

YAĞIŞ

- Yağış oluşumu
- Yağış ölçümü
- Yağış analizleri
 - Hyetograph
 - Alansal ortalama yağış hesabı
 - Basit ortalama
 - Thiessen polygons
 - Eşyağış (Isohyetal) harita
 - Derinlik-Alan-Süre (D-A-D) eğrileri
 - Şiddet-Süre-Frekans (I-D-F) eğrileri

Yağış Oluşumu

1. Atmosferin ilgili bölgesinde yeterince su buharı bulunmalıdır.
2. Sıcaklık yoğunlaşma olmasını sağlayacak kadar düşük olmalıdır.
3. Yoğunlaşma olmalıdır.
4. Atmosferde oluşan damlalar ya buz kristalleri, havadaki türbülansı aşarak düşey yönde aşağı doğru harekete başlayacak büyüklüğe ulaşmalıdır.

Su taneciklerinin yeterince büyümesi (çap, buharlaşma ve yukarı yönlü hareketler) için:

Sıvı tanecikler arasında, buz parçacıkları arasında ve buz parçacıkları ile su damlaları arasında (dolu).

Belirgin bulut derinliğine ve yüksek sıvı su miktarına ($>0^{\circ}\text{C}$) sahip olan bulutlar yağış oluşturur.

Yağış taneciklerinin çap büyüklükleri 0.8-8.0 mm arasında değişir.

Yağış Türleri

- Konvektif yağışlar
- Cephe yağışları
- Orografik yağışlar

Konvektif Yağışlar

- Yeryüzü ve üzerindeki hava kütlesi ısınır.
- Isınan hava kütlesi, yoğunluğu azaldığı için yükselir, ancak yükselirken dinamik (adyabatik) olarak soğur.
- Hava soğudukça, sıcakken içindeki nemi taşıyamayacak hale gelir, önce yoğunlaşma sonra yağış olur.
- Konvektif yağışlar tropikal kuşakta ve yazın dağların arasında kalan bölgelerde gerçekleşir.

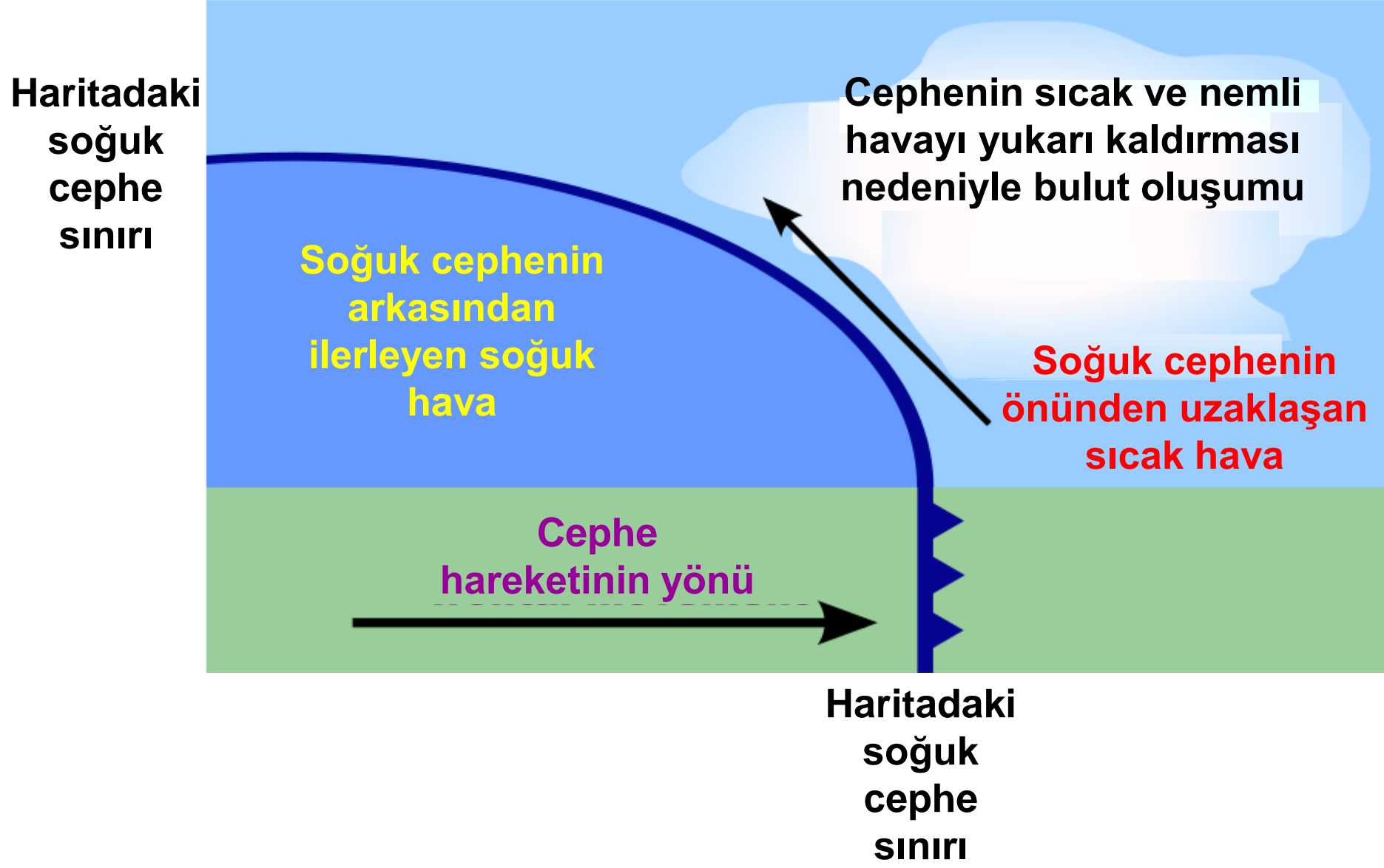
Konvektif Yağışlar



Cephe Yağışları

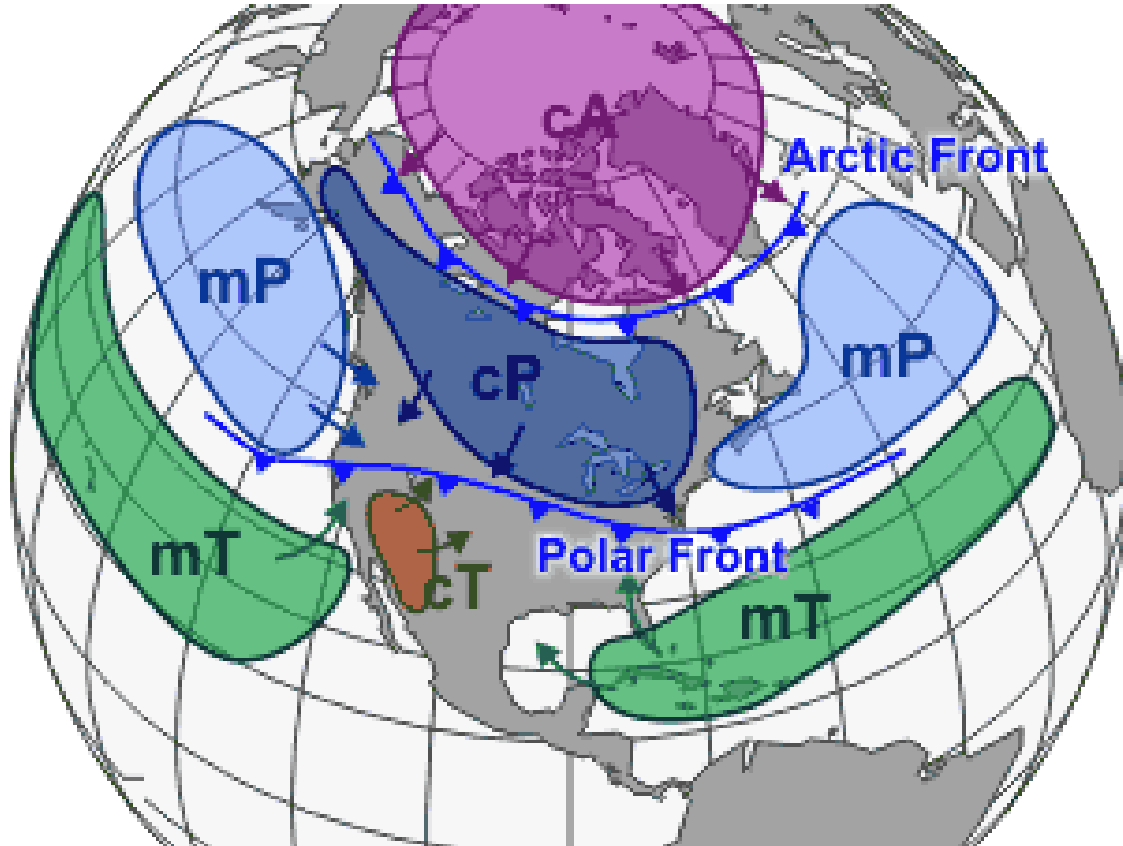
- Farklı sıcaklıkta iki hava kütlesi bir cephe boyunca karşılaştıklarında sıcak hava yükselir, soğuk hava aşağı iner.
- Soğuk havanın sıcak havayı itmesi durumunda soğuk cephe yağışı oluşur.
- Sıcak havanın soğuk havayı iterek ilerlemesi durumunda sıcak cephe yağışı oluşur.

Soğuk Cephe Yağıışı



Cephe Yağışları

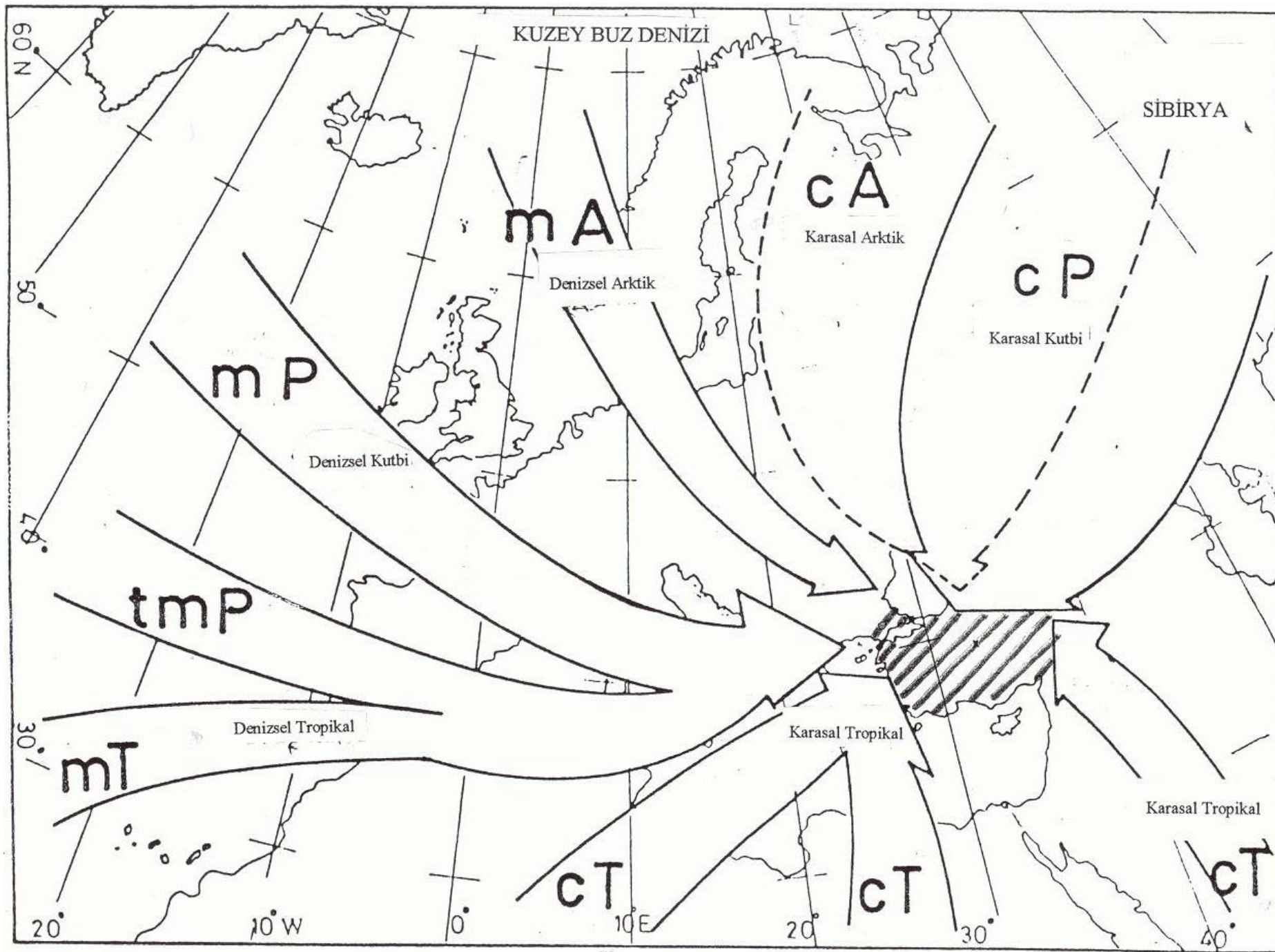
- Cepheler, iki hava kütlesi arasında oluşmaktadır.

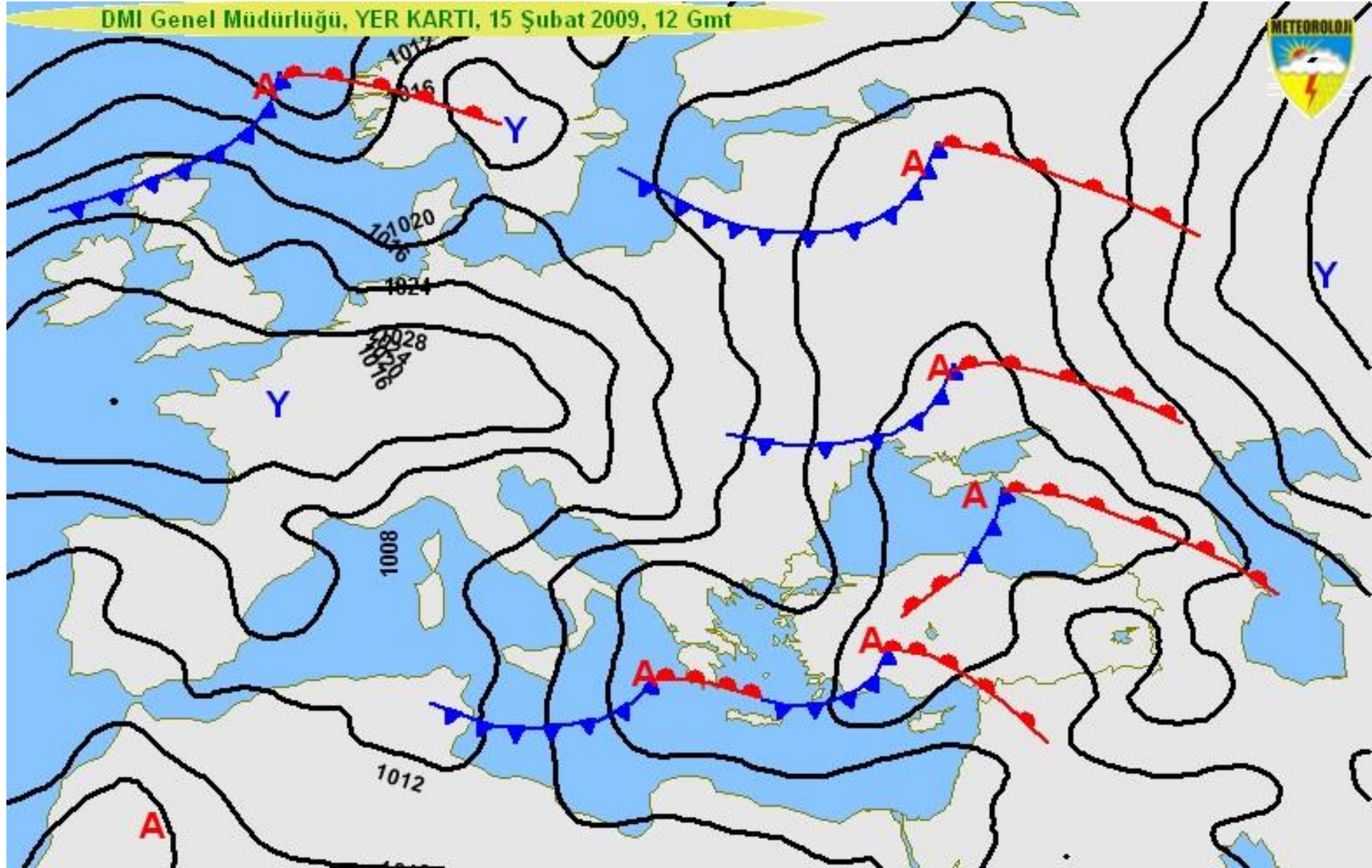


cA : Karasal Arktik
cP : Karasal Kutbi
mP : Denizsel Kutbi
cT : Karasal Tropik
mT : Denizsel Tropik

Soğuk cephe

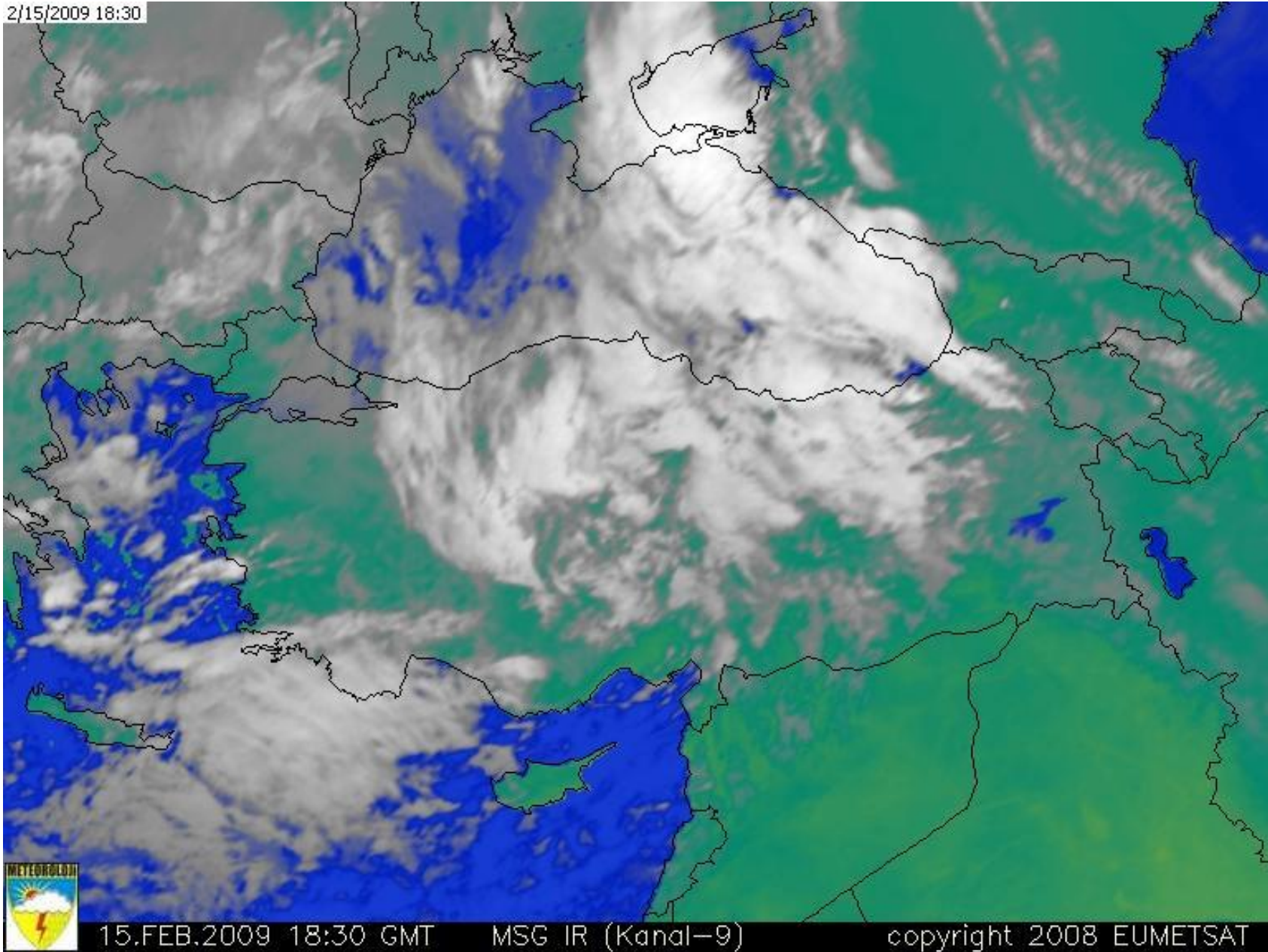
Sıcak cephe





Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Web Sitesi

2/15/2009 18:30



Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Web Sitesi

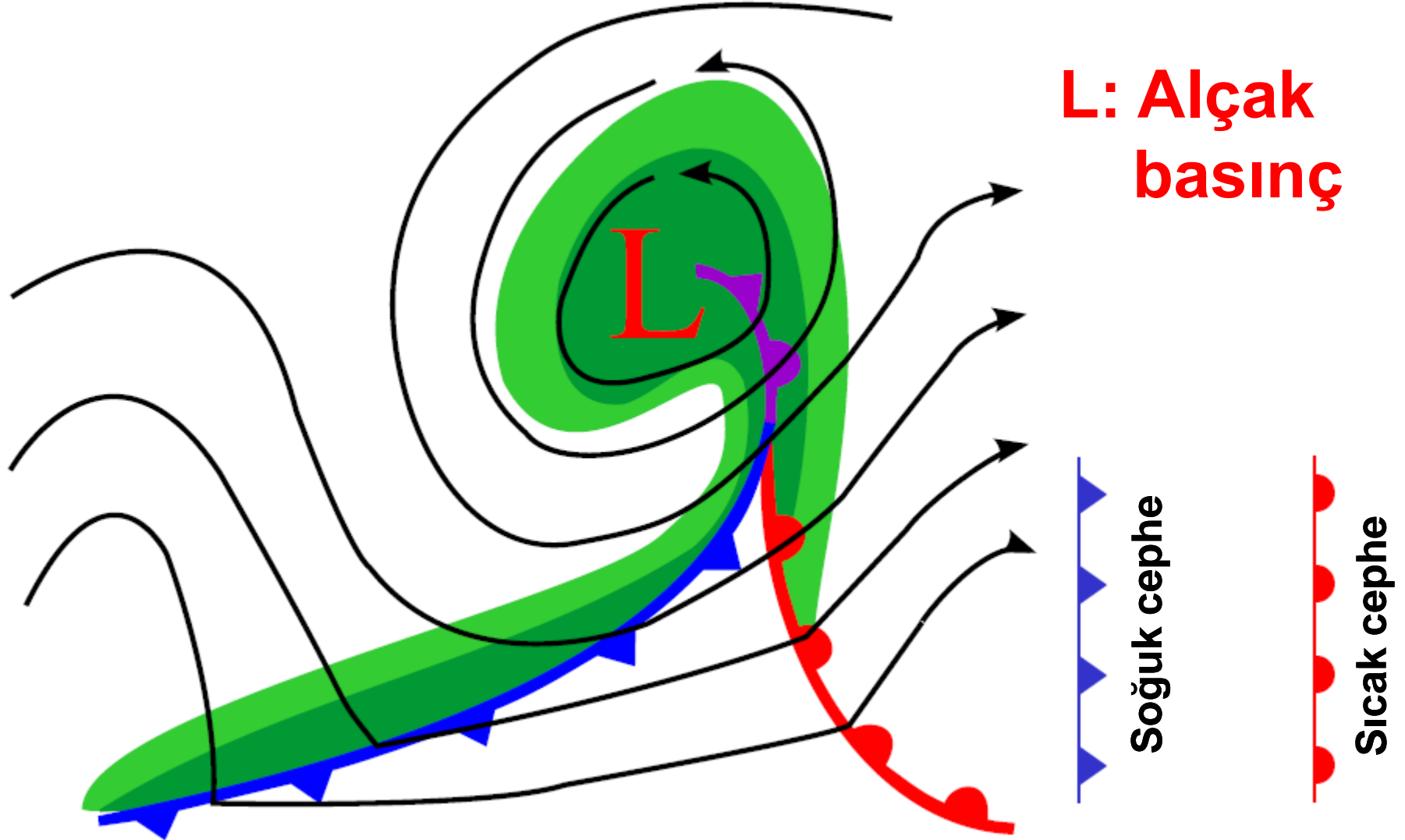
Sıcak Cephe Yağıışı



Siklon Nedeniyle Oluşan Yağış

- Siklon, bir alçak basınç merkezi civarında oluşan 800 – 1600 km çapında, spiral şekilli bir hava hareketidir.
- Merkezi bir baca gibi çalışarak altındaki havayı yükseltir, yükselen hava dinamik olarak soğur ve yağış oluşur.
- Birçok kaynakta, bir tür cephe yağışı olarak ele alınmaktadır.

