

JEODEZİK AĞLARIN TASARIMI

**(JEODEZİK AĞLARIN SINIFLANDIRILMASI,
TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİK AĞLARI)**

Prof. Dr. Mualla YALÇINKAYA, 2007

Doç. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI, 2019

Yeryüzünün bütününün veya bir bölümünün

- **büyükliğini,**
- **şeklini,**
- **gravite alanını**

belirlenmek için, arazide zemin tesisleri işaretlenen ve çeşitli ölçmeler (astronomik, uydu, gravite) sonucunda konumları ve gravite değerleri, **seçilen bir sistemde bilinen noktalara** ihtiyaç vardır.

Amaçlara yönelik her bir jeodezik faaliyet için temel teşkil edecek bu noktalara **sabit nokta** denir.

Sabit noktalar, hangi amaçlar için üretilmiş olurlarsa olsunlar bunların belirlenmesinde kullanılan **ölçü türleri ve konunun ele alınış şekilleri** bakımından birbirinden farklı yaklaşımlar sergilerler.

Jeodezik Ağların Sınıflandırılması

- **Büyükliklerine Göre Ağlar**
- **Şekillerine Göre Ağlar**
- **Ölçme Metotlarına Göre Ağlar**
- **Özel Jeodezik Ağlar**

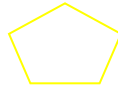
- **Kıta ağları:** Bir yada birkaç kıtayı örtecek büyüklükteki ağlar.
- **Ülke Ağları:** Bir ülkeyi örtecek şekilde kurulan ağlar.
- **Bölge Ağları:** Bir bölgeyi örtecek şekilde kurulan ağlar.
- **Yerel Ağlar:** Kasaba ve şehir büyüklüğündeki alanların ölçülmesinde ana iskeleti oluşturan ağlar. Bunlar daha çok projeksiyon düzleminde ülke ağı noktalarına bağlı olarak hesaplanırlar.

Kıta, Ülke ve Bölge ağları birkaç meridyen ve paralel daire yaylarını örtecek büyüklükte kurulduklarından bunlara büyük ağlar denir.

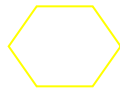
- **Yüzey Ağları:** Bölgeyi yaklaşık eşit kenarlı üçgenlerin yan yana gelmesiyle örten ağlar.
- **Kademeli Yüzey Ağlar:** Yüzey ağlarının belli bir hiyerarşik düzende zincir, poligon zincir ve dolgu noktalarından oluşacak şekilde kurulmasıdır.

- **Santral Ağlar**

Beşgen

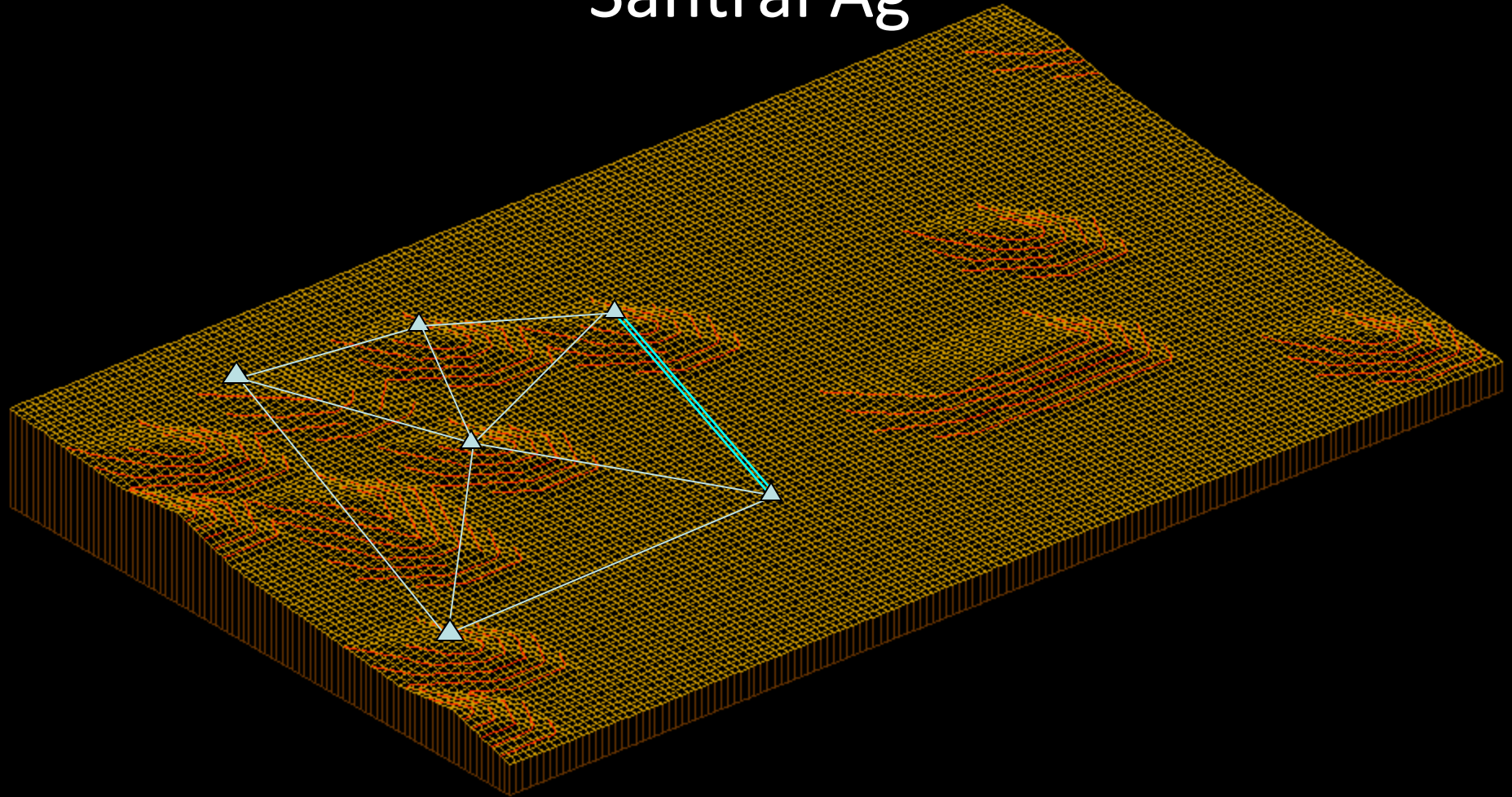


Altıgen

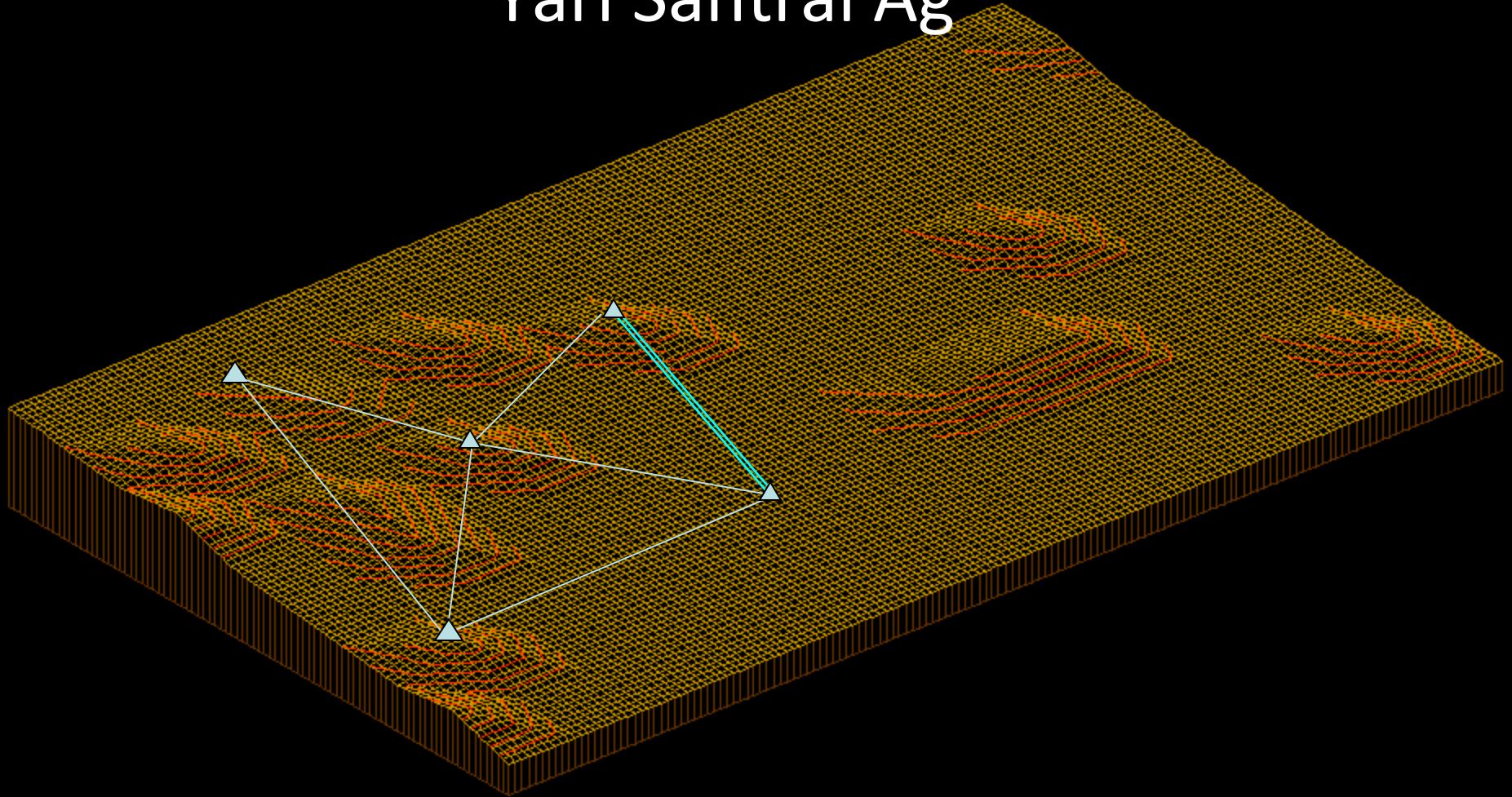


- **Yarı santral Ağlar**
- **Zincir Ağlar**
- **Dörtgen Ağlar**
- **Karışık Ağlar**

