



## Su Kaynakları Araştırması

### YORUM

10.1002/2014WR016869

**Yazışmalar:**  
DP Loucks,  
loucks@cornell.edu

**Alıntı:**  
Cosgrove, WJ ve DP Loucks (2015),  
Su yönetimi: Güncel ve gelecekteki  
zorluklar ve araştırma yönleri, Su  
Kaynakları Res., 51, 4823–4839,  
doi:10.1002/ 2014WR016869.

Alındı: 22 OCAK 2015 Kabul edildi 26 MAYIS 2015  
Makale çevrimiçi olarak kabul edildi 20 HAZİRAN  
2015 Çevrimiçi olarak yayınlandı 28 HAZİRAN 2015

## Su yönetimi: Mevcut ve gelecekteki zorluklar ve araştırma yönleri

William J. Cosgrove<sup>1</sup> ve Daniel P. Loucks<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ecoconsult, Inc., Montreal, Quebec, Kanada, <sup>2</sup>İnşaat ve Çevre Mühendisliği Okulu, Cornell Üniversitesi, Ithaca, New York, ABD

**Soyut** Su, gezegenimizi bildiğimiz diğer gezegenlerden ayırır. Mevcut tatlı suyun küresel arzı, tüm mevcut ve öngörülebilir su taleplerini karşılamak için fazlasıyla yeterli olsa da, mekansal ve zamansal dağılımları yeterli değildir. Tatlı su kaynaklarımızın yerel, ekonomik kalkınma ve çevresel ihtiyaçları karşılamak için yetersiz olduğu birçok bölge vardır. Bu tür bölgelerde, insan içme suyu ve sanitasyon ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli temiz suyun olmaması, insan sağlığı ve üretkenliği ve dolayısıyla ekonomik kalkınmanın yanı sıra temiz bir çevrenin ve sağlıklı ekosistemlerin sürdürülmesi üzerinde bir kısıtlamadır. Araştırmaya katılan hepimiz bu kısıtlamaları ortadan kaldırmanın yollarını bulmalıyız. Bunu yaparken, özellikle değişen ve belirsiz bir gelecekteki iklim ve artan sosyal ve ekonomik kalkınmayı, küreselleşmeyi ve kentleşmeyi yönlendiren hızla büyüyen bir nüfus göz önüne alındığında, birden fazla zorlukla karşı karşıyayız. Bu zorluklarla en iyi şekilde nasıl başa çıkılacağı, su yönetiminin tüm yönlerinde araştırma yapılmasını gerektirir. 1965'ten beri, Water Resources Research dergisi, bu kaynağın niceliğini, kalitesini ve maliyetini yönetmeyle ilgili güncel araştırmaları raporlama ve yaymada önemli bir rol oynamıştır. Bu makale, su yöneticilerinin bugün karşı karşıya olduğu sorunları ve daha sürdürülebilir ve arzu edilir bir gelecek yaratmak için çabalayanları daha iyi bilgilendirmek için ihtiyaç duyulan gelecekteki araştırmaları belirlemektedir.

### 1. İnsanın Hırsları ve Dünyanın Sınırları

Dünya genelinde demografik, ekonomik ve teknolojik eğilimler, içinde yaşadığımız ve bizi ayakta tutan çevreyi bilerek veya bilmeyerek değiştirme yeteneğimizi hızlandırdı. Biz insanlar çevresel değişimin başlıca itici gücü haline geldik. Eylemlerimiz iklimimiz de dahil olmak üzere küresel çevremizi etkiliyor. Bu da havzalara düşen yağış miktarını ve zamansal ve mekansal dağılımlarını ve akışının zamanlamasını etkiliyor. Gıda ve enerji üretimindeki büyüme ve insanların kent merkezlerine taşınması nedeniyle manzaralardaki değişikliklerle birleştiğinde, hem fiziksel hem de ekonomik olarak hayatta kalmak için bağımlı olduğumuz tatlı su kaynaklarımızın miktarını ve kalitesini değiştiriyoruz. Sadece yaşam için değil, aynı zamanda ekonomik refahımız için de suya bağımlıyız. Su, ürettiğimiz her şeyin yaratılmasında rol oynar. Hiçbir ikamesi yoktur ve yenilenebilir olsa da yalnızca sınırlı bir miktarda vardır.

Geçmişte, su kaynaklarımızın yönetimiyle ilgili olarak her zaman daha güvenli veya sürdürülebilir olmamıza yardımcı olmayan kararlar aldık. Nehir akış rejimlerini bozduk ve aşırı tahsis ettik; bazen onları ve aşağı akıştaki göllerini kurutma noktasına kadar. Yeraltı suyu akiferlerini aşırı çektik; halicler, kıyı bölgeleri ve hatta okyanuslar dahil olmak üzere su kütlelerimizin çoğunu, hatta çoğunu kirllettik; ve ekosistemleri bozduk. Bunu esas olarak kısa vadeli ekonomik hedefleri karşılamak için yaptık; genellikle bölgenin veya havzanın uzun vadeli çevresel veya hatta ekonomik sürdürülebilirliğini ve hatta kendi sağlığımızı içermeyen hedefler.

Gezegenimiz artık bir zamanlar olduğu gibi işlev görmüyor. Dünya şu anda nispeten yeni bir durumla karşı karşıya, insanların atmosferi dönüştürme, biyosferi bozma ve litosferi ve hidrosferi değiştirme yeteneği. İçinde bulunduğumuz on yılın zorlukları—kaynak kısıtlamaları, finansal istikrarsızlık, dini çatışma, ülkeler içinde ve arasında eşitsizlikler, çevresel bozulma—hepsi her zamanki gibi işlerin devam edemeyeceğini gösteriyor.

Etkili gezegenel yöneticiliğe yönelik bu zorlukların ele alınması ve yakında ele alınması gerekiyor. Dünya sisteminin çeşitli parçaları - kaya, su ve atmosfer - maddenin olduğu birbiriyle ilişkili döngülerde yer alır.

©2015. Amerikan Jeofizik Birliği. Tüm Hakları Saklıdır.

sürekli hareket halindedir ve çeşitli gezegensel süreçlerde kullanılır ve yeniden kullanılır. Birbirine bağlı döngüler ve geri dönüşüm olmadan, Dünyamızın bileşenleri entegre bir sistem olarak işlev göremez.

Son 50 yılda veya daha uzun bir sürede, yüzeydeki levhalar, manto ve çekirdek ile atmosfer ve okyanus dahil olmak üzere Dünya'nın tüm katmanlarındaki hareketleri fark ettik. Her zamanki gibi iş yapmanın etkilerinin ivmesi ve ivmesi, karmaşık Dünya Sistemini, bu Dünya'da yaşayan her şeyin evrimleştiği ve geliştiği ortamdan dışarı atma tehdidinde bulunuyor. Bazıları bu yeni jeolojik döneme Antropocen [Crutzen,2002;Williams ve diğerleri,2011]. Su, bu yeni dönemde merkezi bir konu haline geliyor. Bu yalnızca tatlı su sistemleri için değil, aynı zamanda okyanuslar, seviyeleri ve içlerinde yaşayanlar için de geçerlidir. Bir yandan toplumsal veya insani hırslar ile diğer yandan doğal kaynaklarımızın ve çevremizin kullanılabilirliği ve kalitesi arasındaki karşılıklı bağımlılık açıktır; gerçekçi ve istikrarlı bir kalkınma türünü belirler.

Yakın geçmişte mal ve hizmet üretimi ve tedarikindeki genişleme daha fazla iş, gelir ve genel olarak daha iyi bir yaşam için daha fazla olasılık anlamına gelmiştir. Ayrıca doğal kaynakların kullanımında ve kirlenmesinde de artış anlamına gelmiştir. Su ve Dünya Sisteminin diğer hayati bileşenleri üzerindeki olumsuz etkiler açıktır. Dünyadaki birçok nehir havzası "kapalı" olarak etiketlenmiştir veya kapanmanın eşiğindedir; akışları artık okyanuslara ulaşmamaktadır [Seckler,1996;Gleick ve Palaniappan,2010]. Yaklaşık 1,4 milyar insanın kapalı havzalarda yaşadığı tahmin ediliyor [Smahtin,2008] daha sınırlı geliştirme seçenekleriyle. Nehirler ve kıyı şeritleri boyunca potansiyel taşkın bölgelerinin geliştirilmesi, taşkınla ilgili hasarların sıklığını ve etkisini artırmıştır.Dünya Sağlık Örgütü (WHO) [2007'de, geçtiğimiz yüzyılın son on yılında yaklaşık iki milyar insan doğal afetlerin kurbanı oldu; bunların %85'i sel ve kuraklıktı.

Sınırlı ve savunmasız suya olan ihtiyaç ve talebin artmaya devam edeceği ve bunun için rekabetin de artacağı gerçeğinden kaçış yoktur. Gelecekte su mevcudiyetinde daha fazla belirsizlik, aşırı hava olaylarının daha sık görülmesi ve suyun atmosfere daha hızlı geri dönmesi beklenmektedir. Arazi kullanımı ve iklim değişiklikleri sonucu hidrolojik döngüdeki değişiklikler ve birçok havzanın kapalı yapısı göz önüne alındığında, gelecekteki su kullanım tahsisleri ve kalıpları geçmiş eğilimlerden sapacaktır.

Bu karmaşık etkileşimlerin önümüzdeki on yıllarda nasıl gelişebileceğini ve ilişkili sosyal, politik ve çevresel etkileri daha iyi anlamak için araştırmaya ihtiyaç vardır. Açıkça, su sorunları insanların yaşamlarında ve faaliyetlerinde daha da önemli hale gelecektir [Cosgrove ve Rijsberman,2000;Grayman ve diğerleri,2012].

### 1.1. Tatlı Su Stresi

Günümüzde herkes, artan, özellikle nüfus kaynaklı su talepleri ve bunun enerji ve gıda üretimimiz üzerindeki sonuçları karşısında potansiyel su kıtlığı konusunda endişe duymaktadır. Dünya Ekonomik Forumu tarafından 900 tanınmış uzman arasında yürütülen Küresel Risk Algısı Anketi, önümüzdeki 10 yıl içinde en yüksek toplumsal etki düzeyinin su krizlerinden kaynaklanacağını bildirmektedir. [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Risks\\_2015\\_Report15.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_2015_Report15.pdf)

Son on yıllarda küresel ölçekte su kullanımındaki yüzdelik artış, nüfus artışının iki katını aştı. Bu, dünyada daha fazla ve daha büyük bölgelerin, mevcut kısıtlı su kullanım ve tüketim oranlarının, istenen oranlardan bahsetmeye bile gerek yok, sürdürülemez olduğu su stresine maruz kalmasına yol açtı. Su talepleri ve kaynakları değişiyor. Gelecekte ne olacakları belirsiz, ancak değişecekleri kesin. Talepler kısmen nüfus artışı ve büyüyen kentsel, evsel ve endüstriyel su sektörlerindeki kişi başına düşen daha yüksek su tüketimi tarafından yönlendiriliyor.

2050 yılına gelindiğinde, dünya 2-2,5 milyar ek insanı beslemek ve enerji sağlamak ve ayrıca bir milyanın şu anki karşılanmamış enerji ihtiyacını karşılamak zorunda kalacak. Bu ek nüfusun beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için, farklı malların ve özellikle enerji ve gıdanın üretiminde tüketilen su miktarını dikkate almalıyız. Enerji ve gıda güvenliği, su yöneticileri için özellikle kritik öneme sahip taleplerdir. Enerji üretimi, su, gıda güvenliği ve iklim değişikliği, etkileşimler ve geri bildirimler yoluyla birbirine bağlıdır. Örneğin, gıda ürünlerinin yetiştirilmesi, taşınması, işlenmesi ve ticareti büyük miktarda su ve enerji gerektirir. Tarımda Su Yönetiminin Kapsamlı Değerlendirmesi tarafından eksiksiz bir analiz sunulmaktadır [Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü (IWMI),2007]. Bu çalışma, her şeyin normal seyrinde gittiği bir senaryoda tarımda su tüketiminin neredeyse iki katına çıkacağını göstermektedir.

Kişi başına su kullanımı dünya genelinde önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Gelişmiş bölgelerde kişi başına günlük ortalama 200 L'lik bir değer varsayılabilir. Temel insan su ihtiyaçları için uluslararası olarak kabul edilen değer kişi başına günlük yaklaşık 50 L'dir [Gleick,1996]. ABD'deki her bir kişinin kullandığı su miktarı, özellikle diyet olmak üzere bir dizi faktöre bağlı olarak ortalama olarak çok daha yüksektir, ancak aynı zamanda tüketilen tüm enerji ve tarım dışı ürünleri yapmak için gereken tüm suda da. ABD'deki su tüketimine ilişkin yakın tarihli bir rapor, tarım, belediye ve endüstriyel ve termoelektrik güç dahil olmak üzere tüm sektörlerde azalmalar olduğunu göstermektedir. Ancak rapor, önemli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da, mevcut su kullanım eğilimlerinin nüfus artışı ve iklim değişikliği karşısında sürdürülebilir olmadığı sonucuna varmaktadır [Donnelly ve Cooley,2015].

