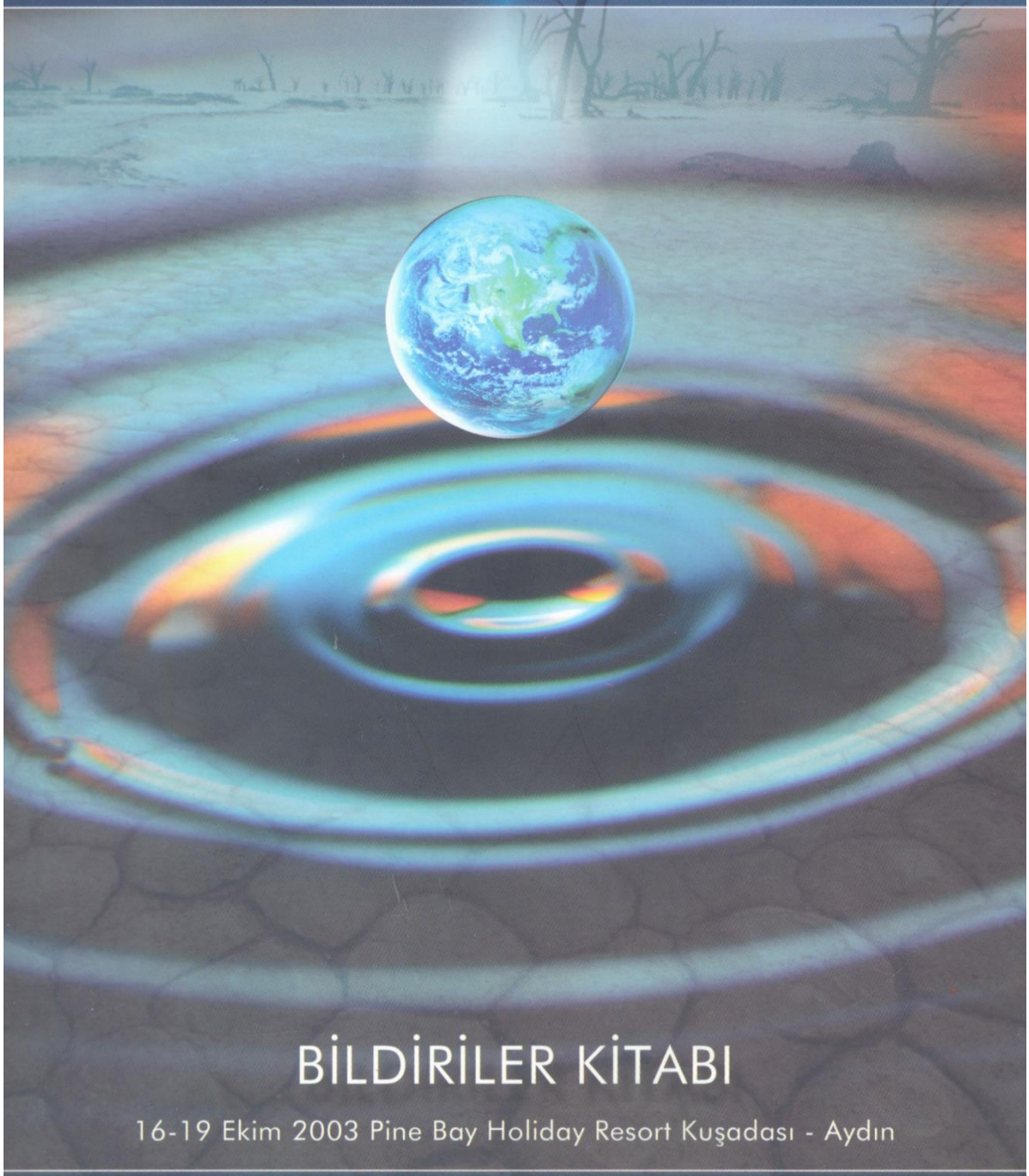
2. ULUSAL SULAMA KONGRESİ



BİLDİRİLER KİTABI

16-19 Ekim 2003 Pine Bay Holiday Resort Kuşadası - Aydın

KÜLTÜRTEKNİK DERNEĞİ

BASINÇLI SULAMA SİSTEMLERİ VE UYGUN SULAMA SİSTEMİNİN SEÇİMİ

A.Nejat EVSAHİBİOĞLU[1] Ali ÜNLÜKARA[2]

Özet: Günümüzde özel sektör tarafından çiftçilerin kullanımına sunulan çok çeşitli basınçlı sulama sistemleri bulunmaktadır. Ancak her sistemin farklı üstünlükleri ve sakıncalı yönleri vardır. Sistem maliyeti, kullanım sırasında ortaya çıkan işletme ve bakım masrafları, yetiştirilen bitki, toprak ve topoğrafya şartlarına uygunluğu, sistemin etkinliği, iklim koşulları, kullanılan sulama suyu miktarı ve kalitesinin incelenmesi son derece önemli olmaktadır. Başarılı bir sulamanın gerçekleştirilebilmesi amacıyla sistemin kurulacağı şartlara uygun yağmurlama ve damla sulama sistemlerinden birisi seçilirken belirtilen şartlar dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada farklı yağmurlama sulama ve damla sulama sistemlerinin kullanımı için uygun bitki, toprak ve topoğrafya şartları yanında yatırım ve işletme masrafları hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır.

