

## İçme Suyu Altyapısının Mekânsal Yönetimi için Örnek Bir Coğrafi Bilgi Sistemi Tasarımı ve Uygulaması: Trabzon Büyükşehir Belediyesi Özel Durum Çalışması

Yakup Emre ÇORUHLU<sup>1\*</sup>, Sait Semih ALTAŞ<sup>2,3</sup>

### Öz

Kentin tamamına hizmet sunan ve bir bütün halinde ele alınması gereken altyapı tesisleri, tıpkı kentler gibi, düzenli ve planlı bir şekilde inşa edilmelidir. İnşa edilen altyapı tesisleri zamanla eskimekte ve hizmet veremez duruma da gelebilir. Altyapı tesislerinin yenilenmesi veya değiştirilmesi sırasında, gerekli bakım-onarım ve yenileme çalışmaları mümkün olan en kısa zamanda tamamlanmalıdır. Bu altyapı tesisleri dijital ortamda haritalara aktarılamamış, çoğu zaman kurumsal değil kişi odaklı bilgilerle yönetile gelmiştir. Altyapı tesislerinin imalat, bakım, onarım ve yönetim süreçlerinin bir sistem dâhilinde, zamanında ve etkili bir şekilde yapılamaması bir problem durumudur. Böylesi bir hizmeti sağlamanın tek yolu, geçmişteki klasik yöntemlerden farklı olarak, günümüz bilişim, CBS ve GNSS teknolojilerinin birlikte kullanımından geçmektedir. Çalışmanın amacı, güncel haritacılık teknolojileri ve bilişim imkânlarını kullanan bir yöntemle altyapı tesislerinin önemli bir bileşeni olan içme suyu tesislerinin etkili bir şekilde yönetilmesidir. Özellikle LADM'nin ISO standardına dönüşmesinden sonra ülkemizde yürütülen TUCBS çalışmaları ve birçok akademik çalışma LADM'ye uygun şekilde UML diyagramları ile modellenmiştir. Çalışma kapsamında bu modelleme dili ile UML diyagramları hazırlanmış ve ardından CBS veri tabanı kurulmuştur. Çalışmadan elde edilen en önemli sonuç; Trabzon kenti ilçe merkezlerinin tüm içme suyu altyapısı konumsal sorgulamalara imkân veren bir yapıda sisteme aktarılacak arıza tespit, bakım ve onarım süreçlerinin en kısa zamanda ve en az maliyetle yürütülmesinin sağlanmış olmasıdır. Bu konu ile ilgili araştırma yapanlara, içme suyu altyapı tesis bileşenlerinin dijital ortama aktarılması yanında sistemleriyle abonelerin de ilişkilendirilmesi tavsiye edilebilir. Ayrıca olası bakım, onarım ve arıza durumlarında, sadece bu işlemlerden etkilenen abonelerin bilgilendirilmesine imkân veren bir yapıda bilgi sistemlerini tasarlamaları da önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** sürdürülebilir arazi yönetimi, arazi nesnesi, altyapı tesisi, içme suyu, LADM, UML, veri modeli.

## The Geographic Information System Design and Application for Spatial Management of Drinking Water Infrastructure: Trabzon Metropolitan Municipality Special Case Study

### Abstract

Infrastructure facilities, which serve the whole city and should be considered as a whole, should be built in a regular and planned manner, just like cities. Infrastructure facilities that are built become overused/worn-out over time and may become unserviceable. During the renovation or replacement of infrastructure facilities, the necessary maintenance-repair and renovation works should be completed as soon as possible. These infrastructure facilities have not been transferred completely to maps in the digital environment, and they have mostly been managed with person-oriented information rather than institutional. The manufacturing, maintenance, repair and governance processes of infrastructure facilities cannot be carried out in a timely and effective manner within a system is a problem on which this study is focused. The only way to provide such a service is to use today's informatics, GIS and GNSS technologies together, unlike the classical methods in the past. The study aims to effectively manage drinking water facilities, which is an important component of infrastructure facilities, with a method using up-to-date cartography technologies and informatics opportunities. Especially after the conversion of LADM to ISO standards, TNGIS studies and many academic studies carried out in our country have been modeled with UML diagrams by LADM. Within the scope of the study, UML diagrams were prepared with this modeling language and then a GIS database was established. The whole of the drinking water infrastructure of the study area was transferred to geographical information system. Thanks to this information and system, spatial inquiries, fault detection, maintenance and repair processes can be carried out in minimum time and cost. It can be recommended to those who do research on this subject, besides transferring the components of the drinking water infrastructure to the digital environment, as well as linking the subscribers with their systems. In addition, it can be suggested that they design information systems in a structure that allows only those who will be affected by these processes to be informed in case of possible maintenance, repair and malfunction.

**Keywords:** sustainable land management, land object, infrastructure facility, drinking water, LADM, UML, data model.

<sup>1</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon, [yecoruhlu@ktu.edu.tr](mailto:yecoruhlu@ktu.edu.tr)

<sup>2</sup> Trabzon İçmesuyu ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Coğrafi Bilgi Sistemleri Şubesi, Trabzon, [ssaltas@gmail.com](mailto:ssaltas@gmail.com)

<sup>3</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, [ssaltas@gmail.com](mailto:ssaltas@gmail.com)

## 1. Giriş

Dünya nüfusu kırdan kente yoğun bir şekilde hareket etmektedir (Weeks, 2010). Gerek kır ve gerekse kentte yaşayan tüm canlılar ise suya ihtiyaç duymaktadır (Omole ve Ndambuki, 2014). Dünya nüfusunun artmasının yanında küresel ısınma, sera gazı yayılımı, sınırlı arazi kullanımı, erozyon, doğal kaynakların tüketilmesi gibi faktörler yaşam döngüsünü tehdit etmektedir (Delgado vd., 2011; Lal, 2012). Özellikle temiz su kaynaklarını tehlike altına atmaktadır. Zira su kaynaklarının sınırsız olmaması canlılar için büyük bir tehlike oluşturabilir (Gleick, 1998). Böylesi tehlike durumlarında su yönetiminin etkin yapılması önem kazanır (Pedro-Monzonís vd., 2015).

İnsanlar için suyun kaynağından alınarak kullanıcılara ulaştırılması çok önemli olup son yıllarda temiz su, suyun tasarrufu, altyapı çalışmaları, maliyetlerin abonelere minimum düzeyde yansıtılması gibi konularda yapılan çalışmaların hızlandığı görülmektedir (Bozkurt ve Arslan, 2017).

İçme suyu tesisleri altyapısı kendi içinde farklı parçalardan oluşan bütüncül bir altyapı bilgi sistemi ile ele alınmalıdır (Kang ve Lansey, 2013). Günümüzde çoğu mevcut içme suyu hatlarının metraj bilgileri, konum ve sözel bilgileri kesin olarak bilinmemektedir. Hızlı kentleşmenin getirdiği yoğun altyapı yatırımları esnasında veya sonrasında toprağın altında kalan sistemlere ilişkin bilgilerin düzenli bir şekilde kayıt altına alınmamış olması bu durumun temel sebeplerindedir. Altyapı haritalarının ya da krokilerinin bulunmaması veya olup da kullanılmaması sonucu bu altyapı sistemlerine ilişkin bilgiler sadece belirli kişilerde sözel ve gelişigüzel olarak bulunabilmektedir. Ancak söz konusu kişilerin belli sebeplerle görev yaptıkları su iletiminden sorumlu kurumdan ayrılması, emekli olması, istifa etmesi, vefat etmesi gibi durumlarda su sistemlerinin yönetimi olumsuz etkilenebilmektedir. Genellikle ortaya çıkan bir arıza, kesinti, koku ya da yaşanabilecek bir sel felaketi ile varlığı akla gelen bu sistemler, bir coğrafi altyapı bilgi sistemi şeklinde ele alınmalıdır (Alıcı ve Özaslan, 2016).

Altyapı yönetiminde hatların ve diğer şebeke elemanlarının bilgilerinin yetersizliği sahada yapılan uygulamalarda birçok problem doğurmaktadır. Özellikle altyapı hat ve elemanlarının konum bilgilerinin olmaması, arıza durumlarında plansız ve yüzeysel yöntemlerle sorunun çözülmeye çalışılması ve kriz anı süreçlerinin iyi yönetilememesi meydana gelebilecek önemli problemlerdendir (Bayraktar, 2019).

İçme suyu altyapısının yönetim metotlarından birisi coğrafi bilgi sistemlerinin bir alt kolu olan altyapı bilgi sistemleridir (Cardoso, 2012). Mevcut içme suyu potansiyelini yönetmek, kayıp-kaçak oranını düşürebilmek, parasal ve zamansal olarak kar etmek bu bilgi sistemleri ile sağlanabilir (Ahopelto ve Vahala, 2020). İçme suyu altyapısı ve bu altyapıya ait arızalar coğrafi bilgi sistemi içinde konumsal ve sözel sorgulamalara imkân verecek şekilde akıllandırılabilir (Zhao, 2020). Bu veriler bir coğrafi veri tabanına aktarılarak depolanabilir, sorgulanabilir, yayınlanabilir ve analiz

edilebilir (Clarke vd., 1996). Altyapı ile ilgilenen kurumların çalışan ve yönetici gibi kişilerden bağımsız; istenilen zamanda dinamik bir şekilde veri alışverişi, sorgu, analiz, planlama, arşivleme yapabileceği bir bilgi sistemine ihtiyaçları vardır (İşitmezoğlu ve Ataman, 2007). Bilindiği üzere, içme suyu şebekesinde herhangi bir arıza durumunda, ilgili birim arızayı en erken şekilde tespit edip sorunu gidermek ister. Fakat arıza durumu bitip suyun tekrardan abonelere ulaştığı andan itibaren arazi konumu ve arazi türü, hafızalardan silinebilmektedir. Altyapı bilgi sistemi ile arızaların konumsal ve sözel bilgisinin yer aldığı kayıtlar ve bu kayıtlar ile oluşan arıza yoğunluk durumunun takibi de mümkündür (Altaş, 2022).

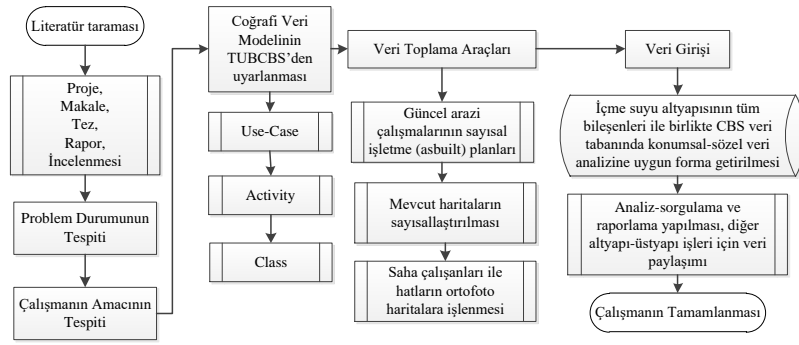
Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE, Türkçesi: Avrupa Konumsal Veri Altyapısı), Avrupa Parlamentosuna üye ülkeler nezdinde Avrupa içerisinde çevre ile ilgili konumsal verilerin paylaşılması ve ortak bir konumsal veri altyapı sistemi oluşturma amacıyla başlatılan bir coğrafi bilgi sistemi platformudur. INSPIRE, Avrupa'daki konumsal verilerin üretilmesi ve paylaşılması amacıyla standartların belirlenerek Avrupa'da konumsal veri altyapısının oluşturulmasını hedefler. INSPIRE, AB için konumsal veriyi belirlenen standartlarda üretmek, geliştirmek ve kullanıcılara sunmak amacıyla gerekli standartları belirlemek, sanayi, turizm, tarım ve ulaşım gibi hizmetlerin geliştirilmesini amaçlamıştır (URL-1, 2024).

1999 yılında başlayan e-Avrupa ve devamında geliştirilen e-Avrupa plus projesine katılan Türkiye, e-Türkiye dönüşüm sürecini başlatmıştır. Muadil ülkelere göre büyük bir gelişim göstererek e-dönüşüm ve e-Devlet konusunda örnek ülkelerden biri olmuştur. Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) çalışmaları e-Türkiye'ye entegre edilmiştir. TUCBS; Land Administration Domain Model (LADM, Türkçesi ve kısaltması: Arazi İdaresi Temel Modeli: AİTM) ve INSPIRE'a uygun bir şekilde Unified Modelling Language (UML Türkçesi ve kısaltması: Birleşik Modelleme Dili: BMD) kullanılarak geliştirilmiştir (Çoruhlu ve Çelik, 2022). TUCBS kapsamında 32 adet coğrafi tema bulunmaktadır. İnsanlar için vazgeçilmez bir unsur olan su, 32 adet temadan birisi olan Altyapı teması altında ele alınmaktadır (URL-2, 2024). Birçok kurum TUCBS çalışmalarını takip etmekte ve TUCBS projesinin yürüten Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü ile koordineli olarak çalışmaktadır. Su konusunda da Büyükşehir Belediyelerindeki Su ve Kanalizasyon İdareleri ile İl Özel İdareleri çalışmalara katılmaktadır.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmada aşağıdaki şekilde sunulan işlem adımları metodolojik olarak takip edilmiştir. Bu çalışma içme suyu altyapı sistemlerine odaklandığından, öncelikli olarak detaylı bir literatür araştırması ile mevcut durum analizinin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Literatür verisi olarak başta bir önceki dönem olan 10.Kalkınma Planı ve güncel 11.Kalkınma Planı, Avrupa Birliği-Su

Direktifleri ve ulusal mevzuatlar, proje ve makale gibi bilimsel kaynaklardan yararlanılmıştır. Arazi ve büro çalışmalarından yakinen bilinen problem durumu, literatür çalışmalarından elde edilen çıkarsamalarla da desteklenerek çalışmanın problemi tanımlanmıştır. Problem tanımında ifade edilen sorunları bertaraf edecek bir şekilde çalışmanın amacı belirlenmiştir. Çalışmanın amacına hizmet edecek olan alt hedefler ise sırasıyla şu şekilde açıklanabilir. Öncelikli olarak coğrafi veri modelinin TUCBS'den uyarlanması, ardından UML diyagramları ile içme suyu bilgi sistemi için olası tüm senaryoların görselleştirilmesi sağlanmıştır. Çalışmada ortaya konulacak veri modeli alan taraması ve büro çalışmaları ile taslak şekilde oluşturulmuş ardından veri setlerine karar verilmiştir. Özel durum çalışması niteliğinde seçilen bölgelerde arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Modelde olması gereken veriler, farklı veri toplama araçlarıyla farklı kaynaklardan temin edilmiştir. Veri toplama araçları olarak 3 farklı yöntemle veriler sağlanmıştır. Daha önce oluşturulmuş mevcut klasik haritaların sayısallaştırılması, içme suyu tesisi imalat ve inşası devam eden hatlarda güncel arazi çalışmalarının yapılarak sayısal işletme (as-built) planlarının temini, işletme planı olmayan daha eski zamanlarda inşa edilmiş hatlar için saha çalışanları ile hatların ortofoto haritalara işlenmesi ..sağlanmıştır. Toplanan tüm veriler veri tabanına aktarılmıştır. Tüm süreç sonunda, içme suyu altyapısının tüm bileşenleri ile birlikte CBS veri tabanında konumsal-sözel veri analizine uygun formda analiz-sorgulama ve raporlama yapılabilmekte, diğer altyapı-üstyapı işleri için veri paylaşımı sağlanabilmektedir. Çalışmada Şekil 1'de sunulan işlem adımları metodolojik olarak takip edilmiştir.



