

# YÜKSEK PERFORMANSLI BİNALARDA SU STRATEJİLERİ

Ömer KANTAROĞLU

## ÖZET

Küresel ısınma, iklim değişikliği, çevre kirliliği, fosil yakıtların hızla azalması ve buna bağlı olarak enerji fiyatlarının gün geçtikçe artmasıyla yenilenebilir enerji günümüzde oldukça önemli bir konu olmuştur. Aynı zamanda toplam enerji kaynaklarının %40'ının binalar tarafından tüketildiği gerçeği ile yenilenebilir enerji kullanan ve az enerji tüketen, yüksek performans sağlayan bina tasarımlarının önü açılmaktadır. Enerji performansları ve çevreye olan duyarlılıklarından dolayı, bu tür bina projelerine bütün dünyada büyük ilgi vardır ve bu konuda çok ciddi yatırımlar yapılmaktadır. Bu bildiride öncelikle yüksek performanslı binalarda hidrolojik döngüden, sonra yüksek performanslı binalarda su kaynağı ve atık su stratejilerinden, son olarak da peyzaj su verimliliğinden bahsedilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yüksek performanslı bina, su kaynağı, atık su stratejileri

## ABSTRACT

Because of global warming, climate changing, environmental pollution, the rapid decline of fossil fuels and the increase at energy prices everyday dependent on, renewable energy has become an important issue. At the same time, with the truth that 40 percent of energy supply is consumed by buildings, high-performance buildings which use renewable energy and consume less energy are gaining popularity. Owing to energy performances and sensitivity to the environment, there is a huge interest to these buildings in the world. In this paper, firstly high-performance buildings hydrologic cycle, then high-performance buildings water supply and wastewater strategies and lastly landscaping water efficiency are mentioned.

**Key Words:** High performance buildings, water supply, wastewater strategies

## 1. YÜKSEK PERFORMANSLI BİNALARDA HİDROLOJİK DÖNGÜ STRATEJİSİ

Yüksek performanslı yeşil binalar, küreselleşen su problemlerine, bina hidrolik döngüsüne ait iki temel bileşene hitaben, en azından kısmi çözümler getiren alışılmamış yeni yaklaşımlar geliştirmektedir. Bu iki ana bileşen şunlardır; içilebilir su temini ve atık suyun uzaklaştırılması.

Binalarda su tüketiminin azaltılması ve bina çevresi için kullanılan atık su stratejisinin yeniden düşünülmesi uygun su kaynaklarını önemli ölçüde genişletir, insan sağlığına verilen değeri artırır ve ekolojik sistem üzerindeki tehdidi azaltır. Bu yararları ek olarak, Rocky Mountain Enstitüsü (RMI)'ne göre su verimliliğinin diğer somut ve ölçülebilir faydaları şunlardır [1]:

- Enerji tasarrufu: Suyu taşımak, ve işlemek için gereken enerjinin düşürülmesiyle, kaydedilmiş suyun gerçek değerinden daha çok para biriktirilebilir.
- Atık su üretiminin düşürülmesi: Su tüketiminin azaltılması aynı zamanda atık su oluşumu da azaltır, böylece bina sahipleri için maliyet düşer.
- Alt yapı yatırımları: Su tasarruflu binalar tasarlamak su ve atık su altyapı maliyetini azaltır.
- Gelişmiş endüstriyel işlemler: Üretim sistemlerinde su kullanımındaki yenilikler yeni süreç ve yaklaşımlara neden olabilir.

- Yüksek işçi verimliliği: Kaynak verimliliği tedbirleri alan tesisler, daha üretici bir iş gücüne sahiptirler.
- Azaltılmış mali risk: Su tasarrufu uygulaması ihtiyaç duyulması halinde uygulanabilir, böylece büyük tesisler için maliyet ve risk azalır.
- Çevresel yararlar: Su tüketiminin azaltılmasıyla doğal sistem üzerindeki etkiler de azalır.
- Halkla ilişkiler değeri: Çevreyi korumak, genel kamuoyu ve müşteriler tarafından olumlu bir tavır olarak görülür.

Binanın hidrolojik döngüsü ve enerji kullanımı, bina sahibine gözle görülür etkilerinin küçük bir kısmıyla, birbirine sıkıca bağlıdır. Karmaşık ve pahalı sistemler, içilebilir suyu yüzey suları ve yer altı su kaynaklarından çıkartırlar, daha sonra arıtım ve ayırma işlemleri için pompalarlar. Pompalama işlemi için, düşük maliyetli su tarafında finanse edilmiş enerjiden büyük miktarlarda gerekmektedir. Benzer şekilde atık su, geniş kanalizasyon sistemleri ve göreceli olarak büyük miktarlarda enerji harcayan atık su işletim tesislerinin kaldırma istasyonları boyunca pompalanmalıdır. ( 'watergy' terimi bazen su ve enerjinin sıkıca birbirine geçmiş ilişkilerini tanımlamak için kullanılır) İşin iyi tarafı, su tüketimini azaltmanın sayısız olumlu faydaları sadece sistem boyunca akışın düşmesi değil aynı zamanda genel enerji tüketiminin ve enerji kaynakları yüzünden oluşan kirliliğin de düşmesi demektir.

### 1.1. Binalarda Su Tüketim Hedeflerinin Ayarlanması

Binaların su tüketiminde hedeflerin ayarlanması, mantıklı bir strateji tasarlamak için gereken ilk ve önemli bir aşamadır. Eğer 'Faktör 10' kavramı su tüketimi konusunda uygulanırsa, içilebilir su - bundan çıkarımla atık su- sürdürülebilir bir gelecek üretmek için %90 oranında düşürülmelidir. Bu da demek oluyor ki, bu ülkede, evlerde kişi başına düşen içilebilir su tüketimi günde 380 litreden 40 litreye düşmelidir. Bu önemli boyuttaki azalmayı başarmak için de suyun yeniden kullanım ve geri dönüşüm oranı artırılmalıdır. Örneğin, kişi başı su tüketimi dış mekan ve iç mekan arasında neredeyse eşit olarak bölünmüştür. Eğer dış mekanda sulama yapmak için sadece geri dönüşümlü su kullanılırsa, kişi başına düşen içilebilir su kullanımı günde 190 litreye düşer. İç mekana gelince, tüketilen suyun neredeyse yarısı tuvalet ve pisuar temizliğinde kullanılmaktadır. Bu amaçla sadece geri dönüşümlü su kullanılırsa, günlük su tüketimi 85 litreye düşer. Bu nispeten kolay anlaşılır önlemler, acil bir 'Faktör 4' düşüşü oluşturur. Düşük akımlı bağlantılar ve elektronik kontrol gibi ek önlemler, istenen 'Faktör 10' düşüşünü neredeyse oluşturabilir [2].

