



Importance and Techniques of Water Harvesting Systems[#]

Ali Kaan Yetik^{1,a,*}, Burak Şen^{1,b}

¹Biosystem Engineering Department Faculty of Agricultural Sciences and Technologies, Niğde Ömer Halisdemir University, 51240 Niğde, Turkey
*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>[#]This study was presented as an oral presentation at the 5th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress (Tokat, TARGID 2020)</i></p> <p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 05/10/2020 Accepted : 11/11/2020</p> <p>Keywords: Agricultural water harvesting Micro-catchment Rain harvesting Rainwater harvesting Water harvesting techniques</p>	<p>Efficient use of water, one of the most critical life elements in the world, is becoming more and more important day by day. With the continuous increase in population and with climate change problems occur in terms of both consumption rate and usage patterns of water resources. It is becoming increasingly important to apply and research methods that can solve these problems all over the world. One of these solutions is the “Water Harvesting” method, which goes back many years. Water harvesting can be defined as the accumulation of runoff generated by precipitation to provide water for human, animal or crop use. While it is possible to see the use of the technique with roof and farm systems in micro-catchment dimension; wadi-bed and off-wadi (diversion) systems are used in macro-catchment dimension. In agricultural production, which uses a significant part of water resources, most of the rainwater falling into arid and semi-arid regions where production continues, goes away before could using efficiently by evaporation or flow. For this reason, the use of water resources becomes mandatory by using traditional irrigation methods in agricultural lands. With the water harvesting technique, after storing rain water, it can be held to be applied to crops. Hence the method since there will be no losses due to evaporation or flow, it will increase the total amount of irrigation water and reduce the pressure on water resources. Except for the protection of water resources, its role in preventing soil erosion is also seen as one of the main benefits of the method. In general, when the appropriate method is selected according to the appropriate geography, water harvesting has low inputs and is not difficult to apply. With a few exceptions, it does not require the use of pumps or energy input to deliver or deliver harvested water. In this study, information is given about the main elements, different usage areas and techniques of water harvesting.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(sp1): 46-53, 2020

Su Hasadı Sistemlerinin Önemi ve Teknikleri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makale</i></p> <p>Geliş : 05/10/2020 Kabul : 11/11/2020</p> <p>Anahtar Kelimeler: Mikro havza Su hasadı yöntemleri Yağmur hasadı Tarımsal su hasadı Yağmur suyu hasadı</p>	<p>Dünyadaki en kritik yaşam unsurlarından biri olan suyun, etkili kullanımı gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Nüfusun durmaksızın artması ve iklim değişiklikleri ile beraber; su kaynaklarının hem tüketim hızı hem de kullanım şekilleri tartışma konusu olmuştur. Bu konulara çözüm getirebilecek yöntemlerden biri de geçmişte çok uzun yıllar öncesine dayanan “Su Hasadı” yöntemidir. Su hasadı; insan, hayvan veya bitkilerin kullanımı için su sağlamak amacıyla, yağışla meydana gelen yüzey akışının toplanması olarak tanımlanabilir. Tekniğin mikro havza boyutunda çatı ve çiftlik sistemleriyle kullanımını görmek mümkünken; makro havza boyutunda ise vadi yatağı ve vadi dışı sistemler kullanılmaktadır. Su kaynaklarının önemli bir kısmını kullanan tarım sektöründe; üretimin devam ettiği kurak ve yarı kurak bölgelere düşen yağmur suyunun büyük bir kısmı, buharlaşma yoluyla veya akışa geçerek verimli bir şekilde kullanılmadan uzaklaşır. Su hasadı tekniğinde ise yağmur suları depolandıktan sonra tarım arazilerine uygulanmak üzere bekletilebilir. Yöntem; buharlaşma veya akış sebebiyle kayıplar yaşanmayacağından toplam sulama suyu miktarını arttıracak ve su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltacaktır. Kaynakların yükünü azaltması dışında; toprak erozyonunun önlenmesinde oynadığı rol de yöntemin ana faydalarından biri olarak görülmektedir. Genel olarak uygun coğrafyaya göre uygun yöntem seçildiğinde; su hasadı düşük dış girdili bir yöntemdir ve uygulanması zor değildir. Birkaç istisna dışında, hasat edilen suyu iletme veya uygulamak için enerjiye ihtiyaç duymaz. Bu çalışmada su hasadı yönteminin; ana unsurları, farklı kullanım alanları ve teknikleri hakkında bilgi verilmektedir.</p>

^a alikaanyetik@ohu.edu.tr

^b <http://orcid.org/0000-0003-1372-8407>

^b bsen@ohu.edu.tr

^b <http://orcid.org/0000-0001-8105-1106>



Giriş

Su, insanın yaşamını devam ettirmesi için gerekli olan en büyük ihtiyaçtır (Güler, 1999). Yaşamsal faaliyetlerin tamamının dışında, doğadaki her canlı için vazgeçilemez bir kaynak olarak görülmektedir. Günümüzde su kadar suyun nasıl kullanıldığı da önem kazanmıştır. Su kullanımı en fazla %70 ile tarımsal alanlarda gerçekleşirken bunu; %22 ile endüstriyel faaliyetler ve %8 ile evsel amaçla kullanım izlemektedir (Aküzüm ve ark., 2010). Dolayısıyla sulu tarım, büyük bir su tüketicisidir (Fereres ve Evans, 2006). Su kullanımının önemli bir kısmını oluşturan tarım sektöründe tasarruf edilecek bir litre suyun bile küresel anlamda etkisi büyük olacaktır.

Ülkemiz genel olarak kurak ve yarı kurak iklim bölgesinde yer alması sebebiyle ihtiyaç duyulan suyun yağışlar ile karşılanmadığı bölgelerde, yüksek verim elde etmek için uygun sulama yöntemleri kullanılmadığı (Kaya, 2016). Özellikle gelişme dönemi boyunca fazla suya ihtiyaç duyan ürünler için sulama vazgeçilmez bir etmendir (Sönmez ve Kaplan, 2004). Çoğu zaman kullanılan geleneksel sulama yöntemleri ve bitkinin su ihtiyacının belirlenip bilinçli bir sulama yapılamaması sebebiyle bu kaynakların etkili kullanıldığını söylemek oldukça güçtür. Dünyanın birçok yerinde de suyun kullanılabilirlik durumu, ekonomik ve teknik yönden sınırlıdır (James 1994, Fereres ve Soriano, 2007). Su kaynaklarının kullanımında maksimum fayda amacı gütmek hem ülkemiz hem de dünya için büyük önem taşımaktadır.

