



# COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

## Akıllı Şehir Rehberlik Uygulamaları Projesi

### İLERİ SEL UYARI SİSTEMLERİ UYGULAMASI

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı © 2024

Tüm hakları saklıdır. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın izni olmadan bu belgenin hiçbir kısmı elektronik ya da mekanik yollarla (fotokopi, kayıtların ya da bilgilerin arşivlenmesi, vs.) çoğaltılamaz.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı © 2024

# İLERİ SEL UYARI SİSTEMLERİ REHBERLİK KILAVUZU

Bu kılavuz, akıllı şehir uygulamalarından olan “İleri Sel Uyarı Sistemleri” yapmak isteyen kurum ve kuruluşlara, projenin geliştirme ve uygulama aşamalarında destekleyici rehber doküman olması amacıyla hazırlanmıştır.

Kılavuzda uygulamaya yönelik bir vaka üzerinden aşamalı ve detaylı olarak açıklama yapılmıştır.

Rehberlik kılavuzu ile uygulamanın projelendirilmesine ve fizibilite çalışmalarının yapılmasına destek olunması hedeflenmektedir.

## 1. Uygulamanın Tanımı

Günümüzde kentsel bölgelerde meydana gelebilecek afetlerin önceden tahmin edilmesi ve etkilerinin azaltılması için akıllı erken uyarı sistemlerine olan gereksinim artmaktadır. Afetlerin neden olduğu can ve mal kayıplarını minimize etmek ve olası riskleri belirlemek amacıyla zarar azaltma faaliyetleri gerçekleştirilmektedir. Akıllı Uyarı Sistemleri, afetlerin önceden kestirilmesi, takibi ve risklerin değerlendirilmesiyle, olası zararların en aza indirilmesini sağlamak için tasarlanmıştır. Bu sistemlerdeki en önemli odak noktası, felaketlerin nasıl ele alınacağı ve kayıpların en aza indirilmesi için yapılan stratejik girişimlerdir. Bu çalışma, özellikle sel ve taşkın gibi afetleri öngörerek öncelikli risk bölgeleri için yetkili makamları uyararak etkilenen vatandaşlara hızlıca müdahale ederek can ve mal kayıplarını en aza indirmeyi amaçlayan etkili tahmin ve erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Bu şekilde, örneğin sel ve taşkın gibi meteorolojik afetler önceden tespit edilerek erken uyarı sistemleri aracılığıyla ortaya çıkabilecek zararlar engellenmiş olacaktır.

### 1.1. Projenin Adı, Uygulama Yeri ve Süresi

- Projenin adı belirlenir.
- Projenin uygulama alanı, büyüklüğü ve yapısı belirlenir.
- Proje süresi belirlenir.
- Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamındaki Proje Fişleri hazırlanır.

Örnek Vaka	
Proje Adı	İleri Sel Uyarı Sistemleri Projesi
Uygulama Alanı	1000 Ha yerleşim alanı – 200.000 kişi

Proje Süresi	Uygulamanın 12 ayda tamamlanması öngörülmektedir.
Akıllı Şehir Proje Fişi, Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamında hazırlanmış olup dokuman <a href="http://www.akillisehirler.gov.tr">www.akillisehirler.gov.tr</a> adresinde yayınlanan Akıllı Şehir Bilgi Paylaşım Portalı'ndan erişilebilmektedir.	

## 1.2. Proje Teknik Bileşenleri

Afetlerle ilgili faaliyetler, genel olarak "Afet Yönetimi" çerçevesinde ele alınmaktadır. Modern afet yönetimi anlayışı içerisinde, gelecekte meydana gelebilecek afetlerin önceden tahmin edilmesi ve bu afetlerin getireceği kayıp ve zararların minimize edilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmalar "Risk Yönetimi" olarak adlandırılırken, afetlerin meydana geldiği an ve sonrasındaki müdahale, iyileştirme ve yeniden yapılanma faaliyetleri ise "Kriz Yönetimi" olarak kabul edilmektedir. Etkin bir afet yönetimi, afetin öncesinde, sırasında ve sonrasında gereksinim duyulabilecek tüm adımları içermelidir ve bu adımların tamamı bir bütün olarak ele alınmalıdır.



Şekil 1. Acil Durum/Afet Yönetimi Yaşam Döngüsü [1]

Ülkeler ve yerel yönetimler, afet yönetimi politikalarını şekillendirirken "Afet Yönetimi Yaşam Döngüsü"nü tüm evrelerini içeren stratejiler oluşturmalıdır. Afet kavramı, öncesinde, sırasında ve sonrasında bütünsel bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Bölgelerin sosyoekonomik ve fiziksel özellikleri göz önünde bulundurularak, farklı afet türleri ve riskleri dikkate alan veriler toplanmalı ve bu verilere dayalı olarak planlar ve politikalar geliştirilmelidir.

Günümüzde afet öncesi risk belirleme ve zarar azaltma çalışmaları, kayıp ve hasarların afet meydana gelmeden önce en aza indirilmesi için en etkili aşamalar olarak öne çıkmaktadır. Küresel çapta yapılan

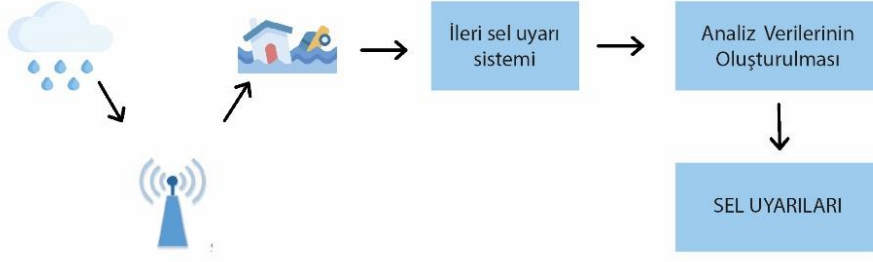
Çalışmalardan biri olan Global Platform for Sustainable Cities (GPSC) Urban Sustainability Framework (USF) projesi, doğal afetlere bağlı riskleri azaltmayı amaçlamaktadır. "Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030" belgesi, risk ve zarar azaltma konusunda öncelikler belirleyerek yerel düzeyde hedefler belirlemiştir. Türkiye'nin st düzey politikalarında, On İkinici Kalkınma Planı, bölgesel özellikler ve çeşitli afet türleri gözetilerek risk ve zarar azaltma faaliyetlerinin hızlandırılmasını hedeflemektedir. Bu bağlamda, şehirlerdeki risk ve zarar azaltma alışmaları, "Erken Uyarı Sistemleri" ile gerçekleştirilmeli ve elde edilen sonuçlara göre planlar ve politikalar şekillendirilmelidir.

Erken uyarı sistemleri, Afet Yönetimi Yaşam Döngüsünün başlangıcını teşkil eder. Afetler öncesinde, risklerin tespit edilmesi, etkilenen bölgelerin belirlenmesi ve risk/zarar azaltma faaliyetlerinin planlanması amacıyla akıllı erken uyarı sistemleri kullanılır. Elde edilen sonuçlara göre, kurumlar ve organizasyonlar gerekli tedbirleri alarak insanları uyarır. Bu sistem, olası tehlikelere karşı toplumun yaşam kalitesini artırmayı amaçlar.

Afet yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanımı genişlemiştir. En son uygulanan adrese dayalı nüfus kayıt sistemi, kişilerin nerede yaşadığı ve hangi bölgelerde bulunduğu hakkında bilgi sağlar. Gelişmiş ülkelerde, bir binanın kmesi durumunda içeride bulunan kişi sayısı veya selin etkilediği bölgelerdeki konutlarda yaşayan kişilerin kimlik bilgileri gibi bilgilere anında erişim sağlanabilir. Bu bilgiler, kurtarma çalışmalarını kolaylaştırmada büyük önem taşır. Gelecekte tasarlanacak olan "İleri Sel Uyarı Sistemleri" ise CBS'nin gelişmiş yeteneklerini içerecektir.

Plansız kentleşme, meteorolojik etkenler ve altyapı eksikliklerinden kaynaklanan afetler, büyük ölçekli hasarlara yol açmaktadır. Özellikle hava koşullarındaki ani değişimler ve yerleşim bölgelerinin fiziksel özellikleri, sel felaketlerine yol açmaktadır. Bu nedenle, "Gelişmiş Sel Uyarı Sistemi" adıyla tasarlanan bir proje, Coğrafi Bilgi Sistemleri temelli bir yaklaşımla geliştirilecektir. Bu sistem, dere yatakları ve altyapı elemanlarındaki sensörlerden gelen verileri ile hava kontrol istasyonlarının meteorolojik verilerini bir araya getirerek analiz edecek ve potansiyel sel risklerini tespit edip yaşayan halkı uyararak gerekli müdahaleleri sağlayacaktır. Bu sayede, olası sel durumlarında hızlı yardım ekipleri koordine edilerek zararların minimize edilmesi hedeflenmektedir.

Bu sistem, CBS tabanlı olarak mekânsal verilerin analizini gerçekleştirecektir. Özellikle sel riskini önceden tahmin edebilmek için geliştirilecek algoritmalar, sahadan gelen verileri işleyerek harita üzerinde grselleştirecektir. Sel riski taşıyan bölgeler harita üzerinde vurgulanacak ve ilgili uyarı ve müdahale stratejileri için temel bilgiler sunulacaktır.



Şekil 2. İleri Sel Uyarı Sistemi [1]

Bu projede, sensörlerden gelen su miktarı ve yağış verileri birlikte analiz edilerek sonuçlar haritalar üzerinde görsel olarak sunulacaktır. İleri Sel Uyarı Sisteminde, risklerin tespiti ve tahmin modellemesi için kullanılacak parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu parametreler, tahmin verileri ve yerleşim yeri özelliklerine göre özelleştirilebilir. Analiz edilecek verilerin güvenilir ve güncel olması, sistemin doğru sonuçlar üretmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Veri ve veri seti özellikleri belirlendikten sonra, sistem için altlık veri sağlayacak paydaş kurumlar da belirlenmelidir. Özellikle tarihsel meteorolojik veri setleri, ilgili paydaşlar aracılığıyla web servisler kullanılarak temin edilecektir. Bu nedenle, tasarlanan sistem, diğer sistemlerle uyum içinde çalışabilmesi için uluslararası standartlara uygun olarak geliştirilmelidir. Sahadan merkeze gelen veriler ve diğer meteorolojik servis veri akışları kesintiye uğramadan sürekli olarak aktarılmalıdır. CBS altyapısı kullanılarak, sensörlerden gelen verilerin işlenmesi ve harita üzerinde görselleştirilmesi sağlanacaktır. Bu sayede kullanıcılar verileri mekânsal bir perspektifle hızlıca anlayabileceklerdir. Verilerin işlenmesi ve analizi için akıllı algoritmalar geliştirilecektir. Özellikle sel verilerinin analizi için özel tahmin hesaplamaları ve istatistiksel yöntemler kullanılacaktır. Bölgeye özgü hesaplama yöntemleri ve modeller seçilecektir.

Özetle, akıllı şehirlerde kurulacak İleri Sel Uyarı Sistemlerinin teknik bileşenleri şunlardır:

- Sensör Ağı
- Veri Toplama ve İletişim Altyapısı
- CBS Tabanlı Veri Depolama
- Veri Analitiği ve Tahmini Algoritmalar
- Hava ve Su Veri İstasyonları
- Acil Durum Uyarı ve İletişim Sistemi
- Veri Görselleştirme ve Haritalama
- Risk Değerlendirme ve Modeller
- Paydaş İş birliği Arayüzleri
- Acil Durum Yönetim Merkezi
- Veri Güvenliği ve Gizliliği

- Güç Yedeklemesi
- Uyarı ve Bildirim Arayüzleri
- Eğitim ve Farkındalık Modülleri

### 1.3. Proje Girdileri

Projenin başarılı bir şekilde yürütülmesi ve proje amaçları ile hedeflerine ulaşılabilmesi için en kritik faktör, kullanılacak verilerin doğru bir şekilde sistem içerisinde kullanılmasıdır. Bu verilerin güvenilirliği ve güncelliği, sistem çıktılarına büyük ölçüde etki etmektedir. Analizlerin yapılabilmesi için gerekli olan veriler, ilgili paydaş kurumlar tarafından sağlanacak ve web servisleri aracılığıyla sisteme entegre edilecektir. Bu sebeple, uluslararası standartlara uygun bir şekilde sistem tasarımı gerçekleştirilecek ve geliştirme süreci başlatılacaktır.

Elde edilecek analiz verilerinin oluşturulması için ihtiyaç duyulan veri setleri aşağıda belirtildiği gibidir. İleri Sel Uyarı Sistemleri için gerekli olan veriler, aşağıdaki üç ana başlık altında sınıflandırılabilir:

1. Fizyografik
2. Hidrolojik
3. Hidrometeorolojik

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün "Hidrolojik Tahminler" kapsamında ihtiyaç duyduğu verilere göre, yukarıda üç ana başlık altında veriler gruplandırılmıştır. Bu verilere dair içerik ve detaylar aşağıda açıklanmıştır.

Coğrafi bilgi sistemleri ile ilişkili verilerin modellenmesi, çıktıların görselleştirilmesi ve kalibrasyonu için her ikisi de gereklidir. Arazi örtüsü, toprak yapısı, jeoloji, bitki örtüsü ve sayısal yükseklik modelleri gibi birçok türde veriyi içerir. Hidrolojik tahmin sisteminin performansı, coğrafi bilgi sistemleri veri parametrelerinin kalitesine ve tarihsel veri miktarına bağlı olarak belirlenir.

Hidrolojik veriler, yer altı su seviyeleri, nehir su düzeyleri, su kalitesi, sediment yükü, buharlaşma, sıcaklık, nem, yağış, kar ve dolu gibi diğer hidro-meteorolojik verileri içerir. Bu veriler, hidrolojik tahminlerde kritik bir rol oynar. Model geliştirme veya operasyonel kullanım bağlamında, yukarıdaki verilerin tamamı veya bir kısmı modele entegre edilmelidir.

Yeterli bir hidro-meteorolojik ağ, taşkın tahminleri için temel bir gerekliliktir. Genellikle, veri ağının operasyonel performansı, entegre bir sistemin en zayıf halkası olabilir. Özellikle sel ve kuraklık tahminleri için, yağış ve akarsu akışı/akış-gösterge verilerinin yeterli seviyede olması önemlidir. Kar erimesi faktörü devreye giriyorsa, kar-su eşdeğeri ölçümleri, kar örtüsü ve hava sıcaklığı ölçümleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu veriler dışında gerekli olan veri ihtiyaçları aşağıda listelenmiştir.