### 1.2. Hidrolik Döngü Terminolojisi

Yüksek-teknolojili bir binada hidrolojik stratejiler hakkında konuşmaya başlamadan önce genel terimleri tanımlamak önemlidir [3].

**Siyah su:** İnsan atıkları içeren sudur. Mutfak lavaboları ve bulaşık makinelerinden gelen su da siyah su olarak düşünülebilir çünkü içinde petrol yağı, yemek yağı, yemek kırıntıları barındırır.

**Gri su:** Küvet, duş, banyo lavabosu, çamaşır makinesi ve çeşmelerden gelen sudur. Ayrıca soğutma ekipmanları ve klimalardan gelen yoğunlaşma suyu, sıcak küvet, havuz ve çeşme, sarnıç ve drenaj suları da gri sudur. Gri su minimum miktarda kirlilik içerir. Bu yüzden, bazı peyzaj uygulamalarında yeniden kullanılabilir. Bu konu kamu sağlığı yetkilileri tarafından hala tartışılıyor olsa da, gri suyun geri kullanımının sebep olduğu herhangi bir hastalığa rastlanmamıştır. Siyah su da gri su da insanların uzak durması gereken patojenler içerir ama siyah su, su kaynaklı hastalıkların bulaşması konusunda çok daha yüksek risk taşır.

**Kuru peyzaj:** Doğası itibarı ile kuraklığa dayanıklı ya da bu duruma adapte olmuş türlerle oluşturulan, bakım için neredeyse hiç su gerektirmeyen peyzaj stratejisidir. Bu terim Yunanca'da kuru anlamına gelen xeri kelimesinden türemiştir.

**Yağmur suyu toplama:** Yağmur suyunun toplanıp depolanması ve kullanılması demektir. Birçok sistemde çatı yüzeyi toplama alanı ve büyük galvanizli çelik, fiberglas, polietilen, ya da demir-çimento tankları depolama sarnıcı olarak kullanılır. Eğer bu su peyzaj sulaması için kullanılacaksa sadece tortu filtresi yeterlidir. Ancak içme suyu olarak kullanılacaksa ek arındırma yöntemleri gereklidir. Arındırma işleminden sonra yağmur suyu oldukça güvenli ve kalitelidir.

**Geri kazanılmış su:** Atık su arıtma tesislerinden alınan su işlenip içilebilir su dışında çeşitli amaçlarla kullanılabilir. (ör: peyzaj sulamada, soğutma kulelerinde, endüstriyel işlemlerde, tuvaletlerde sifon suyu olarak ve yangından korunmada kullanılabilir.) ABD'nin belli kesimlerinde geri dönüştürülmüş su sulama suyu olarak düşünülür, ama potansiyel kullanımı sulamadan çok daha geniş bir alandadır.

### 1.3. Binalarda Hidrolik Stratejilerin Geliştirilmesi İçin Aşamalar

Aşağıdaki mantıksal adımlar, yüksek performanslı binaların hidrolojik stratejilerinin geliştirilmesinde kullanılabilir [2]:

1. Her bir tüketim amacı için su kaynağını seçin. İçilebilir su sadece insani tüketim için yapılan uygulamalarda kullanılmalıdır. İçilebilir suya ek olarak yağmur suyu, gri su, geri dönüştürülmüş su gibi başka su kaynakları da vardır. Bu alternatif su kaynakları peyzaj sulama, yangından korunma, sulama kuleleri, soğuk ve sıcak su, tuvalet ve pisuarlar ve bunlar gibi uygulamalarda kullanılabilir. Böylece içilebilir su kullanımı en aza indirilebilir. Her durum için alternatif su kaynağının uygunluğu, proje için öngörülen su kullanım profilini tespit etmek için analiz edilmelidir.
2. Her türlü amaç için, su tüketiminin en az olduğu teknolojiyi kullanın. Düşük akımlı bağlantıların (tuvalet, pisuar, musluk ve duş başlığı), akış olmayan bağlantıların ( kompost tuvaletler, susuz pisuarlar) ve kontrollerin (kızılötesi sensörler) kombinasyonu, bu stratejinin içeriğini oluşturur. Peyzaj düzenlemelerinde, yüksek verimliliğe sahip damlatma-sulama sistemleri hem çok daha az su kullanır, hem de suyu bitki köklerine %90'dan yüksek verimler ile iletir. Buna ek olarak sulama sistemine olan ihtiyacı yok etmek için, peyzajda kuraklığa toleranslı türler kullanılabilir.
3. İkili atık su sistemi için potansiyeli değerlendirin. Böyle bir sistem lavabo, çeşme, duş, bulaşık makineleri ve çamaşır makineleri gibi yerlerden gelen az kirli suları tuvalet ve pisuar gibi insan atıklarıyla kirlenmiş su kaynaklarından gelen sulardan ayırır. Bu ikili boru sistemi gri suyu siyah sudan ayırır. Böylece bina içinde suyun geri dönüşümü sağlanır.
4. Yenilikçi atık su arıtma stratejileri için potansiyeli analiz edin. Örneğin, inşa edilen sulama arazileri ya da yaşayan makineler olarak adlandırılan sudaki organik atıkları ve kimyasal kirleticileri parçalayarak yok eden bitkiler, bu atık su işlemi için istihdam edilebilir. Bu yaklaşım, doğa ile, arıtılmış binaların ortak yaşamının uygulamasını yapar gibi, her yıl daha fazla yüksek performanslı bina projesinde görülmeye başlamaktadır.
5. Energy Policy Act (EPA) tarafından zorunlu tutulan seviyelerin ötesinde, binalar ve onların peyzajları boyunca su akışını azaltmak anlamına gelen adapte uygulamalarının maliyet ve yararlarını kullanım süresi maliyetlemesi (life cycle costing)(LCC) uygulayarak analiz etmek. İçilebilir suyun maliyetini incelemekten başka bir şey yapmayan basit bir LCC, muhtemelen 10-20 yıl aralığında uzun bir geri ödeme süresi sağlar. Atık su oluşumunun azalması ve buna bağlı olarak arıtma maliyetinin düşmesi hızlandırılmış bir geri ödeme sağlayacaktır. Suyu taşımanın ve atık suyun mevcut enerji maliyeti, enerji oluşumuna bağlı yayım, çalışanların üreticiliklerindeki gelişmeler ve genel çevresel faydalar gibi maliyetlerin daha geniş bir yorumu ilk yatırımların geri ödeme zamanını kısaltabilir. Sonuç olarak, birçok bölgede içilebilir su ücretinin genel enflasyon oranından çok daha büyük bir ölçüde artması ve muhtemelen hızla da artacak olması beklenebilir bir durumdur. LCC değerlendirmesinde bu da dahil olmak üzere diğer dolaylı maliyet faktörleri ile birlikte, iyi enerji korunumu hesaplamaları için (yani 7 yıl ya da daha az) geri ödemeler aynı orana gelmelidir.