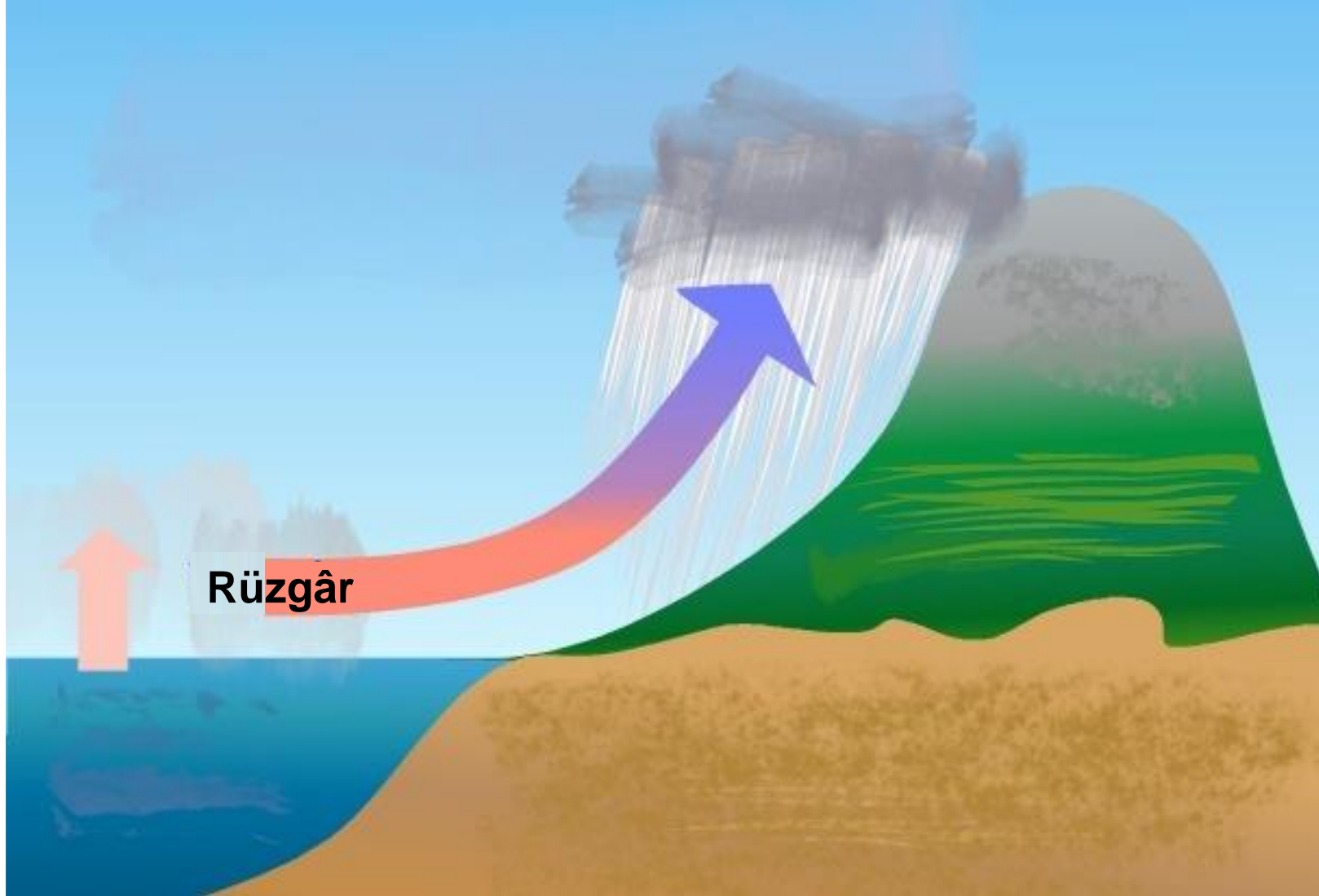
Siklon Oluşumu



Orografik Yağışlar

- Nemli bir hava kütesinin bir dağ dizisi gibi topografik bir engeli aşmak için yükselirken dinamik olarak soğumasıyla oluşur.
- Türkiye'de denize paralel sıradağların (Kuzey Anadolu Dağları, Toroslar) denize bakan yamaçlarında, denizden gelen sıcak ve nemli hava kütlelerinin yağış bırakması sonucu görülür.
- Orografik yağış alan bölgelerde, arazi kotu ile yağış yüksekliği arasında bir ilişki vardır ancak ani ve kısa mesafeli değişimler yağış miktarını etkilemez.

Orografik Yağışlar



• Yağış Tipleri

Farklı bulut oluşum mekanizmaları farklı ölçek ve yağış karakteri gösterir: (Hızlı yükselme daha yoğun yağış anlamındadır).

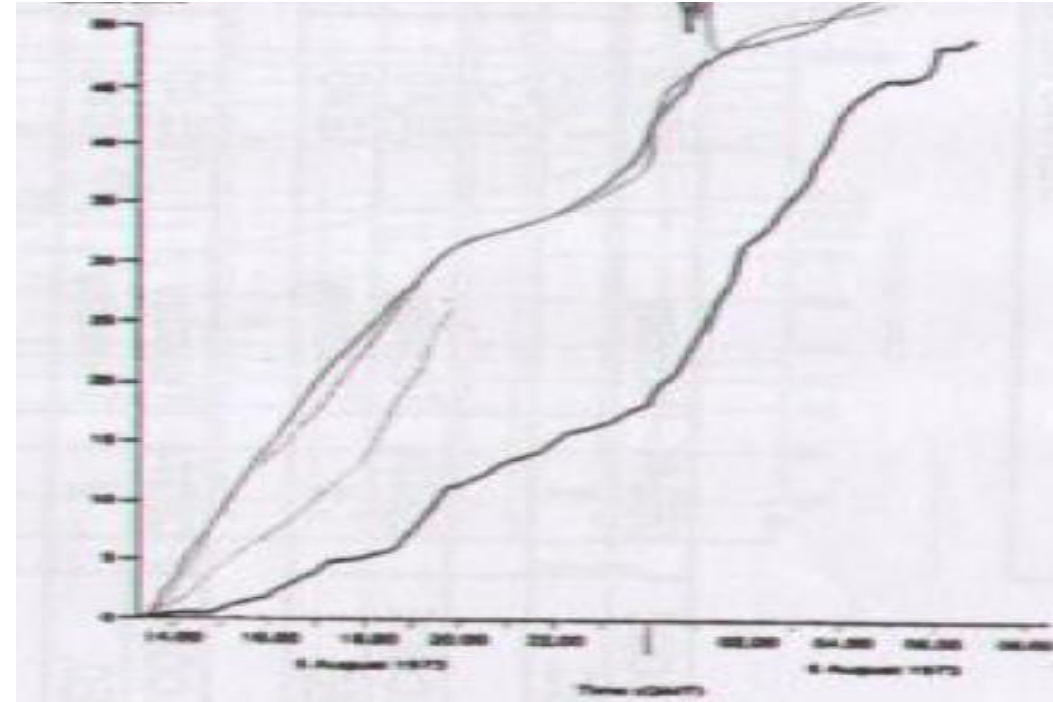
Konvektif Yağışlar: Düşey ve yatayda 100s-1000s m, hızlı lokal yükselme, yoğun lokal yağışlar

Cephesel Yağışlar: Geniş alan yağışları (1s-10s km), yavaş büyüme, geniş yayımlı daha hafif yağış

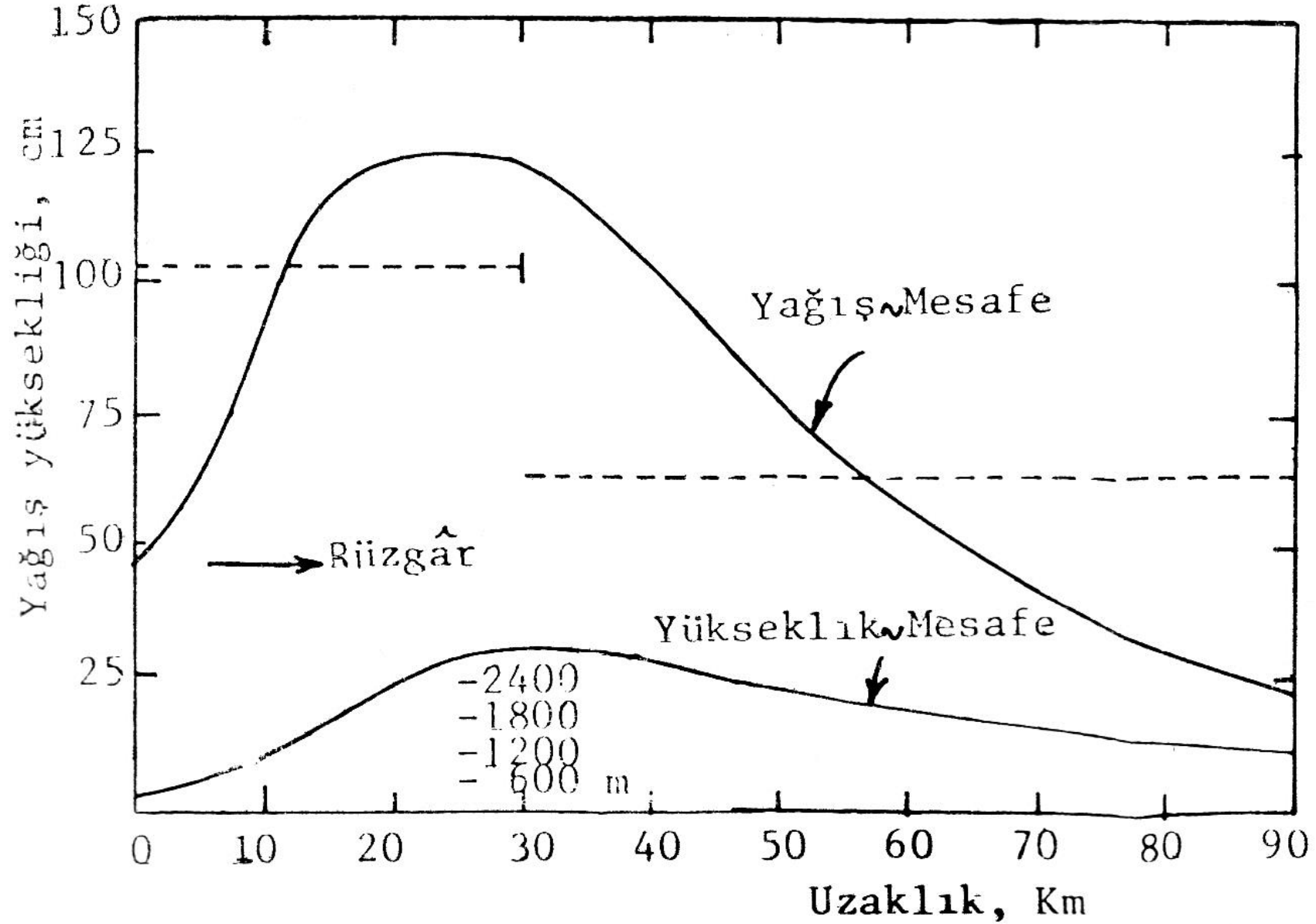
Yüzeysel Yağışlar: Çok küçük alanlarda etkili olan az miktarda yağışlar

Kümülatif yağış eğrisi:

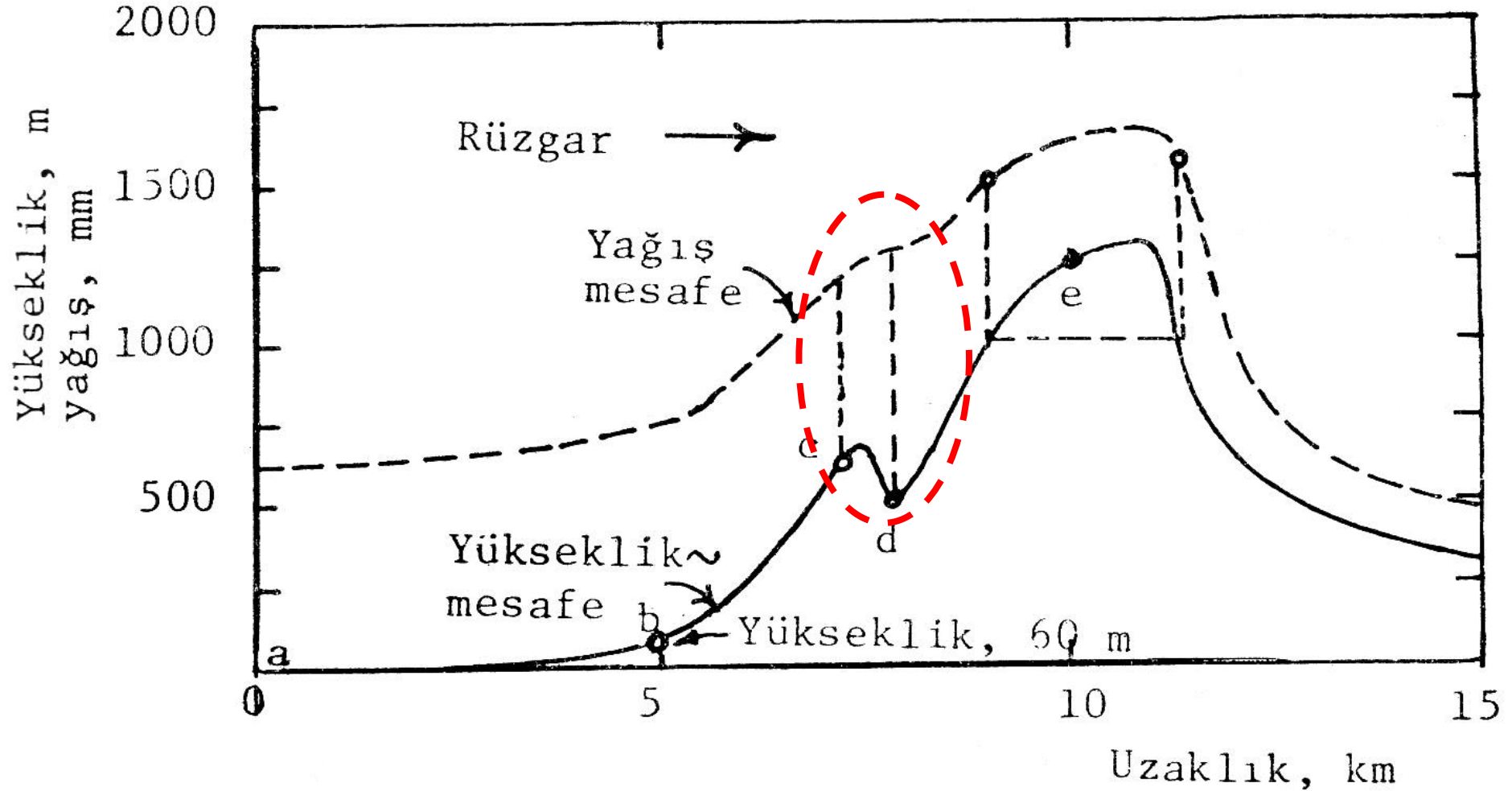
- Konvektif ve cephesel yağışlar



Yağış Yüksekliği ile Topğrafyanın İlişkisi



Topografyadaki Ani ve Kısa Mesafeli Değişikliklerin yağış Yüksekliğine Etkisi



Yağış Ölçümü/Tahmini

Yağış 3 farklı yolla ölçülebilir:

1. Yağış Ölçer (Gauge):

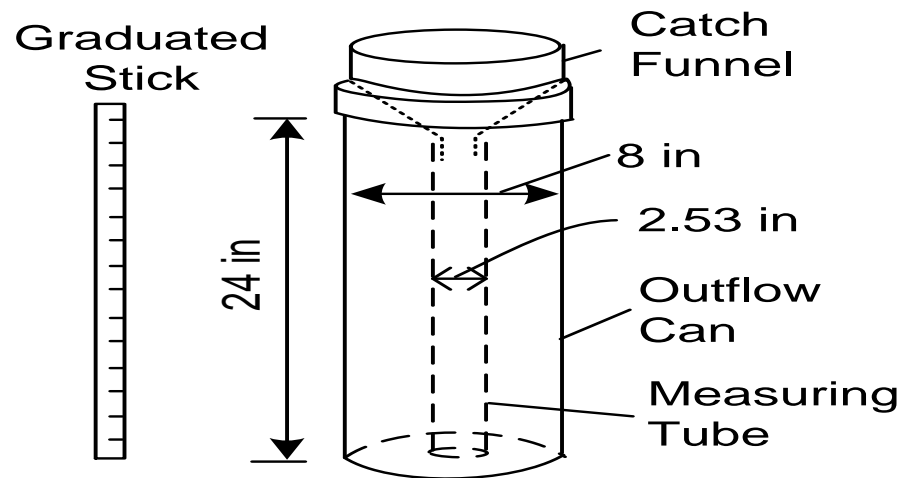
-Geleneksel ve uzun zaman serisi, noktasal ölçüm ve bu yüzden örnekleme hatası gösterir, konumsal taraflılık

-Zamanın belli bir periyodundaki toplam derinlik ve bu periyot içindeki değişimi

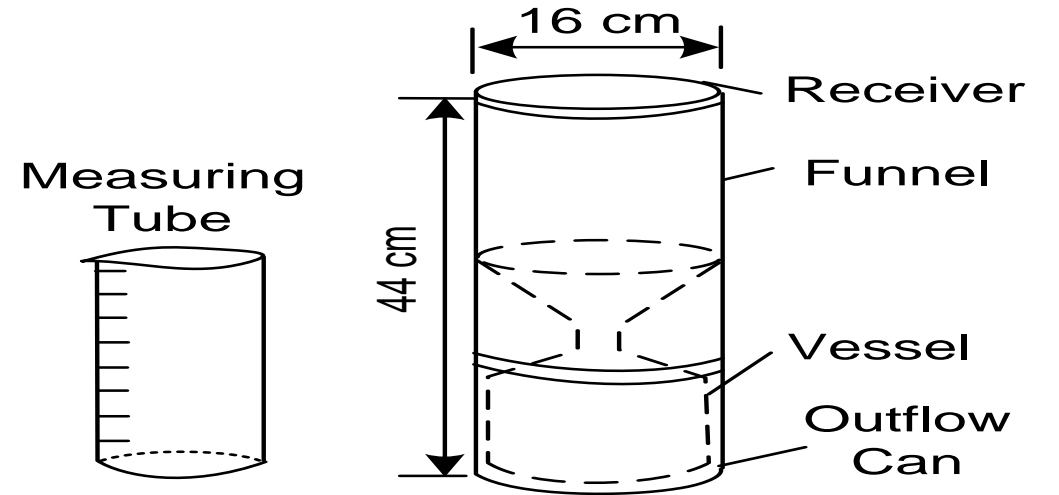
-Ölçüm aletlerinin tipleri 2 çeşittir: Kayıt etmeyen yağış ölçerler ve kayıtlı yağış ölçerler

****Kayıt etmeyen ölçerler:**

funnel+toplayıcı+ölçüm silindiri



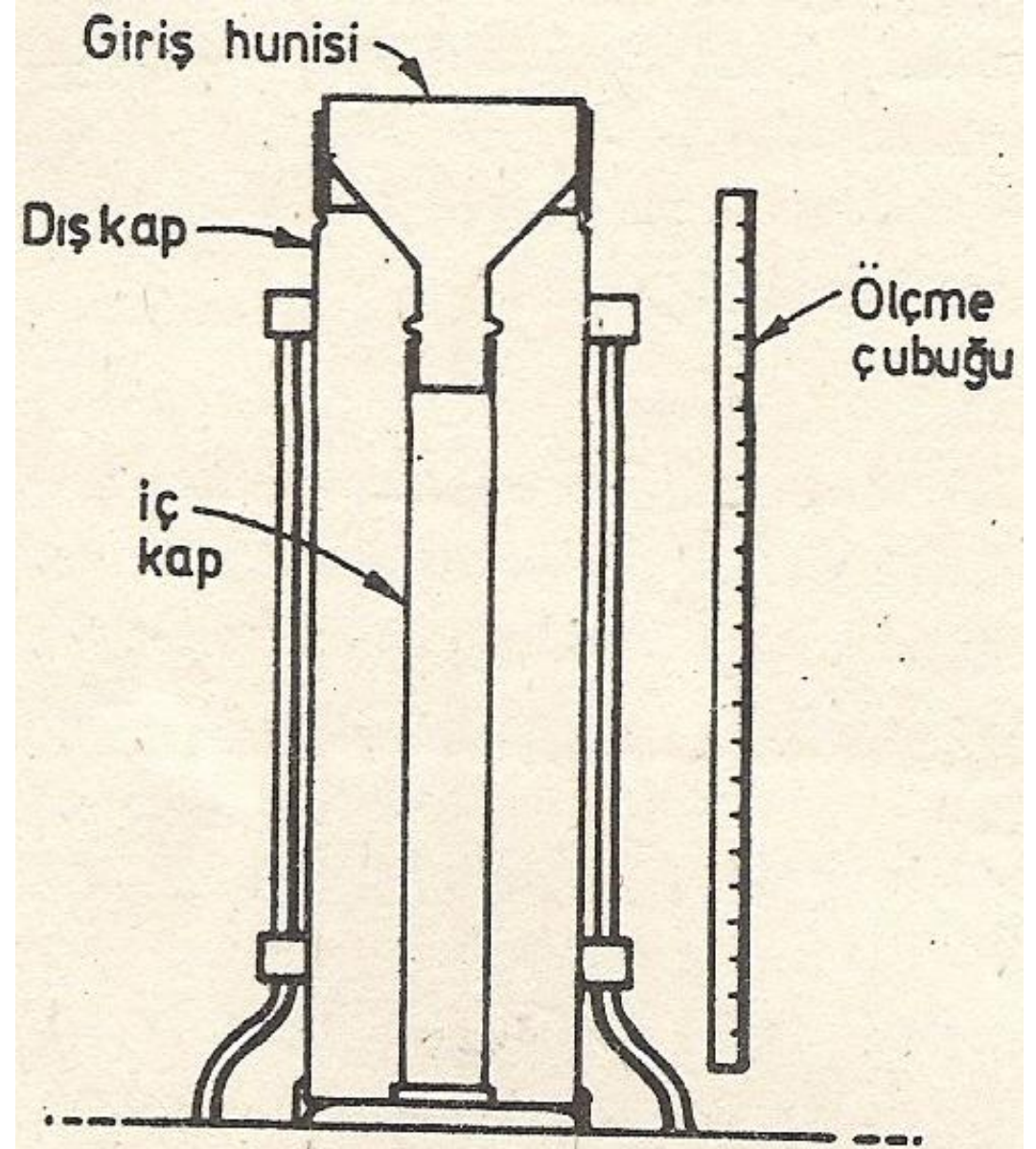
a) U.S. Weather Bureau type



b) Hellmann type

Plüviometre

Dış kap huni şeklindedir ve toplanan suyu iç kaba iletir. **İç kap silindir şeklindedir** ve enkesit alanı özel ayarlanmıştır. **İç kaptaki 1 cm su derinliği 1 mm yağış yüksekliğine denk gelmektedir.** Her gün seviye ölçülür. Silindir dolup su huniye taşmışsa bu durum hesaba katılmalıdır.



