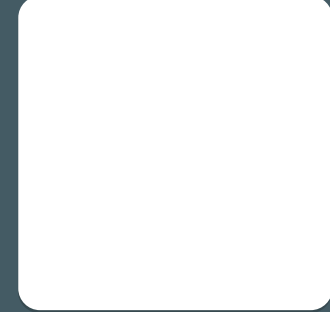


**Bu kitaba sığmayan
daha neler var!**



Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!



**BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA
ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.**

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşınması Zorunlu Değildir.

İNŞAAT ALTYAPI ATÖLYESİ 10



MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

İNŞAAT TEKNOLOJİSİ ALANI

**İNŞAAT ALTYAPI
ATÖLYESİ
10**



MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

İNŞAAT TEKNOLOJİSİ ALANI

İNŞAAT ALTYAPI ATÖLYESİ

10

DERS KİTABI

YAZARLAR

Coşkun ATASEVER

Kemal ŞAHİNOL

Murat YILMAZ

Volkan KARA



T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

DEVLET KİTAPLARI

HAZIRLAYANLAR

DİL UZMANI: MÜGE ŞAHİN ÇOLAK
GÖRSEL TASARIM UZMANI: BARIŞ GÖL



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalar sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

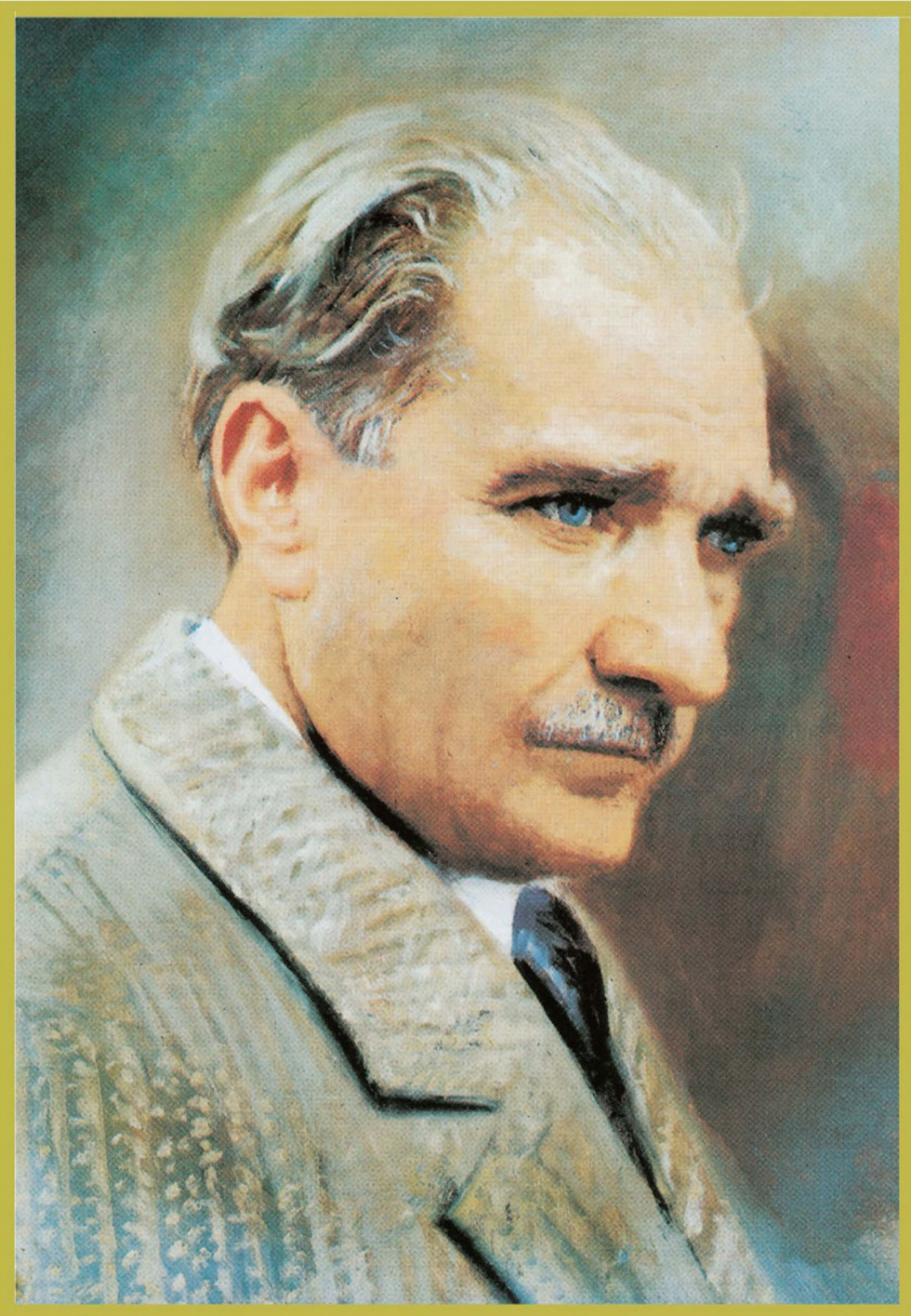
GENÇLİĞE HITABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namûsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal ATATÜRK



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK



TANITIM ŞEMASI	9
1. ŞANTİYEDE AGREGA DENEYLERİ.....	22
1.1. Atölyede İş Sağlığı ve Güvenliği	22
1.1.1. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Amacı.....	22
1.1.2. İş Kanunu ve Çalışma Mevzuatları	22
1.1.3. Altyapı Atölyesindeki (Laboratuvar) Tehlike, Risk Unsurları ve Alınacak Önlemler.....	23
1.1.4. Altyapı Atölyesinde (Laboratuvar) Kullanılan Kişisel Koruyucu Donanımlar (KKD).....	24
1.1.5. Altyapı Atölyesinde (Laboratuvar) Uyulması Zorunlu Kurallar	24
1.2. Agregada Deneyleri İçin Araç Gereç Hazırlığı.....	26
1.2.1. Deney Aletleri ve Özellikleri.....	26
1.2.2. El Araçları ve Özellikleri	27
1.2.3. Ölçü Araçları ve Özellikleri	28
1.2.4. Deney Malzemesi ve Miktarı	29
1.3. Şantiyede Agregayı Gözle Muayene	29
1.3.1. Agregada Çeşitleri ve Özellikleri	29
1.3.1.1. Elde Ediliş Şekillerine (Kaynaklarına) Göre Agregalar	29
1.3.1.2. Birim Ağırlıklarına Göre Agregalar	29
1.3.1.3. Tane İrileliklerine (Boyutuna) Göre Agregalar	30
1.3.2. Agreganın Rengi	30
1.3.3. Kaba ve Yabancı Maddeler	30
1.3.4. Agregalarda Hafif Maddelerin Bulunması.....	31
1.3.5. Agregaların Yüzey Yapısı	31
1.3.6. Agreganın Donmaya Dayanıklılığı	31
1.3.7. Agreganın Tane Şekli	31
1.4. Şantiyede Agregada Organik Madde, Nem ve Kil Miktarı Tayini	34
1.4.1. Agregada Organik Madde Tayini Deneyi (TS EN 1744-1).....	34
1.4.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	34
1.4.1.2. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri	35
1.4.1.3. Agregada Organik Madde Tayini Deneyi Yapılışı	35
1.4.2. Agregada Nem (Rutubet) Miktarı Tayini Deneyi	38
1.4.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	39
1.4.2.2. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri	39
1.4.2.3. Nem (Rutubet) Miktarı Tayini Deneyi Yapılışı.....	39
1.4.3. Kil (İnce Madde) Tayini Deneyi (TS 3527, TS EN 933-10).....	42
1.4.3.1. Deney Araç Gereçleri.....	42
1.4.3.2. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri	42
1.4.3.3. Çökeltme Yöntemiyle Kil Tayini Deneyinin Yapılışı	42
1.4.3.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi	43
1.4.4. Deney Raporu Hazırlama	46
2. AGREGADA DANE BÜYÜKLÜĞÜ VE BİRİM AĞIRLIK DENEYLERİ	49
2.1. Agregada Deney Numuneleri (TS EN 932-1, TS EN 932-2, ASTM C 33).....	50
2.1.1. Araç Gereçler ve Ekipmanlar	50
2.1.2. Numune Alma.....	51
2.1.2.1. Doğal Agregada Ocağından Numune Alma	51
2.1.2.2. Depolardan (Stok Yığınının) Numune Alma	52
2.1.2.3. Sabit Taşıyıcı Banttan Numune Alma	53





2.1.2.4. Bant ve Oluklu Boşaltma Noktalarından Numune Alma.....	53
2.1.2.5. Ambalajlanmış Agregalardan Numune Alma.....	53
2.1.3. Deneylerde Kullanılacak Numune Miktarları	54
2.1.4. Numunenin Hazırlanması.....	54
2.1.5. Deney Numunesi Azaltma Yöntemleri.....	54
2.1.5.1. Çeyreklemeye ile Azaltma Yöntemi	54
2.1.5.2. Bölgeç Aygıtı Kullanarak Azaltma Yöntemi	56
2.1.6. Deney Numunesini Koruyucu Önlem Alarak Koruma	56
2.1.7. Numune Tutanağının ve Deney Raporunun Hazırlanması	57
2.2. Agregada Dane Büyüklüğü Deneyi (TS EN 933-1, TS 3530)	59
2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	59
2.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları	60
2.2.3. Deney Numunesinin Hazırlanması.....	60
2.2.4. Deneyin Yapılışı	61
2.2.4.1. El ile Eleme Yöntemi.....	61
2.2.4.2. Sarsma Makinesi ile Eleme Yöntemi.....	61
2.2.4.3. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi	62
2.2.5. Deney Raporu Hazırlama	65
2.3. Agregada Birim Ağırlık Deneyi (TS EN 1097-3).....	67
2.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	67
2.3.2. Deney için Gerekli Numune Miktarları.....	68
2.3.3. Deney Numunesinin Hazırlanması.....	69
2.3.4. Deneyin Yapılışı	69
2.3.4.1. Gevşek Birim Ağırlık Deneyi	69
2.3.4.2. Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi (Tane Çapı 31,5 mm ve Daha Küçük Agregalar İçin)	69
2.3.4.3. Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi (Tane Çapı 31,5 mm'den Daha Büyük Agregalar İçin)	69
2.3.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması.....	70
2.3.6. Deney Raporu Hazırlama.....	71
3. AGREGADA ÖZGÜL AĞIRLIK VE İNCE MADDE MİKTARI TAYİNİ	77
3.1. Agregalarda Özgül Ağırlık ve Su Emme Tayini Deneyi (TS EN 1097-6 TS 1114, ASTM C 33)	78
3.1.1. İnce Agregada Özgül Ağırlık ve Su Emme Tayini Deneyi.....	78
3.1.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	78
3.1.1.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları	80
3.1.1.3. Deney Numunesinin Hazırlanması	80
3.1.1.4. Deneyin Yapılışı	81
3.1.1.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi	82
3.1.2. İri Agregada Özgül Ağırlık ve Su Emme Tayini Deneyi (Tel Sepet Metodu)	83
3.1.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	83
3.1.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları	84
3.1.2.3. Deney Numunesinin Hazırlanması	84
3.1.2.4. Deneyin Yapılışı	84
3.1.2.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi	84
3.2. Agregada İnce Madde Miktarı Deneyi (TS 706 EN 12620 ve TS EN 933-10)	92
3.2.1. Çökeltme Yöntemi ile İnce Madde Miktarı Deneyi.....	93
3.2.2. Yıkama Yöntemi ile İnce Madde Miktarı Deneyi.....	93





3.2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	93
3.2.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları	93
3.2.2.3. Deney Numunesinin Hazırlanması	93
3.2.2.4. Deneyin Yapılışı	93
3.2.2.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi	94
3.2.3. Deney Raporu Hazırlama.....	95
3.2.4. Agregada İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi (TS EN 933-9+A1)	98
3.2.4.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	98
3.2.4.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları	100
3.2.4.3. Deney Numunesinin Hazırlanması	100
3.2.4.4. Metilen Mavisi Çözeltilsinin Hazırlanması.....	100
3.2.4.5. Deneyin Yapılışı	101
3.2.4.6. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi	102
3.2.5. Deney Raporu Hazırlama.....	103
4. AGREGADA DONA DAYANIKLILIK DENEYLERİ	109
4.1. Agreganın Donma Çözölmeye Karşı Direncin Tayini Deneyi (TS EN 1367-1, ASTM D560)	110
4.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	110
4.1.2. Deney Numunesi Hazırlama ve Miktarı.....	112
4.1.3. Deneyin Yapılışı	112
4.1.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi	114
4.1.5. Deney Raporu Hazırlama.....	114
4.2. Kimyasal Yöntemle Dona Dayanıklılık Deneyi	118
4.2.1. Sodyum Sülfat ile Dona Dayanıklılık Deneyi (ASTM C 88/C88M)	118
4.2.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	118
4.2.1.2. Deneyde Kullanılan Reaktifler	119
4.2.1.3. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri	120
4.2.1.4. Deneyin Yapılışı	121
4.2.1.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi	122
4.2.2. Magnezyum Sülfat (Epsom Tuzu) ile Dona Dayanıklılık Deneyi (TS EN 1367-2, ASTM C 88/C88M).....	126
4.2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	126
4.2.2.2. Deneyde Kullanılan Reaktifler.....	126
4.2.2.3. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri	127
4.2.2.4. Deneyin Yapılışı	127
4.2.2.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi.....	129
4.2.3. Deney Raporu Hazırlama.....	130
5. ASFALT ve BİTÜMLÜ BAĞLAYICILARI (MALZEMELERİ) SINIFLANDIRMA	137
5.1. Asfalt (Bitümlü Bağlayıcılar) ve Kaynaklarının İncelenmesi	138
5.1.1. Bitümlü Bağlayıcılar (Malzemeler) ve Sınıflandırılması.....	139
5.1.2. Bitümlü Karışım (Asfalt) İskelet Malzemesi Agregalar	142
5.2. Bitümlü Kaplamalar ve Sınıflarının Tespiti.....	142
5.2.1. Yol Üstyapısı	142
5.2.1.1. Rijit (Sert) Üstyapı.....	143
5.2.1.2. Yarı (Semi) Rijit Üstyapı	143
5.2.1.3. Esnek Üstyapı.....	143
5.2.2. Bitümlü (Asfalt) Kaplama Tabakasının Sınıflandırılması	144
5.2.2.1. Trafik Yüküne Göre Bitümlü Kaplamalar	144





5.2.2.2. Üretim Çeşidine Göre Bitümlü Kaplamalar	145
5.2.2.3. Kullanım Amacına Göre Bitümlü Kaplamalar	146
5.3. Bitüm Emülsiyonlarının İncelenmesi.....	148
5.3.1. Bitüm Emülsiyonlarının Kullanım Yerleri	148
5.3.2.Emülgatör Cinsine (Elektrik Yüklerine) Göre Bitüm Emülsiyonları	149
5.3.2.1. Anyonik Bitüm Emülsiyonları.....	149
5.3.2.2. Katyonik (C) Bitüm Emülsiyonları	150
6. BİTÜM BAĞLAYICILARIN (ASFALT) FİZİKSEL ÖZELLİK DENEYLERİ	153
6.1. ÖZGÜL AĞIRLIK VE YOĞUNLUK TAYİNİ	155
6.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	155
6.1.2. Numune Alımı ve Hazırlanması	155
6.1.3. Hidrometre Yöntemi ile Özgül Ağırlık Tayini (TS 1013 EN ISO 3675)	156
6.1.4. Kapiler Piknometre ile Özgül Ağırlık Tayini (TS EN 15326+A1)	158
6.2. PENETRASYON (İĞNE BATMA DERİNLİĞİ) TAYİNİ (TS EN 1426, ASTM D5)	162
6.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	162
6.2.2. Deneyin Yapılışı	163
6.2.3. Deney Raporu Hazırlama.....	164
6.3. YÜZME (BİTÜM YÜZDÜRME) DENEYİ (ASTM D139)	166
6.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	167
6.3.2. Deneyin Yapılışı	167
6.3.3. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Raporun Hazırlanması	168
6.4. BİTÜM YUMUŞAMA NOKTASI TAYİNİ (TS EN 1427, ASTM D36)	171
6.4.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	171
6.4.2. Deneyin Yapılışı	172
6.4.3. Deney Raporu Hazırlama.....	174
6.5. VİSKOZİTE (KİNEMATİK VİSKOZİTE YÖNTEMİ) VE DÜKTİLİTE DENEYİ.....	177
6.5.1. Kinematik Viskozite (TS EN 12595)	177
6.5.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	178
6.5.1.2. Deneyin Yapılışı	178
6.5.1.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama	179
6.5.2. Kuvvet Ölçümlü Düktilite (Süneklik) Deneyi (TS EN 13589, ASTM D 113).....	181
6.5.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	181
6.5.2.2. Deneyin Yapılışı	181
6.5.2.3. Deney Raporu Hazırlama	182
6.6. DESTİLASYON YÖNTEMİ İLE AYRILAN KALINTI BAĞLAYICI VE DAMITIK PETROL ÜRÜNÜ İÇERİĞİNİN TAYİNİ (TS EN 1431).....	185
6.6.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	185
6.6.2. Deneyin Yapılışı	186
6.6.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama	187
6.7. SU VE ÇÖZÜMLENME DENEYLERİ	189
6.7.1. Damıtma Metoduyla Su Muhtevası Tayini (TS EN 1428)	189
6.7.1.2. Deneyin Yapılışı	189
6.7.1.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama	190
6.7.2. Çözünürlük (Çözümleme) Tayini (TS EN 12592)	192
6.7.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	193
6.7.2.2. Deneyin Yapılışı	193
6.7.2.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama	194
6.8. ISITMA (ISI) KAYBI ve PARLAMA (ALEVLENME) NOKTASI TAYİNİ	197





6.8.1. Isıtma Kaybı Deneyi (TS EN 12607-2, ASTM 1754)	197
6.8.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	197
6.8.1.2. Deneyin Yapılışı	198
6.8.1.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama	198
6.8.2. Parlama (Alevlenme) ve Yanma Noktası Tayini (Cleveland Açık Kap Metodu ile -TS EN ISO 2592)	201
6.8.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	201
6.8.2.2. Deneyin Yapılışı	202
6.8.2.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama	203
7. BİTÜMLÜ TABAKA DENEYLERİ	211
7.1. Bitümlü Tabaka Karışım Dizaynı	214
7.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	215
7.1.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları	216
7.1.3. Deney Numunesinin Hazırlanması	217
7.1.4. Deneyin Yapılışı	217
7.1.4.1. Marshall Briket Numunelerinin Hazırlanması	217
7.1.4.2. Marshall Briket Numunelerinin Özgül Ağırlıklarının Bulunması	218
7.1.4.3. Marshall Akma ve Stabilitate Değerlerinin Bulunması	218
7.1.5. Deney Raporu Hazırlama	222
7.2. Bitüm Temel Dizaynı	226
7.2.1. Bitümlü Temel Tabakası	226
7.2.2. Bitümlü Temel Tasarım Dizayn Ölçütlerinin Listelenmesi	226
7.3. Binder Tabakası Dizaynı	229
7.3.1. Binder Tabakası	230
7.3.2. Bitümlü Karışım Binder Tabakası Dizayn Ölçütlerinin Listelenmesi	230
7.4. Aşınma Tabakası Dizaynı	231
7.4.1. Aşınma Tabakası	232
7.4.2. Bitümlü Karışım Aşınma Tabakası Dizayn Ölçütlerinin Listelenmesi	232
8. TABAKALARDA DENEYLER	237
8.1. TABAKALARDA ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ (ASTM D-2726, AASHTO T166)	238
8.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	239
8.1.2. Deney Numunesinin Hazırlanması	239
8.1.3. Deneyin Yapılışı	239
8.1.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması	240
8.2. LABORATUVAR YOĞUNLUĞU	243
8.2.1. Laboratuvarında Yoğunluk Değeri Yöntemleri ve Uygulama Kuralları	243
8.2.2. Laboratuvarında Yoğunluk Değeri Bulma- Maksimum Teorik Yoğunluk Deneyi (ASTM D 2041 - AASHTO T 209)	244
8.2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	245
8.2.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları	245
8.2.2.3. Deneyin Yapılışı	245
8.2.2.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Deney Raporu Hazırlama	246
8.3. TABAKALARDA BOŞLUK MİKTARI	250
8.3.1. Tabakalarda Boşluk Miktarı Bulunmasının Yöntem ve Kuralları	250
8.4. EKSTRAKSİYON DENEYİ (TS 125, TS EN 12697-28, AASHTO T 164, AASHTO T 308, ASTM D 2172)	251
8.4.1. Santrifüjlü Ekstraksiyon Deneyi	251





8.4.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	251
8.4.1.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları ve Numunenin Hazırlanması	252
8.4.1.3. Deneyin Yapılışı	252
8.4.1.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması	253
8.4.2. Refluks Ekstraktör Deneyi	253
8.4.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	253
8.4.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları ve Numunenin Hazırlanması	254
8.4.2.3. Deneyin Yapılışı	255
8.4.2.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Deney Raporu Hazırlama	255
8.5. ELEK ANALİZİ DENEYİ (ASTM-C 136, ASTM-C 117)	259
8.5.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	259
8.5.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları ve Numunenin Hazırlanması	260
8.5.3. Deneyin Yapılışı	260
8.5.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Deney Raporu Hazırlama'	260
8.6. İŞ YERİ KARIŞIMI	263
8.6.1. İş Yeri Karışım Numunesi Alma	264
8.6.2. İş Yeri Karışım Numunesinin Saklanması	264
8.7. BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM (ASFALT) PLENTLERİNİN AYARLANMASI.....	265
8.7.1. Plentlerin Özellikleri.....	265
8.7.1.1. Drummix Tipi/Eleksiz Plentlerin Özellikleri	266
8.7.1.2. Batch Tipi/Elekli Plentlerin Özellikleri	266
8.7.2. Plent Ayarlarının Yapılması	267
8.7.2.1. Drummix Tipi Plent Ayarlarının Yapılması	267
8.7.2.2. Batch Tipi Plent Ayarlarının Yapılması	270
9. YOL GÜZERGÂHINA ASFALT (BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM) SERME VE KONTROLÜ	273
9.1. Yol Yapısı Asfalt (Bitümlü Sıcak karışım) Serim ve Sıkıştırma Makineleri	274
9.1.1. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Serim Makinelerinin Özellikleri ve Kullanım Amaçları	274
9.1.2. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Sıkıştırma Makinelerinin Özellikleri ve Kullanım Amaçları	275
9.2. Finişer Kontrol ve Kalınlık Ayarları	276
9.3. Finişer Sıkıştırma Kalınlık ve Uygunluk Kontrolü	276
9.4. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Serme ve Sıkıştırma Kuralları	277
9.4.1. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Serme Kuralları	277
9.4.2. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Sıkıştırma Kuralları	277
9.5. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Serme ve Sıkıştırma Isısının Kontrolü.....	278
10. ÇİMENTO NUMUNELERİ ALMA.....	281
10.1. Çimento Numunesi Almak İçin Araç Gereç Hazırlığı.....	282
10.1.1. Numune Alma Alet ve Düzenekleri	282
10.1.1.1. Çeşitleri ve Özellikleri.....	282
10.1.1.2. İşlerliklerinin Kontrolü	283
10.1.2. Numune Ölçü Araçları	283
10.1.2.1. Çeşit ve Özellikleri	283
10.1.2.2. İşlerliklerinin Kontrolü	283
10.1.3. Çimento Katkı Maddeleri	283
10.1.3.1. Çimentoların Üretim Prosesi	284
10.1.3.2. Çimento Ana Tipleri.....	285



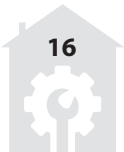


10.1.3.3. Çimento Bileşenleri	286
10.1.3.4. Özel Çimentolar	287
10.1.3.5. Çimento Standart İşaretlemeşi.....	288
10.2. Çimentodan Deney Numunesi Alımı.....	289
10.2.1. Çimento Numunesi Alma.....	289
10.2.1.1. Numune Almada Dikkat Edilecek Hususlar	290
10.2.1.2. Ambalajlanmış Çimentolardan Numune Alma	290
10.2.1.3. Dökme Çimentodan Numune Alma.....	290
10.2.1.4. Çimento Silolarından Numune Alma	291
10.2.2. Numune Alma Tutanağı.....	292
10.2.2.1. Tutanakta Bulunması Gereken Mecburi (Zorunlu) Bilgiler	292
10.2.2.2. Tutanakta Bulunması Gereken İhtiyari (İsteğe Bağlı) Bilgiler.....	292
10.2.3. Numunelerin Korunması	292
10.2.4. Numunenin Sevk Edilmesi	292
11. ŞANTİYEDEN ÇİMENTO DENEYLERİ	297
11.1. Şantiyede Çimento Hacim Sabitliği Deneyi.....	298
11.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	298
11.1.2. Deney Numunesi	299
11.1.3. Deneyin Yapılışı.....	299
11.2. Şantiyede Çimento Priz Deneyi.....	300
11.2.1. Deney Numunesi	300
11.2.2. Deneyin Yapılışı.....	300
11.2.3. Deney Raporu Hazırlama	301
12. ÇİMENTO ANALİZLERİ.....	308
12.1. X Işını Floresan Yöntemi ile Kimyasal (SiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO, SO₃) Analiz.....	309
12.1.1. Kızdırma Kaybı Tayini.....	309
12.1.2. Cihaz Kalibrasyonu ve Kalibrasyon Eğrilerinin (SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO, SO ₃) Oluşturulması	309
12.1.3. Deney Araç Gereçleri ve Numune Hazırlama	310
(SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO, SO ₃)	310
12.1.4. Deneyin Yapılışı (SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO, SO ₃).....	313
12.1.5. Deney Raporu Hazırlama	314
12.2. Islak (Kimyasal) Analiz.....	319
13. ÇİMENTO NORMAL KIVAM VE PRİZ SÜRESİ TAYİNİ	321
13.1. Laboratuvarda Çimentolarda Normal Kıvam Tayini Deneyi	322
13.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	322
13.1.2. Deney Numunesi Alımı.....	323
13.1.3. Vicat Aletinin Ayarlarının Yapılması	323
13.1.4. Deneyin Yapılışı	324
13.1.5. Deney Raporu Hazırlama.....	326
13.2. Laboratuvarda Priz Başlama ve Sona Erme Sürelerinin Tayini Deneyi	330
13.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	330
13.2.2. Deney Numunesi Alımı.....	331
13.2.3. Vicat Aletinin Ayarlarının Yapılması	331
13.2.4. Deneyin Yapılışı	331
13.2.5. Deney Raporu Hazırlama.....	333
14. ÇİMENTO HACİM SABİTLİĞİ VE ÖZGÜL YÜZEY TAYİNİ DENEYİ.....	341





14.1. Laboratuvarda Çimento Hacim Sabitliği Deneyi (TS EN 196-3)	342
14.1.1. Deney Araç Gereçleri	342
14.1.2. Çimento Hamurunun Hazırlanması	343
14.1.3. Hacim Sabitliği Deneyinin Yapılması	343
14.1.4. Deney Raporu Hazırlama	344
14.2. Özgül Yüzey Tayini Deneyi (TS EN 196-6)	346
14.2.1. Deney Araç Gereçleri	347
14.2.2. Deneyin Yapılışı	348
14.2.3. Deney Raporu Hazırlama	351
15. ÇİMENTO ÖZGÜL AĞIRLIK VE TANE BÜYÜKLÜĞÜ TAYİNİ	357
15.1. Çimentolarda Özgül Ağırlık Tayini Deneyi	358
15.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	358
15.1.2. Deneyin Yapılışı	359
15.1.3. Deney Raporu Hazırlama	361
15.2. Çimentolarda Tane Büyüklüğü Tayini	365
15.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	365
15.2.2. Deneyin Yapılışı (Elle Eleme Yöntemiyle)	365
15.2.3. Deneyin Yapılışı (Elek Sarsma Makinesiyle Eleme Yöntemi)	366
15.2.4. Deney Raporu Hazırlama	368
15.3. Çimentoda Eğilmede Çekme ve Basınç Dayanımı Deneyi	373
15.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları	373
15.3.2. Deneyin Yapılışı	374
15.3.3. Deney Raporu Hazırlama	378
16. KİMYASAL KATKI MADDELERİ DENEYİ	387
16.1. YOĞUNLUK DENEYLERİ	388
16.1.1. Dansimetre ile Yoğunluk Ölçme	389
16.1.2. Piknometre ile Yoğunluk Ölçme	389
16.2. PH DENEYLERİNİ YAPMAK	393
16.2.1. pH Kâğıdı ile pH Ölçümü Yapma	394
16.2.2. pH Metre ile pH Ölçümü Yapma	394
16.3. KATI MADDE MİKTARI DENEYLERİ	397
16.3.1. Deney Araç Gereçleri	397
16.3.2. Deneyin Yapılışı	398
16.4. PERFORMANS DENEYLERİ	401
16.4.1. Betonda Kullanılan Katkı Maddeleri ve Sağlaması Gereken Şartlar	401
KAYNAKÇA	406
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI	414





Öğrenme Birimi Tanıtım Resmi

Öğrenme Birimi Karekodu

Öğrenme Birimi Numarası

Öğrenme Birimi Adı

1. Öğrenme Birimi

ŞANTİYEDİ AGREGA DENEYLERİ

KONULAR

- 1.1. Atölyede İş Sağlığı ve Güvenliği
- 1.2. Agregada Deneyleri İçin Araç Gereç Hazırlığı
- 1.3. Şantiyede Agregayı Gözle Muayene
- 1.4. Şantiyede Agregada Organik Madde, Nem ve Kil Miktarı Tayini

KAVRAMLAR

- Standart
- Agregada
- Deney numunesi
- Şekil indeksi
- İnce madde
- Çökeltme

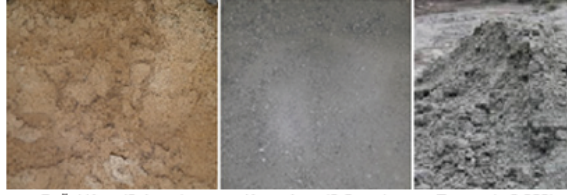
Öğrenme Birimi Konuları

Öğrencinin Hazır Bulunuşluk Düzeyini Belirleyecek Öğrenme Kavramları





1. Öğrenme Birimi



Doğal Kum (0-4 mm)

Kırma kum (0-5 mm)

Taş unu (<0,250)

Görsel 1.17: İnce agregalar

İri Agregalar: 4 mm açıklıklı, kare delikli elek üzerinde kalan agregalardır. Şantiyelerde iri agregaya "çakıl" ya da "kırma agregası" olarak adlandırılır. Kırılmamış tanelerden meydana gelen iri agregaya çakıl (Görsel 1.18), kırılmış tanelerden meydana gelen iri agregaya kırma taş (micir) denir.

Görsel 1.18'de verilen asfalt ve beton üretiminde kullanılan kırma taş (micir);

- 1 numara micir: 5-12 mm,
- 2 numara micir: 12-22 mm,
- 3 numara micir: 22-32 mm boyutlarındadır.



Çakıl

1 No. Micir (5-12mm)

2 No. Micir (12-22mm)

3 No. Micir (22-32mm)

Görsel 1.18: İri agregalar

Karışık (Tüvenan) Agregası: Doğal agrega ocağından doğrudan doğruya elde edilen, iri ve ince taneli agregaların karışımından oluşan agregalardır. Bu tür agregalar genellikle alt temel veya dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Normal betonda kullanılmamalıdır.

Konu Başlığı

1.3.2. Agreganın Rengi

Safliğı, içinde kil ve bitkisel toprak vb. bulunup bulunmadığı gözlemlenebilir. Agreganın rengi genelde gri olmalıdır.

1.3.3. Kaba ve Yabancı Maddeler

Bitki artıkları, ağaç, kömür, cam ve kâğıt parçacıkları, mika pulcukları, suda çözülebilen kil toprakları, tuz, şeker vb. malzemelerdir. Bu maddeler; betonun priz alma süresinin uzamasına, iri agregası ile çimento arasındaki aderansın zayıflamasına, dayanım ve dayanıklılığın düşmesine sebep olacağından agregası içerisinde bulunmamasına dikkat edilmelidir.

1.3.4. Agregalarda Hafif Maddelerin Bulunması

Agregası içerisinde çeşitli yollarla karışabilen kömür, fosil, linyit taneleri ve deniz hayvanı kabukları normal agregaya oranla hafif olur. Kömür varlığı, kükürdün varlığına gösterge sayı-

Öğrenme Birimi
Numarası

Görsel Numaraları
ve Bilgileri

Konu Anlatımı



Öğrenme Birimi Adı

Tablo Numarası ve Açıklaması

Tablo Örneği

Deney Numarası

Deney Adı ve Süresi

Uygulama Kontrol Sütunu

Sayfa No.

İşlem Basamağı Adı

İşlem Basamağı Açıklayıcı Resmi

İşlem Basamağı Açıklaması

Şantiyede Agregaya Deneyler

- Deney sonuçları ve deney raporu tutanak hâlinde hazırlanır; imzalanarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim edilir.

Tablo 1.3: Tane Şekli Tayini (Şekil İndeksi = St) Deney Takip Formu

Deney Numunesi	Agrega Tane Sınıfı Aralığı (mm)	Deney Numunesi Kütlesi (M1) (g)	Kusurlu Agregaya Kütlesi (M2) (g)	St = (M2 / M1) · 100	Kusurlu Agregaya Oranı (%)	Şekil İndeksi Kategorisi
1. Numune						
2. Numune						
3. Numune						

Kusurlu Agregaya Oranı Aritmetik Ortalaması (Sırt):

DENEY UYGULAMASI - 1

İki farklı ocaktan üçer set hâlinde alınan, 4-63 mm tane aralığındaki iri agregaya numuneleri ile aynı tane şekli tayini deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranızda değerlendiriniz.

DENEY ADI : Tane Şekli Tayini (Şekil İndeksi) Deneyi
DENEY SÜRESİ : 2 Saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdaki kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Deney çalışması sırasında önlük giyiniz ve önlüğün tüm düğmelerini mutlaka kapalı tutunuz. - Çalışma sırasında gözlük, yüz maskesi, eldiven vb. kişisel koruyucu donanımlar kullanınız.	
Deney araç gereçlerinin hazırlanması	Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	- Numunelerin iri agregayı temsil edecek özellikte ve 4 mm'den büyük olmasına dikkat ediniz. - Her setteki numune kütlesini hassas terazide tartarak Tablo 1.3'teki ilgili satır ve sütuna kaydediniz (M1).	
 Tanelerin en ve boylarının kumpasla ölçülmesi	- Ölçüm işlemine başlamadan önce kumpas kullanımını öğrendiğinizden emin olunuz. - Dış, iç ve derinlik ölçümlerini uygulamalı olarak yapınız. - Her bir iri agregaya tanesinin, en dar ve en geniş kısımlarını ölçmeye dikkat ediniz. - Hareket hâlindeki malzemeleri ölçmeyiniz. - Ölçüm sırasında kumpasın çeneleri ile agregaya tanesine fazla baskı yapmamaya özen gösteriniz. - Okuma yaparken kumpasa dik bakınız.	

33



7.1.5. Deney Raporunun Hazırlanması

Tablo 7.4: Deney Raporu

DENEY RAPOR ÖRNEĞİ						
Yapılacak Tabakanın Tanımlanması:		Bölümü Temel Tabakası		Deney Standart No.		
		Binder Tabakası		Rapor No.		
		Açınma Tabakası				
Laboratuvar Adı ve Adresi:						
Numunenin Alın Oluştuğu İy:						
Dizayn Metodu:		Marshall M.		Superpave		Diğer:
		Malzeme Adı	Filler	İnce Agt.	Kaba Agt.	Tip-3 Agt.
Kullanılan Agreganın Fiziksel Özelliği:		Tane Boyutu	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
		Miktarı	(g)	(g)	(g)	(g)
Bölüm Miktarı		%3,5	%4,0	%4,5	%5,0	%5,5
		(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
DENEY SONUÇLARI						
Briket No.	Briket Yüksekliği	Kuru Özgül Ağırlık	DKY Özgül Ağırlık	Sıvıdaki Özgül Ağırlık	Stabilite (kg)	Akma (mm)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
Deney Tarihi ve Saati: ..../..../20..		Optimum Bölüm Oranı:				
DENEYİ YAPANLAR						
S.No.	Adı Soyadı	Görevi				İmzası
1						
2						
DENEY RAPORUNU HAZIRLAYANLAR						
S.No.	Adı Soyadı	Görevi				İmzası
1						
2						
DENEY RAPORUNU ONAYLAYANLAR						
S.No.	Adı Soyadı	Görevi				İmzası
1						
2						
Deney ile ilgili açıklamalar:						

Deney Raporu Tanımlamaları

Deneyde Alınan Değerler

Deney Sonuçları

Deneyi Yapan Öğrenci Bilgileri

Deney Raporunu Hazırlayanlar

Öğretmen Bilgileri



1. Öğrenme Birimi

ŞANTİYEDE AGREGA DENEYLERİ

KONULAR

- 1.1. Atölyede İş Sağlığı ve Güvenliği
- 1.2. Agregada Deneyleri İçin Araç Gereç Hazırlığı
- 1.3. Şantiyede Agregayı Gözle Muayene
- 1.4. Şantiyede Agregada Organik Madde, Nem ve Kil Miktarı Tayini

KAVRAMLAR

- Standart
- Agregada
- Deney numunesi
- Şekil indeksi
- İnce madde
- Çökeltme



1. ŞANTİYEDE AGREGA DENEYLERİ

Agregalar, inşaat sektöründe ekonomik ve teknik yönden çok önemli bir yere sahip olan yapı malzemeleridir. Çeşitli granülometriye (tane büyüklüğü dağılımı) sahip agregalar; çimento, su ve gerektiğinde kimyasal katkı maddeleriyle beton içerisinde kullanılır. Ayrıca, yol işlerinde dolgu malzemesi ve asfalt (bitümlü sıcak karışım) karışım malzemesi olarak da kullanılmaktadır. Agregalar beton ve asfaltta iskelet malzemesi olarak kullanılmaktadır. Gerek betonda gerekse bitümlü sıcak karışımlarda çevresel etkilere karşı mukavemet ve maruz kaldıkları basınca karşı dayanım sağlamaktadırlar.

Agreganın kalitesi, betonun ve bitümlü sıcak karışımın (asfalt) basınç dayanımını ve dış etkilere karşı dayanıklılığını (durabilitesini) büyük ölçüde etkilediği için beton üretiminde kullanılacak agregalar **TS 706 EN 12620+A1**, trafiğe açık alanlardaki bitümlü karışımlar ve yüzey uygulamalarında kullanılan agregalar **TS EN 13043** standartlarına uygun olmalıdır.

Şantiye ve laboratuvarlarda yapılacak olan agrega, asfalt ve çimento deneylerinde, iş sağlığı ve güvenliğine uygun tedbirler alarak çalışmalar yapılmalıdır.

1.1. ATÖLYEDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Dünya Sağlık Örgütü iş sağlığı ve güvenliğini; tüm mesleklerde çalışanların bedensel, ruhsal ve sosyal yönden iyilik hâllerinin en üst düzeyde tutulması, sürdürülmesi ve geliştirilmesi çalışmaları olarak tanımlamaktadır. İş sağlığı ve güvenliği, yasalar doğrultusunda yapılan sistemli ve bilimsel çalışmalardır.

1.1.1. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Amacı

İş sağlığı ve güvenliğinin amaçları; iş yerlerinin çalışanlar için daha güvenli hâle getirilmesi, risklerin kaynağında yok edilmesi ve koruyucu değil sistematik önleyici yöntemlerin kullanılmasıdır.

1.1.2. İş Kanunu ve Çalışma Mevzuatları

Çalışma hayatı ile ilgili dört kanun vardır. Bunlar:

- a) 3308 Sayılı Mesleki Eğitim Kanunu: Çırak, kalfa ve ustaların eğitimi ile okullarda, yükseköğretim kurumlarında ve işletmelerde yapılacak mesleki eğitime ilişkin esasları düzenlemektedir.
- b) 4857 Sayılı İş Kanunu: İşverenler ile bir iş sözleşmesine dayanarak çalıştırılan işçilerin çalışma şartları ve çalışma ortamına ilişkin hak ve sorumluluklarını düzenlenmektedir.
- c) 5510 Sayılı Sosyal Güvenlik Kanunu: Sosyal sigortalar ile genel sağlık sigortası bakımından kişileri güvence altına almak; bu sigortalardan yararlanacak kişileri ve sağlanacak hakları, bu haklardan yararlanma şartları ile finansman ve karşılanma yöntemlerini belirlemek; sosyal sigortaların ve genel sağlık sigortasının işleyişi ile ilgili usul ve esasları düzenlemektedir.
- d) 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu: İş yerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi için işveren ve çalışanların görev, yetki, sorumluluk, hak ve yükümlülüklerini düzenlemektedir.

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu; işveren, çalışan (işçi) ve üçlü sorumluluk ilkesi gereği devlete de (bakanlığa) birtakım sorumluluk ve yükümlülükler vermiştir.

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, en önemli sorumlu kişi olarak işverenleri nitelemiştir. İşverenin sorumluluğu; önlemleri alma, alınan önlemlere uyulup uyulmadığını izleme, denetleme ve uygunsuzlukları gidermedir. Buna göre işverenin yükümlülükleri:

- İş yerinde risk değerlendirmesi yapma,
- Acil durum ve tahliye planlarını hazırlama,





- Yangınla mücadele ve ilk yardım çalışmalarını yapma,
- İş kazası ve meslek hastalıklarının kayıt ve bildirimini yapma,
- Çalışanların sağlık gözetimini yapma,
- Çalışanları yasal hak ve sorumlulukları hakkında bilgilendirme,
- Çalışanlara iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerini verme,
- Çalışan temsilcisinin/temsilcilerinin görevlendirilmesi,
- Elli ve daha fazla çalışanın bulunduğu ve altı aydan fazla süren sürekli işlerin yapıldığı iş yerlerinde iş sağlığı ve güvenliği kurulu kurma,
- Diğer işverenler ile İSG çalışmalarında koordinasyonu sağlama.

Çalışanlar; iş sağlığı ve güvenliği konusunda alınan her türlü önleme uymakla yükümlüdür. Çalışanlar ve mesleki eğitim alan öğrenciler kendilerine verilen iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerine katılmak zorundadır. Öğrenciler, mesleki ve teknik eğitim okullarının atölye ve laboratuvarlarında, staj ve beceri eğitimleri için gittikleri işletmelerde kendilerine verilen kişisel koruyucu donanımları kullanmak zorundadır. İşletmelerde beceri eğitimi alan staj öğrencileri, okulu tarafından iş kazası – meslek hastalığı ve hastalık sigortası ile sigortalanmaktadır.

Devlet; kanun çıkartmak, uygulama ile ilgili altyapı oluşturmak ve denetlemek ile yükümlüdür.

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na göre; iş yerleri az tehlikeli, tehlikeli ve çok tehlikeli olarak üç sınıfa ayrılmıştır. Mesleki eğitim veren kurumlar tehlikeli iş yeri sınıfına girmektedir. İş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin aralıkları ve eğitim saatleri bu sınıflandırmaya göre belirlenmiştir.

1.1.3. Altyapı Atölyesindeki (Laboratuvar) Tehlike, Risk Unsurları ve Alınacak Önlemler

Altyapı atölyesi derslerindeki tehlike, risk unsurları ve alınacak önlemler Tablo 1.1'de belirtilmiştir.

Tablo 1.1: Altyapı Atölyesi Derslerinde Tehlike, Risk Unsurları ve Alınacak Önlemler

TEHLİKE*	RİSK**	ÖNLEM
Düşme	Deney araç gereçlerine takılmak, ıslak zeminde kaymak.	Uyarı, ikaz ve işaretleri kullanmak, uygun ayakkabı giymek.
Yaralanma	Düşme, çarpma, kesme, alet ve makinelerle uzuv sıkışması.	Uyarı, işaret ve levhalara dikkat ederek çalışmak. İşe uygun kişisel koruyucu donanım kullanmak.
Zehirlenme	Kullanılan kimyasallardan etkilenmek.	Çalışma sırasında işe uygun kişisel koruyucu kullanmak.İzin almadan kimyasal madde içeren dolapları kullanmamak.
Elektrik çarpması	Elektrikli aletlerle çalışırken elektrik akımına maruz kalmak.	Elektrikli aletlerle ilgili uyarı, ikaz ve işaretlere uymak.Kablo ucu açık ve bozuk araç gereçleri kullanmamak.

* İş kazası ya da meslek hastalığına sebep olacak tüm unsurlar tehlikedir.

** Tehlikelerden zarar görme ihtimali olan kazalara risk denir.

Risklerin azaltılması için laboratuvarlarda öğrencilere; iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri verilmeli, tehlikeler gösterilmelidir. Ayrıca risklere karşı uyarı, ikaz, işaret ve levhalar asılmalı;





öğrencilerin çalışma sırasında uygun kişisel koruyucuları kullanmaları sağlanmalıdır. Ayrıca her makinenin kullanma talimatı makinenin üzerinde veya yakınındaki duvarda asılı olmalıdır. Acil durumlarda makinenin durdurulması gerektiği anlatılmalıdır.

1.1.4. Altyapı Atölyesinde (Laboratuvar) Kullanılan Kişisel Koruyucu Donanımlar (KKD)

İş Önlüğü: Pamuklu ve polyester malzemeden üretilen, laboratuvar kullanımına uygun, tercihen beyaz renkli, çift cepli, uzun kollu, boyu diz hizasında olan ve bedene uygun önlük kullanılır.

Eldiven: Deney yaparken beyaz veya mavi renkli, nitril malzemeden üretilen muayene eldivenleri kullanılır. Numune alma, alet ve makinelerin taşınması gibi durumlarda örgü konçlu, pamuk astar üzerine yarım nitril kaplı iş eldiveni kullanılmalıdır.

Maske: Toz, su-y yağ bazlı zararsız partikül ve kötü kokulara karşı aktif karbonlu, filtreleme sağlayan, ağız ve burnu kapatacak şekilde maske kullanılmalıdır.

Gözlük: Toz ve sıvı parçacıklarının sıçramasına karşı şeffaf iş gözlüğü kullanılmalıdır.

İş Ayakkabısı: Çalışmalar sırasında ayakları sivri cisim batması, parça düşmesi ve sıkışmalara karşı veya ayakların elektrik enerjisi ile teması anında toprak direncini artırarak kazaların etkisini azaltıp ayak güvenliğini sağlayan çelik/kompozit burunlu iş ayakkabıları kullanılmalıdır.

1.1.5. Altyapı Atölyesinde (Laboratuvar) Uyulması Zorunlu Kurallar

- Laboratuvarda yapılan çalışmalar sırasında çalışmanın özelliğine göre iş ayakkabısı, gözlük, yüz maskesi, eldiven, kulaklık vb. kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır. KKD'ler sağlığa uygunluk şartlarının sağlanması için kişiye özel olmalıdır.
- Laboratuvarda çalışırken önlük giyilmeli ve önlüğün tüm düğmeleri mutlaka kapalı olmalıdır. Önlük üzerine başka giysiler giyilmemelidir.
- Çalışma tezgâhlarının üzerine kıyafet, çanta vb. özel eşyalar konulmamalıdır.
- Laboratuvardaki çalışma alanları içinde kesinlikle yiyecek ve içecek maddesi tüketilmemelidir.
- Her deney öncesinde laboratuvar sıcaklığının 20 ± 2 °C olması ve nem oranının en az %65 olması sağlanmalıdır.
- Laboratuvarın ciddi bir çalışma ortamı olduğu unutulmamalıdır. Deney sırasında şakalaşma, başka şeylerle ilgilenme, düzeni bozacak veya tehlikeye yol açabilecek şekilde hareket ve davranışlarda bulunulmamalıdır.
- Deneyler öğretmenin anlattığı ve gösterdiği şekilde ve öğretmenin gözetiminde yapılmalıdır. Anlatılan ve gösterilen deney yönteminden farklı bir yöntem izlenmemelidir.
- Öğretmenin bilgisi olmadan laboratuvarda çalışma yapılmamalıdır.
- Deney sırasında beklenmeyen bir durum ortaya çıktığında hemen laboratuvar öğretmene haber verilmelidir.
- Kâğıt, kalem gibi eşyalar, eller yüze ve ağza sürülmemelidir. Elde yara, kesi varsa su geçirmez bant ile kapatılmalıdır.
- Laboratuvar zemininin kaygan olmasına yol açacak su ve yağ gibi kirlenmelere izin verilmemelidir.
- Numune veya malzeme alımında daima temiz araç gereçler kullanılmalı, aynı araç gereçler temizlenmeden başka bir madde içine sokulmamalıdır.
- Laboratuvarlarda içinde kimyasal madde olan hiçbir kap etiketsiz olmamalıdır. Kullanmadan önce etiket dikkatlice okunmalıdır. Kimyasallar bir kaptan başka bir kaba aktarıldığında yeni kabın etiketlenmesi unutulmamalıdır. Etiket üzerinde hazırlanış tarihi, saklama süresi, numune sahibi, çözeltinin/numunenin özellikleri ve diğer gerekli olabilecek bilgiler yer almalıdır.





- Laboratuvarda bulunan bütün kimyasallar, tehlike içerir. Bu nedenle kesinlikle kimyasallara çıplak elle dokunulmamalı, tadına bakılmamalı ve koklanmamalıdır.
- Kimyasallar ve hazırlanan çözeltiler izinsiz boşaltılmamalı ya da dökülmemelidir.
- Kabından alınan kimyasallar kullanılsa bile hiçbir zaman tekrar orijinal kabına konulmamalı, orijinal kabın içerisine pipet daldırılmamalıdır.
- Bir çözeltiyi almak için kullanılan pipet farklı bir çözelti şişesine sokulmamalıdır.
- Ağızla pipetleme yapılmamalı, tek kullanımlık plastik ve otomatik pipetler veya puar gibi pipetleme gereçleri kullanılmalıdır.
- Alev alıcı sıvılar, sadece gerekli miktarda, kapalı bir kap içerisinde deney tezgâhı üzerinde bulunmalı ve ısı kaynaklarından (elektrikli ısıtıcı vb.) uzak tutulmalıdır.
- Tüm asitler ve alkaliler sulandırılırken daima suyun üzerine ve yavaş yavaş dökülmeli, asla tersi yönde hareket yapılmamalıdır.
- Termometre kırıklarının cıvalı kısımları ya da cıva artıkları asla çöpe ya da lavaboya atılmamalıdır.
- Cıva herhangi bir şekilde dökülürse vakumlanarak ya da köpük tipi sentetik süngerlerle toplanmalıdır. Eğer toplanamayacak kadar az miktarda ise üzerine toz kükürt serpilerek zararsız hâle getirilmelidir.
- Kimyasal atıklar, laboratuvar öğretmenin talimatlarına uygun olarak işleme tabi tutulmalıdır. Kimyasal maddeler, çevreye ve insan sağlığına zarar verebileceğinden lavabolara veya başka yerlere kesinlikle dökülmemelidir.
- Laboratuvar ortamına kimyasal madde ve/veya numune döküldüğü takdirde derhal temizlenmeli, gerektiğinde durum laboratuvar öğretmene bildirilmelidir.
- Laboratuvar kimyasallarının (yanıcı, patlayıcı, parlayıcı maddeler) kullanımı sırasında üzerlerindeki güvenlik bilgilerine uygun davranılmalıdır. Bunların yanına ateş, elektrik kontağı ve kıvılcım oluşmaması amacıyla yanıcı, parlayıcı, patlayıcı maddeler ile yaklaşılmamalıdır.
- Termometre, pipet vb. yuvarlanabilecek cam eşyalar, laboratuvar tezgâhı üzerine yere düşmelerini önleyecek şekilde konulmalıdır.
- Soğuk ve sıcak camın görüntüleri aynı olduğundan ısıtılmış cam eşya herhangi bir uyarı olmaksızın gelişigüzel bir yere konulmamalıdır.
- Kullanımdan sonra cam eşyalar distile su ile yıkanmalıdır.
- Kırık cam malzemelere kesinlikle çıplak elle dokunulmamalıdır. Kırılan cam malzemeler derhâl süpürülüp dikkatle uygun bir yere atılmalıdır. Kırık camlar, çöp kutusuna değil geri dönüşüm kutusuna atılmalıdır.
- Etüv veya fırın kullanırken mevcut sıcaklık ayarı değiştirilmemelidir.
- Etüv, fırın gibi cihazlarda plastik eldiven kullanılmamalıdır. Yüksek sıcaklıklarda çalışırken maşa veya ısıya dayanıklı eldiven kullanılmalıdır.
- Çözücülerle yıkanan malzemeler, patlama riski nedeniyle kurutulmak üzere etüve konulmamalıdır.
- Hassas terazinin dengesi kontrol edilmelidir. Denge durumunda, su terazisindeki hava kabarcığının ortalanmış olması gerekmektedir. Hassas terazi, kullanılmadığı zamanlarda kapalı ve yüksüz olmalıdır.
- Hassas terazi üzerine veya etrafına kimyasal madde dökülmemesine özen gösterilmelidir. Dökülen kimyasal madde fırça ile temizlenmelidir.
- Laboratuvardaki bütün elektrikli cihaz prizlerinin topraklamalı olması ve elektrik yalıtımının çift ya da takviyeli yapılması gerekmektedir. Elektrik kablosu zedelenmiş cihazların laboratuvarda kullanımına izin verilmemeli, hasarlı kablolar derhal değiştirilmelidir.
- Elektrikli aletlerin elektrik bağlantısı yapılırken ellerin tamamen kuru olmasına dikkat edilmelidir.





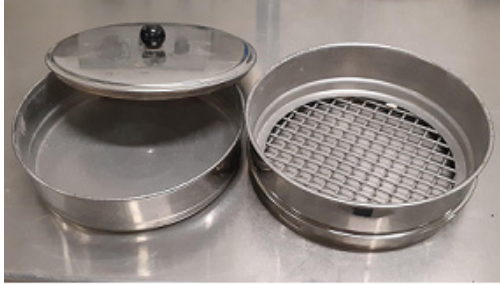
- Kullanılmadığı sürece etüv ve elektrikli ısıtıcılar daima kapalı tutulmalıdır. Isıtılmış etüv, ocak vb. alet ve cihazlar gözetimsiz bırakılmamalıdır.
- Atölye deney aletleri veya elektrikli cihazları izinsiz çalıştırmamalı, kullanımı tam olarak bilinmeyen cihazlar kesinlikle kullanılmamalıdır.
- Çimento su içinde sertleşebilen bir malzemedir. Bu sebeple çimento hamuru bulaşmış aletler, giderlerin tıkanmaması için normal lavabolarda yıkanmamalıdır.
- Çimento ve bitüm esaslı çalışmalarda kirli alet ve cihaz temizlikleri iş bitiminden hemen sonra uygun yöntemlerle yapılmalıdır.
- Cihazlar üreticilerinin önerdiği ve imal edildikleri materyallere uygun temizlik malzemesi ile temizlenir. Çalışmalar sırasında kullanılan yıkanabilir malzemeler işlem tamamlanır tamamlanmaz aynı gün içinde yıkanmalı, kirli malzemelerin biriktirilmesine izin verilmemelidir.
- Deney bittikten sonra kullanılan malzemeler, deney düzeneği ve deney tezgâhının temizliği özenle yapılmalıdır.
- Çalışma bittikten sonra eller sabunlu su ve gerektiğinde antiseptik bir sıvı ile yıkanmalıdır.

1.2. AGREGA DENEYLERİ İÇİN ARAÇ GEREÇ HAZIRLIĞI

Deneylerde kullanılan araç gereçler, her an kullanıma hazır durumda ve standartlarda belirtilen teknik özelliklerde olmalıdır. Bu sebeple her deney sonrasında deney araç gereçlerinin temizlik ve bakımlarının yapılması zorunludur.

1.2.1. Deney Aletleri ve Özellikleri

Laboratuvarda ve şantiyede agrega deneylerinin yapılmasında kullanılan aletlerin tümüne **deney aletleri** denir. Deney aletleri, her kullanımdan sonra gerekli temizliği yapılarak yerine konulmalıdır.



Görsel 1.1: Elek, pan ve kapak

Elekler, Pan ve Kapak: Elekler, **TS EN 933-2, TS ISO 3310-1** ve **ASTM E11** ulusal ve uluslararası standartlara uygun, metal delikli ya da tel örgülü, çeşitli boyutta göz açıklığına sahip; uzun kullanım ömrü sağlayacak dayanıklılık ve kalitede üretilmektedir. Agregada deneylerinde, iri ve ince taneli malzemelerin eleme yolu ile sınıflandırılmasında kullanılır. Elekten alta geçen malzemeyi tutmak için pan (tava) ve eleğin ağzını kapatmak için de kapak kullanılır (Görsel 1.1).



ASTM : American Society for Testing and Materials [Amerikan sosayti for testin end materiıls (Amerikan Malzeme Test Birliğı)] 'ın kısaltmasıdır.

ISO: International Organization of Standardization [İnterneşinıl organizeşşın of standardizeşşın (Uluslararası Standartlar Teşkilatı)]'nın kısaltmasıdır.

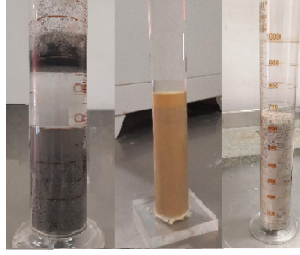
EN : EN [Yüropin norm (European Norm)], Avrupa Birliğı'nde standartlar arasında uyumu sağlamak için oluşturulmuş olup Avrupa Standartlarının kısaltmasıdır.

Paslanmaz Çelik Tepsi (Tava): Agregalarda rutubet miktarının saptanmasında ve agregada deney numunesinin alınmasında kullanılır. Paslanmaz çelik malzemeden üretilmiş, boyutları 40×60 cm ve derinliği 5 cm yüksekliğinde olmalıdır (Görsel 1.2).





Görsel 1.2: Tepsi (tava)



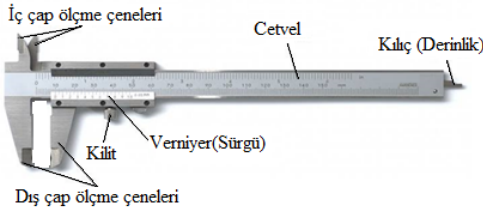
Görsel 1.3: Cam mezür veya şişe



Görsel 1.4: Elektrikli ocak

Organik Madde ve Kil (İnce Madde)Tayini Şişesi: 500 mL veya 1000 mL kapasiteli, ağzı sıkıca kapatılabilecek şekilde cam mezür veya plastik mezür olmalıdır (Görsel 1.3).

Elektrikli Ocak (Tablalı Isıtıcı): Agrega rutubet (nem) tayini deneyinde, agreganın kurutulmasında ispiroya alternatif olarak elektrikle çalışan, emaye yüzeyli, ayarlanabilir termostat düğmeli tek/çift gözlü ocak veya tablalı ısıtıcı kullanılabilir (Görsel 1.4).



Görsel 1.5: Kumpas

Sürgülü (Verniyerli) Kumpas: Paslanmaz çelikten üretilen sürmeli kumpaslar, hareketli bir çene, gövde ve kılıç kısımlarından meydana gelir. Kumpas cetvelinin alt kısmında mm, üst kısmında parmak (inch) taksimatları bulunur. Agregalarda şekil indeksinin belirlenmesinde, 200 mm uzunluğunda, 0,05 mm aralıkla taksimatlandırılmış kumpas kullanılır (Görsel 1.5).



Görsel 1.6: Metre ve cetvel

Şerit Metre ve Çelik Cetvel: Çöktirme yöntemiyle kil tayini deneyinde, kil kalınlığını ve numune yüksekliğini ölçmek için çeşitli uzunlukta, çelik şerit metre veya paslanmaz çelik cetvel kullanılabilir (Görsel 1.6).

1.2.2. El Araçları ve Özellikleri

Agrega deneylerini, laboratuvar ve şantiye şartlarında yapmakta kullanılan aletlere **el araçları** denir.

Kare Ağızlı Kürek: Numune alma, azaltma ve karıştırma işlerinde kullanılan çelik malzemeden üretilen el aletidir (Görsel 1.7).

Tel Fırça: Tahta gövdeli, çelik veya pirinç tel fırçalar, iri göz açıklıklı eleklerin temizliğinde kullanılır (Görsel 1.8).

Plastik Kova ve Tekneler: Takviyeli plastikten imal edilmiş olup genel amaçlı kullanım ve agregada deney numunelerini almada kullanılır (Görsel 1.9).



Görsel 1.7: Kürek



Görsel 1.8: Tel fırça



Görsel 1.9: Plastik kova ve tekne



Dörtleme (Çeyrekleme) Brandası: Agregaya deney numunesi hazırlanırken agregaya numunelerinin çeyreklenerek azaltılması sırasında kullanılan ebatları 2x2 m olan PVC malzemeden üretilen örtüdür (Görsel 1.10).

El Küreği (Şaşula): Agregaya deney numunelerinin alınmasında ve deney kaplarına doldurulmasında kullanılan, paslanmaz çelik malzemeden üretilen 1000 g kapasiteli el aletidir (Görsel 1.11).

Çelik Mala: Agregaya numunesinin çeyrekleme yapılarak azaltılması sırasında ve rutubet (nem) tayini deneyinde, agregaya deney numunesinin karıştırılmasında kullanılan ahşap veya plastik saplı, çelik malzemeden üretilen el aletleridir (Görsel 1.12).



Görsel 1.10: Branda



Görsel 1.11: El küreği



Görsel 1.12: Çelik mala

1.2.3. Ölçü Araçları ve Özellikleri

Agrega deneylerinde, ağırlık ve hacimlerin belirlenmesinde kullanılan araçlara **ölçü araçları** denir.

Cam Beher: Sıvı malzemelerin ölçülmesinde ve çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan çeşitli hacimlerde (500, 600, 800, 1000 mL), taksimatlı cam malzemeden üretilen ölçü kabıdır (Görsel 1.13).

Dijital Teraz: 20 veya 30 kg çekerli, dijital göstergeli ve 0,1 g duyarlılıkta hassas tartım yapabilir olmalıdır (Görsel 1.14). Terazinin hassasiyet değerlerini kaybetmemesi için maksimum tartım kapasitesinin üzerinde yükleme yapılmamalıdır.



Görsel 1.13: Cam beher



Görsel 1.14: Dijital teraz

Elektronik Baskül: 150 kg çekerli, dijital göstergeli ve 10 g duyarlılıkta olmalıdır (Görsel 1.15). Baskül terazinin hassasiyet değerlerini kaybetmemesi için maksimum tartım kapasitesinin üzerinde yükleme yapılmamalıdır.

Plastik Beher: İspirto ve çeşitli sıvıları dökmek için kullanılan 2 litre kapasiteli, plastik ölçü kabıdır (Görsel 1.16).



Görsel 1.15: Elektronik baskül



Görsel 1.16: Plastik beher





1.2.4. Deney Malzemesi ve Miktarı

Deneyde kullanılacak agregada numunelerine **deney malzemesi** denir. Agregada deneyleri için, agregada ocaklarından veya depolardan, kaynağı en iyi temsil edecek şekilde numune alınmalıdır. İnce agregada için en az 10 kg, iri agregada ise en büyük tane boyutuna bağlı olarak 10-150 kg arasında numune alınır. Alınan toplam numuneler, **TS EN 932-1** standardına uygun azaltılarak laboratuvar numunesi elde edilir. Pratikte, **en büyük agregada tane boyutunun iki katı veya fazlası [İri agregada miktarı (kg) $\geq 2 \times$ En büyük tane boyutu (mm)]** numune alınır. Agregada deneyleri için laboratuvar numunesi, **TS EN 932-2** standardına göre bölgeç ya da çeyreklemeye yöntemiyle yeterli miktara kadar azaltılarak deney numunesi kısmı elde edilir.

1.3. ŞANTIYEDE AGREGAYI GÖZLE MUAYENE

Beton ve asfalt üretiminde kullanılan kum, çakıl, kırma taş gibi minarel taneli malzemelere **agregada** denir. Agregalar, en önemli yapı malzemelerinden olan betonun hacimce %60-80'ini; bitümlü yol kaplamalarının ağırlıkça %90-95'ini, hacimce %75-85'ini oluşturmaktadır.

Agregada içerisindeki beton ve bitümlü karışımlar için zararlı olan organik madde ve kil içeriğinin miktarı, agregaların tane boyu dağılımı, gözenekliliği, su emmesi, dış etkenlere dayanıklılığı ve geometrik şekli betonun ve bitümlü yol kaplamasının genel performansını etkileyeceğinden fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin tayin edilmesi kaliteli ve uzun ömürlü beton beton ve bitümlü kaplama üretebilmek açısından çok önemlidir.

1.3.1. Agregada Çeşitleri ve Özellikleri

Agregalar; elde ediliş şekillerine (kaynaklarına), birim ağırlıklarına ve tane iriliklerine (boyutuna) göre üç grupta sınıflandırılır.

1.3.1.1. Elde Ediliş Şekillerine (Kaynaklarına) Göre Agregalar

Doğal Agregada: Eski dere ve nehir yataklarından oluşan ocaklar, deniz ve göl kenarları; çöl, ova ve taş ocakları gibi doğal kaynaklardan çıkarılan işlenmiş (kırılmış) ya da işlenmemiş (kırılmamış) mineral yapıları malzemelerdir. İşlenmiş agregalarda; kayalar taş ocağında patlatma yöntemiyle parçalanır, daha sonra konkasör adı verilen taş kırma makinelerinde kırılarak boyutsal olarak küçültülür. Kırılmış ürün, istenilen agregada tane boyutlarının elde edilmesi için eleklerden geçirilir.

Yapay Agregada: Yüksek fırın cürufu, uçucu kül, genişletilmiş kil, genişletilmiş perlit gibi endüstriyel işlem sonucunda elde edilen agregalardır. Yan ürün veya atık malzemelerden oluşur.

Geri Kazanılmış Agregada: Önceden yapılarda kullanılmış olan inorganik malzemelerin işleminden geçirilmesi sonucunda elde edilen agregalardır. Geri kazanılmış agregada toplam agreganın %5'inden fazla kullanılamaz.

1.3.1.2. Birim Ağırlıklarına Göre Agregalar

Hafif Agregalar: Yoğunluğu **2400 kg/m³**ten küçük olup betonun birim ağırlığını azaltmak, ses ve ısı yalıtım özelliklerini artırmak için kullanılan agregalardır. Doğrudan doğadan (pomza taşı, volkanik tüf, lav vb.) elde edilebileceği gibi; atık maddelerin değerlendirilmesi için işlenmiş şekilde, hafif yapay agregalar (genleştirilmiş kil, şist, perlit, vermikulit, arduaz, termik santral kül-leri, genişletilmiş letye vb.) olarak da elde edilebilir.

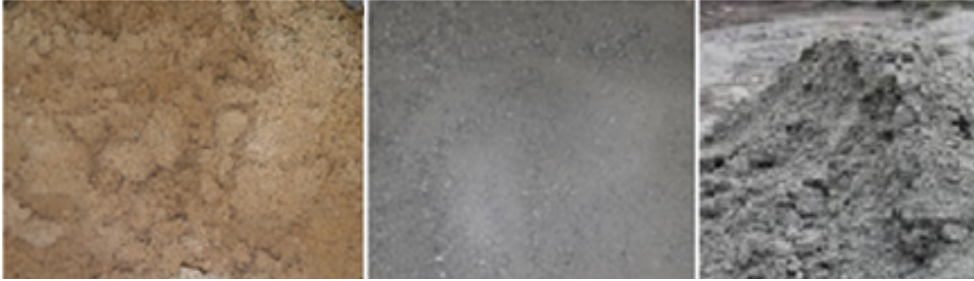
Normal Agregalar: Yoğunluğu **2400 - 2800 kg/m³** arasında olan agregalardır.

Ağır Agregalar: Yoğunluğu **2800 kg/m³**ten büyük olan agregalardır. Barit, limonit, magnetit (mıknatıs taşı), hematit gibi demir cevherleri doğal agregalar veya demir kırıntıları gibi sanayi artıkları yapay ağır agregalar olabilmektedir.



1.3.1.3. Tane İriliğine (Boyutuna) Göre Agregalar

İnce Agreg: 4 mm elek altına geçen agregalardır. Şantiyelerde ince agrega “kum” ya da “kıırma kum” olarak adlandırılır. Kırılmamış tanelerden meydana gelen ince agregaya **doğal kum (0-4 mm)**, kırılmış tanelerden meydana gelen ince agregaya **kırma kum (0-5 mm taş tozu)**, 0,25 mm açıklıklı kare delikli elek altına geçen ince malzemeye **taş unu** denir (Görsel 1.17).



Doğal Kum (0-4 mm)

Kırma kum (0-5 mm)

Taş unu (<0,250)

Görsel 1.17: İnce agregalar

İri Agreg: 4 mm açıklıklı, kare delikli elek üzerinde kalan agregalardır. Şantiyelerde iri agrega “çakıl” ya da “kıırma agrega” olarak adlandırılır. Kırılmamış tanelerden meydana gelen iri agregaya **çakıl** (Görsel 1.18), kırılmış tanelerden meydana gelen iri agregaya **kırma taş (mıcır)** denir.

Görsel 1.18’de verilen asfalt ve beton üretiminde kullanılan kırma taş (mıcır);

- 1 numara mıcır: 5-12 mm,
- 2 numara mıcır: 12-22 mm,
- 3 numara mıcır: 22-32 mm boyutlarındadır.



Çakıl

1 No.Mıcır (5-12mm)

2 No.Mıcır (12-22mm)

3 No.Mıcır (22-32mm)

Görsel 1.18: İri agregalar

Karışık (Tüvenan) Agreg: Doğal agrega ocağından doğrudan doğruya elde edilen, iri ve ince taneli agregaların karışımından oluşan agregalardır. Bu tür agregalar genellikle alt temel veya dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Normal betonda kullanılmamalıdır.

1.3.2. Agreganın Rengi

Saflığı, içinde kil ve bitkisel toprak vb. bulunup bulunmadığı gözlenebilir. Agreganın rengi genelde gri olmalıdır.

1.3.3. Kaba ve Yabancı Maddeler

Bitki artıkları, ağaç, kömür, cam ve kâğıt parçacıkları, mika pulcukları, suda çözülebilen kil toprakları, tuz, şeker vb. malzemelerdir. Bu maddeler; betonun priz alma süresinin uzamasına, iri agrega ile çimento arasındaki aderansın zayıflamasına, dayanım ve dayanıklılığın düşmesine sebep olacağından agrega içerisinde bulunmamasına dikkat edilmelidir.



1.3.4. Agregalarda Hafif Maddelerin Bulunması

Agrega içerisinde çeşitli yollarla karışabilen kömür, fosil, linyit taneleri ve deniz hayvanı kabukları normal agregaya oranla hafif olur. Kömür varlığı, kükürdün varlığına gösterge sayılabilir. Kükürt ise beton için zararlı sülfat etkisine yol açar. Hafif maddelerin mukavemetleri çok düşüktür. Donma-çözülme olaylarında kolay parçalanır ve çimento için zararlı maddeler içerir. **TS 3528** standardına göre agregada hafif madde yüzdesi, yoğunluğu $2,0 \text{ kg/dm}^3$ olan bir sıvı içerisinde batma ve yüzme ilkesinden faydalanarak tayin edilmektedir. Hafif madde miktarı ağırlıkça %0,5'ten fazla olmamalıdır.

1.3.5. Agregaların Yüzey Yapısı

Camsı, düzgün, taneli, pürüzlü, kristalli ve çok boşluklu olarak sınıflandırılabilir. Agreganın yüzey yapısı, çimento hamuru ile agregada arasındaki bağı ve karışımın su ihtiyacını etkiler. Dış yüzeyleri pürüzlü olan tanelerin çimento hamuruna olan aderansı, parlak ve kaygan yüzeyli olanlardan daha fazladır. Taneler, su ile çözülebilen kil, toz veya mika pulcuklarından oluşmuş bir kabukla örtülü olmamalıdır. Hava etkileriyle bozulmuş, yumuşak veya zayıf taneler kullanıldıkları betonun dayanım ve dayanıklılığını azaltır.

1.3.6. Agreganın Donmaya Dayanıklılığı

Suyu kuvvetle emen, dağılmaya eğimli, hafif kumlu agregada taneleri genellikle dondan olumsuz etkilenir.

1.3.7. Agreganın Tane Şekli

Agregalar tane şekillerine göre yuvarlak, düzensiz, köşeli, yassı veya uzun olarak sınıflandırılabilir. Betonun minimum boşluklu olması ve daha az karma suyu ihtiyacı için betonda kullanılan agregada tanelerinin mümkün olduğu kadar küre veya küpe yakın (kübik) olması istenir. Tanenin en büyük boyutunun, en küçük boyutuna oranı üçten büyük olan tanelere şekilce **kusurlu taneler** denir. Gerektiğinde iri agregaların tane şekli, **TS EN 933-3**'te belirtilen yassılık indeksi cinsinden tayin edilmelidir. Yassılık indeksi, iri agregaların tane şeklinin tayininde referans deney olarak kullanılmalıdır. İstendiğinde ise **TS EN 933-4**'e uygun olarak tayin edilmiş olan şekil indeksi, belirli bir uygulama veya kullanıma göre **TS 706 EN 12620+A1** standardında verilmiş olan Tablo 1.2'deki ilgili kategoriye (SI) göre beyan edilmelidir.

Tablo 1.2: En Büyük Şekil İndeksi Değerine Göre Kategoriler

Şekil İndeksi (%)	Kategori (SI)
≤ 15	SI ₁₅
≤ 20	SI ₂₀
≤ 40	SI ₄₀
≤ 55	SI ₅₅
>55	SI _{beyan}
Serbest	SI _{NR}

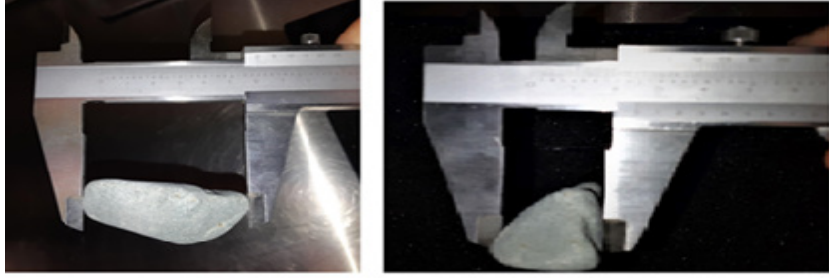
TS 706 EN 12620+A1 standardına göre SI15 kategorisi en uygun kategoridir. Şekilce kusurlu tanelerin, toplam karışım içerisindeki kütlece oranı %15'i aşmamalıdır. Tane büyüklüğü 8 mm ve daha fazla olan iri agregalarda şekilce kusurlu (yassı ve uzun) tanelerin ağırlıkça oranı %50'den çok olmamalıdır.





Tane Şekli Tayini (Şekil İndeksi) Deneyi Yapılışı: Bu deney, betonda kullanılması düşünülen beton agregalarının kübiklik (küp şeklinde olan) yüzdesini tayin etmek için yapılır.

- 4–63 mm boyutundaki numunelerin şekil indeksleri, **TS EN 933-4** standardına uygun şekilde yapılır.
- 4 mm üzerindeki değişik boyutta iri agregalardan, aynı tane sınıfı aralığından üç deney yapılır.
- Her deney için en az 100 adet numune alınır ve ilk kütlesi tartılarak M_1 olarak Tablo 1.3'e kaydedilir.
- Her bir agregata tanesinin tane boyu ve tane kalınlığı (eni), Görsel 1.19'daki gibi verniyerli kumpas ile ölçülür.



Görsel 1.19: Kumpas ile tane ölçümü

- Boy/en oranı üçten büyük olan kusurlu agregaların ağırlığı tartılır ve M_2 olarak Tablo 1.3'e kaydedilir.
- Üç numune için ayrı ayrı şekil indeksi, $SI = (M_2 / M_1) \cdot 100$ denklemi ile hesaplanır.
- Üç deneydeki kusurlu agregata oranı ortalaması alınarak en yakın ondaliğa yuvarlanır ve bu değere göre Tablo 1.2'deki şekil indeksi kategorisi belirlenir.
- Deney yapılan ortam ve deneyde kullanılan araç gereçlerin temizliği yapılır.
- Deney sonuçları ve deney raporu tutanak hâlinde hazırlanır; imzalanarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim edilir.

Tablo 1.3: Tane Şekli Tayini (Şekil İndeksi = SI) Deney Takip Formu

Deney Numunesi	Agrega Tane Sınıfı Aralığı (mm)	Deney Numunesi Kütlesi (M_1) (g)	Kusurlu Agregata Kütlesi (M_2) (g)	$SI = (M_2 / M_1) \cdot 100$	Kusurlu Agregata Oranı (%)	Şekil İndeksi Kategorisi
1.Numune						
2.Numune						
3.Numune						
Kusurlu Agregata Oranı Aritmetik Ortalaması (SI_{ort}):						





DENEY UYGULAMASI - 1

İki farklı ocaktan üçer set hâlinde alınan, 4-63 mm tane aralığındaki iri agrega numuneleri ile ayrı ayrı tane şekli tayini deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranızda değerlendiriniz.

Deney Adı : Tane Şekli Tayini (Şekil İndeksi) Deneyi

Deney Süresi : 2 Saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Deney çalışması sırasında önlük giyiniz ve önlüğün tüm düğmelerini mutlaka kapalı tutunuz. - Çalışma sırasında gözlük, yüz maskesi, eldiven vb. kişisel koruyucu donanımlar kullanınız.	
Deney araç gereçlerinin hazırlanması	Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	- Numunelerin iri agregayı temsil edecek özellikte ve 4 mm'den büyük olmasına dikkat ediniz. - Her setteki numune kütlesini hassas terazide tartarak Tablo 1.3'teki ilgili satır ve sütuna kaydediniz (M1).	
 Tanelerin en ve boylarının kumpasla ölçülmesi	- Ölçüm işlemine başlamadan önce kumpas kullanımını öğrendiğinizden emin olunuz. - Dış, iç ve derinlik ölçümlerini uygulamalı olarak yapınız. - Her bir iri agrega tanesinin, en dar ve en geniş kısımlarını ölçmeye dikkat ediniz. - Hareket hâlindeki malzemeleri ölçmeyiniz. - Ölçüm sırasında kumpasın çeneleri ile agrega tanesine fazla baskı yapmamaya özen gösteriniz. - Okuma yaparken kumpasa dik bakınız.	
Kusurlu tanelerin ayrılması ve kütlesinin belirlenmesi	- Boy/en oranı üçten büyük olan taneleri kusurlu olarak kabul ediniz ve ayırınız. - Her setteki kusurlu tanelerin tartımını yaparak kütlesini Tablo 1.3'teki ilgili satır ve sütuna kaydediniz (M2).	
Kusurlu tane oranının hesaplanması ve şekil indeksi kategorisinin belirlenmesi	- Her bir tane sınıflandırması için "$SI = (M2 / M1) \cdot 100$" formülünü kullanarak kusurlu tane oranını hesaplayınız. - Aynı tane sınıfına ait üç deneyin kusurlu tane oranının aritmetik ortalamasını alınız. Sonuçları en yakın ondalıklı sayıya yuvarlayarak ortalama şekil indeksi oranını bulunuz. Ortalama şekil indeksine ($SI_{ort.}$) göre kategori belirleyiniz.	





Deney sonuçlarının tabloya işlenmesi ve sonuçların değerlendirilmesi	- Hesaplamalarınızı Tablo 1.5'e işleyiniz. Çıkan ortalama sonucun %15'in altında ve üstünde olma durumuna göre agregalarınızın uygunluğuna karar veriniz. - İki farklı ocak için sonuçları kıyaslayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	- Deney sırasında, çalışma alanını ve çalışma tezgâhını temiz tutunuz. Deney sonrasında da çalışma ortamı zeminini, çalışma tezgâhını ve araç gereçleri özenle temizleyiniz. - Araç gereçlerin bakımını yaparak bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	Deney sonrasında "Tablo 1.5: Deney Raporu"nu, grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

1.4. ŞANTİYEDEN AGREGA ORGANİK MADDE, NEM VE KİL MİKTARI TAYİNİ

1.4.1. Agregada Organik Madde Tayini Deneyi (TS EN 1744-1)

Bu deney, şantiyede iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak **TS EN 1744-1** standardına uygun olarak agregada içinde betona zarar verebilecek organik madde oranını tespit etmek için yapılır. Agregalarda organik madde bulunup bulunmadığını anlamak için renklendirme metodu uygulanır.

Agrega içerisindeki bitki artıkları ve humus gibi bazı zararlı maddelere **organik maddeler** denir. Organik maddeler daha çok kumlarda bulunur. Humus, turba ve organik balçık gibi organik maddelerin beton agregasında bulunmaması istenir. Betonun prizini ve sertleşmesini geciktirerek dayanımının düşmesine neden olur. Taneli hâlde bulundukları zaman renk değişimine veya şişerek betonun yüzeyinde patlamalara neden olabilir.

Tablo 1.4: Agregada Organik Maddelerin Miktarı (TS EN 1744-1)

Çözelti Rengi	Organik Madde	Agreganın Durumu
Renksiz veya çok hafif sarı	Organik madde ya hiç yok ya da çok az var.	Yüksek kaliteli beton için kullanılmaya elverişlidir.
Safran Sarısı	Az miktarda var.	Normal işlerde kullanılır.
Belirli Kırmızı	Var.	Sadece önemsiz işlerde kullanılır.
Belirli Kahverengi	Çok Var.	Kullanılmaz.

1.4.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Cam şişe veya mezür (250-500 mL kapasiteli, plastik kapaklı), 30 g sodyum hidroksit (NaOH), terazi (30 kg kapasiteli, 0,1 g hassasiyetli), 8 mm elek, 1000 mL saf (distile) su, agregada deney numunesi, el küreği, çelik mala



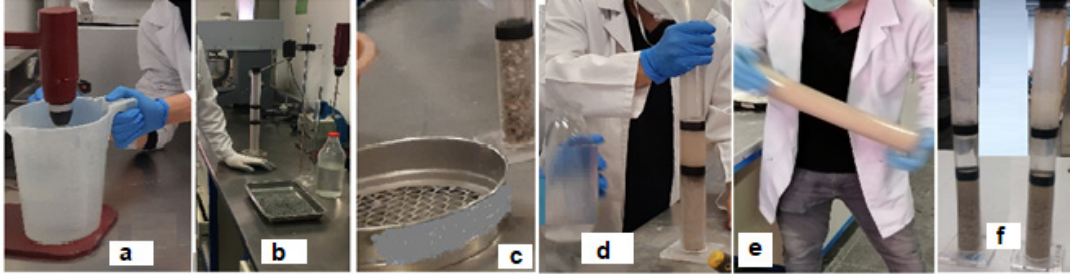


1.4.1.2. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri

Agrega malzemesinin tamamını temsil edecek şekilde, 8 mm açıklıklı kare göz elek altına geçen agregadan 2 kg alınır. Daha sonra bu numune **TS EN 932-2**'ye göre istenilen miktara indirilerek 500 g deney numunesi kısmı alınır.

1.4.1.3. Agregada Organik Madde Tayini Deneyi Yapılışı

- Deneye başlamadan en az 24 saat önce, 30 g sodyum hidroksit tartılır ve 1000 mL saf su içerisinde çözerek %3'lük sodyum hidroksit çözeltisi hazırlanır (Görsel 1.20.a).
- Standarda uygun alınan, 8 mm açıklıklı, kare göz elekten geçen 500 g numune hava kurusu duruma getirilir (Görsel 1.20.b).
- **TS EN 932-2** standardına uygun olarak yaklaşık 200 g deney numunesi alınır ve şişe veya cam mezürün 130 mL işaret çizgisine kadar doldurulur (Görsel 1.20.c).
- Daha sonra numune üstüne, 200 mL işaret çizgisine ulaşınca kadar %3'lük sodyum hidroksit çözeltisi ilave edilir (Görsel 1.20.d).
- Agregada taneleri ve çözelti dökülmeyecek şekilde, şişe veya dereceli ölçü silindirin ağzı kapatılır ve iyice çalkalanır. Çalkalamaya, tanelerin arasından koyu renk bulutları kayboluncaya kadar devam edilir (Görsel 1.20.e).
- Deney iki ayrı numuneye uygulanır.
- Şişe veya dereceli ölçü silindiri, askıdaki malzemelerin çökmesi için sarsıntısız ve karanlık bir yerde 24 saat dinlendirilir (Görsel 1.20.f).



Görsel 1.20: Organik madde tayini deneyi

- 24 saat beklendikten sonra çözelti rengi gözlenir ve Tablo 1.5'e kaydedilir.
- Sonuçlar, deney formuna (Tablo 1.5) işlenir ve Tablo 1.4'e göre değerlendirilir. Her iki ölçü silindiri de agregaların üzerindeki sıvı renksiz veya açık sarı ise zararlı oranda organik madde bulunmadığına; herhangi birinin içinde koyu sarı, kahverengi veya kırmızımsı bir renk oluşmuş ise zararlı oranda organik madde bulunduğuna karar verilir.
- Deney yapılan ortam ve deneyde kullanılan araç gereçlerin temizliği yapılır.
- Deney sonuçları ve deney raporu tutanak hâlinde hazırlanır; imzalanarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmene teslim edilir.





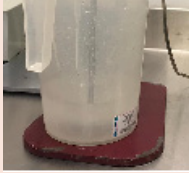
DENEY UYGULAMASI - 2

<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21669>

İki farklı ocaktan ikişer set hâlinde alınan 0-8 mm agrega deney numuneleriyle agrega organik madde tayini deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranızda değerlendiriniz.

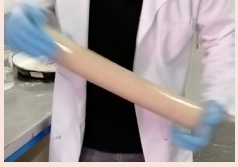
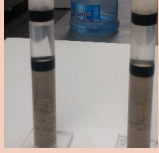
Deney Adı : Agregada Organik Madde Tayini Deneyi

Deney Süresi: Uygulama 2 saat, Deney takip 24 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Deney çalışması sırasında önlük giyiniz ve önlüğün tüm düğmelerini mutlaka kapalı tutunuz. - Çalışma sırasında gözlük, yüz maskesi, eldiven vb. kişisel koruyucu donanımlar kullanınız. - Termometre, cam mezür, pipet vb. yuvarlanabilecek cam eşyaları, laboratuvar tezgâhı üzerine yere düşmelerini önleyecek şekilde koyunuz. - Tüm asitleri ve alkalileri sulandırırken daima suyun üzerine ve yavaş yavaş dökünüz, asla tersi yönde hareket yapmayınız. - Kimyasal maddeleri, çevreye ve insan sağlığına zarar verebileceğinden lavabolara veya başka yerlere kesinlikle dökmeyiniz. - Laboratuvar ortamına kimyasal madde veya numune dökülürse derhal temizleyiniz, gerektiğinde durumu öğretmeninize bildiriniz. - Kullanılmadığı durumlarda etüv ve elektrikli ısıtıcıları daima kapalı tutunuz.	
Deney araç gereçlerinin hazırlanması	Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisinin hazırlanması	1000 mL saf suyu cam beher içerisine ölçerek alınız. - Hassas terazide 30 g sodyum hidroksit tartarak dikkatlice alınız. 30 g sodyum hidroksiti, 1000 mL saf su içerisinde çözerek %3'lük çözeltiyi hazırlayınız. - Çözeltiyi en az 24 saat sonra kullanılacak şekilde ağzı kapalı bir kaba koyarak dinlendirmeye bırakınız.	





 Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	- Numunelerin, agregaya yığınının temsil edecek özellikte olmasına dikkat ediniz. - Numuneyi, 8 mm elek üzerinde dikkatlice eleyiniz. - Elek altına geçen kısımdan 500 g alınız. - Deney numunesini hava kurusu durumuna getiriniz. - Numuneyi, TS EN 932-2 standardına uygun azaltarak yaklaşık 200 g deney numunesi kütlesini hassas terazide tartarak alınız.	
  Şişe ve cam mezüre agreganın numunesinin doldurulması ve NaOH çözeltisi eklenmesi	- Deney numunesini cam mezür veya şişe içerisine kürek yardımıyla 130 mL ölçü çizgisine kadar doldurunuz. - Deney numunesi üzerine 200 mL ölçü çizgisine kadar hazırladığınız %3'lük çözeltiyi ekleyiniz. - Cam mezürün ağzını eldiven veya tapan kullanarak sıkıca kapatınız. - Cam mezürün ağız kısmını elle kapatarak 1 dakika boyunca tüm agregalar ıslanıp renk bulutları kayboluncaya kadar şiddetli çalkalayınız. - Çözelti seviyesi aşağı düşmüşse cam mezür iç duvarını yıkayacak şekilde dikkatlice 200 mL çizgisine kadar çözeltiyi ekleyiniz.	
 Cam mezür veya şişenin güneş almayan sarsıntısız bir yerde 24 saat boyunca bekletilmesi ve renk değişiminin gözlemlenmesi	24 saat sonunda cam mezürü sarsmadan, iki agreganın numunesi üzerindeki sıvı kısmın renk değişimini gözlemleyiniz ve Tablo 1.5'e kaydediniz.	
Deney takip formunun doldurulması ve sonuçların değerlendirilmesi	- Sıvının renk durumuna göre Tablo 1.4'teki organik madde durumunu belirleyiniz ve Tablo 1.5'e kaydediniz. - İki farklı ocak için sonuçları kıyaslayınız. - Sonuçları değerlendirerek agreganın uygunluğu hakkında karar veriniz.	





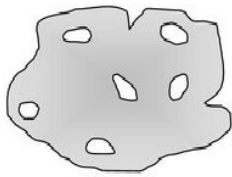
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	- Deney sırasında, çalışma alanını ve çalışma tezgâhını temiz tutunuz. - Deney sonrasında da çalışma ortamı zeminini, çalışma tezgâhını ve araç gereçleri özenle temizleyiniz. - Kullanımdan sonra cam araç gereçleri distile su ile yıkayınız. - Araç gereçlerin bakımını yaparak bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	Deney sonrasında "Tablo 1.5: Deney Raporu"nu, grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

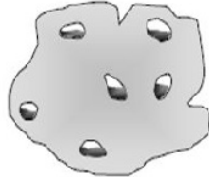
1.4.2. Agregra Nem (Rutubet) Miktarı Tayini Deneyi

Bu deney, şantiye ortamında iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınarak beton karışımında kullanılacak agregaların özellikleri ve hava şartlarına göre agregadaki nem oranının tespiti için agreganın kurutulmasıyla yapılır.

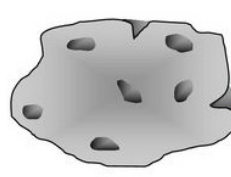
Agrega taneleri boşluk içerdiği için agregalarda bulunabilecek rutubet durumları Görsel 1.21'de belirtilmiştir.



a) Etüv (Fırın) kuru



b) Hava Kuru



c) Doygun kuru yüzey



d) Islak yüzey

Görsel 1.21: Rutubet durumları

a) Etüv (Fırın) Kuru: Agregra numunelerinin etüvde 110 ± 5 °C'de sabit kütleye gelinceye kadar tutulması ve agregra tanelerinde hiç su bulunmaması hâlidir. Sabit kütleye; en az 1 saatlik kurutmadan sonra yapılan, birbirini izleyen tartımlar arasındaki farkın %0,1'den daha büyük farklılık göstermemesidir.

b) Hava Kuru: Agregra kuru havada tutulduğunda yüzeyden itibaren belirli derinlikteki boşlukların rutubetsiz, iç kısmının rutubetli olması durumudur.

c) Doygun Kuru Yüzey: Agregaların yüzeylerinin kuru, iç boşluklarının tamamen su ile dolu olması hâlidir.

d) Islak Durum: Agregra tanelerinin, tüm boşluk ve yüzeylerinin su ile kaplı olma hâlidir.

Beton karışım hesaplamalarında 1 m^3 betona girecek karma suyu miktarı, agreganın doymuş kuru yüzey (DKY) durumuna göre belirlenmektedir. Bu nedenle, hava şartlarına bağlı olarak betonun üretileceği gün agreganın rutubet miktarı mutlaka ölçülmelidir. Yapılan ölçümler sonucunda agregra ıslak durumda ise betonun içerisine, karışım hesaplarında elde edilen su miktarından daha çok su katılmış olur. Bu durumda, su/çimento oranı hesaplanan miktardan daha yüksek olacağından betondan istenilen dayanım elde edilemez. Bunun için serbest su miktarı hesaplanarak karışıma girecek su miktarı o kadar azaltılmalıdır. Agregra, etüv (fırın) kuru veya hava kuru durumunda ise beton karışımına katılan suyun bir miktarını emeceği için istenilen işlenebilirlik ve dayanım elde edilemez. Agregra etüv kuru durumunda ise ne kadar su emebileceği





hesaplanarak karışıma girecek su miktarı o kadar artırılmalıdır. Böylece beton karışımı için yapılan hesaplamalardaki su/çimento oranında sapma olmayacaktır.

1.4.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

30 kg kapasiteli terazi, yaklaşık 30×60 cm ölçüsünde tepsi veya sac levha, kürek, çelik mala, ispirto veya ısıtıcı ocak, agregada deney numunesi

1.4.2.2. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri

Agregada malzemesinin tamamını temsil edecek şekilde ince agregalar için en az 10 kg; iri agregada için ise en büyük agregada tane boyutunun iki katı veya fazlası miktarda (kg) numune alınır. Daha sonra bu numune **TS EN 932-2**'ye göre azaltılarak deney numunesi kısmı alınır. Agreganın en büyük tane boyutuna göre en az gerekli deney numunesi miktarı; 2 mm'ye kadar olan agregada için 500 g, 8 mm'ye kadar olan agregada için 2000 g, 16 mm'ye kadar olan agregada için 3500 g, 32 mm'ye kadar olan agregada için 5000 g'dır.

1.4.2.3. Nem (Rutubet) Miktarı Tayini Deneyi Yapılışı

- Deney, aynı tane sınıfındaki üç ayrı agregada deney numunesi kısmına uygulanır.
- En büyük agregada tane boyutuna (D_{max}) göre uygun miktarda agregada numunesi, darası alınmış kap içerisine alınır (Görsel 1.22.a) ve tartılarak kütlesi M_1 olarak Tablo 1.5'e kaydedilir (Görsel 1.22.b).
- Agregada deney numunesi üzerine, yeterli miktarda ispirto dökülerek agregada ile ispirto iyice karıştırılır ve 2 cm kalınlığında bir tabaka hâlinde tepsi içerisine serilir. Agregada ve ispirto karışımı tutuşturulur ve alevler sönmüceye kadar karıştırılmaya devam edilir.
- Numune etüv kurusu (fırın kurusu) duruma gelinceye kadar, tekrar ispirto katılarak (İspirto, sıcak kum üzerinde doğrudan her an alev alabileceği için bidon veya şişeden dökülmemelidir; açık, geniş ağızlı bir beherden veya bardaktan dökülmelidir.) kurutmaya devam edilir. Kurutma işlemi, elektrikli ocak üzerinde de yapılabilir (Görsel 1.22.c).
- Kurutulan agregada numunesi soğuduktan sonra darası alınmış kap içerisine alınır ve tartılarak kuru ağırlığı M_2 olarak Tablo 1.5'e kaydedilir (Görsel 1.22.d).
- Agregada rutubet yüzdesi aşağıdaki formülle hesaplanır:

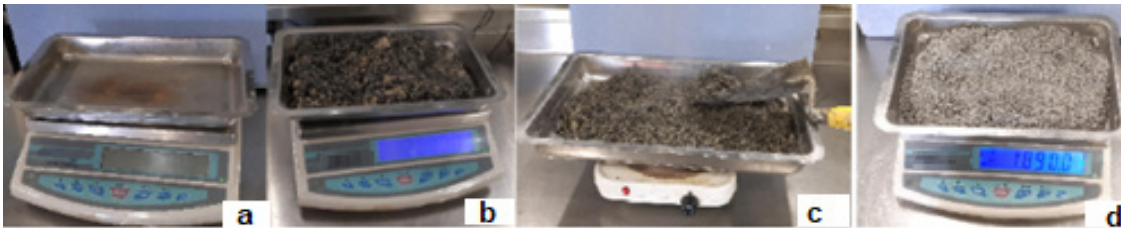
$$W = [(M_1 - M_2) / M_2] \cdot 100$$

W : Su muhtevası değeri, deney numunesinde kuru deney numunesi kısmının kütlesinin yüzdesi olarak ifade edilen su kütlesidir.

M_1 : Deney numunesi kısmının kütlesi (g)

M_2 : Kuru deney numunesi kısmının sabit kütlesi (g)

- Deney yapılan ortam ve deneyde kullanılan araç gereçlerin temizliği yapılır.
- Deney sonuçları, Tablo 1.5'teki "Deney Raporu"na işlenir. Deney raporu, tutanak hâlinde hazırlanır ve imzalanarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim edilir.



Görsel 1.22: Nem (rutubet) tayini deneyi



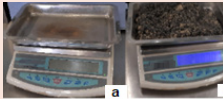


DENEY UYGULAMASI - 3

0-22 mm arası aynı tane sınıfındaki agregadan üçer set alınan tabii (doğal) nemli agreganın numunesi ile nem (rutubet) tayini deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranızda değerlendiriniz.

Deney Adı : Agregada Nem (Rutubet) Tayini Deneyi

Deney Süresi : Uygulama 2 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Deney çalışması sırasında önlük giyiniz ve önlüğün tüm düğmelerini mutlaka kapalı tutunuz. - Çalışma sırasında gözlük, yüz maskesi, eldiven vb. kişisel koruyucu donanımlar kullanınız. - Kullanılmadığı durumlarda etüv ve elektrikli ısıtıcıları daima kapalı tutunuz. Isıtılmış etüv, ocak vb. alet ve cihazları gözetimsiz bırakmayınız. - Etüv ve elektrikli ısıtıcılar gibi cihazlarda plastik eldiven kullanmayınız. Yüksek sıcaklıklarda çalışırken maşa veya ısıya dayanıklı eldiven kullanınız.	
Deney araç gereçlerinin hazırlanması	Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
  Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	- Agrega yığınının temsil edecek özellikte ve tane boyutuna göre uygun miktarda numune almaya dikkat ediniz. - Numuneyi, TS EN 932-2 standardına uygun azaltarak en az gerekli deney numunesini almaya özen gösteriniz. - Tabii nem durumundaki deney numunesi kütlesini hassas terazide darası alınmış kapta tartarak Tablo 1.5'e kaydediniz (M1).	





 Kurutma işleminin ispirto veya elektrikli ocak üzerinde yapılması	• Agrega deney numunesi üzerine, yeterli miktarda ispirto dökünüz ve agregaya ile ispirtoyu iyice karıştırınız. • Deney numunesini, 2 cm kalınlığında bir tabaka hâlinde tepsi içerisine sererek dikkatli bir şekilde ispirtoyu tutuşturunuz. • Alevler sönünceye kadar kürek veya mala ile karıştırmaya devam ediniz. • Deney numunesi etüv kurusu duruma gelene kadar ispirto ekleyerek kurutmaya devam ediniz. • Kurutma sırasında, deney numunelerinin etrafa saçılmamasına ve malzeme kaybı olmamasına dikkat ediniz • Üç deney numunesi için aynı işlemi tekrarlayınız. • Kurutma işlemini elektrikli ocak kullanarak da yapabilirsiniz.	
 Deney numunesinin kuru kütlelerinin belirlenmesi	• Kurutma işlemi sonunda agregaları elinizi değdirebileceğiniz ısıya kadar soğutunuz ve numunenin kuru kütlelerini hassas terazide tartarak Tablo 1.5'e kaydediniz.	
Agrega nem oranının hesaplanması ve deney sonucunun yorumlanması	• Her deney numunesi için Tablo 1.5'teki ilgili satırdaki değerlere göre; $W = (M_1 - M_2 / M_2) \cdot 100$ formülünü kullanarak nem oranını hesaplayınız. • Aynı tane sınıfına ait üç deneyin, nem oranlarının aritmetik ortalamasını alınız. Sonuçları en yakın ondalıklı sayıya yuvarlayarak agreganın nem oranını belirleyiniz. • Çıkan ortalama nem durumuna göre beton karışım suyunda ve karışımındaki agrega miktarında gerekli düzeltmelerin yapılmasına dikkat ediniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sırasında çalışma alanını ve çalışma tezgâhını temiz tutunuz. • Deney sonrasında da çalışma ortamı zeminini, çalışma tezgâhını ve araç gereçleri özenle temizleyiniz. • Araç gereçlerin bakımını yaparak bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında "Tablo 1.5: Deney Raporu"nu, grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





1.4.3. Kil (İnce Madde) Tayini Deneyi (TS 3527, TS EN 933-10)

Bu deney, şantiye ortamında iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çökeltme yöntemiyle ince agregadaki ince madde (kil, silt, taş unu vb.) miktarını hacimce belirlemek için yapılır.

Agrega tanelerinin yüzeylerine yapışmış olarak bulunan kil, silt, taş unu, toz vb. tane büyüklüğü 0,063 mm'den (No. 230) küçük olan maddelere **ince maddeler** denir. Standartlara göre 0,05-0,002 mm irilikteki malzeme **silt**; 0,002 mm'den küçük malzeme de **kil** olarak adlandırılmaktadır. Şantiyeye getirilen agreganın yüzeyinde gevşek bir tabaka gibi yer alan kil ve agreganın içerisindeki kil, silt, taş unu gibi ince maddelerin miktarının çok fazla olması istenmemektedir. Çünkü agregadaki ince madde, agreganın ile çimento arasındaki bağı (aderansı) zayıflatır. İnce madde miktarının çok olması, agreganın özgül yüzey miktarını arttırdığından betonun karma suyu ihtiyacını artırır. Beton dayanımını ve çevre etkilerine karşı dayanıklılığını olumsuz etkilediği için agregadaki ince madde oranı izin verilen değerler üzerinde ise kullanılmadan önce agreganın yıkanmalıdır.

1.4.3.1. Deney Araç Gereçleri

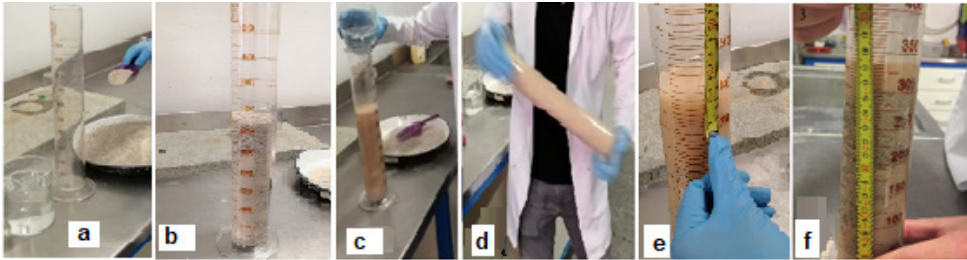
1000 mL'lik cam mezür veya cam şişe, kürek, su, 4 mm elek, ince agreganın deney numunesi, cetvel veya şerit metre

1.4.3.2. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri

Agrega malzemesinin tamamını temsil edecek şekilde 4 mm kare göz elek altına geçen ince agregadan en az 10 kg numune alınır. Daha sonra bu numune **TS EN 932-2**'ye göre azaltılarak deney numunesi kısmı alınır. Agreganın en büyük tane boyutuna göre sırasıyla; 0,250 mm, 0,500 mm, 1 mm, 2 mm ve 4 mm ince agreganın için en az gerekli deney numunesi miktarı 1 kg olarak alınır (Görsel 1.23.a).

1.4.3.3. Çökeltme Yöntemiyle Kil Tayini Deneyinin Yapılışı

- 1000 mL'lik cam mezürün 2/3'üne kadar, etüv veya hava kurusu durumdaki ince agreganın deney numunesi doldurulur (Görsel 1.23.b).
- Agregaların tamamı ıslandıktan sonra numune üzerini en az 5 cm örtecek şekilde su ilave edilir (Görsel 1.23.c).
- Cam mezürün ağzı tapan veya el ile kapatılarak ince malzemeler agregadan temizleninceye kadar en az 1 dakika kuvvetlice çalkalanır. Çalkalama işlemi 20 dakika arayla üç kez tekrar edilir (Görsel 1.23.d).
- Daha sonra cam mezür sarsıntısız bir zemine bırakılarak 1 saat beklenir (Görsel 1.23.e).
- En az 1 saat sonra cam mezür kontrol edilir. Eğer malzeme üzerindeki çözelti rengi berrak bir renk almışsa kumun üzerine çöken ince malzeme tabakasının kalınlığı (h) ve tüm numunenin tabandan itibaren yüksekliği (H) cetvel yardımıyla ölçülüp mm olarak Tablo 1.5'e kaydedilir. Eğer bir saat içinde agreganın üzerinde berrak kısım oluşmamış ve ince malzeme çökmemişse 24 saat beklenir (Görsel 1.23.f).



Görsel 1.23: Kil tayini deneyi





- Deney en az iki numune üzerinde uygulanmalıdır. İki deney numunesi arasındaki fark %0,5'ten küçükse sonuçların ortalaması alınır. Ortalama değer %0,5'ten büyükse üçüncü bir numuneyle deney yapılır. Sonuçlardan birbirine en yakın olanların ortalaması alınır.
- Deney sonuçları ve hesaplamalar Tablo 1.5'e kaydedilir.
- Deney yapılan ortam ve deneyde kullanılan araç gereçlerin temizliği yapılır.
- Deney sonuçları, Tablo 1.5'teki "Deney Raporu"na işlenir. Deney raporu, tutanak hâlinde hazırlanır ve imzalanarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim edilir.



Çalkalama işlemi sırasında tane ve su kaybı olmamasına dikkat edilmelidir. Ölçüm esnasında ince malzeme ile numune ayrımı dikkatlice yapılmalıdır. Gözle görülen tanelerin bittiği nokta, ince malzemenin başlangıcıdır. Çalkalama işlemi sırasında tane ve su kaybı olmamasına dikkat edilmelidir. Ölçüm esnasında ince malzeme ile numune ayrımı dikkatlice yapılmalıdır. Gözle görülen tanelerin bittiği nokta, ince malzemenin başlangıcıdır.

1.4.3.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi

Kil (ince madde) yüzdesi hacimce ve ağırlıkça olmak üzere iki farklı yöntemle hesaplanmaktadır.

1. Yöntem: "Kil (ince madde) yüzdesi hacmi (%)=(h / H).100" formülüyle hesaplanır.

h: Kumun üzerine çöken ince malzeme tabaka kalınlığı (mm)

H:Toplam numunenin tabandan itibaren yüksekliği (mm)

2. Yöntem: 1 veya 24 saat beklemenin sonunda çökelen ince madde kütlesi, agrega deney numunesi kütlesine oranlanarak ince madde yüzdesi aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Kil (ince madde) yüzdesi (\%)} = [(A \cdot h \cdot p) / M] \cdot 100$$

A: Ölçü silindirinin kesit alanı (cm²)

h: 1 saat (veya 24 saat) bekleme sonunda çökelen ince madde yüksekliği (cm)

p: 1 saat bekleme sonunda çöken ince maddenin eş değer kuru birim ağırlığı (Bu değer 1 saat bekleme için 0,6 g/cm³ alınabilir, 24 saat bekleme için 0,9 g/cm³ alınabilir.)

M: Deney numunesinin etüv veya etüv kuru ağırlığı (g)

Sonuçların değerlendirilmesi: Türk standartlarına göre 0-4 mm ve 1-4 mm agrega gruplarında bulunabilecek ince maddelerin maksimum miktarı (agrega numunesinin ağırlıkça %'si), sırasıyla %4 ve %3 olmalıdır. ASTM standartlarında ise aşınmaya maruz kalan betonlardaki ince agregada bulunabilecek maksimum ince madde miktarı %3, diğer betonlarda %5'tir. ASTM standartlarında, ince madde miktarını oluşturan maddeler kil ve silt değil de taş unu ise aşınmaya maruz betonlarda ince agrega olarak kullanılacak kırma kumdaki ince maddenin maksimum oranı %5, diğer betonlarda %7 olarak kabul edilebilir.



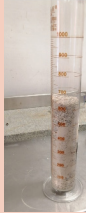


DENEY UYGULAMASI - 4

İki farklı ocaktan ikişer set hâlinde alınan 0-4 mm agregaya deney numuneleriyle agregaya kil (ince madde) tayini deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranızda değerlendiriniz.

Deney Adı : Çökeltme Yöntemiyle Kil (İnce Madde) Tayini Deneyi

Deney Süresi : Uygulama 2 saat, Deney takip 24 saat 2 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Deney çalışması sırasında önlük giyiniz ve önlüğün tüm düğmelerini mutlaka kapalı tutunuz. - Çalışma sırasında gözlük, yüz maskesi, eldiven vb. kişisel koruyucu donanımlar kullanınız. - Termometre, cam mezür, pipet vb. yuvarlanabilecek cam eşyaları, laboratuvar tezgâhı üzerine yere düşmelerini önleyecek şekilde koyunuz. - Kullanılmadığı durumlarda etüv ve elektrikli ısıtıcıları daima kapalı tutunuz.	
Deney araç gereçlerinin hazırlanması	Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	- Agrega yığınının temsil edecek özellikte 10 kg ince agregaya numunesi alınız. - Numuneyi, TS 932-2 standardına uygun bir şekilde azaltıp yaklaşık 1000 g deney numunesi kütlesini hassas terazide tartarak alınız.	
 Şişe ve cam mezüre agregaya numunesinin doldurulması	- Deneyi en az iki numune üzerinde uygulayınız. - Deney numunesini, kürek yardımıyla cam mezür veya şişenin 2/3'üne kadar doldurunuz.	





 Agrega numunesinin üzerine su eklenmesi ve numunenin çalkalanması	- Deney numunesi üzerine, numunenin tamamı ıslanincaya kadar 5 cm taşacak şekilde su ekleyiniz. - Cam mezürün ağzını eldiven veya tapa kullanarak sıkıca kapatınız. - Cam mezürün ağız kısmını elle kapatarak, ince malzemeler agregadan temizleninceye kadar en az 1 dakika kuvvetlice çalkalayınız. - Su seviyesi 5 cm'den aşağı düşmüşse, cam mezürün iç duvarını yıkayacak şekilde dikkatlice su ekleyiniz. - Çalkalama işlemini, 20 dakika ara ile üç kez tekrarlayınız.	
 Agrega numunesinin dinlendirilerek kil tabakasının (ince malzeme) gözlenmesi	- Cam mezürü sarsıntısız bir zemine bırakınız ve 1 saat bekleyiniz 1 saat beklemenin sonunda kil tabakasının deney numunesinin üst kısmında oluştuğunu gözlemleyiniz. - Su berraklaşmamış veya kil tabakası hâla oluşmamışsa 24 saat sonunda tekrar gözlem yapınız.	
 Kil tabakasının (h) ve toplam deney numunesinin (H) ölçülmesi	1 saat veya 24 saat sonunda deney numunesinin üzerinde biriken kil tabakasını(h) ve numunenin alt kısmından kil tabakasının üst kısmına kadar olan toplam numune yüksekliğini (H) ölçerek ölçünüz. - Ölçülen değerleri Tablo 1.5'e mm olarak kaydediniz	
Kil (İnce madde) oranının hesaplanması ve sonuçların değerlendirilmesi	- Hacimce kil (ince madde) yüzdesini "(%)=(h/H).100" formülüyle hesaplayınız. 1 veya 24 saat beklemenin sonunda çökelen ince madde kütlesini, agregada deney numunesi kütlesine oranlayarak ağırlıkça ince madde oranını aşağıdaki formülle hesaplayınız. "İnce madde yüzdesi %=[(A.h .p)/M].100" - İki deney numunesi ortalaması arasındaki farkın %0,5'ten küçük olmasına dikkat ediniz. Ortalama fark %0,5'ten büyükse üçüncü bir numuneyle deney yapacağınızı unutmayınız. TS 706 EN 12620'de beton için verilen sınır değerlere göre agreganın içindeki 0,063 mm'den küçük ince madde (kil, silt ve taş unu) oranı uygunluğunu kontrol ediniz.	





Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sırasında, çalışma alanını ve çalışma tezgâhını temiz tutunuz. • Deney sonrasında da çalışma ortamı zeminini, çalışma tezgâhını ve araç gereçleri özenle temizleyiniz. • Kullanımdan sonra cam araç gereçleri distile su ile yıkayınız. • Araç gereçlerin bakımını yaparak bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

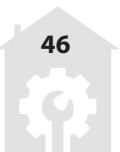
1.4.4. Deney Raporu Hazırlama

Deneyin yapılışı esnasında, “Deney Takip Formu” doldurulur ve deneyden elde edilecek sonuçlar deney raporuna kaydedilir. Tablo 1.5'teki “Deney Raporu”na deney yöntemi, deney standardı gibi istenilen diğer bilgiler doldurulur ve rapor imzalanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir. Deney raporunun içeriği ilgili deney standardının istediği bilgilere göre düzenlenmelidir.

Buna göre:

- Her öğrenci deneye katılmadan önce gerekli hazırlığını yapmalıdır.
- Her öğrenci oluşturulan deney grubuyla deneye girmelidir.
- Her grup, her deney için ayrı rapor hazırlayarak ilgili ders öğretmenine teslim etmelidir.
- Deney raporuna varsa deney takip formları, çizelge ve grafikler eklenmelidir.
- Deney sonucunu etkileyen olumsuz faktörler deney raporunda belirtilmelidir.
- Deneye katılmayan öğrenci(ler) rapor teslim edemez. O öğrencilere gerekirse ayrıca deney yaptırılabilir.

Şantiyede agrega deneyleri için “Tablo 1.5 Deney Raporu” örneği kullanılabilir.





Tablo 1.5: Deney Raporu

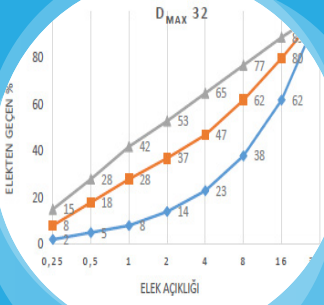
Deneyin Yapıldığı Laboratuvar:				
Numunenin Ait Olduğu İş:				
Deneyin Adı:				
Numunenin Tanıtılması ve Tane Büyüklüğü:				
Rapor Tarihi ve Numarası:		Deneyde Uygulanan Standart No.		
DENEYİ YAPANLAR				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza	
1				
2				
3				
4				
5				
RAPORU HAZIRLAYAN VE ONAYLAYAN YETKİLİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza	
1				
2				
3				
DENEY SONUÇLARI				
Deney Yöntemi	1. Deney	2. Deney	3. Deney	Ortalama Değer
Deney Sonucunu Etkileyen Olumsuz Faktörler:				
Bulgular ve Sonuçların Değerlendirilmesi:				
EKLER (Deney Takip Formu vb.):				



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME - 1

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

- Aşağıdaki kişisel koruyucu donanımlardan hangisi altyapı atölyesinde kullanılmaz?
A) Baret
B) Eldiven
C) Gözlük
D) İş elbisesi
E) Maske
- Aşağıdakilerden hangisi iş sağlığı ve güvenliğinin amaçlarından biridir?
A) Çevreyi korumak
B) Devleti korumak
C) İş hızıca yapmak
D) Okulu korumak
E) Üretimi korumak
- Aşağıdakilerden hangisi sıvı malzemelerin ölçülmesinde ve çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan taksimatlandırılmış deney araç gereçlerinden biridir?
A) Beher
B) Kova
C) Kumpas
D) Kürek
E) Terazı
- Aşağıda verilenlerden hangisi yapay agregadır?
A) Barıt
B) Çakıl
C) Kırmı taş
D) Perlit
E) Pomza taş
- Aşağıdakilerden hangisi, agregadaki bitki atıkları, kömür, mika pulcukları; suda çözülebilen kil topakları ve tuz gibi yabancı maddelerin betona etkilerinden biridir?
A) Agregada ile çimento arasındaki aderans artar.
B) Dayanıklılık artar.
C) Dayanım yükselir.
D) İşlenebilirlik artar.
E) Priz alma süresi uzar.
- En büyük tane boyutu ile agregada kalınlığı (boy/en) arasındaki orana göre aşağıdakilerden hangisi şekilce kusurlu tane değildir?
A) 2
B) 4
C) 6
D) 8
E) 10
- Aşağıdakilerden hangisi organik madde tayini için kullanılan kimyasal maddedir?
A) Naftalin
B) Potasyum klorür
C) Sodyum hidroksit
D) Sodyum sülfat
E) Sodyum klorür
- Agregada organik madde tayini deneyi sonucunda çözeltili rengi belirgin kırmızı ise organik madde durumuyla ilgili yapılacak yorum aşağıdakilerden hangisidir?
A) Az miktarda var.
B) Çok var.
C) Hafif miktarda var.
D) Hiç yok.
E) Var.
- Rutubet tayini deneyi için, ince agregadan net kütlesi 800 g olan deney numunesi alınmıştır. Kurutma işlemi yapıldıktan sonra tekrar tartılarak net kütlesi 776 g bulunmuştur. Buna göre agreganın rutubet oranı aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru verilmiştir?
A) 3
B) 4
C) 6
D) 8
E) 10
- Çökeltme yöntemiyle yapılan kil tayini deneyinde, kil tabakası kalınlığı 5 mm ve toplam numune yüksekliği 200 mm ölçüldüğüne göre hacimce kil oranı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 2
B) 2,5
C) 3
D) 3,5
E) 5



2. Öğrenme Birimi

AGREGADA DANE BÜYÜKLÜĞÜ VE BİRİM AĞIRLIK DENEYLERİ

KONULAR

- 2.1. Agregada Deney Numuneleri
- 2.2. Agregada Dane Büyüklüğü Deneyi
- 2.3. Agregada Birim Ağırlık Deneyi

KAVRAMLAR

- Çeyreklemeye Yöntemi
- Bölgeç
- Granülometri
- Kompozite
- Gevşek Birim Ağırlık
- Sıkışık Birim Ağırlık



2. AGREGADA DANE BÜYÜKLÜĞÜ VE BİRİM AĞIRLIK DENEYLERİ

2.1. AGREGA DENEY NUMUNELERİ (TS EN 932-1, TS EN 932-2, ASTM C 33)

Deneyleerin güvenli sonuçlar vermesi için agrega deneyleri uygun koşullarda yapılmalı, numunenin alınması ve taşınması dikkatli yapılmalıdır. Numunenin alındığı agregayı tamamen temsil etmesi gerekir. Bu nedenle alma işlemi standartlarda belirtilen şekilde, uzman kişilerce yapılmalıdır.

Bu öğrenme biriminde beton agregalarında deneylere numune almak için kullanılacak araç gereç ve ekipmanlar, numune alma yöntemleri, numune miktarları, deneye numune hazırlama ve azaltma yöntemleri, numunelerin korunması ve deney sonrası raporların hazırlanma süreci ele alınacaktır.

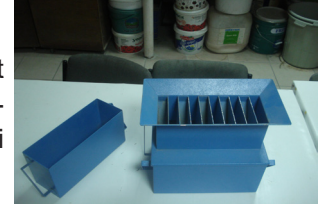
2.1.1. Araç Gereçler ve Ekipmanlar

Kapaklı Numune Kabı: Doğal agrega ocağından veya stok yığınının alınmış agreganın korunması için en az 10 litre kapasiteli ve geçirimsiz olmalı, emici olmamalıdır (Görsel 2.1).



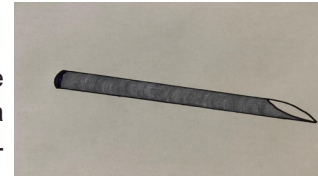
Görsel 2.1: Kapaklı numune kabı

Numune Ayırıcı (Bölgeç): Numune ayırıcının kanalları çift sayıda ve sekizden fazla olmalıdır. Kanalların agrega taneleri tarafından tıkanmaması için kanal genişliği agrega tane çapının en az iki katı olmalıdır (Görsel 2.2).



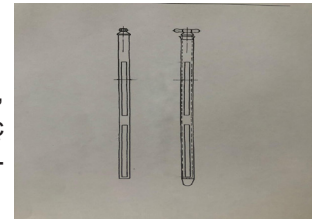
Görsel 2.2. Bölgeç aleti

Agrega Numune Alma Borusu: Öne doğru kesilmiş uzun ve düz metal borudur (Görsel 2.3). Depo ve yığınlardan numune almada kullanılır. Boyu 100 cm'den 200 cm'ye kadar olmalıdır. İç çapı en büyük agrega tane büyüklüğünün en az 2 katı olmalıdır.



Görsel 2.3: Agrega numune borusu

Numune Alma Tüpü: İç içe geçen iki tüpten meydana gelir, her iki tüpün açıklık uzunlukları birbirine eşit olmalıdır (Görsel 2.4). İç tüp çevrildiğinde numunenin içine girmesini ve içeride biriktirilip tutulmasını sağlar.

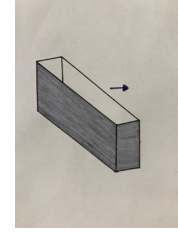


Görsel 2.4: Numune alma tüpü



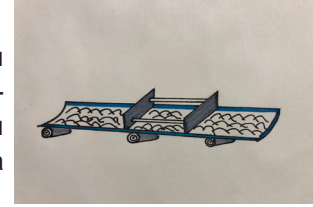


Numune Alma Kutusu: Kutunun kenarları dik ve birbirine paralel, üst kenarları yuvarlatılmış olmalıdır. Yarisına kadar istenilen parça numuneyi alabilecek kapasitede olmalıdır. Kutunun genişliği en büyük agrega büyüklüğünün üç katı olmalı ve 10 mm'den az olmamalıdır. Kutunun derinliği hiçbir agrega tanesinin kutunun dışına sığmayacağı şekilde olmalıdır (Görsel 2.5).



Görsel 2.5: Numune alma kutusu

Numune Alma Çerçevesi: Kenarları birbirine paralel, taşıyıcı banta uyacak şekilde ve bir kenar uzunluğu bant genişliğinde olmalıdır. Çerçevenin kenar yüksekliği tanelerin sıçrayarak dışarı çıkmasını engelleyecek yükseklikte olmalıdır. Kutunun açıklığı en büyük agrega tane büyüklüğünün en az üç katı olmalıdır (Görsel 2.6).



Görsel 2.6: Numune alma çerçevesi

Ayrıca terazi, kürek, mala, numune tavaşı veya çeyreklem kabı, numune saklama kabı, branda çuval, numune çeyreklem brandası kullanılır.

2.1.2. Numune Alma

Numune alma işlemine başlanılmadan önce mutlaka numune alma planı hazırlanmalıdır. Plan hazırlanırken yerel durumlar, partinin büyüklüğü, numunenin çeşidi, agreganın tane büyüklüğü, numune almanın amacı dikkate alınmalıdır.

Numune alma planı; agregaların cinsi, numune alınan yerin tanımı, parça numunenin sayısı, parça numunenin yaklaşık kütlesi, almada kullanılan cihazlar, numuneyi bölme metodu, numuneyi alma metotları, numunenin işaret ve etiketlenmesi, paketlenme şekli ve sevk edilme yöntemlerini içerecek şekilde hazırlanmalıdır.

Parti: Uniform kabul edilen şartlarda bir defada üretilen miktar, sevk edilen miktar, kısmi sevkiyat (vagon yükü, tır yükü ve gemi kargosu) veya depolanmış malzeme miktarıdır. Sürekli bir üretimde belirli bir zamanda üretilen miktar da parti olarak kabul edilir.

Parça Numune: Numune alma cihazı ile partiden bir defada alınan numune miktarıdır.

Toplam Numune: Parça numunelerin toplanmasından meydana gelen numunedir.

Temsilî Numune: Numune alma planına uygun olarak alınan parça numunelerinin birleştirilmesi ile oluşan partideki numunenin yapısını temsil eden toplam numunedir.

Kısmi Numune: Parça numunelerden veya bir toplam numuneden, numune bölme işlemi ile alınan numunedir.

Laboratuvar Numunesi: Laboratuvar deneyleri için toplam numuneden azaltılarak elde edilen numunedir.



Numuneler **TS EN 932-1'e** göre alınmalı ve **TS EN 932-2'ye** göre azaltılmalıdır.

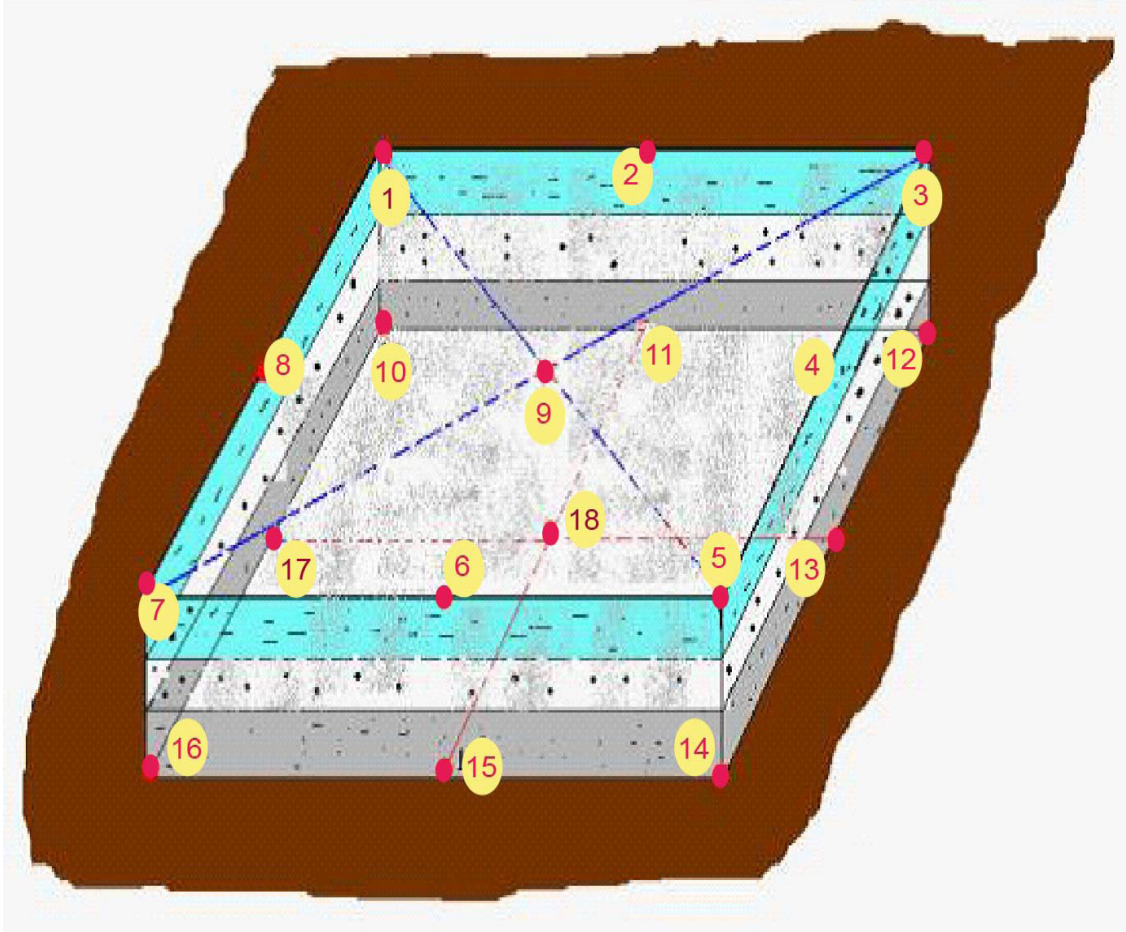
2.1.2.1. Doğal Agregada Ocağından Numune Alma

- Kullanılacak toplam agrega, projedeki beton hacminden yararlanılarak yaklaşık olarak belirlenir.
- Doğal agrega ocağının agrega çıkarılabilecek derinliği (işletme derinliği) belirlenir.
- Toplam agrega miktarı, işletme derinliğine bölünerek agreganın sağlanacağı ocağın toplam yüzey alanı bulunur.



2. Öğrenme Birimi

- Ocağın veya depo alanının yüzey geometrisine bağlı olarak eni ve boyu hesaplanır.
- Ocak yüzeyinin dörtgen biçimli olması hâlinde dörtgenin köşelerinde dört, kenar orta noktalarında dört, kenar ortalarının kesiştiği noktalarda bir tane olmak üzere ve işletme derinliğinin bir kez alt üçte biri, bir kez de üst üçte biri içinde kalacak şekilde, on sekiz noktadan yaklaşık eşit miktarlarda agrega alınır (Görsel 2.7).