Su, uluslararası düzeyde giderek daha öncelikli bir politika konusu haline geliyor. Üçüncü Birleşmiş Milletler Dünya Su Kalkınma Raporu [Birleşmiş Milletler Dünya Su Değerlendirme Programı (UN WWAP),2009] benzeri görülmemiş bir şekilde, suyun şu anki adaletsiz, sürdürülemez kullanımından son derece ciddi sonuçlar doğabileceği konusunda uyarıyor. Hem ekonomik kalkınma hem de güvenlik, kötü su yönetimi nedeniyle riske giriyor. Bu nedenle, küresel bir enerji kriziyle ilgili endişeye son zamanlarda yaklaşan küresel bir su kriziyle ilgili endişe eşlik etmeye başladı. Hem su kullanımının enerji tüketimi üzerindeki etkileriyle hem de enerji üretiminin su tüketimi üzerindeki etkileriyle ifade edilen enerji ve su bağlantısı giderek daha fazla ilgi görüyor [bkz. örneğin,Hoff,2011; Dünya Ekonomik Forumu Su Girişimi (WEFWI),2011,BM WWAP,2011, 2012, 2014].

### 1.2. Küreselleşme

Artan küreselleşme, uluslararası mal ve hizmet ticareti için yeni kurallar ve prosedürlerin uygulanmasını teşvik ediyor ve bu da dolaylı olarak su kullanımı ve transferlerine dahil olan çok uluslu firmaların artan etkisini yansıtıyor. Ticaretin bu küreselleşmesinin tüketiciler, hükümetler ve çevre için geniş kapsamlı etkileri var. Toplu su, şişelerde nispeten sınırlı miktarlar dışında yaygın olarak ticareti yapılmısa da, sınırlar arasında ticareti yapılan malları üretmek için kullanılan ve sanal su adı verilen su, havzalardaki ve bölgelerdeki su dengeleri üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir. ABD, dünyanın en büyük sanal su ihracatçısıdır [Hoekstra ve Chapagain,[2008].

Küreselleşmenin su üzerindeki etkisi iki farklı açıdan ele alınabilir: Dünya ekonomisinin giderek artan entegrasyonunun su üzerindeki olumsuz etkileri, özellikle su kirliliği ve buna bağlı çevresel bozulma; ve suyun kendisi küresel ticaret politikalarının bir nesnesi olarak.

Petrol, doğal gaz, odun, tarım ürünleri veya balık gibi bazı doğal kaynaklar, uzun süredir, siyasi bir sorun haline gelmeden uluslararası piyasalarda alınıp satılmaktadır. Su söz konusu olduğunda durum böyle değildir. Su, alınıp satılan diğer birçok doğal kaynaktan farklıdır çünkü ulaşım maliyetleri, suyun küçümşenen ekonomik değerine kıyasla çok önemlidir ve belki de daha önemlisi, suyun insan hakkı hakkındaki algılar ve kaynağın metalaştırılmasına yönelik itirazlar nedeniyle [Gleick ve diğerleri,2002; Hoekstra ve Chapagain,[2008].

Su transferini içeren uluslararası projeler sıklıkla endişe ve tartışma yaratır. Ancak, özel sorunlara yol açmadan genel olarak kabul edilen bir "ticaret" biçimi, bir nehir havzasını veya akiferi paylaşan ülkeler arasındaki doğal su akışıdır. Bu işlem normalde ticaret anlaşmalarından ziyade siyasi anlaşmalarla yönetilir. Uygulamada, ham suyun uzun mesafeli ticareti için yalnızca nispeten az sayıda anlaşma imzalanmıştır. Su taşımacılığı pahalıdır ve genellikle yalnızca tuzdan arındırma gibi diğer uygulamaların mümkün veya ekonomik olmadığı nadir durumlarda uygulanır. Bu tür çabaların neredeyse tamamı yalnızca çok yüksek değerli endüstriyel veya evsel ihtiyaçlar için su sağlar ve gıda üretimi gibi diğer önemli kullanımlar için sağlamaz.

Su kıtlığı çeken bölgelerden yüksek su tüketen malların ticareti kısa vadede ekonomik olarak karlı olabilir ancak uzun vadede uygulanabilir değildir ve diğer suyla ilgili hedeflere ulaşmayı tehdit eder. Kirlilik ve çevresel bozulma ürünlerle birlikte tüketiciye aktarılmaz. Bunlar, üretici ülkenin başa çıkması için geride bırakılır. Ülkelerin düşük değerli amaçlar için yüksek su kullanımını teşvik etmekten ve sürdürülemez ihracat teşvikinden kaçınmak için politikalarını gözden geçirmeleri gerekecektir. Bu çok karmaşık bir konudur ve gerçek su ticareti bağlantılarını bulmak ve ticaret sürdürülemez su uygulamalarına neden oluyorsa ve yerel olarak yeterli su kaynaklarının mevcudiyetini azaltıyorsa olası çözümleri bulmak için çok daha fazla araştırma gerektirir.

Ticaret politikaları ve uygulamalarının, küresel, bölgesel ve ulusal düzeylerde sürdürülebilir su hedefi ile uyumlu hale getirilmesi ve su kullanım verimliliğinde genel kazanımların desteklenmesi ve ülkelere, adil, eşit ve sürdürülebilir ticarete tam katılımı, kendi özel su koşullarına uygun mal üretmeleri ve ticaret yapmaları için teşvikler sağlanması gerekir. Suya erişim, doğal bir avantaj (veya dezavantaj) olabilir ve bu da

Dünya Ticaret Örgütü tarafından ticaret düzenlemeleri oluşturulurken dikkate alınması gerekir. Bu, devam eden DTÖ müzakerelerinde ve DTÖ Doha Kalkınma Gündemi ve Hong Kong Bakanlık Görev Belgesi'nde ele alınabilir. Su, çoğu, hatta tüm ticaret mallarının üretimi için önemli bir gereklilik olduğundan, sürdürülebilir kalkınma hedefleri (SDG'ler) ve ticaretle ilgili politikalar ve anlaşmalar geliştirmek için yetkilendirilen diğer forumlarla ilgili olduğu için ticaretin önemli bir boyutudur.

### 1.3. Arz ve Talepte Durağanlık

Geleneksel olarak, su altyapısı ve su yönetim sistemleri, iklim ve hidrolojik verilerin ve tüketim eğilimlerinin tarihsel gözlemlerine dayanarak tasarlanmış ve inşa edilmiştir, ardından belirli olayların meydana gelme olasılığını belirlemek için bu verilerin istatistiksel analizi ve yorumları yapılmıştır. Örneğin, altyapı genellikle mevcut en uzun tarihsel veri zaman serisinin analizi temelinde belirli bir meydana gelme olasılığı olan bir olaya dayanacak şekilde tasarlanır. 100 yıllık bir sele dayanacak şekilde tasarlanan altyapı, tarihsel kayıtlara göre herhangi bir yılda meydana gelme olasılığı %1 olan bir sel olayına göre tasarlanmıştır. Bu tür hesaplamalardaki örtük varsayım, iklim ve hidrolojik sistemlerin durağan sistemler gibi davrandığı, yani örneğin verilerin mevcut olduğu geçmiş bir zaman dilimindeki yağış ve deşarjin istatistiksel özelliklerinin gelecekte aynı kalacağıdır. Su mühendisleri ve yöneticileri genellikle durumun böyle olmadığını anlarlar, ancak yalnızca mevcut bilgilerle çalışabilirler, bazen verilerin belirsizliğini ve gelecekteki değişkenliği kapsama umuduyla güvenlik faktörleri sunarlar. Şu anda gerçekleşen iklim değişikliği, bu durağanlık varsayımına güvenmeyi daha da zorlaştırmaktadır; Tarihsel olarak gözlemlenen veriler artık iklim değişikliği ve aşırılıkları için anlamlı bir planlama yapmak için yeterli değildir. Yöneticilerin gelecekte ihtiyaç duyulacak altyapıya yönelik alternatif yatırımların risk-maliyet analizlerini gerçekleştirmek için iklim değişikliğinin olasılığı nasıl etkileyeceği hakkında bilgiye ihtiyaçları olacaktır [Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), 2001, 2007, 2012, 2014].

Doğal ve insan sistemleri, mevcut bilgi ve teknolojiyle belirli bir ölçüde değişime uyum sağlama yeteneğine sahiptir. Bunlara otonom adaptasyonlar denir. Örneğin çiftçiler, yağış miktarı ve zamanlamasındaki değişikliklere izin vermek için ürün karışımlarını ve ekim tarihlerini zaman içinde ayarlayabilirler. Diğer adaptasyonlar daha fazla yatırım ve kurumsal değişiklikler gerektirir. Örneğimize sadık kalırsak, çiftçilerin, değişiklikler otonom adaptasyonla ele alınabilen aralıkların ötesine geçtiğinde tamamen yeni ürün çeşitlerine, yeni sulama altyapısına ve yeni eğitim ve işleme tesislerine ihtiyaç duyabilirler. Bir noktada, risk kabul edilemez hale gelebilir. Örneğimizde, bu, bir bölgedeki iklimin ve arazinin artık tarım için hiç uygun olmadığı nokta olabilir.

İklimdeki değişiklikler gelecekteki hidrolojik olayların ve su talebinin tüm olasılık dağılımının şeklini değiştirebilir ve değiştirebilir. Her ikisi de belirsizdir. Bugüne kadarki kanıtlar daha fazla değişkenlik gözlemleyeceğimizi ve bunun daha sık sellere ve daha yoğun ve uzun süreli kuraklıklara yol açacağını göstermektedir. Aynı zamanda, özellikle tarım ve enerji üretimi için su talebi iklim değişikliği, teknolojik gelişme ve kentleşme ve insan tepkilerinden etkilenecektir. Su depolama yapıları, yeraltı suyu ve yüzey suyunun birlikte kullanımı, atık su yakalama ve yeniden kullanımı, tarımsal ormancılık ve küçük çiftçiler için daha dayanıklı üretim sistemleri üreten araştırmalar gibi bölgesel, havza ve hane halkı düzeylerinde adaptasyonu artıracak önlemler için daha fazla yatırım gerekecektir. Dünyanın su tedarikinin çoğunun kaynaklandığı yüksek kesimleri ve dağlık bölgeleri korumak ve sürdürmek için daha fazla çaba gerekmektedir. Su yöneticileri, insanların beklediği su tedariklerinin güvenilirliğini, kalitesini ve baskısını sağlamak için gelecekte arz ve talep olasılığı fonksiyonlarına sahip olmak isterler.

İklim modelleri, tasarlandıkları büyük ölçekli süreçleri modellemede iyidir ve sıcaklıktaki ortalama değişiklikleri göstermede başarılıdır. Ancak yağış daha yerel bir süreçtir ve bu tür modeller henüz yağıştaki değişiklikleri veya su yöneticilerine faydalı ölçeklerdeki değişkenliğini doğru bir şekilde tahmin edememiştir. Gelecekteki talep fonksiyonları hakkında bugüne kadar çok az araştırma yapılmıştır.

Karar vericiler, gelecekteki herhangi bir senaryoda sağlam olacak hangi seçeneklerin kendilerine sunulduğunu bilmek isterler. Fiziksel ve sosyal süreçler ve eğilimler, olası gelecekteki değişiklikler, teknolojiler ve yönetim seçenekleri hakkındaki gelişmiş anlayışımız ve bunları sistemler olarak modelleme yeteneğimiz, şu anda etkili olabilecek ve çok çeşitli uygulanabilir gelecekteki durumlara uyarlanabilen çözümler bulmamıza yardımcı olabilir.

Örneğin, kıyı kentlerinde iklim değişikliğine uyum için kesin bir ihtiyaç vardır. New York Şehri'nin kritik altyapısı ve iklim değişikliği değerlendirmesi için sekiz adımlı bir prosedür kullanılmaktadır:

1. Mevcut ve gelecekteki iklim tehlikelerini belirle

2. Altyapı ve varlıkların risk değerlendirme envanterini yürütün
  3. Altyapı üzerindeki iklim değişikliği riskini karakterize edin
  4. İlk adaptasyon stratejilerini geliştirin
  5. Koordinasyon fırsatlarını belirleyin
  6. Stratejileri sermaye ve rehabilitasyon döngülerine bağlayın
  7. Uyum planlarını hazırlayın ve uygulayın
  8. İzleyin ve yeniden değerlendirin. Grayman ve diğerleri, 2012]
- Bu süreci bilgilendirmek için araştırmaya ihtiyaç vardır.

#### 1.4. Çevre için Su

İnşa edilmiş ve doğal çevrelerimiz hayat kalitemizi artırabilir veya azaltabilir. Doğa bize yiyecek ve yakıt; iyileştirilmiş hava ve su kalitesi; su akışının ve sıcaklık rejimlerinin ılımlaştırılması; gelişmiş toprak oluşumu ve verimliliği; oksijen üretimi; karbon ve besin depolama; geri dönüşüm; ve kültürel, eğlence amaçlı ve ruhsal zenginleşme gibi birden fazla fayda sağlar. Doğal ekosistemlerdeki su ve tortu rejimleri, sağlıklarını ve sürdürülebilirliklerini belirlemede önemli faktörlerdir. İyi tasarlanmış ve bakımı yapılmış inşa edilmiş çevreler ek temel ekonomik ve sosyal faydalar sağlar. Kentsel talepleri karşılamak, daha fazla yiyecek yetiştirmek ve daha fazla enerji üretmek için su çekilmesi, çevre ve ekosistem sağlığının korunması için daha az suyla sonuçlanır. Bizim zorluğumuz, hem değişen hem de belirsiz olan tüm bu talepler arasında sürdürülebilir bir denge belirlemek ve ardından yaratmaktır.

