

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜSTYAPI TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Metehan İNCEGÜL
(501021323)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26 Nisan 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 18 Mayıs 2004

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Güven ÖZTAŞ

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Emine AĞAR (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Zerrin BAYRAKDAR (Y.T.Ü.)

MAYIS 2004

ÖNSÖZ

Her gün gelişen Dünya’da değişen teknoloji ile birlikte kişisel bilgisayarlar yaşamımızın parçası haline gelmiştir. Bilgisayar, hesaplamalarda hız, insan kaynaklı hatalarda azalma, zamandan tasarruf gibi birçok faydayı da beraberinde getirmektedir.

Bu çalışmada, yeni yapılacak karayolları esnek üstyapıları tasarımı ile ilgili bilgiler incelenmiş, bir projelendirme yöntemi olan AASHO-72 esnek üstyapı projelendirme yöntemi anlatılmış, yöntem kapsamlı bir bilgisayar programı tasarlanıp kodlanarak, program parametrelerinin bulunması, programa girilmesi, sonuçlarının değerlendirmesi, tabaka kalınlıklarının bulunması ve kontrol konuları incelenmiştir.

Sunulan bu çalışmanın esas amacı, ülkemizde halen üstyapı hesaplama yöntemi olarak kullanılmakta olan AASHO 72 yöntemi ile yapılan hesapların bilgisayar ortamına taşınması, üst yapı tasarımı yapılacak olan yolda, değişen parametreler sebebi ile her farklı parametre için yeniden yapılması gereken hesaplamaların, hatasız, kısa zamanda, anlaşılır şekilde programı kullanan mühendisin takdirine sunulmasıdır.

Yapılan bu çalışmada sonsuz yardım ve desteğinden dolayı danışmanım sayın Prof. Dr. Güven ÖZTAŞ’a şükranlarımı sunarım. Ayrıca tüm eğitim yaşamım boyunca her türlü desteğini bir an bile üzerimden eksik etmeyen anneme ve babama teşekkürü borç bilirim.

Mayıs 2004

İnş. Müh. Metehan İNCEGÜL

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam	1
1.2 Yöntem	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1 Giriş	2
2.2 Üstyapı Tipleri	2
2.3 Üstyapıya Gelen Yükler	2
2.4 Esnek Üstyapılarda Gerilme Dağılımı	3
3. YOL ÜSTYAPISININ PROJELENDİRİLMESİ	5
3.1 Giriş	5
3.2 Aasho Yöntemi	5
3.3 Parametreler	6
3.3.1 Son Hizmet Yeteneği Endeksi (Pt)	6
3.3.2 Taban Zemini Taşıma Değeri (Si)	7
3.3.3 Bölge Faktörü (R)	9
3.3.4 Yön Faktörünün Belirlenmesi	10
3.3.5 Şerit Faktörü	10
3.4 Program Arayüzü ve Teknik Verilerin Programa Girilmesi	11
3.5 Proje Trafiğinin Hesaplanması	14
3.6 Trafik Değerlerinin Programa Girilmesi	15
3.7 Taşıt Eşdeğerlik Faktörü	18
3.8 Toplam Eşdeğer Tek Dingil Yüğü Tekerrür Sayısının Hesaplanması	18
3.9 Üstyapı Sayısının (SN) Bulunması	18

3.10 AASHO Yol Deneyi Formülü	21
3.11 SN Değerinin Program Tarafından Hesaplanması	21
3.12 Tabaka Katsayıları	27
3.13 Programda Tabakaların Seçilmesi ve Hesabı	25
3.14 Alt Temel Olasılıklarının Belirlenmesi	28
3.15 Tabaka Kalınlıklarının Kontrolü	31
3.16 Program ile Kalınlıkların Kontrolü	32
4. PROGRAM SONUÇLARININ ABAK ÇÖZÜMÜ İLE KARŞILAŞTIRILMASI	35
4.1 Giriş	35
4.2 Örnek Proje	35
4.2.1. Örnek Projenin Hesap Makinesi ve Abak Kullanarak Çözümü	35
4.2.2. Örnek Projenin Program ile Çözümü	37
4.3 Örnek Proje Sonuçlarının Karşılaştırılması	46
5 SONUÇLAR VE TARTIŞMA	47
KAYNAKLAR	48
EKLER	49
ÖZGEÇMİŞ	50

KISALTMALAR

AASHO	: Amerikan Devlet Karayolları Görevlileri Birlięi
CBR	: Kaliforniya Taşıma Oranı
YOGT	: Yıllık Ortalama Günlük Trafik



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Son Hizmet Yeteneği Endeksinin seđimi.....	7
Tablo 3.2. Taban Zemini Proje Emniyet Yüzdesi Seđimi.....	8
Tablo 3.3. Zemin Türüne Göre Bölge Faktörü.....	9
Tablo 3.4. Şerit Dağıtma Faktörü.....	10
Tablo 3.5. Taşıt Eşdeğerlik Faktörleri.....	18
Tablo 3.6. Tabaka Katsayıları I	24
Tablo 3.7. Tabaka Katsayıları II.....	25
Tablo 4.1. Örnek Proje Verileri.....	35
Tablo 4.2. Örnek Proje Sonuç Tablosu.....	36

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Pnömatik Bandaj Altında Üstyapı Deformasyonu.....	3
Şekil 2.2 : Tek Bandaj Etkisi İle Oluşan Gerilmeler.....	3
Şekil 2.3 : Tandem Bandaj Etkisi İle Oluşan Gerilmeler.....	4
Şekil 2.4 : Esnek Üstyapılarda Gerilme Dağılışı.....	4
Şekil 3.1 : Aasho Yol Test Alanı.....	5
Şekil 3.2 : Aasho Test Yolu.....	6
Şekil 3.3 : CBR- S_i Dönüştürme Abağı.....	8
Şekil 3.4 : Seçim Menüsü.....	11
Şekil 3.5 : Yeni Proje Ekranı.....	12
Şekil 3.6 : Hatalı Veri Giriş Uyarı Ekranı.....	13
Şekil 3.7 : Trafik Değerleri Giriş Ekranı.....	15
Şekil 3.8 : Trafik Değerleri.....	16
Şekil 3.9 : Trafik Değerleri Ayrıntı Ekranı.....	17
Şekil 3.10 : Esnek Üstyapı Projelendirme abağı $P_t = 2,0$	19
Şekil 3.11 : Esnek Üstyapı Projelendirme abağı $P_t = 2,5$	20
Şekil 3.12 : SN Sayısı Hesaplama Ekranı.....	22
Şekil 3.13 : Eşdeğerlik Faktörü Giriş Ekranı.....	23
Şekil 3.14 : Tabaka Kalınlığı Malzeme Seçim Ekranı.....	26
Şekil 3.15 : Malzeme Seçim Listesi.....	27
Şekil 3.16 : Yeni Malzeme Girişi.....	28
Şekil 3.17 : Alttemel Olasılıkları Listeleme Yöntemi.....	29
Şekil 3.18 : Alttemel Olasılıkları Ekranı.....	30
Şekil 3.19 : Kalınlıkların Kontrolü.....	31
Şekil 3.20 : Kalınlık Farkı Uyarı Ekranı.....	32
Şekil 3.21 : Tabaka Minimum Kontrolü.....	33
Şekil 3.22 : Kalınlık Kontrol Ekranı.....	34
Şekil 4.1 : Örnek Proje Abak Çözümü $P_t = 2,5$	36
Şekil 4.2 : Örnek Proje Teknik Veriler Sayfası.....	38
Şekil 4.3 : Örnek Proje YOGT Veri Giriş Ekranı.....	39
Şekil 4.4 : Örnek Proje Trafik Değerleri.....	40
Şekil 4.5 : Örnek Proje Proje Trafiği Ayrıntı Ekranı.....	41
Şekil 4.6 : Örnek Proje SN Sayfası.....	42
Şekil 4.7 : Örnek Proje Malzeme Seçimi.....	43
Şekil 4.8 : Örnek Proje Alttemel Olasılıkları.....	44
Şekil 4.9 : Örnek Proje Minimum Kalınlık Kontrolü.....	45
Şekil 4.10 : Örnek Proje Kalınlık Kontrolü.....	46

SEMBOL LİSTESİ

a	: Tabaka Katsayısı
D	: Tabaka Kalınlığı
g	: Trafik Artış Katsayısı
n	: Analiz Süresi
R	: Bölge Faktörü
S_i	: Taban Zemini Taşıma Değeri
T_{8.2}	: Toplam Eşdeğer 8.2 ton Dingil Yüğü Tekerrür Sayısı
t_n	: Son Trafik Değeri
t_o	: İlk Trafik Değeri
t_p	: Proje Trafiğı
P_t	: Son Hizmet Yeteneğı Endeksi
SN	: Üstyapı Sayısı
W_g	: Günlük Eşdeğer 8.2 ton Dingil Yüğü Tekerrür Sayısı

ÖZET

Bu tezin konusu, Amerikan Devlet Karayolları Görevlileri birliği (AASHO) tarafından geliştirilen AASHO 72 yöntemi kullanılarak bilgisayar destekli üstyapı tasarımının yapılmasıdır.

Tasarım yöntemi, 1950'lerin sonlarında Illinois eyaleti Ottawa şehrinde inşa edilen test yolunda değişik kalınlık ve tipteki kaplamalar üzerinde yapılan çalışmaların değerlendirilmesi sonucu bulunmuştur. Yöntem, 1961 yılında AASHO tarafından yayınlanmış, 1972, 1986, 1993, 2002 yıllarında revize edilmiştir ve 1972 yöntemi halen ülkemizde yollar ve otoyollar için tasarım yöntemi olarak kullanılmaktadır.

Esnek üstyapılar, bir temel ve alttemel üzerine inşa edilen aşınma ve binder tabakalarından oluşur. AASHO tasarım yöntemi kullanılarak, trafik analizi, bölge faktörü, zemin taşıma değeri parametreleri ile hesaplanan üstyapı sayısı (SN) bulunur. Bulunan üstyapı sayısı kullanılarak esnek üstyapı tabakalarının kalınlıkları, uygun tabaka katsayıları yardımı ile bulunur.

Yolların uzunlukları birkaç yüz kilometreye kadar değişebildiğinden, zemin taşıma gücü, bölge faktörü, eşdeğerlik katsayıları, trafik hacmi parametreleri yol boyunca farklılık gösterebilir. Bu sebeple hesapların birçok defa tekrarlanması gerekir.

Bu tez ile Visual Basic programlama dili kullanılarak, diğer programlardan bağımsız olarak çalışan bir bilgisayar programı tasarlanarak kodlanmıştır. Bu bilgisayar programı sayesinde gerekli hesaplamalar, klasik yöntemle yapılan hesaplamalardan daha hızlı, daha hassas yapılabilir, değişen parametrelerin sonuca etkisi birkaç saniyede görülebilir, kullanıcı kaynaklı hatalar en aza indirgenebilir, farklı olasılıklar beraber değerlendirilebilir ve bilgisayar programı tarafından oluşturulan proje dosyaları diğer bilgisayarda, ek bir çalışmaya gerek olmadan değerlendirilebilir ya da paylaşılabilir.

COMPUTER AIDED PAVEMENT DESIGN

SUMMARY

The theme of this thesis is the computer-aided design of flexible pavements with the AASHO 72 method, developed by the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHO).

The design method is based upon the results of the AASHO Road test, conducted in the late 1950's in Ottawa, Illinois, on a test road built by using different materials and degrees of pavement thickness. Method was published by the AASHO Committee in 1961, revised in 1972, 1986, 1993, 2002 and 1972 method is currently used as the pavement design method in our country for roads and highways.

Flexible pavements consist of a wearing surface built over a base course and subbase course. By using the AASHO Design Method, the required structural number (SN) derived from an analysis of traffic, regional factors and soil support value can be computed. With the required structural number, the thickness of various flexible pavement layers can be determined by using suitable layer coefficients.

Since road lengths may vary by up to a few hundred kilometers, design parameters such as soil support value, regional factors, equivalency factors and traffic volume may differ from one point to another. Hence, calculations may need to be repeated multiple times.

With this thesis, a stand-alone software is designed and coded using the Visual Basic programming language. With the assistance of this software, necessary calculations are carried out faster and more accurately than with standard methods, the effect of the changed parameters to the result can be observed in seconds, user oriented errors can be minimized, different possibilities can be evaluated together, and software generated project files can be used to evaluate or share the results on another computer without further effort.

1 GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

Ekonomik ve sosyal açıdan sürekli gelişmekte olan ülkemizde, karayolu kullanım talebinin artışına paralel olarak yeni yollara olan ihtiyaç da artmaktadır.

Bu tez çalışmasında, ülkemizde üstyapı hesaplama yöntemi olarak kullanılmakta olan AASHO 72 yöntemi ile yapılan esnek üstyapı tasarımının bilgisayar ortamına taşınması, yolların uzunluğu nedeni ile yol boyunca değişen parametreler sonucu sürekli yinelenen hesapların, hatasız, kısa zamanda yapılması ve anlaşılır şekilde programı kullanan mühendisin değerlendirmesine sunulması amaçlanmıştır.

Bu amaca hizmet etmek için kapsamlı bir bilgisayar programı tasarlanmış ve kodlanmıştır. Program, başkaca bir yazılıma gerek olmaksızın, herhangi bir kişisel bilgisayarda çalışabilir.

Tasarlanan bilgisayar programı sayesinde, hesapların, elle yapılması ile kıyaslanmayacak kadar kısa sürede, elle yapılan hesaplamalarda dikkatsizlikten kaynaklanabilecek hatalar en aza indirgenerek ve değişen parametrelerin sonuç üzerindeki etkisi anında görülerek, projelendirme daha kolay ve hatasız yapılabilmektedir.

1.2 Yöntem

Bilgisayar programı Visual Basic programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. AASHO 72 yöntemi ile esnek üstyapı tasarımının yapılabilmesi için gerekli parametrelerin neler olduğu, nasıl belirleneceği, nasıl hesaplanacağı, sonuçların nasıl kontrol edileceği, hesaplama yönteminde kullanılan sıraya göre bölümler halinde anlatılmış, her bölümün sonunda, programa verilerin nasıl girileceği, sonuçların nasıl değerlendirileceği ve programın kullanımı hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir.

