

YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMLERİNİN PROJELEME ESASLARI  
VE 12 x 12m İLE 12 x 18m TERTİP ARALIĞINDA  
SU DAĞILIM DESENLERİNİN İNCELENMESİ

Şenay Barın

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Konstrüksiyon ve İmalat Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak hazırlanmıştır.

Danışman: Yrd.Doç.Dr.Bilal Par

Aralık-1988

Şenay Barın'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Yağmurlama Sulama Sistemlerinin Projelendirme Esasları ve 12x12m ile 12x18m Tertip Aralığında Su Dağılım Desenlerinin İncelenmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

..4.1.1..1989

Üye : Prof. Dr. Bülent KÜŞHAN

Üye : Y. Doç. Dr. Yasar DANCAR

Üye : Y. Doç. Dr. Bülent PAR

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
05.05.1989 gün ve ..199/4..... sayılı  
kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Rüstem Kaya

## TEŞEKKÜR

"Yağmurlama Sulama Sistemlerinin Projelene Esasları ve 12x12m ile 12x18m Tertip Aralığında Su Dağılım Desenlerinin İncelenmesi" konusunda yapmış olduğum bu çalışmada beni yönlendiren Danışmanım Yrd.Doç.Dr. Bilal PAR'a, ayrıca deneysel çalışmalarda yardımlarını esirgemeyen Zir.Yük. Müh. Karani ÖĞRETİR'e ve Eskişehir Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü çalışanlarına çok teşekkür ederim.

Aralık-1988

Şenay Barın

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
1. GİRİŞ .....	1
2. TOPRAK- BİTKİ- SU İLİŞKİLERİ .....	4
2.1. Toprağın Hacim Ağırlığı .....	4
2.2. Etkili Kök Derinliği .....	4
2.3. Toprak Nemi .....	5
2.4. Toprağın Su Alma Hızı .....	7
2.5. Bitki Su Tüketimi .....	8
3. YAĞMURLAMA İLE SULAMA .....	14
3.1. Yağmurlama İle Sulamanın Üstünlükleri ve Mahsurları .....	14
3.1.1. Yağmurlama ile sulamanın üstünlükleri .....	14
3.1.2. Yağmurlama ile sulamanın mahsurları .....	15
3.2. Yağmurlama Sulama Tesisi ve Çeşitleri ...	16
3.2.1. Portatif yağmurlama sulama tesisi	16
3.2.2. Yarı sabit yağmurlama sulama tesisi .....	18
3.2.3. Sabit yağmurlama sulama tesisi ..	19
3.3. Yağmurlama Sisteminin Unsurları .....	20
3.3.1. Su kaynağı .....	20
3.3.2. Pompaj birimi .....	20
3.3.3. Boru hatları .....	22
3.3.4. Su püskürtme sistemi .....	28
3.4. Yağmurlama Sulama Tekniği İle İlgili Tanımlar ve Şebekenin Kurulması .....	35

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.5. Laterallerin Ana Boruya Bağlanış Şekline Göre Yağmurlama Sulama Tesislerinin Projelendirilmesi .....	38
3.5.1. Lateralleri ana boruya T şeklinde bağlı bulunan sistemler .....	38
3.5.2. Lateralleri ana boruya L şeklinde bağlı bulunan sistemler .....	39
3.5.3. Lateralleri ana boruya Z şeklinde bağlı bulunan sistemler .....	40
3.5.4. Lateralleri ana boruya L veya U şeklinde bağlı bulunan sistemler .....	40
3.6. Projeleme Esasları .....	41
3.6.1. Pratik metodla projeleme hesapları .....	41
3.6.2. Teorik metodla projeleme hesapları .....	47
4. MATERYAL VE METOD .....	49
4.1. Materyal .....	49
4.2. Metod .....	50
4.3. Eş Su Dağılım Düzeyinin Belirlenmesi .....	53
4.4. Deney Sonuçları .....	56
4.5. Denemedeki Projenin Pratik Metodla Hesaplanması .....	60
4.6. Denemedeki Projenin Teorik Metodla Hesaplanması .....	61
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	63
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	64

## ÖZET

Sulama, genel olarak bitkinin yetiştirilme döneminde ihtiyaç duyduğu suyun yapay yollarla bitki yetiştirilen ortama verilmesi olarak tanımlanabilir. Bitki gelişmesi için gerekli olan su, tabii yollardan sağlanamadığı zamanlar çeşitli kaynaklardan alınarak değişik metodlarla toprağa verilirler.

Bu çalışmada; suyun toprağa, bitkinin su tüketimine göre ekonomik olarak verilmesini sağlayan, yağmurlama sulama sistemleri ele alınmış ve projelendirme esasları incelenmiştir.

Bu bilgiler ışığı altında Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü deneme arazisinde 3,9 mm meme çapındaki yağmurlama başlıklarınının 12 x 12m ve 12 x 18m tertip aralığında su dağılım desenleri elde edilmiştir. Elde edilen su dağılım desenlerine göre eş dağılım katsayıları bulunmuştur. Deneme sonuçları teorik ve pratik hesap metodları ile karşılaştırılmıştır.

## SUMMARY

In general it can be explained that irrigation is required to raise plants in an artificial environment. If water can not be provided in normal ways it must be provided from a different source applied to the land by various ways.

Fundamental to this project it was found that in sprink irrigation systems the amount of water given depends on the consumption of the land.

With this knowledge sprinkler on test land of Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü of 3,9 mm diameter results in a spreading of water over an area of 12x12m and 12x18m. Depending on the design of the water distribution method we found a coefficient of equivalent distribution. Theoretical and practical calculation methods were used for the test results.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

2.1. Etkili yağış eğrisi .....	11
3.1. Taşınabilir yağmurlama sulama tesisi .....	17
3.2. Yarı sabit yağmurlama sulama tesisi .....	18
3.3. Sabit yağmurlama sulama tesisi .....	19
3.4. Yağmurlama sistem unsurları .....	21
3.5. Bazı alüminyum çubuk bağlayıcılar .....	23
3.6. Çeşitli tipte basınç düzenleyiciler .....	27
3.7. Belirli bağlayıcı unsurlar .....	29
3.8. Tek meme başlıklı sprinkler .....	34
3.9. Çift meme başlıklı sprinkler .....	34
3.10. Dörtgen ve üçgen bağlantı şekilleri .....	37
3.11. Dörtgen bağlantı sisteminde yağmurlama alanı .....	37
3.12. Üçgen bağlantı sisteminde yağmurlama alanı .....	38
3.13. Lateralleri ana boruya T şeklinde bağlı bulunan sistemler .....	39
3.14. Lateralleri ana boruya L şeklinde bağlı bulunan sistemler .....	39
3.15. Lateralleri ana boruya Z şeklinde bağlı bulunan sistemler .....	40
3.16. Laterallari ana boruya L veya U şeklinde bağlı bulunan sistemler .....	41
4.1. Projede öngörülen deneme standı .....	49
4.2. Denemede kullanılan yağmurlama başlığı ...	50
4.3. Denemede kullanılan standart kaplar .....	51
4.4. Deney kaplarının dizilişi .....	52
4.5. Basınç kontrolü .....	53
4.6. Denemelerden görünüşler .....	54
4.7. 12x12m kare tertipli su dağılım deseni ...	56
4.8. 12x18m dikdörtgen tertipli su dağılım deseni .....	58



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
2.1. Yağmurlama sistemleri projelendirilmesinde dikkate alınacak etkili kök derinlikleri ..	5
2.2. Değişik bünyeli toprakların kullanılabilir su tutma kapasitesi .....	7
2.3. Toprakların su alma hızları .....	9
2.4. Bazı bitkileri ait gelişme katsayıları ....	12
2.5. % p değerleri .....	13
3.1. Yağmurlayıcı başlıklarının su atma mesafelerine göre gruplandırılması .....	31
3.2. Yağmurlayıcı başlıklarının işletme basıncına göre gruplandırılması .....	31
3.3. Yağmurlayıcı başlıklarının yağış intensitelerine göre gruplandırılması .....	32
3.4. Bazı bitkilerin max su tüketimleri .....	42
3.5. Pimaş yağmurlama başlığına ait karakteristikler .....	44
3.6. 100 m uzunluğundaki PVC borularda sürtünme kayıpları .....	46

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun her 40 yılda iki katına çıkma eğilimi göstermesi, dünyadaki su kaynaklarının gittikçe daha çok önem kazanmasına sebep olmaktadır. Su, çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bunlardan en önemlilerinden biriside, tarımsal üretimi arttırmak amacı ile yapılan sulamadır. (Ertuğrul, 1976)

Memleketimizde 1984 yılı sonunda toplam kamu sulama şebekesi alanı 2.200.000 hektara ulaşmıştır. 1 milyon hektar halk sulamaları ile birlikte toplam sulama şebekesi alanı 3.200.000 hektara ulaşmış ve böylece toplam 8,5 milyon hektar sulanabilir alanın % 37,9'unda sulama şebekesi tamamlanmıştır. (DPT, 1985)

Bitki gelişmesi için gerekli olan su, tabii yollar-  
dan karşılanmadığı zamanlar dere, nehir, gölet, kuyu gibi çeşitli kaynaklardan alınarak değişik metodlarla toprağa verilirler.

Bu metodlar; (Ertuğrul, 1976)

### 1. Yüzey sulama metodları,

#### 1.1. Adi sulama metodları

#### 1.2. Laterallerden salma metodu

#### 1.3. Şeritvari metodu (uzun tava metodu)

#### 1.4. Adi tava metodu (göletlendirme metodu)

#### 1.5. Tesviye eğrilerine paralel hendeklerden taşıma metodu

#### 1.6. Karık usulü sulama metodu

### 2. Toprak altı sulama metodu,

#### 2.1. Hendek usulü

#### 2.2. Mol sistemi

#### 2.3. Borulu sistem

### 3. Yağmurlama sulama metodudur.

Suyun toprağa, bitkinin su tüketimine göre ekonomik olarak verilmesini sağlayan yağmurlama sulama tesislerinin kullanılma alanlarını şöyle sıralayabiliriz:

1. Yağmurlama ile sulama: Yüzey sulama metodlarına karşılık, yağmurlama ile sulamada tabii yağışa çok benzer bir su dağılımı elde edilir. Bu dağılım çeşitli tiplerde yağmurlama başlığı kullanılmak suretiyle sağlanır. (Uz,1976)

2. Yağmurlama ile gübreleme: Yağmurlama sulama sistemleri geniş çapta mineral gübrelerin uygulamasında da kullanılabilir. Bu şekilde en çok uygulanan gübreler suda eriyebilen azot ve potastır.

Yağmurlama ile uygulanmaya en uygun gübre değişik formlarıyla azottur. Azotun bir kısmını ekimle beraber verme zorunluğu varsada en iyi sonuç, daha büyük kısmının bitki gelişmesinin hızlı olduğu devrelerde bir veya birkaç defada verilmesi halinde elde edilmektedir.

Yağmurlama ile gübreleme yapılacaksa, önce toprağın ve bitki yapraklarının nemlenmesini sağlamak amacıyla sadece su püskürtülür. Bundan sonra şebekeye gübre çözeltisi enjekte edilir. Bu süre enjekte edilecek çözeltinin miktarına ve konsantrasyonuna bağlı olmakla beraber 30 dakikadan kısa olmalıdır.

Yağmurlama düzeninin ve bitki yapraklarına yapışmış gübrenin yıkanmasına yeterli zaman bırakılmak şartıyla, gübre çözeltisi sulama periyodunun herhangi bir anında enjekte edilebilir. (Mutaf,1974)

3. Yağmurlama ile dondan korunma: Sıcaklığın donma noktasının altına düştüğü zamanlar, bitkilere ve toprağa su püskürtmek suretiyle, bitkileri don hasarından korumak mümkündür. Su bitki üzerinde donmaya başladığında açığa ısı çıkarır. Bu ısının bir kısmı bitkilerin yaprak ve çiçekleri tarafından alınır, gerisi havaya ve suya yayılır.

Devamlı yapılan yağmurlama sayesinde bitki yaprakları veya meyve tomurcukları üzerinde bir buz tabakası meydana ge-

lır. Suyun buz haline geçmesi halinde açığa çıkan ısı bitkiyi dondan korur.

Bitkilerin dondan başarılı bir şekilde korunabilmesi için sadece bir gecelik değil, birbiri ardına birkaç gece yağmurlama yapılması gerekir. (Mutaf, 1974)

4. Yağmurlama ile İlaçlama: Yağmurlama ile ilaçlama da da, aynı gübre atımında olduğu gibi ilaç, yağmurlama suyuna karıştırılarak istenilen dozda su ile birlikte püskürtülür. İlaçlama bittikten sonra boruların ve başlıkların temizlenmesi için yağmurlamaya temiz su ile devam edilir. (Uz, 1976)

## 2. TOPRAK-BİTKİ-SU İLİŞKİLERİ

Bitkiler, gelişmeleri için gereksindikleri suyun tamamına yakın bir bölümünü kökleri aracılığıyla topraktan alırlar. Sulamadan beklenen yararın sağlanması ve istenen düzeyde ürün elde edilmesi, büyük ölçüde, gelişme döneminde etkili bitki kök derinliğindeki toprakta yeter nemin bulundurulmasına ve toprak-bitki-su ilişkileri arasında iyi bir dengenin kurulmasına bağlıdır. Bu dengenin kurulabilmesi için toprak, bitki ve su ile ilgili temel ilişkiler iyi bilinmelidir. Bu ilişkilerin sulama yönünden önemli olanları aşağıda kısaca açıklanmıştır. (Korukçu, 1981)

### 2.1. Toprağın Hacim Ağırlığı

Birim toprak hacminin kuru ağırlığı olarak tanımlanır. Tarladan alınan toprak örneklerinin, kurutma fırınında 105°C ta 24 saat kurutulması sonucu, tartılan kuru ağırlığının örnek hacmine bölünmesi ile kolaylıkla saptanabilir. Toprakların hacim ağırlığı toprağın yapısına, bünyesine ve sıkışma derecesine bağlı olarak değişir. Topraklar sıkıştıkça ve boşluk hacmi azaldıkça hacim ağırlığı artar.

### 2.2. Etkili Bitki Kök Derinliği

Bitkilerin normal gelişmeleri için gereksindikleri suyun % 80'inin alındığı kök derinliğine etkili kök derinliği denir. Bu değer, sulamada ıslatılacak toprak derinliğini oluşturur ve bitki çeşidine bağlı olarak, genellikle 30-180 cm arasında değişir. Kültür bitkilerinin bir bölümüne ait etkili kök derinlikleri çizelge 2.1'de verilmiştir.

Bitki kök derinliği olgunlaşma döneminde en yüksek değere ulaştığından, gelişmenin ilk dönemlerinde ıslatılacak toprak derinliği azdır. Ancak, sulama sisteminin tasarımında kapasite hesapları en çok sulama suyuna gereksinilen dönem için yapıldığından hesaplarda olgunlaşma dönemin-

deki etkili kök derinliği göz önüne alınır.

Çizelge 2.1. Yağmurlama Sistemlerinin Projelendirilmesinde Dikkate Alınacak Etkili Kök Derinlikleri (Korukçu, 1981)

Bitki Cinsi	Etkili Kök derinliği cm	Bitki Cinsi	Etkili Kök derinliği cm
Asma	90-180	Mer'a	45
Bezelye	75	Meyve ağaçları	90-150
Biber	30-60	Mısır	75
Çilek	30-45	Pamuk	120
Domates	30-60	Patates	60
Enginar	120	Patlıcan	30-60
Fasulye	60	Soğan	90
Havuç	45-60	Sorgun	45
Hıyar	45-60	Soya Fasulyesi	60
Hububat	60-75	Şeker pancarı	60-90
Ispanak	60	Tütün	75
Kabak	45-60	Yer Fıstığı	45
Kavun	75-90	Yonca	90-180
Lahana	45-60		

### 2.3. Toprak Nemi

Bitkilerin normal gelişmesi için toprakta belirli oranda havaya gereksinme vardır. Bu nedenle etkili kök derinliğinde toprak neminin kontrol altında tutulması ve sulama ile verilecek su miktarının toprak, bitki ve iklim koşullarına göre yeterli doğrulukta saptanması ve toprağa verilmesi oldukça önemlidir.