Abstract: There are a lot of pressurized irrigation systems readily available for farmer use. However, each system has its own advantages and disadvantages. System cost, cost of maintenance and operation, suitability of the system to plant, soil, and topographical conditions, system efficiency, climate conditions, quality and quantity of irrigation water are extremly important factors for irrigation systems. The above mentioned factors must be considered before a decision about which system to be used. In this study, it was aimed to give useful information about crop, soil, and topographical conditions for sprinkler and microirrigation systems and their investment and operational cost.

YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMLERİ

Yağmurlama sulama, yağmur benzeri damlalar oluşturulması ve toprak yüzeyine dağıtılması için basınç enerjisiyle çalışan çeşitli tipte başlıkların kullanıldığı bir sulama yöntemidir. Yağmurlama sulama sistemi bir su kaynağı, su basıncını sağlayan pompa birimi, suyu basınç altında başlıklara ileten boru ağı ve su akışını kontrol eden vanalardan oluşmaktadır.

Günümüzde çok çeşitli tipte yağmurlama sistemleri ve sistem ekipmanları kullanılmakla birlikte, elle taşınan lateral yağmurlama sistemi, tekerlekli lateral yağmurlama sistemi, dairesel ve doğrusal hareketli yağmurlama sistemi, gezici tabanca, sabit ve sürekli sabit yağmurlama sistemi ve düşük enerji duyarlı su uygulama sistemi özellikleri incelenmeye çalışılmıştır.

ELLE TAŞINAN YAĞMURLAMA LATERAL SİSTEMİ

Bu sistem düzenli aralıklarla yerleştirilmiş veya bir kaç lateral boru hattını kullanmaktadır. Lateral boru hattı genelde 6, 9 veya 12 m uzunluğunda aluminyun borulardan oluşmakta ve boru bağlantılarında özel pratik bağlantı bileşenleri kullanılmaktadır. Başlıklar yetiştirilmekte olan bitkiden daha yüksek seviyede çalışmayı sağlayan bir yükseltici boru üzerine monte edilmektedir. Meyve bahçelerinde yükseltici

[1] Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü
[2] Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

borular kısa olabilir ve böylece başlıklar ağaç örtüsü altında çalıştırılabilirler. Yükselticiler lateral hatta istenilen başlık aralığına karşılık gelecek şekilde boruların birleşme yerlerine bağlanmaktadır. Yağmurlayıcı lateral bir bölgeye yerleştirilir ve istenilen su uygulaması gerçekleşene kadar çalıştırılır. Daha sonra, lateral hat sökülür ve sulanacak olan bitişik alana taşınır. Bu tipte bir yağmurlayıcı sistem düşük başlangıç maliyetine sahiptir fakat çok işçilik gerektirmektedir. Bazı bitkilerin olgunlaşması aşamasında laterallerin taşınması güç olmasına karşın çoğu bitkler bu yöntemle kolaylıkla sulanabilmektedir. Agır bünylin topraklarda lateral hatların taşınması çok zor olduğundan ilave bir lateral hat gerekli olabilir.