- Topoğrafya
  - Arazi örtüsü bilgisi
  - Jeoloji
  - Bitki örtüsü
  - Yükseklik
  - Eğim
- Meteoroloji verisi
  - Tarihi meteorolojik veriler (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)
  - Günlük/Aylık meteorolojik veriler (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)
- Alt yapı verisi (Altyapı sistemleri ile ilgili atıksu, yağmur suyu toplama kanalları bilgileri)
  - Atıksu boru hatları, metraj, boru çapları
  - Yağmur suyu boru hatları, metraj, boru çapları
- Risk haritaları
- Adres verisi (Bölgede yaşayan kişi bilgisi için kullanılacaktır)
  - Bina verisi
  - Cadde, Bulvar, Sokak, Meydan Verisi
  - Kapı Numarası Verisi
  - İl verisi
  - İlçe verisi
  - Mahalle verisi
- Yapı Ruhsat Verisi
- Dere Kesti Verileri (Devlet Su İşleri)
- Tarihi taşkın verileri (Devlet Su İşleri)
- Sensör verisi: Akım ve debi verisi

Türkiye'de bu verilerin toplanması, işlenmesi ve dağıtılması görevini yürüten yetkili kurumlar arasında Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri (DSİ), T.C. İçişleri Bakanlığı ve Nüfus ve Vatandaşlık İşleri bulunmaktadır. Veri paylaşımı, web servisleri aracılığıyla gerçekleştirilecektir. Kurumlar ve kuruluşlar aracılığıyla temin edilemeyen veriler, saha çalışmaları sonucunda toplanacaktır.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile CBS Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen ortofoto çekimi ve üretimi projesinden, sistemlerde altlık olarak kullanılacak veriler temin edilebilir. T.C. Orman ve Tarım Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen verileri sistemlerde kullanacak ve tahmin ile erken uyarı sistemleri için gerekli meteorolojik bilgileri (sıcaklık, yağış vb.) web servisleri aracılığıyla alabilir. Bu servislerden elde edilen anlık verilerin çekilip işlenmesi, sistemlerin tahmin ve erken uyarı işlevleri için büyük bir öneme sahiptir.

#### 1.4. Beklenen Çıktılar

İleri Sel Uyarı Sistemleri projesi ile ilgili olarak beklenen proje çıktıları aşağıdaki gibi listelenmiştir.

- Tasarlanan İleri Sel Uyarı Sistemleri, ilgili kurumların kullanımına sunulacak olan sistem yazılımları ve uygulamalarını içerecektir.
- Bilişim teknolojilerinin sağladığı analiz sonuçları sayesinde, kentin daha güvenli hale gelmesi amacıyla önceden tahmin yöntemleri kullanılarak iyileştirilecektir.
- Afet öncesi süreçlerde, olayın tüm yönleriyle takip edilmesi ve doğru bir şekilde durum değerlendirmesi yapılabilme imkânı bulunacaktır.
- Sel ve taşkın gibi afetler için gerçekleştirilen analizler neticesinde, olası hasar bölgeleri önceden tespit edilip gerekli müdahale planları hazırlanacaktır.
- Yapılan veri analizlerine göre anlık sel riski bulunan bölgeler belirlenerek, bu bölgelerde yaşayan insanlar bilgilendirme amacıyla bilgilendirilecektir.
- Olası riskler nedeniyle, yapı stoklarının yenilenmesi veya tahliye ihtiyaçları tespit edilerek kentsel dönüşümle daha sağlıklı yaşam alanları oluşturulacaktır.
- Her sistemden üretilen ve uygun bulunan veriler, şehirdeki sorumlu paydaşlar, akademisyenler ve halk ile açık veri politikasına uygun bir şekilde paylaşılacaktır.
- Acil durumlar ve afetlerle ilgili işlerin etkili, hızlı ve doğru bir biçimde yetkililerin koordinasyonunda yürütülmesi sağlanacaktır.

#### 1.5. Projenin Performans Göstergeleri

İleri Sel Uyarı Sistemleri projesinin performans göstergeleri aşağıdaki gibidir:

- Farklı afet türleri için gerekli sensörler, cihazlar ve ekipmanların belirlenerek akıllı erken uyarı sistemlerinin kurulacağı bölgelerin seçilmesi
- Proje süresince, erken uyarı sistemleri için gerekli sensörler, cihazlar ve saha ekipmanlarının altyapıları hazır hale getirilmesi
- Proje süresince, güncellenmiş acil durum verileri standardizasyon ile sisteme entegre edilmesi
- Sel, taşkın ve buzlanma gibi olaylar için erken uyarı sistem verileri başarıyla entegre edilerek birleştirilmesi
- AFAD, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve Belediyeler gibi ilgili kurumların, proje tamamlanana kadar entegrasyon sürecine dahil edilmesi
- DSİ ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü ile ilgili entegrasyon adımlarının projenin sonuna kadar sağlanması



- TAKBİS ve MAKS gibi sistemler üzerinden taşkın ve sel etkileri analiz edilerek acil müdahale planlarının oluşturulması ve malik bilgilerine kolayca ulaşılabilmesi
- Mevcut risk haritalarının projeye dahil edilerek sistem içerisine entegre edilmesi
- Risk alanlarına dair verilerin toplanarak projeye dahil edilmesi
- Proje süresince saha ve merkez arasında veri iletişim altyapısı oluşturulması
- İlgili kurum ve kuruluşlarla entegrasyon detayları belirlenip, proje boyunca gerçekleştirilmesi
- Projenin sonunda akıllı erken uyarı sistemlerinin devreye alınması
- Projenin son aşamasında çeşitli afet senaryoları çalıştırılarak sel, taşkın ve diğer afet hasar verileri sunulması

## 2. Proje Kapsamı ve Gerekçe

### 2.1. Proje Kapsamı

Sel felaketlerinin yerleşim bölgelerine olan etkilerini azaltmayı hedefleyen bir amaçla, "İleri Sel Uyarı Sistemleri"nin tasarlanması ve uygulamaya konulması hedeflenmektedir. Bu sistem, gelebilecek afetleri önceden tahmin ederek, potansiyel zararları önlemek amacıyla yetkili kuruluşların zamanında müdahalede bulunmalarını sağlayan bir uyarı mekanizmasıyla donatılacaktır. Bu sayede can ve mal kayıpları en aza indirilerek etkiler minimize edilecektir. Bu gelişmiş sistemler, akıllı şehirlerin inşasında etkin bir rol oynayarak, afet anında hızlı ve etkili müdahale sağlayacaktır. Şehirlerde risk ve zarar azaltma çalışmaları, bu bağlamda öncelikli olarak ele alınacaktır. Afet riski taşıyan bölgelerde, altyapı, planlama, tasarım ve kentsel dönüşüm çalışmaları, bu yeni sistemlerle birlikte yürütülerek afetlere karşı dayanıklı, çevreci ve insan odaklı akıllı şehirlerin kurulmasına destek olacaktır.

### 2.2. Proje Gerekçesi

İleri Sel Uyarı Sistemlerinin akıllı şehirlerde kullanılma durumu ile afet öncesinde ve anında, kamu kurumları ve özel kuruluşlar ile etkili bir müdahale yöntemi oluşturmak için gerçek zamanlı bir çalışma sağlanması amaçlanmaktadır. Bu sistemin temel amacı oluşabilecek afetlerin önceden tespit edilmesi, aşırı yağış ve oluşabilecek sel durumları için toplumsal bilincin artırılması, afetlere dayanıklı, güvenli yaşam alanları oluşturulması ve bununla birlikte afetin oluşturduğu riskleri azaltma çalışmaları yapılarak afetlerin neden olabileceği can ve mal kaybının minimum seviyeye indirilmesidir.

İleri Sel Uyarı Sistemleri projesinin amaç ve hedefleri aşağıda sıralanmaktadır.

#### Amaçlar:

- Ülkemizde ani sel, taşkın sebepli felaketlerden kaynaklanacak zararı en aza indirmek

- Sel, taşkın ve buzlanma gibi afetler için erken uyarı sistem verilerini entegre etmek
- Saha ve merkez arasında veri iletişim altyapısını oluşturarak etkin iletişim sağlamak
- Projenin sonunda akıllı erken uyarı sistemlerini devreye almak
- Afet senaryolarını çalıştırarak sel, taşkın ve diğer afet hasar verilerini sunup farkındalık oluşturmak

#### **Hedefler:**

- Sel felaketlerinin etkilerini minimize etmek
- Afet türlerine göre gerekli sensör, cihaz ve ekipmanların kurulacağı bölgeleri belirlemek
- Erken uyarı sistemleri için sensörler, cihazlar ve ekipmanların altyapısını projenin sonuna kadar hazır hale getirmek
- Sistemlerin güncelliği ve standardizasyonu sağlanmış acil durum verilerini projeye entegre etmek
- İlgili kurumlarla entegrasyonu projenin sonuna kadar gerçekleştirilerek etkin bir işbirliği sağlamak
- Taşkın ve sel etkileri analizi yaparak acil müdahale planları oluşturmak ve malik bilgilerine erişim sağlamak
- Mevcut risk haritalarını sisteme dahil etmek
- Risk alanlarına dair verileri toplamak
- Sel ve Taşkın gibi afetlere hazırlıklı olunması için ilgili erken uyarı sistem altyapısını oluşturmak
- Sel ve Taşkın için erken uyarı sistemlerini oluşturmak ve entegrasyonları sağlamak
- Sel ve Taşkın gibi afetler meydana gelmeden önce hazırlıklı olmak için akıllı erken uyarı sistemlerini devreye almak

### **2.3. Mevcut Durum**

#### ***Proje konusu ile ilgili dünyada mevcut durumun tespiti***

- İleri Sel Uyarı Sistemlerine yönelik dünyadaki güncel trendler incelenir.
- Bu trendlere bağlı güncel teknoloji, yazılım, otomasyon, ekipman, yapı, ürün vs. incelenir.

#### ***Proje konusu ile ilgili Türkiye’de mevcut durumun tespiti***

- Türkiye’deki mevcut İleri Sel Uyarı Sistemleri incelenir.
- Proje için gerek duyulan alanlarda hizmet alınabilecek firmalar belirlenir.

#### ***Daha önce yapılan çalışmaların başarı-başarısızlık durumlarının tespiti***

- Bu uygulamaları gerçekleştiren kurum ve firmalarla bilgi-tecrübe-fikir alışverişi yapılır.

- Başarılı süreçler arasında kıyaslama yapılarak bölge için en uygun teknoloji, yapı, ekipman, otomasyon, yöntem ve ürün belirlenir.
- Süreç içerisindeki karşılaşılan olumlu ve olumsuz durumlara dair bilgi notları hazırlanır ve bilgi havuzuna eklenir.

### **Literatür Araştırması**

Literatür araştırması kısmı, bu projeyi uygulayacak kurum ve kuruluşlara mevcut durum hakkında bilgi vermek ve konu hakkında fikir sahibi olmalarını sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

#### **2.3.1. Projenin Tarihsel Süreci**

Akıllı erken uyarı sistemleri, potansiyel riskleri önlemek, bu risklerin olası zararlarını minimize etmek ve daha etkili müdahale imkânı sağlamak amacıyla geliştirilmektedir. Bu sistemler, gelecekteki olası olayların tahmin edilmesi ve sonuçların iletilmesi için doğru ve etkili modellemeye dayanmaktadır.

Akıllı erken uyarı sistemleri tasarlanırken olay türüne bağlı olarak yapılan tahminlerin kullanışlı olması, sonuçların anlaşılır bir şekilde iletilmesi, olayın gerçekleşeceği zamanın doğru bir şekilde bildirilmesi ve olayın büyüklüğüne uygun bir inandırıcılığa sahip olması gibi kriterler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sistemler, afet risk yönetimi stratejilerinin önemli bir parçasını oluşturur. Erken uyarı sistemleri, taşkın tahmin sistemlerinden farklı olarak, sel tehlikesi yaklaştığında veya gerçekleştiğinde uyarılar verme amacını taşır. Dolayısıyla, meteorolojik tahminlerin doğruluğu son derece kritiktir. Etkili bir erken uyarı sistemi, dört temel bileşeni içermelidir (Şekil 3).



**Şekil 3.** Etkili erken uyarı sistemlerinin dört bileşeni [1]

Bugün tasarlanan İleri Sel Uyarı Sistemleri, yukarıda belirtilen dört bileşene uygun olarak geliştirilmektedir. Tarihsel olarak, sel felaketlerinin etkilerini azaltmak için farklı yöntemler yüzyıllar boyunca kullanılmıştır. Örneğin, Roma döneminden bu yana insanlar sel tehlikeleriyle mücadele etmek

için barajlar ve su bentleri inşa etmiştir. Akıllı erken uyarı sistemleriyle ilgili tarihsel gelişmeler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir:

**Tablo 1.** Akıllı erken uyarı sistemlerinin tarihsel gelişim süreci [2]

YILLAR	AÇIKLAMA
M.Ö. 2000	Çin ve Orta Doğu'daki su setleri ve barajlar selden korunma sağlar.
1854	Telgrafın ilerlemesini takiben Fransa'da düzenli sel tahmini yapılmaya başlandı. İtalya bu tür sistemleri 1866'da geliştirdi ve ABD bunu 1871'de yaptı.
1861	ABD Ordusu Mühendisler Birliği'nin bir raporunu takiben, ABD'de set inşasına dayalı bir taşkın koruma politikasının benimsenmeye başlandı. (Smith ve Ward, 1998). Bu, mevsimlik sulak alanların verimli tarım arazilerine dönüşmesine yol açtı.
1931	Çin'deki yıkıcı yaz selleri çok sayıda ölüme neden oldu. (kaynaklar rakamlara göre önemli ölçüde farklılık gösterse de - 145.000 ila 3. 700.000 arasında)
1944	78. ABD Kongresinin ikinci oturumunda yürürlüğe giren Pick-Sloan Taşkın Kontrol Yasası, ABD genelinde yapısal savunma, baraj ve setler programını onayladı. Pick-Sloan Missouri Havzası Programının kurulmasına yol açtı
1970'ler	Sel tahmininde radar ve uydunun erken kullanımı.
1994	ABD'deki 1993 orta-batı selinden sonra, Ajanslar Arası Taşkın Yatağı Yönetim İnceleme Komitesi, insanların taşkın yataklarının dışına taşınmasını ve sulak alanların geri kazanılmasını önerdi (IFMRC, 1994)
1997	Orta Avrupa'da Odra / Oder (Çek Cumhuriyeti, Polonya, Almanya) ve Vistula havzalarını etkileyen büyük seller milyarlarca dolar aralığında maddi hasara ve 110 ölüme neden oldu.
1998	Çin'deki seller 30 milyar ABD doları maddi hasara ve 3 600'ün üzerinde ölüme neden oldu.
1998	Bangladeş'te ülkenin yaklaşık% 70'ini sular altında bırakan büyük sel felaketi meydana geldi.
2002	Ağustos 2002'de Avrupa'da (Avusturya, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Almanya, Macaristan, Moldova, Romanya, Slovakya, Ukrayna) meydana gelen dramatik seller 20 milyar Euro'nun üzerinde toplam hasara neden oldu.
2007	AB Sel Direktifinin Kabulü.

