

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
ZİRAAT FAKÜLTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA BÖLÜMÜ**

**YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMİ VE DİĞER SULAMA  
SİSTEMLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI ÜZERİNE BİR  
ARAŞTIRMA**

**Kenan UÇAN**

**Yönetici : Prof.Dr. Ali ÖZDENGİZ**

**Yüksek Lisans Tezi**

## ÖZET

Ülkemiz sulu tarım alanlarında yüzey sulama yöntemleri başta olmak üzere, yağmurlama sulaması da gittikçe genişleyen bir uygulama alanı bulmaktadır. Bunun yanısıra sistemi oluşturan unsurlar da yurt içinde üretilip teknik özellikleri belirlenmektedir. Ancak yöntem ne olursa olsun, sulamadan beklenen yararın elde edilmesi herşeyden önce, karşılaşılan koşullara uygun sistemin projelenmesi, tesisi ve işletimine bağlıdır.

Son yıllarda yağmurlama sulama sistemi ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Fakat konuyu tümüyle ele alan araştırma sayısı fazla değildir. Özellikle bu modern sistemi benimseyen çiftçi sayısının son yıllarda hızla artması ve GAP projesi gibi tarım alanlarını sulamaya açan çalışmaların çoğalmasıyla konuyla ilgili çalışmalar daha büyük bir önem kazanmıştır. Bu çalışmada bütün bunlar dikkate alınarak, anlaşılır bir şekilde açıklayıcı bilgiler verilmiştir.

Dört bölümden oluşan bu çalışmada, konu genel anlamda verildikten sonra, yağmurlama sistemini oluşturan kısımlar ve özellikleri, sistemin projelenmesi için gerekli bilgiler ve masraf analizi ile sistemin diğer ilkel sistemlerle değerlendirilmesi üzerinde durulmuştur.

## **SUMMARY**

In irrigated agricultural areas of our country, springler irrigation, especially surface irrigation has widely application areas. In addition to this, component parts of the system are also made in Turkey and its technical features are defined. Yet, no matter what the method is, getting benefits expected from irrigation depends on the project of the system being suitable mainly to the conditions, foundations and management.

In recent years, various researches related with springler irrigation system have been done. But, the number of these researches involued the subjects completely is rather less-especially with the fact that the number of the farmers who appropriate this modern system is getting increased in recent years and the studies apening the agricultural fields to irrigation increase, the studies and researches related with this subject began to get much were inportance. Regarding all these facts, illustrative informations are given clearly in this study.

In This study brought out 4 sections, the subject is given in general meaning and then component parts of the springler system and its features, essential informations for projecting of the system and its expense analysis and comperative informations with other primitive systems are presented.

iii

## TEŐEKKŪR

Bu alıőmada deęerli yardımlarını esirgemeyen Sayım Hocam Prof.Dr. Ali ŐZDENGİZ'e ve ayrıca bŐlŪmŪn dięer hocalarına en içten teőekkŪrlerimi sunarım.

23.9.1991

Kenan UÇAN



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
<b>ÖZET</b> .....	i
<b>SUMMARY</b> .....	ii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	iii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMLERİ</b> .....	6
2.1. Yağmurlama Sisteminin Kısımları.....	6
2.1.1. Su Kaynağı.....	6
2.1.2. Pompaj Birimi.....	7
2.1.3. Boru Hatları.....	7
2.1.4. Su Püskürtme Sistemi.....	8
2.1.4.a. Delikli Borular.....	8
2.1.4.b. Memeli Borular.....	8
2.1.4.c. Döner Yağmurlama Başlıkları.....	9
2.2. Yağmurlama Sisteminin Tipleri.....	12
2.2.1. Kaplanan Alana Göre Yağmurlama Sistemleri.....	12
2.2.2. Tesis ve İşletme Durumuna Göre Yağmurlama Sistemleri.....	13
2.2.3. Suyun Bitkiye Veriliş Biçimine Göre Yağmurlama Sistemleri.....	15
2.3. Yağmurlama Başlıklarında Su Dağılımı.....	16
2.3.1. Christiansen Eşdağılım Katsayısı.....	22
2.3.2. Benami-Hore Eşdağılım Katsayısı.....	22
2.3.3. Patern Randımanı Eşitliği.....	23
2.4. Yağmurlama Sulama Sisteminin Sulama Dışında Diğer Amaçlarla Kullanılması.....	24
<b>3. YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMİNİN PROJELENMESİ VE   MASRAF ANALİZİ</b> .....	26
3.1. Yağmurlama Sulama Sisteminde Ön Projelene Faktörleri.....	26
3.2. Sistemin Tertiplenmesi.....	26
3.2.1. Sistem Kapasitesinin Saptanması.....	28
3.2.1.a. Toplam Sulama Suyu Gereksinimi ve Sulama Aralığı.....	28
3.2.1.b. Sulama Süresi.....	30
3.2.1.c. Sistem Kapasitesi.....	32

	<b>Sayfa No</b>
3.2.1.d. Lateral ve Yağmurlama Başlıkları Aralığı.....	32
3.2.1.e. Yağmurlama Başlığı Debisi.....	34
3.2.1.f. Yağmurlama Hızı.....	35
3.2.1.g. Lateral Yağmurlama Debisi.....	35
3.2.2. Sistem Unsurlarının Belirlenmesi.....	36
3.2.2.a. Yağmurlama Başlıklarının Seçimi.....	36
3.2.2.b. Lateral Boru Büyüklüğünün Seçimi.....	38
3.2.2.c. Ekonomik ana Boru Büyüklüğünün Seçimi.....	51
3.2.2.d. Pompaj Biriminin Seçimi.....	60
3.3. Yağmurlama Sulama Sisteminde Masraf Analizi.....	60
3.3.1. Yıllık Sabit Masraflar.....	60
3.3.2. Yıllık Sabit Masrafları Hesaplama Metodları.....	61
3.3.2.a. Doğru Hat Metodu.....	61
3.3.2.b. Amortisman Faktörü ile Hesaplama Metodu.....	62
3.3.2.c. İtfa Formülü ile Hesaplama Metodu.....	62
3.3.3. Yıllık İşletme ve Bakım Masrafları.....	62
3.3.4. Yıllık Toplam Masraflar.....	66
3.4. Sistemin Uygulanabilirliği.....	66
<b>4. TEKNİK VE EKONOMİK UYGULANABİLİRLİK YÖNLERİYLE YAĞMURLAMA SULAMA İLE GELENEKSEL SULAMA YÖN- TEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>	<b>67</b>
4.1. Sulama Randımanı Yönünden Değerlendirme.....	67
4.2. Su Kaynağı ve Sulama Suyu Özellikleri Yönünden Değerlendirme....	68
4.3. Toprak ve Topoğrafya Yönünden Değerlendirme.....	69
4.4. İklim ve Bitki Özellikleri Yönünden Değerlendirme.....	71
4.5. Verime Etkileri Yönünden Değerlendirme.....	72
4.6. ekonomik Yönden Değerlendirme.....	74
4.7. Sosyal ve Kültürel etkenler Yönünden Değerlendirme.....	76
<b>5. SONUÇ.....</b>	<b>77</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>78</b>

## 1. GİRİŞ

Toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesi, insanlığın temel uğraşlarından biri olup, toplum yaşamında ekonomik ve sosyal düzenin bir güvencesi olarak nitelenebilir. Gereksinmelerin gittikçe arttığı çağımızda, varlığı sınırlı olan toprak ve su kaynaklarının optimal kullanıma olanak sağlayıcı bir biçimde geliştirilmesini zorunlu kılmıştır.

Geliştirme çalışmalarının çok yönlü amaçları arasında "sulama" hangi iklim kuşağında olursa olsun, diğer girdilerin etkinliğini artıran, bitkisel üretimde kararlılığı sağlayan ve bu biçimi ilede çağdaş tarımda yüksek verimliliğin ayrılmaz parçası olan bir üretim ögesi olması nedeniyle önemli bir yer tutar. Ayrıca sulama dünyanın bir çok memleketlerinde köylü nüfusunun büyük bir kısmının hayat standardının yükseltilmesinde başvurulan önemli bir faktördür. Su kaynaklarının geliştirilmesi ve sulama programlarının organizasyon ve tatbikatı, gelişmiş ve az gelişmiş ülkelerin ekonomik politikalarında önemli bir unsurdur (Elhanini, 1968). Bu bakımdan günümüzde su kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılması ve kullanılan birim sudan en fazla yararın sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle tarımsal sulamada su kullanım randımanını artıran ve su uygulama üniformitesi yüksek olan modern sulama sistemlerinin geleneksel sistemlerin yerini alması kaçınılmazdır.

Bitkilerin gelişmeleri ve olgunlaşmaları için suya ihtiyaçları vardır. Bitkiler bu ihtiyaçlarını, kök bölgelerinde bulunan toprak suyunu kullanarak giderirler. Bu nedenle ekimden hasat dönemine kadar toprakta bitki kök bölgesinde yeterli suyun bulunması gerekir. Bu suyun kaynağında doğal yağışların yetersiz kaldığı bölgelerde sulama suyudur.

Sulama genel bir tanımla; bitki gelişmesi için gerekli olan fakat doğal yollarla karşılanamayan eksik suyun insanlar tarafından çeşitli şekillerde toprağa verilmesidir.

İyi bir sulama, sulamayı tayin eden etkenlerin detaylı olarak araştırılması ve bu araştırmalardan elde edilen verilerin amaca en uygun şekilde kullanılmasıyla gerçekleştirilebilir (Zimmerman, 1966). Böyle bir sulama bu görevi şu üç genel gereği

karşılıyarak yerine getirir (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

1. Çiftçiye en yüksek ekonomik gelerin sağlanması.
2. İletim ve uygulamanın en az su kaybıyla yapılması.
3. Tarımsal alanın uzun dönemdeki verimliliğinin aşınması ile yapısının bozulmasını ve tuzluluk ile taban suyu düzeyinin yükselmesini önleyerek sürdürülmesidir.

Sulamada temel amaç; sulama suyunun bitki kök bölgesinde eş bir dağılımla randımanlı olarak depolanmasıdır. Böylelikle, bitki kök bölgesindeki toprakta, verim azalmasına neden olabilen gerilmeyi ortadan kaldıracak düzeyde nem bulundurmakta, ayrıca topraktaki nem-hava dengesi en iyi biçimde sağlanabilmektedir.

Sulama suyunun toprağa verilmesinde açık ve basınçlı sistemlere dayalı şu yöntemler kullanılmaktadır (Sönmez ve Balaban, 1968; Özdengiz, 1974; Korukçu ve Yıldırım, 1981).

1. Yüzey sulama
  - a) Salma
  - b) Tava
  - c) Karık
  - d) Delikli borular
2. Toprakaltı sulama
3. Yağmurlama sulama
4. Damlama sulama

Delibaş'a (1984) göre, sulama yöntemleri içerisinde sulamadan beklenen amaçları eksiksiz yerine getirebilecek tek bir yöntem yoktur. Ancak işletme masraflarının düşük oluşu ve hemen her toprağa uygulanabilmesi nedeniyle yüzey sulama yöntemlerinin yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir (İstanbuluoğlu, 1989).

Türkiye ve diğer ülkelerin sulu tarım alanlarında çoğunlukla yüzey, belirli düzeyde de yağmurlama sulama yöntemleri uygulanmaktadır. Ancak önceleri açık sistemlerle sulama yapılan Avrupa'da teknolojinin gelişmesi sonucu sistemler hemen hemen tümüyle yağmurlamaya dönüştürülmektedir.

Yağmurlama sulama yönteminde su, yağmurlama başlıklarından belirli bir basınç



altında püskürtülerek doğal yağışa benzer biçimde bitki yada toprak yüzeyine verilir.

Ülkemiz sulu tarım alanlarında yüzey sulama yöntemleri yanında yağmurlama sulama yönteminde gittikçe genişleyen bir uygulama alanı bulmaktadır. Bugün ülkemizde yağmurlama yöntemiyle sulanan alanın 180.000 ha. olduğu tahmin edilmektedir (Anon., 1981). Fakat bu alan sabit kalmayıp özellikle intansif tarım yapan bölgelerimizde, koşullara bağlı olarak gittikçe genişleyen bir uygulama alanı bulmaktadır (Demirören ve Karaata, 1983). Yalnız bu bölgelerden aşağıdaki hallerde yağmurlama sulaması öncelikle tercih edilmektedir (Sönmez vd. 1984).

1. Yeni bir arazinin sulamaya açılmasında,
2. Arazinin topoğrafyası yüzey sulaması yapmaya elverişli değilse,
3. Toprak koşulları büyük değişiklikler gösteriyorsa,
4. Belirli bitki ve toprak koşulları için sık sık ve hafif sulamaya gereksinme duyuluyorsa,
5. Tohum çimlenmesi için sulama yapılması zorunluysa,
6. Su kaynağı nicelik ve nitelik yönünden yüzey sulaması için elverişli değilse.

Bugüne değin uygulamalardan elde edilen verilere göre yağmurlamadan sağlanabilen yararlar şöylece özetlenebilir (Ertuğrul ve Apan, 1979; Korukçu ve Yıldırım, 1981; Yıldırım vd. 1986; Sürmeli, 1989).

1. Düzgün olmayan tarım alanları, tevsiyeye gerek göstermeden başarılı bir biçimde sulanabilmektedir.
2. Yüzeysel ve geçirgenliği yüksek olan topraklarda yüzey sulama yöntemlerine oranla daha yüksek bir sulama randımanı elde edilebilmektedir.
3. Taban suyunun yüksek olduğu yerlerde, taban suyu seviyesini yükseltmeden sulama yapma olanağı bulunmaktadır.
4. Eldeki sulama suyunun az olduğu yerlerde bu sudan büyük ölçüde yararlanabilmektedir.
5. İyi bir projeleme ile toprağın aşınması sorunu ortadan kaldırılılabilmektedir.
6. Tarla hendeklerine gerek kalmadığından ekim alanı artmakta ve tarımsal işlemler kolaylıkla yürütülebilmektedir.
7. Tohum yataklarının hazırlanması, tohumların çimlenmesi, fidelerin seyreltilmesi, gibi işlemler için elverişli bir ortam hazırlanabilmektedir.

8. Fazla işgücüne gerek olmadığından sulama işleri kolaylıkla yapılabilir.
9. Yapay gübreler sulama suyu ile başarılı bir biçimde toprağa verilebilmekte ve bazı sebze ve meyvelikler dondan korunabilmektedir.
10. Sulama suyu toprağa düşük bir yağmurlama hızı ile kontrollü bir şekilde verilebildiği için toprak işleme mevsiminde kısa sürede istenilen toprak tavi kazanılabilmektedir.

Bunların yanında toprağın tuzlanmasına imkan verilmez, kirlı şehir sularının dağıtılması sağlanır, mulch sisteminin başarısı artırılır, kesilerek toprak üzerine serilen otlar bir sünger gibi tabaka meydana getirir ve suyun toprağa uygun sızmasını sağlar ve özellikle patates ve pancar gibi bitkilerin hasadında yağmurlama sulaması ile gevşetilen ve yumuşatılan topraktan yumrular kolayca sökülebilir (Uz, 1976). Ayrıca Mohrmann'a (1959) göre yağmurlama metodu ile yapılacak sulama projeleri bu metodun gerektirdiği teknikler eksiksiz olarak uygulandığı takdirde % 25 (Özdengiz, 1973) oranında bir su tasarrufu sağlamakta ve dolayısıyla su tasarrufu bakımından damla sulamadan sonra en ekonomik sulama metodu olmaktadır.

Yöntemin değinilen yararları yanında uygulama açısından karşılaşılan sakıncaları ise (Korukçu ve Yıldırım, 1981; Yıldırım vd.; 1986; Kızılkaya ve Yegül, 1988);

1. Yüzey sulama yöntemlerinin uygulanması için ağır tesviyeye ihtiyaç gösteren araziler dışında, yağmurlama sistemlerinin birim alana düşen tesis masrafları diğer yüzeysel sistemlerden daha yüksek bulunmaktadır.
2. Yağmurlama için gerekli olan basınç, sürekli bir enerji kaynağının kullanımını gerektirdiğinden, işletme masrafları yüksek olmaktadır.
3. Rüzgar suyun dağılımına olumsuz yönde etki etmektedir.
4. Sıcak iklimlerde özellikle yaz aylarında gündüz yapılan sulamalarda buharlaşma kaybı fazla olabilmektedir.
5. Toplu yağmurlama sistemleri açısından parsellerin düzensiz oluşu, projelirmede sorun olmakta ve yatırım giderlerini artırmaktadır.

Sönmez ve Balaban (1968), yağmurlamanın bu dezavantajlarına ek olarak; yağmurlama sistemlerinin tek bir projeye göre projelendiklerini ve dolayısıyla sistemin elastiki olmadığını, portatif sistemlerde laterallerin taşınmasının arazinin

ıslak olduğu zamanlarda güç olduğunu ve bitkilerin tozlaşma zamanında yağmurlamanın zararlı olduğunu belirtmişlerdir.

Bir yağmurlama sisteminden istenen faydanın sağlanması ve dolayısıyla dezavantajlarının asgari düzeye indirilmesi için şu faktörler gözönüne alınmalıdır.

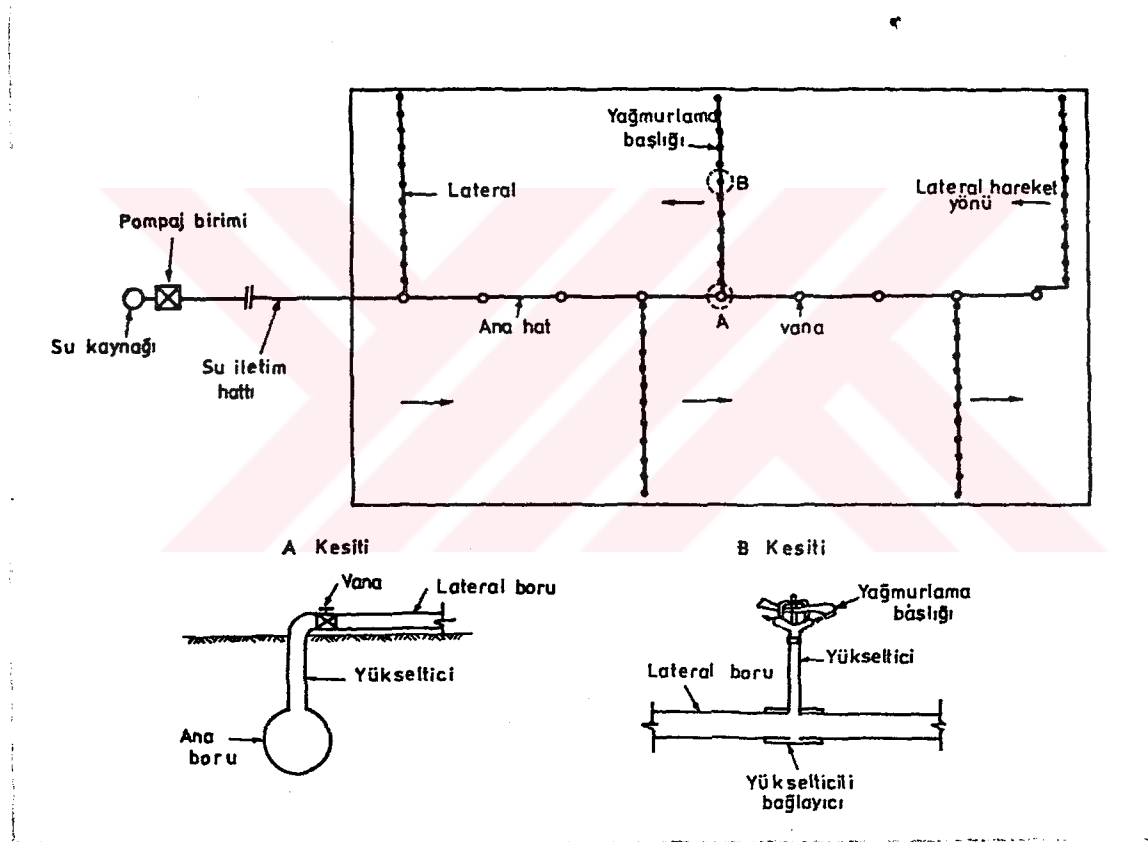
1. Yağmurlama sisteminin temel üniteleri,
2. Yağmurlama sisteminin farklı tiplerinin nasıl çalıştığı,
3. Toprak meylinin etkisi,
4. Toprağın su alış oranının etkisi,
5. Sulamanın uygulandığı alanın özellikleri,
6. Tarla yüzey şartlarının etkisi,
7. Yetiştirilen ürünün etkisi,
8. Sistemin seçimine etki eden diğer faktörler.

Bu yöntem, sulu tarıma elverişli her türlü iklim koşullarında ve çeltik dışında sulanan bitkilerin büyük bir çoğunluğunda uygulanabilir. Sisteme ilişkin unsurların kolaylıkla taşınıp monte edilmesi, herhangi bir özel arazi hazırlığına gereksinme duyulmaksızın sulama yapılabilmesi, yöntemi uygulanabilir duruma getiren diğer çekici özelliklerdir (Korukçu ve Yıldırım, 1981). Ayrıca yüksek su alma hızına (infiltrasyon) sahip, çok eğimli topraklarda bitkilerin yeterli su alabilmesi için uygulanması gereken en iyi yöntemdir (Karaata, 1985). Bu nedenle, sulanması öngörülen alanlarda, öncelikle tarımsal ve mühendislik yönünden ayrıntılı kaynak araştırmalarının yapılması ve sonuçların iyi bir biçimde irdelenip değerlendirilmesi ve sistemin bu bilgilere göre hazırlanacak seçeneysel planlar arasından seçilmesi gerekmektedir.

## 2. YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMLERİ

### 2.1. Yağmurlama Sisteminin Kısımları

Bir yağmurlama sulama sistemi; suyun elde edildiği kaynaktan yeterli bir basınçla sağlanması, iletimi ve toprağa verilmesi için gerekli unsurların bir bütünüdür. Böylece sistem; su kaynağı, pompaj birimi, basınçlı boru hatları ve yağmurlama başlıkları olmak üzere dört kısımdan oluşur (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Bir Yağmurlama Sisteminin Unsurları.

#### 2.1.1. Su Kaynağı

Yağmurlama sulama yönteminde her türlü su kaynağından yararlanılabilir. Bu bir akarsu olabileceği gibi, kuyu, göl, sulama kanalı, basınçlı boru hattı vb. olabilir. Suyun kalite açısından sulamaya uygun olması ve kum, silt yada yüzücü cisimler taşıyorsa başlık memelerini tıkamaması için süzülmesi gerekir.

### **2.1.2. Pompaj Birimi**

Suyun yağmurlama başlığından püskürtülmesi için belirli bir basınca ihtiyaç vardır. Bu basınç koşulların elverdiği durumlarda yerçekimi sistemi ile temin edilir. Suyun elde edildiği kaynağın yüksekliği en son başlıkta istenilen basıncı sağlayabilecek durumda ise, bu durumda bir pompaj birimine gerek yoktur.

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

Yağmurlama sistemlerinde, suyun bir kanal, göl ve havuz gibi yüzeysel bir kaynaktan sağlanması durumunda derin kuyu pompaları kullanılır. Pompalardaki kuvvet birimi olarak içten yanmalı motorlar veya elektrik motorları kullanılır. Sulama yapılan işletmenin durumuna göre, işletmede bulunan traktörden de gerekli gücün sağlanmasında yararlanılabilir.

### **2.1.3. Boru Hatları**

Kaynaktan alınan suyun yağmurlama başlıklarına kadar iletilmesini sağlar. Gömülü yada yüzeyde olabilir. İletim hattı, ana boru hattı ve lateral boru hatlarından oluşur (Şekil 2.1).

Suyu tarla laterallerine veren ana boru hatları gömülü olduğunda çelik, asbestli çimento yada plastik borulardan oluşturulur. Yüzeğe serili ise genellikle alüminyum, bazan da plastik borular kullanılır.

Lateral boru hatları, üzerinde yağmurlama başlıklarını taşır. Genellikle toprak yüzeyine serilir. Bu durumda bir kişi tarafından kolaylıkla taşınacak uzunlukta alüminyum yada plastik borulardan oluşturulur. Sabit sistemlerde bazen lateraller de toprak altına gömülür. Bu koşullarda ise plastik borular kullanılır.

Boru hatları yüzeyde olduğunda, basınç kalkınca boru içindeki suyu hızla drene eden contalarla birbirine bağlanır. Gömülü boru hatlarında ise contaların her koşulda sızdırmaz olması gerekir.

Boru hatlarında; yükseltici boru, redüksiyon, dirsek, T parçası, kros, kör tapa, vana, akış ve basınç düzenleyiciler ve basınç ölçerler gibi bağlantı parçaları ve özel parçalar kullanılmaktadır.

#### **2.1.4. Su Püskürtme Sistemi**

Su püskürtme sistemindeki su toprağa, delikli borular, memeler veya döner başlıklardan püskürtülerek verilir.

##### **2.1.4.a. Delikli Borular**

Bu sistemde yapılan tepeden sulamada genel olarak 2 inçlik bir vana ile ana boru hattına bağlanmış laterallerden faydalanılır. Bu amaçla kullanılan lateraller 2, 3 ve 4 inçlik galvanize çelik veya alüminyum borulardır (Elhaminini, 1968). Bu borulardan 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 değişik (Ertuğrul ve Apan, 1979; Korukçu ve Yıldırım, 1981). Delikli borular, yüksek yağmurlama hızı ve sulama intensitesi sebebiyle bu sistem sadece infiltrasyon kapasitesi yüksek, yapısı iyi, düz ve hafif topraklar için uygundur (Elhanini, 1968). Uygulanan yağmurlama hızı genel olarak 1.25 cm/h'in üzerindedir (Ertuğrul ve Apan, 1979; Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Suyun bitkilere çarpmaması için delikli boruların bitki boyuna göre belirli bir yükseklik tesis edilmesi ile uygun bir su dağılımı sağlanabilir. Delikli boruların en büyük sakıncası sulama suyundaki aşındırıcı maddelerin zamanla deliklerin büyüklüğünü artırması, dolayısıyla fazla su püskürtmesi ve yağmurlamamanın tecanüsünü bozması, küçük deliklerin ise, suda mevcut yabancı maddelerle kolayca tıkanmalarıdır.