TEKERLEKLİ LATERAL YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMİ

Tekerlekli lateral sistemi her bir boruya bir tekerleğin takıldığı ve tekerlekler arasında boruların bir aks görevi gördüğü elle taşınan lateral sisteminin dönüşümünden ibarettir. Lateral hat özel olarak güçlendirilmiş boru ve bağlantı parçalarından oluşmaktadır. Genellikle boru et kalınlığı en az 1.8 mm olan 100-125 mm çapında alüminyum borular kullanılmaktadır. Yer değiştirme sırasında aksın bitkileri rahat bir şekilde geçebileceği yükseklikte tekerlekler seçilmektedir. Yaygın olarak 1.2, 1.5, 1.6 ve 1.9 m çaplarındaki tekerlekler kullanılmaktadır. Genellikle lateralin orta kısmına yerleştirilmiş hava soğutmalı benzinli bir motor aracılığıyla tekerleklerin döndürülmesi sağlanmakta ve uzunluğu 800 m kadar olabilecek lateral hat bir pozisyondan diğerine taşınmaktadır. Lateralin hareket ettirilmesinde elle çalışan dişli çarklardan oluşan bir manivela birimi de kullanılabilmektedir. Ana hat ile lateral hat bağlantısı uzun esnek bir boruyla sağlanmazsa, lateralin taşınabilmesi için ana ve lateral hat bağlantısı yeniden sökülüp takılmaktadır. Lateral hattı oluşturan her bir borunun uç kısmına doğru bağlanmış olan kısa yükselticiler üzerine yağmurlama başlıkları monte edilmiştir. Lateral hattın hareketi durduğunda başlıklar kendiliğinden ayarlanarak yukarı pozisyona çevrilirler. Lateral hatta basınç düştüğünde yükseltici borunun diğer tarafında bulunan dren vanaları otomatik olarak açılarak lateralin çabuk bir şekilde drene edilmesi sağlanır ve böylece lateral hattın taşınmasında oluşabilecek zaman kaybı azaltılır. İşçilik gereksinimi elle taşınan lateral sisteminden çok daha düşüktür.

HAREKETLİ JET TİPİ YAĞMURLAMA BAŞLIĞI

Yüksek basınçlı ve kapasiteli yağmurlama tabancasının bir taşıyıcı araç üzerine monte edilmesiyle oluşturulan bu sisteme su, ya bir esnek boru aracılığıyla veya doğrudan açık bir kanaldan sağlanmaktadır. Kapasitesi 78 l/s ve ıslatma çapı 180 m kadar olabilmekte ve önerilen işletme basıncı 4.8-8.8 atm arasında değişmektedir. Tabanca sabit bir pozisyonda istenilen süre kadar çalıştırıldıktan sonra bitişik bir pozisyona bir çekici veya elle taşınır. Ancak tabanca hareket halindeyken sulamanın yapıldığı işletme yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. İyi bir su dağılımı için yağmurlayıcı tabanca tam dairenin %80-90'ını sulayacak şekilde çalıştırılmakta ve böylece taşıyıcı aracın kuru bir zemin üzerinde hareket etmesi sağlanmaktadır. Oluşan yağmur damlalarının iri ve yağmurlama hızının yüksek olmasına karşılık bir çok bitkinin sulanmasında kullanılabilmektedir. Yüksek infiltrasyon hızına sahip kaba bünyeli topraklar ile iyi zemin örtüsü geliştirilen bitkilerin sulanmasında en uygun kullanıma sahiptir.

DAİRESEL VE DOĞRUSAL HAREKETLİ YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMİ

Dairesel hareketli lateral sistemi, suyun sağlandığı sabit bir merkez eksen etrafında dönen ve kuleler üzerine bağlanmış olan tek yağmurlayıcı lateralden ibarettir. Lateraller genellikle 365-400 m uzunlukta olmakla birlikte 60 m kadar kısa veya 790 m kadar uzun da olabilmektedirler. Tekerlekler veya kızaklar üzerine monte edilmiş ve yükseklikleri 2-4 m arasında değişen kuleler 25-75 m aralıklarla yerleştirilmektedir. Kuleler tekerlekler üzerine monte edilmiş elektrik motorları, su basıncıyla veya hidrolik motorlar aracılığıyla kendiliğinden hareket etmektedir. Lateralin düzgün bir hat şeklinde tutulması ve dönebilmesi için bir ayar düzeneği kullanılmaktadır. Sistemin tam daire hareketini tamamlaması yarım gün ile birkaç gün arasında değişebilir. Su uygulama derinliği lateralin dönme hızıyla belirlenmektedir. Daha uzun lateral kullanılması, lateral uç kısmının daha hızlı hareket etmesi ve söz konusu son kısımda sulanan alanın daha büyük olması sonucunu doğurmaktadır. Bu nedenle su uygulama oranının sağlanması amacıyla merkez eksenden olan uzaklıkla orantılı olarak su uygulama hızı artırılmaktadır. Lateral sonundaki yüksek yağmurlama hızı nedeniyle, bazı topraklarda yüzey akış meydana gelebilir. Su gereksinimi, su uygulama hızı ve toprak özellikleriyle iyi bir uyum sağlamak amacıyla bu sistem için özel olarak başlıklar üretilmiştir. Dairesel hareketli lateral bir daireyi suladığı için kare şeklindeki tarlaların köşeleri sulanmadan kalmakta ve alanın %79'u sulanabilmektedir. Tarla köşelerinin sulanması için sisteme özel ekipmanlar eklenmektedir. Bu ekipmanlar tarla köşelerine yaklaştıkça devreye girmekte ve uzaklaştıkça devre dışı kalmaktadır. Bu durum, pompa randımanını düşürmektedir. Dairesel hareketli lateral sistemi çoğu tarla bitkilerini sulayabilmesine karşılık ağaçlar ve şaraplık bitkilerden bazıları için kullanıma sahiptir. Yüksek infiltrasyon hızına sahip kaba bünyeli topraklara iyi uyum sağlamakta olup hafif ve sık sulamaya gerek duyulan yerler için kullanışlıdırlar. Daha ağır bünyeli toprakların sulanmasında da kullanılırlar ancak su uygulama derinliği önemli ölçüde düşürülür. Uygun şekilde planlandıklarında dik ve dalgalı arazilerin sulanması da başarılı bir şekilde yapılabilir.

