

1.GİRİŞ

1.1. Genel

Üzerinde yaşadığımız yerkabuğunun kalınlığı karalarda ortalama 35 km ve okyanus diplerinde 8-10 km dir (Ketin, 1982). İnsanoğlu; maden arama ve işletme, tünel-galeri, demiryolu-karayolu-hava alanı pisti, baraj, köprü, bina-gökdelen gibi değişik amaçlar için bahsedilen kalınlığın en üst kısmında zemin, kaya veya bunların karışımı olan ortamlarda teknik ve/veya mühendislik girişimleri yapmaktadır. Söz konusu ortamlar çeşitli mühendislik disiplinlerinin (maden, jeoloji, jeodezi, jeofizik, petrol, inşaat) ortak arenası durumundadır. Çoğu zaman ekip halinde çalışmayı zorunlu kılmaktadır.

Hemen hemen her yıl orta veya büyük şiddette depremlerin olduğu ülkemizde, son yıllarda yaşanan depremlerden sonra yasa ve yönetmeliklerde değişiklikler yapılmıştır. Bunlardan en önemlisi zemin ve temel etütlerinin zorunlu hale getirilmesidir.

Zemin; kayaların fiziksel ve kimyasal yolla ayrışması sonucu oluşmuş organik madde içeren veya içermeyen sıkışmamış katı madde birikimleri veya sedimanları olarak tarif edilmekte ve tane, su ve hava gibi üç fazdan oluşmaktadır. Söz konusu zemin ortamının veya zemin-kaya sınırının, mühendislik girişimi yapılacak bölge veya alandaki kalınlığı ve dağılımının önceden tahmin edilmesi veya hesaplanması büyük ekonomik ve teknik faydalar sağlayacaktır.

1.2. Problemin Tarifi

Yazılı tarihi M.Ö. 2000 yılına kadar dayanan Cumhuriyetin temellerinin atıldığı, Selçuklu devrinin güzel eserleriyle süslü, yüzölçümü bakımından Konya'dan sonra ikinci sırada yer alan Sivas'ın kentleşme açısından gelişimi, geçmişte ve bugün yerleşim alanındaki mühendislik özellikleri dikkate alınmaksızın olmuştur. Oysa herhangi bir bölgedeki sanayileşme, ulaşım ve yerleşim o bölgedeki çevre dengesini büyük ölçüde etkiler. Bir bölgede arazinin iyi kullanılmaması, yeraltı suyu kirliliği, hava kirliliği gibi çevre sorunlarını da

oluşturmaktadır. Sivas ilinin bulunduğu alanın zemin ve kaya özelliklerinin araştırılıp ortaya konulması, kentin gelişebileceği yerleri, sanayi ve ulaşım ağlarının seçilmesi ile doğal çevre arasında denge oluşturması açısından bir vizyon oluşturmaktadır.

Son yıllarda yaşanan depremlerden sonra can ve mal kaybını minimize etmek için yeraltı ve yerüstü inşa yapılarının sağlamlılığı, emniyetliliği ve güvenilirliği gibi özellikler önemli ve öncelikli olarak herkes tarafından daha fazla hissedilmektedir. Bununla birlikte söz konusu inşa yapılarının etkileşimde bulunduğu alt yapının yani zemin veya kaya ortamının sağlamlılığı ve özelliklerinin bilinmesi daha önemli ve öncelikli durumdadır. Benzer şekilde Sivas ili yerleşim alanı zeminlerinin fiziko-mekanik (jeomekanik/jeoteknik) parametrelerinin önceden bilinmesi yapılacak ileriki plan ve projeler için bir ufuk verecektir.

1.3. Tezin Amacı ve İçeriği

Yerleşim alanının her noktasında çeşitli deneyler yapılarak veriler elde etmek imkansız ve ekonomik değildir. Bununla birlikte, çok az noktada da veri alınarak büyük bir bölge için yorum yapmakta yanlış yönlendirmelere sebep olur. Yeteri sayıda veri ve uygun teknikle verilerin yorumlanması gerekir.

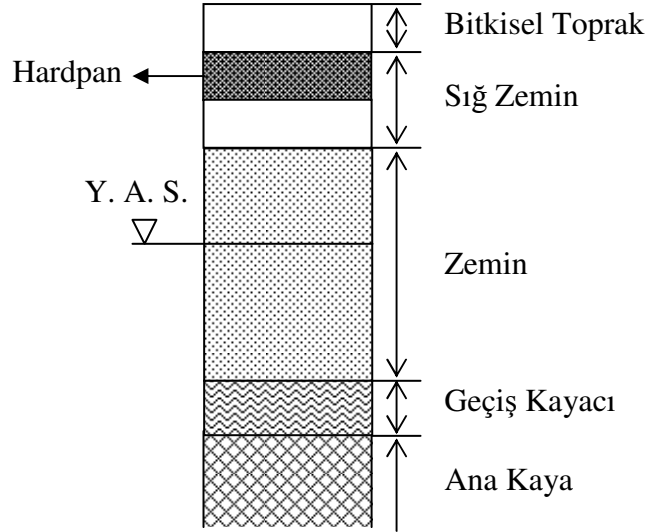
Bu çalışma ile Sivas şehri yerleşim bölgesinin önemli zemin parametrelerinin bilgisayar ortamında değişik interpolasyon teknikleri kullanılarak yorumlanması amaçlanmıştır. Böylece eldeki uzaysal verilerin yorumlanması ile ileriki mühendislik çalışmalarına öncülük edecektir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Zeminin Tanımı

Zeminler mühendislik açısından; çakıl, kum, silt, kil veya bu malzemelerin karışımlarından meydana gelen toprak malzeme olarak tanımlanabilmektedir. Zeminler su, rüzgar, donma – çözünme gibi etkilerle kayaların ayrışması sonucunda oluşmakta olup, etrafı boşluk ve gözeneklerle kuşatılmış tane parçalarından meydana gelmektedir. Bu boşluklar su veya hava ile ya da her ikisi ile dolu olabilir. Zeminler, boşlukları tamamen hava ile dolu olduğunda kuru, tamamen su ile dolu olduğunda doymuş, hem su hem de hava ile dolu olduğunda ise yarı doymuş zemin olarak tanımlanmaktadır.

Örselenmemiş bir zeminde kazı yapıldığında Şekil 2.1’de görülen malzemeler ile karşılaşılır.



Şekil 2.1. Kazı esnasında karşılaşılabilecek malzemeler

Bitkisel Toprak: Kalınlıkları genellikle 50 cm’den daha fazla olmayan, içinde humus adı verilen yüksek düzeyde organik, kısmen yapısı bozulmuş bitki parçaları içeren malzemenin de bulunabildiği toprak düzeyidir.

Hardpan: Kum ve çakılın silt ve/veya kille yüksek yoğunlukta çimentolanmış bir karışımdır. Hardpan, kazılması zor, ıslandığında yumuşamayan, normal zemin sondajlarına dirençli bir malzemedir. Hardpan tabakası genellikle, bitkisel bir toprak ile zeminin bozulmuş üst kısmı arasında yer alır.

Sığ Zemin: Bitkisel bir toprak ile bozunmamış ana zemin arasında yer alan bozunmuş zemin katmanıdır.

Zemin: Sığ zemin katmanından geçiş kayacına kadar uzanan yumuşak jeolojik çökellerdir. Eğer malzeme elle veya el aletleri ile kazılabiliyorsa malzeme “zemin” olarak tanımlanır.

Geçiş Kayacı: Ana kaya ile zemin arasında kalan çatlaklı kırıklı bölgedir.

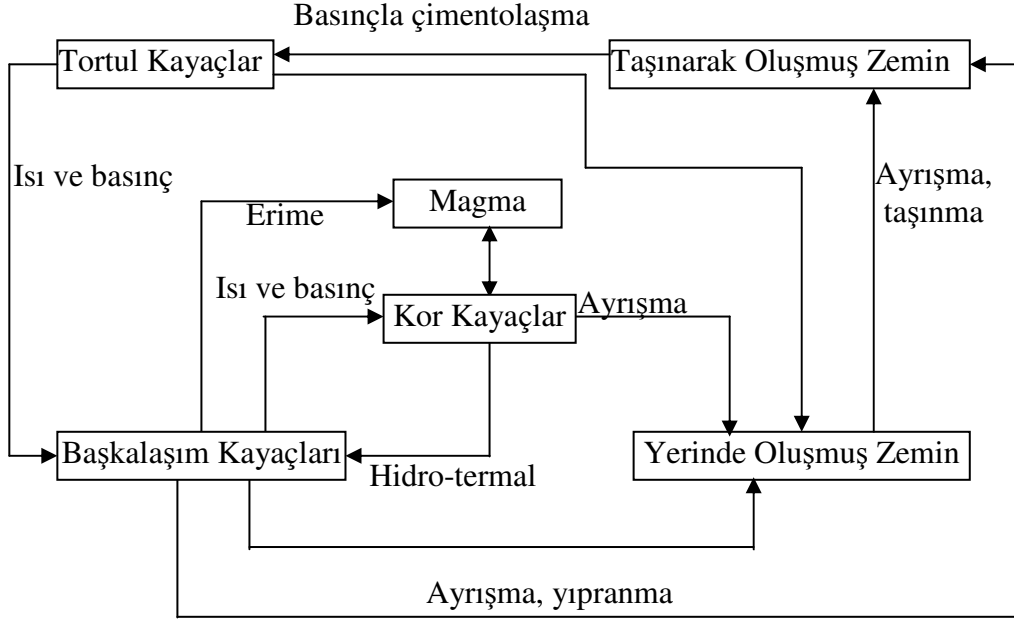
Ana Kaya: Daha altta kayadan başka malzeme bulunmayan sert ve sağlam, kütleli, çimentolanmış taneli veya kristalli yoğun tabakadır.

Yeraltı Suyu: Yeraltında suyun oluşturduğu rezervuardır. Bu suyun herhangi bir derinlikteki üst yüzeyine yeraltı su seviyesi denir.

2.1.1. Zeminlerin Oluşumu

Yerkabuğunun %98'i eriyik halde bulunan magmanın soğumasıyla oluşan magmatik/volkanik kayalardan oluşmaktadır. Magmatik kayaların en dayanıklı olanları bile karbon gazı içeren asitli suların etkisinde kaldıkları zaman tamamen ayrışabilmektedirler. Değişik türden kayaların ayrışması ve çeşitli etkilerle taşınmasıyla sedimanter kayalar oluşmuştur. Sedimanter kayaların yüksek ısı ve buharla birlikte yüksek basınç altında kalmasıyla metamorfik kayaları oluşmuştur. Ana kayalardaki ayrışmanın taşınma hızına göre daha çabuk olduğu durumlarda yerinde oluşmuş (rezidüel) zeminler meydana gelmişlerdir. Değişik etkenlerle yerinden alınarak taşınan rezidüel oluşumlar taşınarak oluşmuş zeminleri meydana getirmektedir. Çeşitli dış etkilerin altında, zeminler kayaca dönüşebileceği gibi, zamanla diğer zemin gruplarının özelliklerini de

alabilmektedirler. Aşınma, taşınma, ısı, basınç ve çökelmelerle oluşan zeminlerin dönüşümleri Şekil 2.2 deki şema ile özetlenebilir (Aytekin, 2004).



Şekil 2.2. Zeminlerin oluşumunun şematik olarak gösterilmesi

2.1.2. Zemin Sınıflama Sistemleri

Mühendislik açısından zemin, katı taneler ile taneler arasını dolduran sıvı veya gazın oluşturduğu malzeme olarak tanımlanabilir. Bir zeminin sınıflandırılmasında amaç, farklı zeminler arasında yaklaşık aynı mühendislik özelliklerine sahip olanları gruplandırmaktır (Şekercioğlu, 1993). Bazı önemli sınıflama sistemleri aşağıda verilmiştir.

2.1.2.1. Tane Çapına Göre Sınıflandırma

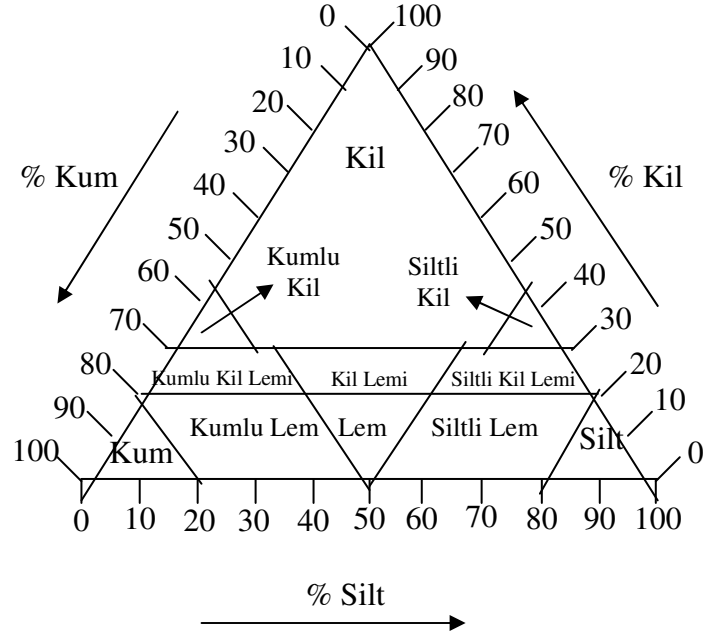
Bu yöntemde tane çapları belirlenen zeminler, çaplarının büyüklüğüne göre Çizelge 2.1'de görüldüğü gibi sınıflandırılabilir. Yöntem Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından geliştirilmiştir (Aytekin, 2004).

Çizelge 2.1. Tane Çapına Göre Zeminlerin Sınıflandırması

Zemin Sınıfı		Tane Çapı, D,
BLOK		200-60
ÇAKIL	İri Çakıl	60-20
	Orta Çakıl	20-6
	İnce Çakıl	6-2
KUM''	İri Kum	2-0,60
	Orta Kum	0,60-0,20
	İnce Kum	0,20-0,06
SİLT	İri Silt	0,06-0,02
	Orta Silt	0,02-0,006
	İnce Silt	0,006-0,002
KİL	Kil	0,002'den küçük

2.1.2.2. Üçgen Sınıflandırma Sistemi (Feret Üçgeni)

Üçgen sınıflandırma yöntemi en eski sınıflandırma yöntemlerinden biridir. Bu yöntem zirai amaçlarda kullanılmak için geliştirilmiştir. Burada sınıflandırılacak zemine ait kum, silt ve kil yüzdeleri kullanılır. Önce zemin granülometri eğrisi çizilir. Zemindeki çakıl yüzdesi çıkarılarak kalan kum, kil ve silt yüzdelerinin toplamı %100 olacak şekilde bu kısımların yüzdeleri yeniden belirlenir. Elde edilen yüzdeler Şekil 2.3'te görülen Feret üçgeni üzerinde noktalanarak hangi bölgeye düştüğü belirlenir. Üçgen üzerinde düşülen bölgeye göre zemin adlandırılır (Aytekin, 2004).



Şekil 2.3. Üçgen sınıflandırma abağı (Feret Üçgeni)

2.1.2.3. Birleşik Zemin Sınıflandırma Sistemi

Birleşik zemin sınıflandırma sistemi şimdiye kadar önerilmiş bir çok sınıflama sistemi içinde değişik mühendislik uygulamaları için en yaygın kabul göreni olmuştur. Çizelge 2.2'de verilen bu sistem incelendiğinde zeminlerin sınıflandırılması için mekanik analiz ve likit limit ile plastik limit deney sonuçlarına gerek duyulduğu görülür. Zeminlerin gruplandırılmasında iki adet sembol kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi esas zemin tipini, ikincisi ise bu zemin tipine ait alt grubu (gradasyon veya plastisite) verir (Çizelge 2.2) (Şekercioğlu, 1993).

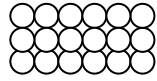
Çizelge 2.2. Birleşik Zemin Sınıflamasında Kullanılan Semboller

<u>Zemin</u>	<u>1.Sembol</u>	<u>Zemin Alt Grubu</u>	<u>2. Sembol</u>
Çakıl	G	İyi derecelenmiş	W
Kum	S	Kötü derecelenmiş	P
Silt	M	Plastik olmayan ince taneli	M
Kil	C	Plastik ince taneli	C
Organik	O	Likit Limit < %50	L
Turba	Pt	Likit Limit > %50	H

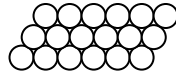
2.1.3. Zeminlerin Mekanik Özellikleri

Zeminler, mekanik özelliklerine göre, kohezyonsuz zeminler ve kohezyonlu zeminler olmak üzere ikiye ayrılır. Makaslama düzleminde normal gerilme olmadığında makaslama gerilmesine karşı dirence “kohezyon” denir.

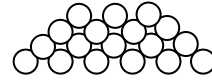
Kohezyonsuz Zeminler: Kayma dirençleri taneler arası sürtünmeden karşılaşılan, taneleri gevşek veya sıkı bağlarla bir araya gelmiş zeminlerdir. Bu zeminlerde genelde çakıl ve kum malzeme hakimdir. Fakat nadiren buna silt malzemedede eşlik edebilir (Şekil 2.4) (Yılmaz, 2000).



Gevşek Yapı



Sıkı Yapı



Petek Yapı

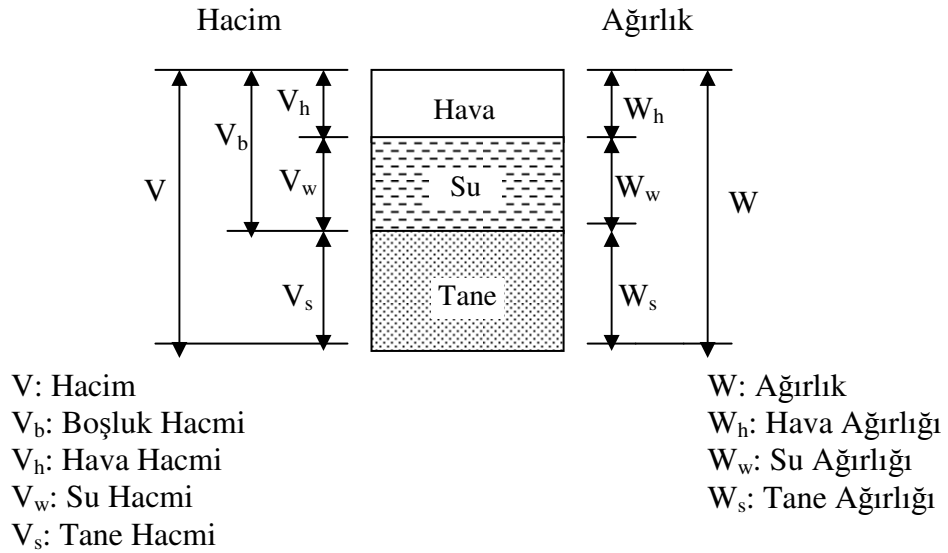
Şekil 2.4. Kohezyonsuz zeminlerin yapıları

Kohezyonlu Zeminler: Kayma dirençleri taneler arasındaki çekme ve itme kuvvetleri sonucunda dağınık veya toplanmış yapılar meydana gelir. Bu zeminlerde kil ve silt malzeme hakimdir.

2.1.4. Zeminlerin Fiziksel Özellikleri

2.1.4.1. Ağırlık ve Hacim İlişkisi

Zeminden çıkarılmış bir prizma içindeki su, hava ve tanenin ağırlık ve hacimleri aynı kalmak üzere yukarıdan aşağıya doğru sıralandıkları farz edilebilir. Bünye özellikleri ile ilgili değerler hesaplanırken Şekil 2.5 teki gibi bir prizmanın çizilmesi hesapları kolaylaştıracaktır (Kumbasar ve Kıp, 1977).



Şekil 2.5. Zemin prizması

Bu prizmadan yararlanarak aşağıdaki bağıntılar yazılabilir.

$$\text{Boşluk hacmi: } V_b = V_h + V_w$$

W_s tane ağırlığının, W_k kuru ağırlığa eşit olacağı Şekil 2.5'ten de açıkça görülmektedir. Buna bağlı olarak;

$$\text{Su muhtevası } (\omega): \quad \omega = \frac{W_w}{W_k}$$

$$\text{Boşluk Oranı } (e): \quad e = \frac{V_b}{V_s}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Porozite (n):} & \quad n = \frac{V_b}{V} \\
 \text{Tane Birim Hacim Ağırlığı (\(\gamma_s\)):} & \quad \gamma_s = \frac{W_k}{V_s} \\
 \text{Tabii Birim Hacim Ağırlık (\(\gamma_n\)):} & \quad \gamma_n = \frac{W}{V} \\
 \text{Kuru Birim Hacim Ağırlık (\(\gamma_k\)):} & \quad \gamma_k = \frac{W_k}{V} \\
 \text{Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık (\(\gamma_d\)):} & \quad \gamma_d = \frac{W_k + V_b \gamma_w}{V} \\
 \text{Doygunluk Derecesi (S):} & \quad S = \frac{V_w}{V_b}
 \end{aligned}$$

2.1.4.2. Zeminlerin Dayanımı

Zeminlerin dayanımı bozulmamış kohezyonlu zeminler için temel parametrelerden birisidir. Genellikle serbest basınç dayanımı cinsinden ifade edilir. Terzaghi ve Peck (1967) ten alınan Çizelge 2.3'te kohezyonlu zeminlerinin serbest basınç dayanımı açısından tanımlanmasını göstermektedir.

Çizelge 2.3. Kohezyonlu Zeminlerin Dayanımı

Tanım	Serbest Basınç Dayanımı	
	kg/cm ²	kN/m ²
Çok Yumuşak	0 - 0,25 - 0,50	0 - 25
Yumuşak	0,25 - 0,50	25 - 50
Orta	0,5 - 1,00	50 - 100
Katı	1,00 - 1,50	100 - 150
Çok Katı	1,50 - 2,00	150 - 200
Sert	> 2,00	>200

2.1.4.3. Zeminlerin Sıkışabilirliği

Kohezyonsuz zeminlerde önemli parametrelerden bir tanesi relatif sıklık (D_r)'tır. Kohezyonsuz zeminlerin relatif sıklık değerlerine göre tanımı Çizelge 2.4'te verilmiştir. Zemin sıklığı ve dolayısıyla dayanımı hakkında fikir veren relatif sıklık aşağıdaki şekilde hesaplanabilir (Şekercioğlu, 1993)

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} = \frac{\gamma_{k\max}}{\gamma_k} \times \frac{\gamma_k - \gamma_{k\min}}{\gamma_{k\max} - \gamma_{k\min}}$$

e_{\max} = Zemin en gevşek durumundaki boşluk oranı

e_{\min} = Zeminin en sıkı durumundaki boşluk oranı

e = Relatif sıklığı ölçülecek zeminin boşluk oranı

$\gamma_{k\max}$ = Zeminin en sıkı durumundaki kuru birim hacim ağırlığı

$\gamma_{k\min}$ = Zeminin en gevşek durumundaki kuru birim hacim ağırlığı

γ_k = Relatif sıklığı ölçülecek zeminin kuru birim hacim ağırlığı

Çizelge 2.4. Kohezyonsuz Zeminlerin Relatif Sıklık Değerlerine Göre Tanımı

Tanım	Relatif Sıklık
Çok Gevşek	0 – 20
Gevşek	20 – 40
Orta Sıkı	40 – 70
Sıkı	70 – 90
Çok Sıkı	90 – 100

2.1.4.4. Zeminlerin Geçirimsizliği

Geçirimsizlik (permeabilite) özellikleri çeşitli laboratuvar ve arazi deneyleri yardımıyla ölçülebilmektedir. Zeminlerin geçirimsizlik katsayısı (K) zemin cinsine bağlı olarak da tanımlanabilir (Çizelge 2.5).

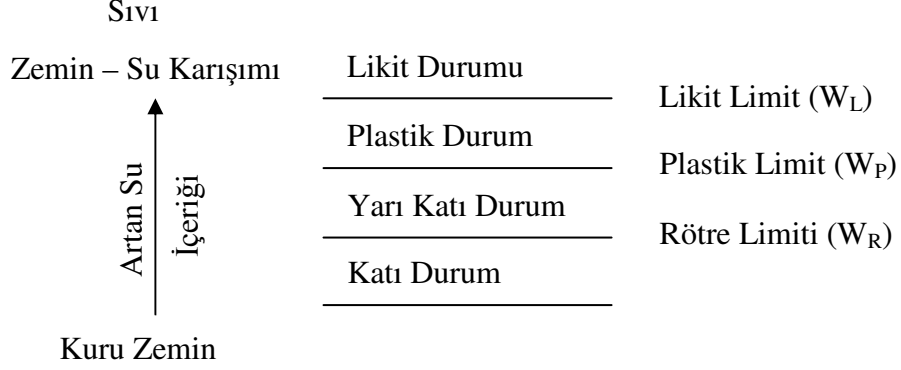
Çizelge 2.5. Zeminlerin Geçirimsizlik Katsayılarına Göre Tanımlanması

Tanım	Geçirimsizlik Derecesi	Geçirimsizlik Katsayısı (K) (m/s)
Temiz çakıllar	Yüksek derecede geçirimsiz	$10^{-2} - 1$
Temiz kumlar, çakıllar ve çakıllı kumlar	Orta derecede geçirimsiz	$10^{-5} - 10^{-2}$
İnce kumlar, siltler, bazı ayrışmış killer	Az geçirimsiz	$10^{-9} - 10^{-5}$
Killer	Geçirimsiz	$<10^{-9}$

2.1.4.5. Zeminlerin Plastisitesi

Plastisite, kil minerallerinin ve organik maddenin zemin içerisindeki varlığı ile oluşur. Genel anlamda zeminlerin hacim değişimine uğramadan ve kırılıp dağılmadan geri dönmeyen deformasyona uğrama özelliğidir (Şekercioğlu, 1993).

Atterberg ve Casagrande'nin çalışmaları sonucunda tanımlanmış olan üç kıvam limiti (Atterberg limitleri) zeminlerin su içeriğine bağlı olarak sahip olabilecekleri dört fiziksel durumu belirler (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Kıvam limitleri ve zeminin fiziksel durumları

Likit Limit (L_L veya W_L): Zeminin kendi ağırlığı altında aktığı minimum su içeriği.

Plastik Limit (P_L veya W_P): Zeminin kırılmadan yaklaşık 3 mm çapında bir silindir haline getirilebildiği minimum su içeriğidir.

Rötre Limit (R_L veya W_R): Daha fazla su kaybının zemin hacminde bir azalmaya sebep olmadığı andaki su içeriğidir.

2.1.5. Zeminlerin Arazide Tanımlanmasında Kullanılan Kriterler

Zeminlerin arazi çalışmaları sırasında tanımlanabilmesi için kullanılan kriterler Çizelge 2.6'da ki gibi sıralanabilir (Şekercioğlu, 1993).

Çizelge 2.6. Zeminlerin Arazide Tanımlanabilmesinde Kullanılan Kriterler

<u>Tanım</u>	<u>Arazide Belirleme Kriterleri</u>
ÇAKIL	Çapı ölçülebilir.
KUM İri Orta İnce	Taneler gözle ayırt edilebilir, çapları ölçülebilir. Taneler gözle ayırt edilebilir. Taneler gözle zor ayırt edilebilir.
KUM-SİLT KARIŞIMLARI	Nemli zemin örneği avuç içinde sıkıştırılarak top haline getirilir. Bu durumda örnek dağılmadan 35 mm çapında bir top haline getirilebiliyorsa kum – silt karışımı olarak tanımlanır.
	Orta ve ince taneli kumların top haline getirilmesi güçtür. Başparmak ve işaret parmakları arasında ezilmeden toplanamaz.
	Karışımında %20 silt varsa top güçlkle yapılır.
	Karışımında %35 – 50 silt varsa top kolay yapılır.
SİLT	Zemin örneği havada kurutulduğu zaman dayanımı düşer ve kolaylıkla ufalanır.
	Kıvamlı halde iken avuç içinde çalkalandığında ıslak ve parlak bir görünüş verir ancak avuç kapatılarak örnek sıkıştırıldığında yüzeyi donuklaşır ve kurur.
	Örnek su içinde karıştırıldığında tanecikler 15 dakika ile 60 dakika arasında dibe çökerse silt olarak adlandırılır.
KİL	Örnek havada kurutulduğu zaman dayanımı yüksektir.
	Su ile karıştırılarak hamur haline getirildiğinde avuç içinde sıkıştırılınca şekli değişir. Elle yoğrularak ince çubuk haline getirilebilir. Çubuğun inceliği kil mineralojisine ve tane boyunun küçüklüğüne bağlıdır.
	Yapışkan ve yağlı görünümlüdür.
	Bıçakla kesildiğinde parlak bir yüzey oluşturur.
ORGANİK ZEMİN	Havada kurutulduğunda yüksek dayanımlıdır. Çürümüş organik madde ve gaz içerir
	Organik ve bitkisel maddeler içerir.
	Aşırı derecede büzölmeye uğrar

2.1.6. Zemin Etütleri

Zemin etütlerini arazide yapılanlar ve laboratuarda yapılanlar olmak üzere iki grupta toplamak mümkündür. Aşağıda bazı arazi ve laboratuvar deneylerinin isimleri verilmiştir.

