

P.
150
162

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Fark Öze, Mat. Olg. Kar. Üst. İkar. Karş.

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yener Birliker

1989

Re
İN
151
1989

29 -
R 150
162

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI ÖZELLİKLİ MALZEMELERLE OLUŞTURULAN
KARAYOLU ÜSTYAPISI KARIŞIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MÜH. R.YENER BİRLİKER

İSTANBUL 1989

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot : R 150
162

Alındığı Yer : FEN BİL. EMS.

Tarih : 17.10.1991

Fatura : - - - - -

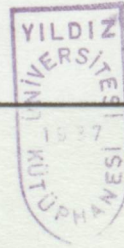
Fiyatı : 30.000.₺.

Ayniyat No : 1/15

Kayıt No : 47754

UDC : 624.378.242.

Ek : 1.ktl.Harita
14 Tablo
4 Grafik



FARKLI ÖZELLİKLİ MALZEMELERLE OLUŞTURULAN
KARAYOLU ÜSTYAPISI KARŞILAŞTIRILMASI



YÜKSEK LİSANS TEZİ
MÜH. R.YENER BİRLİKER

ÖNSÖZ

Farklı özelliklerdeki malzemelerle oluşturulan karayolu üstyapısı karışımlarının, uygulanan deney koşulları altındaki davranışlarını tesbit etmek ve bunları değerlendirmek amacıyla yapılan bu çalışmada yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanı Prof. Dr. Aydın EREL'e, değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Y. Doç. Dr. Mustafa ILICALI'ya çok teşekkür ederim.

Çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için olanak sağlayan, gerekli bilgi ve belgeleri temin ettiğim T.C.K. 17. Bölge Müdürlüğü'nün yetkilerine, STFA Firmasının Trakya Otoyolu Şantiye Laboratuvarı ilgililerine, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Ulaştırma Kürsüsünden Yük. Müh. Murat ERGÜN'e teşekkürü borç bilirim.

Tezin yazılmasında ve hazırlanmasında emeği geçen Süleyman ARMAĞAN'a ve Medet USLU'ya teşekkür ederim.

Çalışma sonuçlarının yararlı olmasını dilerim.

R. Yener BİRLİKER

İstanbul, Haziran 1989

İ Ç İ N D E K İ L E R

Sayfa No.

ÖZET

SUMMARY

1. BÖLÜM - KARAYOLU YAPISI

1.1. Giriş	1
1.2. Karayolu Altyapısı	2
1.3. Karayolu Üstyapısı	2
1.3.1. Üstyapı tabakaları ve bitümlü üstyapı tabakala- rında aranan şartname değerleri	4
1.3.1.1. Alttemel tabakası	4
1.3.1.2. Temel tabakası	4
1.3.1.2.1. Granüler temel tabakası	5
1.3.1.2.2. Plent miks temel tabakası ..	5
1.3.1.2.3. Çimento bağlayıcılı granüler temel tabakası	5
1.3.1.2.4. Bitümlü temel tabakası	5
1.3.1.3. Kaplama tabakası	7
1.3.1.3.1. Yüzeysel kaplamalar	8
1.3.1.3.2. Asfalt betonu (Binder ve aşınma)	8

2. BÖLÜM - MALZEMELER : TRAKYA BÖLGESİ TAŞ OCAKLARI VE ÇALIŞMA- DA KULLANILAN MALZEMELER

2.1. Giriş	14
2.2. Malzemelere uygulanan deneyler	14
2.2.1. Agregalara uygulanan deneyler	14
2.2.2. Deney sonuçlarının kullanılması	14
2.2.3. Bitümlü bağlayıcılara uygulanan deneyler	16
2.3. Trakya Bölgesi taş ocakları	17
2.3.1. Bu çalışmada kullanılan agregalar	17
2.3.1.1. Cebeci siyah kalker ocağı	21

	<u>Sayfa No.</u>
2.3.1.2. Çatalca beyaz kalker ocağı	21
2.3.1.3. Çatalca granit ocağı	22
2.3.2. Çalışmada kullanılan bitüm ve filler malzemesi	23
2.3.2.1. Bitüm	23
2.3.2.2. Filler	23
3. BÖLÜM - DENEYSEL ÇALIŞMALAR	
3.1. Giriş	24
3.2. Karışım dizaynları (miks dizayn) çalışmaları	24
3.2.1. Siyah kalker (Cebeci) ile hazırlanan karışım dizaynları neticeleri	26
3.2.2. Beyaz kalker (Çatalca) ile hazırlanan karışım dizaynları neticeleri	26
3.2.3. Granit (Çatalca) ile hazırlanan karışım dizayn ları neticeleri	27
3.3. Deney biriketlerinin hazırlanması ve deneyler	27
3.4. Daldırma kaybı deneyi	31
3.4.1. Deney şartnamesi (AASHTO T-165) çeviri	31
3.5. Donma-çözülme deneyi	36
3.5.1. Donma indeksinin tayini ve deneyde uygulanacak tekerrür sayısı	37
3.5.2. Deney koşulları	39
4. BÖLÜM - ÇALIŞMADA YAPILAN DENEYLERİN SONUÇLARI VE DEĞER- LENDİRİLMESİ	
4.1. Karışımların normal Marshall stabilitelerinin değer- lendirilmesi	40
4.2. Karışımların daldırma kaybı deneyi sonuçlarının de- ğerlendirilmesi	44
4.3. Karışımların donma çözülme deneyi sonuçlarının de- ğerlendirilmesi	45

ÖZET

Günümüzde, ülkelerdeki ulaşım talebinin hızla artması, bir yandan mevcut ulaştırma yapılarının bakım ve onarım giderlerini, diğer yandan da yeni ulaştırma yapılarına olan gereksinimi hızla artırmaktadır. Dolayısıyla kara ulaştırma yapılarında büyük miktarlarda kullanılan doğal agrega gereksinimi ve tüketimi de hızla artmaktadır. İstenilen özelliklerdeki doğal kaynakların da kısıtlı olması ve doğal agrega maliyetlerinin yükselmesi, bu agregaların en iyi şekilde değerlendirilmesini gerektirmektedir.

Bu çalışmada, Trakya Bölgesindeki taş ocaklarından temin edilen farklı özelliklerdeki agregalarla oluşturulan karayolu üstyapısı karışımlarının, yapılan deney sonuçlarına göre değerlendirilmeleri yapılmıştır. Dört bölümden oluşan çalışmanın birinci bölümünde, karayolu alt ve üst yapısının tanımı, bitümlü karışımlarla oluşturulan üstyapı tabakalarında aranılan özellikler ve şartname sınırları verilmektedir.

Bölüm 2'de esnek üstyapıların ana malzeme grubu olan agregalarda ve bitümlü bağlayıcılarda aranılan özellikler, bunlara uygulanan deneyler ile bu deney sonuçlarının kullanılması verilmektedir. Bununla beraber, Trakya Bölgesindeki taş ocakları ile bu çalışmada kullanılan malzemeler hakkındaki bilgiler de bu bölümde verilmiştir.

Bölüm 3, Siyah kalker, Beyaz kalker ve Granit agregalarıyla oluşturulan bitümlü karışımlara uygulanan deneyler ve bu deneyler yapılırken uyulan koşullar hakkındaki bilgileri içermektedir.

Dördüncü bölümde ise, IGL-STFA JV. Trakya Otoyolu Çatalca şantiyesi, T.C.K. 17. Bölge Müdürlüğü ve İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi laboratuvarlarında yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar verilerek, bu deney sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmaktadır.

Alınan sonuçların değerlendirilmesinden, bitümlü karışımlar için, su ve don etkilerinin de dikkate alınarak agrega cinsinin belirlenmesinde Granit agregalarının tercih edilmesi gerektiği sonucu çıkmaktadır.

SUMMARY

Recently, the accelerated demand for transportation in all countries has increased both the maintenance and repair costs of existing highway structures and the necessity for new structures. Consequently the demand and the consumption of natural aggregates used for these structures has increased considerably. Owing to the scarcity of the natural aggregates meeting the required specifications and the increasing costs, a proper assessment of these aggregates becomes necessary.

In this study, the evaluations have been made according to the test results of highway pavement mixes prepared from aggregates having different characteristics quarried from Thracian region. The study has four parts, part 1 gives a description of highway pavement and base course and the characteristics required for the bituminous pavement layers together with the specification limits.

Part 2 studies the required characteristics of the main components of flexible pavements aggregates and bituminous cements, together with tests for the materials and the application of the results. In addition, Thracian quarries and the information on the materials used in this study are discussed.

Part 3 has the information about the tests on the mixes produced by use of white limestone, black limestone and granite aggregates and the conditions arranged during the tests.

The test results performed at the IGL-STFA JV. Thracian Motorway Catalca Site, T.C.K. 17 th Division Directorate and I.T.U. Civil Engineer Faculty laboratories and the evaluations of the same are given in part 4.

As a conclusion from the tests made for design of bituminous mixes, taking into account the effects of water and frost, Granite aggregates produce the most satisfactory results.

1.BÖLÜM

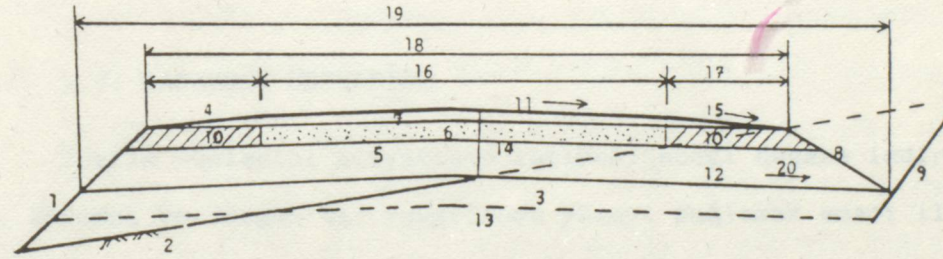
KARAYOLU YAPISI

1.1. GİRİŞ

Karayolu yapısı, önceden belirlenen geometrik standartlara uygun olarak belirlenmiş olan güzergah boyunca, doğal zeminin istenilen yükseltilere getirilebilmesi ve üzerinde motorlu taşıtların istenilen hız, güvenlik ve konfor koşullarında hareketlerinin sağlanabilmesi amacıyla inşa edilen yapıların tümü olarak tanımlanabilir.

Bu bölümde, görevi, yapım sırası ve özellikleri açısından karayolu yapısını oluşturan alt ve üst yapı bölümleri genel olarak tanımlanmakta ve bu çalışmada esas teşkil eden Karayolu üstyapısı tabakaları ele alınarak bitümlü karışımlarla oluşturulan tabakalarda aranılan özellikler ve şartname sınırlamaları verilmektedir.

Karayolu yapısına ait bir enkesit Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Karayolu Enkesiti

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. Dolgu sevi | 11. Yolun enine eğimi |
| 2. Tabii zemin | 12. Taban yüzeyi (tesviye yüzeyi) |
| 3. Seçme malzeme tabakası
(gerekli olduğu durumlarda) | 13. Yol gövdesi (taban zemini) |
| 4. Banket kaplaması | 14. Üstyapı proje kalınlığı |
| 5. Alttemel | 15. Banket eğimi |
| 6. Temel tabakası | 16. Trafik seritleri genişliği |
| 7. Kaplama tabakası | 17. Banket genişliği |
| 8. Hendek sevi | 18. Yol genişliği |
| 9. Yarma sevi | 19. Üstyapı taban genişliği |
| 10. Banket temeli | 20. Taban yüzeyinin enine eğimi |

1.2. KARAYOLU ALTYAPISI

Yapımı tamamlanmış bir karayolunda, tesviye yüzeyi ile doğal zemin çizgisi arasındaki bölgeye altyapı adı verilir. Altyapı, yolun dolgu kesimlerinde, dışarıdan getirilen toprak ile oluşturulmuş bir toprak gövde, yarma kesimlerinde ise doğal zemindir. Ancak, kazı işleminden sonra istenilen düzlüğü ve eşit yük dağılımını sağlamak amacıyla döşenen ve sıkıştırılan toprak da, yarma kesimindeki altyapıya dahildir. Ayrıca, köprü, viyadük, tünel, menfez ve istinat duvarı gibi sanat yapıları da altyapı olarak kabul edilebilir.

Altyapının görevleri : İstenilen kotta düzgün bir yüzey sağlamak, üstyapı tarafından istenilen yükleri daha geniş bir alana yaymak ve az da olsa, yolu dış etkilerden korumaktır. Bu görevleri yerine getirebilmesi için, trafik yükleri, don ve su etkilerine karşı dayanıklı olması gerekir. Altyapının oluşturulmasında: Bitkisel toprak, çürük zemin ve sıkıştırmaya elverişli olmayan zeminlerin kullanılmamasına özen gösterilmelidir. Bu nedenle altyapıyı oluşturan zemin özelliklerinin çok iyi etüd edilmeleri gerekmektedir.

1.3. KARAYOLU ÜSTYAPISI

Trafik yüklerini altyapının taşıyabileceği değere indirmek, altyapıyı korumak ve düzgün bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak amacı ile altyapı üzerine yerleştirilen alttemel, temel ve kaplamadan oluşan tabakalı yol yapısıdır. Kaplama, taşıtlara uygun bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak, trafiğin aşındırma etkilerine karşı koymak ve yapıya sızan yüzeysel su miktarını ve temel tabakasına iletilen kayma gerilmelerini azaltmak amacıyla temel tabakası üzerine inşa edilen bir tabakadır. Kaplama altındaki temel tabakası, bağlayıcısız ya da bir bağlayıcı madde ile işlem görmüş olan, belirli gronülometrideki malzemeden oluşur. Ana görevi, üstyapının yük taşıma kabiliyetini artırmaktır. Ayrıca, trafik hareketlerinden doğan yüksek kayma gerilemelerine karşı koyabilecek, drenaja yardımcı olabilecek ve don olaylarına karşı da koruma sağlayabilecek nitelikte olmalıdır.

Alttemel ise, trafik yüklerinin taban üzerine yayılmasını sağlamak, ince daneli alt yapıların temel tabakasına nüfuz etmelerini önlemek, ayrıca su ve don tesirlerine karşı tampon bölge görevi yapmak üzere tesviye yüzeyi üzerine serilen tabakadır.

Üstyapılar, kaplama tabakasında kullanılan malzemelerin türlerine, niteliklerine ve yapım yöntemlerine göre rijit ve esnek olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadırlar. Taban zeminine, trafiğe, çevre şartlarına ve ekonomik faktörlere bağlı olarak en uygun üstyapı tipi seçilir.

Cimento betonu ile yapılan kaplamalarla oluşturulan üstyapıya "Rijit Üstyapı" ya da "Beton Yollar" denir. Yol kaplaması olarak betonun görevi, trafik yüklerini tabana iletmek ve bu sırada tabanın deforme olmasını sağlamaktır. Bir beton kaplamanın davranışı, dökülen beton tabakaların özelliklerinin yanı sıra, kaplama altına serilen temel ve alttemel tabakaları ile mevcut taban zemininin özelliklerine bağlı olarak değişir. Beton yollar, enine ve boyuna derzlerle birbirinden ayrılmış $20-25 \text{ m}^2$ alana sahip plaklar halindedir. Beton plağın rijitliğinin yüksek olması nedeniyle taban zemininde oluşan gerilmeler geniş bir alana yayılır.

Bitümlü kaplama tabakaları ile oluşturulan üstyapılara ise "Esnek Üstyapı" denir. Esnek üstyapı, tesviye yüzeyi ile sıkı bir temas sağlayan ve trafik yüklerini, kaplama, temel ve alttemel tabakaları vasıtasıyla taban zeminine dağıtan bir üstyapı şekli olup, stabilitesi, adezyon dane sürtünmesi ve kohezyon gibi kullanılan agrega ve bitümlü bağlayıcının özelliklerine bağlıdır.

Yukarıda tanımlanan rijit ve esnek üstyapıların birbirlerine göre çeşitli teknik üstünlükleri ve dezavantajları vardır. Ekonomik yönden de karşılaştırıldıklarında farklı sonuçlar çıkmaktadır.

Bu çalışmada, değişik malzeme ocaklarından sağlanan farklı özelliklerdeki malzemelerle oluşturulan çeşitli karışımlar, esnek üstyapı karışımları olduğundan burada esnek üstyapı tabakaları ele alınmaktadır.

1.3.1. ÜSTYAPI TABAKALARI VE BİTÜMLÜ ÜSTYAPI TABAKALARINDA ARANAN ŞARTNAME DEĞERLERİ

T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü Yollar Fenni Şartnamesi ve Bitümlü Kaplamalar Fenni Şartnamesinin kabul ettiği esaslar dahilinde, karayolu üstyapısını oluşturan ; alttemel, temel ve kaplama tabakalarından bitümlü karışımlarla oluşturulan tabakalarda aranılan özellikler aşağıda verilmiştir. Bitümlü bağlayıcı olmadan oluşturulan üstyapı tabakaları ise kısaca tanımlanmıştır.

1.3.1.1. Alttemel Tabakası

Alttemel, trafik yüklerinin taban zemini üzerine yayılmasını sağlamak, ince daneli altyapıların temel tabakasına nüfuz etmelerini önlemek ve ayrıca su ve don tesirlerine karşı tampon bölge görevi yapmak üzere; belirli bir granülometride hazırlanan agreganın su ile karıştırılarak tesviye yüzeyine serilmesi ile oluşturulan tabakadır.

1.3.1.2. Temel Tabakası

Kaplama tabakasının hemen altına yerleştirilen, daneli veya uygun bir bağlayıcı ile işlem görmüş malzemeden oluşan bir tabakadır. Temel tabakasının başlıca görevi kaplama tabakasına destek olarak üstyapının yük taşıma kabiliyetini artırmaktır. Trafik yüklerinden doğan yüksek kayma gerilmelerine karşı koyabilmeli ve yüksek nem oranında dengede kalabilmeli, ayrıca drenaja yardımcı olmalı ve don etkisine karşı da ek bir koruma sağlayabilmelidir.

Tek başına agrega ya da bağlayıcı ile işlem görmüş agrega ile oluşturulabilen temel tabakası uygulamada aşağıdaki tiplere uygun olarak inşa edilir.

1.3.1.2.1. Granüler Temel Tabakası

Granüler temel tabakası, çakıl, kırılmış çakıl, kırılmış cüruf kırma taş ve ince malzeme kullanılarak granülometri limitlerine uygun olarak su ile karıştırılıp alt temel üzerine bir veya daha fazla tabaka halinde serilip sıkıştırılmak suretiyle oluşturulur.

1.3.1.2.2. Plent Miks Temel Tabakası

Kırılmış çakıl, kırılmış cüruf, kırma taş ve ince malzeme kullanılarak granülometri limitleri içinde, kaba ve ince olmak üzere en az iki ayrı dane boyutu grubunun uygun oranda su ile plentte karıştırılmasıyla hazırlanan alttemel tabakası üzerine bir veya birden fazla tabakalar halinde serilip sıkıştırılmasıyla oluşturulan tabakadır.

1.3.1.2.3. Çimento Bağlayıcılı Granüler Temel Tabakası

Çimento bağlayıcılı granüler temel tabakası, çakıl, kırılmış çakıl, kırılmış cüruf, kırma taş ve ince malzeme kullanılarak granülometri limiti içinde en az iki ayrı dane boyutu grubunun uygun oranlarda çimento ve su ile karıştırılmasıyla hazırlanan malzemenin, alt temel tabakası üzerine bir veya daha fazla tabaka halinde serilip sıkıştırılmasıyla oluşan tabakadır.

1.3.1.2.4. Bitümlü Temel Tabakası

Bitümlü temel, kırılmış ve elenmiş kaba agrega, ince agrega ve mineral fillerin belli granülometri limitleri dahilinde uygun bir bitümlü bağlayıcı ile bir plentte karıştırılmasıyla elde edilir. Tek veya daha fazla tabaka halinde sıcak olarak uygulanır. Bitümlü temel hazırlanmasında kullanılacak granülometri Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1. Bitümlü Temel Tabakası Granülometri Limitleri

Elek Boyutu		Tip A	Tip B
mm.	inç.		
37,5	1 1/2	100	100
25	1	72-100	80-100
19	3/4	60-90	70-90
12,5	1/2	50-78	61-81
9,5	3/8	43-70	55-75
4,75	No.4	30-55	42-62
2,00	No.10	18-42	30-47
0,425	No.40	6-21	15-26
0,180	No.80	2-13	7-17
0,075	No.200	0-7	1-8

Bu çalışmada, yapılan Bitümlü Temel karışımları Tip A'da verilen granülometriye uygun olarak yapılmıştır.

Bitümlü Temel tabakasında kullanılacak agregada aranan fiziksel özellikler ve şartname sınırları ise tablo 1.2'de verilmistir.

Tablo 1.2. Bitümlü Temel tabakası Agregası Özellikleri

Deney Adı	Deney Metodu			Sınırlamalar	
	AASHTO	ASTM	TS.		
Kaba Agregası (No.4 Elek Üstü)	Los Angeles aşınma (%)	T-96	C-131	3694	35
	Na ₂ SO ₄ sağlamlık (%)	T-104	C-88	3655	12
	Yassılık indeksi (%)		BS 812		35
	Soyulma mukavemeti (%)		Nicholson metodu ile		50
	Su absorpsiyonu (%)		C-127	3526	2,5
İnce Agregası No.4 Elek Altı	Plastisite indeksi (%)		1900		2
	Organik madde miktarı (%)		3673		0,5

Bitümlü temel tabakasında kullanılacak bitümlü bağlayıcı olarak TS 1081 (yol üstyapısında kullanılan asfalt çimentolarının özellikleri)'ne uygun olarak AC 60-70 ve AC 75-100 penetrasyonlu asfalt çimentosu kullanılır. Kullanılacak asfalt çimentosuna uygulanacak deneylerden elde edilen sonuçlar şartnamelerde verilen değerlere uygun olmalıdır. Bitümlü temelin karışım dizaynı, TS 3720 (Bitümlü kaplama karışımlarının hesap esasları) standartına göre ve marshall metodu kullanılarak hazırlanır. Dizayn kriterleri ile ilgili bilgiler Tablo 1.3'de verilmiştir.

Tablo 1.3. Sıcak Bitümlü Temel Tabakası Dizayn Kriterleri

Özellikler	Minimum	Maksimum
Briket yapımında uygulanacak darbe sayısı	50	-
Marshall stabilitesi (Kg)	400	-
Boşluk (%)	5	9
Asfaltla dolu boşluk (%)	50	60
Akma, mm.	2	5
Asfalt çimentosu (Ağırlıkça, 100'e)	2,5	5,5

1.3.1.3. Kaplama Tabakası

Kaplama tabakası, üstyapının trafik yüklerine doğrudan doğruya maruz kalan en üst tabakasıdır. Trafiğin yükleri nedeniyle oluşan basınç ve çekme gerilmelerinin en yüksek seviyede olması nedeniyle, diğer tabakalara nazaran daha yüksek bir elastisite modülüne sahip olmalıdır. Kaplama tabakası, suya karşı geçirimsizlik sağlayarak yolu bozulmalardan koruduğu gibi, yazın toz, kışın çamur gibi konfor bozucu etkilerini de önleyerek ve düzgün yuvarlanma yüzeyi sağlayarak konforun artmasına sebep olur.

Kaplama tabakası, bağlayıcı ve agreganın kullanılma şekillerine göre farklı tiplere ayrılır.

- Yüzeysel kaplamalar
- Bitümlü karışımlarla oluşturulan kaplamalar

1.3.1.3.1. Yüzeysel Kaplamalar

Yüzeysel kaplama, yol yüzeyine ince bir film halinde asfalt veya katran sermek, sonra bunun üstüne tabaka halinde agrega örtmek suretiyle yapılan bir kaplama şeklidir. Yapımları kolay maliyeti düşüktür. Yüzeysel kaplama, yolun kabul edilen hizmet süresi boyunca geçecek olan, ortalama günlük ağır ticari taşıt sayısı çift yönde 500'den küçük olan yollarda uygulanmalıdır.

1.3.1.3.2. Bitümlü Karışımlarla Oluşturulan Kaplamalar

(Asfalt betonu (beton asfalt) kaplamalar)

(Binder tabakası, aşınma tabakası)

Bu tip karışımlar, yerinde karıştırılan (Road-miks) hafif bitümlü kaplamalar, makina ile karıştırılmış (plant-mix) sıcak karışımlı hafif bitümlü kaplamalar ve asfalt betonu şeklinde incelenirler. Bitümlü karışımlarla oluşturulan kaplama olarak yalnız asfalt betonu ele alınacaktır.

Günlük ticari trafik sayısı 500'den büyük yollarda kullanılan beton asfalt, çok dikkatli şekilde oranları saptanmış bulunan, iri agrega, ince agrega ve filler ile asfalt çimentosunun sabit karıştırma tesislerinde sıcaklık, nem ve bileşim bakımından çok sıkı bir kontrol altında karıştırılmasıyla elde edilir. En gelişmiş kaplama tipi olan beton asfalt kaplamalar, trafiği ağır yollarda, otoyollarda, hava alanı pistlerinde her türlü iklim koşullarında geniş bir uygulama alanı bulmaktadır.

Yüksek dirençlerine karşı maliyetleri de yüksektir. Asfalt betonu genel anlamı ile aşınma tabakasını, binder tabakasını ya da bunların her ikisini birden kapsar. Trafiğin aşındırma ve iklimin ayrıştırma etkilerine karşı koyan en üst tabakaya AŞINMA TABAKASI denir. Aşınma tabakası ile temel tabakası arasında geçiş olmak üzere bir veya birkaç tabaka yapılır ki, buna da BİNDER TABAKASI denilmektedir. Asfalt betonu oluşumunda kullanılacak agregada aranan granülometri limitleri Tablo 1.4 ve Tablo 1.5 de gösterilmiştir.