Şekil 1. Metodoloji ve çalışma planı

Altyapı, ihmal edilmeyecek kadar önemli bir disiplindir ve üzerinde özenle durulması gereken önemli bir konudur (Lemanski ve Massey, 2022). Altyapının ihmal edilmesi sadece maddi kayıplar değil can kayıplarına da neden olabilmektedir (Karley, 2009). Tüm kayıpların minimuma indirilebilmesi için altyapı bilgi sistemlerinin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Altyapı Bilgi Sistemleri CBS'nin alt uygulamalarından biri olup; doğalgaz, içme suyu, atık su, yağmursuyu, telekomünikasyon, elektrik vb. altyapı bilgileri ile bunlara ait üstyapı tesisleri arasındaki ilişkileri irdeleyen konumsal bilgi sistemidir (Aquino Ficarelli ve Ribeiro, 2021).

UML, bir programlama dili olmamakla birlikte yazılım geliştirme için kullanılan standart bir diyagram çizme ve ilişiksel modelleme dilidir. Yazılım sistemlerinin nasıl modellenebileceğini

belirleyen ve bunları açıklayan yöntemlerin bir araya gelmesiyle oluşur (Agardi, A., 2022). UML ile bir bilgi sistemi kurulmadan önce gerçekleştirilen tasarım sayesinde; beklenmedik mantıksal hatalar minimize edilebilir, tasarlanan modelin kodlama işlemi kolaylaşır, program geliştirme maliyeti düşer, bellek kullanımı daha etkin hale gelir, zaman tasarrufu sağlanır, disiplinler arası çalışmalarda iletişim daha etkili ve basit hale gelebilir (Eynard vd., 2004). INSPIRE ve AİTM de UML ile hazırlanmıştır. Bu anlamda arazi yönetimi alanında çalışan araştırmacılar UML dilini son zamanlarda sıkça kullanmaktadırlar. Türkiye’de UML görselleştirmeleri kullanılarak LADM’ye uygun şekilde çok farklı çalışma yürütülmüştür. Bunlar; kadastro ve tapu sicili uygulamaları (Polat ve Alkan 2018), alım-satım işlerinin nesne tabanlı veri modeli (Çoruhlu and Toludan, 2020), taşınmaz vergilendirme sistemi için nesne yönelimli cityGML tabanlı model (Çağdaş, 2013), arazi toplulaştırma için taşınmaz değerlendirme yaklaşımı (Tezcan et al., 2020), mezarlık alanı yer seçimi için coğrafi veri tabanı tasarımı (Çoruhlu et al., 2021), Türkiye için taşınmaz değerlendirme veri modeli tasarımı (Kara vd., 2021), korunan alanların coğrafi veri modeli geliştirilmesi (Çoruhlu ve Celik, 2022), arazi toplulaştırması için taşınmaz değerlemenin yasal ve sosyal yönleri (Ertunç vd., 2022), LADM tabanlı dünya ölçeğinde yürütülen diğer çalışmalar (Polat vd., 2022) olmak üzere çok sayıda çalışma yapılmıştır.

## 2.1 INSPIRE Bileşenleri

INSPIRE bileşenleri Kamu sektörü kuruluşları arasında çevresel coğrafi veri paylaşımına imkân vererek, kamunun coğrafi verilere Avrupa genelindeki erişimini kolaylaştırmakta ve sınır ötesi politika oluşturma çalışmalarına destek sağlamaktadır. INSPIRE’nin su ile alakalı teması olan Hidrografya teması göl, akarsu, havzalar ile bunlar ile alakalı tüm coğrafi nesnelere kapsar (URL-1, 2024). Uygulama alanları; Su temin edilmesi, Su taşımacılığı, Su kaynaklarının izlenmesi, Rekreatyon sahalarının yönetimi, Arazi kullanımı planlaması ve yönetimi, Biyoçeşitliliğin araştırılması, Tatlısu balıkçılığı, Atıksu arıtma, Kirliliğin izlenmesi, Tehlikeli atık depolama sahası tespiti, olarak sıralanabilir.

## 2.2. AİTM: ISO 19152 Çalışmaları

AİTM, ISO 19152 olarak belirlenmiş uluslararası bir standarttır (Lemmen vd., 2013) ve arazi idaresi gibi konularda veri modellemenin önemini anlaşılmasına büyük katkı sağlanmıştır (Lemmen vd., 2015). AİTM, arazi idaresi için uygulama yazılımı geliştirmeyi destekleyebilir. Olması gerektiğinden yüksek olan veri fazlalıklarını ve mükerrerliği minimize etmeye yardımcı olabilir. Çeşitli ulusal ve uluslararası sistemlere dayanan ve uygulamada faydalı olması için mümkün olduğu kadar basit olan AİTM, arazi yönetimi için terminoloji sağlamaktadır (Kalogianni vd., 2021).

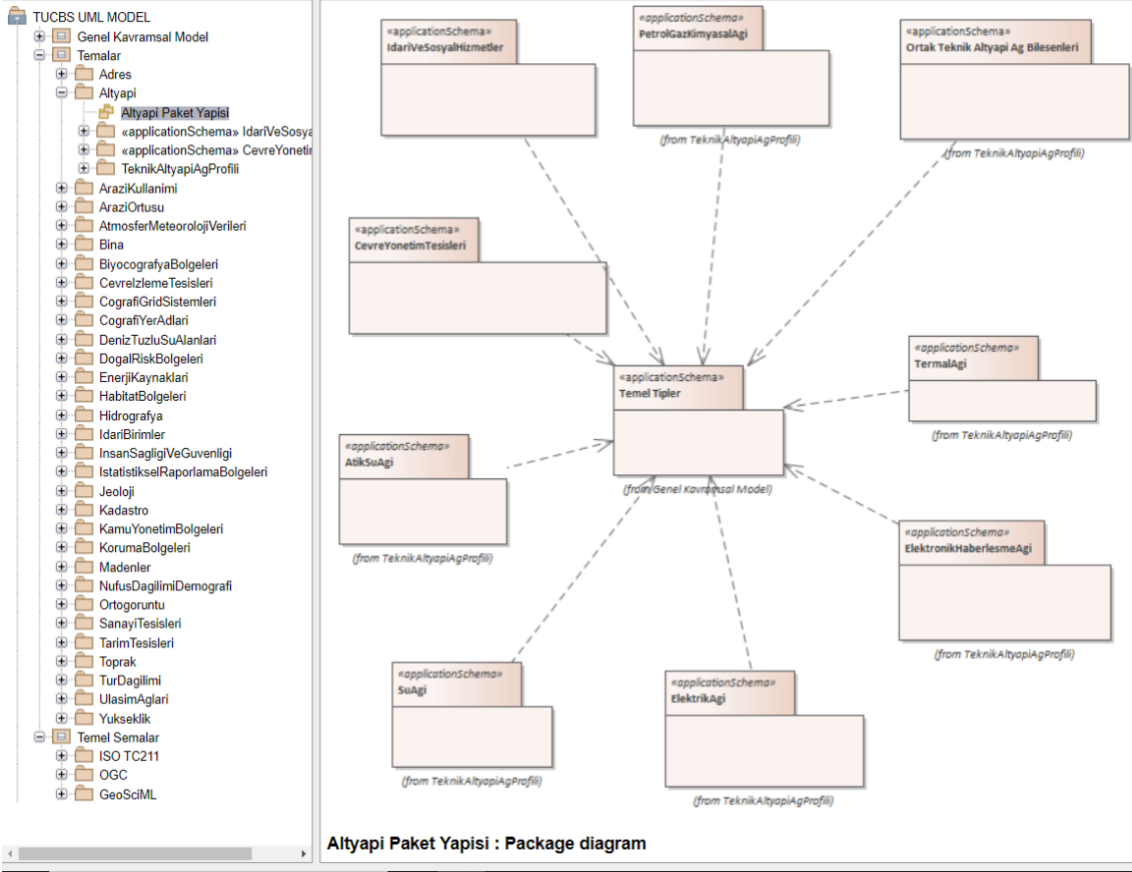
INSPIRE Direktifi, AB çevre politikaları veya çevre üzerinde etkisi olabilecek faaliyetler amacıyla bir Avrupa Birliği mekânsal veri altyapısı oluşturmayı amaçlamaktadır. 15 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe giren Direktif, günümüzde geçerlidir (URL-1, 2024). Türkiye AB müzakere sürecinde olduğundan, Türkiye için tasarlanan e-devlet uygulamalarındaki konumsal ve öznitelik verileri hem uluslararası LADM standartlarına ve hem de INSPIRE direktiflerine uygun olmalıdır (Çoruhlu vd., 2015).

### **2.3. Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi**

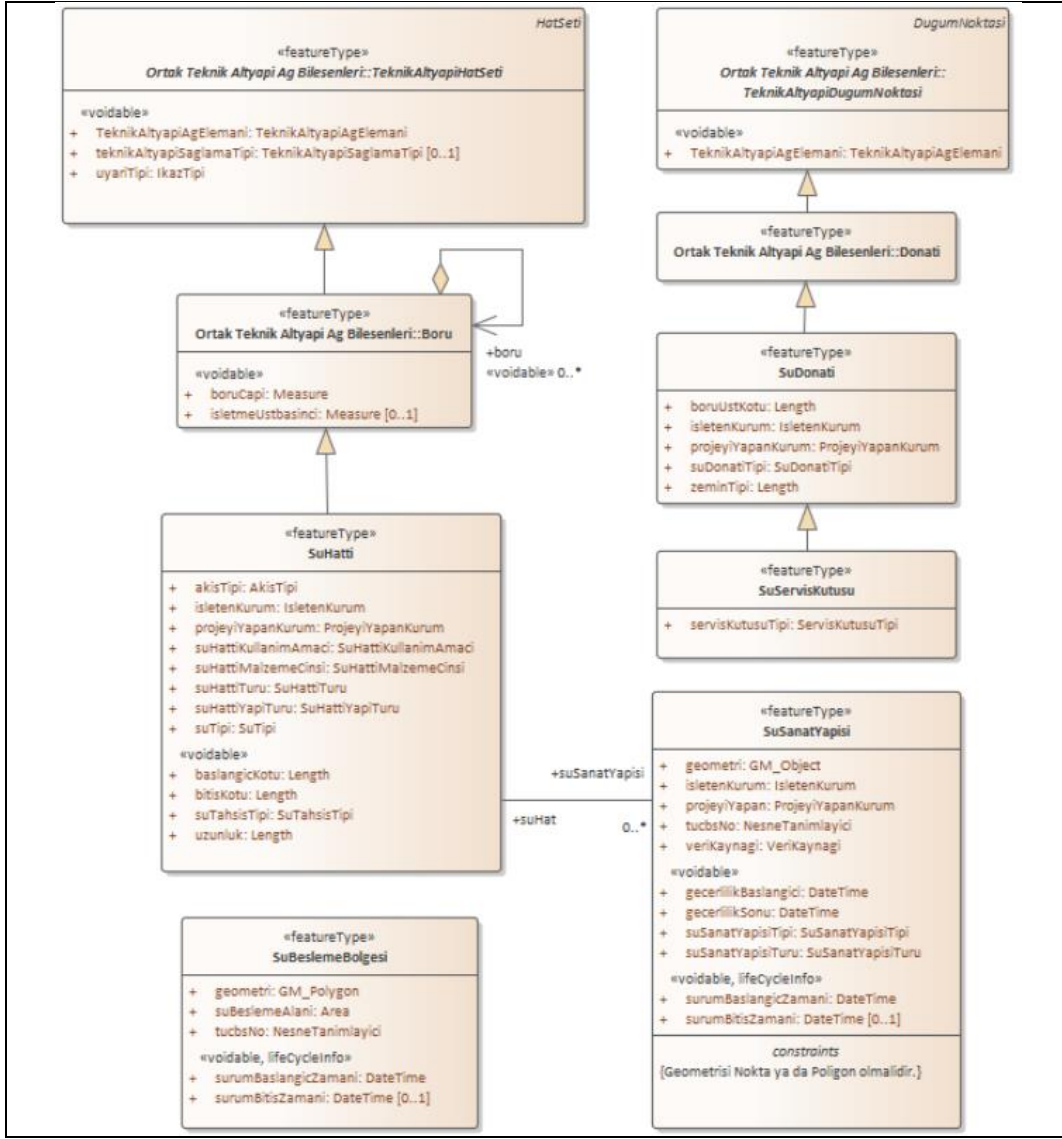
TUCBS, Ulusal düzeyde teknolojik gelişmelere ve INSPIRE Direktifine uygun CBS altyapısı kurulmasını, kullanıcılara bir web portalı oluşturulmasını, coğrafi verilerin tüm kullanıcı kurumların ihtiyaçlarını karşılayabilecek içerik standartlarının oluşturulmasını ve coğrafi veri değişim standartlarının belirlenmesini amaçlayan bir e-devlet projesidir (URL-3, 2024).

TUCBS altyapı teması; atık su, atık yönetimi, su ve elektrik tesisleri vb. kamu hizmetleri olan teknik altyapı ile sivil savunma, eğitim, sağlık, yönetim vb. idari ve sosyal kamu hizmetleri olan sosyal altyapıyı içermektedir. Ülke ölçeğinden kent ölçeğine kadar detayları olan bir çalışmayı içermekte olan TUCBS altyapı temasının paket yapısı Şekil 2’de sunulmuştur. Kapsamı detaylı ve geniş olan altyapı temasının içindeki teknik altyapı bölümü; su, atık su, elektrik, petrol/gaz/kimya, termal ve elektronik haberleşme olmak üzere 6 başlık halinde ele alınmıştır. Yapılan bu çalışmada detaylıca ele alınan su ağı da bu paketler arasındadır.

## TUCBS UML MODEL



Şekil 2. TUCBS altyapi temasının paket diyagramı (URL-4, 2024)



Şekil 3. Su ağı tasarımı gösteren sınıf diyagramı (URL-4, 2024)

## 2.4. Su Yönetimi

Su, yaşam döngüsünün vazgeçilmez ve en temel öğelerinden birisidir. Yeryüzünün yaklaşık %75'inin sularla kaplı olmasına rağmen, içilebilir nitelikteki su oranı ancak %0,74 civarındadır. İçme suyu, canlılar tarafından tüketilmesi güvenli olan ve kullanıldığında sağlık sorunlarına sebep olmayacak sulardır. Su canlılar için bu kadar önemli bir kaynak olmasına karşın tükenme tehlikesiyle karşı karşıyadır. Çeşitli sebeplerle suyun tükenen bir kaynak haline gelmesi, suyun yönetimini oldukça önemli kılmaktadır (Günhan, 2014).

Dünyada suyun eşit ve adaletli olarak paylaşılması ve kullanılması ile su güvenliğinin sağlanması amacıyla global, bölgesel ve ulusal ölçekte etkin olan birçok kurum ve kuruluş bulunmaktadır. Su yönetimi konusunda Birleşmiş Milletler (BM) birçok programı ve kurumu ile



beraber etkin rol üstlenmiştir. Bu kurumların en önemlilerinden birisi Birleşmiş Milletler-Su Kurumu'dur. Kurumun, su kaynaklarının entegre yönetimi ile içme suyunun temiz bir şekilde sağlanması, su kalitesi, suyun fiyatlandırılması, iklim değişikliği gibi hedefleri bulunmaktadır (URL-5, 2024)

Su meseleleri konusunda küresel toplumda artan endişeye bir yanıt olarak önde gelen su uzmanları ve uluslararası kuruluşların girişimiyle 1996 yılında Fransa'nın Marsilya şehrinde kurulan Dünya Su Konseyi, çok paydaşlı uluslararası bir platformdur. (URL-6, 2024)

Dünyanın en geniş ve en köklü ağlarından birisi olan IUCN (Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği); su kaynaklarının korunmasını amaçlayarak; BM'yi, hükümetleri, akademiye, özel sektörü sivil toplumu bir araya getirerek çözümler üretmek için çalışır. Suyun sürdürülebilir kullanılması, adil ve eşit olarak paylaşılması ve ekosistemlerin korunması hedefleri için de çalışır (URL-5, 2024).

