



TÜBİTAK

TÜBİTAK-2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI

Başvuru formunun Arial 9 yazı tipinde, her bir konu başlığı altında verilen açıklamalar göz önünde bulundurularak hazırlanması ve ekler hariç toplam 20 sayfayı geçmemesi beklenir (Alt sınır bulunmamaktadır). Değerlendirme araştırma önerisinin özgün değeri, yöntemi, yönetimi ve yaygın etkisi başlıklar üzerinden yapılacaktır.

ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

2024 Yılı

1. Dönem Başvurusu

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI

ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

A. GENEL BİLGİLER

Başvuru Sahibinin Adı Soyadı: Muhammet Said Elsalih
Araştırma Önerisinin Başlığı: Açık Deniz Rüzgâr Enerjisi ile Yeşil Hidrojen Üretimi için Ekonomik Değerlendirme ve Yatırım Analizi Paket Programının Geliştirilmesi
Danışmanın Adı Soyadı: Doç. Dr. OZAN AKDAĞ
Araştırmamanın Yürüttüleceği Kurum/Kuruluş: T.C. MALATYA TURGUT ÖZAL ÜNİVERSİTESİ

ÖZET

Türkçe özeti araştırma önerisinin (a) özgün değeri, (b) yöntemi, (c) yönetimi ve (d) yaygın etkisi hakkında bilgileri kapsaması beklenir. Bu bölümün en son yazılması önerilir.

Özet

Bu proje, Türkiye'de henüz uygulanmayan fakat önemli potansiyel barındıran açık deniz rüzgâr teknolojisini kullanarak deniz suyundan yeşil hidrojen üretimine yönelik bir model ve bu modeli içeren bir paket program geliştirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma, fosil yakıtların neden olduğu çevresel zararlara karşı sürdürülebilir ve sıfır emisyonlu bir çözüm sunma çabasıyla şekillenmiştir. Bu kapsamında, deniz suyu kullanarak yeşil hidrojen üretimi için hem 2024 yılı hem de 2050 yılı verilerini temel alarak üretimecek hidrojenin kilogram başına maliyetini hesaplayan bir paket program geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu analizle, Türkiye'nin yenilenebilir enerji alanındaki potansiyelinin daha verimli bir şekilde değerlendirilebilmesi ve yeşil hidrojen üretiminde ülkenin ekonomik bir altyapı oluşturması amaçlanmaktadır. Proje ile Türkiye'nin yenilenebilir enerji alanındaki potansiyelinin daha verimli bir şekilde değerlendirilebilmesi ve yeşil hidrojen üretiminde ülkenin ekonomik bir altyapı oluşturması amaçlanmaktadır. Böylece, yeşil hidrojen üretimi alanında sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlanarak ülkenin 12. Kalkınma Planı hedeflerine ulaşmasına ve milli kalkınma yolunda enerji bağımsızlığının güçlendirilmesine destek sunulacaktır. Geliştirilecek paket program, kullanıcı dostu bir ara yüze rüzgâr verilerini, tesis kapasitesini ve lokasyona özgü detayları değerlendirme imkânı sunacaktır. Kullanıcı, ilgili lokasyonun koordinat bilgilerini girdikten sonra, meteorolojik veri tabanıyla entegre bir altyapı kullanılarak o bölgeye ait rüzgâr verileri paket programa otomatik olarak aktarılacak veya kullanıcı bu bilgileri manuel olarak girebilecektir. Bu rüzgâr verileri, kurulu güçle ilişkilendirerek üretim kapasitesi ve maliyet hesaplarına temel teşkil edecektir. Böylece program, belirlenen konum için yaklaşık maliyet verilerini kullanıcıya sunacaktır. Proje kapsamında geliştirilecek paket program, çeşitli literatür ve teknik raporlardan alınan matematiksel eşitlikler, maliyet hesaplama ve verimlilik analizlerini kullanarak bu işlemi gerçekleştirmektedir. Paket programda offshore rüzgâr teknolojisi, elektroliz ünitesi vb. kurulum aşamalarına ait teknik ve maliyet verileri kullanılmıştır. Ayrıca, çalışmada tatlı su kaynaklarının üzerindeki çevresel baskılar göz önünde bulundurularak deniz suyunun kullanımını teşvik eden bir yöntem olarak ters ozmoz ile arındırma süreci ele alınmıştır. Tatlı su kaynaklarının sınırlı olması ve su tüketiminin çevresel etkileri, yeşil hidrojen üretiminde alternatif bir su kaynağı olan deniz suyunun kullanımını gereklî kılmaktadır. Bu kapsamında, deniz suyunun ters ozmoz yöntemiyle tuzdan arındırılması, elektroliz sürecini destekleyerek daha verimli bir hidrojen üretimi sağlamak için önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Proje kapsamında geliştirilen paket program, bu arındırma sürecine ait maliyet ve teknik bilgileri de içerecek şekilde tasarlanmıştır. Açık deniz rüzgâr enerjisi kullanılarak üretimecek olan yeşil hidrojenin maliyet hedeflerinin 2050 yılına kadar düşürülmesi ve temiz enerji dönüşümünde hidrojenin yaygınlaşması öngörmektedir.