Doğrusal hareketli lateral sistemler, yapı olarak dairesel hareketli lateral sistemine benzemektedir. Lateral hat kendisine dik doğrultuda tarlanın aşağısına doğru hareket etmektedir. Esnek hortumlar aracılığıyla veya doğrudan tarla boyunca açık bir kanaldan lateral hatta su sağlanmaktadır. Açık kanaldan su sağlanması durumunda bir taşıyıcı üzerine yerleştirilmiş motor, su pompası ve jeneratör gerekmektedir. Motor pompayı çalıştırarak laterale su verirken üretilen elektrik enerjisiyle lateralin tarla boyunca hareketi sağlanır. Sistem yüksek engellerin olmadığı dikdörtgen şeklindeki tarlaları sulamak amacıyla planlanmıştır. Hem dairesel hem de doğrusal hareketli lateral sistemleri yüksek su uygulama randımanına sahiptirler. Yüksek yatırım maliyeti gerektirmelerine karşılık sulama işçiliği gereksinimleri düşüktür.

DÜŞÜK ENERJİ DUYARLI SU UYGULAMA SİSTEMİ

Düşük enerji duyarlı su uygulama sistemleri, doğrusal hareketli lateral sistemlerine benzemektedir ancak düşük enerji kullanmaları nedeniyle yeterli derecede farklıdırlar. Lateral hat karıklarda toprak yüzeyine su veren damlatıcılar ve düşük basınçlı orifislerle

donatılmıştır. Bu su dağıtım sistemi, yüzey akış kontrolü için (ve sulama döneminde düşecek yağışı tutmak için) genellikle mikro tava arazi hazırlığıyla birlikte kullanılırlar. Yüksek etkinlikte sulama yapmak mümkündür fakat yüzey akışın ve karık boyunca üniform olmayan su dağılımın önlenmesi için karıklardaki mikro tavalar içerisinde yeteri kadar yüzey depolama hacmine veya yüksek toprak su alma hızına gereksinim duyulmaktadır.

SABİT VE SÜREKLİ SABİT YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMİ

Elle taşınan lateral yağmurlama sulama sistemlerinden farkları, sulama esnasında her hangi bir lateralin taşınmasına gerek duyulmayacak şekilde tüm alanın yeteri kadar lateralle kaplanmasıdır. Sabit sulama sisteminde lateral boru hatları sulama mevsimi başlangıcında tarlaya yerleştirilirler ve sulama mevsimi sonuna kadar yerlerinde bırakılarak taşınmazlar. Bu sistemin kurulmasında genellikle taşınabilir alüminyum borular kullanılmaktadır. Yalnızca sulama mevsimi başlangıcında ve sonunda işçiliğe gereksinim duyduğu için sulama mevsiminde işçilik gereksinimleri en az düzeydedir. Sürekli sabit yağmurlama sulama sistemlerinde genellikle PVC plastik boruların kullanıldığı ana ve lateral boru hatları gömülü ve sürekli sabittirler. Yükseltici boruların bir kısmı ve başlıklar toprak yüzeyi üzerinde kalmaktadır. Yalnızca dondan korunma esnasında tüm başlıklar aynı anda çalıştırılmalarına karşılık genellikle sistem manifold borulara bağlı lateral bloklara bölünmekte ve manifold vanası açılarak bloklar sırayla çalıştırılmakta veya her bir laterale takılan vanalar aracılığıyla belirli bir düzene göre lateraller çalıştırılmaktadır. Son derece yüksek yatırım maliyetleri nedeniyle uygulamada yüksek gelir getiren bitkilerin sulanmasında kullanılmaları uygun olmaktadır.

YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMLERİNİN ÜSTÜN VE SAKINCALI YÖNLERİ VE MALİYETİ

Diğer su uygulama yöntemleri kullanılarak sulama yapılmasının zor olduğu geçirgen topraklar, sığ toprak derinliğine sahip araziler, diğer sulama yöntemlerinin uygulanması için gereksinim duyulan tesviyeyi engelleyen araziler, dik eğimli ve kolayca erozyona uğrama potansiyeline sahip araziler, diğer su uygulama yöntemlerinin kullanımı için tesviye işleminin pahalıya mal olacağı dalgalı araziler, yağmurlama sulama sistemi kullanılarak başarılı bir şekilde sulanabilir.