İçeri akan su kalitesi, su miktarı kadar önemlidir. Ekosistem değişiklikleri, küçük su kalitesi değişikliklerinden kaynaklanabilir. Birden fazla kirlenici genellikle sinerjik olarak birleşerek kirlenicilerin ayrı ayrı ele alındığında kümülatif etkilerinden daha büyük veya farklı etkilere neden olur. Kirlenicilerin sürekli girişi, nihayetinde bir ekosistemin dayanıklılığını aşabilir ve dramatik ve muhtemelen geri döndürülemez kayıplara yol açabilir. Yeraltı suyu sistemleri özellikle savunmasız tatlı su kaynaklarıdır: bir kez kirlendiklerinde, geri kazandırılmaları zor ve maliyetlidir.

Taşkınlar ve kuraklıklar, sulak alanların ve ormanların ekosistemleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Kuraklık ve sel döngüleri ekosistemlerin doğal bir parçasıdır; bunlara uyum sağlarlar ve bunlardan etkilenirler. Taşkınlar ve ilişkili tortular, doğal ekosistemleri yeniden doldurarak bitkiler (gıda ürünleri dahil) için daha bol su ve verimli toprak sağlayabilir. Kentleşme ve diğer arazi kullanım değişiklikleri, kötü tarım uygulamaları ve endüstrileşme, ekosistemlerdeki su miktarı ve kalite rejimlerini değiştirebilen ve dolayısıyla ekosistemleri olumsuz yönde etkileyebilen faaliyetler arasındadır [Palaniappan ve diğerleri, 2010].

Bugün ekonomik olarak mevcut tatlı suyun belki de yarısı insan ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılıyor; bu, sadece 35 yıl öncesine göre iki kat daha fazla [Genç ve diğerleri, 1994]. Doğal ekosistemlerimizde onları korumak için ne kadar su kalması gerektiğinden emin değiliz; birçoğu aşırı su çekilmesiyle çoktan yok oldu. Ancak, diğer birçoğunda, onlardan ne kadar su ayırabileceğimizin ve yine de sağlıklarını ve dolayısıyla bizimkini koruyabileceğimizin sınırlarına yaklaştığımızı dair işaretler var [Cosgrove ve Rijsberman, 2000]. Neyse ki ekosistemlerde suyun rolüne dair çalışmalar, onu değerlendirme ve büyük ölçekli, uzun vadeli ekosistem süreçlerini ve bunların gerektirdiği su akışlarını anlama yeteneğimizi geliştiriyor [Oki ve diğerleri, 2006].

Bilim insanları, mühendisler, yöneticiler, politika yapımcılar ve paydaşlar, büyük ölçüde göz ardı edilen ekosistem değerlerini sürdürmek için stratejileri belirlemek ve geliştirmek üzere birlikte işbirliği içinde çalışmalıdır. Temel bir bilimsel zorluk, ekosistem dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği için anlamak ve yönetmek için gereken mekansal ve zamansal ölçekleri belirleyebilmektir. Akış rejimi, değişimi ve ekosistem dinamikleri arasındaki ilişkileri daha iyi ifade etmeye yönelik odaklanmış çaba hızla artmaktadır [Arthington ve Balcombe, 2010; Poff ve Zimmerman, 2010], ancak ekosistem sürdürülebilirliğindeki "sınırları" belirlemek [Postel ve Richter, 2003; Richter, 2009] bir araştırma hedefi olarak kalmaya devam ediyor.

2050'den önce tanıtılan hemen hemen her hidrolojik yöntem, mesleğimizin temel zorlukları haline gelen artan belirsizlik ve durağan olmayanlığı hesaba katmak için uyarlanmış olacaktır. 2050'de mevcut teknolojiden bağımsız olarak, su kaynaklarının planlanması ve yönetimi sosyal veya politik bir ortamda, yani insanların egemen olduğu bir ortamda gerçekleşmeye devam edecektir. Araştırmaya ihtiyaç var

bir şeyin sürekli varlığı için onu kullanma veya görme ihtiyacı veya beklentisi olmadan ödeme yapma ihtiyacı hakkında bilgilendirilmiş bir tartışma için. Eğer bu gerçekleşecekse, ortalama bir insanın çevre anlayışında ve değerlemesinde, ayrıca ulusal zenginlik anlayışımızda ve insanların su kaynaklarına yüklediği kültürel değerlerde büyük bir değişim olması gerekecektir.

Su, toplumların kültürel ve dini değerlerine yerleşmiş doğal bir kaynaktır. Fotoğraflarını çektiğimiz veya resimlerini yarattığımız şeydir. Çeşmeleri inşa etmemizin nedeni budur. Kültürel farklılıklar, farklı toplumlarımızda suyu algılama, değerlendirme ve yönetme biçimimizde önemli bir rol oynar. Dünya sağlığı ve yoksulluğun ortadan kaldırılması kültürel çağrışımlara sahiptir; kültürün bireysel refah üzerinde olumlu ve olumsuz sağlık etkileri vardır; özellikle kadın sağlığı. Su yönetimi uygulamalarını etkileyen kültürel boyutları ve bunların farklı toplumlardaki insan davranışlarını nasıl etkilediğini daha iyi anlamak için araştırmaya ihtiyaç vardır. Burada sosyal bilimcilerin katılımı özellikle kritiktir. Su kaynakları yönetim stratejileri, bu stratejilerin uzun vadede sürdürülebilir olması için kültürü tam olarak hesaba katmalıdır. Kültürlerarası diyalog, farkındalığı artırmak için yol gösterici bir ilke olmalıdır. Kültürel çeşitlilik, sürdürülebilir uygulamaların bir kaynağıdır. Yerli bilgi sahipleri, yani yerel paydaşlar ve bilim insanları, suyla ilgili sorunlara çözüm bulmada iş birliği yapmalıdır.

## 2. Araştırma İhtiyaçları ve Yönlendirmeleri

Yaşam destek sistemlerindeki istenmeyen kesintilere parça parça tepkiler ve yanıtlar, insanların gezegenimizin çevresini kontrol edebildiği günümüz dünyasında yeterli değildir. Tüm insanlık için sağlıklı ve anlamlı geçim kaynaklarını sürdürülebilir bir şekilde sağlamak, bu yüzyıldaki en büyük zorluğumuzdur. Bu zorluğun üstesinden gelmek, gerekli su, yiyecek, enerji ve diğer mal ve hizmetlerin sağlanma ve faydalı bir şekilde tüketilme biçiminde değişiklikler gerektirecektir. Ürün üretme şeklimizde ve yan ürünleri geri dönüştürme ve elden çıkarma şeklimizde değişiklikler gerektirecektir. Özellikle en zenginlerimizin tüketim alışkanlıklarında değişiklikler gerektirecektir. Kısacası, toplum olarak hepimizin, araştırma, geliştirme, mühendislik ve bilim yoluyla ve yönetim yoluyla, arzu edilen, daha sürdürülebilir ve güvenli bir geleceğe doğru bir yol çizecek teknolojik, ekonomik, politik ve sosyal önlemleri belirlemesini gerektirecektir.

Su kaynaklarımızı bugün olduğundan çok daha verimli ve etkili bir şekilde yönetmek için bilgiye, teknolojiye ve ekonomik kaynaklara sahibiz. Fiziksel ve doğal dünyanın yapısı ve davranışının sistematik bir şekilde incelenmesi yoluyla yapılan bilimsel araştırmalar, bilgi ve araçlarımıza sürekli olarak katkıda bulunmaktadır.

Araştırma yoluyla ekosistemleri ve su ihtiyaçlarını nasıl koruyacağımız hakkında daha fazla şey öğreniyoruz. Davranışlarımızdaki ve diyetlerimizdeki değişikliklerin su tüketimimiz üzerinde de önemli bir etkisi olabileceğini biliyoruz. Tarladan çatalımıza kadar tüm tedarik zincirinde çeşitli aşamalarda atılan gıdayı üretmek için kullanılan suyun israfını azaltabileceğimizi biliyoruz. Daha az enerji kullanmayı ve dolayısıyla bu enerjiyi yaratmak için daha az suya ihtiyaç duymayı biliyoruz. Seçeneklerimiz var. Seçimler yapmamız gerekiyor. Sürekli olarak gelişen bu seçenekleri belirlememize ve bunların etkililiği hakkında bilgi edinmemize yardımcı olmak için sürekli araştırmalara ihtiyaç var.

Tıp ve fizik gibi bütçelerinin bir kısmını, onlarca yıl boyunca doğrudan faydaları olmayabilecek araştırmalara ayıran diğer bazı alanların aksine, su kaynakları ve çevre araştırmalarının çoğunun 5-10 yıllık (veya daha kısa) bir zaman diliminde piyasaya çıkacak ürünlerle sonuçlanması bekleniyor. Su kaynakları ve çevre alanları büyük ölçüde, uzun vadeli çözümler, ürünler veya metodolojileri hedefleyen daha yenilikçi araştırmaları, olması gerektiğine inandığımız kadar desteklememiştir (Grayman ve diğerleri).

### 2.1. Gezegen Tepki Veriyor - İnsanlar Tepki Verecek mi?

Toplumlar, azaltma ve uyum önlemleri uygulayarak yanıt veriyor. Bunlardan bazıları yavaş, bazıları hızlı; bazıları bizi bir yöne, diğerleri ise başka bir yöne götürüyor. Toplumu etkileyen en dramatik değişikliklerden biri olan küresel ısınma ve suyla yakın bağ, henüz tehditlerle başa çıkmak için yeterli bir ortak çabayla sonuçlanmadı. İklim ve su değişiklikleri açısından sonuç, hidrolojik döngünün kendisine ek olarak, tarımsal sistemler, doğal yaşam alanları ve ekonomik sistemler üzerinde bozucu veya zarar verici bir etkiye sahip olma olasılığı yüksektir. Bilimsel argümanlar, iklim değişikliğinin ciddiyetiyle ilgili

Uluslararası iklim toplantılarında dile getirilen artan sera gazı emisyonlarının sonuçları, siyasi kararları ve somut eylemleri ancak sınırlı ve yavaş bir şekilde etkiliyor.

Bilimsel bulgular yalnızca politikacılar için değil, aynı zamanda mevcut ekonomik sistemler ve hatta toplumun büyük bir kesimi için de rahatsız edicidir. Kamuoyu yoklamaları, örneğin Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü'nün üye devletleri gibi ülkelerde yaygın bir endişe olduğunu göstermektedir [Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD),2011], iklim değişikliği ve muhtemel etkileri hakkında. Ancak çevremize zarar veren davranışları değiştirmeye hazır olmamız dünya çapında büyük bir zorluk olmaya devam ediyor.

Daha arzu edilir bir geleceğe giden yolumuzu değiştirmek, yeni su yönetimi yaklaşımlarına ve daha da önemlisi, bunların politik ve sosyal kabulüne yol açan yeni düşünce ve yeni sosyal araştırma gerektirir. Toplum, geleneksel düşünceye ve yaygın uygulamalara bağlı kalma eğilimindedir. Geçmişteki yatırımlar ve eğitim, insanlar arasında bir düşünme biçimini sürdürme eğilimindedir ve bilinen alternatiflere göre daha düşük seviyede olsalar bile politikalar formüle etmelerine ve uygulamalarına neden olur. Su altyapısına (barajlar gibi), depolama ve iletim tesislerine yapılan yatırımlar, büyük miktarda fiziksel sermayeyi temsil eder. Zaten var olan yapılar ve ilişkili kurumlar ve bilgi, elbette, birçok insan için çok önemlidir. Yine de, artan su temini ve kalite kısıtlamaları göz önüne alındığında, alternatif arazi ve su yönetimi stratejilerinin yeterli sayıda insan için daha az çevresel riskle arzu edilen geçim kaynakları yaratıp yaratamayacağını sormak mantıklıdır.

Yol bağımlılığı politika formülasyonu ile ilgilidir. Bazı uygulamalar "imtiyazlı" bir statüye ulaşırken diğerleri göz ardı edilir. İlk kategorideki projeler ve fikirler güçlü bir olumlu ilgi görür ve bazen "anlayıştan çok motivasyonla" ele alınır [Lundqvist ve Falkenmark,2010]. Kamuoyunun ve politika yapımcıların antik hidrolik medeniyetlerdeki büyük planlardan ve çağdaş dönemdeki benzer planlardan -örneğin Hoover, Aswan ve Üç Boğaz Barajı projeleri- etkilenmesi doğaldır. Karşılaştırıldığında, yağmurla beslenen sistemler daha az gösterişlidir ve politik ilgi ve bütçe tahsisleri genellikle daha az heveslidir.

Merhum JohnBriscoeHer ülkenin halkını yoksulluktan başarıyla kurtardığını gözlemledik, bunu öncelikle tarım, enerji, ulaşım ve su alanlarında ekonomik büyüme ve istihdam yaratma için temel üretim kapasitesini inşa ederek yaptı. Şu anda zengin olan hiçbir ülke, özel sektör büyümesi ve iş yaratma için sıçrama tahtası olan bu tür yatırımlar olmadan gelişmedi. Sadece bir göstergeyi ele almak gerekirse, şu anda zengin olan her ülke ekonomik olarak uygulanabilir hidroelektrik potansiyelinin %70'inden fazlasını geliştirmiştir. Afrika potansiyelinin %3'ünü geliştirmiştir. Bu sadece şu anda zengin olan tüm ülkelerin izlediği yol değil, aynı zamanda son yıllarda insanlarını yoksulluktan kurtaran Çin, Hindistan ve Brezilya gibi ülkelerin izlediği yoldur [Briscoe,2011]. Su depolaması esastır ve sulak alanlardan büyük barajlara kadar çeşitli altyapılar aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Geçmişte, özellikle büyük barajların çevresel ve sosyal etkileriyle ilgili olarak hatalar yapılmış olsa da, Dünya Büyük Barajlar Komisyonu [BM Çevre Programı,2000] gelecekte bu tür hataların tekrarlanmaması için oldukça faydalı bir rehber sunmuştur.