2 GENEL BİLGİLER

2.1 Giriş

Yol gövdesi, altyapı ve üstyapı olmak üzere iki kısımdan oluşur. Altyapı, yolun toprak işi sonunda önceden belirlenen kot ve enkesit formuna getirilmiş, yarma ve dolgulardan oluşan kısımdır. Üstyapı, trafik yüklerini altyapıya taban zemininin taşıma gücünü aşmayacak şekilde dağıtan, kaplama, temel ve alttemel tabakalarından meydana gelen bir yapıdır [1].

2.2 Üstyapı Tipleri

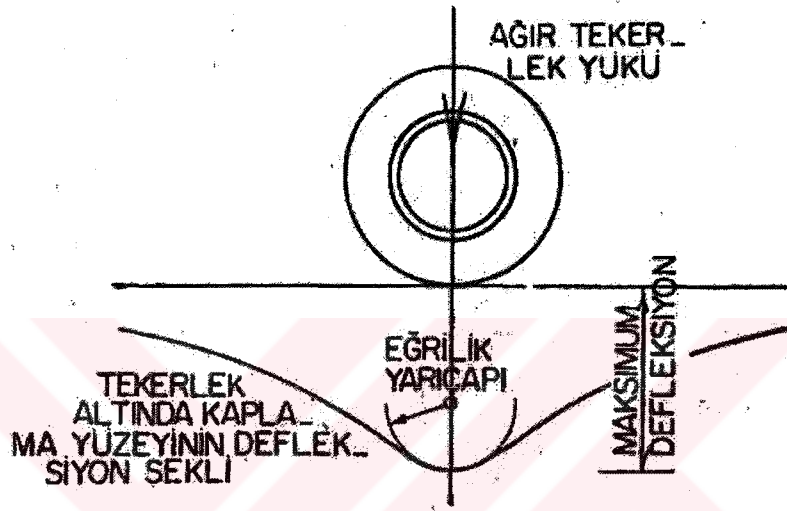
Yol üstyapıları, rijit, esnek ve kompozit olmak üzere üç şekilde yapılabilmektedir. Rijit üstyapılar, yüksek eğilme direncine sahip, granüler bir alttemel tabakası üzerine inşa edilen ve Portland çimentosundan yapılan beton plaklardan meydana gelir. Esnek üstyapı, yükleri taban zeminine dağıtan, her noktada taban zemini ile sıkı temas sağlayan, alt tabakaları drenaj yeteneği yüksek malzemeden, üst tabakaları stabilite ve konfor sağlamak amacı ile bitümlü bağlayıcı kullanılarak inşa edilen çok tabakalı bir yapıdır. Kompozit kaplamalar ise doğal şartlar ve tekrarlı trafik yükleri altında zamanla bozulmuş rijit kaplamanın üzerine sıcak bitümlü karışım uygulaması veya bozulmuş esnek üstyapı üzerine beton kaplama yapılarak elde edilmektedir.

2.3 Üstyapıya Gelen Yükler

Bir taşıt hareketsiz veya hareketli halde tekerlekleri aracılığı ile üstyapıya yük uygular. Bu yükün üstyapıda oluşturduğu gerilmeler, radyal çekme, radyal basınç ve düşey basınç gerilmeleridir. Yüklerin şiddeti ve etkisi dingil yüklerinin tekrar sayısı ile orantılıdır. Üstyapının trafik yüklerini zemine iletme yeteneğinin üstyapıyı oluşturan tabakaların yük dağıtma özelliğine bağlı olması sebebi ile hesaplanacak üstyapı kalınlığı, zeminin taşıma gücüne, kullanılan malzemenin cinsine, trafik etkilerine ve iklim koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

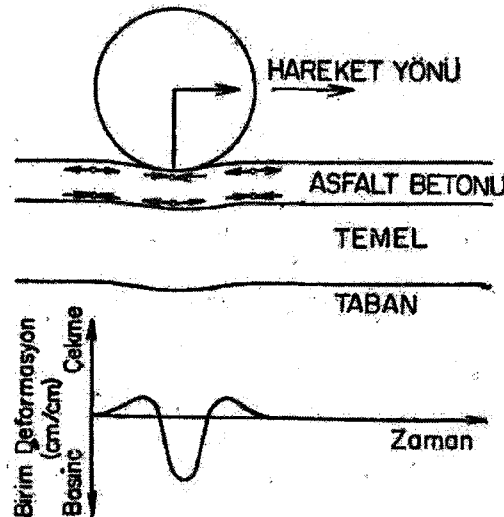
2.4 Esnek Üst Yapılarda Gerilme Dağılımı

Esnek üstyapı, alttemel, temel ve kaplama tabakalarından oluşan tabakalı bir sistemdir. Hareket halinde ya da duran taşıtların bandajları ile yola uyguladığı gerilmeler, dingil yükü, bandajın şişirme basıncı, taşıtın hızı ve bandaj üzerinde bulunan yiv ve setlere bağlıdır. Yapılan araştırmalar hızlı giden taşıtların yavaş taşıtlara göre daha az gerilme uyguladığını göstermektedir. Yük altındaki bir pnömomatik bandajın etkisi ile üstyapı deformasyona uğrar [2]. (Şekil 2.1)

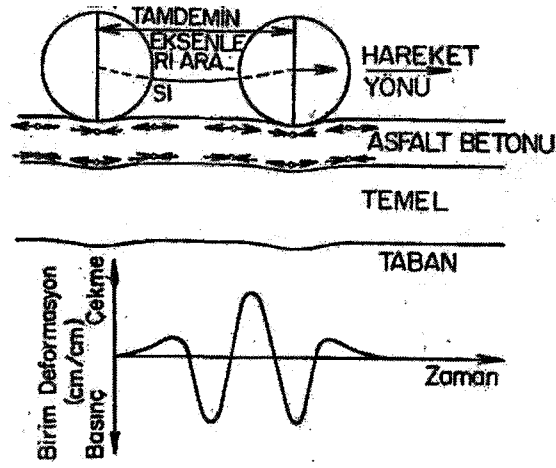


Şekil 2.1: Pnömomatik Bandaj Altında Üstyapı Deformasyonu

Buna göre tek bandaj etkisi ile esnek üstyapıda meydana gelen gerilmeler ve bandaj hareketine bağlı gerilme değişiklikleri Şekil 2.2 de, tandem bandaj etkisi ile oluşan gerilmeler Şekil 2.3 de gösterilmiştir [2].

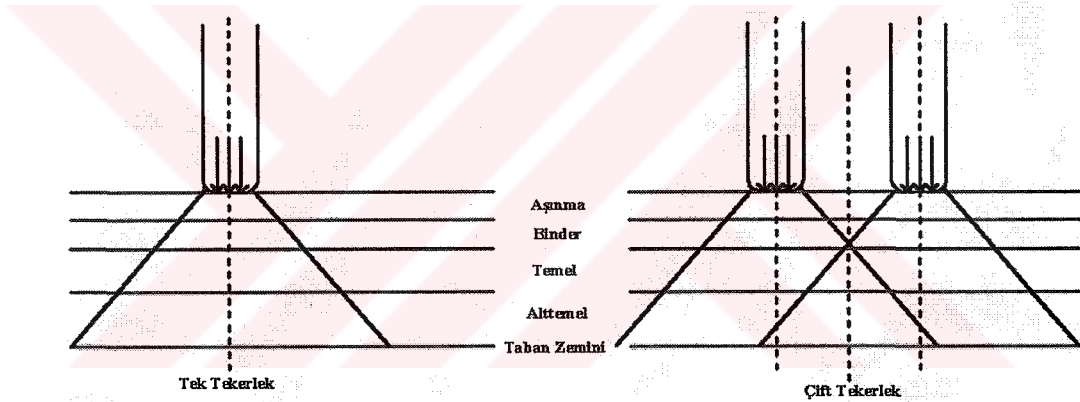


Şekil 2.2: Tek Bandaj Etkisi İle Oluşan Gerilmeler



Şekil 2.3: Tandem Bandaj Etkisi İle Oluşan Gerilmeler

Trafik yüklerinin esnek üstyapılarda zemine iletilmesi, zemin içerisindeki klasik yük dağılışı gibidir. Esnek üstyapı yük etkisi altında deforme olarak tabakalara gelen yükleri bir alttaki tabakaya yayarak iletir. (Şekil 2.4)



Şekil 2.4: Esnek Üstyapılarda Gerilme Dağılışı

Esnek üstyapılarda tekil yükler söz konusu değildir. Üstyapıya etki eden yükler çoğunlukla bir daire ya da elips üzerine yayılmış ve bandaj iç basıncına eşit gerilmeler olarak kabul edilir. Tekil yükler gibi yayılı yükler de derinliğe bağlı olarak değişir. Esnek üstyapının etkisi altında olduğu trafik yükleri, yayılma sebebiyle alt tabakalarda temas yüzeyinden daha az gerilme meydana getirdiğinden, kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri gerilme dağılımına uygun seçilir.

3 YOL ÜSTYAPISININ PROJELENDİRİLMESİ

3.1 Giriş

Yol üst yapısının projelendirilmesi, üstyapının öngörülen proje süresince etkisi altında kaldığı trafiği, en az deformasyonla, güvenli bir şekilde taşıyabilmesi için gerekli üstyapı tabaka kalınlıklarının ve kullanılacak malzemelerin belirlenmesidir. Yol projelendirmesinde zemin taşıma değerleri, yapının uzunluğu dolayısı ile değişiklikler gösterir. Bu nedenle üstyapı kalınlığı yol uzunluğu boyunca aynı olmayıp farklıdır.

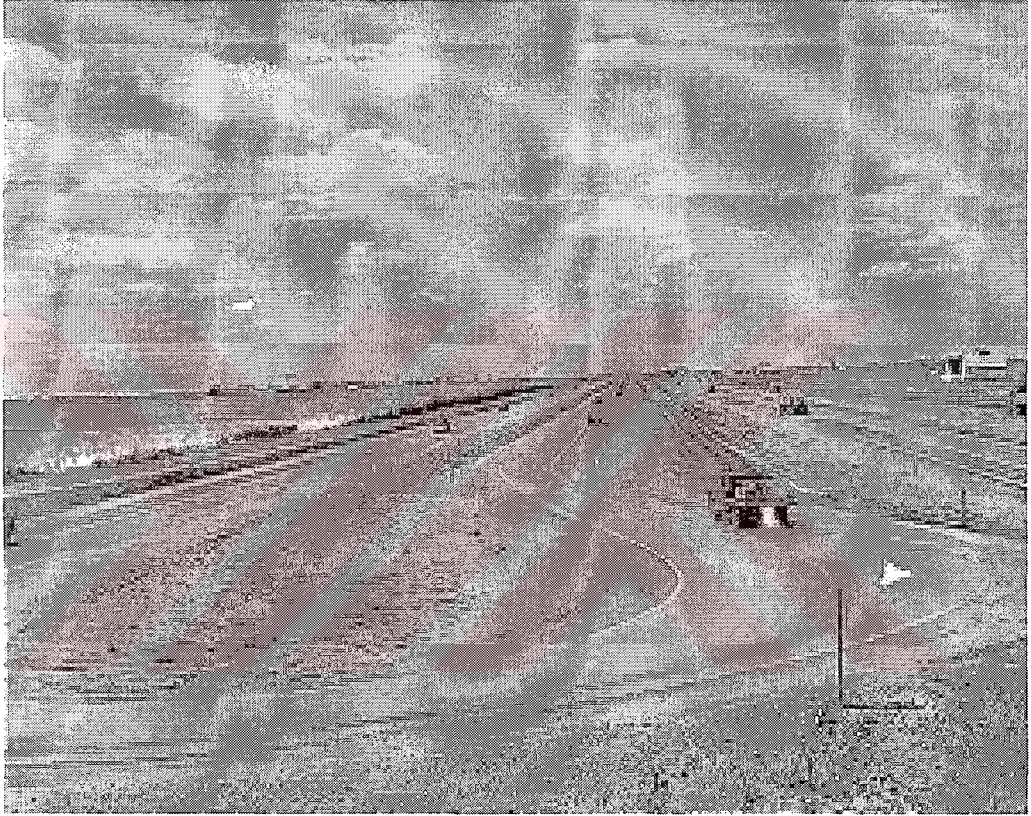
3.2 AASHO Yöntemi

Bu yöntem, AASHO tarafından Illinois eyaleti Ottawa kentinde 1956-1958 yılları arasında inşa edilen bir deneme yolu üzerinde yapılan yol testleri sonucu geliştirilmiştir. (Şekil 3.1)



Şekil 3.1: Aasho Yol Test Alanı

Üzerinde değişik tip ve farklı kalınlıklarda kaplama ve küçük açıklıklı köprüler bulunan yolda (Şekil 3.2) iki yıl boyunca yapılan çalışmalar sonucu, yolun farklı dingil yükleri altındaki davranışı incelenerek, servis kabiliyeti – davranış ilişkisine dayanan, üstyapı kalınlıklarını, trafik yüküne, zemin taşıma gücüne, iklim, bölge koşullarına ve üstyapıda kullanılacak malzemenin özelliklerine bağlı olarak hesaplayan bir yöntem yaratılmıştır [2]. Yöntem 1961 yılından yayınlanmış, 1972, 1986, 1993, 2002 yıllarında revize edilmiştir [3,4,5]. Ülkemizde halen 1972 yılında yayınlanan yöntem üstyapı tasarım yöntemi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.2: Aasho Test Yolu

3.3 Parametreler

3.3.1 Son Hizmet Yeteneği Endeksi (P_t)

Hizmet yeteneği, bir üstyapının yüksek hız ve hacimdeki trafiğe hizmet edebilme yeteneğidir. Son hizmet yeteneği endeksi ise bir üstyapın öngörülen proje süresi sonunda ulaşması beklenen hizmet yeteneği seviyesidir. Karayolu mühendisliği konularında uzmanlardan oluşan bir kurulun yol ile ilgili bireysel değerlendirmelerin ortalaması alınarak bulunan 5 en yüksek değeri, 0 ise en düşük değeri göstermek üzere 0 ile 5 arası değişen bir değerdir.