Yağmurlama sulama, herhangi bir bitki, toprak ve topoğrafya şartlarında kullanılabilen çok iyi bir su uygulama yöntemidir. Yüzey kanallarına ve ön arazi hazırlanmasına gerek duymaması, boruların kolayca taşınması ve sulama yapılmayan zamanlarda tarla çalışmalarına engel olmaması nedeniyle rağbet görmektedir. Düşük miktarda ve hızda su uygulayabilmeleri nedeniyle, tohum çimlenmesi, dondan koruma, meyve ağaçlarında tomurcuklanma ve meyve oluşumunun geciktirilmesi, sıcak havalarda bitkilerin soğutulması ve rüzgar erozyonu kontrolü için de kullanılabilen yağmurlama sulama sistemleri aracılığıyla gübre ve çeşitli kimyasal maddeler de uygulanabilmektedir (James, 1988; Solomon, 1990; Schwap ve et al., 1993).

Çoğu bitkiler, çeşitli yağmurlama sulama sistemlerinden birisiyle sulanabilmektedir. Sistem seçiminde bitki faktörleri özellikle bitki boyu dikkate alınmaktadır.

Yağmurlama sulama yöntemi ile tuzlu toprakların ıslahı daha uzun süreye ihtiyaç görtermesine rağmen, bu yöntem yüzey sulama yöntemlerine göre daha az su kullanımını sağlamaktadır. Bu durum taban suyunun yüksek olduğu alanlarda önemli olabilmektedir. Tuzlu suyla yağmurlama yapıldığında bir çok bitkinin yeşil aksamının zarar görmesi yağmurlama sulama sisteminin sakıncalı bir yönüdür (Solomon, 1990). Hassas bitkiler yeşil aksamları ıslakken tuz absorbe etmeleri nedeniyle yağmurlama sulama yöntemleriyle tuzlu sular uygulanmamalıdır. Öldürücü konsantrasyonlara ulaşana kadar bu tip bitkiler yeşil aksamlarıyla tuz absorbe ederek yapraklarında biriktirirler. Bitkinin yağmurlama yöntemi ile tuzlu su uygulanmasına olan duyarlılığı, bitkinin toprak tuz toleransından daha fazladır. Tuz absorpsiyonu genellikle havanın sıcak ve nispi nemin yüksek olduğu zamanlarda meydana gelmektedir. Yağmurlama yöntemi kullanılarak tuzlu sularla sulama yapıldığında bitki yeşil aksamlarının tuz absorpsiyonunun en aza indirilmesi, su uygulamasının gece yapılması ve yaprakların sıkça ıslatılmasıyla başarılabilir (Rhoades et al., 1992).

Farklı yağmurlama sistemleri için sulama randımanları Çizelge 1 de verilmiştir.

Suyun toprak seviyesinde tarla başında bulunduğu ve ana boru hattı ile pompa tesisini içerdiği gözönüne alınarak Çizelge 2'de yağmurlama sulama sistemleri maliyet faktörleri özetlenmiştir. Ana yatırım maliyetleri, sistem tipi ve sulanan alan büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. Enerji maliyetleri farklı ülkeler için önemli derecede değişim göstermektedir. Bu nedenle Çizelge 2'de her hangi bir bölgede uygun bir enerji maliyeti tahmin etmek amacıyla 1000 m^3 suyun uygulanması için gerek
duyulan enerji gereksinimi (kWh) şeklinde verilmiştir. Hesaplamalarda pompa randımanı %75 alınmıştır.

Çizelge 1. Çeşitli yağmurlama sulama sistemlerinin randımanları

Sistem Tipi	Randıman (%)
Elle taşınan lateral	65-75
Tekerlekli lateral	65-75
Gezici Tabanca	60-70
Dairesel hareketli lateral	75-90
Doğrusal hareketli lateral	75-90
Sabit ve Sürekli sabit yağmurlama sistemleri	70-80
Düşük enerji duyarlı su uygulama sistemi (LEPA)	80-95

İşçilik gereksinimleri kullanılan ekipmanın otomasyon ve mekanizasyon derecesine bağlı olarak değişmektedir. Elle taşınan sistemler en az kalifiye fakat en fazla miktarda işçilik gerektirir. Öte yandan, dairesel ve doğrusal hareketli lateral sistemleri ve düşük enerji duyarlı su uygulama sistemi, işletme ve bakımda önemli derecede kalifiye işçilik ister fakat gerek duyulan işçilik miktarı azdır. İşletme masrafları sistem tipi ve bölgesel işçi maliyetlerine göre değişim gösterdiğinden uygulanan 1000 m^3 su için gerek duyulan yaklaşık saatlik işçilik gereksinimi şeklinde Çizelge 2'de verilmiştir. Yağmurlama sulama sistemi tipine göre önemli derecede değişim gösteren işletme basıncı gereksinimleri ile enerji tüketimleri arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. En fazla basınç isteyen gezici tabanca sistemi 4.8-8.8 atm arasında basınç gerektirirken düşük basınç duyarlı su uygulama

sistemi 1 atm basınç gerektirmektedir. Diğer sistemler başlıkların planlanması ve memelerin seçimine bağlı olarak 2-4 atm arasında bir basınca ihtiyaç duymaktadırlar.