Görsel 2.7: Doğal agrega ocağından numune alma yerleri

- Ocak yüzeyi dörtgen biçimli değil ise yaklaşık uygun bir dörtgen kabul edilir.
- Agreganın alınan yerlerde agreganın tane sınıflarına yanıtıcı şekilde ayrılmış veya toplanmış olmamasına, renk ve yapı değişikliği bulunmamasına özen gösterilmeli; bu nedenle yer seçiminde numune oluşturulması işinde deneyim sahibi kişilerden yararlanılmalıdır.

2.1.2.2. Depolardan (Stok Yığınının) Numune Alma

- Stok yığınının numune alma esnasında, yığının istenilen parçadan rastgele alınması gerekir. Fakat bunun yerine getirilmesi zordur.
- Stoklardan numune almada en çok karşılaşılan sorun tane ayrışmasıdır.
- Yaklaşık eşit büyüklüğe sahip parça numuneler, tüm stok yığını üzerinden farklı yükseklik veya derinliklerdeki yerlerden alınmalıdır.
- Büyük hacimli konik stok yığınlarından numune almada, yükleyici iş makinesi kullanılarak yığının yüzeydeki ayrılmış kısmı temizlenir. Daha sonra kürekle yığının rastgele seçilmiş yerlerinden numune alınmalıdır.
- Tanelerinin düzenli ayrışmasının görülmediği stoklarda, ince taneli agrega stok yığınla-





rından elle numune alınabilir.

- Genellikle tabanı dairesel konik şekilde olan stoklardan numune almada; stok yığının üst 1/3'lük kısmından bir birim parça numune, ortadaki 1/3'lük kısımdan bunun yedi katından daha fazla ve alt 1/3'lük kısmından da on dokuz katından daha fazla agrega numunesi alınarak deney numunesi elde edilir.
- Prizmatik ince taneli agrega stok yığınlarından numune almada; yığının üst 1/3'lük kısmından bir birim parça numune, ortadaki 1/3'lük kısımdan bunun üç katından daha fazla ve yığının alt 1/3'lük kısmından ise beş katından daha fazla agrega alınarak deney numunesi elde edilir.
- Parça numunenin alınmasında önce stok yığınının yüzeyi en büyük tane boyutunun iki katı derinliğe kadar temizlenir. Bu metot kum (ince agrega) için uygundur. Kum stoklarından numune, numune alma borusu yatay veya yukarı doğru eğik olarak daldırılarak alınır (Görsel 2.3).

2.1.2.3. Sabit Taşıyıcı Banttın Numune Alma

- Bütün parça numuneler, aynı noktalardan alınmalıdır.
- Her parça numune, taşıyıcı bandın toplam enine kesiti boyunca alınmalıdır.
- Bant üzerinde numune alma noktasında, numune alma çerçevesi (Görsel 2.6) ile parça numune alınmalıdır.
- Numune alma çerçevesine alternatif olarak kürek ve yassı metal parça ile numune alınabilir.
- Parça numune, bant üzerinde akan numune genişliğinin üç katı uzunluğundaki bölgeden seçilerek alınmalıdır.

2.1.2.4. Bant ve Oluklu Boşaltma Noktalarından Numune Alma

- Bant ve oluklu boşaltma yerlerinden numune almak için en uygun araç, mekanik numune alma cihazıdır. Kaza riskinin çok olması nedeniyle elle numune uygun değildir.
- Numune alma süresi eşit aralıklara bölünmeli, bu sürelerin tam ortasında iken parça numune alınmalıdır.
- Parça numune, numune alma kutusu eşit hızda hareket ettirilerek oluk kesitinin tamamından alınmalıdır.

2.1.2.5. Ambalajlanmış Agregalardan Numune Alma

- Agregada; çuval, fıçı veya diğer kaplar şeklinde ambalajlanmış ise rastgele seçilen ambalajlardan alınan numunelerden toplam numune oluşturulmalıdır.
- Rastgele seçilen ambalajın içerisindeki numune, tamamen parça numune olarak alınabilir.
- Numune alma borusu ile rastgele seçilmiş her kaptan parça numune alınabilir ya da kap içerisindeki agregadan numune bölme metotları kullanılarak azaltılan parça, numune olarak alınabilir.
- Numune alınacak kaplar veya ambalajlar her zaman rastgele seçilmelidir.
- Numune alma işlemi, ambalajları yükleme veya boşaltma esnasında yapılacak ise seçilen rastgele zamanlarda numune alınmalıdır.
- Yukarıda verilen numune alma uygulamalarının dışında; pnömatik (hava basınçlı) taşıyan agregalardan numune alma, kovalı yükleyici veya vinçlerdeki malzemeden numune alma, silolardan numune alma, vagon, tır ve gemilerden numune alma yöntemleri **TS EN 932-1**'de verilmiştir.





2.1.3. Deneylerde Kullanılacak Numune Miktarları

Her deneyin dört kez tekrarlanabileceği varsayılarak alınması gereken numune miktarı Tablo 2.1’de verilmiştir. Tabloda belirtilmeyen yapılması istenen deneyler için ise ilgili TS’de öngörülen miktarın en az dört katı numune alınmalıdır.

Tablo 2.1: Agrega Kaynağından Alınacak Numunenin Miktarı (Kg)

Deney Adı	En Büyük Tane Büyüklüğü (mm)								
	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5	63
Dane Büyüklüğü Dağılımı ve İncelik Modülü Tayini	2	2	2	2	8	8	16	20	40
Birim Ağırlık Tayini	20	20	20	20	20	20	20	100	100
Birim Hacim Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	6	8	12	20
Yüzeysel Nem Oranı Tayini	2	2	2	2	8	12	20	40	40
İnce Malzeme Tayini	4	4	4	4	4	8	20	20	20
Organik Kökenli Madde Tayini	2	2	2	2	2	-	-	-	-
Hafif Madde Oranı Tayini	1	1	1	1	1	12	12	20	20
Süngerimsi, Camsı Madde Tayini	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Toplam Laboratuvar Numunesi Miktarı	39	39	39	39	51	70	100	216	244



Toplam numune miktarı; yapılacak deneylerin sayısı, çeşidi, agrega tane boyutu ve agreganın yoğunluğu göz önüne alınarak belirlenmelidir.

2.1.4. Numunenin Hazırlanması

Deneylerde kullanılacak numunede aranan en önemli özellik, alındığı kaynağı tam olarak temsil etmesidir. Bir defada alınacak numune miktarı, uygulanacak deneylerin cinsi ve adedi ile agreganın en büyük tane büyüklüğüne bağlı olarak belirlenir (Bakınız: Tablo 2.1). Deneylerin tümü veya bazıları birlikte yapılacak ise deneyleri uygun sıra ile uygulayarak ve ince malzeme tayini, organik kökenli madde tayini, hafif madde oranı tayini, süngerimsi camsı madde tayini deneylerinin uygulanmasını sona bırakarak en çok numune gerektiren deneyin numunesi ile yetinilebilir.

Herhangi bir numune alma yöntemi ile alınan numunenin, deneylerde kullanılmak üzere azaltılması işleminde ülkemizde en yaygın iki yöntemden biri kullanılır. Bunlar çeyreklemeye yöntemi ve bölgeç aygıtı kullanarak azaltma yöntemidir.

Numunenin azaltılma işlemi öncesi agrega ince taneleri ayrışıp kaybolmayacak kadar nemlendirilir veya ıslaklık durumuna göre kurutulur. Bu işlemin yapılmasının amacı agreganın yüzeyi kuru, içi suya doymun durumuna yakın hâle getirilmesidir.

2.1.5. Deney Numunesi Azaltma Yöntemleri

2.1.5.1. Çeyreklemeye ile Azaltma Yöntemi

- Agrega numunesi kuru, temiz ve düz bir yüzeye boşaltılır.
- Alındığı kaynağı tam temsil etmesi ve homojen bir karışım olması için en az üç defa kürekle aktarma yapılarak karıştırılır (Görsel 2.8.a).





- Daha sonra konik olacak şekilde numune toplanır ve kürekle üzerinden hafif bastırılarak yüksekliği yaklaşık olarak çapının $\frac{1}{4}$ 'ü olacak şekilde daire şekline getirilir (Görsel 2.8.b ve Görsel 2.8.c).



Görsel 2.8: a) Çeyrekleme yöntemi



Görsel 2.8: b) Çeyrekleme yöntemi

- Numune kürek veya mala ile tam ortasından ikiye ayrılır, oluşan iki yarım parça da yine tam ortasından ikiye ayrılır (Görsel 2.8.d).



Görsel 2.8: c) Çeyrekleme Yöntemi



Görsel 2.8: d) Çeyrekleme Yöntemi

- Oluşturulan dört adet çeyrek numunenin çapraz olan iki tanesi alınır ve birleştirilir, diğer iki çapraz numune kaldırılır (Görsel 2.8.e).



Görsel 2.8: e) Çeyrekleme yöntemi



Görsel 2.8: f) Çeyrekleme yöntemi

- Deney için istenen deney numunesi miktarı elde edilinceye kadar bu şekilde azaltma işlemi tekrarlanır (Görsel 2.8.f).

2.1.5.2. Bölgeç Aygıtı Kullanarak Azaltma Yöntemi

- Bu yöntemde kullanılacak numune kuru olmalı ve topaklanmış kısımlar ufalanmış olmalıdır. Bölgeç aleti ağrega boyutuna uygun seçilmelidir.
- Numune bölgeç kaplarından birinin içine doldurulur (Görsel 2.9.a).



Görsel 2.9: a) Bölgeç aletiyle ayırma yöntemi

- Numune dikkatli bir biçimde bölgeç aletinin üstünden dökülür (Görsel 2.9.b).



Görsel 2.9: b) Bölgeç aletiyle ayırma yöntemi



Görsel 2.9: c) Bölgeç aletiyle ayırma yöntemi

- Numune altta duran iki toplama kabına eşit ve homojen olarak toplanmış olur (Görsel 2.9.c).
- Deney için istenen deney numunesi miktarı elde edilinceye kadar bu şekilde azaltma işlemi tekrarlanır.

2.1.6. Deney Numunesini Koruyucu Önlem Alarak Koruma

Agrega numuneleri alındıkları yerden gönderilecekleri yerlere ulaşmaya kadar geçen süre içerisinde ince tanelerin elenip yok olmasına imkân vermeyecek yapıya sahip, kolay yırtılmayacak ve delinmeyecek sağlam torbalar veya üstü sızdırmaz kapaklı kapların içine konulur. Taşıma ve depolama sırasında güçlükle karşılaşılması için torba veya kapların maksimum 50 kg olması tercih edilmelidir.



Laboratuvar numunelerinin uçucu madde veya neminin korunması gerektiğinde kaplar veya ambalajlar hava geçirmez (hermetik) olmalıdır.



2.1.7. Numune Tutanağının ve Deney Raporunun Hazırlanması

Numune çuvalları veya kapları anlaşılır ve kalıcı olarak işaretlenmelidir. Rapor, tutanak ve tanıtım kartında ifadeler anlaşılır dilde, okunaklı ve doğru bilgiler içerecek şekilde doldurulmalıdır. Bir sureti yetkililer tarafından imzalanan numune alma raporu (Tablo 2.3) numuneyle ilgili laboratuvara gönderilmelidir.

Tablo 2.2: Numune Tanımlama Kartı

Numune Tanımlama Kartı	
Numune No. :	.....
Numunenin Cinsi ve Alındığı Yer:	.....
Numunenin Ait Olduğu İş :	.....
Alındığı Tarih :	/...../.....
Numune Miktarı :	.....
Alan Yetkilinin Adı, Soyadı:	.....
İmzası :	.....

(Bu kısım numune ambalajının içine konulacak.)

Numune No.:	
Ait Olduğu İş:	
Miktarı:	

(Bu kısım numune ambalajının dışına eklenecek.)



Şantiye şefi veya yetkililer tarafından doldurulan tanımlama kartı (etiket) imzalanır; bir kopyası numune torbası içerisine konur ve torbanın ağzı mühürlenir (Tablo 2.2).





Tablo 2.3: Numune Alma Raporu Örneği

Laboratuvar Numunesine Ait Tanıtıcı İşaretler:.....			Ambalaj Sayısı:		Standart No.:TS EN 932-1		
Numune Tanımı	Ocak ve Üretim Tesisinin Adı:						
	Agreganın Tipi ve Cinsi:		Kaya		Çakıl	Kum	
	En Büyük Tane Boyutu:		Kullanım Amacı:		.....		
	Parti Cinsi: Stok Yığını(.....), Silo(.....), Vagon(.....), Bant (.....), Diğer(.....)						
	Numune Alma Noktalarının Yeri:						
	Açıklamalar:.....						
Numune Detayı	Alındığı Tarih ve Saat:/...../.....		Numune Alma Planı:				
	Numune Alma Metodu:.....		Numune Alınırkenki Hava Durumu:.....				
	Numune Alımında Kullanılan Aletler:						
	Parça Numune Kütlesi:		Parça Numune Sayısı :				
	Numune Azaltma Metodu:		Numunelerin Sevkiyat Şekli:				
	Numune Alıcının Adı:		Alıcı Firmanın Adı :				
Sözleşme Detayı	Sözleşmenin İçeriği ve Tanımı:						
	Sözleşme Yapılan Firmanın Adı ve Adresi:						
	Numuneyi Alan Personelin Adı Soyadı		Görevi	İmzası	Raporu Hazırlayanın Adı Soyadı	Görevi	İmzası



2.2. AGREGA DANE BÜYÜKLÜĞÜ DENEYİ (TS EN 933-1, TS 3530)

Beton üretiminde kullanılacak agreganın tane boyutu olarak uygun olup olmadığının tespit edilmesi için taneler arasındaki boşlukların en az seviyede olması istenir. Deney sonucu hesapla bulunan granülometri eğrisi, standardında gösterilen sınır değer eğrileri ile ideal eğrinin bulunduğu bölgede bulunursa agregada boyut bakımından ideal yapıya sahiptir. Sınır, değerlerin dışında olduğunda taşıyıcı beton elemanlarında kullanılamaz.

Granülometri: Agregada yığını içindeki tanelerin büyüklüklerine göre dağılımına **gradasyon** veya **granülometri** denir.

Granülometri Eğrisi: Apsis eksenine elek çapları, ordinat eksenine de elekten geçen malzemelerin %'leri çizilerek elde edilen; bir agregada yığınındaki tanelerin boyutlarının yüzdelik dağılımını gösteren grafiğe **granülometri eğrisi** adı verilir.

Kesikli Granülometri Eğrisi: Bazı orta büyüklükteki taneleri içermeyen eğridir.

Sürekli Granülometri Eğrisi: En büyük agregada tane büyüklüğünden başlayarak belirli bir büyüklüğe kadar bütün agregada tanelerini içeren eğridir.

Deney Kısmı: Tek bir deneyde kullanılan numunenin tamamıdır.

Sabit Kütle: En az bir saatlik hava dolaşımli etüvde 110 ± 5 °C sıcaklıkta kurutma aralıkları birbirini takip eden iki tartım arasındaki farkın kütlece %0,12'den büyük olmaması durumudur.

2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereçler ortam sıcaklığında (20 ± 2 °C) olmalıdır (Görsel 2.10).



Görsel 2.10: Deney araç gereç ve ekipmanları

Deney Elekleri (1): TS EN 933-2'de belirtilen göz açıklıklarına sahip olmalıdır. Kullanılan kare delikli eleklerin göz açıklıkları 0,25 mm, 0,50 mm, 1 mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm, 16 mm - 31,5 mm, 63 mm, 90 mm ve 125 mm'den oluşur (Görsel 2.10).

Tava ve Kapak (2): Elekler ile uyumlu olmalı, eleklerle sıkı takılabilmelidir (Görsel 2.10).

Terazi (3): Deney numunesini %0,1 duyarlılıkta tartabilen ve dijital olmalıdır (Görsel 2.10).

Fırça ve Tel Fırça (4): (Görsel 2.10)

Tepsiler veya Kaplar (5): (Görsel 2.10)

Yıkama Ekipmanları (6): 0,063 mm göz açıklıklı elek üzerine 1 veya 2 mm göz açıklıklı koruma eleğinden oluşur (Görsel 2.10).



Görsel 2.11: Hava dolaşimli etüv



Görsel 2.12: Elek sarsma makinesi

Hava Dolaşimli Etüv: Agregatane büyüklüğünde değişikliğe sebep olmadan agreganın kurutulmasını sağlayan termostat kontrollü, 110 ± 5 °C sıcaklığa ayarlanabilir olmalıdır (Görsel 2.11).

Elek Sarsma Makinesi: Dairesel ve düşey hareket uygulamalı, zaman ayarlı olmalıdır (Görsel 2.12).

2.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

Normal agregalar için deney numune kütlesi Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4: Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

Agrega Tane Büyüklüğü Dmax (mm)	Deney Kısımının Kütlesi En Az (kg)
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
≤ 4	0,2

2.2.3. Deney Numunesinin Hazırlanması

- Tablo 2.4'te maksimum tane büyüklüğüne göre alınan numune, ilk olarak etüvde 110 ± 5 °C sıcaklıkta sabit kütleye gelene kadar kurutulur, soğutulur ve tartılarak kütlesi kaydedilir (M_1).
- Deneyde kullanılacak numune, bir kap veya tepsiye yerleştirilir; kabın içersine yayılır.
- Üzeri tamamen örtülünceye kadar su ilave edilir.
- Numune içersindeki topaklanmaların ayrılması için 24 saat su içinde bekletilir. Dağıtıcı bir reaktif kullanılabilir [$(\text{NaPO}_3)_6$ sodyum heksametafosfat].
- Numune şiddetli bir şekilde çalkalanarak ince tanelerin tamamen ayrılması ve süspansiyonu sağlanır.
- Bu deney için 0,063 mm'lik eleğin her iki tarafı ıslatılır ve üzerine 1 veya 2 mm koruma eleği takılır.
- Numune yavaş bir şekilde koruma eleğinin üzerine boşaltılır; 0,063 mm elek altından akan su ile berraklaşana kadar yıkanır.



- Koruma eleği ve 0,063 mm'lik elek üzerinde kalan numune bir tavaya alınır. Etüvde 16-24 saat sabit kütleye gelinceye kadar kurutulur, sonra soğutulur ve tartılarak kütlesi kaydedilir (M_2).

2.2.4. Deneyin Yapılışı

2.2.4.1. El ile Eleme Yöntemi

- El ile eleme yapılacak ise elek takımının en üstündeki elek alınır. Altına toplama kabı takılır.
- Deney numunesinden, eleğe alabileceği kadar konulur. Eleğin üstü kapak ile kapatılır.
- Hafifçe eğimli olacak şekilde ve bir kenarı avuç içine gelecek şekilde tutulur.
- Eleğe dakikada yaklaşık 150 kez vurulur. Her vuruştan sonra elek yaklaşık 60° döndürülmelidir.
- Kap içinde biriken ve elek üstünde kalan agregalar ayrı tavalara boşaltılır.
- Elek almadığı için bir kerede elenemeyen agreganın arta kalan kısmı, yukarıda açıklanan işlemler gerekli sayıda tekrarlanarak elenir.
- Son tekrarlamada elek üstünde kalan agreganın 150 vuruşluk bir süreç sonunda ağırlığındaki azalma %1'den az olduğunda eleme işleme sona ermiş sayılır.
- Her defasında eleğin üstünde kalan agregaların biriktirildiği tavalar içindeki agregaya tartılır.
- Eleme ve tartma işlemleri, izleyen eleklerde tekrarlanır ve çizelgeye kaydedilir (Tablo 2.4).

2.2.4.2. Sarsma Makinesi ile Eleme Yöntemi

- Elek takımı sarsma makinesine yerleştirilir ve en üstteki eleğin içine agregaya boşaltılır.
- Üstteki elek kapak ile kapatılır ve elek sarsma makinesi çalıştırılır.
- Deney numunesinin tamamı elendikten sonra, her eleğin üzerinde kalan agregaya ayrı bir tavaya alınır.
- Elek takımını oluşturan eleklerden birinin, elenen agregayı alacak kadar büyük seçilmiş olması nedeni ile dolduğu saptanırsa sarsmaya ara verilmeli; dolan elekteki ve bu eleğin dolmuş olmasından etkilenmiş olan daha üstteki eleklerdeki agregaya farklı tavalara alınmalıdır.
- Dolmuş ve etkilenmiş eleklerden tavalara ayrılmış olan agregaya da elenir. Elekte kalan agregaya, tane büyüklüğünün ait olduğu tavadaki elenmiş agregaya katılır.
- Sarsma makinesi ile yapılan eleme işleminde 5 veya 10 dakikalık sarsmadan sonra her eleğin üzerinde kalan agreganın ağırlık azalmalarının %1'den az olup olmadığı kontrolü yapılır ve bu sağlanıncaya kadar elemeye devam edilir.
- Eleme işlemi tamamlanınca her elek üzerinde kalan agregaya fırça ile fırçalanarak ait olduğu tavada toplanır ve her tavadaki agregaya ayrı ayrı tartılarak kütlesi çizelgeye kaydedilir (Tablo 2.5).
- En altta tavada kalan numune varsa tartılır ve çizelgeye kaydedilir (Tablo 2.5).



Eleme sonrası elekler üzerinde kalan ve tavada kalanın kütlesinin toplamı ile yıkama sonrası numunenin etüv kuru (M_2) kütlesi arasındaki fark %1'in üzerinde olursa deney tekrar edilmelidir.





2.2.4.3. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi

Agreganın Yığılımlı (Kümülatif) Ağırlık Yüzdesinin Hesaplanması

Herhangi bir elek açıklığına ait yığılımlı ağırlık yüzdesi: İstenen elektteki yığılımlı ağırlığın, toplam numune ağırlığına oranı aşağıdaki formülle tam sayıya yuvarlatılarak yüzde olarak hesaplanır.

$$M_k = (W_k / \Sigma W_k) \cdot 100$$

M_k : Herhangi bir tane büyüklüğü için karışık agreganın yığılımlı ağırlık yüzdesi (%)

W_k : Herhangi bir tane büyüklüğü için karışık agreganın etüv kurusu yığılımlı ağırlığı (g)

ΣW_k : Etüv kurusu deney numunesinin ağırlığı (toplama kabının yığılımlı ağırlığı) (g)

İncelik Modülünün Hesaplanması

Karışık agreganın 0,25 mm, 0,50 mm, 1 mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm, 16 mm, 31,5 mm ve 63 mm tane büyüklükleri için hesaplanmış olan dokuz adet yığılımlı ağırlık yüzdesinin toplamının yüze bölünmesi ile bulunur (Tavada toplanan numune ağırlığı yığılımlı ağırlığa katılmayacaktır.).

$$İ_k = \Sigma W_k / 100$$



İncelik modülü agreganın incelik veya kalınlığını izah eden uluslararası bir deyimdir. Agreganın küçük veya büyük boyutlu taneciklerinin fazlalığı hakkında fikir verir. İncelik modülünde çıkan değer büyük ise elekler üzerinde kalan numune çoktur yani malzeme iridir. Değer küçük ise malzemenin çoğu eleklerden geçmiş yani malzeme incedir. Örneğin, **TS 802**'ye göre D_{max} 32 mm olan agrega için incelik modülü 3,30 ile 5,48 arasında olmalıdır.

0,063 mm Göz Açıklıklı Elekten Geçen Yıkanan İnce Tanelerin Yüzdesinin Hesaplanması

İlk etüv kurusu agrega numune kütlesinden, 0,063 mm'den yıkamayla elenen ve kurutulan numunenin çıkartılması ve ayrıca tavada kalan numunenin de ilave edilerek ilk etüv kurusu numune kütlesine bölünmesiyle elde edilen değer yüzdesi; yıkama ile atılan ince tanelerin yüzdesidir.

$$f = [(M_1 - M_2) + P / M_1] \cdot 100$$

f : Yıkama ile atılan ince tanelerin yüzdesi (%)

M₁ : Deney kısmının etüv kurusu kütlesi (g)

M₂ : 0,063 mm göz açıklıklı elek üzerinde kalan malzemenin etüv kurusu kütlesi (g)

P : Tavadaki malzemenin kütlesi

Deney Sonuçlarının İşlenmesi

Dane büyüklüğü deneylerinden sonra granülometri eğrisinde D_{max} belirlenir ve o karışımın D_{max}'a göre mukayese edileceği TS referans sınır eğrilerine bakılır. En büyük tane çapına göre referans grafik eğrileri 8 mm, 16 mm, 31,5 mm ve 63 mm şeklinde belirlenmiştir.

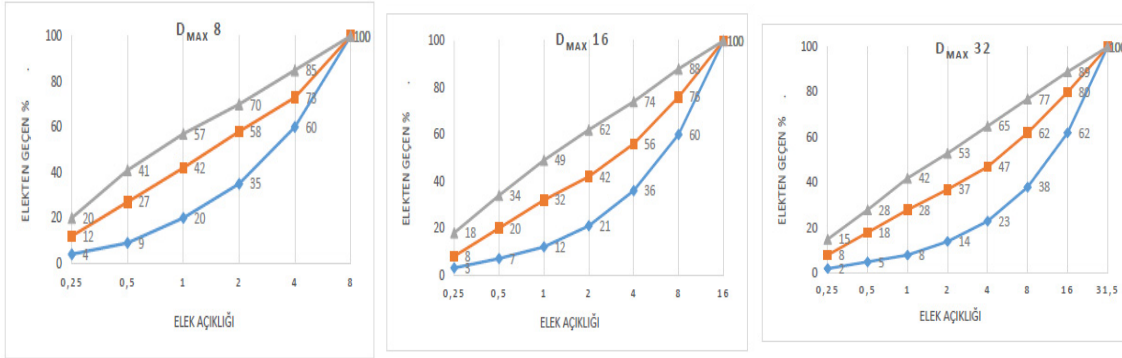




Eğriler aşağıdan yukarıya doğru A, B, C harfleri ile gösterilmektedir. A-B eğrileri arasında granülometri değerleri çok iyi (ideal), B-C eğrileri arasında granülometri değerleri kullanılabilir olarak tanımlanmaktadır. Deney sonucunda çizilen eğride A ve C bölgesi dışındaki kısım için tedbir alınmalıdır. Yani o elek göz açıklığı ile ilgili malzemede, eksiltme veya artırma yapılmalıdır. A-C eğrileri dışında kalan agrega, beton üretiminde kullanılmamalıdır (Görsel 2.13).

Çizilen eğrinin sınır eğrilerine paralel gitmesi betonun en az boşluklu elde edilmesi için gereklidir.

A-B eğrileri arasındaki bölgenin en iyi bölge olmasının sebebi doluluk oranının yüksek olmasıdır.



Görsel 2.13: Örnek referans granülometri eğrileri ($D_{max} 32$, $D_{max} 16$ ve $D_{max} 8$)

Tablo 2.5: Deney Sonuçlarının İşlendiği ve Hesaplamaların Yapıldığı Çizelge

Elek Göz Açıklığı (mm)	Elek Üzerinde Kalan Miktar(g) (A)	Kümülatif Kalan (g) (B)	Elek Üzerinde Kalan (%) (C)	Kümülatif Kalan (%) (D)	Kümülatif Geçen (%) (E)
31,5					
16					
8					
4					
2					
1					
0,50					
0,25					
Geçen (Tava)					
Toplam Numune (M2)					

Tablo 2.5'in Doldurulması:

A Sütununun Doldurulması: Bu sütuna her elek üzerinde kalan miktarlar gram olarak yazılır. Örneğin, 8 mm üzerinde kalan miktar 8 mm'nin yanındaki boşluğa yazılır.



B Sütunun Doldurulması: Bu sütuna kümülatif (yığılımlı) olarak elekler üzerinde kalanlar, en üst elekten aşağıya doğru toplanarak yazılır. Örneğin, 16 mm göz açıklıklı eleğin kümülatif değeri:

$$\text{Kümülatif kalan (16 mm) için} = B (31,5 \text{ mm}) + A (16 \text{ mm})$$

C Sütunun Doldurulması: Bu sütuna elek üzerinde kalan miktarın, toplam agrega kütleline göre yüzdesinin hesaplanması yazılır. Örneğin, 31,5 mm göz açıklıklı elek üzerindeki numunenin yüzdesi:

$$\text{Elek üzerinde kalan \% (31,5 mm)} = (A (31,5 \text{ mm}) / M_2) \cdot 100$$

D Sütunun Doldurulması: Bu sütuna yukarıdan aşağı elekler üzerinde kalan yüzdelere, kümülatif olarak toplanarak yazılır. Örneğin, 16 mm göz açıklıklı eleğin kümülatif yüzdesi:

$$\text{Kümülatif kalan \% (16 mm) için} = D (31,5 \text{ mm}) + C (16 \text{ mm})$$

E Sütunun Doldurulması: Bu sütuna %100'den istenen eleğin kümülatif kalan yüzdesi çıkarılınca, o elek altına geçen yüzde değeri bulunur. Örneğin, 31,5 mm göz açıklıklı eleğin altına geçen malzeme yüzdesi:

$$\text{Kümülatif geçen \% (31,5 mm) için} = 100 - D (31,5 \text{ mm})$$





2.2.5. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 2.6: Deney Raporu

Numunenin Tanımlanması:			Standart No.:	
Laboratuvar Adı:				
Numune Kabul Tarihi :...../...../.....	Numune Alma Metodu:	Numune Azaltma İşlemi:		
				
Numunenin Adı:	Numunenin Alındığı Yer	Malzemenin Tanımlanması:		
.....				
Analiz Metodu:	Yaş Eleme Metodu	Kuru Eleme Metodu		
Her Elekten Geçen Deney Kısımının Kütlesinin Kümülatif Yüzdesi:				
Numune Alma Belgesi:				
Deney Kısımının Kütlesi (g):		Deney Tarihi:	/...../.....	

Sonuçların Grafikte Gösterilmesi

GEÇEN %	100								
	95								
	90								
	85								
	80								
	75								
	70								
	65								
	60								
	55								
	50								
	45								
	40								
	35								
	30								
	25								
	20								
	15								
	10								
	5								
	0								
		0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
		ELEK GÖZ AÇIKLIĞI							





DENEY UYGULAMASI - 1

<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21670>



Temin edebildiğiniz en az iki çeşit agrega numunesi ile tane büyüklüğü deneyini yapınız. Sonuçlarınızın örnek referans granülometri eğrisine göre beton için uygun olup olmadığını karşılaştırınız.

Deney Adı : Agregada Tane Büyüklüğü Deneyi (Elek Analizi Deneyi)

Deney Süresi : 30 dakika numune hazırlama, 24 saat suda bekletme, 30 dakika uygulama, 16 saat etüvde kurutma, 1 saat uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Eldiven, gözlük ve iş önlüğünüzü giyiniz.	
 Deney araç gereçlerinin hazırlanması	- Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. - Numune miktarını Tablo 2.4'e göre hazırlayınız. - Agrega deney numunesini etüvde 110 ± 5 °C sıcaklıkta sabit kütleye gelene kadar kurutunuz. - Etüvden çıkartılan numuneyi soğutunuz. - Terazide tartarak kütlesini M1 olarak kaydediniz.	
 Numunenin etüvde sabit kütleye gelene kadar kurutulması	- Numuneyi tepsiye yayın ve 24 saat oda sıcaklığındaki suda bekletin. - Dağıtıcı bir reaktif olarak (NaPO_3)₆ sodyum heksametafosfat kullanabilirsiniz. 0,063 mm göz açıklı eleğin her iki tarafını ıslatınız ve üzerine 1 veya 2 mm göz açıklı koruma eleği takınız.	
 Islak numunenin etüvde sabit kütleye gelene kadar kurutulması	- Koruma eleği ve 0,063 mm elek üzerindeki numuneleri bir tepsiye koyunuz ve etüvde 110 ± 5 °C sıcaklıkta sabit kütleye gelene kadar kurutunuz, soğutunuz, tartınız ve M2 olarak kaydediniz.	
 Numunenin eleğe konulması	- Elekleri büyük göz açıklığından küçüğe doğru sıralayınız ve en alta tava koyunuz. - Agrega numunesini en üstteki eleğin içine boşaltınız.	





 Numunenin sarma makinesinde elenmesi	Üstteki eleği kapakla kapatınız ve sarma makinesine yerleştirerek makineyi çalıştırınız.	
 Elekler üzerindeki numunenin ayrı ayrı kaplara konulması	Numunenin tamamı elendikten sonra her elek üzerinde kalan ve tavada kalan numuneleri ayrı ayrı kaplara koyunuz. (Her kabın darasını almayı unutmayınız.)	
 Elekler üzerindeki numunenin ayrı ayrı tartılması	- Her kaptaki elenmiş agregayı ayrı ayrı tartınız, kütlelerini çizelgeye kaydediniz. - Çizelge üzerindeki gerekli hesaplamaları yapınız ve kümülatif geçen agrega yüzdesini bulunuz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	- Deney sonucu ile ilgili çizelge, grafik ve raporu grubunuzla düzenleyiniz. - Agrega karışımından alınan numunenin beton için uygun granülometriye sahip olup olmadığını yorumlayınız. - Hazırlanan rapor, çizelge ve grafikleri belirtilen süre içerisinde ders öğretmene teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

2.3. AGREGADA BİRİM AĞIRLIK DENEYİ (TS EN 1097-3)

Beton karışım hesabında agreganın birim hacimdeki ağırlığının bilinmesi esastır. Kullanılacak olan agreganın miktarı, boşlukları ve sıkıştırılma özelliğinin belirlenmesi gerekir. Betonun kompozit bir yapıya sahip olması dayanımını olumlu etkilemektedir. Birim ağırlık deneyinin amacı, agreganın gevşek ve sıkışık olarak kaplayacağı hacmin belirlenmesini saptamaktır. Ayrıca agreganın kompasitesi (doluluk oranı) ve işlenme esası bu deneyle bulunur.

2.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereçler ortam sıcaklığında (20 ± 2 °C) olmalıdır.

Birim Ağırlık Ölçü Kapları: Alt ve üst yüzleri düz ve silindirik eksenine dik, agreganın maksimum tane boyutuna göre iç boyutları Tablo 2.7'de verilen değerlere uygun, biçimi bozulmayacak, dayanıklı metalden yapılmış iki kulpu bulunan silindirik biçimli kaplardır (Görsel 2.14).



2. Öğrenme Birimi

Terazi: 20 kg çekerli ve 1 g hassasiyetli olmalıdır (Görsel 2.14).

Şişleme Çubuğu: Çelikten yapılmış; çapı 16 mm, boyu 600 mm olan; ucu yarım küre biçiminde pürüzsüz ve düz bir çubuk (Görsel 2.14).

Sıyırma Cetveli: Çelikten yapılmış kabın çapından en az 50 mm daha uzun ve sıyırma işleminde deforme olmayacak yapıda olmalıdır (Görsel 2.14).



Görsel 2.14: Birim ağırlık deney araç ve ekipmanları

1. Birim ağırlık ölçü kapları 2. Terazi 3. Şişleme çubuğu 4. Bakkal küreği 5. Sıyırma cetveli 6. Tepsi veya tava (Görsel 2.14) ve hava dolaşimli etüv

Tablo 2.7: Birim Ağırlık Ölçü Kapları Boyutları

En Büyük Tane Büyüklüğü (mm)	Kap İç Çapı (mm)	Kap Yüksekliği (mm)	Kap Et Kalınlığı (mm)	Yaklaşık Hacim dm ³
16	155	155	3,5	3
32	250	280	3,5	14
125	350	290	3,5	28



Ölçü kaplarının hacmi çizelgeden alınmamalıdır. Kap önce boş olarak tartılır, sonra içi (20±2 °C) su ile doldurulur. Üzerine cam plaka konularak altında hava kabarcıkları kalmamasına dikkat edilir. İçi suyla dolu kap tartılır. Su dolu birim ağırlık kap kütlelerinden, boş kap kütleleri çıkartılarak suyun birim ağırlığına bölünmesi ile kap hacmi bulunur.

2.3.2. Deney için Gerekli Numune Miktarları

Deneyde kullanılacak numune miktarı en büyük tane büyüklüğüne bağlı olarak değişir. Gerekli deney numune miktarı Tablo 2.8’de verilmiştir.

Tablo 2.8: Birim Ağırlık Deneyi İçin Gerekli Numune Miktarı

En Büyük Tane Büyüklüğü (mm)	0,25	0,50	1	2	4	8	16	31,5	63	90	125
Deney Numune Miktarı (kg)	5	5	5	5	5	5	5	25	25	50	50





2.3.3. Deney Numunesinin Hazırlanması

Tablo 2.8'deki maksimum tane büyüklüğüne göre alınan numune, ilk olarak etüvde 110 ± 5 °C sıcaklıkta sabit kütleye gelene kadar kurutulur, soğutulur ve her üç deney numunesinin kütlesi, numune kabını doldurmak için gerekli kütlenin %120 ile %150'si kadar olmalıdır.

2.3.4. Deneyin Yapılışı

2.3.4.1. Gevşek Birim Ağırlık Deneyi

- Deney ölçü kabı, agregada tane çapına göre Tablo 2.7'ye göre seçilir.
- Birim ağırlık ölçü kabının boş ağırlığı tartılır, M_1 olarak kaydedilir.
- Ölçü kabının hacmi daha önceden açıklandığı şekilde bulunur, V olarak kaydedilir.
- Hazırlanan agregada numunesi, kürekle ölçü kabının üzerinden taşana kadar doldurulur.
- Doldurma işleminde agreganın sıkışmaması ve ayrışmaması için kürek yüksekliğinin 50 mm'den daha fazla olmamasına dikkat edilmelidir.
- Ölçü kabının üzerindeki fazla agregada, sıyırma cetveli ile sıyrılır ve sıkıştırmadan düzeltilir.
- Agregada dolu ölçü kabı tartılır, kütlesi M_2 olarak kaydedilir.
- Gevşek birim ağırlık " $B_g = (M_2 - M_1) / V$ " formülü ile hesaplanır.
- Gevşek birim ağırlık deneyi en az üç yeni agregada numunesi ile yapılır ve sonuçların aritmetik ortalaması alınır.

2.3.4.2. Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi (Tane Çapı 31,5 mm ve Daha Küçük Agregalar İçin)

- Deney ölçü kabı agregada tane çapına göre Tablo 2.7'ye göre seçilir.
- Birim ağırlık ölçü kabının boş ağırlığı tartılır, M_1 olarak kaydedilir.
- Ölçü kabının hacmi daha önceden açıklandığı şekilde bulunur, V olarak kaydedilir.
- Hazırlanan agregada numunesi kürekle ölçü kabının 1/3 yüksekliğine kadar doldurulur ve şişleme çubuğu ile 25 kez şişlenir. Şişleme işlemi, kabın tamamına yayılacak şekilde dik ve tabana değmeyecek biçimde yapılır.
- Numune, kürekle kabın 2/3'üne kadar doldurulur, şişleme çubuğu ile 25 defa yüzeye eşit bir biçimde, dik ve bir önceki tabakaya geçecek şekilde şişlenir.
- Numune taşacak şekilde kaba doldurulur ve tekrar yüzeye eşit biçimde, dik, bir önceki tabakaya geçecek şekilde 25 defa şişleme yapılır. Yüzeyi sıyırma cetveli ile sıyrılır ve düzeltilir.
- Sıkışık agregada dolu ölçü kabı tartılır, kütlesi M_2 olarak kaydedilir.
- Sıkışık birim ağırlık " $B_s = (M_2 - M_1) / V$ " formülü ile hesaplanır.
- Sıkışık birim ağırlık deneyi en az üç yeni agregada numunesi ile yapılır ve sonuçların aritmetik ortalaması alınır.

2.3.4.3. Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi (Tane Çapı 31,5 mm'den Daha Büyük Agregalar İçin)

- Deney ölçü kabı agregada tane çapına göre Tablo 2.7'ye göre seçilir.
- Birim ağırlık ölçü kabının boş ağırlığı tartılır, M_1 olarak kaydedilir. Bulunan hacim V olarak kaydedilir.
- Ölçü kabı sert bir zemine konulur, hazırlanan agregada numunesi kürekle ölçü kabının 1/3 yüksekliğine kadar doldurulur.
- Ölçü kabının bir kulp tarafı yere değerken diğer kulp tarafı 50 mm yukarı kaldırılarak serbest bir şekilde 25 defa düşürülür. Diğer kulp tarafı için de aynı işlem tekrarlanır.
- Agregada numunesi tekrar kürekle ölçü kabının 2/3 yüksekliğine kadar doldurulur.
- Ölçü kabının her iki kulp tarafı için de 50 mm yukarı kaldırılarak serbest bir şekilde 25 defa düşürme işlemleri yapılır.
- Ölçü kabının tamamı doldurulur ve her iki kulp tarafı için de 50 mm yukarı kaldırılarak serbest bir şekilde 25 defa düşürme işlemi yapılır ve yüzeyi sıyırma cetveli ile düzeltilir.





- Sıkışmış haldeki agregada dolu ölçü kabı tartılır, kütlesi M_2 olarak kaydedilir.
- Sıkışık birim ağırlık " $B_s = (M_2 - M_1) / V$ " formülü ile hesaplanır (31,5 mm büyük agregalar için).
- Sıkışık birim ağırlık deneyi en az üç yeni agregada numunesi ile yapılır ve sonuçların aritmetik ortalaması alınır.

2.3.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması

Gevşek birim ağırlık deneyi sonuçlarının hesaplanması:

$$B_g = (M_2 - M_1) / V$$

B_g : Gevşek birim ağırlık

M₁ : Ölçü kabının boş ağırlığı (g)

M₂ : Ölçü kabı + gevşek agregada ağırlığı (g)

V : Ölçü kabının iç hacmi (dm³)

Her üç deney numunesinin gevşek birim ağırlığının aritmetik ortalamasının hesaplanması:

$$B_{g_{or}} = (B_{g_1} + B_{g_2} + B_{g_3}) / 3$$

Sıkışık birim ağırlık deneyi sonuçlarının hesaplanması:

$$B_s = (M_2 - M_1) / V$$

B_s : Sıkışık birim ağırlık

M₁ : Ölçü kabının boş ağırlığı (g)

M₂ : Ölçü kabı + sıkışık agregada ağırlığı (g)

V : Ölçü kabının iç hacmi (dm³)

Her üç deney numunesinin sıkışık birim ağırlığının aritmetik ortalamasının hesaplanması:

$$B_{s_{or}} = (B_{s_1} + B_{s_2} + B_{s_3}) / 3$$





2.3.6. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 2.9: Deney Raporu

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar:				
Numunenin Ait Olduğu İş:				
Deneyin Adı:				
Numunenin Tanıtılması ve Tane Büyüklüğü:				
Rapor Tarihi ve Numarası:		Deneyde Uygulanan Standart No.		
DENEYİ YAPANLAR				
S. No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza	
1				
2				
3				
RAPORU HAZIRLAYAN VE ONAYLAYAN YETKİLİLER				
S. No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza	
1				
2				
3				
DENEY SONUÇLARI				
Deney Yöntemi	1. Deney	2. Deney	3. Deney	Ortalama Değer
Gevşek Birim Ağırlık Deneyi				
Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi $\leq 31,5$ mm				
Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi $>31,5$ mm				
Deney sonuçlarını değiştirebilecek etkenler:				
.....				
.....				
.....				
Sakıncalı etkileri önlemek için alınmış önlemler:				
.....				
.....				
.....				
Uygulanan deney metodunda belirtilmeyen, uygulamada yapılmış işlemler:				
.....				
.....				
.....				





DENEY UYGULAMASI - 2

Temin edebildiğiniz farklı ocaklardan iki çeşit, tane büyüklüğüne sahip agregata numunesi ile gevşek birim ağırlık ve sıkışık birim ağırlık deneylerini yapınız. Deney raporlarınızı bir hafta içinde ders öğretmeninize teslim ediniz.

Deney Adı : Agregada Birim Ağırlık Deneyi

Deney Süresi: 30 dakika numune hazırlama, 24 saat suda bekletme, 30 dakika uygulama, 16 saat etüvde kurutma, 1 saat uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Eldiven, koruyucu gözlük ve iş önlüğünüzü giyiniz.	
 Deney araç gereçlerinin hazırlanması	- Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. - Birim ağırlık ölçü kabını Tablo 2.7'ye göre seçiniz. - Numune miktarını Tablo 2.8'e göre hazırlayınız.	
 Numunenin etüvde sabit kütleye gelene kadar kurutulması	- Agrega deney numunesini etüvde 110 ± 5 °C sıcaklıkta sabit kütleye gelene kadar kurutunuz. - Etüvden çıkartılan numuneyi soğutunuz. - Üç eşit numuneye ayırınız.	
 Birim ağırlık ölçü kabının hacminin bulunması	- Seçilmiş olan birim ağırlık ölçü kabını ve cam plakayı birlikte tartınız. - Oda sıcaklığında olan, ölçü kabını doldurabilecek kadar su hazırlayınız.	





 Birim ağırlık ölçü kabının hacminin bulunması	- Kabı su ile doldurunuz, üzerine cam plaka koyarak altında hava kabarcıkları kalmamasına dikkat ediniz. (Ölçü kabının etrafı kurulanmalıdır.) - Dolu olarak kabı tartınız. - Dolu birim ağırlık kap kütlesinden, boş kap kütlesini çıkartarak suyun birim ağırlığına bölünmesi ile kap hacmini bulunuz.	
 Ölçü kabının boş kütlesinin bulunması	- Gevşek birim ağırlık deneyini yapınız. - Birim ağırlık ölçü kabının boş ağırlığını tartınız, sonucu M1 olarak kaydediniz.	
 Ölçü kabının doldurulması	- Ölçü kabını taşıyacak şekilde tamamen doldurunuz. - Doldurma işleminde agreganın sıkışmaması ve ayrışmaması için kürek yüksekliğinin 50 mm'den fazla olmamasına dikkat ediniz. - Ölçü kabının üzerindeki fazla agregayı sıyırma cetveli ile sıyırınız ve sıkıştırmadan düzeltiniz.	
 Agrega dolu ölçü kabının tartılması	- Agrega dolu ölçü kabını tartınız, kütlesini M2 olarak kaydediniz. - Gevşek birim ağırlığı "$B_g = (M_2 - M_1) / V$" formülünü kullanarak hesaplayınız. - Gevşek birim ağırlık deneyini en az üç yeni agregası numunesi ile yapınız.	
 Ölçü kabının boş kütlesinin bulunması	- SIKIŞIK BİRİM AĞIRLIK DENEYİNİ YAPINIZ - Birim ağırlık ölçü kabının boş ağırlığını tartınız, M1 olarak kaydediniz. - Ölçü kabının hacmini daha önce açıklandığı şekilde bulunuz, V olarak kaydediniz.	
 Şişleme çubuğu ile 25 kez şişlenmesi	- Hazırlanmış agregası numunesini kürekle ölçü kabının 1/3 yüksekliğine kadar doldurunuz. - Şişleme çubuğu ile 25 kez şişleyiniz. - Şişleme işlemini kabın tamamına yayılacak şekilde, dik ve tabana değmeyecek biçimde yapınız.	





2. Öğrenme Birimi

 Şişleme çubuğu ile 25 kez şişlenmesi	• Numuneyi kürekle kabın 2/3'üne kadar doldurunuz. • Şişleme çubuğu ile 25 defa yüzeye eşit bir biçimde dik ve bir önceki tabakaya geçecek şekilde şişleyiniz.	
 Şişleme çubuğu ile 25 kez şişlenmesi	• Numuneyi kaba taşacak şekilde doldurunuz. • Tekrar yüzeye eşit biçimde, dik, bir önceki tabakaya geçecek şekilde 25 defa şişleme yapınız. • Yüzeyi sıyırma cetveli ile sıyırınız ve düzeltiniz.	
 Agrega dolu ölçü kabının tartılması	• Sıkışık agregada dolu ölçü kabını tartınız, kütlesini M2 olarak kaydediniz. • Sıkışık birim ağırlığını "$B_s = (M_2 - M_1) / V$" formülünü kullanarak hesaplayınız. • Sıkışık birim ağırlık deneyini en az üç yeni agregada numunesi ile yapınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney sonucunun belirlenmesi ve deney raporunun doldurulması	• Deney sonucu ile hesaplamaları yapınız ve grubunuzla deney raporunu düzenleyiniz. • Raporunuzda; agregada karışımından alınan numunenin beton dizaynı için gerekli gevşek ve sıkışık birim ağırlıklarını tespit ediniz ve beton birim ağırlığına etkisini yorumlayınız. • Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içerisinde ders öğretmene teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME - 2

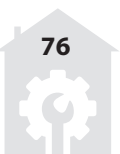
Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

- Laboratuvar deneyleri için toplam numuneden azaltılarak elde edilen numune aşağıdakilerden hangisidir?**
 - Parça numune
 - Parti
 - Temsili numune
 - Laboratuvar numunesi
 - Kısmi numune
- İnce agrega stok yığınınından numune alınmasında, yığın yüzeyi en büyük tane boyutunun en az kaç katı derinliğine kadar temizlenerek alınmalıdır?**
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
- Çeyreklemeye metodunda numunenin alındığı kaynağı tam temsil etmesi ve homojen bir karışım olması için ilk ne yapılmalıdır?**
 - Öncelikle numune yayılarak serilir.
 - Numune 1 metre yüksekten serperek boşaltılır.
 - Numune en az üç defa kürekle aktarılır.
 - Numune yerde ayakla ezilerek dağıtılır.
 - Numunenin ortası kenarlara doğru açılır.
- Tane büyüklüğü deneyinin el ile eleme yöntemiyle yapılması hâlinde, dolu eleğe daki-kada kaç kez vurulur?**
 - 50
 - 90
 - 120
 - 150
 - 200
- Tane büyüklüğü deneyinde elek takımı oluşturulurken en alta konulan eleğin göz açıklığı ne kadar olmalıdır?**
 - 0,10 mm
 - 0,20 mm
 - 0,25 mm
 - 0,50 mm
 - 1 mm





6. Birim ağırlık deneyinde kullanılacak gerekli numune miktarı aşağıdaki seçeneklerden hangisine göre belirlenmelidir?
- A) Numunenin boşluk durumuna
 - B) Numunenin nem durumuna
 - C) Elek kapasitesine
 - D) Numunenin en büyük tane büyüklüğüne
 - E) İnce agreganın miktarına
7. Bir laboratuvar numunesinde gevşek birim ağırlık deneyi en az kaç kere yapılmalıdır?
- A) 5
 - B) 4
 - C) 3
 - D) 2
 - E) 1
8. Gevşek birim ağırlık deneyinde, kabın doldurulması işleminde aşağıdaki hususlardan hangisine dikkat edilmelidir?
- A) İnce agreganın altına konulur.
 - B) Doldurma esnasında kürekle numune bastırılır.
 - C) Doldurma sırasında kap zemine sert vurulur.
 - D) Kabın iç yüzeyi doldurma öncesi ıslatılır.
 - E) Numune en fazla 50 mm yüksekten boşaltılır.
9. Sıkışık birim ağırlık deneyinde her tabaka kaç kez şişlenir?
- A) 10
 - B) 15
 - C) 20
 - D) 25
 - E) 30
10. Sıkışık birim ağırlık deneyinde numune ölçü kabı, ilk ne kadar yüksekliğe kadar doldurulmalıdır?
- A) $1/2$
 - B) $1/3$
 - C) $2/3$
 - D) $1/4$
 - E) $1/5$





3. Öğrenme Birimi

AGREGADA ÖZGÜL AĞIRLIK VE İNCE MADDE MİKTARI TAYİNİ

KONULAR

- 3.1. Agregalarda Özgül Ağırlık ve Su Emme Tayini Deneyi
- 3.2. Agregada İnce Madde Miktarı Deneyi

KAVRAMLAR

- Özgül Ağırlık
- DKY
- Abraham Hunisi
- Metilen
- Balon Joje
- Arşimet Terazisi



3. AGREGADA ÖZGÜL AĞIRLIK VE İNCE MADDE MİKTARI TAYİNİ

3.1. AGREGALARDA ÖZGÜL AĞIRLIK VE SU EMME TAYİNİ DENEYİ (TS EN 1097-6 TS 1114, ASTM C 33)

Bir malzemenin yoğunluğu, ağırlığının kaplamış olduğu hacme bölünerek bulunur. Yoğunluk g/cm^3 veya kg/m^3 olarak ifade edilir. Özgül ağırlık ise söz konusu malzemenin havadaki ağırlığının aynı hacim ve sıcaklıktaki saf suyun ağırlığına oranıdır. Suyun yoğunluğu 1 g/cm^3 kabul edildiğinden özgül ağırlık değeri sayısal olarak malzemenin yoğunluğuna da eşit kabul edilir. Başka bir deyişle; agregaların özgül ağırlığı, aralarındaki boşlukların çıkartılarak hesaplandığı birim ağırlığıdır. Ama bu hesaplar yapılırken bile agreganın nem oranına göre üç çeşit özgül ağırlığından bahsedilebilir.

Agregaların özgül ağırlığı; “kuru özgül ağırlık”, “doygun kuru yüzeyli özgül ağırlık” ve “görünen özgül ağırlık” olmak üzere üç ayrı şekilde tayin edilir. Uygulamada daha çok doygun kuru yüzeyli özgül ağırlık kullanılır. Doygun kuru yüzey; agreganın yapısındaki boşlukların su ile dolu fakat yüzeyinin kuru olduğu durumdur. Doğada agrega genellikle bu hâlde bulunur. Agreganın DKY hâlinde iken taşımış olduğu rutubet yüzdesi büyük önem taşır ve buna **su emme yüzdesi** denir. Bir agreganın su emme yüzdesi, birim kütledeki agreganın doygun hâlde absorbe (içine hapsetme) edebildiği su miktarı olup DKY hâlindeyken taşımış olduğu rutubet miktarının kuru hâldeki agrega kütlesine oranlanmasıyla bulunur.

Beton agregasının kökeni hakkında fikir veren bu karakter yani özgül ağırlıklar, genel olarak 2,4 ile 2,8 arasında değer almaktadır. Örneğin kireçtaşının özgül ağırlığı, $2,66 \text{ g/cm}^3$; bazaltın özgül ağırlığı, $2,80 \text{ g/cm}^3$; granitin özgül ağırlığı, $2,69 \text{ g/cm}^3$ ve kuvarsın özgül ağırlığı, $2,62 \text{ g/cm}^3$ civarındadır. Özgül ağırlığı $2,4 \text{ g/cm}^3$ ten düşük agregalar hafif agregalar olarak adlandırılır ve hafif beton üretiminde kullanılır.

Agregaların özgül ağırlığı ve su emme oranları beton karışım hesaplarının yapılması için gereklidir. Beton yapımında kullanılacak doğal veya yapay agregaların; kuru özgül ağırlık, DKY özgül ağırlık, görünen özgül ağırlık ve su emme oranları iki metotla bulunur. Bunlar, iri agregalarda ve ince agregalarda olmak üzere iki agrega türünde ayrı ayrı ve farklı metotlarla yapılır.



Agrega belirli sayıda farklı tane büyüklüğü aralıklarından oluşuyorsa deney numune kısmını hazırlamadan önce numunenin 0,063 mm ile 4 mm, 4 mm ile 31,5 mm ve 31,5 mm ile 63 mm tane büyüklüğü aralıklarına ayrılması gereklidir. Her bir tane büyüklüğü aralığının yüzdesi, deney raporunda belirtilmelidir.

3.1.1. İnce Agregada Özgül Ağırlık ve Su Emme Tayini Deneyi

Bu deney tane boyutu 4 mm'den küçük agregalarda kullanılacak araçlar bakımından iki yöntemle yapılır. Bu yöntemler piknometre ve balon joje ile yapılır.

3.1.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereçler ortam sıcaklığında ($20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$) olmalıdır.





Ölçü Kabı (Balon Joje): Şeffaf camdan, balon şeklinde 500 mL veya 250 mL kapasiteli, sızdırmaz kapaklı ve iç hacmi çizgi ile belirtilmiş olmalıdır (Görsel 3.1).



Görsel 3.1: Balon joje

Tablalı Elektrikli Isıtıcı veya Hava Üflemlili Isıtıcı: Deney numunesinin yüzeyindeki suyun uzaklaştırılmasında kullanılan, sıcaklığı 105 ± 5 °C çıkarabilecek güçte elektrik veya gazlı ısıtıcıdır (Görsel 3.2).



Görsel 3.2: Tablalı elektrikli ısıtıcı

Desikatör: Tabanında kalsiyum klorür (CaCl_2) vb. nem çeken (desikant) bir madde serili olduğu için nem oranı çok düşüktür, ağzı sıkı kapatılabilir ve numuneyi nemden uzak saklamak amacı ile kullanılır (Görsel 3.3).



Görsel 3.3: Vakumlu desikatör

Sıkıştırma Tokmağı: Metalden ucu yuvarlatılmış, 25 mm çapında ve yaklaşık 350 gram ağırlığındadır (Görsel 3.4).

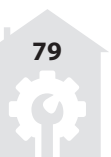


Görsel 3.4: Sıkıştırma tokmağı

Metal Kalıp-Abraham Hunisi: Paslanmaz metalden, kesik koni biçiminde, üst iç çapı 38 mm, yüksekliği 73 mm, alt iç çapı 89 mm olan kalıptır (Görsel 3.5).



Görsel 3.5: Metal kalıp-Abraham Hunisi





Vakum Pompası: Elektrikle çalışan, vakumlama özelliği olan, taşınabilir ve balon jojeye uygun çapta hortum takılabilir yapıda olmalıdır (Görsel 3.6).



Görsel 3.6: Vakum pompası

Saf veya Demineralize Su: Organik veya inorganik maddelerden arındırılmış yapıda olmalıdır (Görsel 3.7).



Görsel 3.7: Deney araç gereç ve ekipmanları

1.Hassas terazi 2.Saf veya demineralize su 3.Ölçü kabı (Balon joje) 4.Tablalı ısıtıcı veya hava üfleli ısıtıcı 5.Desikatör 6.Metal tepsi veya metal tava 7.Spatula 8.Kaşık 9.Plastik karıştırma çubuğu 10.İnce fırça 11.Dijital termometre 12.Sıkıştırma tokmağı 13.Metal kalıp-Abraham hunisi 14. Plastik veya cam huni 15.Metal numune kapları 16.Vakum pompası (Görsel 3.7). Ayrıca; hava dolaşimli etüv

3.1.1.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

İnce agregalar için deney numune kütlesi Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

En Büyük Tane Büyüklüğü (mm)	0,25	0,50	1	2	4
Deney Numunesi Miktarı (kg)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

3.1.1.3. Deney Numunesinin Hazırlanması

- Malzemeyi tam temsil eden deney numunesi bölgeç veya çeyreklemeye yöntemiyle azaltılarak Tablo 3.1'de belirtilen miktarda alınır.
- Alınan numune 24 saat suda bekletilir ve tamamen suya doymuş hâle getirilir.
- 24 saat sonunda doymuş hâle gelen numunenin ince taneler kaybolmayacak şekilde suyu süzülür.





- Islak numune bir tava içersine yayılarak konulur. Tablalı ısıtıcı veya hava üflemlı ısıtıcı ile devamlı karıştırılarak doğun kuru yüzey (DKY) hâline getirilir.



Doygun kuru yüzey hâli ince agreganın koyu [ıslak renkten açık(kuru)] renge değışmeye başladığı anın hemen sonrasındır. Agreganın DKY hâline gelip gelmediğı Abraham hunisi (kesik koni) yöntemi, kesme yöntemi veya tecrübeye dayanarak olmak üzere üç şekilde anlaşılabilir.

Kesik Koni (Abraham Hunisi) Yöntemiyle DKY Durumunun Belirlenmesi: Doygun kuru yüzey hâline geldiğı tahmin edilen numune, geniş yüzü alta gelecek şekilde kesik koni biçimli metal kalıba (Abraham hunisi) gevşek olarak kaşık yardımıyla doldurulur. Sıkıştırma çubuğı ile 25 kez hafifçe şişlenir. Şişleme işlemi kalıp yüzeyinden 5 mm yüksekte kendi ağırlığıınca bırakılan sıkıştırma çubuğı ile yapılır. Kesik koni hafifçe çıkarıldığında numune konikliğini devam ettiriyorsa numune içinde henüz serbest nem bulunuyor demektir. Kurutma işlemine devam edilerek taneler arasındaki yapışmayı sağlayan suyun uzaklaştırılması sağlanır ve aynı işlem tekrar edilerek DKY durumu kontrol edilmelidir. Herhangi bir nedenle kurutmanın gereğinden fazla yapılması hâlinde az miktarda suyun püskürtülmesi ile nemlendirilen numune iyice karıştırılmalı ve yeniden DKY durumu kontrol edilmelidir.

Kesme Yöntemiyle DKY Durumunun Belirlenmesi: Doygun kuru yüzey hâline gelen numune, yarım küre şeklinde yığın hâline getirilir. Yığın, mala ile düşey olarak ikiye bölündüğünde ortaya çıkan yüzeyler düzlemliliğini koruyabiliyor ise kurutmaya devam edilir. Düşey yüzey kendini tutamayıp yıkıldığında DKY hâline gelmiştir.

3.1.1.4. Deneyin Yapılışı

- DKY hâline gelmiş numuneden 150 ile 300 g arası numune alınır, tartılır ve M_2 değeri olarak kaydedilir.
- Kaydedilen numune huni yardımıyla balon joje içersine konulur ve üzerine numuneyi bir miktar (1-2 cm) geçene kadar saf su ilave edilir.
- Düz bir yüzey üzerine hafif hafif vurarak ayrıca plastik çubuk yardımıyla jojenin kenarına vurup hava kabarcıklarının çıkması sağlanır veya vakum pompası ile numunenin içersindeki hava alınır.
- Hava kabarcıkları çıkışı tamamlanan, içinde numune bulunan balon jeye 500 mL çizgisine kadar saf su ilave edilir.
- Oda sıcaklığındaki (20 ± 2 °C) su banyosu içersine konularak 24 saat bekletilir.
- 24 saat sonunda saf su ve numune dolu balon joje tartılır ve M_3 değeri olarak kaydedilir.
- Daha sonra balon joje içersindeki su ve numune bir tava içersine alınır, ince taneler kaybolmayacak şekilde suyu süzülür ve etüv içersine konularak 16-24 saat kurutulur.
- Etüvden çıkartılan numune; desikatörde oda sıcaklığına gelene kadar bekletilir, ağırlığı tartılır ve M_1 değeri olarak kaydedilir.
- Deneyde kullanılan boş balon jojenin içersine 500 mL çizgisine kadar saf su doldurulur, tartılır ve M_4 değeri olarak kaydedilir (Bu ölçüm deneyin başında veya sonunda yapılabilir.).
- İlgili formüller kullanılarak ince agreganın kuru özgül ağırlığı, DKY özgül ağırlığı, görünen özgül ağırlığı ve su emme oranı hesaplanır.
- Deney aynı anda üç ayrı balon jeyede yapılır, sonuçların ortalamaları alınır.





3.1.1.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi

- İnce agreganın kuru özgül ağırlığı, $\gamma_{ik} = M_1 / (M_2 + M_4 - M_3)$ formülü ile bulunur.
- İnce agreganın doygun kuru yüzey özgül ağırlığı, “ $\gamma_{id} = M_2 / (M_2 + M_4 - M_3)$ ” formülü ile bulunur.
- İnce agreganın görünen özgül ağırlığı, “ $\gamma_{ig} = M_1 / (M_1 + M_4 - M_3)$ ” formülü ile bulunur.
- İnce agreganın su emme oranı %’si, “ $m_{is} = [(M_2 - M_1)/M_1] \cdot 100$ ” formülü ile bulunur.

M_1 : Numunenin etüv kuru ağırlığı (g)

M_2 : Numunenin doygun yüzey kuru durumdaki ağırlığı (g)

M_3 : Ölçü kabı (balon joje) + saf su + numune ağırlığı (g)

M_4 : 500 mL çizgisine kadar saf su ile dolu ölçü kabı ağırlığı (g)

Tablo 3.2: Deney Sonuçlarının İşlendiği Çizelge

500 mL (cm ³) Çizgisine Kadar Su Dolu Ölçü Kabı Ağırlığı M4 (g)			DENEY NUMUNESİNİN								
			Kuru Ağırlığı M1 (g)			DKY Ağırlığı M2 (g)			Ölçü kabı + Su +DKY Numune Ağırlığı M3 (g)		
1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney
ÖZGÜL AĞIRLIKLAR VE SU EMME ORANLARI											
Kuru Özgül Ağırlığı			DKY Özgül Ağırlığı			Görünen Özgül Ağırlığı			Su Emme Oranı %		
1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney
ORTALAMA:			ORTALAMA:			ORTALAMA:			ORTALAMA:		



Deneyin sonucuna etki edebilecek hatalar: tartımın hassas yapılmaması, suda bekletme süresi ve su seviyesi, numunenin suyunun süzülmesinde tane kaybı, etüvde yeteri kadar kurutulmaması ve hesaplanan yanlışı yapılması.





Kumun kuru, doymuş kuru yüzey ve görünen özgül ağırlığının bulunması beton için önemli bir bulgudur. Hazırlanacak betonun birim ağırlığının ve içerisine katılacak su miktarının ayarlanmasında bu bilgiler gereklidir.

3.1.2. İri Agregada Özgöl Ağırlık ve Su Emme Tayini Deneyi (Tel Sepet Metodu)

Bu deney tane boyutu 63 mm ile 4 mm arasındaki agregalarda kullanılacak araçlar bakımından iki yöntemle yapılır. Bunlar piknometre ve tel sepet (Arşimet terazisi) yöntemleridir.

TS EN 1097-6'da bu iki yöntemin uygulanması ile ilgili açıklamalarda;

Piknometre metodu: 31,5 mm elekten geçen, 0,063 mm elek üzerinde kalan agregalara uygulanması gerektiği belirtilir.

Tel sepet metodu: 63 mm elekten geçen, 31,5 mm elek üzerinde kalan agregalara uygulanması gerektiği belirtilir.

Ancak tel sepet metodu, 4 mm ile 31,5 mm arasında kalan agregalar için piknometre metoduna alternatif olarak kullanılacak ve anlaşmazlık durumunda piknometre metodunun referans olarak alınacağı ifade edilmiştir.

3.1.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereçler ortam sıcaklığında (20 ± 2 °C) olmalıdır (Görsel 3.11).

Arşimet Terazisi ve Ekipmanı: 20 kg ağırlık çekebilen, 1 g hassasiyetli, su içerisinde tartım yapabilen ve özel mekanizmayla numune dolu tel sepetin su içerisinde asılı kalmasını sağlayan sehpadan oluşur (Görsel 3.10).

Deney Elekleri ve Tava: 63 mm, 31,5 mm ve 4 mm göz açıklığına sahip, kare gözlü elekler kullanılır.

Kafes Örgü (Tel) Sepet : 4 mm göz açıklıklı elek telinden yapılmış, terazi koluna asılacak şekilde uygun büyüklükte ve korozyona dayanıklı olmalıdır (Görsel 3.8).



Görsel 3.8: Kafes örgü (tel) sepet

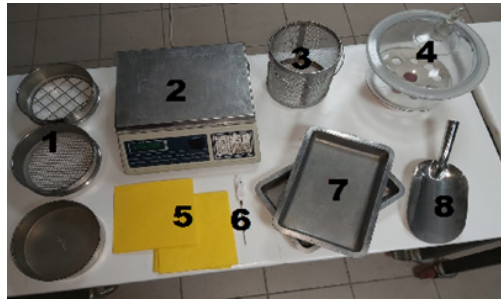
Su Kovası: Sepet ile kova kenarları arasında en az 50 mm açıklık olacak şekilde, içerisinde sepetin serbestçe hareket edebileceği, sepet yüksekliğinden fazla su konulabilen plastik veya metal kaptır (Görsel 3.9).



Görsel 3.9 Su kovası



Görsel 3.10: Arşimet terazisi



Görsel 3.11: Deney araç gereç ve ekipmanları



1.Deney elekleri ve tava 2.Terazi 3.Tel sepet (kafes örgü sepeti) 4.Desikatör 5.Havlü veya benzeri kurutma bezleri 6.Dijital termometre 7.Tepsiler veya tavalar 8.El küreği (Görsel 3.11). Ayrıca; Arşimet terazisi ve sehpa (Görsel 3.10), su kovası (Görsel 3.9) ve hava dolaşımı etüv.

3.1.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

İri agregalar için deney numune kütlesi Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3: Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

En Büyük Tane Büyüklüğü (mm)	4	8	16	31,5	63
Deney Numunesi Miktarı (kg)	0,8	1,5	2	3	3

3.1.2.3. Deney Numunesinin Hazırlanması

- Malzemeyi tam temsil eden deney numunesi bölgeç veya çeyrekleme yöntemiyle azaltılarak Tablo 3.3'te belirtilen miktarda alınır.
- Alınan numune 4 mm elek üzerinde iyice yıkanır. Yıkamaya su berrak akıncaya kadar devam edilmelidir.

3.1.2.4. Deneyin Yapılışı

- Yıkanan numune tepsi içerisine yayılarak 24 saat 20 ± 2 °C'de su içerisinde bekletilir.
- İnce taneleri kaybolmayacak şekilde süzülür ve tepsi içerisine yayılır.
- Numune havlu veya kurutma bezi yardımıyla üzerinde görülen su tabakası kalmayıncaya kadar ovularak kurutulur ve doymuş kuru yüzey hâline getirilir.
- Doymuş kuru yüzey hâline getirilen numune tartılır ve çizelgeye DKY ağırlığı olarak kaydedilir (M2).
- Numune tel sepet içerisine konarak Arşimet düzeneğine yerleştirilir. Bütün yüzey en az 50 mm suyun altında kalacak şekilde suya daldırılır.
- Agreganın her yüzeyine suyun tamamen teması ve hava kabarcıklarının kalmaması için tel sepet içindeki numune, sudan çıkartılmadan 25 defa (TS EN 1097-6'ya göre) yükselti-lerek düşürülür (Kovanın tabanına yaklaşık 25 mm kalana kadar düşürülür, tabana ve yan yüzeylere sepet değmemelidir.).
- Suyu doymuş hâldeki numunenin sudaki ağırlığı tartılır ve çizelgeye sudaki numune ağırlığı olarak kaydedilir (M3).
- Numune sudan çıkartılır, bir tepsiye konur ve etüvde 105 ± 5 °C'de sabit ağırlığa kadar kurutulur.
- Etüvde kurutulan numune oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde soğutulur, numunenin havadaki kuru ağırlığı tartılır ve çizelgeye kuru ağırlık olarak kaydedilir (M1).
- İlgili formüller kullanılarak iri agreganın kuru özgül ağırlığı, DKY özgül ağırlığı, görünen özgül ağırlığı ve su emme oranı hesaplanır.
- Deney üç ayrı numune üzerinde yapılır. Eğer sonuçlar arasındaki fark %10'dan az çıkarsa üçünün ortalaması alınır. Sonuçlar %10'dan fazla çıkarsa bir dördüncü deney yapılarak birbirine yakın üç numunenin ortalaması alınır.

3.1.2.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi

- İri agreganın kuru özgül ağırlığı, $\gamma_k = M_1 / (M_2 - M_3)$ formülü ile bulunur.
- İri agreganın doymuş yüzey kuru özgül ağırlığı, $\gamma_d = M_2 / (M_2 - M_3)$ formülü ile bulunur.
- İri agreganın görünen özgül ağırlığı, $\gamma_g = M_1 / (M_1 - M_3)$ formülü ile bulunur.
- İri agreganın su emme oranı %'si, $m_s = [(M_2 - M_1)/M_1] \cdot 100$ formülü ile bulunur.





M_1 : Numunenin etüv kurusu ağırlığı (g)

M_2 : Numunenin doymun kuru yüzey (DKY) durumdaki ağırlığı (g)

M_3 : Numunenin sudaki ağırlığı (g)



Deney sonrası özgöl ağırlıklar arasında, her zaman şu ilişki bulunmalıdır:

Kuru Özgöl Ağırlık Değeri $\leq$ Doymun Kuru Yüzey Özgöl Ağırlık Değeri $\leq$ Görünen Özgöl Ağırlık Değeri

Tablo 3.4: Deney Sonuçlarının İşlendiği Çizelge

DENEY NUMUNESİNİN								
Kuru Ağırlığı M1 (g)			DKY Ağırlığı M2 (g)			Sudaki Ağırlığı M3 (g)		
1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney
ÖZGÜL AĞIRLIKLAR								
Kuru Özgöl Ağırlık (γ_k)			DKY Özgöl Ağırlık (γ_d)			Görünen Özgöl Ağırlık (γ_g)		
1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney	1. Deney	2. Deney	3. Deney
Ortalama:			Ortalama:			Ortalama:		
Su Emme Oranı ms (%)			Deney Tarihi:			Deney No.:		
1. Deney	2. Deney	3. Deney	Deneyi Yapan:			En Büyük Tane Boyutu:		
			Deneyi Yaptıran:			Yapanın İmzası:		





3.1.3. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 3.5: Deney Raporu

Numunenin Tanımlanması:				Deney Standardı: TS EN 1097-6
Laboratuvarın Adı:				
Numunenin Ait Olduğu İş ve Adresi:				
Raporun Hazırlandığı Tarih:				Rapor No.
Agrega Büyüklük Aralığı:	0,063 mm ile 4 mm		Numune Aralık Yüzdesi:	
	4 mm ile 31,5 mm		Numune Aralık Yüzdesi:	
	31,5 mm ile 63 mm		Numune Aralık Yüzdesi:	
Deneye Tabi Tutulan Kuru Numune Kütlesi:		Numunenin Azalma Metodu:		
Özgül Ağırlık Tayininde Kullanılan Metot ve Teknikler	Balon Joje Metodu	Piknometre Metodu	Tel Sepet Metodu	
Deney Sonuçları:	Kuru Özgül Ağırlık Değeri (Y _k)			
	Doygun Kuru Yüzey Özgül Ağırlık Değeri (Y _d)			
	Görünen Özgül Ağırlık Değeri (Y _g):			
	Su Emme Oranı Değeri (m _s) (%):			
Deneyin Yapıldığı Tarih ve Saat:				
DENEYİ YAPANLAR:				
S. No.	Adı ve Soyadı	Görevi	İmzası	
1				
2				
3				
RAPORU HAZIRLAYAN:				
S. No.	Adı ve Soyadı	Görevi	İmzası	
1				
2				
RAPORU ONAYLAYANLAR:				
S. No.	Adı ve Soyadı	Görevi	İmzası	
1				
2				
Deney ile İlgili Açıklamalar:				





DENEY UYGULAMASI - 1


<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21672>

Temin edebildiğiniz farklı iki ocaktan elde edilen deney numune kısmını, önce 0,063 mm ile 4 mm tane büyüklüğü arasında olacak şekilde ayırınız. Bu ince agregada numunesiyle balon joje yöntemi kullanarak özgöl ağırlık deneyini grubunuzla yapınız. Sonuçlarınızı örnek deney raporuna işleyip beton imalatında kullanılacak ince agreganın özgöl ağırlığını ve su emme özelliğini belirleyiniz.

Deney Adı : İnce Agregada Özgöl Ağırlık ve Su Emme Tayini Deneyi

Deney Süresi : 30 dakika numune hazırlama, 24 saat suda bekletme, 1 saat uygulama, 24 saat suda bekletme, 30 dakika uygulama, 16 saat etüvde bekletme, 30 dakika uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz (Eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.).	
 Deney araç gereçlerinin hazırlanması	- Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. - Numune miktarını Tablo 3.1'e göre çeyrekleme veya bölge yöntemiyle azaltarak hazırlayınız.	
 Numunenin 24 saat su içerisinde bekletilmesi ve süzülmesi	- Alınan numuneyi 24 saat suda bekleterek tamamen suya doymuş hâle getiriniz. - Suya doymuş hâle gelen numunenin ince taneler kaybolmayacak şekilde suyunu süzünüz.	
 Numunenin DKY hâline getirilmesi	Islak numuneyi bir tava içerisinde yayarak tablalı ısıtıcı üzerinde doymuş kuru yüzey (DKY) hâline getiriniz.	





3. Öğrenme Birimi

 Kesik koni ile DKY kontrolü yapılması	Kesik koni (Abraham hunisi) yöntemiyle numunenin doymuş kuru yüzey hâline gelip gelmediğini kontrol ediniz.	
 DKY hâline gelen numunenin tartılması	DKY hâline gelmiş numuneden, 150 ile 300 g arasında alınız, terazide tartarak M_2 değeri olarak kaydediniz.	
 Balon jojeye doldurulması ve su ilavesi	- Tartılan numuneyi huni yardımıyla balon joje içerisine koyunuz. - Balon joje içerisindeki numuneyi bir miktar (1 veya 2 cm) geçecek şekilde numunenin üzerine saf su ilave ediniz.	
 Vakum pompasıyla numune içindeki havanın boşaltılması	İçerisi dolu balon jojeyi zemine hafif hafif vurunuz, gerektiğinde plastik çubuk yardımıyla jojenin kenarına vurarak hava kabarcıklarının çıkmasını sağlayınız veya vakum pompası ile numunenin içerisindeki havayı alınız.	
 Numuneye tekrar saf su ilave edilmesi	Hava kabarcıkları çıkışı tamamlanan numune bulunan balon jojeye, 500 mL çizgisine kadar saf su ilave ediniz.	
 Numunenin su banyosunda bekletilmesi	Numuneyi termometre ile sıcaklığı 20 ± 2 °C'ye getirilen su banyosu içerisine koyunuz ve 24 saat bu sıcaklıkta bekletiniz.	





 İç i numune ve su dolu balon jojenin tartılması	- Bekleme süresi sonrası, saf su ve numune dolu balon jojeyi terazide tartınız ve M_3 değeri olarak kaydediniz. (Tartma işlemi öncesi balon jojeyi kurulamayı unutmayınız.)	
 Numunenin etüvde kurutulması	- Balon joje içerisindeki su ve numuneyi bir tava içerisine alınız, ince tanelerin kaybolmayacağı şekilde suyunu süzünüz. - Süzülen numuneyi hava dolaşım lı etüv içerisine koyunuz, 16-24 saat sabit kütleye gelene kadar kurutunuz.	
 Desikatörde soğutulan numunenin tartılması	- Etüvden çıkartılan numuneyi desikatörde oda sıcaklığına gelene kadar bekletiniz. - Soğuyan numuneyi tartınız ve M_1 değeri olarak kaydediniz.	
 Su dolu balon jojenin tartılması	Deneyde kullandığınız boş balon jojenin içerisine 500 mL çizgisine kadar saf su doldurunuz, terazide tartınız ve sonucu M_4 değeri olarak kaydediniz.	
 Deneyin aynı anda üç kere yapılması ve sonuçların ortalamasının alınması	- İlgili formülleri kullanarak ince agreganın kuru özgül ağırlığını, DKY özgül ağırlığını, görünen özgül ağırlığını ve su emme oranını hesaplayınız. - Bu deneyi seçilmiş numunede aynı anda üç ayrı balon jodede yapınız ve sonuçların ortalamalarını alınız.	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvar da ilgili alanlara kaldırınız.	
Deney raporunun doldurulması	- Deney sonucu ile hesaplamaları yapınız ve deney raporunu düzenleyiniz. - Raporunuzda, ince agregadan alınan numunenin beton dizayn ı için gerekli olan özgül ağırlıkları ve su emme oranını tespit ediniz; betonda kullanılacak agreganın özelliğini belirleyiniz. - Hazırladığınız deney sonucuna ait rapor u belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





DENEY UYGULAMASI - 2



<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21673>

Temin edebildiğiniz farklı iki ocaktan elde edilen deney numune kısmını, önce 4 mm ile 31,5 mm tane büyüklüğü arasında olacak şekilde ayırınız. Bu iri agrega numunesine tel sepet metodu ile özgül ağırlık deneyini yapınız. Sonuçlarınızı örnek deney raporuna işleyerek beton imalatında kullanılacak iri agreganın özgül ağırlığını ve su emme özelliğini belirleyiniz.

Deney Adı : İri Agregada Özgül Ağırlık ve Su Emme Tayini Deneyi

Deney Süresi : 30 dakika numune hazırlama, 16 saat etüvde bekletme, 3 saat uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz. (Eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.)	
 Deney araç gereçlerinin hazırlanması	- Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. - Numune miktarını Tablo 3.3'e göre çeyrekleme veya bölgeç yöntemiyle azaltarak hazırlayınız.	
 Numunenin yıkanması	- Hazırlanan numuneyi 4 mm elek üzerinde iyice yıkayınız. (Yıkamaya, su berrak akana kadar devam edilmelidir.)	
 Numunenin 24 saat su içerisinde bekletilmesi ve süzülmesi	- Yıkanan numuneyi tepsi içerisine yayarak 24 saat 20 ± 2 °C'de su içerisinde bekletin ve tamamen suya doymuş hâle getiriniz. - Suya doymuş hâle gelen numuneyi ince tanelerin kaybolmayacağı şekilde süzünüz.	
 Numunenin DKY hâline getirilmesi	Numuneyi havlu veya kurutma bezi yardımıyla üzerinde görülen su tabakası kalmayana kadar oarak kurutunuz ve doymuş kuru yüzey hâline getiriniz.	





 DKY numunenin tartılması	Doygun kuru yüzey hâline getirilen numuneyi tartınız ve çizelgeye DKY ağırlığı olarak kaydediniz (M_2).	
 Numunenin tel sepet içinde suya daldırılması	- Tartılan numuneyi tel sepet içerisine koyunuz. - Sepeti Arşimet düzeneğine yerleştiriniz ve numune yüzeyi en az 50 mm suyun altında kalacak şekilde suya daldırınız. - Numune içerisinde hava kabarcıkları kalmaması için tel sepet içindeki numuneyi sudan çıkartmadan 25 defa yükselterek düşürünüz. (Bu işlemde sepet tabana ve yan yüzeylere değdirilmemelidir.)	
 Numunenin su içerisinde tartılması	Suya doymun hâldeki numunenin sudaki ağırlığını Arşimet terazisiyle tartınız ve çizelgeye sudaki numune ağırlığı olarak kaydediniz (M_3).	
 Islak numunenin etüvde kurutulması	Numuneyi sudan çıkartıp bir tavaya koyunuz ve etüvde 16-24 saat sabit ağırlığa kadar kurutunuz.	
 Soğutulan numunenin tartılması	- Etüvde kurutulan numuneyi oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde bekletiniz. - Soğuyan numuneyi tartınız ve çizelgeye kuru özgül ağırlık olarak kaydediniz (M_4).	





 Bu deneyin üç farklı numune ile tekrar edilmesi	- İlgili formülleri kullanarak iri agreganın kuru özgül ağırlığını, DKY özgül ağırlığını, görünen özgül ağırlığını ve su emme oranını hesaplayınız. - Bu deneyi üç ayrı numune üzerinde yapınız. Eğer sonuçlar arasındaki fark %10'dan az çıkarsa üçünün ortalamasını alınız. Sonuçlar %10'dan fazla çıkarsa bir dördüncü deney yaparak birbirine yakın üç numunenin ortalamasını alınız.	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarında ilgili alanlara kaldırınız.	
Deney sonucunun belirlenmesi ve deney raporunun doldurulması	- Deney sonucu ile hesaplamaları yapınız ve deney raporu düzenleyiniz. - Raporunuzda; iri agregadan alınan numunenin beton dizaynı için gerekli olan özgül ağırlıklar ve su emme oranını tespit ediniz ve betonda kullanılacak agreganın özelliğini belirleyiniz. - Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

3.2. AGREGADA İNCE MADDE MİKTARI DENEYİ (TS 706 EN 12620 VE TS EN 933-10)

Agrega tanelerinin yüzeylerine yapışmış olarak bulunan kil, silt, taş unu, toz vb. tane büyüklüğü 0,063 mm'den (230 No.lu) küçük olan maddelere **ince maddeler** (yıkabilir maddeler) denir. ABD ve İngiliz standartlarına göre ince madde büyüklüğü 0,075 mm'den az olan malzemelerdir. Yıkabilir ince maddeler, agregalarda kısıtlı miktarda bulunması istenen zararlı maddelerdendir. Kil, silt ve taş unu gibi 0,063 mm'den (63 mikron) daha ince taneli malzeme agregada toplanmış hâlde, toz hâlde dağılmış veya iri tanelerin yüzeyine yapışmış olarak bulunur. Bu maddelerin beton agregası içerisinde fazla miktarda bulunması her yönden beton kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Ayrıca ince madde olarak adlandırılan çok ince taneli kil ile yine ince madde olarak adlandırılan taş unu arasında farklılık vardır. Taş unu kullanıldığı takdirde betonun su ihtiyacı artmakta ise de bu madde, kil gibi fazla su emmemektedir; dolayısı ile betonun su ihtiyacını artırmakta kil kadar etkili olmamaktadır. Aslında bu tür maddelerin neden olduğu işlenebilirlik azalması, betonun su ihtiyacını azaltan katkılarla belirli ölçüde telafi edilebilmektedir. **TS EN 12620** standardında ince agreganın içinde bulunan çok ince malzemenin %3'ün üzerinde olması hâlinde "metilen mavis deneyi" veya "kum eşdeğeri deneyi" sonuçlarının, belirlenen sınır değerlerinde sağlanması istenmektedir.

İnce madde miktarı deneyi iki yöntemle yapılır. Tane büyüklüğü 4 mm'den küçük agregalarda (ince agregalar) çökeltme yöntemi metodu; 4 mm'den büyük agregalarda (iri agregalar) yıkama yöntemi metodu kullanılır. Ancak kırma kumdaki çok ince malzeme (taş unu) miktarı bu iki yöntemle % değer olarak hesaplanır ve sonuç, **kirlilik** diye ifade edilir. Bu değer, kırma kumun silt





veya kil bakımından kirliliği hakkında bilgi vermez sadece fiziksel tanımlama yapılmasını sağlar. Kırma kumun kalitesinin belirlenmesinde ve 0,063 mm elek altındaki çok ince malzemenin kil-silt içeriği hakkında yorum yapılabilmesi metilen mavisi deneyi ile sağlanır.

3.2.1. Çökeltme Yöntemi ile İnce Madde Miktarı Deneyi

Agregalarda ince madde miktarı deneyinde çökeltme metodu uygulaması daha önce öğrenme birimi 1'de "1.4.3 Şantiyede Yapılan Kil (İnce Madde) Tayini" başlıklı deneyde aynı şekilde uygulandığı için diğer yöntemin uygulamasına geçilecektir.

3.2.2. Yıkama Yöntemi ile İnce Madde Miktarı Deneyi

3.2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereçler ortam sıcaklığında (20 ± 2 °C) olmalıdır (Görsel 3.12).



Görsel 3.12: Deney araç gereç ve ekipmanları

1.Elek takımı ve tava 2.Hassas terazi 3.Çalkalama kabı veya beher 4. Desikatör 5.El küreği 6.Kıl fırça 7.Kronometre 8.Tava veya tepsi (Görsel 3.12). Ayrıca; hava dolaşimli etüv.

3.2.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

İnce ve iri agregalar için deney numune kütlesi Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6: Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

En Büyük Tane Büyüklüğü (mm)	≤ 4	≤ 8	$8 >$
Deney Numunesi Miktarı (g)	1000	2000	5000

3.2.2.3. Deney Numunesinin Hazırlanması

4 mm'den daha büyük boyutlu olan agregada deney numunesinden, bölgeç veya çeyrekleme yöntemiyle maksimum tane büyüklüğüne göre Tablo 3.6'da belirtilen miktarda azaltılarak numuneler alınır. (Bu deney için en az iki numune hazırlanmalıdır.)

3.2.2.4. Deneyin Yapılışı

- Numuneler etüvde 105 ± 5 °C'de sabit kütleye gelene kadar kurutulur.
- Etüv kurusu hâline gelen numuneden en az 2000 g tartılır, M_1 kuru ağırlık olarak kaydedilir.
- Numune çalkalama kabına konulur ve 12 saat su içinde bekletilir.
- Daha sonra ince tanelerin iri tanelerden ayrışmasını sağlamak için çalkalama kabı 5 dakika kuvvetlice karıştırılır.
- Deney elekleri en üste 8 mm, 1 mm ve 0,063 mm göz açıklıklı olacak şekilde üst üste dizilir. (0,063 mm eleğin zarar görmemesi için 0,50 mm elek, 0,063 mm eleğin üzerine konuma amaçlı konulabilir.)
- Çalkalama kabındaki deney numunesi, su ile en üst eleğin üzerine boşaltılır. Çalkalama





kabı içindeki ince malzemenin kalmaması için kap, elekler üzerinden dikkatlice yıkanır.

- Elekler üzerindeki malzeme dikkatlice yıkanır ve her eleğin altından berrak su akana kadar bu işleme devam edilir.
- 0,063 mm elek üzerindeki numunenin yıkanmasında kıl fırça kullanılmalıdır.
- Eleklerin her birinin üzerinde kalan yıkanmış numuneler bir tavaya veya tepsiye konulur, etüvde 105 ± 5 °C'de sabit kütleye gelinceye kadar kurutulur.
- Etüvde kurutulan numune oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde soğutulur, ağırlığı tartılır ve M_2 kuru ağırlık olarak kaydedilir.
- İlgili formüller kullanılarak yıkanabilir ince malzeme (kil ve silt) miktarı yüzdesi hesaplanır.
- Bu deney iki numuneye aynı anda uygulanır. İki deneyin %'leri arasındaki fark 0,2'den büyükse üçüncü bir deney yapılır ve sonuçların aritmetik ortalaması alınır.

3.2.2.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi

Yıkanabilen ince madde yüzdesi; yıkama sonrası kuru ağırlığın ilk etüv kurusunun ağırlığına oranı aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$\text{YIKANABİLEN İNCE MADDE YÜZDESİ \%} = [(M_1 - M_2) / M_1] \cdot 100$$

M_1 = Deney numunesinin ilk etüv kurusu ağırlığı (g)

M_2 = Yıkanan deney numunesinin etüv kurusu ağırlığı (g)

Tablo 3.7: TS 706 EN 12620'de Yıkanabilir Madde (Silt ve Kil) Miktarı Limit Değerler

Tane Sınıfı (mm)	0-4	1-4	2-8	4-63
İnce maddenin ağırlıkça maksimum miktarı(%)	4	3	2	0,5

Deney sonuçlarının ortalaması **TS 706 EN 12620**'ye göre Tablo 3.7'deki sınır değerlerinin üzerinde olmamalıdır. Deney sonuçları Tablo 3.8'deki deney raporuna işlenmelidir.





3.2.3. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 3.8: Deney Raporu

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar:				
Numunenin Ait Olduğu İş:				
Deneyin Adı:				
Numunenin En Büyük Tane Büyüklüğü:				
Rapor Tarihi ve Numarası:		Deneyde Uygulanan Standart No.		
DENEYİ YAPANLAR				
S. No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza	
1				
2				
3				
RAPORU HAZIRLAYAN VE ONAYLAYAN YETKİLİLER				
S. No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza	
1				
2				
3				
DENEY SONUÇLARI				
Deneyde Uygulanan Yöntem	1. Deney	2. Deney	3. Deney (gerekirse)	Ortalama Değer (İnce Madde %)
Çökeltme Yöntemi (≤ 4 mm agregada)				
Yıkama Yöntemi (>4 mm agregada)				
Deney sonuçlarını değiştirebilecek etkenler:				
.....				
.....				
Sakıncalı etkileri engellemek için alınmış önlemler:				
.....				
.....				
.....				
.....				
Uygulanan deney metodunda belirtilmeyen, uygulamada yapılmış işlemler:				
.....				
.....				
.....				
.....				





DENEY UYGULAMASI - 3

Farklı ocaklardan temin edebildiğiniz iki deney numune kısmını, en az 4 mm tane büyüklüğünde olacak şekilde ayırınız. Bu iri agrega numunesinde ince madde miktarı deneyini yıkama metodu ile laboratuvarda grubunuzla yapınız. Sonuçlarınızı örnek deney raporuna işleyerek agreganın ince madde bakımından beton imalatında kullanılıp kullanılmayacağını belirleyiniz.

Deney Adı : Yıkama Yöntemi ile İnce Madde Miktarı Deneyi

Deney Süresi : Numune hazırlama 30 dakika, etüvde kurutma en az 16 saat, suda bekletme 12 saat, deney uygulama 30 dakika ve tekrar etüvde kurutma en az 16 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz (Eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.).	
 Deney araç gereçlerinin hazırlanması	- Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. - Numune miktarını Tablo 3.4'e göre çeyrekleme veya bölgeç yöntemiyle azaltarak hazırlayınız (En az iki deney numunesi hazırlanmalı.).	
 Numunenin etüv kurusunun tartılması	- Numuneleri etüvde 105 ± 5 °C'de sabit kütleye gelene kadar kurutunuz. - Etüv kurusu hâline gelen numuneden en az 2000 g tartınız ve M_1 kuru ağırlık olarak kaydediniz (Numunenin soğutulmasında desikatör kullanılmalıdır.).	
 Numunenin çalkalama kabında bekletilmesi	- Numuneyi tane kaybı olmaması için dikkatli bir şekilde çalkalama kabına koyunuz. - Su ilave ederek ince tanelerin ayrışması için 12 saat su içinde bekletiniz.	
 Numunenin su içinde karıştırılması	Bekleme süresi sonrası ince tanelerin iri tanelerden ayrışmasını sağlamak için çalkalama kabını 5 dakika süreyle iyice karıştırınız.	





 Numunenin elek üzerine boşaltılması	- Deney eleklerini en üstte 8 mm, sonra 1 mm ve 0,063 mm göz açıklıklı olacak şekilde üst üste diziniz. - Çalkalama kabındaki deney numunesini suyu ile en üst eleğin üzerine boşaltınız. - Çalkalama kabı içinde ince malzemenin kalmaması için kabı elekler üzerinden dikkatlice yıkayınız.	
 Numunenin elekten yıkanması	- Elekler üzerindeki malzemeyi dikkatlice yıkayınız ve her eleğin altından berrak su akana kadar bu işleme devam ediniz. 0,063 mm elek üzerindeki numunenin yıkanmasında kıl fırça kullanınız.	
 Yıkanmış numunenin tepsiye konulması	- Eleklerin her birinin üzerinde kalan yıkanmış numuneleri bir tavaya veya tepsiye koyunuz. - Suyu süzölmüş numuneyi etüvde 105 ± 5 °C'de sabit kütleye gelinceye kadar kurutunuz.	
 Numunenin kuru ağırlığının tartılması	- Etüvde kurutulan numuneyi oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde soğutunuz. - Numunenin ağırlığını tartınız ve M_2 kuru ağırlık olarak kaydediniz.	
Deney sonucunun ve deney sayısının belirlenmesi	- Her bir numune için ilgili formülleri kullanarak yıkanabilir ince malzeme (kil ve silt) miktarı yüzdesini hesaplayınız. - Bu deneyi iki numuneye aynı anda uygulayınız ve iki deneyin %'leri arasındaki fark 0,2'den büyük ise üçüncü bir deney yapınız. - Deney sonuçlarının aritmetik ortalamasını alınız.	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarında ilgili alanlara kaldırınız.	
Deney raporunun doldurulması	- Deney raporunu düzenleyiniz. - Raporunuzda; TS 706 EN 12620'de verilen sınır değerlere göre agreganın içindeki 0,063 mm'den küçük ince madde (kil, silt ve taş unu) oranının beton için uygunluğunu belirleyiniz. - Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içerisinde uygulama sonrası ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.



3.2.4. Agregada İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi (TS EN 933-9+A1)

TS EN 933-9 standardına göre yapılan metilen mavisi deneyinin amacı, agreganın 0,063 mm göz açıklı elekten geçen ince tanelerinin içinde bulunan kil içeriğinin belirlenmesidir.

Metilen mavisi boyası, kil minerallerinin negatif yüklü yüzeyleri üzerinde tutunan (adsorblanan) geniş polar organik bir moleküldür ve suda yüksek çözünürlüğe sahiptir. Metilen mavisi boyası katyon değişimi ile kil mineralleri yüzeyinde tutunur ve her bir kil grubunun farklı katyon değiştirme kapasitesi vardır. Kilin katyon değiştirme kapasitesi değeri aşıldığı zaman, fazla metilen mavisi yüzeyde tutulamaz.

Yüzeyde tutunabilen metilen mavisi boyasını tespitte yönelik olan bu deneyde, metilen mavisi boyası 5 mL'lik çözeltiler hâlinde standartta belirtilen miktarlarda hazırlanan deney numunesi (0-2 mm) ve saf su karışımı olan süspansiyona karıştırılarak ilave edilir. Her bir ilave edilişten sonra süzgeç kâğıdına bir leke deneyi yapılarak serbest boyanın varlığı belirlenir.

Metilen mavisi deneyi zararlı kil minerallerinin miktarı hakkında bilgi verir fakat bu deneyde kil minerallerinin cinsi belirlenemediğinden zarar verme oranları belirlenemez. Kil; su tutma ve iyon değiştirme güçleri yüksek olan, parçacık boyutu 0,02 mm'nin altında, tabakalı ya da lifli yapıdaki hidratlaşmış (su ile etkileşimli) alüminyum veya magnezyum silikatlar olarak adlandırılmaktadır. Kil minerallerinin aktiviteleri karakteristik yapılarına bağlıdır. Bazı kil türlerinin agrega performansını etkilemediği, bazılarında az miktarda bile olsa performansı önemli ölçüde etkilediği, neme karşı duyarlı oldukları ve genleşebildikleri bilinmektedir.



Atom iyon ve molekül gibi taneciklerinin bir katı yüzeye tutunmasına **adsorpsiyon**, tutunan taneciklerin yüzeyden ayrılmasına **desorpsiyon**, katıya **adsorplayıcı**, katı yüzeyinde tutunan maddeye ise **adsorplanan** adı verilir

3.2.4.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereçler ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır.

Deney Eleği: 2 mm kare göz açıklıklı metal elektir (Görsel 3.13).



Görsel 3.13: Deney eleği

Pervaneli Karıştırıcı: Dakikada 400 devir ve 600 devire kadar iki kademe hızda çalıştırılabilen, 75 mm çapında üç veya dört pervane kanadına sahip elektrikli karıştırıcıdır (Görsel 3.14).



Görsel 3.14: Pervaneli karıştırıcı





Büret Askısı: Büretin sağlam şekilde ayarlı vidalar ile yük-sekliğinin sabitlenmesine ve musluğunun açılıp kapanırken dikliğini koruyacak şekilde sıkıştırma mekanizmasına sahip olmalıdır (Görsel 3.15).



Görsel 3.15: Büret askısı

Büret: 100 mL veya 50 mL kapasiteli, 1/10 mL veya 1/5 mL olarak derecelendirilmiş, camdan yapılmış musluklu borudur (Görsel 3.16).



Görsel 3.16 Cam büret

Cam Çubuk: Silindirik çubuk şeklinde, içi dolu camdan yapılmış, uzunluğu 300 mm, çapı 8 mm'dir (Görsel 3.17).



Görsel 3.17: Cam çubuk

Metilen Mavisi Tozu-Boya Çözeltisi: Sentetik bir boyar maddedir. Kimyasal formülü $C_{16}H_{18}ClN_3S$ 'dir. 1000 g saf suya 10 g metilen mavisi tozu katılarak elde edilen çözeltinin kullanım süresi, ışık almayacak şekilde muhafaza edilmesi durumunda en fazla 28 gündür (Görsel 3.18).



Görsel 3.18: Metilen mavisi tozu

Filtre Kâğıdı: Kalınlığı 0,20 mm, süzme hızı 75 saniye, gözenek büyüklüğü 8 mikron ve çapı 125 mm olan, kül ihtiva etmeyen, rafine pamuk ve selülozdan imal edilmiş ürünlerdir (Görsel 3.19).



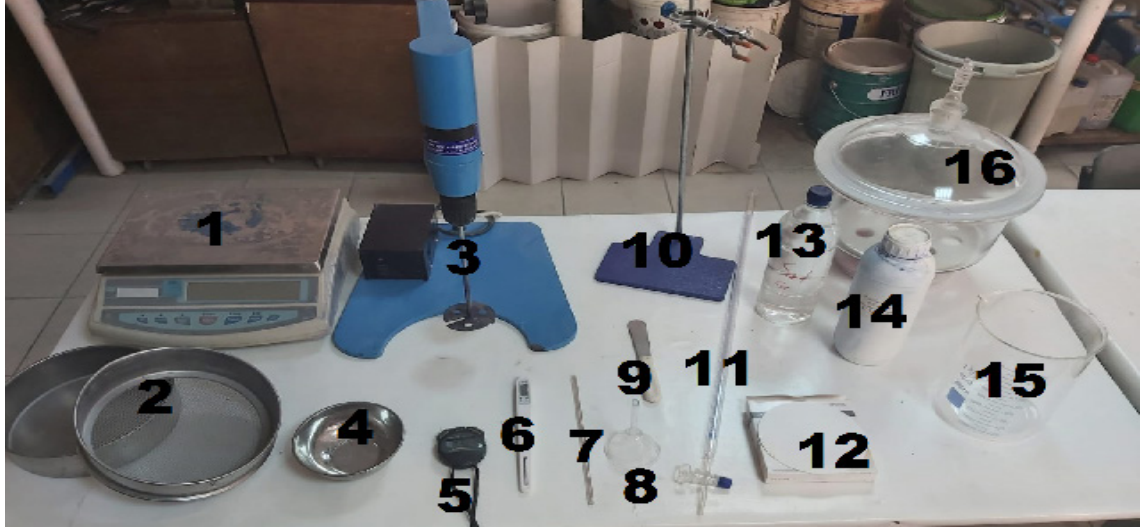
Görsel 3.19: Filtre kâğıdı

Ölçü Balonu veya Şişe: Koyu renk camdan veya plastikten yapılmış, ağzı kapaklı en az 1 litre kapasitelidir (Görsel 3.20).



Görsel 3.20: Ölçü balonu veya şişe





Görsel 3.21: Deney araç gereç ve ekipmanları

1.Hassas dijital terazi 2.Deney elek seti 3.Pervaneli karıştırıcı 4.Numune kabı 5.Kronometre 6.Termometre 7.Cam çubuk 8.Cam huni 9.Spatula veya kaşık 10.Büret askısı 11.Cam büret 12.Filtre kâğıdı 13.Saf veya demineralize su 14.Metilen mavisi çözeltisi 15.Cam veya plastik beher 16.Desikatör (Görsel 3.21). Ayrıca; hava dolaşimli etüv.

3.2.4.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

Deney için gerekli numune miktarları Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9 Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

En Büyük Tane Büyüklüğü (mm)	Deney Numunesi Miktarı (g)
0-2	200

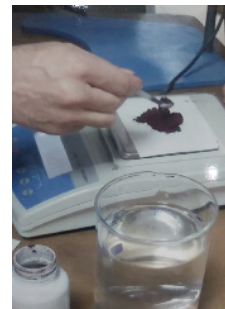
3.2.4.3. Deney Numunesinin Hazırlanması

- Bu deney için deney numunesi 2 mm göz açıklıklı elekten elenen agregadan, bölgeç veya çeyrekleme yöntemiyle 200 gramdan fazla olacak şekilde azaltılarak alınır.
- Numuneler etüvde 105 ± 5 °C'de sabit kütleye gelene kadar kurutulur ve desikatörde soğutulur.

3.2.4.4. Metilen Mavisi Çözeltisinin Hazırlanması



Görsel 3.22: a) Çözelti hazırlama



Görsel 3.22: b) Çözelti hazırlama



- 1 litre saf su veya demineralize su 40 °C'ye getirilir ve karıştırma kabı (beher) içine konur (Görsel 3.22.a).
- Kuru ve toz hâldeki metilen mavisinden 10 g dikkatli bir şekilde tartılır (Görsel 3.22.b).



Görsel 3.22: c) Çözelti hazırlama



Görsel 3.22: d) Çözelti hazırlama

- 1 litre saf suyun içerisine tartılan metilen mavisi tozu dökülür ve pervaneli karıştırıcı ile 400 devirde 45 dakika boyunca tozun çözülmesi için karıştırılır (Görsel 3.22.c).
- Karıştırma işlemi sonrası çözelti 20 °C'ye kadar soğutulur.
- Ölçü balonu veya renkli cam muhafaza şişesine konulur (Görsel 3.22.d). Çözelti hazırlama tarihi ve son kullanım tarihi şişe üzerinde belirtilmelidir (Çözeltinin 24 saat bekletildikten sonra kullanılması daha uygun olmaktadır.).



Metilen mavisi çözeltisi kapalı ortamda, ışığa maruz kalmadan en fazla 28 gün saklanır ve kullanılır.

3.2.4.5. Deneyin Yapılışı

- Kurutulan numuneden Tablo 3.9'daki tane büyüklüğüne göre 200 g tartılır ve M1 olarak kaydedilir.
- Beher içindeki 500 mL saf suya 200 g numune katılır ve 600 devirde 5 dakika karıştırılır.
- Daha sonra numune ve su dolu behere büretten 5 mL çözelti katılır ve 400 devirde 1 dakika karıştırılır.
- Süre sonunda cam çubuk karışıma batırılır, filtre kâğıdına damlatma yapılır ve 1 dakika içerisinde hale oluşup oluşmadığı kontrol edilir (Damlanın çapının 8 ile 12 mm arasında olması ve damlanın etrafında en az 1 mm açık mavi veya turkuaz renkli hale meydana gelmesi gerekmektedir.).
- Hale oluşmazsa hale görülene kadar her defasında büretten 5 mL metilen mavisi çözeltisi ilave edilir, 1 dakika boyunca 400 devirde karıştırılır ve tekrar filtre kâğıdına damlatma yapılarak tekrar edilir.
- Hale oluşması durumunda, metilen mavisi çözeltisi ilave etmeden birer dakika aralıklar ile filtre kâğıdına beş defa teyit (kontrol) damlatması yapılır (Her teyit damlatması öncesi çözelti katılmadan 400 devirde 1 dakika karıştırılır.).
- Beşinci teyit sonunda hale görülmeye devam ediyorsa deney bitirilir. Teyit damlatmalarında ilk dört teyitte hale kaybolursa 5 mL çözelti katılır ve deney hale görülene kadar devam ettirilir. Eğer beşinci teyit damlatmasında hale kaybolursa deneye 2 mL çözelti ilave edilerek hale durumu gözlenir.
- Arka arkaya beş teyit damlatmasında kesintisiz hale oluşumu durumunda harcanan metilen mavisi çözeltisi V_1 olarak kaydedilir ve ilgili formül kullanılarak hesaplamalar yapılır.



3.2.4.6. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve İşlenmesi

Metilen mavisi değeri aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$MB = (V_1/M_1).10$$

MB : Metilen mavisi değeri

V₁ : Karışıma katılan metilen mavisi çözeltisinin toplam hacmi (mL)



Hesaplama sonucu MB değeri 2'ye kadar ise agregaya kullanıma uygundur. Fazla çıkması hâlinde agregaya içindeki silt ve kil minerallerinin çimentonun agregaya ile aderansını zayıflatacağı, ayrıca su çimento oranını artırarak betonun dayanım ve dayanıklılığını düşüreceği bilinmelidir.





3.2.5. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 3.10: Deney Raporu

Laboratuvarın Adı:				Standart No.: TS EN 933-9	
Numunenin Tanımı ve Özellikleri:					
Numune Kaynağının Adı ve Yeri:					
Numunenin Alınış Tarihi:	/.../....	Numune Alma Belgesi:			
Numuneyi Azaltma Metodu:					
DENEY SONUÇLARI:	1.Deney	2.Deney	3.Deney	4.Deney	5.Deney
Deneyde Kullanılan Çözelti Miktarı (V1):					
Deneyde Kullanılan Numune Miktarı (M1):					
Deney Sonuçları (MB Değeri):					
Deney Tarihi:	/.../....	Çözelti Hazırlama Tarihi:		/.../....	
DENEYİ YAPANLAR					
S.No.	Adı Soyadı	Görevi			İmzası
1					
2					
3					
RAPORU HAZIRLAYAN VE ONAYLAYAN YETKİLİLER					
S.No.	Adı Soyadı	Görevi			İmzası
1					
2					
Deney sonuçlarını değiştirebilecek etkenler:					
.....					
.....					
Sakıncalı etkileri engellemek için alınmış önlemler:					
.....					
.....					
.....					
Uygulanan deney metodunda belirtilmeyen, uygulamada yapılmış işlemler:					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					





DENEY UYGULAMASI - 4



<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21675>

Temin edebildiğiniz iki farklı ocaktan ince agregaya deney numune kısmını, önce 0- 2 mm tane büyüklüğü arasında olacak şekilde ayırınız. Kuru 10 g metilen mavisi tozu ile 1 litre çözelti hazırlayınız. Bu agregaya numunesinde metilen mavisi deneyi ile laboratuvarında ince tanelerin tayinini grubunuzla yapınız. Sonuçlarınızı örnek deney raporuna işleyerek agreganın ince madde bakımından beton imalatında kullanılıp kullanılmayacağını belirleyiniz.

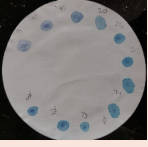
Deney Adı : İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi

Deney Süresi : Numunelerin hazırlanması 30 dakika, etüv kurusu için en az 16 saat, deneyin yapılması ve sonuçların hesaplanması 2 ders saati (Çözeltiyi hazırlamak için 1 saat.)

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Kimyasalları ve hazırlanan çözeltileri izinsiz boşaltmayınız ya da dökmeyiniz. - Laboratuvarında bulunan çözelti veya kimyasal maddelerin tadına bakmayınız. - Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz (Eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.).	
 Deney araç gereçlerinin hazırlanması	- Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. - Numune miktarını 200 g'dan biraz fazla olacak şekilde çeyrekleme veya bölgeç yöntemiyle azaltarak hazırlayınız.	
 Numunenin etüv kurusunun tartılması	- Numuneleri etüvde 105±5 °C'de sabit kütleye gelene kadar kurutunuz. - Etüv kurusu hâline gelen numuneden 200 g tartınız ve M1 kuru ağırlık olarak kaydediniz (Numunenin soğutulmasında desikatör kullanılmalıdır.).	
 Numunenin saf su ile karıştırılması	- Beher içindeki 500 mL saf suya 200 g numune katınız ve karışımı 600 devirde 5 dakika karıştırınız. - Karıştırma sırasında karışımın etrafa sıçramaması için özen gösteriniz.	
 Numuneye çözelti katılarak karıştırılması	- Karıştırılan numuneye büretten 5 mL çözelti akıtınız ve 400 devirde 1 dakika karıştırınız. - Karıştırma esnasında kronometre ile kontrol ederek sürenin geçmemesine dikkat ediniz	





 Filtre kâğıdına damlatma yapılması	- Süre sonunda cam çubuğu karışıma batırınız ve filtre kâğıdına damlatma yapınız. - Bir dakika içerisinde hale oluşup oluşmadığını kontrol ediniz. - Cam çubuk ile yapılan damlanın çapının 8 ile 12 mm arasında olmasına dikkat ediniz (Bir dakika sonunda damlanın etrafında en az 1 mm açık mavi veya turkuaz renkli hale meydana gelmesi gerekmektedir.).	
 Damlatmalara devam edilmesi	- Hale oluşmazsa hale görülene kadar her defasında, büretten 5 mL metilen mavisi çözeltisi ilave ediniz. - Sonra 1 dakika boyunca 400 devirde karıştırınız ve tekrar filtre kâğıdına damlatma yaparak uygulamayı tekrar ediniz.	
 Hale oluşumunda beşinci teyit damlatmasının yapılması	- Hale oluşması durumunda, metilen mavisi çözeltisi ilave etmeden birer dakika aralıklar ile filtre kâğıdına beş defa teyit (kontrol) damlatması yapınız ve bir dakika gözlemleyiniz. - Unutmayınız her teyit damlatması öncesi çözelti katılmadan, 400 devirde bir dakika karıştırma yapılmalıdır.	
 Teyit damlatmalarının kontrolünün yapılması	- Beşinci teyit sonunda hale görülmeye devam ediyorsa deneyi bitiriniz. - Teyit damlatmalarında ilk dört teyitte hale kaybolursa 5 mL çözelti katınız ve deneyi hale görülene kadar devam ettiriniz. - Eğer beşinci teyit damlatmasında hale kaybolursa deneye 2 mL çözelti ilave ederek hale oluşum durumunu kontrol ediniz.	
Deney sonucunun hesaplanması	Arka arkaya beş teyit damlatmasında kesintisiz hale oluşumu durumunda harcanan metilen mavisi çözeltisini V1 olarak kaydediniz ve ilgili formülü kullanarak hesaplamayı yapınız.	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	- Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarında ilgili alanlara kaldırınız. - Çözelti katılmış numuneyi çevreye zarar vermeyecek ve atık suları etkilemeyecek şekilde ilgili geri dönüşüm alanında saklayınız.	
Deney raporunun doldurulması	- Deney raporunu düzenleyiniz. - Raporunuzda; agreganın içindeki kil oranının beton için uygunluğunu belirleyiniz. - Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu ve ekindeki damlatmalara ait filtre kâğıdını uygulama sonrası belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME -3

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Agregalarda özgül ağırlık deneyi ile aşağıda verilenlerden hangisi bulunamaz?

- A) Kuru özgül ağırlık
- B) DKY özgül ağırlık
- C) Görünen özgül ağırlık
- D) Sudaki özgül ağırlık
- E) Su emme oranı

2. 4 mm'den küçük agregalarda özgül ağırlık deneyi aşağıdaki hangi iki yöntemle doğru olarak yapılır?

- A) Piknometre - Tel sepet metotları
- B) Piknometre - Balon joje metotları
- C) Piknometre - Etüvde kurutma metotları
- D) Balon joje - Tel sepet metotları
- E) Tel sepet - Vakumlama metotları

3. Doygun kuru yüzeyin kesik koni metoduyla kontrol edilmesinde numune, sıkıştırma çubu ile kaç kere şişlenmelidir?

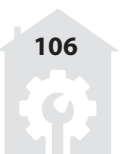
- A) 10
- B) 15
- C) 20
- D) 25
- E) 30

4. İnce agregalarda özgül ağırlık deneyinde DKY durumuna getirilmiş numune için tartma işleminden sonra yapılacak ilk uygulama aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Numunenin üzerine su serpilir.
- B) Numune etüvde kurutulur.
- C) Numune huniyle balon jojeye konur.
- D) Numune oda sıcaklığında 24 saat bekletilir.
- E) Numune 4 mm elekten elenir.

5. İri agregalarda özgül ağırlık deneyi en az kaç kere yapılmalıdır?

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5





6. Özgöl ağırlık deneylerinde çıkan sonuçlar arasındaki bağıntı, aşağıda verilenlerden hangisinde doğru ifade edilmiştir?
- A) Görünen Özgöl Ağırlık $\leq$ Doygun Kuru Yüzey Özgöl Ağırlık $<$ Kuru Özgöl Ağırlık
B) Doygun Kuru Yüzey Özgöl Ağırlık $<$ Kuru Özgöl Ağırlık $\leq$ Görünen Özgöl Ağırlık
C) Kuru Özgöl Ağırlık $\leq$ Doygun Kuru Yüzey Özgöl Ağırlık $\leq$ Görünen Özgöl Ağırlık
D) Görünen Özgöl Ağırlık $<$ Kuru Özgöl Ağırlık $<$ Doygun Kuru Yüzey Özgöl Ağırlık
E) Kuru Özgöl Ağırlık = Görünen Özgöl Ağırlık $\leq$ Doygun Kuru Yüzey Özgöl Ağırlık
7. Agregalarda ince madde olarak ifade edilen büyüklük değeri kaç milimetredir?
- A) 3 mm
B) 1,63 mm
C) 0,63 mm
D) 0,063 mm
E) 0,0063 mm
8. İnce madde tayini yıkama metodunda, numune su içerisinde ne kadar bekletilmelidir?
- A) 1 saat
B) 4 saat
C) 12 saat
D) 24 saat
E) 48 saat
9. Metilen mavi çözeltisi hazırlandıktan sonra en fazla kaç gün kullanılır?
- A) 3
B) 8
C) 18
D) 28
E) 48
10. Metilen mavi çözeltisi hazırlamada 1000 gram saf suya kaç gram metilen tozu katılır?
- A) 5
B) 10
C) 15
D) 20
E) 30
11. Metilen mavisi deneyinde her seferinde katılacak çözelti miktarı aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?
- A) 5 mL
B) 10 mL
C) 15 mL
D) 20 mL
E) 25 mL





3. Öğrenme Birimi



4. Öğrenme Birimi

AGREGADA DONA DAYANIKLILIK DENEYLERİ

KONULAR

- 4.1. Agreganın Dona Karşı Durum Deneyi
- 4.2. Kimyasal Yöntemle Dona Dayanıklılık Deneyi

KAVRAMLAR

- Donma Çözülme Döngüsü
- Deiyonize-Distilite Su
- Hidrometre
- Çözelti
- Sodyumsülfat
- Magnezyumsülfat



4. AGREGADA DONA DAYANIKLILIK DENEYLERİ

Islanma-kuruma, su emme, tuz kristalleşmesi ve donma-çözülme gibi farklı iklim olayları; beton ve asfalt agregalarının mekanik özelliklerinde hızlı bir değişime sebep olup dayanıklılıklarını azaltabilen en önemli faktörlerdir. Soğuk iklimlerde üretilen beton ve asfaltın, donma etkisiyle yüzeyinin soyulmaması ve bir bütün olarak parçalanmaması için agreganın dona dayanıklı olması gerekir. Aşırı donma-çözölmeye maruz kalacak dış mekânlarda kullanılan doğal agregalar, bu etkiye karşı dirençli olmalıdır. Bu amaçla agregaların dona dayanıklılığını belirlemek için laboratuvarlarda yaşlanma testleri yapılır. Yaşlanma testlerinin amacı, yavaş ve doğal hava koşullarının laboratuvarında daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi esasına dayanmaktadır. Ayrıca, beton üzerinde deneyler yapmak koşuluyla agreganın donma-çözölmeye karşı direnci tespit edilebilir.

Agregada dona dayanıklılık deneyleri; agreganın dona karşı durum (donma-çözölmeye karşı direnç) deneyi ve kimyasal yöntemle dona dayanıklılık deneyi olmak üzere iki farklı şekilde yapılmaktadır.



Agreganın dona karşı durum deneyi, **TS EN 1367-1** standardına göre bundan sonra agreganın donma - çözölmeye karşı direncin tayini deneyi olarak adlandırılacaktır.

4.1. AGREGANIN DONMA ÇÖZÖLMEME KARŞI DİRENCİN TAYİNİ DENEYİ (TS EN 1367-1, ASTM D560)



<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21678>



Agregalar, betonun dona dayanıklılığında önemli rol oynamaktadır. 4 mm–63 mm arası tane büyüklüğüne sahip beton agregalarının, arka arkaya donma-çözölmeye döngüsüne maruz bırakılması hâlinde göstereceği davranış biçimi hakkında bilgi edinmek için yapılan bir deney yöntemidir. Bu deney metodu, agrega tarafından suyun iyice emilmesi için agreganın atmosfer basıncında suya batırılarak su altında tutulması ve belirli tek tane büyüklüğüne sahip agregalardan oluşan deney numunesi kısımlarının on defa donma-çözölmeye döngüsüne tabi tutulmasıyla agregalarda herhangi bir değişiklik olup olmadığının kontrolü esasına dayanır. Donma-çözölmeye döngülerinin tamamlanmasından sonra agregaların çatlak oluşumu, kütle kaybı ve varsa mukavemet değişiklikleri gibi herhangi bir değişiklik olup olmadığı hakkında bilgi edinilir.

Suda donma-çözölmeye yönteminde; agregaların dayanıklılıkları bakımından birbirinden farklılıkları yeterli derecede gözlenemezse su yerine, çok ağır donma çözölmeye şartları [%1'lik sodyum klorür (NaCl) veya doygun üre çözeltisi] kullanılabilir.

4.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Çelik mala, dijital terazi ($\pm 0,1$ g duyarlı), cam veya plastik beher

Hava Dolaşımli Etüv: 110 ± 5 °C sıcaklığa ayarlanabilen, termostatlı olmalıdır.

Deney Eleklere: Deney numunelerinin tane sınıflarına ayrılmasında ve deney sonrası numunenin yıkama–eleme işlerinde kullanılır.

Dijital Termometre: Sıcaklığı ölçülecek sıvı içerisine, çelik prob daldırılarak sıvının sıcaklığını $0,1$ °C doğrulukla ölçebilen alettir (Görsel 4.1).

Metal Kutular: Korozyona ve donma-çözölmeye dayanıklı, paslanmaz çelikten imal edi-





len 2000 mL kapasiteli, uygun kapaklarla kapatılabilen kutulardır (Görsel 4.2). 4 mm ile 63 mm agrega deney numunelerinin donma-çözülme işlemlerinde kullanılır. Metal kapların temin edilemediği durumlarda aynı işlevi görecek olan sıcağa ve soğuğa dayanıklı sızdırmaz kapaklı plastik kaplar da kullanılabilir.



Görsel 4.1: Dijital termometre



Görsel 4.2: Metal kutu

Damıtık veya Deiyonize Su: Deney numunesinin dondurulmasında kullanılır.

Desikatör: Etüvden çıkarılan deney numunelerinin ortamın nemini almadan laboratuvar sıcaklığına kadar soğutulmasında kullanılır.

Donma-Çözülme Test Kabini: Zaman ve sıcaklık ayarlı olup donma-çözülme işlemi yapan kabindir (Görsel 4.3). Standarda uygun olarak her bir donma-çözülme adımı belirtilen sıcaklığa ulaşma ve belirtilen sıcaklıkta kalma süresi bilgisayara veri aktarımı sağlayan bir yazılımla kontrol edilir ve her döngü bilgisayardan takip edilir.

Düşük Sıcaklık Dolabı: Donma-çözülme test kabininin olmadığı durumlarda dikey veya yatay, hava dolaşım, doğru soğutma yapma koşuluyla 0 °C ve -18 °C'ye ayarlanabilen; elle kontrol edilebilen dolap kullanılabilir (Görsel 4.4). Deney numunesinin on defa donma-çözülme döngüsünde kullanılır.

Su Banyosu veya İklimlendirme Odası: Metal kutulardaki su altında donmuş deney numunelerini 20±2 °C'ye getirmek için; çözmede ve kimyasal yöntemle dona dayanıklılık deneyinde çözeltiyi 20±2 °C'de tutmak için kullanılan ortamdır (Görsel 4.5). Sıcaklığı 20±2 °C'de tutulabilen termostat kontrollü, su dolu kür havuzu da kullanılabilir.



Görsel 4.3: Donma-çözülme test kabini



Görsel 4.4: Düşük sıcaklık dolabı



Görsel 4.5: Su banyosu

4.1.2. Deney Numunesi Hazırlama ve Miktarı

TS EN 932-1'e uygun olarak alınan agrega numunelerinin içerisindeki alt ve üst büyüklük sınırları dışında kalan agregalar ayıklanır. **TS EN 932-2'ye** göre uygun bir yöntemle azaltılarak Tablo 4.1'de verilen tek tane büyüklüğü sınıfına ayrılır (Görsel 4.6).

Tane sınıflarına ayrılan normal agrega numunesi, yıkama işlemine tabi tutularak ince malzemelerden arındırılır. Daha sonra numuneler, etüvde 110 ± 5 °C'de sabit kütleye gelinceye kadar kurutulur. Kurutma işlemi sonunda numuneler etüvden alınır ve ortam sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde soğumaya bırakılır. Hafif agregalar ise sadece sabit kütleye kadar kurutulur. Tablo 4.1'de verilen miktarlarda tek tane sınıftan deney numunesi kısımları elde edilir.



Görsel 4.6: Agregayı tane sınıfına ayırma

Donma-çözülme deneyinde, üç adet deney numunesi kullanılır. Deney numuneleri, 8-16 mm arası tane büyüklüğünde olmalıdır. Gerekli olan durumlarda, Tablo 4.1'deki tane sınıflarından herhangi biri de kullanılabilir. Üç deney numunesi kısmının her birine ait miktarlar Tablo 4.1'de belirtilmiştir. Deney numunelerinin tartımında izin verilebilir sapma aşağıda belirtilen doğruluk seviyelerinde yapılmalıdır.

- Büyüklüğü 16 mm'ye kadar olan agregalar: $\pm 0,2$ g
- Büyüklüğü 16 mm'nin üzerinde olan agregalar: $\pm 0,5$ g

Tablo 4.1: Donma Çözülme Deneyi İçin Deney Numunesi Miktarları

Tek Tane Sınıfı Anma Büyüklükleri	Deney Numunesi Miktarı (g)	
	Normal Agregası (g)	Hafif Agregası (Yığın Hacmi) (ml)
4 - 8 mm	1000	500
8 - 16 mm	2000	1000
16 - 32 mm	4000*	1500
32 - 63 mm	6000*	-
* İlave metal kutulara ihtiyaç olacaktır.		

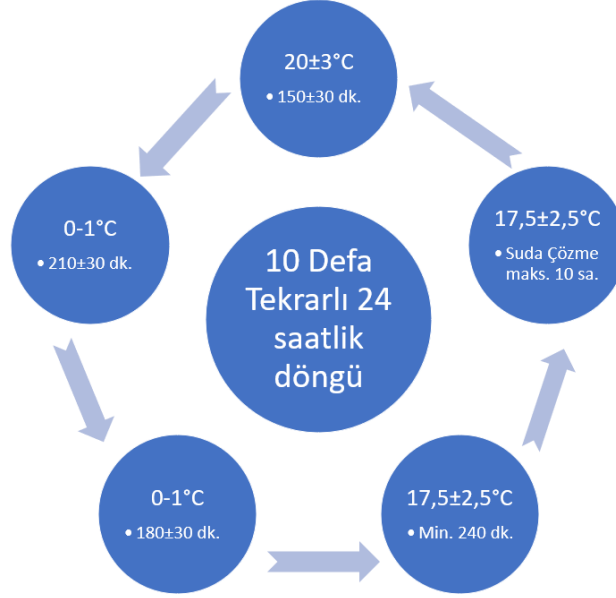
4.1.3. Deneyin Yapılışı

- Agregaların donma-çözölmeye dayanıklılığı için Tablo 4.1'de verilen miktarlarda üç deney numunesi Görsel 4.8.a'daki gibi darası alınmış plastik/metal kutulara konulur ve her kap ayrı ayrı tartılarak kütlesi (M_1) kaydedilir. Plastik/metal kutulardan bir tanesi işleme tabi tutulmadan ayrılır.
- İki plastik/metal kaptaki numunenin üzerini 10 mm örtünceye kadar saf (damıtık) su konulur (Görsel 4.8.b).
- Numune kapları ağız kapatılmadan 24 ± 1 saatlik ıslatma süresince 20 ± 3 °C'de atmosfer basıncında tutulur. Bu süre sonunda agregası numunesi üzerindeki su seviyesi kontrol edilir, su seviyesinde azalma varsa su eklenir ve kutuların kapakları kapatılır.
- Dolap ısısının her taraftan eşit alınması için kutular ile dolabın yan duvarları arasında en



az 50 mm mesafe olmalı ve kaplar birbirine temas etmeyecek şekilde aralarında boşluk bırakılarak dolaba konmalıdır (Görsel 4.8.c).

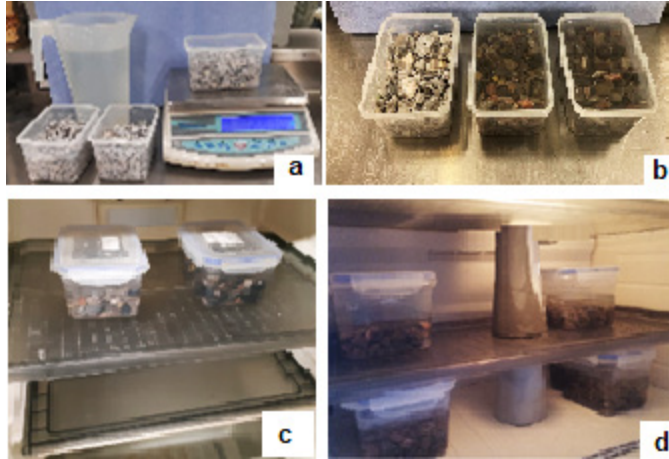
- Dolaba konulan agrega deney numuneleri kısmı, Görsel 4.7'de belirtilen sıcaklık ve sürelerde on defa donma ve çözülme döngüsüne tabi tutulur.