Toprakta bulunan nem miktarı, toprağın kuru ağırlığının yüzdesi yada derinlik olarak belirtilmektedir. Toprak örneklerinde kuru ağırlığa göre nem yüzdesi:

$$P_w = \frac{W_w - W_d}{W_d} \cdot 100 \dots\dots\dots(2.1)$$

eşitliği ile saptanabilir. Eşitlikte;

$P_w$ : Toprağın kuru ağırlığına göre nem yüzdesi

$W_w$ : Toprak örneğinin yaş ağırlığı ve

$W_d$ : Toprak örneğinin 105°C 24 saat kurutulduktan sonraki kuru ağırlığıdır.

Toprak neminin derinlik olarak belirtilmesinde;

$$d = \frac{P_w}{100} \cdot \gamma_T \cdot D \dots\dots\dots(2.2)$$

eşitliğinden yararlanılır. Eşitlikte;

$d$  : Topraktaki su derinliği, cm

$\gamma_T$ : Toprağın hacim ağırlığı, gr/cm<sup>3</sup>

$D$  : Toprak derinliği (etkili kök derinliği), cm'dir.

Sulama açısından iki özellik tarla kapasitesi ve devamlı solma noktasıdır.

Tarla kapasitesi, serbest drenaj koşullarında toprak zerrecelerinin yerçekimine karşı tuttuğu su miktarıdır. Bu değer, toprağın bünyesine, yapısına, toprak zerrecelerinin biçimine ve gözeneklerin durumuna göre değişmektedir.

Tarla kapasitesinde su, toprak zerreceleri tarafından ortalama olarak 1/3 atmosfer basınçla tutulur.

Bitkilerin devamlı solmaya başladığı durumda, toprakta bulunan nem miktarına devamlı solma noktası adı verilmektedir. Bu noktada su, toprak zerreceleri tarafından ortalama olarak 15 atmosfer basınçla tutulur ve bitkiler bu suyu kökleri aracılığıyla alamazlar.

Bitkiler, toprakta tarla kapasitesi ile devamlı solma noktası arasında bulunan sudan yararlanabilirler. Bu nedenle, tarla kapasitesi ile devamlı solma noktası arasındaki nem miktarına, toprakların kullanılabilir su tutma

kapasitesi adı verilir. Değişik bünyeli topraklarda birim kök bölgesi derinliği için kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Değişik Bünyeli Toprakların Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesi (Korukçu, 1981)

Toprak Bünyesi	Kullanılabilir su tutma kapasitesi (mm/lm)	
	Sınırlar	Ortalama
Çok kaba bünyeli kum	83-62	40
Kaba bünyeli kum, ince kum ve tınlı kum	60-80	70
Kaba bünyeli kumlu tın ve ince kumlu tın	85-125	105
Orta bünyeli çok ince kumlu tın ve tın	125-190	160
İnce bünyeli killi tın ve siltli killi tın	145-210	175
İnce bünyeli kumlu kil, siltli kil ve kil	135-210	170

Bitkilerin topraktaki sudan yararlanma oranları farklılık gösterir. Bu nedenle uygulamada, topraktaki nemin devamlı solma noktasına düşmesine izin verilmez ve sulamaya daha önce başlanır. Gerçekte optimum yararlanma oranı, tarla denemelerinde elde edilen sonuçlara dayalıdır. Genel bir yaklaşımla sistem kapasitesi, kullanılabilir rutubetin % 50-75'i tüketildiğinde sulamaya başlanması esasına göre belirlenir.

#### 2.4. Toprağın Su Alma Hızı

Su alma (infiltrasyon) hızı, suyun belirli bir zaman sürecinde, belirli bir yüzeyden toprak içerisine düşey doğrultuda girme hızıdır. Diğer bir deyişle su alma hızı, birim zamanda birim alandan toprak içerisine giren suyun hacmidir ve hız boyutuna sahiptir. Genellikle mm/h olarak belirtilir.



Toprağın su alma hızına toprağın bünyesi ve yapısı, organik madde ve rutubet miktarı, bitki örtüsü, arazinin eğimi, geçirimsiz bir tabakanın varlığı, yüzey üzerindeki suyun yüksekliği, uygulanan sulama metodu sulamanın süresi, toprağın sıkışması ve çatlaması, erozyon, bakteri faaliyetleri, toprağın ve suyun sıcaklığı, su ve topraktaki tuzların cinsi ve miktarı gibi etmenler etki eder.

Su alma hızı, yağışlardan yararlanılarak, yüzey akış miktarının hesaplanmasında ve sulama metodlarının seçimi ile projelendirilmelerinde kullanılan önemli bir toprak özelliğini oluşturur.

Toprağın su alma hızının düşük oluşu, yüzey sulama metodlarında akış uzunluğunun artmasına ve ekonomik bir sulama yapılmasına olanak sağlar. Yağmurlama metodlarının kullanılma olanağı, sistemin su uygulama hızının, toprağın su alma hızından yüksek olmaması koşuluyla sınırlıdır. Yağmurlama sisteminde su uygulama hızının yüksek oluşu, suyun toprak yüzeyinde göllenmesine ve erozyona yol açar. Su alma hızı yüksek olan topraklarda, akış uzunluğunun azalması nedeniyle yüzey sulama ekonomik olmadığından, yağmurlama metodları kullanılmalıdır.

Toprağın bünyelerine göre değişen su alma hızları çizelge 2.3'de verilmiştir.

## 2.5. Bitki Su Tüketimi

Bitki su tüketimi, bitki yapraklarından atmosfere olan terleme ile toprak yüzeyinden olan buharlaşmayı içerir. Toprak rutubeti azalmasının değerlendirilmesinde, diğer bir deyişle, sulama sistemlerinde belirli bir alana verilecek sulama suyu miktarı, sulama zamanı ve sulama aralığının belirlenmesinde kullanılan önemli bir faktördür.

Bitki su tüketiminin saptanmasında kullanılan ve

Çizelge 2.3. Toprakların Su Alma Hızları (Korukçu, 1981)

Toprak Bünyesi	Su alma hızı (mm/h)	
	Sınırlar	Ortalama
Kumlu	25.0-250.0	50.0
Kumlu - tınlı	13.0-76.0	25.0
Tınlı	8.0-20.0	13.0
Killi - tınlı	2.5-15.0	8.0
Siltli - tınlı	0.3-5.0	2.5
Killi	0.1-1.0	0.5

ampirik yaklaşımı içeren bir çok metod geliştirilmiştir. Geliştirilen metodların temel girdileri; iklim, bitki ve toprak özelliklerine ilişkin veriler oluşturmaktadır. Bunlar arasında iklim verilerine en az gerek gösteren Blaney-Criddle metodudur. Blaney-Criddle metodu dünyanın birçok yerinde olduğu gibi ülkemizde de bitki su tüketiminin saptanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu methoda ki eşitlikler;

$$u = k.f \dots\dots\dots (2.3)$$

$$k = k_c \cdot k_t \dots\dots\dots (2.4)$$

$$k_t = 0,031t + 0,24 \dots\dots\dots (2.5)$$

$$f = \frac{(45,76 + 813)p}{100} \dots\dots\dots (2.6)$$

biçiminde verilmektedir. Söz konusu eşitliklerde;

u : Aylık bitki su tüketimi, mm

k : Bitki cinsi ve bölge iklimine bağlı aylık su tüketim katsayısı,

f : Aylık su tüketim faktörü,

$k_c$  : Bitki gelişme katsayısı,

$k_t$  : İklim katsayısı,

t : Ortalama sıcaklık, °C

$p$  : Aylık gündüz saatlerinin, yıllık gündüz saatlerine oranı,  
değerlerini gösterir.

Bitki su tüketimi değerleri, sulama suyu gereksinimi sulama süresi ve sulama aralığını saptayıcı niteliklere sahiptir.

Sulanması planlanan alanda yer alacak bitki desenine ilişkin aylık su tüketimleri belirlendikten sonra, bu değerlerden her ayda düşecek etkili yağış çıkartılarak, sulama ile karşılanması gereken bitki su tüketimi miktarları bulunur.

$$u_n = u - r \dots\dots\dots(2.7)$$

Eşitlikte;

$u_n$  : Bitki su tüketiminin sulama ile karşılanacak miktarı, mm/ay

$u$  : Bitki su tüketimi, mm/ay

$r$  : Etkili yağış, mm/ay

değerlerini göstermektedir.

Alanda gereksinim duyulan toplam sulama suyu miktarı;

$$d = \frac{u_n}{E} \dots\dots\dots(2.8)$$

$d$  : Toplam sulama suyu miktarı, mm/ay

$E$  : Sulama randımanı, %'dir.

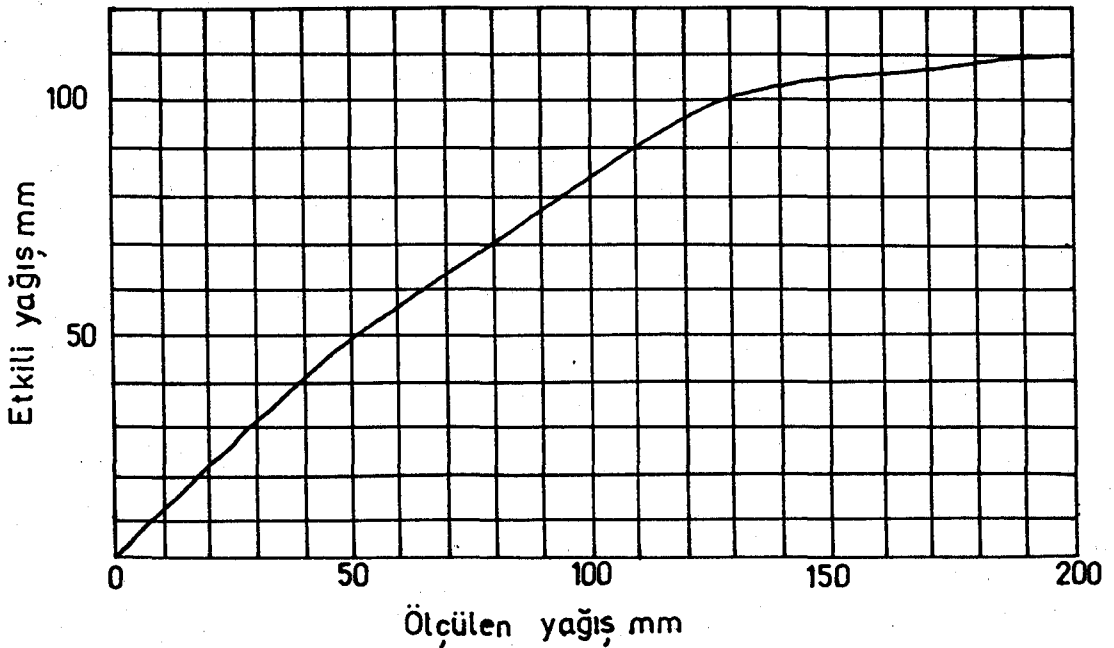
Sistem kapasitesinin belirlenmesinde, toplam sulama suyu miktarının en yüksek olduğu aya ilişkin değerden yararlanılır.

Yukarıda verilen eşitliklerdeki  $k_c$  değerleri araştırmalarla saptanarak bitki cinsi ve büyüme oranlarına göre grafik yada çizelgeler biçiminde düzenlenmektedir. Ülkemizde sulanan kimi bitkilere ilişkin ortalama  $k_c$  değerleri çizelge 2.4'te verilmiştir. Çizelgedeki büyüme oranları, bitkilerin gelişme dönemlerine göre saptanmaktadır.

Belirli bir bitkide, herhangi bir aya ilişkin büyüme oranı; gelişme dönemi başlangıcından o ayın ortasına kadar geçen sürenin, gelişme dönemine bölünmesi ile elde edilir. Örneğin, gelişme dönemi 1.Mayıs - 30.Eylül olan bir bitkinin Temmuz ayına ilişkin büyüme oranı, 1.Mayıs - 30.Eylül arasındaki gün sayısına bölünmesi sonucu bulunur. Gelişme dönemleri, tek yıllık bitkilerde ekim- hasat, çok yıllık bitkilerde ise son don - ilk don arasında geçen süre olarak alınabilir.

Aylık gündüz saatlerinin, yıllık gündüz saatlerine oranı olan p değerleri enlem derecelerine ve aylara göre değişmektedir. Söz konusu bu değerler çizelge 2.5'te verilmiştir.

Öte yandan etkili yağış, aylık yağış miktarlarına göre şekil 2.1'de yer alan eğriden yararlanılır.



Şekil 2.1. Etkili yağış eğrisi (Korukçu, 1981)

Çizelge 2.4. Bazı Bitkilere Ait Gelişme ( $k_c$ ) katsayıları (Korukçu,1981)

Bitki Cinsi	Bitki büyüme oranı										
	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
Pamuk	0.40	0.42	0.43	0.57	0.73	0.87	0.88	0.78	0.54	0.38	0.29
Şeker Pancarı	0.60	0.64	0.72	0.81	0.88	0.93	0.95	1.15	1.22	0.88	0.68
Mısır	0.50	0.48	0.57	0.72	0.85	0.92	0.92	0.92	0.95	0.91	0.67
Ayçiçeği	0.46	0.47	0.47	0.49	0.57	0.70	0.83	0.90	0.88	0.87	0.86
Patates	0.23	0.29	0.42	0.61	0.77	0.87	0.90	0.90	0.90	0.91	0.95
Fasulye	0.52	0.55	0.56	0.61	0.70	0.81	0.88	0.88	0.83	0.73	0.65
Nohut	0.28	0.31	0.35	0.43	0.52	0.60	0.64	0.63	0.59	0.58	0.60
Sorun (Darı)	0.36	0.38	0.42	0.50	0.60	0.67	0.70	0.71	0.74	0.73	0.60
Yer fıstığı	0.38	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58	0.65	0.66	0.62	0.54	0.43
Biber	0.48	0.51	0.60	0.78	0.79	0.76	0.84	0.92	0.94	0.72	0.40
Domates	1.00	1.07	1.03	0.94	0.87	0.87	0.87	0.85	0.77	0.62	0.61
Kavun-Karpuz	0.37	0.37	0.40	0.44	0.50	0.57	0.68	0.58	0.43	0.41	0.42
Soğan	0.65	0.77	0.91	1.02	1.07	1.05	0.94	0.75	0.62	0.48	0.34
Salatalık	0.16	0.23	0.38	0.55	0.64	0.67	0.81	0.83	0.68	0.49	0.35
Hububat (kışlık)	0.52	0.68	0.80	0.84	0.83	0.81	0.79	1.30	1.30	0.95	0.20
Hububat (yazlık)	0.86	0.91	0.94	0.88	0.65	0.69	1.30	1.43	1.33	0.97	0.66
Korunga	0.82	0.87	0.83	0.76	1.17	1.31	1.23	0.94	1.06	1.10	0.78
Fiğ	1.05	1.10	1.05	0.95	0.83	0.82	0.97	1.12	1.10	0.80	0.40
Yonca	0.86	0.93	0.97	1.00	1.02	1.05	1.07	1.06	0.98	0.84	0.63
Şeftali	0.55	0.58	0.62	0.68	0.77	0.80	0.80	0.78	0.63	0.41	0.27
Turunçgiller	0.66	0.67	0.68	0.73	0.78	0.80	0.82	0.80	0.77	0.73	0.68
Meyve	0.58	0.72	0.84	0.92	0.97	0.95	0.85	0.68	0.52	0.35	0.25
Sebze	0.34	0.42	0.55	0.67	0.76	0.80	0.82	0.78	0.69	0.56	0.41

Çizelge 2.5. Aylık Gündüz Saatlerinin Yıllık Gündüz Saatlerine Oranı (% p değeri, kuzey yarımküre)  
(Korukçu,1981)

Enlem derecesi	A Y L A R						
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
45°	9.08	10.31	10.46	10.57	9.75	8.42	7.61
44°	9.05	10.25	10.39	10.49	9.71	8.41	7.64
43°	9.02	10.19	10.31	10.42	9.66	8.40	7.67
42°	8.99	10.13	10.24	10.35	9.62	8.40	7.70
41°	8.96	10.07	10.16	10.29	9.59	8.39	7.72
40°	8.93	10.01	10.09	10.22	9.55	8.39	7.75
39°	8.91	9.95	10.03	10.16	9.51	8.38	7.78
38°	8.89	9.90	9.96	10.11	9.47	8.37	7.80
37°	8.87	9.85	9.89	10.05	9.44	8.37	7.83
36°	8.85	9.80	9.82	9.99	9.41	8.36	7.85
35°	8.82	9.76	9.76	9.93	9.37	8.36	7.88
34°	8.80	9.71	9.71	9.98	9.34	8.35	7.90
33°	8.87	9.67	9.65	9.83	9.31	8.35	7.92

### 3. YAĞMURLAMA İLE SULAMA

Yağmurlama sistemleri, sulama tesisleri yanında suni gübrelerin çözelti halinde tarlaya verilmesi, bitki zararlıları ile mücadele için ilaçlama yapılması ve bitkilerin dondan korunması işlemlerinde kullanılırlar.

