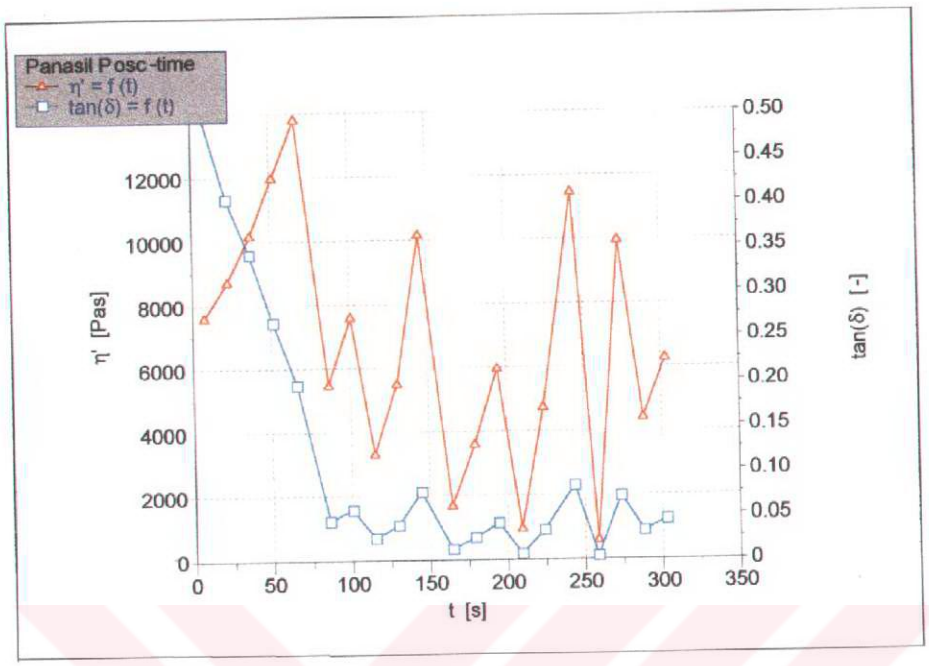
Grafik 36. Frekans Time Testi Uygulanan Aquasil Monofaz Ölçü Maddesi



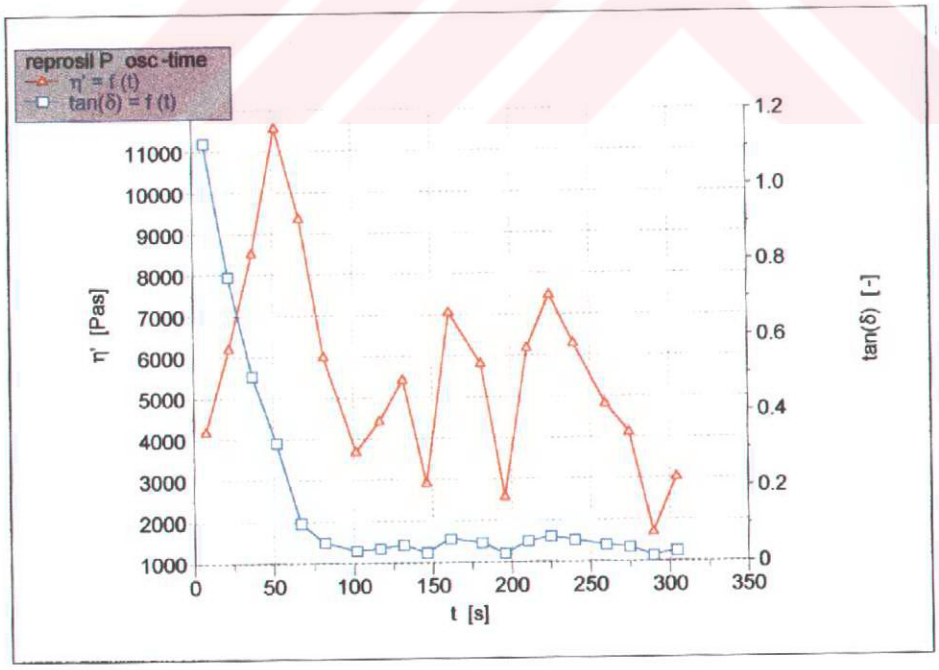
Grafik 37. Frekans Time Testi Uygulanan Aquasil Soft Putty Ölçü Maddesi



Grafik 38. Frekans Time Testi Uygulanan Panasil Contact Plus Ölçü Maddesi



Grafik 39 Frekans Time Testi Uygulanan Panasil Putty Ölçü Maddesi



Grafik 40. Frekans Time Testi Uygulanan Reprosil PuttyÖlçü Maddesi

Tablo 54'de Frekans-Time Testi uygulanan karışmış ilave silikon maddelerin dinamik viskozite değerleri yer almaktadır.

Tablo 54. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış İlave Silikon Maddelerin Zamana Göre Dinamik Viskozite Değerleri Dağılımı

Zaman (sn)	Dinamik Viskozite (η') (Pas)			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0	3857.733±3694.966	2750.000	133.0000	14500.00
50	10767.33±15767.84	6720.000	2130.000	66400.00
100	10556.67±15614.50	7600.000	2420.000	66400.00
150	8661.333±16635.02	4080.000	1160.000	68000.00
200	8536.733±16814.58	4820.000	361.0000	68700.00
250	9697.467±16752.34	6200.000	482.0000	69100.00
300	8989.400±16827.72	4250.000	781.0000	68700.00

Tablo 54'de Frekans Time Testi uygulanan karışmış ilave silikon maddelerin (Aquasil monofaz, Aquasil Soft Putty, Panasil Contact Plus, Panasil Putty, Reprosil Putty) en düşük dinamik viskozite değerleri; "0." saniyede 3858 Pas'dır. Bu değer "50." saniyeye kadar 2.8 kat yükselmekte, "200." saniyede 1.3 kat düşüş, "250." saniyede hafif yükseliş ve "300" saniyede hafif düşüş gözlenmektedir.

Tablo 55'de, Frekans-Time Testi uygulanan karışmış ilave silikon maddelerin zaman değişim aralığına göre gösterdikleri dinamik viskozite değişimleri Wilcoxon Testi ile eşleştirilmiştir.

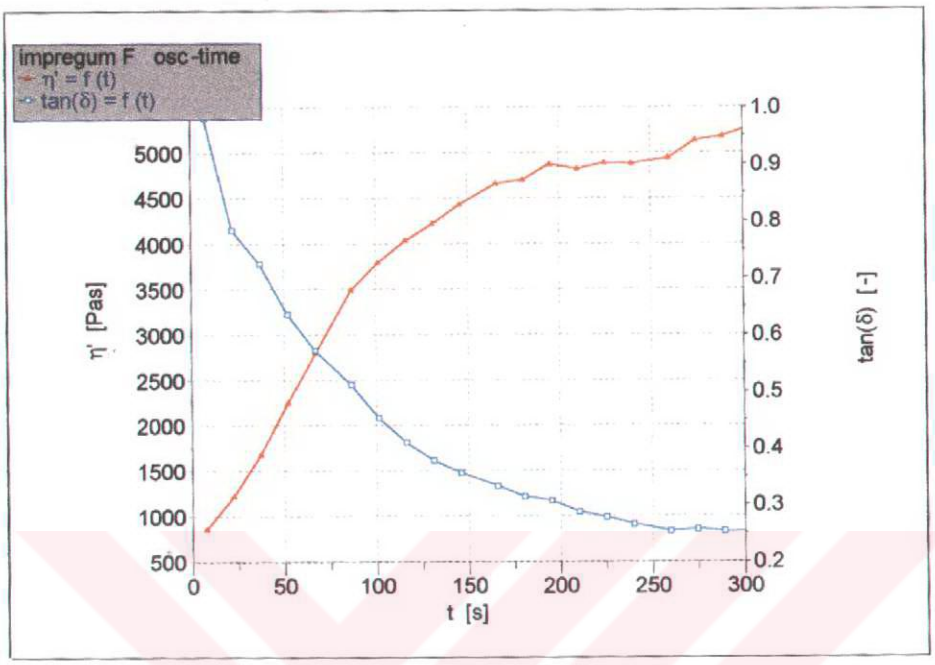
Tablo 55. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış İlave Silikon Maddelerin Zaman Değişim Aralığına Göre Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Zaman Değişim Aralığı (sn)	P
0-50	.0090*
50-100	.9250**
100-150	.0231***
150-200	.8203**
200-250	.1728**
250-300	.0995**

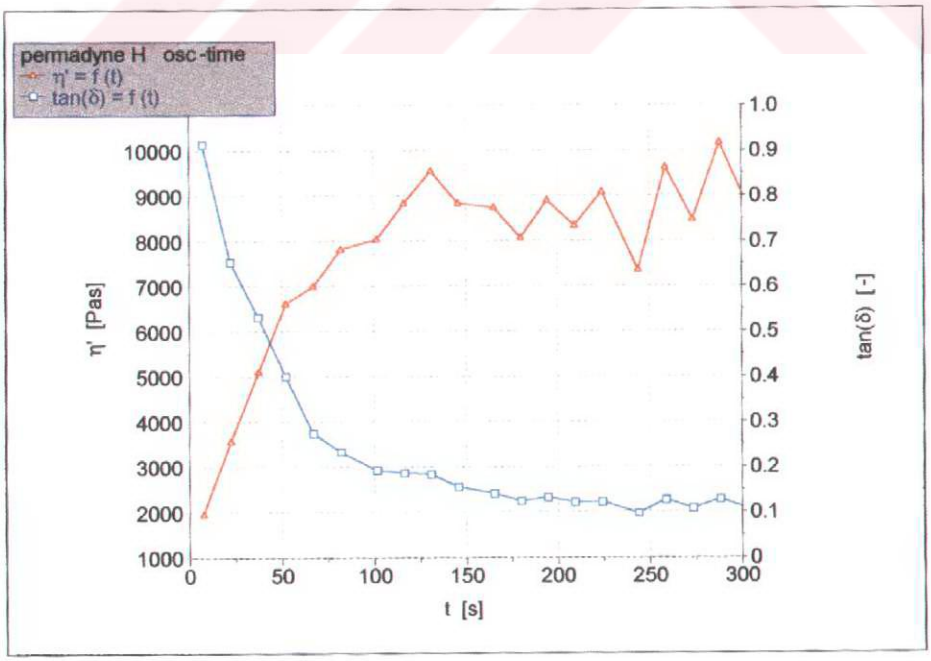
* p<0.01
**p>0.05
***p<0.05

Tablo 55'de, Frekans-Time Testi uygulanan karışmış ilave silikon maddelerin zaman değişim aralığına göre gösterdikleri dinamik viskozite değişimleri için, 0-50 saniyelerde istatistiksel olarak (p<0.01) düzeyinde ve 100-150 saniyelerde istatistiksel olarak (p<0.05) düzeyinde anlamlı bir fark bulundu; 50-100, 150-200, 200-250 ve 250-300 saniyeler için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p>0.05).

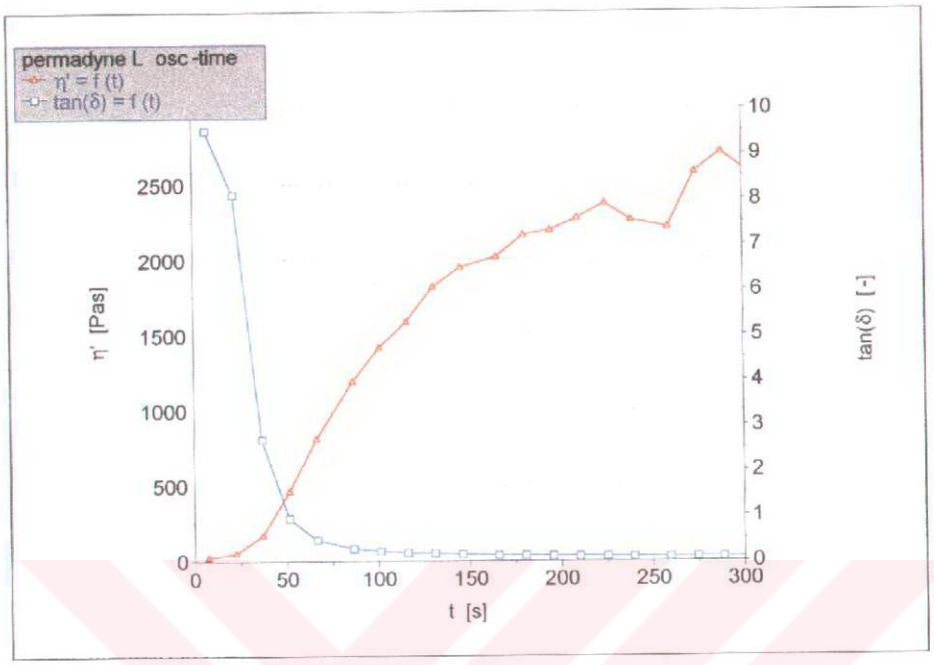
Grafik 41-43'de Frekans Time Testi'ne tabi tutulan **polieter esaslı** ölçü maddeleri bulunmaktadır.



Grafik 41. Frekans-Time Testi Uygulanan Impregum F Ölçü Maddesi



Grafik 42. Frekans-Time Testi Uygulanan Permadyne H Ölçü Maddesi



Grafik 43. Frekans-Time Testi Uygulanan Permadyne L Ölçü Maddesi

Tablo 56'da Frekans-Time Testi uygulanan karışmış polieter maddelerin dinamik viskozite değerleri yeralmaktadır.

Tablo 56. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Polieter Maddelerin Zamana Göre Dinamik Viskozite Değeri Dağılımı

Zaman (sn)	Dinamik Viskozite (η) (Pas)			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0	1046.767±1169.874	680.0000	25.4000	3230.000
50	3210.889±2625.563	2360.000	463.0000	6830.000
100	4662.222±3045.327	3800.000	1120.000	8050.000
150	5221.111±3069.367	4640.000	1550.000	8840.000
200	5625.556±3194.715	4890.000	1810.000	9290.000
250	5732.222±3291.758	4980.000	1980.000	10100.00
300	5968.889±3254.095	5820.000	2020.000	10200.00

Tablo 56'da Frekans-Time Testi uygulanan karışmış polieter maddelerin (Impregum F, Permadyne H ve Permadyne L) en düşük dinamik viskozite değeri "0." saniyede 1047 Pas'dır ve bu değer "300." saniyeye kadar 5.7 kat artış göstermektedir.

Tablo 57'de Frekans-Time Testi uygulanan karışmış polieter maddelerin zaman değişim aralığına göre gösterdikleri dinamik viskozite değişimleri Wilcoxon Testi ile eşleştirilmiştir.

Tablo 57. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Polieter Maddelerin Zaman Değişim Aralığına Göre Dinamik Viskozite Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Zaman Değişim Aralığı (sn)	P
0-50	.0077*
50-100	.0077*
100-150	.0506**
150-200	.0663**
200-250	.4838**
250-300	.1097**

*p<0.01
**p>0.05

Tablo 57'de, Frekans Time Testi uygulanan karışmış polieter maddelerin zaman değişim aralığına göre gösterdikleri dinamik viskozite değişimlerinde, 0-50 ve 50-100 saniyeler için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu (p<0.01); 100-150, 150-200, 200-250 ve 250-300 saniyeler için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p>0.05).

Tablo 58'de Frekans Time Testi uygulanan karışmış ölçü maddelerinin dinamik viskozite değerleri için, Kruskal Wallis Analizi ile değişim yüzdeleri hesaplanarak üç grupta karşılaştırılması görülmektedir. Bu analizle fark bulunması durumunda, hangi grupların birbirinden farklı olduğunu anlamak için Çoklu Karşılaştırma Testi uygulandı.

Tablo 58. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış Ölçü Maddelerinin Dinamik Viskozite Değerleri İçin Değişim Yüzdelerinin Hesaplanarak Üç Grupta Karşılaştırılması

Zaman Değişim Aralığı (sn)	Kondanse Silikon		İlave Silikon		Polieter	
	(x±SD)	Ortanca	(x±SD)	Ortanca	(x±SD)	Ortanca
0-50	258.5809±176.0126	237.7508	594.7152±1526.987	110.3226	702.3862±639.5390	247.0588
50-100	48.5270±72.6031	35.0343	21.0498±65.8882	10.1598	82.7431±62.4010	68.1416
100-150	3.1805±15.9242	-0.9827	-28.9359±34.1903	-32.6446	19.8666±15.6188	17.9666
150-200	-9.5001±9.9958	-8.3333	8.9324±63.6293	-9.4964	10.4539±10.5443	12.3077
200-250	-8.6037±20.7711	-5.0550	62.4393±147.5284	8.3947	3.2494±13.8988	3.1963
250-300	0.7241±33.1539	-3.7988	29.6195±150.8220	-11.1111	6.7453±15.2050	8.1967

Zaman Değişim Aralığı (sn)	Kruskal-Wallis Testi	Çoklu Eşleştirme Testi		
	P	Kondanse-İlave Silikon	Kondanse Silikon-Polieter	İlave Silikon-Polieter
0-50	.0496*	-	-	-
50-100	.0312**	p>0.05*	p>0.05*	P<0.05**
100-150	.0003***	P<0.01****	P<0.05**	P<0.001***
150-200	.0258**	p>0.05*	P<0.05**	P<0.05**
200-250	.1261*	-	-	-
250-300	.0627*	-	-	-

*p>0.05
**p<0.05
***p<0.001
****p<0.01

Tablo 58'de Frekans Time Testi uygulanan karışmış kondanse silikon, ilave silikon ve polieter maddeler farklı zaman değişim aralıklarında dinamik viskozite değerlerinin değişim yüzdeleri bakımından incelendiğinde; 0-50 saniye zaman aralığında en düşük dinamik viskozite değeri artışının kondanse silikonda, en büyük dinamik viskozite değeri artışının polieter maddelerde olduğu görüldü ve bu artış, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmadı ($p>0.05$).

