



**T. C.
SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AYNI ÜSTYAPI SAYISI (SN) DEĞERİNE SAHİP AASHTO-93
KESİTLERİNİN MEKANİSTİK-AMPİRİK YÖNTEM İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Betül KÖSE
(20229235002)**

**İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı:Doç. Dr. Murat BOSTANCIOĞLU**

**SİVAS
AĞUSTOS 2025**

BETÜL KÖSE'nin hazırladığı ve “AYNI ÜSTYAPI SAYISI (SN) DEĞERİNE SAHİP AASHTO-93 KESİTLERİNİN MEKANİSTİK-AMPİRİK YÖNTEM İLE DEĞERLENDİRİLMESİ ” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'ndaYÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı	Doç. Dr. Murat BOSTANCIOĞLU Sivas Cumhuriyet Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Ferit YAKAR Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Pınar BORA Sivas Cumhuriyet Üniversitesi	

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nail ALTUNAY
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

©Betül KÖSE, 2025

Çalışma sırasında bana destek olan aileme, değerli danışman hocama ve tüm arkadaşlarıma...

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

4.08.2025

Betül KÖSE

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi, tecrübe ve desteğiyle bana rehberlik eden, her aşamada sabırla yol gösteren değerli danışmanım Doç. Dr. Murat BOSTANCIOĞLU'na en içten teşekkürlerimi sunarım. Bu süreçte bilimsel gelişimime katkıda bulunan, akademik çevreyi benim için daha verimli ve anlamlı hale getiren katkı ve destekleriyle çalışmama değer katmıştır.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi birikimlerini ve tecrübelerini aktaran, akademik gelişimime katkı sağlayan İnşaat Mühendisliği Bölümü'nün saygıdeğer hocalarına teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi, bu süreçte de en büyük desteği veren, her zaman yanımda olan kıymetli aileme en derin şükranlarımı sunuyorum. Başta fedakârlıkları, sevgileri ve sonsuz sabırlarıyla bana güç veren sevgili annem ve babam olmak üzere, her zaman yanımda olan kardeşlerime, yengeme, arkadaşlarıma ve tüm aile büyüklerime teşekkürü borç bilirim. Ayrıca ailemizin en küçük üyesi olan biricik yeğenim Aybüke Ada KÖSE'ye teşekkür ederim.

ÖZET

Aynı Üstyapı Sayısı (SN) Değerine Sahip AASHTO-93 Kesitlerinin Mekanistik-Ampirik Yöntem ile Değerlendirilmesi

Betül KÖSE

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Murat BOSTANCIOĞLU

2025, 46+xiv sayfa

Türkiye karayolu ağında esnek üstyapı tasarımı için yaygın olarak kullanılan yöntem, regresyon tabanlı ampirik bir model olan AASHTO-93 tasarım metodudur. Bu yöntemde, üstyapıyı oluşturan tabakaların mukavemet özellikleri ve kalınlıklarına bağlı olarak hesaplanan üstyapı sayısı (SN), yol ömrünün hesaplanmasında temel parametrelerden biri olarak kullanılmaktadır. Yol sınıfı ve taban zemini taşıma gücünün sabit tutulduğu bir tasarımda, SN değerinde bir değişiklik olmadığı sürece yolun, bozulmaya uğramadan taşıyabileceği standart dingil yükü sayısı sabit kalmaktadır. Bu çalışmada, geleneksel bir esnek üstyapı tasarımını oluşturan tabakaların kalınlıkları, toplam SN değeri sabit kalacak şekilde 0,5, 1,0, 1,5 ve 2,0 cm oranlarında artırılmış veya azaltılmıştır. SN'de meydana gelen artış ya da azalış, diğer tabakalardan birinin kalınlığında yapılan değişiklik ile dengelenmiştir. Bu kapsamda oluşturulan ve AASHTO-93 yöntemine göre yol ömrü değişmeyen kesitler mekanistik-ampirik yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda, farklı kesitlerin yol ömrü üzerindeki etkileri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde, yorulmaya bağlı kaplama ömrü (Nf) açısından en kritik sonuçlar; bitümlü sıcak karışım (BSK) tabaka kalınlıklarının artırılması ve plent-miks temel (PMT) tabakasının kalınlığının azaltılması durumlarında elde edilmiştir. Öte yandan, BSK tabakalarının kendi içindeki kalınlık değişimlerinin yol ömrü üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Tekerlek izi deformasyonuna (oturma) bağlı kaplama ömrü (Nr) açısından ise, BSK tabaka kalınlığının azaltılıp oluşan SN farkının PMT tabakasının kalınlığının artırılmasıyla dengelendiği kesitlerde Nr değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler:AASHTO-93 Yöntemi, Üstyapı Sayısı, Mekanistik-Ampirik Yöntem, Tekerlek İzinde Oturma, Yorulma.

ABSTRACT

EVALUATION OF AASHTO-93 SECTIONS WITH THE SAME SUPERSTRUCTURE NUMBER (SN) VALUE BY MECHANISTIC-EMPIRIC METHOD

Betül KÖSE

Master of Science Thesis

Department of Civil Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Murat BOSTANCIOĞLU

2025, 46+xiv pages

The most widely used method for flexible pavement design in the Turkish highway network is the AASHTO-93 design method, a regression-based empirical model. In this method, the pavement number (SN), calculated based on the strength properties and thicknesses of the layers constituting the pavement, is used as one of the fundamental parameters in calculating pavement life. In a design where the road class and subgrade bearing capacity are held constant, the standard axle load that the road can carry without deterioration remains constant as long as the SN value remains constant. In this study, the thicknesses of the layers comprising a conventional flexible pavement design were increased or decreased by 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 cm, while the total SN value remained constant. Any increase or decrease in SN was compensated by a change in the thickness of one of the other layers. Sections created within this scope, whose road life remained unchanged according to the AASHTO-93 method, were analyzed using mechanistic-empirical methods. As a result of these analyses, the effects of different sections on road life were compared and evaluated. The most critical results in terms of fatigue pavement life (N_f) were obtained when the hot bituminous mix (HMA) layer thickness was increased and the plant-mix base (PMB) layer thickness was reduced. On the other hand, it was observed that changes in the HMA layer thickness did not have a significant effect on road life. Regarding pavement life (N_r) due to rutting deformation (settlement), N_r values were found to increase in sections where the HMA layer thickness was reduced, offsetting the SN difference by increasing the PMB layer thickness.

KeyWords: AASHTO-93 Method, Structural Number, Mechanistic-Empirical Method, Rutting, Fatigue

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	viii
ABSTRACT.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER DİZİNİ.....	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
2.KARAYOLU YAPISI	7
2.1. Karayolu Altyapısı	7
2.2. Karayolu Üstyapısı	7
2.3. Esnek Üstyapı	9
2.4. Yüksek Standartlı Esnek Kaplamalar	9
2.4.1. Alt temel tabakası.....	9
2.4.2. Temel tabakası	10
2.4.3. Kaplama tabakası	10
2.5. Düşük Standartlı Esnek Kaplamalar	11
2.6. Üstyapıdan Beklenen Özellikler	11
2.7. Üstyapı Tasarımı ve Tasarım Yöntemleri.....	12
2.7.1. Ampirik yöntem (CBR)	13
2.7.2. Kayma göçmesi sınır yöntemi	13
2.7.3. Deplasman sınır yöntemi	14
2.7.4. AASHTO Tasarım Yöntemleri.....	14
2.7.5. Mekanistik ampirik tasarım yöntemi ve ampirik transfer denklemleri ...	22
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
4.BULGULAR.....	30
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	45
6.KAYNAKLAR.....	46
EK	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Karayolu Yapısı Enkesiti.....	2
Şekil 2.1 Karayolu Yapısı Enkesiti.....	7
Şekil 2.2 Esnek ve rijit kaplama modeli.....	8
Şekil 2.3 Üstyapı tabakaları.....	9
Şekil 2.4 Karayolu üstyapısı tasarım yöntemleri.....	13
Şekil 2.5 Asfalt Betonlu Kaplamalı Yollar için Projelendirme Abağı.....	17
Şekil 3.1 Üstyapı kesiti.....	24
Şekil 3.2 KENPAVE yazılım ana ekranı.....	26
Şekil 3.3 KENLAYER bölümü veri girişi.....	27
Şekil 3.4 Bitümlü Sıcak Karışımlar (BSK) için ai-MR dönüşüm grafiği	28
Şekil 4.1 ϵ_r sonuçları ($R=\%95$, $T_{8,2}=50-65m$)	33
Şekil 4.2 ϵ_v sonuçları ($R=\%95$, $T_{8,2}=50-65m$)	33
Şekil 4.3 ϵ_r sonuçları ($R=\%85$, $T_{8,2}=60-75m$)	34
Şekil 4.4 ϵ_v sonuçları ($R=\%85$, $T_{8,2}=60-75m$)	34
Şekil 4.5 ϵ_r sonuçları ($R=\%70$, $T_{8,2}=45-60m$).....	35
Şekil 4.6 ϵ_v sonuçları ($R=\%70$, $T_{8,2}=45-60m$)	35
Şekil 4.7 $T_{8,2}=30$ Milyon değeri için ϵ_r değişim ($h=2,0$ cm)	40
Şekil 4.8 $T_{8,2}=30$ Milyon değeri için ϵ_r değişim ($h=2,0$ cm)	40
Şekil 4.9 $T_{8,2}=30$ Milyon değeri için ϵ_v değişim ($h=2,0$ cm)	40
Şekil 4.10 $T_{8,2}=30$ Milyon değeri için ϵ_v değişim ($h=2,0$ cm).....	41
Şekil 4.11 $R=\%70$, $T_{8,2}=10m$ N_f ve N_r % değişimi ($h=2,0$ cm)	42
Şekil 4.12 $R=\%85$, $T_{8,2}=10m$ N_f ve N_r % değişimi ($h=2,0$ cm)	43
Şekil 4.13 $R=\%95$, $T_{8,2}=10m$ N_f ve N_r % değişimi ($h=2,0$ cm)	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1	Karayolu yol uzunlukları (KGM 01.01.2025).....	1
Çizelge 2.1	Kaplama performans ve stabilitesine etki eden faktörler (Tunç, 2004).....	12
Çizelge 2.2	Taşıt eşdeğerlik faktörleri	18
Çizelge 2.3	Şerit Dağıtma Faktörleri	19
Çizelge 2.4	Tavsiye Edilen Güvenirlilik Değerleri	19
Çizelge 2.5	R=%70 Güvenirlilik için asfalt betonu kaplamalı yollarda uygulanacak üstyapı kalınlıkları	20
Çizelge 2.6	R=%85 Güvenirlilik için asfalt betonu kaplamalı yollarda uygulanacak üstyapı kalınlıkları	20
Çizelge 2.7	R=%95 Güvenirlilik için asfalt betonu kaplamalı yollarda uygulanacak üstyapı kalınlıkları	21
Çizelge 2.8	Son Servis Kabiliyetinin Seçimi	21
Çizelge 2.9	Tabaka izafi katsayıları	22
Çizelge 2.10	Farklı kuruluşlar için bozulma modeli katsayıları	23
Çizelge 3.1	Tabaka kalınlıkları	25
Çizelge 3.2	Tabaka kalınlık değişimleri	25
Çizelge 3.3	SN hesabı örneği (R=%70, $T_{8,2}=45-60m$)	25
Çizelge 3.4	Analiz yapılan kesit sayısı	29
Çizelge 2.4	Tavsiye Edilen Güvenirlilik Değerleri	19
Çizelge 4.1	Varyasyonlardaki kalınlık değişimi (R=%85, $T_{8,2}=3-15$ milyon)	31
Çizelge 4.2	Farklı R ve $T_{8,2}$ değerlerine göre ϵ_r ve ϵ_v % değişim	36
Çizelge 4.3	Farklı R ve $T_{8,2}$ değerlerine göre ϵ_r ve ϵ_v değerleri (R=%95, $h=2,0cm$).....	37
Çizelge 4.4	Farklı R ve $T_{8,2}$ değerlerine göre ϵ_r ve ϵ_v değerleri (R=%85, $h=2,0cm$).....	38
Çizelge 4.5	Farklı R ve $T_{8,2}$ değerlerine göre ϵ_r ve ϵ_v değerleri (R=%70, $h=2,0cm$).....	39

SİMGELER DİZİNİ

ΔPSI	Servis kabiliyeti indeksi
a_i	İzafi mukavemet katsayısı
c	Kohezyon
CP	Tekerlek temas basıncı
CR	Tekerlek temas yarıçapı
D_i	Tabaka kalınlığı
E	Elastisite modülü
E_c	Betonun Elastisite Modülü (E_c)
F	Yük
f_i	Bozulma modeli katsayıları
M_R	Taban zemini esneklik modülü
N	Proje ömrü
N_f	Yorulmaya bağlı bozulma için gerekli yük tekrar sayısı
N_r	Tekerlek izinde oturmaya bağlı bozulma için gerekli yük tekrar sayısı
P_t	Son servis yeteneği indeksi
R	Bölgesel faktör
S_0	Toplam standart sapma
S_i	Zeminin taşıma gücü
SN	Üstyapı sayısı (inç)
$T_{8,2}$	Standart dingil yükü tekerrür sayısı
TEF	Taşıt eşdeğerlik faktörü
T_i	İlk trafik
t_p	Proje trafiği
T_s	Son trafik
W_g	Ortalama günlük standart dingil yükü
YDF	Yön değiştirme faktörü
y_{M-A}	M-A yol ömrü değeri
$y_{orijinal}$	Orijinal kesitin yol ömrü değeri
Z_R	Standart normal sapma
ϵ_r	Kaplama tabakası altındaki yatay çekme birim şekil değiştirme
ϵ_v	Taban zemini üzerindeki düşey basınç birim şekil değiştirme
ν	Poisson oranı
σ	Gerilme
τ	Kayma gücü
ϕ	İçsel sürtünme açısı
i	Trafik artış miktarı

KISALTMALAR DİZİNİ

AASHTO	:	American Association of State Highway Transportation Officilas
BSK	:	Bitümlü Sıcak Karışım
CBR	:	California Bearing Ratio.
ÇBT	:	Çimento Bağlayıcılı Temel
EÜPR	:	Esnek Üstyapı Projelendirme Rehberi
GT	:	Granüler Temel
KGM	:	Karayolları Genel Müdürlüğü
KTŞ	:	Karayolu Teknik Şartnamesi
M-A	:	Mekanistik Ampirik
PMT	:	Plent-miks Temel



1.GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca, ulaşım faaliyetleri toplumların gelişiminde ve günlük yaşamlarında merkezi bir rol oynamıştır. Ulaşım, bireylerin ve malzemelerin bir yerden başka bir yere taşınması sürecini tanımlamaktadır (Yayla,2006).

Ulaştırma;

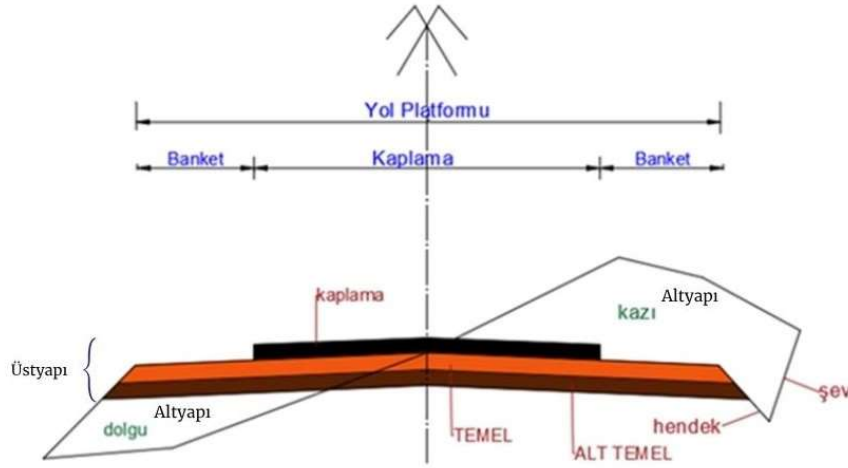
- 1) Su ulaştırması
 - Deniz yolu
 - İç su yolu (göl, nehir, kanal)
- 2) Kara ulaştırması
 - Kara yolu
 - Demir yolu
- 3) Hava ulaştırması olmak üzere 3 kategoride incelenmektedir.

Günümüzde ulaşım ihtiyacının büyük bir kısmı karayolları tarafından sağlanmaktadır. Türkiye de yolcu taşımacılığının %92,7'si yük taşımacılığının %89,4'ü karayolu ile gerçekleştirilmektedir(www.uab.gov.tr). Karayolu yayaların ve her çeşit kara taşıtının güvenli ve konforlu bir şekilde ulaşımını sağlamak amacıyla doğal zemin üzerine inşa edilen yapı olarak tanımlanmaktadır. Karayolları, kullanım amacına göre il yolu, devlet yolu ve otoyol olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır. Ülkemiz için bu yolların uzunlukları ve kaplama özellikleri açısından dağılımları Çizelge1.1'de verilmiştir (Yayla, 2006).

İl Yolu			Devlet Yolu			Otoyollar		
33922 km			30832 km			3796 km		
BSK	Sathi	Diğer	BSK	Sathi	Diğer	BSK	Sathi	Diğer
6504 km	24963 km	2455 km	21427 km	9338 km	67 km	3796 km	-	-

Çizelge1.1. Karayolu yol uzunlukları (KGM 01.01.2025)

Karayolu yapım tekniği ve kullanılan malzeme özellikleri bakımından altyapı ve üstyapı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Karayollarının dayanıklılık, sürüş konforu ve emniyetinden sorumlu olan üstyapılar yol yapım maliyetlerinin de büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Karayolu üstyapısı, yolun trafik yüklerini taşımak ve bu yükü taban zemininin taşıma gücünü aşmayacak şekilde dağıtmak amacıyla altyapı üzerine alt temel, temel ve kaplama sıralamasıyla inşa edilen tabakalı bir yapıdır (Şekil 1.1) (Hacıoğlu,2013; İnanlı,2016; Yayla,2006).



Şekil 1.1. Karayolu Yapısı Enkesiti

Karayolu üstyapı tasarımı, proje süresi boyunca trafik ve çevresel etkilere maruz kalan bir yolun çatlak ve deformasyonlara uğramadan güvenli bir şekilde hizmet edebilmesi için üstyapı tabaka kalınlıklarının hesaplanması ve bu tabakalarda kullanılacak malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesidir (Kök,2008; Çarkanat vd., 2022).

Karayolu üstyapı tasarımı, ampirik ya da mekanistik yöntemler ile gerçekleştirilmektedir (Singh ve Sahoo, 2021). Ampirik yöntem, deneysel çalışmaların veya geçmiş tecrübelerin sonuçlarına dayanan bir yaklaşımı ifade etmektedir. Üstyapı tasarımında, kaplama malzemelerinin mühendislik özellikleri ve elastisite modülleri kullanılarak, trafik ya da çevresel etkiler sonucu oluşan gerilme, şekil değiştirme ve deformasyonların bulunması mümkündür. Ancak, ampirik yöntemler bu etkileri her zaman tam anlamıyla tahmin edememektedir. Bu nedenle, ampirik deney sonuçlarının performans gözlemleri ve analitik bağıntılar ile desteklenmesi gerekmektedir. Bu ihtiyaç, analitik-ampirik yöntemlerin gelişimine zemin hazırlamıştır. Tasarım parametreleri ile üstyapı modeli arasındaki ilişki, kullanılan deney yöntemine bağlı olarak belirlenmektedir. Mekanistik yöntem ise malzeme parametrelerinin, yol yapısına uygun ve gerçekçi ortam koşullarında belirlenmesini esas almaktadır. Bu yaklaşım, üstyapının elastik veya visko-elastik bir model ile temsil edilmesine dayanmaktadır (NCHRP, 2004). Mekanistik tasarımda, gerilme, şekil değiştirme ve plastik deformasyon analizlerine bağlı olarak malzeme kalitesi ve kaplama tabakası kalınlığının uygunluğu değerlendirilmektedir. Ayrıca, bu analizler üstyapı tasarımcısına, kaplamanın hizmet ömrünü daha uygun bir şekilde tahmin etme imkânı sunmaktadır. Bununla birlikte, gelişmiş ülkelerde üstyapı tasarım çalışmaları, jeolojik ve geoteknik tasarım unsurları, inşaat sürecindeki zorluklar veya bakım problemlerinin herhangi birine ya da bunların bir kombinasyonuna odaklanarak desteklenmektedir (Ekwulo, 2009).

Üst yapı tasarımında kullanılan yöntemler;

1. Tabaka kalınlığı için Kaliforniya taşıma gücü oranı (CBR) değerinin kullanıldığı ampirik yöntem,
2. Terzaghi taşıma gücü formülünün kullanıldığı kayma göçmesi sınır yöntemi,
3. Burmister'ın iki tabaka teorisinin kullanıldığı deplasman sınır yöntemi,
4. Arazi deneylerinden elde edilen regresyon denklemlerinin kullanıldığı American Association of State Highway Transportation Officials(AASHTO) yöntemi,
5. Mekanistik-Ampirik (M-A) yöntem olarak beş ayrı kategoride incelenebilir (Huang, 2004; Tunç, 2004; Hafeez vd., 2017; Mashayekhi, 2011; Bostancıoğlu, 2020).

Literatürde üstyapı tasarımında farklı yöntemlerin kullanıldığı ve tasarım parametrelerinin ele alındığı pek çok çalışma vardır. Bu çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Bostancıoğlu (2020), çalışmasında geleneksel esnek üst yapı kesitinin bitümlü sıcak karışım (BSK) yüzey tabakası ile temel tabakasının değişen kalınlık ve rijitlik oranlarına bağlı olarak yol ömrü analizlerini gerçekleştirmiştir. Analizler, AASHTO ve M-A yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Bu analizlerle, AASHTO yönteminde %70 ve %85 güvenilirlik seviyeleri ile Mekanistik-Ampirik Shell yönteminin birbirlerine uyumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Analizlerde ayrıca tabaka kalınlık oranındaki değişimin, Shell yöntemi için önemli bir parametre olduğu tespit edilmiştir.

Dündar (1998), tarafından yapılan çalışmada esnek üstyapılarının tasarımında kullanılan yöntemler ele alınmıştır. Ampirik, analitik ve analitik-ampirik olarak 3 yöntem incelemiştir. Sonuçlar incelendiğinde ampirik ve analitik-ampirik yöntemlerle bulunan toplam üstyapı kalınlıklarının birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Shell Tasarım Yönteminde ise ağırlıklı yıllık ortalama sıcaklığın 28 °C'nin altında olduğu durumlar için elde edilen üstyapı kalınlığının diğer yöntemlerle elde edilen kalınlık değerlerine oldukça yaklaştığı görülmüştür. Bu sonuçlar, aynı veriler kullanıldığında her üç yöntemin de tasarımcıyı benzer sonuçlara ulaştırabileceğini göstermektedir.

Çarkanat vd. (2022), çalışmalarında esnek üstyapı tasarımında kullanılan KENPAVE yazılımı ile yolun servis ömrünü tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada Karayolları Genel Müdürlüğü Esnek Üstyapı Projelendirme Rehberi'ndeki (EÜPR) tasarım kombinasyonlarından birkaç senaryo modellenmiş ve elastik, tabakalı bir kaplama sistemi tanımlanmıştır. Yorulma hasarı ve tekerlek izi deformasyonu modelleri programa entegre edilerek analizler gerçekleştirilmiştir. Diğer aşamada ise AASHTO-93 esnek üstyapı tasarım parametreleri (trafik kategorisi, toplam mevcut üst yapı sayısı (SN) değeri ve taban zemini esneklik modülü (M_R)) kullanılarak servis ömrüne etkileri duyarlılık analiziyle incelemiştir. Yaptığı analiz sonuçlarına göre dingil yükü sayısı ve taban zemini M_R değerinin servis ömrü üzerindeki etkileri

%95 güvenilirlik aralığında daha anlamlı bulunmuş; ayrıca, dingil yükü sayısının servis ömrünü, taban zemini M_R değerine kıyasla daha fazla etkilediği belirlenmiştir.

Boşnak (2023), yaptığı çalışmada esnek üstyapıların servis ömrü boyunca en az hasarla hizmet verebilmesi için yol deformasyonuna etki eden parametrelerin belirlenmesini amaçlamıştır. Dingil yükü, elastisite modülü, tabaka kalınlığı ve üstyapı kesitindeki farklılıkların yol bozulmalarına etkisi incelenmiş ve üç farklı üstyapı kesiti üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. KENPAVE programı kullanılarak yapılan analizlerde, elastisite modülündeki artışın yol ömrünü büyük ölçüde etkilediği ve bu etkinin en çok temel tabakasından kaynaklandığı görülmüştür. Tüm tabakalardaki elastisite modülü artışı yol ömrünü artırırken, alt temel tabakasındaki artışların ise yol ömründe azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Dingil yükü artışıyla yol ömründe benzer oranlarda azalmalar gözlenirken, en çok etkinin kaplama tabakası kalınlığının artırılmasıyla sağlandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, alt temel tabakasının elastisite modülündeki artışın yol ömrüne kayda değer bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Bostancıoğlu (2021/1), çalışmasında geleneksel bir üstyapı kesitinde farklı kuruluşlar için ampirik modellerle yol ömrü analizleri yapmıştır. Yüzey ve temel tabakasının rijitlik ve kalınlık oranlarına bağlı olarak transfer denklemleri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda tekerlek izi modelleriyle hesaplanan yol ömrünün yorulma modellerine kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Farklı kurumlara ait transfer denklemleri analiz edildiğinde ise hem yorulma hem de tekerlek izine bağlı modeller arasında USACE ve Shell yöntemlerinin birbirleri ile uyumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. M-A yöntemlerin ampirik transfer modelleri incelendiğinde, elastisite oranı arttıkça farklı kurumlara ait modellerin sonuçlarının birbirine yaklaştığı ancak kalınlık oranı arttığında sonuçların birbirinden uzaklaştığı gözlemlenmiştir. Bu durum, BSK tabakası rijitliğinin artması ve yükün büyük ölçüde kaplama tarafından taşınması durumunda modellerin birbirine yakın sonuçlar vermesi şeklinde açıklanmıştır.