Sonuç olarak, bu proje kapsamında geliştirilen paket program, saha verileri, teknik raporlar ve akademik literatüre dayalı olarak oluşturularak Türkiye'de offshore rüzgâr enerjisi kullanılarak deniz suyundan yeşil hidrojen üretim sürecinin kapsamlı bir teknico-ekonomik analizini sunmaktadır. Bu paket program, yatırımcılar ve araştırmacılar için ilgili lokasyonlarda üretimecek yeşil hidrojenin kilogram başına maliyet verilerini sağlayarak bu alandaki yatırım fırsatlarını daha erişilebilir ve hesaplanabilir hale getirecektir. Türkiye'nin yeşil hidrojen üretiminde önemli bir üs olma potansiyelini destekleyerek, sürdürülebilir enerji hedefleri doğrultusunda değer yaratılacaktır.

Anahtar Kelimeler: yeşil hidrojen, açık deniz rüzgar enerjisi, sıfır emisyon , web tabanlı uygulama

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI

ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

1. ÖZGÜN DEĞER

1.1. Konunun Önemi, Araştırma Önerisinin Özgün Değeri ve Araştırma Sorusu/Hipotezi

Araştırma önerisinde ele alınan konunun kapsamı ve sınırları ile önemi literatürün eleştirel bir değerlendirmesinin yanı sıra nitel veya nicel verilerle açıklanır.

Özgün değer yazılırken araştırma önerisinin bilimsel değeri, farklılığı ve yeniliği, hangi eksikliği nasıl gidereceği veya hangi soruna nasıl bir çözüm geliştireceği ve/veya ilgili bilim veya teknoloji alan(lar)ına kavramsal, kuramsal ve/veya metodolojik olarak ne gibi özgün katkılarda bulunacağı literatüre atıf yapılarak açıklanır.

Önerilen çalışmanın araştırma sorusu ve varsa hipotezi veya ele aldığı problem(ler)i açık bir şekilde ortaya konulur.

Konunun Önemi

Yeşil hidrojen, fosil yakıtların azaltılmasına yönelik küresel çabalar kapsamında enerji sektöründe sürdürülebilirlik ve enerji dönüşümü hedefleyen önemli bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisiyle suyun elektroliz yoluya ayrıtırılmasıyla üretilen bu temiz enerji kaynağı, karbon emisyonlarını minimize etme ve çevresel etkileri azaltma potansiyeline sahiptir. Türkiye gibi enerji kaynaklarına bağımlı ülkeler için, yenilenebilir enerji kullanımını artırarak enerji bağımsızlığını sağlamak ve uluslararası çevre anlaşmalarına uyum sağlamak hayatı bir önem taşımaktadır. Özellikle açık deniz rüzgâr enerjisinin potansiyelini kullanarak yeşil hidrojen üretimi, Türkiye'nin yenilenebilir enerji yatırımlarını çeşitlendirmesine katkı sağlayacak ve uzun vadeli enerji güvenliği sunacaktır. Ancak, yeşil hidrojen üretim süreçlerinin maliyetli olması ve gerekli altyapının henüz tam olarak gelişmemiş olması, bu teknolojinin yaygınlamasının önündeki önemli engeller arasında yer almaktadır.