## 2. YÜKSEK PERFORMANSLI BİNALARDA SU KAYNAĞI STRATEJİSİ

Yüksek performanslı binalarda su temini için en temel strateji içilebilir su tüketimini mümkün olduğunca azaltmaktır. Bu nedenle, yüksek performanslı binalarda hidrolojik döngü stratejisinin ilk iki basamağı yalnızca su temini stratejisini uygulamak içindir. İlk basamak, içilemeyen su kaynaklarının içilebilir su kaynakları yerine kullanma potansiyelini tayin eder. Bu kavramda, içilemeyen su yağmur suyu, gri su ve geri dönüştürülmüş suları içerir. İçilemeyen su kaynaklarının kullanılabilirliği tayin edildiğinde ikinci basamağa geçilir. Bu basamakta, içilebilir su ve içilemeyen su tüketiminin minimum olduğundan emin olunur. Böylece, EPA koşullarının altında bir akış hızı (debi) sağlayan ultra düşük akımlı bağlantılar

(ULF) için uygun ortam oluşur. Susuz sıhhi tesisat bağlantıları daha yaygın olmaya başlamaktadır ve üreticiler daha fazla seçenek sunmaya başladıklarında rekabetçi fiyatlara sahip olmaktadır. İçilebilir su tüketimini azaltmak için kullanılan yöntemler aşağıdaki alt başlıklarda anlatılmaktadır.

## 2.1. Düşük Akımlı ve Ultra Düşük Akımlı Bağlantılar

EPAct, bağlantılarda su kullanımında nispeten iddialı sınırlar belirler. Ama yüksek performanslı yeşil binalarda su kullanımı normal olarak EPAct şartlarını aşmaktadır. Örneğin: U.S. Green Building Council (USGBC) Leadership in Energy and Environmental Design – New Construction (LEED –NC) standartları, içilebilir su tüketim oranında EPAct şartlarının %30 altına inildiğinde 1 puan, %35 altında 2 puan, %40 ve üzeri oranlarda azalma olması durumunda da 3 puana izin vermektedir. Aşağıdaki alt başlıklarda su tesisatı armatürlerinin temel çeşitleri ve bunların alternatifleri tartışılmaktadır. (Not: Düşük akımlı bağlantı EPAct şartlarını karşılayan, ultra düşük akımlı bağlantılar da (ULF) EPAct şartlarını aşan bağlantı anlamına gelir.) [4].

### 2.1.1. Tuvaletler ve Pisuarlar

Tipik bir binada su tüketiminin neredeyse yarısı tuvaletler aracılığıyla olmaktadır. Amerikalılar, günde neredeyse 18,2 milyar litre suyu tuvaletlerde sifon için harcamaktadır. New York'ta bulunan tuvaletleri daha az su tüketen modelleriyle değiştirerek, binalarda su tüketiminin %29 a düştüğü gözlenmiştir. Bu yöntem 1,3 milyon tuvalete uygulandığında, günde yaklaşık 230-300milyon litre su tasarrufu yapılacağı tahmin edilmektedir. Ancak, düşük akımlı tuvaletlerin verimli çalışmadığıyla ilgili genel bir kanı vardır. Bunun sebebi de, 16 litre su harcayan sifonlar yerine 6 litre su harcayanlar kullanıldığında oldukça düşük performans gözlenmesidir. Fakat yapılan çalışmalara göre 6 litrelik sifonlar gayet iyi çalışmaktadır.



**Şekil 1.** Çift sifonlu İfö Cera tuvalet, yarım bir sifon için 1,1 litre, tam sifon için 6 litre su harcar. Sifon seviyeleri aşağı ve yukarı ayarlanabilir.



**Şekil 2.** Susuz pisuvarlarda 1 yılda pisuvar başına 151.400 litre su tasarrufu yapılabilir.

6 litrelik sifonların pek çok teknolojiye sahiptir:

- Yerçekimi-tankı tuvaletler: Tasarım olarak eski tuvaletlerle aynıdır. Ama dik kenarlarıyla sifonda daha hızlı bir temizlik sağlar.
- Çift yıkamalı tuvaletler: Yıkama için iki kolu vardır. Biri idrar gibi küçük ihtiyaçlarda kullanmak için yıkama başına 3,8 litre su harcayan kısım, diğeri de yıkama başına 6 litre harcayan kısımdır (Bknz. Şekil 1).
- Yıkama-ölçer tuvaletler: Yıkama döngüsünde oluşan basınç yakalanır ve bir sonraki yıkamaya yardımcı olmak için kullanılır.
- Vakum destekli tuvaletler: Yıkama-ölçer tuvaletlerle ters bir prensiple çalışır. Yıkama işlemiyle yenilenen bir vakum oluşturulur.

Tuvaletlerde bir ULF armatürü yıkama başına 6 litreden az su tüketir. Yıkama performansının önemli olduğu durumlarda elektromekanik tuvaletler ya da çift kademeli tuvaletler tercih edilmelidir. Elektromekanik tuvaletler, elektrik gücüyle pompa ve kompresör gibi mekanik araçları kullanarak yıkama başına 3,8 litreden az miktarda suyla tuvaletin atık sudan arınmasını sağlar.

Kompost tuvaletler kullanılarak daha büyük su tasarrufu sağlanabilir. Fakat kompost tanklarının büyüklüğü, hakkında bilgi eksikliği, yerel düzenleyici kısıtlamalar ve yüksek maliyetler yüzünden bu çeşit tuvaletler, milli parklardaki kullanımının dışında çok tercih edilen bir seçenek değildir. Pisuarlarda, yıkama başına 4,5 litre su tüketimi olmaktadır. Susuz pisuarlar kullanılarak su tasarrufu sağlanabilir (Bknz. Şekil 2).