Tablo 1.4. Binder Tabakası için Granülometri Limitleri

Elek Boyutu		Tip A	Tip B	Tip C
mm.	inç			
25	1	100	100	100
19	3/4	82/100	80-100	77-100
12.5	1/2	68/87	63/81	59/77
9.5	3/8	60/79	54/72	49/66
4.75	No.4	46/65	40/58	34/52
2.00	No.10	34/51	28/45	23/39
0.425	No.40	17/29	14/25	12/22
0.180	No.80	9/18	8/16	7/14
0.075	No.200	2-7	2-7	2-7

- Asfalt beton imalinde kaba agregada : kırılmış, eelenmiş taş, çakıl veya eelenmiş çakıl ve bunların karışımının 4.75 mm.lik (No.4) elek üzerinde kalan kısmı olup, temiz, pürüzlü sağlam ve dayanıklı danelerden oluşmalıdır. Kaba agregada aranan, fiziksel özellikler ve şartname sınırları Tablo 1.6'da verilmiştir.



Tablo 1.5. Aşınma Tabakası için Granülometri Limitleri

Elek Boyutu		Tip A	Tip B	Tip C	Tip D	Tip E	Tip F
mm.	inç						
19	3/4	100	100	100			
12.5	1/2	89-100	84-100	81-100	100	100	100
9.5	3/8	80-95	75-91	71-87	87-100	84-100	80-100
4.75	No.4	64-81	57-75	52-70	66-82	60-77	55-72
2.00	No.10	48-65	42-59	36-53	47-64	41-58	36-53
0.425	No.40	26-40	22-35	17-30	24-36	20-32	16-28
0.180	No.80	15-16	12-22	9-19	13-22	11-19	8-10
0.075	No.200	4-10	4-10	4-10	4-10	4-10	4-10

Bu çalışmada yapılan Binder ve Aşınma Tabakası karışımları her iki tabaka için de Tip C'de verilen granülometriye uygun olarak yapılmıştır.

Tablo 1.6. Asfalt Betonu Kaba Agrega Özellikleri

Deney Adı	Deney Metodu			Sınırlamalar	
	AASHTO	ASTM	TS	Binder	Aşınma Tb.
Los Angeles aşınma (%)	T-96	C-131	3394	35	35
Na ₂ SO ₄ Sağlamlık (%)	T-104	C-88	3655	12	10
Yassılık indeksi (%)		B S 812		35	35
Soyulma mukavemeti (%)		Nicholson metodu		50	50
Cilalama değeri		B S 812		-	0.50
Su absorpsiyonu (%)		C-127		2.5	2.5

- 4.75 mm,lik (No.4) elekten geçip 0,075 mm,lik elek üzerinde kalan malzeme olarak tanımlanan ince agregası, kırılmış taş, çakıl veya kum ile bunların karışımından oluşur. İnce agregası temiz, sağlam ve dayanıklı olmalıdır. Aranılan özellikler Tablo 1.7'de verilmiştir.

Tablo 1.7. Asfalt Betonuna İnce Agrega Özellikleri

Özellikler	Deney Metodu	Sınırlamalar	
		Binder Tabakası	Aşınma Tabakası
Plastisite indeksi maksimum %	TS 1900	2	2
Organik madde miktarı maksimum %	TS 3673	0.5	Müsaade Edilmeyecek

Asfalt betonunu oluşturan mineral filler ise, genel anlamı ile tamamı 0,600 mm. (No.30) elekten geçip, ağırlıkça en az % 70'i 0,075 mm. (No.200) elekten geçen malzeme olarak tanımlanır. Kaba ve ince agregaya karışımının granülometrisi 0.600 mm. (No.30) elekten geçen malzeme miktarı yönünden yetersiz ise agregaya karışımına mineral filler eklenir. Taş tozu, mermer tozu Portland çimentosu, sönmüş kireç ve benzeri maddelerden oluşan mineral filler : kil, toprak, organik ve zararlı madde kapsamamalıdır. Plastisite indeksi de 4'den büyük olmamalıdır. Mineral filler granülometri limitleri tablo 1.8'de verilmiştir. (AASSHTO M17-70).

Tablo 1.8. Mineral Fillerin Granülometri Limitleri

Elek Boyutu	% Geçen
0.600 mm (No.30)	100
0.300 mm (No.50)	95-100
0.075 mm (No.200)	70-100

Agregaya karışımına eklenen mineral fillerin 0.075 mm. (No.200) elek üzerinde kalan kısmı ince agregaya kabul edilir.

Asfalt betonu aşınma ve binder tabakalarının yapımı için agregaya ilave edilecek bitümlü bağlayıcı olarak asfalt çimentoları kullanılır.

("TS 1081-Yol üstyapılarında kullanılan Asfalt Çimentolarının özellikleri" standardına uygun). Asfalt betonunun karışım dizaynı Marshall Metodu kullanılarak yapılır. (TS 3720).

Asfalt betonu karışımlarının dizaynında Tablo 1.9'da verilen dizayn kriterleri esas alınır. Otoyollarda uygulanacak asfalt betonu karışımların dizaynında ise Tablo 1.10'da verilen kriterler esas alınmalıdır.

Tablo 1.9. Asfalt Betonu Karışım Dizayn Kriterleri

Özellikleri	Binder		Aşınma	
	min.	maks.	min.	maks.
Briket yapımında uygulanacak darbe sayısı	50	-	50	-
Marshall stabilitesi (Kg)	600	-	750	-
Boşluk (%)	4	6	3	5
Asfalt dolu boşluk (%)	65	75	75	85
Akma (mm)	2,5	4,6	2,5	4,6
Asfalt çimentosu (Ağırlıkça)	3,5	6,5	4,0	7,0

Tablo 1.10. Asfalt Betonlu Otoyol Dizayn Kriterleri

Özellikler	Binder		Aşınma	
	min.	maks.	min.	maks.
Briket yapımında uygulanacak darbe sayısı	75	-	75	-
Marshall stabilitesi (Kg)	750	-	900	-
Boşluk (%)	4	6	3	5
Asfaltla dolu boşluk (%)	65	75	75	85
Filler/Bitüm oranı	-	1.4	-	1.5
Akma (mm)	2	4	2	4
Suya daldırılmış numunelerin stabilitesinin orijinal stabiliteye oranı (%)	70	-	70	-

2.BÖLÜM

MALZEMELER : TRAKYA BÖLGESİ TAŞ OCAKLARI VE BU ÇALIŞMADA KULLANILAN MALZEMELER

2.1. GİRİŞ

Ulaşım kolaylığı sağlaması bakımından kilometrekare başına düşen karayolu miktarı o ülkenin kalkınmışlık göstergelerinden sayılmaktadır.

Bir karayolunun istenilen standartlarda ve planlanan ömür süresinde hizmet verebilmesini sağlamak için, gerekli olan bir çok etkenler ile birlikte, karayolu yapılarında kullanılacak olan istenilen özelliklerdeki malzemelerin temini ve bu malzemelerin en uygun yerlerde kullanılmaları da çok önemli bir etkidir.

Kalkınmakta olan ülkemizde sınırlı olan ekonomik olanakların en iyi şekilde kullanılabilmesi için, karayolu yapımının her safhasında, kalkınmış ülkelere göre çok daha hassas davranarak, kaynaklarımızı en iyi şekilde değerlendirmeliyiz.

Trakya Bölgesinin ülkemizin diğer bölgelerine oranla daha farklı özelliklere sahip olması, bu bölgede yol inşaa etmek amacıyla, gerek güzergah boyunca kamulaştırılacak arazilerin ve gerekse de inşaatta kullanılacak malzemelerin temin edileceği ocakların en ekonomik şekilde değerlendirilmelerini zorunlu kılmaktadır.

Bu bölüm, esnek üstyapıların ana malzeme gurubu olan agregalar ve bitümlü bağlayıcıların özelliklerini, bunlara uygulanan deneyler ile deney sonuçlarının kullanılması ve Trakya bölgesindeki taş ocakları ile bu çalışmada kullanılan malzemeler hakkındaki bilgileri içermektedir.

2.2. MALZEMELERE UYGULANAN DENEYLER

2.2.1. AGREGALARA UYGULANAN DENEYLER

Agrega malzemesi, herhangi bir bitümlü kaplamanın ağırlıkça % 88-96'sını, hacime ise % 75'ten fazlasını oluşturur. Bu nedenle, bu malzeme-

nin kalite kontrol deneyleri ile denenmesi ve uygun özelliklere sahip olanların kullanılması çok önemlidir.

Agregalarda uygulanan deneyler şunlardır :

- Elek Analizi : İlgili standartlarda nitelikleri verilmiş olan elekleri kullanarak, agreganın tane büyüklüğü dağılımının tayin edilmesini kapsar.

- Aşınma (Los Angeles) Deneyi : Bu deney, agregaların aşınmaya karşı dayanıklılığını belirtir.

- Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık Deneyi (Donma Deneyi) : Bu deney metodu agregaların doymun sodyum sülfat veya magnezyum sülfat çözeltileri ile ufalanmaya karşı dayanıklılığının saptanmasını kapsar.

- Donma ve Çözülme Deneyi : Bu deney de agregaların sağlamlık, dayanıklılık durumunu belirtmeye yarar.

- Cilalanma Deneyi : Bu deneyin amacı, çeşitli yol taşlarının trafik altında sürtünme ile aşınarak ne dereceye kadar cilalanacaklarını laboratuvarında kısa bir zamanda saptamaktır.

- Özgül Ağırlık ve Su Emme Deneyi : Bu deneyin amacı, bitümlü karışımın teorik özgül ağırlığını, karışımdaki boşluk yüzdesini ve yine karışımın asfaltla doldurulmuş boşluk yüzdesini hesaplamak, agreganın hacim ağırlık ilişkilerini tayin etmektir.

- Su tesirine Karşı Dayanıklılık (Soyulma) Deneyi : Bu deneyin amacı, suyun etkisine karşın agregaların bitüm ile yapışma kabiliyetlerini, soyulmaya karşı dayanıklılıklarını ölçmeye yarar.

2.2.2. DENEY SONUÇLARININ KULLANILMASI

Belli bir ocaktan alınan bir numunedan elde edilen deney sonuçlarının, bu ocak için sürekli olmayabileceği kabulüyle agregaların değişiklikler gösterebilecekleri gözönüne alınarak, zaman zaman deneylerin yenilenmesi uygun olur.

Bir agrega malzemesinin bitümlü kaplama işlerine uygun olup, olmadığını anlamak için, bahsi geçen özelliklerin tümünün belirtilmesi gereklidir.

Agrega malzemesinin uygunluğu, sadece deney sonuçlarına bağlı olmayıp, fiat, adezyon (yapışma) özelliği, bulunabilme ve benzeri birçok faktörün de fizik özelliklerle birlikte dikkate alınmasıyla belirlenmelidir.

Hizmet süresinin kısalığı veya uzunluğu, hafif veya ağır trafiğe dayanabilme, tamir işleri gibi noktalarda dikkate alınır.

Ayrıca, en sağlam agreganın her zaman en iyisi olmasının gerekmeyeceği unutulmamalıdır.

Böylece, yol inşaatı yönünden agreganın değerlendirilmesi sırasında, deney sonuçlarının çok faydalı karşılaştırma elemanları olduğu ortaya çıkmaktadır.

2.2.3. BİTÜMLÜ BAĞLAYICILARA UYGULANAN DENEYLER

Bu deneyler başlıklar halinde şunlardır ;

- Penetrasyon Deneyi
- Yumuşama Noktası Deneyi
- Düktilite Deneyi
- Çözünürlük Deneyi
- İnce Film Halinde Isıtma Deneyi
- Yanma (Parlama) Noktası Deneyi
- Leke Deneyi
- Özgül Ağırlık Deneyi
- Viskozite Deneyi
- Damıtma (Distilasyon) Deneyi
- Bitümlü Maddelerde Su Tayini Deneyi

Bitümlü bağlayıcının kaplamanın başarısına etkiyen en önemli özelliği kıvamıdır. Sıcaklığa bağlı olarak asfalt, gevrek elastik, elasto - plastik, viskoelastik ve viskoz olmak üzere değişik jeolojik hallerde bulunur. Asfaltın bu özelliği bitümlü karışımın özelliklerine de yansır. Bu durum dikkate alınarak iklim koşulları ne olursa olsun, yapım ve trafik durumu da uygun olacak şekilde, daima uygun bir viskozite sağlayacak bağlayıcının özenle seçilmesi gereklidir.

2.3. TRAKYA BÖLGESİ TAŞ OCAKLARI

Trakya bölgesi, esnek üstyapı tabakalarının şartname değerlerini karşılayacak niteliklere sahip ocaklar bakımından zengin olmayan bir bölgemizdir. Bilinen ocaklar sayı bakımından ve kapasiteleri bakımından yeterli çoklukta ve büyüklükte dirler. Ancak; bu ocaklardan bazıları sit alanları içerisinde kalmaları nedeniyle, ya çok az oranlarda kullanılabilmekte ya da hiç kullanılamamaktadır. Öteki bazı ocakların malzemeleri ise, şartname değerlerinin her birini yalnız başlarına karşılamamakta olup ancak, değişik cins ve özelliklerdeki başka malzemelerin yeteri oranlarda ilave edilmesiyle, söz konusu şartname limitleri içerisinde çekilebilmektedir.

Karayolları 1. ve 17. Bölge Müdürlüklerinden sağlanan bilgi ve belgelere dayanılarak, Trakya bölgesindeki bilinen bütün ocakların işlendiği harita ve bu ocaklara ait itinerer bu bölümde verilmektedir.

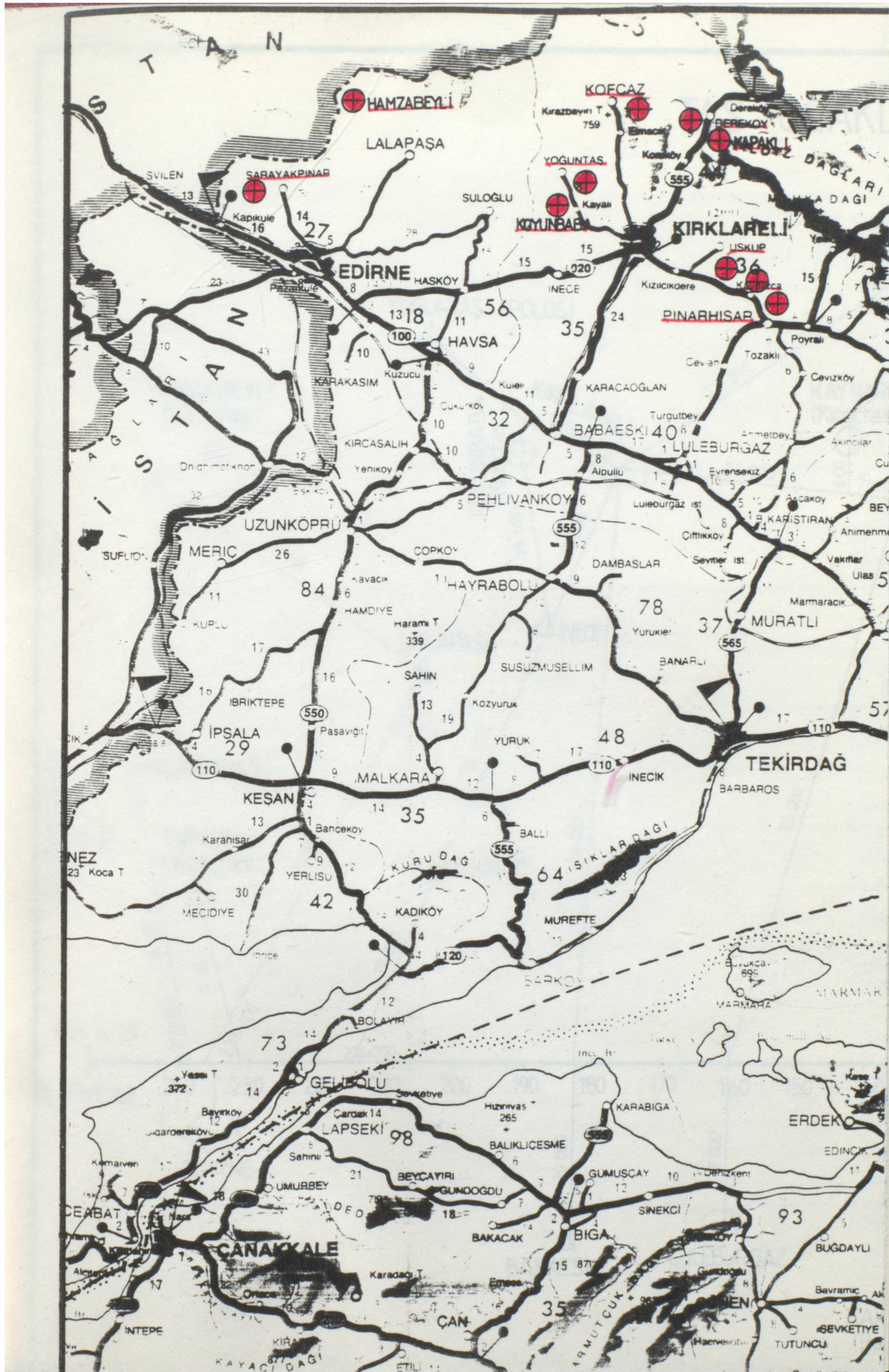
Tablo 2.1 bu ocakların mekanik özelliklerini, cinslerini ve kapasiteleri hakkındaki bilgileri göstermektedir.

2.3.1. BU ÇALIŞMADA KULLANILAN AGREGALAR

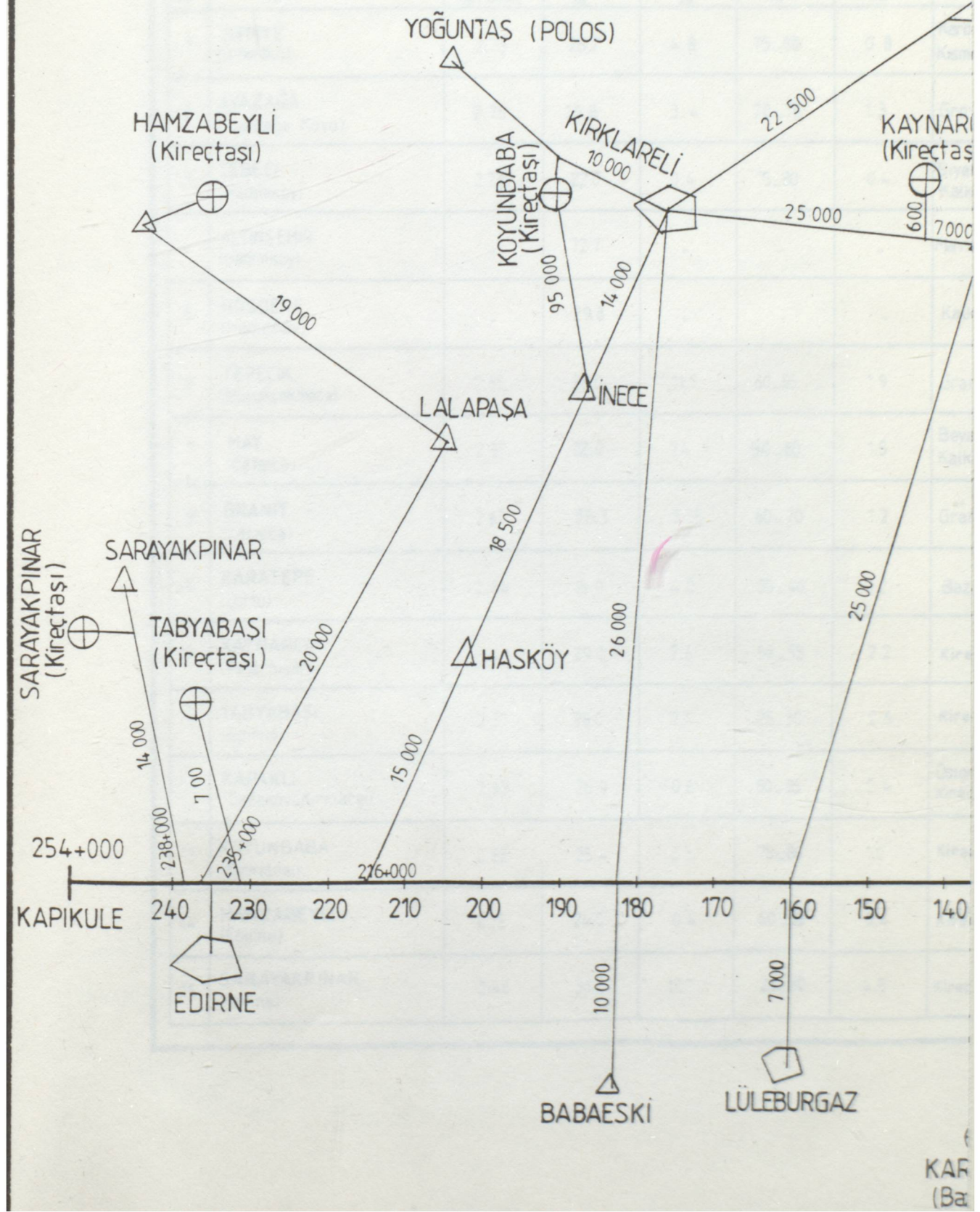
Yukarıda söz konusu edilen ocaklar arasında Karayolları tarafından en çok kullanılan ocaklar şunlardır:

- a- Cebeci Ocakları
- b- Çatalca Beyaz Kalker Ocağı
- c- Çatalca Granit Ocağı
- d- Çorlu - Karatepe Ocağı
- e- Kapaklı - Dereköy Ocakları
- f- Hamzabeyli Ocağı

Esnek üstyapı tabakalarına yönelik olması nedeniyle, bu çalışmada farklı cinslerde, uzun yıllar ihtiyacı karşılayabilecek kapasitelerde ve Karayolları tarafından halen kullanılmakta olmaları dikkate alınarak, aşağıda belirtilen ocaklardan sağlanan malzemelerle yapılmıştır.



TAŞ OCAKLARI



Tablo 2.1: Taş Ocaklarının Özellikleri

TAŞ OCAĞI		ÖZGÜL AĞIRLIK (gr/cm ³)	ASINMA KAYBI (Los Angies) %	Na ₂ SO ₄ İLE KAYIP (Donma Denevi) %	SOYULMA MUKAVVEMETİ %	SU ABSORPSİYON %	KAYIPLAR
No:	ADI						
1	İSTİNYE (İstanbul)	2.73	26.7	4.8	75_80	0.8	Karb Kısmı
2	AYAZAĞA (Ayazağa Köyü)	2.76	19.8	3.4	70_75	1.3	Gro:
3	CEBECİ (Hadımköy)	2.729	22.0	0.4	75_80	0.4	Siyal Kalk
4	ALTINSEHIR (Hadımköy)	-	72.7	-	-	-	Marnu
5	HOSDERE (Hadımköy)	-	29.8	-	-	-	Kalk
6	TEPECİK (Büyükçekmece)	2.55	28.0	11.7	60_65	1.9	Gran
7	MAY (Catalca)	2.57	22.0	7.4	50_60	1.5	Beya Kalk
8	GRANİT (Catalca)	2.60	28.3	3.55	60_70	1.2	Gran
9	KARATEPE (Corlu)	2.84	15.0	4.0	35_40	1.2	Baz:
10	KAYNARCA (Pınarhisar)	-	29.0	7.6	50_55	2.2	Kire
11	TABYABASI (Edirne)	2.57	28.0	7.7	25_30	2.6	Kire
12	KAPAKLI (Dereköy_Kırklareli)	2.83	26.9	0.6	80_85	0.4	Dolor Kirec
13	KOYUNBABA (Kırklareli)	2.65	25.4	2.3	75_80	1.0	Kirec
14	HAMZABEYLİ (Edirne)	2.75	24.0	0.4	60_65	0.4	Kirec
15	SARAYAKPINAR (Edirne)	2.46	36.0	17.7	25_30	4.5	Kirec

- 1- Cebeci Siyah Kalker Ocağı
- 2- Çatalca Beyaz Kalker Ocağı
- 3- Çatalca Granit Ocağı

2.3.1.1. Cebeci Siyah Kalker Ocağı : Resim 2.1'de Cebeci ocaklarından birine ait ocak işletmesi görülmektedir. Bu ocaklardan üretilen agregalarla halen inşaatı devam eden Kınalı-Sakarya Otoyolu Kınalı-Mahmutbey (Trakya Otoyolu) kesiminde Bitümlü Temel ve Binder imalatları yapılmaktadır.

Farklı firmalar tarafından değişik aynalarda yapılan Cebeci Siyah Kalker üretimleri piyasada beton üretimlerinde de kullanılmaktadır.

Resim 2.1. Cebeci Siyah Kalker Ocak İşletmesi



2.3.1.2. Çatalca Beyaz Kalker Ocağı : Resim 2.2'de Çatalca Beyaz Kalker Ocağı işletmesinden biri görülmektedir. Bu ocaklardan üretilen agregalarla Trakya Otoyolu inşaatında Bitümlü Temel imalatı yapılmaktadır.

Resim 2.2. Çatalca Beyaz Kalker Ocak İşletmesi



2.3.1.3. Çatalca Granit Ocağı : Resim 2.3'de Çatalca Granit Ocağındaki tipik işletme görülmektedir. Bu ocağa ait agregalarla Trakya Otoyolu inşaatında Bitümlü Temel ve Binder imalatları yapılmaktadır.