Görsel 4.7: Donma-çözülme zaman döngüsü

Donma çözülme zaman döngüsüne göre;

- Sıcaklık, 150±30 dakikada 20±3 °C'den 0 °C'ye düşürülür ve 210±30 dakika 0 °C'de bekletilir (Görsel 4.8.c).
- Sıcaklık, 180±30 dakikada 0 °C'den -17,5±2,5 °C'ye düşürülür ve en az 240 dakika -17,5±2,5 °C'de bekletilir (Görsel 4.8.d).
- Her bir döngü sonunda plastik/metal kutular kür havuzunda veya su banyosunda yaklaşık 20 °C'deki suya batırılarak çözdürülür. Sıcaklık 20±3 °C'ye ulaştığında çözdürme işlemi tamamlanır. Çözdürme aşaması tamamlandıktan sonra plastik-metal kutular 20±3 °C'deki su içinde en fazla 10 saat bekletilir. Her bir donma-çözülme döngüsü 24 saat içinde tamamlanmalıdır.



Görsel 4.8: Donma-çözülme deneyinin yapılışı



4. Öğrenme Birimi

- Hiçbir aşamada, hava sıcaklığının $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşmesine izin verilmemelidir.
- Onuncu döngü sonunda her iki kutunun içindeki malzeme, deney numunesini hazırlamak için kullanılan alt elek büyüklüğünün yarısı kadar göz açıklığına sahip bir elek (örneğin, 8 mm ile 16 mm aralığı için 4 mm göz açıklıklı elek) üzerine boşaltılır. Deney numunesi, belirtilen elek üzerinde elle yıkanır ve elenir.
- Elek üzerinde kalan malzeme, etüvde $110\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de sabit kütleye gelinceye kadar kurutulur. Kurutma işlemi sonunda numuneler etüvden alınır ve ortam sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde soğutulduktan sonra üç deney numunesinin elek üstü kısımları birleştirilerek tartılır, kütlesi (M_2) kaydedilir.

Deney sonrasında, çalışma ortamı zemini, çalışma tezgâhı ve araç gereçler özenle temizlenmeli; araç gereçlerin bakımı yapılarak aletler bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakılmalıdır.



Tatil gibi deneye ara verilmesi gereken durumlarda, donma döngüsü veya elle kontrol sırasında plastik/metal kutular **en fazla 72 saat** süreyle $-17,5\pm 2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de tutulmalıdır.

4.1.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi

Donma ve çözülme deneyi sonunda oluşan kütlece don kaybı (MD_F) aşağıdaki formül kullanılarak yüzde olarak hesaplanır ve kütlece %0,1 yaklaşımla raporlanır.

$$MD_F = [(M_1 - M_2) / M_1] \cdot 100$$

MD_F : Donma-çözülme döngüsü sonunda üç deney numunesinin kütlece yüzde kaybı (%)

M_1 : Üç deney numunesinin toplam ilk kuru kütlesi (g)

M_2 : Döngü sonunda elek üzerinde kalan üç deney numunesinin son kuru kütlesi (g)

Donma-çözülme deneyi sonucu, deney numunesinin kütlece yüzde kaybı **TS EN 12620+A1** standardına göre Tablo 4.2'de verilen F_4 kategorisine göre %4'ten az olmalıdır.

Tablo 4.2: En Yüksek Donma-Çözülme Direnç Değerine Göre Kategoriler

Donma-Çözülme (Kütlece yüzde kaybı) ¹	Kategori F
≤ 1	F1
≤ 2	F2
≤ 4	F4
> 4	F_{Bevan}
Serbest	F_{NR}

¹ Aşırı soğuk hava, tuzluluk veya buz çözücü tuz doygunluğu durumlarında ayrıntısı TS EN 1367-1 EK B'de verilen bir tuz çözeltisi veya üre kullanılan deneylerin yapılması daha uygun olabilir. Bu durumda, bu tabloda verilen sınırlar uygulanmaz.

4.1.5. Deney Raporu Hazırlama

Agremanın donma-çözülme yöntemiyle dona karşı direncinin tayini deneyi için Tablo 4.3: Deney Raporu'na hesaplamalardan elde edilen sonuçlar, deney standardı gibi istenilen diğer bilgiler doldurulur ve imzalanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmene teslim edilir.





Tablo 4.3: Deney Raporu

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar:				
Numunenin Ait Olduğu İş:				
Deneyin Adı:				
Numunenin Tanıtılması ve Tane Büyüklüğü:				
Rapor Tarihi ve Numarası:		Deneyde Uygulanan Standart No.		
DENEYİ YAPANLAR				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza	
1				
2				
3				
4				
5				
RAPORU HAZIRLAYAN VE ONAYLAYAN YETKİLİLER				
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza	
1				
2				
3				
DENEY SONUÇLARI				
Deney Yöntemi	1. Deney	2. Deney	3. Deney	Ortalama Değer
Donma-Çözülme Yöntemiyle Agreganın Dona Dayanıklılık Deneyi				
Deney Sonucunu Etkileyen Olumsuz Faktörler:				
Bulgular ve Sonuçların Değerlendirilmesi:				
EKLER (Deney Takip Formu vb.):				



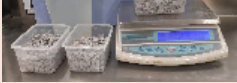


DENEY UYGULAMASI - 1

8 -16 mm arası agregata tane sınıfından, üçer set agregata deney numunesi olarak donma çözülme yöntemiyle agregata dona dayanıklılık deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranızda değerlendiriniz.

Deney Adı : Donma - Çözülme Yöntemiyle Agreganın Dona Dayanıklılık Deneyi

Deney Süresi : Uygulama 3 saat, numune kurutma 16-24 saat, suda bekletme 24 saat, deney takip 10 gün, numune kurutma 24 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız ve KKD'lerinizi giyiniz. Başkasının kişisel koruyucusunu kullanmayınız. - Çalışma sırasında laboratuvar önlüğünüzün tüm düğmelerini kapalı tutunuz. - Laboratuvarın ciddi çalışma yapılan bir ortam olduğunu hiçbir şekilde unutmayınız. - Laboratuvar çalışmaları sırasında düzeni bozacak veya tehlikeye yol açabilecek şekilde hareket etmeyiniz. - Laboratuvar ortamında çalışırken arkadaşlarınızın dikkatinin dağılmaması için yüksek sesle konuşmayınız. - Deney sırasında beklenmeyen bir durum ortaya çıktığında derhal öğretmeninize haber veriniz. - Numuneleri etüvden çıkarırken maşa, ısıya dayanıklı eldiven veya bez kullanınız.	
Deney araç gereçlerinin hazırlanması	Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
  Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	- Agregata yığınının temsil edecek özellikte ve tane boyutuna göre uygun miktarda numune almaya dikkat ediniz. - Numuneyi, TS EN 932-2 standardına uygun azaltarak gerekli deney numunesini en az miktarda almaya özen gösteriniz. - Agregata deney numunesini yıkayarak etüv kuru duruma getiriniz. - Tablo 4.1'de belirtilen miktarda etüv kuru durumdaki agregadan üç adet deney numunesi alınız. - Deney numunelerini, darası alınmış metal kutulara koyunuz ve her kabın kütlesini ayrı ayrı hassas terazide tartarak (M_i) kaydediniz.	





 Metal kutulardaki agrega deney numunelerinin ıslatılması ve kapların ağızlarının kapatılması	- Plastik-metal kutulardan birini işlem yapmadan deney sonuna kadar saklayınız. - İki kutudaki numunelerin üzerine 10 mm örtülünceye kadar saf (damıtık) su koyunuz. - Numune kaplarının ağızını kapatmadan 24 ± 1 saat ıslatma süresince 20 ± 2 °C'de atmosfer basıncında tutunuz. 24 saat sonunda metal kutulardaki agrega numunesi üzerindeki su seviyesini kontrol ediniz. Su seviyesinde azalma varsa su ekleyerek kutuların kapaklarını kapatınız.	
  Metal kutulardaki deney numunelerinin belirli süre ve sıcaklıklarda on defa donma çözülme döngüsüne tabi tutulması	- Metal kutuları birbirine temas etmeyecek şekilde ve metal kutular ile dolabın yan duvarları arasında en az 50 mm mesafe kalacak şekilde dolaba koyunuz. - Kutuları, sıcaklık 20 ± 2 °C'den 0 °C'ye düşüncüye kadar 150 ± 30 dakika ve 0 °C'de 210 ± 30 dakika bekletiniz. - Kutuları, sıcaklık 0 °C'den $-17,5 \pm 2$ °C'ye düşene kadar 180 ± 30 dakika ve $-17,5 \pm 2,5$ °C'de en az 240 dakika bekletiniz. - Deneye ara verilmesi gereken tatil gibi durumlarda, kapları $17,5 \pm 2,5$ °C'de 72 saatten fazla tutmamaya özen gösteriniz. - Her bir döngü sonunda kapları 20 ± 2 °C'deki suya batırarak çözdürünüz. Çözdürme işlemini tamamlamak için suyun sıcaklığının 20 ± 2 °C'ye ulaşmış ulaşmadığını termometre ile ölçünüz. - Çözdürme aşaması tamamlandıktan sonra metal kutuları 20 ± 2 °C'deki su içinde 10 saatten fazla bekletmemeye özen gösteriniz. - Her bir donma-çözülme döngüsünü 24 saat içinde tamamlayınız.	
Döngü sonunda deney numunesinin elek üzerinde yıkanması ve kuru kütlesinin belirlenmesi	- On döngü sonunda, iki kutudaki malzemeyi birleştiriniz. - Deney numunesini, deneyde kullanılan tane sınıfının alt elek açıklığının yarısı kadar göz açıklığındaki elek üzerinde elle yıkayarak eleyiniz. - Elek üzerinde kalan malzemeyi, etüvde 110 ± 5 °C'de sabit kütleye gelinceye kadar kurutunuz. - Kurutma işlemi sonunda numuneleri etüvden alarak ortam sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde soğutunuz ve darası alınmış kaptaki, üç deney numunesinin elek üstü kısımlarını birleştirerek tartınız, kütlesini (M_2) kaydediniz.	





Agrega deney numunesinin kütlece yüzde kaybının hesaplanması ve değerlendirilmesi	- Agrega deney numunesinin kütlece yüzde kaybını $MD_F = [(M_1 - M_2) / M_1] \cdot 100$ formülünü kullanarak hesaplayınız. - Sonuçları, “Tablo 4.3: Deney Raporu”nda ilgili deney satırına yazınız. - Deney numunesinin kütlece yüzde kaybını TS EN 12620+A1 standardına göre Tablo 4.2’de verilen kategoriye göre değerlendiriniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	- Deney bittikten sonra çalışma ortamı zeminini, çalışma tezgâhını ve araç gereçleri özenle temizleyiniz. - Araç gereçlerin bakımını yaparak bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

4.2. KİMYASAL YÖNTEMLE DONA DAYANIKLILIK DENEYİ

Bu deney yöntemi, betonda veya diğer uygulamalarda hava etkisine maruz kaldıklarında agregaların sağlamlığını tahmin etmek için yapılan testleri kapsar.

Agregaların donmaya ve çözölmeye karşı dayanıklılığını araştırmak için en çok kullanılan yöntemler, **TS EN 1367-2** standardında belirtilen magnezyum sülfat deneyi ile **ASTM C 88**’de anlatılan sodyum sülfat ve magnezyum sülfat deneyidir.

Kimyasal yöntemle dona dayanıklılık deneyi, sodyum sülfat ve magnezyum sülfat kullanılarak iki şekilde yapılır.

4.2.1. Sodyum Sülfat ile Dona Dayanıklılık Deneyi (ASTM C 88/C88M)

Doygun sodyum sülfat (Na_2SO_4) çözeltisine daldırılması ve takiben etüvde kurutulması yoluyla periyodik işleme maruz bırakılan agregaların davranışlarını değerlendirmek için yapılan bir deneydir. Agreganın, donmaya karşı dayanıklılığında kesin sonuç veren bir genel deney metodu bulunmamaktadır. Birçok ülkede kullanılan bu metodun, uygulanması sonunda pozitif sonuç veren agregaların donmaya karşı dayanıklı olması beklenmektedir.

4.2.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Dijital terazi (0,1 g duyarlı), çelik mala, paslanmaz çelik tepsi (tava), bakkal küreği (şaşula), cam veya plastik beher, hava dolaşımli etüv, desikatör, dijital termometre, su banyosu veya iklimlendirme odası

Deney Elekleri: Agregata tek tane sınıfı anma büyüklüğüne göre uygun olan elek göz açıklığı seçilmelidir.

Kronometre: Zaman bölümlerinin toplam serisini ± 1 dk. doğrulukla ölçebilmelidir. Sürelerin takibinde kullanılır.

Cam Mezür: Çözelti yoğunluğunun, hidrometre ile belirlenmesinde kullanılır.

Plastik Kova veya Metal Kaplar: Ağzı kapatılabilen, suya ve korozyona dayanıklı paslanmaz çelik veya plastikten imal edilmiş araçlardır (Görsel 4.9). Deney için gerekli miktardaki çözeltiye yetecek uygun kapasitede olmalıdır. Ayrıca tel sepetlerin kolayca içine yerleştirilmesi ve dışarı alınması için yeterli büyüklükte olmalıdır.





Tel Sepetler: Sepetin ağı, agrega numunesini taşıyabilecek sağlamlıkta; numunenin tamamen içine batmasını ve çözeltinin rahatlıkla dolaşımını sağlayacak, deneyin başlangıcında parçacıkların geçemeyeceği büyüklükte olmalıdır. Deney numunesinin içine konularak çözelti içine daldırma ve süzme işlemlerinde olmak üzere iki adet kullanılır.

Yoğunluk Ölçer (Hidrometre): Bir ucunda sıvı içinde dik durmasını sağlayan ağırlıktan oluşan gövde; diğer ucunda ise silindirik bir saptan oluşan, üzerinde yoğunluk birimleri bulunan termometreye benzeyen camdan yapılmış bir ölçme aracıdır (Görsel 4.10). Bu deneyde çözelti yoğunluğunu 0,001 g/mL doğrulukta ölçebilen, 1,100-1,200 g/mL yoğunluk ölçer (hidrometre) kullanılır.



Görsel 4.9: Plastik Kova



Görsel 4.10: Hidrometre

4.2.1.2. Deneyde Kullanılan Reaktifler *

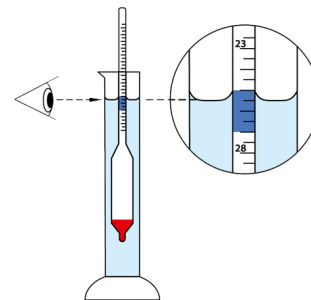
Damıtık veya Deiyonize Su: Her deney için en az 3 litre su gerekmektedir. Çözeltilerin hazırlanışında ve agreganın temizlenmesinde kullanılır.

Sodyum Sülfat Çözeltisi: En az 350 g susuz sodyum sülfat tuzunun (Na_2SO_4) veya en az 750 g kristalize sodyum sülfat tuzunun, 25 °C–30 °C sıcaklıktaki 1 litre damıtık veya deiyonize su içine yavaş yavaş eklenerek çözülmesiyle oluşturulur (Görsel 4.11). Her deney için en az 3 litre çözelti hazırlanmalıdır. Hazırlanan çözelti kullanılmadan önce 21 ± 1 °C'de en az 48 saat su banyosunda bekletilmelidir. Kullanılncaya kadar arada bir karıştırılarak tuz kristalleri çözölmeli ve kullanılmadığında buharlaşmayı azaltmak için çözeltinin ağzı kapatılmalıdır.

Hazırlanan deney çözeltisinin yoğunluğu, 1,151–1,174 g/mL arasında olmalıdır. İnce uzun bir kaba (cam mezüre) ölçölmek istenen sıvı konulur ve hidrometre serbestçe yüzecek şekilde, yavaşça içine bırakılır. Görsel 4.12'deki gibi çözeltinin üst seviyesiyle hidrometrenin sabitlendiği çizgi okunur ve çözeltinin yoğunluğu kaydedilir.



Görsel 4.11: Kimyasal çözelti hazırlama



Görsel 4.12: Hidrometre ile yoğunluk ölçümü

%5'lik Baryum Klorür Çözeltisi: 5 g baryum klorürün (BaCl_2) 100 mL damıtık suda çözölmesiyle elde edilir. Döngöler tamamlandıktan sonra yıkanan agregaların temizliğini kontrol etmede kullanılır.

*Reaktif, kimya bilminde kimyasal tepkimede harcanıp ürüne dönuşen bileşiktir.



Kimyasal maddelerle çalışmalar sırasında, tüm asitler ve alkaliler sulandırılırken suyun üzerine daima yavaş yavaş dökülmeli, asla tersi yönde hareket yapılmamalıdır. Deney çalışmaları sırasında çıkan kimyasal atıklar çevreye zarar verebileceğinden lavabo veya kanalizasyona dökülmemelidir.

4.2.1.3. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri

Laboratuvar numunesinden **TS EN 932-2**'ye göre numune azaltma yöntemlerinden (çeyrekleme ya da bölgeç) biri kullanılarak deney numunesi alınır.

İnce Agregası Numunesinin Hazırlanması: 300 µm'lik (No. 50) kare göz açıklıklı elek üzerindeki tüm malzeme yıkanır ve 110±5 °C sıcaklıkta sabit kütleye kadar kurutulur. Daha sonra eleme işlemi yardımıyla Tablo 4.4'teki gibi eleme ile tane sınıflarına ayrılır. Bu şekilde elde edilen fraksiyonlardan (bölüntü), 100 g elde etmek için yeterli miktarda numune (Genel olarak 110 g'lık bir numune yeterlidir.) alınmalıdır. Numunelerin hazırlanmasında eleklerin kafeslerine yapışan ve eleğe sıkışmış ince agregası alınmamalıdır. Son eleme işleminden sonra agregası tane sınıflarının her birinden 100±0,1 g numune, deney için ayrı kaplara konulur.

Tablo 4.4. İnce Agregası Deney Numunesi Miktarı

Tek Tane Sınıfı Anma Büyüklükleri	Deney Numunesi Miktarı (en az g)
0,300 - 0,600 mm	100
0,600 – 1,18 mm	100
1,18– 2,36 mm	100
2,36 – 4,75 mm	100

İri Agregası Numunesinin Hazırlanması: 4 mm kare göz açıklıklı elek üzerindeki tüm malzeme yıkanır ve 110±5 °C sıcaklıkta sabit kütleye kadar kurutulur. Daha sonra eleme işlemi yardımıyla Tablo 4.5'teki gibi eleme ile tane sınıflarına ayrılır. Deney numuneleri, tane sınıfına uygun olarak belirtilen miktar ve toleranslarda alınır. Deney numunesinin iki farklı tane sınıfından oluşması durumunda numuneler tane sınıfına göre ayrı ayrı tartıldıktan sonra birleştirilir ve Tablo 4.5'te belirtilen toplam deney numunesi miktarı elde edilir. 19 mm'den daha büyük boyutlar söz konusu olduğunda deney numuneleri adedi sayılarak alınır ve numunelerin kütleleri kaydedilir.

Tablo 4.5. İri Agregası Deney Numunesi Miktarı

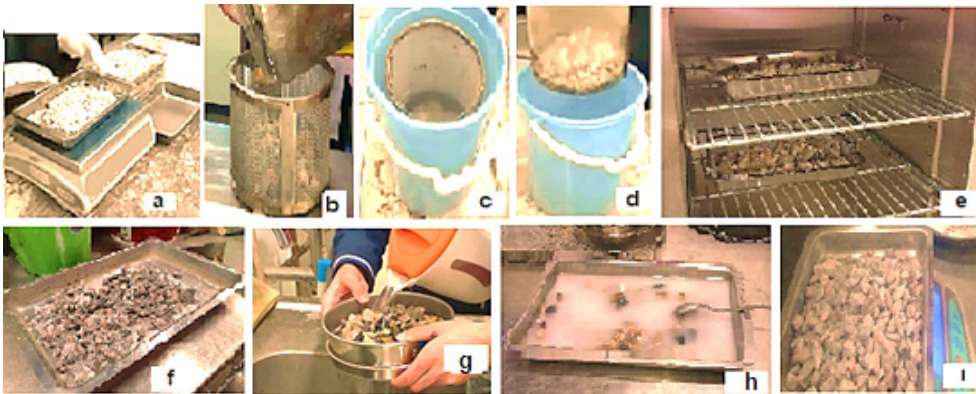
Tek Tane Sınıfı Anma Büyüklükleri		Deney Numunesi Miktarı (g)	
9,5 - 4,75 mm		300 ±5	
9,5 - 19 mm	9,5 - 12,5 mm	1000 ±10	330 ±5
	12,5 - 19 mm		670 ±10
19 - 37,5 mm	19 – 25 mm	1500 ±50	500 ±30
	25 - 37,5 mm		1000 ±50
63 - 37,5 mm	37,5 - 50 mm	5000 ±300	2000 ±200
	50 – 63 mm		3000 ±300
63 mm'den büyük tane sınıfları		7000 ±1000	





4.2.1.4. Deneyin Yapılışı

- Dona dayanıklılığı test edilecek agrega deney numunesi; tane boyutlarına göre ince agrega için Tablo 4.4'te, iri agrega için Tablo 4.5'te belirtilen miktarlarda Görsel 4.13.a'daki gibi alınarak tartılır ve kütlesi (M_1) kaydedilir.
- Deneye başlamadan en az 48 saat önce hazırlanmış olan sodyum sülfat çözeltisinin tuz kristalleri çözülerek çözelti 30 dk. dinlendirilir. Buharlaşmayı azaltmak ve kirlenmeyi önlemek için her kullanımdan sonra çözelti kapalı tutulmalıdır. Her döngü başında numuneyi çözeltiye daldırmadan önce çözelti iyice karıştırılarak tuz kristalleri kırılmalı ve 30 dk. dinlendirilmelidir.
- Deney numuneleri, Görsel 4.13.b'deki gibi tel sepet içine koyulur ve sepetlerdeki agrega numunelerinin üzerini 20 mm çözelti kapatacak şekilde kova içerisinde hazırlanmış olan sodyum sülfat çözeltisine daldırılır (Görsel 4.13.c).
- En az 16 saat, en çok 18 saat çözelti içinde tutulduktan sonra agrega deney numuneleri, tel sepetle çıkarılır ve çözeltinin kova içerisine süzülmesi için 15 ± 5 dakika beklenir (Görsel 4.13.d).
- Metal kap veya tava içerisine alınan numuneler 110 ± 5 °C'de 2-4 saat aralıklarla sabit kütleye elde edilinceye kadar çıkarılır ve soğutmadan tartılır. Tartımlar arasındaki kütle farkı %0,1'den daha az olduğunda sabit kütleye ulaşılmış olur (Görsel 4.13.e).
- Etüvden çıkartılan sabit kütleye ulaşan numune, ortam sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur ve tekrar çözelti kovasına daldırılır.
- Daldırma ve çıkartıp kurutma işlemi toplam beş defa tekrarlanır (Görsel 4.14). Son döngünün tamamlanmasından sonra etüvden çıkarılan numune, ortam sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur (Görsel 4.13.f).
- Numune soğuduktan sonra musluk altında 43 ± 6 °C sıcaklıktaki temiz suyla yıkanır (Görsel 4.13.g). Yıkama işlemi sırasında, numuneler darbelere veya aşınmaya maruz bırakılmamalıdır. Numunelerin sülfattan temizlendiğini kontrol etmek için yıkama suyuna bir miktar baryum klorür çözeltisi katılarak reaksiyonu beyaz bir renk vermemesiyle anlaşılır (Görsel 4.13.h).
- Yıkama işlemi tamamlanınca numuneler 110 ± 5 °C'de değişmez ağırlığa kadar kurutulur ve etüvden çıkarılarak desikatörde ortam sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur.
- Deney sonrasında çalışma ortamı zemini, çalışma tezgâhı ve araç gereçler özenle temizlenmeli; araç gereçlerin bakımı yapılarak aletler bir sonraki deney için çalışır ve hazır durumda bırakılmalıdır.



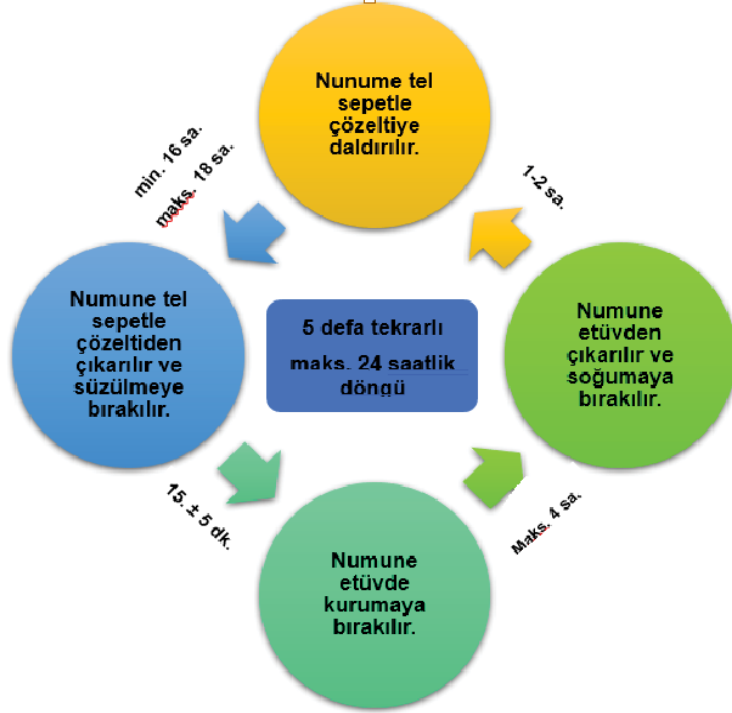
Görsel 4.13: Sodyum sülfat ile dona dayanıklılık deneyinin yapılışı

- Sodyum sülfat çözeltisinin etkisi ile tanelerin parçalanması sonucunda karışımın içindeki küçük agrega tane kaybını belirlemede iri agrega için sırasıyla 63 mm - 37,5 mm için 31,5



mm elek; 37,5 mm - 19,0 mm için 16 mm elek; 19 mm – 9,5 mm için 8 mm elek ve 9,5 mm - 4,75 mm için 4 mm elek boyutları kullanılmaktadır. İnce agregaya ise daha önce üzerinde kaldığı elekten elenir. Eleme işlemi, deney numunesi hazırlanırken uygulanan yöntem ve eleme süresi ile aynı olmalıdır.

- Elek üzerinde kalan malzeme, darası alınmış kaptan (Görsel 4.13.1) tartılarak malzemenin kütlesi (M_2) kaydedilir. Elekten geçen kısımlar ise kütlece don kaybı olarak belirlenir.
- Deney sırasında, çalışma alanı ve çalışma tezgâhı temiz tutulmalı; deneyde kullanılan yıkanabilir kirlenmiş araç gereçler biriktirilmeden yıkanmalı ve kurutularak yerlerine yerleştirilmelidir.



Görsel 4.14: Sodyum sülfat ile dona dayanıklılık zaman döngüsü



Sülfat içeren musluk suyu, yıkama suyu olarak kullanıldığında musluk suyu bulanıklığı ile baryum klorür çözeltisinin bulanıklığı aynı derecede ise deney numunelerinde sodyum sülfat olmadığı kabul edilir.

4.2.1.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi

Agrega deney numunesindeki küçük taneli malzemelerin oluşmasında zararlı etkilerin neden olduğu ufalanma, kütlece don kaybı olarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır ve kütlece %0,1 yaklaşımla raporlanır.

$$MD_{ss} = [(M_1 - M_2) / M_1] \cdot 100$$

MD_{ss} : Sodyum sülfat değeri kütlece yüzde don kaybı olarak ufalanma oranı (%)

M_1 : Deney numunesinin $\pm 0,1$ gram doğrulukla etüv kurusu ilk kütlesi (g)

M_2 : Deney sonunda elek üstünde kalan, $\pm 0,1$ g doğrulukla agreganın etüv kurusu son kütlesi (g)





Her iki deney sonucunun ortalama değeri hesaplanır ve elde edilen değer en yakın tam sayıya yuvarlatılarak kaydedilir. **ASTM C88** standardına göre en yüksek don dayanıklılığı kayıp miktarı iri agregalarda %12, ince agregalarda ise %10'dan fazla olmamalıdır.

**DENEY UYGULAMASI - 2**

<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21679>

ASTM C 88 standardına göre 19-9,5 mm arası agrega tane sınıfından ikişer set agrega deney numunesiyle sodyum sülfat çözeltisi kullanarak agregada dona dayanıklılık deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranızda değerlendiriniz.

Deney Adı : Kimyasal Yöntemle (Sodyum Sülfat ile) Agreganın Dona Dayanıklılık Deneyi

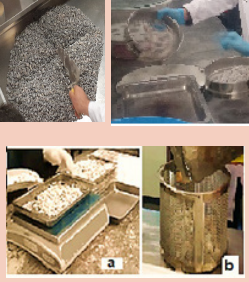
Deney Süresi: Uygulama 3 saat, çözeltiyi bekletme 48 saat, numune kurutma 24 saat, numuneyi soğutma 1-2 saat, çözeltide bekletme 16-18 saat, deney takip 5 gün, numune kurutma 16-24 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. - KKD'lerinizi giyiniz. Çalışmalar sırasında laboratuvar önlüğünüzün tüm düğmelerini kapalı tutunuz. - Laboratuvar ortamında çalışırken arkadaşlarınızın dikkatinin dağılmaması için yüksek sesle konuşmayınız. - Deney sırasında, deneyde kullanılan reaktiflere eldivensiz dokunmayınız. - Numuneleri etüvden çıkarırken ısıya dayanıklı eldiven veya bez kullanınız.	
Deney araç gereçlerinin hazırlanması	Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortamı sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Sodyum sülfat çözeltisinin hazırlanması ve yoğunluğunun ölçülmesi	- Deneye başlamadan en az 48 saat önce, her deney için en az 3 litre sodyum sülfat çözeltisi hazırlayınız. - Çözeltinin bir kısmını cam mezür içine alarak hidrometre ile yoğunluğunu kontrol ediniz. - Hazırlanan çözeltiyi, buharlaşma ve kirlenmeye karşı korumak için kapaklı bir kova içerisine koyunuz. - Çözeltiyi kullanıncaya kadar arada bir karıştırarak tuz kristallerini çözünüz ve 21 ± 1 °C sıcaklıkta muhafaza etmeye özen gösteriniz.	





4. Öğrenme Birimi

 Deney numunesinin hazırlanması ve tartılması	• Agregayı yığınının temsil edecek özellikte ve tane boyutuna göre uygun miktarda numune alınız. • ASTM C 88 standardında belirtilen elek açıklıklarına göre numuneyi tek tane sınıfı anma boyutuna ayırınız. • TS 932-2 standardına uygun olarak azaltıp gerekli olan en az miktarda deney numunesi alınız. • Numuneyi yıkadıktan sonra 110 ± 5 °C'de etüv kurusu duruma getiriniz ve etüvden çıkartarak ortam sıcaklığına kadar soğutunuz. • Tane boyutlarına göre belirtilen miktarlarda etüv kurusu durumdaki ortam sıcaklığına kadar soğutulmuş agregadan iki adet deney numunesi alınız. • Numuneleri, darası alınmış ve numaralandırılmış uygun göz açıklıklı tel sepet içine koyunuz ve her tel sepetteki numuneyi hassas terazide, ayrı ayrı tartarak numunenin kütlesini (M_1) kaydediniz.	
 Tel sepetteki agregayı deney numunelerinin çözelti içine daldırılması	• Deneyden en az 48 saat önce hazırlanmış olduğunuz sodyum sülfat çözeltisini, tuz kristallerini çözerek 30 dk. dinlendiriniz. • Daha sonra tel sepetteki deney numunelerinin üzerini 20 mm çözelti kapatacak şekilde ayarlayıp deney numunelerini sodyum sülfat çözeltili kap içerisine daldırınız. Daha sonra buharlaşmayı en aza indirmek için kapların ağzını kapatınız.	
 Tel sepet ile birlikte agregayı deney numunelerinin çözeltiden çıkarılarak süzülmesi	• Deney numunelerini, en az 16 saat en çok 18 saat çözelti içinde tutunuz. • Bu süre sonunda deney numunelerini tel sepet ile çözeltiden çıkarınız ve kova içerisine çözeltinin süzülmesi için 15 ± 5 dk. bekletiniz.	
 Agrega deney numunelerinin kurutulması	• Süzme işleminden sonra numuneleri, tel sepetle veya metal kap içerisine alarak en fazla 4 saat süresince 110 ± 5 °C'de sabit kütleye kadar kurutunuz. • Süzme işlemini takiben, kova içerisine süzülen çözeltinin ağzını kapatarak bir sonraki daldırma işlemine kadar 20 ± 2 °C'de muhafaza ediniz. • Numuneyi çözeltiye tekrar daldırmadan önce çözeltiyi iyice karıştırarak tuz kristallerini kırınız ve çözeltiyi 30 dk. dinlendiriniz.	





 Agrega deney numunelerinin etüvden çıkartılarak soğutulması ve tekrar çözeltiye daldırılması	- Deney numunelerini etüvden çıkartarak laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar soğutunuz ve tekrar çözelti kovalasına daldırınız. Daldırma ve süzme işlemi sırasında çözeltiyi etrafa sıçratmamaya özen gösteriniz. - Deneyin her aşamasında sepetlerden herhangi bir tanenin kaybolmamasına özen gösteriniz. - Deney sırasında çözeltinin yoğunluğunu ve rengini kontrol ediniz ve gerektiğinde yeni bir çözeltiyle değiştiriniz. - Agrega deney numunelerini tel sepet ile birlikte çözeltiye daldırma, çözeltiden çıkartarak kurutma ve soğutma işlemini toplam beş tam döngü için tekrarlayınız. Her bir tam döngüyü 24 saat içerisinde tamamlayınız.	
  Agrega deney numunelerinin yıkanması ve baryum klorür çözeltisiyle sodyum sülfat varlığının kontrol edilmesi	- Beşinci döngünün tamamlanmasından sonra, soğutulan deney numunelerini sürekli akan musluk altında 43 ± 6 °C sıcaklıktaki suyla yıkayınız. Yıkama işlemi sırasında agregaların aşınma ve darbeye maruz kalmamasına dikkat ediniz. - Agregadaki sodyum sülfat varlığını kontrol etmek için yıkama suyundan 10 mL yıkama suyu alınız ve içine birkaç damla %5'lik baryum klorür çözeltisi damlatarak yıkama suyunun bulanıklığını kontrol ediniz. - Aynı şekilde işleme tabi tutulmuş eşit hacimdeki taze musluk suyunun bulanıklığı ile karşılaştırarak kontrol ediniz.	
 Agrega deney numunelerinin kurutma ve soğutma işlemi sonrasında kuru kütlelerinin belirlenmesi	- Yıkama işleminden sonra, numuneleri 110 ± 5 °C'de değişmez ağırlığa kadar kurutunuz ve etüvden çıkartarak desikatörde laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar soğutunuz. - Çözeltinin etkisi ile tanelerin parçalanması sonucunda karışımın içindeki küçük taneleri, 19 mm - 9,5 mm için 8 mm elek üzerinde yıkayarak elle eleyiniz. Eleme işleminin, deney numunesi hazırlarken uyguladığınız yöntem ve eleme süresi ile aynı olmasına dikkat ediniz. - Elek üzerinde kalan malzemeyi darası alınmış kaptaki tartarak malzemenin kütlesini M_2 olarak kaydediniz.	





Agrega deney numunesinin kütlece yüzde kaybının hesaplanması ve değerlendirilmesi	- Agrega deney numunelerinin kütlece yüzde kaybını "MD_{ss}=[(M₁-M₂)/M₁].100" formülünü kullanarak hesaplayınız. Sonuçları "Tablo 4.8: Deney Değerlendirme Raporu"na yazınız. - Deney numunesinin, en yüksek don dayanıklılığı kayıp miktarını ASTM C88 standardına göre değerlendiriniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	- Deneyde kullanılan araç gereçleri uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanarak temizleyiniz. - Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamını temizleyiniz.	
Deney raporunun hazırlanması	Deney sonrasında grubunuzla "Tablo 4.8: Deney Değerlendirme Raporu"nu, tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

4.2.2. Magnezyum Sülfat (Epsom Tuzu) ile Dona Dayanıklılık Deneyi (TS EN 1367-2, ASTM C 88/C88M)

Bu deney, hızlandırılmış olarak agregaların donma ve çözölmeye karşı dayanımlarının belirlenmesi için magnezyum sülfat çözeltisine daldırılması ve devamında etüvde kurutulması yolu ile periyodik işleme maruz bırakılmasını değerlendirmek için yapılır.

Magnezyum sülfat deneyi, agreganın deniz suyuna veya buz giderme tuzlarına maruz kalması durumları için en uygun deney olarak kabul edilir.

4.2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Dijital terazi (0,1 g duyarlı), hava dolaşimli etüv, cam mezür, termometre, kronometre, su banyosu veya iklimlendirme odası, kova veya kaplar, tel sepetler, desikatör

Deney Elekları: Elek göz açıklığı 10 mm ve 14 mm arasında olmalıdır.

Yoğunluk Ölçer (Hidrometre): 1,200-1,300 g/mL yoğunluk ölçen hidrometre kullanılır.

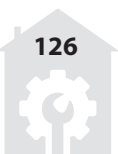
4.2.2.2. Deneyde Kullanılan Reaktifler

Deneyde kullanılan reaktifler; damıtık veya deiyonize su, %5'lik baryum klorür çözeltisi ve magnezyum sülfat çözeltisidir.

Magnezyum Sülfat Çözeltisi: ASTM C 88 standardına göre en az 350 g susuz magnezyum sülfat (MgSO₄) tozu veya en az 1230 g (fazla kristal olması isteniyorsa en az 1400 g) kristalize magnezyum sülfat 25 °C-30 °C arası sıcaklıktaki 1 litre damıtık veya deiyonize su içine yavaş yavaş eklenir ve çözelti hazırlanır. TS EN 1367-2 standardında ise 1 litre damıtık su içine 1500 g kristalize magnezyum sülfatın yavaş yavaş ilave edilmesi ile doymuş magnezyum sülfat çözeltisi hazırlanır. Her deney için en az 3 litre çözelti hazırlanmalıdır.

Çözeltinin bir kısmı cam mezür içine doldurulmalı, yoğunluğunun 1,292±0,008 g/cm³e ulaşmış ulaşmadığı hidrometreyle ölçölüp çözelti tekrar kaba dökülmelidir. Çözelti, hazırlandıktan sonra 20±2 °C sıcaklıkta en az 48 saat boyunca sıcaklığı korunarak su banyosunda bekletilmelidir. Kullanılınca kadar arada bir karıştırılarak tuz kristalleri çözölmeli ve kullanılmadığında buharlaşmayı azaltmak için çözeltinin ağzı kapatılmalıdır.

Kapta sertleşmiş tuz kristalleri, her kullanımdan önce parçalanarak çözelti iyice karıştırılır. Çözelti kullanıldığında içerisindeki bir miktar su buharlaşacağından 1,295-1,308 g/cm³ arası yoğunluğa sahip olabilir.





Kimyasal madde, laboratuvarın bir yerinden başka bir yerine dikkatli ve güvenli bir şekilde taşınmalıdır. Kimyasallar taşınırken iki el kullanılmalı, bir elle kapaktan sıkıca tutarken diğer elle de altından kavranmalıdır. Laboratuvar ortamına kimyasal madde veya numune döküldüğü takdirde derhal temizlenerek durum ilgili öğretmene bildirilmelidir.

4.2.2.3. Deney Numunesi Miktarı ve Özellikleri

Yeterli miktarda iki deney numunesi elde etmek için laboratuvar numunesi, **TS EN 932-2**'ye göre azaltılır. 10 mm ve 14 mm göz açıklıklı eleklerle, elek altı ve elek üstü atılarak yaklaşık 500 gramlık numuneler elde edilinceye kadar elenir. Eleme işleminden sonra deney numuneleri, damıtık suyla tozlarından arınmaya kadar yıkanır ve süzülür. Daha sonra 110 ± 5 °C'lik etüvde 24 ± 1 saat boyunca kurutulur ve etüvden çıkarılarak laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur.

TS EN 1367-2 standardı **EK B** kısmında belirtilen diğer tane büyüklüğü aralıklarındaki deneyler için bilgiler Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6: 10 mm-14 mm Dışında Olan Diğer Tane Büyüklüğü Aralıklarındaki Deneyler İçin Bilgiler

Tane Büyüklüğü (mm)	Deney Kısımının Kütlesi (g)	Deney Eleği		Tel Sepetler		
		Elek Altı (mm)	Elek Üstü (mm)	Göz Açıklığı (mm)	Yükseklik (mm)	Çap (mm)
14 mm'den büyükler	800 - 830	28	20	3,35	160	120
	600 - 630	20	14			
10 mm'den küçükler	300 - 310	10	6,30	1,18	120	95
	200 - 210	6,30	5			
		5	3,35	0,60		
		3,35	2,36			
	100 - 110	2,36	1,18	0,15	80	65
		1,18	0,60			
		0,60	0,30			

4.2.2.4. Deneyin Yapılışı

- Hazırlanan 10 mm ve 14 mm arası tane büyüklüğüne sahip deney numunelerinden, $420 \pm 0,1$ g ile $430 \pm 0,1$ g aralığında iki deney numunesi alınarak tartılır ve kütleleri (M_1) kaydedilir.
- Deney numuneleri işaretlenmiş iki tel sepete aktarılır. Takip eden bütün çalışma safhalarında malzeme sıçramalarını engellemek için tel sepetlerin sallanmamasına dikkat edilmelidir.
- Sepetlerdeki agrega numunelerinin üzerini 20 mm çözültü kapatacak şekilde 17 saat ± 30 dk. boyunca agrega numuneleri doygun magnezyum sülfat çözeltisi kap içerisine daldırılır. Deneyin her aşamasında sepetlerden herhangi bir tanenin kaybolmamasına özen gösterilmelidir. Buharlaşıma ve kirlenmeden sakınmak için kabın kapağı mutlaka kapatılmalıdır.



4. Öğrenme Birimi

- Daldırma işleminden sonra iki tel sepet çözeltiden çıkarılır ve 2 saat ± 15 dk. boyunca suyu süzülükten sonra çözelti kaplarının kapağı kapatılır.
- Her iki sepetteki deney numunesi, 110 ± 5 °C'lik etüvde 24 ± 1 saat boyunca kurutulur ve etüvden çıkarılarak 5 saat ± 15 dk. boyunca laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur.
- Bir sonraki daldırma işleminden önce kabın tabanında toplanan tuz çökeltileri çözülür ve çözelti iyice karıştırılarak 30 dakika beklemeye bırakılır.
- Kaptaki çözeltinin yoğunluğu hidrometre ile kontrol edilir. Çözelti yoğunluğu belirlenmiş aralığın dışında çıkarsa hazırlanmış taze doygun magnezyum sülfat çözeltisiyle değiştirilir.
- Daldırma işlemi sırasında agrega tanelerinin aşırı şekilde etrafa sıçraması durumunda çözeltinin ölçülen yoğunluğu, sıvı içerisine heterojen olarak dağılmış ince taneler veya iyon değiştirme etkilerinden dolayı tam olmayabilir. Bu nedenle çözelti, taze bir çözelti ile değiştirilmelidir.
- İşlem basamaklarına uygun olarak belirlenen çalışma periyodu 48 ± 2 saat süreyle beş defa tekrarlanır (Görsel 4.15).



Görsel 4.15: Magnezyum sülfat daldırma - kurutma zaman döngüsü

- İşlemlerin beş defa tekrar edilmesinden sonra agrega numuneleri, desikatörde laboratuvar sıcaklığına kadar soğutulur. Daha sonra her bir sepetteki agrega numuneleri, magnezyum sülfattan temizleninceye kadar musluk suyuyla yıkanır.
- Temsili 10 mL yıkama suyu alınır ve içine birkaç damla %5'lik baryum klorür çözeltisi damlatılarak yıkama suyunun bulanıklığı kontrol edilir. Aynı şekilde işleme tabi tutulmuş eşit hacimdeki taze musluk suyunun bulanıklığı ile karşılaştırılarak kontrol edilir.
- Tüm deney numuneleri 110 ± 5 °C'lik etüvde 24 ± 1 saat boyunca kurutulur ve etüvden çıkarılarak laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde soğutulur.
- Deney numuneleri, 10 mm'lik elek üzerinde elle elenir ve elek üstünde kalan agrega küt-





lesi 0,1 g doğrulukla tartılarak (M_2) kaydedilir.

- Deney sırasında kullanılan çalışma tezgâhı ve çalışma alanı temiz tutulmalıdır. Deney çalışması bittikten sonra çalışma alanı zemini, deneyde kullanılan araç gereçler, deney düzeneği ve çalışma tezgâhı özenle temizlenmeli; bir sonraki deney için hazır hâle getirilmelidir.

4.2.2.5. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi

Tane büyüklüğü 10 mm'den daha küçük malzemelerin oluşmasında zararlı etkilerin neden olduğu ufalanma, kütlece don kaybı olarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

$$MD_{MS} = [(M_1 - M_2) / M_1] \cdot 100$$

MD_{MS} : Magnezyum sülfat değeri kütlece yüzde don kaybı olarak ufalanma oranı (%)

M_1 : Deney numunesinin $\pm 0,1$ gram doğrulukla etüv kurusu ilk kütlesi (g)

M_2 : Deney sonunda 10 mm'lik elek üstünde kalan, $\pm 0,1$ gram doğrulukla agreganın etüv kurusu son kütlesi (g)

İki deneyden elde edilen sonuçların ortalama değeri hesaplanır ve en yakın tam sayıya yuvarlatılarak değer kaydedilir. **TS 706 EN 12620±A1** standardına göre Tablo 4.7'de kategorilendirilmiştir. En yüksek don dayanıklılığı değerine göre en uygun kategori **MS₁₈** kategorisidir. Magnezyum sülfat çözeltisinde kritik değer %18'i aşmamalıdır.

Tablo 4.7: Magnezyum Sülfat ile En Yüksek Dona Dayanıklılık Değerine Göre Kategoriler

Magnezyum Sülfat Değeri (Kütlece yüzde kaybı)	Kategori MS
≤ 18	MS ₁₈
≤ 25	MS ₂₅
≤ 35	MS ₃₅
> 35	MS _{Bevan}
Serbest	MS _{NR}





4.2.3. Deney Raporu Hazırlama

Kimyasal yöntemle dona dayanıklılık için “Tablo 4.8: Deney Raporu”na deney yöntemi, hesaplamalardan elde edilen sonuçlar, deney standardı gibi istenilen diğer bilgiler doldurulur ve imzalanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

Tablo 4.8: Deney Raporu

Deneyin Yapıldığı Laboratuvar:			
Numunenin Ait Olduğu İş:			
Deneyin Adı:			
Numunenin Tanıtılması ve Tane Büyüklüğü:			
Rapor Tarihi ve Numarası:		Deneyde Uygulanan Standart No.	
DENEYİ YAPANLAR			
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza
1			
2			
3			
4			
5			
RAPORU HAZIRLAYAN VE ONAYLAYAN YETKİLİLER			
Sıra No.	Adı Soyadı	Görevi	İmza
1			
2			
3			
DENEY SONUÇLARI			
Deney Yöntemi	1. Deney	2. Deney	Ortalama Değer
Sodyum Sülfat ile Agreganın Dona Dayanıklılık Deneyi			
Magnezyum Sülfat ile Agreganın Dona Dayanıklılık Deneyi			
Deney Sonucunu Etkileyen Olumsuz Faktörler:			
Bulgular ve Sonuçların Değerlendirilmesi:			
EKLER (Deney Takip Formu vb.):			





DENEY UYGULAMASI - 3

<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21680>


TS EN 1367-2 standardına göre 10 mm -14 mm arası agrega tane sınıfından ikişer set agrega deney numunesi ile magnezyum sülfat çözeltisi kullanarak agregada dona dayanıklılık deneyini yapınız. Sonuçları gözlemleyip aranızda değerlendiriniz.

Deney Adı : Kimyasal Yöntemle (Magnezyum Sülfat ile) Agreganın Dona Dayanıklılık Deneyi

Deney Süresi: Uygulama 3 saat, çözelti bekletme 48 saat, numune kurutma 16-24 saat, deney takip 10 gün, numune kurutma 16-24 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdaki kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. - KKD'lerinizi giyiniz. Çalışmalar sırasında laboratuvar önlüğünüzün tüm düğmelerini kapalı tutunuz. - Laboratuvar ortamında çalışırken arkadaşlarınızın dikkatinin dağılmaması için yüksek sesle konuşmayınız. - Deney sırasında, deneyde kullanılan reaktiflere eldivensiz dokunmayınız. - Numuneleri etüvden çıkarırken ısıya dayanıklı eldiven veya bez kullanınız.	
Deney araç gereçlerinin hazırlanması	Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortamı sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Magnezyum sülfat çözeltisinin hazırlanması ve yoğunluğunun ölçülmesi	- Deneye başlamadan en az 48 saat önce, her deney için en az 3 litre sodyum sülfat çözeltisi hazırlayınız. - Çözeltinin bir kısmını cam mezür içine alarak hidrometre ile yoğunluğunu kontrol ediniz. - Hazırlanan çözeltiyi, buharlaşma ve kirlenmeye karşı korumak için kapaklı bir kova içerisine koyunuz. - Çözeltiyi kullanıncaya kadar arada bir karıştırarak tuz kristallerini çözünüz ve 20 ± 2 °C sıcaklıkta muhafaza etmeye özen gösteriniz.	





4. Öğrenme Birimi

  	• Agregaya yığılmasını temsil edecek özellikte ve tane boyutuna göre uygun miktarda numune olarak TS EN 1367-2 standardında belirtilen elek açıklıklarına göre numuneyi tek tane sınıfı anma boyutuna ayırınız. • TS 932-2 standardına uygun olarak azaltıp gerekli olan en az miktarda deney numunesi alınız. • Numuneyi yıkadıktan sonra 110 ± 5 °C'de etüv kurusu duruma getiriniz ve etüvden çıkartarak ortam sıcaklığına kadar soğutunuz. • Tane boyutlarına göre belirtilen miktarlarda etüv kurusu durumdaki ortam sıcaklığına kadar soğutulmuş agregadan iki adet deney numunesi alınız. • Numuneleri, darası alınmış ve numaralandırılmış uygun göz açıklıklı tel sepet içine koyunuz ve her tel sepetteki numuneyi hassas terazide, ayrı ayrı tartarak numunenin kütlesini (M_1) kaydediniz.	
 Tel sepetteki agregaya deney numunelerinin çözelti içine daldırılması	• Deneyden en az 48 saat önce hazırlamış olduğunuz magnezyum sülfat çözeltisinin tuz kristallerini çözerek çözeltiyi 30 dk. dinlendiriniz. • Tel sepet içine koyduğunuz deney numunelerinin üzerini 20 mm çözelti kapatacak şekilde ayarlayıp deney numunelerini doygun magnezyum sülfat çözeltisi kap içerisine daldırınız. Daha sonra buharlaşmayı en aza indirmek için kapların ağzını kapatınız.	
 Tel sepet ile birlikte agregaya deney numunelerinin çözeltiden çıkarılarak süzülmesi	• Deney numunelerini, $17 \pm 0,5$ saat çözelti içinde tutunuz. • Daldırma işleminden sonra iki tel sepeti çözeltiden çıkarınız ve 2 saat ± 15 dk. boyunca suyunun süzülmesini bekleyiniz. • Suyunu süzdükten sonra çözelti kaplarının kapağını kapatınız. Deneyin her aşamasında çözeltinin buharlaşmamasına ve kirlenmemesine özen gösteriniz.	
 Agrega deney numunelerinin kurutulması	• Süzme işleminden sonra her sepetteki deney numunelerini, 110 ± 5 °C'lik etüvde 24 ± 1 saat boyunca kurutunuz.	





 Agrega deney numunelerinin etüvden çıkartılarak soğutulması ve tekrar çözeltiye daldırılması	- Deney numunelerini etüvden çıkartarak laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar 5 saat ± 15 dk. boyunca laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar soğutunuz ve tekrar çözelti kovalasına daldırınız. Daldırma ve süzme işlemi sırasında çözeltiyi etrafa sıçratmamaya özen gösteriniz. - Deneyin her aşamasında sepetlerden herhangi bir tanenin kaybolmamasına özen gösteriniz.	
 Agrega deney numunelerinin yıkınması ve baryum klorür çözeltisiyle sodyum sülfat varlığının kontrol edilmesi	- Beşinci döngünün tamamlanmasından sonra, soğutulan deney numunelerini sürekli akan musluk altında 43 ± 6 °C sıcaklıktaki suyla yıkayınız. - Yıkama işlemi sırasında agregaların aşınma ve darbeye maruz kalmamasına dikkat ediniz. - Agregadaki magnezyum sülfat varlığını kontrol etmek için yıkama suyundan 10 mL yıkama suyu alınız ve içine birkaç damla %5'lik baryum klorür çözeltisi damlatarak yıkama suyunun bulanıklığını kontrol ediniz. - Aynı şekilde işleme tabi tutulmuş eşit hacimdeki taze musluk suyunun bulanıklığı ile karşılaştırarak kontrol ediniz.	
 Agrega deney numunelerinin kurutma ve soğutma işlemi sonrasında kuru kütlesinin belirlenmesi	- Yıkama işleminden sonra, numuneleri 110 ± 5 °C'de değişmez ağırlığa kadar kurutunuz. - Numuneleri etüvden çıkartarak desikatörde, laboratuvar sıcaklığına gelinceye kadar soğutunuz. - Çözeltinin etkisi ile tanelerin parçalanması sonucunda karışımın içindeki küçük taneleri, 19 mm - 9,5 mm için 8 mm elek üzerinde yıkayarak elle eleyiniz. Eleme işleminin, deney numunesi hazırlarken uyguladığınız yöntem ve eleme süresi ile aynı olmasına dikkat ediniz. - Elek üzerinde kalan malzemeyi darası alınmış kapta tartarak malzemenin kütlesini M2 olarak kaydediniz.	





4. Öğrenme Birimi

Agrega deney numunesinin kütlece yüzde kaybının hesaplanması ve değerlendirilmesi	• Agregada deney numunesinin kütlece yüzde kaybını $MD_{MS} = [M1 - M2] / M1 \cdot 100$ formülünü kullanarak hesaplayınız. • Sonuçları “Tablo 4.8: Deney Değerlendirme Raporu”nda ilgili deney satırına yazınız. • TS 706 EN 12620+A1 standardında belirtilen ve Tablo 4.7’de verilen en yüksek don dayanıklılığı değerine göre değerlendiriniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sırasında kullandığınız çalışma tezgâhını ve çalışma alanını temiz tutunuz. • Deney çalışması bittikten sonra çalışma alanınızı, deneyde kullandığınız araç gereçleri, deney düzeneğini ve çalışma tezgâhının temizliğini özenle yaparak bir sonraki deney için hazır hâlde bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında grubunuzla “Tablo 4.8: Deney Değerlendirme Raporu”nu, tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME - 4

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

- 1. Agregada laboratuvar numuneleri, aşağıdaki hangi yöntem kullanılarak istenilen miktara kadar azaltılır?**
 - A) Bölgeç veya çeyrekleme
 - B) Eleme
 - C) Sarsma
 - D) Tartım
 - E) Yıkama
- 2. Dona dayanıklılık deneylerinde kullanılacak agregada deney numunesi miktarı, aşağıda verilen agreganın özelliklerinden hangisine göre belirlenir?**
 - A) İnce madde oranı
 - B) Porozite durumu
 - C) Su emme oranı
 - D) Özgül ağırlığı
 - E) Tane boyutu
- 3. Agregalarda kimyasal yöntemle yapılan dona dayanıklılık deneylerinde, hazırlanan çözeltinin yoğunluğunun ölçülmesinde kullanılan araç gereç aşağıdakilerden hangisidir?**
 - A) Avometre
 - B) Barometre
 - C) Hidrometre
 - D) Monometre
 - E) Termometre
- 4. Deney numuneleri, hava dolaşımli etüvde kaç °C sıcaklıkta sabit kütleye kadar kurutulmalıdır?**
 - A) 85
 - B) 90
 - C) 95
 - D) 100
 - E) 110
- 5. Agregada donma-çözülme deneyinde, tatil gibi durumlarda deneye en fazla kaç saat ara verilebilir?**
 - A) 36
 - B) 48
 - C) 60
 - D) 72
 - E) 84





6. Agregada donma-çözülme deneyinde, on döngü bitiminde iki kutudaki deney numunelerinin birleştirilerek yıkanması ile ilgili aşağıda verilen işlemlerden hangisi doğrudur?
- A) Numuneler, $43\pm6^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki suyla yıkanarak elek sarsma makinasında elenir.
 - B) Numuneler, ovalanarak yıkanır ve elek sarsma makinesi kullanılarak elenir.
 - C) Numunenin alt elek büyüklüğünün yarısı kadar göz açıklığındaki elek üzerinde, elle yıkanır.
 - D) Numunenin alt elek büyüklüğü kadar göz açıklığına sahip elek üzerinde, elle yıkanır.
 - E) Onuncu döngü sonunda numuneler musluk altında çözülerek 4 mm elek üzerinde yıkanır.
7. Sodyum sülfat kullanılarak yapılan dona dayanıklılık deneyinde çözelti hazırlamak için 1 litre damıtık suya ne kadar susuz sodyum sülfat tozu kullanılır?
- A) 250
 - B) 350
 - C) 450
 - D) 500
 - E) 550
8. Sodyum sülfat ile agregalarda dona dayanıklılık deneyi, aşağıdaki standartlardan hangisi kullanılarak yapılır?
- A) TS EN 932-1
 - B) TS EN 932-2
 - C) TS EN 933-1
 - D) ASTM C 88
 - E) TS EN 1367-1
9. Agregada magnezyum sülfat ile dona dayanıklılık deneyinde bir döngü periyodu kaç saattir?
- A) 24
 - B) 48
 - C) 60
 - D) 72
 - E) 84
10. Magnezyum sülfat ile yapılan dona dayanıklılık deneyinde TS 706 EN 12620+A1'de belirtilen en yüksek don dayanıklılık değerine göre en uygun kategori aşağıdakilerden hangisidir?
- A) MS18
 - B) MS_{Beyan}
 - C) MS25
 - D) MS35
 - E) MS_{NR}





5. Öğrenme Birimi

ASFALT VE BİTÜMLÜ MALZEMELERİ SINIFLANDIRMA

KONULAR

- 5.1. Asfalt ve Kaynaklarının İncelenmesi
- 5.2. Bitümlü Kaplamalar ve Sınıflarının Tespiti
- 5.3. Bitüm Emülsiyonlarının İncelenmesi

KAVRAMLAR

- Bitümlü Bağlayıcılar
- Asfalt
- Katran
- Katbek
- Emülsiyon
- Emülgatör
- Anyonik
- Katyonik



5. ASFALT VE BİTÜMLÜ BAĞLAYICILARI (MALZEMELERİ) SINIFLANDIRMA

"Asfalt" sözcüğünün eski Akadca'daki "asfaltik" teriminden geldiği düşünülmektedir. Bu terim, Homer Çağı'nın Yunanlılar'ı tarafından "sağlam ve sabit yapmak" anlamında kabul edilmiştir. "Asfaltik" terimi Latince'ye de geçmiş, oradan Fransızca'ya "asphalte (asfolte)" ve İngilizce'ye de "asphalt (asfalt)" olarak girmiştir. Asfalt, doğanın en çok kullanım alanı olan ürünlerinden biri olup uygarlığın doğuşundan bugüne kadarkullanılmıştır. Sümerliler, MÖ 6000 yıllarında, asfalt üretimi yapmış ve kullanmışlardır. Mısırlılar tarafından da MÖ 2600'lerde, su geçirmez malzeme olarak kullanılmıştır. Asfalt; yapılarda geniş ölçüde harç kaplama malzemesi, su yalıtımında ve gemilerde ziftleme malzemesi olarak birçok yerde kullanılmıştır.

Asfaltın yollarda kullanılmasına, 19. yüzyılda özellikle Fransa, ABD ve İngiltere'de kaldırım ve yol kaplamalarında başlanmıştır. 1900'lü yılların başlarında hızla gelişen bir endüstri dalı olarak ortaya çıkmıştır. Asfaltın Türkiye'deki uygulamaları ise Osmanlı Dönemi'ne kadar uzanır. Cumhuriyet Dönemi ile devam eden asfalt kaplama yapımı; 1950'de Karayolları Genel Müdürlüğü'nün kurulmasıyla sürekli gelişim göstererek günümüze ulaşmıştır.

Asfalt (bitüm); günümüzde geliştirilen teknik özellikleri ile yüksek performanslı, uzun ömürlü, güvenli, konforlu ve çevre dostu yolların yapımına imkân tanımaktadır. Bu nedenle tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de üretim çeşitliliği ile yol üstyapı kaplamalarında kullanılan en önemli yapı malzemesidir.

Bitümlü bağlayıcılar, ana bileşeni asfalt veya katran olan bağlayıcıların tümünü kapsamaktadır. Bitümlü karışımlar ise bitüm, filler, iri ve ince agregalar karışımından oluşan yapışkan özelliğe sahip; yol ve havaalanı inşaatlarında yaygın olarak kullanılan kaplama malzemesidir. Bitümlü karışımların iskelet malzemesini, betonda olduğu gibi agregalar oluşturmaktadır. Beton ile bitüm bağlayıcı karışımların temel farkı; betonda bağlayıcı çimentodur, bitüm bağlayıcı karışımlarda ise asfalt veya kullanımı az da olsa katrandır.

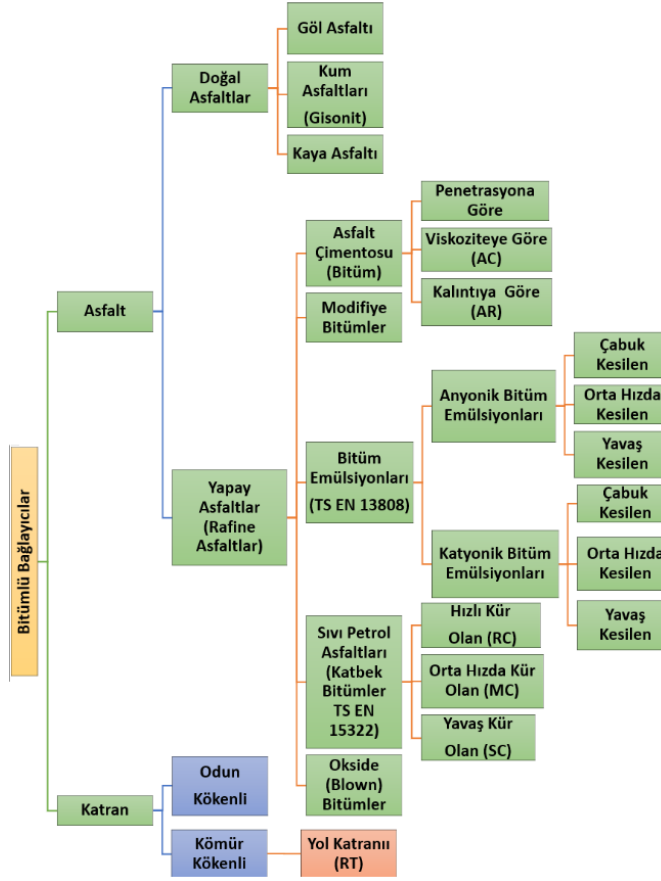
Tüm öğrenme birimlerinde yol kaplamasını ifade etmek için bitüm bağlayıcı karışım, bitümlü karışım, asfalt betonu ve asfalt terimleri kullanılacaktır.

5.1. ASFALT (BİTÜMLÜ BAĞLAYICILAR) VE KAYNAKLARININ İNCELENMESİ

Bitümlü bağlayıcıların kaynakları; asfaltlar (doğal ve yapay) ve katranlar (odun ve kömür kökenli) olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Yol kaplamalarında kullanılan petrol asfaltı (bitüm) genellikle **asfalt, bitümlü bağlayıcı** veya **asfalt çimentosu** olarak adlandırılmaktadır.

Bitümlü bağlayıcılar ve kaynaklarının sınıflandırılması Görsel 5.1'de verilmiştir.





Görsel 5.1: Bitümlü bağlayıcılar ve kaynaklarının sınıflandırılması

5.1.1. Bitümlü Bağlayıcılar (Malzemeler) ve Sınıflandırılması

A) Asfalt: Doğada bulunan veya petrolün işlenmesinden elde edilen ve içindeki ana bileşenin bitüm olduğu koyu kahverengi ile siyah arasında değişen renge sahip kuvvetli bağlayıcı özellikte bir malzemedir.

Asfaltlar, kökenlerine göre doğal ve yapay (rafineri petrol) olmak üzere iki gruba ayrılır. Her iki durumda da bitüm, damıtma işlemi sonucunda oluşan bir üründür. Rafineride daha kısa sürede, doğada ise daha uzun sürelerde elde edilir.

a) Doğal Asfaltlar: Doğal göl asfaltları, doğada genellikle mineral maddelerle karışmış hâlde bulunan göl, kum ve kaya asfaltlarıdır.

- **Göl Asfaltları:** Yoğun olarak Güney Amerika kıtasında bulunmaktadır (Görsel 5.2). Bu bölgedeki bazı göl yataklarında ince kum ve bitümden oluşan malzemede yaklaşık %39 oranında bitüm vardır.
- **Kum Asfaltları (Gisonit):** Kumların içinde karışık hâlde olup en önemlileri Kanada ve Amerika'da bulunmaktadır.
- **Kaya Asfaltları:** Kaya yarıklarında damarlar hâlinde veya gözenekli kayalar içinde (kum taşı ve kireç taşı) emilmiş olarak bulunur. Asfaltit adı verilen bu tür kayalara birçok yerde rastlamak mümkündür (Görsel 5.3). En önemli kaynaklardan biri Amerika kıtasında bulunmaktadır.



5. Öğrenme Birimi



Görsel 5.2: Doğal göl asfaltı



Görsel 5.3: Doğal kaya asfaltı

b) Yapay Asfaltlar: Yapay asfaltlar, ham petrolün damıtılmasından elde edilir. Damıtma sonucunda elde edilen benzin, mazot nafta vb. sanayi ürünlerinden sonra artan kalıntı asfalt kalıntısıdır. Ağır kalıntı maddesine ısıtılarak buhar ve vakumlama işlemi uygulanır. Böylelikle kıvam ve kalitesi ayarlanmış doğrudan yol kaplama malzemesi olarak kullanılan asfalt çimentosu (bitüm) elde edilir.

Türkiye’de ham petrol; Kırıkkale, İzmit, İzmir ve Batman olmak üzere başlıca dört rafineride işlenmektedir.

Yapay asfaltlar beşe ayrılır:

- **Bitüm (Asfalt Çimentosu):** Bitüm, petrol rafinerilerinde ham petrolün damıtılması ile elde edilen hidrokarbonlu, yapışkan ve su geçirimsiz üründür. Bitüm suda çözünmeyen; birçok asit, alkali ve tuza karşı dayanıklı; yapışkan, ısıyla yumuşayan, plastik (termoplastik) bir malzemedir. Yol üstyapılarında kullanılan bitümler, özellik ve viskozite bakımından doğru- dan doğruya bitümlü kaplamalarda kullanılmak üzere hazırlanmıştır ve petrol kökenlidir. Normal olarak 140 °C’nin üzerinde sıvılaşır; bu şekilde karıştırılması ve taşınması kolay- laşır.

Bitümler; belirli bir sıcaklıktaki viskozitesi (akmaya karşı direnç), sertliği veya kırıl- ılganlığı ile ilişkili olarak kullanım amaçlarına ve fiziksel özelliklerine göre farklı sınıflarda üretilmektedir. Kıvamıllığı gösteren ve 25 °C’deki değişen penetrasyon derecelerine, 60 °C’deki mutlak viskozite derecelerine, dönen ince film hâlinde ısıtma deneyi(Rolling Thin Film Oven Test -roling tin film ovın test -RTFOT)-(Roling tin film ovın test) ve Superpave [süpırpeyv(performans)] sistemine göre sınıflandırılmaktadır.

Bitümler, sıvı petrol asfaltların (katbek asfaltlar) ve bitüm emülsiyonlarının hazır- lanmasında kullanılan ana ham maddedir. Bazı durumlarda, asfalt karışımların hizmet verdiği geniş bir sıcaklık aralığında performansı artırmak için polimerlerle modifiye edilir.

- **Modifiye Bitümler (TS EN 14023):** Esnek yol üstyapı kaplamalarından beklenen kalı- cı deformasyonlar, yorulma çatlakları, düşük sıcaklık çatlakları, soyulmalar ve başlıca bozulmaların en aza indirgenmesi gibi fonksiyonları yerine getirmelidir. Bitümlerin özel- liklerini iyileştirmek, bağlayıcının veya karışımın performansını artırmak için üretim sı- rasında belirli oranlarda ve şartlarda bitüm içerisine ya da tesiste (plentte) karışım içe- risine çeşitli modifiye edici katkıları kullanılmaktadır. Bunlar; elestomer (elastik polimer)/ lateks, plastomerler (plastik polimer)/polietilen, termosetting (ısı ile sertleşen) polimer- ler/epoksi reçineleri gibi doğal (organik) veya sentetik katkıları olabilir. Katkı kullanılarak elde edilen bitüme **modifiye bitüm**; karışıma ise **modifiye edilmiş karışım** adı verilir.



Polimer, çok sayıda molekülün birleşmesinden oluşan büyük molekül zinciridir.





- **Okside (Blown-Bilovn) Bitümler:** Okside bitümler; vakum kalıntıları, propan yoğun bitümler, atmosferik kalıntı karışımları veya parafinli kalıntıların yüksek sıcaklıkta tutularak içerisinden hava geçirilmesi yoluyla elde edilen çok sert bitümlerdir. Rafinerilerde reaksiyon hızını artırmak veya bitümün modifiye edilmesi için kimyasal tepkimeleri sıcaklık artışına gerek kalmadan hızlandıran maddeler (katalizörler) eklenerek üretilen bu bitüm, **katalitik okside bitüm** olarak adlandırılır. Okside bitümler özel amaçlar için yalıtım işleminde; elektrik, otomobil ve boya sanayinde kullanılır. Yol kaplama işlerinde kullanılmaz.
- **Sıvı Petrol Asfaltları (Katbek Asfaltlar-TS EN 15322):** Ham petrolün kolay uçucu bileşenlerinin damıtma yoluyla uzaklaştırılmasından sonra kalan kalıntıya gaz yağı, nafta veya benzin gibi çözücülerin karıştırılmasıyla elde edilen yumuşak bağlayıcılardır. Kullanılan bitümün sınıfı (kıvamı) ve oranı ile çözücü miktarına göre değişik sınıflarda sıvı petrol asfaltı tipleri hazırlanır. Bunlar:

Hızlı Kür Olan Katbekler: Oldukça sert asfalt çimentosunun normal sıcaklıkta (25 oC) benzin veya nafta gibi çok uçucu bir çözücüyle karıştırılması sonucu elde edilen bitümlü bağlayıcılardır. Benzin düşük sıcaklıklarda uçtuğundan karışım çabuk kür olur.

Orta Hızda Kür Olan Katbekler: Orta kıvamda asfalt çimentosuna kerosen – gaz yağı gibi orta derecede bir uçucunun karıştırılmasıyla elde edilen bitümlü bağlayıcılardır.

Yavaş Kür Olan Katbekler: Oldukça yumuşak asfalt çimentosuna, ham petrolün kaynama noktasında yüksek bakiye yağ ve mazot gibi bileşenlerin karıştırılmasıyla elde edilen yumuşak bağlayıcılardır.

TS EN 15322'ye göre sıvı petrol asfaltların çeşitleri ve isimlendirilmesinde kullanılan sayı ve harflerin açıklaması Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1: Sıvı Petrol Asfaltların Çeşitleri ve İsimlendirilmesi

Yavaş Kür Olan		Orta Hızda Kür Olan	Çabuk Kür Olan
Fm2B2, Fm3B2, FM4B2		Fm2B3, Fm3B3	Fm3B4, Fm3B4
Sayı ve Harflerin Açıklaması			
Fm	2	B (BP)	2
Sıvı Petrol Asfaltı	Kıvamı	Bitüm Türü	Kesilme Sınıfı
Fm: Katbek	2: Düşük viskozite 3: Orta viskozite 4: Yüksek viskozite	B : Normal Bitüm BP: Polimer Modifiye Bitüm	2:Yavaş kür olan 3:Orta hızda kür olan 4: Hızlı kür olan



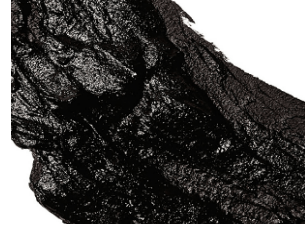
Kür olma; bir asfaltın kıvamlılığının, çözücüsünün buharlaşarak uçması sonucunda artmasıdır.

- **Bitüm Emülsiyonları (TS EN 13808):** Bitüm emülsiyonları da bitüm parçacıklarının su içerisinde dağıtılmasından oluşur. Bu işlem mekanik olarak yapılırken asfalt parçacıklarının birbirine yapışarak sudan ayrılmalarını önlemek için emülgatör denilen kimyasal katkı maddeleri kullanılır. Emülgatör, bitüm parçacıklarının çevresini bir film hâlinde sararak bitüm parçacıklarının kendi aralarında birleşip kesilmelerine engel olur.
- Bitüm emülsiyonları, "5.3. Bitüm Emülsiyonları ve Sınıflandırılması" bölümünde detaylı olarak anlatılmıştır.





B) Katran: Ağaç, kömür ve petrol gibi organik maddelerin kapalı bir kapta havasız olarak kuru kuruya damıtılmasıyla elde edilen siyaha yakın koyu kahve renkli, sıvı veya yoğun akışkan hâlde, kendine özgü kokusu olan bir maddedir (Görsel 5.4). Ham katran damıtılarak su, ince yağlar ve ağır yağlar ayrıldıktan sonra yol bağlayıcısı olarak kullanılabilir. Katranın damıtılamayan arta kalan atık maddesine zift denir. Zift, yalıtım işlerinde kullanılır.



Görsel 5.4: Katran

Yol kaplamalarında bağlayıcı olarak kullanılan katranın, kömür kökenli olması tercih edilir. RT sembolleriyle gösterilen yol katranları (road tars- royd tars) kıvamlıklarına göre **RT-1, RT-2, ... RT -12 ve RTCB-5, RTCB-6** olarak on dört sınıfa ayrılır. Numara büyüdükçe kıvamı artar.

5.1.2. Bitümlü Karışım (Asfalt) İskelet Malzemesi Agregalar

Yol üstyapısının çeşitli tabakalarında kullanılan ve oran olarak önemli bir paya sahip olan agregalar, yol kaplamasının deformasyonlara karşı göstereceği dirençten sorumludur. Agregalar betonda olduğu gibi bitüm bağlayıcılı karışımlarda da ağırlıkça en büyük bileşendir. Bitümlü sıcak karışımların ağırlıkça **%90-95'i**, beton (rijit) kaplamaların ağırlıkça **%70-80'i** agregata tarafından sağlanır. Yol üstyapısında yüksek miktarda gereksinim duyulduğu için agregata önemli bir yol malzemesidir.

Bitümlü karışımlarda, doğal agregalar (kırmı kum, taş tozu, kum, çakıl, kırmı taş) ve yapay agregalar (yüksek fırın cürufu, klinker, çimento vb.) kullanılmaktadır. Bitümlü karışımlarda; taş tozu, mermer tozu, sönmüş kireç, portland çimentosu, yüksek fırın cürufu, uçucu kül ve benzeri maddeler mineral filler olarak kullanılmaktadır. Yol kaplamalarında kullanılacak en uygun agregata, kayaların konkasörlerde kırılmasıyla elde edilen kırmı taş agregalardır. Agregalarda; en büyük tane boyutu, gradasyon, temizlik, tane şekli, pürüzlülük, gözeneklilik, sağlamlık ve soyulmaya karşı dayanıklılık özellikleri aranmaktadır. Bitümlü kaplamalarda kullanılacak agregaların, her kaplama tipi için şartnamelerde verilen fiziksel özellikleri sağlaması gerekir. Karayolları Teknik Şartnamesi'nde (KTŞ) aranan tüm koşulları sağlayan her agregata, kara yolu üstyapısında kullanılabilir.

Bitümlü kaplamalarda kullanılacak agregaların fiziksel özelliklerini belirlemek için elek analizi, Los Angeles (Los Encılıs) aşınma oranı, hava tesirlerine karşı dondayanıklılık, yassılık indeksi, cilalanma, vialit yöntemiyle yapışma, soyulma mukavemeti, özgül ağırlık ve su emme (absorpsiyon) deneyi yapılmaktadır.

5.2. BİTÜMLÜ KAPLAMALAR VE SINIFLARININ TESPİTİ

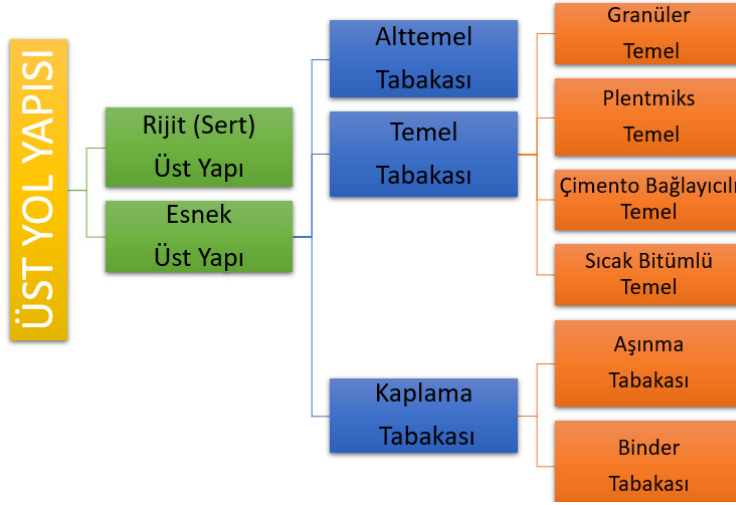
Her çeşit kara taşıtı, yaya ve hayvanların yürürlükteki kurallara göre kullanmaları için oluşturulmuş ve kamunun yararlanmasına açık olarak yapılandırılmış olan arazi şeridine **kara yolu** denir. Kara yolları, altyapı ve üstyapıdan oluşur.

Drenaj yapıları, köprü, menfez, tünel, köprüyol (viyadük), istinat ve iksa duvarları, tahkimat gibi sanat yapıları ve şevler de altyapı kapsamında değerlendirilmektedir.

5.2.1. Yol Üstyapısı

Kara yolu üzerindeki trafik yüklerinin doğurduğu olumsuz etkileri karşılamak ve emniyetli bir şekilde altyapıya aktarmak için altyapının üzerine genellikle alt temel, temel ve kaplama tabakası olarak inşa edilmektedir. Yol üstyapısını rijit (beton, parke taşı), yarı rijit ve esnek üstyapılar olarak üç gruba ayırmak mümkündür. Yol üstyapısının tabakalara göre sınıflandırılması Görsel 5.5'te verilmiştir.





Görsel 5.5: Yol üstyapısının tabakalara göre sınıflandırılması

5.2.1.1. Rijit (Sert) Üstyapı

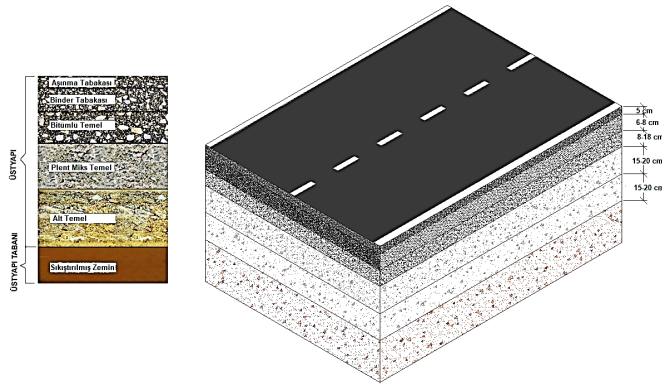
Yüksek eğilme mukavemetine sahip ve portland çimentosundan yapılmış tek tabakalı bir plak vasıtasıyla yükleri dağıtan bir üstyapı tipidir. Beton plak bağlayıcısız veya çimento bağlayıcılı bir alt temel veya zayıf beton üzerine yerleştirilebildiği gibi doğrudan taban zeminine de inşa edilebilmektedir. Beton plak, boyuna sürekli donatılı veya kesikli donatılı olarak inşa edilebilmektedir.

5.2.1.2. Yarı (Semi) Rijit Üstyapı

Çimento bağlayıcılı alt temel ya da temel üzerine bitümlü sıcak karışım tabakalarının teşkil edildiği üstyapı tipidir. Diğer bir ifadeyle rijit, üst yapı üzerine uygulanan esnek tabakadan oluşur. Esnek tabaka; sessiz, sorunsuz ve güvenli bir sürüş yüzeyi sağlarken rijit; katmanda sert ve güçlü bir temel sağlar. Bu kaplamalar, trafik hacminin yoğun olduğu, ağır taşıt yükleri altında bulunan ve minimum bakım ile maksimum ömür hedeflenen yollarda yaygın şekilde kullanılmaktadır.

5.2.1.3. Esnek Üstyapı

Tesviye yüzeyi ile sıkı bir temas sağlayan ve yükleri taban zeminine dağıtan bir üstyapı şeklidir. Bağlayıcısız alt temel veya temel malzemeleri üzerinde trafiğe bağlı olarak bitümlü sıcak karışımla teşkil edilmiş kaplama tabakalarıyla (aşınma ve binder tabakası) veya bitümlü sathi kaplamayla oluşturulmaktadır (Görsel 5.6). Üst tabakalarda, kaplama tabakasının kalınlığı arttıkça yolun trafik yüklerine karşı direnci de artar; temel tabakasına iletilen basınç ve kayma gerilmeleri azalır.



Görsel 5.6: Üstyapı tabakaları

Alt Temel Tabakası: Trafik yüklerinin taban zeminine aktarılmasında temel tabakasına yardımcı olan su ve don etkilerine karşı üstyapının korunmasına yardımcı olan tabakadır. Alt temelin asıl görevi, bitümlü tabakaların inşası için çalışma platformu oluşturmaktır.

Temel Tabakası ve Bitümlü Tabaka: Temel tabakasının esas görevi; taşıtların geçişlerinden kaynaklanan gerilmeleri alt temele taşıma gücü sınırları içerisinde yaymak ve belirli bir esneklik sağlayarak kaplamanın kırılmasını önlemektir. Yoldaki ağır taşıt trafiğine ve yoğun trafik hacmine bağlı olarak sıcak bitümlü temel tabakası yaygın olarak kullanılmaktadır. Sıcak bitümlü temel dışındaki temel tabakaları çakıl, kırılmış çakıl, kırma taş, kum, cüruf vb. malzemelerle hazırlanmaktadır.

Kaplama Tabakası (Aşınma-Binder): Kaplama tabakasının görevleri; trafiğin aşındırma etkisine karşı koymak, trafik yükleri nedeniyle oluşan basınç ve çekme gerilmelerini azaltmak, yüzey sularının temel tabakasına geçmesini engellemek, iklim koşullarının ayrıştırıcı etkisine karşı koymak, kaymaya karşı yüzey pürüzlülüğü oluşturarak konforlu ve güvenli bir sürüş sağlayarak yolu kalıcı deformasyonlara karşı korumaktır.

Kaplama tabakası, aşınma ve binderden (bağlayıcı) oluşan iki tabaka hâlinde, sathi kaplama ya da karışım tipi (asfalt betonu) kaplamalardan oluşturulmaktadır. Aşınma ve binder tabakaları esnek kaplamanın üst kısmında olmaları nedeniyle gerilmelere, deformasyonlara ve çevresel etkilere daha fazla maruz kalmaktadır. Bu nedenle temel ve alt temel tabakalarına göre daha stabil ve dayanıklı olmalıdır.

- **Aşınma Tabakası:** Üstyapının en üst tabakası olan aşınma tabakası; şartnameye göre genellikle **5 cm** kalınlığında, asfalt betonu olarak uygulanmaktadır.
- **Binder (Bağlayıcı) Tabakası:** Bitümlü temel veya granüler temel üzerine uygulanan binder tabakası, trafiğe bağlı olarak genellikle **6–8 cm** kalınlıklarda asfalt betonu ile oluşturulmaktadır.

5.2.2. Bitümlü (Asfalt) Kaplama Tabakasının Sınıflandırılması

Bitümlü kaplamalar; trafik yükü, üretim yöntemleri ve kullanım amacına göre sınıflandırılabilir.

5.2.2.1. Trafik Yüküne Göre Bitümlü Kaplamalar



Sathi (Yüzeysel) Kaplama: Bitüm emülsiyonları yola asfalt dağıtıcı (distribütörü) ile püskürtüldükten hemen sonra üzerine mıcır serilmekte ve sıkıştırılmaktadır (Görsel 5.7). Sathi kaplama tek ya da birkaç tabaka olarak da gerçekleştirilebilir. Uygulaması kolay ve ilk yatırım maliyeti düşüktür. Ancak iklimsel faktörlerden çok fazla etkilendiği için bakım ve onarım maliyetleri yüksek olmaktadır. Köy yolları gibi çok düşük trafikli yollarda kullanılır.

Görsel 5.7: Sathi kaplama

Karışım Tipi (Bitümlü Karışım) Kaplamalar: Karışım tipi kaplamalar, orta ve ağır trafikli yollar ile otoyollarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Sathi kaplamalara göre çok daha pahalıdır. Bu nedenle, karışım tipi kaplamaların fiziksel özelliklerinin iyi bilinmesi ve dikkatli bir şekilde hazırlanması gerekir. Kaplama tabakası olarak kullanılacak asfalt betonu kaplama kalınlığı üstyapı projelendirmesi ile bulunur.



Karışım tipi kaplamalar; **soğuk asfalt** (bitümlü harç tipi kaplama, hazır asfalt), **ılık asfalt** (köpük asfalt) ve **sıcak asfalt** (asfalt betonu, taşmastik asfalt, mastik asfalt, polimer modifiye asfalt, renkli asfalt, poroz asfalt, sessiz asfalt) olmak üzere üç grupta toplanabilir.

5.2.2.2. Üretim Çeşidine Göre Bitümlü Kaplamalar

Bitümlü Soğuk Karışım Kaplamalar: Bitümlü soğuk karışımlar; ısıtılmamış kırma taş agregası, bitüm emülsiyonu ve karışımın işlenebilirliğini sağlayan katkı maddesinden oluşmaktadır. Düşük trafikli yollarda kaplama olarak, asfalt kaplamalı yollarda ise pürüzlülüğü, sızdırmazlığı ve yüzey düzgünlüğünü sağlamak amacıyla karışımı plentte veya yolda hazırlanarak uygulanan karışımlardır. Son yıllarda soğuk karışım olarak kullanılabilen onarım amaçlı asfaltlar, işlenebilirlik süresini artırıcı katkı malzemesi ilave edilerek sıcak olarak plentte üretilmektedir. Eklenen bu katkı maddesi, karışımın soğumasına rağmen işlenebilirliğini uzun süre korumasını sağlamaktadır. Soğuk asfaltlara, hazır asfalt örnek gösterebilir.

Bitümlü Ilık Karışım Kaplamalar: Bitümlü ılık karışımlar, enerji tasarrufu sağlamak ve emisyonları azaltmak için bitümlü sıcak karışım sıcaklığını en az 20-30 °C düşürecek şekilde uygun metotla hazırlanan bitümlü bir karışımdır. 100 °C üzerindeki sıcaklıkta uygulanan ılık karışım asfalt tekniklerinde; düşük sıcaklıkta, agreganın tamamen kaplanması ve karışımın sıkıştırılabilirliğini sağlamak için bağlayıcının viskozitesini düşüren parafin gibi organik ve suyu uzaklaştıran zeolit gibi kimyasal katkılar ile köpüklendirme teknikleri kullanılmaktadır. Ilık karışım asfalt, köpük (foam) asfalt örnek gösterilebilir.

Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) Kaplamalar: Bitümlü sıcak karışım asfalt üretiminde; 145-160 °C sıcaklıkta kurutulmuş ve ısıtılmış agregayla yaklaşık aynı sıcaklığa kadar ısıtılarak akışkan hâle getirilmiş bitüm, karışım dizayn (tasarım) oranlarına uygun olarak plentte karıştırılmaktadır. Bitümlü sıcak karışımlar; aşınma, binder ve bitümlü temel tabakalarında kullanılır. Karışımın kullanılacağı tabakaya ve özelliğine bağlı olarak karışımdaki bitüm ağırlıkça %3-%7 oranında değişmektedir. Bitüm, ısıtıldığında yumuşayarak akışkan hâle gelir ve bitümlü sıcak karışım üretimi esnasında agreganın kaplanması; soğuduğunda ise sertleşerek parçacıkları bir arada tutmasını sağlar.

Karayolu Teknik Şartnamesi'ne göre sıcak karışım, kullanılan bitüm sınıfına bağlı olarak karıştırılır ve üretilir. Üretim sıcaklığı, kullanılan bitümün penetrasyon sınıfına göre değişmektedir (Tablo 5.2).

Tablo 5.2: Penetrasyon Sınıfına Göre Bitüm Üretim Sıcaklıkları

Penetrasyon Sınıfı	Bitüm Sıcaklığı (°C)
B160/200	110-120
B100/150	120-130
B70/100	130-140
B50/70	140-150
B40/50	150-160





Karayolları Teknik Şartnamesi'nde, sathi kaplama ve bitümlü sıcak karışım tipine göre bitüm sınıflarının kullanıldığı bölgeler Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.3: Kaplama Tipi ve Bölgelere Göre Bitüm Sınıfı Seçimi

Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) için	Sathi Kaplama için	Bitümün Kullanılacağı Yerler
B 40/60 B 50/70	B 70/100	Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü kesimler ve Güney Doğu Anadolu'nun güney kesimleri
B 50/70	B 100/150	Karadeniz, Marmara, İç Anadolu, İç Batı Anadolu, Güney Doğu Anadolu'nun kuzey kesimleri, Doğu Anadolu'nun batı kesimleri
B 70/100	B 100/150	Yukarıda belirtilen bölgelerin çok soğuk kesimleri ile Doğu Anadolu'nun soğuk ve yüksek kesimleri

Bitümlü Sıcak Karışım Üretim Tesisi (Asfalt Plenti): Asfalt plenti; agregaları karıştırıp ısıtarak, kuruttuktan sonra bitümlü bağlayıcı ile karıştırarak, sıcak asfalt betonu elde etmek için bir araya getirilmiş bir dizi elektronik ve mekanik parçalardan oluşan bir üretim tesisidir. Plentler, bitüm bağlayıcılı karışım (asfalt) üretim tesisleri olarak adlandırılmaktadır.

Asfalt plentleri, çalışma prensiplerine göre Batch (betç-harman) tip ve Drum miks (dıram miks-kazan tipi) plentler olmak üzere iki tiptir. Her iki tip plent de sabit ve mobil olarak üretilebilmektedir. Plentlere 8. Öğrenme Birimi'nde detaylı olarak değinilecektir.

5.2.2.3. Kullanım Amacına Göre Bitümlü Kaplamalar

Bitümlü Sıcak Karışım (Asfalt Betonu): Dünyada ve ülkemizde en yaygın kullanılan BSK tipidir. Sürekli yoğun bir gradasyona sahip ve boşluk oranı düşük olan bu karışımlarda bitüm oranları düşüktür. Aşınma ve binder tabakalarında kullanılır. İri boyutlu yoğun gradasyonlu karışımlar ise bitümlü temel tabakasında kullanılmaktadır.

Taş Mastik Asfalt (TMA): Son yıllarda trafiğin çoğalması, mevcut yolların üzerindeki yükün ve araç sayısının hızla artması yollarda bozulmalara, tekerlek izleri ile oluşan olukların artmasına neden olmaktadır. Bu yüzden tekerlek izlerini ve oluşan bozulmaları ortadan kaldırmak ve yolun ömrünü uzatmak için son yıllarda, yüksek kaliteli aşınma tabakası olarak TMA tabakası kullanılmaktadır.

Taş mastik asfalt; genel olarak %70-80 iri agrega, %20-30 ince agrega, %6-8 gibi oldukça yüksek bir bitüm oranı ve agregalar arası boşluk miktarı yüksek (kesikli granülometriye sahip) karışımlardan elde edilir. Karışımda oluşan bu boşlukların ince harç ile kapatılmasına **taş mastik uygulaması** denir. Bu ince harç; mineral filler, bitüm ve özel bir malzeme olan bitümü tutan elyaf ile doldurulmaktadır. Kullanılan bağlayıcı miktarı fazla olduğundan serme-sıkıştırma işlemi sırasında ortaya çıkan sakıncaları gidermek için karışıma elyaf türü (fiber, polimer, selüloz ve mineral elyaf gibi) dengeleyici katkı maddeleri katılır. Bu elyaf sayesinde daha yüksek miktarda kullanılan bitüm, iri agrega üzerinde akmadan tutunabilmektedir.

Hem stabilite hem de performans açısından daha üstün özelliklere sahip TMA tabakaları; yüksek trafik hacmine sahip yollarda, yükleme-boşaltma ve depolama yapılan sahalarda (liman, havaalanı apronları gibi) sıklıkla kullanılmaktadır (Görsel 5.8).



Görsel 5.8: Taş mastik asfalt



Polimer Modifiye Asfalt: Günümüzde giderek artan trafik ile kaplamalardaki tekerlek izi oluşumunu, kaplamalardaki çatlakları, bitümün izolasyonunu veya kaplamanın su nedeniyle zarar görmesini kontrol altına almak için bitüme bir veya birden fazla organik polimer karıştırılmasıyla elde edilen bitümlü bağlayıcılardır. Kaplamanın iyileştirilmek istenilen özelliklerine uygun modifiye bitüm tipi seçilmektedir.

Polimer Modifiye Bitümler (PMB), iş yerinden uzakta merkezî bir plantte ya da özel mobil ünitelerde modifiye bitümler ile kullanımdan önce şantiyede hazırlanır. Yol üst yapımında kullanılan bitüm bağlayıcı karışımın performansını artırmak ve farklı iklim koşullarında dayanıklı hâle getirmek için polimer adı verilen kimyasal katkıları ile asfalt çimentosunun özellikleri artırılmaktadır. Bu iyileşmenin sağlanmasında elastomer veya plastomer tipi polimer kullanılmaktadır. Kara yolları ve otoyollarda trafik yoğunluğunun fazla olduğu bölgeler ile iklim değişikliğinin sert olduğu bölgelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.



Görsel 5.9: Poroz (geçirimli) asfalt

Poroz (Geçirimli) Asfalt: Bitüm bağlayıcı ve kaba agrega oranı yüksek; ince agrega ve filler oranı az olan, açık gradasyona sahip malzemelerden oluşan bir kaplama türüdür (Görsel 5.9). Üretiminde ve uygulamasında yüksek miktardaki bağlayıcının agrega yüzeyinden akmaması için ilave katkıları kullanılmaktadır.

Bu asfaltlar, yüksek boşluk oranına sahip oldukları için yüzeye gelen suyun drenajı iyi bir şekilde sağlanır. Normal asfaltlarda %3 - %5 olan boşluk oranı, poroz asfaltta %20-25 boşluk içerdiğinden bazı avantajlar sağlamaktadır. Yollarda ve geniş yüzey alanı bulunan parklarda, otoparklarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Renkli Asfalt: Özel pigmentler ve renkli agregalar kullanılarak üretilen asfaltdır (Görsel 5.10). Spor alanları, otoparklar, yaya geçitleri, otobüs durakları, bisiklet ve yürüyüş yollarında renkli asfalt uygulaması gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda özel yollara dikkat çekmek ve diğer yollardan ayırmak için güvenlik amacıyla uygulanmaktadır.



Görsel 5.10: Renkli asfalt



Görsel 5.11: Mastik asfalt

Mastik Asfalt: Kesikli gradasyonlu, düşük orandaki iri agreganın zengin bir harç (bitüm+ince agrega+filler) içinde dağılmış hâlde bulunduğu boşluksuz karışım tipidir (Görsel 5.11). Bu tür karışımların bitüm oranı yüksek, boşluk oranı düşüktür. Tekerlek izi oluşumunun önlenmesi için sert bitümler kullanılır ve oluşturulan kum, filler ve bitüm harcı ile istenilen mukavemet sağlanır. Kaba agregalar bu harcın içinde iskelet teşkil etmeyecek şekilde dağılmıştır.

Sessiz Asfalt: Yol yüzeyi ile tekerlekler arasında oluşan sürtünmeden meydana gelen gürültünün azaltılması amacıyla reçine esaslı katkı maddeleri ile özel gradasyonlu sıcak bitüm bağlayıcı karışımlar geliştirilmiştir. Her türlü yol kaplaması üzerine uygulanabilen sessiz asfalt; okul, hastane, huzurevi gibi sessizliğin önemli olduğu mekânların civarında tercih edilmektedir.



Hazır Asfalt: Yol yüzeylerindeki çukurların ve bozulmaların tamirinde, ısıtmaya ve sıkıştırmaya gerek kalmadan pratik olarak kullanılabilen katkılı bir soğuk asfalt çeşididir (Görsel 5.12).



Görsel 5.12: Hazır asfalt

Bitümlü Harç Tipi Kaplama: Harç tipi karışımlar; bir kaplamaya yüzey işlemi olarak uygulanan belirli gradasyona sahip ince agregalar (Tip 1: 4-5 mm, Tip 2: 6-7 mm veya Tip 3: 8-9,5 mm olmak üzere üç tip agregalar gradasyonu uygulanabilir.), gerektiğinde mineral filler, bitüm (asfalt) emülsiyonu ve su ile tasarlanan bir karışımdır. Asfalt kaplama yüzeylerinin koruyucu ve düzeltici bakım işlemlerinde kullanılmak amacıyla yapılmaktadır. Sıcak asfalt ve diğer kaplama uygulamalarına göre hazırlanması ve uygulaması oldukça düşük maliyetli olup ekonomik açıdan avantaj sağlamaktadır.

Sıcak dökülebilir ve sıkıştırma gerektirmez. Bu tür karışımların yüzey pürüzlülüğü, önceden bitümle kaplanmış mıcırın yüzey üzerine serilip sıkıştırılmasıyla sağlanır. Çeşitli trafik ve iklim koşulları altındaki yollarda, çelik köprü veya viyadüklerde (köprüyollarda) uygulanan mastik asfalt; esnek yapısı ile kırılmaları ve çatlamaları önler, geçirimsiz özelliğiyle yalıtımı sağlar.

Sürüş kalitesini etkileyen yol üzerindeki tekerlek izleri, tümsekler, çukurluklar ve ondülasyonlar ile yüzey düzgünlüğünün ön plana çıkması istenen uygulamalarda soğuk asfalt (bitümlü harç kaplama) oldukça etkilidir.

Köpük Asfalt: Köpük hâline getirilmiş bitüm ile agregalar karışımıdır. Köpük asfalt yönteminde, bitüm sıcak hâlde iken içerisine hava ve yaklaşık %2 soğuk su enjekte edilerek hızlı bir şekilde su buharlaşmaktadır. Bu şekilde, bitüm parçacıklarının köpük hâline getirilmesi sağlanarak bitümün hacmi 15-20 kat artırılmaktadır. Böylece, az miktarda bitüm ile daha fazla malzemenin kaplanması sağlanmaktadır. Köpük, bitüm ve agreganın dayanım özelliğini artırarak rutubet hassasiyetini azaltır. Köpük asfalt, soğuk asfalta alternatif bir ılık asfalt türüdür. Esnek ve yorulmaya karşı dirençli olup az bitüm gerektirdiğinden daha ekonomiktir. Agreganın ısıtılması ve kurutulması gerekmediğinden büyük bir enerji tasarrufu sağlamaktadır.

5.3. BİTÜM EMÜLSİYONLARININ İNCELENMESİ

Bitüm emülsiyonları (TS EN 13808), bitüm taneciklerinin emülgatör yardımı ile su içerisinde dağılması ile oluşan bitümlü bağlayıcılardır. Bitüm emülsiyonun %50-70'lik kısmını bitüm, geriye kalan kısmını su ve emülgatörler oluşturur. Katkı maddesi olan emülgatör, emülsiyonun yükünü (anyonik ve katyonik) belirler ve kesilme hızını kontrol eder.

5.3.1. Bitüm Emülsiyonlarının Kullanım Yerleri

İşin özelliğine göre katyonik veya modifiye bitüm emülsiyonları; yol kaplamalarının astar ve yapıştırma tabakasında, sathi kaplamalarda ve soğuk karışımlarda kullanılmaktadır.

Bitüm emülsiyonları, sathi kaplamalarda agregalar yüzeyinde ince malzeme (kil vb.) olmamak koşuluyla en fazla %2 nemli agregayla veya astar malzemesi olarak kullanıldığında yüzey kuru ise hafifçe nemlendirilerek kullanılabilir. Bitüm emülsiyonuna, astar malzemesi olarak kullanıldığında emülsiyonun uygulanmasını ve püskürtülebilme özelliğini iyileştirmek için ağırlıkça %50'ye kadar su ilave edilebilir. Bitüm emülsiyonlarının astar ve yapıştırma tabakasındaki püskürtme sıcaklıkları, emülsiyon tipine göre 20-70 °C arasında değişmektedir. Çeşitli tip ve özelliklerde üretilen katyonik veya katyonik modifiye bitüm emülsiyonlarından biri, uygulama yeri ve





kullanılacağı bölgenin iklim şartlarına göre seçilerek kullanılır. Kullanım yerlerine göre emülsiyon tipleri Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.4: Bitüm Emülsiyonların Tiplerine Göre Kullanıldığı Yerler (KTŞ 2013)

Kullanıldığı Yerler	Bitüm Emülsiyon Tipi
Astar tabakasında	C50B9-4, C50B9-5, C55B9-4, C55B9-5, C60B9-3, C60B9-4, C60B9-5
Yapıştırma tabakasında	C60B2-3, C60B2-4, C60B2-5, C65B2-3, C65B2-4, C65B2-5, C60BP2-3, C60BP2-4, C65BP2-3, C65BP2-4
Sathi kaplamalarda	C60B2-3, C60B2-4, C60B2-5, C65B2-3, C65B2-4, C65B2-5,
Koruyucu sathi kaplamalarda	C60BP2-3, C60BP4-3, C60BP2-4, C60BP4-4, C65BP2-3, C65BP4-3, C65BP2-4, C65BP4-4
Soğuk karışımlarda	C60B4-3, C60B4-4, C60B4-5, C60B9-3, C60B9-4, C60B9-5
Harç tipi kaplamalarda	C60B9-3, C60B9-4, C60B9-5 C60BP9-2, C60BP9-3, C65B9-3, C65B9-4, C65BP9-3

5.3.2. Emülgatör Cinsine (Elektrik Yüklerine) Göre Bitüm Emülsiyonları

Emülgatörler; iki faz arasındaki ara yüzeyde oluşturdukları filmin tipine, iyonik yüklerine ve kimyasal yapılarına göre sınıflandırılır. Bitüm emülsiyonları, bitüm parçacıklarının etrafını saran elektrik yüklerine göre anyonik, katyonik ve nonyonik (iyonik olmayan) şeklinde üç gruba ayrılmaktadır. Anyonik ve katyonik emülsiyonlar, geniş ölçüde yol inşaatı ve bakımında kullanılır. Non-yonik emülsiyonlar ise soğuk karışım üretiminde ya da astar olarak kullanılır. Kullanım amacına ve kullanılan agregaya göre anyonik ya da katyonik bitüm emülsiyon tipi seçilmelidir. Seçilen bu emülsiyonun agregayı çok iyi sarması gerekir. Elektrik yüklerindeki farklılık, emülsiyonun zıt yüklü yüzeylere sahip agregalarla kullanıldığında kaplama ve yapışma özelliklerini geliştirir.

Anyonik ve katyonik emülsiyonlar; kesilme hızına bağlı olarak çabuk (hızlı) kesilen, orta hızda kesilen ve yavaş kesilen olarak üç gruba ayrılmaktadır. Emülsiyonlarda kesilme ve yapışmanın sağlanabilmesi için hava şartlarına (rüzgâr hızı, yağmur ve rutubet gibi) bağlı olarak suyun ortamdan uzaklaşması gerekir.



Bitüm emülsiyonu yolun yüzeyine püskürtüldükten ya da agregayla karıştırıldıktan sonra bitüm parçacıklarının sıvı ortamdan ayrılarak agregaya yüzeyine yapışması ve agregaya yüzeyini kaplaması işlemine **kesilme** denir.

5.3.2.1. Anyonik Bitüm Emülsiyonları

Suda çözündüğü zaman negatif yüklü anyon veren, organik kimyasal maddelerle hazırlanan emülsiyonlardır. Anyonik emülsiyonlar, bitüm parçacıklarının yüzeyleri negatif yüklerle kaplandığından elektropozitif agregalara daha iyi yapışır. Bu tür emülsiyonların, yangın tehlikelerine karşı güvenli olmaları ve çevreyi daha az kirletme gibi avantajları olmasına rağmen her türlü agregaya ile kullanılamama, yağışlara karşı yüksek hassasiyet gösterme ve oldukça uzun kesilme zamanı gibi dezavantajları vardır.



5.3.2.2. Katyonik (C) Bitüm Emülsiyonları

Bitüm emülsiyonlarında kullanılan emülgatörlerin bitümde çözünen kısmı pozitif yüklüyse üretilen emülsiyon katyonik bitüm emülsiyonudur. Katyonik bitüm emülsiyonu; sıvı veya yarı katı hâlde olup rengi siyah ve kokusuzdur. Bu emülsiyonlar, her tür agrega ile daha iyi yapışma (adezyon) sağlar. Hızlı kesilme özellikleri olduğundan rutubetli agregada ve yol yüzeyindeki nemden etkilenmeden yolun kısa zamanda trafiğe açılmasını sağlar. Sertleşmesi suyun buharlaşmasıyla olur. Katyonik emülsiyonlarla yapılan kaplamalar olumsuz hava koşullarında anyonik emülsiyonlardan daha iyi sonuç vermektedir. Katyonik emülsiyonlar, soğuk olarak uygulandığından birçok makine ve teçhizatın ortadan kalkmasına; kullanılan makinelerin basitleşmesine neden olmuştur.

Katyonik bitüm emülsiyonları, içerdiği bitüm türü ve yüzdesi; penetrasyon (kivam) ve kesilme sınıfına göre çeşitli tiplerde üretilmektedir (Tablo 5.5).

Tablo 5.5: Kesilme Hızlarına Göre Katyonik Bitüm Emülsiyon Tipleri ve İsimlendirilmesi

Çabuk Kesilen Bitüm Emülsiyonları		Orta Hızda Kesilen Bitüm Emülsiyonları	Yavaş Kesilen Bitüm Emülsiyonları	
C60B2-3, C60B2-4,C60B2-5, C60BP2-3, C60BP2-4, C65B2-3, C65B2-4, C65B2-5 C65BP2-3, C60BP4-4, C69B2-3, C69B2-5, C69BP2-3		C60B4-3, C60B4-4,C60B4-5 , C60BP4-2,C60BP4-3, C65B4-3, C65B4-4, C65B4-5,C65BP4-2, C65BP4-3,C69B4-3,C69B4-4, C69B4-5, C69BP4-2,C69BP4-3	C50B9-4, C50B9-5, C55B9-4, C55B9-5, C60B9-3, C60B9-4, C60B9-5, C60BP9-2, C60BP9-3, C65B9-3, C65B9-4, C65BP9-3, C69B9-3, C69B9-4, C69BP9-3	
Sayı ve Harflerin Açıklaması				
C	65	B veya BP	2	4
Katyonik	Bitüm Yüzdesi	Bitüm Türü	Kesilme Sınıfı	Penetrasyon Sınıfı
	50,55,60,65,69	B : Normal Bitüm PB : Polimer Modifiye Bitüm	2:Çabuk 4.Orta 9: Yavaş	2: Pen.< 50 3: Pen. 50-100 4: Pen.100-150



11.03.2016 tarih ve E.8512 sayılı Karayolları Genel Müdürlük OLUR'u ile bitüm emülsiyonları dışındaki reçine, polimer vb. içerikli su bazlı emülsiyon astar bağlayıcılar, KTŞ Kısım 420'de olacak şekilde yürürlüğe girmiştir.



**ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME - 5**

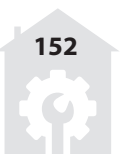
Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

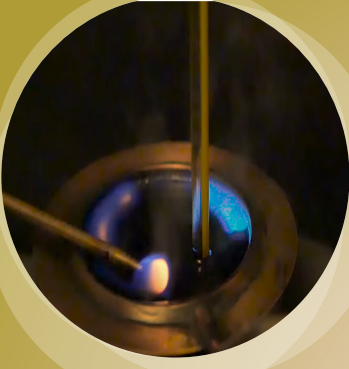
1. Aşağıdakilerden hangisi doğal bir asfalt kaynağıdır?
 - A) Bitüm
 - B) Bitüm emülsiyonu
 - C) Göl asfaltı
 - D) Ilık asfalt
 - E) Katran
6. Aşağıdakilerden hangisi bitümün (asfalt çimentosunun) özelliklerinden biri değildir?
 - A) Asitlere karşı dayanıklıdır.
 - B) Suda çözünür.
 - C) Yapışkan ve su geçirimsizdir.
 - D) Alkali ve tuzlara karşı dayanıklıdır.
 - E) Ham petrolden elde edilen üründür.
3. Aşağıdakilerden hangisi taşıtlara uygun bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak için bitümlü karışım, beton veya parke taşlarından yapılmış yolun üst tabakasıdır?
 - A) Alt temel
 - B) Bağlayıcı
 - C) Bitümlü temel
 - D) Kaplama
 - E) Üst temel
4. Sathi (yüzeysel) kaplamalar ile ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?
 - A) Bakım ve onarım maliyetleri yüksektir.
 - B) Düşük trafikli yollarda uygulanır.
 - C) İklimsel faktörlerden çok fazla etkilenir.
 - D) Uygulaması zor ve ilk yatırım maliyeti yüksektir.
 - E) Yük taşıma özellikleri yoktur.
5. Enerji tasarrufu sağlamak ve emisyonları azaltmak için karışım sıcaklığını en az 20-30 °C düşürecek şekilde uygun metotla hazırlanan bitümlü karışım aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Sıcak karışım asfalt
 - B) Bitümlü soğuk karışım
 - C) Ilık karışım asfalt
 - D) Sathi kaplama
 - E) Taş mastik asfalt





6. Kaba agrega oranı %70-80, ince agrega oranı %20-30 ve %6-7 gibi yüksek oranda bitüm ile oluşturulan yüksek kaliteli bitümlü karışım aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Asfalt betonu
B) Köpük asfalt
C) Mastik asfalt
D) Poroz asfalt
E) Taş mastik asfalt
7. Aşağıdakilerden hangisi bitüme bir veya birden fazla organik polimer karıştırılmasıyla elde edilen bitümlü karışımdır?
- A) Hazır asfalt
B) Polimer modifiye asfalt
C) Modifiye bitüm
D) Renkli asfalt
E) Taş mastik asfalt
8. Aşağıdakilerden hangisi bitüm emülsiyonların kullanım yerlerinden biridir?
- A) Astar tabakası
B) Aşınma tabakası
C) Alt temel
D) Temel
E) Üst temel
9. Bitüm emülsiyonun elektrik yükünü belirleyen katkı maddesi aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Elestomer
B) Emülgatör
C) Katyon
D) Plastomer
E) Polimer
10. Aşağıdakilerden hangisi anyonik ve katyonik bitüm emülsiyonun özelliklerinden biri değildir?
- A) Anyonik bitüm emülsiyonları, negatif yüzeyle agregalara daha iyi yapışır.
B) Hızlı kesilen, orta hızda kesilen ve yavaş kesilen şeklinde sınıflandırılır.
C) Katyonik emülsiyonlar, basit makinelerle soğuk olarak uygulanır.
D) Zıt yüklü yüzeylere sahip agregalarla kullanıldıklarında yapışma özellikleri artar.
E) Yangın tehlikelerine karşı güvenlidir.





6. Öğrenme Birimi

ASFALT FİZİKSEL ÖZELLİK DENEYLERİ

KONULAR

- 6.1. Özgül Ağırlık Deneyi
- 6.2. Penetrasyon Deneyi
- 6.3. Yüzme Deneyi
- 6.4. Yumuşama Deneyi
- 6.5. Viskozite, Düktilite Deneyi

- 6.6. Destilasyon Deneyi
- 6.7. Su ve Çözümleme Deneyi
- 6.8. Isı Kaybı, Alevlenme Noktası Deneyi

KAVRAMLAR

- Destilasyon
- Viskozite
- Düktilite
- Parlama Noktası
- Penetrasyon
- Isıtma Kaybı
- Yumuşama Noktası
- Çözünürlük



6. BİTÜM BAĞLAYICILARIN (ASFALT) FİZİKSEL ÖZELLİK DENEYLERİ

Bitüm ve bitüm emülsiyon deneyleri ile bağlayıcıların teknik şartnamelere uygunluğunun kontrolü yapılmaktadır. Saptanan bu özelliklerin yol kaplamasının durumuna ve dayanıklılığına etkisi büyüktür. Şartnamelerde, bitüm veya bitümlü bağlayıcının cinsine göre çeşitli deneylerden bahsedilmektedir. Bitümlü bağlayıcılar, modifiye bitüm ve bitüm emülsiyonlara uygulanan bazı deneylerin standart numaraları ve uygulama alanları Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1: Bitüm ve Bitümlü Bağlayıcılara Uygulanan Bazı Fiziksel Özellik Deneyleri

DENEY ADI	STANDART ADI	UYGULAMA ALANI		
Özgül Ağırlık Tayini Deneyleri				
Hidrometre Yöntemi	TS 1013 EN ISO 3675, ASTM D 1298	-	-	BE
Piknometre Yöntemi	TS EN 15326+A1, ASTM D 70	-	MB	-
Penetrasyon Deneyi	TS EN 1426, ASTM D 5	B	MB	-
Yüzme (Yüzdürme) Deneyi	ASTM D 139	-	-	KB
Yumuşama Noktası Tayini Deneyi	TS EN 1427, ASTM D 36	B	MB	-
Kinematik Viskozite Deneyi	TS EN 12595, ASTM D 445	-	-	BE
Kuvvet Ölçümlü Düktilite / Düktilite Deneyi	TS EN 13589, ASTM D 113	-	MB	-
Bitüm Emülsiyonlarından Damıtma (Destilasyon) ile Ayrılan Kalıntı Bağlayıcı ve Damıtık Petrol Ürünü İçeriğinin Tayini Deneyi	TS EN 1431, ASTM D 86	-	-	BE
Bitüm Emülsiyonlarda Su Muhtevası Tayini (Damıtma yöntemi) Deneyi	TS EN 1428, ASTM D 95		-	BE
Çözünürlük Tayini	TS EN 12592, ASTM D 1106	B	-	KB
İnce Film Hâlinde Isıtma Kaybı Deneyi (TFOT)	TS EN 12607-2, ASTM D 1754	B	MB	-
Cleveland (Kılıvınlı) Açık Kap Yöntemi ile Parlama ve Yanma Noktası Tayini Deneyi	TS EN ISO 2592, ASTM D 92	B	MB	KB
B: Bitümlere uygulanan deneyler MB: Modifiye bitümlere uygulanan deneyler BE: Bitüm emülsiyonlarına uygulanan deneyler KB: Katbek bitümlere uygulanan deneyler				





6.1. ÖZGÜL AĞIRLIK VE YOĞUNLUK TAYİNİ

Bitümlü malzemelerin özgül ağırlık ve yoğunluklarını belirlemek için hidrometre ve piknometre yöntemleri kullanılmaktadır. Hidrometre yöntemiyle çok akıcı kıvamda olan sıvı petrol asfaltların özgül ağırlık değerleri, cam bir hidrometre kullanılarak belirlenmektedir. Yüksek viskoziteye sahip sıvı ve yarı katı bitümlü bağlayıcılar ile bitüm emülsiyonların özgül ağırlık değerleri ise piknometre yöntemiyle belirlenmektedir.

Yoğunluk (ρ): Bir maddenin birim hacim başına düşen kütlesidir. Birimi kg/m^3 'tür. Yoğunluk belirlemede kullanılan standart sıcaklık $25 \pm 0,2$ °C'dir.

Özgül Ağırlık (d): Bitümlü bağlayıcının yoğunluğunun (ρ), aynı koşullardaki $25 \pm 0,2$ °C'deki bir deney sıvısı yoğunluğuna (ρ_T) oranıdır ($d_{25/25} = \rho / \rho_T$).

6.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Hidrometre: Şeffaf cam malzemeden yapılmış ve yoğunluk birimlerine göre taksimatlandırılmış olmalıdır. İç çapı, kullanılan hidrometrenin dış çapından en az 25 mm daha büyük ve yüksekliği, hidrometre deney numunesinde yüzerken hidrometrenin tabanı ile silindirin tabanı arasında en az 25 mm mesafe kalacak şekilde olmalıdır.

Damıtılmış veya Deiyonize Su: Taze kaynatılmış ve soğutulmuş damıtılmış (distile) veya deiyonize su; su banyosunu, piknometreyi ve beheri doldurmak için kullanılır.

25 °C'de özgül ağırlıkları 1'den daha az olan katbek ve flux bitümler test edilirken 25 °C'de yoğunluğu $782,7 \pm 0,1$ kg/m^3 olan izopropanol (izopropil alkol/propan-2-ol) kullanılır.

Su Banyosu: Deney sıcaklığını $25 \pm 0,2$ °C'de muhafaza edebilen özellikte ve piknometre boyunu geçen derinlikte olmalıdır.

Piknometre: Konik ya da silindirik bir kaptan oluşan, üst kısmı düz olan, alt kısmı da hava kabarcıklarını çıkarmak için 5 ± 1 mm yüksekliğinde konkav bir tıpa ile kapatılan, cam bir piknometre kullanılır (Görsel 6.1). Kapasitesi 25 ± 2 mL ve ağırlığı en fazla 40 g olmalıdır. Ayrıca 50 mL kapasiteli, geniş ağızlı piknometre tipi de kullanılabilir.



Görsel 6.1:
Piknometre

Termometre: $\pm 0,1$ °C hassasiyette ölçüm yapabilmelidir.

Etüv: Bitümlü bağlayıcıları eritmek için kullanılır.

Beher: 600 mL ve üzeri kapasiteli beherler kullanılabilir.

Terazi: Deney için gerekli hassasiyete sahip laboratuvar terazisi kullanılır.

6.1.2. Numune Alımı ve Hazırlanması

Deneye tabi tutulacak bitümlü bağlayıcı laboratuvar numuneleri, **TS EN 58**'e göre alınır. Bir numune alma vanası ya da musluğu ile boşaltma borusundan ve bitümün yaklaşık üçte birini oluşturacak kısmın boşaltılması esnasında, bitüm numunesi alınabilir. Tanklardan numune alırken tankın üstten yaklaşık olarak üçte birine veya ortasına kadar daldırılacak bir numune alma düzeneği kullanılmalıdır. Bu metotta, bitümün yüzeyindeki tabakalaşmış kısmın alınmamasına dikkat edilmelidir. Numune almadan önce bitüm karıştırılmalıdır. Mümkünse karıştırıcı tanklardan numune alınmalıdır. Deney numunesi **TS EN 12598**'e göre hazırlanır.

1 Litreye Kadar Olan Numunelerin Alınması

- Modifiye bitümler; etüvde numune kabının kapağı gevşetilerek tahmini yumuşama noktasını (100°C) aşmayacak şekilde, maksimum 120 dakika bekletilir. Sıcaklık 200°C 'yi aşmamalıdır.



6. Öğrenme Birimi

- Numune kabı etüvden çıkarıldıktan sonra hava kabarcığı oluşturmayacak şekilde uygun bir karıştırıcı yardımıyla karıştırılır. Gerekli görüldüğünde numune içinde oluşabilecek hava kabarcıklarından kurtulmak için numune 5 dakikadan fazla olmamak şartıyla etüvde bekletilir.
- Sıvılaştırılmış ve homojen hâle getirilmiş numune, test kalıbına boşaltılır. Tüm prosedür (erime, homojenleştirme ve kalıba dökme) 135 dakika içinde tamamlanmalıdır.

1 Litreden Fazla Olan Numunelerin Alınması

- Eğer alt bir numune ayrımı gerekiyorsa ayrılacak olan alt numunenin, bütün numuneyi temsil ettiğinden emin olunmalıdır. Gerekliyse numune kabından yeterli miktarda malzeme (Min. 100 g) uygun bir araçla (ısıtılmış fakat kor hâline gelmemiş) erime kabına alınır.
- Erime kabı uygun bir ısıtıcıya (± 5 °C doğrulukta uygun aralıklarda doğrulanmış havalandırılmalı etüv, termometreli su ceketli etüvü veya termometreli yağ banyosu) yerleştirilir ve numune tahmini yumuşama noktasını (100 °C) aşmayacak şekilde maksimum sıcaklıkta uygun bir karıştırıcıyla karıştırılarak eritilir. Her durumda sıcaklık 200 °C'yi aşmamalıdır. Daha sonraki aşamalarda gerekli olan düşük sıcaklık, soğutma yöntemiyle sağlanmalıdır. Numunenin bütünü aşağıdaki gibi eritilecektir:

- 1 L'den 2 L'ye kadar maksimum 3 saat
- 2 L'den 3 L'ye kadar maksimum 3,5 saat
- 3 L'den 5 L'ye kadar maksimum 4 saat
- 5 L'den fazla numuneler için ertesi güne kadar

Erimiş numune, içinde hava kabarcığı oluşturmayacak ve yer yer yüksek ısınmalara neden olmayacak şekilde dikkatlice karıştırılmalıdır. Bir kullanım önerisinin bulunmadığı durumlarda, modifiye bitüm hava kabarcıkları oluşmayacak şekilde 10 dakikaya kadar homojenize edilmelidir. Gerekli görülürse erime kabı alüminyum folyo veya uygun bir kapakla kapatılmalıdır.

Homojen hâle getirme ve boşaltma işlemleri maksimum 15 dakika içinde tamamlanmalıdır.



5 L'den fazla numuneler için erime sıcaklığı yumuşama noktası, 50 °C üzerinde olmalıdır. Ertesi güne kadar süren eritme işlemleri düşük sıcaklıklarda gerçekleştirileceği için sıcaklık, numune almaya başlanmadan yaklaşık 2 saat önce artırılmalıdır.

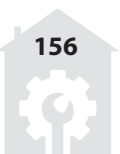
6.1.3. Hidrometre Yöntemi ile Özgül Ağırlık Tayini (TS 1013 EN ISO 3675)

Bu yöntem, normal şartlarda sıvı hâldeki ham petrol, sıvı petrol ürünleri, petrol ve petrol dışı ürün karışımlarının 15 °C'deki yoğunluklarının bir cam hidrometre kullanılarak tayinini kapsar.

Hidrometreler; doğru bir okuma için belirli bir sıcaklıkta kalibre edildikleri için kalibrasyon sıcaklığı dışındaki diğer sıcaklıklarda okunan değerler sadece hidrometre okuma değeri olup bu sıcaklıklardaki yoğunluk değerlerini ifade etmez.

a) Deneyin Yapılışı

- Deney sıcaklığındaki numune sıçratılmadan, hava kabarcığı oluşturmayacak ve kaynama noktası düşük uçucu maddelerin buharlaşması en aza indirgenecek şekilde, temiz ve uygun sıcaklıktaki hidrometre silindirine aktarılır.
- Numunenin yüzeyinde toplanan hava kabarcıkları, bir parça temiz süzgeç kâğıdıyla alınır.
- Deney numunesi ihtiva eden silindir, hava akımı olmayan ve deneyin gereken süresi bitene kadar ortam sıcaklığı değişiminin en fazla 2 °C olduğu bir yere, düşey durumda yerleştirilir.





- Deney süresince deneyin yapıldığı yerdeki ortam sıcaklığı, deney sıcaklığıyla ± 2 °C'den fazla farklılık gösteriyorsa bir sabit sıcaklık banyosu kullanılmalıdır.
- Deney numunesi, kullanılan termometreyle silindirin her tarafında aynı sıcaklığı ve yoğunluğu sağlamak için düşey ve dairesel olarak karıştırılır. Sıcaklık 0,1 °C yaklaşımla kaydedilir. Termometre ve varsa karıştırma çubuğu hidrometre silindirinden çıkarılır. Uygun hidrometre, numune içine daldırılır ve dengeye geldiğinde serbest bırakılır. Gövdenin serbest hâlde yüzerken numune seviyesinin üstünde kalan kısmının ıslanmamasına dikkat edilmelidir.
- Sıvının viskozitesi nedeniyle hidrometrenin batışı çok yavaş ise gerektiği kadar beklenecek istikrarlı (kararlı) bir noktaya kadar batması sağlanır ve bu nokta hidrometre yukarı çekilerek tekrar batmaya bırakılmak sureti ile kontrol edilir.
- İstikrarlı noktaya karşılık gelen taksimat okunmadan hidrometre hiçbir zaman içeri itilmemelidir. Ancak bu okunuştan sonra hidrometrenin; üç, dört küçük taksimat kadar içeri itilip derhâl kendiliğinden yükselip yükselmediği gözlenir.
- Eğer hidrometre yükselmiyorsa maddenin yüksek viskoziteli oluşundan hidrometre yönteminin uygulanamayacağı anlaşılır. Bu durumda piknometre metodu kullanılmalıdır.
- Saydam ve düşük viskoziteli numunelerle yapılan tayinlerde, hidrometre denge durumundan yaklaşık iki taksimat uzunluğu kadar sıvı içine girecek şekilde bastırılır ve serbest bırakılır. Hidrometre gövdesinin sıvı üzerindeki geri kalan kısmında gereksiz sıvı olması, elde edilecek okumaları etkileyeceğinden gövde kuru tutulmalıdır.
- Hidrometrenin silindir çeperine dokunmadan serbestçe yüzebilmesi için serbest bırakılırken hidrometreye hafif bir dönme hareketi verilmelidir. Hidrometrenin hareketsiz hâlde gelmesi ve oluşabilecek herhangi bir hava kabarcığının yüzeye çıkması için yeterli bir süre beklenir.
- Hidrometreden değer okumadan önce bütün hava kabarcıkları uzaklaştırılmalıdır. Hidrometre, silindir çeperlerine dokunmadan yüzerken hareketsiz hâlde geldiğinde hidrometrenin gösterdiği değer, skala aralığının beşte biri yaklaşımla okunur.

Saydam (şeffaf) sıvılar için sıvının esas yüzeyinin skalayı kestiği noktadan; opak (şeffaf olmayan) sıvılar için ise hidrometre skalasının sıvı yüzeyinin hemen üstündeki seviyeden bakılarak hidrometre değeri okunur ve kaydedilir.



Uçucu bileşen kaybını en aza indirmek için mümkün olduğu durumlarda numune, bulunduğu kaptaki ve kapalı bir sistem içinde karıştırılmalıdır. Açık kaplarda numuneyi karıştırmak, uçucu bileşenlerin kaybına yol açar ve bu da elde edilen yoğunluk değerini etkiler.

b) Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Raporun Hazırlanması

Okunan sıcaklıklar, gerekirse sıcaklık düzeltmeleri uygulanarak 0,1 °C yaklaşımla kaydedilir.

Hidrometrede okunan değerlere gerekirse düzeltme uygulanır ve 0,1 kg/m³ (0,0001 g/mL) yaklaşımla kaydedilir. Hidrometre yönteminde, hidrometre üzerinde okunan değer 15 °C'deki suyun özgül ağırlığının birim kabul edilmesine dayanır. Bu değer, suyun 25 °C'deki özgül ağırlığını birim kabul eden sisteme çevrilmesi için 1,002 ile çarpılmalıdır.

$$d_{25/25\text{ °C}} = (d_{25/15\text{ °C}}) \cdot 1,002$$

Burada, d özgül ağırlığı ifade etmektedir.

15 °C'ye göre düzeltilmiş sonuçlar 0,1 kg/m³ (0,0001 g/mL) yaklaşımla verilir.

Deney raporu; deneye tabi tutulan maddenin tipi ve tanıtılması, standarda atıf (**TS 1013 EN ISO 3675** gibi), deney sonuçları ve deney tarihi bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.

