



## TEKNOFEST

### HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

#### İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

**PROJE KATEGORİSİ:** Afet Yönetimi

**PROJE ADI:** KATAY

**TAKIM ADI:** KATAY Deprem Takımı

**TAKIM ID:** 25657-146

**TAKIM SEVİYESİ:** Lisans Seviyesi

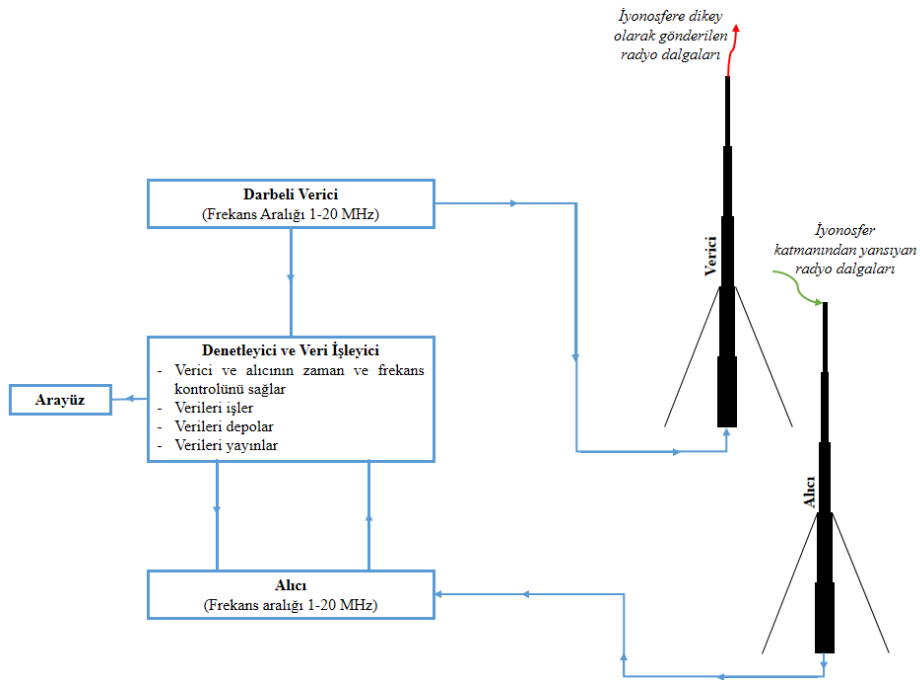
**DANIŞMAN ADI:** Doçent Doktor Zehra CAN

**İçindekiler**

|                                                     |   |
|-----------------------------------------------------|---|
| <b>1. Proje Özeti (Proje Tanımı)</b>                | 2 |
| <b>2. Problem/Sorun</b>                             | 3 |
| <b>3. Çözüm</b>                                     | 3 |
| <b>4. Yöntem</b>                                    | 5 |
| <b>5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü</b>                 | 6 |
| <b>6. Uygulanabilirlik</b>                          | 6 |
| <b>7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması</b> | 6 |
| <b>8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi</b>              | 7 |
| <b>9. Riskler</b>                                   | 8 |
| <b>10. Proje Ekibi</b>                              | 8 |
| <b>11. Kaynaklar</b>                                | 9 |

## 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

KATAY, en genel tanımı ile deprem tahmini üzerine çalışan bir projedir. Adını Türk mitolojisindeki deprem tanrısından alan KATAY, yerden 60 ila 1100 km arasındaki yükseklikte bulunan iyonların oluşturduğu doğal bir plazma olan iyonosfere, yüksek frekanslı dalga gönderip, iyonosferden yansıyan bu radyasyonu verilere dönüştürüp, bu verilere göre iyonosferdeki özellikle toplam elektron içeriği (TEC) ile ilgili çıkarımlarda bulunan, alınan verileri analiz edip, sıradan günlerdeki verilerle karşılaştırarak; ölçülen yerin çevresindeki sismik hareketler hakkında yorum yapabilmemizi sağlayan bir “Deprem Uyarı Sistemi”dir. KATAY İyonosondası’yla, iyonosferdeki özellikle TEC değerlerini incelemekle birlikte geçmiş deprem verilerinden yararlanarak anomalileri saptayıp, topladığımız verileri analiz edip hareketlenmeleri inceleyerek, hareketlenmelerin depremlerle bağlantısı kurulacaktır. Deprem-iyonosfer bağlantısı son zamanlarda farkedilmiş olup, deprem ile iyonosferik parametreler arasında ilişki kurulmaya çalışılmaktadır. Deprem öncesi ve sonrasında iyonosferde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi İyonosferik TEC kestirimi ile mümkündür<sup>[1,2,3,4,5,6,7,8,9]</sup>. Z. Fuying’in incelediği depremlerin %94’ünde, deprem olmadan günler öncesinde iyonosfer, depremin olacağı haberini vermektedir. Yine de, iyonosfer-deprem arasındaki ilişkiyi inceleyen bir uyarı sistemi, henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. KATAY, bu eksikleri giderip bilimsel bir veri tabanı oluşturarak, bunu gerekli kurum ve kuruluşlarla paylaşımı amaçlamaktadır. KATAY, radyo dalgasını üreten bir sentezleyici, antenden yayılacak elektromanyetik darbeyi yükselten bir verici, iyonosferden yansıyan radyo dalgasını yükseltebilecek bir anten sistemine sahip bir alıcı ve sinyalin alıcıya beklenen gelişine uygun olarak emisyon süresini pilotlaştırabilen ve grafik sinyali olarak alınan sinyali analiz edip detaylandırabilen (Şekil.1), bir kontrol sisteminden oluşur.