Yağmurlama yoluyla yapılan sulamanın diğer sulama yöntemlerine kıyasla üstünlükleri ve mahsurlarını şöyle sıralayabiliriz.

#### 3.1. Yağmurlama ile Sulamanın Üstünlükleri ve Mahsurları (Alap, 1957; Mutaf, 1974; Uz, 1976; Par, 1984 )

##### 3.1.1. Yağmurlama ile sulamanın üstünlükleri

1. Normal yüzey sistemi ile sulanamayan çok meyilli, tesviyesi zor, çukurlu araziler bu metodla sulanır ve tesviye istemez.

2. Kumlu, çakıllı ve geçirimli topraklarda yüzey sistemi ile sulamada çok su israf edilir. Halbuki aynı topraklar yağmurlama ile su kaybı olmadan sulanabilir.

3. Yağmurlama sulama ile altı sert tabakalı veya çakıl olan sığ topraklarda toprak kaybına sebep vermez. Yani erozyonu önler. Hafif sulama sert tabaka üstünde su birikmesine mani olur.

4. Taban suyu 60-120 cm derinde olan yerlerde yağmurlama ile hafif sulama yapılır. Toprağa, istenilen toprak derinliğinde su verildiği için taban suyu yükselmesi önlenir ve yüzeyde tuz birikmesine mani olur.

5. Nemli, orta, sıcak iklimlerde elverişlidir. Yumuşak ve nemli tohum yatağı yapar, ekim zamanını kontrol altına alır.

6. Gece yağmurlamasında buharlaşma az olduğu için sudan tasarruf edilmiş olur.

7. Yağmurlama, don olayını kısmen önler. Sisleme suretiyle tatbik edildiğinde bitkilere zarar vermesi önlenir.

8. Uygulamada mahsül kalitesini arttırır.

9. Uygulamada her tarafa eşit miktarda su dağılımını sağlar, çamurlanma ve yıkanmaya sebebiyet vermez.

10. Su tatbikinde derine sızma ve yüzey akışı olmadığı için daha az su miktarı ile sulama yapılabilir.

11. Diğer sulama metodlarında açılan kanal ve seddeleri imal etmeye bu metotta gerek yoktur. Bu suretle kanal, sedde tesviye aletlerini temin ve bunları kullanma tekniğini öğrenmeye gerek yoktur.

12. Yağmurlama ile suni gübre dağıtımına imkan vardır.

13. Gücten tasarruf sağlar.

14. Su toprağa yeknesak olarak verildiği için toprağın yapısı bozulmaz. (hava ve su alışverişi bozulmaz)

15. Su toprağın su alma hızına göre verilir.

16. İlaclama işine imkan verilir.

17. Özellikle patates ve pancar gibi bitkilerin hasadında yağmurlama sulaması ile gevşetilen ve yumuşatılan topraktan yumrular kolayca sökülebilir.

18. Sulama suyunun az olduğu yerlerde yağmurlama sulama metodu hem suyun hemde iş kuvvetinin tesir derecesini yükseltir.

### 3.1.2. Yağmurlama ile sulamanın mahsurları

1. Bilhassa yaz aylarında su zerrelere bir kısmı havada buharlaşmasından dolayı diğer metodlardan daha fazla su kaybı olur. Yaprak üstünde kalan suda buharlaşır.

2. Rüzgâr yağmurlama sisteminin serpm sahasını azaltır ve ıslanan kısımlarda yer yer yağmurlamayı arttırır.



3. Sistem iyi kurulmamışsa, motor devri ve atmosfer basıncı ayarsızsa su miktarı tarlaya değişik derecede uygulanmış olur.

4. Yağmurlamada, temiz su kullanmak lazımdır. Kumlu, kirli sular memeleri tıkar ve aletin çabuk bozulmasına neden olur.

5. Borular ve memeler gübreleme işleminden sonra iyice temizlenmelidir.

6. Yüzeysel sulama için tesisleri hazır bir tarladaki sulama masrafı, yağmurlamaya nazaran çok daha azdır. Yağmurlamanın satın alma bedeli yüksektir. Dolayısıyla amortisi maliyete tesir etmektedir.

7. Yağmurlamayı tarlaya tatbikte diğer metodlara nazaran daha çok mühendislik bilgisine ihtiyaç vardır.

8. Mekanik zorluklar daima beklenebilir. Yağmurlama başlıkları dönmeyebilir, memeler tıkanabilir, bağlantılar su sızdırabilir, motor ayrı dikkat ve bakım ister.

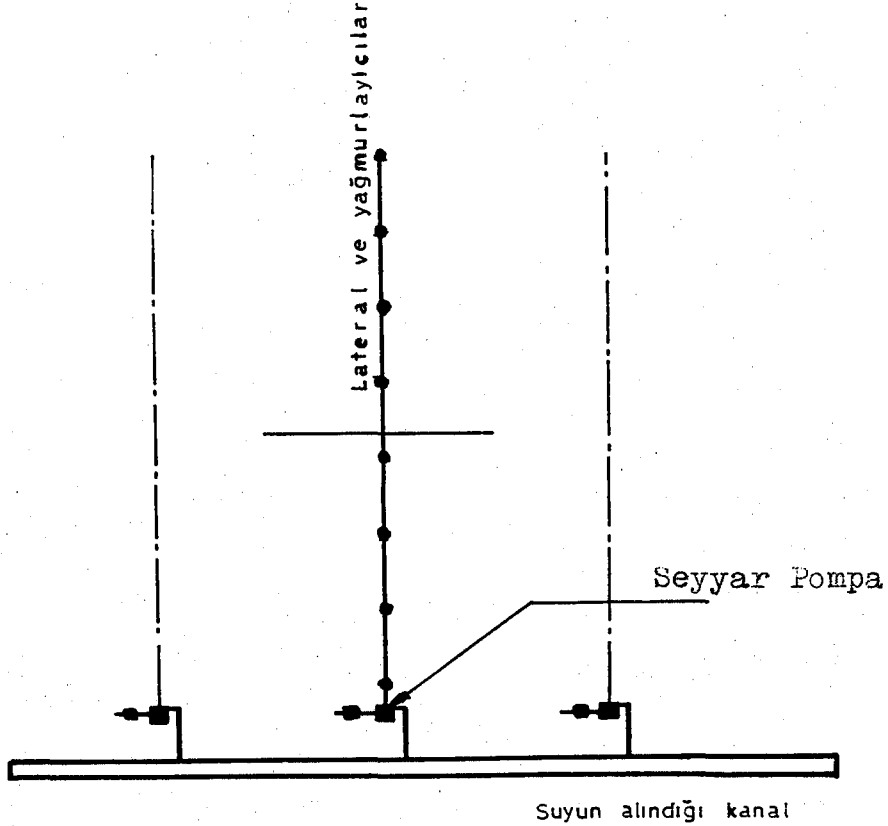
### 3.2. Yağmurlama Sulama Tesisi ve Çeşitleri

Yağmurlama sulama tesisi bir pompa vasıtasıyla herhangi bir su kaynağından alınan suyun basınç altında ana boru hattına, oradan da yağmurlama boruları (lateral) üzerindeki memelere veya döner yağmurlama başlıklarına ileterek yağmurlamayı sağlayan bir sistemdir. Yağmurlama işinin yapılabilmesi için gerekli olan kuvvet kaynağı, pompa, boru hatları ve su dağıtma araçları yağmurlama sulama sisteminin tümünü teşkil eder. Yağmurlama sulama tesisleri portatif (taşınabilir), yarı sabit (yarı durağan), sabit (durağan) tesis olarak kurulurlar. Bu tesisler sırası ile şöyledir. (Molenaar, 1969)

#### 3.2.1. Portatif (taşınabilir) yağmurlama sulama tesisi

Bu tesiste bütün kısımlar sökülüp takılabilir ve bir yerden diğer bir yere kolayca taşınabilir ve borularda anah-

tar kullanmadan sökölüp takılabilir. Bu çeşit tesiste fazla insan gücüne ihtiyaç vardır. Pompa tarafından temin edilen su yağmurlama borusuna sevk edilir. Yağmurlama borusu üzerine yağmurlama sisteminin durumuna bağılı olarak 12-24m aralıklarla yağmurlama başlıkları bağlanır. Tesis çalıştığı zaman yağmurlama başlıklarından su püskürtülerek sulanacak alan yağmurlanır. Yağmurlama boruları, kullanılan sistemin tertibine bağılı olarak her defasında 12-24m kaydırma mesafesinde kaydırılarak sulanacak alanın tümü sulanır. (Şekil 3.1)



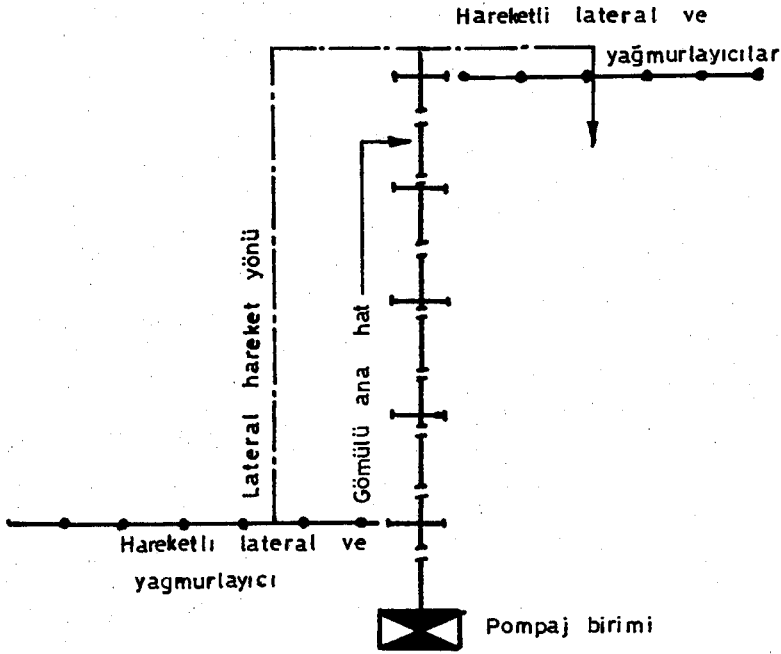
Şekil 3.1. Taşınabilir yağmurlama sulama tesisi (Korukçu, 1981)

Portatif yağmurlama sulama tesisi her türlü kültür bitkisinin sulanmasında kullanılabilir. Bu sistemler sulanması gereken alanın ortasından geçen veya bir kenarı boyunca

akan bir nehir olduğu durumlarda çok kullanışlıdır. (Molenaar, 1969)

### 3.2.2. Yarı sabit (yarı durağan) yağmurlama sulama tesisi

Bu tesiste pompa ünitesi bir kütle içinde beton zemin üzerine tesbit edilmiş ve ana boru hattına tarlada yer altına sabit olarak yerleştirilmiştir. Burada seyyar olan yağmurlama borularının ana boru hattına bağlanması için ana boru üzerinde belirli aralıklarla tesbit edilmiş vanalar bulunur. Burada genellikle bir manometre ve su sayacı vanaya paralel olarak bağlanır. Bu suretle bir yağmurlama borusuna verilen su miktarı ile borudaki basınç tesbit edilir. (Şekil, 3.2)

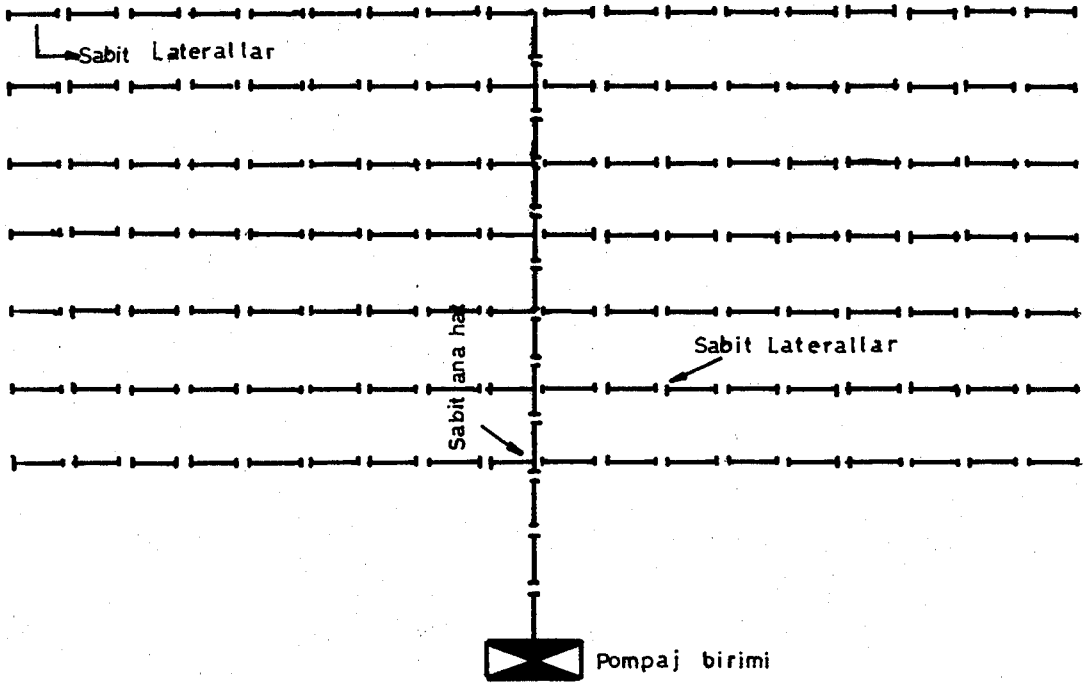


Şekil 3.2. Yarı sabit yağmurlama sulama tesisi (Korukçu, 1981)

Yarı sabit yağmurlama sulama tesisinde yalnız lateraller taşınır. Daha çok meyve, sebze bahçeleri ile yeşil alanların sulanmasında kullanılan bu tesis şeklinde insan iş gücü, portatif tesisteki iş gücüne nazaran daha azdır. (Molenaar, 1969)

### 3.2.3. Sabit (durağan) yağmurlama sulama tesisi

Buradaki "sabit" terimi boruların (püskürtücü, yan kollar da dahil) mevsimden mevsime değişmeyip aynı durumda kaldığı sistemler için kullanılmıştır. Sabit tesislerde, borular genellikle gömülü durumdadır. Zamanımızda bu sistemin kurulması için ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, sabit sistemlerden faydalanılmasını kısıtlayıcı bir sebeptir. Bu tesis şekli devamlı bitki kültürleri için uygundur. İnsan iş gücüne çok az gerek gösteren bu tesislerde otomatik kontrollü yağmurlama yapılabilir. (Şekil 3.3) (Molenaar, 1969)



Şekil 3.3. Sabit yağmurlama sulama tesisi (Korukçu, 1981)

### 3.3. Yağmurlama Sisteminin Unsurları

Yağmurlama metodu ile sulamada, bir sulama şebekesi genel olarak üç ana unsurdan meydana gelmektedir. (Özdengiz, 1974)

1. Basınç sağlayan pompa ve pompayı çeviren kuvvet (motor)
2. Basınçlı suyu tarlaya ve dağıtım yerine sevk eden basınca dayanıklı borular
3. Borularla gelen basınçlı suyu yağmura benzer bir şekilde yağdıran yağmurlama başlıkları.