Yağış Ölçümü/Tahmini

****Kayıtlı yağış ölçerler (Plüviograf) :**

Ağırlıklı ölçerler, Tipping Bucket ölçerler, Float-type ölçerler

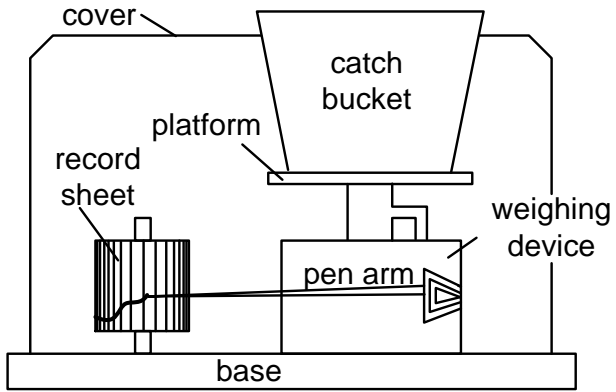


Figure 3.5a Recording rain gauge (Weighing type)

Tipping bucket



http://wb8.itrademarket.com/pdimage/78/987978_raingaugehd2013-2013-d_m_uk.jpg

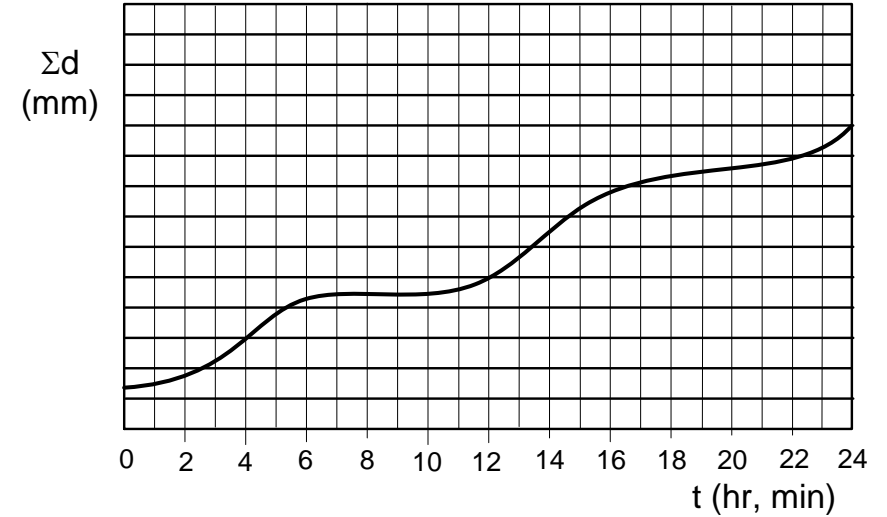


Figure 3.5b Recorded diagram

--Kayıtlı ölçümlerden yağış şiddeti hesaplanır.

-- > 0.1 mm ölçülebilir değerlerdir.

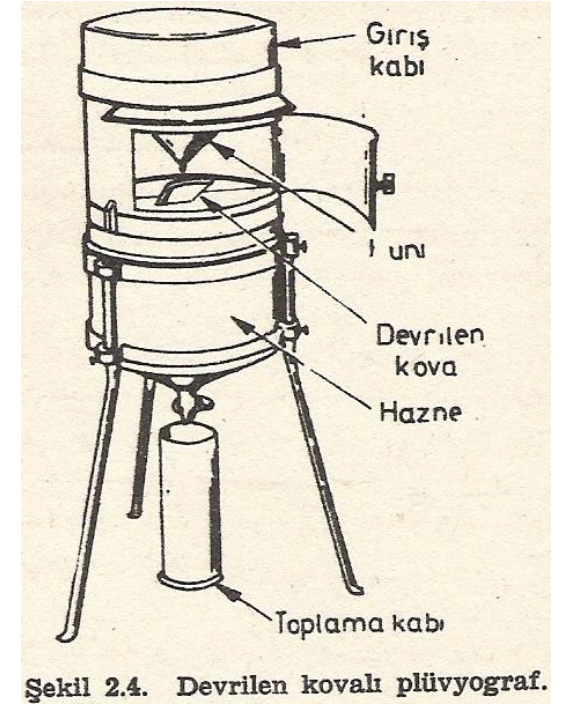
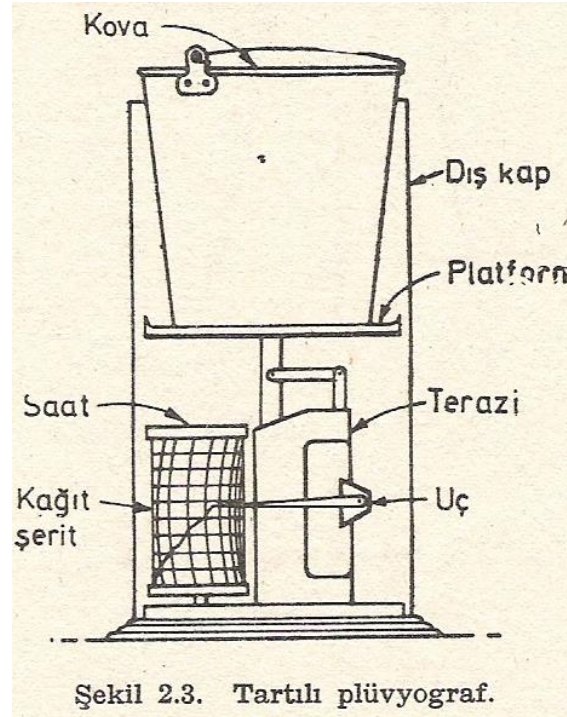
Ağırlıklı

Plüviograf

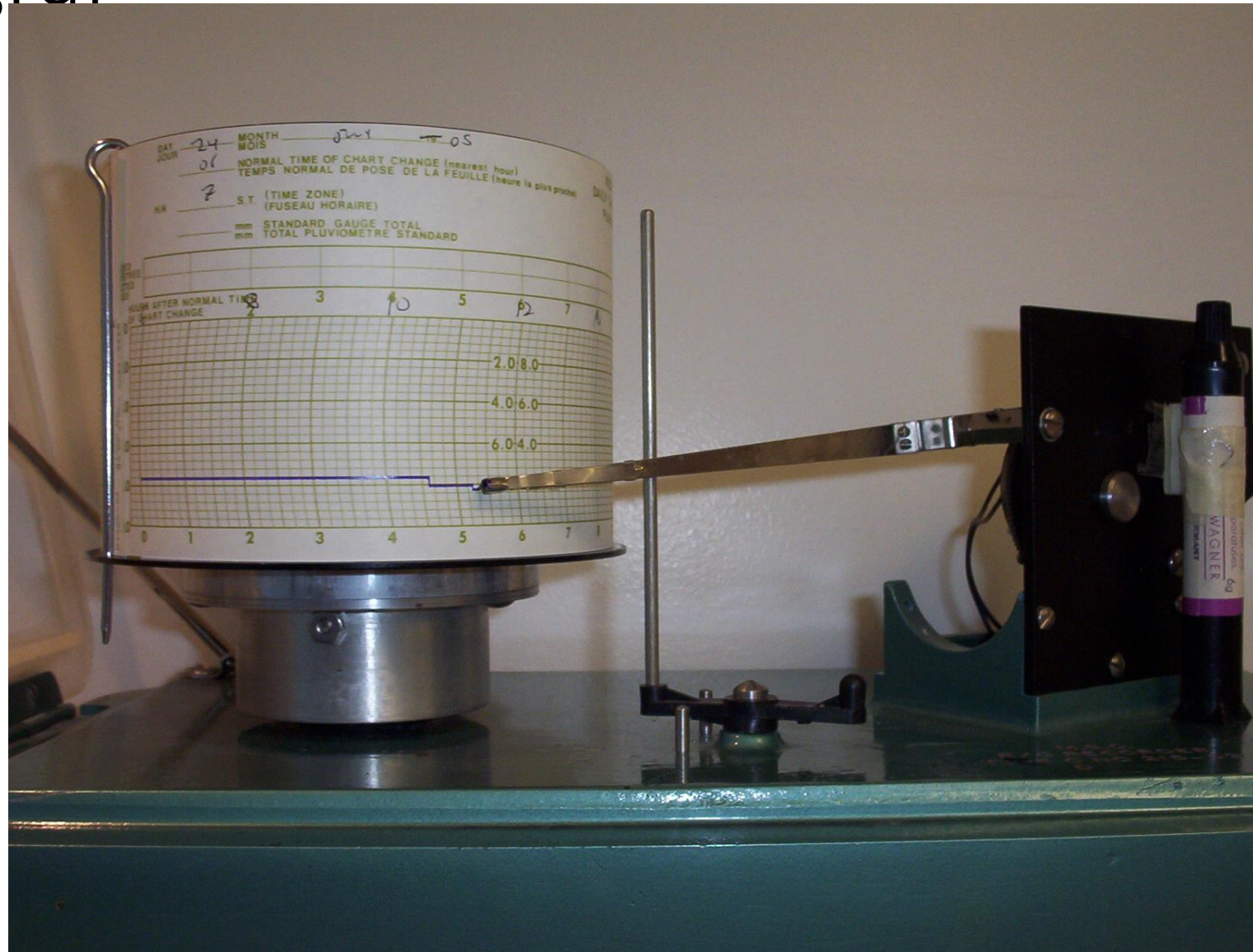
- Yağış yüksekliğini sürekli kayıt edip zamana göre çizerler.
- Elde edilen bilgi, yağış yüksekliğinin zamana göre değişimidir.
- Bu bilgi, yağmur suyu ve kanal projelerinde ve de taşkın seviyelerinin önceden tahmin edilmesinde gereklidir.

Plüviograf Türleri

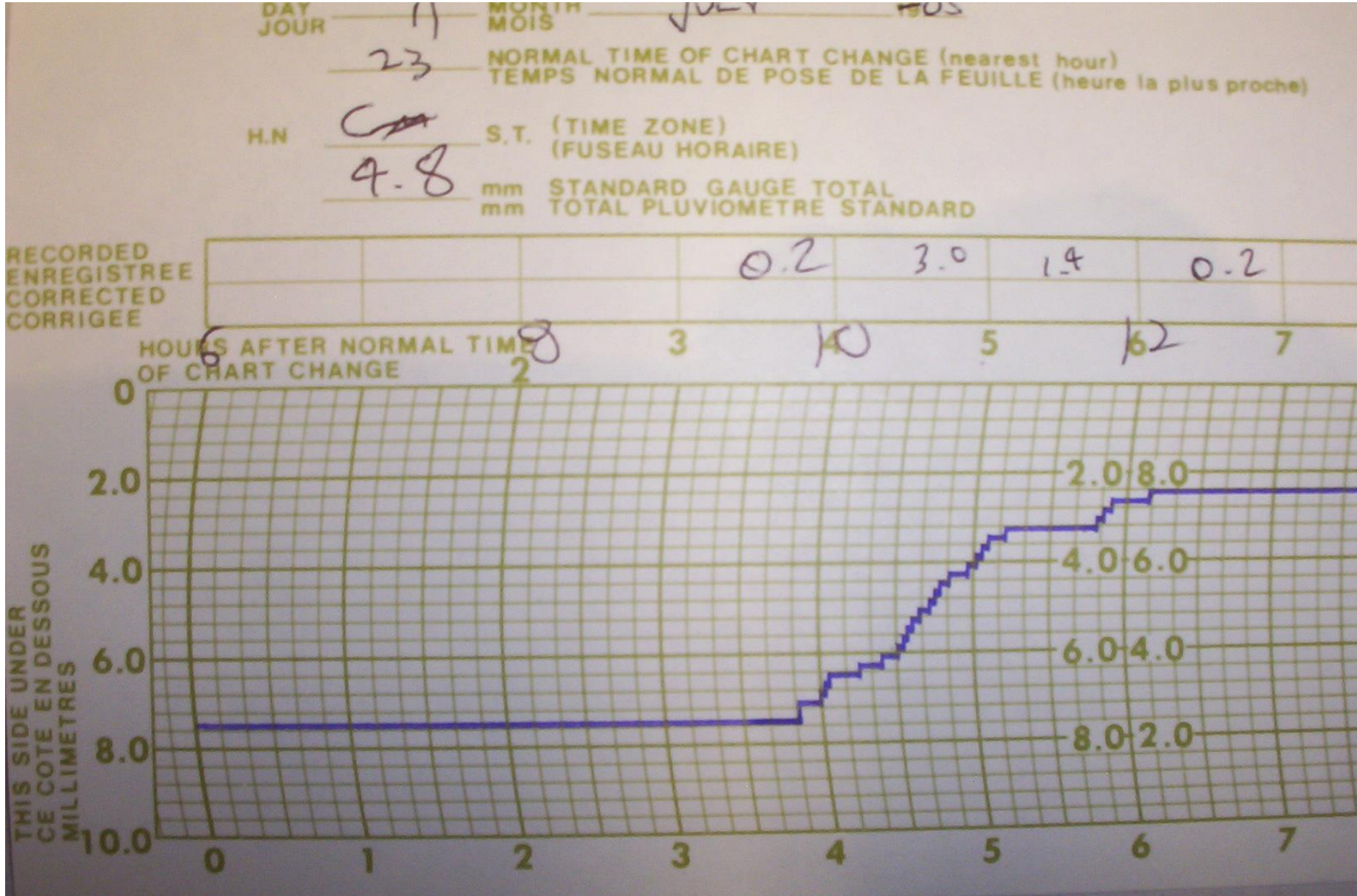
- Devrilen kovalı
- **Tartılı**
- **Yüzgeçli**



Plüviograf



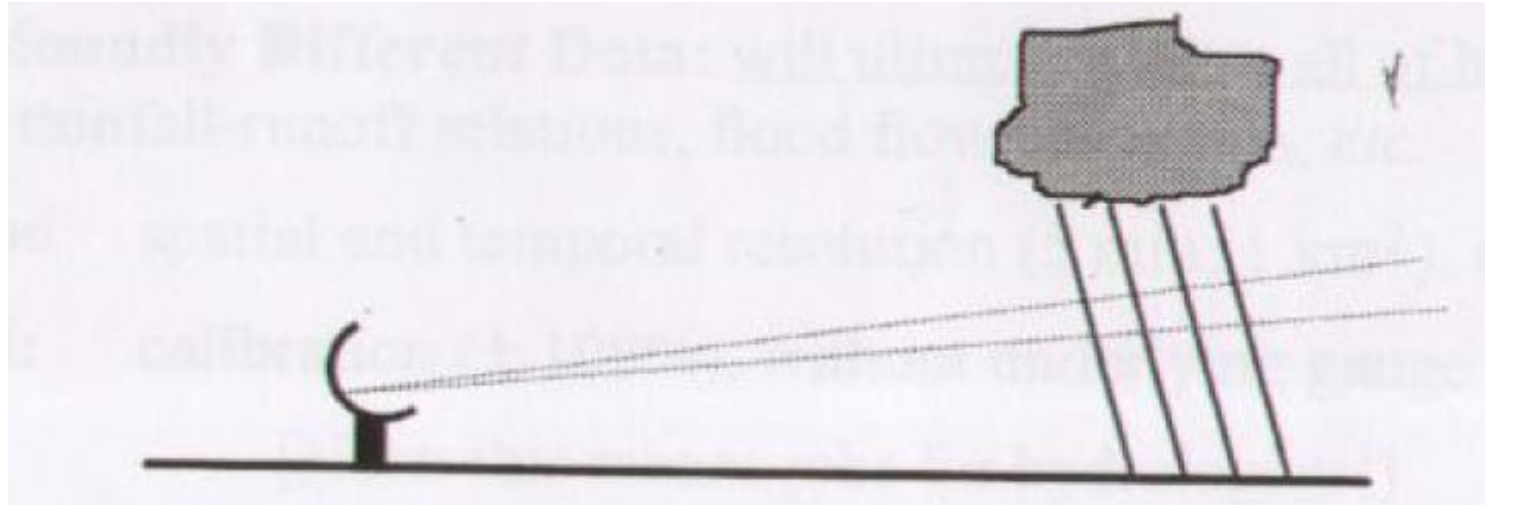
Yağış yüksekliğinin zamana göre değişimi



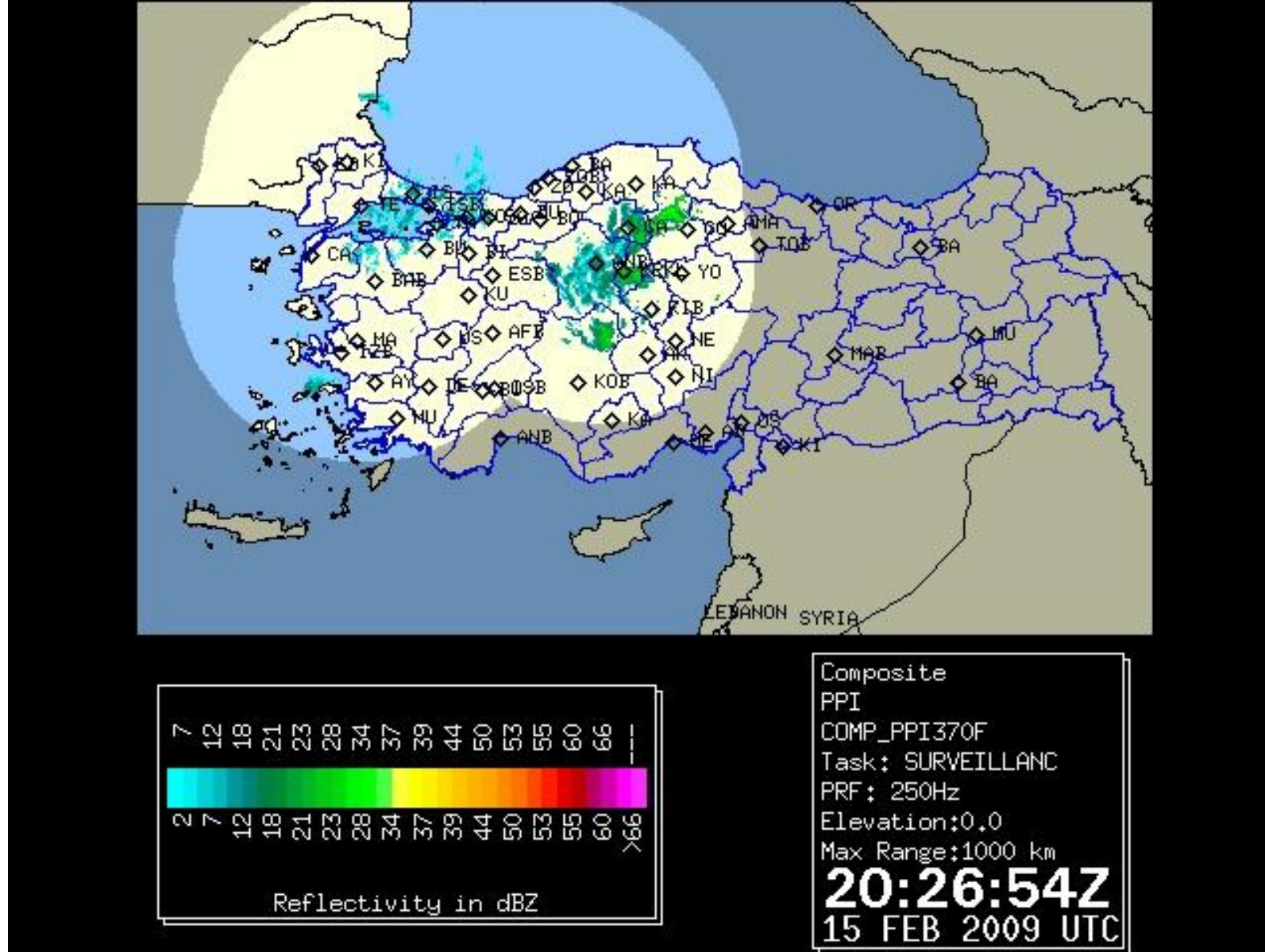
Yağış Ölçümü/Tahmini

2. Radar Yağış Ölçümleri:

- Bilinen ve değişen yönde (dönen bir anten ile) elektromanyetik radyasyonun gönderilmesi
- Geri yansıyan miktar toplanır
- 10 cm lik dalga ve yerden belli yükseklikte su hacmi görülür.
- Palmer Z-R ilişkisi ile yağış hesaplanır:
- $R = aZ^b$ a ve b damla büyüklüğüne bağlı olarak değişir ($a=0.13-0.28$; $b=0.62-0.75$) ve kalibre edilmesi gerekir.