Resim 2.3. Çatalca Granit Ocağı İşletmesi



2.3.2. ÇALIŞMADA KULLANILAN BİTÜM VE FİLLER MALZEMESİ

2.3.2.1. Bitüm

2.3.2.1. Bitüm : Bu çalışmada, kullanılan bitüm "TS 1081-Yol üstyapılarında kullanılan Asfalt çimentolarının Özellikleri" standardına uygun olarak AC 60-70 penetrasyonlu asfalt kullanılmaktadır. Bu asfalta ait bir analiz raporu neticeleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. AC 60-70 penetrasyonlu Asfaltın 23.06.1988 tarihli analiz raporu neticeleri

TEST	METOD	SONUÇ
Penetrasyon, 25°C da, 100 gr. 5 saniye	ASTM D-5 AASHO T-49	60
Alevlenme noktası, °C (Cleveland açık kap)	ASTM D-92 AASHO T-48	235
Düktilite, 25 °C da, cm.	ASTM D-113 AASHO T-51	100
CCI4'de çözünürlük %	ASTM D-2042 AASHO T-44	99,7
Özgül Ağırlık	ASTM D-70 AASHO T-43	1,0277

2.3.2.2. Filler : Mineral filler olarak, bu çalışmada Bölüm 3'de belirtilen şekilde, deney numunelerinin bir gurubunda malzemenin kendi filleri, diğeri gurubunda Darıca Portland Çimentosu kullanılmıştır.

3. BÖLÜM

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. GİRİŞ

Bu bölümde, yapılan deneysel çalışmalar ve bu çalışmalar yapılırken, uyulan koşullar hakkında bilgi verilmektedir.

Yapılan bu çalışmanın, Şekil 3.1'de verilen Akış Diyagramından da görüleceği gibi burada, Bölüm 2.3.1'de belirtilen ve özellikleri verilen ocaklara ait malzemelerle, Bölüm 1.3.1'de verilen şartname değerlerini karşılaması için, gerektiğinde başka cinsten malzeme de katarak hazırlanan, esnek üstyapı tabakalarına ait karışım dizaynlarından sağlanan, optimum bitüm yüzdelere uygun miktarlarda bitüm kullanarak, üstyapı biriketleri hazırlanmıştır.

Hazırlanan bu biriketlerle, iki ayrı deney yapılarak, farklı özelliklere sahip malzemelerle oluşturulan karayolu üstyapısı karışımlarının, söz konusu bu iki deney koşulları altında, davranışlarındaki değişimler, yapılan ölçmelerle saptanmıştır.

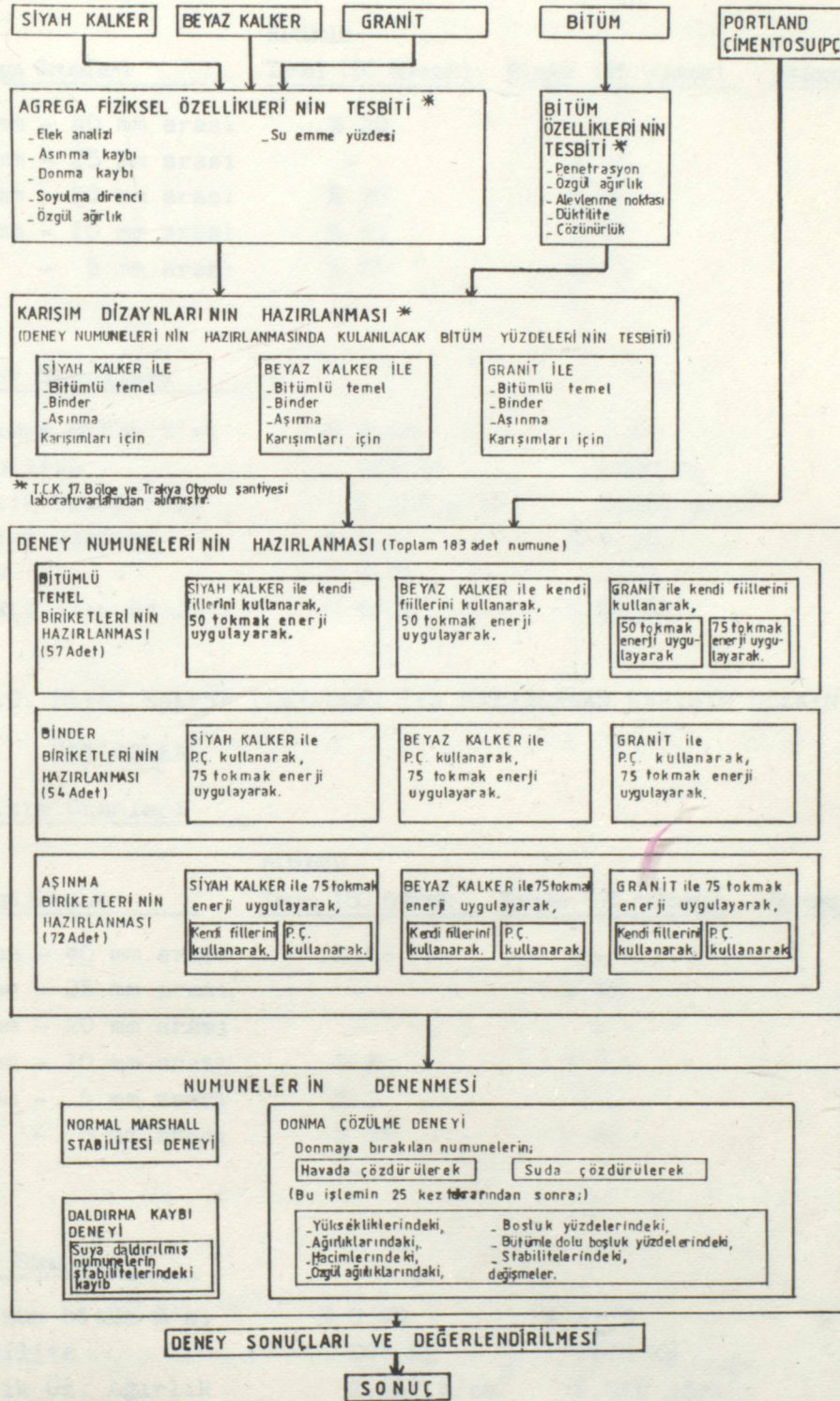
Karışım dizaynlarına ait tablolar ve deney biriketlerinin her birinin üzerinde, deneyden önce ve deneyden sonra yapılan ölçmeleri gösteren tablolar, teze ek olarak Tablolar kısmında verilecektir.

Ancak, söz konusu tabloların sonuç değerlerini ve ortalama değerlerini gösteren tablolar, ayrıca düzenlenerek 4 üncü bölümde verilmektedir.

Bölüm 4'de Tablolarda, verilen deney sonuçları histogramlarda da gösterilerek, deney numunelerinin davranışlarındaki değişimler incelenmiş ve sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmeleri yapılmıştır.

3.2. KARIŞIM DİZAYNLARI (MIKS DİZAYN) ÇALIŞMALARI

Deney numunelerinin hazırlanmasında kullanılan agregaların temin edildiği üç ayrı taş ocağına ait malzemelerle, bir kısmı bu çalışma sırasında hazırlanan, diğer kısmı da Karayolları 17. Bölge Müdürlüğü laboratuvar arşivinden alınan, üç farklı üstyapı tabakası (Bitümlü Temel, Binder, Aşınma) için düzenlenen, dokuz çeşit karışım oranı ve neticeleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.1 : Yapılan Çalışmanın Akış Diyagramı

3.2.1. SİYAH KALKER (CEBECİ) İLE HAZIRLANAN KARIŞIM DİZAYNLARI

NETİCELERİ

Karışım Oranları :

Agrega Grupları	Bitümlü		
	Temel (50 tokmak)	Binder (75 tokmak)	Aşınma (75 tokmak)
20 mm - 40 mm arası	% 20	-	-
20 mm - 25 mm arası	-	% 15	-
10 mm - 20 mm arası	% 20	% 28	% 15
5 mm - 10 mm arası	% 20	% 15	% 20
0 - 5 mm arası	% 40	% 35	% 65
Kum	-	% 7	-

Deney Sonuçları :

Optimum Bitüm %'si	% 3,65	% 4,89	% 5,02
Stabilite	925 Kg	1045 Kg	1666 Kg
Pratik Öz. Ağırlık	2,400 g/cm ³	2,367 g/cm ³	2,438 g/cm ³
Boşluk Yüzdesi	% 6,2	% 5,50	% 3,60
Akma	4,01	3,53	3,68
Asfalt dolu boşluk	% 57,5	% 65,50	% 76,5

3.2.2. BEYAZ KALKER (CATALCA) İLE HAZIRLANAN KARIŞIM DİZAYNLARI

NETİCELERİ

Karışım Oranları :

Agrega Grupları	Bitümlü		
	Temel (50 tokmak)	Binder (75 tokmak)	Aşınma (75 tokmak)
10 mm - 40 mm arası	% 52	-	-
10 mm - 25 mm arası	-	% 49	-
10 mm - 20 mm arası	-	-	% 20
6 mm - 10 mm arası	% 8	% 8	% 20
3 mm - 6 mm arası	% 5	-	% 50
0 - 3 mm arası	% 35	% 43	-
Kum	-	-	% 10

Deney Sonuçları

Optimum bitüm %'si	% 3,95	% 4,73	% 5,96
Stabilite	800 Kg	1170 Kg	1180 Kg
Pratik Öz. Ağırlık	2,267 g/cm ³	2,315 g/cm ³	2363 g/cm ³
Boşluk %'si	% 7,2	% 5,00	% 4,0
Akma	2,20 mm	2,25 mm	3,48 mm
Asfaltta dolu boşluk	% 54	% 70,00	% 76,0

3.2.3. GRANİT (CATALCA) İLE HAZIRLANAN KARIŞIM DİZAYNLARI NETİCELERİ

Karışım Oranları :

Agrega Grupları	Bitümlü		
	Temel (50 tokmak)	Binder (75 tokmak)	Aşınma (75 tokmak)
10 mm - 40 mm arası	% 41	-	-
10 mm - 25 mm arası	-	% 43	-
10 mm - 20 mm arası	-	-	% 20
6 mm - 10 mm arası	% 15	% 15	% 15
3 mm - 6 mm arası	% 5	-	% 4
0 - 3 mm arası	% 39	% 45	% 61

Deney Sonuçları

Optimum bitüm %'si	% 3,875	% 4,91	% 6,00
Stabilite	1080 Kg	1270 Kg	1343 Kg
Pratik Öz.Ağırlık	2,318 g/cm ³	2,318 g/cm ³	2,322 g/cm ³
Boşluk %'si	% 6,3	% 4,90	% 3,38
Akma	2,23 mm	2,90 mm	3,60 mm
Asfaltla dolu boşluk	% 57,0	% 68,0	% 78,92

3.3. DENEY BİRİKETLERİNİN HAZIRLANMASI VE DENEYLER

Önceki bölümlerde de ifade edildiği gibi, farklı cins ve özelliklerdeki üç ayrı ocaktan sağlanan agregalarla, esnek üstyapıyı oluşturan bitümlü tabakalardan :

- 1- Bitümlü Temel
- 2- Binder
- 3- Aşınma

tabakaları için hazırlanan deney numunelerinde, Bölüm 3.2.deki dokuz ayrı karışım dizaynında verilen, optimum bitüm yüzdelere uygun miktarlarda bitüm kullanılmıştır.

Her üç ocakta da, konkasörde kırıldıktan sonra eleklerden geçirelerek, dört boyutta (0-5 mm, 5-10 mm, 10-20 mm, 20-40 mm) ayrı ayrı depolanan agregaların, her boyutundan yeterince alınarak önce şartnamede, granülometri limitlerinde verilen dokuz elekten (25.0 mm, 19.0 mm, 12.5 mm, 9.5 mm, 4.75 mm, 2.00 mm, 0.425 mm, 0.180 mm, 0.075 mm) elenerek, her üç ocak malzemesi de dokuz ebata ayrılmıştır. Daha sonra, Bitümlü Temel tabakası için Tablo 1.1 de verilen Tip A, Binder tabakası için Tablo 1.4 de verilen Tip C ve aşınma tabakası için de Tablo 1.5 de verilen Tip C'deki gradasyon sınırlarının ortalama değerlerindeki yüzdelere göre, en ideal granülometriyi

Deney biriketlerinin gruplandırılması, üretme ve kırma tarihleri Tablo 3.1 de gösterilmiştir.

Hazırlanan bu deney numuneleri ile :

- 1- Daldırma Kaybı Deneyi
- 2- Donma-Çözülme Deneyi

yapılacaktır. Her iki deneyde de, aşağıda açıklanan test koşullarında kür edilen biriketler, Marshall cihazında 57 mm/dak'lık sabit bir deformasyon hızıyla yüklenmişlerdir. En büyük yük ve akma değeri saptandıktan sonra, stabilite değeri olarak okunan değerler, numune yüksekliğine bağlı olarak kullanılan düzeltme faktörleriyle kalibre edilmişlerdir.

Hazırlanan 183 adet deney biriketinden, deney kürüne tabi tutulacak olan 144 tanesi deney gruplarına ayrılmış olarak Resim 3.1 de görülmektedir. Resimde görülmeyen 39 adet biriket sıcaklığı 60°C olan su banyosunda 40 dakika bekletildikten sonra yukarıda belirtilen Marshall cihazında kırılarak, aynı özelliklerdeki üçerli gruplar olarak onüç ayrı deney grubunun Marshall stabilite değerleri bulunmuştur.

Resim 3.1 Deney biriketleri



DENEY ADI	SIYAH KALKER (CEBECİ)						BEYAZ KALKER (CATALCA)						GRANİT (CATALCA)						Toplam Numune	
	Bitümlü Temel		Binder		Aşınma		Bitümlü Temel		Binder		Aşınma		Bitümlü Temel		Binder		Aşınma			
	ADET	TARİH İmalat	ADET	TARİH İmalat	ADET	TARİH Kırma	ADET	TARİH İmalat	ADET	TARİH Kırma	ADET	TARİH İmalat	ADET	TARİH Kırma	ADET	TARİH İmalat	ADET	TARİH Kırma		
SUYA DALDIRMA	Deney öncesi için	3	4.11.1988	3	8.11.1988	3	20.4.1989	3	12.11.1988	3	20.4.1989	3	11.11.1988	3	20.4.1989	3	9.11.1988	3	20.4.1989	27
	Deney için	3	4.11.1988	3	8.11.1988	3	20.4.1989	3	12.11.1988	3	20.4.1989	3	11.11.1988	3	20.4.1989	3	9.11.1988	3	20.4.1989	27
DONMA ÇÖZÜLME	Normal	3	8.11.1988	3	9.11.1988	3	5.11.1988	3	12.11.1988	3	10.11.1988	3	11.11.1988	3	10.11.1988	3	9.11.1988	3	10.11.1988	36
		3	8.11.1988	3	9.11.1988	3	5.11.1988	3	12.11.1988	3	10.11.1988	3	11.11.1988	3	10.11.1988	3	9.11.1988	3	10.11.1988	27
	Deney öncesi için	3	8.11.1988	3	9.11.1988	3	5.11.1988	3	12.11.1988	3	10.11.1988	3	11.11.1988	3	10.11.1988	3	9.11.1988	3	10.11.1988	27
Deney için	SUDA	3	8.11.1988	3	9.11.1988	3	5.11.1988	3	12.11.1988	3	10.11.1988	3	11.11.1988	3	10.11.1988	3	9.11.1988	3	10.11.1988	27
	HAYADA	3	8.11.1988	3	9.11.1988	3	5.11.1988	3	12.11.1988	3	10.11.1988	3	11.11.1988	3	10.11.1988	3	9.11.1988	3	10.11.1988	27
TOPLAM NUMUNE		18	18	18	24	18	18	18	18	18	24	18	18	18	24	18	21	18	24	183

3.4. DALDIRMA KAYBI DENEYİ

Bu deney, suya daldırılmış numunelerin, orijinal numunelerinkine göre, basınç dayanımlarındaki kaybı tesbit etmek amacıyla yapılmaktadır.

Deney, ASTM D-1075 (AASHTO T-165)'te verilen koşullara uygun olarak yapılmıştır. Ancak basınç dayanımlarının tesbiti, bu şartnamenin atıf yaptığı AASHTO T-167 de belirtildiği şekilde, biriketler eksenel yönde kırılarak değilde, Marshall stabilitelerinin bulunmasında uygulanan yöntemle kırılarak tespit edilmiştir.

Burada, deney şartnamesi olan AASHTO T-165'in çevirisi ve AASHTO T-167'nin ilgili bölümlerinin çevirisi verilmiştir.

3.4.1. DENEY ŞARTANAMESİ (AASHTO T-165) CEVİRİ

AASHTO T 165-86⁺

1. AMAÇ

1.1. Bu yöntem sıkıştırılmış bitüm karışımı ihtiva eden penetrasyon grade (derece) asfaltının su etkisi neticesinde kohezyon (yapışma, birleşme) kaybını ölçer. Azaltılmış kohezyonun sayısal dizini, yeni karılmış ve kürlenmiş örneğin basınç mukavemeti ile su içinde, tanımlanmış koşullar altında dublike örneğin basınç mukavemeti karşılaştırılması elde edilir.

2. UYGULAMA DÖKÜMANLARI

2.1. AASHTO Standartları

T 166 sıkıştırılmış Bitümlü Karışımların Özgül Ağırlıkları

T 167 Bitümlü Karışımların Basınç Mukavemeti

2.2. ASTM Standartları

C 670 inşaat malzemelerinin test yönteminde hassasiyet sınırlarını hazırlamak için uygulama.

3. YARARLILIĞI VE KULLANIMI

3.1. Bu yöntem sıkıştırılmış bitüm-agrega karışımının, nem hassasiyetinin bir göstergesi olarak faydalıdır.

4. ALETLER

4.1. Bir veya daha fazla, otomatik olarak kontrol edilmiş, su banyosu, numuneyi daldırmak için hazırlanacaktır. Banyo, test numunesinin toplam daldırmasına izin verecek şekilde yeterli büyüklükte olacaktır. Banyolar artı ve eksi 1 °C (2 F) içinde, sıcaklığın üniform denetimi ve kesin kabulü olarak, dizayn edilmiş ve donatılmış olacaktır. Numunelerin ıslak olarak bekletilmesi için kullanılan su, arıtılmış ya da elektrolitlerden arınması için işlemde geçirilmiş, olmalıdır ve her seri testler için banyo boşaltılmalı, temizlenmeli ve yeniden taze su ile doldurulmalıdır.

4.2. Keza elle veya otomatik olarak denetlenen su banyosu, sıkıştırma testi için $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($77 \pm 2^{\circ}\text{F}$) sıcaklıkta, daldırılmış numuneye getirmek için hazırlanacaktır.

4.3. Uygun takım ekipmanı ile su banyosu ve terazi, daldırma testinde numune hacminin değişmesi neticesini, absorpsiyon miktarını ve onların yoğunluğunu tayin etmek amacıyla, test numunesinin sudaki ve havadaki ağırlığı için istenecektir.

4.4. Metal veya cam, düz transfer plakası, temini istenecektir. Her numunenin daldırma ve taşıma sırasında, tartma ve test haricinde kırılmalarını ve tahrifini önlemek için bu plaklardan her biri, numunelerin altında bulundurulacaktır.

5. TEST NUMUNELERİ

5.1. En az altı 102x102 mm. (4x4 inç) silindir numunesi her test için yapılacaktır. Test standart yönteminde tanımlanmış olan, gevşek karışımı hazırlarken, kalıplarken ve kür ederken, AASHTO T 167 (Bitümlü Karışımların Basınç Mukavemeti) takip edilecektir.

6. TEST NUMUNELERİNİN ÖZGÜL AĞIRLIKLARININ TAYİNİ

6.1. AASHTO T 167 de tanımlanan fırın küründen sonra, en az iki saat için test numunelerinin her seti soğumaya bırakılır. Her numunenin özgül ağırlıkları, T 166 Metod A da verilen prosedüre uygun olarak hesaplanır.

7. PROSEDÜR

7.1. Altı numuneyi öyle iki gruba ayırın ki, 1.grubun ortalama özgül ağırlığı, 2.grubun ortalama özgül ağırlığına eşit veya yakın olsun. Grup 1'i 7.1.1.'e göre test edin. Grup 2'yi de, eğer özellikle alternatif uygulama 7.1.3. belirtilmediyse 7.1.2 ye göre test edin.

7.1.1. Grup 1 - Test numunelerini 4 saatten az olmamak kaydıyla test derecesi olan $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($77 \pm 2\text{ F}$)'de, hava banyosuna tabi tutarak getir ve AASHTO T 167 ye göre onların basınç mukavemetlerini tespit et.

7.1.2. Grup 2 - Test numunelerini, dört gün $49 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($120 \pm 2\text{ F}$) de suya daldır. $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($77 \pm 2\text{ F}$) lik diğer bir banyoya transfer ederek onları bu banyoda iki saat tut ve AASHTO T 167 ye göre basınç mukavemetlerini tespit et.

7.1.3. Grup 2 ve Alternatif Uygulama - Test numunelerini 24 saat $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($140 \pm 2\text{ F}$)'de tut. onları $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($77 \pm 2\text{ F}$)'deki ikinci bir banyoya transfer et ve iki saat orada tut. AASHTO T 167 ye göre basınç mukavemetlerini tespit et.

8. HESAPLAMA

8.1. Suyun etkilerinin anlaşılması için, suya daldırıldıktan sonraki mukavemeti, orijinal mukavemetin yüzdesi olarak hesapla.

$$\text{Tutulan mukavemetin indeksi, \%} = \frac{S_2 \times 100}{S_1}$$

Burada :

S_1 = Kuru numunenin basınç mukavemeti (grup 1), ve

S_2 = Daldırılmış numunenin basınç mukavemeti (grup 2) dir.

9. DUYARLILIK

9.1. Tek operatör hassasiyeti : Standart sapma % 6 olarak bulmuştuk. (Bak Not) Böylece aynı operatör tarafından aynı malzeme üzerine yapılmış iki test birbirinden % 18 den daha farklı olmamalıdır.

NOT : Bu rakamlar AASHTO R4 deki (1S) ve (D2S) limitlerini temsil ediyor.

9.2. Laboratuvarlar arası hassasiyet : Laboratuvarlar arası standart sapma % 18 olarak bulunmuştur. Böylece benzer numuneler üzerinde 2 ayrı laboratuvarda yapılan deney sonuçları % 50 den fazla farklı olmamalıdır.

AASHTO T 167'İN İLGİLİ KISIMLARININ (BÖLÜM 3 VE BÖLÜM 5'İN) ÇEVİRİSİ

3. ALETLER

3.3. Test Makinesi : Test makinesi, uygun kapasiteyi sağlayan, herhangi bir tipte, düşey deformasyonu kontrol edebilen doğrulukta, olacaktır. Düşey basınç deneyi için, şartname düşey deformasyon oranı 1,3 mm/dak (0,05 inç/dak) her 25 mm. (1 inç) numune yüksekliği için ve deney örneği 50x50 mm. (2x2 inç) belki 200x200 mm. (8x8 inç) düzenlenmesi halinde, deney çapının, parça ebadına şartname oranına, usulüne göre korumalıdır. Deney makinesi, kontrol hızının sınıflanmasını kapsamalıdır, taki 2,5 mm/dak 50 mm. (2 inç) numune için 10 mm/dak 200 mm (8 inç) numune için. Merkez laboratuvar tesisatı, AASHTO T 167 deney makinelerinin tahkiki metodunun isteklerine cevap verebilecektir. Test makinesi bir küresel, bir düz yüzeyli, sert yüzü iki çelik bolkla teçhiz edilmiş olmalıdır.

5. TEST ÖRNEĞİ

5.1. Genellikle test örnekleri silindir olup, 100 mm. veya 4,0 inç çapında ve $100 \pm 2,5$ mm. veya $4,0 \pm 0,1$ inç yüksekliğindedir. Test örneklerinin ölçüsü, basınç deneyinin neticesi üzerindeki etkisi, kabul edilmelidir. 100 mm. veya 4,0 inç dışında silindirler kullanılması halinde :

5.1.1. Yükseklik $\pm 2,5$ oranında çapa eşit olmalıdır.

5.1.2. Çap, kullanılan en büyük dane çapının 4 katından daha küçük olmamalıdır.

5.1.3. Çap, 50 mm. veya 2 inç den daha az olmamalıdır.

5.1.4. Birim deformasyon oranı, basınç deneyi esnasında süreklilik göstermelidir.

3.5. DONMA ÇÖZÜLME DENEYİ

Asfalt betonu ile teşkil edilen bir üstyapı kaplaması, kullanıldığı bölgenin iklim özelliklerine göre, farklı don etkilerine maruz kalabilir. Bu durumda, normal Marshall deneyi koşullarında elde edilen özelliklerin, don etkisine bağlı olarak da tahkik edilmesi gereklidir.

Don etkisiyle karışımın sahip olduğu uygun özellikler beklenen süreden önce bozulabilir.

Deney kısaca, hazırlanan biriketlerin birbirini takip eden teker-rürlerle, donmaya ve çözülmeye tabi tutulması sonucunda, biriket üzerinde ölçmeler yaparak bulunan değerlerin, deneyden önce aynı biriket üzerinde ve eşdeğer biriket üzerinde yapılan aynı ölçmelerle, bulunan değerlerle karşılaştırılması neticesinde, don koşullarının asfalt betonu üzerindeki etkilerinin somut olarak ortaya çıkarılması, şeklinde izah edilebilir.

Üç ayrı ocağa ait malzemelerle, üç üstyapı tabakası için oluşturulan, dokuz farklı karışımdan hazırlanan, deney biriketlerinden bu deney için hazırlananlarda ;

1. Karışımdaki filler Malzemesi (0,075 mm, No200 eleği geçen malzeme)'nin cinsi,
2. Sıkıştırma Enerjisi,
3. Deney Koşulları,

farklı uygulanan, ilave numuneler de yapılarak bunlarla normal numuneler arasında, don etkileri bakımından karşılaştırmalar yapılmıştır.