6.1.4. Kapiler Piknometre ile Özgül Ağırlık Tayini (TS EN 15326+A1)

Kapiler kapaklı piknometre ile 25 °C'deki hacmi bilinen bitümlü bağlayıcının ağırlığının aynı sıcaklık ve aynı hacimdeki damıtılmış su ağırlığına oranı ile özgül ağırlığının bulunmasına dayanır.

a) Deneyin Yapılışı

- Piknometre temizlenip kurutulduktan sonra kapağı ile hassas terazide boş olarak 0,1 mg hassasiyetle tartılır.
- Piknometre, 25 °C sıcaklığındaki damıtılmış su ile doldurulur ve kapağı sıkıca kapatılır. Kabıncısına taşan sular kuru ve temiz bir bezle silinir ve bu şekilde tekrar tartılır.
- Piknometre, 50-60 °C'ye kadar ısıtıldıktan sonra $\frac{3}{4}$ 'ü (dörtte üçü) herhangi bir hava boşluğu bırakmadan ve kenarlara dökmeden 25 °C sıcaklığa getirilen bitüm numunesi ile doldurulur (Görsel 6.2). Daha kıvamlı olan bitümlerde ise yaklaşık olarak piknometrenin yarısına kadar akıcı hâle getirilmiş bağlayıcı numune doldurulur. Kapak sıkıca kapatılır ve bitümlü malzemelerin kapaktaki kılcal delikten dışarıya taşan kısımları kuru ve temiz bir bezle silinerek temizlenir.



Katbek ya da flux bitüm olduğunda piknometre duvarında veya yüzeyinde hava kabarcığı görülürse piknometre, kapağı kapatılmadan 20±2 dakika boyunca yumuşama noktasının 80-90 °C üzerinde etüvde bekletilir.

- Dolu piknometre, 40 dakikadan fazla bir süreyle ortam sıcaklığında soğumaya bırakılır. Bu süre sonunda dolu piknometre kapağı ile 0,1 mg yaklaşımla tartılır ve kütlesi kaydedilir.
- 600 mL'lik beher, 40 mm'den fazla bir seviyeye kadar yeni kaynatılmış ve soğutulmuş saf su (distile veya deiyonize su) ile doldurulur.
- Beherin alt kısmından itibaren en az 100 mm'den fazla bir kısmı banyo içinde, üst kısmı bir miktar su seviyesi üzerinde kalacak şekilde su banyosu içine batırılır ve en az 30 dakika su banyosunda tutulur (Görsel 6.3).



Görsel 6.2: Bitüm numunesinin piknometreye dökülmesi



Görsel 6.3: Piknometrenin beher ile su banyosunda bekletilmesi

- Bitümle doldurulmuş piknometrenin kalan kısmının üzeri, buharlaşmanın olmaması için damıtılmış su ile doldurulur ve kapak önce gevşek bir şekilde kapatılır. Daha sonra 25±0,2 °C'de su banyosu içindeki behere konulur ve kapak sıkıca kapatılarak suyun taşması sağlanır. Katbek ve flux bitümlerde doldurma sıvısı olarak su yerine izopropanol kullanılır ve kapağın orta noktasına kadar doldurulur.



- Piknometre 30 dakikadan fazla bir süreyle su banyosunda beherde bekletilir.
- Daha sonra beherden çıkarılır, kuru bir bezle kapağın üst kısmı tek seferde kurulanır. Ardından piknometrenin dış yüzeyi kurulanır. Beherden çıkartılma esnasında küçük bir damla çıksa dahi kapağın üst kısmı tekrar kurulanmaz.
- Tartım sırasında piknometrenin dış yüzeyi nemlenirse tekrar kurulanır ve piknometre tartılır. Tartım işlemi sonunda piknometre boşaltılır, çözücüler kullanılarak temizlenir ve 110±5 °C'de etüvde kurutulur.
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılarak sonuçlar değerlendirilir.
- Deneyde kullanılan araç gereçler, uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamı temizlenir.
- Bireysel veya grup hâlinde deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

b) Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Raporun Hazırlanması

Bitümün özgül ağırlığı (d), üç ondalık basamağa kadar aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$d_{25/25} = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)}$$

Bitüm yoğunluğu (ρ), 1 kg/m³ yaklaşımla aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\rho = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)} \times \rho_T$$

Burada;

A: Piknometre ve kapağın toplam kütlesi

B: Suyla (veya izopropanolle) doldurulmuş kütle (g)

C: Bitümle kısmen doldurulmuş kütle (g)

D: Piknometre, bitüm ve su ile doldurulmuş kütle (g)

d_{25/25}: Bitümün özgül ağırlığı (25 °C)

ρ_T: Suyun (veya izopropanol) yoğunluğu

Deney sıvısı olarak su kullanıldığı zamanlarda, yoğunluk (ρ_{su}) 25 °C'de 997,0 kg/m³ olarak alınır. Katbek ya da flux bitümlerin kullanıldığı durumlarda (izopropanol önerilir) yoğunluk (ρ_{izo}) 25 °C'de 782,7 kg/m³ olarak alınır.

Sonuç olarak en az iki değer belirlenmelidir. Deney sonucu bu iki değerlerin ortalaması alınarak belirlenir. Elde edilen iki özgül ağırlık değerinin arasındaki fark ±2 kg/m³'ten az olmalıdır.

Deney raporu; kullanılan standarda atıf, test edilen numunenin tipi ve tam bilgileri, deneyde kullanılan piknometre tipi, deney sıvısı ve banyo sıcaklığı, özgül ağırlık ve yoğunluk deneyinin sonucu, deneyin tarihi gibi bilgileri içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi sapma varsa belirtilmelidir.



DENEY UYGULAMASI – 1

<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21681>



Modifiye bitüm deney numunesi ile **TS EN 15326+A1** standardına uygun olarak kapiler piknometre yöntemini kullanarak numunenin özgül ağırlık ve yoğunluk değerini tayin ediniz.

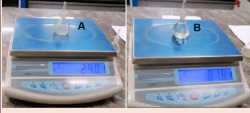
Deney Adı : Piknometre Yöntemi ile Özgül Ağırlık Tayini

Deney Süresi: 4 saat



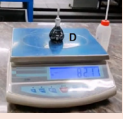


6. Öğrenme Birimi

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*Uygulama Kontrolü
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdaki kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. - KKD'lerinizi giyiniz. Başkasının kişisel koruyucusunu kullanmayınız. Çalışmalar sırasında laboratuvar önlüğünüzün tüm düğmelerini kapalı tutunuz. - Laboratuvar ortamında çalışırken arkadaşlarınızın dikkatinin dağılmaması için yüksek sesle konuşmayınız. - Kimyasal maddelerin tadına bakmayınız ve kimyasal maddeleri solumayınız. - Deney sırasında ısıya dayanıklı eldiven kullanınız.	
 Deney numunesi alma ve numunenin deneye hazırlanması	- Laboratuvar numunesinin, homojen ve temiz olmasına dikkat ediniz. TS EN 12594'e göre bitümlü bağlayıcı deney numunesini hazırlayınız. - Eritme kabına iki deney numunesine yetecek miktarda numune alınız. Modifiye bitüm numune kabının kapağını gevşeterek kabı tahmini yumuşama noktası olan 100 °C'yi aşmayacak şekilde en çok 120 dakika etüvde bekletiniz. - Numune kabını etüvden çıkardıktan sonra hava kabarcığı oluşturmayacak şekilde uygun bir karıştırıcıyla karıştırarak homojen hâle getiriniz.	
 Piknometrenin boş ve damıtık su dolu ağırlığının tartılması	- Boş, kuru ve temiz piknometreyi kapağını kapatarak 0,1 mg hassasiyetli terazide tartınız ve piknometrenin kütlesini kaydediniz (A). 25 °C'deki damıtılmış suyu piknometreye doldurunuz ve piknometrenin kapağını sıkıca kapatınız. - Piknometrenin dışını, temiz ve kuru bir bezle silip piknometrenin kütlesini terazide tartarak kaydediniz (B).	
 Modifiye bitüm numunesinin piknometreye doldurulması ve tartılması	- Piknometreyi 50-60 °C'ye kadar ısıtınız. 25 °C sıcaklığa getirilen modifiye bitüm numunesini piknometrenin $\frac{3}{4}$'ü (dörtte üçü) dolacak şekilde herhangi bir hava boşluğu bırakmadan ve kenarlara dökmeden piknometreye doldurunuz. - Bitüm dolu piknometreyi en az 40 dakika ortam sıcaklığında soğuması için bekletiniz. - Süre sonunda bitüm dolu piknometreyi kapağıyla 0,1 mg yaklaşımla tartınız ve kütlesini kaydediniz (C).	





 Su banyosu için beherin hazırlanması	600 mL'lik beheri, yeni kaynatılmış ve soğutulmuş saf su ile 40 mm'den fazla bir seviyeye kadar doldurunuz. - Saf su ile doldurulmuş beheri en az 30 dakika $25 \pm 0,2$ °C'deki su banyosunda bekletiniz.	
 Modifiye bitüm dolu piknometrenin su banyosunda bekletilmesi	$\frac{3}{4}$'ü (dörtte üçü) bitümle doldurulmuş piknometrenin kalan kısmını damıtık su ile doldurunuz ve kapağını gevşek şekilde kapatınız. - Bitüm dolu piknometrenin kapağını sıkıca kapatıp beherin içerisine daldırınız ve beher içindeki suyun taşmasını sağlayınız. - Dolu piknometreyi en az 30 dakika beher içerisinde su banyosunda bekletiniz.	
 Modifiye bitüm ve damıtık su dolu piknometrenin tartılması	- Süre sonunda bitüm ve su dolu piknometreyi su banyosundan çıkarınız. - Piknometrenin üzerini kurulayınız ve 0,1 mg hassasiyetle tartarak kütleini kaydediniz (D).	
Deney sonuçlarının hesaplanması ve sonuçların değerlendirilmesi	- Deney sonuçlarının hesaplanması ile ilgili formülleri kullanarak iki numunenin ayrı ayrı özgül ağırlık ve yoğunluk değerini hesaplayınız. - Sonuçların geçerliliği için en az iki değer belirleyiniz. Bu iki değer ortalamasını alarak özgül ağırlık ve yoğunluğunu bulunuz. - Elde edilen iki değer arasındaki farkın ± 2 kg/m³'ten az olmasına dikkat ediniz.	
Deney araç gereçlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	- Piknometrenin içini ve diğer araç gereçleri uygun çözücüler ve temizlik maddeleri ile iyice temizleyiniz. - Çalışma alanını ve çalışma tezgâhını temiz bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	Deney sonrasında grubunuzla deney raporunu tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





6.2. PENETRASYON (İĞNE BATMA DERİNLİĞİ) TAYİNİ (TS EN 1426, ASTM D5)



<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21682>



Bu deney, **TS EN 1426** standardına uygun olarak bitümlü malzemelerin belirli koşullardaki kıvamlılığının veya akıcılığının tayini yöntemini kapsamaktadır. Penetrasyon değeri arttıkça bitümün yumuşaklığı da artmaktadır.

Penetrasyon değeri, 330 x 0,1 mm'ye kadar olan batma derinlikleri için bu metod uygulanır. Penetrasyon değeri 330 x 0,1 mm ile 500 x 0,1 mm arasında olan batma derinlikleri için ise farklı yöntemler kullanılmaktadır.

6.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

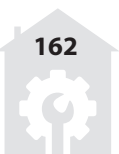
Penetrasyon Cihazı (Penetrometre): Ölçülebilir bir sürtünme olmadan bir iğne tutucuyu düşey olarak hareket ettirerek iğne batma derinliğinin 0,1 mm yaklaşımla belirlenmesini sağlayan otomatik veya yarı otomatik (manuel) ölçüm yapan bir alettir (Görsel 6.4). İğne tutucu 47,50±0,05 gram ağırlığında ve kolayca ayrılabilir özellikte olmalıdır. Numune kabının üzerine konulduğu dayanak düz ve yatay konumda olmalıdır. Desteğin altına 50 g ağırlık sabitlenir.

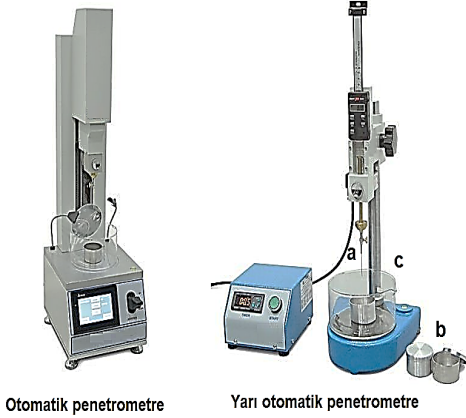
Penetrasyon İğnesi: **TS EN 10088-3** ile uyumlu, sertleştirilmiş, tavlanmış ve cilalanmış paslanmaz çelikten bir iğne kullanılır (Görsel 6.4.a). İğnenin silindirik gövdesinin yarıçapı ise 1,00 mm ile 1,02 mm arasında olmalıdır. 330 x 0,1 mm'ye kadar olan penetrasyonlar için iğnenin boyu yaklaşık 50 mm'dir. Penetrasyon değeri 330 x 0,1 mm ve 500 x 0,1 mm arasındaki ağırlık ve boyutlar için verilen şartlara uyan iğneler kullanılır.

Deney Numunesi Kabı (Görsel 6.4.b): Deney numunesi kabının ölçüleri Tablo 6.2'de verilmiştir.

Tablo 6.2: Penetrasyon Değerine Göre Numune Kabı Ölçüleri

Penetrasyon (0,1 mm)	İç Derinlik (mm)	İç Yarıçap (mm)	Kap Hacmi (mL)
Penetrasyon<160	35	55	80
160≤Penetrasyon<330	45	70	170
330≤Penetrasyon≤500	60	70	230





Otomatik penetrometre

Yarı otomatik penetrometre

Görsel 6.4: Penetrasyon cihazı (penetrometre) ve deney seti

Su Banyosu: Deney numunesinin sıcaklığını $25 \pm 0,15$ °C toleransla muhafaza edebilmeli, en az 10 litre kapasiteli olmalıdır.

Transfer (Aktarma) Kabı: İçerisine numune kabı konur. Numune kabının üzerinin tamamen su ile kaplanmasını sağlayacak derinlikte olmalıdır (Görsel 6.4.c).

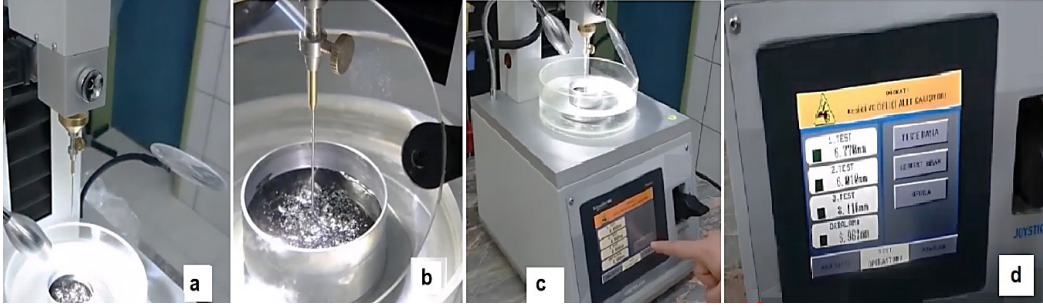
Kronometre: 0,1 saniye hassasiyete sahip (süreölçer) olmalıdır.

Termometreler: Cıvalı termometre ve diğer sıcaklık ölçme cihazları kullanılabilir. Kullanılacak termometre en az 0-30 °C arasında ölçülendirilmiş, 0,1 °C hassasiyetli ve okunabilirliğe sahip olmalıdır.

Etüv: Numunelerdeki hava kabarcığının çıkarılması ve numunenin ısıtılmasında kullanılır.

6.2.2. Deneyin Yapılışı

- Temiz ve homojen kıvamdaki bitüm veya modifiye bitüm deney numunesinden en az 100 g alınır ve numune uygun bir kaba aktarılır.
- Numune 100 °C'ye kadar ısıtılır (Bu sıcaklık, polimer modifiye bitümler için 180 °C ile 200 °C olmalıdır.).
- Daha sonra deney numunesi, numune derinliği iğnenin tahmin edilen batma derinliğinden en az 10 mm fazla olacak şekilde penetrasyon kabına doldurulur.
- Numune kaba doldurulduktan hemen sonra numunedeki mevcut kabarcıkları uzaklaştırmak ve numuneyi tozlara karşı korumak için deney numunesi kabı, gevşek bir şekilde uygun büyüklükteki beherle kapatılır.
- Numuneler, 15 °C ile 30 °C arasındaki ortam sıcaklığında soğumaya bırakılır. Deney numunelerinin soğutma süreleri, hacmi 180 mL'yi geçmeyen numunelerde kabın derinliği 45 mm'den az olanlar için 60-90 dakika; kabın derinliği 45 mm-60 mm arasında olanlar için 90-120 dakika olmalıdır.
- Numune kapları, soğutma süreleri sonunda aktarma kabıyla alınarak penetrasyon cihazının tablası üzerine yerleştirilir (Görsel 6.5.a).
- Daha sonra deney iğnesi yavaşça aşağı doğru indirilerek batmayacak şekilde numunenin yüzeyine sıfır konuma getirilir (Görsel 6.5.b). Penetrasyon iğnesi, benzin veya tolüen (metil benzen) ile temizlendikten sonra temiz bir bezle kurutulup tutucu yuvasına yerleştirilir. İğnenin serbestçe hareket edebilmesi için iğne tutucu ile yatağın, temiz ve kuru olmasına dikkat edilir. Tutarsız sonuçlar elde edilmesi durumunda, iğneler kurutma işleminden önce %1'lik oleik asit çözeltisi eklenmiş tolüen içerisinde 5 dakika bekletilerek ön işleme tabi tutulur.
- İğne tutucu serbest bırakılarak iğnenin numune içine batması sağlanır. 5 saniye sonunda iğnenin bitüme batma ilk okuma değeri, kayıt altına alınır (Görsel 6.5.c).



Görsel 6.5: Penetrasyon deneyinin yapılışı

- Kabin kenarına ve birbirine 10 mm'den daha yakın olmayan noktalardan en az üç okuma yapılır. Her bir ölçüm için farklı ve temiz iğneler kullanılmalıdır (Görsel 6.5.d).
- 25 °C deney sıcaklığı, 100 gram toplam uygulanan yük ve 5 saniye yükleme süresi koşullarında gerçekleştirilen deneyler için sonuçların aralığı Tablo 6.3'teki değerleri aşmıyorsa üç ölçüm de geçerli sayılır.

Tablo 6.3: Uygun Koşullarda Gerçekleştirilen Deneyler İçin Sonuçların Aralığı

Penetrasyon Değeri (mm)	49'a kadar	50 - 149 arası	150 - 249 arası	250 ve üzeri
Ölçümler Arasındaki En Büyük Fark	2	4	6	8

- Penetrasyon değeri 100'den daha büyük numunelere yapılan deneylerde her ölçüm için kullanılan iğne, numune üzerinde saplı olarak bırakılmalı; üç ölçüm tamamlandıktan sonra iğneler çıkarılıp temizlenmelidir. Üç ölçüm 2 dk. içerisinde tamamlanmalıdır, aksi hâlde numune tekrar su banyosuna yerleştirilir ve ölçümler tekrarlanır.
- Deney tamamlandıktan sonra penetrasyon iğneleri uygun bir çözücü ile (benzin gibi) temizlenir. İğneleri temizlemek için deterjan ya da silikon yağı kullanılmamalıdır.
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılarak sonuçlar değerlendirilir.
- Deneyde kullanılan araç gereçler uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamı temizlenir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmene teslim edilir.

6.2.3. Deney Raporu Hazırlama

Denemelerin geçerli olabilmesi için penetrasyon değerleri arasında olabilecek en büyük fark değerinin aşılması durumunda, ikinci bir numune ile deney tekrarlanır. Yapılan deneylerden sonuç elde edilememesi durumunda sonuçlar dikkate alınmayıp iptal edilir. Deneye tekrar baştan numunelendirme aşamasından başlanır. Fark tekrar aşılmaktaysa tüm ölçümler iptal edilir ve aynı deney numunesi üzerinde üç geçerli ölçüm elde edilinceye kadar deney tekrar edilir. Bu yöntemde elde edilen kabul edilebilir üç ölçümün aritmetik ortalaması 0,1 mm'ye yuvarlatılarak penetrasyon değeri olarak rapor edilir.

Deney raporu; deneyi yapılan numunenin türü ve özellikleri, kullanılan standarda atıf, cihaz adı (manuel ya da otomatik), deney koşulları, deney sonucu, deney tarihi gibi bilgileri içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.



DENEY UYGULAMASI – 2

Bitüm deney numunesi olarak TS EN 1426 standardına uygun olarak numunenin iğne batma derinliği değerini tayin ediniz.

Deney Adı : Penetrasyon (İğne Batma Derinliği) Tayini Deneyi

Deney Süresi : 4 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdaki kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Deney numunesinin alınması ve numunenin deneye hazırlanması	- Bitüm laboratuvar numunesinden en az 100 g deney numunesi alınız ve numuneyi uygun bir kaba aktarınız. - Deney numunesini TS EN 12594 standardına uygun olarak hazırlayınız. - Numune kabının kapağını gevşeterek beklenen yumuşama noktasını (100 °C) aşmayacak şekilde etüvde ısıtınız ve numuneyi homojen hâle getiriniz.	
 Numunenin penetrasyon kabına doldurulması ve soğutulması	- Deney numunesini, tahmini iğne batma derinliğinden en az 10 mm fazla olacak şekilde penetrasyon kabına doldurunuz. Numuneyi kaba doldurduktan hemen sonra tozlanmaya karşı numunenin üzerini kapatınız. - Deney numunelerini; 15-30°C ortam sıcaklığında, penetrasyon kabının büyüklüğüne uygun zaman diliminde soğumaya bırakınız. - Deney kaplarını aktarma kaplarına koyunuz ve soğutma süreleri kadar su banyosunda bekletiniz.	
 Numune kaplarının penetrasyon cihazına yerleştirilmesi ve ilk okumanın yapılması	- Penetrasyon iğnesini, benzin veya tolüen ile temizleyiniz ve temiz bir bezle kurularak tutucu yuvasına yerleştiriniz. - Numune kaplarını, aktarma kabıyla alınız ve penetrasyon cihazının tablası üzerine yerleştiriniz. - Deney iğnesini yavaşça aşağı indiriniz ve batmayacak şekilde numune yüzeyine sıfır konuma getiriniz. - İğne tutucuyu serbest bırakınız ve iğnenin batmasını sağlayınız. 5 saniye sonunda iğnenin bitüme batma değerini okuyunuz ve ilk okuma olarak kaydediniz.	



Diğer okumaların yapılması	- Kabın kenarına ve birbirine 10 mm'den daha yakın olmayan noktalardan en az üç okuma yapınız. - Her bir ölçüm sonunda iğneyi benzin veya tolüen ile temizleyerek kullanmayı unutmayınız.	
Deney araç gereçlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	- Deney araç gereçlerini uygun çözücüler ve temizlik maddeleri ile iyice temizleyiniz. - Çalışma alanını ve çalışma tezgâhını temiz bırakınız.	
Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	- Penetrasyon değerleri arasındaki en büyük fark değerinin aşılması durumunda ikinci bir numune ile deneyi tekrarlayınız. - Yapılan deneylerden sonuç elde edilememesi durumunda sonuçları dikkate almayıp deneyi iptal ediniz. - Deneye tekrar baştan numunelendirme aşamasından başlayarak aynı deney numunesi üzerinde üç geçerli ölçüm elde edinceye kadar deneyi tekrar ediniz. - Elde edilen kabul edilebilir üç ölçümün aritmetik ortalamasını 0,1 mm'ye yuvarlayarak penetrasyon değeri olarak rapor ediniz. - Deney sonrasında grubunuzla deney raporunu tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

6.3. YÜZME (BİTÜM YÜZDÜRME) DENEYİ (ASTM D139)



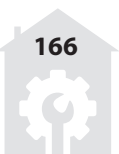
<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21683>



Bitüm kıvamının, penetrasyon veya viskozite deneyi ile belirlenmesinin mümkün olmadığı durumlarda “Şamandıra Testi” kullanılır. Bitümün yüzdürme deneyi, bitüm numunesinin sıcaklık değişimlerinde ve akışa karşı direnci hakkında bilgi verir.

Yol kaplamasında kullanılan bitümlü bağlayıcı, üzerine uygulanan deformasyonlara dayanabilmelidir. Bitümün kıvamı; bitümün sıcaklık değişimine duyarlılığını, akışa karşı direncini ve deformasyonlara direnme yeteneğini etkiler. Bu nedenle, bitüm hakkında bilgi edinebilmek için bitümün kullanılmadan önce kıvamının belirlenmesi önemlidir.

Bu deneyde, manşon içine ısıtılmış sıvı bitüm numunesi doldurulur ve belirli sıcaklıktaki su banyosuna konur. Daha sonra suyun, manşondaki bitümü iterek içeri girme süresi (bitümün suda yüzmeye süresi) bu deneyin şamandıra değerini verir.

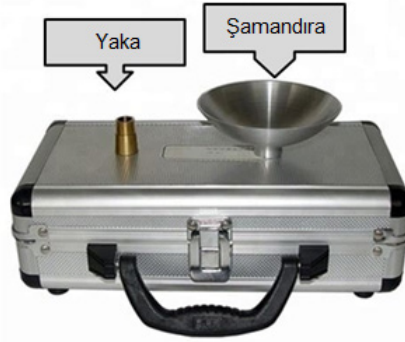




6.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Şamandıra (Yüzer): Ağırlığı $37,9 \pm 0,2$ g, normal ölçüleri; yüzdürme yüksekliği $35,0 \pm 1,0$ mm, açılış çapı $11,1 \pm 0,1$ mm ve 1,4 mm kalınlığında alüminyum malzemeden yapılmış parçadır (Görsel 6.6).

Manşon (Yaka): Ağırlığı $9,8 \pm 0,2$ g, normal ölçüleri; toplam yaka yüksekliği $22,5 \pm 0,2$ mm, yaka alt iç çapı $12,82 \pm 0,10$ mm ve yaka üst iç çapı $9,70 \pm 0,05$ mm olan pirinç malzemeden yapılmış parçadır (Görsel 6.6). Deneyde iki adet manşon kullanılır.



Görsel 6.6: Bitüm yüzdürme aparatları

Termometre: -2 °C ile 80 °C arasında ölçülendirilmiş olup süneklik aparatındaki suyun sıcaklığını ölçmek için kullanılır.

Ayrıca deneyde su banyosu, bıçak veya spatula, etüv, metal plaka ve kronometre, bitümlü malzeme (ısıtılmış bitüm veya katran ürünleri), gliserin ve dekstrin kullanılır.

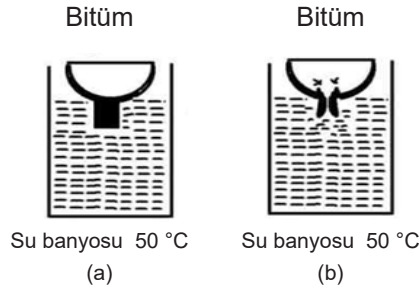
6.3.2. Deneyin Yapılışı

- Laboratuvar numunesinin, homojen ve temiz olmasına dikkat edilmelidir.
- **TS EN 12594**'e göre bitüm ve bitümlü bağlayıcı deney numunesi hazırlanır. Deney numunesinde su olmamalıdır.
- Bitüm numunesi, bir kaba alınarak mümkün olan en düşük sıcaklıkta ısıtılır. Bitüm, tamamen dökülmeye yetecek kadar eritilerek sıvı hâle getirilir.
- Homojen bir numune elde etmek için bitüm numunesi iyice karıştırılarak hava kabarcıkları çıkarılır.
- İyice karıştırılarak eşit oranlarda gliserin ve dekstrin karışımı hazırlanır.
- Metal plaka yüzeyi, hazırlanan karışımla kaplanır ve iki manşonun küçük çaplı kısmı metal plaka üzerine yerleştirilir.
- Homojen bitüm numunesi, manşonun üst kısmından taşana kadar dökülür.
- Bitüm ve bitüm ürünleriyle hazırlanan numuneler, yaklaşık 15 dakika oda sıcaklığında soğumaya bırakılır. Katran ürünleriyle hazırlanan numuneler ise hızlıca 5 dakika su banyosunun suyuna daldırılır ve 5 °C sıcaklıkta muhafaza edilir.
- Numune sudan çıkarılır ve biraz ısıtılmış çelik bıçak veya spatula yardımıyla manşonun üstünden kesilerek tıraşlanır.
- Manşon ve taban plakası numuneyle tekrar 5 °C'de en az 15 dakika su banyosuna yerleştirilir. Sürenin 30 dakikayı geçmemesine dikkat edilmelidir.
- Numunenin test edilmesi için su banyosu 50 ± 5 °C sıcaklığa kadar ısıtılır.
- Su banyosu karıştırılmadan test boyunca 50 ± 5 °C sıcaklık korunmalıdır.



6. Öğrenme Birimi

- Termometrenin ampulü; su seviyesinin üst kısmının altına, 40 ± 2 mm derinliğe kadar suya daldırılır ve sıcaklık kontrol edilir.
- Banyo suyu en az 15 dakika, en fazla 30 dakika ısıtılmalıdır.
- Hazırlanan deney numunesi ile manşon, taban plakasından çıkarılır.
- Numune manşonla birlikte alınır; manşonun dişli kısmı alüminyum şamandıraya yerleştirilir ve sıkıştırılarak sabitlenir.
- Daha sonra hazırlanan düzenek 5°C 'deki suya 1 dakika daldırılır.
- Süre sonunda düzenek sudan çıkarılır ve varsa şamandıranın içindeki su çıkarılır.
- Düzenek, manşonun şamandıraya sıkıca tutturulduğundan emin olarak yaklaşık 50°C sıcaklıkta önceden hazırlanmış ılık su banyosuna getirilir. Test sırasında manşon ile şamandıra arasında su sızıntısı olmamalıdır.
- Kronometre hazırlanır ve düzenek sıcak su banyosuna girer girmez zamanlayıcı başlatılır (Görsel 6.7.a).
- Bir kronometre yardımıyla suyun numuneden geçtiği (Görsel 6.7.b) andaki süre, her iki numune için saniye cinsinden şamandıra değeri olarak not edilir.



Görsel 6.7: Şamandıra testi

6.3.3. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Raporun Hazırlanması

İki deneyden elde edilen şamandıra değerlerinin aritmetik ortalaması hesaplanır. Elde edilen sonuç, en yakın tam sayıya yuvarlanarak verilen bitüm numunesinin şamandıra değeri belirlenir. Şamandıra değeri ne kadar yüksekse bitüm numunesi o kadar serttir.

Deney raporu; deney tarihi, deneye tabi tutulacak numunenin tipi ve tam olarak tanımlanması, kullanılan standarda atıf ve deney sonucu bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.

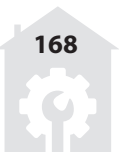
DENEY UYGULAMASI - 3

Verilen bitüm numunesinin, bitüm şamandıra testini yaparak standartlarda verilen penetasyon şartlarını karşılayıp karşılamadığını belirleyiniz.

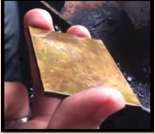
Deney Adı : Bitümün Yüzdürme (Yüzme) Deneyi

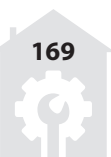
Deney Süresi : 3 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız.	



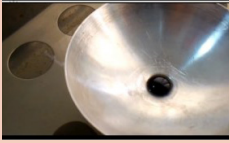


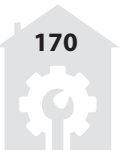
Deney araç gereçlerinin hazırlanması	Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortamı sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
Deney numunesi alma ve numunenin deneye hazırlanması	- Laboratuvar numunesinin, homojen ve temiz olup olmadığına dikkat ediniz. TS EN 12594'e göre bitüm ve bitümlü bağlayıcı deney numunesini hazırlayınız. - Bitüm numunesini, bir kaba alarak mümkün olan en düşük sıcaklıkta, tamamen dökülmeye yetecek kadar eriterek sıvı hâle getiriniz. - Bitüm numunesini, homojen hâle getirmek için iyice karıştırarak hava kabarcıklarını çıkarınız.	
 Gliserin ve dekstrin karışımının hazırlanması ve metal plaka yüzeyine sürülmesi	- Gliserin ve dekstrini eşit oranlarda karıştırınız. - Hazırladığınız bu karışımı bitümün yapışmasını önlemek için pirinç plaka yüzeyine sürünüz. - Daha sonra her iki manşonun, çapı küçük ucunu plaka ile temas hâlinde olacak şekilde plaka üzerine yerleştiriniz.	
 Deney numunesinin manşona doldurulması	- Homojenliği sağlamak için eritilmiş bitümü manşona dökmeden önce iyice karıştırmayı unutmayınız. - Eritilmiş bitüm veya bitümlü bağlayıcı numunesini hava kalmayacak şekilde tamamen dolana kadar manşona dikkatlice dökünüz. - Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar için her iki manşondaki numuneyi oda sıcaklığında 15 dakika soğutmaya özen gösteriniz.	
 Deney tertibatının 5 °C sıcaklıktaki su banyosunda bekletilmesi	- Tüm tertibatı, 5 dakika boyunca 5 °C'deki buzlu suya sahip su banyosuna yerleştiriniz. - Manşonun üst kısmında düz bir yüzey elde etmek için bıçak veya spatulayı hafif ısıtarak fazla bitümü kesiniz. - Tüm tertibatı en az 15 dakika ve 30 dakikadan fazla olmamak üzere 5 °C'deki su banyosuna yerleştiriniz. - Sabit bir sıcaklık sağlamak için termometrenin ampulünü, su banyosunun içine 40±2 mm derinliğe daldıracak şekilde yerleştirmeye özen gösteriniz.	





6. Öğrenme Birimi

 Numuneyle manşonun şamandıraya monte edilmesi	- Numune ile manşonu, taban plakasından ayırınız. - Daha sonra manşonu aralarında su sızıntısı olmayacak şekilde alüminyum şamandıraya vidalayarak takınız.	
 Şamandıra ve manşon tertibatının 5 °C'deki suda bekletilmesi	- Şamandıra ve manşon tertibatını 1 dakika boyunca 5 °C'deki buzlu suya daldırınız. - Tertibatı sudan çıkarınız ve varsa şamandıradaki biriken suyu boşaltınız.	
 Tertibattaki bitüm numunesinin test edilmesi	- Şamandıra ile manşon arasına su sızmasını sağlamak için tertibatı 50 °C'lik ılık bir su banyosuna koyunuz. - Tertibat suya girer girmez kronometreyi başlatınız.	
 Şamandıra değerinin ölçülmesi	Her iki numune için suyun bitüm tıkaçından çıktığı süreyi saniye cinsinden not ediniz.	
Deney sonuçlarının hesaplanması ve değerlendirilmesi	- İki deneyden elde ettiğiniz şamandıra değerlerinin aritmetik ortalamasını hesaplayınız. - Elde edilen sonucu en yakın tam sayıya yuvarlayarak verilen bitüm numunesinin şamandıra değerini belirleyiniz. Şamandıra değeri ne kadar yüksekse bitüm numunesinin o kadar sert olduğunu unutmayınız. Bitümün şamandıra değerinin, standartlarda verilen penetrasyon şartlarını karşılayıp karşılamadığını araştırınız.	
Deney araç gereçlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	- Deneyde kullanılan araç gereçleri uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanarak temizleyiniz. - Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamını temizleyiniz.	





Deney raporunun hazırlanması	Deney sonrasında grubunuzla deney raporunu tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	
------------------------------	---	--

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

6.4. BİTÜM YUMUŞAMA NOKTASI TAYİNİ (TS EN 1427, ASTM D36)

Bu deney; **TS EN 1427**'ye uygun olarak 28 °C ile 150 °C sıcaklık aralığında bitüm ve bitümlü bağlayıcıların standart bir yük altında halka (yüzük)-bilye yöntemiyle katıdan işlenebilir bir akışkanlığa geçtiği (yumuşama noktası) sıcaklığın tespiti için yapılmaktadır. Yumuşama noktası değeri, bitümün kaplama yapımında kullanılmadan önce ısıtılması gereken sıcaklığı verir. İklimsel sıcaklık yumuşama noktasını aşarsa, bağlayıcı olarak kullanılan bitüm erimeye başlar ve kaplama yapışkan hale gelir.

Bu deneyde, standart iki pirinç halka kalıp içerisine bitüm numunesi dökülür. Bir sıvı banyosu (su veya gliserin) içerisinde, kalıpların üstüne 25±0,4 mm'lik bir mesafede 3,5 g ağırlığında çelik bilye yerleştirilir. Sistemin standart bir oranda ısıtılmasıyla çelik bilyelerin düşerek deney plakası tabanına değdiği andaki termometrede okunan değer, yumuşama noktası sıcaklığı olarak belirlenir. Birimi °C'dir.

6.4.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Banyo Sıvısı: Deney numunesi yüzeyindeki hava kabarcıklarını önlemek için damıtık veya yeni kaynatılmış deiyonize su kullanılmalıdır. Gliserol, %99 (m/m) saflıkta ve yoğunluğu 20 °C'de 1250±10 kg/m³ olmalıdır. **TS EN ISO 3696** standardına uygun sınıf 3 laboratuvar suyu ve belirlenen analitik saflıktaki reaktifler kullanılır.

Yapışmayı Önleyici Madde: Gliserol ile dekstrin veya mineral talk karışımından yapılmış bir madde (vazelin gibi) kullanılır. Bitümlü bağlayıcının plakalara yapışmasını önlemek için metal yüzeye sürülür.

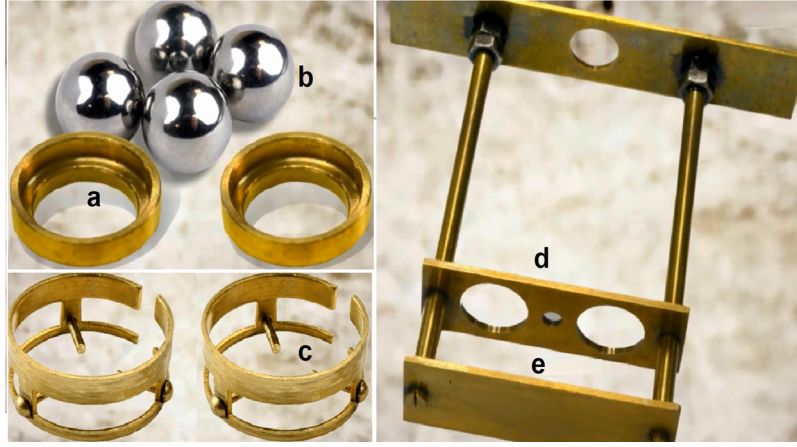
Döküm Hazırlama Plakası: Düz, pürüzsüz, metal, 50 mm x 75 mm ebatlarında ve 1,5 mm – 2 mm kalınlıkta, kenarları aşağıya çevrili, metal plakadır.

Halkalar: Numune doldurmak için uygun boyutlarda iki adet pirinç halka kullanılır (Görsel 6.8.a).

Bilyeler: İki adet, 9,50±0,05 mm çapında ve ağırlığı 3,50±0,05 g olan paslanmaz çelik top kullanılır (Görsel 6.8.b).

Bilye Merkezleme Kılavuzları: iki adet olup bilyeleri halka üzerinde yatay konumda tutmak için kullanılır (Görsel 6.8.c).

Halka Tutucu ve Alt Plaka: Paslanmaz çelik ya da pirinçten imal edilmiş, iki halkayı yatay konumda tutacak bir tutucu kullanılır (Görsel 6.8.d). Halka tutucusundaki halkaların tabanında, alt plakanın üst yüzeyden mesafesi 25±0,4 mm olmalıdır (Görsel 6.8.e). Halkaların üst kısmı ise banyo sıvısının yüzeyinden 50±3 mm aşağıda olmalıdır.



Görsel 6.8: Halka, bilye ve tutma aparatı

Beher: En az 85 mm çapında ve en az 120 mm derinliğinde ısıtılabilir cam beher (600 veya 800 mL) kullanılır.

Termometreler: -2 °C ile +80 °C arasında, 0,2 °C taksimatlı ve +30 °C ile +200 °C arasında 0,5 °C taksimatlı olmalıdır.

Su Banyosu: Yumuşama noktası 80 °C ve daha düşük olan bitümlü bağlayıcılarda başlangıçta banyo suyu sıcaklığı 5 ± 1 °C; yumuşama noktası 80 °C'den yüksek olan bitümlü bağlayıcılarda ise başlangıçtaki banyo suyu sıcaklığı 30 ± 1 °C olmalıdır.

Isıtıcılı Manyetik Karıştırıcı: Kap içinde homojen bir sıcaklık dağılımı sağlamak için dönme hızı yaklaşık 100 r/dk. olmalıdır (Görsel 6.9). Bu cihazı kullanmak yerine yarı otomatik veya otomatik cihazlar kullanılabilir (Görsel 6.10).



Görsel 6.9: Isıtıcılı manyetik karıştırıcı



Görsel 6.10: Otomatik yumuşama noktası cihazı

6.4.2. Deneyin Yapılışı

- Laboratuvar numunesinden deneyin tekrarlanması durumu göz önünde bulundurularak dört halkaya yetecek miktarda deney numunesi bir kaba alınır.
- Alınan deney numunesini beklenen yumuşama noktasının üzerinde 75-100 °C'ye kadar ısıtılır.
- Tamamen sıvı hale dönüşüne kadar numune eritilir. Numunenin, tamamen erimesi, hava kabarcıkları ve sudan arındırılması için gerekirse bitüm karıştırılır.
- Bitümün metal veya cam döküm hazırlama plakasına yapışmaması için eşit oranlarda gliserin ve dekstrin ile homojen bir karışım hazırlanır.



- Hazırlanan bu karışım bitümün yapışmasını önlemek için metal veya cam plaka yüzeyine sürülür.
- Numune halkaları, erimiş bitüm ile aynı sıcaklığa yaklaşacak şekilde önceden ısıtılır ve ardından metal plaka üzerine yerleştirilir.
- Halkalar üst seviyenin üzerinde hafifçe dolana kadar hava kabarcığı kalmayacak şekilde erimiş bitüm dikkatlice halkalara doldurulur.
- Doldurulmuş deney halkalarının ortam sıcaklığına kadar soğuması için en az 30 dakika bekletilir.
- Oda sıcaklığında yumuşak olan maddelerde ise deney numunesi; hava ortamında beklenen yumuşama noktasının en az 10 °C'nin altında bir sıcaklıkta, en az 30 dakika soğutulur.
- Deney numuneleri soğuduğunda halkadan taşan numune kısmı sıcak bir bıçak veya spatula ile kesilerek atılır. Her deney numunesi düz ve halkaların üst seviyesi ile aynı seviyeye getirilir.
- Deney numunelerinin halkalara aktarılmasından, deneyin tamamlanmasına kadar geçen süre 4 saatten fazla olmamalıdır.
- Deney cihazı; deney numunesi halkaları, bilye merkezleme kılavuzları ve termometrenin cıvalı ucu halkaların tabanıyla aynı hizada olacak ve halkalara ya da halka tutucuya dokunmayacak şekilde yerleştirilerek hazırlanmalıdır. Cam beher, sıvı yüzeyi halkaların üst ucundan 50 ± 3 mm yukarıda olacak şekilde banyo sıvısıyla doldurulmalıdır (Görsel 6.11.a).
- Beklenen yumuşama noktası için uygun banyo sıvısı ve termometre seçilir. Yumuşama noktaları 28 °C ile 80 °C olan numuneler için banyo sıvısı olarak yeni kaynatılmış damıtık veya deiyonize su kullanılır. Banyonun başlangıç sıcaklığı 5 ± 1 °C olmalı ve sıcaklık ölçümü 0,2 °C taksimatlı bir termometre kullanılarak yapılmalıdır. Yumuşama noktaları 80 °C'den yüksek ve 150 °C'ye kadar olan numuneler için banyo sıvısı olarak gliserin (gliserol) kullanılmalıdır. Banyonun başlangıç sıcaklığı 30 ± 1 °C olmalı ve sıcaklık ölçümü için en küçük taksimatı 0,5 °C olan bir termometre kullanılmalıdır.
- İki çelik bilyenin, deney düzeneğiyle aynı sıcaklığa gelmesi için bir pens yardımıyla cam beher ya da ayrı bir kap içerisinde uygun sıcaklıktaki (5 °C veya 30 °C) su banyosuna yerleştirilir.
- Belirlenen başlangıç sıcaklığını elde etmek için banyo, buzlu su ya da termostatik bir cihaz içine yerleştirilir ve banyo sıvısı suyu 5 ± 1 °C'ye soğutulur (Görsel 6.11.b). Eğer banyo sıvısı gliserol ise 30 ± 1 °C sıcaklığa kadar yavaş yavaş ısıtılmalıdır. Banyo sıvısı sıcaklığı, 15 dakika sabit tutulmalı ancak bu süre 20 dakikayı geçmemelidir.
- Banyo içerisinden bir maşa ile bilyeler alınarak numune halkaları üzerindeki merkezleme kılavuzunun ortasına yerleştirilir. Banyo sıvısının, ilk 3 dakika başlangıç sıcaklığında kalması sağlanır.
- Banyo sıvısına, ilk 3 dakika sonunda sıcaklık düzgün olarak dakikada 5 °C artacak şekilde alttan ısı verilir (Görsel 6.11.b). Cihazın manyetik karıştırıcıyla homojen bir sıcaklık dağılımı sağlanmalıdır.
- Otomatik olmayan deney cihazı kullanıldığında her iki halkadaki numunenin yumuşayarak bilyenin taban plakasına değdiği anda termometreden okunan sıcaklık değeri yumuşama noktası olarak kaydedilir. Yarı otomatik veya otomatik deney cihazı kullanıldığında ise yumuşama noktası, uygun biçimde konumlandırılmış fotoelektrik sensörler tarafından algılanır ve sıcaklık sensör ile ölçülür.
- Yumuşama noktası tayini iki numune ile yapılır ve iki değer ortalaması alınır.
- Deneyde kullanılan araç gereçler uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak te-





mizlenir.

- Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamı temizlenir.
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılarak sonuçlar değerlendirilir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.



Görsel 6.11: Deney düzeneğinin hazırlanması ve banyo sıvısına yerleştirilmesi

6.4.3. Deney Raporu Hazırlama

Numunelerden elde edilen iki sıcaklığın ortalaması, yumuşama noktası 80 °C'nin altındaki numunelerde 0,2 °C; 80 °C'nin üzerindeki numunelerde ise 0,5 °C hassasiyetle kaydedilir. İki numune arasındaki ölçülen sıcaklık farkı 80 °C'nin altındaki numunelerde 1 °C'yi, 80 °C'nin üzerindeki numunelerde ise 2 °C'yi geçiyorsa deney tekrarlanmalıdır.

Modifiye bitümlerde ise iki numunenin ölçülen sıcaklık farkı 2 °C'yi geçerse; bilye alt plakaya dokunmadan ince katmanı kırarsa ya da bilye ve bitüm arasında kısmi ayrılma görülürse deney tekrarlanır.

Sonuç olarak yumuşama noktası çok yüksek bitümlerin, viskozitesi de yüksek olduğundan sıcak karışım yapım sıcaklıkları da yüksek olmaktadır.

Deney raporu; deneyi yapılan numunenin türü ve özellikleri, kullanılan standarda atıf, cihaz adı (yarı otomatik ya da otomatik), deney sonucu, deney tarihi bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa raporda belirtilmelidir.



DENEY UYGULAMASI – 4

<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21684>



Yumuşama noktaları 28 °C ile 80 °C olan bitüm numunesi olarak TS EN 1427 standardına uygun yüzük bilye yöntemiyle numunenin yumuşama noktasını tayin ediniz.

DENEY ADI : Yumuşama Noktası Tayini Deneyi

DENEY SÜRESİ : 2 saat 30 dakika

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. • Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. • KKD'lerinizi giyiniz. Çalışmalar sırasında laboratuvar önlüğünüzün tüm düğmelerini kapalı tutunuz.	



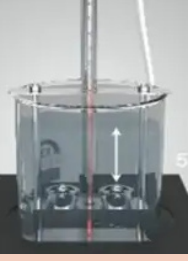


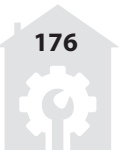
Deney araç gereçlerinin hazırlanması	Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortamı sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
Deney numunesinin alınması ve deneye hazırlanması	- Laboratuvar numunesinin, homojen ve temiz olmasına dikkat ediniz. - Eritme kabına, deney halkalarını en az dört halkayı dolduracak miktarda bitüm veya modifiye bitüm numunesi alınız. TS EN 12594'e göre bitüm veya modifiye bitüm deney numunesini hazırlayınız. - Bitüm numunesi, tamamen eriyene kadar bitümün beklenen yumuşama noktasının üzerinde 75-100 ° C'de bir kapta ısıtınız. - Hava kabarcığı oluşumunu önlemek için gerekirse karıştırınız.	
 Metal veya cam plaka yüzeyinin yağlanması	- Gliserin ve dekstrini eşit oranlarda alarak iyice karıştırınız. - Hazırladığınız bu karışımı bitümün yapışmasını önlemek için metal veya cam plaka yüzeyine sürünüz.	
  Deney halkalarının hazırlanması	- Hazırladığınız bitüm numunesini, halkalara düzgün bir şekilde dökülebilmek için uygun bir kaba dökünüz. - Halkaları, erimiş bitüm ile aynı sıcaklığa yaklaşacak şekilde önceden ısıtınız ve ardından metal plaka üzerine yerleştiriniz. - Her deney halkasını, hacminden biraz fazla olacak şekilde bitümle doldurunuz. - Doldurulmuş deney halkalarını ortam sıcaklığında en az 30 dakika bekletiniz.	
 Doldurulmuş deney halkalarının yüzeyinin düzeltilmesi	- Deney numuneleri soğuduğunda halkadan taşan fazla kısımları, halka üzeri ile bitümü aynı seviyeye getirmek için sıcak bir bıçak veya spatula ile keserek atınız. - Deney numunelerinin halkalara aktarılmasından, deneyin tamamlanmasına kadar geçen sürenin 4 saatten fazla olmamasına dikkat ediniz.	
Su banyosunun hazırlanması	- Su banyosunu yeni kaynatılmış damıtık suyla doldurunuz. - Su banyosunu 5±0,5 °C'ye kadar ısıtınız.	



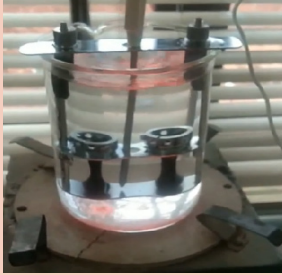


6. Öğrenme Birimi

 Deney düzeneğinin ve sıvı banyosunun hazırlanması	• Bitümle dolu deney halkalarını, bilye merkezleme kılavuzlarını ve termometreyi yerleştirerek deney düzeneğini hazırlayınız. • Termometrenin cıvalı ucu halkaların tabanıyla aynı hizada olacak ve halkalara ya da halka tutucuya dokunmayacak şekilde yerleştirmeye özen gösteriniz. • Beklenen yumuşama noktası için uygun banyo sıvısı ve termometre seçmeyi unutmayınız. • Cam beheri, su seviyesi halkaların üst yüzeyinin 50 ± 3 mm üzerinde kalacak şekilde damıtık suyla doldurunuz.	
 Deney düzeneğinin uygun banyo sıvısı içerisinde soğutulması	• Deney düzeneğine sabitlenmiş halkaları 15 dakika boyunca $5 \pm 0,5$ °C'deki su banyosuna yerleştiriniz. • Çelik bilyeleri, içerisinde deney düzeneği olan banyo suyu doldurulmuş behere veya ayrı bir kap içerisine koyarak su banyosuna yerleştiriniz ve bilyeleri $5 \pm 0,5$ °C sıcaklığa kadar soğutunuz.	
 Bilyelerin kılavuza yerleştirilmesi	• Çelik bilyeleri, bir pens yardımıyla su banyosundan alarak dikkatli bir şekilde halka merkezleme kılavuzunun ortasına yerleştiriniz. • Banyo suyunu ilk üç dakika başlangıç sıcaklığında tutunuz.	
 Deney düzeneğinin ısıtılması	• Deney düzeneğini, ısıtıcı manyetik karıştırıcı üzerine koyarak cihazın homojen bir sıcaklık dağılımı sağlaması için ayarlayınız. • Termometreyi düzeneğin ortasına yerleştiriniz. • Banyo sıvısına, ilk üç dakika sonunda sıcaklık düzgün olarak dakikada $5 \pm 0,5$ °C artacak şekilde alttan ısı veriniz. • Halkaya doldurulan bitüm yumuşayana ve üzerine yerleştirilen çelik bilye kendi ağırlığından dolayı aşağı doğru hareket etmeye başlayana kadar ısıtmaya devam ediniz.	





 Yumuşama noktası sıcaklığının tespit edilmesi	- Manuel cihaz kullanıyorsanız her iki halkadaki numunenin yumuşayarak bilyenin taban plakasına değdiği andaki termometreden okuduğunuz sıcaklığı yumuşama noktası olarak kaydediniz. - Otomatik cihaz kullanıyorsanız sensörler tarafından tespit edilen sıcaklığı yumuşama noktası olarak kaydediniz.	
Deney araç gereçlerin bakım ve temizliğinin yapılması	- Deney araç gereçlerini uygun çözücüler ve temizlik maddeleri ile iyice temizleyiniz. - Çalışma alanını ve tezgâhını temiz bırakınız.	
Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	- Numunelerden elde edilen iki sıcaklığın ortalamasını yumuşama noktası 80 °C'nin altındaki numunelerde 0,2 °C, 80 °C'nin üzerindeki numunelerde ise 0,5 °C hassasiyetle kaydediniz. - Eğer iki numune arasındaki ölçülen sıcaklık farkı 80 °C'nin altındaki numunelerde 1 °C'yi, 80 °C'nin üzerindeki numunelerde 2 °C'yi geçiyorsa deneyi tekrarlayınız. - Deney sonrasında grubunuzla deney raporunu tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

6.5. VİSKOZİTE (KİNEMATİK VİSKOZİTE YÖNTEMİ) VE DÜKTİLİTE DENEYİ



<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21685>



6.5.1. Kinematik Viskozite (TS EN 12595)

Kinematik viskozite ölçüm prensibi; yer çekimi kuvveti ile akış yapan sıvıların viskozitesini belirlemek için kullanılan en hassas yöntemdir. Bu deneyde, belirli bir genişlik ve uzunluktaki kapiler tüpten akan bitümlü bağlayıcıların akış süresi ölçülür. Klasik olarak bu akış göz ile takip edilir ve süre manuel olarak bir kronometre ile ölçülür. Deneyde kinematik tip tam otomatik veya yarı otomatik viskozite ölçüm cihazları kullanıldığında ölçümler sensörler yardımıyla otomatik olarak okunur.



Kinematik viskozite, akışkanın yer çekimi altında ne kadar hızlı hareket ettiğinin bir ölçüsüdür.

Viskozite, bir sıvının akmaya karşı gösterdiği dirençtir. Viskozite arttıkça direnç de artar. Viskozite yüksek ise akışkanlık az; viskozite düşükse akışkanlık çoktur.

6.5.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

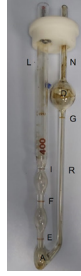
Viskozimetre: Kapiler tipte, kılcal borosilikat camdan yapılmış olmalıdır (Görsel 6.12).

Termometre: En az 55 °C – 140 °C aralığında, 0,05 °C okunaklı, 0,1 °C doğrulukta olmalıdır.

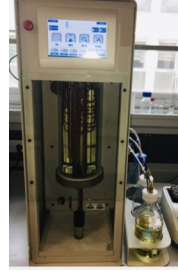
Banyo: Banyo sıvısının sıcaklığı, viskozimetre boyunca veya değişik viskozimetre konumlarında 0,3 °C (60 °C'de ölçme) veya 0,5 °C'den (135 °C'de ölçme) daha fazla farklılık göstermeyecek şekilde olmalıdır. 60°C'deki tayinler için banyo sıvısı olarak **TS EN ISO 3696**'da belirtilen sınıf 3 laboratuvar suyu kullanılmalıdır. 135 °C'deki tayinler için ise parlama noktası 215 °C'nin üzerinde olan beyaz yağ veya herhangi bir parafinik ya da silikon esaslı yağ kullanılabilir.

Kronometre (Süreölçer): 1000 saniyede en fazla 0,5 saniye hata ile ölçüm yapan cihaz kullanılır.

Otomatik veya Yarı Otomatik Cihazlar: Sıcaklık düzenlemeleri ve zaman ölçme doğruluğu **TS EN 12595**'te verilen kesinlik bilgilerini sağlayacak şekilde, tam olarak kalibre edilmiş olmalıdır (Görsel 6.13).



Görsel 6.12: Opak ve saydam sıvılar için viskozimetre



Görsel 6.13: Otomatik kinematik viskozimetre

6.5.1.2. Deneyin Yapılışı

- Deney numunesi iyice çalkalanır. Numune sıcaklığı 30 °C'nin altına düşmemelidir. Gerekirse ısıtılmalıdır.
- Banyo sıcaklığı, 60±0,3 °C'de ya da 135±0,5 °C'de sabit tutulur.
- 60 saniyeden daha büyük akış süresi sağlayan temiz, kuru bir viskozimetre tüpü seçilir.
- Viskozimetre, deney sıcaklığına gelene kadar (60±0,3 °C ya da 135±0,5 °C) önceden ısıtılır.
- Viskozimetreyi doldurmak için viskozimetre ters çevrilir, N tüpünün sıvı numuneye daldırılmasıyla L tüpüne vakum uygulanır. N tüpüne sıvı çekilerek D haznesi, G noktasına kadar doldurulur. N tüpündeki fazla numune silinip viskozimetre normal durumuna getirilir. Viskozimetre, L tüpü dik tutularak sabit sıcaklıktaki banyoya monte edilir.
- A balonu, 4/5 oranında doluyken L tüpünün üst kısmı bir tıpa ile kapatılır.
- Viskozimetre, sabit sıcaklık banyosunda numunenin denge sıcaklığına ulaşacağı süre boyunca bekletilir. Deney dört saat içerisinde bitirilmelidir.
- L tüpündeki tıpa çıkarılıp numunenin alt sıvı yüzeyinin, E alt zamanlama işaretinin karşısı-





na gelene kadar yer çekimi yönünde akmasına izin verilir.

- Sıvı yüzeyinin başlangıç kısmının E zaman işaretinden F zaman işaretine ve F işaretinden I işaretine kadar geçen süre 0,1 saniye hassaslıkta ölçülür. Akış süresi, 60 saniyeden az ise kılcal çapı daha küçük olan bir viskozimetre seçilerek deney tekrarlanır.
- Deney sonunda viskozimetre uygun bir çözücü ile birkaç defa durularak temizlenir. Kılcaldan 2 dakika boyunca ya da çözücünün en son kalıntısı ortadan kalkana kadar filtrelenecek kuru hava ile hafif bir akış geçirilerek kurutulur.

6.5.1.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama

Kinematik viskozite (v), aşağıdaki formül kullanılarak mm^2/s cinsinden hesaplanır:

$$v = C.t$$

C : Viskozimetrenin kalibrasyon birimi (mm^2/s^2)

t : Akış süresi (s)



Uluslararası birimler sisteminde (SI) "s", saniye olarak ifade edilmektedir.

Deney sıcaklığı ile kinematik viskozite, ortalama değer olarak $1000 \text{ mm}^2/\text{s}$ 'nin altında üç basamaklı ondalıklı sayı ya da bu değer üzerindeki tam sayı olarak ifade edilir.

En iyi kaplamayı elde etmek için viskozite optimum (en uygun) olmalıdır. Viskozitesi çok yüksek bitüm agregaları, iyi bir şekilde sarmaz ve uygun olmayan sonuçlar verir. Çok düşük viskozite bitümü kuma eğilimine yatkınlaştırarak yine uygun olmayan bir kaplama sağlar. 135°C 'deki viskozite, bitümün agregaları düzgün bir şekilde kaplama kabiliyetini gösterir. 135°C 'deki viskozitenin yapışma kalitesi doğru bir göstergesi olması nedeniyle agregayla birleşir.

Deney raporu; test edilen numunenin türü ve açıklaması, kullanılan standart, kullanılan cihaz (viskozimetre türü, boyutu ve ID numarası), deney sonucu ve deneyin yapıldığı tarih bilgilerini içermelidir.

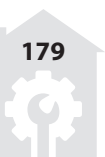
DENEY UYGULAMASI – 5

TS EN 12595 standardına uygun olarak kinematik viskozite yöntemiyle belirli bir hacimdeki bitümlü bağlayıcıların akış süresini tayin ediniz.

Deney Adı : Kinematik Viskozite Deneyi

Deney Süresi : 1 saat 30 dakika

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*Uygulama Kontrolü
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Numunenin alınması ve hazırlanması	• Standardına uygun şekilde deney numunesini alınız. • Numuneyi ve viskozimetreyi deney sıcaklığına getiriniz. • Kullanmadan önce numuneyi iyice çalkalayınız.	

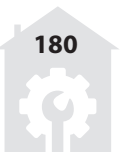




6. Öğrenme Birimi

Banyo sıvısı seçimi ve sıcaklığının ayarlanması	- Banyo sıvısı olarak sınıf 3 laboratuvar suyu kullanınız. - Banyo sıcaklığını $60 \pm 0,3$ °C'de ya da $135 \pm 0,5$ °C'de sabit tutunuz.	
Viskozimetrenin seçilmesi ve ısıtılması	- Uygun akış sürelili, temiz ve kuru viskozite tüpünü seçiniz. - Viskozimetreyi deney sıcaklığına kadar ısıtınız.	
Viskozimetrenin doldurulması ve banyoya monte edilmesi	- Viskoziteyi ters çeviriniz. N tüpünü sıvı numuneye daldırınız ve L tüpüne vakum uygulayınız. N tüpüne sıvı çekip D haznesini, G noktasına kadar doldurunuz. N tüpündeki fazla numuneyi siliniz ve viskozimetreyi normal hâle getiriniz. L tüpünü dik tutarak viskozimetreyi banyoya monte ediniz. A balonu 4/5 oranında doluyken L tüpünün üst kısmını bir tıpa ile kapatınız.	
Viskozimetrenin sıcaklığının ayarlanması	Viskozimetreyi sabit sıcaklık banyosunda numune denge sıcaklığına ulaşana kadar bekletiniz.	
Tıpanın çıkarılması ve numunenin akıtılması	L tüpündeki tıpayı çıkarınız. - Numunenin alt yüzeyi E çizgisine gelene kadar numunenin akmasını sağlayınız.	
Akış süresinin ölçülmesi ve deneyin gözden geçirilmesi	- Sıvı yüzeyinin başlangıç kısmının E zaman işaretinden F zaman işaretine ve F işaretinden I işaretine kadar geçen süreyi 0,1 saniye hassaslıkta ölçünüz. - Akış süresi, 60 saniyeden az ise kılcal çapı daha küçük olan bir viskozimetre seçiniz ve deneyi tekrar yapınız.	
Deney araç gereçlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	- Deney sonunda viskozimetreyi uygun bir çözücü ile birkaç defa durulayarak temizleyiniz. - Çalışma alanını ve tezgâhını temiz bırakınız.	
Deney sonuçlarının hesaplanması	- Kinematik viskozite (ν) formülünü kullanarak mm^2/s cinsinden hesaplayınız. - Sonuçları; ortalama değer olarak $1000 \text{ mm}^2/\text{s}$'nin altında, üç anlamlı rakam ya da bu değer üzerinde tam sayı olarak ifade ediniz.	
Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	- Vizkoziteyi, akış süresine göre düşük veya yüksek viskozite olarak değerlendiriniz. - Deney raporunu eksiksiz doldurunuz ve belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.



6.5.2. Kuvvet Ölçümlü Düktilite (Süneklik) Deneyi (TS EN 13589, ASTM D 113)



<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21687>



Bu deney, modifiye bitümün gerilme özelliklerinin kuvvet uygulamalı süneklik yöntemiyle ölçümü ve şartname gereksinimlerinin belirlenmesi prosedürünü kapsar. Bu yöntem ile standartlara uygun olarak hazırlanmış numunenin yavaş etkiyen yükler altında, kopmadan uzayabilme yeteneğinin “cm” cinsinden miktarı belirlenir.

Kalıptan çıkarılan deney numuneleri; $25 \pm 0,5$ °C sıcaklıktaki su banyosu içerisinde 5 cm/dk. ($\pm 5,0$) hızda kopana kadar ya da en az istenilen uzama görülene kadar sabit hızda düktilometrede çekilir.

6.5.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Düktilite Cihazı: Cihaz, çekme aparatı ve su banyosundan meydana gelir (Görsel 6.14).

Çekme Cihazı: $50 \pm 2,5$ mm/dk. sabit hızla hareketli elemanlara sahip olmalıdır.

Su Banyosu: Sıcaklık kontrollü, numune ve bağlantı cihazını belirtilen $25 \pm 0,5$ °C sıcaklıkta tutabilen bir su banyosu kullanılır.

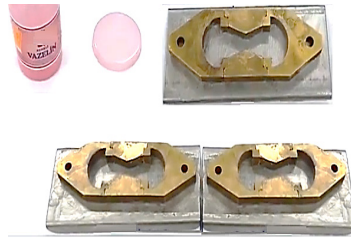
Kırma Aracı: Düz kenarlı bir spatula kullanılır.

Alt Plaka ve Numune Kalıp Teçhizatı: Kalıplar $10 \pm 0,1$ mm kalınlığında pirinçten yapılmış olup dört parçadan meydana gelir. Kullanılacak kalıplar, Görsel 6.15’de gösterildiği gibi birleştirilmiş olmalıdır.

Kalıp Ayırıcı: Numunenin kalıba yapışmasını önlemek için kalıbın tabanı ve yanlarına vazelin, gliserin gibi maddeler kullanılır (Görsel 6.15).



Görsel 6.14: Düktilite test cihazı



Görsel 6.15: Numune kalıpları ve kalıp ayırıcı

Termometre: -8 °C ile 32 °C arasında ölçüm yapabilecek özellikte olmalıdır.

Özgül Ağırlık Katkısı: Numunenin su yüzeyine çıkmasını ve banyonun tabanına temas etmesini önlemek için su banyosunun özgül ağırlığını ayarlamak amacıyla metil alkol, sodyum klorür ya da etil alkol kullanılır.

Kayıt Cihazı: Deney numunesinin uzaması ve uygulanan kuvvet için bir kayıt cihazı kullanılır.

Etüv: Gereken sıcaklığı ± 5 °C toleransla koruyabilecek ve numunenin akışkan hâle gelmesi için yeterli sıcaklıkta ısıtılmasını sağlayabilecek bir etüv kullanılır.

Elekler: ASTM E11 standardına uygun, 300 µm (No. 50) boyutunda olmalıdır.

6.5.2.2. Deneyin Yapılışı

- Üç deney kalıbını en az iki defa dolduracak miktarda deney numunesi alınır.
- Kalıbın yan duvarlarının iç kısmı ve taban plakası yüzeyine kalıp ayırıcı sürülür. Üç kalıbın parçaları birleştirilir; düz ve dengeli bir alt plaka üzerine yerleştirilir.
- Bir eritme kabına üç deney numunesi için gereken miktarda numune eklenir ve numune, yumuşama noktası sıcaklığının 90 °C üstünü geçmeyecek şekilde etüvde ısıtılır.



- Üç kalıp ileri ve geri hareketlerle kalıbın uzunlamasına yönünde, kalıpta düzgün bir dağılım sağlamak için hızlıca kalıp seviyesinin biraz üzerinde doldurulur. Kalıp doldurulurken numune şeklinin bozulmaması için kalıp parçalarının hareket ettirilmemesine dikkat edilmelidir.
- Numuneler kalıpların içinde, oda sıcaklığında 35 ± 5 dakika bekletilerek soğutulur.
- Daha sonra ısıtılmış bir bıçak veya spatula kullanılarak, fazla numune parçaları kesilerek numune yüzeyi düzeltilir.
- Deneyden önce kalıba konmuş numuneler, 90 ± 10 dakika boyunca deney sıcaklığındaki su banyosunda tutulur.
- 90 ± 10 dakika boyunca deney sıcaklığındaki su banyosunda tutulan dolu deney numune kapları, sudan çıkarılır ve taban plakasından ayrılarak çekme cihazına aktarılır.
- Kelepçelerin ucundaki halkalar (delikler), düktilite cihazındaki pimlere ya da kancalara tutturulur ve numuneye zarar vermeden dikkatli bir şekilde kalıbın yan yüzleri çıkartılır.
- Düktilite cihazı çalıştırılarak sabit numune kopana ya da uzunluk limitlerine ulaşana kadar kelepçeler $5\pm0,25$ mm/dk. sabit hızla çekilir.
- Kopma gerçekleştiğinde ya da son uzunluğa ulaşıldığında elde edilen uzunluk “cm” cinsinden ölçülerek kaydedilir.
- Deney sonuçları değerlendirilir.
- Deneyde kullanılan araç gereçler uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma alanı ve tezgâhı temizlenir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

6.5.2.3. Deney Raporu Hazırlama

Kabul edilebilir üç okumanın aritmetik ortalaması alınır ve cm cinsinden raporlama yapılır. Normal bir deneyde malzeme, numunenin orta noktası yakınında ya da düktilite cihazının uzunluk limitleri dâhilindeyken kopar. Kelepçedeki bir kopma, normal sayılmaz.

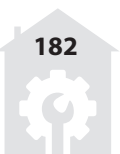
Bitümlü malzeme, su yüzeyiyle ya da banyo tabanı ile temas geçerse deney iptal edilir. Bu tarz olumsuz bir durumla karşılaşmamak için bir özgül ağırlık katkısı kullanılmalıdır. Kopma sırasındaki değer, numunenin düktilitesi olarak rapor edilir.

Normal bir deney sonucu elde edilemiyorsa “Düktilite, deney koşulları altında elde edilemez.” olarak rapor edilir.

Bir tutarsızlık durumunda, üç numune kullanılarak deney yapılır. Tutarsızlık varsa damıtma kalıntısı içerebilir. Bu nedenle, sıvı hâldeki numune 135 ± 5 °C’de önceden ısıtılmış 300 µm (No. 50) elekten elenerek deney kalıplarına dökülür. Üç normal deney sonucunun ortalaması numunenin sünekliği olarak rapor edilir.

Düktilite cihazının uzunluk limitleri sebebiyle kopma gerçekleşmiyorsa düktilite cm+ cinsinden uzunluk limiti olarak (örneğin, 150 cm+) rapor edilir. Eğer bu deney, yetersiz malzeme sebebiyle üç adet sonuç olarak okunamıyorsa bu durum deney raporunda belirtilmelidir.

Deney raporu; kullanılan standarda referans, deney yapılan numunenin tipi ve tam bilgileri, deneyin sonucu, deneyin yapılış tarihi, kullanılan deney cihazı, deney sıcaklığı ve kullanılan hız bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.





DENEY UYGULAMASI - 6

Modifiye bitüm deney numunesiyle **TS EN 13589** standardına uygun olarak, kuvvet ölçümlü düktilite deneyini yaparak numunenin ortalama kopma veya uzama miktarını tayin ediniz.

Deney Adı : Kuvvet Ölçümlü Düktilite (Süneklik/Esneklik) Deneyi

Deney Süresi : 3 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*Uygulama Kontrolü
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. - KKD'lerinizi giyiniz. - Deney sırasında ısıya dayanıklı eldiven kullanınız.	
Deney araç gereçlerinin hazırlanması	Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
Deney numunesi alma ve numunenin deneye hazırlanması	- Laboratuvar numunesinin, homojen ve temiz olmasına dikkat ediniz. TS EN 12594'e göre bitümlü bağlayıcı deney numunesini hazırlayınız. Deney numunesinde su olmamasına dikkat ediniz. - Eritme kabına üç deney numunesine yetecek miktarda numune alınız. Daha sonra numuneleri, yumuşama noktası sıcaklığının 90 °C üstünü geçmeyecek şekilde etüvde ısıtınız.	
 Kalıp ayırıcı sürerek numune kalıplarının hazırlanması	- Numune kalıplarının iç duvar yüzeylerine ve taban plakası yüzeyine kalıp ayırıcı sürünüz. - Üç kalıbın parçalarını birleştirip düz ve dengeli bir alt plaka üzerine yerleştiriniz.	
  Deney numunesinin kalıplara aktarılması ve numunelerin hazırlanması	- Etüvden ısıtılmış deney numunesini alarak, kalıbın uzun yönünde üç kalıbı ileri geri hareketlerle kalıpta düzgün bir dağılım sağlayarak hızlıca doldurunuz. - Kalıbı tam dolu seviyesinden biraz fazla malzeme ile doldurmaya özen gösteriniz. - Kalıbı doldururken numune şeklinin bozulmaması için kalıp parçalarının hareket ettirilmemesine dikkat ediniz. - Numuneleri kalıp içerisinde oda sıcaklığında 35±5 dakika bekleterek soğutunuz. - Numuneler soğuduktan sonra ısıtılmış bir bıçak veya spatula kullanarak, fazla numune parçalarını keserek numunenin yüzeyini düzeltiniz.	



6. Öğrenme Birimi

 Numunelerin istenilen deney sıcaklığındaki su banyosunda bekletilmesi	Yüzeyi düzeltilen numuneleri, deneyden önce kalıpla birlikte 90 ± 10 dakika boyunca $25 \pm 0,5$ °C sıcaklığındaki su banyosunda bekletiniz. Deneyi, aynı gün içerisinde gerçekleştiriniz.	
  Numunelerin deney cihazına yerleştirilmesi ve cihazın çalıştırılması	- Dolu deney numune kalıplarını sudan çıkarınız ve taban plakasından ayırarak düktilite cihazına yerleştiriniz. - Kelepçelerin ucundaki halkaları (delikler), düktilite cihazındaki pimlere ya da kancalara tutturunuz. - Numunelere zarar vermeden dikkatli bir şekilde kalıbın yan yüzlerini çıkarınız. - Numuneyi $5 \pm 0,25$ mm/dk. sabit hızla çekecek şekilde düktilite cihazını çalıştırınız. - Numuneler kopana kadar ya da uzunluk limitlerine ulaşana kadar kelepçeleri sabit hızla çekiniz.	
Kopma veya uzama miktarının kaydedilmesi	Kopma ya da istenilen uzunluğa ulaşıldığında elde edilen uzunluk miktarını "cm" cinsinden cihazdan okuyarak kaydediniz.	
Deney araç gereçlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	- Deneyde kullanılan araç gereçleri uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanarak temizleyiniz. - Deney sonrasında alanı ve çalışma tezgâhını temizleyiniz.	
Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	- Kabul edilebilir üç okumanın aritmetik ortalamasını alarak cm cinsinden raporlama yapınız. - Kelepçede meydana gelen kopmanın normal olmadığını unutmayınız. - Bitümlü malzeme su yüzeyiyle ya da banyo tabanı ile temas geçerse deneyi iptal ediniz. Bu duruma engel olmak için bir özgül ağırlık katkısı kullanınız. - Kopma sırasındaki değeri numunenin düktilitesi olarak rapor ediniz. - Normal bir deney sonucu elde edilemiyorsa "Düktilite, deney koşulları altında elde edilemez." olarak rapor ediniz. - Numuneler arasında tutarsızlık varsa damıtma kalıntısı içerebileceğine dikkat ediniz. Bu durumda, sıvı hâldeki numuneyi 135 ± 5 °C'de önceden ısıtılmış 300 µm (No. 50) elekten eleyerek, deney kalıplarına tekrar dökerek deneyi tekrarlayınız. - Üç normal deney sonucunun ortalamasını numunenin sünekliği olarak rapor ediniz. - Düktilite cihazının uzunluk limitleri sebebiyle kopma gerçekleşmiyorsa düktiliteyi cm+ cinsinden uzunluk limiti olarak (örneğin, 150 cm+) rapor ediniz. - Eğer bu deneyde yetersiz malzeme sebebiyle üç adet sonuç okunamıyorsa bu durumu deney raporunda belirtiniz. - Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





6.6. DESTİLAYON YÖNTEMİ İLE AYRILAN KALINTI BAĞLAYICI VE DAMITIK PETROL ÜRÜNÜ İÇERİĞİNİN TAYİNİ (TS EN 1431)



<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21688>



Bu deney, basit destilasyon (damıtma) yöntemi ile bitüm emülsiyonlarında kalıntı olarak elde edilen bağlayıcı miktarının tayinini kapsar. Destilasyon yöntemi ile damıtılmış yağ ve su, bitümlü emülsiyondan damıtılır ve kalıntı bağlayıcıdan bir kalıntı bırakarak dereceli silindire ayrılır.



Basit destilasyon; uçucu bileşenlerin uçucu olmayanlardan ya da kaynama noktaları birbirinden uzak olan uçucu madde karışımlarından ayrılması için damıtma düzeneği kullanılarak yapılan sistemdir. Kaynama noktası >140-150 °C olan sıvılarda soğutucu olarak düz bir boru kullanılır.

6.6.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Temizleme Malzemeleri: Genel olarak laboratuvarında kullanılan temizlik malzemeleridir.

Sodyum Hidroksit Çözeltisi: 40 g sodyum hidroksit tozunun 1000 mL damıtılmış su içerisinde çözülmesiyle elde edilir.

Damıtma (Destilasyon) Cihazı: Damıtma balonu, yoğuşturucu, adaptör, kalkan, balon ve kalkan tutucu, alev beki veya termostatlı elektrikli ısıtıcı, mezür (toplama kabı) ve termometreden oluşmaktadır. Termometrenin bir tıpa arasına yerleşmesine izin verecek ölçülere sahip bir kapak ve bağlantı tüpü (damıtma balonu) ile tıpa arasında bağlantı sağlayacak şekilde uygun çapa sahip çıkış ağzı bulunmalıdır (Görsel 6.16).

Bağlantı Aparatı: 12±1 mm çaplı cam bağlayıcı tüp, kalay veya metal kalkan, kalkan tutucu ve standart su soğutmalı yoğuşturucu cam tüp bölümlerinden oluşmaktadır.

Toplama Kabı (Dereceli Silindir): 100 mL, derecelendirme aralıkları 0,5 mL ve ISO 4788'e uygun olmalıdır.

Yoğuşturucu Cam Tüp [Liebig (Laybig) Soğutucusu]: İçinden su geçirilen bir cam tüp ile çevrili cam borudur (Görsel 6.17). Çözücü buharları, içteki borudan geçerken soğuk duvara çarpınca yoğunlaşarak sıvı hâle gelir.

Termetreler: -2 °C ile 400 °C aralığında derecelenmiş olmalıdır. İki düşük destilasyon termometresi kullanılmalıdır. Cıvalı termetreler yerine diğer sıcaklık ölçüm cihazları kullanılabilir.

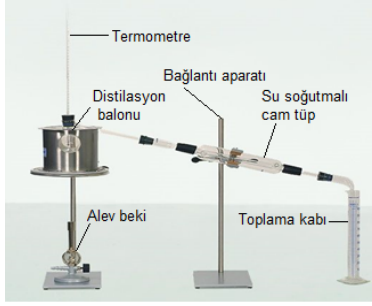
Terazi: 0,1 g hassasiyetli olmalıdır.

Alev Beki ya da Eşdeğer Isıtma Araçları: Elektrik, hava gazı, doğal gaz veya bütan gazı ile çalışarak ayarlanabilen, ısı sağlayan aletlerdir.

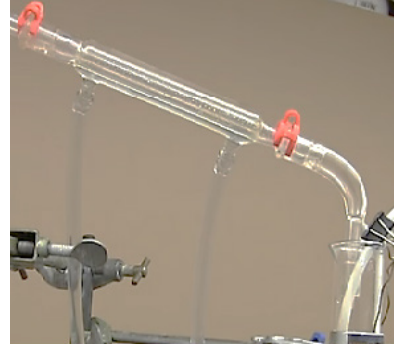
Elek: ISO 565 R 40/3'e uygun, 300 µm elek kullanılır.

Damıtılmış Yağ: Bu deneyde belirlenen şartlar altında damıtılmış ve dereceli silindirde toplanmış hidrokarbondur.

Kalıntı Bağlayıcı (Damıtma Sonrası Kalan Bağlayıcı): Damıtılmış su ve damıtılmış yağdan sonra, katbek veya bitümlü emülsiyondaki kalıntıdır.



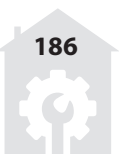
Görsel 6.16: Destilasyon (damıtma) deney düzeneği



Görsel 6.17: Yoğuşturucu cam tüp

6.6.2. Deneyin Yapılışı

- $200 \pm 0,1$ g bitüm emülsiyon numunesi (A_m) tartılıp daha önce darası alınmış (kapak, kelepçe, termetreler ve kullanılıyorsa conta dâhil) damıtma cihazına yerleştirilir.
- Damıtma cihazı ve kapağı arasında yağlı kâğıt conta konularak kapak güvenli bir şekilde damıtma cihazına kelepçelenir.
- Kapakta, her birinin içerisinde termometre bulunan iki küçük delik, iki adet tıpa ile kapatılarak konumlandırılmıştır. Termometrelerden biri, cıva haznesi damıtma cihazının tabanından $6,5 \pm 1$ mm uzaklıkta; diğeri ise cıva haznesi damıtma cihazı tabanından 165 ± 2 mm uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilir.
- Halka brülör, damıtma cihazının tabanından 152 ± 2 mm uzaklığa yerleştirilir. Brülör yakılır ve kısık ateşte ısıtılır. Testin başlangıcında brülörün alevinin konumu esnektilir. Daha sonra taşma riskini azaltmak için artırılabilir ya da çözücü madde ihtiva etmeyen bir emülsiyon için damıtma cihazının ortasına kadar düşürülebilir. Üst termometrenin sıcaklık okumasındaki ani bir değişiklik cıva haznesinde taşmayı gösterir ve taşma sona erene kadar ısıtma kesilmelidir.
- Alev bekinden bağlantı tüpüne, tüpte su yoğunlaşmasını önlemek için yeterli ısı uygulanır.
- Isı uygulamasına başlanmasından 60 ± 15 dakika içerisinde damıtma işlemi tamamlanır. Elde edilen kalıntı üzerinden bağlayıcı yüzdesi belirlenmeyecekse soğutma ve tartma işlemi yapmaya gerek yoktur. Ancak bağlayıcı yüzdesi belirlenecekse tartım öncesi damıtma cihazı ve malzemelerin soğuması için beklenmelidir. Damıtma cihazı ve diğer malzemeler, damıtma sonrası kalıntı kütleini (B_m) belirlemek için tartılır.
- Kalıntının daha fazla işlenmesinin sağlanması için numune içeren damıtma cihazı 260 ± 5 °C'ye kadar tekrar ısıtılır. Dereceli silindirdeki damıtık petrol ürününün hacmi (**D**) 0,5 mL yaklaşımla kaydedilir.
- Su ve yağın ayrışmasını kolaylaştırmak için damıtılmış sıvılara, katyonik emülsiyonlarda 5 mL sodyum hidroksit çözeltisi eklenir.
- Damıtma cihazının kapağı kaldırılır. Kalıntı çalkalanır ve kullanımdan önce aynı sıcaklığa kadar ısıtılmış 300 μ m eleğe boşaltılır.
- Yeterli miktarda kalıntı, gerekli diğer testleri uygulamak için uygun kalıplara transfer edilir. Kalıntı, incelenmesi için **TS EN 12594**'te belirtildiği gibi kalıplar kullanılıp uygun hâle getirilir ve uygun deney metoduna göre adımlara devam edilir.
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılarak sonuçlar değerlendirilir.
- Deneyde kullanılan araç gereçler, uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma alanı ve tezgâhı temizlenir.





- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmene teslim edilir.

6.6.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama

Damıtmadan sonraki kalıntı bağlayıcı (r), ağırlıkça yüzde olarak aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$r = (B_m / A_m) \cdot 100$$

A_m : Bitüm emülsiyon numunesinin kütlesi (g)

B_m : Damıtmadan sonra kalıntı kütlesi (g)

Damıtık petrol ürününün hacimce yüzdesi (o), aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$o = [(D \cdot \rho) / A_m] \cdot 100$$

D : Petrol ürününün hacmi (mL)

ρ : Bitüm emülsiyonun yoğunluğu (g/mL)



Bitüm emülsiyonun yoğunluğu (ρ), 15 °C'de 1000 kg/m³ veya 1 g/mL olarak kabul edilir.

Sonuç olarak kalıntı bağlayıcı %1, petrol ürünü %0,1 yaklaşımla ifade edilir. Bu yöntemdeki damıtma yöntemi ile bitüm emülsiyonun bağlayıcı içeriği, kalıntı bağlayıcının ağırlıkça yüzdesi ile petrol ürününün ağırlıkça yüzdesinin toplamına eşittir.

Deney raporu; kullanılan standarda referans, deney yapılan numunenin tipi ve tam bilgileri, deneyin sonucu, deneyin yapılış tarihi, kullanılan deney cihazı ve deney sıcaklığı bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.

DENEY UYGULAMASI – 7

Bitüm emülsiyon deney numunesi olarak **TS EN 1431** standardına uygun, destilasyon (damıtma) ile numunenin ayrılan kalıntı bağlayıcı ve damıtık petrol ürünü içeriğini tayin ediniz.

Deney Adı : Bitüm Emülsiyonlarından Destilasyon (Damıtma) ile Ayrılan Kalıntı Bağlayıcı ve Damıtık Petrol Ürünü İçeriğinin Tayini

Deney Süresi : 2 saat

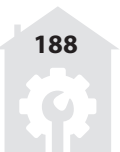
İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*Uygulama Kontrolü
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdaki kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Numunenin alınması ve hazırlanması	TS EN 58'e göre alınan laboratuvar numunesinin temiz ve homojen olmasına dikkat ediniz. - Standardına uygun şekilde deney numunesini alınız. - Numuneyi, TS EN 12594'e göre hazırlayınız. 200±0,1 gram bitüm emülsiyon numunesi tartınız (A_m) ve darası alınmış damıtma cihazına yerleştiriniz.	



6. Öğrenme Birimi

Termometrelerin damıtma cihazına yerleştirilmesi	- Termometrelerden birini, cıva haznesi damıtma cihazının tabanından $6,5 \pm 1$ mm uzaklıkta olacak şekilde yerleştiriniz. - Diğer termometreyi cıva haznesi damıtma cihazı tabanından 165 ± 2 mm uzaklıkta olacak şekilde yerleştiriniz.	
Halka brülörün yerleştirilmesi ve yakılması	- Halka brülörü, damıtma cihazının tabanından 152 ± 2 mm uzaklığa yerleştiriniz. - Brülörü yakınız ve kısık ateşte ısıtınız.	
Damıtma işleminin tamamlanması	Isı uygulamasına başladıktan sonraki 60 ± 15 dakika içerisinde damıtma işlemini tamamlayınız.	
Kalıntı kütlesinin belirlenmesi (gerekliyse)	- Kalıntı üzerinden bağlayıcı yüzdesi belirlenecekse damıtma cihazını ve diğer malzemeleri soğutunuz. - Soğuduktan sonra damıtma cihazını ve diğer malzemeleri kalıntı kütlesini (B_m) belirlemek için tartınız.	
Kalıntının işlenmesi	- Numune içeren damıtma cihazını 260 ± 5 °C'ye kadar ısıtınız. - Dereceli silindirdeki damıtık petrol ürününün hacmini (D) 0,5 mL yaklaşımla kaydediniz.	
Su ve yağın ayrıştırılması	Su ve yağın ayrışması için damıtılmış sıvıya 5 mL sodyum hidroksit çözeltisi ekleyiniz.	
Kalıntının eleğe alınması	- Eleği kalıntı ile aynı sıcaklıkta olacak şekilde ısıtınız. - Damıtma cihazının kapağını kaldırınız. - Kalıntıyı çalkalayınız ve 300 µm (mikron) eleğin üzerine boşaltınız.	
Test için kalıntıların aktarılması	Yeterli miktarda kalıntıyı gerekli diğer testlerin uygulanması için uygun kalıplara transfer ediniz.	
Sonuçların hesaplanması	- Damıtmadan sonraki kalıntı bağlayıcıyı (r), ağırlıkça yüzde olarak hesaplayınız. - Damıtık petrol ürününün hacimce yüzdesini (o) hesaplayınız.	
Deney araç gereçlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	- Deneyde kullanılan araç gereçleri uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanarak temizleyiniz. - Deney sonrasında alanı ve çalışma tezgâhını temizleyiniz.	
Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	- Kalıntı bağlayıcıyı %1, petrol ürününü %0,1 yaklaşımla ifade etmeyi unutmayınız. - Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





6.7. SU VE ÇÖZÜMLENME DENEYLERİ

6.7.1. Damıtma Metoduyla Su Muhtevası Tayini (TS EN 1428)

Bitümlü bir emülsiyondaki su, suyla karışmayan bir sıvıdan taşıyıcı bir buhar yardımıyla damıtılır. Yoğunlaştırılmış çözücü (ksilen, toulene) içeren sıvı ve su, dereceli bir alıcıda sürekli olarak ayrılır. Su, alıcının derecelendirilmiş bölümünde kalır; yoğunlaştırılmış çözücü içeren sıvı, damıtma balonuna geri döner.



<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21689>



6.7.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Reaktifler: Uygun çözücü içeren sıvı kullanılır; rutin deneyler için ISO 5280'e uygun ksilen önerilir.

Deney Düzeneği: Termo regülatörlü elektrikli ısıtıcı, bağlantı aparatı, cam yoğuşturucu, toplama kabı (erlenmayer), cam damıtma balonu ve cam damıtıcıdan oluşur (Görsel 6.18).

Damıtma Aparatı: Damıtma balonu, alıcı ve buzlu cam ek yerleri ile bağlanan soğutucudan oluşur.

Damıtma Balonu: 500 mL kapasiteli, alıcı üzerindeki geri akış tüpünü destekleyebilen, kısa boyunlu ve yuvarlak tabanlıdır.



1. Damıtma borusu
2. Yoğuşturucu (kon-denser)
3. Tıpa
4. Soğutma suyu girişi
5. Soğutma suyu çıkışı
6. Damıtma alıcısı (Dean Stark geri-dönüş tüpü)
7. Musluk
8. Toplama kabı (Erlenmayer - Cam mezür)
9. Elektrikli ısıtıcı

Görsel 6.18: Damıtma deney düzeneği

Alıcı: Kapasitesi 25 mL olmalı, 0,1 mL olarak derecelendirilmiş olmalıdır.

Cam Yoğuşturucu: Uzunluğu minimum 300 mm ve su soğutmalıdır.

Terazi: Uygun kapasiteli ve 0,01 gram hassasiyete sahip bir terazi kullanılır.

Ayrıca termo regülatörlü elektrikli ısıtıcı ve paslanmaz çelik tel kullanılır.

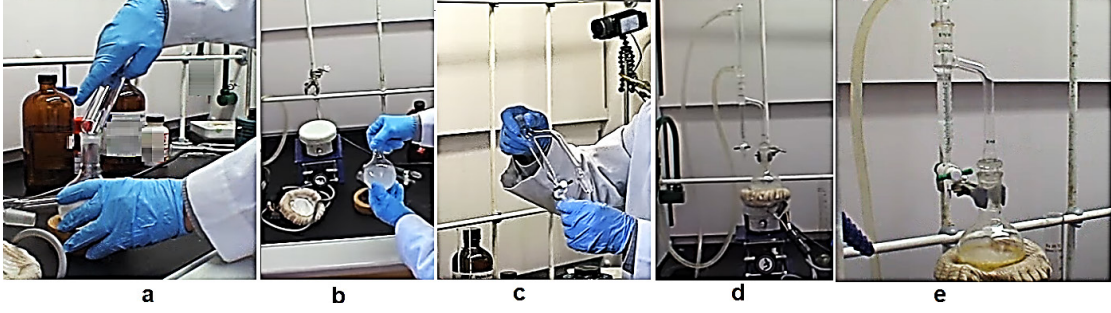
6.7.1.2. Deneyin Yapılışı

- Deney, normal laboratuvar koşulları altında 23 ± 5 °C'de gerçekleştirilir. Deneye başlamadan önce damıtma aparatının temiz ve kuru olduğundan emin olunur. 200 mL çözücü içeren sıvıya 100 mL su dökülür ve karışım yuvarlak tabanlı damıtma balonuna aktarılır (Görsel 6.19.a).
- Test edilecek emülsiyon numunesinden bir örnek alınır ve yuvarlak tabanlı damıtma balonunda tartılır (M_E) (Görsel 6.19.b).
- Soğutucu tüpteki atmosferik nemin yoğunlaşmasını önlemek için aparat montajı gerçekleştirilerek (Görsel 6.19.c) soğutucu tüpün tepesine gevşek bir hidrofili pamuk tıkacı takılır.
- Soğutucu ucundaki yoğunlaşma, kaynama hızı saniyede 2-5 damla olacak şekilde ayarlanarak damıtma balonu kaynama noktasına kadar ısıtılır (Görsel 6.19.d).
- Soğutucu tüpünde su varsa ya da alıcının kenarlarına su yapışmışsa paslanmaz çelik tel ile yerinden çıkarılır.
- Damıtmaya, alıcıdaki su hacmi sabit oluncaya ve alıcının dışında hiç su kalmayıncaya kadar devam edilir.
- Soğutucu, çözücü içeren bir sıvı ile durulanır.



6. Öğrenme Birimi

- Alıcıdaki su ve çözücü tabakaları arasında net bir ara yüzey oluşması beklenir. Daha sonra su hacmi 0,1 mL hassasiyetle okunarak kaydedilir (M_w) (Görsel 6.19.e).
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılarak sonuçlar değerlendirilir.
- Deneyde kullanılan araç gereçler uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamı temizlenir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.



Görsel 6.19: Bitüm emülsiyon su muhtevası deneyinin yapılışı

6.7.1.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama

Test edilen malzemenin su içeriği, ağırlıkça yüzde olarak aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır:

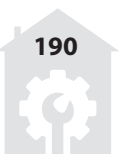
$$w = (M_w / M_E) \cdot 100$$

M_w : Deney malzemesinden damıtılan su ağırlığı (g), derecelendirilmiş alıcıda toplanan su hacmi (mL) olarak da belirtilir.

M_E : Deneyde kullanılan emülsiyon ağırlığı (g)

Su içeriği ağırlıkça yüzde olarak %0,1 hassasiyetle ya da bilirkışı deneylerinde iki deneyin aritmetik ortalaması alınarak ifade edilir. Çift deneyler, sadece bilirkışı amaçları için yapılır. Rutin kontrollerde tek bir deney yapılmasına izin verilmektedir. Bitümde bulunan fazla su köpürmeye neden olabileceğinden su içeriği ağırlıkça %0,2'yi geçmemelidir.

Deney raporu; test edilen numunenin tam olarak tanımlanması ve türü, kullanılan standarda atıf, kullanılan çözücü türü, deneyin sonucu, gerçekleştirilen deney sayısı ve deney tarihi bilgilerini içerir.





DENEY UYGULAMASI – 8

Bitüm emülsiyon deney numunesi olarak **TS EN 1428** standardına uygun damıtma metodu ile numunenin su muhtevasını tayin ediniz.

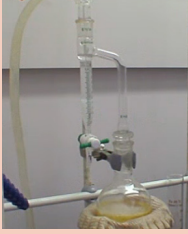
Deney Adı : Bitüm Emülsiyonlarda Damıtma Metoduyla Su Muhtevası Tayini

Deney Süresi : 1 saat 30 dakika

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdaki kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız. - Laboratuvarlarda içinde kimyasal madde olan kapların etiketli olmasına dikkat ediniz. - Kimyasal maddeleri kullanmadan önce etiketlerini dikkatlice okuyunuz. - Deneyde kullanılan çözücüler zehirli olduğundan çalışma ortamını iyi bir şekilde havalandırınız. - Kullanılan çözücüler insan ve çevre sağlığına zararlı olduğundan kesinlikle lavabo vb. yerlere dökmeyiniz.	
 Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	- Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz. - Ortam sıcaklığının 23 ± 5 °C'de olmasına dikkat ediniz. - Deneyde kullanılacak araç ve gereçlerin öncesinden laboratuvara getirilerek ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. - Özellikle soğutucu tüpün kuru olduğundan emin olunuz. - Deneyden önce damıtma balonunun darasını alınız.	
 Çözücüye su ilave edilerek çözücünün damıtma balonuna aktarılması	- Çözücü olarak ksilen kullanınız. - Ölçüm yaparken dereceli beher ya da dereceli silindir kullanınız. - Çözücü ve su karışımı için en az 500 mL'lik dereceli beher kullanınız. - Karışımı damıtma balonuna aktarırken numune kaybı olmamasına dikkat ediniz.	
 Örnek bitüm emülsiyon numunesi tartımı	- Deney numunesini TS EN 12954'e göre hazırlayınız. - Örnek numune miktarını damıtma cihazı kapasitesini dikkate alarak belirleyiniz. - Numuneyi balona yerleştirirken özenli olunuz. Balonun içerisinde örnek emülsiyon numunesini tartınız (M_E).	





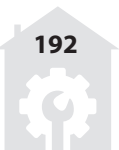
 Damıtma balonunun ısıtılması	• Soğutucu tüpteki atmosferik nemin yoğunlaşmasını önlemek için soğutucu tüpün tepesini tıkaç ile kapatmayı unutmayınız. • Kaynama hızını yoğunlaşmanın saniyede 2-5 damla olmasına dikkat edecek şekilde ayarlayınız. • Kaynama hızını ayarlayarak damıtma balonunu kaynama noktasına kadar ısıtınız. • Bu ayarları yaptıktan sonra yoğunlaşmayı bir süre takip ederek kontrol ediniz.	
 Damıtma işleminin yapılması	• Soğutucu tüpünde su varsa ya da alıcının kenarlarına yapışmışsa tüpü paslanmaz çelik tel ile yerinden çıkarınız ve soğutucuyu, çözücü sıvı ile durulayınız. • Damıtma işlemine alıcı haznesindeki su hacmi sabit oluncaya kadar devam ediniz. • Alıcı dışında deney düzeneğinde hiç su kalmadığından emin olunuz. • Alıcıdaki su ve çözücü tabakaları arasında net bir ara yüzey oluşana kadar bekleyiniz.	
 Damıtılan suyun okunması ve su içeriğinin hesaplanması	• Alıcı içerisindeki su hacmini 0,1 mL hassasiyetle dikkatli okuyunuz ve bu değeri 0,1 g hassasiyetle M_w olarak kaydediniz. • Su muhtevasını ağırlıkça yüzde olarak hesaplayınız.	
Deney araç gereçlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney araç ve gereçlerini dikkatlice temizleyiniz. • Araç gereçlerin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadıklarını kontrol ediniz. • Çalışma alanını ve çalışma tezgâhını temizleyiniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Sonuçların değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	• Su içeriğini ağırlıkça yüzde olarak %0,1 hassasiyetle ya da bilirkişi deneylerinde iki deneyin aritmetik ortalamasını alarak ifade ediniz. • Rutin kontrollerde tek bir deneyin, bilirkişi amaçlıda çift deneyin yapıldığını unutmayınız. • Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

6.7.2. Çözünürlük (Çözümleme) Tayini (TS EN 12592)



<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21691>





Bitümlü bağlayıcının, saflığını belirlemek ve içeriğinde bulunan mineral kirliliği ölçmek amacıyla yapılan bu deneyde; trikloroetilen, karbon disülfid, karbon tetra klorür, toluen (metil benzen), ksilen vb. çözücüler kullanılır.

Deneyde kullanılan kimyasalların, zehirlenme ve yanıcı özelliği bulunduğu için deneyden önce iş sağlığı ve güvenliği önlemleri alındıktan sonra deneye başlanmalı ve deney uygulanmalıdır.

6.7.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Reaktifler: Trikloretilen ya da toluen (ISO 5272'ye uygun olmalı) veya ksilen (ISO 5280'e uygun olmalı) gibi çözücüler kullanılabilir.

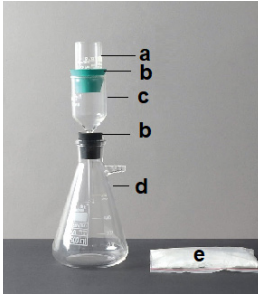
Terazi: 0,2 mg hassasiyette ve 0,1 mg okunabilirlikte olmalıdır.

Etüv: Sıcaklığı, kullanılan çözücünün kaynama noktasının 15 – 25 °C üzerine çıkabilecek bir etüv kullanılır.

Erlenmayer: Çözeltilerin karıştırılmasında kullanılan, ağız kısmı ince ve uzun olan cam malzemedir. 100 mL kapasiteli, sıkıştırılmış mantar tıpası bulunan kap kullanılır.

Su Banyosu: 25±2 °C'ye ayarlanabilen numune kür ortamıdır.

Desikatör: Krozenin ortam sıcaklığına getirilmesinde kullanılır.



Görsel 6.20:
Çözünürlük şişesi
ve seti

Sinterlenmiş Cam Kroze (Kap): Dibi geçirgen delikli, yaklaşık olarak 30 mm çapında olan küçük cam kaplar (Görsel 6.20.a) kullanılır.

Lastik veya Kauçuk Bağlantı Borusu: Cam krozeyi sabitlemek için kullanılır (Görsel 6.20.b).

Süzme Hunisi: İç çapı 40 mm - 42 mm arasında olan, krozenin yerleşebilmesini sağlayacak lastik veya kauçuk adaptörlü olmalıdır (Görsel 6.20.c).

Süzme Şişesi (Süzme Erleni): Dibi düz, koni biçimli, kalın duvarlı, yanda çıkış borusu olan, 250 mL ya da 500 mL kapasiteli cam kaplar kullanılmalıdır (Görsel 6.20.d).

Cam Tozu: Borosilikat cam tozu kullanılmalı, parçacık çapı yaklaşık 50 µm ile 80 µm arasında olmalıdır [Cam elyaf veya sınıf 934 filtre de kullanılabilir (Görsel 6.20.e).].

6.7.2.2. Deneyin Yapılışı

- Numunenin su içermesi durumunda 100-200 g arasında temsili bir miktar alınır. Alınan numune, 130 °C'yi geçmeyen bir sıcaklıkta bitüm köpüklenmesi bitene kadar sürekli karıştırılarak ısıtılır.
- Deneyin yapılacağı sıcaklık için kritik bir değer yoktur ve deney laboratuvar ortam sıcaklığında yapılabilir. Ancak referans deneyler için cam kap (kroze) ve çözücü içerisindeki numune, deneyden 1 saat önce 25±2 °C'de su banyosunda bekletilmelidir.
- 3±0,1 g temiz, kurutulmuş cam tozu veya cam elyaf tartılarak cam kroze içerisine aktarılır.
- Cam kroze, filtre kabının üzerine yerleştirilir ve az miktarda toluen (veya diğer çözücüler) ile cam tozu veya cam elyaf yıkanır. Kendiliğinden veya az miktarda vakumlanarak filtre kabına süzülmesi sağlanır. Yıkama işlemi birkaç kez tekrarlanır.
- Kroze, 30 dk. boyunca bir ısıtıcı üzerinde veya buhar banyosunda ısıtıldıktan sonra en az 20 dk. etüvde bekletilir.
- Numune, etüvden alınarak 25-35 dk. desikatörde soğutulur ve 0,1 mg hassasiyetle tartılır (M1). Kurutma ve tartma işlemi iki tartım arasındaki fark 0,5 mg'ı geçmeyecek şekilde sabit kütleye gelene kadar tekrarlanır.



- 2 ± 1 g deney numunesi, gerekirse ısıtılmış bir bıçak yardımıyla erlenmayer ya da uygun bir kap içerisine alınır. Numune ve kap ağırlığı 0,1 mg hassasiyetle tartılır (M_2).
- 100 mL çözücü (toluen vb.) azar azar kaptaki deney numunesi üzerine, numunenin tamamen çözülmesi için sürekli karıştırılarak aktarılır. Cam kap kapatılır ve en az 15 dk. bekletilir.
- Önceden hazırlanmış ve tartılmış kroze; süzme hunisine yerleştirilir.
- Numune çözeltisi dikkatlice krozeye aktarılır ve cam tozu veya cam elyaf tabakasından süzme erleni içerisine süzdürülür. Gerekirse hafif miktarda vakum ile süzdürme işlemi yapılabilir.
- Erlenmayer içerisinde, gözle görülür miktarda çözünmeyen madde varsa çözünmeyen kısım mümkün olduğu kadar kapta bırakılarak numune çözeltisi süzdürülür. Daha sonra erlenmayer içerisine bir miktar daha çözücü ilave edilir ve tekrar krozedan geçirilir. Kap içerisine yapışmış parçalar kalmışsa cam çubuk yardımıyla kroze boşaltılır. Krozedeki çözünmeyen maddeler toluen ile süzüntü berraklaşınca kadar yıkanır ve vakum uygulanarak kalan çözücü (toluen) de uzaklaştırılır.
- Kroze, süzme hunisinden çıkarılır; alt kısmında çözünmeyen maddeler varsa vakum sonrası çözünmeyen dipteki maddeler yıkanır ve kroze 140 oC sıcaklıktaki etüvde en az 20 dk. bekletilir.
- Etüvden çıkarılan kroze, 25-35 dk. boyunca desikatörde soğumaya bırakılır; daha sonra 0,1 mg hassasiyetle tartılır (M_3). Kurutma ve tartma işlemi iki tartım arasındaki fark 0,5 mg'den az olana kadar tekrarlanır.
- Tüm işlemler ikinci numune için de aynı şekilde tekrarlanır.
- Deneyde kullanılan araç gereçler uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamı temizlenir.
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılır ve sonuçlar değerlendirilir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim edilir.

6.7.2.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama

Çözünmeyen malzemenin toplam kütle yüzdesi (X_1) veya çözünebilen malzemenin kütle yüzdesi (X_2) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$X_1 = [(M_2 - M_3) / M_1] \cdot 100$$
$$X_2 = 100 - [(M_2 - M_3) / M_1] \cdot 100$$

X_1 : Çözünmeyen madde miktarı (%)

X_2 : Çözünen madde miktarı (%)

M_1 : Krozenin boş ağırlığı (g)

M_2 : Numune miktarı (g)

M_3 : Deney sonrası kroze ağırlığı (g)

Çözünürlük, çözünen maddenin ağırlıkça yüzdesi olarak X_2 veya %0,05 yaklaşımla iki geçerli tayinin ortalaması alınarak ifade edilir. Çözücü madde olarak karbon disülfid kullanılması hâlinde numunenin çözünen kısmının yüzdesi bitüm yüzdesi olarak tanımlanır. Bitüm bağlayıcılarda minimum %99 çözünürlük olmalıdır.

Deney raporu; test edilen numunenin tipi ve bilgileri, kullanılan standarda atıf, kullanılan çözücü, kullanıldıysa yardımcı filtrasyon ortamının türü (cam tozu, cam lifi, filtre), deney sonucu, deney tarihi bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.





DENEY UYGULAMASI – 9

Bitümlü bağlayıcılardan alınan deney numunesiyle **TS EN 12592** standardına uygun çözünürlük deneyini yaparak numunedeki çözünmeyen maddenin toplam kütle yüzdesini tayin ediniz.

Deney Adı : Bitümlü Bağlayıcılarda Çözünürlük (Çözümleme) Deneyi

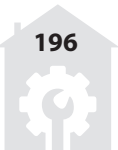
Deney Süresi : 3 saat 15 dakika

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız. - Laboratuvarlarda içinde kimyasal madde olan kapların etiketli olmasına dikkat ediniz. - Kimyasal maddelerin kullanmadan önce etiketlerini dikkatlice okuyunuz. - Deneyde kullanılan çözücüler zehirli olduğundan çalışma ortamını iyi bir şekilde havalandırınız, çözümleri kesinlikle lavabo vb. yerlere dökmeyiniz.	
Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	- Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz. - Ortam sıcaklığının 23 ± 5 °C'de olmasına dikkat ediniz. - Deneyde kullanılacak araç ve gereçlerin öncesinden laboratuvara getirilerek ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. - Deneyinizin referans deney olması durumunda kroze ve numuneyi 25 ± 2 °C'deki su banyosunda 1 saat bekletiniz.	
Bitümlü bağlayıcı deney numunesinin alınması ve numunenin hazırlanması	- Laboratuvar numunesinin homojen ve temiz olmasına dikkat ediniz. - Numune su içeriyorsa 100 g-200 g arasında temsilî deney numunesi alınız. - Deney numunesini 130 °C'yi geçmeyecek şekilde ısıtınız.	
 Cam tozu veya cam elyafın tartılması ve krozenin hazırlanması	$3 \pm 0,1$ g temiz ve kurutulmuş cam tozu veya cam elyafı, 0,1 mg hassasiyetli terazide tartarak cam kroze içerisine aktarınız. - Cam krozeyi, filtre kabının üzerine dikkatlice yerleştiriniz. - Az miktarda toluen (veya diğer çözücüler) ile cam tozu veya cam elyafı yıkayınız. - Çözücünün kendiliğinden süzülmesini bekleyiniz veya az miktarda vakumlayarak filtre kabına süzülmesini sağlayınız. - Yıkama işlemini birkaç kez tekrarlayınız.	



6. Öğrenme Birimi

Cam elyafın krozeyle birlikte kurutulması ve kütlesinin bulunması	• Krozeyi önce 30 dk. boyunca ısıtıcı veya buhar banyosunda ısıttıktan sonra 140 °C sıcaklıktaki etüvde en az 20 dk. bekletiniz. • Etüvden çıkan numuneyi 25-35 dk. desikatörde soğutunuz ve 0,1 mg hassasiyetle tartınız. • Kurutma ve tartma işlemini iki tartım arasındaki fark 0,5 mg'ı geçmeyecek şekilde sabit kütleye gelene kadar tekrarlayınız. • Tartım sonucunu M1 olarak kaydediniz.	
Bitüm bağlayıcı deney numunesinin tartılması	• 2±1 g kuru deney numunesini, kütlesi bilinen uygun bir kaba alınız. • Kap ve numuneyi 1 mg hassasiyetle tartınız ve kütlesini M₂ olarak kaydediniz.	
Çözücünün alınması ve numunenin çözündürülmesi	• 100 mL çözücü alınız. • Çözdürme işlemini uygun bir kaptaki deney numunesinin üzerine sürekli karıştırarak ekleyiniz. • Kapağı, ağızını kapatarak 15 dk. dinlendiriniz.	
 Çözeltilerin süzülmesi ve yıkanması	• Süzdürme işleminde içerisinde cam tozu veya cam elyafı bulunan krozeyi kullanınız. • Önceden hazırlanmış ve tartılmış krozeyi süzdürme hunisine yerleştiriniz. • Numune çözeltisini dikkatlice krozeyle aktarın ve cam tozu veya cam elyaf tabakasından süzme erleni içerisine süzünüz. • Süzme işlemini dışarı taşırmadan dikkatli yapınız. • Kap içerisinde gözle görülen çözünmeyen madde kalmışsa içine bir miktar daha çözücü koyarak tekrar krozedan süzünüz. • Kap içine yapışan çözünmemiş parçaları cam çubuk (baget) yardımıyla krozeyle boşaltınız. • Kroze içerisindeki maddeleri süzünü berraklaştıncaya kadar çözücü ile yıkayınız. • Krozeyi bir vakum desikatörüne koyup kalan çözücüyü vakumlayarak uzaklaştırınız. • Krozenin alt kısmında çözünmeyen maddeler varsa vakum sonrası çözünmeyen dipteki bu maddeleri yıkayınız.	
Numunenin kurutulması ve tartılması	• Krozeyi 140 °C'deki etüvde en az 20 dk. kurutunuz. Süre sonunda etüvden çıkartıp desikatörde 25-35 dk. soğutunuz. • Kurutma ve tartma işlemini iki tartım arasındaki fark 0,5 mg'ı geçmeyecek şekilde, sabit kütleye gelinceye kadar tekrarlayınız. • Numune kütlesini 0,1 mg hassasiyetle tartarak M₃ olarak kaydediniz. • Deneyi başka bir örnek numune ile ikinci kez tekrarlamayı unutmayınız.	





Sonuçların hesaplanması	İki deney sonucundaki çözünmeyen maddelerin toplam kütle yüzdesini (X_1) veya çözünebilir maddelerin kütle yüzdesini (X_2) hesaplayınız.	
Deney araç gereçlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	- Kullanılan araç gereçleri uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanarak dikkatlice temizleyiniz. - Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamını temizleyiniz. - Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Sonuçların değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	- Çözünen veya çözünmeyen maddelerin yüzdesini %0,05 yaklaşımla iki geçerli sonucun ortalamasını alarak ifade ediniz. - Çözücü madde olarak karbon disülfid kullanıldığında numunenin çözünen kısmının yüzdesinin bitüm yüzdesi olduğunu unutmayınız. - Bitüm bağlayıcılarda minimum %99 çözünürlük olduğunu gözlemleyiniz. - Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

6.8. ISITMA (ISI) KAYBI VE PARLAMA (ALEVLENME) NOKTASI TAYİNİ



<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21692>



6.8.1. Isıtma Kaybı Deneyi (TS EN 12607-2, ASTM 1754)

Bu yöntem, bitümlü bağlayıcının ince bir film tabakası hâlinde yüksek sıcaklıktaki etüvde belirli bir süre ısıtıldığında kütleinde meydana gelen kaybı ya da kinematik viskozite gibi özelliklerindeki değişime göre ısının ve havanın etkileri tayinini kapsar. TFOT [Thin Film Oven Test (Tin film ovın test)] olarak da ifade edilen bu deney; bitümlü karışımların hazırlanması ve serilmesi sırasında oluşan yüksek ısı nedeniyle bitüm miktarında meydana gelen malzeme kaybını tespit etmek için yapılmaktadır.

6.8.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Termometreler: 110 °C ile 170 °C sıcaklıkta ölçüm yapabilecek, 0,5 °C bölünmüş cıvalı termometre kullanılır.

Terazi: ±10 mg hassasiyetle ölçüm yapabilen bir terazi kullanılır.

Etüv: Ön kapağı camlı, iç ölçüleri 30x30x30 cm boyutlarında olan, elektrik ile ısıtılan, 163±1 °C sıcaklığa ayarlanabilen ve sıcaklığı otomatik olarak kontrol eden bir cihaz kullanılır. Üzerine monte edilen dişli bir motor yardımıyla içinde dakikada 5-6 devir yapabilen ve üzerinde en az 14 cm çaplı iki numune kabı taşıyan, yatay döner raf bulunmaktadır (Görsel 6.21).

Kap: İç çapı 140±1 mm, derinliği 9,5±0,5 mm ve et kalınlığı yaklaşık 1 mm olan pas-

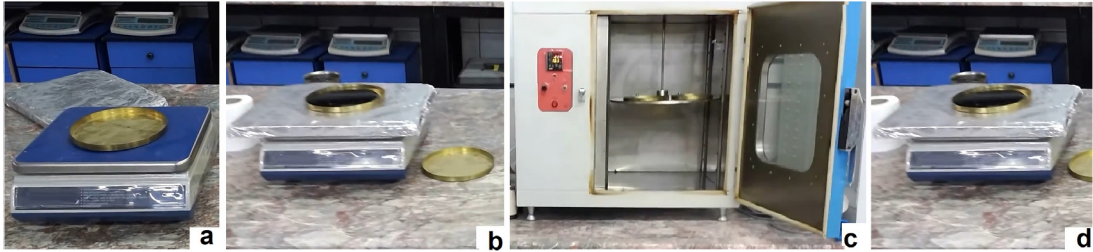
lanmaz çelik veya alüminyumdan yapılmış; içine bitümlü bağlayıcı numunesi koymaya yarayan, hasar görmemiş kaplar kullanılır.



Görsel 6.21: İnce film hâlinde ısıtma etüvü ve taşıyıcı rafı

6.8.1.2. Deneyin Yapılışı

- Metal kaplar numaralandırılır ve Görsel 6.22.a'daki gibi ayrı ayrı tartılarak kütleleri kaydedilir (M_0).
- Önceden ısıtılmış ve karıştırılarak homojen hale gelmiş bitümlü bağlayıcı numunesinden her kap içine $50 \pm 0,5$ g dökülür. Numuneler 30 dk. boyunca oda sıcaklığında soğumaya bırakılır ve 0,1 mg hassasiyetle tartılır (M_1) (Görsel 6.22.b).
- Deney sıcaklığına erişmiş (163 ± 1 °C) etüvdeki dairesel rafa hızlı bir şekilde deney numunesi içeren kaplar yerleştirilir ve raf döndürülür (Görsel 6.22.c).
- Deney numunesi 5 saat boyunca etüvde bekletilir. Numunelerin etüvde 5 saat 15 dakikadan daha fazla kalmamasına dikkat edilmelidir.
- Bekleme süresi sonunda numuneler etüvden çıkarılarak 30 dk. oda sıcaklığına kadar soğutulur ve 1 mg hassasiyetle tartılır (M_2) (Görsel 6.22.d).



Görsel 6.22: İnce film hâlinde ısıtma kaybı deneyi

- Aynı etüvde aynı anda farklı tür numuneler test edilemez.
- Deneyde kullanılan araç gereçler, uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamı temizlenir.
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılarak sonuçlar değerlendirilir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmene teslim edilir.

6.8.1.3. Deney Sonuçlarının Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama

Deney sonucunda, her kaptaki bitümlü bağlayıcı numunesindeki kütlece değişim yüzdesi



(bitüm ısıtma kaybı) aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanır. İki numunenin deney sonuçlarının aritmetik ortalaması alınır ve ısıtma kaybı değeri olarak kaydedilir.

$$M = [(M_2 - M_1) / (M_1 - M_0)] \cdot 100$$

M : Kütlece değişim yüzdesi (bitüm ısıtma kaybı)

M₀ : Boş kabın kütlesi (g)

M₁ : Deneyden önce numune dolu kabın kütlesi (g)

M₂ : Deneyden sonra numune dolu kabın kütlesi (g)

Sonuç olarak deney numunesi kütledeki azalış negatif yüzde, artış ise pozitif yüzde şeklinde ifade edilir. Kütledeki değişim, geçerli iki sonucun ortalaması alınarak kaydedilir. Isıtma kaybı ne kadar az ise bitümün durabilitesi (dayanıklı, sağlam) o kadar yüksektir. Yol kaplama karışımlarında kullanılacak bitümlerin, ağırlık olarak %1'den fazla kaybı olmamalıdır.

Bitüm numunesine ısıtma kaybı deneyinden sonra tekrar penetrasyon ve düktilite testi uygulanarak penetrasyon ve düktilite azalması belirlenir. Bu azalma ne kadar az ise durabilite o kadar yüksek demektir.

Deney raporu; test edilen numunenin tipi ve bilgileri, kullanılan standarda atıf, deneyin yapıldığı sıcaklık değeri, deney sonucu, deney tarihi bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.

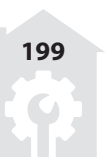
DENEY UYGULAMASI - 10

Bitümden numune alıp **TS EN 12607-2** standardına uygun olarak ince film hâlinde ısıtma kaybı deneyi ile numunenin kütlece ortalama yüzde kaybını tayin ediniz.

Deney Adı : İnce Film Hâlinde Isıtma Kaybı Deneyi

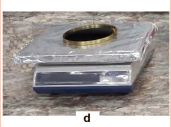
Deney Süresi : 1 saat uygulama, 5 saat bekleme, 30 dakika uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. - KKD'lerinizi giyiniz. Başkasının kişisel koruyucusunu kullanmayınız. Çalışmalar sırasında laboratuvar önlüğünüzün tüm düğmelerini kapalı tutunuz. - Laboratuvar ortamında çalışırken arkadaşlarınızın dikkatinin dağılmaması için yüksek sesle konuşmayınız. - Kimyasal maddelerin tadına bakmayınız ve maddeleri koklayarak solumayınız. - Deney sırasında ısıya dayanıklı eldiven kullanınız.	
Deney araç gereçlerinin hazırlanması	- Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. - Deneye başlamadan, TFOT etüvünü (163±1 °C) deney sıcaklığına ayarlamayı unutmayınız.	





6. Öğrenme Birimi

Deney numunesinin alınması ve numunenin deneye hazırlanması	- Laboratuvar numunesinin, homojen ve temiz olup olmadığına dikkat ediniz. TS EN 12594'e göre bitümlü bağlayıcı deney numunesini hazırlayınız. Deney numunesinde su olmamasına dikkat ediniz. - Katı veya yarı katı bitümlü bağlayıcı numuneleri, deneyi yapılan maddeye uygun olan ve sıkıca kapatılabilen sızdırmaz kaplara koyunuz. - Deney numunesini bir kaba koyarak etüvde ısıtınız ve iyice karıştırarak homojenleştiriniz.	
 Boş ve dolu numune kaplarının tartılması	- Numune kaplarını numaralandırınız ve ayrı ayrı tartarak kütlelerini kaydediniz (M_0). - Önceden ısıtılmış ve hazırlanmış bitümlü bağlayıcı numunesinden her kap içine $50 \pm 0,5$ g dökünüz. - Numuneleri 30 dk. boyunca oda sıcaklığında soğumaya bırakınız ve 0,1 mg hassasiyetle tartınız (M_1).	
 Numune kaplarının deney cihazındaki döner rafa yerleştirilmesi	- Deney sıcaklığına (163 ± 1 °C) gelmiş etüvdeki dairesel rafa, hızlı bir şekilde deney numunelerini içeren kapları yerleştiriniz ve rafı döndürünüz. - Deney numunelerini 5 saat boyunca etüvde bekletiniz. Numunelerin etüvde 5 saat 15 dakikadan daha fazla kalmamasına dikkat ediniz.	
 Isıtmadan sonra soğutulan numunenin tartılması	- Bekleme süresi sonunda numuneleri etüvden çıkarınız. - Numuneleri, oda sıcaklığına kadar 30 dk. soğuttuktan sonra 1 mg hassasiyetle tartınız (M_2).	
Kütlece değişim yüzdelerinin hesaplanması	- Her kaptaki bitümlü bağlayıcı numunesindeki kütlece değişim yüzdesini (bitüm ısıtma kaybını) hesaplayınız. - Kütledeki değişimi geçerli iki sonucun ortalamasını alarak kaydediniz.	
Deney araç gereçlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	- Deneyde kullanılan araç gereçleri uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanarak temizleyiniz. - Deney sonrasında çalışma alanını ve tezgâhını temizleyiniz.	





Deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve deney raporunun hazırlanması	- Deney numunesi kütlesindeki azalışı negatif yüzde, artışı ise pozitif yüzde şeklinde ifade ediniz. - Isıtma kaybı ne kadar az ise bitümün durabilitesinin (dayanıklı, sağlam) o kadar yüksek olduğunu unutmayınız. - Yol kaplamasında kullanılacak bitümlerde ağırlık olarak %1'den fazla kaybın olmamasına dikkat ediniz. - Deney sonrasında grubunuzla deney raporunu tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	
--	---	--

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

6.8.2. Parlama (Alevlenme) ve Yanma Noktası Tayini (Cleveland Açık Kap Metodu ile -TS EN ISO 2592)



<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21693>



Bu deney, **TS EN ISO 2592** standardına göre Cleveland (Klivilend) açık kap yöntemi kullanılarak 79 °C-400 °C arasında olan bitüm ve bitümlü bağlayıcıların parlama ve yanma noktalarının tayinini kapsar.

Parlama noktası; belirtilen deney şartları altında bir tutuşturma kaynağının deney numunesi buharını tutuşturduğu en düşük sıcaklığın 101,3 kPa basınca göre düzeltilmiş değeridir. **Yanma noktası** ise belirtilen deney şartları altında, bir tutuşturma kaynağının deney numunesi buharını tutuşturduğu ve en az 5 saniye yanmasını sürdürdüğü en düşük sıcaklığın 101,3 kPa (760 mm-Hg) basınca göre düzeltilmiş değeridir.



Bitüm ve yavaş kür olan (SC) sıvı petrol asfaltlarında Cleveland açık kabı; orta kür (MC) ve hızlı kür (RC) olan sıvı petrol asfaltlarında ise Tagliabue (taglibu) kapalı kabı (15-74 °C aralığı için) kullanılarak parlama noktası deneyi yapılmaktadır.

6.8.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Temizleme Çözücüsü: Numune izlerinin deney kabından ve kapaktan çıkarılması için kullanılır. Deney kabında daha önce çalışılan malzeme yapışkan malzeme ise tolüen, aseton-metanol karışımı; yağlı malzeme ise tolüen kullanılabilir.

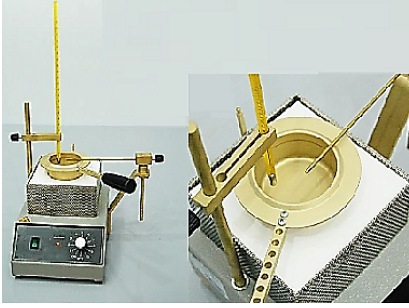
Çelik Yünü (Bulaşık Teli): Kaba zarar vermeden karbon kirlerini temizleyebilecek özellikte olmalıdır.

Barometre: 0,1 kPa çözünürlüğe sahip ve 0,5 kPa hassasiyette olmalıdır.

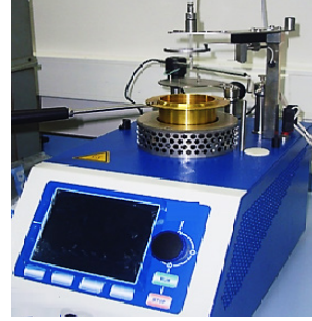
Isıtma Banyosu veya Etüv: Isıtma banyosu, gerektiğinde numuneyi ısıtmak için sıcaklığı ± 5 °C toleransla kontrol edilebilmelidir. Etüv, havalandırmalı tipte olmalı ve numune ısıtıldığında oluşabilecek yanıcı buharların tutuşmasını engelleyecek şekilde yapılmış olmalıdır.

Parlama ve Yanma Noktası Cihazı: Bitümlü bağlayıcıların parlama ve yanma noktalarının tespitinde kullanılır. Koruyucu metal kafesli, elektrikli, ısıtıcı cihazdır. Bu cihaz; piring deney

kabı, ısıtma levhası, deney alevi çubuğu ve termometreden (-6 °C ile 400 °C) meydana gelmektedir (Görsel 6.23). Standarda uygun otomatik deney cihazları kullanılabilir (Görsel 6.24). Her deney öncesi cihaz, temiz ve kuru olmalıdır. Deney cihazı, sertifikalı referans doğrulama sıvısıyla yılda en az bir defa doğrulanır.



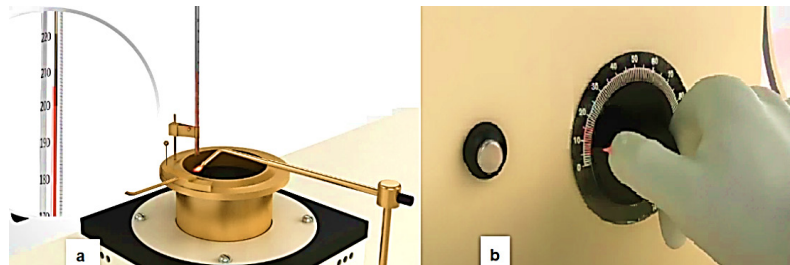
Görsel 6.23: Cleveland açık kap cihazı



Görsel 6.24: Otomatik Cleveland açık kap cihazı

6.8.2.2. Deneyin Yapılışı

- **EN 12594'e** göre hazırlanan bitümlü bağlayıcı deney numunesinde kesinlikle su bulunmamalıdır.
- Deney numunesi bir kaptan 140-160 °C'de ısıtılır ve iyice karıştırılarak homojen hâle getirildikten sonra ağzı kapaklı cam veya metal kaplara konur.
- 56 °C sıcaklık altında bulunan deney kabına, yüzeyinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde varsa seviye çizgisine kadar ya da üstten 1 cm boşluk kalacak şekilde bitümlü bağlayıcı numunesi doldurulur. Doldurma sırasında kaptan numune taşmışsa temizlik işleminden sonra doldurma işlemi yeniden yapılmalıdır. Ancak kaptan taşmadan doldurulan fazla numune pipetle alınabilir. Numune 30 °C'nin altındaki sıcaklıklarda saklanır.
- Deney sırasında, deney cihazı yakınında barometre kullanılarak ortamın barometrik basıncı kaydedilir.
- Deney kabı üzerine kapak koyularak ısıtma odacığına yerleştirilir. Konumlandırma veya kilitleme aracının uygun şekilde yerine oturması sağlanır ve termometre haznenin tabanı ile desteklenerek dik konumda yerleştirilir.
- Deney alevi yakılır ve cihaz ucunun çapı 3,2 mm ile 4,8 mm olacak şekilde ayarlanır. Başlangıçta sıcaklık artışı 5 - 17 °C/dk. arasında değişmektedir. Deney sıcaklığı tahmin edilen parlama noktasının yaklaşık 56 °C aşağısına gelene kadar uygulanır (Görsel 6.25.a).
- Beklenen parlama noktasından 28 °C öncesine ulaşıldığında sıcaklık artış hızı 5-6 °C/dk. ya düşürülerek deney alevi, deney kabının üzerinden yaklaşık 1 saniyede geçirilerek uygulanır (Görsel 6.25.b).