### 2.3.2. Dünyada Mevcut Durum

Sel, uzun tarih boyunca ülkelerin karşılaştığı büyük bir risk olmuştur ve her bir ülke bu riski minimize etmek amacıyla deneyimlerine dayanarak çeşitli stratejiler geliştirmiştir. Dünya genelinde sel ve taşkınlar özellikle Asya, Avrupa ve Amerika kıtalarında sıkça yaşanır. Örneğin, Güney ve Doğu Asya'da (Hindistan, Bangladeş, Çin gibi), Batı Avrupa'da (İngiltere, Hollanda, Fransa gibi), Orta Avrupa'da (Romanya, Macaristan, Polonya gibi) ve Amerika kıtasında (Meksika, Brezilya gibi) sel ve taşkınlar sıkça görülmektedir. Gelişmiş ülkeler teknik yaklaşımlarla selin etkisini azaltma çabalarında bulunmuşlardır. Bu, iklim kontrolü, su drenajı, bariyer oluşturma, kanalların temizlenmesi ve su depolama gibi önlemleri içerir. Ayrıca, sel riski sonucu oluşan zararların paylaşımına dair düzenlemeler getirerek, sigorta programları oluşturmuşlardır. Bu sayede zararların daha etkin bir şekilde yönetilmesi amaçlanmıştır. Havza bazlı entegre modeller geliştirerek, sel riskinin analizini daha ayrıntılı bir şekilde yapmışlardır. Bu modeller, suyun hareketini ve etkileşimini inceleyerek afet riskini minimize etmeye yardımcı olur.

Gelişmiş ülkeler ayrıca, toplumu afetlere hazırlamayı hedefleyen programlar ve tahmin ve uyarı sistemleri ile arazi kullanım planlaması gibi stratejiler de geliştirmişlerdir [1].

**Toplumu Hazırlama:** Sivil toplum kuruluşları oluşturma ve acil yardım yetenekleri kazandırma, önceden uyarı ve tahmin sistemlerini kullanarak toplumu bilgilendirme, bireyleri sel riskine karşı eğitimlerle hazırlama gibi önlemler almaktır. Örneğin, ABD'de FEMA, acil durumlara karşı hazırlık için şu faaliyetleri yürütmektedir: acil durum yönetim organizasyonu, operasyon planları oluşturma, kaynak yönetimi, erken uyarı, halkın bilgilendirilmesi, evlerin korunması, tahliye planları, eğitim ve tatbikatlar [3].

**Arazi Kullanım Planı:** Özellikle İngiltere'de, merkezi hükümet tarafından bölgesel yapısal planlar hazırlanır. Bu planlar yerel yönetimler tarafından detaylandırıldıktan sonra uygulanır. Aynı zamanda, bireyler bölgesel idareden yapı izni alsa bile, yerel yönetimin sel riskine uygun olmayan bölgelerde inşa izni vermemesi durumunda yapılaşmaya izin verilmez. Bunun dışında, Kuzey Amerika ve Avustralya gibi yerlerde sel riskine açık alanlar kamu tarafından satın alınır. Bu bölgeler, çevreyi koruyucu düzenlemeler ve rekreasyon amaçlarıyla kullanılırken, arazi fiyatları düşük seviyelerde tutulur.

**Tahmin ve Uyarı Sistemleri:** Hava tahminleriyle yağışları kontrol etmek amacıyla uygulanan sistemlerdir. Bu yaklaşım 1980'lerden sonra geliştirilmeye başlamıştır. Örneğin İngiltere'de, çok şiddetli sel durumlarında 30 dakika öncesinden uyarılar yapılabilen sistemler bulunmaktadır. Diğer seller için ise 6 saatlik bir uyarı süresi mevcuttur, bu süre yeterli bir uyarı süresidir. ABD'de ise Ulusal Meteoroloji Örgütü, şiddetli yerel fırtına, sel, ani sel, kasırga ve yoğun kar uyarılarını tek başına bir kamu kuruluşu olarak sağlar [4].

### **2.3.2.1. Amerika'da Sel ve Taşkın Yönetimi**

ABD, çeşitli afet türleriyle başa çıkabilmek amacıyla bütünleşik bir acil durum yönetim sistemi kurarak tüm olası afetleri tek bir plan altında toplayan bir yaklaşım geliştirmiştir. Federal Acil Durum Yönetim Teşkilatı (FEMA), 1 Nisan 1979'da kurulmuş olup merkezi, bölgesel ve yerel düzeyde örgütlenerek kapsamlı bir yönetim stratejisi benimsemiştir. 24 Mayıs 1977 tarihinde taşkın risk yönetimi kanununu çıkaran ABD, bu kanunla FEMA'nın kendi personeliyle afetle ilgili idari ve teknik departmanlardaki (mühendislik firmaları, araştırmacılar, belediyeler, diğer federal kurumlar) çalışanlar için kılavuz ve iş sözleşmesi oluşturmuştur.

FEMA, finansal sürdürülebilirliği sağlamak ve uzmanlık danışmanlığı, raporlar ve çalışmalar aracılığıyla haritalandırma ve prim belirleme konusunda bilgi sunmak amacıyla Ulusal Sel Sigortası'nı oluşturmuş ve yasal olarak kabul etmiştir [5].

- 1968 Ulusal Sel Sigortası Yasası: 1968 yılında kabul edilen Ulusal Sel Sigortası Yasası, gelecekte oluşabilecek sel zararlarını azaltmayı ve hasar durumunda arazi sahiplerine prim sigorta sistemi aracılığıyla ödeme yapmayı hedefler. Bu amaçla, sel programları içinde oluşturulan sel yayılımı ve risk bölgelerini gösteren, risk değerine göre belirlenen sel sigorta prim oranlarını içeren haritalar tasarlanmıştır.

Ulusal Taşkın Sigortası Programı'nın amaçları şunlardır:

- Sel sigortası primleri ile özel mülklere ait sel zararlarını sel bölgelerindeki mülk sahiplerine aktarmak.
  - Devlet yardımı olmadan özellikle küçük sel ve taşkın sonrası sel ve taşkın bölgelerinde yaşayanlara ve mülk sahiplerine mali destek sağlamak.
  - Sel ve taşkın bölgelerinde yapılaşmayı, sel ve taşkın tehlikesinin düşük olduğu alanlara yönlendirmeyi amaçlamak.
  - Yeni veya büyük ölçüde yenilenmiş yapıların sel ve taşkın hasarlarını minimumda tutacak şekilde inşa edilmesini zorunlu hale getirmek.
- 1973 Tarihli Taşkın Sigortası Koruma Yasası: Taşkın sigorta koruma yasası, yüksek riskli sel ve taşkın bölgelerinde bulunan mülk sahiplerinin alacakları krediler için borç verenlerin taşkın sigortası talep etmelerini mecbur kılmıştır. FEMA tarafından 1973 yılında çıkarılan taşkın afet koruma yasası ile birlikte, taşkın riski taşıyan yerleşim alanları için taşkın sigortası zorunlu hale getirilmiştir [5].
  - 1994 Ulusal Sel Sigortası Reformu Yasası: Ulusal sel sigorta reformu yasası, NFIP'in borç verme uyumunu selin yıkıcı etkilerine karşı güçlendirmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu reform çerçevesinde, etki azaltma sigortası oluşturulmuş ve masrafları daha da düşürmek için bir azaltma yardım programı geliştirilmiştir. 1968'de kabul edilen ulusal sel sigorta yasası ile 1973'te çıkarılan taşkın afet koruma yasasının bazı bölümleri değiştirilmiş veya revize edilerek, bu yasa altında yeniden düzenlemeler yapılmıştır [5].
  - 2004 Tarihli Sel Sigortası Reformu Yasası: Sel sigorta reform yasası, NFIP'i tekrar eden sel sigortası tazminat ödemelerini etkileyen kayıpları azaltmayı ve bireysel taşkın sigorta poliçelerine yönelik farkındalığı artırmayı amaçlayan bir dizi reform ile güçlendirmiştir. Ayrıca, taşkın sigortası talepleri sürecine dair rehberlik bilgilerinin artırılması ve sigorta profesyonellerinin asgari taşkın sigortası eğitimine tabi tutulması gerekliliği getirilmiştir [5].
  - 2012'nin Biggert-Waters Taşkın Sigortası Reformu Yasası: Biggert-Waters taşkın sigorta reform yasasında, ulusal haritalama programının finansal sağlamlığını güvence altına almak amacıyla belirli oranlarda artışlar yapılarak programın sübvansiyonlu oranlarından finanse edilmesi

sağlanmıştır. Ayrıca, tam sigorta risklerine dayanan oranları sunarak riskin tamamını yansıtmaktadır [5].

- 2014 Konsolide Tahsisat Yasası ve Ulusal Sel Sigortası Programı: Konsolide Tahsisat Yasası, önceki kanunun belli bölümlerinin uygulanmasını engellemiştir. Biggert-Waters yasası, endişeleri gidermek için yeni bir yasa çıkartılarak belirli oran artışlarını etkili bir şekilde kontrol altına almıştır. 2014 Konsolide Tahsisat Yasası, FEMA'nın Ulusal Taşkın Sigortası Programı aracılığıyla uygulamalarını sınırlamış ve belirli mülklerin taşkın sigorta oranlarının harita değişikliği veya güncellenmesi sonrasında tam anlamıyla riski yansıtmaması gerektiğini vurgulamıştır [5].
- 2014 Yılı Ev sahibi Taşkın Sigorta Ekonomikliği Yasası: Bu yasa, 2012 yılında yürürlüğe giren Biggert-Waters Taşkın Sigorta Reformu Yasası'nın bazı hükümlerini değiştirerek ve kaldırarak, bu Kanunun kapsamı dışında kalan programın diğer yönlerine de ek program değişiklikleri getirmiştir. Biggert-Waters Taşkın Sigorta Reformu Yasası'nın birçok hükmü hala geçerlidir ve yürürlükte devam etmektedir [5].

### **2.3.2.2. İtalya'da Sel ve Taşkın Yönetimi**

Zarar azaltma çalışmaları, risklerin tanımlanmasını ve azaltılmasını amaçlayan büyük ölçekli planlamaları içeren çalışmaların yönlendirmesi doğrudan Avrupa Birliği (AB) yasaları altında yer almaktadır. Bu yönlendirmeler Avrupa Parlamentosu ve Bakanlar Konseyi tarafından onaylanır. Onaylandıktan sonra AB üyesi ülkeler, yasalarını bu direktiflere uygun şekilde uyarlarlar. Direktifler sonuç açısından bağlayıcıdır, fakat üye ülkeler bu direktifleri nasıl kendi yasalarına entegre edeceklerine karar verme özgürlüğüne sahiptirler. 18 Mayıs 1989 tarihli 183/89 sayılı yasa daha sonra Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi (WFD, 2000/60 / EC) ve Avrupa Birliği Taşkınlar Direktifi (FD, Flood Directive, 2007/60/EC) olarak adlandırılan nehir havzası (RB, River Basin) planlama ve yönetim birimi olarak kabul edilmiştir. Ülke genelinde ve bölgesel ölçekte nehir havzaları korunmuş ve her biri için Nehir Havzası Yetkilileri (RBA, River Basin Authorities) birimi oluşturulmuştur. Taşkın Risk Değerlendirme ve Yönetimi yaklaşımına göre:

- Taşkınlar, insan hayatını tehlikeye atan, büyük güçlere ve çevresel hasara neden olabilecek, ekonomik büyümeyi olumsuz etkileyebilecek etkilere sahiptir.
- Taşkınlar, kaçınılmaz doğal olaylardır, ancak beşerî faaliyetler (yerleşim alanlarının genişlemesi, taşkın bölgelerinde ekonomik yatırımlar ve suyun tutulmasındaki azalma gibi) ve iklim değişikliği taşkın riskini ve etkilerini artırabilir.
- Taşkınların özellikle insan sağlığı, çevre, kültürel miras, ekonomik faaliyetler ve altyapı sistemleri üzerindeki olumsuz etkileri azaltılabilir. Ancak, bu riskleri etkili bir şekilde azaltmak

için alınacak önlemler, mümkün olduğunca nehir havzası boyunca koordineli bir şekilde uygulanmalıdır [1].

### **2.3.2.3. Japonya'da Sel ve Taşkın Yönetimi**

Japonya, tarih boyunca zarar azaltma yaklaşımını benimsemiştir ve uluslararası arenada yönlendirici bir rol üstlenen ülkelerden biridir. Japonya'da afetlere karşı alınacak önlemleri düzenleyen ve yönlendiren yasa, Afet Önleme Temel Yasası olarak adlandırılır. Bu yasa, 15 Kasım 1961 tarihinde yürürlüğe girmiş olup afetlere karşı tedbirlerin sistematik ve kapsamlı bir şekilde geliştirilmesini, uygulanmasını ve acil durumun yönetilmesini amaçlar. Bu kanun çerçevesinde Japonya'da afet yönetiminin temel işleyişi belirtilmiştir. Ülkede afet yönetiminden sorumlu bir Devlet Bakanı ve Merkez Afet Yönetim Kurulu gibi kurumlar bulunmaktadır. Yasada özel sektörün, diğer paydaşların ve bireylerin sorumlulukları da açıkça tanımlanmıştır. Japonya, sel ve taşkın risklerine karşı ülke genelinde 1/25000-2500 ölçeklerinde tehlike haritaları hazırlamış ve yerleşim bölgeleri için bu haritaları güncellemiştir. Ayrıca, 1964 tarihinde nehir yönetimi için bir nehir kanunu çıkarılmıştır. Bu kanunun hedefi, nehirlerin düzenli yönetimiyle seller, yüksek gelgitler gibi nedenlerle oluşabilecek zararların önlenmesi, arazi korunması ve ülkenin kalkınmasına katkı sağlamaktır [6]. Bununla birlikte, akarsu ekosistemini koruyarak nehir suyunun işlevlerinin sürdürülmesini amaçlar (Bu madde, 4 Haziran 1997 tarihli ve 62 sayılı Kanun ile değiştirilmiştir).