2.1.6.1. Arazi Deneyleri

Arazide yapılan deneylerden bazıları aşağıdaki gibidir.

- Birim Hacim Ağırlık Ölçülmesi
 - Örselenmemiş Numune Metodu:
 - Kum Şişesi Metodu:
- Standart Penetrasyon Testi (SPT):
- Sonda Deneyi
- Veyn (Vane) Deneyi
- Presiyometre Deneyi
- Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR)
- Plaka Yükleme Deneyi

2.1.6.2. Laboratuvar Deneyleri

Laboratuarda yapılan bazı deneyler aşağıdaki gibidir.

- Yoğunluk Belirleme Deneyi
- Doğal Su İçeriği Deneyi
- Kıvam Limitleri
 - Likit Limit (W_L veya LL):
 - Plastik Limit (W_P veya PL):
 - Büzülme (Rötire) Limiti (W_S):
- Permeabilite Deneyi
- Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi
- Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

- Kesme Kutusu Deneyi (Direkt Kesme)
- Laboratuvar Veyn Deneyi
- Konsolidasyon (Ödometre) Deneyi

2.1.7. Zeminlerde Taşıma Gücü

Üst yapıdan gelen yüklerin, zeminde göçmeye sebep olmadan ve izin verilebilir oturmaları aşmayacak oturmalar yaparak, temeller aracılığı ile zemin kitlesine aktarılması gerekmektedir. İşte bu durumda üst yapının inşa edileceği zemin kitlesinin güvenlikle taşıyabileceği yükün ve yüke karşılık meydana gelecek oturmaların bilinmesi gerekmektedir. Güvenlikle taşıyabilecek yükün belirlenebilmesi için öncelikle zeminin göçme anında taşıyabilecek olduğu maksimum yükün belirlenmesi ve zemin üzerine yapılan yapılardan dolayı oluşacak gerilmelerin zemin kitlesinin taşıyabileceği gerilmelerden fazla olmaması sağlanmalıdır (Aytekin 2004).

2.1.7.1. Terzaghi Taşıma Gücü Teorisi

Zeminlerin taşıma gücünü belirlemek için değişik araştırmacılar tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan en yaygın kullanıma sahip olanı Terzaghi tarafından yapılan çalışmadır. Terzaghi sonsuz uzunlukta kabul ettiği sürekli bir temel için taşıma gücü formülünü çıkarmıştır. Geliştirmiş olduğu teorilerin tamamında olduğu gibi gerçek durumu teoriye aktarırken bazı kabuller yapan Terzaghi, taşıma gücü teorisini geliştirirken de bazı kabuller yapmıştır (Aytekin 2004). Bunlar:

- Zemin; homojen, izotrop ve yarı sonsuz bir ortamdır.
- Üst yapı temelinin tabanı ile zemin arasında tam bir sürtünme vardır.
- Temel gömme derinliği, genişliğinden daha azdır.
- Zemin kayma direnci $\tau=c' + \sigma'\tan\phi'$ ifadesi ile bulunabilir.

- Temel altında genel kayma kırılması oluşur.
- Konsolidasyon oturmaları tamamlanmıştır.
- Temel taban seviyesi üstündeki zemin bu seviyeye etkiyen yayılı yük olarak dikkate alınır. Bu bölgedeki zeminin kayma yüzeyi dikkate alınmaz.
- Temele etkiyen dış yük basınç kuvvetidir ve merkezi olarak etkimektedir. Moment kuvveti yoktur.

Terzaghi çalışmaları sonucunda aşağıdaki eşitliği elde etmiştir.

$$q_{sını} = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

$q_{sını}$ = Terzaghi taşıma gücü

c = Kohezyon

N_c, N_q, N_γ = Terzaghi taşıma gücü faktörleri

D_f =Temel yüksekliği

B = Temel genişliği

Taşıma gücü faktörleri Çizelge 2.7'den alınacağı gibi aşağıdaki formüller ile de hesaplanabilir (Aytekin 2004).

$$a = e^{\pi(0,75 - \frac{\phi'}{360}) \tan \phi'}$$

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2(45 + \frac{\phi'}{2})}$$

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \phi'}$$

$$N_\gamma \approx \frac{2(N_q + 1) \tan \phi'}{1 + 0,4 \sin(4\phi')}$$

Çizelge 2.7. Terzaghi Taşıma Gücü Faktörleri

ϕ' (derece)	Terzaghi Formülü		
	N_c	N_q	N_γ
0	5,7	1,0	0,0
1	6,0	1,1	0,1
2	6,3	1,2	0,1
3	6,6	1,3	0,2
4	7,0	1,5	0,3
5	7,3	1,6	0,4
6	7,7	1,8	0,5
7	8,2	2,0	0,6
8	8,6	2,2	0,7
9	9,1	2,4	0,9
10	9,6	2,7	1,0
11	10,2	3,0	1,2
12	10,8	3,3	1,4
13	11,4	3,6	1,6
14	12,1	4,0	1,9
15	12,9	4,4	2,2
16	13,7	4,9	2,5
17	14,6	5,5	2,9
18	15,5	6,0	3,3
19	16,6	6,7	3,8
20	17,7	7,4	4,4
21	18,9	8,3	5,1
22	20,3	9,2	5,9
23	21,7	10,2	6,8
24	23,4	11,4	7,9
25	25,1	12,7	9,2
26	27,1	14,2	10,7
27	29,2	15,9	12,5
28	31,6	17,8	14,6
29	34,2	20,0	17,1
30	37,2	22,5	20,1
31	40,4	25,3	23,7
32	44,0	28,5	28,0
33	48,1	32,2	33,3
34	52,6	36,5	39,6
35	57,8	41,4	47,3
36	63,5	47,2	56,7
37	70,1	53,8	68,1
38	77,5	61,5	82,3
39	86,0	70,6	99,8
40	95,7	81,3	121,5
41	106,8	93,8	148,5
45	172,3	173,3	297,5

2.1.7.2. Zemin Emniyet Gerilmesi (Emniyetli Taşıma Gücü)

Zemine ait taşıma gücünün herhangi bir yöntemle belirlenmesinden sonra elde edilen sınır taşıma gücü ($q_{sınır}$) güvenlik sayısına (GS) bölünerek zemin emniyet gerilmesi (q_{em}) elde edilir.

$$q_{em} = \frac{q_{sınır}}{GS}$$

Zemin emniyet gerilmesi (q_{em}), elde edildikten sonra, temeller projelendirilirken taban basınçlarının bu değerden büyük olmaması sağlanır. Zemin emniyet gerilmelerinin belirlenmesinde kullanılacak olan güvenlik sayısı belirlenirken aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınmalıdır (Aytekin 2004).

- Zeminin cinsi,
- Arazi çalışması ve laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler,
- Zemindeki değişkenlik,
- Üstyapının önemi,
- Dikkate alınan proje yükleri.

Zemin mühendisliğinde kullanılan tipik güvenlik sayısı değerleri 2,5 – 3,5 arasında değişmektedir. Bu değer çok seyrek 2,0'ye kadar azalmakta bazen de 4,0'e kadar çıkabilmektedir. Gerçek güvenlik sayısı projede kullanılan güvenlik sayısından çok daha yüksek değerlerde olmaktadır. Bunun nedenleri şöyle sıralanabilir (Aytekin 2004).

- Kayma direnci parametreleri, kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ), belirlenirken oldukça güvenli tarafa kalınmaktadır.
- Temele etkiyen servis yükleri genellikle projede dikkate alınanlardan daha düşük olmaktadır.
- Projelendirmelerde taşıma gücünden daha çok oturma miktarları etkili olmaktadır.
- Tekil temeller genellikle hesaplanan boyutlarından daha büyük olarak inşa edilmektedir.

2.2. İnterpolasyon Teknikleri

Herhangi bir amaçla değerlendirilen sahalarda, sahanın tümünü değerlendirmek için ara değer bulma teknikleri geliştirilmiştir. Bu teknikler klasik yöntemler ve bilgisayar destekli yöntemler olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Geometrik yöntemler olarak da bilinen klasik yöntemlerde, plan ve kesit üzerinde elle çizilen geometrik şekiller yardımıyla ara değer hesabı yapılmaktadır. Bilgisayar destekli yöntemlerde ise incelenen alan soyut bloklar ile temsil edilerek her bir bloğa ait değerler hesaplanmaktadır. Söz konusu bu yöntemler aşağıda verilmiştir.

2.2.1. Geometrik Yöntemler

Sahanın belli geometrik şekillere bölünmesi ile yapılan yöntemlere geometrik yöntemler denir. Geometrik şeklin yapısına göre de farklı isimler alırlar. Bunlar:

- Üçgen Yöntemi
 - Üçgen alanı için ortalama değer hesaplanması
 - Üçgenin her köşesindeki değerlere etki alanı verilerek hesaplama
- Poligon Yöntemi
 - Kenar orta dikme yöntemi
 - Açığortay yöntemi
- Kesit Yöntemleri
 - Kesit yöntemi
 - Kesit blok yöntemi

2.2.2. Bilgisayar Destekli Yöntemler

Günümüzde bilgisayar teknolojinin hızla ilerlemesiyle birlikte bilgisayar destekli yöntemlerin kullanılması geometrik yöntemlere göre oldukça yaygınlaşmıştır. Birçok yöntem mevcuttur bunlardan başlıcaları şunlardır:

- Mesafeyle Ters Ağırlıklı Yöntem (Inversa Distance Weight)
- Jeostatistiksel Yöntem (Kriging)
- Minimum Eğri Metodu (Minimum Curvature)
- Doğal Komşu Metodu (Natural Neighbor)
- Polinom Regrasyon Metodu (Polynomial Regression)
- Doğrusal İnterpolasyonla Üçgenleme Metodu (Triangulation With Linear Interpolation)
- Ortalama Öteleme Metodu (Moving Average)
- Yerel Polinom Metodu (Local Polynomial)

Bu tez kapsamında yukarıda ismi geçen yöntemlerden Mesafeyle Ters Ağırlıklı Yöntem ve Jeostatistiksel Yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler diğerlerine göre oldukça yaygın kullanım alanına sahiptirler ve bu iki yöntem hakkında detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

2.2.2.1. Mesafeyle Ters Ağırlıklı Yöntem (IDW)

Mesafeyle ters ağırlıklı yöntemde bir noktadaki değeri hesaplamak için, o noktanın etrafındaki noktaların bilinen değerlerinin ortalama etki ağırlıklarını bulmak gerekir. Bir noktadaki istenen değeri hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılır.

$$Z = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$$

Burada;

Z: Hesaplanan Değer

Z(x_i): Bilinen Değer

n: Hesaplama Kullanılacak Bilinen Değer Sayısı

Yukarıdaki formülde,

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \text{ ve } 0 \leq \lambda_i \leq 1 \text{ olmak zorundadır.}$$

λ_i 'nin değeri, değerleri bilinen noktalar ile değerleri bilinmeyen noktalar arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olarak hesaplanır ve en yaygın kabul gören fonksiyonu ise;

$$\lambda_i = \frac{d_i^{-m}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-m}}$$

şeklindedir.

Burada;

d_i : Değeri bilinen i noktası ile değeri hesaplanacak nokta arasındaki mesafe

m : Üssel faktör

Yukarıdaki formülde en önemli soru “ m ” değerinin ne olacağıdır. Bunu belirlenmesi için Hughes (1979) tarafından değişik yöntemler verilmiştir. “ m ” değeri için seçilen değer genellikle 0 ile 3 arasında olmakta ve yaygın olarak “2” seçilmektedir. Bu tez kapsamında Mesafeyle ters ağırlıklı yöntem ile yapılan hesaplamalarda “ m ” değeri 2 olarak seçilmiştir.

2.2.2.2. Jeoistatistiksel Yöntem

Öncelikle açıklanması gereken “Jeoistatistik” kelimesinin anlamıdır. Her ne kadar jeoistatistik, “jeo” ve “ istatistik” kelimelerinden meydana geldiyse de, gerçek anlamda temel husus, istatistiğin jeolojiye uygulanması değildir. Jeoistatistik kavramı, 1960’lı yıllarda G. Matheron’un bölgeselleşmiş değişkenler teorisi üzerine yaptığı teorik çalışmaların, jeoloji ve madencilik ile ilgili problemlerin çözümünde kullanılması sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu teori, 1951’de Daniel Krige’nin Güney Afrika’daki altın madenlerinde yaptığı ampirik çalışmalarda elde ettiği sonuçlarla teyit edilmiştir. Bu nedenle de “Kriging” terimi D. Krige’nin onuruna jeoistatistiğe girmiştir (Yüksek, 1996).

Jeoistatistik ile klasik istatistik arasında çok önemli bir fark vardır. Klasik istatistiğin temel kabulü, bir gruptan alınan örnekler her zaman rast gele ve birbirlerinden bağımsızdırlar, yani bir örnek diğer bir örneğin ne olabileceği hakkında bir bilgi vermez. Buna karşılık jeoistatistik, örneklerin birbirleri ile uzaysal bir korelasyonu olduğu kabulüne dayanır. Bu korelasyon fonksiyonu da analitik olarak “Variogram fonksiyonu” veya kısaca “Variogram” ile ifade edilmektedir(Yüksek, 1996).

Aslında, jeoistatistiği bir interpolasyon tekniği olarak tanımlamak yanlış yorumlamalara sebep olabilir. Çünkü jeoistatistik bir interpolasyon tekniği değil, interpolasyon için gerekli unsurların toplamıdır. Bu unsurlardan en önemlileri;

- Variogram
- Kriging

olarak gruplandırılabilir. Variogram ve Kriging aşağıda açıklanmıştır.

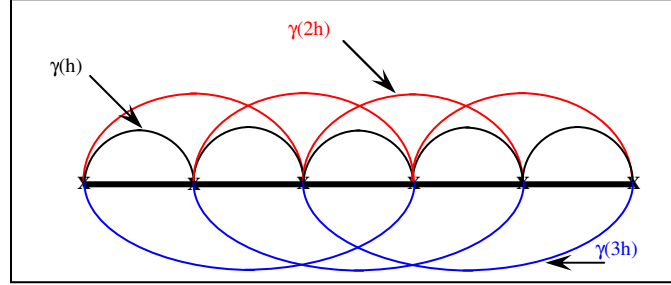
a) Variogram

Variogram/varyans belirli aralıktaki numune değerlerinin ortalama farklarının karesini gösteren bir grafikdir. Bu grafik aşağıdaki işlemler yapılarak çizilebilmektedir.

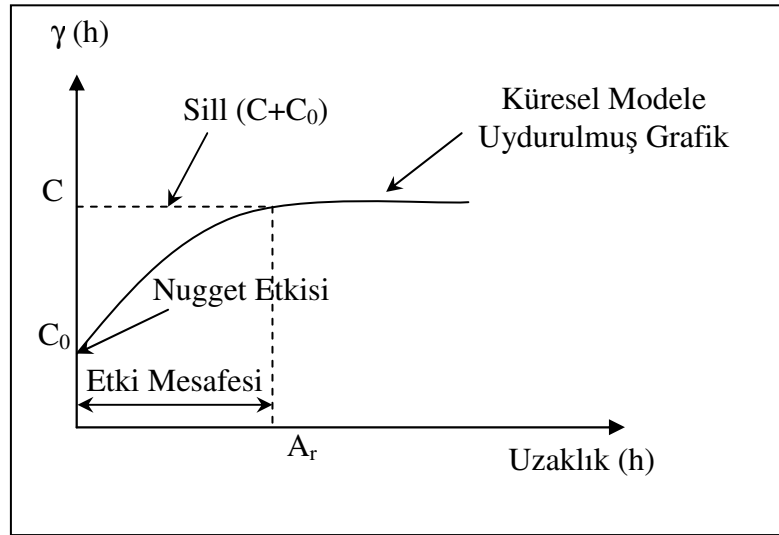
Herhangi bir x noktasındaki değer $Z(x)$ ve bu noktadan h mesafedeki değer $Z(x+h)$ ise, bu iki nokta arasındaki fark $[Z(x) - Z(x+h)]$ şeklinde ifade edilir. Variogram analizi için, h mesafeleri için noktalar arasındaki farklar hesaplanıp, karelerinin ortalaması alınır. Bunun için genel formül;

$$2\gamma(h) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

şekindedir. Eşitliğin sol tarafındaki 2’den dolayı, grafiksel gösterim “Semi Variogram” olarak adlandırılır. Hesaplamalardan sonra elde edilen ortalama değerler yatay eksen h , düşey eksen $\gamma(h)$ olan bir grafikte gösterilir. Şekil 2.7’de farklı h mesafelerinin nasıl göz önüne alındığı, Şekil 2.8’de ise bir variogram ve onun parametreleri görülmektedir.

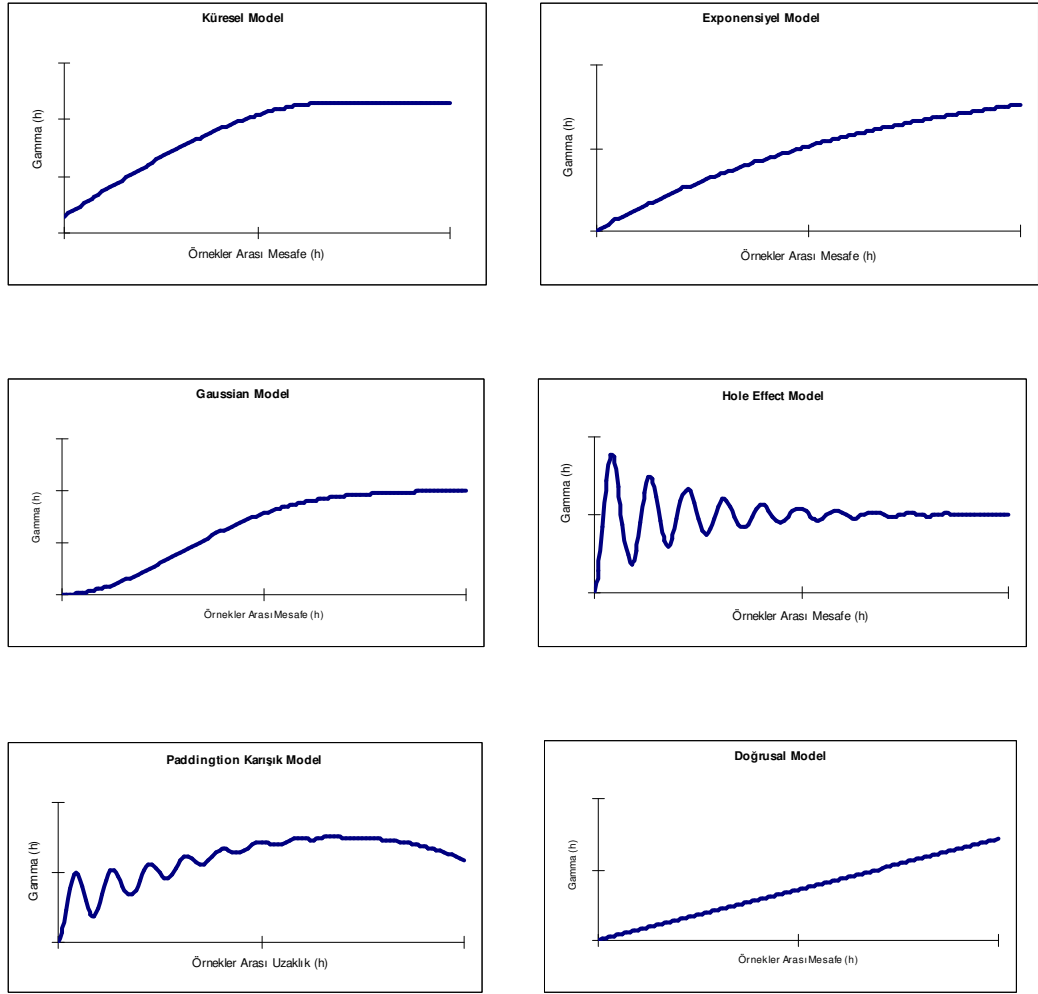


Şekil 2.7. Belirli bir uzaklık aralığındaki numuneleri kullanarak yapılan variogram hesaplamasının şematik görünüşü.



Şekil 2.8. Küresel tip bir variogram

Eldeki verilerin kullanılması ile oluşturulan grafiksel gösterimin, jeostatistiğin daha sonraki aşamalarında kullanılabilmesi için bir matematiksel fonksiyon olarak gösterilmesi gerekir. Bu matematiksel fonksiyonlara, matematiksel variogram modelleri denir. Bu amaçla bazı matematiksel variogram modelleri geliştirilmiş olup bazıları Şekil 2.9'da verilmiştir.



Şekil 2.9. Matematiksel variogram modelleri (Rendu, 1990)

Matematiksel variogram modellerinden en yaygın kullanılanı “Küresel model”dir. Bu modelin denklemini şu şekildedir:

$$\gamma = C_1 \left(\frac{3h}{2a_r} - \frac{h^3}{2a_r^3} \right) + C_0 \dots \dots \dots h \leq a$$

$$\gamma = C_1 + C_0 \dots \dots \dots h > a$$

Burada, C_1 sill değerini, C_0 nugget etkisini, a_r etki mesafesini, h ise variogram mesafesini göstermektedir.

b) Kriging

Kriging bilinmeyen noktadaki değeri hesaplamak için o noktayı saran noktaların ağırlıklarını hesaplayan bir metottur. Bu metodun prensibi tahmin hatalarını minimum hale indirmektedir.

Bir noktanın değerini hesaplamada “n” tane değer kullanılırsa, hesaplanacak değer şu formülle bulunur:

$$Z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$$

Burada;

Z^* : Hesaplanan değer

$Z(x_i)$: x_i 'de bilinen değer

λ_i : “i” inci örneğin ağırlığı

Yukarıdaki formülde, $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ olmalıdır. Buna bağlı olarak tahmin hatası

$E\{Z_0 - Z^*\} = 0$ olmalıdır. Burada Z_0 söz konusu noktanın gerçek fakat bilinmeyen değeridir. Buradan tahmin varyansını minimum hale getirmek gerekir. Bu durumda;

$$E\{[Z_0 - Z^*]^2\} = E\{Z_0^2\} - 2E\{Z_0 - Z^*\} + E\{Z^{*2}\} \text{ olur.}$$

Buradaki ifadeler tek tek açılırsa;

$$E\{Z_0^2\} = \frac{1}{V} \int_V dx \int_V E\{Z(x)Z(x')\} dx = \bar{C}(V, V) + m^2$$

$$E\{Z_0 Z^*\} = \sum_i \lambda_i \frac{1}{V v_i} \int dx \int E\{Z(x)Z(x')\} dx' = \sum_i \lambda_i \bar{C}(V, v_i) + m^2$$

$$E\{Z^{*2}\} = \sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j \frac{1}{v_i v_j} \int dx \int E\{Z(x)Z(x')\}$$

$$= \sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j \bar{C}(v_i, v_j) + m^2$$

Burada;

$\bar{C}(V, V)$:Ortalama kovaryans (blok-blok)

$\bar{C}(v_i, v_j)$:Ortalama kovaryans (nokta-nokta)

$\bar{C}(V, v_i)$:Ortalama kovaryans (blok-nokta)

Tahmin varyansı, $\sum \lambda_i = 1$ şartını sağlayacak şekilde minimum hale getirilmesi için Lagrange tekniği kullanılarak;

$$\frac{\partial \left[E\{[Z_0 - Z^*]^2\} - 2\mu \sum_i \lambda_i \right]}{\partial \lambda_i}$$

ifadesinin kısmi türevi sıfıra eşitlenir (μ :lagrange çarpanı). Bu işlem (n+1) tane lineer denklemi oluşturur. Bu denklem sistemi “Kriging Sistemi” olarak bilinir ve aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\begin{aligned} \sum \lambda_j \bar{C}(v_i, v_j) - \mu &= \bar{C}(v_i, V) \\ \sum \lambda_j &= 1 \end{aligned}$$

Yukarıdaki sistem matris halinde gösterilirse, aşağıdaki şekle dönüşür:

$$\begin{aligned} [K][\lambda] &= [M2] \\ \Rightarrow [\lambda] &= [K]^{-1}[M2] \end{aligned}$$

Burada; $[\lambda]$ bilinmeyenler ile $[M2]$, kolon matrisi halinde yazılır.

$$[\lambda] = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \lambda_n \\ \mu \end{bmatrix} \quad [M2] = \begin{bmatrix} \bar{C}(v_1, V) \\ \bar{C}(v_2, V) \\ \bar{C}(v_3, V) \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{C}(v_n, V) \\ 1 \end{bmatrix}$$

K matrisi ise;

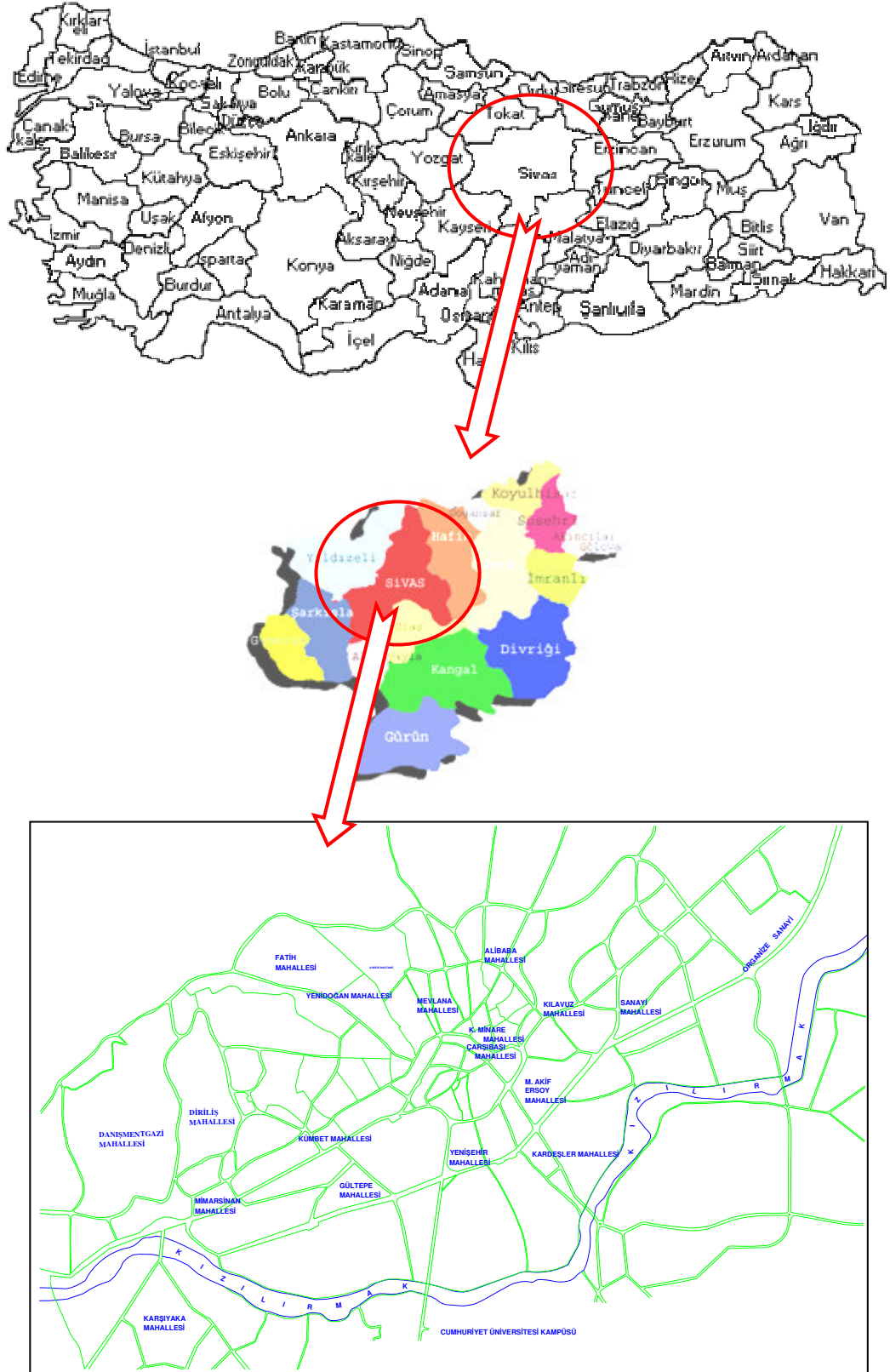
$$[K] = \begin{bmatrix} \bar{C}(v_1, v_1) & \bar{C}(v_1, v_1) \dots \bar{C}(v_1, v_1) & 1 \\ \bar{C}(v_1, v_1) & \bar{C}(v_1, v_1) \dots \bar{C}(v_1, v_1) & 1 \\ \dots & \dots & \dots \\ \bar{C}(v_1, v_1) & \bar{C}(v_1, v_1) \dots \bar{C}(v_1, v_1) & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

şeklinde simetrik bir matris olur. Bu sistemin çözümü sonucu λ_i ağırlık katsayıları bulunarak bilinmeyen noktanın (z^*) değeri hesaplanır.