## 2.2. Su Güvenliği Sağlayan Bir Gezegene Doğru

2050'de diyelim ki tek bir optimal geleceğe giden tek bir optimal yol yoktur. Birçok "arzu edilen" geleceğe giden birçok yol vardır. Ancak bu geleceklerden herhangi birinin su kıtlığıyla uğraşmak zorunda kalmayacağını hayal etmek zordur. Bu özellikle Çin ve Hindistan gibi 2050'ye kadar dünya nüfusunun yaklaşık üçte birini temsil edecek olan gelişmekte olan ülkeler için geçerli olacaktır.

Herhangi bir "arzu edilen" geleceğin bir özelliği kesinlikle sağlıklı ekosistemlerin varlığı olacaktır. Yaşayan ekosistemler suya ihtiyaç duyar. Su için diğer talepler genellikle ekosistemlerin yaşamını sürdürmek için suya ihtiyaç duyma ihtiyacıyla çeliştiği düşünülmüştür. Ekosistemlerin bakımı için su tahsis etme ihtiyacına ek olarak, ekosistemler üzerindeki etkileri konusunda endişe duymadan çevreye boşaltılan insan ve endüstriyel atık suların deşarjlarını ortadan kaldırmamız gerekecektir. Kısacası, ekosistemleri yaşam için olmazsa olmaz olan sudan mahrum bırakmanın ve onları atıklarla zehirlemenin insan yaşamı ve gelişimi üzerinde olumsuz etkileri olacağının nasıl durdurulacağını belirlememiz gerekecektir. Bunu bize söylemek için daha fazla araştırmaya ihtiyacımız yok. Bunun etkili ve verimli bir şekilde nasıl gerçekleştirilebileceği konusunda daha fazla araştırmadan faydalanabiliriz.

Büyüyen ve daha zengin bir nüfusu beslemek, hayati yaşam destek sistemlerini sürdürmek ve yeterli miktarda diğer mal ve hizmeti üretmek ve dağıtmak için yeterli su olduğundan emin olmak için, birçok hedef arasında "damla başına daha fazla ürün", "damla başına daha fazla iş", "damla başına daha iyi çevre", "damla başına daha iyi beslenme" elde etmek elzem olacaktır. Mevcut eğilimler, daha ziyade daha fazla su kullanmaya doğru yönelebileceğimizi gösteriyor.

iş başına veya belirli bir çevre durumu başına veya belirli bir beslenme düzeyi başına daha az damladan daha az, bu artışı tersine çevirmek için birlikte çalışmadığımız sürece. Karşılanmayan ve artan insan ihtiyaçlarını ve artan istekleri karşılamak giderek artan bir zorluktur. Bunu göz önünde bulundurmak ve aynı zamanda suyun (tatlı ve acı/deniz) ve karasal ekosistemlerin işleyişini sürdürmek başka bir büyük zorluktur. Bu zorluklarla başa çıkmanın yollarını belirlemek ve değerlendirmek kesinlikle büyük bir işbirlikçi disiplinlerarası araştırma çabasının konusu [Falkenmark ve Rockstro €M,2004].

Ciddi bir su yönetimi krizini önlemek için yaratıcı olmamız gerekir. Her zamanki gibi bir iş yolunu izlemeye devam edersek, mevcut tahmin modellerimizin hiç çalışmayabileceği bir duruma yol açabilir. Bizi uzun vadeli sürdürülebilir kalkınmaya götürecek bir yola zorlayabilecek yönetim ve düzenleme sistemlerini belirlemeli, kurmalı ve sonra harekete geçirmeliyiz. Ayrıca, aynı anda finansal, sosyal ve çevresel zorluklarla nasıl en iyi şekilde başa çıkılacağına dair araştırmalara ihtiyacımız olacak. Ana endişemiz, insan yaratıcılığının siyaset, bilim, kültür ve etik alanlarında gelişmesi için gerekli koşulları yaratmak olmalıdır. Yerel, bölgesel ve dünya liderleri, artık kontrol edemeyecekleri koşullar tarafından zorlanmadan önce su sorunlarını gündemlerinin en başına koymalıdır. İnsanlığın geleceğini tehdit edebilecek su yönetimi sorunlarına yönelik yaratıcı uzun vadeli çözümler belirlemeli ve uygulamalıyız [ Gulbenkian Su ve İnsanlığın Geleceği Düşünce Kuruluşu (GTT),2014].

Zenginler ile fakirler arasındaki uçurumlar genişti ve hala genişliyor ve artıyor [Uluslararası Para Fonu (IMF), 2000;Şah,2010]. Güvenli suya ve yeterli gıdaya erişim hala yaklaşık bir milyar insan için bir hayal. 2,5 milyardan fazlamız güvenli sanıstasyona erişemiyor. Son 15 yıl veya daha uzun bir süredir, yetersiz beslenme açısından gıda güvensizliği, küresel toplam nüfus artışındaki sürekli artışa rağmen arttı.kişi başına gıda üretimi ve tedariki [Lundqvist,2010, Şekil 2.2]. Son 15 yıl veya daha uzun bir süredir artan gıda güvensizliği, aynı dönemde üretim ve tedarikteki artışların nüfus artışlarından daha hızlı olmasına rağmen gerçekleşti. Üretim ve ayrıca tedarik -kayıplar ve dönüşümlerden sonra piyasada mevcut olan şey- gıda güvenliği için gerekenin üzerinde bir seviyededir. Peki dünyamızda neden gıda güvensizliği var?

Günümüzde aşırı yeme, yetersiz beslenmeden daha yaygın bir olgudur. 20 yaş ve üzeri yaklaşık 1,5 milyar kişi aşırı yemek yiyor [Beddington ve diğerleri,2012]. Ayrıca, çiftlikte üretilen gıdanın üçte biri ile yarısı arasında bir kısmı tabağa ulaşmadan önce kayboluyor veya israf ediliyor [Lundqvist ve diğerleri,2008;Lundqvist,2010;Gustavsson ve diğerleri,2011]. Kaynak kullanım verimliliğinin artırılması - "damla başına daha fazla ürün" - önemlidir, ancak "ürün"ün büyük bir kısmı yararlı bir şekilde kullanılmazsa üretimdeki kazanımların net sonucu azalır.

Bu tür kusurlar yalnızca su ve gıda kullanımına uygulanmaz. Diğer kaynaklar ve emtialar hakkında da benzer gözlemler yapılabilir. Gıda, su, enerji, çevre ve insan refahı arasındaki güçlü bağlantıyla [Hoff, 2011] bu tür kusurlar hepimizi ve doğal kaynakları ve Dünya'nın çevresini etkiliyor. Artan su kıtlığı çağında, bu üretim ve tedarik zinciri verimsizliklerini azaltmak için teknik kapasitemizi ve insan yaratıcılığımızı nasıl kullanacağımızı belirlememiz gerekiyor. Suyla yetiştirdiğimiz veya ürettiğimiz ürünlerle ilişkili kayıpları ve atıkları azaltmak önemlidir. Şimdiye kadar ciddi bir şekilde denenmedi.

### 2.2.1. Teknoloji

Birçok kişi, mal ve hizmet üretiminde kullanılan araçlar ve yöntemlerin, istediğimiz geleceğe ulaşmayı mümkün kılacağına inanıyor. Gerçekten de, su sektörünün hızlı ve etkili adaptasyonuna fayda sağlaması muhtemel uzun bir teknolojik eğilim ve ilerleme listesi var:

1. Sibernetik, yapay zeka ve anlık bilgi teknolojisi (akıllı internet)
2. Nanoteknoloji
3. Maliyet etkin enerji teknolojisi (güneş, uzay tabanlı enerji, yakıt olarak algler)
4. Halkın beslenmesine ve nesli tükenmekte olan türlerin kurtarılmasına yardımcı olmak için biyoteknoloji (genetik mühendisliği)
5. Uzay tabanlı çevresel izleme sistemleri ve dünyanın en ücra köşelerine kadar tahmin modellerine anında geri bildirim
6. Küresel ısınmayı tersine çevirmek için jeomühendislik (örneğin yörüngedeki dev reflektörler; çölleri yeşillendirmek; denizin demirle gübrelenmesi; stratosferdeki aerosoller)
7. Çoğu hava ve iklim olayının etkili ve güvenilir tahmini

8. Fosil yakıtların yerini tamamen yenilenebilir enerji alıyor – düşük karbonlu toplumlar
9. Tuzdan arındırma (ucuz füzyon enerjisiyle birlikte) maliyet açısından etkili hale geliyor ve çoğu büyük kıyı kentsel alanı ve megakent için su sağlıyor
10. Büyük ölçüde iyileştirilmiş sanitasyon ve atık su arıtma teknolojileri ve geri dönüşüm
11. Tarımsal verimin artırılması için zararlı kontrolüne yönelik biyoteknolojik yaklaşımlar
12. Habitatları korumak, türlerin yok oluşunu tersine çevirmek ve istilacı türlerle mücadele etmek için ekolojik mühendislik
13. Yeraltı suyu kaynaklarının ve sürdürülebilir çıkarma seviyelerinin haritalanması

Etkileşimli grafiklerle, ses tabanlı karar destek sistemleriyle birleştirilmiş bilgisayar tabanlı optimizasyon ve simülasyon modelleri, istenen etkileri en üst düzeye çıkaran ve istenmeyen etkileri en aza indiren planları, tasarımları ve politikaları belirlememize yardımcı olmaya devam edecek ve ikisi arasındaki takasları daha net hale getirecektir. (Grayman ve diğerleri [(2012)].)

Bilim, teknoloji ve inovasyon stratejileri sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin ayrılmaz parçalarıdır. Sürdürülebilir su yönetimindeki birçok inovasyon yüksek risklidir ve belirsiz getiriye sahiptir. Kamu-özel sektör ortaklıkları tarafından desteklenen inovasyon için hükümet finansmanı ve politikaları, riskleri azaltmak ve araştırma ve geliştirmeyi ve teknolojilerin yayılmasını ve transferini teşvik etmek için kasıtlı olarak tasarlanabilir ve uygulanabilir.

### 2.2.2. İzleme

Su yönetimi için gereken bilgileri sağlamak ve hedeflere yönelik ilerlemeyi izlemek için su hakkında küresel izleme bilgi sisteminin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu, yerel düzeyden ulusal ve küresel düzeylere kadar geniş bir bilgi yelpazesi sağlamalıdır (örneğin, izleme verileri, kamu belgeleri, kapsamlı ulusal planlar, mevcut ve uygun teknolojiler). Erişilebilir formatlarda zamanında, kapsamlı ve ileriye dönük bilgiler ve bilgiyi karar alma sürecine aktarma kapasitesinin kademeli olarak geliştirilmesi, insanların ve kurumların yeni içgörülere ve yeniliklere erişmesini sağlamanın bir yoludur. Toplu hedeflerin peşinde şeffaflık ve güven sağlayan daha iyi bağlantılı ve güçlendirilmiş bir toplum inşa etmeye yardımcı olabilir.

Örneğin, klimatoloji, toprak nemi ve kimyası, su kalitesi, akarsu akışı vb. için cep telefonu boyutunda, elde taşınabilen çevresel algılama cihazları ağı, uydu bağlantıları aracılığıyla sürekli olarak veri işleme ve modelleme merkezlerine veri iletebilir. Bu merkezler ayrıca gelişen fırtınaları izleyebilir ve rüzgar altı veya akış aşağı topluluklar için tahminleri sürekli olarak güncelleyebilir. Böyle bir bilgi kaynağı, her uzak köye çiftçilerin karar almak için ihtiyaç duyduğu bilgilerin çoğunu sağlayabilir.

Çok daha iyi veri ve izleme yaklaşımlarının ve ilgili kapasitenin gerekli olduğu bir başka örnek ise ekosistem yönetimidir. Ekosistemle ilgili veriler ve izleme geleneksel olarak su kullanımının etkilerine odaklanma eğiliminde olmuştur ve ilgi alanlarının ekosistemler ile insan refahı arasında daha özlü bağlantılar kuran ekosistem hizmetlerini izlemeye doğru daha fazla kayması gerekir.

Ancak bu daha iyi sensörler ve daha fazla uydudan daha fazlasıdır. Su kaynakları yönetimini iyileştirmek için yer tabanlı izleme ağlarında buna karşılık gelen iyileştirmeler ve tamamlayıcı havadan izleme sistemleri de dahil olmak üzere tüm kaynaklardan gelen bilgilerin entegrasyonuna ihtiyaç vardır.

### 2.3. Su-Yiyecek-Enerji Bağlantısı

#### 2.3.1. Tarım

FAO ve Dünya Su Konseyi [FAO ve Dünya Gıda Konseyi,2015] uygun yatırım ve politika müdahaleleriyle gıda üretiminin 2050 yılında 9-10 milyarlık küresel bir nüfusu desteklemeye yeteceği sonucuna varmıştır, ancak gıda ve beslenme güvensizliği birçok bölgede devam edecektir. Su kıtlığı çeken bölgelerdeki ülkelerin, yapısal gıda arz açığını ve gıda fiyatlarındaki oynaklıktan koruma sağlayacak ticaret düzenlemelerini açıkça dikkate alan gıda güvenliği stratejileri geliştirmeleri giderek daha fazla gerekecektir. Gıda üretimi için su üzerinde daha fazla baskı oluşması beklenebilir çünkü gelişmekte olan ülkelerdeki nüfusun büyük kesimleri yaşam standartlarını yükseltme eğiliminde olacaktır. Örneğin, ekmekten daha fazla sığır eti yemek genellikle çok daha fazla su gerektirir.