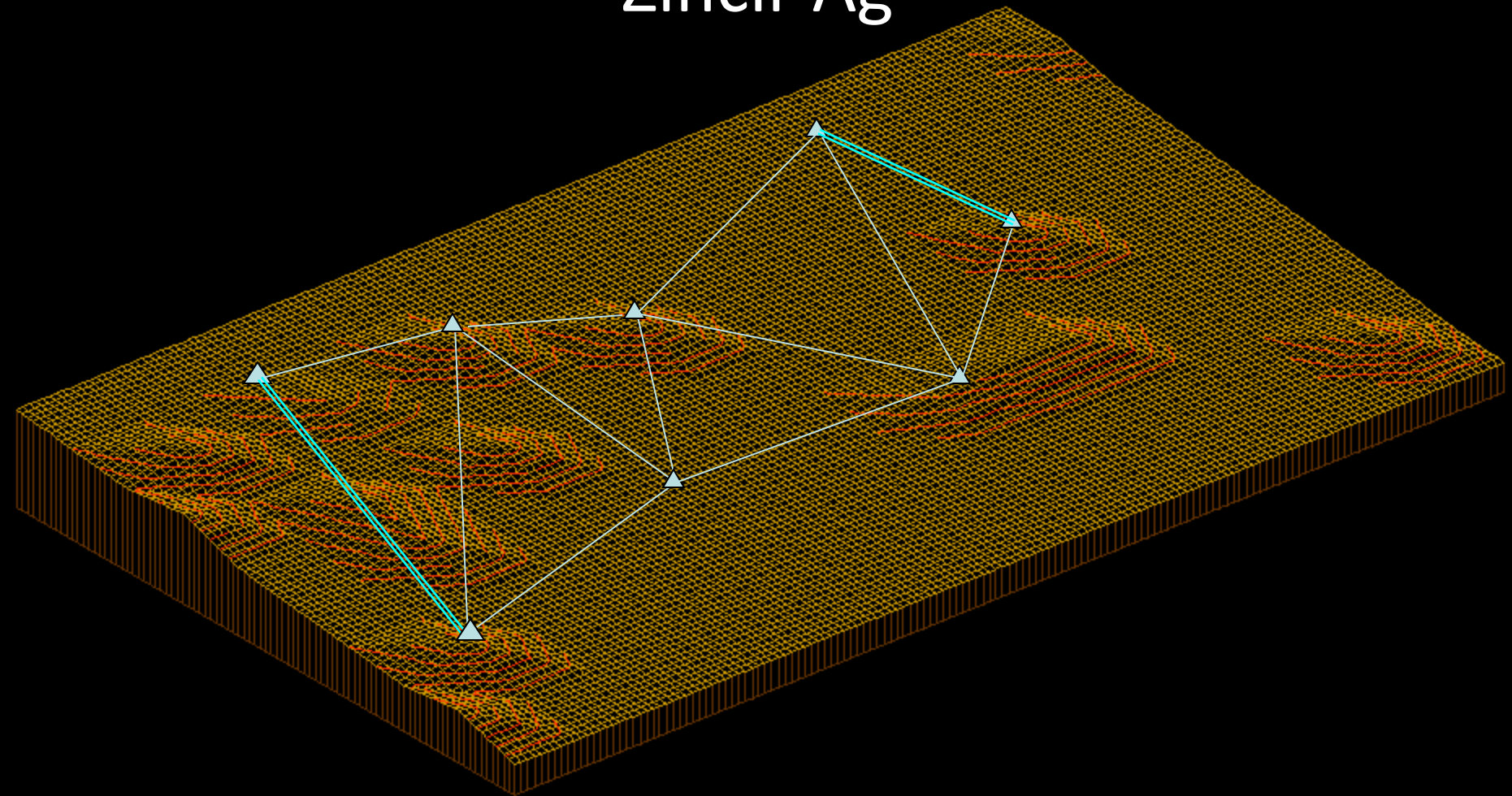
Santral Ağ



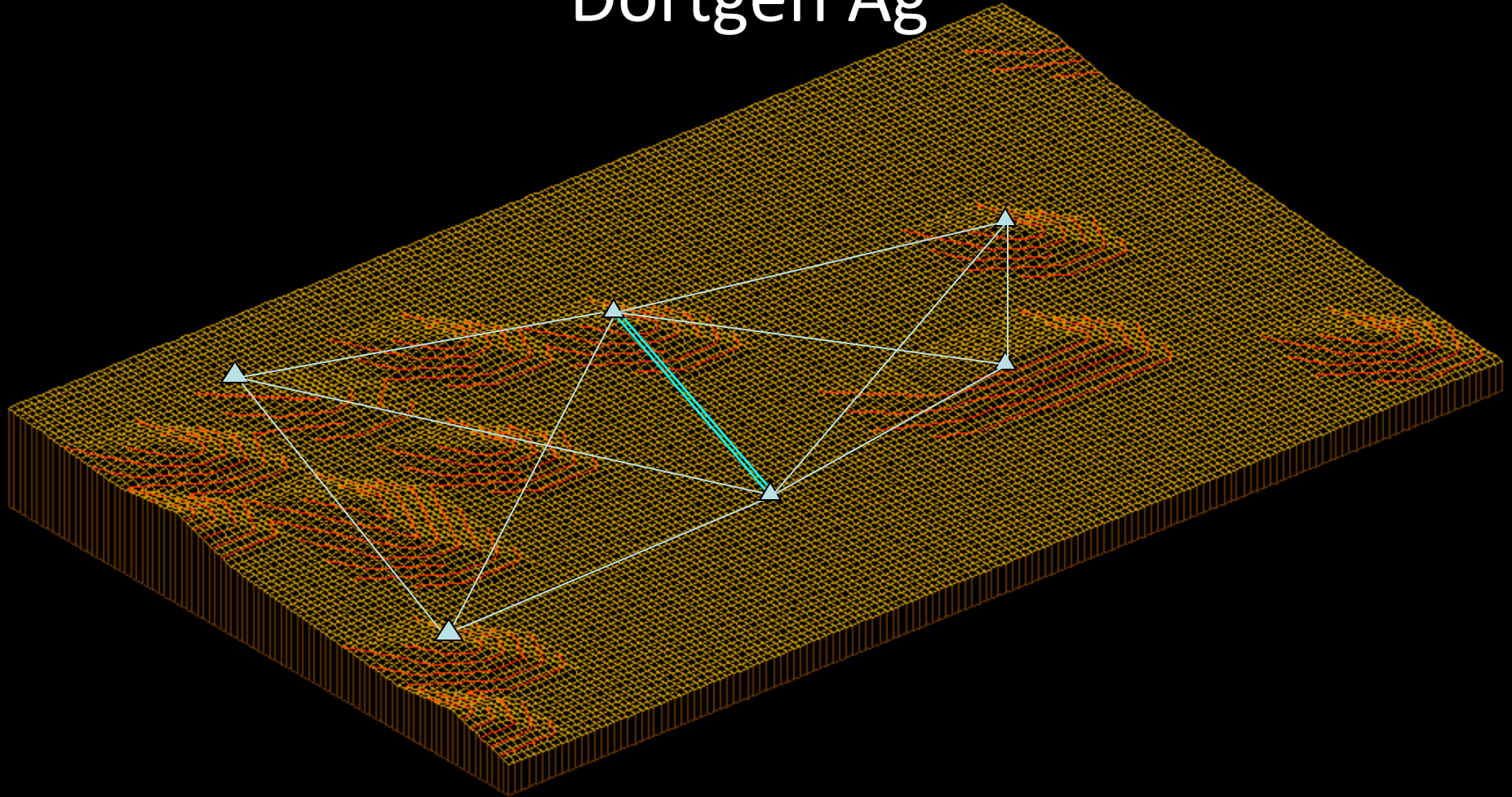
Yarı Santral Ağ



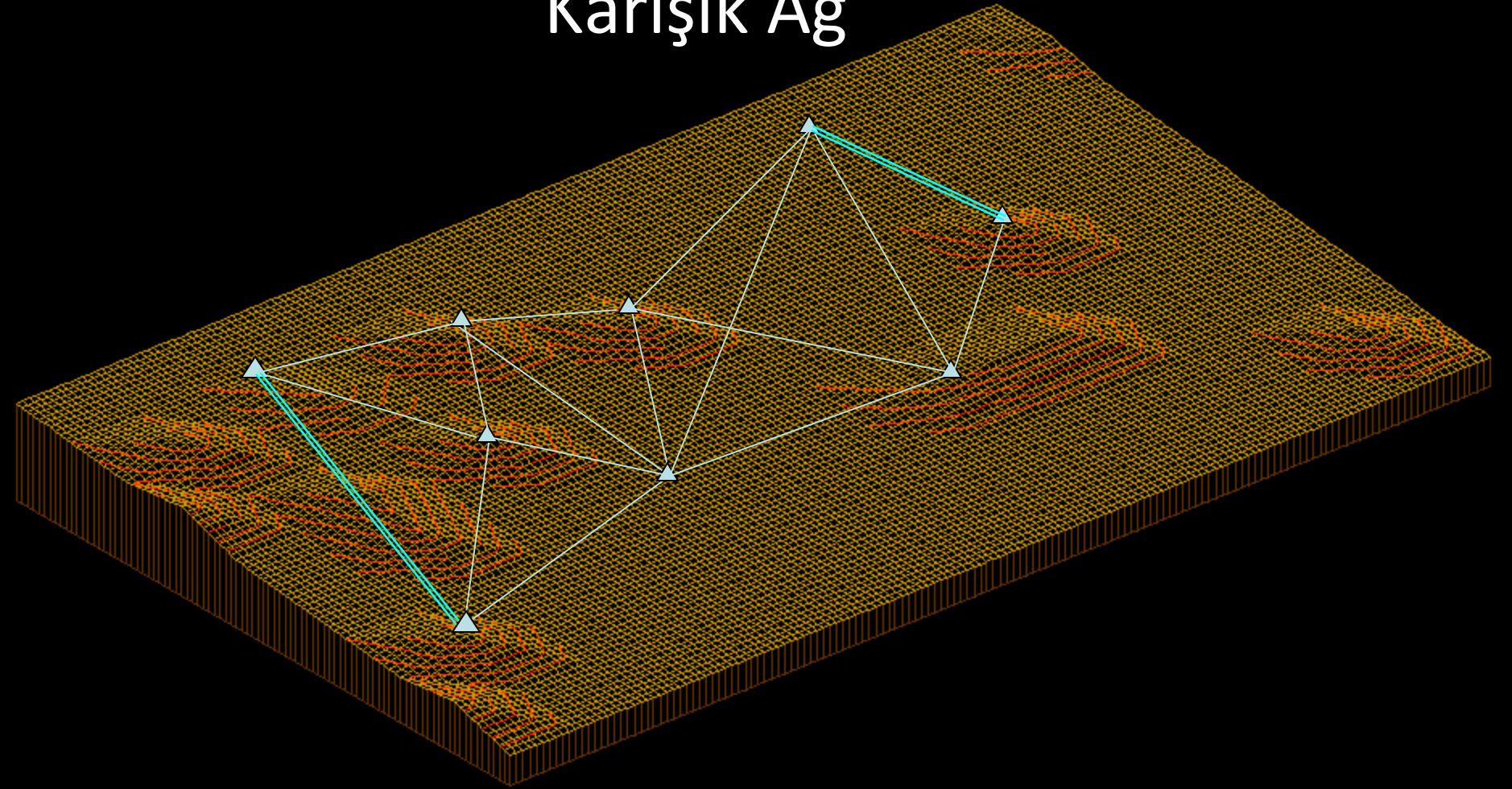
Zincir Ağ



Dörtgen Ağ



Karışık Ağ

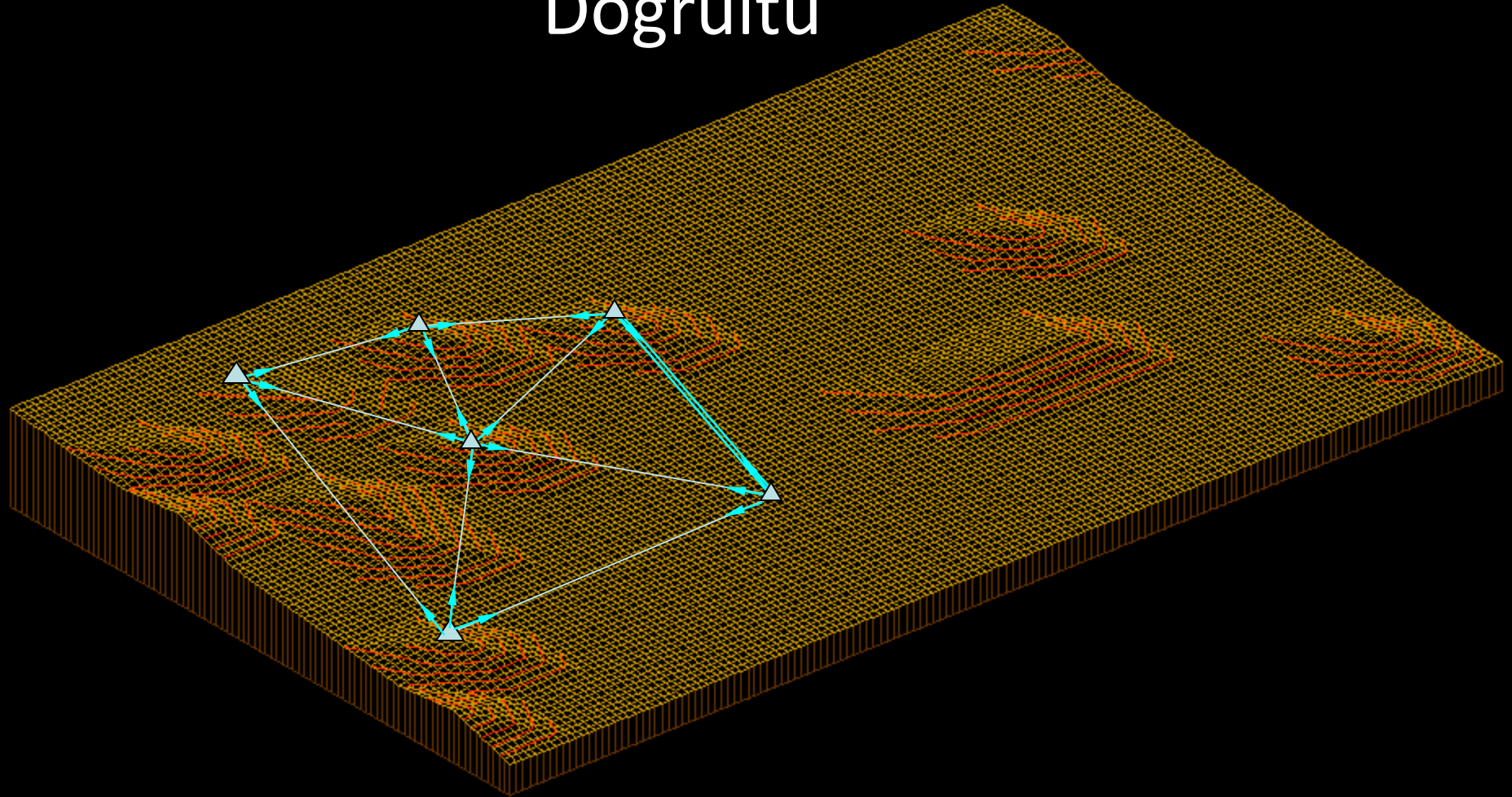


- **Yersel Ağlar:** Doğrultu, uzunluk, yükseklik farkı ölçülerinden faydalanılarak kurulan ağlardır. Bu ölçülerin yapılmasında istasyon ve hedef yeryüzünde bulunmalıdır.

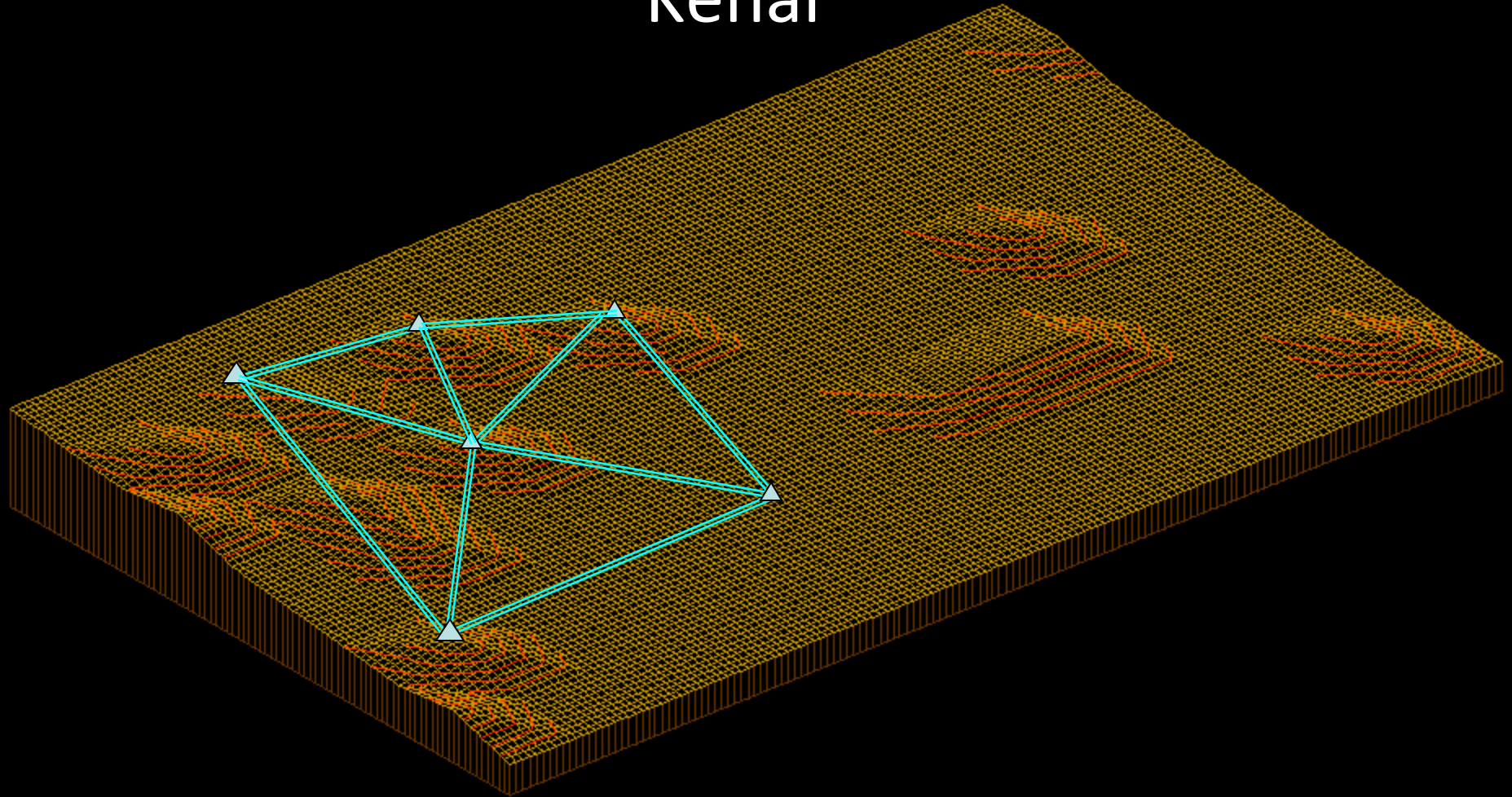
Yersel üç boyutlu ağlar

- **Düşey Ağlar** (nivelman ağları, trigonometrik ağlar)
- **Yatay Ağlar** (Nirengi ağları)