Bakım masraflarını tahmin etmek zordur fakat yaklaşık bir gösterge olarak sistemin başlangıç ana masrafının yüzdesi şeklinde bir yaklaşımla yıllık bakım masrafları gösterilmiştir.

Çizelge 2. Çeşitli yağmurlama sulama sistemlerinin yatırım, işletme ve bakım masrafları

Sistem Tipi	Sulanan Alan (ha)	Yatırım Maliyeti ($/ha)	Enerji Tüketimi kwh/1000 m^3	İşçilik Gereksinimi saat/1000 m^3	Yıllık Bakım Maliyeti Faktörü (%)
Elle taşınan	65	450-670	88-214	1.65	2
Tekerlekli	65	950-1100	88-214	1.17	2
Gezici tabanca	32	950-1200	350-486	0.68	6
Dairesel hareketli lateral köşe sistemsiz	55-81	700-1100	88-234	0.1	5
Dairesel hareketli lateral köşe sistemli	61	950-1200	97-243	0.1	6
Doğrusal hareketli lateral (kanaldan su alan)	130	1100-1300	88-234	0.2	6
Doğrusal hareketli lateral (esnek hortumla su alan)	130	1600-2050	127-263	0.2	6
Sabit sistem	165	2720-3200	88-214	1.0	2
Sürekli sabit sistem	165	2300-3460	88-214	0.1	1

MİKROSULAMA SİSTEMLERİ

Mikro sulama terimi geneldir ve birkaç yöntemi içine almakta olup damla sulama, yüzey altı sulama, mikro başlıklı sulama ve küçük borulardan akıntı şeklinde sulama yöntemlerinden oluşmaktadır. Genellikle sulanacak bitkiye veya yakınına toprak yüzeyine damla sulama küçük damlatıcılardan suyu uygulamaktadır. Yüzey altı sulaması, toprak yüzeyi altında su uygulanmasıdır. Damla ve yüzey altı sulama için damlatıcı debisi saatte 12 litreden genelde daha azdır. Küçük borulardan akıntı şeklinde sulamayla, toprak yüzeyine küçük su akışı uygulamasıdır. Uygulayıcı su boşaltma miktarı (saatte 250 litreye kadar) toprak infiltrasyon hızını geçtiğinden toprak yüzeyinde su göllenmektedir. Su dağılımını kontrol etmek amacıyla bir küçük tavalar kullanılır. Mikro başlıklı sulama, küçük bir yağmurlama başlığı veya sisleyici ile suyu toprak yüzeyine uygulamaktadır. Saatlik debi miktarı 120 litreden daha azdır (James, 1988). Mikro başlıklı yağmurlama sulama yöntemi, genellikle damla sulama yöntemleri ile ikili lateral tertip biçiminde bile yeterli ıslatma oranının elde edilemediği geniş dikim aralıklarına sahip meyve ağaçlarının sulanmasında kullanılmaktadır (Yıldırım ve Korukçu, 1990).

Damla sulama, suyun ya direk olarak toprak yüzeyine veya bitki kök bölgesine sık ve yavaş bir şekilde uygulanmasıdır. Tüm arazi yüzeyine su verilmesinden çok yalnızca bitki kök bölgesine su verilmesi ve kök bölgesinde suyun optimum seviyede tutulması esasına dayanmaktadır (James, 1988). Damla sulama yönteminde temel ilke, yetiştirilen bitkide topraktaki nem eksikliğinden kaynaklanan bir gerilim yaratmaksızın, her defasında az miktarda sulama suyunun sık aralıklarla yeterli düzeyde bitki köklerinin gelişmesinin sağlayacak ortama vermektir (Yıldırım ve Korukçu, 1999).