2.3. İnceleme Alanının Coğrafik Bilgileri

2.3.1. Genel Bilgiler

İnceleme alanı Sivas kenti yerleşim alanı ile sınırlandırılmış olup, 115,50 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bu alan, Kuzeyde Fatih ve Alibaba, Doğuda Kılavuz, Güneyde Karşıyaka ve Yenişehir, Batıda ise Danışmentgazi Mahalleleri gibi yerleşim alanları ile çevrilidir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. İnceleme alanı yer bulduru haritası

2.3.2. Coğrafi Konum

Sivas İli Anadolu yarımadasının ortasında, İç Anadolu Bölgesinin Yukarı Kızılırmak Bölümünde yer alır. İl topraklarının büyük bir bölümü Yukarı Kızılırmak, bir bölümü de Yeşilirmak ve Fırat havzalarında yer alır. $35^{\circ} 50'$ ve $38^{\circ} 14'$ doğu boylamları ile $38^{\circ} 32'$ ve $40^{\circ} 16'$ kuzey enlemleri arasında kalan il, Kızılırmak havzasına giren bölümünde Karadeniz iklimi, Fırat havzasına giren bölümünde ise, Doğu Anadolu iklimi egemendir. İl alanı Kuzeyden Kelkit Vadisi, Doğudan Köse Dağlarının uzantıları, Kuruçay Vadisi ile Yama Dağı, Güneyden Kulmaç Dağları, Tahtalı Dağlarının Uzantıları ve Hezanlı Dağı, Batıdan Karababa, Akdağı ve İncebel Dağları Gibi doğal sınırlarla çevrilidir.

İdari açıdan ise, Kuzeyden Giresun, Ordu ve Tokat, Doğudan Erzincan, Güneyden Malatya, Kahramanmaraş ve Kayseri, Batıdan ise Yozgat ile komşudur. İç Anadolu'nun yüksek platoları üzerinde başlayan ve doğuya yükselen il alanı, Kuzeydoğu ve Güneydoğuda dağlık ve sarp bir kesimle son bulmaktadır.

2.3.3. İnceleme Alanının Coğrafi Özellikleri

a) Dağlar

Genel olarak dağlık ve yüksek bir plato üzerine kurulan Sivas İlinin ortalama yüksekliği 1000 metrenin üzerindedir. Dağlar, bu dağlar arasında bulunan vadiler, çukurlardan oluşan ovalar ve dağların aşınması ile oluşan yüksek platolar ilin başlıca yüzey şekillerini oluşturur. İlin Batısında yer alan Gemerek, Şarkışla ve Yıldızeli ile orta kesimlerindeki merkez ve Kangal ilçeleri aşınma ile düşmüş dağlar ve geniş platolarla kaplıdır.

İlin doğusu, güneydoğusu ve kuzeyinde yer alan Hafik, Zara, İmranlı, Koyulhisar, Suşehri, Gürün ve Divriği'de sarpça dik sıradağlarla derin sarp ve

uzun vadiler yer almaktadır. Kızılırmak kıyı düzlükleriyle, Polanga düzlüğü dışında bölgede önemli bir düzlük bulunmamaktadır.

Kuzey Anadolu sistemine bağlı dağlar, Kelkit Vadisiyle Kızılırmak Vadisi arasını doldurarak Batı-Doğu doğrultusunda uzanır. Tüm Güney Anadolu'yu Batıdan Doğuya geçen Toroslar ile bağlı dağlar ise Şarkışla'dan başlayıp ilin ortalarına doğru sokulur. Kuzey Anadolu Sıradağlarının güneye açılan en önemli kollarından birini Köse Dağları oluşturur. Bu dağ silsilesi yükseklik, uzunluk ve kapladığı alan açısından Sivas ilinin en önemli dağlarından olup, Yıldızeli'ndeki Yıldız Dağı (2537 m) ile başlar. Doğuya doğru Asmalı Dağı (2406 m) ile devam eder.

b) Akarsuları

Sivas ili, akarsu bakımından oldukça zengindir. Önemli akarsular Kızılırmak, Kelkit Çayı, Tozanlı Çayı ve Tohma Çayı. Bu akarsular hakkında kısa bilgiler aşağıda verilmiştir.

Kızılırmak: Yurdumuzun en büyük nehridir. Kızıldağ Tepesinin güney yamaçlarından birkaç kol halinde doğar. İmranlı yakınlarında birleşerek Kızılırmak adını alır. Sivas il yerleşim alanının güneyinden üniversite kampüsünün yakınından geçmekte ve en son Karşiyaka mahallesinden şehri terk etmektedir

Ayrıca Şehir merkezinden Abdulvahapgazi mahallesi yukarı tekke mevkiinden akan ve kardeşler mahallesinden Kızılırmak'a dökülen Mısmıl ırmak deresi yer almaktadır. Bundan başka üzeri kapatılmış Çay yurt mahallesi ile Mevlana Mahallesi arasından Hikmet ışık caddesine paralel Mısmıl ırmağa karışan Mındar İrmak deresi de bulunmaktadır.

Kelkit Çayı: Gümüşhane topraklarından doğar. Suşehri İlçesi ile il topraklarına girer ve Koyulhisar Reşadiye sınırında ili terk eder.

Tozanlı Çayı: Köse Dağı'nın batı yamaçlarında doğar. Doğanşar İlçesi yakınlarında il topraklarını terk eder.

Çaltı Çayı: Yılanlı Dağları'ndan çıkan Güneş Çayı ile Tecer, Gürlevik ve Karabel yörelerinden kaynaklanan Sincan Çayının, Divriği yakınlarında birleşmesiyle meydana gelir ve burada Çaltı Çayı adını alır. Keban Barajı'nın Sivas İli sınırlarında kalan kısmından baraj sularına katılır.

Tohma Çayı: Her ikisi de Tohma adını taşıyan iki koldan meydana gelir. Bunlardan Kangal Tohması, Şarkışla sınırları içinde bulunan Karatonus Dağlarından doğar. Gürün Tohması ise Tahtalı Dağları'nın eteklerinden doğar. Kangal Tohması ve Gürün Tohması Malatya İl sınırları içinde birleşerek Tohma Çayı adını alır ve Fırat Nehri'ne dökülmek üzere yollarına devam eder.

c) Göller

Sivas yerleşim bölgesinde büyük hacimli göl bulunmamasıyla birlikte eskiden Esentepe mahallesinde kuru Tuzlugöl, fuar alanı yakınında sulak bölgeler yer almaktadır. Sivas ili dahilindeki göller aşağıda bahsedilmiştir.

Tödürge Gölü: Sivas – Erzurum karayolunun 50 km.sindedir. Cencin Ovasının doğusunda yer alır, gölün yüzeyi 5 km²'yi bulur. Ortalama derinliği 20 metredir. Gerek dipten kaynaklanan su gerekse yöredeki kaynaklardan oluşan sular gölü beslemektedir.

Hafik Gölü: Sivas'a 39 km uzaktadır. Ortalama derinliği 6 metredir. Dipten kaynaklanan sular ile beslenmektedir.

Lota Gölleri: Hafik'in 3 km doğusunda Sivas – Erzurum yolunun kuzeyinde bulunan bu göller üç ayrı gölden meydana gelir. İlkbaharda suyun bol olduğu dönemde bu göller birleşir.

Gürün Gökpınar Gölü: Gürün İlçesine 10 km mesafededir. Dipten kaynaklanan sular ile beslenen gölün ortalama derinliği 15 metredir.

2.3.4. İnceleme Alanının Genel İklim Durumu

Sivas İli'nin karasal bir iklimi vardır. Kışları soğuk ve sert geçer, genellikle kış aylarında bol kar yağışı görülür. Ve ortalama 3 – 5 ay karla örtülüdür. Yazları sıcak ve kurak, ilkbahar ve sonbahar ayları yağmurlu geçer. Her ne kadar kışları soğuk geçse de, ilin kuzey bölümünde. “Koyulhisar ve Suşehri ilçelerinde” karasal iklimden tipik Karadeniz iklimine geçiş görülür. Bu bölgelerde, iç kesimlere göre havalar ılık geçer. Yapılan gözlem ortalamalarına göre (son 50 yıl içinde gözlenen) en soğuk ay $-34,6^{\circ}$ ile Ocak ayıdır. En sıcak ay $38,3^{\circ}$ ile Temmuz ayıdır. Aylık yağış ortalaması en yüksek ay Mayıs, en düşük ay Ağustos tur. 1992 yılında gözlenen en yüksek nem oranı %80 ile Aralık ayı, en düşük ay ise % 52,2 ile Ağustos tur. Aynı yılda en yüksek basınç 874,1 mb olarak Ocak ayı, en düşük ay ise 868 mb olarak Şubat ayıdır. Sivas Türkiye'nin köy sayısı itibariyle birinci, yüzölçümü itibariyle ikinci sırasında yer almaktadır.

2.4. İnceleme Alanının Jeolojik Özellikleri

2.4.1. Bölgede Yapılmış Çalışmalar

İnceleme alanı ve yakın çevresinde değişik amaçlı çok sayıda araştırma yapılmış olup bunlardan önemli sayılabilecek bazı jeolojik çalışmalar Ceyhan (1987), Gökçe ve Ceyhan (1988), Gürsoy (1992), Kurtman (1973)'dir. Mühendislik jeolojisine yönelik önemli sayılabilecek bazı çalışmalar ise, İrfan ve Özkaya (1981), Ülker (1982), Karacan (1989, 1990, 1992, 1994), Yılmaz (1994) ve Yüksek Proje AŞ. (1986) olarak sayılabilir.

2.4.2. Genel Jeoloji Çalışmaları

İnceleme alanında gözlenen litolojik birimler yaşlıdan gence doğru Hafik Formasyonu (Oligo-Miyosen), Tatlıcak Formasyonu (Orta-Üst Miyosen)i İncesu Formasyonu (Pliyosen), Traverten (Kuvaterner) ve Alüvyonlar (Kuvaterner)'dan oluşmaktadır (Karacan ve Diğ., 1996). Şekil 2.11'de söz konusu bu

formasyonların içerdikleri kaya birimleri oluşum sıralarına göre stratigrafik kesitte verilmiştir.

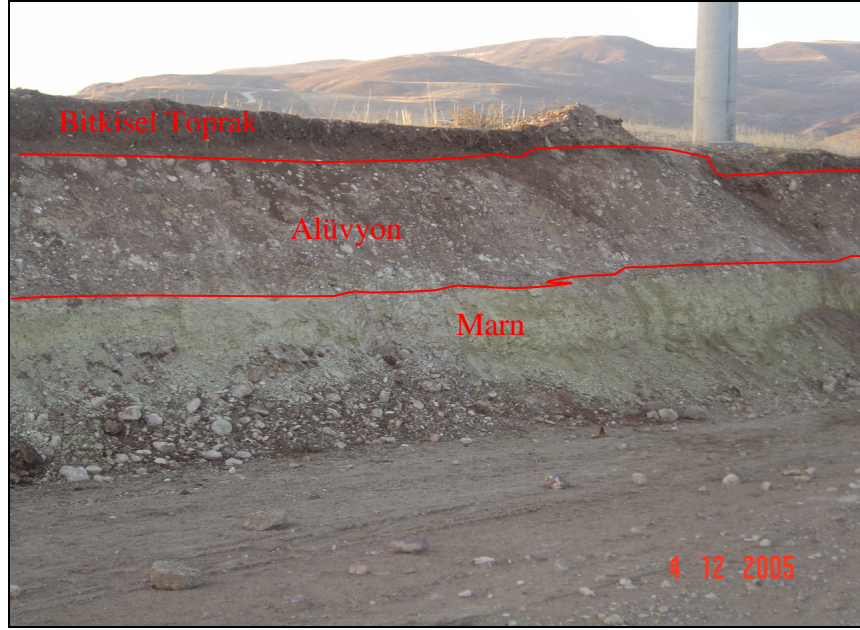
Sivas İli yerleşim alanının 1/10000 ölçekli jeolojik haritası elde edilerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Söz konusu bu haritada silik, sınırı belli olmayan ve okunmayan yerler, saha incelemelerinden faydalanarak yeniden düzenlenmiş ve tekrar çizilmiştir (Şekil 2.13).

Şekilden de görüldüğü üzere alüvyon ve toprak malzemeler yerleşim alanının büyük bir kısmını kaplamakta, hatta diğer kaya birimi olarak gösterilen yerlerin örtü malzemesi alüvyon ve toprak malzemesinden oluşmaktadır (Şekil 2.12).

Stratigrafik yani oluşum sırasına göre belirtilen formasyonlar ve içerdikleri birimler aşağıda özetlenmiştir.

Üst Sistem	Sistem	Seri	Alt Seri	Formasyon	Qal	Qal	~50	Litoloji	Açıklamalar
Senezoyik	Kuvaterner				Qt	~230		Traverten	
	Tersiyer	Pliyosen		İncesu	Tid	~230		Gevşek çimentolu çakıltaş, kumtaşı, kil ve kireçtaşı	
				Orta-Üst	Tatlıcak	Ttas	~150		Kumtaşı, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı, marn, jips
		Oligo-Miyosen		Hafik	Thj	~750		Kil arakatmanlı masif jips	

Şekil 2.11. İnceleme alanının stragrafik dikme kesiti (Karcan ve diğ. 1996)



Şekil 2.12. Kılavuz mahallesi yol yarmasında yeşil marnlar, alüvyon ve bitkisel toprak

Hafik Formasyonu, beyaz renkli yer yer masif görünümlü çatlaklı, birçok yerde aşırı kıvrımlanmış, kalın, pek belirgin olmayan tabakalı ve kil ara katlı jipslerle temsil edilmektedir (Kurtman, 1973). Bu jipsler, Sivas kenti zeminlerinin temel kayacını oluşturmaktadır. Günümüze kadar yapılan birçok çalışmada stragrafik konumu tartışılan birimin yaşı, üzerine uyumlu olarak gelen kumlu kireçtaşlarının yaşına ve saha gözlemlerine dayanılarak Oligo – Miyosen olarak belirlenmiştir (Karacan ve Diğ., 1996).

Tatlıcak Formasyonu, Hafik Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmekte olup kumtaşı, marn, kumlu kireçtaşı ve ince tabakalı marn ara katlı jipslerden oluşmaktadır. Bölgede bu formasyon marn, jips ve kumlu kireçtaşları ile temsil edilmektedir.

İncesu Formasyonu, Yılmaz (1994) tarafından adlandırılmış olup gevşek çimentolu çakıltaşı, kumtaşı, silt ve kilttaşları ile kireçtaşlarından oluşmaktadır. Pliyosen yaşlı bu formasyon alttaki Tatlıcak Formasyonu üzerine açılal uyumsuzlukla gelmektedir. Akarsu ve göl çökellerinden oluşan bu formasyon inceleme alanında genellikle çakıl – kumtaşı ardalaşması, gevşek çimentolu çakıltaşları, kumtaşı ve kilttaşları ile temsil edilmektedir (Karacan ve Diğ., 1996).

İnceleme alanının en genç birimlerini Kuvaterner yaşlı travertenler ve alüvyonlar oluşturmaktadır. Travertenler genelde sarsımsı açık kahverengi renklerde orta dayanımlı, çatlaklı ve gözenekli bir yapıya sahiptir. Travertenlerde ayrılmış kısımlar yer yer toprağımsı bir özellik sunmaktadır. Ayrıca bu kayaçlar yataya yakın bir tabakalanma göstermekte olup, tabaka kalınlıkları 6 – 20 cm arasında değişmektedir. Alüvyonlar ise, yöredeki kayaçların ve toprakların ayrışıp akarsu tarafından taşınıp çökmesi sonucu oluşmuştur. Alüvyon açık kahverengi, açık gri renklerde, çakıldan kile kadar değişen tane boylarına sahip malzeme ile karakterize edilmektedir (Karacan ve Diğ., 1996).

2.4.3. Kayaç Birimler

İnceleme alanındaki kayaç ortamlar bir önceki bölümde belirtildiği gibi, genelde kil arakatmanlı masif jipsler, ince tabakalı marn arakatlı jipsli marnlar, kumlu kireçtaşları ve travertenlerden oluşmaktadır. Bu birimlerin saha gözlemleri ve daha önceki yapılan çalışmaların değerlendirilmesi esas alınarak yapılan bazı özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

Masif Jipsler: Bu kayaçlar genellikle şehrin doğu ve kuzeydoğu kesimlerinde yüzeylemekte olup; genel görünümü beyaz, açık kahverengimsi beyaz ve açık yeşilimsi beyaz renklindedir. Şehir merkezinin bazı bölgelerinde ve özellikle Aydoğan mahallesinde temel kazılarında büyük blok şeklinde görülmektedir (Şekil 2.14).



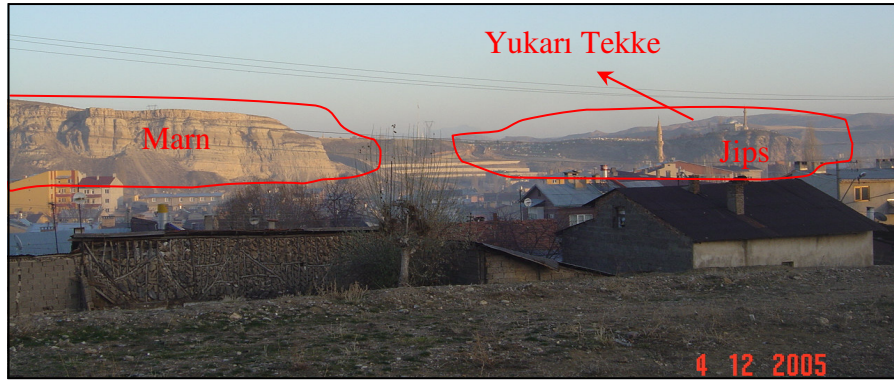
Şekil 2.14. Aydoğan mahallesinde bir temel kazısında çıkan masif jips blokları

Masif jipsler tektonik hareketler sonucunda kıvrımlanmış ve kırılmışlardır. Kıvrımlanmaların yoğun olduğu bölgelerde kırık ve çatlak yoğunluğu artmış ve ana kırık doğrultuları boyunca jips kartına bağlı olarak düden, çökme dolinleri ve yeraltı mağaraları gelişmiştir. Masif jipslerde iki yönde sistematik olarak ve gelişigüzel gelişmiş kırık ve çatlak sistemler vardır. Bu nedenle bu kayaçlarda özellikle topografik eğimin çok dik olduğu ($>35^\circ$) kesimlerde (örneğin Kılavuz

Mahallesi) eklem yüzeyleri boyunca yer yer blok kaymaları ve düşmeleri gözlenmektedir (Karacan, 1994).

Kumlu Kireçtaşları: Bu kayalar bölgenin doğu kesimlerinde yer almakta olup, alttaki masif jipsler üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Genel görünümüleri açık kahverengimsi beyaz ve açık yeşilimsi beyaz renktedir.

Marnlar: Sivas Kenti yerleşim alanının önemli bir kısmını oluştururlar. Miyosen yaşlı denizel ortam çökelleri olup; çalışma alanının batı, kuzey ve orta kesimlerinde yüzeylenmektedir (Şekil 2.15 ve 2.16).



Şekil 2.15. Yukarı tekke mevkiinde kalın marn tabakaları ve jipslerle dokanağı



Şekil 2.16. Kılavuz mahallesi vali konağı yukarısında temel inşaatı ve marn tabakaları

Tatlacak Formasyonunda yer alan marnlarda, açık yeşil, açık sarsımsı yeşil, açık sarı, açık yeşilimsi sarı ve açık yeşilimsi gri şeklinde beş farklı renk ayırt edilmiştir (Karacan ve Diğ., 1996).

İnce Tabakalı Marn Arakatkılı Jipsler: Bu kayaçlar inceleme alanının kuzeydoğu kesiminde Kılavuz Mahallesinin kuzey kesimlerinde yüzeylenmektedir. Alttaki açık yeşil marnların üzerine uyumlu olarak gelirler.

2.4.4. Toprak Zeminler

Sivas Kenti yerleşim alanı içerisindeki toprak zeminler, akarsu çökelleri ile alüvyonlardan oluşmaktadır. Bu zeminlerin, saha gözlemleri ve daha önceki yapılmış çalışmalar dikkate alınarak jeolojik ve mühendislik özellikleri aşağıda derlenmiştir.

a) Jeolojik Özellikler

Akarsu Çökelleri: Karacan ve Diğ. (1996)'ne göre Karşıyaka, Kılavuz ve Mimar Sinan Mahallelerinde geniş yayılım göstermektedirler. (Şekil 2.17) Alttaki Tatlıcak formasyonuna açısız uyumsuzlukla gelmektedirler. Genellikle değişik kalınlılarda killi, kumlu ve çakıllı seviyeler içermektedirler.



Şekil 2.17. Mimarsinan mahallesinde bir temel kazısında çakıllı seviyeler

Kasapoğlu (1982)'na göre okellerin çakıllı kumlu seviyelerindeki çakılların yarı yuvarlak veya yuvarlak olmaları uzun eksenleri boyunca bir yönlenme göstermeleri ve devamlı bir depolanmaya sahip bulunmaları gibi fluvial akarsu ortamlarını karakterize eden özellikleri bunların gl ortamına açılan ve/ya gl ortamı içindeki eski akarsu yataklarına ait olduğunu göstermektedir.

Alüvyonlar: Sivas Kenti yerleşim alanında Kızılırmak ve Mısmılırmak gibi önemli akarsular bulunmaktadır. Bu akarsuların vadi düzlükleri alüvyonlarla kaplıdır. Genel olarak kum, silt, çakıl ve kilden oluşmaktadır. Alvyonların bulunduğu yerlerde su seviyesi yzeeye oldukça yakındır. Bu durum niversite kampüsü bölgesinde belirgin şekilde görülmektedir.

b) Mühendislik zellikleri

Sivas kenti yerleşim alanındaki toprak zeminlerin önemli sayılabilecek bazı mühendislik özellikleri, kent merkezinde özel mühendislik bürolarınca yapılan zemin etüdü deneyleri sonuçları elde edilmiş ve istatistiksel değerlendirmeleri yapılmıştır.

Toprak zeminlerin ortalama tane birim ağırlıkları $2,01 \text{ ton/m}^3$ veya $2,01 \text{ gr/cm}^3$ olarak hesaplanmıştır. Ortalama su içerikleri % 20,5 civarındadır. Atterberg Limitleri ve indeks değerlerinin istatistiksel değerlendirmeleri ise izelge 2.8'de verilmiştir.

Çizelge 2.8. Sivas Kenti Yerleşim Alanı Toprak Zeminlerinin Atterberg Limitleri ve İndeks Değerlerinin İstatistiksel Değerlendirme Sonuçları

Atterberg Limitleri	Değerim Aralığı		Aritmetik Ortalama (X)	Standart Sapma (S)	Standart Hata (Sx)
	En Az	En ok			
% LL	21	86	44,94	10,82	1,03
% PL	10	37	21,30	4,96	0,47
% PI	4	52	23,53	8,97	0,85

2.4.5. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

Karacan ve Diğ. (1996) tarafından yapılan, Sivas Kenti yerleşim alanı zeminlerinin mühendislik jeolojisi haritası bilgisayar ortamına aktarılarak çizim programları yardımıyla yeniden düzenlenmiştir (Şekil 2.20.). Bu haritada kent zeminleri çalışmacılar tarafından, temel olma koşulları göre, uygun değil, iyi, iyi-çok iyi ve çok iyi şeklinde dört gruba ayırmışlardır. Alüvyonlar genellikle suya doygun, yumuşak ve aralıklı taşkın alanları içerisinde kaldıkları için uygun temel koşulları içermeyen zeminler grubuna dahil edilmiştir (Şekil 2.19).

Kent zeminlerinin önemli bir kısmını oluşturan marnlar ise iyi – çok iyi temel koşulları sağlayabilen zeminler olarak değerlendirilmiştir. Şekil 2.18’de marnlar üzerine inşa edilen bir temel görülmektedir.

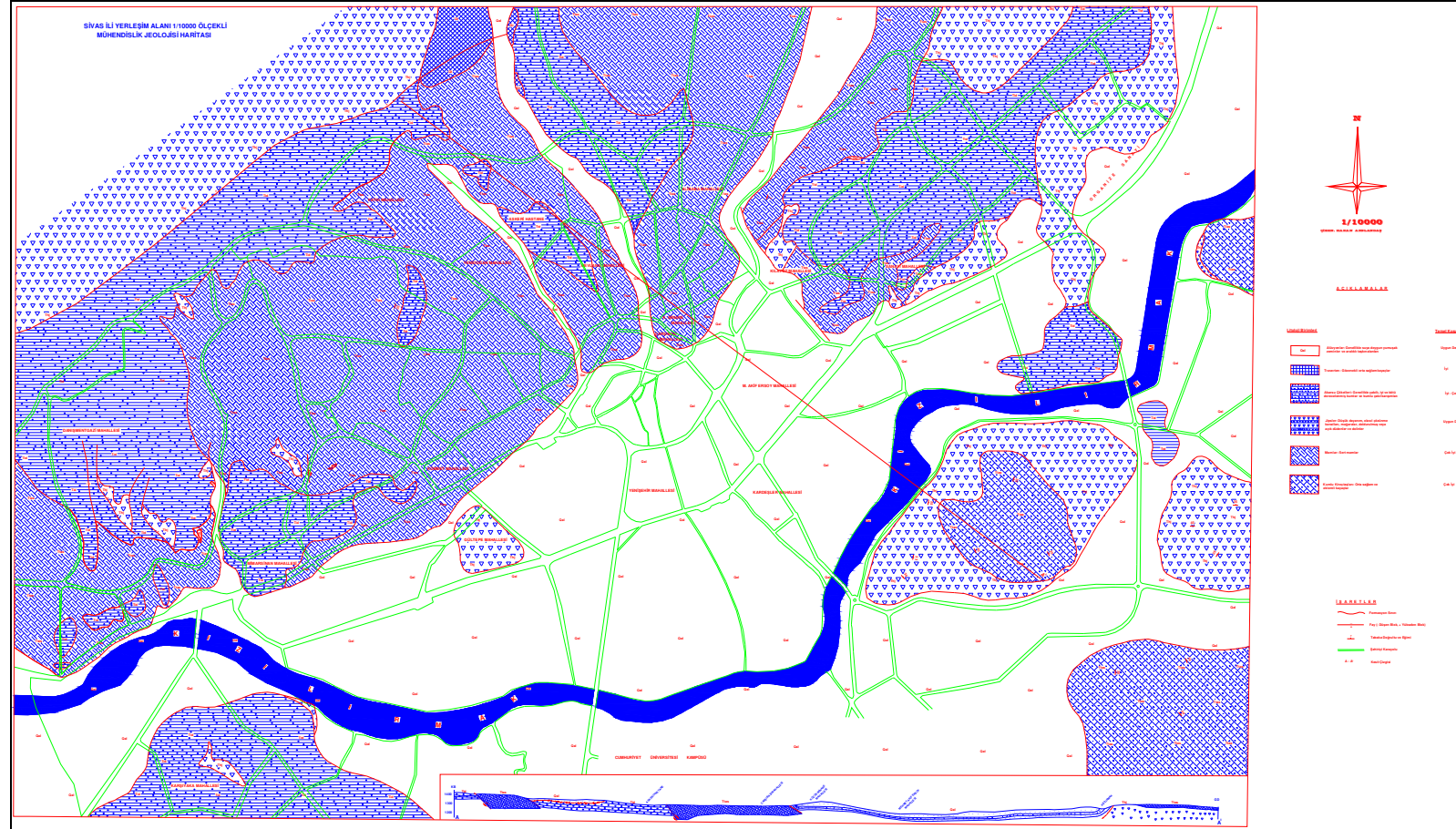
Traverten ve kumlu kireçtaşları ise sağlamlıkları göz önüne alınarak iyi-çok iyi temel koşullarını sağlayabilen kayalar olarak belirtilmektedir. Ayrıca jipsli ortamlar düşük dayanımları nedeniyle zayıf temel oluşturan zemin olarak belirtilmiştir.



