

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Türkiye’de Yeraltı Suyu Kullanımları ve Tahsislerinin Sürdürülebilirlik Anlayışı ile Değerlendirilmesi: Yeşilirmak Havzası Örneği

Yazışma yazarı:
Selim ARMUT,
selimarmut05@gmail.com

Selim ARMUT¹

¹Amasya Merzifon Belediyesi, Merzifon, Amasya, Türkiye. ORCID:0000-0001-6506-8960

Referans:

Armut, S. (2024). Türkiye’de Yeraltı Suyu Kullanımları ve Tahsislerinin Sürdürülebilirlik Anlayışı ile Değerlendirilmesi: Yeşilirmak Havzası Örneği, *Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 25(2) 97–110.

Makale Gönderimi: 15 EKİM 2024
Online Kabul : 30 ARALIK 2024
Online Basım : 31 ARALIK 2024

Özet Yeraltı su kaynakları içme kullanma, tarımsal, endüstriyel gibi kullanımlarda değerlendirilmektedir. Ancak kaynağın sürdürülebilir tahsisinde bazı hususların dikkate alınmasını gerektirmektedir. Çalışmada yeraltı su kaynağı üzerinde baskı oluşturan sorunlara değinilerek, Türkiye’de yeraltı suyu kullanımları ve tahsislerinin Yeşilirmak Havzası özelinde değerlendirilip sorunlar ve çözüm önerileri geliştirilmiştir. Türkiye’de havza bazında tüm yeraltı su kullanımlarının miktar ve kalite yönünden izlenmesi, tahsislerin yeraltı suyunun sürdürülebilir yönetimi esas alınarak dinamik bir şekilde yapılması gerektiği; koruma tedbirlerinin maliyetlerinin karşılanmasında ücretlendirme veya vergi uygulaması getirilerek, gelirlerin bu amaç dışında kullanılmamasını düzenleyici önlemlerin alınması gereği açıkça görülmektedir. Sürdürülebilir yeraltı suyu yönetimine ilişkin düzenlemelerin, yerüstü su kaynakları yönetimine ilişkin düzenlemelerle birlikte havza bazında su kullanım durumları gözetilerek bütüncül bir anlayışla ele alınarak yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: entegre yeraltı suyu yönetimi, yeraltı sularının kullanımı, yeraltı suyu tahsisleri, maliyet geri kazanımı

Evaluation of Groundwater Uses and Allocations in Türkiye within a Sustainability Approach: The case of Yeşilirmak Basin

Abstract Groundwater resources are used for drinking, agricultural and industrial purposes. However, the sustainable allocation of the quantity and quality of this resource requires some issues to be taken into consideration in its management. In this study, the problems that cause pressure on the groundwater resource are addressed, and its uses and allocations in Türkiye are evaluated on the basis of the Yeşilirmak Basin, and problems and solution suggestions are developed. It is clearly seen that all groundwater uses on a basin scale in Türkiye should be monitored in terms of quantity and quality, allocations should be made dynamically based on the sustainable management of groundwater, and that regulatory measures should be taken to ensure that revenues are not used for any other purpose by introducing a fee or tax application to cover the costs of groundwater protection measures. Regulations regarding sustainable groundwater management should be made by considering water usages on a basin scale together with regulations regarding surface water management, and water management should be handled within a holistic approach.

Keywords: integrated groundwater management, groundwater use, groundwater allocations, cost recovery

1. Giriş

Suyun içme ve kullanma, tarım, enerji, sanayi gibi alanlarda vazgeçilmez bir kaynak olması, miktar bakımından kısıtlı oluşu ve kullanım alanlarına göre kalite standartlarının sağlanması gerekliliği yönetiminde dikkate alınması gereken hususlar arasındadır. Suyu olan talebin nüfus artışıyla artmasının yanı sıra, iklim değişikliği etkisi ile yağış rejimlerinin değişerek suyun arz yönünü etkilemesi su kaynaklarının sürdürülebilir yönetiminin sağlanmasında önemli bir zorluktur. Ayrıca kirlilik unsurları su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemekte ve buna karşılık önlemler alınmasını gerektirmektedir.

Yeraltı su kaynaklarının Türkiye için önemine bakıldığında 2022 yılında su kaynaklarından çekilen 19,2 milyar m³ suyun %22,1'inin yeraltı su kaynaklarından temin edildiği görülmektedir. Bu miktarın %21,1'i yüzeysel kaynaklardan, %56,8'i ise denizlerden çekilmiştir. Denizlerden çekilen suyun %94'ü soğutma amaçlıdır. Bu sular belediyeler, köyler, imalat sanayi işyerleri, termik santraller, Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) ve maden işletmeleri tarafından çekilmiştir. Görüldüğü gibi 2022 yılında çekilen toplam %43, 2'lik kısma denk gelen tatlısuyun %22,1 gibi önemli bir kısmı yeraltı su kaynaklarından sağlanmıştır (TÜİK 2024). Yeraltı suyu çekiminin uzun yıllar boyunca ve geniş alanlarda yeniden beslenmeyi aştığı durumlarda, su tablası seviyesindeki düşüş doğal yeraltı suyu deşarjını etkiler ve bu da yeraltı suyuna bağlı akarsular, sulak alanlar ve ekosistemler üzerinde zararlı etkilere neden olabilir (Wada vd. 2010). Ayrıca, azalan yeraltı suyu seviyeleri kuyu verimini düşürebilir ve pompalama maliyetlerini artırabilir, hatta büyük ölçekte arazi çökmesine de yol açabilir. Yeraltı su kaynaklarının kirlenmesi durumunda da miktarı açısından yeterli olsa da kullanım alanları bağlamında belirli kalite nitelikleri arandığından kullanılmaz hale gelmektedir. Yeraltı suyunun aşırı kullanımı ve kirliliğinin etkileri uzun süre fark edilemeyebilir. Bu hususlar yeraltı sularının korunması ve yönetiminde önem arz etmektedir.

Bu çalışmada öncelikle entegre yeraltı su yönetimi kavramı ve çerçevesi açıklanmıştır. Dünyada ve Türkiye'de yeraltı suyu yönetimi incelenmiştir. Türkiye'de yeraltı suyu kaynaklarının kullanımına ilişkin veriler Türkiye İstatistik Kurumu, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün havza bazlı çalışmaları, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü çalışmaları ve Amasya, Çorum ve Samsun Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüklerine ait 2022 yılı Çevre Planları ve Merzifon Belediyesi su yönetim sisteminden elde edilmiştir. Yeşilirmak Havzası su kullanım durumları ve yeraltı suyu kullanımına ilişkin veriler değerlendirilmiştir. Çalışmanın amacı, yeraltı su yönetiminde sürdürülebilirliğin sağlanması için kalite ve miktar göz önüne alınarak sorunların ve çözüm yollarının ortaya konulmasıdır.

2. Yeraltı Suyu Yönetimi Sorunlarının İncelenmesi

2.1 Yeraltı suyu kaynağına ilişkin sorunlar

Yeraltı suyu insan yaşamının sürdürülmesi için önemli bir su kaynağıdır. Verimli pompaların kullanılmaya başlanması ve kırsal alanlarda elektrik altyapısındaki gelişmelerle kentsel, tarımsal ve endüstriyel alanlarda yeraltı suyu kullanımı artmakta ve buna bağlı olarak yeraltı suyu kaynakları üzerinde yerel, bölgesel ve sınıraşan sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Yeraltı suyu kaynağına ilişkin temel sorunlar yeraltı suyunun tükenmesi, yeraltı suyu kalitesinin bozulması, su- enerji ilişkisine bağlı sorunlar ve sınır ötesi su çatışmalarıdır. Tükenme yeraltı suyu seviyelerindeki düşüşler, taban akışında veya bağlı yerüstü su kütlelerindeki seviyelerdeki

düşüşler ve su kalitesindeki bozulma ile ölçülmektedir. Su kalitesi, akifer tuzlanması, deniz suyu girişim riski ve çökme sorunları hesaba katıldığında tükenme, kaynağın toplam veya kullanılabilir hacminde azalmaya neden olan fiziksel bir süreçtir. Bu nedenle tükenme, kaynağın mevcut ve gelecekteki kullanımı için olumsuz olduğu fark edilen veya algılanan sonuçlara yol açmaktadır. Tuzlanma gibi tükenmelerin sonuçları da önemli olabilmektedir. Bozulmuş bir akiferi doğal durumuna geri döndürmek genellikle zaman ve kaynak açısından pahalı olmaktadır. Ayrıca, çökme gibi bazı etkiler geri döndürülemez olabilmektedir (Tzampoglou vd. 2023). Yeraltı suyu tükenmesinin potansiyel sosyal ve ekonomik sonuçları ciddidir. Akifer tükenmesi yoğun nüfuslu ve ekonomik olarak üretken bölgelerde yoğunlaşmaktadır. Gıda güvenliğinin sağlanması, ekonomik büyümenin ve çevre kalitesinin sürdürülmesi açısından etkileri önemlidir.

Yeraltı suyu kalitesinin bozulması toprak ve akifer tuzlanması, kimyasallardan ve mikroorganizmalardan kaynaklanan kirlenme nedeniyle gerçekleşmektedir. Tuzlanma, toprak ve suyun suda çözünen tuz içeriğiyle ilgili bir özelliktir. Çoğunlukla sodyum klorür içerir, ve sülfatlar, karbonatlar ve magnezyum da bulunabilir. Tuzlu toprak, bitki büyümesini ve ürün üretimini olumsuz yönde etkileyecek yeterli çözünür tuz içeren topraktır. Arazilerde yapılan aşırı sulama yetersiz drenaj nedeniyle toprakta tuzlanmaya neden olmaktadır. Tuzlu suyun tatlı suyla karışması, birçok kıyı bölgesinde akifer tuzlanmasına neden olmaktadır. Kıyı akiferleri, yüksek nüfus yoğunlukları ve deniz seviyesi yükselmesi nedeniyle yeraltı suyu çıkarılmasına karşı daha savunmasızdır (Ferguson ve Gleeson, 2012). Deniz suyu girişimi akiferlerin hidrolojik dengesini bozduğu dünya çapındaki büyük kıyı sulama bölgelerinde yeraltı suyu kalitesini etkilediği bilinmektedir. Avustralya'daki Queensland, ABD'deki Florida, İspanya'da Güney Atlantik kıyı şeridi ve Lübnan gibi kıyı bölgeleri, tuzlu suyun kıyı akiferlerine sızdığı en dikkat çekici vakalar arasında yer almaktadır (Barlow ve Reichard, 2010). Sulama suyunda bulunan gübre ve pestisit artıkları ile tuzlar önemli tarımsal kirleticilerdir. Aşırı sulama, suyu bitkilerin kök bölgesinden alttaki yeraltı suyuna yönlendirerek, uygulanan gübreleri, pestisitleri, azot bileşiklerini, fosforu, potasyumu ve kimyasal bileşikleri taşımaktadır. Bu kirleticilerin yaygın alansal kapsamı nedeniyle, bunlara genellikle "noktasal olmayan kaynaklı" kirleticiler denir. Endüstriyel kimyasalların kazara dökülmesi ve sızması da yeraltı suyu kirliliğine neden olabilmektedir. Arsenik ve nitrat, ciddi halk sağlığı etkilerine sahip iki büyük kirleticidir. Yeraltı suyunda doğal olarak bulunan yüksek arsenik konsantrasyonları birçok ülkede önemli bir halk sağlığı endişesi olarak kabul edilmiştir. Nitrat kontaminasyonu ise gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yaygındır. Ticari gübrelerin veya hayvan atıklarının aşırı uygulanması ve belediye ve hayvan atıklarının yetersiz atık bertarafı bu sorunla ilişkilendirilmiştir. Yeraltı suyunun mikrobiyal kirlenmesi ise kanalizasyon atıklarının salınmasına karşı akiferlerin yetersiz korunmasından kaynaklanabilmektedir. Yeraltı suyunun kirlenmesi, doğal yeraltı suyu besleme alanlarına yakın kentsel çöplükler, kırsal alandaki yerinde sanitasyon tesisleri, sızdırmalı fosseptikler, kanalizasyonlar ve çiftlik hayvanlarının atıkları gibi birçok yolla meydana gelebilmektedir (Hou vd. 2022).

Su enerji üretiminde kullanılırken, suyun iletimi ve artırılması için enerji gerekmektedir. Enerji gereksinimi suyun yeraltından kaldırılması gereken mesafeye artarken ve pompa verimliliğiyle azalmaktadır. Azalan su seviyeleri, pompa verimliliğinin artmasıyla telafi edilemediği sürece yeraltı suyu pompalaması için enerji gereksinimlerini artıracaktır. Hindistan'da pompalama için artan enerji talebi, yeraltı suyu çıkarma amacıyla elektrik enerjisine yönelik hükümet sübvansiyonları nedeniyle daha da kötüleşmiştir (Badiani vd. 2012).