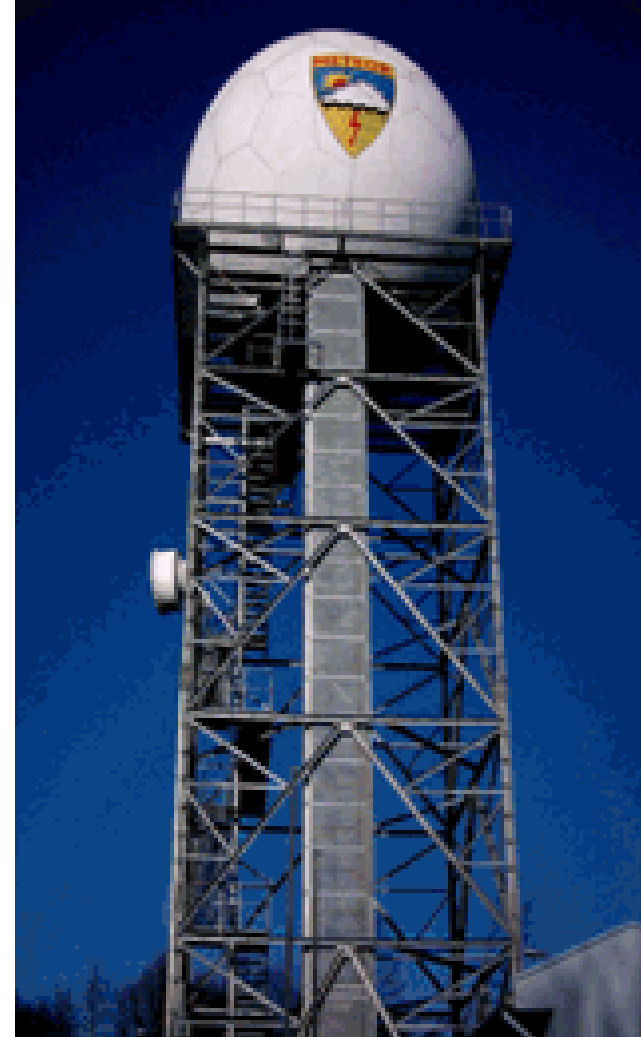
Radar



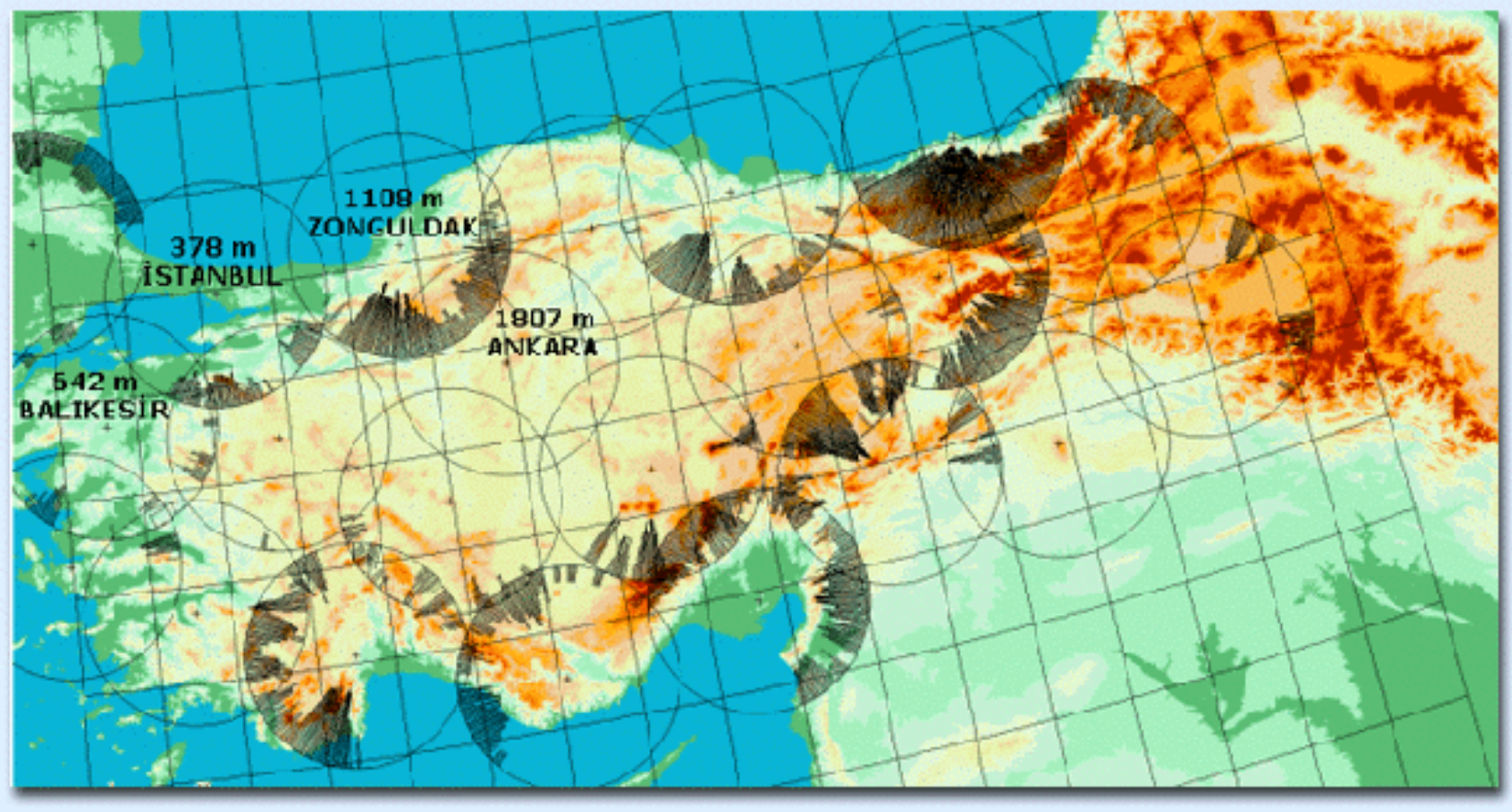
Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Web Sitesi

Radar ile Yağış Ölçümü

- Radarlar ile yağış şiddeti alansal olarak ölçülebilmektedir.
- Yağışın yerel dağılımı belirlenebilir.
- Özellikle geniş bir bölgede uzunca bir süre boyunca ortalama yağış yüksekliğini belirlemekte faydalıdır.

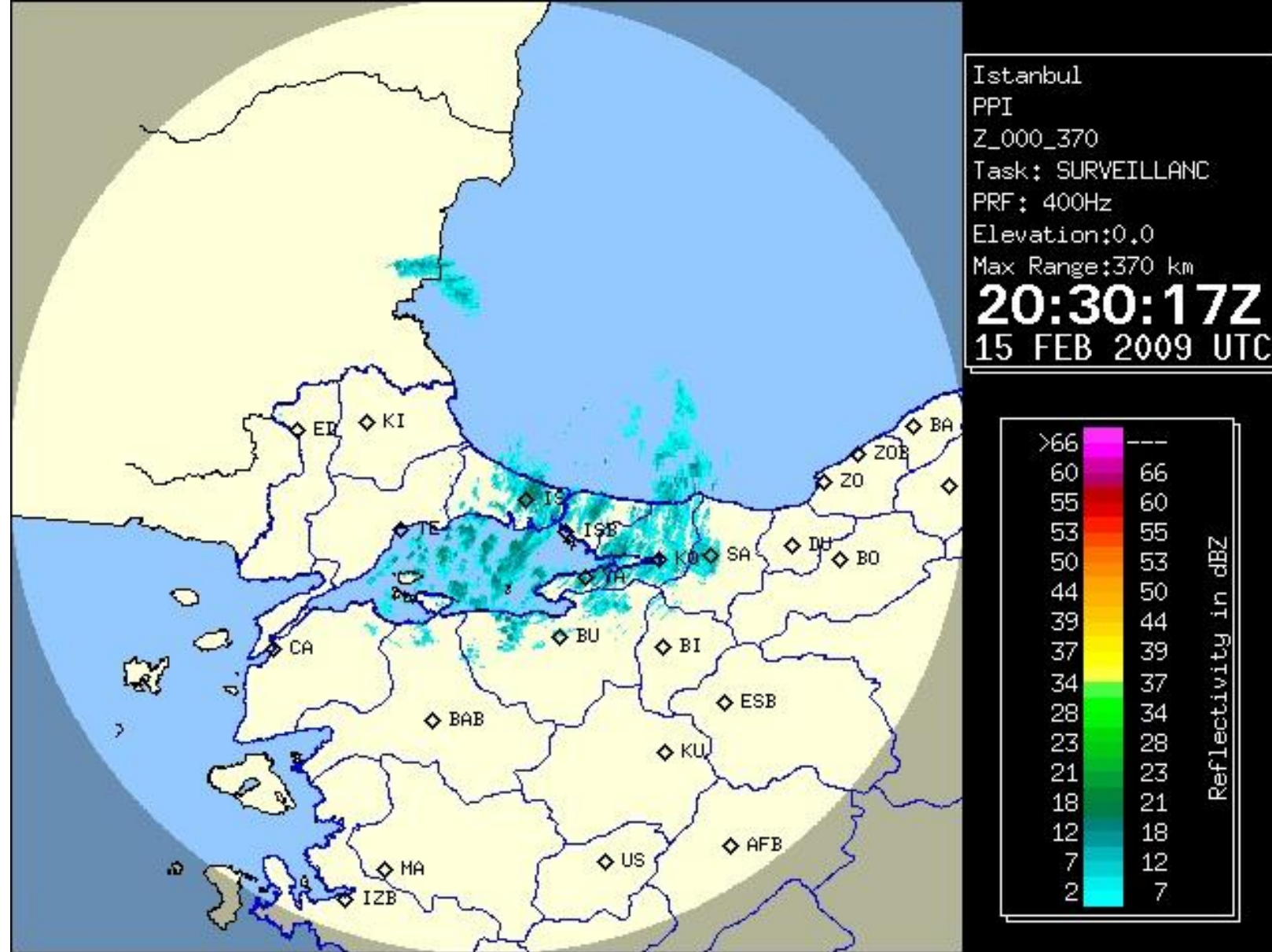


Türkiye'de Meteorolojik Radar Ağı



Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Web Sitesi

Radar







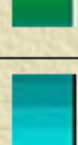


Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Web Sitesi

Radar



Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Web Sitesi

	Yağışın Cinsi	dBZ	Yağış Miktarı mm/saat
	Dolu ile birlikte Yoğun ve Şiddetli Gürültülü Sağanak Yağış	55>	>100
	Şiddetli Gök Gürültülü Sağanak Yağış	50-54	51 ile 100
	Mutedil veya Şiddetli Yağmur veya Karla Karışık Yağmur	45-49	26 ile 50
	Mutedil Yağmur veya Karla Karışık Yağmur	40-44	13 ile 25
	Hafif Yağmur , Mutedil veya Kuvvetli Kar	30-39	3 ile 12
	Çok Hafif Yağmur veya Hafif Kar	15-29	0.1 ile 2.9
	Çisenti veya açık hava hedefleri (böcek,toz vb.)	<15	0 ile İz

PPI, antenin belirli bir yükseklik açısında (vertical elevation) sabit tutulmasıyla elde edilen bir üründür. Yatayda (azimut) 0-360° tarama yaparak elektromanyetik dalga gönderilir. Bu görüntüde, radarın tespit ettiği ekoların reflektivite değerlerine göre radarın kaplama alanı içerisinde yer alan hedeflerin gerçek koordinatları ve varsa yağışlı bölgeler belirlenir. Görüntünün sağında bulunan renk skalası dBZ cinsinden reflektivite değerlerini gösterir.

Yağış Ölçümü/Tahmini

3. Uydu Yağış Tahminleri:

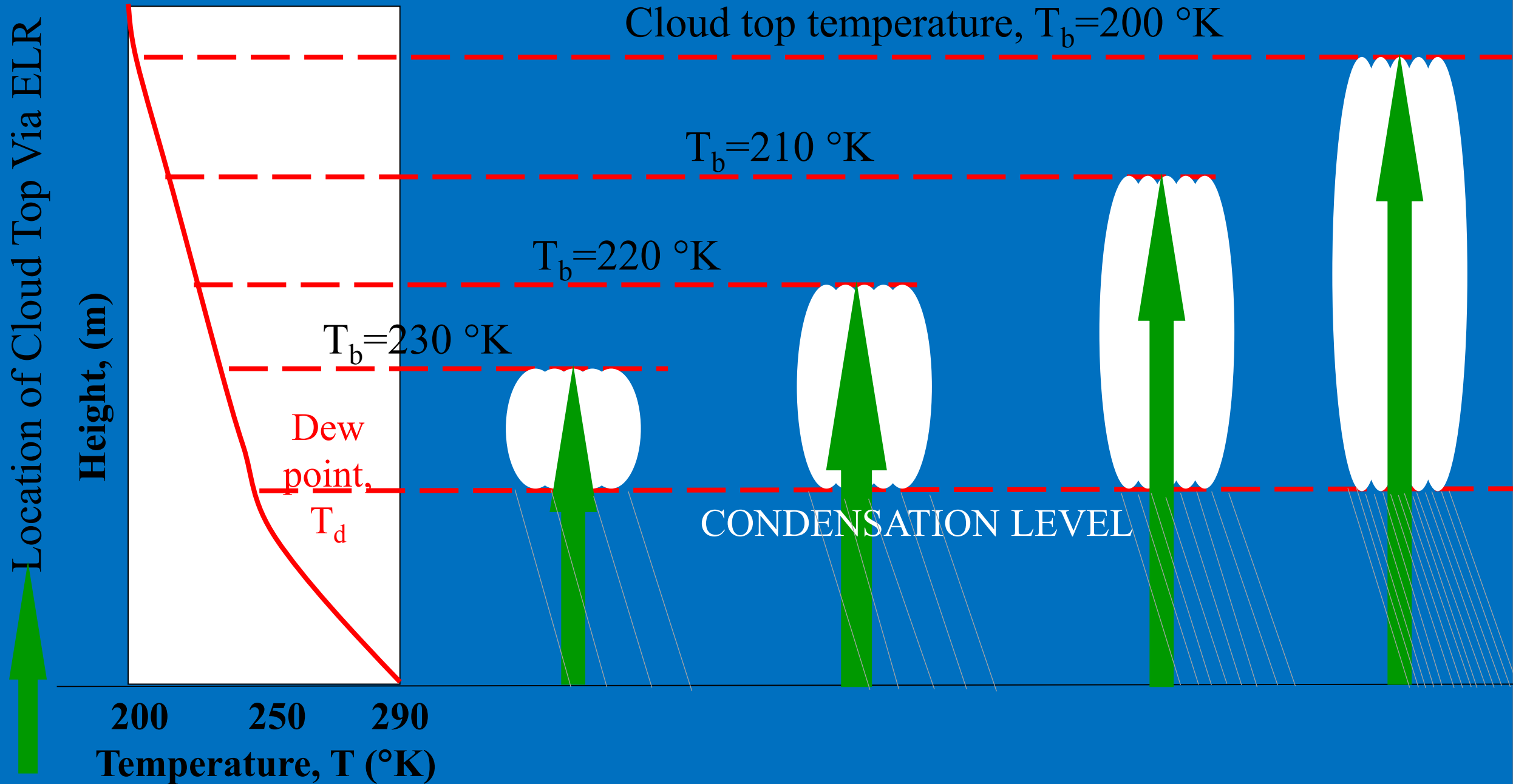
-Yağış ölçer olmayan ve geniş alanlar üzerinde yağış elde edilir (dolaysız olarak).

-Bulut indeksleme ile– bulut tip ve kaplama alanının haritalandırılması ile meydana gelebilecek yağışın olasılığı ve şiddeti kullanılır.

$$R = [\text{Bulut Yüzdesi}] * [\text{Yağış Olasılığı}] * [\text{Mümkün olan Yağış Şiddeti}]$$

- Bulut tepesi parlaklık sıcaklık eşdeğer metodu– İnfrared veri kullanılarak bulut tepesi parlaklık sıcaklığı bulunur, daha soğuk sıcaklık daha kalın bulut derinliği ve yüksek yağış anlamındadır.

Bulut Tepesi Sıcaklık (IR) Metodu



Yağış Ölçümü/Tahmini

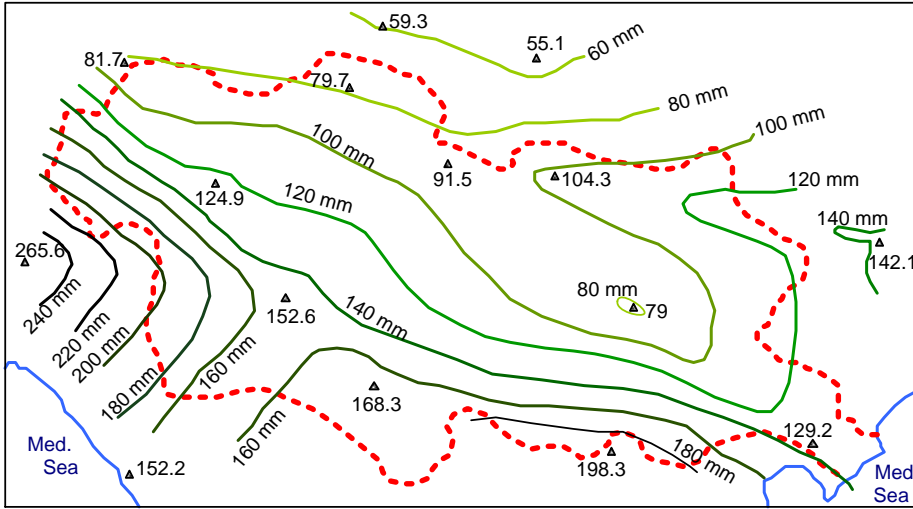
1.Yağış Ölçer (Gauge): Alansal temsilcilik

Yağış istasyonları ağı dizaynı zor bir görevdir:

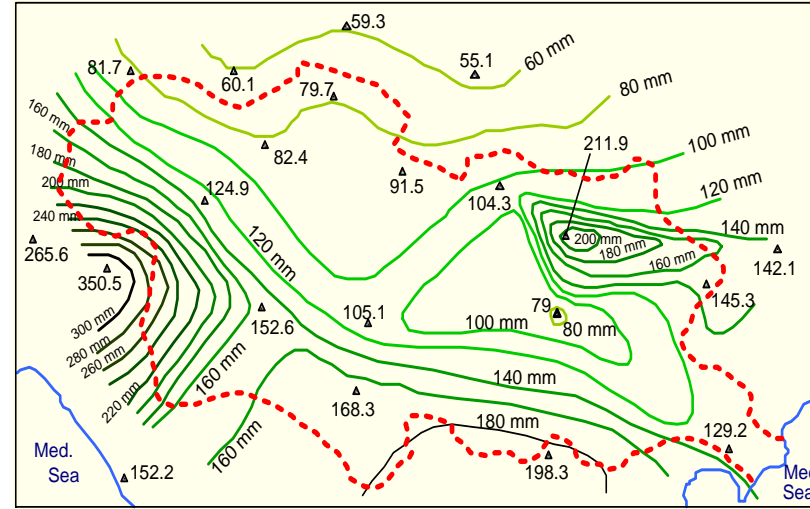
-WMO standartlarına göre orta enlem ve Akdeniz alanlarında ki dağlık bölgelerde yağış ölçer başına 100-250 km² alan kabul edilir.

-Ortalama hata istasyon sayısı arttıkça düşer.

İstasyon network etkisi:



a) areal mean precipitation = 126.25 mm (with 15 stations)



b) areal mean precipitation = 130.86 mm (with 21 stations)

-Kar şiddet ölçümleri zordur– erimesi zaman alır, buharlaşma ve süblimasyon kayıpları vardır, rüzgar etkisi.

-En çok kullanılan yöntem kar yüksekliğini ölçmektir– taze kar yoğunluğu için de su yoğunluğunun %10'u alınabilir.

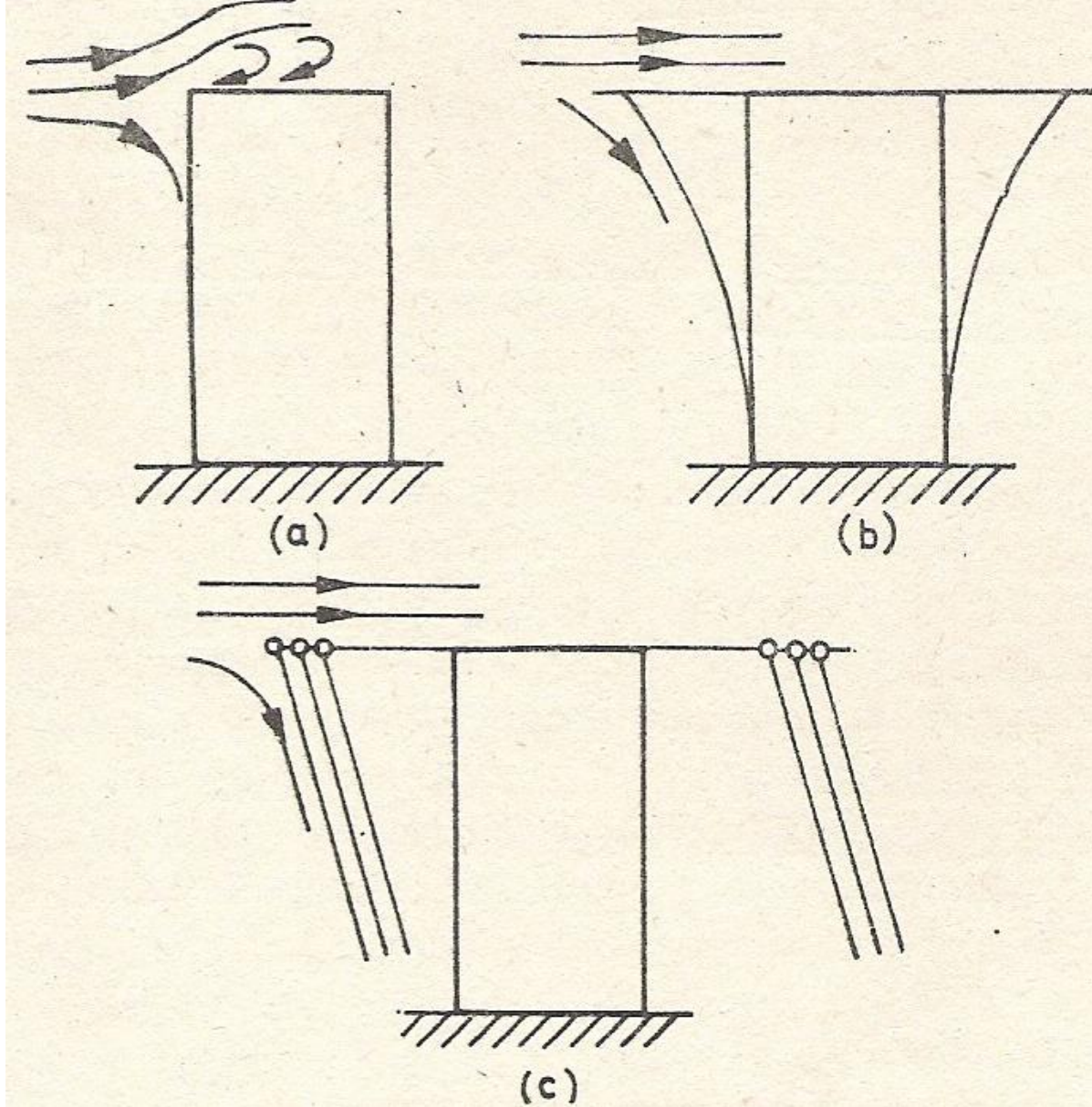
Yağış Ölçümü Hataları

Hataların nedenleri:

- Rüzgâr (Yağmuru sürükler.)
- Yağışölçer civarında ağaç ve binaların olması (Yağmurun yağışölçere girmesini engeller.)
- Yağışölçere yabancı madde (toz-toprak) girmesi
- Mekanik arızalar (plüviograflarda)

Hataların en önemli nedeni rüzgârdır.

Yağışölçerler için rüzgâr perdeleri



(a) Perdesiz yağışölçer

(b) Nipher perdeli (ters koni) yağışölçer

(c) Alter perdeli yağışölçer (kar ölçümü için daha uygun)

Yağışölçerlerin Yerleřtirilmesi

- Zemine çok yakın ya da çok yükseğe konulmamalıdır.
- Ölçüm yapılması istenen bölge yağışölçerler ile ağ gibi sarmalıdır.
- Yağışölçerlerin yalnızca ovalara yerleştirilmesi yağışı karakterize etmez. Ayrıca dağların hâkim rüzgârı alan yamaçlarına da yerleştirilmelidirler.
- Dünya meteoroloji teşkilatı optimum ölçek sıklığı olarak düz bölgelerde 600-900 km²'de, dağlık bölgelerde 100-250 km²'de bir ölçek tavsiye etmektedir.