Su kaynaklarının, kullanım şekli dışında etkilendiği diğer bir konu ise iklim değişikliğidir. Tarım, tatlı su kaynaklarının en büyük küresel kullanıcısıdır ve dolayısıyla iklim değişikliğine karşı oldukça savunmasızdır (Calzadilla ve ark., 2013). Su kaynakları, tarım sektöründen beklenen üretim artışı nedeniyle tehdit altındadır ve su mevcudiyeti ile talep arasındaki boşluk küresel iklim değişiklikleriyle daha da şiddetlenmiştir (Afzal ve ark., 2016). Dünyanın birçok bölgesinde yağış rejimlerinin bozulmasına yol açan iklim değişikliği; uzun dönemlerde düşen yağış miktarını daha kısa dönemlerde, aniden düşmesine sebep olarak akış oranlarını değiştirmiş ve buna bağlı toprak erozyonunu arttırmıştır. Bu bölgelerde yakın gelecekte toprağın su tutma kapasitesinin azalması ve tarımsal faaliyetler için sulama suyu uygulama programlarının değişmesi beklenmektedir. Son on yılda, ortalama sıcaklık ve yağış değerlerindeki değişiklikler suyun etkili kullanılabilmesine engel olan ek bir faktör olarak kabul edilmeye başlanmıştır ve bu durumun önümüzdeki yıllarda tarımsal faaliyetler üzerinde biçim, ölçek, mekânsal ve zamansal olarak etkili olması beklenmektedir (Kurukulasuriya ve Rosenthal, 2013).

Nüfusun giderek artması tarımsal beklentiyi her geçen gün arttırmakta ve bu beklenti artışının hız kesmeden devam etmesi öngörülmektedir. Öyle ki, önümüzdeki 30 yıl içerisinde dünya nüfusunda da büyük artışlar beklenmektedir (Godfray ve ark., 2010). Bu nüfus artışıyla beraber sadece tarımsal üretimde kullanılan su miktarı değil, nüfusun oluşturduğu yoğunlukla birlikte şehirlerde de su kullanım miktarının artması kaçınılmaz bir gerçektir. İçme ve kullanma amaçlı tüketilen suyun %70'ini tuvaletler, bahçe sulama, araç ve çamaşır yıkama gibi işlemler oluşturmaktadır (Eren ve ark., 2016). Bu sebeplerden dolayı, su kaynakları kullanımının

azaltılmasında yağmur sularının etkin kullanılması konusu gün geçtikçe büyük önem kazanmaktadır.

Yağış, yeryüzündeki tüm yenilenebilir tatlı suyun kaynağıdır (Jackson ve ark., 2001). Yağışların bir kısmı yüzey akışını ve yeraltı suyu akışını oluştururken, bir kısmı buharlaşarak gökyüzüne dönmektedir. Kurak ve yarı kurak bölgelerde, yıllık yağışlar genellikle potansiyel buharlaşmadan düşük seviyelerde kalmakta ve yetiştirme mevsimi boyunca yetersiz dağılmaktadır ve yağmur çoğunlukla şiddetli sağanaklar şeklinde düşer. Özellikle kurak iklim şartlarında sıcaklıkların da etkisiyle düşen yağışların %90'ından fazlası buharlaşma yoluyla atmosfere geri döner. Su hasadı yöntemi ile bu suyun büyük bir kısmını geri kazanmak mümkündür.

Su Hasadı

Su hasadı, yağmur suyunu yapısal önlemlerle toplayan ve depolayan, evsel ve / veya tarımsal üretim amacıyla kullanım için düzenleyen ve kullanan mini ölçekli bir su kaynakları tekniğidir. Literatürde yöntemin farklı tanımları mevcuttur: “Yararlı kullanım için havzalardan doğal yağış toplama işlemi”, “Yağıştan oluşan yüzey akışlarının çeşitli amaçlarla toplanması ve kullanılması”, “Yağışın akış yoluyla konsantre edilmesi ve yararlı kullanım için depolanması süreci” (Oweis ve ark., 2012). Su hasadı, kurak iklimde sahip bölgelerde ürünlerin su ihtiyacını karşılamak için bir seçenektir. Birim tarım alanı başına su miktarını artırır, kuraklığın etkisini azaltır ve yüzey akışını faydalı bir şekilde kullanır (Barrow, 1999; Oweis ve ark., 1999). Dünyada yağmur sularının kullanılmasına ilişkin toplumsal farkındalık git gide artmaktadır. Şehirlerde evsel kullanım için su toplanmasına yönelik birçok girişim olmuştur. Özellikle kurak alanlarda olmak üzere; tarım arazilerinde su hasadı en az şehirler için olduğu kadar önemlidir. Bunun en temel nedeni; yerleşim yerleri ve tarım arazileri için ihtiyaç duyulan su kullanım miktarının artış sebeplerinin ortak olmasıdır. Dolayısıyla dünya nüfusu artmaya ve su kaynakları azalmaya devam ettikçe tarımsal üretimde su ihtiyacının da katlanarak artması beklenmektedir.

Geçmişten Günümüze Su Hasadı

Su hasadı, farklı medeniyetler tarafından yaklaşık dört bin yıldır kullanılan yaygın bir uygulama tekniğidir. Geçmişte çoğunlukla içme amaçlı veya tarımsal uygulamalar için kullanılmıştır. Mısırlılar; bazıları bugün hala kullanılan, kapasiteleri 200 m³ ile 2000 m³ arasında değişen depolama tankları üretmişlerdir. Tayland’ da yağmur suyu hasadı uygulamaları yaklaşık 2000 yıl öncesine dayanır. Bugünkü uygulamaya bakıldığında, yıllar önce kullanılan temel yağmur suyu toplama ve depolama yöntemlerinin o zamandan beri pek değişmediğini, sadece sistemlerin teknoloji ve yapı malzemeleri açısından özelliklerinin ve depolanmaların kullanım şekillerinin değiştiğini görmek mümkündür. Pek çok ülkede, bazıları yüzyıllarca kullanıldıktan sonra hala işlevini sürdüren yerel su toplama sistemleri bulunmaktadır. Hepsi de akış suyunun toplanması ve faydalı kullanım için depolanması ilkesiyle çalışan yerli sistem türleridir. Teknolojinin her geçen gün ileri gittiği

dünyamızda; temel ilkeleri aynı kalmakla beraber, yağmur hasadı teknolojileri konusunda da büyük adımlar atılmıştır.