Sınır ötesi su çatışmaları genellikle yüzeysel sularda görülmektedir. Yeraltı suyu akışının tanımlanmasındaki belirsizliği, yeraltı suyu ile yüzey suyu arasındaki hidrolik bağlantının belirsizliği ve artan su kullanım ihtiyaçlarıyla birlikte sınır ötesi yeraltı suyu kaynakları üzerinde ciddi bir çatışmanın kaçınılmaz olduğu görülmektedir (Golovina ve Karennik 2021). Su kaynağının bir ülkede olduğu ancak suyun ana talebinin başka bir ülkede olduğu 480 sınır ötesi akifer bulunmaktadır ve bunların %8'inin insan tüketimi tarafından strese girdiği belirlenmiştir. Bu sınır ötesi akiferlerin çoğunun Arap Yarımadası, ABD-Meksika sınırı ve Hindistan ve Pakistan'da bulunmaktadır (Wada ve Heinrich 2013). Ceylanpınar akiferi Türkiye ile Suriye arasındaki sınırı kaplar ve beslemesi Türk kaynak sularında, deşarjının çoğu ise Suriye'deki Ras al-Ain kaynaklarında gerçekleşir (Oeztan ve Axelrod 2011).

2.2 Yeraltı suyu ve toplumsal etkileşime ilişkin sorunlar

Su altyapıları ve arazi kullanımındaki değişiklikler hidrojeolojik süreçleri önemli ölçüde değiştirmiştir. Buna bağlı olarak yeraltı suyunu ve ekosistemleri etkilemiştir.

Kentsel, endüstriyel ve tarımsal kullanımlar için yeraltı suyu çıkarma altyapılarının geliştirilmesi yeraltı suyu kullanımını artırmıştır. Artan yeraltı suyu çekimi yeraltı suyu seviyelerinde daha büyük mevsimsel ve yıllık dalgalanmalara neden olmuştur ve bağımlı ekosistemleri ve yeraltı suyu kalitesini etkilemiştir. Tarımda özel sondaj kuyularının gelişimi, belediyelerin yüzeysel su tesislerindeki açığı kapatmak için yeraltı suyuna yönelmeleri, endüstriyel tesislerin suyunu kendi kendilerine tedarik edebilmeleri ve kuru iklimlerde sel, heyelan, deprem veya büyük ölçekli kirlenme gibi nedenlerden dolayı tedarik güvenliğinde yeraltı suyuna yönelmeleri yeraltı suyu çekimini artırmıştır.

Sulama ve drenajın gelişimi yeraltı suyunu etkileyen önemli bir faktör olmuştur. Uzun mesafelerde yüzey kaynaklarından su taşıyan büyük ölçekli yerçekimi sulama yapılarının inşası, kanallarda ve çiftlik düzeyinde oluşan su kayıpları yoluyla yeraltı suyu dolumunu artırabilmektedir. Böylece yeni yüzey ekosistemlerinin gelişimi, su basması ve artan tuzlanma sorunları ortaya çıkabilmektedir. Yüzeysel su kaynaklarının kıtlığı ile birlikte yağmurlama ve damla sulama gibi daha verimli yüzeysel sulama yöntemlerinin teşviki salma sulamanın yerini almaktadır. Sulamanın verimliliği artarken sulama kayıpları ve sığ akiferlerin dolumu azalmaktadır.

Yapay besleme, evlerde çatılardan toplanan yağmur suyunun yeniden sızdırılması gibi daha küçük ölçeklerde de gerçekleştirilebilmektedir. Merkezi olmayan yapay besleme planlarının teşviki genellikle kentsel gelişim planlaması ve politikasının bir özelliği olmaktadır. Suyu duyarlı kentsel tasarım kavramı ivme kazanmaktadır (Hussey ve Kay 2015). Yeraltı suyu kaynağını iyileştirmeye yönelik EYSY, yeraltı suyu ve kentsel gelişim politikalarının entegrasyonundan açıkça etkilenmektedir.

Yeraltı suyu döngüsü, arazi kullanım değişiklikleri tarafından önemli ölçüde değiştirilebilmektedir. Arazi kullanımı, yerel akifer dolumunu ve bir noktada veya dağıntı kaynağına üretilen kirlenmelerin miktarını etkilemektedir. Kentsel alanlardaki nüfus yoğunlaşması, tarım arazilerinin ve/veya doğal arazilerin büyük oranda konut, ulaşım, ticari veya endüstriyel arazi kullanımına dönüştürülmesine yol açmaktadır; bu da genellikle geniş alanlardaki yeraltı suyu dolumunun azalmasına neden olmaktadır. Kentleşmenin ikinci önemli etkisi yeraltı suyu kalitesi üzerindedir (Damaneh vd. 2018). Ekonomik, endüstriyel ve ticari gelişim yeni potansiyel kirlenme kaynakları ortaya çıkarmaktadır. Kirlenmiş topraklar daha dağıntı bir kirlenme kaynağı oluşturur. Kanalizasyon

sistemlerinden sızıntı da önemli olabilir. Yağmur suyu, geçirimsiz yüzeylerden ve patojenik bakteri ve virüslerden önemli kirlilik yükleri taşıyabilmektedir. (Hunt vd. 2010).

Yeraltı suyu, enerji politikasındaki değişikliklerden de önemli ölçüde etkilenebilmektedir. Enerji fiyatlandırması beklenmeyen etkilere yol açabilmektedir. Çiftçilerin elektrik sübvansiyonlardan yararlanmasıyla aşırı yeraltı suyu kullanımına neden olabilmektedir. (Shah 2014). Enerji-su bağlantısı aracılığıyla, yeraltı suyu politikası yenilenebilir enerji geliştirme politikalarıyla da çatışabilmektedir. Güney İspanya'da, termo-güneş enerjisi santrallerinin geliştirilmesi, yeraltı suyu haklarının tarımdan enerji sektörüne aktarılmasına ve yoğunlaşmasına neden olmuş ve yeni yeraltı suyu yönetimi sorunları doğurmuştur (Berbel vd. 2013).

2.3 İklim değişikliğinin yeraltı suları üzerindeki etkilerine ilişkin sorunlar

Küresel iklim değişikliği ile birlikte yağışlar sıklık, yoğunluk ve süre bakımından değişmektedir. Bu durum dünyanın çeşitli bölgelerinde yeraltı suyu dolum oranlarını farklı etkileyecektir. Yağışın arttığı bölgelerde yeraltı suyu seviyesi artabilirken, yağışın azaldığı ve buharlaşmanın arttığı bölgelerde yeraltı su seviyelerindeki düşümün hızlanması muhtemel olacaktır. Geleneksel iklim ve bitki örtüsü bölgelerinin kayması, ormanların tür kompozisyonunda değişikliklere, yükselen kar çizgilerine ve daha sık orman yangınlarına neden olacaktır. İklim değişikliği sel sıklığını ve yoğunluğunu, erozyonu ve baraj siltasyonunu etkileyebilmektedir. Yeraltı suyu yeniden beslemesi üzerindeki ortaya çıkan etkiler, sırasıyla yeraltı suyu deşarjının oranlarını ve hacimlerini, akarsu taban akışını ve pompalama için yeraltı suyunun mevcudiyetini etkileyecektir (Klove vd. 2014).

Yeraltı suyu kalitesi üzerinde iklim değişikliğinin etkileri bulunmaktadır. Kentleşmeden kaynaklanan ısı adası etkisi ve yeraltı sıcaklıkları üzerindeki küresel ısınmanın birleşimi, yeraltı biyojeokimyasal reaksiyonlardaki değişiklikler nedeniyle yeraltı suyu kalitesi üzerinde etkilere sahiptir (Taylor vd. 2013). İklim değişikliği ve artan kentleşme yönündeki küresel eğilim de taşkın kırılganlığını artırabilir (Huang vd. 2015). Kentsel alanlardaki taşkınlık, petrol, çözücüler ve kanalizasyon gibi yaygın kentsel kirlenmelerin yeraltı suyuna yüklenmesini artırabilir.

3.Sürdürülebilirlik Anlayışı ile Yeraltı Suyu Yönetimi

3.1 Entegre yeraltı suyu yönetimi kavramı ve çerçevesi

Entegre Yeraltı Suyu Yönetimi (EYSY), yeraltı suyu ve ilgili kaynakların koordineli yönetimini (yüzey suyuyla birleşik yönetim dahil) teşvik eden, yeraltı suyu dışındaki politika etkileşimlerini de hesaba katan, mekân ve zaman içinde dengeli ekonomik, sosyal refah ve ekosistem sonuçları elde etmeyi amaçlayan yapılandırılmış bir süreçtir. Bu hedefe ulaşmak için EYSY şunları yapmalıdır: (i) en önemli yolların belirlenmesi; (ii) bu yolları bütünsel yönetim hedefleri doğrultusunda kontrol etmek için politika seçeneklerinin göz önünde bulundurulması ve (iii) sonuçların ve belirsizliklerin değerlendirilmesi. Tüm paydaşların görüşlerinin dahil edilmesini ve anlaşmazlıkların dikkate alınmasını sağlamak için yeraltı suyuyla ilgili konuların bütünsel bir şekilde ele alınması da gerekmektedir (Jakeman vd. 2016).

Yeraltı suyu yönetimi, yeraltı suyu kaynaklarının ve akifer sistemlerinin kontrolünü, korunmasını ve sosyal açıdan sürdürülebilir kullanımını sağlamak için sorumlu kolektif eylemin teşvik edilmesini içermektedir. Bu, yasal ve düzenleyici çerçeve, sürdürülebilirlik zorluklarına ilişkin

paylaşılan bilgi ve farkındalık, etkili kurumlar ve toplumun hedefleriyle uyumlu politikalar, planlar, finansman ve teşvik yapıları ile kolaylaştırılmaktadır (GEF vd. 2015). Yeraltı suyu yönetişiminin de beş tür aracı içeren politika yaklaşımı bulunmaktadır (Jakeman vd. 2016):

- Devlet müdahalesi yoluyla hedef grubun davranışını iyileştirme amaçlayan düzenleyici standartlar, lisanslar ve yönetim bölgeleri gibi komuta ve kontrol araçları,
- Olası eylemlerin maliyet ve faydalarını göz önüne alarak hedef bir duruma ulaşmak için vergiler, sübvansiyonlar veya su piyasaları gibi ekonomik araçlar,
- Ekonomik olmayan motivasyonları (fedakârlık, karşılıklık, güven, gelecek nesillere yönelik kaygılar) artırılarak, yeraltı suyu kullanıcıları arasındaki işbirliği davranışlarını güçlendirmeyi amaçlayan işbirliği anlaşmaları,
- Bireylerin bilgilerini, tutumlarını ve/veya motivasyonlarını ve karar vermelerini etkilemeyi amaçlayan bilgileri (örneğin bireysel su tüketimiyle ilgili) dağıtmak için iletişim ve yayılma araçları,
- Yönetilen akifer beslemesini başlatmak gibi yeraltı suyu yönetimini iyileştirmeyi amaçlayan kamu sektörü yatırımlarını tanımlayan altyapı araçları/yatırımları.

EYSY, dört temel müdahale gerektirir. Dört alandaki eylemler bir araya getirildiğinde, yeraltı suyu kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesinde uzun bir yol kat edilecektir. (Pitcock vd. 2015):

1. Bilgi: Yeraltı suyu kaynakları ve çevre, enerji, gıda ve evsel su gibi önemli kullanımlar hakkında uyumlu bilgileri kamuya açık hale getirmek entegre karar almayı kolaylaştırmaktadır.
2. Teknoloji: Kuru soğutmalı termik santraller ve daha verimli sulama ekipmanları iklim değişikliğinin azaltılmasını ve adaptasyonunu kolaylaştırırken daha az yeraltı suyu kullanabilecek birçok teknoloji bulunmaktadır.
3. Pazar teşvikleri: Sınır ve ticaret su piyasaları kurmak, (Grafton vd. 2011).
4. Yönetişimi yeniden şekillendirmek: Su ve iklim politikası gibi sektörler arasında kararları sistematik olarak entegre etmek

3.2 Yeraltı suyu yönetiminde maliyet geri kazanım durumunun incelenmesi

Su Çerçeve Direktifi (SÇD), su talebinde değişiklik oluşturmak ve su kirliliğini azaltmak için ekonomik araçların (vergiler, tarifeler ve genel ücretler dahil) kullanımını teşvik etmektedir. Su hizmetlerini yüzey veya yeraltı suyunun çekilmesi, tutulması, depolanması, arıtılması, dağıtımı ve atık suyun toplanması ve atık su arıtma tesisleri ile arıtılarak alıcı ortama deşarj edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Ulusal su politikaları en az sanayi, haneler ve tarım olarak ayrıştırılmış farklı su kullanımlarında su hizmetlerinin maliyetlerinin geri kazanılmasına yeterli katkıyı sağlamalıdır. Böylece su kaynaklarının daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını amaçlayan çevresel ve kaynak maliyetlerini de dâhil etmelidir (Berbel, 2020). Su kıtlığı ve kullanıcı grupları arasında su dağıtımında buna karşılık gelen verimsizlikler (vazgeçilen fırsatların maliyetleri) kaynak maliyetleri olarak adlandırılır. Çevresel maliyetler ise sadece su sisteminin kimyasal ve / veya ekolojik durumunun bir sonucu olarak bir su sistemine (su kütlesi veya nehir havzası) verilen fiziksel çevresel hasarın toplam ekonomik maliyetini (refah kaybı) ifade etmektedir. Ancak SÇD onaylanmasından uzun yıllar geçmesine rağmen çevresel ve kaynak maliyetlerinin değerlendirilmesi ve geri kazanılması AB içerisinde uyumlu şekilde uygulanamamaktadır (EC 2015).