### **2.3.2.4. Kanada'da Sel ve Taşkın Yönetimi**

Japonya, ulusal afet azaltma perspektifiyle öne çıkan bir ülke olarak, taşkın risklerini ele alma ve gelecekteki olumsuz etkileri azaltma odaklı Ulusal Afet Azaltma Programı'na sahiptir. Bu program, Kanada'nın sel riskleri üzerine birikmiş bilgi ve temel taşkın azaltma projeleri üzerine yoğunlaşarak, sel olaylarının etkilerini azaltma ve topluluğun hazırlıklı olma kapasitesini artırma amacını taşımaktadır. Bu kapsamda güncel ve erişilebilir bilgi birikimi sağlayan NDMP, etkili sel ve taşkın etkilerini azaltmak adına stratejiler geliştirilmesini de içerir. NDMP, farklı yönetim düzeylerinin iş birliğiyle büyük ölçekli zarar azaltma projelerine odaklanmış olup, sele maruz kalan alanlarda sistemli yatırım planlamalarını içermektedir.

Amerika coğrafyasında sel ve taşkın afetleri, hem yasal düzenlemeler hem de mühendislik uygulamaları ile ele alınmaktadır. Örneğin, Amerika'da bulunan sel riskine maruz kalan bölgelerde, yer değiştirme yöntemleri gibi mühendislik uygulamaları da kullanılmıştır. Aynı şekilde, Güney Amerika'da doğal afetlerle başa çıkmak için geliştirilen erken uyarı sistemleri, GPS istasyonları ve uydu teknolojisi ile yerdeki küçük hareketleri tespit ederek sel ve deprem risklerini tahmin edebilmekte, böylece kamuoyuna ve acil servislere önemli bilgiler sağlayabilmektedir. Bu sistem ayrıca akıllı telefonlara da



uyarı mesajları göndererek hızlı reaksiyon imkânı sunmaktadır. Bu tür teknolojik uygulamalar, sel ve taşkın risklerine karşı etkin çözümler sunmak adına önemli bir role sahiptir [7].

### 2.3.3. Türkiye'deki Mevcut Durum

Türkiye, coğrafik yapısı, topoğrafik özellikleri ve iklim koşulları sebebiyle doğal afetlerin sıkça meydana geldiği bir ülkedir. Sel, dünya genelinde ve Türkiye'de sık sık yaşanan bir doğal tehlikedir ve afete dönüşmesi halinde ciddi can ve mal kaybına yol açabilir. Sel felaketlerinin afet haline gelmesi, doğal denge bozulması sonucu ortaya çıkar. Aynı zamanda yanlış arazi kullanımı ve plansız kentleşme gibi insan kaynaklı etkenler, sel felaketlerini tetikleyebilir. Bu felaketlerin en önemli tetikleyicisi ise iklim değişkenlerinden yağıştır. Özellikle uzun süreli ve yoğun yağışlar, sel oluşumunda temel etkindir. Günümüzde en yaygın neden, kuvvetli yağış fırtınalarının drenaj sistemlerinin yetersizliği nedeniyle ana nehir kanallarının taşması sonucu oluşan sellerdir. Türkiye'de sel felaketleri özellikle Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz bölgelerinde en yoğun şekilde gözlemlenmektedir.

Sel ve su taşkınları, meteorolojik afetler arasında büyük bir oranı oluşturmaktadır. Erken Uyarı Sistemleri, afet yönetiminin önemli bir parçasını teşkil eder ve bölgesel ile ulusal düzeyde afet etkilerinin azaltılmasında kritik bir rol oynar, çünkü doğru zamanda doğru kararlar alınmasını sağlar. Bu bağlamda, Türkiye'de geliştirilen İleri Sel Uyarı Sistemleri projeleri ele alınacaktır. EFAS (European Flood Awareness System), 2002 yılında Tuna ve Elbe nehir havzalarında yaşanan sel felaketinin ardından kurulmuştur. Bu sistem, Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi tarafından ulusal meteoroloji ve hidroloji servisleriyle iş birliği içinde oluşturulmuştur. Bu sayede nehir havzasında yer alan ülkeler, su taşkını ve sel felaketi riskine karşı 3 ila 10 gün öncesinden uyarı alabilir hale gelmiştir [8].

Güneydoğu Anadolu Bölgesi için, GAP bölgesindeki sel riskini azaltmayı amaçlayan bir proje uygulanmıştır. Bu bağlamda, Diyarbakır-Bismil ilçesi seçilmiş ve Avrupa Birliği Sel Direktifi uygulama çerçevesinde, Sel Risk Yönetim Ön Hazırlık Planı ve eklerine ek olarak, Sel Afet ve Sel Risk Haritalarının Hazırlanmasına Yönelik El Kitabı ile Bismil için Sel Afet ve Sel Risk Haritaları ve Sel Riskini Önlemeye Yönelik Önlemler içeren bir pilot proje gerçekleştirilmiştir. Benzer yaklaşımlar, Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz bölgelerinde pilot illerin seçilmesiyle gerçekleştirilmiş ve bu çalışmalar hâlen devam etmektedir [9].

02.02.2021 tarihinde İzmir'de yaşanan sağanak yağışlar, birçok ilçede sel ve su baskınlarını tetiklemiş ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verdiği uyarılara rağmen can ve mal kayıplarına yol açmıştır. Bu felaketin etkileri, alt geçitlerin su birikintileriyle tıkanması, İZBAN hattı çevresindeki yolların sel sularıyla dolması ve trafik akışının olumsuz etkilenmesi, derelerin taşması, evlerin ve iş yerlerinin su baskınlarıyla ağır hasar görmesi şeklinde görülmüştür. AFAD ve Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü ekipleri, sel afetinin

ardından acil yardım ve çalışmaları yürütmek üzere İzmir'e sevk edilmiştir. Ancak, geç verilen uyarılar nedeniyle kent hazırlıksız yakalanmış ve ağır hasarlar ile can ve mal kayıpları yaşanmıştır.

Ülkemizde sel ve taşkınlarla mücadele için önemli yatırımlar yapılmaktadır. Bu bağlamda, 2013 yılında taşkın yönetim planlarının hazırlığına başlanmış ve 2021'de ülke genelinde tamamlanması hedeflenmiştir. Ayrıca, Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) iş birliğiyle 2010 yılında başlatılan Karadeniz ve Ortadoğu Ani Taşkın Erken Uyarı Projesi, 2013 yılında faaliyete geçmiş ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün bölgesel merkezi olarak hizmet vermektedir [10].

BSMEFFG (Karadeniz ve Ortadoğu Ani Taşkın Erken Uyarı) sistemi, web tabanlı olarak son kullanıcılarla paylaşılan ürünler sunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, uyarıya dahil olan alt havzaların hangi il ve ilçelerin sınırları içine girdiğini ilgili kişilere iletmeektir. Ani Taşkın Erken Uyarı Modeli, Tahmini Ani Taşkın Tehlike Alanları (FFFT) ürününü nihai çıktı olarak sunar ve bu ürün her saat başında güncellenir. Model, Türkiye genelinde 11867 alt havza tanımlamaktadır ve her 6 saatte bir toprak nemi ve eşik hesaplamalarını gerçekleştirir [11].

Ani taşkın erken uyarı modelindeki uyarılar, ilgili kişilere e-posta yoluyla iletilmektedir. Bu bilgilendirme içerisinde; havza numarası, FFFT değeri, 1, 3, 6 ve 24 saatlik tahmini yağış verileri ile birlikte alt havzanın tamamını veya bir bölümünü içeren il ve ilçe adı da bulunmaktadır. Otomatik olarak gönderilen uyarılar, sadece uyarı anlarında etkinleştirilir ve BSMEFFG sisteminin verilerini içermektedir. Aynı zamanda, uyarı e-postaları Merkez tarafından değerlendirilir ve gerektiğinde uyarılar hazırlanarak iletilir [12].

Orman ve Su İşleri Bakanlığı bünyesinde taşkın konularında faaliyetler yürüten Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) iş birliğiyle oluşturulan "Taşkın Tahmini ve Erken Uyarı Merkezi", faaliyetlerine başlamıştır [12].

DSİ tarafından devam eden çalışmalar çerçevesinde, Doğu Karadeniz Havzası'nda gerçekleştirilen pilot proje kapsamında, Rize-Fındıklı (Tahiroğlu ve Abuçağlayan dereleri), Artvin-Arhavi (Kapistre deresi), Artvin-Hopa (Sundura deresi), Artvin-Hopa-Kemalpaşa (Çam deresi) yerleşim yerlerinde taşkın tahmini sistemi kurma çabası gösterilmektedir. Bu sistem; Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından sağlanan sayısal hava tahmin verileri sistem tarafından (WRF) kullanılarak, önceden kalibre edilmiş yağış ve akış verileriyle uyumlu hidrolojik model kullanarak debi tahminleri yapabilmektedir [12].

Son olarak, projenin bağlantılı olduğu alanlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- İklim Değişikliği ve Çevresel Risk Yönetimi
- Altyapı ve Ulaşım Yönetimi
- Acil Durum Yönetimi ve Kurtarma Operasyonları

- Kentsel Planlama ve Yerleşim Alanları Yönetimi
- Veri Analitiği ve Tahmin
- Topluluk Katılımı ve Farkındalık
- Bürokrasi ve Kamu Hizmetleri
- Teknoloji ve Altyapı Yatırımları
- Yerel Yönetim ve Kriz Yönetimi

## 2.4. İhtiyaç Analizi

### *Projeye duyulan ihtiyacı ortaya koyan verilerin incelenmesi*

Türkiye, coğrafi konumu, jeolojik yapısı, morfolojik ve iklimsel özellikleri nedeniyle sık sık doğal afetlerle karşılaşan bir ülkedir. Özellikle yoğun yağışlar, jeomorfolojik faktörler, artan yapılaşma ve yüzeylerin geçirimsiz hale gelmesi gibi etkenler, sel felaketlerinin oluşmasına katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda, afet ve acil durum yönetim sistemleriyle entegre çalışan İleri Sel Erken Uyarı Sistemleri, can ve mal kayıplarını azaltmak amacıyla önemli bir araç olarak kullanılabilir. Sel felaketlerinin önceden tahmin edilmesi, afet öncesinde yapılacak uyarılarla önlem alınmasına büyük katkı sağlayabilir.

Ülkemizde uyarı sistemlerinin geliştirilmesi, özellikle sel uyarı sistemlerinin öncelikli olarak ele alınması gerekmektedir. Ulusal düzeyde bir örgütlenme, sel riskini takip etmeli ve halkı uyarılmalıdır. Bu örgüt ayrıca farklı kuruluşlar arasında koordinasyon sağlayarak bilgilendirme görevini üstlenmelidir. Meteorolojik, hidrolojik ve iklim verilerinin düzenli olarak toplanması, veri tabanlarının oluşturulması ve sayısal hava tahmin modelleriyle hava durumu analizlerinin yapılması, bu örgütün sorumluluğu altında olmalıdır. Bununla birlikte, örgüt içinde sel gözlem ve tavsiye birimleri oluşturulmalı, elde edilen veriler yerel yönetimlerle koordineli bir şekilde uyarılara dönüştürülmelidir.

Ülkemizde birçok tahmin ve erken uyarı sistemi geliştirilmiş olmasına rağmen, bu sistemler henüz etkin bir şekilde kullanılmamaktadır. Hala sel ve taşkınlar nedeniyle büyük zararlar meydana gelmekte, can ve mal kaybına neden olmaktadır. Örnek olarak, 2009 yılında İstanbul Halkalı'da Ayamama Deresi'nin taşması sonucu 31 kişi hayatını kaybetmiş ve 100 milyon doların üzerinde maddi hasar oluşmuştur. Aynı şekilde, 2020 yılında Giresun Dereli İlçesinde meydana gelen sel felaketinde de 10 kişi hayatını kaybetmiş ve ciddi zararlar meydana gelmiştir. Tüm bunlar göz önüne alındığında, taşkın ve sel felaketleriyle başa çıkabilmek ve önceden uyarı sağlayarak afet etkilerini en aza indirebilmek için gelişmiş erken uyarı sistemlerine olan ihtiyaç artarak devam etmektedir.

***Proje ile ilgili beklentiler ve paydaşlara sağlanan faydalar ile çözüm getirilen problem ve sıkıntıların tespiti***

Doğal afetlerin önceden tahmin edilmesi, olumsuz etkilerinin önceden önlenmesi açısından büyük önem taşır. Ön plana çıkan Taşkın ve Sel tahmini, erken uyarı ile birlikte alınacak önlemlerle can ve mal kaybının önlenmesine olanak tanır. Farklı doğal afet türleri için bilimsel yöntemler kullanarak önceden tahminlerin geliştirilmesi, önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Doğru ve zamanında erken uyarıların risk altındaki bölgelere iletilmesi büyük bir öneme sahiptir. Bu amaçla, Erken Uyarı Sistemleri için kurumların işbirliği ve halkın bilinçlendirilmesi gereklidir.

Teknoloji kullanımıyla can ve mal kayıplarının azaltılması ve erken uyarı sistemlerinin etkin bir şekilde işletilmesi önemlidir. Coğrafi nitelikli afet ve acil durum verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleriyle analiz edilmesi, Bilgi Toplumu ve e-Devlet stratejileriyle uyumlu bir dönüşüm sağlar.

Bu proje hayata geçirildiğinde, birçok kuruluş erken uyarı sistemlerini kullanarak karar alma ve yönetim rollerini üstlenecektir. Aşağıdaki listede, paydaş olarak gösterilen kamu kurumları sıralanmıştır:

- İçişleri Bakanlığı
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı,
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı,
- Tarım ve Orman Bakanlığı,
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı,
- Sağlık Bakanlığı,
- Devlet Su İşleri (DSİ)
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü
- AFAD
- Yerel Yönetimler
- Valilikler
- Üniversiteler
- Vatandaşlar

***Projenin başarılı olmasını sağlayacak güçlü yönlerin ve başarısızlığa neden olabilecek zayıf yönlerin tespiti***

- **Güçlü Yönler:**
  - İleri teknolojik karar destek kapasitesine sahip olunması
  - Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojisi sayesinde etkin mekânsal analiz çalışmalarının yapılabilmesi
  - Hem yazılımsal hem de donanımsal altyapının sağlam olması
  - Hızlı karar alma süreçlerinin uygulanabilirliği
  - Projeye yönetim düzeyinde idari destek sağlanmasının mevcudiyeti

- Ölçüm, haberleşme ve diğer teknolojik ilerlemelerin zamanla daha kesin sonuçlar üretmesi
- **Zayıf Yönler:**
  - Anlık olarak verilerin sisteme işlenememesi problemi
  - İleri Sel Uyarı Sistemlerinin bulunmaması eksikliği
  - Kurumlar arası koordinasyon sorunlarının yaşanması
  - Sahada bakım maliyetlerinin yüksek olması zorluğu
  - Yetki ve yasak mevzuatının eksikliği
  - Afet ve acil durum mevzuatının sel ve taşkınlarla ilgili yasal bütünlüğünün bulunmaması
  - Afet bölgelerinde tahliyelerde gecikme sorunlarının varlığı
  - Bütçe yetersizliği durumu
  - Kontrolsüz kentsel büyümenin yaşanması
  - Kentleşmenin yol açtığı yoğun yapılaşma
  - Yetersiz ve eski altyapı sistemlerinin varlığı
  - Bitki örtüsünün tahribatı, orman kaynaklarının bilinçsizce kullanılması problemi

## 2.5. Talep Analizi

### ***Proje ile üretilecek ürünlere ve/veya sunulacak hizmetlere yönelik mevcut talebin tespiti***

Türkiye'de doğal afetlerin etkilerini azaltmak ve önlemleri alabilmek adına, meteorolojik karakterli sel, taşkın, çığ düşmesi, dolu ve fırtına gibi afetlere dair tahminlerin yapılarak erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla İleri Sel Uyarı Sistemlerine yönelik çalışmalar ve uygulamalar ülkemizde başlamıştır.