##### **2.1.4.b. Memeli Borular**

Bu sistem, nisbeten küçük çaplı ve üzerinde eşit aralıklarla yerleştirilmiş pirinç memeler bulunan bir veya daha fazla borudan meydana gelir. Kullanılan boru çapları genellikle 3/4 - 1 1/2 inç ve boru üzerinde memelere verilecek aralık 50-100 cm arasında değişir. Borular arasındaki aralık ise, genellikle 15 m'dir (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Memeli boru hatları genel olarak yerden 120 cm yükseklikte, desteklere veya portatif tutuculara yerleştirilir. Boru hatları arasındaki mesafe 16 m. civarındadır. Hattın her iki tarafına su vermek amacı ile borular eksenleri boyunca yavaş yavaş 90° kadar döndürülür. Bu iş elle veya bir döndürücü (oscilator) sistemi ile gerçekleştirilir.

Memeli sistemlerin su püskürtme basıncı 1.5-2.5 atm ve herbir memenin debisi ise 0.008 ile 0.020 lt/s arasında değişir. Meme çapları genel olarak 1 mm. dolaylarındadır. Bu nedenle, memelerin tıkanmaması için boru hattına suyun verilmesinden önce bir süzüm işlemine gerek vardır (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Bu tür sistemler, fidanlık ve sebzeliklerin sulanmasında kullanılmakta ve çoğunlukla da durağan olarak tesis edilmektedirler.

#### **2.1.4.c. Döner Yağmurlama Başlıkları**

Yağmurlama başlıkları, lateral boru hatları üzerinde eşit aralıklarla yerleştirilen yükseltici borular üzerinde yer alır. Çeşitli bitkilerin sulanmasında döner tipteki yağmurlama başlıkları geniş çapta kullanılmaktadır.

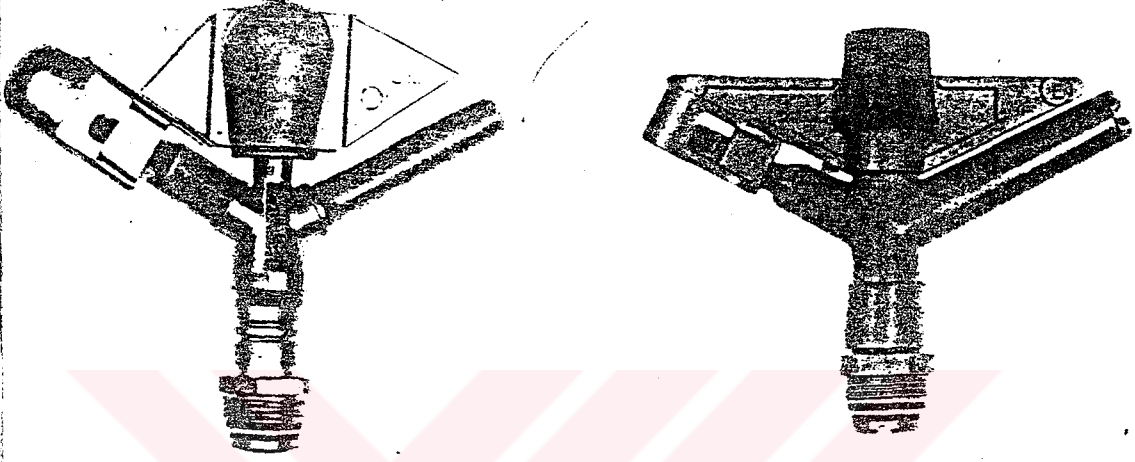
Yağmurlama başlıkları; dönüş hızlarına, işletme basıncına ve işlevlerine göre sınıflandırılabilir.

Başlık dönme hızı dakikada 1 devirden az ise yavaş dönen, 1 devirden fazla ise hızlı dönen başlık adını alır. Uygulamada dönme hızı 0.8-1.2 d/d olan başlıklar yaygın olarak kullanılmaktadır (Güngör ve Yıldırım, 1989). Yavaş ve hızlı dönen iki yağmurlama başlığı aynı basınç ve kapasite altında çalıştırılmaları durumunda yavaş dönen başlığın ıslatma alanı hızlı dönen tipin ıslatma alanından büyüktür. Dolayısıyla yavaş dönen tipler daha fazla bir alanı sulayabildiklerinden boru gereksinimi azdır (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

İşletmede basıncı 2 atmosferden az ise düşük basınçlı 2-4 atmosfer ise orta basınçlı, 4 atmosferden fazla ise yüksek basınçlı başlık tipi söz konusudur. Uygulamada işletme basıncı 6-8 atmosfer olan büyük jet tipi yağmurlama başlıkları da kullanılmaktadır.

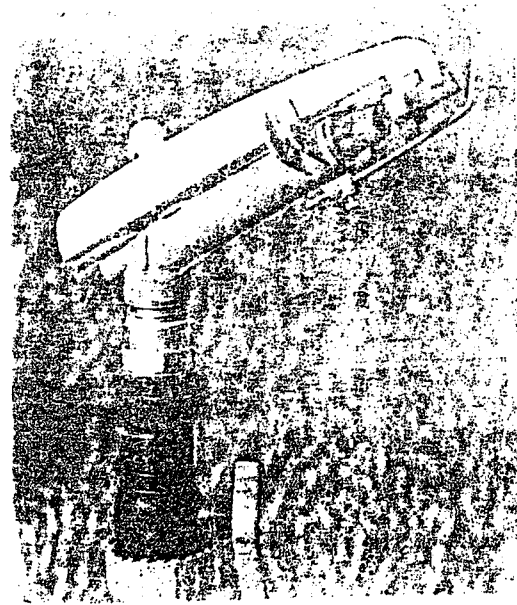


(1) Düşük basınçlı yağmurlama başlıkları; su alma hızı düşük topraklarda kullanılır. Özellikle 1-2 atmosfer arasında olanlar tek yada çift memeli olarak nisbeten düzgün bir su dağılım deseni verirler (Korukçu ve Yıldırım, 1981). Bunlara orta düşük basınçlı yağmurlayıcılarda denir.



Şekil 2.2. Düşük basınçlı ve çift memeli yağmurlama başlıkları.

Düşük basınçlı yağmurlama başlıkları 12-30 m arasında bir ıslatma çapı oluştururlar. Bağlantı tertipleri 12 x 12, 24x24, 30x24 şeklinde olabilir. Bazı bitkilerin dondan korunmasında da bu başlıklardan faydalanılır (Uz, 1976).

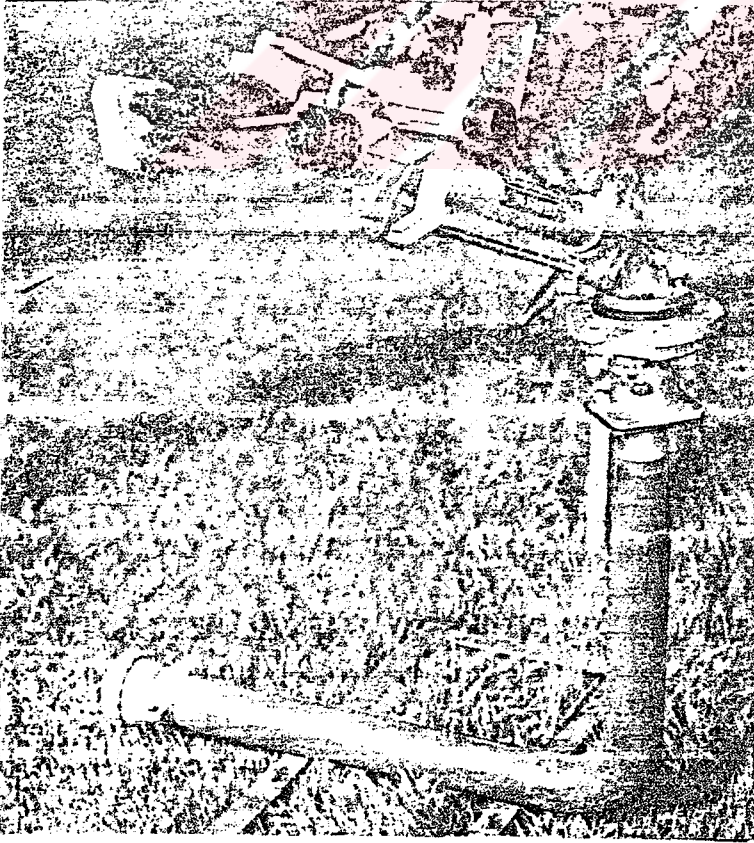


Şekil 2.3. Orta basınçlı ve tek memeli yağmurlama başlığı.



(2) Orta basınçlı yağmurlama başlıkları; genel olarak çift memeli olur ve tavsiye edilen aralıklarda değişik su verme hızlarına sahiptirler. ıslatma çapları 23-43 m. arasında değişir. Bu basınçtaki başlıklar oldukça değişik toprak ve bitki şartlarına uygun olmaları ve meyve ağaçlarının üstten sulanmasına imkan vermeleri sebebiyle en çok kullanılan tiplerdir.

(3) Yüksek basınçlı yağmurlama başlıkları; orta basınçlı başlıklara benzerler. Farkları sadece 4-6 atmosfer püskürtme basıncına göre projelenmiş olmalarıdır. Bu tip başlıklar daha çok büyük alanların yağmurlanmasında kullanılır. Tavsiye edilen aralıklardaki su verme hızları 1.25 cm/h'ın üzerindedir. ıslatma sahaları 30-75 m. arasında değişen yağmurlayıcılar daha çok 72 x 72 m'lik kare bağlantı halinde tertiplenirler (Uz, 1976). Su dağılım deseni rüzgar hızının fazla olması hali hariç iyidir. Şayet rüzgar hızı fazla olursa yağmurlayıcı aralıklarının azaltılması gerekir. Bu tip yağmurlama başlıkları, özellikle çok ince bünyeli topraklarda, tarla bitkilerinden mısır, tütün ile kahve ve meraların sulanmasında uygundur. Ayrıca su ile birlikte sun'i gübre dağıtımında da kullanılırlar.

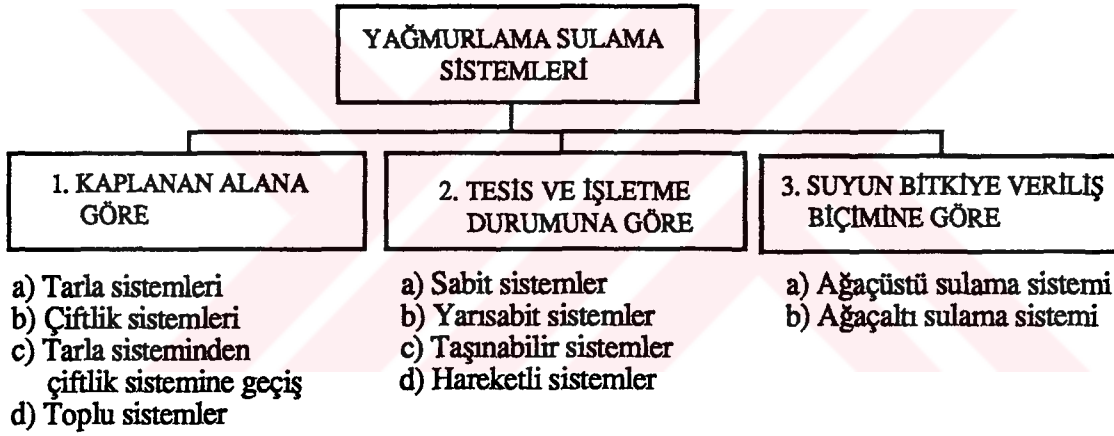


Şekil 2.4. Yüksek basınçlı ve tek memeli yağmurlama başlığı.

(4) Jet tipi yağmurlama başlıkları, yüksek akış debilerini (6-38 L/S) yüksek basınç seviyelerinde havaya su zerrecikleri halinde verecek şekilde projelenirler. Yağmurlama hızı 1.25 cm/h'ın üzerinde olup başlıktan verilen su havanın mukavemeti karşısında çok küçük su zerrecikleri halinde toprağa erişir. Islatma sahaları 60-120 m arasında değişir. Su damlacıklarının iyi bir şekilde parçalanması çalışma basıncının devamlılığına bağlıdır. İyi bir su dağılımı ancak sakin havalarda gerçekleşebilir.

## 2.2. Yağmurlama Sisteminin Tipleri

Yağmurlama sulama sistemleri, kaplanan alana göre, tesis ve işletme durumuna göre ve suyun bitkiye verilmiş şekline göre üç ana gruba ayrılır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Yağmurlama sistemlerinin tipleri (Güngör ve Yıldırım, 1989).

### 2.2.1. Kaplanan alana Göre Yağmurlama Sistemleri

(1) Tarla sistemleri; böyle bir sistem, bir çiftliğin üzerindeki çeşitli tarlalarda kullanılmak üzere projelenir. Tarla sistemleri, belirli koşullarda kullanılmak için tasarlanırlar. Bunlar genel olarak tohumun çimlenmesini sağlamak için toprak rutubetinin artmasını amaçlayan ilk sulamaları yada bitki ekim nöbetinde yer alan özel bir bitkinin sulanmasında kullanılır. Su dağılımı randımanı, işçi kullanma durumu ve güç ekonomisi etmenleri bu sistemde, çiftlik sistemine kıyasla tümüyle farklı olabilir. Tarla sistemleri, tam yada yarı taşınabilir biçimde projelenirler.

(2) Çiftlik sistemleri; işletme biçiminde esas sulama yöntemi yağmurlama olduğunda

kurulan ve tüm yağmurlama sulama sistemi unsurlarını ve randımanlı sulama için tüm işletme ve kontrol araçlarını kapsayan sistemlerdir. Bu tip sistemlerin planlanmasında yetiştirilecek bitki çeşitleri ve bunların ekim nöbeti ile proje alanındaki toprağın özellikleri dikkate alınacak etmenlerdir.

(3) Tarla sisteminden çiftlik sistemine geçiş; işletme biriminde, sistem esas olarak çiftlik sistemi biçiminde projelenir. ancak parasal sorunlar nedeniyle bir kısmı kurularak tarla sistemi gibi çalıştırılır. Mali kaynak sağlandıkça sistemin diğer unsurları tesis edilerek çiftlik sistemine geçilir.

(4) Toplu sistemler; sayıca fazla tarımsal işletmeye hizmet eden büyük sistemlerdir. Birçok çiftlik sistemini kapsar. Proje alanına su bir basınçlı boru ağı ile dağıtılır. Hat üzerine her işletme için bir su alma yapısı (Hidrant) yerleştirilir. İşletme kendi çiftlik sistemine suyu bir hidranttan alır.

#### **2.2.2. Tesis ve İşletme Durumuna Göre Yağmurlama Sistemleri**

(1) Sabit sistemler; su kaynağından başlayarak sistemin tüm unsurları konum yönünden sabittir. Ana boru hattı toprak altına gömülüdür. Lateraller ya gömülü yada toprak yüzeyinde sulama mevsimi boyunca serili durumdadır. Sabit yağmurlama sistemlerinin çoğunda başlıklar 12 ile 24 m aralıklarla yerleştirilir, Yağmurlama tabancası adı verilen büyük başlıkların kullanıldığı durumda ise aralık 36 ile 50 m arasında değişmektedir (Yazar vd. 1990).

Yağmurlama başlıkları sulama mevsimi başlangıcında takılır, mevsim sonunda ise sökülür. Bu tip sistemler özellikle turunçgil ve meyve bahçelerinde, bağlarda, sürekli çayırarda ve don kontrolünde kullanılmaktadır. İlk tesis masraflarının fazla olmasına karşın, özellikle taşıma masrafları yönünden diğer sistemlere kıyasla daha azdır.

(2) Yarı sabit sistemler; yarı sabit yağmurlama sistemleri, sabit sistemlere benzemekle beraber sulayacak sayıda lateral ve başlıktan oluşur. Tarlanın tümünün sulanabilmesi için lateraller ve başlıklar bir konumdan diğer konuma taşınır. Taşınabilir laterallere su; çelik, asbestli çimento yada sert plastikten oluşan toprak altına gömülü ana boru hattından sağlanır. Lateraller genel olarak 6 m uzunluğundaki

alüminyum veya PVC borulardan oluşmaktadır. Çubuk bağlayıcılarla borular kolayca birbirine bağlanabilmektedir. Ancak sabit sistemlere göre yarı sabit sistemlerin taşınan kısımlarının işgücü gereksinimi fazladır.

Yarı sabit sistemler tarla ve endüstri bitkileri ile meyve ve sebzelerin sulanmasında geniş ölçüde uygulanmaktadır. Taşınabilir hafif boruların kullanılmasıyla, ilk tesis masraflarını azaltır. Aynı zamanda, olağan çiftlik işlerinin kolaylıkla yapılmasına olanak sağlar.

(3) Taşınabilir sistemler; bu tür yağmurlama sulama sistemleri, sabit yada hareketli bir pompaj ünitesi, hareketli olan ana boru ve lateral boru hatlarından oluşur. Lateral borular yarı sabit sistemdeki gibidir. Ana ve lateral boruların birden fazla konumda kullanılabilmesi nedeniyle tesis masrafları, diğer sistemlere kıyasla daha azdır. ancak işletme ve bakım masrafları çok yüksektir. Bu tür sistemler, farklı tarlalarda kolaylıkla kullanılabilirler. Ayrıca sırasal ekim alanlarında istenilen kısımların sulanması kolaydır. Özellikle, ilk uygulamalar ve destek sulamalar için uygun bir sistem biçimidir.

(4) Hareketli sistemler; hareketli yağmurlama sistemleri, hareketleri sırasında su uygularlar. Center-pivot sistemler bunların en yaygın olanıdır. Lateral boru, bir uçta sabit olup geniş dairesel yörüngede hareket ederek daire alanı sular. Lateralin sabit ucu "pivot" noktası olarak adlandırılır ve bu uç su kaynağına bağlıdır. Lateraller 30 ile 80 m arasında açıklığı olan, yerden 3 m yükseklikteki kulelerden oluşur. Her bir kule üzerinde monte edilmiş bir elektrik veya hidrolik motor vasıtasıyla hareket eder. Kuleler tekerlekler üzerine oturtulmuştur (Yazar vd. 1990).

Her bir kuleye yerleştirilen mekanik araçlar lateralın bir doğrultuda hareket etmesini sağlar. Sistemin açılma hızı, en son kulede yer alan sürücü ünitenin hızı sulayıcı tarafından kontrol edilebilir.

Center-pivot sistemlerinin en yaygın lateral uzunluğu 400 m'dir. Bu sistemlerle yarıçapı 400 m olan bir daire alan sulanır. Bu şekilde 50 ha tekabül eder (Yazar vd. 1990).

Hareketli yağmurlama makineleri büyük kapasiteli bir başlık ile kendinden hareketli

bir mekanizmadan ibarettir. Yağmurlama laterali ve buna bağlı başlık doğrusal olarak hareket eder. Lateraller genellikle esnek PE borulardan oluşturulur. Bazı sistemler suyun sağlandığı kanala paralel olarak hareket ederler. Bu tür sistemler genellikle yüksek işletme basıncı gerektirirler.

Kendinden doğrusal-hareketli sistemler center-pivotun özelliklerini taşırlar. Bunlar büyük tabancalı sistemlere kıyasla daha düşük basınçla çalışırlar. Doğrusal hareket eden sistemler laterale dik doğrultuda sürekli hareket eder. Etkin bir işletme için tarlanın dikdörtgen biçiminde ve engellerden arındırılmış olması gerekir.

Doğrusal hareket eden ve center-pivot sistemlerinin bir başka modifikasyonu da Lyle ve Bordowsky (1983) tarafından geliştirilen LEPA (düşük enerji, kusursuz uygulama) sistemidir. Bu sistemde su lateralden toprak yüzeyinin hemen üzerine dek uzanan boru üzerine yerleştirilmiş spray başlıklarıyla çok düşük basınçlarda uygulanmaktadır. Modern toprak işleme teknikleriyle birlikte kullanıldığında, karıklar içine kısa aralıklarla seddeler yapılması gibi, LEPA sistemleri hem sulama suyunun hem de yağmurun etkin biçimde kullanılmasına olanak tanır.

### **2.2.3. Suyun Bitkiye Veriliş Biçimine Göre Yağmurlama Sistemleri**

(1) Ağaçüstü sulama sistemi; tarla bitkilerinin sulanmasında esas olarak su bitki üzerinden verilir. Başlıklar suyun serbestçe püskürtülmesi ve bitki tarafından engellenmemesi için yükseltici borular üzerine yeterli yüksekliğe yerleştirilir. Meyvelikler sulanmasında, ağaç üstünden ve altında sulama yapılabilir. Ağaç üstünden yapılan sulamada sabit sistemler kullanılır. Bir yada iki ağaç sırası için bir lateral boru hattı döşenir. Yükseltici borular ağaçları yukarıdan sulayacak biçimde 3 m dolaylarında olur. Bunlar 1 inç çapında ve desteklerle tutulur. Bu tip yağmurlama sistemi pahalı olmakla birlikte, işletimi çok kolaydır.

(2) Ağaçaltı sulama sistemi; ağaç aralıklarının laterallerin hareket ettirilmesine olanak verdiği bahçelerde kullanılır. Genellikle yarisabit sistem biçiminde kurulur. Ağaç altından sulama yapabilmek için düşük püskürtme açılı başlıklar kullanılır. Lateraller ağaç sıralarının ortasına döşenir, başlıklar ise her dört ağacın oluşturduğu alanın ortasına yerleştirilir. Yükseltici borular kısa ve genellikle 10-15 cm kadardır. Meyve bahçelerinin ağaç altından sulanmasında, özel olarak yapılmış küçük



yağmurlama başlıkları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde, her ağaç sırasına yüzeye serili bir PE lateral boru hattı döşenir ve her ağaca bir küçük yağmurlama başlığı konur. Bu da boru ve işletme masrafını artırır. Bununla birlikte, ağaç altında kullanılan başlıkların kapasitesi az olduğundan, lateral boru çapı küçülür ve uzun lateraller kullanılabilir. Bu durum yukarıda belirtilen sakıncayı bir ölçüde karşılar. Ağaçaltı sulamasının bir diğer yararı da, buharlaşma kayıpları ve rüzgarın su dağılımına olumsuz etkisini azaltmasıdır. Her iki etmen de su uygulama randımanını artırıcı yönde rol oynarlar.

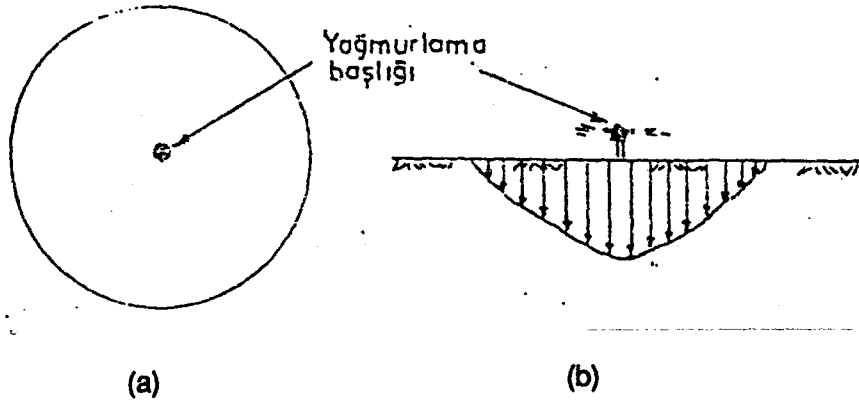
### 2.3. Yağmurlama Başlıklarında Su Dağılımı

Bitkilerin ihtiyacı olan sulama suyunu bitki kök bölgesine homojen bir şekilde verilmesi, sulamanın ilk koşuludur. İşte bu homojenliği sağlayabilmek için değişik sulama yöntemleri geliştirilmiştir. Yağmurlama sulama yönteminin, diğer yüzey sulama yöntemlerine karşı üstünlüğünde istenen homojenliği en iyi sağlayabilen yöntem olmasından ileri gelmektedir (Demirören ve Karaata, 1983).

Sulama suyunun, sulanan alanda eş bir biçimde dağılımı sulama randımanının yükselmesini sağlar. Yağmurlama sulama yönteminde tam anlamıyla eş bir su dağılımı elde etmek mümkün değildir. Bunun nedeni, boru hatlarındaki yük kayıpları ve arazi eğiminden dolayı arazi üzerindeki yağmurlama başlıklarının basınçlarının buna bağlı olarak debilerinin değişmesidir. Yağmurlama başlıkları optimum işletme basıncında çalıştırılarak ve uygun aralıklarla tertiplenerek yüksek sulama randımanı elde edilir (Güngör ve Yetkin, 1989).