Yağışölçerlerde yükseklik düzeltmesi

$$\underbrace{\frac{P'}{P}} = 1 - 0,0598 \cdot \underbrace{\sqrt{H}}$$

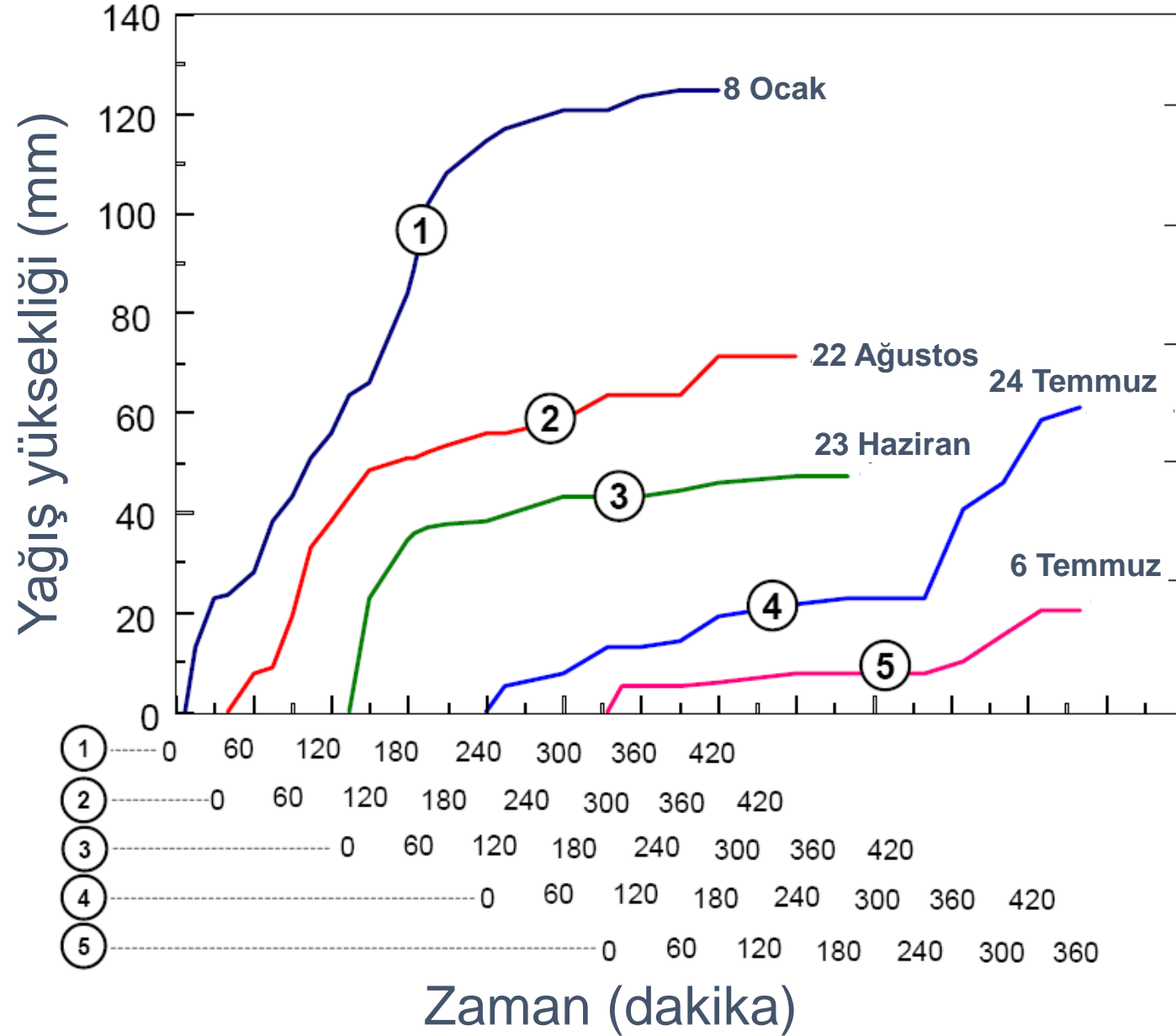
**Ölçülen yağış
yüksekliğinin
gerçek yağış
yüksekliğine
oranı**

**Zeminden
yükseklik (m)**

Toplam Yağış Eğrisi

- Yağış yüksekliğinin zamana göre değişimidir.
- Plüviograf ile elde edilir.
- Genellikle idealleştirilip basamaklı bir çizgiye büründürüldükten sonra incelenir.

Toplam Yağış Eğrisi



Yağış Şiddeti

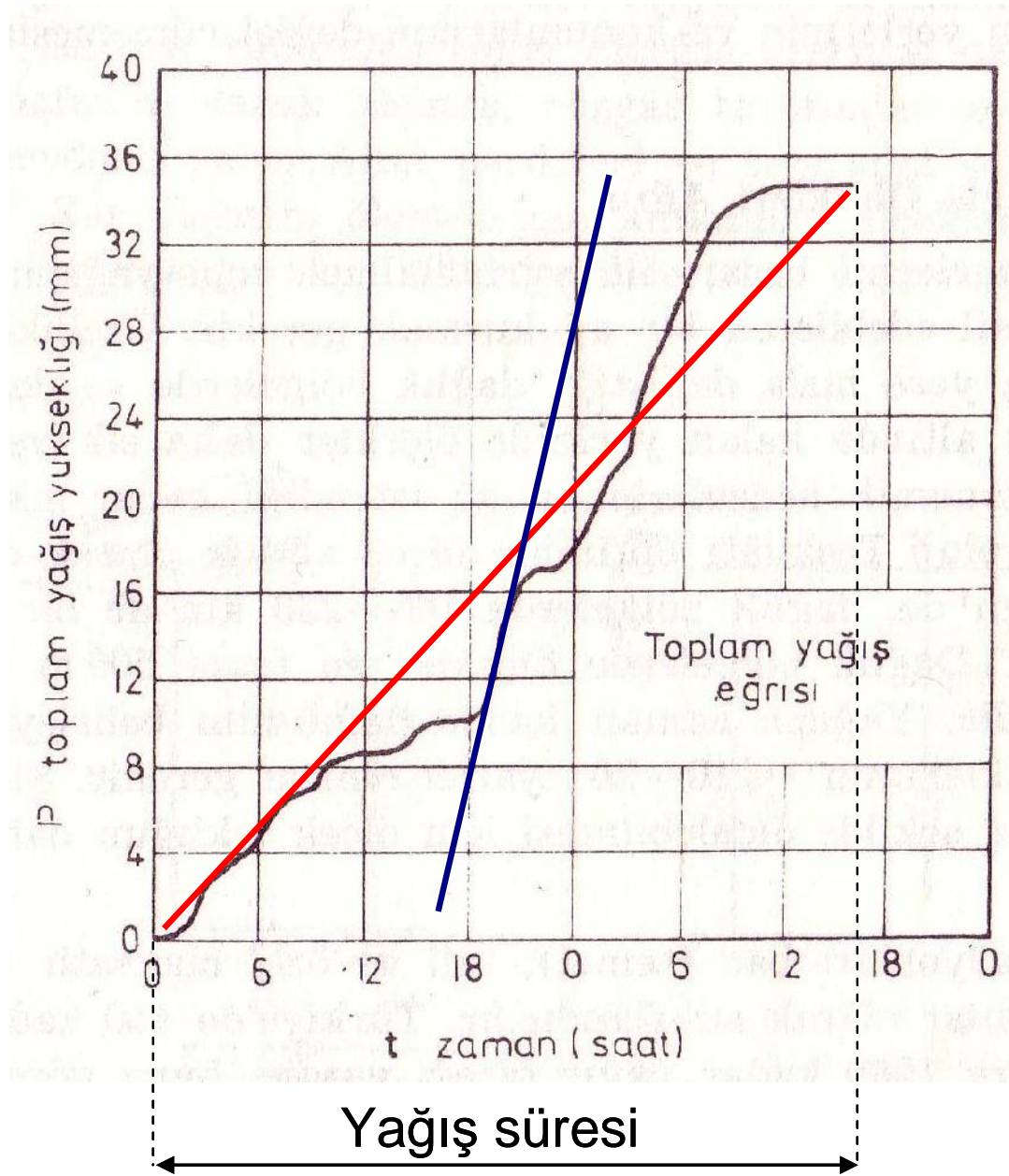
- Birim zamanda düşen yağış yüksekliğine denir.
- Yağış süresince toplam yağış eğrisinin ortalama eğimidir.

$$i = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

Yağış
şiddeti

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta P}{\Delta t} \right) = \frac{dP}{dt}$$

Anlık yağış şiddeti
(Uygulamada çok
anlamı değil)



Yağış Şiddeti ve Ani Yağış Şiddeti

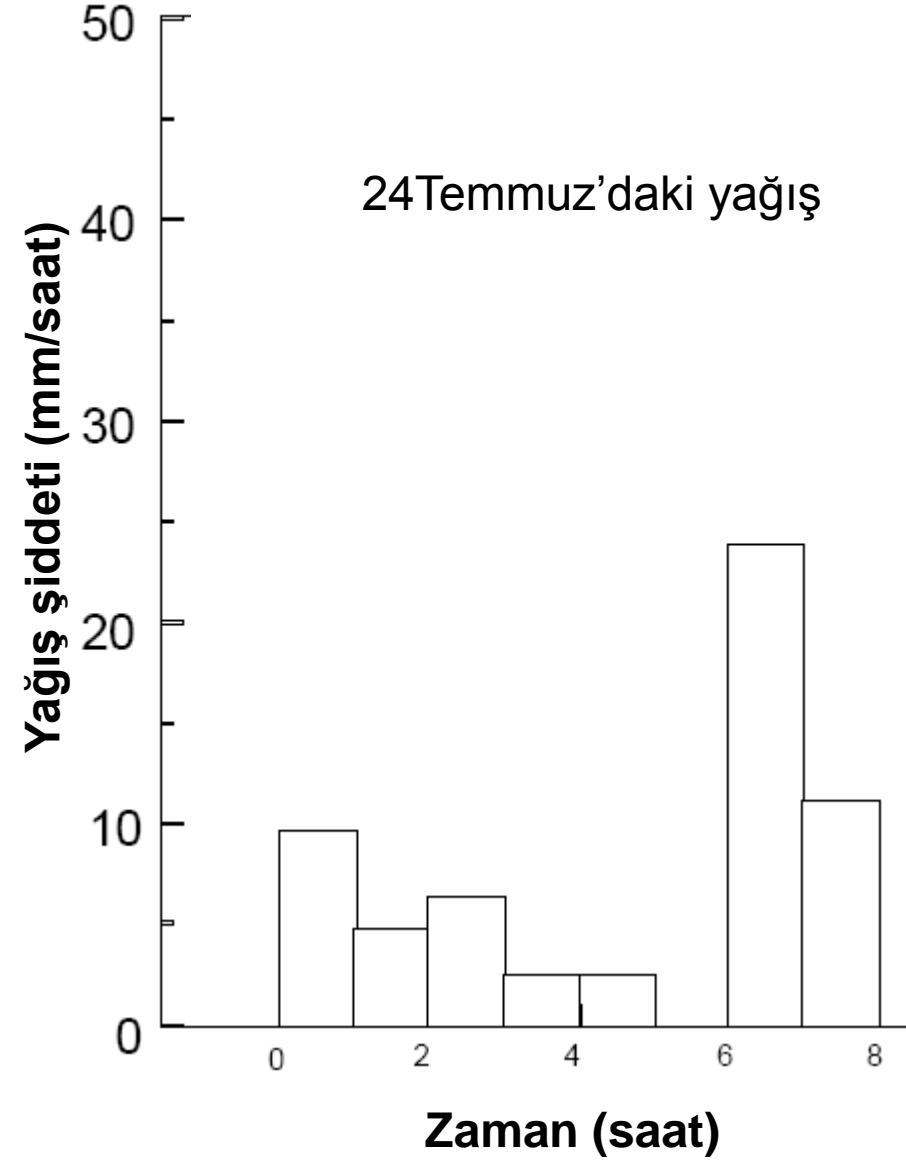
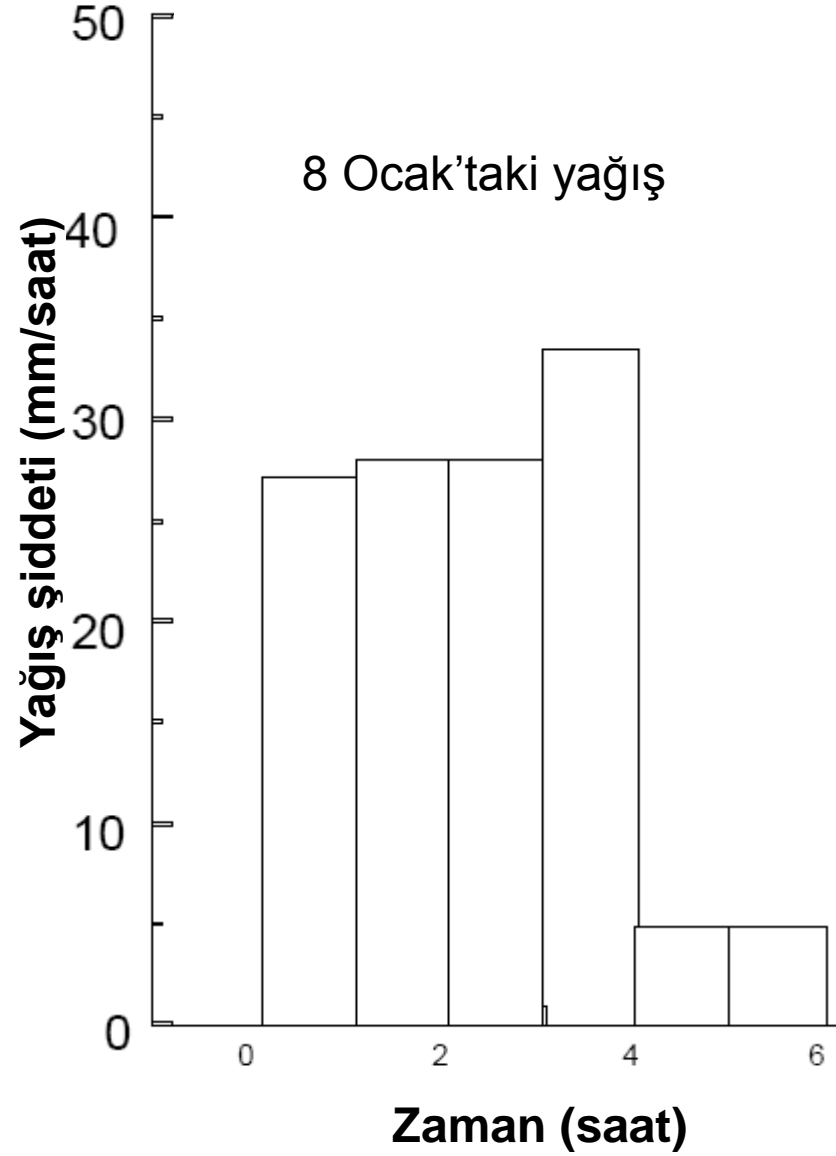
Kırmızı çizginin eğimi: $\frac{\Delta P}{\Delta t}$
Yağış şiddeti

Lacivert teğetin eğimi: $\frac{dP}{dt}$
En yüksek ani yağış şiddeti

Hiyetograf

- Yağış şiddetinin zamana göre değişimidir.
- Genellikle idealleştirilip genişliği basamak genişliği Δt zaman aralığı olan basamaklı bir çizgiye büründürüldükten sonra incelenir.
- Δt zaman aralığı bölgenin büyüklüğüne göre seçilir (genellikle 1-6 saat arasında ancak ihtiyaca göre 5 dakikaya kadar inebilir).

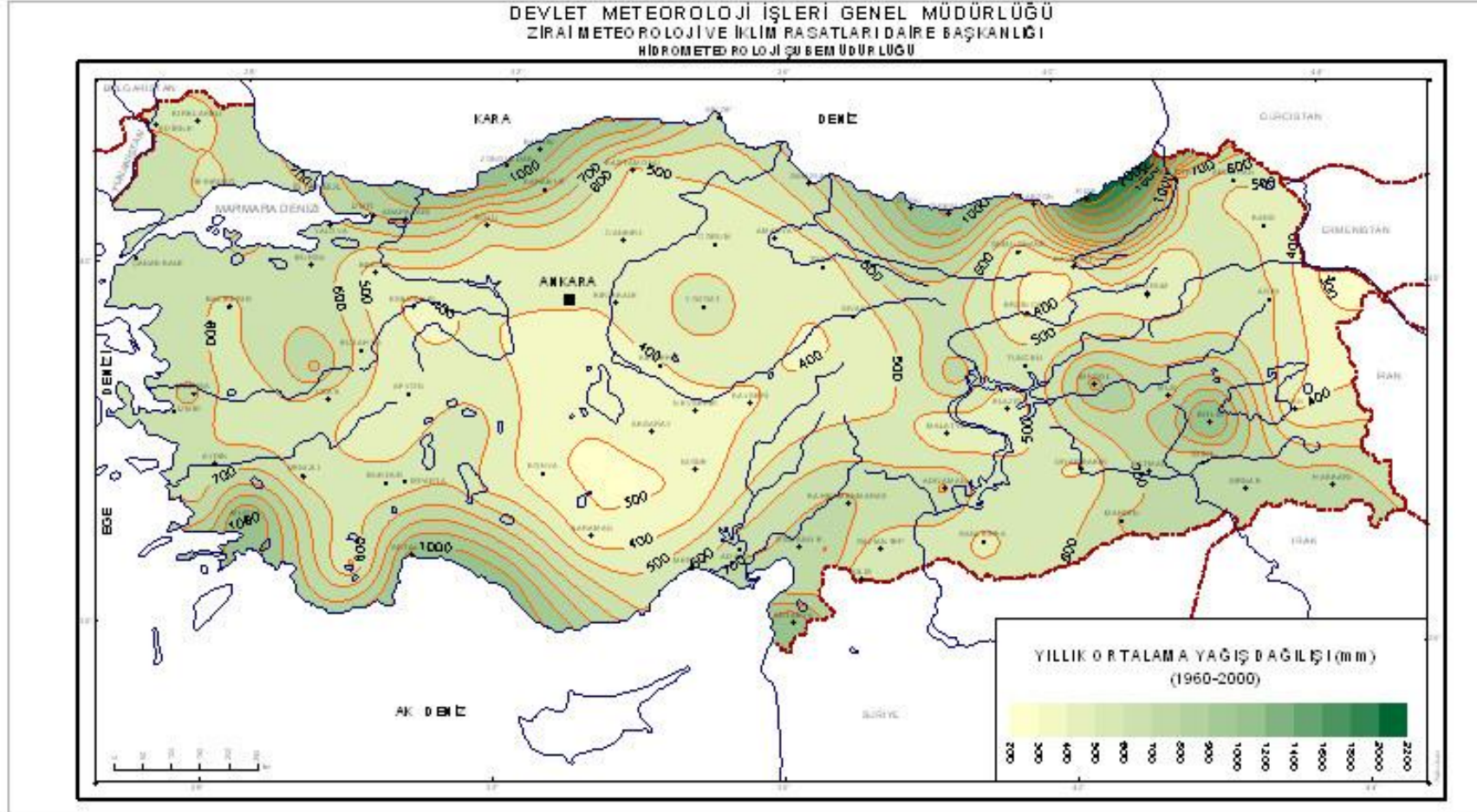
Hiyetograf



Yağışın Düřtüęü Alan

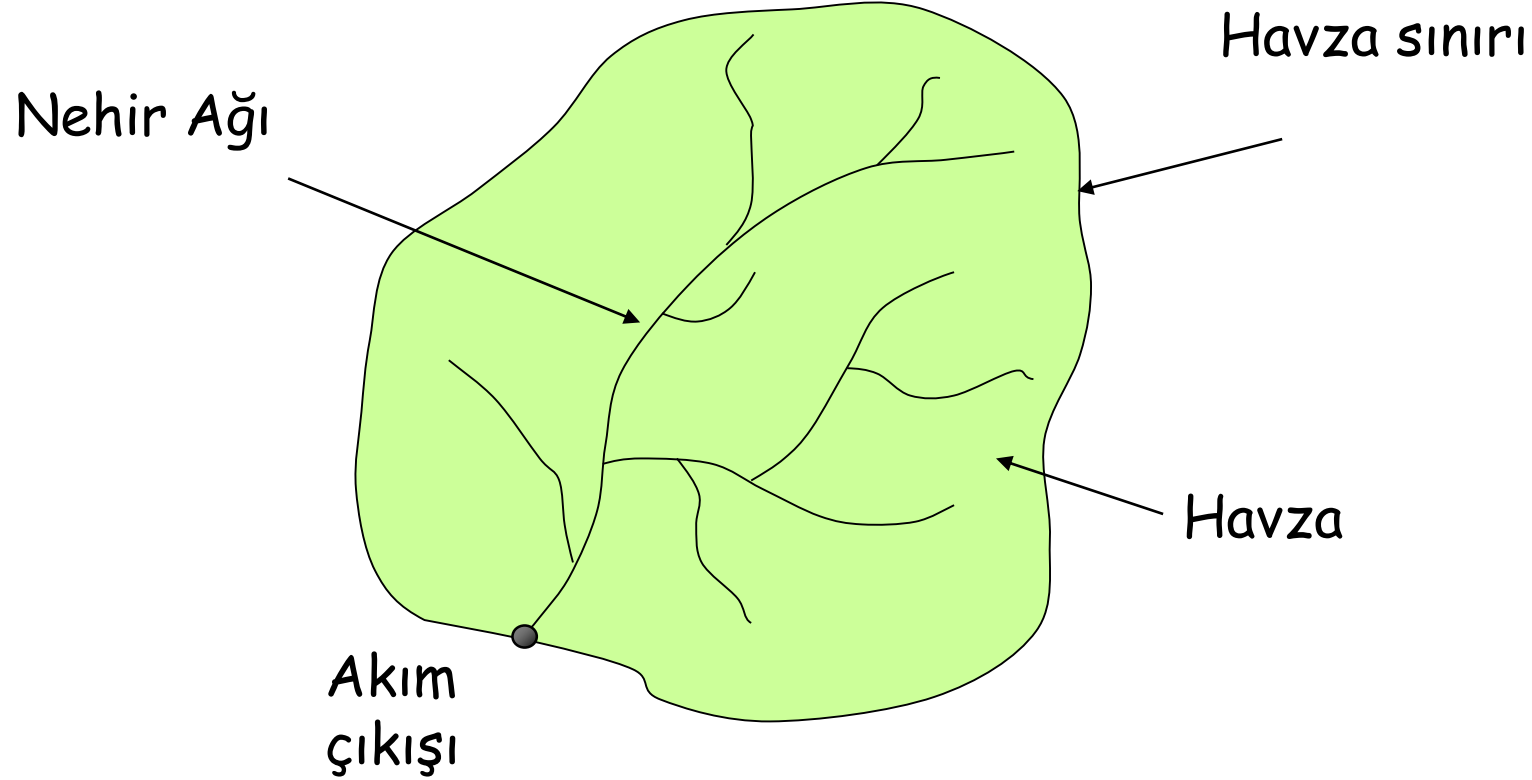
- Yağışlar konuma ve zamana göre değişkendir.
- Bu durum hem tekil yağış olaylarında hem de uzun süreli ortalama yağışlarda (aylık, yıllık, çok yıllık) geçerlidir.