Su Hasadının Temel Bileşenleri

Su hasadı sistemleri temel olarak Şekil 1'deki bileşenlere sahiptir. Havza alanı yağışın toplandığı kısımdır. Depolama alanına hasadı yapılan suyun iletiminin de buradan sağlanması nedeniyle, aynı zamanda akış alanı olarak da adlandırılır. Su havzası kullanım alanına göre çatılarda birkaç metre kare kadar küçük veya birkaç kilometre kare kadar büyük olabilir. Depolama alanı ise hasat edilen suların yine kullanım alanına göre insanlar, hayvanlar veya bitkiler tarafından kullanılmaya kadar tutulduğu yerdir. Hedef bölge hasat edilen suyun kullanıcıdır. Ev içi kullanımda hedef insanlar veya ihtiyaçlar, tarımsal üretimde hedef bitki veya hayvandır.

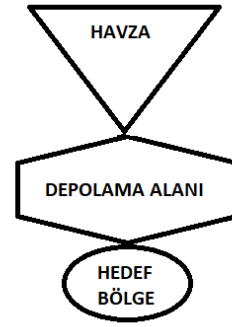
Tarımsal su hasadının temel prensibi, arazinin bir kısmına düşen yağmuru toplamak ve başka bir kısma aktarmak, böylece ikinci kısım için mevcut su miktarını artırmaktır. Yeterli akış olmadan su hasadı yapılamaz. Su hasadı prensibi geleneksel yağışa dayalı tarım arazilerinde gerçekleşen olaylarla büyük benzerlikler gösterir. Yağmurun toplanması ve depolanması doğal bir süreçtir. Doğada yağmurun toplanması genellikle bir yamaç üzerinde olur ve toprak nemi yağmur suyu için tek depolama şeklidir. Fakat toprakta depolamanın bir sınırı vardır çünkü toprak nemi, buharlaşma ile kayba uğrar ve toprağın çeşidine göre artan veya azalan bir su tutma kapasitesi vardır. Su hasadı sistemleri de suyu daha büyük depolarda ve daha uzun sürelerde depolama özelliğine sahiptir.

Su Hasadı Teknikleri

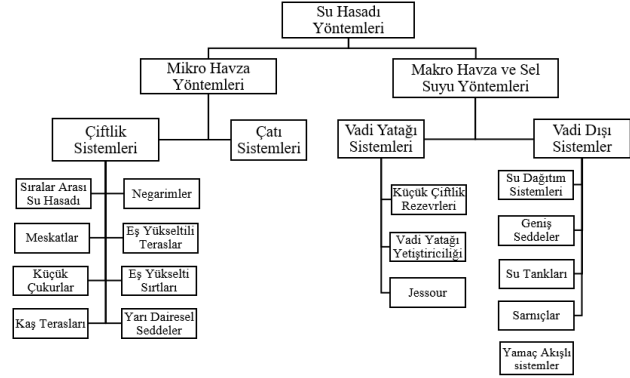
Yeterli yağış konusunda sıkıntılar yaşayan bölgelerde su ihtiyaçlarını çözmek için su hasadı birçok şekilde uygulanmaktadır. Tekniklerden bazıları yalnızca tarımsal üretim için su sağlamak amacıyla kullanılırken, diğerleri insan ve hayvan tüketimi veya yeraltı suyunun beslenmesi için kullanılır. Kullanılan teknikler arasında birbirine benzeyenler bulunmaktadır ancak farklı bölgelerde farklı isimler alabilir. Bir diğer ihtimal ise; benzer adlara sahip olup, pratikte birbirinden tamamen farklı teknikler olmasıdır (Critchley ve Siegert, 1991). Su hasadı yöntemlerinin birkaç sınıflandırması vardır, ancak en yaygın olarak kullanılan sistem Şekil 2'de gösterilen; havzanın boyutuna, yani mikro havzalara ve makro havzalara dayandırılan sınıflandırmadır. Prinz ve Malik (2002) tarafından yapılan çalışmadan alınan bilgilerle oluşturulan Çizelge 1'de sınıflandırmaya ait ana grupların temel özellikleri verilmiştir.

Mikro Havza Yöntemleri

Mikro havza sistemleri hem işletim hem de boyut olarak gruplandırmanın en küçük sistemlerini içerirler. Akış genellikle yapay eğimlerden veya oluklar aracılığıyla sağlanır. Yöntemlerde oluşabilecek kayıplarla alakalı, depolanması veya uzaklaştırılması gereken suya dair herhangi bir önlemden bahsetmek mümkün değildir. Mikro havza su hasadı yöntemi; yıllık yağış miktarının 200 mm olduğu yerlerde ağaçlar için, 300 mm olduğu yerlerde ise tek yıllık bitkiler için uygulanmaktadır (Mengü ve Akkuzu, 2008)



Şekil 1. Su Hasadı Sisteminin Temel Bileşenleri
Figure 1. Basic Components of the Water Harvesting System



Şekil 2. Su Hasadı Sisteminin Sınıflandırılması
(Oweis ve ark., 2001)

Figure 2. Classification of Water Harvesting System

Çiftlik Sistemleri

Dünyada çiftlik sistemlerinin birçok örneğini bulmak mümkündür. Yaygın ve ortak kullanılan sistemler aşağıda açıklanmaktadır.

- *Sıralar arası su hasadı*, düz arazide ve en az 1 m derinliğinde toprağa sahip eğimi maksimum %4 olan hafif eğimlerde kullanılır. Bitkilerin ekili olmadığı sıra aralarına yükselttiler oluşturma mantığına dayanır. Sırtlar üzerine düşen yağmur suyu karıklarda ekili bitkilere yönlendirilmektedir (Örs ve ark., 2011). Yılda ortalama 200 mm'den fazla yağış alan bölgeler için uygundur. Bu sistemin öne çıkan 2 özelliği vardır. Birincisi; diğer tüm teknikler eğim gerektirdiğinden, tamamen düz arazilerde kullanılabilen tek su hasadı tekniğidir. İkincisi ise yapımı tamamen mekanize edilebilir; dolayısıyla insan gücü gerektirmeden oluşturulabilir. Şekil 3'te 3 farklı şekilde uygulanan sıralar arası su hasadı yöntemi görülmektedir. Yağış azaldıkça sıralar arasında yer alan su hasadı havzalarının hedef bölgeye oranı artar. Bu oran 3 farklı durum için sırasıyla 1, 2 ve 5 olarak görülmektedir.
- *Negarimler*; olarak adlandırılan bu teknik temelde küçük akışlı havzalarda uygulanan, sedde adı verilen inşa edilmiş yapay dolgular tarafından çevrelenmiş küçük elmas veya dikdörtgen şekilli ızgara toprak setlerdir (Oweis ve Hachum, 2005). Negarimler hemen hemen her eğime inşa edilebilir. Bununla birlikte, %10'un üzerindeki eğimlerde toprak erozyonu meydana gelebilir ve set yüksekliği ideal olmayan bir seviyeye çıkabilir. Bu teknik yıllık 150-500 mm yağış alan bölgeler için önerilmektedir. Şekil 4'te Negarim