AB suyun maddi kazanç odaklı bir ürün olarak değil korunması gereken bir miras olarak kabul etmektedir. AB mevzuatlarında suyun yönetimi ile ilgili önemli direktiflerden birisi Su Çerçeve Direktifi'dir (Güneş, 2010).

Türk Ulusal Mevzuatı:

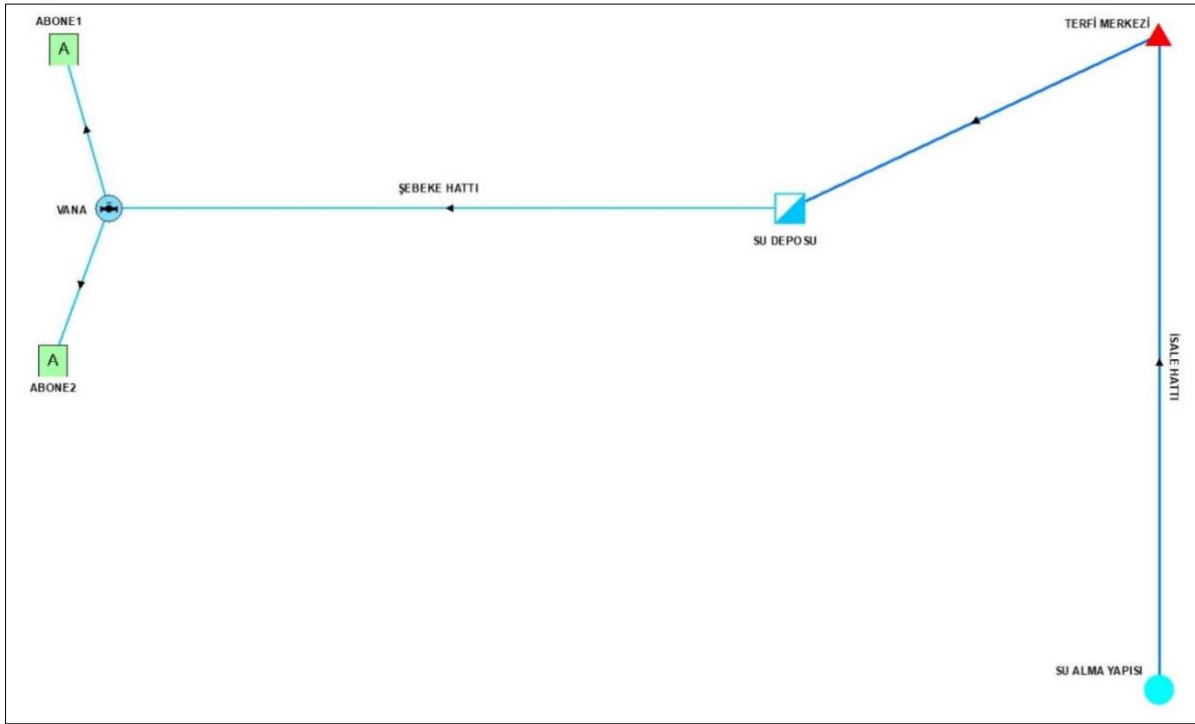
- 28/4/1926 Tarihli ve 831 Sayılı Sular Hakkında Kanun:
- 3/7/1968 Tarihli ve 1053 Sayılı Belediye Teşkilâtı Olan Yerleşim Yerlerine İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Hakkında Kanun
- 20/11/1981 Tarihli ve 2560 Sayılı İSKİ Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun
- 10/7/2004 Tarihli ve 5216 Sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu
- 13/7/2005 Tarihli ve 5393 Sayılı Belediye Kanunu

Dünyada birçok devlette ve Türkiye'de suyun idari yönetimini gerçekleştirmek için sorumlu kurumlar vardır. Ülkemizde suyun yönetimini rolünü üstlenen önemli kurumlar olup bu kurumların önemli görevleri vardır. Bunlardan birisi Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ)'dir. (URL-7, 2024). Bir diğer önemli kurum Su Yönetimi Genel Müdürlüğü olup, temel görevlerinden bazıları: su kaynaklarının korunmasına ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına dair politikalar oluşturmak, havza bazında üst planlamaları yaparak bütünleşik havza yönetimini sağlamak, ulusal ve uluslararası su yönetimini koordine etmektir. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün görev ve yetkilerinden birisi ise Ulusal su veri tabanı oluşturmaktır (URL-8, 2024). DSİ ve Su Yönetimi Genel Müdürlüğü dışında ülkemizde su ile ilgili hizmet veren bir başka kurum, belediyelerdir. Belediyelerin su ile ilgili görevleri şu şekilde sıralanabilir; su dağıtımını yapmak, kanalizasyon hizmetlerini yerine getirmek,

arıtma tesisi yapmak ve işletmek, su deşarjlarının yapmak ve denetlemektir. Büyükşehir belediyelerinin olmadığı yerlerde il özel idareleri bulunmaktadır. İl özel idareleri, belediye sınırları dışındaki yerleşim yerlerine su ve kanalizasyon hizmetleri sağlar.

Dünyadaki hemen hemen bütün ülkeler, kendi topraklarında su sorunu olsun olmasın yeni su kaynakları arayışı içindedir. Her ülkenin su konusunda zengin olduğu yanlılgılı bir düşüncedir. Su kaynakları planlı, sağlıklı ve sürdürülebilir olarak kullanılmalıdır. Su kaynakları genellikle şehir merkezlerine uzak yerlerde bulunmaktadır.

İçme suyunun temin edilmesinde ve iletiminde belirli sistem elemanları yer almaktadır. Bunlar; su alma yapıları, isale hatları, şebeke hatları, abone bağlantıları, terfi istasyonları, tahliye tesisleri, sistem vanaları, maslak, su depoları olarak sıralanabilir. Şekil 4 içme suyu sisteminin kavramsal gösterimi için hazırlanmıştır.



Şekil 4. İçme suyu iletim sisteminin kavramsal gösterimi

- Su Alma Yapıları veya Su Alma Tesisleri: Bir bölgenin su ihtiyacının karşılanması için kullanılan tesislerdir.
- İsale hattı: Suyun kaynağından depoya ya da şebeke ağına ulaştırılmasını sağlayan boru hattıdır.
- Maslak: Su hat güzergâhları üzerinde bulunan, içinde toplanan suyun çeşitli borularla farklı yönere dağıtılabildiği küçük yapılardır.

- Terfi (Pompa) Merkezleri: Suyun; kaynağından elde edildiği noktadan, kullanıcı bağlantısı yapılacak nihai noktaya cazibeli bir şekilde iletilememesi durumunda, iletilecek suya enerji kazandırmak amacıyla kullanılan elemanlardır.
- Depolar: Suyun iletiminde sürekliliğin sağlanması amacıyla toplandığı ve stoklandığı yapılardır.
- Şebeke hatları: İhtiyaç duyulan bölgedeki abonelere suyun ulaştırılmasını sağlayan, farklı çaplardaki borulardan oluşan bir ağ sistemidir.
- Vana: İçme suyu altyapı sistemindeki suyu yönlendirebilmek, su miktarını kontrol altında tutabilmek, bakım ve onarım işlemleri sırasında suyun bölgesel olarak kesilmesini sağlayarak sistem bütünlüğünü korumak için kullanılan elemanlardır.

## 2.5. İçme Suyu Arızaları

Her altyapı sisteminde olduğu gibi içme suyu kullanıcılarına servis edilirken bazı aksaklıklar meydana gelebilir. Kullanılan malzemenin ekonomik ömrünü tamamlayarak eskimesi veya çevresel şartlardan dolayı arızalanarak onarım ve yenilenme ihtiyacı ortaya çıkabilir. Su ağına kurulacak çeşitli sensörler ile su akışı takip edilebilir, su arızalarının tespitinde bu sensörlerden de faydalanılabilir. İçme suyu altyapısının işletilirken ki önemli aksaklıklarından birisi su borularının patlaması ve su kesintisinin yaşanmasıdır. Arızalanan borular ilgili kurum personeli tarafından tamir edilir (Ayadi vd., 2019). Arıza durumlarında su kaybı dışında yeniden onarım maliyeti, bölge halkının suyunun kesilmesi, kamu güveninin zedelenmesi ortaya çıkabilir. Bir arızanın toplam maliyeti, onarım süresi ile doğru orantılı olarak düşünülmelidir. Bu nedenle arızaların hızlı tespiti bir içme suyu altyapı yönetiminin önemli bir parçasıdır (Sadeghioon vd., 2018).

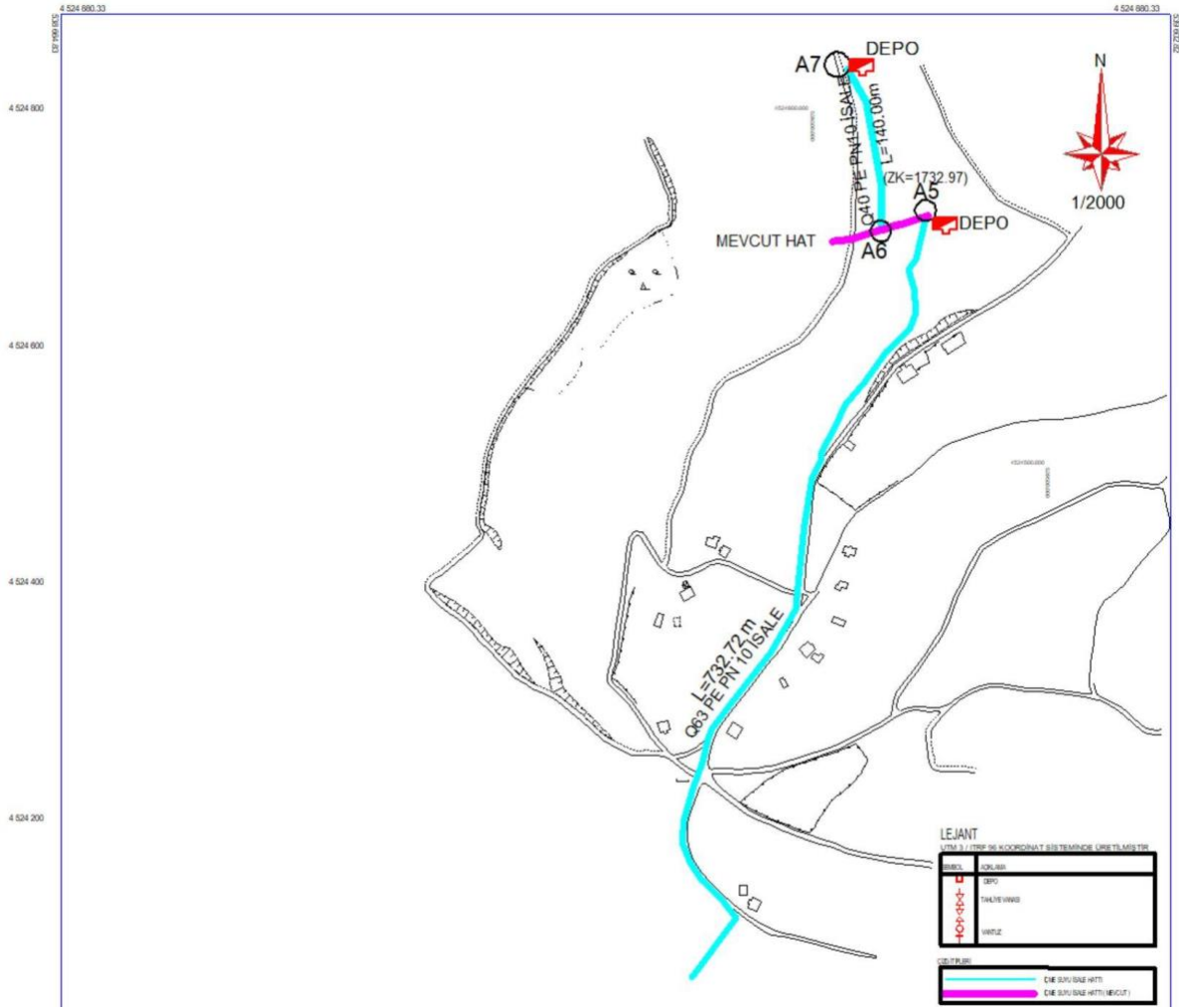
## 2.6. İçme Suyu Bilgi Sistemlerinde Veri Toplama Araçları

Klasik veri tabanlarında olduğu gibi CBS veri tabanını oluştururken de ilk aşamada gereksinim analizi gerçekleştirilmelidir. CBS veri tabanının oluşturulma amacına yönelik kullanılacak veri türlerinin ve uygulamaların karar verileceği başlangıç kısmı olarak da açıklanabilir. TİSKİ tarafından 2015-2019 dönemi için hazırlanan ve kurumsal web sayfasında sunulan Stratejik Plan'da kurumun kendini yetersiz olarak değerlendirdiği yönleri ve ihtiyaçlarından çalışma ile ilişkili olanlar; coğrafi bilgi sisteminin olmayışı, mevcut içme suyu isale hattı ve şebeke bilgilerinin sayısal ortamda olmaması, şeklinde özetlenebilir (TİSKİ, 2015). Benzer şekilde plan çalışmalarında hedeflenen dış paydaş kitlesi de CBS altyapısının oluşturulması beklentisini ifade etmişlerdir. Kurum zayıf yanı olarak; mevcut içme suyu isale hattı ve şebeke planlarının sayısal ortamda olmamasına, içme suyu ile ilgili altyapı döküm çalışmaları ve harita çalışmalarının yetersiz olmasına, CBS'nin olmayışına dikkat

çekilmiştir (TİSKİ, 2020). Bir coğrafi bilgi sisteminde kullanılan verileri elde etmek için birbirinden farklı veri toplama aracı kullanılabilir. Bu çalışmada kullanılan veriler ve veri toplama yöntemleri ise aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

### 2.6.1 Sayısal İşletme Planları (Asbuilt)

Sayısal işletme planları; tamamlanan her türlü altyapıya ait hat, tesis ve donatıların arazi ölçümleri; grafik verileri ve öznitelik bilgileri içeren planlardır. Sayısal işletme planı bir altyapı bilgi sistemi için en güvenilir veri kaynağıdır. Sayısal işletme planlarında, uygulama projesinde yapılan imalat veya imalat değişiklikleri gösterilir. Altyapı kurum ve kuruluşları, imalatların son halinin belirlenmesi ve saklanması amacıyla işletme planlarına gereksinim duyar, aksi halde altyapı tesisini yönetemez.



Şekil 5. Trabzon ili Akçaabat ilçesindeki su şebekesine ait sayısal işletme planı örneği

## 2.6.2 Mevcut Haritaların Sayısallaştırılması

Veri tabanı oluşturma için sayısal işletme planı bulunmayan imalatların kâğıt paftalarının elde edilmesi gerekir. Yapılan çalışmada mevcut işletme planı paftaları taratıldı ve sayısallaştırma ile tüm nesnelere ayrı katmanlara aktarılacak şekilde vektör veriye dönüştürüldü.



Şekil 6. Trabzon ili Akçaabat ilçesindeki içme suyu hattı kâğıt pafta örneği

### 2.6.3 Saha Çalışanları ile Hatların Ortofoto Haritalara İşlenmesi

Bu yöntem, altyapısına ait bir işletme planı veya paftası bulunmayan bir bölgede kullanılan yaygın bir yöntemdir. Çoğu altyapı kurumunda seneler önce imalatı yapılan hatların nerden geçtiğini bilen, önceki kurum çalışanlarından öğrenen kurum çalışanları ile belirlenmiştir. Herhangi bir haritası olmayan bazı içme suyu altyapı tesislerinin, bazı kurum çalışanlarının bilgisi ile haritalanabileceği anlaşılmıştır. Saha çalışmasında bu tip haritası olmayan alt yapı elemanlarından zeminde bulunanlar (vana, maslak, depo vb.) kurum çalışanlarınca tespit edilmiştir. Tespit edilen bu elemanlar 3D olarak ölçülmüştür, bu elemanların hatlar ile olan ilişkisi ise ortofoto haritalar yardımı ile çıkartılmıştır.