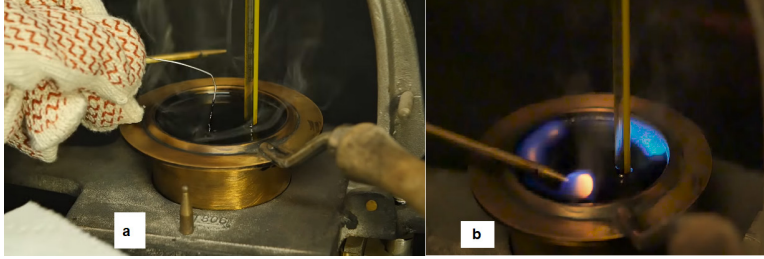


Görsel 6.25: Deney alevinin uygulanması ve sıcaklığın ayarlanması

- İlk uygulamadan sonra test alevi, parlama noktasına ulaşılan kadar 2 °C aralıklarla uygulanmalıdır.



- Parlama noktasına ulaşılmadan önce numunenin yüzeyinde bir cilt oluşursa bir cam çubuk veya ataş ile dikkatlice kenara itilir (Görsel 6.26.a).
- Deney süresince, deney kabındaki buhara dikkat edilir. Parlama noktası, deney numunesinin buharının tutuştuğu en düşük sıcaklık olarak kaydedilir (Görsel 6.26.b).



Görsel 6.26: Parlama noktasından önce cilt oluşumu ve parlama noktası tayini

- Deney başlangıcındaki numunenin hacmi, deney sonunda %50'nin altına düşerse parlama noktası deneyi sonuçları etkilenir.
- Deney alevinin ilk uygulama sıcaklığından 18 °C daha düşük bir değer elde edilirse bu değer, geçersiz sayılır. Deney yeni bir deney numunesi kısmı alınarak tekrarlanır.
- Deney sonuçlarının hesaplaması yapılarak sonuçlar değerlendirilir.
- Deneyde kullanılan araç gereçler uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanılarak temizlenir.
- Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamı temizlenir.
- Bireysel veya grup hâlinde, deney raporu hazırlanarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmene teslim edilir.

Yanma noktası tayininde; parlama noktası tayini metodundaki işlemler uygulanır. Daha sonra deney numunesinin sıcaklığı 5-6 °C/dk. artana kadar ısıtmaya devam edilir. Alev uygulamasına, 2 °C'lık aralıklarda deney kısmının buharı tutuşup en az 5 saniye yanıncaya kadar devam edilir. Bu değer, yanma noktası olarak kaydedilir. Alev 5 saniyeden fazla devam ederse metal bir kapak ya da yangına dayanıklı bir malzeme ile söndürülür.

6.8.2.3. Deney Sonuçlarını Hesaplama ve Deney Raporu Hazırlama

Eğer barometrik basınç okuması kPa haricinde bir birimle ölçülmüşse aşağıdaki denklemlerden biri kullanılarak birim kPa'ya dönüştürülür:

$$\begin{aligned} \text{hPa cinsinden okuma} \times 0,1 &= \text{kPa} \\ \text{mbar cinsinden okuma} \times 0,1 &= \text{kPa} \\ \text{mmHg cinsinden okuma} \times 0,1333 &= \text{kPa} \end{aligned}$$

Gözlenen Parlama Noktası ya da Yanma Noktası Değerlerinin Standart Atmosferik Basınca Dönüşümü

Standart atmosferik basınç olan 101,3 kPa'ya düzeltilen parlama ya da yanma noktası (T_c), aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$T_c = T_0 + 0,25 \cdot (101,3 - p)$$

T_0 : Ortam barometrik basıncında parlama ya da yanma noktası (°C)

p : Ortam barometrik basıncı (kPa)

Deney sonuçları, parlama ya da yanma noktası en yakın tam sayıya yuvarlanarak °C cinsinden rapor edilir.



Deney raporu; deney tarihi, deneye tabi tutulacak numunenin tipi ve tam olarak tanımlanması, kullanılan standarda atıf ve deney sonucu bilgilerini içermelidir. Kullanılan prosedürden herhangi bir sapma varsa belirtilmelidir.

DENEY UYGULAMASI - 11

Parlama (alevlenme) noktası 79 °C-400 °C arasında olan bitüm veya bitümlü bağlayıcılardan numune alarak **TS EN ISO 2592** standardına göre Cleveland açık kap yöntemi ile parlama noktasını tayin ediniz.

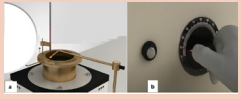
Deney Adı : Cleveland Açık Kap Metodu ile Parlama ve Yanma Noktası Tayini Deneyi

Deney Süresi : 3 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Deneye başlamadan önce gerekli güvenlik tedbirlerini alınız.	
Deney araç gereçlerinin hazırlanması	Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortamı sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
 Deney cihazının hazırlanması	- Deney cihazını, aşırı ışık olmayan deney ortamında düz ve sabit bir yüzeye yerleştiriniz. - Deney kabını uygun bir temizleme çözücüsü ile temizleyiniz ve sonra etüvde kurutunuz. Deney kabında, karbon içeren bir malzeme kalmışsa bulaşık teli ile temizleyiniz. - Deney kabını kullanmadan önce beklenen parlama noktasının en az 56 °C altına kadar soğutunuz. - Termometreyi, kabın tabanı ile destekleyerek dik konuma getiriniz.	
Deney numunesi alma ve numunenin deneye hazırlanması	- Laboratuvar numunesinin, homojen ve temiz olup olmadığına dikkat ediniz. TS EN 12594'e göre bitümlü bağlayıcı deney numunesini hazırlayınız. Deney numunesinde su olmamasına dikkat ediniz. - Deney numunesini bir kaptı ısıtınız ve iyice karıştırarak homojenleştiriniz. - Numuneleri, deneyi yapılan maddeye uygun, sıkıca kapatılabilen sızdırmaz kaplara koyunuz. - Katı veya yarı katı bitümlü bağlayıcı numuneleri, deneyi yapılan maddeye uygun olan ve sıkıca kapatılabilen sızdırmaz kaplara koyunuz. Beklenen parlama noktasının (56 °C) altındaki değeri aşmayacak çalışma sıcaklığına kadar (140- 160°C) ısıtınız ve hafifçe karıştırarak homojen hâle getiriniz.	





 Deney numunesinin deney kabına doldurulması	- Ortam sıcaklığında sıvı hâlde olan numuneleri hafifçe çalkalayınız. Bu sırada uçucu madde kaybını en aza indirmeye özen gösteriniz. - Yüzeyinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde, varsa seviye çizgisine kadar ya da üstten 1 cm boşluk kalacak şekilde bitümlü bağlayıcı numunesini deney kabına doldurunuz ve 30 °C'nin altındaki sıcaklıkta saklayınız. - Deney kabına fazla numune dökülmesi hâlinde pipetle fazlalık kısmı alınız. Kabın dış kısmına malzeme dökülmüşse kabı boşaltınız ve temizleyerek yeniden doldurunuz. - Deneyin son aşamasına kadar numunede hava kabarcığı veya köpük oluşumu devam ediyorsa deneyi iptal ediniz.	
Ortam basıncının ölçülmesi	Deney sırasında, deney cihazı yakınında barometre kullanarak ortamın barometrik basıncını ölçünüz.	
Numune kabının deney cihazına yerleştirilmesi	Numune kabını, deney cihazındaki yerine uygun şekilde oturtunuz ve termometreyi içine yerleştirerek dik konuma getiriniz.	
 Deney alevi ve sıcaklığının ayarlanması	- Deney alevini yakarak cihaz ucunu çapı 3,2 mm ile 4,8 mm olacak şekilde ayarlayınız. - Başlangıçta 5-17 °C/dk. sıcaklık artışı olacak şekilde deney sıcaklığını tahmin edilen parlama noktasının (yaklaşık 56 °C) altına gelene kadar ısıtınız. - Beklenen parlama noktasının 28 °C öncesine ulaşıldığında sıcaklık artışını 5-6 °C/dk.ya düşürerek deney alevini uygulayınız. - İlk uygulamadan sonra test alevini, parlama noktasına ulaşılan kadar 2°C aralıklarla uygulayınız.	
 Parlama noktası öncesi oluşan cilt oluşumunun temizlenmesi ve parlama noktasının tespit edilmesi	- Parlama noktasından önce numunenin yüzeyindeki cilt oluşumunu bir cam çubuk veya ataş ile dikkatlice kenara ittiniz. - Deney süresince, deney kabı üzerindeki numune buharını dikkatlice gözlemleyiniz. - Deney numunesinin buharının tutuştuğu en düşük sıcaklığı, parlama noktası olarak °C cinsinden kaydediniz.	
Parlama noktasının standart atmosferik basınca göre düzeltilmesi ve deney sonuçlarının hesaplanması	- Barometrik basınç okuması, kPa haricinde bir birimle ölçülmüşse standart atmosferik basıncı kPa birimine dönüştürünüz. - Standart atmosferik basınç olan 101,3 kPa'ya düzeltilen parlama noktasını (T_c) hesaplayınız.	





6. Öğrenme Birimi

Deney sonuçlarının değerlendirilmesi	- Deney başlangıcındaki numune hacmi deney sonunda %50'nin altına düşmüşse bu durumun parlama noktası deney sonuçlarını etkilediğini unutmayınız. - Deney alevinin ilk uygulama sıcaklığından, 18 °C daha düşük bir değer elde edilirse bu değeri geçersiz sayınız. Yeni bir deney numunesi kısmı alarak deneyi tekrarlayınız.	
Deney araç gereçlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	- Deneyde kullanılan araç gereçleri uygun çözücüler ve temizlik malzemesi kullanarak temizleyiniz. - Deney sonrasında çalışma tezgâhı ve ortamını temizleyiniz.	
Deney raporunun hazırlanması	Deney sonrasında grubunuzla deney raporunu tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME – 6

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi bitümlü bağlayıcının yoğunluğunu belirlemek için kullanılan deney yöntemidir?
 - A) Damıtma
 - B) Düktilite
 - C) Piknometre
 - D) Su muhtevası
 - E) Viskozite
2. Normal şartlarda sıvı hâldeki ham petrol, sıvı petrol ürünleri ve petrol dışı ürünlerin 15 °C'deki özgül ağırlıkları aşağıdaki deney yöntemlerinden hangisiyle belirlenir?
 - A) Damıtma
 - B) Düktilite
 - C) Hidrometre
 - D) Piknometre
 - E) Viskozite
3. Bitümlü bağlayıcılardan numune alma aşağıdaki standartlardan hangisine göre yapılır?
 - A) TS EN 58
 - B) TS EN 1426
 - C) TS EN 1431
 - D) TS EN 12594
 - E) TS EN 12607-2
4. Bitüm penetrasyon (iğne batma derinliği) deneyinde uygulama yükü ve yükleme süresi sırasıyla aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru verilmiştir?
 - A) 25 g, 5 sn.
 - B) 50 g, 10 sn.
 - C) 75 g, 10 sn.
 - D) 100 g, 5 sn.
 - E) 100 g, 10 sn.
5. Bitüm ve bitümlü bağlayıcılara uygulanan penetrasyon (iğne batma derinliği) deneyinin amacı aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Dayanımı belirlemek
 - B) Dayanıklılığı tespit etmek
 - C) Kıvamını tespit etmek
 - D) Özgül ağırlığını bulmak
 - E) Viskozitesini ölçmek





6. Yavaş kür olan (SC sınıfı) katbek asfaltların kıvamlılığını belirlemek için kullanılan deney yöntemi aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Düktilite
B) Özgül ağırlık
C) Penetrasyon
D) Yumuşama noktası
E) Yüzme
7. Numune halkaları ısıtılmış bitümle doldurulduktan sonra numuneler, yumuşama noktasının 10 °C altındaki bir değere kadar en az ne kadar süre ile oda sıcaklığında soğutulmalıdır?
- A) 20 dk.
B) 30 dk.
C) 45 dk.
D) 1 saat
E) 2 saat
8. Bitümün standart yük şartı altında, katıdan işlenebilir bir akışkanlığa geçtiği andaki sıcaklığı belirlemek için aşağıdaki deney yöntemlerinden hangisi kullanılır?
- A) Çözünürlük
B) Düktilite
C) Özgül ağırlık
D) Yumuşama noktası
E) Yüzme
9. Viskozite deneyi ile 60 °C ve 135 °C'de olan belirli hacimdeki bitümlü bağlayıcıların hangi fiziksel özelliği ölçülür?
- A) Akma özelliği
B) Çözünme durumu
C) Esnekliği
D) Özgül ağırlığı
E) Yumuşama durumu
10. Kuvvet ölçümlü düktilite deneyinde, deney uygulama sıcaklığı ve numune çekme hızı aşağıdakilerden hangisidir?
- A) 5 °C ve 5 mm/dk.
B) 10 °C ve 5 mm/dk.
C) 15 °C ve 10 cm/dk.
D) 25 °C ve 50 mm/dk.
E) 25 °C ve 50 cm/dk.
11. Yüzeyi düzeltilmiş düktilite deney numuneleri, deneyden önce kalıpla birlikte kaç dakika deney sıcaklığındaki su banyosunda bekletilir?
- A) 30
B) 45
C) 60
D) 75
E) 90



12. Bitüm emülsiyonlarından damıtma ile ayrılan kalıntı bağlayıcı ve damıtık petrol ürünü içeriğinin tayini için alınacak deney numunesinin miktarı aşağıdakilerden hangisidir?
- A) 100 g
 - B) 200 g
 - C) 400 g
 - D) 800 g
 - E) 1000 g
13. Birbiri içerisine homojen olarak karışmış sıvıları, kaynama noktalarından faydalanıp buharlaştırdıktan sonra yoğunlaştırarak yapılan ayırma işlemine ne ad verilir?
- A) Buharlaştırma
 - B) Çöktürme
 - C) Çözünme
 - D) Destilasyon
 - E) Süzülme
14. Bitüm emülsiyonlarda su muhtevası tayini deneyinde, damıtma balonunun ısıtılması ve kaynama hızının ayarlanması aşağıdakilerden hangisine bağlıdır?
- A) Soğutucu ucunda saniyede oluşan 2-5 damla yoğunlaşmaya
 - B) Kaynama noktasının 23 ± 5 °C sıcaklıkta olmasına
 - C) Soğutucu tüpünde biriken su miktarına
 - D) 5 dakikadaki kaynama hızına
 - E) Bitüm emülsiyon numunesinin temiz ve homojen olmasına
15. Bitüm emülsiyonlarda su muhtevası tayini deneyinde, rutin deneylerde kullanılması için önerilen çözücü ve miktarı aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru verilmiştir?
- A) 50 mL karbon tetra klorür
 - B) 100 mL trikloroetilen
 - C) 150 metil benzen
 - D) 200 mL ksilen
 - E) 250 mL karbon disülfid
16. Çözünürlük deneyi, bitümlü bağlayıcıların hangi özelliğini belirlemek amacıyla yapılır?
- A) Akış süresi
 - B) İçeriğinde bulunan mineral kirliliği ve saflığı
 - C) Uzama kabiliyeti
 - D) Parlama noktası
 - E) Yoğunluğu
17. Aşağıdaki organik çözücülerden hangisi bitümlü bağlayıcıların çözünürlük derecesini belirlemede referans testleri için kullanılır?
- A) Trikloroetilen
 - B) Toluen (metil benzen)
 - C) Karbon tetra klorür
 - D) Karbon disülfid
 - E) Ksilen

18. Bitümlü karışımların hazırlanması ve serilmesi sırasında yüksek ısı nedeniyle bitüm miktarında meydana gelen malzeme kaybı aşağıdaki deneylerden hangisi ile tespit edilir?

- A) İnce film hâlinde ısıtma
- B) Düktilite
- C) Su muhtevası
- D) Parlama noktası
- E) Viskozite

19. Bitüm veya bitümlü bağlayıcılara ince film tabakası hâlinde uygulanan ısıtma deneyi ile ilgili aşağıda verilenlerden hangisi doğrudur?

- A) Metal kaplara dökülen numuneler, 15 dakika boyunca oda sıcaklığında soğumaya bırakılmalı.
- B) Numuneler en az 6 saat etüvde tutulmalı.
- C) 10 g bitüm numunesi, 140 °C'de 2 saat boyunca etüvde ısıtılmalı.
- D) 50 g bitüm numunesi, 163 °C'de 5 saat boyunca etüvde ısıtılmalı.
- E) Deney için dört adet numune hazırlanmalı.

20. Cleveland açık kap metodunda, deney kabına numune doldurulurken aşağıdakilerden hangisine dikkat edilmelidir?

- A) Kabin tamamı dolacak şekilde doldurulmalı.
- B) Hava kabarcıkları görünecek şekilde kabin yarısına kadar konulmalı.
- C) Deney kabından taşacak şekilde boşluk bırakmadan doldurulmalı.
- D) Deney kabının yarısına numune konulduktan sonra üstüne su eklenerek tamamlanmalı.
- E) Yüzeyinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde üstten 1 cm boşluk bırakarak doldurulmalı.



7. Öğrenme Birimi

BİTÜMLÜ TABAKA DENEYİ

KONULAR

- 7.1. Bitümlü Tabaka Karışım Dizaynı
- 7. 2. Bitümlü Temel Dizaynı
- 7. 3. Binder Tabakası Dizaynı
- 7. 4. Aşınma Tabakası Dizaynı

KAVRAMLAR

- Bitümlü Tabaka
- Aşınma Tabakası
- Binder Tabakası
- Bitümlü Temel Tabakası
- Karışım Dizaynı
- Marshall Dizaynı
- Superpave Dizayn Yöntemi
- Hweem Dizayn Yöntemi



7. BİTÜMLÜ TABAKA DENEYLERİ

Bitümlü karışımlar, agregata ile bitümlü bağlayıcı malzemenin belli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilir. Bu karışımlar serbest agregata malzemesine göre çok pahalı olduklarından yol inşasında çoğunlukla kaplama tabakalarının yapımında kullanılır. Bitümlü karışımlar, karışımda kullanılan bitümün ısıtılıp ısıtılmamasına bağlı olarak sıcak karışımlar ve soğuk karışımlar olmak üzere ikiye ayrılır. Ayrıca karışımlar yapıldıkları yere bağlı olarak yolda karışım ve plentte karışım olmak üzere de ikiye ayrılır.

Bitümlü sıcak karışım (BSK), hem asfalt bağlayıcının hem de agreganın uygun sıcaklıkta ısıtılıp belli oranlarda plentte karışımıyla elde edilmekte ve kaplamaları; “aşınma”, “binder” ve “bitümlü temel” tabakalarında kullanılmaktadır.

1. Aşınma Tabakası: Üstyapının en üst tabakası olan aşınma tabakası, genellikle 5 cm kalınlığında asfalt betonu olarak uygulanmaktadır (Görsel 7.1).

2. Binder Tabakası: Bitümlü temel veya granüler temel üzerine uygulanan binder tabakası; trafik yoğunluğuna bağlı olarak genellikle 6-8 cm kalınlığında, asfalt betonu olarak uygulanmaktadır (Görsel 7.1).

3. Bitümlü Temel Tabakası: Trafik yoğunluğuna bağlı olarak genellikle 8-18 cm kalınlıklarında uygulanır. Bitümlü temel tabakası, genellikle bağlayıcısız granüler temel üzerine yoğun gradasyonlu bitümlü sıcak karışımın uygulandığı bir tabakadır (Görsel 7.1).

Karayolları Teknik Şartnamesi ve uluslararası şartnamelerde bölgesel ve coğrafi özellikler dikkate alınarak bu tabakaların bitümlü sıcak karışım dizaynları yapılır.



Görsel 7.1: Yol güzergâhını oluşturan tabakalar

Bitümlü sıcak karışım, karışımda kullanılan agregata granülometrisi sınıflarına göre dört gruba ayrılır.

- **Açık Gradasyonlu Sıcak Karışımlar:** Bu karışımlarda ince agregata oranı çok az, dolayısıyla boşluk oranı çok olup %12'den fazladır. Makadam tipi kaplamalar bu sınıfa girer.
- **Kesikli Gradasyonlu Sıcak Karışımlar:** Ara boyutlu malzemenin çok az olduğu veya hiç olmadığı karışımlardır. Boşluk oranı %8–12 arasında olan bu tür karışımlar, pürüzlü bir yüzey verir ve tekerlek izine karşı yüksek dirençlidir.





- **Yoğun Gradasyonlu Sıcak Karışımlar:** Agregra granülometrisi düşük boşluk verecek şekilde süreklilik gösteren karışımlardır. Boşluk oranı %8'den azdır. Bitümlü temel (Görsel 7.2) ve asfalt betonu (binder ve aşınma tabakaları) bu sınıfa girer (Görsel 7.3, 7.4, 7.5).
- **Harç Tipi Karışımlar:** Bu karışımların ince malzeme oranı fazladır. Kaba agregra, ince malzeme ve bitüm karışımı içinde dağılmış hâlde bulunur. Bu tür karışımlarda boşluk oranı çok düşüktür, bitüm yüzdesi çok yüksek olduğundan penetrasyonu düşük asfalt kullanılır. Beton ve çelik köprüler üzerinde de kullanılan mastık asfalt ve gussasfalt bu tür kaplamalara örnek olarak verilebilir.



Makadam kaplama; en büyük tane çapı 7 cm olan kırılmış taşların döşenip silindir geçirilerek oluşturulduğu yol kaplamasıdır.



Görsel 7.2: Bitümlü temel tabakası



Görsel 7.3: Bitümlü sıcak karışım binder tabakası



Görsel 7.4: Aşınma tip 1 tabakası



Görsel 7.5: Aşınma tip 2 tabakası

Karışımların dizayn edilmeleri sırasında aşağıdaki fiziksel ve mekanik özellikler dikkate alınır:

- **Stabilite:** Asfalt kaplamanın stabilitesi; asfaltın trafik yüklerine, ötelenmesine ve tekerlek izleri oluşmayacak şekilde direnç gösterme yeteneğidir. Ayrıca stabilite, agregalar arası içsel sürtünmeye ve bitüm-agrega kohezyonuna bağlı olarak değişir.
- **Durabilite:** Bir karışımın durabilitesi, karışımdaki asfaltın özelliklerinin değişmesine (oksidasyon vb.), agreganın kırılmasına ve asfaltın agreganın yüzeyinden soyulmasına karşı gösterdiği direnç olarak ifade edilir. Bu faktörler iklim, trafik veya her ikisinin birleşimi sonucu ortaya çıkar. Yüksek durabilite; yüksek asfalt %'si kullanarak, yoğun gradasyonlu soyulma direnci yüksek agregra kullanarak ve karışımı en yüksek geçirimsizlik verecek şekilde dizayn edip sıkıştırarak sağlanır.





- **Geçirimsizlik:** Asfalt kaplamanın hava veya su geçişine olan direnci olarak tanımlanır ve karışımdaki hava boşluğu yüzdesi ile belirlenir. Karışımdaki boşlukların, birbiri ile bağlantılı olması ve boşlukların yüzeyle irtibatlı olması geçirimsizliği etkileyen başlıca faktörlerdir.
- **İşlenebilirlik:** Karıştırılma ve sıkıştırılmadaki kolaylık olarak ifade edilebilir. Çok fazla iri agregada bulunduran karışımlar kolay işlenemez. Fillerin (200 No.lu elek altında kalan ince malzeme) de çok fazla kullanılması işlenebilirliği düşürür. İşlenebilirliği çok iyi olan karışımlar yumuşak karışımlardır; bunların trafik yükleri altında deforme olmaları kolaydır ve bu, dayanım açısından istenen bir durum değildir.
- **Esneklik:** Karışımın üstyapının taban zeminindeki geçici oturma ve hareketlere karşı, çatlamaya neden olmadan uyum gösterebilmesidir. Bitüm yüzdesi yüksek, açık gradasyonlu karışımlar; bitüm yüzdesi düşük, yoğun gradasyonlu karışımlara göre daha esneklerdir. Ancak bazen esnekliği yüksek karışımların stabilitesi düşük olabilir.
- **Yorulmaya Karşı Direnç:** Bir üstyapının yorulmaya karşı direnci; trafik yükleri altında oluşan, tekrarlanan eğilmeye karşı direncidir. Karışımdaki boşluk yüzdesi ve asfaltın viskozitesi yorulmaya karşı direnç üzerinde çok etkilidir. Yetersiz sıkışma, yüksek boşluk yüzdesi, asfaltın yaslanması ve sertleşmesi yorulma direncini azaltır. Üstyapının kalınlığı ve mukavemeti, taban zemininin taşıma gücü üstyapı ömrünü etkileyen diğer faktörlerdendir.
- **Kaymaya Karşı Direnç:** Asfalt kaplama yüzeylerinde, özellikle yağışlı havalarda araç tekerleğinin kaymasına karşı oluşan dirence **kayma direnci** denir. Kayma direncinin yüksek olması için hem agregada sert ve pürüzlü olmalı hem de asfalt kaplama yüzeyi pürüzlü olmalıdır. Maksimum tane boyutu 1/2" veya 3/8" olan açık gradasyonlu karışımların kayma direnci yüksek olur.

7.1. BİTÜMLÜ TABAKA KARIŞIM DİZAYNI

Karışım dizaynı Marshall yöntemi, Hweem yöntemi ve Superpave yöntemi kullanılarak laboratuvarla hazırlanır. Dünyada ve ülkemizde en yaygın olarak kullanılan yöntem Marshall metodudur.

Hweem Yöntemi: Bu metod Amerikan Karayolları Teşkilatı tarafından kullanılmaktadır. Maksimum tane büyüklüğü 1 inç olan agregaya, sıvı asfalt veya penetrasyon asfaltı katılarak hazırlan kaplama karışımları dizayn yöntemidir. Ayrıca sıcak karışım asfalt kaplamaların arazi kontrolünde ve laboratuvar dizayn çalışmalarında kullanılabilir.

Superpave Yöntemi: 1987 yılında Bitümlü Sıcak Kaplamaların (BSK) performansını iyileştirmeye yönelik ABD'deki "Strategic Highway Research Program" [stratejik hayvev risörç program (SHRP)] "Stratejik Yol Araştırmaları Programı" tarafından geliştirilmiştir. Superpave (Superior Performing Asphalt Pavements) olarak isimlendirilen üstün performanslı kaplama yöntemidir. Üstün performanslı asfalt kaplama (Superpave); ağır trafik hacmi, bölgesel maksimum ve minimum hava sıcaklıkları ve inşa edilecek yolun yapısal özelliklerince gereksinim duyulan performansı sağlamaya yönelik olarak hazırlanmış bir üstyapı tasarım sistemidir.

Karışım dizaynlarının ortak amacı; sıcak karışımların laboratuvar aşamasındaki dizaynını ve bitümlü kaplamaların uygulamadaki kontrollerini içermektir. Bu çalışmalarda elde edilen değerler KTŞ'de verilen kriterleri yakaladığında üretim plantlerinde gerçekleştirilir.

Marshall Metodu ile Bitümlü Sıcak Karışım Dizaynı (TS EN 3720, AASHTO T245, ASTM D1559, D6927, D5581)

Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de bitümlü sıcak karışım dizaynı için Marshall dizayn metodu kullanılmaktadır. Bu metod, Marshall stabilite deney aleti yardımıyla aynı agregada karışımına farklı oranlarda bitümlü bağlayıcı karıştırılarak hazırlanan, briket yan yüzlerine yükleme yapılarak plastik akmaya karşı dayanım ölçümünü kapsamaktadır. Marshall Stabilite deneyi,





asfalt tabakaları için maksimum tane boyutu 25 mm ya da bu değerin altında olan agregalar ile penetrasyonu belirli bitümlü bağlayıcılar kullanılarak hazırlanan bitümlü sıcak karışım kaplama tiplerine uygulanmaktadır.

Marshall deney yöntemi ile stabilite, akma, pratik özgül ağırlık, bitüm oranı, bitümle dolu boşluk oranı, boşluk oranı, agregalar arası boşluk oranı değerleri tespit edilmektedir.

Bitümlü sıcak kaplamanın karışım dizaynı hedefleri şu şekilde sıralanabilir:

- Dayanıklı bir kaplama türü oluşturmak için bağlayıcı oranını belirlemek
- Dingil ağırlıkları altında deformasyon oluşturmayacak gerekli dayanımı sağlamak
- Sıkışması bitmiş tabakanın, dingil ağırlıklarından dolayı çok az ölçüde sıkışabilmesi için kaplamanın stabilitesini ve akma değerini etkilemeyecek şekilde rutubet ve fazla hava barındırmayacak oranda boşluğu sağlamak
- Ayırışma olmadan uygun dökümü sağlayacak bir işlenebilirliğe sahip sıcak karışım oluşturmak



Marshall dizaynında, üç adet numunenin ortalama değerleri alınarak beş farklı bitüm içeriğinde karışımın hacimsel ve fiziksel özellikleri tayin edilir. Optimum bitüm içeriği ise genellikle %4 hava boşluğuna denk gelen miktar olarak seçilir.

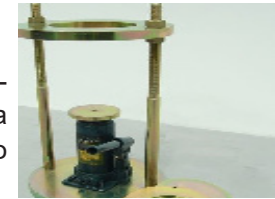
7.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Numune Kalıbı: 101,6 mm çapında, 76,2 mm yüksekliğinde silindirik kalıp, taban plakası ve uzatma yakasından oluşur (Görsel 7.6).



Görsel 7.6: Numune kalıbı

Numune Çıkarıcı: Yakası takılı kalıp içindeki sıkışmış briketi çıkarabilmek için çapı 100 mm'den küçük olmayan ve 13 mm kalınlığında olan, disk şeklinde, çelik numune çıkarıcısıdır. Elle basmalı hidrolik krik o veya otomatik numune çıkartıcı kullanılabilir (Görsel 7.7).



Görsel 7.7: Numune çıkarıcı

Sıkıştırma Tokmağı: 4536 g ağırlığında, 457,2 mm'den düşüş yapabilen, dar kesitli bir tokmaktır. Manuel veya otomatik sıkıştırma tokmak cihazı kullanılır (Görsel 7.8).

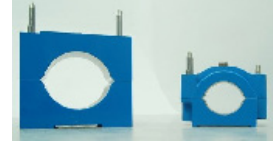
Sıkıştırma Tabanı: Üzerine 305 x 305 x 25 mm boyutlarında bir çelik plaka yerleştirilmiş, 20 x 20 x 460 mm ölçülerinde ahşap bir sıkıştırma tabanıdır (Görsel 7.8).

Kalip Tutucu: Sıkıştırma tabanının merkezi üzerine monte edilen ve numune kalıbını buraya merkezleyebilen bir özelliğe sahiptir. Bu tutucu; numunenin sıkıştırılması sırasında kalıbı, yakayı ve taban plakasını emniyetle tutabilecek şekilde olmalıdır (Görsel 7.8).



Görsel 7.8: Sıkıştırma tokmağı, tabanı ve tutucu (Otomatik Marshall kompaktör aleti)

Kırma Kafası: Üst ve alt silindirik parçalardan oluşan veya iç eğrilik çapı 51 mm olan deney kafalarıdır (Görsel 7.9).



Görsel 7.9: Kırma kafası

Marshall Test Cihazı veya Manuel Yükleme Krikosu: İki parçadan oluşan kırma kafası arasında numuneye sabit hareketle yükleme yapabilecek şekilde dizayn edilmiş, maksimum yükteki deformasyonu ve akma ölçme değerlerini bulmaya yarayan otomatik test cihazıdır. Ayrıca dakikada 51 mm üniform düşey hareket sağlayabilecek manuel yükleme krikosu da kullanılabilir (Görsel 7.10).



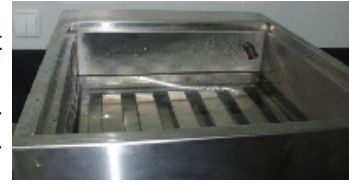
Görsel 7.10: Marshall test cihazı

Mekanik Karıştırıcı (Mikser): Uygun kapasiteli (en az 4 litre), gerekli karıştırma sıcaklığı sağlayabilen mekanik karıştırıcıdır (Görsel 7.11).



Görsel 7.11: Mekanik karıştırıcı

Su Banyosu: En az 150 mm derinliğinde ve bir termostat aracılığı ile 60 ± 1 °C sıcaklıkta sabitlenebilecek şekilde olmalıdır. Numuneleri tabandan 2 cm yukarıda tutabilecek ızgara veya benzeri düzenekli olmalıdır (Sıkıştırma tokmağı ve kalıpların ısıtılmasında kullanılabilir.) (Görsel 7.12).



Görsel 7.12: Su banyosu

Hava Banyosu: Sıvı petrol asfalt karışımları için termostatik kontrollü olmalı ve 25 ± 1 °C'lik sıcaklık verebilmelidir.

Etüv: Sıcaklık ayarı 250 °C'ye kadar çıkabilen ve bitüm eritmek amacıyla kullanılabilen ısıtma plakalı özellikte olmalıdır.

Ayrıca; metal tepsiler, metal numune boşaltma kapları, beher, spatula veya çelik kürek, kumpas, termometre, hassas terazi, arşimet sehпасı ve sepeti, ısı yalıtımlı eldiven, lastik eldiven, işaretleme tebeşiri, havlu veya bez, metal kepçe veya kaşık, ince metal şiş ve çelik cetvel kullanılacaktır.

7.1.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

- Marshall metodu için hazırlanacak briketlerde kullanılacak agrega Tablo 7.1'de belirtilen elek aralıklarından seçilecektir. Uygulamada kullanılacak agregalar genellikle üç kısma ayrılır:

Kaba Kısım:	37,5 mm – 19 mm arası
Orta Kısım :	19 mm – 4,75 mm arası
İnce Kısım :	4,75 mm – 0 mm arası



Tablo 7.1: Kullanılacak Agrega Elek Aralıkları

Elek Aralığı (mm)	25-19	19-9,5	9,5-4,75	4,75-2,36	2,36'nın altı
Elek Aralığı (inç)	1"- 3/4"	3/4" - 3/8"	3/8" – No.:4	No.:4 – No.:8	No.:8 altı



Bitümlü sıcak karışımda kullanılan maksimum agregatane büyüklüğü; bitümlü temel tabakasında 37,5 mm, binder tabakasında 25 mm ve aşınma tabakasında 19 mm'yi geçmemelidir.

- Her bir bitüm yüzdesi (%4, %4,5, %5, %5,5 ve %6 bitümler) için en az üç agregatane numunesi yani karışımın dizayn çalışması için en az 15 adet agregatane numunesi hazırlanmalıdır.
- Her bir test numunesi yaklaşık 1200 g agregatane gerektirmektedir. Ufak kayıplar da göz önüne alınırsa yaklaşık 22 veya 23 kilogram agregatane karışımı ile farklı bitüm yüzdesi için Tablo 7.2'de verilen miktarlardan az olmamak kaydıyla toplam üç litre bitüm yeterli olacaktır.

Tablo 7.2: Bitüm Yüzdesi ve Miktarları

Bitüm Yüzdesi (%)	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Bitüm Miktarı (g)	48	54	60	66	72

7.1.3. Deney Numunesinin Hazırlanması

- Agregatane etüvde 105 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulur ve istenen eleklerden kuru yöntem ile elenir.
- Karıştırma sıcaklığı 170±20 °C belirlenmeli; ayrıca bitümün vizkozitesi 280±30 °C'de sıkıştırma sıcaklığı olarak belirlenmelidir.



Her bir briket numunesi için kullanılacak agregatane miktarı uluslararası (SI) birim sistemine göre şu şekilde bulunabilir:

Agregatane Ağırlığı=[63,5 (mm) x Kullanılan Agregatane Ağırlığı (g)] / Ölçülen Numune Yüksekliği (mm)

7.1.4. Deneyin Yapılışı

7.1.4.1. Marshall Briket Numunelerinin Hazırlanması

- Gradasyon limitlerine göre önceden hazırlanan 1200 g agregatane karışımı, farklı bitüm oranlarında (%4 - %4,5 - %5 - %5,5 ve %6) her briket için üçer numune olmak kaydı ile farklı kaplar içinde etüvde ısıtılır ve bitümde en fazla 170 °C'ye kadar ısıtılmış hâlde hazırlanır.
- Marshall kalıpları temizlenir ve sıkıştırma sırasında oluşabilecek sürtünmeyi önlemek için az bir şekilde yağlanır.
- Bitüm karışımı hazırlandıktan sonra karışım sıcaklığında bir saatten fazla tutulmamalıdır.
- Karışım ile kalıpların tabanlarının yapışmaması için daire şeklinde kesilen kâğıt parçaları veya filtre kâğıdı tabana yerleştirilebilir ve aynı şekilde üzerine de yapışmayı önleyici filtre kâğıdı konulabilir.
- Hazırlanan numuneler mekanik asfalt karıştırıcısı yardımı ile agregatane ve farklı oranlarda hazırlanan bitümle karıştırılır (Her bitümlü karışım yüzdesine sahip üçer adet numune hazırlanır.).
- Numuneler önceden etüvde veya su banyosunda 95 °C ile 150 °C arasında ısıtılmış briket numune kalıplarına homojen bir şekilde doldurulur.





- Uzatma yakası takılı kalıplar içerisindeki karışımlar, etüvde 280 ± 30 °C'ye kadar ısıtılır.
- Gerekli sıcaklığa gelen karışım ince bir şiş yardımıyla 25 kez şişlenerek sıkıştırılır. Şişleme sonrası yaka çıkarılır, numunenin yüzeyi çelik bir cetvel ile tesviye edilir.
- Hazırlanan briket numune kalıplarına, tekrar uzatma yakası takılarak kalıplar otomatik marshall kompaktörüne yerleştirilir.
- Etüv veya su banyosunda $95-150$ °C arasında ısıtılmış ve her defasında temizlenmiş sıkıştırma tokmağı ile numunenin her iki yüzeyine 50 veya 75 darbe vurularak numune sıkıştırılır (Sıkıştırma aletinde 4,5 kg ağırlığındaki tokmak, 45 cm yükseklikten numunenin üzerine kendi ağırlığıyla dik düşürülerek sıkıştırma işlemi yapılır.).
- Marshall briketleri oda sıcaklığına geldiğinde karışmaması amacıyla tebeşirle numaralandırılır ve numune çıkarıcı ile kalıplarından dikkatlice çıkarılır.
- Kalıptan çıkartılan ve çapakları temizlenen deney numunesi silindirik şeklinde 100 mm çapında ve yaklaşık 64 mm yüksekliğinde olmalıdır.
- Numunelerin 24 saat oda sıcaklığında bekletilerek dayanım kazanması sağlanmalıdır.



Karışımların sıkıştırma sıcaklığı, bitümün erken yaşlanması ve bozulmasını önlemek amacıyla maksimum 177 °C yapılmalıdır. Bitüm karışımları genellikle $135-150$ °C arasında karıştırılarak sıkıştırılır.

7.1.4.2. Marshall Briket Numunelerinin Özgül Ağırlıklarının Bulunması

- Kalıptan çıkartılan briketlerin havadaki ağırlıkları tartılır ve A değeri olarak kaydedilir.
- Briketler oda sıcaklığındaki suyun içerisine bırakılarak beş dakika beklenir. Sudan çıkarıldıktan sonra yüzeyinde su kalmayacak şekilde kurulanır, tartılır ve (B) doymun kuru yüzey ağırlığı olarak kaydedilir.
- Ardından 25 °C sıcaklığa sahip su içerisine konularak sudaki ağırlıkları, arşimet terazisi ve tel sepet yöntemiyle bulunur ve C değeri olarak kaydedilir.
- Bu ağırlıklar numunelerin özgül ağırlığının, boşluk oranının ve bitümle dolu boşluk oranının tespitinde kullanılmaktadır.

7.1.4.3. Marshall Akma ve Stabilité Değerlerinin Bulunması

- Marshall briketlerinin yüksekliği üç farklı bölgeden kumpas ile ölçülür ve değerlerin ortalaması alınır.
- Briketler 60 °C'deki su banyosuna konur ve 30-45 dakika arasında bekletilir.
- Briketler su banyosunda bekletildikten sonra çıkarılıp en geç 30 sn. içerisinde Marshall stabilite test cihazında bulunan kırma kafasının içine yerleştirilir.
- Kırma kafası hizalanıp flowmetrenin ayarı sıfırlanır. Eksenel yönde 51 mm/dk. sabit hızda yük uygulanır (Kırma kafasının sıcaklığı $21-38$ °C arasında tutulmalıdır.).
- Her briketin kırılmaya başladığı andaki yük ve deformasyon değerleri tespit edilir.
- Numunenin 60 °C'deki taşıyabildiği maksimum yük değeri stabilite değerini, bu stabilite değerindeki deplasman değeri ise akma değerini verir. Marshall stabilitesi değeri, numunelerin yüksekliğine göre düzeltilir (numune yüksekliği $63,5$ mm'den farklıysa).
- Testler tamamlandıktan sonra aşağıdaki değerler için grafikler çizilir ve optimum bitüm oranı tayin edilir.
 - Hava Boşluğu – Bitüm İçeriği (Görsel 7.13)
 - Agregalar Arası Boşluk (VMA) – Bitüm İçeriği (Görsel 7.14)
 - Asfaltla Dolu Boşluk (VFA) – Bitüm İçeriği (TMA hariç) (Görsel 7.15)
 - Karışımın Birim Ağırlığı – Bitüm İçeriği (Görsel 7.16)
 - Stabilité – Bitüm İçeriği (TMA hariç) (Görsel 7.17)
 - Akma – Bitüm İçeriği (TMA hariç) (Görsel 7.18)




7.1.4.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Grafiklere İşlenmesi

Briket Numunelerinin Hacimlerinin Bulunması $V=B-C$ V: Briket numunesinin hacmi B: Briket numunesinin doymun kuru yüzey ağırlığı (g) C: Briket numunesinin sudaki ağırlığı (g)	Briket Numunelerinin Pratik Yoğunluğunun Bulunması $Dp = \frac{A}{V}$ A: Briket numunesinin havadaki ağırlığı (g) V: Briket numunesinin hacmi (cm³) Dp: Sıkıştırılmış briket numunesinin pratik yoğunluğu (g/cm³)
Agregadaki Bitümlü Bağlayıcı Yüzdesinin Bulunması $Wa = \frac{Mb}{Ma} \cdot 100$ Wa: Agregadaki bitümlü bağlayıcı yüzdesi (%) Ma: Briket numunesindeki agrega miktarı (g) Mb: Briket numunesindeki bitümlü bağlayıcı miktarı (g)	Karışımındaki Bitümlü Bağlayıcı Yüzdesinin Bulunması $Wb = \frac{Mb}{Mb+Ma} \cdot 100$ Wb: Karışımındaki bitümlü bağlayıcı yüzdesi (%) Ma: Briket numunesindeki agrega miktarı (g) Mb: Briket numunesindeki bitümlü bağlayıcı miktarı (g)
Karışımın Teorik Yoğunluğunun Bulunması $Dt = \frac{100+Wa}{\frac{100}{Gef} + \frac{Wa}{Gb}}$ Dt: Teorik Yoğunluk Wa: Agregadaki bitüm bağlayıcı yüzdesi (%) Gef: Agregada karışımının efektif özgül ağırlığı Gb: Bitümün özgül ağırlığı	Hava Boşluk Yüzde Oranının Bulunması $Vh = \frac{Dt-Dp}{Dt} \cdot 100$ Vh: Hava boşluğu yüzdesi (%) Dt: Sıkıştırılmış briket numunesinin teorik yoğunluk (g/cm³) Dp: Sıkıştırılmış briket numunesinin pratik yoğunluk (g/cm³)
Agrega Karışımının Hacim Özgül Ağırlığının Bulunması $Gsb = \frac{100}{\frac{\%K}{Gk} + \frac{\%İ}{Gi} + \frac{\%F}{Gf}}$ Gsb: Agregada karışımının hacim özgül ağırlığı %K: Ağırlıkça kaba agregada yüzdesi (%) %İ: Ağırlıkça ince agregada yüzdesi (%) %F: Ağırlıkça filler yüzdesi (%) Gk: Kaba agreganın hacim özgül ağırlığı Gi: İnce agreganın hacim özgül ağırlığı Gf: Fillerin zahiri özgül ağırlığı	Agregalar Arası Boşluk Yüzdesinin Bulunması $VMA = 100 \cdot \left[\frac{Dp}{Gsb} \cdot \frac{100}{100+Wa} \cdot 100 \right]$ VMA: Agregalar arası boşluk yüzdesi (%) Dp: Sıkıştırılmış briket numunesinin pratik yoğunluğu (g/cm³) Gsb: Agregada karışımının hacim özgül ağırlığı Wa: Agregadaki bitümlü bağlayıcı yüzdesi (%)
Bitümle Dolu Boşluk Yüzdesinin Bulunması $Vf = \frac{VMA-Vh}{VMA} \cdot 100$ Vf: Bitümle dolu boşluk yüzdesi (%) VMA: Agregalar arası boşluk yüzdesi (%) Vh: Hava boşluğu yüzdesi (%)	Agreganın Ağırlıkça Emilen (Absorpsiyon) Bitüm Bağlayıcı Yüzdesi $Pba = 100 \cdot \frac{Gef-Gsb}{Gef \cdot Gsb} \cdot Gb$ Pba: Agreganın bitüm absorpsiyonu (%) Gef: Agregada karışımının efektif özgül ağırlığı Gsb: Agregada karışımının hacim özgül ağırlığı Gb: Bitümün özgül ağırlığı

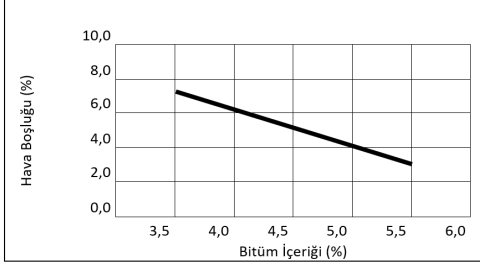


$$D_{port} = \frac{D_{p1} + D_{p2} + D_{p3}}{3}$$

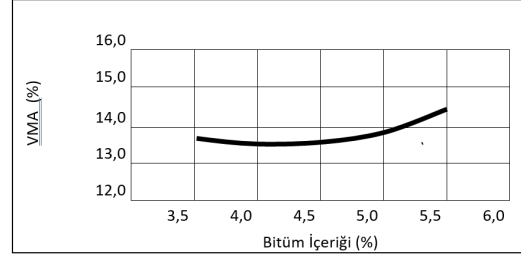
D_{port}: Briket numunelerinin pratik yoğunluk ortalaması

En ideal bitüm yüzdesini belirlemek için farklı bitüm oranlarında hazırlanan briketlere ait “Hava Boşluğu – Bitüm İçeriği”, “Agregalar Arası Boşluk (VMA) – Bitüm İçeriği”, “Asfaltla Dolu Boşluk (VFA) – Bitüm İçeriği”, “Karışımın Birim Ağırlığı – Bitüm İçeriği”, “Stabilite – Bitüm İçeriği”, “Akma – Bitüm İçeriği” grafikleri çizilir ve optimum bitüm oranı tayin edilir.

Örnek Marshall Dizayn Grafikleri



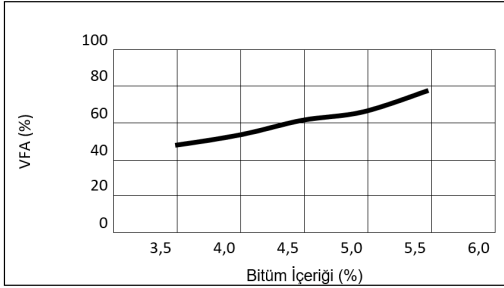
Görsel 7.13: Hava boşluğu - Bitüm içeriği grafiği



Görsel 7.14: Agregalar arası boşluk (VMA) - Bitüm içeriği grafiği

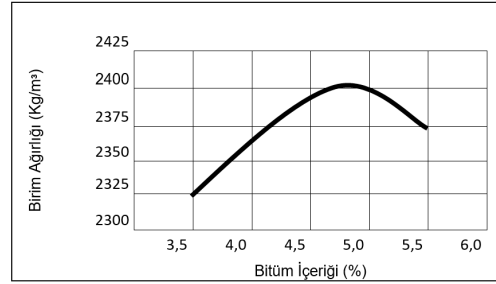
- Hava boşluğu değerleri, bitüm içeriği arttıkça azalır (Görsel 7.13).

- VMA değeri, bitüm içeriği arttıkça önce azalır (daha iyi sıkışma nedeniyle) ancak bir noktadan sonra artmaya başlar (Görsel 7.14). Bunun nedeni ise artan bitümün, taneleri birbirinden itmeye başlamasıdır.



Görsel 7.15: Asfaltla dolu boşluk (VFA) - Bitüm içeriği grafiği

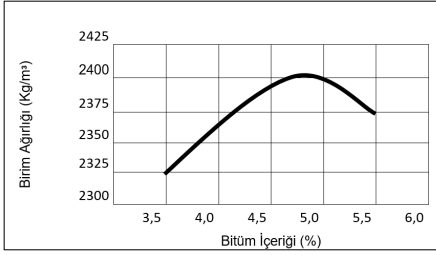
- Asfaltla dolu boşluk (VFA) değeri, bitüm miktarı ile beraber artış gösterir (Görsel 7.15).



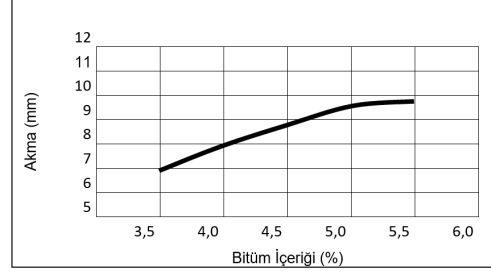
Görsel 7.16: Karışımın birim ağırlığı - Bitüm içeriği grafiği

- Birim ağırlık eğrisi genellikle stabilite eğrisi ile aynı şekilde gözlenir ancak maksimum birim ağırlık, normalde maksimum stabilite değerindeki bitüm içeriğinden yüksek bir bitüm içeriği değerinde gözlenir (Görsel 7.16).




Görsel 7.17: Stabilite - Bitüm içeriği grafiği

- Stabilite değeri bitüm içeriği ile beraber artış göstermekte olup bir noktadan sonra düşüş göstermeye başlar (Görsel 7.17).


Görsel 7.18: Akma-Bitüm içeriği grafiği

- Akma değeri, asfalt içeriği ile beraber artış gösterir (Görsel 7.18).

Optimum Bitüm Oranının Bulunması

Bitümlü sıcak karışımda kullanılması gereken bitümün optimum yani en uygun miktarını bulmak için deney sonrası çizilen grafiklerdeki maksimum yoğunluğa, maksimum stabiliteye, şartname boşluk yüzdesi ortalamasına ve şartname asfalt dolu boşluk yüzdesi ortalamasına karşılık gelen bitüm miktarlarının aritmetik ortalaması alınarak bulunur.

$$\text{Optimum Bitüm Miktarı} = \frac{\text{Max Dp (\%ac)} + \text{Max S (\%ac)} + \text{Ort Vh (\%ac)} + \text{Ort Vf (\%ac)}}{4}$$

Max Dp (%ac): Maksimum yoğunluktaki bitüm yüzdesi

Max S (% ac): Maksimum stabilitedeki bitüm yüzdesi

Ort Vh (% ac): Şartnamede belirtilen boşluk yüzdesine karşılık gelen ortalama bitüm yüzdesi

Ort Vf (%ac): Şartnamede belirtilen asfalt dolu boşluk yüzdesine karşılık gelen ortalama bitüm yüzdesi

Bulunan optimum bitüm değeri aşağıdaki şartları sağlamıyorsa uygun değildir:

- Optimum bitüm oranındaki akma değeri, dizayn kriterindeki sınırlar arasında olmalıdır.
- Optimum bitüm oranındaki VMA (Agrega boşluk hacmi), Tablo 7.3'te belirtilen minimum değerden fazla olmamalıdır.
- Filler/bitüm oranı şartname üst sınırını geçmemelidir.
- Marshall stabilitesi (kg) / akma (mm) oranı 300 ile 400 arasında olmalıdır.

Tablo 7.3: Minumum VMA Değeri

Nominal Dmax (inç)	Mim VMA (%)
1 "	13
3/4 "	14
1/2 "	15
3/8 "	16

Yukarıdaki şartları sağlayan BSK optimum bitüm miktarının şantiyede üretimi için iş yeri karışım formülü hazırlanır. Bu formülde, hangi grup agregadan yüzde kaç oranında kullanılacağı ve 100 kg agregası karışımına ne kadar bitüm katılacağı belirlenir.



7.1.5. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 7.4: Deney Raporu

DENEY RAPOR ÖRNEĞİ							
Yapılacak Tabakanın Tanımlanması:	Bitümlü Temel Tabakası				Deney Standart No.		
	Binder Tabakası						
	Aşınma Tabakası				Rapor No.		
Laboratuvar Adı ve Adresi:							
Numunenin Ait Olduğu İş:							
Dizayn Metodu:			Marshall M.		Superpave	Diğer:	
Kullanılan Agreganın Fiziksel Özelliği:			Malzeme Adı	Filler	İnce Agr.	Kaba Agr.	
			Tane Boyutu	...-...mm)	-.....(mm)	-....(mm)	-... (mm)
			Miktarı	 (g)	 (g)	 (g)	 (g)
Bitüm Miktarı	%3,5	%4,0	%4,5	%5,0	%5,5	%6,0	
	(g)	 (g)	 (g)	 (g)	 (g)	 (g)	
DENEY SONUÇLARI							
Briket No.	Briket Yüksekliği	Kuru Özgöl Ağırlık	DKY Özgöl Ağırlık	Sudaki Özgöl Ağırlık	Stabilite (kg)	Akma (mm)	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
Deney Tarihi ve Saati: ...../.....20..... .. /...			Optimum Bitüm Oranı:				
DENEYİ YAPANLAR							
S.No.	Adı Soyadı	Görevi			İmzası		
1							
2							
DENEY RAPORUNU HAZIRLAYANLAR							
S.No.	Adı Soyadı	Görevi			İmzası		
1							
2							
DENEY RAPORUNU ONAYLAYANLAR							
S.No.	Adı Soyadı	Görevi			İmzası		
1							
2							
Deney ile ilgili açıklamalar:							





DENEY UYGULAMASI – 1


<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21694>

Maksimum 25 mm elekten geçen 22 kg deney numunesi ve 3 kg bitüm temin ediniz. Bu numunelerden bitümlü sıcak karışım kullanarak 15 adet briket yapınız ve Marshall test cihazı ile stabilite ve akma deneylerini yapınız. Sonuçlarınızı örnek deney raporuna işleyin ve kullanılacak malzemenin kriterlere göre en uygun bitümlü karışım dizayn sonucunu belirleyiniz.

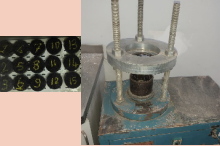
Deney Adı : Marshall Metodu ile Bitümlü Tabaka Sıcak Karışım Dizaynı

Deney Süresi: Numune hazırlığı 30 dakika, etüvde kurutma 16-24 saat, agregaların ve bitümlerin karıştırılma ve kompaktörle sıkıştırılması 3 saat, deney uygulamaları 2 saat.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Isı yalıtımlı eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.	
 Deney araç gereçlerinin ve numunelerinin hazırlanması	Briket Numunelerinin Hazırlanması - Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortamı sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. - Agregayı Tablo 7.1'de belirtilen elek aralıklarında seçiniz ve her bir test numunesi için yaklaşık 1200 g alınız. 15 deney numunesi için oluşabilecek ufak kayıpları da dikkate alarak yaklaşık 22 kg agregası ile 3 litre bitüm hazırlayınız.	
 Numunenin etüvde kurutulması ve elenmesi	Agregaları etüvde 105 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutunuz ve istenen eleklerden kuru yöntem ile eleyiniz (En büyük tane boyutu 25 mm'yi geçmemelidir.).	
 Numunelerin hazırlanması	1200 gramdan oluşan agregası karışımlarını tartarak hazırlayınız. - Deneyde kullanılacak farklı bitüm oranlarında (%4 - %4,5 - %5 - %5,5 ve %6) hazırlanacak her briket için üçer numune, toplamda 15 numune hazırlayınız.	
 Sıcak karışım bitümün hazırlanması	15 kabın içinde bulunan agregası karışımlarını etüvde ısıtınız ve hazırladığınız bitümü de maksimum 170 °C'ye kadar ısıtınız (Bitümü hazırlandıktan sonra karışım sıcaklığında 1 saatten fazla tutmayınız.). - Deneyin bu kısmında ısı yalıtımlı eldiven giyiniz. Kendinize ve çevrenize zarar vermemek için dikkatli olunuz.	

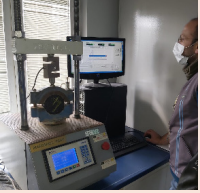


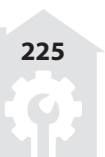


 Numunelerin bitümlü karıştırılması	- Marshall kalıplarını temizleyiniz ve iç yüzeyini az bir şekilde yağlayınız. - Hazırlanan her agreg a numunesini mekanik asfalt karıştırıcıya ayrı ayrı koyunuz ve belirlenen farklı oranlarda hazırlanmış bitümlü karıştırınız. - Her bitümlü karışım yüzdesine sahip olan üçer adet numune hazırlayınız.	
 Karışımın kalıba konulması	- Numuneleri önceden etüv veya su banyosunda 95 °C ile 150 °C ısıtılmış briket numune kalıplarına homojen bir şekilde doldurunuz. - Karışımın kalıp tabanlarına yapışmaması için tabana daire şeklinde filtre kâğıdı yerleştirmeyi unutmayınız ve aynı şekilde üzerine de yapışmayı önleyici filtre kâğıdı koyunuz.	
 Karışımın 25 kez şişlenmesi	- Karışımları, uzatma yakası takılı kalıplar içerisinde etüvde 280±30 °C'ye getiriniz. - İnce bir şiş yardımıyla 25 kez şişleyerek sıkıştırınız. - Şişleme sonrası yakayı çıkarınız ve numune yüzeyini çelik cetvel ile tesviye ediniz.	
 Briketlerin sıkıştırılması	- Hazırlanan briket numune kalıplarına uzatma yakasını takarak kalıpları otomatik Marshall kompaktörüne yerleştiriniz. - Etüv veya su banyosunda 95-150 °C arası ısıtılmış ve her defasında temizlenmiş sıkıştırma tokmağı ile her iki yüzeyine 50 veya 75 darbe vurarak sıkıştırınız (Marshall sıkıştırma aletinde 4,5 kg ağırlığındaki tokmağın, 45 cm yükseklikten kendi ağırlığı ile numunenin üzerine dik düşürülerek sıkıştırma yapmasına dikkat ediniz.).	
 Briketlerin kalıptan çıkartılması	- Marshall briketlerini oda sıcaklığına geldiğinde karışmaması amacıyla tebeşirle numaralandırınız ve numune çıkarıcı ile kalıplarından dikkatlice çıkarınız. - Briketlerin çapaklarını temizleyiniz (Briketler silindirik şeklinde 100 mm çapında ve yaklaşık 64 mm yüksekliğinde olmalıdır.).	
 Numunelerin bekletilmesi	Kalıptan çıkartılan numuneleri dayanım kazanması için 24 saat oda sıcaklığında bekletiniz.	





 Numunenin kuru ağırlığının belirlenmesi	Numunelerinin Özgül Ağırlıklarının Bulunması Kalıptan çıkarılan her briketin havadaki ağırlığını tartınız ve A değeri olarak kaydediniz.	
 Numunenin DKY ağırlığının belirlenmesi	- Briketleri oda sıcaklığında suyun içerisinde 5 dakika bekletiniz. - Sudan çıkardıktan sonra yüzeyinde su kalmayacak şekilde havlu ile kurulayınız ve tartınız. Doygun kuru yüzey ağırlığı (B) olarak kaydediniz.	
 Numunenin sudaki ağırlığının belirlenmesi	- Ardından 25 °C sıcaklığa sahip su içerisine koyunuz. Sudaki ağırlıkları arşimet terazisi ve tel sepet yöntemiyle bulunuz ve C değeri olarak kaydediniz. - İlgili formüller ile her numunenin özgül ağırlığını, boşluk oranını ve bitümle dolu boşluk oranını hesaplayınız.	
 Numunelerin ölçülmesi ve suda bekletilmesi	Marshall Akma ve Stabilite Değerlerinin Bulunması - Marshall briketlerinin yüksekliğini üç farklı yerden kumpas ile ölçünüz ve değerlerin ortalamasını alınız. - Tüm briketleri 60 °C'deki su banyosuna koyunuz ve 30-45 dk. arasında bekletiniz.	
 Numunenin test cihazına koyulması	- Su banyosundan çıkarttığınız numuneyi en geç 30 sn. içerisinde Marshall stabilite test cihazındaki kırma kafasına yerleştiriniz. - Kırma kafası hizalaması ve flowmetre ayarını sıfırlayınız. - Eksenel yönde 51 mm/dk. sabit hızda yük uygulayınız (Deney süresince kırma kafasının sıcaklığını 21- 38 °C arasında tutunuz.).	
 Numunenin testte kırılması	- Her briketin kırılmaya başladığı andaki yük ve deformasyon değerlerini tespit ediniz. - Numunenin 60 °C'deki taşıyabildiği maksimum yük değeri stabilite değerini, bu stabilite değerindeki deplasman değeri ise akma değerini verir. Marshall stabilitesi değerini, numunelerin yüksekliğine göre düzeltiniz (numune yüksekliği 63,5 mm'den farklıysa).	





Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney sonucunun belirlenmesi ve deney raporunun doldurulması	- Testler tamamlandıktan sonra deney sonucu ve hesaplamalara göre grafikleri çizin ve optimum bitüm oranını tayin ediniz. Deney raporunu düzenleyiniz. - Raporunuzda; en ideal bitüm yüzdesini belirlemek için farklı bitüm oranlarında hazırlanan briketlere ait “Hava Boşluğu – Bitüm İçeriği”, “Agregalar Arası Boşluk (VMA) – Bitüm İçeriği”, “Asfaltla Dolu Boşluk (VFA) – Bitüm İçeriği”, “Karışımın Birim Ağırlığı – Bitüm İçeriği”, “Stabilite – Bitüm İçeriği”, “Akma – Bitüm İçeriği” grafiklerine göre optimum bitüm oranını belirleyiniz. - Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

7.2. BİTÜM TEMEL DİZAYNI

Bir veya birden fazla tabaka hâlinde yapılan temel tabakaları; granüler temel, plentmiks temel, çimento bağlayıcılı granüler temel ve trafik yoğunluğu yüksek yollarda bitümlü temel olarak dört farklı tipte inşa edilmektedir.

7.2.1. Bitümlü Temel Tabakası

Bitümlü temel tabakası; kırılmış ve elenmiş kaba agregası, ince agregası ve mineral fillerin belirli gradasyon limitleri (37,5 mm ile 0 mm arasında şartname limitleri) arasında belirli esaslara uygun olarak bitümlü bağlayıcı ile bir plentte karıştırılarak bir veya birden fazla tabaka hâlinde sıcak olarak serilip sıkıştırılmasıyla oluşturulan temel tabakasıdır.

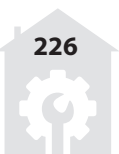
Trafik yoğunluğuna bağlı olarak genellikle 8-18 cm kalınlıklarında uygulanır. Bitümlü temel tabakası, genellikle bağlayıcısız granüler temel üzerine yoğun gradasyonlu bitümlü sıcak karışımın uygulandığı bir tabakadır. Uygulamada kullanılan bitüm içeriği, büyük agregası boyutu ve düşük yüzey alanı nedeniyle üzerindeki tabakalara göre daha az olmaktadır. Ayrıca bitümlü temel karışımları, genellikle serbest drenajın sağlanabilmesi için açık gradasyon ile yapılmalıdır.

Bitümlü temel tabakasında bitümlü bağlayıcı olarak **TS 1081 EN 12591** standardına uygun 40/60, 50/70 veya 70/100 penetrasyonlu bitüm kullanılmalıdır. Bitümlü temelin karışım tasarımı **TS 3720** (Bitümlü Kaplama Karışımlarının Hesap Esasları) standardına göre Marshall yöntemi kullanılarak yapılmalıdır.

7.2.2. Bitümlü Temel Tasarım Dizayn Ölçütlerinin Listelenmesi

Bitümlü temel dizaynında Marshall yöntemi kullanılarak Tablo 7.2’de belirtilen dizayn kriterleri esas alınacaktır. Üretilcek farklı her karışım dizaynı için uygulamanın başlangıcında iş yeri karışım formülü hazırlanmalıdır.

İş Yeri Karışım Formülü: Laboratuvar karışım dizaynına göre plentte üretilen bitümlü sıcak karışımın fiziksel özelliklerinin dizayn kriterlerine uygunluğunun tespiti ve sıkışma kontrolüne esas olan yoğunluk tayinleridir.





Laboratuvar karışım dizaynına uygun olarak plentte üretilen bitümlü temel karışımı ile şantiye laboratuvarında **TS EN 12697-30**'a uygun olarak en az altı Marshall briketi hazırlanmalıdır. Marshall briketleri Tablo 7.5'te verilen proje dizayn kriterlerini sağlamalıdır.

Tablo 7.5: Bitümlü Temel Tabakası İçin Dizayn Kriterleri

ÖZELLİKLER	MINİMUM	MAKSİMUM	DENEY STANDARDI
Briket yapımında uygulanacak darbe sayısı	75		TS EN 12697-30
Marshall stabilitesi (kg)	600	-	TS EN 12697-34
Boşluk (%)	4	6	TS EN 12697-8
Bitümle dolu boşluk VFA (%)	55	75	TS EN 12697-8
Agregalar arası boşluk VMA (%)	12	14,5	TS EN 12697-8
Akma (mm)	2	5	TS EN 12697-34
Bitüm (ağırlıkça %)	3,0	5,5	TS EN 12697-1
Sudan kaynaklanan bozulmalara karşı direnci, indirekt çekme mukavemeti İÇM (%)	80	-	AASHTO T283

- İş yeri karışım yoğunluğu tayini için altı tane Marshall briketinin yoğunluğunun ortalaması alınmalıdır. Sonucu bulunan yoğunluk değeri ile dizayn yoğunluk değerinin farkı $\pm\%10$ sınıır değerlerini geçmemelidir.
- Agrega ve bitüm, iş yeri karışım formülünde belirtilen oranlarda harman tipi karıştırma (batch tipi) prensibi ile çalışan plentte homojen olarak karıştırılmalıdır.
- Plentte iş yeri karışım formülüne göre üretilecek malzemenin plent karışım sıcaklıkları, bitüm ve agrega için Tablo 7.6'da verilen sınır değerlere göre uygulanmalıdır.
- Plentten çıkan karışımın sıcaklığı Tablo 7.7'de ve karışımın minimum serim sıcaklıkları Tablo 7.8'de belirtildiği gibi olmalıdır.

Tablo 7.6: Malzemelerin Plentte Karıştırma Sıcaklıkları

Bitümlü Bağlayıcı Tipi	Bitüm		Agrega	
	Min.(°C)	Max. (°C)	Min.(°C)	Max. (°C)
AC 40/60, AC 50/70 ile hazırlanan karışım	145	160	150	165
AC 70/100 ile hazırlanan karışım	140	155	145	160
Not: Agreganın sıcaklığı ile bitümün sıcaklığı arasındaki fark 15 °C'den fazla olmayacaktır.				

Tablo 7.7: Plentten Çıkan Karışımın Sıcaklığı

Hava Sıcaklığı (gölgede) °C	5-15	15,1- 30	30'dan fazla
Karışım Sıcaklığı °C	Min.155	Min.145	Min.140

- Bitümlü temel inşaat genel olarak 1 Nisan - 30 Kasım tarihleri arasında yapılmalı; bitümlü temelin üzeri hiçbir şekilde açık bırakılmamalı ve en az binder tabakası ile kaplanacak şekilde düzenlenmelidir (Tablo 7.8).



Tablo 7.8: Bitümlü Temel Tabakasına Ait Serme Sıcaklıkları

Sıkıştırılmış Tabaka Kalınlığı	50 – 75 mm	> 75 mm
Yol Yüzeyi Sıcaklığı °C	Minimum Serim Sıcaklığı °C	
< 5	Serim yapılmamalıdır.	Serim yapılmamalıdır.
5 – 9,9	141	135
10 – 14,9	138	132
≥ 15	135	130



Hava sıcaklığı gölgede ve herhangi bir suni ısıdan uzakta 5 °C veya 5 °C'nin altına düşmeye başladığı zaman yağmur veya kar yağıyorsa yolun üzerinde su, buz veya kar mevcut ise bitümlü temel imalatı yapılmamalıdır.

Bitümlü temel tabakası imalatında agrega; kaba agrega, ince agrega ve mineral filleri içeren en az üç ayrı tane grubunun düzgün bir derecelenme verecek şekilde belli oranlarda karıştırılmasından oluşturulmalıdır. Karışım agreganın gradasyonu, Tablo 7.9'da verilen gradasyon limitlerinden birine uymalıdır.

Tablo 7.9: Bitümlü Temel Tabakası İçin Gradasyon Limitleri

Elek Boyu-mm (inç No.)	Tip-A	Tip-B
Kaba Agrega	37,5 (11/2")	100
	25 (1")	72-100
	19 (3/4")	60-90
	12,5 (1/2")	50-78
	9,5 (3/8")	43-70
	4,75 (No.4)	30-55
İnce Agrega	2,00 (No.10)	18-42
	0,425 (No.40)	6-21
Filler	0,180 (No.80)	2-13
	0,075 (No.200)	0-7



Kaba agrega; kırmataş, kırma çakıl veya bunların karışımından oluşmalı ve Tablo 7.10'da verilen özelliklerde olmalıdır. Ayrıca **BS 812**'ye göre test edildiğinde yassılık indeksi %30'dan fazla olmamalı, taneler kübik ve köşeli olmalıdır.



Tablo 7.10: Bitümlü Temel Tabakasında Kullanılan Kaba Agreganın Özellikleri

DENEY ADI	ŞARTNAME LİMİTLERİ	DENEY STANDARDI
Parçalanma Direnci (Los Angeles) %	≤ 30	TS EN 1097-2 AASHTO T 96
Aşınma Direnci (Mikro-Deval) %	≤ 25	TS EN 1097-1
Hava Tesirine Karşı Dayanıklılık ($MgSO_4$ ile kayıp) %	≤ 18	TS EN 1367-2
Kırılmışlık (Ağırlıkça) %	≥ 95	TS EN 1367-2
Su Emme %	$\leq 2,5$	TS EN 1097-6
Yassılık İndeksi %	≤ 25	TS EN 933-3
Soyulma Mukavemeti %	≥ 60	TS EN 12697-11
Kil Toprağı ve Dağılabilen Tane Oranı %	$\leq 0,3$	ASTM C – 142 AASHTO T 112

- Karışımında kullanılacak doğal kum, Tablo 7.11’de belirtilen ince agrega özelliklerine sahip olmalıdır. Miktarı ise karışımdan istenilen stabilite, akma ve boşluk değerlerini sağlayacak şekilde tespit edilmelidir.

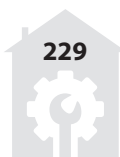
Tablo 7.11: İnce Agreganın Özellikleri

ÖZELLİKLER	ŞARTNAME LİMİTLERİ	DENEY STANDARDI
Plastisite İndeks, %	2	TS - 1900-1
Su Emme %	$\leq 2,5$	TS EN 1097-6
Organik Madde (%3 NaOH ile)	Negatif	TS EN 1744-1
Metilen Mavisi, g/kg (İnce agrega için) (Magmatik agrega için)	$\leq 2,5$ $\leq 3,5$	TS EN 933-9

- Bitümlü temel tabakasının yapımı için agregaya ilave edilmek suretiyle hazırlanacak karışımında bitümlü bağlayıcı olarak **TS EN 12591** standardına uygun 40/60 penetrasyonlu bitüm, 50/70 penetrasyonlu bitüm veya 70/100 penetrasyonlu bitüm kullanılmalıdır.
- Astar malzemesi olarak **TS EN 15322** standardına uygun, Fm2B2, Fm2B3 ile **TS EN 13808** standardına uygun C60B9-3, C60B9-4 ve C60B9-5 malzemelerinden biri kullanılmalıdır.
- Yapıştırıcı olarak **TS EN 13808** standardına uygun C60B2-3, C60B2-4, C60B2-5, C65B2-3, C65B2-4 ve C65B2-5 malzemelerinden biri kullanılmalıdır.

7.3. BİNDER TABAKASI DİZAYNI

Bitümlü temel veya granüler temeller üzerine uygulanan ve orta tabaka olan binder tabakası genellikle 6-8 cm kalınlıklarda bitümlü sıcak karışım olarak yapılır. Bu tabakanın, stabilitesinin ve durabilitesinin yüksek olması gerekir. Ancak aşınma tabakasına göre bitüm içeriği daha düşük dizayn edilir.





7.3.1. Binder Tabakası

Genellikle aşınma ve bitümlü temel tabakaları arasında bağlayıcı bir tabaka olarak fonksiyon görmektedir. Bu tabakanın dizaynında; kırılmış ve elenmiş kaba agregası, ince agregası ve mineral fillerin belli gradasyon limitleri (25 mm ile 0 mm arasında şartname limitleri) arasında uygun bitümlü bağlayıcıyla karıştırılması esas alınır.

7.3.2. Bitümlü Karışım Binder Tabakası Dizayn Ölçütlerinin Listelenmesi

Binder tabakası dizaynında Marshall yöntemi kullanılarak Tablo 7.12'de belirtilen dizayn kriterleri esas alınmalıdır. Uygulanma aşamasında iş yeri karışım formülünde miktarı belirlenen malzemeler plentte hazırlanarak temel tabakalarına, diğer bitümlü kaplamalara ve beton kaplamalar üzerine bir veya birden fazla tabakalar hâlinde sıcak olarak uygulanır.

Tablo 7.12: Bitümlü Karışım Binder Tabakası İçin Dizayn Kriterleri

ÖZELLİKLER	MİNİMUM	MAKSİMUM	DENEY STANDARDI
Briket yapımında uygulanacak darbe sayısı	75		TS EN 12697-30
Marshall stabilitesi (kg)	750	-	TS EN 12697-34
Boşluk (%)	4	6	TS EN 12697-8
Bitümle dolu boşluk VFA (%)	60	75	TS EN 12697-8
Agregalar arası boşluk VMA (%)	13	15	TS EN 12697-8
Filler/Bitüm oranı	-	1,4	
Akma (mm)	2	4	TS EN 12697-34
Bitüm (ağırlıkça %)	3,5	6,5	TS EN 12697-1

- Binder tabakasının uygulamalarında, farklı her karışım dizaynı için imalatın başlangıcında iş yeri karışım formülü Tablo 7.15'teki dizayn kriterlerine göre hazırlanmalıdır.
- Binder tabakası için agregası kırma taş, kırılmış çakıl veya bunların karışımından oluşmalı; karışımın gradasyon limitleri Tablo 7.13'te verilen değerlerde olmalı ve ağırlıkça % olarak uygulanmalıdır. Kullanılacak granülometri sınırları içindeki agregası karışımı, kabadan inceye doğru muntazam bir derecelenme göstermeli ve herhangi bir elekte üst sınırdaki olan bir malzeme, bunu takip eden elekte alt sınırdaki seyretmemelidir.

Tablo 7.13: Agregası Karışımının Gradasyon Limitleri

	ELEK BOYU mm (inç)	% GEÇEN
Kaba Agregası	25 (1")	100
	19 (3/4")	80 - 100
	12,5 (1/2")	58 - 80
	9,5 (3/8")	48 - 70
	4,75 (No.4)	30 - 52
İnce Agregası	2,00 (No.10)	20 - 40
	0,425 (No.40)	8 - 22
Filler	0,180 (No.80)	5 - 14
	0,075 (No.200)	2 - 7



- Binder tabakalarının yapımı için agregaya ilave edilmek suretiyle hazırlanacak karışımda, bitümlü bağlayıcı olarak **TS EN 12591** standardına uygun 40/60, 50/70 ve 70/100 penetasyonlu bitüm ve “Bitümlü Bağlayıcılar” limitlerine uygun polimer modifiye bitüm kullanılmalıdır.
- Astar malzemesi olarak **TS EN 15322** standardına uygun Fm2B2, Fm2B3; **TS EN 13808** standardına uygun C60B9-3, C60B9-4, C60B9-5 malzemelerinden biri kullanılmalıdır.
- Yapıştırıcı olarak **TS EN 13808** standardına uygun C60B2-3, C60B2-4, C60B2-5, C65B2-3, C65B2-4, C65B2-5 malzemelerinden biri kullanılmalıdır.
- İş yeri karışım formülüne göre hazırlanan malzemelerin plentte karıştırma sıcaklığı Tablo 7.14’te, plentten çıkan karışımın sıcaklığı Tablo 7.15’te, binder tabakasına ait serme sıcaklıkları Tablo 7.16’da verilen sınır değerleri dikkate alınarak uygulanmalıdır.

Tablo 7.14: Malzemelerin Plentte Karıştırma Sıcaklıkları

Bitümlü Bağlayıcı Tipi	Bitüm		Agrega	
	Min.(°C)	Max. (°C)	Min.(°C)	Max. (°C)
AC 40/60, AC 50/70 ile hazırlanan karışım	145	160	150	165
AC 70/100 ile hazırlanan karışım	140	155	145	160
Not: Agreganın sıcaklığı ile bitümün sıcaklığı arasındaki fark 15 °C’den fazla olmayacaktır.				

Tablo 7.15: Plentten Çıkan Karışımın Sıcaklığı

Hava Sıcaklığı (gölgede) °C	5-15	15,1- 30	30’dan fazla
Karışım Sıcaklığı °C	Min.155	Min.145	Min.140

Tablo 7.16: Bitümlü Karışım Binder Tabakasına Ait Serme Sıcaklıkları

Sıkıştırılmış Tabaka Kalınlığı	<50 mm	50 – 75 mm	> 75 mm
Yol Yüzeyi Sıcaklığı °C	Minimum Serim Sıcaklığı °C		
< 5	Serim yapılmamalıdır.	Serim yapılmamalıdır.	Serim yapılmamalıdır.
5 – 9,9	Serim yapılmamalıdır.	141	135
10 – 14,9	146	138	132
≥ 15	141	135	130

- Binder tabakasının iklim olarak uygulanma zamanı ve en düşük hava sıcaklıkları, bitümlü temel tabakanın uygulanma esaslarıyla aynı uygulamaları içermektedir.

7.4. AŞINMA TABAKASI DİZAYNI

Aşınma tabakası, asfalt betonu binder tabakası üzerine yapılan ve trafiğin doğrudan temas ettiği tabakadır. Genellikle 5 cm kalınlığında asfalt betonu olarak uygulanmaktadır. Aşınma tabakası trafiğin akışı için düzgün ve pürüzsüz bir yuvarlanma yüzeyi oluşturmalıdır. Trafik yükleri nedeniyle oluşan basınç ve çekme gerilmelerinin en yüksek düzeyde olması nedeniyle daha yüksek elastisite modülüne sahip olmalıdır. Trafiğin aşındırma etkilerine karşı koymak, yapıya sıızan yüzeysel su miktarını ve diğer tabakalara iletilen kayma gerilmelerini azaltmak amacıyla inşa edilir.





7.4.1. Aşınma Tabakası

Aşınma tabakasının yapılma amacı; bitmiş yol yüzeyinin konfor ve güvenlik içinde yeterli sürtünme katsayısına sahip trafik ve dış etkilere karşı dayanımı yüksek koruyucu kaplama oluşturmaktır.

Genellikle binder tabakası üzerine finişerle serim yapıldığında bitüm tabakasının homojen olarak yüzeye serilmesi sağlanır. Konfor tabakası olarak da isimlendirilen bu tabaka; tekerlek izi oturmalarına, yüzeysel çatlaklara, güvenli sürtünmeye dayanıklı olmalı ve gürültünün en altlara indirilmesini sağlamalıdır.

7.4.2. Bitümlü Karışım Aşınma Tabakası Dizayn Ölçütlerinin Listelenmesi

Marshall yöntemi kullanılarak aşınma tabakası dizaynında Tablo 7.17'de belirtilen dizayn kriterleri esas alınmalıdır. Bu tabaka dizaynında kırılmış ve elenmiş kaba agregası, ince agregası, mineral filler ve TİP-3 çok ince aşınma tabakası mineral agregası dahil en az dört ayrı tane grubunun belli oranlarda karıştırılması ve oluşturulan malzemenin uygun bitümlü bağlayıcı ile karıştırılması esas alınır.

Kullanılan malzemelere göre üç farklı uygulama şekli bulunmaktadır. Bunlar:

- **Aşınma Tabakası Tip 1** (19 mm ile 0 mm arası tane büyüklüğünde agregası kullanılan)
- **Aşınma Tabakası Tip 2** (12,5 mm ile 0 mm arası tane büyüklüğünde agregası kullanılan)
- **Aşınma Tabakası Tip 3** (9,5 mm ile 0 mm arası tane büyüklüğünde agregası kullanılan)

Asfalt betonunda kullanılacak her tür mineral agregası ve bitümlü bağlayıcı için gereken tüm deneyler laboratuvar karışım dizaynı hazırlanmadan önce tamamlanmış olmalıdır.

Tablo 7.17: Bitümlü Karışım Aşınma Tabakası İçin Dizayn Kriterleri

ÖZELLİKLER	AŞINMA TİP - 1 , TİP - 2		AŞINMA TİP - 3		Deney Standardı
	Min.	Max.	Min.	Max.	
Briket yapımında uygulanacak darbe sayısı	75		75		TS EN 12697-30
Marshall stabilitesi (kg)	900	-	400	-	TS EN 12697-34
Boşluk (%)	3	5	5	12	TS EN 12697-8
Bitümle dolu boşluk VFA (%)	65	75	-	-	TS EN 12697-8
Agregalar arası boşluk VMA (%)	14	16	-	-	TS EN 12697-8
Filler/Bitüm oranı	-	1,5	-	-	
Akma (mm)	2	4	2	4	TS EN 12697-34
Bitüm (ağırlıkça %)	4,0	7,0	5,0	8,0	TS EN 12697-1
Tekerlek izinde oturma Max % (30.000 devirde, 60 °C'de)	8		-		TS EN 12697-22
Tekerlek izinde oturma Max % (3.000 devirde, 60 °C'de 5 cm kalınlığında numune)	-		7		TS EN 12697-22

- Aşınma tabakasının uygulamalarında, her farklı karışım dizaynı için imalatın başlangıcında iş yeri karışım formülü Tablo 7.17'deki dizayn kriterlerine göre hazırlanmalıdır.





- Aşınma tabakası iş yeri karışım yoğunluğu tayini için en az altı Marshall briketi yoğunluğunun ortalaması alınmalıdır. İş yeri karışım formülü sonucu bulunan yoğunluk değeri, dizayn yoğunluk değerinin $\pm\%10$ sınır değerlerinde olmalıdır. Bulunan yoğunluk değeri uygulamada sıkışma kontrolünde esas değer olarak alınmalıdır.
- Karışımın agrega gradasyonu, aşınma tabakası için Tablo 7.18'de verilen limitler içinde olmalıdır. Agrega en az üç tane gruba hâlinde hazırlanmalıdır. Aşınma tabakasında kullanılacak agrega tane çapı en fazla 19 mm olmalıdır.

Tablo 7.18: Agrega Karışımının Gradasyon Limitleri

ELEK BOYU mm (inç)	TİP-1	TİP-2	TİP-3 (Çok İnce Aşınma)
19 (3/4")	100		
12,5 (1/2")	88 - 100	100	100
9,5 (3/8")	72 - 90	80 - 100	90 - 100
6,0 (1/4")	-	-	25 - 33
4,75 (No.4)	42 - 52	55 - 72	23 - 31
2,00 (No.10)	25 - 35	36 - 53	20 - 27
0,425 (No.40)	10 - 20	16 - 28	12- 18
0,180 (No.80)	7 - 14	8 - 16	-
0,075 (No.200)	3 - 8	4 - 8	7 - 11

- Tip-3 çok ince aşınma tabakası; kaymaya karşı direnci artırmak ve kaplamaya su girişini önlemek amacıyla en fazla 6 mm, tekerlek izi oluşmuş mevcut bitümlü sıcak karışım tabakaları üzerine ise 25-30 mm kalınlıkta uygulanmalıdır. Tip-3 çok ince aşınma tabakası yeni yapım ve takviye olacak esnek üstyapılarda aşınma tabakası olarak kullanılır.
- Gradasyon değerlerini bulmak için yapılacak elek analizleri **ASTM C-136**, **ASTM C-117**'ye (**TS EN 933-1**) uygun olarak yapılmalıdır.
- Aşınma tabakasında zorunlu sebepler yüzünden cilalanma değeri en az 40 olan agregalar kullanılabilir. Bu durumda, kaymaya karşı direnci artırmak için Tablo 7.22'de verilen kriterleri sağlayan ve cilalanma değeri en az 50 olan, 1-3 mm boyutlarında magmatik kökenli pürüzlendirme malzemesi uygulanmalıdır.
- Pürüzlendirme malzemesi, karışım serildikten ve silindire ilk pas yapıldıktan sonra miktarı 1,5-2,0 kg/m² olacak şekilde tabakanın üzerine homojen olarak serilmelidir. Agreganın miktarını tam olarak uygulamak ve homojen dağıtılmasını sağlamak amacıyla silindire monte edilmiş mıcır yayma sistemi kullanılır.
- Tip-3 çok ince aşınma tabakası agregasının cilalanma değeri, en az 50 ve aşınma kaybı en fazla %25 olmalı, diğer özellikleri Tablo 7.19'daki limitlere uygun olmalıdır.
- Kaba agregada aranan fiziksel ve mekanik özellikler Tablo 7.19'da verilmektedir.



Tablo 7.19: Kaba Agreganın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

DENEY ADI	ŞARTNAME LİMİTLERİ		DENEY STANDARDI
	BİNDER	AŞINMA	
Parçalanma Direnci (Los Angeles) %	≤ 30	≤ 27	TS EN 1097-2 AASHTO T 96
Aşınma Direnci (Mikro-Deval) %	≤ 25	≤ 20	TS EN 1097-1
Hava Tesirine Karşı Dayanıklılık (MgSO ₄ ile kayıp) %	≤ 18	≤ 16	TS EN 1367-2
Kırılmışlık (Ağırlıkça) %	≥ 95	≥ 95	TS EN 1367-2
Su Emme %	≤ 2,5	≤ 2,0	TS EN 1097-6
Yassılık İndeksi %	≤ 30	≤ 25	BS 812
	≤ 25	≤ 20	TS EN 933-3
Cilalanma Değeri %	≥ 35	≥ 50	TS EN 1097-8
Soyulma Mukavemeti %	≥ 60	≥ 60	TS EN 12697-11
Kil Toprağı ve Dağılabilen Tane Oranı %	≤ 0,3	≤ 0,3	ASTM C – 142 AASHTO T 112

- Kaba agregaya yassılık indeksi, Tablo 7.19'da verilen limitten fazla olmamalı. Taneler kübik ve keskin köşeli olmalıdır.
- Mineral filler düzgün bir gradasyona sahip olmalıdır. Tanelerin şekli yassı, düz ve uzun olmalıdır.
- Aşınma tabakalarının yapımı için agregaya ilave edilmek suretiyle hazırlanacak karışımda bitümlü bağlayıcı olarak **TS EN 12591** standardına uygun 40/60, 50/70 ve 70/100 penetasyonlu bitüm ve "Bitümlü Bağlayıcılar" limitlerine uygun polimer modifiye bitüm kullanılmalıdır. Tip-3 çok ince aşınma tabakasında **TS EN 12591**'e uygun polimer modifiye bitümler kullanılmalıdır.
- Astar malzemesi olarak **TS EN 15322** standardına uygun Fm2B2, Fm2B3; TS EN 13808 standardına uygun C60B9-3, C60B9-4, C60B9-5 malzemelerinden biri kullanılmalıdır.
- Yapıştırıcı olarak **TS EN 13808** standardına uygun C60B2-3, C60B2-4, C60B2-5, C65B2-3, C65B2-4, C65B2-5 malzemelerinden biri kullanılmalıdır.
- Tip-3 ince aşınma tabakasında yapıştırıcı olarak modifiye emülsiyon ya da modifiye bitüm kullanılmalıdır.

İş yeri karışım formülüne göre hazırlanan malzemelerin plentte karıştırma sıcaklığı Tablo 7.20'de, plentten çıkan karışımın sıcaklığı Tablo 7.21'de, aşınma tabakasına ait serme sıcaklıkları Tablo 7.22'de verilen sınır değerleri dikkate alınarak uygulanmalıdır. Karışımda modifiye bitüm kullanıldığı zaman imalat sıcaklıkları "Bitümlü Bağlayıcılarda" belirtildiği şekilde olmalıdır.

Tablo 7.20: Malzemelerin Plentte Karıştırma Sıcaklıkları

Bitümlü Bağlayıcı Tipi	Bitüm		Agrega	
	Min.(°C)	Max. (°C)	Min.(°C)	Max. (°C)
AC 40/60, AC 50/70 ile hazırlanan karışım	145	160	150	165
AC 70/100 ile hazırlanan karışım	140	155	145	160
Not: Agreganın sıcaklığı ile bitümün sıcaklığı arasındaki fark 15 °C'den fazla olmayacaktır.				





Tablo 7.21: Plentten Çıkan Karışımın Sıcaklığı

Hava Sıcaklığı (gölgede) °C	5-15	15,1- 30	30'dan fazla
Karışım Sıcaklığı °C	Min.155	Min.145	Min.140

Tablo 7.22: Bitümlü Karışım Aşınma Tabakasına Ait Serme Sıcaklıkları

Sıkıştırılmış Tabaka Kalınlığı	<50 mm	50 – 75 mm	> 75 mm
Yol Yüzeyi Sıcaklığı °C	Minimum Serim Sıcaklığı °C		
< 5	Serim yapılmamalıdır.	Serim yapılmamalıdır.	Serim yapılmamalıdır.
5 – 9,9	Serim yapılmamalıdır.	141	135
10 – 14,9	146	138	132
≥ 15	141	135	130

- Aşınma tabakasının iklim olarak uygulanma zamanı ve en düşük hava sıcaklıkları, bitümlü temel tabakanın uygulanma esaslarıyla aynı uygulamaları içermektedir.





ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME - 7

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıda verilen uygulamalardan hangisi yol güzergâhında en üst katman olarak uygulanır?

- A) Aşınma tabakası
- B) Binder tabakası
- C) Bitümlü temel tabakası
- D) Plent- Mix temel tabakası
- E) Alt temel tabakası

2. Karışımların dizayn edilmesinde aşağıda verilenlerden hangisi istenen fiziksel ve mekanik özelliklerden biri değildir?

- A) Esneklik
- B) İşlenebilirlik
- C) Porozite
- D) Durabilite
- E) Stabilite

3. Marshall metodunda her bir test numunesi için kullanılacak agrega miktarı ne kadar olmalıdır?

- A) 600 g
- B) 800 g
- C) 1000 g
- D) 1200 g
- E) 1400 g

4. Kalıptan çıkartılan briketlerin Marshall test cihazına konulmadan su banyosunda bekletilme ısısı ve süresi ne kadar olmalıdır?

- A) 90 °C'de en fazla 5 dk.
- B) 70 °C'de en az 10 dk.
- C) 60 °C'de en az 30 dk.
- D) 40 °C'de en fazla 20 dk.
- E) 25 °C'de en az 60 dk.

5. Marshall dizayn test cihazıyla aşağıdaki değerlerden hangisi elde edilir?

- A) Hacim sabitliği - Stabilite
- B) Özgül ağırlık - Stabilite
- C) Birim ağırlık - Stabilite
- D) Akma - Stabilite
- E) Boşluk - Stabilite

6. Bitümlü temel kaplamasının ülkemizde uygulanma sezonu aşağıdakilerden hangisidir?

- A) 1 Mart - 30 Eylül
- B) 1 Nisan - 30 Kasım
- C) 1 Mayıs - 30 Aralık
- D) 1 Haziran - 30 Ağustos
- E) 1 Şubat - 30 Ekim

7. Binder tabakası uygulama yüksekliği maksimum ne kadar olmalıdır?

- A) 8 cm
- B) 10 cm
- C) 15 cm
- D) 18 cm
- E) 25 cm

8. Marshall stabilite ve akma deneyi yapılırken test cihazının kırma kafası sıcaklığı ne kadar olmalıdır?

- A) 21-38 °C
- B) 35-45 °C
- C) 40-58 °C
- D) 55-70 °C
- E) 90-100 °C

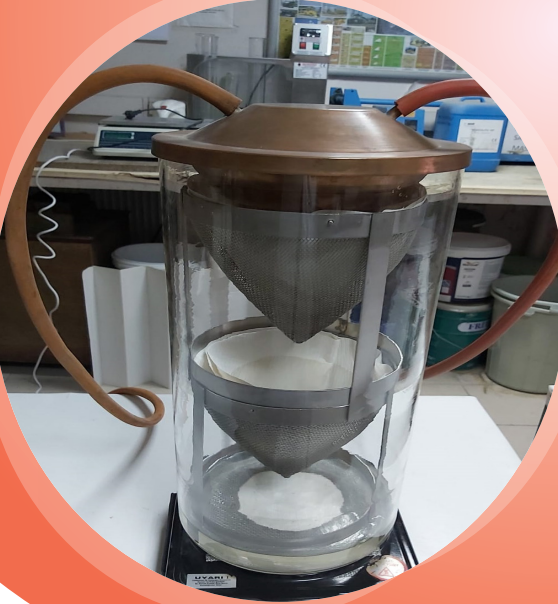
9. Su banyosundan çıkartılan numunenin Marshall stabilite aleti kırma kafasına yerleştirme süresi maksimum ne kadar olmalıdır?

- A) 10 sn.
- B) 30 sn.
- C) 60 sn.
- D) 90 sn.
- E) 120 sn.

10. Aşınma tabakasında kullanılan agreganın maksimum tane boyutu ne kadar olmalıdır?

- A) 9,5 mm
- B) 12,5 mm
- C) 19 mm
- D) 25 mm
- E) 37,5 mm





8. Öğrenme Birimi

TABAKALARDA DENEYLER

KONULAR

- 8.1. Tabakalarda Özgül Ağırlık
- 8.2. Laboratuvar Yoğunluğu
- 8.3. Tabakalarda Boşluk Miktarı
- 8.4. Ekstraksiyon Deneyi

- 8.5. Tabakalarda Elek Analizi
- 8.6. İş Yeri Karışımı
- 8.7. Asfalt Plentlerinin Ayarlaması

KAVRAMLAR

- Tabaka Deneyleri
- Laboratuvar Yoğunluğu
- Ekstraksiyon
- Refluks Ekstraktör
- İş Yeri Karışımı
- Plent



8. TABAKALARDA DENEYLER

Bitümlü sıcak karışımlar (BSK) ile elde edilen aşınma, binder ve bitümlü temel tabakaları; esnek kaplamanın üst kısmında yer almaktadır. Kaplamanın üst kısmında olmaları sebebi ile gerilmelere, deformasyonlara ve çevresel etkilere daha fazla maruz kaldıkları için temel ve alt temel tabakalarına göre daha kararlı ve dayanıklı olmak zorundadır. Beklenen tüm fonksiyonların sağlanabilmesi için bitüm bağlayıcı tabakaların daha kaliteli ve daha mukavemetli olması gerekir.

Bitümlü kaplamalar, laboratuvarda çok iyi tasarlanıp bileşenlerin dizaynı kusursuz hesaplanırsa bile uygulama aşamalarında çeşitli sorunlarla karşılaşılabilir. Üstelik laboratuvar ortamında bile agrega köşeliliği ve gradasyonu gibi faktörler tam olarak kontrol altına alınamamaktadır. Uygulama sırasında inşaat araçlarından, işçilikten veya hava koşullarının zorluğundan kaynaklanan problemler oluşabilmektedir.

BSK'nin homojenliği, bileşenlerinin (bitüm, agregalar, katkı maddeleri ve hava boşlukları) dağılımına bağlıdır. Bunların arasında agrega dağılımı, homojenliği belirlemede önemli bir rol oynar çünkü diğer üç bileşenin bitümlü sıcak karışım içerisindeki durumu genellikle agrega dağılımı tarafından belirlenir.

Tabaka deneyleri, bitümlü sıcak karışımın yol güzergâhına uygulanması esnasında yapılan deneyleri kapsamaktadır. Bu deney sonuçlarına göre laboratuvar dizaynında iş yeri karışım oranları ile tasarlanan karışımın uygulamada sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

Uygulama sahasında günlük olarak yapılan kalite kontrolü son derece önemlidir. Günlük test sonuçlarının bazılarının kabul edilemez olması durumunda, hatalı uygulanan bitümlü tabakanın yerinden sökülmesi gerekebilir. Sökme işlemi zahmetlidir. Sökme işlemi zahmetli olmasının yanında maddi kayba ve zaman kaybına da sebep olmaktadır. Bu gibi olumsuz durumlarla karşılaşmamak için;

- Her gün en az iki kez serim sırasında finişerin arkasından numuneler alınarak "Bitümlü Kaplama Karışımlarında Bitüm Miktarı Tayini (Ekstraksiyon)" ve "Ekstrakte Edilmiş Agreganın Gradasyonunun Tayini (Elek Analizi)" deneyleri yapılmalıdır.
- Sıkıştırma değerlerini hesaplamak amacı ile her tabakanın başlangıcından itibaren en az 400 m²'de bir, deneme kesimi yapılmalıdır.
- Gelişigüzel seçilmiş en az üç noktadan ikişer adet, 15 cm çapında karot numuneleri alınarak yoğunluk bulunmalıdır.



Karotlar, kaplama birkaç gün soğuduktan sonra alınmalıdır. Karot numuneleri alımı için yaz aylarında sabah erken veya akşam üzeri uygun zaman aralıklarıdır.

8.1. TABAKALARDA ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ (ASTM D-2726, AASHTO T166)

Yerine yerleştirilmiş ve sıkıştırılmış BSK'den alınan karot numunelerden veya deneme kesiminden elde edilen numunelerin, kütle özgül ağırlıkları bulunur. Daha önce dizayn aşamasında bulunan değerler ile karşılaştırılarak tabakanın sıkışma yüksekliği, agrega gradasyonu, kullanılan bitüm içerikleri ve uygulama sırasındaki segregasyon hakkında değerlendirme yapılır.

BSK dizaynı ve tabaka kontrolü sırasında, özgül ağırlıklarını belirlemek için farklı birçok laboratuvar deneyi yapılmaktadır. En çok uygulanan, Arşimet terazisi (tel sepet) yöntemi ile karot numunesinde özgül ağırlık tespiti yapılmasıdır.

Özgül ağırlık ve yoğunluk deneylerinde kullanılacak terimler ve kısaltmaları Tablo 8.1'de verilmektedir.





Tablo 8.1: Bitümlü Karışımlar İçin Hacimsel Özellikler

Başlangıçtaki Büyük Harf	İlk Alt Simge (Küçük Harf)	İkinci Alt Simge (Küçük Harf)
G : Özgül Ağırlık (Specific Gravity)	a : Hava (Air)	a : Absorbe olan (Absorbed) -Bitüm için
M : Kütle (Mass)	b : Bitüm (Binder)	a : Görünür (Apparent) - Agrega için
V : Hacim (Volume)	s : Agrega (Stone)	b : Birim hacim / Toplam hacim (Bulk)
P : Yüzde (Percent)	m : Karışım (Mix)	e : Efektif (Effective)
		m : Maksimum (Maximum)
Bitümlü Karışımlarda Örnek Özgül Ağırlık Sembolleri		
Gsb : Agrega Hacim Özgül Ağırlığı	Gmm : Karışım Teorik (Maks.) Özgül Ağırlık	
Gsa : Agrega Görünür Özgül Ağırlık	Gmb : Karışım Birim Hacim Özgül Ağırlık	
Gse : Agrega Efektif Özgül Ağırlık	Gb : Bitümün Özgül Ağırlığı	

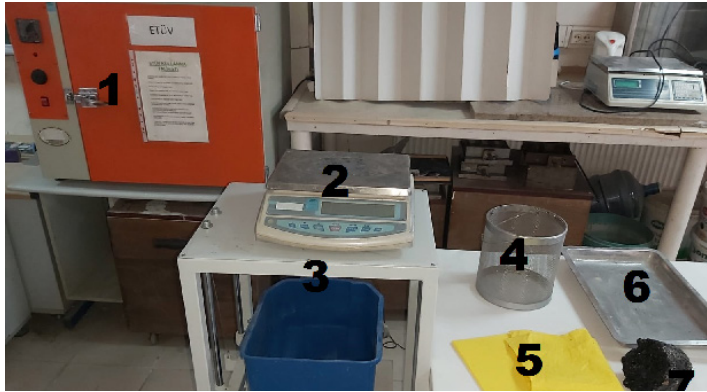
Tabloya göre;

- Başlangıçta bir büyük harf ile özellik tanımlanır,
- İlgili malzemeyi tarifleyen bir alt simge küçük harf ile ortaya yazılır,
- Bazen de malzeme hakkında daha fazla detay veren ikinci bir alt simge sona eklenir.

8.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereçler ortam sıcaklığında (20 ± 2 °C) olmalıdır.

Dijital termometre ve desikatörün yanı sıra Görsel 8.1'de verilen deney araç gereçleri kullanılmaktadır.



Görsel 8.1: Deney araç gereç ve ekipmanları

1.Etüv 2.Terazi 3.Arşimet sehpası 4.Tel sepet 5.Kurutma bezi veya havlu 6.Metal tepsi veya metal tava 7.Karot numune

8.1.2. Deney Numunesinin Hazırlanması

- Uygulama sahasında günlük çalışma alanının farklı noktalarından 15 cm çapında, en az üç karot numunesi alınır.
- Karot numuneleri etüvde bitüm içeriği bozulmayacak şekilde tamamen kurutulur.
- Etüvden çıkartılan numuneler, oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde soğutulur.

8.1.3. Deneyin Yapılışı

- Deney için desikatörden çıkartılan kuru karot numuneleri önce tartılır ve M_1 değeri olarak kaydedilir.



- Karot numunesinin; belirlenen deney sıcaklığında su banyosunda en az 30 dakika, en fazla 3 saat suya doyması sağlanmalıdır.
- Deney sıcaklığındaki suyun yoğunluğu Tablo 8.2'deki değere yakın alınmalıdır.

Tablo 8.2: Suyun Sıcaklık Yoğunluğu

Sıcaklık (0 C)	0	4	10	15	20	25	30
Yoğunluk (g/cm ³)	0,9999	1,0000	0,9996	0,9990	0,9982	0,9980	0,9957

- Tel sepet içerisinde suya daldırılan karotun yüzeyinde hava kabarcıklarının olmamasına dikkat edilmelidir. Suya doymuş numunenin kütlesi Arşimet terazisi ile belirlenir ve M_2 değeri olarak kaydedilir.
- Karot numunesi sudan çıkarılır ve havlu yardımıyla yüzeyi kurulanır.
- Kurulama işleminden hemen sonra DKY hâline gelmiş karotun kütlesi belirlenir ve M_3 değeri olarak kaydedilir.
- İlgili formüller kullanılarak numunenin özgül ağırlığı hesaplanır.
- Deney üç ayrı karot üzerinde yapılır. Çıkan değerlerin ortalaması alınır.

8.1.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması

$$G_{mb} = [M_1 / (M_3 - M_2)] \cdot P_w$$

G_{mb}: Karışımın birim hacim özgül ağırlığı (g/cm³)

M₁: Kuru karot numunesinin gram cinsinden kütlesi

M₂: Karot numunesinin gram cinsinden su içindeki kütlesi

M₃: Doygun ve yüzeyi kurulanmış karot numunesinin gram cinsinden kütlesi

P_w: g/cm³ cinsinden deney sıcaklığındaki suyun yoğunluğu (Tablo 8.2'deki değerler)

Deney sonuçları Tablo 8.3'teki deney raporuna işlenmelidir.





Tablo 8.3: Deney Raporu

Numunenin Tanımlanması	Bit.Temel	Binder	Aşınma	Deney Standardı
Numunenin Geldiği Yer:				
Numune Geldiği Tarih:	/...../20...	Kodu:	.....	Rapor No.:
Laboratuvar Adı:				
Deney Sonuçları	1. Numune	2. Numune	3. Numune	Ort. Özgül Ağırlık
Suyun Sıcaklık Yoğunluğu (g/cm ³)				
Numunenin Kuru Kütlesi M ₁ (g)				
Numunenin Sudaki Kütlesi M ₂ (g)				
Numunenin DKY Kütlesi M ₃ (g)				
Özgül Ağırlık Değerleri (g/cm ³)				
Deneyin Yapıldığı Tarih ve Saat				
...../...../20.... :				
DENEYİ YAPAN VE RAPORU HAZIRLAYAN				
S. No.	Adı Soyadı	Görevi	İmzası	
1				
2				
3				
RAPORU ONAYLAYAN				
S. No.	Adı Soyadı	Görevi	İmzası	
1				
2				
Deney ile İlgili Açıklamalar:				





DENEY UYGULAMASI 1

Güzergâhta belirlenen iki farklı tabakadan alınan üçer karot numunesine, laboratuvarda tel sepet yöntemiyle özgül ağırlık deneyini yapınız. Sonuçları, örnek deney raporuna işleyerek tabakanın dizayn kriterlerine uygunluğunu belirleyiniz.

Deney Adı : Tabakalarda Özgül Ağırlık Deneyi

Deney Süresi: Karot numenlerinin alımı ve hazırlanması 16 saat, deney uygulama 4 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz (Eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.).	
 Deney araç gereçlerinin hazırlanması	- Deneyde kullanılacak araç gereçleri ortam sıcaklığında (20 ± 2 °C) hazırlayınız. - Araç gereçlerin temiz ve çalışır durumda olduklarını kontrol ediniz.	
 Karotların kurutulması	- Karot numunelerini, etüvde bitüm içeriği bozulmayacak şekilde kurutunuz. - Etüvden çıkartılan numuneleri oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde soğutunuz.	
 Kuru numunenin kütlesinin bulunması	Desikatörden çıkartılan kuru karot numunelerini tartınız ve M_1 değeri olarak kaydediniz.	
 Sudaki numune ağırlığının bulunması	- Karot numunesini, su banyosunda en az 30 dakika, en fazla 3 saat suya doyması için bekletiniz. - Tel sepet içerisinde suya daldırılan karotun yüzeyinde hava kabarcıklarının olmamasına dikkat ediniz - Suya doymuş numunenin kütlesini Arşimet terazisi yardımıyla bulunuz ve M_2 değeri olarak kaydediniz.	
 Numunenin DKY hâline getirilmesi	Karot numunesini sudan çıkarınız, havlu veya bez yardımıyla yüzeyini kurulayınız ve doymuş kuru yüzey hâline getiriniz.	





 DKY numunenin tartılması	- Kurulama işleminden hemen sonra DKY hâline gelmiş karotun kütlesini bulunuz, M_3 değeri olarak kaydediniz. - İlgili formülleri kullanarak numunenin özgül ağırlığını hesaplayınız. - Deneyi üç ayrı karot üzerinde yapınız. - Çıkan değerlerin ortalamasını alınız.	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarda ilgili alanlara kaldırınız.	
Deney raporunun doldurulması	- Deney sonucu ile hesaplamaları yapınız ve deney raporunu düzenleyiniz. - Raporunuzda, alınan karışım numunelerinin bitümlü karışım dizaynının kontrolü için gerekli olan özgül ağırlıklarını belirleyiniz. - Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içerisinde ders öğretmene teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

8.2. LABORATUVAR YOĞUNLUĞU

Kaplama yoğunluğunun; güzergâhtan alınan numune kullanılarak, laboratuvarda belirlenmiş olan hedef yoğunluk değeri ile kıyaslaması yapılarak kabul edilebilir değerlerde olup olmadığı saptanmalıdır.

8.2.1. Laboratuvarda Yoğunluk Değeri Yöntemleri ve Uygulama Kuralları

Laboratuvar yoğunluk değerleri farklı yöntemlerle bulunabilmektedir. Bunlar:

- **Laboratuvar Yoğunluk Yüzdesi**

Bu yöntem özellikle, şantiye laboratuvarlarının kurulduğu geniş çaplı projelerdeki Marshall sıkıştırma yöntemi için geçerlidir. Şantiyeye karışım taşıyan araçlardan rastgele alınan numunelerle (genellikle günlük üretimden) her üretim birimini (lot) kapsayan, laboratuvarda hazırlanan dört veya daha fazla numune için bir hedef yoğunluk belirlenmektedir. Bu numuneler, **ASTM D 1559** veya **AASHTO T 245** yöntemine uygun olarak Marshall ekipmanı ile sıkıştırılmaktadır. Bu süreçte iki önemli hususa dikkat edilmelidir. Birincisi; karışımın sıcaklığı, yeniden ısıtmaya izin verilmeksizin finişerdeki sıcaklığa yakın olmalıdır. İkincisi; sıkıştırma darbe sayısı karışım tasarımında kullanılan ile aynı olmalıdır.

Bu yöntemin avantajı, sonuçtaki hedef yoğunlukların günlük gerçek karışım üretimini yansıtan temsil edebilmesi ve karışımındaki günlük işlemlere bağlı olarak ortaya çıkan küçük değişimler için bir telafi olanağı sağlamasıdır.

- **Maksimum Teorik Yoğunluk Yüzdesi**

Bu yöntemde hedef yoğunluk, karışım tamamen boşluksuz bir kütle oluncaya kadar yoğunlaştırıldığında ortaya çıkacak birim ağırlığın yüzdesi olarak belirlenmektedir. Bu maksimum teorik yoğunluk, yaygın olarak pirinç deneyi ya da maksimum efektif özgül ağırlık olarak bilinen **ASTM D 2041** veya **AASHTO T 209** deney yöntemi ile belirlenmektedir.

• Deneme Kesimi Yoğunluk Yüzdesi

Hedef yoğunluk, serilmekte olan her bir kaplama tabakasının başlangıcında bir deneme kesimi oluşturulmasıyla belirlenmektedir. Deneme kesimi, kaplama projesinin bir parçası niteliğinde olup minimum 150 metre uzunluğunda olmalı ve temsil ettiği tabakanın geriye kalan kısmı ile aynı kalınlık ve genişliğe göre inşa edilmelidir.

• Elektromanyetik Yoğunluk Ölçer (PQI)

Elektromanyetik yoğunluk ölçer (Pavement Quality Indicator- peyvımtın kalitesi indıkeydır-PQI); tek kişi tarafından kullanılan, tahribatsız (karot almaksızın) ve hızlı sonuç verebilen Görsel 8.2'deki yoğunluk ölçme cihazıdır. Bu cihaz bitümlü sıcak karışım (BSK) kaplama tabakalarında kullanılmaktadır. Tabakaya uygulanan sıkıştırmayı takip etmek ve BSK sıkıştırma yoğunluklarında meydana gelen değişiklikleri hızlı bir şekilde denetleyebilmek amacıyla kullanılır. Uygulama alanlarında, nükleer olmayan elektromanyetik yoğunluk ölçer cihazı olarak isimlendirilmektedir.



Görsel 8.2: Elektromanyetik yoğunluk ölçme cihazı

Cihazın okuduğu değer, örnekleme hacmini oluşturulan her bir bileşenin (agrega, bağlayıcı ve hava) dielektrik katsayılarının bir birleşimidir. Bitüm ve agreganın dielektrik katsayısı 5-6 arasındadır. Havanın dielektrik katsayısı ise yaklaşık 1'dir. Elektromanyetik yoğunluk ölçme cihazı, malzemelerin dielektrik katsayıları arasındaki değişiminden malzeme yoğunluğunu ölçer.

Bu cihaz;

- Kullanıcı ve çevre için güvenilir olması,
- Kısa bir sürede sonuç vermesi,
- Tabakaya zarar vermemesi (Tahribatsızdır.),
- Hafif ve bir kişi tarafından kullanılması gibi avantajlı yönleri sahiptir.

• Nükleer Yoğunluk Ölçer (NYÖ)

BSK, tabakaların sıkışma kontrolleri ve yoğunluğu için tercih edilmektedir. Bu yöntemde radyoaktif kaynaktan gama ışınları yayan cihazın kullanımı basit, hızlı, tahribatsız ve doğru sonuçlar verdiği için tercih edilmektedir. Bu yöntem ve cihaz ilk olarak 1954 yılında California'da yol yapım çalışmalarında kullanılmıştır. Bu yöntem, zeminin yoğunluğunu ve su muhtevasını tespit etmek için kullanılmaktayken zamanla esnek ve beton üstyapılarda da kullanılmaya başlanmıştır.



Görsel 8.3: Nükleer yoğunluk cihazı

Görsel 8.3'teki bu cihaz, radyoaktif kaynaktan gama ışınları yayarak yoğunluk ölçümü yapar.

8.2.2. Laboratuvarda Yoğunluk Değeri Bulma- Maksimum Teorik Yoğunluk Deneyi (ASTM D 2041 - AASHTO T 209)

Maksimum teorik yoğunluk değerini bulmak için kullanılan yöntem, yaygın olarak **ASTM D 2041** ve **AASHTO T 209**'da belirtilen maksimum efektif özgül ağırlık deneyi sonucunda bulunur.



Bu test yöntemi, 25 °C'de sıkıştırılmamış bitümlü sıcak karışımların teorik maksimum özgül ağırlığının ve yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla serme işlemi öncesi alınan numunelere uygulanır.

8.2.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde etüv ve sıcaklık ayarlı su banyosunun yanında Görsel 8.4 ve Görsel 8.5'te belirtilen araç ve gereçler kullanılmaktadır. Deneyde kullanılacak araç gereçler ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır.



Görsel 8.4: Deney araç gereç ve aletleri



Görsel 8.5: Sarsma makinesi

Görsel 8.4: 1. Vakum şişesi- Erlenmayer (4 adet) 2. Hortumlar, tıpalar ve musluk 3. Isı izolasyonlu eldiven 4. Yaklaşık 5 litre su 5. Havlu veya bez 6. Kronometre 7. Cam-dijital termometre 8. Pipet veya damlalık 9. Cam plaka 10. Bakkalcı küreği 11. Regülatörlü vakum pompası 12. Askı aparatı 13. BSK numunesi 14. Hassas dijital terazi (0,1 gram hassasiyetli) 15. Metal tava veya karıştırma tepsisi. Görsel 8.5: 16- Sarsma makinesi

8.2.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları

Bu deney için günlük üretimden Tablo 8.4'te belirtilen bitümlü sıcak karışım numunesi alınmalıdır. Ayrıca deney üç defa tekrarlanacağı için tablodaki miktara uygun üç ayrı numune oluşturulmalıdır.

Tablo 8.4: Deney Numune Miktarı

BSK'de Kullanılan Agreganın Maksimum Tane Çapı (mm)	12,5	19-25	37,5 ve daha büyük
Deney Numune Miktarı (gram)	1500	2500	4000

8.2.2.3. Deneyin Yapılışı

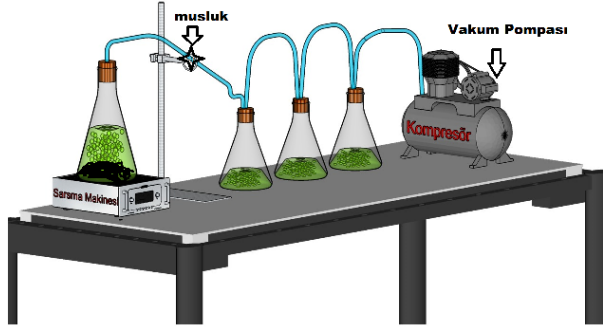
- Numune ilk olarak etüvde 25 °C sıcaklıkta kurutulur ve birbirine yapışmış parçalar el ile ayrılır (Yapışmış parçalar 1/4 inç veya 6,35 mm'yi geçmeyecek şekilde ayrıştırılmalıdır.).
- Deneye başlanmadan önce vakum şişesinin (erlenmayerin) kalibrasyonu için 25 °C sıcaklıktaki su, huni yardımıyla doldurulur. Su; damlalık ve cam plaka yardımıyla vakum şişesinin ağzında hava boşluğu kalmayacak şekilde, dikkat edilerek ilave edilir ve cam plaka üzerine yerleştirilir.
- Vakum şişesinin dışındaki su damlacıkları, bez veya havlu ile kurulur.
- Vakum şişesi içinde su (25 °C'de) ve üzerindeki cam plaka 0,1 g hassasiyette terazide tartılır ve D değeri olarak kaydedilir.
- Suyu tamamen boşaltılmış vakum şişesi, etüvde 25 °C sıcaklık değerine gelmesi için





bekletilir.

- Etüvde çıkartılan vakum şişesi teraziye konulur ve darası sıfır olacak şekilde terazi ayarlanır.
- Vakit kaybetmeden sıcak numune, vakum şişesine kürek yardımıyla doldurulur; 0,1 g hassasiyetli tartılır ve A değeri olarak kaydedilir.
- 25 °C'deki su, vakum şişesi içindeki numunenin üzerini bir parmak geçecek şekilde ilave edilir.
- Vakum pompasının takıldığı deney düzeneği oluşturulur (Görsel 8.6).



Görüşel 8.6: Maksimum efektif özgül ağırlık deney düzeneği

- Vakum pompası açılır, 15 dakika 27,5±2,5 mmHg (0,04 atm) basınçta vakum uygulanır.
- Süre sonrası musluk kapatılır ve vakum şişesinin üzerine tekrar aynı sıcaklıkta su ilave edilir.
- Damlalık ve cam plaka yardımıyla vakum şişesinin yüzeyinde hava boşluğu kalmayacak şekilde dikkat edilerek su ilave edilip cam plakayla üstü kapatılır.
- Vakum şişesi, 25 °C sıcaklıktaki su banyosunda cam plakayla kapalı bir şekilde 10 dakika bekletilir.
- Su banyosundan çıkartılan şişenin dışı, kuru bezle silinir.
- İçi numune ve tamamen su ile dolu vakum şişesi, üzerindeki cam plakayla tartılır ve E değeri olarak kaydedilir.
- İlgili formülle karışım teorik (maksimum) yoğunluk hesabı hesaplanır, üç farklı numuneyle yapılan değerlerin ortalaması alınarak günlük karışımın yoğunluğu bulunur.

8.2.2.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Deney Raporu Hazırlama

$$G_{mm} = \frac{A}{A + D - E}$$

G_{mm}: Karışım teorik (Maks.) özgül ağırlık (Yoğunluk)

A: Kuru karışımın havadaki ağırlığı (g)

D: Vakum şişesinin tamamen 25 °C sıcaklıktaki su ile dolu cam plakalı ağırlığı (g)

E: 25 °C sıcaklıktaki su banyosundan çıkartılan şişenin numune, su ve cam plakalı ağırlığı

(g)

Deney sonuçları Tablo 8.5'teki deney raporuna işlenmelidir.




Tablo 8.5: Deney Raporu

Numunenin tanımlanması		Deney Standardı	
Numunenin Geldiği Yer:			
Numune Geldiği Tarih:	/....../20....	Kodu:	 Rapor No.:
Laboratuvar Adı:			
Deney Sonuçları	1. Numune	2. Numune	3. Numune
Numunenin Havadaki Kuru Kütlesi A (g)			
Vakum Şişesi + Su + Cam Plaka Toplam Kütlesi D (g)			
V.Şişesi + Numune + Su + Cam Plaka Toplam Kütlesi E (g)			
Maksimum Teorik Yoğunluk Değeri (g/cm ³) [A/(A+D-E)]			
Ortalama Maksimum Teorik Yoğunluk Değeri (g/cm ³)			
Deneyin Yapıldığı Tarih ve Saat	/...../20.... :		
DENEYİ YAPAN ve RAPORU HAZIRLAYAN			
S. No.	Adı Soyadı	Görevi	İmzası
1			
2			
3			
RAPORU ONAYLAYAN			
S. No.	Adı Soyadı	Görevi	İmzası
1			
2			
Deney ile İlgili Açıklamalar:			


DENEY UYGULAMASI – 2
<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21696>


Günlük üretimden Tablo 8.4'te verilen miktarlara uygun üç ayrı numuneyle maksimum teorik yoğunluk deneyini yapınız. Sonuçları örnek deney raporuna işleyerek tabakanın dizayn kriterlerine uygunluğunu belirleyiniz.

Deney Adı : Laboratuvarda Yoğunluk Deneyi/ Maksimum Efektif Özgül Ağırlık Yöntemi

Deney Süresi: Numune Hazırlama 1 saat, uygulama 3 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz - Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz (Isı yalıtımlı eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.).	



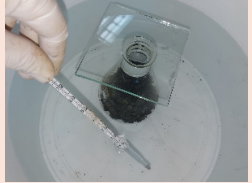


8. Öğrenme Birimi

 Deney araç gereçlerinin hazırlanması	- Deneyde kullanılacak araç gereçleri ortam sıcaklığında (20 ± 2 °C) hazırlayınız. - Araç gereçlerin temiz ve çalışır durumda olduklarını kontrol ediniz.	
 Numunenin etüvde kurutulması	- Numune miktarını Tablo 8.4'te belirtilen tane boyutuna göre alınız. - Numuneyi ilk olarak etüvde 25 °C sıcaklıkta kurutunuz.	
 Yapışmış numune tanelerinin ayrılması	Bitümle birbirine yapışmış parçaları el ile ayırınız (Yapışmış parçaları 1/4 inç veya 6,35 mm'yi geçmeyecek şekilde ayırınız).	
 Vakum şişesine kalibrasyon yapılması	- Deneye başlanmadan önce vakum şişesinin (erlenmayerin) kalibrasyonu için 25 °C sıcaklıktaki suyu huni yardımıyla doldurunuz. - Damlalık ve cam plaka yardımıyla vakum şişesinin ağzında hava boşluğu kalmayacak şekilde su ilave edip cam plakayı kapatınız.	
 Vakum şişesinin su dolu olarak tartılması	- Vakum şişesinin dışındaki su damlacıklarını bez veya havlu ile kurulayınız. - Vakum şişesini içindeki su (25 °C'de) ve üzerindeki cam plaka ile terazide tartınız ve D değeri olarak kaydediniz.	
 Boş vakum şişesinin tartılması	- Suyu tamamen boşaltılmış vakum şişesini, etüvde 25 °C sıcaklık değerine gelmesi için bekletiniz. - Etüvden çıkartılan vakum şişesini teraziye koyunuz ve darası sıfır olacak şekilde teraziye ayarlayınız.	
 Numunenin doldurulması ve tartılması	- Sıcak numuneyi vakum şişesine kürek yardımıyla doldurunuz. - Numune konulan vakum şişesini 0,1 g hassasiyetle tartınız ve A değeri olarak kaydediniz.	





 Deney düzeneğinin oluşturulması	25 °C'deki suyu, vakum şişesi içindeki numunenin üzerini bir parmak geçecek şekilde ilave ediniz. - Vakum pompasının takıldığı deney düzeneğini oluşturunuz. - Vakum pompasını açınız, 15 dakika 27,5±2,5 mmHg (0,04 atm) basınçta vakum uygulayınız.	
 Şişenin cam plakayla kapatılması	- Süre sonrası musluğu kapatınız. - Havası alınmış numunenin üzerine tekrar aynı sıcaklıkta su ilave ediniz. - Damlalık ve cam plaka yardımıyla vakum şişesinin yüzeyinde hava boşluğu kalmayacak şekilde su ilave edip cam plakayı üstüne kapatınız.	
 Su banyosunda bekletilmesi	- Vakum şişesini, 25 °C sıcaklıktaki su banyosunda cam plakayla kapalı bir şekilde 10 dakika bekletiniz. - Su banyosundan çıkartılan şişenin dışını kuru bezle siliniz.	
 Şişe içindeki numunenin tartılması	- İçi numune ve tamamen su ile dolu vakum şişesini, üzerindeki cam plakayla tartınız ve E değeri olarak kaydediniz. - Karışım teorik (Maks.) yoğunluk hesabını formülle hesaplayınız. - Üç farklı numuneyle yapılan değerlerin aritmetik ortalamasını alınız ve günlük karışımın yoğunluğunu belirleyiniz.	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarında ilgili alanlara kaldırınız.	
Deney raporunun doldurulması	- Deney sonucu ile hesaplamaları yapınız ve deney raporunu düzenleyiniz. - Raporunuzda, günlük alınan karışım numunelerinin yoğunluğunu belirleyiniz ve sonuçları dizayn kriterlerine göre yorumlayınız. - Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.



8.3. TABAKALARDA BOŞLUK MİKTARI

Tabakalardaki boşluk miktarı; asfalt dolu boşluk yüzdesi (VFA), agregalar arası boşluk yüzdesi (VMA) ve hava boşluk yüzdesi (Pa) gibi kavramların bütünüyle oluşmaktadır.

Bitümlü sıcak karışımların dizaynında en zor elde edilen özellik, mineral agregada minimum boşlukların yakalanmasıdır. Bu nedenle tabakalardaki boşluk hesabında aşağıda verilen yöntem ve hesaplamalar dikkate alınmalıdır.

8.3.1. Tabakalarda Boşluk Miktarı Bulunmasının Yöntem ve Kuralları

- **Sıkıştırılmış Karışımda Hava %'si (Pa)**

Laboratuvarda sıkıştırılmış karışımın hava boşluk yüzde (Pa) değeri, asfalt karışımı için uygun olan bağlayıcıyı seçmekte kullanılan önemli bir kriterdir. Sıkıştırma sonucu üstü bitümle kaplanmış agregaların arasında yine küçük hava boşlukları meydana gelir.

Agrega karışımının hava muhtevastaki her bir %1'lik azalma, karışım dizaynının bağlayıcı muhtevastında yaklaşık %0,3–0,4 artışa neden olmaktadır. Aşağıda verilen formülle hesaplanır.

$$Pa = \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \cdot 100$$

Pa: Sıkıştırılmış karışımdaki toplam hacmin yüzdesi olarak hava boşlukları (%)

Gmm: Tabaka karışımının maksimum özgül ağırlığı (g/cm³)

Gmb: Tabaka karışımının kütle özgül ağırlığı (g/cm³)

- **Sıkıştırılmış Karışımdaki Agregalar Arası Boşluk %'si (VMA)**

Mineral agregadaki VMA değeri, sıkışmış tabakadaki agrega parçacıkları arasındaki taneler arası boşluk yüzeyi olarak tanımlanır. Bu tanım efektif asfalt muhtevastaki hava boşluklarının toplam hacim içindeki %'sini ifade etmektedir.

Tabakadaki maksimum agrega çapı küçüldükçe toplam agrega yapısının yüzey alanı artar. Tanelerin yeteri oranda kaplanması için bitüm %'sinin artırılması gerekecektir. Artan bitüme yeterli boş yer yaratmak için VMA artmalıdır ki hedeflenen hava boşlukları aynı kalabilsin. Ayrıca agregalar arası boşluk yüzdesine (VMA) etki eden faktörlerin bazıları şunlardır:

- Bitümlü bağlayıcının tipi
- Bitümlü bağlayıcın miktarı
- Numune sıcaklığı
- Agregası tipi, mukavemeti ve dokusu
- Laboratuvar sıkıştırma çalışmasının metodu ve miktarı
- Agregası gradasyonu

VMA aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanır:

$$VMA = 100 \cdot \frac{Gmb \cdot Ps}{Gsb}$$

VMA: Mineral agregası boşlukları (%)

Gmb: Tabaka karışımının kütle özgül ağırlığı (g/cm³)

Ps: Total karışımın ağırlığı içindeki agreganın %'si

Gsb: Kuru agregası özgül ağırlığı (g/cm³)

- **Sıkıştırılmış Karışımdaki Asfaltla Dolu Boşluk %'si (VFA)**

Asfalt dolu boşluk oranı (VFA), bitümlü agregası karışımının basınç altında boşluksuz bir kitle hâline yaklaşabilme derecesini ifade eder. Bu özellik doğal olarak birinci derecede agregası boşluklarının ne dereceye kadar bitümle doldurulduğu ile alakalıdır.