Şekil 2.18. Marnlar üzerine temel inşaatı (Kılavuz mah)



Şekil 2.19. Dolgu ve alüvyon malzeme üzerine inşa edilen bir temel (Gökmedrese Mahallesi).



Şekil 2.20. Sivas kenti zeminlerinin mühendislik jeolojisi haritası

3. SIVAS İLİ YERLEŞİM ALANINDA BAZI ZEMİN PARAMETRELERİNİN MESAFENİN TERSİ VE KRIGING TEKNİKLERİ İLE TAHMİNİ

3.1. Sivas Kenti Yerleşim Alanında Yapılmış Zemin Etütleri

Değişik mühendislik büroları ve kamu kuruluşları tarafından yerleşim alanında yapılmış zemin etütlerinden bazı önemli zemin parametreleri elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler düzenlenerek bilgisayara aktarılmış ve bir veri tabanı oluşturulmuştur (Çizelge 3.1). Çizelgede, şehrin değişik mahallelerinden farklı 174 noktaya ait, koordinatlar, mahalle isimleri, elek analiz sonuçları, Atterberg Limitleri, kohezyon, su içeriği, içsel sürtünme açısı, tabi birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, zemin sınıfı, taşıma gücü ve zemin emniyet gerilmeleri yer almaktadır. Bu parametrelerin bazılarının değerlendirilmesi ve analizi ileriki bölümlerde yapılmıştır.

3.2. Zemin Parametrelerinin Analizi ve Yorumlanması için Değişik Plan ve Harita Altlıklarının hazırlanması

Sivas ili yerleşim bölgesinin zeminlerinin değerlendirilebilmesi için öncelikle bölgenin büyük veya orta ölçekli topografik, yerleşim planı, jeolojik, mühendislik jeolojisi haritaları elde edilmiş ve bilgisayar ortamına alınmıştır. Söz konusu bu haritaların yapılması aşağıda anlatılmıştır.

3.2.1. Kentin 1/10.000 Ölçekli Topografik Haritasının Oluşturulması

Kentin 1/10.000 ölçekli ozalit kağıttaki topografik haritası elde edilmiş ve tarayıcı ile resmi bilgisayara aktarılmıştır. Bilgisayar ortamına alınan harita Surfer programı yardımıyla 12665 nokta okunarak sayısallaştırılmıştır. Elde edilen noktaların X, Y, Z değerleri programda tekrar ara değerleri hesaplanarak “ *.grd ” uzantılı grid dosyası oluşturularak yerleşim alanının iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) topografik haritası çizdirilmiştir (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).

Çizelge 3.1. Sivas İli Yerleşim Alanına Ait Bazı Zemin Parametreleri

	Mahalle	X	Y	Z	Zemin Sınıfı	Su İçeriği %	Atterberg Limitleri			(C) Kohezyon	(φ)	Tabii Birim Ağırlık γ	Kuru Birim Hacim/ Ağırlık	Zemin Emniyet Gerilmesi kg/cm ²	Taşıma Gücü kg/cm ³
							LL (%)	PL (%)	PI (%)						
1	1. Org. San. Böl.	333766	4401980	1289	CH	-	51	23	28	1,36	18	1,99	1,789	6,90	20,71
2	1. Org. San. Böl.	335554	4402207	1285	CH	32,7	51	23	28	0,65	-	-	-	0,82	2,46
3	1. Org. San. Böl.	333707	4402012	1283	CH	24,8	50	26	24	0,79	0	1,83	-	1,56	4,68
4	1. Org. San. Böl.	333509	4402012	1284	CH	20,2	46	22	24	0,39	6	1,80	-	1,40	4,20
5	1. Org. San. Böl.	333570	4401646	1281	CH	34,1	47	27	20	0,44	3	1,79	-	1,05	3,14
6	1. Org. San. Böl.	333523	4401372	1283	CH	22,7	45	28	17	0,56	3	1,79	-	1,54	4,62
7	1. Org. San. Böl.	333789	4401451	1284	CH	20,7	42	22	20	0,53	7	1,80	-	1,39	4,17
8	1. Org. San. Böl.	334168	4401817	1285	CH	33,2	46	25	21	0,41	8	1,79	-	1,00	3,00
9	1. Org. San. Böl.	334002	4401662	1284	CH	22,3	46	20	26	0,42	9	1,92	-	1,17	3,51
10	1. Org. San. Böl.	334110	4402207	1286	CH	23,0	43	19	24	0,36	7	1,79	-	0,90	2,70
11	1. Org. San. Böl.	334337	4402518	1285	CH	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,10	6,30
12	1. Org. San. Böl.	333765	4402094	1288	CH	27,0	41	19	22	0,38	5	1,64	-	0,90	2,70
13	1. Org. San. Böl.	333810	4401793	1292	CH	30,8	48	24	24	0,52	7	1,78	-	1,36	4,08
14	Akdeğirmen Mah.	330856	4401997	1279	GM	-	-	NP	-	-	-	2,21	2,124	1,70	5,10
15	Akdeğirmen Mah.	331043	4402476	1276	CL	17,2	46	20	26	-	-	-	-	1,50	4,50
16	Akdeğirmen Mah.	330616	4402384	1279	CL	26,1	44	21	23	0,61	0	1,82	-	1,63	4,89
17	Akdeğirmen Mah.	330392	4402452	1280	CH	32,6	52	27	25	1,05	0	1,90	1,43	6,39	19,17
18	Akdeğirmen Mah.	331417	4401996	1279	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	1,50	4,50

Çizelge 3.1'in devamı

19	Alibaba Mah.	331424	4402590	1309	ML	20,2	46	20	26	0,3	9	1,81	1,699	1,10	3,31
20	Alibaba Mah.	331565	4402361	1284	ML	28,8	47	32	15	-	-	-	-	1,60	4,80
21	Alibaba Mah.	331559	4403145	1308	SC	18,4	29	14	15	0,71	-	-	-	1,00	3,00
22	Alibaba Mah.	331799	4403066	1305	CL	15,9	45	24	21	1,38	-	-	-	1,67	5,01
23	Alibaba Mah.	332102	4402947	1307	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
24	Alibaba Mah.	332160	4403142	1299	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
25	Alibaba Mah.	332047	4402660	1301	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
26	Alibaba Mah.	331818	4402489	1305	SC	14,8	29	14	15	-	-	-	-	1,00	3,00
27	Alibaba Mah.	331683	4403696	1302	GC	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
28	Alibaba Mah.	331061	4402805	1306	SC	7,5	33	15	18	-	-	-	-	2,00	6,00
29	Alibaba Mah.	331019	4403098	1300	SC	5,7	27	13	14	0,62	0	1,83	-	1,59	4,77
30	Alibaba Mah.	331254	4403190	1307	CL	24,9	47	25	22	0,47	7	1,98	-	0,94	2,82
31	Alibaba Mah.	331575	4404368	1310	CL	14,2	33	19	14	0,69	0	1,85	-	1,80	5,40
32	Alibaba Mah.	331963	4404025	1311	CL	19,0	46	24	22	0,69	0	1,85	-	1,83	5,49
33	Alibaba Mah.	331211	4403706	1309	SM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
34	Altuntabak Mah.	329359	4400668	1286	EM	4,8	-	NP	-	0,56	4	2,02	1,812	1,38	4,13
35	Altuntabak Mah.	329040	4400415	1280	CH	19,3	50	22	28	1,1	14	1,78	1,56	4,38	13,14
36	Altuntabak Mah.	329074	4400181	1296	GP	-	-	NP	-	0,6	5	1,71	1,438	1,51	4,53
37	Altuntabak Mah.	328940	4400824	1292	GP-GM	3,9	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
38	Altuntabak Mah.	328595	4400621	1294	CH	26,8	66	21	45	0,56	10	1,97	1,552	1,70	5,10
39	Altuntabak Mah.	328405	4400968	1293	GP	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
40	Altuntabak Mah.	328273	4400209	1298	GP	5,3	-	NP	-	-	34	1,75	-	2,19	6,57
41	Altuntabak Mah.	327472	4400576	1302	CL	21,3	48	18	30	0,81	10	1,75	-	2,72	8,16
42	Altuntabak Mah.	328215	4399798	1303	SM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
43	Altuntabak Mah.	328595	4399701	1308	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
44	Altuntabak Mah.	328594	4399393	1305	CL	16,7	37	16	21	0,97	-	-	-	1,50	4,50
45	Altuntabak Mah.	328012	4399142	1306	GW-GP	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
46	Altuntabak Mah.	327578	4398958	1309	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00

Çizelge 3.1'in devamı

47	Altuntabak Mah.	327180	4398750	1311	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
48	Altuntabak Mah.	326993	4400771	1309	CL	17,9	47	16	31	0,54	4	1,82	-	1,90	5,70
49	Altuntabak Mah.	326782	4399659	1307	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
50	Altuntabak Mah.	326318	4400244	1301	CL	17,1	39	18	21	0,68	0	1,87	-	1,88	5,64
51	Altuntabak Mah.	326054	4399445	1299	CL	21,5	46	25	21	0,54	4	1,82	-	1,50	4,50
52	Altuntabak Mah.	327377	4398860	1289	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
53	Altuntabak Mah.	328410	4399648	1278	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
54	Aydoğan Mah.	329681	4401378	1291	CL	25,0	46	23	23	0,42	8	1,78	1,498	1,34	4,01
55	Aydoğan Mah.	329890	4401519	1291	CL	20,5	48	23	25	0,26	9	1,71	1,575	0,98	2,94
56	Aydoğan Mah.	329920	4401115	1302	CL-ML	29,3	36	31	5	0,43	18	1,90	1,575	2,72	8,17
57	Aydoğan Mah.	330140	4401158	1294	ML	27,1	47	33	14	-	-	-	-	2,00	6,00
58	Aydoğan Mah.	328144	4402162	1295	CH	34,7	32	13	10	-	-	1,96	-	6,04	18,12
59	Aydoğan Mah.	328213	4402526	1301	CL	20,9	40	18	22	0,86	-	-	-	1,90	5,70
60	Aydoğan Mah.	329298	4402294	1303	CL	20,6	35	19	16	1,13	-	-	-	1,50	4,50
61	Aydoğan Mah.	328877	4401962	1299	CL	23,1	45	25	20	1,1	-	-	-	1,92	5,76
62	Aydoğan Mah.	329161	4401651	1298	CL	16,7	38	18	20	1,07	-	-	-	2,00	6,00
63	Aydoğan Mah.	329551	4402088	1287	CL	15,6	45	23	22	1,34	-	1,87	-	1,90	5,70
64	Aydoğan Mah.	329794	4401646	1302	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
65	Aydoğan Mah.	329557	4401588	1307	CH	19,4	51	20	31	0,78	-	1,87	-	2,00	6,00
66	Aydoğan Mah.	329788	4402763	1310	CL	18,1	46	22	23	0,69	0	1,83	-	1,88	5,64
67	Aydoğan Mah.	329957	4402189	1311	CL	16,4	45	21	24	0,69	0	1,83	-	1,50	4,50
68	Aydoğan Mah.	327575	4402157	1313	CH	28,1	63	21	42	0,95	19	1,89	1,478	2,50	7,50
69	Aydoğan Mah.	328508	4402107	1312	CL	10,1	37	22	15	-	-	-	-	2,00	6,00
70	Aydoğan Mah.	330213	4401074	1286	CH	19,8	53	22	31	0,5	5	1,85	-	1,80	5,40
71	Bahtiyarbostan Mah.	331239	4401480	1268	GP-GM	-	-	NP	-	0,37	14	1,83	1,523	1,81	5,44
72	Bahtiyarbostan Mah.	331304	4401646	1272	CL	22,8	38	20	18	-	-	-	-	1,70	5,10
73	Bahtiyarbostan Mah.	331277	4401593	1273	GP	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
74	Bahtiyarbostan Mah.	331512	4401485	1279	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00

Çizelge 3.1'in devamı

75	Bahtiyarbostan Mah.	331554	4401680	1269	CL	10,1	21	10	11	0,99	-	-	-	1,50	4,50
76	Bahtiyarbostan Mah.	331551	4401999	1273	GW-GP	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
77	Bahtiyarbostan Mah.	331881	4402268	1279	GW-GP	-	-	NP	-	-	-	-	-	5,00	15,00
78	Çarşıbaşı Mah.	331018	4401260	1264	GM	12,3	-	NP	-	-	-	1,68	1,496	2,50	7,50
79	Çarşıbaşı Mah.	331085	4401456	1270	SM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
80	Çayboyu Mah.	331030	4400061	1261	GP-GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
81	Çayyurt Mah.	330558	4402194	1279	CL	22,2	61	21	40	0,98	26	-	-	0,50	1,50
82	Çayyurt Mah.	330604	4401937	1276	GC	18,5	34	10	24	0,36	7	1,82	1,732	1,12	3,36
83	Çayyurt Mah.	330326	4402012	1278	GP	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
84	Çayyurt Mah.	330265	4402405	1301	SM	-	-	NP	-	-	-	-	-	1,80	5,40
85	Çiçekli Mah.	329558	4400851	1314	GM	6,7	-	NP	-	0,505	4	1,83	1,811	1,24	3,73
86	Çiçekli Mah.	329749	4400856	1315	GC	9,9	26	14	12	-	-	-	-	2,50	7,50
87	Çiçekli Mah.	329745	4400614	1317	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,10	6,30
88	Çiçekli Mah.	329707	4400760	1314	GC	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
89	Demircilerardı Mah.	331768	4400825	1273	CL	21,4	46	25	21	5	9	1,82	1,436	13,76	41,27
90	Demircilerardı Mah.	331833	4400760	1271	SC	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
91	Demircilerardı Mah.	332155	4401208	1270	CH	23,7	52	26	26	1,09	-	-	-	1,60	4,80
92	Demircilerardı Mah.	332437	4401103	1274	CL	24,6	41	20	21	0,69	-	1,80	-	1,21	3,63
93	Demircilerardı Mah.	332582	4400739	1273	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	1,50	4,50
94	Demircilerardı Mah.	332292	4400420	1275	ML	30,0	48	28	20	0,3	5	1,81	-	1,00	3,00
95	Ece Mah.	330084	4400920	1271	CH	31,1	59	24	35	1,65	16	-	-	3,51	10,53
96	Esenyurt Mah.	329833	4402481	1318	CH	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
97	Eskikale Mah.	330866	4400974	1268	CL	7,1	-	NP	-	-	-	-	-	1,80	5,40
98	Eskikale Mah.	330953	4401015	1269	CL	40,0	49	25	24	0,79	9	1,62	1,159	1,80	5,40
99	Eskikale Mah.	331014	4401032	1267	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	1,50	4,50
100	Eskikale Mah.	330537	4401066	1266	SM	-	-	NP	-	-	-	-	-	1,80	5,40
101	Ferhatbostan Mah.	331745	4401316	1261	CH	26,2	60	24	36	0,36	7	1,96	1,745	1,14	3,41
102	Ferhatbostan Mah.	332107	4401590	1268	SM	4,1	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00

Çizelge 3.1'in devamı

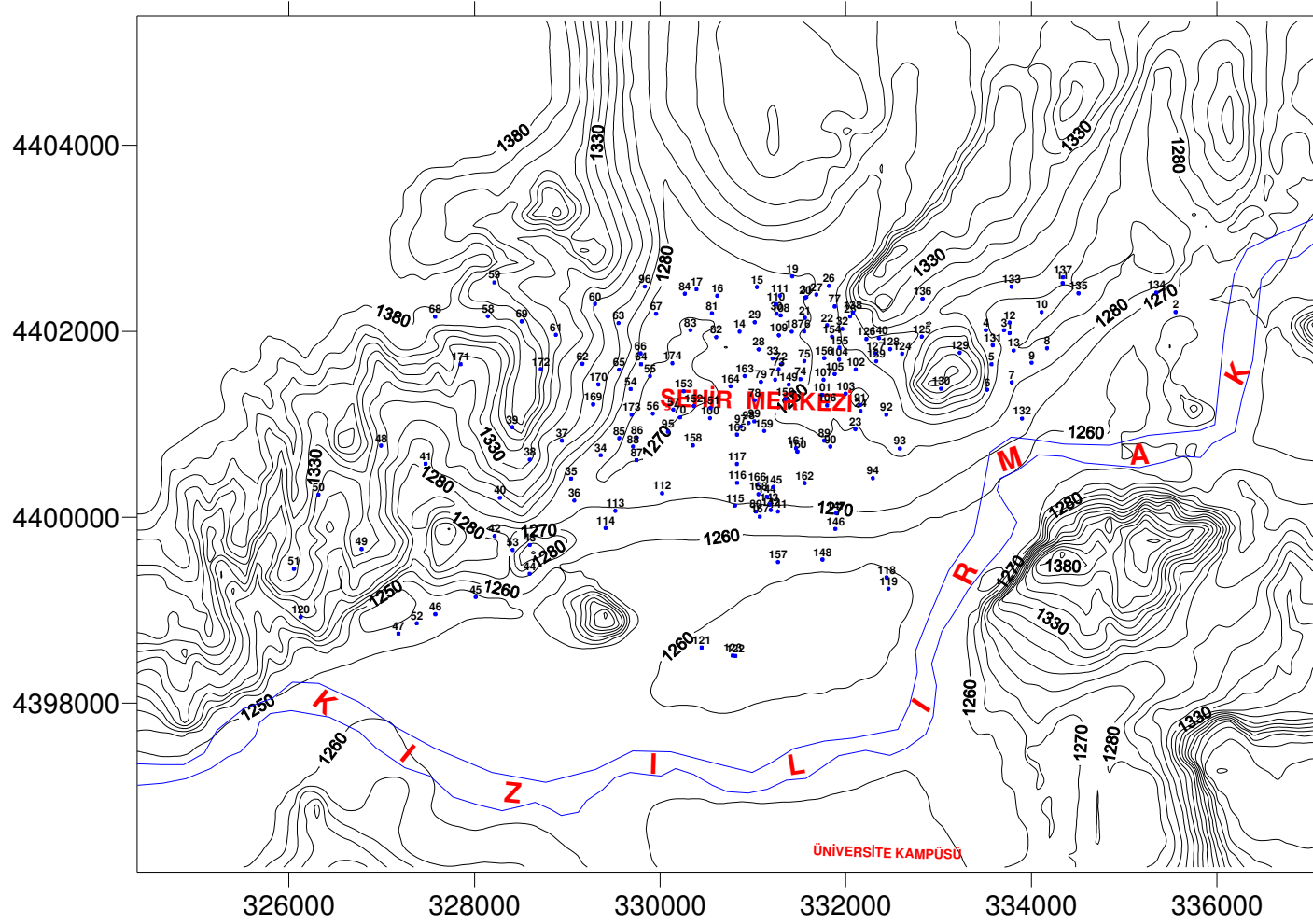
103	Ferhatbostan Mah.	331999	4401329	1265	GP	-	-	NP	-	-	-	-	-	1,00	3,00
104	Ferhatbostan Mah.	331928	4401696	1272	CL	21,8	41	24	17	0,78	13	1,82	1,492	1,56	4,68
105	Ferhatbostan Mah.	331881	4401540	1278	SM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
106	Ferhatbostan Mah.	331799	4401203	1781	CL	13,0	25	11	14	0,83	-	-	-	1,57	4,71
107	Ferhatbostan Mah.	331760	4401480	1285	CL	31,7	47	23	24	0,65	-	1,82	-	1,63	4,89
108	Gökçebostan Mah.	331298	4402171	1288	GC	7,4	30	18	12	0,41	7	1,80	1,655	1,24	3,71
109	Gökçebostan Mah.	331279	4401957	1289	CH	38,8	68	27	41	0,47	7	1,98	1,752	1,41	4,22
110	Gökçebostan Mah.	331247	4402294	1290	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
111	Gökçebostan Mah.	331291	4402384	1289	GC	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
112	Kadı Burhanettin Mah.	330020	4400260	1272	CL	14,4	47	21	26	0,4	7	1,84	-	1,63	4,89
113	Kadı Burhanettin Mah.	329517	4400070	1270	CH	37,6	65	28	27	0,47	6	1,82	-	1,48	4,44
114	Kadı Burhanettin Mah.	329412	4399885	1268	CL	14,4	34	17	17	-	0	1,88	-	1,50	4,50
115	Kaleardı Mahallesi	330807	4400125	1262	SC	28,5	39	29	10	0,08	31	1,69	1,315	1,60	4,80
116	Kaleardı Mahallesi	330829	4400370	1263	CL	27,3	47	22	25	0,99	-	-	-	1,21	3,63
117	Kaleardı Mahallesi	330827	4400573	1267	CH	32,6	54	23	31	0,58	0	1,80	-	1,23	3,69
118	Kardeşler Mah.	332441	4399353	1263	CL	10,6	27	13	14	0,18	31	1,75	1,61	5,42	16,26
119	Kardeşler Mah.	332461	4399232	1262	CL	10,6	27	13	14	0,36	7	1,96	-	0,80	2,40
120	Karşıyaka Mah.	326126	4396926	1270	CL	21,6	42	19	23	0,62	0	1,84	-	1,65	4,95
121	Kayseri Kapı	330447	4398099	1268	GM	-	-	NP	-	-	-	2,91	2,102	1,20	3,60
122	Kayseri Kapı	330811	4398009	1267	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
123	Kayseri Kapı	330782	4398412	1267	CL	22,9	47	23	24	0,63	0	1,87	-	1,71	5,13
124	Kılavuz Mah.	332607	4401759	1316	GW-GP	4,4	-	NP	-	1,3	15	1,80	1,57	5,41	16,24
125	Kılavuz Mah.	332820	4401942	1308	CL	13,3	39	20	19	0,49	19	1,89	1,536	3,22	9,66
126	Kılavuz Mah.	332223	4401917	1302	CH	20,2	57	23	34	0,39	-	1,71	1,543	0,80	2,39
127	Kılavuz Mah.	332321	4401763	1309	CL	15,0	38	22	16	-	-	1,79	1,612	0,12	0,37
128	Kılavuz Mah.	332479	4401808	1312	SC	13,7	37	17	20	0,23	26	1,55	1,362	1,70	5,10
129	Kılavuz Mah.	333227	4401770	1311	CH	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
130	Kılavuz Mah.	333027	4401382	1316	GP	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00

Çizelge 3.1'in devamı

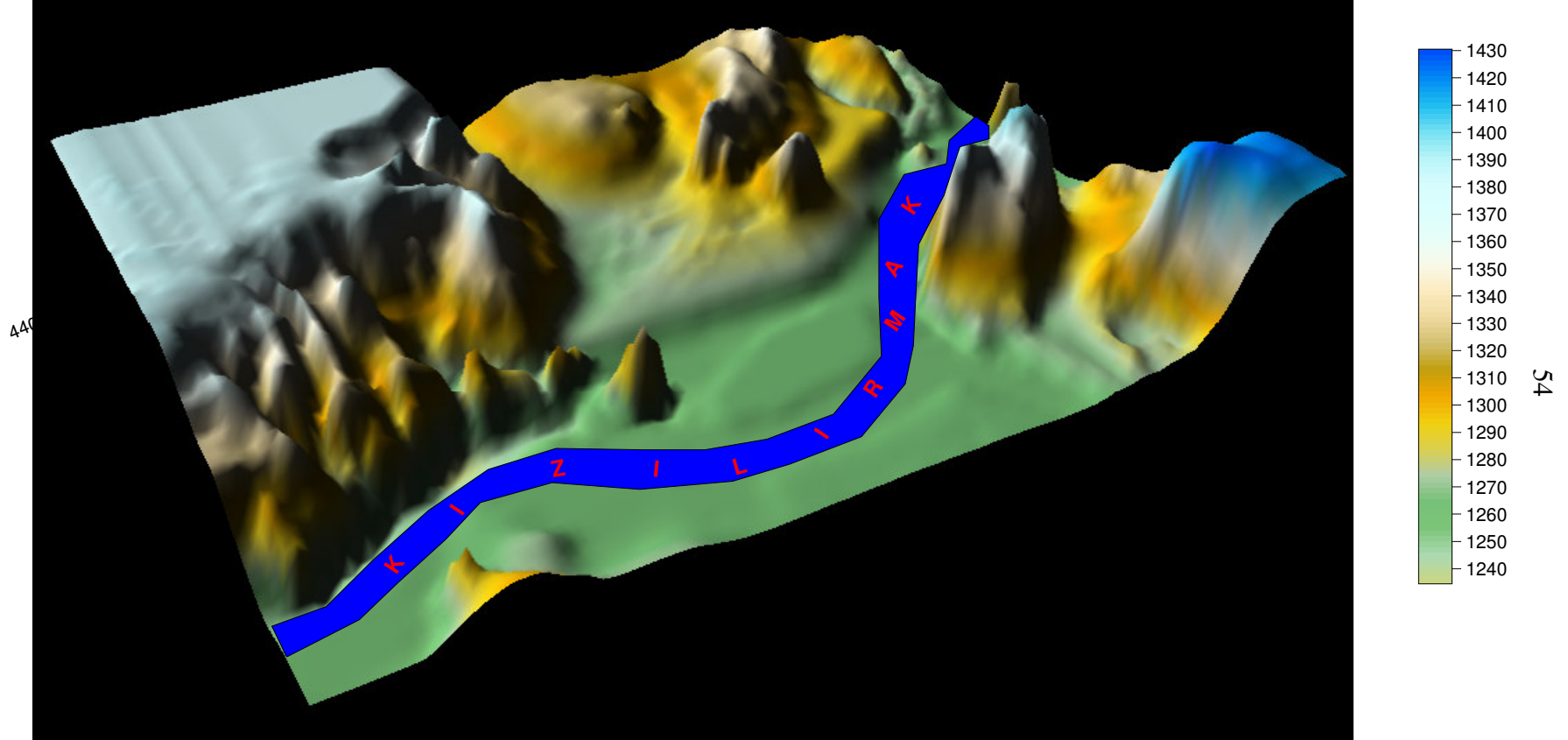
131	Kılavuz Mah.	333583	4402850	1313	CH	23,2	50	18	32	0,84	-	-	-	2,00	6,00
132	Kılavuz Mah.	333899	4403061	1308	GP	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
133	Kılavuz Mah.	333786	4403480	1309	CH	21,3	69	22	47	0,86		1,87	-	1,78	5,34
134	Kılavuz Mah.	335349	4403417	1312	CL	21,5	48	23	25	0,74	0	1,85	-	1,90	5,70
135	Kılavuz Mah.	334508	4403409	1311	CH	19,4	54	16	38	0,76	2	1,89	-	1,83	5,49
136	Kılavuz Mah.	332827	4402349	1308	CL		47	23	24	0,72	0	1,86	-	1,59	4,77
137	Kılavuz Mah.	334339	4402581	1307	CH	18,9	55	25	30	0,52	6	1,84	-	1,54	4,62
138	Kılavuz Mah.	332076	4402202	1302	CL	15,2	40	16	24	0,99	26	1,70	1,478	3,03	9,09
139	Kılavuz Mah.	332329	4401677	1308	CL	16,5	42	17	25	-	-	17,21	-	1,50	4,50
140	Kılavuz Mah.	332358	4401928	1315	CH	24,3	55	20	35	0,85	14	1,92	1,545	1,00	3,00
141	Kızılırmak Mah.	331269	4400062	1261	GP-GM	6,1	-	NP	-	0,45	10	1,90	1,61	1,62	4,86
142	Kızılırmak Mah.	331192	4400079	1262	CL	22,3	39	19	20	0,18	39	1,64	1,412	10,75	32,25
143	Kızılırmak Mah.	331176	4400137	1263	GP-GM	12,2	-	NP	-	0,28	14	1,92	1,752	1,52	4,56
144	Kızılırmak Mah.	331151	4400220	1265	CL	29,3	49	26	23	0,7	-	1,93	1,7	1,35	4,06
145	Kızılırmak Mah.	331218	4400324	1263	CL	14,3	30	27	13	0,29	15	1,67	1,43	1,60	4,79
146	Kızılırmak Mah.	331889	4399875	1266	CL	23,4	47	23	24	0,99	-	-	-	1,59	4,77
147	Kızılırmak Mah.	331897	4400046	1261	CL	26,1	48	21	27	0,23	14	1,84	1,461	0,63	1,89
148	Kızılırmak Mah.	331749	4399545	1267	CL	19,7	41	17	24	0,67	0	1,82	-	1,81	5,43
149	Küçükminare Mah.	331385	4401427	1277	SC	9,9	69	14	52	1,13	-	-	-	1,50	4,50
150	Küçükminare Mah.	331349	4401271	1279	GW-GP	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
151	Mehmetpaşa Mah.	330543	4401175	1278	CL	26,4	55	20	35	0,4	6	1,80	1,637	1,14	3,43
152	Mehmetpaşa Mah.	330362	4401196	1296	CH	25,3	86	37	49	1,69	-	2,13	-	3,10	9,29
153	Mehmetpaşa Mah.	330254	4401356	1287	GC	-	36	25	11	-	-	-	-	2,00	6,00
154	Mısmırlırmak Mah.	331852	4401941	1299	GC	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
155	Mısmırlırmak Mah.	331931	4401825	1295	SC	3,4	46	12	34	1,25				1,30	3,90
156	Mısmırlırmak Mah.	331768	4401712	1298	GC	-	-	NP	-	-	-	-	-	1,50	4,50
157	Otobüs Durağı	331269	4399519	1365	CH	28,8	68	25	43	0,87	0	1,90	-	1,52	4,56
158	Örtülüpınar Mah.	330352	4400773	1274	SM	-	-	NP	-	-	-	-	-	1,60	4,80