**Şekil.1** KATAY'ın alıcı-verici antenini, denetleyici, veri işleyici ve arayüzünü simgeleyen şema. İyonosondalarla alınan sinyaller bilgisayara aktarılarak; giden veriyle gelen veri arasındaki zaman

farkı, güç, frekans ve açı bilgileri toplanıp, NumPy ve Pandas kütüphaneleriyle tablo oluşturularak analiz edilip, SciPy kütüphanesi eklenerek bilimsel denklemler dahil edilip, analiz edilen verilerden anlamlandırılmış veriler çıkartılarak tablolara eklenecektir. TensorFlow kütüphanesiyle, makine öğrenmesi kullanılarak algoritmalar oluşturulacak; girdi-çıkı ve sebep-sonuç ilişkileri yorumlanacaktır. Verilerin grafiklendirilmesi için Matplotlib kütüphanesi kullanılacaktır. Tüm tablolar; toplanan veriler, analiz edilen veriler ve yorumlanmış veriler grafiklere dökülerek proje ekibine anlık olarak tüm süreç boyunca yayınlanacaktır. İyonosonda istasyonunda bilgisayar olarak Raspberry Pi; analiz ve yorumlama için ise Nvidia Jetson Nano kullanılacaktır. İstasyondan veri toplanması amacıyla C ve C++; analiz, yorumlama, makine öğrenmesi ve yayınlanma sürecinde Python dili kullanılacaktır. İyonosfere, verici anten vasıtasıyla anlık ve sürekli olarak gönderilen yüksek frekanslı radyo dalgaları, tasarım alt başlığında da belirtilen HF (High Frequency) anten aracılığıyla alınan radyo sinyalleri SDR (Software Defined Radio) Birimi ile Kontrol ve Analiz Sistemlerini oluşturan bilgisayarlara aktarılır. Sistemin şeması Şekil.2’de gösterilmiştir.



**Şekil.2** HF anten, SDR ve Kontrol ve Analiz Sistemleri arasındaki ilişkinin şeması.

## 2. Problem/Sorun

Yerkabuğundaki ani enerji değişimlerle ortaya çıkan depremlerin sonucunda yaşanan kayıplar, deprem tahminlerinin tutarlı ve yeterince erken yapılamaması, hasarın en aza indirgenememesi ve depremi erken belirleme araştırmalarının eksikliği başlıca sorunumuzdur. Yılda yaklaşık 500 bin deprem meydana gelmekte, bunların beşte biri hissedilmekte ve 100’ü hasara neden olmaktadır. Bu hasarı daha iyi anlamak için geçmiş depremlerin sayısal verileri incelenebilir. Mayıs 1960’da Şili’de gerçekleşen 9.5 büyüklüğündeki deprem, ölçülmüş en büyük depremdir, 6000 can kaybına ve yaklaşık 4 milyar dolar maddi hasar yaratmıştır. Ölçülen en uzun süreli deprem olan, Aralık 2004, Endonezya’da yaşanan 9.1 büyüklükteki depremde 230 binden fazla kişi hayatını kaybetmiştir. Ülkemizde meydana gelen büyük bir deprem ise Ağustos 1999’daki, 45 saniye süren, 7.6 büyüklüğünde olan Gölcük depremidir. Depremde 17 bin civarında kişi hayatını kaybetmiş, 25 bin kişi yaralanmış, 285 bin ev hasar görmüştür. Şekil. 3’te bu hasarların görselleri verilmiştir.