Çakmak (2024), çalışmasında EÜPR’de önerilen kesitleri, tabaka kalınlıkları ve tasarım parametrelerine bağlı olarak Monte Carlo simülasyon yöntemiyle analiz ederek M-A tasarım yöntemleri açısından güvenilirliği araştırmış ve karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda tekerlek izi deformasyonuna bağlı güvenilirliğin Shell ve USACE yöntemleri ile daha uyumlu olduğu görülmüştür. Yorulmaya bağlı güvenilirlikte ise Shell ve ARE yöntemleri birbirleri ile uyumlu sonuçlar vermiştir. Seçilen taban zemini rijitlikleri ve trafik yükleri altında, EÜPR’de önerilen kesitlerin bu yöntemler için üç yol sınıfında da yüksek güvenilirlik sağladığı belirlenmiştir. Shell yönteminin hem yorulma hem de tekerlek izi deformasyonuna bağlı analizlerde iyi uyumluluk seviyelerine ulaştığı görülmüştür. Yorulmaya bağlı göçmede ARE yöntemi, tekerlek izi deformasyonuna bağlı göçmede ise USACE yöntemi güvenilir bulunmuştur. Ülkemizde M-A yöntemlerle üstyapı tasarımı yapılırken, önlem alınmak istenen göçme tipine göre uygun yöntemin seçilmesini önerilmiştir.

Halat (2024), AASHTO tasarım grafiğinden farklı $T_{8,2}$ ve M_R değerleri için belirlenen 101 farklı sathi kaplamalı kesitin mekanik analizlerin yapıldığı çalışmada

ampirik transfer denklemleri kullanılarak tekerlek izi deformasyonuna bağılı yol ömrü hesaplamıştır. Analizlerde ise AASHTO yönteminin aynı taban zemini M_R değerlerine sahip kesitlerde değişen $T_{8,2}$ değerlerine bağılı olarak önerdiği kesitlerin mekanik performansı incelenmiştir. $T_{8,2}$ değeri arttıkça deformasyon direncinin yükseldiğı ve taban zemini üzerindeki deformasyonun azaldığı belirlenmiştir. Bu bulgular, AASHTO tasarım grafiğinin sabit bir deformasyon amacıyla çalışmadığını açıkça ortaya koymuştur.

Rind vd. (2017), KENPAVE programını kullanarak, Pakistan'daki esnek kaplamalarda görülen tekerlek izi ve yorulma çatlaması gibi deformasyonların azaltılması yönünde çalışmalar yapmıştır. Bu tür deformasyonların şiddetli ve yoğun olması, kaplama performansı üzerinde büyük olumsuz etkilere neden olmuştur. Ağır vasıtaların ve kamyon dingil yüklerinin artışı, uygun olmayan kaplama tasarım prosedürleri ve tasarım hataları Pakistan'da zamansız yol bozulmalarının başlıca sebepleri arasında yer almıştır. Bu nedenle ekonomik ve dayanıklı bir tasarım için bu bozulmaların en aza indirilmesi gerekmiştir. Çalışmada, KENPAVE yazılımının mevcut ampirik tasarım yaklaşımlarıyla doğrulanması ve aşınma ile temel tabakası kalınlıklarının değişiminin yorulma-tekerlek izinde oturma etkisinin incelenmesi amaçlamıştır. Bu doğrultuda, Pakistan'da bir test yolu bölümü seçilmiş ve aşınma ile temel tabakaları için farklı kalınlıklarda 10 farklı kesit oluşturulmuştur. Seçilen kesitler, maksimum eşdeğer dingil yüküne bağılı olarak tekerlek izi (N_r) ve yorulma (N_f) açısından analiz edilmiştir. Analiz sonucunda ise bozulmaya dayanıklı kaplama kesitlerinin aşınma ve temel tabakasının olduğunu ve inşaat maliyetlerinin neredeyse eşit olduğunu göstermiştir. Ancak, kesitlerin birinin tasarım ömrü ve bozulmaya dayanıklılığı açısından daha ekonomik bir seçenek olduğu belirlemiştir.

Tanyıldızı ve Geçkil (2019), çalışmalarında karayolu üstyapısının projelendirme aşamasında AASHTO yönteminde kullanılan parametrelerin esnek ve rijit üstyapılar üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, esnek üstyapıların tasarımında en kritik parametrenin Taban Zemini Esneklik Modülü (M_R), rijit üstyapılarda ise Betonun Elastisite Modülü (E_c) olduğu belirlenmiştir. Bu parametrelerin doğru şekilde belirlenmesi, projelendirme sürecinde ekonomik kayıpları önlemiştir.

Armağan (2019), karayolu üstyapılarının tasarımında ABD'de uzun yıllardır kullanılan M-A Dizayn Metodunun ülkemiz koşullarında uygulanabilirliğinin artırılması adına bir ülkesel kalibrasyon çalışması ile hassasiyet analizi çalışmaları yapılmıştır. Öncelikle AASHTO Pavement M-A yazılımında oluşturulan modeller için kalibrasyon analizi yapılmış, elde edilen düzgünsüzlük (yorulma çatlağı oluşumu, kalıcı deformasyon ve termal çatlak oluşumu) değerleri saha verileriyle karşılaştırılarak hata analizi gerçekleştirilmiştir. Aradaki farkları minimize etmek için kalibrasyon katsayıları belirlemiş ve modellenen yollar için yazılımın gerçek saha sonuçlarını ne kadar yansıttığı değerlendirilmiştir. Seçilen 8 karayolu kesimi için yapılan analizlerde, Isparta, Akşehir, Konya ve Karaman illerine ait iklim istasyonları ve 2017 yılı trafik verileri kullanılmıştır. Üretilen modellerin malzeme verileri ve tabaka kalınlıkları dikkate alınarak analizler tamamlanmıştır. Çalışmanın son

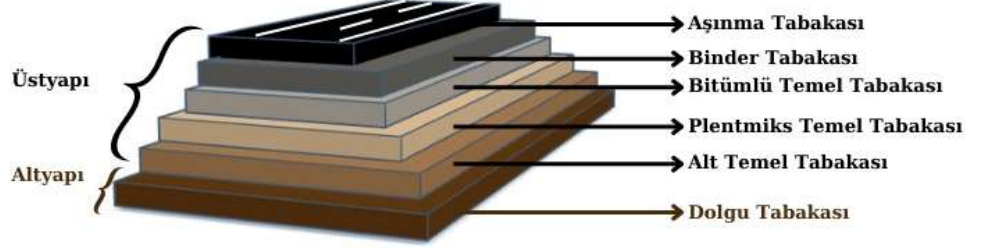
aşamasında, ABD ulusal kalibrasyon katsayıları ile hassasiyet analizi yapmış ve yazılımda tanımlı bozulma türlerine karşı yolların duyarlılığı incelenmiştir.

Bostancıoğlu (2021/2), çalışmasında yolun hizmet ömrünü artırmak amacıyla lineer fonksiyonel derecelendirme uygulaması yapılmıştır. Granüler alttemel ve temel tabakalarının alt tabakalara bölünerek rijitliklerinin belirli bir kurala göre değiştirilmesine dayanan bu yöntemle, yüzey tabakası-temel ve alttemel-taban zemini ara kesitlerinin güçlendirilmesi hedeflenmiştir. M-A üstyapı dizaynı esas alınarak yapılan analizlerde, Asfalt Enstitüsü yöntemine göre yolun yorulma ömrünün %62,3, tekerlek izi deformasyon ömrünün ise %36,4 oranında arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, fonksiyonel derecelendirme ile alt tabakaların ortalama rijitliği değişmezken, sağlanan iyileşmenin ek maliyet gerektirmemesi çalışmanın bir diğer yönü olarak vurgulanmıştır.

Bu çalışmada, AASHTO yöntemi ile tasarlanan kesitlerde, tabaka kalınlıkları yol üstyapı sayısı (SN) ve yol ömrü sabit kalacak şekilde değiştirilmiş; bu değişikliklerin mekanik analiz üzerindeki etkileri incelenmiştir. AASHTO yöntemine göre yol ömrü değişmeyen kesitlerin kalınlık değişimine bağlı mekanik tepkilerinin değişmesi öngörülmektedir. Bu değişim oranının tasarım değişkenlerine bağlı olarak hesaplanması ve M-A tasarım yönteminin Türkiye Karayollarının tasarımında dikkate alınması üzerine bir önerinin ortaya koyulması bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır.

2.KARAYOLU YAPISI

Karayolu yapısı, belirlenen standartlara uygun olarak seçilen güzergah üzerinde, doğal zeminin istenilen yükseltilere getirilmesi ve motorlu taşıtların öngörülen konfor, güvenlik ve hız koşulları altında hareketlerinin sağlanabilmesi amacıyla inşa edilen yapıların tümünü ifade etmektedir (İlıcılı vd., 2001; Hanlı,2009).



Şekil 2.1. Karayolu Yapısı Enkesiti

2.1. Karayolu Altyapısı

Yapım süreci sona ermiş bir karayolunda tesviye yüzeyi ve doğal zemin arasında kalan bölge altyapı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.1). Altyapının temel amacı belirlenen yükseklikte düzgün bir yüzey oluşturmak ve üstyapıdan gelen yükleri geniş bir alana güvenli şekilde dağıtmaktır (Hanlı,2009; Şen,2006).

Karayolu altyapısının görevleri şunlardır;

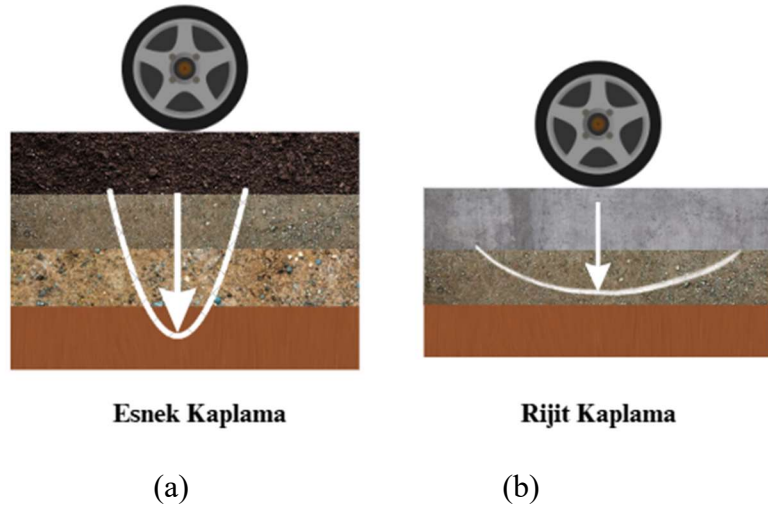
- Üstyapıdan iletilen gerilmelere karşı direnç göstermek,
- Drenajı sağlamak
- Kaplama tabakasının maliyetini düşürmek,
- Kaplama tabakası için ideal bir platform oluşturmak (Tunç,2004).

Karayolu altyapısının stabilite ve drenaj kabiliyetini yerine getirebilmesi için agregaların, maksimum yoğunlukta sıkışabilen, don duyarlılığı az, işlenebilirliği yüksek ve fazla segregasyona uğramayan özelliklere sahip olması gerekmektedir (Tunç,2004).

2.2. Karayolu Üstyapısı

Karayolu üstyapısı, trafik yüklerini altyapının taşıyabileceği değerlere indirmek, düzgün bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak ve altyapıyı korumak amacıyla altyapı üzerine yerleştirilen tabakalı yol yapısıdır. Kaplama tabakasında kullanılan malzeme cinsine ve yapım özelliklerine göre esnek, rijit ve kompozit üstyapı olarak üç sınıfa ayrılmaktadır (Tunç, 2001; Yamanlar,2012).

- **Esnek üstyapı:** Karayolu yapımında yaygın olarak kullanılan çok tabakalı bir kaplama türüdür. Tasarımındaki temel amaç drenaj kabiliyeti, dayanıklılık ve sürüş konforudur. Esnek üstyapılar kaplama, temel ve alt temel olmak üzere tabakalı olarak inşa edilmektedir. Tesviye yüzeyiyle temas sağlayarak trafik yüklerini taban zeminine dağıtan bir yapıdır (Şekil 2.2.a). Stabilitesi, kullanılan agrega ve bitümlü bağlayıcının adezyon ve kohezyon gibi özelliklerine bağlıdır (Tunç, 2007; Şen 2006).
- **Rijit üstyapı:** Yüksek trafik hacmine sahip otoyollar ve havalimanları gibi alanlarda, araçların güvenlik ve sürüş konforunu sağlamak amacıyla tercih edilen üstyapı tipidir. Yüklerin büyük bir kısmı beton plakalar aracılığıyla taşınırken, düşük bir oranda altyapıya iletilmektedir (Şekil 2.2.b) (Tunç,2007; Carey, Irick,1962).
- **Kompozit üstyapı:** Zamanla deformasyona uğrayan kaplamalar, sıcak bitümlü karışım tabakası ile takviye tabakası yapılarak ya da mevcut esnek kaplamaların üzerine rijit (beton) kaplama olarak uygulanmaktadır. Bu kaplamanın maliyeti yüksek olduğu için tercih edilmemektedir (Tunç, 2007).



Şekil 2.2. Esnek ve rijit kaplama modeli

Rijit ve esnek kaplamaların avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibidir.

- Rijit kaplamalar, çok yüksek trafik hacmine ve ağır taşıt trafiğine sahip yollar için yapılması zorunluyken esnek kaplamalarda daha düşük trafik hacmine sahip yollar için ekonomik bir çözüm sunmaktadır.
- Rijit kaplamaların ilk yapım maliyetleri çok yüksek ve rutin bakım masrafları çok düşük iken esnek kaplamalar da ise ilk yapım maliyetleri düşük ve rutin bakım masrafları yüksektir.
- Rijit kaplamaların yapımı daha zor ve titiz çalışma gerektirirken esnek kaplamalarda bu durum daha kolay ve hızlıdır.
- Esnek kaplamalar kademeli inşaat için uygunken rijit kaplamalarda bu durum mümkün değildir.

- Rijit kaplamaların tamiri ve büyük onarımları için uzun süreye ihtiyaç duyulduğundan servis yolu gerekmektedir. Buna karşılık esnek kaplamaların onarımı esnasında yol trafiğe açıktır.
- Rijit kaplamalar açık renkli olduğundan gece daha kolay görünürken gündüz parlayarak rahatsız etmektedir. Esnek kaplamalar koyu renkli olduklarından dolayı bu durum söz konusu değildir (Tunç, 2004).

2.3. Esnek Üstyapı

Esnek üstyapılar, yükleri kademeli olarak zemine aktaran; alt temel, temel, bitümlü temel, binder ve aşınma tabakalarından meydana gelen tabakalı sistemlerdir.

Esnek üstyapılar;

- Düşük standartlı kaplamalar (koruyucu-yüzeysel tabakalar)
- Yüksek standartlı kaplamalar (bitümlü sıcak karışımlar) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Tunç, 2007).

2.4. Yüksek Standartlı Esnek Kaplamalar

Yüksek standartlı esnek kaplamalar, çok katmanlı bir yapıya sahip olup her bir tabaka, farklı kalınlık ve işlevlere sahiptir. Bu katmanlarda kullanılacak malzemeler ile tabaka kalınlıkları, yolun trafik hacmi, zemin taşıma kapasitesi, çevresel koşullar ve kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri gibi faktörler göz önünde bulundurularak belirlenmektedir (Tunç, 2007).

Esnek üstyapı tasarımı için dikkate alınan tabakalar Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3.Üstyapı tabakaları

2.4.1. Alt temel tabakası

Alt temel tabakası, düşük elastisite modülüne veya CBR değerine sahip olan aynı zamanda da yüksek drenaj özellikleri gösteren granüler malzemeler ile esnek üstyapının en alt tabakası olarak inşa edilmektedir. Bu tabaka, yol yapısının taşıma kapasitesini artırmak ve trafik yüklerinin etkilerini düzgün bir şekilde dağıtmak amacıyla, altındaki doğal zemin ile etkileşim içerisinde çalışmaktadır (Tunç,2007; Sağlık, Güngör, 2008).

2.4.2. Temel tabakası

Alttemel tabakası ile kaplama tabakası arasına yerleştirilen, granülometri ve fiziksel özellikleri bakımından alttemel tabakasından daha üstün niteliklere sahip bir üstyapı tabakası olarak inşa edilmektedir. Bu tabakanın temel işlevleri etkili bir drenaj sağlamak, don olaylarının yol tabakası üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak ve yüzeyden gelen trafik yüklerini yatay-dikey doğrultuda dengeli bir şekilde dağıtarak, tabanda meydana gelebilecek kesme gerilmelerini ve oturma deformasyonlarını önlemektir (KGM,2012; Yoldaş,2008). Karayolları Genel Müdürlüğü Karayolu Teknik Şartnamesi' ne (KTŞ)göre üç tip temel tabakası bulunmaktadır.

- Plent-miks Temel (PMT): Belirli fiziksel koşulları sağlayan ve uygun bir gradasyona sahip agrega malzemesinin, plent adı verilen özel tesislerde optimum su içeriği ile karıştırılması ve ardından yol yüzeyine serilerek sıkıştırılması yoluyla oluşturulan bir temel tabakasıdır (Tunç,2007).
- Granüler Temel (GT): Belirli fiziksel özelliklere ve uygun gradasyon özelliklerine sahip agreganın, optimum su içeriğiyle karıştırıldıktan sonra yol platformuna serilmesi ve silindirler (kompaktörler) ile maksimum kuru yoğunluğa kadar sıkıştırılması sonucunda elde edilen stabil bir temel tabakasıdır (Tunç,2007).
- Çimento Bağlayıcılı Temel (ÇBT): Belirlenen fiziksel özellikleri sağlayan ve uygun gradasyona sahip agregaya, plentte belirlenen miktarda çimento ilave edilerek optimum su içeriği ile homojen bir şekilde karıştırılması sonucunda elde edilir. Bu karışım, yol yüzeyine serildikten sonra silindirlerle (kompaktörler) yeterli şekilde sıkıştırılmaktadır (Tunç, 2007).

2.4.3. Kaplama tabakası

Kaplama, taşıtlar için uygun bir yuvarlanma yüzeyi oluşturmak, trafiğin aşındırıcı etkilerine karşı direnç göstermek ve yapıya sızan yüzeysel su miktarını ile temel tabakasına iletilen kayma gerilmelerini azaltmak amacıyla, temel tabakası üzerine inşa edilen bir üstyapı tabakasıdır (İlıcılı vd., 2001). Kaplama tabakası KTŞ'ye göre 3 alt tabakaya ayrılmaktadır.

- Aşınma tabakası: Trafik yükleriyle doğrudan temas halinde olan tabakadır. Bu tabaka genellikle kaliteli malzemelerle inşa edilmektedir (Mathew ve Rao, 2007; Armağan, 2019).
- Binder tabakası: Bu tabakanın temel amacı aşınma tabakasından gelen trafik yükünü temel tabakası üzerine dağıtmak ve tekrarlı yüklere karşı direnç göstererek kalıcı deformasyonun ve çatlamların meydana gelmesini engellemektir (Mathew ve Rao, 2007; National Asphalt Pavement Associationand Federal Highways Administration, 2001; Lavin, 2003).
- Bitümlü Temel Tabakası: Bitümlü temel, esnek üstyapı sistemlerinde kullanılan ve yükleri alttaki tabakalara güvenli bir şekilde ileten, bitüm bağlayıcılı granüler malzeme içeren bir temel tabakasıdır. Bu tabaka, yol üstyapısının hem taşıyıcı kapasitesini artırmak hem de üstyapı elemanlarının

ömrünü uzatmak amacıyla uygulanır. Bitümlü temel malzemesi, agrega ve bitüm esaslı bağlayıcının belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilir ve genellikle sıcak karışım asfalt (hot mix asphalt) yöntemiyle uygulanır (KGM, 2013; Özdemir, 2016).

2.5. Düşük Standartlı Esnek Kaplamalar

Trafik yüklerinin tekrar sayısının az olduğu düşük trafik hacmine sahip yollarda, kalitesi düşük malzemeler ile ileri teknoloji gerektirmeyen ince tabakalı üst yapıların inşa edilmesi ekonomik bir çözümdür (Tunç, 2007).

Ülkemizde kaplama seçimi, toplam eşdeğer standart dingil yükü (8,2 ton) sayısına ($T_{8,2}$) göre;

- $T_{8,2} < 40.000$, ise kaplamasız (stabilize)
- $40.000 < T_{8,2} < 100.000$, ise tek kat sathi kaplama veya kaplamasız,
- $100.000 < T_{8,2} < 500.000$, ise tek kat sathi kaplama,
- $500.000 < T_{8,2} < 2.000.000$, ise çift kat sathi kaplama,
- $T_{8,2} > 2.000.000$, ise beton asfalt (BSK) kaplama, olarak yapılmaktadır (Tunç, 2007).

Düşük standartlı esnek kaplama tipleri; makadam temeller, koruyucu satıh tabakaları ve sathi kaplamalar olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

- Makadam Temeller: Makadam temeller, düşük trafik hacmine sahip yollarda, stabilize kaplamaların iyileştirilmesiyle elde edilen düşük standartlı esnek kaplama türlerindendir. Bu temeller, bir alt temel tabakası üzerine ya da doğrudan taban zemini üzerine inşa edilebilmektedir.
- Koruyucu Satıh Tabakaları: Sathi kaplama, mevcut BSK kaplamanın ömrünü uzatmak, okside olmuş ve trafik etkisiyle agrega üzerindeki bitüm filminin soyulduğu yüzeyleri yenilemek, kaplama rengini değiştirerek daha iyi görüş koşulları sağlamak, kaplamayı hava ve nemin bozucu etkilerinden korumak ve yolun sürtünme direncini artırmak amacıyla uygulanmaktadır. Genellikle polimer katkılı bitüm kullanılarak inşa edilen bu tabaka, koruyucu bakım ve onarım işlevi görmektedir.
- Sathi Kaplamalar: Düşük trafik hacmine sahip yollarda sathi kaplamalar yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. Bu tür kaplamalarda, öncelikle temel tabakası üzerine ince bir film tabakası şeklinde sıvı asfalt uygulanmaktadır. Daha sonra, uygun şekil ve boyuttaki agrega serilip ve silindirlerle sıkıştırılarak kaplama tamamlanmaktadır. Ekonomik olmaları ve uygulama yönteminin basitliği, sathi kaplamaların en önemli avantajları arasında yer almaktadır (Tunç, 2007).

2.6. Üstyapıdan Beklenen Özellikler

Kaplamaların, performans ve stabilite olmak üzere iki farklı görevi vardır. Kaplama performansı, yüzey tabakasının sürüş emniyeti ve konforu olarak tanımlanmaktadır. Yüzey tabakasının temel karakteristikleri yüzey düzgünlüğü, yüzey pürüzlülüğü ve ışık yansıtma olarak incelenmektedir. Ancak bu karakteristik özellikler iklim, yağış ve araç cinsi gibi durumlardan etkilenmektedir (Tunç,2004).

Kaplama stabilitesi, trafik yüklerinin oluşturduğu deformasyonlara ve gerilmelere karşı direnç göstermek, yükü zeminin taşıma gücünü aşmayacak şekilde yaymak ve zeminde kalıcı deformasyonların oluşumunu engellemek gibi yapısal özellikler olarak sıralanabilir (Tunç,2004).

Kaplamaların yapısal fonksiyonlarının sağlanabilmesi için yeterli kalınlıkta, yeterli miktarda sıkıştırılmış olması ve tabakanın tipine göre kullanılacak malzemelerin bazı karakteristik özelliklere sahip olması gerekmektedir. Kaplama performans ve stabilitesine etki eden faktörler Çizelge 2.1 de verilmiştir (Tunç, 2004).

ANA FAKTÖRLER	ANA FAKTÖRE BAĞLI DEĞİŞKENLER
TRAFİK ETKİLERİ	• Trafik hacmi, kompozisyonu (taşıt ağırlıklarına göre dağılımı), artış trendi, gelecekte beklenen trafik hacmi vb. • Dingil yükü (karayolu için veya teker yükü (havaalanı için) • Dingil sayısı veya teker geometrisi • Lastik basıncı, miktarı ve temas alanı • Standart yük tekrerrür sayısı • Yükleme hızı
İKLİM VE ÇEVRE ETKİLERİ	• Günsel ve mevsimsel ısı değişimleri, yağış miktarı, don derinliği • Max ve min ısı • Drenaj şartları, uzun dönem oturmalar • Zeminin don kabarması, şişme, donma-çözülme periyotları • Zeminin taşıma gücündeki değişimler
MALZEME	• Kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri • Kaplama tabakalarının yük dağıtma kabiliyetleri, deformasyon direnci, mukavemeti vb. özellikleri • Malzeme karakteristiklerinin zamanla değişimi, aşınma direnci, durabilite vb. özellikleri • Kaplama tabakalarının yorulma mukavemeti
YAPIM VE BAKIM ŞARTLARI	• Kaplama tasarımı (tabaka kalınlıkları ve cinsi) • Yapım kalitesi ve kalite kontrol seviyesi • Bakım-onarım periyotları ve kalitesi • Trafik yüklerinin kontrolü ve kısıtlanması

Çizelge2.1. Kaplama performans ve stabilitesine etki eden faktörler (Tunç, 2004)

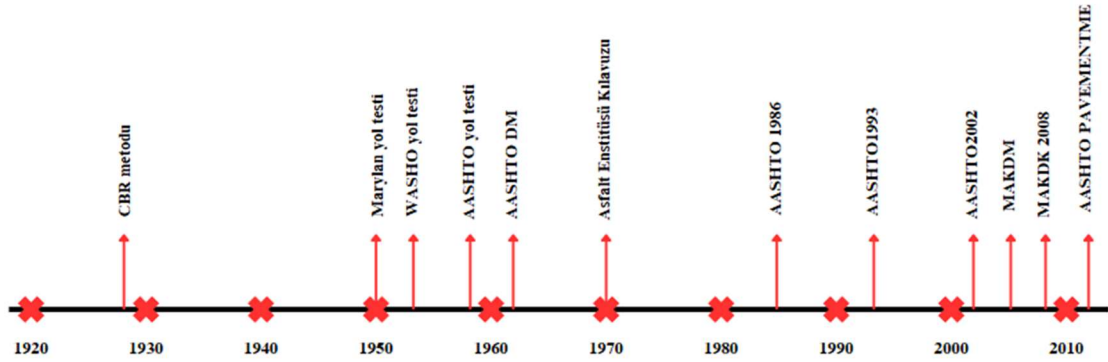
2.7. Üstyapı Tasarımı ve Tasarım Yöntemleri

Karayolu esnek üstyapıları, trafik yükleri ve çevresel etkiler sonucunda tekerlek izi, yorulma çatlakları gibi çeşitli yapısal deformasyonlara maruz kalmakta; bu da kaplamanın performansını düşürerek hizmet ömrünü kısaltmaktadır. Üstyapı tasarımı, söz konusu deformasyonların yol açtığı gerilme, birim şekil değiştirme ve deplasman (yer değiştirme) gibi tepkilerin kabul edilebilir sınırlar içinde kalmasını sağlamak amacıyla üstyapı tabakalarının kalınlık ve kesitlerinin tasarlanmasını ifade etmektedir (Huang, 2004; Tunç, 2007; Chen, 2009).

