KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ALTYAPI TESİSLERİ İÇİN COĞRAFİ VERİ MODELİ GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULANMASI: TRABZON İÇME SUYU COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sait Semih ALTAŞ

TEMMUZ 2022
TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ALTYAPI TESİSLERİ İÇİN COĞRAFİ VERİ MODELİ GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULANMASI: TRABZON İÇME SUYU COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ ÖRNEĞİ

Sait Semih ALTAŞ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"HARİTA YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17 / 06 /2022
Tezin Savunma Tarihi : 22 / 07 /2022

Tez Danışmanı :Prof. Dr. Yakup Emre ÇORUHLU

Trabzon 2022

ÖNSÖZ

"Altyapı Tesisleri İçin Coğrafi Veri Modeli Geliştirilmesi ve Uygulanması: Trabzon İçme Suyu Coğrafi Bilgi Sistemi Örneği" isimli bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Tez çalışmam boyunca bilgisini eksik etmeyen, zaman ve mekân gözetmeksizin çalışmalarıma destek veren ve bana her zaman yol gösteren saygıdeğer hocam sayın Prof. Dr. Yakup Emre ÇORUHLU' ya teşekkür ederim. Çalışma süresince desteklerini esirgemeyen değerli Trabzon Büyükşehir Belediyesi TİSKİ Genel Müdürlüğü yöneticilerine ve çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca desteklerini esirgemeyen anneme, babama, ablalarıma ve hayat arkadaşım Arş. Gör. Süheyla PİLTAN ALTAŞ' a kalbi şükranlarımı sunarım.

Sait Semih ALTAŞ

Trabzon 2022

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak “Altyapı Tesisleri İçin Coğrafi Veri Modeli Geliştirilmesi Ve Uygulanması: Trabzon İçme suyu Coğrafi Bilgi Sistemi Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Yakup Emre ÇORUHLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 22/07/2022.

Sait Semih ALTAŞ

Trabzon 2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ IV
İÇİNDEKİLER V
ÖZET VII
SUMMARY VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ IX
KISALTMALAR DİZİNİ XI
1. GENEL BİLGİLER 1
1.1. Giriş 2
1.2. Problemin Tanımı 3
1.3. Çalışmanın Amacı 5
1.4. Metodoloji 5
2. TEMEL TANIM VE KAVRAMLAR 7
2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri 7
2.2. Altyapı Bilgi Sistemi 9
2.3. Coğrafi Veri Standartları 9
2.3.1. ISO/TC211 Standartları 9
2.3.2. INSPIRE (Avrupa Konumsal Veri Altyapısı) Standartları 10
2.3.3. AİTM: ISO 19152 Çalışmaları 10
2.4. Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistem (TUCBS) 11
2.4.1. TUCBS Altyapı Veri Teması 11
2.4.1.1. Su Ağı 14
2.5. Birleşik Modelleme Dili (UML) 15
2.6. Coğrafi Veri Tabanları 16
2.7. Su Yönetimi 16
2.7.1. Suyun Hukuki Yönetimi 17
2.7.2. Suyun İdari Yönetimi 20
2.7.3. Suyun Teknik Yönetimi 21

2.7.3.1. İçme Suyu Kaynakları 21
2.7.3.2. İçme Suyu Temini ve İletimindeki Sistem Elemanları 22
2.7.3.3. İçme Suyu Arızaları 28
3. YAPILAN ÇALIŞMALAR 32
3.1. İçme Suyu Yönetiminde Mevcut Sorunlar 32
3.2. İçme Suyu Altyapısı için CBS İhtiyaç Analizi 35
3.3. İçme Suyu Verilerinin Elde Edilmesi 36
3.3.1. Sayısal İşletme Planları (Asbuilt) 36
3.3.2. Mevcut Haritaların Sayısallaştırılması 38
3.3.3. Saha Çalışanları ile Hatların Ortofoto Haritalara İşlenmesi 39
3.3.4. Arıza Verisi Toplama 41
3.4. İçme Suyu altyapısı ile İlgili UML Diyagramlarının Oluşturulması 42
3.4.1. UML Kullanım Senaryosu (Use-Case) Diyagramı 42
3.4.2. UML Etkinlik (Activity) Diyagramı 43
3.4.3. UML Paket (Package) Diyagramı 45
3.4.4. UML Sınıf (Class) Diyagramı 46
3.5. Uygulama 48
4. BULGULAR VE İRDELEMELER 58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 61
6. KAYNAKLAR 63
ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

ALTYAPI TESİSLERİ İÇİN COĞRAFİ VERİ MODELİ GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULANMASI: TRABZON İÇME SUYU COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ ÖRNEĞİ

Sait Semih Altaş

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Yakup Emre ÇORUHLU
2022, 75 Sayfa

Kent bütününe hizmet sunan ve bir bütün halinde ele alınması gereken altyapı tesisleri, tıpkı kentler gibi, düzenli ve planlı bir şekilde inşa edilmelidir. Bu altyapı tesisleri dijital ortamda haritalara aktarılamamış, çoğu zaman kurumsal değil kişi odaklı bilgilerle yönetile gelmiştir. Altyapı tesislerinin imalat, bakım, onarım ve yönetişim 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 aktarılmış ve 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 bilgi sistemleriyle abonelerin de ilişkilendirilmesi tavsiye edilebilir. Ayrıca olası bakım, onarım ve arıza durumlarında, sadece bu işlemlerden etkilenecek olan kişilerin bilgilendirilmesine imkân veren yapıda bir bilgi sistemi tasarlamaları da önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: içme suyu tesisi, altyapı hizmetleri, coğrafi veri modeli, bilgi sistemi

Master Thesis

SUMMARY

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF GEOGRAPHICAL DATA MODEL FOR INFRASTRUCTURE FACILITIES: EXAMPLE OF TRABZON DRINKING WATER GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

Sait Semih ALTAŞ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geomatics Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Yakup Emre ÇORUHLU
2022, 75 Pages

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. These infrastructure facilities could not be transferred to maps in the digital environment, and they were mostly managed with person-oriented information rather than institutional. It is a problem that the manufacturing, maintenance, repair and governance processes of infrastructure facilities cannot be carried out in a timely and effective manner within a system. 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 aim of the study is to effectively manage drinking water facilities, which are an important component of infrastructure facilities, with a method using up-to-date cartography technologies and information facilities. Especially after the conversion of LADM to ISO standard, TRGIS studies and many academic studies carried out in our country have been modeled with UML diagrams in accordance with LADM. Within the scope of the study, UML diagrams were prepared with this modeling language and then a GIS database was established. The most important result obtained from the study; The entire drinking water infrastructure of the district centers of the city of Trabzon has been transferred to the system in a structure that allows spatial inquiries and it has been ensured that the fault detection, maintenance and repair processes are carried out in the shortest time and at the least 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 the information systems. In addition, it can be suggested to design an information system that allows only the people who will be affected by these processes to be informed in case of possible maintenance, repair and malfunction.

Keywords: drinking water facility, infrastructure services, geographic data model, information system

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Yapı sınıflandırılması 1
Şekil 2. Altyapıda kaza haberi 4
Şekil 3. Metodoloji ve çalışma planı 6
Şekil 4. CBS temel bileşenleri 8
Şekil 5. CBS'ye dayalı çözümler üreten alanlar 8
Şekil 6. TUCBS 32 adet coğrafi veri teması 11
Şekil 7. TUCBS altyapı temasının paket diyagramı 12
Şekil 8. Tüm teknik altyapı ağlarının sınıf diyagramı 13
Şekil 9. Su ağı tasarımını gösteren sınıf diyagramı 15
Şekil 10. Birleşmiş Milletler-Su internet ana sayfası 17
Şekil 11. Dünya Su Forumu, İstanbul-2009 18
Şekil 12. Su kaynaklarının sınıflara ayrılması 22
Şekil 13. İçme suyu iletim sisteminin kavramsal gösterimi 23
Şekil 14. Trabzon'da bir su alma yapısı 24
Şekil 15. Trabzon'da bir isale hattı 25
Şekil 16. Trabzon'da bir maslak yapısı örneği 26
Şekil 17. Trabzon ilinde örnek bir su deposu 27
Şekil 18. Trabzon'da bir şebeke hattı 27
Şekil 19. Trabzon'da su hatlarını kontrol eden örnek bir vana 28
Şekil 20. Şebeke arızası örneği 29
Şekil 21. Trabzon'da örnek bir boru arızası 31
Şekil 22. Bilgi sistemi öncesi dönemden bir şebeke krokisi örneği 33
Şekil 23. Trabzon ili Akyazı mahallesinde arızalanan hattın tespiti için yapılan çalışma .. 34
Şekil 24. Trabzon ili Pelitli mahallesindeki su şebekesine ait sayısal işletme planı örneği 37
Şekil 25. Örnek bir sayısal işletme planının lejantı 37
Şekil 26. Vakfıkebir'de içme suyu hattı kâğıt pafta örneği 38
Şekil 27. CBS'ye sayısallaştırma yöntemi ile veri temini 39
Şekil 28. İçme suyu ve kanalizasyon çalışmalarında detay alımı 40
Şekil 29. Arıza sırasında mobil cihaz ile konum alımı 42
Şekil 30. UML use-case diyagramı ile içme suyu bilgi sisteminin görselleştirilmesi 43

Şekil 31. UML activity diyagramı ile içme suyu bilgi sisteminin görselleştirilmesi 44
Şekil 32. "TUCBS.AY_Su_TISCBS" Modeli veri setleri 45
Şekil 33. UML class diyagramı ile içme suyu bilgi sisteminin görselleştirilmesi 47
Şekil 34. Çalışma bölgesine ait yer buldur haritası 49
Şekil 35. Dijital hale getirilen içme suyu coğrafi ve sözel verileri 50
Şekil 36. Arıza verileri haritası ve tablosu 51
Şekil 37. Hatların çaplarına göre sorgulanması 52
Şekil 38. Pilot bölgeye ait arıza sokak haritası 53
Şekil 39. Pilot bölgeye ait arıza yoğunluk haritası 54
Şekil 40. Arıza bulunan hatlar ile ilişkilendirilmiş yapıların haritası 55
Şekil 41. Abonelerin borç durumunu gösteren örnek bir harita 56
Şekil 42. Yapıların su tüketimleri ile hatların yapım yılını gösteren örnek bir harita 56
Şekil 43. Örnek bir borçlu yoğunluk haritası 57

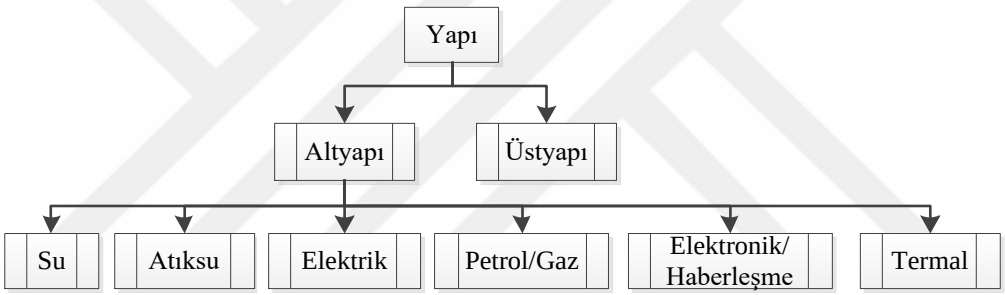
KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
AİTM	: Arazi İdaresi Temel Modeli
BM	: Birleşmiş Milletler
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
FIG	: International Federation of Surveyors
GIS	: Geographical Information Systems
INSPIRE	: Infrastructure for Spatial Information in Europe
ISO	: International Organization for Standardization
IUCN	: International Union for the Conservation of Nature
İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
LADM	: Land Administration Domain Model
MERNİS	: Merkezî Nüfus İdare Sistemi
MERSİS	: Merkezi Sicil Kayıt Sistemi
SÇD	: Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi
TAKBİS	: Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi
TİSCBS	: Trabzon İçme Suyu Coğrafi Bilgi Sistemi
TİSKİ	: Trabzon İçme Suyu ve Kanalizasyon İdaresi
TKGM	: Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü
TSE	: Türk Standardları Enstitüsü
TUCBS	: Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi
UML	: Birleşik Modelleme Dili

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Geçmişten günümüze insanlar belli amaçlar doğrultusunda yapılar tesis eder. Bu yapılar ile barınma, beslenme, eğitim, sağlık gibi hayati ihtiyaçlar karşılanır. Yapı denince her ne kadar akla bina gibi üstyapılar gelse de altyapı tesisleri de insan yaşamı için bir o kadar önemlidir. Altyapı; yer altındaki elektrik, elektronik haberleşme, doğalgaz, su, yağmursuyu ve kanalizasyon gibi sistemlerin tümü olarak kabul edilebilir. Şekil 1'de temel altyapı bileşenleri gösterilmektedir (Hudson vd., 1997).



Şekil 1. Yapı sınıflandırılması

Hızlı nüfus artışı ve kentleşme sonucu oluşturulan altyapı tesislerinin plansız ve karmaşık bir hale gelmiş olduğu görülebilmektedir. Kurum ve kuruluşlar kendi altyapılarını tam anlamıyla yönetmede zorluklar çekerken aralarındaki koordinasyonlarda da eksiklikler ortaya çıkabilmektedir. Kurumların altyapı çalışmalarında kendi hatlarına hâkim olamamalarının yanında bir de diğer altyapı türleriyle ortak çalışma mecburiyetinin eklenmesi işleri daha zor hale getirebilir. Altyapı yönetimindeki noksanlıklar nedeniyle sağlık, para, insan gücü ve zaman gibi konularda kayıplar yaşanabilmektedir (Filiz, 2018).

Ülkemizde ve dünyadaki çoğu ülkede altyapı ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunun kısa vadede planlanarak uygulandığı söylenebilir. Altyapı planlamalarının üstyapılara göre daha az önemsendiği kabul edilebilir. Bunun yanında altyapı hizmetleri gözle görünür olmadığı için de gündelik insan yaşamında çok akla gelmez. Genellikle arıza, kaza, kesinti gibi olumsuz olay ve durumlarda altyapı çalışmaları gündeme gelir ve ilgililer o anki krizin

çözümüne odaklanırlar. Her altyapı kurumu kendi yaptığı işe odaklanırken diğer altyapı sınıflarını göz ardı edebilir (Karataş, 2007).

Altyapı türlerinin en önemlilerinden birisi de içme suyu altyapısıdır. Dünya yaşamının var olduğu günden bugüne canlıların vazgeçilmez temel ihtiyaçlarından biri de sudur. Bu nedenle insanlar tarih boyunca su ihtiyacını karşılamak için çeşitli faaliyetler gerçekleştirmiştir. İnsanlar için suyun kaynağından alınarak kullanıcılara ulaştırılması çok önemli olup son yıllarda temiz su, suyun tasarrufu, altyapı çalışmaları, maliyetlerin abonelere en minimum düzeyde yansıtılması gibi konularda yapılan çalışmaların hızlandığı görülmektedir (Bozkurt ve Arslan, 2017).

İçme suyu tesislerinin altyapısı kendi içinde farklı parçalardan oluşan bir bütün olduğu düşünülebilir. Günümüzde çoğu mevcut içme suyu hatlarının metraj bilgileri, konum ve sözel bilgileri kesin olarak bilinememektedir. 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 sebeplerindendir. Altyapı haritalarının ya da krokilerinin bulunmaması veya olup da kullanılmaması sonucu bu altyapı sistemlerine ilişkin sadece belirli personelin sahip olduğu konum bilgileri sözel ve gelişigüzel olarak yeni başlayan personellere aktarılabilmiştir. Ancak söz konusu personelin belli sebeplerle görevinden ayrılması; kurumsal hafızanın silinmesine, altyapı sistemlerinin de toprak altında gizli ve belirsiz kalmasına neden olmuştur. Genellikle ortaya çıkan bir arıza, kesinti, koku ya da yaşanabilecek bir sel felaketi ile varlığı akla gelen bu sistemlerin sayısallaştırılması işi hemen hemen tüm altyapı kurumları için elzem bir durum haline gelmiştir (Alıcı ve Özaslan, 2016).

Altyapı yönetiminde hatların ve diğer şebeke elemanlarının bilgilerinin yetersizliği sahada yapılan uygulamalarda birçok problem doğurmaktadır. Özellikle altyapı hat ve elemanlarının koordinat bilgilerinin olmaması veya bilinmemesi ile bölge için yeterlilik analizlerinin yapılamaması, arıza durumlarında plansız ve yüzeysel yöntemlerle sorunun çözülmeye çalışılması ve kriz anı süreçlerinin iyi yönetilememesi meydana gelebilecek önemli problemlerdendir (Bayraktar, 2019). Bu tür sorunlar ve problemler bir coğrafi bilgi sistemi (CBS) ile minimize edilebilir.

İçme suyu altyapısının yönetim metotlarından birisi coğrafi bilgi sistemlerinin bir alt kolu olan altyapı bilgi sistemleridir. Eldeki suyu yönetmek, kayıp-kaçak oranını düşürebilmek, parasal ve zamansal olarak kar etmek bu bilgi sistemleri ile sağlanabilir.

İçme suyu altyapısı ve bu altyapıya ait arızalar sayısallaştırılıp akıllandırılabilir. Bu veriler altyapı bilgi sistemine aktarılabilir ve sistem sayesinde depolanabilir, sorgulanabilir, yayınlanabilir ve analiz edilebilir. Altyapı çalışan kurum ve kuruluşların insan hafızası ve sağlığından bağımsız; istenilen zamanda dinamik bir şekilde veri alışverişi, sorgu, analiz, planlama, arşivleme yapabileceği bir bilgi sistemine ihtiyaçları vardır (İşitmezoğlu ve Ataman, 2007). Ayrıca arıza durumlarında ilgili birim, personeli ve malzemesiyle arızanın en erken son bulmasına gayret etmekte, kullanıcılara suyu bir an önce ulaşması için yoğun çaba sarf etmektedir. Fakat arıza durumu bitip suyun tekrardan kullanıcılarına ulaştığı andan itibaren oradaki arıza, 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.

1.2. Problemin Tanımı

İçme suyu altyapısının yönetiminde birtakım problemler yaşanmaktadır. Bu problemlerden birisi su altyapısının çoğu parçasının yer altında olup görünür vaziyette olmamasından kaynaklıdır. Yer altına yüksek maliyet ve iş gücü ayrılarak inşa edilen hat ve donatılar ilerleyen zamanlarda konumsal olarak erişilemez, müdahale edilemez ve yönetilemez hale gelebilir. İnsanlar için hayati bir önem taşıyan suyun yönetiminde coğrafi bir veri tabanı ve bir bilgi sistemi olmayışı ciddi bir problemdir. Şekil 2'de altyapı hatlarının yönetimiyle ilgili basında yer alan bir örnek sunulmuştur.



Şekil 2. Altyapıda kaza haberi (URL-1, 2021)

İçme suyu altyapısının yönetiminde; içme suyu verilerinin düzenli olarak toplandığı, işlendiği ve tüm verilerin tek bir veri tabanında ortak bir veri standardında arzu edildiğinde konumsal sorgulamaların yapılabildiği bir bilgi sisteminin olmayışı genel bir problem durumudur. Bir içme suyu altyapısı yönetiminde mevcut hatların sayısallaştırılarak konumsal bilgisinin kaydedilmesi, hattın yerinin gerektiği zamanda bulunabilmesi noktasında önemlidir. Fakat konumları bilinen su hatlarında da arızalar meydana gelebilir. Arızalanarak problem doğurmayacak bir içme suyu altyapı yönetimi pek mümkün değildir. Belli sebeplerle hatlar arızalanır ve kullanıcılara su iletimi durmak zorunda kalabilir. Bu arızaların konumlarının ve bilgilerinin kaydedilmesi, takip edilmesi ve gerekli analizlerin yapılması önemlidir. Zira problemli bir hattın çıkardığı olumsuzluklar nedeniyle birkaç ay içinde çok kez o hat için çalışma başlatılabilir. Hem zaman kaybı yaşanır, hem iş gücü artar hem de parasal olarak zarar edilebilir. Sürekli arıza veren bir hattın tespit edilmesi ile o hattın değiştirilmesi gerektiği anlaşılabilir ve o hattın bir kere yenilenmesi, zaman ve para olarak kamunun menfaatine olur.

Trabzon Büyükşehir Belediyesi TİSKİ Genel Müdürlüğünün 2020-2024 Stratejik Planında zayıf yanlar bölümünde içme suyu ve kanalizasyon hatlarının sayısal ortamda olmaması ve coğrafi bilgi sistemin olmayışı da yer almaktadır. Trabzon iline ilişkin

TUCBS veri temalarıyla entegre bir yönetim sisteminin olmaması ve arzu edilen bu verileri içeren bir CBS ile içme suyu altyapı ve arıza verilerinin sunulmuyor olması bu çalışmanın problemidir.