 - Doğrultu ağları
 - Kenar ağları
 - Doğrultu-Kenar ağları

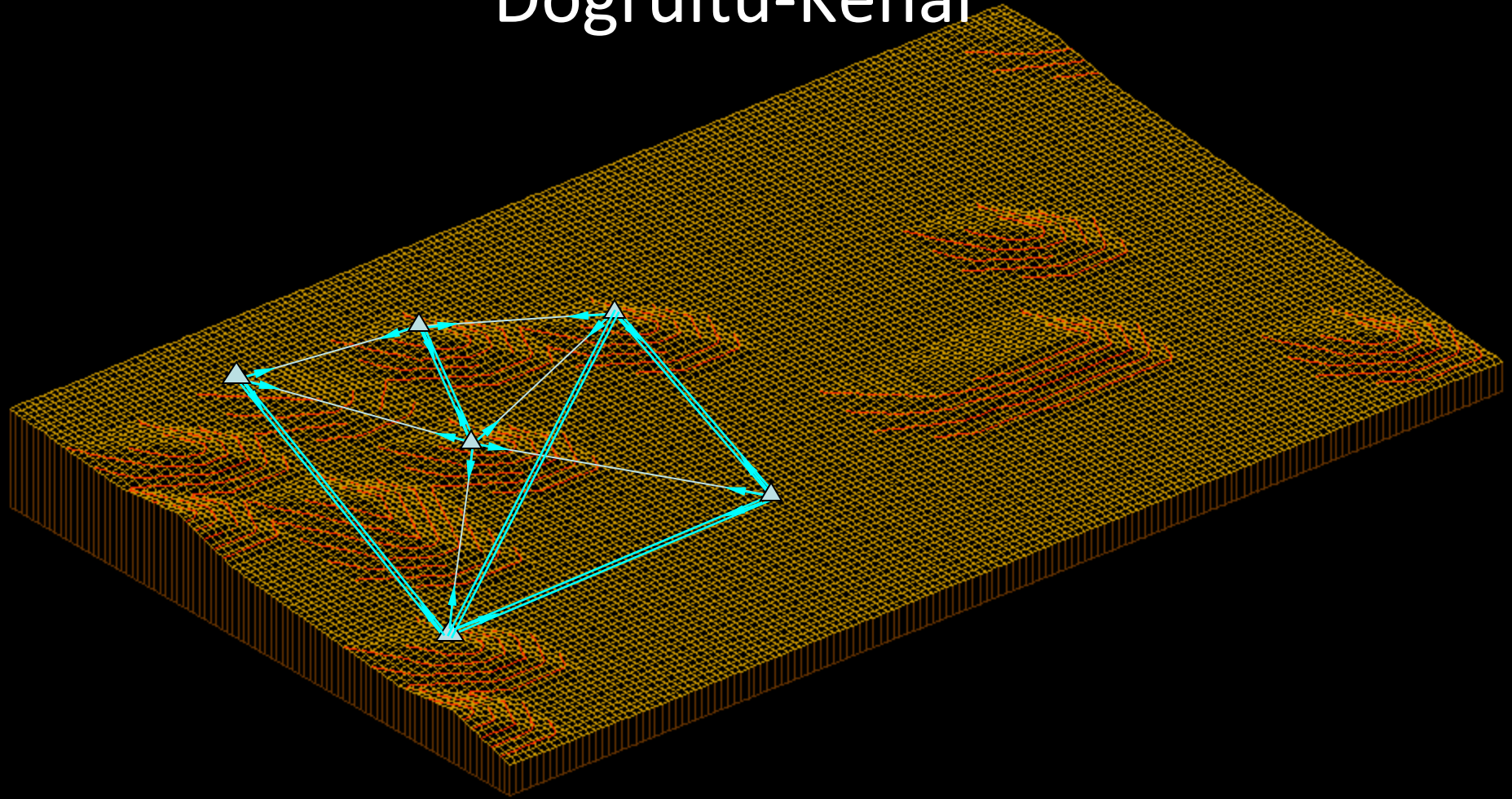
Doğrultu



Kenar



Doğrultu-Kenar



- **Uydu Ağları:** Uydu gözlemlerine yani istasyon ve hedeften biri yeryüzünde diğeri uydu olan gözlemlerden oluşan ağlar. Ölçü değerleri faz farkı yada pseudo uzunluklardır.
- **Üç boyutlu Uydu Ağları:** GPS
- **Gravite Ağları:** Noktalardaki gerçek gravite ölçüleri veya gravite ölçü farkları ölçülen ağlar.
- **Bütüncül Ağlar:** Yersel, uydu ve gravite ölçülerinin birlikte yapıldığı ağlar.