Çizelge 3.1'in devamı

159	Paşabey Mah.	331122	4400929	1282	CH	-	-	NP	-	-	-	-	-	1,00	3,00
160	Pulur Mah.	331479	4400706	1269	CL-ML	12,1	26	22	4	-	-	-	-	1,50	4,50
161	Pulur Mah.	331464	4400742	1271	GC	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
162	Pulur Mah.	331557	4400368	1278	CH	17,5	52	23	29	0,73	-	1,87	-	1,30	3,90
163	Sularbaşı Mah.	330910	4401518	1285	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
164	Sularbaşı Mah.	330758	4401409	1282	SM	-	-	NP	-	-	-	-	-	1,50	4,50
165	Ulunak Mahallesi	330828	4400889	1274	CL	28,4	49	23	26	0,12	34	1,41	1,096	1,50	4,50
166	Üçlerbey Mah.	331045	4400350	1272	SM-ML	46,6	47	31	17	-	-	1,80	1,4	0,12	0,37
167	Üçlerbey Mah.	331074	4400007	1299	SC	20,9	40	20	20	0,96	-	-	-	0,50	1,50
168	Üçlerbey Mah.	331059	4400249	1288	SC	20,9	40	20	20	0,96	-	-	-	0,50	1,50
169	Yenimahalle	329277	4401214	1302	CL	23,1	33	18	15	0,35	5	1,98	1,697	0,99	2,97
170	Yenimahalle	329334	4401430	1307	CL	16,8	24	14	10	0,6	4	1,84	1,643	1,44	4,33
171	Yenimahalle	327849	4401646	1309	SM	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,00	6,00
172	Yenimahalle	328713	4401593	1305	CL	-	-	NP	-	-	-	-	-	9,60	28,80
173	Yiğitler Mah.	329691	4401104	1271	SC	28,9	44	28	16			1,88	1,459	1,70	5,10
174	Yüceyurt Mah.	330131	4401656	1289	CL	25,2	48	22	26	0,44	8	1,92	1,668	1,41	4,23



Şekil 3.1. Sivas kenti yerleşim alanının topografik haritası (2D)



Şekil 3.2. Sivas kenti yerleşim alanının üç boyutlu (3D) perspektif görünümü

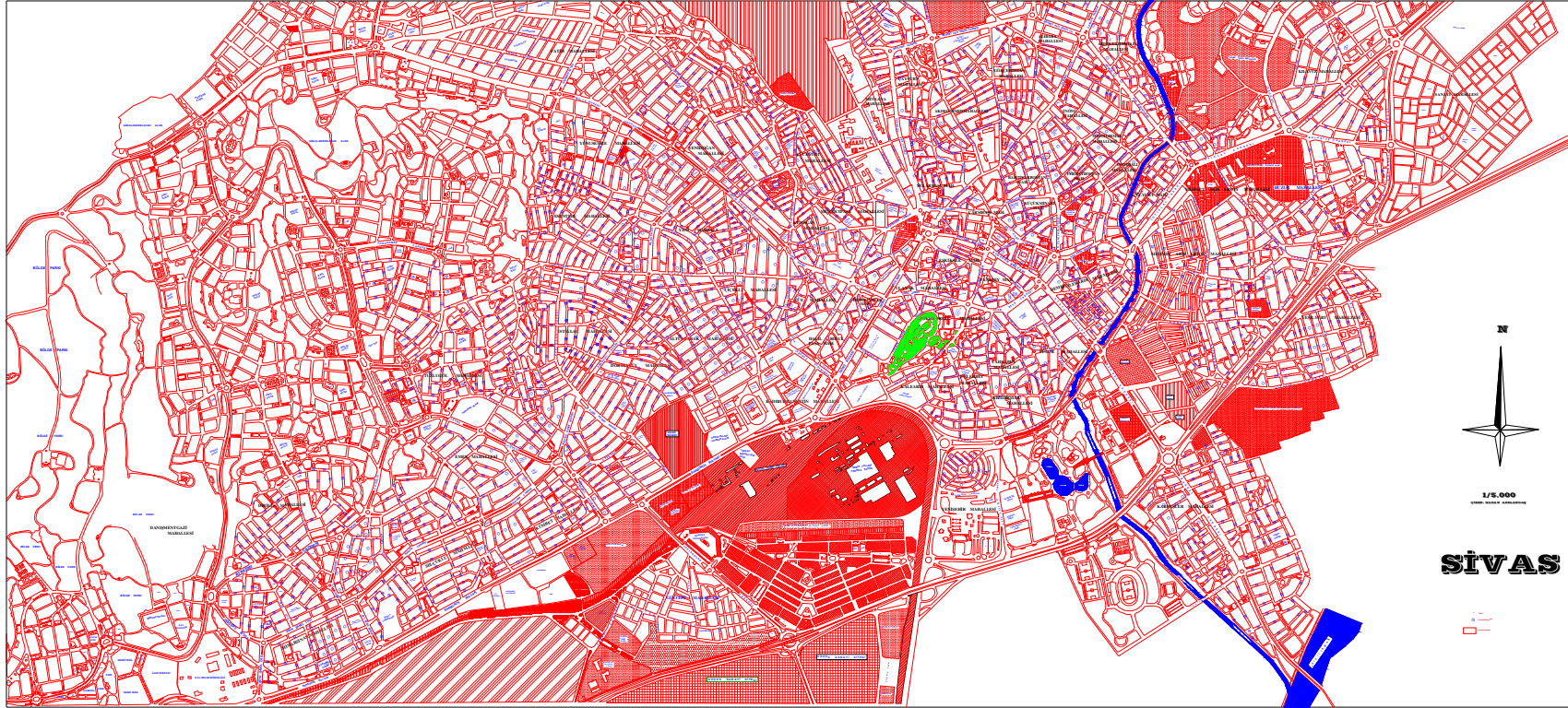
Yukarıdaki haritada görüldüğü üzere, Sivas yerleşim alanı topografyası ova şeklinde olup, 1265m ila 1380m kotları arasında yer almaktadır. İşhanı mahallesinin yüksek yerleri 1410m kotlarındadır. Şehrin Topografyası Kızılırmak ve Mısmıl ırmak yakınlarında düz olurken kuzeye, kuzey batıya ve kuzey doğuya doğru yükselmektedir.

3.2.2. Kentin 1/5000'lik Yerleşim Planının Oluşturulması

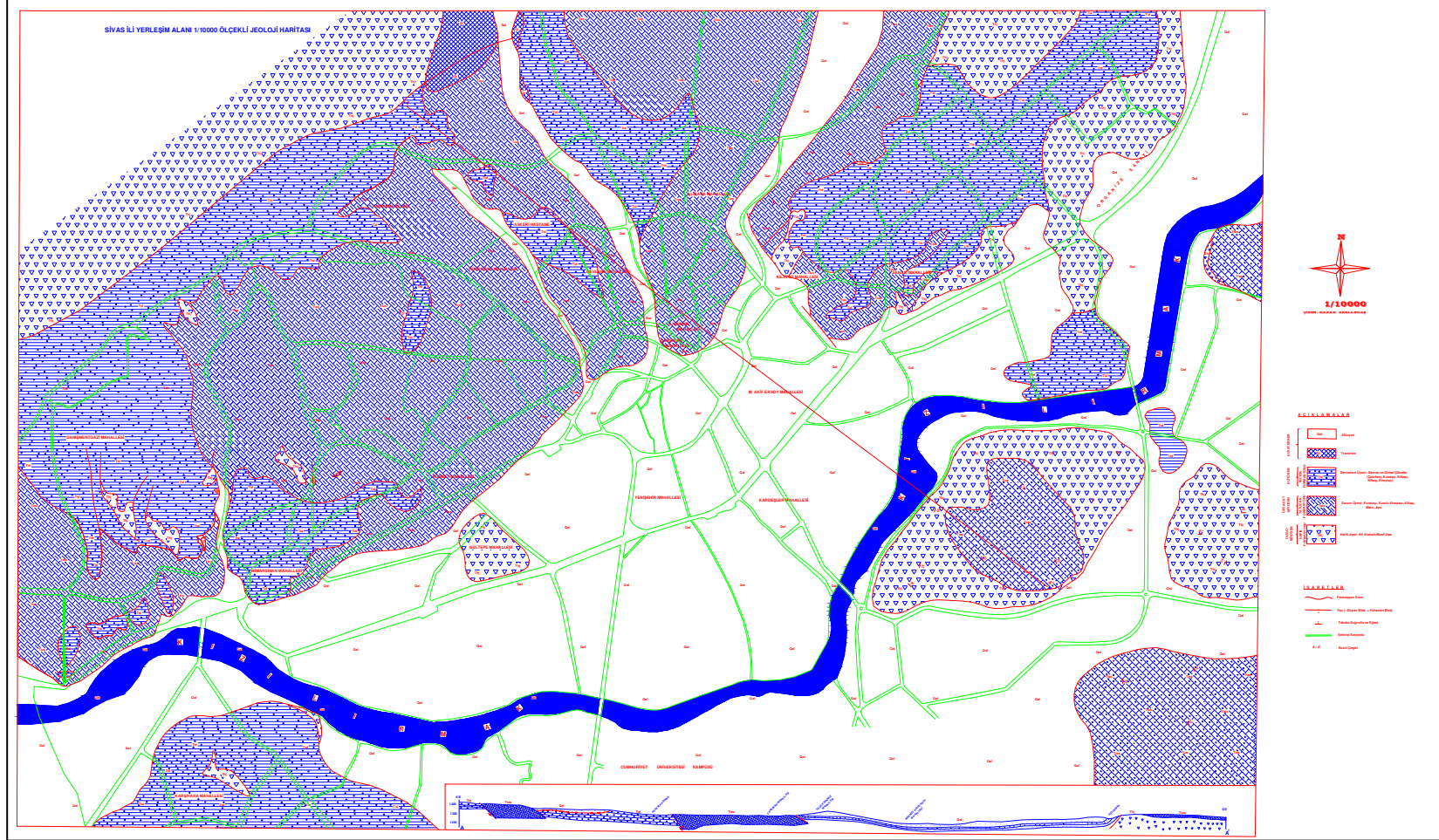
Kentin Yerleşim planının ozaliti belediyeden temin edilmiş ve tarayıcı vasıtasıyla resmi bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Daha önce bilgisayar ortamında olmayan yerleşim planı Autodesk Map programı yardımıyla 57465 obje ölçekli bir şekilde tekrar çizilmiştir (Şekil 3.3). Program yardımıyla istenilen ada, mahalle, yerleşim yeri detaylı olarak görülebilmekte, uzaklık ve alanlar kolayca hesaplanabilmektedir. Çok amaçlı olarak kullanılan bu plan üzerinde her türlü değişiklik ve düzenleme kolay hale getirilmiştir.

3.2.3. Kentin 1/10000'lik Jeoloji ve Mühendislik Jeolojisi Haritalarının Oluşturulması

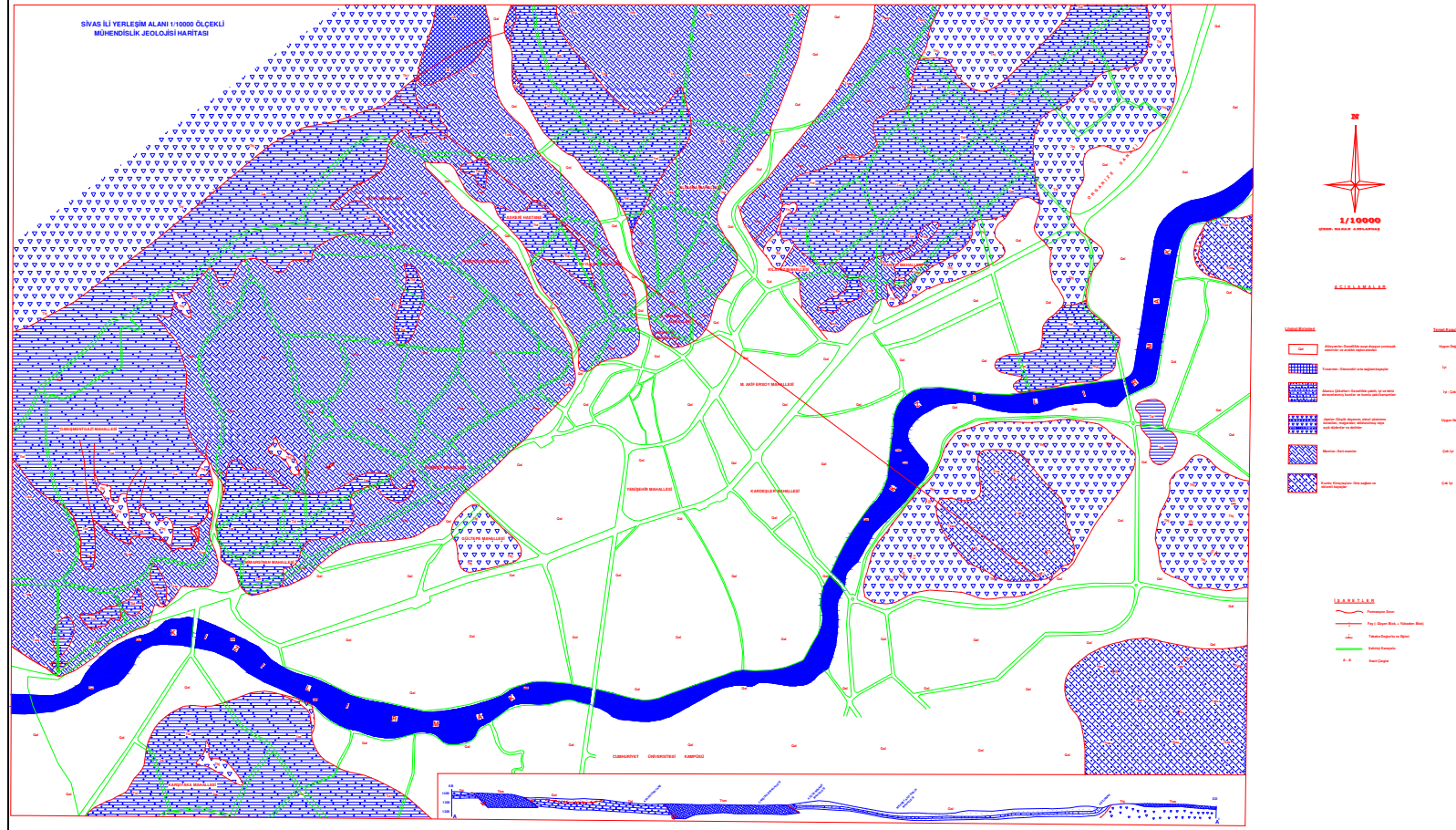
Topografik ve yerleşim planının bilgisayar ortamına aktarılmasında kullanılan teknik, jeoloji ve mühendislik jeolojisi haritalarının oluşturulmasında da kullanılmıştır. Haritalar üzerinde mevcut taramalar daha düzenli şekilde yeniden çizilerek hafif değişiklikler yapılmıştır (Şekil 3.4 ve Şekil 3.5). Daha önceki bölümlerde kentin jeolojisi ve mühendislik jeolojisi hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Saha incelemelerinde şehrin çoğu bölgelerinde toprak zeminler yüzeylerken çok az bölgelerde kaya mostraları bulunmaktadır. Kızılırmak ve Mısmıl ırmak civarı bölgelerde alüvyon malzemesi geniş alanlarda yüzeylenmekte olup bu bölgelerdeki kalınlıkları fazladır. Şehrin Kuzey ve kuzeydoğu yerleşim bölgelerinde birkaç cm den birkaç metre kalınlığa kadar değişmektedir (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7).



Şekil 3.3. Sivas kenti yerleşim alanının planı



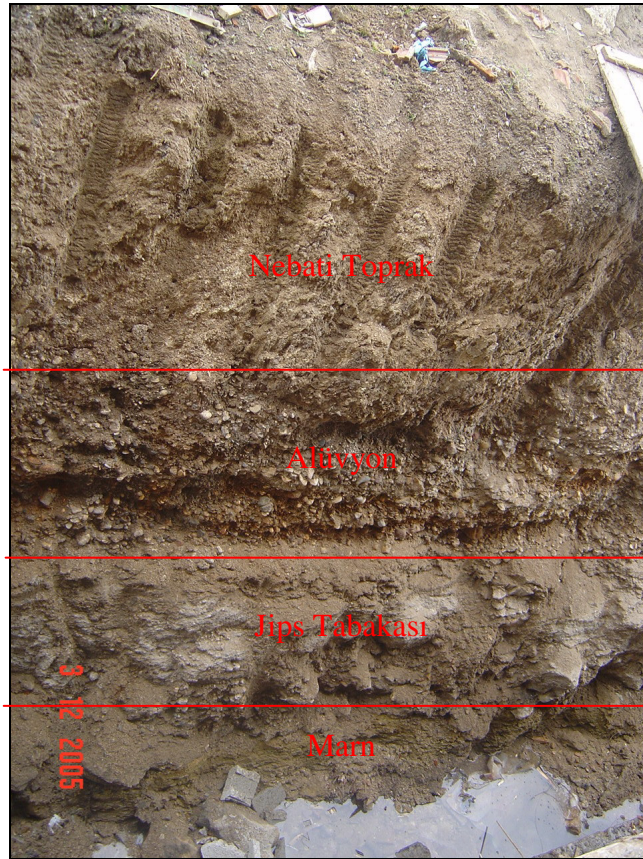
Şekil 3.4. Sivas ili yerleşim alanının jeolojik haritası (Karacan, 1996'dan modifiye edilmiştir).



Şekil 3.5. Sivas kenti zeminlerinin mühendislik jeolojisi haritası(Karacan, 1996'dan modifiye edilmiştir)



Şekil 3.6. Alüvyon tabakalarından bir görünüm(esentepe mahallesi)



Şekil 3.7. Alüvyon marn ve jipslerin üzerinde alüvyon tabakası(Aydoğan mah.)

3.3. Zemin Parametrelerinin Tahmini

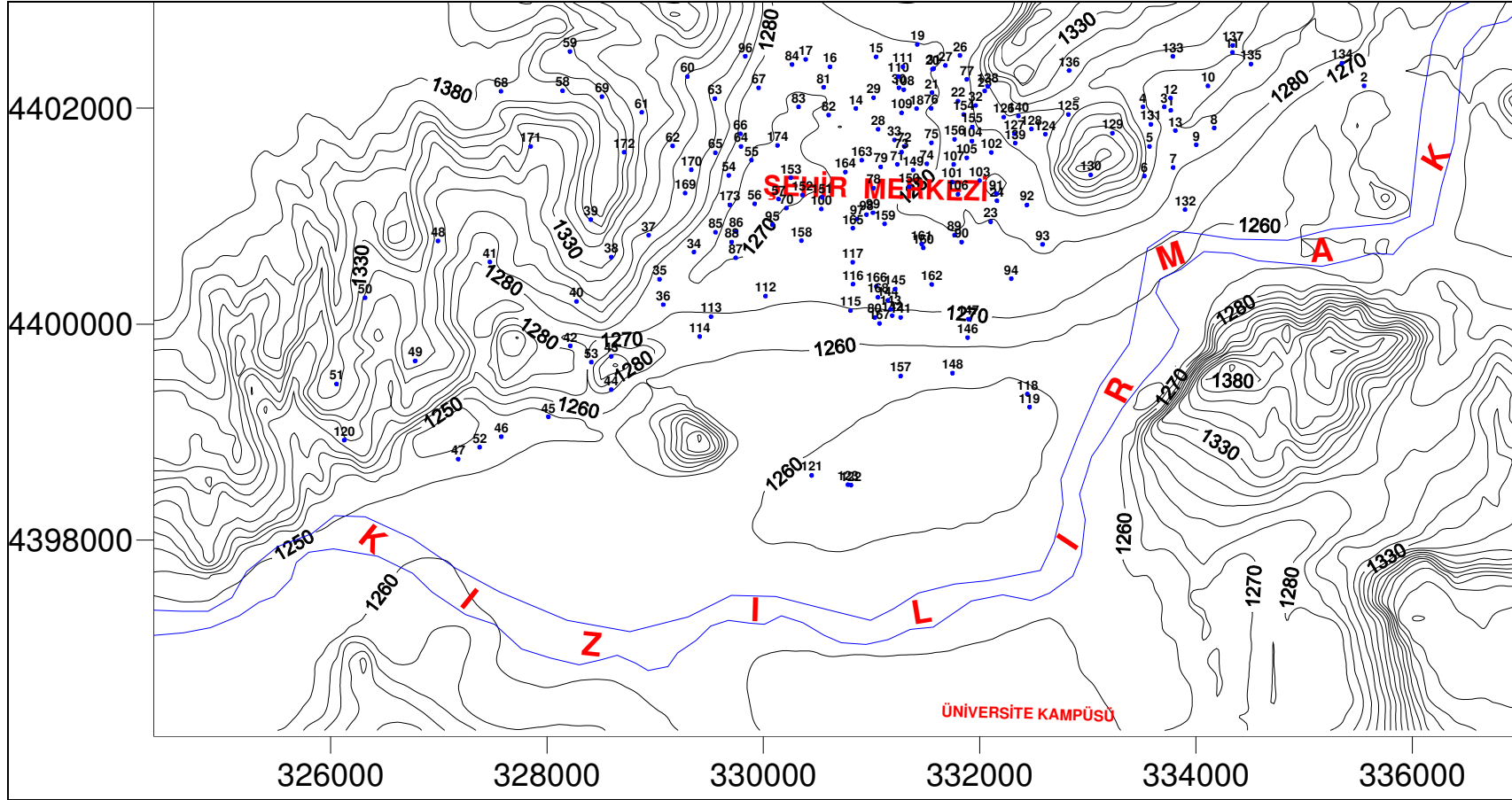
Yeni belediye kanunda yapılan değişikliklerle bina inşası için zemin etüdü zorunlu hale getirilmiştir. Bundan dolayı birçok mühendislik büroları da bu konuda hizmet vermeye başlamıştır. Bu bürolar toprak ve kaya zeminlerin fiziko-mekanik özelliklerinin bazılarını kendi laboratuvarlarında bazılarını ise büyük kentlerde veya üniversite laboratuvarlarında yaptırmaktadırlar.

Sivas yerleşim alanında günümüze kadar 500 den fazla değişik noktada zemin etüdü yapılmıştır. Ancak bu etütlerden sadece 174 değişik noktanın verileri elde edilebilmiştir. Bu noktaların dağılımı Şekil 3.8’de görülmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere etüt noktaları düzensiz bir dağılım göstermektedir. Bu veriler daha önce yukarıdaki çizelgede verilmişti. Bu zemin parametrelerinden bazılarının (Atterberg limitleri, Su içeriği, zemin sınıfı, kohezyon) istatistiksel değerlendirmesi yapılabilmıştır. Diğer parametrelerin değerlendirmesini yapacak kadar ya veri elde edilememiş veya deneyleri yapılmamıştır.

İstatistiksel değerlendirmeden sonra önemli zemin parametrelerinin tüm yerleşim alanındaki dağılımlarını tahmin etmek amacıyla iki değişik interpolasyon tekniği kullanılmıştır. Bunlar mesafeyle ters ağırlıklı yöntem (inverse distance,id) ve kriging tekniğidir. Bu teknikler önceki bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılmıştı. Bu tekniklerin kullanılmasında bazı kabuller yapılmıştır.

Bunlar;

- Yapılan deneyler doğru ve hassas,
- Elde edilen veriler doğru ve güvenilir,
- Deneylerin hepsi ayrık veya toprak zeminlerde yapılmış,
- Hesaplamalar ve değerlendirmeler iki boyutlu(2D),
- Ortamlar homojen ve izotrop olarak göz önüne alınmıştır.

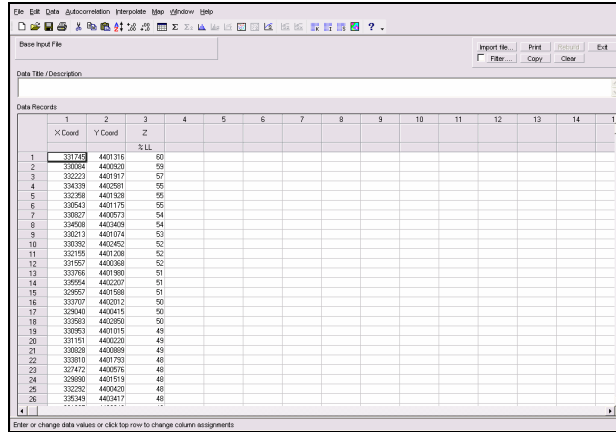


Şekil 3.8. Sivas kenti bazı zemin etütlerinin haritadaki yerleri

3.3.1. GS+ Programı Hakkında Genel Bilgiler

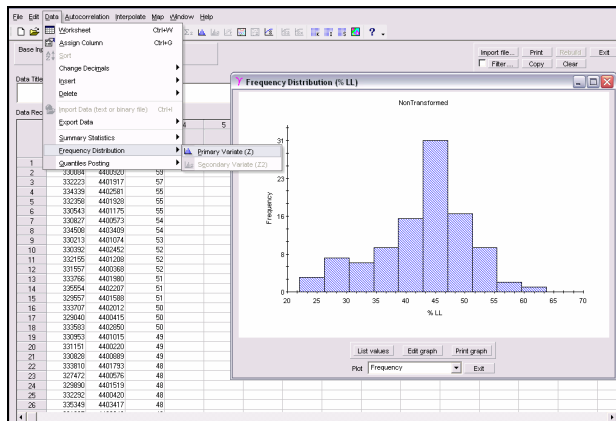
Hesaplamalarda GS+ (Gamma Design Software, 2005) adlı bilgisayar programı kullanılmıştır. İki boyutlu (2D) analiz yapan bu program pratik ve kullanımı oldukça kolaydır. Programın detaylı özellikleri internet ortamında yer almaktadır (Web 1). Aşağıda programın bu çalışmada kullanılan menülerinden bazılarının ekran görüntüsü verilmiştir.

Şekil 3.9’da verilerin girildiği menünün ekran görüntüsü, Şekil 3.10’da histogram grafiğinin çizim menüsü, Şekil 3.11’de dağılım haritasının çizim menüsü, Şekil 3.12’de variogram hesaplama menüsü, Şekil 3.13’te Kriging tekniği interpolasyon menüsü Şekil 3.14’te Inverse Distance tekniği interpolasyon menüsü, Şekil 3.15’te Kriging ile interpolasyonu sonucunda oluşturulan haritanın kişisel ayarlamaları ile ilgili menüsünün ekran görüntüleri verilmiştir.