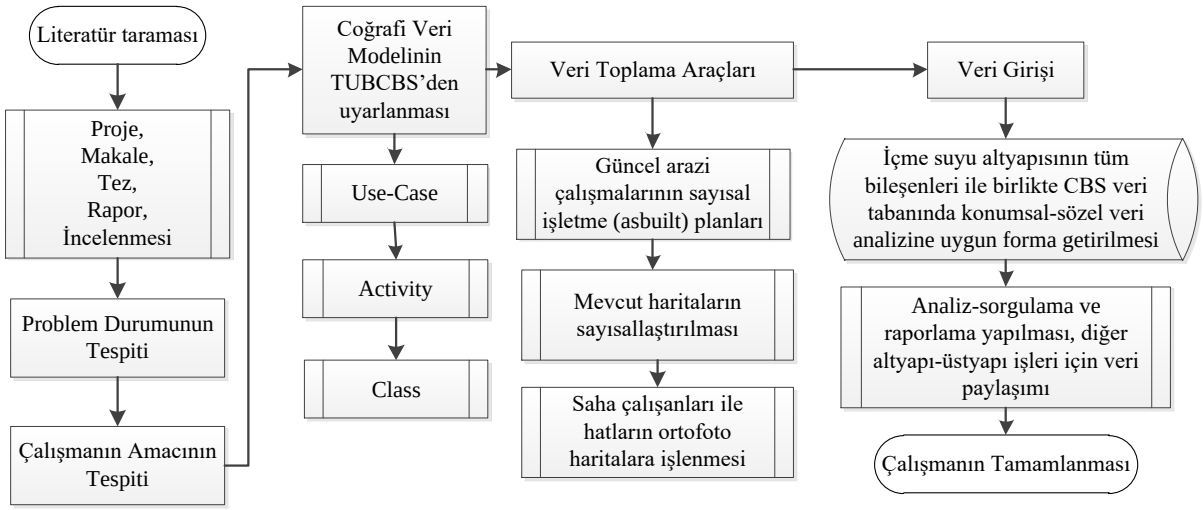
1.3. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma ile içme suyu altyapısının yönetilmesinde ve işletilmesinde karşılaşılan problemlerin insana dayalı ve klasik yöntemler ile değil teknolojiye uygun, dijital ortamda görülebilir ve yönetilebilir hale getirilmesi hedeflenmiştir. Bu sayede maliyetlerin azalması, insan gücü ve zaman kayıplarının önüne geçilmesi, verimliliğin artması öngörülmektedir. Böylece çalışma bölgesi olan Trabzon ilinde seçilen bölgelerde bulunan içme suyu altyapısına ait su kaynağı, hat, depo, terfi merkezi ve vanalar ile bu altyapı elemanlarıyla ilgili bölgedeki arıza bilgilerinin olacağı bir içme suyu bilgi sistemi oluşturulmuştur. Bu verilerin tek bir veri tabanında toplanarak konumsal olarak sorgulanabilmesi ve çeşitli analizlerin yapılabilmesiyle içme suyu altyapısına ait birtakım sorunların çözülmesi, farklı tip kullanıcıların ihtiyaçlarına cevap verilmesi de öngörülmektedir. Nihayetinde, içme suyu altyapısına dair tüm coğrafi verilerin farklı veri toplama araçlarıyla edinilerek, arıza ve kesinti gibi olumsuz durumları takip edebilen ve bunlara çözüm üretebilen, proje ve yatırım çalışmalarına destek olabilen, saha çalışmalarındaki aksaklıklara yardımcı olabilecek bir içme suyu altyapı bilgi sistemi kurulması amaçlanmaktadır.

1.4. Metodoloji

Çalışmada Şekil 3'te 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 çalışmalardan elde edilen çıkarsamalarla da desteklenerek çalışmanın problemi tanımlanmıştır. Problem tanımında ifade edilen sorunsalı 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 verilmiş olup, 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 temin edilmiştir. Daha önce oluşturulmuş mevcut klasik haritaların sayısallaştırılması, içme suyu tesisi imalat ve inşası devam eden hatlarda güncel arazi çalışmalarının yapılarak sayısal işletme (asbuilt) planlarının temini, işletme planı olmayan ve görece olarak daha eski zamanlarda imalat ve 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 CBS veri tabanında konumsal-sözel veri analizine uygun formda analiz-sorgulama ve raporlama yapılabilmekte, diğer altyapı-üstyapı işleri için veri paylaşımı sağlanabilmektedir.



Şekil 3. Metodoloji ve çalışma planı

2. TEMEL TANIM VE KAVRAMLAR

Bu bölümde çalışmanın daha iyi anlaşılması ve kavranabilmesi için bazı temel tanım ve kavramlar verilmiştir.

2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemi, sosyal, ekonomik, çevresel gibi önemli konularda meydana gelebilecek sorunların çözümüne yönelik konuma dayalı karar verme süreçlerinde kullanıcılara yardımcı olmak üzere, coğrafi verilerin; temin edilmesi, arşivlenmesi, işlenmesi, yönetimi, analizi, sorgulaması ve yayınlanması fonksiyonlarını yerine getiren donanım, yazılım, kullanıcı, konumsal veri ve yöntemler bütünü olarak tanımlanabilir (Yomralıoğlu, 2005).

CBS diğer bilgi sistemlerinden farklı olarak harita üzerindeki her türlü nesneye ait mekânsal bilgiyi ve o mekânsal bilginin tanımlandığı sözel bilgiyi bir veri tabanında toplar, işler ve bu bilgileri orada depolar. Veri tabanında depolanan verileri kullanıcılara sunulması maksadıyla yayınlar. Klasik veri tabanları ile arasında farklılıklar vardır. Konum bazlı fonksiyonları analiz edebilme kabiliyeti, klasik veri tabanlarında olmayıp da CBS' de olan bir özelliktir. CBS için, toplanan verilerin konumsal analizlerinin gerçekleştirilmesini sağlayacak yazılımlara da ihtiyaç vardır. Genellikle haritalama teknik ve yöntemleriyle toplanan veriler, veri tabanlarında saklanır ve kullanıcı isteklerine göre belirli standartlarda işlenirler. Kullanım amacına ve ortamına uygun olarak da web veya mobil platformlardan da kullanıcılara sunulabilirler. Tüm bu fonksiyonlar gerçekleştirilirken, verinin üretim ve kullanım standartlarının da belirlenmesi gerekmektedir (URL-2, 2022). CBS'nin beş temel bileşeni vardır. CBS'nin meydana gelmesi için bir araya gelmesi gereken bileşenler Şekil 4' te gösterilmiştir.



Şekil 4. CBS temel bileşenleri (Yomralıoğlu, 2005)

Dünyada konumsal bilgiyle ilgili çalışan disiplinler CBS'nin kendi problemleri için çözüm olduğunu kabul edip kendi amaçları doğrultusunda CBS'ye dayalı çözümler üretmişlerdir. Bunların başta gelenleri Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. CBS' ye dayalı çözümler üreten alanlar (Filiz, 2018)

2.2. Altyapı Bilgi Sistemi

Altyapı, ülkemizde ve dünyada ihmal edilmeyecek kadar önemli bir disiplindir. Altyapının ihmal edilmesi sadece maddi kayıplar değil can kayıplarına da neden olabilmektedir. Bu kayıpların minimuma indirilebilmesi için Altyapı Bilgi Sistemi çok önemlidir. 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 (İşitmezoğlu ve Ataman, 2007). Günümüzde hala altyapı bilgi sistemi olmayan birçok bölge bulunmaktadır.

2.3. Coğrafi Veri Standartları

Çalışmanın bu bölümünde coğrafi verilerin uluslararası standartları yer almaktadır. Sırasıyla ISO standartları, INSPIRE standartları ve AİTM: ISO 19152 çalışmaları ele alınmıştır.

2.3.1. ISO/TC211 Standartları

Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı ISO (International Standardization Organization) uluslararası standart geliştiren ve yayımlayan, Türkiye'nin de aralarında bulunduğu 164 ülkeden üyesi bulunan kâr amacı gütmeyen bir organizasyondur. ISO üyesi olan ulusal standardizasyon kuruluşları, paydaşlarının ilgilendiği teknik komite çalışmalarına katılımcı üye ya da gözlemci üye olarak katılabilmektedir. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), 1956 yılından beri tam üyesidir (URL-3, 2022). ISO/TC isimli teknik komiteler, küresel düzeyde açıklık, saydamlık, ortak karar ve teknik tutarlılığı destekleyen çalışmalar yapmaktadır. ISO/TC 211, dijital ortamda coğrafi veri yönetiminde metot ve araçları, farklı kullanıcılar arasında dijital ortamda verinin temin edilmesini, işlenmesi, analizi, erişimi, sunumu için standartlar belirlemektedir. Bu kapsamda coğrafi bilgi sistemleri konusunda kalite prensipleri, konumsal ve uygulama şemaları, metaveri, kataloglama yöntemleri vb. konularda standardizasyon çalışmaları yapmakta ve bu çalışmaları yayınlamaktadır. ISO/TC 251 koduyla tanımlanan Varlık Yönetimi Komitesi

de ISO bünyesinde bulunan teknik komitelerden birisidir (Erdoğan, 2014). ISO TC/251 teknik komitesinin yayınladığı son standart olan ISO/TS 55010:2019, mali ve mali olmayan fonksiyonların uyumlaştırılması konusunda rehberlik yürütme amacını üstlenmiştir.

2.3.2. INSPIRE (Avrupa Konumsal Veri Altyapısı) Standartları

INSPIRE, Avrupa Parlamentosuna üye ülkeler nezdinde Avrupa içerisinde çevre ile ilgili konumsal verilerin paylaşılması ve ortak bir konumsal veri altyapı sistemi oluşturma amacıyla başlatılan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım ile Avrupa'daki konumsal verilerin üretilmesi ve paylaşılması amacıyla standartların belirlenerek Avrupa'da konumsal veri altyapısının oluşturulması hedeflenir. 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-4, 2022).

2.3.3. AİTM: ISO 19152 Çalışmaları

AİTM uluslararası bir standarttır. Arazi idaresi ve arazi yönetimi gibi konularda veri modellemenin öneminin anlaşılmasına büyük katkılar sağlamıştır. 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 (Çoruhlu vd., 2015).

AİTM'nin ISO standardı olarak benimsenmesi ve ülkemizin içinde bulunduğu AB uyum süreci ve bu süreçteki INSPIRE direktifleri ile ülkemiz için tasarlanan e-devlet uygulamalarındaki konumsal ve öznitelik verileri beraber göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sayede uluslararası AİTM altında ve ISO/TC211 standardına ve INSPIRE direktifleri ile ve de ulusal TUCBS ile de uyumlu e-devlet sistemleri gerçekleştirilebilir (Çoruhlu vd., 2015). ISO, 2012 yılında tanımlanan ISO 19152 standardını geliştirmiştir. ISO 19152 standardı, ulusal ve bölgesel ölçekteki sorunlar için altlık olmakta ve değişik kaynaklardan alınan arazi idaresi bilgilerinin ortak bir standart vasıtasıyla mantıklı bir şekilde

birleştirilmesine imkân sağlamaktadır (Çelik, 2021). Eş bir anlatımla, geleneksel kayıt sistemlerinin veri tabanı mantığı ile dijital olarak yönetimini modellemektedir.

2.4. Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS)

TUCBS, Ulusal düzeyde teknolojik gelişmelere ve INSPIRE Direktifine uygun CBS altyapısı kurulmasını, kamu kurum ve kuruluşlarının sorumlu oldukları coğrafi bilgileri ortak altyapı üzerinden kullanıcılara sunmaları amacıyla 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-5, 2022). Şekil 6'da TUCBS coğrafi veri temaları sunulmuştur.

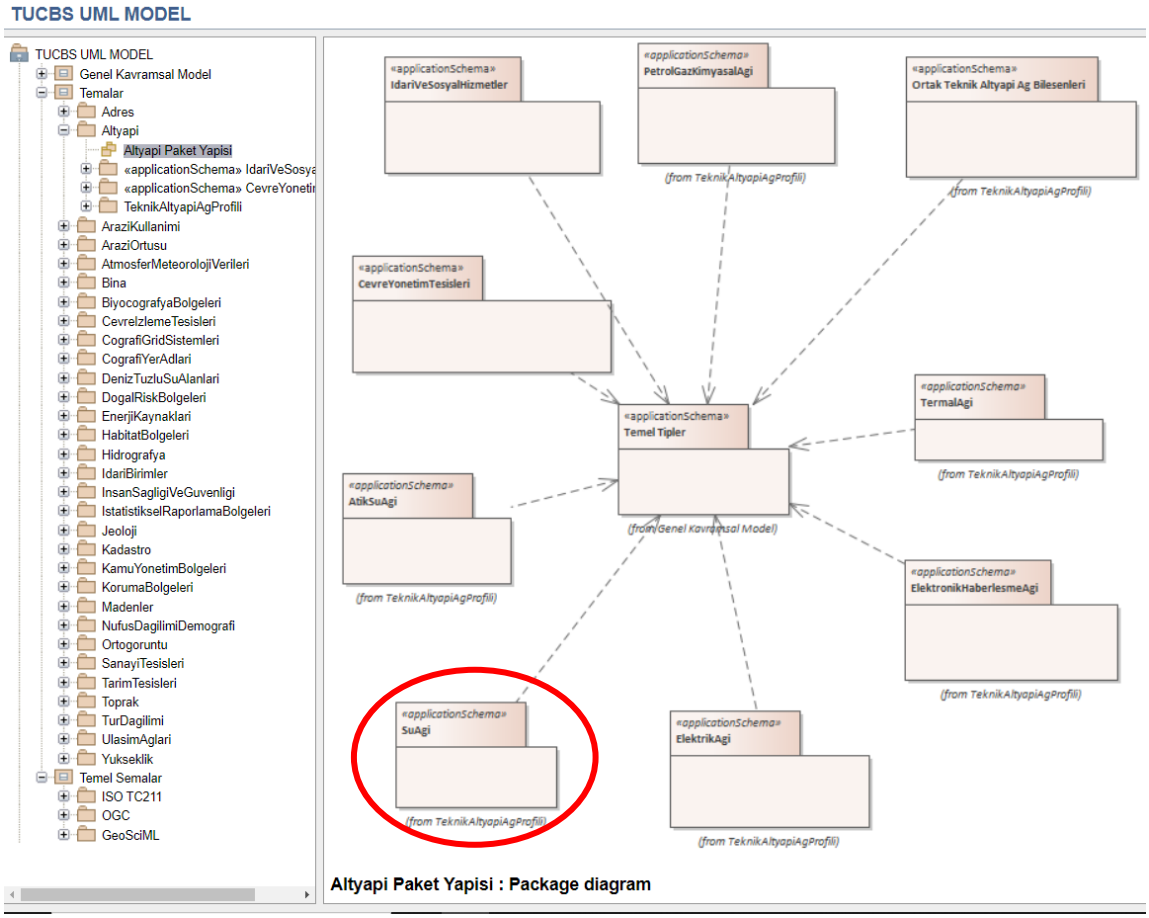


Şekil 6. TUCBS 32 adet coğrafi veri teması (URL-6, 2022)

2.4.1. TUCBS Altyapı Veri Teması

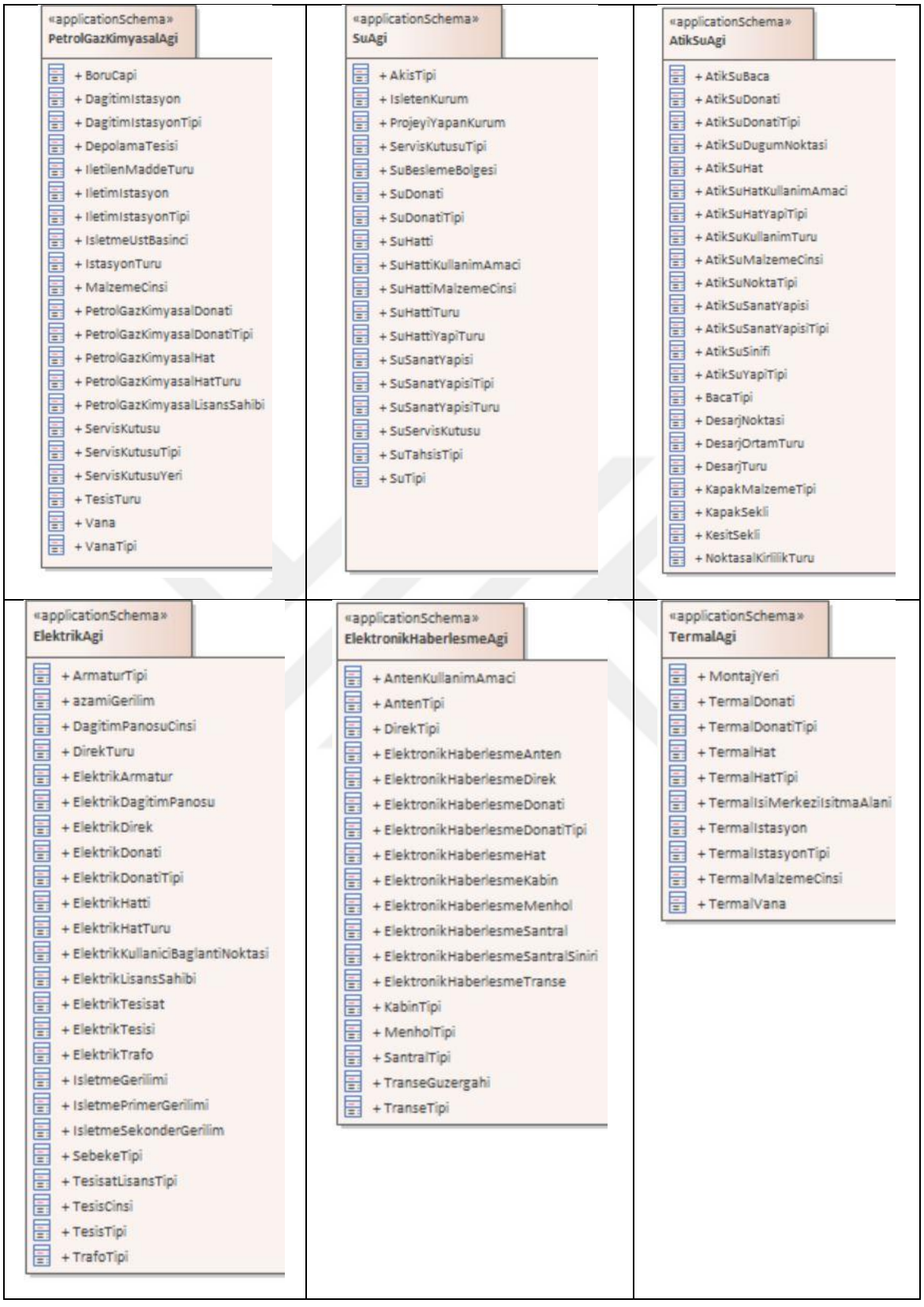
TUCBS altyapı teması; atıksu, atık yönetimi, su ve elektrik tesisleri vb. kamu hizmetleri olan teknik altyapı ile sivil savunma, eğitim, sağlık, yönetim vb. idari ve sosyal kamu hizmetleri olan sosyal altyapıyı içermektedir. Ülke ölçeğinden kent ölçeğine kadar detayları olan bir çalışmayı içermekte olan TUCBS altyapı temasının paket yapısı Şekil

7’de sunulmuştur. Kapsamı detaylı ve geniş olan altyapı temasının içindeki teknik altyapı bölümü de su, atıksu, 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.