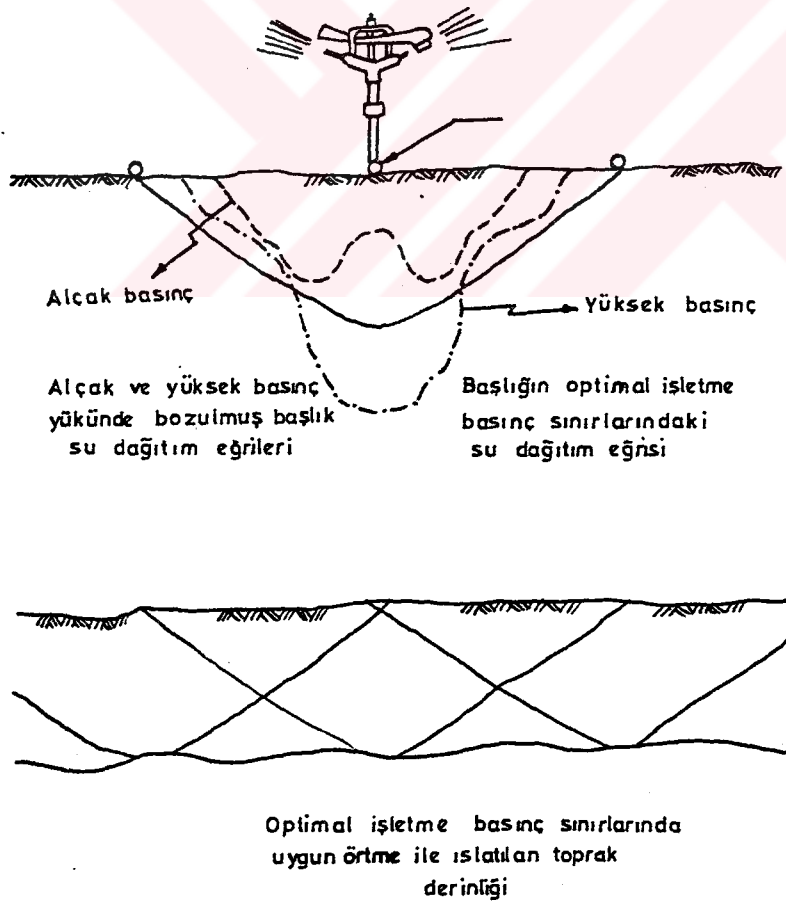
Yağmurlama sulamasında döner yağmurlama başlıkları dairesel bir ıslatma alanı oluştururlar (Şekil 2.6a). Memeden çıkan su hüzmesi atmosferle karışarak parçalanır ve damlacıklar biçiminde bitki yada toprak yüzeyine düşer. Her bir yağmurlama başlığı yapısına özge ve meme büyüklüğü ile basıncının işlevi olan bir su dağılım eğrisine sahiptir (Şekil 2.6b). ıslatma dairesinin kesiti olan bu eğri genellikle başlığın bulunduğu noktadan çevreye doğru azalan bir su dağılımı gösterir.

Uygulamada yağmurlama başlıkları, ıslatma daireleri birbirini belirli oranda örtecek biçimde tertiplenerek, olanaklar ölçüsünde eş bir su dağılımı sağlanmaya çalışılır. İşletme basıncı ile tertip aralıkları uygun olarak seçilmediğinde bozuk bir



Şekil 2.6. Yağmurlama başlıklarında: a) ıslatma alanı, b) su dağılım eğrisi.

su dağılımı elde edilir. Eş su dağılımı optimal olan başlıkların uygun örtme ile toprakta üniform bir ıslaklık sağlarlar (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Tekil ve birlikte çalıştırılan başlıkların toprakta oluşturduğu ıslatma desenleri.

Başlık işletme basıncı yükselticide başlığın bulunduğu kısmın hemen altında okunan değerdir. Memede, basınç yükü hız yüküne dönüşerek hüzmeye ilk hızını verir. Basınç yükü ve meme çapı bileşimi, damlacıkların oluşumunu ve ıslak alandaki su dağılımını belirler.

Belirli bir meme çapı için basınç yükü artırıldığında su hüzmesi çok ince damlacıklar biçiminde parçalanır. Buna benzer biçimde, belirli bir basınç yükü altında memenin küçültülmesi de aynı sonucu sağlar. Büyük damlalar başlıktan uzağa küçükler daha yakına düşerler (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Su dağılım desenini aynı zamanda, memenin su püskürtme açısı ve başlığın dönüş hızı da etkiler. Atmosfer etkisi olmayan ideal koşullarda, en büyük ıslatma uzaklığı 45°'lik püskürtme ile sağlanır. Deneyler, olağan tarla koşullarında, en yüksek sınırın 30-35°'lik açılarla sağlandığını göstermiştir. Dönüş hızı ıslatma çapını değiştirmesi yönünden başlık su dağılım desenini etkiler. Yüksek dönüş hızı altında ıslatma alanı daralır (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Uygulamada başlıklar olanaklar oranında, özellikleri dikkate alınarak, ıslatma daireleri birbirini belirli bir oranda örtecek biçimde tertiplenir. Böylece örtme sonucu seçilen bir noktadaki sulama suyu derinliği, komşu yağmurlama başlıklarından gelen su derinliklerinin toplamına eşit olduğundan suyun eşdağılım düzeyi, ele alınan başlığın diğer özellikleri ile birlikte tertip aralıklarının bir işlevi olmaktadır. Bunun için yeni yapım yağmurlama başlıklarının su dağılım yönünden denemeleri yapılır. Kullanım alanına benzer koşullarda yapılan bu denemelerde başlığın ıslatma alanları elde edilir. Her bir meme büyüklüğü ve basınç değeri için bulunan ıslatma alanları ele alınarak, başlığın farklı tertip aralıklarındaki su dağılım desenleri saptanır. Desenlerdeki su eş dağılımının ise, kabul edilebilir düzeyde olması gerekir. Bu da eş dağılım katsayıları ile ölçülür. Böylece kabul edilebilir bir su dağılımı açısından, uygulamada kullanılabilecek optimum tertip aralıkları sistem tasarımında kullanılmak üzere saptanmış olur.

Normal koşullarda iyi bir su dağılımı açısından (Korukçu ve Yıldırım, 1981; Demirören, 1981);

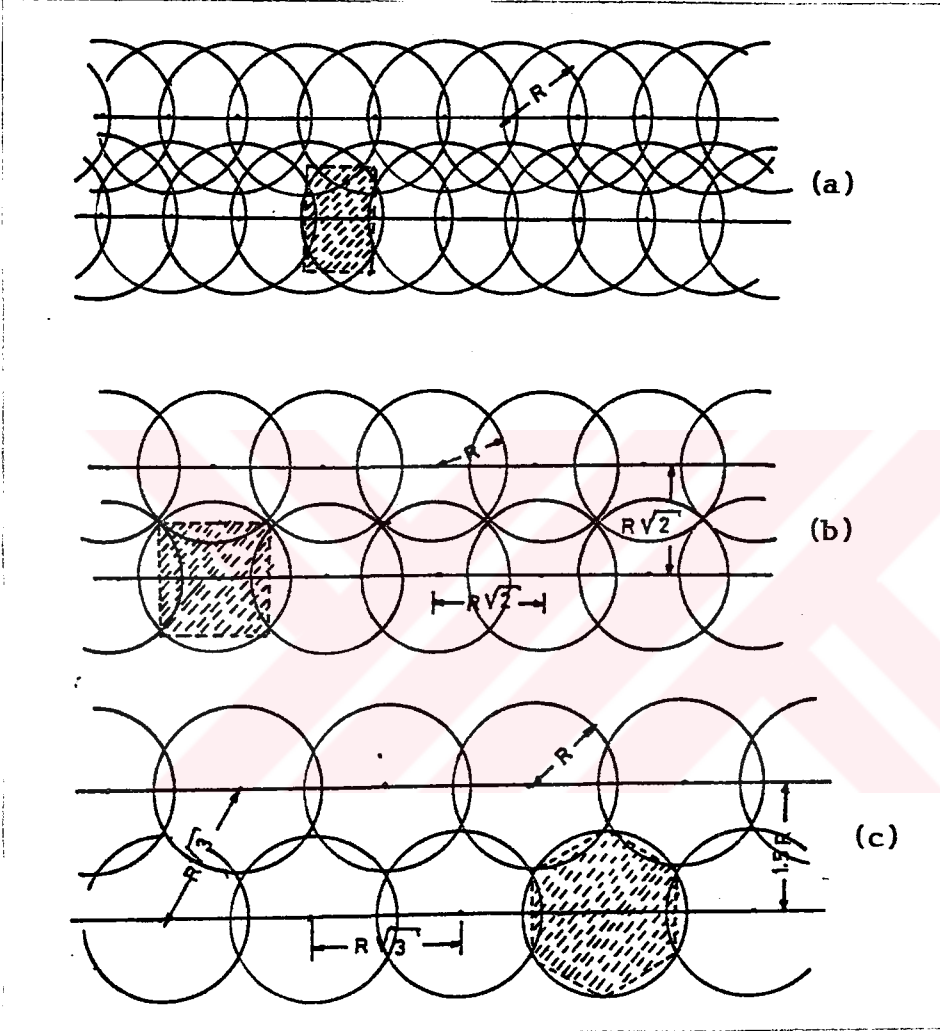
1. Yağmurlama başlıklarının lateral üzerindeki aralığı ıslanan alan çapının %



50'sinden fazla olmalıdır.

2. Ana hat üzerinde ise lateral aralıkları çapın % 65'ini aşmamalıdır.

3. Başlıklar yukarıda belirtilen esaslar dikkate alınarak uygulamada, dikdörtgen, kare ve üçgen biçiminde tertiplenir (Şekil 2.8).

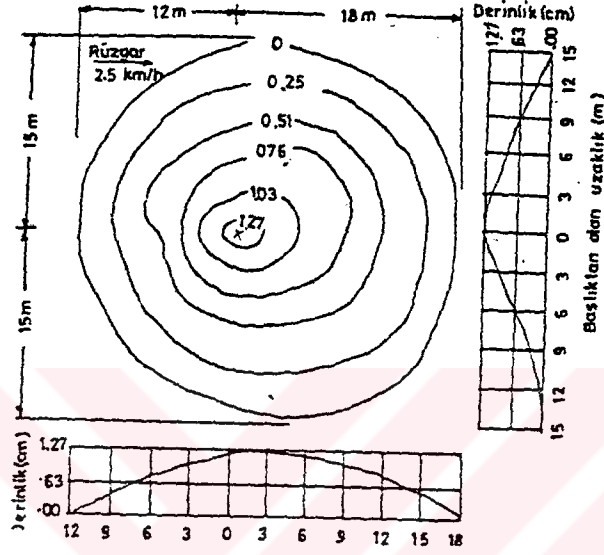


Şekil 2.8. Yağmurlama başlıklarının (a) dikdörtgen, (b) kare, (c) üçgen biçiminde tertibi.

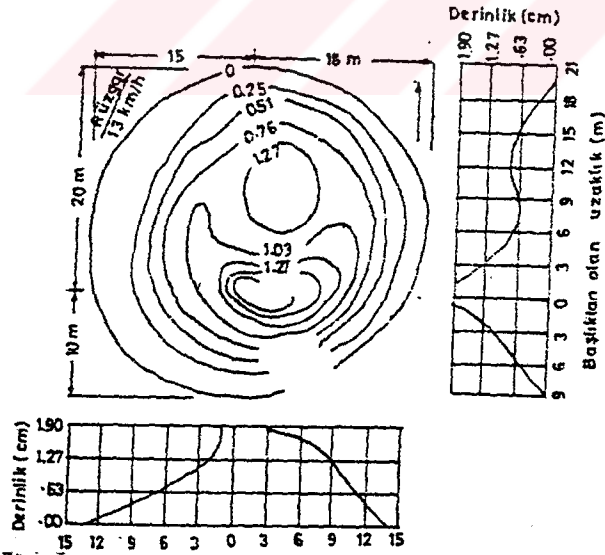
Yeterli bir su dağılımı, her yağmurlama için ön koşuldur. İyi bir sistem, bitkilerin gereksindiği su miktarını ve oluşabilecek kayıpları belirli bir randıman düzeyinde karşılayabilmelidir. Bu nedenle, başlıklar eldeki koşullara uygun olarak seçilmeli ve işletimleri özenle yapılmalıdır.

Özellikle rüzgarlı koşullar, yağmurlama sistemlerinde suyun dağılımına olumsuz yönde etki ettiklerinden (Şekil 2.9 ve 2.10) başlıklar arasına verilecek aralık

azaltılır. Genel olarak sulamanın, günün rüzgarsız ve hafif olduğu (0-2.5 m/s) zamanlarda yapılması tavsiye edilir (Sönmez ve Balaban, 1968; Korukçu ve Yıldırım, 1981). Bununla ilgili olarak lateraller rüzgar yönüne dik konumda çalıştırılmalıdır. Aynı zamanda yükselticiler dik tutulacak biçimde düzenlenmeli ve başlıkların dönüş hızları düzenli olmalıdır.



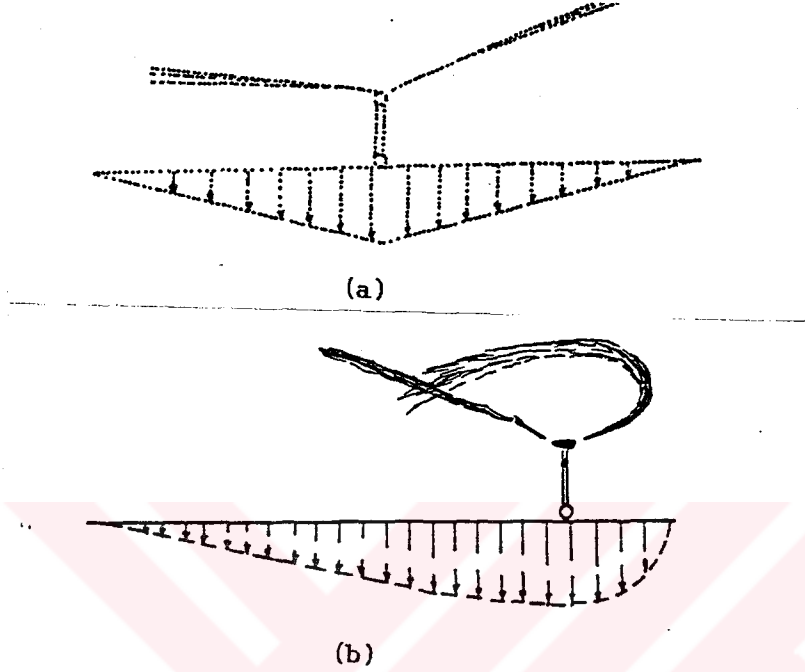
(a)



(b)

Şekil 2.9. Normal ve rüzgarlı koşullarda su dağılımı: a) Uygun koşullar altında çalışan bir başlığın su dağılım deseni, b) Rüzgarın su dağılım desenine olan etkisi (Korukçu ve Yıldırım, 1981)

Yağmurlama tatbikatlarında genel olarak başlık aralığı ve ana hat üzerindeki lateral aralığı 6 x 12, 9 x 15 ve 12 x 15 m. olacak şekilde tertiplenir (Sönmez ve Balaban, 1968).



Şekil 2.10. a) Rüzgarlı, b) Rüzgarsız koşullarda tek bir başlığın ıslatma deseni.

Yağmurlama sulama sistemlerinin kullanılmaya başlanmasından bu yana birçok araştırmacı tarafından su dağılımının ölçülmesi ve değerlendirilmesi üzerinde değişik başlık aralığı, başlık debisi, dönme hızı, rüzgar ve sıcaklık şartları altında araştırmalar yapılmıştır. Su dağılımının belirlenmesinde belli başlı üç yöntem kullanılmaktadır. Bunlar tekil başlık testi, tekil lateral testi ve birlikte çalışan lateraller testidir.

Testler sonucu elde edilen su dağılım desenleri suyun toprak üzerinde farklı yerlere gelen değerlerini verir. Bunun sayısal olarak ifade edilmesi dolayısıyla suyun homojen dağılımının ölçülmesi için çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen "Eşdağılım Katsayıları" kullanılır. Bunlardan en eskisi, fakat uygulamada en çok kullanılan Christiansen eşdağılım katsayısı (Christiansen et Davis, 1967; Korukçu ve Yıldırım, 1981; Demirören ve Karaata, 1983; Ayyıldız ve Yaralı, 1985; Demirören, 1985; Korukçu ve Yıldırım, 1985; Ayyıldız ve Yıldırım, 1986; Yıldırım, 1988; Yıldırım ve Özder, 1989; Güngör ve Yıldırım, 1989) ve en doğru sonuçları verdiği çeşitle araştırmacılar tarafından saptanan Benami-Hore eşdağılım

katsayısı (Korukçu ve Yıldırım, 1981) ile Criddle ve arkadaşlarının bu amaçla geliştirdikleri Patern randımanı eşitliği (Demirören ve Karaata, 1983) aşağıda verilmiştir.

### 2.3.1. Christiansen Eşdağılım Katsayısı

Christiansen eşdağılım katsayısı ;

$$C_u = 100 \left( 1 - \frac{|\Sigma d|}{\Sigma h} \right)$$

eşitliğiyle verilmektedir. Eşitlikte;

$C_u$  = Christiansen eşdağılım katsayısı, %

$|\Sigma d|$  = Su dağılım desenindeki her bir değer in ortalamadan mutlak sapmalarının toplamı.

$\Sigma h$  = Su dağılım desenindeki değerlerin toplamı.

Eş bir su dağılımının sağlanması yönünden Christiansen eşdağılım katsayısının en az % 84 olduğu başlık tertip aralıkları kullanılmalıdır. Bunun yanında Christiansen eşdağılım katsayısı yüzlek köklü bitkiler için % 87'den büyük orta derinlikte kök bölgesine sahip tarla bitkileri çini % 81 - 87 ve yağışların sulamayı desteklediği yörelerde derin köklü yem bitkileri için % 72-83 arasında kaldığında ekonomik bir sistem tertibi yapılabilmektedir (Meriam ve Keller, 1978; Yıldırım ve Özder, 1989). Yıldırım (1988) ise lateral boyunca başlık debilerinde  $C_u \geq 97$  koşulunu sağlayan lateral boru çapını önermiştir.

### 2.3.2. Benami - Hore Eşdağılım Katsayısı

Benami - Hore eşdağılım katsayısı;

$$A = 100 \frac{N_a}{N_b} \left( \frac{2 T_b + D_b M_b}{2 T_a + D_a M_a} \right)$$

eşitliğiyle verilmektedir. Eşitlikte;

A= Benami-Hore eşdağılım katsayısı, %

$N_a$  = Genel ortalamanın üstündeki grupta ölçüm sayısı

$N_b$  = Genel ortalamanın altındaki grupta ölçüm sayısı

$T_a$  = Genel ortalamanın üstündeki grupta grup ortalamasının üstünde kalan ölçümler toplamı

$T_b$  = Genel ortalamanın altındaki grupta grup ortalamasının altında kalan ölçümler toplamı

$D_a$  = Üst grupta, grup ortalamasının altında kalan ölçüm sayısı ile üstünde kalan ölçüm sayısı arasındaki fark.

$D_b$  = Alt grupta, grup ortalamasının üstünde kalan ölçüm sayısı ile altında kalan ölçüm sayısı arasındaki fark

$M_a$  = Üst grup ortalaması

$M_b$  = Alt grup ortalaması

Balaban ve Korukçu (1969), Türkiye'de yağmurlama sulamasının sorunlarını incelemiş ve eş su dağılım katsayıları ile su dağılım parametreleri arasındaki ilişkiden giderek sulanan alanda su dağılımını en iyi Benami-Hore eşdağılım katsayısının belirtebileceğini saptamıştır.

Benami-Hore katsayısının alt sınırı % 60 olarak verilmektedir (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

### 2.3.3. Patern Randımanı Eşitliği

Patern randımanı eşitliği;

$$PE = 100 \frac{h_i}{n_i \times h_m}$$

Eşitlikte;

PE = Patern randımanı, %

$h_i$  = Minimum su alan ve ölçme noktalarının % 25'i kadar sayıda ölçme noktasındaki yağmurlama hızları toplamı

$n_j$  = Ortalama yağmurlama hızı

Yıldız'a (1980) göre bu eşitlikte kabuledilebilir alt sınır PE % 8 olarak kabul edilmektedir (Demirören ve Karaata, 1983).

#### **2.4. Yağmurlama Sulama Sisteminin Sulama Dışında Diğer Amaçlarla Kullanılması**

Bitkilerin çok düşük ve aşırı yüksek sıcaklıklardan korunması genelde tarımda, özellikle meyve ve sebze yetiştiriciliğinde büyük öneme sahiptir. Son yıllarda yağmurlama sulama sistemleri bitki su gereksinimini karşılamanın yanında özel bazı amaçlar için de kullanılmaya başlanmıştır. ancak her bir özel kullanım, yağmurlama sisteminin projelenmesinde farklı kriterlerin göz önünde bulundurulmasını gerektirir.

Yağmurlama sulama sisteminin kullanıldığı diğer amaçlar, bitkilerin dondan korunması, tomurcuk gelişiminin geciktirilmesi, toprak ve bitki yüzeylerinin serinletilmesi, rüzgar erezyonunu önleme, gübre yabancı ot ve böcek öldürücü ilaçların suyla birlikte uygulanması şeklinde sıralanabilirler (Yazar vd., 1985). Bu amaçlar sırasıyla kısa bir şekilde açıklanmıştır.

(1) Dondan korunma; yağmurlama sulama ile dondan korunmanın temelini, suyan donarken çevreye verdiği 80 Cal/g ısı oluşturmaktadır. Dondan zarar görebilecek bitki kısımlarına yeknesak olarak uygulanan su, bitki yüzeyinde ince bir buz filmi oluşturur ve ısı iletkenliği yüksek olan buz, açığa çıkan bu enerjinin etkin bir biçimde bitki yüzeylerine taşınmasını sağlar. Böylece uygun miktarda su uygulandığı sürece bitki yüzeyi sıcaklığı 0°C civarında tutulur.

(2). Tomurcuk gelişmesinin geciktirilmesi; bilindiği gibi sürekli yeşil kalmayan ağaçlar sonbaharda yaprak dökümünden sonra kışın bir dinlenme dönemine girerler. Dinlenme sırasında büyüme durur. Dinlenmeden sonra erken ilkbaharda tomurcuklar gelişmeye başlar, bunu çiçeklenme ve yapraklanma izler. Tomurcuğun büyüme hızı sıcaklığa bağlıdır. Erken ilkbaharda havaların serin geçmesi tomurcuklanmayı geciktirir, mevsim normallerinin üzerindeki sıcaklıklar ise tomurcuk gelişmesini hızlandırır, erken çiçeklenmeye neden olur.

Alfraro ve arkadaşları (1974) meyve ağaçlarının tomurcuklanma döneminde yapılan yağmurlamanın, tomurcukların serinletilmesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucuna göre gelişmenin yavaşladığı ve çiçeklenmenin don olma olasılığının az olduğu dönemlere kaydığını vurgulamışlardır (Yazar vd., 1985).

(3). Bitki ve Toprak Yüzeylerinin Serinletilmesi; bitki ve toprak serinletilmesi, sulu tarımda oldukça yeni bir uygulama şekli olup verim ve kalitede önemli ölçüde artışlara neden olduğu kanıtlanmıştır. ayrıca gerilim nedeniyle oluşan meyve dehidrasyonu ve çiçek dökümü de azaltılmaktadır.

Bilindiği gibi gerilim (stres) altındaki bitkide su potansiyeli, toprak suyu potansiyelinin veya kullanılabilir suyun artırılması ile yükseltilebilir. Ancak, toprak suyu potansiyelinin sıfıra yakın olduğu zamanlarda bile aşırı sıcaklıklar nedeniyle oluşan gerilim bitkide yaprak su potansiyelinin büyümeyi kısıtlayacak değerlere düşmesini sağlar. Bu koşullar altında, bitkinin içsel su durumu ancak çevresel ısı geriliminin yapay olarak azaltılması ile geliştirilebilir. Buda düşük uygulama hızlı ve alçak basınçla çalışan yağmurlama sistemiyle mümkündür. Sonuçta hava sıcaklığında, 3-7°C arasında bir düşme sağlanabilir.

(4). Erozyon Kontrolü; yağmurlama ile erozyon kontrolü, toprak yüzeyinin sürekli olarak nemli kalmasını gerektirir. Rüzgar hızının fazla olduğu kumlu topraklara sahip alanlarda, erozyon kontrolü amacıyla yüzeyi ıslak tutmak için günde bir veya birkaç kez su uygulanması gerektiği, bu nedenle sabit sistemlerin daha yararlı olduğu ve etkin bir erozyon kontrolü için su uygulama hızının 2.5 mm/h olması gerektiği Yazar (1985) tarafından belirtilmiştir.

(5). Gübre ve Tarımsal Savaşım İlaçlarının Uygulanması; yağmurlama sistemleri aynı zamanda gübre, herbisit ve pestisitlerin uygulanmasında da kullanılmaktadır. Bu uygulamayla yer ve hava ekipmanlarının tarla üzerinden geçişleri kaldırılmış olacağından hem daha ekonomik olmakta hem de enerjiden tasarruf edilmektedir.

Suda çözünebilir sıvı ve süspansiyon oluşturacak toz formundaki kimyasal maddeler yağmurlama sulama sistemleriyle uygulanabilir.

### **3. YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMİNİN PROJELENMESİ VE MASRAF ANALİZİ**

#### **3.1. Yağmurlama Sulama Sisteminde Ön Projeleme Faktörleri**

Yağmurlama sulama sistemlerinin projelenmesinde temel ilke; sulanacak tarımsal alanda mevcut toprak, bitki, sulama suyu ve iklim koşullarına göre en uygun sistem tertibinin elde edilmesi, sistemi oluşturan unsurların boyutlandırılması ve işletme esaslarının belirlenmesidir. Bu nedenle sistemin projelenmesine geçilmeden önce aşağıdaki bilgilerin araştırılıp toplanmasına gerek vardır (Güngör ve Yıldırım, 1989).