### 2.1.2. Duşlar

Günlük hayatta kullanılan duşta, normal bir su basıncıyla dakikada 11 ile 27 litre arasında su harcanır. Yüksek kaliteli duşların kullanımıyla ise dakikada 3,8 ile 9,5 litre arası su harcanır. Bu da sadece tek bir duşla litrelerce suyun tasarrufu anlamına gelir. Bu tip yüksek kaliteli duş başlıklarında püskürtme kısmı daha dardır ve havayla suyun daha iyi bir karışımı sağlar. Böylece daha az suyla daha verimli bir duş sağlanabilir.

Duşlardaki akış düzenleyiciler ve geçici su kesme düğmeleri ya da sabunlanırken suyu kesmeye yarayan manivela kolu sayesinde daha az su tüketimi olur. Su akışı tekrar başladığında sıcak-soğuk su karışımı yapmaya gerek kalmadan aynı sıcaklık, yani istenilen sıcaklıkta su gelir. Akış kısıtlayıcılar, duş başlığının içine yerleştirilen disklerdir ve yenileyip, güçlendirme konusunda oldukça caziptirler. Ancak, akış kısıtlayıcılar birçok duş başlığında zayıf su basıncına neden olur. Kalıcı su tasarrufları, iyi tasarlanmış duş başlıklarına göre daha iyi yoldur.

### 2.1.3. Musluklar

Musluklar genel olarak banyo, mutfak ve çalışma odalarında bulunmaktadır. Banyoda dakikada 5,7 litre su harcanırken, mutfakta dakikada 9,5 litre su gider. Kurumsal banyoların musluklarında otomatik kontrol sistemi olabilir. Kurumsal mutfak musluklarında ise döner başlık ve ayakla açma-kapama gibi özellikler bulunabilir. Eski musluklarda dakikada 11-19 litre gibi muazzam bir su tüketimi olmaktadır. Federal kurallara göre, 1 Ocak 1994'ten sonra üretilmiş musluklar 80 psi basınçta 9,5 litreden fazla su tüketemez. Savaş-kapaklı musluklar da devir başına 0,95 litre ile sınırlandırılmıştır. Savaş-kapaklı musluklarla önceden ayarlanmış miktarda su kullanılır. Su yönetimi amacıyla, akış vanası ayarlanarak su miktarı azaltılabilir.

Mutfak musluklarında ayakla kontrol hem su tasarrufu, hem de eller serbest kolaylığı sağlar. Sıcak su dönüşüm sistemleri, su ısınırken harcanan su miktarını azaltır. Su tasarrufu için sıcak su borularının yalıtılması da bir çözüm önerisidir.

### 2.1.4. Çeşmeler

Müstakil çeşmeler dahili soğutma sistemlerine sahiptir. Çıkış suyu sıcaklığını 18°C yerine 21°C'ye ayarlamak önemli miktarda enerji tasarrufu sağlar. Borular, soğutucu ve depolama tankını yalıtım da enerji tasarrufu için önemlidir. Eğer uygunsa, geceleri ve hafta sonları kapanmasını sağlayan bir

otomatik zamanlayıcı da tasarrufa katkı sağlar. Uzaktan kumandalı soğutucular ya da merkezi sistemler, bazı bağlantılarda soğuk içme suyu sağlamak için kullanılır. Enerjiyi korumak için sıcaklık 180C'den 210C'ye yükseltilebilir; borular çok iyi yalıtılmalıdır ve binanın kullanılmadığı zamanlarda kapatmak için bir zamanlayıcı olabilir. Sensorlu musluklar aynı zamanda güç kaynağına elektrik bağlantısı ya da pil güç kaynağı gerektirir.

## 2.2. Bağlantılar için Otomatik Kontroller

Musluklar, tuvaletler ve pisuarlar için kullanılan otomasyon kontrol sistemleri, su tüketimini büyük miktarda azaltır ve temas ile bulaşan hastalıkların bulaşma potansiyelini elimine eder. Ticari ve kurumsal tesislerde bu tip sistemlerin kullanımı –gerçi kullanım sebebi su tüketimi kontrolünden ziyade hijyen odaklıdır- giderek daha popüler bir hal almıştır.

Elektronik kontrol sistemleri yeni sıhhi tesisat ile takılabilir ya da eski tip sıhhi tesisata adapte edilebilir. Su tüketiminin tesis tipine ve de kullanım şekline bağlı olmasına karşın, bazı tesisler yüzde yetmiş gibi tasarruf yüzdeleri kaydetmiştir. Bu tip talep odaklı sistemler musluklardaki su ısınması ve kanalizasyon sistemleri için belirli oranlarda tasarruf sağlar. Sıhhi tesisat elektronik kontrol sistemleri, genellikle sürekli bir kızılötesi ışın yayarak çalışır. Musluk sistemlerinde kullanıcı bu sürekli yayılan kızılötesi ışını keser ise, su akmaya başlar. İkili ya da çoklu ışın yayan sensörler daha kullanışlıdır. Tuvalet ve pisuarlarda ise sistem kullanıcının yayılan ışını kesmeyi bıraktığı anda aktive olur. Bazı tür musluklara zamanlayıcı entegre edilmiştir. Bu zamanlayıcı bağlantı, musluğun su verme süresini limitler ve de sabitler – genellikle 30 saniyedir bu süre. Musluğa da bağlı olmasına karşın, elektronik ünite de 10 saniye süren bir el yıkama, en az 0,3 litre su tüketir. 10 saniyelik döngü ADA tarafından minimum olarak belirlenmiştir.

Elektronik kontrol sistemleri, tuvaletlerde başka gereçler için de kullanılmaktadır. Sensörlü el kurutma makineleri hem hijyeniktir hem de kullanıcı kullanmayı kestiğinde çalışmayı keserek enerji tasarrufu eder. Sabun dispenseri de elektronik sensörlerle kontrol edilebilir. Elektronik kapı açma sistemleri de tuvalet yüzeyiyle teması azaltmak amacıyla kullanılır. Hatta duşlarda da bu tip sensörler kullanılmaktadır – örneğin hapishanelerde ve askeri tesislerde. Elektronik gereçler özürü teçhizatları ve hastaneler için de kullanışlıdır. Böylece hem garip araç kollarını kullanmaya gerek kalmaz hem de su ayarlaması sırasında oluşabilecek yanma tehlikesi ortadan kalkar. Dokunmadan kullanılabilen sensörlü musluklar da şu koşullarla uygundur (1) lavabonun arkasındaki duvara monte edilmesi, (2) musluğa entegre edilmiş sensör ya da (3) sıcak-soğuk su koluna ya da musluğun gövdesine monte edilmiş sensör. Yeni kurulumlar için 1 ve 2. Seçenek en uygunlarıdır. Tadilat ya da yenileme durumları için ise 3. Seçenek tek uygun seçenek olabilir. Bilgisayarla kontrol, yangın alarmı gibi durumlarda suyun yönünü değiştirmek için kullanılabilir. Termostatik vanalar elektronik musluklarda ısı ayarlaması yapmak için uygundur. Sıcak su tüketimini azaltmakla önemli miktarda enerji tasarrufu olur.