Türkiye – Yıllık Ortalama Yağış



Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Web Sitesi

Yağış → Atmosferden yüzeye düşen suyun her hali



- Dünya'daki ortalama yıllık toplam yağış → 800 mm.
- Türkiye'nin ortalama yıllık toplam yağışı → 643 mm.
 - ☀ en düşük; Himmetdede (Kayseri), 63.3 mm (1933)
 - ☀ en yüksek; Rize, 4043.3 mm (1931)

Yağış → zaman ve mekana göre değişir

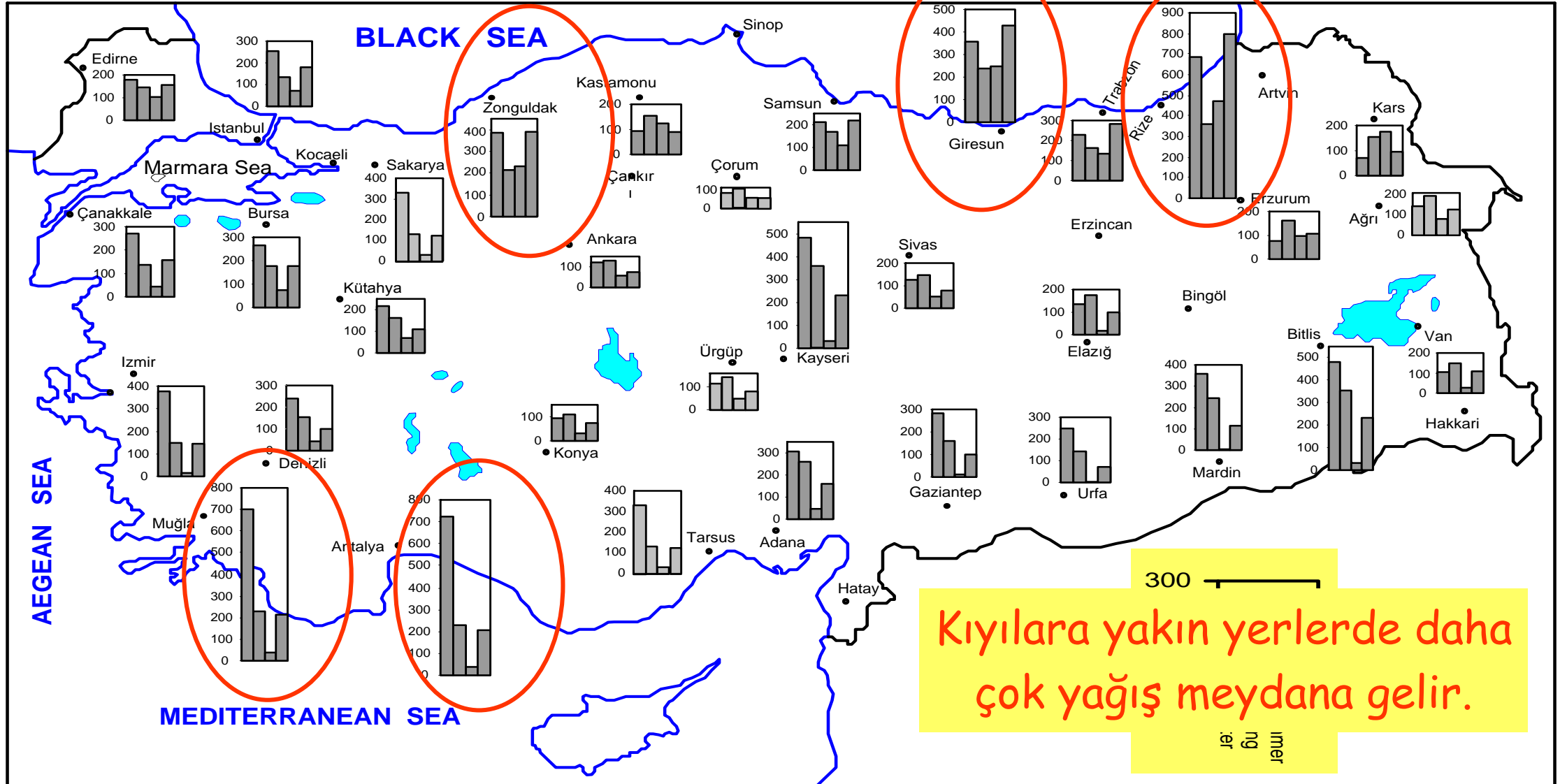


Figure 3.1 Distribution of seasonal rainfall in Turkey

Yağışın Frekansı

- T_0 süresince şiddeti verilen bir değere eşit ya da bu değeri aşan bir yağış n kez gözlenirse

$$T = \frac{T_0}{n} \left. \vphantom{\frac{T_0}{n}} \right\} \text{Yağış periyodu (zaman biriminde)}$$

$$f = \frac{1}{T} \left. \vphantom{\frac{1}{T}} \right\} \text{Frekans (1/zaman) biriminde}$$

Yağışın Frekansı-Süresi ve Şiddeti Arasındaki İlişki

- Yağış periyodu büyüdükçe şiddeti azalır
- Yağış frekansı küçüldükçe şiddeti artar
- Yağış süresi azaldıkça şiddeti artar

$$i = \frac{K \cdot T^x}{(a + t_p)^n}$$

Yağış
süresi

K, a, x, n : Yağış ölçümleri analiz edilerek bölgeye bağlı belirlenecek sayılar

Hatalı veya Eksik Kayıtların Düzeltilmesi

Bazı durumlarda (örneğin arızalar nedeniyle) yağışlar kayıt edilemez ,hatalı kayıt edilebilir ya da kayıt süresi yeterli olmayabilir. Bu kayıtların kullanılabilirmeleri için aşağıdaki işlemler yapılır:

- Ölçülemeyen yağış değerlerinin tahmini
- Sistemik hataların ortaya çıkarılması
- Kayıtların uzatılması

Ölçülemeyen Yağış Değerlerinin Tahmini

- Tahminin yapılacağı **X** istasyonunun etrafında ve **X** istasyonuna mümkün olduğunca eşit uzaklıkta üç istasyon (**A,B,C**) gerekli.
- Eğer A, B ve C istasyonlarının yıllık yağış yüksekliklerinin ortalaması, X istasyonunununkinden %10'dan daha az farklı ise, X istasyonundaki yağış şiddeti, aynı anda A, B ve C istasyonlarda ölçülen yağış şiddetlerinin aritmetik ortalaması alınarak bulunabilir.
- Eğer fark %10'dan büyükse, normal oran yöntemi kullanılır.

Ölçülemeyen Yağış Değerlerinin Tahmini

- Ortalama

$$P_X = \frac{1}{3} \cdot (P_A + P_B + P_C)$$

- Normal Oran Yöntemi

$$P_X = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{N_x}{N_A} \cdot P_A + \frac{N_x}{N_B} \cdot P_B + \frac{N_x}{N_C} \cdot P_C \right)$$

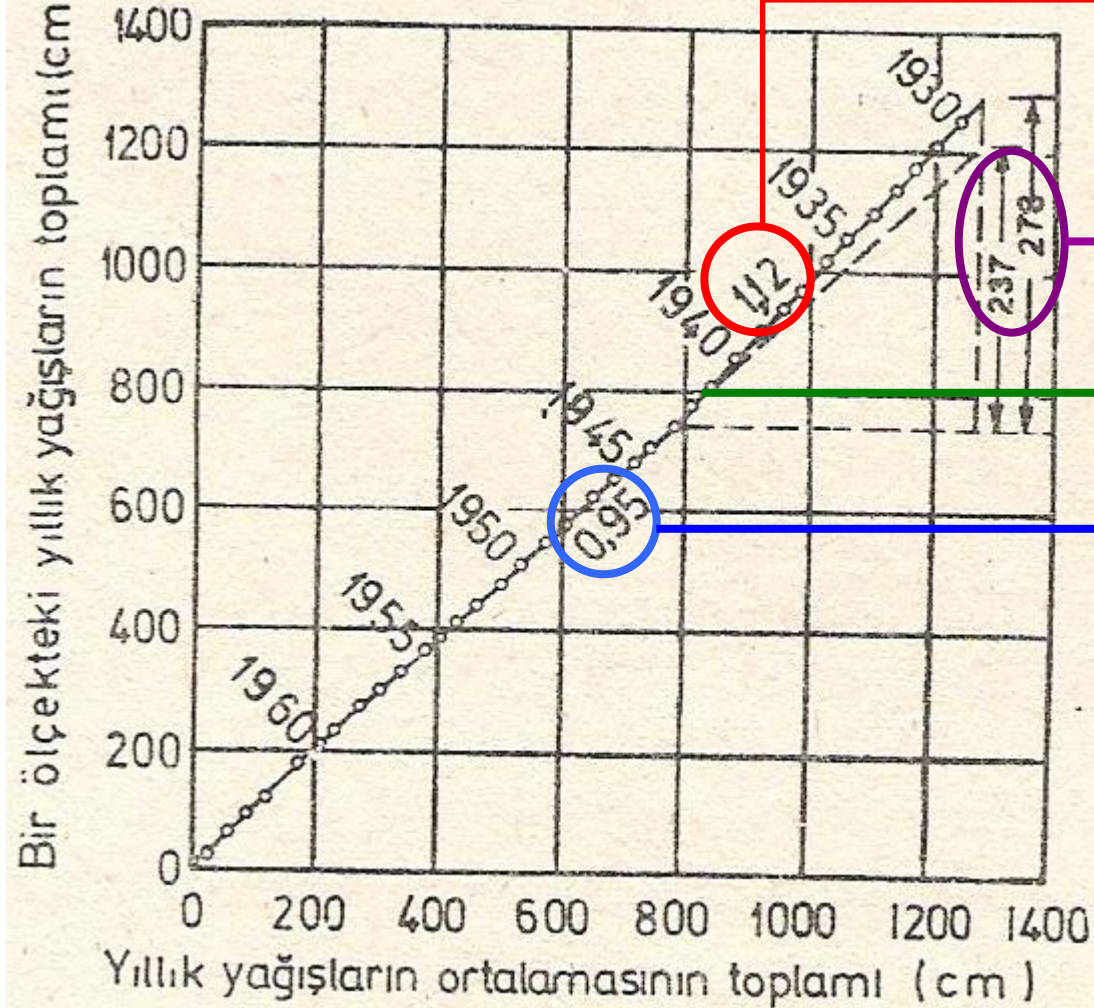
P: Yağış yüksekliği

N: Yıllık yağış yüksekliklerinin ortalaması

Sistemik Hataların Ortaya Çıkarılmaları (Çift Toplam Yağış Yüksekliği Yöntemi)

- Ölçüm aletlerinden kaynaklanan hatalardır. Aletin yerinin ya da okuma tarzının değiştirilmesinden dolayı ortaya çıkabilmektedir.
- Çevredeki istasyonların yıllık ortalamaları zamanda geriye doğru toplanır. Aynı işlem şüphelenilen istasyonda da yapılarak ortalamalar karşılaştırılır.
- Elde edilen iki ortalama toplamı birer eksene yerleştirilerek birbirlerine göre grafikleri çizilir.
- Grafiğin eğiminin yıla göre değişken olmaması beklenir. Eğer eğimde bir değişme varsa bu zaman noktasından daha önceki ölçümler, yeni ölçümlere göre hatalı sayılıp düzeltilir.

Sistemik Hataların Ortaya Çıkarılmaları (Çift Toplam Eğri Yöntemi)



Hatalı ölçümlerin eğimi

1943 yılından öncesi için düzeltme katsayısı
 $237 / 278 = 085$

Hatasız ölçümlerin başladığı yıl (1943)

Hatasız ölçümlerin eğimi

Kayıtların Uzatılması (İstasyon-Yıl Yöntemi)

- Meteorolojik bakımdan homojen bir bölgede ve yağış yükseklikleri birbirlerinden bağımsız olacak kadar uzak olan istasyonlardan elde edilen kayıtların hepsi, belirli bir ölçekten çeşitli yıllarda elde edilmiş gibi ele alınabilirler.
- Örneğin bölgedeki 10 istasyondan elde edilen 30 yıllık yağış yükseklikleri, 1 istasyondan 300 yılda (efektif kayıt uzunluğu) elde edilmiş olarak ele alınabilir.
- Bu işlem, çok dikkatli yapılmalıdır. İstasyonların birbirlerinden bağımsız olarak kabul edilebileceğinden emin olunmalıdır. Efektif kayıt uzunluğu, istatistiksel yöntemlerle kontrol edilerek belirlenmelidir.

Yağış Analizleri

Alansal Ortalama Yağış

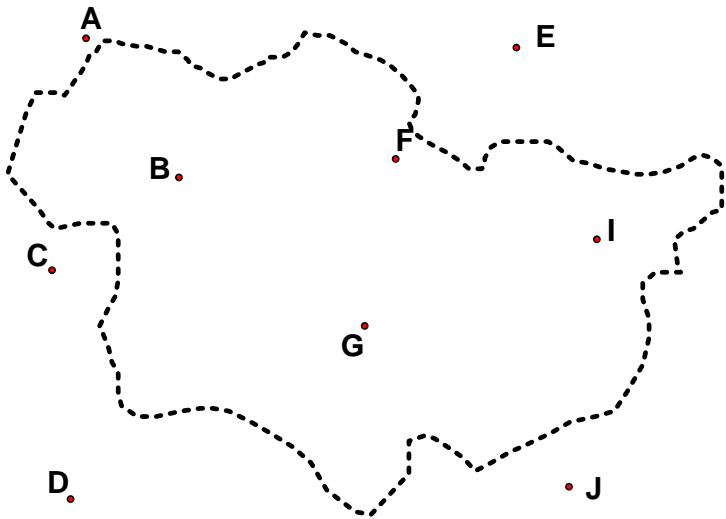
- Yağış ölçerlerden elde edilen yağışlar noktasal değerlerdir.
- Hidrolojik analizlerin çoğunda alansal ortalama değerler gereklidir.
- Metodlar:
 - Aritmetik Ortalama Method
 - Thiessen Çokgenler (Polygons) Method
 - Eşyağış Harita Method
 - IDW, GWR, ...

a) Aritmetik ortalama metodu

- ☀ Sadece havza içindeki istasyonlar kullanılır.
- ☀ Basit ortalama elde edilir.

$$P_{ave} = \frac{\sum p_i}{n}$$

p_i = i th istasyonda ölçülen yağış
 n = havza içindeki istasyon sayısı



Sadece içerdeki istasyonlar alınır:

$$P_{ave} = \frac{P_B + P_F + P_G + P_I}{4}$$

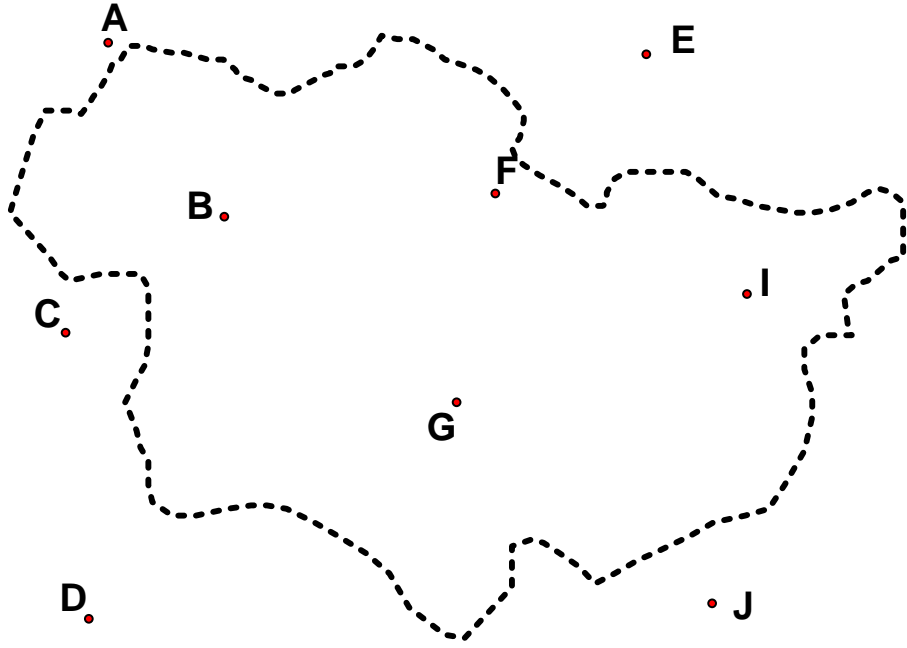
b) Thiessen çokgenleri (Polygons) metodu

- ☀ Komşu havza dışı istasyonları da kullanılır
- ☀ Eşkenar üçgenler yapmak için istasyonlar düz çizgiler ile birleştirilir
- ☀ Orta noktadan dikeyler çizilir ve çokgenler elde edilir.
- ☀ Alanlar ile ağırlıklı ortalama elde edilir.

$$P_{ave} = \frac{\sum p_i a_i}{\sum a_i}$$

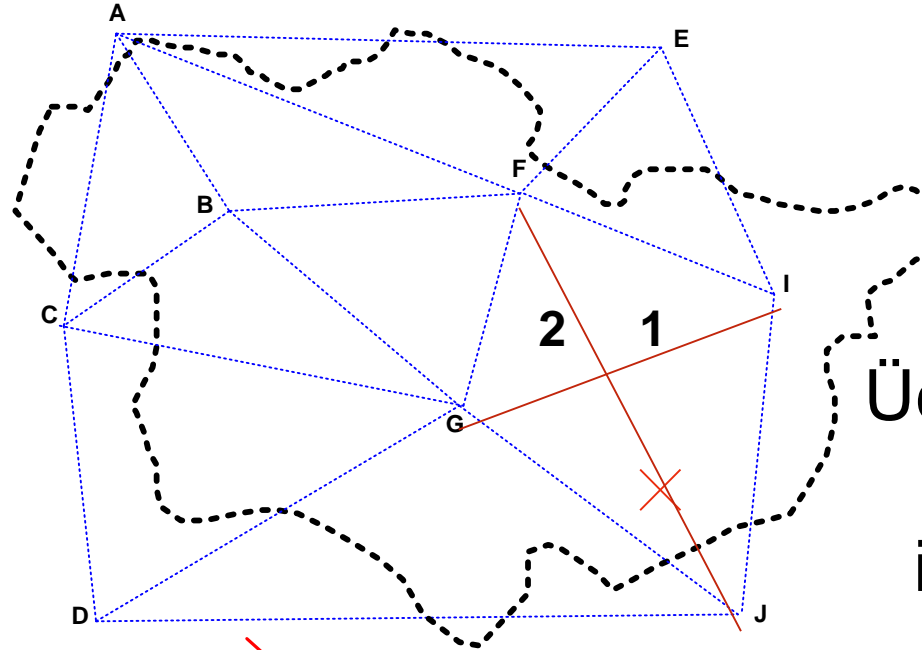
a_i = istasyonu çevreleyen polygon alanının kısmı

THIESSEN POLYGONS METHOD

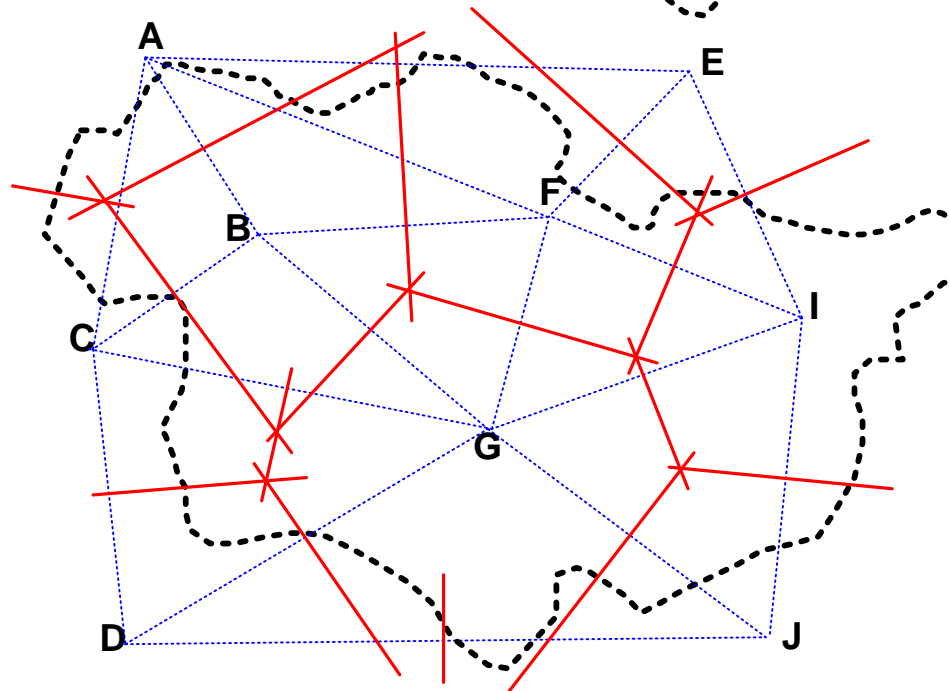


Bütün istasyonları kullan

Poligonları elde etmek için dikey çizgiler çizilir.

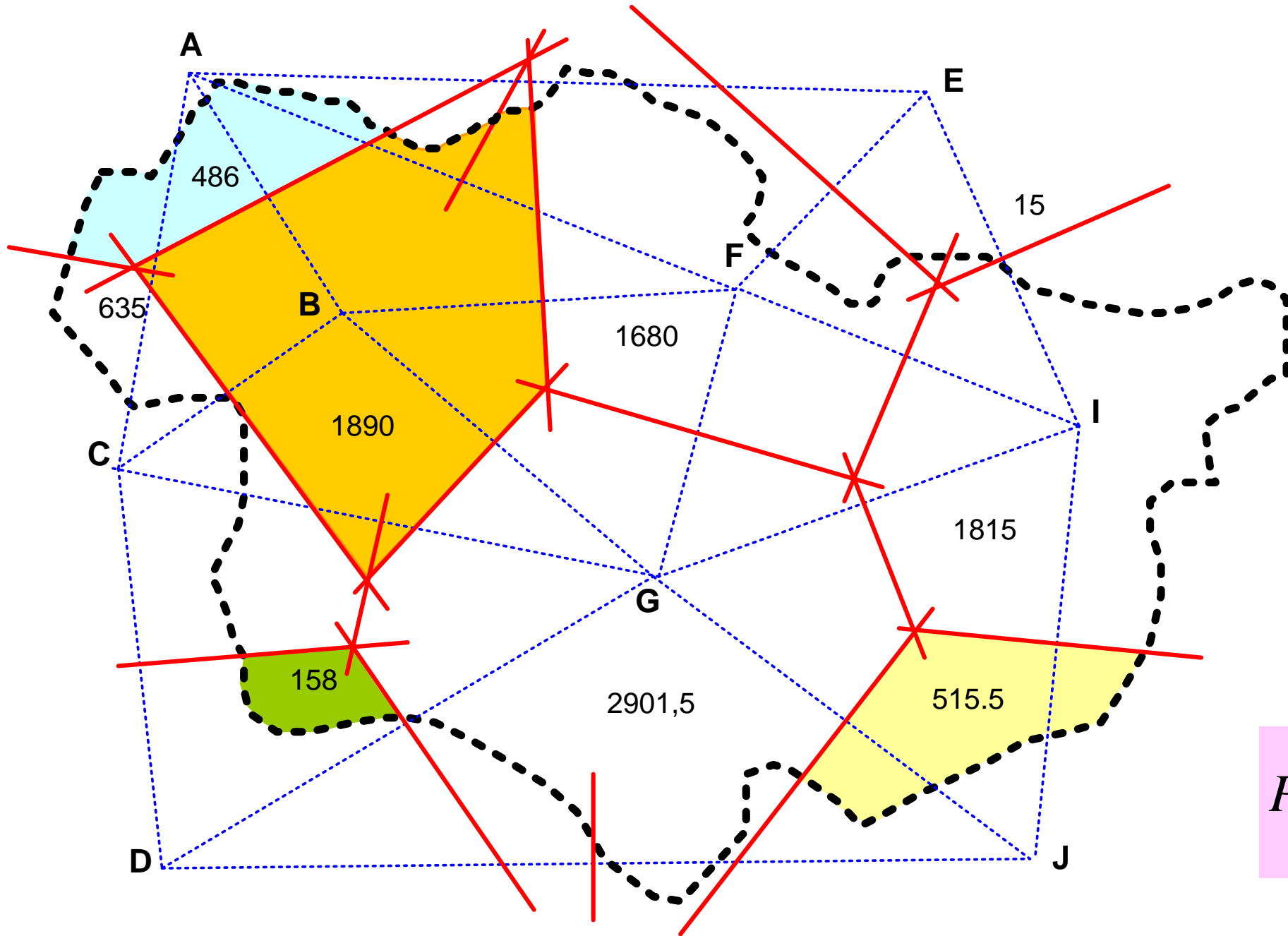


Üçgenler elde etmek için istasyonlar birleştirildi



$$P_{ave} = \frac{\sum p_i a_i}{\sum a_i}$$

THIESSEN POLYGONS METHOD



$$P_{ave} = \frac{\sum p_i a_i}{\sum a_i}$$

c) Eşyağış eğri harita metodu

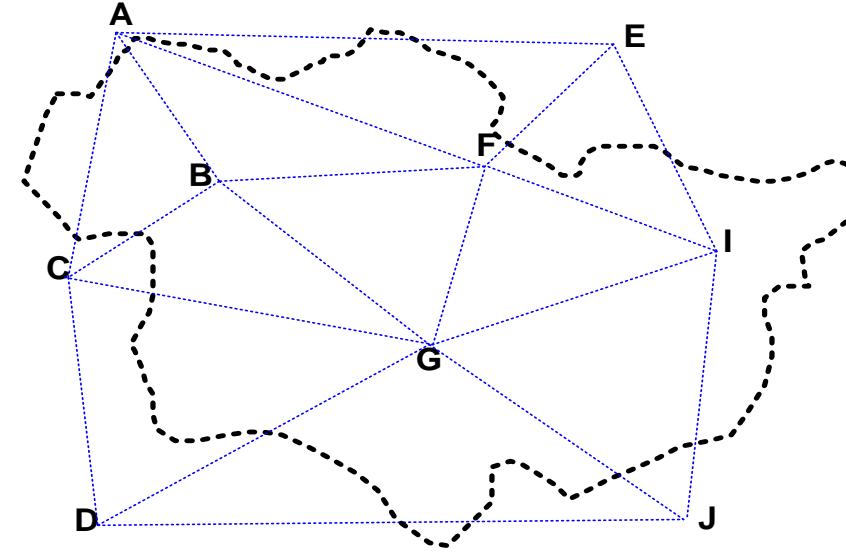
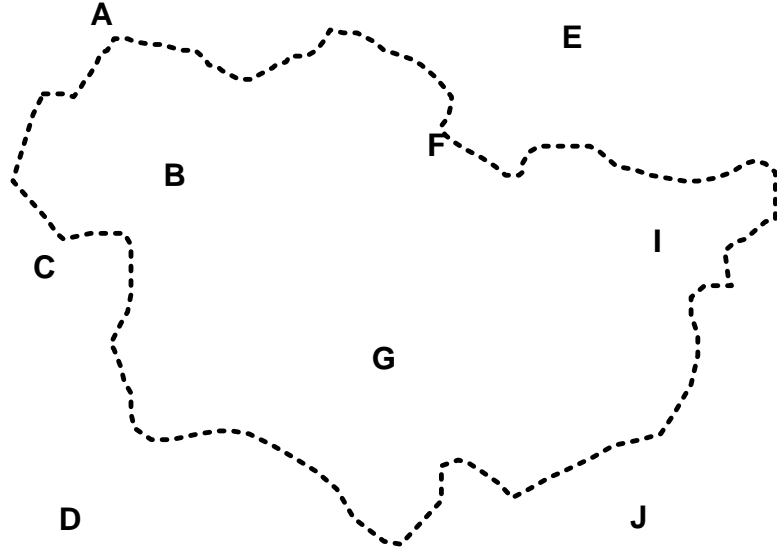
- ☀ İzohipsleri göster (eşyağış çizgileri)
(istasyonlar arasında lineer yağış değişimi varsay)
- ☀ İzohipsler arası ortalama yağışı belirle
- ☀ Ağırlıklı yağış ortalamasını elde et