1. Sulanacak arazinin büyüklüğü ve biçimine ilişkin bilgiler.
2. Toprak bünyesi, etkili toprak derinliği, kullanılabilir su tutma kapasitesi ve su alma hızı gibi toprak bilgileri,
3. Bitki deseni, etkili kök derinliği, sulamaya başlanacak toprak nemi düzeyi ve bitki su tüketimi gibi bitkiye ilişkin bilgiler,
4. Su kaynağının türü, konumu, sulama sezonundaki minimum debisi ve su kalitesi gibi su kaynağına ilişkin bilgiler.
5. Yağış miktarı, süresi ve aylara göre dağılışı, sıcaklık, rüzgar hızı ve yönüne ilişkin iklim bilgileri,
6. Gerekli işletme basıncını sağlayacak güç birimi ve enerji kaynağı konusunda bilgiler.
7. Sistemde kullanılacak unsurların maliyetlerine ilişkin bilgiler.

Gerekli olan bu bilgiler sağlandıktan sonra, yağmurlama sistemi son çözüm elde edilinceye kadar aşama aşama projelenir.

#### **3.2. Sistemin Tertiplenmesi**

Bir yağmurlama sulama sisteminin tertiplenmesinden kasıt, sistem unsurlarının konumlarının belirlenmesidir. Sistemin tertiplenmesine etkili olan faktörler şunlardır (Korukçu ve Yıldırım, 1981; Güngör ve Yıldırım, 1989).

1. Arazinin büyüklüğü, biçimi ve topoğrafik yapısı,
2. Su kaynağının türü ve konumu,



3. Rüzgarın etken yönü ve hızı,
4. Sulanacak bitki cinsi ve ekiliş deseni,
5. İşçi temin durumu.

Sulanacak alanlar, yukarıdaki etmenler açısından oldukça farklılık gösterirler. Bu nedenle, tertipleme işlemi yapılırken aşağıdaki beş temel ilke göz önüne tutulur (Güngör ve Yıldırım, 1989).

(1) Diğer etmenler yada koşullar uygun olduğunda;

a) Lateral boru hatları tesviye eğrilerine paralel yada bayıraşığı eğim doğrultusunda yerleştirilmelidir. Zorunlu kalmadıkça bayır yukarı eğimde döşemekten kaçınmalıdır.

b) Ana boru hattı laterallere dik olacak ve olanaklar ölçüsünde laterallere iki yönlü su verecek biçimde yerleştirilmelidir.

c) Rüzgar hızının fazla olduğu yerlerde lateraller etken rüzgar yönüne dik olacak biçimde planlanmalıdır.

(2). Çok uzun yağmurlama laterallerinin kullanılmasından kaçınılmalıdır. Lateral uzunluğunun kısa olması eş bir su dağılımı açısından tercih edilir. Bu durumda ayrıca, hem işçilikten tasarruf sağlanır, hem de lateraller küçük çaplı borulardan oluşturulur. Uygulamada lateral uzunluğu zorunlu kalmadıkça 250 m.'den fazla alınmaz.

(3). Laterallerin ana hat üzerindeki hareketi, en az işgücüne gerek gösterecek biçimde düzenlenmelidir.

(4). İşletme kolaylığı açısından sistemdeki yağmurlama başlıkları kare yada dikdörtgen alanlara hizmet edecek biçimde tertiplenmelidir.

(5). Sistemin tertibi masrafları en aza düşürecek biçimde yapılmalıdır.

### 3.2.1. Sistem Kapasitesinin Saptanması

Sistemin toplam kapasitesi, sulanacak alan, bir sulamada verilecek toplam sulama suyu, sulamanın tamamlanacağı gün sayısı ve gün içerisindeki sulama süresine bağlıdır. Bu nedenle önce bu etmenlere ilişkin değerler aşağıda belirtildiği gibi hesaplanır.

#### 3.2.1.a. Toplam Sulama Suyu Gereksinimi ve Sulama Aralığı

Bir bitkinin yararlanabileceği toplam kullanılabilir su miktarı, bitki köklerinin olağan olarak topraktaki sudan yararlandığı derinliğe bağlıdır. Buna etken bitki kök derinliği denir. Her sulamada, bu toprak derinliği tarla kapasitesine getirilir. Sulamadan sonra, bitkinin günlük su tüketimine bağlı olarak toprağın rutubet düzeyi düşer.

Bitkiler, topraktaki tarla kapasitesi ile solma noktası arasındaki kullanılabilir sudan yararlanabilirse de toprak profilinde bulunan kullanılabilir suyun 2/3'ü yada 1/2'si bitkiler tarafından tüketildiği anda tekrar sulama yapılması genellikle yapılan bir uygulama biçimidir. Bu nedenle, herhangi bir bitkinin kök bölgesi derinliğinde toprağın sulama yoluyla tarla kapasitesine getirilmesi için verilmesi gereken su miktarı, bu profil katmanının toplam kullanılabilir rutubatenin % 50-75'ine karşılık olan su miktarıdır. Bitki fizyolojisi ve ekolojik koşullara bağlı olan bu oran, yöresel denemelerle saptanır.

Buna göre, bir sulamada verilecek net ve toplam sulama suyu miktarı ile sulama aralığı şöylece saptanır.

(1) Net sulama suyu derinliği aşağıdaki eşitlikle hesaplanır;

$$d_n = \frac{P_w \cdot t \cdot D \cdot R_y}{100}$$

Eşitlikte;

$d_n$  = Bir sulamada verilecek net sulama suyu derinliği, cm.

$P_w$  = Kuru ağırlığa göre kullanılabilir rutubet, % (tarla kapasitesi ile solma noktası arasındaki farka eşittir).

$\rho_t$  = Toprağın hacim ağırlığı,  $gr/cm^3$

$D$  = Bitkinin etkili kök derinliği, cm

$R_y$  = Topraktaki rutubet düzeyi %

(2) Sulama aralığı; yukarıdaki eşitlikle hesaplanan net su derinliğinin, bitkinin gelişme dönemindeki günlük en fazla su tüketimine bölünmesiyle bulunur.

$$S.A = \frac{dn}{u}$$

Eşitlikte;

S.A. = Sulama aralığı, gün

U = Bitkinin en fazla günlük su tüketimi, mm/gün

Bu yolla bulunan gün sayısı, projelemede dikkate alınacak en fazla sulama aralığıdır. Bitki özellikleri ve çiftlik işlerine göre, gerekirse bu değer küçütülür. Karar verilen değer projeleme sulama aralığını (etken aralık) oluşturur.

(3) Toplam sulama suyu derinliği; bir sulamada verilecek toplam sulama suyu derinliği ise, net su miktarının, gün içerisindeki sulama zamanına bağlı olarak iklim etmenlerine göre belirlenecek sulama randımanına bölünmesiyle saptanır.

$$d_t = dn/E$$

Eşitlikte;

$d_t$  = Bir sulamada verilecek toplam sulama suyu derinliği, mm ve

E = Sulama randımanı, %

Yukarıdaki hesaplamalar, projede yer alacak her bitki çeşidi için ayrı ayrı yapılır.

Daha önce belirtildiği gibi sistem, bitki sulama suyu gereksiniminin en fazla olduğu dönem için projelenmeli ve her kaybı karşılayabilecek kapasitede olmalıdır.

Yağmurlamada su kayıpları başlıca; rüzgar sürüklemesi, buharlaşma ve derine sızmadan oluşur. Sistem randımanı E, bu kayıplar ile başlığın özelliklerinin bir işlevi olan su eşdağılım katsayısıyla birleştirilerek belirlenir. Bu aşamada, daha önce yapılmış çalışma sonuçlarına dayalı bilgilerden yararlanılır. Tasarımı iyi yapılan yağmurlama sistemlerinde su uygulama randımanları cetvel 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Tasarımı İyi Yapılan Yağmurlama Sistemlerinde Su Uygulama Randımanları (%) (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Her sulamada uygulanan su derinliği (mm)	Günlük en fazla su gereksinimi (mm/gün)		
	5.0	5.0-7.5	7.5
Ortalama rüzgar hızı 6.50 km/h			
25	68	65	62
50	70	68	65
100	75	70	68
150	80	75	70
Ortalama rüzgar hızı 6.50-16.50 km/h			
25	65	62	60
50	68	65	62
100	70	68	65
150	75	70	68
Ortalama rüzgar hızı 16.50-25.00 km/h			
25	62	60	58
50	66	62	60
100	68	65	62
150	70	68	65

### 3.2.1.b. Sulama Süresi

Bir sulamada gereken toplam sulama suyu miktarının belirli bir sürede başlıklardan verilmesi gerekir. Saptanan bu su miktarının verilme süresi, toprağın su alma hızına bağlıdır. Uygulanacak su miktarı, toprağın su alma hızına bölünerek, toplam su miktarının verilmesi için gereken en az süre belirlenir. Bu yolla, saptanan sulama süresi, projelendirme açısından bir sınırı belirler. Seçilecek başlığın

yağmurlama hızı, toprağın su alma hızından küçük olacağından gerçek su alma süresi artacaktır. Böylece en az sulama süresi artacaktır. Buna göre sulama süresi;

$$t_{\min} = d_t/l$$

eşitliğiyle hesaplanır. Eşitlikte;

$t_{\min}$  = En az sulama süresi, h

$d_t$  = Bir sulamada verilecek toplam su derinliği, mm

$l$  = Toprağın su alma hızı, mm/h

Başlığın yağmurlama hızına göre, son değerini alacak olan sulama süresi, gerçekte lateralın bir duraktaki konum süresidir. Sistemin gün içerisindeki toplam çalışma (sulama) süresi ise;

- a) Lateralin bir konumdaki çalışma süresi,  $t$
  - b) Lateralin yer değiştirmesi için gerekli süre,
  - c) Çiftlik işleri,
  - d) İklim etmenleri (rüzgar ve sıcaklık),
- gibi etkenlere bağlı olarak gün içerisindeki olası sulama zamanına bağlıdır.

Yukarıda belirtilen etmenler gözönünde tutularak yağmurlama sistemleri yağmurlama süresi bakımından belli başlı üç şekilde işletilebilir (Sönmez ve Balaban, 1968; Ertuğrul ve Apan, 1979).

1. Su alma hızı yüksek olan topraklarda, lateraller, günde üç defa yer değiştirir. Her konumdaki yağmurlama süresi 7 saat ve yer değiştirme zamanı da bir saattir.
2. İkinci işletme metodunda lateraller günde iki defa yer değiştirir. Her konumdaki yağmurlama zamanı 11 saat ve yer değiştirme zamanı da bir saattir.
3. Ağır topraklarda ise yağmurlama hızının düşük olması gerektiğinden yağmurlama zamanı 23 saat ve yer değiştirme zamanı da bir saat olarak alınır.

Yağmurlama sistemi uygulanacak işletmelerde, çalışma şartlarına en uygun işletme metodu seçilerek lateralın her konumdaki yağmurlama süresi tesbit edilir.

### 3.2.1.c. Sistem Kapasitesi

Yağmurlama sulama sisteminin kapasitesi; sulanacak alanın büyüklüğü, verilecek toplam su derinliği, sulama aralığı, sistemin günlük çalışma süresi belirlendikten sonra, aşağıdaki eşitlikle hesaplanır. (Sönmez ve Balaban, 1968; Ertuğrul ve Apan, 1979; Korukcu ve Yıldırım, 1981; Güngör ve Yıldırım, 1989).

$$Q = \frac{A \times d_t}{3.6 \times F \times T}$$

Eşitlikte;

Q = Sistemin debisi, L/s

A = Sulanacak alan, da

$d_t$  = Bir sulamada uygulanacak toplam su derinliği, mm

F = Sulamanın tamamlanacağı gün sayısı, gün

T = Günlük sulama süresi, h

Bitki deseninde yer alan her bitki için debi değeri ayrı ayrı hesaplanır. Bulunan değerlerin toplamı sistem debisini verir. Hesaplamalarda, sulama aralığı en küçük olan değer kullanılır. Öteyandan proje alanında nöbetle ekim yapılacaksa, sulama suyu ihtiyacı en fazla olan bitki için hesaplanan debi, sistem debisi olur.

Eşitlikte hesaplanacak sistem debisi, kesin değer değildir. Yağmurlama başlıklarının seçiminde başvurulacak bir ön değerdir. Gerçek sistem debisi, seçilen yağmurlama başlığının debi değerinden yararlanılarak bulunur.

### 3.2.1.d. Lateral ve Yağmurlama Başlıkları Aralığı

Lateral ve yağmurlama başlıkları arasındaki uzaklık aşağıdaki şartları karşılamalıdır (Sönmez ve Balaban, 1968).

1. Yağmurlama sisteminde tesbit edilen lateral ve sulama aralığında tarlanın tamamının sulanmasını temin edecek miktarda lateral bulunmalıdır.

2. Lateraller ve yağmurlama başlıkları arasındaki uzaklık, toprağın maksimum su alma hızını geçmeyecek bir yağmurlama hızına müsade etmelidir.

3. Lateral ve yağmurlama başlıkları arasındaki uzaklık o şekilde düzenlenmelidir ki meydana gelecek yağmurlama eş su dağılım katsayısı % 85 veya daha yüksek olsun.

İmalatçı firmalar yağmurlama başlıklarını değişik debi, çalışma basıncı, rüzgar hızı ve dönüş hızında tarla denemelerine tabi tutarak istenilen yağmurlama eş su dağılım katsayısını veren en uygun yağmurlayıcı aralığını tayin edip bu değerleri tablolar halinde belirtirler.

Tarlanın şekline göre önceden ana hat ile laterallerin boyutları ve nasıl yerleştirilecekleri tayin edilir.

Lateral aralığı; daha önce lateral ve lateral üzerindeki yağmurlayıcılar arası mesafelerin standard olduğu ifade edilmiştir. Ana hat uzunluğu ve günlük yer değiştirme sayısı dikkate alınarak, sulama aralığına en uygun lateral aralığı ile lateral sayısı tayin edilir. Mesela sulama aralığı 15 gün, ana hat boyu tarlanın bir kenarında 450 m ve çiftçi elde bulunan şartlara göre sistemi günde iki defa hareket ettirmek isterse en uygun lateral aralığını 15 m. alırsak tarla bir lateralle  $450/15 = 30$  günde sulanır. Dolayısıyla 15 m aralıkla iki lateral istenilen sulama aralığı ile işletme şartını karşılar.

Lateral üzerinde yağmurlama başlıklarının aralığı; yağmurlama başlıklarının lateral üzerindeki mesafeleri 6, 9 ve 12 m. olarak ifade edilmişti. Lateral uzunluğu buradan seçilecek değere bölünerek ihtiyaç duyulan yağmurlama başlığı sayısı hesaplanır (Sönmez ve Balaban, 1968).

$$P = \frac{L}{S_1}$$

Eşitlikte;

P = Bir lateraldeki yağmurlama karşılığı sayısı

L = Lateral uzunluğu m,

S<sub>1</sub> = Lateral üzerinde yağmurlama başlığı aralığı, m.

Burada ihtiyaç duyulan toplam yağmurlama başlığı sayısı da şöyle hesap edilir.

$$n = p \times k$$

Eşitlikte;

$n$  = Toplam yağmurlama başlığı sayısı

$p$  = Bir lateraldeki başlık sayısı

$k$  = Sistemde kullanılacak lateral sayısı

### 3.2.1.e. Yağmurlama Başlığı Debisi

Sistemin toplam debisi ve kullanılacak yağmurlama başlığı sayısına bağlı olarak lateralin ortalama çalışma basıncı altındaki başlık debisi Sönmez ve Balaban (1968)'a göre şu formülle hesaplanabilir.

$$q = \frac{Q}{n}$$

Eşitlikte;

$q$  = Başlık debisi, L/S

$Q$  = Sulama için ihtiyaç duyulan toplam debi, L/S

$n$  = Başlık sayısı

Ertuğrul ve Apan (1979)'a göre yağmurlama başlığı debisi aşağıdaki ikinci bir eşitlikle de hesaplanabilir.

$$q = \frac{S_1 \times S_2}{3600} \times I_y$$

Eşitlikte;

$q$  = Yağmurlama başlığı debisi, L/S

$S_1$  = Lateraller arası uzaklık, m

$S_2$  = Lateraller üzerindeki başlık arası uzaklık, m

$I_y$  = Yağmurlama hızı, mm/h



### 3.2.1.f. Yağmurlama Hızı

Yağmurlama hızı, yağmurlama başlığı debisi, lateral üzerindeki başlık mesafesi ve lateral aralığının bir fonksiyonudur. Bu ilişki şu formülle ifade edilir.

$$I_y = \frac{q \cdot 3600}{S_1 \times S_2}$$

Eşitlikte;

$I_y$  = Yağmurlama hızı, mm/h

$q$  = Yağmurlama başlığının debisi, L/S

$S_1$  = Lateraller arası uzaklık, m

$S_2$  = Lateraller üzerindeki başlıklar arası uzaklık, m

Seçilen aralıklara göre yukarıdaki formülle hesaplanan yağmurlama hızı istenilen şartlarla aşağıda belirtilen şekilde kıyaslanır.

1. Yağmurlama hızı < infiltrasyon hızı olmalıdır.
2. Gerçek yağmurlama süresi yukarıda hesaplanan yağmurlama hızı ile sulamada toprağa verilecek suyun yağmurlanması için geçecek zaman daha önce alınan yağmurlama süresine eşit veya yakın olmalıdır. Yağmurlama süresi şu eşitlikden hesap edilir.

$$t = \frac{d}{I_y}$$

Eşitlikte;

$t$  = Gerçek yağmurlama süresi, h

$d$  = Toprağa verilecek su derinliği, mm

$I_y$  = Yağmurlama hızı, mm/h

### 3.2.1.g. Lateral Yağmurlama Debisi

Lateral hattında kullanılacak boru büyüklüğünün tayininde bir lateral taşıyacağı toplam debinin tayinine ihtiyaç vardır. Toplam lateral debisi aşağıdaki denklemlerle

hesaplanır (Sönmez, ve Balaban, 1968).

$$Q_L = p \times q = p \times q_0 \left[ 1 + 0.12 \left( \frac{P_a}{P_0} - 1 \right) \right]$$

Eşitlikte;

$Q_L$  = Toplam lateral debisi, L/S

$q$  = Ortalama lateral basıncı altındaki başlık debisi, L/S

$p$  = Lateraldeki toplam başlık sayısı

$q_0$  = Lateralin son ucundaki başlık debisi, L/S

$P_a$  = Lateralin başlangıç ucundaki basınç, atm.

$P_0$  = Lateralin son ucundaki basınç, atm.

### 3.2.2. Sistem Unsurlarının Belirlenmesi

Sistemin tertibi ve ilk hesaplamalardan sonra, sistemi oluşturan unsurlar belirlenir. Koşullara uygun olan unsurların teknik özelliklerine göre de gerekli düzeltmeler yapılarak, sisteme son biçimi verilir.

#### 3.2.2.a. Yağmurlama Başlıklarının Seçimi

Sulanacak alandaki koşullara uygun olan yağmurlama başlığının seçiminde şu etmenler gözönüne alınır (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

- 1) Toprağın su alma hızı
- 2) Bitki cinsi
- 3) Rüzgar koşulları
- 4) Basınç sınırlamaları

Burada temel ilke, yukarıdaki etmenlere göre, yeterli düzeyde eş su dağılımı veren yağmurlama başlıkları arasında, olanaklar ölçüsünde işletme basıncı düşük ve tertip aralıkları geniş olanının seçilmesidir. Koşulları sağlayan birden fazla çözüm bulunabilir. Bu nedenle, genel olarak tipi belirlenen başlık ve toprağın su alma hızı gözönünde tutularak aşağıdaki işlemler yapılır.

a) Başlık teknik özellikleri; imalatçı firmaların, başlık kullanım kılavuzlarından, ilk deneme niteliğinde, başlığın teknik özellikleri bulunur. Bunlar sırasıyla şöyledir.

- Meme büyüklüğü, ( $\emptyset$  , mm)
- Ortalama işletme basıncı yükü, ( $H_0$ , m, atm).
- Debisi ( $q^0$ , L/S,  $M^3/h$ )
- Tertip aralıkları, ( $S_1$ ,  $S_2$ , M,  $S_1 > S_2$  olabilir)
- Yağmurlama hızı, ( $I_y$ , mm/h).

b) ana hat üzerinde toplam lateral durak sayısı; arazinin sulanması için gerekli toplam lateral durak sayısı laterallerin aşacağı toplam ana boru hattı uzunluğunun, lateral aralığına bölünmesiyle bulunur.

c) Günlük toplam lateral durak sayısı; bulunan toplam durak sayısı, etken sulama aralığına bölünerek bir gün içerisinde laterallerin aşacağı durak sayısı bulunur. Birden fazla bitkinin aynı dönemde sulanması gerekiyorsa hesaplamada, sulama aralığı az olan bitki kullanılır.

d) Her durakta sulama süresi; bir sulamada verilmesi gereken toplam su derinliğinin başlığın yağmurlama hızına bölünmesiyle belirlenir. Bu değer her bitki için ayrı ayrı hesaplanır.

e) Bir lateralin günlük durak sayısı, sistemde bir lateralın 24 saat içerisindeki durak sayısı doğrudan doğruya, bundan önce saptanan her duraktaki sulama süresi, çiftlik işleri ve yer değiştirme için gerekli zamana bağlı olarak saptanır.

f) Gerekli lateral sayısı; sistemde gereksenen toplam lateral sayısı, günlük toplam lateral durak sayısının, bir lateralın günlük durak sayısına bölünmesiyle bulunur, (c/e)

g) Lateral uzunluğu; sistemin tertip biçimine ilişkin planda bulunur.

h) Bir lateral üzerindeki başlık sayısı; lateral uzunluğunun, başlığın lateral üzerindeki aralığına bölünerek elde edilir ( $g/S_2$ )

i) Gerekli toplam başlık sayısı; lateral sayısı ile bir lateral üzerindeki başlık sayısının çarpımına eşittir ( $n = f.g$ )

j) Bir letaralin debisi,  $Q_l$ ; Lateral üzerindeki başlık sayısının seçilen başlığın debisi ile çarpımına eşittir ( $Q_l = n.q_0$ )

k) Sistemin toplam debisi,  $Q$ ; lateral sayısı ve bir lateral debisine bağlıdır ( $Q = f.Q_l$ )

Son aşamada bulunan toplam sistem debisi, toprak, bitki, su ilişkilerine göre daha önce saptanan değerle karşılaştırılır. Eğer fazla ise başka bir başlık seçilerek a'ya gidilir ve işlemler tekrarlanır. Bulunacak  $Q$  değeri, ilk değere yakın oluncaya kadar işlemler sürdürülür. Uygun çözüm, aşağıdaki etmenlerin tümü yada bir kısmı uygulanarak bulunmaya çalışılır.

- a)Başlık özelliklerinin değiştirilmesi
- b) Sisteme aynı başlığı kullanan bir lateral eklenmesi.
- c) Toplam işletim süresinin değiştirilmesi (sulamanın tamamlanacağı gün yada gün içerisindeki çalışma süresi).
- d) Son uygulamalar yapılarak, sistemde kullanılacak başlık özellikleri belirlenir ve diğer projelendirme aşamalarına geçilir.

### 3.2.2.b. Lateral Boru Büyüklüğünün Seçimi

Yağmurlama sulamasında lateral, üzerinde belirli aralıklarla başlıkların yerleştirildiği boru olarak tanımlanır. Genellikle lateral uzunluğu, yağmurlama sulama sisteminin uygulanacağı arazi büyüklüğüne göre önceden belirlendiğinden, lateral projelendirilmesinde amaç, lateral boru büyüklüğünün saptanması olmaktadır.

Yağmurlama sulama yönteminde suyun bitki kök bölgesine daha kontrollü ve eş bir dağılımla verilmesi için başlıkların uygun biçimde tertiplenmesi ve lateral boyunca başlık basınçları arasındaki farklılığın belirli bir düzeyde tutulması ile sağlanır. Bu nedenle, eş bir su dağılımı açısından uygun yağmurlama başlığı ve tertip aralığının seçimi yanında lateral boru büyüklüğünün seçimi de önemli bir aşamayı oluşturur.

Bunun için lateral hidroliği, Christiansen yöntemi ve Grafiksel yöntemden faydalanılır.

(1) Lateral hidroliği; yağmurlama başlıklarının debisi, belirli bir meme çapı için, başlık basıncının karekökü ile doğru orantılıdır (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

$$q = 3600 C_D A \sqrt{2gh}$$

eşitlikte;

$$q = \text{Başlık basıncı, } m^3/h$$

$$C_D = \text{Başlık yapım biçimine bağlı katsayı}$$

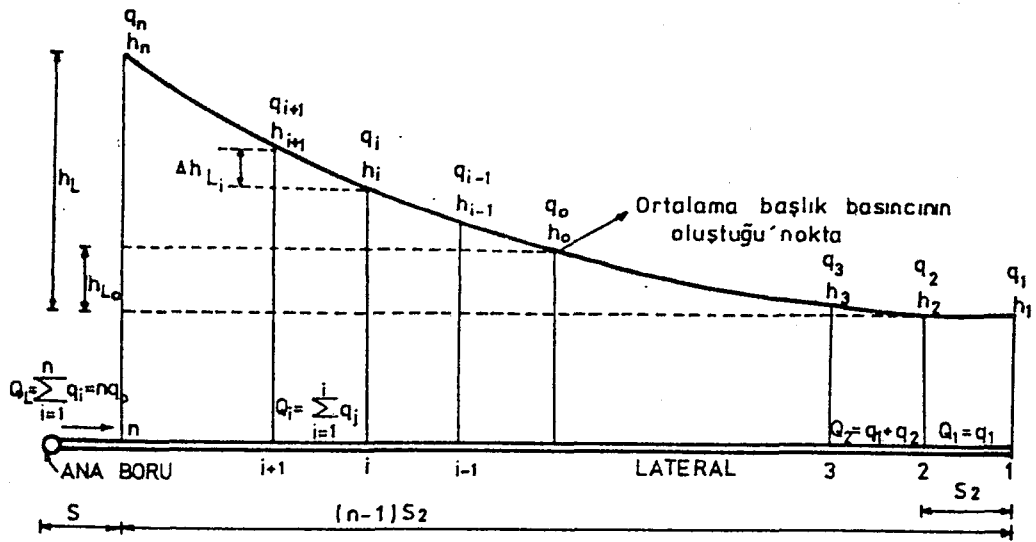
$$A = \text{Meme kesit alanı } m^2$$

$$g = \text{Yerçekimi ivmesi, } m/m^2$$

$$h = \text{Başlık basıncı, } m$$

Buradaki  $C_D$  katsayıları genellikle 0.85 - 0.95 arasında değişmektedir.