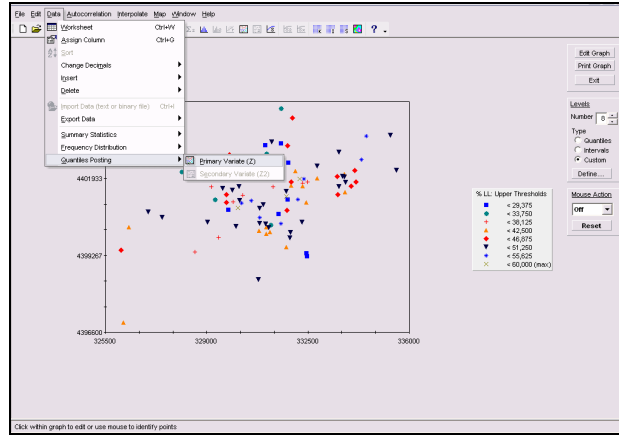


Data Title / Description														
Data Records														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	X Coord	Y Coord	Z											
1	331723	4401316	50											
2	330384	4400520	50											
3	332223	4401917	52											
4	334339	4402981	55											
5	332298	4401338	55											
6	330543	4401175	55											
7	330827	4400673	54											
8	334950	4403409	54											
9	330213	4401074	53											
10	333392	4402852	52											
11	332195	4401208	52											
12	331957	4400368	52											
13	333765	4401380	51											
14	330554	4402007	51											
15	332957	4401368	51											
16	333307	4402012	50											
17	332940	4400415	50											
18	333953	4402950	49											
19	330953	4401915	49											
20	331191	4400220	49											
21	330820	4400669	49											
22	333819	4401793	48											
23	332472	4400376	48											
24	332880	4401519	48											
25	332292	4400420	48											
26	335349	4403417	48											
27	333440	4401311	48											

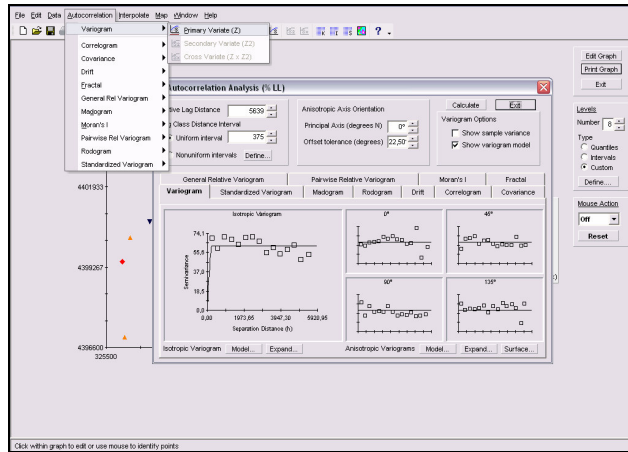
Şekil 3.9. GS+ programı veri giriş menüsü



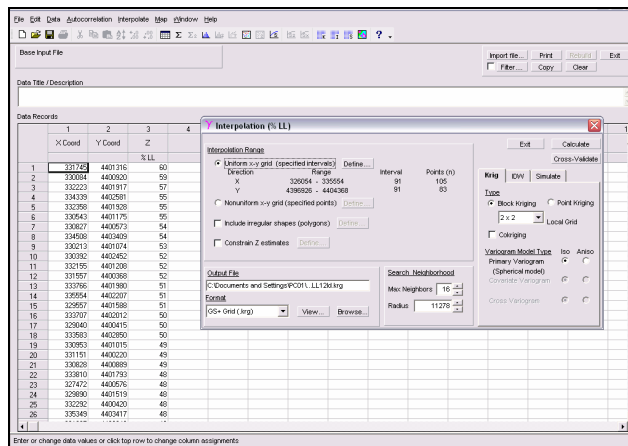
Şekil 3.10. GS+ programı histogram grafiği çizim menüsü



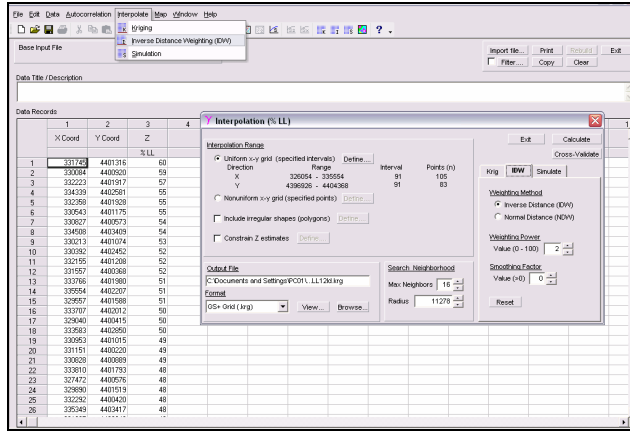
Şekil 3.11. GS+ programı dağılım haritası çizim menüsü



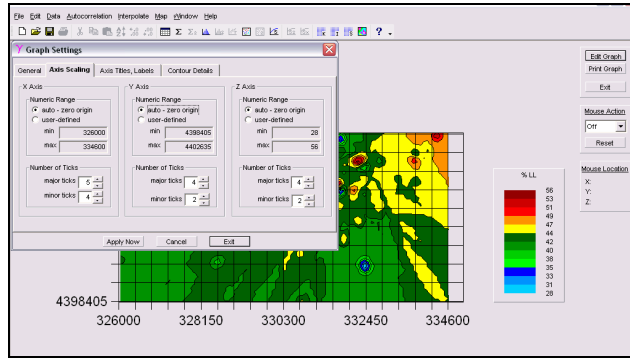
Şekil 3.12. GS+ programı variogram hesaplama menüsü



Şekil 3.13. GS+ programı Kriging tekniği interpolasyon menüsü



Şekil 3.14. GS+ programı Inverse Distance tekniği interpolasyon menüsü



Şekil 3.15. GS+ programı Kriging ile interpolasyonu sonucunda oluşturulan haritanın kişisel ayarlamaları ile ilgili menüsü

3.3.2. Atterberg Limitlerinin Tahmini

Zeminlerin atterberg limitleri tanımları önceki bölümlerde açıklandığı gibi zeminlerin su içeriklerine göre, Likit limit(LL), Plastik Limit ve Plastisite İndeksi (PI) büyüklükleridir. Tahminlerde değişik 110 noktanın deney sonuçları dikkate alınmıştır. Aşağıda bu tahminler sırasıyla verilmiştir.

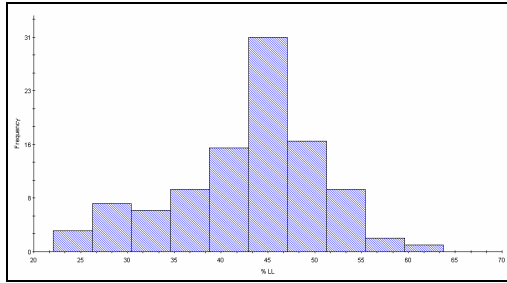
a) Likit limit verilerinin tahmini

Elde edilen verilerin %LL değerleri, % 21 ila %86 arasında değişmektedir. Diğer istatistik rakamlar çizelge 3.2'de, histogram grafiği Şekil 3.16-(a)'da ve kümülatif frekans grafiği Şekil 3.16-(b)'de görülmektedir. Şekil 3.16'dan

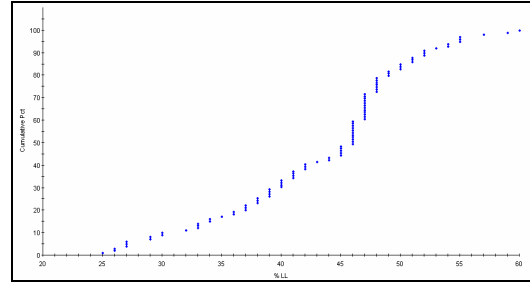
görüldüğü üzere değerler normal dağılım göstermektedir. Grafiğin “S” şeklinde olması da normal dağılımı teyit etmektedir.

Çizelge 3.2. % LL Değerlerinin İstatistik Sonuçları

Atterberg Limiti	Değişim Aralığı		Aritmetik	Standart	Standart
	En Az	En Çok	Ortalama (X)	Sapma (S)	Hata (Sx)
% LL	21	86	44,94	10,82	1,03



(a)

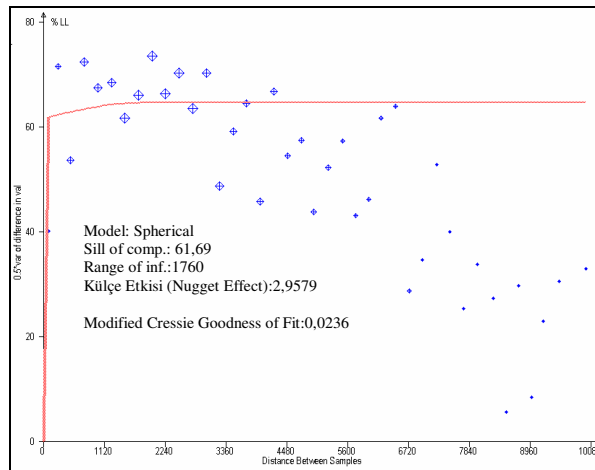


(b)

Şekil 3.16. % LL değerlerine ait histogram(a) ve kümülatif frekans grafiği (b)

İstatistiksel değerlendirmelerden sonra likit limit değerlerinden faydalanarak tüm yerleşim alanının likit limit dağılımı tahmin edilmiştir.

Bölgedeki değişkenliğin analizi için öncelikle variogram analizi yapılmıştır. Buna göre değerlerin variogram grafiği Şekil 3.17’de görülmektedir. Variogram parametreleri; model: küresel, Sill ($C+C_0$)=61,69, Range (A)=1760m, Nugget Effect (C_0)=2,9579 olarak belirlenmiştir.

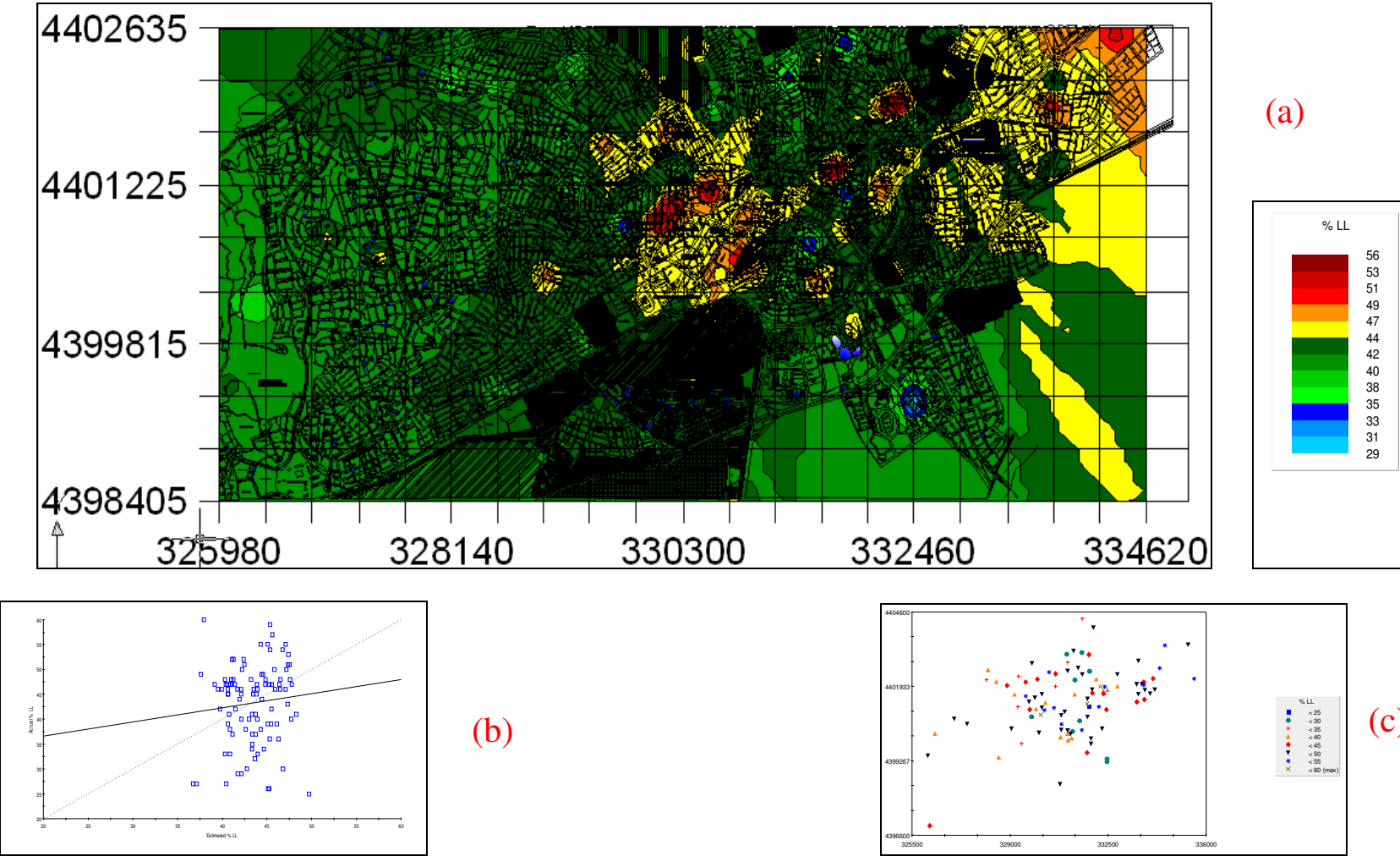


Şekil 3.17. Likit limite ait variogram grafiği

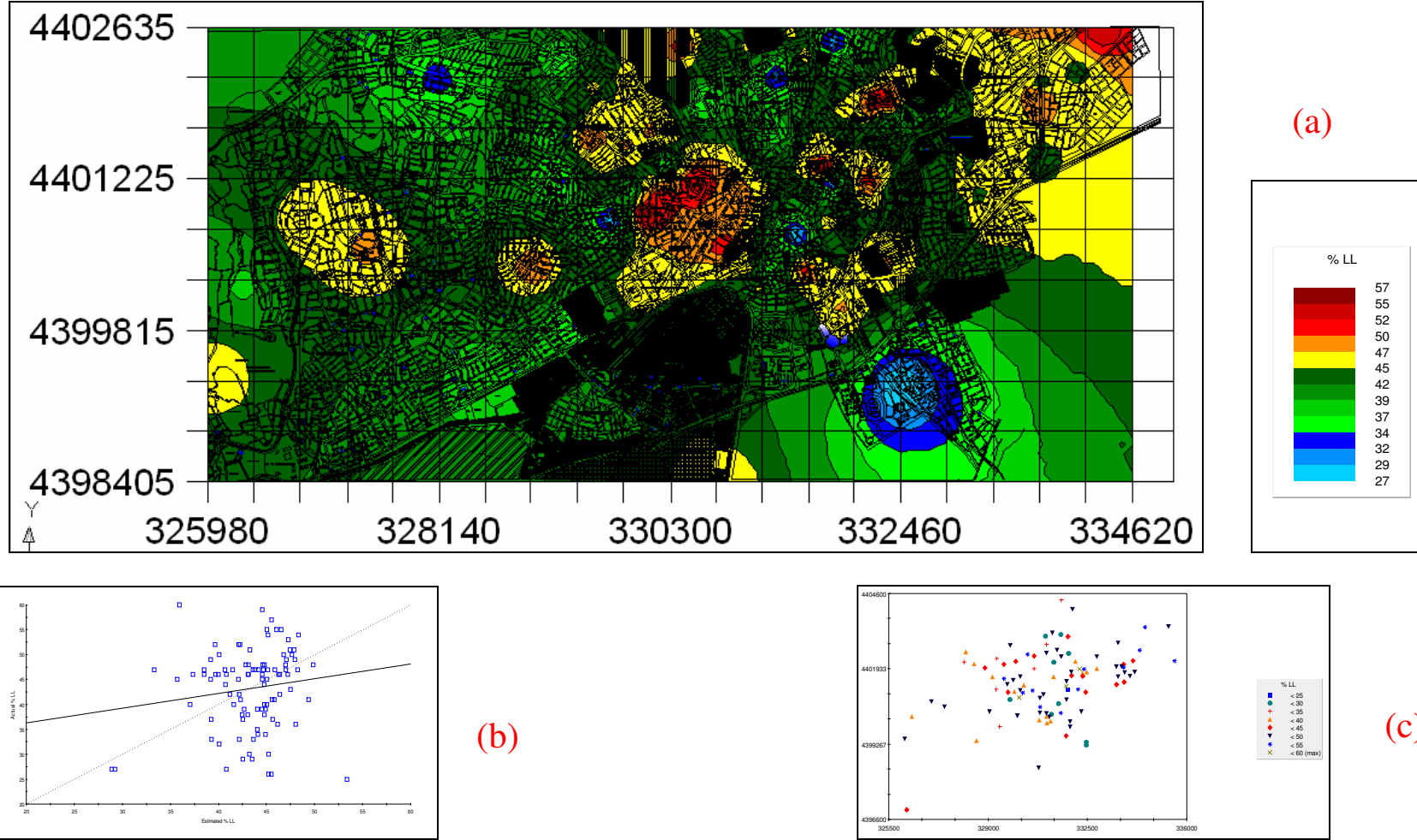
Bu modelden yararlanılarak şehir merkezindeki tüm noktaların değerleri Kriging ve mesafeyle ters ağırlıklı(inverse distance) metotlar kullanılarak tahmin edilmiştir. Her iki metoda göre ayrı ayrı likit limit değerlerinin haritası oluşturulmuştur. Şekil 3.18-a'da kriging yöntemine göre %LL tahmin haritası, Şekil 3.18-b'de hesaplanan değerlerle gerçek değerlerin karşılaştırması Şekil 3.18-c'de likit limit verilerinin dağılım haritası görülmektedir.

Şekil 3.18'den de görüldüğü gibi her bir parsel, mahalle veya noktanın %LL değerleri tahmin edilmiştir. Buna göre çoğu bölgelerde % LL değerleri 35-44 arasındadır. Aslında bu görüntü 1/10000 ölçekli olup programlarda detaylı olarak %LL değerleri öğrenilmektedir.

% LL değerleri mesafeyle ters ağırlıklı yöntem kullanarak tahmin yapılmış, tahmin haritası (Şekil 3.19-a) ve çapraz doğrulama grafiği (Şekil 3.19-b), likit limit verilerinin dağılım haritası (Şekil 3.19-c) çizilmiştir. Çapraz doğrulama grafiklerinden % LL değerlerinin dağılımının tahmininde mesafeyle ters ağırlıklı metot daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.



Şekil 3.18. Kriging metodu ile tahmin edilen % LL değerleri (a), çapraz doğrulama grafiği (b), verilerinin dağılım haritası (c)



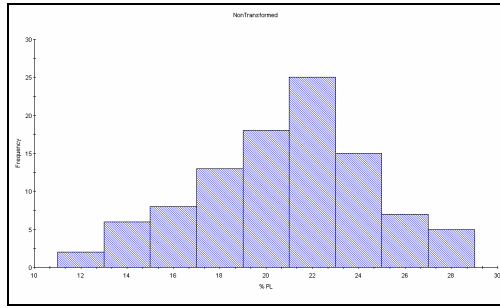
Şekil 3.19. Mesafeyle ters ağırlıklı metot ile tahmin edilen % LL değerleri (a), çapraz doğrulama grafiği (b), verilerinin dağılım haritası (c)

b) Plastik limitin değerlendirilmesi

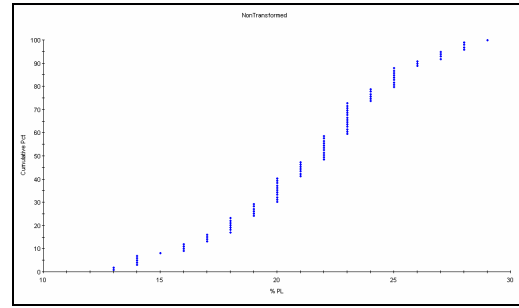
Plastik limit için özet istatistik bilgiler Çizelge 3.3'te verilmiştir. Plastik limit değerleri histogram ve kümülatif frekans grafiklerinden de görüldüğü gibi normal dağılım göstermektedir (Şekil 3.20-a,b).

Çizelge 3.3. % PL Değerlerinin İstatistik Sonuçları

Atterberg Limitleri	Değişim Aralığı		Aritmetik Ortalama (X)	Standart Sapma (S)	Standart Hata (Sx)
	En Az	En Çok			
% PL	10	37	21,30	4,96	0,47



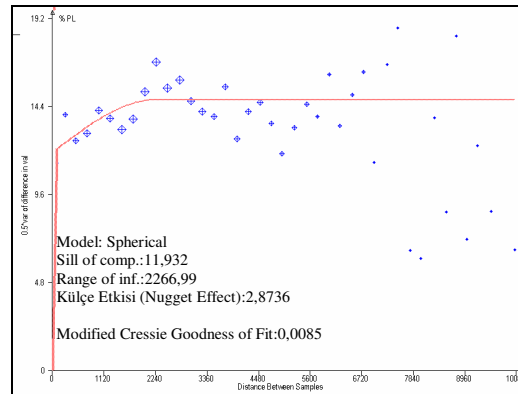
(a)



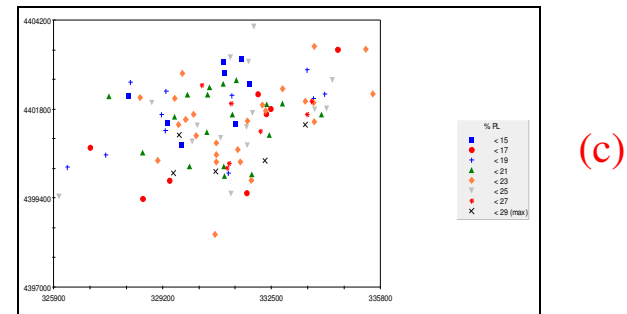
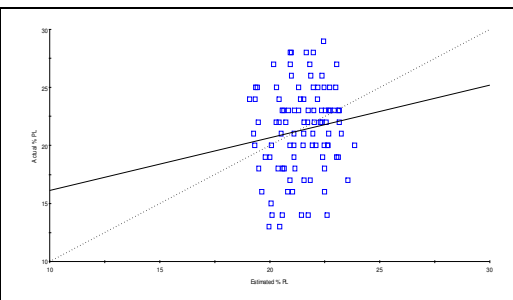
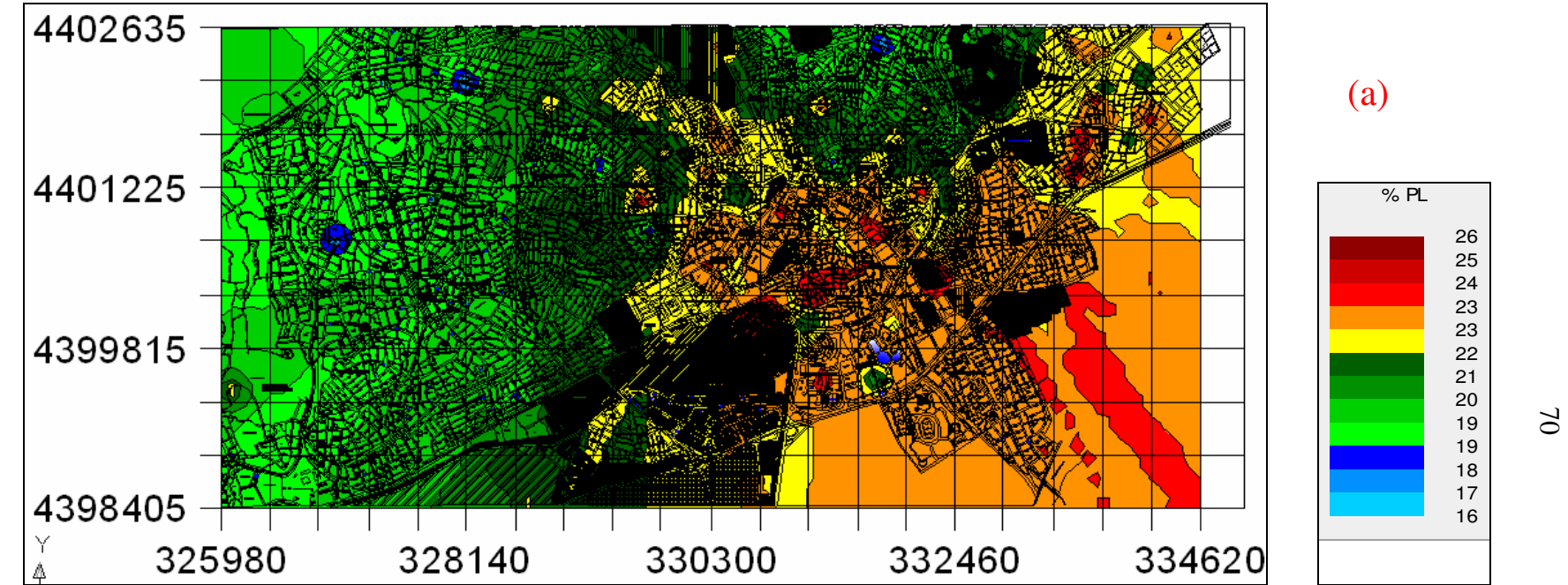
(b)

Şekil 3.20. %PL değerlerine ait histogram (a) ve kümülatif frekans grafikleri (b)

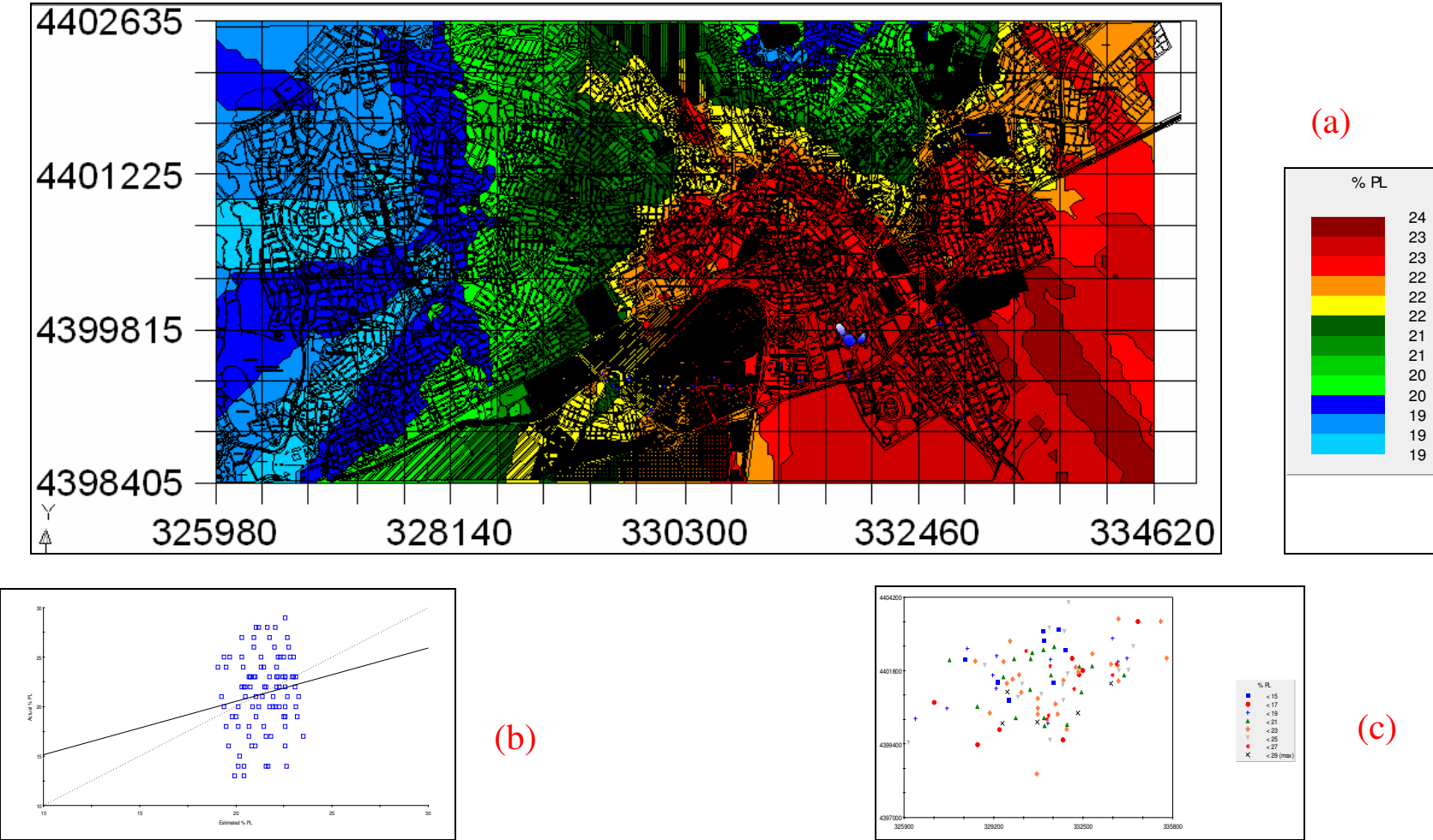
Plastik limit verilerinin dağılımını tahmin etmek amacıyla paket programda öncelikle variogram analizi yapılarak parametreler belirlenmiştir (Şekil 3.21). Daha sonra Kriging ve mesafeyle ters ağırlıklı yöntemle % PL tahmin haritaları oluşturulmuştur (Şekil 3.22-a ve Şekil 3.23-a). Bu hesaplamalara ait çapraz doğrulama (cross-validation) grafikleri, Şekil 3.22-b ve Şekil 3.23-b'de verilmiştir. Dağılım haritaları ise Şekil 3.22-c ve Şekil 3.23-c'de verilmiştir.