Esnek bir yol üstyapı tasarımını etkileyen faktörler:

- Trafik hacmi
- Dingil yükü ve tekrarlanma sayısı
- Taban zeminin taşıma gücü
- Tabakalarda kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri
- Yolun ekonomik hizmet ömrü ve hizmet kalitesidir (Umar ve Ağar; 1991).

Üstyapı tasarım yöntemleri ile ilgili genel kronolojik sıra Şekil 2.4'te verilmiştir. Üstyapı tasarımında sıklıkla kullanılan bazı yaklaşımlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.



Şekil 2.4. Karayolu üstyapısı tasarım yöntemleri (Armağan, 2019)

2.7.1. Ampirik yöntem (CBR)

Ampirik tasarım yöntemleri, yol üstyapılarının tabaka kalınlıklarının belirlenmesinde, kullanılan malzemelerin dayanım özelliklerine, kaplamaya uygulanan yüklerin büyüklüğüne ve bu yüklerin yol kaplamasına olan etkisinin gözlemlerine dayanmaktadır. Bu yöntemler, laboratuvar deneyleri ve saha gözlemleri sonucunda elde edilen verilerle şekillenen güvenilir bir tasarım yöntemidir. Ampirik yöntemde kullanılan en yaygın deney James Porter'ın 1930 yıllarda Kaliforniya'da geliştirdiği CBR yöntemidir. Yöntem ilk olarak havaalanı tabaka kalınlık hesabında ve daha sonra ise karayolu üstyapılarında kullanılmıştır. CBR metodu bazı ülkelerde halen kullanılmaktadır ancak Türkiye'de bu yöntem tercih edilmemektedir (Ali, 2005; Porter, 1950; Özcanan ve Akpınar, 2014; Carvalho, 2006).

2.7.2. Kayma göçmesi sınır yöntemi

Kayma göçmesi sınır yöntemi; özellikle eğimli zeminlerde veya inşaat yapılarındaki kayma riskini değerlendirmek amacıyla kullanılan bir analiz yöntemidir. Bu yöntem, toprak veya kaya kütlelerinin stabilitesini incelemek için kullanılır ve kaymanın meydana gelmesinin sınır koşullarını belirlemeye yönelik bir yaklaşımdır. Yöntemde kaplama kalınlığı, kaplamada kayma göçmesi olmayacak şekilde belirlenmektedir. Dizaynda kullanılan temel iki parametre Terzaghi'nin taşıma gücü denklemindeki (Denklem2.1) kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısıdır (ϕ).

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (2.1)$$

2.7.3. Deplasman sınır yöntemi

Deplasman (defleksiyon) sınır yöntemi, yol kaplamalarının kalınlıklarının, izin verilen maksimum düşey deformasyonu (defleksiyonu) aşmayacak şekilde belirlenmesini esas alan ampirik bir tasarım yaklaşımıdır. Bu yöntemde temel amaç, taşıt yükleri altında oluşan düşey saptmaların, belirli sınırlar içinde kalmasını sağlayarak kaplamanın yapısal bütünlüğünü korumaktır.

İlk uygulamalardan biri, Kansas Eyalet Karayolu Komisyonu (1947) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, Boussinesq (1885) tarafından geliştirilen elastisite teorisine dayanan denklemler revize edilerek, alt temel tabakasındaki maksimum defleksiyonun 2,54 mm ile sınırlandırılması önerilmiştir. Benzer şekilde, ABD Donanması (1953), Burmister'in (1943) iki tabakalı elastik sistem teorisini uygulayarak yüzeyde meydana gelen maksimum düşey deformasyonu 6,35 mm ile sınırlamıştır (Huang,2004).

2.7.4. AASHTO Tasarım Yöntemleri

AASHTO tasarım yöntemi 1950'li yılların sonunda ABD'nin Illinois eyaletinin Ottawa şehrinde farklı şekil ve kalınlıklarda inşa edilen kaplamalar üzerinde yapılan çalışmalar sonucu gözlem ve ölçümlere dayanarak geliştirilmiştir. Dizayn prosedürü ve elde edilen sonuçlar 1961 yılında geçici rehber şeklinde yayınlanmış ve 1972, 1986, 1993 ve 2002 yıllarında yayınlanan rehberler ile revize edilmiştir (Tunç,2001; İncegöl,2004).

2.7.4.1. AASHTO 1972 tasarım yöntemi

AASHTO tasarım yöntemi, esnek kaplama tasarımında en yaygın kabul gören ampirik-yarı deneysel yöntemlerden biridir. Bu yöntem, yol üstyapısının taşıma kapasitesini belirlerken yükleme koşulları (dingil yükü büyüklüğü ve tekrarlanma sayısı), yapısal unsurlar (kaplama tabaka kalınlıkları, malzeme özellikleri) ve kaplama performansı gibi çok sayıda parametreyi dikkate almaktadır. Bu tasarım yönteminde, bir kaplamanın performansı, taşıtların güvenli ve konforlu bir şekilde seyahat edebilme kapasitesini ifade eder ve bu performans, "servis yeteneği" kavramı ile tanımlanmaktadır. AASHTO yol testinde, kaplamanın başlangıçta sahip olduğu servis yeteneği ile belirli bir kullanım süresi sonunda azalan servis yeteneği arasındaki değişim incelenmiş ve bu doğrultuda kaplama performansının nasıl etkilendiği belirlenerek tasarım formülleri geliştirilmiştir (Tunç,2007).

Üstyapı tasarımında kullanılan tasarım denklemi Denklem 2.2' verilmiştir.

$$\log T_{8,2} = 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log[4,2-P_t]/(4,2-1,5)}{0,40 + [1094/(SN+1)^{5,19}]} \quad (2.2)$$

Burada;

$T_{8,2}$: Standart dingil yükü tekerrür sayısı

SN : Üstyapı sayısı (inç)

P_t : Son servis yeteneği indeksi

Yol üstyapı sayısı (SN), kaplamayı oluşturan her tabaka kalınlığının izafi mukavemet katsayısı ile çarpımlarının toplamına (Denklem 2.4) eşittir. Denklem 2.2'de, başlangıç servis yeteneği değeri 4,2 olarak, kaplamanın tasarım ömrü sonunda ulaşabileceği en düşük servis yeteneği ise 1,5 olarak kabul edilmiştir. Bu eşitlik AASHTO yol testine bağlı olarak yapıldığı şartlardaki zemin taşıma gücü aynı olan ve çevresel koşulların aynı olduğu şartlar için geçerli olmaktadır. Farklı bölgelerde zemin taşıma gücü ve çevresel koşullar farklı şartlarda olduğu için eşitliğe zemin taşıma gücü ile bölgesel faktör eklenmiştir (Tunç, 2007).

$$\log T_{8,2} = 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log[4,2-P_t]/(4,2-1,5)}{0,40 + \left[\frac{1094}{(SN+1)^{5,19}} \right]} + \log \frac{1}{R} + 0,372(S_i - 3) \quad (2.3)$$

Denklem 2.3'te;

S_i : Zeminin taşıma gücü

R : Bölgesel faktör

Yol üstyapı sayısı, kaplamayı oluşturan her tabaka kalınlığının izafi mukavemet katsayısı ile çarpımlarının toplamına (Denklem 2.4) eşittir.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \quad (2.4)$$

Burada,

a_1, a_2, a_3 : Sırasıyla kaplama, temel ve alttemel tabakası izafi mukavemet katsayıları

D_1, D_2, D_3 : Sırasıyla kaplama, temel ve alttemel tabaka kalınlığıdır.

2.4.4.2. AASHTO 1986 tasarım yöntemi

AASHTO 1986 tasarım yöntemi, özellikle 1972 AASHTO tasarım yöntemi ile kıyaslandığında, kaplama davranışını daha gerçekçi biçimde modelleyen ve saha koşullarını daha iyi yansıtan yaklaşımlar içermektedir. (Tunç, 2004; Kök ve Kuloğlu, 2007).

Bunlar;

1. Tasarım denkleminde zeminin taşıma gücü değeri (S_i) yerine zeminin esneklik modülü (M_R) değeri eklenmiştir.
2. Bölgesel faktör (R) değeri yerine çevresel etkiler eklenmiştir.
3. Trafik tahminlerinde yapılan hataları azaltmak amacıyla güvenilirlik katsayı değeri eklenmiştir. Yolun tipine göre (devlet yolu-il yolu-otoyollar) değişiklik mevcuttur.
4. Tabaka katsayıları M_R değeri ile belirlenmektedir.
5. Drenaj şartları dikkate alınmıştır.

2.7.4.3. AASHTO 1993 tasarım yöntemi

1986 yılında yayımlanan AASHTO Tasarım Rehberi'nin ardından, 1993 yılında gözden geçirilmiş yeni bir sürüm yayımlanmış ve esnek üstyapı tasarımı yöntemi açısından herhangi bir temel değişiklik yapılmamıştır. Bu rehberde kullanılan yöntem, halen hizmet yeteneği-davranış ilişkisine dayalı ampirik yaklaşımları esas almakta ve zemin taşıma gücü, trafik yükü, iklimsel ve çevresel koşullar ile kaplama tabakalarının özellikleri gibi parametreler üzerinden tabaka kalınlıklarını belirlemektedir. Bu yöntemde en kritik etkenlerden biri, taban zemininin taşıma gücüdür. Zemin taşıma kapasitesi, üstyapı tabakalarının toplam kalınlığı üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Zemin dayanımı, çoğunlukla M_R değeri ile ifade edilir. M_R değeri, laboratuvar ortamında yapılan tekrarlı yükleme testleri ile belirlenebileceği gibi daha pratik bir yöntem olarak CBR değeri ile olan deneysel ilişkilerden yararlanılarak da tahmin edilmektedir (Kök, 2008; Avcı,2006; Dündar, 1998).

AASHTO yol testleri sonucunda tabaka kalınlıkları ile hizmet yeteneği arasındaki ilişkiyi esas alan ve tasarım süreçlerinde kullanılan Denklem 2.5'te verilmiştir.

$$\log(T_{8,2}) = Z_R * S_0 + 9,36 * \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5}\right)}{0,40 \frac{1094}{(SN+)^{5,19}}} + 2,32 * \log(M_R) - 8,07 \quad (2.5)$$

Denklem2.5'te;

$T_{8,2}$: Yolun ekonomik ömrü boyunca geçirebileceği maksimum standart dingil yükü sayısı

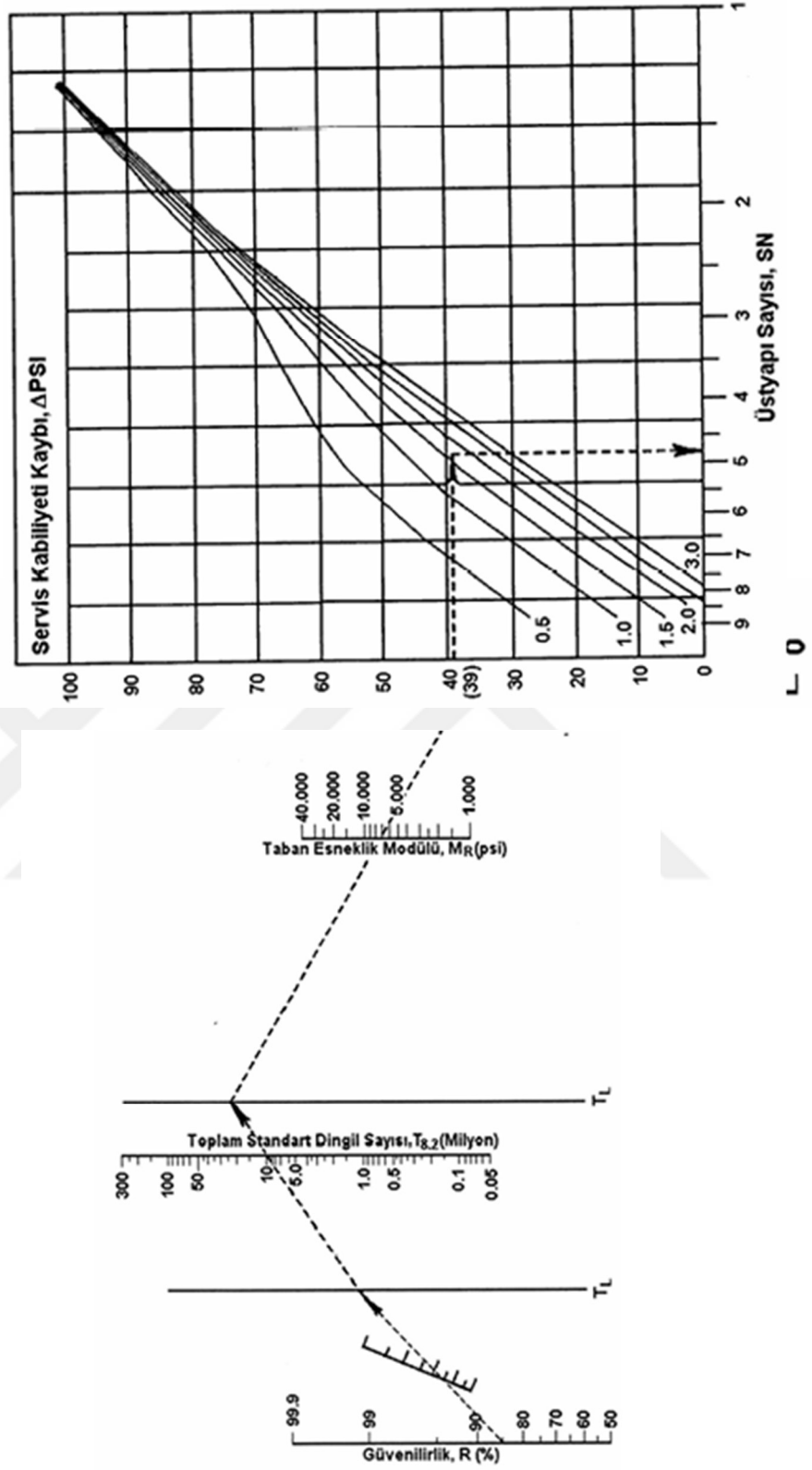
Z_R : Standart normal sapma

S_0 : Toplam standart sapma

SN : Üstyapı sayısı (inç)

ΔPSI : Servis kabiliyeti indeksi (P_0-P_t)

M_R :Taban zemini esneklik modülü (psi)



Şekil 2.5. Asfalt Betonlu Kaplamalı Yollar için Projelendirme Abağı

Dingil eşdeğerlik faktörü: AASHTO tasarım yaklaşımında, farklı türdeki dingil yüklerinin yol kaplaması üzerindeki yapısal etkilerini değerlendirmek amacıyla dingil eşdeğerlik faktörü kullanılır. Tek, tandem ve tridem dingil yüklerini $T_{8,2}$ sayılarına dönüştürmek için Denklem 2.6-2.7-2.8 ve 2.9 kullanılmaktadır (Sağlık, Güngör, 2008).

$$T_{8,2} = W_g * 365 * N \quad (2.6)$$

$$W_g = t_p * YDF * TEF \quad (2.7)$$

$$t_p = 0,4343 * \frac{T_s - T_i}{\log \left(\frac{T_s}{T_i} \right)} \quad (2.8)$$

$$T_s = T_i * (i + 1)^N \quad (2.9)$$

W_g : Ortalama günlük standart dingil yükü

N : Proje ömrü

t_p : Proje trafiği

YDF : Yön değiştirme faktörü (Aksi belirtilmedikçe 1/2 alınır.)

TEF : Taşıt eşdeğerlik faktörü

T_s : Son trafik

T_i : İlk trafik

i : Trafik artış miktarı

Taşıt eşdeğerlik faktörü: Projesi yapılacak yolun karakterize eden lodometre çalışması dingil yükü etütleri sonucunda çıkacak dingil yükü dağılımı ve dingil yükü eşdeğerlik faktörleri kullanılarak bulunur. Çizelge 2.2’de taşıt eşdeğerlik faktörleri verilmektedir (Sağlık, Güngör, 2008).

Taşıt Grubu	Taşıt Eşdeğerlik Faktörleri
Treyler	4,10
Kamyon	2,90
Otobüs	3,20
Orta Yüklü Ticari Taşıt	0,60
Otomobil	0,0006

Çizelge 2.2. Taşıt eşdeğerlik faktörleri

Şerit dağıtım faktörü: Üstyapı projelendirilmesinde ağır taşıtların kullandığı şerit trafiği esas alınmalıdır. Hesap şeridindeki trafik hesaplanırken Çizelge2.3'teki şerit dağıtma faktörleri göz önünde tutulmalıdır (Tunç, 2007)

İki Yöndeki Şerit Sayısı	Şerit Dağıtma Faktörü (η)
2	1,0
4	0,90
6 veya daha fazla	0,80

Çizelge2.3. Şerit Dağıtma Faktörleri

Güvenilirlik: Güvenilirlik seviyesi ve güvenilirliğin standart normal sapması (Z_R) yolun sınıfına bağlı olarak Çizelge 2.4'te verilmiştir. Trafik ve performans tahmininin bileşik toplam standart sapma (S_0) değeri ise öngörülen trafik projeksiyonunun güvenilirliğine bağlı olarak esnek üstyapılar için 0,40-0,50 arasında değişmekte olup ortalama 0,45 alınır. Farklı güvenilirlik değerleri için tabaka kalınları Çizelge 2.5-2.6 ve 2.7'de verilmiştir (Sağlık, Güngör, 2008).

Yolun Sınıfı	Şartname Güvenirlik Değeri, R%	Standart Normal Sapma, Z_R
Otoyollar	95	-1,645
Devlet Yolu	85	-1,037
İl Yolu	70	-0,524

Çizelge2.4. Tavsiye Edilen Güvenirlik Değerleri

ÜSTYAPI TABAKALARI	TRAFİK KATEGORİLERİ (MİLYON)									
	3-10	10-30	30-45	45-60	60-80	80-110	110-145	145-185	185-250	>250
AŞINMA**	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
BİNDER	10	6	7	7	7	8	8	8	10	10
BİTÜMLÜ TEMEL	-	8	8	9	10	10	11	12	11	12
PMT VEYA KIRMATAŞ TEMEL	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20
TOPLAM MEVCUT SN	8.35	10.38	10.78	11.14	11.50	11.90	12.26	12.62	13.06	13.42
MR (psi)	ALTTEMELE KALINLIKLARI (KIRMATAŞ / KUM-ÇAKIL ALTTEMELE)									
5800	20/25	15/20	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35	30/35	35/40	35/40
6750	20/20	15/20	20/20	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35
7500	15/20	15/20	15/20	15/20	20/20	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30
8300	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	20/20	20/25	20/25	20/25
8900	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	20/20	20/20
9500	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
10000	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
10650	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
11300	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
12000	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
12600	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
13300-15300	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
16000-18350	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
16700-17100	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
≥17500	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20

Çizelge2.5. R=%70 Güvenilirlik için asfalt betonu kaplamalı yollarda uygulanacak üstyapı kalınlıkları

ÜSTYAPI TABAKALARI	TRAFİK KATEGORİLERİ (MİLYON)												
	3-15	15-20	20-25	25-35	35-45	45-60	60-75	75-100	100-125	125-150	150-200	200-250	> 250
AŞINMA**	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
BİNDER	6	7	7	7	8	8	8	10	10	10	10	11	12
BİTÜMLÜ TEMEL	8	8	9	10	10	11	12	11	12	13	14	14	14
PMT VEYA KIRMATAŞ TEMEL	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
TOPLAM MEVCUT SN	9.53	10.78	11.14	11.50	11.90	12.26	12.62	13.06	13.42	13.78	14.14	14.54	14.94
MR (psi)	ALTTEMELE KALINLIKLARI (KIRMATAŞ / KUM-ÇAKIL ALTTEMELE)												
5800	30/35	35/40	30/35	30/35	30/35	35/40	35/40	35/40	35/45	40/45	40/45	40/50	40/50
6750	25/30	30/35	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35	30/35	30/35	30/40	35/40	35/40	35/40
7500	20/25	25/30	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35	30/35	30/35
8300	20/25	20/25	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30
8900	15/20	20/25	15/20	15/20	15/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	25/30	25/30
9500	15/20	20/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20
10000	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	20/20	20/20	20/20	20/20
10650-14000	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
14630	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
15300	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
16000	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
16350-18650	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
19000	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
19400	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20
≥20000	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20	15/20

Çizelge2.6. R=%85 Güvenilirlik için asfalt betonu kaplamalı yollarda uygulanacak üstyapı kalınlıkları

ÜSTYAPI TABAKALARI	TRAFİK KATEGORİLERİ (MİLYON)													
	3-10	10-15	15-25	25-30	30-40	40-50	50-65	65-80	80-100	100-130	130-160	160-200	200-250	> 250
AŞINMA**	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
BİNDER	6	7	8	8	8	10	10	10	10	11	12	12	13	13
BİTÜMLÜ TEMEL	8	10	10	11	12	11	12	13	14	14	14	15	15	15
PMT VEYA KIRMAŞAŞ TEMEL	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
TOPLAM MEVCUT SN	10.38	11.50	11.90	12.26	12.62	13.06	13.42	13.78	14.14	14.54	14.94	15.30	15.70	16.06
MR (psi)	ALT TEMEL KALINLIKLARI (KIRMAŞAŞ / KUM-ÇAKIL ALT TEMEL)													
5800	30/35	30/35	30/35	35/40	35/40	35/40	35/40	40/45	40/45	40/50	40/50	40/50	45/50	45/50
6750	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35	30/35	30/35	35/40	35/40	35/40	35/40	35/40	35/45	35/45
7500	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35	30/35	30/35	30/35	30/40	35/40
8300	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
8900	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
9500	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
10000	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
10650	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
11300	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
12000	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
12600	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
13300	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
14000	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
14630	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
15300	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
16000	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
16350	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
16700	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
17100-19400	15/20	15/20	15/20	20/25	20/25	20/25	20/25	25/30	25/30	25/30	25/30	25/30	30/35	30/35
>20000	GEREKMEZ													

Çizelge2.7. R=%95 Güvenilirlik için asfalt betonu kaplamalı yollarda uygulanacak üstyapı kalınlıkları

Son servis kabiliyet indeksi: Belirli bir gözlem periyodunda, kaplamanın yeterli taşıma ve sürüş kalitesi sağlama kapasitesini ifade etmektedir (Sağlık, Güngör, 2008).

Yol Sınıfı	P _t
Otoyollar, Devlet Yolları	2,5
İl Yolları	2,0

Çizelge2.8. Son Servis Kabiliyetinin Seçimi

İzafi mukavemet katsayısı: Üstyapı sayısını gerçek kalınlığa dönüştürmek için üstyapıda kullanılan her bir malzemeye bir katsayı verilmektedir. Bu tabaka katsayısı, SN ile kalınlık arasındaki ampirik bağıntıyı ifade eder ve üstyapının bir bileşimi olarak malzemenin taşıma gücünün bir ölçüsüdür (Sağlık, Güngör, 2008).

TABAKA TİPİ	a_i
a)BSK TABAKALARI	
Taş Mastik Asfalt	0,44
Asfalt Betonu Aşınma	0,42
Asfalt Betonu Binder	0,40
Bitümlü Temel	0,36
b) TEMEL TABAKASI	
Çimento Bağlayıcı Granüler Temel	0,23
Plentmiks Temel	0,15
Granüler Temel	0,14
c) ALT TEMEL TABAKASI	
Kırmataş Alt Temel	0,13
Kum-Çakıl Alt Temel	0,11

Çizelge 2.9. Tabaka izafi katsayıları

2.7.5. Mekanistik ampirik tasarım yöntemi ve ampirik transfer denklemleri

Üstyapı tasarımında yalnızca ampirik (deneysel) yöntemlerin kullanılması, yol tasarımı açısından yetersiz kalmıştır. Bu yetersizliğin temel nedenlerinden biri, laboratuvar ortamında elde edilen sonuçların gerçek arazi koşullarını tam olarak temsil edememesidir. Ayrıca, yol performansını etkileyen birçok farklı faktör bulunduğundan, yalnızca deneysel verilere dayalı tasarımlar, gerçek koşullarda doğru ve güvenilir sonuçlar sağlamakta yetersiz kalmıştır (T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2008; Özcanan vd., 2014; Özgan vd., 2010).

Son yıllarda literatürde üstyapı tasarımında sıklıkla kullanılan M-A tasarım yönteminde trafik yükü, çevresel etkiler ve malzeme özellikleri gibi girdiler, temel mekanik denklemleri ile gerilme, birim şekil değiştirme ve deformasyonların hesabında kullanılmaktadır. Elde edilen mekanik tepki değerleriyle yolun bozulma ömrü hesaplanmaktadır. M-A tasarım yöntemlerinde kaplama tepki değerlerinin belirlenmesi (gerilme, birim şekil değiştirme, deplasman) yöntemin mekanistik bölümünü oluştururken, bu tepki değerlerinden yol ömrünün elde edilmesi yöntemin ampirik bölümünü oluşturmaktadır (Huang, 2004; Mousa vd., 2015; Bostancıoğlu, 2021).

Üst yapı tasarımında dikkate alınan temel iki bozulma tipi; tekerlek izinde oturma ve yorulma çatlağıdır. M-A tasarım yönteminde tekerlek izinde oturma, taban zemini üzerindeki düşey birim şekil değiştirmeleriyle, yorulma bozulması ise kaplama altındaki yatay birim şekil değiştirme değerleri ile ifade edilmektedir. Bu sebeple yapılan mekanik analizlerde ilgili noktalardaki tepki değerleri dikkate alınmaktadır (Behiry, 2012; Mousa vd., 2015; Bostancıoğlu, 2020).

Yorulma ve tekerlek izinde oturmaya bağılı yol ömrü hesabında kullanılan ampirik transfer denklemlerinin genel formülasyonları sırasıyla Denklem 2.10 ve 2.11’de, eşitlikler de kullanılan katsayılar Çizelge 2.10’da verilmiştir.

$$N_f = f_1 \varepsilon_r^{-f_2} E_{yüzey}^{-f_3} \quad (2.10)$$

$$N_r = f_4 (\varepsilon_v)^{-f_5} \quad (2.11)$$

Eşitlik 2.10 ve 2.11’de,

N_f : Yorulmaya bağılı bozulma için gerekli yük tekrar sayısını,

N_r : Tekerlek izinde oturmaya bağılı bozulma için gerekli yük tekrar sayısını,

$E_{yüzey}$: Yüzey tabakasının elastisite modülünü (psi),

ε_r : Kaplama tabakası altındaki yatay çekme birim şekil değiştirmelerini,

ε_v : Taban zemini üzerindeki düşey basınç birim şekil değiştirmelerini belirtmektedir.