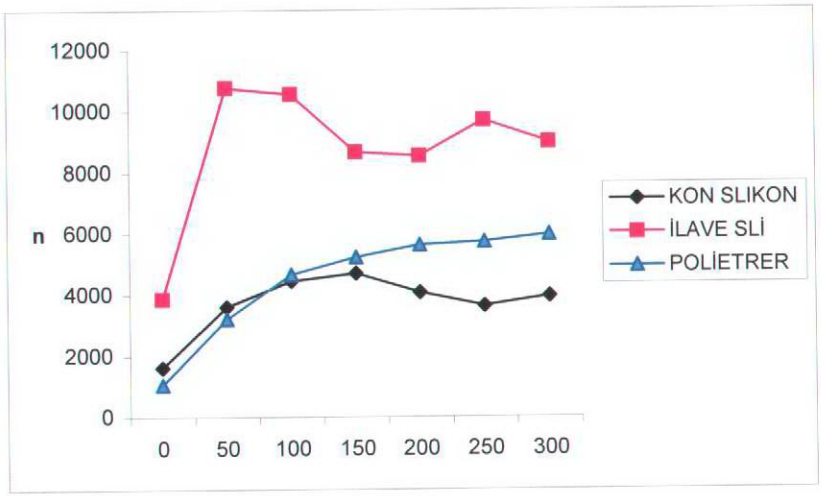
50-100 saniye zaman aralığında dinamik viskozite değerinde, en büyük artışın polieterlerde, en düşük artışın ilave silikonlarda olduğu görüldü ve bu durum, istatistiksel olarak anlamlı bulunduğundan ($p<0.05$), Çoklu Karşılaştırma Testi uygulandı. Bu test sonucunda 50-100 saniye zaman değişim aralığında dinamik viskozite değerinde, kondanse-ilave silikon ve kondanse silikon-polieter arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$), ilave silikon-polieter arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($p<0.05$).

100-150 saniye zaman aralığında dinamik viskozite değerinde, en büyük düşüşün ilave silikon ve en büyük artışın polieter maddelerde olması, istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.001$). Yapılan Çoklu Karşılaştırma Testi sonucunda 100-150 saniye zaman aralığında dinamik viskozite değerinde, istatistiksel olarak kondanse-ilave silikon arasında ($p<0.01$) düzeyinde, kondanse silikon-polieter arasında ($p<0.05$) düzeyinde ve ilave silikon-polieter arasında ($p<0.001$) düzeyinde anlamlı bir fark bulundu.

150-200 saniye zaman aralığında dinamik viskozite değerinde, en büyük artışın polieterde ve en büyük düşüşün kondanse silikonda olması istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$). Çoklu Karşılaştırma Testi sonucunda 150-200 saniye zaman aralığında dinamik viskozite değerinde, istatistiksel olarak kondanse-ilave silikon arasında anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$), kondanse silikon-polieter ile ilave silikon-polieter arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($p<0.05$).

200-250 saniye ve 250-300 saniye zaman aralıklarında dinamik viskozite değerinde, en büyük düşüş kondanse silikon örneklerde, en büyük artış ilave silikon maddelerde gözlendi; ancak bu değişim her iki zaman değişim aralığında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmadı ($p>0.05$).

Grafik 44'de, Frekans-Time Testi uygulanan kondanse silikon, ilave silikon ve polieter maddelerin, farklı zaman aralığında dinamik viskozite değerleri değişim yüzdeleri bakımından karşılaştırılmıştır.



Grafik 44. Frekans-Time Testi Uygulanan Kondanse Silikon, İlave Silikon ve Polieter Maddelerin Farklı Zaman Aralıklarında Dinamik Viskozite Değerleri

Grafik 44'de, Frekans Time Testi uygulanan kondanse silikon, ilave silikon ve polieter maddelerin, farklı zaman aralıklarında dinamik viskozite değerleri değişim yüzdeleri bakımından karşılaştırıldığında; 50-100 saniye zaman aralığında polieterlerde gözlenen dinamik viskozite değerindeki artış, kondanse silikonlarda gözlenen artış ve ilave silikonlarda gözlenen düşüşten daha fazlaydı. 100-150 saniye zaman aralığında ilave silikonlarda gözlenen dinamik viskozite değerindeki düşüş, kondanse silikon ve polieterlerde gözlenen artıştan daha fazlaydı;. 150-200 saniye zaman aralığında polieterlerde gözlenen dinamik viskozite değerindeki artış, kondanse silikonlarda gözlenen düşüşten ve ilave silikonda gözlenen artıştan daha fazlaydı.

4.3.2 Frekans Time Testi Tanjant Delta Değeri Bulguları

Tablo 59'da Frekans Time Testi uygulanan **karışmış kondanse silikon** maddelerin zamana göre **tanjant delta değeri** dağılımı görülmektedir.

Tablo 59. Frekans Time Testi Uygulanan Karışmış Kondanse Silikon Maddelerin Zamana Göre Tanjant Delta Değeri Dağılımı

Zaman (sn)	Tanjant Delta			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0	1.0572±0.8691	0.6450	0.3800	2.9500
50	0.4072±0.1809	0.4000	0.1700	0.9100
100	0.1992±0.1082	0.1750	0.0840	0.4200
150	0.1334±0.0844	0.970	0.0610	0.3400
200	0.0883±0.0529	0.0710	0.0460	0.2500
250	0.0714±0.0433	0.0575	0.0350	0.1900
300	0.0873±0.1008	0.0460	0.0280	0.4600

Tablo 59'da Frekans-Time Testi uygulanan karışmış kondanse silikon maddelerin (Dent a Scon Ultra, Dent a Scon Universal, Durosil L, Durosil S, Speedex Light, Speedex Putty) zamana göre en yüksek tanjant delta değeri; "0."saniyede ve 1.06'dır. Bu değer "250." saniyeye kadar 15 kat düşüş göstermekte ve "300." saniyede 1.2 kat artış sergilemektedir.

Tablo 60'da Frekans Time Testi uygulanan karışmış kondanse silikon maddelerin zaman değişim aralığına göre tanjant delta değişimleri Wilcoxon Testiyle eşleştirilmiştir.

Tablo 60. Frekans Time Testi Uygulanan Karışmış Kondanse Silikon Maddelerin Zaman Değişim Aralığına Göre Tanjant Delta Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Zaman Değişim Aralığı (sn)	p
0-50	.0002*
50-100	.0002*
100-150	.0002*
150-200	.0002*
200-250	.0023**
250-300	.3133***

*p<0.001
**p<0.01
***p>0.05

Tablo 60'da Frekans-Time Testi uygulanan karışmış kondanse silikon maddelerin zaman değişim aralığına göre tanjant delta değişimlerinde; 0-50, 50-100, 100-150, 150-200 saniye zaman aralıklarında istatistiksel olarak (p<0.001) düzeyinde ve 200-250 saniye zaman aralığında istatistiksel olarak (p<0.01) düzeyinde anlamlı bir fark bulundu. 250-300 saniye zaman aralığındaki tanjant delta değişimi istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmadı (p>0.05).

Tablo 61'de Frekans-Time Testi uygulanan **karışmış ilave silikon** maddelerin zamana göre **tanjant delta değeri** dağılımı yer almaktadır.

Tablo 61. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış İlave Silikon Maddelerin Zamana Göre Tanjant Delta Değeri Dağılımı

Zaman (sn)	Tanjant Delta			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0	0.7400±0.3294	0.7200	0.1400	1.4000
50	0.2605±0.1768	0.2700	0.0330	0.5100
100	0.0823±0.0596	0.0630	0.0220	0.2600
150	0.0432±0.0322	0.0260	0.0060	0.1200
200	0.0449±0.0315	0.0350	0.0040	0.1100
250	0.0498±0.0262	0.0480	0.0060	0.0870
300	0.0459±0.235	0.0440	0.0060	0.0790

Tablo 61'de Frekans-Time Testi uygulanan karışmış kondanse silikon maddelerin (Aquasil Monofaz, Aquasil Soft Putty, Panasil Contact Plus, Panasil Putty,

Reprosil Putty) zamana göre en yüksek tanjant delta değeri; "0."saniyede ve 0.7 'dir. Bu değer "150." saniyeye kadar 17 kat düşüş, "250." saniyeye kadar hafif artış ve "300." saniyede hafif düşüş göstermektedir.

Tablo 62'de Frekans-Time Testi uygulanan karışmış ilave silikon maddelerin zaman değişim aralığına göre tanjant delta değişimleri Wilcoxon Testiyle eşleştirilmiştir.

Tablo 62. Frekans-Time Testi Uygulanan Karışmış İlave Silikon Maddelerin Zaman Değişim Aralığına Göre Tanjant Delta Değişimleri İçin Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Zaman Değişim Aralığı (sn)	P
0-50	.0007*
50-100	.0026**
100-150	.0038**
150-200	.7983***
200-250	.4603***
250-300	.3066***

*p<0.001
**p<0.01
***p>0.05

Tablo 62'de Frekans Time Testi uygulanan karışmış ilave silikon maddelerin zaman değişim aralığına göre tanjant delta değişimlerinde; istatistiksel olarak 0-50 saniye zaman aralığında (p<0.001) düzeyinde ve 50-100, 100-150 saniye zaman aralıklarında (p<0.01) düzeyinde anlamlı bir fark bulunurken;150-200, 200-250, 250-300 saniye zaman aralıkları için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p>0.05).

Tablo 63'de Frekans Time Testi uygulanan **karışmış polieter** maddelerin zamana göre **tanjant delta değeri** dağılımı yer almaktadır.

Tablo 63. Frekans Time Testi Uygulanan Karışmış Polieter Maddelerin Zamana Göre Tanjant Delta Değeri Dağılımı

Zaman (sn)	Tanjant Delta			
	Ortalama-Standart Sapma(x±SD)	Ortanca	Min. Değer	Max Değer
0	3.8667±4.3699	0.9800	0.7500	9.9100
50	0.6167±0.2179	0.6400	0.2800	0.9500
100	0.2689±0.1137	0.2300	0.1600	0.4700
150	0.2056±0.0951	0.1700	0.1100	0.3700
200	0.1778±0.0836	0.1500	0.0900	0.3200
250	0.1563±0.0736	0.1300	0.0980	0.2800
300	0.1447±0.0694	0.1200	0.0670	0.2600

Tablo 63'de Frekans-Time Testi uygulanan karışmış polieter maddelerin (Impregum F, Permadyne H ve Permadyne L) zamana göre en yüksek tanjant delta değeri "0."saniyede, 3.9'dur. Bu değer, "300." saniyeye kadar 27 kat düşüş

göstermektedir; en belirgin düşüş "0" saniyeden "50." saniyeye kadar olan zaman aralığında gözlenmektedir (6.3 kat).

Tablo 64'de Frekans-Time Testi uygulanan karışmış polieter maddelerin zaman değişim aralığına göre tanjant delta değişimleri Wilcoxon Testiyle eşleştirilmiştir.

Tablo 64. Frekans Time Testi Uygulanan Karışmış Polieter Maddelerin Zaman Değişim Aralığına Göre Tanjant Delta Değişimlerine Uygulanan Wilcoxon Eşleştirme Testi

Zaman Değişim Aralığı (sn)	p
0-50	.0077*
50-100	.0077*
100-150	.0077*
150-200	.0129**
200-250	.0129**
250-300	.0663***

*p<0.01
**p<0.05
***p>0.05

Tablo 64'de Frekans Time Testi uygulanan karışmış polieter maddelerin zaman değişim aralığına göre tanjant delta değişimleri; istatistiksel olarak 0-50, 50-100, 100-150 saniye zaman aralıkları için (p<0.01) düzeyinde; 150-200, 200-250 saniye zaman aralıkları için (p<0.05) düzeyinde anlamlı bir fark olarak bulunurken; 250-300 saniye zaman aralığı için anlamlı bir fark olarak bulunmadı (p>0.05).

Tablo 65'de Frekans Time Testi uygulanan karışmış ölçü maddelerinin tanjant delta değerlerinin, Kruskal Wallis Analizi ile değişim yüzdeleri hesaplanarak üç grupta karşılaştırılması görülmektedir. Bu analizle fark bulunması durumunda, hangi grupların birbirinden farklı olduğunu anlamak için Çoklu Karşılaştırma Testi uygulandı.

Tablo 65. Frekans Time Testi Uygulanan Karışmış Ölçü Maddelerinin Tanjant Delta Değerleri İçin Değişim Yüzdelerinin Hesaplanarak Üç Grupta Karşılaştırılması

Zaman Değişim Aralığı (sn)	Kondanse Silikon		İlave Silikon		Polieter	
	(x±SD)	Ortanca	(x±SD)	Ortanca	(x±SD)	Ortanca
0-50	-49.1752±21.9932	-47.6306	-65.9237±18.1561	-65.0000	-61.9027±24.7757	-59.7122
50-100	-50.8003±16.1285	-55.3552	-44.7469±62.3711	-67.5676	-53.3768±18.1081	-52.5000
100-150	-33.5221±10.7958	-33.1884	-41.9753±36.2370	-50.0000	-24.4032±6.2985	-26.0870
150-200	-30.5963±11.0773	-27.5539	49.9840±140.8951	-7.7922	-13.3496±10.9712	-13.8889
200-250	-17.6521±18.7892	-14.9113	62.6272±161.6464	-5.7143	-11.5453±9.9720	-12.9032
250-300	-27.4193±141.4033	-12.2653	35.9541±153.8566	-12.7907	-7.1648±14.2383	-7.1429

Zaman Değişim Aralığı (sn)	Kruskal-Wallis Testi	Çoklu Eşleştirme Testi		
	p	Kondanse-İlave Silikon	Kondanse Silikon-Polieter	İlave Silikon-Polieter
0-50	.0827*	-	-	-
50-100	.1965*	-	-	-
100-150	.0477**	p>0.05*	p>0.05*	P<0.05**
150-200	.0471**	P<0.05**	P<0.05**	p>0.05*
200-250	.0793*	-	-	-
250-300	.8204*	-	-	-

*p>0.05
**p<0.05

Tablo 65'de Frekans Time Testi uygulanan karışmış kondanse silikon, ilave silikon ve polieter maddeler farklı zaman değişim aralıklarında tanjant delta değerleri değişim yüzdeleri bakımından incelendiğinde; 0-50 saniye zaman aralığında en büyük düşüşün ilave silikonlarda ve en az düşüşün kondanse silikonlarda olduğu görülmekle beraber bu değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmadı ($p>0.05$).

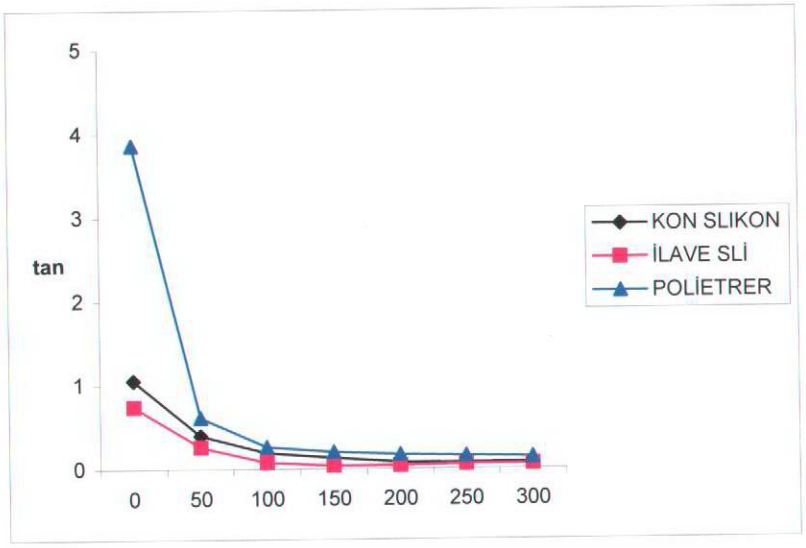
50-100 saniye zaman aralığında tanjant delta değerinde, maddelerde birbirine yakın gözlenen düşüş en çok polieterde ve en az ilave silikonda gözlendi; ancak bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bir fark olarak bulunmadı ($p>0.05$).

100-150 saniye zaman aralığında tanjant delta değerindeki en büyük düşüş ilave silikonlarda ve en az düşüş polieterde gözlendi; bu durum istatistiksel olarak anlamlı bulunduğundan ($p<0.05$); Çoklu Karşılaştırma Testi uygulandı. Bu teste göre100-150 saniye zaman aralığında gözlenen tanjant delta değerinde, kondanse-ilave silikon ve kondanse silikon-polieter arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$); ilave silikon-polieter arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($p<0.05$).

150-200 saniye zaman aralığında tanjant delta değerinde en büyük düşüş kondanse silikonda gözlenmekle beraber ilave silikon örneklerde artış olduğu görüldü ve bu durum, istatistiksel olarak anlamlı bulunduğundan ($p<0.05$), Çoklu Karşılaştırma Testi uygulandı. 150-200 saniye zaman aralığında tanjant delta değerinde, kondanse-ilave silikon arasında ve kondanse silikon-polieter arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken ($p<0.05$); ilave silikon-polieter arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0.05$).

200-250 saniye ve 250-300 saniye zaman aralıklarında tanjant delta değerinde, en büyük düşüş kondanse silikon maddelerde gözlenmekle beraber bu durum, istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0.05$).

Grafik 45'de, Frekans Time Testi uygulanan kondanse silikon, ilave silikon ve polieter maddeler farklı zaman aralıklarında tanjant delta değerlerinin değişim yüzdeleri bakımından karşılaştırılmıştır.



Grafik 45. FrekansTime Testi Uygulanan Kondanse Silikon, İlave Silikon ve Polieter Maddelerin Farklı Zaman Aralığında Tanjant Delta Değerleri

Grafik 45'de, Frekans Time Testi uygulanan kondanse silikon, ilave silikon ve polieter maddeler farklı zaman aralıklarında tanjant delta değerlerinin değişim yüzdeleri bakımından karşılaştırıldığında; 100-150 saniye aralığında ilave silikonlarda gözlenen düşüş, kondanse silikon ve polieterlerde gözlenen düşüşden daha fazlaydı; 150-200 saniye aralığında kondanse silikonlarda gözlenen düşüş, ilave silikonlarda gözlenen artış ve polieterlerde gözlenen düşüşden daha büyüktü.

V. TARTIŞMA

Protetik uygulamaların uyumu ve fonksiyonel etkinliği, alınan ölçünün oral dokuları ne kadar iyi kopyaladığı ve bunun dökülen modele ne kadar iyi aktarıldığı ile ilişkilidir[1,2,16,17].

Üretici firma tarafından baz ve aktivatör olarak iki ayrı komponent halinde sunulan silikon ve polieter esaslı elastomerik ölçü maddelerinin bileşenlerinin ve karışımlarının, materyaller gerilmeye maruz kaldıklarında deforme veya akışkan olmaları (reolojisi) maddelerin kullanımları açısından oldukça büyük önem taşımaktadır. Yapılan çalışmalar, diş hekimliğinde kullanılan ölçü maddelerinin viskozitesinin ve tanjant delta değerinin, iki patın karıştırılmasından, maddenin ölçü kaşığına ve/veya dişler üzerine uygulanması, ağıza yerleştirilmesi ve madde sertleştikten sonra deforme olmadan ağızdan uzaklaştırılmasına kadar pek çok aşamada doğrudan etkili olduğunu göstermektedir[1,2,84,85].

Yine klinik kullanım boyunca yüzey detaylarının net olarak kaydının çalışma zamanıyla etkilenmesi nedeniyle, sertleşme boyunca karıştırılmış ölçü maddelerinin gösterdikleri akma davranışları, maksimum detaylı ve minimum hava kabarcıklı die ve ölçü elde edilmesinde önem taşımaktadır[16,74].