Şekil 3.4'de yağmurlama sisteminin unsurları gösterilmiştir.

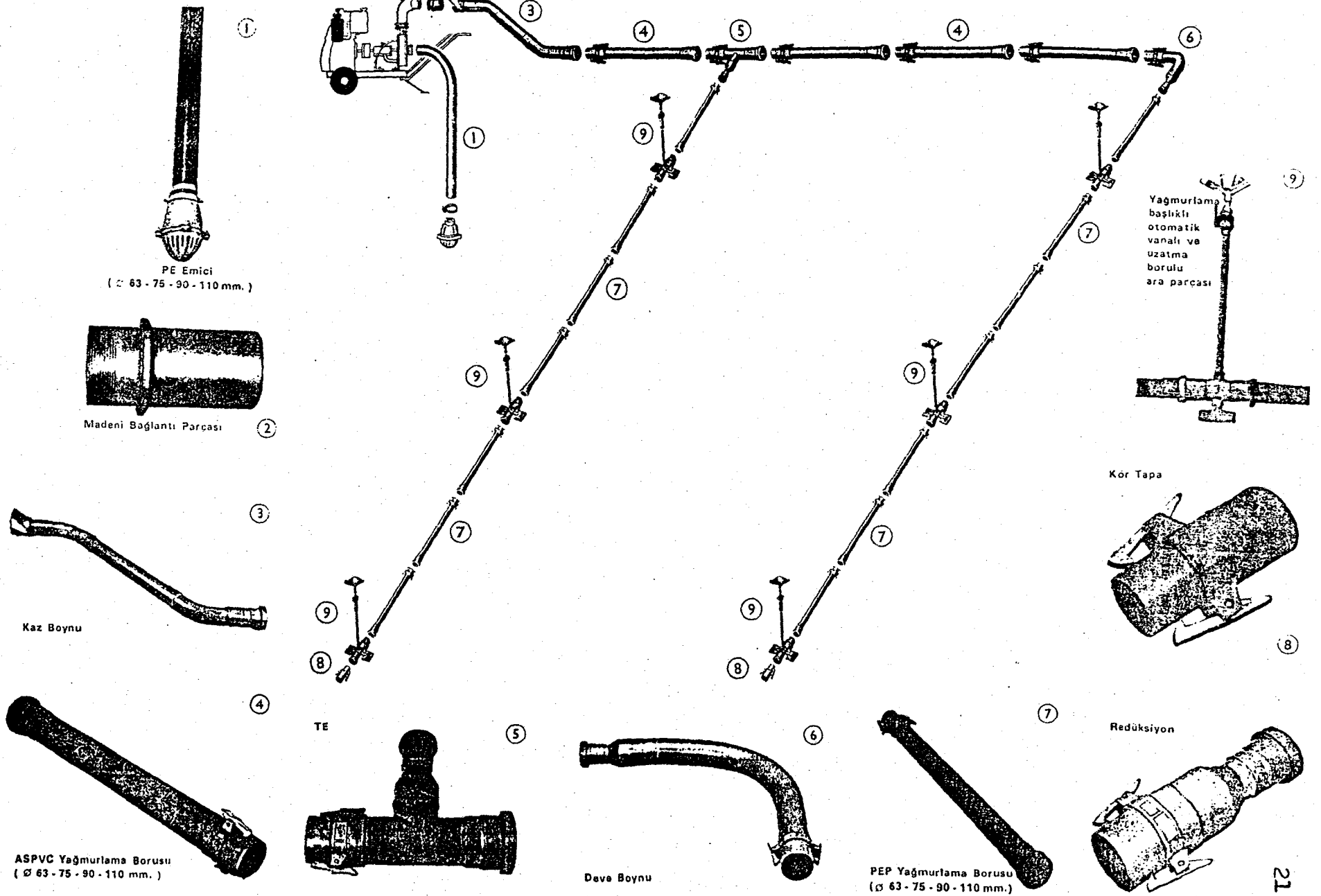
#### 3.3.1. Su kaynağı

Sulama şebekelerinde suyun varlığı ve bu suyun tarla başına getirilmesi, amacın ancak bir kısmını teşkil eder. Asıl önemli husus, suyun mevcut bitki ve toprak koşullarında toprağa mümkün olduğu kadar üniform bir şekilde verilmesindedir. (Özdengiz,1973)

Yağmurlama sulaması için su kaynağı; bölgesel basınçlı bir boru hattı, bir su depolama birimi, bir sulama kanalı yada bir kuyu olabilir. Su, kaynaktan yerçekimsel olarak da sağlanabilir. Genellikle, pompaja gerek vardır. Kaynak ne olursa olsun, sağlanacak sulama suyunun, başlık memelerini tıkamıyacak biçimde kum, silt, yaprak v.b. maddelerden süzülmesi gerekebilir. (Korukçu, 1981)

#### 3.3.2. Pompaj birimi

Suyun yağmurlama başlıklarında ince damlacıklar biçiminde püskürtülmesi için, belirli bir işletme basıncına gerek vardır. Bu basınç koşulların elverdiği durumlarda yerçekimi sistemi ile temin edilebilir. Suyun elde edildiği kaynağın yüksekliği, en son başlıkta istenilen basıncı sağlayabilecek durumda ise, bu durumda bir pompaj sistemine



Şekil 3.4 Yağmurlama sistem unsurları (Ege Yıldız)

gerek yoktur.

Yağmurlama sistemlerinde pompaj birimi, suyun belli bir basınç altında sırasıyla; ana boru hattına, laterallere, yağmurlama başlıklarına ve buradan da toprağa verilmesini sağlar.

Eğer sulama suyu; bir kanal, göl ve havuz gibi yüzeysel bir kaynaktan sağlanıyorsa santrifüj pompalar, bir derin kuyudan sağlanıyorsa derin kuyu pompaları kullanılır.

Güç birimi olarak içten yanmalı motorlar yada elektrik motorları kullanılır. Sulama yapılan işletmenin durumuna göre, işletmede bulunan traktörden de gerekli gücün sağlanmasında yararlanılır. (Korukçu, 1981)

### 3.3.3. Boru hatları

Yağmurlama sistemlerinde boru hatları, suyun kaynaktan yağmurlama başlıklarına kadar basınç altında iletilmesinde hizmet eden iletim, ana ve lateral borulardan oluşur. Suyu laterallere veren ana boru hattında çelik, asbestli çimento, alüminyum yada sert plastik borular kullanılabilir. Ana boru hatları, karşılaşılan koşullara göre, toprak altına gömülebileceği gibi, toprak üstünde döşenebilir. Taşınabilir sistemlerde kullanılan borular, bir kişi tarafından kolaylıkla taşınabilecek standart uzunlukta olmalıdır. Uygulamada en çok kullanılan borular ise 75 ile 110 mm çapında ve 6 ile 9 m uzunluktadır.

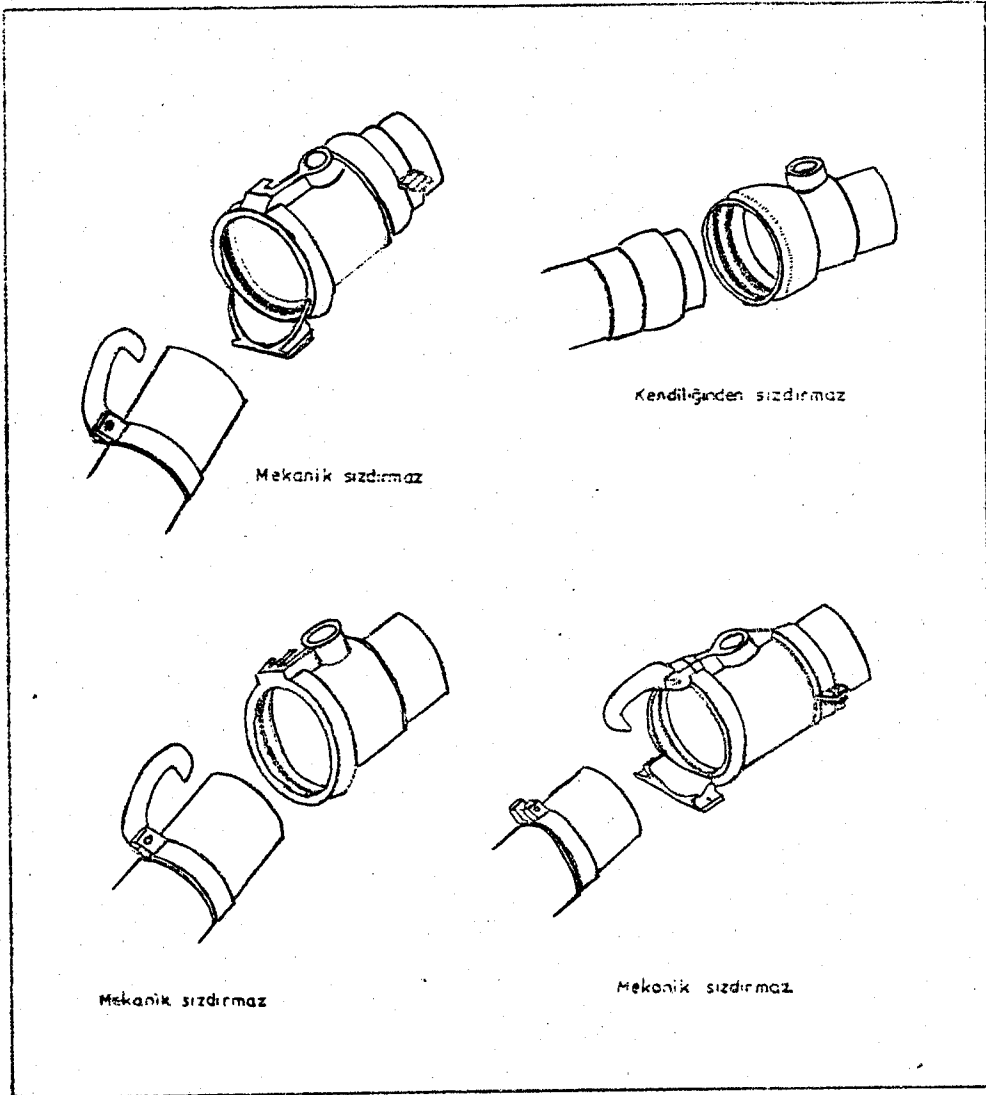
#### 3.3.3.1. Boru bağlayıcıları

Standart uzunluktaki boru parçalarının birbirine bağlanarak ana yada laterallerin oluşmasını sağlar. Çeşitli bağlayıcılar geliştirilmiş olmakla birlikte, bunlar genel olarak;

- (1) Kendiliğinden sızdırmaz (basınç nedeniyle) ve
- (2) Mekanik sızdırmaz

olmak üzere iki kısımda toplanırlar.

Kendiliğinden sızdırmaz bağlayıcılar, kendiliğinden kenetlenen ve el ile kenetlenen olmak üzere iki biçimdedir. Birincisinde, bağlamayı sağlayıcı çengel ve yuvası gibi araçlar bulunmaz. Su basıncının ve içeride yer alan yayın etkisiyle borular kenetlenir. El ile kenetlenenler ise, kenetleme çengeli yada bileziği ile çengel yataklarından oluşur. (Şekil 3.5)



Şekil 3.5. Bazı alüminyum çubuk bağlayıcılar (Korukçu, 1981)



Mekanik sızdırmaz bağlayıcılar, el ile hareket ettirilen levye ve çubuklar aracılığıyla sızdırmazlık sağlarlar.

Çalışma biçimlerine bakılmaksızın laterallerin çabuk bağlanmasında aşağıda belirtilen temel ilkeler aranır;

(1) Birleşme yerleri, boruların üzerinde tarım yapılan araziye, teraslara ve hatta bazı iniş-çıkışlara uymasını sağlayabilecek yeterlikte bükülebilir olmalıdır.

(2) Çubuk bağlayıcılar, birbirine bağlanmış iki borunun, bağlayıcı açılmadan beraberce taşınabilmesini sağlayacak biçimde yeterli sağlamlıkta olmalıdır.

(3) Bağlayıcılar, laterallere basınçlı su verildiğinde, suyu sızdırmamalı ve basınç uygulaması durdurulduğunda borudaki suyu kısa zamanda bağlantı yerlerinden drene edebilmelidir.

Bağlayıcıların diğer bir işlevi de, boru ve yağmurlama başlığını destekleyerek toprak yüzeyine dik bir biçimde durmasını sağlamaktır. Bu durum, borunun dönmesini önler ve başlığa en iyi su dağılımı vermesini sağlar. Destek parçaları, bağlayıcının bir parçası olabileceği gibi, ayrıca da monte edilebilirler.

### 3.3.3.2. Özel parçalar

1. Yükselticiler: Bunlar iki tiptir. Birincisi suyu lateralden alıp, yağmurlama başlığına ileten borulardır. Boru çapı, kullanılan başlığın büyüklüğüne, uzunluğu ise sulanan bitkinin boyuna göre saptanır. Meyve ağaçlarında yapılan üstten sulamalarda, uzun yükselticiler kullanılır. Bunların kolaylıkla sökülüp takılmaları için seri bağlayıcılar kullanılır.

İkinci tip yükselticiler ise, ana boru hattı ile laterali birbirine bağlar. Bu, ana hattan düşey doğrultuda çıkan ve ucunda laterale bağlantı yapacak bir bağlan-

tı parçası bulunan borudur.

2. Küçültücü (redüksiyon) : Yağmurlama sistemlerindeki boru hatları, farklı boru çaplarından oluştuğu durumlarda kullanılırlar. Küçültücü, basit olarak iki farklı çap büyüklüğünden oluşan, bir ucunda dişi ve diğer ucunda ise erkek kısım bulunan bir bağlayıcıdır.

3. Kör tapalar : Laterallerin sonunda yada bir tarafı kapanması gereken (T) parçalarında kullanılır. Kör tapalar, bir laterali yada (T)'yi kapamak amacıyla, bunlar üzerindeki bağlayıcıya girebilen erkek bir parçadır. Bunlar, boru hattının temizlenmesi işinde de kullanılır.

Bir diğer kör tapada, kendiliğinden kapanan ve basınç kalktığında açılan tiptir.

4. Dirsekler : Bağlayıcılar gibidir. Boru hattının doğrultu değişimlerinde kullanılırlar. Dirsekler, çap değişim görevini de görürler. Bunlara küçültücü dirsek denir.

5. Vanalı dirsekler : Üzerinde su alım vanası bulunan, lateral ile ana hattı birbirine bağlayan düşey yönde 90°'lik dirseklerdir. Vananın çalışmasını sağlayan sistem içlerine yerleştirilir. Bunlar redüksiyonlu dirsek biçiminde de olabilirler.

6. Vanalı (T)'ler : Esas olarak vanalı dirseklere benzerler. Fark olarak, vananın ucunda dirsek yerine (T) vardır. Bu nedenle, ana hatta birbirine ters yönde iki lateral aynı anda çalıştırılabilir.

7. Yana akış (T) : Bunlar hatların sonuna yerleştirilir. Böylelikle, hatta dikey doğrultuda sağ ve sol yönlerde su akışı sağlanır.

8. Krosalar : Herhangi bir boru hattına yerleştirebilirler. Suyu, hattın iki yanına 90°'lik doğrultuda akıttırır. Krosalar vanalarla da donatılabilirler.

9. Vanalar : Yağmurlama sistemlerinde değişik

amaçlara hizmet edebilen çeşitli vanalar kullanılır. Bunların belli başlı olanları aşağıda açıklanmıştır.

Otomotik dren vanaları: Düşük basınçla çalışırlar. Basınç sıfıra yakın bir değere geldiğinde vana kendiliğinden açılır ve hattın boşalımı sağlanır.

Elle çalışan boşaltım vanaları: Hattı boşaltmak amacıyla kullanılır.

Yıkama tipi boşaltım vanaları: Bunlar silt ve pisliği akıtmak üzere genellikle el ile çalıştırılan ve hattın sonuna yerleştirilen vanalardır.