Araştırma Önerisinin Özgün Değeri

Bu araştırma önerisi, Türkiye'de açık deniz rüzgâr enerjisi kullanarak yeşil hidrojen üretimi üzerine yapılan sınırlı çalışmalarla önemli bir katkı sağlayacaktır. Çalışmanın özgün değeri, 2024 ve 2050 yılları için geliştirilen ekonomik projeksiyonlar aracılığıyla, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarını daha etkin bir şekilde nasıl kullanabileceğini göstermesindedir. Araştırma, politikacı ve yatırımcıların dikkatini çekerek, Türkiye'nin yeşil hidrojen üretiminde bölgesel bir lider olma potansiyelini ortaya koymayı hedeflemektedir. Bu bağlamda, çalışma şu temel eksikliği gidermeyi amaçlamaktadır: Yeşil hidrojen üretimi konusunda yerel ve uluslararası yatırımların artırılabilmesi için ekonomik ve çevresel fizibilite analizlerinin yetersizliği. Geliştirilen paket program ile bu eksiklik giderilecek, enerji sektörü için ileriye dönük stratejik kararların alınmasına bilimsel bir zemin oluşturulacaktır. Teknolojik ilerlemeler ve daha fazla yatırım ile bu dezavantajlar aşılabilir ve yeşil hidrojenin hidrojenli araçlarda daha yaygın bir şekilde kullanılması mümkün olabilir. Literatürde yeşil hidrojen üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Kaya ve arkadaşları yaptığı çalışmada Türkiye'deki çeşitli su kaynaklarından güneş enerjisi ile üretilen hidrojen kapasitelerini tahmin etmişlerdir [1]. Uyar ve arkadaşları Türkiye'de Burdur ilinin hidrojen üretim potansiyelini araştırmışlardır [2]. Uyar ve Beşikçi %100 yenilenebilir enerji konsepti ile hidrojen üretimindeki mevcut sıkıntıları analiz edip, bunların aşılması için çeşitli önerilerde bulunmuşlardır [3]. Arat ve arkadaşları Türkiye'deki hidrojen üretim sektöründeki mevcut durumu ve ileriye yönelik yapılacak politikaları detaylı analiz etmişlerdir [4]. Karayel ve arkadaşları yaptığı çalışmada Türkiye'de güneş enerjisi ile üretebilecek hidrojenin potansiyelini tahmin etmişlerdir [5]. Güler ve arkadaşları yaptığı çalışmada, Türkiye'nin gelecekteki hidrojen üretim tedarik zinciri için bir gelecek dizayn çalışması yapmışlardır [6]. Karayel ve arkadaşları yaptıkları çalışmada Türkiye'de hidroelektrik ile hidrojen üretim konseptinin aşamalarını ve bu enerji üretebilecek tahmini hidrojen üretim potansiyelini tahmin etmişlerdir [7]. Baykara ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, karbonsuz enerji üretimine geçişteki sıkıntılardan bahsetmişlerdir. Sonrasında hidrojen üretim sektörünün karbondan arındırılması için çeşitli politika önerilerinde bulunmuşlardır [8]. Bu çalışma, literatüre hem kavramsal hem de metodolojik olarak özgün katkılarda bulunmayı amaçlamaktadır. Kavramsal olarak, yeşil hidrojenin ekonomik ve çevresel faydalalarının 2024 ve 2050 yılları için senaryolarla karşılaşırıltırımlı olarak sunulması, teknolojinin uzun vadeli potansiyelini değerlendirecek kapsamlı bir model sunacaktır. Metodolojik olarak ise, enerji üretim maliyetlerinin ve çevresel etkilerin çok boyutlu bir perspektif ele alınması hem bilim dünyasına hem de enerji politikalarına yön veren kurumlara önemli veriler sağlayacaktır. Özellikle uygulanan yöntem bir paket program ile sunularak yatırımcı ve politikacılara bu konuda uygulama şansı tanıracaktır:

Araştırma Sorusu / Hipotezi

Bu çalışmada ele alınacak temel soru şudur: Açık deniz rüzgâr enerjisi kullanılarak yeşil hidrojen üretimi, 2024 ve 2050 yılları arasında Türkiye için ekonomik olarak ne kadar uygulanabilir ve çevresel açıdan ne kadar sürdürülebilirdir? Bu soruya yanıt bulmak için geliştirilen paket program, enerji üretim ve depolama süreçlerini analiz ederek, yeşil hidrojenin enerji sektöründe hangi noktalarda avantaj sunduğunu, hangi zorluklarla karşılaşmasını ve bu zorlukların nasıl aşılabileceğini inceleyecektir.

Bu bağlamda, araştırmanın hipotezi şudur: Türkiye'de açık deniz rüzgar enerjisi ile yeşil hidrojen üretimi, uzun

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI

ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

vadede enerji maliyetlerini azaltacak ve çevresel sürdürülebilirliği sağlayarak, enerji sektöründe stratejik bir dönüşüm sağlayacaktır.

1.2. Amaç ve Hedefler

Araştırma önerisinin amacı ve hedefleri açık, ölçülebilir, gerçekçi ve araştırma süresince ulaşılabilir nitelikte olacak şekilde yazılır.

Amaç

Bu projede, fosil yakıtların tükenme tehlikesi ve küresel çevre sorunlarının giderek artmasıyla ön plana çıkan yeşil hidrojen üretiminin ekonomik ve çevresel avantajları ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Projenin temel amacı, açık deniz rüzgâr enerjisinden yararlanarak yeşil hidrojen üretimi konusunda Türkiye'nin potansiyelini ortaya koymaktır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin bir şekilde kullanarak enerji bağımsızlığını artırması ve karbon ayak izini azaltması bu çalışmanın odak noktasındadır.

Projede, Açık Deniz Rüzgâr Santralleri (ADRS) kullanılarak gerçekleştirilecek yeşil hidrojen üretiminin hem 2024 hem de 2050 yılları perspektifinden ekonomik fizibilitesi analiz edilecektir. Bu kapsamında geliştirilen bir paket program, enerji üretim maliyetlerini, çevresel etkileri ve teknoloji gelişmelerini dikkate alarak uzun vadeli senaryolar oluşturmayı hedeflemektedir. Özellikle gelecekteki enerji politikaları ve piyasa koşulları göz önüne alındığında, bu program hem günümüz koşulları hem de 2050'de beklenen gelişmeler doğrultusunda ekonomik projeksiyonlar sunmayı amaçlamaktadır. Çalışma, politika yapıcılar ve yatırımcılar için stratejik bir yol haritası sağlayarak yeşil hidrojen üretimine olan ilgiyi artırmayı hedeflemektedir. Türkiye'nin enerji dönüşüm sürecinde önemli bir rol oynayarak, yeşil hidrojen üretiminde bölgesel bir lider konumuna gelmesi için gerekli altyapı ve politika değişikliklerine rehberlik etmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, yeşil hidrojenin sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak teşvik edilmesi, uzun vadede Türkiye'nin uluslararası enerji piyasasında rekabet gücünü artıracak ve yeşil ekonomiye geçişini hızlandıracaktır.

Hedefler

Teknolojik Analiz ve Model Geliştirme:

Açık deniz rüzgâr enerjisi ile hidrojen üretimi sürecinin incelenmesi ve uygun elektroliz teknolojilerinin performansının değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Bu doğrultuda, teorik veriler ve pratik deneyimlerle desteklenen yenilikçi bir model tasarılanacaktır.