Ülkemizde akıllı şehirler alanında bütüncül bir ilk üst düzey politika, Onuncu Kalkınma Planı'nda ortaya konulmuştur. Bu planın etkisiyle birçok sektörel ve tematik strateji, kurum stratejik planlarında akıllı şehir ve bileşenlerine dair politikalarla şekillenmiştir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın 2019-2022 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı, yerel yönetimlerin akıllı şehir anlayışıyla vatandaşların yaşam kalitesini yükseltmek amacıyla çalışma ve politikalar geliştirmesini önemsemektedir. Bu nedenle özellikle büyükşehirler başta olmak üzere birçok ilde akıllı şehir uygulamaları öncelik kazanmış ve hayata geçirilmektedir.

Akıllı şehirler içinde, "Akıllı Yönetişim" başlığı altında ele alınan afet ve acil durum yönetimi, şehirlerin afetle mücadelede yol gösteren bir rol üstlenmektedir. Bu tür sistemlerin akıllı şehirlerde kurulmasına yönelik talebi belirleyen temel etkenler ve göstergeler ise aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Afet riski
- Acil durumların sıklığı
- Bölgenin arazi yapısı ve yağış rejimi
- Nüfus yoğunluğu ve yoğun şehirleşme
- Can ve mal kayıplarını indirmek
- Afetlerin ekonomik ve fiziksel etkilerini en aza indirmek

#### ***Talebin gelecekteki gelişim potansiyeli ve talep için gelecek öngörülerin tespiti***

- Geleceğe yönelik nüfus, afet riski, afet ve acil durumların sıklığı, yoğun şehirleşme, toplumun bilinç ve duyarlılık seviyesi ve teknolojik gelişme öngörülerini dikkate alınarak hesaplamalar yapılır.

### **3. Teknik Analiz ve Alternatif Teknolojilerin Değerlendirilmesi**

#### ***Fiziki/Mekânsal Büyüklük***

- Projenin mekânsal büyüklüğü, uygulanacağı bölgenin büyüklüğüne bağlı olup, proje başında yapılacak detaylı teknik analizlerle belirlenecek ihtiyaç doğrultusunda planlanmalıdır.

#### ***Kapasitenin Belirlenmesi***

2019-2022 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayınlanmış olup yerel yönetimlere, vatandaşların yaşam kalitesini yükseltmek amacıyla akıllı şehirler konusunda çalışmalar ve politikalar geliştirmeleri gerektiğini vurgulamaktadır. Bu kapsamda belirlenen hedefler ve stratejiler doğrultusunda, Akıllı şehir çözümleri kullanılarak risk ve zararı azaltıcı çalışmalar şehirlerimizde gerçekleştirilmelidir. Afetlerin neden olduğu zararları en aza indirebilmek amacıyla önceden tehlike ve risklerin belirlenmesi, afet öncesi olası zararların engellenmesi ve etkili müdahalenin sağlanması için "İleri Sel Uyarı Sistemleri, Sel Risk Haritalarının Üretimi, Afet Simülasyonları ve Afet Duyarlılık Haritaları"na gereksinim duyulmaktadır. Bu ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak, İleri Sel Uyarı Sistemlerinin uygulama alanının büyüklüğü ve yapısına bağlı olarak gerekli kapasite hesaplanmalıdır.

#### ***Yapısal Proje Gereksinimleri***

İleri Sel Uyarı Sistemleri projesi için yapısal proje gereksinimleri aşağıdaki gibidir:

- Sensör kurulumlarının projelendirilmesi
- Veri Toplama Altyapısı
- Veri İşleme ve Analiz Altyapısı

- Meteorolojik Tahmin Modelleri
- Hidrolojik ve Hidrolik Modeller
- Uyarı ve İletişim Sistemleri
- Sel Risk Haritaları ve Tehlike Alanlarının Belirlenmesi
- Acil Müdahale Planları
- Yedekleme ve Güvenlik Altyapısı

### ***Yazılım ve Donanım Gereksinimleri***

İleri Sel Uyarı Sistemleri projesi için yazılım ve donanım gereksinimleri aşağıda verilmektedir:

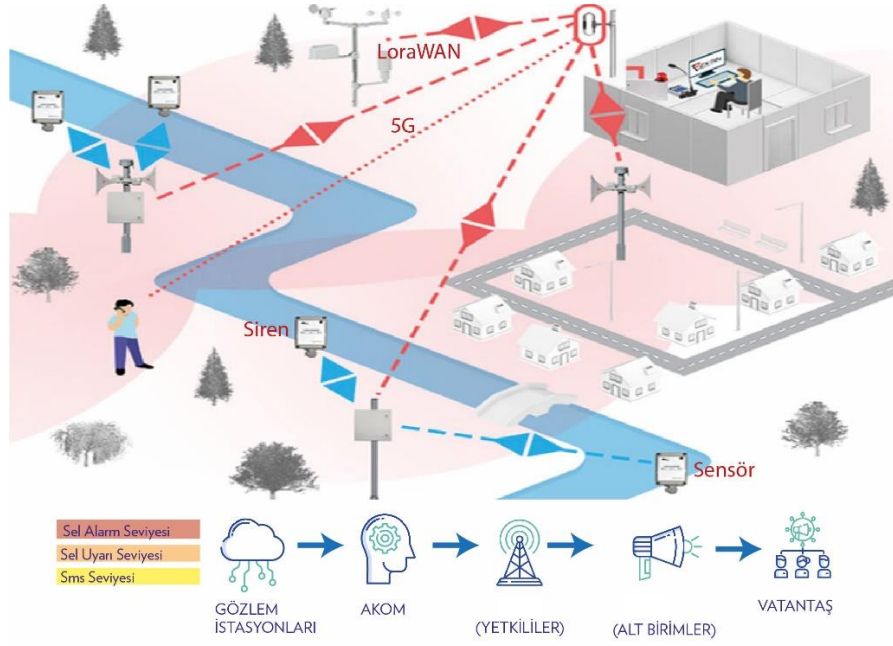
- Sel Erken Uyarı Sistemleri (SEUS)
- Coğrafi bilgi sistemleri
- Veri tabanları
- Sensörler
- Bulut tabanlı sunucu-istemci mimarisi
- Arayüz ve uygulamalar
- Sirenler

### ***Alternatif teknolojiler nelerdir? Karşılaştırma yapınız.***

İleri Sel Uyarı Sistemleri'nin saha operasyonlarına entegre edilmesi gerekliliği nedeniyle, sahada kullanılacak ekipmanların dayanıklı, performanslı ve uzun ömürlü özelliklere sahip olması önemlidir. Özellikle Taşkın Erken Uyarı Sistemleri için seçilecek cihazların, her tür hava koşuluna uygun olarak merkeze sürekli ve kesintisiz veri iletebilmesi gerekmektedir. Bakım maliyetleri ve performans göz önüne alınarak, fiber optik alt yapısının tercih edilmesi önerilir; bu alt yapı yüksek veri trafiği ve dayanıklılık sağlar. Ayrıca, ilerleyen dönemlerde ek özellikler (kamera, mikrofon, anons, video servis) eklemeyi mümkün kılar.

M2M (Machine-to-Machine) operatörlerinin kullanımı, yatırım maliyetlerini düşürebilir. Bu yaklaşım, kablo kopmaları veya hasar riskini ortadan kaldırarak güvenilirliği artırabilir.

LoraWAN altyapısının kullanılması, yatırım maliyetini düşürebilir, kablosuz iletişim sayesinde çevresel faktörlerin etkisini azaltabilir ve kolay montaj ile esneklik sağlayarak ek sensörlerin entegrasyonuna imkân tanır.



Şekil 4. İleri Sel Uyarı Sistemi [1]

Afet durumlarında kesintisiz ve güvenilir bir iletişimi sağlamak için caddelere yerleştirilecek sensör gruplarının ve teknik özelliklerinin aşağıdaki gibi belirlenmesi gerekmektedir.

**Meteoroloji Sensörü:** Meteoroloji İstasyonu, özel olarak geliştirilmiş profesyonel bir akıllı ölçüm cihazıdır ve çevresel uygulamalar için kullanılmaktadır. İstasyon, Trafik Uygulamalarına yönelik olarak tasarlanmış olup yüksek mekanik dayanıklılığa sahiptir ve düşük bakım maliyetleri ile öne çıkar.

- Hava Sıcaklığı
- Bağıl Nem
- Yağış Şiddeti
- Yağış Türü
- Yağış Miktarı
- Hava Basıncı
- Rüzgâr Yönü
- Rüzgâr Hız

**Görüş Sensörü:** Görüş Sensörü, optik örnekleme hacminin içinden geçen çeşitli partiküllerin (duman, toz, pus, sis, yağmur veya kar) ışığın ileri saçılma miktarını (forward scattering) tespit ederek atmosferik görüşü değerlendirir.



- Trafik Uygulamaları için özel tasarım
- Uzun mesafe yol görünürlük verisi toplamak için ideal
- Doğru ve izlenebilir ölçüm
- Yüksek mekanik dayanım
- Düşük bakım gereksinimi ve maliyeti
- Kompakt tasarım
- Kolay kurulum ve bakım
- 3000 metreye kadar görünürlük ölçümü
- Dahili olarak Bağlı Nem, Mutlak Nem, Çiğ Noktası ve
- Sıcaklık Ölçümü
- RS485 Haberleşme Arayüzü

**Yol Sensörü:** Yol yüzeyine yerleştirilen ve yol durumu hakkında bilgi sağlayan bir üründür. İki parçadan oluşan gövde tasarımı, elektronik veya sensör kısmının kolayca çıkarılıp takılmasını sağlamak amacıyla kalibrasyon veya bakım amaçlarına yönelik olarak geliştirilmiştir.

- Sıcaklık
- İletkenlik
- Tuzluluk Yüzdesi
- Donma Noktası Sıcaklığı
- Yol Durumu
- Su Yüksekliği

**Data Logger, Opsiyonel GSM/GPRS Modem & Anten:** Veri Kaydedici bir kontrol ve depolama birimidir. Entegre Hava İstasyonu, Görüş Sensörü ve Pasif Yol Yüzey Sensörü için.

**Meteoroloji İstasyonu Kontrol Kabineti:** Meteoroloji İstasyonu Kontrol Kabini, dış mekân kullanımı için özel olarak tasarlanmış bir üründür. Bu kabini oluşturan bileşenler; Güç Kaynakları, GSM-GPRS Antenleri, Dalgalanma Veri ve Güç Tutucuları, Anahtarlama Donanımı, Entegre Meteoroloji Sensörü, Görüş Sensörü, Pasif Yol Yüzey Sensörü veya Tepegöz Yol Yüzey Sensörlerini içermektedir.

Afet anlarında yanlış bilgilendirme ve karmaşa, can ve mal kayıplarını artırabilir. Kolluk güçlerinin afet durumlarında doğru ekipmanlarla, planlı bir şekilde hazırlıklı olmaları, afet etkilerini azaltmak için büyük bir öneme sahiptir.

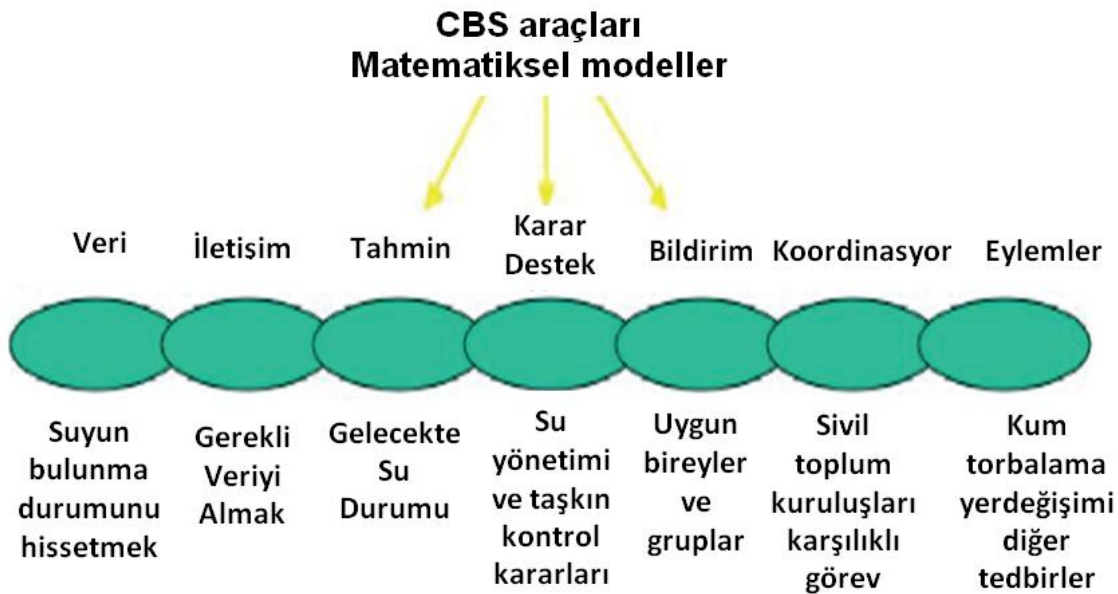
Sensörlerin mevcut fiber optik altyapısı olmadığında, M2M data hatları kullanılarak haberleşme sağlanabilir. Bu teknoloji seçiminde ana etken, afet durumlarında bu sistemlerin etkilenmemesidir. Deprem veya sel gibi olaylar, metro veya internet fiber altyapısını etkileyebilir. Haberleşme mimarisi,

olası zararları göz önünde bulundurarak yardımcı ek haberleşme modülleriyle desteklenerek, sahadan sensör verilerinin iletilmesini sağlar. GSM operatörlerinin yoğunluğu nedeniyle M2M data hatları çevrim dışı kalabilir, ancak RF alıcı ve veri antenleri sayesinde haberleşme devam edebilir.