Karayolları üst yapı hesabında son hizmet yeteneği endeksi, trafik hacmi ve yolun önemi göz önünde bulundurularak, yeniden yapım ve takviye gerektirmeden izin verilebilecek en düşük hizmet yeteneğine bağlı olarak Tablo 3.1 yardımı ile seçilir.

Tablo 3.1 :Son Hizmet Yeteneği Endeksinin Seçimi

Yol Sınıfı	P_t
Otoyollar, Devlet Yolları, Ekspres Yollar	2,5
İl Yolları	2

3.3.2 Taban Zemini Taşıma Değeri (S_i)

Taban zemininin taşıma değeri, 3 ile 10 arasında değişen, taban zeminin taşıma yeteneğini belirten, Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) değeri gibi deney sonucu bulunan taşıma değerleri ile korelasyon sonucu kullanılan sayısal değerdir.

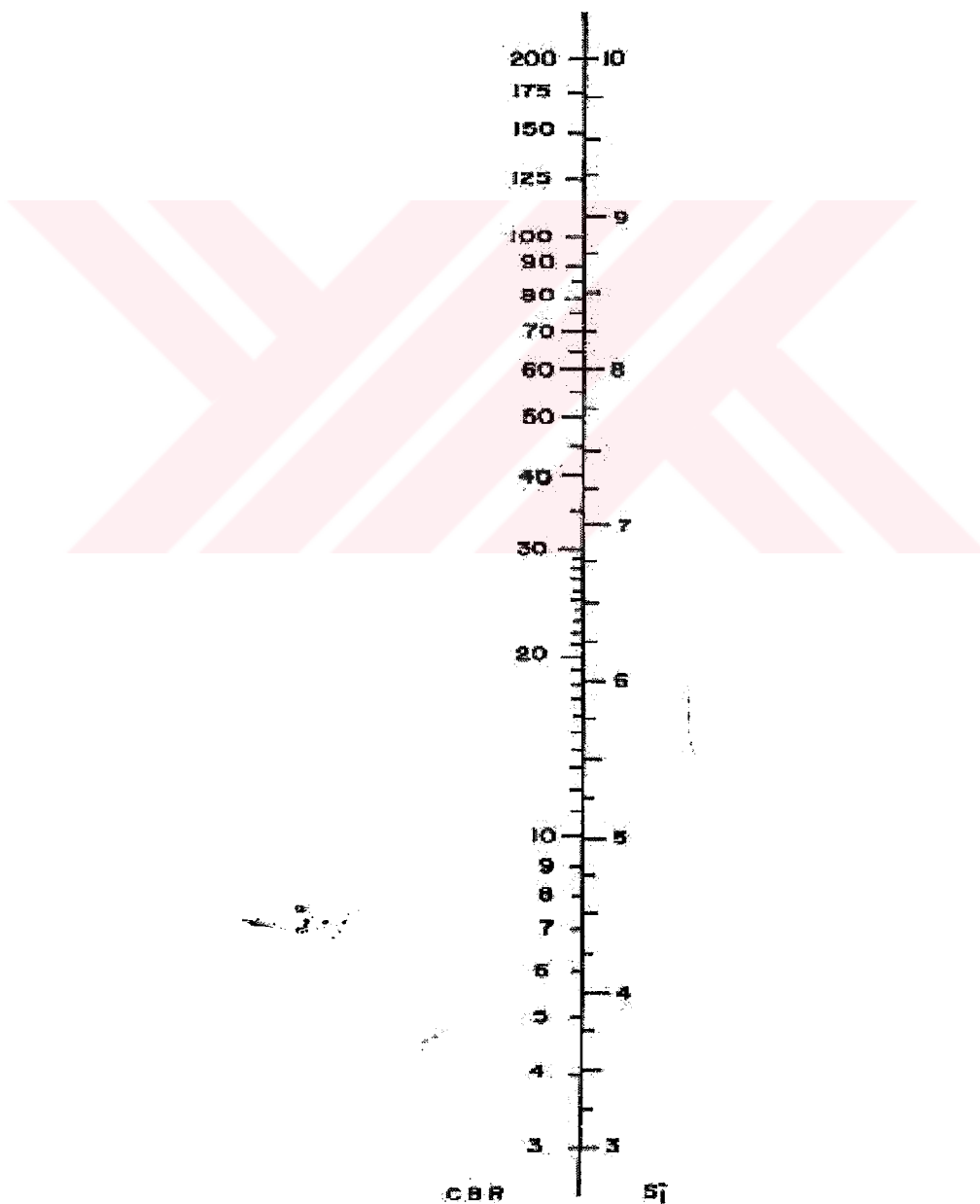
CBR değeri, dinamik yaş CBR deneyi ile bulunur. Bu deneyde değişik nem değerlerinde bulunan yaklaşık 4 Kg. ağırlığında örselenmiş zemin örnekleri kullanılır. 140 Kg/cm² statik yük ile 15 cm. çaplı 20 cm. yüksekliğinde bir kap içerisinde sıkıştırılarak elde edilen örneklerin nem-yoğunluk eğrileri çizilir. En büyük kuru yoğunluk değerine sahip örnek alınır ve su içerisinde doymun duruma getirildikten sonra 20 cm² taban alanına sahip bir silindir örneğe batırılarak yük-şekil değiştirme bilgileri değerlendirilir.

CBR değeri, silindirik pistonun numune yüzeyine 0,25 cm. batması için uygulanan yükün, standart kırma kaya temele pistonun 0,25 cm. batması için gerekli yüke oranıdır. CBR değeri bulunurken taban yüzeyinin altındaki 40 cm. lik yüzey dikkate alınır [2].

Proje CBR değeri hesaplanırken, güzergah üzerindeki her taban zemini için yeterli sayıda deney yapılır. Hesaplanan toplam eşdeğer standart üngil yükü tekerrür sayısı yardımı ile taban zemini proje emniyet yüzdesi Tablo 3.2 den seçilir. Bu değerler büyükten küçüğe doğru sıralandıktan sonra her birinden büyük ya da eşit CBR sayısı yüzdesi bulunur ve bu değerlerden geçen eğri çizilir. Seçilen emniyet yüzdesinin yardımı ile proje CBR değeri bulunur. Bu CBR değerine karşı gelen S_i değeri Şekil 3.3 deki abak yardımı ile bulunur [6].

Tablo 3.2: Taban Zemini Proje Emniyet Yüzdesi Seçimi

Toplam Eşdeğer Standart Dingil Yüğü Tekerrür Sayısı	Taban Zemini Proje Emniyet Yüzdesi
$T_{8.2} < 10^4$	60
$10^4 < T_{8.2} < 10^6$	75
$T_{8.2} > 10^6$	90



Şekil 3.3: CBR- S_i Dönüştürme Abağı

3.3.3 Bölge Faktörü (R)

Bölge faktörü, proje yapılacak bölge ile yöntemin yaratıldığı yer olan Illinois eyaleti arasındaki çevre koşulları farklılığını gidermek amacı ile kullanılan sayısal bir değerdir. Yol deneyinin yapıldığı bölgede, yıllık ortalama yağış yüksekliği 860 mm., ortalama yaz sıcaklığı 24 °C, ortalama kış sıcaklığı -3 °C ve normal don derinliği 70 cm. dir. Projelendirme yapılacak olan bölgenin şartları bu şartlara uygunluk gösteriyorsa R=1 olarak alınmalıdır [7]. Çevre ve iklim şartlarına bağlı olarak belirlenecek bölge faktörü değeri Tablo 3.3 de gösterilmiştir.

Tablo 3.3: Zemin Türüne Göre Bölge Faktörü

Zemin Türü	R
Donmuş Taban Zemini (12,5 cm. veya daha fazla derinlikte)	0,2 – 1,0
Kuru Taban Zemini (Yazın veya sonbaharda)	0,3 – 1,5
Doygun Taban Zemini (İlkbahardaki don çözülmesinde)	4,0 – 5,0

Bölge faktörü belirlenirken dikkate alınması gereken etmenler aşağıdaki gibidir.

- Topografya
- Yağış miktarı
- Sıcaklık
- Taban yüzey tipi
- Yıllık donma – çözülme periyotları
- Dönme ve durma hareketlerinin yoğun olduğu yerler
- Don derinliği
- Deney yapılan yer koşullarına benzerlik
- Yer altı su seviyesi
- Drenaj şartları
- Mühendislik takdiri
- Ağır Ticari trafik altındaki dik eğimler

Geniş bir coğrafya ve değişik iklim ve çevre şartlarına sahip olan ülkemizde tek bir yöntem belirlenmesi ve uygulanması mümkün olmamakla beraber bölge faktörünün belirlenmesi için aşağıdaki seçenekler dikkate alınabilir [2].

- a) Yılın önemli bir kısmında yağışlı, don olayı etkili, don derinliği 10-40 cm olan bölgeler için $R=1,0-1,5$
- b) Toprak yılın önemli bir kısmında suya doymuş, yazlar hariç diğer mevsimlerde çok yağışlı, don derinliği 40 cm. den fazla olan bölgelerde $R=1,5-2,0$
- c) Yazları kurak, ilkbahar, kış aylarında normal yağışlı, toprağı yaz ve sonbahar aylarında kuru ve kısa süre için 10 cm. derinliğe kadar don olan yerlerde $R=0,5-1,0$
- d) Yağışsız, yılın önemli bir kısmında toprak kurak veya katı şekilde donmuş olan bölgelerde $R=0,5$

3.3.4 Yön faktörünün belirlenmesi

Projelendirme için hesaplanan trafik, her iki yön için bütün şeritlerin toplamını ifade eder. Bu sebeple, hesaplanan proje trafiğı yön faktörü ile dağıtılmalıdır. Özel şartlar oluşmadıkça trafik her yöne eşit dağıtılır.

3.3.5 Şerit faktörü

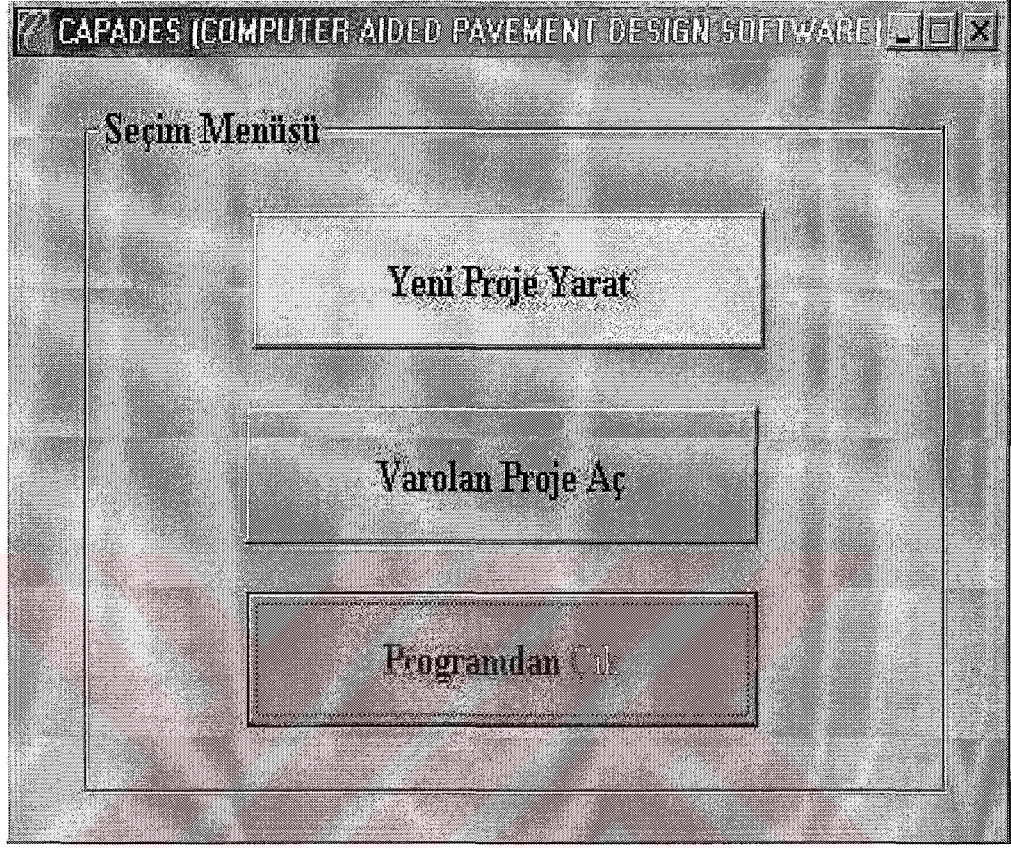
Üstyapı projelendirmesinde, ağır taşıtların kullandığı şerit trafiğı alınmalıdır. Bir yöndeki trafik, diğer yöne göre daha ağır yüklü ise ağır trafiğın olduğu şerit hesap şeridi olarak alınmalıdır. Tablo 3.4 kullanılarak iki yöndeki toplam şerit sayısına göre belirlenen şerit dağıtma faktörü belirlenir.

Tablo 3.4: Şerit Dağıtma Faktörü

İki Yöndeki Şerit Sayısı	Şerit Dağıtma Faktörü
2	1,0
4	0,9
6 ya da daha fazla	0,8

3.4 Program Ara Yüzü ve Teknik Verilerin Programa Girilmesi

Program çalıştırıldığında, kullanıcının yeni veya varolan bir proje üzerinde çalışmak istediğini belirlemek amacı ile seçim menüsü ekrana gelir. (Şekil 3.4)



Şekil 3.4: Seçim Menüsü

Kullanıcı seçimini yaptıktan sonra ilgili ekran yüklenir. “Yeni Proje Yarat” düğmesine basıldığında Şekil 3.5 de gösterilen ekran, bilgiler bölümü boş olarak ekrana gelir. Bu ekran görüntüsü alındıktan sonra programa bilgi girişine başlanabilir.