Suyun sınırlı olduğu yerlerde, sulama genellikle devreye girer. Bu bölgelerde zorluk, daha az su ve diğer kaynak girdilerini kullanarak güvenilir bir şekilde daha fazla kaynak ve daha fazla çeşitte gıda üretmektir.

dostça bir şekilde—ve tüketiciler için makul ve uygun fiyatlarla. İklim değiştikçe ve gıda üretim, işleme ve tüketim zincirine neredeyse her girdinin maliyeti arttıkça bu zorlukla başa çıkılmalıdır. Bu, yalnızca teknolojiyi harekete geçirerek ve dahil olan başlıca paydaşlar arasında çok daha iyi koordinasyon, işbirliği ve ortaklıklar sağlayarak yapılabilir: çiftçiler, pazar operatörleri, düzenleyiciler ve tüketiciler. Yaşam biçimimiz, refahımız ve kültürümüz, gıdanın nasıl ve nerede üretildiği, ne üretildiği, nasıl elde ettiğimiz, nasıl hazırladığımız ve nasıl tükettiğimizle yakından bağlantılıdır. Artan kentleşme, özellikle kent çevresindeki alanlarda tarım için mevcut suyun hacmini ve kalitesini etkileyecektir. Şehirlerde, endüstrilerde ve çevresel akışlarda suya olan talebin artması, tarım için mevcut su hacmini azaltacaktır. Bunu telafi etmek için yağmur suyu hasadı, akifer dolumu ve yeraltı suyu, yüzey suyu, arıtılmış atık su ve deniz suyunun birlikte kullanımı ve halofitleri ve su ürünleri yetiştiriciliğini içeren çiftçilik sistemlerini düşünebiliriz<sup>40</sup>. Dünya su kaynaklarının yüzde 97'sini tuzlu su oluşturduğu göz önüne alındığında, dünyadaki mevcut tatlı su kaynaklarının yüzde 70'ini kullanan deniz suyunun tarımda kullanılması, tatlı su yükünü azaltacak önemli bir teknolojik atılım anlamına gelecektir.

Geniş bir yelpazede "çiftlik içi" tarımsal yönetim teknolojileri ve uygulamaları mevcuttur veya verimi artırabilecek ve kirliliği ve su kullanımını azaltabilecek geliştirmeler mevcuttur; örneğin verim farklarını azaltma (Asya'da Afrika'daki kadar yüksek değil), sübvansiyonları azaltma, arazi kullanımını ve ürün türlerini değiştirme, sulama verimliliğini iyileştirme, çeşitlendirilmiş ve yoğun ekim sistemleri, gıda israfını sınırlama, su hasadı, ek sulama ve hassas çiftçilik ve besin yönetimi. Hem sulama hem de yağmurla sulanan ortamlarda suyun yönetimi konusunda eğitim ve öğretim için yenilikçi teknolojiler ve yatırımlar gereklidir, böylece tarımda suyun daha üretken kullanımı elde edilir. Çiftçileri bilgilendiren karar destek araçları, özellikle küçük çiftçiler için önemli olacaktır. Hindistan'ın su kıtlığı çeken Bundelkhand bölgesinde küçük çiftçiler, kendilerine söyleyecek veya her birinin karar vermesine yardımcı olacak bir Karar Destek Aracına (DSS) ihtiyaç duyduklarını ifade ettiler:

1. Farklı aylarda ne kadar yeraltı suyu, gölet suyu ve yağmur suyu mevcut olacak?
2. Su dengesi farklı aylarda (şimdiki ve gelecekteki) nasıl görünecek?
3. Mevcut suyun farklı kullanımlar için uygun olup olmadığı
4. Ne kadar ek su depolaması isteniyor ve hangi yerlerde?
5. Bir topluluk olarak, mevcut suyu farklı kullanımlar için nasıl tahsis edebiliriz?
6. Çeşitli ürünler için mevcut arazi ve suyun uygunluğu
7. Geliri ve riski en üst düzeye çıkaran ürün kombinasyonları)
8. Belirli ürün kombinasyonları için ihtiyaç duyulan su miktarı (& hangi aşamalarda).
9. Toprak verimliliği nasıl değişecek ve hangi gübreler kullanılmalı?
10. Hangi ürün/PH işlemesi ürünlere değer katacak ve geliri artıracaktır?
11. Tarımın dışında, konum, arazi sahipliği, gelir grubu vb. göz önüne alındığında başka hangi geçim seçenekleri uygulanabilir?
12. Hangi pazar yolları mevcuttur?
13. Hangi hükümet planları mevcuttur ve hangi amaçla ve ne zaman?
14. Hangi hükümet/yerel kurumlar ne için ve ne zaman yardım sunabilir?
15. Hangi TK/ürünler geliri artırabilir?
16. Hangi altyapı tesislerine ihtiyaç duyulacak (tohum bankası, depolama, aletler, gübreler, böcek ilaçları, pazar, sigorta, teknolojiler) (VC Goyal, kişisel iletişim, 2015)

Böyle bir DSS, özellikle küçük çiftçiler için tarımsal risk yönetimini geliştirecek ve çiftçi hanelerinin yeni teknolojileri benimsemesini, faaliyetlerini çeşitlendirmesini ve yüksek girdi fiyatları, düşük ürün verimleri ve büyük hava olayları dönemlerinde gıda güvenliğini sürdürmesini sağlamada kritik öneme sahip olacaktır. İklim endeksi tabanlı sigorta ürünlerinin daha sistematik kullanımı ve çiftlik girdilerinin, mahsul ve hayvancılık ürünlerinin bulunabilirliğini ve taşınmasını artıran ve çiftlik ürünlerinin pazarlanmasının işlem maliyetlerini azaltan altyapı yatırımları da destek sağlayacaktır; bunlar, sınırlı su kaynaklarını kullanan çiftçilerin ürettiği değeri artırırken hane halkı gıda ve beslenme güvenliğini iyileştirecektir. Yine de bu bölümde daha sonra tartışıldığı gibi

Makalede, karar destek modelleri günümüzde iyi su yönetimi çözümleri üretmek için gerekli ancak yetersizdir; çünkü demokrasilerdeki kararlar, karar modellerinin etki alanının çok dışında kalan politik faktörler tarafından yönlendirilir.

Akıllı teknoloji seçimleri, geleneksel teknolojilerle yenileri arasında karşılaştırma yapmayı, geleneksel altyapıları yeşil alternatiflerle dengelemeyi, yerel ve küresel bilgiyi harmanlamayı, yurtdışındaki alternatifleri yerel koşullara uyarlamayı, alternatif teknolojilerin çevresel ve sosyal etkileriyle başa çıkmayı vb. gerektirir. Tüm bu kararlar, şeffaflığı ve kapsayıcılığı garanti altına almak için teknoloji değerlendirme ve değerlendirme araçları ile iyi su yönetişimi gerektirecektir.

### 2.3.2. Enerji

Su yönetimi politikaları ayrıca toplumun talep ettiği enerjiyi üretmek için yeterli suyun sağlanmasıyla ilgili olmalıdır. İnsanlar ve ekonomileri ve toplumları kritik olarak güvenilir enerji kaynaklarına bağlıdır. Elektrik ve sıvı ve gaz yakıtlar gibi enerji, ihtiyaç duyulduğunda ve ihtiyaç duyulan yerde mevcuttur ve soğutma ve arıtma gibi amaçlar için su gerektirir.

Yeterli kalite ve basınçta, ihtiyaç duyulan yerde ve zamanda mevcut olan su, üretmek için enerji gerektirir. Kısacası, ihtiyaç duyduğumuz ve kullandığımız suyun çoğunu sağlamak için enerjiye ihtiyaç vardır ve ihtiyaç duyduğumuz ve kullandığımız enerjinin çoğunu sağlamak için suya ihtiyaç vardır. Gelecekteki tüm su ve enerji taleplerini karşılamak için her ikisinden de yeterli miktarda nasıl emin olabiliriz? Her ikisinin de sınırlamaları gelecekteki ekonomik ve sosyal gelişmeyi kısıtlayabilir ve insan ve çevre sağlığını olumsuz etkileyebilir.

2050 yılında küresel nüfusun bugün olduğundan iki milyar daha fazla olması bekleniyor. Birçok gelişmekte olan pazardaki daha fazla zenginlik, yeni ve büyüyen şehirler ve artan enerji ve su tüketimiyle sonuçlanıyor. Yeni şehirlerin sakinleri muhtemelen atalarından daha fazla su tüketecek ve bunu yapmak için daha fazla elektriğe ihtiyaç duyacaklar. Bu elbette küresel karbon emisyonlarını artırabilir. Ekosistemlerimiz ve sağlığımız üzerindeki etki şu anda tahmin edilemez. Önümüzdeki birkaç on yıl boyunca enerjimizin büyük bir kısmı için hidrokarbonlara bağımlı olacaksak, temiz fosil yakıt teknolojilerine ve etkili karbon yakalama ve depolama mekanizmalarına ihtiyacımız var. Ancak her ikisi için de mevcut teknolojik çözümler su yoğun ve su her zaman ihtiyaç duyulan yerde ve zamanda mevcut olmayabilir. Biyoyakıtlar, kaya gazı, petrol kumları, kömür, hidrojen elde edilen birincil yakıt çıkarma, karbon tutma ve alternatif ulaşım yakıtları ve kaya gazından doğal gaz tedarikinin geliştirilmesi için öngörülen su talepleri önemlidir.

Aynı zamanda tuzdan arındırma ve/veya atık su arıtma altyapısı ve/veya büyük havzalar arası transfer projeleri inşa ederek su güvenliğini iyileştirme çabaları önemli enerji etkilerine sahiptir. Daha temiz enerjiye doğru kaymalar (karbon tutma ile biyoyakıt ve kömür kullanımının artması gibi) tatlı su talebini önemli ölçüde artırabilir. Mevcut hidrokarbon ve biyoyakıtlar da dahil olmak üzere alternatif enerji üretimi su yoğundur. Ancak algler gelecekteki biyoyakıt üretimi için şaşırtıcı bir seçim olabilir. Sadece şaşırtıcı derecede yüksek lipit konsantrasyonu sağlamakla kalmaz, aynı zamanda büyük miktarda karbondioksiti sabitleyebilir. Dahası, algler biyodizel, etanol, biyogaz ve hidrojen gibi biyoyakıtlar üretirken atık suyu arıtmak için kullanılabilir. Bu, su kaynaklarında kıtlığa yol açabilir ve bu da enerji üretiminde kıtlığa yol açabilir.

Bu karşılıklı bağımlılıklara rağmen, su ve enerji politikaları nadiren bütünleştiriliyor. "Su ve enerji politikaları arasındaki kopukluk, büyük ölçüde su ve enerji uygulayıcılarının birbirleriyle etkileşime girme ve birbirlerini tam olarak anlama konusundaki başarısızlığından kaynaklanıyor" [Cooley ve diğerleri, 2011]. Bunun bir nedeni, enerji ve su idaresi yöneticilerinin ilgilendiği coğrafi ölçeklerin genellikle oldukça farklı olmasıdır. Enerji sağlayıcıları, su idaresi yöneticilerinin sorumlu olduğu bir şehir, kasaba veya ilçe kadar küçük bölgelere nadiren odaklanır. Ve yerel belediyelerin su idaresi yöneticilerinin, sonunda kullanabilecekleri yüzlerce kilometre uzaktaki elektrik veya benzin üretimini hesaba katmaları gerektiğini hissetmeleri pek olası değildir [van der Veer, 2010].

Gelecekte sürdürülebilir enerji ve su geliştirme ve üretimi, bu sistemlerin her iki bileşeninin birbirine olan bağımlılıklarının anlaşılmasını gerektirecektir. Enerji ve suyun tüm kullanıcılarının ihtiyaçları arasında bir denge ve iklim, çevre ve ekonomi üzerindeki etkilerin takdir edilmesi de gerekli olacaktır. Bu muhtemelen insan davranışında bazı değişiklikler gerektirecektir.

Sınırlı enerji ve su kaynaklarının olduğu ve daha fazla insanın daha fazlasını istediği ve karşılayabildiği bir dünyada, mevcut yönetim politikalarımızı ve kullanımlarımızı incelememeli miyiz? Özellikle, nasıl yapabiliriz?

Daha az suyla daha fazla enerji üretmek? Bilim mevcut, ancak çoğu zaman su kullanımına yönelik teşvikler artan kullanımı destekliyor ve değişimi desteklemiyor. Fosil veya nükleer enerji üretimini azaltabilir veya enerji amaçlı biyokütle mahsulleri yetiştirmekten kaçınabilir miyiz? Termik santrallerin soğutma sistemleri daha su verimli hale getirilebilir. Temiz kömür gerçekten iyi bir çözüm mü? Kentsel alanlarda yangınla mücadele veya tuvaletleri yıkamak ve atık suları taşımak için içme kalitesinde su kullanmayı bırakamaz mıyız? Bu ve benzeri soruları ele almak, daha enerji ve su açısından sürdürülebilir bir geleceğe ulaşma çabalarımızda bize yardımcı olabilir.