Elastomerik esaslı ölçü maddelerinin reolojik özellikleri, ürünlerin bu özelliklerinin klinik kullanım için önemini yansıtan pek çok çalışmanın konusu olmuştur[17,27,28,34].

Yapılan çalışmada, düşükten çok yüksek yoğunluğa kadar değişen farklı markada iki bileşenli maddelerden oluşan 14 silikon ve polieter esaslı ölçü maddesinin, bileşenler karıştırılmadan önce ve karıştırıldıktan sonra reolojik özelliklerini incelemek için; gerilme kontrollü bir kon-plak reometreden yararlanıldı. Lastik eldivenin silikon ölçü

maddelerinin sertleşme özellikleri üzerindeki geciktirici etkisini gidermek için, bu maddelerle çalışılırken eldiven kullanılmadı.

Çalışmada **düşük yoğunluk**taki akışkan (visköz) yapıdaki baz ve aktivatör ölçü bileşenlerinin **görünür viskozite değerleri**, 23°C de ve 0-300 makaslama oranı aralığında Akma Testi ile; viskoelastik yapıda oldukları statik bir test olan Sürünme-Gerilme Gevşeme Testi ile doğrulanan **orta, yüksek ve çok yüksek yoğunluk**taki viskoelastik yapıdaki baz ve aktivatör ölçü bileşenlerinin **dinamik viskozite** ve **tanjant delta değerleri**, 23°C ve 0.1-100 Hz frekans aralığında Frekans Sweep Testi ile ölçüldü. Karıştırılarak viskoelastik veya elastik bir yapı haline dönüşen **karışım** ölçü maddelerinin, sertleşme boyunca gösterdikleri **dinamik viskozite** ve **tanjant delta değerleri** de 37°C de 300 saniyede Frekans Time Testi ile ölçüldü.

Mc Cabe ve Arikawa[85] da bir kon-plak reometre ile elastomerlerin sertleşmeden önce ve sertleşmeleri süresince reolojik özelliklerini değerlendirmişlerdir. Elastomerlerin sertleşme özelliklerini izlemek için tanjant kaybının (tanjant delta) en uygun parametre olduğunu düşünmüşlerdir. Bu amaçla orta viskozite yoğunluğunda beş ölçü maddesinin baz ve aktivatör bileşenlerinin tanjant delta ve dinamik viskozitelerini, 23°C de Frekans Sweep Testi ve Tork Sweep Testi ile ölçmüşler; karışmış ölçü maddelerinin tanjant delta ve dinamik viskozitelerini, 23°C ve 37 °C de Time Sweep Testi ile ölçmüşlerdir[85].

Çalışmada, elastomerlerin viskozite, pseudoplastisite ve elastisitesinin gelişme oranı gibi temel reolojik özelliklerini tayin etmek için, tanjant delta ve dinamik viskozite değerlerindeki değişimin izlenmesinin makul olacağının düşünülmesi; Mc Cabe ve Arikawa[85] nın düşüncesiyle paraleldir. Ancak, Mc Cabe ve Arikawa[85] nın kullandıkları ölçü maddelerinin hepsi orta yoğunlukta ve viskoelastik yapıdadır.

Akma Testi uygulanan kondanse silikon (Dent a Scon Ultra, Dent a Scon Universal, Durosil S; Speedex Light), ilave silikon (Aquasil Monofaz, Panasil Contact

Plus) ve polieter (Permadyne L)den oluşan 6 düşük ve 1 orta yoğunluktaki 7 **baz** madde için, en yüksek **görünür viskozite değeri** "0." makaslama oranında elde edildi. Makaslama oranının bir fonksiyonu olarak, makaslama oranı arttıkça görünür viskozite değeri azaldı. "0." makaslama oranında **baz kondanse silikon maddeler** için **12.6 Pas**, **baz ilave silikon maddeler** için **1845 Pas** görünür viskozite değeri gözlendi. **Baz ilave silikon** örneklerin 0-50 makaslama oranı aralığındaki belirgin viskozite azalması, bu maddelerin makaslama incelmesi özelliği gösterdiğini ortaya koymaktadır. Pratik uygulamalarda bu baz maddelerle birlikte kullanılan; aktivatör kondanse silikon (Dent a Scon Likit aktivatör, Paste Hardener) ve aktivatör ilave silikon (Aquasil Monofaz aktivatör ve Panasil Contact Plus aktivatör) maddelerden oluşan 1 likit, 2 düşük ve 1 orta yoğunluktaki 4 **aktivatör** maddenin de **Akma Testi** sonunda en büyük görünür viskozite değeri "0." makaslama oranında görüldü. Bu değer, artan makaslama oranıyla düşüş gösterdi. "0." makaslama oranında **aktivatör kondanse silikonlar** için **432.5 Pas**, **aktivatör ilave silikonlar** için **442 Pas** görünür viskozite değeri elde edildi. Bu grupta test edilen düşük yoğunluktaki Dent a Scon Ultra baz, Durosil S baz ve Dent a Scon likit aktivatör maddeler, makaslama gerilmesi ile makaslama oranının orantılı olarak arttığı "Newtonumsu özellikler" sergilerken; Speedex Light baz (kondanse silikon) ve Aquasil Monofaz baz (ilave silikon) maddeler benzer en belirgin "makaslama incelmesi davranışı"nı gösterdi. Dent a Scon Universal baz (kondanse silikon) ve Panasil Contact Plus baz (ilave silikon) maddelerde benzer ancak daha az belirgin pseudoplastik davranış görüldü. Permadyne L baz (polieter) madde ise Newtonumsu davranışa yakın pseudoplastik davranış sergiledi. En yüksek görünür viskozite değeri, baz maddelerde Aquasil Monofaz maddede (5080 Pas) gözlendi. Bunu Permadyne L (281 Pas), Durosil S (28 Pas), Panasil Contact Plus (8.98 Pas), Dent a Scon Universal (8.59 Pas), Dent a Scon Ultra (4.52 Pas) ve Speedex Light (3.11 Pas) baz maddeler izledi. Bingham plastiği davranışı gösteren Paste Hardener aktivatör (kondanse silikon) maddede ise yaklaşık 18.57 Pa'lık bir germe dayanıklılığı değeri aşıldıktan sonra akma gerçekleşti. Panasil Contact Plus aktivatör (ilave silikon) madde, Aquasil Monofaz aktivatör (ilave silikon)

maddeden daha belirgin pseudoplastik davranış gösterdi. Aktivatör maddelerde en yüksek başlangıç görünür viskozite değeri Aquasil Monofaz maddede (618 Pas) gözlendi. Bunu Panasil Contact Plus (381 Pas), Paste Hardener (371 Pas) ve Dent a Scon Likit (0.16 Pas) aktivatör maddeler izledi. Akma Testi uygulanan düşük yoğunluktaki baz ve aktivatör maddelerin görünür viskozite değerinin, çok farklı ve geniş bir aralıkta olduğu gözlendi. Kondanse silikon maddeler için görünür viskozite değeri aktivatör maddelerde, bazlardan daha yüksekken; ilave silikon maddelerde baz maddeler, aktivatörlerden daha yüksek viskozitedeydi. Bu grupta, test edilen tek bir baz polieter madde olması ve hiç aktivatör polieter madde olmaması nedeniyle polieter grubuyla karşılaştırma yapılamadı.

Combe ve Moser[76], orta yoğunluk silikon ölçü maddeleri için 40-150 Pas; düşük yoğunluk silikon ölçü maddeleri için 10-70 Pas viskozite değeri ölçmüştür. Orta yoğunluk kondanse silikon (Xantopren) için; Hertfort ve arkadaşları[51,62] 40 Pas, Eyre ve arkadaşları[81] 328 Pas viskozite değeri elde etmişlerdir. Cook[29,57,82], düşük yoğunluktaki silikonlardan President için 20 Pas, Reprosil için 52 Pas viskozite değeri değeri bulmuştur[51,62,81].

Baz kondanse silikon için bulgumuz, Combe ve Moser[76] ile uyuşmaktadır. Ölçü maddelerinin viskoziteleri için yayınlanan değerler arasındaki çelişkiyi Eyre ve arkadaşları maddelerin takım numaralarının farklı olması nedeniyle oluşabileceği şeklinde açıklamışlardır [81].

Koran ve arkadaşları[27] bazı kondanse silikon patlar (Elasticon) Newtonumsu veya Newtonumsu davranışa yakınlık gösterse de, karıştırmadan önce ölçü maddelerinin çoğunluğunun Pseudoplastik davranış sergilediğini gözlemişlerdir. Yapılan çalışmada düşük yoğunluktaki kondanse silikon Dent a Scon Ultra baz, Durosil S baz ve Dent a Scon Likit aktivatör maddelerin Newtonumsu özellikler göstermesi, bu araştırmacıların bulguları ile uyumludur.

Mc Cabe ve Bowman[74] kondanse silikon (Lastic 55, Optosil Plus, Xantopren Plus) ve polieter (Impregum) maddelerin, Hertfort ve arkadaşları Impregum ve Xantopren Green belirgin olmakla beraber düşük yoğunluktaki silikonların (Citricon, Elasticon, Xantopren Blue), Kikuchi[88,89] düşük yoğunluktaki baz kondanse (Flexicone) ve baz ilave silikon (Exaflex) patlarının viskozitelerinin, makaslama oranının artmasıyla orantısız olarak azaldığını yani bu maddelerin pseudoplastik davranış gösterdiklerini gözlemlemişlerdir. Çalışmada kullanılan yukarıda ifade edilen üç madde (Dent a Scon Ultra baz, Durosil S baz ve Dent a Scon Likit aktivatör) dışındaki düşük yoğunluktaki diğer baz ve aktivatör maddelerin pseudoplastik davranış göstermesi bu bulgularla uyumludur.

Hertfort ve arkadaşları[51,62] silikonların polieterlerden daha düşük viskozite gösterdiğini; Jamani ve arkadaşları düşük yoğunluk Permadyne'in düşük viskozite gösterdiğini ve Combe ve Moser[76] polieter aktivatör patların, baz patlardan daha pseudoplastik olduğunu bulmuştur.

Mc Cabe ve Bowman[74] ilave silikon elastomerlerin viskoziteleri ölçülürken ve makaslama oranı etkisi tayin edilirken sertleşmelerinin, viskozite çalışmalarında bir güçlük oluşturduğunu belirterek baz ile aktivatör bileşenlerin viskozitesini ayrı olarak; karışım viskozitesini ise sabit bir zamanda ölçmüşler, aktivatör patın viskozitesinin, baz patın viskozitesinden daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Cook[27,57,82] iki orta yoğunlukta ilave silikon (Provil, President), bir düşük yoğunlukta ilave silikon (Reprosil) ve bir orta yoğunlukta kondanse silikon (Xantopren)dan oluşan maddelerin viskozitesinin her baz pat için, aktivatörden biraz daha düşük olduğunu, bu durumun iki patın kompozisyonundaki hafif fark nedeniyle oluştuğunu ifade etmiştir[82]. Bu çalışmada düşük yoğunluktaki kondanse silikonlarda baz patın viskozitesinin aktivatörden daha düşük olması ve ilave silikonlarda baz patın viskozitesinin aktivatörden yüksek olması Cook ile Mc Cabe ve Bowman[74] ın çalışmasıyla benzerlik göstermektedir.

Karıştırma öncesi baz ve aktivatör maddeye eklenen geciktirici; viskozite ölçümünü ve sertleşme işlemini net olarak tayin edebilmeyi mümkün kılmaktadır. Bu amaçla çeşitli üretici firmalar, ürünlerin sertleşme süresini ayarlamaya olanak verecek geciktirici sistemler geliştirmişlerdir. İlave tip silikonların sertleşme zamanlarının modifikasyonu, farklı konsantrasyonlarda üçlü bağ içeren, fenil propiolik asit (PPA) miktarların ilavesiyle polimerizasyonun geciktirilmesi şeklinde sunulmuş, modifiye edilen bu sistemin polimer reaksiyonunun ilerlemesi, Stannard ve Craig[79] ile Stannard ve Sadighi-Nouri[80] tarafından viskozite ölçülerek incelenmiştir. Bu araştırıcılar, ilave silikonların çalışma zamanının çok kısa olduğunu ve aktivatör konsantrasyonunun artırılmasının; kloroplatinik asit konsantrasyonunu artırarak, başlangıç viskozitesini azalttığını ve polimerize olan çift bağların reaksiyonunu sınırladığını belirtmişlerdir. Stannard ve Sadighi-Nouri[80] tarafından geciktirici ilave edilen 3 ilave silikon ürünün özellikleri değişmiş, geciktiricinin eklendiği karışımın başlangıç viskozitesi değişmez veya azalırken, viskozite artış oranı yavaşlamıştır[57,79,80].

Kim ve arkadaşları[27] beş monofaz (tek viskoziteli) yoğunluğundaki ilave silikon ölçü maddesinin viskozite değişimlerini; baz ve aktivatör pat ile karışım için zamanın bir fonksiyonu olarak, daha sonra bir geciktirici ilavesiyle karışımın viskozitesini makaslama oranının bir fonksiyonu olarak ölçmüşlerdir. Biri hariç (Omnisil) her baz ve aktivatör patın benzer viskozitelere sahip olduğu, karışım viskozitesinin makaslama oranının bir fonksiyonu olarak azalıp, zamanın bir fonksiyonu olarak arttığı görülmüştür. Aktivatör pat içindeki kloroplatinik asit ile etkileşime giren PPAnın, Baysilex ve Hydrosil'in viskozitesini 10 kat; Green-Mouse, Omnisil ve Imprint'in viskozitesini 6 kat azalttığı, çalışma ve sertleşme zamanını artıran PPA'nın uygun konsantrasyonda 6 saatten fazla maddenin sertleşmesini geciktirdiği görülmüştür. 20 gr karışıma; 0.01 gr PPA ilave edildiğinde sertleşme zamanı 3 dakika; 0.05 gr PPA ilave edildiğinde sertleşme zamanı 48 saat uzamıştır[27].

Hertfort ve arkadaşları[51,62,69] polieter (Impregum F) ölçü maddelerinin belirgin makaslama incelmesi davranışı gösterdiğini ve viskozitenin doldurucu içeriğinin bir fonksiyonu olduğunu gözlemlemişlerdir[51,62,69].

Braden ve arkadaşları[75], polieter ölçü maddesinin baz komponentine makaslama oranının bir fonksiyonu olarak inceltici katarak ve katmayarak viskozitesini ve elastik özelliklerini ölçmüşler, torsiyonel sarkaç ile de sıcaklığın bir fonksiyonu olarak viskoelastik özelliklerini incelemişlerdir. Düşük makaslama oranında viskozitenin yüksek değerde olduğunu, patın Newtonumsu olmayan etkiler gösterdiğini ve inceltici ilavesiyle bu özelliklerin büyük ölçüde etkilenmediğini, yüksek viskozite değerinin, maddenin şırıngadan akışını zorlaştıracağını belirtmişlerdir. Polieter maddenin, diğer elastomerik ölçü maddelerinden daha yüksek olan elastisite modülüsünün (22. $7x10^5$ Nm^2) ölçü uzaklaştırmada problem oluşturabileceği; inceltici ilavesi ile birlikte ($10.6x10^5$ Nm^2) elastisitesini kaybetmeksizin modülüsünün azaldığını ifade etmişlerdir[75].

Peutzfeld ve Asmussen[90], ölçü maddelerinin viskozitesinin nemli şartlar altında kaydetme yeteneğini önemli şekilde etkileyebildiğinden, maddelerin hidrofilik derecesinin etkisini tartışmışlardır. Düşük ve orta yoğunluktaki şırınga tipi karışmamış baz ve aktivatör patların (President, Reprosil, Unosil, Impregum, Permadyne, Permagum, Exaflex, Examix, Mirror, Reflect) akma eğrilerini tayin ederek patların karışım oranından ve bu eğrilerin ortalamasından karışmış ölçü maddelerinin olası eğrisini hesaplamışlardır. Ölçü maddeleri belirgin şekilde farklı özellikler sergilemişlerdir; kimi hemen hemen Newtonumsu iken, kimi thixotropik özellik göstermiştir. Sertleşme zamanı kısaysa, daha visköz maddelerin dentin yüzeye adezyonunun zayıf olduğu, üzerindeki su damlasının yerini aldığı ve ıslak dentinin kopyalanma yeteneğinin hidrofilik derecesi ve ölçü maddesinin viskozitesi ile doğru orantılı olarak etkilendiği görülmüştür[88].

Chai ve Pang[28] üç ilave silikon (monofaz veya thixotropik olarak satışa sunulan Express, Imprint, Blu Mousse) ve bir polieter (Impregum F) maddenin görünen

viskozite değişimlerinin şırıngalama boyunca oluşan makaslama kuvvetinin viskozite üzerinde kalıcı etkiye sahip olmadığını belirtmiş; baz ve aktivatör pat için belirgin makaslama incelmesinin son derece küçük partikül büyüklüğü ile açıklanabileceğini belirtmişlerdir[28].

Dinamik mekanik deneylerde; dinamik viskozite, viskoelastik davranışın visköz komponentinin doğrudan ölçümü ve tanjant kaybı, deformasyon boyunca madde içinde oluşan enerji kaybının bir göstergesi olduğundan, bu değerler viskoelastik maddeleri değerlendirmede önemlidir. Yüksek tanjant değerleri daha büyük enerji kaybını ve daha visköz (akışkanımsı) davranışı gösterirken; düşük tanjant değerleri daha az enerji kaybını ve giderek elastik davranışın arttığını göstermektedir[84,85].