“Varolan Proje Aç” düğmesine basıldığında, daha önceden üzerinde çalışılmış, verileri programa özel bir formatla (.cas) uzantılı dosyalarda, kullanıcı tarafından belirlenen proje isimleri ile saklanan dosyaların seçim penceresi açılır. Seçim yapılan dosyadan alınan bilgiler, ilgili alanlara program tarafından otomatik olarak işlenir. Bu bilgiler aynen kullanılabileceği gibi kullanıcı tarafından istenen şekilde değiştirilip güncellenebilir ya da başka bir proje olarak kayıt edilebilir.

CAPADES (COMPUTER AIDED PAVEMENT DESIGN SOFTW...

Yeni Aç Kaydet Kapat Diğer Hakkında

SN Malzeme Seçimi Kompozisyon

Teknik Veriler Y.O.G.T. Trafik Değerleri

Teknik Veriler

Son Hizmet Yeteneği Endeksi (Pt) :

Taban Zemin Taşıma Değeri (Si) : CBR-SI

Bölge faktörü (R) :

Platform Sayısı

Yön Sayısı

Şerit Say (Platform Başına)

Yön Dağıtma Faktörü - Şerit Dağıtma Faktörü Seçimi

Yön Dağıtma Fak. Şerit Dağıtma Fak.

Farklı Kaydet Kaydet İleri >>>

Şekil 3.5: Yeni Proje Ekranı

Kullanıcı, bu bölüme kadar nasıl belirleneceği anlatılmış olan parametreleri ilgili alanlara sayısal veri olarak girmelidir. Tamsayı olmayan veriler virgül işareti kullanılarak girilmelidir. Kullanıcı bir hata sonucu üstyapı tasarımın gerektirdiği sayısal bilgi yerine hatalı bir veri girer ise program tarafından hatayı düzeltmesi amacı ile uyarılır. (Şekil 3.6)

Yeni Aç Kaydet Kapat Diğer Hakkında

SN Malzeme Sayısı Konfigürasyon

Teknik Veriler Y.O.G.T. Trafik Değerleri

Teknik Veriler

Son Hizmet Yeteneği Endeksi (Pt):

Taban Zemin Taşıma Değeri (Si): CBR-Si

Bölge Faktörü (R):

Platform Sayısı (P):

Yön Sayısı (Y):

Şerit Sayısı (Ş):

Nümerik Bilgi Giriş Hatası

 Bilgi: Girişiniz Nümerik Olmalıdır. Lütfen Kontrol Ediniz!

OK

Yön Dağıtma Faktörü - Şerit Dağıtma Faktörü Seçimi

Yön Dağıtma Fak. Şerit Dağıtma Fak.

Farklı Kaydet Kaydet İleri >>>

Şekil 3.6: Hatalı Veri Giriş Uyarı Ekranı

Veri giriş alanları arasında klavyedeki “Enter” veya “Tab” tuşları ile veya mouse ile ilgili alanlarda seçim yaparak geçiş yapılabilir. Son hizmet yeteneği endeksi (P_t), taban zemini taşıma değeri (S_i), bölge faktörü (R) değerleri yazıldıktan sonra, platform sayısı, yön sayısı ve platform başına düşen şerit sayısı verileri ilgili alanlara girilir. Program, bu alanlara girilen bilgiler doğrultusunda daha sonra

“Toplam eşdeğer dingil yükü tekerrür sayısı” hesabında kullanmak üzere yön ve şerit dağıtma faktörlerini belirler ve ilgili alanlara otomatik olarak yazdırır. Ekran üzerinde CBR-Si adlı bir düğme bulunmaktadır. Bu düğmeye basıldığında daha önce anlatılmış olan CBR ve Si değerleri arasında geçiş için gerekli abak görüntülenir.

İleri tuşuna basılarak trafik değerlerinin ve artış miktarlarının girileceği bir sonraki veri giriş alanı sayfasına geçiş yapılır.

3.5 Proje trafiğinin hesaplanması

AASHO yönteminde projelendirmeye esas olan trafik, “trafik analiz süresi” olarak adlandırılan genellikle 20 yıl olarak alınan bir süre için yapılır. Yolun hizmete açıldığı ilk trafiğe “ilk trafik” (t_0), analiz süresi (n) sonundaki trafiğe de “son trafik” (t_n) adı verilir. Karayolu trafiğinde bulunan araçlar, treyler, kamyon, otobüs, otomobil olmak üzere dört grupta değerlendirilmektedir. Ağır taşıtlar 2 ya da 3 dingilli ise kamyon, 4 ya da daha fazla dingilli ise treyler olarak değerlendirilir [2].

Trafik artış oranları yolun sınıfı, trafik grupları, bölgenin ekonomik koşulları, nüfus dağılımı gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterir.

Her dört taşıt grubu için yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) değerleri ve trafik artış katsayıları (g) belirlenir. İlk yıl için YOGT değeri t_0 , trafik artış katsayısı (g), yolun hizmet süresi (n) parametreleri yerine konarak n yıl sonraki trafik değerleri

$$t_n = t_0 (1+g)^n \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

denklemleri ile bulunur.

Bu değerler, kullanılarak n yıl için ortalama günlük analiz trafiği t_p değerleri her taşıt grubu için ayrı ayrı

$$t_p = 0.4343 \frac{(t_n - t_0)}{\log \frac{t_n}{t_0}} \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

denklemleri ile hesaplanır.

3.6 Trafik Değerlerinin Programa Girilmesi

Yolun hizmete açılması ile doğacak ve ulaşım tercihlerinin değişmesi ile ortaya çıkacak olan trafiğin belirlenmesi gerekir. Belirlenen bu değer doğacak ve saptırılacak trafik bölümüne girilmelidir. Yolun trafiğe açılma yılı, yolun hizmet süresi, tüm trafik grupları için YOGT değerleri, trafik artış yüzdeleri ve saptırılacak ve doğacak trafik değeri ilgili kutucuklara girilir. (Şekil 3.7) Tüm değerler sayısal olmalıdır. Trafik artış yüzdeleri tamsayı olarak girilmelidir.

The screenshot shows the 'Y.O.G.T. Bilgi Girişi' (Y.O.G.T. Information Entry) window in the CAPADES software. The window has a title bar 'CAPADES (COMPUTER AIDED PAVEMENT DESIGN SOFTWARE)' and a menu bar with 'Yeni', 'Aç', 'Kaydet', 'Kapat', 'Diğer', and 'Hakkında'. Below the menu bar is a large empty text box. The main area is divided into three tabs: 'SN', 'Malzeme Seçimi', and 'Kompozisyon'. The 'Y.O.G.T.' tab is selected, showing a sub-tab 'Teknik Veriler'. The 'Y.O.G.T. Bilgi Girişi' section contains the following fields:

Trafik Grupları	Y.O.G.T.	Trafik artış %'si
Treyler	0	0
Kamyon	0	0
Otobüs	0	0
Otomobil	0	0
Toplam		

Below the table, there are two more fields: 'Yolun Trafiğe Açılma Yılı' (0) and 'Yolun Hizmet Süresi (Yıl)' (0). At the bottom, there is a field for 'Saptırılacak ve Doğacak Trafik Miktarı' (0). The bottom of the window has three buttons: '<<< Geri', 'Kaydet', and 'HESAPLA'.

Şekil 3.7: Trafik Değerleri Giriş Ekranı

“Hesapla” düğmesine basıldıktan sonra buraya kadar anlatılan ve girişi yapılan bilgiler program tarafından hesaplanır ve program bir sonraki sayfaya otomatik olarak geçiş yapar. Bu sayfada üst tarafta hesaplanan son trafik değerleri ve saptırılmış trafik dahil proje trafiği değerleri yer almaktadır. (Şekil 3.8)

The screenshot shows the CAPADES software interface. At the top, there is a menu bar with options: Yeni, Aç, Kaydet, Kapat, Diğer, Hakkında. Below the menu bar is a file path: C:\Program Files\CAPADES\Proje\2004.cap. The main window is divided into three tabs: SN, Malzeme Seçimi, and Kompozisyon. The 'SN' tab is active, and it is further divided into three sub-tabs: Teknik Veriler, Y.O.G.T., and Trafik Değerleri. The 'Trafik Değerleri' sub-tab is selected. It contains two sections: 'Son Trafik Değerleri' and 'Proje Trafiği (Saptırılmış Trafik Dahil)'. Each section has four input fields for different vehicle types: Treylar, Kamyon, Otobüs, and Otomobil. Below these fields is a 'Detay' button. The values entered in the fields are: Treylar (657), Kamyon (1534), Otobüs (2653), Otomobil (47759) for the 'Son Trafik Değerleri' section, and Treylar (455), Kamyon (1063), Otobüs (1694), Otomobil (30498) for the 'Proje Trafiği' section. At the bottom of the window, there are three buttons: '<<< Geri', 'Kaydet', and 'İleri >>>'.

Son Trafik Değerleri	
Treylar	657
Kamyon	1534
Otobüs	2653
Otomobil	47759
Detay	

Proje Trafiği (Saptırılmış Trafik Dahil)	
Treylar	455
Kamyon	1063
Otobüs	1694
Otomobil	30498
Detay	

Şekil 3.8: Trafik Değerleri

Hesaplanan verilerin yıllara ve taşıt cinslerine göre ayrıntılı değerleri görülmek istendiği takdirde ilgili bölümden “Detay” düğmesine basılır. Yeni açılan pencerede yıllar ve ait oldukları satırda ilgili sütunlarda kategorilere göre trafik değerleri bulunur. (Şekil 3.9) Bu ekran sağ üst köşedeki X düğmesine basılarak kapatılır ve ana ekrana geri dönülür. Kullanıcı son trafik değerleri ve proje trafiği değerleri için ayrıntıları ilgili çerçeve içerisindeki düğmeye basarak ulaşabilir. Proje trafiği hesaplandıktan sonra toplam eşdeğer dingil yükü tekerrür sayısı hesabına geçilir.

Proje Trafik Detay Raporu (Yıllık Bazda - Saptımlacak Trafik Dahil)				
YIL	TREYLER	KAMYON	OTOBÜS	OTOMOBİL
2008	305	713	1024	18446
2009	311	728	1050	18907
2010	318	742	1076	19384
2011	324	757	1104	19876
2012	330	773	1132	20385
2013	337	788	1161	20911
2014	344	805	1191	21455
2015	352	821	1223	22018
2016	359	839	1255	22599
2017	367	857	1288	23201
2018	374	875	1323	23824
2019	382	893	1358	24467
2020	391	912	1396	25133
2021	399	932	1434	25823
2022	408	952	1473	26536
2023	416	973	1514	27274
2024	426	994	1557	28039
2025	435	1017	1601	28830
2026	445	1039	1646	29649
2027	455	1062	1694	30497

Şekil 3.9: Trafik Değerleri Ayrıntı Ekranı

3.7 Taşıt Eşdeğerlik Faktörü

Taşıt eşdeğerlik faktörü, treyler, kamyon, otobüs, otomobil gibi yol üzerinde seyir eden taşıtların bir geçişinin üst yapıya verdiği zarara eşit etki yaratan standart dingil yükü tekerrür sayısıdır. Tablo 3.5 'de trafik grupları için dingil eşdeğerlik faktörleri, trafik kategorisine göre gösterilmiştir [2].

Tablo 3.5: Taşıt Eşdeğerlik Faktörleri

Trafik Grubu	Trafik Kategorisi (Ticari Taşıt / Gün)				
	0-250	250-500	500-1500	1500-3000	>3000
Kamyon	1,74	1,83	1,96	2,04	2,18
Treyler	2,89	2,88	3,06	3,15	3,35
Otobüs	0,90	0,90	0,95	0,95	0,98
Otomobil	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006

3.8 Toplam Eşdeğer Tek Dingil Yükü Tekerrür Sayısının Hesaplanması

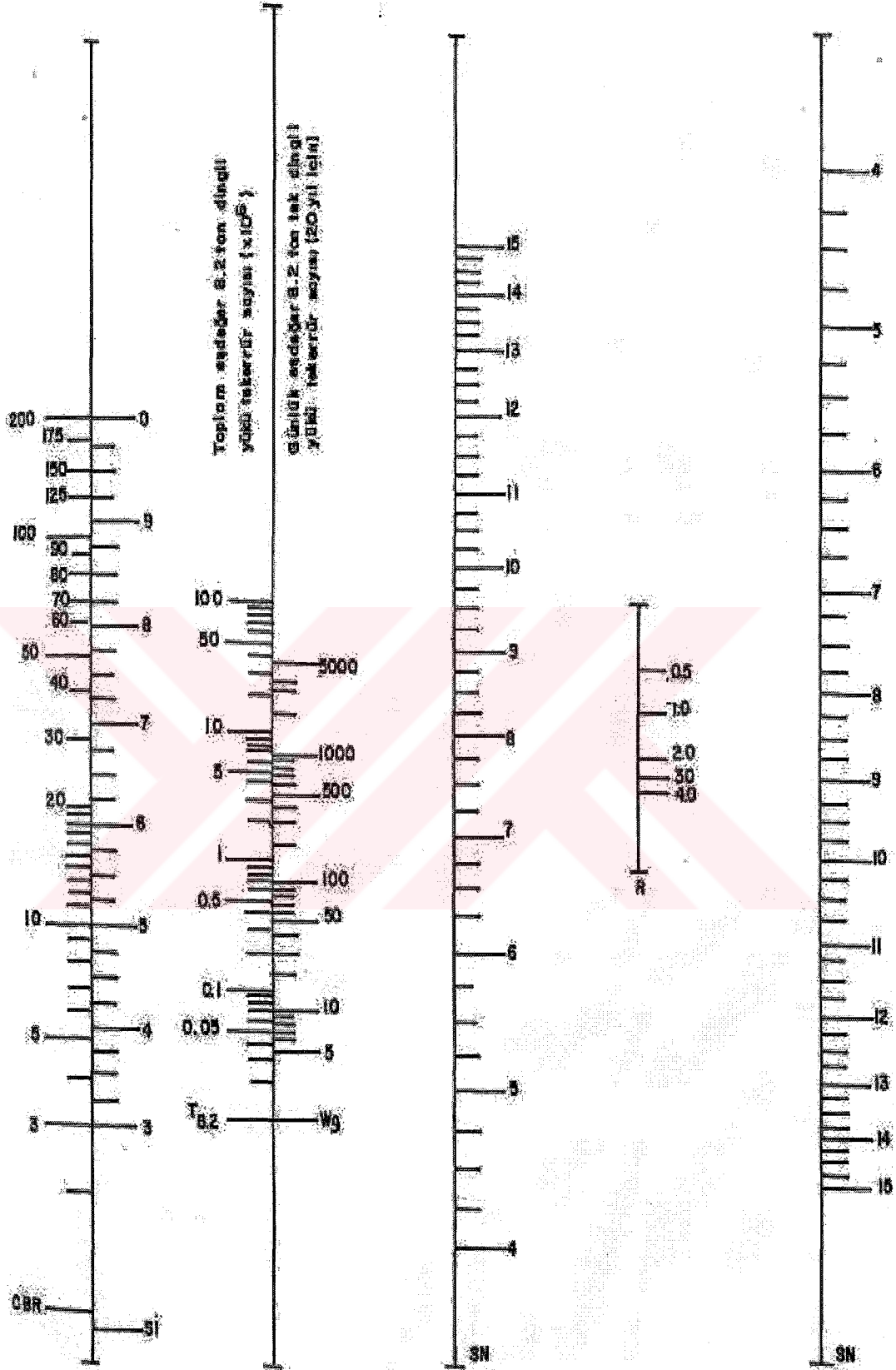
Tüm taşıt grupları için hesaplanan proje trafiği değerleri, taşıt eşdeğerlik faktörü, yön faktörü, şerit faktörü ile çarpılarak günlük eşdeğer tek dingil yükü tekerrür sayıları bulunur.