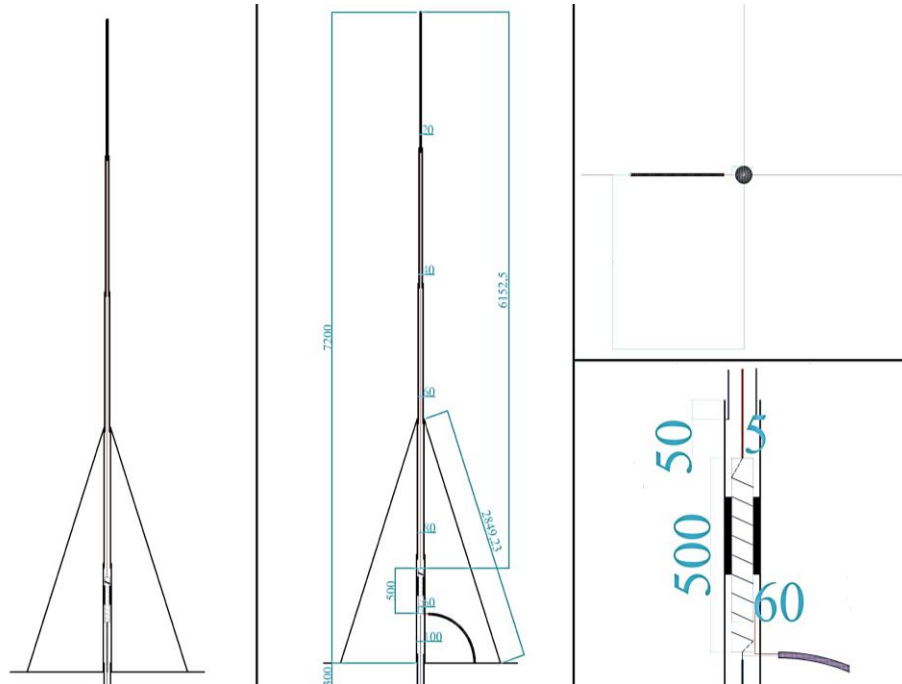


**Şekil. 3** Soldan sağa, 2004 Endonezya<sup>[11]</sup>, 1999 Gölcük<sup>[12]</sup> ve 1960 Şili<sup>[13]</sup> depremi sonrası hasar.

## 3. Çözüm

KATAY, deprem için toplumun her kesimine, tüm insanlığa hitap eden bir çözüm getirilerek, gerçekleşen depremlerin yol açtığı mal ve can kayıplarının önüne geçmek hedeflemektedir. Depremle ilgili geçmişten bugüne yapılan çok sayıda çalışma; deprem öncesi, anı ve sonrasında Dünya İyonosferinde bazı değişimler meydana geldiği, bu nedenle deprem tahmininde İyonosferin incelenmesi gerektiği ortaya koymuştur. Proje temelinde, TEC değerinin kestirimi ve

karşılaştırılması vardır. TEC, 1 m<sup>2</sup> kesitli silindir içerisinde bulunan toplam elektron miktarı olarak adlandırılır. Birimi TECU (Total Electron Content Unit) olup, 1016 elektron/m<sup>2</sup> değerindedir<sup>[10]</sup>. STEC (Slant Total Electron Content), alıcı ve uydu arasındaki yol üzerinde eğik toplam elektron miktarı; VTEC (Vertical Total Electron Content) ise alıcıya dik doğrultuda hesaplanan toplam elektron miktarıdır. Deprem olmadan günler önce kendilerine uygulanan stresle titreşen ve çatlaklar oluşan kayalar, pizoelektrik etkinin sonucu yeraltından Dünya yüzeyine doğru pozitif yük akışına neden olur. Böylece elektronlar, deprem bölgesi etrafında toplanarak yukarı doğru manyetik alan oluşturur. İyonosferdeki iyonlar, deprem bölgesinin üstünde oluşan manyetik alandan etkilenerek, verici antenden çıkan yüksek frekanslı dalganın hızını ve yönünü değiştirir. İyonosferden özellikle sekecek şekilde ayarlanan bu dalga, alıcılara gelerek manyetik alan ve TEC analiz edilir, manyetograma dökülüp normal şartlarda alınan verilerle karşılaştırılarak, deprem önceden tahmin edilebilir. KATAY, bir HF Alıcı-Verici antenden oluşur. 5 cm'si kaynak yapılabilmeleri için olmak üzere, 155 cm uzunluğunda, 2 cm çapında olanın kalınlığı 1,2 mm, geri kalanların kalınlığı ise 2,5 mm olan, aşağıdan yukarıya sırasıyla 10, 8, 6, 4 ve 2 cm çapındaki 5 alüminyum boru üst üste koyularak 7,5m'lik HF Alıcı - Verici Anten elde edilir. HF Alıcı - Verici Anten, 30 cm yeraltı ve 720 cm yerüstü olmak üzere yere dik olarak, uygun bir toprak zemine inşa edilecektir. İstasyon olarak adlandırılan, SDR ve Kontrol-Analiz Sistemleri birimlerinin bulunduğu alan ile anten bağlantısı yerüstü veya yeraltı kablolarla kurulacaktır. Antenin dengede kalması için, antenin dokuz m uzağında belirlenmiş dört noktadan, yerden 2,7 m yükseklikteki klemenslere, 10 mm çaplı dört çelik halat ile yere bağlanır. KATAY teknik çizimi Şekil.4'te görülmektedir.