Teknolojiler bu olasılıkların tartışılmasını daha yenilikçi ve üretken hale getirebilir. Web tabanlı toplantılar artık işletmelerde ve özel vatandaşlar arasında yaygınlaştı ve bu sanal toplantıların çevrimiçi bilgisayar desteğinin yaygınlaşması sadece zaman meselesi. Öngörülen sorunlara önceden programlanmış yanıtlar, insanlar dahil olmadan ve duygular müzakereleri rayından çıkarmadan önce bilgisayarlarda devreye girebilir. Kişisel ve grup tercihleri, paydaşlardan ve elektrik dağıtım şirketlerinden bağımsız olarak bilgisayarlarda geliştirilen alternatiflere değer katabilir. Yazılım, paydaşlar tarafından değerlendirilmek üzere olası kabul edilebilir uzlaşmaları ortaya çıkarabilir.

#### 2.4. Kentsel ve Endüstriyel Su Talepleri

Günümüzde dünya nüfusunun yarısı kentsel alanlarda yaşıyor. BM Habitat, önümüzdeki 30 yıl içinde dünyadaki demografik büyümenin neredeyse tamamının kentsel alanlarda, çoğunlukla düşük gelirli ülkelerde yoğunlaşacağını öngörüyor. 2050 yılına gelindiğinde, kentsel sakinler daha gelişmiş dünyanın nüfusunun yaklaşık %85'ini ve daha az gelişmiş bölgelerdeki nüfusun yaklaşık %65'ini oluşturacak; on kişiden yedisi kentsel yerleşim yerlerinde yaşayacak [BM Habitatı,2012]. Bu göçle birlikte kırsal ve kentsel ortamlardaki çevresel riskler arasında karmaşık bir denge ortaya çıkıyor. Kırsal alanlardan gelen göçmenler genellikle onları su kaynaklı bulaşıcı hastalıklara karşı riske atan güvenli olmayan su kaynaklarını geride bırakıyor ancak kentsel hava kirliliği, sağlık hizmetlerinden dışlanma ve kötü konut koşulları ve ilişkili bulaşıcı hastalıklar gibi yeni risklere maruz kalıyorlar.

ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA), su altyapısına yatırım yaparak, yaptırımları artırarak ve zararlı yağmur suyu akışını önleyerek bir Kentsel Su Girişimi yürütüyor. Toplulukları kentsel su yollarına yeniden bağlamaya ve kentsel alanlardaki yetersiz hizmet alan topluluklar için ilgili programlar oluşturmaya odaklanıyor. Web sayfası (<http://www.uswateralliance.org/tag/urban-waters-initiative/>) uygulamasının bir örneğini gösteriyor. Enerji ve su tasarrufu için diğer girişimler arasında yeşil çatılar ve ekonomik olan merkezi olmayan atık su arıtma sistemleri yer alıyor. Örneğin bkz.: <http://www.habitattuolumne.org/build-your-firsthouse-for-your-dog/> <http://www.treehugger.com/cars/bus-roots-public-bus-doubles-as-mobile-green-roof.html> ve [http://www.iees.ch/cms/index.php?option5com\\_içerik&görev5görüntüle&kimlik574&Ürün59](http://www.iees.ch/cms/index.php?option5com_içerik&görev5görüntüle&kimlik574&Ürün59).

Kent merkezleri düzgün bir şekilde işlev görmek için su ve enerji girdilerine bağlıdır. Sıvı ve katı atıkların arıtımı ve nihai bertarafı, çoğunlukla gelişmekte olan ülkelerdeki kent merkezlerinin çoğunun kamu sağlığı ve kamu hizmetleri kurumlarını hala zorlamaktadır. Su temini, sanitasyon, atık su arıtımı, yağmur suyu drenajı ve katı atık yönetimi büyük ölçüde izole hizmetler olarak planlanmış ve sunulmuştur. Genellikle, her biri farklı politikalar ve mevzuat parçaları tarafından yönlendirilen bir dizi yetkili, bu su alt sektörlerini şehir düzeyinde denetlemeye devam etmektedir.

Geleneksel kentsel su yönetim modeli farklı su kaliteleri arasında ayırım yapmada ve bunlar için kullanımları belirlemede başarısız olduğu için, yüksek kaliteli su ayırım gözetmeyen kentsel su ihtiyaçlarına yönlendirilmiştir. Havza düzeyindeki yönetim bile tatlı su, atık su, sel kontrolü ve yağmur suyundaki çapraz ölçekli karşılıklı bağımlılıkları kabul etmeyi ihmal eder. Bu nedenle, kentsel ekosistemleri rehabilite etmenin yollarını belirleme ve ardından uygulama ihtiyacı vardır. Bu, yenilikçi kurumsal mekanizmalar ve özerklik ile iş birliği arasında bir denge gerektirecektir. Kentsel su planlaması, gelişimi ve yönetimi yeni stratejilere ihtiyaç duymaktadır çünkü su, kentsel enerji, gıda, istihdam, ulaşım ve iş yaratma tedarikini içeren giderek karmaşılaşan birbirine bağlı bir sistemin önemli bir bileşeni olsa da sadece bir bileşenidir.

Tarım, daha fazla sayıda kent sakinini destekleyebilir, ancak çiftçiler ürün ve hayvancılık üretimini desteklemek için yeterli suya erişimi koruyabilmelidir. Kentler ve kırsal alanlar arasındaki etkileşim giderek daha fazla iç içe geçecektir. İyi yönetilirse, belediye atık ürünlerinde tutulan su ve besinlerin geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanımı dahil olmak üzere karşılıklı fayda için yeni fırsatlar sunabilir.

Gelecekteki entegre kentsel su yönetimi, bir şehrin su ve diğer kaynaklarla ilişkilerini yeniden çerçeveselendirecektir. Kapsamı ve kapsamı genişleterek çevresel izleme ve bilgileri iyileştirmeyi gerektirecektir.

Kapsamlı kentsel su yönetimi modellerinin olgusal temeli. Ayrıca, tüm paydaşları içeren ve kademeli ancak kapsamlı kurumsal formatların ve yerel, bölgesel ve ulusal karar alma süreçlerinde netliğin önemini vurgulayan bir müzakere çerçevesi gerektirecektir.

Bazen, gelişmiş ülkelerdeki çoğu şehrin benimsediği merkezi sistemlerin aksine, merkezi olmayan sistemler önerilir. Ancak bu bir ya da diğer seçeneği değildir. Yerel sistemler, daha büyük fiziksel ve kurumsal bağlamların bir parçasıdır ve öyle olmalıdır. Seçim ekonomik analize dayanmalıdır, ancak aynı zamanda işletme ve bakım sorumluluğu ve sistem geliştirmede esneklik gibi kurumsal konular gibi diğer yönleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Üstün üretkenlik sayesinde, şehir merkezli işletmeler gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYİH) büyük bir kısmına katkıda bulunur. Geçmişte, endüstriyel gelişme mümkün olduğunca çok su kullanmış olsa da, bugün piyasa sinyalleri aracılığıyla suyun bir değeri olduğu ve sınırlı kaynakların çoğu kullanımıyla ilişkili bir fırsat maliyeti olduğu giderek daha fazla kabul edilmektedir. Eğilim açıktır. Daha azı çekilmekte ve daha fazla atık su arıtılmaktadır, böylece hem su hem de üretim sürecinde biriken bazı elementler yeniden kullanılabilir. Birçok ülkedeki endüstriler artık birim çıktı başına daha az su tüketiyor ve atıklarındaki kirlilik yüklerini azaltıyor. 21<sup>st</sup> Kentsel su yönetimine yönelik yüzyıllık yaklaşımlar (1) artan su tasarrufu ve verimliliğini, (2) yağmur suyunu yakalayan ve kullanan dağıtılmış yağmur suyu yönetimini, (3) kaynak ayırmayı, (4) suyun geri kazanımını ve yeniden kullanımını, (5) dağıtılmış su arıtmayı, (6) ısı geri kazanımını, (7) enerji üretimi için organik yönetimi ve (8) besin geri kazanımını kapsayacaktır.

Kentsel su yönetimindeki zorluklar göz önüne alındığında, kentsel su kaynakları araştırmaları, öngörülebilir gelecekte tüm su kaynakları araştırma çabalarının giderek daha önemli bir bileşeni haline gelecektir.

### 2.5. Refahı Sağlamak İçin Su Yönetimi Kısıtlamalarının Ele Alınması

Birkaç on yıl içinde, su kıtlığı dünya nüfusunun yaklaşık üçte ikisini etkileyebilir. Birçok ülkede hala su kıtlığı sorunlarıyla başa çıkma eğilimi vardır. su temini, örneğin, yeni altyapı oluşturma, tuzlu veya acı suyun tuzdan arındırılması, atık suyun yeniden kullanılması veya akiferlerin yeniden doldurulması yoluyla yüzey ve yeraltı suyu depolama ve tahsisini artırarak. Bu eğilim, azaltmaya odaklanmaya göre daha baskın hale geldisü talebi, örneğin, ulaşım ve dağıtım sistemlerindeki kayıpları önleyerek, daha düşük su talebi seviyelerini teşvik etmeyi amaçlayan yeterli tarife sistemleri uygulayarak, su kullanım teknolojilerini değiştirerek ve genel olarak evsel, endüstriyel ve sulama sistemlerinde su kullanım verimliliğini artırarak; başka bir deyişle, genel su verimliliğini artırmayı amaçlayarak.

Su talebini azaltmak, doğrudan suyla ilgili olmayan ancak eşit derecede önemli olan diğer yönleri kontrol ederek de başarılabılır. Bu, örneğin demografik büyümeyi kontrol ederek, üretim süreçlerinde ve tedarik zincirlerinde su tüketen malların (özellikle gıda ürünleri) kullanım verimliliğini artırarak, uygun arazi kullanım planlamasını teşvik ederek veya yeterli azaltma ve uyum önlemleriyle iklim değişikliğinin su üzerindeki etkilerini hafifleterek başarılabılır.

Bugünün ve geleceğin su yöneticileri, geniş bir yelpazedeki uygulanabilir disiplinlere aşina olmalı ve çeşitli profesyoneller, paydaşlar ve kullanıcılarla etkileşim kurabilmelidir. Bu yöneticiler ve onların kurumları, gelişmiş su yönetiminin gerekli olduğu bölgelerdeki profesyoneller ve etkilenen paydaşlarla diyaloga girebilmek için yeterli teknik, ekonomik, sosyal, finansal ve çevresel becerilere sahip olmalıdır. Politikacılarla etkileşime girme ve onları herhangi bir etki tahmininin arkasındaki bilimden haberdar etme kapasitesine sahip olmalıdırlar. Politika yapıcılarının kısa vadeli politik taahhütlerini anlamaları ve politikacıların girişimlerinin uzun vadeli sürdürülebilir su kaynağı politikalarıyla uzlaştırılmasını kolaylaştırabilmeleri gerekir.

Analiz ve simülasyon araçlarında gerçek dünyayı tam olarak temsil etme yeteneği, belki de sadece bilimsel bilginin artış hızıyla sınırlı olan ve mühendislik yeteneğinin aksine, gerçek dünyanın ince ayrıntılı temsiliyi sağlayarak bu alanda mühendislik uygulamasını devrim niteliğinde değiştirecek bir değişime uğrayacaktır. Bu nedenle, uygulamada sadece hız ve ölçekte değil, aynı zamanda türde de değişiklikler yaşayacağız. Bu değişen ortamda etkili bir şekilde yönetmek ve çalışmak için gereken insan beceri setleri gelişecektir; sözdizimi, kaynaklar ve organizasyon modelleri değişecektir, ancak zeka ve önermesel mantığı uygulama yeteneği değişmeyecektir. Sistem analizi, geleceğin temel araçlarından biri olacaktır.

Refah, insanların iyi yaşadığı ve iyi durumda olduğu bir durum olarak anlaşılmaktadır. İnsanlar mutlu ve sağlıklıdır [Jackson, 2011]. Toplumumuzun amacı, mümkün olabilecek koşulları yaratmak olmalıdır.

refahı, sınırlı dünyamızın ekolojik ve doğal kaynak sınırları içinde artırmak. Bunu en iyi şekilde nasıl yapacağımızı belirlemek, su güvenliği yoluyla insan refahını etkileyen sürücü ve etki sisteminin karmaşıklığını ve alternatif politika ve yönetim kararlarının toplum için risklerini veya faydalarını anlamak anlamına gelir [Cosgrove ve Cosgrove,2013]. Farklı olası gelecek senaryolarının sonuçlarını analiz etmek için bir dizi model kullanarak, sektörler ve ölçekler arasında çalışan sağlam, uyarlanabilir politikalar belirlenebilir. Bu nedenle, bu model tabanlı analizler, sistemdeki unutulmuş faktörler nedeniyle bir sorunu iyileştirmek yerine daha da kötüleştirdiklerini bulmak için yalnızca yeni politikalar uygulama ikileminden kaçınabilir.

## 2.6. Yönetim

Günümüzün hızlanan teknolojik gelişme hızı ve yavaş toplumsal gelişmeler göz önüne alındığında, gelecekteki en büyük sorun veya kısıtlamanın bugün olduğu gibi kalması muhtemel görünüyor: yani su yönetiminin teknik değil, insan bileşeni. Yönetim politikalarımızı ve prosedürlerimizi iyileştirmek, altyapı sistemlerimizi iyileştirmek için gereken fonu elde etmekten bile daha fazla zaman alıyor. Bu zaman gecikmesi, dünyanın su talebini karşılamamanın sonuçları göz önüne alındığında özellikle rahatsız edici [Uluslararası Gıda Politikası Araştırma Enstitüsü (IFPRI),2009, 2010, 2012].