Fiber altyapısı diğer seçeneklerle karşılaştırıldığında yüksek yatırım maliyetine sahip olabilir, ancak daha yüksek veri trafiği, kamera, anons ve sensör verileri okuma gibi özelliklere olanak tanır. Bu altyapının ilk kurulum maliyeti dışında düşük bakım maliyeti vardır. Sensörlerin sahada uygulanabilir olması için teknik tasarım ve fizibilite çalışmaları gereklidir. Saha ölçümleri yapıp ölçüm planlamaları buna göre yapılmalıdır.

Kullanılacak ekipman ve cihazlar endüstriyel ortamlara uygun dayanıklılığa sahip olmalı, darbe, su, titreşim ve manyetik alanlardan etkilenmeyecek şekilde tasarlanmalıdır.

İleri Sel Uyarı Sistemi, CBS teknolojisi kullanılarak geliştirilecektir. CBS, mekânsal analizler ve güçlü karar desteği sağlayarak karmaşık sorunlara uygun çözümler sunar. Tahminlemeler için sel modelleri kullanılacak ve farklı matematiksel modellerle sel tahminleri yapılacak, ardından uyarılar sunulacaktır.



Şekil 5. Birleştirilmiş taşkın tahminleri, entegre su kaynakları yönetimi içinde uyarı ve afet müdahale sistemi [13]

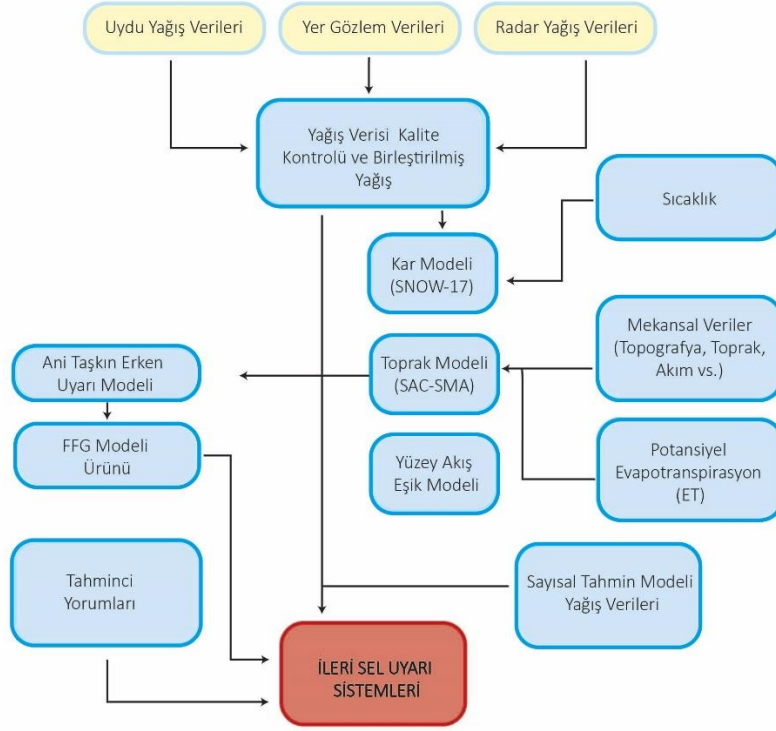
Sel olaylarının sebeplerine bağlı olarak farklı modellemeler kullanılmaktadır ve aşağıda belirtilen türler yer almaktadır:

1. Ulusal ani su baskını programları
2. Yerel ani sel taşkın sistemleri
3. Ani sel taşkın rehberi
4. Geniş alanda ani sel taşkın tahminleri

5. Ani sel taşkın baraj-molası tahmini
6. Nehirlerde fırtına dalgalanmaları
7. Şehir seli
8. Yerel drenajlardan taşkın [14][15]

Bu modeller, İleri Sel Uyarı Sistemlerinde kullanılmak ve geliştirilmek üzere entegre edilecektir.

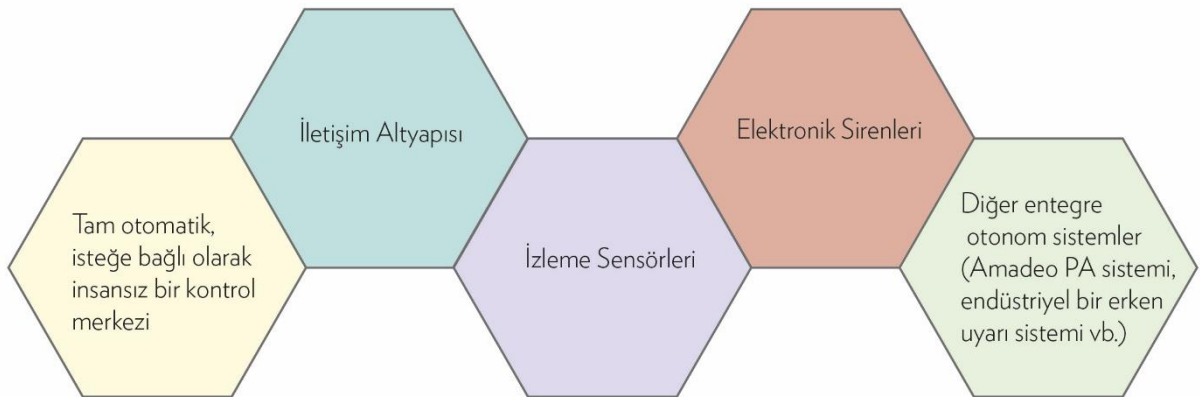
İleri Sel Uyarı sistemleri, afet risk azaltma stratejilerini ve acil durum yönetim operasyonlarını desteklemek amacıyla servis yönelimli bir yazılım mimarisi kullanılarak geliştirilecektir. Bu sistemler, ilgili paydaşlar arasında iş birliği sağlamak için tasarlanacak ve her biri kendi içinde modüller halinde hayata geçirilecektir. Bu modüller, dağıtık bir sistem mimarisi çerçevesinde tasarlanacak olup, her biri kendi içinde yazılım, veri tabanı ve sunucu yeteneklerini barındırarak merkezi sistemle servisler aracılığıyla iletişim kuracaktır. Sistemler arasında veri paylaşımını ve entegrasyonunu sağlamak amacıyla servisler oluşturulacaktır. Bu servisler, veri paylaşımı ve servis sağlama işlevlerini belirlenen standartlara uygun olarak gerçekleştirecektir. Projenin sürdürülebilirliği için diğer kurumların ve servislerin web servisler (WMS, WFS, WCS, WMTS vb) aracılığıyla veri paylaşımını sürdürmesi önemlidir. Bu amaçla, Open GIS Consortium (OGC) tarafından belirlenen OWS (OGC Web Services) standartları kullanılarak veri alışverişi sağlanacaktır. Bu servisler sayesinde, her paydaş kurum İleri Sel Uyarı Sistemine entegre bir şekilde katılabilir. İleri Sel Uyarı Sistemi'nin tasarım aşamaları aşağıdaki gibi olmalıdır.



Şekil 6. İleri Sel Uyarı Sistemi aşamaları [1]

İleri Sel Erken Uyarı Sisteminin tasarımında dikkate alınması gereken temel öğeler bulunmaktadır. Bu erken uyarı sistemlerinde yaygın olarak kullanılan öğeler aşağıda sıralanmıştır:

- Gerçek yağış ve su seviyesi verileri
- Meteorolojik tahminler
- Taşkın tahminleri
- Taşkın uyarılarının iletilmesi



Şekil 7. İleri Sel Uyarı Sistemi temel bileşenleri [1]

**Teknoloji seçiminin dayandığı kriterler nelerdir? Açıklayınız.**

1) Teknoloji yeni mi?

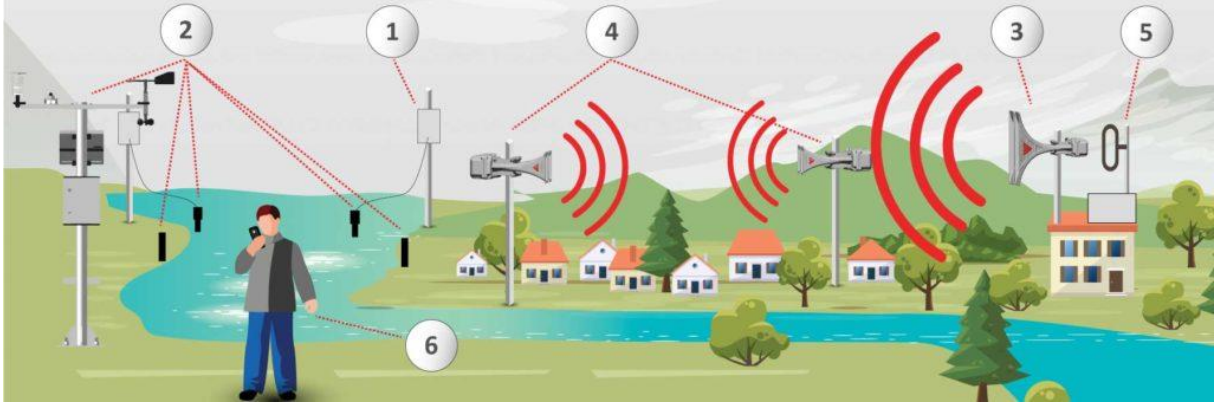
- 2) Teknoloji yerli mi?
- 3) Teknoloji yerli değilse yerlileştirilebilir mi?
- 4) Maliyet
- 5) Kesintisiz servis
- 6) Kurulum kolaylığı
- 7) Entegrasyon kolaylığı
- 8) Dayanıklılık (Afet durumunda hasar almama)
- 9) Yüksek veri trafiği kapasitesi

***Teknik tasarım süreçlerini (süreç tasarımı, makine-donanım, inşaat işleri, arazi düzenleme, yerleşim düzeni vb.) açıklayınız.***

İleri Sel Uyarı Sistemi, uyarı ve bildirim mekanizmasını bir veya birden fazla izleme sistemiyle entegre eder. Uyarı kısmı, izleme sistemlerinden gelen verilere dayanarak yaklaşan tehlikenin etkileyeceği bölgedeki vatandaşlara önceden uyarı verme amacını taşır. Bildirim kısmı ise aynı anda sorumluları ve ilk müdahale ekiplerini bilgilendirir, acil durum yönetim birimlerini harekete geçirir.

Uyarı aşamasında, sistem yaklaşan selin büyüklüğü, zamanlaması, konumu ve potansiyel hasarı hakkında tahminler sunar. Bu tahminler, uzun süreli yağışlardan kaynaklanan yüksek su seviyelerine mi yoksa ani ve şiddetli yağışlardan kaynaklanan ani sellerine mi dayandığına bağlı olarak çeşitli senaryolar oluşturularak desteklenir. Bu senaryolar, bilgisayar simülasyonları ile test edilir ve tehlike altındaki bölgelerdeki tahliye sürecini kolaylaştırabilir.

Gerçek yağış ve su seviyesi verileri, uydu görüntüleri ve radar verileri gibi kaynaklardan elde edilir ve uyarı sisteminin temel veri sağlayıcılarıdır. Bu verilere dayanarak yapılan meteorolojik tahminler ve sel tahminleri ilgili kuruluşlarla iş birliği içinde gerçekleştirilir. Sistemde meteorolojik tahminler ve hizmetler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen verilerle desteklenecektir. Gerçek yağış ve su seviyesi verileri ise sensörler aracılığıyla sağlanacaktır. Aynı zamanda sistem, olası bir sel olayını tahmin etmek için yerel su havzalarındaki (nehirler, göller) veya sel savunma yapılarındaki (bentler, barajlar, setler) stratejik noktadaki su seviyelerini ölçmek üzere sensörlerden gelen verileri de kullanacaktır. İklim değişikliğinin etkisiyle sel gibi aşırı hava olaylarının sıklığı ve şiddetindeki artış, bu teknolojinin iklim değişikliğine uyum sürecinde kritik bir rol oynamasını sağlamaktadır.



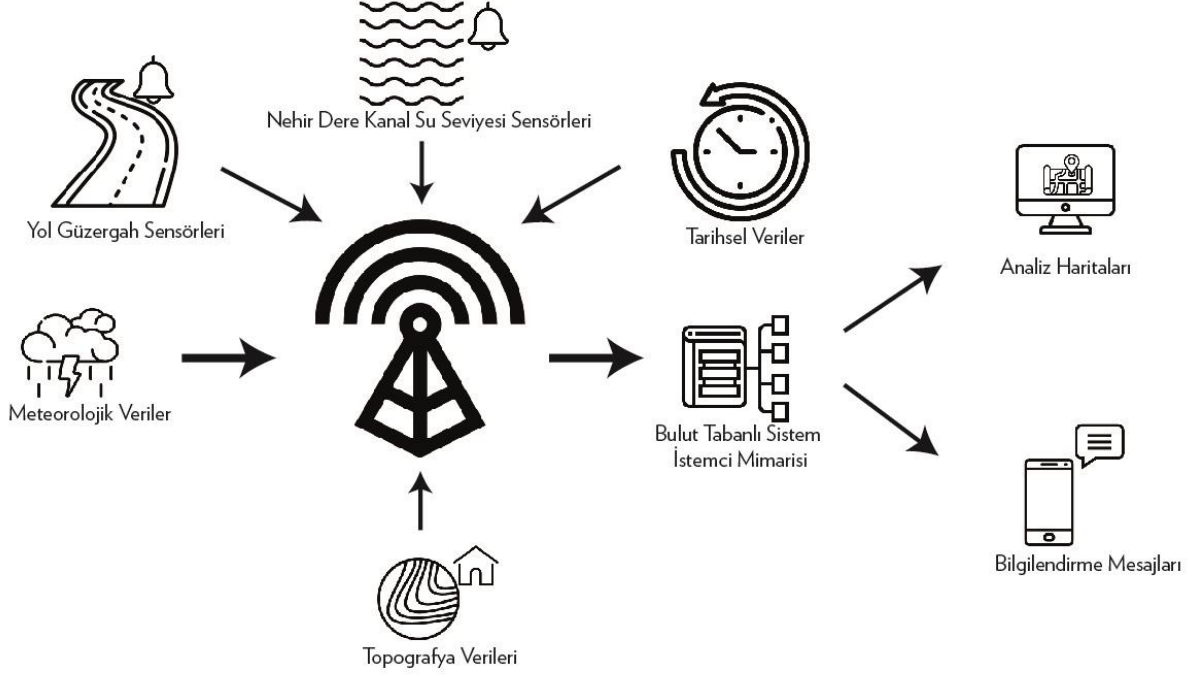
Şekil 8. İleri Sel Uyarı Sisteminin süreçleri [1]

SEUS sensörlerinden gelen verilerin geometrik olarak yorumlanması ve görselleştirilmesi, projenin öncelikli hedeflerinden biridir. Bu verilerin sunucu tarafından okunabileceği ve geriye yönelik olarak depolanabileceği bir kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç doğrultusunda yaygınlaşmış veritabanı sistemleri, sunucu tarafından okunarak istemci uygulamasına anlamlı veriler olarak sunulabilmektedir. Mevcut durumda tercih, POSTGIS üzerine düşmektedir. Veri altyapısı için önerilen seçenek, açık kaynak kodlu PostgreSQL veritabanı yönetim sistemini kullanmaktır.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı'nın On Birinci Kalkınma Planı'nda belirtildiği üzere, kamu kurumlarında açık kaynak kodlu yazılımların yaygınlaştırılması ve bu alanda kurumsal kapasitenin artırılması gerekmektedir. Bu amaçla, açık kaynak kodlu yazılımların tercih edilmesi, kurumsal planların hazırlanması ve kamu BİT yatırımlarında bu yaklaşımın benimsenmesi hedeflenmektedir.