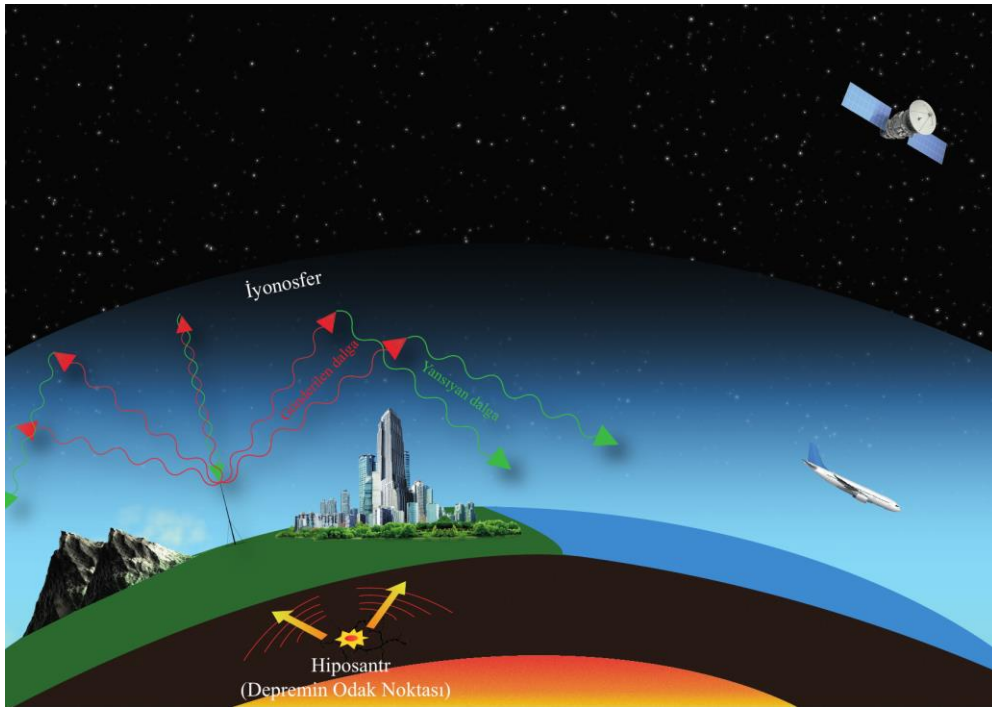
**Şekil.4** KATAY'ın HF Alıcı-Verici antenin, soldan sağa, yukarıdan aşağıya sırasıyla önden, yandan, üstten ve yakınlaştırılmış yandan teknik çizimi (uzunluklar mm cinsindedir).

İyonosfere yapılan sinyal gönderme-alma işleminin sorunsuz yapılabilmesi için, birçok faktörün etki etmesinden dolayı, 20 ile 200 Watt arası ayarlanabilir bir güç kullanılacaktır. Bu gücü sağlayacak kablo, yerden 60 cm yüksekten antene girer, kablodan çıkan iki ayrı telden biri, içeride

ikiye ayrılır, bir ucu topraklama için aşağı iner, diğeri 50 cm uzunluğu, 8 cm çapındaki PVC silindirin etrafında dokuz tur atacak şekilde sarılıp, silindirin tepesinde, 2,5 mm çapında, 6,15 m uzunluğundaki bakır telle temas eder. Kablodan çıkan diğer tel ise PVC silindirin etrafındaki telle, üçüncü sarımda temas ettirilir. Bakır telin sabit kalması için, tepedeki boru ve bakır tel arasına, 50 cm uzunluğunda kauçuk boru yerleştirilir. Kurulan HF alıcı-verici antenler, SDR Birimiyle bağlanacaktır. SDR Birimi ise Kontrol ve Analiz Sistemi olarak görev yapacak bilgisayarlarla veri aktarımı görevi görecektir. Tahmin sonucunda, deprem hakkında alınacak tedbirlerden de söz edilebilir. Tahmin edilen deprem zamanı yaklaştıkça mali planlamalar ve yatırım planların tekrar değerlendirilmesi ile ticari firmalar ve yönetim, riskli bölgelerde bulunan yapıların kullanılmasını önleyip, acil ihtiyaçları depolayarak olası kayıpları azaltıp, bu bölgelerde yaşayanlar tahliye edilerek can ve mal kaybının önüne geçilebilir.