Ekonomik Fayda ve Maliyet Analizi:

Proje, açık deniz rüzgâr enerjisi kullanılarak düşük maliyetli yeşil hidrojen üretiminin ekonomik analizini yapmayı amaçlar. Yatırım ve işletme maliyetleri ile piyasa değeri gibi veriler işliğinde, uzun vadeli sürdürülebilir enerji politikalarının geliştirilmesine katkı sağlanacaktır.

Çevresel Analiz:

Projenin en önemli unsurlarından biri, Türkiye'nin önemli potansiyele sahip olduğu ancak henüz kullanılmayan büyük bir enerji kaynağı olan açık deniz rüzgâr enerjisini değerlendirmek ve bu potansiyeli çevreci bir yaklaşımla enerji üretimine kazandırmaktır. Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla geniş kıyı şeridine ve yüksek rüzgâr potansiyeline sahiptir; ancak bu potansiyel henüz tam anlamıyla keşfedilmiş ve kullanılmaya başlanmamıştır. Bu proje, bu alandaki önemli bir boşluğu doldurmayı hedeflemekte ve açık deniz rüzgâr enerjisinden yararlanarak deniz suyunun elektroliz edilmesi suretiyle yeşil hidrojen üretimini önermektedir. Böylece, enerji üretim sürecinin tamamı yenilenebilir kaynaklara dayalı olacak ve fosil yakıtlardan kaynaklanan karbon emisyonları tamamen ortadan kaldırılacaktır. Projenin hedefi, çevre dostu ve sürdürülebilir enerji çözümleri sunmak, bu teknolojiyi

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI

ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

Türkiye'nin enerji dönüşüm sürecine dahil etmek ve ülkenin enerji üretim çeşitliliğini artırarak dışa bağımlılığını azaltmaktadır.

Ayrıca, deniz suyunun elektroliz edilerek hidrojen üretimi, sınırsız su kaynağının kullanılması açısından da büyük bir avantaj sunmaktadır. Hidrojenin temiz bir enerji kaynağı olarak hem depolanabilmesi hem de taşınabilir olması, gelecekte Türkiye'nin enerji stratejileri açısından önemli bir fırsat oluşturmaktadır. Üretilen yeşil hidrojen, ulusal ve uluslararası enerji pazarında çevresel sürdürülebilirliği teşvik eden bir çözüm olarak öne çıkacaktır. Proje, bu bağlamda sadece yenilenebilir enerji üretimiyle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadeledeki rolünü güçlendirmek için de önemli bir adım olacaktır. Türkiye'nin deniz kaynaklarının etkin kullanımıyla, açık deniz rüzgâr enerjisinin ulusal enerji stratejisine entegre edilmesi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak adına büyük katkı sağlayacaktır. Çevreci bir perspektifle geliştirilen bu proje, enerji üretiminde karbon ayak izini minimum indirirken, Türkiye'nin hidrojen ekonomisinde öncü bir rol oynamasını da destekleyebilecektir.

Politika Önerileri ve Uygulama Stratejileri Geliştirme:

Elde edilen bulgular doğrultusunda Türkiye'de yeşil hidrojenin yaygınlaştırılması için stratejik politika önerileri geliştirilecektir. Yenilenebilir enerji entegrasyonu, devlet teşvikleri ve altyapı geliştirme konularında yönlendirici stratejiler sunulacaktır. Bu projede geliştirilen paket program, yatırımcılar için önemli bir karar destek aracı sunmaktadır. Yatırımcılar, bu programı kullanarak açık deniz rüzgâr enerjisi ve hidrojen üretimine yönelik yapacakları yatırımların ekonomik geri dönüşlerini detaylı bir şekilde analiz edebileceklerdir. Bu analizler, yatırımların maliyetleri, potansiyel getirileri ve çevresel faydalari gibi önemli unsurları kapsamlı bir şekilde değerlendirecektir. Böylece yatırımcılar, sürdürülebilir enerji projelerine yönelik somut verilere dayanan daha bilinçli stratejiler geliştirebilecek, uzun vadeli eylem planları oluşturma süreçlerinde bu programdan faydalananarak daha güvenli ve etkili adımlar atabileceklerdir.