Frekans Sweep Testi uygulanan viskoelastik yapıdaki **baz kondanse silikon** (Durosil L; Speedex Putty), **baz ilave silikon** (Aquasil Soft Putty, Panasil Putty Reprosil Putty) ve **baz polieter** (Impregum F ve Permadyne H) ölçü maddelerinden oluşan 4 çok yüksek, 1 yüksek ve 2 orta yoğunluktaki 7 baz madde ile pratik uygulamalarda bu baz maddelerle birlikte kullanılan; **aktivatör ilave silikon** (Aquasil Soft Putty aktivatör, Panasil Putty aktivatör, Reprosil Putty aktivatör) ve **aktivatör polieter** (Impregum F aktivatör ve Permadyne H aktivatör) maddelerden oluşan 2 çok yüksek, 1 yüksek ve 2 orta olmak üzere 5 aktivatör maddenin; frekans oranı arttıkça dinamik viskozite değerleri azaldı. Test edilen **baz kondanse silikon** ile **baz-aktivatör ilave silikon ve polieter** maddeleri en yüksek dinamik viskozite değerine **"0.1." Hz** frekans noktasında sahiplerdi. **Baz kondanse silikon**, **ilave silikon** ve **polieter** ölçü maddelerinde bu değer sırasıyla; **4414 Pas**, **553 Pas** ve **8035 Pas**'dır. **Aktivatör ilave silikon maddeler** ile **aktivatör polieter maddeler** için **0.1 Hz**'deki dinamik viskozite değerleri sırasıyla; **178 Pas** ve **2178 Pas'dır. Baz polieterler**in dinamik viskozite değerleri ilave silikonlardan daha yüksektir, **baz ilave silikonlar**ın ve **polieter**lerin dinamik viskozite değerleri, aktivatörlerden daha yüksektir. Bu grupta test edilen bütün baz ve aktivatör maddeler pseudoplastik davranış göstermekle beraber, frekansın

artmasıyla Durosil L baz (kondanse silikon) maddenin dinamik viskozite değerinde daha belirgin bir düşüş gözlendi, bunu Permadyne H baz (polieter) ve Panasil Putty baz (ilave silikon) maddeler izledi. Baz Speedex Putty ve Impregum F (polieter) maddelerde bunlardan daha düşük benzer pseudoplastik davranış gözlenirken, baz Aquasil Soft Putty ve Reprosil Putty (ilave silikon) maddelerde daha da az , benzer pseudoplastik davranış izlendi. **Baz patlar**da en yüksek başlangıç viskozite değeri Durosil L'de gözlendi (31800 Pas); bunu Permadyne H (16900 Pas), Panasil Putty (3830 Pas), Impregum F (2000 Pas), Speedex Putty (605 Pas), Reprosil Putty (447 Pas) ve Aquasil Soft Putty (108 Pas) maddeler izledi. **Aktivatör maddeler**den Panasil Putty (ilave silikon) ile Impregum F ve Permadyne H (polieter) maddelerde benzer belirgin pseudoplastik davranış görülmekle beraber sırasıyla Aquasil Soft Putty ve Reprosil Putty (ilave silikon) maddelerde daha az belirgin pseudoplastik davranış gözlendi. **Aktivatör patlar**da en yüksek başlangıç viskozite değeri Permadyne H'de gözlendi (7120 Pas); bunu Impregum F (2900 Pas), Panasil Putty (650 Pas), Reprosil Putty (332 Pas) ve Aquasil Soft Putty (109 Pas) maddeler izledi.

Karışmamış patlar için en ideal özellik, yüksek tanjant delta değeri ile birlikte olan pseudoplastik özelliktir. Bu, maddenin kolay karıştırılmasını ve uygulanmasını sağlamakta ve maddenin hala visköz ve elastik davranış özelliği göstermezken kullanılabileceğini ifade etmektedir[85].

Frekans Sweep Testi uygulanan; **baz kondanse (**Durosil L, Speedex Putty) ve **ilave silikon** (Aquasil Soft Putty, Panasil Putty, Reprosil Putty) maddeler için gözlenen tanjant delta değeri, frekans değeri arttıkça önce bir yükseliş, sonra bir düşüş gösterirken; **baz polieter** (Impregum F, Permadyne H) maddeler için hep düşüş gösterdi. **0.1 Hz**'de **baz kondanse silikon** için, tanjant delta değeri **1.5** iken; **baz ilave silikon** için **12.7** ve **baz polieter** için **1.9**'dur. **Aktivatör ilave silikon** (Aquasil Soft Putty aktivatör, Panasil Putty aktivatör, Reprosil Putty aktivatör) örnekler için **tanjant delta değeri, 0.1 Hz**'de **13.4**, **aktivatör polieterler** (Impregum F aktivatör, Permadyne aktivatör) için **3.8**'dir. **Baz** ve **aktivatör ilave silikonlar**, polieterlerden daha yüksek tanjant delta

değerine sahipti. Frekansın "0.1" Hz'den "1" Hz'e artmasıyla **baz-aktivatör kondanse ve ilave silikon** maddelerin tanjant delta değerinde artma, "1" Hz'den "10" Hz'e artmasıyla, azalma yönünde bir değişme gözlenirken, **baz** ve **aktivatör polieter maddeler**de düşüş gözlendi. Başlangıç tanjant delta değeri bakımından bu grupta test edilen maddeler karşılaştırıldığında, **baz maddeler**de en yüksek akışkanımsı özellik Aquasil Soft Putty maddede gözlendi (8.76). Bunu sırasıyla Permadyne H (3.08), Reprosil Putty (2.51), Imregum F (1.69), Spedex Putty (1.21), Panasil Putty (0.95) ve Durosil L (0.29) maddeleri izledi. **Aktivatör maddeler**de de en yüksek akışkanımsı özellik Aquasil Soft Putty maddede gözlendi (6.27). Bunu Permadyne H (3.34), Reprosil Putty (3.32), Imregum F (3.25) ve Panasil Putty (1.26) maddeler izledi.

Mc Cabe ve Carrick[84] beş elastomerik ölçü maddesinin sertleşme boyunca 1 Hz'den daha yüksek frekanslarda faz açısının azalmaya başladığını gözlemlemişler ve faz açısının azalmasıyla madde içinde bazı elastik davranışların geliştiğini, bunun aynı zamanda yüksek frekanslarda reometredeki faz gerilemesinin göstergesi olduğunu ifade etmişlerdir[84].

Baz ve aktivatör maddeler karıştırıldığında, karışım o an en küçük viskoziteye ve en büyük tanjant delta değerine sahipti ve akıcılık en yüksek kıvamdaydı. Zamanın artmasıyla dinamik viskozite değerlerinde değişik oranlarda artış gözlendi.

"0." saniyede (karıştırmaya başladıktan 1 dakika sonra) **dinamik viskozite değeri;** Frekans Time Testi uygulanan 2 çok yüksek ve 4 düşük yoğunlukta olmak üzere 6 **karışmış kondanse silikon** ölçü maddeleri (Dent a Scon Ultra, Dent a Scon Universal, Durosil S, Durosil L, Speedex Light ve Speedex Putty) için **1617 Pas**; 3 çok yüksek, 1 orta ve 1 düşük yoğunlukta olmak üzere 5 **karışmış ilave silikon maddeler** (Aquasil Monofaz, Aquasil Soft Putty, Panasil Contact Plus, Panasil Putty, Reprosil Putty) için **3858 Pas** ve 1 yüksek, 1 orta ve 1 düşük yoğunlukta olmak üzere 3 maddeden oluşan **karışmış polieter maddeler** (Impregum F, Permadyne H ve Permadyne L) için **1047 Pas**'dır.

Test edilen **karışımlar** başlangıç **dinamik viskozite** değerleri bakımından karşılaştırıldığında en visköz madde 25.4 Pas ile Permadyne L bulundu. Bunu Panasil Contact Plus (88.5 Pas), Speedex L (185 Pas), Dent a Scon Ultra (217 Pas), Durosil S (294 Pas), Dent a Scon Universal (394 Pas), Impregum F (868 Pas), Permadyne H (1980 Pas), Aquasil Monofaz (2310 Pas), Speedex Putty (2650 Pas), Aquasil Soft Putty (3110 Pas), Reprosil Putty (4200 Pas), Durosil L (6900 Pas) ve Panasil Putty (7620 Pas) maddeler izledi.

Ölçü maddesinde sertleşme reaksiyonunun ilerlemesi, hem viskozitenin artmasına hem de tanjant delta değerinin azalmasına neden olmaktadır. Madde karıştırıldıktan sonra hızlı bir şekilde hem viskozitenin hem de tanjant delta değerinin aynı oranda değişmesi, o maddenin hızlı bir sertleşme oranı olduğunu göstermektedir[85].

"0." saniyede **tanjant delta değeri;** Frekans-Time Testi uygulanan **karışmış kondanse silikon maddeleri** (Dent a Scon Ultra, Dent a Scon Universal, Durosil L, Durosil S, Speedex Light, Speedex Putty) için **1.06** (40° faz açısı), **karışmış ilave silikon** maddeler (Aquasil monofaz, Aquasil Soft Putty, Panasil Contact Plus, Panasil Putty, Reprosil Putty) için **0.7** (35° faz açısı) ve **karışmış polieter maddeler** (Impregum F, Permadyne H ve Permadyne L) için **3.9** (60° faz açısı)'du. Zamanın artmasıyla tanjant delta değerinde azalma gözlendi. 100-150 saniye zaman aralığında ilave silikondaki tanjant delta değerindeki düşüş polieterden daha fazlayken; 150-200 saniye zaman aralığında kondanse silikondaki tanjant delta değerinde düşüş, ilave silikon ve polieterden daha büyüktü.

Karıştırıldıktan hemen sonra kondanse ve ilave silikon maddeler daha elastik özellikler sergilerken (40° ve 35° faz açısı), karışmış polieter maddeler beklenenin aksine daha viskoelastik özellikler (60° faz açısı) gösterdiler; sertleşme boyunca bu değer düşerek sertleşme bitiminde 0° ye yaklaştı.

Test edilen maddeler **karışım**dan hemen sonra **tanjant delta** değeri bakımından karşılaştırıldığında, Permadyne L ölçü maddesi (9.54) belirgin bir biçimde daha akışkanımsı özellik gösterdi. Speedex Light (0.40), Aquasil Monofaz (0.46), Panasil Putty (0.50), Speedex Putty (0.57) ve Durosil L (0.62) maddeleri ise karışım sonrası en yüksek elastik davranış gösteren maddeler oldu. Bunu Panasil Contact Plus (0.90), Permadyne H (0.92), Aquasil Soft Putty (0.95), Impregum F (0.98), Durosil S (1.08), Reprosil Putty (1.11), Dent a Scon Universal (1.39) ve Dent a Scon Ultra (2.72) maddeleri izledi.

Çalışmada kimyasal özelliklerine göre gruplara ayrılan maddeler elde edilen reolojik veriler bakımından ele alındığında; **kondanse reaksiyonlu silikon ölçü maddeleri**nden düşük yoğunluktaki **Dent a Scon Ultra** maddesinin Newtonumsu özellik gösteren, baz patı 4.52 Pas ve aktivatör likiti 0.16 Pas viskoziteye sahiptir. Karışım sonrası pseudoplastik özellik gösteren bu maddenin başlangıç viskozitesi 217 Pas ve tanjant delta değeri 2.72'dir. Bu maddenin bir bileşeninin likit olması ve patların Newtonumsu özellik göstermesi, iki bileşenin karışımını güçleştirmektedir; ancak karıştırma sonrası düşük viskozite ve nispeten yüksek tanjant değeri maddeye akışkanımsı özellik vererek akmasını sağlamaktadır. **Dent a Scon Universal** maddesinin pseudoplastik baz patı 8.59 Pas ve Newtonumsu aktivatör likiti 0.16 Pas viskoziteye sahiptir ve düşük yoğunluktaki bu madde karışım sonrası 394 Pas viskozite ve 1.39 tanjant delta değerine sahiptir. Bir önceki maddeye nazaran uygulaması daha kolay, ancak daha az visköz bir maddedir. Düşük yoğunluk gösteren **Durosil S** maddesinin Newtonumsu özellik gösteren baz patının viskozitesi 28 Pas ve pseudoplastik özellik gösteren aktivatör patın viskozitesi 371 Pas'dır. Pseudoplastik özellik gösteren karışım 294 Pas viskozite ve 1.08 tanjant delta değerine sahiptir. Patların viskozitelerinin farklı olması maddenin karıştırılmasını zorlaştırabilmektedir ancak karışım akıcıdır. **Durosil L** maddesinin belirgin pseudoplastik özellik gösteren putty kıvamdaki baz patı 31800 Pas viskozite, 0.29 tanjant delta değerine ve düşük yoğunluktaki aktivatör patı 371 Pas

viskoziteye sahiptir. Karışım 6900 Pas viskozite ve 0.62 tanjant delta değerine sahiptir. Patların viskozite değerleri her ne kadar farklı olsa da baz patın aktivatör pattan daha belirgin makaslama incelmesi özelliği, karışımın viskozitesinin düşmesiyle ölçü maddesinin kolay uygulanmasına ve düşük tanjant delta değeri, ölçünün deforme olmadan uzaklaştırılmasına olanak vermektedir. Düşük yoğunluk gösteren **Speedex Light** maddesinin belirgin pseudoplastik özellik gösteren baz patı 3.11 Pas ve aktivatör patı 371 Pas viskoziteye sahiptir. Karışım 185 Pas viskozite ve 0.40 tanjant delta değerine sahiptir. Baz patın belirgin makaslama incelmesi özelliği, karışımın viskozitesini düşürerek maddenin akıcılığını sağlar; ancak düşük tanjant delta değeri, elastisitenin hızlı geliştiğini ifade eder ve ölçü maddesi ağıza geç yerleştirilirse hatalı ölçü alımına neden olabilir. Putty kıvamdaki **Speedex Putty** maddesinin baz patı 605 Pas viskozite, 1.21 tanjant delta değerine ve düşük yoğunluktaki aktivatör patı 371 Pas viskoziteye sahiptir. Karışım 2650 Pas viskozite ve 0.57 tanjant delta değerine sahiptir. Her iki bileşen karıştırıldıktan sonra viskozitenin hızla artması nedeniyle madde kısa sürede kullanılmalıdır; tanjant delta değerinin düşük olması ölçünün uzaklaştırılmasında maddenin deformasyonunu engeller.

Test edilen **ilave reaksiyonlu silikon ölçü maddeleri**nden hidrofilik yapıdaki belirgin makaslama incelmesi gösteren orta yoğunluktaki **Aquasil Monofaz** ölçü maddesinin baz patı 5080 Pas ve aktivatör patı 618 Pas viskoziteye sahiptir. Karışımın viskozitesi 2310 Pas viskozite ve 0.46 tanjant delta değerine sahiptir. Patlar arası belirgin viskozite farklılığı, madde otomatik karıştırma sistemine sahip olduğu için karıştırmada zorluk oluşturmamaktadır. Maddenin belirgin makaslama incelmesi akıcılığı; düşük başlangıç tanjant delta değeri madde uzaklaştırılırken ölçü maddesinin esnemesini sağlayarak deforme olmasını engeller. Her iki patı da yumuşak (soft) putty kıvamındaki **Aquasil Soft Putty** maddesinin, baz patı 108 Pas viskozite ve 8.76 tanjant delta değerine ve aktivatör patı 109 Pas viskozite ve 6.27 tanjant delta değerine; karışım ise 3110 Pas viskozite ve 0.95 tanjant delta değerine sahiptir. Her iki patın da aynı yoğunluk kıvamında

ve birbirine çok yakın viskozitede ve akışkanlıkta olması patların çok rahat kullanımına ve iyice karışımına olanak vermektedir. Karışımın düşük tanjant delta değeri madde uzaklaştırılırken ölçü maddesinin esnemesini sağlar; ancak karışım viskozitesinin hızla artması nedeniyle ölçü mümkün olduğunca çabuk kullanılmalıdır. Düşük yoğunluktaki **Panasil Contact Plus** maddesinin baz patı 8.98 Pas ve belirgin makaslama incelmesi gösteren aktivatör patı 381 Pas viskoziteye, karışımları ise 88.5 Pas viskozite ve 0.90 tanjant delta değerine sahiptir. Otomatik karıştırma sistemine sahip olan maddenin kullanımı kolay ve akıcıdır; baz patın belirgin pseudoplastik özelliği karışımın viskozitesini düşürerek ölçü maddesinin akıcığını temin etmektedir ve tanjant delta değerindeki düşüş, elastisite gelişimine neden olarak madde uzaklaştırılırken esnemesine olanak verir. Her iki patı da putty yoğunluktaki **Panasil Putty** maddesinin baz patı 3830 Pas viskozite ve 0.95 tanjant delta değerine, belirgin makaslama incelmesi gösteren aktivatör patı 650 Pas viskozite ve 1.26 tanjant delta değerine; karışım ise 7620 Pas viskozite ve 0.50 tanjant delta değerine sahiptir. İki patın farklı viskozite değeri patın yoğrulmasını güçleştirmektedir. Karışım sonrası viskozite hızla arttığından ölçü maddesi mümkün olduğunca çabuk kullanılmalıdır, düşük tanjant delta değeri ölçü maddesinin deforme olmadan uzaklaştırılmasına olanak verir. Her iki patı da putty yoğunluktaki **Reprosil Putty** maddesinin baz patı 447 Pas viskozite ve 2.51 tanjant delta değerine, aktivatör patı 332 Pas viskozite ve 3.32 tanjant delta değerine; karışım ise 4200 Pas viskozite ve 1.11 tanjant delta değerine sahiptir. Aynı yoğunluktaki baz ve aktivatör patın, birbirine yakın olan düşük viskozite ve yüksek tanjant delta değeri, maddenin elde yoğrulmasını kolaylaştırır, ancak madde karıştıldıktan sonra viskozitenin hızlı şekilde artması nedeniyle ölçü karıştırıldıktan sonra mümkün olduğunca çabuk kullanılmalıdır.

Test edilen **polieter esaslı ölçü maddeleri**nden orta yoğunluktaki **Impregum F** maddesi 2000 Pas viskozite ve 1.69 tanjant delta değerine, belirgin makaslama incelmesi gösteren aktivatör patı 2900 Pas viskozite ve 3.25 tanjant delta değerine; karışım ise 868 Pas viskozite ve 0.98 tanjant delta değerine sahiptir.Patların

birbirine yakın viskozitesi karıştırmayı kolaylaştırırken, düşük viskozite maddenin akıcılığını temin eder; düşük tanjant delta değeri ise ölçünün ağızdan uzaklaştırılırken deforme olmamasını sağlayarak bu ölçü maddesi ile tek yoğunlukta net ve doğru ölçü alma olanağı verir. Yüksek yoğunluk kıvamındaki **Permadyne H** maddesinin belirgin makaslama incelmesi gösteren baz patı 16900 Pas viskozite ve 3.08 tanjant delta değerine; belirgin makaslama incelmesi gösteren aktivatör patı 7120 Pas viskozite ve 3.34 tanjant delta değerine; karışım ise 1980 Pas viskozite ve 0.92 tanjant delta değerine sahiptir. Her iki patın da gösterdiği belirgin pseudoplastik özellik ve akışkanımsı özellik gösteren tanjant delta değeri ile bileşenler karıştırıldığında, viskozite etkin bir şekilde düşmekte ve maddenin detaylı bölgeler içine akması sağlamaktadır. Karışım sonrası maddenin gösterdiği düşük tanjant delta değeri maddenin ağızdan uzaklaştırılırken esnemesini ve net ölçü alınmasını sağlamaktadır. Düşük yoğunluk kıvamındaki **Permadyne L** maddesinin Newtonumsu davranışına yakınlık gösteren baz patı 281 Pas viskozite ve aktivatör patı 7120 Pas viskozite ve 3.34 tanjant delta değerine; karışım ise 25.4 Pas viskozite ve 9.54 tanjant delta değerine sahiptir. Patlar arası viskozite farkı her ne kadar karıştırma işlemini biraz güçleştirse de karışımın düşük viskozitesi ve akışkanlık özellik veren tanjant delta değeri maddenin ikinci ölçü olarak **Permadyne H maddesi** ile birlikte kullanılması durumunda ölçünün net ve deforme olmadan alınması mümkün olmaktadır.