Yağmurlama sulama laterallerinde başlık basınçları, yük kayıpları ve eğimin işlevi olarak lateral boyunca farklılık göstermektedir. Eğimsiz bir lateralde başlık basınçları dağılımı şekil 3.1'de gösterilmiştir. Şekilden izleneceği gibi başlık basıncı



Şekil 3.1. Eğimsiz bir yağmurlama sulama lateralinde başlık basınçları ve debi dağılımı (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

lateral başlangıcında maksimum, lateral sonunda ise minimum değerdedir. Bu basınçların ortalaması olan  $h_0$  değeri, seçilen işletme basıncına eşit olacak şekilde boyutlandırma yapmak gerekir.

Yağmurlama sulama laterallerinde yük kayıpları; lateral borularındaki sürekli kayıplar, boruları birbirine bağlayan ara bağlayıcılardaki yersel kayıplar ve yağmurlama başlığına su veren ayırım yerlerindeki (yükseltici bağlayıcılar) basınç kazancının toplamından oluşmaktadır (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Boru çapının değişmediği koşullarda, yükselticili bağlayıcıdan sonraki ortalama akış hızından daha düşüktür. Bu hız azalması, yükselticili bağlayıcının hemen sonrasında basınç yükünün artmasına neden olmaktadır. Diğer bir deyişle, yükselticili bağlayıcıda yükselticinin önündeki basınç yükü, yükselticiden hemen sonraki basınç dağılımını olumlu yönde etkileyen bu olaya basınç kazancı adı verilmektedir. Yalnızca yükselticili bağlayıcılarda basınç kazancı değerlerinin hesaplanması için, lateral boyunca tüm başlık debilerinin eşit olacağı varsayılabilir.

Korukçu ve Yıldırım (1981)'e göre Ankara üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümünde Yapılan bir araştırmada, yağmurlama laterallerinde yaygın olarak kullanılan PVC ve alüminyum borular için sürekli kayıp eşitlikleri geliştirilmiştir. Bu eşitlikler, PVC lateral borularda;

$$h_f = 5.51 \times 10^{-4} \times L \frac{v^{1.782}}{d^{1.218}}$$

ve alüminyum lateral borularda;

$$h_f = 5.07 \times 10^{-4} \times L \frac{v^{1.733}}{d^{1.267}}$$

şeklindedir. eşitliklerde;

$h_f$  = Sürekli kayıplar, m

L = Boru uzunluğu, m

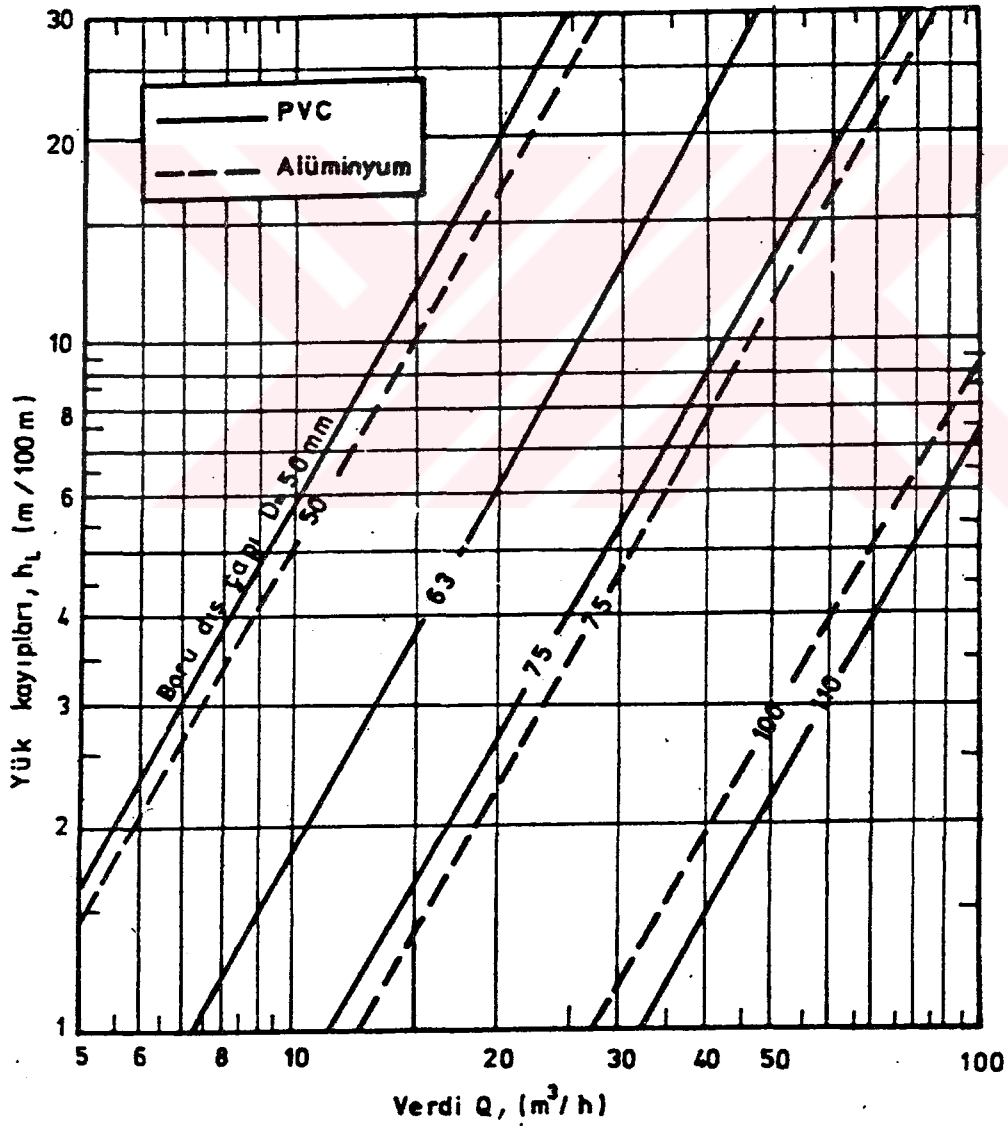
V = ortalama akış hızı, m/s

$d$  = Boru iç çapı, m

Yersel ve sürekli yük kayıplarından yararlanılarak PVC ve alüminyum lateral borular için Şekil 3.2'de gösterilen grafik geliştirilmiştir. Grafikten bulunacak yük kayıpları, yersel kayıpları da içermektedir.

Eğimsiz lateral koşulunda lateral sonundaki başlık basıncı (Şekil 3.2).

$$H_1 = H_0 + h_{L0}$$



Şekil 3.2. Alüminyum ve PVC lateral borularda yük kayıpları.

ve lateral başlangıcındaki başlık basıncı;

$$h_n = h_o + (h_L - h_{L0})$$

eşitlikleri ile bulunabilir. Burada  $h_{L0}/h_L = E_o$  boyutsuz parametresi ile gösterilir ve söz konusu eşitlikler eğime göre düzenlenirse, eğimli lateral koşullarında uç başlık basınçlarının hesaplanmasında kullanılabilir;

$$h_1 = h_o - E_o h_L \pm \frac{1}{2} h_g$$

$$h_n = h_o (1 - E_o) h_L \pm \frac{1}{2} h_g$$

eşitlikleri elde edilir (Korukçu ve Yıldırım, 1981). Bu eşitliklerde;

$h_1$  = Lateral sonundaki başlık basıncı, m,

$h_o$  = Ortalama başlık basıncı (başlık işletme basıncı)

$h_{L0}$  = Ortalama başlık basıncının olduğu nokta ile lateral sonu arasındaki toplam yük kayıpları, m

$h_n$  = Lateral başlangıcındaki başlık basıncı, m

$h_L$  = Uç başlıklar arasında oluşan toplam yük kayıpları, m

$E_o$  = Yük kaybı oranı, m

$h_g$  = Uç başlıklar arasında eğim nedeni ile oluşan yükseklik farkı, m

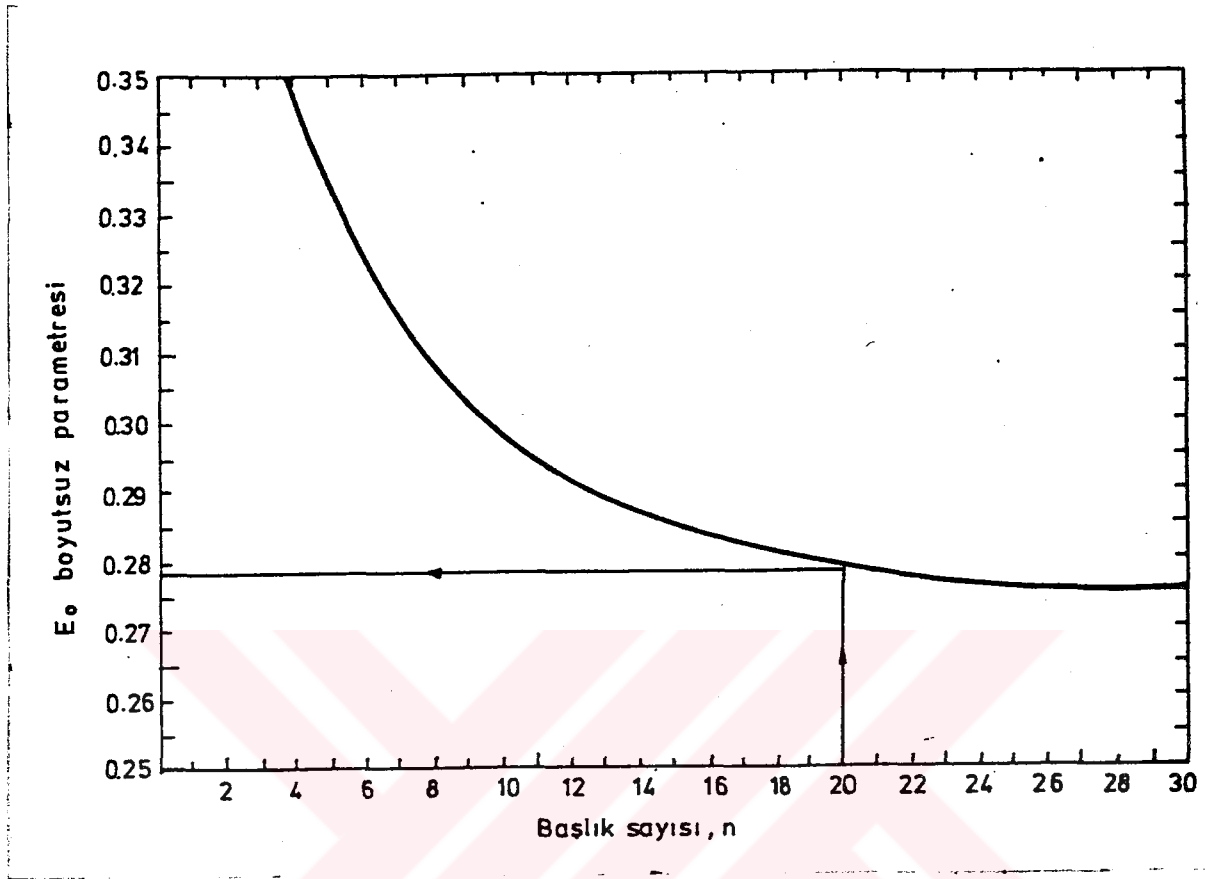
Yük kaybı oranı,  $E_o$  lateral üzerindeki başlık sayısının bir işlemidir ve Şekil 3.3'teki grafikten doğrudan bulunabilir.

Lateral giriş basıncı, lateral başlangıcındaki başlık basıncından hareketle (Korukçu ve Yıldırım, 1981);

$$h = h_n + J + \Delta h_L \pm \Delta h_g$$

eşitliği ile hesaplanır. Eşitlikte;





Şekil 3.3. Yağmurlama laterallerinde  $E_0$  boyutsuz parametresi.

$h$  = Lateral giriş basıncı, m

$h_n$  = Lateral başlangıcındaki başlık basıncı, m

$J$  = Yükseltici boyu, m

$\Delta h_L$  = Ana boru hattı ile ilk başlık arasındaki boru uzunluğunda (Şekil 3.2) oluşan toplam yük kayıpları, m

$\Delta h_g$  = Söz konusu boru bölümünde eğim nedeni ile oluşan yükseklik farkı, m

değerlerini göstermektedir. Burada  $h_L$  değeri Şekil 3.3'de verilen grafikten yararlanarak bulunabilir.

(2) Christiansen yöntemi; lateral boru büyüklüğünün seçiminde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Yeterli düzeyde eş bir su dağılımı açısından lateral boru büyüklüğü; en büyük ve en küçük başlık basınçları arasındaki fark, ortalama başlık

basıncının (başlık işletme basıncının) % 20'sini aşmayacak biçimde seçilmektedir (% 20 kuralı). Bu yöntemde en büyük ve en küçük basınçların uç başlıklarda olduğu varsayılmaktadır. Dolayısıyla, seçilecek lateral boru büyüklüğünde, uç başlıklar arasında oluşacak yük kayıpları, seçilen yağmurlama başlığının ortalama basıncının % 20'sini aşmamalıdır. Buna göre, lateralde izin verilebilir yük kaybı (Korukçu ve Yıldırım, 1981);

$$h = 0.20 h_0 \pm h_g$$

eşitliği ile hesaplanır. Eşitlikte;

$h$  = Lateralde projelene açısından izin verilebilir yük kaybı, m.

$h_0$  = Seçilen başlığın ortalama işletme basıncı, m.

$h_g$  = Uç başlıklar arasında eğim nedeni ile oluşan yükseklik farkı, m.

Tablo 3.2. Christiansen F Düzeltme Faktörleri.

Lateral üzerinde başlık sayısı (n)	F Faktörü		Lateral üzerinde başlık sayısı (n)	F Faktörü	
	Alüminyum borular	PVC borular		Alüminyum borular	PVC borular
2	1.000	1.000	16	0.424	0.417
3	0.822	0.813	17	0.421	0.414
4	0.666	0.658	18	0.417	0.410
5	0.589	0.582	19	0.414	0.408
6	0.544	0.536	20	0.412	0.405
7	0.514	0.506	21	0.410	0.403
8	0.492	0.485	22	0.407	0.401
9	0.476	0.469	23	0.406	0.399
10	0.464	0.457	24	0.404	0.397
11	0.454	0.447	25	0.402	0.396
12	0.446	0.439	26	0.401	0.394
13	0.440	0.432	27	0.399	0.393
14	0.433	0.426	28	0.398	0.391
15	0.428	0.422	29	0.397	0.390
			30	0.396	0.389

Lateralde uç başlıklar arasındaki toplam yük kayıpları eşitlikte görüldüğü gibi uç başlık basınçlarının farkına eşittir.

$$h_L = F \cdot H_L$$

lateralin dolu akış koşulundaki yük kayıpları olan  $h_L$  değerleri, 100 m boru uzunluğu için şekil 3.2'deki grafikten bulunur.

(3) Grafikselsel yöntem; lateral boru büyüklüğünün seçiminde kullanılan Christiansen yönteminde yapılan varsayımlardan biri, başlık basınçlarının en büyük ve en küçük değerlerinin lateral uçlarındaki başlıklarda olduğudur. Bu varsayımın, eğimsiz yada bayır yukarı eğimli lateraller için en küçük başlık basıncı lateralın herhangi bir yerinde oluşabilmektedir. Dolayısıyla uç başlık basınçları arasındaki fark en büyük ve en küçük başlık basınçları farkından daha az olmaktadır. Durumun böyle olmasına rağmen uygulamada en küçük başlık basıncının yeri ve değeri önceden saptanamadığından, uç başlık basınçları farkı gözönüne alınarak lateral boru büyüklüğü seçilmektedir. Sonuçta bu tip laterallerde, istenen düzeyde eş bir su dağılımı sağlanamamaktadır (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Ayrıca Christiansen yönteminde, lateral boyunca başlık basınçları dağılımına birinci derecede etkili olan yük kayıplarının hesaplanmasında başlık verdilerinin eşit olduğu varsayımı yapılmaktadır.

Başlık verdisi yüksek, uzun laterallerde bu yolla hesaplanan yük kayıpları ile gerçek yük kayıpları arasında önemli boyutlara ulaşan farklılıklar olmaktadır.

Lateral boru büyüklüğünün seçiminde; yalnızca en büyük başlık basınçlarının, ya da başlık debisi basıncın işlevi olduğundan başlık debilerinin, ortalamadan sapması yerine, tüm başlık debilerinin ortalamadan sapmasının gözönüne alınması daha geçerli bir yaklaşımdır.

Açıklanan bu sakıncaları gidermek amacıyla lateral boru büyüklüğünün seçiminde kullanılan grafikselsel bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde tüm başlık debilerinin ortalamadan sapması belirli bir düzeyde tutulmakta ve bu amaçla;

$$C_u = 100 \left( 1 - \frac{|\Sigma d|}{\Sigma h} \right)$$

Christiansen eş dağılım katsayısı kullanılmaktadır (Korukçu ve Yıldırım, 1981; Yıldırım ve Ayyıldız, 1984; Güngör ve Yıldırım, 1989). Eşitliklerde ;

$C_u$  = Christiansen eşdağılım katsayısı, %

$|\Sigma d|$  = Lateral boyunca başlık debilerinin ortalamadan olan mutlak sapmalarının ortalaması

$\Sigma h$  = Ortalama başlık debisi, m<sup>3</sup>/h

Bu eş dağılım katsayısının  $C_u \geq 97$  koşulu sağlandığında, lateral boyunca yeterli düzeyde eş su dağılımı elde edildiği yaklaşımları yapılmıştır (Korukçu ve Yıldırım, 1981; Yıldırım ve Ayyıldız, 1984; Güngör ve Yıldırım, 1989). Ayrıca eşdağılım katsayısının doğrudan bulunabileceği projelendirme grafiklerinin geliştirilmesinde damla sulama lateralleri için verilen yöntem esas alınmıştır (Wu et Gıtlın, 1973).

Burada Christiansen eşdağılım katsayısının doğrudan bulunacağı grafikler, uygulamada yaygın olarak kullanılan alüminyum ve PVC laterallerin değişik boru çapları için Şekil 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 ve 3.10'da verilmiştir.

Grafiklerde, bir koordinat sisteminin sağ, üst bölümünde  $h_L/h_0$  ve  $h_g/h_0$  boyutsuz parametreleri için hesaplanan  $C_u$  eşdağılım katsayıları, sağ alt bölümünde  $(n-1) S_2/h_0$  ve  $h_g/h_0$  boyutsuz parametreleri için hesaplanan lateral eğim dereceleri ve sol üst bölümünde ise  $h_L/h_0$  ve  $(n-1) S_2/h_0$  boyutsuz parametreleri için hesaplanan  $Q_L$  lateral giriş debileri işaretlenmiştir. Burada;

$H_L$  = Lateral üzerinde uç başlıklar arasında oluşan yük kayıpları, m

$h_0$  Ortalama başlık işletme basıncı, m

$h_g$  = Lateral üzerinde uç başlık arasında eğim nedeniyle oluşan yükseklik farkı, m.

$n$  = Lateral üzerindeki başlık sayısı

$S_2$  = Lateral uzunluğu, m

$Q_L$  = Lateral giriş debisi, m<sup>3</sup>/h

$q_0$  = Ortalama başlık işletme basıncındaki debi,  $m^3/h$

değerlerini göstermektedir. Grafiklerin kullanılması, lateral boru büyüklüğünün seçimi ve lateral giriş basıncının saptanması aşağıda verilmiştir.

(1) Lateral giriş debisi  $Q_2 = n \cdot q_0$  ve  $(n-1) S_2/h_0$  boyutsuz parametresi hesaplanır.

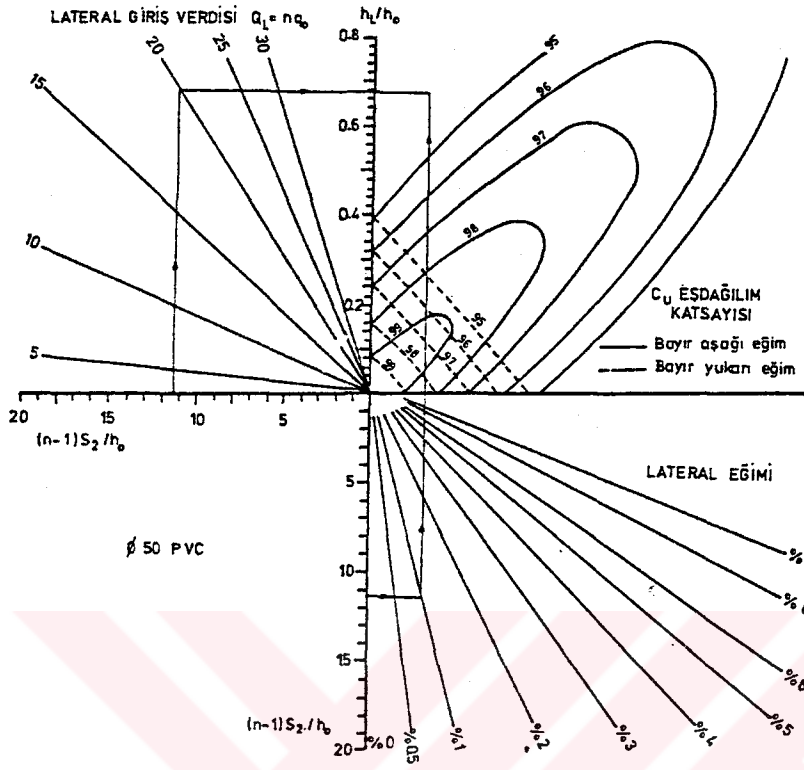
(2) Grafiğin sağ alt bölümünde  $(n-1) S_2/h_0$  değerinden yukarı doğru bir dik çıkarılır. Dikin  $Q_2$  değerini kesim noktasından sağa doğru paralel çizilir.

3) Grafiğin sağ alt bölümünde  $(n-1) S_2/h_0$  değerinden sağa doğru paralel çizilir. Paralelin lateral eğim derecesini gösteren doğruyu kesim noktasından yukarı doğru dik çizilir.

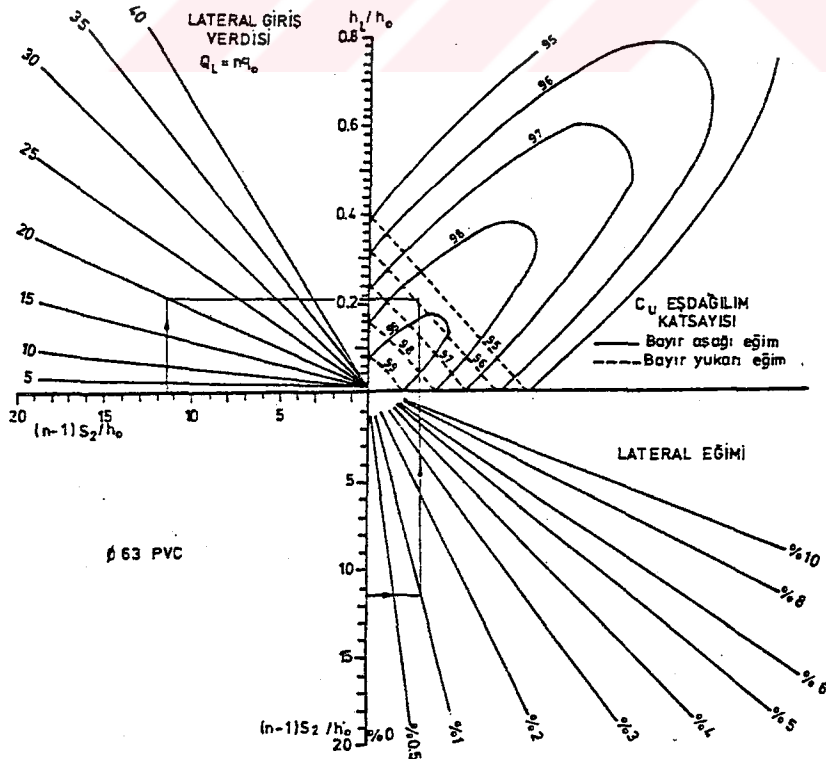
4) Grafiğin sağ üst bölümünde 2. aşamada çizilen paralel ile 3. aşamada çizilen dik kesim noktası  $C_u$  eşdağılım katsayısı değerini verir.  $C_u \geq 97$  ise kullanılan grafiğe ilişkin boru çapı uygundur. Hangi grafikte 97'ye yakın büyük  $C_u$  değeri elde edilmişse o grafiğin gösterdiği boru çapı lateral boru büyüklüğü olarak seçilir. Grafiğin sağ üst bölümünde, bayır aşağı eğim için düz çizgilerden, bayır yukarı eğim için kesik çizgilerden yararlanılır.