Bu farklı uygulamalara tabi tutulan karışımlar da dikkate alınır-sa bu deneye ait numuneler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

- Karıışımdaki Filler Malzemesi Bakımından ;

- Bitümlü Temel tabakası numunelerinde her malzemenin kendi fil-leri,

- Binder tabakası numunelerinde Darıca Portland çimentosu,

- Aşınma tabakası numunelerinde ise her numune grubu için her malzemenin kendi filleri kullanılmış ancak, buna ek olarak havada çözdürülen numune gruplarında ince malzeme olarak Darıca Portland çimentosu,

kullanılmıştır.

- Sıkıştırma Enerjisi Bakımından ;

- Her tabakanın kendi sıkıştırma enerjisi olarak tablo 1.3. ve Tablo 1.10'da verilen sıkıştırma enerjileri uygulanmış, ancak Granit malzemesinden üretilen Bitümlü Temel tabakası numunelerinde, ilave olarak şartname sıkıştırma enerjisi olan 50 tokmak yerine 75 tokmak sıkıştırma enerjisi, uygulanmıştır.

- Deney Koşulları Bakımından ;

- Deney Numuneleri ikiye ayrılarak, birinci kısmı havada, ikinci kısmı suda çözdürülmüştür.

Deneyle ilgili bu bilgiler verildikten sonra, bu kısımda, deneyde uygulanacak tekerrür hakkında bilgi verilecektir.

3.5.1. DONMA İNDEKSİNİN TAYİNİ VE DENEYDE UYGULANACAK TEKERRÜR SAYISI

Son yirmi yılın en soğuk kış mevsimi olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan 1987 yılının, Trakya Bölgesindeki Corlu, Florya ve Tekirdağ Meteoroloji istasyonlarında ölçülen eksi dereceli günlerin sayısı Tablo 3.2. de verilmiştir.

Tablo 3.2. : 1987 yılında Çorlu, Florya ve Tekirdağ istasyonlarında ölçülen eksi dereceli günlerin sayısı

YIL	1987		
İSTASYON	ÇORLU	FLORYA	TEKİRDAĞ
-0,1°C ve altı	64 gün	35 gün	46 gün
-3,0°C ve altı	37 gün	16 gün	26 gün
-5,0°C ve altı	28 gün	5 gün	14 gün
-10°C ve altı	5 gün	-	1 gün
-15°C ve altı	-	-	-
-20°C ve altı	-	-	-

Buna göre bu istasyonların temsil ettiği bölgelerin donma indeksi (DI)'ni aşağıdaki formüle göre hesaplırsak :

$$DI = \sum_{i=1}^{i=n} ki \cdot ti$$

ti = i günündeki ortalama günlük hava sıcaklığı ($^{\circ}C$, ti $^{\circ}C$),

ki = ti ortalama günlük hava sıcaklığının bir yıldaki toplam sayısı

n = $0^{\circ}C$ 'nin altındaki ortalama hava sıcaklıklarının sayısı,

- Çorlu meteoroloji istasyonu için ;

$$DI = 0,1^{\circ}C \times 64 + 3^{\circ}C \times 37 + 5^{\circ}C \times 28 + 10^{\circ}C \times 5 = 307,4 \text{ } ^{\circ}C\text{-gün}$$

- Florya meteoroloji istasyonu için :

$$DI = 0,1^{\circ}C \times 35 + 3^{\circ}C \times 16 + 5^{\circ}C \times 5 = 76,5 \text{ } ^{\circ}C \text{-gün}$$

- Tekirdağ meteoroloji istasyonu için :

$$DI = 0,1^{\circ}C \times 46 + 3^{\circ}C \times 26 + 5^{\circ}C \times 14 + 10^{\circ}C \times 1 = 162^{\circ}C \text{-gün}$$

Deney numuneleri, $-15^{\circ}C$ de donmaya bırakılacağından, yukarıda bulunan Donma İndekslerinden en uygunsuzu olan Çorlu Meteoroloji İstasyonu'nun

Donma İndeksine göre Donma-Çözülme deneyinde uygulanacak tekerrür sayısını hesaplırsak :

$$\frac{307,4 \text{ }^{\circ}\text{C-gün}}{15 \text{ }^{\circ}\text{C}} = 20,5 \text{ gün olarak buluruz.}$$

Deneyde Donma-Çözülme tekrarı 25 tekerrür olarak uygulanacaktır.

3.5.2. DENEY KOŞULLARI

Deneyde, her deney numunesi grubu, -15°C de 12 saat süreyle dondurulduktan sonra, birinci kısmı havada, ikinci kısmı suda olmak üzere, +20°C de 12 saat süreyle çözülmeye bırakılmıştır.

Deney, önceki bölümde bulunan neticeye göre bu işlemin 25 defa tekrarlanmasından hemen sonra, deney numuneleri üzerinde deneyden önce yapılan ölçümlerin tekrar ölçülmesi, yapıldıktan sonra, deney numunelerinin Bölüm 3.3.de belirtilen şekilde Marshal cihazında kırılarak, stabilitelerinin okunmasıyla tamamlanmıştır.

Deneyin devam ettiği 25 gün boyunca, numunelerin donmaya ve çözülmeye bırakıldığı ortamların sıcaklık dereceleri, hemen her fırsatta ölçülerek kayıt edilmiştir. +20°C de çözülmeyen sonra, numunelerin donmaya bırakıldığı ortamın ısısı, 2 ile 2.5 saat içerisinde -15°C ye düştüğü tespit edilmiştir.

4. BÖLÜM

CALIŞMADA YAPILAN DENEYLERİN SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

3. Bölümde belirtilen esaslara göre yapılan daldırma kaybı (su etkisi) deneylerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.6-7-8 de, Normal Marshall stabilitesi ve donma-çözülme (don etkisi) deneyi sonuçları ise Tablo 4.9. ve Şekil 4.1-2-3-4-5-6-7-8'de verilmiştir.

Tablo ve şekillerin incelenmesinden de görüleceği gibi her bir deney sonucu, pratik özgül ağırlıklarına göre üçerli olarak gruplandırılan deney numunelerini kapsamaktadır.

Siyah kalker, beyaz kalker ve granit ile hazırlanan bitümlü karışımlar için üstyapının aşınma, binder ve bitümlü temel tabakaları esas alınmıştır. Her bir bitümlü karışımın bünyesine giren bitüm yüzdesi T.C.K. 17. Bölge Müdürlüğü Araştırma Başmühendisliği'nin hazırladığı karışım dizaynlarından alınmıştır. (Bölüm 3.2.1.)

Farklı agrega gruplarıyla hazırlanan bitümlü karışımların normal şartlardaki Marshall stabiliteeleri ile don ve su etkisi sonundaki Marshall stabiliteeleri karşılaştırılarak yapılan değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

4.1. KARIŞIMLARIN NORMAL MARSHALL STABİLİTELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmada kullanılan farklı agrega gruplarından ; Siyah kalker malzemesiyle aşınma tabakası için % 5.02 bitüm yüzdesinde 24 adet, binder tabakası için % 4.89 bitüm yüzdesinde 18 adet, bitümlü temel tabakası için % 3.65 bitüm yüzdesinde 18 adet, Beyaz kalker malzemesiyle aşınma tabakası

için % 5.96 bitüm yüzdesinde 24 adet, binder tabakası için % 4.73 bitüm yüzdesinde 18 adet, bitümlü temel tabakası için % 3.95 bitüm yüzdesinde 18 adet, Granit malzemesiyle aşınma tabakası için % 6.00 bitüm yüzdesinde 24 adet, binder tabakası için % 4.91 bitüm yüzdesinde 18 adet ve bitümlü temel tabakası için % 3.875 bitüm yüzdesinde 21 adet olmak üzere toplam 183 adet deney numunesi hazırlanmıştır.

Bu deney numuneleri, pratik özgül ağırlıkları esas alınarak, birbirlerine en yakın olacak şekilde Tablo 3.1. de de görüldüğü gibi üçerli olarak gruplandırılmışlardır. Hazırlanan toplam 183 deney numunesi Tablo 3.1. de de görülebileceği gibi değişik zamanlarda üretilmiş ve farklı tarihlerde kırılmışlardır. Zira, laboratuvar koşulları bu kadar numunenin aynı anda üretilip aynı anda kırılmalarına imkan tanımamaktadır.

Bu durumda, bitümlü karışımların laboratuvar şartlarında bekletme süresiyle stabilitelerinin değişiminin çıkarılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bunun için laboratuvar koşullarında değişik tarihlerde kırılan her üçlü grubun Marshall stabiliteleri, ilgili şartnameye göre tashih edilerek, (ilgili şartname ; ortalama stabilitenin hesaplanmasında aradaki fark maksimum 120 Kg. olan üç numunenin ortalamasının alınacağını veya bu şart sağlanamıyorsa aradaki stabilite farkı 60 olan en az iki numunenin ortalamasının alınacağını belirtmektedir.) ortalama değerleriyle birlikte Tablo 4.1. de verilmiştir.

Tablo 4.1. Değişik zaman aralıklarında bulunan, tashih edilmiş stabilitelere.

SİYAH KALKER						BEYAZ KALKER						GRANİT					
BİTÜMLÜ TEMEL		BİNDER		AŞINMA		BİTÜMLÜ TEMEL		BİNDER		AŞINMA		BİTÜMLÜ TEMEL		BİNDER		AŞINMA	
GÜN	stb.	GÜN	stb.	GÜN	stb.*	GÜN	stb.*	GÜN	stb.	GÜN	stb.	GÜN	stb.	GÜN	stb.*	GÜN	stb.
1	-	1	1122	1	1351	1	737	1	1123	1	847	1	1007	1	1093	1	1272
			1183		1415		772		1207		982		1161		1297		
			1239		1442		753		1218		985						
			1181*		1403*		754*		1183*						1127*		1285*
13	-	-	1294	13	596	9	622	-	-	11	1119	-	-	13	877	14	1403
			1335		641		1155		1407								
			839*		1315*		620*		1180		1151*		982				
													915*				

* Ortalama stabilite değerleri

** Aşağıda açıklanan regresyon analizi paket programında korelasyon katsayısı en yüksek olan matematiksel bağıntıyı veren stabilite değerleri.

Bu değerlerin zamanla değişim ilişkisinin çıkarılması için regresyon analizi paket programından yararlanılmıştır.

Regresyon analiziyle zaman ve stabilite arasında : doğrusal, ikinci derece, üçüncü derece v.b. matematiksel ilişkiler aranmıştır. Bu ilişkilerden seçilen korelasyon katsayısı en yüksek (r=0,621) olan matematiksel bağıntı aşağıya çıkarılmıştır.

$$y = 14,391x^2 - 202,76x + 1278,869$$

Burada :

y = Marshall stabilitesi (Kg)

x = Numunenin kırılincaya kadar bekleme süresi (Gün)

Regresyon analiziyle yukarıdaki bağıntının çıkartılmasında, deneylerde değerlendirilen maksimum süre aralığı 14 gündür.

Korelasyon katsayısının düşük olması, bitümlü karışımların farklı-

lığından kaynaklanmaktadır. Zira, aşınma, binder ve bitümlü temel tabakaları için iri agrega, ince agrega, filler ve bağlayıcı yüzdeleri değişmektedir. Hatayı asgariye indirmek için, yukarıdaki bağıntıda birim zamandaki stabilite değişimi ($y = 28,752x - 202,76$) hesaplanmıştır. Bağıntının incelenmesinden de görüleceği gibi zamanla stabilitenin azaldığı görülmektedir.

Herhangi bir süre için, değeyden bulunan sonuçlardan bu değişim esas alınarak, aranan süre için hesaplanan Marshall stabiliteleri Tablo 4.2 de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Regresyon analizi esas alınarak hesaplanan stabilite değerleri.

SİYAH KALKER			BEYAZ KALKER			GRANİT			
BİTÜMLÜ TEMEL	BİNDER	AŞINMA	BİTÜMLÜ TEMEL	BİNDER	AŞINMA	BİTÜMLÜ TEMEL	BİNDER	AŞINMA	
stb.	stb.	stb.	stb.	stb.	stb.	stb.	stb.	stb.	
1	1041*	1 1181**	1 1403**	1 754	1 1183**	1 1139**	1 1007*	1 1127*	1 1285
13	899	13 1038*	13 1315**	9 620	9 1155*	11 1151*	-	13 915	14 1114*

* Regrasyon analizinden elde edilen birim zamandaki stabilite değişimi ve (***) değerleri alınarak hesaplanan stabilite değerleri.

** Deney sonucu bulunan stabilite değerleri.

Böylece, hazırlanan bitümlü karışımlardan, 24 saat sonra kırılarak değer alınamayan numuneler için de Marshall stabilitelerinin verilmesi imkanı sağlanmıştır. Bu şekilde elde mevcut olmayan bazı numune grupları için hesaplanan Marshall stabiliteleri, deneylerle elde edilen numunelerin Marshall stabiliteleriyle birlikte toplu olarak Tablo 4.3. de verilmiştir.

Tablo 4.3. Karışımların değerlendirmeye esas Marshall Stabiliteleri.

(Şartname sınırları Min.)	BİTÜMLÜ TEMEL (400 Kg)	BİNDER (750 Kg)	AŞINMA (900 Kg)
SİYAH KALKER	1041 Kg.	1181 Kg.	1403 Kg.
BEYAZ KALKER	754 Kg.	1183 Kg.	1439 Kg.
GRANİT	1007 Kg.	1127 Kg.	1285 Kg.

Tablo 4.3. ün incelenmesinden görüldüğü gibi, her tabaka için agrega cinsi ne olursa olsun şartnamelerin aradığı minimum değerler sağlanmaktadır.

Tabloda, tüm tabakalar birlikte düşünüldüğünde en yüksek stabilite değerini genellikle Beyaz kalkerli karışımlar vermektedir. En düşük stabilite değerini ise granitli karışımlar vermektedir.

Bu değerlendirme, her tabaka için ayrı ayrı yapıldığında, aşınma ve binder tabakalarında, en yüksek stabiliteyi Beyaz kalkerli karışımlar, en düşük stabiliteyi granitli karışımlar vermektedir. Bitümlü temel tabakalarında ise : en yüksek stabiliteyi Siyah kalkerli karışım, en düşük stabiliteyi de Beyaz kalkerli karışımın verdiği görülmektedir.

4.2. KARIŞIMLARIN DALDIRMA KAYBI DENEYİ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.

Bölüm 3.4. de verilen esaslar dahilinde yapılan daldırma kaybı deneyinde bulunan sonuçlar, Tablo 4.6-7-8 de, bu bölümün sonunda topluca verilmiştir. Bu tablolardan alınan değerlendirmeye esas sonuçlar, farklı cins agrega ve farklı üstyapı tabakalarına göre Tablo 4.4. de ayrıca verilmiştir.

Tablo 4.4. Daldırma Kaybı Deniyi Sonuçları.

	BİTÜMLÜ TEMEL	BİNDER	AŞINMA
SİYAH KALKER	% 32	% 51	% 48
BEYAZ KALKER	% 56	% 51	% 52
GRANİT	% 59	% 64	% 66

* Değerler suya daldırılan numunelerin stabilite oranının, orijinal numunelerinkine oranını göstermektedir.

Tablo 4.4. ün incelenmesinden görüldüğü gibi bütün karışımlar için su etkilerine karşı en dayanıklı karışımın granitli karışımlar olduğu görülmektedir. Granitli karışımları sırasıyla Beyaz kalkerli ve Siyah kalkerli karışımlar izlemektedir.

Su etkisinin en önemli olduğu aşınma tabakası için granitli bir karışımda stabilite % 34 oranında azalırken, Siyah kalkerli karışımda ise bu değer % 52 ye kadar çıkmaktadır.

4.3. KARIŞIMLARIN DONMA-ÇÖZÜLME DENEYİ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bölüm 3.5.de de belirtildiği gibi, bitümlü temel, binder ve aşınma tabakası için Siyah kalker, Beyaz kalker ve Granitten hazırlanan bitümlü karışımlar bölgenin donma indeksinden (DI) çıkarılan don tekerrürüne (25 tekerrür) maruz bırakılarak havada ve suda ayrı ayrı çözdürülmüşlerdir. Bulunan sonuçlar, üçerli olarak gruplandırılan deney biriketlerinde yapılan ölçmeleri bu grupların ortalama değerlerini de kapsayacak şekilde düzenlenerek Tablo 4.9. da ve Şekil 4.1-2-3-4-5-6-7-8 de bu bölümün sonunda toplu olarak verilmiştir. bu tablolardan alınan değerlendirmeye esas sonuçlar ayrıca aşağıda verilmektedir.

Donma deneyi sonundaki değerler normal Marshall stabiliteleriyle (Tablo 4.3.) karşılaştırılarak stabilite oranındaki azalma yüzdeleri hesaplanmıştır. Ancak, havada çözdürülen farklı bitümlü karışımlar için değerlendirilmeye esas bir sonuç çıkartılamamıştır. Suda çözdürülen numunelere

ait stabilite azalma yüzdeleri ise hesaplanarak Tablo 4.5. de verilmiştir.

Tablo 4.5. Suda Çözdürülen Karışımların Stabilitelerindeki Azalma.

	BITÜMLÜ TEMEL	BİNDER	AŞINMA
SİYAH KALKER	- % 26.51	- % 16.68	- % 16.39
BEYAZ KALKER	- % 11.80	- % 5.58	- % 27.24
GRANİT	-	- % 2.04	- % 6.15

* Değerler deneyden önceki ve sonraki stabiliteler arasındaki farkın deneyden önceki stabiliteye oranını göstermektedir.

Tablo 4.5. in incelenmesinden görülebileceği gibi, aşınma ve binner tabakaları için dona en mukavvim karışımın granitli karışım (% 6,15 ve % 2.04 azalma) olduğu görülmektedir.

Yukarıdaki değerlendirmelerin haricinde, üretilen 183 adet numunenin deney sonuçlarından, aşağıdaki değerlendirmeleri de yapmak mümkündür.

1. Marshall deneyi için şartnamenin izin verdiği maksimum ve minimum sıkıştırma enerjileri (75 ve 50 tokmak) kullanılarak granit malzemeyle hazırlanan bitümlü temel biriketlerinde, 50 tokmak enerji kullanılarak hazırlanan karışımların stabilitelerine oranla 75 tokmak enerji kullanılarak hazırlanan karışımların stabilitelerinde % 24.73 artma olduğu hesaplanmıştır. Bu da sıkıştırma enerjisini arttırarak karışımın stabilitesinin, büyük oranda yükseltilebileceğini göstermektedir.

2. Filler olarak, Portland çimentosu ve malzemenin kendi filleri kullanılarak ayrı ayrı, üç farklı cins agrega ile hazırlanan aşınma tabakası karışımlarının stabilitelerinde ; Siyah kalkerli karışımlarda % 12,63, Beyaz kalkerli karışımlarda % 3,91 ve Granitli karışımlarda da % 31,14 oranında artış olduğu hesaplanmıştır. Bu da, filler yerine aynı oranda karışıma katılan Portland çimentosunun stabiliteyi arttırıcı yönde etki yaptığını göstermektedir.

SONUCLAR

1. Deneyde kullanılan Siyah Kalker, Beyaz Kalker ve Granit malzemeleri, şartnamelerin Bitümlü temel, Binder ve Aşınma tabakaları için aradığı fiziksel özellikleri sağlamaktadır.

2. Siyah Kalker, Beyaz Kalker ve Granit ile hazırlanan Bitümlü temel, Binder ve Aşınma tabakası karışımlarının her birinin stabiliteleri şartnamelerin bu karışımlar için aradığı limit değerleri sağlamaktadır.

3. Karışımların stabiliteleri zamana bağlı olarak azalmıştır.

4. Karışımların sıkıştırma enerjileri arttırıldığında, stabiliteleri de artmaktadır.

5. Karışımlarda filler olarak, malzemenin kendi filleri yerine portland çimentosu kullanılmasıyla stabilitelerde artışlar olmaktadır.

6. Marshall Stabiliteleri yönünden, bitümlü temel için en yüksek değeri Siyah Kalker, Binder için ve Aşınma için Beyaz Kalker vermektedir. Binder ve Aşınma için en düşük stabilite değeri ise Granitli karışımlarda bulunmaktadır.

7. Marshall stabiliteleri bakımından, en yüksek stabilite ile en düşük stabilite arasındaki fark incelendiğinde: Bitümlü temelde, Siyah Kalkerin stabilitesi beyaz kalkerin stabilitesinden % 38 daha fazladır. Aynı şekilde beyaz kalkerin stabilitesi, granitikinden binder tabakasında % 5, aşınma tabakasında % 12 daha fazladır.

8. Daldırma kaybı deneyi sonuçlarında en yüksek stabilite ve en az stabilite kaybı Granitli karışımlarda meydana gelmektedir.

9. Daldırma kaybı yönünden Granit, Siyah Kalkere oranla % 18 Beyaz Kalkere oranla % 14 daha dirençlidir.

10. Donma deneyi sonuçlarına göre ise Granit, Siyah Kalkere göre % 12.24, Beyaz Kalkere göre de % 21.09 kadar daha dirençlidir.

11. Donma-Cözülme deneyinde, suda çözdürülen karışımlarda en iyi sonuç Granitli karışımlardan alınmaktadır.

12. Hesaplanan aynı hizmet ömrü sonunda, su etkisinden dolayı, Granitli karışımda % 34'lük bir stabilite azalması olmasına karşın, Siyah Kalkerde % 52'lik stabilite azalması olmaktadır. Aynı şekilde don etkisinden dolayı Granitli karışımda % 6.15'lik stabilite azalması olmasına karşılık, Beyaz Kalkerli karışımda % 27.24'lük stabilite azalması olmaktadır.

Böylece, aynı trafik etkilerine maruz Granitli karışımın hizmet ömrünün diğer agrega cinslerinden olan karışımlara nazaran daha fazla olacağı aşıkardır.

13. Üst yapı için yukarıda belirlenen malzemelerin tamamının yeterli miktarda olmaması veya ekonomik olmaması durumlarında, özellikle yolun hizmet ömrünün belirlenmesinde trafik yükleri kadar önemli prametre olan su ve don etkilerinin etkili olduğu üst tabakalarda öncelikle Granitin kullanılması tercih edilmelidir.

14. Yukardaki sonuçların değerlendirilmesinden, bitümlü karışımlar için, su ve don etkilerinin dikkate alınarak agrega cinsinin belirlenmesinde granit malzemesinin tercih edilmesi gerektiği sonucu çıkmaktadır. Diğer taraftan yol üstyapısında kullanılacak agregada aranan fiziksel özellikler açısından ise, don ve su etkisinin incelendiği soyulma ve donma deneyi sonuçlarına göre Siyah kalkerin Granite göre daha üstün olduğu görülmektedir. Bu durum agrega cinsinin seçiminde yalnız fiziksel özelliklere bağlı kalınmasının yeterli olmayacağı, önemli sonucunu çıkartmaktadır.