Etkili su yönetimine ulaşmak, birçok araştırmacı tarafından incelenen çok çeşitli konuları içerir. İyileştirilmiş su yönetimine ulaşmanın önerilen yollarından biri,entegre su kaynakları yönetimi ( IWRM). Bu, "hayati ekosistemlerin sürdürülebilirliğinden ödün vermeden, adil bir şekilde, ortaya çıkan ekonomik ve sosyal refahı en üst düzeye çıkarmak amacıyla, su, toprak ve ilgili kaynakların koordineli bir şekilde geliştirilmesini ve yönetimini teşvik eden bir süreç" olarak tanımlanmıştır [Küresel Su Ortaklığı (GWP),Sürdürülebilirlik kavramı gibi, IWRM de belirli bir kriter kümesinin başarılmasından ziyade bir hedeftir.

IWRM hakkında bilgi sınırlıdır ve gelişmekte olan dünyadaki ortaklar için daha da az erişilebilirdir. Yeni beceriler edinmek, bilgiye daha iyi erişim, kapasite paylaşımı (örneğin, kursiyerlerin eğitmen olması durumunda) ve uygulamasını gerektirir. Bilgi materyalleri, eğitim materyalleri, bilgili kapasite oluşturucular ve uzmanlar, kapasite oluşturma programının girdilerinin bir parçasıdır ve açık içerikli eğitim ve eğitim materyallerinin çevrimiçi platformları bu süreçleri kolaylaştırmaya yardımcı olabilir. Bu, özellikle, dünyanın dört bir yanındaki farklı hedef gruplarından gelen kapasite geliştirme ihtiyaçlarına yanıt verme döngüsü ve uyarlanabilir bilgi yönetim sistemleri gerektiren IWRM için geçerlidir.OECD [2011] birçok ülke tarafından benimsenen entegre su kaynakları yönetiminin daha geniş bir yönetim çerçevesi dikkate alınmadan düzgün bir şekilde uygulanamayacağını kabul etti. Bu, yalnızca sürdürülebilir su politikalarını değil aynı zamanda bilimsel, eğitimsel ve teknolojik konuları yöneten önlemleri ve iletişim ve katılımı da içerecektir [Carr ve diğerleri,2012;Delili Priscoli,2004].

İnsanlar, özellikle küresel düzeyde, gelecekteki su sorunlarıyla başa çıkmakta zorluk çekiyor. Bu, uluslararası örgütlerin uluslararası düzeyde benimsediği pozisyonların yavaş evrimiyle gösteriliyor. Yirmi yıl önce, su, 1992'de Rio de Janeiro'da düzenlenen BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'nın nihai bildirgesinde tartışılan bir konu bile değildi [Birleşmiş Milletler (BM),1992]. Su, sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir unsuru olarak ancak 1998'de BM Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu'nun "Tatlı Su Yönetimine Stratejik Yaklaşımlar" metnini kabul etmesiyle görülmeye başlandı [BM,1998, s. 2]. Son zamanlarda, etkili su yönetimi kavramı önem kazanmış ve su gündeminin, sosyal ve politik kurum ve süreçleri, yolsuzluğu ve fakir ve zengin ülkeler ile zengin ve fakir halklar arasındaki güç dengesizliklerini de kapsayacak şekilde genişlemesine yol açmıştır [Rogers ve Hall,2003].

3. maddenin yayımlanmasıyla paradigmada bir değişiklik meydana geldi.<sup>rd</sup>Dünya Su Kalkınma Raporu [BM WWAP, 2009]. Sürdürülebilir kalkınmaya giden çoğu yol suyla bağlantılıdır, ancak su kaynaklarının nasıl kullanılacağını veya kötüye kullanılacağını belirleyen kararlar yalnızca su yöneticileri tarafından verilmez. Bu, şu şekilde açıklandığı gibi merkezi temadır:Birleşmiş Milletler Dünya Su Kalkınma Raporu 3 "siyasi süreç aktörleriyle başlar – hükümette, sivil toplumda ve iş dünyasında –sosyo-ekonomik kalkınma hedeflerine karar vermek vepolitika oluşturmaVe operasyonel kararlaronlara ulaşmak için. Kararları, yanıt verenhayat ve geçim kaynakları gereksinimler, genellikle doğrudan kontrollerinin ötesinde olan ve etkileşimde bulunan ve bunları değiştiren dışsalıklar bağlamında uygulanırDeğişimin itici güçleri,yaratmaktabaskılkara ve su kaynaklarında (diğerlerinin yanı sıra).Su kaynakları yöneticiler talepleri ele alıyorsa kullanımlarıkarşılama içinhayat-insanların ve diğer türlerin ihtiyaçlarının sürdürülmesi ve yaratılması ve desteklenmesigeçim kaynakları.Bunu yaparken, ekleyebilirler veya azaltabilirler.

baskılar Bu etkenlerden kaynaklanır. Ancak, yetersiz su, finansal veya insan kaynaklarıyla ilgili kısıtlamalar veya dış güçlerin öngörülemez şekillerde davranması nedeniyle eylemleri hedeflerinin gerisinde kalabilir. Bu nedenle ilerleme kaydetmek, bu kısıtlamaları hesaba katan yanıtlar için karar alma sürecinde orijinal siyasi aktörlere geri dönmeyi gerektirir."

Su yöneticilerinin karşılaştığı zorluk, özellikle uluslararası olanlar olmak üzere sınır ötesi su kütleleriyle uğraşırken daha da büyüktür. Sınır ötesi nehirler ve akiferler, günümüzün hidrolojik ve politik manzarasının ortak özellikleridir. Bir akiferi veya nehri paylaşan farklı ülkeler ve ülke grupları içinde, stres zamanlarında suyun nasıl paylaşılacağı konusunda, stres oluşmadan önce bir anlaşmaya varmak, stres zamanlarında bu tür anlaşmaları yapmaya çalışmaktan çok daha faydalıdır. Sınır ötesi nehirlerdeki ve akiferlerdeki su, yönetimi geleneksel politik sınırları aşan kurumlar gerektiren bir kaynaktır.

Su yöneticilerinin ilk karar alma sürecini bilgilendirdiği ve uygun yanıtların planlanmasına katıldığı, başlıca aktörlerle ve diğer sektörlerin yöneticileriyle etkileşime girdiği bir karar alma sürecine ihtiyaç vardır. Bu nedenle, giderek artan bir şekilde, "hükümetlerin ötesinde" kolektif yönetim, devlet ve devlet dışı aktörlerin (sivil toplum, şirketler ve hükümetler) birlikte çalıştığı çözümün bir parçası olarak görülmektedir. Hızla değişen bu dünyada, krizlere yanıt olarak uyum sağlamakdan ziyade, krizleri önlemek için zamanında uyum sağlamak en iyisidir. Sonuçta hedefe ulaşmak politik bir meydan okumadır. Belirli bir topluluk (genellikle hiyerarşik olarak organize edilmiş bir nüfus) içindeki güç ve kaynakların dağılımını ve topluluklar arasındaki karşılıklı ilişkiyi (ilişkileri) belirlemeyi içerir. Su yönetimini ekonomik ve sosyal kalkınma sektörlerinin yönetimine bağlamak için yasal çerçevelerin ve kurumsal çabaların başarıları ve başarısızlıkları hakkında çok daha fazla araştırma ve sistematik çalışma gerekmektedir.

### 2.7. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini Desteklemek

2015 yılı sonunda sona erecek olan Binyıl Kalkınma Hedefleri (BKH), uluslararası toplumun kalkınma için zaman sınırlı hedefler belirleme yönündeki ilk girişimiydi. Gezegendeki çok sayıda insan sekiz BKH'nin hedeflerine ulaştı ve bazıları bunları aştı, ancak bazı durumlarda sürdürülemez bir şekilde. BKH'lerde olduğu gibi, özellikle 2015 yılına kadar güvenli içme suyuna erişimi olmayan insanların sayısını yarıya indirme BKH'sinde olduğu gibi hedefler konusunda anlaşmaya varılırsa kaydedilebilecek ilerlemeyi düşünün [Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 2014]. "Güvenli içme suyu"nu tanımlamak ve izlemek zor olacağından, "iyileştirilmiş içme suyu kaynağına erişim" üzerine bir hedef oluşturuldu. 1990'dan bu yana geçen 25 yılda, 2,5 milyar insana bu tür iyileştirilmiş erişim sağlanacaktı. Böylece, irade, çaba, teknik kapasite ve fonlarla üzerinde anlaşılmış, iyi tanımlanmış bir hedefe ulaşılmış olacaktı.

MDG'ler tüm zorluk alanlarını kapsamıyordu; örneğin, ne enerjiye erişim ihtiyacını ne de iklim değişikliği tehditlerini kapsayan hedefler yoktu. MDG'lerin hedeflerinin çoğuna ulaşmada suyun önemli rolünü hesaba katmıyorlardı. Hedefler ulusal uygulama kapasitesi veya önceliklerdeki farkı da kabul etmiyordu.

Eylül 2015'te BM Genel Kurulu tarafından kesinleştirilip kabul edilecek Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH'ler), MDG'leri takip edecek ve MDG'lerin uygulanması sırasında öğrenilen dersleri dikkate alacaktır. Taslak belgedeki 17 hedef ve 160'ın üzerinde amaç, on binlerce paydaşı bireysel olarak veya üyelik örgütleri aracılığıyla çeken açık istişareden gelen "istediğimiz gelecek" in ortak tanımına dayanmaktadır. Genel amaç insan refahıdır. Ortak hedefler üzerinde anlaşılan bireysel uluslar, kendi kapasitelerine ve öncelikli ihtiyaçlarına göre bunlara ulaşmak için hedefler belirlemede esnekliğe sahip olacaktır.

## 3. Sonuç

Yaşam destek sistemlerindeki istenmeyen kesintilere parça parça tepkiler ve yanıtlar, insanların gezegenimizin çevresini kontrol edebildiği günümüz dünyasında yeterli değildir. Bu Antropocen çağında, davranışlarımızı yansıtmaya ve sağlığımızı, ekonomik ve sosyal refahımızı güvence altına almak için gerektiği gibi değiştirme kapasitesine sahip tek tür biziz. Tüm insanlık için sağlıklı ve anlamlı geçim kaynakları sağlamak, bu yüzyıldaki en büyük zorluğumuzdur. Hepimizin bir toplum olarak, araştırma, mühendislik ve bilim yoluyla geliştirme ve yönetim yoluyla, arzu edilen ve daha sürdürülebilir ve güvenli bir geleceğe doğru bir yol belirleyecek teknolojik, ekonomik, politik ve sosyal önlemleri belirlemesi gerekecektir.

Bu geleceğe yönelik alternatif yolların etkilerini ve çoklu ve her zaman uyumlu olmayan hayallerimiz veya hedeflerimiz göz önüne alındığında kaçınılmaz olacak takasları belirlemek ve değerlendirmek için her zaman araştırmaya ihtiyaç duyulacaktır. Ancak araştırma sonuçlarını politika açısından alakalı hale getirecek şekilde açıkça çevirmek de gereklidir. Örneğin, WRR makalelerinde sunulan araştırma sonuçlarının, politika yapıcılar ve hatta halk için alakalı olduklarını gösteren bir dille "çevrilmesi" gerekir. Anlayabilecekleri bir şekilde motive eden, eğlendiren ve bilgilendiren bir şekilde yazılması gerekir.

Gelecekte birçok disiplinden araştırmacılar birlikte çalışacak. Üyeleri kendilerini şu şekilde gören Amerikan İnşaat Mühendisleri Derneği'nin Vizyonundan ilham almaları iyi olur:

"Toplum tarafından sürdürülebilir bir dünya yaratmak ve küresel yaşam kalitesini artırmakla görevlendirilen inşaat mühendisleri, yetkin, işbirlikçi ve etik bir şekilde hizmet verirler.

1. toplumun ekonomik ve sosyal motoru olan inşa edilmiş çevrenin ana plancıları, tasarımcıları, inşaatçıları ve işletmecileri;
2. doğal çevrenin ve kaynaklarının koruyucuları;
3. kamu, özel ve akademik sektörlerde fikir ve teknoloji yenilikçileri ve bütünleştiricileri;
4. doğal olaylar, kazalar ve diğer tehditlerin neden olduğu risk ve belirsizlik yöneticileri; ve
5. Kamusal çevre ve altyapı politikalarını şekillendiren tartışma ve kararlarda liderler."

Herkesin karşı karşıya olduğu temel sorun, bu dünyada hepimizin iyi bir hayat yaşaması arzularımızı, yenilenebilir ancak sınırlı bir su kaynağının mevcudiyetinin getirdiği kısıtlamalarla nasıl uzlaştıracamızdır. Bu yapılabilir. İyimserliğimizin ileriye giden yolu aydınlatan bir meşale olmasına izin verin!