Bitümlü sıcak karışımındaki bu boşlukların doldurulması tabakaya su ve hava nüfusunu engelleyecektir. Bu da agregalar arasındaki boşlukların maksimum derecede bitüm ile doldurulması ile mümkün olabilir. Bu şekilde yolun geçirimi azalacak, dolayısıyla yolda patlama şişme gibi olaylar meydana gelmeyecektir.

VFA değeri de VMA gibi karışım inceldikçe artma eğiliminde olur ve daha fazla toplam agregaya yüzey alanı kazanır.

$$VFA = 100 \cdot \frac{VMA - Pa}{VMA}$$

VFA : Asfaltla dolu boşluklar (%)

VMA : Mineral agregaya boşluklar (%)

Pa : Sıkıştırılmış karışımındaki toplam hacmin yüzdesi olarak hava boşlukları (%)



Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre bitümlü temel tabaka için boşluk oranı limiti %4 ile %6, binder tabakası için %4 ile %6, aşınma tabakası için %3 ile %5 kriterleri arasında olmalıdır.

8.4. EKSTRAKSİYON DENEYİ (TS 125, TS EN 12697-28, AASHTO T 164, AASHTO T 308, ASTM D 2172)

Bu deney bitümlü sıcak karışımın (BSK) plentlerin altından alınmış, serilip silindiraj yapılmış veya laboratuvarında hazırlanmış olan BSK numunelerinin bitüm içeriğini kontrol etmek ve miktarını bulmak amacıyla yapılır. Üretilen bitümlü tabakanın belli aralıklarla numune alınıp uygunluğunun analiz edilmesi bu deneyle yapılmaktadır. Deney sonucu bitüm miktarının düşük çıkması hâlinde üretim durdurulur. İmalat sırasında, karışımındaki bitümün dizayn değerine uygun verilip verilmediği ve karışımındaki agregaya gradasyonunun uygunluğu tekrar kontrol edilir.

Ekstraksiyon deneyi iki yöntemle yapılır. Birincisi santrifüjlü ekstraksiyon metodu, ikincisi refluks ekstraktör metodudur (ısıtıcılı cam ekstraktör metodu).

Santrifüjlü ekstraksiyon metodunda deney daha kısa zamanda sonuçlanmakta ancak filler kaybı yüksek olmaktadır.

Refluks ekstraktör metodunda deney yaklaşık 2-4 saat sürmekte ancak filler kaybı daha az olmaktadır.

Ayrıca bu deney sonucunda BSK numunesinden ayrılan agreganın tane dağılımı kontrolü de yapılır.

8.4.1. Santrifüjlü Ekstraksiyon Deneyi

Bu metotta temel amaç, yer çekimi kuvvetini aşacak büyüklükte bir merkezkaç kuvvetinin uygulanması ile numune içindeki taneciklerin bitümlü karışımından ayrılmasını sağlamaktır. Ayrılan bitüm, drenaj çıkışı bulunan kaptan dışarıya atılır ve ayrı bir kaptan toplanır. Böylelikle zamandan büyük tasarruf sağlanarak iki farklı madde birbirinden ayrılmış olur.

8.4.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereçler ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır. Alet; sağlam zemin üzerine, hava sirkülasyonunun uygun olduğu bir yere kurulmalıdır. Zararlı gaz çıkışı için davlumbaz veya havalandırma sistemi kurulmalıdır.

Deneyde hassas terazi, bitüm toplama kovası, çekiç, keski, maske, eldiven, etüv, metal tava ve bakkalcı küreğinin yanında aşağıdaki araçlar da kullanılmaktadır.



Görsel 8.7: Santrifüjlü ekstraksiyon aleti



Görsel 8.8: Santrifüj ekstraksiyon filtre kâğıdı

Santrifüjlü Ekstraksiyon Aleti: Alüminyum muhafaza içine yerleştirilmiş, dönüş hızı 3600 devir/dakikaya kadar kademeli çıkacak şekilde ayarlanabilen, santrifüj ve drenaj çıkışı bulunan bir kaptan oluşur. Alet hızlı dönme sonucu oluşan merkezkaç kuvvetiyle mineral malzemeden ayrılan ekstratın bir kapta toplanmasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır ve elektrikle çalışan bir makinedir (Görsel 8.7).

Santrifüj Ekstraksiyon Filtre Kâğıdı: Dış çapı tas veya kapak çapına uygun seçilmiş , iç delik çapı 45 mm ve kül ihtiva etmeyen rafine pamuk veya selülozdan üretilmiş malzemedir (Görsel 8.8).

Trikloretilen: Metal parçalarının yağ ve buhardan arındırılması için kullanılan kimyasaldır. Gresleri, yağları, bal mumlarını ve katranları çözebilmek için ekstraksiyon çözücüsü olarak kullanılmaktadır. Kimyasal formülü C_2HCl_3 olan renksiz bir sıvıdır. Kanserojen bir maddedir. Solunduğunda ve yutulduğunda ciddi sağlık sorunlarına sebep olabilir (Görsel 8.9).



Görsel 8.9: Trikloretilen

8.4.1.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları ve Numunenin Hazırlanması

- Karot numunesi alınır ve birim ağırlığı için tartılır.
- Karot numunesi çekiç ve keski yardımıyla tane yapısı bozulmayacak şekilde parçalara ayrılır.
- Alet kapasitesine bağlı olarak 1500-3000 g numune alınır.

8.4.1.3. Deneyin Yapılışı

- Aletin içine konulacak numune terazide tartılır, kütlesi M1 olarak kaydedilir.
- Aletin üst kapağı açılır, içerisindeki iç kısım numune haznesi ve iç kısım hazne kapağı alınıp kontrol edilir, tekrar yerine yerleştirilir (Görsel 8.10.a).
- Hazneye önce parçalanmış numune konulur, üzerine filtre kâğıdı takılı sıkıştırma kapağı vidası sıkılarak yerleştirilir (Görsel 8.10.b).
- En üst kapak takılır ve mandalları kapatılır (Görsel 8.10.c).
- Sonra santrifüj ekstraktör aleti çalıştırılır, dönüş hızı yavaş yavaş artırılır ve 3600 devir/dakika olacak şekilde ayarlanır.
- Çıkış kanalının önüne bitüm ve trikloretilenden etkilenmeyen bir kap konulur.
- Aletin üst kısmından yavaş yavaş trikloretilen dökülür (Görsel 8.10.d).
- Trikloretilen ilavesi yan boşaltma kanalından renksiz şekilde akana kadar devam edilir.
- Akan sıvı rengi siyahtan şeffafa dönünce alet durdurulur, kapağı açılır.





- Filtre kâğıdı ve bitümden ayrılmış agregalar, kütlesi belirlenmiş bir tepsiye konulur ve kuruması için etüve yerleştirilir (Hassas ölçüm yapılabilmesi için kurutma işlemi sonrası filtre kâğıdının üzerindeki yapışmış agregalar fırçayla tepsiye dökülmelidir.).
- Etüvde kurutulan numune, ortam sıcaklığına gelince tartılır ve kütlesi M_2 olarak kaydedilir.
- İlgili formül kullanılarak tabaka içindeki bitüm yüzdesi hesaplanır.



Görsel 8.10: a) İç hazne ve kapak kontrolünün yapılması



Görsel 8.10: b) Numune konulan iç haznenin yerleştirilmesi



Görsel 8.10: c) Üst kapağın takılması



Görsel 8.10: d) Çalışan santrifüje trikloretilenin dökülmesi

8.4.1.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması

$$BO = \frac{M1 - M2}{M1} \cdot 100$$

BO: Bitüm içeriği (%)

M1: Numunenin ilk ağırlığı (g)

M2: Ekstrak edilmiş numunenin etüv kuru ağırlığı (g)

8.4.2. Refluks Ekstraktör Deneyi

Refluks ekstraktör metodu, cam fanus içinde filtre kâğıdı ile kaplı iki konik tel örgü içindeki numunenin trikloretilen buharı ile ayrıştırılması prensibine dayanır. Laboratuvarlarda uygulaması basit ve ucuz olduğu için ayrıca agrega içerisindeki filler kaybı daha az olduğu için tercih edilmektedir.

8.4.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereçler ortam sıcaklığında (20 ± 2 °C) olmalıdır. Isıtıcı ve üzerine konulan alet, ısıdan etkilenmeyen sağlam zemin üzerine ve hava sirkülasyonunun uygun olduğu bir yere kurulmalıdır. Zararlı gaz çıkışı için davlumbaz veya havalandırma sistemi kurulmalıdır.



Görsel 8.11: Reflüks ekstraktör cam fanusu

Refluks Ekstraktör Cam Fanusu: Isıya dayanıklı silindirik yapıda, konik tel sepet ve ayakların kolaylıkla konulabileceği çap ve yükseklikte olmalıdır (Görsel 8.11).



Görsel 8.12: Konik tel sepet ve üç ayak sehpa

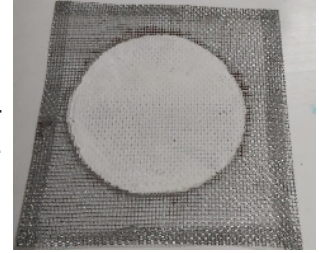
Konik Tel Sepet ve Üç Ayak Sehpa: Paslanmaz çelik örgü koni şeklinde yapıya sahip iki adet sepet ve sepetlerin üst üste yerleşmesini sağlayan üç ayaklı metal sepet sehпасıdır (Görsel 8.12).



Görsel 8.13: Refluks ekstraktör yoğunlaştırıcısı ve hortumları

Refluks Ekstraktör Yoğunlaştırıcısı ve Bağlantı Hortumları: Cam kavanozun üstünde soğutucu görevi gören bakırdan kondensatör ve su girişi çıkış kısmına bağlı hortumlardan meydana gelir (Görsel 8.13).

Amyantlı Tel: Isıtma işlemi yapılırken cam fanusun ısıdan etkilenmesini önlemek için ısı kaynağının üzerine konulan malzemedir. Ölçüleri genelde 120x120 mm ile 160x160 mm'dir (Görsel 8.14).



Görsel 8.14: Amyantlı tel

Filtre Kâğıdı: Çapı 400 mm olacak şekilde kesilmiş, kül ihtiva etmeyen, rafine pamuk veya selülozdan üretilmiş olmalıdır.



Görsel 8.15: Deneyde kullanılan araç gereçler

1. Metal tava veya tepsi (2 adet) 2. Hassas terazi 3. Trikloretilen 4. Numune 5. Refluks ekstraktör yoğunlaştırıcısı ve bağlantı hortumları 6. Konik tel sepet ve sehpa 7. Refluks ekstraktör cam fanusu 8. Bakkalcı küreği 9. Isıtıcı ve amyanlı tel 10. Filtre kâğıdı (2 adet) 11. Eldiven 12. Maske (Görsel 8.15). Ayrıca etüv.

8.4.2.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları ve Numunenin Hazırlanması

- Karot numunesi çekiç ve keski yardımıyla tane yapısı bozulmayacak şekilde parçalara ayrılır.
- Her iki konik tel sepet için ayrı ayrı yaklaşık 500 g numune hazırlanır.



8.4.2.3. Deneyin Yapılışı

- Konik tel sepet içine konulacak numuneler tartılır, toplam kütlesi M1 olarak kaydedilir.
- İki adet filtre kâğıdı tartılarak ağırlığı kaydedilir.
- Her bir filtre kâğıdı, çapı boyunca önce ikiye sonra dörde katlanır. Açıldığında üç pileli bir koni olacak şekilde konik tel sepet içine oturtulur.
- Her iki tel sepet, üç ayaklı metal çerçeve içine oturtulur ve içindeki filtre kâğıdının tam ortasına 500 g numune konulur.
- Cam silindir fanusun içine, üst üste oturacak şekilde çerçeve içindeki konik tel sepetler yerleştirilir.
- Isıtıcı üzerine önce amyanlı tel, sonra cam silindir fanus yerleştirilir.
- Cam veya plastik bir mezürde yaklaşık 500 mL trikloretilen hazırlanır (Bu kimyasalın cilde ve solunuma karşı zararlarını önlemek için mutlaka maske ve eldiven kullanılmalıdır.).
- Cam fanus içine çözücü (trikloretilen) dikkatli bir şekilde boşaltılır. Çözücünün üst seviyesi tel koninin alt tepe noktasını geçmemelidir.
- Cam silindir üzerine yoğunlaştırma kapağı yerleştirilir. Yoğunlaştırma kapağının giriş borusundan hortumla soğuk su verilmeli, çıkış borusundan su çıkışı sürekli olacak şekilde sağlanmalıdır.
- Bu arada ısıtıcı açılarak çözücünün sürekli kaynaması sağlanmalıdır.
- Kaynayan çözücünün buharı kapağa değdiğinde yoğunlaşan damlaların tekrar numune üzerine damlaması sağlanmalıdır.
- Bu düşen yoğunlaşmış trikloretilen damlacıkları, agrega ile bitümün ayrışmasını sağlar.
- Ayrışma tamamlandığında ısıtıcı kapatılır, cam silindir fanus soğuyuncaya kadar kapaktaki soğuk su sirkülasyonuna devam edilmelidir.
- Sistem soğuduktan sonra kapak açılarak tel sepetler tek tek çıkartılıp numunenin havada bir miktar kuruması beklenir.
- İki adet darası alınmış tepsie filtre kâğıdı içindeki numuneler konulur ve etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulur.
- Kurumuş agrega numuneleri etüvden çıkartılır ve filtre kâğıdı ile tartılır. Filtre kâğıdı ve tepsinin ağırlıkları bu kütleden çıkartılır ve toplam kütle M₂ olarak kaydedilir.
- Kurumuş agrega numuneleri ve filtre kâğıdına yapışan filler malzemeler, fırça yardımıyla bir tepsinin içine tane dağılımı deneyi için toplanır.
- Cam fanus içindeki çözücü, bir kap içine alınır. Cam fanusun içi çözücü dökülerek iyice çalkalanır ve temizlenmesi sağlanır.
- İlgili formül kullanılarak tabaka içindeki bitüm yüzdesi hesaplanır ve Tablo 8.6'daki rapora işlenir.

8.4.2.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Deney Raporu Hazırlama

$$BO = \frac{M1 - M2}{M1} \cdot 100$$

BO: Bitüm içeriği (%)

M1: Numunenin ilk ağırlığı (g)

M2: Ekstrak edilmiş numunenin etüv kurusu ağırlığı (g)

Deney sonuçları Tablo 8.6'daki deney raporuna işlenmelidir.



**Tablo 8.6: Deney Raporu**

Numunenin Tanımlanması				Deney Standardı
Numunenin Geldiği Yer:				
Numune Geldiği Tarih:	/...../20...	Kodu:	.....	Rapor No.:
Laboratuvar Adı:				
Deney Metodu				
Numunenin İlk Ağırlığı M1 (g)				
Ekstrak Edilmiş Numunenin Etüv Kuru Ağırlığı M2 (g)				
Tabakanın Bitüm İçeriği Oranı BO (%)				
Deneyin Yapıldığı Tarih ve Saat	/...../20.... :			
DENEYİ YAPANLAR ve RAPORU HAZIRLAYAN				
S. No.	Adı Soyadı	Görevi	İmzası	
1				
2				
3				
RAPORU ONAYLAYAN				
S. No.	Adı Soyadı	Görevi	İmzası	
1				
Deney ile İlgili Açıklamalar:				

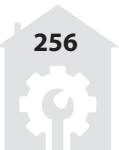
**DENEY UYGULAMASI – 3**<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21697>

Güzergâhta belirlenen farklı noktalardan alınan iki karot numunesine, laboratuvarda reflüks ekstraktör yöntemiyle bitüm oranı belirleme deneyini yapınız. Sonuçları örnek deney raporu-na işleyerek tabakanın bitüm yüzdesini belirleyiniz.

Deney Adı : Reflüks Ekstraktör Metodu ile Bitüm İçeriği Deneyi

Deney Süresi : Numune hazırlama 30 dakika, deney uygulama 3 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Deney ortamının zararlı gazlara karşı havalandırma sistemini kurunuz. - Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz (Maske, eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.).	





 Deney araç gereçlerinin hazırlanması	- Deney araç gereç ve malzemelerini hazırlayınız. - Araç gereçlerin ortam sıcaklığının 20 ± 2 °C olmasına dikkat ediniz. - Isıtıcıyı ısıdan etkilenmeyen sağlam zemin üzerine ve hava sirkülasyonunun uygun olduğu bir yere kurunuz. - Zararlı gaz çıkışı için davlumbaz veya havalandırma sisteminin çalışır olmasına dikkat ediniz.	
 Numunenin tartılması	- Karot numunesini çekiç ve keski yardımıyla tane yapısı bozulmayacak şekilde parçalara ayırınız. - Her iki konik tel sepet için ayrı ayrı 500 g numune tartınız ve toplam kütlelerini M_1 olarak kaydediniz.	
 Filtre kâğıdının katlanarak hazırlanması	- Her bir filtre kâğıdını, çapı boyunca önce ikiye sonra dörde katlayınız. - Açıldığında üç pileli bir koni olacak şekilde konik tel sepet içine oturtunuz.	
 Numunelerin tel sepete konulması	Her iki tel sepeti üç ayaklı metal çerçeve içine oturtunuz ve içindeki filtre kâğıdının tam ortasına 500 g numuneyi yerleştiriniz.	
 Cam fanus içine sepetlerin yerleştirilmesi	- Cam silindir fanusun içine üst üste oturacak şekilde çerçeve içindeki konik tel sepetleri yerleştiriniz. - Isıtıcı üzerine önce amyantlı teli, sonra cam silindir fanusu yerleştiriniz.	
 Çözücünün fanus içine boşaltılması	- Cam veya plastik bir mezürde yaklaşık 500 mL trikloretilen hazırlayınız (Bu kimyasalın cilde ve solunuma karşı zararlarını önlemek için mutlaka maske ve eldiven kullanınız.). - Cam fanus içine çözücüyü (trikloretilen) dikkatli bir şekilde boşaltınız.	
 Yoğunlaştırma kapağının yerleştirilmesi	- Cam silindir üzerine yoğunlaştırma kapağını yerleştiriniz. - Yoğunlaştırma kapağının giriş borusundan hortumla soğuk su veriniz, çıkış borusundan su çıkışının sürekli olmasını sağlayınız.	





8. Öğrenme Birimi

 Bitümün ayrışmasının beklenmesi	- Isıtıcıyı açınız, çözücünün kaynamasını sağlayınız. - Kapağa değip yoğunlaşan damlaların tekrar numune üzerine damlamasını sağlayınız. - Düşen yoğunlaşmış trikloretilen damlacıklarının agrega içindeki bitümü ayrıştırmalarını bekleyiniz.	
 Havada numunenin bir süre kurutulması	- Ayrışma tamamlandığında ısıtıcıyı kapatınız. - Cam silindir fanus soğuyuncaya kadar kapaktaki soğuk su sirkülasyonunu devam ettiriniz. - Sistem soğuduktan sonra kapağı açınız. - Tel sepetleri çıkartarak numunenin havada bir miktar kurumasını bekleyiniz.	
 Numunenin etüvde kurutulması	- Darası alınmış tepsilere, filtre kâğıdı içindeki numuneleri koyunuz ve etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutunuz. - Kurumuş agrega numunelerini etüvden çıkartınız. - Numune ve filtre kâğıdını birlikte tartınız. Filtre kâğıdı ve tepsî ağırlıklarını bu kütleden çıkartınız ve toplam kütleyi M_2 olarak kaydediniz.	
 Numunenin bir araya toplanması	- Kurumuş agrega numuneleri ve filtre kâğıdına yapışan filler malzemeleri fırça yardımıyla bir tepsî içerisine daha sonra yapılacak tane dağılımı deneyi için toplayınız. - Cam fanusun içindeki çözücüyü kapaklı bir kap içerisine alınız. Cam fanusun içini tekrar çözücü ile iyice temizleyiniz. - İlgili formülü kullanılarak tabaka içindeki bitüm yüzdesini hesaplayınız.	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	- Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarı ilgili alanlara kaldırınız. - Kullanılan trikloretileni zararlı maddeler geri dönüşüm alanına kaldırınız.	
Deney raporunun doldurulması	- Deney sonucu ile hesaplamaları yapınız ve deney raporunu düzenleyiniz. - Raporunuzda, tabakadan alınan karot numunelerinin bitüm içeriklerini belirleyiniz ve dizayn kriterlerine göre yorumlayınız. - Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





8.5. ELEK ANALİZİ DENEYİ (ASTM-C 136, ASTM-C 117)

Bu deney; bitümlü sıcak karışımın (BSK) plentlerin altından alınmış, serilip silindiraj yapılmış veya laboratuvarında hazırlanmış olan BSK numunelerinin içindeki agregada gradasyonunu kontrol etmek için yapılır. Tabakada oluşabilecek segregasyon ve sıkıştırmadan kaynaklanan boşlukların kontrolü de bu deney sonucunda belirlenir.

Bitümlü karışım içindeki çeşitli metotlar ile ayrıştırılan agregada taneciklerinin dağılımı, kuru eleme yoluyla tayinini içeren yöntem kullanılarak yapılır.

Deney sonucunda tabakadaki agregada ve filler içindeki muhtelif boydaki tanelerin ağırlıkça oranları bulunur. Bu oranlar Tablo 8.7'de şartname kriterleri ve tolerans oranına göre uygulamakta ve tekrar iş yeri karışım oranları oluşturulmalıdır.



Bu deney **ASTM- C 136**'da verilen yöntemle yapılır. **TS130** ve **TS 3530**'da verilen tane boyutu dağılımı deneyleri beton agregaları için tanımlanmıştır. Analizde **TS 1225** veya **ASTM 11**'de tanımlanmış KGM'nin şartnamesinde belirtilen elekler kullanılacaktır. Deneyde kullanılacak elekler; 37,5 - 25 - 19 - 12,5 - 9,5 - 4,75 - 2,00 - 0,425 - 0,180 - 0,075 mm'lik göz açıklıklı şeklinde sıralanmalıdır.

Tablo 8.7: Bitümlü Sıcak Karışımlarda Kullanılan Agregada Gradasyon Limitleri ve Tolerans Değerleri

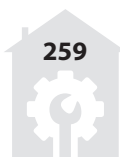
Elek Boyu (mm)	Bitümlü Temel Tabaka			Binder Tabaka	Aşınma Tabakası			Tolerans
	Tip-A	Tip- B	Tolerans		Tip-1	Tip-2	Tip-3	
37,5	100	100	±%5	-	-	-	-	±%4
25	72-100	80-100		100	-	-	-	
19	60-90	70-90		80-100	100	-	-	
12,5	50-78	61-81		58-80	88-100	100	100	
9,5	43,70	55-75		48-70	72-90	80-100	90-100	
4,75	30-55	42-62		30-52	42-52	55-72	23-31	
2,00	18-42	30-47	±%3	20-40	25-35	36-53	20-27	±%3
0,425	6-21	15-26		8-22	10-20	16-28	12-18	
0,180	2-13	7-17		5-14	7-14	8-16	-	
0,075	0-7	1-8	±%2	2-7	3-8	4-8	7-11	±%2

Aşınma tabakası TİP-3'te ilave olarak 6 mm elek kullanılır ve geçen yüzde değeri %25-33'tür.

Ekstraksiyon deneyi sonrası bitümden tamamen ayrıştırılmış agregada ve filler kullanılarak elek analizi deneyi, kuru eleme yöntemiyle yapılır.

8.5.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereçler ortam sıcaklığında (20±2 °C) olmalıdır.





Görsel 8.16: Deneyde kullanılan araç gereçler

1. Deney elekleri 2. Tava ve kapak 3. Bakılcı küreği 4. Agregası numunesi 5. Dijital terazi.
6. Numune kapları (Görsel 8.16) ve varsa elek sarma makinesi

8.5.2. Deney İçin Gerekli Numune Miktarları ve Numunenin Hazırlanması

- Ekstraksiyon deneyi sonucu bitümden tamamen arındırılmış agregası numunesi, sabit ağırlığa gelene kadar etüvde kurutulur.
- Tablo 8.8'de verilen miktarlara göre numuneler çeyrekleme veya bölgeç metoduyla ayrılır ve deney için gerekli miktar hazırlanır.

Tablo 8.8: Deneyde Maksimum Tane Boyutuna Göre Kullanılacak Numune Miktarı

Elek Çapı (mm)	4,75	9,5	12,5	19	25	37,5
Minimum Numune Ağırlığı (kg)	0,5	1	2	5	10	15

8.5.3. Deneyin Yapılışı

- Elekler en büyük göz açıklıktan en küçüğe doğru sıralanarak en alta tava gelecek şekilde üst üste konulur.
- Etüvde kurutulmuş ve istenen miktarda hazırlanmış numune terazide tartılır.
- Bakılcı küreği ile numune en üst eleğin üzerine boşaltılır.
- Elek sarma makinesi en az 10 dakika çalıştırılır.
- Elek üzerinde kalan her numune, tek tek darası alınmış metal numune kaplarına konulur.
- Numune kapları sırayla tartılır ve elek çapına göre Tablo 8.9'a kaydedilir.
- Gerekli hesaplamalar yapılarak eleklerden geçen yüzde miktarı bulunur (Başlangıçtaki numune ağırlığı ile toplam numune ağırlığı arasındaki farkın $\pm\%1$ 'den fazla çıkması durumunda, deney tekrar edilmelidir.).
- Tabaka ile ilgili kriterler karşılaştırılarak numunenin uygun gradasyona sahip olup olmadığı karşılaştırılır.

8.5.4. Deney Sonuçlarının Hesaplanması ve Deney Raporu Hazırlama

$$P\% (\text{Geçen}) = (W_k / \Sigma W_k) \times 100$$

P% : Herhangi bir tane büyüklüğü için geçen kümülatif ağırlık yüzdesi (%)

W_k : Herhangi bir tane büyüklüğü için kümülatif ağırlık miktarı (g)

ΣW_k : Tüm elek ve tavadaki toplam numune miktarı (g)





Tablo 8.9: Deney Sonuçlarının İşlendiği ve Hesaplamaların Yapıldığı Çizelge

Elek Çapı (mm)	Elek Üzerinde Kalan Miktar (g)	Kümülatif Kalan Miktar (g)	Elek Üzerinde Kalan Yüzde (%)	Kümülatif Kalan Yüzde (%)	Kümülatif Geçen (P%)
37,5					
25					
19					
12,5					
9,5					
4,75					
2,00					
0,425					
0,180					
0,075					
Tavada kal.					
TOPLAM					

Deney sonuçlarında geçen yüzdelere ve sonuçla ilgili açıklamalar Tablo 8.10'daki deney raporuna işlenmelidir.

Tablo 8.10: Deney Raporu

Numunenin Tanımlanması										Deney Standardı	
Numunenin Geldiği Yer:											
Numune Geldiği Tarih:		/...../20....			Kodu:		.....			Rapor No.:	
Laboratuvar Adı:											
Deney Metodu											
Numunenin İlk Ağırlığı M (g)											
Elek Çapı (mm)	37,5	25	19	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075	
Elekte Kalan (g)											
P % (Geçen)											
Deneyin Yapıldığı Tarih ve Saat		/...../20.... :									
DENEYİ YAPANLAR ve RAPORU HAZIRLAYAN											
S. No.	Adı Soyadı	Görevi								İmzası	
1											
2											
3											
RAPORU ONAYLAYAN											
S. No.	Adı Soyadı	Görevi								İmzası	
1											
Deney ile ilgili açıklamalar:											



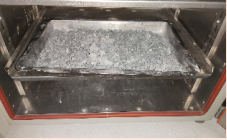


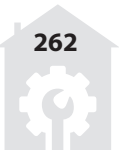
DENEY UYGULAMASI 4

Ekstraksiyon yöntemiyle bitümden arındırılmış numuneye, elek analizi deneyini yapınız. Sonuçları örnek deney raporuna işleyerek tabakanın agrega gradasyon kriterlerine uygunluğunu belirleyiniz

Deney Adı : Elek Analizi Deneyi

Deney Süresi: Numunelerin hazırlanması 30 dakika, deney uygulama 2 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdaki kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Her deneye uygun KKD kullanımına dikkat ediniz (Maske, eldiven, gözlük ve iş önlüğü giyiniz.).	
 Deney araç gereçlerinin hazırlanması	- Deney araç, gereç ve malzemelerini hazırlayınız. - Araç gereçlerin temiz, çalışır durumda olmasına ve ortam sıcaklığında (20 ± 2 °C) olmasına dikkat ediniz.	
 Numunenin kurutulması	Ekstraksiyon deneyi sonucu bitümden tamamen arındırılmış agrega ve filleri sabit ağırlığa gelene kadar etüvde kurutunuz.	
 Numunenin elek setine dökülmesi	- Etüvde kurutulmuş ve istenen miktarda hazırlanmış numuneyi terazide tartınız. - Bakkalcı küreği ile numuneyi en üst eleğin üzerine boşaltınız.	
 Sarsma makinesinde eleme yapılması	Elek sarsma makinesini en az 10 dakika çalıştırınız.	
 Elek üzerindeki numunenin kaplara konulması	Elek üzerinde kalan her numuneyi, tek tek darası alınmış metal numune kaplarına koyunuz.	





 Çözücünün fanus içine boşaltılması	- Numune kaplarını sırayla tartınız ve değerleri elek çapına göre çizelgeye kaydediniz. - Gerekli hesaplamaları yaparak eleklerden geçen yüzde miktarını bulunuz (Başlangıçtaki numune ağırlığı ile toplam numune ağırlığı arasındaki farkın ± 1'den fazla çıkması durumunda deneyi tekrar ediniz.).	
Deneyde kullanılan aletlerin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında kullanılan aletleri temizlik ve kontrollerini yaparak laboratuvarda ilgili alanlara kaldırınız.	
Deney raporunun doldurulması	- Deney sonucu ile hesaplamaları yapınız ve deney raporunu düzenleyiniz. - Raporunuzda, deney sonuçlarını ilgili kriterler ile karşılaştırarak numunenin uygun gradasyona sahip olup olmadığını yorumlayınız. - Hazırladığınız deney sonucuna ait raporu belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

8.6. İŞ YERİ KARIŞIMI

Üretilen sıcak asfalt karışımının dizayn kriterlerine uygunluğunu test etmek için iş yeri karışım öncesi ve karışım sonrasında numuneler alınır. Numunenin gerçek partiyi temsil etmesi önemlidir, aksi takdirde elde edilen veriler yanıltıcı sonuçlar verecektir. Bitümlü sıcak karışım hazırlama öncesi aşamasından başlanan numune alma, sıkıştırma işlemi tamamlanmış yol güzergâhından alınan karot alma işlemine kadar aşama aşama devam etmektedir. Buna göre plent ayarlarının yapılması öncesinde; karışım boşaltma işlemi süresince kovanın, taşıma araçlarından; finişer serimi sonrası ve sıkıştırma sonrasında serilen malzemeden numune alınmaktadır.

İş yeri karışım öncesi ve sonrasında numune alımında genel olarak kullanılan deney araçları şunlardır (Görsel 8.17):

- **Numune Kabı (1):** Farklı ebatlarda metal tepsi kullanılır.
- **Numune Küreği (2):** Metal bakkal küreği kullanılır.
- **Termometre (3):** En az 200 °C'lik ölçüm kapasitesine sahip olmalıdır.
- **Eldiven (4):** Kauçuk kaplı iş eldiveni kullanılır.
- **Karot Makinesi (5):** Yol güzergâhından numune almak için uygun fosil yakıt ile çalışan bir makinedir.



Görsel 8.17: Numune alma araçları





8.6.1. İş Yeri Karışım Numunesi Alma

Karışım Öncesi Numune Alınması:

- İş yeri karışım dizaynı oluşturmak için agregalardan alınır.
- Plent üretim çeşidine göre numune alma yöntemleri değişmektedir.
- Plent ayarları konu başlığında, numune alma aşamaları anlatılmıştır.

Asfalt Plent Kovalarından Numune Alınması:

- Karışım işlemi sırasında yapılan numune alma işlemidir.
- Numune alınırken plent kovaları durdurulur.
- Numune; plent kovalarının orta kısmından, partiyi temsil edecek şekilde alınmalıdır.
- Metal tepsi içerisine 2-5 kg numune alınır.
- Numune sıcaklığı termometre ile ölçülür ve değer, etikete yazılır.
- Etiket bilgileri doğru ve eksiksiz doldurularak numune kabına yapıştırılır.

Kamyondan Numune Alınması:

- Hazırlanan bitümlü sıcak karışım bunkerinden kamyon kasasına dökülen karışımdan alınan numunedir.
- Kamyon kasasındaki numunenin üst kısmından alınmalıdır.
- Kamyon köşelerinden ve kenarlarından 50 cm içeriden ve iki ayrı yerden numune alınmalıdır.
- Numune alınacak kısmın üzerinden 15-20 cm'lik tabaka sıyrılır.
- Sonrasında kürekle mümkün olduğu kadar aşağı inilerek numune alınır.
- Metal tepsi içerisine 2-5 kg numune alınır.
- Numune sıcaklığı derece ile ölçülür ve değer, etikete yazılır.
- Etiket bilgileri doğru ve eksiksiz doldurularak numune kabına yapıştırılır.

Yoldan Numune Alınması:

- Serim işlemi sırasında numune alma işlemidir.
- Serim sonrası finişerin hemen arkasından numune alınmalıdır.
- Metal tepsi içerisine 2-5 kg numune alınır.
- Numune sıcaklığı termometre ile ölçülür ve değer, etikete yazılır.
- Etiket bilgileri doğru ve eksiksiz doldurularak numune kabına yapıştırılır.

Karot Numune Alınması:

- Sıkıştırma işlemi sonrasında numune alma işlemidir.
- Kaplamanın soğuması beklenmelidir.
- Özellikle sıcak mevsimlerde sabah erken ve akşam geç saatlerde numune alınmalıdır.
- 250 m aralıklarla belirlenen noktalardan numune alınmalıdır.
- Numune alma öncesinde karot makinesi sabitlenmelidir.
- Karot numunesi dağıtılmadan alınmalıdır.
- Etiket bilgileri doğru ve eksiksiz doldurularak numune kabına yapıştırılır.

8.6.2. İş Yeri Karışım Numunesinin Saklanması

Bitümlü sıcak karışım numuneleri, dayanıklı malzemelerdir. Agregası ve karot durumu hariç sıcak durumda bulunur ve numune alınırken sıcaklıklarının kaydedilmesi gerekir. Karışım öncesi alınan agregası numuneleri hariç nem kaybı riski taşımamaktadır.

- Alınan numuneler en kısa sürede laboratuvara ulaştırılmalıdır.
- Plent ayarı için alınan agregası numuneleri tüm numuneyi temsil ettiği için agregası nem kaybına uğramamalıdır.





- İş yeri karışım deneylerinde yaşanabilecek aksaklıklar göz önüne alınarak numune miktarı en az iki deneyi yetecek miktarda olmalıdır.
- Etiketlerdeki bilgiler doğru ve eksiksiz olmalıdır.
- Numunelerin gerektiğinde ısıtılacağı veya soğutulacağı unutulmamalı, numuneler metal tepsilerde bekletilmelidir.

8.7. BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM (ASFALT) PLENTLERİNİN AYARLANMASI

Plentler, bitümlü sıcak karışım hazırlama sistemleridir. Bitümlü sıcak karışımların dizaynı, üretim öncesi laboratuvarlarda hazırlanır. Plentle yapılan üretimde laboratuvar karışım dizaynlarını yakalamak için iş yeri karışımları dizaynları hazırlanır ve hazırlanan bu iş yeri karışım oranları ile üretim yapılır. Bitümlü sıcak karışım üretimi, iki farklı sistemle yapılmaktadır. Ülkemizde bu iki sistem de yaygın olarak kullanılmaktadır. Her iki sistemde de agrega ve bitümlü bağlayıcı hava sıcaklığına ve yol tabakasının özelliğine göre önceden 145-165 °C'de ısıtılarak yaklaşık 45- 60 sn. arasında karıştırılır ve bitümlü sıcak karışım bunkerinde depolanarak kamyonlara yüklenir.

8.7.1. Plentlerin Özellikleri

Yol kaplamasının özelliğine göre laboratuvarlarda yapılan dizaynlar KTŞ'de belirlenen karışım değerleri esas alınarak hazırlanır. Hazırlanan bu karışım dizaynlarının üretim aşamasında yakalanabilmesi için üretim tesislerinde iş yeri dizaynı çalışması yapılır. Bitümlü sıcak karışım üretimi iki farklı sistemle yapıldığı için iş yeri karışım dizayn yöntemleri de üretim sistemine bağlı olarak değişmektedir.

Ülkemizde de yaygın olarak kullanılan Drummix (Durummiks/eleksiz) (Görsel 8.18) ve batch (beç/elekli) (Görsel 8.19) tipi üretim sistemleri vardır.



Görsel 8.18: Drummix tipi plent

1. Soğuk agrega depoları 2. Kurutucu 3. Filtre 4. Mikser 5. Kovalı bant 6. Bitümlü sıcak karışım bunker





- 1-Soğuk agregat deposu
- 2- Kurutucu
- 3- Filtre
- 4-Kovalı agregat asansör kulesi
- 5- Plant elekleri ve agregat deposu
- 6- Mikser

Görsel 8.19: Batch tipi plant

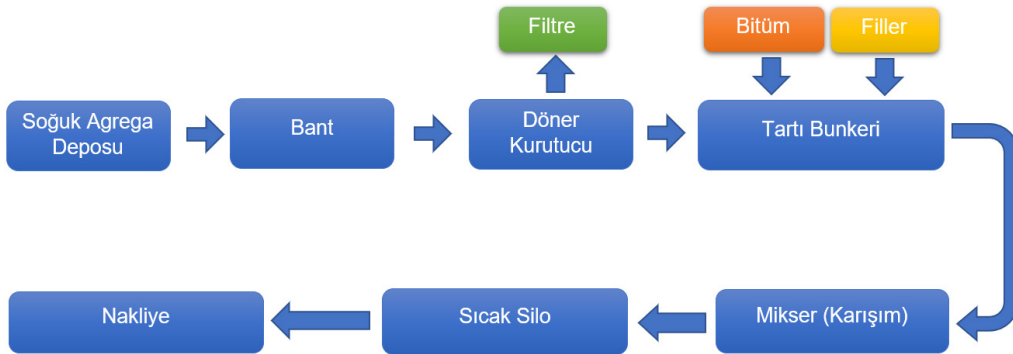
8.7.1.1. Drummix Tipi/Eleksiz Plantlerin Özellikleri

Buradaki iş yeri karışımları, bitümlü sıcak karışımın üretiminde kullanılacak agreganın ağırlıkça yüzdesinin belirlenerek laboratuvar dizaynının yakalanmasını amaçlamaktadır.

Bu üretim sistemindeki temel prensip; malzemelerin kurutma ve karıştırma işlemlerinin aynı anda dryer drum içinde gerçekleşmesidir. Plant üretim kapasitesi dikkate alınarak iş yeri dizayn oranları belirlenir. Bu değerler üzerinden plant ayarları yapılarak üretim gerçekleştirilmekte ve laboratuvarlarda hazırlanan dizayn oranları yakalanmaya çalışılmaktadır.

Drummix/ eleksiz plantlerde üretim şu şekilde yapılmaktadır (Görsel 8.20):

- Önce agregat ve bitümlü bağlayıcıların iş yeri karışım değerleri hesaplanarak plant ayarları yapılır. Agregat silolardan, lastik bantlarla malzeme beslemesi yapılır.
- Agregalar drayarda (kurutucularda) ısıtılarak nemden arındırılır ve ısıtılır.
- Bitüm ve filler ısıtılır.
- Üretilecek sıcak karışım tipi belirlenerek plant üretim değerleri PLC'ye yüklenir.
- Üretilen bitümlü sıcak karışım bunkerde biriktirilerek kamyonlara yüklenir.



Görsel 8.20: Drummix tipi plant üretim şeması

8.7.1.2. Batch Tipi/Elekli Plantlerin Özellikleri

Karışımında kullanılacak agregaların, plant eleklerinde elendikten sonra gradasyona uygun

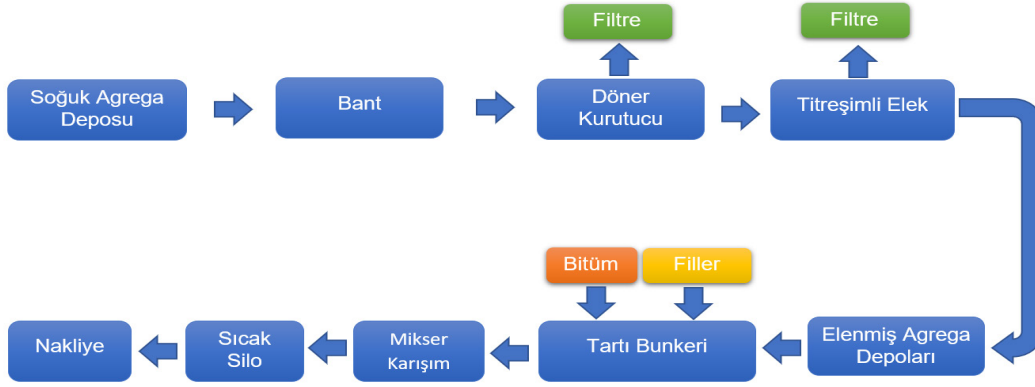


oranlarda kullanılarak üretimi gerçekleştirilir. İş yeri elek analiz grafiği, KTŞ sınırları içinde belirlenen laboratuvar dizaynına en yakın grafik çizgisini yakalamalıdır.

Bu üretim sistemindeki temel prensipte ise tüm bileşenler (agrega, bitüm, filler) ayrı ayrı tartılıp dozajlandıktan sonra, mikser kapasitesi kadar üretim yapılmakta ve laboratuvar dizayn oranları yakalanmaya çalışılmaktadır.

Batch/elekli plantlerde üretim şu şekilde yapılmaktadır (Görsel 8.21):

- Dane boyutlarına göre ayrı ayrı depolanmış agregalar drayerlara (kurutuculara) getirilerek içerisindeki nem uzaklaştırılır ve agregalar ısıtılır.
- Agregalar plant eleklerinden elenerek boyutlarına göre ayrı ayrı depolanır.
- Bu depolardan alınan deney örnekleri ile elek analizleri yapılır.
- Yapılan elek analizleri ile laboratuvar dizayn grafiğine yakın grafik oluşturmak için oranlama yapılır.
- Elek analizi değerleri ile hesaplanıp elde edilen dizayn oranları % olarak otomasyon sistemi programına işlenir.
- Miksere; ısıtılmış agrega, filler ve bitüm bu oranlara göre alınarak 45-60 sn. karıştırılır ve bitümlü sıcak karışım bunkerinde depolanarak kamyonlara yüklenir.



Görsel 8.21: Batch tipi plant üretim şeması

8.7.2. Plant Ayarlarının Yapılması

Plant ayarları laboratuvar dizaynı ile bitümlü sıcak karışımın hazırlanması için yapılan ayarlardır. Plant çalıştırılmadan önce aşağıda belirlenen kontrollerin yapılması gerekmektedir.

- Plantteki tüm ölçüm cihazları (tartılar ve termometre) kalibre edilmiş olmalıdır.
- Karıştırıcı, kazan ve paletlerin ayarları yapılmış olmalıdır.
- Bitüm bağlayıcı püskürtme sistemi ayarları yapılmalıdır (memelerin çapı, püskürtme süresi, açısı, basıncı vb.).
- Karıştırma süresi yeterli olmalıdır.
- Agregat gradasyonu doğru yapılmalı, kurutulmalı ve tüm daneler asfaltla kaplı olmalıdır.
- Asfalt miktarı hassas olarak tartılmalı ve uygun viskozite için gerekli ısı sağlanmalıdır.

İki farklı üretim sistemi olduğu için drummix (eleksiz) ve batch (elekli) tipi plantlerin ayarları da kendine özgü yapılmaktadır.

8.7.2.1. Drummix Tipi Plant Ayarlarının Yapılması

- Agregat silolarından farklı hız kapasiteleriyle çalıştırılan bantlardan birim süre içerisinde temin edilen agregat miktarı belirlenir.
- En az üç farklı hız seviyesi için bu örnekler alınır. Örneğin besleme hızı ilk seferde %30 performansla, ikincisinde %60, üçüncüsünde de %90 performansla çalıştırılır.



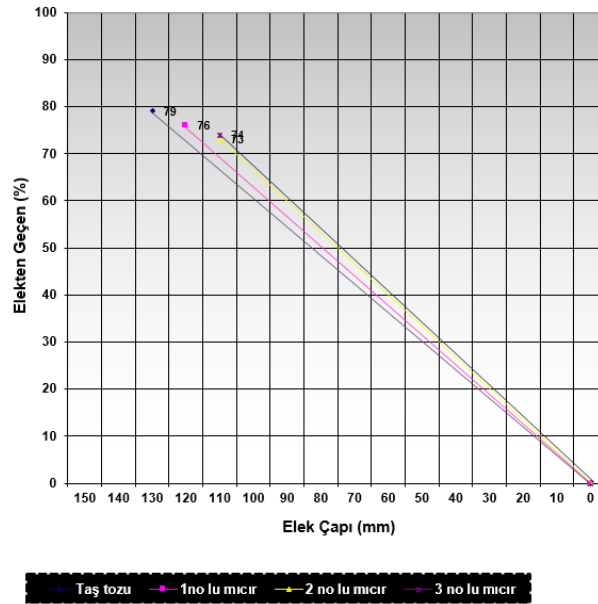
- Bu işlem, karışıma kullanılacak her bir farklı boyuttaki agregalar için ayrı ayrı yapılır.
- Alınan numuneler ayrı ayrı tartılır (Tablo 8.11).

Tablo 8.11: Agrega Numune Kütle Hesap Tablosu

KÜMÜLATİF AĞIRLIKLAR				
Malzemeler	Dara (kg)	300 (3.0) Devir (kg/dk.)	600 (6.0) Devir (kg/dk.)	900 (9.0) Devir (kg/dk.)
Taş Tozu	11700	12550	15250	19750
1 No. Mıcır	11700	12500	14900	18850
2 No. Mıcır	11700	12450	14750	18500
3 No. Mıcır	11650	12450	14700	18400
4 No. Mıcır	-	-	-	-
YAŞ NET AĞIRLIKLAR				
Malzemeler	Nem %’si	300 (3.0) Devir (kg/dk.)	600 (6.0) Devir (kg/dk.)	900 (9.0) Devir (kg/dk.)
Taş Tozu	1,6	850	2700	4500
1 No. Mıcır	0,0	800	2400	3950
2 No. Mıcır	0,0	750	2300	3750
3 No. Mıcır	0,0	800	2250	3700
4 No. Mıcır	-	-	-	-
KURU NET AĞIRLIKLAR				
Malzemeler		300 (3.0) Devir (kg/dk.)	600 (6.0) Devir (kg/dk.)	900 (9.0) Devir (kg/dk.)
Taş Tozu		836,3	2656,4	4427,4
1 No. Mıcır		800,0	2400,0	3950,0
2 No. Mıcır		750,0	2300,0	3750,0
3 No. Mıcır		800,0	2250,0	3700,0
4 No. Mıcır		-	-	-
KURU NET AĞIRLIKLAR				
Malzemeler		300 (3.0) Devir (t/saat)	600 (6.0) Devir (t/saat)	900 (9.0) Devir (t/saat)
Taş Tozu		25.089	79.693	132.822
1 No. Mıcır		24.000	72.000	118.500
2 No. Mıcır		22.500	69.000	112.500
3 No. Mıcır		24.000	67.500	111.000
4 No. Mıcır		-	-	-

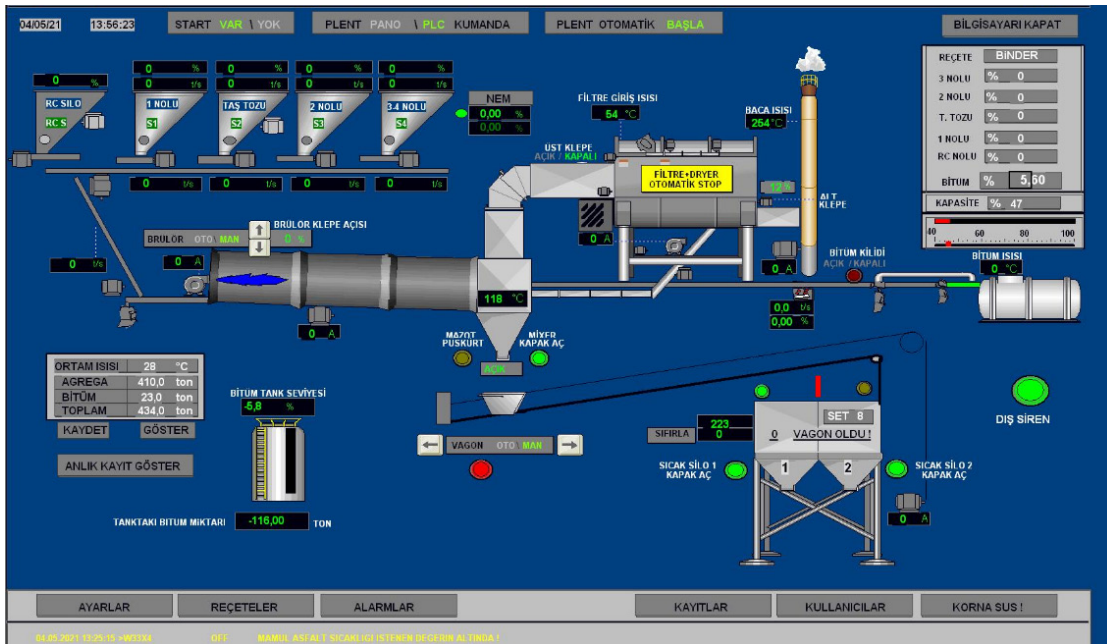


- Her bir farklı dane boyutundaki agreganın bu üç kapasite değeri ile devir/kuru net ağırlık doğrusal grafikleri çizilir (Görsel 8.22).



Görsel 8.22: Agregat plent besleme kapasite grafiği

- Elde edilen grafiklerle laboratuvar bitümlü sıcak karışım miktarına uygun agrega kütleleri saat/ton değeri üzerinden belirlenir.
- Bu kütle değerleri, karışımda kullanılacak her bir agrega için otomasyon sistemine işlenir (Görsel 8.23).
- Bitümlü sıcak karışım hızı saat/ton üzerinden ayarlanarak üretime geçilir (Görsel 8.23).

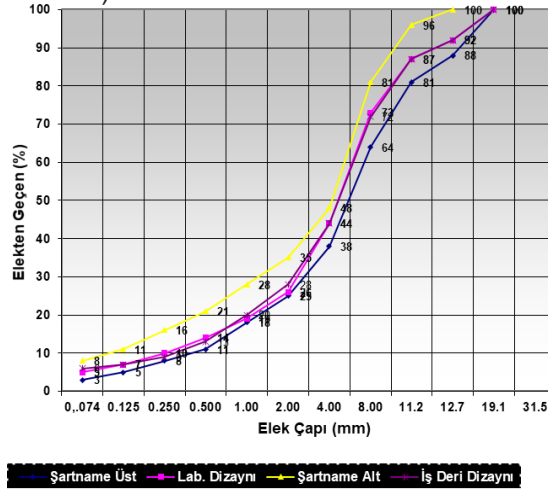


Görsel 8.23: Drummix plent ayarları



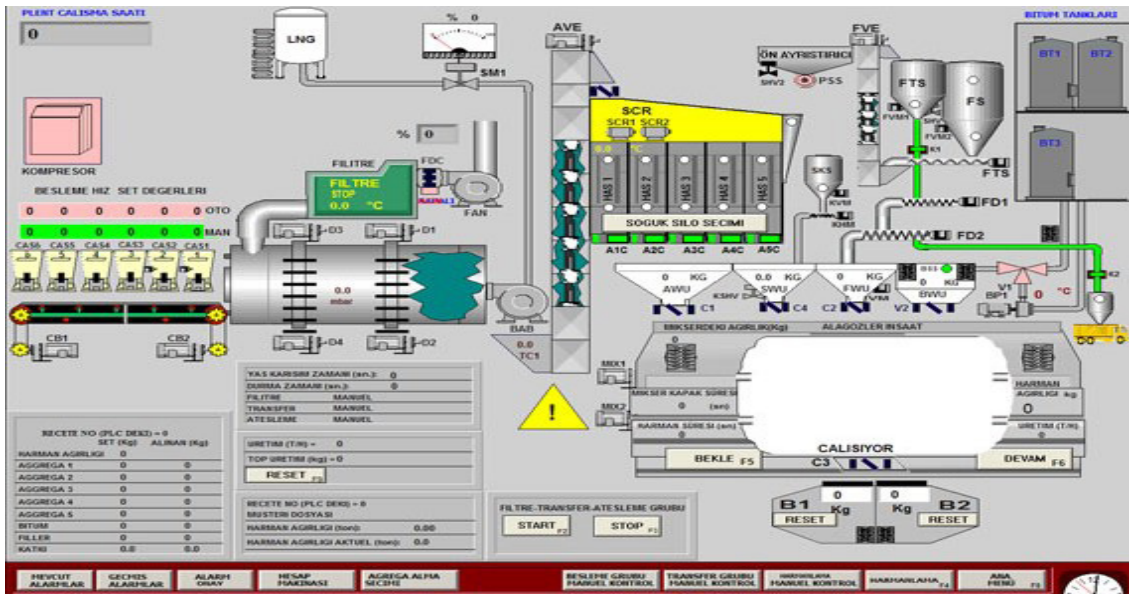
8.7.2.2. Batch Tipi Plent Ayarlarının Yapılması

- Karışımında kullanılacak farklı boyutlardaki agregalar, agrega silolarından konveyör bantlar yardımı ile çekilip kurutucudan geçirilerek kurutulur ve ısıtılır.
- Bu agregalar plent sistemi içerisindeki eleklerden elenir ve boyutlarına uygun ayrıştırılarak ayrı ayrı depolanır.
- Her bir elek çapı için tepsi içerisinde elek analizi deney numunesi alınarak elek analizine tabi tutulur ve elek analiz değerleri belirlenir.
- Bu değerler her bir elek çapı için belirlenerek tablo oluşturulur.
- Elde edilen bu tablo değerleri ile üretilcek bitümlü sıcak karışım tipinin, KTŞ'ye uygun laboratuvar da hazırlanan dizayn sonucuna göre çizilen grafiğe en yakın elek analiz grafiği oluşturulur (Görsel 8.24).



Görsel 8.24: Agregaelek analiz grafiği

- Oluşturulan bu grafikten elde edilen % dizayn oranları, otomasyon sistemine işlenir (Görsel 8.25).
- Yüzdelik agrega karışım oranları programla kütleye çevrilerek bitümlü sıcak karışım üretimine geçilir (Görsel 8.25).



Görsel 8.25: Batch plent ayarları



**ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME – 8**

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Tabakalarda özgül ağırlık deneyi için en az kaç numune kullanılmalıdır?
 - A) 1
 - B) 2
 - C) 3
 - D) 4
 - E) 5
2. Tabakalarda özgül ağırlık deneyinde numune su banyosunda en az kaç dakika bekletilmelidir?
 - A) 10
 - B) 15
 - C) 20
 - D) 25
 - E) 30
3. Maksimum teorik yoğunluk deneyinde vakum şişesinin kalibrasyonunda kullanılan su sıcaklığı aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) 10 °C
 - B) 25 °C
 - C) 40 °C
 - D) 75 °C
 - E) 100 °C
4. Aşağıda verilenlerden hangisi tabakadaki agrega boşluk yüzdesine etki eden faktörlerden biri değildir?
 - A) Bitüm bağlayıcı tipi
 - B) Bitüm bağlayıcı miktarı
 - C) Agregada gradasyonu
 - D) Agregada tipi ve dokusu
 - E) Karışıma katılan su miktarı
5. Santrifüj ekstraksiyon deneyinde çözücü sıvı olarak aşağıda verilenlerden hangisi kullanılır?
 - A) Sülfirik asit
 - B) Trikloretilen
 - C) Etanol
 - D) Terebentin
 - E) Aseton





6. Reflüks ekstraktör deneyinde her bir tel sepet içine konulacak bitümlü karışım numune miktarı ne kadar olmalıdır?

- A) 100 g
- B) 500 g
- C) 1000 g
- D) 1500 g
- E) 2000 g

7. Ekstraksiyon deneyinde kullanılan numunelere yapılacak ilk işlem aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Suda bekletilir.
- B) Etüvde eritilir.
- C) Asitle yıkanır.
- D) Çekiç ve keskiyle ufalanır.
- E) Dolapta dondurulur.

8. I- Gradasyonu kontrol etmek
II- Segregasyon oluşmasını önlemek
III- Sıkışmadan kaynaklanan boşlukları kontrol etmek
IV- Agregaya yoğunluğunu tespit etmek

Yukarıda verilenlerin hangileri tabakalarda elek analizinin amacını doğru ifade etmektedir?

- A) I
- B) I- III
- C) II - III
- D) I- II- III
- E) I- II- III- IV

9. Aşağıdakilerden hangisi plent kontrol ayarlarından birisi değildir?

- A) Ölçüm cihazlarının kalibrasyonun yapılması
- B) Agreganın depolarda ısıtılması
- C) Karıştırma süresinin önceden ayarlanması
- D) Karışım sıcaklığının ayarlanması
- E) Bitüm bağlayıcı püskürtme ayarlarının yapılması

10.

- I. Yoldan karot numunesi alma
- II. Serim sonrası numune alma
- III. Kurutucudan çıktıktan sonra numune alma
- IV. Nakliye aracından numune alma
- V. Plent kovaşından numune alma

Verilen ifadelerden hangileri iş yeri karışım numunesi alma yöntemlerindendir?

- A) I-II
- B) I-II-III
- C) I-II-III-IV
- D) I-II-IV-V
- E) I-II-III-IV-V





9. Öğrenme Birimi

YOL GÜZERGÂHINA ASFALT SERME VE KONTROLÜ

KONULAR

- 9.1. Yol Yapısı Asfalt Serim ve Sıkıştırma Makineleri
- 9.2. Finişer Kontrol ve Kalınlık Ayarları
- 9.3. Finişer Sıkıştırma Kalınlık ve Uygunluk Kontrolü
- 9.4. Asfalt Serme ve Sıkıştırma Kuralları
- 9.5. Asfalt Serme ve Sıkıştırma Isısının Kontrolü

KAVRAMLAR

- Finişer
- Silindir
- Duyarga



9. YOL GÜZERGÂHINA ASFALT (BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM) SERME VE KONTROLÜ

Bitümlü sıcak karışımlar yol güzergâhına hazneli, haznedeki karışımı arka tarafa ileten konveyörü (bant), yol genişliğinde dağıtma görevini yapan helezon spiralleri, düzeltme ve sıkıştırma işleminin büyük bölümünü yapan tablaları bünyesinde bulunduran komplike makineler yardımıyla uygulanır. Bu araçlara **finişer** denir.

9.1. YOL YAPISI ASFALT (BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM) SERİM VE SIKIŞTIRMA MAKİNELERİ

Finişerler serme ve sıkıştırma işlerini yapmakla beraber sıkıştırma işleminin sonlandırılmasını silindirler yapmaktadır.

9.1.1. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Serim Makinelerinin Özellikleri ve Kullanım Amaçları

Tekerlekli (Görsel 9.1.a) ve paletli (Görsel 9.1.b) olmak üzere iki tip finişer vardır. Genelde sert ve düz zeminlerde tekerlekli finişerler; gevşek zeminli, eğimli ve geniş yollarda ise daha güçlü olması bakımından paletli finişerler kullanılır. Saatte 200 ton ile 1800 ton malzeme serme kapasitesine sahip finişerlerin, yaya yollarından havaalanı pistlerine kadar uygun yapıda farklı büyüklük ve kapasitede modelleri vardır. Finişerler bitümlü sıcak karışımların serme işlerinin yanında; yol ve saha betonu serme işlerinde, yol temel tabakasında kullanılan malzemelerin serme işlerinde de kullanılmaktadır.



Görsel 9.1: a) Tekerlekli Finişer



Görsel 9.1: b) Paletli Finişer

Finişerler iki ana bölümden oluşur: traktör ve tabla bölümleri. Traktör bölümü aracın hareket ve kumanda bölümüdür. Tabla bölümünde malzemenin iletim, serim ve kısmi sıkıştırma işleri yapılmaktadır.

Bitümlü sıcak karışım yüklü kamyon, finişerin önünde bulunan hazneye (kazan) geri geri yanaşır; finişer, kamyon tekerine değene kadar ilerler. Kamyon, damperini kaldırarak finişerin kazanının kapasitesine göre malzemenin bir miktarını boşaltır.

Sıcak bitümlü karışım, bantlar yardımıyla ön taraftan arka tarafa iletilir. Arka kısımda bulunan helezonik spiraller yardımıyla segregasyona izin vermeden karışım, yol genişliğince eşit oranda yayılır. Tabla, malzemeyi istenilen kalınlıkta ve kotta sererek bir yandan da sıkıştırır (Görsel 9.2). Bu işlemler yapılırken finişer kendi serim hızında kamyonu ileriye doğru iter. Bu arada kamyon damperini havada kalarak hazneyi sürekli besler.



Görsel 9.2: Bitümlü sıcak karışım serim işi





9.1.2. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Sıkıştırma Makinelerinin Özellikleri ve Kullanım Amaçları



Görsel 9.3: Demir bandajlı silindir

Pnömatik Silindirler: Lastik tekerlekli silindirlerdir. Sıkıştırma işlemi lastik tekerler tarafından yapılır. Bu tip silindirlerin lastik basınçları elle ayarlandığı gibi yürürken otomatik olarak kendi lastik basıncını ayarlayabilen tipleri de vardır. Pnömatik silindirlerin 12 tona kadar olanları hafif tip olarak adlandırılır ve lastik sayıları 9-13 arasındadır. Orta ağırlıktaki tipleri 12-25 ton arasında olup 5, 7, 9 ya da 11 tekerlekli. Ağır tipte olanları 25-200 ton arasında olup 2, 7 ve 9 tekerlekli. Bu silindirlerin yoğurma etkisi nedeniyle homojen sıkıştırma, geçirimsiz tabaka oluşturma ve yüzeyde iz bırakma gibi avantajları vardır (Görsel 9.4).



Görsel 9.4: Pnömatik silindir



Görsel 9.5: Vibrasyonlu silindir

Sıkıştırma işleminde, statik ağırlığı 8-12 ton arasında demir bandajlı silindirler ile lastik basıncı ayarlanabilen kendinden yürür, minimum 20 tonluk lastik tekerlekli silindirler kullanılır. Finişer tarafından serilen ve sıkıştırmanın bir bölümü de yapılmış malzemenin son sıkıştırma işlemi, üç farklı tip makine ile yapılabilir. Bunlar:

Demir Bandajlı Silindirler: Bitümlü sıcak karışım uygulamalarında ilk kullanılan silindirler olup statik (kendi ağırlığıyla) etkiyle sıkıştırma yapar. Hafif 4-6 ton, normal 6-8 ton ve ağır 8-12 ton olan tipleri vardır (Görsel 9.3).

Vibrasyonlu Silindirler: Titreşim özelliği bulunan demir bandajlı silindirlerdir. Tek ya da çift bandajlı vibrasyon etkisi oluşturur. Özellikle düşük sıcaklık ve rüzgârlı havalarda, kısa sürede sıkıştırma yapar. Kalın tabakaların ve ek yerlerinin sıkıştırılmasında iyi sonuçlar verir. Titreşim etkisi ile homojen sıkıştırma yapar (Görsel 9.5).



9.2. FİNİŞER KONTROL VE KALINLIK AYARLARI

Bitümlü karışımlar serilirken belli bir sıcaklıkta olmalıdır. Bu sıcaklık, malzemenin akışkan ve işlenebilir olmasını sağlamaktadır. Finişerlerin tablalarında ısıtma sistemi mevcuttur. Termostat sistemi ile bitümlü karışım ısısı belli bir değerin altına düşürülmez.

Düşey eğimlerin yanında özellikle virajlarda bulunan kurp eğimlerine, serme sırasında dikkat edilmelidir. Güzergâh boyunca eğimli bölgeler, işlem öncesinde tespit edilmelidir.

Finişer serme kalınlığı; yolun trafik yoğunluğu, coğrafi bölgesi, iklim şartları, ilk defa veya eski kaplama üzerine yapılıp yapılmadığı gibi unsurlar göz önüne alınarak hesaplanır. Kalınlık ayarları yapılırken yol yüzeyinde oluşmuş çökmeler de belirlenerek önlemler alınmalıdır.

9.3. FİNİŞER SIKIŞTIRMA KALINLIK VE UYGUNLUK KONTROLÜ

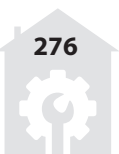
Kaplamanın istenilen kalınlıkta serilebilmesi tabla yardımıyla yapılır. Finişer tablasına bir kalınlık ayarı yapıldığında tabla sürekli bu kalınlıkta malzeme serer. Serim yapılan temel tabakası sürekli aynı kottaysa sorun olmayacaktır. Ancak bu her zaman mümkün olmayacağından serimin, serim yapılan tabakanın belirlenen kota uygun olarak yapılması istenir. Finişerde bulunan duyar-galar, kot kontrolü yaparak tablanın serim kalınlığını yönlendirmektedir. Duyargaların kullanılması için yol boyunca çelik hatlar gerilir ve topograflar tarafından yol kotlandırılır. Finişerlerde bulunan duyarganın ayağı, bu şeritler üzerinde yürür. Serim kalınlığında artma ya da azalma gerektiğinde duyarga bu çelik hatlar sayesinde tespit ettiği kalınlığı tablaya iletir ve tabla kota uygun kalınlıkta serim ayarını yapar (Görsel 9.6).

Özellikle dever nedeniyle kurplardaki eğim sürekli olarak değiştiği için serim sırasında da bu eğim verilmelidir. Eğim, düz yollarda yol genişliğinin her iki yanına verilir. Bu ayarlar duyargalar yardımıyla yapılır.

Segregasyonun oluşmaması taşıma, yayma, serme ve vibrasyon hızlarının uyum içeri-sinde çalışmasına bağlıdır. Bantlar yoluyla iki ayrı tünelden spirallere gelen malzemeler, spiraller yardımıyla yanlara doğru itilir ve karışım tabla yoluyla eşit kalınlıkta serilir. iletici bantlarla spiraller senkronize olarak finişerin hızıyla orantılı bir şekilde çalışır. Serme sırasında tabla uzunluğunda olan ve hızı ayarlanabilen bıçaklar, aşağı ve yukarı hareket ettiği için yoğurma etkisi ve tablanın ağırlığıyla segregasyonun önüne geçmiş olur.



Görsel 9.6: Çelik hatlarla finişer serim kalınlık kontrolü





9.4. ASFALT (BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM) SERME VE SIKIŞTIRMA KURALLARI

9.4.1. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Serme Kuralları

Serim sırasında finişerin ilerleme hızı; finişerlerde bulunan hazne, malzemenin iletimi, helezon spirallerin malzemeyi enine dağıtma kapasitesi ve finişerin hızı ile tablada bulunan bıçak hareket hızı ve vibrasyon titreşim hızlarının uyumu büyük önem taşımaktadır. Serim kalitesine etki edebilecek unsurların neden kaynaklandığını bilecek teknik bilgi ve tecrübeye sahip olmak önemlidir (Görsel 9.7).

Serim işlemi sırasında uyulması gereken kurallar şunlardır:

- Serim yapılacak olan tabaka zemininin kuru ve temiz olması gerekir.
- Serime başlamadan önce serim genişliğine göre finişer ayarı yapılmalıdır.
- Kesintisiz serim için plentle iletişim içinde organizasyon yapılmalıdır.
- Finişerin tüm kontrolleri önceden yapılmış olmalıdır.
- Karışımın soğumasını önlemek için sıcak bitümlü karışımı taşıyan kamyonların üzeri nakliye sırasında branda ile kapatılmalıdır.
- Serim işi düzenli ve kesintisiz olmalıdır. Malzemenin gelmediği durumlarda finişerin hızı yavaşlatılmalıdır.
- Uzun süreli kesintilerde, özellikle soğuk havalarda tabla kaldırılarak temizlenmelidir.
- Karışım ve sıcaklık serim boyunca kontrol edilmelidir.
- Serim kotu, sürekli kontrol edilmelidir.
- Elle serim sadece zorunlu durumlarda yapılmalıdır.
- Zorunlu olmadıkça aşınma tabakası 6 °C'nin altında serilmemelidir; binder tabakası 0 °C'de, bitümlü temel tabakası ise -3 °C'deki sıcaklıklarda serilebilir.
- Serim kalınlığının, en büyük tane boyutunun en az üç katı olmasına dikkat edilmelidir.



Görsel 9.7: Planlı yürütülen kaplama işlemi

9.4.2. Asfalt (Bitümlü Sıcak Karışım) Sıkıştırma Kuralları

Yol alt ve üst tabakalarının yapımında en önemli unsur sıkıştırma. Sıkıştırmaya etki eden birçok faktör vardır: karışımın ısısı, sıkışma yüzdesi, sıkıştırma makinesinin tipi ve hızı, asfalt çimentosunun viskozitesi vb. Finişerle serme işlemi devam ederken finişerin arkasından sıkıştırma işlemi yapılmalıdır (Görsel 9.8). Sıkıştırma işlemi üç aşamalı olarak yapılmalıdır.

İlk Sıkıştırma: Serme işlemi devam ederken finişerin ardından demir bandajlı silindirle yapılmalıdır. Bir nokta en az iki defa sıkıştırılmalıdır.

İkinci Sıkıştırma: Bu aşamada üç tüp silindir de kullanılabilir. Bir nokta en az iki defa sıkıştırılmalı; dalgalanma ve iz oluşmamasına dikkat edilmelidir.

Son Sıkıştırma: Statik demir bandajlı silindirlerle yapılır, silindir izi ve çatlak olmamasına dikkat edilmelidir.

Sıkıştırma işlemi sırasında uyulması gereken kurallar şunlardır:

- Sıkıştırma işlemi serimle başlamalıdır.
- Kenar takviyesi yoksa kenarlara en fazla 20 cm yaklaşılmalıdır.
- Kenar takviyesi bulunan kaplamalarda kenardan başlanmalıdır.
- Kurplarda içlerden dışa doğru sıkıştırma yapılmalıdır.
- Sıkıştırmaya başlanmadan silindirin zeminde öteleme ve çatlaklığa sebep olup olmadığına bakılmalıdır.
- Kaplama kalınlığına, serime ve yapılan işe uygun silindir seçilmelidir.
- Sıkıştırma işlemi için uygun ağırlıkta silindir seçilmelidir.
- Sıkıştırma sırasında tamburlar suyla ıslatılmalıdır.
- Titreşimli silindirlerde silindir durduğunda titreşim kapatılmalıdır.
- Silindir uzun süreli olarak hareketsiz bırakılmamalıdır.



Görsel 9.8: Serme ve sıkıştırma işlerinin birlikte yürütülmesi

- Ani manevralardan kaçınılmalıdır.
- Silindir park edilmek zorundaysa serim yönünde çapraz bir şekilde ve sıkıştırılmış zemin yüzeyinde olmalıdır.
- Yol, sıkıştırma bittikten 24 saat sonra trafiğe açılmalıdır.

9.5. ASFALT (BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM) SERME VE SIKIŞTIRMA İSİSİNİN KONTROLÜ

Bitümlü sıcak karışımların ısı kontrolleri plentten çıktığı andan trafiğe açılma aşamasına kadar düzenli olarak yapılmalıdır.

Plentten 140-160 °C'de çıkan bitümlü sıcak karışımların serim sıcaklığı, hava sıcaklığı ile bağlantılıdır. Düşük hava sıcaklıklarında serim sıcaklığının fazla olması, sıcak havalarda ise bu sıcaklığın 130 °C civarında olması uygun olmaktadır. Hava sıcaklığı, kaplama sıcaklığının soğuma süresini etkilemektedir. İhtiyaç duyulması hâlinde finişerlerde bulunan tablalarda ısıtma sistemi devreye sokulmaktadır (Görsel 9.9).



Görsel 9.9: Sıcak bitümlü karışım serme işlemi

Hava sıcaklığı sıkıştırma sıcaklığını da etkilemektedir. Karışımın serildiği andaki sıcaklığı (130 °C), sıkıştırma zamanlaması hava sıcaklığı dikkate alınarak planlanmalıdır. Sıcaklık kontrolü yapılmalı, silindir ile test sıkıştırmaları yapıldıktan sonra hemen ilk sıkıştırmaya başlanmalıdır. Sıkıştırma işlemine 130 °C'de başlanmalı 80 °C'nin altına inmeden sıkıştırma işlemi sonlandırılmalıdır.



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME – 9

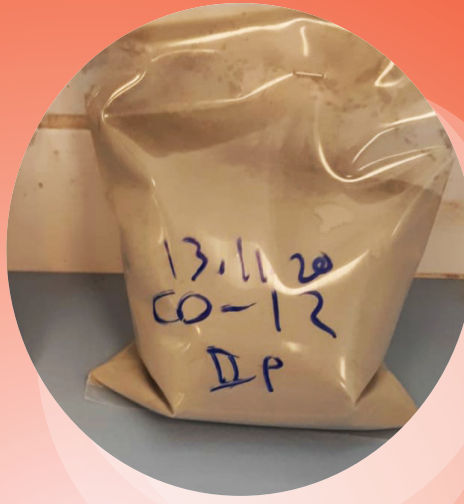
Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdaki araçların hangisi sıcak bitümlü karışımların serme işini gerçekleştirir?
 - A) Silindir
 - B) Damperli kamyon
 - C) Finişer
 - D) Tanker
 - E) Plent
2. Düşük sıcaklıklarda kullanımı uygun olan silindir çeşidi aşağıdaki seçeneklerden hangisinde verilmiştir?
 - A) Vibrasyonlu silindir
 - B) Üç tekerlekli silindir
 - C) Pnömatik silindir
 - D) Demir bandajlı silindir
 - E) Dokuz tekerlekli silindir
3. Aşağıdakilerden hangisi finişerin parçalarından biri değildir?
 - A) Tabla
 - B) Piston
 - C) Duyarga
 - D) Helezon spiral
 - E) Taşıyıcı bantlar
4. Aşağıdakilerden hangisi serme ile ilgili yanlış bir ifadedir?
 - A) Plentle malzeme temini konusunda iletişim hâlinde olunmalıdır.
 - B) Serim öncesi finişerin ayarları yapılmalıdır.
 - C) Zorunlu olmadıkça serim işine ara verilmemelidir.
 - D) Serim yapılacak zemin sulanmalıdır.
 - E) Uzun süreli beklemelemlerde tabla kaldırılarak temizlenmelidir.
5. Bitümlü sıcak karışımların plentten çıkarılması için hangi sıcaklık aralığında olması gerekir?
 - A) 80-130 °C
 - B) 100-130 °C
 - C) 120-140 °C
 - D) 130-150 °C
 - E) 140-160 °C





9. Öğrenme Birimi



10. Öğrenme Birimi

ÇİMENTO NUMUNELERİ ALMA

KONULAR

- 10.1. Çimento Numunesi Almak İçin Araç Gereç Hazırlığı
- 10.2. Çimentodan Deney Numunesi Alımı

KAVRAMLAR

- Çimento
- CEM
- Kalker
- Kil
- Proses
- Farin
- Klinker
- Numune Alma



10. ÇİMENTO NUMUNELERİ ALMA

Dünyada ilk çimento üretimi 1824 yılında bugün de yaygın olarak bilinen portland çimentosunun patentinin alınması ile kayıtlara geçmiştir. Türkiye’de ise ilk olarak 1912 yılında üretilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır.

Çimentolar, çimento ham madde yataklarına (Görsel 10.1) yakın ve bol bulunan yerlerde kurulan çimento fabrikalarında (Görsel 10.2) üretilmektedir.

Bu öğrenme biriminde, deneylerde kullanılacak çimento numuneleri alınırken kullanılan deney alet ve düzenekleri, numunelerin alındıktan sonra taşınması, saklanması ve sevk edilmesi aşamaları ele alınacaktır.



Görsel 10.1: Çimento ham madde yatağı



Görsel 10.2: Çimento fabrikası

10.1. ÇİMENTO NUMUNESİ ALMAK İÇİN ARAÇ GEREÇ HAZIRLIĞI

10.1.1. Numune Alma Alet ve Düzenekleri

Çimento deneylerini yapabilmek için deney numunelerini almak, hazırlamak, kaplara koymak, korumak ve laboratuvara taşımak için gereken malzemelere **numune alma alet ve düzenekleri** denir.

10.1.1.1. Çeşitleri ve Özellikleri

Numune Taşıma Kapları: Alınan çimento numunelerinin taşınmasında kullanılır. Çimento ile reaksiyona girmeyen ve korozyona uğramayan malzemeden yapılmış olmalıdır (Görsel 10.3).

Numune Saklama Kapları: Çimento numunelerinin saklandığı kaplardır. Çimento ile reaksiyona girmeyen ve korozyona uğramayan malzemeden yapılmış olmalıdır (Görsel 10.4).

Numune Alma Tüpü: Dökme ve torba çimentolardan numune almak için kullanılır. Pirinçten imal edilmiştir. İç içe eş merkezli iki tüpten oluşur. İç hacmi yaklaşık 3 litredir (Görsel 10.5).



Görsel 10.3: Numune taşıma kapları



Görsel 10.4: Numune saklama kapları



Görsel 10.5: Numune alma tüpü

Numune Alma Küreği: Paslanmaz çelikten yapılmış olmalıdır. Numuneleri karıştırma kaplarına koymak için kullanılır.





Mala veya Spatula: Numuneleri karıştırmak ve üzerlerini düzeltmek için kullanılır.

Fırça: Ölçü aletlerinin üzerinde biriken tozları temizlemek için kullanılır. Yumuşak uçlu, kıl fırça olmalıdır.

10.1.1.2. İşlerliklerinin Kontrolü

Çimento numunesi almada kullanılan bütün alet ve düzeneklerin, kullanılmadan önce çalışır ve temiz durumda olup olmadıkları kontrol edilmelidir. Kullanıldıktan sonra iyice temizlenmeli ve bakımları yapılmalıdır. Aksi takdirde deney numuneleri uygun şartlarda alınmamış olur ve çimentoyu tam temsil etmeyebilir. Bunun sonucunda doğru deney sonuçları elde edilemez.

10.1.2. Numune Ölçü Araçları

Deney sürecini sağlıklı bir şekilde tamamlayabilmek; malzemelerin miktarlarını, bekleme sürelerini, ısısını ölçmek için kullanılan araçlara **ölçü araçları** denir.

10.1.2.1. Çeşit ve Özellikleri

Terazi: 0,01/01 mg hassasiyetli, 60/220 gram kapasiteli olmalıdır (Görsel 10.6).

Kronometre: Başlatma ve durdurma tertibatlı, %1 hassasiyete sahip ve 300 saniye kadar zaman aralıklı olmalıdır (Görsel 10.7).

Termometre: Cıvalı, $\pm 0,1^\circ\text{C}$ hassasiyetli olmalıdır (Görsel 10.8).



Görsel 10.6: Terazi



Görsel 10.7: Kronometre



Görsel 10.8: Termometre

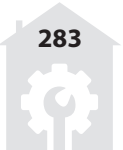
10.1.2.2. İşlerliklerinin Kontrolü

Deneyde kullanılan ölçü aletleri iyi korunmalı, deney öncesi ve sonrası temizlenmeli, kendi kutularında saklanmalı ve aletlerin kalibrasyonları yapılmalıdır.

10.1.3. Çimento Katkı Maddeleri

Çimentoların üretim aşamasında, içerisine farklı cins ve oranlarda katkı maddeleri katılarak değişik özellikli olmaları ve değişik kullanım alanlarına sahip olmaları sağlanır.

- **Kil:** 0,002 mm'lik elek altına geçen küçük taneli malzemeye **kil** denir. Çimento ham maddesidir.
- **Kalker:** Ana bileşimi en az %90 kalsiyum karbonat (CaCO_3) olan tortul kayalara **kalker** denir. Diğer adı kireç taşıdır. Çimento ham maddesidir.
- **Farin:** Çimento ham maddeleri kil ve kalkerin, döner fırına girmeden önce öğütülmesiyle elde edilen ince malzemedir.
- **Klinker:** Kil ve kalkerin öğütülmesiyle elde edilen farinin pişirilmesi sonucunda ortaya çıkan koyu gri renkli, bilye benzeri topak malzemelere verilen isimdir.
- **Alçı Taşı:** Kimyasal bileşimi kalsiyum sülfat olan bir mineraldir.
- **Çimento:** Portland çimentosu klinkerinin bir miktar alçı taşı ve çimento tipine bağlı olarak uygun oranda katkı maddeleri ile öğütülmesi sonucu elde edilen malzemeye **çimento** denir.



Kil (Görsel 10.9) ve kalker (Görsel 10.10) gibi ham maddelerin ince öğütülmesiyle elde edilen farinin (Görsel 10.11), 1400-1500 °C'lik yüksek sıcaklıklı döner fırınlarda pişirilmesiyle elde edilen klinkere (Görsel 10.12), az miktarda (%3-%6) alçı taşı (Görsel 10.13) katılarak birlikte öğütülmesi sonucu elde edilen hidrolik bağlayıcı yapı malzemesine **çimento** denir (Görsel 10.14).



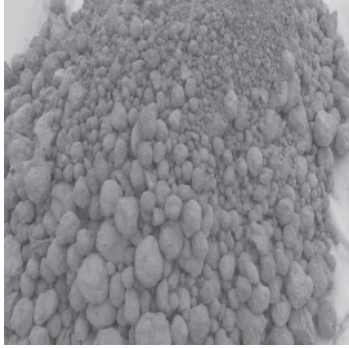
Görsel 10.9: Kil



Görsel 10.10: Kalker



Görsel 10.11: Farin



Görsel 10.12: Klinker



Görsel 10.13: Alçı taşı



Görsel 10.14: Çimento

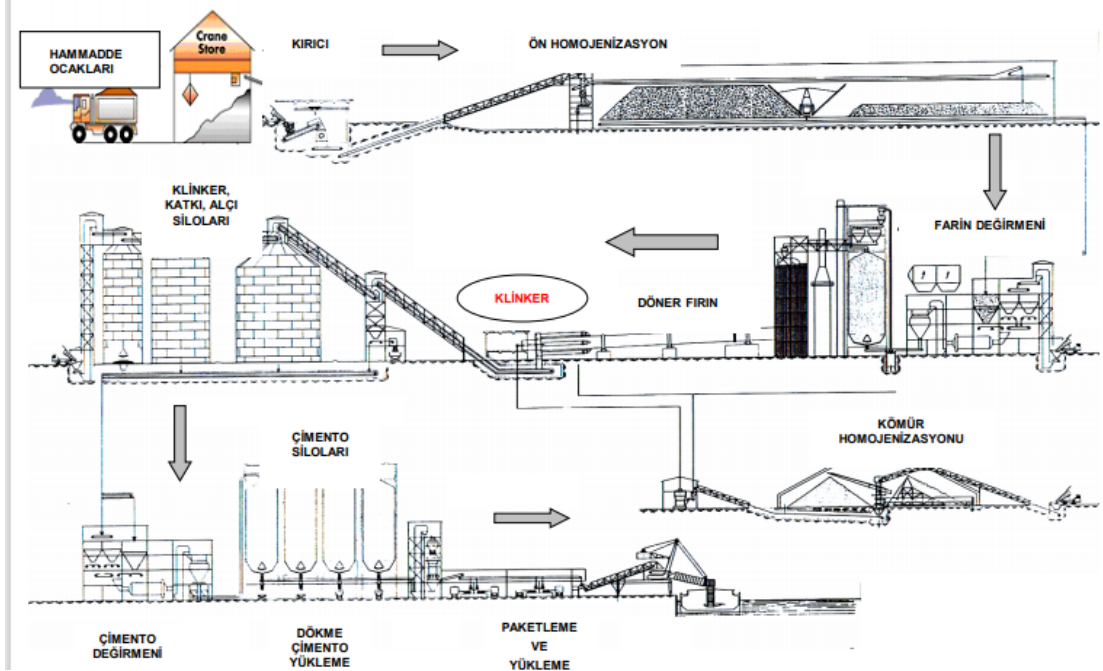
Çimento Üretiminde Alçı Taşı Kullanılmasının Önemi: Çimentoya alçı taşı katılmazsa su ile çimento arasındaki reaksiyon çok hızlı gelişir ve çimento çok hızlı bir şekilde katılaşır; dolayısıyla işlenebilme imkanı yok olur. Su ve çimento arasındaki reaksiyonu yavaşlatmak ve çimentonun katılaşma süresini yavaşlatmak amacıyla çimentolara üretim aşamasında alçı taşı katılır.

Çimentonun Kullanım Amacı: Çimentolar, betonda agrega tanelerinin birbirlerine ve betonun demir donatı ile birbirine tutunmasını sağlamak amacıyla kullanılır.

Hidrolik Bağlayıcı: Hem havada hem de suda priz (sertleşme) yeteneğine sahip olan, suda erimeyen bağlayıcılara denir. Çimento hidrolik bağlayıcıdır sözüyle; su altında ya da suya maruz kalma durumlarında sertleşip dayanım kazanabilmesi özelliği, ifade edilir.

10.1.3.1. Çimentoların Üretim Prosesi

Çimento ham maddeleri (kil, kalker) öğütülerek farin hâline getirilir. Elde edilen farin, yüksek sıcaklıklardaki (1400°-1500°) döner fırınlarda pişirilir ve klinker adlı yeni bir ürün oluşur. Elde edilen klinkerin öğütülmesi aşamasında %3-%6 oranında alçı taşı ilave edilir ve beraber öğütülerek çimentolar üretilmiş olur (Görsel 10.15).



Görsel 10.15: Çimento üretim süreci

Çimento fabrikalarında pişirme yöntemiyle elde edilen çimentonun; ham madde, yarı mamul ve ürün aşamalarında (Tablo 10.1) deneylere tabi tutularak standartlara uygun üretilmektedir. Çimento prosesinin (üretim süreci) her aşaması, elektronik sistemle takip edilmektedir. Çimento üretildikten sonra kimyasal ve fiziksel deneylere tabi tutulmaktadır.

Tablo 10.1: Çimento Proses Aşamaları

Hammadde	Yarı-mamul	Yarı-mamul	Ürün
Kalker Kil Şist Demir cev. Kum	kırma+ öğütme → farin	Pişirme → Klinker	Öğütme → ÇİMENTO
Yakıt (kömürler)	→	→	→
Katki (tras, curuf, vb.)	→	→	→
Alçı	→	→	→

10.1.3.2. Çimento Ana Tipleri

Dünya genelinde üretilen çimentoların %90'ını portland çimentosu oluşturmaktadır. Günümüzde kullanılan 27 farklı çeşit çimento bulunmaktadır. Bunlar **TS EN 197-1** standardına göre 5 ana tip altında toplanır. Bu sınıflandırma, içerdikleri katkı maddesine göre yapılmaktadır.

- CEM I: Portland çimentosu
- CEM II: Portland kompoze çimento
- CEM III: Yüksek fırın cürufu çimento
- CEM IV: Puzolanlı çimento
- CEM V: Kompoze çimento





10.1.3.3. Çimento Bileşenleri

TS-EN 197-1'deki değişik çimento tiplerine göre çimentonun bileşen malzemeleri:

- Ana bileşen (Portland çimentosu klinkeri)
- İkinci ana bileşen (uçucu kül, yüksek fırın cürufu, kalker, silis dumanı vb.)
- Minör ilave bileşen (uçucu kül, yüksek fırın cürufu, kalker, silis dumanı, vb.)
- Priz ayarlayıcı (kalsiyum sülfat, alçı taşı)
- Kimyasal katkılar (pigmentler, hava sürükleyici katkılar)

TS-EN 197-1'e göre çimentoya katılan ana bileşenler:

- A: Çimentonun en az mineral katkı, en fazla klinker içeren tipi
- B: Çimentonun A tipinden daha fazla mineral katkı, daha az klinker içeren tipi
- C: Çimentonun B tipinden daha fazla mineral katkı, daha az klinker içeren tipi

TS-EN 197-1'e göre çimentoya katılan ikinci ana bileşen katkıları:

S: Yüksek fırın cürufu **D:** Silis dumanı **P:** Doğal puzolan
Q: Doğal kalsine puzolan **V:** Silissi uçucu kül **W:** Kalkersi uçucu kül
T: Pişmiş şist **L:** Kalker (TOC<%0,5) **LL:** Kalker (TOC<%0,2)

TOC: Toplam organik karbon

Granüle Yüksek Fırın Cürufu: Yüksek fırında pik demir elde edilirken demir cevheri içindeki SiO_2 ve Al_2O_3 içeren gayri saflıklar, yumuşatıcı olarak katılan kalkerdeki CaO tarafından bağlanır. Bu şekilde oluşan cürufun bileşimi, portland çimentosuna büyük benzerlik gösterir. Fırın çıkışında hızla soğutulması ve en az 2/3 oranında camsı faz içermesi gerekir. Ayrıca içindeki CaO , MgO ve SiO_2 miktarları toplamı gene en az 2/3 oranında olmalıdır. $(\text{CaO} + \text{MgO}) / \text{SiO}_2$ oranısının ise 1,0'den fazla olması istenmektedir.

Kalsine Edilmiş Doğal Puzolan: Puzolanik özellikleri ısıtılarak kazanılarak elde edilmiş olan doğal madde ve kayalar. Reaktif silis içerikleri en az %25 olmalıdır.

Pişmiş Şist: Yaklaşık 800 °C'de pişirilen şist bileşimi itibarıyla puzolanik ve bağlayıcı özellikler gösterir. Çimento gibi denendiğinde 28 günlük basınç dayanımı en az 25 MPa olmalıdır. Hacim genleşmesi 10 mm'yi geçmemelidir.

Silis Dumanı: Silisyum ve ferrosilisyum alaşımlarının üretimi sırasında elektrik ark fırınlarında yüksek saflıktaki kuvarsın kömürle indirgenmesi sonucu elde edilen çok ince taneli baca tozudur. Reaktif silis içeriği en az %85 olup BET özgül yüzeyi en az 15 m/g olmalıdır. Kızdırma kaybı 1 saatte %4'ü geçmemelidir.

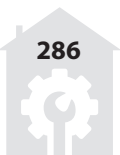
Silissi Uçucu Kül: CaO oranı %10'dan az olan puzolanik özellikli uçucu küldür. Serbest CaO içeriği %1'den fazla olmamalıdır. Serbest CaO değeri %2,5'e kadar olan küller koşullu olarak kullanılabilir. Reaktif SiO_2 %25'ten fazla olmalıdır.

Kalker (Kireç taşı): CaCO_3 içeriği en az %75 olmalıdır. Kil içeriği %1,2'yi geçmemelidir. Standartta toplam organik karbon (TOC) değerinin en fazla %0,2 (LL) ve %0,5 (L) olarak sınırlanmıştır.

Doğal Puzolan: Doğada bulunan puzolanik özellikte madde ve kayalar. Genellikle volkanik kökenlidir. Türkiye'de tras olarak adlandırılır. **TS EN 197-1**'e göre doğal puzolanlarda reaktif silis miktarı en az %25 olmalıdır.

Kalkersi Uçucu Kül: Reaktif CaO oranı %10'dan fazla olan bağlayıcı ve/veya puzolanik özellikli uçucu küldür. Reaktif CaO miktarı %15'e kadar olan küllerde reaktif SiO_2 %25'ten fazla olmalıdır. Reaktif CaO miktarı %15'ten fazla olan küller koşullu olarak kullanılabilir. Hacim genleşmesi 10 mm'yi geçmemelidir.

Uçucu Kül: Çok ince öğütülmüş kömür yakan fırınların baca gazlarına karışan ve çoğunlukla çimentodan ince olan kül tanecikleri elektrostatik yöntemlerle tutularak ayrılır. Genellikle kömürle çalışan termik elektrik santrallerinde elde edilir. Kızdırma kaybı 1 saatte %5'i geçmemelidir. Kızdırma kaybı %5-7 arasında ise kül koşullu olarak çimentoda kullanılabilir.





TS-EN 197-1'e göre her çimento tipine kütlece %0-5 arasında minör ilave bileşen katılabilmektedir. Bu bileşen o çimentoda ana bileşen olarak kullanılmamış, bir mineral katkı veya çimento özelliklerini iyileştirecek başka bir inorganik bileşen olabilir.



Çimentoya katılan klinkerin, ikinci ana bileşen katkıların ve minör ilave bileşen katkıların toplamı %100'e ulaşmalıdır. Miktarı kütlece %5'i geçen katkılar ana bileşen olarak kabul edilir.

Tablo 10.2: TS-EN 197-1'e Göre 27 Çeşit Çimento ve Bileşenleri

Çimento Türü	Adı	Notasyon	Ana Bileşenler (Kütlece % olarak)										Minör İlave Bileşenler
			Klinker K	Yüksek Fırın Cürufu S	Silis Dumanı D	Doğal Puzolan P	Endüstriyel Puzolan Q	Silissi Uçucu Kül V	Kalkersi Uçucu Kül W	Pişmiş Şist T	Kalker (Kireç Taşı) L	Kalker (Kireç Taşı) LL	
CEM I	Portland Çimento	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	Portland Cürufu Çimento	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland Silis Dumanlı Çimento	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland Puzolanlı Çimento	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
	Portland Uçucu Külü Çimento	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5
	Portland Pişmiş Şistli Çimento	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
	Portland Kalkerli Çimento	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5
	Portland Kompoze Çimento	CEM II/A-M	80-88	12-20									0-5
		CEM II/B-M	65-79	21-35									0-5
CEM III	Yüksek Fırın Cürufu Çimento	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Puzolanik Çimento	CEM IV/A	65-89	-	11-35					-	-	-	0-5
		CEM IV/B	45-64	-	36-55					-	-	-	0-5
CEM V	Kompoze Çimento	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30			-	-	-	-	0-5
		CEM V/B	20-38	31-49	-	31-49			-	-	-	-	0-5

10.1.3.4. Özel Çimentolar

Cürufu Çimentolar: Cürufu çimentoların hidratasyonu daha yavaş geliştiğinden daha uzun süre kür gerektirir. Bu nedenle kurak iklimli bölgelerde kullanılması doğru değildir. Sülfatlı sular, deniz suları, klorlu sular, karbonatlı sular, termal sular, buz çözücü maddeler vb. ile yapılan uzun süreli deneyler sonucunda cürufu çimentoların zararlı kimyasal etkiler altında performanslarının yüksek olduğu belirlenmiştir.



Alüminli Çimentolar: Bu çimento asit karakterli olduğundan asitlerden zarar görmez. Bu çimentoların mekanik dayanımları hızlı bir şekilde gelişir. Aynı koşullarda bir günlük dayanımı portland çimentosunun 8 aylık dayanımına eş değerdir. Bu çimentoların prizi ve sertleşmesi sırasında önemli derecede ısı açığa çıkar. Kimyasal etkilere çok dayanıklıdır. Yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklıdır.

Uçucu Kül Çimentoları: Uçucu küller; çimentoya ham madde olarak, klinker ve alçı taşı ile öğütülerek veya mamul çimentoya doğrudan olmak üzere üç şekilde katılabilir. Uçucu küllü çimentoların istenen mekanik özellikleri sağlayabildikleri takdirde sülfata dayanıklılık, geçirimsizlik ve düşük hidratasyon ısısı gibi olumlu yönleri vardır.

Hidrofob Çimentolar: Bu tip çimentolar rutubete karşı dayanıklı olması amacıyla klinkere hidrofob bir eleman (%0,1-0,4 oranında stearik asit, oleic asit) eklenip öğütülmesi ile elde edilir. Hidrofob çimento görünüş olarak normal portland çimentosuna benzer. Fakat küf kokusu gibi bir karakteristik özelliğe sahiptir. Hidrofob çimentolar suyla kolay ıslanmadıklarından bu tip çimentolar kullanılarak üretilen harç ve betonları daha uzun süre karıştırmak gerekir.

Beyaz Çimento: Beyaz çimentonun gri çimentodan birtakım üstün özellikleri bulunmaktadır. Buna göre denebilir ki beyaz çimento gri çimentoya göre daha hızlı priz alır, dayanımı daha yüksektir, yüzeyi pürüzsüzdür, dekoratif imalatlara rengi ve yapısı dolayısıyla daha uyumludur. Bu çimentolar mimari ve estetik amaçlı yapılarda kullanılır.

Renkli Çimentolar: Bu tip çimentolar beyaz çimento içine, inceliği çimento ile aynı olan toz hâlindeki (%1-5 arasında) metal oksitlerinden oluşan pigmentlerin eklenmesi ile elde edilir. Örneğin sarı renk için demir oksit hidrat, kırmızı renk için demir oksit, yeşil renk için krom oksit, mavi renk için lazurite, siyah renk için magnetik demir oksit ve beyaz renk için titan oksit kullanılır.

Sülfata Dayanıklı Çimentolar: Bu tip çimentolar, deniz suyu ve sülfatlı su içeren zeminler ve diğer sülfatlı ortamlar için en dayanıklı çimentolardır.

Erken Dayanımı Yüksek Çimentolar: Bu tip çimentolar ince öğütülmüş bağlayıcılar olup hızlı dayanım gerektiren yerlerde kullanılır. Bu çimentoların 2 ve 7 günlük dayanımları (30 MPa ve 40 MPa) aynı tip normal portland çimentolarına kıyasla yüksektir (10 MPa ve 21 MPa).

Oil-Well Çimentosu: Çok üstün özelliklere sahip bir çimentodur. Yer kabuğundaki çatlaklardan binlerce metre derinliğe kadar pompalanabilecek işlerde kullanılır. Araştırma için açılan sondaj kuyularında derinlik, 10000 m civarında olduğundan bu tip çimento ile doldurulmaları uygun olmaktadır.

Antibakteriyel Çimento: Bu çimento mikrobiyolojik fermantasyonu önlemek için antibakteriyel maddeler kullanılarak üretilen bir portland çimentosudur. Bakteriyel etkiye, gıda maddesi üreten tesislerin yer betonlarında rastlanılmaktadır. Bu gibi yerlerde, çimento üzerinde oluşan bakteriler ve nemin varlığı fermantasyona yol açmaktadır. Antibakteriyel çimento; su depoları, yemkhaneler, yüzme havuzları ve bakteri ya da mantar bulunan benzer yerlerde kullanılmaktadır.

10.1.3.5. Çimento Standart İşaretlemesi



Görsel 10.16: Çimento torbası ve çimentonun işaretlenmesi

Her çimento torbası üzerinde o çimentoya ait standart işaretleme yazmaktadır (Görsel 10.16).





CEM III / B – M (P-L) 32,5 N

CEM III: Ana çimento tipini, çeşidini ifade eder.

B: Çimento içindeki klinker içeriğini ifade eder (A: Yüksek, B: Orta, C: Düşük).

M: En az iki ana bileşen olduğunu ifade eder.

(P-L): Çimento katkı tiplerini ifade eder.

32,5: Çimento standart dayanım sınıfını ifade eder (28 günlük dayanım sınıfı, MPa cinsinden).

N: Normal, yüksek veya düşük erken dayanım sınıfını ifade eder (2 ve 7 günlük dayanımlar) (N: Normal, R: Yüksek, L: Düşük).

10.2. ÇİMENTODAN DENEY NUMUNESİ ALIMI

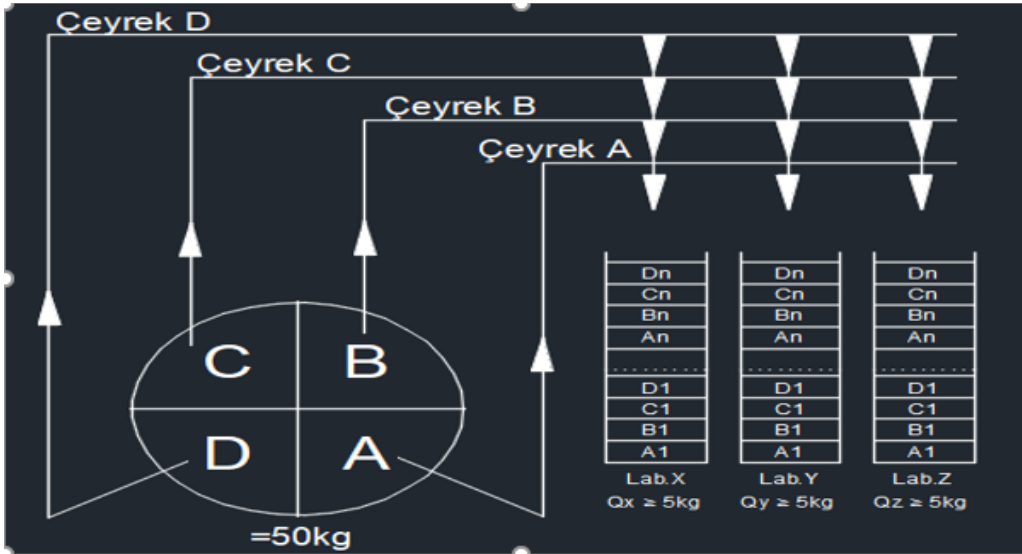
10.2.1. Çimento Numunesi Alma

Çimentolardan numune alma işlemi **TS EN 196-7** standardına göre yapılır.

Çimentonun kalitesinin belirlenmesi için öncelikle üretilen çimentoyu iyi temsil edecek numune alınması gerekir. Numune almada kullanılan aletler çimento ile reaksiyona girmeyen ve korozyona uğramayan özellikteki malzemelerden yapılmış olmalıdır. Alınan laboratuvar numunesi en az iki deney yapacak miktarda veya en az 5 kg olmalıdır. Alınacak spot veya kompoze numunenin toplam miktarı ise 40 kg–50 kg arasında olmalıdır.

Alınan bu spot numune nem oranı %85'ten az olan bir ortamda, kuru ve temiz bir bez veya plastik örtü üzerine boşaltılır ve dış etkenlerden korunarak iyice karıştırılıp homojenize edilir. Homojenize etme işlemi bittikten sonra numune çeyrekleme yöntemi ile dört eşit parçaya bölünür (Görsel 10.17). Numune alma küreği ile her bir çeyrekten 0,5 kg olacak şekilde alınır ve numune kaplarına aktararak bölünür. Bu işleme her kaptan en az 5 kg numune (laboratuvar numunesi) olana kadar devam edilir.

Her laboratuvar kabına x, y, z sırası ile dağıtılır. İlk olarak A'dan bir kürek, sonra B'den bir kürek, sonra C'den bir kürek, en son D'den bir kürek alınır.



Görsel 10.17: Laboratuvar numunelerinin oluşturulması

Spot Numune: Yapılacak deneyler için bir seferde aynı yerden ve aynı zamanda alınan numunedir.



Kompoze Numune: Farklı yer ve zamanda alınan spot numunelerin birleştirilip karıştırılması ve gerektiğinde bu karıştırılan numunenin azaltılmasıyla elde edilen numunedir.

Laboratuvar Numunesi: Deneyleri yapacak laboratuvarda kullanılmak üzere spot veya kompoze numuneden alınan numunedir.

Deney Numunesi: Sadece yapılacak tek bir deney için gerekli olan çimento numunesine denir.

10.2.1.1. Numune Almada Dikkat Edilecek Hususlar

- Numune miktarları, belirlenen deneylerin en az iki defa yapılmasına yetecek miktarda olmalıdır.
- Çimento kapları, çimento ile reaksiyona girmeyen malzemelerden seçilmelidir.
- Çimento numunesi homojen olmalıdır.
- Çimento numunesi; kuru, temiz ve hava geçirmez bir kaba aktarılmalıdır.
- Numune alma cihazları, sürekli olarak çalışır durumda olmalıdır.
- Numune alma cihazları, her numune alımından sonra dikkatlice temizlenmelidir.
- Diğer cihazlarda kullanılan yağların bu cihazları kirletmemesine dikkat edilmelidir.

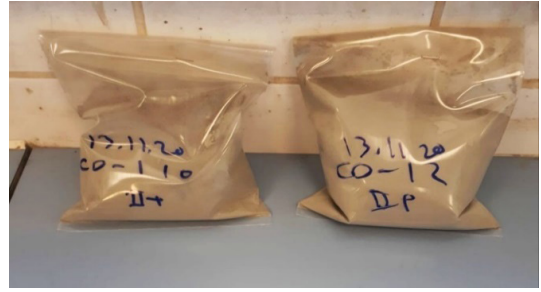
10.2.1.2. Ambalajlanmış Çimentolardan Numune Alma

Ambalajlanmış çimentodan (Görsel 10.18) çimento deney numunesi (Görsel 10.19) alma iki şekilde olur:

- Manuel paketleme makinesi memesinden doğrudan numune alınır. Çimentodan 5 dakikalık süre içerisinde üç kerede olmak sureti ile toplam 3-4 kg numune alınır.
- Otomatik paketlemeden numune almak için sistemde otomatik dolumu yapılan bir adet torba ayrılarak alınır. Torba içerisinden toplam 3-4 kg numune alınır.



Görsel 10.18: Ambalajlanmış çimento



Görsel 10.19: Çimento deney numunesi

10.2.1.3. Dökme Çimentodan Numune Alma

Hazır beton santrallerinde kullanılmak üzere, torbalanmadan silobas (Görsel 10.20) denilen özel araçlarla taşınan çimentoya **dökme çimento** denir. Dökme çimentodan numune almak için yine numune alma çubuğu kullanılır. İç tüp, yuvaları kapatmak ve numuneyi almak için döner. Numune alınırken iç kısımdaki boru döndürülerek hava alma delikleri kapatılmalıdır. Çimento kütlesinin üst ve alt tabakasından numune alınmamasına dikkat edilmelidir.





Görsel 10.20: Silobas (Dökme numune tankeri)

10.2.1.4. Çimento Silolarından Numune Alma

Beton santrallerine gerekli olan betonun saklanması için kullanılan saklama sistemlerine **çimento silosu** denir (Görsel 10.21). Çimento silosunun boyutları, beton üretim tesislerinin ihtiyacına göre farklı kapasitelerde olabilir. Hazır beton hizmeti veren firmalar tarafından kullanılır.

Uygun sabit bir numune alma cihazı olmadığında dağıtım sistemindeki farklı çimentoların birikintilerini ve istenmeyen karışımlarını atmak için boşaltma işlemi başladığında bir miktar çimento atılır. Çimento silosunun dökülüşündeki numune alıcının hava klapesi açılarak numune alıcının içi temizlenir. Numune alıcının klapesi açılır ve içindeki numune sıcak hâle gelinceye kadar boşaltılır (Görsel 10.22). Numune alıcının tıkanık olması durumunda metal çubuk ile tıkanıklık açılır.

Çimentodan 5 dakikalık süre içerisinde üç kerede olmak sureti ile toplam 3-4 kg numune alınır. Sıcaklık kontrol edilerek kayıt altına alınır.

Çimento silolarının iç yüzeyleri pürüzsüz ve düzgün olmalı, siloların tabanı yatay olarak en az 50° lik açı yapmalıdır.

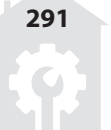
Çimento siloları sık sık (en geç ayda bir kez) sonuna kadar boşaltılarak kullanılmalı, böylece çimentonun silo içerisinde katılaşması önlenmelidir.



Görsel 10.21: Çimento silosu



Görsel 10.22: Klappenin açılarak çimento numunesi alınması





10.2.2. Numune Alma Tutanağı

Çimento numuneleri alındıktan sonra, numuneye ve numune alan kişiye ait bilgilerin yer aldığı belgeye **numune alma tutanağı** denir.

Her numuneye tekabül eden numune alma raporu, bu iş için sorumlu bir kişi tarafından yapılır. Kopyalar, sözleşme maddelerine veya belgelendirme kurallarına uygun olarak hazırlanan ve dağıtılan laboratuvar numunelerine iliştilir. Rapor veya kopyaları numune alma esnasında hazır bulunan ve/veya sorumlu temsilciler tarafından imzalanır.

10.2.2.1. Tutanakta Bulunması Gereken Mecburi (Zorunlu) Bilgiler

- Numune alınmasından sorumlu kuruluşun isim ve adresi
- Teslim söz konusu ise müşterinin isim ve adresi
- Çimentonun **TS EN 197-1**'de belirtilen standart işaretlemesi
- İmalat yerinin tanımı
- Numune alma yeri, tarih ve zamanı
- Numune tipi
- Numune kabındaki tanımlama işareti
- Yabancı madde mevcudiyeti
- Çimentonun kalitesini etkileyebilecek unsurlar (taşıma şartları gibi)
- Alınan çimento numunesinin tanımını sağlayacak diğer tüm bilgiler (silo numarası gibi)

10.2.2.2. Tutanakta Bulunması Gereken İhtiyari (İsteğe Bağlı) Bilgiler

Raporda, taraflarca başka bir şekilde anlaşma yapılmadığı takdirde aşağıdaki ihtiyari bilgiler bulunmalıdır:

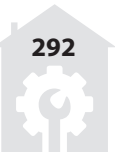
- Partinin tanımı ve çimentonun alındığı stoğun yaklaşık miktarı (ambardan alınan 3000 ton torbalı çimento gibi)
- Laboratuvar numuneleri için kullanılan kabın tipi

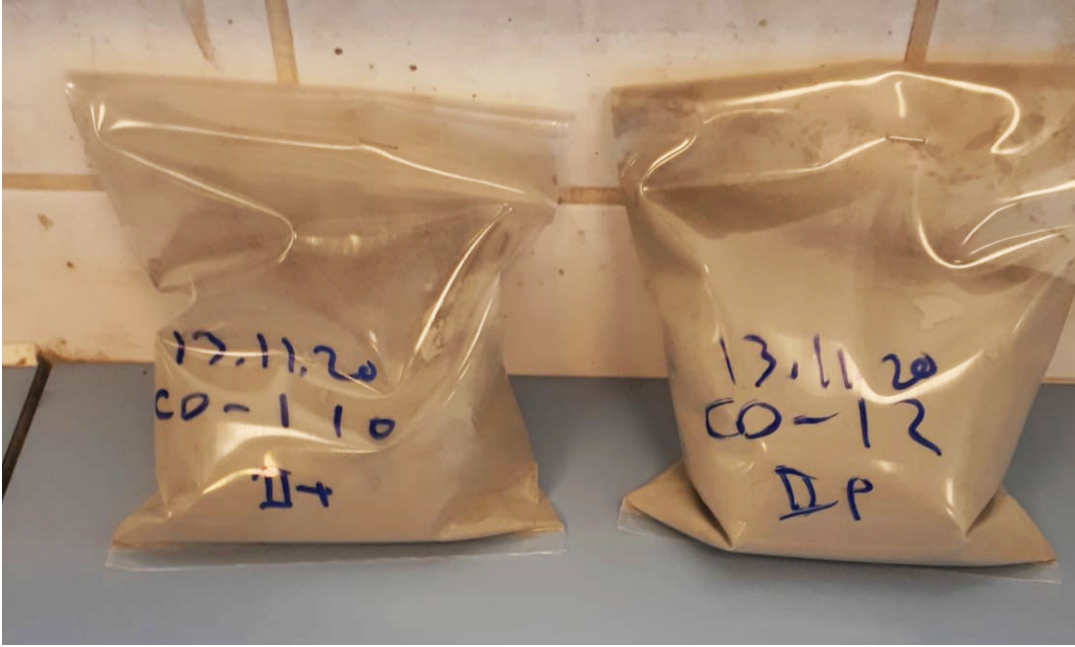
10.2.3. Numunelerin Korunması

- Numuneler genellikle 30 °C altında muhafaza edilmelidir.
- Çimento muhafaza kapları, çimento ile reaksiyona girmeyen ve korozyona uğramayan maddelerden yapılmalı; hava ve rutubet geçirmemelidir.
- Daha önce herhangi bir malzemenin ambalajında kullanılan kaplar veya malzemeler kullanılmamalıdır.
- Kabın hava ile etkileşimini önlemek için kaplar mümkün olduğunca ağzına kadar doldurulmalıdır. Sızdırmaması için bantla sarılmalıdır.
- Torba ve kaplarda plastik kullanılıyorsa muhafaza süresi 3 ayı geçmemelidir.

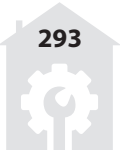
10.2.4. Numunenin Sevk Edilmesi

Numuneye ait bilgilerin bulunduğu raporların (Tablo 10.3) kopyaları vakit geçirilmeden ilgili taraflara iletilir. Numuneye ait bilgilerin bulunduğu formun bir kopyası, koruyucu bir zarf içinde numune kabının içine konulmalıdır. Alınan numuneler ilgili laboratuvara getirilerek deneyler yapılır. Laboratuvarda analize alınmadan önce poşet içerisindeki numune, tam homojen olması için iyice karıştırılır. Deney numunesi temiz bir torbaya konur, deney numunelerinin açık şekilde tanıtılması için numune torbaları silinmeyecek şekilde işaretlenir ve ağız sıkıca bağlanarak laboratuvara getirilir (Görsel 10.23) ve 20+1 °C sıcaklığa ulaşması için ertesi sabah deney saatine kadar laboratuvarda bekletilir.



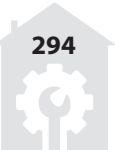


Görsel 10.23: Üzeri işaretlenmiş ve ağzı kapatılmış olarak laboratuvara sevk edilen deney numunesi



**Tablo 10.3: Numune Alma / Sevk Raporu**

Numuneyi Getiren Kuruluş/Kişi			
Numunenin Teslim Edileceği Laboratuvar			
Numune Tanımı			
Numunenin	Alındığı Ünite		
	Alma Yeri		
	Alma Tarihi	 / /	
	Alma Saati	 -	
	Boyutu		
Numune Alma Tipi		Spot	Kompoze
Numune Kabul No.			
Açıklamalar	Yabancı Madde	Var	Yok
	Kurşun Mühür	Var	Yok
	Taşıma Şartları	Ağız Kapalı (Sızdırmaz)	Ağız Açık
	Silo Numarası / Stok Numarası	1 2 3 4 5 	
Parti Tanımı	Gönderildiği Yer		
	Sevk Tipi		
	Sevk Tarih Aralığı		
	Miktar (Ton/Litre)		
Numuneyi Hazırlayan – Unvan/İmza			
Numuneyi Gönderen – Unvan/İmza			

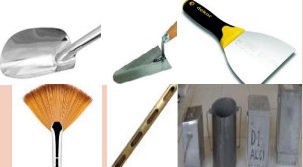




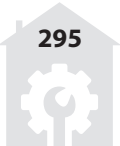
DENEY UYGULAMASI – 1


<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21699>

Çimento deneyi yapabilmek için gerekli numuneyi, istenilen yerden alınız ve laboratuvara gönderiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdaki kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız. - Numune veya malzeme alımında daima temiz araç gereçler kullanınız, aynı araç gereçleri temizlemeden başka bir madde içine sokmayınız. - Çalışma bittikten sonra ellerinizi sabunlu su ve gerektiğinde antiseptik bir sıvı ile yıkayınız. Çalışma bittikten sonra eller sabunlu su ve gerektiğinde antiseptik bir sıvı ile yıkanmalıdır.	
 Numune alma araç gereç hazırlığının yapılması	- İş önlüğünüzü giyiniz. - Araç gereç hazırlığını yapınız. - Araç gereçlerin işlerliğini ve temizliğini kontrol ediniz.	
 Ölçü araçlarının hazırlanması	Ölçü araçlarının işlerliğini ve temizliğini kontrol ediniz.	
Çimento numunesinin alınması	Numune nereden alınacaksa ilgili araç gereçleri alınız ve numunenin alınacağı yere gidiniz.	
Numune alma tutanağının düzenlenmesi	Numune alındıktan sonra o numuneye ait bilgileri tutanağa yazınız ve imzalayınız.	
 Numunenin laboratuvara gönderilmesi	- Numuneyi kuru, temiz ve hava almayan poşet içerisine koyunuz. - Poşet üzerine numuneye ait bilgileri silinmeyecek şekilde yazınız.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME – 10

A. Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi çimentoya katılan alçı taşının yüzde olarak oranıdır?

- A) %1- %3
- B) %2-%4
- C) %2-%5
- D) %3-%6
- E) %3-%8

2. Yapılacak deneyler için bir seferde aynı yerden ve aynı zamanda alınan numune aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Çimento numunesi
- B) Deney numunesi
- C) Kompoze numune
- D) Laboratuvar numunesi
- E) Spot numune

3. Çimento üretilirken katılan alçı taşı üretimin hangi aşamasında katılır?

- A) Klinkerin öğütülmesi aşamasında
- B) Kilin öğütülmesi aşamasında
- C) Kalkerin öğütülmesi aşamasında
- D) Farinin pişirilmesi aşamasında
- E) Klinkerin pişirilmesi aşamasında

4. CEM II / A – M (Q-P) 42,5 R işaretlemesinde (Q-P) ifadesi aşağıdakilerden hangisini ifade eder?

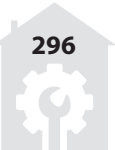
- A) Ana çimento tipini
- B) Çimentoya katılan katkı tiplerini
- C) Çimento klinker oranını
- D) Çimento dayanım sınıfını
- E) Erken dayanım sınıfını

5. Çimentonun ana bileşenleri aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Kalker - Alçı taşı
- B) Kil - Alçı taşı
- C) Kil - Kalker
- D) Kil - Klinker
- E) Kalker - Klinker

B. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Çimentoya alçı taşı katılmasının amacı nedir, alçı taşı katılmazsa ne olur?
2. “Çimentolar hidrolik bir bağlayıcıdır” cümlesinde hidrolik bağlayıcı diyerek ne ifade edilmektedir?
3. Çimento numunesi alırken nelere dikkat edilmelidir?
4. Çimento numunelerinin korunmasında nelere dikkat edilmelidir?
5. Beton üretiminde çimento kullanılması- nın amacı nedir, kullanılmazsa ne olur?





11. Öğrenme Birimi

ŞANTIYEDE ÇİMENTO DENEYLERİ

KONULAR

- 11.1. Şantiyede Çimento Hacim Sabitliği Deneyi
- 11.2. Şantiyede Çimento Priz Deneyi

KAVRAMLAR

- Hacim Sabitliği
- Genleşme
- Priz
- Priz Sonu
- Priz Başlangıcı



11. ŞANTİYEDE ÇİMENTO DENEYLERİ

Bu deneyler şantiye sahasında bulunan çimentonun kullanıma uygunluğunu kontrol etmek için yapılan deneylerdir. Şantiye ortamında yapıldığı için sonuçlar kesin olmayıp test sonucu uygun olmayan çimentoların laboratuvar ortamında, ilgili standartlar doğrultusunda tekrar analizinin yapılması gerekmektedir.

Hacim sabitliği ve priz deneyleri aynı anda yapılabilmesi gibi ayrı ayrı da yapılabilir. Her iki deney için de deney hamurunun hazırlanması aynı yöntemle yapılmaktadır.

11.1. ŞANTİYEDE ÇİMENTO HACİM SABİTLİĞİ DENEYİ

Çimentolarda sönmemiş kireç (CaO) ve serbest magnezyum oksidin (MgO) belirli bir değerin üstünde bulunması zararlıdır. Çünkü bu bileşenler, su ile yaptığı reaksiyon sonunda önemli derecede hacim artmasına neden olarak betonda çatlamlara yol açabilir. Dolayısı ile betonun basınç dayanımında azalmalara ve betonun daha geçirgen bir yapıya sahip olmasına sebep olmaktadır.

11.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Deneyde kullanılacak araç gereçler ortam sıcaklığında (20 ± 2 °C) olmalıdır (Görsel 11.1).

Terazi: 0,1 g hassasiyette ve kalibrasyonu (ölçümleme) yapılmış olmalıdır. Çimento numunesinin ve suyun ölçülmesinde kullanılır.

Cam Plak: Kenarları yuvarlatılmış, 150x150x3 mm ebatlarında düz cam levhadır. Deney pastalarının şekillendirilmesinde ve taşınmasında kullanılır.

Dereceli Beher (Su Kabı): En fazla 250 mL'lik beher, cam veya plastik kaplardır. Deneyde kullanılacak su miktarının ölçülmesinde kullanılır.

Mala veya Spatula: Küçük mala veya en fazla 5 cm ağız genişliğindeki spatulalar deney hamurunun karıştırılmasında kullanılır.

Madenî Yağ: Araç motorlarında kullanılan yağlardır. Deney pastasının cam levhaya yapışmaması için kullanılır.

Nemli Bez: Renkli temizlik bezleri kullanılabilir. Nemini çabuk kaybetmemesi önemlidir. Numuneyi örtecek büyüklükte olmalıdır.

Kaynatma Kabı: Deney numunelerini alabilecek büyüklükte, kapaklı, derin olmayan metal kaplar, tepsilerdir. Numunelerin kaynatılmasında kullanılır.

Maşa: Kaynatılan numuneyi kavrayabilecek özellikte ve büyüklükte olmalıdır. Numunelerin kaynatma kabından çıkartılmasında kullanılır.

Soğuk Su Havuzu: Deney numunelerini alabilecek büyüklükte derin olmayan metal, plastik tepsi ve kaplardır. Numunelerin suda bekletilmesinde kullanılır.

Isıtıcı: Gaz veya elektrikle çalışan ısıtıcılar, suyun kaynatılmasında kullanılır.



Görsel 11.1: Deney araç gereç ve ekipmanları

1. Soğuk su havuzu 2. Kaynatma kabı 3. Isıtıcı 4. Dinlendirilmiş su 5. Beher/Cam mezür 6. Numune kabı 7. Nemli bez 8. Cam plak 9. Mala-spatula 10. Madenî yağ 11. Çimento numunesi





11.1.2. Deney Numunesi

Çimento: Tüm çimentoyu temsil eden, numune alma kurallarına göre alınmış, kuru ve topaksız olmalıdır. Hacim sabitliği ve priz deneyi birlikte yapılacaksa 300 g numune (hacim sabitliği için 200 g, priz deneyleri için 100 g) alınmalıdır. Deney numunesi en az 12 saat öncesinden deneyin yapılacağı ortama getirilmelidir.

Su: İçilebilir özellikte olmalıdır. Deneyde kullanılacak su, en az 12 saat öncesinden deney ortamına getirilmelidir.

11.1.3. Deneyin Yapılışı

- Deneyde ortam sıcaklığı 20 ± 2 °C'de olmalıdır. Deney sarsıntısız, aydınlatılmış ve hava akımı olmayan, ısı değişikliklerine maruz kalmayan bir ortamda yapılmalıdır.
- Cam levhaların bir yüzeyi madeni yağ ile ince bir film tabakası oluşacak şekilde yağlanır. Cam levhalara, yazıları alttan görünecek şekilde küçük etiket konur. Etiket; deney tarihi, saati, çimentonun adı ve hangi deneyde kullanılacağı, deneyi yapan vb. bilgiler olmalıdır.
- Su emmeyen sarsıntısız yüzeye 300 g (Hacim sabitliği ve priz deneyleri aynı anda yapılacaktır.) çimento öbeklenerek konur.
- Çimentonun %30'u (90 g/90 ml); su ölçülerek ortası açılmış çimentonun içine, taşırmadan konur.
- Suyu dışarı taşırmadan çimentoyu kenarlarından içeriye doğru doldurarak çimento hamur karışımına başlanır. 3 dakika boyunca homojen bir karışım elde edinceye kadar karıştırma işlemi yapılır.
- Hazırlanan çimento hamuru üç eşit parçaya (İkisi hacim sabitliği deneyi, biri priz deneyleri için kullanılacaktır.) ayrılır.
- Ayrılan hamurlar, cam levhalara alınır. Cam levhaları hafifçe zemine çarptırıp sarsarak 8-10 cm çapında daire şeklinde deney pastaları hazırlanır (Yayılmamanın yavaş olması, su miktarının doğru olduğu anlamına gelmektedir. Çabuk yayılan çimento hamurları için deney daha az su oranıyla tekrar yapılmalıdır.). Deney pastalarının üst yüzeyleri nemli mala veya spatula ucuyla düzeltilir.
- Deney pastalarının ikisi hacim sabitliği deneyi için kullanılacaktır. Diğer pasta, priz deneyi için hazırlanarak takibine başlanmalıdır.
- Hacim sabitliğinde kullanılacak deney pastaları, nemli bez altında 24 saat bekletilir.
- Bu süre sonunda numuneler, cam levhalardan dikkatlice kaydırma hareketi ile ayrılır.
- Numunelerden biri soğuk su deneyi için içerisinde numune üstünü örtecek şekilde su (20 ± 2 °C) bulunan su havuzuna konur.
- Diğer numune, kaynatma deneyi için düzgün yüzeyi üste gelecek şekilde içerisinde su bulunan kaynatma kabına konur.
- Kaynatma suyu, 15 dakikada kaynama durumuna gelmeli ve 2 saat boyunca kaynamalıdır. Bu süre içinde su seviyesi numuneyi örtecek şekilde olmalıdır. Eksilen suyun yerine elektrikli su ısıtıcılarında kaynar su hazırlanarak ilave edilmelidir.
- 2 saatlik kaynama süresi sonunda numune kenarlarında dökülme, yüzeyinde çatlama ve eğilme olup olmadığı gözlemlenir.
- Soğuk su havuzuna konan diğer numune, 28 gün boyunca suyun sıcaklığı (20 ± 2 °C) sabit tutulmaya çalışılarak bekletilir. Su seviyesinin numune üzerinde kalmasına dikkat edilmelidir.
- Çimento içerisinde olması gerekenden fazla MgO ve CaO bileşikleri bulunan çimentolar çatlama ve dökülmelerini 3 gün içerisinde göstermektedir. Bu süre içerisinde numunede dökülme, çatlama veya eğilme olup olmadığı gözlenir. Gözlem amaçlı sudan çıkartılan



numune 15 dk. içerisinde su havuzuna geri konulmalıdır. Gözlemler mümkün olduğu kadar su içerisindeyken yapılmalıdır.

- Hacim sabitliği deneyinde, her iki yöntem gözlemleri deney raporunda belirtilir.

11.2. ŞANTİYEDE ÇİMENTO PRİZ DENEYİ

Priz süresi tayini deneyi, betonun sertleşmeye başladığı (priz başlangıcı) ve sertleşmiş beton hâline döndüğü (priz sonu) sürelerinin tespiti için yapılan deneylerdir. Priz süresi çimento ve suyun reaksiyon hızıyla alakalıdır. Çimentonun çeşidine uygun sürede çıkmayan priz süreleri için çimento numunelerinin laboratuvara gönderilerek ilgili standartlar doğrultusunda analizlerinin yapılması gerekir.

11.2.1. Deney Numunesi

Hacim sabitliği deneyinde deney numunesinin özellikleri ve miktarı belirtilmiştir. Bu deney tek başına yapılacak ise 100 g çimento numunesi, yaklaşık %30 kadar su kullanılmalıdır.

Bu deney için ucu 3 mm kalınlığında batırma çubuğu kullanılmalıdır (Görsel 11.2). Batırma çubuğu olarak 6'lık, 8'lik çivi veya ucu 3 mm inceltmiş metal çubuklar kullanılabilir.