## 2.3. Yağmur Suyu Hasatı

Yağmur suyu bütün insanoğlunun yaşamını sürdürebilmesi için çok önemli bir su kaynağı olarak düşünülür. Bina uygulamalarında, yağmur suyu çatılarda toplanır ve depolama tankı ya da sarnıçlara gönderilir. Merkezi içilebilir su sistemlerinin gelişiyile, modern yüksek performanslı yeşil bina hareketi ortaya çıkana kadar yağmur suyu sistemleri hariç hepsi kayboldu. 'Texas yağmur suyu toplama kurallarına göre, yağmur suyunu tekrar geçerli bir su kaynağı yapmak için 3 faktöre değinir [5]:

1. Merkezi su sistemleri veya kuyu açma yöntemleriyle elde edilen suyun ekonomik ve çevresel maliyetinin sürekli artması
2. Kirliliğin kaynağı ve arıtımından doğan sağlık sorunları
3. Yağmur suyuna olan güvenle birleşen maliyet verimi algısı

Aşağıdaki etmenlerden bir ya da daha fazlası oluştuğunda yağmur suyu sistemleri uygundur:

- Yer altı su kaynakları sınırlı ve kırılgandır. Kırılgan yer altı su havzası sistemleri, basınçla değerli su kaynakları üzerinde ekolojik tehlike yaratabilir.

- Yer altı su kaynakları kirlendiğinde ya da önemli derecede mineralleştiğinde arıtım maliyeti yüksektir.
- Yağmur suyu akışı önemli bir kaygıdır.

Yağmur suyu toplama sistemleri genelde aşağıdaki önemli bileşenleri içerir:

- **Su toplama alanı:** Birçok yağmur suyu toplama sisteminde su toplama alanı yapının çatısıdır. Yağmur suyu toplama sistemi biyolojik büyümeyi desteklemediği için en iyi çatı yüzeyi mümkün olduğunca pürüzsüz olanıdır. Böylece çatı yıkama sistemleri ile çatı biriken kirlere kolayca arındırılır. Galvaniz metal en çok kullanılan çatı döşeme malzemesidir.
- **Çatı yıkama sistemi:** Çatıdaki toz ve kirden kurtulmak için kurulan bir sistemdir. Bu sistem, içilebilir su kaynağı olarak kullanılan yerlerde kullanılmak içindir ama diğer yerler için de kullanılması tavsiye edilir. Çatı yıkama sistemi yağışlı zamanlarda çatıda akan suyun arındırılması için tasarlanmıştır.
- **Depolama öncesi süzme:** Büyük parçacıkları, yaprakları ve sarnıçtan gelen diğer döküntüleri tutmak için yuvarlak paslanmaz çelik bir ekran sarnıcın her girişinin üzerine sağlanmalıdır. Rüzgardan dolayı çok fazla döküntü ve yaprağın geldiği alanlarda oluklara yaprak tutucular eklenebilir.
- **Yağmur suyu nakli:** Oluklar, yağmur suyu iniş boruları ve yağmur suyunu çatıdan sarnıca taşıyan borularda kullanılan bir sistemdir.
- **Sarnıç:** Yağmur suyu toplama sistemleri için gereken tek büyük yatırımdır. Malzeme olarak genellikle galvaniz çelik, beton, betonarme, fiberglas, polietilen ve dayanıklı ağaç kullanılır. Bu seçenekler arasında fiyat ve beklenen ömürleri çeşitlilik gösterebilir. Tanklar bodruma ya da yerüstü veya yeraltında gömülü olarak dış mekana yerleştirilmelidir. Alg büyümesini önlemek için güneşten uzak tutulmalıdır. Sarnıç kapasitesi beklenen ihtiyacı karşılayabilecek boyutta olmalıdır. Tek su kaynağı olarak düşünülen sistemlerde sarnıcın ölçüleri, son 30 yılın yağış kayıtları göz önüne alınarak yılın hiç yağış almayan ya da az yağışlı zamanlarında ihtiyacı karşılayacak şekilde hesaplanmalıdır (Bknz. Şekil 3).
- **Su dağıtımı:** Sarnıçtan gereken yerlere suyu dağıtmak için genellikle bir merkezi yönetim sistemi gereklidir. Bu nedenle, uygun yer ve sistem bileşenleri ile yerçekimi beslemeli bir sistem mümkündür.
- **Su arıtma sistemi:** Sıhhi tesisat ve sulama hatlarını korumak için, su, tortu kartuşlarında filtre edilip parçacıklardan arındırılmalıdır. İçme suyu sağlama sistemlerinde güvenli su kaynağı sağlamak için ilave yöntemler gereklidir. Bu yöntemler mikrofiltreleme, ultraviyole sterilizasyon, ters ozmos, ozonasyon ya da bu yöntemlerin kombinasyonu olabilir. Bazı sistemlerde, içilebilir suyun çekildiği tek bir musluk için daha fazla arıtma aşaması gerekir.

Yağmur suyu toplama sistemleri içilebilir su tüketimini azaltmak için çok büyük bir potansiyeldir. Bu avantaja rağmen, yağmur suyu toplama sistemleri için standart tasarımlar yoktur. Bundan dolayı her bina için tasarlanan sistem kendine özgüdür. Bunun sonucunda da, bu sistemler başarısızlık eğilimli ve güvenilmezdir. Net ve açık standartlar ve tasarımlar oluşturmak bu sorunu çözmek konusunda büyük yol kat ettirecektir.



Şekil 3. Florida Üniversitesi'nde Rinker Hall Yağmur Suyu Toplama Sisteminin İnşaat Hali.

Bu sistemde binanın güney merdivenleri altında bir sarnıç bulunmaktadır. Yağmur suyu binanın tuvaletlerinde sifon sistemi için kullanılmıştır.

#### 2.4. Gri Su Sistemleri

Gri su, tuvalet ve pisuarlar dışındaki yerlerden gelen atık su olarak kabul edilir. Gri su toplama, gri suyu tuvaletler ve pisuarlardan gelen siyah sudan ayırmayı gerektirir. Gri su genellikle alan sulaması için kullanılır. Tuvalet ve pisuarların rezervuarları da gri suyun kullanım alanlarına girer.