İ.T.Ü. Ulaştırma Kürsüsü laboratuvarında kırılarak, stabilitele-
ri tesbit edilen daldırma kaybı deneyi biriketine ait ölçmeleri ve de-
ney sonuçlarını gösteren Tablo 4.6-7-8 de kullanılan semboller şunlardır :

- Wa = Kuru mıcıra nazaran bitüm yüzdesi
- Wb = Biriketteki bitümün normal yüzdesi
- Gb = Bitüm özgül ağırlığı
- Gk = Kaba mıcırın özgül ağırlığı
- Gi = İnce mıcırın özgül ağırlığı
- Gf = Fillerin özgül ağırlığı
- Gç = Portland çimentosunun özgül ağırlığı
- Dt = Teorik özgül ağırlık
- Vh = Boşluk yüzdesi
- Sb = Biriketteki bitümün hacim olarak yüzdesi
- St = Biriketteki katı maddelerin hacmen yüzdesi
- Sa = Biriketteki mıcırın hacim olarak yüzdesi
- Va = Biriketteki mıcırdan arta kalan boşluğun hacmen yüzdesi
- Vf = Bitümle dolu boşluk yüzdesi

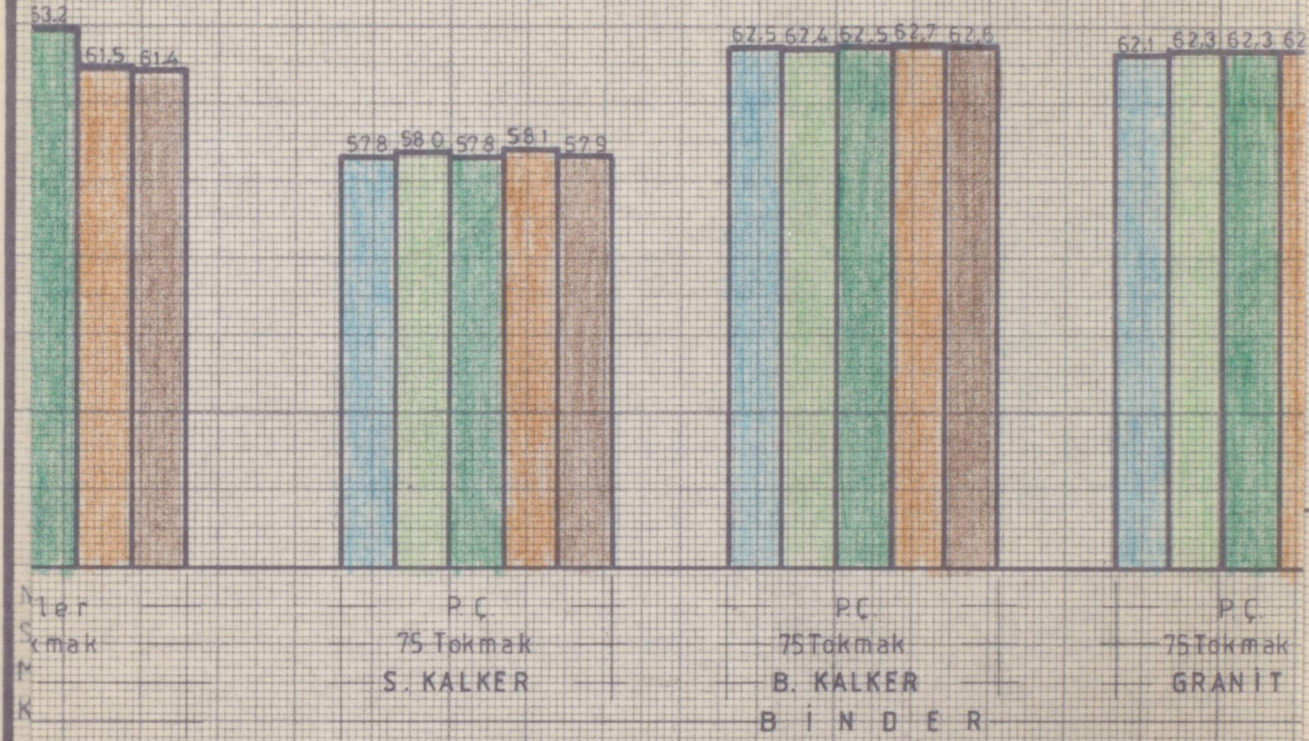
Tablo 4.7: Beyaz Kalker den hazırlanan numunelerle yapılan Daldırma Kaybı deneyi nin neticeleri

Deneyin Adı	DALDIRMA KAYBI DENEYİ																								
	BEYAZ KALKER (ÇATALCA)																								
Malzeme Cinsi	BİTÜMLÜ TEMEL						BİNDER						AŞINMA												
	NORMAL		SUYA DALDIRILAN		NORMAL		SUYA DALDIRILAN		NORMAL		SUYA DALDIRILAN		NORMAL		SUYA DALDIRILAN		NORMAL		SUYA DALDIRILAN						
Numune Gurubu	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
Numune No	Gk: 2.600 Wb: 3.80 Gb: 1.038						Gk: 2.60 Wb: 4.52 Gb: 1.038						Gk: 2.67 Wb: 5.62 Gb: 1.038						Gk: 2.67 Wb: 5.62 Gb: 1.038						
Yükseklik m	Kaba% si : 57 İnce% si : 39 Filler% si : 4						Kaba% si : 57 İnce% si : 38 Filler% si : 5						Kaba% si : 57 İnce% si : 38 Filler% si : 7						Kaba% si : 39 İnce% si : 54 Filler% si : 7						
tavada gr	65.3	65.5	64.3	65.0	64.1	64.6	63.4	62.5	62.7	63.0	62.8	63.1	63.0	63.1	62.5	62.7	63.0	62.8	63.0	63.0	63.1	62.5	62.7	62.9	62.7
Suda gr	65.4	65.1	64.0	65.4	64.1	64.3	63.5	62.5	62.6	62.9	62.9	63.2	62.9	62.9	62.6	62.6	62.9	62.9	62.9	62.9	62.9	62.8	62.8	62.9	62.7
D.Y.K. gr	65.3	65.5	64.0	65.0	64.1	64.4	63.6	62.5	62.6	62.9	62.9	63.1	62.9	62.9	62.5	62.5	62.9	62.9	62.9	62.9	62.9	62.8	62.8	62.9	62.7
İlacım cm3	65.4	65.2	64.1	65.1	64.1	64.5	63.5	62.6	62.6	62.9	62.9	63.2	62.9	62.9	62.6	62.6	62.9	62.9	62.9	62.9	62.9	62.7	62.7	62.7	62.7
Pratik Özgül Ağırlık gr/cm3	65.4	65.3	64.1	65.1	64.1	64.4	63.5	62.5	62.6	62.9	62.9	63.2	62.9	62.9	62.6	62.6	62.9	62.9	62.9	62.9	62.9	62.7	62.7	62.7	62.7
Akma mm	1139.2	1139.3	1134.8	1142.4	1150.7	1137.6	1146.2	1147.4	1151.1	1149.8	1143.6	1149.1	1146.2	1147.4	1151.1	1149.8	1143.6	1149.1	1146.2	1147.4	1151.1	1149.8	1143.6	1149.1	1146.2
Stabilite Kg	4500	5000	5620	2500	2980	2950	5650	5950	6500	3150	2900	3300	6900	6900	6950	3500	3200	4050	6900	6900	6950	3500	3200	4050	6900
Düzeltilme Fak.	0.953	0.955	0.985	0.960	0.985	0.978	1.000	1.026	1.023	1.016	1.018	1.008	1.013	1.011	1.023	1.018	1.016	1.021	1.013	1.011	1.023	1.018	1.016	1.021	1.013
Düzeltilmiş Stabilite Kg	4289	4775	5536	2400	2935	2885	5650	6105	6650	3200	2952	3326	6990	6976	7110	3563	3251	4135	6990	6976	7110	3563	3251	4135	6990
T gr/cm3	4867						6135						3159						7025						
h %	2,439						2,436						2,436						2,472						
b %	5,90						4,23						4,02						6,43						
t %	8,40						10,16						10,18						12,52						
a %	94,10						95,77						95,98						93,57						
fa %	85,70						85,61						85,80						81,05						
f %	14,30						14,39						14,20						18,95						
İf %	58,74						70,60						71,69						66,07						
Daldırma Kaybı Oranı %	56						51						52						52						

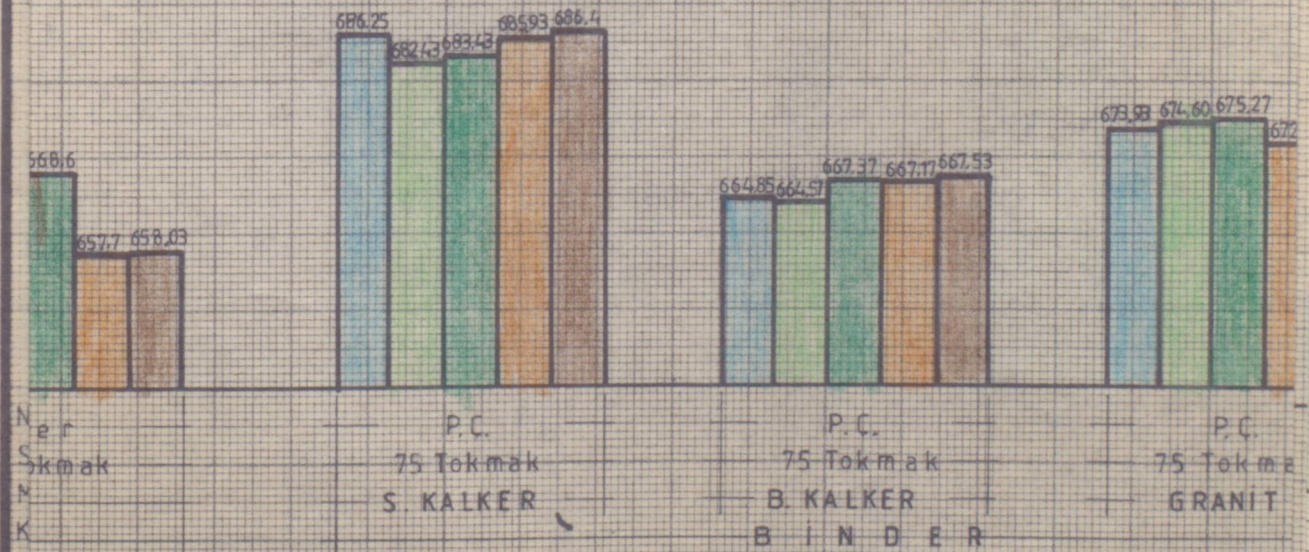
Tablo 4.8 : Granitten hazırlanan numunelerle yapılan Daldırma Kaybı deneyinin neticeleri

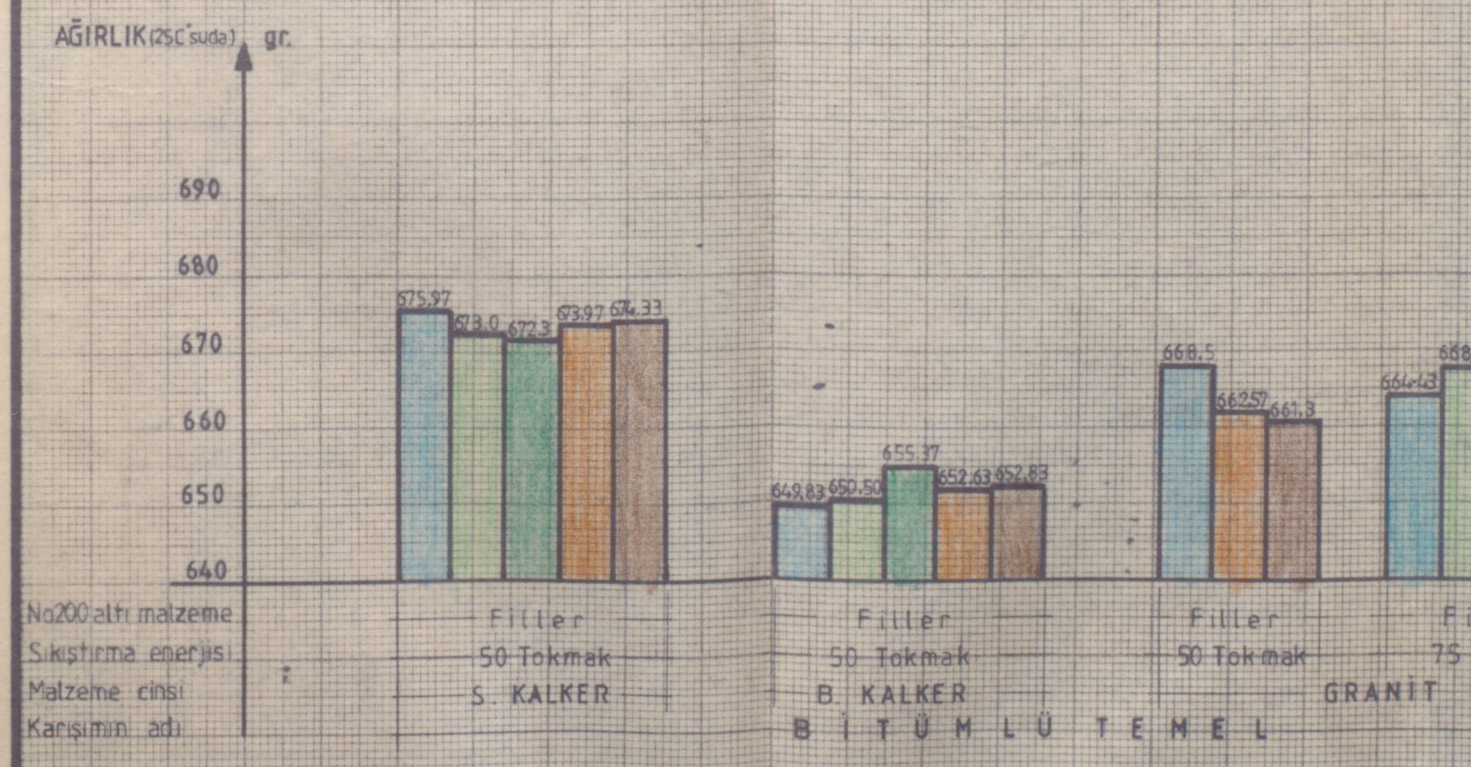
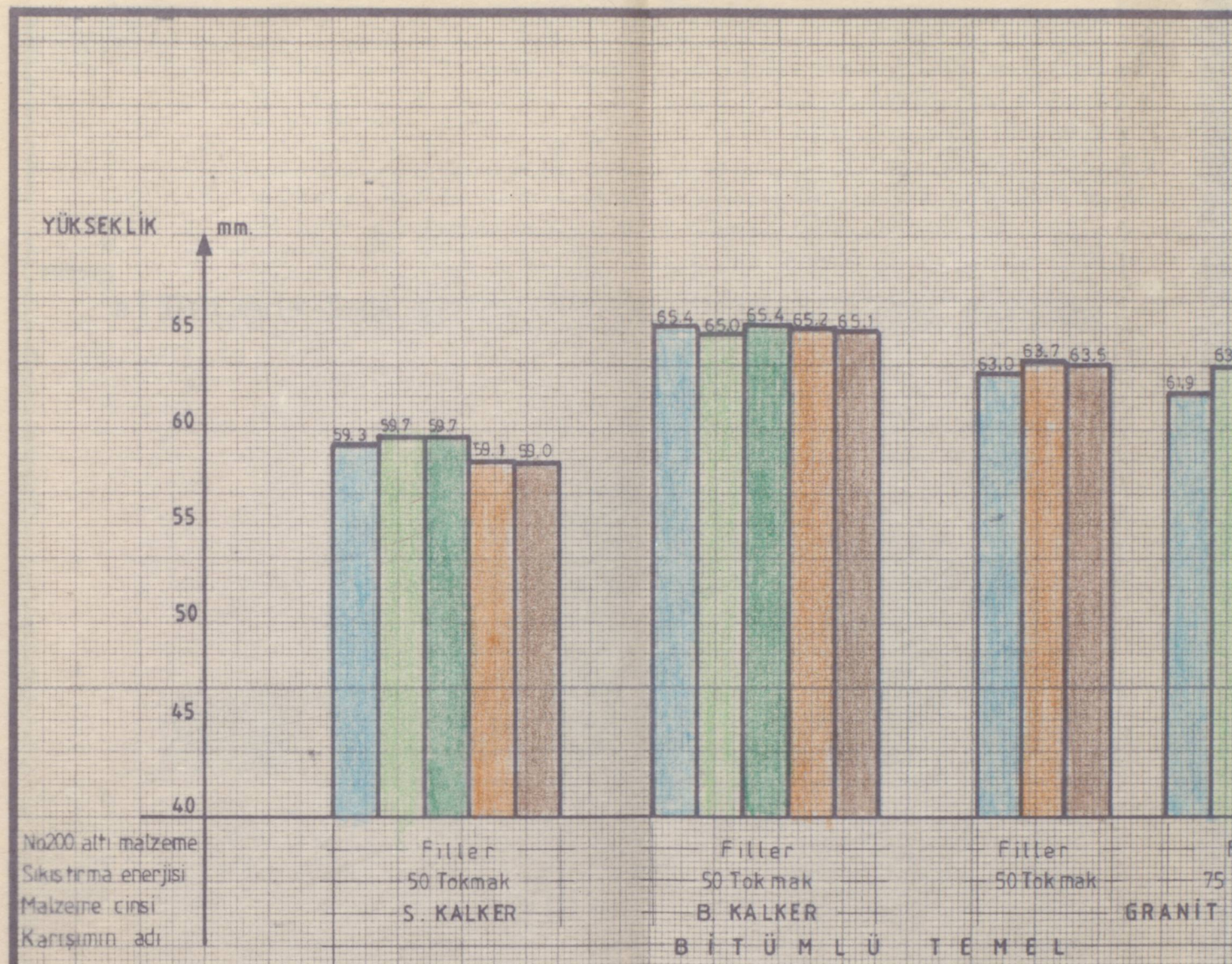
Deneyin Adı	DALDIRMA KAYBI DENEYİ																			
	BİTÜMLÜ TEMEL						BİNDER						AŞINMA							
Malzeme Cinsi	GRANİT (ÇATALCA)																			
	Wa: 3.875		Gk: 2.62		Kaba % si: 57		Wa: 4.91		Gk: 2.62		Kaba % si: 57		Wa: 6.00		Gk: 2.62		Kaba % si: 39			
Numune Gurubu	Wb: 3.73		Gi: 2.60		İnce % si: 39		Wb: 4.68		Gi: 2.61		İnce % si: 38		Wb: 5.66		Gi: 2.60		İnce % si: 54			
	Gb: 1.038		Gf: 2.53		Filtre % si: 4		Gb: 1.035		Gf: 3.00 (P(f))		Filtre % si: 5		Gb: 1.038		Gf: 2.53		Filtre % si: 7			
Numune No	NORMAL			SUYA DALDIRILAN			NORMAL			SUYA DALDIRILAN			NORMAL			SUYA DALDIRILAN				
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6		
Yükseklik mm	64.5	63.3	63.4	63.7	63.1	62.5	62.1	62.3	60.6	62.0	60.6	60.5	61.5	61.1	61.7	61.4	61.2	61.1	61.4	
	64.6	63.4	63.4	63.6	63.2	62.6	61.8	62.0	60.6	62.1	60.7	60.7	61.6	61.1	62.1	61.2	61.2	61.2	61.2	
	64.8	63.3	63.5	63.7	63.2	62.4	61.8	62.5	60.6	62.7	60.5	60.4	61.3	61.1	62.1	61.2	61.4	61.4	61.4	
	64.6	63.2	63.7	63.8	63.3	62.7	61.8	62.2	60.1	62.5	60.6	60.6	61.5	61.1	61.5	61.4	61.3	61.3	61.3	61.3
	64.8	63.2	63.6	63.7	63.2	62.4	61.9	62.4	60.8	62.4	60.5	60.4	61.7	61.1	61.6	61.4	61.2	61.2	61.2	61.2
	64.6	63.7	63.6	63.6	63.3	62.4	61.8	62.5	60.8	62.1	60.8	60.5	61.7	61.1	61.8	61.7	61.3	61.3	61.3	61.3
avada gr	64.7	63.4	63.5	63.7	63.2	62.6	61.9	62.3	60.6	62.3	60.5	61.5	61.1	61.8	61.4	61.3	61.3	61.3	61.3	
uda gr	1130.-	1121.5	1142.0	1143.6	1140.0	1109.-	1144.1	1150.7	1140.-	1153.-	1151.4	1152.9	1156.3	1155.4	1157.8	1154.4	1156.3	1157.1	1157.1	
Y.K. gr	650.8	647.3	659.4	663.4	662.4	645.4	671.4	674.4	666.5	673.6	675.9	676.6	669.9	669.6	671.6	669.1	670.2	671.6	671.6	
acim cm3	1138.9	1128.9	1148.-	1152.6	1149.6	1117.9	1149.-	1154.7	1142.-	1154.5	1153.3	1154.3	1156.9	1156.-	1158.8	1154.8	1156.7	1157.6	1157.6	
rafik Özgül	488.1	481.6	488.6	489.2	487.2	472.5	477.6	480.3	475.6	480.9	477.4	477.7	487.-	486.4	487.2	485.7	486.5	486.5	486.5	
gürlük gr/cm3	2.315	2.329	2.337	2.338	2.340	2.347	2.396	2.396	2.397	2.398	2.412	2.413	2.356	2.375	2.376	2.377	2.377	2.377	2.381	
kma mm	2.327						2.396						2.408							
tabilite Kg	4400	5500	5980	3300	2750	3200	6200	6450	6850	3980	3950	4400	7000	7200	7200	5000	4500	4600	4600	
üzeltme Fak.	0.970	1.003	1.000	0.995	1.008	1.023	1.040	1.031	1.079	1.031	1.079	1.082	1.053	1.064	1.044	1.056	1.059	1.059	1.059	
üzeltimis	4268	5517	5980	3284	2772	3274	6448	6650	7391	4103	4262	4761	7371	7661	7517	5380	4766	4871	4871	
tabilite Kg	5255						6830						4375							
T gr/cm3	2.473						2.456						2.456							
%	5.90						2.44						1.71							
%	8.36						10.80						10.86							
%	94.10						97.56						98.29							
%	85.74						86.76						87.43							
%	14.26						13.24						12.57							
%	58.63						81.57						86.40							
Daldırma Kaybı Oranı %	59						64						66							

Sekil 4.1: Numune yüksekliklerinin Donma-Çözülme deneyinden önceki

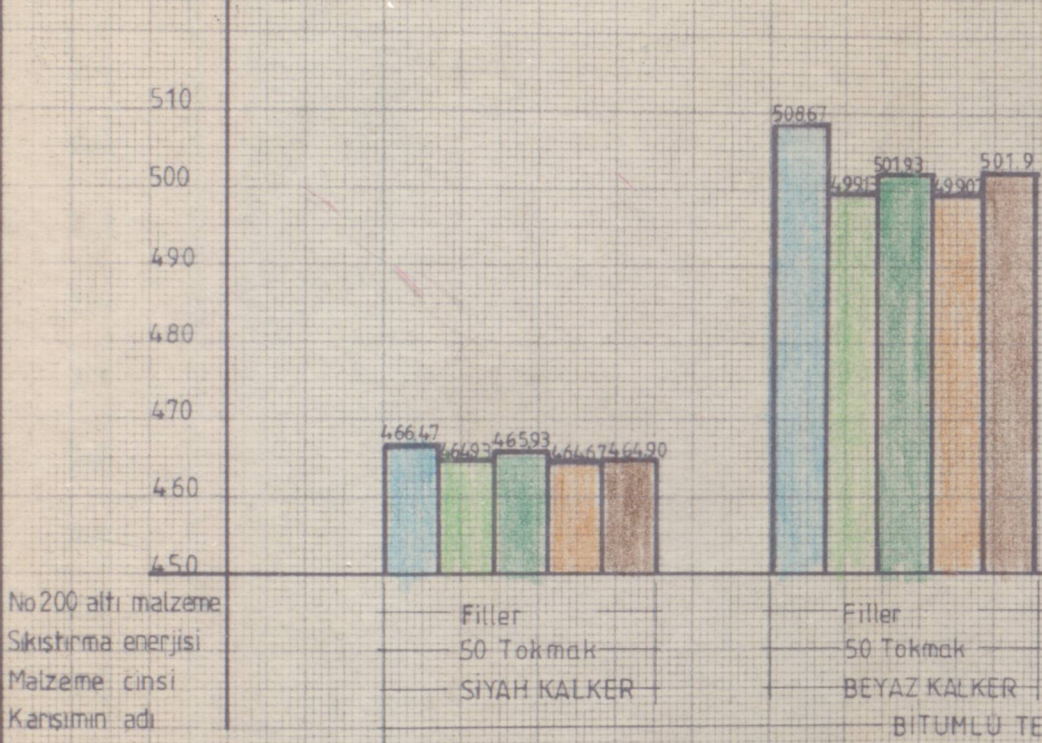


Sekil 4.2: Numunelerin sudaki ağırlıklarının Donma-Çözülme deneyinden önceki

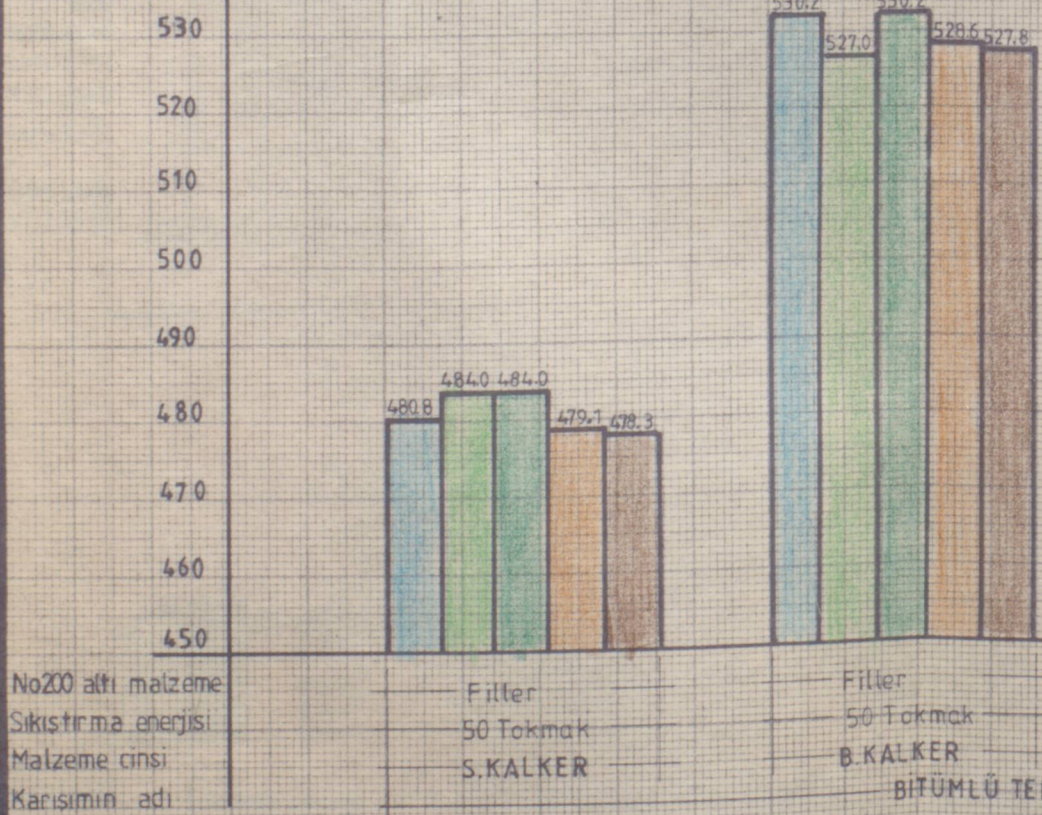




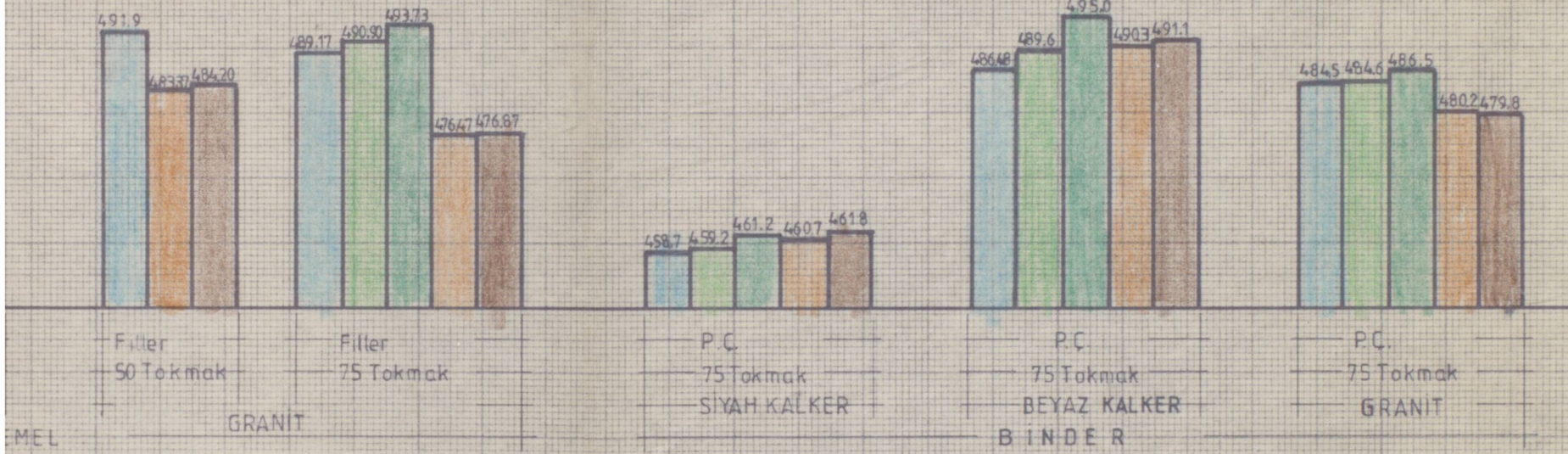
HACİM 1
(DYK Kağıtık-Suda ağır)