Görsel 11.2: Batırma çubuğu

11.2.2. Deneyin Yapılışı

- Deney pastası, hacim sabitliği deneyinde hazırlanmıştır. Priz deneyi ayrı yapılacaksa hacim sabitliği deneyinde anlatıldığı şekilde deney pastası hazırlanır.
- Deney pastasının hazır olduğu saat kaydedilir.
- Hazırlanan deney pastası, üzeri nemli bez ile örtülerek 45 dakika bekletilir (İlk bekleme süresi çimento çeşidine göre değişmektedir.).
- Bu süre sonunda numune düzgün bir yüzeye konur ve bez kaldırılır.
- Batırma çubuğu, numune kenarından **15 mm** içeriden ve numuneye dik bir şekilde batırılır.
- Batırılan yerin kenarlarında kılcal çatlamlar gözlenir.
- Batırma işlemi dairesel bir yön belirlenerek sırayla ve her batırma yeri arasında en az **10 mm** mesafe kalacak şekilde 10'ar dakika ara ile yapılır. Bu süre içerisinde nemli bez, sadece batırma işlemi için numune üzerinden alınır. Bekleme sürelerinde numune, nemli bez altında tutulmalıdır.
- Kılcal çatlamanın gözlemlendiği batırma anı, priz başlama zamanıdır. Pastanın hazır olduğu zaman ile priz başlama zamanı arasındaki süre hesaplanır ve **5 dakikaya** yuvarlatılarak priz başlama süresi olarak kaydedilir.
- Bundan sonra batırma aralıkları 15 dakika olmalıdır. Her kontrolden sonra numune nemli bez altında tutulmaya devam edilmelidir. Batırma işlemlerinde dairesel yöne devam edilmeli, kenarda bir tur tamamlandığında 15 mm içeriden ikinci tura başlanmalıdır.
- Batırma çubuğunun numune üzerinde en fazla **0,5 mm** iz bıraktığı an, numunenin priz sonu zamanı olarak kaydedilir. Priz sonu batırma işlemleri yapılırken numuneyi parçalamayacak şekilde kuvvet uygulanmalıdır.
- Numunenin hazırlandığı zaman ve priz sonu zamanı arasındaki süre hesaplanarak en yakın **15 dakikaya** yuvarlatılır ve priz sonu süresi olarak kaydedilir.





11.2.3. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 11.1’de dayanım sınıflarına göre çimentoların priz başlama süreleri verilmiştir. Tabloya göre deney numunesinin uygunluğu raporda belirtilir. Priz başlama sürelerine sadece dayanım sınıfının etki etmediği bilinmelidir.



Çimento deneyleri aynı tip çimento ile üç kez tekrarlanır. Birbirine yakın sonuçlarda (Her deney için kabul edilebilir değerler farklılık gösterir.) deney sonuçlarının ortalamaları; sonuçlar arasında farklılığın fazla olması durumunda ise kabul edilebilir üç değer yakalanana kadar deney tekrarlanır.

Tablo 11.1: Çimento Çeşitlerinin Priz Başlama Süreleri

Dayanım Sınıfları	Priz başlama süreleri (dk.)
32,5	75 dk. veya 75 dk.dan büyük
42,5	60 dk. veya 60 dk.dan büyük
52,5	45 dk. veya 45 dk.dan büyük

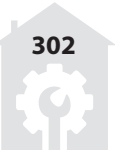
Her iki deneyden elde edilen gözlem ve bilgiler deney raporuna işlenerek ilgililer tarafından imzalanır (Tablo 11.2).





Tablo 11.2: Deney Raporu

Firma		Şantiye	
		Rapor Tarihi	
Çimento Deney Raporu No.:6			
Çimento Cinsi			
Çimento Markası ve Fabrikası			
Çimentonun Alındığı Firma			
Numunenin Alındığı Tarih			
Priz Deneyi (Batırma Yöntemi)			
Deney Sıcaklıkları	Çimento:	Su:	Oda:
Pastanın Yapıldığı Tarih			
Pastanın Yapıldığı Saat	Saat:	Dakika:	
Priz Başlangıcı Çatlağının Gözlendiği Saat	Saat:	Dakika:	
Priz Başlangıcı İçin Geçen Süre	Dakika:		
Prizin Sona Ermesinin Gözlendiği Saat	Saat:	Dakika:	
Prizin Sona Ermesi İçin Geçen Süre	Dakika:		
Priz Süreleri Bakımından	Uygun	Uygun Değil	
	☐	☐	
Hacim Sabitliği Deneyi			
Deney Sıcaklıkları	Çimento:	Su:	Oda:
A- Kaynatma Deneyi			
Pastanın Yapıldığı Tarih			
Kaynatma Kabına Yerleştirildiği Tarih			
Pastada Kaynama Sonucu Çatlaklar ve Eğilme Görüldü Mü?	Evet	Hayır	
	☐	☐	
Çimento Kaynatma Deneyine Göre	Uygun	Uygun Değil	
	☐	☐	
B- Soğuk Su Deneyi			
Pastanın Yapıldığı Tarih			
18-22 °C Su İçinde Yerleştirildiği Tarih			
3 Gün İçinde Çatlak ve Eğilme Görüldü Mü?	Evet	Hayır	
	☐	☐	
Çimento Soğuk Su Deneyine Göre	Uygun	Uygun Değil	
Deney Sonucunu Etkileyebilecek Faktörler:			
Deneyi Yapan		Kontrol Eden/Onay	
İmza		İmza	





DENEY UYGULAMASI

Temin edebildiğiniz en az iki çimento çeşidi ile şantiyede hacim sabitliği ve priz deneylerini yapınız. Sonuçlarınızı deney raporlarınıza bakarak karşılaştırınız.

Deney Adı: Şantiyelerde Hacim Sabitliği ve Priz Tayini Deneyler

DENEY SÜRELERİ:

Priz süresi tayini : 3-5 saat

Hacim sabitliği deneyi : Kaynatma deneyi için 30 dakika uygulama, 24 saat bekleme, 2 saat 30 dakika bekleme.

Soğuk suda bekletme deneyi: 4 gün (28 gün)

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdaki kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Kırık cam malzemelere kesinlikle çıplak elle dokunmayınız. Kırılan cam malzemeleri derhâl süpürüp dikkatle çöp kutusuna değil, geri dönüşüm kutusuna atınız.	
Deney araç gereçlerinin hazırlanması	Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz.	
Çimento numunesinin ve suyun tartılması	- İçilebilir dinlenmiş su kullanınız. - Tartım esnasında hassas terazi kullanmaya çalışınız. - Terazi vb. ortak kullanılan cihazları bir sonraki kullanıma hazır hâlde bırakmayı unutmayınız. - Su/çimento oranının %25-35 arasında olmasına dikkat ediniz.	
Çimento hamurunun hazırlanması	- Çimentonun ortasını açarak suyu doldurunuz. - Suyu taşırmadan 3 dk. içinde homojen bir karışım hazırlayınız. - İstenilen kıvam yakalanmadığında su oranını azaltarak veya artırarak deneyi tekrarlayınız.	
Cam levhaların yağlanması	- Madenî yağı fırça ile tüm yüzeye ince bir tabaka hâlinde sürünüz. - Grup çalışmalarında iş bölümü yapınız. - Etiketleri koymayı unutmayınız.	





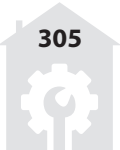
 Çimento hamurunun üç eşit parçaya ayrılarak cam levhalara yerleştirilmesi	• Çimento hamurlarını levhanın ortasına daire şeklinde öbekleyerek koyunuz. • Gerekirse mala ile şekil verebilirsiniz.	
 8-10 cm çapında dairesel deney pastalarının şekillendirilmesi ve yüzeylerinin düzeltilmesi	• Cam levhayı sarsarak ve yönlendirerek el hareketleriyle şekil vermeye çalışınız. • Yüzeyi düzeltmeden önce malayı hafif ıslatınız.	
 Numunelerin üzerinin nemli bez ile örtülmesi	• Priz tayini deneyinde deney süresince, hacim sabitliği deneylerinde ise 24 saat bezlerin nemini kaybetmemesine dikkat ediniz.	
 45 dk. sonra priz deneyinde ilk batırma işleminin yapılması	• Kenardan 15 mm içeriden, batırma çubuğunu dik tutarak batırma işlemini yapınız.	
Her 10 dakikada bir batırma işleminin yapılması	• Batırma işleminde kendinize bir yön belirleyip aynı yönde sırasıyla batırma yapınız. • Her batırma arası uzaklığın 10 mm olması gerektiğini unutmayınız. • Kontrolden sonra numunenin üzerini nemli bezle örtünüz.	
 Priz başlama süresinin belirlenmesi	• Batırma işleminde kılcal çatlamların görüldüğü saati kaydediniz. • Pastanın hazır olduğu saatten bu saate kadar olan süreyi hesaplayarak priz başlama süresini rapora yazınız. • Süreyi en yakın 5 dakikaya yuvarlamayı unutmayınız.	
Priz sonu süresinin takibinin yapılması	• Priz başlangıcından sonra batırma süresini 15 dakikada bir yapınız ve aynı yönü takip ediniz.	





 Priz sonu süresinin belirlenmesi	- Batırma çubuğunun deney pastası üzerinde sadece iz bıraktığı saati kaydediniz. - Pastanın hazır olduğu saatten bu saate kadar olan süreyi hesaplayarak priz sonu süresini rapora yazınız. - Süreyi en yakın 15 dakikaya yuvarlamayı unutmayınız.	
24 saat sonra hacim sabitliği deneyleri için numunelerin cam levhalardan ayrılması	- Numuneleri çıkartırken iterek numuneye zarar vermemeye çalışınız. - Gerekirse spatula kullanabilirsiniz.	
Kaynatma deneyinde kullanılacak numunenin kaynatma kabına konulması	- Numuneyi; suya düzgün, yüzeyi üste gelecek şekilde koyunuz. - Suyun 15 dk. içinde kaynamasına dikkat ediniz. - Kaynama süresince suyun numunenin üzerinde kalmasına dikkat ediniz. - Gerekirse üzerine kaynar su ilave ediniz.	
 2 saatlik kaynama sonunda numunenin kontrol edilmesi	- Numuneyi çıkartmadan önce kenarlarda dökülme olup olmadığını, yüzeyinde çatlamlar olup olmadığını kontrol ediniz. - Maşa ile numuneyi düzgün bir yüzeye koyarak eğilme olup olmadığını kontrol ediniz. - Gözlemlerinizi deney raporuna yazınız.	
Soğuk su deneyinde kullanacağınız numuneyi içinde su bulunan kaba koyunuz.	Suyun sıcaklığının deney boyunca (en az 3 gün, tercihen 28 gün) $20 \pm$ °C'de olmasına dikkat ediniz.	
 3 günlük bekleme sonunda numunenin kontrol edilmesi	- Deney numunesinin fazla olduğu durumlarda aynı çeşit çimentodan bir numuneyi 28 günlük gözleme tabi tutabilirsiniz. - Numuneyi sudan çıkarmadan önce kenarlarda dökülme olup olmadığını, yüzeyinde çatlamlar olup olmadığını kontrol ediniz. - Numuneyi düzgün bir yüzeye koyarak eğilme olup olmadığını kontrol ediniz. - Gözlemlerinizi deney raporuna yazınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğini yapılması	- Deney araç ve gereçlerini dikkatlice temizleyiniz. Çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadıklarını kontrol ediniz. - Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Deney raporunun hazırlanması	Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME - 11

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdaki çimento deneylerinden hangisi şantiyede yapılabilir?

- A) Özgül yüzey tayini deneyi
- B) Tane büyüklüğü tayini deneyi
- C) Çekme ve basınç tayini deneyi
- D) Hacim sabitliği deneyi
- E) Çimento analiz deneyleri

2. Priz süresi tayini deneyinde kullanılan batırma çubuğunun ucu kaç mm incelikte olmalıdır?

- A) 1 mm
- B) 3 mm
- C) 5 mm
- D) 8 mm
- E) 10 mm

3. Aşağıdakilerden hangisi şantiyelerde yapılan çimento deneylerinde kullanılan araçlardan değildir?

- A) Mala
- B) Cam levha
- C) Gaz yağı
- D) Isıtma kabı
- E) Beher

4. Şantiyede yapılan çimento çeşitlerinde deneyin yapılacağı ortam sıcaklığı kaç °C olmalıdır?

- A) 35±3
- B) 30±3
- C) 25±2
- D) 20±2
- E) 15±1

5. Şantiyede yapılan çimento priz tayini deneyinde, batırma kenarlardan kaç mm içeriden yapılmalıdır?

- A) 15
- B) 10
- C) 8
- D) 5
- E) 3

6. Hacim sabitliği deneyinde numunede gözlenmesi gereken değişimler aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A) Renk değişimi- Eğilme- Parçalanma
- B) Dökülme- Eğilme- Çatlama
- C) Çatlama- Bükülme- Parçalanma
- D) Bükülme- Renk değişimi- Tortu oluşumu
- E) Parçalanma- Tortu oluşumu- Eğilme

7. CEMİ 32,5 portland çimento priz başlama süresi minimum kaç dakika olmalıdır?

- A) 45
- B) 55
- C) 60
- D) 75
- E) 80

8. Saat 10.00'da hazırlanan bir deney pastasında, priz başlama saati 11.13 olarak kaydedilmiştir. Bu çimentonun priz başlama süresi kaç dakikadır?

- A) 70
- B) 73
- C) 75
- D) 100
- E) 113

9. Şantiyede hacim sabitliği deneyinde kullanılan yöntemler hangi seçenekte bir arada verilmiştir?

- A) Kaynatma- Soğuk suda bekletme
- B) Isıtma- Soğuk suda bekletme
- C) Soğuk suda bekletme- Çözme
- D) Kaynatma- Dondurma
- E) Soğuk suda bekletme- Dondurma

10. Aşağıdaki kimyasal bileşenlerden hangisinin oranı kabul edilebilir değerden fazla çıkarsa betonda gençleşme sonucu çatlamlar meydana gelir?

- A) CO₂
- B) H₂O
- C) MgO
- D) CaCO₃
- E) SiO₂





12. Öğrenme Birimi

ÇİMENTO ANALİZLERİ

KONULAR

- 12.1. SiO_2 Tayini
- 12.2. SO_3 Tayini
- 12.3. Fe_2O_3 Tayini
- 12.4. MgO Tayini
- 12.5. CaO Tayini

KAVRAMLAR

- Çimento Bileşenleri
- XRF Cihazı
- Analiz
- Eritiş Tableti
- Pres Tablet



12.ÇİMENTO ANALİZLERİ

Çimentonun içerisinde ham maddeden ve alçı taşından gelen oksitler bulunmaktadır. Kal-kerin pişirilmesiyle CaO (kalsiyum oksit/serbest kireç) ve MgO (magnezyum oksit); kilin pişirilmesiyle SiO_2 (Silisyum oksit), Al_2O_3 (Alüminyum oksit), Fe_2O_3 (demir oksit); alçı taşından da SO_3 (Kükürt tri oksit) çimentonun bünyesine girmektedir.

MgO: Çimento hamurunda ve betonda hacim genişlemesine ve çatlamaya sebep olan zararlı etkileri vardır. Çimentoda kullanılan klinkerden gelen yüksek MgO , çimentoların erken ve ileri yaş dayanımını ciddi oranda düşürmektedir. Çimentonun üretildiği klinkerin MgO değerinin %5'ten yüksek olmaması gerekir.

Serbest CaO : Döner fırın içindeki ana bileşen reaksiyonlarında görev almamış CaO , serbest CaO olarak isimlendirilmektedir. Çimento hamurunda ve betonda yer alan serbest CaO , su ile birleşince ısı açığa çıkmakta ve hacim genişlemesi olmaktadır. Bu sebeple çimento bünyesinde CaO oranının da çok yüksek olmaması gerekir.

SO_3 : Çimentonun çok erken priz yapmasını önlemek için çimento üretiminde klinker ve az miktarda alçı taşı birlikte öğütülmektedir. SO_3 değeri ağırlıklı olarak bu alçı taşından gelmektedir. SO_3 değeri düşük olursa çimentonun priz süresi kısalmaktadır (Bu durumda çimento harcı veya beton erken sertleşip işlenebilirliği azalmaktadır.). SO_3 değerinin fazla olması da çimento hamurunun genişleşip hasar görmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple çimento standardında, çimento SO_3 değeri için üst sınır getirilmiştir. Maks. %4 (42,5 R, 52,5N ve 52,5 R sınıfı çimentolar için) olmalıdır.

SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 : Çimento içerisine ham maddeden giren bileşiklerdir. Pişirme esnasında CaO ile tepkimeye girerek çimentoya dayanım kazandıran **C2S**, **C3S**, **C3A**, **C4AF** çimento ana bileşenlerini oluşturur (Tablo 12.1). Bu ana bileşenler çimentoya bağlayıcılık özelliği kazandıran bileşenlerdir. Üretim boyunca takip edilmeli ve standartların istediği oranda çimento içeriğinde bulundurulmalıdır.

Tablo12.1: Çimento Ana Bileşenlerinin Oluşumu

Çimento Ana Bileşeni	Adı	Oksit Bileşenleri
C2S (dikalsiyum silikat)	Belit	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
C3S (trikalsiyum silikat)	Alit	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
C3A (trikalsiyum aluminat)	Aluminat	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
C4AF (tetrakalsiyum aluminoferrit)	Ferrit	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

Çimento hidratasyonu sırasında, her ana bileşen su ile ayrı ayrı reaksiyona girmektedir. Ana bileşenin reaksiyon hızı ile reaksiyon sırasında açığa çıkan ısı ve reaksiyon sonunda oluşan ürünün çimento hamurunun bağlayıcı özelliğine (dayanımına) katkısı farklı olmaktadır (Tablo 12.2).

Tablo 12.2: Çimento Ana Bileşenlerinin Özellikleri

ÖZELLİK	C3S	C2S	C3A	C4AF
Reaksiyon Hızı	Orta	Yavaş	Hızlı	Orta
Hidratasyon Isısı	Orta	Düşük	Yüksek	Orta
Erken Dayanıma Etkisi	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
Uzun Süreli Dayanıma Etkisi	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük

Çimento içerisindeki SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 oksitleri kimyasal analizlerle bulunmaktadır. Çimentonun kimyasal analizleri **TS-EN 196-2**'ye göre yapılmaktadır. Analizler; X ışını floresan (XRF) yöntemi ve ıslak kimyasal analiz yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Çimento bileşenlerini içeren oksitlerin kimyasal analizleri, günümüzde ağırlıklı olarak XRF cihazında ya-





pılmaktadır. Fabrikaların kimya laboratuvarlarında ıslak analiz olarak Cl (klorür), SO₃, kızdırma kaybı, çözünmeyen kalıntı analizleri yapılmaktadır.

12.1. X IŞINI FLORESAN YÖNTEMİ İLE KİMYASAL (SiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO, SO₃) ANALİZ

X ışını floresan yöntemi ile kimyasal analiz, XRF cihazı ile yapılır. **TS-EN 196-2**'de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, SO₃, K₂O, Na₂O, TiO₂, P₂O₅, Mn₂O₃, SrO, Cl ve Br tayini için X ışını floresansın kullanıldığı performansa dayalı alternatif bir yöntem tarif edilmiştir. Çimento proses süreci 24 saat kesintisiz devam eder, bu yüzden yapılan analizlerin kısa sürede sonuçlanması ve olumsuz verilere vakit kaybetmeden müdahale edilmesi gerekmektedir. XRF cihazı, ıslak analiz yöntemine göre kıyaslanamayacak kadar kısa sürede kimyasal bileşik analizleri yapmakta ve anlık müdahale imkânı sağlamaktadır. Bu sebeptendir ki çimento fabrikalarında kimyasal analizin vazgeçilmez unsurudur.

XRF cihazında SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, SO₃ bileşikleri analiz edilebilmektedir. Kimya laboratuvarlarında ayrıca SO₃ tayini referans yöntem olarak analiz edilmektedir.

XRF cihazının çalışma prensibi şu şekildedir: Cihaz tüpünden çıkan ışınların numune içerisindeki atomlara çarpması sonucunda kırılarak oluşturduğu radyasyon, her element için farklı yoğunlaşma değeri vermektedir. Daha önceden tanımlı olan bu değerlerle o elementin kimliği belirlenmekte ve numune içerisindeki miktarı tespit edilebilmektedir.

Sonuçların güvenilirliği için belli aralıklarla referans numuneleri vasıtasıyla kalibrasyon kontrolü yapılmalıdır. Cihazda kullanılacak çimento numuneleri eritiş (cam plak) ve preslenmiş toz tablet olarak önceden hazırlanır.

12.1.1. Kızdırma Kaybı Tayini

Deneyde kullanılacak numune miktarını hesaplamak için yapılır. Çimento analizlerinde kullanılan deney numune kütlesi az miktardadır. Numune bünyesinde bulunan nem ve karbondioksit, deney sonuçlarını etkilemektedir. Çimentonun yüksek sıcaklıkta kızdırılması sonucunda nem ve karbondioksit çimentoyu terk etmektedir. Kızdırma kaybı sonucu elde edilen kayıp miktarı deney numune kütlesine ilave edilerek deneyde kullanılacak numune kütleleri belirlenmelidir. **TS EN 196-2**'ye göre bazı bileşiklerin kurutma sıcaklıkları ve süresi Tablo 12.3'te belirtilmiştir.

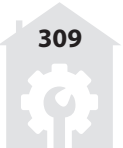
Tablo 12.3: Kurutma Sıcaklık ve Süreleri

Bileşik	Sıcaklık (°C)	Süre (Dakika)
SiO ₂	1175±25	30
MgO	1175±25	30
Al ₂ O ₃	1175±25	30
Fe ₂ O ₃	700±25	30

12.1.2. Cihaz Kalibrasyonu ve Kalibrasyon Eğrilerinin (SiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO, SO₃) Oluşturulması

Cihazın ölçüm doğruluğunu tespit etmek için en az dört farklı laboratuvar tarafından analizi yapılmış ve aynı değerleri okutulmuş gözetim (referans) numuneleri kullanılır.

XRF cihazına analizi yapılacak bileşiklerin referans değerleri, önceden yüklenerek kalibrasyon eğrileri oluşturulmalıdır. Her bir bileşiğin bu değerler arasında çıkması gerekmektedir. CEMI çimento tipi için bazı bileşiklerin referans aralıkları Tablo 12.4'te verilmiştir. Herhangi bir deney numunesi tipi için bu değerler girilerek kalibrasyon eğrileri oluşturulmalıdır.



Tablo 12.4: CEMI Çimento Referans Aralıkları

Reaktifler/ Bileşikler	Bileşikler Kütlece %						
	Bileşiklerin Cam Tablet Numaraları						
SiO ₂	24,0	19,5	20,4	22,3	18,0	18,7	21,4
Al ₂ O ₃	7,2	8,1	2,6	5,4	4,5	6,3	3,6
Fe ₂ O ₃	1,5	6,1	6,8	4,2	5,3	2,3	3,4
CaO	61,2	62,4	63,3	64,5	66,0	67,8	68,8
MgO	1,1	1,7	4,0	2,6	2,2	3,2	0,5
SO ₃	4,0	1,8	2,7	0,2	3,4	1,0	2,3

12.1.3. Deney Araç Gereçleri ve Numune Hazırlama (SiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO, SO₃)

XRF Cihazı: Dalga boyu dağılımlı X ışınları floresan cihazının (WD-XRF) veya polarize enerji dağıtıcı X ışınları floresan cihazının (PEDXRF) kalibrasyonları yapılmış olmalıdır. XRF cihazları her türlü elementin tespitinde kullanıldığı için geniş bir kullanım alanına sahiptir. Çoklu numune analizi yapan çeşitleri olduğu gibi (Görsel 12.1. a) el tipi tekli numune analizi yapan (Görsel 12.1.b) türleri de mevcuttur. Eritilmiş ve toz tablet numunelerinin bileşik analizlerinin kütlece ve yüzde olarak belirlenmesinde kullanılır. Çimento fabrikalarında zaman tasarrufu sağlaması açısından yaygın kullanıma sahiptir.



Görsel 12.1: a) Çoklu XRF analiz cihazı



Görsel 12.1: b) Tekli XRF analiz cihazı

Gözetim Numuneleri: Önceden hazırlanmış cam tablet numunelerdir. Bu referans numunelerinde, en az dört laboratuvar tarafından aynı değerler okunmuş olmalıdır. XRF cihazlarının kalibrasyonunda kullanılır. Bu referans numuneler, her gün XRF cihazı tarafından okutulur ve referans değerler ile numunelerin kontrolü yapılır.

Deney Numunesi: TS EN 196-2 standardına göre çeyreklemeye yöntemi ile 125-150^m elekten elenmiş ve 105 °C'de kurutulmuş topaksız çimento olmalıdır.

- **Eritiş Tableti Hazırlamak İçin Kullanılacak Araç Gereç ve Kimyasallar**

Desikatör: İçerisinde renk değiştiren silika jel bulunmalıdır.

Terazi: 0,0005 g duyarlılıkta olmalıdır.

Isıya Dayanıklı Eldiven ve Maşa: Eldiven, ısıya dayanıklı ve dirseğe kadar uzun olmalıdır. Kullanılacak maşa ise uzun, sapları ısıya dayanıklı ve bariyerli olmalıdır. Fırın eritme işleminde krozeyi tutmak için kullanılır (Görsel 12.2).



Görsel 12.2: Maşa ve ısıya dayanıklı eldiven



Görsel 12.3: Siyah camlı gözlük

Siyah Cam Gözlük: Fırın kapağı açıkken çalışmak ve erimiş numuneyi daha net görebilmek için kullanılır (Görsel 12.3).



Görsel 12.4: Eritiş cihazı ve fırın



Eritiş Cihazı veya Fırın: Otomatik sistemli, gazla çalışan, 900 °C ile 1200 °C arasında ayarlanabilen eritiş cihazı kullanılabildiği gibi elektrik dirençli fırın, muflalı fırın veya yüksek frekanslı indüksiyon fırını da kullanılmaktadır. 250±10 °C, 700±25 °C, 950±25 °C, 1000±25 °C ve 1175±25 °C sıcaklıklara ayarlanabilen cihazlardır (Görsel 12.4).



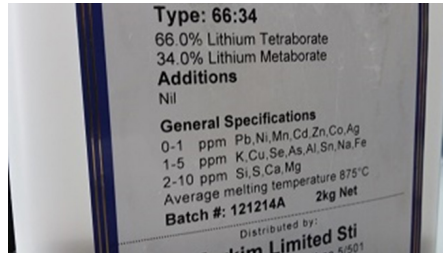
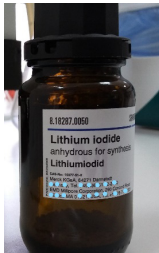
Görsel 12.5: Platin kroze ve altlık

Kroze ve Altlık: Kroze, numune eritme kabı olarak kullanılır, 20-25 mL kapasiteli olmalıdır. Pt-Au (platin %95-altın %5) karışımından yapılmıştır. Altlık ise eritilmiş numune kalıbı olarak kullanılır.

Kalıplar kullanım esnasında çarpılma şeklinde biçim değiştirirse uygun bir şablon içinde preslenerek eski biçimine getirilmelidir. Temizlikleri hacimce 1/10'luk seyreltik hidroklorik asit veya 100 g/L derişimli sitrik asit içinde kaynatılması suretiyle sağlanabilir (Görsel 12.5).

Lityum İyodür (Lil) Çözeltisi: 25 g Lil/100 ml saf su karışımından oluşur. 1 g çimento numunesinde 0,3-0,4 g kullanılır (Görsel 12.6).

Lityumtetra borat (%66)-Lityummetaborat (%34) Karışımı: TS EN 196-2'ye göre ıslaklık önleyici malzeme olarak kullanılır. Ergitilmiş cam tabletlerin soğuma esnasında çatlamasının önlenmesine ve kalıptan kolay çıkarılmasına yardımcı olması için kullanılır (Görsel 12.6).



Görsel 12.6: Lityumiyodür ve lityum tetrobonat-lityummetaborat



- Toz Tablet Hazırlamak İçin Kullanılacak Araç Gereçler ve Kimyasallar**

Terazi: 0,0005 g duyarlılıkta olmalıdır.

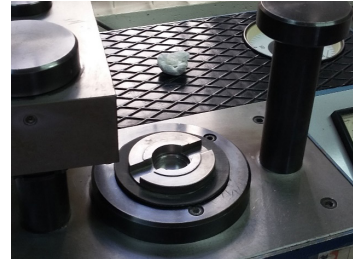
Pipet: Lityum tetrabonatın çimentoya ilavesinde kullanılır.



Görsel 12.7: Diskli öğütücü

Diskli Öğütücü: Kayaç, çimento, kalker, ham madde seramik, metal oksitler vb. gibi sert kırılğan malzemelerin öğütülmesi işlemleri için kullanılmaktadır. Toz tablet hazırlamak için kullanılacak çimento deney numunelerinin öğütülmesinde kullanılır (Görsel 12.7).

Pres Cihazı: Çimento, öğütülmüş mineraller, cevher, ham madde, cüruf gibi malzemelerin hidrolik çalışma yöntemi ile preslenmesine uygun olmalıdır. Toz tablet numunelerinin hazırlanmasında kullanılır (Görsel 12.8).



Görsel 12.8: Pres cihazı



Görsel 12.9: Çelik halka

Çelik Halka: 40 ton basınca dayanıklı sert çelikten yapılmış; iç Ø35, dış Ø40, yükseklik 14 mm ebatlarında ve XRF cihazı ile uyumlu olmalıdır. Preslenecek numunenin kalıpları olarak kullanılır (Görsel 12.9).

Vezin Kabı: Ağzı kapaklı bir tartım kabıdır. Aynı zamanda çimento numunesi ve lityum tetrabonatın karıştırma kabı olarak kullanılır (Görsel 12.10).



Görsel 12.10: Vezin kabı



Görsel 12.11: Tretonolamin

Trietanol Amin (TEA): Öğütmeyi kolaylaştırıcı bir kimyasaldır. 30 g çimento deney numunesine birkaç damla damlatılır (Görsel 12.11).





12.1.4. Deneyin Yapılışı (SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3)

Cam (Eritiş) Tableti Hazırlama:

- 1,1225 g olan numune, 7,7875 g Lityumtetra borat (toplam 9 g) olacak şekilde ve 0,3 g lit-yum iyodür, 0,0005 g hassasiyetli terazide tartılır.
- Numune ve kimyasallar uygun bir kap içerisinde iyice karıştırılır.
- Karışım platin krozeye konur.
- Kroze ve eritiş numune kalıbı eritme yapılacak cihaza konur/yerleştirilir.
- Eritme için fırın ve eritiş cihazı kullanılabilir. Bu cihazların eritme sıcaklıkları 900 ile 1200 °C arasında olmalıdır. (Fırında eritme yapılacaksa kroze, deneyi yapan kişinin kontro-lünde karıştırılır. Eritiş cihazı kullanılacaksa bu cihazda karıştırma işlemi otomatik olarak yapılır. Eritiş cihazında ham madde, farin ya da çimento numune tipine uygun program seçilmelidir.)
- Numune tamamen eriyinceye ve içinde hava kabarcığı kalmayana kadar eritilir. (Ortalama süre; fırında 45 dakika, eritiş cihazında 15 dakikadır.)
- Erime sonrasında fırında eritilen numune fırına yakın ve düz zemine konmuş kalıba, de-neyi yapan yetkili tarafından dikkatlice ve hava kabarcığı oluşmadan; eritiş cihazında ise otomatik olarak kalıba dökülür.
- Kalıp oda sıcaklığında soğumaya bırakılır (yaklaşık 5 dk.).
- Hazırlanan numune etiketlenerek desikatörde saklanır.

Toz Tablet Hazırlama:

- 30 g çimento numunesi 0,0005 g hassasiyetle tartılarak vezin kabına konur.
- Öğütmeyi kolaylaştırmak için numune üzerine 2-3 damla trietanolamin damlatılır.
- Diskli öğütücüde 2-3 dakika öğütülür.
- Numune kalıbı olan çelik halka, pres makinesine yerleştirilir.
- Kalıbın 2/3'ü öğütülen çimento ile doldurulur.
- Çimento numunesi 20 ton basınç altında 60 saniye preslenir.
- Preslenen numunenin yüzey kontrolü yapılır. Bozuk yüzeyli ve dökülme gözlenen numu-neler analizde kullanılmamalıdır.
- Pres numuneler etiketlenerek desikatörde saklanır.

Analiz İşlemi:

- XRF cihazı deneyde kullanılacak tablet çeşidine uygun ayarlara getirilir.
- Günlük analize başlamadan önce XRF cihazına gözetim numunesi okutulmalı, cihazın doğru okuma yapıp yapmadığı kontrol edilmelidir. Aynı zamanda önceden kalibrasyon eğ-rileri için kullanılan kontrol numuneleri cihaza okutulmalı ve aynı değerleri verip vermediği veya sapmaların kabul edilebilir sınırlar içinde olup olmadığına bakılmalıdır.
- Analize başlamadan önce dikkat edilmesi gereken bir diğer husus, kontrol numunelerinin fazla kullanımı nedeniyle yaşlanmasından şüpheleniliyorsa veya kontrol numune okuma-larında kabul edilebilir değerler görülememesi durumlarında yeni kontrol numuneleri ha-zırlanmasıdır. Cihaz ölçümünden şüpheleniliyorsa cihaz kalibrasyonunun yapılması gibi düzeltici faaliyetler uygulanır. Bu aşamalardan sonra analiz işlemine geçilmelidir.
- Numuneler cihaza yerleştirilmeden önce yüzey parlaklıkları (eritiş numuneleri), yüzey düzgünlükleri (toz tablet) kontrol edilir. Uzun süre beklemiş eritiş numuneleri etanol veya asetonla yıkanarak ya da yumuşak bir bezle parlatılarak temizlenmelidir.
- Numuneler XRF cihazına yerleştirilir ve cihazın kapağı kapatılır.
- Cihaz ayarları deneyde kullanılacak numune tipine uygun analiz seçeneğine getirilir ve çalıştırılır (XRF cihazı tablet üzerine gönderilen X-ray ışınlarının kırılma açılarının kalib-rasyon eğrileri ile hesaplanması prensibine dayanarak çalışmaktadır.).
- Deney sonuçlarında CaO , MgO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 bileşiklerinin tamamı aynı anda ölçül-mektedir.





- Deney sonucu olarak elde edilen sonuçlar kütlece yüzde olarak, değerin kütlece %1,00'i aşması hâlinde binde bir hanesine yuvarlatılarak, kütlece %1,00'in altında olması hâlinde ise yüzde bir hanesine yuvarlatılarak gösterilir.
- Hazırlama işleminde veya XRF cihaz ölçümünde önemli herhangi bir değişiklik olduğunda analizin tekrarlanabilirliği yeni bir XRF cihazı ile geçerli kılınır.
- Deney raporu hazırlanır (Tablo 12.5).

Deneyin Tekrarlanabilirliğinin (Doğru Analizin Yapılamadığı) Sağlanamadığı Durumda Yapılacak İşlemler

XRF Cihazında yapılacak işlemler:

- Cihazın kararlılığı kontrol edilir (gaz akışı, sıcaklık düzeni vb.),
- Ölçüm süresi artırılır,
- Hassasiyeti iyileştirmek amacıyla cam tablet için numune/ergitme malzeme oranı artırılır.

Deney yönteminde yapılacak işlemler:

- Cihazın kararlılığı kontrol edilir (gaz akışı, sıcaklık düzeni vb.),
- Ölçüm süresi artırılır,
- Hassasiyeti iyileştirmek amacıyla cam tablet için numune/ergitme malzeme oranı artırılır,
- Numunenin inceliği artırılır,
- Cam tabletler için ergitme sıcaklığı ve/veya süresi ayarlanır,
- Toz tabletler için öğütme malzemesi veya bağlayıcı parafin kullanımı dikkate alınır,
- Toz tabletler için sıkıştırma süresi ve/veya basıncı artırılır.

12.1.5. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 12.5: Deney Raporu

Deneyin Adı	Çimento Analizleri			
Standart No.	TS EN 196-2			
Rapor Numarası	Numunenin Alındığı Yer	Numunenin Alındığı Tarih	Deney Tarihi/Saati	Çimento Çeşidi
Deney Numunesi	Ham madde ☐	Farin ☐	Kliker ☐	Çimento ☐
Bileşikler	Ağırlıkça (%)			
Kızdırma kaybı				
Toplam SiO ₂				
Al ₂ O ₃				
Fe ₂ O ₃				
CaO				
MgO				
SO ₃				
Deney Sonucunu Etkileyebilecek Faktörler:				
Deneyi Yapan			Kontrol Eden/Onay	
Adı Soyadı				
İmza				





DENEY UYGULAMASI – 1


<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21701>

Öğretmeninizin vereceği iki farklı tip çimento numunesinin kimyasal analizini XRF yöntemi ile cam tablet kullanarak yapınız.

Deney Adı : Cam Tablet Numune Kullanılarak XRF Yöntemi ile Çimento Analizi

Deney Süresi : 30-60 dakika tablet hazırlama, 15 dakika analiz

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
 İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız. - Laboratuvarlarda içinde kimyasal madde olan kapların etiketli olmasına dikkat ediniz. - Kimyasal maddeleri kullanmadan önce etiketlerini dikkatlice okuyunuz. - Kimyasalları bir kaptan başka bir kaba aktardığınızda yeni kabı etiketlemeyi unutmayınız. - Kimyasalları ve hazırlanan çözeltileri izinsiz boşaltmayınız. - Etüv veya fırın kullanırken mevcut sıcaklık ayarını değiştirmeyiniz. - Etüv, fırın gibi cihazlarda plastik eldiven kullanmayınız. - Yüksek sıcaklıklarda çalışırken maşa veya ısıya dayanıklı eldiven kullanınız.	
Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz.	
 Numune ile kimyasalın tartımı ve karıştırılması	- Tartımı, 0,0005 g hassasiyetle yapınız. - Kızdırma kaybını dikkate alarak numune miktarını belirlemeyi unutmayınız. - Çimento numunesi ve Lityumtetraboratı iyice karıştırınız. - Karışımı platin krozeğe yerleştiriniz. - Numune kaybı olmamasına dikkat ediniz.	
 Karışımın fırın veya eritme cihazına yerleştirilmesi	- Kullanacağınız eritme yöntemini önceden belirleyiniz. - Yönteme uygun cihaz ayarlarını yapınız. - Fırında yapılan eritme işleminde cam tablet kalıbını fırına koymayı unutmayınız.	
 Karışımın eritilmesi	- Fırında yapılan eritme işleminde krozeği belirli aralıklarla karıştırınız. - Karıştırma sırasında maşa ve siyah gözlük kullanınız. - Eritme cihazı ile yapılan karışımlarda numuneye müdahalede bulunmayınız.	





 Karışımın kalıba dökülmesi	- Fırında yapılan eritme işleminde önce kalıbı çıkartınız ve fırının yakınında düz bir zemine koyunuz. - Krozeyi maşa ile dikkatlice tutarak çıkartınız. - Gözlük kullanarak dikkatlice kalıba dökünüz. - Eritiş cihazında yapılan eritme işleminde cihazın kalıba numuneyi kendisinin dökeceğini unutmayınız. - Cam tablet içinde hava kabarcığı olmadığından emin olunuz. - Hava kabarcığı olan cam tabletleri deneyde kullanmayınız.	
Kalıbın soğutulması	- Eritiş cihazı ile yapılan işlemlerde, cihaz kalıbı boşta çıkartmadan cihazdan almak için zorlamayınız. - Numuneyi desikatörde soğutunuz.	
 Cam tabletin kalıptan çıkartılması ve etiketlenmesi	Cam tableti soğumadan (yaklaşık 5 dk.) kalıptan çıkartmayınız.	
 XRF cihaz ayarlarının yapılması	- Analize başlamadan önce gözetim numuneleri ile cihaz kontrolünü yapmayı unutmayınız. - Kullanacağınız numune tipine (ham madde, farin, çimento tipi) göre cihaz ayarlarını yapınız. - Numune bilgilerini cihaz programına eksiksiz giriniz.	
 Cam tabletin cihaza yerleştirilmesi	- Cam tabletin yüzeyinde herhangi bir kir ve toz olmadığından emin olunuz. - Cam tableti gerekirse etanol, aseton veya yumuşak bir bezle temizleyiniz.	
 Analiz yapılması	- Cihaz ayarlarını kontrol ederek analizi başlatınız. - Analiz sonuçlarının numune tipine bağlı olarak her bir element için kalibrasyon eğrileri sınır değerleri içinde olup olmadıklarını gözlemleyiniz. - Tekrarlanabilirlik sınır değerleri içinde çıkmayan analizler için numune hazırlama işleminden cihaz ayarlarına kadar olan düzeltme kontrollerini yapınız.	
Deney araç ve gereçlerinin temizliği	- Deney araç ve gereçlerini dikkatlice temizleyiniz. Araç gereçlerin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadıklarını kontrol ediniz. - Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	





Deney raporunun doldurulması	Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içerisinde ders öğretmene teslim ediniz.	
------------------------------	--	--



DENEY UYGULAMASI – 2
<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21703>



Öğretmeninizin vereceği iki farklı tip çimento numunesinin kimyasal analizini XRF yöntemi ile toz tablet kullanarak yapınız.

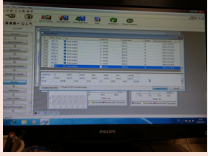
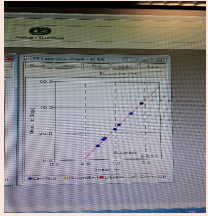
Deney Adı : Toz Tablet Numune Kullanılarak XRF Yöntemi ile Çimento Analizi

Deney Süresi : 30 dakika tablet hazırlama, 5 dakika analiz

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız. - Laboratuvarlarda içinde kimyasal madde olan kapların etiketli olmasına dikkat ediniz. - Kimyasal maddeleri kullanmadan önce etiketlerini dikkatlice okuyunuz. - Kimyasalları bir kaptan başka bir kaba aktardığınızda yeni kabı etiketlemeyi unutmayınız. - Kimyasalları ve hazırlanan çözeltileri izinsiz boşaltmayınız.	
Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz.	
 Numenin tartımı ve kimyasal ile karıştırılması	- Tartımı, 0,0005 g hassasiyetle yapınız. - Kızdırma kaybını dikkate alarak numune miktarını belirlemeyi unutmayınız. - Çimento numunesi ve trietanolamini vezin kabında karıştırınız.	
 Karışımın öğütülmesi	- Numuneyi diskli öğütücü haznesine koyunuz. - Kapağı kapatarak 2-3 dakika öğütünüz.	





 Presleme işlemi	- Kalıp olarak kullanılacak çelik halkayı pres makinesine yerleştiriniz. - Halkanın 2/3'ünü öğütülmüş numune ile doldurunuz. - Pres makinesinin basınç ayarını ve presleme süresini ayarlayınız. 60 sn. boyunca presleme yapınız.	
 Toz tabletin kontrolü ve etiketlenmesi	- Presten çıkan toz tabletin yüzeyini kontrol ediniz. - Tableti etiketleyiniz. - Tam preslenmemiş numuneleri kullanmayınız. - Toz tableti desikatörde muhafaza ediniz. - Toz tablet numunelerinin çabuk bozulacağını göz önünde bulundurunuz.	
 XRF cihazının ayarlarının yapılması	- Analize başlamadan önce gözetim numuneleri ile cihaz kontrolünü yapmayı unutmayınız. - Kullanacağınız numune tipine (ham madde, farin, çimento tipi) göre cihaz ayarlarını yapınız. - Numune bilgilerini cihaz programına eksiksiz giriniz.	
 Toz tabletin cihaza yerleştirilmesi	Toz tabletin yüzeyinde herhangi bir bozulma olmadığına emin olunuz.	
 Analiz yapılması	- Cihaz ayarlarını kontrol ederek analizi başlatınız. - Analiz sonuçlarının numune tipine bağlı olarak her bir element için kalibrasyon eğrileri sınır değerleri içinde olup olmadıklarını gözlemleyiniz. - Tekrarlanabilirlik sınır değerleri içinde çıkmayan analizler için numune hazırlama işleminden cihaz ayarlarına kadar olan düzeltme kontrollerini yapınız.	
Deney araç ve gereçlerinin temizliği	- Deney araç ve gereçlerini dikkatlice temizleyiniz. Araç gereçlerin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadıklarını kontrol ediniz. - Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Deney raporunun doldurulması	Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	



12.2. ISLAK (KİMYASAL) ANALİZ

TS-EN 196-2'ye göre SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 bileşiklerinin yanında Cl , “çözünmeyen kalıntı” ve “kızdırma kaybı tayini” deneyleri de kimyasal yolla yapılan referans analizlerdir.

Bu analizlerin deney prensibi, çimento numunesini kimyasal çözeltilerle tepkimeye sokarak analiz sonucuna ulaşmaktır. Kimya laboratuvarlarında gerçekleştirilen deney yöntemleridir.

Çimento bileşenlerinden SO_3 tayininde, çimento numunesi hidroklorik asitle tepkimeye sokulur. Filtre kâğıdından süzülme-yen kalıntı miktarının tayini yöntemi ile yapılmaktadır.

SiO_2 tayininde çimento numunesi sodyum peroksit ile tepkimeye sokularak bir dizi işlem- den geçirilir. Süzdürülemeyen madde tayini yöntemi ile sonuca ulaşılır. SiO_2 tayininden kalan, süzülmüş çözelti üzerinde yapılan bir dizi işlem ile de Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO tayinleri yapılmaktadır.

Islak analizler referans yöntem olmasına rağmen uzun sürede sonuca ulaşıldığı için çimento fabrikalarında tercih edilmemektedir.

Ancak doğrulama amacıyla özellikle SO_3 tayini, ıslak analizle kimya laboratuvarlarında yapılmaktadır.





ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME – 12

A. Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. “ $\text{SiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-CaO-MgO-SO}_3$ ” bileşiklerinden hangisi ya da hangileri çimento içerisinde olması gerekenden fazla olduğu durumda genleşmeye sebep olur?

- A) Yalnız SO_3
- B) Yalnız MgO
- C) $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-CaO}$
- D) $\text{SiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-CaO}$
- E) CaO-MgO-SO_3

2. Kimyasal analizlerde kızdırma kaybı tayinin yapılmasının sebebi aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Numuneyi etüv kurusu durumuna getirmek
- B) Numune içindeki topaklanmaları önlemek
- C) Toz tablet hazırlarken öğütmeyi kolaylaştırmak
- D) Numune içindeki nem ve CO_2 oranını belirlemek
- E) Numuneye katılacak kimyasal oranını belirlemek

3. Eritiş numune hazırlanırken deney numunesine karıştırılan lityum iyodür (LiI) çözeltisinin kullanım amacı aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Çimentonun nemini uçurmak
- B) Numunenin tozumasını önlemek
- C) Numunenin erime ısısını düşürmek
- D) Numunenin rengini açmak
- E) Tablet kalıba yapışmasını önlemek

4. Çimento analizlerinde kullanılan standart aşağıdaki seçeneklerden hangisinde verilmiştir?

- A) TS-EN 196-1
- B) TS-EN 196-2
- C) TS-EN 196-3
- D) TS-EN 196-4
- E) TS-EN 196-6

5. Standarta göre gözetim numune analiz değerleri kaç farklı XRF cihazı ile teyit edilmelidir?

- A) 2
- B) 3
- C) 4
- D) 5
- E) 6

B. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Çimento analizlerinde hızlı sonuçlar almanın proses sürecine etkileri nelerdir?

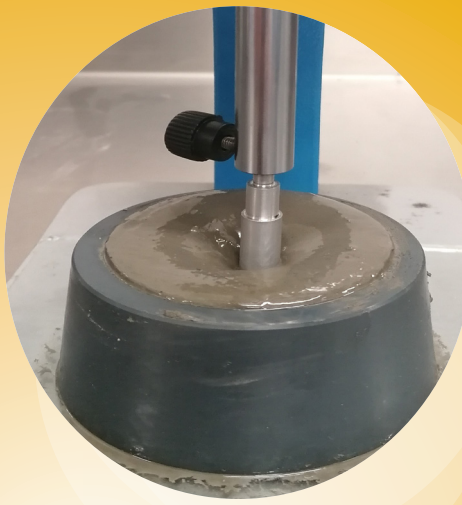
2. Kalibrasyon kontrolü yapılmış XRF cihazında deney numunesi analiz sonuçlarının kabul edilemez tekrarlanabilirlik sonucu vermesinde yapılması gerekenleri açıklayınız?

3. Kızdırma kaybı değerleri, analiz sürecine nasıl etki etmektedir?

4. Proses sürecinde analiz sonucunda Fe_2O_3 sonuçlarının referans eğrisi değerlerinin altında çıkması durumunda prosese nasıl müdahale edilmelidir?

5. Cam ve toz tablet numunelerinin yanlış etiketlenmesinin doğuracağı sonuçlar nelerdir?





13. Öğrenme Birimi

ÇİMENTO NORMAL KIVAM VE PRİZ SÜRESİ TAYİNİ

KONULAR

- 13.1. Laboratuvarda Çimentolarda Normal Kıvam Tayini Deneyi
- 13.2. Laboratuvarda Priz Başlama ve Sona Erme Sürelerinin Tayini Deneyi

KAVRAMLAR

- Normal Kıvam
- Vicat Aleti
- Vicat Halkası
- Vicat İğnesi
- Vicat Sondası



13. ÇİMENTO NORMAL KIVAM VE PRİZ SÜRESİ TAYİNİ

Çimento, beton içerisine bağlayıcı eleman olarak katılır. Beton içerisine katılan çimentonun fiziksel özellikleri, betonun da fiziksel özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Beton içine katılan çimentonun su emme oranı, betonun su çimento oranını (s/ç) ve çimentonun kimyasal reaksiyonlarını da etkilemektedir. Yine betona katılan çimentonun priz başlangıç ve bitiş süreleri, betonun da erken veya geç priz almasına neden olur.

Bu öğrenme biriminde, betonda kullanılacak olan çimentonun normal kıvama (kimyasal reaksiyonlarını tamamlayabileceği kıvam) ulaşması için gerekli su emme oranının bulunması ve çimentonun priz başlama ve priz sona erme sürelerinin tespit edilmesi konuları ele alınacaktır.

13.1. LABORATUVARDA ÇİMENTOLARDA NORMAL KIVAM TAYİNİ DENEYİ

Bu deney; beton yapımında kullanılan çimentonun, kimyasal reaksiyonunu tamamlaması için gerekli olan su miktarını tayin etmek amacıyla yapılır.

Vicat (vikat) aletinin sondasının serbest bırakıldığı andan itibaren 30 saniye içinde çimento hamuru içinden, cam levhaya 6 ± 2 (4-8) mm uzaklık kalıncaya kadar batabilmesini sağlayan kıvama **normal (standart) kıvam** denir.

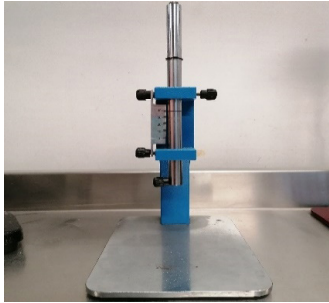
Deneyin yapılacağı laboratuvarın sıcaklığı 20 ± 2 °C olmalı, bağıl nem oranı en az %65 olarak sabit tutulmalıdır. Deneyin yapılmasında kullanılan su, çimento ve diğer araç gereçler 20 ± 2 °C sıcaklıkta olmalıdır.

Bu deney **TS EN 196-3 (2017)** standardına uygun olarak yapılır.

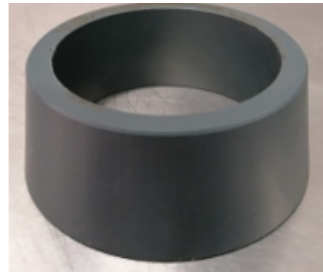
13.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Vicat Aleti: Yapılan deney türüne göre uç kısmına iğne veya sonda takılan alettir (Görsel 13.1).

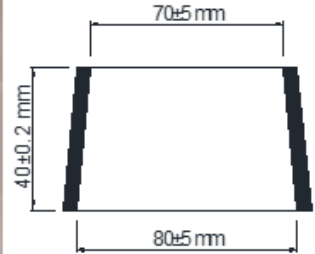
Vicat Kalıbı: Üst iç çapı 70 ± 5 mm, alt iç çapı 80 ± 5 mm, derinliği $40 \pm 0,2$ mm; pirinç veya sert plastikten yapılmış kesik koni şeklinde olmalıdır (Görsel 13.2).



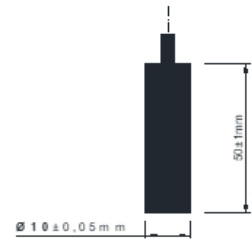
Görsel 13.1: Vicat aleti



Görsel 13.2: Vicat kalıbı ve ölçüleri



Vicat Sondası: Sonda; etkili uzunluğu 50 ± 1 mm ve çapı $10 \pm 0,05$ mm olan, dik silindirik şeklinde, korozyona dayanıklı metalden yapılmış olmalıdır (Görsel 13.3).



Görsel 13.3: Vicat sondası ve ölçüleri





Çimento Mikseri: Çimento ve suyun homojen olarak karıştırılmasında kullanılır, düşük devir ve yüksek devir olarak iki farklı hızda dönme kapasitesine sahip olmalıdır (Görsel 13.4).

Terazi: ± 1 g doğrulukta tartım yapabilmektedir.

Cam Levha: 10x10 cm ebatlarında ve en az 2,5 mm kalınlığında olmalıdır.

Ölçekli Cam Mezür: %1 ölçüm hassasiyetli olmalıdır.

Su: Numune miktarının %25-30'u kadar, damıtılmış ve laboratuvar sıcaklığında olmalıdır.

Çimento Numunesi: 500 g, laboratuvar sıcaklığında ve kuru olmalıdır.

Kronometre: Süreyi ± 1 saniye doğrulukla ölçebilmektedir.

Yağ: Mineral esaslı yağ olmalıdır.



Görsel 13.4: Çimento mikseri

Spatula: Vikat kalıbına çimento pastasını doldurmak ve üzerini tesviye etmek amaçlı kullanılır.

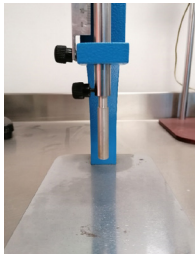
Temizlik Bezi: Deney araç gereçlerini ve vikat sondasını temizlemek için hafif nemli olmalıdır.

13.1.2. Deney Numunesi Alımı

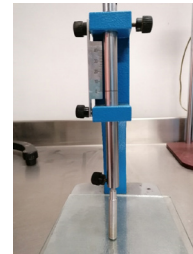
Laboratuvara gelen numunedan, bu deney için gerekli miktarda (500 g) deney numunesi çeyreklenme yöntemi yapılarak alınır. Alınan numune homojen bir şekilde iyice karıştırılmalıdır. Topaklanma olup olmadığı kontrol edilmelidir. Alınan deney numunesinin, deneyi yapılması istenen çimento tipine ait olmasına dikkat edilmelidir. Deney numunesi; deneye başlamadan önce en az 12 saat, kuru ve nem almayan bir kap içerisinde laboratuvar şartlarında bekletilmelidir.

13.1.3. Vicat Aletinin Ayarlarının Yapılması

Deneye başlamadan önce, bu deneyde vicat sondası kullanılacağı için vicat sondası vicat aletine takılır (Görsel 13.5). Vicat sondası takıldıktan sonra, vicat aletinin hareketli kısmı cam plak üzerine indirilerek sonda alt ucu ile cam plağın üst kısmı temas ettirilir ve vicat aleti üzerindeki taksimatlı göstergenin 0 (sıfır) değerini göstereceği şekilde ayarlama yapılır (Görsel 13.6). Daha sonra vicat sondası yukarı çekilir ve deneye hazır hâle getirilir.



Görsel 13.5: Vicat sondasının takılması



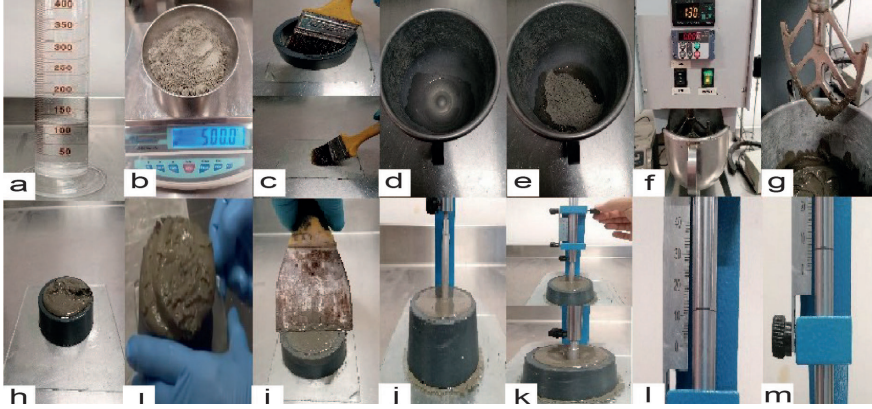
Görsel 13.6: Vicat aletinin ayarlanması



13.1.4. Deneyin Yapılışı

- Başlangıç olarak numunenin %25'i (125 g) kadar su tartılıp hazırlanır (Görsel 13.7.a).
- 500 g çimento deney numunesi, tartılıp hazırlanır (Görsel 13.7.b).
- Vicat kalıbının çimento pastasının temas edeceği iç yüzeyleri ve cam plakanın üst yüzeyi yağlanır (Görsel 13.7.c).
- Hazırlanan su, çimento mikseri kabına boşaltılır (Görsel 13.7.d).
- Hemen sonrasında çimento deney numunesinin tamamı, 10 saniye içerisinde su üzerine boşaltılır (Görsel 13.7.e). Boşaltma işleminin bittiği zaman, en yakın dakikaya yuvarlanarak 0 (sıfır) anı olarak kaydedilir.
- Çimento numunesi katıldıktan hemen sonra hiç beklemeden çimento mikseri düşük devirde 90 saniye çalıştırılır (Görsel 13.7.f).
- Çimento mikseri 90 saniye çalıştırdıktan sonra 30 saniye durdurulur. Mikser kabının iç kenarlarına ve palet üzerine yapışan çimento pastası kap içine sıyrılır (Görsel 13.7.g).
- Mikser tekrar düşük devirde 90 saniye çalıştırılır. Mikserin toplam çalışma süresi 180 saniye (3 dakika) olmalıdır.
- Karıştırma işlemi bittikten sonra, hazırlanan çimento pastası fazla sıkıştırma ve sarsma yapmadan kalıptan bir miktar taşacak şekilde, cam plak üzerine koyulan vicat kalıbının içerisine doldurulur (Görsel 13.7.h).
- Bir miktar taşacak kadar doldurulan vicat kalıbı el ile hafifçe bir yüzeye vurularak içindeki hava kabarcıklarının çıkması sağlanır (Görsel 13.7.i).
- Vicat kalıbının üstündeki fazla çimento pastası, spatulayla testere kesme hareketi yapılarak sıyrılarak atılır ve kalıbın üzeri tesviye edilir (Görsel 13.7.i).
- Vakit geçirmeden vicat kalıbı, altındaki cam plakla vicat sondası merkeze gelecek şekilde vicat aletinin tabanına yerleştirilir ve vicat sonda ucu çimento pastasının üst kısmına temas ettirilir (Görsel 13.7.j).
- Vicat sondasını kilitli tutan vida gevşetilir ve sondanın kendi ağırlığı ile düşey olarak çimento pastası içerisine girmesi sağlanır (Görsel 13.7.k).
- Sondanın serbest bırakılmasından 30 saniye sonra sonda kilitlenir ve vicat aleti üzerindeki taksimatlı göstergeden okuma yapılır (Görsel 13.7.l). (Gösterge üzerinde yapılan okuma, cam plak üstü ile sondanın alt ucu arasındaki mesafeyi verir.)
- Okunan değer, katılan su miktarı ve oranı kaydedilir.
- Deney, değişik miktarlarda su içeren çimento pastalarıyla vicat aleti göstergesinde 6 ± 2 (4-8) mm arasındaki değer okununcaya kadar tekrar edilir (Görsel 13.7.m).
- Deney aletlerinin bakım ve temizliği yapılır. Deney aletleri bir sonraki deneye hazır hâlde saklanır.
- Deney sonunda deney raporu hazırlanır.





Görsel 13.7: Çimentolarda normal kıvam deneyinin yapılışı

Deneyin Değerlendirilmesi: Vicat sondası batırıldıktan 30 saniye sonra göstergede okunan değer;

- 6 ± 2 (4-8) mm arasında olursa normal (standart) kıvam bulunmuş, demektir.
- 4 mm'den az ise çimento pastası sulu kıvamdadır, demektir. Bir sonraki denemede su miktarı azaltılmalıdır.
- 8 mm'den fazla ise çimento pastası kuru kıvamdadır, demektir. Bir sonraki denemede su miktarı artırılmalıdır.

Deney Yapılırken Dikkat Edilmesi Gereken Önemli Hususlar

- Deney esnasında vicat aleti sarsıntısız ortam üzerinde tutulmalıdır.
- Sonda, 0 (sıfır) anından itibaren en geç 4 dakika ± 10 saniye içerisinde serbest bırakılmalıdır.
- Vicat sondası temiz ve kuru olmalıdır; asla yağlanmamalıdır.
- Her deneyden sonra, vicat sondası ve diğer deney aletleri iyice temizlenmeli; kurulanmalıdır.
- Deney sonuçlarının daha güvenilir ve sağlıklı olması için aynı deney numunesi ile üç defa deney yapılmalıdır ve ortalamaları alınmalıdır.

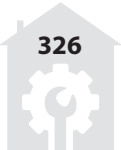


13.1.5. Deney Raporu Hazırlama

Çimentolarda normal kıvam tayini deneyleri için Tablo 13.1'deki Deney Raporu örneği kullanılabilir.

Tablo 13.1: Deney Raporu

Deneyin Adı	Çimentolarda Normal Kıvam Tayini			
Standart No.	TS EN 196-3			
Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı		
Numune Kayıt No.		Kullanılan Aletler		
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı		
Deney Başlangıç Saati		Laboratuvar Nemi		
Deney No.	Deney Numunesi Miktarı (Mç) (g)	Su Miktarı (Ms) (g)	Sonda Batma Değeri (h) (mm)	Kıvam Yüzdesi (Ms/Mç) .100 (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
Deneyin Değerlendirilmesi				
Deneyi Yapan			Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan	





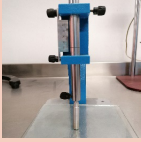
DENEY UYGULAMASI – 1


<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21705>

Öğretmeninizin vereceği iki farklı çeşit çimento numunesinin normal kıvam tayini deneyini, standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

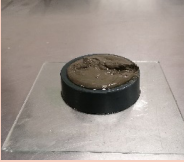
Deney Adı : Çimentolarda Normal Kıvam Tayini Deneyi

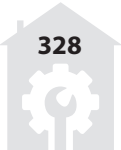
Deney Süresi : Her numune hazırlama ve batırma işlemi için 5 dakika (Normal kıvamı bulana kadar deneme sayısına göre toplam deney zamanı değişebilir.)

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Vicat aletine vicat sondasının takılması ve sıfırlama yapılması	- Vicat aletine vicat sondasını takınız. - Sonda ucunu cam plak üzerine indiriniz ve gösterge kısmını 0 (sıfır) değerine getiriniz.	
 Deney numunesi ve karışım suyunun hazırlanması	500 g çimento numunesi tartınız. - Numunenin %25'i kadar su tartınız.	
 Vicat kalıbının ve cam plağın yağlanması	- Vicat kalıbının iç yüzeyini yağlayınız. - Cam plağın, kalıbın konulacağı üst yüzeyini yağlayınız.	
 Karışım suyunun mikser kabına koyulması	Suyun tamamını mikser kabına boşaltınız. Suyu dökerken dışarı taşımamaya dikkat ediniz.	





 Çimento numunesinin mikser kabına koyulması	Çimento numunesini 10 saniye içerisinde suyun üzerine boşaltınız. Çimentoyu dökerken dışarı taşırmamaya dikkat ediniz.	
 Mikserin ilk çalıştırılmasının yapılması	Çimento mikserini 90 saniyeye ayarlayıp düşük devirde çalıştırınız.	
 Mikserin durdurulması	Karışım kabının iç kısımlarına ve palet üzerine yapışan çimento pastasını, karıştırma kabının içerisine 30 saniye içinde sıyırınız.	
 Mikserin ikinci çalıştırılmasının yapılması	Çimento mikserini 90 saniyeye ayarlayıp düşük devirde çalıştırınız.	
 Çimento pastasının vicat kalıbına doldurulması	Çimento pastasını sıkıştırma ve sarsma yapmadan vicat kalıbına bir miktar taşacak kadar doldurunuz.	
 Vicat kalıbına doldurulan pastanın havasının alınması	İçi dolu vicat kalıbını cam plaktan tutarak hafifçe bir yüzeye vurunuz ve içindeki hava boşluklarını çıkarınız.	





 Vicat kalıbının üst yüzeyinin tesviye edilmesi.	Vicat kalıbının üst kısmında kalan fazla çimento pastasını testere yöntemiyle sıyırınız ve üzerini tesviye ediniz.	
 Vicat kalıbının vicat aletine yerleştirilmesi	İçi dolu vicat kalıbını, cam plakla vicat sondası kalıbın tam merkezine gelecek şekilde vicat aleti tabanına yerleştiriniz.	
 Vicat sondasının çimento pastasına batırılması	Vicat sondasını sabit tutan vidayı gevşetiniz ve sondanın batmasını sağlayınız.	
 Vicat aleti üzerinde batma miktarının okunması	30 saniye sonra sondayı sabitleyiniz ve vicat aleti üzerindeki göstergeden değeri okuyunuz.	
 Normal kıvam değeri bulunduğunda deneyin sonlandırılması	Vicat aleti üzerinde 6 ± 2 (4-8) mm arasında bir değer okuduysanız deneyi sonlandırınız.	
 Normal kıvam değeri bulunmazsa aynı yöntemle diğer batırma işlemlerinin uygulanması	Vicat aleti üzerinde 6 ± 2 (4-8) mm arasında bir değer okumadıysanız diğer batırma işlemlerini yapınız.	





Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	• Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	• Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

13.2. LABORATUVARDA PRİZ BAŞLAMA VE SONA ERME SÜRELERİNİN TAYİNİ DENEYİ

Priz başlama ve sona erme sürelerinin tayini deneyi; beton için hazırlanmış su çimento karışımının, kimyasal reaksiyona girdikten sonra ne kadar zamanda mukavemetini almaya başladığını ve ne kadar zamanda mukavemetini tamamladıklarını veya maksimum dayanıma ulaştıklarını tespit etmek amacıyla yapılır.

Çimentonun priz başlama ve priz sona erme süreleri; betonun taşınması, işlenebilmesi ve dayanımı gibi özelliklerini doğrudan etkiler. Betonun üretilmesinden kalıba dökülüp sıkıştırılmasına kadar geçen sürede priz başlamamalıdır, sıkıştırma işlemi yapıldıktan sonra priz başlamalıdır. Aksi hâlde betonun nakli ve dökümü çok zor olur. Priz sona erme süresi çok geç olursa beton istenilen süre içerisinde mukavemetini sağlayamayacaktır ve betonun dayanımı olumsuz yönde etkilenecektir.

Normal portland çimentolarında priz, **1 saatten önce** başlamaması ve **10 saatten önce** tamamlanması istenir. Bazı özel çimentolar için bu süreler değişebilir.

Priz özelliğine bağlı olarak çimentoların kullanım alanları farklılık göstermektedir. Örneğin, su kaçaklarını önlemek amacıyla hızlı priz alan (8-15 dakika) çimentolar kullanılır.

Deneyin yapılacağı laboratuvarın sıcaklığı 20 ± 2 °C olmalı, bağıl nem oranı en az %65 olarak sabit tutulmalıdır. Deneyin yapılmasında kullanılan su, çimento ve diğer araç gereçler 20 ± 2 °C sıcaklıkta olmalıdır.

Bu deney **TS EN 196-3 (2017)** standardına uygun olarak yapılır.

13.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

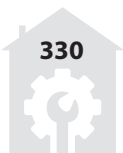
Vicat İğneleri: Priz başlama iğnesi etkili uzunluğu 50 ± 1 mm ve çapı $1,13 \pm 0,05$ mm'dir (Görsel 13.8); priz sona erme iğnesi, derin olmayan batmaların hassas şekilde gözlenmesini kolaylaştırmak için yaklaşık 5 mm halka iğneye takılı ve çapı $1,13 \pm 0,05$ mm'dir (Görsel 13.9).

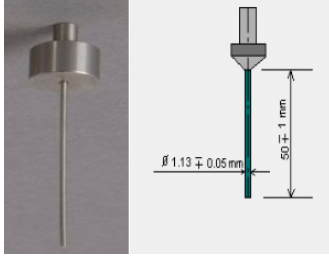
Su: Normal kıvam yüzdesi kadar, damıtılmış ve laboratuvar sıcaklığında olmalıdır.

Çimento Numunesi: 500 g, laboratuvar sıcaklığında ve kuru olmalıdır.

Kap: Dolu vicat kalıplarının $20,0 \pm 1,0$ °C'deki suya daldırılması için kullanılır. Numune yüzeyinin suya batmasını sağlayan çeşitli saklama kapları kullanılabilir.

Ayrıca vicat aleti, vicat kalıbı, çimento mikseri, terazi, cam levha, ölçekli cam mezür, kronometre, yağ, spatula, temizlik bezi kullanılır.





Görsel 13.8: Priz başlama iğnesi ve ölçüleri



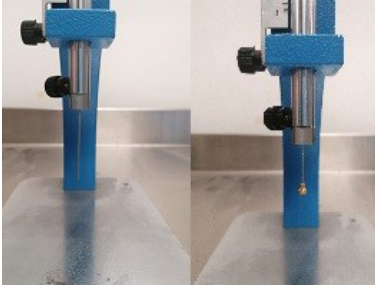
Görsel 13.9: Priz sona erme iğnesi

13.2.2. Deney Numunesi Alımı

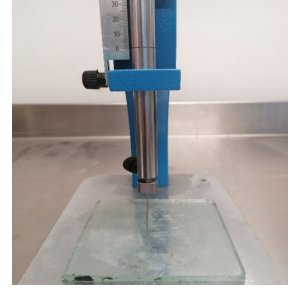
Laboratuvara gelen numunedan, bu deney için gerekli miktarda (500 g) deney numunesi çeyreklemeye yöntemi yapılarak alınır. Alınan numune homojen bir şekilde iyice karıştırılmalıdır. Topaklanma olup olmadığı kontrol edilmelidir. Alınan deney numunesinin, deneyi yapılması istenen çimento tipine ait olmasına dikkat edilmelidir. Deney numunesi, deneye başlamadan önce en az 12 saat kuru ve nem almayan bir kap içerisinde laboratuvar şartlarında bekletilmelidir.

13.2.3. Vicat Aletinin Ayarlarının Yapılması

Deneye başlamadan önce, bu deneyde vicat iğneleri kullanılacağı için vicat iğneleri vicat aletine takılır (Görsel 13.10). Vicat iğnesi takıldıktan sonra, vicat aletinin hareketli kısmı cam plak üzerine indirilerek vicat iğnesinin ucuyla cam plağın üst kısmı temas ettirilir ve vicat aleti üzerindeki taksimatlı gösterge 0 (sıfır) değerini gösterecek şekilde ayarlama yapılır (Görsel 13.11). Daha sonra vicat iğnesi yukarı çekilir ve deneye hazır hâle getirilir. Priz sona erme iğnesinde sıfırlama yapmaya gerek yoktur.



Görsel 13.10: Vicat iğnelerinin takılması



Görsel 13.11: Vicat aletinin ayarlanması

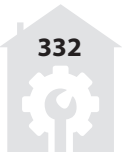
13.2.4. Deneyin Yapılışı

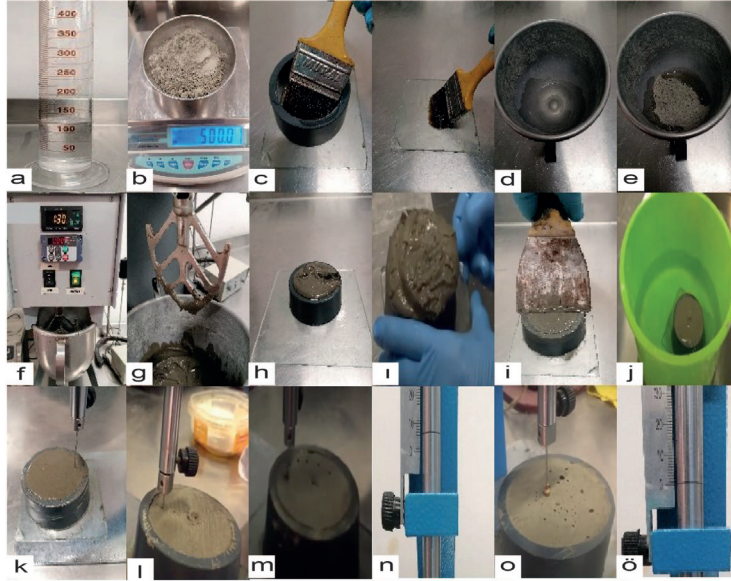
- Normal kıvam tayini deneyinde bulunan standart su miktarı kadar su hazırlanır (Görsel 13.12.a).
- 500 g çimento deney numunesi, tartılarak hazırlanır (Görsel 13.12.b).
- Vicat kalıbının çimento pastasının temas edeceği iç yüzeyler ve cam plakanın üst yüzeyi yağlanır (Görsel 13.12.c).
- Hazırlanan su, çimento mikseri kabına boşaltılır (Görsel 13.12.d).
- Hemen sonrasında çimento deney numunesinin tamamı 10 saniye içerisinde su üzerine boşaltılır (Görsel 13.12.e). Boşaltma işleminin bittiği zaman, en yakın dakikaya yuvarlanarak 0 (sıfır) anı olarak kaydedilir.
- Çimento numunesi katıldıktan hemen sonra hiç beklemeden çimento mikseri düşük devirde 90 saniye çalıştırılır (Görsel 13.12.f).
- Çimento mikseri 90 saniye çalıştırıldıktan sonra 30 saniye durdurularak mikser kabının iç kenarlarına ve palet üzerine yapışan çimento pastası kap içine sıyrılır (Görsel 13.12.g).





- Mikser tekrar düşük devirde 90 saniye çalıştırılır. Mikserin toplam çalışma süresi 180 saniye (3 dakika) olmalıdır.
- Karıştırma işlemi bittikten sonra, hazırlanan çimento pastası fazla sıkıştırma ve sarsma yapmadan kalıptan bir miktar taşacak şekilde cam plak üzerine koyulan vicat kalıbının içerisine doldurulur (Görsel 13.12.h).
- Bir miktar taşacak kadar doldurulan vicat kalıbı el ile hafifçe bir yüzeye vurularak içindeki hava kabarcıklarının çıkması sağlanır (Görsel 13.12.i).
- Vicat kalıbının üstündeki fazla çimento pastası, spatulayla testere kesme hareketi yapıp sıyrılarak atılır ve kalıbın üzeri tesviye edilir (Sıfır anı ile yüzeyi tesviye etme işleminin bitiş anı arasındaki süre 240 saniyeyi (4 dakika) geçmemelidir (Görsel 13.12.i).
- İçi çimento pastası dolu ve üzeri tesviye edilmiş vicat kalıbı taban plakası ile üzerini en az 5 mm örtecek şekilde $20,0 \pm 1,0$ °C sıcaklıktaki su içerisine koyulur (Görsel 13.12.j).
- Uygun bir süre sonra (örneğin 55 dakika sonra) vicat kalıbı ve taban plakası su içerisinden çıkarılır, vicat iğnesi vicat kalıbı üst iç kenarından en az 10 mm (1 cm) içeride olacak şekilde çimento pastasına temas ettirilerek ilk batırma işlemi için vicat aletine yerleştirilir (Görsel 13.12.k).
- 30 saniye sonra iğne sabitlenerek vicat aleti göstergesinde okunan değer ve zaman kaydedilir (Görsel 13.12.l).
- Vicat iğnesi, vicat kalıbı üst iç kenarından ve batırılan noktalar arasındaki mesafe en az 10 mm (1 cm) olacak şekilde çimento pastası üzerine yerleştirilir ve 10 dakika arayla diğer batırma işlemleri yapılır; göstergede okunan değer ve zaman kaydedilir (Görsel 13.12.m) (Her batırma işleminden sonra vicat kalıbı taban plakası ile su içinde bekletilir ve vicat iğnesi temizlenir.).
- Vicat aleti göstergesinde 6 ± 3 (3-9) mm arasında değer okunduğu zaman en yakın 1 dakikaya yuvarlatılarak priz başlama zamanı olarak kaydedilir (Görsel 13.12.n).
- Priz başlama süresi tayin edildikten sonra, priz sona erme süresinin tayini için batırma yapıldığı kadar vicat kalıbı ve taban plakası su içinde bekletilir.
- Priz sona erme süresinin tayini için vicat aletine priz sona erme iğnesi takılır.
- Uygun bir süre sonra (örneğin 5 saat sonra) vicat kalıbı ve taban plakası su içinden alınır, vicat kalıbı ters çevrilerek vicat aletinin tabanına yerleştirilir (Görsel 13.12.o) (Priz sona erme süresinin tayini, çimento pastasının başlangıçta taban plakası ile temas eden yüzeyi üzerinde yapılır.).
- Vicat iğnesi, vicat kalıbı üst iç kenarından en az 10 mm (1 cm) içeride olacak şekilde çimento pastasına temas ettirilir, iğneyi tutan vida gevşetilerek ilk batırma işlemi yapılır ve 30 saniye sonra iğne sabitlenerek vicat aleti göstergesinde okunan değer ve zaman kaydedilir.





Görsel 13.12: Laboratuvarda priz başlama ve sona erme süresi tayini deneyinin yapılışı

- Diğer batırma işlemleri 15 veya 30 dakika ara ile yapılır, göstergede okunan değer ve zaman kaydedilir. Deneyin sonuçlanacağını hissedildiği an her batırma arasındaki zaman aralıkları azaltılabilir (Örneğin 5 dakikada bir.). (Her batırma işleminden sonra vicat kalıbı, taban plakası ile su içinde bekletilir ve vicat iğnesi temizlenir.)
- Vicat aleti göstergesinde ilk 0,5 mm değeri okunduğu zaman en yakın 1 dakikaya yuvarlatılarak priz sona erme zamanı olarak kaydedilir (Görsel 13.12.ö).
- Deney aletlerinin bakım ve temizliği yapılır; bir sonraki deneye hazır hâlde saklanır.
- Deney sonunda deney raporu hazırlanır.

Deneyin Değerlendirilmesi: Vicat sondası batırıldıktan 30 saniye sonra okunan değer;

- 6 ± 3 (3-9) mm arasında olursa çimento pastası priz almaya başlamış, demektir.
- 0,5 mm olursa çimento pastasının priz alması sonlanmış, demektir.

Deney Yapılırken Dikkat Edilmesi Gereken Önemli Hususlar



Görsel 13.13: Otomatik vicat aleti

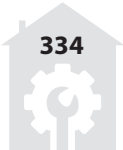
- Deney esnasında vicat aleti sarsıntısız ortam üzerinde tutulmalıdır.
- Priz başlama ve priz sona erme süreleri tayininde deneye uygun iğneler takılmalıdır.
- Her batırmadan sonra, iğne ucu nemli bir bezle iyice temizlenmelidir.
- Her batırmadan sonra, içi dolu vicat kalıbı su banyosu içinde tutulmalıdır.
- Deney sonuçlarının daha güvenilir ve sağlıklı olması için aynı deney numunesi ile üç defa deney yapılmalıdır ve değerlerin ortalamaları alınmalıdır.
- Priz başlama süresi belirlenirken en yakın 5 dakikaya yuvarlama yapılır, priz sona erme süresi bulunurken en yakın 15 dakikaya yuvarlama yapılır.
- Standart kıvam deneyi ile priz başlama ve sona erme deneyleri otomatik vicat aleti (Görsel 13.13) ile de yapılabilir.

13.2.5. Deney Raporu Hazırlama

Laboratuvarda priz başlama ve sona erme süresi tayini deneyi için Tablo 13.2'deki Deney Raporu örneği kullanılabilir.

**Tablo 13.2: Deney Raporu**

Deneyin Adı	Çimentolarda Priz Başlama ve Priz Sona Erme Süresi Tayini			
Standart No.	TS EN 196-3			
Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı		
Numune Kayıt No.		Kullanılan Aletler		
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı		
Deney Başlangıç Saati		Laboratuvar Nemi		
Deney Numunesi Miktarı (g)		Su Miktarı (g)		
Batırma No.	İğne Batma Değeri (h) (mm)		Saat	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
0 (Sıfır) Anı (t1)	Priz Başlama Zamanı (t2)	Priz Sona Erme Zamanı (t3)	Priz Başlama Süresi (dk.) (t2 – t1)	Priz Sona Erme Süresi (dk.) (t3 – t1)
Deneyin Değerlendirilmesi				
Deneyi Yapan		Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan		





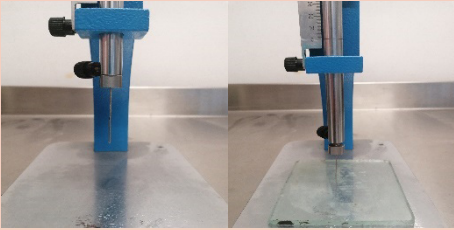
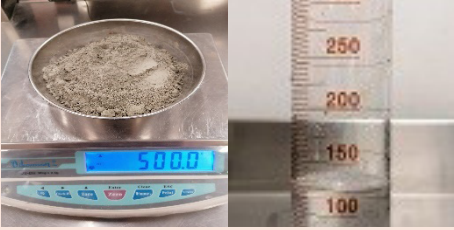
DENEY UYGULAMASI – 2

<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21707>


Öğretmeninizin vereceği iki farklı tip çimento numunesinin, priz başlama ve sona erme tayini deneyini laboratuvar ortamında standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Laboratuvarda Çimentolarda Priz Başlama ve Sona Erme Süresi Tayini Deneyi

Deney Süresi: 10 dakika uygulama, 55-60 dakika bekleme, 30 saniye uygulama, 10 dakika bekleme, 30 saniye uygulama (Priz başlangıcını bulana kadar tekrar eder.), 4-5 saat bekleme, 30 saniye uygulama, 15-30 dakika bekleme, 30 saniye uygulama (Priz bitişini bulana kadar tekrar eder.). Priz başlama ve sona erme sürelerine göre deneyin sonlanma zamanı değişebilir.

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	* UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdaki kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Vicat aletine vicat iğnesinin takılması ve sıfırlama yapılması	- Vicat aletine priz başlama iğnesini takınız. - İğne ucunu cam plak üzerine indiriniz ve gösterge kısmını 0 (sıfır) değerine getiriniz.	
 Deney numunesinin ve karışım suyunun hazırlanması	500 g çimento numunesi tartınız. - Normal kıvam tayini deneyinde bulunan standart su miktarı kadar su hazırlayınız.	
 Vicat kalıbının ve cam plağın yağlanması	- Vicat kalıbının iç yüzeyini yağlayınız. - Cam plağın, kalıbın koyulacağı üst yüzeyini yağlayınız.	

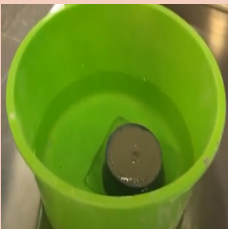




 Karışım suyunun mikser kabına koyulması	Suyun tamamını mikser kabına boşaltınız.	
 Çimento numunesinin mikser kabına koyulması	Çimento numunesini 10 saniye içerisinde suyun üzerine boşaltınız.	
 0 (Sıfır) anının kaydedilmesi	Numuneyi boşaltma işlemini bitirdiğiniz zamanı, en yakın 1 dakikaya yuvarlayarak deney raporuna (t1) zamanı olarak kaydediniz.	
Mikserin ilk çalıştırılmasının yapılması	Çimento mikserini 90 saniyeye ayarlayıp düşük devirde çalıştırınız.	
 Mikserin durdurulması	Karışım kabının iç kısımlarına ve palet üzerine yapışan çimento pastasını karıştırma kabının içerisine 30 saniye içinde sıyırınız.	
 Mikserin ikinci çalıştırılmasının yapılması	Çimento mikserini 90 saniyeye ayarlayıp düşük devirde çalıştırınız.	

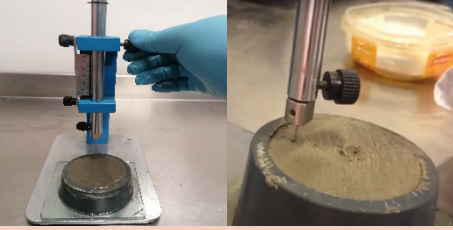
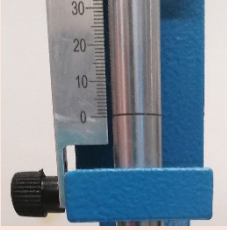


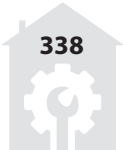


 Çimento pastasının vicat kalıbına doldurulması	Çimento pastasını sıkıştırma ve sarsma yapmadan vicat kalıbına bir miktar taşacak kadar doldurunuz.	
 Vicat kalıbına doldurulan pastanın havasının alınması	İçi dolu vicat kalıbını cam plaktan tutarak hafifçe bir yüzeye vurunuz ve içindeki hava boşluklarını çıkarınız.	
 Vicat kalıbının üst yüzeyinin tesviye edilmesi	Vicat kalıbının üst kısmında kalan fazla çimento pastasını testere yöntemiyle sıyırınız ve üzerini tesviye ediniz.	
 Vicat kalıbının su içerisine koyulması	İlk batırma işlemine kadar cam plak ile vicat kalıbını, üzerini en az 5 mm kadar geçecek su kabının içerisine koyunuz.	
 Vicat kalıbının vicat aletine yerleştirilmesi	Yaklaşık 55 dakika sonra cam plakla vicat kalıbını sudan çıkarınız ve vicat iğnesini kalıbın üst iç kenarından 10 mm içeride olacak şekilde vicat aleti tabanına yerleştiriniz.	

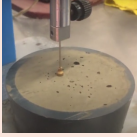




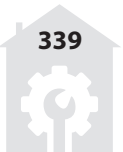
 Vicat iğnesinin çimento pastasına batırılması	Vicat iğnesini sabit tutan vidayı gevşetiniz ve iğnenin batmasını sağlayınız.	
 Vicat aletinin üzerindeki batma miktarının okunması	30 saniye sonra iğneyi sabitleyiniz ve vicat aleti üzerindeki göstergeden değeri okuyunuz.	
 Diğer batırma işlemlerinin yapılması	10 dakika ara ile her batırma noktası arasında ve iğne ucu ile kalıp üst iç kenarı arasında en az 10 mm mesafe bırakarak diğer batırma işlemlerini uygulayınız. Her batırmadan sonra vicat kalıbını cam plakla su içerisinde bekletiniz.	
Priz başlama zamanının kaydedilmesi	Vicat aleti üzerinde 6 ± 3 (3-9) mm arasında bir değer okuduysanız bu zamanı priz başlama zamanı t₂ olarak deney raporuna kaydediniz.	
Vicat kalıbının su içerisinde bekletilmesi	Priz sona erme zamanı için ilk batırmayı yapana kadar vicat kalıbını cam plak ile su içerisinde bekletiniz.	
 İlgili vicat iğnesinin takılması	Priz başlama iğnesini çıkarınız, yerine priz sona erme iğnesini takınız.	





 Vicat kalıbının vicat aletine ters çevrilerek yerleştirilmesi	Yaklaşık 5 saat sonra cam plakla vicat kalıbını sudan çıkarınız ve vicat iğnesini kalıbın üst iç kenarından 10 mm içeride olacak şekilde vicat kalıbını ters çevirerek cam plakla vicat aleti tabanına yerleştiriniz.	
 Vicat iğnesinin çimento pastasına batırılması	Vicat iğnesini sabit tutan vidayı gevşetiniz ve iğnenin batmasını sağlayınız.	
Vicat aletinin üzerindeki göstergeden batma miktarının okunması	30 saniye sonra iğneyi sabitleyiniz ve vicat aleti üzerindeki göstergeden değeri okuyunuz.	
Diğer batırma işlemlerinin yapılması	15 veya 30 dakika ara ile her batırma noktası arasında 10 mm mesafe bırakarak diğer batırma işlemlerini uygulayınız. Her batırmadan sonra vicat kalıbını cam plakla su içerisinde bekletiniz.	
 Priz sona erme zamanının kaydedilmesi	Vicat aleti üzerinde 0,5 mm batma değerini okuduysanız bu zamanı priz sona erme (t3) zamanı olarak deney raporuna kaydediniz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ilgili ders öğretmene teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME – 13

A. Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Vicat aleti göstergesinde aşağıdaki değerlerden hangisi okunursa çimento pastası normal kıvama ulaşmış denilebilir?

- A) 4 ± 2 (2-6) mm
- B) 6 ± 2 (4-8) mm
- C) 6 ± 3 (3-9) mm
- D) 30 ± 2 (28-32) mm
- E) 30 ± 3 (27-33) mm

2. Vicat aleti göstergesinde aşağıdaki değerlerden hangisi okunursa çimento pastası priz almaya başlamıştır denilebilir?

- A) 4 ± 2 (2-6) mm
- B) 6 ± 2 (4-8) mm
- C) 6 ± 3 (3-9) mm
- D) 0,5 mm
- E) 10 mm

3. Vicat aleti göstergesinde aşağıdaki değerlerden hangisi okunursa çimento pastasının priz alması bitmiştir denilebilir?

- A) 0,5 mm
- B) 10 mm
- C) 0,5 – 10 mm
- D) 6 ± 2 (4-8) mm
- E) 6 ± 3 (3-9) mm

4. Aşağıdakilerden hangisi normal kıvam tayini deneyi için kullanılan çimento numunesinin miktarıdır?

- A) 100 g
- B) 200 g
- C) 300 g
- D) 400 g
- E) 500 g

5. Çimento pastasına katılacak su oranı, priz başlama ve sona erme süreleri tayini deneylerinde hangi oranda olmalıdır?

- A) Çimento numunesinin %25'i
- B) Çimento numunesinin %30'u
- C) Çimento numunesinin %65'i
- D) Çimento pastasını ele yapıştırmayacak oranda
- E) Normal kıvam tayini deneyinde bulunan yüzde oranı

B. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Çimentoların priz başlama süreleri gerekenden çok erken olursa bu durumun betona ne gibi etkileri olur?

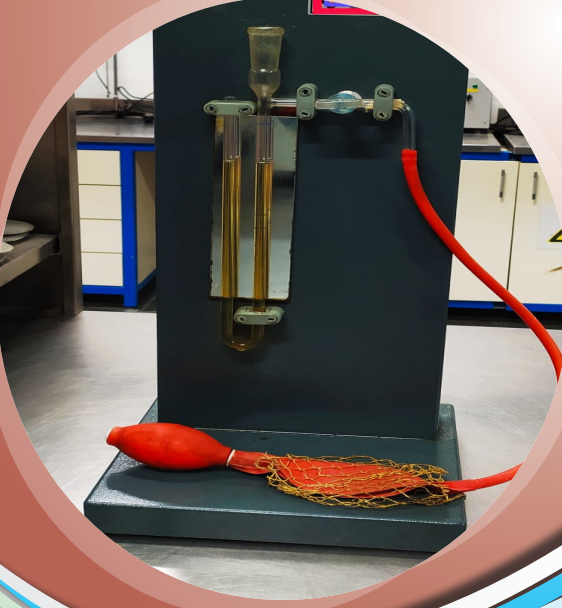
2. Çimentoların priz sona erme süreleri gerekenden çok geç olursa bu durumun betona ne gibi etkileri olur?

3. Kıvam veya priz süreleri tayini deneylerinde, vicat aleti deney süresince sarsıntılı bir ortam üzerinde olursa deney sonuçlarına ne gibi etkisi olur?

4. Çimento normal kıvam ve priz süreleri tayini deneylerinde her batırma işleminin sona erme veya iğneleri temizlenmezse bu durumun deney sonuçlarına ne gibi etkileri olur?

5. Çimentonun su emme oranı beton için neden önemlidir?





14. Öğrenme Birimi

ÇİMENTO HACİM SABİTLİĞİ VE ÖZGÜL YÜZEY TAYİNİ

KONULAR

- 14.1. Laboratuvarda Çimentodaki Hacim Sabitliği Deneyi
- 14.2. Çimentoda Özgül Yüzey Tayini Deneyi (Blaine Aleti)

KAVRAMLAR

- Özgül Yüzey Alanı
- Blaine Yöntemi
- La Chaletier Aleti
- Manometre



14. ÇİMENTO HACİM SABİTLİĞİ VE ÖZGÜL YÜZEY TAYİNİ DENEYİ

Hacim sabitliği deneyinde genişlemeye sebep olan CaO ve MgO oranlarının çimentoya zarar verecek miktarda olup olmadığının tespiti; özgül yüzey tayini deneyinde ise çimento tanelerinin inceliklerinin tespiti amaçlanmaktadır.

Kimyasal deney yöntemi ile belirlenen CaO ve MgO oranlarının fazla olmasının olumsuz etkileri, genişleme tayini deneyi ile gözlemlenebilmektedir.

Çimento tane inceliği ise elek analizi ve özgül yüzey tayini yöntemleri ile belirlenmektedir.

Hacim sabitliği deneyi **TS EN 196-3**'e göre le chaletier (lö şötölye) aleti yöntemiyle; özgül yüzey tayini deneyi **TS EN 196-6**'ya göre blaine (bleyn) yöntemiyle laboratuvar ortamında gerçekleştirilmelidir.

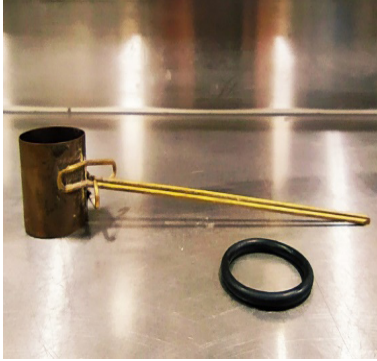
14.1. LABORATUVARDA ÇİMENTO HACİM SABİTLİĞİ DENEYİ (TS EN 196-3)

Çimento içerisinde bulunan serbest kireç (CaO), magnezyum oksit (MgO) ve SO_3 genişlemelere sebep olur. Bu genişlemeler kılcal çatlamlar oluşturur. Bu kılcal çatlamlar betonun dayanımında azalmaya sebep olmakla beraber beton geçirimsizliğini de olumsuz yönde etkilemektedir.

MgO ve CaO bileşenlerinin olumsuz etkilerinin araştırılması için **TS EN 196-3**'e göre le chaletier yöntemi ile hacim sabitliği deneyi yapılır.

14.1.1. Deney Araç Gereçleri

Le Chaletier Aleti: Le chaletier kabı, 30 mm çapında ve 30 mm yüksekliğinde silindir şeklindedir. Düşey ekseninde yarık ve yarığın her iki kenarında silindire dik sabitlenmiş 1 mm çapında ve 150 mm uzunluğunda aynı malzemeden yapılmış iki çubuktan oluşmaktadır (Görsel 14.1). Paslanmaz metal malzemeden (yaygın olarak pirinçten) imal edilmektedir. Bu deneyde 2 adet kullanılmaktadır. Deneye başlamadan çubuk uçlarının birbirine değiyor olması gerekmektedir (Görsel 14.2).



Görsel 14.1: Le chaletier aleti



Görsel 14.2: Çubuk uçlarının kontrolü



Görsel 14.3: Le chaletier aleti esneklik kontrolü

Deney öncesinde yarık kenara asılan 300 g ağırlık ile uç noktalarından çubuklar arası mesafe ölçülerek deney aletinin kontrolü yapılır. Bu açıklık **en az 15 mm, en fazla 20 mm** olmalıdır (Görsel 14.3).

Ayrıca çimento mikseri, numune kabı, su kabı, spatula, madenî yağ, cam levhalar, kaynatma kabı, soğuk su havuzu, maşa, kumpas kullanılmaktadır.





14.1.2. Çimento Hamurunun Hazırlanması

Hacim sabitliği deneyinin kıvam tayini ve priz süreleri tayini deneylerinin birlikte yapılması uygun olur. Çünkü su/çimento oranıyla kıvam tutturulduğunda bu deney hamuru ile priz ve hacim sabitliği deneyi de yapılabilir. Bu şekilde yapılacak ise toplamda 500 g çimento ve uygun oranda su ile kıvam tutturularak priz ve hacim sabitliği deneyi yapılır.

Ayrı yapılacak ve mikserde karıştırılacak ise 300 g çimento ve aynı çimentonun kıvam tayininde belirlenen su miktarı kullanılır. Kıvam tayini çimento hamuru hazırlanma yöntemi ile çimento hamuru hazırlanmalıdır.

Çimento hamuru elde karıştırılarak hazırlanacak ise 100 g çimento ve kıvam tayininde belirlenen su oranı ile şantiyelerde hacim sabitliği deneyinde çimento hamurunun hazırlanma yöntemi kullanılarak çimento hamuru hazırlanmalıdır.

14.1.3. Hacim Sabitliği Deneyinin Yapılması

- Deneye başlamadan önce le chaletier kalıbının iç yüzeyi ve cam levhalar hafif yağlanır.
- Lastik conta, paket lastiği veya çubuk kaynak yerlerinden ip ile bağlanarak silindir yarık yeri bitişik olacak şekilde sabitlenir. Bu aşamada çubuk uçları arasında bir açıklık var ise kumpas veya milimetrik cetvel ile ölçülür, bu ölçüm kaydedilir.
- Le chaletier kalıbı cam levha üzerine konarak hareket ettirilmeden tutulur.
- Çimento hamurundan silindiri dolduracak kadar çimento hamuru el ile alınır ve parmaklar arasında çok sıkmadan şekillendirilerek sıkıştırma ve vibrasyon yapmadan silindir içine doldurulur.
- Silindirin üst yüzeyindeki fazla hamur, spatula kullanılarak testere hareketi ile sıyrılır. Lastik conta çıkarılır veya ip çözülür. Üzeri yağlanmış cam levha ile kapatılır.
- Cam levhanın ve le chaletier aletinin dengede durmasını sağlamak için levha üzerine en fazla 75 g'lık ağırlık konur.
- Kalıp bu şekilde kürlleme için 20 ± 1 °C'deki su kabına konarak 24 saat bekletilir.
- Bu süre sonunda kalıp sudan çıkarılır. Cam levhalar çıkartılır. Çubuk uçları arasındaki mesafe ölçülerek **A** değeri olarak en yakın 0,5 mm'ye yuvarlanıp kaydedilir. Deney öncesinde çubuk uçları arasında bir açıklık var ise ölçülen değerden ilk açıklık değeri çıkartılarak **A** değeri yazılmalıdır. Bundan sonraki ölçümlerde de buna dikkat edilmelidir.
- Kalıp, kaynatma kabına konur. 30 dk. kaynatma sıcaklığına getirilecek şekilde ısıtılarak 3 saat kaynatılır. Buradaki zaman aşırımları 5 dakikayı geçmemelidir.
- Kaynama süresi sonunda numune çıkarılır ve zaman kaybetmeden çubuklar arası mesafe ölçülür, **B** değeri olarak en yakın 0,5 mm'ye yuvarlanıp kaydedilir.
- Numune sıcaklığının laboratuvar sıcaklığına (20 ± 2 °C) gelmesi sağlandıktan sonra çubuklar arası mesafe ölçülür, **C** değeri olarak en yakın 0,5 mm'ye yuvarlanıp kaydedilir.
- Her iki deneyin **C-A** farklarının ortalaması alınır ve 0,5 mm'ye yuvarlanılır. Bu ortalamanın 10 mm'den az olması gerekir (Tablo 14.1).
- Ölçülen ve hesaplanan değerler deney raporuna kaydedilir (Tablo 14.2).

Tablo 14.1: Ölçüm Sonucu Kabul Edilebilir Sınır Değerleri

(B-A) < 4 mm olmalı
(C-A) < 10 mm olmalı





14.1.4. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 14.2: Deney Raporu

Numune:		Numunenin Alındığı Tarih:		Standart: TS EN 196-3	
Deney Tarihi:		Saati:		Sıcaklık:	Nem:
Çimento Miktarı:		Su/Çimento Oranı (%):		Su Miktarı:	
1.Numune			2.Numune		
A	B	C	A	B	C
C-A=			C-A=		
UYGUN ☐		C-A ort. =		UYGUN DEĞİL ☐	
Deney Sonucunu Etkileyebilecek Faktörler:					
Deneyi Yapan:		İmza:	Kontrol Eden/Onay	İmza:	

**DENEY UYGULAMASI – 1**<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21708>

Karşılaştırma yapabileceğiniz iki farklı çimento çeşidi ile le chaletier yöntemini kullanarak hacim sabitliği deneyi uygulamasını yapınız. Sonuçları sınıf ortamında değerlendiriniz.

Deney Adı : Le Chaletier Yöntemi ile Hacim Sabitliği Deneyi

Deney Süreleri : 30 dakika uygulama, 24 saat bekleme, 4 saat uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdaki kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Etüv, fırın gibi cihazlarda plastik eldiven kullanılmamalıdır. Yüksek sıcaklıklarda çalışırken maşa veya ısıya dayanıklı eldiven kullanınız. - Kullanımdan sonra cam eşyalar distile su ile yıkayınız.	

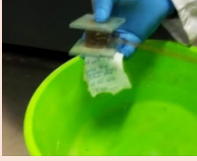
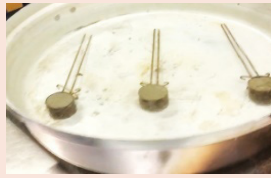
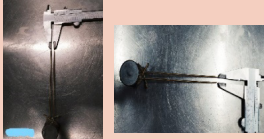




 Deney araç gereçlerinin hazırlanması	- Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. - Le chaletier aletlerinin esneklik kontrolünü yapınız. - Le chaletier aletlerinin iç yüzeylerini yağlayınız. - Cam plakaları yağlayınız.	
Çimento numunesinin ve suyun tartılması	- İçilebilir dinlenmiş su kullanınız. - Tartım esnasında hassas terazi kullanmaya çalışınız. - Kıvam tayininde belirlenen su/çimento oranını kullanınız.	
 Çimento hamurunun hazırlanması	- Deneyi, kıvam tayini deneyi ile beraber yapınız. - Hazırlanan çimento hamurunu bu deney için de kullanınız. - Ayrı yaparsanız 100 g çimento numunesi ve kıvam tayininde belirlenen su/çimento oranıyla elde karıştırma yapınız. - Elde karıştırmada çimento hamurunu 3 dk. içinde hazırlayınız.	
 Le chaletier aletlerinin hazırlanması	- Çubuk uçlarının bitişik olduğuna dikkat ediniz. - Çubuk uçları bitişik değilse arasındaki açıklığı ölçüp kaydediniz. Bundan sonraki ölçüm değerlerini, bu değerden çıkarmayı unutmayınız. - Le chaletier aletinin yarık yerlerini birleştirerek conta veya lastik ile sabitleyiniz. - Cam levhaya numune bilgilerinin olduğu etiketi koyunuz ve le chaletier aletini levha üzerine yerleştiriniz.	
 Çimento hamurunun doldurulması ve cam levha ile kapatılması	- Çimento hamurunu elinizle alınız. - Sıkmadan silindir şeklini vererek le chaletier aletinin içine yerleştiriniz. - Yerleştirirken aletin cam levhadan ayrılmamasına dikkat ediniz. - Sıkıştırma yapmadan tam olarak doldurunuz. - Yüzeydeki fazla çimento hamurunun üst yüzeyini spatula ile testere hareketi yaparak düzeltiniz. - Lastik contayı çıkarınız. - Cam levhayı yağlı yüzeyi çimentoya temas edecek şekilde kapatınız. - Dengede durması için üzerine en fazla 75 g'lık ağırlık koyunuz.	



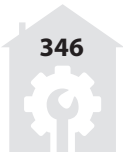


 Numunenin 24 saat suda bekletilmesi	• Deney numunelerinin birbiri ile temas etmemesine dikkat ediniz. • Su seviyesinin le chaletier aletinin üstünde olduğuna emin olunuz. • Su sıcaklığını 20 ± 1 °C'de sabit tutunuz.	
 İlk ölçümün (A) yapılması	• Numuneyi sudan çıkarınız. • Cam levhaları ayırırken dikkat ediniz. • Kumpas veya milimetrik cetvel ile çubuk uçları arasındaki mesafeyi ölçünüz. • 0,5 mm'ye yuvarlayarak değeri yazınız. • Deney başlangıcında bir açıklık var ise bu değeri ölçüm değerinden çıkararak A değerini kaydediniz.	
 Numunenin kaynatılması	• Kaynatma süresince su seviyesinin numune yüzeyinin üstünde olmasına dikkat ediniz. • Kaynatma suyunu 30 dakikada kaynama sıcaklığına getiriniz. • 3 saat süre ile numuneyi kaynatınız. • Bu sürelerde zaman aşımalarının 5 dakikayı geçemeyeceğini unutmayınız.	
 Kaynatma sonunda ölçümlerin yapılması	• Kaynama sonrası numuneyi dışarı alınız ve numune sıcakken çubuk uçlarını ölçerek (B) 0,5 mm hassasiyetle kaydediniz. • Numune oda sıcaklığına geldiğinde çubuk uçlarını tekrar ölçerek (C) 0,5 mm hassasiyetle kaydediniz.	
Deney araç ve gereçlerinin temizliği	• Deney araç ve gereçlerini dikkatlice temizleyiniz. • Araç gereçlerin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadıklarını kontrol ediniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Deney raporunun doldurulması	• Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

14.2. ÖZGÜL YÜZEY TAYİNİ DENEYİ (TS EN 196-6)

Özgül yüzey tayini deneyi, çimento tanelerinin inceliğinin belirlenmesi amacıyla blaine aleti ile **TS-EN 196-6**'ya göre yapılır. Sıkıştırılmış hücre yatağından geçen sürenin (**t**) ölçülmesi yöntemi kullanılır. Geçirgenlik süresinin (**t**) uzun olması çimento tanelerinin ince olduğu dolayısıyla aralarında boşluk oranının az olduğu anlamına gelmektedir. İnce çimento taneleri, hidrolik bir bağlayıcı olan çimentonun su ile daha kolay reaksiyona girmesi ve erken dayanım kazanmasını



sağlayacaktır.

$$S = (K/d) \cdot (\sqrt{e^3} / (1-e)) \cdot (\sqrt{t} / \sqrt{0,1 \cdot \eta})$$

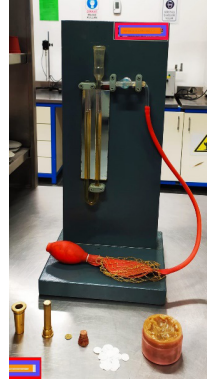
formülü ile hesaplanan özgül yüzey alanında (S), çimentonun geçirgenlik süresi (t) blaine aleti kullanılarak bulunur. Özgül yüzey alanının yüksek çıkması, çimento tanelerinin ince öğütüldüğü anlamına gelmektedir. Diğer değerler önceden verilmiş veya hesaplanmış olmalıdır.

14.2.1. Deney Araç Gereçleri

Blaine Aleti: Manometre, pompa, hücre, piston, hücre yuvası ve delikli diskten oluşur. Kullanım kolaylığı nedeniyle sektörde (çimento fabrikaları, hazır beton santralleri vb.) otomatik blaine (Görsel 14.4) yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak **TS-EN 196-6**'ya göre deneylerin Görsel 14.5'te görülen blaine aleti ile yapılması esas alınmalıdır. Bu nedenle deneyler otomatik blaine makinesi ile yapılacaksa belli aralıklarla bu aletin klasik blaine aleti ile doğrulanması gerekir.



Görsel 14.4: Otomatik blaine aleti



Görsel 14.5: Manuel blaine aleti



Görsel 14.6: Geçirgenlik hücresi

Hücre: Paslanmaz çelik veya aşınmaya dayanıklı malzemeden yapılmış olmalıdır. Alt ve üst yüzleri düz ve silindirin eksenine dik olmalıdır. İçerisine sıkıştırılmış çimento numunesi konulacaktır (Görsel 14.6).



Görsel 14.7: Piston

Piston: Piston, hücrenin içine serbestçe girebilecek durumda olmalıdır. Paslanmaz çelik veya diğer aşınmaya dayanıklı paslanmaz metalden yapılmalıdır. Hücre içindeki çimento numunesini sıkıştırmak için kullanılır (Görsel 14.7).



Görsel 14.8: Delikli disk

Delikli Disk: Paslanmaz metalden yapılır, üzerinde 1 mm çapında 30-40 delik bulunur. Hücre tabanına yerleştirildiğinde düzlem yüzeyleri hücrenin tabanına dik olmalıdır (Görsel 14.8).



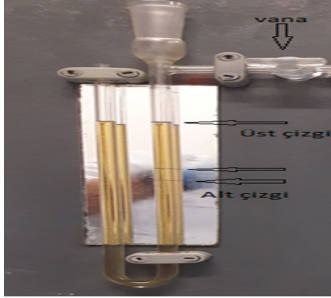
Görsel 14.9: Tıpa

Tıpa: Kesik koni şeklinde, hücre yuvasına uygun ebatta ve mantardan yapılmış olmalıdır (Görsel 14.9).



Görsel 14.10: Filtre kâğıdı

Filtre Kâğıdı: Hücre boyutlarına uygun olarak çevresi düzgün kesilmiş, orta porozitede ve dairesel olmalıdır. Çimento numunesi filtreler arasında sıkıştırılacaktır. İki adet filtre kâğıdı kullanılacaktır (Görsel 14.10).



Görsel 14.11: Manometre

Manometre Sıvısı: Düşük viskozite ve yoğunlukta, ince madenî (motor) yağ kullanılmalıdır. Madenî yağın manometre içerisine 24 saat öncesinden doldurulmuş olması gerekir. Sıvı, manometre borusunun iki ucundaki üst çizgilere kadar doldurulmalı ve boru uçlarındaki sıvı seviyelerinin eşit olduğu gözlenmelidir (Görsel 14.11).



Görsel 14.12: Gres yağı

Gres Yağı: Hücre ile manometre yuvası arasındaki hava geçirgenliğini önlemek için kullanılır (Görsel 14.12). Gres yağı yerine vazelin de kullanılabilir.



Görsel 14.13: Hassas terazi



Hassas Elektronik Terazi: 1 mg (0,001 g) hassasiyette ve etrafı cam panellerle kapalı olmalıdır. Çimento numunesinin hassas tartımında kullanılacaktır (Görsel 14.13).

Ayrıca cam huni, küçük bakkal küreği, numune kabı, kronometre, cımbız, temiz bez kullanılmaktadır.

14.2.2. Deneyin Yapılışı

Deneye başlamadan önce;

- Blaine aletinin kalibrasyonu yapılmış olmalı, K sabiti bilinmelidir.
- Deneyde kullanılacak çimento numunesinin özgül ağırlığı (d) hesaplanmış olmalı veya özgül ağırlığı bilinen çimento kullanılmalıdır.





- Deneyde kullanılacak çimento numunesinin kütlesi hesaplanmalıdır.

$$M_{\text{ç}} = (V \cdot d) \cdot (1-e)$$

M_ç: 0,001 g duyarlılıkta çimento deney numunesi kütlesi

V: Kalibrasyon yapılırken kullanılan referans deney numunesi hacmi (cm³)

d: Çimento deney numunesi özgül ağırlığı (g/cm³)

e: Gözeneklilik (0,5 olarak kullanılır.)

ÖRNEK: Özgül ağırlığı 3,16 g/cm³ olarak bilinen hücre içine sıkıştırılmış referans çimento numunesinin yüksekliği 15,5 mm olarak ölçülmüştür. Deneyde kullanılacak olan çimento numunesinin kütlesini hesaplayınız. (Hücre iç çapı=12,6 mm) (e=0,5)

VERİLENLER:

d= 3,16 g/cm³

R=12,6 mm

h=15,5 mm

ÇÖZÜM:

V= $\pi \cdot r^2 \cdot h$

V=3,14.(6,3)².15,5

V=1931,7 mm³

V=1,932 cm³

İSTENEN:

M_ç=?

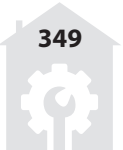
M_ç=(V . d) . (1-e)

M_ç=(1,932.3,16).(1-0,5)

M_ç=3,052 g

Deneyin Yapılışı:

- Laboratuvar sıcaklığı ve nem değeri kaydedilir.
- Kütlesi önceden hesaplanmış deney numunesi, hassas terazide tartılır.
- Hücre içerisine delikli disk yerleştirilir.
- Filtre kâğıdı dikkatlice disk üzerini örtecek şekilde hücreye yerleştirilir.
- Deney numunesi huni yardımıyla hücre dışına dökülmeden ve çimentoyu tozlandırmadan hücre içine doldurulur.
- Numunenin hücre içine tam anlamıyla yerleşmesini sağlamak için hücre her beş vuruş sonrası kısa ara verilerek toplamda yirmi beş defa masaya hafif hafif vurulur.
- Numunenin üzerine dikkatlice ikinci filtre kâğıdı yerleştirilir.
- Piston hücre içine yerleştirilerek numune sıkıştırılır.
- Piston 5 mm geri çekilir, hücre yavaşça 90 °C döndürülür, piston tekrar itilerek sıkıştırma yapılır.
- Bu işlem sonrası piston, hücre eski konumuna getirilerek yavaşça geri çekilir. Hücre ağzı tıpa ile kapatılır.
- Hücre ile manometre yuvasının arasındaki hava sızıntısını önlemek için hücre üst bölümünün çevresine gres yağı sürülür.
- Hücre, manometre yuvasına dikkatlice yerleştirilir.
- Manometre vanası kapalı konuma getirilerek pompa hava ile doldurulur. Sonrasında vana açılarak hava pompası yardımıyla sıvı manometre en alt çizgisine gelene kadar hava verilir.
- Vana kapatılır ve sıvının sabit kalıp kalmadığı kontrol edilir. Eğer sıvı yukarı doğru çıkıyorsa bir yerden kaçak var demektir. Vana ve hücre ağzındaki tıpa kontrol edilmelidir.
- Sıvının sabit olduğu gözlemlendiği zaman vana açılır, sıvı bir sonraki çizgiye geldiği anda kronometre çalıştırılır.
- Sıvı üst çizgiye gelip manometrenin her iki ucundaki sıvı hizası eşitlenince kronometre durdurulur.





- Okunan süre (t) 0,2 saniye hassasiyetle sıcaklık değeri kontrol edilerek kaydedilir. Hücre yerinden çıkartılmadan bir ölçüm daha yapılarak doğrulama yapılır.
- Aynı numune çimentodan yeni bir deney numunesi tartılarak deney tekrar edilir.
- Deney süreleri özgül yüzey alan formülünde yerine konularak özgül yüzey alan (S) hesaplaması yapılır. İki deney arasındaki özgül yüzey alan değeri %2'den az olmalıdır. Bu sağlanamazsa deney, birbiri arasındaki fark %2'den az olan iki sonuç elde edilinceye kadar devam ettirilmelidir.
- Sonuçlar deney raporuna kaydedilir (Tablo 14.3).

ÖZGÜL YÜZEY ALANI FORMÜLÜ:

$$S = \frac{K \cdot \sqrt{e^3 \cdot t}}{d \cdot (1-e) \cdot \sqrt{\eta}}$$

S: Çimentonun özgül yüzey alanı (cm²/g)

K: Kalibrasyonda referans çimento numunesi ile tespit edilen sabit değer (cm/sn.)

D: Çimentonun özgül ağırlığı (g/cm³)

e: Gözeneklilik değeri (0,5 olarak kullanılır.)

t: Blaine deneyi sonrasında ölçülen geçirgenlik süresi (sn.)

η: Havanın vizkozitesi (Tablo 14.3)

Tablo 14.3: Sıcaklık-Hava Vizkozitesi Bağlantı Tablosu	
Sıcaklık (°C)	Havanın Vizkozitesi(η)
18	0,0001810
19	0,0001815
20	0,0001819
21	0,0001824
22	0,0001829

ÖRNEK: 20 °C olan laboratuvar ortam sıcaklığında yapılan blaine deneyinde, aşağıdaki değerlere ulaşılmıştır. Bu değerlere göre deneyde kullanılan çimentonun özgül yüzey alanını hesaplayınız.

VERİLENLER:

K Sabiti: 18,652 cm/sn.

d: 3,15 g/cm³

e: 0,5

t: 82,4 sn.

İSTENEN:

S: ?

$$\text{Çözüm: } S = \frac{K \cdot \sqrt{e^3 \cdot t}}{d \cdot (1-e) \cdot \sqrt{\eta}} = \frac{18,652 \cdot \sqrt{0,5^3 \cdot 82,4}}{3,15 \cdot (1-0,5) \cdot \sqrt{0,0001819}} = \frac{59,686}{0,021} = 2842,21 \text{ cm}^2/\text{g}$$

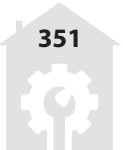




14.2.3. Deney Raporu Hazırlama

Tablo 14.4: Deney Raporu

Deneyin Adı	Çimentolarda Priz Başlama ve Priz Sona Erme Süresi Tayini			
Standart No.	TS EN 196-6			
Rapor Numarası	Numunenin Alındığı Yer	Numunenin Alındığı Tarih	Deney Tarihi/ Saati	Çimento Çeşidi
Değerler	1.Deney	2.Deney		
Laboratuvar Sıcaklığı				
Numune Özgül ağırlığı (d)				
Numune Hacmi (V)				
Numune Kütlesi (Mç)				
Hava Vizkozitesi (n)				
Gözeneklilik (e)				
K Sabiti Değeri				
Geçirgenlik Süresi (t)				
Numunenin Özgül Yüzey Alanı (S)				
Deney Sonucunu Etkileyebilecek Faktörler:				
Deneyi Yapan			Kontrol Eden/Onay	
Adı Soyadı				
İmza				





DENEY UYGULAMASI – 2

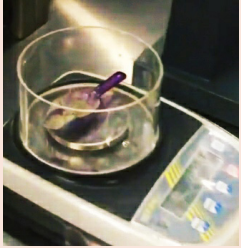


<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21710>

Öğretmeninizin önerdiği iki farklı çimento çeşidi ile özgül yüzey alanı tayini deneyinde çimentoların geçirgenlik sürelerini tayin ediniz. Deney sonucunda öğretmeninizin verdiği veya hesapladığınız diğer değerler üzerinden çimentonun özgül yüzey alan hesabını yapınız. Çimento çeşitleri arasında karşılaştırma yapınız.

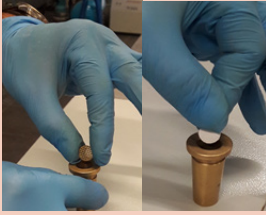
Deney Adı : Çimento Özgül Yüzey Alanı (Blaine) Deneyi

Deney Süresi: 30 dk

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- Kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek risk unsurlarını belirleyiniz. - Her deney öncesinde laboratuvar sıcaklığının 20 ± 2 °C olmasını ve nem oranının en az %65 olmasını sağlayınız. - Laboratuvarın ciddi bir çalışma ortamı olduğu unutulmamalıdır. Deney sırasında şakalaşma, başka şeylerle ilgilenme, düzeni bozacak veya tehlikeye yol açabilecek şekilde hareket ve davranışlarda bulunmayınız. - Deney sırasında beklenmeyen bir durum ortaya çıktığında hemen laboratuvar öğretmenine haber veriniz. - Numune veya malzeme alımında daima temiz araç gereçler kullanınız, aynı araç gereçleri temizlemeden başka bir madde içine sokmayınız.	
 Deney araç gereçlerinin hazırlanması	- Araç gereçlerin eksiksiz, temiz, sağlam ve deney ortam sıcaklığında olmasına dikkat ediniz. - Blaine manometre sıvısının tam olduğunu kontrol ediniz. - Pompayı kontrol ediniz. - Hücrenin, pistonun ve delikli diskin temiz olduğundan emin olunuz.	
 Çimento numunesinin tartılması	- Deney numunesi olarak kullanacağınız çimentoyu kapalı bir kaptan iyice sallayıp dinlendirdikten sonra tartım için numune alınız. - Terazinin 0,001 g duyarlılıkta ve etrafının kapalı olmasına dikkat ediniz. - Tartım esnasında içeride hava akımı oluşmamasına dikkat ediniz.	

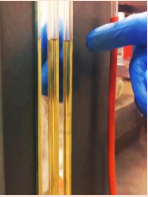




 Hücre içerisine delikli disk ve filtre kâğıdının konulması	• Delikli diskin tam yerleştiğinden emin olunuz. • Filtre kâğıdının tam dairesel kesitli olmasına dikkat ediniz. • Filtre kâğıdını yerleştirirken gerekiyorsa cımbız kullanınız.	
 Numunenin hücre içerisine yerleştirilmesi	• Bu işlemde huni kullanınız. • Numunenin tozumasına ve dışarı dökülmesine çok dikkat ediniz. • Kuru ve temiz bir yüzeyde doldurma işlemini yapınız.	
 Numune içindeki havanın çıkarılması ve ikinci filtre kâğıdının yerleştirilmesi	• Hücreyi, delikli diski ve filtre kâğıdını oynatmayacak şiddette temiz ve kuru bir yüzeye vurunuz. • Hücrenin dik olmasına dikkat ediniz. • Her beş vuruş sonrası kısa süre durunuz. • 5x5=25 vuruş yapınız. • Bu işlem sırasında dışarıya numune dökülmemesine dikkat ediniz. • İkinci filtre kâğıdını numunenin üstüne yerleştiriniz.	
 Numunenin sıkıştırılması	• Hücre dik konumdayken pistonu yerleştirip başparmağınızla sıkıştırınız. • Pistonu 5 mm geri çekiniz. Bu işlemi yaparken hücrenin dik konumda olmasına dikkat ediniz. • Hücreyi 90 °C çevirip pistonu iterek tekrar sıkıştırma yapınız. • Hücreyi dik konuma getirip pistonu yavaşça çıkartınız.	
 Gres yağının kullanılması	• Dış yüzeyi kesik huni şeklinde olan hücrenin üst yüzeyine yakın bölgeyi, yüzeyde tabaka oluşturacak şekilde gres yağı ile yağlayınız.	





 Hücresinin blaine aletine yerleştirilmesi	• Hücre ağzını tıpa ile kapatınız. • Hücreyi yerleştirmeden önce manometre musluğunun açık konumda olmasına dikkat ediniz. Aksi takdirde manometre içindeki yağ taşacaktır. • Hücreyi manometrenin yuvasına yerleştiriniz. Hafifçe bastırıp tam oturmasını sağlayınız. • Aşırı zorlamada manometrenin kırılacağını unutmayınız. • Manometrenin ağzından taşan gres yağını hava sızıntısını önleyecek şekilde yayınız.	
 Sızdırmazlık kontrolü	• Vanayı kapatınız. • Pompayı şişiriniz. • Vanayı açarak ve pompayı da avucunuzun içinde hafifçe sıkarak manometre sıvısını en alt çizgiye kadar getirip vanayı kapatınız. • Manometre içindeki sıvının hareket etmediğinden emin olunuz. • Sıvı, vana kapalıyken ve tıpa varken hareket ediyorsa sızıntı olduğu anlamına gelir. • Sızıntının tıpadan, vanadan veya hücre yuvasından olabileceğini unutmayınız.	
  Geçirgenlik süresinin (t) ölçümü	• Kronometreyi sıfırlamayı unutmayınız. • Sızıntı olmadığından emin olduktan sonra tıpayı çıkartınız. • Manometre sıvısı hareketini takip ediniz. • Sıvı ilk çizgiye yükseldiğinde manometreyi çalıştırınız. • Sıvı üst çizgiye gelip hareket durunca ve manometrenin her iki ucundaki sıvı eşitlenince kronometreyi durdurunuz. • Ölçülen süreyi 0,2 sn. hassasiyetle kaydediniz. • Numuneyi çıkarmadan ölçme işlemini tekrarlamayı unutmayınız.	
Deney araç gereçlerinin temizliği	• Deney araç ve gereçlerini dikkatlice temizleyiniz. • Araç gereçlerin bir sonraki deney için çalışır ve kullanılabilir durumda olup olmadıklarını kontrol ediniz. • Olumsuz bir durum tespit ettiğinizde öğretmeninizi bilgilendiriniz.	
Deney raporunun doldurulması	• Deney raporunu eksiksiz doldurunuz, gerekli hesaplamaları yaparak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

*Yaptıklarınıza işaret koyunuz.



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME – 14

A. Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi hacim sabitliği deneyi referans standart numarasıdır?
 - A) 6-2
 - B) 196-3
 - C) 196-5
 - D) 196-6
 - E) 196-9
2. Çimentolarda özgül yüzey alanının hesaplanmasında esas alınan standart numara aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) 196-3
 - B) 196-5
 - C) 196-6
 - D) 196-8
 - E) 196-9
3. Le chaletier deney yönteminde deney, kaç kez tekrar edilmelidir?
 - A) 1
 - B) 2
 - C) 3
 - D) 4
 - E) 5
4. Hacim sabitliği deneyinde le chaletier aleti esnekliği kontrol edilirken 100 g ağırlık asılması sonucunda çubuklar arası kabul edilebilir açıklık değerleri (a) aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru verilmiştir?
 - A) $15\text{mm} \leq a \leq 20\text{mm}$
 - B) $20\text{mm} \leq a \leq 25\text{ mm}$
 - C) $25\text{mm} \leq a \leq 30\text{mm}$
 - D) $30\text{mm} \leq a \leq 35\text{mm}$
 - E) $35\text{mm} \leq a \leq 40\text{mm}$
5. Aşağıdakilerden hangisi blaine deney aletinde bulunan manometre içine konulacak uygun sıvıdır?
 - A) Su
 - B) İspirto
 - C) Gaz yağı
 - D) Gres yağı
 - E) Madenî (motor) yağ





6. Blaine deneyinde filtre kâğıtlarının yerleştirilmesi ile ilgili doğru uygulama aşağıdaki seçeneklerden hangisinde verilmiştir?

- A) Delikli diskin altına ve üstüne gelecek şekilde
- B) Delikli disk yerleştirildikten sonra birbiri üstüne gelecek şekilde
- C) Çimento yerleştirildikten sonra üst üste gelecek şekilde
- D) Delikli disk yerleştirildikten sonra ve çimento yerleştirildikten sonra
- E) Delikli disk yerleştirildikten sonra ve çimento miktarının yarısı yerleştirildikten sonra

B. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Hacim sabitliği deneyinin hangi deneyler ile yapılması zamanlama ve uygulama açısından doğru olur?
2. Çimento hacim sabitliği deneyinde ilk ölçüm değeri (A) 3 mm, son ölçüm değeri (C) 15 mm olarak gözlenmiştir. Deneyde kullanılan çimento ile ilgili hangi sonuca varılmalıdır?
3. Çimento deney numunesinin özgül yüzey alanının fazla çıkması nasıl yorumlanmalıdır?
4. Blaine sonuçları sırası ile $2851,17 \text{ cm}^2/\text{g}$ - $2851,25 \text{ cm}^2/\text{g}$ - $2852,17 \text{ cm}^2/\text{g}$ çıkan bir çimento numunesinin özgül yüzey tayini deneyinin devamı için nasıl bir uygulamaya gidilmiştir?





15. Öğrenme Birimi

ÇİMENTO ÖZGÜL AĞIRLIK VE TANE BÜYÜKLÜĞÜ TAYİNİ

KONULAR

- 15.1. Çimentolarda Özgül Ağırlık Tayini Deneyi
- 15.2. Çimentolarda Tane Büyüklüğü Tayini
- 15.3. Çimentoda Eğilmede Çekme ve Basınç Dayanımı Deneyi

KAVRAMLAR

- Özgül Ağırlık
- Le Chaletier Balonu
- Tane Büyüklüğü
- CEN Standart Kum



15. ÇİMENTO ÖZGÜL AĞIRLIK VE TANE BÜYÜKLÜĞÜ TAYİNİ

Çimento, beton içerisinde bağlayıcılık görevi üstlenen bir malzemedir. Çimentonun fiziksel ve mekanik özellikleri betonun da fiziksel ve mekanik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Çimentonun özgül ağırlığı ve tane büyüklüğü gibi fiziksel özellikleri betonun kullanım alanını, gerekli karışım suyu miktarını doğrudan etkilemektedir. Çimentonun çekme ve basınç dayanımı gibi mekanik özellikleri de betonun dayanımını, durabilitesini doğrudan etkilemektedir.

Bu öğrenme biriminde; çimento özgül ağırlık tayini, çimento tane büyüklüğü tayini, çimento eğilmede çekme ve basınç dayanımı tayini konuları ele alınacaktır.

15.1. ÇİMENTOLARDA ÖZGÜL AĞIRLIK TAYİNİ DENEYİ

Deneyin amacı, 1 cm³ hacmindeki boşluksuz çimentonun gram olarak ağırlığının bulunmasıdır. Çimentonun gereğinden ağır olması, birim hacim agregaya konacak çimento miktarını azaltır. Bu da bağlayıcı olarak kullanılacak olan çimentonun azalmasına neden olur. Çünkü çimentolar betona katılırken hacim olarak değil, ağırlık olarak katılmalıdır. Özgül ağırlığı fazla olan çimentonun hacmi az olacağından beton için uygun olmaz.