Basınç önleme vanaları: Aşırı basınç oluşumunu önlemek için kullanılırlar. Bunlar genel olarak yaylı tipte ve işletme basıncının üzerindeki değerlerde açılacak biçimde yapılırlar.

Vakum önleme vanaları: Bayır aşağı döşenen su temin hatları ve ana hatlarda kullanılırlar.

Tek yönlü vanalar (çek valf): Pompanın basma borusunda kullanılır. Pompanın durdurulması esnasında, suyun basma borusunda kalmasını sağlar.

Ana hat su alım vanaları: Laterallerin ana hatla bağlanması amacıyla kullanılır.

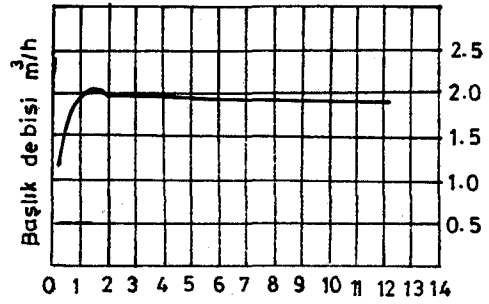
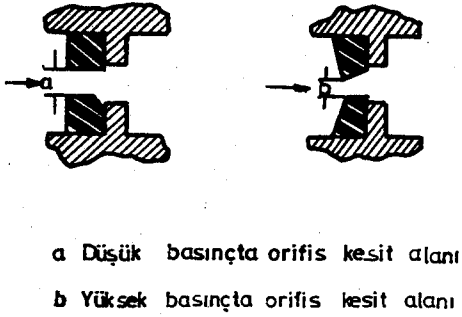
(T) ve (V) vanaları: Bir hattı iki doğrultuya ayırmak için kullanılır ve iki vanalı bir (T) dir.

Hat vanaları: Akışı kapamak amacıyla boru hattı üzerinde kullanılırlar.

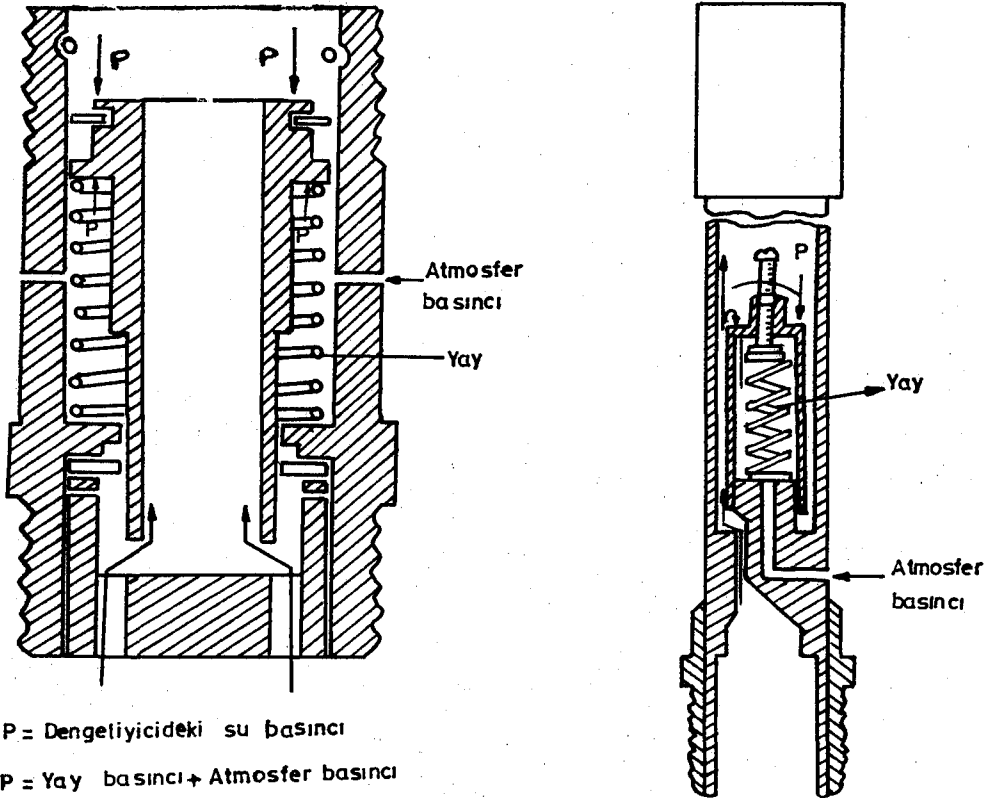
10. Düzenleyici ve ölçü araçları: Tasarımı iyi yapılan bir yağmurlama sulama sisteminde işletim açısından önemli sayılabilen bazı parçalar yer alır. Bunlar sırasıyla;

Basınç ayarlayıcılar: Laterallerin bayır aşağı yada yukarı olmasına bakılmaksızın, yağmurlama başlıklarına ilişkin basınç değerlerinin belirli bir düzeyde tutulması ama-

cıyla başlıkların altına monte edilirler. Bunlardan bazıları şekil 3.6'da gösterilmiştir.



### Bir basınç dengeleyicisi işletme eğrisi



Şekil 3.6. Çeşitli tipte basınç ayarlayıcılar (Korukçu,1981)

Akış düzenleyiciler: Yağmurlama başlıklarına gelen suyun, miktar ve basıncını düzenler. Buna göre, başlığın debisinde bir değişim yapılması söz konusu ise, bu düzenleyicinin belirlenen miktarı verecek biçimde değiştirilmesi gerekir.

Basınç ölçerler (manometreler): Pompa yada başlıktaki basınç değerinin belirlenmesinde kullanılır. Basınç ölçerler, genellikle, laterallerin başına ve sonuna konularak boru boyunca basınç değişiminin ölçülmesi için kullanılırlar. (Korukçu, 1981)

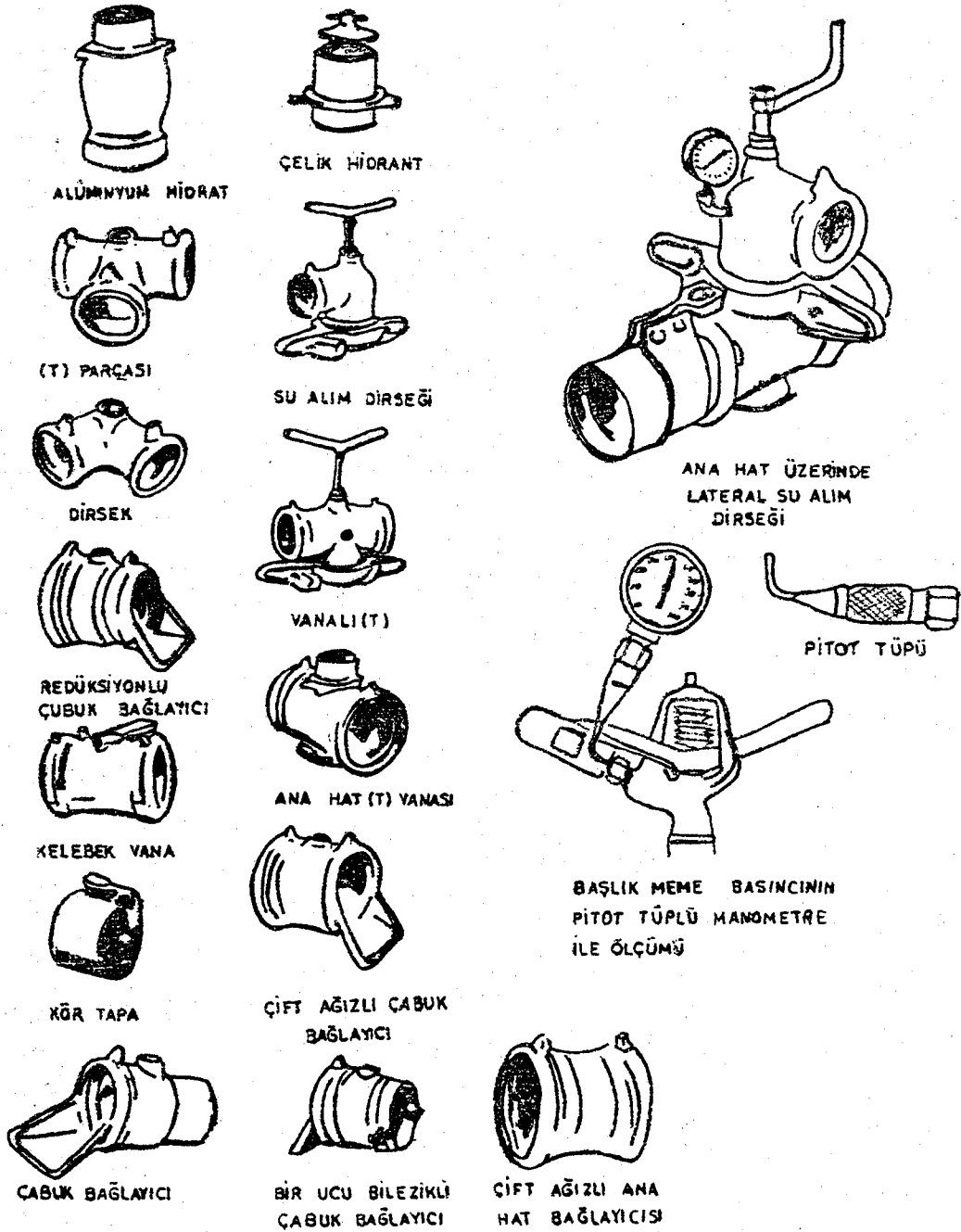
Yağmurlama sulama sistemlerinde kullanılan bazı bağlayıcı unsurlar şekil 3.7'de verilmiştir.

#### 3.3.4. Su püskürtme sistemi

Yağmurlama sulama sistemlerinin ortak özelliği, suyun belirli bir işletme basıncı altında ince damlacıklar biçiminde yüksek hızla püskürtülmesidir. Bu işlem; delikli borular, memeler yada döner yağmurlama başlıkları ile sağlanır. Bunların tümü tarımsal alanda kullanılabilirler. Ancak bugün için tesis edilen sistemlerin çoğunda döner başlıklar kullanılmaktadır.

1. Delikli borular: Hafif taşınabilir borulara, suyun dışarıya akışını sağlamak amacıyla uygun biçimde ve değişik açılarda olmak üzere delikler açılır. İşletme basıncı 1-1,5 atm ve laterallere verilecek aralık 7,5-15 m arasında değişir. Delikli borular, su alma hızı yüksek olan topraklara uygundur. Uygulanan yağmurlama hızı genel olarak 12,5 mm/h'in üzerindedir.

2. Memeli borular: Bu sistem, küçük çaplı bir yada daha fazla borudan oluşur. Borular üzerinde tek sıra biçiminde eşit aralıklarda olmak üzere memeler bulunur. Kullanılan boru çapları 20-38 mm ve boru üzerinde memelere verilecek aralık 50-100 cm arasında değişir. Borular



Şekil 3.7. Belirli bağlayıcı unsurlar (Pimaş)

arasındaki aralık ise, genellikle 15 m'dir.

Memeli borular belirli bir yüksekliğe, destekler yada taşınabilir tutuculara yerleştirilir. Hattın her iki tarafına su vermek amacıyla, borular eksenleri boyunca yavaş yavaş  $90^\circ$  kadar döndürülür. Bu işlem elle yada bir döndürücü sistem ile gerçekleştirilir. Boru hattının desteklere gelen yerlerdeki özel yatakları, hattın dönmesini kolaylaştırır.

Memeli sistemlerin su püskürtme basıncı 1,5-2,5 atm ve her bir memenin debisi ise,  $8 \times 10^{-6}$  ile  $2 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sn}$  arasında değişir. Meme çapları genel olarak 1 mm dolayındadır.

3. Döner yağmurlama başlıkları: Suyu döner yağmurlama başlıkları vasıtasıyla püskürten sistemlerin iki tipi mevcuttur. Hızlı dönen başlıkların kullanıldığı sistemler bilhassa kültür bitkilerinin sulanmasında uygulanmaktadır.

Yavaş dönen yağmurlama başlıklarının değişik boyları ve çeşitleri mevcuttur. Bunlar düşük basınçlarda çalışan küçük ve tek memeli yağmurlama başlıklarından büyük ve çok memeli yüksek basınç aralıklarına kadar değişirler.

Yağmurlama metodu ile sulamada, suyun toprakta uniform olarak dağılma derecesi, birinci derecede yağmurlama başlıklarının su dağıtma kalitesine, başlıklar arasındaki mesafeye ve rüzgâr şiddetine bağlı olmaktadır. (Christiansen ve Davis, 1967; Özdengiz, 1973)

Yağmurlama başlıklarının su dağıtma kalitesine etki eden etkenler aşağıdaki şekilde özetlenebilir. (Özdengiz, 1974)

1. Su basıncı
  2. Meme çapı
  3. Su hüzmesinin yatay ile yaptığı açı ( jet açısı )
  4. Başlığın mekanik ve hidrodinamik yapısı
- Pratikte kullanılan yağmurlayıcı başlıklarının çoğunu,

bir eksen etrafında dönen ve dairesel olarak sulama yapan başlıklar teşkil etmektedir. Yağmurlayıcı başlıkları su atma mesafelerine göre, yani suladıkları daire alanının yarı çaplarına göre aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir.

Çizelge 3.1. Yağmurlayıcı Başlıklarının Su Atma Mesafelerine Göre Gruplandırılması (Özdengiz, 1974)

Başlık çeşidi	Su atma mesafesi(m )
Kısa mesafeli	4-10
Orta mesafeli	10-22
Uzun mesafeli	22-36

Başka bir sınıflandırma, yağmurlayıcı başlıklarının işletme basıncına ve başlıkların birim zamanda yağdırdıkları suyun yüksekliğine, yağış intensitesine göre yapılmaktadır.

Çizelge 3.2. Yağmurlayıcı Başlıklarının İşletme Basıncına Göre Gruplandırılması (Özdengiz, 1974)

Başlık çeşidi	İşletme basıncı (atm)
Düşük basınçlı	1 - 2
Orta basınçlı	2 - 5
Yüksek basınçlı	4 - 7



Yağmurlayıcı başlıkları, yağış intensitelerine göre ise aşağıdaki şekilde gruplandırılır.

Çizelge 3.3. Yağmurlayıcı Başlıklarının Yağış Intensitelerine Göre Gruplandırılması (Özdengiz, 1974)

Başlık çeşidi	Yağmurlama Intensitesi mm/saat
Hafif intensitede yağmurlama yapan başlıklar	5'ten az
Orta intensitede yağmurlama yapan başlıklar	5 - 17
Yüksek intensitede yağmurlama yapan başlıklar	17'den büyük

Yağmurlayıcı başlıklarının birim zamanda yağmurladıkları su miktarı, başlığın meme çapının ve işletme basıncının bir fonksiyonudur. Her yağmurlayıcı başlığı ancak belirli bir işletme basıncında optimum su dağıtımını ve optimum su atma mesafesini vermektedir. (Özdengiz, 1974)

Başlıkların yağdırdığı suyun basıncı belirli bir basınçtan düşük veya yüksek olduğunda, aşağıda özetlenen mahsurlar ortaya çıkmaktadır.

Başlıklarda düşük su basıncı, su hüzmesinin arzu edilmeyen bir şekilde parçalanmasına ve başlığın suladığı alanda iki farklı dairevi su dağılışının oluşumuna sebep olmaktadır. Yüksek basınç ise, su hüzmesinin fazla parçalanmasına, su atılma mesafesinin kısalmasına ve genellikle başlığın durak yerinin yakınındaki toprak kesiminin arzu edilmeyen şekilde fazla su ile sulanmasına sebep olmaktadır.

Yağmurlama metodu ile yapılan bir sulamada, yağmurlayıcı başlıklarının şu hususları sağlamaları arzu edilir.