Karıştırıldıktan hemen sonra polieter ölçü maddeleri için elde edilen tanjant delta değeri (3.8) ile Mc Cabe ve Arikawa[85]'nın elde ettiği değer (9.85) çok farklıydı; kondanse silikon ile ilave silikon için elde edilen tanjant delta değeri (1.05 ve 0.7) de Mc Cabe ve Arikawa'nın elde ettiği değer (4.96 ve 3.01)den daha düşüktü. Bu durum kondanse silikon ile ilave silikon ölçü maddelerinde hızlı gelişen elastisiteyi desteklemektedir ve bu maddelerin mümkün olduğunca çabuk kullanılmasının önemini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, Mc Cabe ve Arikawa'nın polieterin diğer karışımlardan

daha yüksek tanjant delta değeri, ilave silikonların daha düşük başlangıç tanjant delta değeri gösterdiği ve bunun zamanla hızlı olarak azaldığı bulgusuyla uyuşmamaktadır.

Mc Cabe ve Bowman[74] ile Eyre ve arkadaşları[81] karıştırma sonrası test edilen tüm maddelerin hemen hemen hepsinin pseudoplastik davranış gösterdiklerini, viskozitenin azalmasıyla makaslama oranının arttığını ve ölçü maddelerinin bazıları için aynı zamanda thixotropik davranış gözlediklerini belirtmişlerdir. Bu araştırmacılar, baz ve katalizör maddelerin birbiriyle kontağa gelir gelmez ölçü maddelerinde polimerizasyonun ve çapraz bağlantı reaksiyonunun başladığını ve incelenen ölçü maddelerinin viskozitelerinin zamanla arttığını gözlemlemişlerdir[69]. Bu bulgular, bu çalışmanın bulgularıyla uyumludur. Araştırmacılar, özellikle ilave silikon ölçü maddelerinin bileşenleri temasa gelir gelmez makaslama oranının bir fonksiyonu olarak hızlı bir viskozite artışı gösterdiğini, bu davranışın ise ilave silikonların "snap set" özelliği olduğunu ifade etmişlerdir[28,57,69,81].

Stanley ve Vermilyea[78], 5 elastomerin reolojik özelliklerini inceledikleri çalışmada başlangıç viskozitesinin geniş aralıklarda olmasının belirgin içerik farkların bir yansıması olabileceğini, viskozitenin ani eğimle artışının elstomerlerin çalışma zamanının üst sınırını oluşturacağını belirtmiştir[78].

Hertfort ve arkadaşları[51,62] spatülasyon boyunca 20-30 sn^{-1}, şırıngalama boyunca 1000sn^{-1} ve ağıza yerleştirilen ölçü maddesinin marjinden akması boyunca 1sn^{-1} makaslama oranı oluştuğunu; hızlı spatülasyon, şırınga ucundan hızlı oranda maddeyi püskürtmek ve ölçü kaşığının ağıza ani yerleştirilmesi ile maddenin oral doku yüzeyine akma yeteneğinin geliştirileceğini ve beklenmedik davranışların, materyal makaslanırken oluşan yapısal değişiklikler bakımından açıklanabileceğini belirtmişlerdir. Baz ve likit aktivatörün uzamış karıştırılmasının bir sonucu olarak, makaslama kalınlaşması oluşabileceği ve yüksek makaslama oranında maddeyi püskürtmek için gerekli kuvvetin

ilave baz-aktivatör etkileşimine neden olarak polimerizasyon oranını arttırabileceği ifade edilmiştir[51,62].

Ölçü maddesinin uygulanma metodunun da akma derecesini etkileyebildiği, ölçü maddesini kullanma şeklinin (karıştırma, test edildiği reometre cihazı odasına yerleştirme işlemi) ölçülen reoloji üzerinde şiddetli etkilere sahip olabildiği belirtilmiştir. Bu nedenle ölçü maddesi örneğinin bir spatül kullanılarak boşaltılması, şırınga veya pipet kullanımından kaçınılması önerilmektedir. En iyi karıştırmanın esnek spatülün ölçü maddesini kağıt üzerinde geniş alana yayarak karıştırarak elde edildiği, ölçü maddesinin ağıza yüksek bir makaslama oranı ile yani sert ve yumuşak oral dokular çevresinde hızlı yerleştirilmesi ile maddenin daha rahat akacağı ifade edilmektedir[51,74].

Elastomerik ölçü maddelerinin polimerizasyonu ve polimerizasyon boyunca viskozitedeki değişiklikler, Cook[27,57,82] tarafından incelenmiştir. Cook[27] uygulanan gerilmeye direnç gösterebilen büyüyen zincirler arasında, sertleşme reaksiyonu esnasında depolama modülüsünün düşük kaldığını, aynı anda dinamik viskozitenin zincirlerin molekül ağırlığının oluşması nedeniyle hızlı olarak arttığını, ağ yapının ilk belirdiği jelasyondan sonra dinamik viskozitenin deformasyon boyunca dağıtılan ısıyı temsil ettiğini belirtmiştir. Sertleşen maddelerin gerilme gevşeme (stres relaxation) modülüsünün baz/aktivatör oranına ve diluent seviyesine olan bağımlılığını, ağ örgüsü yapısını açıklamak için kullanmıştır[57,63,82].

Stannard ve Sadighi-Nouri[80] ile Eyre ve arkadaşları[81] viskozitenin, molekül ağırlığı ile orantılı olduğunu; bu nedenle polimerizasyon derecesinin doğrudan bir ölçümü olduğunu ifade etmişlerdir. Polimerizasyon veya sertleşme oluşurken, molekül ağırlığının artmasıyla viskozitenin de artacağını; artan polimerizasyonun ölçü maddesinin akma ve yüzeyi kaydetme yeteneğini azaltacağını belirtmişler; moleküler ağ yapı oluşmadan önce ölçü maddesinin yerleştirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir [81]

Mc Cabe ve Carrick[86] çoğu elastomerin çapraz bağlanma ve zincir uzamasının bir kombinasyonu ile sertleştiğini ve her ikisinin de viskozite ve rijiditede artış meydana getirdiğini; ancak çapraz bağlanmanın elastisite gelişimine neden olan faz iken bazı polimerler için sertleşmenin erken aşamalarında önce zincir uzamasının oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu durumun, büyüyen zincirlerin geçici dolaşmasının bir sonucu olarak, sertleşme başladıktan az sonra görünür elastisite gelişimine neden olabileceğini ifade etmişler ve sertleşme boyunca incelenen maddenin viskozitesi, çalışma zamanının sonunu gösteren bir seviyeye ulaşmadan önce belirli bir elastisite seviyesinin gelişebileceğini gözlemlemişlerdir. Elastomerlerde, 60° lik bir faz açısı elde edilmesinin, elastisite başlangıcının iyi bir göstergesi olacağını; çalışma zamanı şayet faz açısının bu değere azaldığı zaman olarak tanımlanırsa kolay hesaplanabileceğini ileri sürmüşlerdir[86].

Braden ve Inglis[57], inceledikleri kondanse silikon ve polieter maddelerin tanjant kaybı ile sertleşme arasında bir ilişki olmadığını ama daimi deformasyonla tanjant kaybı arasında orantılı bir ilişki olduğunu gözlemlemişlerdir. Makaslama geriniminin etkisi, daimi deformasyon testiyle makaslanan elastomerlerin bir Hookean (Hook Kanunu'na uyan) madde olarak fonksiyon görmesiyle açıklanmıştır[57].

Mc Cabe ve Carrick[86] bir titreşim testinde 60° bir faz açısına ulaşılan zamanın, maddenin %5-20 elastik düzelmesi için gereken zaman ile uyuştuğunu ifade ederek; orta yoğunluktaki elastomerlerin sertleşirken gösterdikleri elastisite başlangıcını, gerilme kontrollü bir reometrenin sürünme-gevşeme modunda $3x10^{-3}$Nm lik ani sabit bir torkun uygulanması ve 10 sn gevşemeye bırakılması ile gözlemişlerdir. Titreştirici testlerin, elastomerlerin elastisite başlangıcını izlemede anlamlı sonuç verdiğini ve faz açısının 60° ye ulaştığı zamanın elastisite oluşumunu değerlendirmede uygun bir parametre olduğunu belirtmişlerdir[86].

Jorgensen[51], sertleşme boyunca ve sertleşmeden sonra elastomerlerde oluşan deformasyon ile daimi deformasyon arası ilişkiyi kon-plak prensibine dayanan

reometre ile sürünme modunda incelemiş; aynı donanımı deformasyon sonrası maddelerin elastik gevşemesinin ölçümü için de kullanmıştır. Orta viskoziteli 4 tip ölçü maddesi için; ölçü maddesi karıştırıldıktan sonra deformasyon ne kadar erken oluşursa, daimi deformasyonun da o kadar büyük oluştuğunu ortaya koymuştur. Araştırıcı, 1mm yükseklik ve derinlikteki undercut yapılardan elastomerik ölçü maddeleri uzaklaştırılırken %60'lık bir deformasyon oluştuğunu, bu miktarın makul ölçüler dahilinde olduğunu belirtmiştir[51].

De Araujo ve arkadaşları [51,57]da kon-plak prensibine dayanan reometre ile bir polieter ve iki ilave silikonun zamanın bir fonksiyonu olarak gerilmedeki reolojik özelliklerini incelemişlerdir. %24'lük bir gerilme deformasyonu oluştuktan sonra hesaplanan elastik gevşemesinin üreticinin önerdiği sertleşme zamanı ile uyuştuğunu göstermişlerdir[51].

Bloomberg ve arkadaşları[46], elastiklik (gerinim) derecesi ile orantılı olan daimi deformasyonun ölçü maddesinin önemli bir özelliği olduğunu vurgulayarak, elastomerik ölçü maddelerini derin undercut yüzeyli dişler üzerinden uzaklaştırırken daimi deformasyon oluşabileceğini belirtmişlerdir. Jamani ve arkadaşları[69], düşük yoğunluktaki elastomerlerin yüksek yoğunluktaki elastomerlerden çok daha esnek olduğunu, bununla beraber yoğunluk ve elastiklik modülüsü arasında sanılanın aksine doğrudan bir ilişkinin olmadığını ileri sürmüşlerdir. Kondanse silikonlar (Rapid putty) karıştırmadan yarım saat sonra, polimerizasyonun sertleşmeden sonra da devam etmesi sonucu, Harcourt'un bulgusuyla uyuşur tarzda en büyük modülüs değeri göstermiştir. Aynı marka ticari ürünlerde; çok yüksek yoğunluk kondanse silikonların, düşük yoğunluklarından daha rijitken; ilave silikon ve polieterlerin farklı yoğunluklarının rijiditesinin benzer olduğunu gözlemlemişlerdir. Bunun, elastomerlerdeki doldurucudan ziyade polimerin yapısına bağımlı olduğunu belirterek; en yüksek modülüse sahip elastomerin, Inoue ve Wilson'un da ifade ettiği gibi yüksek yoğunluktaki polieter (Permadyne, 0.014-0.41 N/mm^2) olduğunu ifade etmişlerdir. Bu özelliği Brown, polieterin sertleşme reaksiyonu boyunca imin

grupların katılmasıyla polieter zincir üzerinde daha çok çapraz bağlantının gelişmesi şeklinde açıklamıştır[46].

Hondrum[91], farklı yoğunluktaki raf ömürleri geçmiş ölçü maddesi patlarının, öncül polimerizasyonu başlatabileceğini ve maddenin yeterince akmayacağını veya çapraz ve yan zincirlerin kesilmesiyle polimerin küçülüp molekül ağırlığında, viskozitede ve mekanik özelliklerde azalmaya neden olabileceğini belirtmiştir. Bu amaçla bu grup ölçü maddelerinin deformasyon, çalışma ve sertleşme zamanı, elastik düzelme ve boyutsal değişim özelliklerini incelediği çalışmasında ilave silikonların nispeten az değişim göstererek daha az etkilendiğini gözlemiştir. Sürünme-Gevşeme Testlerinin, raf ömrünü belirlemenin kesin belirleyicisi olduğunu görmüştür ve bir madde için zincir uzunluğu ve çapraz bağlanma kadar patların moleküler yapısı ile kontrol edilen elverişli viskozitenin de karıştırma, şırıngalama ve akışkanın ağız içinde yumuşak ve sert dokular yüzeyinde yerdeğiştirmesi (akabilmesi ve ıslatabilmesi) için gerekli olduğunu ifade etmiştir[91].

Omori ve arkadaşları[92], ölçü maddesi ağızdan hızlı bir şekilde uzaklaştırıldığında, ölçüde labio-lingual yönde büyük bir yüzey sıkıştırma dayanıklılığı ve çökmenin beklendiğini belirterek, 7 elastomerik ölçü maddesinin sertleşme süresinden sonra zamanla yüzeyinde meydana gelen sıkıştırma dayanıklılığını ve çökmeyi incelemişlerdir. İlave silikonların yüzeyinde, sertleşme süresinden sonra zamanla meydana gelen sıkıştırma dayanıklılığının ve çökmenin son derece stabil olduğunu; diğer elastomerlerin yüzeyinde sertleşme zamanından 450 saniye sonra sıkıştırma dayanıklılığının belirgin olarak arttığını, çökmenin ise azaldığını dolayısıyla maddenin elastik hale geldiğini gözlemişlerdir[92].

Elastomerik ölçü maddelerinin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerindeki çoğu çalışma, zorunlu olarak in vitro koşullarda yapılmaktadır. Klinik olarak geçerli sonuçlar elde etmek için bu şartlar oral ortama benzemelidir. Ölçü maddelerinin

özelliklerini etkileyen önemli bir faktör de bu ürünlerle ağızda elde edilen sıcaklıktır. Polimerizasyon derecesi ve optimal özelliklerin kazanılması sıcaklık ve zamana bağımlıdır. Açık ağız sıcaklığı vücut ısısından biraz daha düşük olmakla beraber, oral dokuya yakın bir bölgedeki ölçü maddesinin sıcaklığı daha yüksekken, oral dokudan 2 mm uzaklıkta 0.5-1.5 °C daha düşüktür. Sandrik ve Sarna[93] ile Jamani ve arkadaşları[94], ağız şartlarında elastik ölçü maddelerinin 1.6 dakikada 32°C'ye , 4.5 dakikada 35°C'ye ulaştığını, ancak polimerizasyonun ilerlemesi ve laboratuvar test ortamında bu sıcaklığa ulaşılması için ölçümlerin daha yüksek bir sıcaklıkta bir ısı kaynağı ile (tercihen 37°C'de) yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir[93,94].

Reolojik özellikleri bakımından aynı şartlar altında test edilen farklı formülasyondaki ve yoğunluktaki maddeler arasında viskozitede ve tanjant delta değerlerinde farklılıklar oluştu. Polimerlerin akış özelliğini etkileyen önemli yapısal değişikliğin, molekül ağırlığı veya zincir uzunluğu olduğu; molekül ağırlığı arttıkça, hareket eden zincirlerin viskoziteyi artırdığı ve küçük partiküller monomerle daha çabuk doyarak daha yüksek viskozite gösterirken, büyük partiküllerin daha düşük viskozite gösterdiği belirtilmektedir. Buna dayalı olarak polimerlerin yapısal özelliklerinin maddelerin reolojik özelliklerini tayin etmek için doğrudan etkili olduğu ve partikül büyüklüğü dağılımındaki değişikliklerle reolojik özelliklerin uyumlanmasının mümkün olduğu ifade edilmektedir[57,81,82].

Bu çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda, test edilen silikon ve polieter esaslı ölçü maddeleri; baz ve aktivatör bileşenlerinin kolay karıştırılması, ağıza kolay uygulanması, karışımın detay içine akması ve sertleştikten sonra ağızdan uzaklaştırılırken deforme olmaması için esnemesi gibi reolojik özellikleri bakımından değerlendirildiğinde; en iyi sonuçların polieter esaslı ölçü maddeleriyle daha sonra ilave silikon ve kondanse silikon ölçü maddeleriyle alındığı ortaya çıkmıştır.

VI. SONUÇ

Silikon ve polieter esaslı ölçü maddeleri ile yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

1. Akma Testi uygulanan **düşük yoğunluk**taki silikon ve polieter esaslı **baz** (Dent a Scon Ultra, Dent a Scon Universal, Durosil S, Speedex Light, Aquasil Monofaz, Panasil Contact Plus, Permadyne L) ve **aktivatör** maddeler (Dent a Scon Likit, Paste Hardener, Aquasil Monofaz, Panasil Contact Plus) için **en yüksek görünür viskozite** değeri **"0".makaslama oranı**nda elde edilmiştir. Makaslama oranının artmasıyla görünür viskozite değerinde düşüş saptanmıştır. Bu davranış pseudoplastik davranışı ifade etmektedir.

Test edilen düşük yoğunluktaki baz Dent a Scon Ultra ve Durosil S ile aktivatör Dent a Scon Likit maddeler **Newtonumsu özellikler** (makaslama gerilmesi ile makaslama oranının orantılı olarak arttığı) sergilerken, Paste Hardener aktivatör madde **Bingham Plastiği** davranışı (18.57 Pa gerilme değeri aşıldıktan sonra akma gerçekleşmiş) göstermiş; diğer baz ve aktivatör maddeler **Pseudoplastik (makaslama incelmesi)** davranış sergilemiştir. **Baz** maddelerden en belirgin pseudoplastik davranışı Speedex Light ve Aquasil Monofaz gösterirken; bunu Dent a Scon Universal, Panasil Contact Plus izlemiştir. Permadyne L ise Newtonumsu davranışa yakın pseudoplastik davranış göstermiştir. **Aktivatör** maddelerde Panasil Contact Plus'ın, Aquasil Monofaz'dan daha belirgin pseudoplastik davranış gösterdiği saptanmıştır. Belirgin pseudoplastik (makaslama incelmesi) davranış, maddelerin (baz Speedex Light ve Aquasil Monofaz ile aktivatör Panasil Contact Plus) akışkanlığını artırmıştır. Bu da baz ve aktivatör bileşenlerden oluşan maddelerin karıştırılmasını kolaylaştırmış, Newtonumsu özellik gösteren maddelerde ise karıştırma işleminde güçlükle karşılaşılmıştır.