#### 4. Yöntem

İyonosonda, iyonosfere yüksek frekanslı dalgalar gönderip, frekansı artırılarak ölçümler alır. İşaretin gönderilme anıyla yansıma anı arasındaki süre ölçülür. İyonosferin kırıcılığı nedeniyle, ölçülen yükseklik; gerçek yükseklikten fazladır. Plazma frekansına yaklaşıldıkça ölçülen yükseklik sonsuza ıraksar, çünkü dalga; sonlu bir yüksekliği sıfır hızla geçer. İyonogramlar, ölçülen yükseklikle gönderilen dalganın frekansı arasında ilişki kurarak, kritik frekansları hesaplayabilir. İyonosfere dikey gönderilen radyo dalgaları, iyonosferde kırınıma uğrar ve düzensiz biçimde saçılır. Saçılma, doğrudan saçılma ve yerden yansımaya uğrar ve düzensiz biçimde gerçekleşir. Şekil 5'te de gösterildiği üzere doğrudan saçılma durumunda dalga, aynı yoldan alıcıya ulaşır. Elektronların saçtığı enerji miktarı bilindiğinden, yansıyan dalga, elektron miktarını, dolayısıyla elektron yoğunluğunu gösterir. Elektronlar, deprem öncesinde, magma ile yeryüzü arasında kalan kayaçların hareketinin yarattığı manyetik alandan etkilenip, depremle ilgili bilgi verir.



Şekil.5 İyonosonda aracılığı ile deprem ile iyonosfer ilişkisinin işleyişi

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Deprem hakkında günümüzde birçok çalışma yapıldığından bahsetmiştik. Bunlar öncelikle depremlerin riskini azaltma ve depremlerin yol açtığı fiziksel, ekonomik, sosyal, çevresel ve politik zarar ve kayıpları önlemek veya etkilerini azaltmaya yönelik yapılan AR-GE çalışmalarıdır. Bu çalışmalar geçmiş deneyimler, bilgi ve belge arşivlerinden yararlanılarak yapılmaktadır. Deprem sonrasına yönelik bu tarz çalışmaların yanında, deprem öncesini inceleyen de birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar, deprem öncesi, deprem sırası ve deprem sonrası fay hareketlerini anlamak, dünya üzerinde meydana gelen diğer depremleri kayıt etmek, incelemek ve karşılaştırmak, mikro ve makro deprem aktivitelerini izlemek ve ivme dağılım haritaları için referans ölçümler almak vb. gibi çalışmalardır. Bu çalışmaları yapan programlara Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP) örnek gösterilebilir. Depremler önceden belirlenirken, yer kabuğu biçimindeki, fay sürünmesindeki, deprem dalga hızlarındaki, yeraltı su düzeyindeki, kuyu ve kaynak sularında radon gazı oranı, petrol kuyularındaki verim, sudaki kimyasal değişimlerin izlenmesi gibi jeofiziksel, jeolojik ve jeokimyasal yöntemler kullanılmaktadır. Tüm bu araştırma ve gözlemlerin yanında iyonosfer-deprem bağlantısını kurmak üzerine yapılmış araştırmalar mevcuttur. KATAY'ın bilimsel temelindeki araştırmalardaysa deprem öncesinde ve sonrasında iyonosferde toplam elektron içeriğindeki ani değişimler tespit edilmiş ve depremle bağlantısı olduğu düşünülen bulgular arasına girmiştir. Böylece önceden kullanılan yöntemlere ilaveten TEC analizlerini kullanarak deprem tahminlerinin doğruluk oranları yüksek olacak şekilde yapabilmek mümkün olacaktır. KATAY'ı diğer birçok projeden ayıran kısım, depremin-iyonosfer ilişkisine odaklanmasıdır. Projenin amacı ile benzerlik, fakat yöntemiyle farklılık gösteren bir başka proje de TUBİTAK'ın sürdürmüş olduğu Marmara Bölgesi Sürekli Gözlem GPS Ağı'dır.<sup>[14]</sup> MAGNET projesinde GPS teknolojisi ile Kuzey Anadolu Fayını incelemişlerdir. Projemiz KATAY'ın bu projeden farkı ise, depremi iyonosonda aracılığı ile iyonosferik parametreler ile ilişkilendirmektir.

## 6. Uygulanabilirlik

KATAY Projesi, kendi yaptığımız iyonosonda aracılığı ile hayata geçmiş olacaktır. Bunun yanında uzun süreçte elde edeceğimiz veri tabanının araştırma üniversitelerinde veya enstitülerinde, deprem uyarı merkezlerinde, enerji santrallerinde, rasathanelerde, bilimsel araştırma laboratuvarlarında kullanılmasını hedeflenmektedir. Bu şekilde verilerin bu kuruluşlar aracılığı ile tüm insanlık tarafından kullanılması, ticarileşme olarak görülebilir. Yapacağımız iyonosonda için, oluşabilecek ani hava değişimlerinin ve jeomanyetik fırtınaların neden olabileceği riskler mevcuttur. Bu riskler iyonosferi etkileyebileceğinden, iyonosonda sisteminin işleyişini anlık olarak kesintiye uğratabilir.