1. Başlıklar mümkün olduğu kadar üniform bir

yağmurlama yapmalı,

2. Başlıkların su atma mesafesi mümkün olduğu kadar büyük olmalı,

3. Başlıkların yağmurladıkları su damlalarının büyüklüğü toprak düzenini bozmamalı ve bitkilere zarar vermemeli,

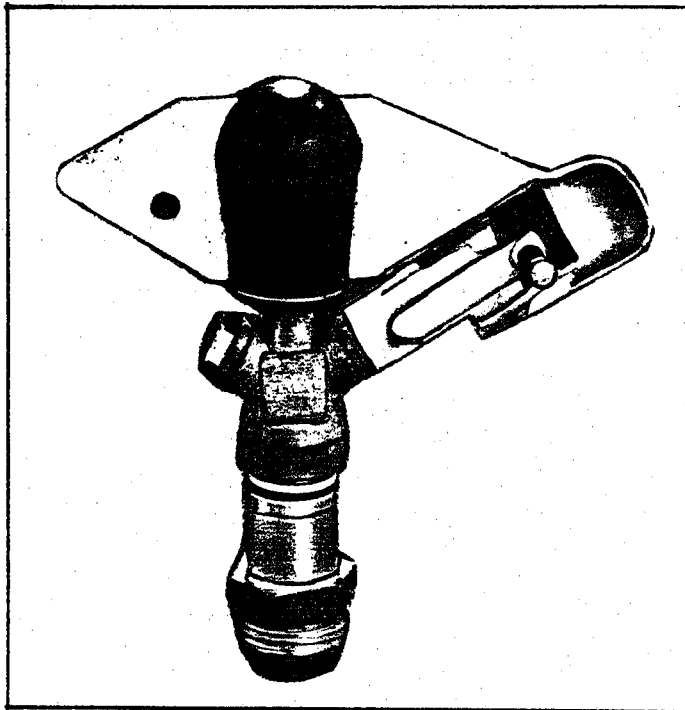
4. Başlıkların yağmurlama intensitesi bitki ve toprağa zarar verecek derecede büyük olmamalı,

Yağmurlayıcı başlıkların su atma mesafesi birinci derecede su basıncına ve başlık memesinden çıkan su hüzmesinin yatay ile yaptığı açıya (jet açısı) bağlı olmaktadır. (Özdengiz, 1974)

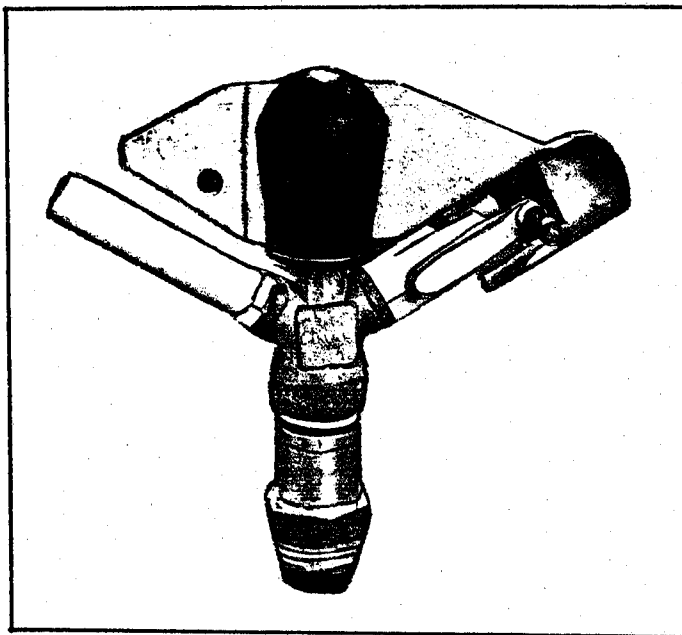
Belirli bir basınç ve yörünge kombinasyonunda, başlığın yerden yüksekliğini değiştirmek suretiyle yağmurlama alanını da az miktarda büyütmek veya küçültmek mümkündür. Fakat rüzgârın yağmurlamaya etkisini minimuma indirmek için genellikle başlıklar sulanacak bitkilerin gerektiğinden daha yukarıya kaldırılmaz.

Başlıkların kendi ekseni etrafında dönmesi çeşitli mekanizmalarla sağlanır. Alçak ve orta basınçlı başlıkların çoğu ile yüksek basınçlı başlıkların bazıları, fişkırmakta olan su hüzmesinin bir içine bir dışına salınım yapan manivela kolunun çarpma tesiriyle döndürülürler. Bazı yüksek basınç başlıkları su ile çalıştırılan dişli mekanizma yardımıyla çevrilir.

Tarla bitkilerinin sulanmasında kullanılan yağmurlama başlıklarından ikisi şekil 3.8 ve şekil 3.9'da gösterilmiştir. Başlıklar tek yada çift memeli olurlar. Çift memelilerde memenin bir tanesinden püsküren su aynı zamanda başlığın kendi düşey ekseni etrafında dönmesinde sağlar. Diğer meme ise, yalnız püskürtme işini yapar. Meme yatay düzleme göre belirli bir açı altında (6.....30°) eğik olur. Bazı tiplerde aynı başlığa delik çapları değişik olan çeşitli memeler



Şekil 3.8. Tek meme başlıklı sprinkler (Pimaş)



Şekil 3.9 Çift meme başlıklı sprinkler (Pimaş)

takılabilir. Başlığın dönmesini gerçekleştiren memeden çıkan basınçlı su hüzmesi meme etrafında dönebilen yaylı bir manivelanın kaşıkçık şeklindeki yüzüne çarpar. Çarpmanın etkisiyle belirli bir açıya kadar geriye doğru itilen kaşıkçıklı manivela kolu, bağlı bulunduğu spiral yayını gerer. Üzerinden suyun basınç etkisi kalkar kalkmaz kaşıkçıklı manivela kolu, yayın etkisiyle tekrar geriye döner ve memenin bağlı bulunduğu gövdeye hızla çarparak başlığı bir miktar döndürür. Devamlı olarak tekrarlanan bu olay sonucunda, yağmurlama başlığı kademe kademe kendi etrafında döner ve gelen suyu belirli bir daire alanı üzerine püskürtür. Tek memeli yağmurlama başlığının dönme hareketi de aynı şekilde gerçekleştirilir. Yağmurlama başlığının tam bir daire yapmasına elverişli olmayan yerlerde (yol kenarı, tarla ve bahçe sınırı) alt tarafına konulan sınırlayıcı bileziklerle dönme açısı sınırlandırılarak kendi eksenini etrafında belirli açı kadar ileri, geri dönmesi sağlanır.

### 3.4. Yağmurlama Sulama Tekniği ile İlgili Tanımlar ve Şebekenin Kurulması

Su dağılımı: Bir yağmurlama başlığı tarafından ıslatılan alan üzerinde suyun dağılımıdır.

Püskürtme uzaklığı: Su dağılma alanının yarı çapıdır. (bir yağmurlama başlığının su püskürtebildiği uzaklık)

Yağmurlama alanı: Bir yağmurlama başlığının suladığı ve yarı çapı püskürtme uzaklığı kadar olan dairesel alandır.

Yağmurlama başlığının çalışma basıncı: Yağmurlama başlığının bağlantı yerinde ölçülen basınçtır.

Yağmur intensitesi: Birim alana düşen ortalama su miktarı (mm/h) dir.

Yağmurlama başlıkları arasındaki uzaklık: Bir lateral boru üzerindeki yağmurlama başlıklarının arasındaki uzaklıktır.

Bu uzaklık değeri (a) ile gösterilir.

Kaydırma: Üzerinde yağmurlama başlıkları bulunan lateralin bir sonraki yağmurlama konumuna kaydırılmasıdır.

Kaydırma uzaklığı: Lateral borunun kendisine paralel olarak diğer bir konuma kaydırılması ile kazanılan uzaklıktır. Bu uzaklık değeri (b) ile gösterilir.

Yağmurlama başlıkları bağlantısı: Başlıklar arasındaki uzaklık (a) ile kaydırma uzaklığı (b) değerlerinin tayin ettiği yağmurlama başlıklarının tertip tarzıdır. Bu tertip ya dörtgen yada üçgen şeklinde olup, taşınabilir boru şebekelerinde uzaklık değerleri standart boru uzunluklarının katları olarak alınır.

Dörtgen bağlantı;

1. Kare ( $a=b$ )
2. Dikdörtgen ( $a<b$ ) ve ( $a>b$ )

şeklinde olabilir. Bu tertip taşınabilir ve yarı taşınabilir boru şebekeleri için kullanışlıdır, çünkü sökölüp takılması kolaydır.

Üçgen bağlantı;

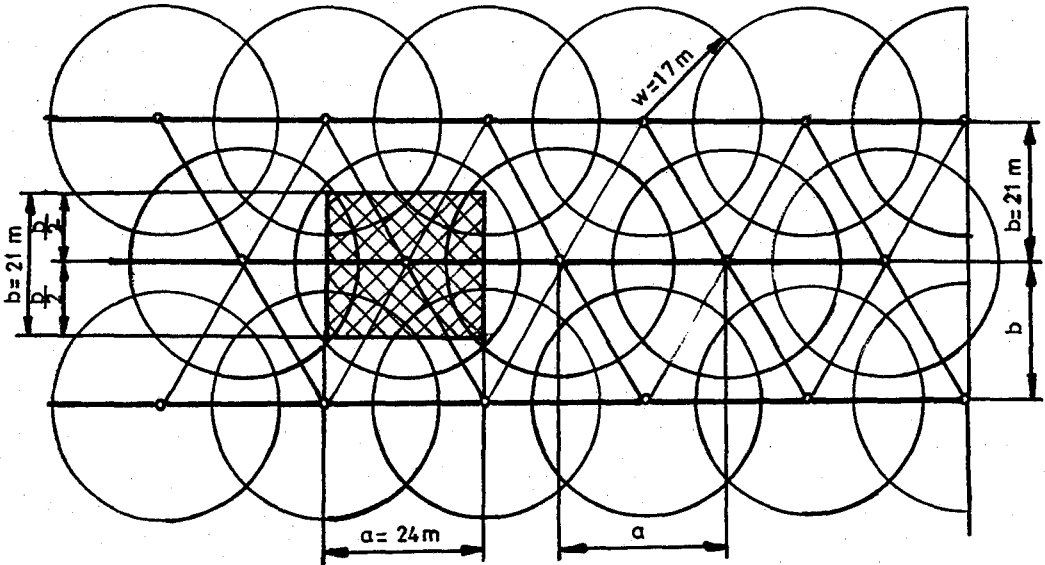
1. Eşkenar üçgen ( $a>b$ )
2. İkizkenar üçgen ( $a<b$ )

şeklinde olabilir. Bu tertip şekli daha çok sabit borulu yağmurlama sistemlerinde kullanılır. Çünkü sık sık sökülen boruların bu tertibe göre taşınması ve yerlerine yerleştirilmesi güçtür. Şekil 3.10'da dörtgen ve üçgen bağlantı şekilleri gösterilmiştir.



rinde bulunan bütün yağmurlama başlıkları için hesapla bulunan toplam alandır. Bu alan  $a \times b$  başlık sayısı veya  $a \times b$  tarla uzunluğudur. Daireler her bir yağmurlama başlığı tarafından ıslatılmış alanları göstermektedir.

Şekil 3.12'de üçgen bağlantı tertibinde her bir yağmurlama başlığının ıslattığı alan gösterilmiştir. Taranmış alan, sistem içinde bir yağmurlama başlığı için hesapla bulunan sulama alanıdır ( $a \times b$ ). (Karmeli, 1987)



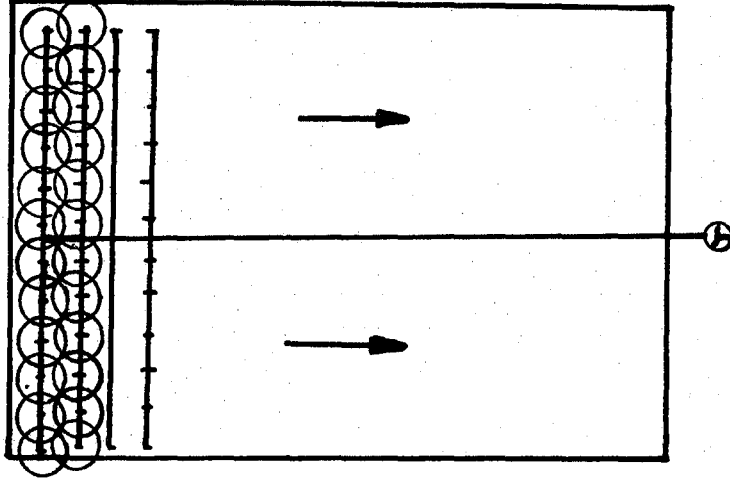
Şekil 3.12. Üçgen bağlantı sisteminde yağmurlama alanı (Karmeli, 1987)

### 3.5. Laterallerin Ana Boruya Bağlanış Şekline Göre Yağmurlama Sulama Tesislerinin Projelendirilmesi

#### 3.5.1. Lateralleri ana boruya T şeklinde bağlı bulunan sistemler

Bu sistemlerde ana boru araziyi iki eşit parçaya ayırır. Bir pompa vasıtasıyla ana boru hattına basılan su bir vana vasıtasıyla T şeklinde bağlı bulunan laterallere iletilir. Sulama süresine ve zamana göre borular saptanan aralıklarla iletilerek tüm arazi sulanır. Bu sistemin fay-

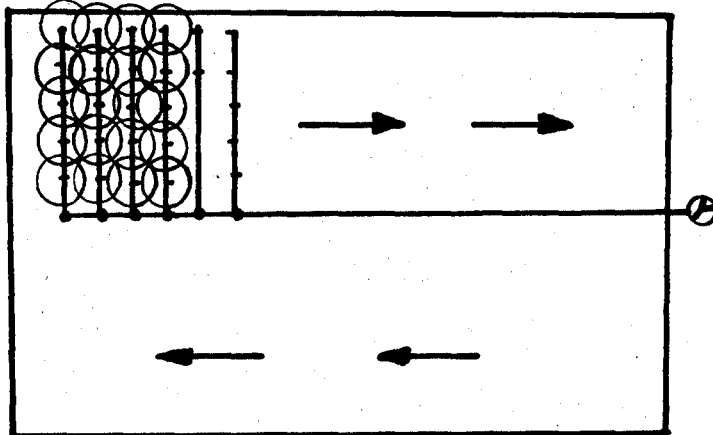
dası tüm sprinklerin birlikte bulunmasıdır ve az ara parçaya ihtiyaç duyulur. Bu sistemin sakıncalı yönü ise, ana borunun genellikle laterallere oranla büyük çaplı olması ve kullanılan ana borunun maliyeti büyük ölçüde etkilemesidir. (Uz, 1976; Par, 1984)



Şekil 3.13. Lateralleri ana boruya T şeklinde bağlı bulunan sistemler (Par, 1984)

### 3.5.2. Lateralleri ana boruya L şeklinde bağlı bulunan sistemler

Bu sistemlerde birbirine komşu lateraller ana boruya L şeklinde bağlanmışlardır. İki lateral birlikte çalıştıktan sonra sökülerek kaydırma yönünden iletilirler (Şekildeki ok yönünde). Bu sistem pratikte çok kullanılır. (Uz, 1976; Par, 1984)

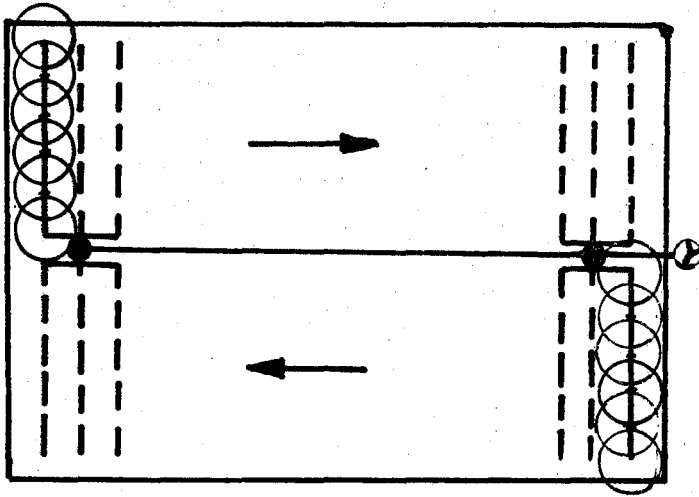


Şekil 3.14. Lateralleri ana boruya L şeklinde bağlı bulunan sistemler (Par, 1984)