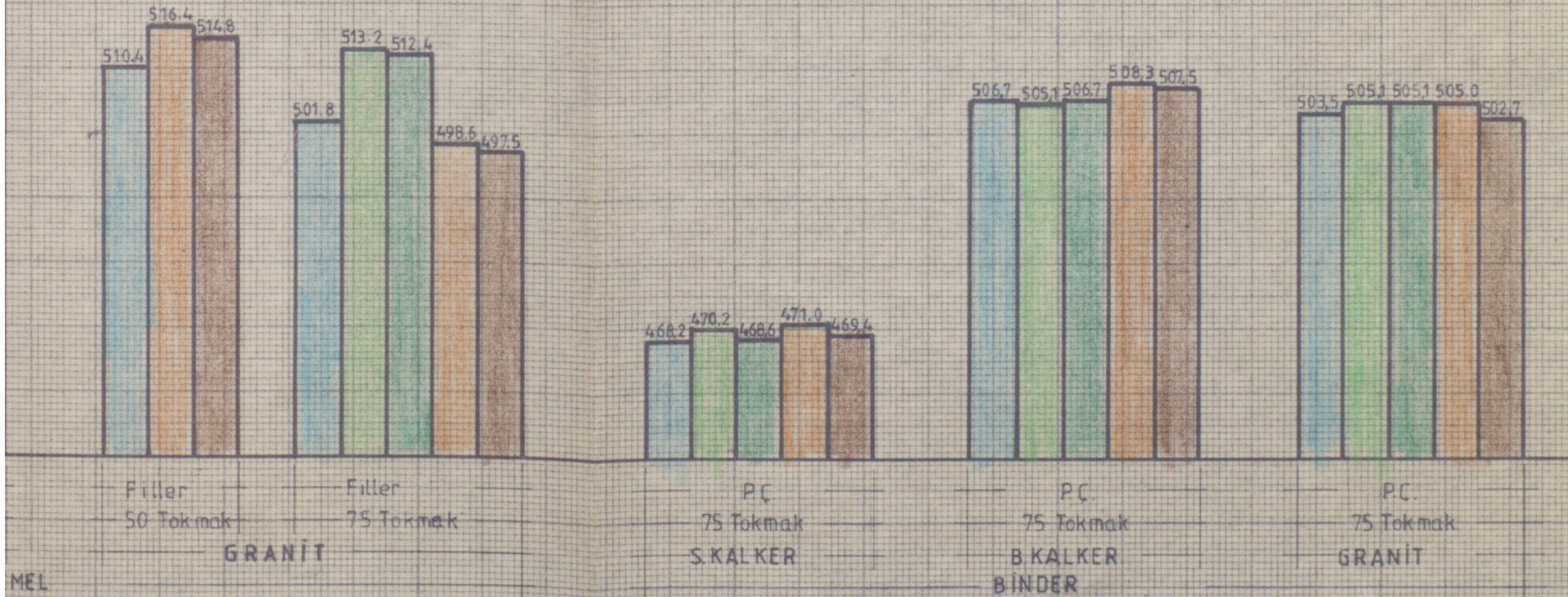
HACİM 2
(Alan x Yükseklik)

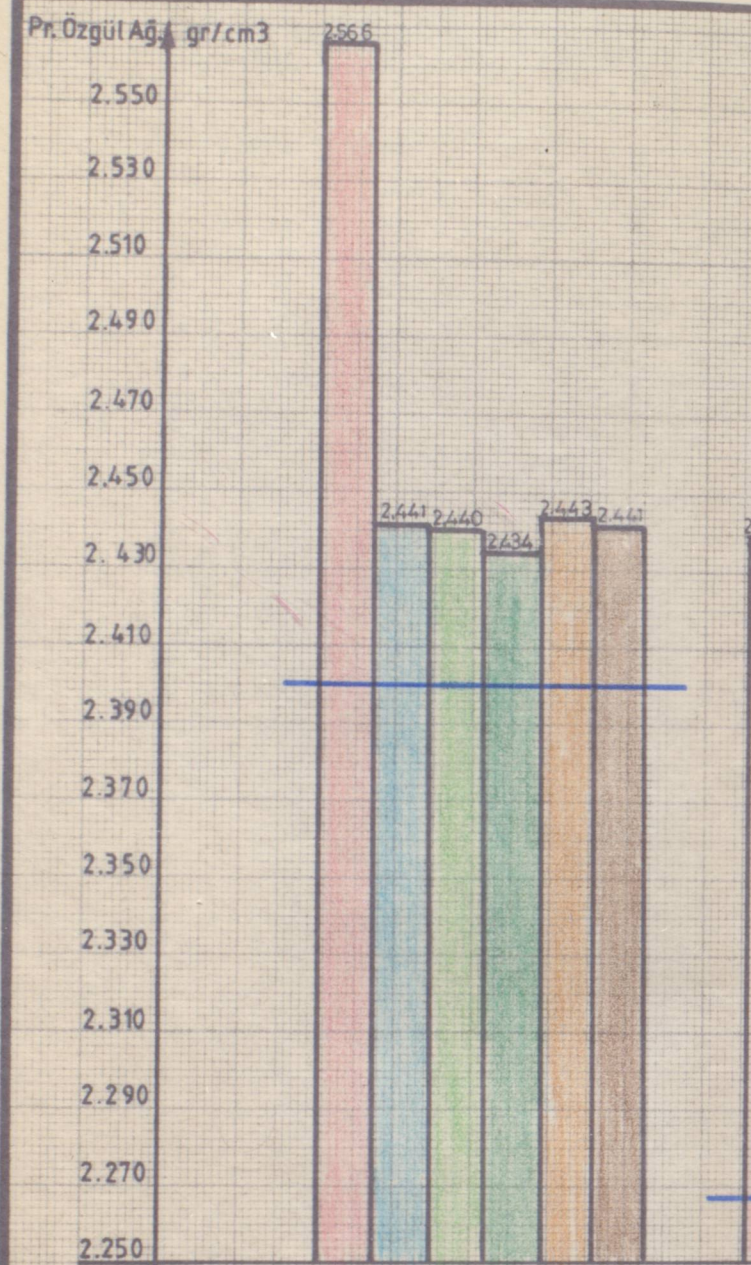


Şekil 4.3: Hacim 1 (DYK ağırlık-Suda ağırlık) değerlerinin Donma-Çözülme deneyinde



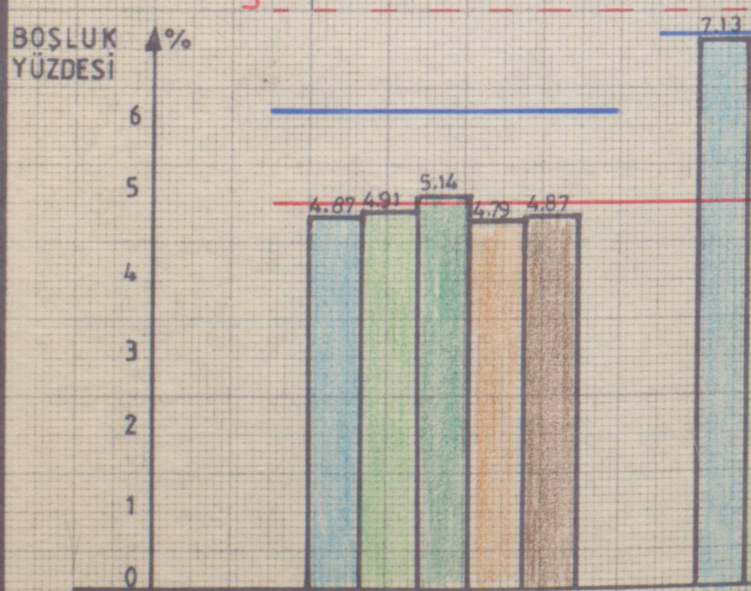
Şekil 4.4: Hacim 2 (Alan x Yükseklik) değerlerinin Donma-Çözülme deneyinden önceki





No200 altı malz.
Sıkıştırma enj.
Malzeme cinsi
Karışımın adı

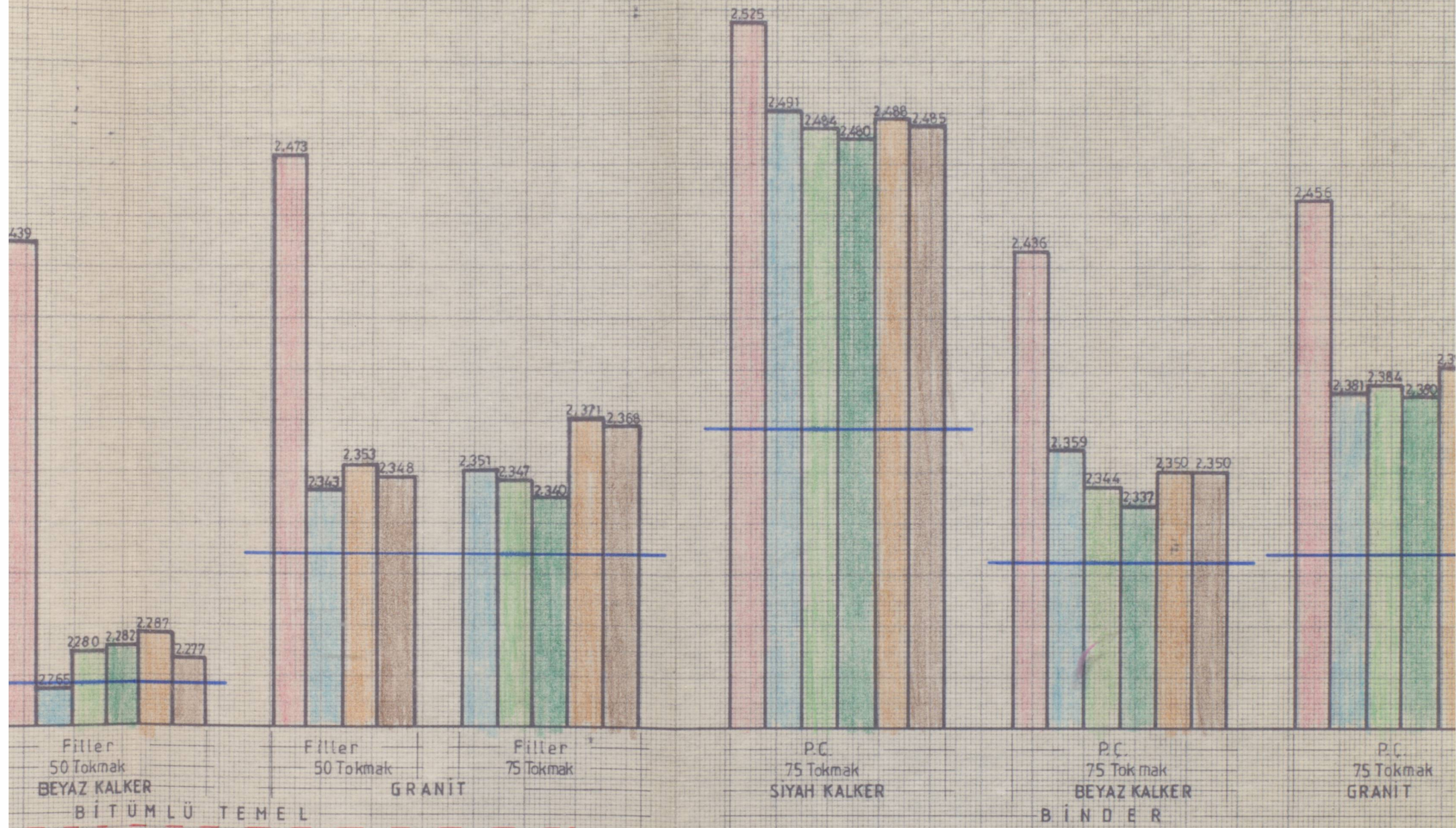
Filler
50 Tokmak
SİYAH KALKER



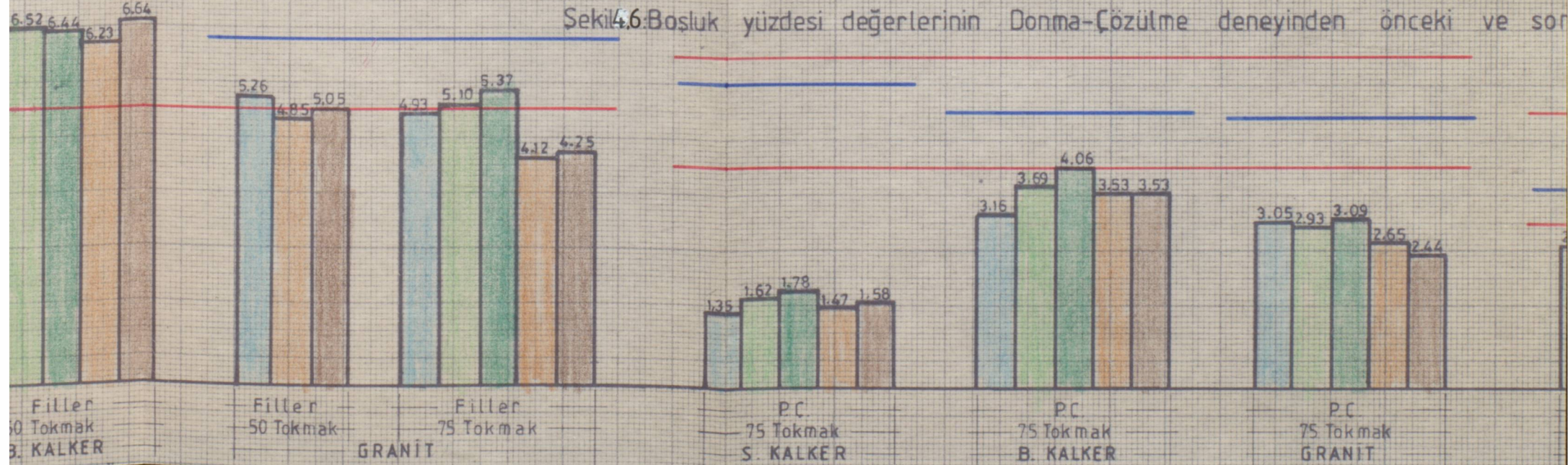
No200 altı malz.
Sıkıştırma enj.
Malzeme cinsi

Filler
50 Tokmak
S. KALKER

Şekil 4.5. Karışımların teorik özgül ağırlıkları ve Pratik özgül ağırlık değerlerinin Donma-Çözülme



Şekil 4.6. Boşluk yüzdesi değerlerinin Donma-Çözülme deneyinden önceki ve sonra



Bifümle Dolu
Boşluk Yüzdesi %

90

80

70

60

50

62.97 62.75 61.3

No200 altı malzeme
Sıkıştırma enerjisi
Malzeme cinsi
Karışımın adı

Filter
50 Tokmak
SİYAH

STABİLİTE Kg.

1800

1600

1400

1200

1000

800

600

400

1025

765

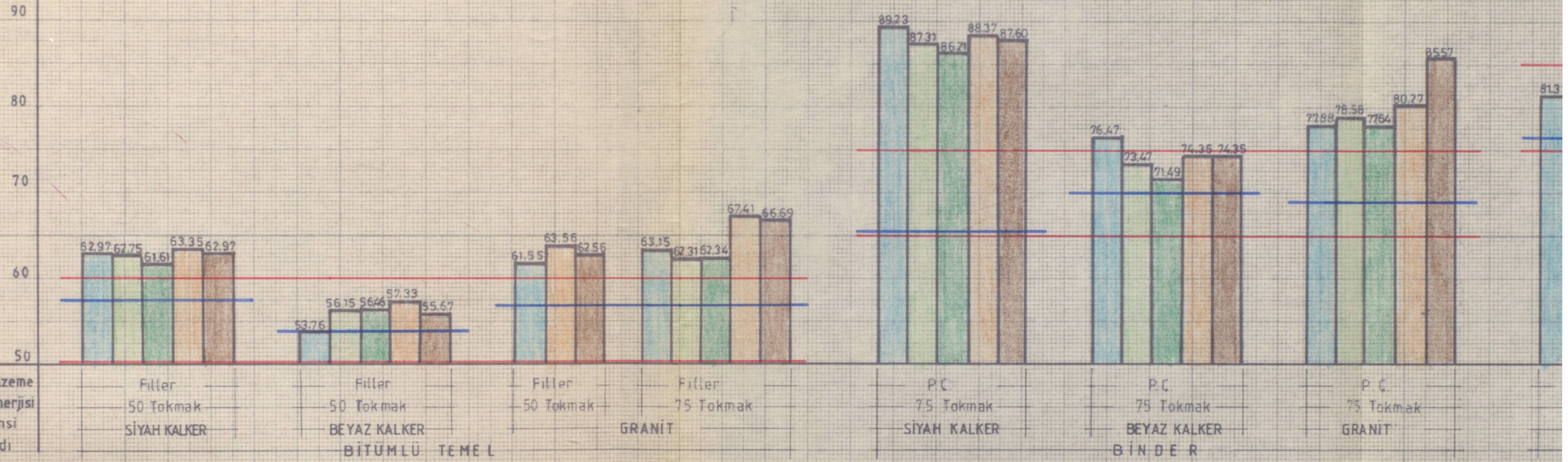
112

No200 altı malzeme
Sıkıştırma enerjisi
Malzeme cinsi
Karışımın adı

Filter
50 Tokmak
S.KALKE

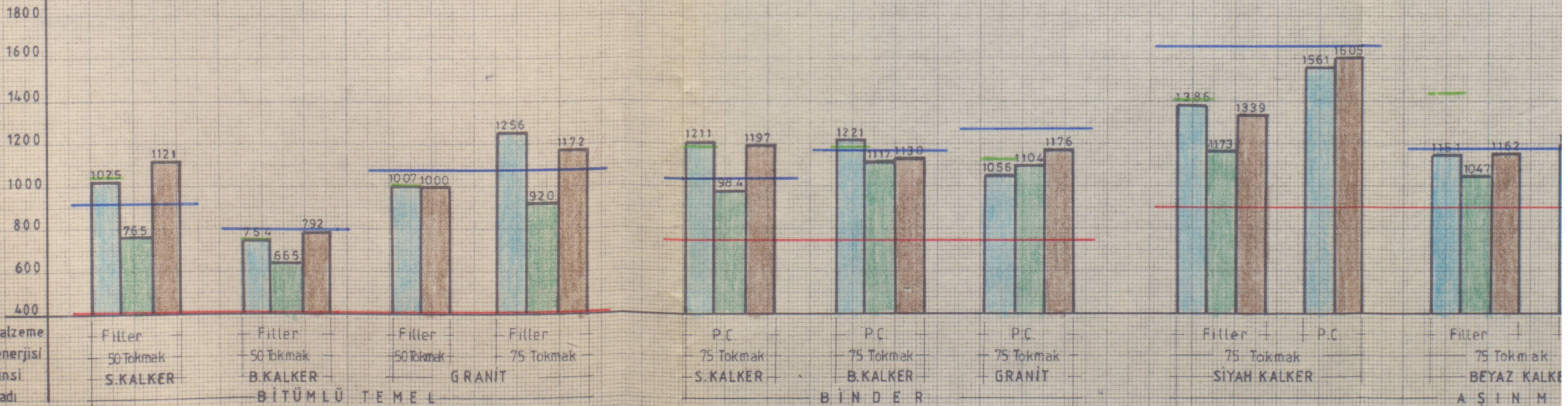
Bitümlü Dolu
Boşluk Yüzdesi %

Şekil 4.7: Bitümlü dolu boşluk yüzdesi değerlerinin Donma-Çözülme deneyinden önceki ve sonraki

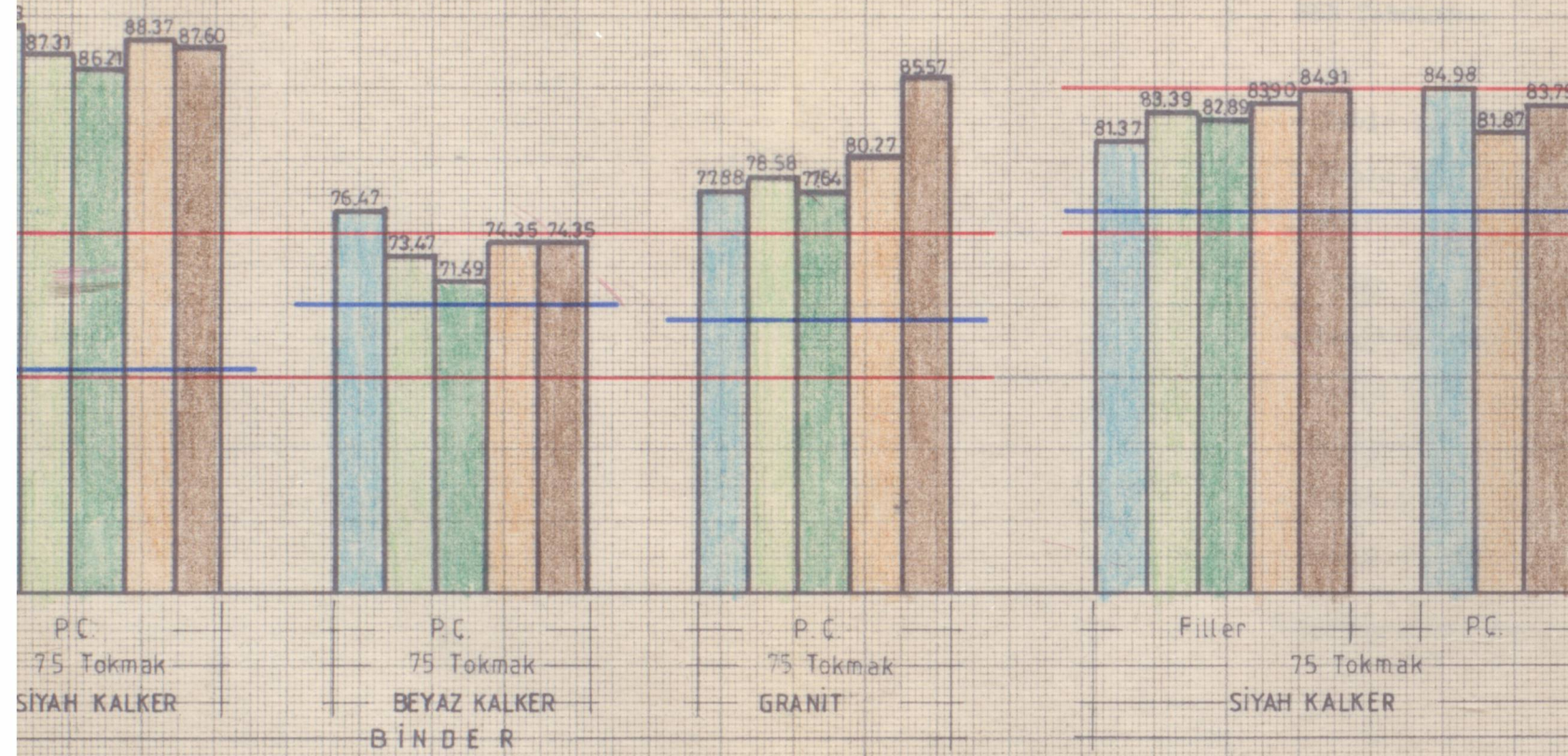


STABİLİTE Kg.