Şekil 7. TUCBS altyapı temasının paket diyagramı (URL-6, 2022)

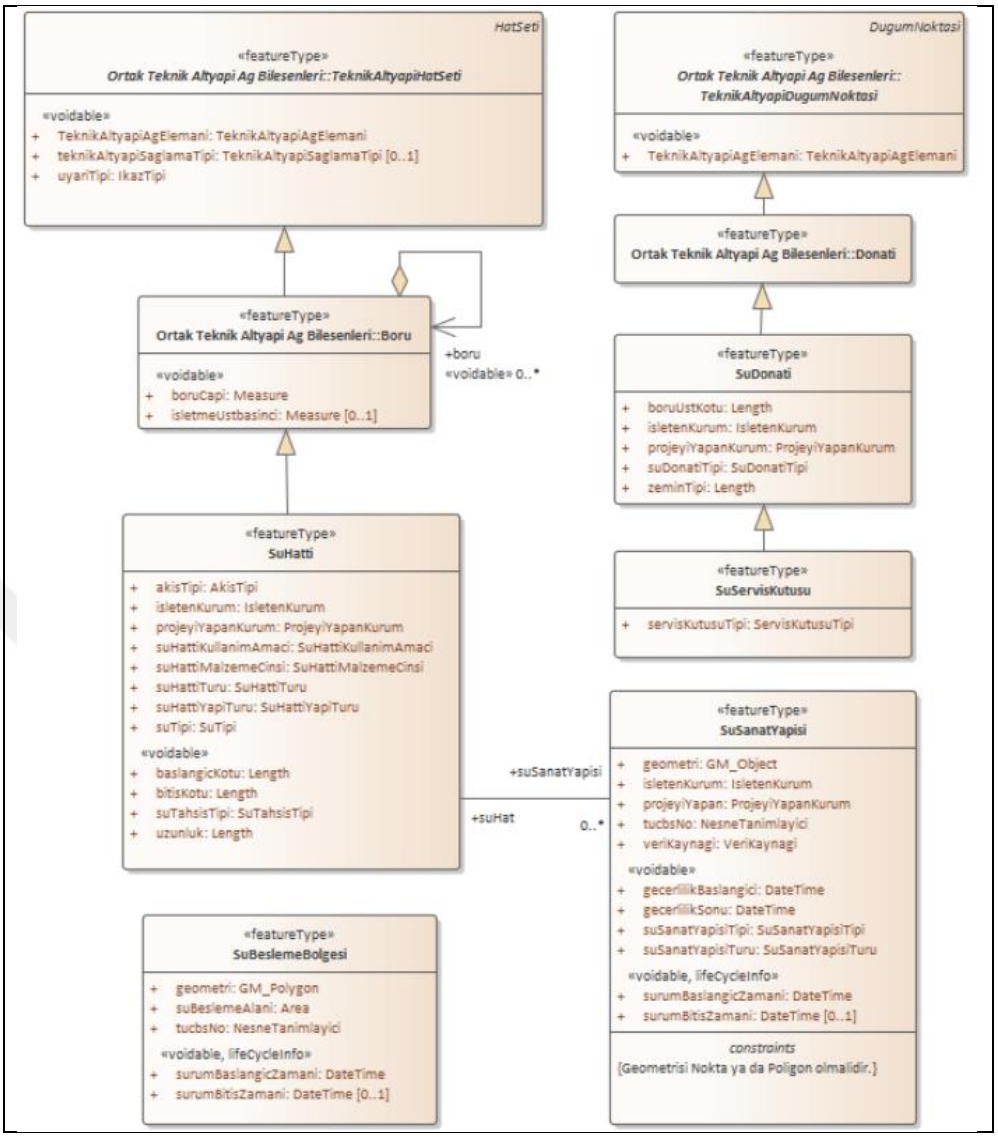
Teknik altyapı teması içinde ağ profillerinin belirlenen öznitelikleri mevcut olup Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8. Tüm teknik altyapı ağlarının sınıf diyagramı (URL-6, 2022)

2.4.1.1. Su Ağı

TUCBS UML modeli içinde; Teknik Altyapı Ağ Profili altında Su Ağı veri setinin sınıfları Şekil 9'da yer alıp birbirinden farklı veya ortak özellikleri bulunmaktadır. Önemli sınıflardan birisi olan su hattı özelliklerinden akış tipi özelliği suyun akışının nasıl sağlandığı bilgisini içerir. İşleten kurum özelliği hangi kurum ya da kuruluşun tarafından işletildiğini, projeyi yapan kurum ise hangi kurum tarafından projelendirildiğini belirtir. Bu iki özellik su donatı ve su sanat yapısı sınıflarının da ortak özelliğidir. Su hattı kullanım amacı özelliği hattın hangi amaçla kullanıldığını ve hangi noktalara aktarım yapılacağını belirtir. Malzeme cinsi, borunun malzeme bilgisini içerir. Hat türü özelliği, hattı oluşturan yapıların özelliklerini ifade eder. Su donatı sınıfının bazı özellikleri ele alınacak olursa; boru üst kotu özelliği içme suyu borusunun üst kısmının deniz seviyesinden yüksekliğini, su donatı tipi içme suyunun sistem elemanı tipini belirtir. Diğer sınıflar ise su sanat yapısı, su servis kutusu ve su besleme bölgesidir.



Şekil 9. Su ağı tasarımını gösteren sınıf diyagramı (URL-6, 2022)

2.5. Birleşik Modelleme Dili (UML)

UML, bir programlama dili olmamakla birlikte yazılım geliştirme için kullanılan standart bir diyagram çizme ve ilişkisel modelleme dili olarak kabul edilebilir. Yazılım sistemlerinin nasıl modellenebileceğini belirleyen ve bunları açıklayan yöntemlerin bir araya gelmesiyle oluşur. UML'nin doğuşu yazılım sektöründe önemli gelişmelerden birisi olarak kabul edilir. UML, nesneler arasında ilişkiyi sağlamak amaçlı bir takım grafiksel elemanlara sahiptir. Diyagramlar bu elemanların kullanılmasıyla oluşturulur (Jacobson ve Booch, 2021).

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 iletişimi daha etkili ve basit hale getirebilir (Eynard vd., 2004). INSPIRE ve AİTM de UML ile hazırlanmıştır. Bu anlamda arazi yönetimi alanında çalışan araştırmacılar UML dilini son zamanlarda sıkça kullanmaktadırlar.

2.6. Coğrafi Veri Tabanları

Veritabanı, bilgisayarlarda saklanılabilir, taşınabilir, yönetilebilir bilgi topluluğudur. Bu bilgiler üzerinde işlem yapılabilir ve birbirleri ile ilişkilendirilebilirler. Veri tabanı, birçok kullanıcı tarafından kullanılan birbiri ile ilişkili geniş bir veri kümesinin düzenlenmesi, depolanması, paylaşılması ve sorgulanması amacıyla oluşturulur. Birbirleriyle ilişkili olan nesneler ve ilişkiler bu sayede modellenir. Yüksek hacimli veriler, veri tabanları ile kullanım amaçlarına göre düzenlenebilir. Verilere, veri tabanı vasıtasıyla erişilebilir. Coğrafi veri tabanları da CBS'nin temel veri deposudur. Coğrafi veri tabanları, genellikle kullanılan veri tabanı modeline göre sınıflandırılır. Günümüzde CBS yazılımlarında, çoğunlukla ilişkisel coğrafi veri tabanı modeli kullanıldığı görülmektedir (Egenhofer ve Frank, 1992).

Yapılacak bir CBS projesinde kullanılacak verinin büyüklüğü, veri tabanının seçiminde önemli bir faktör olup masaüstü, web ve mobil kullanıcı sayısı, bu ortamlarda veri girişinin nasıl yapılacağı ve proje yönetiminin nasıl olacağı veri tabanı yönetim sistemi ile belirlenir. Veri tabanları; kullanım kolaylığı, güvenilirliği ve gelişmiş işlem gücü gibi özellikler göz önünde bulundurularak tercih edilebilir.

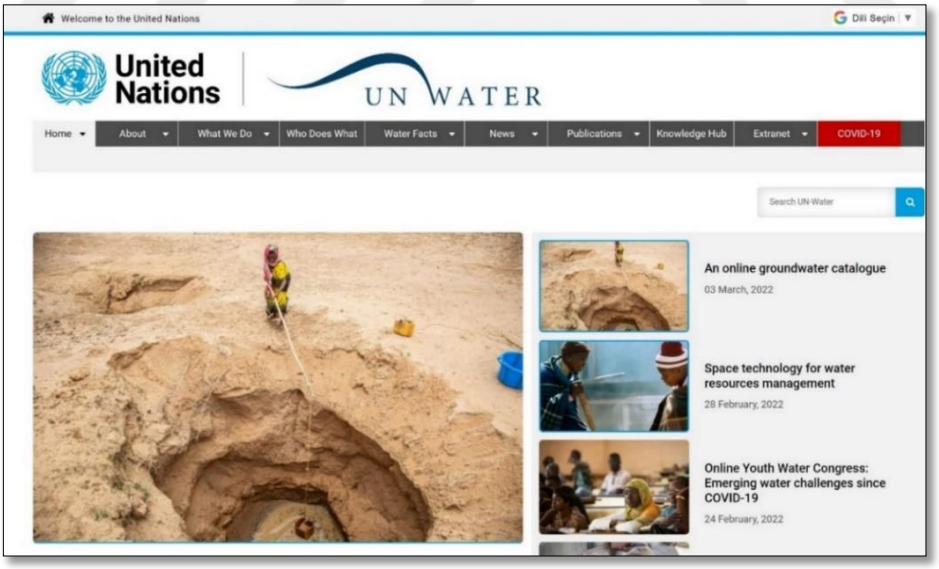
2.7. Su Yönetimi

Su yaşamın temel öğelerinden birisidir. İnsanlar tarafından yeryüzünün 3/4'ünün sularla kaplı olması, dünyada su bolluğu olduğu gibi düşünülse de içilebilir nitelikteki su oranı ancak binde 74 civarındadır. İçme suyu, içilmesi ya da besinlerde tüketilmesi güvenli olan ve kullanıldığında sağlık sorunlarına sebep olmayacak sulardır. Su canlılar için bu

kadar önemli bir kaynak olmasına karşın tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olan bir unsur olması da üzerinde durulması gereken bir durumdur. Bu durum suyun yönetimini oldukça önemli kılmaktadır (Günhan, 2014). Alt bölümlerde suyun yönetimi hem teknik açıdan hem idari açıdan ve hem de hukuki açıdan ele alınmıştır.

2.7.1. Suyun Hukuki Yönetimi

Dünyada suyun eşit ve adaletli olarak paylaşılması ve kullanılması ile su güveliğinin sağlanması amacıyla global, bölgesel ve ulusal ölçekte etkin olan birçok kurum ve kuruluş vardır. Su yönetimi konusunda Birleşmiş Milletler (BM) birçok programı ve kurumu ile beraber etkin rol üstlenmiş vaziyettedir. 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-7, 2022). Şekil 10'da Birleşmiş Milletler-Su internet ana sayfası gösterilmiştir.



Şekil 10. Birleşmiş Milletler-Su internet ana sayfası (URL-8, 2022)

Çok uluslu bir platform olan Dünya Su Konseyi 1996 yılında kurulmuş olup merkezi Marsilya'dır. Dünyada su kullanımının adil olması bilincini geliştirmek amaçlı her düzeyde en etkili kararların alınması, su varlığının korunması, geliştirilmesi, planlamaları,

su seviyesi kullanımı yönetimi için, kritik yaşam kaynaklarının küresel sürdürülebilirliğini sağlamak amaçları için çalışır. Forumda yapılan çalışmalardan beklenen bazı neticeler, dünyada su sorunlarının çözümü çalışmalarına destek olmak ve tüm dünyada suyun öneminin altını çizmektir. 5. Dünya Su Forumu, 2009 yılında İstanbul'da yapılmış olup logosu Şekil 11'de sunulmuştur.



Şekil 11. Dünya Su Forumu, İstanbul-2009 (URL-9, 2022)

Dünyanın en geniş ve en köklü ağlarından birisi olan IUCN (Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği) birçok devletin, sivil toplum temsilcisinin yer aldığı bir örgüttür. Su programı 1985'te kurulmuştur. Su kaynaklarının korunmasını amaçlayarak; BM'yi, hükümetleri, akademiyi, 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-7, 2022).

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. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi (SÇD) de çevre konusunda; AB ile uyum süreci için en önemli yasal konulardan birisidir. SÇD'nin su ile ilgili temel amaçlarından bazıları şunlardır:

- Suların korunmasına dair düzenlemelerin kıyı sularını da kapsayacak şekilde hem yerüstü hem yeraltı suları olarak bütün suları içermesi,
- İyi durumda bulunan suların mevcut halini korumak ve iyi halde olmayan suların durumunu daha iyi hale getirmek,

- Suların geleceğe dönük sürdürülebilirlik politikasına uygun ve bütüncül şekilde Avrupa Topluluğu politikasını oluşturmak,
- Suyun yönetimine insanları daha fazla yakınlaştırmak,
- Su hukuku konusunda insanları bilgilendirmek (Güneş, 2010).

Türk Ulusal Mevzuatı:

- 28/4/1926 Tarihli ve 831 Sayılı Sular Hakkında Kanun:

Cumhuriyet döneminin içme suyu konusunu düzenleyen ilk kanunu olan Sular Hakkında Kanun ile şehir, kasaba ve köylerde kamunun ihtiyacını karşılamaya özgü suların tedariki ve yönetimi vazifesi, belediye teşkilatı olan yerlerde belediyelere, belediye olmayan yerlerde ise Köy Kanunu uyarınca köy ihtiyar heyetlerine verilmiştir (Resmî Gazete, 1926).

- 3/7/1968 Tarihli ve 1053 Sayılı Belediye Teşkilâtı Olan Yerleşim Yerlerine İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Hakkında Kanun

Bu kanun uyarınca; barajlar, isale hatları ve tasfiye tesislerinin DSİ tarafından depo ve tevzi şebekelerinin ise belediyeler tarafından yapılması, meydana getirilecek isale hatları ve tasfiye tesislerinin bir protokol ile alakalı belediyelere devredilmesi ve belediyelerce işletilmesi hüküm altına alınmıştır (Resmî Gazete, 1968).

- 20/11/1981 Tarihli ve 2560 Sayılı İSKİ Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun

Bu kanun, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin vazife alanına giren yerlerde içme, kullanma ve sanayi suyu temini; atık ve yağmur suyunun uzaklaştırılmasını sağlanması ile bu sulardan yeniden yararlanılması için gerekli tesisleri kurmak ve işletmek gibi hususlarla birlikte su kaynaklarının, sanayi artıkları ile kirletilmesini, bu kaynaklarda suların kaybına veya azalmasına yol açacak tesis kurulmasını ve bu tür faaliyetlerde bulunulmasını önlemek, bu konuda her türlü teknik, idari ve hukuki tedbiri alma hususunda İSKİ'nin salahiyet ve vazifelerini düzenlemektedir. Kanun'un ek 5 inci maddesi hükmü uyarınca; İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun, diğer büyükşehir belediyelerine de uygulanmaktadır (Resmî Gazete, 1981).

- 10/7/2004 Tarihli ve 5216 Sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu

Büyükşehir Belediyesi Kanunu, sürdürülebilir kalkınma ilkesinin uygulanarak Büyükşehir Belediyelerinde çevrenin, tarım alanlarının ve su havzalarının korunmasını sağlamayı hedeflemektedir. Ayrıca su ve kanalizasyon hizmetlerini yürütmek, bunun

için gerekli baraj ve diğer tesisleri kurmak ve işletmek; derelerin ıslahını yapmak, kaynak suyu veya arıtma sonunda üretilen suları pazarlamak hususunda Belediyelere vazife ve salahiyet vermektedir. Büyükşehir, ilçe ve ilk kademe belediyelerinin görev ve sorumluluklarından birisi: "Su ve kanalizasyon hizmetlerini yürütmek, bunun için gerekli baraj ve diğer tesisleri kurmak, kurdurmak ve işletmek; derelerin ıslahını yapmak; kaynak suyu veya arıtma sonunda üretilen suları pazarlamak." olarak ifade edilmiştir (Resmi Gazete, 2004).

- 13/7/2005 Tarihli ve 5393 Sayılı Belediye Kanunu

Mezkûr kanun ile Belediyelere yerel ölçekte; içme, kullanma ve sanayi suyu sağlamak; atık ve yağmur suyunun uzaklaştırılmasını sağlamak, bunlar için gerekli tesisleri kurmak ve işletmek gibi salahiyet ve vazifeler verilmektedir (Resmî Gazete, 2005).

2.7.2. Suyun İdari Yönetimi

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 (DSİ)'dir. DSİ Genel Müdürlüğü 6200 Sayılı Kanun'la 18 Aralık 1953 tarihinde kurulmuş ve 1954 senesinde teşkilatlanmış bir kurumdur. Kurumun misyonu, ülkemizin su kaynaklarını bilim ve tekniğe uygun olarak kullanıma sunmak, su ve ilgili toprak kaynaklarımızın çevre duyarlılığı ve sürdürülebilirlik esasları dâhilinde geliştirilmesini sağlamak", vizyonunu ise "Su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve yönetilmesinde öncü kuruluş olmak." şeklinde tanımlanmıştır. Görevlerinden bazıları; içme, sulama ve kullanma suyu temin etmek, su depoları inşa etmek, baraj ve isale hattı yapmak, yer altı suyu etüt ve araştırmalarını yapmak, yer altı sularını korumaktır (URL-10, 2022). Bir diğer önemli kurum Su Yönetimi Genel Müdürlüğüdür. 2011'de kurulmuş olan kurumun, temel görevlerinden bazıları: su kaynaklarının korunmasına ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına dair politikalar oluşturmak, havza bazında üst planlamaları yaparak bütünleşik havza yönetimini sağlamak, ülkemizin ulusal ve uluslararası su yönetimini koordine etmektir. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün görev ve yetkilerinden birisi ise Ulusal su veri tabanı oluşturmaktır. Kamu kurum ve kuruluşları sahip oldukları su ile ilgili bilgi ve verileri, talep edilmesi halinde, su veri tabanına işlenmek üzere Su Yönetimi Genel Müdürlüğüne vermekle mükelleftir (URL-11, 2022).

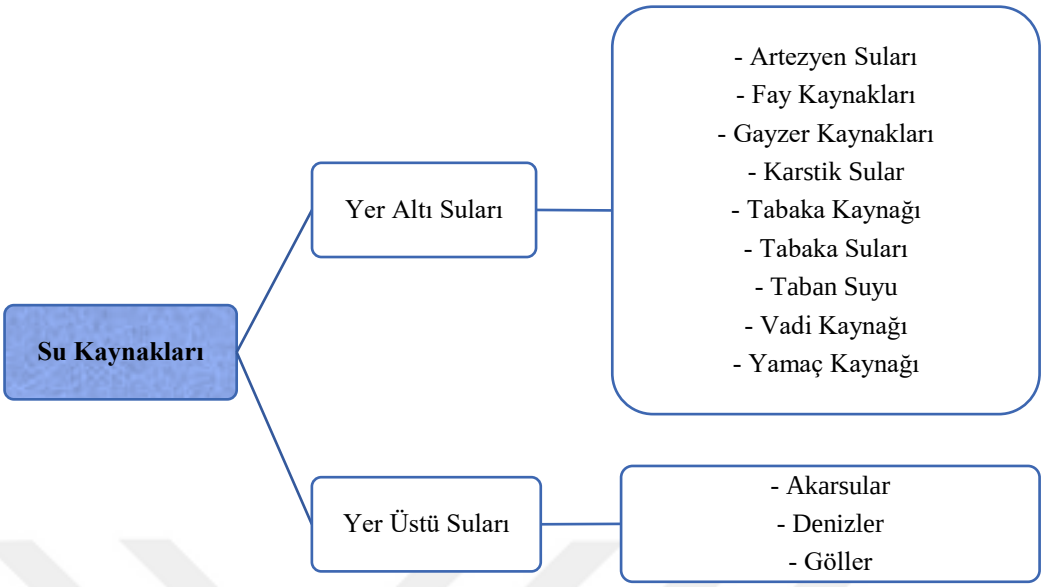
DSİ ve Su Yönetimi Genel Müdürlüğü dışında ülkemizde su ile ilgili hizmet veren bir başka kurum, belediyelerdir. Belediyelerin su ile ilgili görevleri şu şekilde sıralanabilir; su dağıtımını yapmak, kanalizasyon hizmetlerini yerine getirmek, arıtma tesisi yapmak ve işletmek, su deşarjlarının yapmak ve denetlemektir. Büyükşehir belediyelerinin olmadığı yerlerde il özel idareleri bulunmaktadır ve görevlerinden birisi belediye alanları dışındaki yerleşim yerlerine su ve kanalizasyon hizmetleri vermektir.

2.7.3. Suyun Teknik Yönetimi

Bu bölümde içme suyu altyapısının teknik yönetimi üç ayrı kısımda ele alınmıştır. İlk olarak içme suyu kaynaklarından bahsedilmiştir. İkinci kısım olarak içme suyu temini ve iletimindeki sistem elemanları anlatılmıştır. Bu elemanlardan temel olanları; su alma yapıları, su depoları, maslaklar, isale hatları, şebeke hatları, terfi merkezleri ve vanalardır. Son olarak içme suyu altyapısı arızaları ele alınmıştır.