Bunun yanı sıra, büyük veri setlerinin işleneceği göz önüne alındığında, büyük veri analizi için NoSQL veri tabanları çözümlerinin kullanılması önerilir. NoSQL veri tabanları, ilişkisel veri tabanlarına göre daha yüksek okuma ve yazma performansı sunarak büyük veri işleme süreçlerine daha uygun bir seçenek sunar. Afet ve acil durum yönetimi senaryolarında, verilerin anlık olarak işlenmesi ve analiz edilmesi bu tür veri tabanlarının kullanılmasıyla daha etkin bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Sistemin işleyişini gösteren akış diyagramı aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Şekil 9):



Şekil 9. Akıllı Uyarı Sistemi akış diyagramı [1]

Aşağıdaki tabloda projenin zaman planı ve yapılması gereken iş kalemleri yer almaktadır:

Tablo 2. Projedeki iş kalemlerinin zaman planı [1]

	1. Ay	2. Ay	3. Ay	4. Ay	5. Ay	6. Ay	7. Ay	8. Ay	9. Ay	10. Ay	11. Ay	12. Ay
İleri Sel Uyarı Sistemlerinin Kurulması												
Analiz												
Tasarım												
Saha Ekipmanlarının Kurulması												
Yazılım Geliştirme												
Test												
Kurulum-Entegrasyon												

#### 4. Finansal Analiz

Finansal analiz kapsamında yatırım bütçesi, işletim maliyetleri ve gelirler belirlenerek yatırımın geri dönüş süresi tespit edilmelidir.

Yatırım bütçesinin planlanmasında aşağıdaki maliyet kalemleri göz önüne alınmalıdır.

- Sensörler

- Gateway cihazı
  - Ultrasonik sensör
  - GSM Modül
  - Kontrol cihazı
- Akıllı Rögar
  - Ultrasonik sensör
  - Rögar sensör kurulumu
- Debimetre
- Veri tabanı yazılım ve donanımları
- Coğrafi bilgi sistemleri
- Lisans ücretleri
- Montaj pano direk

İşletim maliyetlerinin hesaplanmasında aşağıdaki temel parametreler göz önüne alınmalıdır.

- Yetkin Çalışan Maliyeti
- Donanım Bakım-Onarım Maliyetleri

### Örnek Vaka

İhtiyaç analizi kapsamında **1000 hektarlık** bir alanda, **65.000 konutun** bulunduğu ve **200.000 kişinin** yaşayacağı varsayılan proje alanında İleri Sel Uyarı Sistemleri projesi ile ilgili aşağıdaki maliyetler söz konusu olmaktadır:

**Tablo 3.** Projenin maliyet kalemleri

Maliyet Kalemi		Tutar
Personel Maliyeti	İlk Kurulum	\$11.298,42
	Yıllık Bakım	\$925,39
Lisans Maliyetleri (Yazılım Maliyeti)	İlk Kurulum	\$25.738,88
	Yıllık Bakım	\$6.869,44
Donanım ve Demirbaş Maliyetleri	İlk Kurulum	\$328.308,46
	Yıllık Bakım	\$30.401,12
Danışmanlık Hizmetleri	İlk Kurulum	\$1.649,93
	Yıllık Bakım	\$430,42
TOPLAM		<b>\$405.622,07</b>



**Tablo 4.** Projede gerekli görülen ürünlerin maliyetleri

ÜRÜN ADI	ÖZELLİKLER	ADET	FİYAT	TOPLAM
GAWATEY CİHAZI	ULTRASONİK SENSOR, GSM MODÜL, KONTROL CİHAZI	24	1890,61	\$44.484,94
MONTAJ PONO DİREK	6 MT DİREK GÜNEŞ PANELİ PANO VE MONTAJ EKİPMANLARI	24	553,66	\$13.027,26
AKILLI RÖGAR	ULTRASONİK SENSOR	59	1750,73	\$102.984,22
DEBİ METRE	BORU HATLARI BASIN ÖLÇÜM	59	2751,59	\$161.857,96
RÖGAR SENSÖR KURULUM	İŞÇİLİK	59	101,22	\$5.954,09
<b>TOPLAM</b>				<b>\$328.308,46</b>

## 5. Ekonomik Analiz

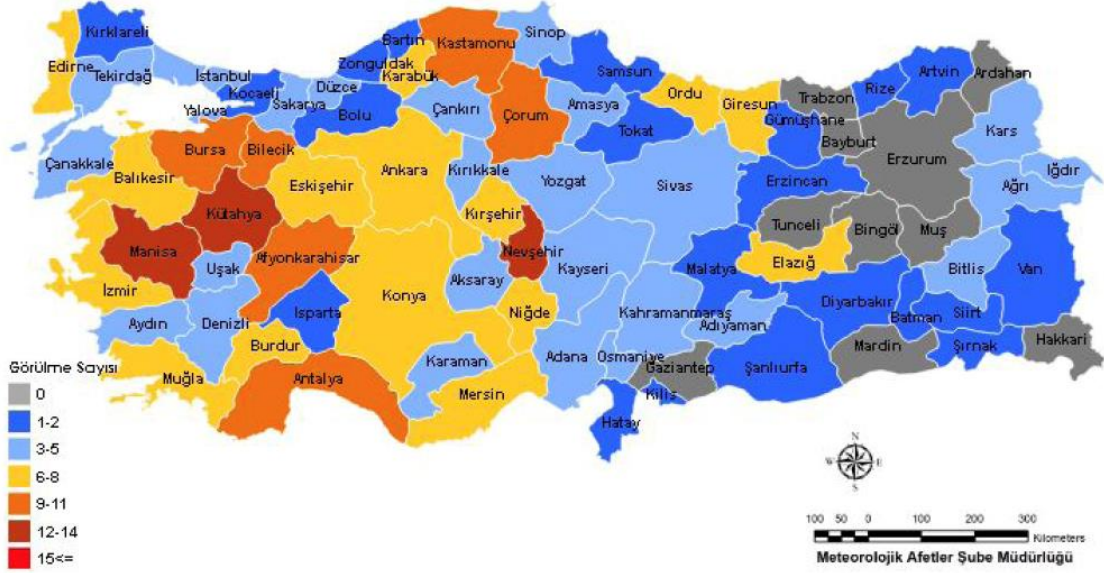
Dünya genelinde ve Türkiye özelinde afetler fiziksel, sosyal ve ekonomik açıdan büyük kayıplara yol açmaktadır. Türkiye'nin coğrafi konumu nedeniyle afetler sık sık yaşanmaktadır. Afetler, dünya genelinde insan yaşamını derinden etkileyen olaylardır ve ekonomi üzerinde çeşitli etkiler yaratmaktadır. Bu etkiler doğrudan, dolaylı ve uzun dönemli olarak sınıflandırılmaktadır.

Doğal afetler arasında dünya genelinde ikinci sırada yer alan ve Türkiye için de büyük bir risk oluşturan sel ve taşkın felaketleri, can ve mal kaybına en çok yol açan olaylardır. Özellikle Karadeniz Bölgesi, bu tür felaketlerin en fazla yaşandığı yerdir. Aynı zamanda Marmara ve Akdeniz Bölgeleri de sel ve taşkınların sıkça görüldüğü bölgelerdir. Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşundan bugüne kadar birçok sel ve taşkın felaketi yaşanmış ve bu felaketler sonucunda ciddi can ve mal kayıpları yaşanmıştır. Bu felaketlerin en önemli nedenlerinden biri yanlış yerleşim planlamaları ve dere yataklarının yerleşime açılmasıdır.

Türkiye'nin topografik yapısı ve yağış durumu incelendiğinde, yaz ve bahar aylarında görülen konvektif olaylar ile kış aylarında yaşanan uzun süreli cephe etkilerinin sel ve su baskınlarına yol açtığı görülmektedir. Özellikle Türkiye'nin kuzey kesimleri yıl boyunca yağış alırken, Karadeniz Bölgesi'nde orografik yağışlar şiddetli yağış ve sel olaylarına neden olmaktadır. 2022 yılında Türkiye'nin özellikle iç Anadolu ve Ege bölgesinde daha çok sayıda şiddetli yağış ve sel görülmüştür [16]. Şekil 10'da 1 Ocak ve 30 Kasım 2022 tarihleri arasında görülen şiddetli yağış ve sel olayları haritada gösterilmektedir.

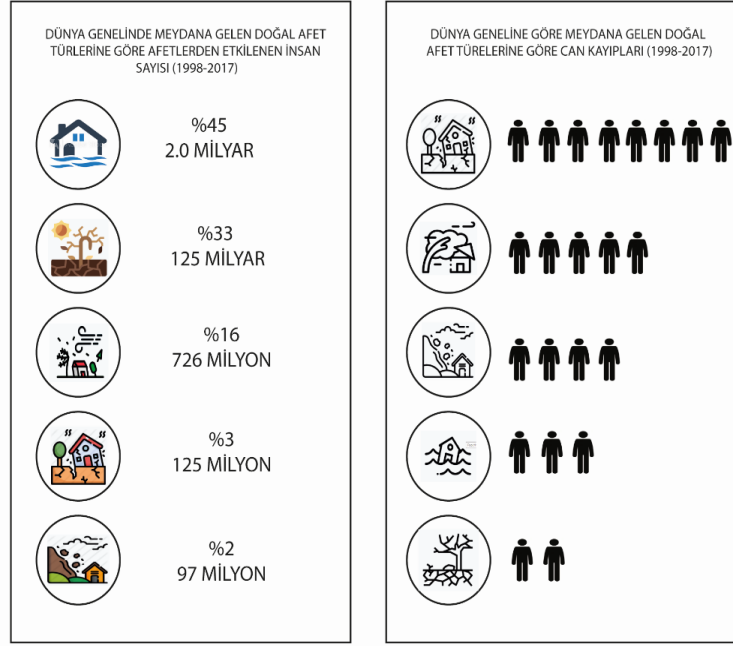


## Meteorolojik Afetler Dağılımı (1 Ocak-30 Kasım 2022) Şiddetli yağış/Sel



Şekil 10. Kuvvetli yağış sel afeti dağılımı [16]

Ülkemizde 2022 yılı içinde en çok sel afeti Manisa, Kütahya ve Nevşehir’de yaşanmıştır, bu üç ilde 12 ila 14 arasında sel olayı kaydedilmiştir. Bu illerin ardından Antalya, Afyonkarahisar, Çorum, Kastamonu, Bursa ve Bilecik gelmektedir. Ülkemizin batı kesimlerinde diğer bölgelere göre daha fazla kuvvetli yağış ve sel felaketi gözlenmiştir [16].



Şekil 11. 1998-2017 yılları arası afetten etkilenen ve can kaybı sayıları [1]

Dünya genelinde 1998-2017 arasında en fazla etkilenen 10 ülke, Çin, ABD, Filipinler, Hindistan, Endonezya, Vietnam, Afganistan, Meksika, Japonya ve Pakistan'dır. Depremler dünyada en fazla can kaybına neden olan doğal afettir. Sel felaketi ise can kaybına yol açan dördüncü doğal afettir. 1998-2017 yılları arasındaki sel felaketlerinde can kaybı oranı %11 olarak gözlemlenmiştir [1].

Türkiye'de 1955-2004 yılları arasında şiddetli ve sürekli yağışlarla tetiklenen sel ve taşkın riski, genel olarak ülkenin her yerinde ve özellikle kıyı bölgelerinde etkili olmuş, bu dönemde 1796 adet nehir seli meydana gelmiştir. Bu sellerde toplamda 1030 kişi hayatını kaybetmiş ve büyük ekonomik zararlar yaşanmıştır. Zararlar en çok yerleşim yerlerinde ve çevresinde hissedilmiştir. 1955-2004 arasındaki istatistik verilere göre, sel ve taşkın olaylarının sıklığı son yıllara doğru azalmıştır. Bu durum, teknoloji gelişimi, çevre bilinci artışı ve sel felaketlerinin önlenmesine yönelik uygulamaların artışıyla açıklanabilir [1].

En büyük ekonomik kayıp 1998 yılında Zonguldak, Karabük, Bartın ve Sakarya illerinde meydana gelen sel baskınında gerçekleşmiştir. Bu sel felaketi toplamda 1 milyar ABD doları hasara ve 10 kişinin ölümüne neden olmuştur. İstanbul Halkalı'da 9 Eylül 2009'da Ayamama Deresi'nin taşması sonucu meydana gelen sel felaketinde 31 kişi hayatını kaybetmiş, 100 milyon doların üzerinde maddi hasar oluşmuştur. Giresun Dereli İlçesi'nde 22 Ağustos 2020'de yaşanan sel felaketinde 10 kişi hayatını kaybetmiş ve ciddi hasarlar meydana gelmiştir. İzmir'deki 12 Şubat 2021'deki sağanak yağış ve fırtına nedeniyle yaşanan sel felaketinde ise 2 kişi hayatını kaybetmiş ve birçok ev ile iş yeri hasar görmüştür. Bu felaketler, erken uyarı sistemlerinin önemini vurgulamaktadır [1].