### 2.6.4 Arıza Verisi Toplama

İçme suyu altyapı yönetiminde arıza tespiti büyük önem taşımaktadır. Arıza durumunda ilk olarak arızanın tespit edilmesi ve mümkün olan en kısa sürede sonlandırılması hedeflenir. Böylece abonelere bir an önce temiz su sağlanabilir. Arıza noktalarının belirlenmesi ve bilgi sistemine aktarılması hedeflediğinden, kullanıcılar tarafından bildiri yapılan arıza durumları aynı zamanda veri toplama aracı olarak büyük fırsatlar sunabilir. Eş bir anlatımla yıllar önce imalatı yapılmış, ancak kesin koordinatları bilinmeyen ve bilgi sisteminde de yer almayan hatların ve hat elemanlarının belirlenmesi adına önemli imkânlar sunabilir. Saha çalışmasında arıza tespiti yapılan içme suyu elemanlarının konumu alınmış ve CBS veri tabanına aktarılmıştır. Altyapı elemanlarının öznitelik verileri olan ve konum bilgisi dışındaki, elemanın cins, çap vb. bilgileri de kaydedilmiştir. Arıza noktalarının hatların güzergâhı hakkında sağladığı katkı dışında arızaların düzenli takipleri bilgi sistemi sayesinde yapılabilmektedir. Dijital ortamda toplanan ve CBS üzerinden takip edilen arıza noktaları sayesinde içme suyu altyapısının yönetiminde kolaylıklar sağlanabilir. Sık arızalanan borular tespit edilip o bölgeye farklı bir yatırımın yapılması gerekliliği de saptanabilir. Şekil 7’de mobil cihaz ile konum alımı gösterilmiştir.



Şekil 7. Arıza sırasında mobil cihaz ile konum alımı

### 3. Çalışma Alanı

Çalışma genel olarak Trabzon Büyükşehir Belediyesi Trabzon İçme Suyu Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (TISKI) sorumluluk alanı içinde yürütülse de, pilot uygulama bölgesi Ortahisar İlçesindeki Pelitli Mahallesi olarak seçilmiştir. Trabzon genelinde 1800 km isale hattı ve 3500 km şebeke hattı olmak üzere yaklaşık toplam 5300 km su hattının sayısal verileri elde edilmiştir. Hatlar ile ilişkili olan yaklaşık olarak 2000 tane su deposuna ait konumsal veri temin edilmiştir. Çalışma alanı olarak belirlenen Trabzon'da yaklaşık 810bin kişi yaşamaktadır ve 400bini aşkın su aboneliği olduğu bilinmektedir. Altyapı verileri dışında çalışma bölgesine ait mahalle sınırı, yol (cadde/sokak) verisi ile abone-yapı verileri de temin edilmiştir. Ayrıca su elemanlarında meydana gelen arızalar ait arıza verileri de kullanılmıştır. Coğrafi veriler üç farklı veri toplama aracı ile ayrı ayrı edinilmiştir.



Şekil 8. Trabzon ili ve çalışma bölgesine ait yer buldur haritası

### 3.1. İçme Suyu Altyapısı için Nesne Yönelimli Coğrafi Veri Tabanının UML Diyagramlarıyla Oluşturulması

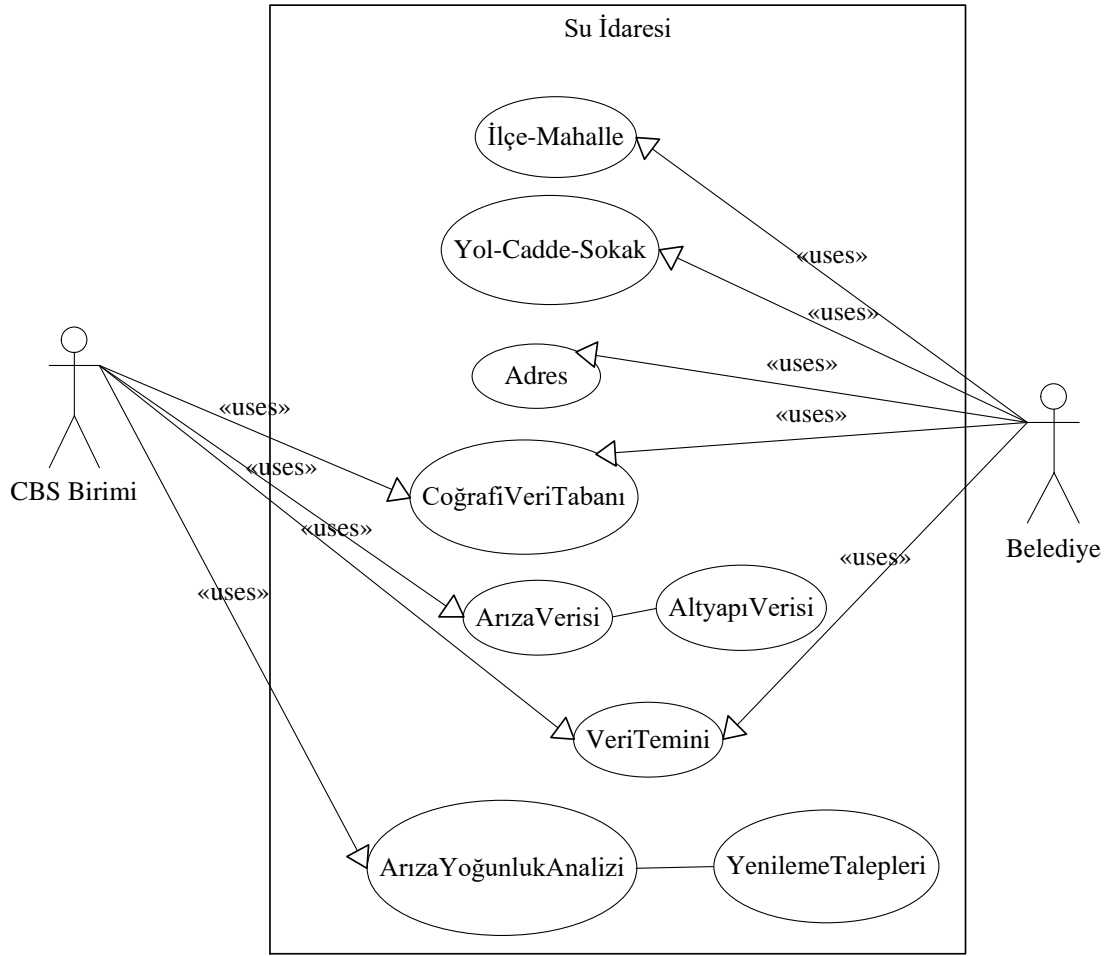
#### 3.1.1 UML Kullanım Senaryosu (Use-Case) Diyagramı

Use-case diyagramları, sistemin nasıl çalıştığını, neler yaptığını başka bir gözlemcinin bakış açısıyla anlatan diyagramlardır. Use-case ile sağlanan temel yararlar; sistemi belirleyen niteliklerin tespit edilmesi, yazılımı geliştirenlerin, yazılımın kullanıcı tarafı ile ilgili kısımlarının daha iyi tanımlanması, yazılımın test edilmesine yönelik örneklerin oluşturulması olarak sıralanabilir.

Yapılan çalışma için kullanım senaryosu oluşturulmuş olup Şekil 8’de sunulmuştur. Bu süreçlerdeki veriler ve ilgililer de modellenmiştir. Oluşturulan bu diyagramda Trabzon İçme Suyu Coğrafi Bilgi Sistemi (TISCBS) için ilçe-mahalle, yol-cadde-sokak, adres verileri yanında altyapı ve arıza verileri de bulunmaktadır. Bilgi sisteminin kurulması sonrası alınacak olan arıza konum bilgisi de sistemin içinde bir veri seti olarak yerini almıştır. Zamanla gelen arazi, şikayet ve bakım-onarım



çalışmalarındaki arıza durumları konumsal verileriyle birlikte bilgi sisteminde depolanabilir. Arıza yoğunluk analizi yapılarak gerekli bölgelerde içme suyu altyapısının yenilenmesi talep edilebilir.

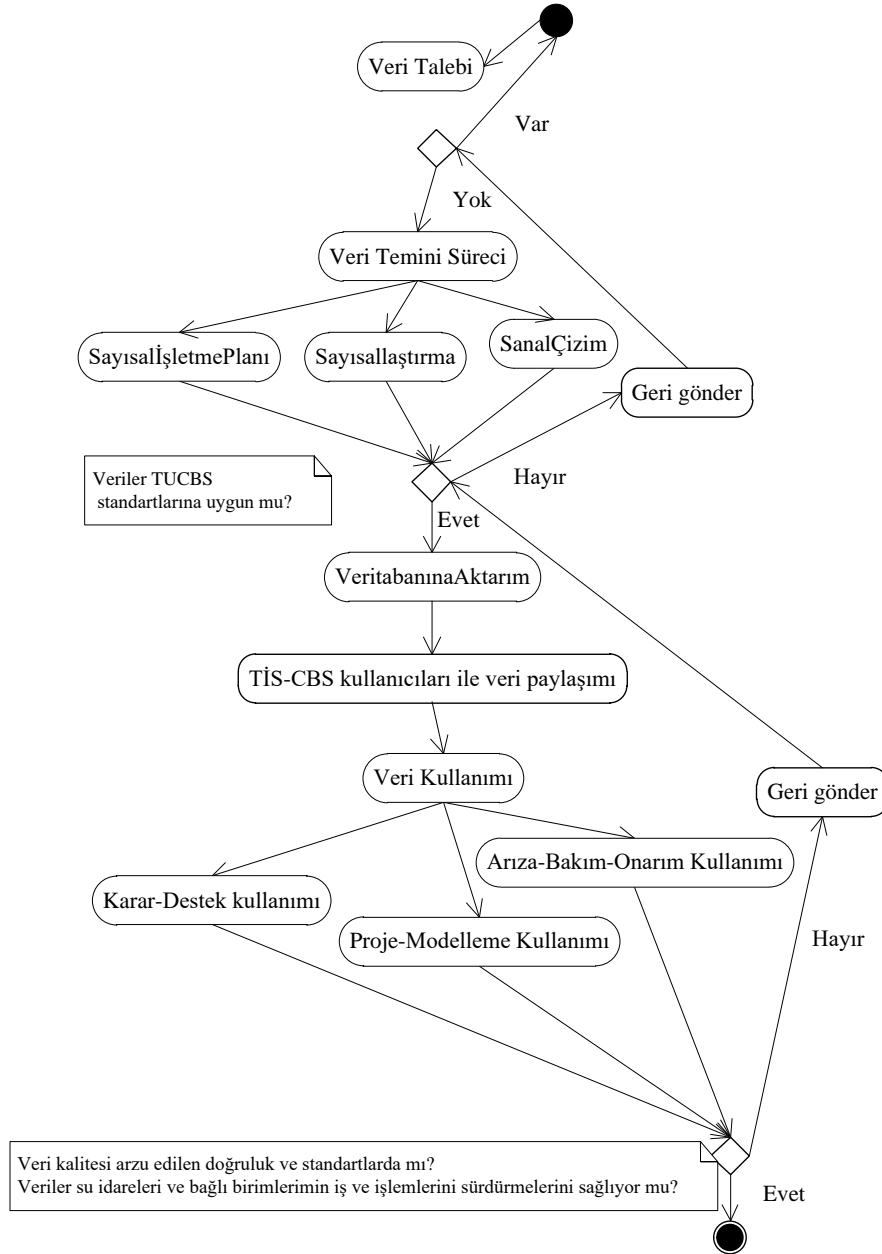


Şekil 9. UML use-case diyagramı ile içme suyu bilgi sisteminin görselleştirilmesi (Altaş, 2022)

Yapılan çalışmada kullanılan UML use-case diyagramı; iş süreçlerinin yönetilmesi aşamasında ihtiyaç duyulan tüm fonksiyonları, fonksiyonları gerçekleştirecek aktörleri, fonksiyonlar arasındaki ilişkileri göstermek amacıyla kullanılmıştır. Su idaresi Use Case diyagramı ile sistemin işlemleri ortaya konulmuştur. Böylece modellemenin ilk aşaması bu diyagram ile tamamlanmıştır. Belediye ve CBS birim aktörlerinin sistem içinde yapabileceği işlemlerin neler olduğu sade bir şekilde gösterilmiştir. Operasyonlar olarak adlandırılan işlemlerde CBS kurulumu ve işletilmesi Belediye ve CBS Birimi koordinasyonu ile sağlanmaktadır. Arıza verileri ve arıza yoğunluk analizi ise CBS Birimi tarafından işletilmektedir. Altyapı operasyonu arıza verisi operasyonuna, yenileme talepleri operasyonu ise arıza yoğunluk analizi operasyonuna bağımlıdır. Eş bir anlatımla önce bağımlı olunan operasyonlar yapılmalı ki diğer operasyonlar gerçekleştirilebilsin.

### 3.1.2 UML Etkinlik (Activity) Diyagramı

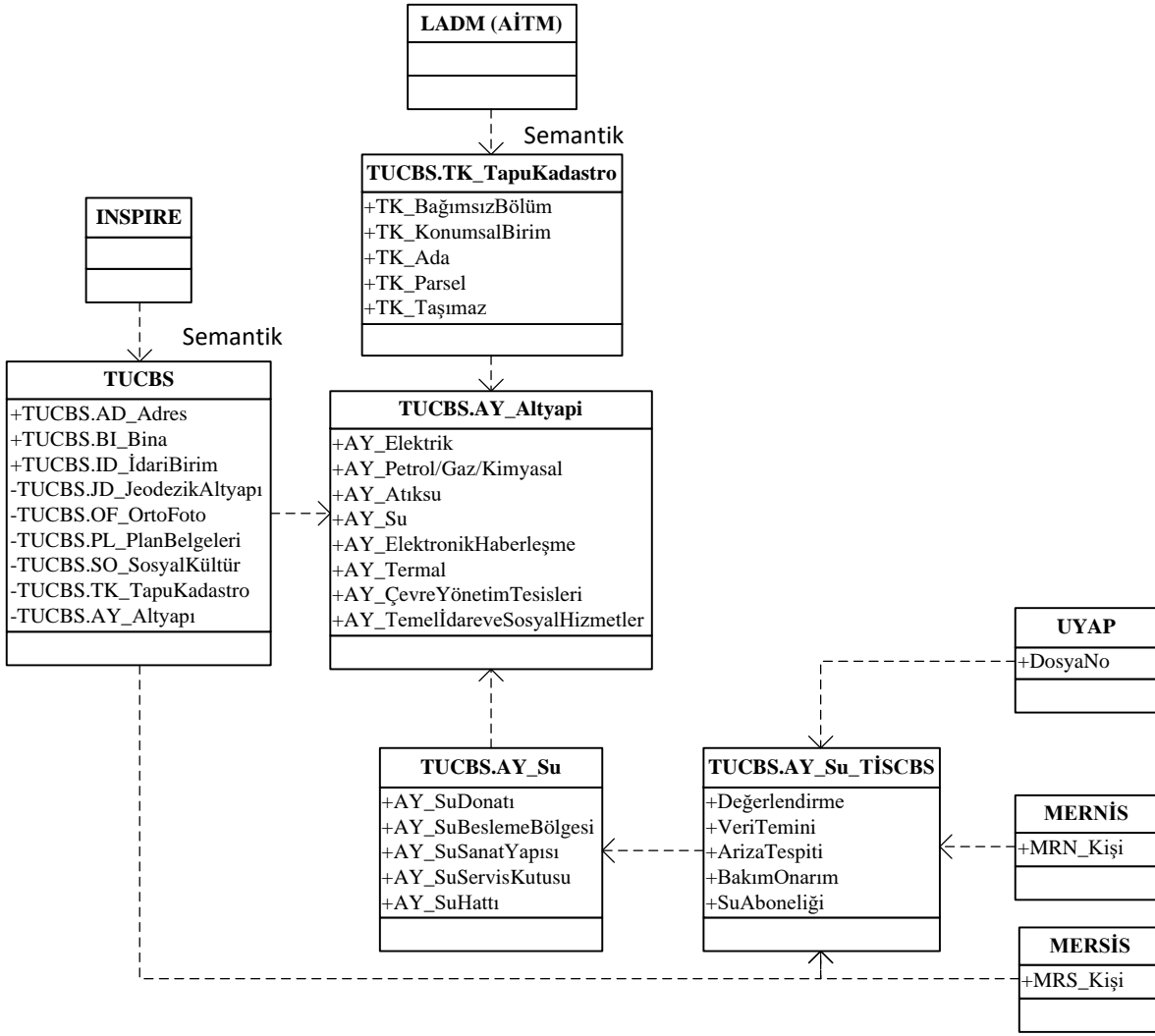
UML diyagram çeşitlerinden birisi olan etkinlik diyagramı, aktivitelerin süreçteki dizilişini anlatmak için kullanılmıştır (Egenhofer ve Frank, 1992). Bu çalışma için görselleştirilen UML aktivite diyagramı Şekil 9'da sunulmuştur. Bu diyagram üzerinden içme suyu altyapısı için bir CBS ele alındığında, veri talebi sonucu talep edilen veri var ise işlem kısa sürede sonuçlanmaktadır. Talep edilen veri yok ise birtakım işlem adımları ile karşılaşılır. Talep edilen verinin temini sürecine geçilir. Veriler sayısal işletme planı, sayısallaştırma veya sanal çizim metotlarıyla elde edilir. Verilerin belirlenen standartlara uygun olup olmadığı değerlendirilir. Eğer temin edilen veriler, standartlara uygun değilse geri gönderilir. Standartlara uygun olduğu belirlenen veriler, veri tabanına aktarılır. Daha sonra, kullanıcılar ile paylaşılır. Veri tabanındaki veriler üç temel amaçla; karar-destek, proje-modelleme ve arıza-bakım-onarım kullanılabilir.