$$W_g = \text{Proje trafiği} * \text{Yön dağıtma fak.} * \text{Şerit dağıtma fak.} * \text{Taşıt eşdeğerlik fak.}$$

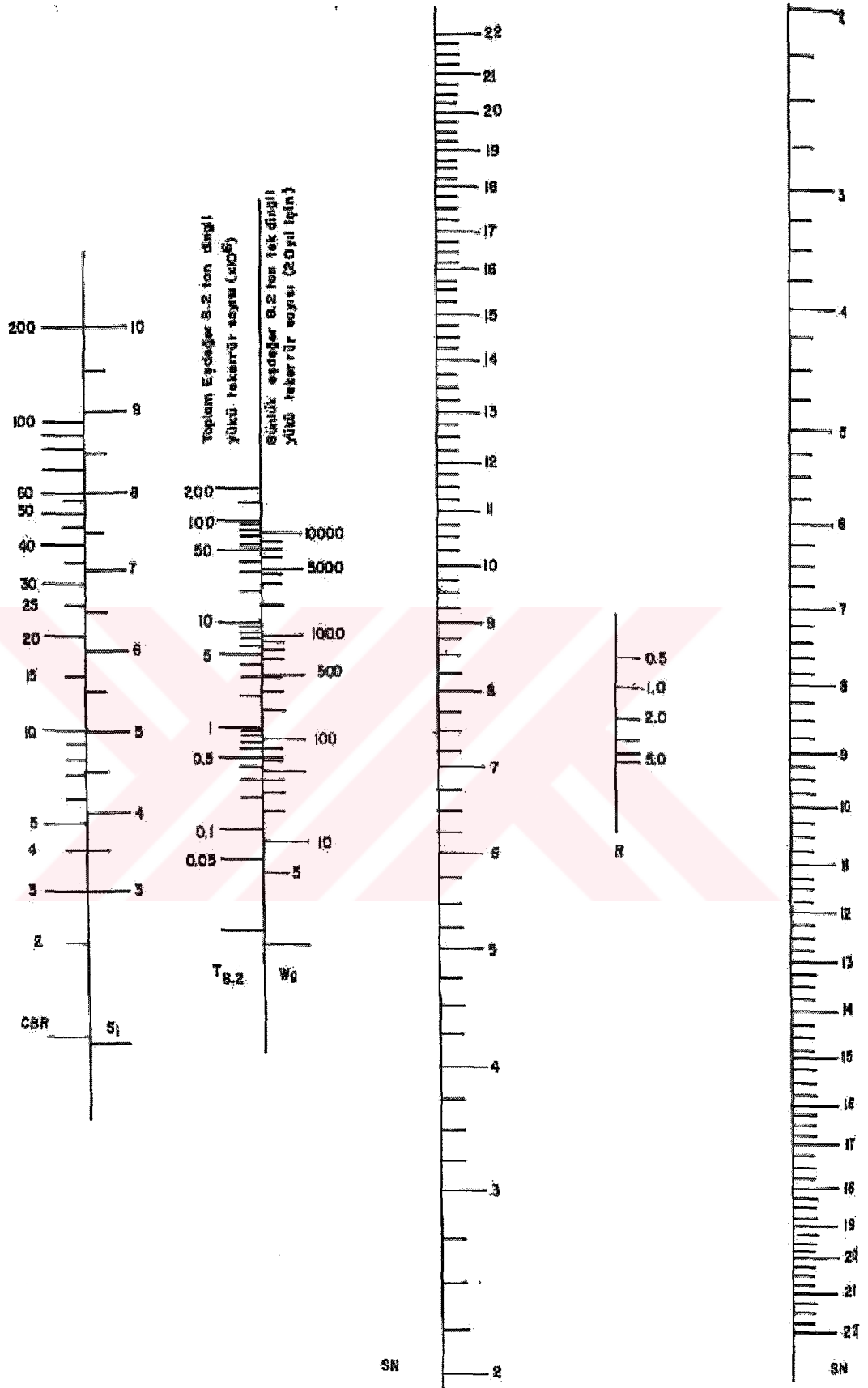
Bu değerler toplanıp 365 ve analiz süresi ile çarpılarak toplam eşdeğer 8.2 ton dingil yükü tekerrür sayısı ($T_{8.2}$) bulunur.

3.9 Üstyapı sayısının (SN) bulunması

Üstyapı sayısı (SN), hesaplanmış olan, toplam eşdeğer tek dingil yükü tekerrür sayısı ($T_{8.2}$), taban zemininin taşıma değeri (S_i), bölge faktörü (R) değeri, uygun olan P_t değerine göre hazırlanmış Şekil 3.10 ve Şekil 3.11'de verilen projelendirme abağı kullanılarak bulunur [6]. Bunun için, zemin taşıma değeri CBR ya da S_i ve $T_{8.2}$ değerleri bir doğru çizerek birleştirilir ve abak üzerindeki SN çizgisini kesinceye kadar uzatılır. SN çizgisini kestiği nokta ile bölge faktörü değeri başka bir çizgi ile birleştirilerek uzatılır. SN çizgisini kestiği değer üstyapı sayısını verir.



Şekil 3.10: Esnek Üstyapı Projelendirme abağı $P_t=2,0$



Şekil 3.11: Esnek Üstyapı Projelendirme abağı $P_t=2,5$

3.10 AASHO Yol Deneyi Formülü

AASHO yol deneyi sonucunda esnek üstyapı hesaplamasında kullanılan Formül 3.3 geliştirilmiştir [6].

$$\text{Log}T_{8.2} = 9.36 * \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + \log \frac{1}{R} + 0.372 * (S_i - 3.0)$$

Bu formülde:

$T_{8.2} = P_t$ 'ye düşünceye kadar tekerrür edecek 8,2 ton standart dingil sayısı

$SN =$ Üstyapı sayısı (inç)

$P_t =$ Son servis yeteneği endeksi

$R =$ Bölge Faktörü

$S_i =$ Zemin taşıma değeridir.

3.11 SN Değerinin Program Tarafından Hesaplanması

Program, hesaplamış olduğu ortalama günlük analiz trafiği (t_p) değerini, teknik veriler sayfasındaki yön ve şerit dağıtma sayılarıyla ve taşıt eşdeğerlik faktörü tablosunda uygun olan aralığa karşı gelen, otomatik olarak seçtiği değerlerle çarpar ve her taşıt grubu için ayrılmış bölümlere yazar. Bu bölümlere yazılmış olan sayılar, otomatik olarak toplanır ve "Toplam" satırında ilgili kutucuğa yazılır. Bu işlemler serisi sonucu bulunan değer, yol formülündeki yerini alır.

Yol denklemi, transandant bir denklem takımı olması sebebi ile SN eşitliği olarak yazılamaz. Bu sebeple denklem, aralık bölme yöntemi ile çözülmüştür. Denklem sonucu olarak program tarafından bulunan SN değeri en fazla 0,001 lik hata payına sahip olmak üzere programlanmıştır. Şekil 3.12'de hesaplama sonuçlarını gösteren ekran yer almaktadır.

CAPADES (COMPUTER AIDED PAVEMENT DESIGN SOFTWARE)

Yeni Aç Kaydet Kapat Diğer Hakkında

C:\Program Files\CAPADES\Proje\2004.cap

Teknik Veriler	Y.O.G.T	Trafik Değerleri
SN	Malzeme Seçimi	Kompansasyon

Toplam Eşdeğer Standart Tek Dingil Yüklü Tekerrür Sayıları

Treyler	590	Eş Dingil / Gün
Kamyon	938	Eş Dingil / Gün
Otobüs	724	Eş Dingil / Gün
Otomobil	8	Eş Dingil / Gün
TOPLAM	2260	Eş Dingil / Gün

SN

SN= 11,841

Hassasiyet= 0,001

<<< Geri İleri >>>

Şekil 3.12: SN Sayısı Hesaplama Ekranı

Üstyapı tasarım programında, lodometre çalışması sonucu elde edilen taşıt eşdeğerlik faktörleri de kullanılarak hesaplamalar yapılabilir. Bu değerlerin girilebilmesi için üzerinde çalışılan proje kayıt edilmeli ve daha sonra “Diğer” menü başlığı altında bulunan “Taşıt Eşdeğerlik Fak.” seçilmeli ya da klavye üzerinden “CTRL + L” kısayolu kullanılmalıdır. Program, hesaplanan eski değerleri otomatik olarak kullanımdan kaldıracak, teknik veriler sayfasına geri dönecek ve lodometre çalışması sonucunda bulunan taşıt eşdeğerlik faktörlerinin girişinin yapılabileceği bir pencere açacaktır. (Şekil 3.13) Açılan pencerede ilgili kutucuklara istenilen değerler girilmeli

ve “TAMAM” düğmesine basılarak penceredeki bilgilerin kayıt edilmesi sağlanmalıdır.Yeni girilen verilerin kullanılarak hesap yapılabilmesi için “Hesaplamalarda Özel Eşdeğerlik Faktörlerini Kullan” seçeneği seçilir ve ileri düğmesine basılır. Kontrol ya da değişiklik yapılması istenir ise “Değerler” düğmesine basılıp veri giriş penceresi tekrar çağırılabilir.

Eşdeğerlik Faktörlerini Giriniz...

Yan Sa	Şerit Sa
Treyler	3,20
Kamyon	2,15
Otobüs	0,96
Otomobil	0,0006

Yön Dağıtım Fakt. **0,5** Şerit Dağıtım Fakt. **0,9**

☒ Hesaplamalarda Özel Eşdeğerlik Faktörlerini Kullan

Değerler

Farklı Kaydet Kaydet İleri >>>

Şekil 3.13: Eşdeğerlik Faktörü Giriş Ekranı

3.12 Tabaka Katsayıları

Hesaplanmış olan SN üstyapı sayısı tabakaların yapılacağı malzemenin tabaka katsayıları yardımı ile Formül 3.4 kullanılarak üstyapı kalınlıklarına dönüştürülebilir

$$SN = \sum_{i=1}^{i=n} a_i * D_i \dots\dots\dots (3.4)$$

Formülde:

SN = üstyapı sayısı

a = tabaka katsayısı

D = cm. cinsinden tabaka kalınlıklarını ifade eder.

Üstyapı sayısı olan SN değerine ulaşmak üzere aşınma, binder, temel ve alttemel tabakalarının kalınlıkları, minimum tabaka kalınlıkları dikkate alınarak hesaplanır. Malzemelerin taşıma güçlerinin bir ölçüsü olan tabaka katsayıları, en üstteki tabakadan aşağıya doğru azalan bir sıra takip etmelidir.

Bazı tabakalara ait tabaka katsayıları Tablo 3.6 ve Tablo 3.7’ de verilmiştir.

Tablo 3.6: Tabaka Katsayıları I

MALZEME CİNSİ	a _i
Beton asfalt tabaka (aşınma)	0,44
Beton asfalt tabaka (binder)	0,42
Plent-mix bitümlü tabaka	0,40
Asfaltlı Makadam tabaka (karışımli)	0,40
Makadam tabaka (yapıştırıcı bitümlü)	0,35
Bitüm ile stabilize edilmiş tabaka	0,25
Road-mix bitümlü tabaka	0,20

Tablo 3.7: Tabaka Katsayıları II

Doğal çakıl-asfalt tabaka	0,20
Bitümle kaplanmış taş tabaka	0,20
Çimento ile stabilize edilmiş çakıl	0,15
Kırmataş tabaka	0,15
Gradasyonlu taş tabaka	0,15
Kireçle stabilize edilmiş malzeme	0,15
Stabilize ve kırmataş malzeme	0,11
Yüksek fırın cürufu	0,11
Doğal stabilize malzeme (kum-çakıl)	0,11
Kum tabaka	0,10
Ocak artığı taş	0,08
Stabilize	0,07
Kum veya kumlu kil	0,05

3.13 Programda Tabakaların Seçilmesi Ve Hesabı

SN değeri bulunduktan sonra bir sonraki sayfaya geçilerek malzeme ve kalınlık seçimi yapılır. Sayfanın alt solunda kırmızı renkte ve çerçevesiz olarak verilen değer tüm tabakaların toplamda ulaşması gereken SN değeridir. Hemen yanında, yeşil renkte ve çerçeve içerisinde bulunan değer ise o ana kadar seçilmiş olan malzeme ve kalınlıklarından oluşan mevcut SN değeridir. Her tabakanın ait olduğu çerçeve içerisinde, tabaka kalınlığının hemen yanında, o tabakadan mevcut SN sayısına olan katkı değeri yer almaktadır. (Şekil 3.14)

CAPADES (COMPUTER AIDED PAVEMENT DESIGN SOFTW

Yeni Aç Kaydet Kapat Diğer Hakkında

C:\Program Files\CAPADES\Proje\proje2304.cap

Teknik Veriler Y.O.G.T. Trafik Değerleri

SN **Malzeme Seçimi** Kompozisyon

Tabaka Malzemeleri Seçimi

Aşınma

Beton Asfalt Tabaka (Aşınma) (0,44)

Tabaka Kalınlığı (cm) 5 2,2

Binder

Beton Asfalt Tabaka (Binder) (0,42)

Tabaka Kalınlığı (cm) 5 2,1

Temel I

Plent - Mix Bitümlü Tabaka (0,40)

Tabaka Kalınlığı (cm) 9 3,6

Temel II

Bitüm İle Stabilize Edilmiş Tabaka (0,25)

Tabaka Kalınlığı (cm) 11 2,75

Alttemel

Kum veya Kumlu Kil (0,05)

Tabaka Kalınlığı (cm) 25 1,25

<<< Geri 11,90 11,9 İleri >>>

Şekil 3.14: Tabaka Kalınlığı Malzeme Seçim Ekranı

Tabakalara ait malzeme seçimi, seçim yapılmak istenen tabakanın bulunduğu bölümde liste kutsuna ait aşağı ok tuşuna basılarak açılan listeden istenilen malzemenin seçilmesi ile yapılır. Daha sonra o tabakaya ait kalınlığın girilmesi gerekir. (Şekil 3.15) Seçim yapıldıktan sonra program tarafından, o tabakadan gelen SN değeri ilgili kutulara yazılır ve daha sonraki kontrollerde kullanılır.