sistemi planlanmış bir şema ve aynı teknikle düzenlemiş bir arazi görülmektedir. Negarim tipi su hasadı tekniği ile toprak erozyonu da önlenir (Prinz, 2001).

- *Meskat*; bu sistemin yaygın olarak kullanıldığı Tunus'ta kullanılan bir terimdir (El Amami, 1983; Ben Mechlia ve Ouessar, 2004). Meskatlar, 200–400 mm arası yıllık yağış alan ve %2 ile %15 oranında eğime sahip araziler için uygundur (El amami, 1983). Bir meskat, bir havza alanına sahiptir ancak aynı zamanda birden fazla ekili alanı (hedef bölge) besliyor olabilir, bu da fazla akan suyun ekili bir alandan diğerine taşarak suyu etkili bölgelere göndermeyi amaçlamaktadır. Şekil 5'te meskat sistemiyle su hasadı yöntemi görülmektedir.
- *Eş yükselteli teraslar*; eğimi %20 ile %50 arasında olan dik araziler üzerine inşa edilmektedir (Oweis ve ark., 2012). Bu sebeple teknik, toprağın erozyona karşı korunmasını da amaçlar. Ekili teraslar genellikle düz olacak şekilde inşa edilir ve yüzey akışını yavaşlatmak ve erozyonu kontrol edebilmek için taş duvarlarla desteklenir. Tarımsal faaliyetin sürdürüldüğü teraslar, iki teras arasındaki dik ve ekilmemiş alanlardan gelen su ile beslenir. Teraslar fazla suyun güvenli bir şekilde uzaklaştırılmasını amaçlayan basit kanalizasyon sistemine sahiptir. Yıllık yağış miktarının 200 ile 600 mm arasında olduğu alanlarda teras yöntemi kullanılabilir. İnşasının elle yapılması mümkün olsa da ağır makinelere ihtiyaç duyulabilir ve kurulum, bakım maliyetleri ve işçilik gereksinimleri yüksektir (Oweis ve ark., 2012).
- *Küçük çukurlar*; 5 ile 15 cm arası derinlikte ve 0,3 ile 2,0 m arası çaplarda kazılmış çukurlardan oluşur (Wright, 1985). Gübre ve otlar toprağın bir kısmı ile karıştırılarak çukurlara konular ve çukurlardaki toprağın verimliliği ve yapısı iyileştirilir. Toprağın geri kalanı, çukurun alt tarafında küçük bir set oluşturmak için kullanılır. "Zay sistemi" adı verilen bu sistem ayrıca yüzey akışını yavaşlatmak için setlerle birlikte kullanılır (Şekil 6). Küçük çukurlar yöntemi özellikle darı, mısır ve sorgum gibi tahıllar olmak üzere tek yıllık mahsullerin yetiştirilmesi için kullanılmaktadır (Prinz, 2001). Yöntem yıllık yağış miktarı 350-600 mm olan

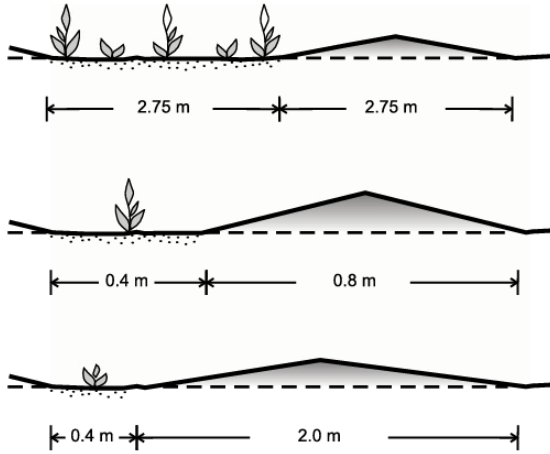
bölgelerde görülmektedir ve yaygın olarak düz arazide veya %5'e yaklaşan eğimlerde kullanılır. Düz arazilerde küçük çukurlar sistemi, su hasadı amacıyla çok toprakta nemi koruma veya tutma amacıyla uygulanmaktadır. Çukurların her hasattan sonra yenilenmesi gerektiğinden, çukur açma için işgücü gereksinimi yüksektir (Oweis ve ark., 2012).

- *Eş yükselti sırtları*; 5 ile 20 m arasında değişen izohips (eş yükselti) eğrileri boyunca oluşturulur. Sırtlar arasındaki 1 veya 2 metrelik alan ekilirken, geri kalanı su toplamak için havza alanıdır. Sırtların yüksekliği eğime ve hemen arkalarında oluşacak akış derinliğine göre değişir. Her sırt sıkıştırılmış topraktan oluşturulur fakat gerektiğinde taşlarla desteklenebilir. Çiftçilerin kendilerinin uygulayabileceği basit bir tekniktir. Sırtlar, hayvan tahrikli bir tarım aletiyle veya uygun ekipmanlara sahip traktörler kullanılarak manuel olarak oluşturulabilir. Eğimi %1'den %50' ye kadar değişen arazilerde sırtlar inşa edilebilir (Oweis ve ark., 2012). Yöntem, kuru iklimlerde yem bitkilerinin ve sert ağaçların yetiştirilmesi için; yarı kurak bölgelerde ise sorgum, darı, börülce ve fasulye için idealdir. Sistemin işlemesi sırasında sırtlar arasında oluşacak erozyon sebebiyle her bir şeridin alt tarafında toprak birikecektir. Bu, yağışlı geçen dönemlerden hemen önce her sırt boyunca çim ekilerek azaltılabilir. Erozyonu önlemek için ise, yağmur suyu drenajları ve/veya dolu savaklarla kontrollü akış oluşturulması gerekir (Oweis ve ark., 2012).
- *Kaş terasları*; eğim aşağı tarafı desteklemek için taş kullanılan yarım daire biçimli bir sırt biçimidir (Şekil 7). Genellikle yamaçlarda bulunurlar ve %50' ye varan eğimlerde kullanılabilirler. Eğim ne kadar dikse, yığının taşlarla o kadar çok güçlendirilmesi gerekir. Bu açıdan oldukça fazla iş gücü ve emek isteyen bir yöntemdir. Kaş terasları, 200-600 mm yıllık yağış değerlerine sahip bölgelerde verimli olmaktadır (Prinz, 2001). Dik yamaçlarda kaş terasların taşlarla güçlendirilmesi, onları eğimin neden olduğu artan su hızına karşı daha dayanıklı hale getirir. Diğer bazı teraslama türlerinden farklı olarak kaş terasları peş peşe konumlanmaz ve bağlantılı olmak zorunda değildir.