- Bu kontrol ağları, **duyarlı mühendislik projeleri için dizayn edilmiştir**. Ağlar kullanılarak, duyarlı detay ölçüleri yapılabilir.
- Bu ağlar projeye göre adlandırılır.

Haliç Köprüsü Jeodezik Ağı

Söke-Ödemiş Nivelman Ağı

Doğu Karadeniz Sahil Yolu Jeodezik Ağı

vd.

Temel Jeodezik Ağlara İhtiyaç Duyulan Faaliyetler

- Ülke temel haritalarının yapımı ve güncellenmesi
- Ulusal savunma
- Her türlü kadaastro
- İmar uygulamaları
- Belediye hizmetleri
- Arazi düzenlemesi
- Arazi bilgi sistemi
- Kentsel ve kırsal alan planlamaları
- Doğal kaynakların envanteri
- Yeryuvarının geometrik biçimi ve büyüklüğünün belirlenmesi
- Yeryuvarının gravite alanının belirlenmesi
- Yer dinamiği parametrelerinin belirlenmesi
- Depremlerin önceden kestirilmesi
- Petrol, maden ve cevher arama
- Sulama-kurutma
- Karayolu, demiryolu vb. yol yapımı
- Su getirme-götürme
- Sanat yapılarının yapımı ve denetimi
- Endüstri tesislerinin montajı ve denetimi
- Çevre koruma ve düzenleme

Ulusal Jeodezik Ağlar

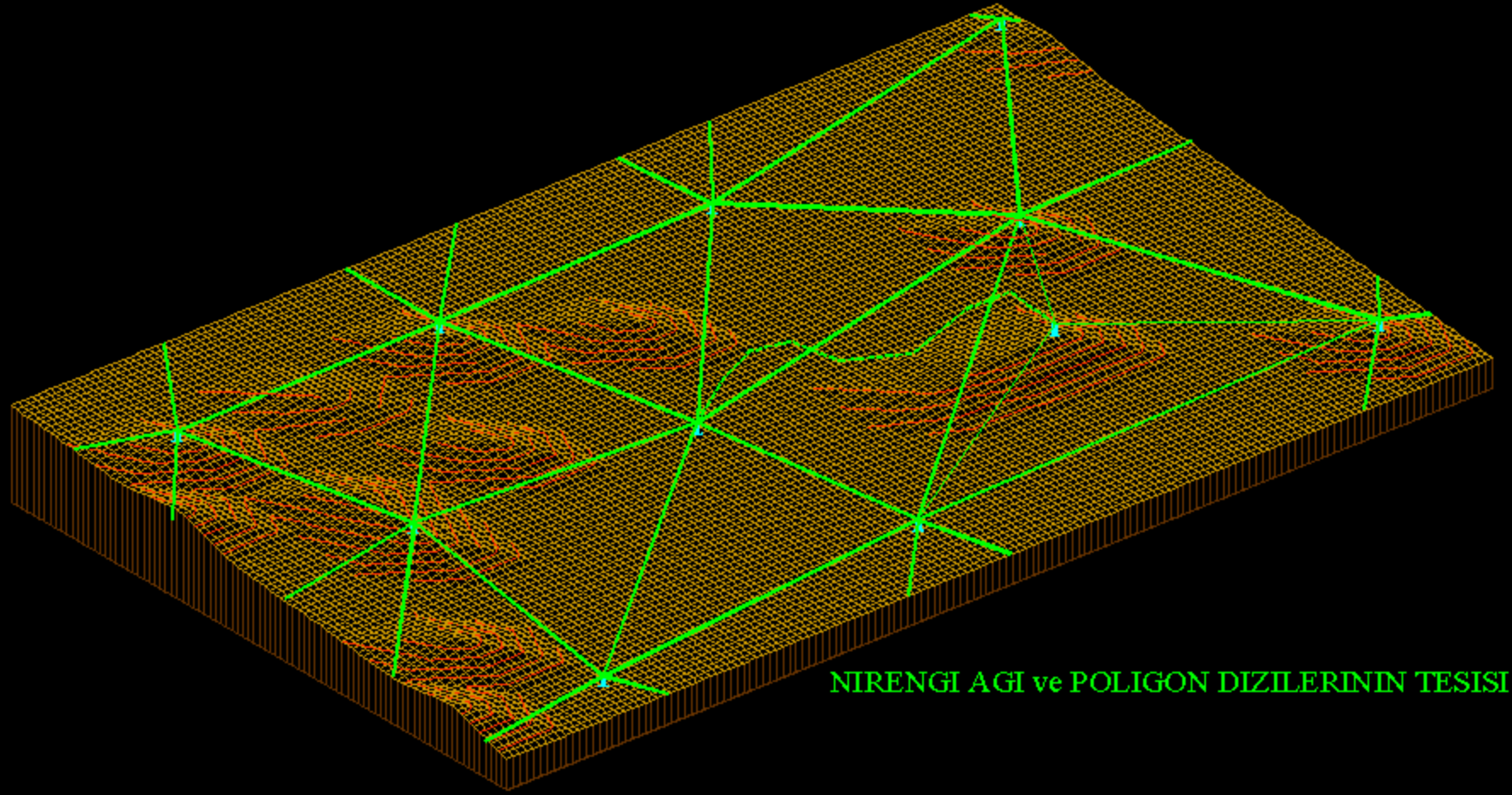
- **Bir ülke veya ülkenin bir bölümü, ölçüleceği zaman kullanılan ulusal jeodezik ağ olarak adlandırılan kontrol ağıdır.**
- Genelde ulusal haritaların üretimi için tasarlanmıştır.
- Buna rağmen, **uluslar arası birliklerden yerin geometrisini tanımlamada, ve bilimsel araştırmalarda, ortalama elipsoid, en uygun elipsoid veya referans elipsoidi belirlemede kullanılır.**

Ulusal Jeodezik Ağını kurmanın genellikle **iki yolu** vardır.

A) Ülke yüzeyi, **geniş üçgenlerle** kaplanarak (Yaklaşık üçgenlerin uzunluğu 15-20 km) geniş bir nirengi ağı kurulur ve sonra yaklaşık 5-10 km uzunluk küçük üçgenlerle sıklaştırılır.

Önce birinci derece nirengi ağı olarak adlandırılan büyük nirengi ağının kontrol noktaları dengelenir. Sonra ikinci derece olarak adlandırılan daha küçük nirengi ağları hesaplanır. Daha sonra, ikinci derece noktaların sıklaştırılmasıyla 1 - 3 km uzunluğunda oluşan üçüncü derece noktalar kurulur.

Fakat bu çeşit ağlar, genellikle küçük ülkelerde kurulur. Örneğin Finlandiya, Hollanda, Almanya vd.



NİRENGİ AĞI ve POLİGON DİZİLERİNİN TESİSİ

B) Ulusal jeodezik ağ oluşturma'nın diğer yolu, üçgenlerden oluşan **büyük zincir ağların** tüm ülkenin üzerini kaplamasıyla oluşan ağdır.

Bu metot, bizim ülkemizde de kullanılmaktadır. Genellikle bu metot **büyük ülkelere** uyar, örneğin USA, Rusya, Hindistan, İspanya vd. bu metodu kullanmıştır.

TÜRKİYE TEMEL JEODEZİK AĞLARI

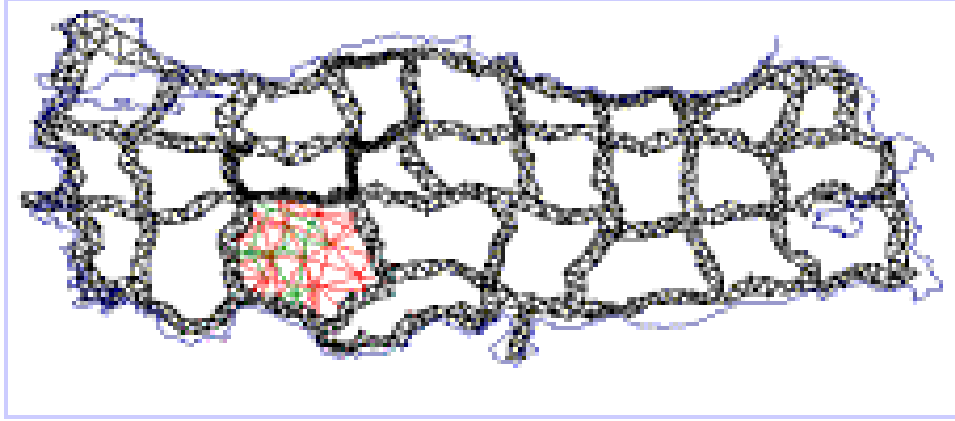
Ülkemizin bütününü kapsayan, yeryüzüne uygun aralıklarla işaretlenen, konumları ve gravite değeri bilinen noktaların oluşturduğu ağlardır.