Gri su sistemli binalar çift atık boru sistemine sahip olmalıdır. Bunlardan biri her çeşit su içindir. Gri su bir dalgalanma tankında toplanmalıdır. Burada sulama işlemleri ya da gereken diğer alanlarda kullanılmak üzere tutulur. Gri su toplama sisteminde olacak bir taşma direkt olarak kanalizasyon hattını beslemelidir. Eğer kaynak ve çıkış arasında bir uyumsuzluk ya da filtre veya pompalamada bir arıza olursa, sistem fazla gri su ile dolar. Aşırı akış suyu kanalizasyon sistemine yönlendirir. Ayrıca sistemde kontrol edilen bir vana da olmalıdır. Böylece arazi, sulama suyu ile fazla ıslandığında ya da diğer sebeplerden gri su kullanımı engellenmek istenirse, suyun çıkışı kanalizasyona yönlendirilebilir. Gri su kullanılmadan önce çok uzun süre saklanmamalıdır. Suyun içindeki mikroorganizmaların organik maddeleri ayrıştırması ve ortamdaki oksijeni çabucak tüketip anaerobik bakterilerin ortamı teslim almasıyla hiç hoş olmayan bir koku ortaya çıkar [6].

Bazı gri su sistemleri sulama borularındaki suyu damla damla vermek yerinde büyük ve ani akış hızına ayarlanmıştır. Doz ayarlama sistemi için suyun kısa bir süre (birkaç saatten fazla değil) tutulması gerekmektedir. Eğer sistemde bir filtre kullanılırsa temizleme işlemi daha kolay olur.



**Şekil 4.** Oberlin, Ohio, Oberlin College'da Lewis Çevre Çalışmaları Merkezince Restore Edilmiş Bir Sulak Alan.

Binadaki yaşayan makineler sayesinde arıtılan atık su, sulak alanda kullanılmaktadır.

Birçok gri su sistemi için filtre bakımı büyük bir sorundur. Patojenlere karşı tam bir koruma için gri su, yerçekimi ile ya da yeraltındaki atık alanına pompalanarak akmalıdır. Delikli plastik boru -minimum 76 mm çapında- California su düzenlemeleri için söylenir, ancak filtrelemede küçük çaplı damla sulama tüpleri kullanılabilir. Genel bir kural olarak gri su çimen, çiçek, ağaç ve çalıların yer altı sulamaları için kullanılabilir. Fakat meyve-sebze bahçeleri için kullanılmamalıdır (Bknz. Şekil 4.) [7].



## 2.5. Geri Dönüştürülmüş Su

İçilebilir su dışında kullanılan sular için geri dönüştürülmüş su kullanmak içilebilir su kaynaklarına olan talebi büyük ölçüde azaltır. Günümüzde belediye atık su geri kullanımı günde 18 milyon m<sup>3</sup> civarındadır. Endüstriyel atık su kullanımını ise çok daha fazladır, günde 3,2 milyar m<sup>3</sup>.

Kronik su sıkıntısı alanlarında, tasarım ekibi yerel su hizmetini kontrol etmeli ve binalardan geri su temini için bir program olup olmadığı araştırılmalıdır. Geri dönüştürülmüş su programları özellikle California, Florida, Arizona, Nevada ve Texas' ta popülerdir.

Geri dönüştürülmüş su için bir dizi uygulama alanı vardır: peyzaj, golf sahası ya da tarımsal sulama, çeşmeler gibi dekoratif özellikler, kazan besleme, tek yolla soğutma, beton karıştırma, kar yapma ve yangın ana suyu. Geri dönüştürülmüş su kullanımının en kolay yolu yeni bir tesisin inşasının başında planlanmasıdır. Fakat tesisin sıhhi tesisat sisteminde yapılacak büyük yenilik ve değişiklikler geri dönüştürülmüş su kullanımına olanak sağlar. Peyzaj sulama gibi kesin uygulamalarda, yapılacak değişiklikler oldukça sade ve az olabilir. Ancak geri dönüştürülmüş suyun kullanımı devlet ve yerel düzenlemelere göre sınırlandırılabilir. Üniversite, askeriye gibi kendi atık su arıtma tesisine sahip yerlerde tesis direkt yerinde kullanıma uygun olarak değiştirilebilir.

Binalarda geri dönüştürülmüş su kullanımını için aşağıdaki durumlardan bir ya da daha fazlası dikkate alınmalıdır.

1. yüksek su maliyeti ya da içilebilir su kaynağını genişletme ihtiyacı,
2. yerel kamu politikası su korunumunu cesaretlendirmeli ve önermeli,
3. WWTP'den gelen yüksek kaliteli atığın mevcudiyeti ya da
4. Suyun geri kullanımının çevresel ve diğer somut olmayan faydalarının bina sahibi tarafından tanınması.

Modern bir WWTP, arıtmada 3 aşamaya sahiptir – birincil, ikincil ve üçüncül – her bir aşama bir öncekinden daha fazla enerji ve kimyasal gerektirmektedir. Genellikle üçüncül ya da ileri ikincil arıtma gerekmektedir. Bu aşamalar yoğunlaşma, topaklanma, tortulaşma ve süzme işlemlerinin bir kombinasyonunu içerir. Virüs inaktivasyonu için klorlama ile birlikte granül karbon yüzeye tutunması ya da ters ozmos, ozonasyon ya da ultraviyole açığa çıkarması yapılır. Ülkede su kaynağının sınırlı olduğu yerlerde ikili su sistemleri görülmeye başlamıştır. Binalarda biri içilebilir su diğeri de geri su için iki tane su giriş hattı vardır. İlki bütün içme suyu kullanımları için, ikincisi de içilemeyen sular içindir. Geri dönüştürülmüş su için kullanılan borular ve vanalar mor etiketlerle kodlanmalıdır. Böylece kurulum sırasında borularda ya da bağlantıda karışıklık yaşama ihtimali minimum olur. Ayrıca, bütün vana, sayaç ve gereçlerde uyarı işareti kullanılması tavsiye edilir (içilebilir su için mavi, kanalizasyon için yeşil). Kazara oluşacak bir yanlış bağlamada geri akışı önlemek için geri su 10psi 'dan daha az bir basınçta tutulmalıdır. Diğer bir önlem ise, geri su hattının içilebilir su ana hattından 30 cm daha aşağıda olmasıdır [8].