Bu deney le chatelier balonu veya piknometre kullanılarak iki şekilde yapılabilir. Esas olan le chatelier balonu ile yapılmasıdır. Çünkü hata yapma oranı az ve sonuçları daha kesindir. Ancak bu yöntem fazla zaman aldığı için özellikle sık periyotlarla çok sayıda numunenin özgül ağırlığının bulunmasının istendiği çimento fabrikaları vb. yerlerde piknometre ile özgül ağırlık tayini tercih edilmektedir.

Bu deney TS EN 196-3 standardına göre yapılır.

15.1.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Le Chatelier (Lö Şötölye) Balonu: Altı şişkin (balon biçiminde), üstü mezür şeklinde ölçeklendirilmiş; saydam cam veya sert plastikten yapılmış olmalıdır (Görsel 15.1).



Görsel 15.1: Le chatelier balonu

Çimento ile Reaksiyona Girmeyen Sıvı: Gaz yağı, petrol, terebentin, mazot vb. sıvılardır.

Cam Beher: Su banyosu olarak kullanmak için içine le chatelier balonunun gireceği büyüklükte olmalıdır.

Çimento Numunesi: Etüv kurusu olacak şekilde, 64 g kullanılacaktır.



Görsel 15.2: Spatül

Spatül: Çimento deney numunesini le chatelier balonu içerisine doldurmak için kullanılacaktır (Görsel 15.2).

Terazi: 0,001 mg hassasiyetli olmalıdır.

Termometre: 0,1 °C duyarlı olmalıdır.

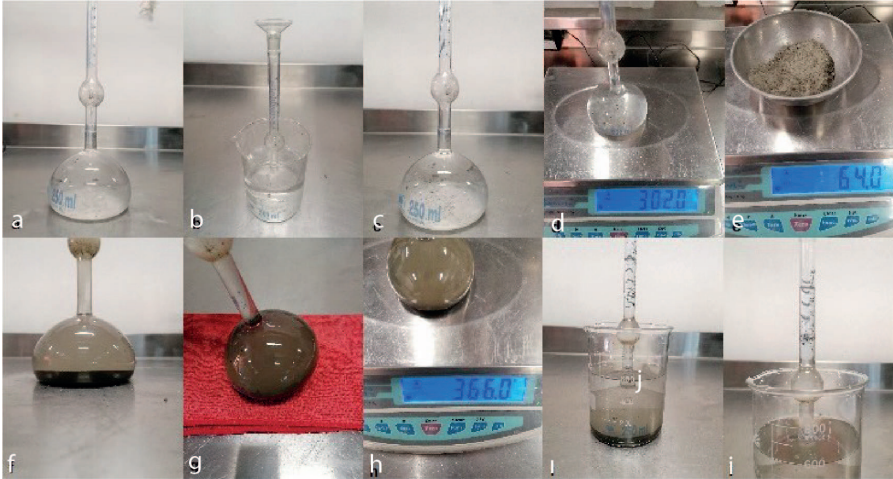
Etüv: 105±5 °C ayarlanabilir nitelikte olmalıdır.



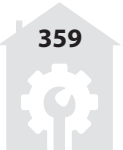


15.1.2. Deneyin Yapılışı

- Yaklaşık 150-200 gram (en az iki deney yapmaya yetecek miktar) laboratuvar numunesi sabit sıcaklığa gelene kadar etüvde kurutulur.
- Etüvde kurutulan laboratuvar numunesi, rutubetsiz bir ortamda soğuması için desikatör içerisine koyulur.
- Boş ve kuru le chatelier balonu, deneyde kullanılacak sıvı ile 0 - 1 mililitre çizgileri arasında bir yere kadar doldurulur (Görsel 15.3.a).
- İçi deney sıvısı dolu le chatelier balonunun kapağı kapatılarak sıcaklığı 20 ± 2 °C olan su banyosu içerisine koyulur; içindeki sıvı, sabit sıcaklığa ve sabit seviyeye gelene kadar bekletilir (Görsel 15.3.b).
- Le chatelier balonu içindeki sıvı, sabit sıcaklığa ve sabit seviyeye geldikten sonra le chatelier balonu üzerindeki mezür kısmından hacim okunur, V_1 olarak kaydedilir (Görsel 15.3.c).
- Le chatelier balonu, su banyosundan çıkarılıp dış kısmı iyice kurularak tartılır ve ağırlığı g_1 olarak not edilir (Görsel 15.3.d).
- Etüvde kurutulup desikatörde soğutulan laboratuvar numunesinden 64 gram çimento deney numunesi tartılır (Görsel 15.3.e).
- Hazırlanan çimento deney numunesinin tamamı dikkatli ve yavaş bir şekilde le chatelier balonu içerisine doldurulur (Görsel 15.3.f).
- Deney numunesi doldurulduktan sonra le chatelier balonunun taban kısmı hafifçe bir yüzeye vurularak veya vakum aleti kullanılarak numune içerisindeki havanın dışarı çıkması sağlanır (Görsel 15.3.g).
- Le chatelier balonu, içindeki sıvı ve deney numunesi ile tartılır; ağırlığı g_2 olarak not edilir ($g_2 - g_1 = 64$ g olmalıdır, eksik çıkarsa numune eklemesi yapılmalıdır.) (Görsel 15.3.h).
- Deney numunesi le chatelier balonu içerisine eksiksiz olarak doldurulduktan sonra le chatelier balonunun kapağı kapatılarak balon tekrar su banyosu içerisine koyulur ve içindeki sıvı ile numune sabit sıcaklığa gelene kadar bekletilir (Görsel 15.3.i).
- Le chatelier balonu içindeki sıvı ile numune, sabit sıcaklığa ve sabit seviyeye geldikten sonra le chatelier balonu üzerindeki mezür kısmından hacim okunur; V_2 olarak kaydedilir (Görsel 15.3.i).
- Deney aletlerinin bakım ve temizliği yapılır; aletler bir sonraki deneye hazır hâlde saklanır.
- Deney sonunda deney raporu hazırlanır.



Görsel 15.3: Çimentolarda özgül ağırlık deneyi





Deney Hesaplamalarının Yapılması

Çimentonun özgül ağırlığı aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$d=m/(V_2-V_1)$$

d : Çimento özgül ağırlık (g/cm³)

m : Çimento deney numunesi ağırlığı (g)

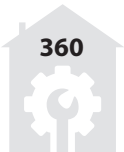
V₁ : İlk okunan hacim (Le chatelier balonu içinde sadece deney sıvısı varken okunan hacim) (cm³)

V₂ : Son okunan hacim (Le chatelier balonu içinde deney sıvısı ve çimento deney numunesi varken okunan hacim) (cm³)

Not: 1mL = 1cm³

Deney Yapılırken Dikkat Edilmesi Gereken Önemli Hususlar

- 64 g çimento deney numunesinin tamamı le chatelier balonu içerisine eksiksiz bir şekilde doldurulmalıdır.
- Deney numunesi doldurulurken le chatelier balonunun taksimatlı mezür kısmı çimentonun yapışmaması için tamamen kuru olmalıdır.
- Çimento numunesini daha rahat bir şekilde le chatelier balonu içerisine doldurmak için cam huni kullanılabilir.
- Çimento deney numunesi içerisinde asla rutubet olmamalıdır, etüv kurusu numune kullanılmalıdır.
- Çimento deney numunesinde topaklanmalar olmamalıdır, varsa topaklanmalar ezildikten sonra le chatelier balonu içerisine doldurulmalıdır.
- Deney numunesi doldurulurken le chatelier balonu hafifçe çalkalanarak ve yerinde döndürülerek çimento numunesinin balonunun taksimatlı mezür kısmına yapışması önlenmelidir. Çimento kaşığı kesinlikle cam balona vurulmamalıdır, darbe neticesinde cam balon kırılabilir.
- Hacim okumaları yapılırken le chatelier balonu mutlaka dik pozisyonda olmalıdır.
- “g2 – g1” eğer 64 gramdan fazla gelirse gereğinden fazla çimento konmuştur. Deney yapılır. Sonuçta çıkan hacim, doldurulan çimento hacmi olduğuna göre formülde 64 yerine çıkan değer yazılmalıdır.
- Deney, aynı çimento numunesi üzerinde iki defa yapılmalıdır ve iki deney sonucu arasında %1’den (0,01 g/cm³) fazla fark olmamalıdır.
- Deney numunesi sıcak hâlde kullanılmamalıdır, desikatörde soğutulup kullanılmalıdır.





15.1.3. Deney Raporu Hazırlama

Çimentolarda özgül ağırlık deneyleri için Tablo 15.1'deki Deney Raporu örneği kullanılabilir.

Tablo 15.1: Deney Raporu

Deneyin Adı	Çimentolarda Özgöl Ağırlık Deneyi		
Standart No.	TS EN 196-3		
Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı	
Numune Kayıt No.		Kullanılan Alet	Le chatelier balonu Piknometre
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı	
Deney Saati		Laboratuvar Nemi	
m = Çimento Deney Numunesi Miktarı (g)			
V_1 = İlk Okunan Hacim (Sadece sıvının hacmi) (cm ³)			
V_2 = Son Okunan Hacim (Sıvı + çimento deney numunesinin hacmi) (cm ³)			
$V_2 - V_1$ = Çimento Deney Numunesinin Hacmi (cm ³)			
d = Çimento özgül ağırlık (g/cm ³)			
Deneyin Değerlendirilmesi			
Deneyi Yapan		Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan	





DENEY UYGULAMASI – 1

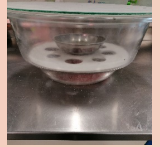


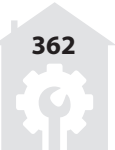
<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21712>

Öğretmeninizin vereceği iki farklı tip çimento numunesinin özgül ağırlık tayini deneyini, le chatelier balonuyla standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

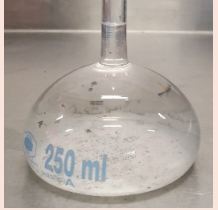
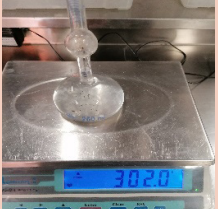
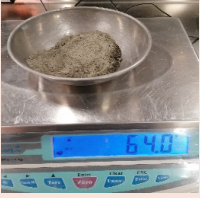
Deney Adı : Çimentolarda Özgül Ağırlık Tayini Deneyi

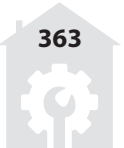
Deney Süresi : 10 dakika uygulama, 1 saat bekleme, 20 dakika uygulama, 1 saat bekleme

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdaki kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız. - Laboratuvarda çalışırken önlük giyiniz ve önlüğün tüm düğmelerini mutlaka kapatınız. Önlük üzerine başka giysiler giymeyiniz. - Laboratuvarlarda, içinde kimyasal madde olan hiçbir kabı etiketsiz bırakmayınız. Kullanmadan önce etiketi dikkatlice okuyunuz. - Kimyasalları bir kaptan başka bir kaba aktardığınızda yeni kabı etiketlendirmeyi unutmayınız. - Kabından alınan kimyasalları kullanmasanız bile hiçbir zaman tekrar orijinal kabına koymayınız, orijinal kabın içerisine pipet daldırmayınız.	
Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz.	
 Laboratuvar numunesinin kurutulması	150-200 g laboratuvar numunesini 105 ± 5 °C sıcaklıktaki etüve koyunuz ve sabit ağırlığa gelene kadar kurutunuz.	
 Laboratuvar numunesinin soğutulması	Etüvden çıkartılan numuneyi, nemsiz bir ortamda soğuması için desikatöre koyunuz.	
 Deney sıvısının Le chatelier balonuna doldurulması	Le chatelier balonunun 0-1 mililitre çizgileri arasında bir seviyeye kadar deney sıvısını doldurunuz.	

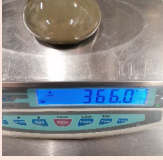
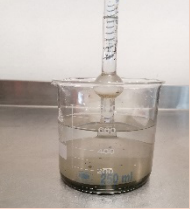




 Deney sıvısı doldurulmuş le chatelier balonunun su banyosuna koyulması	İçindeki deney sıvısı, sabit sıcaklığa gelene kadar le chatelier balonunu kapağı takılı şekilde 20 ± 2 °C sıcaklıktaki su banyosunda bekletiniz.	
 Deney sıvısının hacminin bulunması	Le chatelier balonunun üzerindeki mezür kısmından okunan değeri V_1 olarak kaydediniz.	
 Deney sıvısı dolu le chatelier balonunun ağırlığının bulunması	Le chatelier balonunu su banyosundan çıkarınız, üzerini iyice kuruladıktan sonra tartınız ve değeri g_1 olarak not ediniz.	
  Deney numunesinin le chatelier balonuna doldurulması	- Desikatörden laboratuvar numunesini çıkarınız. 64 g deney numunesini tartarak le chatelier balonunun içerisine yavaşça doldurunuz.	





 Deney numunesindeki hava boşluklarının çıkarılması	Le chatelier balonunun tabanını hafifçe bir yüzeye vurarak veya vakum makinesi kullanarak deney numunesinin içindeki hava boşluklarını çıkarınız.	
 Deney numunesinin eksiksiz doldurulduğunun kontrol edilmesi	- Deney numunesi ve deney sıvısı dolu le chatelier balonunu tartınız ve g_2 olarak not ediniz. "$g_2 - g_1$" değerinin 64 olmasına dikkat ediniz, eksik gelirse tamamlayınız.	
 Deney sıvısı ve deney numunesi dolu le chatelier balonunun su banyosuna koyulması	Deney numunesi ve deney sıvısı sabit sıcaklığa gelene kadar le chatelier balonunu 20 ± 2 °C sıcaklıktaki su banyosunda bekletiniz.	
 Deney sıvısı ve deney numunesinin toplam hacminin bulunması	Deney numunesi ve deney sıvısı sabit sıcaklığa gelince le chatelier balonunun üzerindeki mezür kısmından okunan değeri V_2 olarak kaydediniz.	
Deney numunesinin özgül ağırlığının bulunması	İlgili deney formülünü kullanarak deney numunesinin özgül ağırlık değerini hesaplayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





15.2. ÇİMENTOLARDA TANE BÜYÜKLÜĞÜ TAYİNİ

Çimento tanelerinin su ile reaksiyona girerek hidratasyon yapabilmesi için belirli bir incelik değerinde olması gerekmektedir. Öğütülen çimento taneleri 1-200 µm (mikron) arası boyutlarda olmaktadır. İncelik kavramı, çimento tanelerinin ortalama boyutlarını ifade etmektedir. Bu deney ile daha çok çimentoların içerdiği iri taneler hakkında bilgi sahibi olunmaktadır. Tane büyüklüğü tayini için 200 µm ve 90 µm boyutlarında iki elek kullanılır.

Bu deney **TS EN 196-6** standardına göre yapılır.

15.2.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Elek: 200 µm ve 90 µm boyutlarında olmalıdır.

Çimento Numunesi: Etüv kurusu olarak 100 g kullanılacaktır.

Etüv: 105±5 °C ayarlanabilir nitelikte olmalıdır.

Terazi: 0,01 g hassasiyetli, 100 g tartma kapasitesinde olmalıdır.

Numune Toplama Kabı (Pan): 90-200 mikron, eleklerin altına oturabilen, eleklerle aynı metalden yapılmış, 5-6 cm derinlikte ve üstünde kapağı olmalıdır.

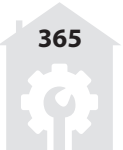
Desikatör: Etüvde kurutulan numuneyi rutubetsiz bir ortamda soğutmak için kullanılır.

Kıl Fırça: Elek göz açıklıkları içinde kalan çimento numunelerini çıkarmak ve temizlemek için kullanılacaktır.

Elek Sarsma Makinesi: Makine ile eleme yapılıyorsa kullanılır.

15.2.2. Deneyin Yapılışı (Ele Eleme Yöntemiyle)

- Yaklaşık 250-300 g (en az iki deney yapmaya yetecek miktar) laboratuvar numunesi sabit sıcaklığa gelene kadar etüvde kurutulur (Görsel 15.4.a).
- Etüvde kurutulan laboratuvar numunesi, rutubetsiz bir ortamda soğuması için desikatör içerisine koyulur (Görsel 15.4.b).
- Desikatörde soğutulan laboratuvar numunesinden 100 g çimento deney numunesi tartılır (Görsel 15.4.c).
- Hazırlanan deney numunesinin tamamı, altında numune toplama kabı bulunan 90 mikronluk elek üzerine boşaltılır (Görsel 15.4.d).
- 90 mikronluk eleğin üstü elek kapağı ile kapatılıp altındaki toplama kabı ile dairesel ve doğrusal hareketlerle döndürülerek yaklaşık 25 dakika alta hiç çimento tanesi geçmeyinceye kadar iyice elenir (Görsel 15.4.e).
- Eleme sonunda 90 mikronluk elek üzerinde kalan çimento miktarı boş, temiz ve kuru bir kap içerisine alınarak tartılır ve not edilir.
- Elenip tartılan çimento numunesi tekrar 90 mikronluk elek üzerine koyulur ve aynı şekilde 5 dakika daha elenip üzerinde kalan malzeme tartılır ve not edilir (Görsel 15.4.f).
- İki tartma arasında 0,1 gramdan az fark olursa son tartılan değer M1 olarak deney raporuna kaydedilir.
- 90 mikronluk elek üzerinde kalan deney numunesi (M1), altında numune toplama kabı bulunan 200 mikronluk elek üzerine boşaltılır (Görsel 15.4.g).
- 200 mikronluk eleğin üstü kapak ile kapatılıp altındaki toplama kabı ile dairesel ve doğrusal hareketlerle döndürülerek yaklaşık 5 dakika alta hiç çimento tanesi geçmeyinceye kadar iyice elenir (Görsel 15.4.h).
- Eleme sonunda 200 mikronluk elek üzerinde kalan çimento miktarı boş, temiz ve kuru bir kap içerisine alınarak tartılır ve not edilir.
- Tartma işlemi yapıldıktan sonra yaklaşık 1 dakika kadar daha eleme yapılır ve elek üzerinde kalan malzeme varsa önceki tartılan malzeme üzerine eklenerek tekrar tartılır ve not edilir (Görsel 15.4.i).





- İki tartma arasında 0,05 gramdan az fark olursa son tartılan değer M_2 olarak deney raporuna kaydedilir.
- Elek üzerinde kalan değerlerin yüzdeleri belirlenir.
- Deney aletlerinin bakım ve temizliği yapılır; aletler bir sonraki deneye hazır hâlde saklanır.
- Deney sonunda deney raporu hazırlanır (Görsel 15.4.i).



Görsel 15.4: Çimentolarda tane büyüklüğü tayini deneyi (Ele eleme yöntemi)

15.2.3. Deneyin Yapılışı (Elek Sarsma Makinesiyle Eleme Yöntemi)

- Deney numunesi hazırlama işlemi, ele eleme yönteminde olduğu gibi aynı şekilde yapılır.
- En üste 200 mikronluk elek, onun altına 90 mikronluk elek, onun altına numune toplama kabı gelecek şekilde üst üste dizilir (Görsel 15.5.a).
- Hazırlanan 100 gramlık deney numunesi 200 mikronluk elek üzerine boşaltılır ve üzeri kapak ile kapatılır (Görsel 15.5.b).
- Sıralanmış elekler sarsma makinesine yerleştirilir ve elekler makineye sabitlenir (Görsel 15.5.c).
- Elek sarsma makinesi çalıştırılarak 15 dakika eleme işlemi yapılır.
- Eleme sonunda, 200 mikronluk elek üzerinde kalan numune tartılır ve M_2 olarak kaydedilir (Görsel 15.5.d).
- Eleme sonunda, 90 mikronluk elek üzerinde kalan numune tartılır ve M_3 olarak kaydedilir (Görsel 15.5.e).
- Elek üzerinde kalan değerlerin yüzdeleri belirlenir.
- Deney aletlerinin bakım ve temizliği yapılır; aletler bir sonraki deneye hazır hâlde saklanır.
- Deney sonunda deney raporu hazırlanır.



90 mikronluk elek üstünde kalan toplam numune miktarı (M_1), M_2 ve M_3 değerleri toplanarak hesaplanır. Çünkü elek sarsma makinesiyle eleme yapılırken elekleri üst üste koyarak eleme yapıldığı için 200 mikronluk elek üzerinde kalan malzeme otomatik olarak 90 mikronluk elek üzerinde de kalmış olur.





Görsel 15.5: Çimentolarda tane büyüklüğü tayini deneyi (Sarsma makinesi ile eleme yöntemi)

Deney Yapılırken Dikkat Edilmesi Gereken Önemli Hususlar

- Deney numunesinde topaklanma olmamalıdır, topaklanma varsa eleme yapmadan önce deney numunesi ezilerek topaklanmalar giderilmelidir.
- Eleme işlemi etüvden çıkan sıcak malzeme üzerinde değil, desikatörde soğutulan malzeme üzerinde yapılmalıdır.
- Elek üzerinde kalan deney numuneleri eksiksiz ve hassas bir şekilde tartılmalıdır.
- Eleme esnasında elek gözlerinin tıkanmaması için eleklerin alt kısmı ince bir kıl fırça ile temizlenmelidir.
- Bu deneyde kullanılan eleklerin telleri hassas olduğu için eleklerin altları tel fırça ile temizlenmemelidir.
- Aynı deney numunesi ile ikinci bir deney daha yapılmalıdır. İki deney sonucunda, 90 mikronluk elek üstünde kalan yüzde değerlerinin arasında %1'den, 200 mikronluk elek üstünde kalan yüzde değerlerinin arasında %0,3'ten fazla fark olmamalıdır. İki deney sonunda bu şartları sağlayan iki değer ortalaması alınıp numunenin elek tayini değerleri olarak rapor edilir. Fark bu değerlerden çok ise iki deney yeniden yapılmalıdır.

Deney Hesaplamalarının Yapılması

Eleme işlemi bittikten ve elek üstünde kalan çimento miktarları tartıldıktan sonra elekler üstünde kalan numune yüzdeleri aşağıda verilen formüllerle bulunur. Her iki eleme yönteminde de hesaplama yöntemi aynıdır.

90 mikronluk elek üstü %'si $\rightarrow (M1/100) \cdot 100$

200 mikronluk elek üstü %'si $\rightarrow (M2/100) \cdot 100$

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Eleme yapıldıktan sonra;

200 μm (mikron) elek üzerinde kalan numune, toplam deney numunesinin %1'ini geçmemelidir.

90 μm (mikron) elek üzerinde kalan numune, toplam deney numunesinin %14'ünü geçmemelidir.

Deney sonucunda çıkan değerler bu sınır değerlere eşit veya değerlerin altındaysa o çimentonun tane büyüklüğü uygundur ve beton yapımında kullanılabilir.

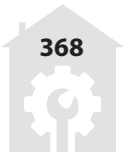


15.2.4. Deney Raporu Hazırlama

Çimentolarda tane büyüklüğü tayini deneyi için Tablo 15.2'deki Deney Raporu örneği kullanılabilir.

Tablo 15.2: Deney Raporu

Deneyin Adı	Çimentolarda Tane Büyüklüğü Tayini Deneyi						
Standart No.	TS EN 196-6						
Deneyin Yapıldığı Laboratuvar				Numune Tanımı			
Numune Kayıt No.				Kullanılan Yöntem	Elle Eleme		
					Makine ile Eleme		
Deney Tarihi				Laboratuvar Sıcaklığı			
Deney Saati				Laboratuvar Nemi			
Deney Numunesi Miktarı (g)							
Elle Eleme Yapıldıysa	1. Deney	2. Deney	Ort.	Elek Sarsma Makinesi ile Eleme Yapıldıysa	1. Deney	2. Deney	Ort.
M_1 = 90 mikronluk elek üstünde kalan numune miktarı (g)				M_1 = 90 mikronluk elek üstünde kalan toplam numune ($M_2 + M_3$) miktarı (g)			
M_2 = 200 mikronluk elek üstünde kalan numune miktarı (g)				M_2 = 200 mikronluk elek üstünde kalan numune miktarı (g)			
				M_3 = 90 mikronluk elek üstünde kalan numune miktarı (g)			
90 mikronluk elek üstünde kalan numune yüzdesi (%)				90 mikronluk elek üstünde kalan numune yüzdesi (%)			
200 mikronluk elek üstünde kalan numune yüzdesi (%)				200 mikronluk elek üstünde kalan numune yüzdesi (%)			
Deneyin Değerlendirilmesi							
Deneyi Yapan				Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan			





DENEY UYGULAMASI – 2


<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=26155>

Öğretmeninizin vereceği iki farklı tip çimento numunesinin tane büyüklüğü tayini deneyini, elle eleme yöntemiyle standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Çimentolarda Tane Büyüklüğü Tayini

Deney Süresi : 1,5 saat numune kurutma ve soğutma, uygulama 1 saat

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz.	
 Laboratuvar numunesinin kurutulması	250 -300 g arası laboratuvar numunesini 105±5 °C sıcaklıktaki etüve koyunuz ve sabit ağırlığa gelene kadar kurutunuz.	
 Laboratuvar numunesinin soğutulması	Etüvden çıkartılan laboratuvar numunesini, nemsiz bir ortamda soğuması için desikatöre koyunuz.	
 Deney numunesinin hazırlanması	Laboratuvar numunesini desikatörden çıkarınız ve içerisinde 100 g deney numunesi tartınız.	
 90 µm'luk elekte ilk eleme işleminin yapılması ve tartılması	- Hazırlanan deney numunesinin tamamını, altında toplama kabı bulunan 90 mikronluk elek üzerine boşaltınız ve elek kapağını kapatarak 25 dakika eleme işlemi yapınız. - Eleme sonunda elek üzerinde kalan numuneyi tartınız ve not ediniz.	





 90 µm'luk elekte ikinci eleme işleminin yapılması ve tartılması	- Elenen ve tartılan deney numunesinin tamamını aynı şekilde tekrar 90 mikronluk elek üzerine boşaltınız ve 5 dakika daha eleme yapınız. - Eleme sonunda elek üzerinde kalan numuneyi tartınız ve not ediniz.	
 90 µm'luk elek üzerinde kalan numunenin belirlenmesi	İki eleme sonundaki değerlerin arasında 0,1 gramdan az fark var ise son elemelerde tartılan değeri M_1 değeri olarak kaydediniz.	
 200 µm'luk elekte ilk eleme işleminin yapılması ve tartılması	90 mikronluk elek üzerinde kalan deney numunesini, altında toplama kabı bulunan 200 mikronluk elek üzerine boşaltınız ve elek kapağını kapatarak 5 dakika eleme işlemini yapınız. - Eleme sonunda elek üzerinde kalan numuneyi tartınız ve not ediniz.	
 200 µm'luk elekte ikinci eleme işleminin yapılması ve tartılması	200 mikronluk eleği 1 dakika daha eleyiniz ve elek üzerinde kalan numune varsa ilk tartılan numunenin üzerine ekleyip tartınız ve not ediniz.	
 200 µm'luk elek üzerinde kalan numunenin belirlenmesi	İki eleme sonundaki değerlerin arasında 0,05 gramdan az fark var ise son elemelerde tartılan değeri M_2 değeri olarak kaydediniz.	
Elek üzerinde kalan numune yüzdelerinin bulunması	Gerekli deney formüllerini kullanarak 90 ve 200 mikronluk elekler üzerinde kalan deney numunesinin yüzdelerini hesaplayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





DENEY UYGULAMASI - 3

Öğretmeninizin vereceği iki farklı tip çimento numunesinin tane büyüklüğü tayini deneyini, elek sarsma makinesiyle eleme yöntemiyle standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Çimentolarda Tane Büyüklüğü Tayini

Deney Süresi : 1,5 saat numune kurutma ve soğutma, 30 dakika eleme ve hesaplama işlemleri

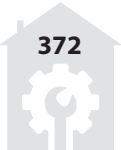
İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdaki kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz.	
 Laboratuvar numunesinin kurutulması	250-300 g arası laboratuvar numunesini 105 ± 5 °C sıcaklıktaki etüve koyunuz ve sabit ağırlığa gelene kadar kurutunuz.	
 Laboratuvar numunesinin soğutulması	Etüvden çıkartılan laboratuvar numunesini nemsiz bir ortamda soğuması için desikatöre koyunuz.	
 Deney numunesinin hazırlanması	Laboratuvar numunesini desikatörden çıkarınız ve içerisinde 100 g deney numunesi tartınız.	
 Eleklerin dizilmesi	En üste 200 mikronluk elek, altına 90 mikronluk elek ve en alta numune toplama kabı gelecek şekilde dizilimi üst üste yapınız.	





 Deney numunesinin eleklerle doldurulması ve eleklerin makineye yerleştirilmesi	- Deney numunesinin tamamını 200 mikronluk elek üzerine boşaltınız. - Elek kapağını kapatınız ve sıralı olarak dizilmiş elekleri sarsma makinesine yerleştirip sabitleyiniz.	
 Eleme işleminin yapılması	Sarsma makinesini 15 dakika süreyle çalıştırınız.	
 200 μm'luk elek üzerinde kalan numunenin belirlenmesi	Eleme sonunda 200 mikronluk elek üstünde kalan numuneyi tartınız ve M_2 değeri olarak kaydediniz.	
 90 μm'luk elek üzerinde kalan numunenin tartılması	Eleme sonunda 90 mikronluk elek üzerinde kalan numuneyi tartınız ve M_3 değeri olarak kaydediniz.	
90 μm 'luk elek üzerinde kalan toplam numunenin belirlenmesi	M_2 ve M_3 değerlerinin toplamını M_4 değeri olarak kaydediniz.	
Elek üzerinde kalan numune yüzdelerinin bulunması $((M_1/100) \cdot 100)$ $((M_2/100) \cdot 100)$	Gerekli deney formüllerini kullanarak 90 ve 200 mikronluk elekler üzerinde kalan deney numunesinin yüzdelerini hesaplayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





15.3. ÇİMENTODA EĞİLMEDE ÇEKME VE BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Bu deney, çimento harcının basınç ve eğilme dayanımı tayini metodunu kapsar. Asıl amaç çimentonun üretildiği standartta öngörülen 28 günlük basınç dayanımını sağlayıp sağlamadığını kontrol etmektir.

Çimentoların basınç dayanımlarının belirlenmesinde “çimento+standart kum+su” karışımından oluşan ve çimento standardında tanımlanan tarzda harçlar kullanılmaktadır.

Deneyin yapıldığı laboratuvarın sıcaklığı 20 ± 2 °C, bağıl nemi en az %50 olmalıdır.

Bu deney **TS EN 196-1** standardına uygun olarak yapılır.

15.3.1. Deney Araç Gereç ve Ekipmanları

Su: CEN standart kumunun 1/6'sı oranında damıtık su (225 g) kullanılacaktır.

Çimento Numunesi: Etüv kurusu hâlinde, CEN standart kumunun 1/3'ü oranında (450 g) kullanılacaktır.

CEN Standart Kum: 1350 ± 5 g ağırlığında, genellikle doğal ve yuvarlak tanelerden oluşan, en az %98 SiO_2 (silisyum dioksit) içeren, özel tane dağılımlı silis kumu (Görsel 15.6) olmalıdır.

Eğilmede Çekme Dayanım Cihazı: Çekme dayanımı cihazı 10 KN yükleme kapasitesinde, 50 ± 10 N/sn. yükleme hızında olmalıdır. Cihaz, birbirinden uzaklığı $100,0 \pm 0,5$ mm olan $10,0 \pm 0,5$ mm çapında iki adet çelik mesnet silindir ile her ikisi arasında merkezî olarak yerleştirilen aynı çaptaki bir üçüncü çelik yükleme silindirin oluşturduğu eğilme düzeneğinden ibarettir. Bu silindirlerin uzunluğu 45-50 mm olmalıdır (Görsel 15.7).

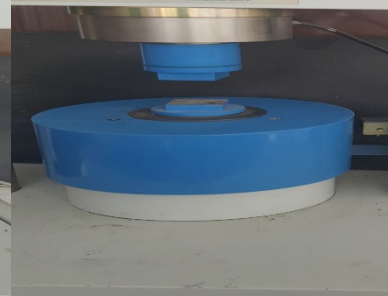
Basınç Dayanım Cihazı: Basınç dayanım cihazı 2400 ± 200 N/sn. yükleme hızında, cihazın plakaları en az 600 HV Vickers sertliğinde, sert çelikten olmalıdır. Bu plakalar en az 10 mm kalınlığında, $40,0 \pm 0,1$ mm genişliğinde ve $40,0 \pm 0,1$ mm uzunluğunda olmalıdır. Numune ile temas eden tüm yüzeyi, düzgünlük toleransına göre 0,01 mm olmalıdır (Görsel 15.8).



Görsel 15.6: CEN standart kumu



Görsel 15.7: Eğilmede çekme dayanım cihazı



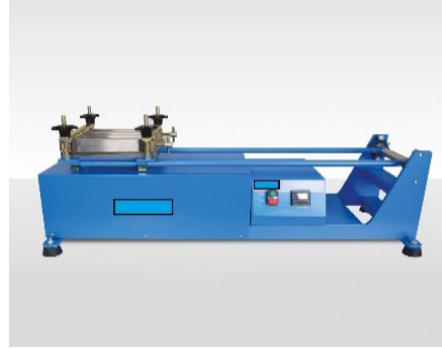
Görsel 15.8: Basınç dayanım cihazı

Harç Kalıbı: Kalıbın, üç adet prizma biçimli numunenin aynı anda hazırlanabilmesi için en kesiti $40 \pm 0,1$ mm x $40 \pm 0,1$ mm ve uzunluğu $160 \pm 0,8$ mm olmalı ve kalıp üç yatay bölümden oluşmalıdır (Görsel 15.9).

Kalıp Sarsma Cihazı: 60 devir/dakikalık sarsma periyodunda 15 mm yükseklikten düşme yapan kalıbın bağlandığı tabladan oluşur. Cihaz üzerinde, ayarlanan düşme sayısına ulaştığında otomatik olarak durmayı sağlayan bir sayaç bulunur (Görsel 15.10).



Görsel 15.9: Harç kalıbı



Görsel 15.10: Kalıp sarsma cihazı

Sıyırma Çubuğu: Hazırlanan harcın kalıplara eşit ve düzgün yayılması için kullanılır.

Ayrıca kür tankı, kronometre, çimento mikseri, cam plak, spatula, terazi, yağ, kür havuzu kullanılmaktadır.

15.3.2. Deneyin Yapılışı

Harcın ve Prizmaların Hazırlanması

- Harç kalıbının iç ve üst kısımları yağlanır ve sarsma cihazına bağlanır (Görsel 15.11.a).
- Çimento harcını oluşturmak için 225 g su, 450 g çimento, 1350 g CEN standart kum hazırlanır (Görsel 15.11.b).
- Çimento mikserinin karıştırma kabına önce su, sonra çimento deney numunesi boşaltılır ve mikser düşük hızda 30 saniye çalıştırılır (Görsel 15.11.c).
- Süre sonunda mikser çalışmaya devam ederken 30 saniye içerisinde CEN standart kumu, su ve çimento üzerine eklenir (Görsel 15.11.d).
- Standart kum eklendikten sonra mikser yüksek hıza alınır ve 30 saniye daha çalıştırılır. (Farklı karıştırma hızlarının ayarlanması ± 1 sn. içerisinde olmalıdır.)
- 90 saniye sonunda mikser durdurulur ve karıştırma kabının iç kenarlarına ve palet üzerine yapışan çimento harcı kabın ortasına doğru 15 saniye içerisinde sıyırılır (Görsel 15.11.e).
- Çimento mikseri yüksek hızda 60 saniye çalıştırılır. Böylece toplam 150 saniye (2,5 dakika) karıştırma sonucunda harç, kalıplara doldurulmak üzere hazır hâle getirilmiş olur.
- Hazırlanan çimento harcı, harç kalıbının her bir bölümüne yaklaşık yarısını dolduracak şekilde doldurulur ve yayıcı aparat ile her bölmeye düzgün şekilde yayılarak yerleştirilir (Görsel 15.11.f).
- Sarsma cihazı 60 düşüşe ayarlanıp çalıştırılır ve otomatik olarak 60 sarsma (düşüş) yapılarak harcın ilk sıkıştırma işlemi yapılır (Görsel 15.11.g).
- Kalıbın geri kalan kısmı bir miktar taşacak kadar doldurulur ve yayıcı aparat ile her bölmeye düzgün şekilde yayılarak yerleştirilir (Harç kalıbı üst başlığı yoksa, kalıbın tamamı bir miktar taşacak kadar doldurulur ve sarsma işlemi uygulanır.) (Görsel 15.11.h).
- Sarsma cihazı 60 düşüşe ayarlanıp çalıştırılır ve otomatik olarak 60 sarsma (düşüş) yapılarak harcın ikinci sıkıştırma işlemi yapılır.
- Kalıp, sarsma makinesinden alınır ve üzerindeki fazla harç spatula ile testere yöntemiyle sıyırılarak temizlenir ve üzerlerine tanıtıcı etiketleri yapıştırılır (Görsel 15.11.i).
- Kalıbın üzeri cam plak ile kapatılarak 20 ± 1 °C sıcaklıkta, en az %90 neme sahip kür tankında 20-24 saat bekletilir (Kür tankı yoksa kalıbın üzeri cam plak ile kapatılır ve üzeri ıslak bezle örtülerek 20-24 saat bekletilir.) (Görsel 15.11.j).
- 20-24 saat sonra, kalıbın kenarları sökülerek harç prizmaları kalıptan çıkarılır (Görsel 15.11.k).
- Kalıptan çıkarılan prizma numuneleri 20 ± 1 °C'deki kür havuzuna yerleştirilir ve kırım güne kadar kür havuzunda bekletilir (Görsel 15.11.k).

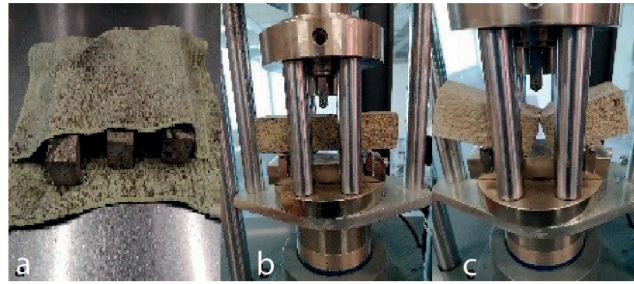




Görsel 15.11: Harcın ve prizmalarının hazırlanması

Eğilmede Çekme Dayanımının Uygulanması

- Eğilme dayanımını bulmak için tek noktadan (merkezî) yükleme metodu kullanılır. Eğilme deneyi 50 ± 10 N/sn. yükleme hızında yapılmalıdır.
- Harç prizmaları, ilgili yaşa ait deney tolerans zamanları içerisinde, kırılmalarına 15 dakika kala kür havuzundan çıkarılır ve kırım yapılana kadar nemli bir bez altında saklanır (Görsel 15.12.a).
- Harç prizmaları; kalıptan çıkmış yan yüzeylerinden biri üzerine ve uzunluk eksenine, destek silindirler eksenine dik gelecek şekilde cihaza yerleştirilir ve cihaz çalıştırılır (Görsel 15.12.b).
- Harç prizması, cihazın üstten uyguladığı kuvvet ile iki parçaya bölünür (Görsel 15.12.c).
- Cihazın verdiği eğilme mukavemeti değerini, ilgili formülde kullanarak numunenin eğilmede çekme dayanım değeri hesaplanır.
- Diğer iki harç prizması da aynı şekilde eğilme cihazına yerleştirilip kırılarak eğilme dayanım değerleri hesaplanır.
- İki parçaya bölünmüş olan yarım prizmalar, basınç dayanım deneyine kadar ıslak bir bezle sarılarak muhafaza edilir.



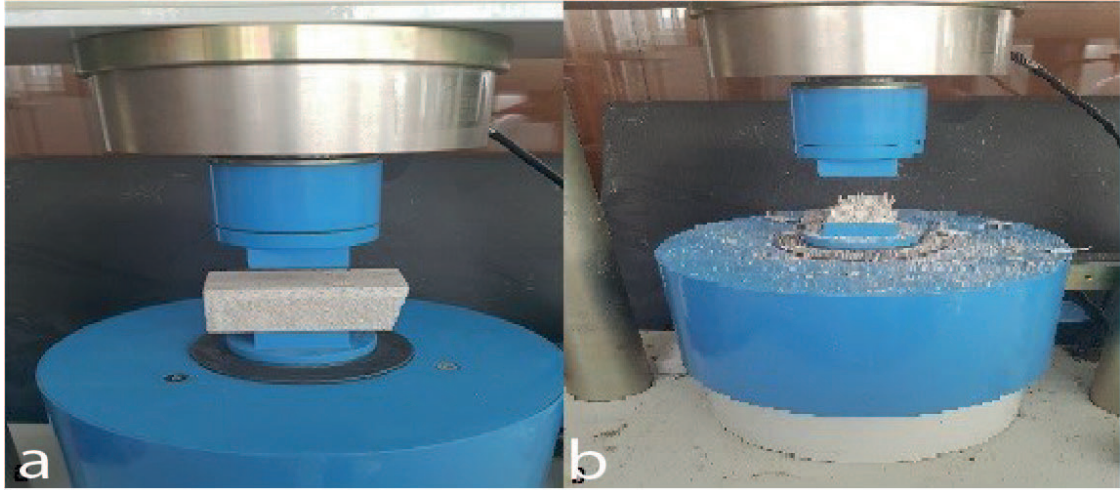
Görsel 15.12: Eğilmede çekme dayanımının uygulanması

Basınç Dayanımının Uygulanması

- Basınç dayanımı 2400 ± 200 N/sn. yükleme hızında yapılmalıdır.
- Eğilmede çekme mukavemeti tayini deneyinde iki parçaya bölünmüş olan yarım prizma, kalıp yüzeyleri basınç uygulayan yüzeylere temas edecek şekilde basınç dayanım cihazına yerleştirilir ve cihaz çalıştırılır (Görsel 15.13.a).
- Cihazın uyguladığı basınç sonucunda prizma numuneleri kırılır (Görsel 15.13.b).
- Cihazın verdiği basınç dayanım değerini, ilgili formülde kullanarak numunenin basınç dayanım değeri hesaplanır.



- Diğer beş adet yarım numune aynı şekilde kırılır ve basınç dayanım değerleri hesaplanır.



Görsel 15.13: Basınç dayanımının uygulanması

Deney Yapılırken Dikkat Edilmesi Gereken Önemli Hususlar

- Kalıp, sarsma cihazına sıkıca ve hareket etmeyecek şekilde yerleştirilmelidir.
- Kalıbın kenarları dikkatli bir şekilde sökülmalıdır, çıkarma esnasında harç prizmalarına zarar verilmemelidir. Plastik, kauçuk çekiç veya bu iş için yapılan özel aletler kalıp sökmede kullanılır.
- Harç prizmalarını kür havuzunda bekletirken döküm esnasında üste gelen yüzeyler, aynı şekilde üste gelerek bekletilmelidir.
- Prizmalar kür havuzu içerisinde bütün yüzeylerine su değecek şekilde ve birbirinden ayrı olarak durmalıdır.
- Kum, hazır karışım hâlinde değil de ayrı ayrı yığınlar hâlindeyse her boyuttan gerekli miktar en irisinden başlanmak suretiyle birbirini takip eden miktarlarda karıştırma kabına ilave edilir.
- Harç prizmaları, ilgili kırım günlerinde (2, 7, 28 gün) Tablo 15.3'te verilen farklı yaşlardaki numunelerin deney tolerans aralıklarına uygun saatlerde eğilmede çekme ve basınç dayanımına tabi tutulmalıdır.

Tablo 15.3: Farklı Yaşlardaki Numunelerin Deney Tolerans Aralıkları

Numune Yaşı	Tolerans Aralığı
24 saat	±15 dakika
48 saat (2 gün)	±30 dakika
72 saat	±45 dakika
7 gün	±2 saat
≥ 28 gün	±8 saat

- Hazır CEN standart kumu yoksa malzeme, Tablo 15.4'te verilen tanecik büyüklük dağılımına göre yıkanmış doğal kumdan eleme yapılarak hazırlanır.





Tablo 15.4: CEN Referans Kumunun Tanecik Büyüklüğü Dağılımı

Elek Göz Açıklığı (mm)	Kümülatif Elekte Kalan %	Ortalama Değerler Alınırsa (g)
2,00	0	0
1,60	7±5	94,5
1,00	33±5	351
0,50	67±5	459
0,16	87±5	270
0,08	99±5	162
0,08 altı	1±5	13,5

Deney Hesaplamalarının Yapılması**Eğilmede Çekme Dayanımı Hesaplamaları**

- Eğilmede çekme mukavemeti (R_f), üç prizma için aşağıdaki formül ile N/mm^2 cinsinden ayrı ayrı hesaplanır ve kaydedilir.
- Üç prizma takımından elde edilen üç sonucun aritmetik ortalaması, eğilme dayanımı olarak kaydedilir.

$$R_f = (1,5 \cdot F_f \cdot l) / b^3$$

R_f : Eğilme dayanımı (N/mm^2)

F_f : Prizmanın kırıldığı anda ortasına uygulanan kuvvet (N)

l : Eğilme cihazında, numunenin yerleştirildiği mesnet silindirleri arasındaki uzaklık (100 mm)

b : Prizmanın kare kesitinin kenar uzunluğu (40 mm)

Basınç Dayanımı Hesaplamaları

- Basınç dayanım değeri (R_c) altı yarım prizma için aşağıdaki formül ile N/mm^2 cinsinden ayrı ayrı hesaplanır ve kaydedilir.
- Altı adet dayanım sonucunun aritmetik ortalaması, basınç dayanımı olarak kaydedilir.

$$R_c = F / A$$

R_c : Basınç dayanımı (N/mm^2)

F : Kırılmadaki en büyük yük (N)

A : Numune kesit alanı ($40 \times 40 \text{ mm}^2$)

- Eğer altı adet dayanım sonucundan biri, ortalamadan $\pm 10\%$ veya daha fazla farklılık gösterirse bu sonuç ortalamadan çıkarılır ve geri kalan beş adet dayanım sonucunun ortalaması alınır. Geri kalan beş adet dayanım sonucundan biri, beş sonucun ortalamasından $\pm 10\%$ veya daha fazla farklılık gösterirse deney iptal edilir ve yeni harç hazırlanarak deney tekrar yapılır.
- Eğer altı adet dayanım sonucundan iki veya daha fazlası, ortalamadan $\pm 10\%$ veya daha fazla farklılık gösterirse deney iptal edilir ve yeni harç hazırlanarak deney tekrar yapılır.

Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

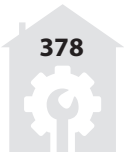
2, 7 ve 28 günlük basınç dayanım değerleri, Tablo 15.5'te verilen çimento mekanik dayanım değerlerine uyuyorsa çimento numunesi uygundur ve beton yapımında kullanılabilir.

**Tablo 15.5: Çimentoların Mekanik Dayanımları**

Dayanım Sınıfı	Basınç Dayanımı (N/mm ²)			
	Erken Dayanım		Standart Dayanım	
	2 günlük	7 günlük	28 günlük	
32,5 N	-	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5
32,5 R	≥ 10,0	-		
42,5 N	≥ 10,0	-	≥ 42,5	62,5
42,5 R	≥ 20,0	-		
52,5 N	≥ 20,0	-	≥ 52,5	-
52,5 R	≥ 30,0	-		

15.3.3. Deney Raporu Hazırlama

Çimentolarda eğilmede çekme ve basınç dayanımı deneyi için Tablo 15.6'daki Deney Raporu örneği kullanılabilir.





Tablo 15.6: Deney Raporu

Deneyin Adı	Çimentoda Eğilmede Çekme ve Basınç Dayanımı Deneyi					
Standart No.	TS EN 196-1					
Deneyin Yapıldığı Laboratuvar			Numune Tanımı			
Numune Kayıt No.			Kullanılan Aletler			
Deney Tarihi			Laboratuvar Sıcaklığı			
Deney Saati			Laboratuvar Nemi			
Deney Numunesinin Yaşı	2 gün		7 gün		28 gün	
Eğilmede Çekme Deneyi						
Prizma Numarası			1.Prizma	2.Prizma	3.Prizma	
Ff = Kırılma yükü (N)						
Rf = Eğilmede çekme dayanım değeri (N/mm ²)						
Deney numunesi çekme dayanım değeri						
Basınç Dayanım Deneyi						
Prizma Numarası	1	2	3	4	5	6
F = Kırılma yükü (N)						
Rc = Basınç dayanım değeri (N/mm ²)						
Deney numunesi basınç dayanım değeri						
1.Kontrol Hesaplaması			2.Kontrol Hesaplaması (Gerekirse)			
Ortalama basınç değeri (A)			Ortalama basınç değeri (A)			
Ortalama basınç değerinin %10'u (B)			Ortalama basınç değerinin %10'u (B)			
Maximum sınır değer (A + B)			Maximum sınır değer (A + B)			
Minimum sınır değer (A – B)			Minimum sınır değer (A – B)			
Varsa iptal edilen numuneler			Varsa iptal edilen numuneler			
Deneyin Değerlendirilmesi						
Deneyi Yapan			Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan			





DENEY UYGULAMASI – 4

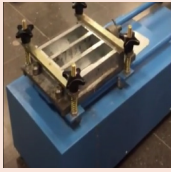
<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21714>



Öğretmeninizin vereceği iki farklı tip çimento numunesinin eğilmede çekme ve basınç dayanımı tayini deneyini, standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

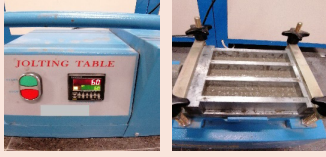
Deney Adı : Çimentolarda Eğilmede Çekme ve Basınç Dayanımı Deneyi

Deney Süresi : 30 dakika uygulama, 20-24 saat bekleme, 15 dakika uygulama, 2-7-28 gün bekleme, 30 dakika uygulama ve hesaplamalar

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	- İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız. - Elektrikli aletlerin elektrik bağlantısı yapılırken ellerinizin tamamen kuru olmasına dikkat ediniz.	
Deney araç gereç ve malzemelerinin hazırlanması	Deney için gerekli olan araç gereç ve malzemelerin eksiksiz olarak temin edildiğini kontrol ediniz.	
  Harç kalıbının yağlanması ve sarsma makinesine yerleştirilmesi	- Harç kalıbının iç ve üst yüzeylerini yağlayınız. - Yağlanmış harç kalıbını sarsma makinesindeki yerine yerleştirin ve hareket ettirmeyecek şekilde sabitleştirici vidaları sıkınız.	
  Çimento hamurunun oluşturulması	- Çimento mikserinin kabına, önce suyu sonra çimento numunesini ekleyiniz. - Mikseri derhal düşük hızda 30 saniye çalıştırınız ve su ile çimentoyu karıştırınız.	
 CEN standart kumunun çimento hamuruna eklenmesi	- Mikser düşük hızda çalışırken CEN standart kumunun tamamını 30 saniye içerisinde mikser kabına boşaltınız. - CEN standart kumunu kattıktan sonra mikseri yüksek hıza alıp 30 saniye daha karıştırınız.	



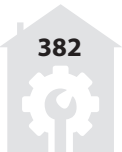


 Mikserin durdurulması	Mikseri durdurunuz ve karışım kabının iç kısımlarına ve palet üzerine yapışan çimento harcını karıştırma kabının ortasına doğru 15 saniye içerisinde sıyırsınız.	
 Çimento harcının hazır hâle gelmesi	- Çimento mikserini yüksek hıza alınız. 60 saniye daha çalıştırınız ve çimento harcını kalıba doldurulmak üzere hazır hâle getiriniz.	
 Harç kalıbının ilk aşama doldurulması	- Harç kalıbının her bir bölmesini yaklaşık yarısına kadar çimento harcı ile doldurunuz. - Yayıcı aparat ile her bir bölmeye koyulan harcı iyice yayın.	
 İlk sarsma (sıkıştırma) işleminin yapılması	- Kalıp sarsma makinesini sayaç kısmından 60 düşüğe ayarlayınız. - Makineyi çalıştırınız ve ilk sarsma (sıkıştırma) işlemini yapınız.	
 Harç kalıbının ikinci aşama doldurulması	- Harç kalıbının her bir bölümündeki boş kalan kısmı bir miktar taşacak kadar çimento harcı ile doldurunuz. - Yayıcı aparat ile her bir bölmeye koyulan harcı iyice yayın. Not: Harç kalıbı üst başlığı yoksa kalıbın tamamını bir miktar taşacak kadar doldurunuz.	
 İkinci sarsma (sıkıştırma) işleminin yapılması	- Kalıp sarsma makinesini sayaç kısmından 60 düşüğe ayarlayınız. - Makineyi çalıştırınız ve ikinci sarsma (sıkıştırma) işlemini yapınız.	

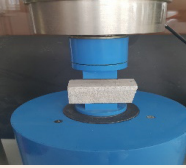
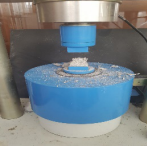




 Harç kalıbının üzerinin tesviye edilmesi	• Harç kalıbını dikkatli bir şekilde sarsma makinesinden çıkarınız ve düz bir yüzeye alınız. • Kalıp üzerindeki fazla harcı spatula veya düz bir cisim ile testere yöntemiyle iyice sıyırınız. • Numune tanıtıcı etiketi prizmanın üzerine yapıştırınız.	
 Çimento harcının kür tankında bekletilmesi	• Harç kalıbının üzerini, tamamen örtülecek şekilde cam plak ile kapatınız. • Harç kalıbını 20-24 saat kür tankı içerisinde bekletiniz. • Not: Kür tankı yoksa üstü cam plak ile kapatılan harç kalıbını ıslak bir bez ile örterek 20-24 saat bekletiniz.	
 Çimento harç numunelerinin çıkarılması ve kür havuzunda bekletilmesi	• Kür tankından çimento kalıbını çıkarınız. • Kalıbın kenarlarını harç prizmasına zarar vermeyecek şekilde sökünüz. • Harç prizmalarını tesviye edilen kısım yukarı gelecek ve her prizmaya su temas edecek şekilde kür havuzuna yerleştiriniz.	
 Kırımı yapılacak prizmaların kür havuzundan çıkarılması	• Kırım günü gelen harç prizmalarını, ilgili yaşa ait deney tolerans zamanları içerisinde kırımdan en az 15 dakika önce kür havuzundan çıkarınız. • Harç prizmalarını kırım yapılana kadar nemli bir bez altında saklayınız.	
Eğilme çekme makinesinin kontrollerinin yapılması	• Makinenin uygun yükleme (50±10 N/sn.) hızında olduğunu kontrol ediniz. • Makinenin eğilme çekme modunda olduğunu kontrol ediniz.	
 Harç prizmasının eğilme çekme makinesine yerleştirilmesi	• Bir adet harç prizmasını, kalıp yüzeyleri silindirlere temas edecek şekilde makinenin silindirleri üzerine yerleştiriniz.	





 Harç prizmasının kırılması ve eğilmede çekme dayanımlarının hesaplanması	- Makineyi çalıştırınız ve cihazın üstten uyguladığı kuvvet ile harç prizmasını iki parçaya bölmelerini bekleyiniz. - Kırılan ve ikiye ayrılan harç prizmasını dikkatli bir şekilde alarak bir kenara koyunuz ve basınç dayanım deneyine kadar ıslak bir bezle sararak muhafaza ediniz. - Diğer iki harç prizmasını da aynı şekilde kırınız ve hesaplamalarını yapınız.	
Eğilmede çekme dayanımının hesaplanması	İlgili formülle prizmaların eğilmede çekme dayanımını hesaplayınız.	
Basınç makinesinin kontrollerinin yapılması	- Makinenin uygun yükleme hızında (2400 ± 200 N/sn.) olduğunu kontrol ediniz. - Makinenin basınç modunda olduğunu kontrol ediniz.	
 Harç prizmasının basınç makinesine yerleştirilmesi	Eğilmede çekme deneyinde ikiye ayrılan yarım prizmalardan bir tanesini alınız ve kalıp yüzeyleri basınç uygulayacak yüzeylere temas edecek şekilde makineye yerleştiriniz.	
 Harç prizmalarına basınç uygulanması ve basınç dayanımlarının hesaplanması	- Makineyi çalıştırınız. - Makinenin prizmaya basınç uygulayarak prizmayı kırmasını bekleyiniz. - Kırılan prizmayı makineden alınız ve basınç uygulayan yüzeyleri bezle siliniz. - Diğer beş numuneyi de aynı şekilde kırınız ve hesaplamalarını yapınız.	
Basınç dayanımının hesaplanması	İlgili formülle prizmaların basınç dayanımını hesaplayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

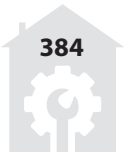




ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME – 15

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdaki sıvılardan hangisi le chatelier balonu ile çimento özgül ağırlık tayini deneyinde kullanılmaz?
 - A) Tiner
 - B) Terebentin
 - C) Gaz yağı
 - D) Neft
 - E) Su
2. Çimento özgül ağırlık tayini deneyinde, le chatelier balonunu su banyosunda bekletmenin amacı aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Aletlerin temizliğini sağlamak
 - B) Deney numunesinin nemini kaybetmemesini sağlamak
 - C) Deney numunesinin suyla tepkimeye girmesini sağlamak
 - D) Deney sıvısı ve deney numunesinin sabit sıcaklığa ve sabit hacme gelmesini sağlamak
 - E) Deney sıvısı ve deney numunesinin hacmini ölçmek
3. Çimentolarda özgül ağırlık tayini deneyi yapılırken hesaplamalarda kullanılan V_1 ve V_2 hacim okumalarının ifade ettiği özellik sırasıyla aşağıdaki şıklardan hangisinde doğru olarak verilmiştir?
 - A) Deney sıvısının hacmi / Deney numunesinin hacmi
 - B) Deney numunesinin hacmi / Deney sıvısının hacmi
 - C) Deney numunesinin hacmi / Deney sıvısıyla deney numunesinin hacmi
 - D) Deney sıvısıyla deney numunesinin hacmi / Deney sıvısının hacmi
 - E) Deney sıvısının hacmi / Deney sıvısıyla deney numunesinin hacmi
4. Çimentolarda tane büyüklüğü tayini deneyinde kullanılan elekler aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?
 - A) 90 mikron - 20 mikron
 - B) 90 mikron - 200 mikron
 - C) 90 milimetre - 200 milimetre
 - D) 900 mikron - 200 mikron
 - E) 90 milimetre - 200 mikron
5. Çimentolarda tane büyüklüğü tayini deneyinde kaç gram deney numunesi kullanılır?
 - A) 100 g
 - B) 200 g
 - C) 300 g
 - D) 400 g
 - E) 500 g





6. Çimentolarda tane büyüklüğü tayini deneyi, çimento numunesinin aşağıdaki özelliklerinden hangisi hakkında bilgi verir?

- A) Çimentonun kıvamı
- B) Çimentoların içerdiği iri taneler
- C) Çimentonun hacim genleşmesi
- D) Çimentonun dayanımı
- E) Çimentonun içerisindeki kimyasal katkıları

7. Çimentoda eğilmede çekme ve basınç dayanımı tayini deneyinde, harç hazırlarken su çimento oranı ne kadar olmalıdır?

- A) 1/6
- B) 1/3
- C) 1/2
- D) 2
- E) 3

8. Çimentoda eğilmede çekme ve basınç dayanımı tayini deneyinde, prizma numunelerine sarsma (sıkıştırma) işleminin uygulanması aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

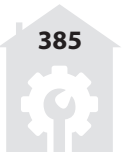
- A) 2 kere 60 sarsma
- B) 3 kere 40 sarsma
- C) 1 kere 60 sarsma, 1 kere 40 sarsma
- D) 1 kere 30 sarsma, 2 kere 40 sarsma
- E) 2 kere 40 sarma, 2 kere 30 sarsma

9. Çimentoda eğilmede çekme ve basınç dayanımı tayini deneyinde kullanılacak olan prizma numunelerinin ölçüleri mm cinsinden aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A) 40 x 40 x 40
- B) 40 x 40 x 100
- C) 40 x 80 x 160
- D) 40 x 40 x 160
- E) 40 x 100 x 160

10. Deney numunesini etüvde bekletmenin amacı aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Numune içerisindeki topaklanmaların dağılmasını sağlamak
- B) Numuneyi deney sıcaklığına getirmek
- C) Numune içindeki rutubeti alarak numunenin sabit ağırlığa gelmesini sağlamak
- D) Numune içindeki yabancı maddeleri yakmak
- E) Numuneyi laboratuvar sıcaklığına getirmek





16. Öğrenme Birimi

KİMYASAL KATKI MADDELERİ DENEYİ

KONULAR

- 16.1. Yoğunluk Deneyleri
- 16.2. Ph Deneylerini Yapmak
- 16.3. Katı Madde Miktarı Deneyleri
- 16.4. Performans Deneyleri

KAVRAMLAR

- pH Kâğıdı
- Kimyasal Katkı Performansları
- Ph Metre
- Katı Madde Miktarı
- Areometre



16. KİMYASAL KATKI MADDELERİ DENEYİ

Betonun birtakım özelliklerini iyileştirmek amacıyla beton içindeki çimento miktarı baz alınarak betonun üretim aşamasında belli oranlarda katılan organik veya inorganik maddelere kimyasal katkı maddeleri denir. Betona katılan katkı maddelerinin, betonun içerisindeki diğer bileşenlerin görevini yerine getirmesine engel olmaması gerekir. Ayrıca betona katılan katkı maddelerinin betonun karışım oranlarını ve betonun dayanım özelliklerini etkilememesi için birtakım kriterlerinin olması gerekir. Şunun iyi bilinmesi gerekir ki kurallara uygun üretilmeyen bir betonun özelliklerini katkı maddeleri ile iyileştirmek mümkün değildir. Kurallarına uygun üretilen betonların da katkı maddeleri ile uyumu önceden yapılan deneylerle belirlenmelidir.

Bu öğrenme biriminde katkı maddelerinin yoğunluk deneyleri, pH miktarı, katkı maddesi içerisindeki katı madde miktarı ve performans deneyleri gibi konular ele alınacaktır.

16.1. YOĞUNLUK DENEYLERİ

Yoğunluk (özkütle), birim hacim başına düşen madde miktarıdır (kütle). Aynı hacme sahip iki cisimden, diğerine göre yoğunluğu fazla olanın kütlesi de daha fazladır. Ortalama yoğunluk ise bir cismin toplam kütlesinin toplam hacmine oranıdır. SI birim sisteminde yoğunluk birimi kg/m^3 olarak verilir. Bunun dışında g/cm^3 , g/mL , kg/m^3 , kg/L yoğunluk birimi olarak kullanılmaktadır.

d: Cismin yoğunluğu (kilogram/metreküp)

m: Cismin toplam kütlesi (kilogram)

v : Cismin toplam hacmi (metreküp)

Sıvılarda yoğunluk ölçümü için kullanılan dalıcı ve yüzücü aletler **areometre** (Görsel 16.1) olarak adlandırılır. Sıvı içine daldırılarak kullanılır.

Areometrelerin temel ilkesi, sıvının kaldırma kuvvetinin sıvı yoğunluğu ile doğru orantılı olmasıdır. Yer değiştiren sıvının ağırlığı, hacmine ve yoğunluğuna bağlıdır.

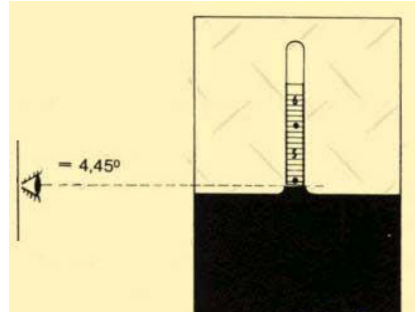
Bu deney **TS 781 ISO 758** standardına göre yapılır.

Yoğunluk ölçmek için çeşitli areometreler geliştirilmiştir. Areometre ile çalışırken dikkat edilmesi gereken kurallar vardır. Bunlar:

- Areometrenin skalası kontrol edilerek taksimatların neye denk geldiğini belirlemek gerekir.
- Kullanılacak areometrenin tamamen kuru ve temiz olması gerekir.
- Areometreden okunan değer, areometrenin ayar edildiği sıcaklık üzerinden okunarak kaydedilmelidir.
- Sıvının koyulacağı silindirin hacmi, areometreye uygun olmalıdır.
- Areometre, kabın çeperlerine çarpmadan serbestçe yüzebilmelidir.
- Okuma işlemi areometre sabit bir durumda durunca yapılmalıdır.
- Okuma yapılırken areometre sapına tırmanmış kısım dikkate alınmayarak sıvı yüzeyi hizasındaki taksimat okunur. Bunun için okuma sırasında göz, sıvı yüzeyi hizasında olmalıdır (Görsel 16.2).



Görsel 16.1: Areometreler



Görsel 16.2: Areometrelerin doğru okunma şekli





16.1.1. Dansimetre ile Yoğunluk Ölçme

Dansimetre (Görsel 16.3), yoğunluk ölçümleri için uygulamada yaygın olarak kullanılan araçlardır. Sıvının özgül ağırlığını doğrudan verir. Genellikle kapalı bir cam tüpten oluşmuştur. Tüpün alt kısmı, aracın dik durması ve gerekli ağırlığın sağlanması amacıyla içerisinde saçma veya cıva bulunan bir kürecik şeklindedir. Üst kısmı da üzerinde yoğunluk ve bazılarında da sıcaklık göstergesi bulunan bir cam borudan oluşmuştur. Bir sıvı içinde dengede duran dansimetrenin sıvı yüzeyine rastlayan bölüm çizgisi karşısında okunan sayı, o sıvının yoğunluğunu verir.



Görsel 16.3: Dansimetre çeşitleri

Sıcaklık Farkı Nedeniyle Düzeltme Yapılması

Sıcaklığın değişmesi, areometrelerden ölçülecek yoğunluğun değişmesine neden olur. Bu farklılık, sıcaklık düzeltme faktörü kullanılarak giderilebilir. Sıcaklık düzeltme faktörü 0,0002'dir. Sıcaklık arttığında yoğunluk azalacaktır. Bu nedenle numunenin sıcaklığı, dansimetrenin sıcaklığından yüksekse hesaplanan sıcaklık düzeltmesi okunan değerin üzerine eklenir; düşük ise okunan değerden çıkarılır.

Örneğin areometrenin sıcaklık kalibrasyonu 15 °C'de yapılmışsa ve yoğunluğu ölçülecek çözeltinin sıcaklığı 19 °C ise aradaki fark 4 °C'dir. Her bir derece için 0,0002 sıcaklık düzeltme faktörü kullanılacağından $4 \times 0,0002 = 0,0008$ birimlik sıcaklık düzeltmesi yapılacaktır.

Yukarıdaki örnekte çözeltinin sıcaklığı, dansimetre kalibrasyon sıcaklığından büyük olduğu için 0,0008'lik sıcaklık düzeltmesi, skaladan okunan 1,032 değerinin üzerine eklenmelidir. Bu ekleme ile sıcaklığa bağlı doğru yoğunluk $1,032 + 0,0008 = 1,0328 \text{ g/mL}$ olarak bulunur.

16.1.2. Piknometre ile Yoğunluk Ölçme

Piknometreler küçük, hafif ve genelde camdan yapılmış kaplardır. Aynı hacimdeki su ve sıvının, aynı sıcaklıktaki ağırlıklarının oranı özgül ağırlığı verir.

Hacim Ölçümü ve Hesaplama (Piknometrenin Kullanılması)

- Piknometrede bulunan suyun ağırlığına o piknometrenin **su kıymeti** denir. Piknometrenin su kıymetini bulmak için ilk önce boş piknometrenin, sabit ağırlığa getirilerek darası bulunur.
- Daha sonra piknometre yeni kaynatılmış ve soğutulmuş damıtık su ile çizginin biraz üstüne kadar doldurulur.
- Özgül ağırlık 20 °C sıcaklığa göre verildiği için deneylerin bu sıcaklığa ayarlı su banyosunda gerçekleştirilmesi tavsiye edilir.
- Su banyosundaki suyun piknometrenin boğazındaki çizginin biraz üstüne çıkacak kadar dolu olmasına dikkat edilir.



- Piknometrenin içinde bulunduğu müddetçe su banyosundaki ısının $20 \pm 0,1$ °C'de kalması sağlanır.
 - Piknometre, dış ısıyı tamamen alması için 30 dakika su banyosunda bekletilir.
 - Kılcal boru yardımı ile su seviyesi tam çizgiye getirilir. İçerisinde hava kabarcığının kalmamasına dikkat edilmelidir.
 - Daha sonra piknometrenin dış çeperi iyice kurutularak dört haneli bir terazide tartım alınır.
- Örneğin sabit tartıma getirilmiş piknometrenin kendi darası 21,3515 g ve su ile tartıldığında ise 71,3853 gram geliyorsa piknometre su kıymeti $71,3853 - 21,3515 = 50,0338$ g" olur ki bu da piknometrenin hacmi demektir.
- Daha sonra yoğunluğu tayin edilecek sıvı ile piknometre birkaç defa çalkalanır ve sıvı çizgisinin biraz üstüne kadar doldurulur.
 - Aynı şekilde su banyosunda aynı derecede bekletilir ve aynen su gibi tartılır.
 - Örneğin deney sıvısı dolu piknometrenin ağırlığı 71,3357 gram geldi. Dara çıktıktan sonra deney sıvısının ağırlığı 49,9842 g ise sıvının özgül ağırlığı $d = 49,9842 / 50,0338 = 0,9990$ g/mL" olarak bulunur.



DENEY UYGULAMASI – 1



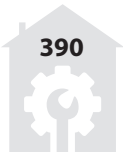
<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21715>

Öğretmeninizin vereceği iki farklı sıvı numunenin yoğunluk deneyini dansimetre aleti ile standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Dansimetre ile Yoğunluk Deneyi

Deney Süresi : 15 dakika

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	• İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Yoğunluğu ölçülecek sıvı örneğinin seçilmesi	• İş önlüğünüzü giyiniz. • Araç gereç hazırlığını yapınız. • Araç gereçlerin işlerliğini ve temizliğini kontrol ediniz. • Yoğunluğu ölçülecek sıvıyı alınız.	
 Sıvının sıcaklığının ölçülmesi, uygun dansimetre ve mezürün seçilmesi	• Termometre ile sıvının sıcaklığını ölçünüz. • Dansimetrenin büyüklüğüne göre mezür seçiniz.	





 Yoğunluğu ölçülecek sıvının mezûre doldurulması	Deney sıvısını dışarı taşırmadan dikkatli ve yavaş şekilde mezûr içerisine doldurunuz.	
 Dansimetrenin sıvı içine daldırılması	Dansimetreyi yavaş ve dikkatli bir şekilde mezûr içerisindeki sıvının içine doğru daldırınız.	
 Yoğunluğun okunması	Dansimetre sabitlenince göz hizasına getirerek skalada görünen değeri okuyunuz.	
Sıcaklık farkına göre düzeltmelerin yapılması ve yoğunluğun hesaplanması	- Deney sıvısı ve dansimetre sıcaklığı arasında fark var ise aradaki fark ile düzeltme katsayısını çarpınız ve düzeltme değerini hesaplayınız. - Uygun duruma göre düzeltme değerini ekleyiniz veya çıkarınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.



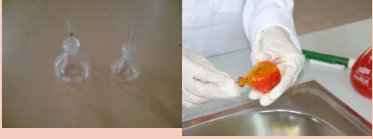


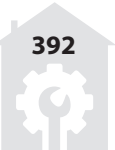
DENEY UYGULAMASI - 2

Öğretmeninizin vereceği iki farklı sıvı numunenin yoğunluk deneyini piknometre aleti ile standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

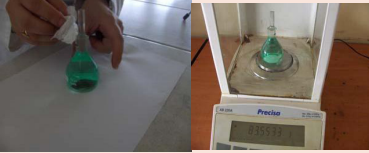
Deney Adı : Piknometre ile Yoğunluk Deneyi

Deney Süresi : 10 dakika uygulama, 30 dakika bekleme, 10 dakika uygulama

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
 Piknometrenin seçilmesi ve deneye hazırlanması	Deneyde kullanacağınız piknometrenin temizliğini dikkatli bir şekilde yapınız ve piknometreyi kuru hâle getiriniz.	
 Piknometrenin darasının alınması	Boş piknometreyi hassas terazide tartınız ve ağırlığını kaydediniz.	
Piknometrenin su kıymetinin bulunması	- Piknometreye çizginin biraz üstüne kadar damıtık su doldurunuz. - Su dolu piknometreyi su banyosuna koyunuz ve en az 30 dakika bekletiniz. - Piknometredeki su, sabit sıcaklığa ulaşınca piknometreyi su banyosundan çıkarınız ve tartınız. - Okuduğunuz değerden piknometrenin boş ağırlığını çıkarınız ve piknometre su kıymeti değerini bularak kaydediniz.	
 Deney sıvısının piknometreye doldurulması	- Deney sıvısının sıcaklığını ölçünüz. - Deney sıvısını dışarı taşırmadan dikkatli ve yavaş bir şekilde piknometre üzerindeki çizginin üzerini geçecek şekilde doldurunuz.	





 Piknometre kapağının kapatılması ve su banyosuna koyulması	Piknometrenin kapağını kapatınız ve su banyosunun içerisine koyunuz.	
 Deney sıvısının ağırlığının bulunması	- Deney sıvısı sabit sıcaklığa gelince piknometreyi su banyosundan çıkarınız. - Piknometredeki fazla sıvıyı çıkarıp çizgi hizasına getiriniz. - Piknometrenin dışını iyice kurulayınız ve piknometreyi hassas terazide tartınız. - Okuduğunuz değerden piknometrenin darasını çıkartınız ve deney sıvısının ağırlığını bulup kaydediniz.	
Deney sıvısının yoğunluğunun hesaplanması	Elde ettiğiniz veriler ile deney sıvısının yoğunluğunu hesaplayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun doldurulması	Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

16.2. PH DENEYLERİNİ YAPMAK

pH, ürünün asitlik bazlık (alkalinlik) derecesini ifade eden bir ölçü parametresidir. pH ifadesi; “power of hydrogen” yani hidrojenin gücü anlamına gelmektedir. Çözeltilerin pH değerleri, pH kâğıtları (Görsel 16.4) veya pH metre (Görsel 16.5) ile ölçülür. pH ölçeği 14 birime ayrılmıştır. Bir çözeltinin pH değeri; 0 ile 7 arasında ise çözelti asidik, 7 ile 14 arasında ise baziktir. pH değeri 7 olan çözeltiler ise nötrdür.

pH logaritmik bir fonksiyon olduğu için pH değerindeki bir birimlik değişim, hidrojen iyon derişimindeki on katlık değişime karşılık gelir. Örneğin pH 5 değeri pH 6 değerinden 10 kat daha asidiktir veya pH 12 değeri pH 11 değerinden 10 kat daha baziktir.

Bu deney **TS ISO 4316** standardına göre yapılır.



Görsel 16.4: pH kâğıdı



Görsel 16.5: pH metre





16.2.1. pH Kâğıdı ile pH Ölçümü Yapma

Yaklaşık bir pH belirlemesi, pH seviyesi değişikçe değişik renk alan pH kâğıtları ve pH skalası (Görsel 16.6) ile elde edilebilir. Bu tip göstergelerin doğruluklarında sınırlamalar mevcuttur. Renkli veya koyu örneklerde doğru olarak sonuç elde etmek zorlaşabilir. Bunun yerine daha hassas ve sağlıklı ölçüm yapan pH metreler kullanılır.



Görsel 16.6: pH skalası

pH Kâğıdı ile Ölçüm Yapma

- Bir adet pH kâğıdı alınır.
- pH kâğıdı, pH değeri ölçülmek istenen sıvıya batırılır ve sıvı içinde birkaç saniye bekletilir.
- pH kâğıdı sıvıdan çıkarılır ve birkaç saniye beklenir.
- pH kâğıdının üzerindeki küçük karelerin almış olduğu renk değişimi, pH skalası ile karşılaştırılır.
- pH kâğıdının aldığı renk, pH skalasındaki hangi renklere yakın ise o skalanın değeri ilgili sıvının pH değeri olarak kabul edilir.

16.2.2. pH Metre ile pH Ölçümü Yapma

pH değeri, elektrik sinyali üreten bir araç (elektrot) kullanılarak yapılan, bu elektriksel sinyali pH birimine çeviren potansiyometrik bir ölçümdür. Bu çevrim pH metre ile gerçekleştirilir. Üretilen ve ölçülen sinyal bir voltajdır. pH ölçümünü yapabilmek için iki gerilime ihtiyaç vardır, pH ölçümü için gerekli olan elektriksel sinyal bu iki gerilim arasındaki fark ile oluşur.

Bu iki gerilim şunlardır:

- **Algılama Elektrodu:** Ürün içindeki hidrojen iyon aktivitesinin logaritmasına oransal bir gerilim sağlar.
- **Referans Elektrot:** İdeal olarak ürünün aktivitesinden bağımsız, sabit ve sürekli bir gerilim sağlar.

Referans ve algılama elektrotu arasındaki bu gerilim farkı pH metre tarafından ölçülür ve pH değerine çevrilir. Bütün pH sensörleri cam ölçüm elektrotu ve referans elektrottan meydana gelir.

pH Metre Kullanırken Dikkat Edilecek Hususlar

- Her pH metrenin farklı kalibrasyon yöntemi olduğu bilinmelidir.
- pH metrenin kalibre edilmiş olup olmadığı kontrol edilmelidir. Kalibre edilmemiş ise o pH metre için verilen kullanma bilgileri takip edilerek kalibre edilmelidir.
- Kalibrasyon çözeltileri temiz tutulmalıdır. Prob ve distile suyla yıkanıp iyice kurulandıktan sonra kalibrasyon çözeltilerine daldırılmalıdır.
- Kalibre edilmiş pH metre gün boyunca kapatılmamalıdır. Elektrik kesilmesi durumunda pH metre yeniden kalibre edilmelidir.
- Ölçüm sırasında prob dik tutulmalıdır. Ölçüm yapılan sıvı, proba karıştırılmamalı; prob sa-





bitlenmelidir. Karıştırma amacıyla manyetik karıştırıcı kullanılmalıdır.

- Ölçüm yapılmadığı zamanlarda probun koruma çözeltisi içinde olmasına dikkat edilmelidir. Koruma çözeltisi dökülmemeli, üzerine su eklenmemelidir. Çözeltinin temiz kalması için prob yıkanıp kurulanmadan çözelti içine daldırılmalıdır.

pH Metrenin Kalibre Edilmesi

- pH değeri bilinen (pH değeri 7 , 7'nin altında, 7'nin üstünde olan) kalibrasyon çözeltileri (Görsel 16.7) uygun sıcaklıkta olacak şekilde hazırlanır.
- pH metrenin elektrodu çözeltiye eklenmeden önce saf su ile yıkanıp kurulanmalıdır.
- Yıkanıp kurulan elektrot, pH değeri bilinen bu çözeltilere daldırılır.
- pH metre göstergesi üzerinde okunan değer ile çözeltinin pH değerinin aynı olması sağlanır.
- Bu şekilde kalibrasyon yapılmış olur.



Görsel 16.7: Kalibrasyon çözeltileri

pH Metre ile Ölçüm Yapma

- pH metre ekipmanları hazırlanır.
- pH değeri ölçülecek sıvı veya çözelti, bir beher veya benzeri bir kap içerisine yaklaşık 50 mL kadar boşaltılır.
- pH metrenin elektrotu pH değeri ölçülecek sıvı veya çözeltiye daldırılır.
- pH metre göstergesi üzerindeki pH değeri sabit kalıncaya kadar beklenir.
- Gösterge üzerindeki pH değeri sabitlenince gösterge üzerinden sıvının pH değeri okunur. Bu şekilde sıvı veya çözeltinin pH değeri bulunmuş olur.



DENEY UYGULAMASI – 3

<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=2171>



Öğretmeninizin vereceği iki farklı sıvı numunenin pH deneyini; pH kâğıdı ve pH metre ile standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

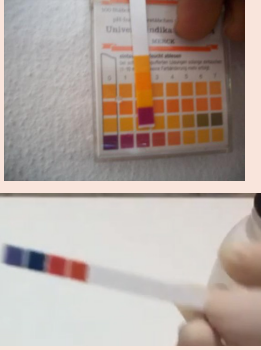
Deney Adı : pH Değeri Bulma Deneyi

Deney Süresi : 15 dakika

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
-------------------	----------	--------------------





İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Araç gereç hazırlığının yapılması	- İş önlüğünüzü giyiniz. - Araç gereç hazırlığını yapınız. - Araç gereçlerin işlerliğini ve temizliğini kontrol ediniz.	
 pH değeri bulunacak çözeltinin veya sıvının hazırlanması	- Bir beher içerisinde yaklaşık 50 mL kadar çözelti veya sıvı hazırlayınız. - Birden fazla sıvının pH değeri bulunacaksa her bir sıvı veya çözeltiyi ayrı kaplarda hazırlayınız. - Çözelti veya sıvının uygun sıcaklıkta (genelde 25°C) olmasına özen gösteriniz.	
 pH kâğıdının batırılması ve çıkarılması	pH kâğıdı ile pH değerinin bulunması - Bir adet pH kâğıdı alınız. - pH değeri bulunacak sıvı veya çözeltiye kâğıdı batırınız. - Kâğıdı 5-10 saniye sıvı içerisinde bekletin ve çıkarınız.	
 pH değerinin bulunması	- pH kâğıdı üzerindeki kutucukların renklerinin değişmesini bekleyiniz. - Renk değişimi olan pH kâğıdını, pH skalası ile karşılaştırınız. - pH kâğıdı üzerinde oluşan renkler skala üzerinde hangi renklere yakın ise gözlemleyiniz. - pH kâğıdının renkleri ile benzeyen skalanın değerini dikkatlice okuyunuz ve ilgili sıvının pH değerini tespit ediniz.	
 pH metrenin kontrolünün yapılması	pH metre ile pH değerinin bulunması pH metrenin kalibre edilip edilmediğinin ve bağlantıların uygun olup olmadığının kontrolünü yapınız.	





 pH metre elektrodunun çözeltiye daldırılması	- pH metrenin elektrodunu daldırmadan önce saf su ile yıkayıp kurulayınız. - Elektrodu çözeltinin içine daldırınız.	
 pH değerinin bulunması	- pH metre üzerinde ölçme tuşuna basınız. - pH metre göstergesindeki değerin sabit kalmasını bekleyiniz. - Göstergedeki değer sabitlenince değeri okuyunuz ve ilgili sıvının pH değerini bulunuz.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunun hazırlanması	Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.

16.3. KATI MADDE MİKTARI DENEYLERİ

Bu deney, katkı maddesi içerisindeki katı madde muhtevasını tespit etmek için yapılır. Katkının sıvı olması durumunda bu metot, katı madde muhtevasının tayininde kullanılır. Katkının toz olması durumunda ise kurutulmuş tozun gerçek kütlesinin tayininde kullanılır.

Bu deney **TS EN 480-8** standardına göre yapılır. **16.3.1. Deney Araç Gereçleri**

Buharlaştırma Kapsülü: Yaklaşık 75 mm çapında, 45 mm derinliğinde düz tabanlı olmalıdır (Görsel 16.8).

Terazi: 0,5 mg doğrulukta tartım yapabilenlidir.

Etüv: Hava dolaşımli, sıcaklığı her noktada 105 ± 3 °C'de tutabilen, sıcaklık göstergeli olmalıdır.

Ayrıca bu deney için desikatör kullanılacaktır.



Görsel 16.8: Düz tabanlı buharlaştırma kapsülü





16.3.2. Deneyin Yapılışı

- Buharlaştırma kapsülü, 105 ± 3 °C'lik etüvde en az bir saat ısıtılır.
- Isıtılan kapsül 30 dakika desikatörde soğutulur ve kütlesi tartılarak kaydedilir.
- Kapsülün kütlesi 0,001 gram aralığında sabit kalana kadar soğutma ve tartma işlemleri tekrar edilir.
- Yaklaşık 2 gram sıvı veya 1 gram toz katkı maddesi buharlaştırma kapsülüne koyulur ve ağırlığı 0,001 gram hassasiyetli olarak ölçülür ve kaydedilir (M).
- Tartılan katkı maddesi önceden 105 ± 3 °C'ye ısıtılmış etüve yerleştirilir.
- Etüvde 4 saat kurutulur ve süre sonunda desikatöre koyulup soğutulur.
- Soğutulan katkı maddesinin ağırlığı 0,001 gram aralığında sabit kalana kadar soğutma ve tartma işlemleri tekrar edilir.
- Soğutulan katkı maddesinin ağırlığı tartılır ve kaydedilir (R).
- Deney iki defa tekrarlanır.
- Deney aletlerinin bakım ve temizliği yapılır; aletler bir sonraki deneye hazır hâlde saklanır.
- Deney sonunda geçerli iki deneyin ortalaması alınıp kütlece en yakın %0,1'ine yuvarlatılarak deney raporu hazırlanır.

Deney Hesaplamalarının Yapılması

Katı maddesi içerisindeki katı madde miktarı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$X = \frac{R}{M} \cdot 100 (\%)$$

X: Katı madde miktarı (kütlece, %)

M: Kapsüle koyulan katkı maddesi kütlesi (g)

R: Kalan katı madde kütlesi (g)

Deneyin Değerlendirilmesi

Ortalama katı madde muhtevası %20 veya daha az ise iki deney sonucu arasındaki fark ortalama katı madde muhtevasının %4'ünü aşmamalıdır.

Ortalama katı madde muhtevası %20'den fazla ise iki deney sonucu arasındaki fark kütlece %0,8'den büyük olmamalıdır.

Bu farklar aşılsa deneyler, izin verilen en büyük fark sağlanıncaya kadar tekrarlanmalıdır.





16.3.3. Deney Raporu Hazırlama

Katı madde muhtevası, geçerli iki deneyin ortalaması olarak kütlece en yakın %0,1'ine yuvarlatılarak rapor edilir. Katı madde tayini deneyi için Tablo 16.1'deki "Deney Raporu" örneği kullanılabilir.

Tablo 16.1: Deney Raporu

Deneyin Adı	Kimyasal Katkıllarda Katı Madde Miktarı Tayini Deneyi		
Standart No.	TS EN 480-8		
Deneyin Yapıldığı Laboratuvar		Numune Tanımı	
Numune Kayıt No.		Kullanılan Alet	
Deney Tarihi		Laboratuvar Sıcaklığı	
Deney Saati		Laboratuvar Nemi	
	1.Deney	2.Deney	
M = Kapsüle koyulan katkı maddesi kütlesi (g)			
R = Kalan katı madde kütlesi (g)			
X = Katı madde miktarı (kütlece) %			
Ortalama katı madde miktarı			
Deneyin Değerlendirilmesi			
Deneyi Yapan	Deneyi Kontrol Eden / Onaylayan		





DENEY UYGULAMASI – 4



<http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=21718>

Öğretmeninizin vereceği iki farklı katkı maddesinin katı madde miktarının tespitini standartlara uygun olarak ve iş güvenliği önlemlerini alarak yapınız.

Deney Adı : Kimyasal Katkılarda Katı Madde Miktarı Tayini Deneyi

Deney Süresi : 10 dakika hazırlık, 1 saat kapsül ısıtma, 30 dakika kapsül soğutma, 5 dakika numune hazırlama, 4 saat numune kurutma, 30 dakika numune soğutma

İŞLEM BASAMAKLARI	AÇIKLAMA	*UYGULAMA KONTROLÜ
İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması	İşe başlamadan önce kişisel ve ortamdan kaynaklanabilecek güvenlik önlemlerini alınız.	
Araç gereç hazırlığının yapılması	- İş önlüğünüzü giyiniz. - Araç gereç hazırlığını yapınız. - Araç gereçlerin işlerliğini ve temizliğini kontrol ediniz.	
Buharlaştırma kapsülünün ısıtılması	Buharlaştırma kapsülünü 105 ± 3 °C'deki etüve koyunuz ve 1 saat ısıtınız.	
Buharlaştırma kapsülünün soğutulması	Buharlaştırma kapsülünü desikatöre koyunuz ve en az yarım saat soğutunuz.	
Buharlaştırma kapsülünün tartılması	Soğutulan kapsülü 0,001 gram hassasiyetli olarak tartınız.	
Katkı maddesi numunesinin hazırlanması	- Deneyde sıvı katkı maddesi kullanılıyorsa 2 gram, toz katkı maddesi kullanılıyorsa 1 gram deney numunesini 0,001 gram hassasiyetli olarak tartınız ve M değeri olarak kaydediniz. - Hazırladığınız numuneyi buharlaştırma kapsülü içerisine doldurunuz.	
Deney numunesinin kurutulması	İçinde deney numunesi bulunan buharlaştırma kapsülünü etüve koyunuz ve 4 saat kurutunuz.	
Deney numunesinin soğutulması	Etüvde kurutulan buharlaştırma kapsülünü desikatöre koyunuz ve en az yarım saat soğutunuz.	
Kalan katı maddenin tartılması	Soğutulan deney numunesini tartınız ve R değeri olarak kaydediniz.	
Hesaplamaların yapılması	İlgili formülü kullanarak katı madde miktarı değerini hesaplayınız.	
Deney aletlerinin bakım ve temizliğinin yapılması	Deney sonrasında deney aletlerinizi bir sonraki deneye hazır olduğuna emin olacak şekilde çalışır ve temiz durumda olmasına dikkat ederek bırakınız.	
Deney raporunuzu hazırlanması	Deney sonrasında deney raporunu grubunuzla tutanak hâlinde hazırlayınız ve imzalayarak belirtilen süre içerisinde ders öğretmenine teslim ediniz.	

* Yaptıklarınıza işaret koyunuz.





16.4. PERFORMANS DENEYLERİ

Betona katılan katkı maddelerinin sahip olması gereken özellikler vardır. Betona farklı özellikler kazandırmak ve birtakım özelliklerini değiştirebilmek için çeşitli katkı maddeleri katılabilir. Betona katılan katkı maddeleri, özelliğine ve miktarına göre betonun diğer bileşenlerinin oranlarında azaltma veya çoğaltmaya sebep olur. Betona katılan katkı maddelerinin kendinden beklenen özellikleri yerine getirmesi gerekir. Aksi takdirde karışım oranlarında yapılan azaltma veya çoğaltmalardan betonun dayanımı olumsuz yönde etkilenir.

Beton Kimyasal Katkısı: Betonun taze ve/veya sertleşmiş hâldeki özelliklerini değiştirmek için karıştırma işlemi sırasında betona, çimento kütlesinin %5'ini geçmemek üzere eklenen maddedir.

Performans: Bir kimyasal katkının amaçlanan kullanımında zararlı yan tesir göstermesizin etkili olma yeteneğidir.

Şahit Beton ve Harç: Kimyasal katkıların standarda uygun olup olmadıklarını tayin etmek için yapılan, deneylerde kullanılan, **EN 480-1**'de tarif edilen beton ve harçlardır.

Bu deneyler ve değerlendirmeler **TS EN 934-2 + A1** standardına göre yapılır.

Bu kazanım betonda kullanılan kimyasal katkıların tariflerini ve sahip olması gereken özellikleri kapsamaktadır.

16.4.1. Betonda Kullanılan Katkı Maddeleri ve Sağlaması Gereken Şartlar

- **Su Azaltıcı/Akışkanlaştırıcı Katkı**

Belirli bir beton bileşiminde kıvamı değiştirmeden su miktarının azalmasını sağlayan veya su miktarı değişmeden çökmeyi/yayılmayı artıran veya her iki etkiyi birlikte yaratan kimyasal katkıdır.

Sağlaması gereken şartlar

Su azaltma: Deneme betonundaki su miktarı, şahit betondaki su miktarından en az %5 az olmalıdır.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 7 ve 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 7 ve 28 günlük basınç dayanımının en az %110'u kadar olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Yüksek Oranda Su Azaltıcı/Süper Akışkanlaştırıcı Katkı**

Belirli bir beton bileşiminde kıvamı değiştirmeden su miktarının yüksek oranda azalmasını sağlayan veya su miktarı değişmeden çökmeyi/yayılmayı yüksek oranda artıran veya her iki etkiyi birlikte yaratan kimyasal katkıdır.

Eşit su/çimento oranında sağlaması gereken şartlar

Kıvamdaki artış: Başlangıç 30 ± 10 mm olmak üzere çökme artışı en az 120 mm, başlangıç 350 ± 20 mm olmak üzere yayılma artışı en az 160 mm olmalıdır.

Kıvam koruma: Deneme betonunun katkı katıldıktan 30 dakika sonraki kıvamı, şahit betonun ilk kıvamının altına düşmemelidir.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %90'ı kadar olmalıdır.

Yayılmaya artış: En az 16 cm olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalı.

Eşit kıvamda sağlaması gereken şartlar

Su azaltma: Deneme betonundaki su miktarı, şahit betondaki su miktarından en az %12 az olmalıdır.





Basınç dayanımı: Deneme betonu 1 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 1 günlük basınç dayanımının en az %140'ı; deneme betonu 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %115'i kadar olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Su Tutucu Katkı**

Terlemeyi azaltarak su kaybını düşüren kimyasal katkıdır.

Sağlaması gereken şartlar

Terleme: Deneme betonundaki terleme, şahit betondaki terlemenin en çok %50'si kadar olmalıdır.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %80'i kadar olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Hava Sürükleyici Katkı**

Karıştırma sırasında taze betona kontrollü miktarda küçük, düzgün dağılmış ve sertleşme sonrasında da kalıcı hava kabarcığı sürükleyen kimyasal katkıdır.

Sağlaması gereken şartlar

Taze betondaki hava miktarı (Sürüklenmiş hava): Deneme betonundaki hava miktarı, şahit betonun hava miktarının en az %2,5 (hacimce) üzerinde olmalıdır. Deneme betonundaki toplam hava miktarı hacimce %4 - %6 oranında olmalıdır.

Sertleşmiş betondaki hava boşluğu karakteristikleri: Deneme betonundaki aralık faktörü en çok 0,200 mm olmalıdır.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %75'i kadar olmalıdır.

- **Priz Hızlandırıcı Katkı**

Karışımın, plastik hâlden katı hâle geçmeye (prizin) başlama süresini kısaltan kimyasal katkıdır.

Sağlaması gereken şartlar

Priz başlangıcı: 20 °C'deki deneme betonunda en az 30 dakika sonra priz başlamalıdır, 5 °C'deki deneme betonunda, şahit betonun priz alma süresinin en çok %60'ı kadar geçen sürede priz başlamalıdır.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %80'i kadar; deneme betonunun 90 günlük basınç dayanımı, şahit betonun en az 28 günlük basınç dayanım değeri kadar olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Sertleşmeyi Hızlandırıcı Katkı**

Priz süresini etkileyerek veya etkilemeksizin betonun erken dayanım kazanma hızını artıran kimyasal katkıdır.

Sağlaması gereken şartlar:

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 20 °C'de ve 24 saatteki basınç dayanımı, şahit betonun 20 °C'de ve 24 saatteki basınç dayanımının en az %120'si kadar; deneme betonunun 20 °C'de ve 28 gündeki basınç dayanımı, şahit betonun 20 °C'de ve 28 gündeki basınç dayanımının en az %90'ı kadar; deneme betonunun 5 °C'de ve 48 saatteki basınç dayanımı, şahit betonun 5 °C'de ve 48 saatteki basınç dayanımının en az %130'u kadar olmalıdır.





Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Priz Geciktirici Katkı**

Karışımın, plastik hâlden katı hâle geçmeye (prizin) başlama süresini uzatan kimyasal katkıdır.

Sağlaması gereken şartlar

Priz başlangıcı: Deneme betonunun priz başlangıç süresi, şahit betonun priz başlangıç süresinden en az 90 dakika fazla olmalıdır.

Priz sonu: Deneme betonunun priz sona erme süresi, şahit betonun priz sona erme süresinden en çok 360 dakika fazla olmalıdır.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 7 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 7 günlük basınç dayanımının en az %80'i kadar; deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %90'ı kadar olmalıdır.

Hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Su Geçirimsizlik Katkısı**

Sertleşmiş betonun kılcal su emmesini azaltan kimyasal katkıdır.

Sağlaması gereken şartlar

Kılcal su emme: 7 günlük kürden sonra 7 günlük deney için deneme betonunun su emme oranı, şahit betonun su emme oranının en çok %50'si kadar; 90 günlük kürden sonra 28 günlük deney için deneme betonunun su emme oranı, şahit betonun su emme oranının en çok %60'ı kadar olmalıdır.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %85'i kadar olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Priz Geciktirici / Su Azaltıcı / Akışkanlaştırıcı Katkı**

Su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkının etkisini (asıl amaç) ve priz geciktirici katkının etkisini (tali amaç) birlikte oluşturan etkidir.

Sağlaması gereken şartlar

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %100'ü kadar olmalıdır.

Priz başlangıcı: Deneme betonunun priz başlangıç süresi, şahit betonun priz başlangıç süresinden en az 90 dakika fazla olmalıdır.

Priz sonu: Deneme betonunun priz sona erme süresi, şahit betonun priz sona erme süresinden en çok 360 dakika fazla olmalıdır.

Su azaltma: Deneme betonundaki su miktarı, şahit betondaki su miktarından en az %5 az olmalıdır.

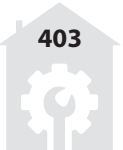
Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

- **Priz Geciktirici / Yüksek Oranda Su Azaltıcı / Süper Akışkanlaştırıcı Katkı**

Yüksek oranda su azaltıcı/süper akışkanlaştırıcı katkının etkisini (asıl amaç) ve priz geciktirici katkının etkisini (tali amaç) birlikte oluşturan etkidir.

Eşit su/çimento oranında sağlaması gereken şartlar

Kıvam koruma: Deneme betonunun katkı katıldıktan 60 dakika sonraki kıvamı, şahit beto-





nun ilk kıvamının altına düşmemelidir.

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %90'ı kadar olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

Eşit kıvamda sağlaması gereken şartlar

Basınç dayanımı: Deneme betonunun 7 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 7 günlük basınç dayanımının en az %100'ü kadar; deneme betonunun 28 günlük basınç dayanımı, şahit betonun 28 günlük basınç dayanımının en az %115'i kadar olmalıdır.

Priz başlangıcı: Deneme betonunun priz başlangıç süresi, şahit betonun priz başlangıç süresinden en çok 360 dakika fazla olmalıdır.

Priz sonu: Deneme betonunun priz sona erme süresi, şahit betonun priz sona erme süresinden en az 90 dakika fazla olmalıdır.

Su azaltma: Deneme betonundaki su miktarı, şahit betondaki su miktarından en az %12 az olmalıdır.

Taze betondaki hava miktarı: Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe deneme betonunun hava miktarı, şahit betondaki hava miktarının en çok %2 (hacimce) üzerinde olmalıdır.

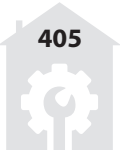




ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME – 16

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

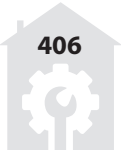
1. Bir maddenin birim hacminin kütlesi aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Özgül ağırlık
 - B) Hacim
 - C) Özkütle
 - D) Ağırlık
 - E) Birim ağırlık
2. Özkütle birimi aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) g/m^3
 - B) kg/m^3
 - C) kg/cm^3
 - D) kg/mL
 - E) g/l
3. Katkı maddelerinin yoğunluklarının hesaplanması deneylerinde aşağıdaki deney aletlerinden hangi ikisi kullanılabilir?
 - A) pH metre / Piknometre
 - B) pH kâğıdı / Dansimetre
 - C) Buharlaştırma kapsülü / Piknometre
 - D) Piknometre / Dansimetre
 - E) Piknometre / Buharlaştırma kapsülü
4. Bir ürünün pH deneyi sonucunda asidik özellikli olduğu tespit edilirse pH değeri aşağıdakilerden hangisi olabilir?
 - A) 5
 - B) 7
 - C) 9
 - D) 11
 - E) 13
5. Bir ürünün pH deneyi sonucunda bazik özellikli olduğu tespit edilirse pH değeri aşağıdakilerden hangisi olabilir?
 - A) 1
 - B) 3
 - C) 5
 - D) 7
 - E) 9





KAYNAKÇA

6. ASTM C88 / C88M-18, Sodyum Sülfat veya Magnezyum Sülfat Kullanımıyla Agregaların Sağlamlığı için Standart Test Yöntemi. (2018). West Conshohocken, PA: www.astm.org.
7. AVCIOĞLU, M.(2011). Karayolu inşaatı. İstanbul: Birsen Yayınevi
8. AVCIOĞLU, M.(2012). Malzeme Bilimi ve Yapı Malzemeleri Deneyleri. İstanbul: Birsen Yayınevi
9. CEYLAN, S. (2006). Bitümlü Sıcak Karışımlarda Filler Olarak Carboniferous-Triassic Kayaç Tozlarının Kullanılması ve Etkisi,Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı. Konya.
10. ÇELİK, M. E. (2016, Ekim 13-14). 8.Uluslararası Kırmataş Sempozyumu. Beyyazı (Afyonkarahisar) Yöresi Karbonatlı Kayaçların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Kütahya, s. 378. <https://acikerisim.aku.edu.tr/>. adresinden alındı
11. ÇELİKLİ U.(2018). Kırsal yolların üst yapı performansının belirlenmesi. Isparta:Yüksek lisans tezi
12. DAL, M. , KILINÇ, Ç., EREN, E. , IŞIK, A. (2013) Beton Teknolojisi ve Beton Teknolojisi Laboratuvarı. İstanbul: Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi
13. DİVLİ, M. (2013). D-100 (E-5) Karayolunun Zincirlikuyu Kavşağı- Çobançeşme (Havaalanı) Kavşağı Arası Üstyapı Yenileme Çalışması ve Sma (Stone Mastic Asphalt) Tabakasının Performans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi. İstanbul.
14. GÜNER, M.Ş. (2013). Malzeme Bilimi-Yapı Malzemesi ve Beton Teknolojisi. İstanbul: Aktif Yayınevi.
15. ILICALI, M. ,TAYFUR, S. , ÖZEN, H. , SÖNMEZ, İ. , EREN, K. (2001). Asfalt ve Uygulamaları, İSFALT Bilimsel Yayınları No:1. İstanbul: Seçil Ofset.
16. İSFALT İş makineleri Finişer kullanım kitapçığı
17. İSFALT İş makineleri Silindir kullanım kitapçığı
18. Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ), Karayolları Genel Müdürlüğü. (2013). Ankara.
19. Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü. (2020). İnşaat Teknolojisi Alanı 10. Sınıf Alt Yapı Atölyesi Dersi Bilgi Formu. Ankara.
20. Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü. (2020). İnşaat Teknolojisi Alanı Çerçeve Öğretim Programı. Ankara.
21. ORHAN, F. (2012). Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı Çalışmaları, Karayolları Genel Müdürlüğü. Ankara.
22. ÖZKUL, H. , TAŞDEMİR, M.A. , TOKYAY, M. , UYAN, M. (1999). Meslek Liseleri İçin Her Yönüyle Beton İstanbul: Türkiye Hazır Beton Birliği Yayını
23. SAĞLIK, A. , GÜNGÖR, A.G. (2008). Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi, Karayolları Genel Müdürlüğü. Ankara.
24. ŞENOL, A. (2010). Karayoluyol Üst Yapısı, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü. Sivas.
25. ŞİMŞEK, O. (2004). Beton Bileşenleri ve Beton Deneyleri. Ankara: TÇMB.
26. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı İnşaat Teknolojisi Tane Büyüklüğü ve Birim Ağırlık Modülü. (2013).
27. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Kimya Teknolojisi Temel kimya dersi asitler ve bazlar modülü. (2011). Ankara.
28. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Kimya Teknolojisi yoğunluk ve viskozite modülü. (2011). Ankara.
29. TS 3530 EN 933-1 Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini - Eleme metodu / 1999





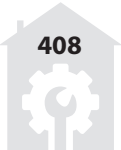
30. TS 706 EN 12620+A1 Beton Agregaları. (2003). Ankara.
31. TS EN 1097-6/A1 Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler - Bölüm 6: Tane yoğunluğu ve su emme oranı tayini /2007
32. TS EN 12607-2 Bitüm ve Bitümlü Bağlayıcılar - Isı ve Hava Etkisi Altında Sertleşme Direncinin Tayini - Bölüm 2: TFOT Yöntemi. (2015). Ankara.
33. TS EN 1367-2 Agregaların Termal ve Bozunum Özellikleri için Deneyler - Bölüm 2: Magnezyum Sülfat. (2011). Ankara.
34. TS EN 1426 Bitüm ve Bitümlü Bağlayıcılar-İğne Batma Derinliği Tayini. (2015). Ankara.
35. TS EN 1427 Bitüm ve Bitümlü Bağlayıcılar-Yumuşama Noktası Tayini-Halka ve Bilye Yöntemi. (2015). Ankara.
36. TS EN 15326+A1 Bitüm ve Bitümlü Bağlayıcılar-Yoğunluk ve Özgül Kütle Tayini - Kapiler Kapaklı Piknometre yöntemi. (2010). Ankara.
37. TS EN 196-1 Çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini. (2016).
38. TS EN 196-2 Çimento deney yöntemleri - Bölüm 2: Çimentonun kimyasal analizi. (2013)
39. TS EN 196-3 Çimento deney yöntemleri - Bölüm 3: Priz süreleri ve genleşme tayini (2017).
40. TS EN 196-3 Çimento deney yöntemleri - Bölüm 3: Priz süreleri ve genleşme tayini. (2017)
41. TS EN 196-6
42. TS EN 196-6 Çimento deney yöntemleri - Bölüm 6: İncelik tayini. (2020).
43. TS EN 196-7 Çimento deney yöntemleri - Bölüm 7: Çimentodan numune alma ve numune hazırlama yöntemleri. (2010).
44. TS EN 197-1 Çimento - Bölüm 1: Genel çimentolar - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri.(2012).
45. TS EN 480-8 Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için- Deney metotları- Bölüm 8: Katı madde muhtevası tayini. (2012).
46. TS EN 932-2 Agregaların genel özellikleri için deneyler - Bölüm 2: Laboratuvar numunelerin azaltılması metotları /1999
47. TS EN 933-9 Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 9: İnce tanelerin tayini - Metilen mavisi deneyi /2001
48. TS EN 934-2 + A1 Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Bölüm 2: Beton kimyasal katkıları - Tarifler, gerekler, uygunluk, işaretleme ve etiketleme. (2013).
49. Türk Dil Kurumu Yazım Kılavuzu (2012). Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.
50. Türkçe Sözlük (2019). Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.
51. UÇAR, H. (2008). Kırmataşların Beton Agregasında ve Hazır Beton Tesislerinde Kullanılma Kriterleri Örnek Uygulama: Sağlıklı Köyü Kalker Ocağı, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı. Adana.
52. ÜNSAL, A. , ŞEN, H. (2008). Beton ve Beton Malzemeleri Laboratuvar Deneyleri, Karayolları Genel Müdürlüğü. Ankara.
53. YALÇIN, H. ve GÜRÜ, M.(2006). Çimento ve Beton. Ankara: Palme Yayıncılık.
54. YÜKNÜ, K. , ÖZTÜRK, T. , KOMUT, M. (2020). Bitümlü Bağlayıcılar Laboratuvar El Kitabı, Karayolları Genel Müdürlüğü,. Ankara.





GENEL AĞ KAYNAKÇASI

1. <https://santiyede.com/agrega-nedir-cesitleri-nelerdir-kullanim-alanlari/> (Erişim: 15.10.2020).
2. <https://insapedia.com/agrega-nedir/> (Erişim: 15.10.2020).
3. <https://www.igdir.edu.tr/Addons/Resmi/announc/7782/laboratuvar-deney-foyu.pdf> (Erişim: 15.10.2020).
4. <https://www.atauni.edu.tr/yuklemeler/c974173c23175e7c91e762e1fed6657c.pdf> (Erişim: 15.10.2020).
5. <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/8655/1/11445.pdf> (Erişim: 17.10.2020).
6. <https://www.agub.org.tr/agrega-deneyleri.php> (Erişim: 17.10.2020).
7. <https://acikerisim.aku.edu.tr>
8. <https://cdn.istanbul.edu.tr/statics/onkoloji.istanbul.edu.tr/wp-content/uploads/2017/10/OE-CHGS-PR-005-RB-001-Laboratuvar-G%C3%BCvenlik-Rehberi.pdf> (Erişim: 20.11.2020 Saat: 21.25).
9. <http://cevre.deu.edu.tr/wp-content/uploads/2017/08/lab-calisma-guvenlik.pdf> (Erişim: 21.11.2020 Saat: 23.32).
10. <https://www.astm.org> (Erişim: 26.11.2020).
11. https://gost-snip.su/download/astm_c_88_05_standard_test_method_for_soundness_of_aggregate (Erişim: 27.11.2020 Saat: 19.40).
12. <https://www.scribd.com> (Erişim: 27.11.2020).
13. <http://www.asnud.org.tr> (Erişim: 11.01.2020).
14. <https://sanayihavarehberi.csb.gov.tr/sektorel-kilavuzlar-i-86227> (Erişim: 11.01.2021 Saat: 22.50)
15. http://www.caglaryalcinkaya.com/FileUpload/ks149954/File/16-bitumlu_malzemeler-cyweb.pdf (Erişim: 11.01.2021 Saat: 22.42).
16. <https://www.tamvol.com.tr/Uretim-ve-Uygulama> (Erişim: 12.01.2021 Saat: 21.27).
17. <https://docplayer.biz.tr/32080413-Yararlanilacak-kaynaklar.html> (Erişim: 12.01.2021 Saat: 22.38).
18. <https://insaat.bartın.edu.tr/dokumanlar/ders-notlari.html> (Erişim: 12.01.2021 Saat: 23.35).
19. http://e-kutuphane.teb.org.tr/pdf/tebakademi/modern_farmasotk/17.pdf (Erişim: 14.01.2021 Saat: 21.40).
20. <https://yapim.otoyolas.com.tr/wp-content/uploads/kaliteyayinlari> (Erişim: 14.02.2021 Saat: 22.20).
21. https://www.fhwa.dot.gov/pavement/materials/hmec/pubs/module_f/lab_manual_asphalt.pdf (Erişim: 15.02.2021 Saat: 23.14).
22. <https://www.utest.com.tr>
23. <http://www.isfalt.istanbul>
24. https://civiconcepts.com/blog/float-test-of-bitumen#Observation_Table_for_Float_Test_of_Bitumen (Erişim: 13.05.2021 Saat: 21.38).
25. <http://www.ismakinalari.org.tr/tr/article.asp?id=29> (Erişim: 17.02.2021 01.15)
26. <https://www.yapikulubu.com/finiser-nedir-cesitleri/> (Erişim: 18.02.2021 02.54)
27. <http://www.igdir.edu.tr/Addons/Resmi/announc/7782/laboratuvar-deney-foyu.pdf> (Erişim: 18.10.2020 00.20)
28. <https://cdn3.beun.edu.tr/insaat/297a396322b1bf9bc53575e6ee2cf870/2-yapi-malzeme-deneyleri-2-agrega.pdf> (Erişim: 18.10.2020 00.25)
29. <https://agub.org.tr/agrega-deneyleri/> (Erişim: 17.11.2020 20.35)
30. <https://avesis.erciyes.edu.tr/dosya?id=54686f45-b936-4940-a9e8-eaf00ce98c94>. (Erişim: 29.01.2021 00.24)
31. https://yapim.otoyolas.com.tr/wp-content/uploads/kaliteyayinlari16_EK1_Aspalt_Institu





te_MS2_kisim_3_5_6_7_12_13_cevirisi_T%C3%BCrk%C3%A7e.pdf./ (Erişim: 28.01.2021 16.43)

32. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/221109> (Erişim: 28.01.2021 16.33)

33. <https://polen.itu.edu.tr/xmlui/handle/11527/11737> (Erişim 17.02.2021 02.08)

34. <https://volkanatabey.com.tr/agrega-yikanabilen-ince-madde-orani-tayini/> (Erişim: 07.12.2020 21.41)

35. <http://acikerisim.gelisim.edu.tr/xmlui/handle/11363/2436#sthash.e0FFUveR.dpbs> (Erişim 06.02.2021 2.38)

GÖRSEL KAYNAKÇA

Görsel 1.1 Görsel 1.4 Görsel 1.7 Görsel 1.10 Görsel 1.13 Görsel 1.16 Görsel 1.19 Görsel 1.22	Görsel 1.2 Görsel 1.5 Görsel 1.8 Görsel 1.11 Görsel 1.14 Görsel 1.17 Görsel 1.20 Görsel 1.23	Görsel 1.3 Görsel 1.6 Görsel 1.9 Görsel 1.12 Görsel 1.15 Görsel 1.18 Görsel 1.24		Komisyon tarafından oluşturuldu.
Görsel 2.1 Görsel 2.2 Görsel 2.3 Görsel 2.5 Görsel 2.6 Görsel 2.8:a	Görsel 2.8:b Görsel 2.8:c Görsel 2.8:d Görsel 2.8:e Görsel 2.8:f Görsel 2.9:a	Görsel 2.9:b Görsel 2.9:c Görsel 2.10 Görsel 2.11 Görsel 2.12 Görsel 2.14	Uygulama -1 Uygulama-2 Görselleri	Komisyon tarafından oluşturuldu.
Görsel 3.1 Görsel 3.2 Görsel 3.3 Görsel 3.4 Görsel 3.5 Görsel 3.6 Görsel 3.7 Görsel 3.8	Görsel 3.9 Görsel 3.10 Görsel 3.11 Görsel 3.12 Görsel 3.13 Görsel 3.14 Görsel 3.15 Görsel 3.16	Görsel 3.17 Görsel 3.18 Görsel 3.19 Görsel 3.20 Görsel 3.21 Görsel 3.22:a Görsel 3.22:b Görsel 3.22:c	Uygulama -1 Uygulama- 2 Uygulama- 3 Uygulama- 4 Görselleri Görsel 3.22:d	Komisyon tarafından oluşturuldu.
Görsel 4.1 Görsel 4.7 Görsel 4.10 Görsel 4.15	Görsel 4.4 Görsel 4.8 Görsel 4.13	Görsel 4.6 Görsel 4.9 Görsel 4.14		Komisyon tarafından oluşturuldu.
Görsel 5.1,	Görsel 5.5	Görsel 5.6 (Sağ)		Komisyon tarafından oluşturuldu.
Görsel 6.1, Görsel 6.12	Görsel 6.10 Görsel 6.24	Görsel 6.11		Komisyon tarafından oluşturuldu.
Görsel 7.1 Görsel 7.2 Görsel 7.3 Görsel 7.4	Görsel 7.5 Görsel 7.12 Görsel 7.13 Görsel 7.14	Görsel 7.15 Görsel 7.16 Görsel 7.17 Görsel 7.18	Uygulama- 1 Görselleri	Komisyon tarafından oluşturuldu.





Görsel 8.1 Görsel 8.4 Görsel 8.5 Görsel 8.6 Görsel 8.9 Görsel 8.10:b Görsel 8.10:c Görsel 8.10:d	Görsel 8.11 Görsel 8.12 Görsel 8.13 Görsel 8.14 Görsel 8.11 Görsel 8.12 Görsel 8.13 Görsel 8.14	Görsel 8.15 Görsel 8.16 Görsel 8.17 Görsel 8.20 Görsel 8.21 Görsel 8.22 Görsel 8.23 Görsel 8.24 Görsel 8.25	Uygulama -1, Uygulama- 2, Uygulama- 3, Uygulama- 4, Görselleri	Komisyon tarafından oluşturuldu.
Görsel 10.4 Görsel 10.7 Görsel 10.9 Görsel 10.10	Görsel 10.11 Görsel 10.15 Görsel 10.16 Görsel 10.17	Görsel 10.19 Görsel 10.22 Görsel 10.23		Komisyon tarafından oluşturuldu.
Görsel 11.1	Görsel 11.2		Uygulama Görselleri	Komisyon tarafından oluşturuldu.
Görsel 12.2 Görsel 12.3 Görsel 12.6	Görsel 12.7 Görsel 12.8	Görsel 12.9 Görsel 12.10	Uygulama -1 Uygulama- 2 Görselleri	
Görsel 13.1 Görsel 13.2 Görsel 13.3 Görsel 13.5	Görsel 13.6 Görsel 13.7 Görsel 13.8 Görsel 13.9	Görsel 13.10 Görsel 13.11 Görsel 13.12		Komisyon tarafından oluşturuldu.
Görsel 14.1 Görsel 14.2 Görsel 14.3 Görsel 14.4 Görsel 14.5	Görsel 14.6 Görsel 14.7 Görsel 14.8 Görsel 14.9	Görsel 14.10 Görsel 14.11 Görsel 14.12 Görsel 14.13	Uygulama -1 Uygulama- 2 Görselleri	Komisyon tarafından oluşturuldu.

GÖRSEL AĞ KAYNAKÇA

Görsel 1.21	http://libratez.cu.edu.tr/tezler/6953.pdf (Erişim:18.10.2020 01.12)
Görsel 2.4	http://www.megep.meb.gov.tr/ (Erişim: 17.10.2020, Saat:20.12)
Görsel 2.7	http://www.megep.meb.gov.tr/ (Erişim: 20.10.2020, Saat:20.30)
Görsel 2.13	https://cdn3.beun.edu.tr/insaat/297a396322b1bf9bc53575e6ee2cf870/2-yapi-malzeme-deneyleri-2-agrega.pdf.gov.tr/ (Erişim: 18.12.2020, Saat:22.54)
Görsel 4.2 Görsel 4.3 Görsel 4.5	https://www.utest.com.tr/tr/20371/AGREGA (Erişim:14.11.2020 02.15)
Görsel 4.11	https://www.youtube.com/watch?v=qWYGNKnzwGY , ESOGÜ-İnşaat Müh. Bölümü Ulaştırma Anabilim Dalı (Erişim:17.11.202 02.15)
Görsel 4.12	https://www.deviantart.com/zackdowney/art/Hydrometer-Temperature-Correction-406307624 (Erişim:17.11.2021 03.15)
Görsel 5.2	https://www.abccevre.com/golu-gorenleri (Erişim:14.04.2021 02.15)
Görsel 5.3	https://bilgihanem.com/katran-nedir (Erişim:14.04.2021 02.35)





Görsel 5.4	https://zistagilsonite.com/gilsonite-price/ (Erişim:14.04.2021 03.15)
Görsel 5.6 Sol	https://www.simgemat.com.tr/tr/CevreArge/InovatifUrunler (Erişim:15.04.2021 02.25)
Görsel 5.7	http://www.eskisehir.bel.tr/icerik_dvm.php?icerik_id=3076&cat_icerik=1&menu_id=24 (Erişim:15.04.2021 02.22)
Görsel .5.8 Görsel 5.9 Görsel 5.10 Görsel 5.11 Görsel 5.12	http://www.isfalt.istanbul/urunler (Erişim:22.04.2021 00.15-02-00)
Görsel 6.2 Görsel 6.3	https://www.fhwa.dot.gov/pavement/materials/hmec/pubs/module_f/lab_manual_asphalt.pdf (Erişim:10.05.2021 Erisim 03.22)
Görsel 6.4, Görsel 6.9, Görsel 6.16, Görsel 6.18Sol Görsel 6.20, Görsel 6.21, Görsel 6.23	https://www.utest.com.tr/tr/37144/BITUM (Erişim:13.05.2021 01.12-02.00)
Görsel 6.5	https://www.youtube.com/watch?v=bj6LnKEWbQE , ESOGÜ-İnşaat Müh. Bölümü Ulaştırma Anabilim Dalı (Erişim:14.05.2021 02.15)
Görsel 6.6, Görsel 6.7	https://civiconcepts.com/blog/float-test-of-bitumen# Observation_Table_for_Float_Test_of_Bitumen (Erişim: 13.05.2021 Saat: 21.38).
Görsel 6.8	https://www.youtube.com/watch?v=mD-5wYpiGRs (Erişim:20.05.2021 04.22)
Görsel 6.13	YÜKNÜ, K. , ÖZTÜRK, T. , KOMUT, M. (2020). Bitümlü Bağlayıcılar Laboratuvar El Kitabı, Karayolları Genel Müdürlüğü., Ankara.
Görsel 6.14 Görsel 6.15	https://www.youtube.com/watch?v=DOXsA_uqYhU , ESOGÜ-İnşaat Müh. Bölümü Ulaştırma Anabilim Dalı Erişim :20.05.2021 03.22)
Görsel 6.17	https://www.youtube.com/watch?v=jxgpLp279Yc (Erişim 20.05.2021 11.02)
Görsel 6.18	https://tr.wikipedia.org/wiki/Dean-Stark_aparat%C4%B1 (Erişim 20.05.2021 04.22)
Görsel 6.19	https://www.youtube.com/watch?v=DQv46H2z65Q (Erişim 20.05.2021 01.19)
Görsel 6.22	https://www.youtube.com/watch?v=OzbwyhArVa8 , ESOGÜ-İnşaat Müh. Bölümü Ulaştırma Anabilim Dalı (Erişim 21.05.2021 01.01)
Görsel 6.23	https://www.youtube.com/watch?v=1QVoqaQr9Q0 (Erişim 23.05.2021 02.02)
Görsel 6.24	https://www.youtube.com/watch?v=yLtuDv3GzWo (Erişim21.05.2021 04.22)





Görsel 7.6	https://www.utest.com.tr/ (Erişim: 16.02.2021 Saat:18.41-18-45)
Görsel 7.7	
Görsel 7.8	
Görsel 7.9	
Görsel 7.10	
Görsel 7.11	
Görsel 8.2	https://www.utest.com.tr/ (Erişim: 25.03.2021 Saat:22.08). https://www.utest.com.tr/ (Erişim: 10.03.2021 Saat:17.57). https://www.utest.com.tr/ (Erişim: 30.03.2021 Saat:22.32). https://www.utest.com.tr/ (Erişim: 30.03.2021 Saat:04.07). https://www.utest.com.tr/ (Erişim: 08.03.2021 Saat:22.31).
Görsel 8.3	
Görsel 8.7	
Görsel 8.8	
Görsel 8.10a	
Görsel 8.18	
Görsel 8.22	
Görsel 8.23	
Görsel 8.24	
Görsel 8.25	
Görsel 8.18	https://www.indiamart.com/proddetail/mobile-asphalt-drum-mix-plant-19470927855.html (Erişim: 20.02.2021 16.00)
Görsel 8.19	http://ttcmuhendislik.com/ttc-urunler/asfalt-plentii/ (Erişim: 20.02.2021 17.12)
Görsel 9.1a	https://www.yapikulubu.com/finiser-nedir-cesitleri/ (Erişim: 22.02.2021 14.40)
Görsel 9.1b	https://www.caliskanlaroperatorkursu.com/medya-galeri/greyder/asfalt-ve-beton-serme-finiser-makinesi-operatoru-kimdir (Erişim: 22.02.2021 14.45)
Görsel 9.3	http://www.hasimer.com.tr/tr/menu/4/Yararlanilan_Makine_Parki (Erişim: 22.02.2021 15.05)
Görsel 9.4	http://m.tr.okvtrading.com/road-roller/double-drum-vibratory-roller/xcmg-12-ton-double-drum-vibratory-roller.html (Erişim: 22.02.2021 15.05-15.15)
Görsel 9.5	
Görsel 9.2	http://www.isfalt.istanbul/assets/img/katalog/ISFALT_KATALOG_KUCUK_son.pdf (Erişim 20.02.2021 01.32-02.12)
Görsel 9.6	
Görsel 9.7	
Görsel 9.8	
Görsel 9.9	
Görsel 10.1	https://www.csb.gov.tr/ (Erişim: 13.12.2020, Saat:23.38).
Görsel 10.2	https://www.yilmazas.com/ (Erişim: 14.12.2020, Saat:00.13).
Görsel 10.3	http://www.megep.meb.gov.tr/ (Erişim: 14.12.2020, Saat:00.23).
Görsel 10.5	https://www.hira.com.tr/Tr (Erişim: 27.10.2020, Saat:00.31).
Görsel 10.6	https://www.labor.com.tr/ (Erişim: 11.11.2020, Saat:01.57).
Görsel 10.8	https://www.medikaltec.com/ (Erişim: 13.12.2020, Saat:23.51).
Görsel 10.12	https://muhendisce.com/ (Erişim: 14.12.2020, Saat:00.04).
Görsel 10.13	https://www.mta.gov.tr/v3.0/ (Erişim: 14.12.2020, Saat:00.25).
Görsel 10.14	http://www.aydos.com.tr/ (Erişim: 13.12.2020, Saat:23.32).
Görsel 10.18	https://www.insaatgundemi.com/ (Erişim: 06.11.2020, Saat:00.08).
Görsel 10.20	https://www.ozgul.com.tr/ (Erişim: 06.11.2020, Saat:00.12).
Görsel 10.21	https://fabo.com.tr/ (Erişim: 06.11.2020, Saat:00.19).





Görsel 12.1	https://dal.aku.edu.tr/2016/02/29/xrf-cihazı/ (Erişim: 15.01.2021 11.21)
Görsel 12.4	https://atomikateknik.com/uploads/belgeler/atomika-teknik-cihazlar-genel-urun-brosuru-54135.pdf (Erişim: 15.01.2021 10.06-10.42)
Görsel 12.5	
Görsel 12.11	https://www.basekim.com/tr/tea-triethanolamine-85 (Erişim: 15.01.2021 13.42)
Görsel 13.4	https://www.utest.com.tr/ (Erişim: 10.05.2021 Saat:01.47-01.51)
Görsel 13.13	
Görsel 15.6	https://www.utest.com.tr/ (Erişim: 24.01.20201 Saat:00.28)
Görsel 15.9	https://www.utest.com.tr/ (Erişim: 04.01.20201 Saat:02.34)
Görsel 15.10	
Görsel 16.1	http://www.megep.meb.gov.tr/ (Erişim: 22.04.2021 Saat:03.45).
Görsel 16.2	
Görsel 16.3	
Görsel 16.5	
Görsel 16.4	http://www.dincmakina.com.tr/ (Erişim: 22.04.2021 Saat:03.06)
Görsel 16.6	https://www.veterinermalzeme.com/ (Erişim: 22.04.2021 Saat:03.10)
Görsel 16.7	https://aquaist.com/ (Erişim: 23.04.2021 Saat:00.34)
Görsel 16.8	https://www.labor.com.tr/ (Erişim: 25.04.2021 Saat:01.33)



**ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI**

Öğrenme Birimi	Cevap Anahtarı
1	1-A, 2- E, 3- A, 4- D, 5- E, 6- A, 7- C, 8- E, 9- A, 10-B
2	1- D, 2-B, 3-C, 4-D, 5-C, 6-D, 7-C, 8-E, 9-D, 10-B
3	1- D, 2-B, 3-D, 4-C, 5-C, 6-C, 7-D,8-C, 9-D, 10-B, 11-A
4	1-A, 2- E, 3- C, 4- E, 5- D, 6- C, 7- B, 8- D, 9- B, 10-A
5	1-C, 2- B, 3- D, 4- D, 5- C, 6- E, 7- B, 8-A, 9- B, 10- A
6	1-C, 2-C, 3- A, 4-D, 5-C, 6-E, 7-B, 8-D, 9-A, 10-D, 11-E, 12-B, 13- D, 14- A, 15- D, 16-A, 17- B, 18- A, 19-D, 20- E
7	1- A, 2-C, 3-D, 4-C, 5-D, 6-B, 7-A, 8-A, 9-D, 10-C
8	1- C, 2-E, 3-B, 4-E, 5-B, 6-B, 7-D, 8-D, 9-B, 10-D
9	1-C, 2-A, 3-B, 4-D, 5-E
10	1-D, 2-E, 3-A, 4-B, 5-C
11	1-D, 2-B, 3-C, 4-D, 5-A, 6-B, 7-D, 8-C, 9-A, 10C
12	1-E, 2-D, 3-E, 4-B, 5-C
13	1-B, 2-C, 3-A, 4-E, 5-E
14	1-B, 2-C, 3-B, 4-A, 5-E, 6-D
15	1-E, 2-D, 3-E, 4-B, 5-A, 6-B, 7-C, 8-A, 9-D, 10-C
16	1-C, 2-B, 3-D, 4-A, , 5-E, 6-C, 7-A, 8-D, 9-E, 10-B