Bazı Avrupa ülkeleri bu finansal olmayan maliyetleri kısmen içselleştirmek için bir araç olarak bir "eko vergi" önermiştir. Portekiz su çekimine vergi getirirken, İtalya hacimsel vergilendirme uygulamaya söz vermiştir. Hollanda ve Almanya sırasıyla 2008 ve 2011 yıllarında bu tür vergileri kaldırmıştır. Su kirleticileri ile ilgili olarak, Fransa, Belçika ve Danimarka gibi ülkeler pestisitlere vergi getirmiştir (Berbel vd 2019).

Hollanda 'da toplam su arzını %70'ini oluşturan yeraltı suları kaynağını korumak için 1995'te yeraltı suyu vergisi uygulamaya konmuştur. Standart vergi oranı 0,20 €/m³ olup, su şirketlerine uygulanmıştır. Tarım dışındaki küçük kullanıcılarda da muafiyetlerin olması bu vergiye sadece su şirketlerinin tabi olması, gelirlerin amacıyla kullanılmayıp genel bütçeye aktarılması, yeraltı suyu yönetiminde verimliliği şüpheye düşürmesi 2012 yılında bu verginin kalkmasına neden olmuştur. Bunun yanında 1986'dan beri yeraltı suyu kullanıcıları yeraltı suyu kalitesini izleme ve kontrol etme maliyetlerini karşılamak için il yeraltı suyu ücreti (provincial groundwater fee) ödemektedir. Bu ücretler yalnızca büyük kullanıcılar (şehirler, endüstriler ve nüfus kümelenmeleri) tarafından ödenmektedir. Tutarı ise ortalama olarak 0,03 euro/m³ tutarındadır (Schuerhoff vd. 2013).

Danimarka yeraltı suyu kalitesini garanti altına almak için ulusal hidrojeoloji hizmeti, gözetim ve kontrol hizmetlerinin maliyetlerini yalnızca kentsel kullanıcılar tarafından ödenen bir vergiyle karşılamaktadır. Tarımsal kullanımlar muaf tutulmuştur (GEUS, 2010). Çekme ücreti, 1994 Yeşil Vergi Reformu tarafından getirilmiştir. Çıkarma ücreti 0,55 €/m³ olarak sabitlenmiştir. Ücret, çiftçilerin katma değer vergisi gelirlerinden düşülebilmektedir, ancak yine de tarımsal sulamada yeraltı suyu tüketimi üzerinde bir etkisi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, dağıtım şebekesi üzerinden su kayıplarını azaltmayı amaçlayan su hizmetleri vergisi de vardır (yaklaşık m³ su başına 1 euro) ve bu, yeraltı suyu tüketiminin yaklaşık %5'ini oluşturmaktadır (Danmarks Statistik 2015).

Almanya'da belediye su kullanımına ilişkin tarifeye su çekme vergisi ve atık su vergisi gibi özel eyalet vergileri uygulamaktadır. Bu eyalet vergilerini ilgili federal eyaletlerine ödenmektedir. Bu vergiler yalnızca ev ve endüstriyel sektörler için geçerlidir. Tarımsal kullanımlar, herhangi bir yüzey ve yeraltı suyunun su çekimiyle ilgili bu belediye/eyalet ücretlerinden herhangi birini ödemekten tamamen muafır (BMUB 2016).

Fransa'da su çekiminin kökenine (yeraltı suyu veya yüzey suyu), kullanımlara (sulama, soğutma gibi), ve bölgelere (aşırı çekim nedeniyle kıt kaynaklara sahip alanlarda ek ücretler) dayalı farklılaştırılmış bir vergilendirme sistemine dayanmaktadır. Ulusal Parlamento, kaynak sıkıntısı çeken bölgeler için normal bölgelere kıyasla daha yüksek bir vergilendirme ile (ulusal düzeyde) maksimum tavanlar belirlemektedir. Sulama için vergi tavanı yaklaşık 0,072 euro/m³'tür. Bununla birlikte, her nehir havzasında uygulanan nihai vergi oranı Su Ajansı (veya Nehir Havza Ajansı) tarafından belirlenmektedir.

Portekiz'de 2008'de uygulanan ve tüm su hizmetlerine uygulanan vergi yeraltı suyunu da kapsamaktadır. Elde edilen gelir Ulusal Çevre Fonu'na ve Portekiz Çevre Ajansı tarafından kullanılmaktadır. Estonya, Finlandiya, İsveç su çekim vergisi uygulamakta, ancak tarımsal sulama genellikle muafır. Sadece Birleşik Krallık tarımsal sulama çekimlerine vergi uygulamaktadır. Birkaç doğu ülkesi (örneğin Macaristan, Romanya) sulama sektörüne vergilendirme planları uygulamaktadır (ARCADIS 2012).

3.3 Yeraltı suyu tahsis politikalarına yönelik örnekler

Avustralya'da Murray-Darling Havzası Otoritesi'nin havza için entegre bir yüzey ve yeraltı suyu planı Avustralya Parlamentosu tarafından 26 Kasım 2012'de kabul edilmiştir. Plan, yeraltı suyu kaynakları için sürdürülebilirliği hedeflemektedir, ancak yüzey suyu yeraltı suyu bağlantısını yeterince tanımlamadığı ve yeraltı suyu çekiminin çevresel etkilerini hesaba katmadığı için eleştirilmiştir (Nelson 2012). Murray-Darling Havzası'nda su tahsisine esneklik üç şekilde getirilir. İlk olarak, su, hak sahiplerine su mevcudiyetine bağlı olarak yıllık bazda tahsis edilir. İkinci olarak, yüzey suyu ve yeraltı suyu hak sahiplerinin su haklarını daha sonraki kullanım için devretme kapasiteleri sınırlıdır. Üçüncüsü, yüzey suyu ve yeraltı suyu ticareti, eğer satın alınabilecek su varsa, su kullanıcılarına kurak dönemlerde tahsislerdeki açıkları kapatmak için ek su satın alma potansiyeli de dâhil olmak üzere bazı ekstra esneklikler sağlamaktadır (Ross 2012).

Avrupa Su Çerçeve Direktifi (WFD), Avrupa'daki her türlü suyun kalitesinin entegre yönetimi için ortak bir çerçeve sağlayan yasal olarak bağlayıcı bir politikadır. WFD'nin temel hedefleri, su kalitesini ve su ekosistemlerini korumak, geliştirmek ve sürdürülebilir su kullanımını teşvik etmektir. WFD beş temel unsur içermektedir: nehir havzası planlarına dayalı nehir havzası yönetimi, emisyon sınır değerlerini çevre kalite standartlarına bağlayan birleşik bir kirlilik kontrolü yaklaşımı, "iyi su durumu" tanımı, su için tam maliyet geri kazanımı ilkesi ve politika yapımında kamu katılımının artırılması. İyi su durumu, yüzey suyu için ekolojik duruma ve yeraltı suyu için nicel duruma, yani ekolojik hedeflere ulaşılmaya bağlı olarak yeraltı suyu seviyelerine odaklanmayı içermektedir (Wijnen vd. 2012).

AB'de su kullanma hakkı genellikle kamu otoriteleri tarafından lisanslar ve izinler aracılığıyla verilir. Su tahsisi farklı otoriteler ve kurullar tarafından farklı seviyelerde gerçekleştirilir. Yeraltı suyunu pompalama yetkisi genellikle çekilen su miktarına ve/veya pompalama kapasitesine atıfta bulunan izinler aracılığıyla verilmektedir. İzinler farklı eyaletlerde farklı süreler için verilir. Fransa, Almanya ve İngiltere dâhil olmak üzere bazı eyaletlerde izinler verilirken çevresel etkiler dikkate alınır. Ulusal otoriteler, su kıtlığı veya kuraklık dönemlerinde su çekimlerini kısıtlama yetkisine sahiptir. Hollanda, İspanya ve Fransa gibi bazı ülkeler, kısıtlamaları su kullanıcılarının hiyerarşisine göre belirlemektedir. Öncelik belirli sektörler veya bazen sektörler içinde belirli ürünler için verilebilmektedir (EC 2012).

Avrupa'da yeraltı suyu yönetimi genellikle ulusal otoriteler tarafından koordine edilmektedir. Bazen üye devletler düzeyinde yoğunlaşmış, bazen de bölgesel ve yerel düzeylere dağıtılmıştır. Danimarka gibi birçok küçük devlette yukarıdan aşağıya bir yaklaşıma sahipken, büyük devletlerde çok düzeyli yönetim kurumları bulunmaktadır. Danimarka'da Çevre Bakanı, nehir havzası yönetim planlarından sorumludur. Hollanda'da ise yetkili makam Ulaştırma, Su Yönetimi ve Kamu Hizmetleri Bakanı'dır. Hollanda'da bölgesel su otoriteleri ve su kurulları, WFD'yi uygulamada güçlü bir role sahiptir. Nehir havzası otoriteleri, az sayıda üye devlette öncü bir role sahiptir. Fransa, WFD tasarlanmadan önce bir nehir havzası yaklaşımı benimsemiş ve WFD'yi uygulamak için nehir havzası ve alt havza planlarının mevcut yapısını uyarlamıştır (Lieberink vd. 2011).

ABD'de eyalet hükümetleri yeraltı suyu yönetiminden sorumludur. Eyaletler arası anlaşmaların olduğu, federal mahkemelerin veya Yüksek Mahkeme'nin anlaşmalardan sorumlu olduğu sınır ötesi akiferler durumu dışında ulusal bir hesap verebilirlik mekanizması yoktur. Yeraltı suyu, su

kullanıcıları, su mahkemeleri ve idari otoritelerden oluşan bir ağ tarafından yönetilmektedir. Yeraltı suyu yönetimi düzenlemeleri hesap verebilirdir ve yerel düzeyde meşru olarak algılanır, ancak daha geniş bir düzeyde demokratik olarak hesap verebilir veya kullanıma hakları alınmayabilir. Yeraltı suyu mevcudiyeti ve kullanımı hakkında birçok bilgi boşluğu vardır ve yeraltı suyu bilgileri ve verilerinin koordinasyonunun etkinliğini iyileştirmeye ihtiyaç vardır. Yeraltı suyu kullanımına ilişkin düzenli bir ulusal inceleme veya izleme bulunmamaktadır. ABD Jeoloji Araştırması (USGS), yeraltı suyu değerlendirmelerini içeren bir Ulusal Su Kalitesi Değerlendirme Programı uygulamıştır. USGS, bölgesel olarak geniş 62 akifer belirlemiş ve bunların yaklaşık üçte birinin değerlendirmesini yürütmektedir, ancak akifer değerlendirmesi ve izlemesi eyaletler tarafından yürütülmekte ve programların kalitesi oldukça değişken olmaktadır (Maupin vd. 2014).

Çevre Ajansı, İngiltere'de nehir akışı ölçüm noktaları ve yeraltı suyu seviyesi izleme sondaj kuyularından oluşan kapsamlı bir ağ ve yaygın ekolojik izleme kurmuştur. Havza bazında su çekme için ne kadar suyun güvenilir bir şekilde mevcut olduğunu belirlemek için bir Kaynak Değerlendirme Metodolojisi kullanılmaktadır. Su çekme için hâlihazırda tahsis edilen su hacmini ve çevrenin ne kadar ihtiyaç duyduğunu hesaba katarak, daha fazla su çekme için potansiyel olarak ne kadar suyun mevcut olduğunu belirleyebilmektedir. Ayrıca, sürdürülemez su çekmenin nerede gerçekleştiğini ve sorunu ele almak için çözümleri de belirleyebilmektedir. Bu bilgiler, İngiltere'deki her su çekmesini kapsayan Havza Çekim Yönetim Stratejilerinde (CAMS) yayınlanmıştır (Environment Agency 2016).

CAMS'yi oluşturan ayrıntılı Soyutlama Lisanslama Stratejileri (ALS), yeraltı suyu mevcudiyetini ve nehir akışlarını entegre etmektedir. Böylece yeraltı suyu çekmenin yüzey suyu özellikleri üzerindeki etkileri değerlendirmenin önemli bir parçası olmaktadır. Çevresel Akış Göstergesi (EFI), nehir akışlarının sağlıklı bir ekolojiyi desteklemek için yeterli olup olmadığını değerlendirmek için kullanılmaktadır. EFI'ler tüm akış aralığındaki çekme için mevcut hacmi kontrol etmektedir. Amaç sadece düşük akışları korumak değil, akış değişkenliğini sürdürmektir. Nehrin ekolojisi akış veya seviyedeki değişikliklere ne kadar duyarlıysa, çekme koşulları o kadar kısıtlayıcı olmaktadır (Barker 2016).

Fransa'da hükümet, su kullanıcılarının kendi aralarında sabit bir su çekme limiti tahsis etme görevini üstlenmelerine olanak sağlamak için yeni bir kurum, Organismes Uniques de Gestion Collective (OUGC'ler) veya tek kolektif yönetim organları kurmuştur. OUGC'ler, OUGC'lerin görevlerini yerine getirenler ile bunlardan faydalanması beklenenler (sulamacılar) arasındaki çatışmalı ilişkiler ve bazı paydaşların etkisini sınırlayan karar alma prosedürleri nedeniyle güçlü tartışmalara yol açmıştır. Çiftçiler bireysel, kalıcı su haklarının kolektif bir kota ile değiştirilmesine özellikle tepki göstermiştir. Ayrıca, yaptırım ve OUGC'ler ile çiftçiler arasındaki yargısal ilişki de dahil olmak üzere mevzuattaki temel hususlarla ilgili netlik eksikliği, kolektif yönetim modeline yönelik desteğin daha da azalmasına yol açmıştır.