5) Uç başlıklar arasındaki toplam yük kaybı, 2. aşamada üst bölümde çizilen paralelin ordinatı kestiği noktadan alınan  $h_L/h_0$  boyutsuz parametresinden yararlanarak hesaplanır.

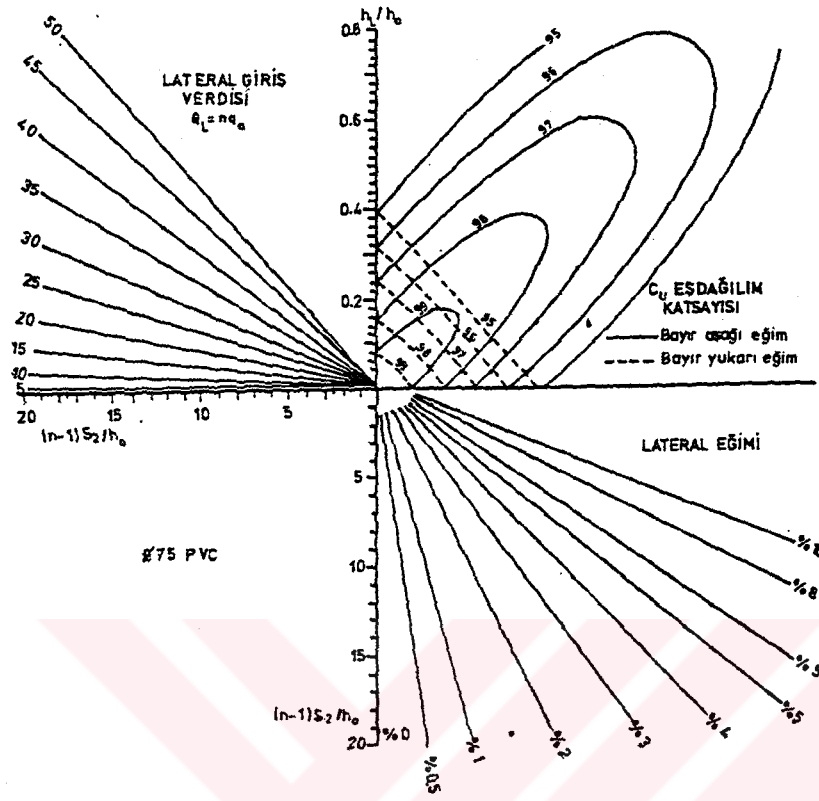
Lateral boru çapı saptandıktan sonra lateral başlangıcındaki başlık basıncı ve lateral giriş basıncı daha önce açıklanan eşitliklerle hesaplanır.



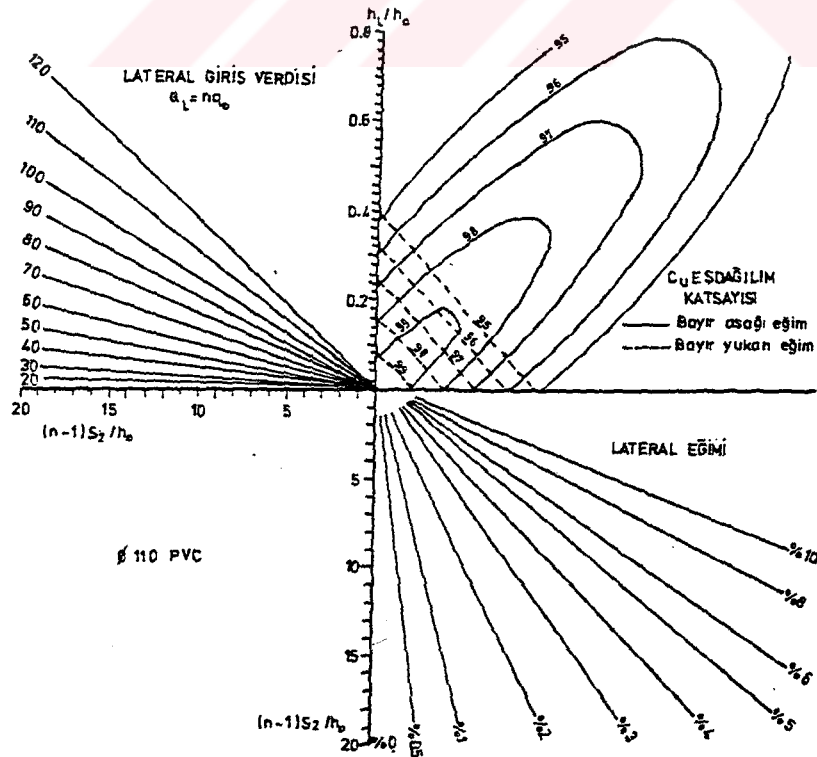
Şekil 3.4. Dış Çapı 50 mm olan PVC lateraller için eş dağılım katsayısı.



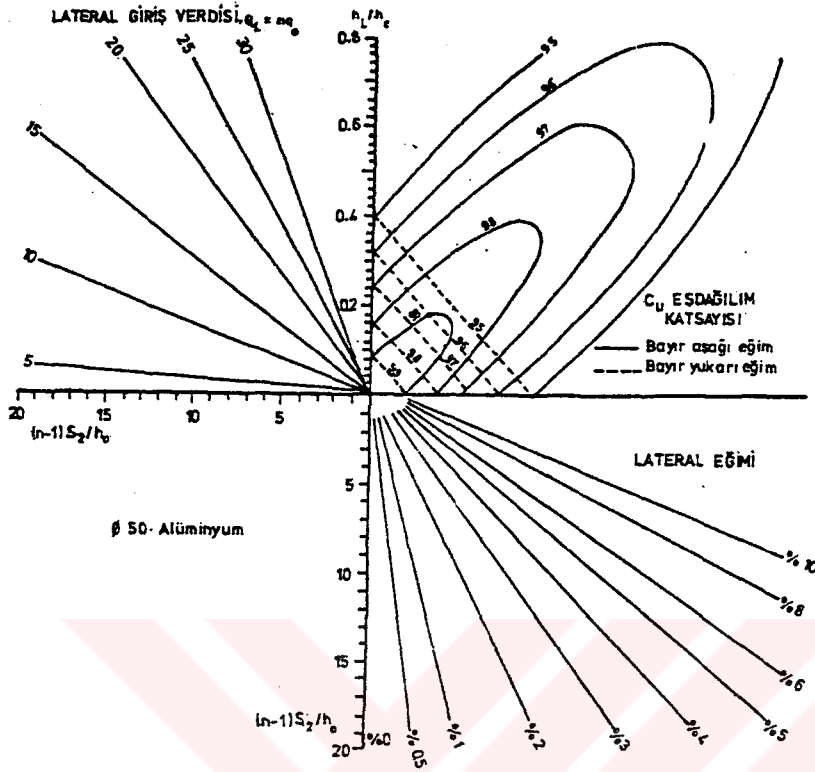
Şekil 3.5. Dış Çapı 63 mm olan PVC lateraller için eşdağılım katsayısı grafiği.



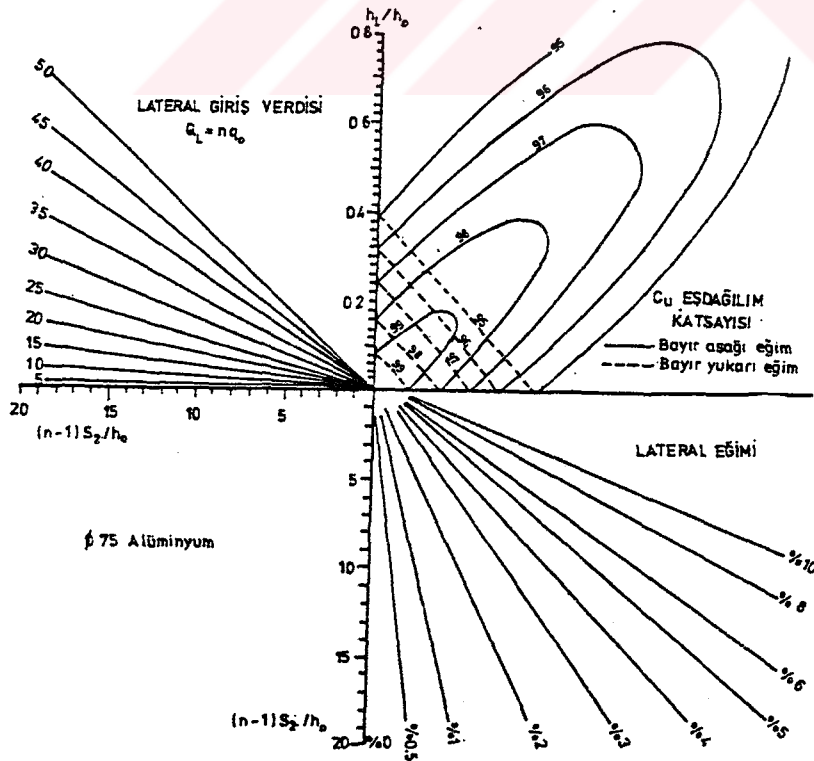
Şekil 3.6. Dış çapı 75 mm olan PVC lateraller için eşdağılım katsayısı grafiği



Şekil 3.7. Dış çapı 110 mm olan PVC lateraller için eşdağılım katsayısı grafiği.

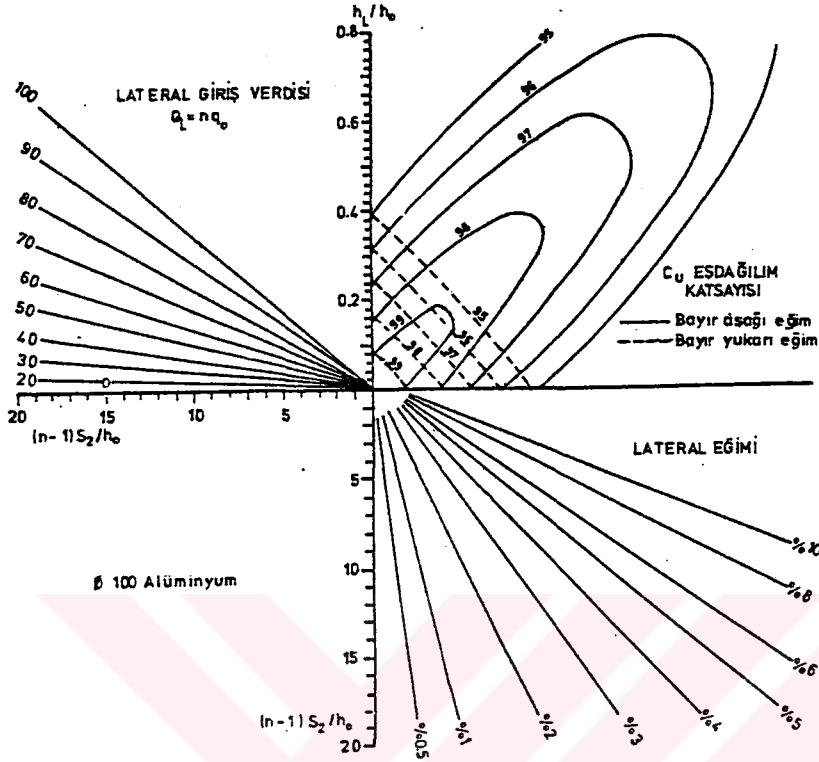


Şekil 3.8. Dış çapı 50 mm olan alüminyum lateraller için eşdağılım katsayısı grafiği.



Şekil 3.9 Dış çapı 75 mm olan alüminyum lateraller için eşdağılım katsayısı grafiği.





Şekil 3.10. Dış çapı 100 mm olan alüminyum lateraller için eşdağılım katsayısı grafiği.

### 3.2.2.c. Ekonomik Ana Boru Büyüklüğünün Saptanması

Yağmurlama sulama sistemlerinin projelenmesinde esas amaç, sistemi oluşturan unsurların, kendilerinden beklenen işlevleri yerine getirecek bir biçimde ekonomik boyutlarda seçilmeleridir. Bunun için sırasıyla yağmurlama başlıkları, su dağıtım sistemi (önce lateraller, sonra ana boru büyüklüğü) ve pompaj birimi seçilir. Genellikle, ilk yatırım giderlerinin büyük bir bölümü su dağıtım sisteminde yoğunlaşır. aynı zamanda, su dağıtım sisteminin boyutları, pompaj biriminin büyüklüğünü ve dolayısıyla yıllık toplam giderleri doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, sistemde yer alan boruların ekonomik bir biçimde saptanması gerekir. Burada temel ilke, sabit ve işletme masrafları toplamını en az kılan boru büyüklükleri bileşimi ve pompa çıkış basınç değerini belirlemektir.

Su dağıtım sisteminin belirli bir bölümünde boru büyüklüğünün artırılması,

sistemde oluşan yük kayıplarının azalmasına neden olur. Bunun sonucu, su dağıtım sisteminde sabit masrafların artmasına karşın pompaj biriminin sabit ve işletme masrafları belirli bir oranda azalır. Boru büyüklüğünün azaltılması durumunda ise, işlem tersine döner. Sistemde çok sayıda yapılacak boru büyüklüğü değişiminin her birisi için hesaplanacak sabit ve işletme masrafları toplamı farklılık gösterir. Bu nedenle, toplam masrafları (sabit ve işletme) en az kılan bir çözüm vardır. Ekonomik ana boru büyüklüğünün seçiminde sorun, bu çözümün bulunabilmesidir.

Ekonomik ana boru büyüklüğünün seçiminde kullanılan hesaplama yöntemleri, grafiksel yöntem, deneyim-yanılgı yöntemi, doğrusal programlama modeli (Korukçu ve Yıldırım, 1978), Keller yöntemi (Keller, 1965) vb. birçok yöntem geliştirilmiştir. Keller yönteminin toplu sistemlere uygulanması oldukça zaman alıcıdır. Bunun yerine, bilgisayar kullanımına dayalı yöntemler (Korukçu ve Yıldırım, 1981) geliştirilmiştir.

Korukçu ve Yıldırım (1978, 1981), Keller yöntemini bireysel sistemlere uygulama kolaylığı sağlayacak biçimde geliştirerek tekil ve dallı ana boru hatları için uygulamışlardır. uygulama; su dağıtım sisteminde yapılacak boru büyüklüğü değişimlerinde ortaya çıkacak maliyet artışının (yada azalışının), pompaj biriminde oluşacak maliyet azalışına (yada artışına) eşit olduğu kritik debi değerlerinin saptanması esasına dayandırılmıştır.

Dallı boru sistemlerinde, pompa ile sistemin en yüksek noktasını birleştiren hat ana boru hattı, diğerleri ise yan dal alınarak boru büyüklüğü belirlenmektedir.

Boru hattının tekil olması durumunda ekonomik boru büyüklüğünün belirlenmesi için aşağıdaki işlemler yapılır (Korukçu ve Yıldırım, 1978, 1981).

a) Pompanın yıllık çalışma süresi

$$T = \frac{A \cdot d}{3.6 Q}$$

eşitliği ile hesaplanır. Eşitlikte;

T = Pompanın yıllık çalışma süresi, h,

A = Sulanacak alan, da,

$d$  = Yıllık toplam sulama suyu, mm,

$Q$  = Sistem debisi, L/S.

b) Pompa biriminin fren beygirgücü-saat (FBG-h) başına düşen maliyeti;

(1) FBG başına tesisi masrafın bulunabilmesi için ilk aşamada;

$$FBG = \frac{Q \times H \times \varphi}{75 \times \pi_p}$$

eşitliğinden yararlanılarak hesaplanır. Eşitlikte;

$H$  = Dinamik yükseklik, m,

$\varphi$  = Suyun hacim ağırlığı, t/m<sup>3</sup>

$\pi_p$  = Pompa randımanı, %

Dinamik yükseklik ise;

$$H = h \pm h_g + h_f + H_{se}$$

eşitliğinden bulunur. Eşitlikte;

$h$  = Lateral giriş basıncı, m,

$h_g$  = Lateral ile pompa arasındaki yükseklik farkı, m,

$h_f$  = Boru hattında toplam yük kayıpları, m,

$H_{se}$  = Statik emme yüksekliği, m,

Boru hattında toplam yük kayıpları ( $h_f$ ) proje mühendisince tahmin edilir. Yapılacak tahminde Şekil 3.11'de verilen diyagram kullanılabilir. Diyagram;

$$h_f = \frac{5.038}{c^{1.852}} L \frac{v^{1.852}}{d^{1.167}}$$

Hazen-Williams eşitliğinden yararlanılarak hazırlanmıştır. eşitlikte;

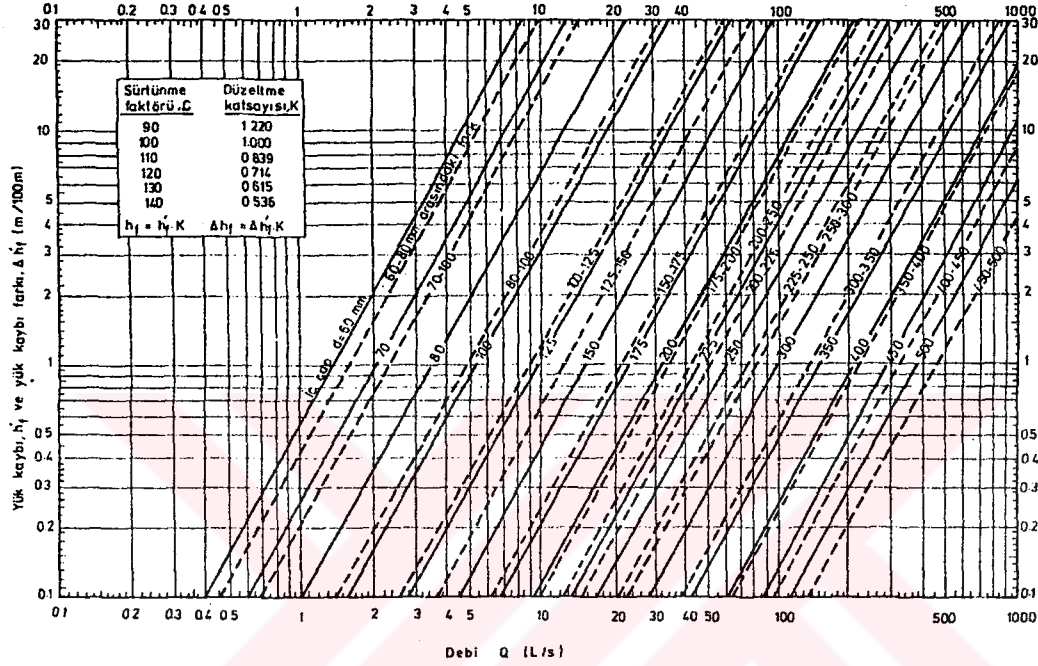
$h_f$  = Yük kayıpları, m,

$c$  = Hazen-Williams sürtünme katsayısı,

L = Boru uzunluğu, m,

V = Ortalama hız, m/s

d = Boru iç çapı, m.



Şekil 3.11. Değişik çaplı borularda debi-yük kaybı ilişkisi (c = 100)

Belirli boru cinsleri için ortalama "C" sürtünme katsayıları Tablo 3.3'te verilmiştir.

(2) Amortisman faktörü için yağmurlama sulama sistemlerine ilişkin unsurların servis ömürleri belirlenir. Bunun için bazı unsurların servis ömürleri Tablo 3.4'te verilmiştir.

(3) Yine amortisman faktörü için gerekli olan faiz oranı belirlenir. Bunun içinde sistemin kurulduğu yerde kullanılmakta olan faiz oranı esas alınır.

(4) Amortismon faktörü hesaplanır. Yıllık sabit masrafların belirlenmesinde kullanılan farklı servis ömrü ve bileşik faiz esasına göre hesaplanmış katsayıdır.

Tablo 3.3. Ortalama "C" Sürtünme Katsayıları.

Boru cinsi	"C" sürtünme katsayısı
Sert PVC boru	140
Alüminyum boru	140
Asbestli çimento boru	130
Beton boru	120
Yeni döküm boru	110
Eski döküm boru	90
Bitüm kaplı çelik yada döküm boru	130

Farklı servis ömrü ve faiz oranlarına göre amortisman faktörü değerleri Tablo 3.4'te verilmiştir. Tabloda yer alan değerler,

$$AF = \frac{i}{1 - \frac{1}{(1+i)^n}}$$

eşitliğinden yararlanılarak bulunmuştur (Korukçu ve Yıldırım, 1981; Kanber ve Madanoğlu, 1981). Eşitlikte;

AF = Amortisman faktörü,

i = Faiz oranı, %

n = Servis ömrü, yıl

5) FBG - yıl başına sabit masraflar

6) FBG - h başına sabit masraflar

7) FBG - h başına düşen enerji masrafı belirlenir. Bu benzin ve diesel motorlarında;

$$EM = \text{ÖYT} \times P$$

ve elektrik motorlarında;

$$EM = 0.736 \times P_e$$

eşitlikleri ile hesaplanır. Eşitliklerde;

Tablo 3.4. Yağmurlama Sulama Sistemlerine İlişkin Bazı Unsurlarının Servis Ömürleri.

Yağmurlama Sistemi Unsurları	Servis ömrü
Kuyu	20 yıl
Pompa evi	20 yıl
Derin kuyu pompası	8 yıl yada 16000 saat
Santrifüj pompa (yatay eksenli)	16 yıl yada 32000 saat
Güç Ünitesi :	
Elektrik motoru	25 yıl yada 50000 saat
Diesel motoru	14 yıl yada 28000 saat
Benzin motoru (hava soğutmalı)	4 yıl yada 8000 saat
Benzin motoru (su soğutmalı)	9 yıl yada 18000 saat
Beton boru sistemi	20 yıl
Font boru	40 yıl
Kaplamalı çelik boru (yüzeyde)	10 yıl
Kaplamalı çelik boru (gömülü)	20 yıl
Alüminyum yağmurlama borusu	15 yıl
PVC yağmurlama borusu (yüzeyde)	5 yıl
PVC yağmurlama borusu (gömülü)	35 yıl
Galvaniz demir boru (yüzeyde)	15 yıl
Yağmurlama başlıkları	8 yıl

Tablo 3.5. Amortisman Faktörü Değerleri.

Tesis ömrü, yıl	Faiz oranı, %						
	9	10	11	12	13	14	15
8	0.1807	0.1874	0.1943	0.2013	0.2084	0.2156	0.2229
10	0.1558	0.1627	0.1698	0.1770	0.1843	0.1917	0.1993
15	0.1241	0.1315	0.1391	0.1468	0.1547	0.1628	0.1710
20	0.1096	0.1175	0.1256	0.1339	0.1424	0.1510	0.1598
25	0.1018	0.1102	0.1187	0.1275	0.1364	0.1455	0.1547
30	0.0973	0.1061	0.1150	0.1241	0.1334	0.1428	0.1523
50	0.0912	0.1009	0.1106	0.1204	0.1303	0.1402	0.1501
100	0.0900	0.1000	0.1100	0.1200	0.1300	0.1400	0.1500

EM = FBG-h başına enerji masrafı, TL/FBG-h

ÖYT = Özgül yakıt tüketimi, L/FBG-h (Benzin motorlarında 0.420 L/FBG-h ve diesel motorlarında 0.270 L/FBG-h değerleri alınabilir),

P = Yakıt fiatı, TL/L,

$P_e$  = Elektrik enerjisi fiatı, TL/KW-h'tır.

8) FBG-h başına düşen bakım masrafı belirlenir. Buda basit bir yaklaşımla benzin motorlarında FBG-h başına enerji masrafının % 20'si, diesel motorlarında % 40'ı alınarak hesaplanır. elektrik motorlarında bu masraflar imhal edilebilir.

9) Pompa biriminin FBG-h başına toplam masrafları.

c) Pompa biriminin fren beygirgücü-yıl (FBG-yıl) başına düşen maliyeti,

d) Pompa biriminin hidrolikbeygirgücü-yıl (hBG-yıl) başına düşen maliyeti.

Bundan sonra işlem cetvel 3. 6'da olduğu gibi sürdürülür.

e) Satırına seçeneksel boru çapları yazılır.

f) Satırındaki değerler; seçeneksel boru çaplarında 100 m uzunluğundaki boru hattının yaklaşık keşif değerleridir (boru ve bağlantı parçalarının satın alınması, taşınımı, hendek kazısı, döşenmesi vb.'ne ilişkin 1. keşif)

g) Satırındaki değerler : 100 m uzunluğunda ardışık çaplı boru hatlarının maliyetleri arasındaki farktır.

h) Satırına boru hattı tesis ömrü yazılır (Tablo 3.4)

i) Satırına faz oranı yazılır.

j) Satırına (h) satırındaki tesis ömrü ve (i) satırındaki faiz oranına karşılık gelen amortisman katsayısı yazılır (Tablo 3.5).

k) Satırında 100 m uzunluğunda ardışık çaplı boru hatları arasındaki yıllık sabit

masraf farkıdır ve (g) satırındaki değerler, (j) satırındaki amortisman katsayısıyla çarpılarak bulunur.

l) Satırında; bir sonraki boru çapı seçildiğinde bu seçimin ekonomik olabilmesi için pompa birimi hidrolik beygirgücü (hBG) değerinin azaltılması gereken enaz miktarını vermektedir.

m) Satırında; bir sonraki geniş boru çapı seçildiğinde, bu seçimin ekonomik olabilmesi için pompa biriminde azaltılması gereken gücü sağlayacak boru hattındaki yük kaybı azalmasıdır. Bu değerler;

$$hBG = \frac{Q \times \Delta h_f \times \phi}{75}$$

eşitliğin düzenlenmesi ile elde edilen;

$$\Delta h_f = \frac{75 \times hBG}{Q \times \phi}$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte;

hBG = (l) satırındaki değerler,

Q = Sistem debisi,

$\phi$  = suyun hacim ağırlığı,  $t/m^3$ ,

(n) satırında ise bir büyük boru çapı seçildiğinde boru hattında olan yıllık maliyet artışının, pompa birimindeki güç azalması nedeniyle sağlanan yıllık maliyet azalışına eşit olduğu kritik debi değerlerini vermektedir.