## Referanslar

- Arthington, AH ve SR Balcombe (2010),Kurak Bölge Taşkın Ovası Nehirlerinde Aşırı Akış Değişkenliği ve Balıkların 'Patlama ve Çöküş' Ekolojisi: Çevresel Akışlar, Koruma ve Yönetim İçin Etkileri Olan Bir Vaka Geçmişi,Australya Rivers Enstitüsü ve eWater Coop. Res. Merkezi, Griffith Univ., Nathan, Queensland. [http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/handle/10072/42402/73754\_1 adresinden ulaşılabilir. pdf?sequence51.]
- Beddington, J. ve diğerleri (2012),İklim Değişikliği Karşısında Gıda Güvenliğinin Sağlanması: Sürdürülebilir Tarım Komisyonu'ndan Son Rapor Tarım ve İklim Değişikliği,CGIAR İklim Değişikliği, Tarım ve Gıda Güvenliği Araştırma Programı, Kopenhag.
- Briscoe, J. (2011), Davetli görüş röportajı: Dünya su politikasının merkezinde geçen yirmi yıl: Editör John Briscoe ile röportaj Şef,Su Politikası, 13,147-160.
- Carr, G., DP Loucks ve G. Blo Eschl (2012), Su kaynakları yönetiminde katılımın değerlendirilmesi: Bir inceleme,Su Kaynakları Res., 48, W11401, doi:10.1029/2011WR011662.
- Cooley, H., J. Fulton ve PH Gleick (2011),Enerji İçin Su: Intermountain Batı'da Elektrik İçin Gelecekteki Su İhtiyaçlarıPac. Inst., Oakland, Kaliforniya. Cosgrove, CE ve WJ Cosgrove (2013), Su kaynaklarının geliştirilmesinde bir araç olarak öngörü,Gelişim, 56(4), 484-490. Cosgrove, WJ ve FR Rijsberman (2000),Dünya Su Vizyonu: Suyu Herkesin İş Hali GetirmekEarthscan, Londra, İngiltere Crutzen, PJ (2002), İnsanlığın jeolojisi, Doğa, 415,23.
- Delli Priscoli, J. (2004), Su kaynaklarının yönetiminde kamu katılımı nedir ve neden önemlidir?,Su Uluslararası, 29(2), 221-227.
- Donnelly, K. ve H. Cooley (2015),Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Su Kullanım Eğilimleri,Pac. Inst., Oakland, Kaliforniya. [http://pacinst.org/ adresinden ulaşılabilir yayın/amerika-birleşik-devletlerinde-su-kullanım-eğilimleri.] Falkenmark, M. ve J. Rockström (2004),İnsanlar ve Doğa için Suyun Dengelenmesi: Ekohidrolojide Yeni Yaklaşım,Earthscan, Londra.
- FAO ve Dünya Gıda Konseyi (2015),Su ve Gıda Güvenliği Sağlayan Bir Geleceğe Doğru: Politika Yapıcılar İçin Kritik Perspektifler,Roma.
- Gleick, PH (1996), İnsan faaliyetleri için temel su gereksinimleri: Temel ihtiyaçların karşılanması,Su Uluslararası, 21(2), 83-92.
- Gleick, PH ve M. Palaniappan (2010), Tepe suyu: Tatlı su çekilmesi ve kullanımına ilişkin kavramsal ve pratik sınırlar,Ulusal Bilimler Akademisi Bil. ABD, 107(25), 11.155-11.162.
- Gleick, PH, G. Wolf, EL Chaleki ve R. Reyes (2002),Yeni Su Ekonomisi: Küreselleşme ve Özelleştirmenin Riskleri ve Faydaları Tatlı Su,Pasifik Geliştirme, Çevre ve Güvenlik Araştırma Enstitüsü, Oakland, Kaliforniya
- Küresel Su Ortaklığı (GWP) (2000), Entegre su kaynakları yönetimi,Teknik Danışmanlık Komisyonu Arkaplan Pap. 4,Küresel Su Bölümü-gemicilik, Stockholm.
- Grayman, WM, DP Loucks ve L. Saito (Ed.) (2012),Sürdürülebilir Bir Su Geleceğine Doğru: 2050 Vizyonları,ASCE Press, Reston, Va. Gulbenkian Su ve İnsanlığın Geleceği Düşünce Kuruluşu (GTT) (2014),Su ve İnsanlığın Geleceği: Su Güvenliğini Yeniden Ele Almak,Kal-ouste Gulbenkian Bulundu., Lizbon.
- Gustavsson, J., C. Cederberg, U. Sonesson, R. van Otterdijk ve A. Meybeck (2011),Küresel Gıda Kayıpları ve Gıda İsrafı,Gıda ve Tarım BM Organı, Roma.
- Hoekstra, AY ve AK Chapagain (2008),Suyun Küreselleşmesi. Gezegenin Tatlı Su Kaynaklarının Paylaşılması,Blackwell, Oxford, İngiltere Hoff, H. (2011),Bağlantıyı Anlamak. Bonn2011 Konferansı için Arkaplan Belgesi: Su, Enerji ve Gıda Güvenliği Bağlantısı,51 sayfa, Stockholm Çevre Enstitüsü, Stockholm.
- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (2001), İklim değişikliği 2001: Sentez raporu, Politika yapıcılar için özet, Üçüncü Değerlendirme Raporu, Dünya Meteoroloji Örgütü, Cenevre, İsviçre.
- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (2007), İklim değişikliği 2007: Fiziksel bilim temeli, Dördüncü Değerlendirme Raporu, Dünya Meteoroloji Organı, Cenevre, İsviçre.

## Teşekkür

Bu makalenin hazırlanmasında referanslarda bulunan veriler dışında herhangi bir veri kullanılmamıştır.

- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (2012), İklim değişikliğini iletirmek için aşırı olayların ve afetlerin risklerinin yönetilmesi uyarılma, Çalışma grupları I ve II'nin özel raporu, Dünya Meteoroloji Organı, Cenevre, İsviçre.
- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (2014), İklim değişikliği 2014: Sentez raporu, Politika yapıcılar için özet, Beşinci Değerlendirme Dünya Meteoroloji Örgütü Raporu, Cenevre, İsviçre.
- Uluslararası Gıda Politikası Araştırma Enstitüsü (IFPRI) (2009), İklim Değişikliği - Tarım Üzerindeki Etkisi ve Uyum Maliyeti, Washington, DC Uluslararası Gıda Politikası Araştırma Enstitüsü (IFPRI) (2010), Gıda Güvenliği, Çiftçilik ve 2050'ye Kadar İklim Değişikliği: Senaryolar, Sonuçlar, Politika Seçenekler, Washington, DC
- Uluslararası Gıda Politikası Araştırma Enstitüsü (IFPRI) (2012), Sürdürülebilir Bir Ekonomi İçin Mavi Yolu Bulmak, Washington, DC
- Uluslararası Para Fonu (IMF) (2000), Yirminci yüzyılda dünya ekonomisi: Çarpıcı gelişmeler ve politika dersleri, Dünya Ekonomik Görünüm, O. Blanchard tarafından düzenlendi, s. 149-180, Washington, DC
- Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü (IWI) (2007), Gıda İçin Su, Hayat İçin Su. Su Yönetiminin Kapsamlı Bir Değerlendirmesi Tarımda, Earthscan, Londra, İngiltere
- Jackson, T. (2011), Büyüme Olmadan Refah. Sonlu Bir Gezegen İçin Ekonomi, Earthscan, Londra, İngiltere
- Lundqvist, J. (2010), Daha fazla üretmek veya daha az israf etmek. Öngörülemez yağışların gıda güvenliği zorluğuna karşı koymak, Dördüncü Bot-in Su ve Gıda Güvenliğini Yeniden Düşünme Vakfı Su Çalıştayı, L. Mart-inez-Cortina, G. Garrido ve L. Lo tarafından düzenlendi - pez-Gunn, Taylor ve Francis, Londra, İngiltere
- Lundqvist, J. ve M. Falkenmark (2010), Yağış değişkenliğine ve öngörülemezliğine uyum: Eski zorlukların yeni boyutları ve fırsatlar, Uluslararası Su Kaynakları Dergisi, 26(4), 595-612, doi:10.1080/07900627.2010.519488.
- Lundqvist, J., C. de Fraiture ve D. Molden (2008), Su tasarrufu: Tarladan çatalınıza kadar - Gıda zincirindeki kayıpları ve israfı azaltma, SIWI Politikası Kısa bilgi, s. 1-36, Stockholm Uluslararası Su Enstitüsü, Stockholm, İsveç.
- Magnuszewski, P. ve diğerleri (2015), Senaryo Geliştirme İçin Kavramsal Çerçeve, Uygulama Sistemleri Anal. Enstitüsü, Laxenburg, Avusturya. Oki, T., C. Valeo ve K. Heal (Ed.) (2006), Hidroloji 2020: Dünya Su Zorluklarını Karşılama İçin Entegre Bir Bilim Uluslararası Hidrolik Bilimleri Derneği, Wallingford, İngiltere
- Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) (2011), OECD Ülkelerinde Su Yönetimi: Çok Düzeyli Bir Yaklaşım, OECD Su Çalışmaları, 244 s., doi:10.1787/9789264119284-en.
- Palaniappan, M., PH Gleick, L. Allen, MJ Cohen, J. Christian-Smith ve C. Smith (2010), Suların Temizlenmesi: Su Kalitesine Odaklanma Çözümler, N. Ross tarafından düzenlendi, 89 sayfa, BM Çevre Programı, Nairobi, Kenya. [http://www.pacinst.org/reports/water\_quality/clearing\_the\_waters.pdf adresinden ulaşılabilir.]
- Poff, NL ve JKH Zimmerman (2010), Değişen akış rejimlerine ekolojik tepkiler: Çevresel akışları bilgilendirmek için bir literatür incelemesi bilim ve yönetim, Tatlı Su Biyolojisi, 55, 194-220.
- Postel, S. ve B. Richter (2003), Yaşam İçin Nehirler: İnsanlar ve Doğa İçin Suyun Yönetimi, 220 sayfa, Island Press, Washington, DC
- Richter, BD (2009), Çevresel akışların yeniden düşünülmesi: Tahsislerden ve rezervlerden sürdürülebilirlik sınırlarına, Nehir Res. Uygulaması, 25, 1-12. Rogers, P. ve AW Hall (2003), Etkili su yönetimi, Teknik Danışmanlık Komisyonu Arkaplan Pap. 7, Küresel Su Ortaklığı, Stockholm. Seckler, D. (1996), Su kaynakları yönetiminin yeni dönemi: 'Kuru'dan 'Islak' su tasarrufuna, Karar Temsilcisi 1, Uluslararası Sulama Yönetimi Enstitüsü Kolombo.
- Şah, A. (2010), Küresel Görüntüler Hepimizi Etkileyen Sosyal, Politik, Ekonomik ve Çevresel Sorunları Ortaya Çıkıyor. http://www.globalissues.org/ adresinden ulaşılabilir makale/26/yoksulluk-gerçekleri-ve-istatistikleri.]
- Smakhtin, V. (2008), Havza kapatma ve çevresel akış gereksinimleri, Uluslararası Su Kaynakları Dergisi, 24(2), 227-233.
- Steffen, W., ve diğerleri (2011), Antropocen: Küresel değişimden gezegensel yöneticiliğe, Ortam, 40, 739-761.
- BM Çevre Programı (2000), Barajlar ve Kalkınma: Karar Alma İçin Yeni Bir Çerçeve. Dünya Barajlar Komisyonu Raporu, Dünya taraması, London, İngiltere
- BM Habitat (2012), Sürdürülebilir Kentleşme, Tematik Düşünce Parçası, Ekonomi ve Sosyal İşler Bakanlığı ve BM Kalkınma Programı.
- Birleşmiş Milletler (BM) (1992), Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı Raporu, YeniYıl
- Birleşmiş Milletler (BM) (1998), Tatlı su yönetimine yönelik stratejik yaklaşımlar, Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu'nun 6. Oturumu, YeniYıl
- Birleşmiş Milletler Dünya Su Değerlendirme Programı (UN WWAP) (2009), Birleşmiş Milletler Dünya Su Kalkınma Programı, Su içinde Değişen Dünya, Bölüm 3, 380 sayfa, Earthscan, Londra, İngiltere
- Birleşmiş Milletler Dünya Su Değerlendirme Programı (UN WWAP) (2011), 2050'ye Kadar Dünya Su Senaryoları, Alternatif Geleceklerin Araştırılması Dünya Suyu ve 2050'ye Kadar Kullanımı, BM Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü, Paris.
- Birleşmiş Milletler Dünya Su Değerlendirme Programı (UN WWAP) (2012), Birleşmiş Milletler Dünya Su Kalkınma Programı, Yönetmek Risk ve Belirsizlik Altındaki Su, 4. Bölüm, 909 sayfa, BM Eğitimi, Bilim ve Kültür Organı, Paris.
- Birleşmiş Milletler Dünya Su Değerlendirme Programı (UN WWAP) (2014), Zorluklarla Yüzleşmek, Su ve Enerji, BM Eğitim, Bilim ve Kültür Org., Paris.
- van der Veer, J. (2010), Su—Enerji Üretiminin Kritik Bir Etkinleştiricisi, Royal Dutch Shell, Amsterdam, Hollanda.
- Williams, M., J. Zalasiewicz, A. Haywood ve M. Ellis (2011), Antropocen: Jeolojik zamanın yeni bir dönemi, Felsefe. Çeviri. R. Soc. A, 369, 835-1111.
- Dünya Ekonomik Forumu Su Girişimi (WEF) (2011), Su Güvenliği. Su-Gıda-Enerji-İklim Bağlantısı, Ada Basını, Washington, DC
- Dünya Sağlık Örgütü (WHO) (2007), Risk Azaltma ve Acil Durum Hazırlığı: DSÖ'nün Sağlık Sektörü ve Ticaret için Altı Yıllık Stratejisi Topluluk Kapasite Geliştirme, 93, s., Cenevre, İsviçre.
- Dünya Sağlık Örgütü (WHO) (2014), BM-su küresel analizi ve sanitasyon ve içme suyu değerlendirilmesi (GLAAS)—Rapor, Su ve Sanitasyona Yatırım: Erişimi Artırmak, Eşitsizlikleri Azaltmak, Türkçe: 9789241508087.
- Young, GJ, JCI Dooge ve JC Rodda (1994), Küresel Su Kaynağı Sorunları, Cambridge Univ. Press, Cambridge, İngiltere