	AI	Shell	USACE	BRRC	TRRL	FHWA	ILLINOIS	ARE
f_1	0,0795	0,0685	497,156	4,92E-14	1,66E-10	0,1001	5,00E-06	4,88E-01
f_2	3,291	5,671	5	4,76	4,32	3,565	3	30,312
f_3	0,854	2,363	2,66	0	0	1,474	0	0,6529
f_4	1,37E-09	6,15E-07	1,81E-15	3,05E-09	1,13E-06	-	-	-
f_5	4,477	4	6,527	4,35	3,75	-	-	-

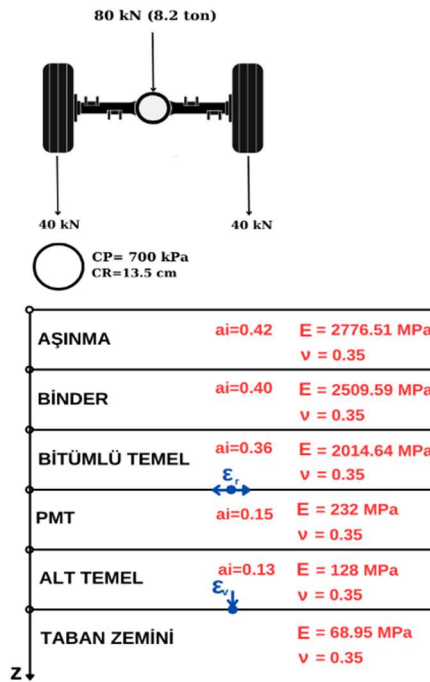
AI: Asphalt Institute, Shell: Shell Research, USACE: US Army Corps of Engineers, BRRC: Belgian Road Research Center, TRRL: Transport and Road Research Laboratory, FHWA: Federal Highway Administration, ILLINOIS: Illinois Department of Transportation ARE: Austin Research Engineers

Çizelge 2.10. Farklı kuruluşlar için bozulma modeli katsayıları

M-A yöntemler, yol ömrü hesabında tekerlek izinde oturma, yorulma ve pürüzlülük gibi farklı bozulma türlerini dikkate alması, tek bir coğrafi bölgede yapılan sınırlı test verisi yerine farklı yük, yükleme tipi, dingil yapısı ve tabaka malzemesi gibi tasarım parametrelerine kolay uyum sağlayabilmesi ve malzemelerin lineer elastik, non-lineer elastik ve viskoelastik gibi çeşitli mekanik hallerde tanımlanabilmesi sebepleriyle Türkiye’de karayolu üst yapı tasarımında kullanılmakta olan AASHTO yöntemine kıyasla önemli avantajlar sağlamaktadır (Bostancıoğlu, 2021; Carvalho vd., 2006).

3.MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, alt temel, plentmiks temel, bitümlü temel, binder ve aşınma tabakalarından oluşan, beş katmanlı geleneksel bir üstyapı kesiti analizler için tercih edilmiştir. Söz konusu tabakaların kalınlıkları, düşey doğrultuda z eksenini üzerinde tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında, farklı R ve $T_{8,2}$ değerleri için AASHTO yöntemine uygun üstyapı kesitleri belirlenmiş; her bir kesite ait tabaka kalınlıkları, AASHTO tasarım denklemi esas alınarak hesaplanmıştır. Alt temel kalınlığı 15 cm'in altında hesaplanan kesitlerde asgari alt temel kalınlığı 15 cm alınarak analizler sürdürülmüştür. Oluşturulan geleneksel üstyapı kesitinin şematik gösterimi Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Üstyapı kesiti

Bu çalışmada, aynı üstyapı sayısı (SN) değerine sahip farklı üstyapı kesitleri oluşturmak amacıyla, AASHTO yöntemine göre tasarlanmış kesitler Çizelge 3.1'de verilen tabaka kalınlıkları esas alınarak yeniden düzenlenmiştir. Bu kapsamda, üstyapıyı oluşturan tabakalardan birinin kalınlığı 0,5-1,0-1,5-2,0 cm artırılmış ya da azaltılmıştır. Oluşan SN farkını dengelemek amacıyla, diğer bir tabakanın kalınlığı da uygun şekilde değiştirilerek toplam SN değeri orijinal kesitle eşitlenmiştir. Böylece her bir varyasyonda yalnızca iki tabakanın kalınlığı değiştirilmiş, kalan üç tabakanın kalınlıkları sabit tutulmuştur. Bu yöntemle toplam 20 farklı kesit varyasyonu oluşturulmuş ve analiz edilmiştir (Çizelge 3.2). Çizelge 3.2'de + ve – sembolleri, ilgili tabakanın kalınlığının arttırıldığını veya eksiltildiğini ifade etmektedir. A sütununda gösterilen tabakanın kalınlığı 0,5-2,0 cm aralığında değişirken B sütununda gösterilen tabakanın kalınlığı aynı SN değerini sağlayacak

şekilde hesapla bulunmuştur. Yapılan bu işleme ait bir örnek 13 numaralı varyasyon için kalınlık değişimi değeri 1 cm alınarak Çizelge 3.3’de verilmiştir. Çalışılan tüm kesitler için orijinal AASHTO kesit kalınlıkları ve varyasyonlarda oluşan yeni kalınlıklar EK-1’de sunulmuştur.

Trafik Kategorileri (Milyon)					
R %70	10-30	45-60	80-110	145-185	>250
Aşınma	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm
Binder	6 cm	7 cm	8 cm	8 cm	10 cm
B. Temel	8 cm	9 cm	10 cm	12 cm	12 cm
PMT	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
Alt Temel	6,12 cm*	8,87 cm*	11,03 cm*	12,73 cm*	10,87 cm*

Trafik Kategorileri (Milyon)					
R %85	3-15	25-35	60-75	125-150	>250
Aşınma	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm
Binder	6 cm	7 cm	8 cm	10 cm	12 cm
B. Temel	8 cm	10 cm	12 cm	13 cm	14 cm
PMT	15 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
Alt Temel	16 cm	12,943 cm*	16 cm	18 cm	17 cm

Trafik Kategorileri (Milyon)					
R %95	3-10	25-30	50-65	100-130	200-250
Aşınma	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm
Binder	6 cm	8 cm	10 cm	11 cm	13 cm
B. Temel	8 cm	11 cm	12 cm	14 cm	15 cm
PMT	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
Alt Temel	12,96 cm*	14,13 cm*	17 cm	20 cm	22 cm

* 15 cm olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge3.1. Tabaka kalınlıkları

	A	B		A	B
1. varyasyon	Aşınma +	Binder -	11. varyasyon	Aşınma -	Binder +
2. varyasyon	Aşınma +	B. Temel -	12. varyasyon	Aşınma -	B. Temel +
3. varyasyon	Aşınma +	PMT -	13. varyasyon	Aşınma -	PMT +
4. varyasyon	Binder +	Aşınma -	14. varyasyon	Binder -	Aşınma +
5. varyasyon	Binder +	B. temel -	15. varyasyon	Binder -	B. Temel +
6. varyasyon	Binder +	PMT -	16. varyasyon	Binder -	PMT +
7. varyasyon	B. Temel +	Aşınma -	17. varyasyon	B. temel -	Aşınma +
8. varyasyon	B. Temel +	Binder -	18. varyasyon	B. temel -	Binder +
9. varyasyon	B. Temel +	PMT -	19. varyasyon	B. temel -	PMT +
10. varyasyon	PMT +	A. Temel -	20. varyasyon	PMT -	A. Temel +

Çizelge3.2. Tabaka kalınlık değişimleri

	Orijinal kesit		13. Varyasyon (1.0 cm değişim ile)	
	Tabaka kalınlıkları (cm)	SN orijinal	Tabaka kalınlıkları (cm)	SN
Aşınma	5	2,1	4	1,68
Binder	7	2,8	7	2,8
B. Temel	9	3,24	9	3,24
PMT	20	3,0	22,8	3,42
A. Temel	15	1,95	15	1,95
TOPLAM	56	13,09	57,8	13,09

Çizelge3.3. SN hesabı örneği (R=%70, T_{8,2}=45-60m)

Çizelge 3.3'te $R=70$ güvenilirlik düzeyi için AASHTO yöntemiyle belirlenen orijinal kesitin aşınma tabakaları kalınlığı 1 cm azaltılmış, oluşan SN azaltılmasını dengelemek için PMT kalınlığı 2,8 cm artırılmıştır. Diğer tabakaların kalınlıklarında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Bu düzenlemeyle, orijinal kesitte toplam üstyapı kalınlığı 56 cm iken, 13 numaralı varyasyonun uygulandığı kesitte bu değer 1,8 cm artarak 57,8 cm olmuştur. SN değeri ise 13,09 cm olarak aynı kalmıştır.

Orijinal kesit ile oluşturulan yeni varyasyonların mekanik analizleri, KENLAYER programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. KENPAVE yazılımı, rijit ve esnek kaplama sistemlerinin analiz ve tasarımı amacıyla Dr. Y. H. Huang tarafından geliştirilmiş, Microsoft tabanlı bir mühendislik analiz aracıdır. Bu yazılım, KENSLAB ve KENLAYER olmak üzere iki temel bileşenden oluşmaktadır:

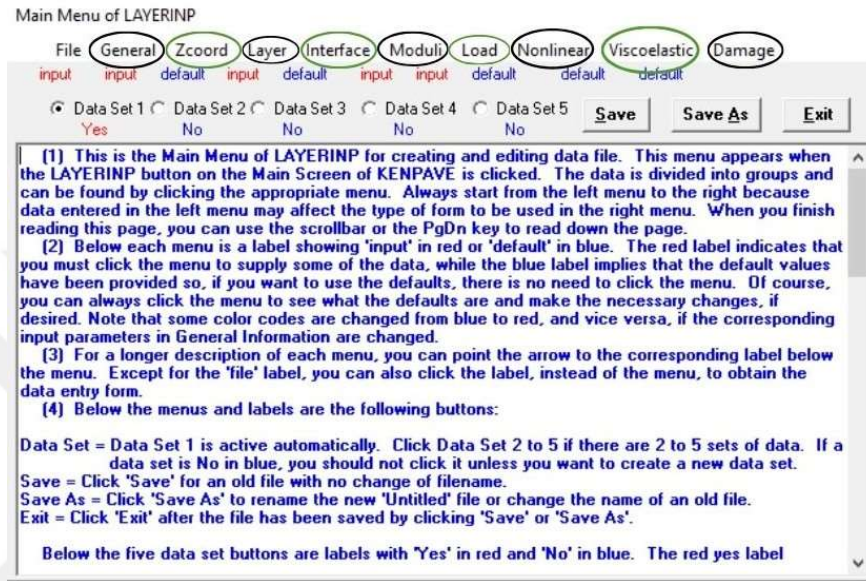
KENSLAB modülü rijit kaplamaların analizinde, KENLAYER modülü ise çok katmanlı esnek kaplama sistemlerinin gerilme, şekil değiştirme ve yer değiştirme analizlerinde kullanılmaktadır (Huang, 1993; Muniandy vd., 2013; Chegenizadeh vd., 2016; Bostancıoğlu, 2021)).

KENLAYER yazılımı, maksimum on dokuz tabakadan oluşan kaplama sistemleri üzerinde çeşitli yükleme senaryolarını analiz edebilme yeteneğine sahiptir. Bu yükleme senaryoları arasında tekli, tandem ve tridem akslar ile bunların kombinasyonları yer almaktadır. Ayrıca yazılım, 12 periyot ve 12 ayrı yük grubu tanımlayarak, her bir yükleme grubunun kaplama sistemine etkisini ve neden olduğu yapısal hasarı ayrıntılı olarak hesaplayabilmektedir (Huang, 1993; Rind vd., 2019). KENPAVE yazılımı ekranı Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. KENPAVE yazılım ana ekranı

Programda tanımlama işlemi, yazılımın temel veri giriş ekranı olan "Layerinp" (LayerInput) ana menüsü aracılığıyla gerçekleştirilir. Layerinp menüsü, her bir tabaka için gerekli olan mekanik özelliklerin sistematik ve düzenli bir şekilde girilmesine imkân tanıyan kullanıcı ara yüzüdür. Bu menü, esnek kaplama sistemlerinin lineer elastik, non-lineer elastik ve viskoelastik teorilere dayalı olarak modellenebilmesi için gerekli olan tüm parametreleri içerir. Layerinp bölümünün veri giriş ekranı Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3. KENLAYER bölümü veri girişi

Yazılımın ana arayüzünde yer alan bölümler;

General sekmesi, analiz için gerekli olan genel veri girişlerinin yapıldığı ilk menü olup, sistem tanımlamasının başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Bu sekme aracılığıyla, yükleme türü, tekerlek özellikleri, çözüm noktaları ve analiz derinlikleri gibi temel modelleme parametreleri belirlenmektedir.

Zcoord sekmesi, analizde kullanıcı tarafından tanımlanan düşey çözüm noktalarının, yüzeyden itibaren hangi derinliklerde yer alacağını belirtir. Bu koordinatlar, uygulanan yükün alt tabakalarda oluşturduğu gerilme ve deformasyonların hangi seviyelerde inceleneceğini belirlemede kullanılır.

Layer sekmesi, esnek üstyapı sistemini oluşturan her bir tabakanın kalınlık ve poisson oranının tanımlandığı alandır.

Interface sekmesi, üstyapıyı oluşturan katmanlar arasındaki bağ durumu olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada, tüm tabakalar arası yapışmanın tam olduğu (bonded interface) varsayımı kabul edilmiştir. Bu varsayım, tabakalar arasında kayma olmadığını ve yük aktarımının tamamen sürekli olduğunu ifade etmektedir.

Moduli sekmesi, esnek kaplama tabakalarının elastisite modülü değerlerinin girildiği kısım olarak tanımlanmıştır.

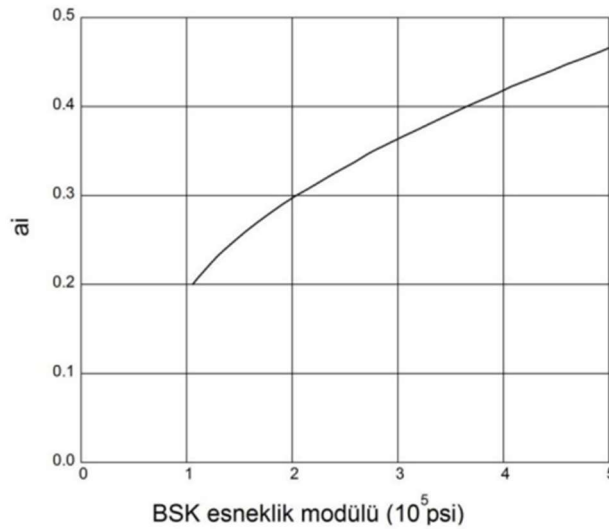
Load sekmesi, üstyapıya etki eden tekerlek yükünün büyüklüğü, temas alanı ve yükleme tipi gibi parametrelerin tanımlandığı bölümdür. Bu sekmede girilen yük bilgileri, kaplama altında oluşan gerilme ve deformasyon hesaplarının temel girdisini oluşturur.

Nonlinear sekmesi, esnek kaplama tabakalarının malzeme davranışının doğrusal elastik olmayan (nonlinear) özelliklerini tanımlamak için kullanılan bölümdür.

Viscoelastic sekmesi, asfalt tabakasının zaman ve sıcaklığa bağlı viskoelastik davranışını modellemek amacıyla kullanılan bölümdür. Bu sekmede, asfaltın kompleks modülü ve faz açısı gibi parametreler tanımlanmaktadır.

Damage sekmesi, hasar sekmesi olarak bilinmektedir. Bu sekme, kaplama tabakalarının maruz kaldığı yüklemeler sonucunda zamanla oluşan çatlak, yorgunluk ve diğer yapısal bozulmaları modellemek için kullanılır.

Bu çalışmada, üstyapı tabakaları lineer elastik olarak modellenmiş ve her bir tabaka, elastisite modülü (E) ve Poisson oranı (ν) ile tanımlanmıştır. Elastisite modülü değerleri, AASHTO yöntemine uygun olarak seçilen izafi mukavemet katsayılarına bağlı olarak, Şekil 3.4 ile Eşitlik 3.1 ve 3.2 kullanılarak hesaplanmıştır. İlgili denklemlerde a_{temel} ve $a_{alttemel}$, sırasıyla temel ve alttemel tabakalarının izafi mukavemet katsayılarını; E_{temel} ve $E_{alttemel}$ ise aynı tabakalara ait elastisite modülü değerlerini (psi cinsinden) ifade etmektedir. Tüm tabakalar için Poisson oranı sabit olarak 0,35 alınmıştır (Hadi ve Bodhinayake, 2003; Sarkar, 2016).



Şekil 3.4. Bitümlü Sıcak Karışımlar (BSK) için a_i - M_R dönüşüm grafiği

$$a_{temel} = 0,249 * \log(E_{temel}) - 0,977 \quad (3.1)$$

$$a_{alttemel} = 0,277 * \log(E_{alttemel}) - 0,839 \quad (3.2)$$

Kesitlerin mekanik analizinde, aks yükü AASHTO yöntemiyle uyumlu olarak 80 kN kabul edilmiş ve bu yük, akstaki iki tekil tekerleğe eşit biçimde dağıtılmıştır (her bir tekerlek için F=40 kN). Tekerlek temas basıncı (CP) 700 kPa olarak belirlenmiş olup, bu basınca karşılık gelen tekerlek temas yarıçapı (CR) Denklem 3.3 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$CP = \frac{F}{\pi(CR)^2} \quad (3.3)$$

Taban zeminine ait elastisite modülü; tüm kesitler için sabit kabul edilerek, literatürle uyumlu şekilde 10.000 psi (68,95 MPa) olarak analizlerde dikkate alınmıştır (Hadi, 2003; Ekwulo& Eme, 2009; Samod, 2011; Mashayekh vd., 2011). KENLAYER analizlerinde, üstyapı tabakaları arasındaki temas durumu yapışık (bonded) olarak tanımlanmıştır (Muniandy vd., 2013; Ghanizadeh ve Ziaie, 2015; Chegenizadeh vd., 2016).

Çalışmada 3 farklı R değeri, 5 farklı T_{8,2} parametresi, 20 farklı varyasyon ve her varyasyonda 4 farklı kalınlık değişimi olmak üzere toplamda 1200 adet yeni kesit oluşturulmuştur (Çizelge 3.4). Analizler, bu kesitler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan mekanik analizler sonucunda oluşan tüm kesitlerin tepki değerleri kaplama tabakası altından (ε_r) ve taban zemini üzerinden (ε_v) (Şekil 3.1) okunmuş ve yol ömrü değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler, orijinal kesitin yol ömrü değerleri ile kıyaslanmıştır (Denklem 3.4).

	T _{8,2}	Kalınlık değişimi (cm)	Varyasyon	Toplam
R %95	3-10 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
	25-30 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
	50-65 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
	100-130 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
	200-250 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
				400
	T _{8,2}	Kalınlık değişimi (cm)	Varyasyon	Toplam
R %85	3-15 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
	25-35 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
	60-75 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
	125-150 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
	>250 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
				400
	T _{8,2}	Kalınlık değişimi (cm)	Varyasyon	Toplam
R %70	10-30 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
	45-60 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
	80-110 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
	145-185 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
	>250 Milyon	0,5-1,0-1,5-2,0	20	80
				400

Çizelge3.4. Analiz yapılan kesit sayısı

$$(\%) \text{Yol Ömrü Değişimi} = \left[\frac{y_{(M-A)} - y_{\text{Orijinal}}}{y_{\text{Orijinal}}} \right] * 100 \quad (3.4)$$

Denklem 3.4’de y_{Orijinal} , orijinal kesitin yol ömrü değerini, y_{M-A} , kalınlık değişimi ile elde edilen kesitin yol ömrü değerini ifade etmektedir.



4. BULGULAR

AASHTO yönteminde önerilen 3 farklı güvenilirlik seviyesi ve her güvenilirlik seviyesinde 5 farklı trafik kategorisi için belirlenen kesitlere, Çizelge 3.2’de belirtilen varyasyonların uygulanması ile oluşturulan 1200 adet kesitin mekanik analizleri yapılarak hesaplanmış ve bu tepki değerlerine bağlı olarak yol ömrü değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 3.4’te verilen ve her bir farklı (R) değeri için ortak olan ($T_{8,2}=60$ milyon) trafik kategorisi için elde edilen sonuçlar çalışma bulgularını genel olarak yansıtmaması sebebiyle ilk olarak irdelenmiştir. $T_{8,2}=60$ milyon kategorisi; çok yüksek veya çok düşük trafik kategorisinde yer almayan bir ara değer olması sebebiyle ayrıca tercih edilmiştir.

$T_{8,2} = 60$ milyon ve üç farklı R değeri için değişen h (0,5-1,0-1,5-2,0) değerlerine bağlı olarak elde edilen kesitlerin ϵ_r ve ϵ_v değerleri Şekil 4.1-4.6’da sunulmuştur. Şekil 4.1, 4.3 ve 4.5’te verilen ϵ_r değerleri incelendiğinde, 3-6-9 ve 13-16-19 numaralı varyasyonlar dışındaki kesitlerde ϵ_r değerlerinde orijinal kesite kıyasla anlamlı bir değişim olmadığı görülmektedir. Ancak, 3-6-9 ve 13-16-19 numaralı kesitlerde, özellikle $h = 2,0$ cm olan varyasyonlarda ϵ_r değerlerinde belirgin değişimler tespit edilmiştir. Bu değişimlerin maksimum ve minimum değerleri Çizelge 4.2’de, sırasıyla yeşil ve sarı vurgularla gösterilmiştir.

Çizelge 4.2’de incelendiğinde ϵ_r değerlerinde %-8,63-%12,02 aralığında; ϵ_v değerlerinde ise %-2,22~ %2,06 aralığında değişimler söz konusudur. Bu değerler ilgili değişimlerin ϵ_r değerleri üzerinde daha etkili olduğunu göstermektedir.

3-6-9 ve 13-16-19 numaralı kesitler incelendiğinde, bu altı kesitte de BSK olarak üretilen tabakalardaki SN artış veya azalışının, granüler PMT tabakası ile dengeye ulaştığı gözlemlenmiştir. Bu durumun, BSK ve PMT tabakalarının malzeme kalitelerindeki farklar ile buna bağlı olarak değişen izafi mukavemet katsayılarının bu sonucu değiştiren temel etken olduğu düşünülmektedir.

3-6 ve 9 numaralı kesitlerde, BSK tabakalarının kalınlıklarının artmasıyla birlikte ortaya çıkan SN fazlalığının, PMT tabakasının kalınlığının azaltılarak dengelendiği görülmektedir. Bu durumda, kesitlerin üstyapı sayısında bir değişiklik olmasa da, mekanik olarak güçlenen kesitlerde ϵ_r değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. BSK tabakasının kalınlığının artması ve ϵ_r değerlerinin BSK tabakası altından okunuyor olması da bu değerlerin azalmasını net bir şekilde açıklamaktadır.

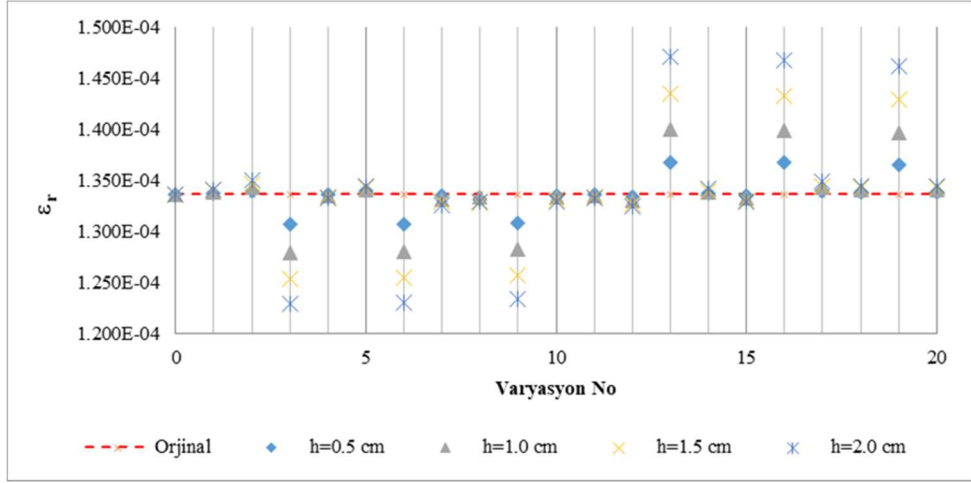
13-16 ve 19 numaralı kesitlerde, 3-6 ve 9 numaralı kesitlerin aksine, BSK tabakalarının kalınlıkları azalmış ve bu azalmanın sonucunda ortaya çıkan SN kaybı, PMT tabakasının kalınlığının artırılmasıyla dengelenmiştir. Mekanik olarak daha güçlü olan BSK tabakaların kalınlığındaki azalma, üstyapı kesitlerinde ϵ_r değerlerinin artmasına yol açmıştır.

BSK tabakalarındaki kalınlık azalışının etkisi (max %12,02): BSK tabakalarındaki kalınlık artış etkisinden (min %-8,63) daha belirgindir. ϵ_r değerlerindeki değişimler R'ye bağlı incelendiğinde yüksek, güvenilirlik seviyesinde ϵ_r değerlerinin daha az, düşük güvenilirlik seviyesinde ϵ_r değerlerinin daha çok değiştiği görülmektedir. Bu durum R arttıkça kesitin daha kararlı bir yapıya ulaşması olarak değerlendirilmiştir.