CAPADES (COMPUTER AIDED PAVEMENT DESIGN SOFTW

Yeni Aç Kaydet Kapat Diğer Hakkında

C:\Program Files\CAPADES\Proje\2004.cap

Teknik Veriler Y.O.G.T. Trafik Değerleri

SN **Malzeme Seçimi** Kompozisyon

Tabaka Malzemeleri Seçimi

Aşınma

Beton Asfalt Tabaka (Aşınma) (0,44)

Tabaka Kalınlığı (cm) 5 2,2

Binder

Beton Asfalt Tabaka (Binder) (0,42)

Tabaka Kalınlığı (cm) 5 2,1

Temel I

Plent - Mix Bitümlü Tabaka (0,40)

Tabaka Kalınlığı (cm) 10 4

Temel II

Kırmataş tabaka (0,15)

Makadam Tabaka (Yapıştırıcı Bitümlü) (0,35)

Bitüm ile Stabilize Edilmiş Tabaka (0,25)

Alt Road-mix Bitümlü Tabaka (0,20)

Doğal Çakıl - Asfalt Tabaka (0,20)

Bitümle Kaplanmış Taş Tabaka (0,20)

Çimento ile Stabilize Edilmiş Çakıl (0,15)

Kırmataş tabaka (0,15)

Gradyasyonlu Taş Tabaka (0,15)

<<< Geri İleri >>>

Sekil 3.15: Malzeme Seçim Listesi

Malzeme seçimi için sadece program ile gelen listeye bağlı kalmak zorunlu değildir. Kullanıcı istediği takdirde yeni bir malzeme girişi yapabilir. Yeni malzeme girişi için menüde bulunan “Diğer” seçeneği altındaki “Malzeme Ekle” seçeneği seçilmeli ya da klavyeden “CTRL + M” kısa yolu kullanılmalıdır. “Malzeme Ekle” seçildiğinde, üzerinde halen kayıtlı malzeme sayısı bilgisi ile birlikte yeni malzeme adı ve katsayısının girilebileceği bir pencere açılacaktır. (Şekil 3.16)

Şekil 3.16: Yeni Malzeme Girişi

Yeni malzemenin adı girildikten sonra malzeme katsayısı virgül ile ayrılarak ilgili kutucuğa girilmelidir. “İptal” Düğmesine basılır ise malzeme listeye eklenmeyecek, “Ekle” düğmesine basıldığında ise yeni malzeme katsayısı ile birlikte listeye ilave edilecektir.

Yeni malzeme, daha önceden yapılmış projelerin sağlıklı çalışabilmesi açısından listelemede en son sıraya yerleştirilecektir. Bir kez malzeme girişi yapıldığında, bundan sonra üzerinde çalışılacak, halen var olan ya da yeni oluşturulacak tüm projeler bu yeni malzemeyi kullanabilirler.

3.14 Alt Temel Olasılıklarının Belirlenmesi

Kullanıcı, aşınma, binder, temel tabakalarının malzeme ve kalınlıklarını belirledikten sonra, dilerse, alttemel olarak kullanabileceği tüm malzemelerin kalınlıklarını listeleyebilir. Bunun için alttemel kalınlığının girildiği kutucuğun üzerine bilgisayarın faresi ile gelip farenin sağ tuşuna aralıklarla iki kere basmalıdır. Birinci basışta kutucuğun içersindeki değer sıfırlanacak ikinci basışta ise kutucuğun hemen üzerine bir seçenek listesi açılacaktır. (Şekil 3.17)

CAPADES (COMPUTER AIDED PAVEMENT DESIGN SOFTW

Yeni Aç Kaydet Kapat Diğer Hakkında

C:\Program Files\CAPADES\Proje\2004.cap

Teknik Veriler Y.O.G.T. Trafik Değerleri

SN **Malzeme Seçimi** Kompozisyon

Tabaka Malzemeleri Seçimi

Aşınma

Beton Asfalt Tabaka (Aşınma) (0,44)

Tabaka Kalınlığı (cm) 5 2,2

Binder

Beton Asfalt Tabaka (Binder) (0,42)

Tabaka Kalınlığı (cm) 5 2,1

Temel I

Plent - Mix Bitümlü Tabaka (0,40)

Tabaka Kalınlığı (cm) 10 4

Temel II

Kırmataş tabaka (0,15)

Tabaka K 1,5

Alttemel

Stabilize (0,07)

Tabaka K 0

Yeni Kaydet Farklı Kaydet Kapat Hakkında Alttemel Olasılıkları

<<< Geri 11,84 9,8 İleri >>>

Şekil 3.17: Alttemel Olasılıkları Listeleme Yöntemi

Kullanıcı bu listeden “Alttemel Olasılıkları” seçeneğini seçtiğinde, önüne yeni bir sayfa açılır. Bu sayfanın en üzerinde gereken ve mevcut SN bilgileri, kullanıcının seçmiş olduğu aşınma, binder, temel tabakalarının ve kalınlıklarının ayrıntıları, olası alttemel seçeneklerinin yer aldığı bir liste bulunur. Alttemel kalınlığı 20 cm. den az olamaz. Bu nedenle listedeki tüm malzemelerin kalınlıkları 20 cm. veya daha fazladır. Kullanıcı sayfanın altında bulunan, “Tüm Listeyi Göster” seçeneğini farenin sol tuşuna basarak seçtiğinde, program, sistemde kayıtlı tüm malzemeler için listeleme yapar.

Kullanılabilecek malzemeler listesinde herhangi bir seçeneğin üzerine gelerek seçim yapıldığında, listenin hemen altında, seçilen malzemenin kullanılması ile ulaşılabilecek toplam SN değeri yanıp sönmeye başlar. (Şekil 3.18) Böylece bir önceki sayfaya dönmeden sonuçlar kontrol edilebilir. Uygun olan malzeme ve kalınlık incelendikten sonra pencere kapatılarak kalınlık seçme sayfasına geri dönülür ve seçim tamamlanır.

Alttemel Olasılıkları

Gereken SN: **11,84** Mevcut SN:

Aşınma	5 cm Beton Asfalt Tabaka (Aşınma)	(0,44)
Binder	5 cm Beton Asfalt Tabaka (Binder)	(0,42)
Temel I	10 cm Plent - Mix Bitümlü Tabaka	(0,40)
Temel II	10 cm Kumtaşı tabaka	(0,15)

Olası Alttemel Kalınlık ve Malzeme Listesi

21 cm	Kum tabaka	(0,10)
26 cm	Ocak Artığı Taş	(0,08)
30 cm	Stabilize	(0,07)
41 cm	Kum veya Kumlu Kil	(0,05)

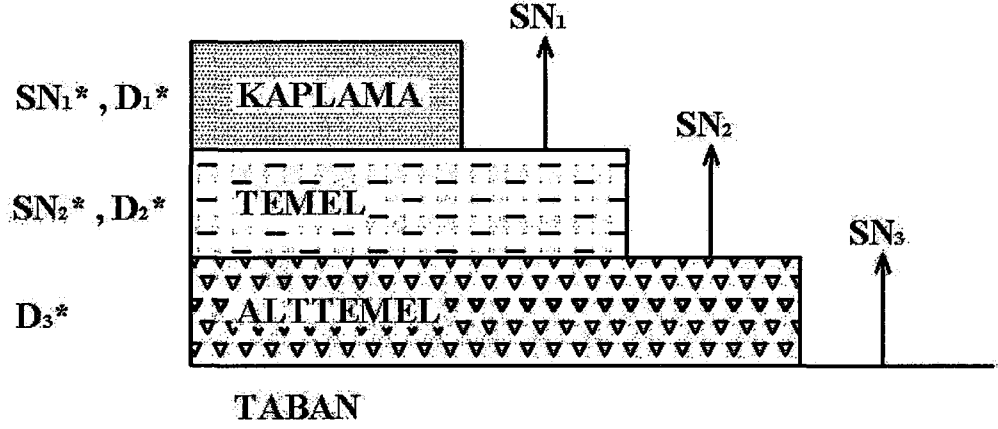
☒ Kullanılabilecek Olanları Göster ☐ Tüm Listeyi Göster

Listeyi Kapat

Şekil 3.18: Alttemel Olasılıkları Ekranı

3.15 Tabaka Kalınlıklarının Kontrolü

Bulunan kalınlıkların kontrol edilmesi için tabakaların üzeri için gereken SN değerleri belirlenmelidir [2]. (Şekil 3.19)



Şekil 3.19: Kalınlıkların Kontrolü

SN₁ = Temel tabakası üzerine gereken SN

SN₂ = Alttemel tabakası üzerine gereken SN

SN₃ = Taban üzerine gereken SN

(*) = Üstyapıda kullanılan gerçek değerdir.

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$SN_{11}^* = a_1 D_1^* \geq SN_1 \dots\dots\dots(3.6)$$

$$D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2} \dots\dots\dots(3.7)$$

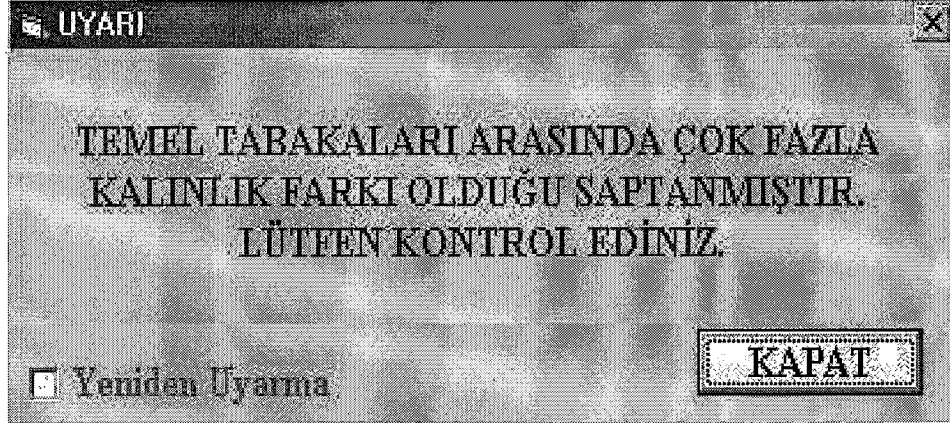
$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2 \dots\dots\dots(3.8)$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3} \dots\dots\dots(3.9)$$

Kontroller sonucunda bulunan değerler seçilmiş olan tabaka kalınlıklarına uygun ise tasarım sonucu bulunan üstyapı kompozisyonu uygundur.

3.16 Program İle Kalınlıkların Kontrolü

Malzeme seçimi yapıp, tabaka kalınlıkları belirlenerek gereken SN değeri elde edildikten sonra bir sonraki sayfaya geçmek için “İleri” düğmesine basılır. Eğer iki adet temel tabakası yapılmış ve tabakalar arasında çok fazla kalınlık farkı var ise program kullanıcıyı uyarır.(Şekil 3.20)



Şekil 3.20: Kalınlık Farkı Uyarı Ekranı

Program tüm tabakalar için minimum kalınlık kontrolü yapar. Eğer tabaka kalınlıkları gereken minimum değeri sağlamıyor ise kullanıcı, kalınlık kontrolü penceresinde, kontrolü sağlamayan satırın hemen sağında kırmızı renkli yanıp sönen “KONTROL” yazısı ile, eğer kalınlık kontrolünde bir sorun yoksa yeşil renkli “OK” yazısı ile bilgilendirilir. Aynı şekilde program toplam SN değerinin sağlanıp sağlanmadığını kullanıcıya bildirir. (Şekil 3.21)

Gerekli SN değeri ile projelendirilen SN değeri arasında belli bir tolerans aralığından fazla fark var ise kullanıcı pencerenin en altında mavi renkli yanıp sönen bir yazı ile malzeme kaybı olduğu konusunda uyarılır.

Uyarıları dikkate alıp almamak tamamen programı kullanan mühendisin takdirindedir.

Adı geçen uyarıların yer aldığı ekranın üst kısmında, bir önceki ekranda seçilmiş olan tabakaların kalınlıkları ile orantılı olarak yükseklikleri program tarafından ayarlanan üst yapı kompozisyonu yer almaktadır. Burada tabakalar için kullanılmış olan renkler, programın diğer bölümlerinde de aynen korunmuştur.

CAPADES [COMPUTER AIDED PAVEMENT DESIGN SOFTW.]