### 3.5.3. Lateralleri ana boruya Z şeklinde bağlı bulunan sistemler

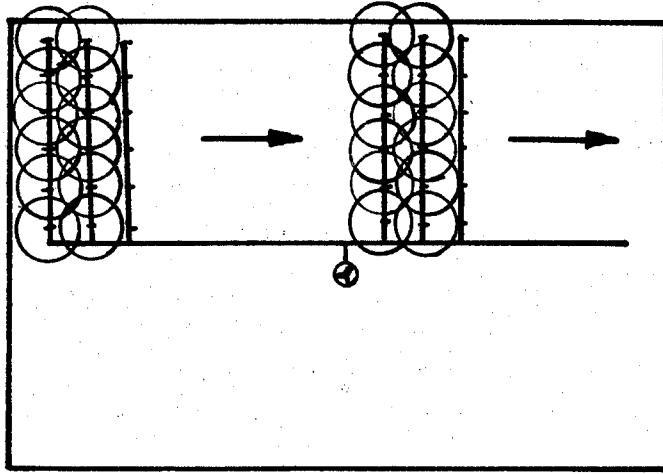
Bu sistemde fazla armatür, T parçası ve vanalardan kurtulmak için bir vanadan üç tane laterale su verilebilir. Bunun içinde şekil 3.15'de görüldüğü gibi yan bağlantı borusu kullanılır. Ok yönünde gösterildiği gibi ilerleme yapılır. (Uz, 1976; Par, 1984)



Şekil 3.15. Lateralleri ana boruya Z şeklinde bağlı bulunan sistemler (Par, 1984)

### 3.5.4. Lateralleri ana boruya L veya U şeklinde bağlı bulunan sistemler

Bu sistemler, su kaynağı arazisinin ortasından geçerse rahatlıkla uygulanır. Arazinin uzun kenarı boyunca bir kenara doğru uzatılan ana boru üzerinde lateral L şeklinde bağlanır. U sisteminde ise, lateralın biri bir başta, diğeri ise orta kısımda bulunur. Bu sistemlerin avantajlı tarafı az malzemeye gerek duymaları ve tesis maliyetinin düşük olması, sakıncalı yanı ise ana boru hattının sökülerek diğer tarafa taşınmasıdır. (Uz, 1976; Par, 1984)



Şekil 3.16. Laterallerin ana boruya L veya U şeklinde bağlı bulunduğu sistemler (Par, 1984)

### 3.6. Projeleme Esasları

#### 3.6.1. Pratik metodla projeleme hesapları

Bir yağmurlama sulama tesisinin projelendirilmesinde aşağıdaki maddeler göz önünde bulundurulmalıdır. (Par,1984)

##### 3.6.1.1. Topoğrafya, toprak durumu, su temini, güç kaynağı, yerleştirilecek mahsul çeşidi hakkında ön etütlerin yapılması (Uz,1976)

1. Su kaynağı: Yağmurlama için lüzumlu su; dere, çay, nehir ve kuyulardan alınır. Buradaki su seviyesi kullanılacak pompanın geçerli emme yüksekliği sınırını aşmamalıdır. Aksi halde pompa seçilirken derin kuyu veya derinden emme düzenli pompalar seçilir. Su kaynağının kapasitesi ön görülen sulamayı en kritik zamanda (en kurak mevsimde) sulayabilecek miktarda olmalıdır.

2. Sulanacak alan: Yağmurlama sulaması yapılacak arazinin topoğrafik durumu ve yağmurlama alanı tam olarak bilinmeli. Ayrıca su seviyesi ile arazinin en yüksek yerinde

bulunan yağımlayıcı arasındaki yükseklik farkıda bilinmelidir.

3. Bitki türü: Sulaması yapılan bitki türü ve bu bitkinin lüzumlu su ihtiyacı cetvel değeri olarak bilinmelidir. Buna göre yağımlama başlığı ve yağımlama aralığı seçilebilir. Her bitki türü için lüzumlu su miktarı bölgesel olarak önceden tesbit edilmiş su ihtiyacı cetvellerinden bulunur. Çizelge 3.4'de bazı bitkilerin maksimum su tüketimleri verilmiştir.

Çizelge 3.4. Bazı Bitkilerin Maksimum Su Tüketimleri (Uz,1976)

Bitki	Serin İklim	İlman İklim	Sıcak İklim
	mm/gün	mm/gün	mm/gün
Yonca	5.00	6.25	7.50
Pamuk	5.00	6.25	7.50
Çayır	5.00	6.25	7.50
Hububat	3.75	5.00	5.50
Patates	3.50	5.00	6.25
Pancar	5.00	6.25	7.50
Meyveler	5.00	6.25	7.50

4. Toprak : Sulama yapılacak arazide bitki türünün su ihtiyacı ile birlikte toprağın su sızdırma hızının (infiltrasyon hızı) bilinmesinde fayda vardır. Zira yağış kesafeti ile toprağın su sızdırma hızı arasında uygun bir bağlantının bulunması gerekir. Ayrıca toprağın faydalı rutubet kapasiteside bilinmelidir.

5. İklim şartları : Yağış durumu ve yağışın aylara dağılımı ile rüzgâr yönü ve hızıda dikkate alınmalıdır.

3.6.1.2. Her sulamada uygulanacak suyun derinliğini toprak, su, bitki ilişkisi ile hesaplamamız mümkündür.

$$d = \frac{h \cdot 0,5}{R} \dots\dots\dots (3.1)$$

d : Verilecek su miktarı, mm

R : Sulama verimi (genellikle % 75-80) alınır

$$h = K_d \cdot s \dots\dots\dots (3.2)$$

K<sub>d</sub> : Bitkinin tesirli kök derinliği, cm

s : Toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesi, mm/cm

h : Kullanılabilir nem, mm

3.6.1.3. Sulama aralığının hesaplanması

$$H = \frac{h \cdot 0,5}{M} \dots\dots\dots (3.3)$$

H : Sulama aralığı, gün

M : Bitkinin günlük maksimum su tüketimi, mm/gün

3.6.1.4. Sistemin ihtiyacı olan debinin hesaplanması

$$Q = \frac{A \cdot d}{3,6 \cdot F \cdot H} \dots\dots\dots (3.4)$$

Q : Toplam debi, lt/sn

A : Sulanacak alan, dekar

F : Günlük sulama süresi, saat

3.6.1.5. Gerekli toplam yağmurlama başlığı sayısının belirlenmesi

$$\text{Yağmurlama başlığı sayısı} = \frac{Q}{q} \dots\dots\dots (3.5)$$

Q : Sistem debisi, m<sup>3</sup>/sn

q : Bir yağmurlama başlığı debisi, m<sup>3</sup>/sn

Pimaş yağmurlama başlığına ait karakteristikler

çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Pimaş Yağmurlama Başlığına Ait Karakteristikler

Meme Çapı (mm)	Basiñç (Atm)	Su sarfiyatı (m <sup>3</sup> /h)	Fırlatma mesafesi (m)	Değişik konulardaki yağmurlama yoğunluğu (mm/h)			
				6mx12m	12mx12m	12mx18m	18mx18m
3.1x2.5	2.0	0.87	12	12.1	6.0	-	-
	2.5	0.98	12.5	13.6	6.8	-	-
	3.0	1.06	13	14.7	7.4	-	-
	3.5	1.15	13.5	16.0	8.0	-	-
3.4x2.5	2.0	0.94	13	13.1	6.5	-	-
	2.5	1.04	13	14.4	7.2	-	-
	3.0	1.14	13.5	15.8	7.9	-	-
	3.5	1.23	14	17.1	8.5	-	-
3.9x2.5	2.0	1.12	13.5	15.6	7.8	5.2	-
	2.5	1.25	13.5	17.4	8.7	5.8	-
	3.0	1.38	14	19.2	9.6	6.4	-
	3.5	1.48	14	20.6	10.3	6.8	-
4.4x2.5	2.0	1.30	13.5	18.1	9.0	6.0	-
	2.5	1.45	13.5	20.1	10.1	6.7	-
	3.0	1.58	14	21.9	11.0	7.3	-
	3.5	1.71	14.5	23.8	11.9	7.9	-
4.9x2.5	2.0	1.55	14	21.5	10.8	7.2	-
	2.5	1.73	14	24.0	12.0	8.0	-
	3.0	1.92	15	26.7	13.3	8.9	5.9
	3.5	2.07	15.5	28.8	14.4	9.6	6.4
4.9x3.2	2.0	1.76	14	24.4	12.2	8.1	-
	2.5	1.97	15	27.4	13.7	9.1	6.1
	3.0	2.16	15	30.0	15.0	10.0	6.7
	3.5	2.33	16	32.4	16.2	10.8	7.2
5.6x2.5	2.0	1.78	14	24.7	12.4	8.2	-
	2.5	2.00	15	27.8	13.9	9.3	6.2
	3.0	2.20	16	30.6	15.3	10.2	6.8
	3.5	2.38	16.5	33.1	16.5	11.0	7.4
6.2x3.1	2.5	2.6	14	35.4	17.7	11.8	8.02

3.6.1.6. Ana borularda izin verilen basınç kaybının hesaplanması

$$H_m = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \dots \dots \dots (3.6)$$

$H_m$ : Pompanın ürettiği toplam basınç, mss

$h_1$ : Pompanın emme yüksekliği, m

$h_2$ : Pompanın eksenini ile suyun basılacağı arazinin en yüksek noktası arasındaki kot farkı, m

$h_3$ : Emme sevk boruları ve armatürlerle yağmurlayıcılarda oluşan sürtünme kayıpları, mss

$h_4$ : Yağmurlayıcılarda istenen basınç, mss

$$h_a = H_m \cdot 0,15 \dots\dots\dots (3.7)$$

$h_a$ : Ana boruda izin verilebilir basınç kaybı, mss

Çizelge 3.6'da PVC borularına ait yük kayıpları verilmiştir.

3.6.1.7. Lateral hattında izin verilen basınç kaybının hesaplanması

$$P = P_n - \frac{P_n}{1,21} \cdot P_n = 1,21 \cdot P_0 \dots\dots\dots (3.8)$$

$P_n$ : Lateral girişindeki basınç, mss

$P_0$ : Lateral sonundaki basınç, mss

veyahut iyi bir yaklaşımla ana borudaki oluşan basınç kaybının 1/3'ü alınarak hesap yapılır.

3.6.1.8. Pompanın seçimi

$$N_{ef} = \frac{Q \cdot H_m \cdot \delta}{75 \cdot \eta} \dots\dots\dots (3.9)$$

$Q$ : Pompaj debisi, m<sup>3</sup>/sn

$H_m$ : Pompanın ürettiği basınç, mss

$\eta$ : % olarak pompanın randımanı (0,6 veya 0,7)

$\delta$ : 10<sup>3</sup> kgf/m<sup>3</sup> özgül ağırlığı



### 3.6.2. Teorik metodla projelendirme hesapları (Tezer,1978)

#### 3.6.2.1. Sistem debisinin hesabı

Sistemde kullanılan yağmurlama başlıklarının tümünün kullandığı su miktarı sistem debisini meydana getirir.

$$Q = n \cdot q \dots\dots\dots (3.10)$$

q : Bir yağmurlama başlığının debisi , m<sup>3</sup>/sn

n : Yağmurlama başlığı sayısı

#### 3.6.2.2. Sulama hızının hesabı

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (3.11)$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \dots\dots\dots (3.12)$$

v : Sulama hızı, m/sn

Q : Sistem debisi, m<sup>3</sup>/sn

A : Boru kesit alanı, m<sup>2</sup>

D : Boru çapı, m

#### 3.6.2.3. Lateral yük kaybının hesabı

Darcy'e göre boru sürtünme katsayısı şöyle hesaplanır.

$$\lambda = 0,02 + \frac{0,0005}{D} \dots\dots\dots (3.13)$$

λ : Boru sürtünme katsayısı

$$\text{Lateral yük kaybı} : \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (3.14)$$

L : Boru uzunluğu, m

g : Yerçekimi ivmesi, m/sn<sup>2</sup>



## 3.6.2.4. Armatürlerdeki kayıpların hesabı

$$(K_g + K_d + K_T + K_v + K_k + K_c) \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (3.15)$$

$K_g$ : Giriş kayıp katsayısı (genellikle 0,5 alınır.)

$K_d$ : Dirsek kayıp katsayısı

$K_T$ : T ayrılma kayıp katsayısı

$K_v$ : Vana kayıp katsayısı

$K_k$ : Kuğu boynu kayıp katsayısı

$K_c$ : Çıkış kayıp katsayısı (genellikle 1 alınır.)

Kayıp katsayılarının değerleri firma kataloglarından alınır.

## 3.6.2.4. Toplam basınç hesabı

$$H_m = H_g + \sum K \dots\dots\dots (3.16)$$

$H_g$ : Geometrik yükseklik, m

$H_m$ : Pompanın ürettiği toplam basınç, mss

$\sum K$ : Toplam kayıplar

## 3.6.2.5. Pompanın seçimi

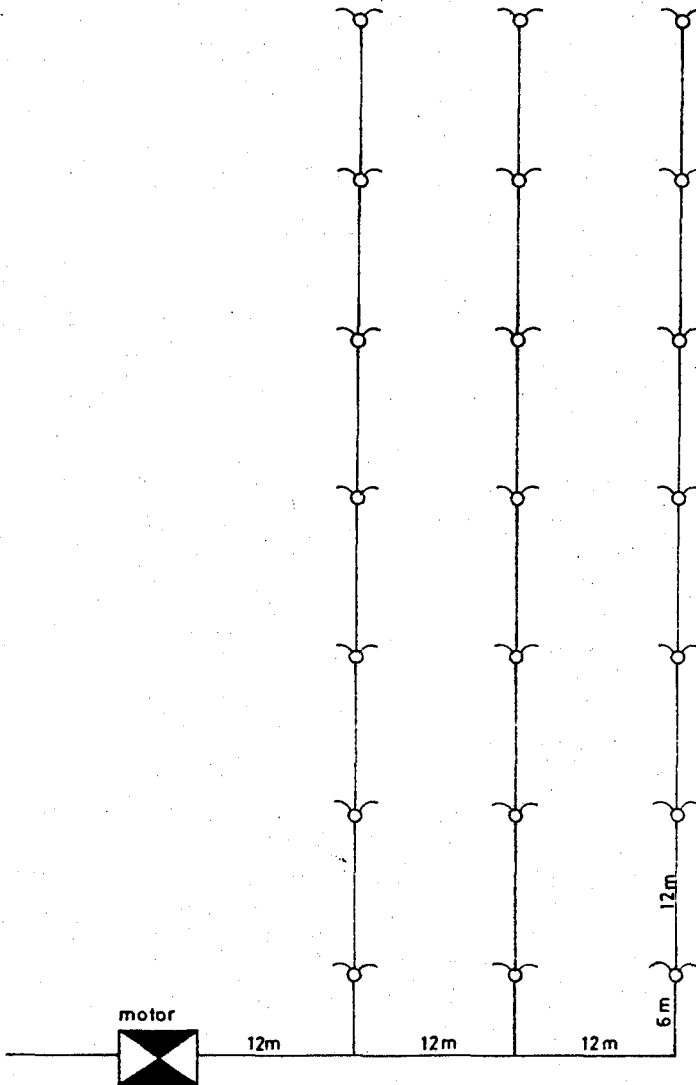
Pratik metotta kullanılan güç formülleri buradada aynen geçerlidir.

#### 4. MATERIAL VE METOD

##### 4.1. Materyal

Eskişehir Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü (36x 84 m) büyüklüğündeki deneme arazisinde yapılan bu çalışmada, su kaynağı olarak Devlet Su İşleri'nin bu araziden geçen kanalından faydalanılmıştır.

Su, bir pancar motoru ile akuple halindeki santrifüj pompa vasıtasıyla alınarak yağmurlama başlıklarına verilmiştir. Kanaldan 1 m'lik boru ile su emilerek su temini sağlanmıştır. Kullanılan pompanın gücü 11 BG olup, devri 2000 d/dk'dır.



Şekil 4.1. Projede öngörülen deneme standı.