Türkiye Temel Jeodezik Ağları:

- TUD-54
- TUTGA
- TUSAGA
- TUDKA
- TTGA
- TUDES
- Manyetik Ağ

Lenk ve Demir, 2003

Türkiye Ulusal Temel Nirengi Ağı Noktaları (TUD-54)

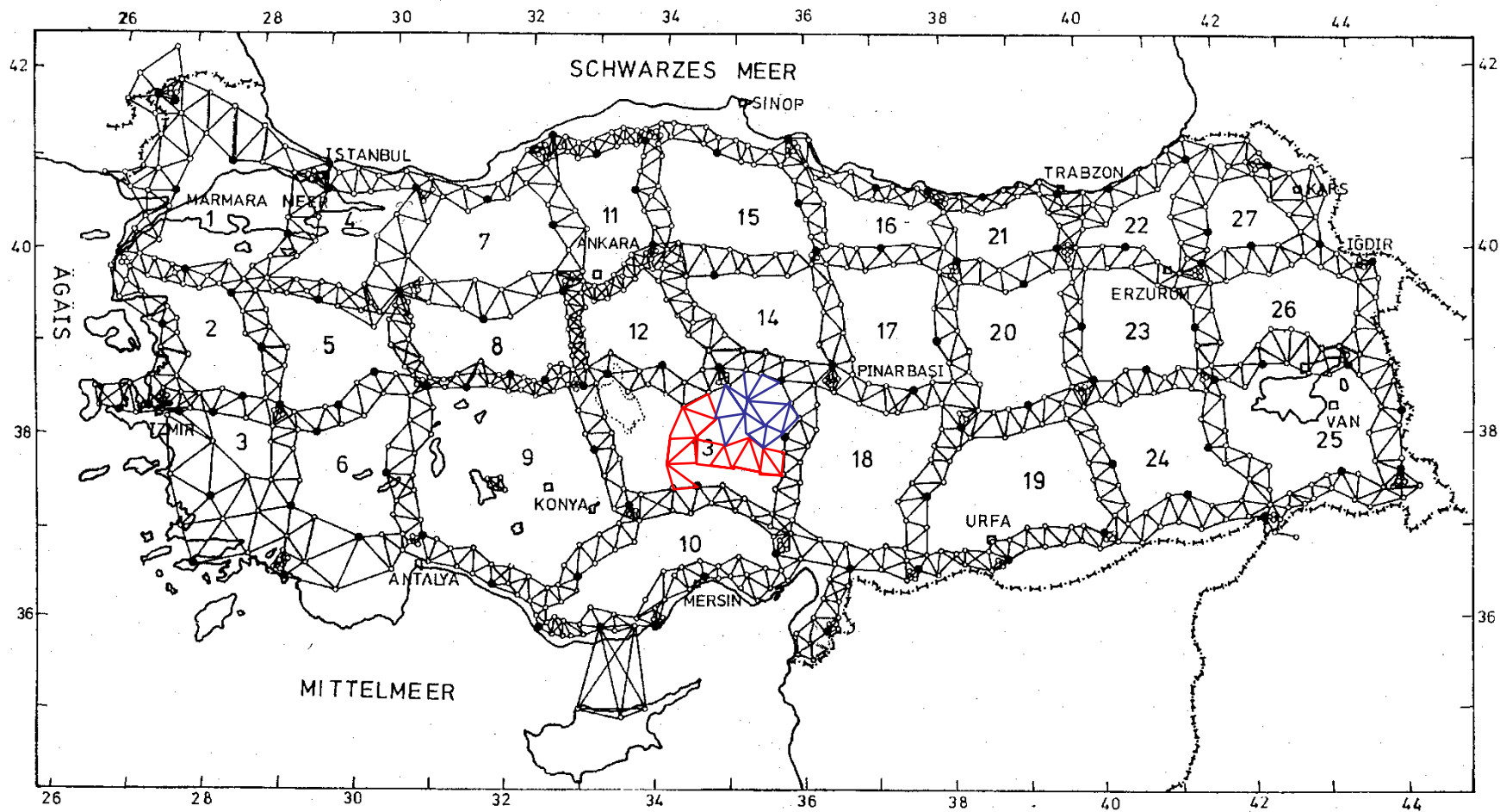


Nokta Sayısı: 449215

**904 adet I. Derece,
3311 adet II. Derece,
95000 3. Derece
350000 4. Derece nokta**

307 adet I. ve II. Derece nirengi noktasında Astronomi ölçüsü yapılmıştır.

Lenk ve Demir, 2003



- Türkiye Ulusal Nirengi Ağı çalışmaları 1900'lü yılların başlarına başlamıştır.
- 1954 yılında dengelenmiş ve 27 poligon halkasından oluşmaktadır.
- İlk çalışmalar ülkenin Kuzey-Batısından başlayıp ilk etapta batı daha sonra tekrar kuzeye İstanbul'un doğusu ve Kocaeli'ni içine alan 4. halkaya geçilmiş ve tekrar güneye doğru devam edilmiştir.
- Avrupa Datumuna (ED50) bağlı bir ağıdır. 1954 yılındaki dengeleme öncesinde batıda 8 ortak noktayla yapılan gözlemlerle bu bağlantı sağlanmıştır.

NEDEN AVRUPA DATUMU??

Türkiye'nin batıya yakınlaşma çabası ve ülkemizden batıya, batıdan ülkemize bilgi aktarımının sağlanması.

(Ayan vd. 2003)

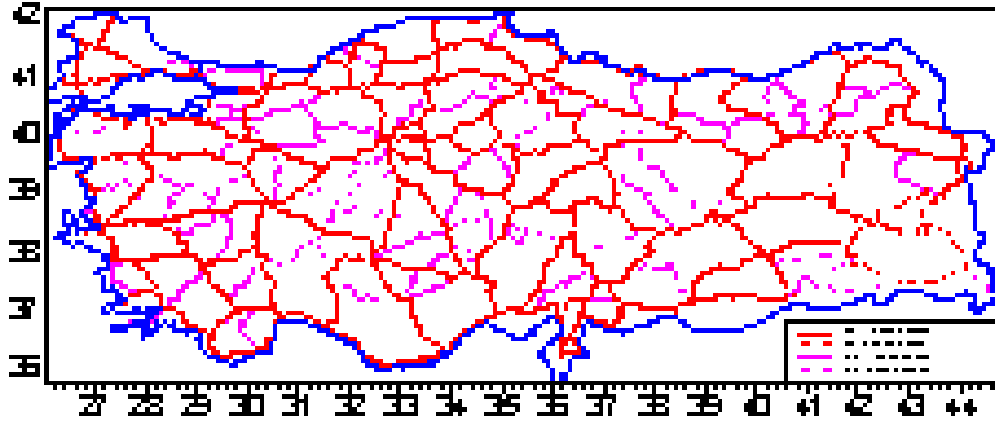
- Zincirler **kenarları 25-35 km** uzunluğundaki üçgenlerden oluşmaktadır.
- Zincirlerin **uzunlukları 180-200 km** civarındadır.
- Her zincir **ucunda birer tane baz ve bazı uzun zincirlerin ortalarında** bir nirengi noktasında **astronomik ölçüler** yapılmıştır. Bu noktalar **astronomik nokta veya LAPLACE noktası (astronomik enlem, boylam ve azimut ölçüsü yapılan)** olarak adlandırılır. Bu noktalardan **98 adet** vardır.
- Ağa ölçek verebilmek için **uzunlukları ortalama 5-8 km olan 41 adet baz ölçüsü** invar telleri yardımıyla ölçülmüştür.
- Açılar bütün kombinasyonlarıyla **açı ölçümü** ve silsile yöntemiyle **24 silsile** ölçülmüş.
- Türkiye Birinci Derece Nirengi Ağındaki **noktaların sayısı 786 adet** olup, Türkiye Nirengi Ağının iskeletini oluşturmaktadır.

- Türkiye **İkinci Derece** Nirengi Noktaları, birinci derece nirengi noktalarının oluşturduğu **halka zincirlerin arasındaki boşlukları** doldurmak amacıyla tesis edilmiş noktalardır.
- **İkinci derece birinci kademe noktalar**, birinci derece noktalara dayalı olarak üçgen **kenarları 10-20 km** arasında olan **yüzey ağ yapısında** tümenden dengelenerek koordinatları belirlenen noktalardır. Bu noktalarda **12 silsile** doğrultu ölçüsü yapılmıştır.
- **İkinci derece ikinci kademe noktalar** ise birinci derece noktalara dayalı olarak **tek tek belirlenmiş** noktalardır. Bu noktalarda **8 silsile** gözlem yapılmıştır.

- Türkiye’de **1/25000 ölçekli topoğrafik ve 1/5000 ölçekli standart topoğrafik harita** yapımında kullanılmak ve yeterli **kontrol noktası sıklığını sağlamak** amacıyla **3. ve 4. derece noktalar tesis** edilmiştir.
- Bu noktalar genellikle kendilerinden önce belirlenen noktalara sadece **doğrultu ölçüleri yapılarak teker teker belirlenmiş** noktalardır.
- **3. derece noktalar 1. ve 2. derece veya daha önce belirlenmiş 3. derece noktalara dayalı olarak belirlenmektedir.**
- **4. derece noktalar ise 1., 2., 3. derece noktalardan kestirme yöntemiyle elde edilir.**

- Türkiye Ulusal Nirengi Ağı hiyerarşik bir ağ yapısına sahiptir. **Üst dereceli ağ her zaman alt dereceli ağa koordinat vermektedir.**
- Tasarımında Türkiye'nin tektonik yapısı göz ardı edildiğinden notalarının fiziksel yapısı değişmiş olmasına karşın koordinatları değişmez alınmıştır. Tektonik yapı nedeniyle özellikle yılda ortalama 2 cm'lik doğal hareketlere maruz kalan fay bölgelerinde ağ büyük oranda bozulmaya uğramış ve bir çok gereksinime yanıt veremez duruma gelmiştir.
- 1954 yılında dengelenen ağın günümüze kadar özellikle fay bölgelerinde uğradığı hasarı kabaca tahmin etmek zor değildir ($2 \text{ cm} \times 49 \text{ yıl} \approx 88 \text{ cm}$). Bu hasar bir çok bölgede bu değerin çok daha üstüne çıkmaktadır, deprem oluşan alanlarda ise çok daha büyük değerlere ulaşmaktadır.
- Tüm bu fiziksel etkilerden kaynaklanan hasarların dışında, geçmişte kullanılan ölçme teknolojileri ve yöntemlerinden kaynaklanan distorsiyonlar eklendiğinde Türkiye Ulusal Nirengi Ağının günümüz ve geleceğin teknolojisi olan CBS teknolojilerine altlık oluşturması mümkündür. **(Ayan vd. 2003)**

Türkiye Ulusal Düşey Kontrol (TUDKA) Ağı Noktaları (Nivelman)