Çizelge 1. Su Hasadı Yöntemlerinin Ana Gruplarının Temel Özellikleri

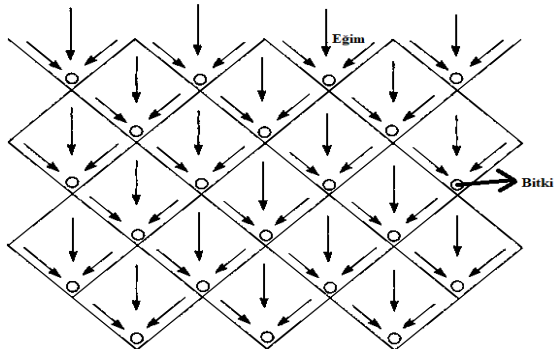
Table 1. Basic Characteristics of the Main Groups of Water Harvesting Methods

Parametreler Sistemin Büyüklüğü	Mikro Havza Sistemleri		Makro Havza ve Sel Suyu Sistemleri	
	Çiftlik sistemleri < 0.02 ha	Çatı Sistemleri < 0.1 ha	Vadi Yatağı Sistemleri 0.1 - 200 ha	Vadi Dışı Sistemler > 200 ha
Yaygın Akış Türü	Yapay eğim veya oluk akışı	Yapay eğim veya oluk akışı	Türbülanslı yüzey akış, dere veya oluk akışı, seyrek olarak kısa kanallarla akış	İyi tasarlanmış rotalarla kanal akışı (kompleks yapılar gerekli)
Havza/üretim alanı oranı	-	1:1' den 25:1' e	10:1-100:1	100:1-10 000:1
Havza alanının genel eğimi	%0-50	%0-50	%5-60	%0-100
Havza Yüzeyi	Galvaniz kaplı sac ve plastik oluklar, fayans, çimento vb.	Genellikle mevcut yüzeye işlem uygulanır	Genellikle mevcut yüzeye işlem uygulanır veya uygulanmaz (doğal)	Doğal
Hedef Bölge Lokasyonu	Genellikle ev kullanımı	Arazinin rakımı en düşük nokta	Teraslı veya düz arazilerde	Teraslı veya düz arazilerde



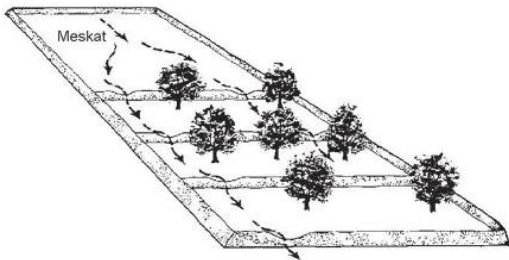
Şekil 3. Düz arazilerde sıralar arası su hasadı (Prinz, 1996).

Figure 3. Inter-row water harvesting in flat fields



Şekil 4. Negarim tekniği şeması ve bu teknik ile düzenlenmiş bir arazi (Anonim, 2020)

Figure 4. Inter-row water harvesting in flat fields



Şekil 5. Meskat sistemi ile su hasadı (El Amami, 1983)

Figure 5. The meskat-type water harvesting

- **Yarı dairesel seddeler;** yarım daire veya yamuk şeklinde görülmektedirler. Eş yükselti eğrisi hatları boyunca bulunan sırtların uçları eğime bakacak şekilde ayarlanır (Şekil 8). Seddeler genellikle topraktan apılmıştır. Her sedde içinde bulunan bitkinin, ihtiyacı olan minimum su akışını sağlayabilecek yeterli havza alanını mümkün kılan aralıklarda oluşturulurlar. Her sedde arasındaki mesafe 1 ile 8 m arasındadır. Seddelerin yüksekliği 30 ile 50 cm arasında; tepe genişlikleri ise 10 ile 25 cm arasında değişmektedir. Seddeler küçük ve birbirine yakın veya daha büyük ve daha geniş aralıklı olabilir. Seddelerden eğimin tersine doğru toprağın kazılması eğimi, dolayısıyla akış katsayısını artırır. Bu işlem, tekniğin düşük eğimlerde bile kullanılmasına izin verir. Tekniğin kullanılabileceği maksimum eğim ise %15'tir. Yıllık yağışın 300 mm'yi geçtiği bölgelerde, mera ıslahı veya yem bitkilerinin üretimi amacıyla kullanımlarına rastlanmaktadır. Aynı zamanda ağaçların, tarla bitkilerinin ve sebzelerin yetiştirildiği alanlarda da görülmektedir (Oweis ve ark., 2012).

Çatı Sistemleri

Çatılardan hasat edilen yağmur, özellikle çeşme suyunun bile sağlanmasının zor olduğu kırsal alanlarda, içme suyu olarak kullanılır (Worm ve Hattum, 2006). Düşen yağışın %80-85'i hasat edilebilir ve depolanabilir. İyi tasarlanmış bir sistemle bir aile, yılda 200 mm' den az yağış alan bölgelerde çatı sistemleriyle, hasat edilen ve depolanan suyla 1 yıllık ihtiyacını karşılayabilir (Morgan, 1990). Sistemin çalışma prensibi oldukça basittir; hali hazırda çatılarda bulunan eğimi kullanarak su depolarda biriktirilir. Depolanan su ev ve bahçe için aynı anda kullanılacaksa bu iki kullanım amacı için depoları ayırmak tavsiye edilmektedir. Çatı sistemleri yer altı sularını beslemek amacıyla da kullanılmaktadır. Sistemin sonuna bir kuyu inşa edilmekte ve toplanan su infiltrasyonla yeraltı kaynaklarına iletilmektedir.