Danimarka, zamana bağlı hakları, çevresel ihtiyaçları hesaba katan toplam su çekimine bir üst sınır, ekonomik araçlar (hacimsel su ve atık su tarifeleri, vergiler ve yeraltı suyu çekim ücreti) ve iyi gelişmiş bir izleme ağını birleştiren kapsamlı bir tahsis rejimine örnek teşkil etmiştir. Yeraltı suyu kalitesini korumak için uygulanan önlemler yeraltı suyunun Danimarka'daki içme suyunun neredeyse tamamını sağlaması nedeniyle özellikle önemli olmuştur.

Meksika'da, kontrolsüz pompalamadan kaynaklanan yeraltı suyu tükenmesi, önemli miktarda arazi çökmesine, kentsel ve

kırsal su temini maliyetlerinin artmasına ve yeraltı suyu kalitesinin bozulmasına neden olmuştur. Pompalama üzerinde daha fazla kontrol sağlama girişimleri, zayıf uygulamaya nedeniyle engellenmiştir. Çevresel akışları belirlemek için 2012 standardının kabulü, çevre için suyun güvence altına alınması yönünde olumlu bir adım olmuştur, ancak ulusal mevzuattaki belirsizlik ve tutarsızlık, standardın başarılı bir şekilde uygulanmasına yönelik zorluklar oluşturmuştur.

İspanya'da, Yukarı Guadiana Havzası'ndaki sulu tarım, yeraltı suyu çekiminde keskin bir artışa ve su tablasında büyük bir düşüşe neden olmasına rağmen, dikkate değer sosyoekonomik gelişmeyi teşvik etmiştir. Bu ciddi düşüş havzadaki birkaç sulak alanı olumsuz etkilemiştir. Bunlar arasında çevredeki nüfusa değerli ekosistem hizmetleri (balıkçılık, yengeç avcılığı, meyve bahçeleri) sağlayan Ramsar sahası olan ünlü Tablas de Daimiel Milli Parkı da bulunmaktadır. İspanyol yetkililer, onlarca yıldır yeraltı suyunu özel mülkten kamu mali olarak yönetilen bir kaynağa kaydırmak için politikalar ve yasal değişiklikler uygulamıştır ve pompalama kotaları oluşturmuştur. İzleme ve uygulama bir zorluk olsa da, bu çabalar aşırı soyutlanmış bir durumdan soyutlama üzerinde daha fazla kontrole doğru ilerlemeye yardımcı olmuş ve akiferin kademeli olarak iyileşmesine katkıda bulunmuştur.

Hindistan'da su çekimlerindeki sürdürülemez artış, artan elektrik tüketimi ve mali açık tek tarifinin dezavantajı olmuştur. Yeraltı suyu seviyeleri düştükçe, kuyu sahipleri daha büyük pompalara yatırım yaparak mevcut sorunları daha da kötüleştirmiştir. Elektrik tedarik saat süresi sınırlanmaya başlanmıştır. Ancak, bu durum aynı sistem üzerinden tarımsal ve evsel elektrik sağlandığı için ev kullanıcıları için elektrik tedarikini de etkilemiştir. 2003-2006 yıllarında uygulamaya konulan Jyotigram planı tarımsal kullanım için elektrik arzını, ticari ve konut kullanımı için olandan ayırmayı içeriyordu. Tarım dışı sektörler haftada yedi gün 24 saat tam voltajlı, ölçülü elektrik tedariki sağlanırken, çiftçilere tahmin edilebilir zamanlarda günde 8 saat tam voltajlı tedarik sağlandı. Çiftçilere sağlanan elektrik tedariki yüksek oranda sübvansiyonlu kalırken, tarım dışı kullanım için tedarik ölçülü tüketime göre ücretlendirildi. . Bu, işgücünü daha verimli kullanmak, suyu korumak ve pompa bakım maliyetlerinden tasarruf etmek için sulama programlarını sürdürmelerine olanak tanımıştır. Ayrıca, tarımsal verimde herhangi bir azalma gözlemlenmemiştir. Gujarat'ın kuzeyindeki yeraltı suyu seviyeleri, planın başlatılmasından önceki yılda üç metrelik düşüşe kıyasla son yıllarda yılda ortalama dört metre yükselmiştir (Grönwall 2014).

2002 yılı itibarıyla Çin Su Yasası, yeraltı suyunun kullanım, satış ve ücretlendirme hakkı da dahil olmak üzere tüm yeraltı suyu kaynaklarının hükümete ait olduğunu belirtmiştir. Ancak uygulamada akiferlerin üzerinde yer alan köylerin kaynakları kullanma hakkı fiili olarak bulunmaktadır. Dolayısıyla yeraltı suyu hakları, arazi mülkiyeti veya tarihi kullanım haklarıyla değil, esas olarak kuyu mülkiyetiyle ilgili olmuştur. Bakanlık düzeyinde yeraltı suyu yönetimine ayrılan kaynaklar, yüzey suyu yönetimi ve taşkın kontrolüne ayrılan kaynaklara göre oldukça küçüktür. Ayrıca, yetki sınırlarını kapsayan akiferler için tek bir yönetim otoritesi yoktur. Çeşitli bölgelere yayılan akiferlerdeki kullanıcıların koordinasyonu sınırlıdır ve hükümet düzenlemelerinin uygulanmasını zayıflatır. Yeraltı suyu yönetimi ve yönetimi öncelikle köy düzeyinde gerçekleştirilmiştir. (Wang vd. 2014). 1980'lerdeki ekonomik ve kırsal reformlar, başta tarım olmak üzere bir dizi sektörde büyümeyi hızlandırmayı amaçlamıştır. Bazı köyler önemli ekonomik zorluklarla karşılaştı ve kolektif kuyuların kurulması ve bakımı da dahil olmak üzere artık tarıma yatırım yapamıyordu. Yeraltı suyu seviyesindeki düşüş, çalışan kuyu sayısında ek bir düşüşe neden oldu. Dahası, hükümet

düzenlemeleri özel faaliyetler üzerindeki kısıtlamaları giderek gevşetti ve bireylere kendi çiftliklerine yatırım yapma özgürlüğünün genişletilmesine izin verdi. Arazinin gelir ve kontrol hakları kolektiften bireysel haneye kaydırıldı. Ekonomik reformlar ve özel mülkiyete ait kuyuların ortaya çıkışı, gayri resmi yeraltı suyu pazarlarının kurulmasını kolaylaştırdı ve teşvik etti. Çin'de yeraltı suyu kuyularının özelleştirilmesi kayıt dışı su ticaretine yol açtı. Kuzey Çin'deki yeraltı suyu pazarları, suyun kullanıcılar arasında yeniden tahsis edilmesi için bir araç oluşturmuştur. Yeraltı suyu pazarları, kendi kuyularını kurma imkânı olmayan çiftçilerin yeraltı suyuna erişiminin artmasına olanak tanımıştır. Artan yeraltı suyu kıtlığı, yeraltı suyu piyasası faaliyetinin artmasına ve aynı zamanda su kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yol açma eğilimindedir. Çin'de elektrik tarifeleri ölçülü tüketime göre belirlendiğinden, yeraltı suyunun pompalandığı derinlik bir kuyunun işletme maliyetini belirlemektedir. Pompalama maliyetleri daha yüksek olduğunda, su satıcıları ve alıcıları, en azından kendi özel kullanımları açısından, yeraltı suyu tüketimini optimize etme eğilimindedir. Gayri resmi piyasanın fiyat değişikliklerine tepkisi nedeniyle, bazı gözlemciler hükümetin resmi bir yeraltı suyu fiyatlandırma mekanizması oluşturması gerektiğini, bu mekanizmanın arz maliyetlerinin tamamının geri kazanılmasına olanak tanınması ve kaynak kıtlığını yansıtacak şekilde fiyat sinyalinin güçlendirmesi gerektiğini ileri sürmüştür (Wang vd. 2016).

4. Türkiye'de Yeraltı Suyu Yönetimi

4.1 Türkiye'de yeraltı sularının yasal açıdan incelenmesi

1982 Anayasası'nda yeraltı suları ile ilişkilendirilebilecek 168. maddesinde tabii servetler ve kaynakların devlet hüküm ve tasarrufu altında olduğu bunların aranması ve işletilmesi hakkının devlet hakkı olduğu ve devletin bu hakkı belirli bir süre için gerçek ve tüzel kişilere devredebileceği belirtilmiştir. Medeni Kanun'un 756. Maddesine göre yeraltı suları kamu yararına ait sular olup, arza malik olmak onun altındaki yeraltı sularına malik olmak sonucunu doğurmamaktadır. Arazi maliklerinin yeraltı sularından nasıl ve ne şekilde yararlanacağına ilişkin özel kanun hükümleri bulunmaktadır. Yeraltı sularının mülkiyeti 167 sayılı Yeraltı Suları Hakkındaki Kanun'da belirtilmiştir. Buna göre yeraltı suları devletin hüküm ve tasarrufu altında olup, bu suların araştırılması, korunması ve tescili bu kanun hükümlerine tabi olmaktadır.

Medeni Kanun'un 760. Maddesinde ise özel mülkiyete tabi arazide bulunan kuyulardan komşuların ve diğer kişilerin su içme, su alma, hayvan sulama ve benzer yollarla yararlanmalarının özel hükümlere tabi olduğu, özel kanun yoksa yerel âdetin uygulanacağı belirtilmiştir.

DSİ Genel Müdürlüğü tarafından sınırları ve yapısal özellikleri belirlenen yeraltı suyu sahaları yeraltı suyu işletme alanları olarak ilan edilmektedir. Kuyu açan kimse kendi faydalı ihtiyacı kadar suyu kullanmaya yetkilidir. Faydalı ihtiyaç DSİ tarafından belirlenmektedir. Kuyu açılması için öncelikle arama belgesi, arama belgesine istinaden kuyu açtıran kimse arazisinde su bulunması ardından kullanma belgesi almak zorundadır. Kullanma belgesinde bir yıl içerisinde çekilebilecek su miktarı belirtilmektedir. Çekilecek yeraltı suyu miktarını tespit edecek ölçüm sistemi kurulmadan kullanma belgesi verilemeyeceği 167 sayılı Yeraltı Suları Hakkında Kanun'da ifade edilmiştir.

DSİ Yeraltı suyu Ölçüm Sistemleri Yönetmeliğinde 25.02.2011 tarihinden önce yeraltı suyu temini amacıyla kuyu, galeri, tünel benzerleri için kullanma belgesi alanların iki yıl içerisinde ölçüm sistemini kuracakları ifade edilmiştir. 12.10.2013 tarihli DSİ Yeraltı suyu Ölçüm Sistemleri Yönetmeliğinin yürürlüğe girmesiyle önceki yönetmelik

yürürlükten kalkmıştır. Ancak 6427 sayılı Yeraltı Suları Hakkında Kanun ile Kamulaştırma Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkındaki Kanunla, Yeraltı Suları Hakkındaki Kanunun 10. maddesine "...Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün bağlı olduğu Bakanlıkça tespit edilen hususlara ilişkin uygulama usul ve esasları ile ölçüm sistemine dair hususların yönetmelikle belirleneceği, su ölçüm sisteminin kurulmasına dair sürenin Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün bağlı olduğu Bakanlığın kararıyla uzatılabileceği" ifadesi eklenmiştir. Aynı Kanun'un Geçici 3. maddesi ile yeraltı suyu temini amacıyla açılan kuyu, galeri ve benzerleri için kullanma belgesi olarak sanayi amaçlı kullanılanlar bir yıl içerisinde ölçüm sistemini kurmadığı takdirde belgelerinin iptal edilerek kuyularının kapatılacağı, zirai ve içme kullanma amaçlı kullanılanların ise bir yıl içerisinde ölçüm sistemini kuramayanların bu sürede talep etmeleri halinde üç yıl içerisinde Devlet Su İşleri Müdürlüğü tarafından kurulacağı veya kaldırulacağı belirtilmiştir. DSİ Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Daire Başkanlığı tarafından yayınlanan Ölçüm Sistemleri Takılmasına Yönelik Süre Uzatımı İlanına göre ölçüm sistemi takılmasına yönelik süreler sanayi amaçlı kullanılan kuyu, galeri, tünel ve benzerlerine 03.04.2022; zirai, içme ve kullanma suyu amaçlı açılan ve ölçüm sistemi kurma zorunluluğu dâhilinde bulunan kuyu, galeri, tünel ve benzerlerine 03.04.2022 tarihine kadar uzatılmıştır.