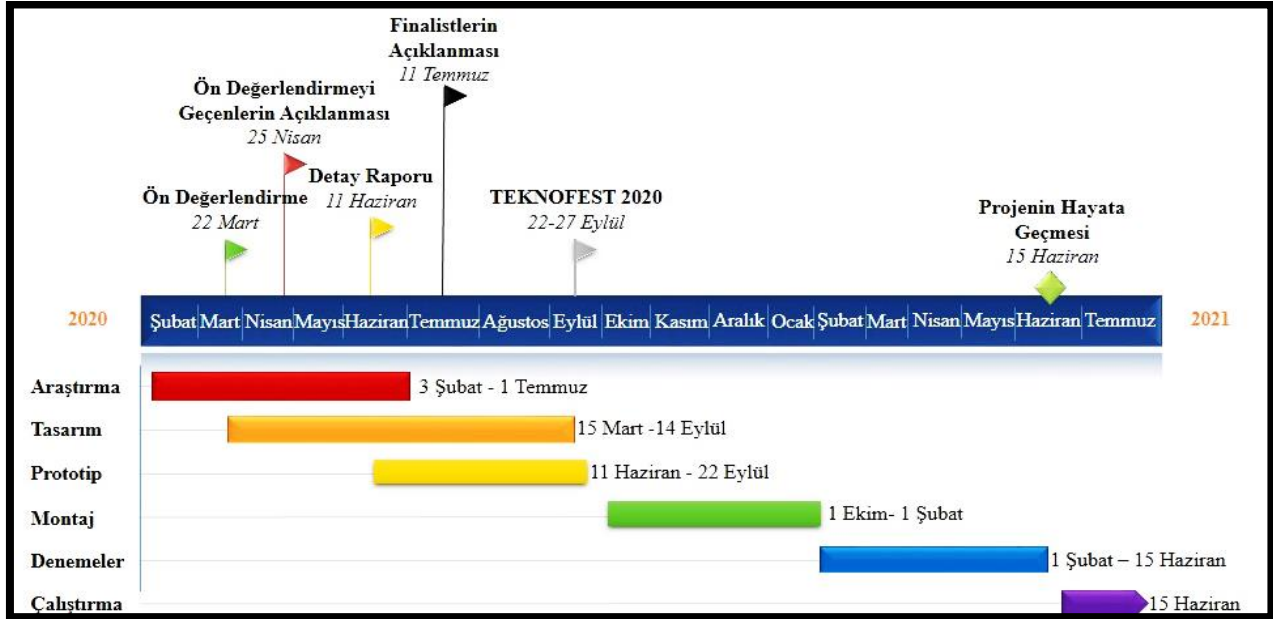
## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projenin en az maliyetle uygulanabilir olması adına, proje malzemeleri, hâlihazırda ülkemizde bulunan alüminyum, bakır, çelik halat ve mühendislik plastikleri üreten firmalar sayesinde, aşağıda gösterilmiş olan fiyattan (Tablo. 1) ucuza mal edilebilir. 15 Haziran 2020 tarihinden itibaren prototipe, 1 Ekim 2020 itibariyle montaja başlanıp, montajın ilk kısmında anten yapılacağından, anten için gerekli olan alüminyum borular, bakır tel, çelik halatlar, PVC ve kauçuk borular 1 Ekim 2020'den; geri kalan malzemeler 1 Ocak 2021'den önce temin edilmelidir. 15 Haziran 2021 tarihinden sonra proje tam olarak hayata geçirilecek olup (Şekil. 6), veriler bu tarihten itibaren ulusal ve uluslararası gerekli kurum ve kuruluşlarla paylaşılmaya başlanacaktır. Görüldüğü üzere,

KATAY'ın toplam maliyeti, ticari olarak satışı olmayan iyonosondalarla karşılaştırmak bir yana, deprem sonucu oluşan maddi ve manevi hasarla karşılaştırıldığında bir hayli düşüktür.

**Tablo.1 KATAY Deprem Projesi için maliyet tablosu**

| Ürün Adı                                                        | Fiyatı (TL) |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|
| Uzunluğu 1,55 m, çapı 10 cm, et kalınlığı 2,5 mm alüminyum boru | 110         |
| Uzunluğu 1,55 m, çapı 8 cm, et kalınlığı 2,5 mm alüminyum boru  | 90          |
| Uzunluğu 1,55 m, çapı 6 cm, et kalınlığı 2,5 mm alüminyum boru  | 70          |
| Uzunluğu 1,55 m, çapı 4 cm, et kalınlığı 2,5 mm alüminyum boru  | 45          |
| Uzunluğu 1,55 m, çapı 2 cm, et kalınlığı 1,2 mm alüminyum boru  | 10          |
| Uzunluğu 6,15 m, çapı 5 mm bakır tel                            | 350         |
| Uzunluğu 50 cm, çapı 8 cm PVC silindir                          | 10          |
| Uzunluğu 50 cm, çapı 1,75 cm, et kalınlığı 6 mm                 | 10          |
| Uzunluğu 4 m, çapı 10 mm çelik halat (4)                        | 200         |
| HackRF One                                                      | 3520        |
| Raspberry Pi 4 4GB-Model B                                      | 540         |
| NVidia Jetson Nano Developer Kit                                | 1100        |
| Diğer devre elemanları ve montaj maliyeti                       | 500         |
| <b>Toplam</b>                                                   | <b>6555</b> |