Şekil 10. UML activity diyagramı ile içme suyu bilgi sisteminin görselleştirilmesi (Altaş, 2022)

### 3.1.3 UML Paket Diyagramı

Tasarımı yapılan TİSCBS modelinde hangi veri setlerinin olduğu ve bunların gösterimi önemli olup paket diyagramı kullanılarak Şekil 10’da verilmiştir. Veri setlerinin ISO ve INSPIRE standartları ile TUCBS veri temalarıyla bütünleşik bir yapıda geliştirilmesi önemli bir durumdur (Polat et al., 2017). Özellikle “TUCBS.AY\_Alt yapı” veri temasına dayalı olarak TİSCBS tasarlanmıştır. AİTM, INSPIRE ve ISO standartları ile TUCBS veri temalarıyla bütünleşik bir yapıda “TUCBS.AY\_Su\_TISCBS” Modeli veri setleri aşağıda verilmiştir.

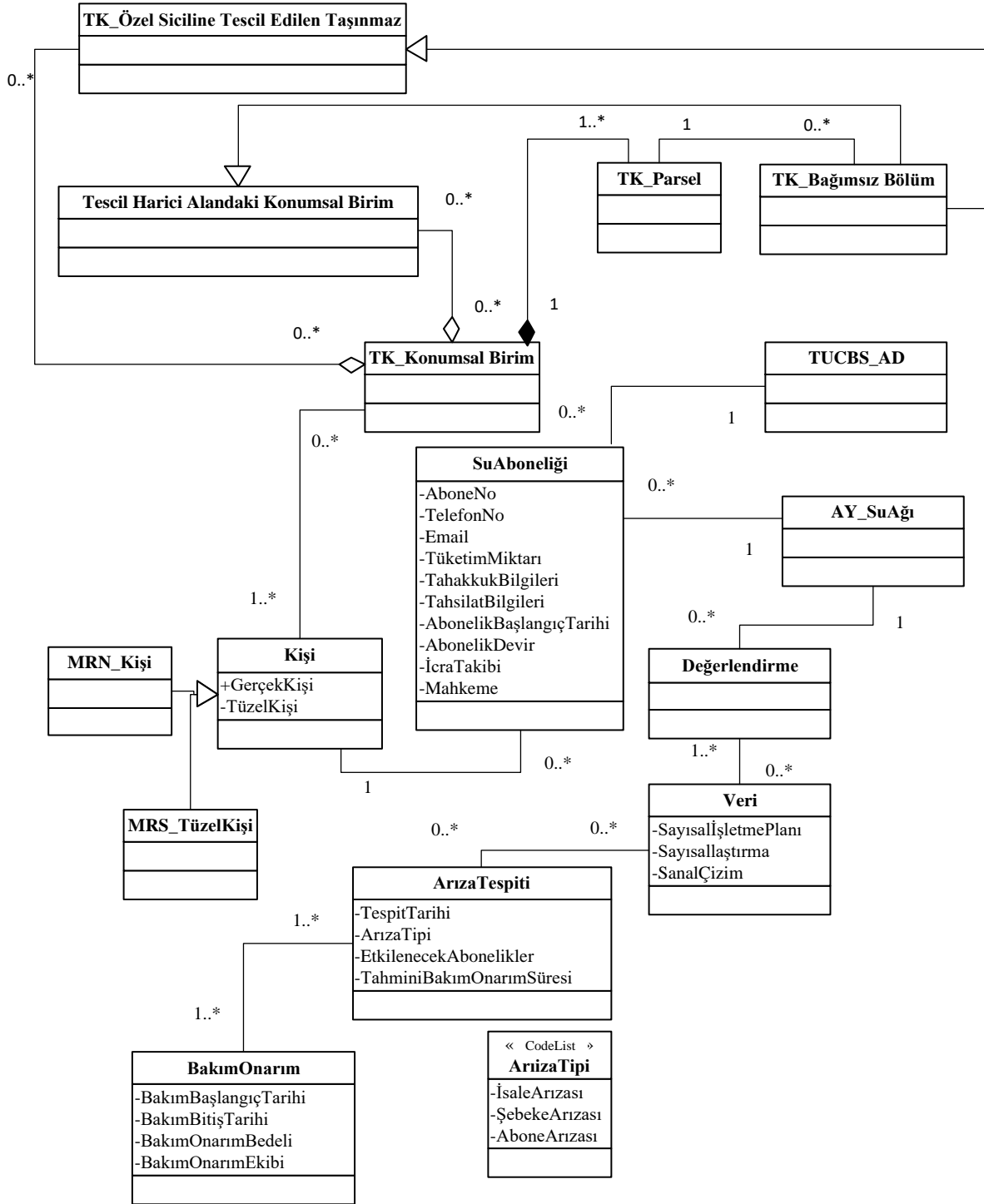


Şekil 11. "TUCBS.AY\_Su\_TISCBS" Modeli veri setleri

### 3.1.4 UML Sınıf (Class) Diyagramı

UML sınıf (class) diyagramını bir sistem içerisindeki nesne tiplerini ve nesnelere birbirleriyle olan ilişkilerini tanımlamak için kullanılmıştır. Sistemde tasarlanan sınıflarda; TK\_ ön eki TKGM tarafından üretilen verilerin tasarlanan sistemle olan ilişkisini, bir diğer ön ek olan AY\_ ön ekinin bulunduğu sınıf ise altyapı verilerine ilişkin bir sınıfı temsil etmektedir. TUCBS\_AD sınıfı, adres teması olup mülkiyete konu olan bir toprak parçası veya binanın coğrafi konumu ve işlevi açısından tanımlanmasıdır. MRN\_ ön eki Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü'nün MERNİS projesi ile MERSİS\_ öneki Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Merkezi kayıt Sistemi olan MERSİS'den elde edilen verileri gösteren sınıflardır (Çoruhlu et al., 2015). TUCBS.AY\_Su ise Altyapı teması altındaki su alt temasına ait sınıfı göstermektedir. Bu sınıflar dışındaki sınıflar ise; TISCBS tarafından üretilecek verilere ilişkin sınıflardır. Tüm bu sınıfların birbirleriyle olan ilişkileri, ilişki türünün

özelliği aşağıdaki diyagramda gösterilmiştir. Bu gösterimde çokluk ifadeleri (0..1, \*, 0 gibi) ile sınıfların birbiri ile olan ilişkilerindeki bulunma durumları Şekil 11’de gösterilmiştir.



Şekil 12. UML class diyagramı ile içme suyu bilgi sisteminin görselleştirilmesi

TUCBS Kadastro teması ve Adres teması içindeki sınıflar ve Altyapı teması altındaki sınıflar birlikte ele alınmıştır. Zira içme suyu bilgi sistemleri; adres, tapu ve kadastro verileri de dikkate alınarak bir coğrafi bilgi sistemi içinde yönetilmelidir. Arazi yönetiminin temel bileşeni olan arazi

nesnesi (land object) ile TUCBS Altyapı veri teması altındaki su ağı birlikte ele alınmıştır. SuAboneliği sınıfı sudan faydalanan kişilerin ilgili Kurum ile olan bağlantısını içeren sınıfı, Değerlendirme sınıfı veri talebini içeren sınıfı, VeriTemini sınıfı verinin sayısal işletme planı, sayısallaştırma, sanal çizim yöntemleriyle üretimini içeren sınıf olarak tanımlanmıştır. ArızaTespiti sınıfı meydana gelen su arızası ile ilgili bilgileri içeren sınıfı, BakımOnarım sınıfı ise içme suyu arızasının bakım-onarım sürecinde ortaya çıkan bilgi ve eylemleri içeren sınıfı tanımlar. ArızaTipi sınıfı, ortaya çıkan arızanın ne tür arıza olduğunu içeren sınıf olup kod listesi profili aracılığı ile tanımlanmıştır (İnan ve Yomralıoğlu, 2011).

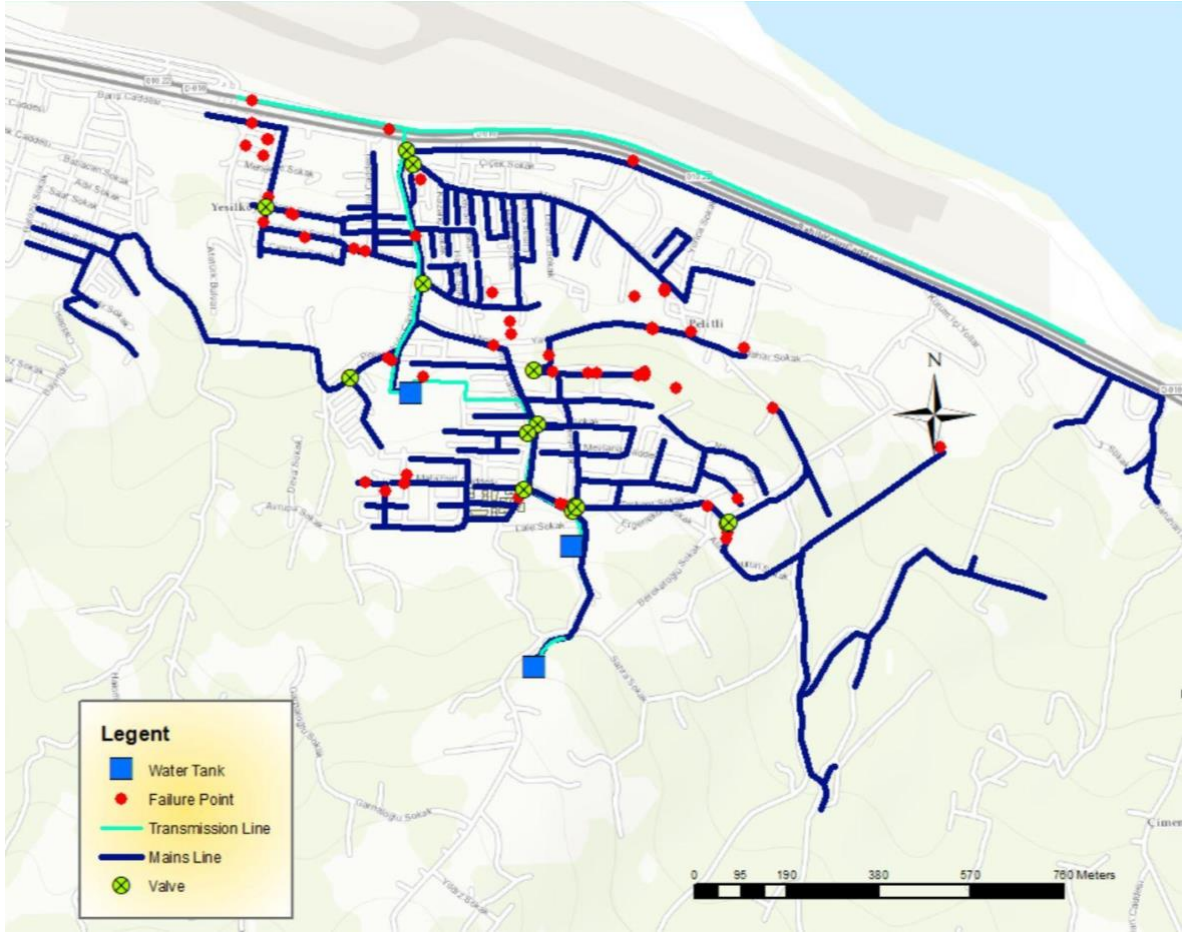
Sınıflar arasındaki ilişkilere örnekler verilebilir. Örneğin; Kişi ile Su Aboneliği sınıfları ve arasındaki ilişkinin sayılarla ifade edilmesi, çokluk (multiplicity) olarak anılır ve bir kişi varsa bir su aboneliği olmayabilir veya birden fazla su aboneliği de olabilir aynı zamanda bir su aboneliği varsa mutlaka bir kişi olmak zorundadır.

### 3.2 Altyapı Bilgi Sisteminin Oluşturulması

Bu çalışmada ele alınan problem durumunun çözümüne ilişkin TUCBS ile uyumlu olarak geliştirilen coğrafi bilgi sisteminin uygulaması Trabzon Büyükşehir Belediyesi genelinde yapılmıştır. Abone verilerinin analizi çalışmaları ise Trabzon Pelitli Mahallesi de gerçekleştirilmiştir. Modelde olduğu gibi uygulamada da TUCBS Kadastro teması ve Adres teması içindeki sınıflar ile Altyapı teması altındaki sınıflar birlikte ele alınmıştır. Uygulama bölgesine ait yer buldur haritası Şekil 12’de sunulmuştur. Uygulama öncesinde geliştirilen veri modeli yardımı ile bir veri tabanı tasarımı yapılmıştır. Ardından, mevcut ve edinilebilecek veriler dikkate alınarak, geliştirilen veri tabanının uygulaması tamamlanmıştır.

Temin edilen coğrafi veriler yanında veri tabanı tasarımında olması arzu edilen sözel veriler de edinilmiştir. Coğrafi verilerin ve sözel verilerin bir CBS yazılımı aracılığıyla veri tabanına aktarımı ile tüm veriler akıllandırılarak konumsal ve sözel sorgulama yapılabilir bir formda bilgi sisteminde depolanmıştır. Böylece, içme suyu hatları, depoları, sokak/cadde verileri, yapı verileri ile arıza verileri sorgulanabilmekte ve rapor haline getirilebilmektedir. Yapılan çalışma ile arıza verilerinin konumsal ve zamansal yoğunluk haritaları da hazırlanabilmektedir.