2.7.3.1. İçme Suyu Kaynakları

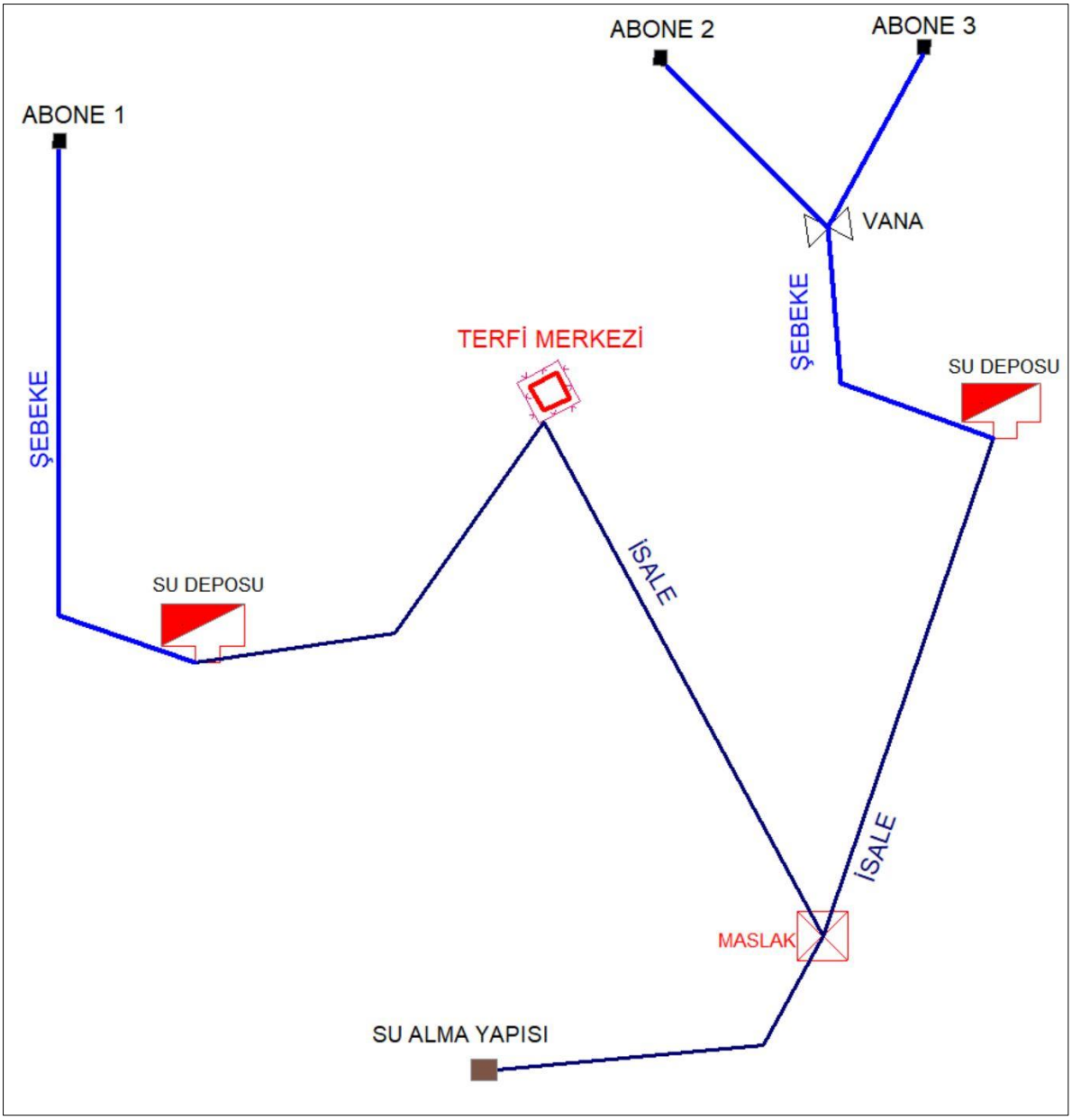
Tüm ülkeler, su sorunu olsun olmasın yeni su kaynakları arayışı içindedir. Her ülkenin su konusunda zengin olduğu düşünülmemeli, su kaynakları planlı, sağlıklı ve sürdürülebilir olarak kullanılmalıdır. Su kaynakları genellikle şehir merkezlerine uzak yerlerde bulunmaktadır. Su kaynaklarının varlığı tespit edildikten sonra mutlaka konumları kurulacak bir içme suyu bilgi sistemine kaydedilmelidir. Sular kullanım alanlarına göre; içme suyu, sulama suyu ve endüstriyel kullanım amaçlı sular olarak üçe ayrılabilir. Kaynağına göre ise yer altı ve yer üstü kaynaklı olarak sınıflandırılabilir. Su kaynaklarının sınıflara ayrılması Şekil 12'de sunulmuştur.



Şekil 12. Su kaynaklarının sınıflara ayrılması (Kasap, 2016)

2.7.3.2. İçme Suyu Temini ve İletimindeki Sistem Elemanları

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 (Kasap, 2016). Şekil 13'te içme suyu sisteminin kavramsal gösterimi gösterilmiştir.



Şekil 13. İçme suyu iletim sisteminin kavramsal gösterimi

- Su Alma Yapıları veya Su Alma Tesisleri: Su kaynaklarının, belirlenen kentin, ilçenin, mahallenin veya bir bölgenin mevcut durumda veya ileriye dönük su ihtiyacının karşılanması için kullanılan tesislerdir. Bu tesisler içerisinde; kaptaj, göze, nehir, göl, kuyu veya baraj suları bulunmakta bölgelere göre çeşitlilik göstermektedir. Söz konusu su kaynağının iletiminin yapılmasından önce gerekli analizlerin yapılarak en uygun kaynağın seçilmesi gereklidir. Şekil 14'te Trabzon ilinde bulunan örnek bir su alma yapısı sunulmuştur.



Şekil 14. Trabzon'da bir su alma yapısı

- İsale hattı: Suyun kaynağından depoya ya da direkt olarak şebeke ağına ulaştırılmasını sağlayan boru hattıdır. İsale hatlarındaki boru çapları, şebeke hatlarına kıyasla daha kalındır. İsale hattı arızalarının giderilmesi nispeten daha fazla vakit alabilmektedir. Ayrıca isale hatlarının arızalanmasına bağlı olarak ortaya çıkan kesintiler, daha geniş alanları ve dolayısıyla daha fazla kullanıcıyı etkiler. Şekil 15'te örnek bir isale hattı gösterilmiştir.



Şekil 15. Trabzon’da bir isale hattı

- Maslak: Su hat güzergâhları üzerinde bulunan, içinde toplanan suyun çeşitli borularla farklı yönlere dağıtılabildiği küçük yapılardır. Şekil 16’da Trabzon’da yıllar önce yapılmış bir maslak yer almaktadır.



Şekil 16. Trabzon'da bir maslak yapısı örneği

- Terfi (Pompa) Merkezleri: Suyun; kaynağından elde edildiği noktadan, kullanıcı bağlantısı yapılacak nihai noktasına cazibeli bir şekilde iletilememesi durumunda, iletilecek suya enerji kazandırmak amacıyla pompa veya pompalar kullanılmaktadır. İletimi yapılacak suyun debisi, ulaştırılması hedeflenen noktadaki enerji seviyesi ve borudaki sürtünme kayıpları dikkate alınarak pompa tipi seçimi yapılır ve terfi tesisleri tasarlanır.
- Depolar: Suyun abonelere iletilmesinin planlandığı bölgedeki ihtiyaç debisi hesaplanarak, kullanım durumu düşünülerek ve kaynaktan elde edilen debinin homojen olarak dağılamayacağı öngörülerek, suyun iletiminde sürekliliğin sağlanması amacıyla toplandığı ve stoklandığı yapılardır. Kapasiteleri bölgeden bölgeye değişkenlik gösterir. 50 tonluk su deposu da 10000 tonluk su deposu da bulunabilmektedir. Şekil 17'de örnek bir depo yer almaktadır.



Şekil 17. Trabzon ilinde örnek bir su deposu

- Şebeke hatları: İhtiyaç duyulan bölgedeki abonelere suyun ulaştırılmasını sağlayan, farklı çaplardaki borulardan oluşan bir ağ sistemidir. Şekil 18'de örnek bir şebeke hattı yer almaktadır.



Şekil 18. Trabzon'da bir şebeke hattı

- Vana: İçme suyu altyapısının yönetiminde önemli elemanlardan birisi de vanalardır. 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 kullanılır. Zemin üstünde görünen örnek bir şebeke vanası Şekil 19'da yer almaktadır.



Şekil 19. Trabzon'da su hatlarını kontrol eden örnek bir vana

2.7.3.3. İçme Suyu Arızaları

İçme suyu altyapısı ihtiyaca göre projelendirilir ve imalatı planlanan alanda yapılır. İmalatı tamamlanan içme suyu altyapısı hizmete sunulur. İmalatı sonrası içme suyu altyapısının işletilmesi gerekir. Bu sayede suyun, kaynağından kullanıcılarına kadar sağlıklı ve kesintisiz şekilde ulaştırılması sağlanır. Her altyapı sisteminde olduğu gibi içme suyu kullanıcılarına servis edilirken bazı aksaklıklar meydana gelebilmektedir. Aktif olarak ve uzun zaman kullanılan malzemenin ekonomik ömrünü tamamlayarak eskimesi veya çevresel şartlardan dolayı arızalanarak onarım ve yenilenme ihtiyacı ortaya çıkabilmektedir. İlgili kurumlar şebeke arızaları ve boruların patlaması ile ilgili her hafta

onlarca ihbar almaktadır. Bazı zamanlar arıza noktası kolay tespit edilirken bazı zamanlarda tespit etmek zorlaşabilmektedir. Su ağına kurulacak çeşitli sensörler ile su akışı takip edilebilir, su arızalarının tespitinde bu sensörlerden faydalanılabilir. İçme suyu altyapısının işletilirken ki önemli aksaklıklarından birisi su borularının patlaması ve su kesintisinin yaşanmasıdır. Arızalanan borular ilgili kurum personeli tarafından tamir edilir ve su tekrardan kullanıcılara ulaştırılır (Ayadi vd., 2019). Şekil 20'de arızalanan ve tamir edilmesi gereken bir şebeke hattı örnek olarak sunuluştur. Bir borunun arızalanması sadece suyun sızması ve kaybolması olarak düşünülmemelidir. Su kaybı dışında yeniden onarım maliyeti, bölge halkının suyunun kesilmesi, kamu güveninin zedelenmesi düşünülmelidir. Bir arızanın toplam maliyeti, onarım süresi ile doğru orantılı olarak düşünülebilir. Bu nedenle arızaların hızlı tespiti bir içme suyu altyapı yönetiminin önemli bir parçasıdır (Sadeghioon vd., 2018).



Şekil 20. Şebeke arızası örneği

Su kesintilerinin temel nedenleri şu şekilde sıralanabilir (URL-12, 2020);

1) Lokal Arızalar: Şehirlerde içme suyu altyapısını oluşturan hatlarda veya bu hatlara ait donatılarda bazen lokal arızalar ortaya çıkabilmektedir. Bu arızalar sebebiyle genellikle birkaç cadde veya sokağı etkileyen kesintiler olabilmekte birkaç saat içinde çözüme kavuşturulabilmektedir.

2) Enerji Kesintileri: Şehrin bazı kısımlarındaki evlere veya işyerlerine su kendi cazibesi ile değil basınçlı olarak ulaşması gerekir. Bunun gerçekleşmesi için terfi merkezleri ve pompa istasyonları kullanılır. Bu tesisler enerji ile çalışmakta olup enerji sağlayıcı kurumun elektrik temin edememesi sebebiyle bazen lokal ya da geniş bölgeleri kapsayacak şekilde su kesintileri yaşanabilmektedir.

3) İnşaat Faaliyetlerinde Hatlara Zarar Verilmesi: Kanalizasyon, doğalgaz, elektrik, telekomünikasyon gibi altyapı çalışmaları veya inşaat faaliyetleri sebebiyle zaman zaman içme suyu hatları zarar görebilmektedir. Bu durumlarda da genellikle belirli bölgeyi kapsayacak şekilde su kesintileri yaşanmaktadır. Bu kesintilerin yaşanmaması için kurum ve kuruluşların koordineli çalışması gerekmektedir.

4) Planlı Çalışmalar: Şehirlerde yeni içme suyu hatlarının inşa edilmesi, hat güzergâhlarının değişikliğe uğraması ile yenileme ve bakım – onarım çalışmaları sebebiyle bazı zaman dilimlerinde planlı kesintiler yapılabilmektedir. Bu çalışmalar genellikle birkaç gün öncesinden kullanıcılara duyurulabilmektedir.

İçme suyu hizmetlerinde ortaya çıkabilecek arızalara müdahale edilmesi önemli bir karar verme durumdur. İçme suyu altyapı tesislerinin iyi yönetilebilmesi, planlama, bakım, onarım, arıza durumları için bilgi sistemlerinin oluşturulmasında konumsal bilgiye ihtiyaç vardır. İçme suyu altyapısına ait hatlar ve tesislerin nerede ve ne kadar olduğunun sağlıklı bir envanterinin de tutulması gerekir. Mevcut altyapının dışında arızaların da konumsal bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 21'de müdahale edilen bir arıza durumu sunulmuştur.



Şekil 21. Trabzon’da örnek bir boru arızası

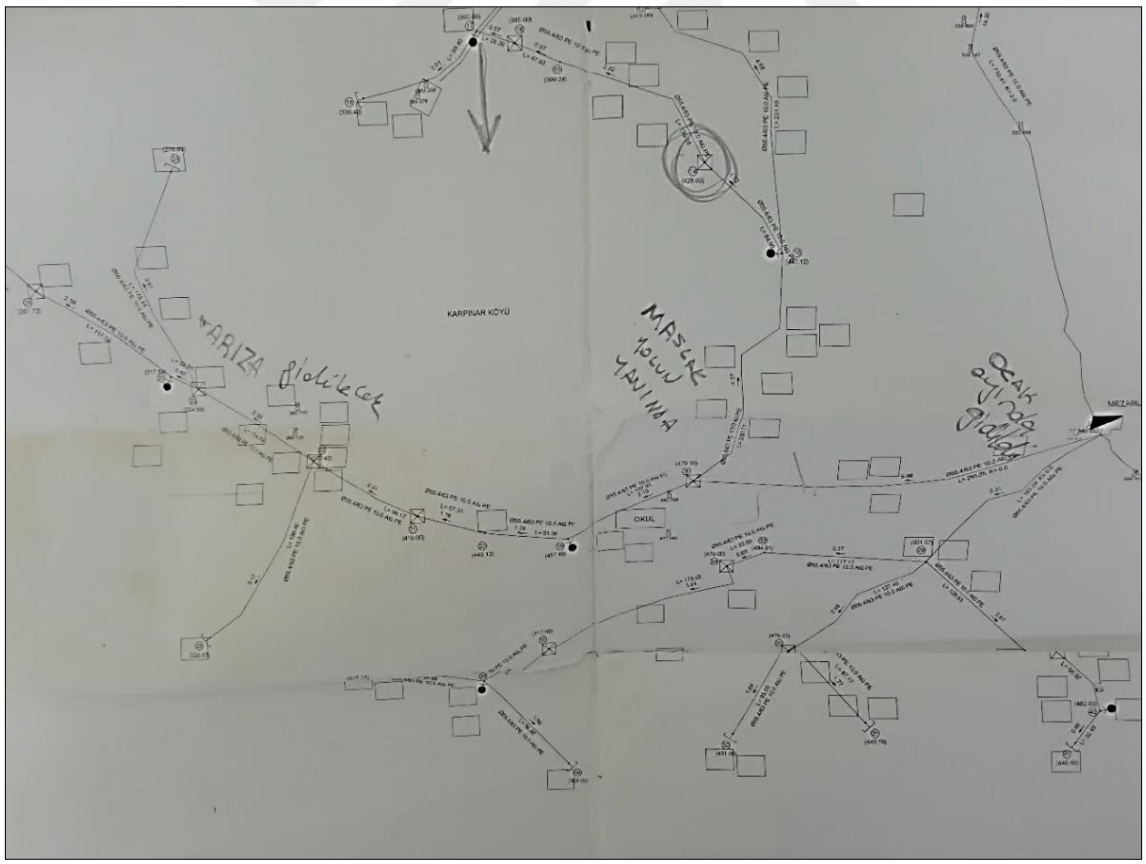
3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde tez kapsamında yürütülen çalışmalar sırasıyla detaylandırılmıştır. Öncelikli olarak içme suyu altyapısının yönetimi ile ilgili araştırma ve tespitlerde bulunulmuştur. İçme suyu yönetiminde bilgi sistemlerinin olmadığında doğacak olası sorunlar literatür destekli olarak irdelenmiştir. Sorunların ortaya çıkarılmasından sonra içme suyu yönetimindeki sorunların çözümünde kullanılacak CBS'nin gereksinim analizinden bahsedilmiştir. Zira bir CBS kurulmadan önce yapılması gereken işlerin başında gereksinim analizi yer almaktadır. CBS çalışmaları dünyada ve ülkemizde son yıllarda belirli standartlar altında yürütülegelmektedir. LADM standartları ve INSPIRE direktiflerine uygun şekilde geliştirilen TUCBS içinde Altyapı teması altındaki Su Ağı profili dikkate alınarak çalışma özelinde belirlenen sınıflar için UML diyagramları oluşturulmuştur. Bu standartlarla verinin edinimi, kullanımı ve paylaşımı gibi tüm süreçler belirlenecek olan formatlarda yürütülmelidir. Nitekim içme suyu yönetimi bir coğrafi veri modeli olarak ele alınmalı ve bu veri modeline uygun verilerin temini ile sistemin sürdürülebilir bir yapıda kurgulanması gerekmektedir. İçme suyu altyapısındaki verilerin toplama yöntemleri olan sayısal işletme planı (as-built), mevcut haritaların sayısallaştırılması, saha çalışanları ile hatların ortofoto haritalara işlenmesi detaylı olarak açıklanmıştır. Ayrıca mevcut şebekelerdeki arızaların tespit edilmesi ve içme suyu coğrafi bilgi sistemine konumsal olarak aktarımı ile yoğun arıza potansiyeli içeren şebeke bileşenlerinin kestirimi ve olası gelecek bakım-onarım çalışmalarında bu tip alanların öncelemesi de çalışma ile ayrıca hedeflenmiştir. Çalışma genel olarak Trabzon Büyükşehir Belediyesi TİSKİ sorumluluk alanı içinde yürütülse de pilot uygulama bölgesi Ortahisar İlçesindeki Pelitli Mahallesi olarak seçilmiştir.

3.1. İçme Suyu Yönetiminde Mevcut Sorunlar

Bu bölümde TİSKİ sorumluluk alanında ve pilot çalışma bölgesi özelinde elde edilen büro ve saha verileri bir arada değerlendirilmiştir. Altyapı yönetimi planlı ve koordinasyonla birlikte etkin bir şekilde yürütülmesi gereken bir kamu hizmeti olarak kabul edilebilir. Hem mevzuata uygun hem de canlıların günlük hayatını aksatmayacak bir

şekilde altyapı çalışmalarının yapılması gerekir. İçme suyu altyapısının imalatı bir kamu hizmetidir. Altyapının işletilmesi, arıza vb. gibi aksaklıkların giderilerek suyun kullanıcılara ulaştırılması da bu hizmetin bir parçasıdır ve ilgili kurumun sorumluluk alanıdır. Bu kamu hizmetleri gerçekleştirilirken belli çalışmalar yapılması gerekir. Bunların başında, şebekelerin ve şebeke elemanlarının dijital ortamlarda bir bilgi sistemi mantığı ile konumsal sorgulamalara da imkân verecek yapıda kayıt altında tutulması gelmektedir. Ancak son yıllara kadar dijital platformlardan daha ziyade klasik harita ve krokilerle bu hizmetlerin sürdürüldüğü bilinmektedir. Şekil 22'de de bir şebeke krokisi örneği yer almaktadır. Arızaların hızlı ve sağlıklı bir şekilde sonlandırılması, hatların konumlarına haritalardan faydalanılarak ulaşılması dışında bir de arızaya gidilen adreslerin ve hatların dijital olarak kayıt altına alınmaması da içme suyu altyapısının yönetiminde problemler çıkarabilir. Sık arızalanan bir hatta çalışma ekiplerinin defalarca gitmesi hem zaman hemen maliyet olarak ilgili kuruma zarar verebilir.