**Şekil-6 KATAY Deprem Projesinin proje takviminin, bir zaman çubuğu üzerinde gösterilmesi.**

## 8. Projenin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar)

Deprem, çağlar boyunca dünya üzerinde birçok hasara neden olmuş, halen geçerliliğini koruyan bir doğal afettir. Aldığımız önlemler ve yapılan araştırmalar ile etkilerini azaltabilesek bile başta can ve mal kaybı olmak üzere topluma çeşitli hasarlar bırakmaktadır. Deprem, tüm insanları yakından ilgilendirdiği için KATAY'ın hedef kitlesi, inşa edildiği şehirde yaşayanlardır. Bir yerleşim yerinin sağlıklı olarak planlanması için o bölgedeki deprem riskinin bilinmesi gerektiği açıktır. Ülkemizde var olan ve planlanan yatırım projeleri için deprem riskinin belirlenmesi yönünde büyük bir bilgi açığı vardır. Bundan dolayı; proje sonuçları genel anlamda depremle ilgilenen tüm kamu ve özel



kuruluşlar tarafından kullanılacaktır. Nitekim ilgili kuruluşlar, bu yöndeki gözlem çalışmalarını desteklediklerini ifade etmişlerdir. Bu ana amacın yanı sıra, KATAY ile; verilerin toplanıp analiz edilmesiyle ülkemizde uygulanmasına yönelik yeni endüstriyel projelerin oluşturulması ve projede oluşturulan alt yapı ile araştırma projelerine destek olunması da hedeflenmektedir.

## 9. Riskler

İlk risk mali, ikinci risk zamanlama ve geri kalanlar teknik riskler olmak üzere üçe ayrılmış, riskler tanımlanmış (Tablo. 2), çözümleri italik ve parantez içinde yazılarak belirtilmiştir. Mali riskler, projenin yapımı veya çalışması sırasında karşılaşılabilecek mali eksiklik ve sorunları, zamanlama riskleri; proje için çizilmiş zaman diyagramının, öngörülebilir veya öngörülemez sebepler dolayısıyla; projenin gerçekleştirilme tarihleriyle farklılık göstermesini, teknik riskler ise projenin hayata geçişi sırasında veya geçişinden sonra karşılaşılabilecek dış riskleri kapsamaktadır.

**Mali Destek Eksikliği:** Sağlanan bütçenin, projenin gerçekleşmesi veya sağlıklı çalışabilmesi için yeterli olmaması. (*Üniversite ve doğal afetlerle mücadele etmekte olan kuruluşlardan sponsorluk alınarak bu eksiklik kapatılacaktır.*)

**Zaman Diyagramından Sapma:** Projenin zaman çizelgesiyle oluşturulan proje bitiş tarihinin, projenin öncelik ve tanıtım planlarına uygun olmaması. (*Sıralı olan işler, eşzamanlı olarak yapılır; bununla birlikte fazla mesai yöntemi de kullanılır.*)

**Çevresel Etkiler:** Projenin gerçekleşmesi veya olması gerektiği gibi çalışmasını engelleyebilecek deprem, sel, heyelan, yıldırım gibi yıkıcı doğal afetler. (*Anlık alınan ve incelenen veriler sayesinde, anormal durumlar anında fark edilip, çevredeki iyonosonda istasyonlarının verilerinden de faydalanılarak yorum yapılır; kısa sürede söz konusu soruna özel üretilen plana uygun hareket edilerek sistem yeniden normal çalışmasına döner.*)

**Yanlış Tahmin:** İyonosonda ile toplanan verilerin işlenmesiyle yapılan tahminlerin doğru olmaması veya eksik olması. (*Deprem öncesinde, iyonosferdeki TEC grafiği kendine özgü olması, bu farklılığın depremden önce birkaç kez tekrarlanması, buna ek olarak alınan verilerin, literatür değerleri ile karşılaştırılmasıyla yanlış tahminlerin önüne geçilir.*)

**Teknolojik Eskime:** Kullanılan elektronik cihazların gelişmiş sürümlerinin piyasaya sürülmesi. (*KATAY, bir üniversite projesi olduğu, dolayısıyla bilimdeki gelişmelerle doğrudan iç içe olduğu için sürekli bir kendini geliştirmeden bahsetmek mümkündür.*)