MİKRO SULAMA SİSTEMLERİNİN ÜSTÜN VE SAKINCALI YÖNLERİ VE MALİYETİ

Meyve ağaçları, fındık ağaçları, sofralık ve şaraplık üzüm asmaları, şeker kamışı, ananas, çilek, çiçekler ve sebzeler gibi değeri yüksek bitkilerin sulanması için mikro sulama kurak bölgelerde yaygın bir şekilde kabul görmüştür. Pamuk, sorgum, şeker mısırı gibi tarla bitkilerinin sulanmasında başarılı bir şekilde kullanılmasına rağmen mikro sulama ile tarla bitkilerinin sulanmasında iyi uyum sağlanamamaktadır (Schwab et al., 1993). Damla sulama ağaçlar, asmalar ve sıra bitkileri için en iyi bir sulama yöntemidir. Tek sınırlama, sık aralıklı bitkilerde artan sistem maliyeti olmaktadır. Tahıllar veya yem bitkileri gibi tam örtü bitkileri, damla sulama sistemiyle ekonomik olarak sulanamayabilir (Solomon, 1990). Yapılan denemeler, damla sulama yönteminin diğer yöntemlere göre %0-50 arasında değişen oranlarda verim artışları sağladığını göstermektedir. Bununla birlikte bitki kalitesi de iyileşebilmektedir (Schwab et al., 1993).

Damla sulama çoğu topraklar için uygundur. İnce bünyeli topraklarda su uygulama hızı, yüzey akış, erozyon ve havalanma problemleriyle birlikte göllenmeye neden olabilir. Kaba bünyeli topraklarda, damlatıcılar altında suyun yanal hareketi sınırlanabileceğinden istenilen kök bölgesi alanını ıslatmak amacıyla daha yüksek debili damlatıcılar gerekebilir. Uygun planlama için, gerekirse basınç regülatörleri ve basınç ayarlı damlatıcıların kullanılmasıyla, damla sulama yöntemi hemen hemen her topoğrafyaya uygulanabilmektedir. Bazı alanlarda, işlemenin sınırlayıcı faktör haline geldiği dik eğimli alanlarda başarıyla uygulanabilir.

Damla sulama daha uzun bir zamanda diğer sulama yöntemlerine göre daha yavaş bir su uygulama hızı kullanmaktadır. Yüksek tüketim dönemlerinde ekonomik planlama için, tüm gün boyunca çiftlikte suya gereksinim olacaktır. Sürekli olarak su mevcut olmazsa, suyun depolanması gerekebilir. Bazı özel durumlara dikkat edilerek damla sulamayla tuzlu sular başarılı şekilde uygulanabilir. Islanan toprak hacmi etrafında tuz birikimi söz konusu olmaktadır. Şayet sulama aralığı uzatılırsa, toprak su hareketi tuzları kendiliğinden kök bölgesine getirecek şekilde tersine dönebilir. Hafif yağışlarda, ıslanan hacim etrafındaki tuzlar bir tehlike oluşturabilir. Kök bölgesi altına bu tuzları yıkamak için yeterli su uygulanmazsa böyle bir yağış tuzları kök bölgesine taşıyabilir. Belirli bir tuz birikimi döneminden sonra yağmur yağması durumunda tuz zararını önlemek amacıyla yaklaşık yağış 50 mm oluncaya kadar sulamaya devam edilmelidir. Yıllık yağışın tuzları yıkamak için yetersiz olduğu (300-400 mm den daha az) kurak bölgelerde, yüzey sulama sistemi veya bir destekleyici yağmurlama sulama sistemiyle gerek duyulduğunda zaman zaman suni yıkama yapılabilir.

Basınçlı bir sulama şekli olmasına karşın damla sulama düşük basınçlı ve düşük debili bir yöntemdir. Küçük su akış kanalına sahip olan damlatıcılar tıkanmaya karşı duyarlıdırlar. Tıkanmaya karşı damlatıcıların duyarlılığı planlamayla değişim göstermekle birlikte bütün damlatıcılar tarımsal alanlarda su iyileştirilmesine gereksinim duymaktadırlar. Sudan inorganik parçacıkları uzaklaştırmak için siklonik ayrıştırıcılar ve elek filtreler, sudan organik içerikleri uzaklaştırmak için kum-çakıl filtreleri kullanılırlar. Bunun dışında suyun kimyasal işlemlerine; sudaki biyolojik faaliyetleri kontrol etmek için, pH'yı ayarlamak için yada damlatıcıları tıkayan kimyasal oluşumları önlemek için gereksinim duyulabilir. Uygun planlama ve su geliştirme birimlerinin bakımı, damla sulama sisteminin başarılı şekilde kullanılmasında hayati öneme sahiptir.

Uygun şekilde planlanmış ve bakımı yapılmış damla sulama sistemleri yüksek randımana sahiptir. Planlama randımanının %90-95 düzeyinde olması uygun olmaktadır. Makul bir özen ve bakımla sulama randımanının %80-90 arasında olması beklenmektedir. Tıkanmanın bir problem olduğu veya damlatıcı performansının önemli derecede değişken olduğu yerlerde tarla su uygulama randımanları %60 kadar düşük olabilir. California'da kapsamlı bir arazi çalışması, tarlada ölçülen damla sulama sistemleri randımanlarının ortalama %80 olduğunu belirlemiştir.