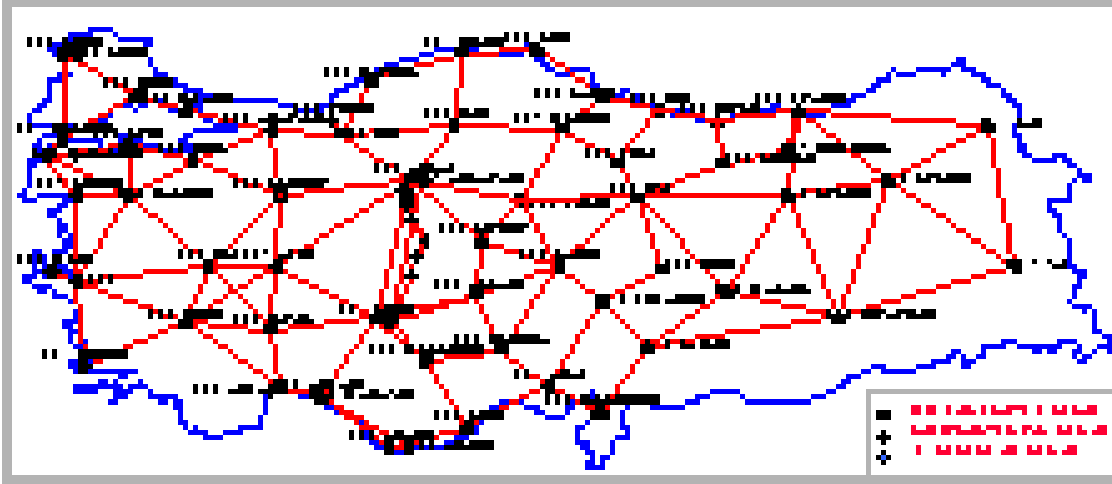


Nokta Sayısı: 25451

19197 adet I. Derece

6254 adet II. Derece nokta

Türkiye Temel Gravite Ağı (TTGA) Noktaları



Nokta Sayısı: 66258

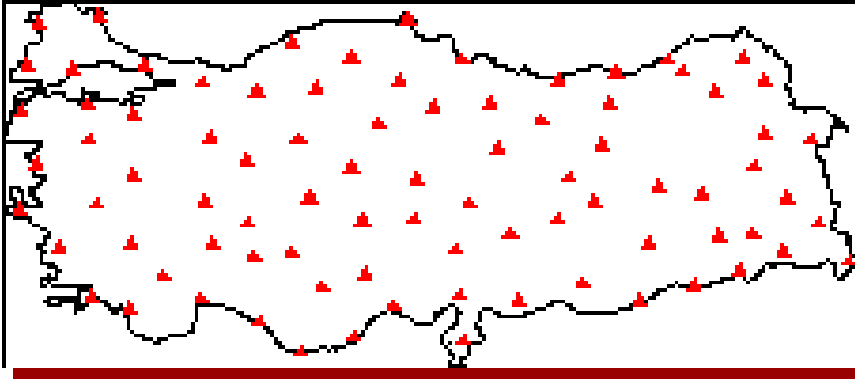
**55 adet I. Derece,
13 adet mutlak gravite,
3940 adet II. Derece
62250 adet sıklaştırma noktası**



11 Tamamlanan

2 Planlanan

İskenderun, Erdemli, Antalya II, Bodrum II, Mentes/İzmir, Erdek, Marmara Ereğlisi, İğneada, Amasra, Sinop ve Trabzon II siteleri tamamlandı.



Nokta Sayısı: 2085

**85 adet seküler nokta ve 2000 adet sıklaştırma noktası
ihtiva etmektedir.**

MEVCUT DURUM

- Mevcut Türkiye 1. derece yatay kontrol ağı'nın 1954 yılı dengelemesine göre **konum hataları çok yüksek** olup **kadastrodan istenen duyarlık isteklerine** cevap vermemektedir.
- 1. ve 2. derece Ülke Temel Nirengi Ağı'nda yerel ölçek sapmaları, yöneltme hataları, **özellikle bağlantı bölgelerinde komşu noktalar arasında birkaç desimetreyi aşan yerel zorlamalarla** karşılaşılmaktadır.
- Aynı şekilde Ülke Temel Nivelman Ağı'nda gravite ile ilgili indirgeme, düzeltme ve kesin dengeleme yapılmamış, dolayısıyla **ağda yerel gerilmeler** bulunmaktadır.
- Kadastro ölçmeleri için yapılan sıklaştırma çalışmalarında, ülke ağına bağlanmada gerekli duyarlığı sağlayacak düzeyde **uyuşumlu nokta bulunamamaktadır**.
- Sonuçta, uygun olmayan sayı ve dağılımdaki noktalarla yapılan çalışmalarda komşuluk ilişkisi göz ardı edilmekte ve komşu bölgelerde sonradan yapılan çalışmalarda da **kenarlaşma sorunları** yaşanmaktadır.

MEVCUT DURUM

- Araları 10-35 km arasında değişen 1. ve 2. derece noktalar yapıldıkları yöntem gereği birbirlerini görmeleri gerektiğinden arazinin ulaşımı en zor, en hakim noktasında tesis edilmişlerdir. Geçen zaman içinde önemli ölçüde tahribata uğrayan bu **noktaları bulmak ve ulaşmak önemli bir sorun** oluşturmaktadır.
- Uydu jeodezisinin modern yöntemleri, Jeodeziye, klasik jeodezik tekniklerle şimdiye kadar erişilemeyen yeni olanaklar ve hedefler getirmiş ve bu hedeflere **hızlı, verimli ve ekonomik yoldan ulaşma** olanağı sağlamıştır.
- Halen bağlı olduğumuz iki boyutlu konum koordinatlarını kapsayan Avrupa datumu (ED-50) yerine, bir çok Avrupa ülkesi gibi ülkemizde de global referans sistemlerine bağlı yeni bir **Jeodezik Temel Ağ** oluşturma ihtiyacı doğmuştur.

Yatay kontrol Ağı; 1943-2001 yılları arasındaki tektonik plaka hareketleri ve Depremler nedeniyle; 2-3 metre seviyelerine kadar deformasyona uğramış ve ihtiyaçları karşılamaktan uzaklaşmıştır. İçinde bulunduğumuz aktif tektonik bölge nedeniyle **dört boyutlu (3 koordinat, 1 zaman)** yeni bir datum tanımlama ihtiyacı kaçınılmaz olmuştur.

YENİ JEODEZİK TEMEL AĞ

TUTGA : Türkiye Ulusal Temel GPS

Ortalama 10 milyon insanın yaşadığı büyük metropollerden en küçük köy yerleşimine uzanan bir yelpaze içinde savunma, kadastro, imar, tarım, ulaştırma başta olmak üzere arazi ile ilgili tüm faaliyet ve projelerin sağlıklı olarak planlanması ve yürütülmesi,

- Yüksek duyarlıkta,
- Uydu tekniklerine dayalı,
- Herkesin ulaşabileceği sıklıkta,
- Homojen bir referans sisteminde,
- Üç boyutlu

bir temel ağın süratle tesis edilmesi, mevcut altyapı ile ilişkilendirilmesi kaçınılmaz olmuştur.

- Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı 1997-1999 yılları arasında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü adına Harita ve Genel Komutanlığı ile imzalanan bir protokol kapsamında Harita Genel Komutanlığı Jeodezi Dairesi tarafından gerçekleştirilmiştir.
- Gelişen harita ve harita bilgilerinin üretim teknolojilerine atlık oluşturan önemli bir jeodezik altyapıdır.
- ITRF (Uluslar arası Yersel Referans Sistemi) datumunda olması dolayısıyla TUTGA'ya bağlı üretilen harita ve harita bilgileri global düzeyde kullanılabilir ve paylaşılabılır özelliktedir. **(Ayan vd. 2003)**

Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) Noktaları



Nokta Sayısı: 594

Her noktasında enlem, boylam, elipsoid yüksekliği, ortometrik yükseklik ve jeoid yüksekliği bilinen, 15-70 km. aralıklı 594 noktadan oluşan ağıdır.

TUTGA'nın Teknik Özellikleri

Datum : ITRF96

Elipsoit : GRS80

Toplam nokta sayısı : 594

Ülke Ağı ile çakışık : 91

Jeodinamik çalışmalarla ortak : 53

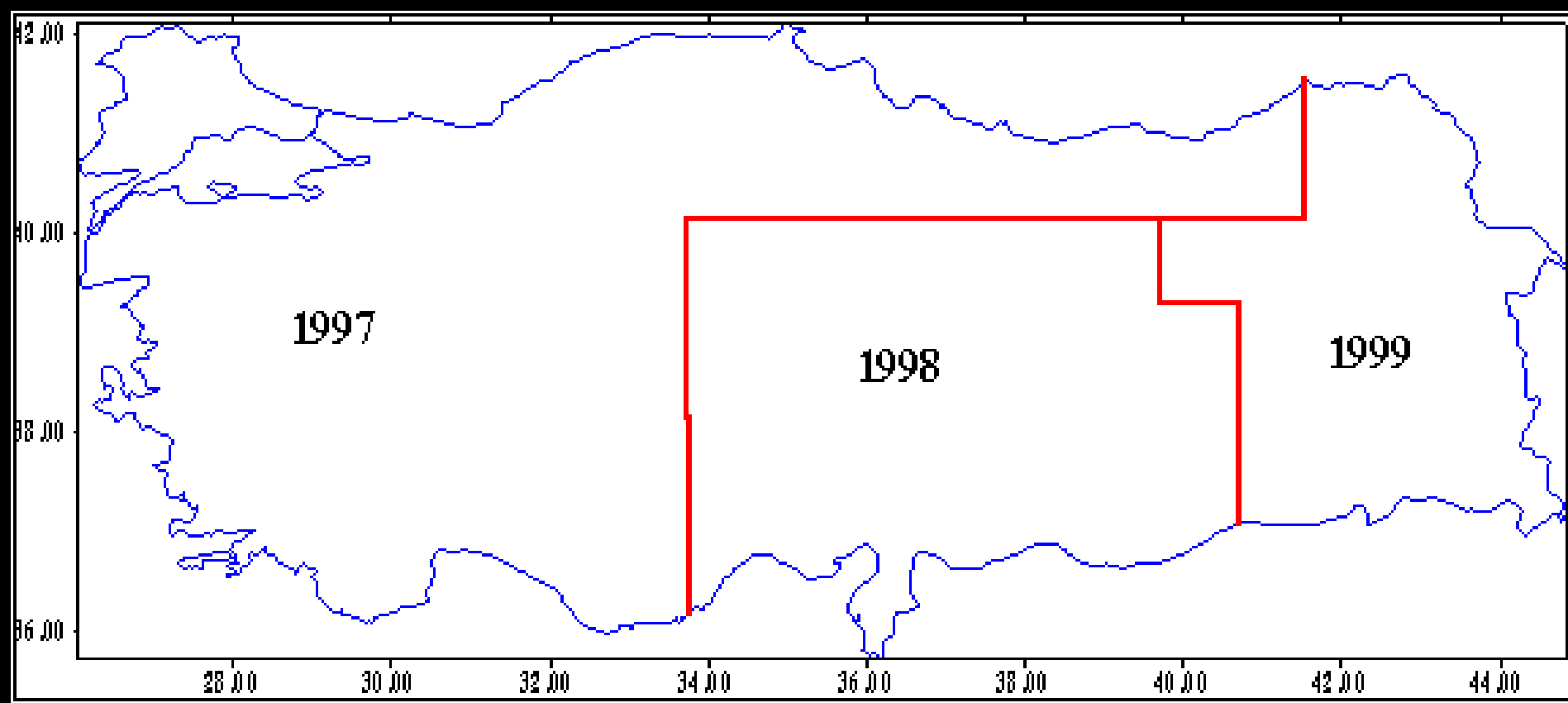
Nivelman yüksekliği olan : 181

SLR nokta sayısı : 5

Noktalar arası uzaklıklar : 25 ile 70 km

Ortalama : 1315 km²/nokta

Bu amaçla, Harita Genel Komutanlığı ile Ülkenin sayısal kadastro hizmetlerinin ivedilikle tamamlanmasını hedefleyen Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü arasında, söz konusu gereksinimler çerçevesinde **Aralık 1996 tarihinde Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı'nın (TUTGA)** kurulması konusunda işbirliğine dair protokol imzalanarak TUTGA projesi faaliyete başlamıştır.