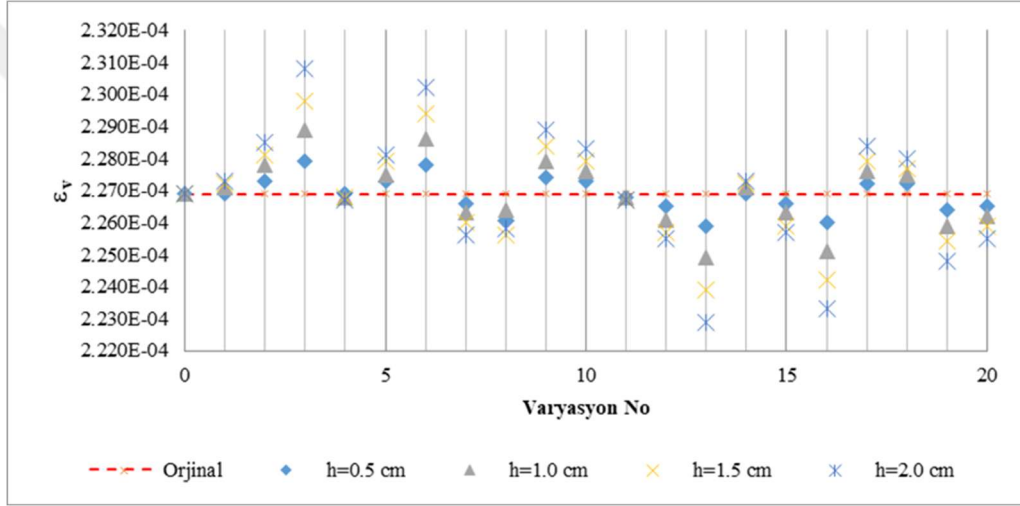
Tekerlek izinde oturmaya bağlı yol ömrü hesabında temel tasarım parametresi olarak dikkate alınan ϵ_v değerlerinin kesit tipine bağlı değişimler Şekil 4.2-4.4-4.6'da sunulmaktadır. Şekiller incelendiğinde, ϵ_r değerlerinde olduğu gibi, 3-6-9 ve 13-16-19 numaralı kesitlerde ϵ_v değişiminin orijinal kesite kıyasla daha belirgin olduğu gözlemlenmektedir. Bu değişim oranları Çizelge 4.2'de renkli vurgular ile gösterilmiştir. ϵ_r değerlerinde olduğu gibi ϵ_v değerlerindeki değişimde R değeri arttıkça kesitin daha kararlı davrandığını göstermektedir. ϵ_r ve ϵ_v oranları karşılaştırıldığında, ϵ_v değerlerindeki değişimin daha az miktarda olduğu görülmektedir. Bu durum, aynı SN sayısına sahip kesitlerde, BSK ve granüler tabakaların SN dengesini sağlayacak şekilde kalınlık değişimlerinin, yorulmaya bağlı yol ömrü üzerinde daha etkili bir parametre olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

3-6-9 ve 13-16-19 numaralı kesitler kendi aralarında incelendiğinde 9 ve 19 numaralı kesitlerin, diğer kesitlere kıyasla ϵ_r ve ϵ_v değişim oranlarının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu azalma, söz konusu kesitlerde izafi mukavemet katsayıları birbirine daha yakın olan Bitümlü temel ve PMT tabakalarının kalınlık değişimlerinden kaynaklanmaktadır.

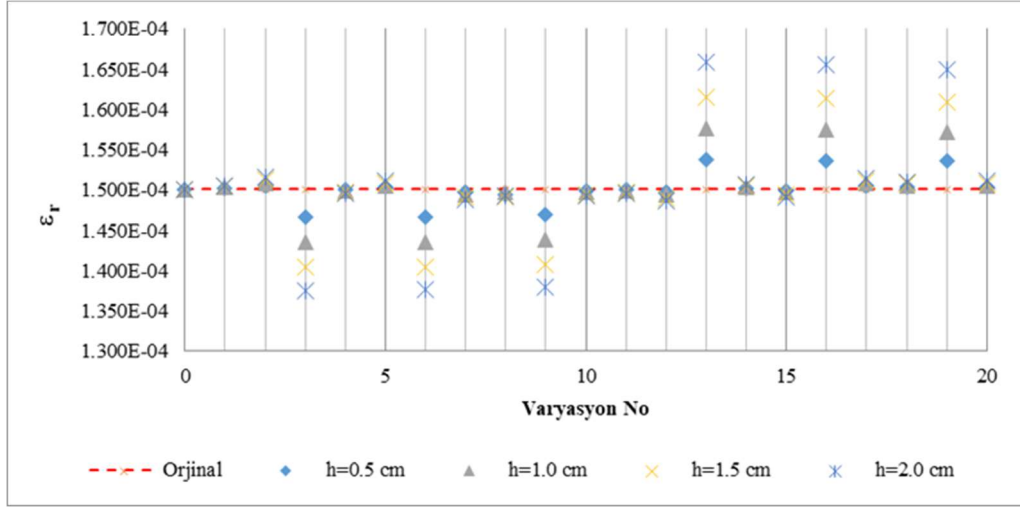
Şekil 4.2-4.4-4.6'nın incelenmesi sonucunda, BSK-Granüler tabaka değişimine benzer bir etkinin, Aşınma-Bitümlü Temel tabaka değişimi için de daha az belirgin olsa da geçerli olduğu tespit edilmiştir (2-7-12-17 numaralı varyasyonlar). BSK tabakalarının en üst ve en alt kısımlarında yer alan bu iki tabakanın, aynı SN değerini sağlayacak şekilde kalınlıklarının değiştirilmesi, tekerlek izinde oturma türündeki yol bozulması üzerinde ikinci derece öneme sahip bir kalınlık değişimi olarak görülmektedir.



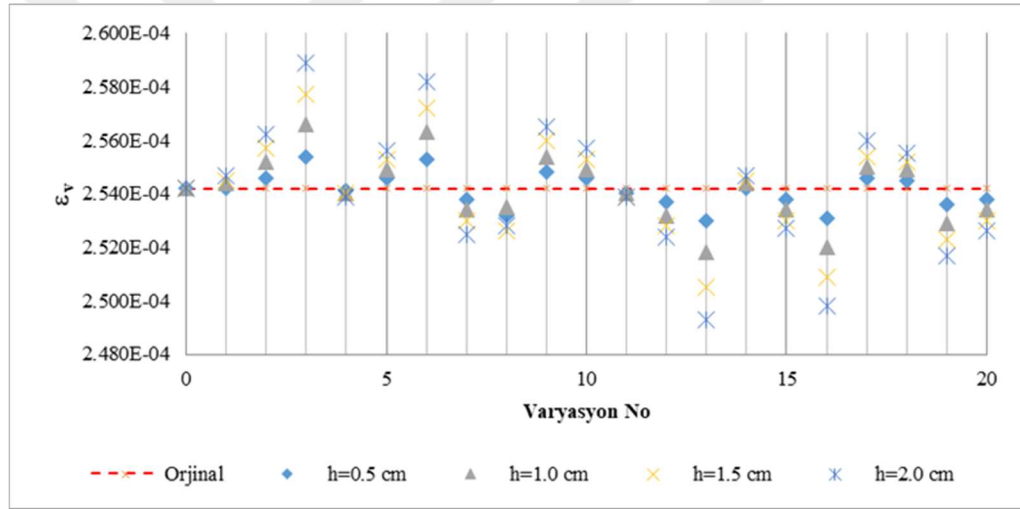
Şekil 4.1. ϵ_r sonuçları ($R=\%95$, $T_{8,2}=50-65m$)



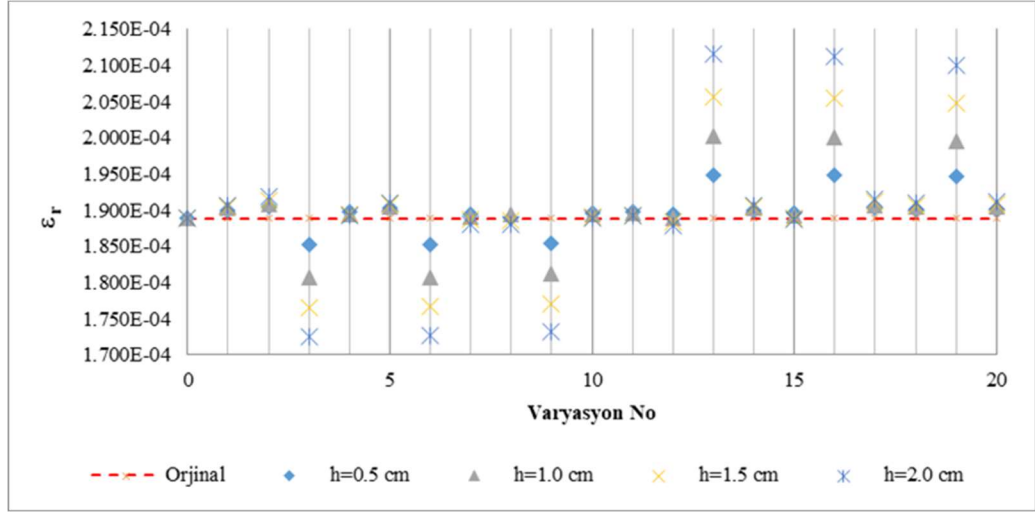
Şekil 4.2. ϵ_v sonuçları ($R=\%95$, $T_{8,2}=50-65m$)



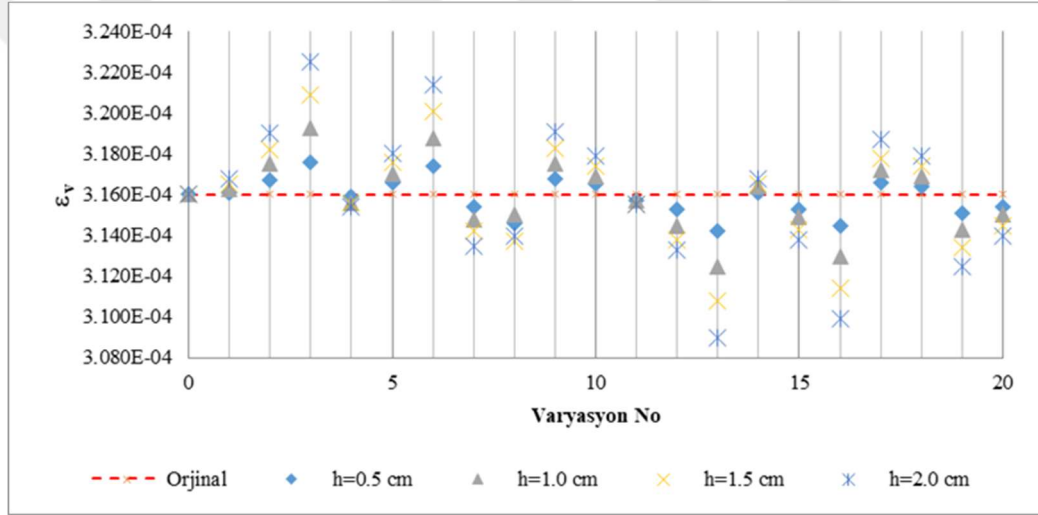
Şekil 4.3. ε_r sonuçları ($R=\%85$, $T_{8,2}=60-75\text{m}$)



Şekil 4.4. ε_v sonuçları ($R=\%85$, $T_{8,2}=60-75\text{m}$)



Şekil 4.5. ϵ_r sonuçları ($R=\%70$, $T_{8,2}=45-60m$)



Şekil 4.6. ϵ_v sonuçları ($R=\%70$, $T_{8,2}=45-60m$)

R=%95 $T_{8,2}=50-65m$					
VN	ϵ_r	% Değişim	VN	ϵ_v	% Değişim
Orjinal	1,337E-04		Orjinal	2,269E-04	
3	1,230E-04	-8,00	3	2,308E-04	1,72
6	1,231E-04	-7,93	6	2,302E-04	1,45
9	1,234E-04	-7,70	9	2,289E-04	0,88
13	1,471E-04	10,02	13	2,229E-04	-1,76
16	1,468E-04	9,80	16	2,233E-04	-1,59
19	1,462E-04	9,35	19	2,248E-04	-0,93

R=%85 T _{8,2} =60-75m					
VN	ϵ_r	% Değişim	VN	ϵ_v	% Değişim
Orijinal	1,501E-04		Orijinal	2,542E-04	
3	1,375E-04	-8,39	3	2,589E-04	1,85
6	1,376E-04	-8,33	6	2,582E-04	1,57
9	1,380E-04	-8,06	9	2,565E-04	0,90
13	1,659E-04	10,53	13	2,493E-04	-1,93
16	1,656E-04	10,33	16	2,498E-04	-1,73
19	1,649E-04	9,86	19	2,517E-04	-0,98

R=%70 T _{8,2} =45-60m					
VN	ϵ_r	% Değişim	VN	ϵ_v	% Değişim
Orijinal	1,889E-04		Orijinal	3,160E-04	
3	1,726E-04	-8,63	3	3,225E-04	2,06
6	1,727E-04	-8,58	6	3,214E-04	1,71
9	1,733E-04	-8,26	9	3,191E-04	0,98
13	2,116E-04	12,02	13	3,090E-04	-2,22
16	2,113E-04	11,86	16	3,099E-04	-1,93
19	2,101E-04	11,22	19	3,125E-04	-1,11

Çizelge 4.2. Farklı R ve T_{8,2} değerlerine göre ϵ_r ve ϵ_v % değişim oranları

R ve h değerleri sabit iken T_{8,2}değişiminin ϵ_r ve ϵ_v değerlerine etkisinin incelenmesi amacıyla oluşturulan Çizelge 4.3-4.5 incelendiğinde, tüm kesitler için artan trafik yükü ile birlikte ϵ_r ve ϵ_v değerlerinin azaldığı gözlemlenmektedir. Bu durum, artan trafik yüküne bağlı olarak AASHTO yönteminin önerdiği kesitlerin daha rijit ve daha kararlı olmasının bir sonucu olarak açıklanabilir. Bu tablolarda ϵ_r ve ϵ_v için maksimum değerler sırasıyla yeşil ve pembe vurgu ile belirtilmiştir. En yüksek ϵ_r değerleri tüm trafik yükleri için 13 numaralı varyasyonda (Aşınma- PMT+) gözlenirken, en yüksek ϵ_v değerleri 3 numaralı varyasyonda (Aşınma+ PMT-) gözlenmiştir. Bu durum çalışmanın bulgular bölümünün başında irdelenen T_{8,2}=60 milyon trafik kategorisindeki benzer durumun tüm trafik kategorilerinde geçerli olduğunu kanıtlamaktadır.

VN	$T_{8,2}=3-10m$		$T_{8,2}=25-30m$		$T_{8,2}=100-130m$		$T_{8,2}=200-250m$	
	ϵ_r	ϵ_v	ϵ_r	ϵ_v	ϵ_r	ϵ_v	ϵ_r	ϵ_v
0	2,152E-04	3,518E-04	1,590E-04	2,720E-04	1,138E-04	1,890E-04	9,764E-05	1,622E-04
1	2,160E-04	3,529E-04	1,596E-04	2,726E-04	1,141E-04	1,892E-04	9,790E-05	1,624E-04
2	2,172E-04	3,555E-04	1,606E-04	2,743E-04	1,148E-04	1,902E-04	9,848E-05	1,631E-04
3	1,947E-04	3,595E-04	1,454E-04	2,772E-04	1,052E-04	1,918E-04	9,075E-05	1,644E-04
4	2,143E-04	3,511E-04	1,585E-04	2,716E-04	1,134E-04	1,888E-04	9,737E-05	1,621E-04
5	2,163E-04	3,543E-04	1,600E-04	2,736E-04	1,145E-04	1,899E-04	9,819E-05	1,629E-04
6	1,949E-04	3,582E-04	1,455E-04	2,764E-04	1,053E-04	1,914E-04	9,082E-05	1,641E-04
7	2,131E-04	3,487E-04	1,576E-04	2,702E-04	1,129E-04	1,880E-04	9,689E-05	1,615E-04
8	2,139E-04	3,494E-04	1,581E-04	2,705E-04	1,132E-04	1,881E-04	9,713E-05	1,615E-04
9	1,956E-04	3,554E-04	1,459E-04	2,746E-04	1,055E-04	1,904E-04	9,098E-05	1,633E-04
10	2,139E-04	3,539E-04	1,582E-04	2,737E-04	1,132E-04	1,901E-04	9,714E-05	1,631E-04
11	2,143E-04	3,511E-04	1,585E-04	2,717E-04	1,135E-04	1,889E-04	9,738E-05	1,621E-04
12	2,128E-04	3,485E-04	1,574E-04	2,700E-04	1,128E-04	1,879E-04	9,681E-05	1,614E-04
13	2,406E-04	3,433E-04	1,760E-04	2,666E-04	1,244E-04	1,860E-04	1,061E-04	1,599E-04
14	2,160E-04	3,529E-04	1,596E-04	2,726E-04	1,141E-04	1,893E-04	9,791E-05	1,624E-04
15	2,138E-04	3,429E-04	1,580E-04	2,704E-04	1,131E-04	1,881E-04	9,708E-05	1,615E-04
16	2,403E-04	3,444E-04	1,757E-04	2,672E-04	1,242E-04	1,863E-04	1,059E-04	1,601E-04
17	2,170E-04	3,551E-04	1,604E-04	2,740E-04	1,147E-04	1,901E-04	9,840E-05	1,630E-04
18	2,163E-04	3,541E-04	1,599E-04	2,735E-04	1,144E-04	1,898E-04	9,815E-05	1,628E-04
19	2,388E-04	3,477E-04	1,749E-04	2,692E-04	1,238E-04	1,874E-04	1,056E-04	1,610E-04
20	2,166E-04	3,496E-04	1,600E-04	2,703E-04	1,144E-04	1,879E-04	9,819E-05	1,613E-04

Çizelge 4.3.Farklı $T_{8,2}$ değerine göre ϵ_r ve ϵ_v değerleri (R=%95, h=2,0cm)

VN	$T_{8,2}=3-15m$		$T_{8,2}=25-35m$		$T_{8,2}=125-150m$		$T_{8,2}= >250m$	
	ϵ_r	ϵ_v	ϵ_r	ϵ_v	ϵ_r	ϵ_v	ϵ_r	ϵ_v
0	2,209E-04	3,894E-04	1,790E-04	3,004E-04	1,267E-04	2,132E-04	1,084E-04	1,916E-04
1	2,217E-04	3,906E-04	1,796E-04	3,012E-04	1,271E-04	2,136E-04	1,087E-04	1,918E-04
2	2,230E-04	3,936E-04	1,808E-04	3,032E-04	1,279E-04	2,147E-04	1,094E-04	1,927E-04
3	2,021E-04	3,970E-04	1,630E-04	3,065E-04	1,167E-04	2,167E-04	1,005E-04	1,946E-04
4	2,199E-04	3,885E-04	1,783E-04	2,999E-04	1,263E-04	2,131E-04	1,081E-04	1,914E-04
5	2,221E-04	3,922E-04	1,801E-04	3,023E-04	1,275E-04	2,143E-04	1,091E-04	1,924E-04
6	2,021E-04	3,955E-04	1,631E-04	3,055E-04	1,168E-04	2,162E-04	1,006E-04	1,942E-04
7	2,187E-04	3,859E-04	1,773E-04	2,982E-04	1,256E-04	2,120E-04	1,076E-04	1,906E-04
8	2,195E-04	3,867E-04	1,779E-04	2,986E-04	1,260E-04	2,122E-04	1,079E-04	1,907E-04
9	2,026E-04	3,925E-04	1,636E-04	3,033E-04	1,170E-04	2,150E-04	1,008E-04	1,932E-04
10	2,191E-04	3,921E-04	1,780E-04	3,022E-04	1,260E-04	2,145E-04	1,079E-04	1,927E-04
11	2,200E-04	3,886E-04	1,783E-04	3,000E-04	1,263E-04	2,131E-04	1,081E-04	1,915E-04
12	2,185E-04	3,855E-04	1,771E-04	2,980E-04	1,255E-04	2,119E-04	1,075E-04	1,905E-04
13	2,451E-04	3,805E-04	1,990E-04	2,940E-04	1,391E-04	2,096E-04	1,182E-04	1,885E-04
14	2,218E-04	3,907E-04	1,797E-04	3,012E-04	1,271E-04	2,136E-04	1,088E-04	1,919E-04
15	2,194E-04	3,864E-04	1,779E-04	2,985E-04	1,259E-04	2,121E-04	1,078E-04	1,907E-04
16	2,449E-04	3,818E-04	1,987E-04	2,948E-04	1,388E-04	2,100E-04	1,180E-04	1,887E-04
17	2,228E-04	3,932E-04	1,806E-04	3,029E-04	1,278E-04	2,146E-04	1,093E-04	1,926E-04
18	2,220E-04	3,920E-04	1,800E-04	3,022E-04	1,274E-04	2,142E-04	1,090E-04	1,924E-04
19	2,435E-04	3,854E-04	1,977E-04	2,972E-04	1,383E-04	2,113E-04	1,176E-04	1,899E-04
20	2,230E-04	3,867E-04	1,801E-04	2,985E-04	1,274E-04	2,119E-04	1,091E-04	1,904E-04

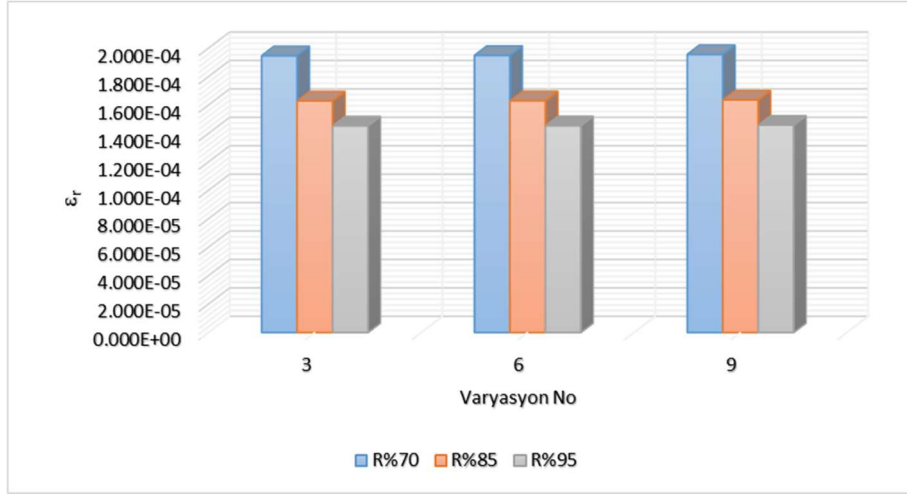
Çizelge 4.4.Farklı $T_{8,2}$ değerine göre ϵ_r ve ϵ_v değerleri (R=%85, h=2,0cm)

VN	$T_{8,2}=10-30m$		$T_{8,2}=80-110m$		$T_{8,2}=145-185m$		$T_{8,2}= >250m$	
	ϵ_r	ϵ_v	ϵ_r	ϵ_v	ϵ_r	ϵ_v	ϵ_r	ϵ_v
0	2,152E-04	3,518E-04	1,684E-04	2,854E-04	1,504E-04	2,596E-04	1,342E-04	2,362E-04
1	2,160E-04	3,529E-04	1,689E-04	2,860E-04	1,509E-04	2,601E-04	1,345E-04	2,366E-04
2	2,172E-04	3,555E-04	1,700E-04	2,878E-04	1,518E-04	2,617E-04	1,354E-04	2,379E-04
3	1,947E-04	3,595E-04	1,536E-04	2,909E-04	1,378E-04	2,645E-04	1,234E-04	2,404E-04
4	2,143E-04	3,511E-04	1,677E-04	2,849E-04	1,498E-04	2,593E-04	1,334E-04	2,360E-04
5	2,163E-04	3,543E-04	1,694E-04	2,871E-04	1,513E-04	2,611E-04	1,349E-04	2,374E-04
6	1,949E-04	3,582E-04	1,538E-04	2,900E-04	1,379E-04	2,638E-04	1,235E-04	2,399E-04
7	2,131E-04	3,487E-04	1,668E-04	2,833E-04	1,490E-04	2,579E-04	1,330E-04	2,348E-04
8	2,139E-04	3,494E-04	1,674E-04	2,837E-04	1,495E-04	2,582E-04	1,334E-04	2,351E-04
9	1,956E-04	3,554E-04	1,542E-04	2,881E-04	1,382E-04	2,621E-04	1,238E-04	2,384E-04
10	2,139E-04	3,539E-04	1,674E-04	2,871E-04	1,496E-04	2,612E-04	1,334E-04	2,377E-04
11	2,143E-04	3,511E-04	1,678E-04	2,850E-04	1,499E-04	2,593E-04	1,337E-04	2,360E-04
12	2,128E-04	3,485E-04	1,666E-04	2,832E-04	1,489E-04	2,578E-04	1,328E-04	2,347E-04
13	2,406E-04	3,433E-04	1,867E-04	2,795E-04	1,661E-04	2,545E-04	1,474E-04	2,319E-04
14	2,160E-04	3,529E-04	1,690E-04	2,861E-04	1,509E-04	2,602E-04	1,345E-04	2,367E-04
15	2,138E-04	3,492E-04	1,673E-04	2,836E-04	1,494E-04	2,581E-04	1,333E-04	2,349E-04
16	2,403E-04	3,444E-04	1,865E-04	2,802E-04	1,658E-04	2,551E-04	1,472E-04	2,323E-04
17	2,170E-04	3,551E-04	1,699E-04	2,876E-04	1,517E-04	2,615E-04	1,353E-04	2,377E-04
18	2,163E-04	3,541E-04	1,693E-04	2,869E-04	1,512E-04	2,610E-04	1,349E-04	2,373E-04
19	2,388E-04	3,477E-04	1,855E-04	2,824E-04	1,651E-04	2,569E-04	1,466E-04	2,339E-04
20	2,166E-04	3,496E-04	1,694E-04	2,835E-04	1,513E-04	2,579E-04	1,349E-04	2,347E-04

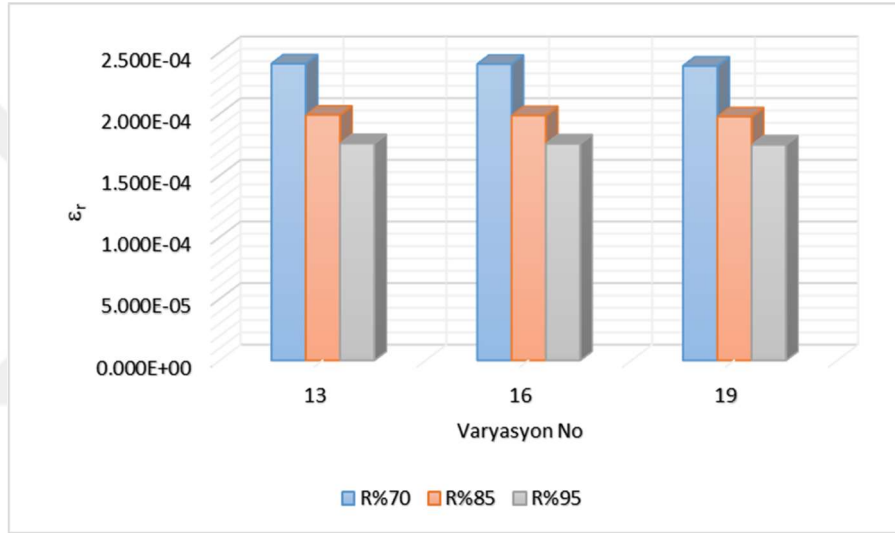
Çizelge 4.3.Farklı $T_{8,2}$ değerine göre ϵ_r ve ϵ_v değerleri ($R=\%70$, $h=2,0cm$)

AASHTO yönteminde farklı yol sınıfları için bir tasarım parametresi olarak dikkate alınan güvenilirlik değerinin etkilerini incelemek amacıyla, Çizelge 3.1'de verilen çeşitli $T_{8,2}$ değerlerinden üç farklı güvenilirlik değeri için ortak olan bir diğer kategori olan $T_{8,2} = 30$ milyon ve $h=2,0$ cm değeri için ϵ_r ve ϵ_v değişim oranları Şekil 4.7-4.10'da verilmiştir.