Yeraltı Suları Kanunu'nun uygulamasını göstermek için 1961 yılında Yeraltı Suları Tüzüğü yayımlanmıştır. Yeraltı suları işletme sınırları ve karakteristikleri DSİ tarafından belirlenmektedir. Yeraltı suları ile ilgili yapılacak tüm işlemlerin izin, kontrol, belgelendirilmesi DSİ tarafından yapılmaktadır. Yeraltı suyu deposu tükenmeden, emniyetli sınır içerisinde kuyulardan çekilecek emniyetli su miktarı azaltılıp çoğaltılabilmektedir. Tüzükte arazi ve kuyu sahiplerinin belgelerinde bildirilen emniyetli su miktarından fazla su çekemeyecekleri ifade edilmiştir. Yeraltı suyu ve tesislerinin korunması da bu Tüzükte hüküm altına alınmıştır. Yer üstü suyunun veya kullanmaya elverişli olmayan pis ve bozuk kaliteli suların kuyu ve kaynağa karışmaması, kuyu içerisindeki kötü kaliteli suyun iyi kaliteli su tabakalarına karışmaması, yeraltı suyunun boşa akıtılmaması, toprak vasıflarına uygun sulama yapılması ve tuzluluğa neden olunmaması için her türlü tedbirin alınması, projelerde gösterilmesi, uygulanması teknik yönetmelikte belirtilen esaslara göre yapılması tüzükte belirtilmiştir. Koruyucu tedbirlerin alınmasından belge sahibi sorumlu tutulmuştur.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği 31.12.2004 tarihinde yürürlüğe girmiş olup yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının potansiyelinin korunması, kirlenmesinin önlenmesini sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu olarak gerçekleştirmek için gerekli hukuki ve teknik esasları belirlemektedir. Su kalitesinin korunmasına ilişkin planlama esaslarını, atık suların deşarj ilkelerini, deşarj izin esaslarını, atık su altyapısı esaslarını, izleme ve denetleme esaslarını düzenlemektedir. Her türlü düzenli depolama faaliyetleri için yeraltı sularında yapılacak kirlilik izleme çalışmaları referans ve gözlem kuyularında bu yönetmeliğin ekinde yer alan parametreler çerçevesinde yürütülmektedir. Faaliyetleri sonucunda yeraltı sularında kirlenmeye sebep olan faaliyet sahibi neden olduğu kirliliği ortadan kaldırmak, yeraltı suyu kalitesini faaliyete başlamadan önceki haline getirmek ve bununla ilgili tüm masrafları karşılamakla sorumlu tutulmuştur.

Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik 07.04.2012 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik iyi durumda olan yeraltı sularının mevcut durumunun korunması, yeraltı sularının kirlenmesinin ve bozulmasının önlenmesi ve bu suların iyileştirilmesi için gerekli esasları belirtmektedir. Yeraltı sularına kalitesi ne olursa olsun atık su deşarjı yasaklanmıştır. Yeraltı suyu

kalitesinde kirlilik etkileri DSİ ve Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından çalışma grupları aracılığıyla değerlendirilmektedir. Yeraltı suyu iyi kimyasal durumu kalite standartları ve eşik değerler SYGM tarafından belirlenmektedir. Yönetmeliğe göre yeraltı suyu kullanımlarında beslenme ve çekim dengesi korunması, su kullanımında tahsis miktarının aşılması esastır. Yeraltı sularının miktarının ve kimyasal kalite durumunun korunması, kirliliğinin önlenmesi için bütün yeraltı su kütlelerinde uyulması gereken asgari şartlar SYGM koordinasyonunda tedbirler programı hazırlanmaktadır. Yeraltı sularının kalitesine ilişkin denetimler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve miktara ilişkin hususlardaki denetimlerde DSİ yetkili kılınmıştır.

Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik 11.02.2014 tarihinde yürürlüğe girerek, bütün yüzey ve yeraltı sularının miktar, kalite ve hidromorfolojik özelliklerinin ortaya konması, ekosistem bütünlüğü dikkate alınarak izlenmesi, izleme standardın sağlanması, izleme yapan kurum ve kuruluşlar arasındaki koordinasyonun sağlanması amaçlanmıştır. Yeraltı suyu kütlelerinin kimyasal durum ve miktarının değerlendirilmesi, insan faaliyetleri sonucunda kirlilik artış durumlarının tespiti amacıyla DSİ tarafından yeraltı suyu izleme ağı oluşturularak, Ulusal İzleme Ağına dâhil edilmektedir. Yeraltı sularının genel amaçlı, operasyonel ve miktar bakımından izleneceği belirtilmiştir.

Köye Yönelik Hizmetler Hakkında Kanun 09.05.1985 tarihinde yürürlüğe girmiş olup, köy ve yerleşim birimleri ile askeri garnizonlara içme ve kullanma suyu temini amacıyla açılacak sondajların tahditli bölgelerde açılacak olanlar dışında 167 sayılı Yeraltı Suları Kanunu hükümlerine tabi olmadığı belirtilmiştir.

4.2 Kurumsal Durum

Su kaynaklarının korunmasına ve sürdürülebilir şekilde kullanılmasına dair politikaların oluşturulması amacıyla çalışmalar yaparak ulusal su yönetimini koordine etme görevi 10.07.2018 tarihinde yayımlanan Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile Tarım ve Orman Bakanlığına verilmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığına ait merkezi birimlerden olan Su Yönetimi Genel Müdürlüğü ve bağlı kuruluşlardan olan DSİ Genel Müdürlüğü ile Türkiye Su Enstitüsü' (SUEN) nün yeraltı sularının yönetimi konusunda görevleri bulunmaktadır.

DSİ Genel Müdürlüğü faaliyetlerini 6200 sayılı Teşkilat ve Vazifeleri Hakkındaki Kanun, 167 sayılı Yeraltı Suları Hakkındaki Kanun ve 1053 sayılı Belediye Teşkilatı Olan Yerleşim Yerlerine İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Hakkında Kanun hükümlerine göre yürütmektedir. DSİ yeraltı suyu etüt ve araştırmaları için kuyu açmak veya açtırmak, yeraltı suyu tahsisi yapmak, yeraltı sularının korunması ve tescilli, arama, kullanma, ıslah ve tadil belgesi vermek görevlerindedir.

Su Yönetim Genel Müdürlüğü (SYGM) su kaynaklarının korunması, iyileştirilmesi ve kullanılmasına ilişkin politikaların belirlenmesi amacıyla çalışmalar yapmaktadır. Yeraltı sularının kalite ve miktarının korunmasına yönelik hedef, ilke ve alıcı ortam standartlarını ilgili kurum ve kuruluşlarla birlikte belirlemek, su kalitesini izlemek veya izletmek görevleri arasındadır.

SUEN 2011 yılında kurulmuştur. Su yönetişiminin iyileştirilmesi için kısa ve uzun dönemli stratejiler ile ulusal politikalar üretmeye yönelik bir düşünce kuruluşudur. Ulusal ve uluslararası düzeyde eğitim programları düzenlemektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığına bağlı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü yeraltı ve yerüstü sularının korunması, kirliliğin önlenmesi amacıyla kirlenme unsurlarının kontrolüne ilişkin usul

Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik

ve esasları tespit ederek, acil müdahale planları yapmak, bu kapsamda gerekli tedbirleri almak veya kaldırmak görevleri arasındadır. Atık su arıtma tesislerinin tasarım esaslarını ve kriterlerini Tarım ve Orman Bakanlığı ile birlikte belirleyerek, onay işlemlerini yürütmektedir.

4.3 Türkiye’de yeraltı suyu kullanımına bakış

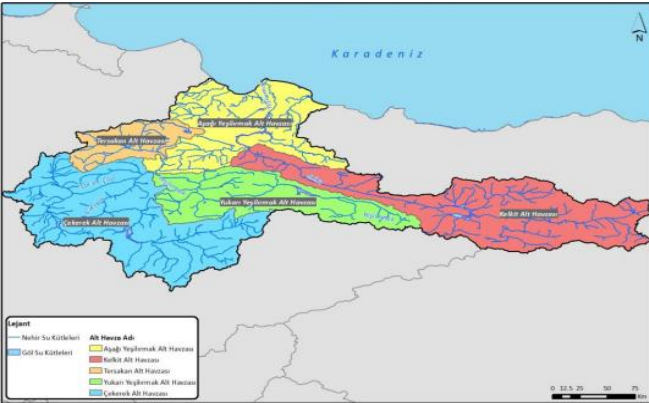
Türkiye’de 2022 yılında doğal kaynaklardan çekilen toplam 19,2 km³ suyun 4,26 km³’ü yeraltı suyundan çekilmiştir. Bu toplam çekilen suyun %22’sini oluşturmaktadır. Bunun 3,05 km³’ü belediyeler, 0,39 km³’ü köyler, 0,47 km³’ü imalat sanayi işyerleri, 0,04 km³’ü termik santraller, 0,13 km³’ü organize sanayi bölgeleri, 0,18 km³’ü maden işletmeleri tarafından çekilmiştir (TÜİK 2024).

Türkiye’de 2022 yılı sonu itibarıyla yeraltı suyu sulama kooperatifleri ve kamu kuruluşlarına ait yeraltı suyu tahsis miktarı 4,64 km³/yıl, belgeli şahıs kuyularına ait yeraltı suyu tahsisi 7,53 km³/yıl olup, sulamalara ait toplam tahsis miktarı 12,17 km³/yıl’dır. İçme kullanma ve sanayi suyuna ait yeraltı suyu tahsisi 5,89 km³/yıl’dır. Toplam 18,06 km³/yıl tahsisin %67,4’ü sulamalara, %32,6’sı içme kullanma ve sanayi suyuna ait olduğu görülmektedir (DSİ, 2024).

4.4 Yeraltı suyu yönetimi kapsamında Yeşilirmak Havzası’nın incelenmesi

4.4.1 Yeşilirmak Havzası’na genel bakış

Yeşilirmak Havzası Anadolu’nun kuzeyinde yer almaktadır. Havza içerisinde kalan illerin toplam alanı 39.574,38 km²’dir. Tersakan, Kelkit ve Çekerek kollarını oluşturmaktadır. Alt havzaları Aşağı Yeşilirmak alt havzası, Çekerek alt havzası, Kelkit alt havzası, Tersakan alt havzası ve Yukarı Yeşilirmak alt havzalarıdır (Şekil 1).



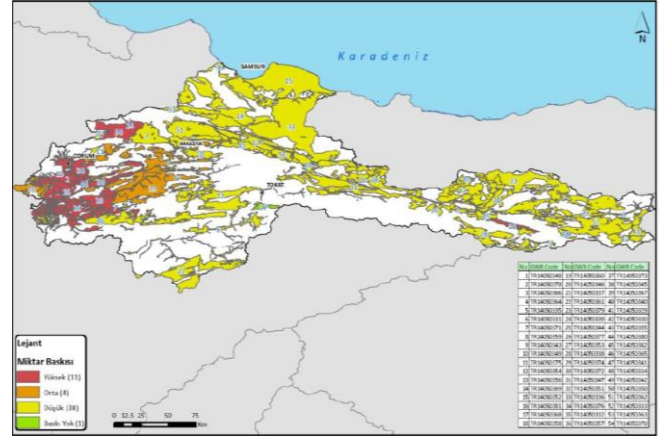
Şekil 1 Yeşilirmak havzası ve alt havzaları (Kaynak: www.tarimorman.gov.tr).

4.4.2 Yeşilirmak havzası yeraltı suyu yönetimi kapsamında yapılan çalışmalar

Yeşilirmak Havzası Master Plan Raporu kapsamında 2015 yılında DSİ tarafından havza içerisindeki yeraltı suyu alt havzaları için beslenme ve boşalım hesaplamaları yapılmıştır. Havza 11 alt havzaya ayrılarak incelenmiş, yeraltı suyu baskısının en yoğun olduğu 10 numaralı bölgede 1.084,40 hm³/yıl su çekimi yapılırken, 1.227,43 hm³/yıl beslenme hesaplanmıştır. Tüm alt havzalarda beslenme miktarı boşalım miktarından fazla bulunmuştur (SYGM-Yeşilirmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı 2023).

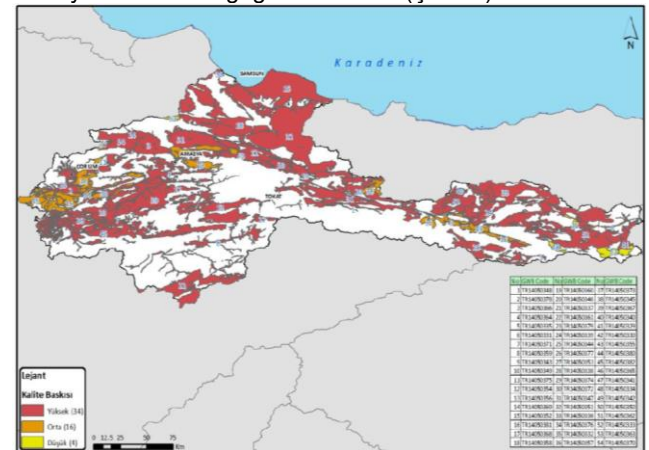
Yeşilirmak Havzası Nehir Havza Yönetim Planı 2021 yılında hazırlanmıştır. Bu kapsamda yeraltı suları için miktar açısından ve hem noktasal hem de yayılı kirlilik kaynaklarının neden olduğu kalite açısından baskılar değerlendirilmiştir.

Miktar açısından baskıların değerlendirilmesi uzun dönem yıllık su çekimlerinin uzun dönem yıllık su beslenimine bölünmesiyle yapılmıştır. Münferit izinsiz çekimlere ilişkin verilerden yararlanılarak hesaplamalara izinsiz su çekimlerinin dâhil edildiği ifade edilmiştir. Yeşilirmak Havzasında 11 yeraltı suyu (YAS) kütesinin miktar açısından yüksek baskıya maruz kaldığı, 1 YAS kütesinin baskıya maruz kalmadığı, 38 YAS kütesinin düşük baskı altında olduğu, 4 YAS kütesinin ise orta baskı altında olduğu tespit edilmiştir. Yüksek ve Orta baskının yoğun olduğu alanlar Tersakan ve Çekerek alt havzalarında kısmen ise Kelkit alt havzasında kalmaktadır. Şekil 2’de yeraltı suyu kütlelerinde miktar bakımından baskı durumları görülmektedir.