Şekil 4.5 Basınç kontrolü

Başlıklarda uygun işletme basınç yükü elde edildiğinde rüzgâr hızı kaydedilerek serbest bırakıldı. Böylece deneme başlatıldı. Deneme sonunda önce başlıkların dönen kolları sabit tutuldu ve sonrada sistem durdurularak denemeye son verildi. Kaplarda biriken su miktarları taksimatlı cam silindirlerle  $0,5 \text{ cm}^3$  doğruluk derecesinde ölçüldü.

Her iki denemede alınan ölçülerin sağlıklı olması için denemeler 3 tekerrürde yapıldı. Elde edilen değerler şekil 4.7 ve 4.8'de gösterildi.

#### 4.3. Eş Su Dağılım Düzeyinin Belirlenmesi

Denemeler sonucu elde edilen su dağılım desenleri suyun toprak üzerindeki farklı yerlere gelen değerleri verir. Bunun sayısal olarak ifade edilmesi amacıyla çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen " Eş dağılım katsayıları " kullanıldı. Bunlardan uygulamada ençok kullanılan Christiansen ( $C_u$ ) eş dağılım katsayısı aşağıda verilmiştir. (Christiansen, 1967)

$$C_u = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{\sum_i^n |x_i - \bar{x}|}{n \cdot \bar{x}} \right] \dots\dots\dots(4.1)$$

eşitlikte;

$C_u$ : Christiansen eş dağılım katsayısı, %

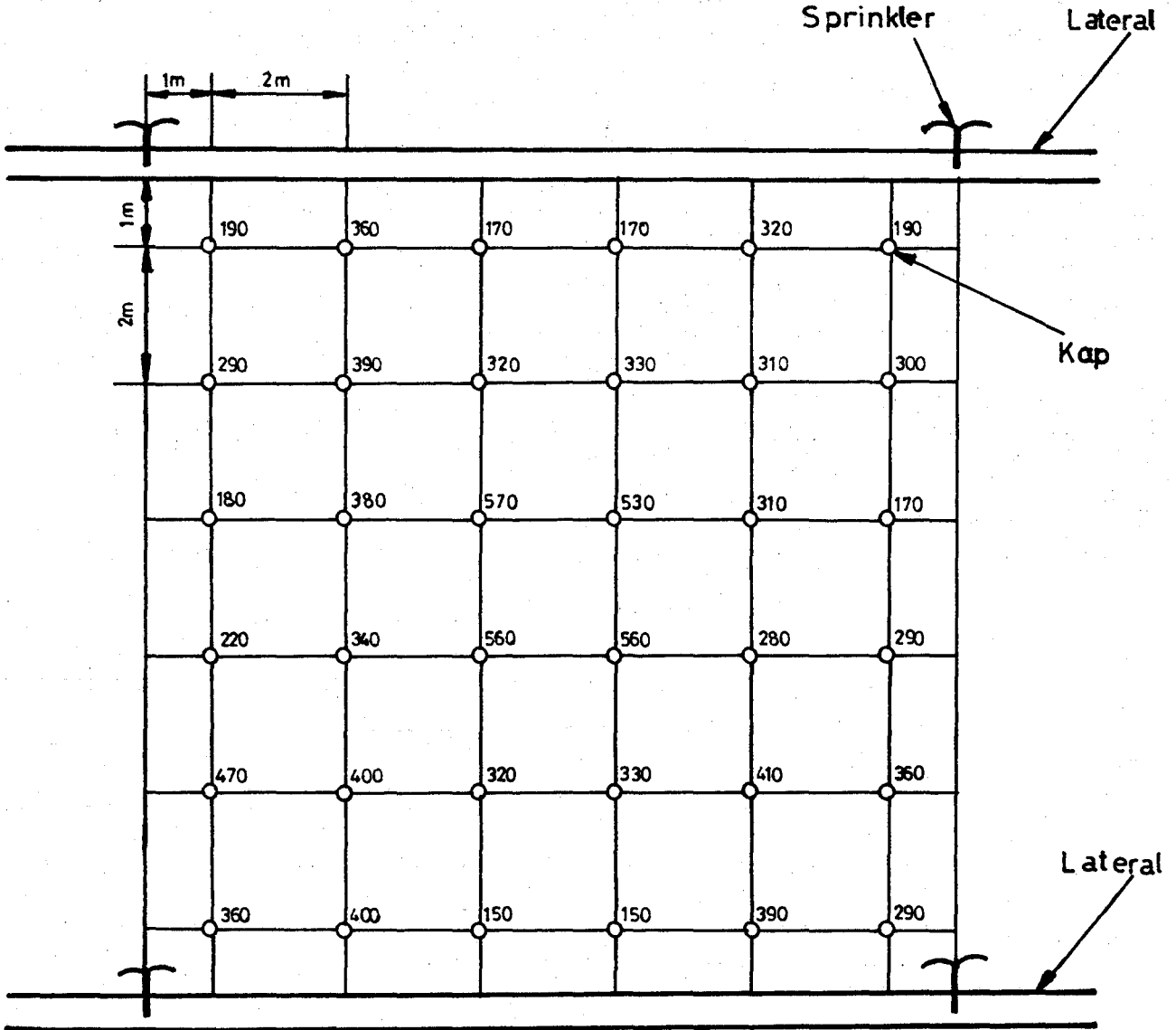
$n$  : Desendeki ölçüm sayısı

$\bar{x}$  : Desendeki ölçümlerin ortalaması,  $cm^3$

$x_i$ : Kaplardaki ölçüm değerleri,  $cm^3$

Eş bir su dağılımının sağlanması açısından (Özdengiz, 1974; Ertuğrul, 1979; Korukçu, 1981; Demirören, 1985) göre  $C_u$  katsayısının alt sınırı % 85 olarak belirtilmiştir. Başka bir deyişle denemeye alınan yağmurlama başlıklarının % 85 veya daha fazla bir değer veren, işletme basınçları ve ter-tip aralıkları kullanılmalıdır.

## 4.4. Deney Sonuçları



Şekil 4.7. 12x12 m kare tertipli 3,9 mm meme çaplı başlıkta elde edilen su dağılım deseni

Meme çapı	: 3,9 mm	Rüzgâr hızı	: 0.1 m/sn
İşletme basıncı	: 2,5 atm	Lateral çapı	: 75 mm
Başlık debisi	: 8,7 mm/h	Dönme hızı	: 40 d/h
Ortalama hava sıcaklığı	: 23,4°C		

12x12 m kare tertip biçiminde  $C_u$ 'nun hesaplanması  
(Şekil 4.7'ye göre çözümü)

$$C_u = 100. \left[ 1 - \frac{\sum_i^n x_i - \bar{x}}{n \cdot \bar{x}} \right]$$

$$n : 36$$

$$\bar{x} : \frac{190 + 360 + 170 + \dots + 290}{36}$$

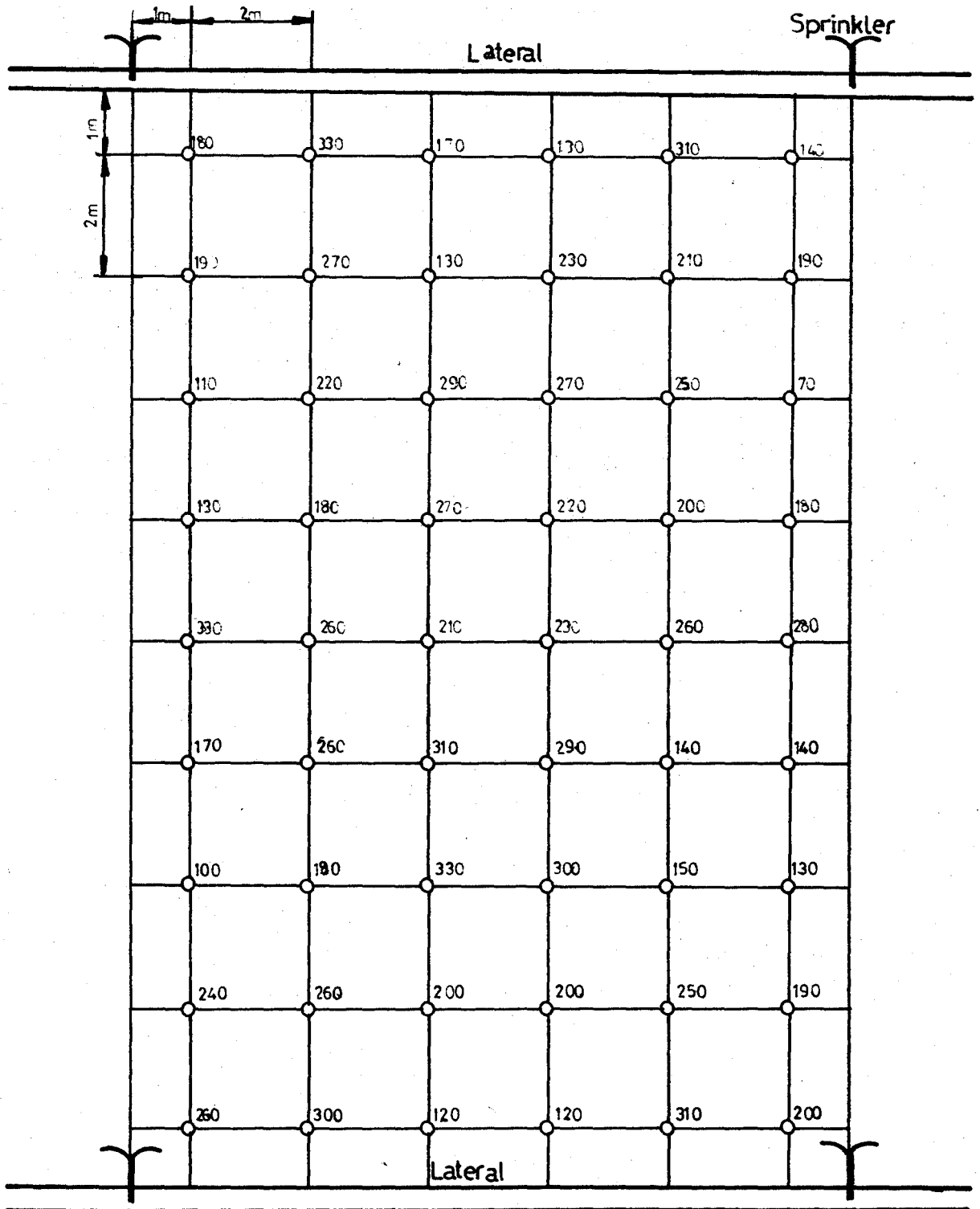
$$\bar{x} : 326,66 \text{ cm}^3$$

$$\sum_i^n |x_i - \bar{x}| = (190 - 326,66) + (360 - 326,66) + (170 - 326,66) + \dots + (290 - 326,66)$$

$$\sum_1^{36} |x_i - \bar{x}| = 3173,22$$

$$C_u = 100. \left[ 1 - \frac{3173,22}{36 \cdot 326,66} \right]$$

$$C_u = \% 73,016$$



Şekil 4.8. 12 x 18 m tertip biçimi için 3,9 mm çapındaki başlıkta elde edilen su dağılımı  
Değerler  $\text{cm}^3$  cinsindedir.

Armatürlerdeki kayıplar ;

1 adet 90° boru vidalı normal dirsek,  $K_d = 0,7$

23 adet T ayrılma,  $K_T = 0,66$

1 adet flanşlı vana  $K_v = 6,3$

1 adet kuğu boynu  $K_k = 0,7$

$$(K_g + K_d + 23 \times K_T + K_v + K_k + K_c) \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$(0,5 + 0,7 + 23 \times 0,66 + 6,3 + 0,7 + 1) \cdot \frac{(1,650)^2}{19,62} = 3,383m$$

Toplam Basınç;

Lateral yük kaybı	:	12,98	mss
Sprink çalışma basıncı	:	25,0	mss
Geometrik yükseklik	:	1	m
Armatürlerin yük kaybı	:	3,383	mss
		<u>42,363</u>	mss

$$H_m = 42,363 \text{ mss}$$

Gerekli güç ;

$$N_{ef} = \frac{7,2912 \cdot 42,363}{75 \cdot 0,6} = 6,86 \text{ BG}$$

$$N_{ef} = 6,86 \cdot 0,736 = 5,04 \text{ KW}$$



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Eskişehir Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsünde yapılan denemelerde elde edilen sonuçlarına göre, su dağılımı katsayısı 12 x 12 m ve 12 x 18 m tertip aralıklarında birbirine yakın değerler bulunmuştur. 12 x 12 m'de  $C_u$ : % 73,016, 12 x 18 m'de  $C_u$ : % 72,25'dir.

Eş bir su dağılımının sağlanması için  $C_u$  katsayısının alt sınırı % 85 olması gerekmektedir. Buna göre denemelerde elde edilen değerlere göre her iki tertip düzeninde de eş bir su dağılımı sağlanamamıştır.

Uygulamada en çok kullanılan 12 x 12 m tertip aralığındaki dağılım katsayısı 12 x 18 m tertip aralığından daha iyi olmasına rağmen yine de eş bir su dağılımı görülememiştir.

Projenin teorik ve pratik yoldan yapılan hesaplarında pompa gücünün yeterli olduğu görülmüştür.

Denemede eş bir su dağılımının olmamasının ana nedeni yağmurlama başlıklarının eski ve ayrı firmalara ait olmasından ileri geldiği sanılmaktadır.

Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsünde yapılan çalışmalarda yağmurlama başlıklarının yenileri ile değiştirilmesi ve aynı firmaya ait başlıkların kullanılması ile, daha iyi bir eş su dağılımı elde edilebileceği mümkün olacaktır.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Alap, M., 1957, Yağmurlama metodu ile sulama esasları, Tarsus Sulu Ziraat Araştırma Enstitüsü Yayınları, 4,6 s.
- Christiansen, E.J and Davis, R.J., 1967, Sprinkler irrigation systems, Irrigation of Agricultural Lands American Society of Agronomy., No:11, 885, 903 p.
- Demirören, T., 1985, Köy Hizmetleri araştırma ana projesi No:432
- DPT, 1985, 1985 yılı programı, Ankara, 104 s. Ege Yıldız Plastik Pazarlama Ticaret ve Sanayii A.Ş. katalogları
- Ertuğrul, H., 1976, Zirai sulama ve drenaj, Atatürk Ün. Zir. Fak. Yayınları, 372,373 s.
- Ertuğrul, H., ve Apan, M., 1979, Sulama sistemlerinin projelendirilmesi, Atatürk Ün. Yayınları, 125-161 s.
- Karmeli, D. and Peri, G., 1987, Irrigation Systems, 3-16 p.
- Korukçu, A., ve Yıldırım, O., 1981, Yağmurlama sistemlerinin projelendirilmesi, Topraksu Genel Müdürlüğü, 5-50 s.
- Liang, T. and Wu, İ.P., 1970, Systems approach to design of sprinkler Irrigation. Transactions of the ASAE, 618,619 p.
- Molenaar, A., 1969, Irrigation by Sprinkling, F. A. O. Agriculture Development, No:65, 22,25,51 p.
- Mutaf, E., 1974, Tarım alet ve makinaları, cilt 1, Ege Ün. Zir. Fak. Yayınları, No:268, 160-369 s.
- Özdengiz, A., 1973, Iğdır ovası sulama şebekesinin bugünkü durumu, şebeke dahilindeki toprakların sulama yönünden problemleri ve çözüm yolları üzerine bir araştırma, Atatürk Ün. Zir. Fak. Yayınları, No:137, 125,142 s.
- Özdengiz, A., 1974, Yerli yapı yağmurlayıcı başlıklarının su dağıtma kaliteleri üzerine bir araştırma, Atatürk Ün. Zir. Fak. Yayınları, No:169, 9-21 s.
- Par, B., 1984, Yağmurlama Sulama Sistemlerinin Projelendirilmesi, Anadolu Ün. Müh. Mim. Fak., cilt 1, sayı 1, 107-117 s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Pimaş Yağmurlama Sulama katalogları

Tezer, E., 1978, Sulamada pompaj tesisleri, Çukurova Ün. Zir. Fak, Topraksu Genel Müdürlüğü, 30,43,44 s.

Uz, E., 1976, Pompaj ve yağmurlama sulama tekniği, Ege Ün. Zir. Fak. Yayınları, No:268, 131-133 s.