Makro Havza ve Sel Suyu Yöntemleri

Vadi Yatağı Sistemleri

- **Küçük çiftlik rezervleri;** arazileri vadiye bulunan çiftçilerin, eğer uygun yerleri var ise, vadi boyunca akan yüzey akışın tamamını veya bir kısmını depolamak amacıyla inşa ettikleri küçük göletlerdir (Oweis ve ark., 2001). Oluşturulan su tutma havzalarının kapasiteleri 1000 m³ ile 500 000 m³ arasında değişmektedir. Rezervlerin kurulum ve bakım maliyetleri yüksektir. Planlanması için proje ve tasarım gereklidir ve akışla beraber göletlerin içinde biriken toprak, çalı gibi maddelerin sürekli temizlenme ihtiyacı oluşmaktadır. Suyun depolanması kapalı bir alanda olmadığından buharlaşmadan etkilenir ve sızmaya maruz kalır bu kayıpları minimuma indirmek için depolanan suyun en kısa sürede bitkilere ulaştırılması gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı, rezervlerde biriken suyun tamamını yazlık bitkilerin tüm su ihtiyacını karşılamak üzere ayırmaktansa, kış yağışlarının olduğu dönemde kışlık bitkilerin destek sulaması için kullanılması akıllıca olacaktır (Oweis ve ark., 2001). Bunların dışında toplanan su, bitkisel üretimde, konut ihtiyaçlarında veya hayvanların gereksinimleri için kullanılabilir.



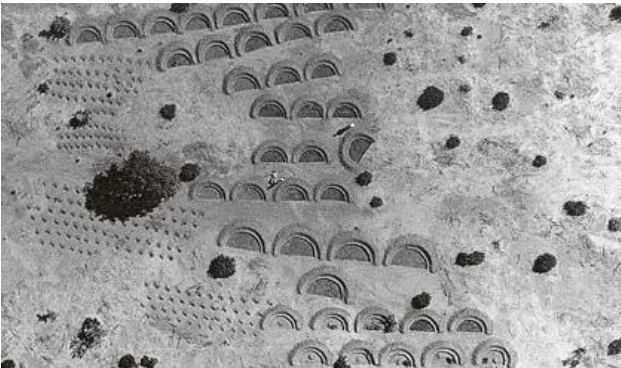
Şekil 6. Doğu Afrika’da uygulanmış bir “zay sistemi”
(Reij ve ark., 1990)

Figure 6. The zay pitting system in East Africa



Şekil 7. Kaş Terasları

Figure 7. Eyebrow terraces



Şekil 8. Nijerya’ da bir yarı dairese sedde tekniği örneği
(DFG, 2015)

Figure 8. Semicircular type water harvesting in Nigeria

- *Vadi yatağı yetiştiriciliği ve Jessour*; vadi yataklarında, suyun akışını bloke ederek veya yavaşlatarak sızmasına izin verip toprak profilinde depolama ilkesine dayalı sistemlerdir (Şekil 9). Karmaşık baraj sistemlerini ve dağıtım ağlarını içerirler. Bu iki tekniğin kuruluşları ve kullanışları açısından benzerlikleri sebebiyle beraber incelenmesi daha sağlıklı olacaktır. Sistemler hafif eğimli vadi yataklarında oldukça yaygın görülmektedir. Yavaşlayan su hızı nedeniyle, erozyona uğramış çökeltiiler genellikle vadi yatağında birikir ve verimli arazi oluşturur. Bu durum, doğal yolla veya vadide küçük barajlar veya setler inşa ederek gerçekleştirilir. İnşa edilecek setlerin duvarları taşlarla oluşturulmalı ve 1 m yüksekliği geçmemelidir (Worm ve Hattum, 2006). Oluşturulan duvarlar arasındaki mesafe, vadi

yatağının eğimine ve duvarın yüksekliğine bağlıdır. Sistemin kullanıldığı arazilerde yaygın olarak yetiştirilen ürünler arasında incir, zeytin, hurma gibi meyve ağaçları ve diğer ekonomik değeri yüksek ürünler bulunmaktadır. Bunun en büyük sebebi vadi yatağındaki toprağın genellikle verimli olması ve su ihtiyaçlarını karşılayabilmesidir. Bu sistemin en büyük sorunu duvarların inşası ve bakımı ile ilgili maliyettir (Prinz, 2001).

Vadi Dışı Sistemler

- *Su dağıtım sistemleri*; geçmişi çok eski yıllara dayanan geleneksel bir çalışma prensibine dayanır. Vadiden doğal yollarla akışa geçen suyu biriktirme amacıyla yolundan saptırıp depolama alanlarına yönlendirilmesidir. Bu yöntemde depolama alanları bitki kök bölgesi olduğundan diğer yöntemlere nazaran kullanım amaçları kısıtlıdır. Yönlendirmeler genellikle oluşturulan küçük su arkları ile gerçekleşir ve arklar genellikle vadi patikasına uzak konumlarda bulunmaktadır. Dünyada, sistemlerin bulunduğu arazilerin bitki desenine göre saptırma arklarının konumları veya aktif / pasif hale getirildiği örnekler görülmektedir. Bu örnekler su dağıtım sistemlerinin en modern halleri olarak görülmektedirler.
- *Geniş seddeler*; tekniği literatürde “Rabla” olarak da adlandırılır. Bu teknik yağmur mevsiminde büyük dağlardan ve geniş yüzeylerden gelen suların hasat edilmesinde kullanılır (Oweis ve ark., 2004). Şevler arası mesafe her sedde için yaklaşık 10-100 m’dir. Seddelerin yüksekliğinin en az 1 m olması beklenmektedir. Seddeler, çoğunlukla eğime paralel olarak, şevleri ise uç noktaları eğime dik gelecek şekilde konumlanır. İzohips eğrileri boyunca peşi sıra konumlanmış seddeler arasındaki mesafe, yaklaşık olarak sedde uzunluğunun yarısı kadar olmaktadır. Şevler erozyona en çok maruz kalan kısım olduğundan korunması gerekmektedir. Yapılar son yıllarda makinelerle inşa edilirken hala elle yapılan seddeler de bulunmaktadır (Ouessar ve ark., 2004).
- *Su tankları*; insan ve hayvanların su ihtiyaçlarını karşılamak için oluşturulmuş su biriktirme alanlarıdır. Kapasiteleri ortalama 1000 m³ den başlar fakat 50 000 m³ lük örneklerine de rastlamak mümkündür. Vadilerde akışa geçen suyun saptırılarak; kazılarak oluşturulan bu tanklara akması sağlanır ve depolama işlemi gerçekleşir. Bu tanklar genellikle taş duvarlarla inşa edilmektedir.
- *Sarnıçlar*; yerleşim alanlarının içinde bulunduğu su sıkıntısına karşı çözüm olarak kullanılan sistemlerdir. Genellikle yer altında ve su sızdırmayacak şekilde inşa edilmektedirler. Şehirdeki yapıların çatılarından, avlulardan veya teraslardan akışa geçen sular sarnıçlara aktarılmaktadır. Ülkemizde başta İstanbul olmak üzere sarnıçlara çok sayıda örnek bulmak mümkündür. Bu sarnıçların en ünlü olanı 336 tane sütuna sahip Yerebatan Sarnıcı’dır. Bunun yanı sıra eski dönemlerde su kaynaklarının yetersiz gelmesi nedeniyle özellikle tarihi yarımadada konutların ya da sarayların bodrum katları sarnıç olarak kullanılmışlardır (Şahin ve Manioğlu, 2011).