Şekil 22. Bilgi sistemi öncesi dönemden bir şebeke krokisi örneği

Hem imalat hem de tamirat yapılması için kazı çalışmalarının yapılması kaçınılmaz bir durumdur. Bir altyapı çalışması yapıldığında planlanan bölgede kazı çalışmaları yapılır. Şekil 23'te örnek bir kazı çalışması sunulmuştur. Belli bir sürede kazı yapılacak yerin tespiti yapılır sonrasında kazı yapılarak imalat veya tamirat işi yapılır. İmalat veya tamirat bitirildiğinde kazı yapılan alanın tekrardan eski haline getirilmesi gerekir.



Şekil 23. Trabzon ili Akyazı mahallesinde arızalanan hattın tespiti için yapılan çalışma

Altyapı çalışmalarında öncelik, saha elemanlarınca gerekli kazı ve tespitin yapılması ve bakım-onarım süreçlerinin tamamlanmasından sonra, alanın eski haline getirilerek, içme suyu akışının sağlanması ve işin sonlandırılmasıdır. Ancak bilgi sistemi mantığı ile bakıldığında, arızanın konum bilgisinin alınması ve sisteme aktarılması, yenileme ve yeni imalatlar söz konusu olduğunda ise mutlak suretle imalat, deplase veya tamirat konum bilgisinin alınması kaçınılmazdır. Saha elemanlarınca zaman ve emek kaybı olarak değerlendirilebilen bu veri edinimi süreci, esasında kurulan bilgi sisteminin en temel

bileşenidir. Eş bir anlatımla su kesintisi olduğunda arızanın sonlandırılarak kullanıcılara bir an önce sağlıklı su temin etmek yanında gerekli olan verilerin de edinimi mutlak suretle sağlanmalıdır. Kazı çalışmasının "tam olarak" nerede hangi koordinatlarla sınırlı alanda yapılacağının belirlenmesi de bir görevdir. Lakin ilgili kurumun ne kadar işçi gücü ve iş makinesi de olsa doğru yerin kazılmaması demek işin daha da uzun sürmesi ve daha fazla iş gücünün harcanması demektir. İşin uzaması; iş kazası, can ve mal kaybı gibi durumların da riskini arttırabilir.

Örneğin onlarca mahalleye su veren ana hattın arıza durumunda boru konumuna bir an önce erişilerek müdahale etmek gerekir. Eğer o hatta ait altyapı haritası varsa dakikalar sürecek bir eylem herhangi bir harita veya dijital sistemin olmamasıyla saatler sürebilir. Bu da işin gecikmesi ve su kesintisinin uzaması demektir.

Altyapı çalışmalarında başka bir sorun ise yapılacak kazının hatalı yapılmasından kaynaklı başka bir altyapı kurumuna ait hatların zarar görmesidir. Örneğin bir içme suyu hat arızasında borunun tespiti yapılırken doğalgaz borusuna hasar verilmesi maddi bir zarar doğurur. Bunun dışında bölge halkının su kesintisi probleminin yanına doğalgaz kesintisi de eklenebilir.

3.2. İçme Suyu Altyapısı için CBS İhtiyaç Analizi

Klasik veri tabanlarında olduğu gibi CBS veri tabanını oluşturturken de ilk aşamada gereksinim analizi gerçekleştirilmelidir. CBS veri tabanının oluşturulma amacına yönelik kullanılacak veri türleri ve uygulamaların karar verileceği başlangıç kısmı olarak da açıklanabilir.

Trabzon Büyükşehir Belediyesi 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 2020-2024 planında Hizmetin daha hızlı sunulması ve bilgi altyapısının geliştirilmesinde bilgi teknolojilerinin etkin kullanımı amaçlanmaktadır. Etüt planlarının yapılması ve CBS'ye veri girişlerinin tamamlanması ihtiyaç durumu olarak ifade edilmiştir. 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

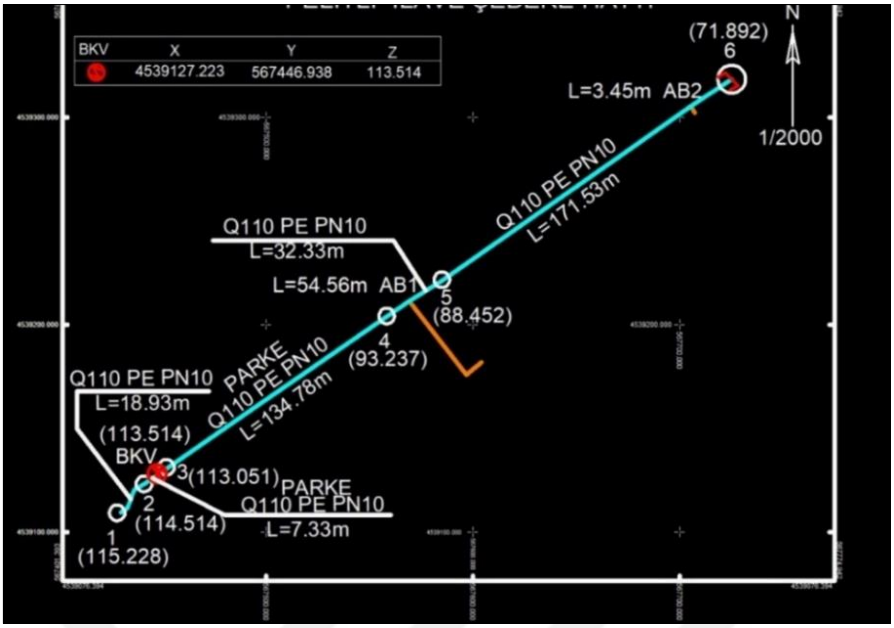
sayısal ortamda olmaması, içme suyu ile ilgili altyapı döküm çalışmaları, harita çalışmalarının yetersiz olmasına ve CBS'nin olmayışına dikkat çekilmiştir (TİSKİ, 2020).

3.3. İçme Suyu Verilerinin Elde Edilmesi

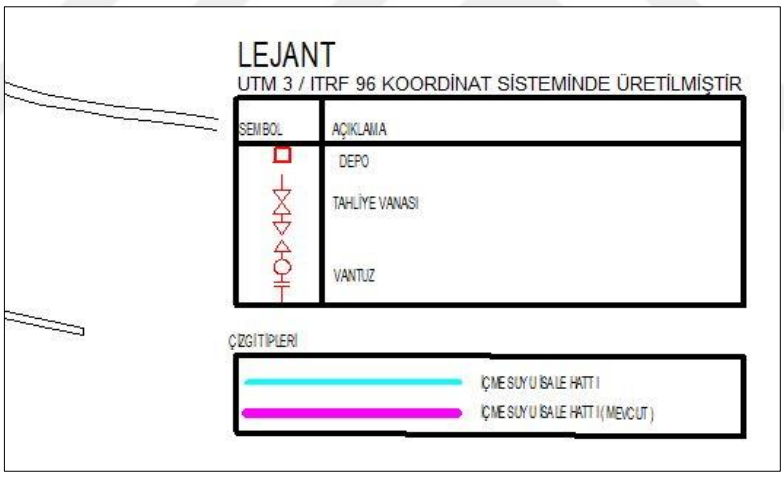
Bir coğrafi bilgi sistemlerinde kullanılan verileri elde etmek için birbirinden farklı metotlardan faydalanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan veriler ve veri toplama yöntemleri ise aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır. Yapılan uygulamada verinin hangi yöntem ile oluşturulduğu bilgisine de erişilebilmektedir.

3.3.1. Sayısal İşletme Planları (Asbuilt)

Sayısal işletme planları; her türlü altyapıya ait hat, tesis ve donatıların imalatı tamamlandığında, yapılan arazi ölçümleri sonucunda; grafik veya grafik olmayan bilgileri içeren planlardır. Sayısal işletme planlarında, uygulama projesinde yapılan imalat veya imalat değişiklikleri gösterilir. Altyapı kurum ve kuruluşları, yaptırdıkları imalatların son halinin belirlenmesi ve saklanması amacıyla işletme planlarına gereksinim duymaktadır. Hazırlanacak sayısal işletme planının, sunulacağı kurumun belirlediği standartlarda hazırlanması beklenmektedir. Sayısal işletme planı örneği Şekil 24'te ve örnek bir lejant tablosu Şekil 25'te sunulmuştur.



Şekil 24. Trabzon ili Pelitli mahallesindeki su şebekesine ait sayısal işletme planı örneği

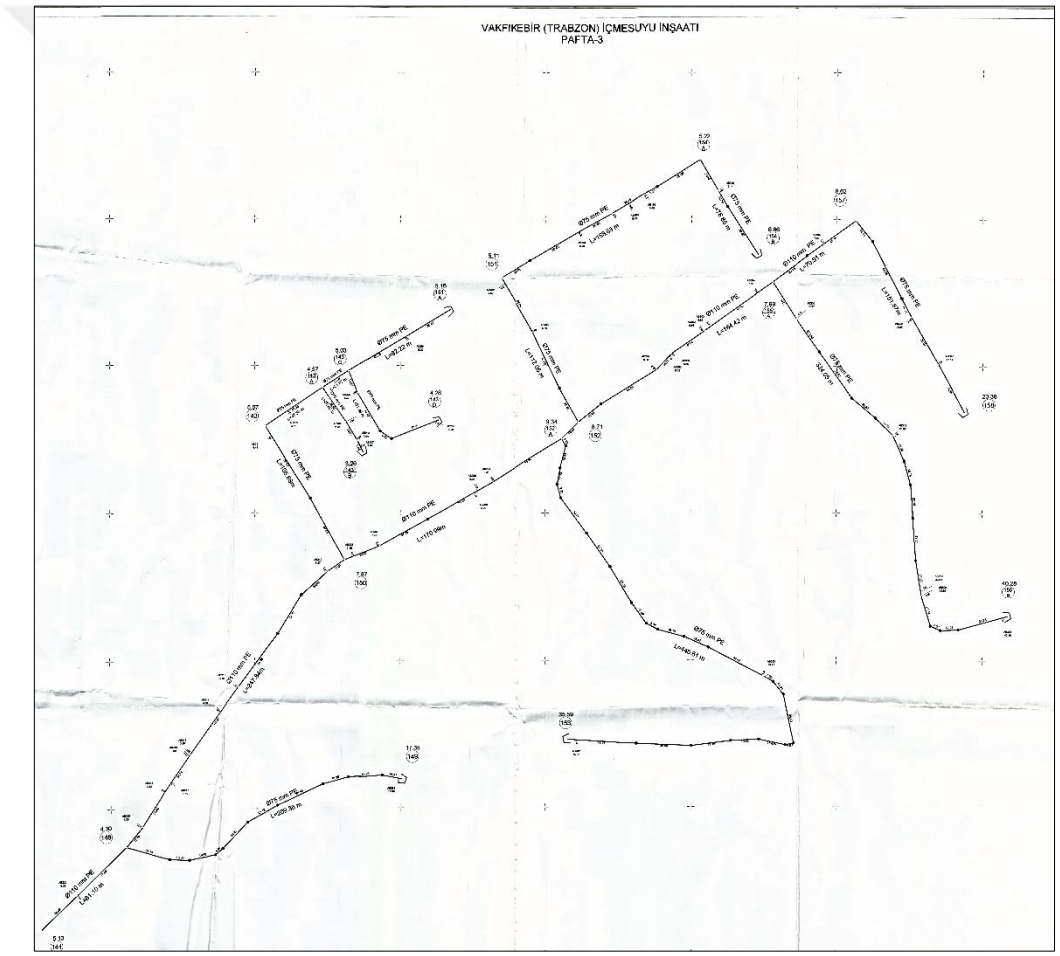


Şekil 25. Örnek bir sayısal işletme planının lejantı

Sayısal işletme planı bir altyapı bilgi sistemi için en güvenilir veri kaynağıdır. Altyapı tesis detayları olan hatlar ve donatılar, toprak altına gömülmeden üç boyutlu konumları alınarak haritalandırılır. Ne yazık ki sayısal işletme planı olmayan imalatlar için diğer metotlar ile verilerin elde edilmesi ve işlenmesi gerekmektedir.

3.3.2. Mevcut Haritaların Sayısallaştırılması

Veri toplama ve envanter oluşturma işleri için sayısal işletme planı bulunmayan imalatların kâğıt paftalarının aranması ve elde edilmesi gerekir. Kurumlar bu işe ilk olarak arşiv taraması ile başlar. Yapılan çalışmada elde edilen işletme planlarının bulunduğu paftalar tek tek taratıldı ve pafta tarama işlemi çok hassas yapıldı. Paftaların yıpranmamış olması ve eğilip katlanmamış olması sayısallaştırma işleminin hassas yapılmasını sağlamaktadır. 6 adet pafta sayısallaştırılmış olup sayısallaştırılan paftalardan bir tanesi Şekil 26'da sunulmuştur.



Şekil 26. Vakfıkebir'de içme suyu hattı kâğıt pafta örneği

Sayısallaştırma işlemi ile işletme planındaki tüm nesneler ayrı ayrı katmanlara aktarılacak şekilde vektör veriye dönüştürülmüştür. Sayısallaştırma işlemi için taratılan bir pafta Şekil 27'de sunulmuştur.



Şekil 27. CBS'ye sayısallaştırma yöntemi ile veri temini

3.3.3. Saha Çalışanları ile Hatların Ortofoto Haritalara İşlenmesi

Bu yöntem altyapısına ait bir işletme planı veya paftası bulunmayan bir bölgede kullanılan yaygın bir yöntemdir. İmalat sırasında haritası çıkarılmamış olup hiçbir şekilde verisi bulunmayan kilometrelerce su, kanalizasyon, elektrik gibi altyapı hattı olduğu tespit edilmiştir. Çoğu altyapı kurumunda seneler önce imalatı yapılan hatların nerden geçtiğine şahit olan veya önceki ustalarından öğrenerek altyapıya hâkim olan personeller ile çalışmalar yapılmıştır. Veri kaydı bulunmayan altyapıların bu personellerin hafızasına bağlı olarak tespiti yapılması mümkün olduğu görülmüştür. Bu çalışmada veri kaydı bulunmayan altyapı elemanlarından zeminde bulunanlar (vana, maslak, depo vb.) yardımı ile ölçüm yapılarak, bu elemanların hatlar ile olan ilişkisi ortofoto haritalar yardımı ile arazi çalışanlarının ifadeleri doğrultusunda bilgi sistemine aktarılmıştır. Şekil 28'de CORS aleti ile detay alımı yer almaktadır.

Yapılan çalışmada araziye veri toplama amaçlı harita personeli ve altyapıya hâkim saha personeli ile çıkıldı. Saha personeli tarafından zemin üzerinden hattın geçtiği

güzergâh tarif edildi. Harita personeli tarafından bu tarifte gösterilen noktalardan ölçüm aletleri ile alım yapıldı. Görünmeyen bir objenin sanal olarak ölçülmesi her ne kadar risk barındırsa da hiçbir veri bulunmamasına karşı daha tercih edilesi bir durumdur. Özellikle kırsal bölgelerde istisnai bir durum olsa da su boruları toprak yüzeyinden de geçebilmektedir.



Şekil 28. İçme suyu ve kanalizasyon çalışmalarında detay alımı (Ortahisar, 2021)

Hatlar toprak altında gömülü olduğu için ölçülmesini hassasiyet açısından destekleyecek bir konu vardır. Bu da içme suyu hatlarının toprak üstündeki uğradığı veya geçtiği envanterlerdir. Bunlar vana, maslaklar, depo gibi yapılardır. Bu sanat yapıları

toprak üzerinde gözle görülebildiğinden alımı basit bir şekilde yapılmış ve dijital ortama taşınmıştır.

Arazide ölçülen sanal hat detay verileri ile sağlıklı olarak ölçülebilen şebeke elemanları CBS veri tabanına aktarılmıştır. Sahadan alınan veriler bir uydu görüntüsü veya ortofoto altlığı üzerine atılmıştır. COĞRAFİ-WGS84 sistemine göre referanslandırılmış ortofotolar; ECW formatında, 8-bit radyometrik çözünürlüğünde ve RGB (Kırmızı-Yeşil-Mavi) band kombinasyonu ile sağlanmıştır. Ortofoto altlığı kullanılarak personel ile arazideki noktalar yardımıyla sanal çizim yapılmıştır.

3.3.4. Arıza Verisi Toplama

İçme suyu altyapı yönetiminde istenmeyen başlıca durumlardan birisi arızalardır. Arıza durumlarında ilk olarak arızanın en erken şekilde sonlandırılması ve vatandaşa bir an önce temiz suyun kavuşturulması amaçlanır. Yapılan çalışmada uygulama arıza noktalarının belirlenmesi ve bilgi sistemine aktarılması hedeflediğinden, kullanıcılar tarafından bildirimi yapılan arıza durumları aynı zamanda veri toplama aracı olarak büyük fırsatlar sunmaktadır. 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 sunmaktadır. Yapılan bu çalışmada da arıza krizi fırsata çevrilerek ortaya çıkan borunun konumu mobil cihazlarla birkaç saniyede alınmıştır. Mobil cihazlar ile alınan arıza konumları 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 yönetimine kolaylıklar sağlanabilir. Sık arızalanan borular tespit edilip o bölgeye farklı bir yatırımın yapılması gerekliliği de saptanabilir. Şekil 29’da mobil cihaz ile konum alımı gösterilmiştir.



Şekil 29. Arıza sırasında mobil cihaz ile konum alımı (Ortahisar İlçesi, 2021)

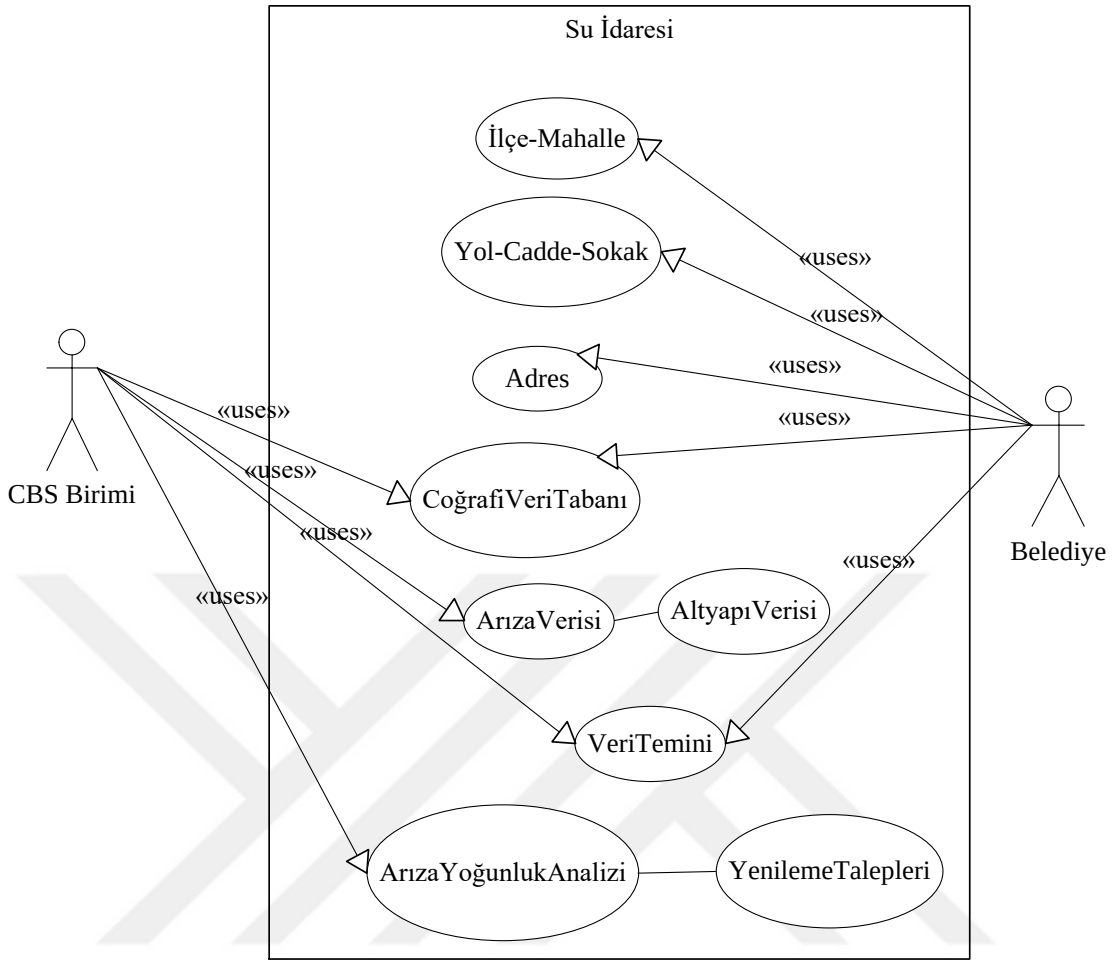
3.4. İçme Suyu Altyapısı ile İlgili UML Diyagramlarının Oluşturulması

Çalışmanın bu bölümünde içme suyu altyapısı için UML kullanım senaryosu, UML etkinlik diyagramı ve UML sınıf diyagramı oluşturulmuştur.