Yeni Aç Kaydet Kapat Diğer Hakkında

C:\Program Files\CAPADES\Proje\2004.cap

Teknik Veriler	Y.O.G.T.	Trafik Değerleri
SN	Malzeme Seçimi	Kompozisyon

Üst Yapı Kompozisyonu

Aşınma : 5 cm
 Binder : 5 cm
 Temel I : 10 cm
 Temel II : 8 cm
 Alttemel : 26 cm

Kalınlık Kontrolü

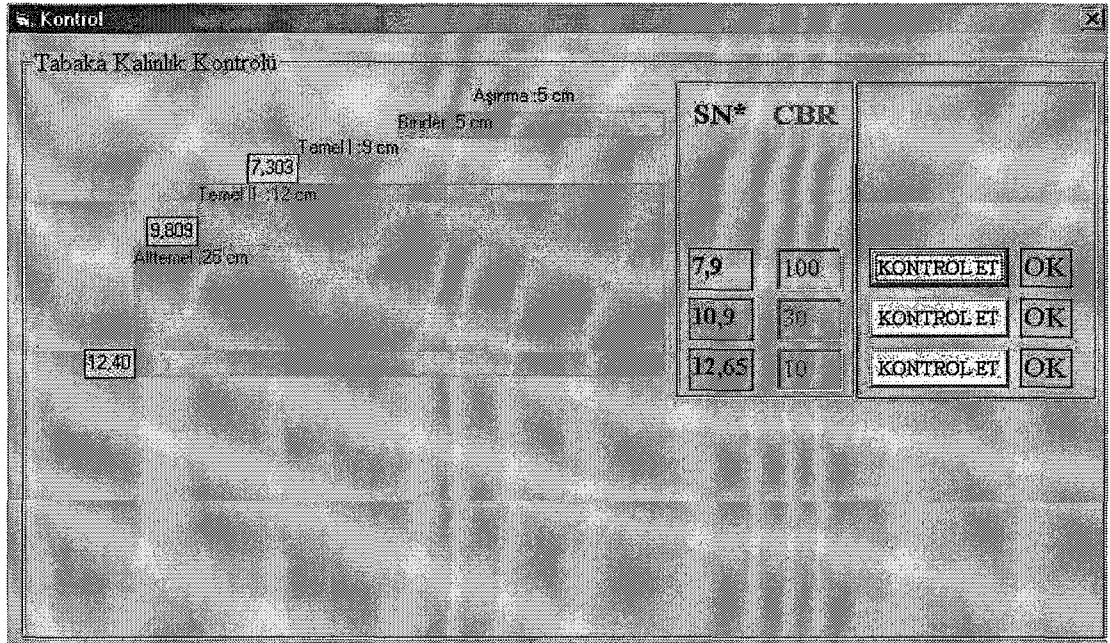
Aşınma min. kalınlık : 4 cm	Proje : 5 cm	OK
Binder min. kalınlık : 4 cm	Proje : 5 cm	OK
Temel min. kalınlık : 20 cm	Proje : 10 cm	KONTROL
Temel II Proje : 8 cm		KONTROL
Alttemel min. kalınlık : 20 cm	Proje : 26 cm	OK

SN GELİTİM : 11.54 SN MEVCUT : 11.58

<<< Geri Kaydet

Şekil 3.21: Tabaka Minimum Kontrolü

Kullanıcı tabakaların üzerinde gereken SN değerlerini ve tabaka kalınlıklarını kontrol etmek için diğer menüsü altındaki alt menülerden “Kontrol” seçeneğini seçtiğinde ya da klavyeden “CTRL + O” kısayol’unu kullandığında, kontrol ekranı yüklenir. (Şekil3.22)



Şekil 3.22: Kalınlık Kontrol Ekranı

Açılan pencerenin sol tarafında üstyapı kompozisyonu bulunur. Her renk bir tabakayı temsil eder. Tabakaların solunda açık yeşil renkli kutucukların içerisinde o tabakanın üzerinde gereken SN değeri görülmektedir. SN* değeri, o tabaka dahil mevcut SN değerini, CBR ise kontrol için kullanılan CBR değerini ifade eder. Kontrol sonrası bir sorun var ise sorunun olduğu satırın en sağında kırmızı renkte "XX", sorun yok ise yeşil renkli "OK" mesajı belirir.

4 PROGRAM SONUÇLARININ ABAK ÇÖZÜMÜ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

4.1 Giriş

Bu bölümde, hesap makinesi ve abak kullanılarak yapılan örnek proje çözümü sonuçları ile aynı örnek projenin hazırlanmış olan bilgisayar programı ile bulunan sonuçları karşılaştırılmıştır.

4.2 Örnek Proje

Tek platformlu, 2 yönde trafiğe hizmet eden, toplam 4 şeritli bir yol için YOGT değerleri ve trafik artış oranları aşağıdaki gibidir. CBR değerini %10, Bölge faktörünü 1, analiz süresini 20 yıl olarak üst yapı tasarımını yapınız.

Tablo 4.1: Örnek Proje Verileri

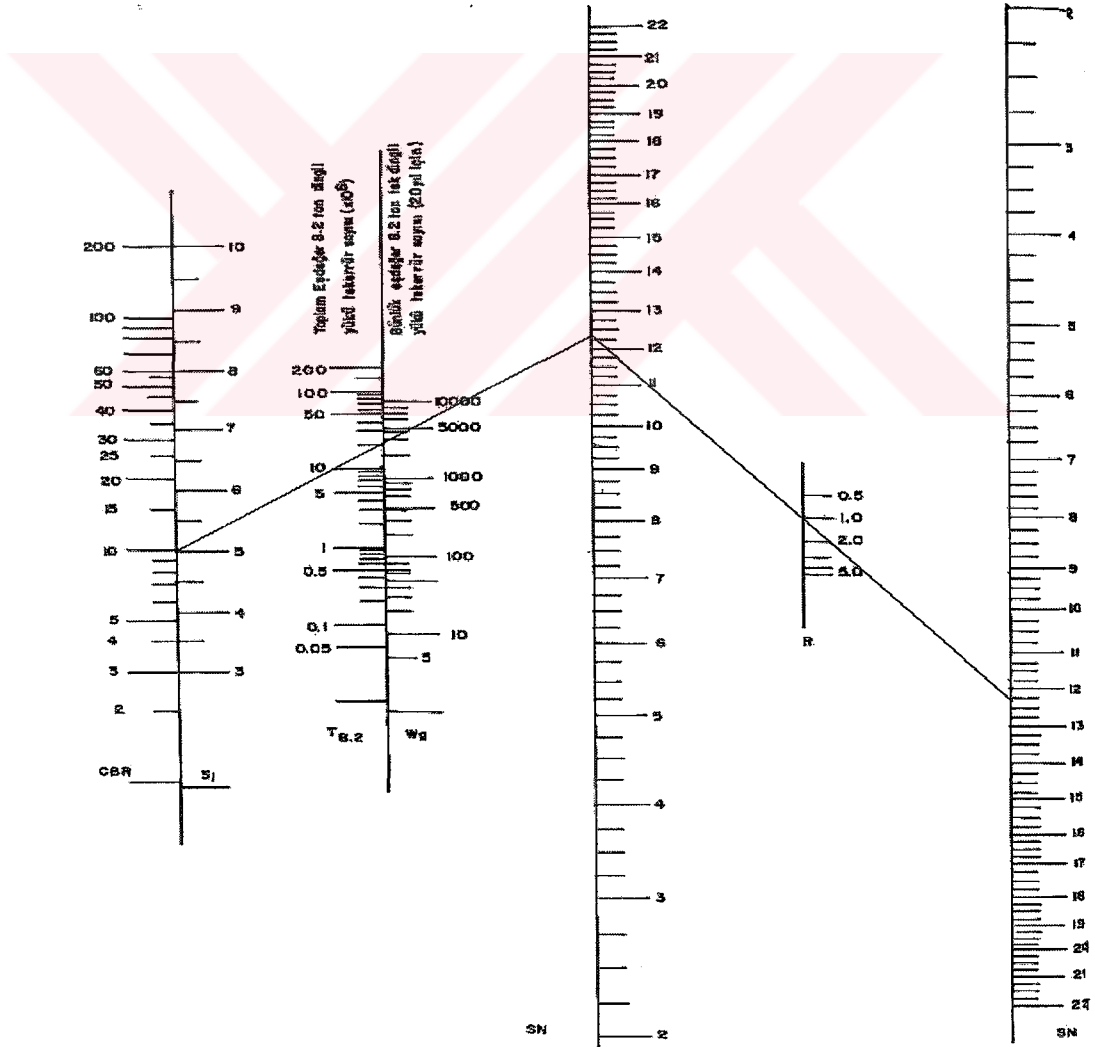
	TREYLER	KAMYON	OTOBÜS	OTOMOBİL
YOGT	415	795	1390	7400
Trafik Artış	%4	%4	%5	%5

4.2.1 Örnek Projenin Hesap Makinesi Ve Abak Kullanarak Çözümü

Örnek Proje hesap makinesi kullanılarak çözülmüş ve sonuçlar Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Bulunan toplam eşdeğer dingil yükü tekerrür sayısı, zemin taşıma ve bölge faktörü değerleri kullanılarak abak çözümü yapılır. $P_t=2,5$ abağı kullanılmış ve son SN değeri 12,3 olarak okunmuştur. (Şekil 4.1)

Tablo 4.2: Örnek Proje Sonuç Tablosu

Taşıt Cinsi	YOGT	Artış %	t_n	t_p	Yön Dağ. Fak.	Şerit Dağ. Fak.	Eşdeğerlik Katsayıları	Eş. St. Tek Dingil Yüğü Tekerrür Sayısı
TREYLER	415	4	909	630	0,5	0,9	3,06	868
KAMYON	795	4	1742	1207	0,5	0,9	1,96	1065
OTOBÜS	1390	5	3688	2355	0,5	0,9	0,95	1007
OTOMOBİL	7400	5	19634	12538	0,5	0,9	0,0006	3
TOPLAM							2943 Eş. Dingil/Gün	



Şekil 4.1: Örnek Proje Abak Çözümü $P_t=2,5$

Üstyapıda kullanılacak tabakalar aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

Aşınma tabakası Beton Asfalt Tabaka;

$$a_1 = 0,44 \quad D_1 = 5 \text{ cm}$$

Binder tabakası Beton Asfalt Tabaka;

$$a_2 = 0,42 \quad D_2 = 5 \text{ cm}$$

Temel I Plent-Mix Bitümlü Tabaka;

$$a_3 = 0,40 \quad D_3 = 9 \text{ cm}$$

Temel II Bitüm ile Stabilize Edilmiş Tabaka;

$$a_4 = 0,25 \quad D_4 = 11 \text{ cm}$$

Alttemel Stabilize;

$$a_5 = 0,07 \quad D_5 = ? \text{ cm}$$

Alınarak yapılan hesaplamalar sonucu,

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 + a_4 D_4 + a_5 D_5 \dots\dots\dots(4.1)$$

$$12,3 = 0,44 * 5 + 0,42 * 5 + 0,40 * 9 + 0,25 * 11 + 0,07 * D_5 \dots\dots\dots(4.1a)$$

$D_5 = 24 \text{ cm.}$ olarak bulunur.

4.2.2 Örnek Projenin Program ile Çözümü

Örnek Proje’de verilen yol için P_t değeri 2,5 CBR-Si Dönüştürme abağından %10 CBR değer için S_i değeri 5 olarak bulunur. Bölge faktörü değeri 1, platform sayısı, trafiğin hizmet vereceği yön sayısı, toplam şerit sayısı değerleri, kullanıcı tarafından ilgili kutucuklara girildiğinde, program tarafından şerit ve yön dağıtma faktörleri belirlenir. (Şekil 4.2) Buna göre program tarafından yapılacak olan hesaplamalarda şerit dağıtma faktörünün 0,9 ve yön dağıtma faktörü 0,5 alınacağı “Yön Dağıtma Faktörü-Şerit Dağıtma Faktörü” Penceresindeki ilgili kutucuklardan okunabilir.

CAPADES (COMPUTER AIDED PAVEMENT DESIGN SOFTW...

Yeni Aç Kaydet Kapat Diğer Hakkında

C:\Program Files\CAPADES\Proje\örnek1.cap

SN	Malzeme Seçimi	Kompozisyon
Teknik Veriler	Y.O.G.T.	Trafik Değerleri

Teknik Veriler

Son Hizmet Yeteneği Endeksi (Pt) :

Taban Zemin Taşıma Değeri (Si) : CBR-SI

Bölge faktörü (R) :

Platform Sayısı :

Yön Sayısı :

Şerit Say. (Platform Başına) :

Yön Dağıtma Faktörü - Şerit Dağıtma Faktörü Seçimi

Yön Dağıtma Fak. Şerit Dağıtma Fak.

Farklı Kaydet Kaydet İleri >>>

Şekil 4.2: Örnek Proje Teknik Veriler Sayfası

İleri tuşuna basılır ve bir sonraki sayfaya geçilerek yolun trafiğe açılma yılı, hizmet süresi, YOGT değerleri, trafik artış yüzdeleri değerlerinin programa girişi yapılır. (Şekil 4.3)

CAPADES (COMPUTER AIDED PAVEMENT DESIGN SOFTW

Yeni Aç Kaydet Kapat Diğer Hakkında

C:\Program Files\CAPADES\Proje\örnekl.cap

SN Malzeme Seçimi Kompozisyon

Teknik Veriler **Y.O.G.T.** Trafik Değerleri

Y.O.G.T. Bilgi Girişi

Yolun Trafiğe Yolun Hizmet
Açılma Yılı **2007** Süresi (Yıl) **20**

<u>Trafik Grupları</u>	<u>Y.O.G.T.</u>	<u>Trafik artış %'si</u>
Treyler	415	4
Kamyon	795	4
Otobüs	1390	5
Otomobil	7400	5
Toplam	10000	

Saptırılacak ve Doğacak Trafik Miktarı **0**

<<< Geri Kaydet HESAPLA

Şekil 4.3: Örnek Proje YOGT Veri Giriş Ekranı

Girilmiş olan veriler program tarafından her araç kategorisi için 20 yıllık analiz süresi için ayrı ayrı hesaplanır ve son trafik (t_n) değeri ve proje trafiği (t_p) değerleri ilgili alanlara yazılır. (Şekil 4.4)

CAPADES [COMPUTER AIDED PAVEMENT DESIGN SOFTW]

Yeni Aç Kaydet Kapat Diğer Hakkında

C:\Program Files\CAPADES\Proje\örnek1.cap

SN Malzeme Seçimi Kompozisyon

Teknik Veriler Y.O.G.T. **Trafik Değerleri**

Son Trafik Değerleri

Treyler	909
Kamyon	1742
Otobüs	3688
Otomobil	19634
Detay	

Proje Trafığı (Saptırılmış Trafik Dahil)

Treyler	630
Kamyon	1207
Otobüs	2355
Otomobil	12538
Detay	

<<< Geri Kaydet İleri >>>

Şekil 4.4: Örnek Proje Trafik Değerleri

“Detay” düğmesine basılarak yıllık bazda her trafik kategorisi için hesaplanan trafik değerleri görülebilir. (Şekil 4.5) Bu pencere, sağ üst köşedeki “X” düğmesine basılarak kapatılır.