- *Yamaç akışlı sistemlerde;* oluşturulan yapılar, vadiden akışa geçen suyun doğal seyrini terk etmesini sağlar ve onu tarım arazilerine yönlendirir (Şekil 10). Bu teknik aynı zamanda “sel suyu saptırma” olarak da adlandırılır. Benzer yapılar, su yatağı dışındaki su birikintilerinden yağmur suyunu toplamak için de kullanılabilir. Bu sistemde su, sadece mahsulün kök bölgesinde depolanarak eksik kalan yağışı tamamlama görevi görür. İşlem, düşük eğimli nispeten tek tip araziler gerektirir. Tarım arazileri, mevsime yetecek kadar su depolanması için setler halinde derecelendirilebilir ve havzalara bölünebilir. Sistemin verimli kullanılabilmesi için topraklar derin ve iyi su tutma kapasitesine sahip olmalıdır. Sistemi kullanmaya karar veren bir üreticiye mutlaka bir mühendisin tasarlamış olduğu bir proje ile kurulum yapması önerilmektedir. Zira saptırma yapısının ve suyu taşıyan kanalların inşası sistemin verimli çalışmasının en büyük göstergesidir. Yönlendirme yapısı, vadinin akışına direnecek kadar güçlü ve akışın gerekli kısmını yön değiştirecek uygun bir yükseklikte olmalıdır. Ayrıca kanalın eğiminin, yapının yakınında tortu birikimini önlemek için yeterince hızlı bir akışa izin vermesi gerekmektedir; aksi takdirde biriken tortular sebebiyle bakım maliyetleri artacaktır (Oweis ve ark., 2012).

Sonuçlar

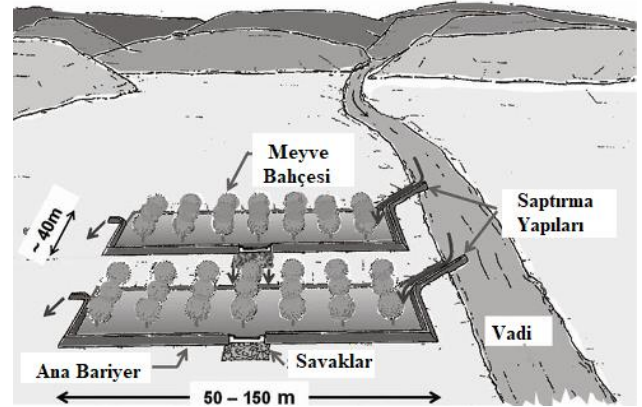
Su hasadı çiftçilere, üreticilere ve yatırımcılara doğrudan fayda sağlamakta ve içinde bulunduğumuz küresel ısınma sorunlarıyla beraber önemi artmakta olan çevre sağlığı (toprak erozyonunu ve çölleşmeyi kontrol etmek, ekosistemleri desteklemek, sel riskini azaltmak) konusuna doğrudan katkısı bulunmaktadır. Ayrıca su hasadı sistemlerinin yeraltı suyu akiferlerinin yeniden doldurulmasında da etkili olduğu bilinmektedir (Ouessar ve ark., 2004). Hasat edilen suyun kuraklık dönemlerinde kullanılmak üzere depolanabildiği sistemlerde, yağışın öngörülemediği durumlarla alakalı riskleri azaltmaktadır. Su hasadı yöntemleriyle gelişme potansiyeline sahip birçok arazinin bulunduğu tartışılmaz bir gerçektir. Bu arazilerde üretime başlanmasıyla şehirlere göçün azalması ve kırsal kesim için olanakların artması su hasadının dolaylı etkileri olarak değerlendirilebilir. Dolaylı faydaların ölçülmesi genellikle zordur ve çiftçiler için doğrudan üretim faydalarına göre daha az fark edilmektedir. Bu durum su hasadına olan ilginin ve oluşturabileceği potansiyel faydaların farkındalığının azalmasına yol açmıştır.

Dünya genelinde bulunan kurak ve yarı kurak alanlarda su hasadı tekniğiyle bitkisel üretime yapılacak büyük bir potansiyel katkıdan söz edilebilir. Araştırmada bahsedilen bilgiler ışığında hem insan, hem bitki hem de hayvanlar için mevcut su kaynaklarına büyük bir destek oluşturmak mümkündür. Sistemlerin uygulanacağı alanlarda mevcut bitki desenine ve arazi koşullarına göre uygun tekniğin belirlenmesi ve bu teknikler çerçevesinde bitkisel üretime devam edilmesi büyük önem taşımaktadır. Genel olarak su kaynaklarının azaldığından bahsettiğimiz bugünlerde ülkemiz ve dünya için, yaygınlaşması ve mümkün olan her bölgede uygulanması gereken çok önemli bir yöntemdir.