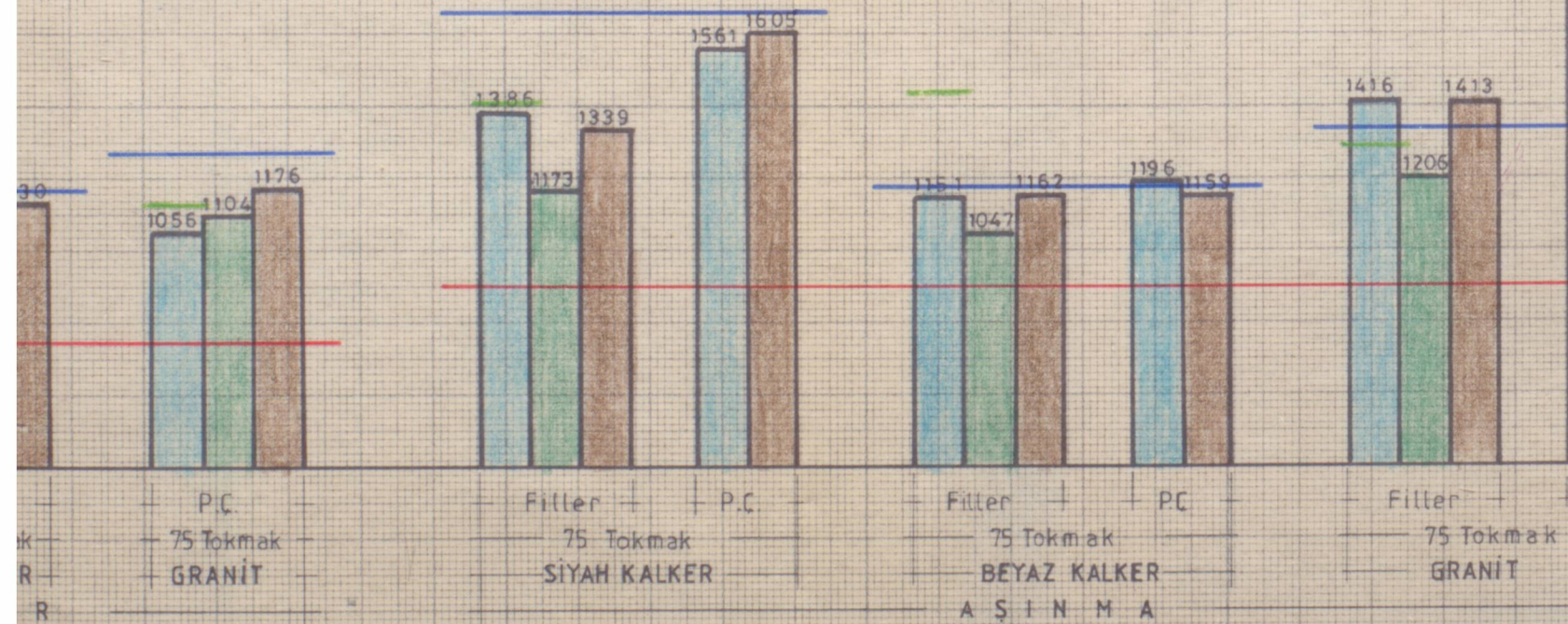
Şekil 4.8: Stabilité değerlerinin Donma-Çözülme deneyindeki değişimi.

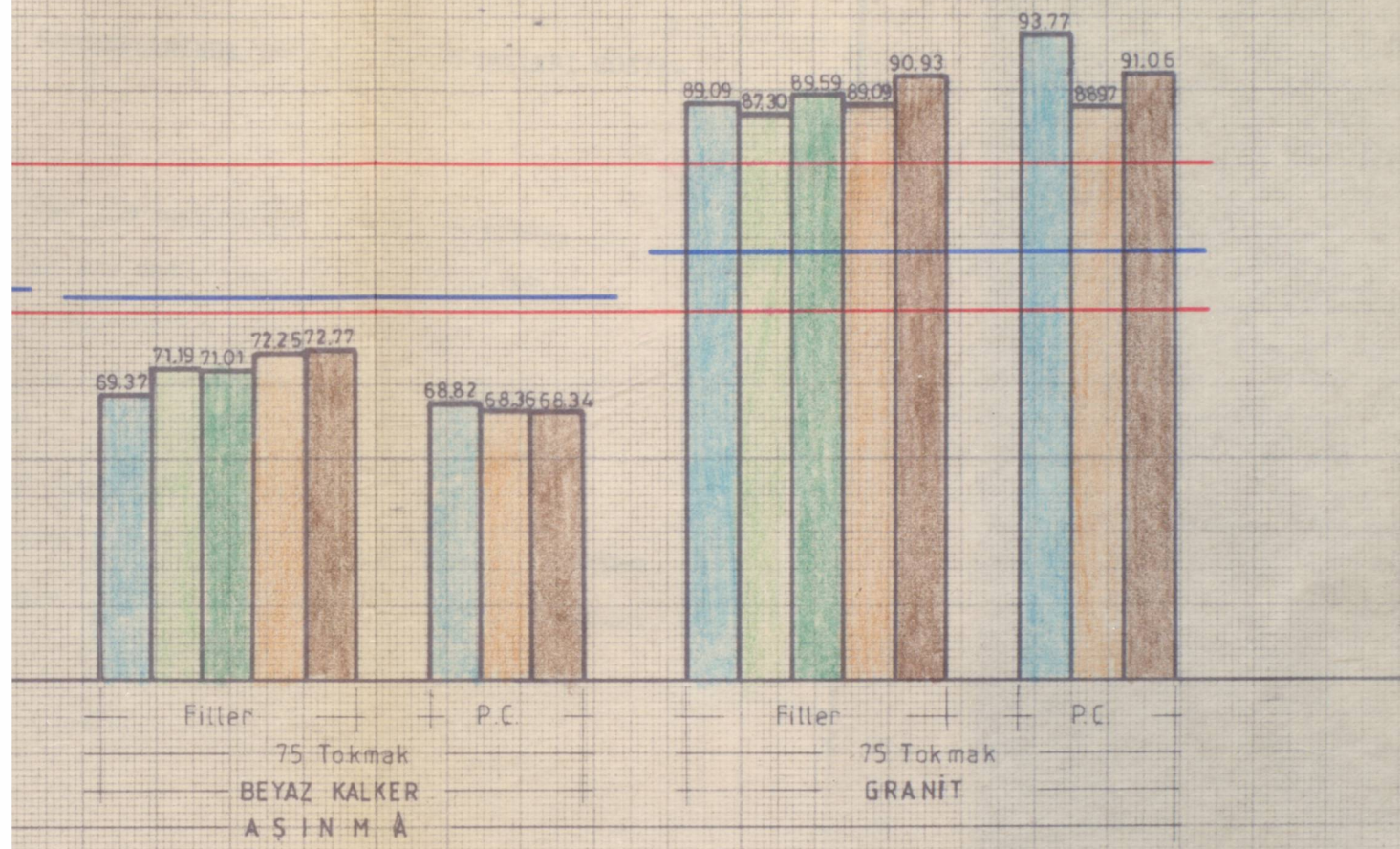


desi değerlerinin Donma-Çözülme deneyinden önceki ve sonraki durumu.



Donma-Çözülme deneyindeki değişimi.





- Normal Değerler
- Suda çözdürülen (Deneyden önce)
- " " (Deneyden sonra)
- Havada çözdürülen (Deneyden önce)
- " " (Deneyden sonra)
- Şartname üst ve alt sınırı
- Dizayn Değeri
- Tashih edilmiş normal değerler

KAYNAKLAR

1. ILICALI M., Karayolu Üstyapısında Erdemir Cürufunun Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, İstanbul, 1988.
2. KGM, Yollar Fenni Şartnamesi ve Bitümlü Kaplamalar Fenni Şartnamesi, Karayolları Genel Müdürlüğü EK-1987. Ankara, 1987.
3. UMAR F., AĞAR E., Yol Üstyapısı, 3. Baskı, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı : 1299, İstanbul 1985.
4. KEÇECİLER A.F., GÜMRÜKÇÜOĞLU A., AKKOL G., GÖKÇE A.F., Bitümlü Malzemeler Laboratuvar El Kitabı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Yayın No. 239, Ankara, 1988.
5. YILDIRIM B., Yol İnşaatı, F.Ü.Müh. Fak., Yayın No. 58, Elazığ 1982.
6. TS., Bitümlü Kaplama Karışımlarının Hesap Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, No. 3720, Ankara.
7. — T.C.K. 17. Bölge Müdürlüğü, Araştırma Başmühendisiği, laboratuvar arşivi.

DONMA-ÇÖZÜLME DENEYİ NUMUNELERİNDE YAPILAN TÜM ÖLÇMELERİ GÖSTEREN TABOLAR :

- Tablo 1 : Siyah kalker ile hazırlanan Aşınma tabakası,
- Tablo 2 : Beyaz kalker ile hazırlanan Aşınma tabakası,
- Tablo 3 : Granit ile hazırlanan Aşınma tabakası,
- Tablo 4 : Siyah kalker ile hazırlanan Binder tabakası,
- Tablo 5 : Beyaz kalker ile hazırlanan Binder tabakası,
- Tablo 6 : Granit ile hazırlanan Binder tabakası,
- Tablo 7 : Siyah kalker ile hazırlanan Bitümlü temel tabakası,
- Tablo 8 : Beyaz kalker ile hazırlanan Bitümlü temel tabakası,
- Tablo 9 : Granit ile hazırlanan Bitümlü temel tabakası,

numunelerinde yapılan ölçmeleri göstermektedir.

AŞINMA

SİYAH KALKER (CEBECİ)

Bu hücrede kullanılan miktarlar = 1100g
 Bu hücrede kullanılan bitim penetrasyonları = 60-70

W = 502 G₁ = 2,703 G₂ = 1,038
 W₀ = 478 G₁ = 2,726 Kaba % s₁ = 39
 Bitim miktarı = 55,82 G₂ = 2,711 İnce % s₁ = 54
 G₃ = 3,00 Filler % s₁ = 7

Donma - Çözülme Deneyine Tabi Tutulan Numuneler

Suda Çözülürülen Numuneler

Havada Çözülürülen Numuneler

Portland Çimentolu

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

Deneyden Önce

Deneyden Sonra

BİNDER

BEYAZ KALKER (GATALCA)

$W_1 = 6,73$ $G_1 = 2,600$ $G_b = 1,038$
 $W_2 = 4,52$ $G_2 = 2,560$ $Kaba \% si = 57$
 $Bilin Miktar = 37,03$ $G_3 = 3,000$ $İnce \% si = 38$
 $(P_6 U)$ $Filler \% si = 5$

Deneyin Adı	Deneme - Gözülme Deneyine Tabi Tutulan Numuneler														
	Suda Gözdürülen Numuneler						Havada Gözdürülen Numuneler								
Numune No	Deneyden Önce			Deneyden Sonra			Deneyden Önce			Deneyden Sonra					
	7	8	9	7	8	9	10	11	12	10	11	12			
Ölçeklik (mm)	62,0	63,3	64,6	62,7	62,8	61,2	63,0	62,8	61,4	61,4	62,3	61,5	62,9	62,0	62,4
	62,0	63,5	64,6	62,8	62,8	61,3	63,0	62,8	61,4	61,4	62,3	62,5	63,0	62,2	62,6
	62,2	63,4	64,5	62,7	62,9	61,3	63,2	62,9	61,3	61,3	62,3	62,6	63,1	62,3	62,4
	62,1	63,6	64,3	62,8	62,8	61,3	63,1	62,8	61,5	61,5	62,2	62,6	63,0	62,4	62,5
	62,2	63,7	64,7	62,8	62,7	61,3	63,0	62,7	61,6	61,6	62,3	62,6	63,2	62,2	62,6
	62,2	63,6	64,6	62,7	62,7	61,3	63,0	62,7	61,5	61,6	62,2	62,5	63,0	62,3	62,6
Suda (gr)	62,1	63,6	64,6	62,8	62,8	61,3	63,0	62,8	61,4	61,4	62,3	62,6	63,0	62,2	62,5
	1150,0	1153,5	1140,8	1150,6	1150,6	1160,6	1150,6	1160,2	1148,7	1148,7	1152,2	1151,2	1155,7	1153,6	1153,-
	664,0	661,0	663,5	667,7	667,3	658,7	666,7	670,2	665,2	668,5	667,1	665,9	669,-	667,1	666,5
	1150,5	1162,0	1146,0	1156,9	1159,3	1166,3	1167,2	1165,4	1154,5	1154,5	1157,2	1155,5	1159,5	1159,5	1157,5
	490,5	501,0	482,5	491,2	492,0	485,6	500,5	495,2	489,3	494,1	490,1	489,6	490,5	491,3	491,-
	2,365	2,302	2,364	2,342	2,346	2,349	2,318	2,344	2,348	2,343	2,351	2,351	2,356	2,345	2,348
Hava (gr)	2,354	2,354	2,359	2,346	2,346	2,359	2,346	2,337	2,350	2,350	2,350	2,350	2,350	2,350	2,350
	220	230	270	240	260	210	310	270	310	420	330	380	630	640	730
	710	680	750	640	690	640	640	690	640	630	640	730	1043,04	1059,60	1008,60
	1175,43	1125,82	1241,72	1059,60	1142,30	1039,60	1008	1018	1056	1013	1033	1026	1056,60	1094,57	1240,02
	1036	0,998	0,972	1068,08	1162,94	1118,94	1116,65	2,436	4,06	10,23	86,24	13,76	74,35	2,436	3,53
	1212,38	1212,38	1221,69	1212,38	1212,38	1221,69	1212,38	1212,38	1221,69	1212,38	1212,38	1221,69	1212,38	1212,38	1221,69
Yoğunluk (gr/cm ³)	2,436	2,436	2,436	2,436	2,436	2,436	2,436	2,436	2,436	2,436	2,436	2,436	2,436	2,436	2,436
	3,37	3,37	3,16	3,69	3,69	3,16	3,69	3,69	3,16	3,69	3,69	3,16	3,69	3,69	3,16
	10,25	10,25	10,27	10,22	10,22	10,27	10,22	10,22	10,27	10,22	10,22	10,27	10,22	10,22	10,27
	86,38	86,38	86,57	86,09	86,09	86,57	86,09	86,09	86,57	86,09	86,09	86,57	86,09	86,09	86,57
	13,62	13,62	13,43	13,91	13,91	13,43	13,91	13,91	13,43	13,91	13,91	13,43	13,91	13,91	13,43
	75,25	75,25	76,67	73,67	73,67	76,67	73,67	73,67	76,67	73,67	73,67	76,67	73,67	73,67	76,67

BİNDEKİ

GRANİT (CATALCA)

Deney Adı	Deneme - Gözölme Deneyine Tabi Tutulan Numuneler																		
	Kontrol Numuneleri					Suda Gözdürülen Numuneler					Havadaki Gözdürülen Numuneler								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	10	11	12	
Malzemenin Cinsi	GRANİT (CATALCA)																		
Malzemelerin Özellikleri	W _a = 4,91 G _k = 2,620 G _b = 1,038 W _b = 4,68 G _i = 2,610 Kaba %si = 57 B _{15m} miktarı = 36,01 G _f = 3,00 İnce %si = 38 (F _{6,11}) Filtre No = 5																		
Numune Türü	Deneme - Gözölme Deneyine Başlama Anındaki Stabilite için tesbiti için Hazırlanan Numuneler																		
Numune No	9.11.1988																		
Ölçüseklik (mm)	62,8	60,5	62,4	63,2	62,3	62,6	61,4	62,5	63,0	61,3	62,7	62,7	61,3	62,7	62,4	61,4	61,4	62,9	62,9
Ornada Gr	1158,5	1149,0	1142,7	1144,0	1158,2	1163,5	1147,7	1163,6	1154,5	1152,-	1165,-	1156,5	1144,5	1144,5	1145,9	1145,8	1155,1	1147,3	1147,3
Suda (gr)	676,4	673,2	667,9	661,9	675,6	678,2	670,-	679,1	674,7	672,7	678,7	674,4	669,0	675,5	671,9	669,4	674,7	674,3	674,3
YK (gr)	1165,6	1153,0	1148,2	1150,-	1167,8	1167,0	1152,-	1167,0	1158,5	1156,-	1168,4	116,-	1148,0	1158,5	1150,5	1148,4	1158,-	1157,4	1157,4
Ornada (mm ³)	489,2	479,8	480,3	488,1	487,2	488,8	482,-	487,9	483,8	483,1	489,7	486,6	479,-	483,0	478,6	479,-	483,3	477,1	477,1
Yoğunluk (gr/cm ³)	2,368	2,395	2,379	2,344	2,377	2,380	2,381	2,385	2,386	2,384	2,379	2,377	2,383	2,389	2,394	2,392	2,390	2,390	2,390
Yoğunluk (gr/cm ³)	2,381	2,379	2,379	2,384	2,379	2,380	2,381	2,385	2,386	2,384	2,380	2,377	2,383	2,389	2,394	2,392	2,390	2,390	2,390
Ornada (mm)	220	270	290	250	270	280	370	300	320	370	300	320	370	300	320	300	310	310	310
Ornada (mm)	650	650	580	530	520	580	650	700	590	650	700	590	650	700	590	670	690	690	690
Yoğunluk (gr/cm ³)	1076,15	1076,15	959,73	875,83	859,06	959,73	1076,15	1158,94	976,51	1076,15	1158,94	976,51	1076,15	1158,94	976,51	1109,27	1142,38	1142,38	1142,38
Yoğunluk (gr/cm ³)	1,016	1,079	1,028	1,013	1,021	1,023	1,056	1,021	1,018	1,056	1,021	1,018	1,056	1,021	1,018	1,059	1,028	1,028	1,028
Yoğunluk (gr/cm ³)	1093,37	1161,17	986,60	887,92	877,10	981,80	1136,41	1183,98	994,09	1136,41	1183,98	994,09	1136,41	1183,98	994,09	1174,72	1174,36	1180,06	1180,06
Yoğunluk (gr/cm ³)	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456	2,456
%	3,05	3,05	3,14	3,14	3,14	3,14	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09
%	10,74	10,74	10,73	10,75	10,73	10,73	10,73	10,73	10,73	10,73	10,73	10,73	10,73	10,73	10,73	10,78	10,80	10,80	10,80
%	86,21	86,21	86,13	86,32	86,13	86,13	86,18	86,18	86,18	86,18	86,18	86,18	86,18	86,18	86,18	86,57	86,76	86,76	86,76
%	13,79	13,79	13,87	13,68	13,87	13,87	13,82	13,82	13,82	13,82	13,82	13,82	13,82	13,82	13,82	13,43	13,24	13,24	13,24
%	77,88	77,88	77,36	78,58	77,36	77,36	77,64	77,64	77,64	77,64	77,64	77,64	77,64	77,64	77,64	80,27	85,57	85,57	85,57

BITÜMLÜ TEMEL

SIYAH KALKER (CEBECİ)

$V_A = 3,65$
 $V_B = 3,52$
 Bitüm Miktarı: 40,15
 $G_k = 2,703$
 $G_i = 2,726$
 $G_f = 2,711$
 $G_b = 1,038$
 Kaba %si = 57
 İnce %si = 39
 Filler %si = 4

Numune No	Deneme - Gözölme Deneyine Tabi Tutulan Numuneler																								
	Kontrol Numuneleri						Suda Gözdürülen Numuneler						Havada Gözdürülen Numuneler												
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		
Ölçülebilirlik (mm)	58,6	60,4	59,7	59,5	59,2	59,7	60,1	59,8	59,3	59,3	59,3	59,9	59,8	59,2	59,2	59,3	59,2	59,2	59,2	59,2	58,4	58,4	58,9	59,2	
Ölçülebilirlik (mm)	58,5	60,4	59,5	59,6	59,4	59,7	60,0	59,7	59,2	59,1	59,1	59,3	59,8	59,3	59,2	59,4	59,4	59,4	59,4	59,4	58,6	58,6	58,8	59,6	
Ölçülebilirlik (mm)	58,6	60,5	59,8	59,2	59,5	59,8	60,2	59,8	59,4	59,4	59,8	60,3	59,8	59,8	59,2	59,4	59,4	59,8	59,8	59,8	58,5	58,5	58,9	59,9	
Ölçülebilirlik (mm)	58,7	60,6	59,8	59,3	59,3	59,6	60,0	59,9	59,3	59,3	59,3	60,0	59,8	60,0	60,2	59,4	59,2	59,2	59,2	58,5	58,5	58,7	59,9	59,6	
Ölçülebilirlik (mm)	58,6	60,5	59,7	59,4	59,4	59,7	60,1	59,8	59,3	59,3	59,3	60,1	59,8	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2	58,5	58,5	58,7	59,9	59,6	
Ölçülebilirlik (mm)	1138,-	1138,5	1138,1	1135,2	1136,9	1139,6	1132,0	1135,9	1134,9	1134,9	1134,9	1130,-	1135,4	1136,5	1136,5	1135,6	1132,6	1136,6	1136,6	1136,-	1132,6	1132,6	1135,6	1136,6	1137,-
Ölçülebilirlik (mm)	677,6	673,3	673,9	669,-	671,9	676,4	672,8	673,-	673,2	673,2	673,2	670,6	673,1	673,2	673,2	673,2	673,2	673,2	673,2	673,2	672,2	672,2	673,2	676,5	677,-
Ölçülebilirlik (mm)	1141,8	1143,-	1144,8	1138,8	1138,1	1143,7	1137,-	1138,5	1138,3	1138,3	1138,3	1135,5	1139,4	1139,8	1139,8	1138,3	1135,9	1141,7	1141,7	1139,-	1135,9	1135,9	1139,-	1142,2	1142,2
Ölçülebilirlik (mm)	464,2	469,7	467,9	469,8	466,2	467,3	464,2	465,5	465,1	465,1	465,1	464,9	466,3	466,6	466,6	465,1	463,7	465,2	465,2	465,5	463,7	463,7	465,5	465,2	465,2
Ölçülebilirlik (mm)	2,452	2,424	2,432	2,416	2,434	2,439	2,439	2,440	2,440	2,440	2,440	2,431	2,435	2,435	2,435	2,442	2,443	2,443	2,443	2,440	2,440	2,440	2,440	2,444	2,444
Ölçülebilirlik (mm)	2,441	2,441	2,441	2,430	2,430	2,430	2,440	2,440	2,440	2,440	2,440	2,434	2,434	2,434	2,434	2,442	2,443	2,443	2,443	2,441	2,441	2,441	2,441	2,444	2,444
Ölçülebilirlik (mm)	230	260	240	240	210	250	240	240	240	240	240	330	310	300	330	310	300	300	300	330	330	330	330	500	500
Ölçülebilirlik (mm)	630	460	540	490	450	490	490	490	490	490	490	450	400	410	450	400	410	410	410	740	610	610	590	590	
Ölçülebilirlik (mm)	1043,04	758,38	892,61	808,72	744,61	808,72	808,72	808,72	808,72	808,72	808,72	744,61	657,71	674,49	744,61	657,71	674,49	674,49	674,49	1225,16	1009,93	1009,93	976,51	976,51	
Ölçülebilirlik (mm)	1143	1,082	1,107	1,117	1,117	1,107	1,117	1,117	1,117	1,117	1,107	1,094	1,104	1,124	1,094	1,104	1,124	1,124	1,124	1197	1,146	1,146	1,110	1,110	
Ölçülebilirlik (mm)	1192,19	820,57	988,12	903,34	828,38	895,25	875,66	875,66	875,66	875,66	875,66	811,32	726,11	758,13	811,32	726,11	758,13	758,13	758,13	1393,01	1157,38	1157,38	1082,93	1082,93	
Ölçülebilirlik (mm)	1025,19	1025,19	1025,19	1025,19	1025,19	1025,19	1025,19	1025,19	1025,19	1025,19	1025,19	765,19	765,19	765,19	765,19	765,19	765,19	765,19	765,19	1211,44	1211,44	1211,44	1211,44	1211,44	
Ölçülebilirlik (mm)	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	
Ölçülebilirlik (mm)	4,87	4,87	4,87	4,87	4,87	4,87	4,91	4,91	4,91	4,91	4,91	5,14	5,14	5,14	5,14	5,14	5,14	5,14	5,14	4,79	4,79	4,79	4,87	4,87	
Ölçülebilirlik (mm)	8,28	8,28	8,28	8,28	8,28	8,28	8,27	8,27	8,27	8,27	8,27	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,28	8,28	8,28	8,28	8,28	
Ölçülebilirlik (mm)	86,85	86,85	86,85	86,85	86,85	86,85	86,82	86,82	86,82	86,82	86,82	86,61	86,61	86,61	86,61	86,61	86,61	86,61	86,61	86,93	86,93	86,93	86,85	86,85	
Ölçülebilirlik (mm)	13,15	13,15	13,15	13,15	13,15	13,15	13,18	13,18	13,18	13,18	13,18	13,39	13,39	13,39	13,39	13,39	13,39	13,39	13,39	13,07	13,07	13,07	13,15	13,15	
Ölçülebilirlik (mm)	62,97	62,97	62,97	62,97	62,97	62,97	62,75	62,75	62,75	62,75	62,75	61,61	61,61	61,61	61,61	61,61	61,61	61,61	61,61	63,35	63,35	63,35	62,97	62,97	

ALÜMİNYUM BİTÜMLÜ TEMEL

BEYAZ KALKER (ÇATALCA)

W_h = 3,35 G_k = 2,600 G_b = 1,038
 W_s = 3,80 G_i = 2,500 Kaba % si = 57
 Dışım Miktarı = 43,45 G_f = 2,600 İnce % si = 39
 Filler % si = 4

Denno-Gözölme Deneğine
 Başlama Anındaki
 Stabilizasyon tesbiti için
 Hazırlanan Numuneler
 18.11.88