3.4.1. UML Kullanım Senaryosu (Use-Case) Diyagramı

Use-case diyagramları, sistemin nasıl çalıştığını, neler yaptığını başka bir gözlemcinin bakış açısıyla anlatan diyagramlardır (Toludan, 2019). Use-case ile sağlanan temel yararlar; sistemi belirleyen niteliklerin tespit edilmesi, yazılımı geliştirenlerin, yazılımın kullanıcı tarafı ile ilgili kısımlarının daha iyi tanımlaması, yazılımın test edilmesine yönelik örneklerin oluşturulması olarak sıralanabilir.

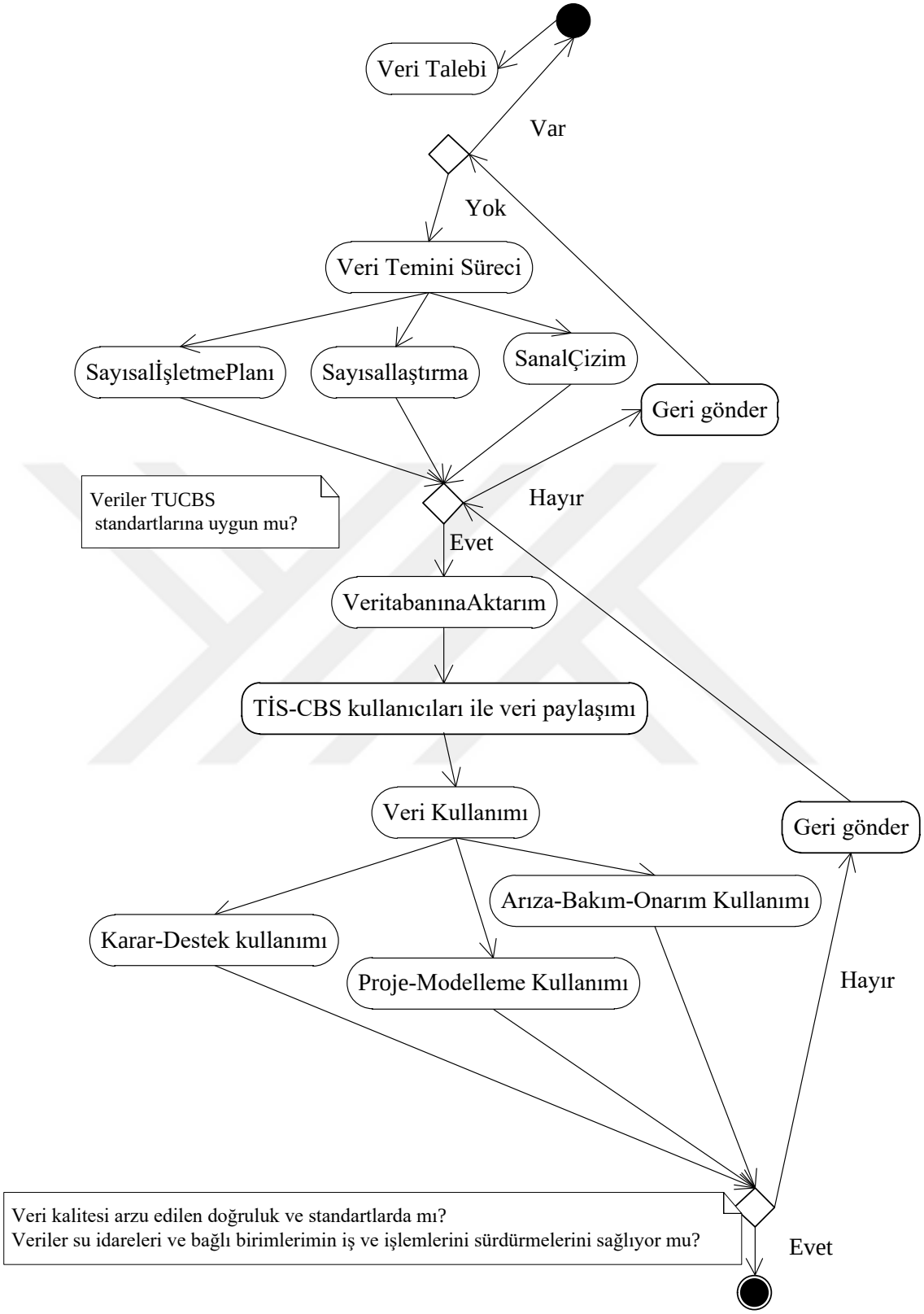
Yapılan çalışma için kullanım senaryosu oluşturulmuş olup Şekil 30'da sunulmuştur. Bu süreçlerdeki veriler ve ilgililer de modellenmiştir. Oluşturulan bu diyagramda TİSCBS için ilçe-mahalle, yol-cadde-sokak, adres verileri temin edilmiştir. Coğrafi veri tabanı kurulmuştur. Altyapı ve arıza verileri de temin edilmiştir. Arıza yoğunluk analizi yapılarak gerekli bölgelerde içme suyu altyapısının yenilenmesi talep edilebilir.



Şekil 30. UML use-case diyagramı ile içme suyu bilgi sisteminin görselleştirilmesi

3.4.2. UML Etkinlik (Activity) Diyagramı

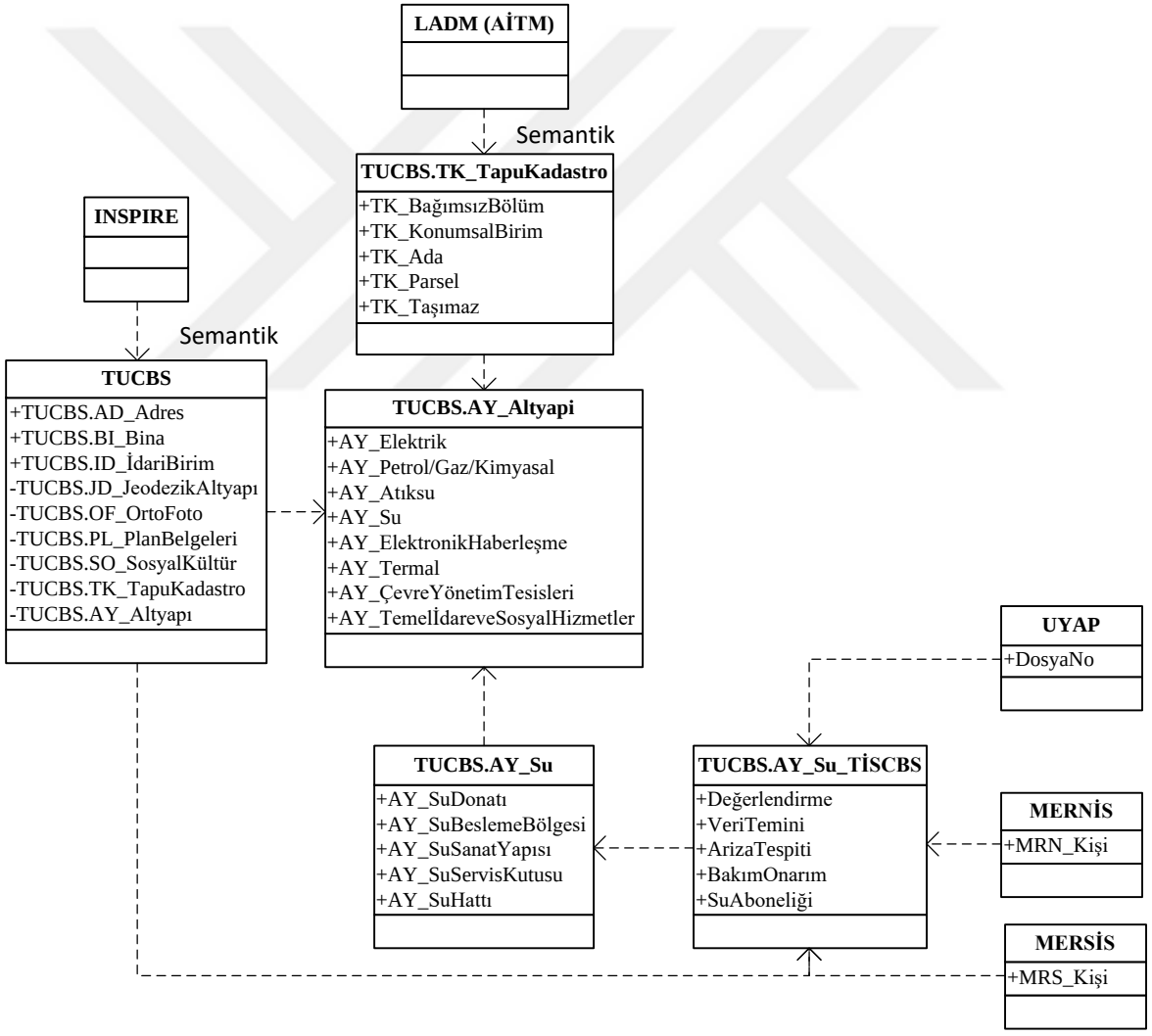
UML diyagram çeşitlerinden birisi olan etkinlik diyagramı, aktivitelerin süreçteki dizilişini anlatmak için kullanılmıştır. Bu çalışma için görselleştirilen UML aktivite diyagramı Şekil 31'de sunulmuştur. Bu diyagram üzerinden içme suyu altyapısı için bir CBS ele alındığında, veri talebi sonucu talep 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 standartlara uygun değilse geri gönderilir. Uygun olarak temin edilmiş ise veri tabanına aktarılır. Daha sonra, kullanıcılar ile paylaşılır. Veri tabanına aktarılmış ve kullanıcılar ile paylaşılmış veriler, üç temel amaçla karar-destek, proje-modelleme ve arıza-bakım-onarım için kullanılabilir.



Şekil 31. UML activity diyagramı ile içme suyu bilgi sisteminin görselleştirilmesi

3.4.3. UML Paket (Package) Diyagramı

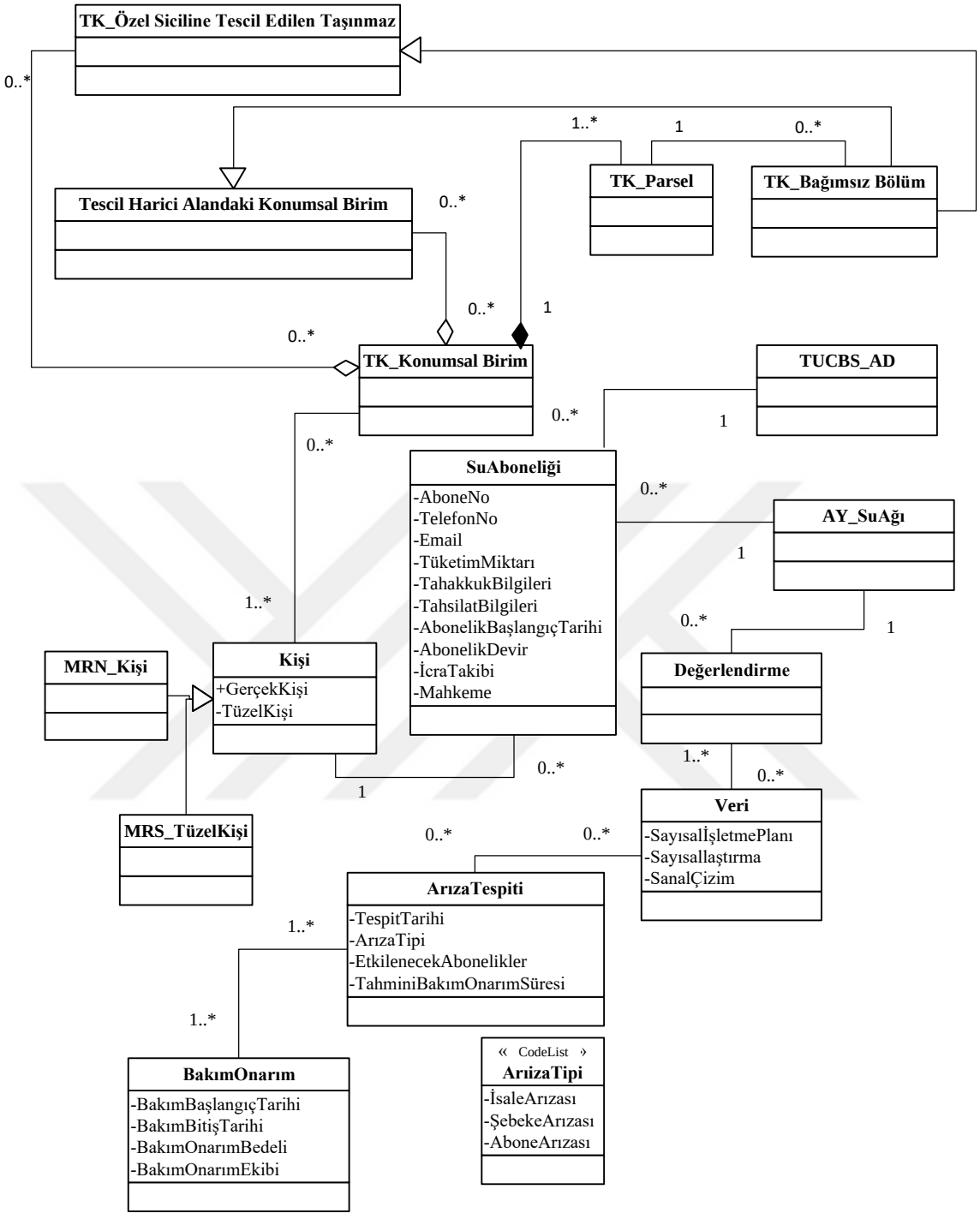
Tasarımı yapılan TİSCBS modelinde hangi veri setlerinin olduğu ve bunların gösterimi önemli olup paket diyagramı kullanılarak Şekil 32'de gösterilmiştir. Bunların ISO ve INSPIRE standartları ile TUCBS veri temalarıyla bütünleşik bir yapıda geliştirilmesi önemli bir durumdur (Polat vd., 2017). Özellikle "TUCBS.AY_Altyapı" veri temasına dayalı olarak TİSCBS ve TUCBS ile bütünleşik olarak ilişki kurulmuştur. AİTM, INSPIRE ve ISO standartları ile TUCBS veri temalarıyla bütünleşik bir yapıda ortaya konulması "TUCBS.AY_Su_TISCBS" Modeli ile hedeflenmiştir.



Şekil 32. "TUCBS.AY_Su_TISCBS" Modeli veri setleri

3.4.4. UML Sınıf (Class) Diyagramı

UML sınıf (class) diyagramı bir sistem içerisindeki nesne tiplerini ve nesnelerin birbirleri ile 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_ 'nin bulunduğu sınıf ise altyapı verilerine ilişkin bir sınıfı temsil etmektedir. TUCBS_AD sınıfı ise 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'ten elde edilen verileri gösteren sınıflardır (Çoruhlu vd., 2015). TUCBS.AY_Su ise Altyapı teması altındaki su alt temasına ait sınıfı göstermektedir. Bu sınıflar dışındaki sınıflar ise; TİSCBS tarafından üretilecek verilere ilişkin sınıflarıdır. 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 çokluk durumları da Şekil 33'te gösterilmiştir.



Şekil 33. UML class diyagramı ile içme suyu bilgi sisteminin görselleştirilmesi

TUCBS Kadastro teması ve Adres teması içindeki sınıflar 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 giderilirken ortaya çıkan bilgi ve eylemleri içeren sınıfı tanımlar. ArızaTipi sınıfı ise 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, şekilde açıklanabilir.

3.5. Uygulama

Bu çalışmada ele alınan problem durumunun çözümüne ilişkin TUCBS ile uyumlu olarak geliştirilen coğrafi bilgi sisteminin pilot uygulaması, Trabzon ilinin Pelitli Mahallesinde 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 34'te sunulmuştur. Uygulama öncesinde geliştirilen veri modeli yardımı ile bir veri tabanı tasarımı yapılmış olup, mevcut veriler ve sağlanabilecek veriler dikkate alınarak, geliştirilen veri tabanının uygulaması yapılmıştır.

Uygulama kapsamında 3,4 km isale hattı ve 16,5 km şebeke hattına ait sayısal veri elde edilmiştir. Hatlar ile ilişkili olan 3 tane su deposuna ait konumsal veri, 2 tane terfi merkezine ait konumsal veri ve 23 tane kontrol vanasına ait konumsal veriler de elde edilmiştir. Altyapı verileri dışında çalışma bölgesine ait mahalle sınırı, yol (cadde/sokak) verisi ile yapı verisi temin edildi. Ayrıca çalışılan bölgeye ait 30 günlük 62 adet arıza nokta verisi alınmıştır. Coğrafi veriler üç farklı veri toplama aracı ile ayrı ayrı edinilmiştir.

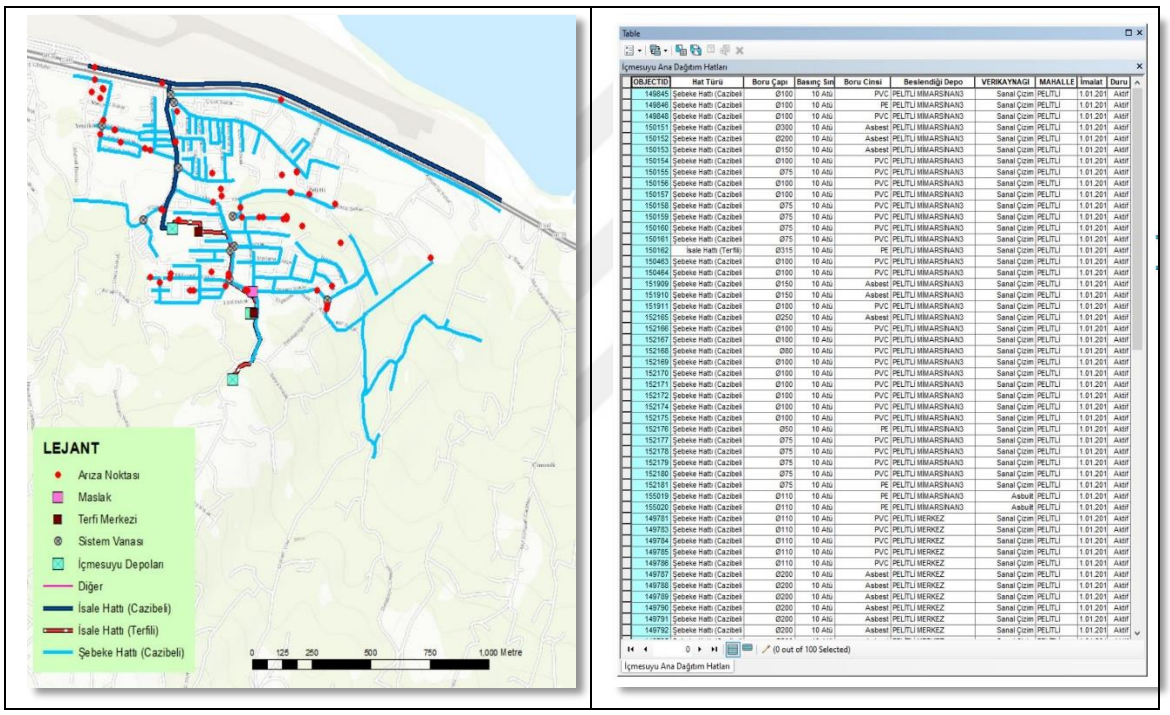


Şekil 34. Çalışma bölgesine ait yer buldur haritası

Sağlanan coğrafi veriler yanında veri tabanı tasarımında olması arzu edilen sözel verilerin temini de sağlanmıştır. Coğrafi verilerin ve sözel verilerin bir CBS yazılımı aracığıyla veri tabanına aktarımı ile tüm veriler akıllandırılarak konumsal ve sözel sorgulama yapılabilir bir formda bilgi sistemine aktarılmıştır. Böylece, içme suyu hatları,

depoları, sokak/cadde verileri, yapı verileri ile arıza verileri sorgulanabilmekte ve rapor haline getirilebilmektedir. Yapılan çalışma ile yoğunluk haritaları da hazırlanılabilmektedir.

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 ve sözel veriler, Şekil 35 ile sunulmuştur.