## 3. YÜKSEK PERFORMANSLI BİNALARDA ATIK SU STRATEJİSİ

İçme suyu tüketimini azaltmak, atık su arıtma stratejisini değiştirmek için harcanan çabayla karşılaştırılınca nispeten daha basittir. Modern WWTP, halk sağlığının korunduğundan emin olmak için büyük merkezi enerji ve kimyasal yoğun çalışmalar tasarlamıştır. Fakat gelecekteki yüksek enerji maliyeti ve halkın kimyasal kullanımına karşı gösterdiği direncin artması, bina sahiplerini atık su arıtımı için başka çözümler bulmaya yönlendirmektedir. Bu amaçla, günümüzde kullanılan temel yaklaşımlar doğrudan ve dolaylı olarak doğaya dayandırılmaktadır. Doğrudan yol ile binalardan gelen atıklar, yüzey ve yeraltı su alanlarıyla arıtılmaktadır. Dolaylı yolla ise, atık su binaların içinde, kapalı tank ve fiçilerin içinde bitki, ışık ve bakteriler kullanılarak arındırılmaktadır [9].

### 3.1. İnşa Edilmiş Su Alanları

Yeşil binaların temel amaçlarından biri ekolojik tasarımı azami ölçüde uygulamaktır. Ekolojik tasarım, doğal sistem, binalar ve bu binaların içinde yaşayan insanlar arasında birbirine bağlı bir ilişki yaratır. Görevleri yerine getirmek için enerji-yoğun mekanik ve elektrik sistemleri yerine doğayı kullanmanın 4 belirgin avantajı vardır:

1. Doğa, kendi kendini sürdürebilir, düzenleyebilir ve organize edebilir.
2. Doğa, güneş enerjisinden ve organik maddelerde depolanmış kimyasal enerjiden güç alır.
3. Doğal sistemler, istenmeyen toksik ve metal bileşikler, kararlı bileşiklere çevirerek azaltır.
4. Doğal sistemlerin kurulumu ve uygulaması kolaydır.

Binalarda atık su arıtımı için sulak alanları kullanmak tam da bu tip bir fırsat sağlar. Çünkü böyle ekolojik sistemler organik atıkları yıkabilir, karmaşık altyapı ihtiyacını en aza indirir ve bu sistem içindeki canlılara besin sağlar. İnşa edilmiş su alanları atık su arıtımı sağlayan pasif sistemler olarak düşünülebilir. Atık sularındaki kirlilikten kurtulmak için doğal sulak alanlarla aynı filtre işlemlerini kullanırlar. Organik atıkların yanında, sulak alanlar inorganik atıklardan kurtulma konusunda da başarılıdır. Bu yüzden, endüstriyel atık, çöp sızıntı suyu, tarımsal atık, asit maden drenajı ve havaalanı akış suyu arıtımında da kullanılabilir. Dahası, atık su arıtmanın yanı sıra, inşa edilmiş su alanları sel suları için dalgalanma alanı yaratır ve sıklıkla kirlenen akarsuyu arıtır.

Sulak alanlar arıtımda çeşitli mekanizmalar kullanır. Bu mekanizmalar şöyledir; besinlerin atılması ve geri dönüşümü, tortulaşma, biyolojik oksijen ihtiyacı, metallerin çökeltilmesi, patojen atımı ve toksik maddenin bozulması.

İnşa edilmiş sulak alanların kullanımını düşünürken, inşa alanıyla ilgili faktörler de düşünülmelidir. Hidroloji ( yer altı suyu, yüzey suları ve zemin geçirgenliği), doğal bitki türleri, mevsimsel sıcaklık dalgalanmaları, iklim, yerel topraklar, arazi topografyası ve uygun alan bu faktörlerdendir. İnşa edilmiş sulak alanlar ayrıca yüzey ve yer altı akış için de kurulabilir. İnşa edilmiş su alanları hem yüzey hem de yüzey altı suları için inşa edilir. Yüzey akış sistemleri, sulak alanların yanında sığ havzaları da içerir. Sığ havzalar, doymuş toprağı ve aerobik koşulları tolere edebilir. Yüzey akış sistemlerine atık su girer ve havza boyunca ilerler, sonunda temiz su olarak çıkar. Yer altı sistemlerinde ise atık su çakıl gibi bir yüzeyden akar. Bu sistemde yüzey akış sistemine göre daha fazla bir kirlilikten kurtulma oranı vardır. Ayrıca insanlar ve hayvanlarla etkileşim de minimumdur. Soğuk iklim koşullarında da rahatça kullanılabilir.

Bir durum karşısında en uygun seçeneğı bulmak için maliyet önemli bir faktördür. İnşa edilmiş sulak alanlar başlangıç ve işlem maliyeti açısından geleneksel WWTP 'den daha az masraflıdır.

### 3.2. Yaşayan Makineler

Binalarda atık su arıtımı için inşa edilmiş su alanları kullanımına ek olarak doğanın direkt binaya getirilmesi atık su sistemlerinde maddeleri yıkmak için kullanılabilir. Bu konuda çeşitli yaklaşımlar olmasına rağmen en çok bilineni Yaşayan Makinedir. Bu sistemin yaratıcısı, doğal atık su işletim sistemlerinde öncü olan John Todd'dur. Bir Yaşayan Makine, geleneksel WWTP' lerden 4 temel özellikle ayrılır [9]:

1. Yaşayan Makinelerin çalışma parçalarını büyük çoğunlukla yaşayan organizmalar(yüzlerce çeşit bakteri, bitki ve sürüngen, balık gibi omurgalılar) oluşturur.
2. Yaşayan Makineler, aldıkları besin öğeleri ve enerjiyle kendi iç ekolojisini oluşturabilir.
3. Yaşayan Makineler, zehirli maddelerden dolayı zarar gördüğünde ya da besin ve enerji kesintisi gibi durumlarda kendi kendini onarabilir.
4. Yaşayan Makineler sistemdeki organizmaların yeniden üretilmesiyle kendini çoğaltabilir.

Yaşayan makineler alternatif atık su tesisi olarak kullanılmasının yanında yakıt üretmek, besin yetiştirmek, bozulmuş çevreleri, hatta sıcak ve soğuk binaları yeniden düzenleme amaçlarıyla da kullanılabilir (Bknz. Şekil 5.).



**Şekil 5.** Oberlin College, Lewis Çevre Çalışmaları Merkezi İçinde Kurulan Yaşayan Makine Atıksu İçindeki Maddeleri Biyolojik Organizmlara Ayrıştırır.

Daha sonrada arıtılmış bu su bina dışındaki sulak alan için kullanılır.