Sonuçta ana hattın boru büyüklüğü bileşimi saptanırken, herhangi bir boru bölümündeki debi; kritik debiden büyük ise büyük, küçük ise küçük çaplı boru seçilir.

Boru hattının dallı olması durumunda pompa ile boru sisteminin en yüksek noktasını birleştiren hat, esas ana boru hattı olarak seçilir ve seçilen ana boru hattı için ekonomik boru büyüklüğü yukarıdaki bölümde açıklanana yöntemle saptanır. İkinci aşamada; diğer yan dalların ekonomik boru büyüklükleri, izin verilen sürtünme kayıplarını aşmayacak biçimde deneyim-yanılgı yöntemiyle belirlenir.





### **3.2.2.d. Pompa Biriminin Seçilmesi**

Yağmurlama sulama sistemlerinde gerekli basıncın pompa ile sağlanması koşulunda, su kaynağın tipine bağlı olarak santrifüj yada derin kuyu pompaları kullanılır.

Uygun pompa biriminin seçimi, sistem toplam debisi ve pompa çıkışında hesaplama sonucu bulunan toplam dinamik yükseklik ile kullanılması öngörülen pompa yada pompaların karakteristik eğrilerine göre bilinen biçimde yapılır. Hesaplanan sistem toplam debisi ve toplam dinamik yükseklik yanında yapımçı kuruluşlardan elde edilen kullanım klavuzlarındaki pompa karakteristik eğrilerinden de faydalanılır.

### **3.3. Yağmurlama Sulama Sistemlerinde Masraf Analizi**

Yağmurlama sulama sistemleri, bir ilk yatırım ve yıllık işletme masrafları gerektirirler. Genellikle bu masraf, yöntemin uygulanması açısından bir sakıncası biçiminde gösterilir. Bu nedenle, ele alınan bir arazinin yağmurlama yöntemiyle sulanabilmesi için, tasarlanan sistemin ekonomik açıdan uygulanabilir düzeyde olması gerekir. Bu da, mühendislik açısından yapılacak bir ekonomik analizle belirlenir. Herhangi bir sistemde ekonomik bir analizin yapılabilmesi için sistemi oluşturan unsurların servis ömürleri dikkate alınarak yıllık masrafların belirlenmesine gerek vardır. Yağmurlama sulama sistemlerinde yıllık masraflar "sabit" ve "işletme" masrafları olmak üzere ikiye ayrılır.

#### **3.3.1. Yıllık Sabit masraflar**

Sabit masraflar, yatırılan toplam sermayenin faizi, ekipmanın aşınması (amortisman faktörü), sigorta ve vergi masraflarından oluşur.

Yağmurlama sulama sistemlerindeki sabit masraflar şöylece sıralanabilir.

(1). Su temini masrafları; arazide kullanılacak sulama suyunun karşılığı olarak, suyu temin eden idareye ödenecek su ücretini, kanallar yada su depolama masrafları için katılım payı olarak yapılan ödemeleri ve açılacak kuyu-pompaj birimine yapılan yatırımları kapsar.

(2). Su iletim masrafları; su temini masrafları içerisinde belirtilmemiş ise; kanal açmaya, toprak altına boru döşeme işine, açık kanallar üzerine köprü yapımına, düşü tesisleri, su dağıtım kutuları inşaatına yapılacak maraflardır.

(3). Arazinin sulamaya hazırlık masrafları; arazi özünde bulunan zararlı ot, çalı, taş ve kaya parçalarının temizlenmesi, arazinin düzlenmesi ve teraslama çalışmaları ve drenaj için yapılan harcamaları kapsar.

(4). Su dağıtım sistemi masrafları; yağmurlama sulamasında su dağıtım sistemine ilişkin sabit masraflar; pompaj birimi, ana ve lateral boru hatları, yükseltici borular, bağlama parçaları, vanalar ve yağmurlama başlıkları için yapılan yatırımlardır.

(5). Diğer sabit masraflar; projelirmede öngörülürse, toprak rutubet kontrol araçları, boruların bir yerden diğerine taşınması için gerekli ekipman ve sistem unsurlarının depolanması için yapılacak hangar, baraka vb. tesislere yapılan yatırımlar da diğer sabit masrafları oluştururlar.

### **3.3.2. Yıllık Sabit Masrafları Hesaplama Metodları**

Yağmurlama sulamasında sabit masraflar ve bunların bir yıla düşen miktarlarının hesaplanmasında çeşitli metodlar kullanılır. Sabit masraflardan olan amortisman ve faiz masraflarının belirlenmesinde kullanılan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

#### **3.3.2. a. Doğru Hat Metodu**

Ekipmanlardaki yıpranma miktarının faydalı servis ömrüne düzgün olarak dağıldığını kabul eden metod "Doğru Hat Metodu" dur. Doğru hat metoduna göre yıllık amortisman miktarlarının hesabında, masraf unsurlarının satın alma bedelleri ayrı ayrı o unsurların kullanma yılına veya faydalı servis ömrüne bölünür. Elde edilen değere yörede uygulanan faiz oranına göre, yatırımın yıllık faiz tutarı eklenir ve bunlar toplanarak, yıllık toplam amortisman ve faiz miktarı bulunur. Faiz oranının uygulanacağı ana para miktarı olarak bazı araştırmacılar ilk yatırılan ana parayı, diğer bazıları ise, satınalma bedelinin yarısı olan ortalama ana parayı kullanmaktadırlar.

Amortisman miktarının tahmininde kolaylık sağlaması amacıyla, bazı hallerde, kullanılan bütün ekipmanlar için aynı ortalama ömür alınabilir. Ortalama servis

ömrü farklı işletme, bakım ve muhafaza şartlarına göre değişmekle beraber 10-15 yıl olarak kabul edilebilir. Memleketimiz şartlarında yağmurlama yöntemi ile sulamada kullanılan ekipmanların ortalama servis ömrü 10 yıl kabul edilerek hesaplamalar yapılabilir (Güngör, 1983).

### 3.3.2.b. Amortisman Faktörü İle Hesaplama Metodu

Bu metod, ekipmanların farklı servis ömürleri ve ana para faizlerine göre bileşik faiz esaslı üzerinden hesaplanan "Amortisman Faktörü" ile işlem yapma biçimidir. Bu metodla amortisman masraflarının hesabı, ekipmana yatırılan paranın, ekipmanın faydalı servis ömrü ve geçerli faiz oranına göre elde edilen amortisman faktörü ile çarpılmasıdır. amortisman faktörünün hesaplanmasında kullanılan formül 3. bölümde 3.2.3.c başlığı altında verilmişti. Ayrıca çeşitli tesis ve ekipmanların servis ömürleri yine aynı bölümde Tablo 3.14'te, farklı servis ömürleri ve faiz oranları için belirlenmiş olan amortisman faktörleri ise Tablo 3.15'te verilmiştir.

### 3.3.2.c. İtfa Formülü İle Hesaplama Metodu

Sulama yöntemlerinde kullanılan ekipmanlara ait amortisman ve faiz masrafı "itfa" formülü

$$Q = P \frac{r}{1 - (1+r)^{-n}} \quad \text{ile de hesaplanır (Aksöz, 1964).}$$

eşitlikte;

Q = amortisman ve faiz masrafının yıllık toplamı,

P = amortisman ve faiz masrafı hesaplanacak ekipmana yapılan yatırım,

r = Faiz oranı,

n = Ekipmanın servis ömrü,

### 3.3.3. Yıllık İşletme ve Bakım Masrafları

1) Yıllık yakıt masrafları : Yağmurlama sisteminde güç kaynağı olarak içten yanmalı motor kullanılması durumunda harcanan toplam yakıtın hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılır:

$$YYG = FBG \times T \times \ddot{O}YT \times P$$

eşitlikte;

YYG = Yıllık yakıt gideri, TL

FBG = Motor milinde pompanon yuttuğu güç, BG,

T = Yıllık çalışma gideri, h/yıl,

ÖYT = Özgöl yakıt tüketimi, L/FBG-h (benzin motorlarında 0.420, dizelerde 0.270 alınabilir).

P = Yakıt beli, TL/L

Özgöl yakıt tüketiminde, motorun çalışma sırasındaki yüklenişi önemli rol oynamaktadır. Özgöl yakıt tüketiminin, maksimum gücün % si olarak motorun yüklenişine göre aldığı değerler Tablo 3.7'de gösterilmiştir (Dinçer, 1976).

Tablo 3.7. Özgöl Yakıt Tüketiminin, Maksimum Gücün % si Olarak Motorun Yüklenişine Göre Aldığı Değerler.

Maksimum gücün % si olarak motor yüklenişi	Özgöl Yakıt Tüketimi	
	Dizel motorlarda L/BGh	Benzinli motorlarda L/BGh
100	0.24	0.35
75	0.26	0.39
50	0.29	0.49
35	0.34	0.63
25	0.43	0.77

2. Yıllık elektrik masrafları : Yağmurlama sisteminde güç kaynağı olarak elektrik motoru kullanılırsa, yıllık enerji gideri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

$$YEG = \frac{FBG}{\eta_m} \times 0.736 \times T \times P_e$$

Eşitlikte;

**YEG = Yıllık enerji gederi, TL,**  
**FBG = Motor milinde pompanın yuttuğu güç, BG,**  
 **$\pi_m$  = Elektrik moturu randımanı, %,**  
**T = Yıllık çalışma süresi, h/Yıl**  
 **$P_e$  = Elektrik enerjisi bedeli, TL/KW-h dır.**

3. Yıllık yağlama yağı masrafları : Güç kaynağı olarak içten yanmalı motorlar kullanıldığında; motor ve yağlama yağı masrafları, yıllık yakıt masrafının belirli bir yüzdesi olarak hesaplanabilir. Molenaar'a (1960) göre, dizel motorlarda yıllık yakıt masrafının % 40'ı, benzinli motorlarda ise % 20'si alınarak yağlama ve motor yağı masraflarının hesaplanabileceğini belirtmektedir (Güngör, 1983).

Yıllık yağlama yağı masrafları, yukarıda açıklandığı şekilde yıllık yakıt masraflarının belli bir yüzdesi alınarak hesaplanabildiği gibi, dizel motorlarda yakıt tüketiminin % 4-4.5'u benzinli motorlarda da % 2.5 - 2.7'si olarak da alınabilir (Dinçer, 1976). Ayrıca yıllık yağlama yağı masrafları şu eşitlikle hesaplanabilir (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

$$YYaG = hBG \times ÖYaT \times T \times Py$$

Eşitlikte;

$$YYaG = \text{Yıllık yağ gideri, TL}$$

$$hBG = \text{Pompa milinde ihtiyaç duyulan güç,, BG,}$$

$$ÖYaT = \text{Özgül yağ tüketimi, L/BG-h (içten yanmalı motorlar için 0.006, elektrik motorlar için 0.002'dir).}$$

$$T = \text{Yıllık çalışma süresi, h/yıl}$$

$$Py = \text{Yağ bedeli, TL/L'dir.}$$

4. Yıllık tamir ve bakım masrafları : Bu masraflar, ekipmanların kullanılmasında gösterilen özene ve mevsim boyunca çalışma süresine bağlı olarak değişebilir. Stron'a (1562) göre tamir ve bakım masrafı olarak ekipmanlara yapılan ilk yatırımın % 1'inin alınması gerektiğini belirtmiştir (Güngör, 1983). Ayrıca Balaban Vd. nin (1970) yaptığı bir çalışmada da yağmurlama sulamada tamir ve bakım masraflarının memleketimiz şartları için hesabında en uygun çözüm olarak ilk yatırımın % 1'i alınmıştır (Güngör, 1983).

Tamir ve bakım masrafları ilk yatırımın % 1'i alınarak hesaplanabildiği gibi şu eşitliklerde hesaplanabilir (Sözer, 1972).

$$C = K \times D$$

Eşitlikte;

C = Yıllık tamir ve bakım masrafları, TL,

K = % ile ifade edilen bir katsayı

D = Tamir ve bakım masrafı hesaplanan ekipmanın satınalma bedeli, TL'dir.

Tamir ve bakım masraflarının amprik formülle hesaplanmasında kullanılan K katsayıları Tablo 3.8'de verilmiştir (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Tablo 3.8. Yağmurlama Sistemi Unsurlarına Ait K Katsayısı Değerleri.

Yağmurlama sistemi unsurları	K Katsayısı, %
Elektrik motoru	2
Demir kuyu pompası	6
Yatay mili santrifüj pompa	4
Benzin yada diesel motorları	5
Çelik borular	2 - 3
Alüminyum borular	4 - 6
Vanalar	2

5. İşçilik masrafları : Yağmurlama sistemlerinde, yıllık işletme masrafları içerisinde bulunan işçilik masraflarının belirlenmesinde çeşitli etmenler söz konusudur. Bunların en önemlileri sırasıyla; sulama mevsimi içerisindeki sulama sayısı, bir sulamada uygulanan su derinliği, lateral aralığı ve sayısı, bir sulamada uygulanan su derinliği, lateral aralığı ve sayısı, ekipmanın tipi, yağmurlama başlıklarının yükseltici boru boyu, toprak tipi ve topoğrafya, yetiştirilen bitki çeşidi ve boyu, sistemi çalıştıran elemanın becerisi sayılabilir.

Birçok araştırıcı, yukarıda belirtilen değişik etmenler üzerinde yaptıkları çalışmalarında, yıllık işçilik masrafları olarak farklı değerler elde etmişlerdir. Bunların bir ortalaması olarak her sulama için dekara 0.25 iş-saati alınabilir (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

#### **3.3.4. Yıllık Toplam Masraflar**

Yıllık toplam masraflar, aşağıdaki eşitlikle belirlenebilir.

$$YTM = YSM + YİM$$

Eşitlikte;

YTM = Yıllık toplam masrafları, TL,

YSM = Yıllık sabit masraflar, TL,

YİM = Yıllık işletme ve bakım masrafları, TL'dir.

#### **3.4. Sistemin Uygulanabilirliği**

Sisteme ilişkin yıllık toplam masrafların belirlenmesinden sonra, sistemin uygulanması sonucu araziden sağlanacak yıllık net gelir artışının saptanması gerekir. Yıllık net gelir artışının, yıllık toplam masraflara oranı, sistemin uygulanabilirliği açısından bir ölçüttür. Genellikle Ekonomik Analiz Emsali (E.A.E.) olarak belirlenen bu oranın, sistemin uygulanabilir olması açısından birden büyük olması istenir.



#### **4 . TEKNİK VE EKONOMİK UYGULANABİLİRLİK YÖNLERİYLE YAĞMURLAMA SULAMA İLE GELENEKSEL SULAMA YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

##### **4.1. Sulama Randımanı Yönünden Değerlendirme**

Randıman, genel bir kavramdır ve mevcut bir olanaktan yararlanma oranını ifade eder. Sulama uygulamalarında yararlanılan kaynak sudur. Bir su kaynağından alınan suyun, araziye iletildikten sonra ne derece yararlı olduğu sulama randımanı ile belirtilebilir.

Araziye verilen suyun ancak belirli bir oranı bitkiler tarafından alınır. Geriye kalanı değişik nedenlerle kaybolur. Su kayıpları;

a) Kanallar ve su dağıtım şebekesinde oluşan kayıplar ve

b) Tarlada oluşan kayıplar olmak üzere iki grup altında toplanabilir.

Kanallar ve su dağıtım şebekesinde su kayıpları, sızma ve buharlaşma yoluyla olur. Ancak buharlaşma kayıpları sızma kayıplarının yanında gözönüne alınmayacak kadar azdır. Toprak kanallarda % 50'ye kadar varabilen sızma kayıpları, kanalların kaplanması ile % 10-15'e kadar düşürülebilir. Bunun yanında yağmurlama sulama sisteminde su dağıtım şebekesindeki su kayıpları genellikle dikkate alınmayacak düzeyde düşük olmaktadır.

Tarla kayıplarını, derine sızan su ile yüzey akışıyla araziden uzaklaşan su oluşturmaktadır. Derine sızma kayıpları, uygulanan sulama yöntemine ve tarlaya verilen su miktarına bağlı olarak, kanallardan alınan suyun % 15-50'si kadar olabilmektedir (Güngör ve Yıldırım, 1989).

Yağmurlama sulama yönteminde su, bitki tacı üzerinden havaya püskürtüldüğünden su damlacıklarından bir miktar buharlaşma oluşur. Rüzgarlı koşullar altında, küçük damlacıklar sürüklenerek su uygulanan alan dışına taşınır. Doğrudan buharlaşma ve rüzgarla sürüklenme kayıplarını belirlemek oldukça güçtür. Yapılan bir araştırmada bu şekildeki kayıpların toplam uygulanan suyun % 5 ile % 20'si arasında olduğu

belirlenmiştir (Kohl, 1974).

Yağmurlama sulaması ile sulama suyunun tarlaya uygulanmasında derine sızma, iletim ve yüzey akış yolu ile su kayıpları olmaması nedenleri ile su kullanma randımanı yüksek olmakta ve buna bağlı olarak, özellikle sulama suyunun kıt olduğu yörelerde daha geniş alanların sulanmasına olanak sağlanmaktadır.

#### **4.2. Su Kaynağı ve Sulama Suyu Özellikleri Yönünden Değerlendirme**

Tarla seviyesine oranla az bir statik yükseklikte olan kaynaktan suyun sağlandığı yerlerde yüzey sulama yöntemleriyle sulama yapılır. Su kaynağının tarla seviyesinden çok yüksekte olması durumunda, su yüksekçe bir yerde depolanarak yeraltı beton boru sistemi veya alçak basınçlı yağmurlama yöntemi ile sulama yapılması mümkün olur.

Su kaynağının tarla seviyesinden aşağıda bulunduğu yerlerde, suyun pompajla yükseltilmesi ve tarlaya verilmesi zorunludur. Bu durumda da uygun bir pompaj basıncı sağlanarak yağmurlama yönteminden yararlanılır.

Suyun sağlandığı kaynak çok uzakta ise ve açık kanal sistemiyle getirmede kanal güzergahı çok dolanıyor ise daha kısa yoldan getirmek için basınçlı boru hattı ve dolayısıyla yine alçak basınçlı yağmurlama yöntemi seçilebilir.

Yüzey sulama yöntemleri için, genellikle büyük su debisine gerek duyulur. Buna rağmen yağmurlama sisteminin kullanılması durumunda daha az su ile sulama yapılabilir. Genel bir kural olarak, tarla başında 25 lt/sn'den daha az su bulunması durumunda yağmurlama ve karık yöntemlerinin uygulanması, 100 lt/sn'den daha fazla olması durumunda yüzey sulama yöntemlerinin uygulanması daha uygundur (Ertuğrul ve Apan, 1979).

Sulama suyunda normalin üzerinde tuz bulunması durumunda, toprakta tuz birikimine neden olmayacak bir sulama yöntemi seçilmelidir.

Toprak profilinde biriken tuzlar, yağmurlama sulama ile etkin biçimde yıkanabilmektedir. Yağmurlama sulama sistemi ile düşük yağmurlama hızında

uygulanan su, klasik göllendirme yöntemlerine göre daha fazla tuz yıkamaktadır. Ayrıca suyun göllenmesini sağlayan seddelere gerek yoktur ve eğimli arazilerde de tuz yıkanması olanaklıdır.

Özellikle denize yakın yörelerde rüzgarla taşınan tuzlu suların yapraklarda bıraktığı tuz zerreleri ile yapraklarda biriken tozlar bitkiye zarar vermeden yağmurlama sulama ile kolayca yıkanabilir.

Sulama suyunun çok fazla sediment taşıması, ayrıca alg ve diğer yüzücü cisimlerin fazla olması koşulunda, basınçlı sulama yöntemlerinin uygulanması sakıncalıdır. Bunun nedeni, suyun temizleme ve süzme işlemine gerek duyulması ve bu işlemin çok pahalı olmasıdır. Bu durumda yüzey sulama yöntemlerinin uygulanması daha doğrudur.

İğdir ovası sulama sistemi içerisindeki Aras nehrinden saptırılan suyun belirgin oranda sediment taşıması, yağmurlama sisteminde laterallerin dolması ve başlıkların tıkanması gibi sulama randımanını etkileyici sorunlar oluşturmuştur (İstanbuluoğlu, 1989).

#### **4.3. Toprak ve Topoğrafya Yönünden Değerlendirme**

Bitkiler, gelişmeleri için gereksindikleri suyun tamamına yakın bir bölümünü kökleri aracılığıyla topraktan alırlar.

Kullanılabilir su tutma kapasitesi yüksek olan topraklarda, her sulamada fazla miktarda su geniş sulama aralığı ile uygulanabilir. Bu koşullarda, yüzey sulama yöntemleri ile nisbeten yüksek sulama randımanı sağlanabilir. Diğer yandan kullanılabilir su tutma kapasitesinin düşük olduğu kumlu topraklarda ise sık aralıkla ve her defasında az miktarda su uygulamak gerekir. Bu durumda yağmurlama yöntemini seçmek daha uygun olur.

İnfiltrasyon hızı çok düşük olan topraklarda özellikle meylin fazla olması durumunda, yüzey akışı şeklindeki kaybın fazla olması nedeniyle yüzey sulama yöntemlerinin uygulanması uygun olmayabilir. Bu durumda, uygun sulama oranının ve miktarının dikkatlice kontrol edilebilmesine olanak sağlayan yağmurlama yöntemi uygulanabilir. Diğer taraftan çok yüksek infiltrasyon hızına sahip olan topraklarda, yüzey sulama

yöntemlerinin uygulanması durumunda ekonomik olmayan kısa boyutların kullanılması zorunluluğu doğar, kısa tava ve karık boyutlarının uygulanmaması durumunda ise üniform bir su dağılımı sağlanamaz. Dolayısıyla derine sızma şeklindeki su kaybı fazla olur, randımanlı bir su uygulanması yapılamaz.

etkili toprak derinliğinin az yada taban suyunun yakın olduğu sığ topraklarda, hem yapılacak kazı toprak derinliğini daha da azaltacağından arazi tesviyesi yapmak sakıncalıdır, hem de bu tip topraklarda derine sızmaya izin vermeyen kontrollü bir su uygulaması yapmak gerekir. Bu da ancak yağmurlama sulama yöntemi ile sağlanabilir.

Fazla taşlı topraklarda arazi tesviyesi yapmak güç olduğundan yüzey sulama yöntemleri seçilmez ve genellikle basınçlı sulama yöntemlerinden yağmurlama sulama yöntemine başvurulur.

Topoğrafik yönden eğimi düşük düzgün arazilerde hemen her türlü sulama yöntemi uygulanabilir. Eğim yüksek olmasına karşın yeknesak ise yüzey sulama yöntemlerinden ancak tesviye eğrilerine paralel karık sulama yöntemi seçilebilir. Yüksek eğimde normal koşullarda yağmurlama sulama yöntemi seçilir. Eğim yüzey sulama yöntemleri için uygun oranda düşük olsa bile arazi yüzeyi dalgalı ise tesviye masrafları artacağından yine yağmurlama sulama yönteminin uygulanması her zaman dikkate alınmalıdır.

Eğimi yüksek tarım alanlarında yüzey sulama yöntemleri ile yapılan sulama sonucunda oluşan yüzey akışı, ciddi erozyon sorunları meydana getirmekte ve erozyon kontrolünde sayısız güçlükler ile karşılaşmaktadır. Yağmurlama sulaması ile bu nitelikteki alanlarda erozyon sorunu olmadan başarı ile uygulanabilmektedir.

Yağmurlama yöntemi ile sulamada toprakta nitrojen depo etme veya nitrojenli gübreyi koruma bakımından avantaja sahiptir. Şöyleki yağmurlama ve karık usulü sulama yapılan alanlarda şekerpancarının yaprakları toprağa bırakılsa karık yöntemiyle sulanan yerde yağmurlama yöntemiyle sulanana nazaran dekarda takriben 2.2 kg daha az nitrojen depo edilmiş olur (Haddock, 1963).

#### 4.4. İklim ve Bitki Özellikleri Yönünden Değerlendirme

Rüzgar hızının yüksek ve esme süresinin fazla olduğu yörelerde yağmurlama sulama yönteminin kullanılması sakıncalıdır. Bu bölgelerde daha çok son zamanlarda geliştirilen ve küçük bir alanı sulayan mini yağmurlayıcıların kullanılması uygundur (Yazar ve Tekinel, 1989).

Hava sıcaklığının yüksek olması durumunda, yağmurlama sulama yönteminde su kayıpları fazla olmaktadır. Bu koşullarda uygulanacak yağmurlama sulamasının sabah ve akşam saatlerinde yapılması ile nisbeten buharlaşma ile oluşan su kaybı önlenmiş olur. Ayrıca bu bölgelerde ağaç altlarına yerleştirilen küçük yağmurlama başlıkları da kullanılabilir.

Bitki büyüme mevsiminde, bitki su ihtiyacının önemli bölümünün yağışlarla karşılandığı yörelerde, ancak kurak periyotlarda destekleme sulamaları yapılır. Bunun için en uygun yöntem, arazi tesviyesi ve tarlabaşı kanallarını gerektirmeyen yağmurlama sulama yöntemidir.