Şekil 3.21. Plastik limite ait variogram grafiği



Şekil 3.22. Kriging metodu ile tahmin edilen % PL değerleri (a), çapraz doğrulama grafiği (b), verilerinin dağılım haritası (c)



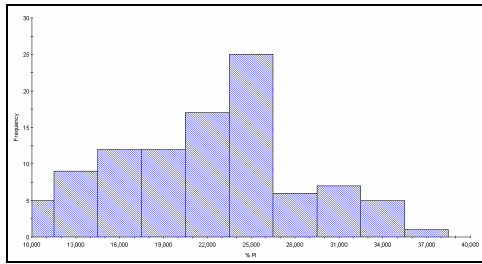
Şekil 3.23. Mesafeyle ters ağırlıklı metot ile tahmin edilen % PL değerleri (a), çapraz doğrulama grafiği (b), verilerinin dağılım haritası (c)

c) Plastisite indeksinin değerlendirilmesi

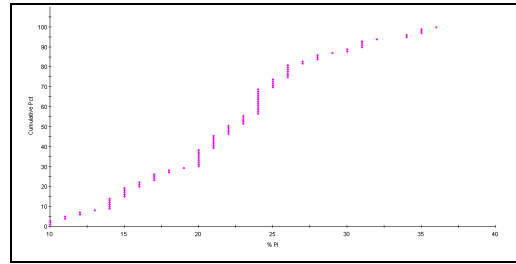
Mevcut Atterberg limitlerinden % PI için istatistik bilgiler Çizelge 3.4'te verilmiştir. Çizelge 3.4.'teki değerler incelendiğinde minimum %PI değerinin 4 maksimum %PI değerinin 52 olduğu görülmektedir. Verilere ait histogram ve kümülatif frekans grafikleri Şekil 3.24-a,b'de görülmektedir.

Çizelge 3.4. % PI Değerlerinin İstatistik Sonuçları

Atterberg Limitleri	Değişim Aralığı		Aritmetik Ortalama (X)	Standart Sapma (S)	Standart Hata (Sx)
	En Az	En Çok			
% PI	4	52	23,53	8,97	0,85



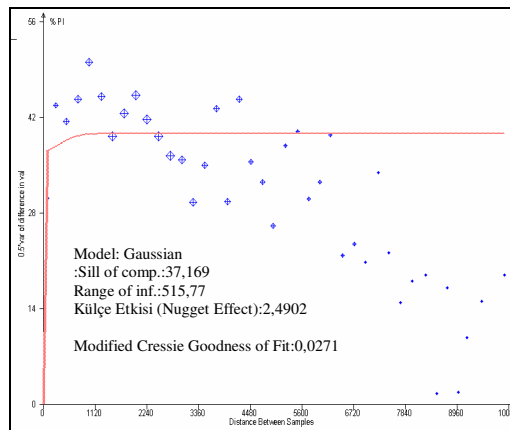
(a)



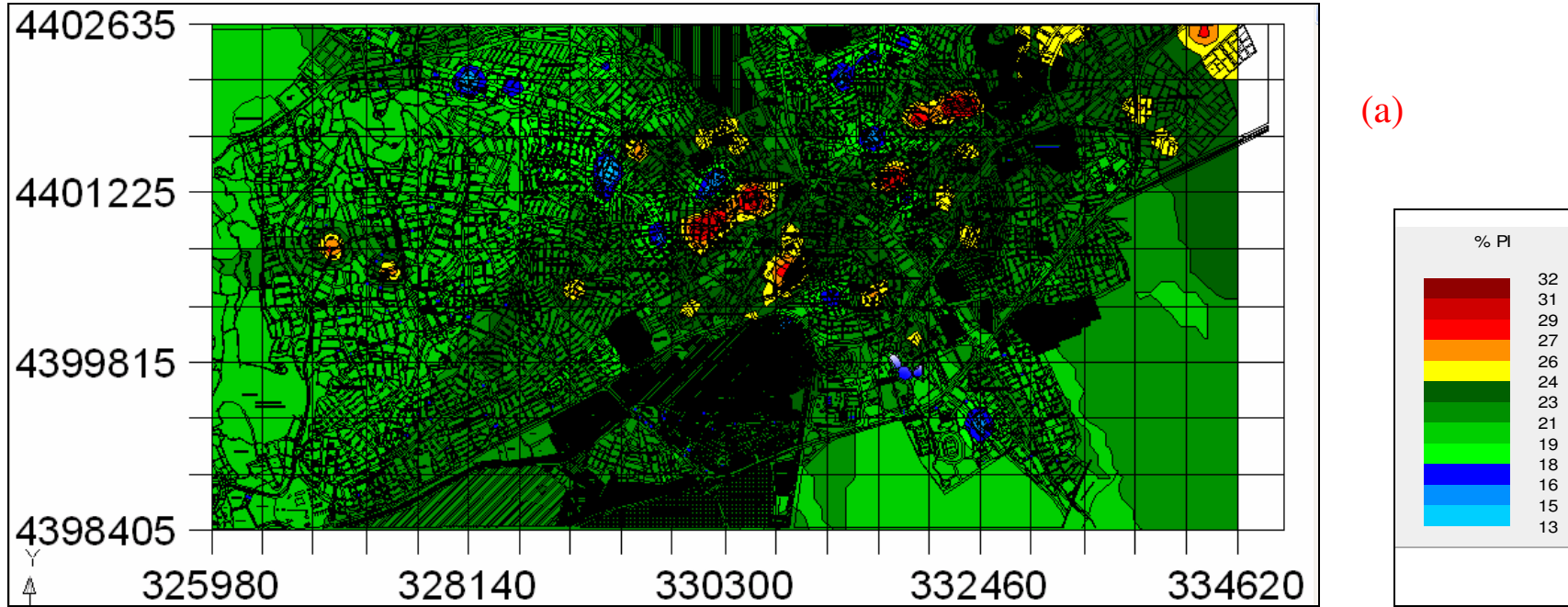
(b)

Şekil 3.24. %PI değerlerine ait histogram (a) ve kümülatif frekans grafikleri (b)

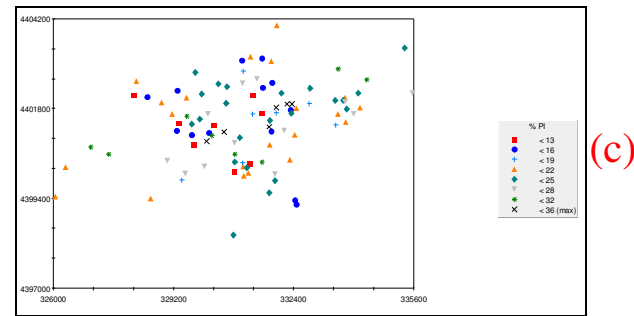
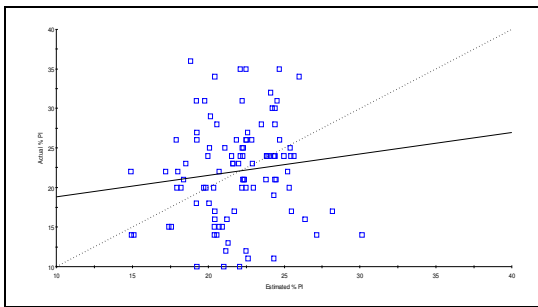
Plastisite indeksi verilerinin dağılımını hesaplamak için çizilen variogram grafiği Şekil 3.25'de görülmektedir. Elde edilen parametreler kullanılarak iki metodla hesaplanan tahmin haritaları Şekil 3.26-a ve Şekil 3.27-a'da bu tahminlere ait çapraz doğrulama grafikleri Şekil 3.26-b ve Şekil 3.27-b'de ve dağılım haritaları ise Şekil 3.26-c ve Şekil 3.27-c'de görülmektedir.



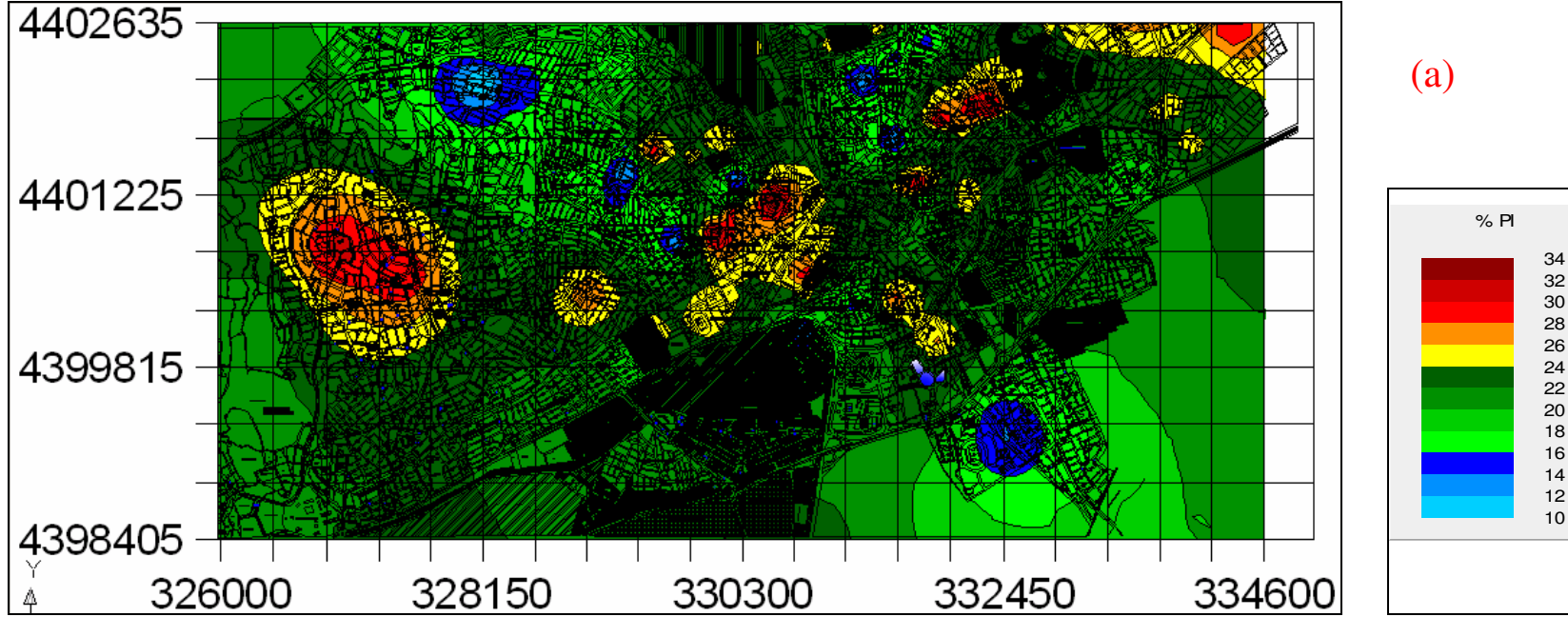
Şekil 3.25. Plastisite indeksine ait variogram grafiği



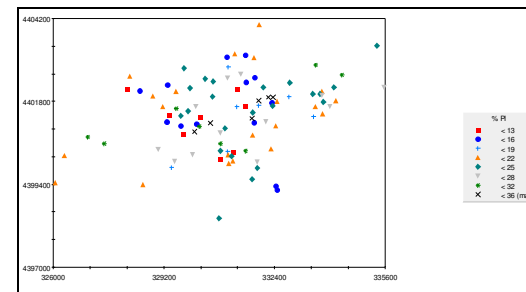
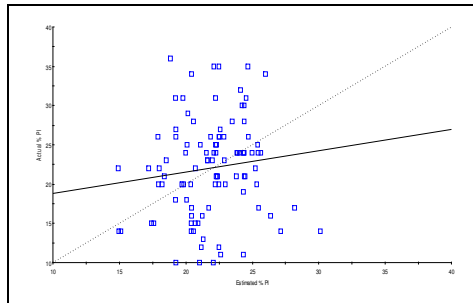
73



Şekil 3.26. Kriging metodu ile tahmin edilen %PI değerleri (a), çapraz doğrulama grafiği (b), verilerinin dağılım haritası (c)



74



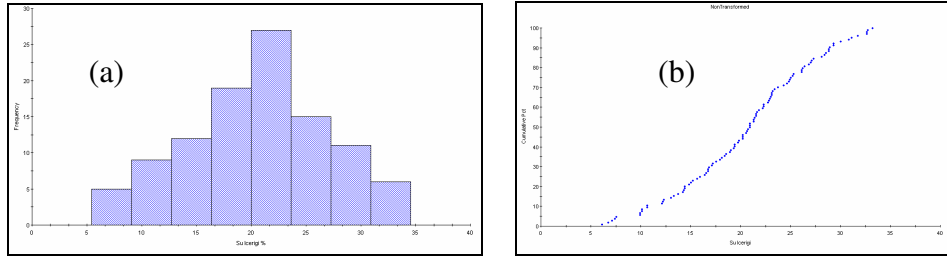
Şekil 3.27. Mesafeyle ters ağırlıklı metot ile tahmin edilen % PI değerleri (a), çapraz doğrulama grafiği (b), verilerinin dağılım haritası (c)

3.3.3. Su İçeriğinin Değerlendirilmesi

Su içeriğinin istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 3.54'te verilmiştir. Bu çizelgeye göre minimum su içeriği % 3,40 ve maksimum su içeriği % 46,60'tır. Aritmetik ortalama ise 20,50'dir. Şekil 3.28'den de anlaşılacağı üzere veriler normal dağılım göstermektedir.

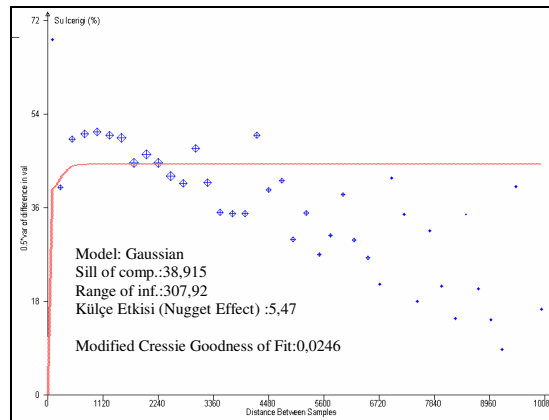
Çizelge 3.5. % Su İçeriği Değerlerinin İstatistik Sonuçları

Su İçeriği	Değişim Aralığı		Aritmetik Ortalama (X)	Standart Sapma (S)	Standart Hata (Sx)
	En Az	En Çok			
% S.İ.	3,40	46,60	20,50	8,46	0,78

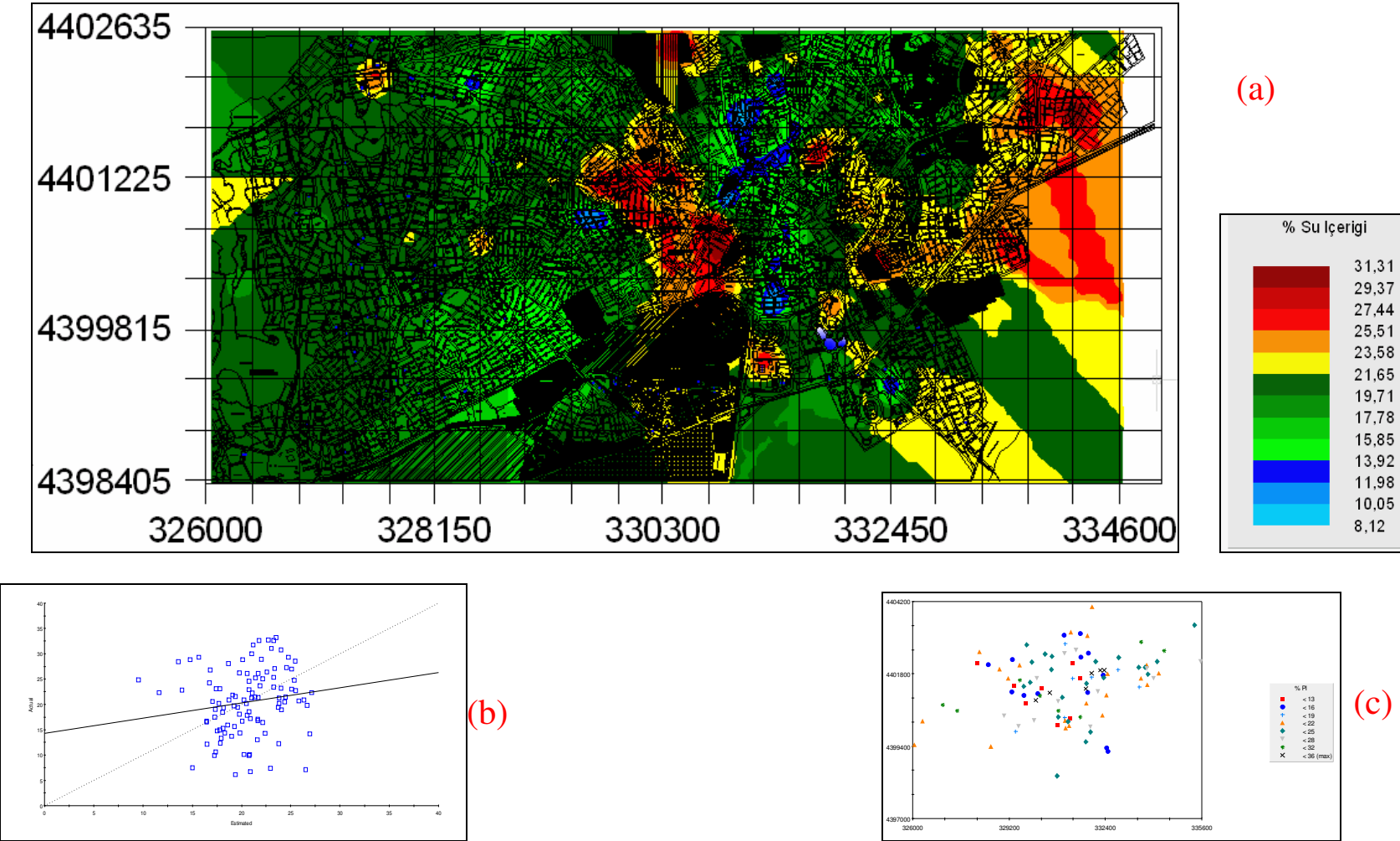


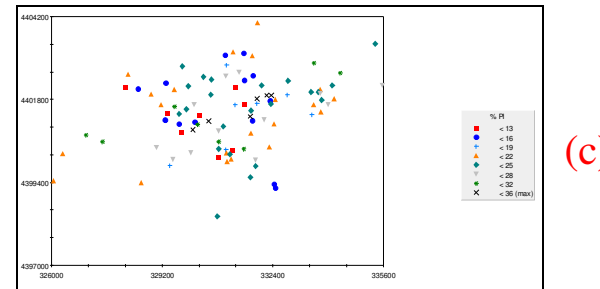
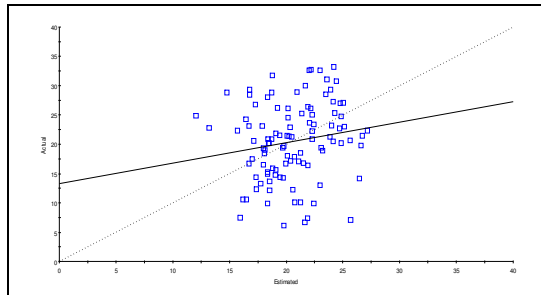
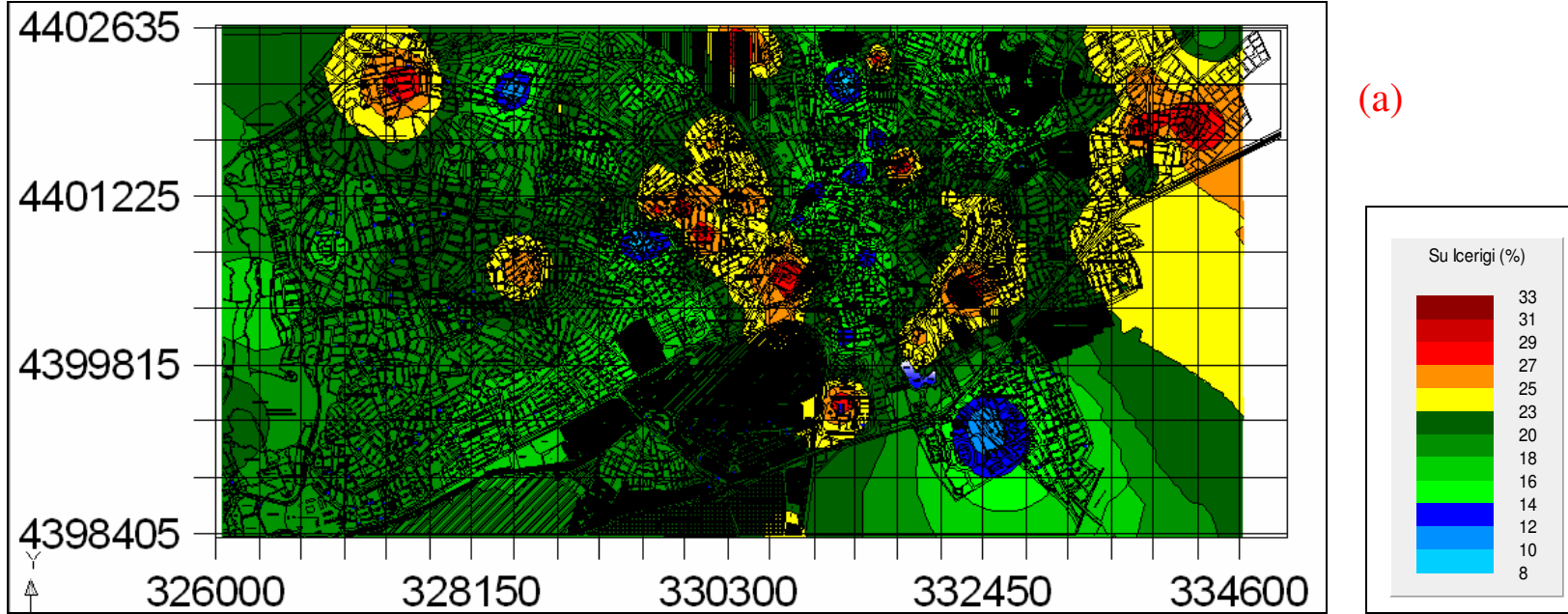
Şekil 3.28. % Su içeriği değerlerine ait histogram (a) ve kümülatif frekans grafikleri (b)

Su içeriği değerlerinin variogram değerleri hesaplanarak (Şekil 3.29), yerleşim bölgesinin zeminlerinin % su içeriği tahmin haritaları Şekil 3.30-a ve Şekil 3.31-a'de, bu tahminlere ait çapraz doğrulama grafikleri Şekil 3.30-b ve Şekil 3.31-b'de ve verilerinin dağılım haritası ise Şekil 3.30-c ve Şekil 3.31-c'de verilmiştir.



Şekil 3.29. Su içeriğine ait variogram grafiği





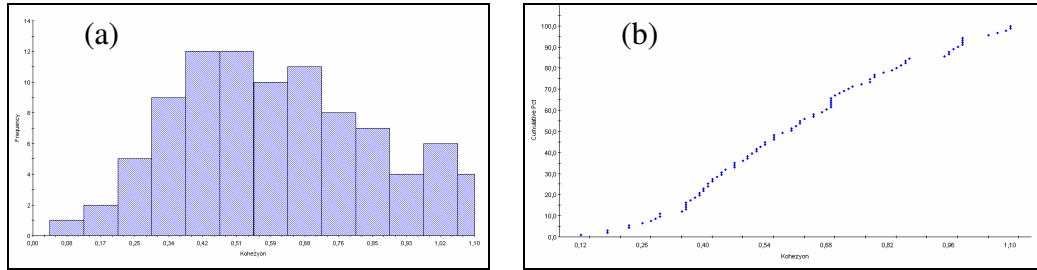
Şekil 3.31. Mesafeyle ters ağırlıklı metot ile hesaplanan % su içeriği değerleri (a), çapraz doğrulama grafiği (b), verilerinin dağılım haritası (c)

3.3.4. Kohezyon Verilerinin Değerlendirilmesi

Sivas ili yerleşim alanından elde edilen kohezyon değerlerine ait istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 3.6’teki gibidir. Değerlerin genellikle 0,34 ile 0,68 arasında toplandığı Şekil 3.32’de görülmektedir.