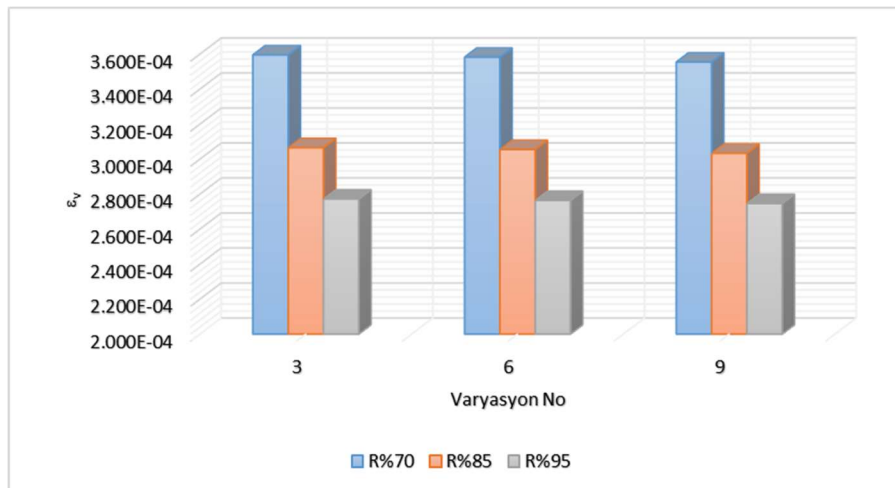
Analizde yalnızca ϵ_r ve ϵ_v tepkileri üzerinde en belirgin değişimi sağlayan 3-6-9 ve 13-16-19 numaralı varyasyonlar kullanılmıştır. Şekil 4.7-4.10 birlikte incelendiğinde ϵ_v değerlerinin güvenilirlik değişimine karşı duyarlılıklarının az olduğu, ϵ_r değerlerinde ise güvenilirlik seviyesi arttıkça ϵ_r değişim oranının azaldığı gözlenmiştir. Bu durum yol sınıfının iyileşmesine bağlı olarak, önerilen üstyapı kesitinin daha kararlı olduğunu göstermektedir.



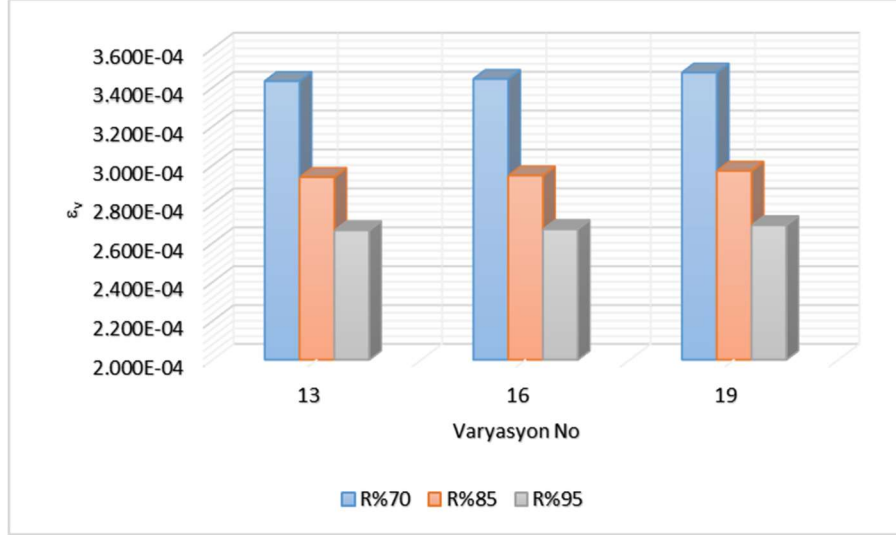
Şekil 4.7. $T_{8,2} = 30$ Milyon değeri için ϵ_r değişim ($h=2,0$ cm)



Şekil 4.8. $T_{8,2} = 30$ Milyon değeri için ϵ_r değişim ($h=2,0$ cm)



Şekil 4.9. $T_{8,2} = 30$ Milyon değeri için ϵ_v değişim ($h=2,0$ cm)

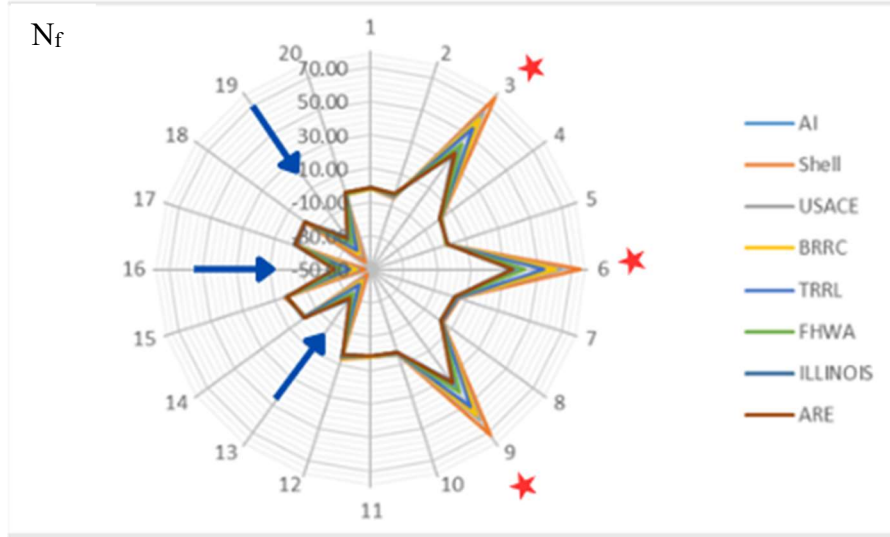


Şekil 4.10. $T_{8,2} = 30$ Milyon değeri için ε_v değişim ($h=2,0$ cm)

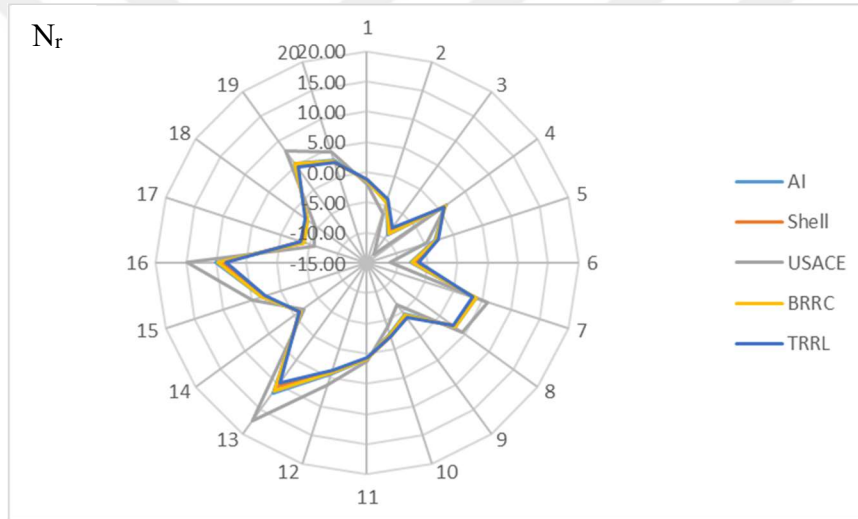
Çalışmada belirtilen kesit değişimleri sonucu ortaya çıkan mekanik tepki değerlerine bağlı olarak farklı kurumlarca önerilen transfer denklemleri ile hesaplanan yol ömürlerinin orijinal kesite kıyasla artış ve azalış oranları Şekil 4.11-4.13’ te verilmiştir ($T_{8,2}=10m$ ve $h=2.0$ cm).

Şekil 4.11 – 4.13 incelendiğinde;

- 3-6-9 numaralı kesitler için N_f değerinde tüm R değerleri için bir artış, 13-16-19 numaralı kesitlerde ise azalış söz konusudur. Yol ömrü artışı Shell yöntemi için en yüksek oranda hesaplanırken ARE transfer denkleminde artış oranları hesaplanmıştır. Özellikle Shell yöntemi için hesaplanan %80’e varan yol ömrü artış değerleri oldukça dikkat çekicidir.
- N_f değerlerinin aksine 3-6-9 numaralı kesitlerde N_r değerlerinde önemli derecede bir yol ömrü azalması, 13-16-19 numaralı kesitlerde ise yol ömrü artışı olduğu görülmektedir. N_r değerlerinde en yüksek yol ömrü artışı USACE yöntemiyle hesaplanırken en düşük yol ömrü artışı TRRL yöntemiyle hesaplanmıştır. Tekerlek izi oturmalarına bağlı yol ömrü artış oranı, N_f değerlerinde gözlenen artış kadar belirgin olmamakta; bu artış en fazla %20 seviyesinde gerçekleşmektedir.

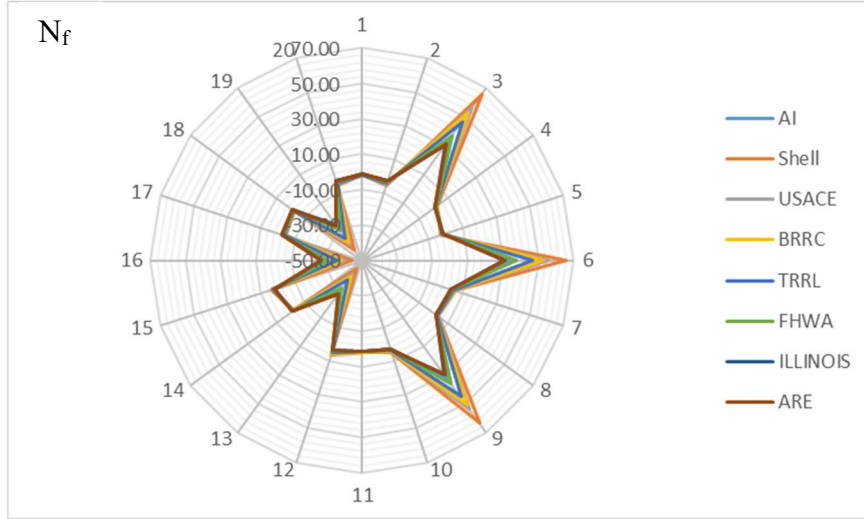


(a)

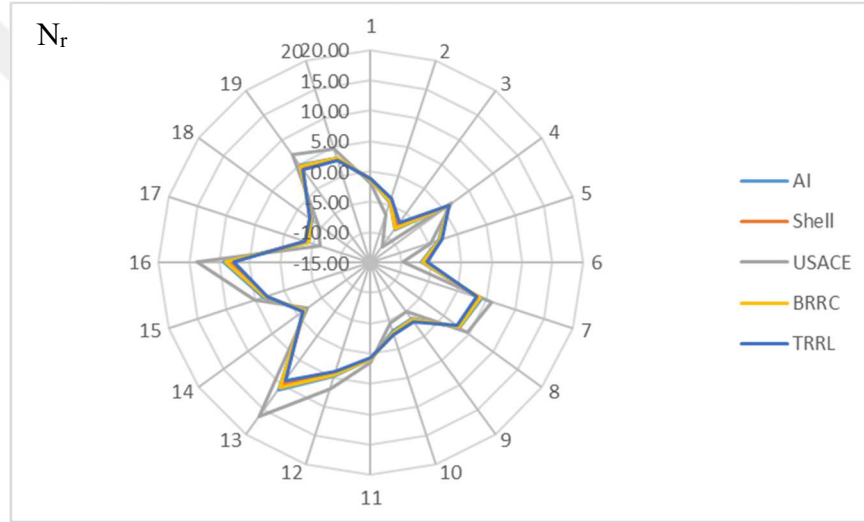


(b)

Şekil 4.11. $R=70\%$, $T_{8,2}=10m$ N_f ve N_r % değişimi ($h=2,0$ cm)

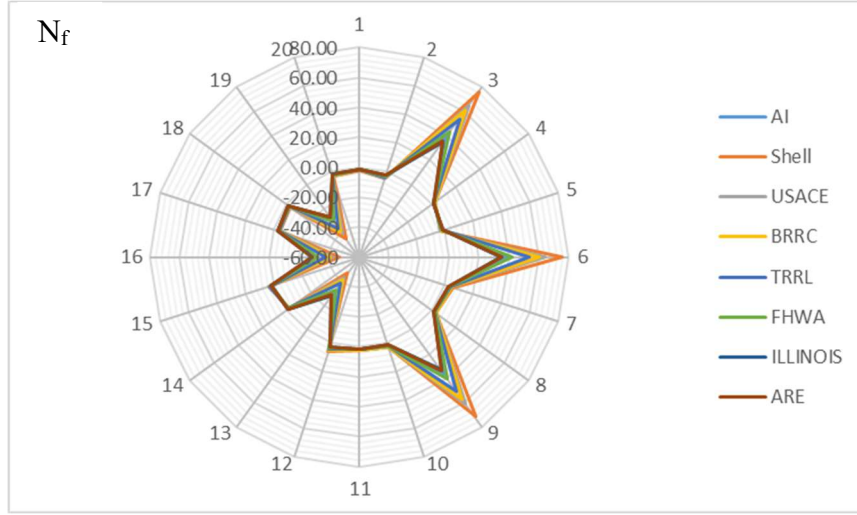


(a)

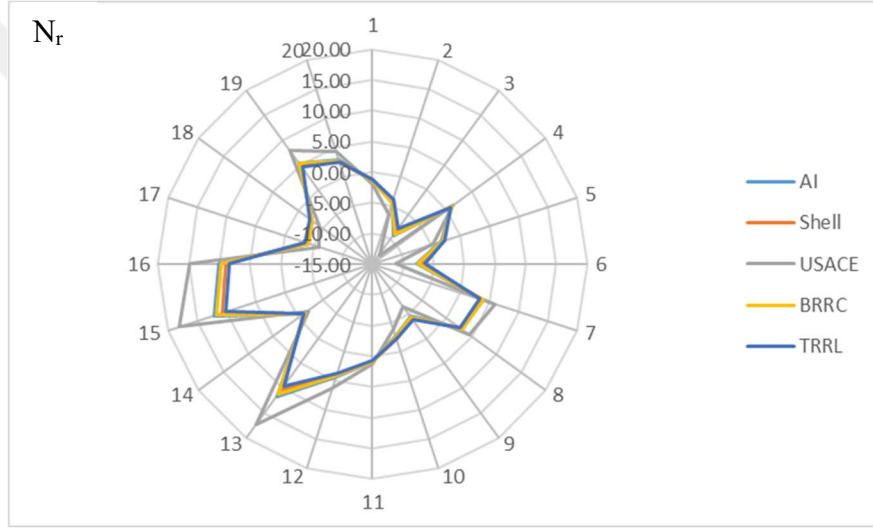


(b)

Şekil 4.12. $R=0.85$, $T_{8.2}=10m$ N_f ve N_r % değişimi ($h=2.0$ cm)



(a)



(b)

Şekil 4.13. $R=95\%$, $T_{8.2}=10m$ N_f ve N_r % değişimi ($h=2.0$ cm)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Aynı SN değerine sahip, ancak tabaka kalınlıkları belirli bir kurala bağlı olarak değiştirilmiş kesitler üzerinde gerçekleştirilen mekanik analizlerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen bulgular aşağıda özetlenmektedir:

- Türkiye karayolu ağında esnek üstyapı tasarımı için kullanılan AASHTO-93 yöntemi, yol ömrü hesabında taban zemini üzerindeki SN değerine odaklanmaktadır. Aynı SN değerinin farklı tabaka kalınlıkları ve malzeme kombinasyonlarıyla elde edildiği kesitlerde, AASHTO yöntemine göre yolun hizmet ömrü değişmemektedir. Yani tabaka malzemeleri veya tabaka dizilim kombinasyonları değişse de yol ömrü bu değişimden etkilenmemektedir. Ancak yapılan mekanik analizler, aynı SN değerine sahip olsalar bile kalınlıkları değişen kesitlerdeki mekanik tepkilerin (gerilme, birim şekil değiştirme ve deformasyon) farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum tepki okuma noktasının ilgili konumdaki rijitliğinin ve yüke olan mesafesinin yol ömründe önemli bir parametre olduğunu göstermektedir.
- BSK olarak üretilen tabakaların kendi aralarında veya granüler tabakaların kendi aralarında aynı SN değerini sağlayacak şekilde kalınlık değişimleri kesitin mekanik tepkileri üzerinde kayda değer bir etki oluşturmamaktadır. Buna karşın, BSK tabakaların granüler tabakalarla eşdeğer SN değerini sağlayacak biçimde kalınlıkları değiştirildiğinde, yapının mekanik tepkileri ve yol ömrü önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu farklılık, yol ömrü analizlerinde esas alınan kritik mekanik tepkilerin elde edildiği noktaların düşey konumlarındaki (z-koordinatı) değişime bağlı olarak, bu noktalarda oluşan gerilme düzeylerinin farklılık göstermesinden kaynaklanmaktadır. Kısacası M-A yöntemlerin tasarımı dikkate aldığı en önemli parametre olan mekanik tepki değişimi AASHTO yönteminde dikkate alınmamaktadır.
- Yapılan analizler sonucunda, bazı kesitlerde yapısal performans açısından orijinal tasarıma yakın sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Bu kesitlerde anlamlı bir farklılık oluşmadığı durumlarda, alternatif tasarımlar arasında seçim yapılırken malzeme kalitesi dikkate alınarak en ekonomik çözümün tercih edilmesi önerilmektedir. Böylece hem maliyet etkinliği sağlanabilir hem de üstyapı performansından ödün verilmemiş olur.
- Aynı SN değerine sahip ancak kalınlıkları değişen kesitlerde ortaya çıkan mekanik tepki değişimleri düşük güvenilirlik seviyelerinde ve düşük trafik kategorilerinde daha yüksektir. Bu durum AASHTO yönteminin güvenilirliği yüksek ve daha fazla trafik yüküne maruz kalan yollarda daha kararlı kesitler önerdiğini açıkça ortaya koymaktadır.
- Yüksek trafik hacmi ve ağır dingil yüklerinin etkisi altında bulunan yol kesitlerinde, herhangi bir malzeme modifikasyonu, iyileştirme veya kalınlık artışı uygulamaksızın yalnızca tabaka diziliminde yapılacak bir düzenleme ile dahi yolun bozulmaya karşı dayanımı ve yol ömrü artırılabilir. Bu durum M-A tasarımının en önemli özelliklerinden birisidir. Üstyapının yapısal bütünlüğü ve bozulma ömrü anlamlı düzeyde artırılabilir.

- Bu çalışmada yapılan analizlerde hesap kolaylığı sağlaması ve karakterizasyon parametrelerine (E , ν) kolay ulaşılması nedeniyle tabaka malzemeleri lineer elastik olarak tanımlanmış ve sonuçlar bu karakterizasyona bağlı olarak elde edilmiştir. BSK tabakaların viskoelastik, granüler tabakaların nonlineer elastik olarak tanımlanması ayrıca yüklerin statik yerine dinamik olarak etki ettirilmesi sonuçları etkileyebilecek potansiyele sahip parametrelerdir. Malzeme ve yükleme karakterizasyonundaki değişimi dikkate alacak analizler ilerdeki çalışma önerisi olarak sunulabilir.
- Türkiye karayollarında son yıllarda sürekli artma eğiliminde olan trafik ve yük değerlerinin, ayrıca geniş bir coğrafyaya yayılan ülkemizde doğu-batı, kuzey-güney akslarında görülen iklimsel değişimlerin dikkate alınması (Bitüm sınıfının seçiminde ve buna bağlı BSK tabakasının dayanımında etkili bir parametre olması) amacıyla mekanistik-ampirik yöntemin üst yapı tasarımında önemle değerlendirilmesi gereken bir tasarım yöntemi olduğu, kaplama tasarımında iklim, trafik ve malzeme özelliklerine bağlı lokal kalibrasyonların yapılmasının gerekliliği bu çalışmanın diğer önemli önerileri olarak sıralanabilir.

KAYNAKÇA

- Ali, O.** (2005). Evaluation of the Mechanistic Empirical Pavement Design Guide (NCHRP 1-37A), (Report No. UR 3002.1), National Research Council Canada, Canada
- Armağan, K.** (2019). Karayolunun AASHTO Metoduna Göre Tasarımı ve Türkiye Kalibrasyonu. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı (Doktora Tezi)*, Eskişehir.
- Avcı S.,** (2006). Esnek Üstyapı tasarım Yöntemlerinden AASHTO 2002 ile AASHTO 1993 Yönteminin Karşılaştırılması, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, İstanbul.
- Behiry, A. E. A. E.** (2012). Fatigue and rutting lives in flexible pavement. *Ain Shams Engineering Journal*, 3(4), 367-374.
- Bostancıoğlu M.** (2020) AASHTO-93 yönteminin mekanistik ampirik tasarım yöntemleri ile uyumunun belirlenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi* 9(2): 64–75.
- Bostancıoğlu M.** (2021/1). Mekanistik ampirik esnek üstyapı tasarım modellerinin tabaka kalınlık ve rijitlik oranlarına bağlı olarak karşılaştırılması. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1): 91-102.
- Bostancıoğlu, M.** (2021/2). “Granüler tabakaların fonksiyonel derecelendirilmesi ile esnek üstyapılarda yorulma ve tekerlek izinde oturma dayanımının artırılması.” *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt. 26, Sayı. 2, ss. 557-572.
- Boşnak, M.** (2023). Esnek Üstyapıların Servis Ömrüne Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi. *Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, Mersin.
- Carey, W. N. and Irick, P.** (1962). The pavement serviceability-performance concept (Report No. 61E), Highway Research Board Special Report, pp.40-58.
- Carvalho RL, Schwartz CW.** (2006). Comparisons Of Flexible Pavement Designs: AASHTO Empirical Versus NCHRP Project 1- 37a Mechanistic-Empirical. *Transp Res Rec*, 1947(1): 167–174.
- Chegenizadeh A, Keramatikerman M, Nikraz H.** (2016). Flexible pavement modelling using Kenlayer. *Electron J Geotech Eng*, 21(7): 2467–2479.
- Chen, Y.** (2009). Viscoelastic modeling of flexible pavement. Doctor of Philosophy, *The Graduate Faculty of The University of Akron, Ohio*.

- Çakmak B.** (2024). Karayolu Üstyapısında Güvenilirlik Analizi İçin Monte Carlo Simülasyon Yöntemi Kullanılarak Mekanistik Ampirik Tasarım Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *İTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü* (Yüksek lisans tezi). İstanbul.
- Çarkanat, F., Abut, Y. ve Bozath, S.** (2022). “Esnek üstyapılarda kalıcı deformasyon ve yorulmaya bağlı mekanistik bir modelleme ve duyarlılık analizi.” *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt. 10, Sayı. 2, ss. 512-523.
- Dündar, G.** (1998). Esnek üstyapı tasarım yöntemlerinin karşılaştırılması (Yüksek Lisans Tezi). *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Ekwulo E, Eme D.** (2009). Fatigue and rutting strain analysis of flexible pavements designed using CBR methods. *Afr J Environ Sci Techno*, 3(12): 412-421.
- Ghanizadeh A, Ziaie A.** (2015). Nonpas: a program for nonlinear analysis of flexible pavements. *Int J Integr Eng*, 7(1): 21- 28.
- Hacıoğlu S.**(2013). Esnek üstyapılı yollarda çatlak tamir yöntemi uygulanarak asfalt ömrünün uzatılması. *Bahçeşehir Üniversitesi* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.
- Hadi MNS, Bodhinayake BC.** (2003). Non-linear finite element analysis of flexible pavements. *Adv Eng Software*, 34(11– 12): 657–662.
- Hafeez, I., Shan, A., Ali, A., & Ahmed, I.** (2017). Flexible Pavement Design Evaluation Using Mechanistic-Empirical Approaches. 22.
- Halat U.** (2024). Sathi Kaplama Tasarımının Mekanistik-Ampirik Yöntemler İle Değerlendirilmesi. *KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek lisans tezi). Trabzon.
- Hanlı, E.** (2009). Esnek yol üstyapısında oluşan bozulmalar ve değerlendirmesi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.
- Huang YH.** (2004). Pavement Analysis and Design (2nd ed.). *New Jersey: Pearson Prentice Hall*.
- Ilıcalı, M., Eren, K., Özen, H., Sönmez, İ., ve Tayfur, S.** (2001). Asfalt ve Uygulamaları. İSFALT yayınları, İstanbul.
- İnanlı B.** (2016). Mekanistik ampirik üstyapı tasarımının mevcut bir yolda kullanılması ve bakım/onarımın performansına etkisi. *Bahçeşehir Üniversitesi* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.
- İncegöl M.** (2004). Bilgisayar destekli üstyapı tasarımı. *İstanbul Teknik Üniversitesi* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.
- Karayolu Teknik Şartnamesi** (2013). Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.