$$P_{ave} = \frac{\sum \bar{p}_i a_i}{\sum a_i}$$

p_i = izohipsler arası ortalama yağış

a_i = izohipsler arası alan

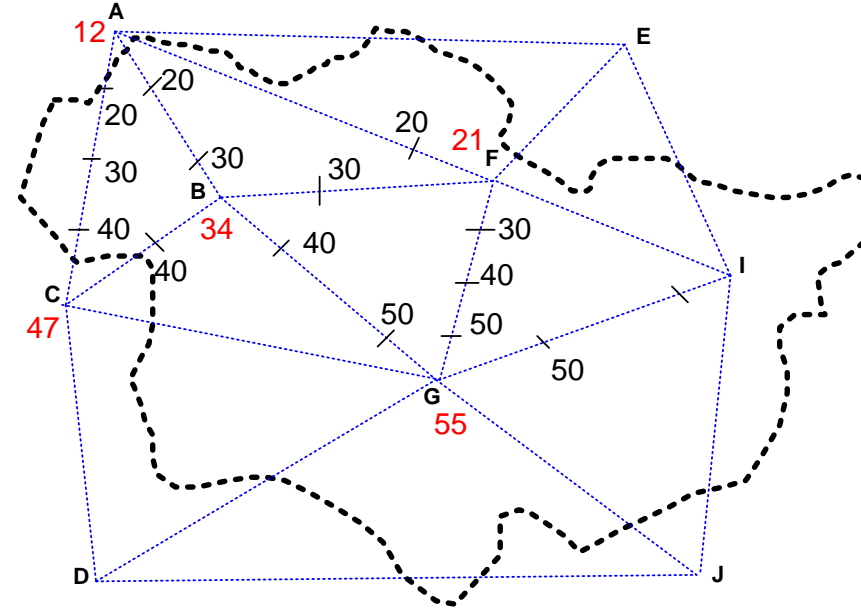
ISOHYETAL MAP METHOD



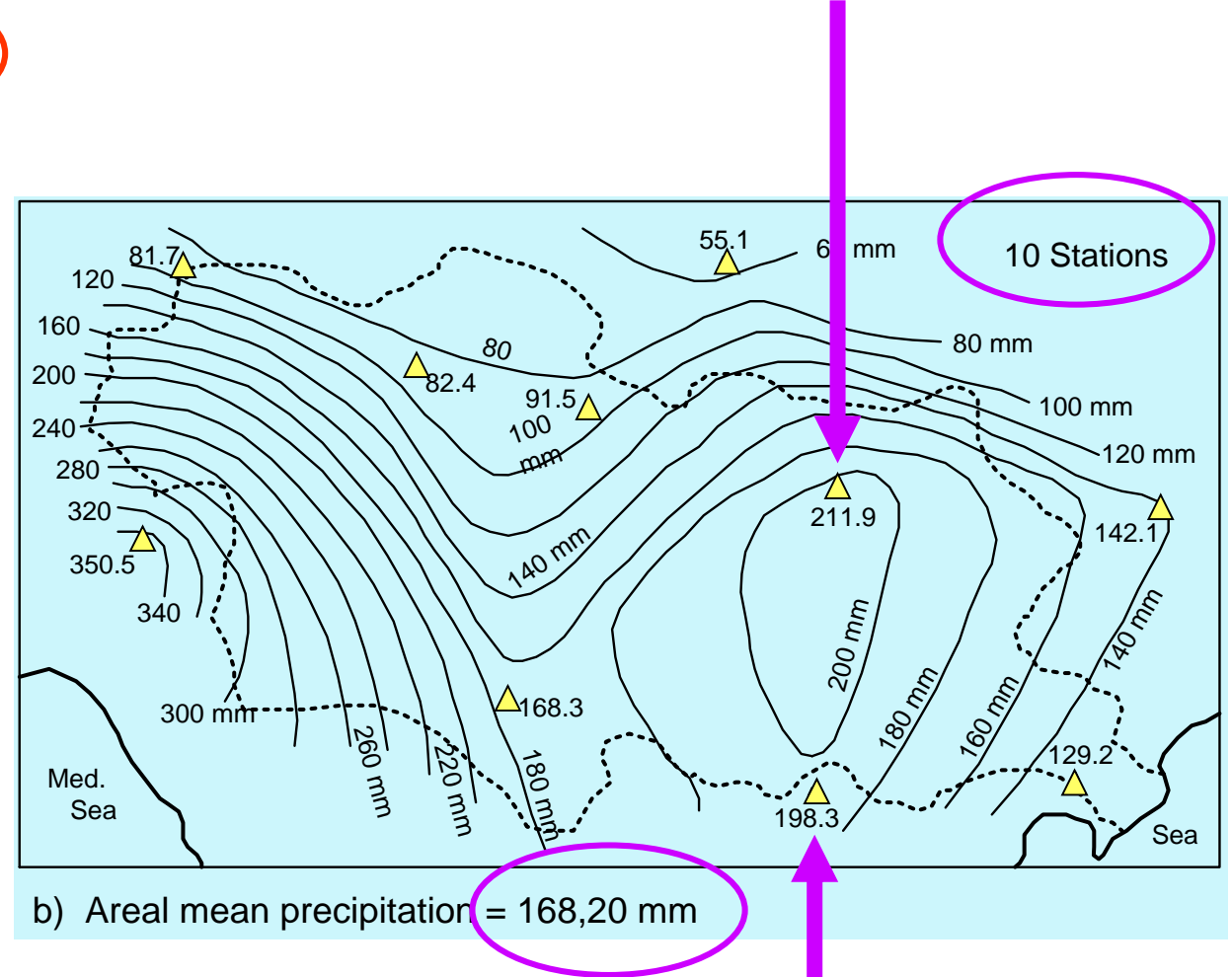
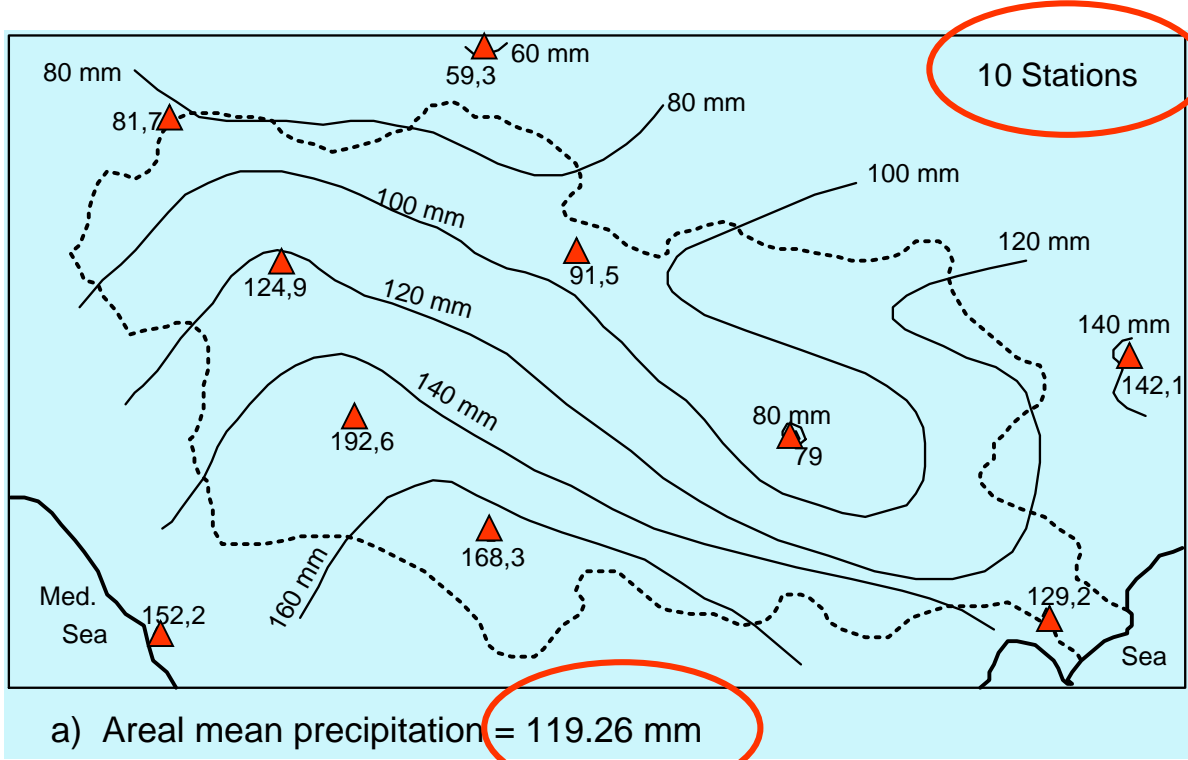
İstasyonlar
birleştirilir

Bütün istasyonlar kullanılır

Belli yağış değerlerine
sahip noktalar belirlenir
(lineer değişim kabulü
yapılır)

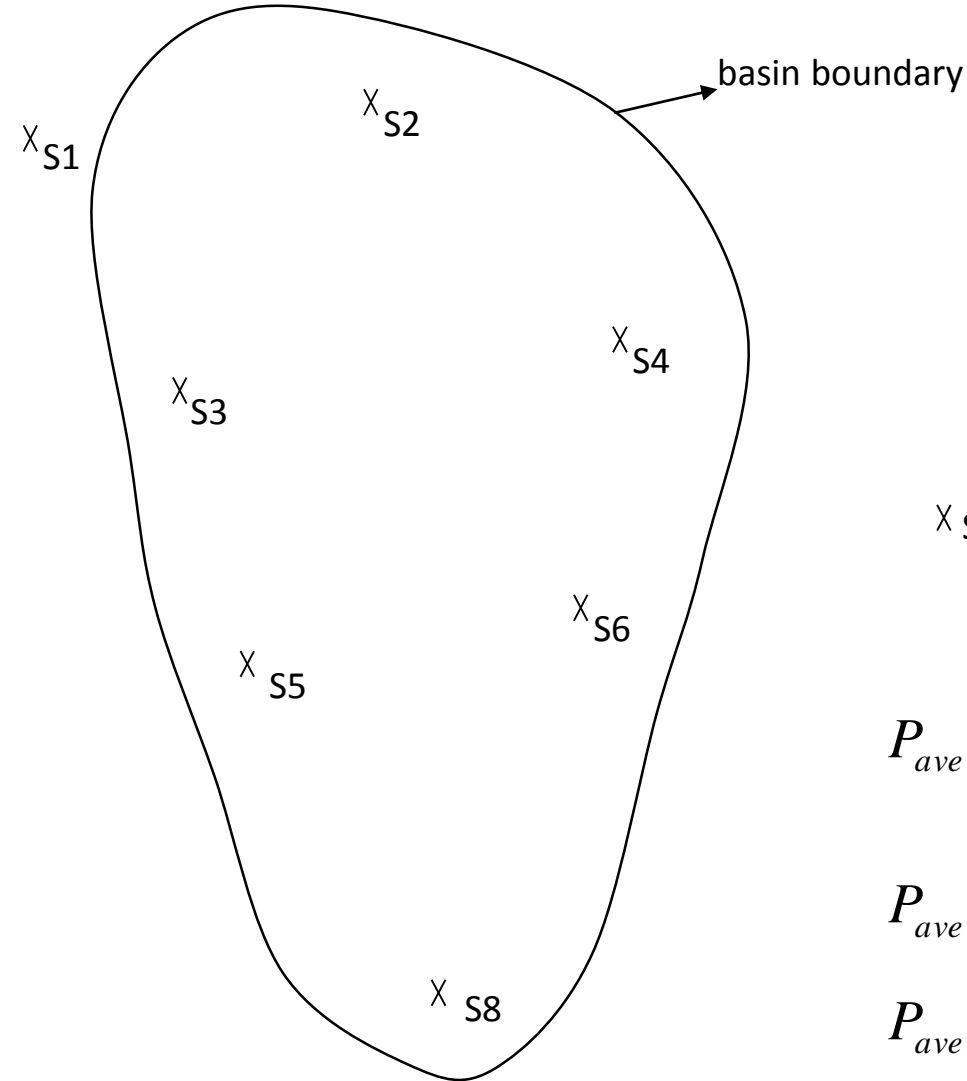


İstasyonların konumları ile ortalama yağış değişir.



İstasyonların sayı ve konumları çok önemlidir.

Örnek 1-a: Aritmetik ortalama metodu ile ortalama yağışı aşağıdaki havza ve istasyonlar için hesaplayın.



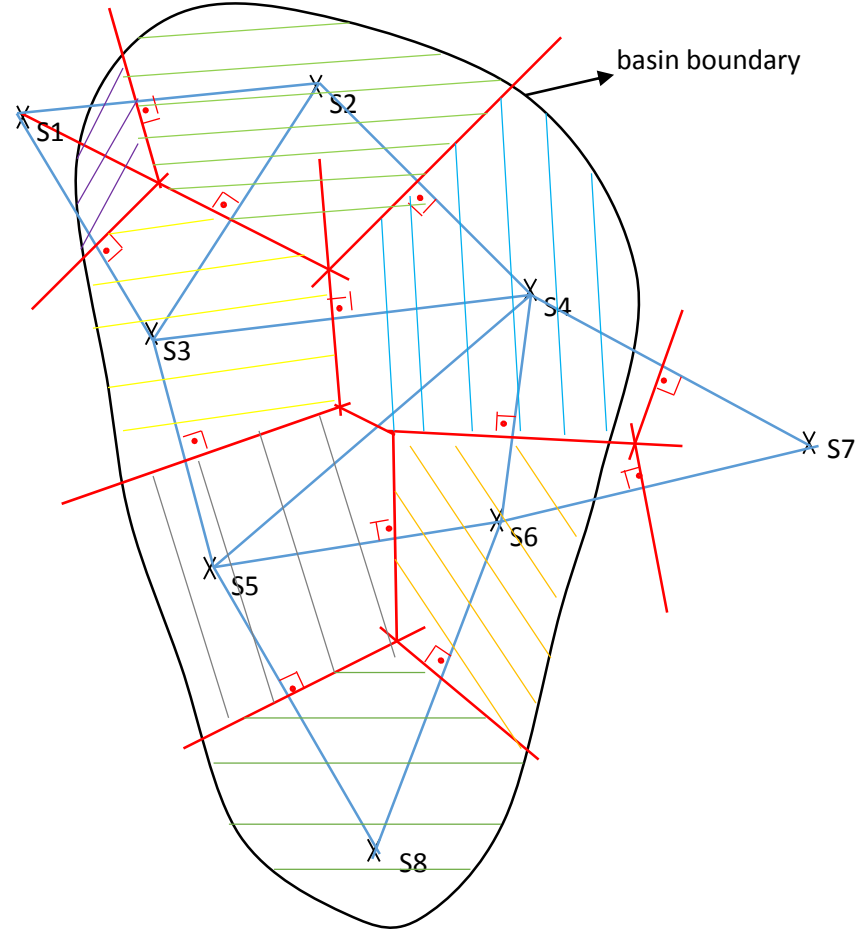
	Measured Precipitation P_i (mm)
S1	30
S2	40
S3	30
S4	30
S5	20
S6	20
S7	15
S8	10

$$P_{ave} = \frac{\sum P_i}{\text{number of stations}}$$

$$P_{ave} = \frac{40 + 30 + 30 + 20 + 20 + 10}{6}$$

$$P_{ave} = 25 \text{ mm}$$

Örnek 1-b: Thiessen Polygons ile ortalama yağışı hesaplayalım.



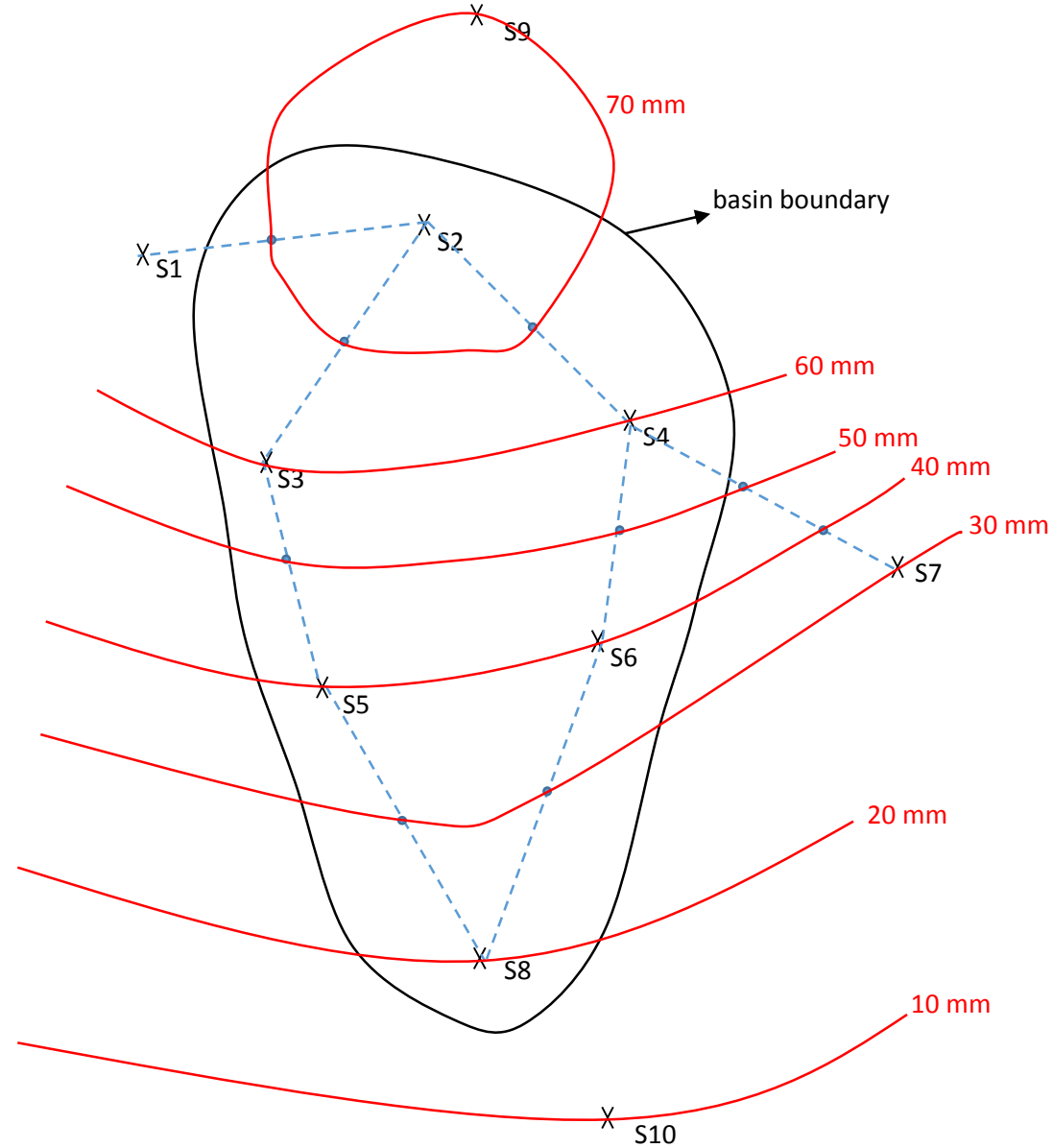
	Area of Influence a_i (mm)	Measured Precipitation P_i (mm)
S1	30	30
S2	120	40
S3	110	30
S4	170	30
S5	165	20
S6	150	20
S7	-	15
S8	145	10

$$P_{ave} = \frac{\sum a_i P_i}{\sum a} = \frac{30 \times 30 + 120 \times 40 + 110 \times 30 + 170 \times 30 + 165 \times 20 + 150 \times 20 + 145 \times 10}{30 + 120 + 110 + 170 + 165 + 150 + 145}$$

$$P_{ave} = 24.6 \text{ mm}$$

Örnek 1-c: İzohips Harita Metodu ile ortalama yağışı hesaplayalım.