Düşük akım karakteristikleri nedeniyle, damla sulama sistemleri genelde birkaç alt birime sahiptirler ve uzun bir sulama zamanı için planlanırlar. Sistemler elle işletilebildiği gibi tamamen otomatik de çalışabilir. Sistem bakımı ve denetimi için işçiye gereksinim duyulmaktadır. Gereksinim duyulan bakım işçiliği miktarı, damlatıcıların tıkanmaya karşı duyarlılığı ve sulama suyu kalitesiyle ilişkili olmaktadır. Bir şaraplık bağ alanında, bir sulama işçisi günde yaklaşık 20 ha alanı denetleyebilir ve bakımını yapabilir.

Damla sulama sistemleri, basınçlı sulama sistemlerinin diğer şekillerine göre daha az enerji kullanmaktadırlar. Damlatıcılar genellikle 0.35-1.7 atm basınç aralığında işletilirler. Kontrol üniteleri ve boru ağlarındaki basınç kaybını karşılayabilmek için damlatıcı işletme basıncına ilaveten bir basınca daha gereksinim duyulduğundan sistem basıncı yaklaşık düz arazide küçük sistemler için 2 atm' den dalgalı arazide daha büyük sistemler için 4 atm' e kadar değişim göstermektedir.

Damla sulama sistemi maliyetleri sulanan bitki ve kullanılan boru tipine büyük oranda bağlı olmaktadır. Damla sulama sistemi maliyeti, geniş aralıklı meyve bahçeleri için en düşük (yaklaşık 2225 $/ha) olmaktadır. Daha sık aralıklı bağlar için maliyet artmaktadır (yaklaşık 3460 $/ha). Sık aralıklı sebzeler için yeniden kullanılabilir lateralli damla sulama sistemlerinin maliyeti 2965-4940 $/ha arasında, atılabilir laterallerin kullanıldığı damla sulama sistemleri maliyeti 1853-2965 $/ha arasında değişebilir. Bu maliyetler, pompalar, filtreler, kontrol birimleri, ana ve manifold boru ile damlatıcıları içeren kalitesi yüksek sulama sistemleri için söz konusu olmaktadır. Pompa, filtrasyon ve kontrol ekipmanlarının yeterli olacağı yerlerde maliyetler, belirtilen maliyet şekillerinden %20-25 daha düşük olabilir.

İşletme masraflarını şekillendiren diğer yaklaşımlar, enerji ve işçilik tahminlerine dayanmaktadır. Uygulanan 1000 m^3 su için 7.3-14.6 kwh enerji gereksinimi damla sulama sistemleri için kullanılabilir. Gereksinim duyulan işçilik için uygulanan 1000 m^3 su başına 0.34 saat şeklinde tahmin edilmektedir. Söz konusu yıllık işletme ve bakım masrafları başlangıç yatırım maliyetinin yüzdesi cinsinden Çizelge 3'de verildiği şekilde de tahmin

edilebilmektedir. Damla sulama sistemleri için tipik işletme ve bakım maliyetleri bölge koşulları ve sağlanan sulama randımanına önemli derecede bağlı olarak değişir.

Çizelge 3. Damla sulama sistemlerinin yıllık işletme ve bakım masrafları

Masraf Türü	Başlangıç Yatırım Maliyeti Yüzdesi Cinsinden Maliyet Faktörü (%)
İşçilik	1.5
Enerji*	3-7
Su*	4-6
Bakım	3

*Sistem etkinliğine bağlı olarak değişmekte

KAYNAKLAR

James, L.G., 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. John Wiley & Sons Inc., USA.

Rhoades, J.D., Kandiah, A. And Mashali, A.M., 1992. The use of saline waters for crop production. FAO Irrigation and Drainage Paper 48, Food And Agriculture Organization of The United Nations, Rome.

Schwab, G.O., Fangmeier, D.D, Elliot, W.J. and Frevert, R.K., 1993. Soil and Water Conservation Engineering. John Wiley & Sons Inc., Fourth Edition, USA.

Solomon, K.H., 1990. Selecting the apprpriate irrigation system, characteristics of sprinkler and trickle systems examined. Agribusiness Worldwide, September/October 1990, Kansas/USA.

Withers, B. and Vipond, S., 1987. Irrigation design and practice. Cornell University Press, second edition, Ithaca, New York.

Yıldırım, O. ve Korukçu, A., 1990. Damla Sulama Sistemlerinin Projelenmesi (Yayınlanmamış Ders Notları), Ankara.