2006 ve 2009 yıllarında Türkiye'de yaşanan sel ve su baskınlarının ekonomik zararı 867 milyon ABD dolarını bulmuştur. 1985-2015 arasında yaşanan sel, taşkın ve su baskınları toplamda 1775.520 kişiyi etkilemiş ve 2195.500 bin ABD doları hasara yol açmıştır [1].

İleri Sel Uyarı Sistemi, gelişmiş ülkelerde afet yönetim programlarının bir parçası olarak kabul edilen meteorolojik tahmin ve erken uyarı sistemlerini kullanarak, doğru planlama ve eğitimle can kaybını önlemeye ve ekonomik zararı azaltmaya yardımcı olacaktır.

Sonuç olarak, İleri Sel Uyarı Sistemlerinin ekonomik etkileri aşağıdaki gibidir:

- Erken uyarılar sayesinde afet bölgelerinde yaşayan insanların can güvenliğini sağlar.
- Bireylerin ve işletmelerin afet dolayısıyla karşılaşacağı maddi zararı minimize eder.
- Altyapı ve işletmeleri maddi hasarlara karşı korur.
- Sistemler kullanıldığında daha az hasar ve kayıp yaşanacağından dolayı sigorta maliyetleri azalır.
- Daha az maddi kayıp ve ekonomik sarsıntı, bir ülkenin genel ekonomik istikrarını korumasına yardımcı olabilir.
- Turizm bölgelerinde ve ticaret alanlarında afetler için önceden tedbirler alınabilir ve olumsuz etkiler minimize edilebilir.
- İleri Sel Uyarı Sistemleri, afet sonrası rehabilitasyon ve iyileştirme maliyetlerini azaltabilir.
- Erken uyarı sistemleri, afetlere müdahale için kullanılan kamu kaynaklarının daha etkin ve doğru bir şekilde yönlendirilmesini sağlar.
- Daha az afet kaynaklı kesinti ve hasar, ülkenin ekonomik büyüme potansiyelini artırabilir.

## 6. Sosyal Etkinin Analizi

Sel felaketi, ekonomik boyutunun yanı sıra sosyal sonuçlar açısından da olumsuz etkilere neden olur. İleri Sel Uyarı Sistemlerinin sel afetlerini tahmin ederek erken uyarılar yapması, toplum ve çevre üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu sistemler, zararları minimize ederek toplumun normale dönmesine yardımcı olur.

Şehirlerde sel felaketlerinin büyük zararlara neden olmasının bir nedeni de yanlış yerleşim politikalarıdır. Erken uyarılar ve toplumun afet farkındalığı, riskli bölgelere yerleşimin önüne geçmeye yardımcı olur. Dere yataklarının etrafına yerleşimlerin sınırlandırılması, dere yatağındaki riskleri azaltır. Vatandaşlar afet durumunda nasıl davranmaları gerektiğini önceden bilecekler ve su birikintileri nedeniyle trafik kazaları önlenecektir.

Kısaca, İleri Sel Uyarı Sistemlerinin sosyal etkileri şöyle sıralanmaktadır:

- Teknoloji ve iletişim hizmetlerinin kalitesi ve toplum memnuniyeti artar.
- Paydaş kurumlar arası iş birliği güçlenir, ortak politikalar oluşturulur.
- Hizmet kalitesi ve süreç hızı artarak vatandaş memnuniyeti ve kurum itibarı yükseltilir.
- Afet bilinci artar, toplumun afete karşı daha hazırlıklı olması sağlanır.
- İleri Sel Uyarı Sistemlerine olan güven artar, etkili müdahale sağlanır.
- Kamu süreçleri şeffaf ve hesap verebilir hale gelir, güven artar.
- Kamu kurumlarının yönetim kapasitesi artar, daha etkili hizmet sunumu yapılması sağlanır.
- Devlet-vatandaş iletişimi geliştirilerek ihtiyaçlar hızla karşılanır.
- Kamu hizmetlerine kolay erişim sağlanır, hızlı çözümler sunulur.
- Zarar azaltma ve iyileştirme faaliyetleri hızlandırılarak toparlanma süreci hızlanır.

## 7. Çevresel Etkinin Analizi

İleri Sel Uyarı Sistemlerinde önerilen çözümler, çevre dostu kentleşmeye yönelik adımların atılmasını sağlayacaktır. Sele yol açan sorunlar, düzensiz kentleşme, altyapı eksiklikleri ve yeşil alan kayıpları göz önünde bulundurularak, sel riski taşıyan bölgelerin iyileştirilmesi ve afete dirençli bölgeler olarak tasarlanması amaçlanmaktadır. Doğal yeşil alanlar, tarım arazileri, ormanlar ve su kaynaklarının sürdürülebilir şekilde kullanılmasıyla beraber planlı kentleşme, çevresel zararı en aza indirecektir.

Kullanılacak saha ekipmanları çevre üzerinde olumsuz bir etki yaratmayacak biçimde seçilecektir. Saha ekipmanlarıyla merkez arasındaki iletişim, düşük bant genişlikleri veya GPRS gibi çevre dostu yöntemlerle sağlanacaktır. Sunucuların enerji tüketimi doğaya zarar vermeyecektir. "Yeşil bilişim teknolojileri" ilkeleri, sistem kurulumunda benimsenerek çevresel etkiler en aza indirilecektir.

Kurulacak sistemlerle birlikte kayıpların azalması, toplumun afetlere karşı duyarlılığını artıracaktır. Acil durumlarda insanlar doğru bilgilendirilerek gereken adımları atabilecektir.

İleri Sel Uyarı Sistemlerinin çevresel etkileri şöyledir:

- Sistemler, sel riski taşıyan bölgelerin çevre dostu planlanmasını teşvik ederek düzensiz kentleşmenin ve altyapı eksikliklerinin çevresel zararlarını azaltır.
- Yeşil alanlar, tarım arazileri, ormanlar ve su kaynaklarının sürdürülebilir şekilde kullanılmasını destekler.
- Enerji ve kaynak kullanımını azaltarak çevresel etkileri minimize eder.
- Düşük bant genişlikleri veya GPRS gibi çevre dostu iletişim teknolojileri kullanılarak çevresel etkiler minimize edilir.
- Erken uyarılar çevre farkındalığını artırarak sürdürülebilir çevre davranışlarını teşvik edebilir.

- Toplum, afetlerin ve çevresel etkilerinin farkında olarak çevre dostu davranışlar sergileyebilir.
- Sistemler sayesinde hızlı müdahale ile ekonomik kayıplar azalır, bu da çevresel etkileri olumlu yönde etkiler.
- Çevre dostu teknolojilerin benimsenmesini ve çevre politikalarının geliştirilmesini teşvik edebilir.
- Su yönetimi ve altyapı geliştirmede çevre dostu yaklaşımları destekleyerek çevresel etkileri azaltabilir.
- İleri Sel Uyarı Sistemleri, toplumun doğal afetlere karşı direncini artırarak çevresel etkileri en aza indirgeyebilir.

## 8. Risk Analizi

İleri Sel Uyarı Sistemlerinin geliştirilmesi sürecinde risk oluşturan konular aşağıda örneklendirilmiştir. Bu örneklerle sınırlı olmayan bir şekilde, odaklanılan konular ve diğer risklere yönelik ayrıntılı risk analizleri yapılması gerekmektedir.

Aşağıda sıralanan maddeler risk faktörleri olarak gösterilebilir:

- Kurumsal yönetimdeki değişikliklerin etkisiyle projenin sahiplenilme düzeyinde azalma
- İdari karar süreçlerinin tahmin edilenden daha uzun sürmesi
- Çok sayıda paydaşın olduğu sistemin yönetimde olası düzensizlikler
- Kaynak kesintileri veya yetersiz kaynakların etkisi
- Eski ve yetersiz kaynakların kullanımı
- Veri üretimi sırasında beklenmedik yeni durumların ortaya çıkması
- Kabul aşamasının planlanandan geç gerçekleştirilmesi
- Entegrasyon sürecinde potansiyel sorunlar
- Proje gereksinimlerinin değişmesi
- Mevzuat, standart, teknik veya teknoloji değişikliklerinin etkisi
- Yeni mevzuat gerekliliklerinin veri üretiminde mükerrerliği artırması
- Projenin zamanında tamamlanamaması
- Çalışma bölgesinde doğal afetlerin meydana gelmesi
- Salgın hastalıklar nedeniyle yerinde çalışamama
- Geliştirme cihazlarında arıza veya hırsızlık gibi sorunlar
- Saha ekipmanlarının tedarik ve montaj süreçlerinde olumsuzluklar
- Veri entegrasyonu sırasında yaşanabilecek olumsuzluklar
- Kullanılabilirlikle ilgili olası problemler

- Veri aktarımlarıyla ilişkilendirilebilecek potansiyel sorunlar
- Kabul aşamasında ortaya çıkabilecek problemler

## 9. Genel Değerlendirme ve Sonuç

Gerçekleştirilecek proje, önceki başlıklarda değinilen analizler dikkate alınarak proje hakkında özet bilgi ve genel değerlendirmesi yapılmalıdır.

Sel ve taşkın gibi doğal afetler toplum için büyük tehlikeler arz ederken, aynı zamanda çevre ve ekonomi üzerinde de tahrip edici etkilere yol açar. Bu nedenle, "İleri Sel Uyarı Sistemleri"nin geliştirilmesiyle bu risklerin önceden tespit edilmesi ve olası zararların azaltılması amaçlanır. Bu sistemler, gerçek zamanlı olarak sel riski taşıyan bölgelerde çalışarak meteorolojik, jeomorfolojik ve yapılaşma koşullarını dikkate alarak analizler yapar. Bu analizler, yetkili kurumların uygun önlemleri almasına yardımcı olmak üzere uyarılar ve bilgiler üretir. Ayrıca, afet risk azaltma stratejileri ve acil durum yönetimi için veri sağlar. Son yıllarda meydana gelen sel felaketleri, bu tür sistemlerin gerekliliğini vurgulamaktadır. Örneğin, 2009'da İstanbul'da yaşanan sel felaketinde 31 kişi hayatını kaybetmiş ve milyonlarca dolarlık maddi zarar meydana gelmiştir. Bu nedenle, erken uyarı sistemleri afetlerin etkilerini azaltarak can ve mal kayıplarını minimize etmeye yardımcı olur. Bu sistemler aynı zamanda yeşil alanlar, tarım arazileri, ormanlar ve su kaynaklarını sürdürülebilir bir şekilde kullanma imkânı sunarak çevresel zararları en aza indirmeyi amaçlar.

## 10. Kaynakça

[1] TÜBİTAK- TÜSSİDE. (Nisan 2021). Esenler Belediyesi Akıllı Şehir Uygulamaları Fizibilite Projesi. İleri Sel Uyarısı Ön Fizibilite Raporu.

[2] Kundzewicz, Z. W. (2013). Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation. 15 Floods: lessons about early warning. Copenhagen: European Environment Agency (EEA).

[3] Mclouglin, D. (October 1995). A Frame Work For Integrated Emergency Management. Public Administration Review.

[4] Topdağ, B. (2003). Sivas ili dolayının sel ve taşkınlar açısından incelenmesi ve alınması gereken önlemler.

[5] FEMA. (2018). FEMA: <https://www.fema.gov/media%20library/assets/documents/20384> adresinden alındı

[6] Order for Enforcement of Basic Act on Disaster Management Cabinet Order (No. 288). 1962-07-09

[jap186123.pdf \(fao.org\)](#)

[7] BBC. (2014). BBC NEWS:

[https://www.bbc.com/turkce/haberler/2014/01/140102\\_deprem\\_uyari\\_sistemi](https://www.bbc.com/turkce/haberler/2014/01/140102_deprem_uyari_sistemi) adresinden alındı

[8] European Flood Awareness System – EFAS | Copernicus EMS - European Flood Awareness System.

(n.d.). <https://www.efas.eu/en/european-flood-awareness-system-efas>

[9] Ersoy Yılmaz, A. (n.d.). Hazırlık evresi - erken uyarı sistemleri. In Afet Yönetimi II. İstanbul

Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.

[https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/165620/mod\\_resource/content/0/Teknolojik%20k%C3%B6kenli%20afet%20tiplerinin%20tan%C4%B1mlanmas%C4%B1.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/165620/mod_resource/content/0/Teknolojik%20k%C3%B6kenli%20afet%20tiplerinin%20tan%C4%B1mlanmas%C4%B1.pdf)

[10] Karadeniz Ve Ortadoğu Ani Taşkın Erken Uyarı Projesi. (2020, Ekim 26). Meteoroloji Genel

Müdürlüğü: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/ani-taskin.pdf> adresinden alındı

[11] Black Sea and Middle East Flash Flood Guidance (BSMEFFG) Project. (2020, Ekim 23). World

Meteorological Organization :

<https://www.wmo.int/pages/prog/hwrf/flood/ffgs/bsmeffg/bsmeffg.php> adresinden alındı

[12] Uzun, M., vd. (2018). Orman ve Su İşleri Bakanlığı bünyesinde kurulan taşkın tahmini ve erken

uyarı merkezi (TATUM) çalışmaları. 2ND International Symposium on Natural Hazards and

Disaster Management.

<https://www.ishad.info/PastConferences/ISHAD2018/ISHAD2018/papers/A1.6->

[ISHAD2018ID144.pdf](#)

[13] <https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrolojiktahmin.aspx?s=2>



[14] MGM. (2021, 03 21). Su Kaynakları Yönetimi ve Hidrolojik Uygulama Pratikleri. Ani Su Baskınları Tahmini: <https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrolojiktahmin.aspx?s=5> adresinden alındı

[15] MGM. (2021, 03 21). Su Kaynakları Yönetimi ve Hidrolojik Uygulama Pratikleri. Hidrolojik Tahminler İçin Veri İhtiyaçları: <https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrolojiktahmin.aspx?s=3> adresinden alındı

[16] *Meteorolojik Afetler ve Türkiye Geneli Meteorolojik Afet Değerlendirmesi*. (n.d.). <https://yillik.kizilayakademi.org.tr/meteorolojik-afetler-ve-turkiye-geneli-meteorolojik-afet-degerlendirmesi/#:~:text=1%20Ocak%2D30%20Kas%C4%B1m%202022%20aras%C4%B1nda%20%C5%9Fiddetli%20ya%C4%9F%C4%B1%C5%9F%2F%20sel%20afetinin,Bursa%20ve%20Bilecik%20takip%20etmektedir.&text=1%20Ocak%2D30%20Kas%C4%B1m%202022%20aras%C4%B1nda%20f%C4%B1rt%C4%B1na%20afetinin%20en%20fazla,%2C%20%C4%B0zmir%20ve%20Manisa'd%C4%B1r.>