Şekil 2. Yeşilirmak havzasında yeraltı suyu kütlelerinde miktar bakımından baskı durumları (Kaynak: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM)-Nehir Havzası Yönetim Planı-NHYP 2021).

Kentsel arazi kullanımı, madencilik, endüstriyel arazi kullanımı, jeotermal suların neden olduğu noktasal kirlilik kaynakları ile hayvancılık faaliyetleri, tarımda gübre kullanımı ve atık depolama alanlarından kaynaklanan sızıntının neden olduğu yayılı kirlilik kaynakları havzayı etkileyen kimyasal baskılar olarak değerlendirilmiştir. Madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan baskının diğer baskı türlerine göre yeraltı suyu kütlelerini daha fazla etkilediği tespit edilmiştir. Jeotermal faaliyetlerin en az etkileyen baskı türü olduğu görülmüştür. YAS kütlelerinin 34 tanesinin genel kalite bakımından yüksek baskı altında olduğu, 16’sının orta baskıya, 4’ünün düşük baskıya maruz kaldığı görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Yeşilirmak havzasında yeraltı suyu kütlelerinde kalite bakımından baskı durumları (Kaynak: SYGM-NHYP).

Miktar bakımından etkilerin değerlendirilmesinde kuyulara ait yeraltı suyu verileri incelenmiş, 10 yıllık dönemde aşağı yönlü eğilimler değerlendirilmiştir. 54 yeraltı suyu kütesinde 14 tanesinde uzun dönemli verilerin mevcut olduğu ifade edilmiştir. Su çekiminden dolayı etki oluşan 11 YAS kütesinden 4 tanesinin miktar bakımından yüksek baskı altında, 3’ünün orta baskı altında, 3’ünün düşük baskı altında olduğu tespit edilmiştir. 40 YAS kütesi veri eksikliği nedeniyle

değerlendirilememiştir.

Yeşilirmak Havzasında İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik'te belirlenen değerlerin 15 YAS kütlelerinde aşularak bu kütlelerin etki altında olduğu, 3 YAS kütlelerinin etki altında olmasının muhtemel olduğu belirlenmiştir. 24 YAS kütlelerinden 24'ünün kalite açısından etki altında olduğu, 26 YAS kütlelerinde etki olmadığı, 3 YAS kütlelerinde potansiyel etki olduğu gözlenmiştir.

Miktar ve kalite açısından riskler değerlendirilerek Yeşilirmak Havzasındaki yeraltı suyu kütlelerinin %83'ünün risk altında olduğu, %13'ünün risk altında olmadığı ve %4'ünün potansiyel riskli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yeraltı suyu kütlelerinin durumu değerlendirildiğinde ise 54 YAS kütlelerinin 26'sının iyi durumda olduğu, 27'sinin zayıf durumda olduğu ve 1 YAS kütlelerinde ise yetersiz veri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yeşilirmak NHYP'de yeraltı suyu kütlelerine özgü miktar ve kalite sorunlarına yönelik tedbirler önerilmiştir. Bu kapsamda yeraltı suyu çekimleri yönetim planı hazırlanarak her bir yeraltı suyu kütlelerinde sürdürülebilir kullanım oranına uymak için tahsis edilecek maksimum hacmi içermesi gerektiği ifade edilmiştir. Yeni su çekimine kapalı alanların trendinin takibi ve yasa dışı sulama kuyularının tespiti ve kapatılması gerekliliği, çekim sorunu olmayan alanlarda yasa dışı kuyuların yasallaştırılması, gerektiğinde ruhsatlı kuyularda tahsislerin azaltılmasının düşünülmesi önerilmiştir. Aşırı çekim veya ruhsatsız çekim nedeniyle tuzluluğa sebep olan kayıt dışı ve kayıtlı kuyuların kapatılması gerektiği önerilmiştir. Tüm yeraltı suyu çekimlerinin kayıtlı tahsisinin olması ve yeraltı suyu

çekim envanterinin hazırlanmasının temel tedbir olduğu belirtilmiştir. Son olarak yeraltı suyu çekimlerinin izlenmesi ve kontrolü tedbiri tanımlanmıştır. Tedbirlerin uygulanmasından DSİ'nin sorumlu olduğu ifade edilmiştir.

4.4.3 Yeşilirmak Havzası yeraltı suyu durumu ve kullanımlarının incelenmesi

Yeşilirmak Havzası yeraltı suyu beslenme miktarı 907,20 hm³/yıl iken işletme rezervi 872,8 hm³/yıldır. Yeraltı suyu kooperatif sulamaları DSİ ve İl Özel İdaresi tarafından ortaklaşa gerçekleştirilmektedir. Yeşilirmak havzasında 89 adet YAS bulunmaktadır. YAS sulama kooperatifleri tarafından Amasya, Çorum ve Tokat'ta 10.286 ha alan salma sulama yöntemi ile sulanmaktadır. Yeşilirmak Havzasında Amasya, Çorum ve Tokat'ta 3.413 ha alan bu şekilde sulama sulama yöntemiyle sulanmaktadır. Havza içerisinde toplam sulama alanının %91,3'ü açık sulama sistemi ile sulama yapılırken (200.778 ha alanda), %8,70'inde kapalı sulama sistemi ile sulama (19.135 ha alanda) yapılmaktadır.

Sulanan alanların %86,68'inde salma, %7,21'inde yağmurlama ve %6,11'inde damlama sulama sistemi uygulanmaktadır. Tablo 1'de Yeşilirmak Havzasında sektörel su ihtiyaçlarına ait yüzde dağılımlar görülmektedir. Toplam su ihtiyacının mevcutta %83,68'i tarımda, %14,14'ü içme kullanmada, %1,65'i hayvancılıkta, %0,5'i sanayide, %0,03'ü turizmde olduğu tespit edilmiştir (SYGM-Yeşilirmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı 2023).

Tablo 1. Yeşilirmak havzası su ihtiyaç durumu dağılımları (%) (SYGM 2023- Yeşilirmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı)

Alt havza	Tarım	Hayvancılık	İçme Kullanma	Sanayi	Turizm
Aşağı Yeşilirmak Alt Havzası	71,36	1,59	26,26	0,74	0,05
Çekerek Alt Havzası	91,20	1,40	7,11	0,27	0,02
Kelkit Alt Havzası	87,21	1,98	9,92	0,87	0,02
Tersakan Alt Havzası	87,50	1,24	10,98	0,26	0,02
Yukarı Yeşilirmak Alt Havzası	79,58	2,50	17,45	0,42	0,05

Tablo 2. Yeşilirmak havzasında bulunan illere ait işletme rezerv ve tahsis miktarları ile su tahsislerinin sektörel yüzde dağılımları (SYGM 2023- Yeşilirmak Havzası -Kuraklık Yönetim Planı)

İller	Yeraltı suyu işletme rezervi (hm ³ /yıl)	Toplam tahsis miktarları (hm ³ /yıl)	Sulama (%)	İçme ve kullanma (%)	Sanayi (%)
Tokat	321	113,44	19,58	68,78	11,64
Amasya	182,5	146,47	61,00	28,85	10,15
Samsun	159	56,68	21,93	44,62	33,45

Yeşilirmak Havzası içerisinde bulunan Amasya, Samsun ve Tokat illerine ait yeraltı suyu kullanım durumları Tablo 2'de görülmektedir. Amasya ili Yeşilirmak Havzası kısmında DSİ 2021 yılı sonu verilerine göre toplam tahsisin %61'i tarımsal sulama için, %28,85'i içme suyu için, %10,15'si sanayi suyu için gerçekleşmiştir. Toplam rezervin % 80,26'sının tahsisi yapıldığı görülmektedir. Samsun ili Yeşilirmak Havzası kısmında Toplam tahsisin %21,93'ü tarımsal sulama için, %44,62'si içme suyu için, %33,45'i sanayi suyu için gerçekleşmiştir. Toplam rezervin % 35,65'inin tahsisi yapıldığı görülmektedir. Tokat ilinin Yeşilirmak Havzası sınırlarında toplam tahsisin %19,58'i tarımsal sulama için, %68,78'i içme suyu için, %11,64'ü sanayi suyu için gerçekleşmiştir. Toplam rezervin % 35,34'ünün tahsisi yapılmıştır.

4.5 Yeraltı suyu çekiminde enerji verimliliği ve izleme

Yeraltı suyunun sondaj kuyuları yoluyla çekilmesi sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar enerji kullanımında tasarruf sağlamaktadır. Öncelikli olarak yeraltı suyu statik ve dinamik su seviyelerinin doğru bir şekilde belirlenerek kuyudan

alınabilecek suyun aşırı çekime neden olmadan, kuyunun verebileceğinden fazlasını istemeden çekmek hem yeraltı su seviyesindeki düşümün sınırlı kalmasını hem de enerji kullanımında verimliliği sağlayacaktır. Su çekimi yapılan kuyuların zamanla debilerinin ve dinamik seviyelerinin değişmesi, mevcut pompa ve motorun kuyunun ilk açıldığı zamandaki verimini sağlamayacağından, pompa ve motor grubunun yeniden değerlendirilerek değiştirilmesi gerekebilecektir. Değişimin gerçekleştirilmemesi halinde daha yüksek enerji harcanacaktır. Bu nedenle kuyular ve pompa veriminin sürekli takip edilerek izlenmesi gerekmektedir.

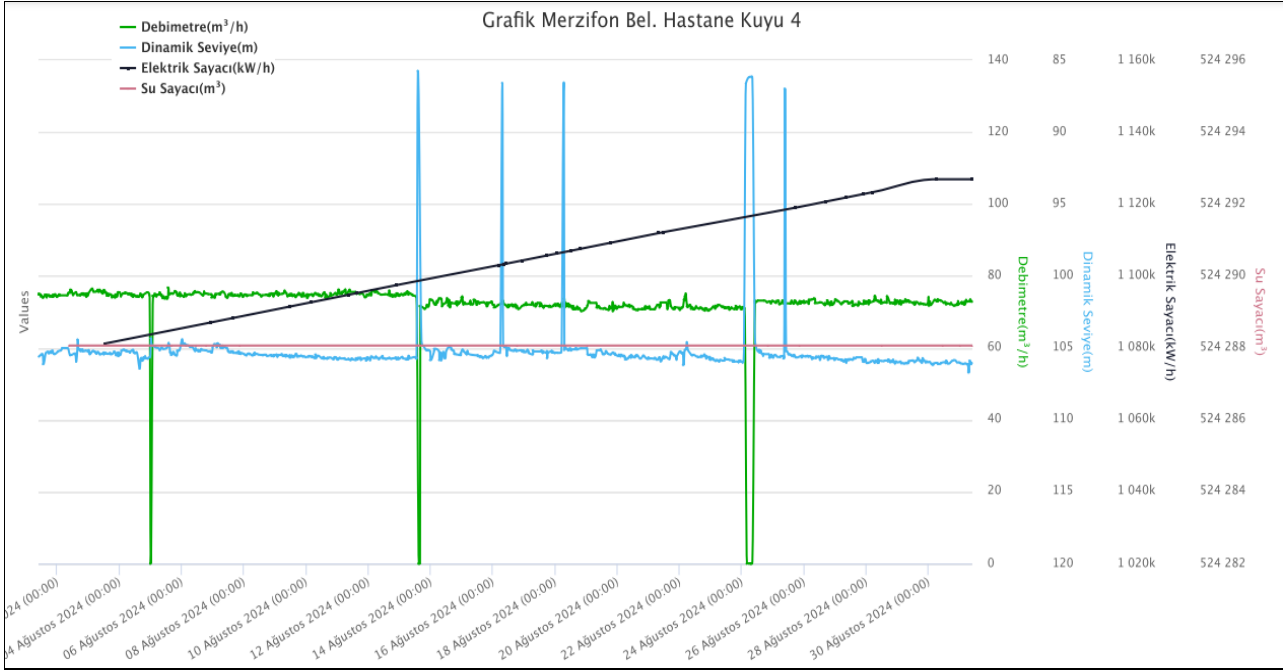
İzleme sondaj kuyusuna ait statik, dinamik seviyeler, debi, enerji, verim, elektrik ve su çekim sayacı gibi verilerin anlık ulaşılmasını sağlamalıdır. Uzun yıllara özgü raporlamaların alınması sistemin eksiklerinin ve durumunun gözlenmesine yardımcı olacaktır.

Şekil 4'te Yeşilirmak Havzası Amasya ili Merzifon Belediyesi sondaj kuyusuna ait 1 Ağustos 2024 ve 31 Ağustos 2024 tarihleri arasındaki debi, dinamik seviye, elektrik ve su sayacı verileri görülmektedir.