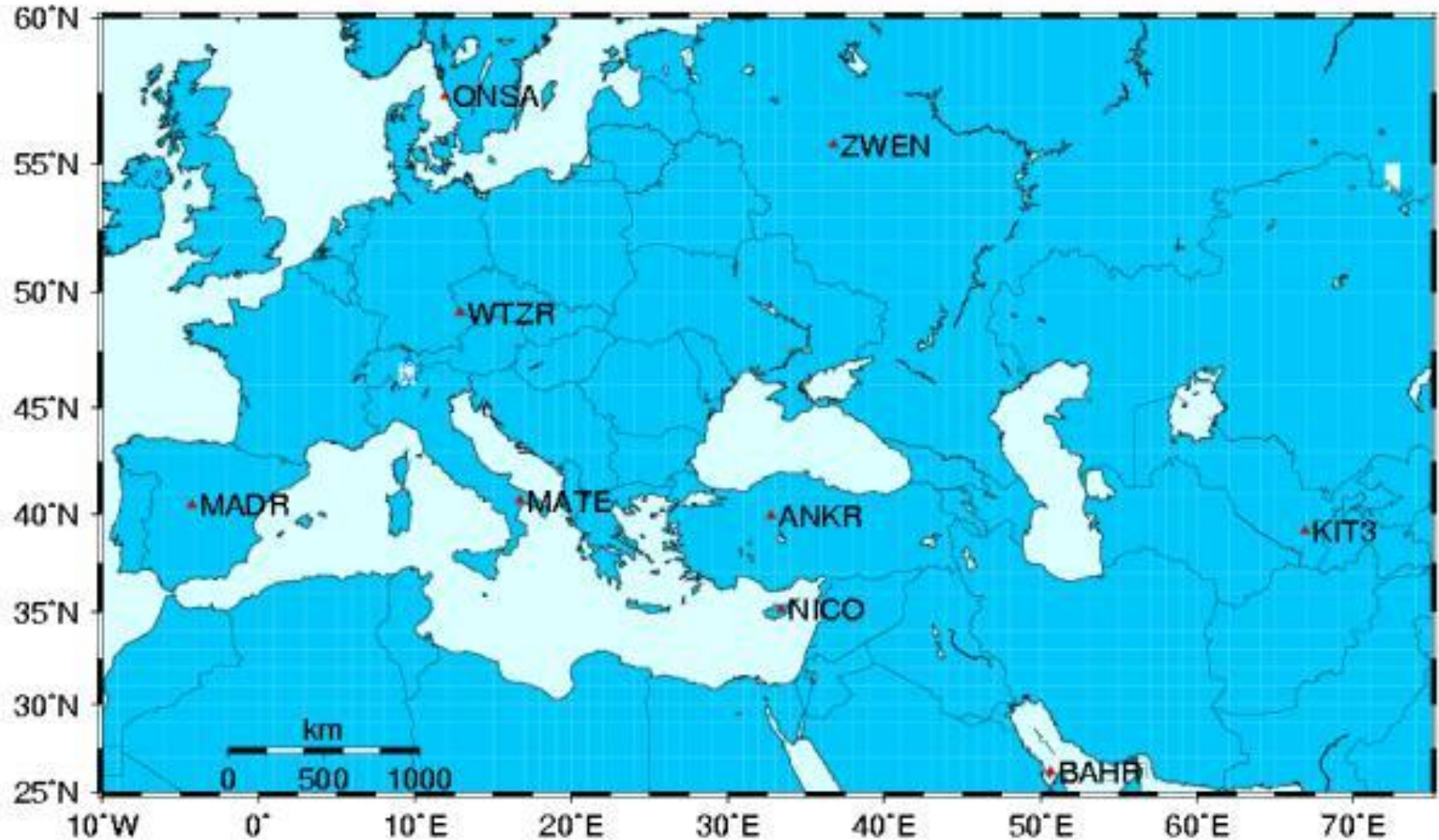


Türkiye Ulusal GPS Temel Ağı – 1999 (TUTGA-99)

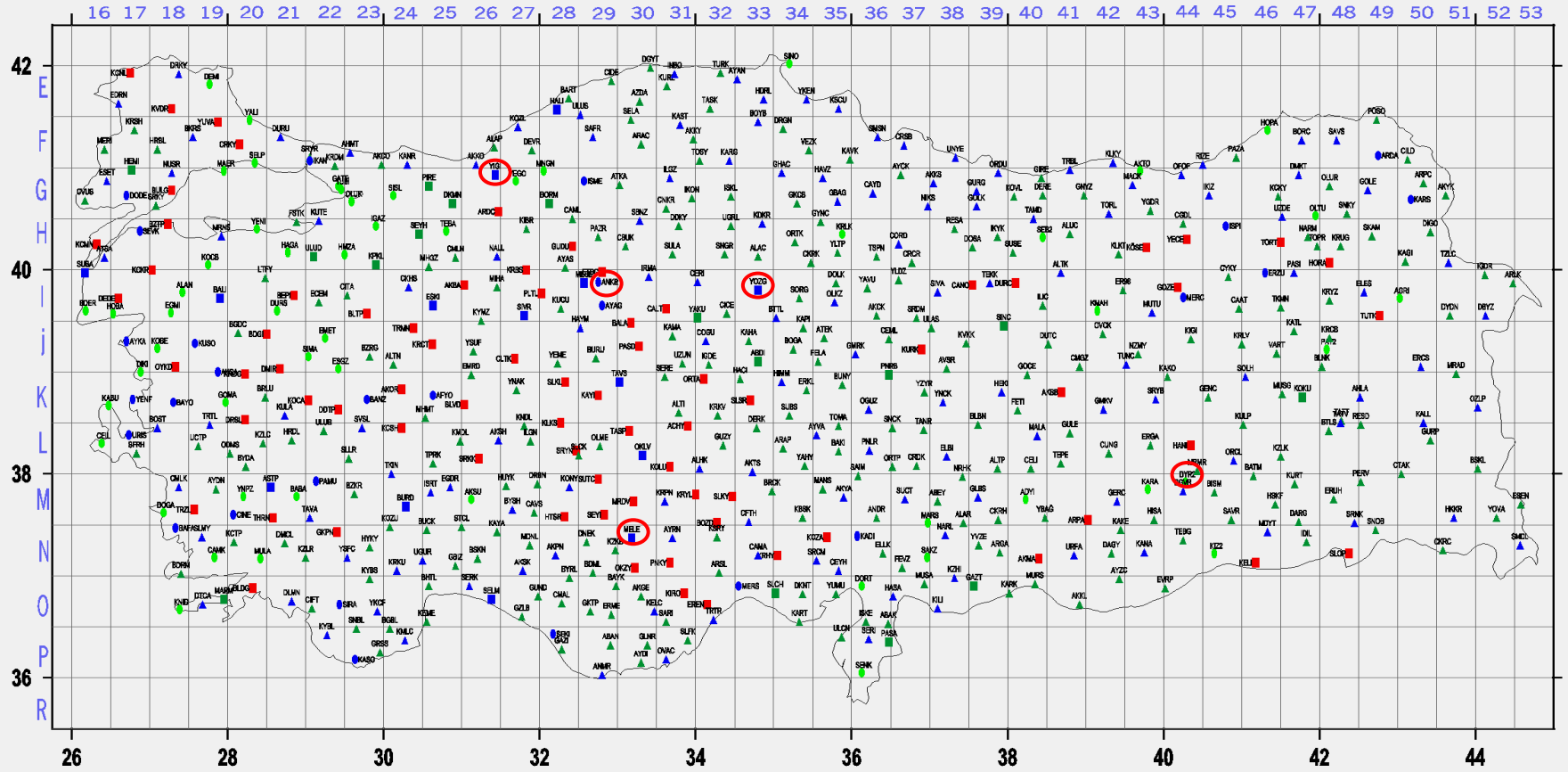
Üç boyutlu jeosentrik koordinat sisteminde,

- Belirli bir zamanda (epok),
- Her noktasında üç koordinat (x, y, z) veya (enlem, boylam, elipsoid yüksekliği), hız (v_x, v_y, v_z) ortometrik yükseklik (H) ve jeoid yüksekliği (N) bilinen,
- Ülke yüzeyine olabildiğince dağılmış, ulaşımı kolay ve birbirini görme zorunluluğu olmayan noktalardan oluşan,
- Jeodezik nokta konumlama, navigasyon ve jeodinamik amaçlarla kullanıma uygun,
- Halen kullanımda olan ED-50 datumundaki Ulusal Temel Yatay Kontrol Ağı ile arasındaki dönüşümü sağlanan,
- GPS teknolojisine dayalı

TUTGA için IGS Noktalarının Dağılımı



TÜRKİYE ULUSAL TEMEL GPS AĞI - 1999 (TUTGA - 99)



YY ▲ YM ▲ KK ■ KS ● KM ● KK+KM ■ KS+KK ■

KK : YATAY KONTROL AĞI (NİRENGİ AĞI) KM : NİVELMAN GİTMİŞ MEVCUT (JEODİNAMİK) GPS KS : MEVCUT GEODİNAMİK GPS YM : NİVELMAN GİTMİŞ YENİ TESİS TUTGA YY : YENİ TESİS TUTGA