Proje Trafik Detay Raporu (Yıllık Bazda - Saptırılacak Trafik Dahil)				
YIL	TREYLER	KAMYON	OTOBÜS	OTOMOBİL
2008	423	811	1425	7584
2009	432	827	1460	7773
2010	440	844	1497	7969
2011	449	861	1535	8172
2012	459	878	1574	8381
2013	468	896	1615	8597
2014	478	915	1657	8821
2015	488	934	1700	9052
2016	498	954	1745	9291
2017	508	974	1792	9539
2018	519	994	1840	9795
2019	530	1015	1889	10059
2020	541	1037	1941	10333
2021	553	1060	1994	10616
2022	565	1082	2049	10910
2023	577	1106	2106	11213
2024	590	1130	2165	11527
2025	603	1155	2226	11852
2026	616	1181	2289	12189
2027	630	1207	2355	12538

Şekil 4.5: Örnek Proje Proje Trafik Ayrıntı Ekranı

Trafik değerleri sayfasından, “İleri” tuşu ile geçilen bir sonraki sayfada, proje trafiği, eşdeğerlik faktörü, şerit ve yön dağıtma faktörleri kullanılarak hesaplanmış “Eşdeğer Standart Tek Dingil Yüğü Tekerrür Sayıları” ve “Günlük Eşdeğer Standart Tek Dingil Yüğü Tekerrür Sayısı” görülebilir. Sayfanın altında ise programa girilmiş olan parametreler ile hesaplanmış üstyapı sayısı (SN) değeri bulunur. (Şekil4.6)

CAPADES (COMPUTER AIDED PAVEMENT DESIGN SOFTWARE)

Yeni Aç Kaydet Kapat Diğer Hakkında

C:\Program Files\CAPADES\Proje\örnek1.cap

Teknik Veriler	Y.O.G.T.	Trafik Değerleri
SN	Malzeme Seçimi	Kompozisyon

Toplam Eşdeğer Standart Tek Dingil Yüklü Tekerrür Sayıları

Treyler	868	Eş Dingil / Gün
Kamyon	1065	Eş Dingil / Gün
Otobüs	1007	Eş Dingil / Gün
Otomobil	3	Eş Dingil / Gün
TOPLAM	2943	Eş Dingil / Gün

SN

SN= 12,309

Hassasiyet = 0,001

<<< Geri

İleri >>>

Şekil 4.6: Örnek Proje SN Sayfası

SN değeri bulunduktan sonra ileri tuşu ile geçilen malzeme seçim sayfasında gerekli SN değerine ulaşmak için tabakaların hangi malzemelerden ve hangi kalınlıklarda yapılacağı belirlenir. (Şekil 4.7)

CAPADES (COMPUTER AIDED PAVEMENT DESIGN SOFTWARE)

Yeni Aç Kaydet Kapat Diğer Hakkında

C:\Program Files\CAPADES\Proje\örnek1.cap

Teknik Veriler Y.O.G.T. Trafik Değerleri

SN **Malzeme Seçimi** Kompozisyon

Tabaka Malzemeleri Seçimi

Aşınma

Beton Asfalt Tabaka (Aşınma)(0,44)

Tabaka Kalınlığı (cm) 5 2,2

Binder

Beton Asfalt Tabaka (Binder)(0,42)

Tabaka Kalınlığı (cm) 5 2,1

Temel I

Plent - Mix Bitümlü Tabaka(0,40)

Tabaka Kalınlığı (cm) 9 3,6

Temel II

Bitüm İle Stabilize Edilmiş Tabaka (0,25)

Tabaka Kalınlığı (cm) 11 2,75

Alttemel

Stabilize(0,07)

Tabaka Kalınlığı (cm) 24 1,58

<<< Geri 12,31 12,33 İleri >>>

Şekil 4.7: Örnek Proje Malzeme Seçimi

Alttemel olasılıkları ekranı açıldığında seçilmiş olan malzeme ve kalınlıklar için 22 cm. Stabilize ya da 31 cm. Kum veya Kumlu Kil kullanılması halinde gereken üstyapı sayısı değerine ulaşılabilir. (Şekil 4.8)

Alttemel Olasılıkları

Gereken SN: 12,31 Mevcut SN: 10,65

Aşınma : 5 cm Beton Asfalt Tabaka (Aşınma) (0,44)

Binder : 5 cm Beton Asfalt Tabaka (Binder) (0,42)

Temel I : 9 cm Plent - Mix Bitümlü Tabaka(0,40)

Temel II: 11 cm Bitüm İle Stabilize Edilmiş Tabaka (0,25)

Olası Alttemel Kalınlık ve Malzeme Listesi

21 cm Ocak Artığı Taş(0,08)

24 cm Stabilize(0,07)

34 cm Kum veya Kumlu Kil(0,05)

Seçilen Alttemel Kullanımı Halinde Toplam SN= 12,33

☒ Kullanılabilecek Olanları Göster

☐ Tüm Listeyi Göster

Listeyi Kapat

Şekil 4.8: Örnek Proje Alttemel Olasılıkları

Yapılan hesaplamalar ile malzeme ve kalınlık seçiminden sonra elde edilen üstyapı kompozisyonu, Şekil 4.9 un üst kısmında, kalınlık kontrol sonuçları ise alt kısımda görülmektedir.

CAPADES (COMPUTER AIDED PAVEMENT DESIGN SOFTW

Yeni Aç Kaydet Kapat Diğer Hakkında

C:\Program Files\CAPADES\Proje\örnek1.cap

Teknik Veriler Y.O.G.T. Trafik Değerleri

SN Malzeme Seçimi **Kompozisyon**

Üst Yapı Kompozisyonu

Aşınma 5 cm
 Binder 5 cm
 Temel I 9 cm
 Temel II 11 cm
 Alttemel 24 cm

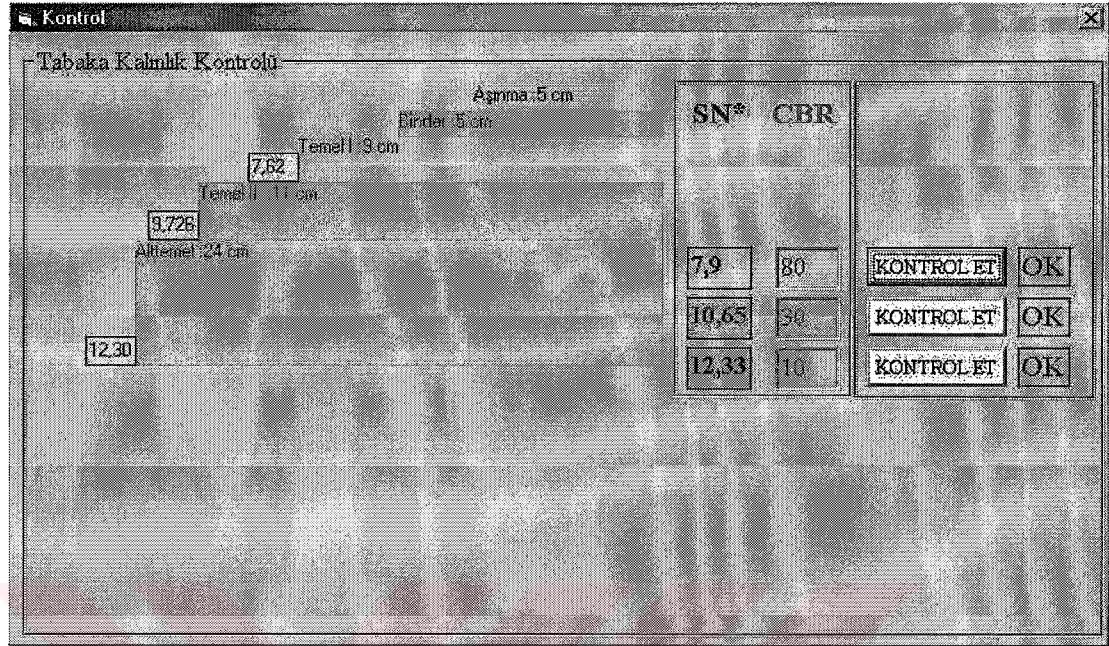
Kalınlık Kontrolü

Aşınma	min. kalınlık: 4 cm	Proje: 5 cm	OK
Binder	min. kalınlık: 4 cm	Proje: 5 cm	OK
Temel	min. kalınlık: 20 cm	Proje: 9 cm	OK
		Temel II Proje: 11 cm	OK
Alttemel	min. kalınlık: 20 cm	Proje: 24 cm	OK
SN GEREKEN: 12.31		SN MEVCUT: 12.33	OK

<<< Geri Kaydet

Şekil 4.9: Örnek Proje Minimum Kalınlık Kontrolü

Tabakaların kalınlık kontrolleri yapılarak, seçilmiş olan malzeme ve tabaka kalınlıklarının uygun olduğu belirlenmiştir. (Şekil 4.10) Bu projede için yapılan esnek üstyapı tasarımı uygundur.



Şekil 4.10: Örnek Proje Kalınlık kontrolü

4.3 Örnek Proje Sonuçlarının Karşılaştırılması

Örnek projenin hesap makinesi ve abak yardımı ile çözülmesi ile elde edilen sonuçlar, üstyapı tasarım programı ile bulunan sonuçlar ile karşılaştırılmış ve tüm adımlarda değerlerin birebir örtüştüğü belirlenmiştir.

5 SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, halen ülkemizde yol üstyapısı tasarım yöntemi olarak kullanılan AASHO 72 tasarım yöntemi bilgisayar ortamına taşınmış, Visual Basic programlama dili [8,9] ile bilgisayar destekli üstyapı tasarım programı “CAPADES” tasarlanmış ve geliştirilmiştir.

Hesap makinesi ve abak kullanılarak yapılan hesaplamalarda, hatalı veri girilmesi, işlem hatalarının yapılması ve bunun gibi kullanıcı kaynaklı hatalar, sonuçların yanlış bulunması ve değerlendirilmesi sonucunu doğurmaktadır. Bu hatalar daha sonra fark edilseler bile düzeltilmeleri zaman ve iş kaybına neden olmaktadır. Ayrıca, kullanılan abaklar kalem kalınlığı, okuma hatası, abak üzerinde aranan çok büyük ya da küçük değerlerin bulunamaması gibi sorunlar ortaya çıkartmaktadır.

CAPADES, hesap makinesi ve abak kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu bulunan sonuçların aynılarını kısa sürede hesaplamakta, proje mühendisi tarafından yapılabilecek yanlış ya da eksik bilgi girişi gibi durumlarda uyarı ekranları ile hataların düzeltilmesini sağlamaktadır.

Uzunlukları yer yer yüzlerce kilometreye ulaşan yol üstyapılarının tasarlanmasında, zemin taşıma gücü değeri, çevre ve iklim koşullarının, trafik hacim ve kompozisyonunun değişmesi sonucu hesaplamaların defalarca tekrarlanması gerekir. Hesaplamaların bilgisayar programı ile yapılması zaman kazancı sağlayacak böylece mühendisten daha fazla verim alma şansı ortaya çıkacaktır.

Tasarım seçenekleri mühendis tarafından bir arada değerlendirilerek en uygun üstyapı kompozisyonu elde edilebilir. Program tarafında hazırlanan özel bir dosya formatı bulunmaktadır. Böylece mühendis tasarımları daha sonra değerlendirme ya da değiştirme şansına sahip olur.

Program, maliyet hesabı, ekonomik karşılaştırma gibi eklentiler ile daha da geliştirilmeye açıktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Umar, F. ve Yayla, N.**, 1994. Yol İnşaatı, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul
- [2] **Ağar, E. ve Umar, F.**, 1991. Yol Üstyapısı, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul
- [3] **Witczak, M.W. and Yoder, E.J.**, 1975. Principles of Pavement Design, Wiley Interscience, New York
- [4] **AASHTO**, 1986. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, AASHTO, Washington D.C.
- [5] **AASHTO**, 1993. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, AASHTO, Washington D.C.
- [6] **Arda, N., Çetin, H., Önal M.A.**, 2001. Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara
- [7] **Tunç, A.**, 2001. Yol Malzemeleri ve Uygulamaları, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul
- [8] **Karagülle, İ. ve Pala, Z.**, 1999. Microsoft Visual Basic 6.0 Pro, Türkmen Kitapevi, İstanbul
- [9] **Yanık, M.**, 1999. Visual Basic 6.0 for Windows Profesyonel Sürüm, Beta Basım Yayın A.Ş., İstanbul

EKLER

EK 1 : Bilgisayar Programı



ÖZGEÇMİŞ

Metehan İNCEGÜL, 1969 yılında İstanbul’da doğdu. İlk öğrenimini F.M.V.Özel Işık Lisesi’nde, orta öğrenimini Terakki Vakfı Özel Şişli Terakki Lisesi’nde tamamladı. Lise eğitimini takiben İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nü kazandı. Lisans bitirme çalışmasını Ulaştırma Ana Bilim Dalı’nda yapan İNCEGÜL, İngilizce, Fransızca ve İtalyanca bilmektedir.