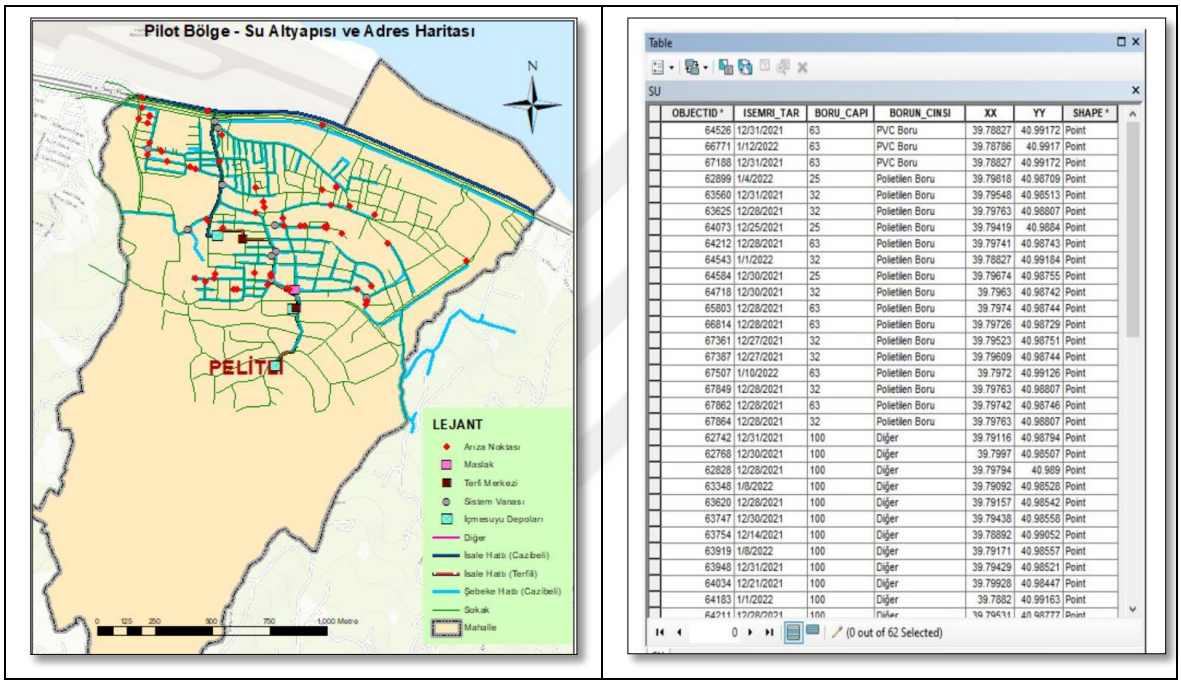


Şekil 35. Dijital hale getirilen içme suyu coğrafi ve sözel verileri

Trabzon genelinde yüzlerce depo bulunmaktadır. Yapılan uygulama ile hem bakım, onarım hem de etüt, proje çalışmaları için depo bilgileri dijital ortamda tutulmaktadır. Uygulama sayesinde her arazi çalışma öncesi ilgili deponun olduğu konuma gidilmektense sisteme kayıtlı depolara gidilmesine gerek kalmamaktadır. Su depolarının kapasitesi, klorlama durumu, veri kaynağı, yapım yılı gibi sözel bilgiler grafik verilerle birleştirilmiştir.

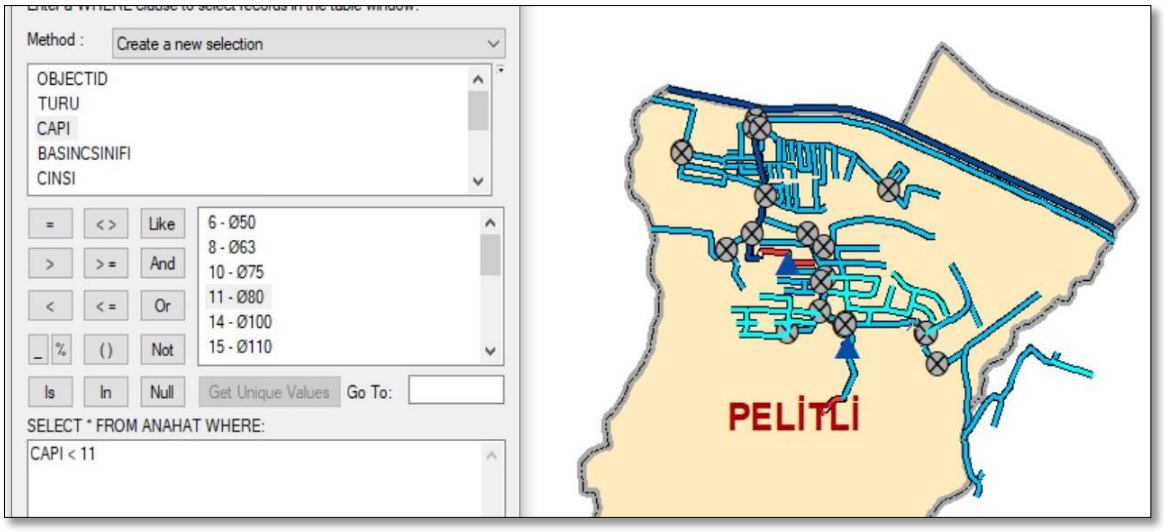
Sahadaki arıza ekiplerinin mobil cihazlarla konumunu aldığı arıza nokta verileri içme suyu altyapı verilerinin bulunduğu coğrafi veri tabanına CBS yazılımı kullanılarak

aktarılabilir. Yapılan çalışmada da pilot bölgeye ait 30 günlük arıza verisi CBS veri tabanına aktarılmıştır. Arızaya gidilen sokaklar ortaya çıkartılmıştır. Arızaların konum verisi dışında arızaya gidilen hattın çap ve cins bilgisi ile arıza tarih bilgisi de uygulamaya taşınmıştır ve Şekil 36'da gösterilmiştir. Böylece 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 36. Arıza verileri haritası ve tablosu

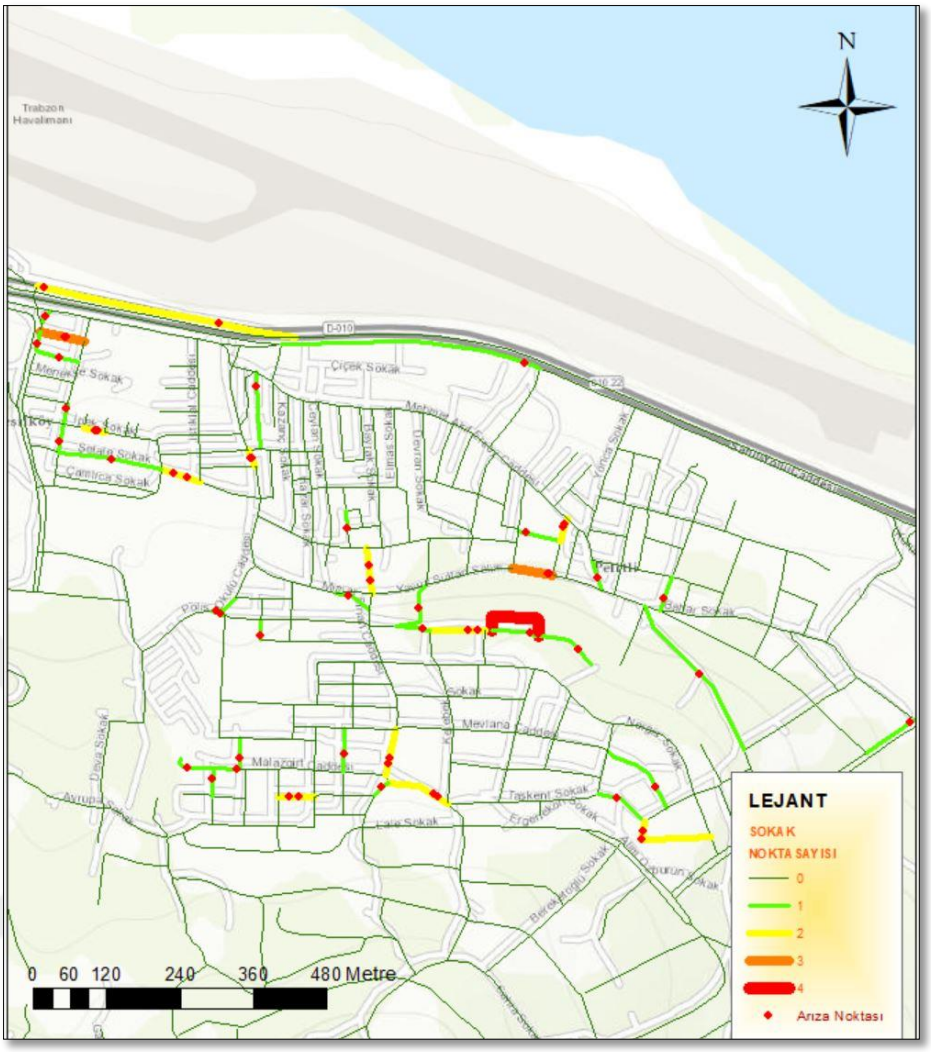
Uygulama sayesinde veri tabanındaki tüm altyapı elemanlarının tamamının sorgusu yapılabilir. İçme suyu altyapısına ait su depoları, hatlar, sokaklar öznitelik bilgilerine göre sorgulanabilir. Örnek olarak kapasitesi 300 tondan fazla olan depolar, boru cinsi çelik olan hatlar, 1 ayda birden fazla arızaya gidilen sokaklar sorgulanabilir. Şekil 37'de örnek bir hat sorgusu yer almaktadır.



Şekil 37. Hatların çaplarına göre sorgulanması

Örnek olarak çalışma bölgesi olan Pelitli mahallesindeki Yavuz Sultan Selim caddesinde bulunan 100 mm'lik boru 3 kez arıza vermiş olduğu uygulama sayesinde saptanmıştır. Arazi ekiplerince gerekli bakım/onarım çalışmalarının bu hatta yapılmasının gerekli olduğu bildirimi ile bilgi aktarımı sağlanabilir.

Yapılan uygulama ile arıza nokta verileri ile sokak verileri ilişkilendirilmiştir. Arıza nokta verileri ile ilişkilendirilen sokaklar arıza sayılarına göre renklendirilebilir ve boyutlandırılabilir. Şekil 38'de uygulama bölgesine ait bir arıza sokak haritası yer almaktadır.

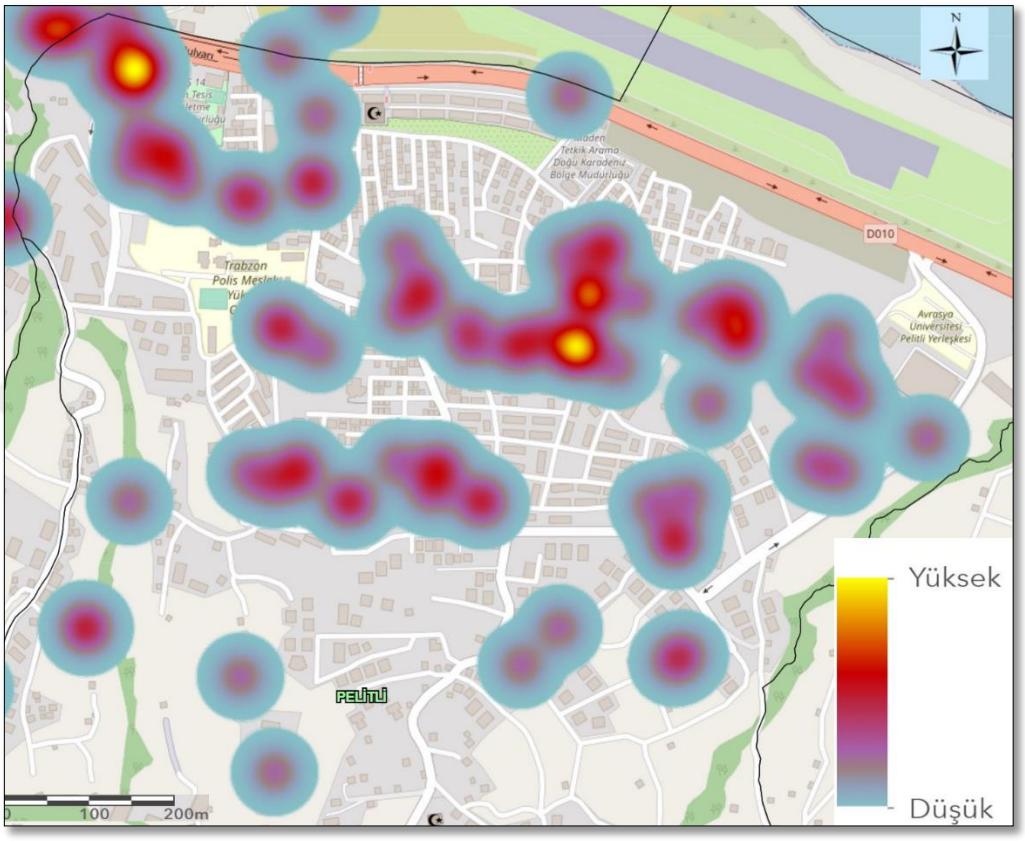


Şekil 38. Pilot bölgeye ait arıza sokak haritası

Yapılan çalışmada pilot bölgedeki içme suyu arızaları 1 ay takip edilmiştir. İçme suyu arızaları ile arızaya gidilen sokak ve caddeler ilişkilendirilmiştir. Kullanılan CBS yazılımı ile en çok arızaya gidilen sokak ve caddeler rapor haline getirilmiştir. Bir aylık takip sürecinde en çok arızaya gidilen (4 kez) yer Pelitli mahallesi Avcı sokak olmuştur. Karanfil Sokak ve Yavuz Sultan Selim caddesine ise 3 kez gidilmiştir. Avcı sokakta CBS'ye kayıtlı kaç çapında ve hangi cinste boru olduğu yine konumsal analizlerle tespit edilmiştir. İlgili hattın deplase edilmesi veya bu hat yerine yeni bir hat imalatı yapılması sonuçlarına karar vericiler tarafından varılabilir.

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

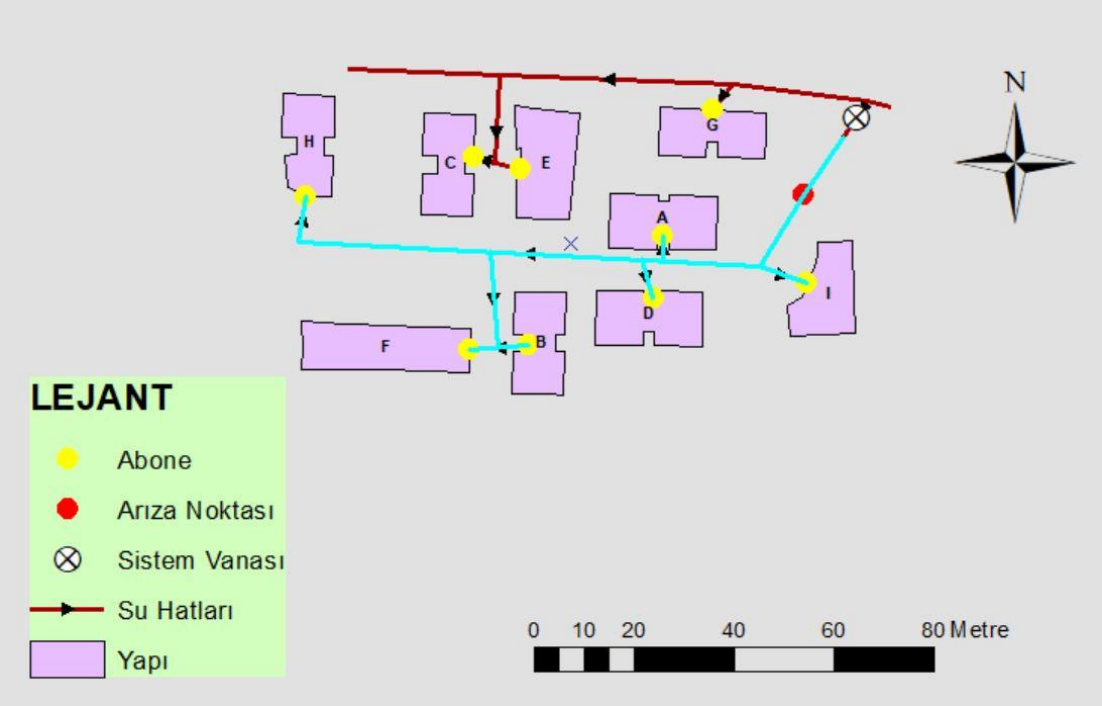
anlaşılması, okunması ve analiz edilebilmesini sağlayabilir. Uygulama bölgesine ait arıza yoğunluk haritası Şekil 39'da sunulmuştur.



Şekil 39. Pilot bölgeye ait arıza yoğunluk haritası

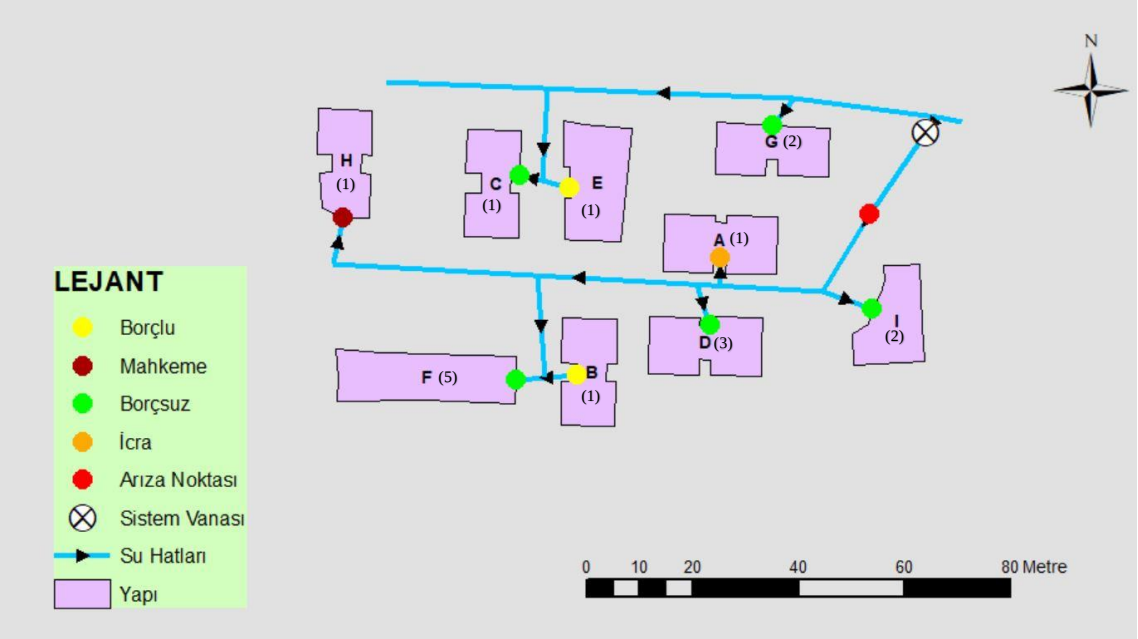
Uygulama ile altyapı ve arıza verileri dışında abonelere suyun verildiği örnek yapı verisi kullanılarak su kesintisi, su tüketimi, su hatlarının yapım yıl bilgileri ve borç durumları ele alınmıştır.

Uygulama ile beraber oluşacak planlı kesinti veya arıza durumlarında hangi yapıların etkileneceği tespit edilmiştir. Şekil 40'ta görüldüğü üzere kırmızı nokta ile konumu gösterilen arıza durumunda ilgili vananın kapatılması gerekmektedir. Oluşan arızadan dolayı meydana gelen su kesintisinden A, B, D, F, H, I binalardaki aboneler etkilenirken; C, E, G binalarındaki aboneler etkilenmeyeceği sonucuna varılmıştır. Bu durum ile kesinti bildirimi bu bölgedeki tüm binalardaki abonelere değil sadece ilgili abonelere yapılmalı sonucuna varılmıştır.