Şekil 9. Tunus’ da bulunan bir vadi yatağı yetiştiriciliği (Oweis ve ark., 2001)

Figure 9. Wadi-bed cultivation in Tunisia



Şekil 10. Tunus’ ta bulunan bir saptırma yapısı (DFG, 1994)

Figure 10. Floodwater diversion example in Tunisia

Kaynaklar

- Anonim 2020. Available from: <http://www.doc-developpement-durable.org/> [Accessed 06 November 2020]
- Afzal M, Battilani A, Solimando D, Ragab R. 2016. Improving water resources management using different irrigation strategies and water qualities: field and modelling study. *Agric. Water Manage.*,176: 40–54. doi: 10.1016/j.agwat.2016.05.005
- Aküzüm T, Çakmak B, Gökalp Z. 2010. Türkiye’de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi. *TABAD Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*. 3 (1): 67-74, 2010 ISSN:1308-3945, E-ISSN:1308-027X
- Barrow CL. 1999. *Alternative Irrigation: the promise of runoff agriculture*. Earthscan “Publications, London. 240pp
- Ben Mechlia N, Ouessar M. 2004. Water harvesting systems in Tunisia. *Indigenous Water Harvesting Systems in West Asia and North Africa*. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, 19-41.
- Calzadilla A, Rehdanz K, Betts R, Falloon P, Wiltshire A, Tol RS. 2013. Climate change impacts on global agriculture. *Climatic change*, 120(1-2): 357-374

- Critchley W, Siegert K. 1991. Water harvesting: A manual for the design and construction of water harvesting schemes for plant production. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- DFG. 1994. Gestion de la Faune Sauvage et des Parcs Nationaux en Tunisie. Réintroduction, gestion et Aménagement. Direction Générale des Forêts, Ministère de l'Agriculture Tunis: 305p
- DFG, 2015. Deutsche Forschungsgemeinschaft. Available from: https://www.dfg.de/en/funded_projects/index [Accessed 05 September 2020]
- El Amami S. 1983. Une nouvelle conception des aménagements hydrauliques en Tunisie in La gestion de nos ressources en eau douce. Impact, Science et Société Paris, (1), 61-68.
- Eren B, Aygün A, Likos S, Damar AI. 2016. Yağmur Suyu Hasadı: Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü Örneği. In 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2016) 3-5 Nov 2016 Antalya/Antalya-Turkey.
- Fereres E, Soriano MA. 2007. Deficit Irrigation for Reducing Agricultural Water Use. Journal of Experimental Botany, 58 (2): 147-159.
- Fereres E, Evans RG. 2006. Irrigation of fruit trees and vines. Irrigation Sci., 24:55-57.
- Godfray HCJ, Beddington JR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM, Toumlin C. 2010. Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. Science, 2010; 327(5967): 812-818.
- Güler BA. 1999. Su Hizmetleri Yönetimi: Genel Yapı. TODAİE Yayınları Yerel Yönetimler Araştırma ve Eğitim Merkezi. Yayın No: 289. Ankara.
- Jackson RB, Carpenter SR, Dahm CN, McKnight DM, Naiman RJ, Postel SL, Running SW. 2001. Water in a changing world. Ecological applications, 11(4): 1027-1045.
- James AA. 1994. Soil Moisture Deficits, Yield and Seed Quality of Two Maize Hybrids Differing in Drought Tolerance. MS thesis (unpublished), Iowa State University, Ames, Iowa. 186 p
- Kaya A. 2016. Available from: <https://www.tarim.com.tr/Tarimda-Sulamanin-Onemi,238y> [Accessed 2 September 2020]
- Kurukulasuriya P, Rosenthal S. 2003. Climate Change and Agriculture: A Review of Impacts and Adaptations, World Bank Climate Change Series (World Bank Environment Department, Washington, DC), Vol 91, p 96
- Mengü GP, Akkuzu E. 2008. Küresel su krizi ve su hasadı teknikleri, ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 5, Sayı 2, pp. 75-85.
- Morgan P. 1990. Rural water supplies and sanitation. London: Macmillan Publishers Ltd. 358p.
- Ouessar M, Sghaier M, Mahdhi N, Abdelli F, De Graaff J, Chaieb H, Gabriels D. 2004. An integrated approach for impact assessment of water harvesting techniques in dry areas: the case of Oued Oum Zessar watershed (Tunisia). Environmental monitoring and assessment, 99(1-3): 127-140.
- Oweis T, Prinz D, Hachum AY. 2012. Rainwater harvesting for agriculture in the dry areas. CRC press. ISBN: 978-0-203-10625-9 (eBook – PDF)
- Oweis T, Hachum A, Kijne J. 1999. Water Harvesting and Supplemental Irrigation for Improved Water Use Efficiency in Dry Areas. SWIM paper 7. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka
- Oweis T, Hachum A. 2005. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. Agricultural water management, 80(1-3): 57-73.
- Oweis T, Prinz D, Hachum A. 2001. Water harvesting. Indigenous knowledge for the future of the drier environments. International Centre for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria. p. 40.
- Oweis T, Hachum A, Bruggeman A. 2004. Indigenous Water - Harvesting System in West Asia and North Africa, Mosul University, Mosul (Iraq) ICARDA, Aleppo (Syria). ISBN 92-9127-147X:4-20. 74,
- Örs İ, Safi S, Ünlükara A, Yürekli K. 2011. Su Hasadı Teknikleri Yapıları ve etkileri. International Journal of Agricultural and Natural Sciences, 4(2): 65-71.
- Prinz D. 1996. Water harvesting past and future. In Sustainability of irrigated agriculture (pp. 137-168). Springer, Dordrecht.
- Prinz D, Malik AH. 2002. Runoff farming. Article prepared for WCA infoNet. Institute of Water Resources Management, Hydraulic and Rural Engineering, Dept. of Rural Engineering.
- Prinz D. 2001. Water Harvesting for Afforestation in Dry Areas, Proceedings, 10th International Conference on Rainwater Catchment Systems, 10-14 Sept. 2001, Mannheim, 195-198.
- Reij C, Mulder P, Begemann L. 1990. Water harvesting for plant production (No. WTP91, pp. 1). The World Bank..
- Sönmez İ, Kaplan M. 2004. Demre yöresi seralarında toprak ve sulama sularının tuz içeriğinin belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2): 155-160
- Şahin Nİ, Manioğlu G. 2011. Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 531-541.
- Worm J, Hattum TV. 2006. Rainwater Harvesting for Domestic use No 43. Agromisa Foundation and CTA. Printed by: Digigrafi, Wageningen, The Netherlands pp. 6 ISBN CTA: 92-9081-330-X
- Wright P. 1985. Soil and water conservation as a starting point for rural forestry: The Oxfam project in Ouahigouya, Burkina Faso. Rural Africana, 23: 79-86.