Özellikle ilkbahar geç donlarının tehlikeli olduğu yörelerde ekonomik değeri yüksek bitkilerin dondan korunması için bazı önlemler alınır. Bu önlemlerden biri de yağmurlama sulama yöntemidir. Böyle yörelerde, yağmurlama sulama yöntemi tercih edilerek hem dondan korunma, hemde sulama aynı sistemle yapılır.

Yağmurlama sulama yöntemi sera, bağ-bahçe, çayır?mer'a ve tarla alanları olmak üzere tarımın her kesiminde ekonomik olarak uygulanmaktadır.

Mısır, ayçiçeği ve pekçok lif bitkilerinin boyu yüksektir. Bu bitkilerde yağmurlama sulama yönteminin uygulanması zordur. Bu zorluk jet tipi yağmurlama başlıklarının kullanılmasıyla ortadan kalkmıştır.

Yağmurlama yöntemi, sıra bitkileri ile sık büyüyen bitkilerin sulanmasında uygulanabileceği gibi, meyva ağaçlarının sulanmasında da uygulanabilir. Ancak meyve ağaçlarının sulanmasında ağaç altı sulamasına imkan veren küçük yağmurlama başlıklarının uygulanması daha uygundur.

Yağmurlama sulama yöntemi uygulandığında, yaprakların ıslanması nedeniyle, bitki hastalıkları için uygun bir ortam oluşmaktadır. Örneğin, asmalarda mildiyo, elma ve armutlarda yaprak yanması, muzda kök çürüklüğü, narenciyede siyah leke bu ortamda yaygınlaşır. Yağmurlama sulama yöntemi seçildiğinde etkin bir tarımsal savaşın da gerekliliği unutulmamalıdır. Bunun yanında, ilaçlama yapıldıktan belirli bir süre ve özellikle tozlaşma zamanında yağmurlama ile sulama yapılmamalıdır (Güngör ve Yıldırım, 1989).

#### **4.5. Verime Etkileri Yönünden Değerlendirme**

Bütün sulama uygulamalarında başta gelen amaç kaliteli ve yüksek verimli ürün elde etmektir. Yağmurlama sulama ile sulanan bütün tarım alanlarında bazı olumsuzluklar dışında bu amaç gerçekleştirilmiştir.

Çevik vd., (1987) tarafından limon yetiştiriciliğinde en uygun sulama yönteminin saptanması üzerinde yaptıkları 3 yıllık bir araştırmada sulama yöntemlerinin verim üzerine, etkileri tablo 4.1'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde sadece 1982 yılında sulama yöntemleri arasında verim yönünde farklılığın olduğu görülmektedir. Burada alttan yağmurlamanın en yüksek, üstten yağmurlamanın ise ikinci sırada bir değer gösterdiği belirlenmiştir. Damla ve karık sulama yöntemleri 1982 yılında düşük verim değerleri göstermişlerdir. Diğer yıllar ve 3 yılın biriken etkisi incelendiğinde sulama sistemleri arasında verim yönünden bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Bu durumda 1982 yılında görülen verim farklılığının ağaçların yeni yeni tam verime girmesinden kaynaklandığı ileri sürülebilir. Ancak alttan ve üstten yamurlama sistemlerinin istatistiksel anlamda bir farklılık olmamasına karşın, oransal olarak karık ve damla sulamadan daha yüksek verim gösterdikleri belirlenmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü 3 yılın biriken etkileri dikkate alındığında en yüksek meyve ağırlığı alttan yağmurlama ve üstten yağmurlama yöntemlerinde belirlenmiştir. Damla ve karık sulamalarında meyveler küçük kalmış ve bu iki sistem arasında belirgin bir fark saptanamamıştır. Meyve genişliği; alttan yağmurlama ve üstten yağmurlama sisteminde yüksek, damla ve karık sulamalarında düşük bulunmuştur. Kabuk kalınlığı, en yüksek karık yönteminde, sonra sırasıyla alttan yağmurlama, üstten yağmurlama ve damla sulamalarında belirlenmiştir. Çekirdek sayısı üstten yağmurlama yönteminde en yüksek bulunmuştur. Bunu karık,

Tablo 4.1. Sulama Sistemlerinin Verim ve Meyve Özelliklerine Etkileri.

Yıllar	Sulama Yöntemi	Verim (kg/ağac)	Meyve ağırlığı (gr)	Meyve Uzunluğu (mm)	Meyve Genişliği (mm)	İndeks	Kabuk Kalınlığı (mm)	Dilim Sayısı (Adet)	Cekirdek Sayısı (Adet)	Uşare (%)	Asit (%)	Kuru Madde (%)	Kuru Madde/Asit
1982	D	30,64	118,30	80,1	57,19	0,705	5,14	9,74	5,84	31,68	6,01	10,18	1,69
		a(1)				a			a	a		b	
	K	38,20	108,28	75,91	54,99	0,721	5,05	9,53	7,98	34,76	5,99	9,40	1,57
		ab				a			b	ab		a	
	AY	65,82	117,39	78,34	57,29	0,724	5,02	9,76	9,94	35,25	5,99	9,58	1,59
	c				a				b	b		a	
	ÜY	48,07	113,08	76,34	57,02	0,748	5,27	9,74	12,84	31,84	31,36	9,26	1,62
		b				b			c	a		a	
	D % 5	13,23	Ö.D (2)	Ö.D	Ö.D	0,020	Ö.D	Ö.D	1,95	3,40	Ö.D	0,49	0,06
	D	82,23	105,53	76,48	55,18	0,720	5,17	9,59	7,52	33,29	8,10	9,02	1,10
											b	b	
1983	K	85,17	105,36	79,26	55,69	0,700	5,67	9,63	8,41	32,59	8,06	8,92	1,10
											b	b	
	AY	68,47	105,29	75,18	56,81	0,760	5,64	8,80	9,14	26,62	7,69	8,68	1,13
											a	a	
	ÜY	84,00	110,80	75,23	57,13	0,770	5,35	9,59	5,34	31,75	7,53	8,53	1,13
											a	a	
	D % 5	Ö.D	Ö.D	Ö.D	Ö.D	Ö.D	Ö.D	Ö.D	Ö.D	Ö.D	0,26	0,16	Ö.D
1984	D	100,67	101,59	74,69	54,14	0,725	4,73	9,99	4,05	37,02	6,56	9,24	1,39
		a		a	a	a						ab	
	K	95,68	106,62	76,34	54,50	0,727	5,58	10,02	3,46	35,10	6,67	9,28	1,39
		a		ab	a	ab	c			a		b	
	AY	111,00	126,30	78,52	59,01	0,752	5,37	9,88	4,61	36,22	6,50	8,58	1,32
			b	b	b	bc	bc			b		b	
	ÜY	107,63	106,14	73,59	55,78	0,759	5,11	9,96	4,59	35,26	6,45	8,88	1,38
		a	a	a	c	ab			b		ab		
	D % 5	Ö.D	10,48	2,91	2,02	0,026	0,45	Ö.D	1,11	Ö.D	Ö.D	0,41	Ö.D
Biriken Bitki	D	71,18	108,47	77,10	55,50	0,718	5,01	9,77	5,80	33,99	6,89	9,46	1,39
		a			ab		a		a			b	
	K	73,02	106,75	77,17	55,06	0,717	5,43	9,73	7,27	34,15	6,90	9,20	1,35
		a			a		b		ab			ab	
	AY	81,76	116,33	77,35	57,70	0,746	5,34	9,48	7,24	32,70	6,73	8,95	1,35
			b		c		ab		ab			a	
	ÜY	79,90	110,01	75,05	56,64	0,758	5,24	9,76	8,92	32,79	6,58	8,89	1,38
		ab			bc		ab		b		a		
	D % 5	Ö.D	7,25	Ö.D	1,38	Ö.D	0,40	Ö.D	2,00	Ö.D	Ö.D	0,33	Ö.D

(1): Ortalamalar arasındaki % 5 düzeyindeki farklılıklar aynı harflerle gösterilmiştir.

(\*): Ö.D: Önemli değil

alttan yağmurlama ve damla sulaması izlemiştir. Kuru madde asit oranı yönünden en yüksek değer damla sulamasında bulunmuştur. Bunu karık alttan ve üstten yağmurlama izlemiştir.

Kanber ve Madanoğlu (1981)'nin yaptıkları araştırmada şeker pancarı ekimi yapılmış, uygulanan yağmurlama, salma ve karık yöntemlerinden en yüksek verim yağmurlama sulama yönteminden sağlanmıştır.



#### 4.6. Ekonomik Yönden Değerlendirme

Sulamadan beklenen yararın sağlanabilmesi için önce kuşollara en uygun sulama yönteminin seçilmesi ve sonra bu yöntemin gerektirdiği sulama sisteminin kurulması zorunludur. Koşullara en uygun sulama yönteminin seçilmesinde çok değişik faktörler etkili olmaktadır. Bazen ekonomi dışında diğer tüm faktörler gözönüne alındığında birden fazla sulama yöntemi uygun olabilmektedir. Bu durumda en uygun sulama yöntemi, ekonomik faktörler dikkate alınarak belirlenmektedir. Sulama yöntemi seçildikten sonra uygun sistemin tertiplenmesinde de ekonomik faktörler birinci derecede etkili olmaktadır. En uygun yöntem ve sistem tertiplerinde bir yıla düşen toplam masraflar ve buna karşılık sağlanacak yıllık nett fayda karşılaştırılmaktadır (Hill ve Keller, 1980).

Altınorak (1987), uygun sulama yönteminin seçimine ekonomik faktörlerin etkisini soruşturan araştırmasında, yüzey ve yağmurlama sulama yöntemlerinin uygulanma olanağı bulunan tarım alanlarında damla sulama yönteminin ekonomik olmadığı ve sulama suyunun derin kuyulardan sağlandığı ve ekonomik etmenlerin dışında tüm faktörlerin, yağmurlama, damla ve karık sulama yöntemleri için uygun olduğu model alanda ekonomik etmenler dikkate alındığında en uygun sulama yöntemi olarak yağmurlama sulama yönteminin olduğu sonucuna varılmıştır.

Altınorak ve Yıldırım (1988), yaptıkları bir çalışmada damla sulama yönteminin şeker pancarı, ayçiçeği ve patatesin sulanmasında ekonomik olmadığını ve ayrıca yeraltı sulama alanlarında yağmurlama sulama yönteminin uygulanması karık sulama yönteminden daha ekonomik olduğunu belirtmişlerdir.

Çevik vd., (1987) yaptıkları çalışmada sistemlerin ekonomik analizinde, verim değeri olarak biriken etki esas alınmış ve en az masraflı olan karık sulama sistemi baz alınarak diğer sulama sistemlerinde bir dekar alan için yapılan ek sulama masrafları ile bir dekardan elde edilen ek limon geliri kıyaslanmıştır. Ancak damla sulamanın limon verimi karık sulamadan daha az olduğu için işlem yalnızca alttan ve üstten yağmurlama sistemleri için yapılmıştır. Bu duruma göre; karık sulama ile alttan yağmurlama sulama sistemi arasında, küçük alanlarda, önemli bir fark bulunamamıştır. Ancak 50 dekardan itibaren alttan yağmurlama sistemi daha karlı hale gelmektedir. Buna karşılık üstten yağmurlama sistemi ile karık sulama



sisteminin kıyaslanmasında 5 dekarlık alanda karık sulamanın avantajlı olduğu, daha geniş alanlarda üstten yağmurlama sisteminin daha karlı hale geldiği görülmektedir.

Kanber ve Madanoğlu (1981) sulama metodlarının ekonomik yönden karşılaştırmasını yapmak amacıyla yaptıkları araştırmada motopomp kullanarak yapılan değişik sulama yöntemleri için masraf ögeleri tablosunu çıkarmışlardır (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Motopomp Kullanarak Değişik Sulama Yöntemleri İçin Masraf Ögeleri (TL/da).

Masraf Ögeleri	Yağmurlama	Salma	Karık	Tava
1. Top.Yıllık kullanma Masrafı:	107.14	56.28	56.73	56.28
2. Yıllık Değişken Masraflar:				
-Fesisin tarlaya nakli (Kurma sökmé dahil)	4.83	2.02	2.02	2.02
-Fesisin tarla içinde değiş- tirme masrafı	28.74	-	-	-
-Motopomp değiştirme masrafı	23.74	-	-	-
-Kanal açma	-	0.66	0.66	0.66
-Çizi açma	-	0.44	-	-
-Seddelerin yapılması:	-	-	-	19.75
-Karık açma	-	-	17.91	-
-Sifon atma-toplama	-	-	7.82	-
-Sulama işçilięi	150.1	168.84	214.10	214.75
-Akaryakıt masrafı	113.08	214.84	139.84	224.19
-Yağ masrafı	14.70	16.50	20.90	21.10
-Tamir-bakım masrafı	8.31	4.56	4.56	4.58
<b>T O P L A M :</b>	<b>450.64</b>	<b>463.57</b>	<b>464.57</b>	<b>544.52</b>

Tabloda görüldüğü gibi 1981 yılı fiyatlarıyla toplam masraf yönünden en ekonomik yağmurlama sulama yöntemi olmuştur. Ayrıca aynı çalışmada verim yönünden de dekara en yüksek verimin yağmurlama sulama yönteminden alındığı saptanmıştır.

Sürmeli (1989) tarafından yapılan yağmurlama sulama projesi 150 çiftçi ailesine hizmet edecek ve 4950 dekar arazi sulu tarıma açılacaktır. Sonuçta proje tamamlandığı zaman çiftçilerin yıllık gelirinde (1986 yılı fiyatlarına göre) 143.938.080 TL'lık net gelir artışı sağlanacak, ayrıca proje alanındaki topraklar üzerinde ilkel metodlarla yapılan tarım işletmeciliğinin yerine modern tarım işletmeciliği gelecektir.

#### **4.7. Sosyal ve Kültürel Etkenler Yönünden Değerlendirme**

Çiftçilerin alışkanlıkları, gelenekleri, kültür düzeyi ve tarımsal yönden eğitim düzeyi, kullanılacak sulama yöntemleri açısından önemlidir. Genellikle eğitim düzeyi düşük uygulayıcılarla basınçlı sulama yöntemlerini yürütmek zor olmaktadır.

Tatlídil (1989)'un yağmurlama sulama teknolojisinin yayılması ve benimsenmesi üzerine yaptığı araştırmada sosyal ve kültürel yönden yaş, eğitim düzeyi, köyde yönetime katılma durumunu incelemiş, yağmurlama sulamayı erken benimseyenlerin % 8.00'inin yaşlarının 35'den küçük ve hepsinin okur-yazar olduğunu saptamıştır.

Ülkemizde bir alışkanlık haline gelmiş olan ilkel sulama yöntemlerinden kurtulup daha fazla bilgi ve kültüre gerek duyulan yeni modern sulama yöntemlerinin benimsenmesi güç olmaktadır. Buda çiftçilerin kültürü arttıkça işçilik masrafı az ve fakat ilk tesis masrafı fazla olan yağmurlama sulama yöntemini ve diğer basınçlı yöntemleri tercih etmeleri ile mümkün olacaktır.

## 5. SONUÇ

İyi bir sulama sistemi önceden belirlenen miktarda su uygulayabilmeli dalıyısıyla sulanan alanın her tarafına aynı derinlikte su uygulamalıdır. Ne varki hiç bir sulama sistemi ile yüzde yüz bir üniformalulukta su uygulamak mümkün değildir. Sulama sistemlerinin projelenmesinde temel amaçlardan biri su uygulama üniformaluluğunu optimum kılmaktır. Yağmurlama sulama sisteminde suyun kontrollu ve yeknesak bir şekilde toprağa verilmesi diğer sistemlere göre bu temel amacı sağlamada tercih edilen bir sistemdir.

İsteklere göre iyi bir şekilde projelenen ve işletilen sulama sistemlerinde bitkiler tarafından tüketilen su miktarı çok az farklıdır. Ancak derine sızma ve yüzey akış miktarları itibariyle farklılıklar çok fazla olabilir. Fakat yağmurlama sistemleri bu dezavantajları ortadan kaldıran veya minimuma indiren en iyi yöntemdir.

Her sistemin üstünlükleri ve dezavantajları vardır. Yüzey sulama yöntemlerinin uygulanmasını sınırlayan en önemli faktörler eğim, toprak üniformaluğu topoğrafik sınırlamalardır. Düz alanlarda herhangi bir sistem kullanılabilir. Eğim arttıkça ve toprak üniformaluğu azaldıkça, yalnızca yağmurlama sulama sistemi uygulanabilir olmaktadır.

Bir sulama sisteminin seçiminde dikkate alınması gereken önemli faktörlerden biri de ekonomik faktördür. Bunlar ilk yatırım masrafları ile işletme masrafları, sulanacak bitki veya bitkiler, beklenen verim ve kalitedir. Sistemin kullanılabilir ömrünce bitki üretiminden sağlanacak gelirin, ilk yatırım ve yıllık işletme masraflarını karşılayacak derecede fazla olması gerekir. İş gücü ve enerji gereksinimi işletme masraflarının önemli iki bileşenidir. Sulama sistemlerinin işgücü gereksinimi çok farklıdır. Yağmurlama sulama sistemlerinde işgücü gereksinimi diğer yöntemlere göre azdır.

**KAYNAKLAR**

- Aksöz, İ., 1964, Sulamanın Ekonomik Cephesi. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yay., 107, Ankara, s 95.
- Ayyıldız, M. ve Yıldırım, O., 1986, Basınçlı sulama sistemlerinde yağmurlama başlığı ve damlatıcılardaki yapım farklılıklarının eş su dağılım düzeyine etkisi. II. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 417.
- Ayyıldız, M. ve Yaralı, E., 1985, Yağmurlama başlıklarında yapımca farklılıklarının eş su dağılım düzeyine etkisi. Doğa, 9 (2), 204.
- Anonymous, 1981, Türkiye'de Yağmurlama Sistem ekipmanlarına Olan Gereksinimin Saptanması. Ankara üni.Ziraat Fak. Kültürteknik Bölümü, Ankara, s 111.
- Altınorak, Y., 1987, Uygun Sulama Yönteminin Seçimine Ekonomik Faktörlerin Etkisi. Atatürk Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, s 72. (yayınlanmamış).
- Altınorak, Y. ve Yıldırım, O., 1988, Uygun sulama yönteminin seçimine ekonomik faktörlerin Etkisi. Ankara Üni. Ziraat Fak. Derg. 1, (baskıda).
- Balaban, A. ve Korukçu, A., 1969, Yağmurlama sulama sistemlerinde su dağılımının ölçülme metotları üzerinde bir araştırma. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yıllığı, 69 (4), 250.
- Criddle, W.D., Davis, Si, Pair, C.H. and Shockley, D.G., 1956, Methods for Evaluating Irrigation Systems. Agricultural Handbook, USA, 82, p 24.
- Çevik, B., Kaplankıran, M. ve Yurdakul, O., 1987, Çukurova koşullarında limon yetiştiriciliğinde en uygun sulama yönteminin saptanması üzerinde bir araştırma, Doğa, 11 (1), 42.
- Demirören, T. ve Karaata, H., 1983, Sulama rehberi. Topraksu Araştırma Ana Projesi. 434, 99.
- Demirören, T., 1985, Yağmurlama ve yüzey sulama. Köy Hizmetleri Araştırma Ana Projesi. 432 (1-3), 1.
- Dinçer, H. 1976, Tarım İşletmelerinde Makina Kullanma Masrafları. T.Z.D.K. Mesleki Yay., Ankara, s 18.
- Elhanini, S., 1968, Yağmurlama Sulaması. Topraksu Genel Müdürlüğü Yay., (Çev. A. Balaban), 210, Ankara, s 1.
- Ertuğrul, H. ve Apan, M. 1979, Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. Atatürk Üni. Ziraat Fak., Yay., 252, Erzurum, s 160.
- Erkek, C. ve Ağırlioğlu, N., 1986, Su Kaynakları Mühendisliği. Teknik Kitaplar

- Yayınevi, İstanbul, s 377.
- Güngör, H., 1983, Sulama yöntemlerinde sistem masraf unsurları ve kullanım ömürleri. Topraksu Araştırma Ana Projesi, 432 (5-6), 1.
- Güngör, Y. ve Yıldırım, O., 1989, Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yay., 1155 ankar, s 334.
- Haddock, Jay L., 1963, Hangi Sulama Metodunu Kullanalım Yağmurlama Usulünü mü, Karık Usulünü mü, Topraksu Teknik Dergisi. (Çev. İsmail Sarıkamış), Ankara, 55.
- Hill , R.W. ve Keller, J., 1980, Irrigation Systems Selection for Maximum Crop Profit. Transactions of the ASAE. 23 (2), 366.
- İstanbuluoğlu, A., 1989, İğdir ovası koşullarında pamuk ve şeker pancarı üretiminde sulama yöntemlerinin karşılaştırılması. Erzurum Araştırma enstitüsü Müdürlüğü Yay., 24, 32.
- Iyiol, V., 1960, Sulama Metodları ve Teknik Hesapları. Eskişehir Bölge Sulu Ziraat Deneme İstasyonu, Tam-İş Matbaası, Eskişehir, s 78.
- Kanber, R. ve Madanoğlu, K., 1981, Sulama metotlarının kullanılma özellikleri ve karşılaştırılmaları. Topraksu Araştırma Ana Projesi, 432, 13.
- Karaata, H., 1985, Ceylanponar İkicırcıp Yağmurlama Sulama Rehberi. Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yay., 23, Şanlıurfa, s 165.
- Kızılkaya, T. ve Yegül, Ü., 1988, Su Yapıları. Endüstri Meslek Liseleri için Milli Eğitim Bakanlığı Yay., 811, Ankara, s 137.
- Keller, J., 1965, Selection of economical pipe sizes for sprinkler irrigation system. The Transactions of the ASAE, St. Joseph Michigan, 8 (2), 185.
- Kohl, R.A., 1974, Drop size distribution form mediumsized agricultural sprinklers. Transactions of the ASAE., 17 (4), 693.
- Korukçu, A. ve Yıldırım, O., 1978, Yağmurlama sulama sistemlerinde ekonomik boru büyüklüğünün saptanması. Topraksu Teknik Derg. 49, 127.
- Korukçu, A. ve Yıldırım, O., 1981, Yağmurlama Sistemlerinin Projelenmesi. Topraksu Genel Müdürlüğü Yay., Ankara, s 193.
- Korukçu, A. ve Yıldırım, O., 1983, Yağmurlama sulamasında su dağılımı ile sulama randımanı arasındaki ilişkilerin saptanması üzerinde bir araştırma. Uludağ Üni. Ziraat Fak. Yay., 2 (1), 75.
- Lyle, W.M. and Bordowsky, J.P., 1983, LEPA irrigation system. Evaluation Transactions of the ASAE., Special Edition, 26 (3), 776.

- Maier, H.M., 1983, Sulama Teknolojisi konusunda karşılaştırmalı bir araştırma. Zirai Üretim İşletmesi Ziraat Teknik Lisesi ve Mekanizasyon Eğitim Merkezi Yay., (Çev. Soner Dinler), 16, s 132.
- Meriam, L.J. and Keller, J., 1978, Farm Irrigation System Evaluation. Utah State University, Logan, USA, p 271.
- Özdengiz, A., 1974, Yerli Yapı Bazı Yağmurlayıcı Başlıklarının Su Dağıtım Kaliteleri Üzerinde Bir Araştırma. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yay., 169, Erzurum, s 54.
- Sönmez, N. ve Balaban, A., 1968, Kültürteknik. (Cilt I). Ankara Üni. Ziraat Fak. Yay., 317, Ankara, s 142.
- Solomon, K., 1979, Manufacturing Variation of Trickle Emitters. Transactions of the ASAE, 22 (5), 1034.
- Sözer, Y., 1972, Yağmurlama metodu ile sulama. Pimaş A.Ş. Yay., 16, İstanbul, s 208.
- Sürmeli, Y., 1989, Yağmurlama Sulaması Önemi ve Uygulama Alanı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yay., 6 (30), 29.
- Tatlıdil, H., 1989, Yağmurlama sulama teknolojisinin yayılması ve benimsenmesi üzerine bir araştırma. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yay., 1157, 1.
- Uz, E., 1976, Pompaj ve Yağmurlama Sulama Tekniği. Ege Üni. Ziraat Fak. Yay., 268, İzmir, s 171.
- Yazar, A. ve Tekinel, O., 1989, Modern sulama sistemlerinin karşılaştırılması. Çukurova Üni. Ziraat Fak. Derg., 4 (4), 11.
- Yazar, A., Vd., 1990, Sulama Sistemlerindeki Son Gelişmeler. Çukurova Üni. Ziraat Fak., Derg., 5(2), 65.
- Yıldırım, O. ve Ayyıldız, M., 1984, Türkiye'de yapılan bazı boruların yağmurlama sulama sistemlerinde lateral kullanım özellikleri üzerinde bir araştırma. Ankara Üni. Fen Bilimleri Enst. Yay., 1, 1.
- Yıldırım, O., 1986, Sulama Teknolojisi Sorunları. Kültürteknik Giriş. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yay. 996, Ankara, s 93.
- Yıldırım, O., 1988, Yağmurlama sulama yönteminde eş su dağılımının ekonomik yönü. III. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri (Tübitak), 25.
- Yıldırım, O. ve Özder, F.E., 1990, Bazı büyük yağmurlama başlıklarının su dağılım özellikleri. Tübitak Yay., 14, 360.
- Zimmerman, J.D., 1966, Irrigation. John Wiley and Sons Inc., New-York, p 161.
- Wu, I. and Gitlin, H.M., 1973, Design of pressure, length of a drip irrigation line. Transaction of the ASAE. St. Joseph Michigan, 73 (15), 37.