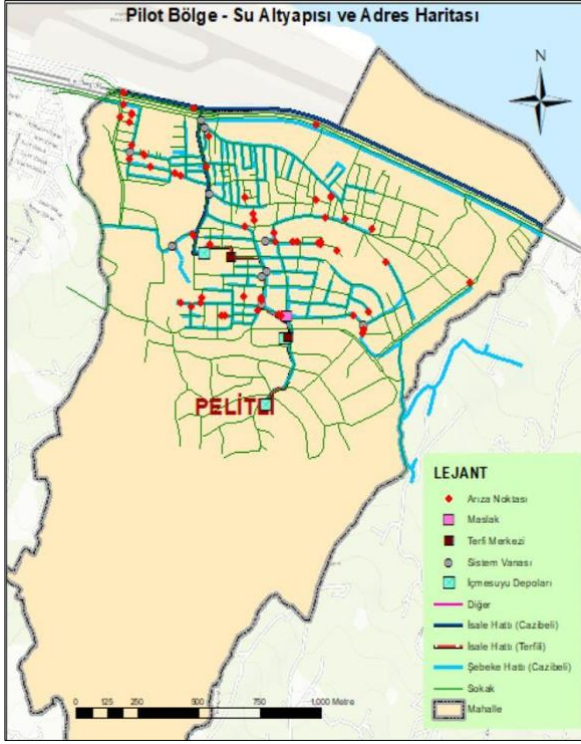
Coğrafi verilere ait sözel veriler de veri tabanına aktarıldıktan sonra, konumsal analiz ve sorgulamaya uygun hale getirilen CBS veri tabanı oluşturulmuştur. Hatların türü, çapı, cinsi, basıncı, veri kaynağı, imalat tarihi, hangi depodan beslendiği, hangi mahallede yer aldığı gibi bilgiler tablo olarak eklenmiştir. Coğrafi veriler, Şekil 13 ile sunulmuştur.



Şekil 13. Dijital hale getirilen içme suyu coğrafi veri tabanı

Uygulamada, arıza ekipleri arıza noktalarının konumsal verilerini içme suyu altyapı verilerinin bulunduğu coğrafi veri tabanına CBS yazılımı aracılığı ile aktarmaktadır. Benzer şekilde, bu çalışmada da arıza verileri CBS veri tabanına aktarılmıştır. Böylece, bakım-onarım ekiplerinin arıza tespiti ve onarımı için gittiği konum bilgileri ve ilgili konumlarla ilişkili sokaklar ortaya çıkartılmıştır. Arızaların konum verisi dışında, arıza hattının çap ve cins bilgisi ile arıza tarih bilgisi de uygulamaya aktarılmıştır. Bu haliyle GIS uygulamasının görseli konumsal veriler için Şekil 12 ve ilgili konumsal veriye ait sözel veriler için ise Şekil 13 ile gösterilmiştir. Bu yaklaşım sayesinde, kullanılan coğrafi bilgi sistemi sadece verilerin akıllandırıldığı bir yapıdan ziyade arızaların ve olası yenileme/bakım

çalışmalarının da öncelik sırasının ne şekilde yapılacağına ilişkin ipuçlarını sunabilecek bir yapıya dönüştürülebilir.



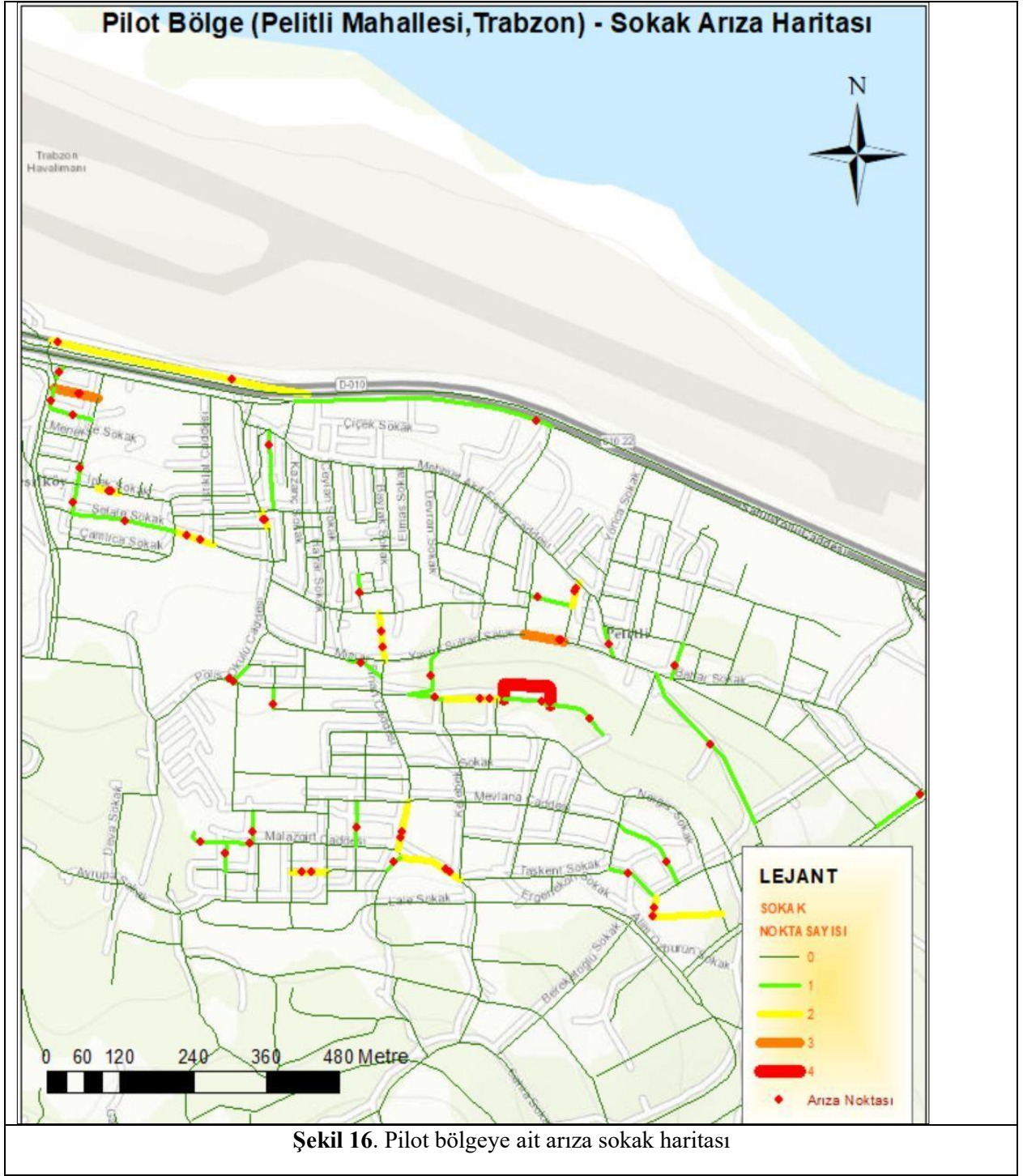
Şekil 14. Arıza ve altyapı coğrafi verileri

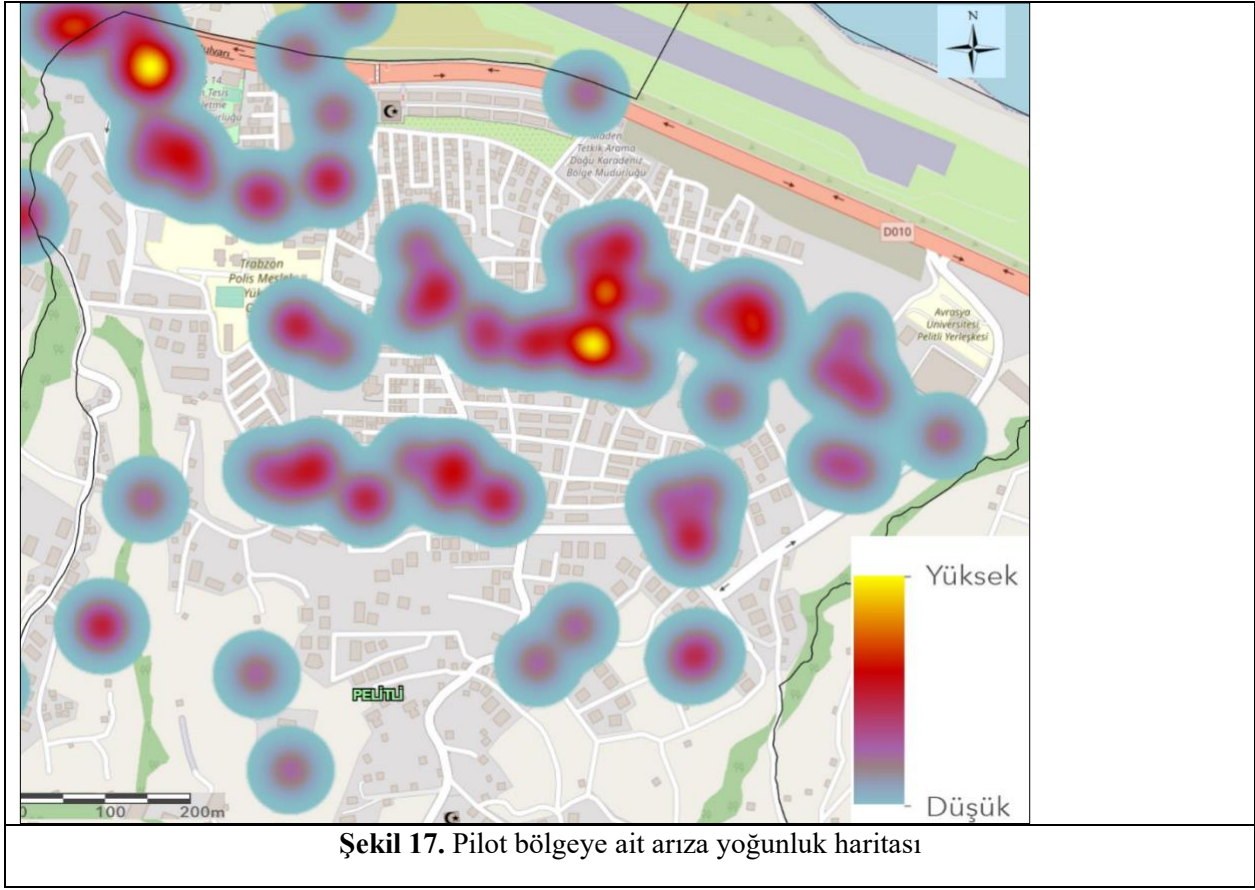
OBJECTID	ISEMIR_TAR	BORU_CAPI	BORUN_CINSI	XX	YY	SHAPE
64526	12/31/2021	63	PVC Boru	39.78827	40.99172	Point
66771	11/2/2022	63	PVC Boru	39.78786	40.9917	Point
67188	12/31/2021	63	PVC Boru	39.78827	40.99172	Point
62899	1/4/2022	25	Poietlen Boru	39.79618	40.98709	Point
63560	12/31/2021	32	Poietlen Boru	39.79548	40.98513	Point
63625	12/28/2021	32	Poietlen Boru	39.79763	40.98807	Point
64073	12/25/2021	25	Poietlen Boru	39.79419	40.9884	Point
64212	12/28/2021	63	Poietlen Boru	39.79741	40.98743	Point
64543	1/1/2022	32	Poietlen Boru	39.78827	40.99184	Point
64584	12/30/2021	25	Poietlen Boru	39.79674	40.98755	Point
64718	12/30/2021	32	Poietlen Boru	39.7963	40.98742	Point
65803	12/28/2021	63	Poietlen Boru	39.7974	40.98744	Point
66814	12/28/2021	63	Poietlen Boru	39.79726	40.98729	Point
67361	12/27/2021	32	Poietlen Boru	39.79523	40.98751	Point
67387	12/27/2021	32	Poietlen Boru	39.79609	40.98744	Point
67507	1/10/2022	63	Poietlen Boru	39.7972	40.99126	Point
67849	12/28/2021	32	Poietlen Boru	39.79763	40.98807	Point
67862	12/28/2021	63	Poietlen Boru	39.79742	40.98746	Point
67864	12/28/2021	32	Poietlen Boru	39.79763	40.98807	Point
62742	12/31/2021	100	Diğer	39.79116	40.98794	Point
62768	12/30/2021	100	Diğer	39.7997	40.98507	Point
62826	12/28/2021	100	Diğer	39.79794	40.989	Point
63348	1/8/2022	100	Diğer	39.79092	40.98528	Point
63620	12/28/2021	100	Diğer	39.79157	40.98542	Point
63747	12/30/2021	100	Diğer	39.79438	40.98558	Point
63754	12/14/2021	100	Diğer	39.78892	40.99052	Point
63919	1/8/2022	100	Diğer	39.79171	40.98557	Point
63948	12/31/2021	100	Diğer	39.79429	40.98521	Point
64034	12/1/2021	100	Diğer	39.79629	40.98447	Point
64183	1/1/2022	100	Diğer	39.7882	40.99163	Point
64211	12/28/2021	100	Diğer	39.79411	40.98777	Point

Şekil 15. Su hatlarına ait sözel veriler

Uygulama sayesinde veri tabanındaki tüm altyapı elemanlarının tamamının sorgusu yapılabilir. İçme suyu altyapısına ait su depoları, hatlar, sokaklar öznelik bilgilerine göre sorgulanabilir. Yapılan uygulama ile arıza nokta verileri ile sokak verileri ilişkilendirilmiştir. Arıza nokta verileri ile ilişkilendirilen sokaklar arıza sayılarına göre renklendirilebilir ve boyutlandırılabilir. Şekil 16'da uygulama bölgesine ait bir arıza sokak haritası yer almaktadır. Arıza nokta verileri ile harita üzerinde renklendirilerek grafiksel olarak arıza yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Arıza yoğunluk haritası arızaların nerelerde yoğunlaştığını gösterir. Yoğunluk haritası, arıza sıklığı konusunda verinin daha iyi anlaşılması, okunması ve analiz edilebilmesini sağlamaktadır. Uygulama bölgesine ait arıza yoğunluk haritası Şekil 17'de sunulmuştur.