2. Frekans Sweep Testi uygulanan **orta, yüksek ve çok yüksek yoğunluk** kıvamlarındaki **baz** (Durosil L, Speedex P, Aquasil P, Panasil P, Reprosil P, Impregum F ve Permadyne H) ve **aktivatör** maddelerin (Aquasil P, Panasil P, Reprosil P, Impregum F ve Permadyne aktivatör) en yüksek **dinamik viskozite** değerleri **0.1 Hz**

frekans değerinde elde edilmiş; frekansın artmasıyla bu değerin düşüş gösterdiği saptanmıştır. Bu pseudoplastik davranışın bir özelliğidir.

Bu grupta test edilen bütün baz ve aktivatör maddeler pseudoplastik davranış göstermekle beraber, **baz** maddelerde en belirgin pseudoplastik davranışı Durosil L göstermiştir bunu Permadyne H baz ve Panasil Putty, Speedex Putty ve Impregum F, Aquasil Soft Putty ve Reprosil Putty izlemiştir. **Aktivatör** maddelerden Panasil Putty, Impregum F ve Permadyne H daha belirgin pseudoplastik davranış gösterirken, Aquasil Soft Putty ve Reprosil Putty maddelerde bu davranış daha az belirgindir. Belirgin pseudoplastik (makaslama incelmesi) davranış gösteren maddelerde (baz Durosil L ve Permadyne H ile aktivatör Panasil Putty, Impregum F ve Permadyne H) viskozitenin düşmesi nedeniyle akışkanlık artmış; bu durum da baz ve aktivatör maddelerin karıştırma işlemini kolaylaştırmıştır.

3. Frekans Sweep Testi uygulanan **baz kondanse silikon** (Durosil L, Speedex Putty), **ilave silikon** (Aquasil Soft Putty, Panasil Putty, Reprosil Putty) ve **polieter maddeler** (Impregum F, Permadyne H) ile **aktivatör ilave silikon** (Aquasil Soft Putty, Panasil Putty, Reprosil Putty) ve **polieter** maddeler (Impregum F, Permadyne) arasındaen yüksek **tanjant delta değeri** ilave silikonlarda gözlenmiştir.

Bu grupta test edilen maddeler tanjant delta değeri bakımından karşılaştırıldığında, **baz maddeler**de en yüksek değer Aquasil Soft Putty'de gözlenmiştir. Bunu sırasıyla Permadyne H, Reprosil Putty, Impregum F, Speedex Putty, Panasil Putty ve Durosil L maddeler izlemiştir. **Aktivatör maddeler**de de en yüksek akışkanımsı özellik Aquasil Soft Putty'de gözlenmiştir. Bunu Permadyne H, Reprosil P, Impregum F ve Panasil P izlemiştir. Baz ve aktivatör Aquasil Soft Putty ile Permadyne H maddelerin tanjant delta değerinin yüksek olması, bu maddelere yüksek akışkanımsı özellik ve dokular içine daha rahat akmasına imkan verdiği için klinik açıdan önem taşımaktadır.

4. Frekans Time Testi uygulanan **kondanse silikon maddeleri** (Dent a Scon Ultra, Dent a Scon Universal, Durosil L, Durosil S, Speedex Light, Speedex Putty),

ilave silikon maddeleri (Aquasil monofaz, Aquasil Soft Putty, Panasil Contact Plus, Panasil Putty, Reprosil Putty) ve **polieter maddeleri** (Impregum F, Permadyne H ve Permadyne L) **baz ve aktivatör bileşenleri karıştırıldığında** , "0".saniyede en küçük viskoziteye ve en büyük tanjant delta değerine sahiplerdir ve akıcılık en yüksek kıvamdadır. Zamanın artmasıyla dinamik viskozite değerlerinde değişik oranlarda artış gözlenmiştir. Bu baz ve aktivatör bileşenleri karıştırılarak elde edilen maddenin pseudoplastik özelliğinin bir gereğidir.

Bu grupta test edilen karışım maddeler başlangıç dinamik viskozite değerleri bakımından karşılaştırıldığında, en visköz madde Permadyne L bulunmuştur. Bunu Panasil Contact Plus, Speedex Light, Dent a Scon Ultra, Durosil S, Dent a Scon Universal, Impregum F, Permadyne H, Aquasil Monofaz, Speedex Putty, Aquasil Soft Putty, Reprosil Putty, Durosil L ve Panasil Putty maddeler izlemiştir. Permadyne L, Panasil Contact Plus, Speedex Light, Dent a Scon Ultra, Durosil S, Dent a Scon Universal, Impregum F, Permadyne H, Aquasil Monofaz maddelerinin karıştırıldığı anda düşük viskozite göstermesi, bu maddelerin ağız içinde ince detaylar içine kolaylıkla akabileceği anlamına geldiğinden klinik uygulama bakımından önemlidir.

5. Frekans Time Testi uygulanan **kondanse silikon maddeler , ilave silikon maddeler** ve **polieter** maddeler için "0".saniyede gözlenen **tanjant delta değeri** zamanın artmasıyla azalma göstermiştir.

Bu grupta test edilen maddeler tanjant delta değeri bakımından karşılaştırıldığında Permadyne L ölçü maddesi belirgin bir biçimde daha akışkanımsı özellik göstermiştir. Speedex Light, Aquasil Monofaz, Panasil Putty, Speedex Putty ve Durosil L maddeleri ise karışım sonrası en yüksek elastik davranış gösteren maddeler olmuştur. Bunu Panasil Contact Plus, Permadyne H, Aquasil Soft Putty, Impregum F, Durosil S, Reprosil Putty, Dent a Scon Universal ve Dent a Scon Ultra maddeler izlemiştir. Bu maddelerden düşük tanjant delta değeri gösteren Speedex Light, Aquasil Monofaz, Panasil Putty, Speedex Putty ve Durosil L maddeleri, klinik açıdan ölçünün esneyerek ağızdan deforme olmadan uzaklaştırılmasına olanak verdiğinden önemlidir.

Sonuç olarak bu araştırmada incelenen silikon ve polieter esaslı ölçü maddeleri reolojik özellikleri bakımından değerlendirilecek olunursa; klinik açıdan en iyi sonuçların sırasıyla polieter esaslı ölçü maddeleri (Impregum F, Permadyne H ve L), ilave silikonlar (Aquasil Soft Putty, Aquasil Monofaz, Panasil Contact Plus, Reprosil Putty) ve kondanse silikonlar (Speedex Putty ile Light, Dent a Scon Universal) ile elde edildiği söylenebilir.

VII. ÖZET:

Bu çalışmada diş hekimliğinde kullanılan farklı formülasyon ve yoğunluklardaki silikon ve polieter esaslı elastomerik ölçü maddelerinin in vitro koşullarda gösterdikleri reolojik özellikleri ele alındı.

Akma Testleri, Frekans Sweep Testleri ve Frekans Time Testleri bulgularından elde edilen **görünen viskozite değerleri,** gerilme ve gerinim oranı verileri; **dinamik viskozite** ve **tanjant delta değerleri,** gerilme-gerinim arası faz farkı ile gerilme-gerinim büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak depolama modülüsü, yitirme modülüsü ve açısal frekans verileri kullanılarak hesaplandı. Bu değerleri, istatistiksel olarak analiz etmek için Wilcoxon Eşleştirme Testi, Mann-Whitney U Testi, Kruskal Wallis Analiz Testi ve Çoklu Eşleştirme Testleri'nden yararlanıldı.

Akma Testinin kullanıldığı **düşük** yoğunluktaki **baz ve aktivatör kondanse silikonlar** (Dent a Scon Ultra baz, Dent a Scon Universal baz, Durosil S baz, Speedex Light baz, Dent a Scon Likit ve Paste Hardener), **baz ve aktivatör ilave silikonlar**dan (Aquasil Monofaz baz, Panasil Contact Plus baz, Aquasil Monofaz aktivatör ve Panasil Contact Plus aktivatör) daha düşük viskozite değerleri gösterdiler.

Frekans Sweep Testlerinin kullanıldığı **orta, yüksek ve çok yüksek** yoğunluktaki **baz ve aktivatör ilave silikonlar** (Aquasil Soft Putty baz, Panasil Putty baz, Reprosil Putty, Aquasil Soft Putty aktivatör, Panasil Putty aktivatör, Reprosil Putty aktivatör), polieter (Impregum F baz, Permadyne H baz, Impregum F aktivatör ve Permadyne aktivatör) ve kondanse silikonlardan (Durosil L baz, Speedex Putty baz) daha düşük **viskozite** ve yüksek **tanjant delta değerleri**yle düşük akıcılığa sahiplerdi. Viskozite, düşük yoğunluktaki maddelerden yüksek yoğunluktakilere doğru artarken, **düşük** yoğunluktaki **aktivatör ilave silikonların** (Aquasil Monofaz aktivatör ve Panasil Contact Plus aktivatör) **viskozitesi** bundan farklı olarak **çok yüksek** yoğunluktakilerden (Aquasil Soft Putty aktivatör, Panasil Putty aktivatör, Reprosil Putty aktivatör) daha

yüksekti. Baz ve aktivatör maddeler yüksek makaslama oranlarında benzer viskoziteler gösterirken; düşük makaslama oranlarında viskozitelerinde büyük farklılık vardı; aktivatörlerin viskozitesi baz maddelerden daha yüksekti.

Baz ve aktivatör bileşenlerin **karıştırılmasıyla** viskozitede zamanla en hızlı artış; ilave silikon (Aquasil monofaz, Aquasil P, Panasil Contact Plus,Panasil P, Reprosil P), kondanse silikon (Dent a Scon Ultra, Dent a Scon Universal, Durosil L, Durosil S, Speedex L, Speedex P) ve polieter esaslı (Impregum F, Permadyne H, Permadyne L) ölçü maddelerinde oldu. 1 Hz'den sonra faz açısının azalmaya başlaması, madde içinde bazı elastik davranışların geliştiğinin bir göstergesiydi. **İlave ve kondanse silikon ölçü maddeleri**, karıştırıldığında daha yüksek tanjant delta değerleriyle daha **akışkanımsı** bulundular; **polieter ölçü maddeleri**yse daha düşük tanjant delta değerleriyle **elastiğimsi** özellikler gösterdiler.

Newtonumsu (Newtonian) özellik gösteren üç madde dışında (Dent a Scon Ultra baz, Dent a Scon likit, Durosil S baz) baz ve aktivatör maddelerde, makaslama oranı ve frekans arttıkça maddelerin viskozitesi azaldı. Yine baz ve aktivatör maddeler birbiriyle kontağa gelir gelmez sertleşme reaksiyonunun başlamasıyla, en düşük viskozite değeri karıştırmadan hemen sonra oluştu ve zamanla ölçü maddelerinin viskozitesi hızlı bir şekilde arttı. Bu durum **pseudoplastik** bir davranış olarak tanımlanmaktadır. Bu özellik kullanıcının makaslama oranını doğrudan etkilemesi ve bu şekilde ölçü maddesinin ağız içinde daha iyi akmasının sağlanması nedeniyle, maddelerin kullanımında önemli bir faktördür.

VIII. SUMMARY

This study investigates rheological features which silicone and polyether-based elastomeric impression materials of various formulation and consistency used in dentistry have exhibited in vitro conditions.

Apparent viscosity, stress and strain rate which were obtained from Flow Tests, Frequency Sweep Tests and Frequency Time Tests were calculated by using apparent viscosity, dynamic viscosity and tangent delta values, phase log, storage modulus as a function of size of stress-strain data, loss and angular frequency data. In order to statistically analyze these values Wilcoxon Matching Test, Mann-Whitney U Test, Kruskal Wallis Analysis Test and Multiple Matching Test were utilized.

Low consistency base and activator condense silicones which Flow Test was used with (Dent a Scon Ultra base, Dent a Scon Universal base, Durosil S base, Speedex L base, Denta Scon Liquid and Paste Hardener) displayed lower apparent viscosity values than base and activator addition silicones(Aquasil monophase base, Panasil Contact Plus base, Aquasil Monophase activator and Panasil Contact plus activator)

Medium, high and putty consistency base and activator addition silicones with which Frequency Sweep Tests were used (Aquasil P base, Reprosil P, Aquasil P activator, Panosil P activator, Reprosil P activator) had low liquidity with lower viscosity and higher delta values than base polyether (Impregum F base,.Permadyne H base, Impregum F activator and Permadyne activator) and condense silicones (Durosil L base, Speedex P base). While viscosity increased from low consistency materials those of high consistency, the viscosity of low consistency activator addition silicones(Aquasil P activator, Panasil P activator, Reprosil P activator),in contrast to that ,were higher than those of high consistency. Whereas base and activator materials displayed similar

viscosity in high shear rates, there occured huge variation in low shear rates, the viscosity of activators were higher than base materials.

The quickest augmentation in viscosity through the blending of base and activator components occured in addition silicone (Aquasil monophase, Aquasil P, Parasil Contact Plus, Panasil P, Reprosil P), and polyether-base impression materials. That the phase angle started to diminish after 1 Hz was an indication of the fact that some elastic attitudes developed in the materials. Addition and condense silicone impression materials were found out to be more fluid with higher tangent delta values when blended; however, polyether impression materials exhibited elasticism features within lower tangent delta values.

Other than three materials which showed Newtonian behaviour (Denta a Scon Ultra Base, Dent a Scon Liquid, Durosil S base), the viscosity diminished in base and activator materials as shear rate and frequency increased. Moreover,lowest viscosity value occured immediately after blending when base and activator materials come into contact with each other, and the viscosity of impression materials increased rapidly as time elapsed. This state is defined as a pseudo-plastic behaviour. Because it influences the shear rates of the user directly, and thus enables the impression material to flow better in the mouth it is an important factor in the usage of materials.

IX. KAYNAKLAR

1. MC CABE, J.F., WAALS, W.G.: Applied Dental Materials, 8th Ed., London, Blackwell Science Ltd., London, (1998).

2. CRAIG, R.G.: Restorative Dental Materials, 10th Ed., Mosby Company, St. Louis, (1997).

3. GEBELEIN, C.G., KOBLITZ, F.F: Biomedical and Dental Applications of Polymers, 2nd Ed., Plenum Press, New York, (1983).

4. PİŞKİN, E.: Polimer Teknolojisine Giriş, 1. Baskı, İnkılap Kitabevi, İstanbul, (1987).

5. BAYSAL, B.: Polimer Kimyası, 1. Baskı, Çağlayan Basımevi, İstanbul, (1981).

6. EKBEROV, O.H., BASAN, S.: Polimer Kimyası Laboratuvarı, 1. Baskı, C.Ü., Sivas, (1995).

7. STEVENS, M.P.: Polymer Chemistry, 3rd Ed., Oxford, University Press, New York, (1999).

8. ELIANS, H.G.: An Introduction to Polymer Science, 1st Ed., VCH Publishers, Weinheim, (1997).

9. NOORT, R.V.:Introduction to Dental Materials, 1st Ed., Mosby, London, (1994).

10. ZAİMOĞLU, A., CAN, G., ERSOY, E., AKSU, L.: Diş Hekimliğinde Maddeler Bilgisi, Birinci Baskı, , A. Ü. Diş Hek. Fak.Yayını, Ankara, (1993).

11. PHILLIPS, R.W.: Skinner's Science of Dental Materials, 9th Ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia, (1991).

12. O'BRIEN, WJ.: Dental Materials: Properties and Selection, 1st Ed., Quintessence Publishing Chicago, (1989).

13. AMERICAN DENTAL ASSOCIATION. Revised American dental association specification no:19 for non-aqueous, elastomeric dental impression materials, J. Am. Dent. Assoc., 94:733-41, (1977).

14. CRAIG, R.G., O'BRIEN, WJ., POWERS, J.M.: Dental Materials Properties and Manipulation, 4th Ed., Mosby Company, St. Louis, (1987).

15. TYLMAN, S.D., MALONE, W.F.P.:Tylman's Theory and Practice of Fixed Prosthodontics, 7th Ed., The C. V. Mosby Company, St Louis, (1978).

16. CHRISTENSEN, GJ.: What category of impression material is best for your practice? J. Am. Dent. Assoc., 128 : 1026-28, (1997).

17. WILSON, HJ.: Impression materials, Br. Dent. J.: 164 (9) : 221-225, (1988).

18. LEİNFELDER, K.F., LEMONS, J.E.: Clinical Restorative Materials and Techniques, 1st Ed., Lea&Febiger, Philadelphia, (1988).

19. AKÇABOY, C., SUCA, S.: Ölçü Maddeleri ve Klinik Uygulamaları, 1st Ed., G.Ü. İletişim Fakültesi Matbaası, Ankara, (1993).

20. ROSENSTIAL, S.F., LAND, M.F.,FUJIMOTO, J.: Contemporary Fixed Prosthodontics, 1st Ed., The C. V. Mosby Company, St Louis, (1988).

21. DYKEMA, W.R., GOODACRE, C.J., PHILLIPS, R.W.: Johnston's Modern Practice in Fixed Prosthodontics, 4th ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia, (1986).

22. SHILLINGBURG, H.T., HOBO,S., WHITSETT, L.D.: Fundamentals of Fixed Prosthodontics, 2nd Ed., Quintessence Publishing Company, Tokyo, (1981).

23. ANDERSON, J.N.: Applied Dental Materials, 7th Ed., Blackwell Scientific Publication, London, (1990).

24. CHARBENEAU, G.T.: Principles and Practice of Operative Dentistry, 3rd Ed., Lea&Febiger, Philadelphia, (1988).

25. SMITH, B.G.N., WRIGHT, P.S., BROWN,D.: The Clinical Handling of Dental Materials, 1st Ed.,IOP Publishing Limited, Bristol, (1986).

26. BAUM, L., PHILLIPS, R.W., LUND, M.R.: Textbook of Operative Dentistry, 2nd Ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia, (1985).

27. KYOUNG, N.K., CRAIG, R.G., KORAN A.: Viscosity of monophase addition silicones as a function of shear rate, J. Prosthet. Dent., 67 (6):794-8,(1992).

28.CHAI, J., PANG, I.C.: A study of the "thixotrophic" property of elastomeric impression materials, Int. J. Prosthodont., 7 (2) :155-158, (1994).

29.COUNCIL ON DENTAL MATERIALS, INSTRUMENTS AND EQUIPMENT: Vinyl polysiloxanes impression materials : a status report, J. Am. Dent. Assoc., 120 : 595-597, (1990).

30.WINSTON, W.L.C., TERRY, E.D.: Poly vinyl siloxane impression materials: a review of properties and techniques, J. Prosthet. Dent., 68 (5) : 728-32, (1992).

31. MARTY, G.N., THOMAS A.J., RICKEY A.M., GLEN J.F.: The effect of various base/core materials on the setting of a polyvinyl siloxane impression material, J. Prosthet. Dent., 76 (6) : 608 -12, (1996).

32. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: Dental Materials: elastomeric impression materials, ISO 4823: 1-10, (1992).

33. KECK, S.C.:Automixing: A new concept in elastomeric impression material delivery systems, J. Prosthet. Dent., 54 (4) : 479-483, (1985).