- KGM. (2012).** Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı Çalışmaları. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kök B. V., Kuloğlu N., (2007).** Esnek Üstyapıların Tasarımlarında AASHTO-72 ve AASHTO-86 Yöntemlerinin Analitik ve Ekonomik Karşılaştırılması, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 23 (1-2), 136-148.
- Kök E. (2008).** Karayolu ve havaalanı üstyapı tasarım yöntemleri, karşılaştırması ve Türkiye uygulamaları. *İstanbul Teknik Üniversitesi (Yüksek Lisans Tezi)*, İstanbul.
- Kök. E. (2008).** Karayolu ve havaalanı üstyapı tasarım yöntemleri, karşılaştırması ve Türkiye uygulamaları, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, İstanbul.
- Lavin, P., (2003).** Asphalt Pavements: A Practical Guide to Design, Production and Maintenance for Engineers and Architects. CRC Press.
- Mashayekhi M, Amini AA, Behbahani H, Nobakht S. (2011).** Comparison of mechanistic-empirical and empirical flexible pavement design procedures of AASHTO: a case study. International Conference Bituminous Mixtures and Pavements. Thessaloniki, Greece.
- Mathew T.V., Rao K. V. K. (2006).** Chapter 19: Introduction to pavement design Introduction to Transportation Engineering, 1-7, NPTEL.
- Mousa MR, Abo-Hashema MA, Gadallah AA, Mousa RM. (2015).** Evaluation of pavement performance prediction models under different traffic and climatic conditions. 14th International Conference on Asphalt, Pavement Engineering, and Infrastructure. 1–19.
- Muniandy R, Aburkaba E, Thamer N. (2013).** Comparison of flexible pavement performance using Kenlayer and Chevpc software program. *Aust J Basic Appl Sci*, 7 :112–9.
- National Asphalt Pavement Association and Federal Highways Administration, (2001).** HMA Pavement Mix Type Selection Guide.
- NCHRP (2004).** Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, National Cooperative Highway Research Program, NCHRP Project 1-37A, National Research Council, Washington.
- Özcanan, S. ve Akpınar, M. V. (2014).** “Esnek üstyapılarda kritik tekerlek ve aks konfigürasyonların mekanistik analizlere göre tespit edilmesi.” *İMO Teknik Dergi*, Cilt. 25, Sayı. 121, ss. 6625-6654.
- Özdemir, A. (2016).** Esnek Üstyapılarda Bitümlü Temel Tabakalarının Performansına Etkisi. *İnşaat Mühendisliği Dergisi*, 27(4), 45–52.
- Özgan, E., Serin, S., Sargın, Ş., ve Arslan, İ. (2010).** “Karayolu esnek üstyapısının projelendirilmesi; D655-01 karayolu örneği.” Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu, Düzce, TÜRKİYE.

- Porter, O. J.** (1950). "Development of the original method for highway design." Transactions of the American Society of Civil Engineers, Vol. 115, No. 1, pp. 461-467.
- Rind, T. A., Jhatial, A. A., Sandhu, A. R., Bhatti, I. A., & Ahmed, S.** (2019). Fatigue and rutting analysis of asphaltic pavement using "KENLAYER" software. *Journal of Applied Engineering Sciences*, 9(2), 177-182
- Rind, T. A., Memon, N. A., and Qureshi, A. S.** (2017). "Analysis and Design of Flexible Pavement Using Empirical-Mechanistic Based Software (KENPAVE)." In International Conference on Sustainable Development in Civil Engineering. Sindh, Pakistan, Pp. 120-125.
- Sağlık, A., ve Güngör, A. G.** (2008). Karayolları esnek üstyapılar projelendirme rehberi. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Samad E.** (2011). Sensitivity Analysis in Flexible Pavement Performance Using Mechanistic Empirical Method (Case study: Cirebon–Losari road segment, West Java). *Civ Engineering Forum*, 20: 1163-1174.
- Sarkar A.** (2016). Numerical Comparison of Flexible Pavement Dynamic Response Under Different Axles. *Int J Pavement Eng*, 17(5): 377–387.
- Singh, A. K., & Sahoo, J. P.** (2021). Rutting prediction models for flexible pavement structures: A review of historical and recent developments. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 8(3), 315-338.
- Şen, Y. E.** (2006). Uydu Görüntüleri Yardımıyla Yol Üst Yapısında Meydana Gelen Değişimlerin Otomatik Tespiti Ve Yol Bakım Planlaması. *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, Gebze.
- T.C.Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı,** (2008).
- Tanyıldızı, M. M., ve Geçkil, T.** (2019). "AASHTO metodunda rijit ve esnek üstyapıların projelendirilmesinde kullanılan parametrelerin incelenmesi." *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt. 31, Sayı. 1, pp. 187-194.
- Tunç A.** (2001). *Yol Malzemeleri ve Uygulamaları*. Ankara: Nobel Akademi Yayıncılık.
- Tunç A.** (2004). *Kaplama Mühendisliği ve Uygulamaları*. Ankara: Asil Yayın Dağıtım, 2004.
- Tunç, A.** (2007). *Yol Malzemeleri ve Uygulamaları*. Nobel Yayıncılık.
- Umar, F., ve Ağar, E.** (1991). Yol üstyapısı, Ders Notu, İstanbul Teknik Üniversitesi, 4.Baskı, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Yamanlar, A. Ç. (2012). Farklı kaplama türlerinin yüzey doku özelliklerinin incelenmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi* (Yüksek Lisans Tezi), İzmir.

Yayla N. (2006). *Karayolu Mühendisliği*. Birsen Yayınevi.

Yoldaş M. A.(2008), Karayollarında Yol Sınıflandırması ve Tip Enkesitlerin İncelenmesi: Eminönü – Fatih Örneği, *İstanbul Teknik Üniversitesi* (Yüksek lisans tezi), İstanbul.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↓ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
5.5 2.31	5.5 2.31	5.5 2.31	4.52 1.9	5 2.1	5 2.1	4.57 1.92	5 2.1	5 2.1	5 2.1
5.42 2.19	6 2.4	6 2.4	6.5 2.6	6.5 2.6	6.5 2.6	6 2.4	5.6 2.22	6 2.4	6 2.4
8 2.88	7.42 2.67	8 2.88	8 2.88	7.44 2.68	8 2.88	8.5 3.06	8.5 3.06	8.5 3.06	8 2.88
20 3	20 3	18.6 2.79	20 3	20 3	18.67 2.8	20 3	20 3	18.8 2.82	20.5 3.075
15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	14.42 1.875
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↑ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4.5 1.89	4.5 1.89	4.5 1.89	5.48 2.3	5 2.1	5 2.1	5.43 2.28	5 2.1	5 2.1	5 2.1
6.53 2.61	6 2.4	6 2.4	5.5 2.2	5.5 2.2	5.5 2.2	6 2.4	6.45 2.58	6 2.4	6 2.4
8 2.88	8.58 3.09	8 2.88	8 2.88	8.56 3.08	8 2.88	7.5 2.7	7.5 2.7	7.5 2.7	8 2.88
20 3	20 3	21.4 3.21	20 3	20 3	21.33 3.2	20 3	20 3	21.20 3.18	19.5 2.925
15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15.58 2.025
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↓ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6 2.52	6 2.52	6 2.52	4.05 1.7	5 2.1	5 2.1	4.14 1.74	5 2.1	5 2.1	5 2.1
4.95 1.98	6 2.4	6 2.4	7 2.8	7 2.8	7 2.8	6 2.4	5.1 2.04	6 2.4	6 2.4
8 2.88	6.83 2.46	8 2.88	8 2.88	6.89 2.48	8 2.88	9 3.24	9 3.24	9 3.24	8 2.88
20 3	20 3	17.2 2.58	20 3	20 3	17.33 2.6	20 3	20 3	17.6 2.64	21 3.15
15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	13.85 1.8
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↑ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4 1.68	4 1.68	4 1.68	5.95 2.5	5 2.1	5 2.1	5.86 2.46	5 2.1	5 2.1	5 2.1
7.05 2.82	6 2.4	6 2.4	5 2	5 2	5 2	6 2.4	6.9 2.76	6 2.4	6 2.4
8 2.88	9.17 3.3	8 2.88	8 2.88	9.11 3.28	8 2.88	7 2.52	7.0 2.52	7.0 2.52	8 2.88
20 3	20 3	22.8 3.42	20 3	20 3	22.67 3.4	20 3	20 3	22.40 3.36	19 2.85
15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	16.15 2.1
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↓ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6.5 2.73	6.5 2.73	6.5 2.73	3.57 1.5	5 2.1	5 2.1	3.71 1.56	5 2.1	5 2.1	5 2.1
4.43 1.77	6 2.4	6 2.4	7.5 3	7.5 3	7.5 3	6 2.4	4.7 1.86	6 2.4	6 2.4
8 2.88	6.25 2.25	8 2.88	8 2.88	6.33 2.28	8 2.88	9.5 3.42	9.5 3.42	9.5 3.42	8 2.88
20 3	20 3	15.8 2.37	20 3	20 3	16.00 2.4	20 3	20 3	16.4 2.46	21.5 3.225
15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	13.27 1.725
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↑ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3.5 1.47	3.5 1.47	3.5 1.47	6.43 2.7	5 2.1	5 2.1	6.29 2.64	5 2.1	5 2.1	5 2.1
7.58 3.03	6 2.4	6 2.4	4.5 1.8	4.5 1.8	4.5 1.8	6 2.4	7.35 2.94	6 2.4	6 2.4
8 2.88	9.75 3.51	8 2.88	8 2.88	9.67 3.48	8 2.88	6.5 2.34	6.5 2.34	6.5 2.34	8 2.88
20 3	20 3	24.2 3.63	20 3	20 3	24.00 3.6	20 3	20 3	23.60 3.54	18.5 2.775
15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	16.73 2.175
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↓ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
7 2.94	7 2.94	7 2.94	3.10 1.3	5 2.1	5 2.1	3.29 1.38	5 2.1	5 2.1	5 2.1
3.90 1.56	6 2.4	6 2.4	8 3.2	8 3.2	8 3.2	6 2.4	4.2 1.68	6 2.4	6 2.4
8 2.88	5.67 2.04	8 2.88	8 2.88	5.78 2.08	8 2.88	10 3.6	10 3.6	10 3.6	8 2.88
20 3	20 3	14.4 2.16	20 3	20 3	14.67 2.2	20 3	20 3	15.2 2.28	22 3.3
15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	12.69 1.65
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↑ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3 1.26	3 1.26	3 1.26	6.90 2.9	5 2.1	5 2.1	6.71 2.82	5 2.1	5 2.1	5 2.1
8.10 3.24	6 2.4	6 2.4	4 1.6	4 1.6	4 1.6	6 2.4	7.8 3.12	6 2.4	6 2.4
8 2.88	10.33 3.72	8 2.88	8 2.88	10.22 3.68	8 2.88	6 2.16	6.0 2.16	6.0 2.16	8 2.88
20 3	20 3	25.6 3.84	20 3	20 3	25.33 3.8	20 3	20 3	24.80 3.72	18 2.7
15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	15 1.95	17.31 2.25
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33

EK 1. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=%70, T_{8,2}=10-30 milyon)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
5.5	2.31	5.5	2.31	5.5	2.31	4.52	1.9	5	2.1
6.48	2.59	7	2.8	7	2.8	7.5	3	7.5	3
9	3.24	8.42	3.03	9	3.24	8.44	3.04	9	3.24
20	3	20	3	20	3	18.67	2.8	20	3
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↑ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4.5	1.89	4.5	1.89	4.5	1.89	5.48	2.3	5	2.1
7.53	3.01	7	2.8	7	2.8	6.5	2.6	6.5	2.6
9	3.24	9.58	3.45	9	3.24	9.58	3.44	9	3.24
20	3	20	3	21.4	3.21	20	3	21.33	3.2
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6	2.52	6	2.52	6	2.52	4.05	1.7	5	2.1
5.95	2.38	7	2.8	7	2.8	8	3.2	8	3.2
9	3.24	7.83	2.82	9	3.24	7.89	2.84	9	3.24
20	3	20	3	17.2	2.58	20	3	17.33	2.6
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↑ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4	1.68	4	1.68	4	1.68	5.95	2.5	5	2.1
8.05	3.22	7	2.8	7	2.8	6	2.4	6	2.4
9	3.24	10.17	3.66	9	3.24	10.11	3.64	9	3.24
20	3	20	3	22.8	3.42	20	3	22.67	3.4
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6.5	2.73	6.5	2.73	6.5	2.73	3.57	1.5	5	2.1
5.43	2.17	7	2.8	7	2.8	8.5	3.4	8.5	3.4
9	3.24	7.25	2.61	9	3.24	7.33	2.64	9	3.24
20	3	20	3	15.8	2.37	20	3	16.00	2.4
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↑ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3.5	1.47	3.5	1.47	3.5	1.47	6.43	2.7	5	2.1
8.58	3.43	7	2.8	7	2.8	5.5	2.2	5.5	2.2
9	3.24	10.75	3.87	9	3.24	10.67	3.84	9	3.24
20	3	20	3	24.2	3.63	20	3	24.00	3.6
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
7	2.94	7	2.94	7	2.94	3.10	1.3	5	2.1
4.90	1.96	7	2.8	7	2.8	9	3.6	9	3.6
9	3.24	6.67	2.4	9	3.24	6.78	2.44	9	3.24
20	3	20	3	14.4	2.16	20	3	14.67	2.2
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↑ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1
9.10	3.64	7	2.8	7	2.8	5	2	5	2
9	3.24	11.33	4.08	9	3.24	11.22	4.04	9	3.24
20	3	20	3	25.6	3.84	20	3	25.33	3.8
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09

EK 2. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=%70, T_{8,2}=45-60 milyon)

Aşınma ↑ Binder ↓		Aşınma ↑ B. Temel ↓		Aşınma ↑ PMT ↓		Binder ↑ Aşınma ↓		Binder ↑ B. Temel ↓		Binder ↑ PMT ↓		B. Temel ↑ Aşınma ↓		B. Temel ↑ Binder ↓		B. Temel ↑ PMT ↓		PMT ↑ A. Temel ↓	
Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN
5.5	2.31	5.5	2.31	5.5	2.31	4.52	1.9	5	2.1	5	2.1	4.57	1.92	5	2.1	5	2.1	5	2.1
7.48	2.99	8	3.2	8	3.2	8.5	3.4	8.5	3.4	8.5	3.4	8	3.2	7.6	3.02	8	3.2	8	3.2
10	3.6	9.42	3.39	10	3.6	10	3.6	9.44	3.4	10	3.6	10.5	3.78	10.5	3.78	10.5	3.78	10	3.6
20	3	20	3	18.6	2.79	20	3	20	3	18.67	2.8	20	3	20	3	18.8	2.82	20.5	3.075
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	14.42	1.875
	13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85
Aşınma ↓ Binder ↑		Aşınma ↓ B. Temel ↑		Aşınma ↓ PMT ↑		Binder ↓ Aşınma ↑		Binder ↓ B. Temel ↑		Binder ↓ PMT ↑		B. Temel ↓ Aşınma ↑		B. Temel ↓ Binder ↑		B. Temel ↓ PMT ↑		PMT ↓ A. Temel ↑	
Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN
4.5	1.89	4.5	1.89	4.5	1.89	5.48	2.3	5	2.1	5	2.1	5.43	2.28	5	2.1	5	2.1	5	2.1
8.53	3.41	8	3.2	8	3.2	7.5	3	7.5	3	7.5	3	8	3.2	8.45	3.38	8	3.2	8	3.2
10	3.6	10.58	3.81	10	3.6	10	3.6	10.56	3.8	10	3.6	9.5	3.42	9.5	3.42	9.5	3.42	10	3.6
20	3	20	3	21.4	3.21	20	3	20	3	21.33	3.2	20	3	20	3	21.20	3.18	19.5	2.925
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15.58	2.025
	13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85
Aşınma ↓ Binder ↑		Aşınma ↓ B. Temel ↑		Aşınma ↓ PMT ↑		Binder ↓ Aşınma ↑		Binder ↓ B. Temel ↑		Binder ↓ PMT ↑		B. Temel ↓ Aşınma ↑		B. Temel ↓ Binder ↑		B. Temel ↓ PMT ↑		PMT ↓ A. Temel ↑	
Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN
4	1.68	4	1.68	4	1.68	5.95	2.5	5	2.1	5	2.1	5.86	2.46	5	2.1	5	2.1	5	2.1
9.05	3.62	8	3.2	8	3.2	7	2.8	7	2.8	7	2.8	8	3.2	8.9	3.56	8	3.2	8	3.2
10	3.6	11.17	4.02	10	3.6	10	3.6	11.11	4	10	3.6	9	3.24	9.0	3.24	9.0	3.24	10	3.6
20	3	20	3	22.8	3.42	20	3	20	3	22.67	3.4	20	3	20	3	22.40	3.36	19	2.85
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	16.15	2.1
	13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85
Aşınma ↓ Binder ↑		Aşınma ↓ B. Temel ↑		Aşınma ↓ PMT ↑		Binder ↓ Aşınma ↑		Binder ↓ B. Temel ↑		Binder ↓ PMT ↑		B. Temel ↓ Aşınma ↑		B. Temel ↓ Binder ↑		B. Temel ↓ PMT ↑		PMT ↓ A. Temel ↑	
Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN
6.5	2.73	6.5	2.73	6.5	2.73	3.57	1.5	5	2.1	5	2.1	3.71	1.56	5	2.1	5	2.1	5	2.1
6.43	2.57	8	3.2	8	3.2	9.5	3.8	9.5	3.8	9.5	3.8	8	3.2	6.7	2.66	8	3.2	8	3.2
10	3.6	8.25	2.97	10	3.6	10	3.6	8.33	3	10	3.6	11.5	4.14	11.5	4.14	11.5	4.14	10	3.6
20	3	20	3	15.8	2.37	20	3	20	3	16.00	2.4	20	3	20	3	16.4	2.46	21.5	3.225
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	13.27	1.725
	13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85
Aşınma ↓ Binder ↑		Aşınma ↓ B. Temel ↑		Aşınma ↓ PMT ↑		Binder ↓ Aşınma ↑		Binder ↓ B. Temel ↑		Binder ↓ PMT ↑		B. Temel ↓ Aşınma ↑		B. Temel ↓ Binder ↑		B. Temel ↓ PMT ↑		PMT ↓ A. Temel ↑	
Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN
3.5	1.47	3.5	1.47	3.5	1.47	6.43	2.7	5	2.1	5	2.1	6.29	2.64	5	2.1	5	2.1	5	2.1
9.58	3.83	8	3.2	8	3.2	6.5	2.6	6.5	2.6	6.5	2.6	8	3.2	9.35	3.74	8	3.2	8	3.2
10	3.6	11.75	4.23	10	3.6	10	3.6	11.67	4.2	10	3.6	8.5	3.06	8.5	3.06	8.5	3.06	10	3.6
20	3	20	3	24.2	3.63	20	3	20	3	24.00	3.6	20	3	20	3	23.60	3.54	18.5	2.775
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	16.73	2.175
	13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85
Aşınma ↓ Binder ↑		Aşınma ↓ B. Temel ↑		Aşınma ↓ PMT ↑		Binder ↓ Aşınma ↑		Binder ↓ B. Temel ↑		Binder ↓ PMT ↑		B. Temel ↓ Aşınma ↑		B. Temel ↓ Binder ↑		B. Temel ↓ PMT ↑		PMT ↓ A. Temel ↑	
Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN
7	2.94	7	2.94	7	2.94	3.10	1.3	5	2.1	5	2.1	3.29	1.38	5	2.1	5	2.1	5	2.1
5.90	2.36	8	3.2	8	3.2	3.10	4	10	4	10	4	8	3.2	6.2	2.48	8	3.2	8	3.2
10	3.6	7.67	2.76	10	3.6	10	3.6	7.78	2.8	10	3.6	12	4.32	12	4.32	12	4.32	10	3.6
20	3	20	3	14.4	2.16	20	3	20	3	14.67	2.2	20	3	20	3	15.2	2.28	22	3.3
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	12.69	1.65
	13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85
Aşınma ↓ Binder ↑		Aşınma ↓ B. Temel ↑		Aşınma ↓ PMT ↑		Binder ↓ Aşınma ↑		Binder ↓ B. Temel ↑		Binder ↓ PMT ↑		B. Temel ↓ Aşınma ↑		B. Temel ↓ Binder ↑		B. Temel ↓ PMT ↑		PMT ↓ A. Temel ↑	
Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN	Tab. Kal.	SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1	5	2.1	6.71	2.82	5	2.1	5	2.1	5	2.1
10.10	4.04	8	3.2	8	3.2	6	2.4	6	2.4	6	2.4	8	3.2	9.8	3.92	8	3.2	8	3.2
10	3.6	12.33	4.44	10	3.6	10	3.6	12.22	4.4	10	3.6	8	2.88	8.0	2.88	8.0	2.88	10	3.6
20	3	20	3	25.6	3.84	20	3	20	3	25.33	3.8	20	3	20	3	24.80	3.72	18	2.7
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	17.31	2.25
	13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85		13.85

EK 3. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=%70, T_{8,2}=80-110 milyon)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
5.5	2.31	5.5	2.31	5.5	2.31	4.52	1.9	5	2.1
7.48	2.99	8	3.2	8	3.2	8.5	3.4	8.5	3.4
12	4.32	11.42	4.11	12	4.32	12	4.32	11.44	4.12
20	3	20	3	20	3	20	3	18.67	2.8
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4.5	1.89	4.5	1.89	4.5	1.89	5.48	2.3	5	2.1
8.53	3.41	8	3.2	8	3.2	7.5	3	7.5	3
12	4.32	12.58	4.53	12	4.32	12.58	4.52	12	4.32
20	3	20	3	21.4	3.21	20	3	21.33	3.2
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6	2.52	6	2.52	6	2.52	4.05	1.7	5	2.1
6.95	2.78	8	3.2	8	3.2	9	3.6	9	3.6
12	4.32	10.83	3.9	12	4.32	12	4.32	10.89	3.92
20	3	20	3	17.2	2.58	20	3	17.33	2.6
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4	1.68	4	1.68	4	1.68	5.95	2.5	5	2.1
9.05	3.62	8	3.2	8	3.2	7	2.8	7	2.8
12	4.32	13.17	4.74	12	4.32	12	4.32	13.11	4.72
20	3	20	3	22.8	3.42	20	3	22.57	3.4
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6.5	2.73	6.5	2.73	6.5	2.73	3.57	1.5	5	2.1
6.43	2.57	8	3.2	8	3.2	9.5	3.8	9.5	3.8
12	4.32	10.25	3.69	12	4.32	12	4.32	10.33	3.72
20	3	20	3	15.8	2.37	20	3	16.00	2.4
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3.5	1.47	3.5	1.47	3.5	1.47	6.43	2.7	5	2.1
9.58	3.83	8	3.2	8	3.2	6.5	2.6	6.5	2.6
12	4.32	13.75	4.95	12	4.32	12	4.32	13.67	4.92
20	3	20	3	24.2	3.63	20	3	24.00	3.6
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
7	2.94	7	2.94	7	2.94	3.10	1.3	5	2.1
5.90	2.36	8	3.2	8	3.2	10	4	10	4
12	4.32	9.67	3.48	12	4.32	9.78	3.52	12	4.32
20	3	20	3	14.4	2.16	20	3	14.67	2.2
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1
10.10	4.04	8	3.2	8	3.2	6	2.4	6	2.4
12	4.32	14.33	5.16	12	4.32	14.22	5.12	12	4.32
20	3	20	3	25.6	3.84	20	3	25.33	3.8
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57	14.57

EK 4. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=%70, T_{8,2}=145-185 milyon)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
5.5	2.31	5.5	2.31	5.5	2.31	4.52	1.9	5	2.1
9.48	3.79	10	4	10	4	10.5	4.2	10.5	4.2
12	4.32	11.42	4.11	12	4.32	12	4.32	12.5	4.5
20	3	20	3	18.6	2.79	20	3	20	3
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4.5	1.89	4.5	1.89	4.5	1.89	5.48	2.3	5	2.1
10.53	4.21	10	4	10	4	9.5	3.8	9.5	3.8
12	4.32	12.58	4.53	12	4.32	12.58	4.52	12	4.32
20	3	20	3	21.4	3.21	20	3	21.33	3.2
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↓ PMT ↓	Binder ↓ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6	2.52	6	2.52	6	2.52	4.05	1.7	5	2.1
8.95	3.58	10	4	10	4	11	4.4	11	4.4
12	4.32	10.83	3.9	12	4.32	10.83	3.92	12	4.32
20	3	20	3	17.2	2.58	20	3	17.33	2.6
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4	1.68	4	1.68	4	1.68	5.95	2.5	5	2.1
11.05	4.42	10	4	10	4	9	3.6	9	3.6
12	4.32	13.17	4.74	12	4.32	13.11	4.72	12	4.32
20	3	20	3	22.8	3.42	20	3	22.67	3.4
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6.5	2.73	6.5	2.73	6.5	2.73	3.57	1.5	5	2.1
8.43	3.37	10	4	10	4	11.5	4.6	11.5	4.6
12	4.32	10.25	3.69	12	4.32	10.33	3.72	12	4.32
20	3	20	3	15.8	2.37	20	3	16.00	2.4
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3.5	1.47	3.5	1.47	3.5	1.47	6.43	2.7	5	2.1
11.58	4.63	10	4	10	4	8.5	3.4	8.5	3.4
12	4.32	13.75	4.95	12	4.32	13.67	4.92	12	4.32
20	3	20	3	24.2	3.63	20	3	24.00	3.6
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
7	2.94	7	2.94	7	2.94	3.10	1.3	5	2.1
7.90	3.16	10	4	10	4	12	4.8	12	4.8
12	4.32	9.67	3.48	12	4.32	9.78	3.52	12	4.32
20	3	20	3	14.4	2.16	20	3	14.67	2.2
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1
12.10	4.84	10	4	10	4	8	3.2	8	3.2
12	4.32	14.33	5.16	12	4.32	14.22	5.12	12	4.32
20	3	20	3	25.6	3.84	20	3	25.33	3.8
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37	15.37