TÜRKİYE ULUSAL TEMEL GPS AĞI NOKTA DAĞILIMI VE NİTELİKLERİ

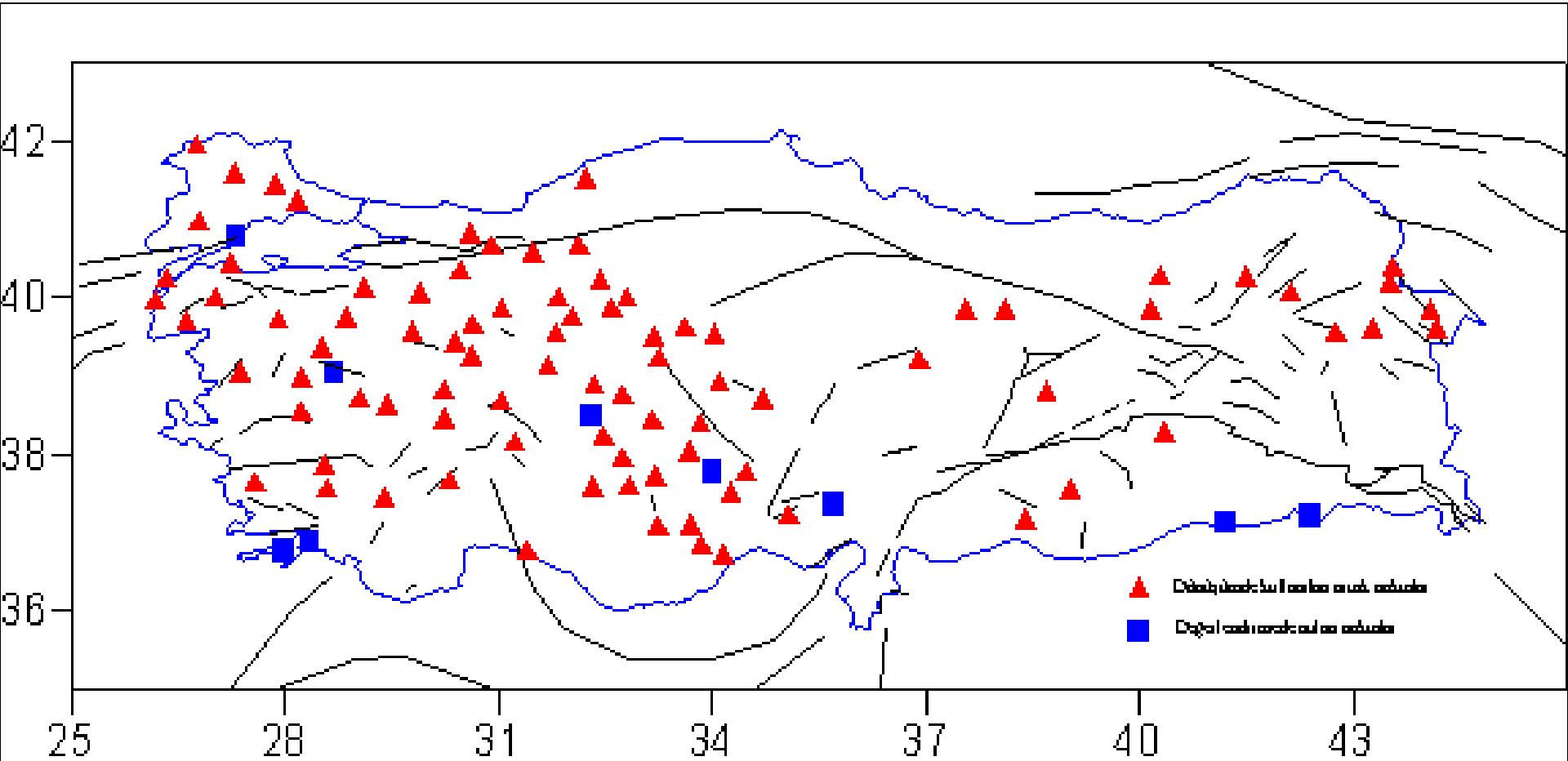
TUTGA Noktalarının Adlandırılması

- **1:100 000 ölçek**
- **____-____ 8 basamak**
- **H23-G023**
- **Birinci 3 basamak; 1:100 000 ölçekli haritanın adı**
- **Sonra tire ' - ' çizgisi**
- **GPS istasyonunu belirten büyük harf**
- **Son 3 basamak; 1'den 999 kadar sayılardan oluşur**

TUTGA-99 ile ED-50 arasında koordinat dönüşümü:

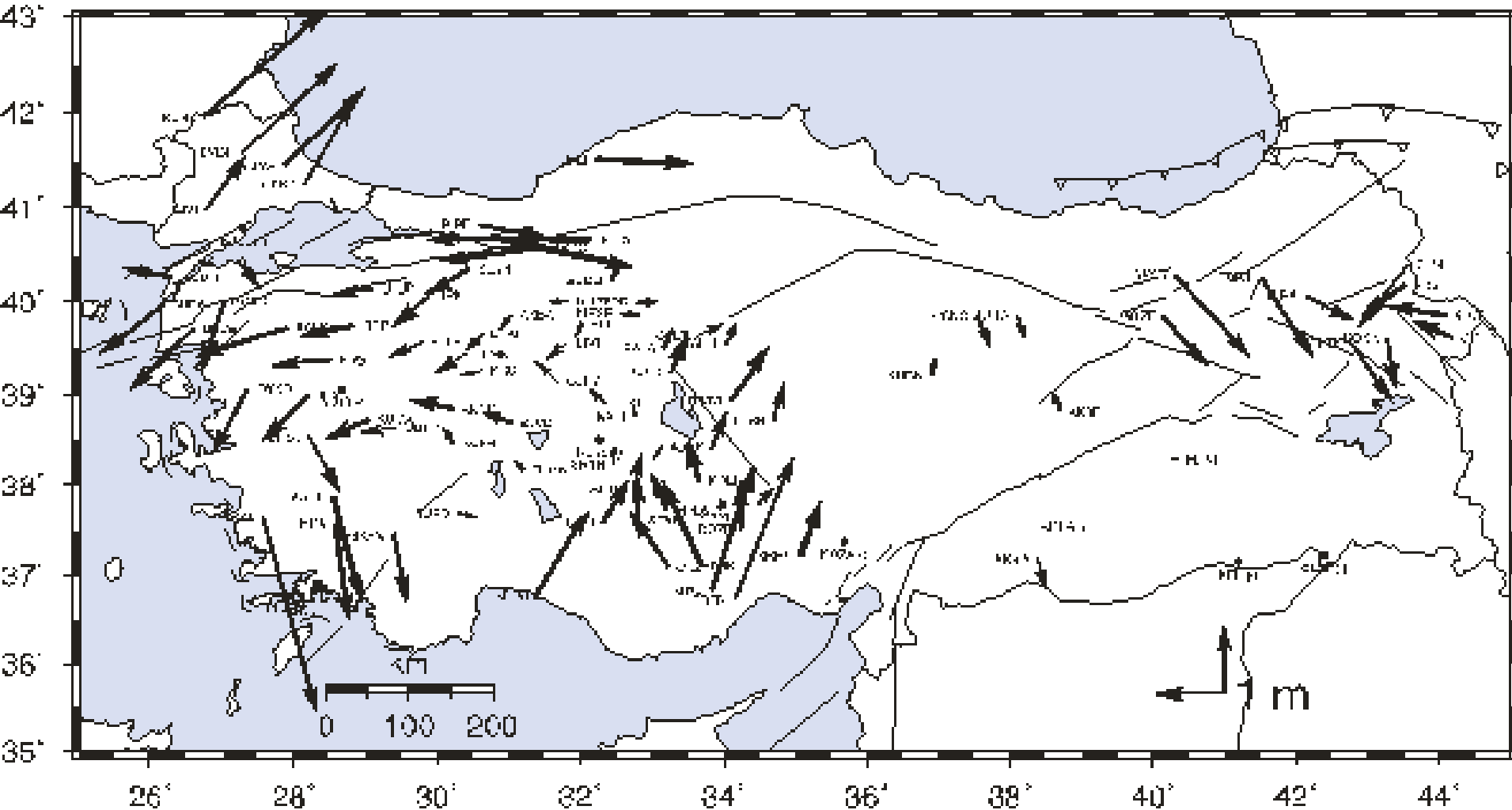
Bu amaçla ED-50 koordinatları bilinen **98 noktada** GPS ölçüsü yapılarak TUTGA-99 koordinatları belirlenmiştir.

TUTGA-99 ve ED50 Ortak Noktaları

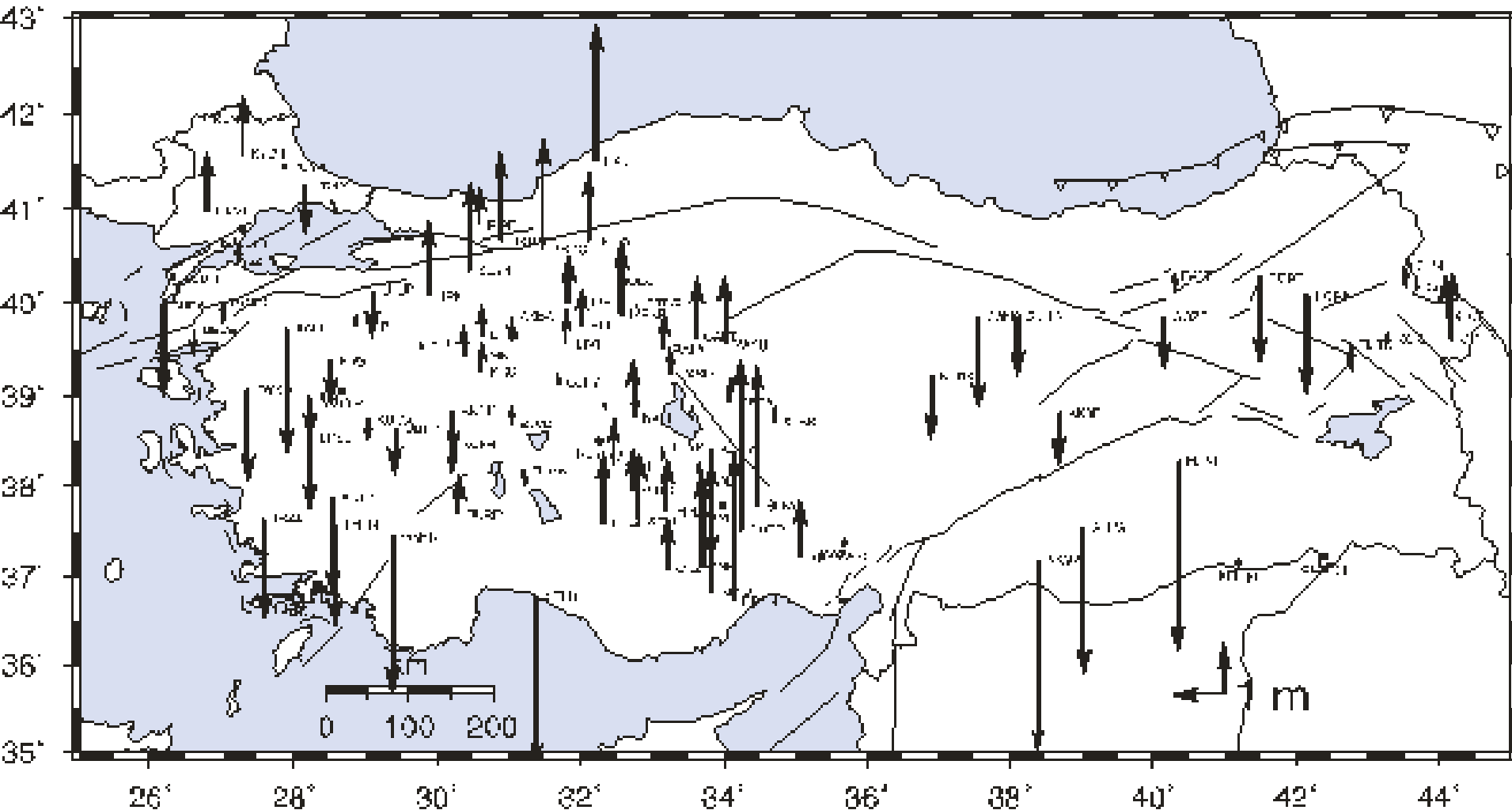


Her iki koordinat sisteminde koordinatları bilinen ortak noktaların ülke geneline dağılımına bakıldığında, noktalar **35 derece boylamının batısında yoğunlaşmakta, doğusunda ise nokta sıklık ve dağılımının yetersiz olduğu**, ayrıca Orta ve Doğu Karadeniz Bölgeleri ile İç Anadolu Bölgesinin kuzey ve kuzeydoğusunda ise **nokta dağılımında boşluk** olduğu görülmektedir.

ED50'den TUTGA99'a Dönüşümden sonra ED50 Yatay Koordinatlarına Gelen Düzeltilmeler



ED50-TUTGA99'a Dönüşümden sonra ED50 Düşey Koordinatlarına Gelen Düzeltilmeler



- Yeni Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliğinde bundan böyle ülkenin **Temel Nirengi Ağının TUTGA-99 olması** ve koordinat sisteminin de **Uluslararası referans sistemi olan ITRF96** olması benimsenmiştir.
- **Yeni jeodezik datum (TUTGA-99)** dur.