	Measured Precipitation P_i (mm)
S1	60
S2	80
S3	60
S4	60
S5	40
S6	40
S7	30
S8	20
S9	70
S10	10



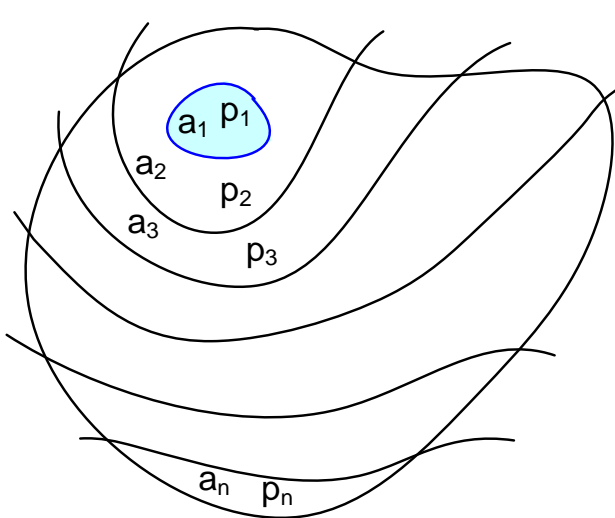
Slice	P_i (mm)	A_i (km ²)
>70	74	20
60-70	65	40
50-60	55	45
40-50	45	35
30-40	35	40
20-30	25	30
<20	17	15

$$P_{ave} = \frac{\sum \bar{P}_i a_i}{\sum a} = \frac{74 \times 20 + 65 \times 40 + 55 \times 45 + 45 \times 35 + 35 \times 40 + 25 \times 30 + 17 \times 15}{20 + 40 + 45 + 35 + 40 + 30 + 15}$$

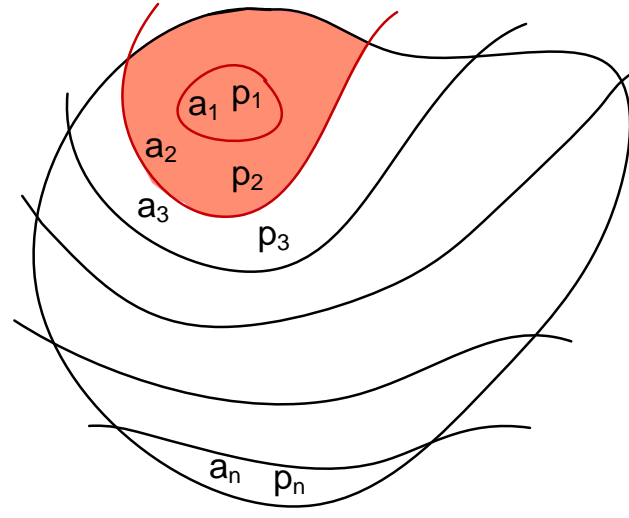
$$P_{ave} = 46.8 \text{ mm}$$

Yağış Analizleri

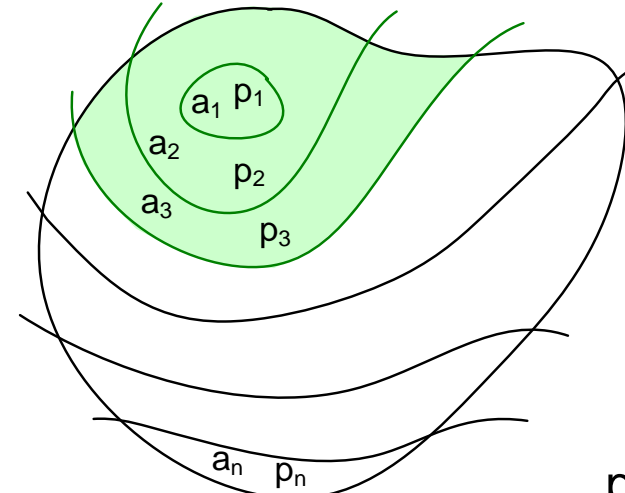
Derinlik-Alan-Süre Eğrileri



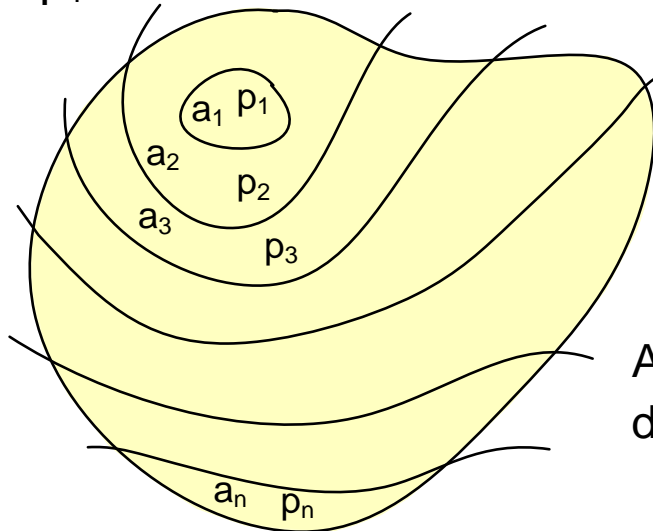
$$A_1 = a_1$$
$$d_1 = p_1$$



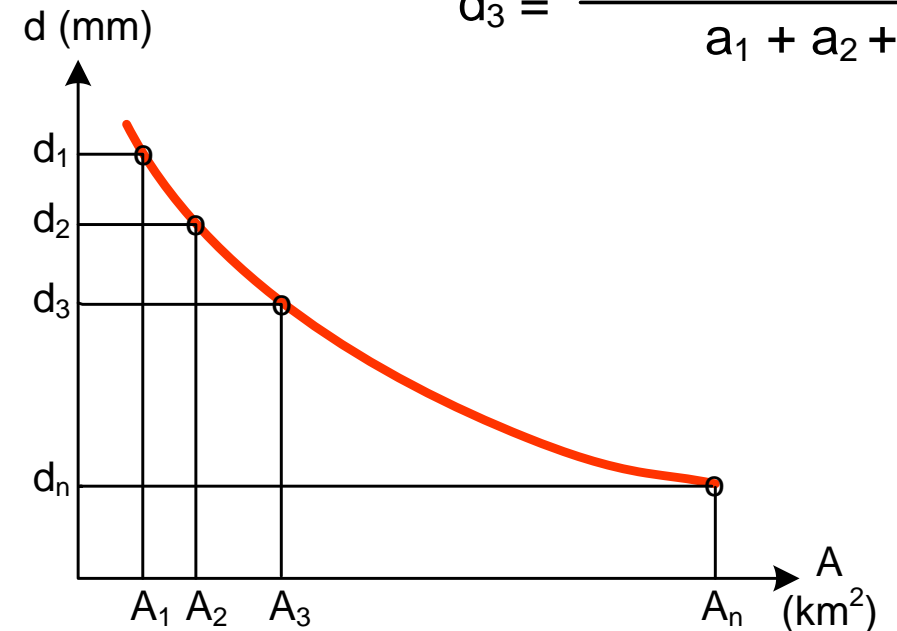
$$A_2 = a_1 + a_2$$
$$d_2 = \frac{p_1 a_1 + p_2 a_2}{a_1 + a_2}$$



$$A_3 = a_1 + a_2 + a_3$$
$$d_3 = \frac{p_1 a_1 + p_2 a_2 + p_3 a_3}{a_1 + a_2 + a_3}$$



A_n = total area of the basin
 d_n = areal mean value for the whole basin



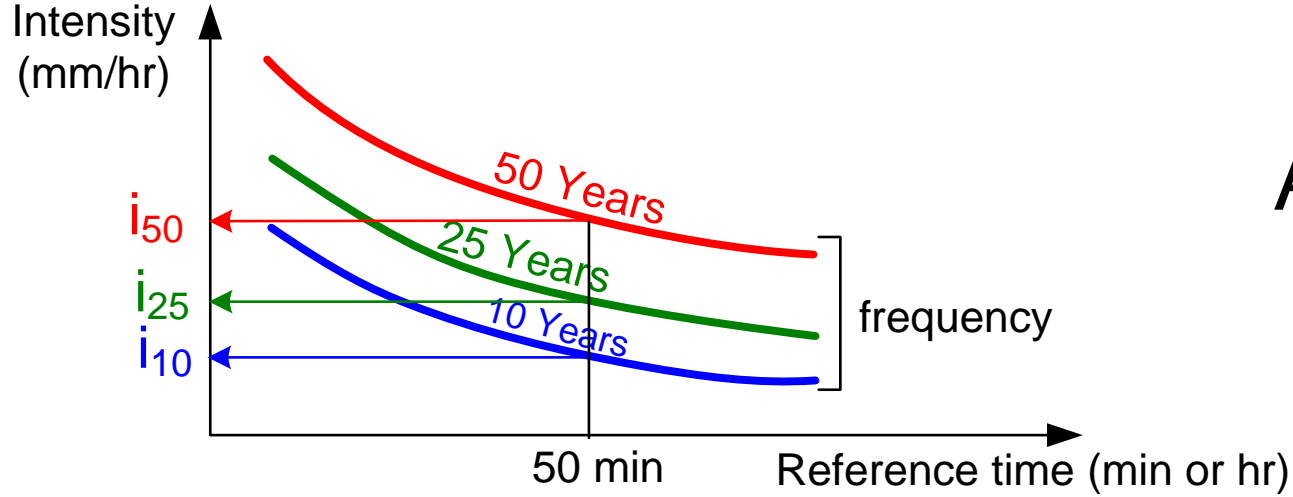
Yağış Analizleri

Şiddet-Süre-Frekans (IDF) Eğrileri

- **I-D-F** ilişkisi hidrolik yapıların dizaynında mühendisler için önemlidir.
- Herbir eğri belli bir frekans için çizilir, ve yağışın süresine göre şiddet değişimini gösterir.

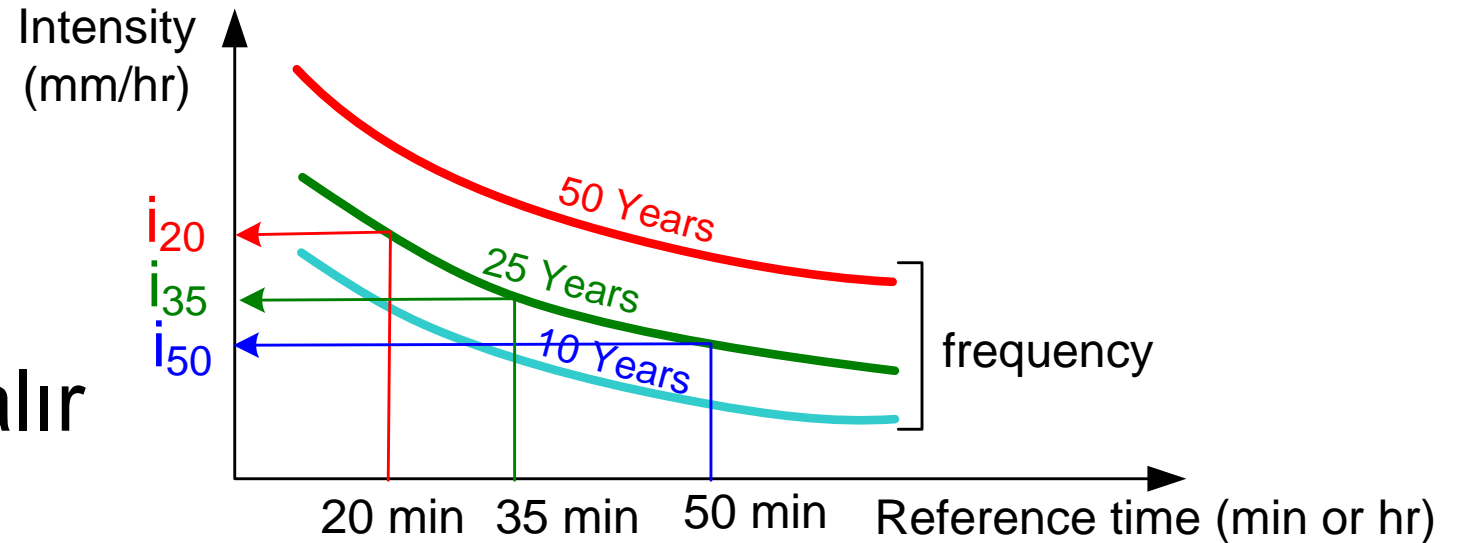
Yağış Analizleri

Şiddet - Süre - Frekans eğrileri

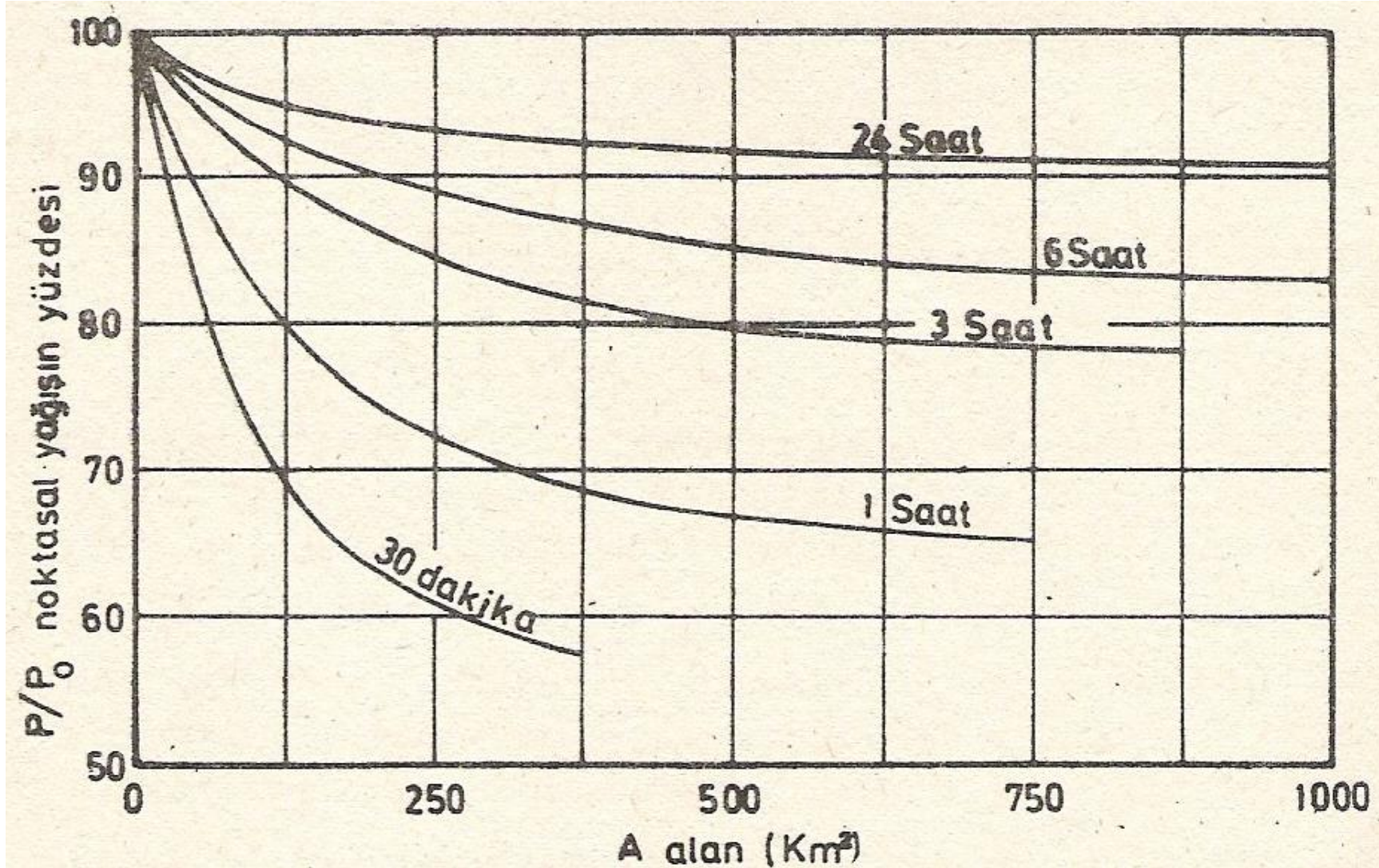


Aynı süre için:
frekans arttıkça şiddet artar

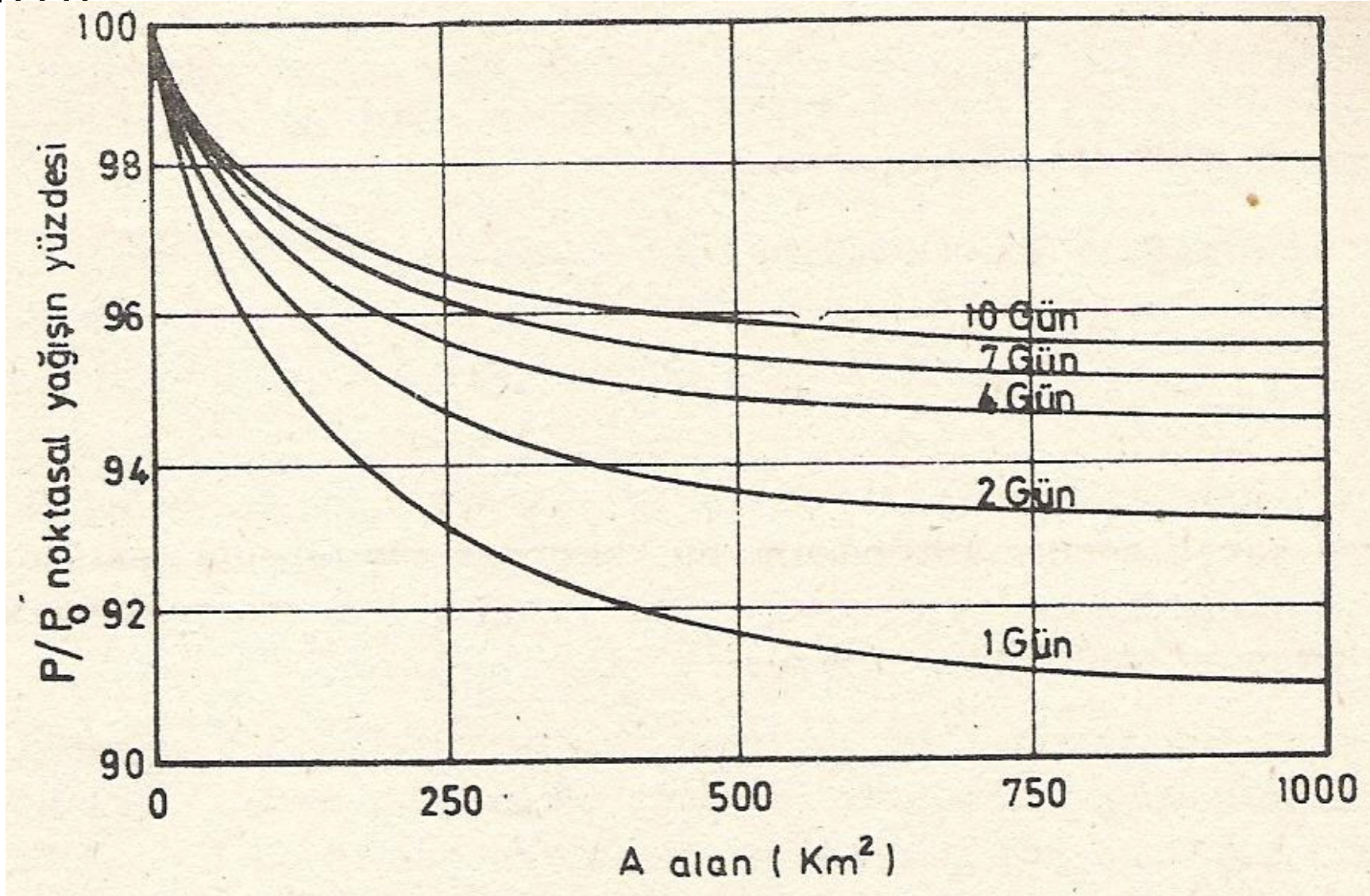
Aynı frekans için:
süre arttıkça şiddet azalır



Bir günden kısa yağış süreleri için yağışın yerel dağılımı



Bir günden uzun yağış süreleri için yağışın yerel dağılımı



Yağışın Yerel Dağılımı Veren Denklemler

A alanındaki
ortalama yağış
yüksekliği

$$P = P_0 \cdot \exp(-k \cdot A^n)$$

Merkezdeki
yağış yüksekliği

Ortalama yağış
yüksekliğinin
hesaplanacağı alan

DENKLEM 1

k, n

Bölgeye göre
belirlenecek sabitler

$$P = P_0 \cdot \left(1 - \frac{A \cdot t_p^m}{a + b \cdot A} \right)$$

Yağış süresi

DENKLEM 2

a, b, m

Bölgeye göre
belirlenecek sabitler

Kar ölçümü

İki tür kar ölçümü yapılır:

1. Kar yağışının ölçülmesi
2. Kar örtüsünün ölçülmesi

Türkiye'de kar ölçümü yapan kurumlar:

- Devlet Su İşleri (DSİ – 150 adet)
- Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE)
- Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ)

EiE Kar Gözlem İstasyonları



Kar yağışının ölçümü

- Yağmur ölçekleri ile ölçülebilir.
- Plüviometreler ve tartılı plüviograflar (iç kap çıkartılarak) kullanılarak kar yağışının ölçülmesi mümkündür.
- Toplanan karın donmayıp erimesi için antifriz kullanılır.
- Böylece karın su eşdeğeri bulunur.

Kar örtüsünün ölçümü

Kapsamı:

- Kar ile örtülü alanın ölçülmesi
- Kar kalınlığının ölçülmesi
- Kar yoğunluğunun değişiminin ölçülmesi

Kar örtüsünün ölçümü

Karın su eşdeğeri:

- Kar eridiği zaman meydana gelecek suyun yüksekliğidir.
- Kar kalınlığı kar yoğunluğu ile çarpımına eşittir. Ancak kar yoğunluğu kar örtüsünün derinlerine doğru değiştiğinden, kardan örnek alınıp bu örnek eritilerek oluşan suyun yüksekliği ölçülerek belirlenir.

Kar örtüsünün ölçümü

Kar örtüsünün durumu, kısa yatay uzaklıklarda bile değişken olabilir. Bu nedenle ölçümler birbirlerinden 10 – 200 m uzaklıkta olan en az 10 noktada yapılmalı ve her 300 m'lik yükseklik değişimi için tekrarlanmalıdır.

Kar Örtüsü Ölçümleri



Kaynak: Elektrik İşleri Etüd İdaresi Gene Müdürlüğü Web Sitesi

Kar Örtüsü Ölçümleri



Kaynak: Elektrik İşleri Etüd İdaresi Gene Müdürlüğü Web Sitesi

Kar Örtüsü Ölçümleri



Kaynak: Elektrik İşleri Etüd İdaresi Gene Müdürlüğü Web Sitesi

Kar Örtüsü Ölçümleri



Kaynak: Elektrik İşleri Etüd İdaresi Gene Müdürlüğü Web Sitesi

Kar Kalitesi

- Karın içindeki buzun ağırlığının karın toplam ağırlığına oranıdır.
- Karın erime hızına, kar yığınının yapısına ve karın altındaki zeminin sızdırma kapasitesine bağlıdır.

Kar Erimesi

Nedenleri:

- Hava konveksiyonu
- Su buharının yoğunlaşması
- Sıcak yağmur
- Radyasyon

Hava Konveksiyonu ile Kar Erimesi

$$y_e = 2,84 \cdot K \cdot V \cdot T$$

$$K = 0,00184 \cdot 10^{-0,0000512 \cdot h}$$

y_e : 6 saatte eriyen karın eşdeğer su yüksekliği (cm)

V : Rüzgâr hızı (km/saat)

T : Hava sıcaklığı (°C)

h : Deniz seviyesinden yükseklik (m)

Su Buharının Yoğunlaşmasıyla Kar Erimesi

**Kar erimesinde
en önemli
mekanizmadır.**

0°C sıcaklıkta suyun
doygun buhar
basıncı (mm Hg)

$$y_e = K_1 \cdot V \cdot (e - 6,11)$$

Kar üzerindeki hava
kütlesinin buhar
basıncı (mm Hg)

$$K_1 = \left. \begin{array}{l} 0,00915 \\ 0,00505 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \rightarrow \text{Teorik değer (açık arazi)} \\ \rightarrow \text{Ormanlık havza} \end{array}$$

y_e : 6 saatte eriyen karın eşdeğer su yüksekliği (cm)

Sıcak Yağmurlar ile Kar Erimesi

$$y_e = \frac{K \cdot T}{80}$$

Buzun erime
ısı 80 cal/g

y_e : eriyen karın eşdeğer su yüksekliği (cm)

T : Yağmur
suyunun sıcaklığı (°C)

Radyasyonla Kar Erimesi

$$y_e = \underbrace{y_0} \cdot \left(1 - \underbrace{0,75 \cdot m}\right)$$

Mart : 0,89 cm

Nisan : 1,065 cm

Mayıs : 1,22 cm

Haziran : 1,345 cm

$$0 \leq m \leq 1$$

$m = 0$: Gökyüzü tamamen **bulutsuz**

$m = 1$: Gökyüzü tamamen **bulutla kaplı**

y_e :12 saatte eriyen karın eşdeğer su yüksekliği (cm)