**Tablo-2 Projenin Olasılık-Etki matrisi**

|          |                           |                                      |
|----------|---------------------------|--------------------------------------|
| Olasılık | Teknolojik Eskime         | Yanlış Tahminler<br>Çevresel Etkiler |
|          | Zaman Diyagramından Sapma | Mali Destek Eksikliği                |
|          | Etki                      |                                      |

## 10. Proje Ekibi

| Ad-Soyad           | Görev        | Okul                       | Bölüm                   |
|--------------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| Almina Dokur       | Takım Lideri | Yıldız Teknik Üniversitesi | Fizik                   |
| Anjelika Aydın     | Takım Üyesi  | Yıldız Teknik Üniversitesi | Fizik                   |
| Mehmet Baran Ökten | Takım Üyesi  | Yıldız Teknik Üniversitesi | Metalürji ve Malz. Müh. |
| Ömer Faruk Aydın   | Takım Üyesi  | Yıldız Teknik Üniversitesi | Fizik                   |

## 11. Kaynaklar:

- [1] Liu, J. et al. (2006). A statistical investigation of preearthquake ionospheric anomaly. J. Geophys. Res.
- [2] Akhoondzadeh, M. et al. (2010). Electron and ion density variations before strong earthquakes ( $M > 6.0$ ) using DEMETER and GPS data. Nat. Hazards and Earth Sys. Sci.
- [3] Karavul, C. et al. (2005) Depremlerin Önceden Tahmini Üzerine Yeni Bir Yaklaşım, Çoklu-Yöntem Sistemi, Pilot Bölge Sakarya Baseni'', Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 2005.
- [4] Yu, T. et al. (2009) Study of the ionospheric anomaly before the Wenchuan earthquake. Chin. Sci. Bull.
- [5] Antsilevich M. G. (1971) The influence of Tashkent earthquake on the Earth's magnetic field and the ionosphere Tashkent earthquake 26 April 1966. Tashkent FAN.
- [6] Tao Y. et al. (2009). Study of the ionospheric anomaly before the Wenchuan earthquake. Chinese Science
- [7] Yiyan, Z. et al. (2009). Ionospheric anomalies detected by ground-based GPS before the Mw7.9 Wenchuan earthquake of May 12, 2008. China Journal of Atm. & Solar-Terrestrial Phys.
- [8] Ş. Erman (2018). Türkiye'deki Depremlerin Sismik-İyonosferik Öncüllerinin GPS\GNSS Ölçüleriyle Zamansal, Mekansal, Spektral ve İstatiksel Olarak İncelenmesi'' Erman Şentürk
- [9] Klimenkoab, M. V. et al (2008). Formation mechanism of great positive TEC disturbances prior to Wenchuan earthquake on May 12, 2008
- [10] Zolesi B. et al. (2014). Ionospheric Prediction and Forecasting
- [11] [www.tarihiolaylar.com/tarihi-olaylar/2004-hint-okyanusu-depremi-ve-tsunamisi-341](http://www.tarihiolaylar.com/tarihi-olaylar/2004-hint-okyanusu-depremi-ve-tsunamisi-341)
- [12] [www.tarihiolaylar.com/tarihi-olaylar/1999-golcuk-depremi-17-agustos-depremi-362](http://www.tarihiolaylar.com/tarihi-olaylar/1999-golcuk-depremi-17-agustos-depremi-362)
- [13] [www.tarihiolaylar.com/tarihi-olaylar/1960-valdivia-depremi-buyuk-sili-depremi-339](http://www.tarihiolaylar.com/tarihi-olaylar/1960-valdivia-depremi-buyuk-sili-depremi-339)
- [14] Özkan, A. et al. (2004). MAGNET (Marmara Sürekli GPS Ağı) İstasyonlarının Dönemsel Etkiler Açısından Kampanya GPS Ölçmelerine Katkıları
- [15] M. Kabasakal. (2018). Signal Processing Techniques For Narrowband and Wideband Virtual Ionosonde
- [16] M. Hawarey. et al. (2004). Uzay Mekiği Tırmanışı , Deprem, ve Füze Fırlatılışından kaynaklanan TEC Değişimlerinin GPS ile Belirlenmesi. İTÜ Dergisi.
- [17] Z. Can & O. Gümrükçü (2009). İyonosfer ile GPS Sinyallerinin Etkileşimi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Dergisi
- [18] The European Space Agency - Satellite Frequency Bands
- [19] [www.swpc.noaa.gov/products/ctipe-total-electron-content-forecast](http://www.swpc.noaa.gov/products/ctipe-total-electron-content-forecast)
- [20] [www.ionolab.org](http://www.ionolab.org)
- [21] [www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/](http://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/)
- [22] [www.nvidia.com/tr-tr/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-nano/](http://www.nvidia.com/tr-tr/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-nano/)