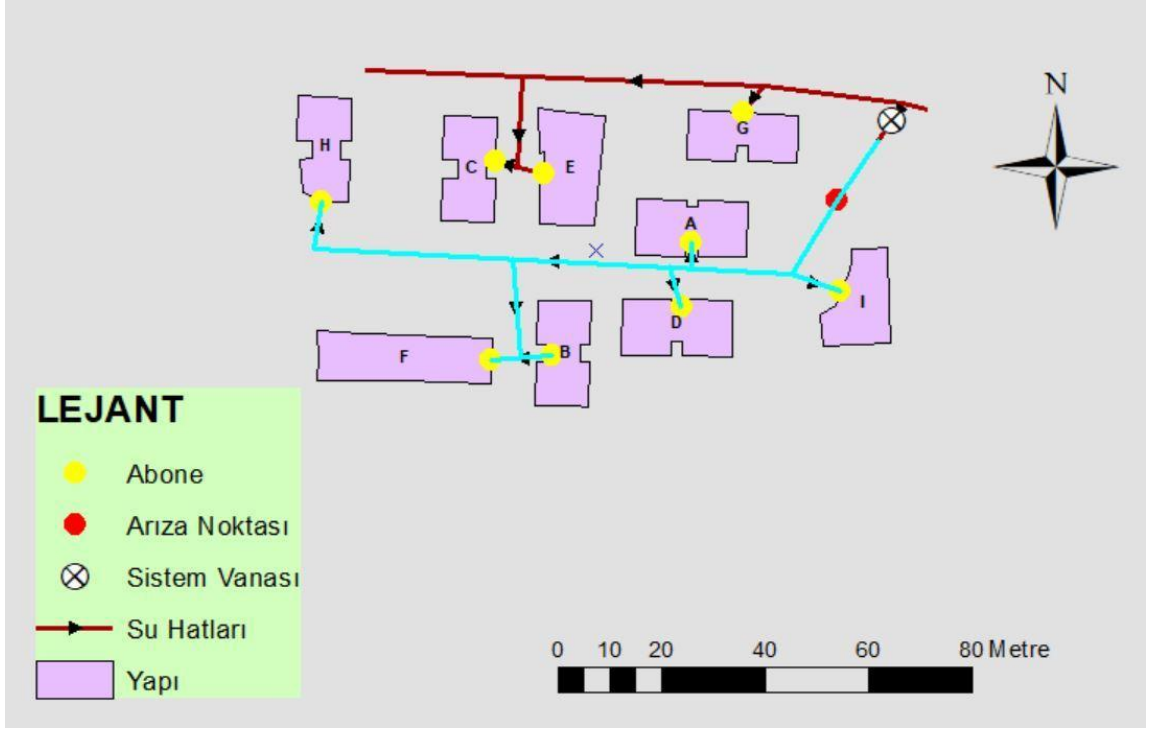


Uygulama ile altyapı ve arıza verileri dışında su tüketicilerine sağlanan suyun iletimindeki tüm su elemanlarının kullanılarak; su kesintisi, su tüketimi, su hatlarının yapım yıl bilgileri ve borç durumları sorgulanabilir. Ayrıca oluşacak planlı su kesintileri veya ani arıza durumlarında, hangi yapıların etkileneceği tespit edilebilir. Şekil 18’de görüldüğü üzere kırmızı nokta ile konumu gösterilen arızalı su elemanlarının tespiti durumunda ilgili su vanasının kapatılması gerekliliği analiz edilebilmektedir. Oluşan arızadan dolayı meydana gelen su kesintisinden A, B, D, F, H, I binalardaki su tüketicilerinin etkileneceği, ancak, C, E, G binalarındaki su tüketicilerinin etkilenmeyeceği analiz edilebilir. Böylesi bir durumda, ilgili mahalledeki tüm su tüketicilerine bildirim yapılmasına ve su kesintisine gerek kalmamaktadır. Su kesintisi, sadece ilgili su tüketicilerine yapılabilmektedir

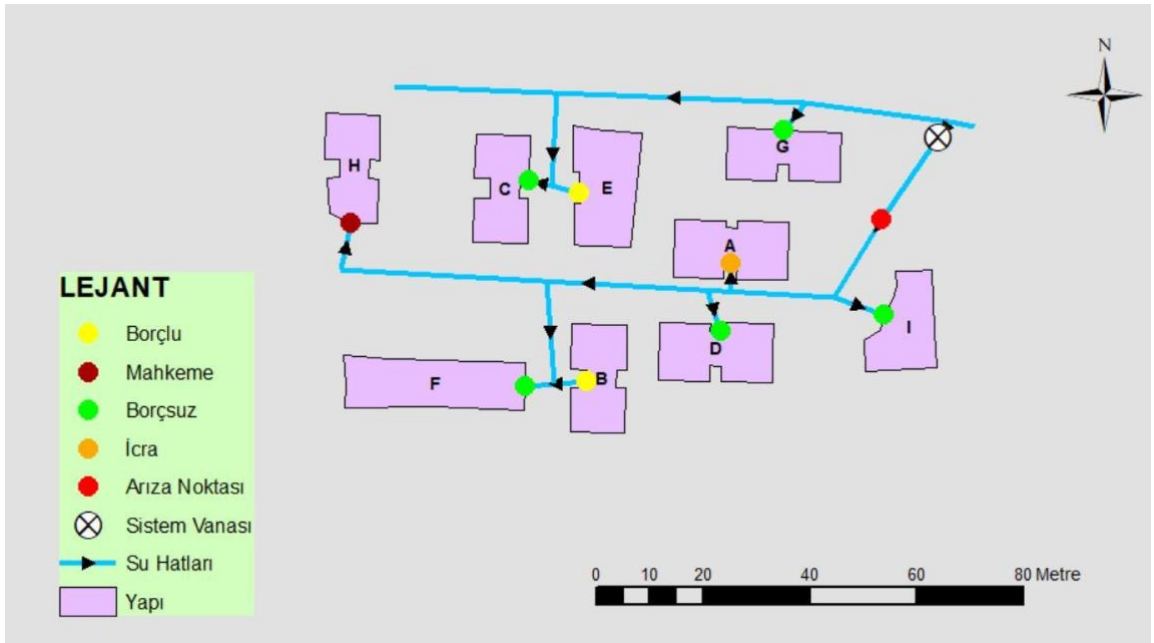
Uygulama ile altyapı, arıza ve adres verilerinin yanında yapılardaki su tüketicilerinin içme suyu aboneliklerine ait borç durum bilgileri de sisteme aktarılabilir. Uygulama ile her bir abonenin konumsal birimlerine göre borç sorgulamalarına erişilebilir. Bu durum örnek veriler kullanılarak Şekil 19’da sunulmuştur.

Çalışma bölgesindeki örnek yapıların su tüketim miktarlarının gösterildiği ve su abonelerine su ileten hatların yıpranmışlık seviyesi de analiz edilebilir. Bunun için bir gösterge olan su elemanlarının inşaat/imalat yapım tarihleri dikkate alınabilir. Bu amaçla bir harita hazırlanmış ve Şekil 20 ile sunulmuştur. Uygulama ile arıza yoğunluk analizi dışında, su tüketicilerinin borç ödeme durumuna

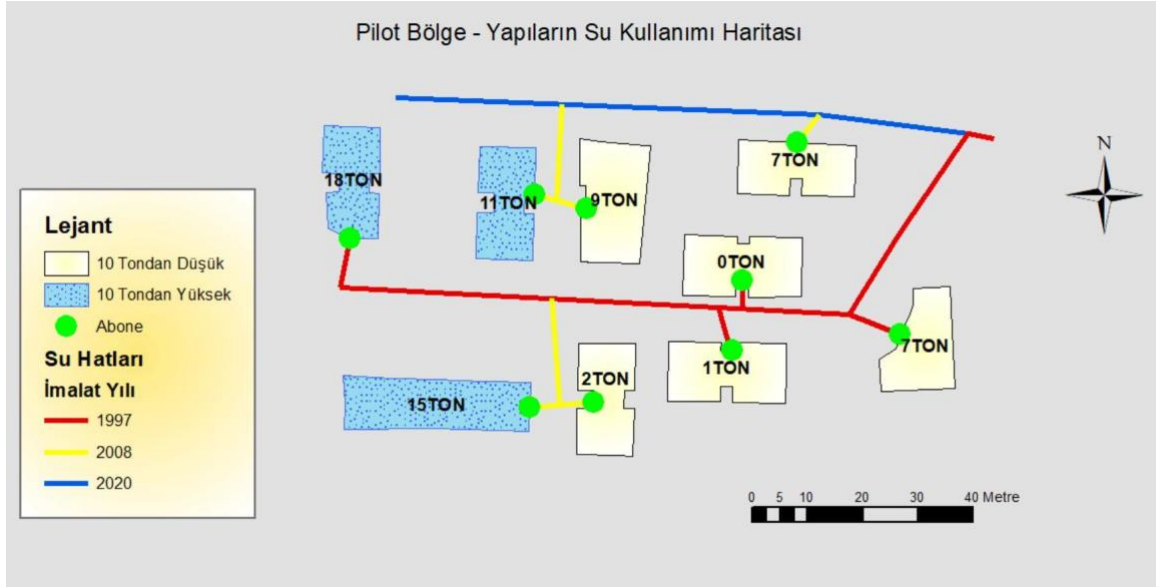
göre yoğunluk haritası da oluşturulabilmektedir. Borç yoğunluk haritası ile tüm ilin hangi ilçe, mahalle veya hangi bölgelerinde ödeme sürelerinin ne kadar geciktirildiği de analiz edilebilmektedir.



Şekil 18. Arıza bulunan hatlar ile ilişkilendirilmiş yapıların haritası



Şekil 19. Abonelerin borç durumunu gösteren örnek bir harita



Şekil 20. Yapıların su tüketimleri ile hatların yapım yılını gösteren örnek

#### 4. Bulgular ve İrdelemeler

Dünya genelinde, kıt bir kaynak haline gelen "arazi" varlığının (Haberl, 2015), AB tarafından geliştirilen INSPIRE standartları (URL-1, 2024) ve ardından ISO standardı haline gelen LADM'ye (URL-9, 2024) uygun şekilde yönetilmesi başta gelişmiş ülkeler olmak üzere dünya ülkeleri tarafından hedeflenmektedir (Lemmen et al., 2013; 2015). Benzer hedef ülkemiz için geçmişten süregelen "tapu" ve "kadaströ" bilgi sistemlerinin devamı niteliğinde, günümüzde TUCBS'ye dönüşen bir formda ve e-Türkiye dönüşüm projesi ile eşgüdümlü olarak işletilmektedir (URL-3, 2024). FIG tarafından "arazi nesnesi" olarak adlandırılan kadaströ parseli (FIG, 1998) tüm bu hizmetlerin temeli niteliğindedir. Zaten FIG, "arazi nesnesi" olarak tanımlanan kadaströ parseli ve ilişkili coğrafi varlıkların, tapu ve kadaströ sistemlerinden veri modeline geçiş sürecini ülke ayrımı gözetmeksizin belirli standartlarda yönetmeyi esas alır (Stuedler, 2014). Uluslararası bu yaklaşımlara paralel bir şekilde, Türkiye'de coğrafi varlıklarını coğrafi veri modeli ve çevrimiçi vasıtalarla yönetmeye çabalamaktadır. Bilindiği üzere günümüzde "taşınmaz tabanlı" yürütülen örnek e-devlet uygulamaları son derece etkin bir durumdadır. Kurumlar arası işbirlikleri her geçen gün artmakta, klasik ortamlardan dijital ortamlara tüm iş ve işlemler aktarılmaya devam etmektedir. E-devlet kapısından sunulan kamu hizmetlerinin sayısı Aralık 2023 itibarıyla 7,516'ya, mobil hizmetlerin sayısı ise 4,413'e ulaşmıştır. Bu hizmetlerden aynı dönem itibarıyla 64.12 milyon kayıtlı kullanıcı istifade edebilmektedir (URL-7, 2024). E-Türkiye üzerinden ilgili taşınmaz sahipleri, kurumlar, belediyeler bazı verilere erişebilmektedir. Belediyeler de kendi sorumluluklarında olan coğrafi varlıklara ilişkin benzer süreçleri e-devlet üzerinden yürütmektedir. Bir belediye hizmeti olan bu çalışma, belirtilen LADM standartlarında ve e-devlet sistemi içinde ele alınarak; içme suyu coğrafi

bilgi sistemi tasarımı ve uygulaması ile tamamlanmıştır. Son yıllarda Trabzon kentinde üst yapı ve altyapı çalışmalarının özellikle Trabzon merkezinde, büyükşehir belediyesine dönüşüm süreci ile de ilişkili olarak, yoğunlaştığı bilinmektedir. Kentin gelişmesiyle su, kanalizasyon, doğalgaz, elektrik gibi kamu hizmetlerinde artış olmuştur. Yapılan bu çalışmada kamu hizmetlerinden birisi olan su altyapısının Trabzon şehrindeki varlığı ve işletilmesi ele alınmıştır. İmalat, inşaat, bakım ve onarım çalışmaları için yer altında gömülü vaziyette olan içme suyu elemanlarının konumsal ve sözel bilgilerinin büyük önem arz ettiği sahada yapılan çalışmalar, incelenen planlar, kuruma gelen bildirimlerden yararlanılarak tespit edilmiştir.

İçme suyu veri teması TUCBS içinde modellenmiştir (URL-4, 2024). Bu çalışmayla, TUCBS içme suyu veri modelinde yer almayan arıza ve abone verileri dikkate alınarak içme suyu veri modeli geliştirilmiştir. Ayrıca diğer UML diyagramları olan aktivite, paket ve kullanıcı-durum diyagramları ile model daha da anlaşılır kılınmıştır (Reggio vd., 2015). Ardından TİSKİ'nin tüm sorumluluk alanındaki içme suyu bilgi sistemi çalışmalarından elde edilen izlenim ve deneyimler ile belirlenen çalışma bölgesinde çeşitli konumsal analizler gerçekleştirilmiştir.

İçme suyu altyapı bilgi sistemi kurmadan önce, nasıl bir sistem kurgulanması gerektiği araştırılmıştır. Kurulacak olan coğrafi bilgi sisteminde; klasik veriler olan kağıt formatındaki altyapı haritaları, 2014 sonrası yapım işlerindeki dijital haritalar temel veri kaynaklarıdır. Altyapı sistemindeki tüm içme suyu altyapı elemanları, bu temel haritalardan üretilmektedir. TİSCBS için birleşik modelleme dili ile kullanım senaryosu diyagramı, etkinlik diyagramı, paket diyagramı ve sınıf diyagramları oluşturularak bilgi sistemi kurulmadan önce tasarım gerçekleştirilmiştir. Model tasarımı TUCBS.AY\_Su sınıfı dikkate alınarak kurgulanmıştır. Zira mevcuttaki TUCBS ilgili sınıfında olmayıp, tasarlanan modelde olması düşünülen farklı sınıflar kurgulanmıştır. Bu sayede, arıza, bakım/onarım, abonelik, icra takibi ve mahkeme süreçleri, abone bilgilendirmeleri gibi süreçlerde sistem üzerinden kontrol ve takip edilebilir.

Uygulamanın yapılması için pilot bölge olarak çalışmanın tamamının gerçekleştirildiği Trabzon İli ve çalışmanın abone-arıza uygulamalarının gerçekleştirildiği Pelitli Mahallesi seçilmiştir. Veri tabanı tasarımına uygun şekilde uygulama bölgelerinde veriler toplanmıştır. Ancak, modelde olmasına rağmen TİSKİ'de henüz mevcut olmayan bazı veriler sisteme aktarılamamıştır.

Veri modeline uygun şekilde, mevcut içme suyu elemanlarının geçmişte inşa edilmiş tüm bileşenleri için coğrafi ve sözel veriler, coğrafi bilgi sisteme aktarılmıştır. Özellikle eski hatların bilinmemesi, toprak altında kalması, bazı hatların zamanla değiştirilmesi, saha personellerinin yazılı olmayan –tecrübeye dayalı- bilgilendirmeleri ile arazi çalışmaları yürütülmüştür. Eski hatların sisteme aktarımında-mevcut olması durumunda- klasik haritalarından yararlanılmıştır. Haritaların olmadığı sahalarda sanal çizim yöntemi ile içme suyu hatları ve su elemanlarına ait veriler sisteme

aktarılmıştır. Yeni içme suyu tesisi inşaatlarında ise tüm verilerin bilgi sistemine uygun şekilde, inşaat süreciyle eşzamanlı ve sayısal işletme planına uygun şekilde temin edilmesi sağlanmıştır.

Veri modelinde; abone, arıza, icra ve mahkeme bilgilerinin olması sayesinde içme suyuna ilişkin neredeyse tüm senaryoların yönetilebileceği bir bilgi sistemi oluşturmak mümkün olabilir. Şöyle ki; arızalanan hattın altyapı haritası olması durumunda kısa süre içinde bulunabildiği, herhangi bir harita veya dijital sistemin olmaması durumunda ise arızanın konumsal olarak tespit edilmesinin saatler sürebileceği tecrübe edilmiştir. Zira, içme suyu hatlarının bakım ve onarım çalışmaları kapsamında hatalı kazılar yapılabilir. Böylesi bir durumda; elektrik, doğalgaz, fiber optik vb. başka bir altyapı tesisine zarar verilebilir. Bakım ve onarımı yapılan hatların coğrafi ve öznelik bilgilerinin kaydedilmesi ile bu hatlarla ilgili gelecekteki olası yönetim sorunlarının çok kısa sürede tespit edilmesi ve giderilmesi sağlanabilir.