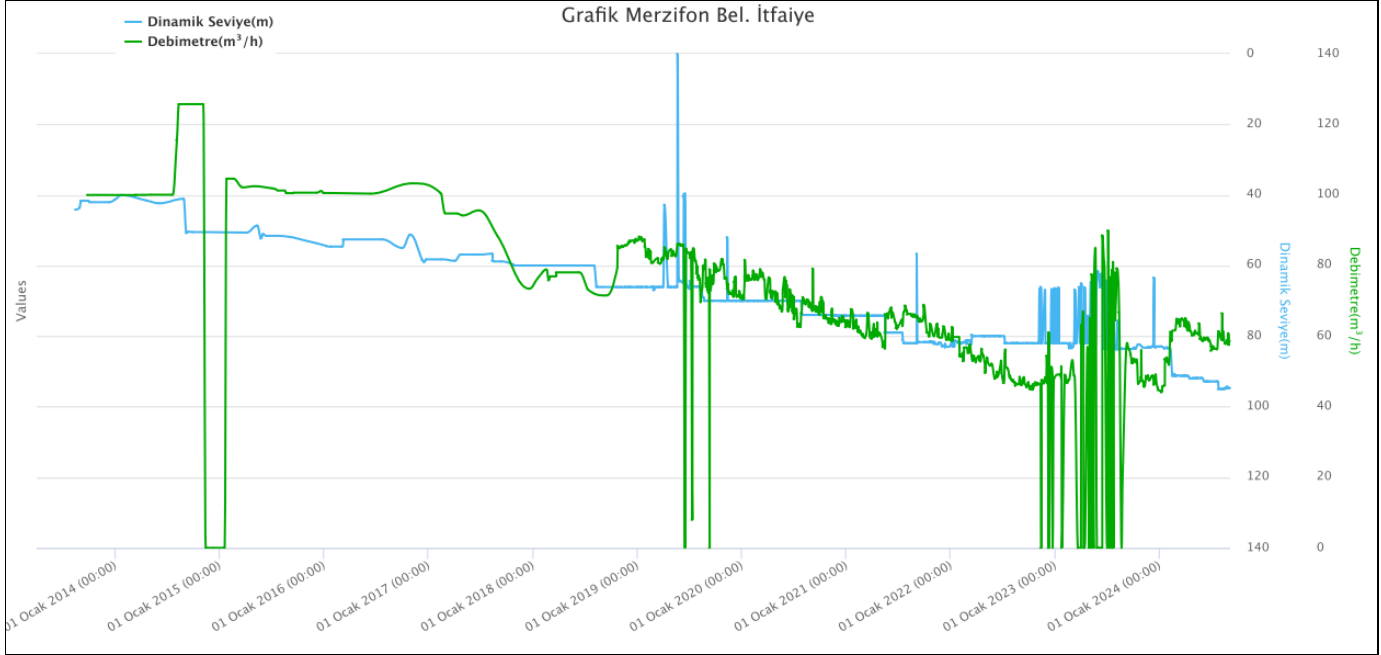
Şekil 5'te Yeşilirmak Havzası Merzifon ilçesinde açılmış içme

kullanma amaçlı sondaj kuyusuna ait 2013 ve 2024 yıllarına ait debi ve dinamik yeraltı su seviyesi verileri görülmektedir. 2013 yılında 41 m olan dinamik seviyede 100 m/h su çekilirken, 2024 yılında 95 m dinamik seviyeden 58 m/h su çekilebilmektedir. Bu izleme ile emniyetli yeraltı suyu çekimi

sınırlarının aşıldığı ve önlemlerin hızlıca uygulanması gerektiğini görülmektedir.



Şekil 4. Su sondaj kuyusuna ait veriler (Merzifon Belediyesi 2024).



Şekil 5. Su sondaj kuyusuna ait son 11 yıllık debi seviye verileri (Merzifon Belediyesi 2024).

4.6 Türkiye’de yeraltı suyu yönetiminin değerlendirilmesi

Türkiye’de tahsisten sorumlu kuruluş belli olmakla birlikte işlevleri yerine getirmek için yeraltı suyu yönetimine yönlendirilecek finansal kaynak olmadığı görülmektedir. Hem yüzey hem yeraltı suyu kaynakları için uzun vadeli bir havza planı su kullanımını çevresel olarak sürdürülebilir seviyelerde sınırlandırmalıdır. Yeraltı suyu kullanımı için verilen tahsislerin yıllık olarak aşılmayı aşmadığını belirleyen bir sistemin olmadığı görülmektedir. Havza bazında sondaj kuyularından çekilen su miktarı tespit edilemezken, çekilen su miktarı yerine Çevre Durum Raporlarında tahsis edilen su miktarlarının alınabileceği ifade edilmektedir.

Su kaynakları için yasal statünün varlığı görülmektedir. Yeraltı suyu kullanımında düzenlenmiş kullanıma geçilmiştir. Yeraltı suyu kullanımlarında kaynağa erişimi belirleme yetkisi tanımlanmıştır.

Su kaynaklarının mevcudiyet durumu ve kıtlığın yeterince anlaşılmadığı görülmektedir. Yeraltı suyu potansiyeline yönelik, kalite durumlarına yönelik, kıtlık durumlarında tahsislerin nasıl düzenleneceğine yönelik tanımlamalar konusunda çalışmaların derinleştirilmesi gerektiği açıkça görülmektedir. Ayrıca bu bilgiler kamuoyunun anlayışını teşvik edecek şekilde kamuya açık hale getirilmelidir.

Yerinde gereklilikleri ve sürdürülebilir kullanımı yansıtan bir çekim üst sınırı bulunmamaktadır. Yeraltı suyu kaynaklarının

yalnızca bir kısmı (toplam stok ve akışlardan oluşan) işletilebilir olarak kabul edilmelidir. Bir su çekme sınırı belirlemek, çıkarılmayan kullanımları (ekosistem ihtiyaçları için akışlar, su kalitesinin korunması gibi) ve gelecekteki kullanımları karşılamak için akiferde bırakılması gereken su miktarının dikkate alınmasını gerektirmektedir. Optimum yeraltı suyu kullanımı, maliyetleri çıkararak faydaların mevcut değerini en üst düzeye çıkarır, bu da çıkarılan ve çıkarılmayan kullanımlar ile mevcut ve gelecekteki kullanımların dengelenmesini gerektirmektedir, bu duruma uygun düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Sürdürülebilir kullanım için mevcut yeraltı suyu miktarına ilişkin hem politika ile ilgili hem de teknik sınırlamalar tanınmalıdır. Teknik kısıtlamalar, pompalama maliyetleri faydaları aştığında ekonomik olarak uygulanabilir su çekmeyi sınırlamalıdır. Politika ile ilgili sınırlamalar, bağlı yüzey su kütlelerinin taban akışını sağlamak için asgari akışlarla ilgili yükümlülükleri, çevresel akışları, çökmeyi veya kalite bozulmasını önlemek için yeraltı suyu stokunu korumayı içermelidir.

Su Tahsisleri Hakkında Yönetmelikle su kullanım amaçlarında öncelik sıralaması yapılmasına rağmen suyun temel kullanımlar için sağlanmasını garanti altına alan kısıtlı riskinin etkin ve adil bir şekilde yönetilmesini sağlayacak etkili bir yaklaşımın, planlamaların bulunmadığı görülmektedir. Yüzey ve yeraltı suyunun birbiri yerine kullanılabilirliği durumlarda temel kullanımlar için erişimin güvence altına alınması birlikte yönetilmelidir.

Kuraklık ve yoğun kirlilik gibi istisnai durumların yönetilmesinde belirlenmiş düzenlemelerin hızlandırılması gerekmektedir. Kuraklık yüzey suyunun mevcudiyetini sınırladığında kullanıcılar yeraltı suyu pompalamasına olan bağımlılıklarını artırabilir. Ciddi bir kirlilik olayı, yüzey suyunu veya yeraltı suyu kaynaklarını etkileyebilir. Bunlara ilişkin tanımlamalar yapılarak sorumlu otoriteler belirlenmelidir.

Yeni su kullanıcıları ile baş edilmesi veya mevcut kullanıcıların haklarını artırmak ya da değiştirmek için aktif bir sürecin olmadığı görülmektedir. Tamamen tahsisin gerçekleştirildiği kapalı bir yeraltı su kaynağında yeni bir katılımcının kaynaktan su çekme konusunda bir çıkar elde etmesinin veya mevcut bir kullanımın mevcut bir hakkı genişletmesinin tek yolu, başka bir kullanıcının eşdeğer miktardaki kullanımdan vazgeçmesini sağlamak ve böylece su hakkını yeni katılımcıya veya hakkı genişleten mevcut kullanıcıya devretmektir. Buna ilişkin düzenlemenin olmadığı bir bölgede bu durum kaçak sondaj kuyularından su çekilerek sağlanacağı açıktır.

Su kaynağı üzerindeki baskı seviyesini yansıtan kaynak, ekosistem gereksinimleri, çekimler ve yeniden doldurma için uygun bir izleme seviyesini hedefleyen bir tahsis rejimi uygulanmalıdır. Sıkı izleme, her kullanıcı tarafından alınan su hacminin izlenmesini gerektirmektedir. Bunun için sayaçların, sayaç okumanın ve muhasebe protokollerinin kurulması gerekmektedir. Kaynak kullanımının ve su haklarının izlenmesini desteklemek için su kullanımını ve tüketimini, kiralama ve ticareti (izin verildiği yerlerde) izleyen uygun muhasebe düzenlemeleri yapılmalıdır. Para cezaları veya su haklarının kısıtlanması gibi uygun yaptırımlar uygulanmalı ve gerektiği gibi uygulanmalıdır.

Yeraltı suyu kullanımında tasarrufa yönelen teşviklerin uygulanması gerekmektedir. Örneğin tarımsal sulamada salma sulama yönteminden kapalı sulama sistemlerine geçiş yapan kullanıcılara elektrik tarife düzenlemesi yapılması, kayıp kaçak oranını dünya ortalamalarına düşüren içme ve kullanma suyu şebekelerinde benzer teşviklerin uygulanması yanında su çekimlerinin de takip edilmesi yeraltı suyu çekim miktarında azalmaya neden olacaktır.

Su haklarının yasal bir tanımı bulunmamaktadır. Tahsis

rejiminin esnekliğini artırmak için su haklarını mevcut kaynağın bir oranı veya bir hissesi olarak tanımlamak değişen koşullarda yanıt verme esnekliğini sağlayacaktır. Su hakkının uzun süreli tanımlanması uzun vadeli yatırımı teşvik edecektir. Kaynağın kullanılabilirliğiyle ilgili belirsizlik derecesi ve çekmenin olası olumsuz etkileri de hakkın süresinde bildirilmelidir. Kaynak kullanılabilirliğiyle ilgili daha yüksek düzeyde belirsizlik, kaynağın daha fazla izlenmesine olanak sağlamak için daha kısa bir süreyi gerektirmektedir.

Geri akışlar ve deşarjlarla ilgili yükümlülükler bulunmamaktadır. Çekilen suyun brüt miktarı yerine tüketilen suyun net miktarını tanımlanmalıdır. Çekilen ancak bir kısmını yeniden besleme yoluyla sisteme geri döndüren suyun muhasebeleştirilmesi gerekmektedir. Özellikle, sulama verimliliğindeki iyileştirmeler yeraltı suyu yeniden beslemesini önemli ölçüde azaltabilmektedir. Geri akışların yeraltı suyu üzerindeki etkisini değerlendirirken, yeniden beslemenin akifer özelliklerinden etkileneneği kabul edilmelidir.

Su kullanıcılarının rejimin tahsis verimliliğini artırmak için suyu kendi aralarında yeniden tahsis etmelerine izin vermesine yönelik düzenlemelerin bulunmadığı görülmektedir. Su hakkı sahiplerinin su haklarını ticaret etmelerine, kiralama veya devretmelerine izin vermek, tahsis ve kaynak kullanımında verimliliği artırabilmektedir. Bu düzenleme kaynağın genel sınırlarıyla tutarlı olmalıdır. Su haklarının ticareti, kiralama veya devri mümkün olduğunda, işlemleri kolaylaştırmak için net kurallar olmalıdır. Kullanılmayan su haklarının gönüllü olarak kaybedilmesi sağlanmalıdır. Su hakkı ve tahsislerinin ticareti, kiralama veya devriyle ilgili işlem maliyetleri mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır.

5. Sonuç

Yeraltı su kaynakları kullanılabilir suyun önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Ancak bu kaynağın kalite ve miktar yönünden baskı altında olması bir takım tedbirlerin program dâhilinde belirlenerek uygulanmasını gerektirmektedir. Türkiye'de yeraltı su kaynaklarının korunmasında görev alan en önemli kurumlardan olan DSİ ve SYGM çalışmalarına ek olarak uygulamada yeraltı suyu miktarının ve kalitesinin kontrol altına alınmasına yönelik çalışmaların bir an önce hızlandırılması önem arz etmektedir. Aksi takdirde yağış rejimlerinin değişmesi, artan su kullanımı baskısı yetersiz ve kalitesiz su temini ile sonuçlanmaya doğru ilerlemektedir.

Öncelikle yeraltı suyu durumunun tespit edilebilmesi için havza bazında ve ülke genelinde izleme ağı oluşturularak çekilen su miktarı ve kalitesi yönelik verilerin netliğe kavuşması gerekmektedir. Özellikle incelenen raporlarda su rezervlerine ilişkin veriler bulunmasına rağmen, su çekim miktarlarına ait net verilerin bulunmadığı görülmüştür. Yeraltı suyu akiferlerine ait su rezerv ve çekim miktarları, kalite durumları hızlı bir şekilde kesinleştirildikten sonra su kullanımlarına göre yapılan tahsislerde bu durumlar dikkate alınarak, tahsislerin mevcut durumda kalması ve kısıtlanması gibi tedbirlerin uygulanmaya konması yeraltı suyunun korunmasında zaruri olacaktır. Buna yönelik yasal düzenlemelerin somut olarak belirlenerek yapılması gerekmektedir.