EK 5. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=%70, T_{8,2}=250 milyon)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
5.5	2.31	5.5	2.31	5.5	2.31	4.52	1.9	5	2.1
5.48	2.19	6	2.4	6	2.4	6.5	2.6	6.5	2.6
8	2.88	7.42	2.67	8	2.88	7.44	2.68	8	2.88
15	2.25	15	2.25	13.6	2.04	15	2.25	13.67	2.05
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4.5	1.89	4.5	1.89	4.5	1.89	5.48	2.3	5	2.1
6.53	2.61	6	2.4	6	2.4	5.5	2.2	5.5	2.2
8	2.88	8.58	3.09	8	2.88	8.58	3.08	8	2.88
15	2.25	15	2.25	16.4	2.46	15	2.25	16.33	2.45
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↓ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6	2.52	6	2.52	6	2.52	4.05	1.7	5	2.1
4.95	1.98	6	2.4	6	2.4	7	2.8	7	2.8
8	2.88	6.83	2.46	8	2.88	6.89	2.48	8	2.88
15	2.25	15	2.25	12.2	1.83	15	2.25	12.33	1.85
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4	1.68	4	1.68	4	1.68	5.95	2.5	5	2.1
7.05	2.82	6	2.4	6	2.4	5	2	5	2
8	2.88	9.17	3.3	8	2.88	9.11	3.28	8	2.88
15	2.25	15	2.25	17.8	2.67	15	2.25	17.67	2.65
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↓ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6.5	2.73	6.5	2.73	6.5	2.73	3.57	1.5	5	2.1
4.43	1.77	6	2.4	6	2.4	7.5	3	7.5	3
8	2.88	6.25	2.25	8	2.88	6.33	2.28	8	2.88
15	2.25	15	2.25	10.8	1.62	15	2.25	11.00	1.65
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3.5	1.47	3.5	1.47	3.5	1.47	6.43	2.7	5	2.1
7.58	3.03	6	2.4	6	2.4	4.5	1.8	4.5	1.8
8	2.88	9.75	3.51	8	2.88	9.67	3.48	8	2.88
15	2.25	15	2.25	19.2	2.88	15	2.25	19.00	2.85
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↓ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
7	2.94	7	2.94	7	2.94	3.10	1.3	5	2.1
3.90	1.56	6	2.4	6	2.4	8	3.2	8	3.2
8	2.88	5.67	2.04	8	2.88	5.78	2.08	8	2.88
15	2.25	15	2.25	9.4	1.41	15	2.25	9.67	1.45
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1
8.10	3.24	6	2.4	6	2.4	4	1.6	4	1.6
8	2.88	10.33	3.72	8	2.88	10.22	3.68	8	2.88
15	2.25	15	2.25	20.6	3.09	15	2.25	20.33	3.05
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71

EK 6. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=%85, T_{8,2}=3-15 milyon)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
5.5	2.31	5.5	2.31	5.5	2.31	4.52	1.9	5	2.1
6.48	2.59	7	2.8	7	2.8	7.5	3	7.5	3
10	3.6	9.42	3.39	10	3.6	10	3.6	10.5	3.78
20	3	20	3	18.6	2.79	20	3	20	3
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	13.45		13.45		13.45		13.45		13.45
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4.5	1.89	4.5	1.89	4.5	1.89	5.48	2.3	5	2.1
7.53	3.01	7	2.8	7	2.8	6.5	2.6	6.5	2.6
10	3.6	10.58	3.81	10	3.6	10.58	3.8	10	3.6
20	3	20	3	21.4	3.21	20	3	21.33	3.2
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	13.45		13.45		13.45		13.45		13.45
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6	2.52	6	2.52	6	2.52	4.05	1.7	5	2.1
5.95	2.38	7	2.8	7	2.8	8	3.2	8	3.2
10	3.6	8.83	3.18	10	3.6	8.89	3.2	10	3.6
20	3	20	3	17.2	2.58	20	3	20	3
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	13.45		13.45		13.45		13.45		13.45
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4	1.68	4	1.68	4	1.68	5.95	2.5	5	2.1
8.05	3.22	7	2.8	6	2.4	6	2.4	7	2.8
10	3.6	11.17	4.02	10	3.6	11.11	4	10	3.6
20	3	20	3	22.8	3.42	20	3	22.67	3.4
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	13.45		13.45		13.45		13.45		13.45
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6.5	2.73	6.5	2.73	6.5	2.73	3.57	1.5	5	2.1
5.43	2.17	7	2.8	8.5	3.4	8.5	3.4	8.5	3.4
10	3.6	8.25	2.97	10	3.6	8.33	3	10	3.6
20	3	20	3	15.8	2.37	20	3	16.00	2.4
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	13.45		13.45		13.45		13.45		13.45
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3.5	1.47	3.5	1.47	3.5	1.47	6.43	2.7	5	2.1
8.58	3.43	7	2.8	7	2.8	5.5	2.2	5.5	2.2
10	3.6	11.75	4.23	10	3.6	11.67	4.2	10	3.6
20	3	20	3	24.2	3.63	20	3	24.00	3.6
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	13.45		13.45		13.45		13.45		13.45
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
7	2.94	7	2.94	7	2.94	3.10	1.3	5	2.1
4.90	1.96	7	2.8	9	3.6	9	3.6	9	3.6
10	3.6	7.67	2.76	10	3.6	7.78	2.8	10	3.6
20	3	20	3	14.4	2.16	20	3	14.67	2.2
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	13.45		13.45		13.45		13.45		13.45
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1
9.10	3.64	7	2.8	7	2.8	5	2	5	2
10	3.6	12.33	4.44	10	3.6	12.22	4.4	10	3.6
20	3	20	3	25.6	3.84	20	3	25.33	3.8
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	13.45		13.45		13.45		13.45		13.45

EK 7. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=%85, T_{8,2}=25-35 milyon)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
5.5	2.31	5.5	2.31	5.5	2.31	4.52	1.9	5	2.1
7.48	2.99	8	3.2	8	3.2	8.5	3.4	8.5	3.4
12	4.32	11.42	4.11	12	4.32	12	4.32	12.5	4.5
20	3	20	3	18.6	2.79	20	3	20	3
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4.5	1.89	4.5	1.89	4.5	1.89	5.48	2.3	5	2.1
8.53	3.41	8	3.2	8	3.2	7.5	3	7.5	3
12	4.32	12.58	4.53	12	4.32	12	4.32	12.58	4.52
20	3	20	3	21.4	3.21	20	3	21.33	3.2
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↓ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6	2.52	6	2.52	6	2.52	4.05	1.7	5	2.1
6.95	2.78	8	3.2	8	3.2	9	3.6	9	3.6
12	4.32	10.83	3.9	12	4.32	12	4.32	10.89	3.92
20	3	20	3	17.2	2.58	20	3	17.33	2.6
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4	1.68	4	1.68	4	1.68	5.95	2.5	5	2.1
9.05	3.62	8	3.2	8	3.2	7	2.8	7	2.8
12	4.32	13.17	4.74	12	4.32	12	4.32	13.11	4.72
20	3	20	3	22.8	3.42	20	3	22.67	3.4
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6.5	2.73	6.5	2.73	6.5	2.73	3.57	1.5	5	2.1
6.43	2.57	8	3.2	8	3.2	9.5	3.8	9.5	3.8
12	4.32	10.25	3.69	12	4.32	12	4.32	10.33	3.72
20	3	20	3	15.8	2.37	20	3	16.00	2.4
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3.5	1.47	3.5	1.47	3.5	1.47	6.43	2.7	5	2.1
9.58	3.83	8	3.2	8	3.2	6.5	2.6	6.5	2.6
12	4.32	13.75	4.95	12	4.32	12	4.32	13.67	4.92
20	3	20	3	24.2	3.63	20	3	24.00	3.6
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
7	2.94	7	2.94	7	2.94	3.10	1.3	5	2.1
5.90	2.36	8	3.2	8	3.2	10	4	10	4
12	4.32	9.67	3.48	12	4.32	9.78	3.52	12	4.32
20	3	20	3	14.4	2.16	20	3	14.67	2.2
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1
10.10	4.04	8	3.2	8	3.2	6	2.4	6	2.4
12	4.32	14.33	5.16	12	4.32	14.22	5.12	12	4.32
20	3	20	3	25.6	3.84	20	3	25.33	3.8
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1
10.10	4.04	8	3.2	8	3.2	6	2.4	6	2.4
12	4.32	14.33	5.16	12	4.32	14.22	5.12	12	4.32
20	3	20	3	25.6	3.84	20	3	25.33	3.8
16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08	16	2.08
14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7

EK 8. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=%85, T_{8,2}=60-75 milyon)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
5.5	2.31	5.5	2.31	5.5	2.31	4.52	1.9	5	2.1
9.47	3.79	10	4	10	4	10.5	4.2	10.5	4.2
13	4.68	12.42	4.47	13	4.68	13	4.68	13.5	4.86
20	3	20	3	18.6	2.79	20	3	18.6	2.82
18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34
16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4.5	1.89	4.5	1.89	4.5	1.89	5.48	2.3	5	2.1
10.53	4.21	10	4	10	4	9.5	3.8	9.5	3.8
13	4.68	13.58	4.89	13	4.68	13	4.68	13.58	4.88
20	3	20	3	21.4	3.21	20	3	21.33	3.2
18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34
16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↓ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6	2.52	6	2.52	6	2.52	4.05	1.7	5	2.1
8.95	3.58	10	4	10	4	11	4.4	11	4.4
13	4.68	11.83	4.26	13	4.68	13	4.68	11.83	4.28
20	3	20	3	17.2	2.58	20	3	17.33	2.6
18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34
16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4	1.68	4	1.68	4	1.68	5.95	2.5	5	2.1
11.05	4.42	10	4	10	4	9	3.6	9	3.6
13	4.68	14.17	5.1	13	4.68	13	4.68	14.11	5.08
20	3	20	3	22.8	3.42	20	3	22.67	3.4
18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34
16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6.5	2.73	6.5	2.73	6.5	2.73	3.57	1.5	5	2.1
8.42	3.37	10	4	10	4	11.5	4.6	11.5	4.6
13	4.68	11.25	4.05	13	4.68	13	4.68	11.33	4.08
20	3	20	3	15.8	2.37	20	3	16.00	2.4
18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34
16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3.5	1.47	3.5	1.47	3.5	1.47	6.43	2.7	5	2.1
11.58	4.63	10	4	10	4	8.5	3.4	8.5	3.4
13	4.68	14.75	5.31	13	4.68	13	4.68	14.67	5.28
20	3	20	3	24.2	3.63	20	3	24.00	3.6
18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34
16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
7	2.94	7	2.94	7	2.94	3.10	1.3	5	2.1
7.90	3.16	10	4	10	4	12	4.8	12	4.8
13	4.68	10.67	3.84	13	4.68	13	4.68	10.78	3.88
20	3	20	3	14.4	2.16	20	3	14.67	2.2
18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34
16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1
12.10	4.84	10	4	10	4	8	3.2	8	3.2
13	4.68	15.33	5.52	13	4.68	13	4.68	15.22	5.48
20	3	20	3	25.6	3.84	20	3	25.33	3.8
18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34	18	2.34
16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12	16.12

EK 9. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=0%85, T_{8,2}=125-150 milyon)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
5.5	2.31	5.5	2.31	5.5	2.31	4.52	1.9	5	2.1
11.48	4.59	12	4.8	12	4.8	12.5	5	12	4.8
14	5.04	13.42	4.83	14	5.04	14	5.04	14.5	5.22
20	3	20	3	18.6	2.79	20	3	20	3
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4.5	1.89	4.5	1.89	4.5	1.89	5.48	2.3	5	2.1
12.53	5.01	12	4.8	12	4.8	11.5	4.6	11.5	4.6
14	5.04	14.58	5.25	14	5.04	14.58	5.24	14	5.04
20	3	20	3	21.4	3.21	20	3	21.33	3.2
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↓ PMT ↓	Binder ↓ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↓ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6	2.52	6	2.52	6	2.52	4.05	1.7	5	2.1
10.95	4.38	12	4.8	12	4.8	13	5.2	13	5.2
14	5.04	12.83	4.62	14	5.04	14	5.04	14	5.04
20	3	20	3	17.2	2.58	20	3	17.33	2.6
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4	1.68	4	1.68	4	1.68	5.95	2.5	5	2.1
13.05	5.22	12	4.8	12	4.8	11	4.4	11	4.4
14	5.04	15.17	5.46	14	5.04	14	5.04	15.11	5.44
20	3	20	3	22.8	3.42	20	3	22.67	3.4
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↓ PMT ↓	Binder ↓ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↓ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6.5	2.73	6.5	2.73	6.5	2.73	3.57	1.5	5	2.1
10.43	4.17	12	4.8	12	4.8	13.5	5.4	13.5	5.4
14	5.04	12.25	4.41	14	5.04	12.33	4.44	14	5.04
20	3	20	3	15.8	2.37	20	3	16.00	2.4
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3.5	1.47	3.5	1.47	3.5	1.47	6.43	2.7	5	2.1
13.58	5.43	12	4.8	12	4.8	10.5	4.2	10.5	4.2
14	5.04	15.75	5.67	14	5.04	14	5.04	15.67	5.64
20	3	20	3	24.2	3.63	20	3	24.00	3.6
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↓ PMT ↓	Binder ↓ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↓ Aşınma ↓	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
7	2.94	7	2.94	7	2.94	3.10	1.3	5	2.1
9.90	3.96	12	4.8	12	4.8	14	5.6	14	5.6
14	5.04	11.67	4.2	14	5.04	11.78	4.24	14	5.04
20	3	20	3	14.4	2.16	20	3	14.67	2.2
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1
14.10	5.64	12	4.8	12	4.8	10	4	10	4
14	5.04	16.33	5.88	14	5.04	16.22	5.84	14	5.04
20	3	20	3	25.6	3.84	20	3	25.33	3.8
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15	17.15

EK 10. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=%85, T_{8,2}=250 milyon)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
5.5	2.31	5.5	2.31	5.5	2.31	4.52	1.9	5	2.1
5.47	2.19	6	2.4	6	2.4	6.5	2.6	6.5	2.6
8	2.88	7.42	2.67	8	2.88	8	2.88	7.44	2.68
20	3	20	3	20	3	20	3	20	3
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4.5	1.89	4.5	1.89	4.5	1.89	5.48	2.3	5	2.1
6.53	2.61	6	2.4	6	2.4	5.5	2.2	5.5	2.2
8	2.88	8.58	3.09	8	2.88	8.58	3.08	8	2.88
20	3	20	3	20	3	20	3	20	3
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6	2.52	6	2.52	6	2.52	4.05	1.7	5	2.1
4.95	1.98	6	2.4	6	2.4	7	2.8	7	2.8
8	2.88	6.83	2.46	8	2.88	8	2.88	6.89	2.48
20	3	20	3	20	3	20	3	20	3
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4	1.68	4	1.68	4	1.68	5.95	2.5	5	2.1
7.05	2.82	6	2.4	6	2.4	5	2	5	2
8	2.88	9.17	3.3	8	2.88	9.11	3.28	8	2.88
20	3	20	3	20	3	20	3	20	3
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6.5	2.73	6.5	2.73	6.5	2.73	3.57	1.5	5	2.1
4.43	1.77	6	2.4	6	2.4	7.5	3	7.5	3
8	2.88	6.25	2.25	8	2.88	6.33	2.28	8	2.88
20	3	20	3	20	3	20	3	20	3
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
10	11	12	13	14	15	16	17	18	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3.5	1.47	3.5	1.47	3.5	1.47	6.43	2.7	5	2.1
7.58	3.03	6	2.4	6	2.4	4.5	1.8	4.5	1.8
8	2.88	9.75	3.51	8	2.88	9.67	3.48	8	2.88
20	3	20	3	20	3	20	3	20	3
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
7	2.94	7	2.94	7	2.94	3.10	1.3	5	2.1
3.9	1.56	6	2.4	6	2.4	8	3.2	8	3.2
8	2.88	5.62	2.04	8	2.88	5.78	2.08	8	2.88
20	3	20	3	20	3	20	3	20	3
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1
8.1	3.24	6	2.4	6	2.4	4	1.6	4	1.6
8	2.88	10.33	3.72	8	2.88	10.22	3.68	8	2.88
20	3	20	3	20	3	20	3	20	3
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33

EK 11. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=%95, T_{8,2}=3-10 milyon)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↓	Binder ↓ PMT ↓	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↓	B. Temel ↓ PMT ↓	PMT ↓ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
5.5	2.31	5.5	2.31	5.5	2.31	4.52	1.9	5	2.1
7.48	2.99	8	3.2	8	3.2	8.5	3.4	8.5	3.4
11	3.96	10.42	3.75	11	3.96	10.44	3.76	11	3.96
20	3	20	3	18.6	2.79	20	3	18.67	2.8
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	14.21		14.21		14.21		14.21		14.21
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4.5	1.89	4.5	1.89	4.5	1.89	5.48	2.3	5	2.1
8.53	3.41	8	3.2	8	3.2	7.5	3	7.5	3
11	3.96	11.58	4.17	11	3.96	11	3.96	11.56	4.16
20	3	20	3	21.4	3.21	20	3	21.33	3.2
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	14.21		14.21		14.21		14.21		14.21
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4	1.68	4	1.68	4	1.68	5.95	2.5	5	2.1
9.05	3.62	8	3.2	8	3.2	7	2.8	7	2.8
11	3.96	12.17	4.38	11	3.96	12.11	4.36	11	3.96
20	3	20	3	22.8	3.42	20	3	22.67	3.4
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	14.21		14.21		14.21		14.21		14.21
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6.5	2.73	6.5	2.73	6.5	2.73	3.57	1.5	5	2.1
6.43	2.57	8	3.2	8	3.2	9.5	3.8	9.5	3.8
11	3.96	9.25	3.33	11	3.96	9.33	3.36	11	3.96
20	3	20	3	15.80	2.37	20	3	16.00	2.4
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	14.21		14.21		14.21		14.21		14.21
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3.5	1.47	3.5	1.47	3.5	1.47	6.43	2.7	5	2.1
9.58	3.83	8	3.2	8	3.2	6.5	2.6	6.5	2.6
11	3.96	12.75	4.59	11	3.96	12.67	4.56	11	3.96
20	3	20	3	24.2	3.63	20	3	24.00	3.6
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	14.21		14.21		14.21		14.21		14.21
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
7	2.94	7	2.94	7	2.94	3.16	1.3	5	2.1
5.90	2.36	8	3.2	8	3.2	10	4	10	4
11	3.96	8.67	3.12	11	3.96	8.78	3.16	11	3.96
20	3	20	3	14.40	2.16	20	3	14.67	2.2
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	14.21		14.21		14.21		14.21		14.21
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1
10.10	4.04	8	3.2	8	3.2	6	2.4	6	2.4
11	3.96	13.33	4.8	11	3.96	13.22	4.76	11	3.96
20	3	20	3	25.6	3.84	20	3	25.33	3.8
15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95	15	1.95
	14.21		14.21		14.21		14.21		14.21

EK 12. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=%95, T_{8,2}=25-30 milyon)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
5.5	2.31	5.5	2.31	5.5	2.31	4.52	1.9	5	2.1
9.48	3.79	10	4	10	4	10.5	4.2	10.5	4.2
12	4.32	11.42	4.11	12	4.32	12	4.32	12.5	4.5
20	3	20	3	18.6	2.79	20	3	20	3
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4.5	1.89	4.5	1.89	4.5	1.89	5.48	2.3	5	2.1
10.53	4.21	10	4	10	4	9.5	3.8	9.5	3.8
12	4.32	12.58	4.53	12	4.32	12.58	4.52	12	4.32
20	3	20	3	21.4	3.21	20	3	21.33	3.2
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6	2.52	6	2.52	6	2.52	4.05	1.7	5	2.1
8.95	3.58	10	4	10	4	11	4.4	11	4.4
12	4.32	10.83	3.9	12	4.32	12	4.32	10.89	3.92
20	3	20	3	17.2	2.58	20	3	17.33	2.6
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4	1.68	4	1.68	4	1.68	5.95	2.5	5	2.1
11.05	4.42	10	4	10	4	9	3.6	9	3.6
12	4.32	13.17	4.74	12	4.32	12	4.32	13.11	4.72
20	3	20	3	22.8	3.42	20	3	22.67	3.4
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6.5	2.73	6.5	2.73	6.5	2.73	3.57	1.5	5	2.1
8.42	3.37	10	4	10	4	11.5	4.6	11.5	4.6
12	4.32	10.25	3.69	12	4.32	12	4.32	10.33	3.72
20	3	20	3	15.8	2.37	20	3	16.00	2.4
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3.5	1.47	3.5	1.47	3.5	1.47	6.43	2.7	5	2.1
11.58	4.63	10	4	10	4	8.5	3.4	8.5	3.4
12	4.32	13.75	4.95	12	4.32	12	4.32	13.67	4.92
20	3	20	3	24.2	3.63	20	3	24.00	3.6
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
7	2.94	7	2.94	7	2.94	3.10	1.3	5	2.1
7.9	3.16	10	4	10	4	12	4.8	12	4.8
12	4.32	9.67	3.48	12	4.32	12	4.32	9.78	3.52
20	3	20	3	14.4	2.16	20	3	14.67	2.2
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1
12.1	4.84	10	4	10	4	8	3.2	8	3.2
12	4.32	14.33	5.16	12	4.32	12	4.32	14.22	5.12
20	3	20	3	25.6	3.84	20	3	25.33	3.8
17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21	17	2.21
15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63

EK 13. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=%95, T_{8,2}=50-65 milyon)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
5.5	2.31	5.5	2.31	5.5	2.31	4.52	1.9	5	2.1
10.48	4.19	11	4.4	11	4.4	11.5	4.6	11.5	4.6
14	5.04	13.42	4.83	14	5.04	13.44	4.84	14	5.04
20	3	20	3	20	3	18.67	2.79	20	3
20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6
17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4.5	1.89	4.5	1.89	4.5	1.89	5.48	2.3	5	2.1
11.53	4.61	11	4.4	11	4.4	10.5	4.2	10.5	4.2
14	5.04	14.58	5.25	14	5.04	14.58	5.24	14	5.04
20	3	20	3	21.4	3.21	20	3	21.33	3.2
20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6
17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6	2.52	6	2.52	6	2.52	4.05	1.7	5	2.1
9.95	3.98	11	4.4	11	4.4	12	4.8	12	4.8
14	5.04	12.83	4.62	14	5.04	12.89	4.64	14	5.04
20	3	20	3	17.2	2.58	20	3	17.33	2.6
20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6
17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14
10	11	12	13	14	15	16	17	18	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4	1.68	4	1.68	4	1.68	5.95	2.5	5	2.1
12.05	4.82	11	4.4	11	4.4	10	4	10	4
14	5.04	15.17	5.46	14	5.04	15.11	5.44	14	5.04
20	3	20	3	22.8	3.42	20	3	22.67	3.4
20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6
17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6.5	2.73	6.5	2.73	6.5	2.73	3.57	1.5	5	2.1
9.43	3.77	11	4.4	11	4.4	12.5	5	12.5	5
14	5.04	12.25	4.41	14	5.04	12.33	4.44	14	5.04
20	3	20	3	15.8	2.37	20	3	16.00	2.4
20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6
17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3.5	1.47	3.5	1.47	3.5	1.47	6.43	2.7	5	2.1
12.58	5.03	11	4.4	11	4.4	9.5	3.8	9.5	3.8
14	5.04	15.75	5.67	14	5.04	15.67	5.64	14	5.04
20	3	20	3	24.2	3.63	20	3	24.00	3.6
20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6
17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
7	2.94	7	2.94	7	2.94	3.10	1.3	5	2.1
8.90	3.56	11	4.4	11	4.4	13	5.2	13	5.2
14	5.04	11.67	4.2	14	5.04	11.78	4.24	14	5.04
20	3	20	3	14.4	2.16	20	3	14.67	2.2
20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6
17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1
13.1	5.24	11	4.4	11	4.4	9	3.6	9	3.6
14	5.04	16.33	5.88	14	5.04	16.22	5.84	14	5.04
20	3	20	3	25.6	3.84	20	3	25.33	3.8
20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6	20	2.6
17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14	17.14

EK 14. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=%95, T_{8,2}=100-130 milyon)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↓ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
5.5	2.31	5.5	2.31	5.5	2.31	4.52	1.9	5	2.1
12.48	4.99	13	5.2	13	5.2	13.5	5.4	13.5	5.4
15	5.4	14.42	5.19	15	5.4	14.44	5.2	15	5.4
20	3	20	3	18.6	2.79	20	3	20	3
22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86
18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4.5	1.89	4.5	1.89	4.5	1.89	5.48	2.3	5	2.1
13.53	5.41	13	5.2	13	5.2	12.5	5	12.5	5
15	5.4	15.58	5.61	15	5.4	15.56	5.6	15	5.4
20	3	20	3	21.4	3.21	20	3	21.33	3.2
22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86
18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↓ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6	2.52	6	2.52	6	2.52	4.05	1.7	5	2.1
11.95	4.78	13	5.2	13	5.2	14	5.6	14	5.6
15	5.4	13.83	4.98	15	5.4	13.89	5	15	5.4
20	3	20	3	17.2	2.58	20	3	17.33	2.6
22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86
18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
4	1.68	4	1.68	4	1.68	5.95	2.5	5	2.1
14.05	5.62	13	5.2	13	5.2	12	4.8	12	4.8
15	5.4	16.17	5.82	15	5.4	16.11	5.8	15	5.4
20	3	20	3	22.8	3.42	20	3	22.67	3.4
22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86
18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
6.5	2.73	6.5	2.73	6.5	2.73	3.57	1.5	5	2.1
11.43	4.57	13	5.2	13	5.2	14.5	5.8	14.5	5.8
15	5.4	13.25	4.77	15	5.4	13.33	4.8	15	5.4
20	3	20	3	15.8	2.37	20	3	16.00	2.4
22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86
18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3.5	1.47	3.5	1.47	3.5	1.47	6.43	2.7	5	2.1
14.58	5.83	13	5.2	13	5.2	11.5	4.6	11.5	4.6
15	5.4	16.75	6.03	15	5.4	16.67	6	15	5.4
20	3	20	3	24.2	3.63	20	3	24	3.6
22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86
18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aşınma ↑ Binder ↓	Aşınma ↑ B. Temel ↓	Aşınma ↑ PMT ↓	Binder ↑ Aşınma ↓	Binder ↑ B. Temel ↓	Binder ↑ PMT ↓	B. Temel ↑ Aşınma ↓	B. Temel ↑ Binder ↓	B. Temel ↑ PMT ↓	PMT ↑ A. Temel ↓
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
7	2.94	7	2.94	7	2.94	3.10	1.3	5	2.1
10.90	4.36	13	5.2	13	5.2	15	6	15	6
15	5.4	12.67	4.56	15	5.4	12.78	4.6	15	5.4
20	3	20	3	14.4	2.16	20	3	14.67	2.2
22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86
18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aşınma ↓ Binder ↑	Aşınma ↓ B. Temel ↑	Aşınma ↓ PMT ↑	Binder ↓ Aşınma ↑	Binder ↓ B. Temel ↑	Binder ↓ PMT ↑	B. Temel ↓ Aşınma ↑	B. Temel ↓ Binder ↑	B. Temel ↓ PMT ↑	PMT ↓ A. Temel ↑
Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN	Tab. Kal. SN
3	1.26	3	1.26	3	1.26	6.90	2.9	5	2.1
15.10	6.04	13	5.2	13	5.2	11	4.4	11	4.4
15	5.4	17.33	6.24	15	5.4	17.22	6.2	15	5.4
20	3	20	3	25.6	3.84	20	3	25.33	3.8
22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86	22	2.86
18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56	18.56

EK 15. Varyasyonlardaki kalınlık (0,5-1,0-1,5-2,0) değişimi (R=%95, T_{8,2}=200-250 milyon)