34. MC CABE, J.F., STORER R.: Elastomeric impression materials: the measurement of some properties relevant to clinical practice, Br. Dent. J. , 149 (5) : 73-79, (1980).

35. BROWN, D. : An update on elastomeric impression materials, Br. Dent.J.,151 (20) : 35-41, (1981).

36. CIESCO, J.N., MALONE, W.F.P., SANDRIK J.L., MAZUR, B.: Comparison of elastomeric impression materials used in fixed prosthodontics, J. Prosthet. Dent., 45 (1) : 89-94, (1981).

37. CORSO, M., ABANOMY, A., DI CANZIO, J., ZURAKOWSKI, D., MORGANO, SM.: The effect of temperature changes on the dimensional stability of polyvinyl siloxanes and polyether impression materials, J. Prosthet. Dent., 79 (6): 626-31, (1998).

38. DURMUŞ, Z.Y., BAYINDIR, F., YANIKOĞLU, N.: Elastomerik ölçü maddelerinin sertleşmeleri sırasında gösterdikleri pH ve ısı değişimleri ve boyutsal stabilitelerinin incelenmesi, H.Ü. Dişhek. Fak. Der.: 25 (2): 20-25, (2001).

39. NISSAN, J., LAUFER, B.Z., BROSH, T., ASSIF, D.: Accuracy of three polyvinylsiloxane putty-wash impression techniques, J. Prosthet. Dent., 83(2) :161-5, (2000).

40. JOHNSON, G.H., CHELLIS, K.D., GORDON G.E., LEPE, X.: Dimensional stability and detail reproduction of irreversible hydrocolloid and elastomeric impressions disinfected by immersion, J. Prosthet. Dent., 79(4) : 446-53, (1998).

41. ADABO, G.L., ZANOROTTI, E., FONSECA, R.G., CRUZ, S.:. Effect of disinfectant agents on dimensional stability of elastomeric impression materials, J. Prosthet. Dent., 81(5) : 621-4, (1999).

42. SALEM, N.S., COMBE, E.C., WATTS, D.C.: Mechanical properties of elastomeric impression materials, J. Oral Rehabil., 15: 125-132, (1988).

43. CHAI, J., TAKAHASHI Y., LAUTENSCHLAGER, E.P.: Clinically relevant mechanical properties of elastomeric impression materials, Int. J. Prosthodont., 11(3): 219-223, (1998).

44. JAMANI, K.D., HARRINGTON, E., WILSON, H.J.: Rigidity of elastomeric impression materials, J. Oral Rehabil., 16: 241-248, (1989).

45. AKALTAN, F., CAN, G., AKINAY, A.: Silikon esaslı elastomerik ölçü maddelerinin yırtılma dayanıklılığı, A. Ü. Diş Hek. Fak. Der., 23(1):57-61, (1996).

46. BLOMBERG, P.A.H., MAHMOOD, S., SMALES, R.J., MAKINSON, O.F.: Comparative elasticity tests for elastomeric (non putty) impression materials, Aust. Dent. J., 37(5): 346-52, (1992).

47. KLOOSTER, J., LOGAN, I., TJAN, A.H.L.: Effects of strain rate on the behaviour of elastomeric impression, J. Prosthet. Dent., 66(3) : 292-8, (1991).

48. BINDRA, B., HEATH, J.R.: Adhesion of elastomeric impression materials to trays, J. Oral Rehabil., 24 : 63-69, (1997).

49. CAN, G., KARAAĞAÇLIOĞLU, L.: Elastomerik ölçü maddelerinin bazı özelliklerinin karşılaştırılması, A. Ü. Diş Hek. Fak. Der., 14(2):145-152, (1987).

50. WINKLER, M.M., MONAGHAN, P., GILBERT, J.L., LAUTENSCHLAGER E.P.: Comparison of four tecniques for monitoring the setting kinetics of gypsum, J. Prosthet. Dent.;79 (5):532-6, (1998).

51. ARAUJO, P.A., JORGENSEN, K.D., FINGER,W.: Viscoelastic properties of setting elastomeric impression materials, J. Prosthet. Dent., 54(5) : 633-3, (1985).

52. CRAIG, R.G., URQUIOLA, N.J., LIU, C.C.: Comparison of commercial elastomeric impression materials, Oper. Dent., 15: 94-104, (1990).

53. CRAIG, R.G., SUN, Z.: Trends in elastomeric impression materials, Oper. Dent., 19: 138-145, (1994).

54. ALVIN, G.W.: Comparison of impression materials for direct multi-implant impressions, J. Prosthet. Dent., 83(3) : 323-31, (2000).

55. TAKAHASHI, H., FINGER, W.J.: Dentin surface reproduction with hydrophilic and hydrophobic impression materials, Dent. Mater., 7: 197-201, (1991).

56. CRAIG, R.G., HARE, P.H.: Properties of a new polyether urethane dimethacrilate photoinitiated elastomeric impression material, J. Prosthet. Dent., 63(1): 16-20, (1990).

57. CRAIG, R.G.: Review of dental impression materials, Adv. Dent. Res., 2(1): 51-64, (1988).

58. BILLMEYER, F.W.: Textbook of Polymer Science, 3rd Ed., Wiley Interscience Publication, New York, (1984).

59. ROSEN, S.L.: Fundamental Principles of Polymeric Materials, 1st Ed., Wiley Interscience Publication, New York, (1982).

60. CHEREMISINOFF, N.P.: Encyclopedia of Fuid Mechanics: Rheology and Non-Newtonian Flows, 1st Ed., Gulf Publishing Company, Houston, (1991).

61. BARNES, H.A., HUTTON, J.F., WALTERS, K.: An Introduction to Rheology, 6th Ed., Elsevier Science B.V., Amsterdam, (1998).

62. HERFORT, T.W., GERBERICH, W.W., MACOSKO, C.W., GOODKIND R.J.: Viscosity of elastomeric impression material, J. Prosthet. Dent., 38(4): 396-403, (1977).

63. MUTLU, G.: Studies on prosthetic materials-measurement of the rheological properties of acrylic resins, Doctoral Thesis, Department of Prosthet Dentistry and Dental Care of Elderly, Bristol, (1992).

64. WHITTINSTALL, P.: An Introduction to Rheology, 1st Ed., Elsevier Science B.V., Amsterdam, (1998).

65. STEFFE, J.F.: Rheological Methods in Food Process Engineering, 2nd Ed., Freeman Press, East Lansing, (1996).

66. VINOGRADOV, G.V., MALKIN, A.Y.: Rheology of Polymers: Viscoelasticity and Flow of Polymers, 1st Ed.,Mir Publishers, Moscow, (1980).

67. EBELEWE, R.O.: Polymer Science and Technology, 1st Ed.,CRC Press, London, (2000).

68. EDWARDS, D.A., BRENNER, H., WASAN, D.T.: Interfacial Transport Processes and Rheology, 1st Ed.,Butterworth-Heinemann, Boston, (1991).

69. JAMANI, K.D., HARRINGTON, E., WILSON, H.J.: Consistency, working time and setting time of elastomeric ımpession materials, J. Oral Rehabil., 16: 353-366, (1989).

70. MYERS, G.E., PEYTON, F.A.:Clinical and physical studies of the silicone rubber impression materials, J. Prosthet. Dent., 9(2): 315-324,(1959).

71. MILLER, N., MYERS, G.E: Silicone impression materials, J. Prosthet. Dent.,12(5): 951-961,(1962).

72. REISBICK, M.H., Effect of viscosity on the accuracy and stability of elastic ımpression materials, J. Dent. Res .,52(3):407-417, (1973).

73. MANSFIELD, M.A., WILSON, H.J., Elastomeric impression materials: a comparison of methods for determining working and setting times, Br. Dent. J., 132(1):106-110, (1972).

74. Mc CABE JF, BOWMAN AJ. The rheological properties of dental impression materials, Br. Dent. J., 151:179-183, (1981).

75. BRADEN, M.B., CAUSTON, B., CLARKE, R.L.: A polyether impression rubber, J. Dent. Res., 51(4): 889-897,(1972).

76. COMBE, E.C., MOSER, J.B., The rheological characteristics of elastomeric impression materials, J. Dent. Res., 57(2): 221-226, (1978).

77. VERMILYEA, S.G., HUGET, F.E., LASZLO B. De S.:Extrusion Rheometry of fluid materials, J. Dent. Res., 58(7): 1691-1695, (1979).

78. VERMILYEA, S.G., HUGET, F.E., LASZLO B. De S.: Apparent viscosities of setting elastomers, J. Dent. Res., 59(1):1149-1151,(1980).

79. STANNARD,J.G.,CRAIG, R.G., Modifying the setting rate of an addition type silicone impression material, J. Dent. Res., 58(4): 1377-1382, (1979).

80. STANNARD,J.G.,SADIGHI-NOURI, M.: Retarders for polyvinylsiloxane impression materials: evaluation and recommendations, J. Prosthet. Dent., 55(1):7-10, (1986).

81. EYRE, D.,Van NOORT,R., ELLIS, B.: The rheology of silicone rubber impression materials, J. Dent., 17: 171-176, (1989).

82. COOK, W.D.,BROCKHURST, P., The oscillating rheometer-what does it measure?, J. Dent. Res., 59(5):795-799,(1980).

83. JAMANI, K.D., HARRINGTON, E., WILSON, H.J.: The determination of elastic recovery of impression materials at the setting time, J. Oral Rehabil., 16: 89-100, (1989).

84. Mc CABE, J.F.,CARRICK, T.E.: Rheological properties of elastomers during setting, J. Dent. Res., 68:1218-1222, (1989).

85. Mc CABE, JF, ARIKAWA, H.: Rheological properties of elastomers impression materials before and during setting, J. Dent. Res., 77(11):1874-1880, (1998).

86. Mc CABE, J.F.,CARRICK, T.E.: Onset of elasticity in setting elastomers, J. Dent. Res., 69(9): 1573-1575, (1990).

87. ABUASI, H.A., McCABE J.F., Carrick,T.E., WASSELL, R.W.: Displacement rheometer: a method of measuring working time and setting time of elastic impression materials, J. Dent. Res., 21:360-366, (1993).

88. KIKUCHI, M.: Rheological properties of elastomeric impression materials, Aichi Gakuin Daigaku Shigakki Shi, 28(4): 1287-1302, (1990).

89. HEGDAHL,T., GIERDET, N.R.: Flowing of light-bodied elastic impression materials, Acta Odontol. Scand., 39:33-38, (1981).

90. PEUTZFELDT, A., ASMUSSEN, E.: Impression materials: effect of hydrophilicity and viscosity on ability to displace water from dentin surfaces, Scand. J. Dent. Res., 253-259, (1988).

91. HONDRUM, S.O.: Changes in properties of nonaqueous elastomeric impression materials after storage of components, J. Prosthet. Dent., 85(1):73-81,(2001).

92. OMORI, K.H., ARIKAWA,H.,INOUE K.: An evaluation of elastomeric impression materials based on surface compressive strength, J. Oral Rehabil. 28: 320-327, (2001).

93. SANDRİK J,L., SARNA, T.: Temperature of elastomeric impression materials while setting in the mouth, J. Dent. Res., 1985-1986, (1980).

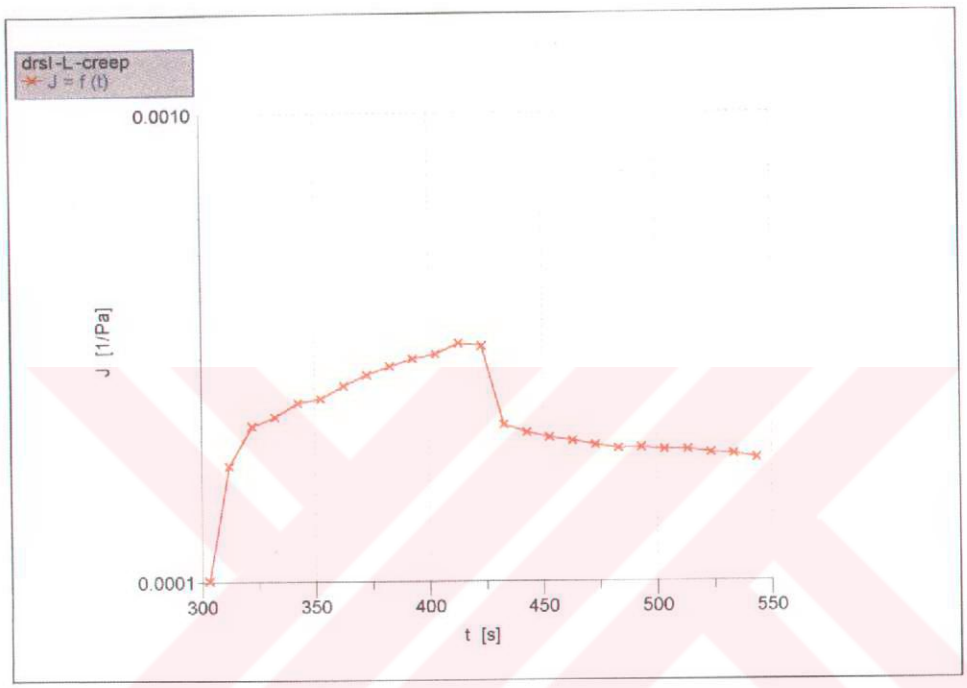
94. JAMANI, K.D., FAYYAD, M.A.,HARRINGTON, E., WILSON, H.J.: Temperature changes of materials during impression taking, Br. Dent. J., 165:129-132, (1988).

ÖZGEÇMİŞ

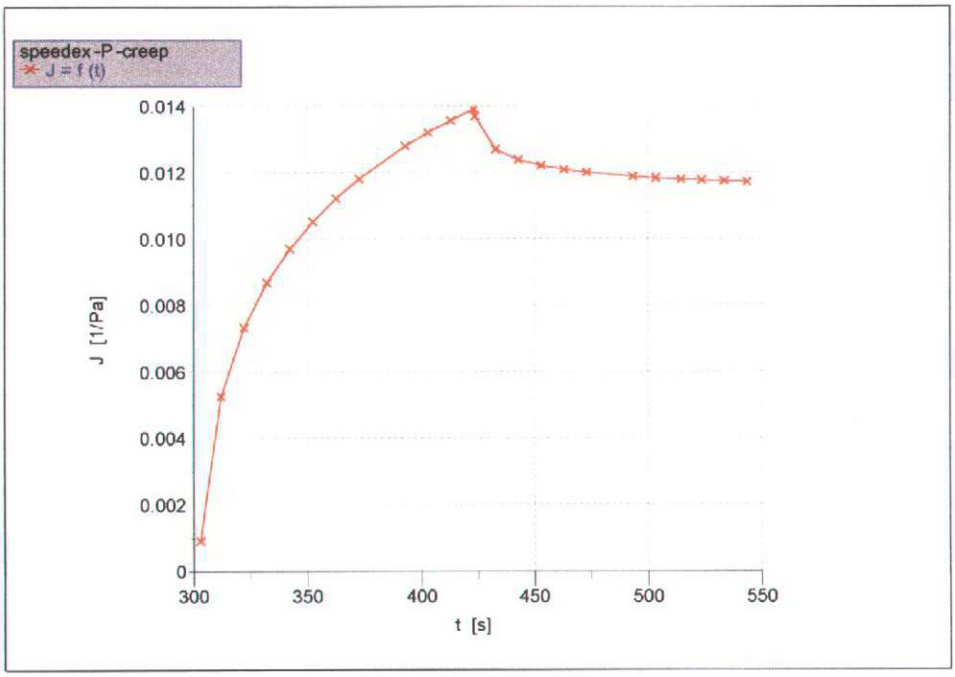
1972 yılında Ankara'da doğdum. Orta öğrenimimi Aydınlıkevler Lisesi'nde tamamladım. 1989 yılında Gazi Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi'nde başladığım eğitimimi 1995 yılında bitirdim. 1996 yılında Gazi Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladım. Halen aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmaktayım.

EK

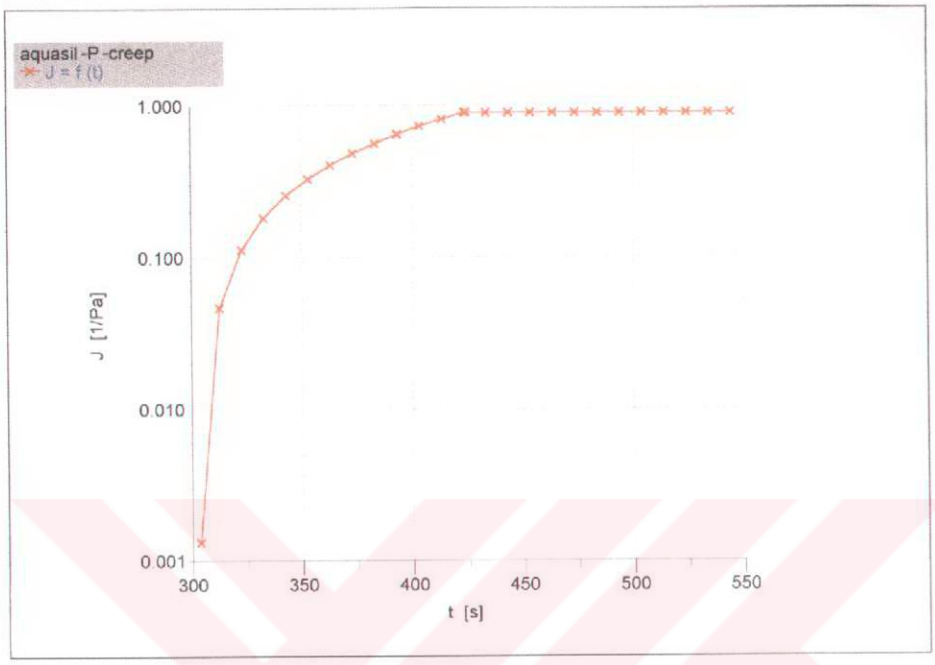
Sürünme Gevşeme Testi (Creep Recovery) ile viskoelastik yapıda oldukları gözlenen baz ve aktivatör maddelerin grafikleri Grafik 46-57 arası verilmektedir.