Özellikle yeraltı suyu kullanımının yoğun olduğu tarımsal sulama sistemleri ve içme kullanma şebekelerindeki kayıpların önlenmesine yönelik somut adımların hızlı bir şekilde atılması zorunludur. Salma sulama yöntemiyle sulama yapılan alan miktarının Yeşilirmak Havzasında sulanan alanların %86,68'sini oluşturduğu ve toplam su ihtiyacının mevcutta %83,68'inin tarımda olduğu göz önüne alındığında bu alanda reformun gerekliliği aşikârdır. Örneğin kapalı sulama sistemlerine geçenlerde elektrik tarifelerinde, salma sulama yapanlara göre teşvik oluşturduğu bir elektrik tarifesi

ile bu hızlandırılabilir. Ya da su miktarının artırılması amacıyla yenileme kuyusu açmak isteyen sulama yönetimlerinde salma sulama yöntemi sonlandırılması durumunda yenileme belgesinin düzenlenmesi koşulu getirilebilir. Ya da tüm tarımsal işletmelerin işletmecilik gerçeklerine uygun çalışmalarını sağlayacak idari bir yapılanma ihtiyacı olduğu açıkça görülmektedir. Ayrıca içme suyu şebekelerinde yeraltı suyu kullanan yerel idarelerin kayıplarının kabul edilebilir düzeylere çekilmesi her ne kadar ilgili yönetmelikte belirlenerek sürekli son gerçekleştirilme tarihi güncellense de kayıp düzeylerinin azaltılmasına yönelik ülke çapında reform niteliğinde düzenlemelerle su ve kanalizasyon idarelerinin işletme tarzlarının değiştirilmesine yönelik adımların atılması zorunlu görülmektedir.

Havza bazında kaçak kuyu açılmasının önlenmesi veya kontrol edilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Belgeli ve belgesiz mevcut kuyuların envanteri çıkarılmalıdır. Su tüketimleri kontrol altına alınmalıdır. Bunun gerçekleştirilmesi için havza bazında yerel su kolluk kuvvetleri oluşturulmalıdır. Gerekli mevzuat düzenlemeleri, çalışma koşulları oluşturularak sondaj kuyuları kontrol altına alınmalıdır.

İlgili havzada tedbirler programı belirlendikten sonra maliyetlerin karşılanması için çevre ve kaynak maliyetlerinin tazmin edilmesini içselleştirecek adımlar atılması gerekmektedir. Tüm havzalarda tespit edilecek yeraltı suyu koruma tedbirlerinin uygulanması için gerekli olan finansmanın karşılanmasında yeraltı suyu çekenlerden m³ başına alınacak ve sadece yeraltı suyunun sürdürülebilir yönetiminde kullanacak bir vergi veya ücret alınması ve buna yönelik düzenlemelerin yapılması esas görünmektedir. Toplanan bu paralarla yeraltı suyu kalite ve miktarının izlenmesi, tüm yeraltı suyu potansiyelinin belirlenmesine yönelik çalışmalar, planlama çalışmaları gibi çalışmalara ilişkin maliyetler karşılanmalıdır. Hem yüzey hem yeraltı suyu için vergilendirme planları mevcut kaynakların aşırı sömürülmesini önleyecektir.

Yeraltı suyunun kalite ve miktar açısından sürdürülebilir yönetimini sağlamak için arazi kullanım değişikliklerini kontrol etmek önemlidir. Bu kapsamda yeniden şarjı destekleyen uygulamalar, yüzeylerin geçirgenliğini artıran kentleşme uygulamaları, diğer kentsel kullanımlar yerine tarımı sürdürme teşvikleri önemli kaldıraçlardır. İçme kullanma su temini havzalarında, tarımsal uygulamalara ilişkin kurallar potansiyel kirleticilerin kullanımını sınırlandırabilir. Ayrıca daha düşük su talebi olan ürünler için kurallar ve ekonomik teşvikler su çekimini azaltabilecektir.

Maliyetlere ilişkin düzenlemelerin karşılanmasında ortaya zorlukların çıkması muhtemeldir. Bu zorlukların aşılmasında halkın katılımı toplantıları düzenlenerek bilgilendirme yapılmalıdır. Yeraltı suyu politikalarının önceliklendirilmesi için halk tarafından desteğe ihtiyaç vardır. Halkın yeraltı suyu kaynağı miktarı ve kalitesi gibi konularda gerçeklerle yüzleştirilmesi halk desteğinin sağlanmasında katkı sağlayabilecektir. Yapılacak ve uygulanacak projelerde halkın katılımının sağlanması bu hususta önemli olacaktır.

Yeraltı suyundan elde edilen faydalar birçok biçimde olabilir: içme suyu temini, endüstri ve sulama için üretken kullanımlardan elde edilen ekonomik değerden, yeraltı suyuna bağımlı ekosistemlerde çeşitli türlerin desteklenmesiyle sağlanan ekolojik değere ve yeraltı suyunun gelecekteki su kıtlıklarına karşı bir tampon olarak depolanmasının seçenek değerine kadar. Yeraltı suyu tahsis politikalarının bu farklı türdeki değerleri hesaba katması, mevcut ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını dengeleyecek şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

7. Kaynaklar

- ARCADIS (2012). The Role of Water Pricing and Water Allocation in Agriculture in Delivering Sustainable Water use in Europe. Project number 11589. European Commission, Brussels, Belgium.
- Badiani, R., Jessoe, K.K. & Plant, S. (2012). Development and the environment: the implications of agricultural electricity subsidies in India. *J Environ Dev* 21(2):244–262.
- Barker, I. (2016). UK Environment Agency. personal communication.
- Barlow, P.M. & Reichard, E.G. (2010). Saltwater intrusion in coastal regions of North America. *Hydrogeol J* 18(1):247–260
- Berbel, J., Pedraza, V., & Giannocco, G. (2013). The trajectory towards basin closure of a European river: Guadalquivir. *International Journal of River Basin Management*, 11(1), 111-119. Berbel, J.,
- Borrego-Marin, M. M., Exposito, A., Giannocco, G., Montilla-Lopez, N. M., & Roseta-Palma, C. (2019). Analysis of irrigation water tariffs and taxes in Europe. *Water Policy*, 21(4), 806-825.
- Berbel, J., & Expósito, A. (2020). The theory and practice of water pricing and cost recovery in the Water Framework Directive. *Water Alternatives*, 13(3), 659- 673.
- BMUB (2016). Water Framework Directive – The Status of German Waters 2015. Umweltbundesamt, Dessau, Germany.
- Damaneh, H. E., Gh, Z., Salajeghe, A., Ghorbani, M., & Khosravi, H. (2018). Assessing the effect of land use changes on groundwater quality and quantity (Case study: west basin of Jazmoryan wetland). *Journal of Range and Watershed Management*, 71(3), 1.
- Danmarks Statistik (2015), "Vandregnskap 2014: Geografi, miljø og energi" [Water accounts 2014: Geography, environment and energy], Statistics Denmark.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (2024). <https://www.dsi.gov.tr/>.
- EC (2012). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: report on the review of the European water scarcity and droughts policy. COM (2012) 672, Brussels
- EC (2015). Water Framework Directive and the Floods Directive: Actions Towards the ' Good Status' of EU Water and to Reduce Flood Risks. Report on the Progress in Implementation of the Water Framework Directive Programmes of Measures. SWD (2015) 50 Final. Brussels, Belgium.
- Ferguson, G. & Gleeson, T. (2012). Vulnerability of coastal aquifers to groundwater use and climate change. *Nat Clim Chang* 2(5):342–345.
- Freeman, D. (2011). Implementing the Endangered Species Act in the Platte Basin water commons. University

Press of Colorado, Boulder

GEF, World Bank, UNESCO-IHP, FAO & IAH (2015). Global groundwater governance a call to action: a shared vision for 2030.

Geoscience Australia, (2010). Assessing the need to revise the guidelines for groundwater protection in Australia: a review report. Geoscience Australia.

GEUS (2010). Water Supply in Denmark. Denmark.

Golovina, E., & Karennik, K. (2021). Modern trends in the field of solving transboundary problems in groundwater extraction. *Resources*, 10(10), 107.

Grafton, R. Q., & Hussey, K. (Eds.). (2011). *Water resources planning and management*. Cambridge University Press.

Grönwall, J. (2014). "Power to segregate: improving electricity access and reducing demand in rural India", Stockholm International Water Institute, Paper 23.

Jakeman, A. J., Barreteau, O., Hunt, R. J., Rinaudo, J. D., & Ross, A. (2016). *Integrated groundwater management* (p. 762). Springer Nature.

Hou, L., Zhou, Z., Wang, R., Li, J., Dong, F., & Liu, J. (2022). Research on the non-point source pollution characteristics of important drinking water sources. *Water*, 14(2), 211.

Huang, S., Krysanova, V., & Hattermann, F. (2015). Projections of climate change impacts on floods and droughts in Germany using an ensemble of climate change scenarios. *Regional Environmental Change*, 15, 461-473.

Hunt, R.J., Borchardt, M.A., Richards, K.D., & Spencer S.K. (2010). Assessment of sewer source contamination of drinking water wells using tracers and human enteric viruses. *Environ Sci Technol* 44(20):7956–7963.

Hussey, K. & Kay, E. (2015). The opportunities and challenges of implementing water sensitive urban design: lessons from stormwater management in Victoria, Australia.

Hunt, R. J., Rinaudo, J. D., & Ross, A. (2016). *Integrated groundwater management* (p. 762). Springer Nature.

Kløve, B., Ala-Aho, P., Bertrand, G., Gurdak, J. J., Kupfersberger, H., Kværner, J. & Pulido-Velazquez, M. (2014). Climate change impacts on groundwater and dependent ecosystems. *Journal of Hydrology*, 518, 250-266.

Liefferink, D. (2011). The EU water framework directive: a multi-dimensional analysis of implementation and domestic impact. *Land Use Policy* 28:712–722.

Maupin, M.A. (2014). Estimated use of water in the United States in 2010: U.S. Geological Survey Circular 1405, 56 p.

Nelson, R. (2012) Submission to house of representatives standing committee on regional Australia's inquiry on certain matters relating to the proposed Murray Darling Basin plan: groundwater SDLs. Parliament of Australia, Canberra.

Neuman, J. (2010). Are we there yet? Weary travellers on the long road to water policy reform. *Nat Resour J* 50:139–166.

Oeztan, M. & Axelrod, M. (2011). Sustainable transboundary groundwater management under shifting political scenarios: the Ceylanpınar Aquifer and Turkey-Syria relations. *Water Int* 36(5): 671–685.

Organisation for Economic Co-Operation and Development, (2017). Groundwater allocation: managing growing pressures on quantity and quality (pp. 116-pp).

Pittock, J., Williams, J., & Grafton, R. (2015). The Murray-Darling Basin plan fails to deal adequately with climate change. *Water: Journal of the Australian Water Association*, 42(6), 28-32.

Ross, A. (2012). Water connecting people adapting: integrated surface water and groundwater management in the Murray-Darling Basin, Colorado and Idaho. Australian National University, Canberra.

Schuerhoff, M., Weikard, H.P. & Zetland, D. (2013). The life and death of Dutch groundwater tax. *Water Policy* 15(6), 1064–1077.

Shah, T. (2014). Towards a managed aquifer recharge strategy for Gujarat India: an economist's dialogue with hydro-geologists. *J Hydrol* 518:94–107.

Taylor, R. G., Scanlon, B., Döll, P., Rodell, M., Van Beek, R., Wada, Y., & Treidel, H. (2013). Ground water and climate change. *Nature climate change*, 3(4), 322-329.

T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. 2023 İl Çevre Durum Raporları. <https://ced.csb.gov.tr/2023-yili-il-cevre-durum-raporlari-i-112399>.

T.C. Merzifon Belediyesi. 2024. Gözetleyici Kontrol ve Veri Toplama Sistemi.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM). Yeşilirmak Nehir Havzası Yönetim Planı (NHYP). <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=49>.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM). Yeşilirmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı 2023. [www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Kuraklık%20Yönetim%20Planları](http://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Kuraklik%20Yonetim%20Planlari).

TÜİK (2024). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atiksu-Istatistikleri-2022-49607>. Erişim tarihi: 09.08.2024. Erişim saati: 10:55.

Tzampoglou, P., Ilija, I., Karalis, K., Tsangaratos, P., Zhao, X., & Chen, W. (2023). Selected worldwide cases of land subsidence due to groundwater withdrawal. *Water*, 15(6), 1094.

UK Environment Agency (2016). "Managing water abstraction", UK Environment Agency, Bristol.

Wada, Y. & Heinrich, L. (2013). Assessment of transboundary aquifers of the world-vulnerability arising from human water use. *Environ Res Lett* 8(2).

- Wada, Y., Van Beek, L. P., Van Kempen, C. M., Reckman, J. W., Vasak, S., & Bierkens, M. F. (2010). Global depletion of groundwater resources. *Geophysical research letters*, 37(20).
- Wang, J., Zhang, L., Huang, Q., Huang, J., & Rozelle, S. (2014). Assessment of the development of groundwater market in rural China. *Water Markets for the 21st Century: What Have We Learned?*, 263-282.
- Wang, J. et al. (2016). *Managing Water on China's Farms: Institutions, Policies and the Transformation of Irrigation under Scarcity*, Academic Press, Elsevier.
- Wijnen, M. et al (2012). *Managing the invisible: understanding and improving groundwater governance*. World Bank, Washington, DC.