## 5. Sonuç ve Öneriler

Trabzon ilinde ve çalışma bölgesinde içme suyu altyapı bilgi sistemi için önce coğrafi veri modeli TUCBS veri şemaları dikkate alınarak geliştirilmiştir. TUCBS, INSPIRE ve LADM standartlarında hazırlandığından veri modelinin de kavramsal olarak INSPIRE ve LADM ile uyumluluğu sağlanmıştır. Model, UML diyagramları ile detaylandırılmıştır. Model tasarımından sonra, modele uygun bir coğrafi bilgi sistemi kurulması aşamasına geçilmiştir. Statik bir formda tasarlanan coğrafi bilgi sistemi; suyun depolanması, suyun iletimi ve su elemanları dışında, abonelere ait adres bilgileri ve su elemanlarının arıza bilgilerini de barındıracak bir yapıda ele alınmıştır. Sistemde mekânsal veriler ile birlikte tüm öznelik verileri de bulunduğundan, çalışma bölgesinin tamamında çeşitli konumsal ve sözel sorgulamalar yapılabilmektedir. Çalışma alanının tamamında abone bilgileri her bir bağımsız birim bazında-su aboneliği şeklinde- sisteme henüz aktarılamamıştır. Bu nedenle çalışma bölgesinin abone veri girişinin tamamlandığı Pelitli Mahallesi abone adres bilgilerinden ve abonelerin su tüketiminden yararlanılarak parsel/bina esasına göre su tüketimi haritaları üretilmiştir. Teknik birimlerdeki saha elemanlarının belirlediği arıza noktaları, arızalı su elemanları ve arızalı hatlar tespit edilmiştir. Benzer şekilde su abonelerinin şikâyetleri ve talepleri ile bildirilen tüm arızalar, su elemanları ile ilişkilendirilmiştir. Böylece tüm arızalar coğrafi bilgi sistemine aktararak, bakım-onarım çalışmaları öncelik sırasına göre planlanmıştır. Çalışma bölgesinin arıza yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Olası bakım ve onarımların bu yoğunluk haritalarına dayalı olarak yürütülmesi ile zaman ve emek kaybının önlenmesi sağlanmıştır. Borca dayalı zamansal ödeme bilgilerinin de içeren haritalar üretilmiştir. İçme suyu şebekesinin yıllara dayalı olarak yıpranma ve onarım ihtiyaç analizleri ise su elemanlarının yapım yılı, yapım malzemesi, arıza sıklığı verileri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. İçme suyu borcunu zamanında ödemesi gerekirken, ödeme

gününi geciktiren veya borcunu ödemeyen abonelerin, borca konu taşınmazları ile ilişkisi üzerinden, ödeme borç miktarı veya gecikme süresine göre tematik haritalar üretilmiştir.

Yapılan bu çalışmada verilerin temini, dönüşümü ve işlenmesi ile ilgili edinilen izlenim ve saha tecrübelerinden şu önerilere erişilmiştir. Su ve kanalizasyon idareleri tarafından, sorumluluk alanındaki içme suyu alt yapı bilgi sistemlerinin bir an önce kurulması gerekmektedir. Sistemin uluslararası coğrafi veri modeli standartlarına uygun şekilde tasarımıdan sonra uygulama aşamasında su elemanlarına ait konumsal ve sözel verilerin kısa, orta ve uzun vadede edinilmesi planlanmalıdır. Kısa vadede yeni proje ve imalatlarda tüm verilerin edinimi ve bilgi sistemine aktarımı gerçekleştirilmelidir. Orta vadede işletme planlarının bir sistematik dâhilinde sayısallaştırılarak edinimi planlanmalıdır. Uzun vadede sanal çizim yöntemi ve su elemanlarından zemin üstü seviyede olanlarının ölçülmesi gerçekleştirilmelidir. Bu sayede içme suyu elemanlarının tamamının sisteme aktarımı sağlanmalıdır.

İçmesuyu altyapı bilgi sisteminin belirli elemanlarına uygun sayı ve nitelikte yerleştirilecek sensör vb.uzaktan algılama sağlayabilen aygıtlar sayesinde; su depolanması, kayıp ve kaçak, su akışı daha sağlıklı takip edilebilir. Meydana gelebilecek su arızaları daha erken ve etkin olarak tespit edilebilir. Bu aygıtlardan edinilen veriler CBS'ye entegre edilerek statik yapıda kurgulanan sistem, dinamik bir yapıya dönüştürülebilir. Aygıtların içme suyu altyapı bilgi sistemine entegre edilmesi için benzer çalışmaların farklı disiplinlerce veya disiplinlerarası bir yaklaşımla ele alınması, bu konuyla ilgilenen araştırmacılara, önerilmektedir.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

### **Teşekkür**

Karadeniz Teknik Üniversitesi ve TİSKİ Genel Müdürlüğü eğitim protokolü kapsamında Üniversite/Kamu/Sanayii İşbirliğinde tamamlanan “Altyapı Tesisleri İçin Coğrafi Veri Modeli Geliştirilmesi ve Uygulanması: Trabzon İçme Suyu Coğrafi Bilgi Sistemi Örneği” başlıklı yüksek lisans tezine, desteklerinden ötürü Trabzon Büyükşehir Belediyesi ve TİSKİ Genel Müdürlüğü idareci ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Agardi, A., 2022. Relontouml: Development of a Model Based on Relational Model, Ontology and UML Müszaki Tudományos Közlemények , 16 (1), 1-4.
- Ahopelto, S., & Vahala, R., 2020. Cost-benefit analysis of leakage reduction methods in water supply networks. *Water*, 12(1), 195.
- Alıcı, O. V. ve Özaslan, K., 2016. Yerel Yönetimlerde Altyapı Sistemlerinin Sayısallaştırılması Ve Su Kayıplarının Önlenmesi. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (Ibad)*, 3(1), 204-218.
- Altaş A., 2022. Altyapı Tesisleri İçin Coğrafi Veri Modeli Geliştirilmesi Ve Uygulanması: Trabzon İçme Suyu Coğrafi Bilgi Sistemi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Aquino Ficarelli, T. R., & Ribeiro, H., 2021. The contribution of geographical information systems—GIS in water and sewage companies for water sustainability. In *Sustainability in natural resources management and land planning* (pp. 17-29). Cham: Springer International Publishing
- Ayadi, A., Ghorbel, O., BenSalah, M. S. ve Abid, M., 2019. A framework of monitoring water pipeline techniques based on sensors technologies. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*.
- Bayraktar, Z., 2019. Altyapı koordinasyon merkezleri için konumsal veri standartlarına uygun bilgi sistemi tasarımı: Trabzon örneği (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Bozkurt, Y. ve Arslan, R., 2017. Kamusal Hizmet Sunumunda Suyun Yeri: Kütahya Belediyesi Örneği. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 201-213
- Çağdaş, V., 2013. An Application Domain Extension to CityGML for immovable property taxation: A Turkish case study. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 21, 545-555.
- Cardoso, M. A., Silva, M. S., Coelho, S. T., Almeida, M. C., & Covas, D. I. C., 2012. Urban water infrastructure asset management—a structured approach in four water utilities. *Water Science and Technology*, 66(12), 2702-2711.
- Clarke, K. C., McLafferty, S. L., & Tempalski, B. J., 1996. On epidemiology and geographic information systems: a review and discussion of future directions. *Emerging infectious diseases*, 2(2), 85.
- Çoruhlu, Y. E., Baser, V., & Yildiz, O., 2021. Object-based geographical data model for determination of the cemetery sites using SWOT and AHP integration. *Survey Review*, 53(377), 108-121.
- Çoruhlu, Y. E., & Çelik, M. Ö., 2022. Protected area geographical management model from design to implementation for specially protected environment area. *Land Use Policy*, 122, 106357.
- Çoruhlu, Y. E., Inan, H. I., Yilmaz, H. ve Demir, O., 2015. Geographic Data Model Of Foundation İmmovable. *Sigma Journal Of Engineering And Natural Sciences*, 33(4), 539-559.
- Çoruhlu, Y. E., & Toludan, T., 2020. Data model development for 'buying and selling' transactions as a real estate acquisition method. *Survey review*, 52(374), 403-414.
- Delgado, J. A., Groffman, P. M., Nearing, M. A., Goddard, T., Reicosky, D., Lal, R., ... & Salon, P., 2011. Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. *Journal of soil and water conservation*, 66(4), 118A-129A.
- Egenhofer, M. J., & Frank, A., 1992. Object-oriented modeling for GIS. *Journal of the Urban and Regional Information Systems Association*, 4(2), 3-19.
- Ertunç, E., Muchová, Z., Tomić, H., & Janus, J., 2022. Legal, procedural and social aspects of land valuation in land consolidation: A comparative study for selected Central and Eastern Europe countries and Turkey. *Land*, 11(5), 636.
- Eynard, B., Gallet, T., Nowak, P. ve Roucoules, L., 2004. UML based specifications of PDM product structure and workflow. *Computers in industry*, 55(3), 301-316.
- Gleick, P. H., 1998. Water in crisis: paths to sustainable water use. *Ecological applications*, 8(3), 571-579.
- Güneş, A. M., 2010. European Union Water Framework Directive and Turkish Water Law. *EU, Turkish and German Environmental Law Symposium*, 18-20.
- Günhan, Ö., 2014, Yeraltı Sularının Kalitesinin Değerlendirilmesi Açısından Uygun Bir Metodoloji Araştırması, Uzmanlık Tezi, T. C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- FIG, 1998. Cadastre 2014: A Vision for The Future Cadastral System. <<https://fig.net/resources/publications/figpub/cadastre2014/index.asp>>
- Haberl, H., 2015. Competition for land: A sociometabolic perspective. *Ecological Economics*, 119, 424-431.
- İnan, H. İ. ve Yomralıoğlu, T., 2011. Land Administration Domain Model. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (104), 21-29.



- İşitmezoğlu, S. Ve Ataman, S., 2007. Altyapı Bilgi Sisteminin Ülkemiz İçin Önemi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon
- Kalogianni, E., Janečka, K., Kalantari, M., Dimopoulou, E., Bydłosz, J., Radulović, A., ... & Van Oosterom, P., 2021. Methodology for the development of LADM country profiles. *Land Use Policy*, 105, 105380.
- Kang, D. ve Lansey, K., 2013. Scenario-Based Robust Optimization of Regional Water and Wastewater Infrastructure, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 139 (3), 325-338.
- Kara, A., Çağdaş, V., Isikdag, U., van Oosterom, P., Lemmen, C., & Stubkjaer, E., 2021. The LADM Valuation Information Model and its application to the Turkey case. *Land use policy*, 104, 105307.
- Karley, N. K., 2009. Flooding and physical planning in urban areas in West Africa: Situational analysis of Accra, Ghana. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, 4(4 (13), 25-41.
- Lal, R., 2012. Climate change and soil degradation mitigation by sustainable management of soils and other natural resources. *Agricultural Research*, 1, 199-212.
- Lemanski, C., & Massey, R., 2022. Is the grid people or product? Relational infrastructure networks in Cape Town's energy-housing nexus. *Urban Geography*, 1-25.
- Lemmen, C. H. J., Van Oosterom, P. J. M., Uitermark, H. T., & De Zeeuw, K., 2013. Land administration domain model is an ISO standard now. In *Proceedings of the Annual World Bank Conference on Land and Poverty*, Washington (USA), 8-11 April, 2013. World Bank.
- Lemmen, C., Van Oosterom, P., & Bennett, R., 2015. The land administration domain model. *Land use policy*, 49, 535-545.
- Omole, D. O., & Ndambuki, J. M., 2014. Sustainable living in Africa: Case of water, sanitation, air pollution and energy. *Sustainability*, 6(8), 5187-5202.
- Pedro-Monzonis, M., Solera, A., Ferrer, J., Estrela, T., & Paredes-Arquiola, J., 2015. A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. *Journal of Hydrology*, 527, 482-493.
- Polat, Z. A., Alkan, M. ve Sürmeneli, H. G., 2017. Determining strategies for the cadastre 2034 vision using an AHP-Based SWOT analysis: A case study for the turkish cadastral and land administration system. *Land use policy*, 67, 151-166.
- Polat, Z. A., & Alkan, M., 2018. Design and implementation of a LADM-based external archive data model for land registry and cadastre transactions in Turkey: A case study of municipality. *Land use policy*, 77, 249-266.
- Polat, Z. A., Alkan, M., Paulsson, J., Paasch, J. M., & Kalogianni, E., 2022. Global scientific production on LADM-based research: A bibliometric analysis from 2012 to 2020. *Land use policy*, 112, 105847.
- Reggio, G., Leotta, M., Ricca, F., & Clerissi, D., 2015. What are the used UML diagram constructs? A document and tool analysis study covering activity and use case diagrams. In *Model-Driven Engineering and Software Development: Second International Conference, MODELSWARD 2014*, Lisbon, Portugal, January 7-9, 2014, Revised Selected Papers 2 (pp. 66-83). Springer International Publishing.
- Resmi Gazete, Sular Kanunu. (831), 28.4.1926
- Resmi Gazete, Yerleşim Yerlerine İçme, Kullanma ve Sanayi Suyunun Belediye Teşkilatları İle Temini Hakkında Kanun. (1053), 3.7.1968
- Resmi Gazete, İSKİ Genel Müdürlüğünün Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun. (2560), 20.11.1981
- Resmi Gazete, Büyükşehir Belediyesi Kanunu. (5216), 10.7.2004
- Resmi Gazete, Belediye Kanunu. (5393), 13.7.2005
- Sadeghioon, A. M., Metje, N., Chapman, D. ve Anthony, C., 2018. Water pipeline failure detection using distributed relative pressure and temperature measurements and anomaly detection algorithms. *Urban Water Journal*, 15(4), 287-295.
- Stuedler, D., 2014. Cadastre 2014 and Beyond. FIG Publication No:61. International Federation of Surveyors, Copenhagen, Denmark.
- Tezcan, A., Büyüктаş, K., & Aslan, Ş. T. A., 2020. A multi-criteria model for land valuation in the land consolidation. *Land use policy*, 95, 104572.
- Trabzon İçme Suyu ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, 2015. 2015-2019 Stratejik Planı, URL: <https://www.tiski.gov.tr/icerik/detay.aspx?Id=272>
- Trabzon İçme Suyu ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, 2020. 2020-2024 Stratejik Planı, URL: <https://www.tiski.gov.tr/icerik/detay.aspx?Id=3526>
- Weeks, J. R., 2010. Defining urban areas. *Remote sensing of Urban and Suburban areas*, 33-45.
- Zhao, X., Yu, J., Lin, Y., & Ning, S., 2020. The application of WebGIS technology in coal mine. In *Computer Applications in the Mineral Industries* (pp. 837-840). CRC Press.

URL-1, 2024. <https://inspire.ec.europa.eu/about-inspire/563>

URL-2, 2024. <https://cbs.csb.gov.tr/cografi-veri-temalari-hakkinda-i-86103>

URL-3, 2024. <https://www.tkgm.gov.tr/projeler/turkiye-ulusal-cografi-bilgi-sistemi-tucb>

URL-4, 2024. [https://tucbs-public-api.csb.gov.tr/tucbs/tucbs\\_uml\\_model/index.htm](https://tucbs-public-api.csb.gov.tr/tucbs/tucbs_uml_model/index.htm)

URL-5, 2024. [www.skdturkiye.org/files/yayin/turkiyede-suyun-durumu-ve-su-yonetiminde-yeni-yaklasimlar-raporu.pdf](http://www.skdturkiye.org/files/yayin/turkiyede-suyun-durumu-ve-su-yonetiminde-yeni-yaklasimlar-raporu.pdf)

URL-6, 2024. <https://www.suen.gov.tr/Suen/catdty.aspx?val=197>

URL-7, 2024. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/692>

URL-8, 2024. <https://www.tarimorman.gov.tr/sygm/menu/27/gorev-ve-yetkiler>

URL-9, 2024. <https://www.iso.org/standard/51206.html>