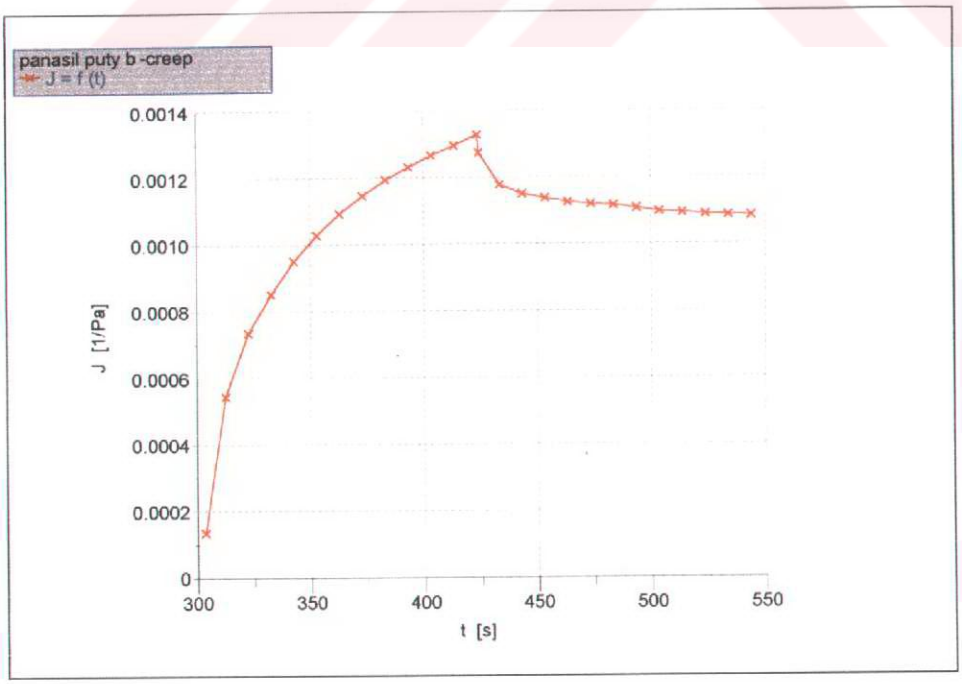
Grafik 46. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Durosil L Baz Madde



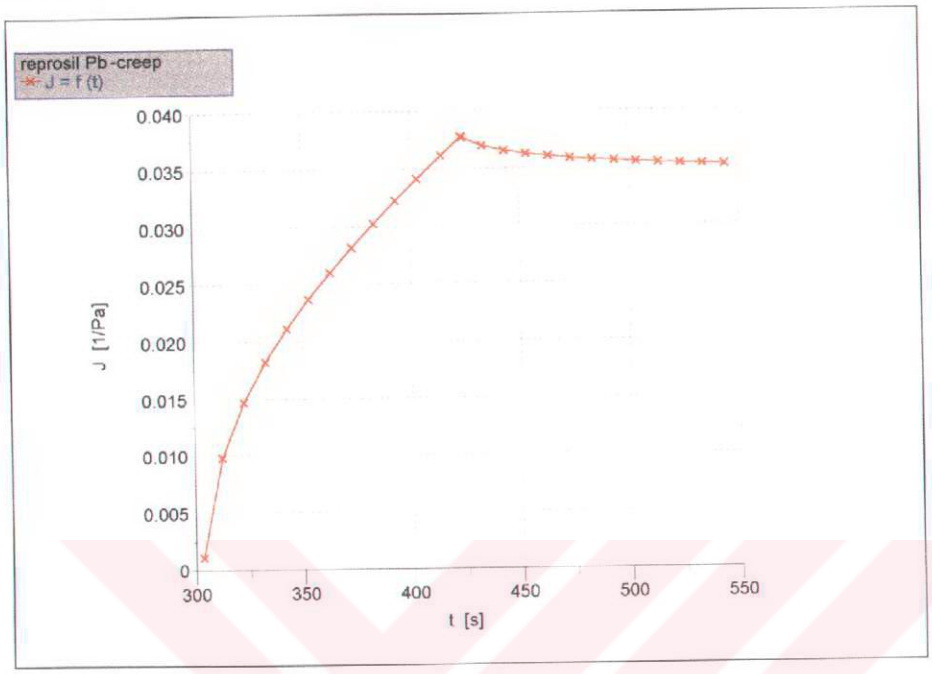
Grafik 47. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Speedex P Baz Madde



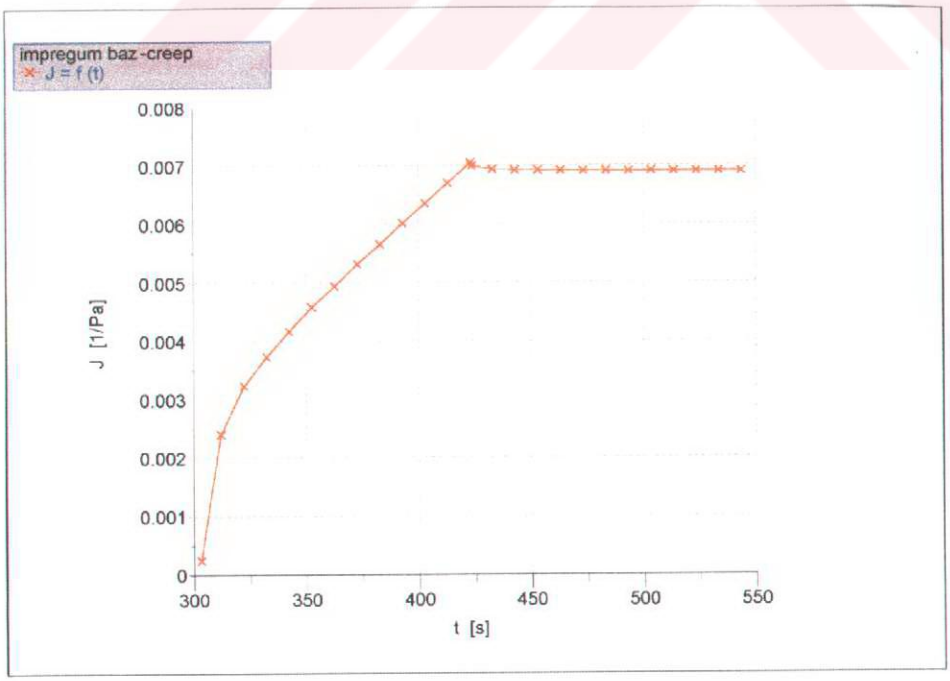
Grafik 48. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Aquasil Soft Putty Baz Madde



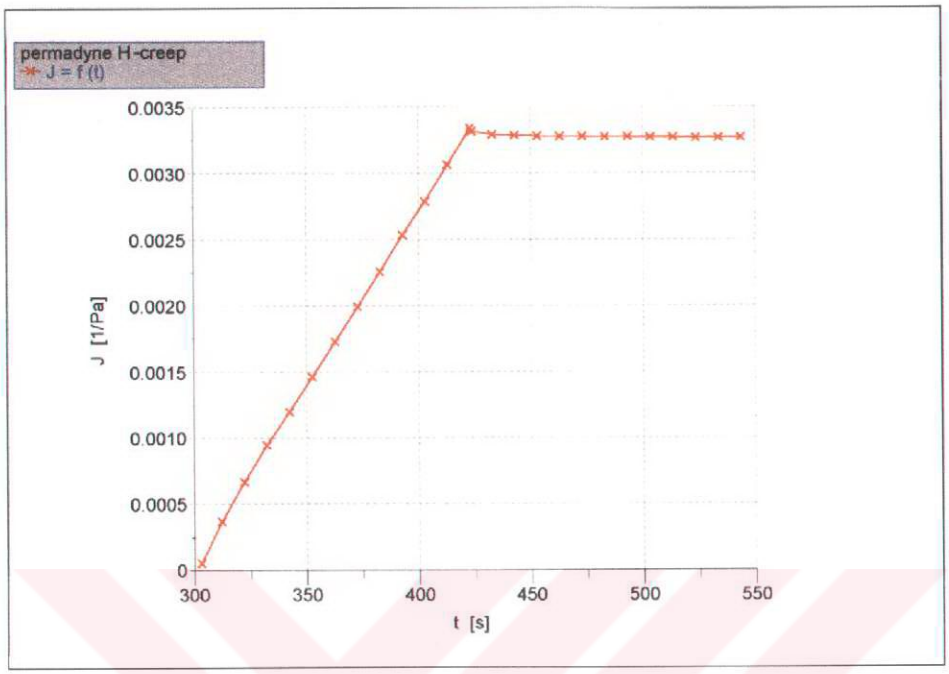
Grafik 49. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Panasil Putty Baz Madde



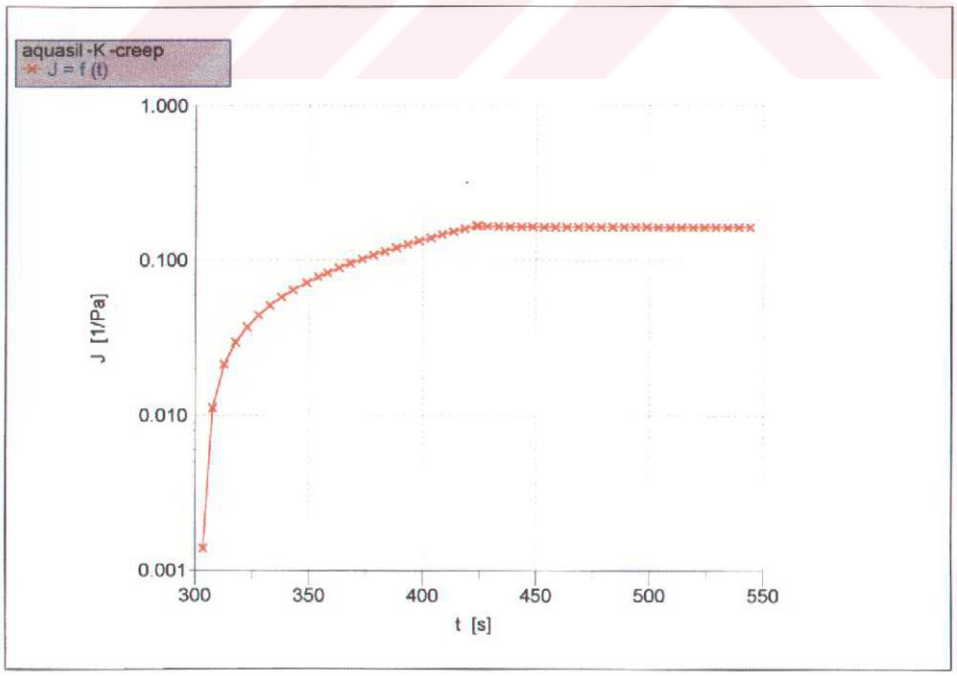
Grafik 50. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Reprosil Putty Baz Madde



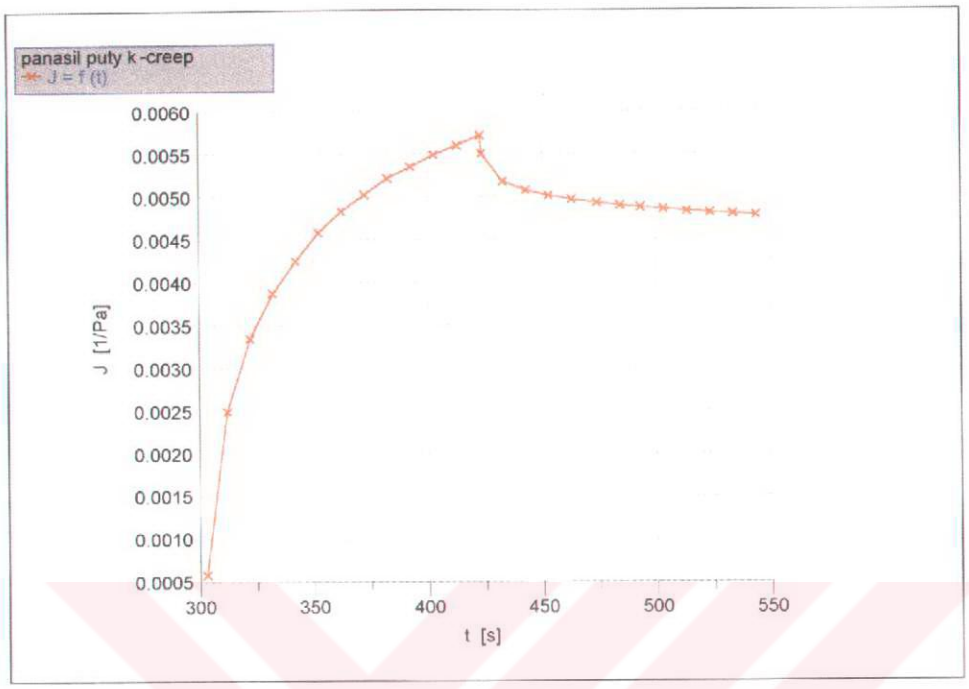
Grafik 51. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Impregum F Baz Madde



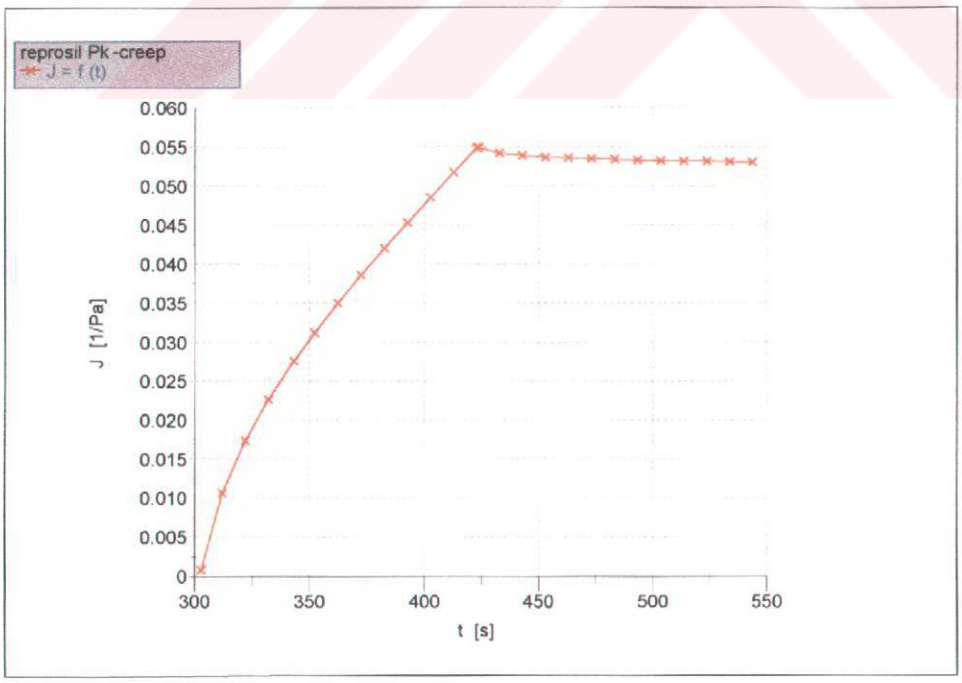
Grafik 52. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Permadyne H Baz Madde



Grafik 53. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Aquasil Soft Putty Aktivatör Madde

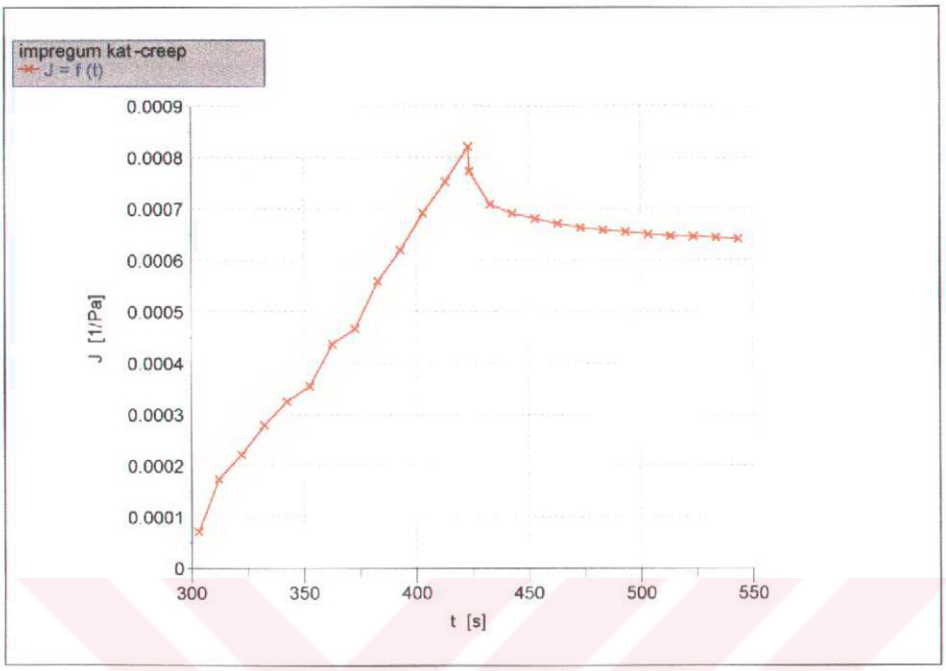


Grafik 54. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Panasil Putty Aktivatör Madde

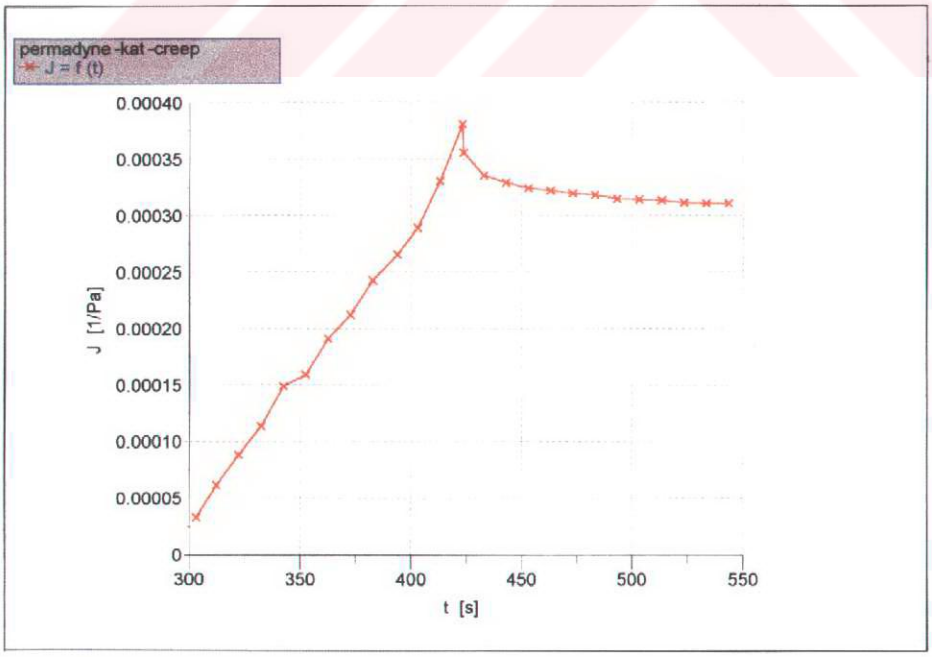


Grafik 55. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Reprosil Putty Aktivatör Madde

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ



Grafik 56. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Impregum F Aktivatör Madde



Grafik 57. Sürünme Gevşeme Testi Uygulanan Permadyne H Aktivatör Madde