#### 4. PEYZAJ SU VERİMLİLİĞİ

Konutlarda kullanılan suyun yaklaşık % 30'u, ya da kişi başı günde 121 litre su dış kullanım için harcanıyor. Bu miktarın çok büyük bir oranı, kişi başı günlük 110 litre, bölgelerdeki iklimsel özelliklere göre değişmekle birlikte, peyzaj çalışmaları için kullanılıyor. Aşırı sulamadan dolayı, bu amaçla kullanılan suyun büyük bir kısmı da ziyan oluyor. Yoğun miktarda su tutan çim, sulamak için gereken su miktarının büyük bir kısmını oluşturuyor. Amerika Birleşik Devletleri'nde, 16000'den fazla golf sahası günde 10,2 milyar litre su harcıyor [10-11].

Sürdürülebilir peyzajın birçok formu onlarca yıllık evrimden sonra ortaya çıkıyor. Bunların arasında en iyi bilinen kuru peyzajdır. Kuru peyzaj, doğal olarak kuraklığa dayanıklı ya da buna adapte olmuş bitki ve çim çeşitlerinin kullanımını vurgulamaktadır. İyi tasarlanmış ve su tasarruflu peyzaj için 7 temel kural vardır:

1. Doğru planlama ve tasarım
2. Toprak analizi
3. Uygun bitki seçimi
4. Pratik çim alanları
5. Verimli sulama
6. Malç (saman örtüsü) kullanımı
7. Uygun bakım

Kuru peyzajdan daha sürdürülebilir bir peyzaj formu ise doğal peyzajdır. Doğal peyzaj, restoratif peyzaj ilkeleri kullanarak, yapıldığı yere özgü yerli bitkilerin kullanımını destekleyerek, su ihtiyacını neredeyse ortadan kaldırır. Hatta hemen her yerde suyun en büyük tüketicisi olan çim yerine yerli bitkiler kullanılabilir. Restoratif doğal peyzajın başka faydaları da vardır. Doğal alanlardaki canlı çeşitliliği yeniden oluşur. 1981 yılında, Georgia Üniversite'sinde profesör ve aynı zamanda Amerika Peyzaj Mimarlığı Topluluğu üyesi Darrel Morrison, doğal peyzaj mimarisinin 3 karakteristik ihtiyacını şöyle tanımlamıştır:

- A. Bölgesel kimlik ( kimlik duygusu)
- B. Karışıklık ve detay (biyoçeşitlilik)
- C. Değişim unsurları

Doğal peyzaja karşı başlangıçta güçlü bir muhalefet vardı çünkü birçok insan, güzel görünümlü çim alanlara alıştıktan sonra, vahşi ve alışılmadık peyzaj alanlarını kabul etmekte zorluk çekiyordu. Hatta

çok sayıda insan hakkında, doğal peyzajı uygulamaya teşebbüs etmekten dolayı dava açıldı. Neyse ki, doğal peyzaj günümüzde daha çok kabul görmektedir. Doğal peyzaj ayrıca kelebek bahçeleri, doğal ağaçlar ve kuşların ilgisini çeken çalılar, küçük göletler ve yerli bitkilerden oluşan bahçeleri de içinde barındırır. Doğal peyzajın, yüksek performanslı yeşil bina anlayışına uyan birçok çevresel avantajları da vardır. Doğal peyzaj alanları, gübreleme ve yapay tarım ilaçları olmadan da uygulanabilir ve çok az suya ihtiyaç duyarlar. Ayrıca, vahşi hayat için yaşam alanı sağlayıp, biyoçeşitliliğe katkıda bulunurlar.

## SONUÇ

Yukarıdaki bilgiler yüksek performanslı binalarda su kaynağı ve atık su stratejilerinin hidrolojik döngüdeki önemini açıkça ortaya koymaktadır. Yüksek performanslı yapılarda düşük akımlı bağlantılar kullanımıyla, yağmur suyu toplama üniteleriyle, gri su sistemleriyle, geri dönüştürülmüş su ile atık suları su alanlarında, peyzaj çalışmalarında değerlendirmek ve su kaynaklarının korunumuna yardımcı olmak mümkündür.

## KAYNAKLAR

- [1] “Greening Federal Facilities: An Energy, Environmental and Economic Resource Guide for Federal Facility Managers and Designers”, 2nd ed. May 2001. Washington, DC: Federal Energy Management Program, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, DOE/GO-102001-1 165. [www.1.eere.energy.gov/femp/pdfs/29267-O.pdf](http://www.1.eere.energy.gov/femp/pdfs/29267-O.pdf).
- [2] Kibert, C. J., “Reshaping the Built Environment: Ecology, Ethics, and Economics. Washington”, DC: Island Press, 1., ed. 1999.
- [3] Vickers, A., “Handbook of Water Use and Conservation”, Amherst, MA: WaterPlow
- [4] Press. Book, 2001.
- [5] Todd, J., “Reshaping the Built Environment”, Charles J. Kibert, Ed. Washington, DC: Island Press, 1999.
- [6] “Texas Guide to Rainwater Harvesting, Austin: Texas Water Development Board, in collaboration with the Center for Maximum Potential Building Systems”, 2nd ed. 1999.
- [7] Ludvig, A., “Builder’s Greywater Guide”, Santa Barbara, CA: Oasis Design, 1999.
- [8] “Graywater Guide.” 1995, Sacramento: California Department of Water Resources, Publications Office, [www.dwr.water.ca.gov](http://www.dwr.water.ca.gov).
- [9] Lorion, R., “Constructed Wetlands: Passive Systems for Wastewater Treatment”, a Technology Status Report for the U.S. Environmental Protection Agency’s Technology Innovation Office, August 2001.
- [10] Campell, C. S., Ogden, M.H., “Constructed Wetlands in the Sustainable Landscape”, NewYork: John Wiley & Sons, 1999.
- [11] Hawken, P., Lovins, K., Lovins, L.H., “Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution”, Boston: Little, Brown, 1999.
- [12] Ausubel, K., “The Bioneers: A Declaration of Interdependence”, White River Junction, VT: Chelsea Green, 1997.

## ÖZGEÇMİŞ

### Ömer KANTAROĞLU

1972 yılında ODTÜ Makine Mühendisliği'nden mezun olmuştur. Tüm meslek hayatı boyunca pek çok tesisat uygulaması yapmıştır. TTMD kurucu üyesi ve IV. Dönem başkanıdır. Çeşitli tesisat dergilerinde yayımlanmış birçok makalesi bulunmaktadır. Tesisat sektöründe sıhhi tesisat sorunlarını ilk gündeme getiren, sıhhi tesisat teknolojisinin öncüsü sayılır. Sıhhi tesisat sektöründe birçok yenilikleri, araştırma ve uygulamaları ülkemize taşımış, meslek içi eğitim seminerleri ile tanıtmıştır.