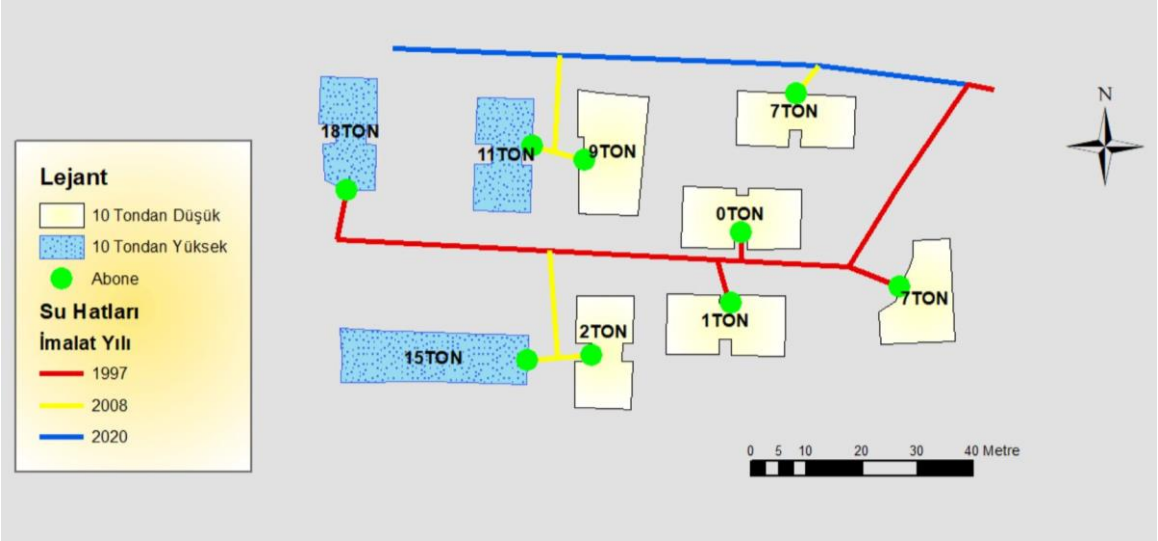
Şekil 40. Arıza bulunan hatlar ile ilişkilendirilmiş yapıların haritası

Yapılan uygulama ile altyapı, arıza ve adres verilerinin yanında yapılardaki abonelerin borç durum bilgileri temin edilip sisteme aktarılabilir. CBS üzerinden borç durumlarına göre yapılara erişilebilir. Bu durum örnek veriler kullanılarak Şekil 41'de sunulmuştur. Hane isimlerini yapı üzerindeki harfler, abone sayılarını ise yapı üzerindeki rakamlar göstermektedir.



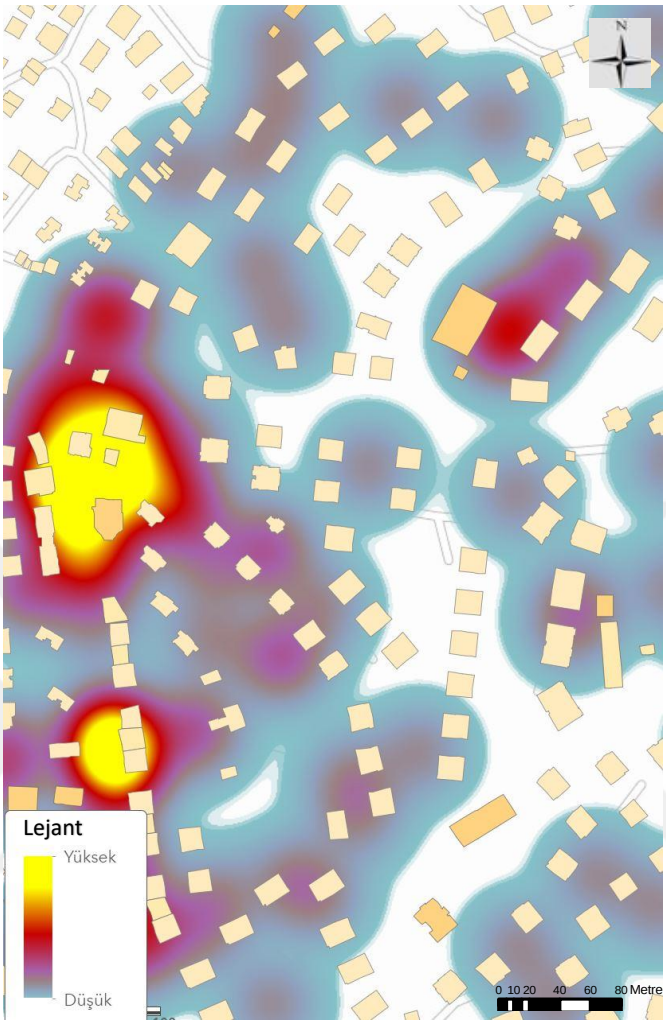
Şekil 41. Abonelerin borç durumunu gösteren örnek bir harita

Örnek yapılardaki su tüketim miktarlarının gösterildiği ve abonelere su ileten hatların yıpranmışlık seviyesi için bir gösterge olan yapım tarihlerinin olduğu bir harita Şekil 42'de sunulmuştur.



Şekil 42. Yapıların su tüketimleri ile hatların yapım yılını gösteren örnek bir harita

Uygulama ile arıza yoğunluk analizi dışında örnek veriler ile borç ödeme durumuna göre de yoğunluk haritası oluşturulmuş olup Şekil 43'te sunulmuştur.



Şekil 43. Örnek bir borçlu yoğunluk haritası

4. BULGULAR VE İRDELEMELER

Dünyada kıt kaynak haline gelen arazi varlığının, AB tarafından geliştirilen INSPIRE standartları ve ardından ISO standardı haline gelen LADM'ye uygun şekilde yönetilmesi başta gelişmiş ülkeler olmak üzere dünya ülkeleri tarafından hedeflenmektedir. Benzer hedef ülkemiz için geçmişten süregelen tapu ve kadastro bilgi sistemlerinin devamı niteliğinde, günümüzde TUCBS'ne dönüşen bir formda ve e-Türkiye dönüşüm projesi ile eşgüdümlü olarak işletilmektedir. FIG tarafından arazi nesnesi olarak adlandırılan kadastro parseli tüm bu hizmetlerin temel yapıtaşı niteliğindedir. Zaten FIG, arazi nesnesi olarak tanımlanan kadastro parseli ve ilişkili coğrafi varlıkların, tapu ve kadastro sistemlerinden veri modeline geçiş sürecini ülke ayrımı gözetmeksizin belirli standartlarda çevrimiçi olarak yönetmeyi esas almaktaydı. Uluslararası bu yaklaşımlara paralel bir şekilde, ülkemiz de gerekli adımları atarak diğer gelişmiş dünya ülkeleri gibi coğrafi varlıklarını veri modeli ve çevrimiçi vasıtalarla yönetmeye çabalamaktadır. Bilindiği üzere günümüzde taşınmaz tabanlı yürütülen örnek e-devlet uygulamaları (TAKBİS vb.) son derece etkin bir durumdadır. Kurumlar arası iş birliği protokolleri ile 3.kişilere erişim veya 3.kişilerin bu uygulamalara erişimleri sağlanmakta (ATLAS, ParselSorgu, VTYS vb.), e-Türkiye üzerinden ilgili taşınmaz sahipleri bu uygulamalar üzerindeki verilere erişebilmektedir. Merkezi İdarenin dışında yerel yönetimler de kendi sorumluluklarında olan coğrafi varlıklara ilişkin benzer süreçleri yürütmektedir. 2014 yılında Trabzon ili büyükşehir olmuştur. Belediye bünyesindeki TİSKİ Genel Müdürlüğü yürüttüğü diğer işler yanında, çalışma konusu olan içme suyu altyapı hizmetlerini de yürütmektedir. Bu çalışma, TİSKİ içme suyu hizmetlerinden olan içme suyu coğrafi bilgi sistemi tasarımı ve yapılan uygulama 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.

Bilindiği gibi, içme suyu coğrafi bilgi sistemi TUCBS içinde modellenmiştir. Bu çalışmada dikkate alınan bu veri modelinde olmayan arıza ve abone verilerinin de dikkate alınarak veri modelinin geliştirilmesi sağlanmıştır. Ayrıca diğer UML diyagramları olan aktivite, paket ve kullanıcı-durum diyagramları ile model daha anlaşılır kılınmıştır. Ardından TİSKİ'nin tüm sorumluluk alanındaki içme suyu bilgi sistemi çalışmalarından elde edilen izlenim ve deneyimler ile belirlenen çalışma bölgesinde bir uygulama gerçekleştirilerek bunların tamamından elde edilen çıkarımlar sırasıyla ele alınmıştır.

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 süreçlerinde sistem üzerinden kontrol ve takibinin sağlanması sağlanabilir. Model çalışması ardından, ihtiyaçlara cevap verebilecek bir CBS uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Uygulamanın yapılması için pilot bölge olarak Trabzon İlinin Ortahisar ilçesindeki Pelitli Mahallesi seçilmiştir. Veri tabanı tasarımına göre o bölgeye ait veriler toplanmıştır. Ancak, modelde olmasına rağmen Kurumda henüz mevcut olmayan bazı veriler sisteme aktarılamamıştır. Pilot bölgeye ait mahalle sınırı, sokak verileri ile aboneleri temsil eden 9 adet bina verisi temin edildi. Adres verilerinden sonra; içme suyu isalesi 3,4 km, içme suyu şebekesi 16,5 km, 3 adet su deposu, 2 adet terfi merkezi, 23 adet vana verisi elde edilmiştir. Adres ve su altyapısı verileri sonrasında çalışılan bölgeye ait 30 günlük 62 adet arıza nokta verisi alınmıştır. Takip edilen süre boyunca her gün en az bir adet arıza meydana geldiği saptanmıştır.

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. İçme suyu hatlarının bakım ve onarım çalışmaları kapsamında yapılacak kazının hatalı yapılmasından kaynaklı başka bir altyapı kurumuna ait hatlara (elektrik, doğalgaz, fiber

optik vb.) zarar verilebileceği deneyimi edinilmiştir. Bakım ve onarımı yapılan hatların hem coğrafi ve hem de sözel bilgisinin kaydedilmesi ile bu hatlarla ilgili gelecekteki olası yönetim sorunlarının çok kısa sürede tespit edilmesi ve giderilmesi imkânının olacağı anlaşılmıştır. Hatların beslediği abonelere kesinti, bakım vb. işlemlerin bildiriminin yapılabileceği model ile kavramsal olarak ortaya konulmuştur.

Veri modeline uygun şekilde, mevcut içme suyu elemanlarının geçmişte imal edilmiş tüm bileşenlerinin coğrafi ve sözel verilerinin sisteme aktarımının gerçekleştirilememiştir. Özellikle eski hatların bilinememesi, toprak altında kalması, bazı hatların zamanla değiştirilmesi, saha elemanlarının şifahi bilgilendirmeleri ile arazi çalışmalarının yürütülmesi ile işlerin tamamlandığı anlaşılmıştır. Eski hatların sisteme aktarımında, mevcut olması durumunda klasik haritalarından sayısallaştırma yapılmakta, haritanın olmadığı sahalarda ise sanal çizim yöntemi ile hatların bilgi sistemine aktarımı yapılmaktadır. Yeni imalatlarda ise tüm verilerin bilgi sistemine uygun şekilde, imalat anında üretilerek, sayısal işletme planı şeklinde hazırlanarak ilgili kuruma tesliminin yapılması sağlanmaktadır. Eski hatlardan ziyade yeni hatlara ait daha doğru ve güvenilir verilere erişim imkânı bulunmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Trabzon ilinde ve çalışma bölgesinde ele alınan içme suyu altyapı bilgi sistemi kapsamında; sistemin veri modeli TUCBS veri şemaları dikkate alınarak geliştirilmiş, UML diyagramlar ile model detaylandırılmış ve ardından modele uygun coğrafi bilgi sistemi kurulmuştur. Sistem, suyun iletimi ve su elemanları dışında, adres ve arıza bilgilerini de barındıracak bir yapıda ele alınmış ve ardından çeşitli konumsal ve sözel sorgulamalar yapılmıştır. Çalışma bölgesinin belirli bir kısmında abone adres bilgilerinden ve abonelerin su tüketiminden yararlanılarak parsel/bina bazlı su tüketimi haritaları üretilmiştir. Benzer şekilde teknik birimlerin tespiti ve su abonelerinin talepleri ile bildirilen arızalar, su elemanları ile ilişkilendirilmiş ve buna bağlı olarak arıza yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Olası bakım ve onarımların bu yoğunluk haritalarına dayalı olarak önceleyerek yürütülmesi ile zaman ve emek kaybının önlenmesi sağlanmıştır. Borca dayalı zamansal ödeme bilgilerini de içeren haritalar üretilmiştir. İçme suyu şebekesinin yıllara dayalı olarak yıpranma ve onarım ihtiyaç analizleri de gerçekleştirilmiştir. İmalatı yapılacak ve senelerce yer altında gömülü vaziyette bulunacak hatların ekonomik ömürleri takip edilebilecek formda hazırlanmıştır. İçme suyu borçlusu olan, 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 aşağıdaki önerilere erişilmiştir.

Su ve kanalizasyon idareleri tarafından, sorumluluk alanındaki içme suyu elemanlarına ait konumsal ve sözel verilerin kısa, orta ve uzun vadede TUCBS veri modeline uygun şekilde edinilmesi planlanmalıdır. Kısa vadede yeni proje ve imalatlarda tüm verilerin edinimi ve bilgi sistemine aktarımı gerçekleştirilmelidir. Orta vadede ise işletme planlarının bir sistematik dâhilinde sayısallaştırılarak edinimi sağlanamayan verilerin ise önceki arıza verilerinden faydalanılarak kestirimi ardından sisteme girişleri sağlanabilir. Uzun vadede sanal çizim yöntemi ve su elemanlarından zemin üstü seviyede olanların ölçülmesiyle diğer ara elemanların ise önceki dönemlerdeki saha bilgilerinden yararlanılarak edinimi sağlanmalıdır. Bu sayede içme suyu elemanlarının tamamının sisteme aktarımı gerçekleştirilmelidir.

Su ağı sisteminin belirli kısımlarına uygun sayı ve nitelikte yerleştirilecek sensörler sayesinde su depolanması ve akışı daha sağlıklı takip edilebilir. Meydana gelebilecek su arızaları daha etkin olarak tespit edilebilir. Bu sensörlerden edinilen veriler CBS'ye entegre edilerek dinamik bir şekilde sisteme veri akışı da sağlanabilir. Bu noktada sensörler vb. araçlarla entegre edilebilecek konumsal bilgi sistemleriyle yürütülecek benzer çalışmaların farklı disiplinlerce veya disiplinler arası bir yaklaşımla ele alınması, bu konuyla ilgilenen araştırmacılara önerilmektedir.

Arızalardan dolayı veya planlı olarak ortaya çıkabilecek su kesintilerinden etkilenecek üçüncü kişilerin sistem sayesinde tespit edilmesi ve sadece ilgililerin bilgilendirilmesi sağlanmalıdır. Sistemle; abone, arıza, sayaç okuma vb. bilgilerin entegrasyonu sayesinde, bu çalışmada belirli bir çalışma bölgesinde gerçekleştirilen tüm konumsal ve sözel sorgulamalar yapılabilir hale getirildiğinden, bunlara imkân verecek CBS uygulamaları düşünülmelidir. TUCBS ve e-devlet ile bütünleşik bir yapıda, kurum içi ve kurumlar arası veri alışverişine imkân vererek sistemin tüm elemanlarının birlikte çalışabilir şekilde ilişkisel olarak coğrafi ve sözel verileriyle birlikte sistemde yer alması ele alınmalıdır. Böylece, yöneticiler/karar vericiler için en erken ve en etkili karar-destek mekanizmaları kurulabilir.

6. KAYNAKLAR

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.

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, 34, 2, 47-57.

Bayraktar, Z., 2019. Altyapı koordinasyon merkezleri için konumsal veri standartlarına uygun bilgi sistemi tasarımı: Trabzon örneği, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Bozkurt, Y. ve Arslan, R., 2017. Kamusal Hizmet Sunumunda Suyun Yeri: Kütahya Belediyesi Örneği, Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 18, 1, 201-213.

Çelik, M.Ö., 2021. Korunan Alan Yönetimi İçin Nesne Tabanlı Coğrafi Veri Modeli Geliştirilmesi: Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

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.

Egenhofer, M. J. ve Frank, A., 1992. Object-oriented modeling for GIS, Journal of the Urban and Regional Information Systems Association, 4, 2, 3-19.

Erdoğan, S., 2014. Bilgisayar Destekli Harita Yapımı ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temelleri, 402 s.

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.

Filiz, O., 2018. Altyapı Bilgi Sistemleri Tasarımı ve Uygulaması Kocaeli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Hudson, W. R., Haas, R. ve Uddin, W., 1997. Infrastructure management: Integrating design, construction, maintenance, rehabilitation, and renovation, New York, McGraw-Hill.

Güneş, A. M., 2010. Avrupa Birliği Su Çerçeve Yönergesi ve Türk Su Hukuku, AB, Türk ve Alman Çevre Hukuku Sempozyumu, 18-20.

Günhan, Ö., 2014, Yeraltı Sularının Kalitesinin Değerlendirilmesi Açısından Uygun Bir Metodoloji Araştırması, Uzmanlık Tezi, T. C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.

İnan, H. İ. ve Yomralıoğlu, T., 2011. Arazi İdaresi İçin Konumsal Modelleme, Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi, 104, 21-29.

İşitmezoğlu, S. ve Ataman, S., 2007. Altyapı Bilgi Sisteminin Ülkemiz İçin Önemi, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi.

Karataş, K., 2007. Kentsel teknik altyapı tesisleri, kadastrosu ve Türkiye'deki uygulamaların organizasyonu, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Jacobson, L. ve Booch, J. R. G., 2021. The Unified Modeling Language Reference Manual, Addison-Wesley.

Kasap A., 2016. Kanalizasyon ve İçme Suyu İnşaatlarında Kullanılan Boru Tiplerine Göre Maliyet Analizi, Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara.

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.

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.

T.C. Resmî Gazete, Sular Hakkında Kanun. 831, 28.4.1926

T.C. Resmî Gazete, Belediye Teşkilâtı Olan Yerleşim Yerlerine İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Hakkında Kanun. 1053, 3.7.1968

T.C. Resmî Gazete, İSKİ Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun. 2560, 20.11.1981

T.C. Resmî Gazete, Büyükşehir Belediyesi Kanunu. 5216, 10.7.2004

T.C. Resmî Gazete, Belediye Kanunu. 5393, 13.7.2005

Trabzon İçme Suyu ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, 2015. 2015-2019 Stratejik Planı. https://www.tiski.gov.tr/icerik/detay.aspx?Id=272

Trabzon İçme Suyu ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, 2020. 2020-2024 Stratejik Planı. https://www.tiski.gov.tr/icerik/detay.aspx?Id=3526

Toludan, T., 2019. Gayrimenkul Davalarına Esas Nesne Tabanlı Bir Veri Modeli Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Yomralıoğlu, T., 2005. Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Güven Kitap Yayın Dağıtım, 480 s.

URL-1, https://www.cnnturk.com/yerel-haberler/antalya/dogalgaz-ve-su-borusu-patladi-buyuk-panik-yasandi-1699557, 14 Eylül 2021

URL-2, https://webdosya.csb.gov.tr/db/cbs/icerikler/inspire-booklet_v2-20180626135558.pdf, 13 Haziran 2022

URL-3, https://www.tse.org.tr, 11 Haziran 2022

URL-4, https://inspire.ec.europa.eu/about-inspire/563, 10 Haziran 2022

URL-5, https://www.tkgm.gov.tr/projeler/turkiye-ulusal-cografi-bilgi-sistemi-tucbs, 11 Haziran 2022

URL-6, https://tucbs-public-api.csb.gov.tr/tucbs/tucbs_uml_model/index.htm, 05 Haziran 2022

URL-7, www.skdturkiye.org/files/yayin/turkiyede-suyun-durumu-ve-su-yonetiminde-yeni-yaklasimlar-raporu.pdf, 06 Haziran 2022

URL-8, https://www.unwater.org, 09 Haziran 2022

URL-9, https://tr.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnya_su_konseyi, 01 Haziran 2022

URL-10, https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/692, 28 Mayıs 2022

URL-11, https://www.tarimorman.gov.tr/sygm/menu/27/gorev-ve-yetkiler, 21 Mayıs 2022

URL-12, https://www.iski.istanbul/web/tr-TR/haberler1/haberler-detay/su-kesintileri-neden-yasaniyor, 22 Mayıs 2022

ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 2013 yılında girdiği Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümünden 2017'de mezun oldu. Ardından, harita özel sektöründe bir süre Harita Mühendisi olarak çalıştı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim dalında lisansüstü eğitimine başladı. 2018 yılında Trabzon İçmesuyu ve Kanalizasyon İdaresi'ne Harita Mühendisi olarak atandı. Halen aynı kurumda Harita Mühendisi olarak görevine devam etmekte olup aynı zamanda Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü görevini de yürütmektedir. 2021 yılında başladığı Atatürk Üniversitesi Açık ve Uzaktan Öğretim Fakültesi Bilgisayar Programcılığı Bölümündeki eğitimine devam etmektedir. İyi derecede İngilizce bilmektedir.