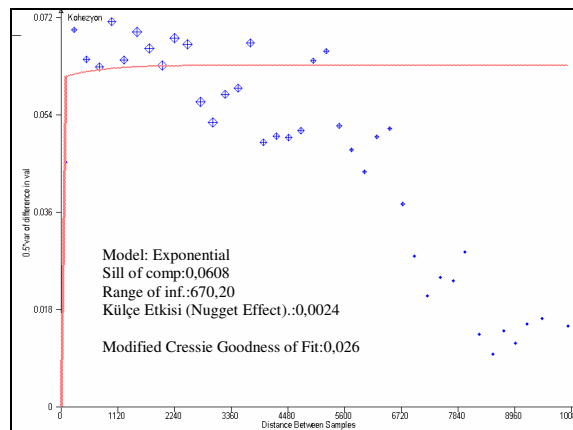
Çizelge 3.6. Kohezyon Değerlerinin İstatistiksel Sonuçları

	Değişim Aralığı		Aritmetik Ortalama (X)	Standart Sapma (S)	Standart Hata (Sx)
	En Az	En Çok			
Kohezyon	0,08	1,69	0,67	0,33	0,03

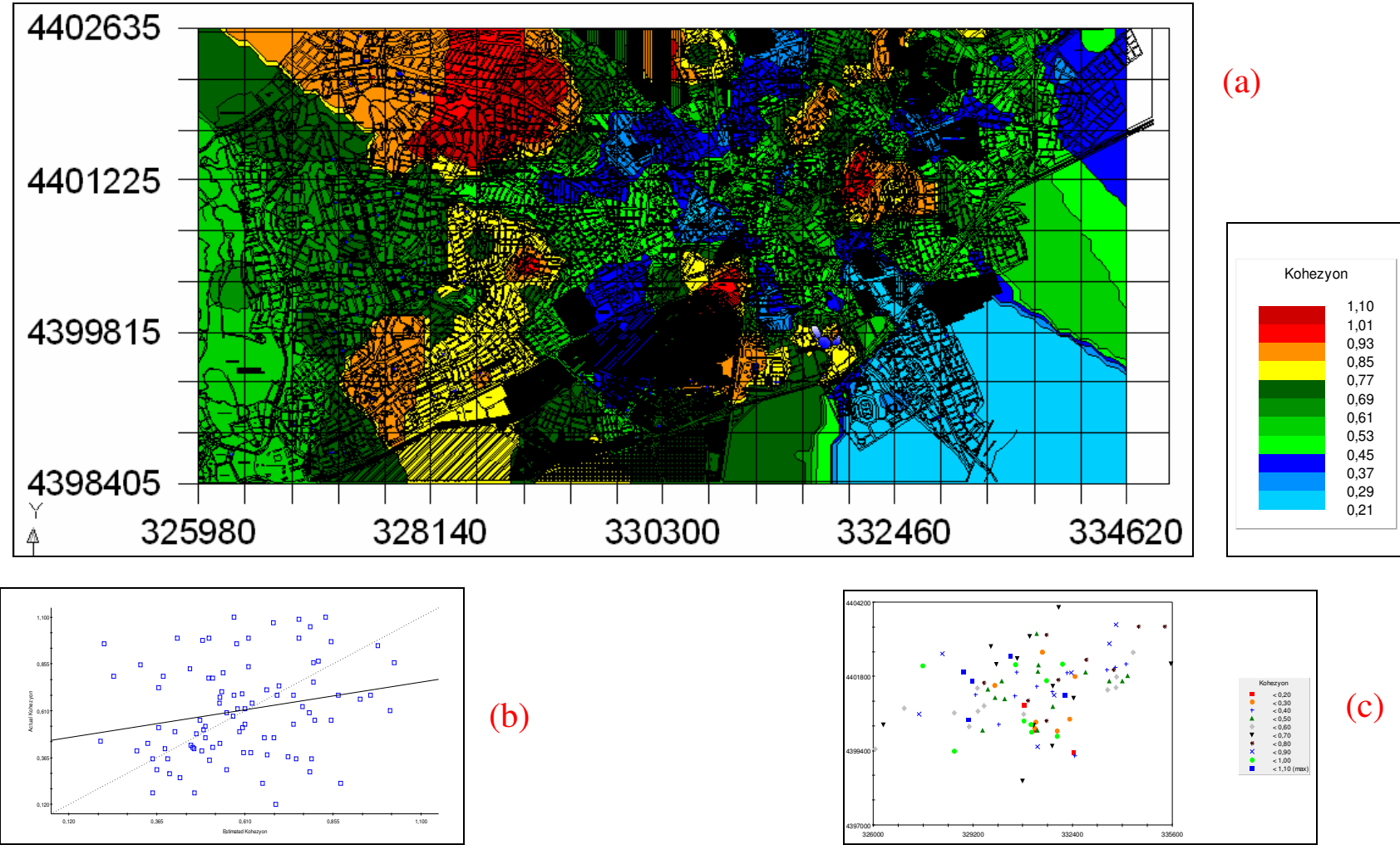


Şekil 3.32. Kohezyon değerlerine ait histogram (a) ve kümülatif frekans grafikleri (b)

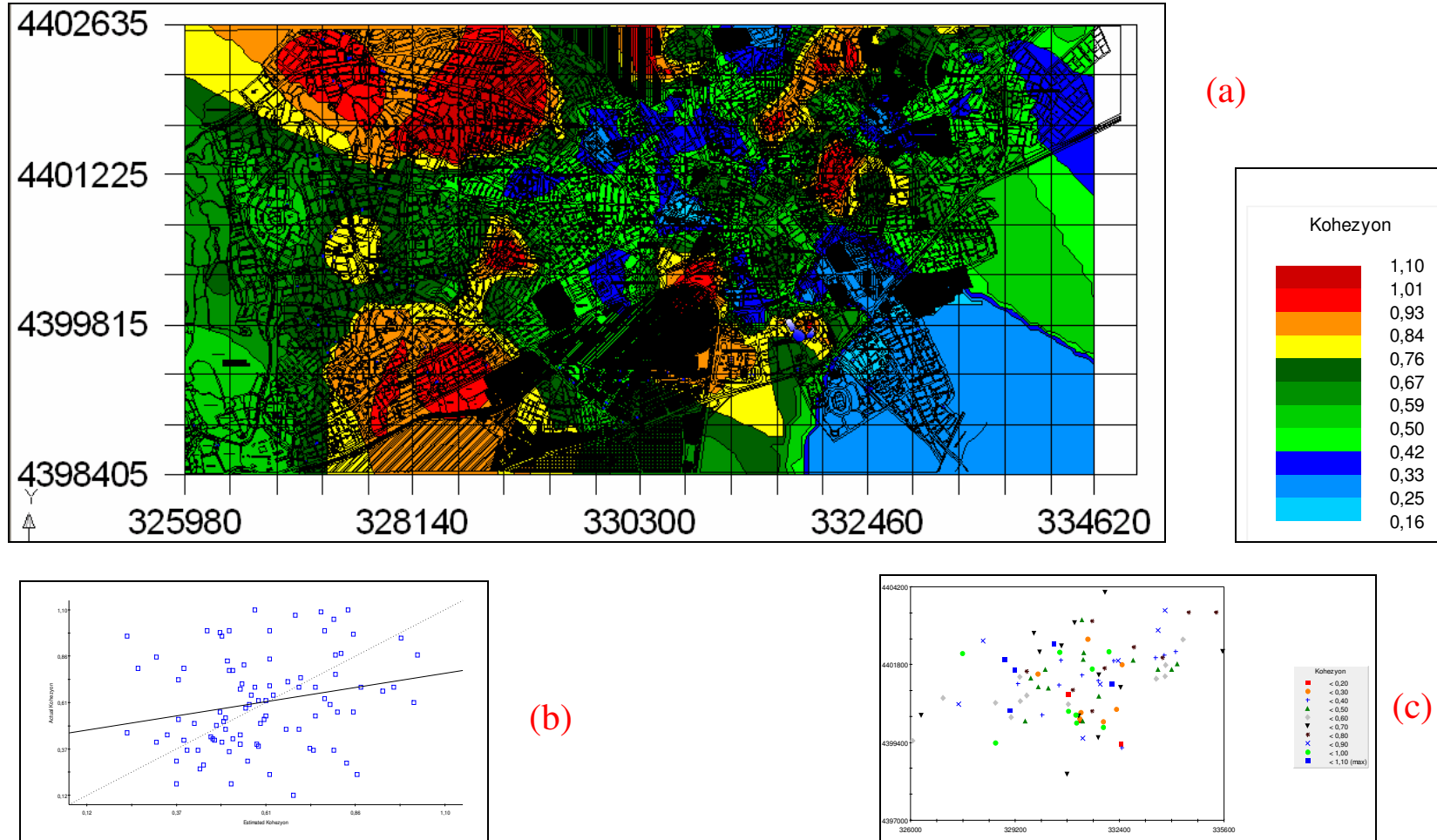
Kohezyon verilerinin variogram grafiği Şekil 3.33’de görülmektedir. Variogram parametreleri kullanılarak bilinmeyen noktaların kohezyon tahminlerine göre çizilen haritalar Şekil 3.34-a ve Şekil 3.35-a’da, bu tahminlere ait çapraz doğrulama grafikleri Şekil 3.34-b’ ve Şekil 3.35-b’de ve verilerinin dağılım haritası Şekil 3.34-c’ ve Şekil 3.35-c’de verilmiştir.



Şekil 3.33. Kohezyon verilerine ait variogram grafiği



Şekil 3.34. Kriging metodu ile tahmin edilen kohezyon değerleri(a), çapraz doğrulama grafiği (b), verilerinin dağılım haritası (c)



Şekil 3.35. Mesafeyle ters ağırlıklı metot ile tahmin edilen kohezyon değerleri (a), çapraz doğrulama grafiği (b), verilerinin dağılım haritası (c)

3.3.5. Zemin Sınıfları Verilerinin Değerlendirilmesi

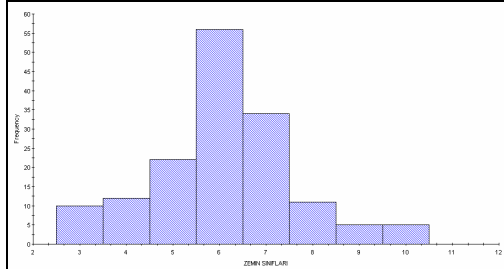
Sözel veya nitel olarak belirtilen zemin sınıflarının sayısal olarak değerlendirilebilmesi amacıyla her bir sınıfa rakam ataması yapılmıştır (Çizelge 3.7). Daha sonra verilerin istatistik değerleri hesaplanmış (Çizelge 3.8) ve dağılım grafikleri çizilmiştir (Şekil 3.36).

Çizelge 3.7. Zemin Sınıflarının Sayısal Kodları ve Sıklıkları

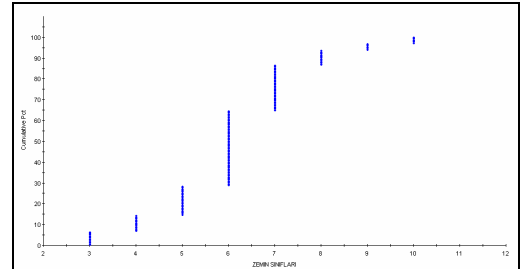
Zemin Sınıfı	Kod no	Frekans (sıklık)
ML	1	4
GP	2	8
GC	3	10
SC	4	12
GM	5	22
CL	6	56
CH	7	34
SM	8	11
GP-GM	9	5
GW-GP	10	5
CL-ML	11	2
SM-ML	12	1

Çizelge 3.8. Zemin Sınıfı Kod Değerlerinin İstatistiksel Sonuçları

Kodlu Zemin sınıfı	Değişim Aralığı		Aritmetik Ortalama (X)	Standart Sapma (S)	Standart Hata (Sx)
	En Az	En Çok			
	3	10	6,097	1,53	0,12



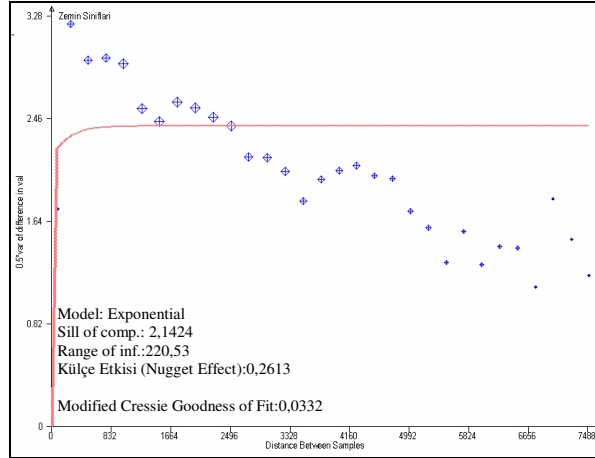
(a)



(b)

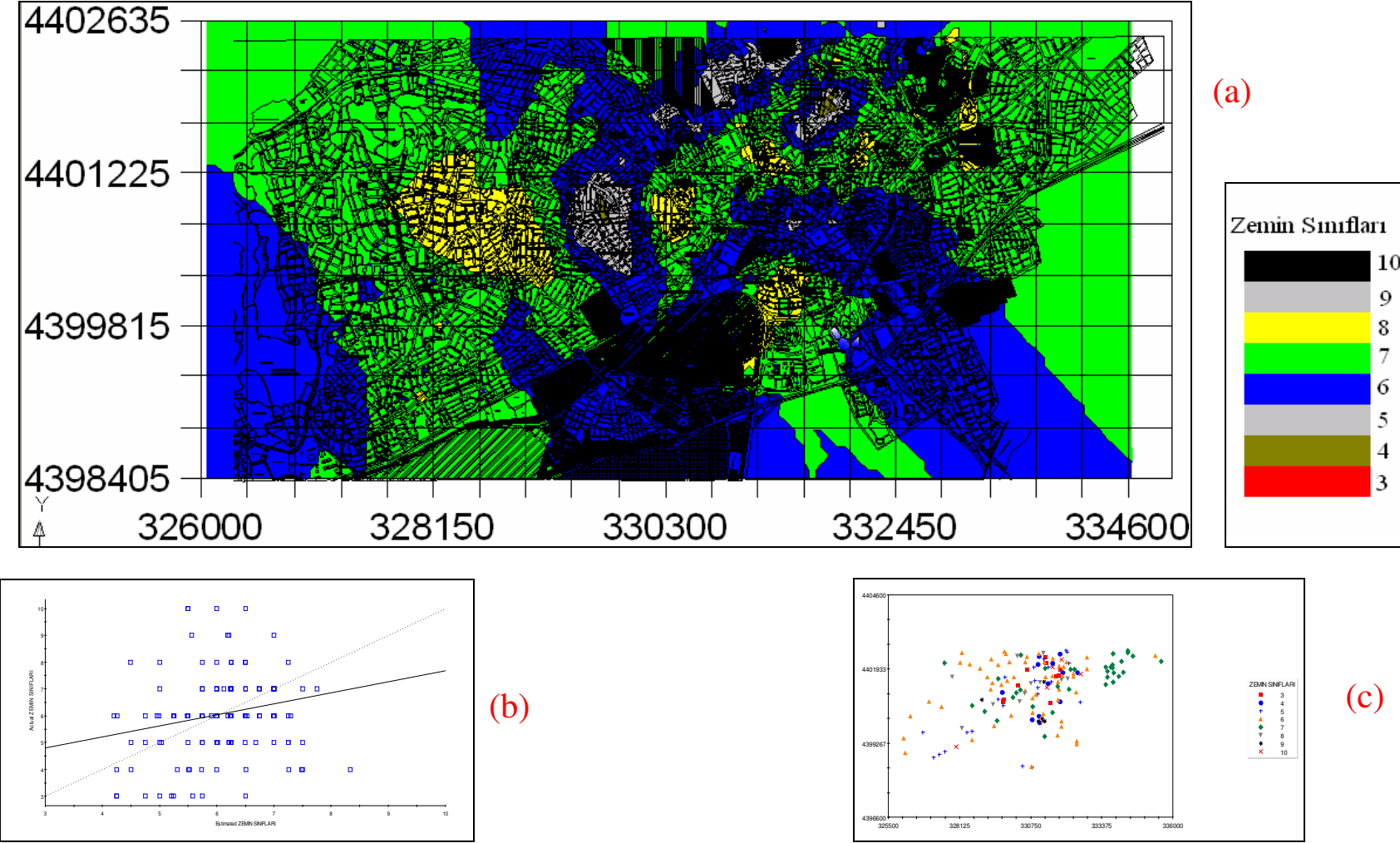
Şekil 3.36. Zemin sınıfı değerlerine ait histogram (a) ve kümülatif frekans grafikleri (b)

Zemin sınıflarının tahminlerini yapmak için gerekli variogram parametreleri programda hesaplatılmış ve grafiği çizilmiştir (Şekil 3.37).

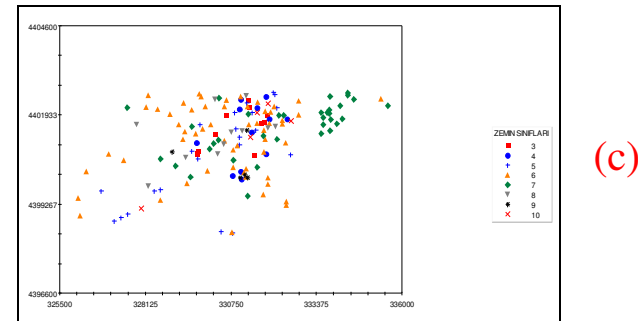
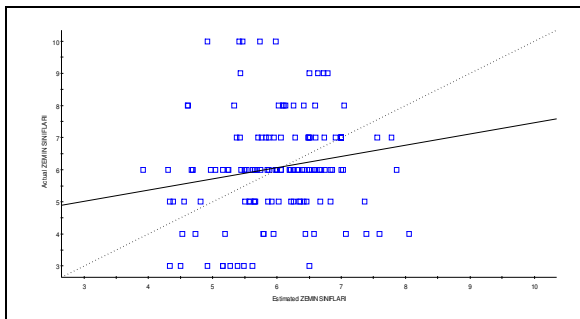
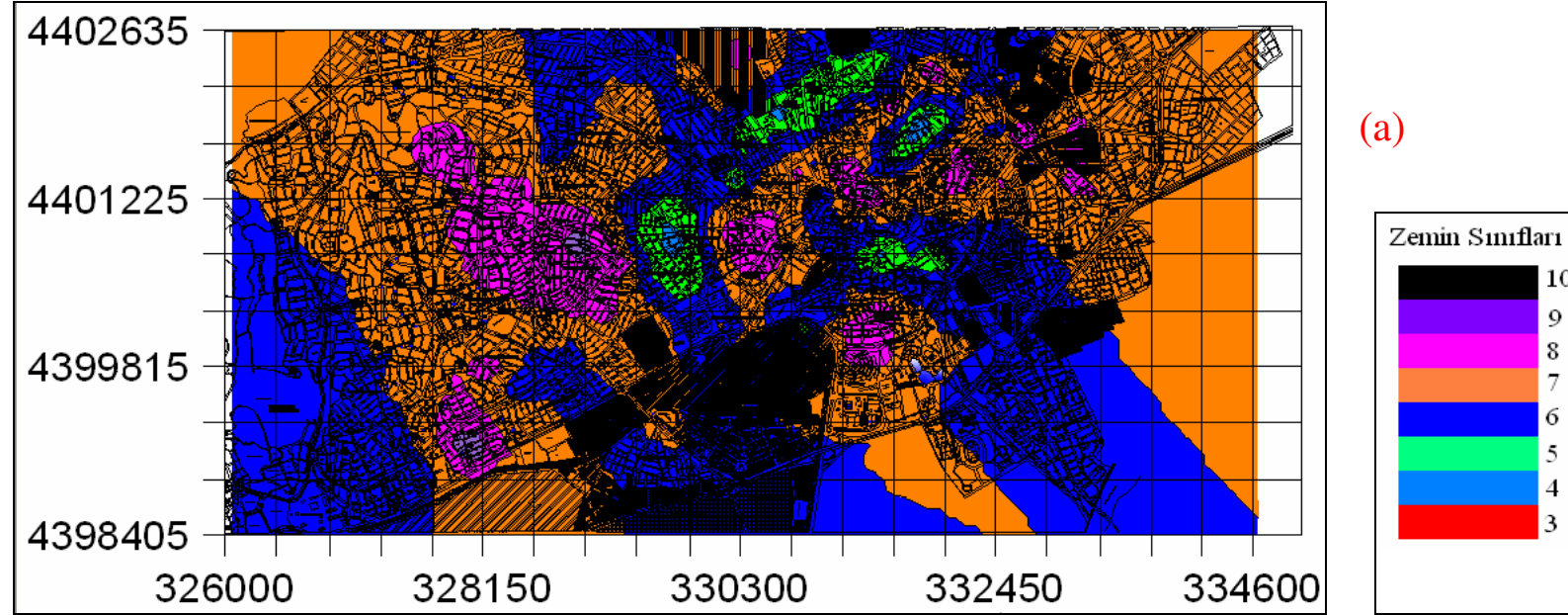


Şekil 3.37. Zemin sınıfına ait variogram grafiği

Zemin sınıfı değerlerinin dağılımlarının tahmin haritaları Şekil 3.38-a ve Şekil 3.39-a'da, hesaplamaların kontrolü için çizilen grafikler Şekil 3.38-b ve Şekil 3.39-b'de, verilerinin dağılım haritası ise Şekil 3.38-c ve Şekil 3.39-c'de görülmektedir.



Şekil 3.38. Kriging metodu ile tahmin edilen zemin sınıfı değerleri(a), çapraz doğrulama grafiği (b), verilerinin dağılım haritası (c)



Şekil 3.39. Mesafeye ters ağırlıklı metot ile tahmin edilen zemin sınıfı değerleri (a), çapraz doğrulama grafiği (b), verilerinin dağılım haritası (c)

4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yerleşim bölgelerinin zemin(toprak/kaya) özelliklerinin önceden bilinmesi ileride yapılacak mühendislik girişimleri için çok önemlidir ve birçok faydası vardır. Örneğin, yapılacak projeler için daha doğru kararların alınmasıyla, ekonomik ve insan kayıplarının minimize olması sağlanmış olacaktır.

Bu çalışmada, gelişerek büyümekte olan Sivas ili merkez yerleşim alanlarındaki toprak ve kaya zeminlerinin mühendislik özellikleri ve dağılımları belirlenmiştir. Bu kapsamda öncelikle geniş bir literatür taraması yapılmış, önceki çalışmalar derlenmiş ve yerinde incelemeler yapılmıştır. Bazı kamu ve özel kuruluşların yapmış olduğu arazi ve laboratuvar sonuçları elde edilerek bilgisayara aktarılmış ve analiz ve yorumlama için veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanı kullanılarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- i. Sivas ili yerleşim planı(1/5000 ölçekli) bilgisayar ortamına aktarılarak Autocad programı yardımıyla sayısallaştırılmıştır. Böylece bu tez kapsamında ve ileriki analizler ve değerlendirmeler için altlık olarak kullanılabilir.
- ii. Yerleşim bölgesinin topografik haritası benzer teknikle bilgisayara aktarılarak Surfer programı aracılığıyla sayısallaştırılmış ve yeniden çizdirilmiştir. Böylece İlin 1/10000 ölçekli topografik haritası bilgisayar ortamına alınmıştır.
- iii. M.T.A. bölge müdürlüğünden alınan ozalit ortamındaki 1/10000 ölçekli Sivas İli yerleşim alanının jeolojik haritası Autodask Map programına aktarılarak, daha önceki yapılmış çalışmalar ile arazi gözlemlerinden de yararlanılmış ve yeniden çizilerek daha anlaşılır hale getirilmiştir.
- iv. Bir önceki maddede belirtilen jeolojik harita elde edilen veriler de dikkate alınarak modifiye edilmiş ve 1/10000 ölçekli mühendislik jeoloji haritası elde edilmiştir.
- v. Çizilen tüm haritalar üzerinde istenilen değişiklikler kolaylıkla yapılmakta ve haritalar istenilen ölçeğe ayarlanabilmektedir.

- vi. Çeşitli özel kuruluşlar ve kamu kuruluşlarından temin edilen zemin etüdü raporlarından oluşturulan veri tabanının istatistiksel olarak değerlendirilmeleri Microsoft Excel programında yapılmış ve bu değerlendirme sonuçları çizelgeler halinde tez içerisinde sunulmuştur.
- vii. GS+ programı kullanılarak bazı parametrelere ait (Atterberg limitleri, su içeriği, kohezyon ve zemin sınıfları) histogram ve kümülatif frekans grafikleri çizilmiştir. Bu grafiklerden verilerin nasıl bir dağılım gösterdiği kolaylıkla anlaşılabilir. Tez kapsamında incelenen zemin parametrelerinin genelde normal dağılım gösterdiği görülmektedir.
- viii. Her bir parametreye ait veriler program yardımı ile belirli değer aralıklarında farklı renk ve şekillerde sınıflandırılarak dağılımları haritalar üzerinde gösterilmiştir. Böylece verilerin değerlerinin ne olduğu ve nerden alındığı kolaylıkla görülebilmektedir. Bu haritalar tez içerisinde ilgili bölümlerde ayrı ayrı verilmiştir.
- ix. Bahsi geçen parametrelerin Sivas ili yerleşim alanının bilinmeyen noktalarında da tahmin edilebilmesi amacı ile ilk önce variogram değerleri hesaplanmış ve grafikleri çizilmiş ve bu grafiklere uyan variogram modelini belirlemek amacı ile “Gaussian”, “Spherical (küresel)”, “Exponential (üssel)” ve “Hole Effect” modelleri ayrı ayrı denenerek en uygun olanı seçilmiştir. Variogram grafikleri ve modelleme ile ilgili veriler (model tipi, Sill değeri, Range değeri ve Nugget Effect değeri) tez içerisinde ilgili bölümlerde ayrı ayrı olarak ve verilmiştir. Buna göre %PL için “Spherical”, %LL için “Spherical”, %PI için “Gaussian”, % su içeriği için “Gaussian”, kohezyon için “Exponential” ve zemin sınıfları için ise “Exponential” modelleri uygunluk göstermektedir.
- x. Variogram değerleri hesaplandıktan ve uygun model seçildikten sonra Kriging ve mesafeyle ters ağırlıklı yöntem ile tüm parametrelerin bilinmeyen noktalardaki değerleri tahmin edilerek haritalandırılmıştır.

- xi. Kriging tekniği ile tahmin edilen haritalara göre Sivas İli yerleşim alanının genelinin %LL değerleri %40 ile %50 arasında, %PL değerleri %20 ile %24 arasında, %PI değerleri %22 ile %28 arasında değiştiği görülmektedir.
- xii. Benzer Şekilde diğer parametreler için de tahmin edilen değerler, tez içerisindeki ilgili bölümlerde bulunan haritalar ve istatistik değerlendirmeler incelendiğinde görülebilir.
- xiii. Mesafeyle ters ağırlıklı yöntem ile yapılan hesaplamalarda da benzer değerlere ulaşılmıştır.
- xiv. Zemin sınıfı ile ilgili verilerin değerlendirmesi de yapılarak yerleşim bölgesindeki zemin sınıfı tahmin değerleri haritalarda gösterilmiştir.

Değişik ölçeklerde oluşturulan; topografik, yerleşim planı, jeoloji ve mühendislik jeolojisi gibi temel haritalar ile farklı metotlar kullanılarak tahmin edilen bazı zemin parametrelerinin dağılım haritaları, Sivas ili için yapılacak mastır planlarına bir yaklaşım getirecek durumdadır. Bu çalışmada değerlendirilmeyen diğer zemin parametrelerinin dağılımının hesaplanması ve daha fazla veri elde ederek yapılan hesaplamaların daha doğru ve hassas olması sağlanabilir.

5. KAYNAKLAR

- Aytekin, M., 2004, Deneysel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi, Ankara.
- Ceyhan, F., 1987, Sivas Güneydoğusundaki Tuz ve Jips Yataklarının Jeolojisi, Oluşumu, Kökeni ve Ekonomik Özellikleri, Yüksek Lisan Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 107s.
- Gökçe A., Ceyhan, F., 1988, Sivas Güneydoğusundaki Miyosen Yaşlı Jipsli Çökellerin Stratigrafisi, Yapısal Özellikleri ve Oluşumu, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C.5 S 1, s91-112.
- Gürsoy, H., Temiz, H. Ve Poisson, A.M., 1992, Recent Faulting in The Sivas Area C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri, s11-17.
- Hughes, W. E. Ve diğ., 1979, drill Hole Interpolation: Mineralized Interpolation Techniques, open Pit Mine Planning and Design, Edi. Crawford III, J. T., Hustrulid, W.A., AIME, New York, p50-64
- İrfan, T.Y. ve Özkaya, I., 1981. Engineering Geological Mapping of Gypsiferous Formations, Sivas, s33-37.
- Karacan, E., 1989, Sivas Güneydoğusundaki Jipslerin Jeo-Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enst. Ankara, 99s.
- Karacan, E., 1990, Sivas Güneydoğusundaki Jipslerin Jeo-Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, 2. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara, s. 187-208.
- Karacan, E., 1992, Sivas Güneydoğusundaki Jipslerin Çözünürlük Özellikleri, C.Ü. Müh. Fak. Dergisi Seri A-Yerbilimleri, s. 67-74.
- Karacan, E., 1994, Sivas Organize Sanayi Bölgesi İnşaat Alanı Zeminlerinin Jeoteknik Özellikleri, C.Ü. Müh. Fak. Derg., Seri A-Yerbilimleri, Cilt 10-11, S.1, s79-86.
- Karacan, E., Arslan, A.T., Kılıçdağı, R., Keskin, Ö., 1996, Sivas Kenti Yerleşim Alanının Mühendislik Jeolojisi Özellikleri, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, Sayı:11, s26-36.

- Kasapoğlu, K.E., 1982, Ankara Kenti Zeminlerinin Jeo-Mühendislik Özellikleri, H.Ü. Yerbilimleri C. 9, s. 19-40.
- Ketin, İ., 1982, Genel Jeoloji, Cilt I, Yerbilimlerine Giriş, 2.Baskı, İTÜ Maden Fak. Ofset Baskı Atölyesi, 597s., İstanbul.
- Kumbasar, V., Kip, F., 1984, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Mekaniği, Çağlayan Kitapevi, İstanbul.
- Kurtman, F., 1973. Sivas Hafik, Zara ve İmranlı Bölgesinin Jeolojik ve Tektonik Yapısı, MTA Dergisi, s1-33.
- Rendu, J. M., and Mathieson, g.,1990, Statistical and Geostatistical Methods, Surface Mining 2nd edition, Chapter 3, p301-348
- Şekercioğlu, E., 1993, Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, Ankara.
- Terzaghi, K. and Peck, R.b. 1948, Soil Mechanics in Engineering Praticce, John Wiley and Sons Inc., N.Y.
- Ülker, 1982, Sivas 4. Demir Çelik Tesisleri Alanındaki Jipslerle İlgili Jeoteknik Araştırma Raporu.
- Web 1, www.gammadesign.com
- Yılmaz, I., 1994, Cumhuriyet Üniversitesi Kampüs Alanındaki Zeminlerin Jeo-Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi, Y.Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniv. Sivas, 80s.
- Yüksek Proje AŞ., 1996, Sivas- Tuzlahan Çelikhane ve Haddehane Tesisleri Zemin Etütleri Raporu, s. 73
- Yüksek, S., 1996, Divriği Demir Yatağının Üç Boyutlu (3D) Jeolojik Blok Modelinin Çıkarılması ve Rezerv Hesaplamaları, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

6. ÖZGEÇMİŞ

Hakan ARSLANDAŞ 27.06.1980 yılında Tekirdağ'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Tekirdağ'da tamamladı. 2001 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünden Maden Mühendisi unvanıyla mezun oldu. 2002 yılında askerliğini tamamladı. 2003 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı ve 2006 yılında Maden Yüksek Mühendisi unvanıyla mezun oldu. Halen ortağı olduğu mühendislik ve müşavirlik bürosunda çalışmalarına devam etmektedir.