Denno - Gözölme Deneğine Tabii Tutulan Numuneler

Numune No	Kontrol Numuneleri						Suda Gözdürülen Numuneler						Havada Gözdürülen Numuneler								
	12.11.1988						Deneyden Önce 18.11.88			Deneyden Sonra 22.11.88			Deneyden Önce 18.11.88			Deneyden Sonra 17.12.88					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	7	8	9	10	11	12	10	11	12
1	65,5	65,2	65,6	65,6	65,3	65,5	64,9	65,2	64,7	65,0	66,3	64,7	66,0	64,8	64,3	66,0	64,8	64,3	66,0	64,8	64,4
2	65,6	65,3	65,6	65,8	65,3	65,5	64,9	65,3	64,6	64,9	66,3	64,5	66,1	64,9	64,4	66,2	64,8	64,4	66,2	64,8	64,4
3	65,5	65,3	65,4	65,9	65,2	65,5	65,3	65,3	64,8	65,3	66,5	64,6	66,1	65,1	64,4	66,3	64,9	64,7	66,3	64,9	64,3
4	65,6	65,4	65,5	65,9	65,2	65,4	64,9	65,3	64,8	65,1	66,5	64,6	66,0	65,0	64,6	66,0	65,0	64,6	66,0	64,9	64,5
5	65,4	65,3	65,4	65,7	65,3	65,5	65,0	65,5	64,8	64,9	66,5	64,6	66,1	64,9	64,6	66,1	64,9	64,6	66,1	64,8	64,5
6	65,5	65,3	65,5	65,8	65,3	65,5	65,0	65,3	64,7	65,1	66,4	64,6	66,1	65,0	64,5	66,1	65,0	64,5	66,1	64,9	64,4
7	1152,2	1149,2	1155,0	1161,6	1138,7	1135,5	1140,5	1133,5	1133,5	1146,4	1145,2	1145,0	1139,9	1139,1	1146,2	1139,9	1139,1	1146,2	1141,3	1141,0	1145,5
8	651,7	646,5	651,3	645,8	647,9	645,4	657,0	657,6	648,9	656,3	657,3	652,5	657,0	652,4	653,5	657,0	652,4	653,5	650,1	651,7	656,7
9	1160,0	1155,5	1160,0	1150,0	1150,0	1144,6	1157,5	1148,8	1148,6	1152,7	1156,3	1156,6	1157,3	1150,8	1153,0	1157,3	1150,8	1153,0	1154,7	1152,5	1157,7
10	508,3	509,7	508,7	504,2	502,1	499,2	500,5	497,2	499,7	502,7	499,7	504,1	499,3	498,4	499,5	499,3	498,4	499,5	504,6	500,8	500,3
11	2,267	2,258	2,270	2,261	2,268	2,275	2,279	2,280	2,280	2,280	2,295	2,271	2,283	2,286	2,291	2,283	2,286	2,291	2,282	2,278	2,290
12	2,265	2,265	2,265	2,265	2,265	2,265	2,280	2,280	2,280	2,280	2,282	2,282	2,280	2,282	2,282	2,280	2,282	2,282	2,280	2,282	2,282
13	280	260	210	240	230	260	280	300	380	280	300	380	280	300	380	330	250	490	330	250	490
14	470	490	480	600	380	410	420	430	420	420	430	420	420	430	420	510	510	480	510	510	480
15	775,16	808,72	791,94	657,71	674,16	674,49	691,17	708,05	691,27	691,17	708,05	691,27	691,17	708,05	691,27	842,28	842,28	791,94	842,28	842,28	791,94
16	0,951	0,955	0,951	0,945	0,955	0,951	0,960	0,932	0,972	0,960	0,932	0,972	0,960	0,932	0,972	0,938	0,935	0,978	0,938	0,935	0,978
17	737,18	772,33	753,13	621,54	596,07	641,44	663,62	659,91	671,91	663,62	659,91	671,91	663,62	659,91	671,91	720,06	812,80	774,52	720,06	812,80	774,52
18	754,21	754,21	754,21	619,68	619,68	619,68	665,15	665,15	665,15	665,15	665,15	665,15	665,15	665,15	665,15	792,46	792,46	792,46	792,46	792,46	792,46
19	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439	2,439
20	7,13	7,13	7,13	6,97	6,97	6,97	6,52	6,52	6,52	6,44	6,44	6,44	6,44	6,44	6,44	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23
21	8,29	8,29	8,29	8,31	8,31	8,31	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35	8,37	8,37	8,37	8,37	8,37	8,37
22	84,58	84,58	84,58	84,72	84,72	84,72	85,13	85,13	85,13	85,21	85,21	85,21	85,21	85,21	85,21	85,40	85,40	85,40	85,40	85,40	85,40
23	15,42	15,42	15,42	15,28	15,28	15,28	14,87	14,87	14,87	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79	14,60	14,60	14,60	14,60	14,60	14,60
24	53,76	53,76	53,76	54,28	54,28	54,28	56,15	56,15	56,15	56,46	56,46	56,46	56,46	56,46	56,46	57,33	57,33	57,33	57,33	57,33	57,33

BITÜMLÜ TEMEL
GRANİT (ÇATALCA)

WD = 3,675 GK = 2,620 6b = 1,036
WD = 3,73 G1 = 2,600 Kaba %si = 57
Bitüm Miktarı = 02,63 Gf = 2,630 İnce %si = 39
Filler %si = 4

Danma - Çözülme Deneğine Tabi Tutulan Numuneler

Numune Adı	Kontrol Numuneleri		Suda Gözdürülen Numuneler (75 Tok.)												Havada Gözdürülen Numuneler															
	50 Tokmaklı				75 Tokmaklı				Deneşden Önce			Deneşden Sonra			Deneşden Önce			Deneşden Sonra			Deneşden Önce			Deneşden Sonra						
	150	230	350	175	275	375	475	575	675	475	575	675	450	550	650	450	550	650	430	530	630	430	530	630	475	575	675	475	575	675
Yükseklik (mm)	63,3	62,4	62,3	61,6	62,8	60,9	64,5	62,5	61,5	64,6	62,6	61,6	63,3	63,7	63,9	62,9	63,6	63,5	62,9	63,6	63,7	62,9	63,6	63,7	62,9	63,6	63,7	62,9	63,6	63,7
Yuvada (gr)	1133,7	1146,9	1150,9	1153,7	1168,5	1167,2	1177,3	1140,-	1164,8	1175,8	1164,-	1165,3	1165,0	1138,9	1128,3	1164,5	1139,5	1127,5	1164,5	1139,5	1127,5	1164,5	1139,5	1127,5	1164,5	1139,5	1127,5	1164,5	1139,5	1127,5
Yuvada (gr)	668,0	666,0	669,0	665,8	664,5	663,-	677,0	660,8	667,-	676,5	660,4	668,9	665,0	661,2	660,5	666,4	659,2	658,3	666,4	659,2	658,3	666,4	659,2	658,3	666,4	659,2	658,3	666,4	659,2	658,3
YK (gr)	1160,8	1150,0	1160,0	1157,6	1153,7	1150,-	1178,2	1147,8	1157,3	1181,8	1152,3	1152,9	1153,5	1145,8	1138,2	1155,5	1144,2	1136,8	1155,5	1144,2	1136,8	1155,5	1144,2	1136,8	1155,5	1144,2	1136,8	1155,5	1144,2	1136,8
Yüzey (cm²)	492,8	484,0	491,-	491,8	488,7	487,-	501,4	487,-	484,3	505,3	491,9	484,-	487,8	486,6	477,7	489,1	485,-	478,5	489,1	485,-	478,5	489,1	485,-	478,5	489,1	485,-	478,5	489,1	485,-	478,5
Yükseklik (gr/cm²)	2,341	2,369	2,344	2,346	2,350	2,356	2,338	2,361	2,364	2,327	2,326	2,366	2,367	2,350	2,362	2,340	2,349	2,356	2,340	2,349	2,356	2,340	2,349	2,356	2,340	2,349	2,356	2,340	2,349	2,356
Yüzey (mm)	230	280	210	270	260	280	230	320	280	320	320	280	2,347	2,353	2,362	2,348	2,350	2,356	2,348	2,350	2,356	2,348	2,350	2,356	2,348	2,350	2,356	2,348	2,350	2,356
Yüzey (mm)	620	540	580	720	680	780	600	520	510	993,78	859,06	892,61	630	620	560	630	620	560	630	620	560	630	620	560	630	620	560	630	620	560
Yüzey (mm)	1026,69	892,61	959,73	1193,05	1125,87	1091,76	0,975	1,026	1,021	968,15	881,10	911,35	1043,04	1026,49	916,17	1011	0,998	0,995	1043,04	1026,49	916,17	1011	0,998	0,995	1043,04	1026,49	916,17	1011	0,998	0,995
Yüzey (mm)	1026,69	917,60	986,60	1248,08	1146,08	1374,35	1006,53	1256,16	920,40	920,40	911,35	1054,51	1026,49	911,54	1000,16	1000,16	1000,16	1054,51	1026,49	911,54	1000,16	1000,16	1000,16	1000,16	1000,16	1000,16	1000,16	1000,16	1000,16	
Yüzey (mm)	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473	2,473
Yüzey (%)	5,26	8,42	8,45	4,93	8,45	8,45	5,10	8,43	8,89	5,37	4,85	5,37	5,37	4,85	5,37	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05
Yüzey (%)	86,32	86,32	86,62	86,62	86,62	86,62	86,47	86,47	85,74	86,47	86,47	85,74	86,47	86,47	86,69	86,51	86,51	86,51	86,51	86,51	86,51	86,51	86,51	86,51	86,51	86,51	86,51	86,51	86,51	86,51
Yüzey (%)	13,68	13,68	13,38	13,38	13,38	13,38	13,53	13,53	14,26	13,53	13,53	14,26	13,53	13,53	13,31	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49
Yüzey (%)	61,55	61,55	63,15	63,15	63,15	63,15	62,31	62,31	62,34	62,31	62,31	62,34	62,31	62,31	63,56	62,56	62,56	62,56	62,56	62,56	62,56	62,56	62,56	62,56	62,56	62,56	62,56	62,56	62,56	62,56

BEYAZ KALKER İLE BİTÜMLÜ TEMEL TABAKASI İÇİN DÜZENLENEN
MARSHALL DENEY FORMU VE ELEK ANALİZİ FORMU

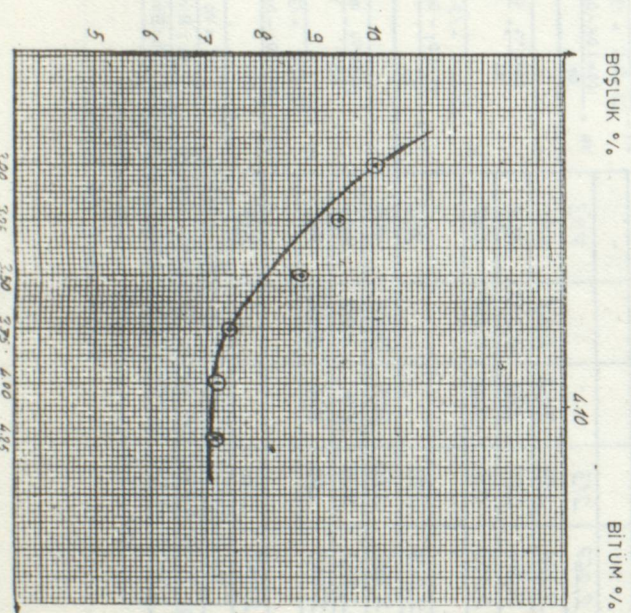
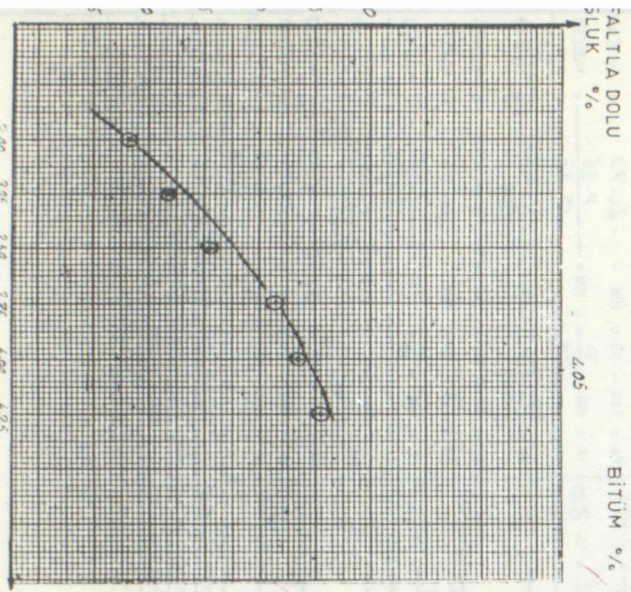
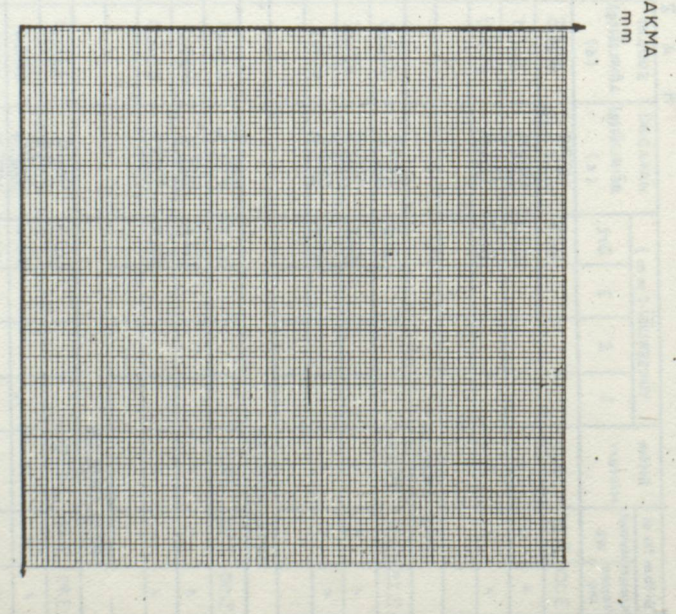
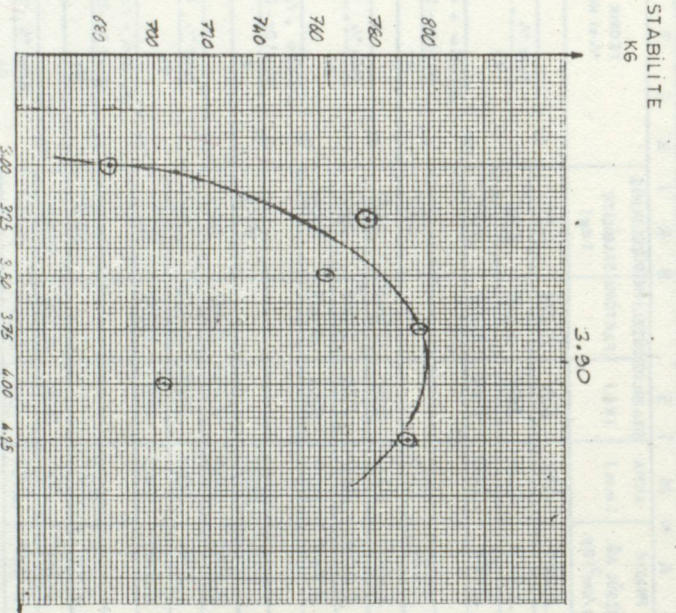
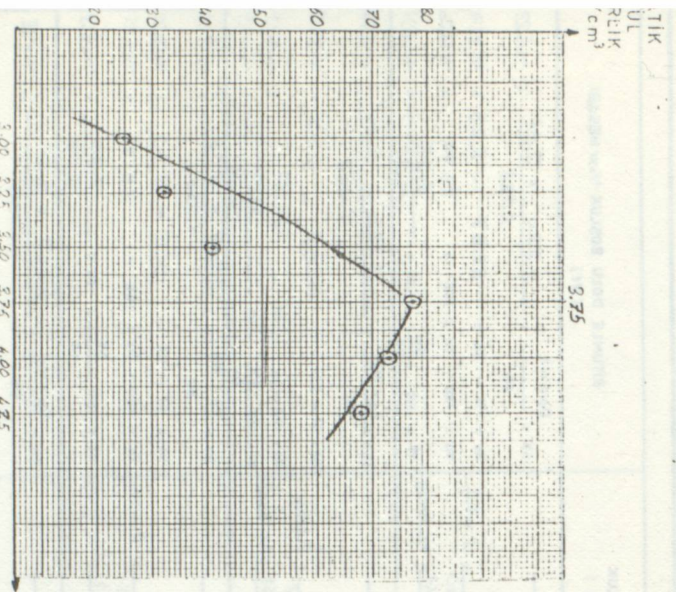
Proje: BEYAZ KALKER (ÇATALCA)

Kaplama Tipi: BİTÜMLÜ TEMEL

Deneylerin başlangıç ve bitiş tarihleri:/19/19.....

Bitüm % si	Kurum Normal	Bitüm Miktarı	YÜKSEKLİĞİ (mm)			HACİM (cm ³)	PRATİK ÖZGÜL AĞ. (g/cm ³)	AKMA (mm)	STABİLİTE DÜZELTME FAKTÖRÜ (Kg)	TEORİK ÖZGÜL AĞIRLIK VE BOSLUK %'si HESAPLAMALARI (DT, Vh)	BITÜMLE DOLU BOSLUK %'si HESABI (Vf)
			1	2	3						
3,00	2,91	33,0	67,2	67,0	66,7	506,5	2,225	190	0,913	631	$S_b = \frac{D_p \times W_b}{G_b} = \frac{2,224 \times 2,91}{1,038} = 6,23$ $S_a = \frac{S_t - S_b}{100 - S_a} = \frac{8,937 - 6,23}{100 - 83,74} = 6,23$ $V_a = 100 - S_a = 100 - 83,74 = 16,26$ $V_f = 100 \cdot \frac{S_b}{V_a} = 100 \times \frac{6,23}{16,26} = 38,31$
ORTALAMALAR											
3,25	3,15	35,75	66,0	67,0	67,2	512,6	2,227	220	0,940	650	$S_b = \frac{D_p \times W_b}{G_b} = \frac{2,232 \times 3,15}{1,038} = 6,77$ $S_a = \frac{S_t - S_b}{100 - S_a} = \frac{9,058 - 6,77}{100 - 83,81} = 6,77$ $V_a = 100 - S_a = 100 - 83,81 = 16,19$ $V_f = 100 \cdot \frac{S_b}{V_a} = 100 \times \frac{6,77}{16,19} = 41,83$
ORTALAMALAR											
3,50	3,38	38,5	67,3	66,8	67,2	503,0	2,239	200	0,911	660	$S_b = \frac{D_p \times W_b}{G_b} = \frac{2,241 \times 3,38}{1,038} = 7,20$ $S_a = \frac{S_t - S_b}{100 - S_a} = \frac{9,338 + 3,137}{100 - 83,81} = 7,20$ $V_a = 100 - S_a = 100 - 83,81 = 16,19$ $V_f = 100 \cdot \frac{S_b}{V_a} = 100 \times \frac{7,20}{16,19} = 44,48$
ORTALAMALAR											
3,75	3,61	41,25	66,5	66,2	66,4	489,5	2,276	200	0,922	699	$S_b = \frac{D_p \times W_b}{G_b} = \frac{2,241 \times 3,61}{1,038} = 7,88$ $S_a = \frac{S_t - S_b}{100 - S_a} = \frac{9,261 - 7,88}{100 - 84,73} = 7,88$ $V_a = 100 - S_a = 100 - 84,73 = 15,27$ $V_f = 100 \cdot \frac{S_b}{V_a} = 100 \times \frac{7,88}{15,27} = 51,63$
ORTALAMALAR											
4,00	3,85	44,00	67,0	66,7	66,6	498,0	2,266	280	0,918	681	$S_b = \frac{D_p \times W_b}{G_b} = \frac{2,263 \times 3,85}{1,038} = 8,39$ $S_a = \frac{S_t - S_b}{100 - S_a} = \frac{9,275 - 8,39}{100 - 84,36} = 8,39$ $V_a = 100 - S_a = 100 - 84,36 = 15,64$ $V_f = 100 \cdot \frac{S_b}{V_a} = 100 \times \frac{8,39}{15,64} = 53,63$
ORTALAMALAR											
4,25	4,08	46,75	67,4	67,2	66,8	505,0	2,291	220	0,908	856	$S_b = \frac{D_p \times W_b}{G_b} = \frac{2,258 \times 4,08}{1,038} = 8,88$ $S_a = \frac{S_t - S_b}{100 - S_a} = \frac{9,285 - 8,88}{100 - 83,97} = 8,88$ $V_a = 100 - S_a = 100 - 83,97 = 16,03$ $V_f = 100 \cdot \frac{S_b}{V_a} = 100 \times \frac{8,88}{16,03} = 55,36$
ORTALAMALAR											
Wa = Bitüm yüzdesi (kuru micra nazaran) Vh = Boşluk yüzdesi Dp = Pratik özgül ağırlık Filler %'si = 4											

Deneyi yapanın Adı Soyadı = İmzası = Kontrol edenin Adı Soyadı = İmzası =



ASFALT BETONU KAPLAMA İÇİN ŞARTNAME DEĞERLERİ =

BİNDER T.	AŞINMA T. BITÜMLÜ
STABİLİTE (kg)	min 500
BOSLUK %/ö si	4 - 6
AKMA (mm)	2,54 - 4,57
BITÜMLE DOLU BOSLUK %/ö si	65 - 75
	75 - 85
	50-1

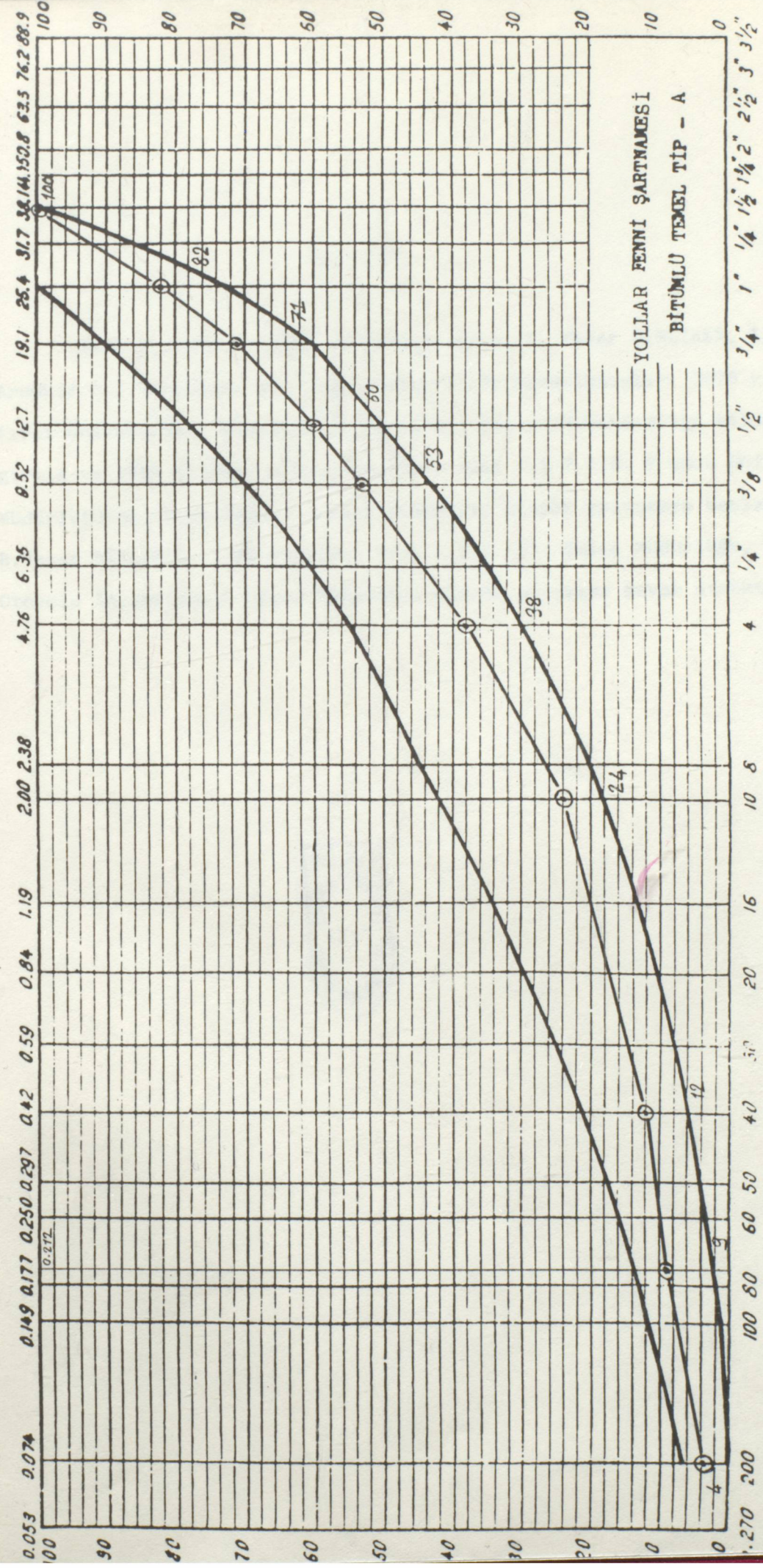
DENEY SONUÇLARI =

OPTİMUM BITÜM %/ö si = % 3,95
 STABİLİTE (OPT. BITÜMDE) = 800 kg
 PRATİK ÖZG. AĞ (- -) = 2,267 g/cm³
 BOSLUK %/ö si (- -) = % 7,2
 AKMA (- -) = 2,20 mm

.....MÜDÜRLÜĞÜ

ELEK ANALİZİ GRAFİĞİ

ELEK AÇIKLIĞI (mm.)



ELEK BOYUTLARI

Laboratuvar No: Numune No: Bölge ve Proje:

BEYAZ KALKER (ÇATALCA)

10-40	%52
6-10	%8
3-6	%5
0-3	%35

ÖZGEÇMİŞ

1962 yılında Malatya'da dünyaya gelen R. Yener BİRLİKER, ilkokulu Arapkir'de, Ortaokulu ve Liseyi İstanbul'da tamamlamıştır. 1978 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne girmiş ve 1982 yılında mezun olmuştur. Aynı yıl T.C.K. 9 uncu Bölge Müdürlüğünde (Diyarbakır) İnşaat Mühendisi olarak çalışmaya başlayan R.Yener BİRLİKER, 1986 yılından beri T.C.K. 17. Bölge Müdürlüğü, Trakya Otoyolu İnşaatında Kontrol Mühendisi olarak görevine devam etmektedir.