2. YÖNTEM

Araştırma önerisinde uygulanacak yöntem ve araştırma teknikleri (veri toplama araçları ve analiz yöntemleri dahil) ilgili literatüre atıf yapılarak açıklanır. Yöntem ve tekniklerin çalışmada öngörülen amaç ve hedeflere ulaşmaya elverişli olduğu ortaya konulur.

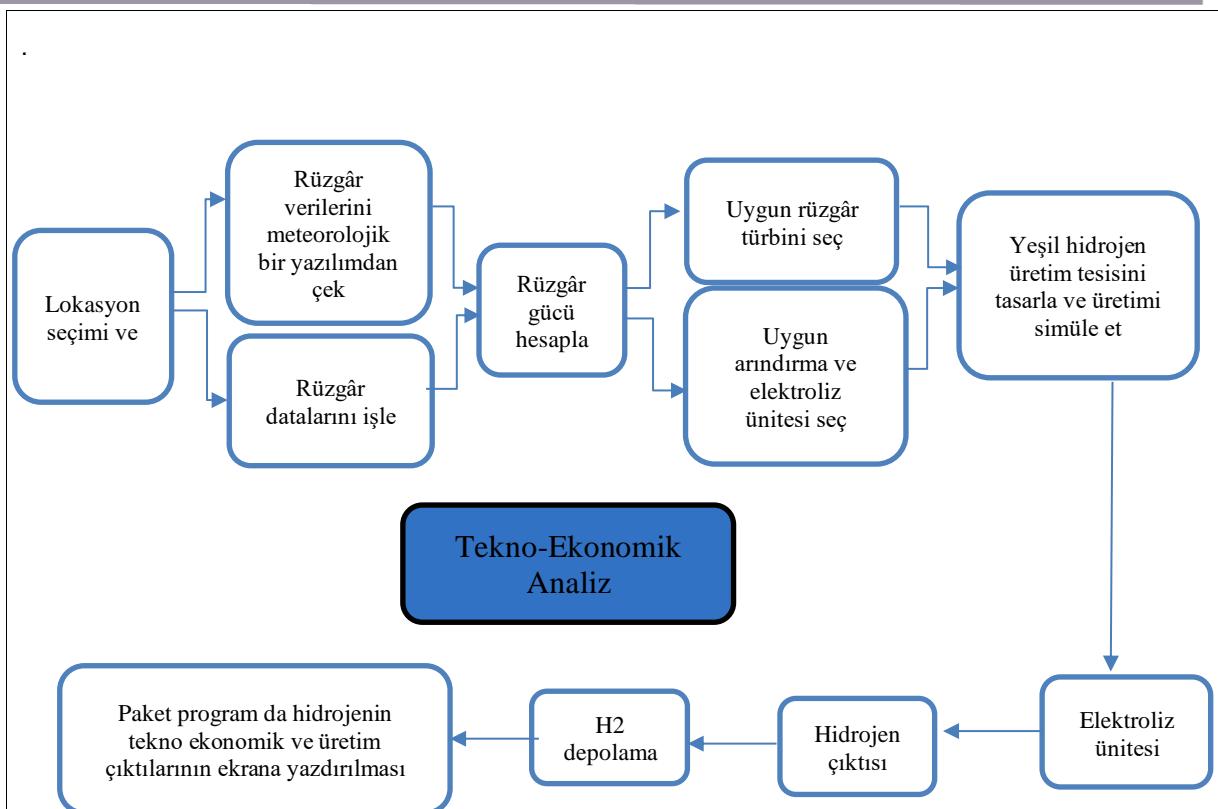
Yöntem bölümünün araştırmanın tasarımını, bağımlı ve bağımsız değişkenleri ve istatistiksel yöntemleri kapsaması gereklidir. Araştırma önerisinde herhangi bir ön çalışma veya fizibilite yapıldıysa bunların sunulması beklenir. Araştırma önerisinde sunulan yöntemlerin iş paketleri ile ilişkilendirilmesi gereklidir.

Yöntem

Hidrojen, uzun vadeli ve sürdürülebilir enerji arzı, enerji güvenliği ve çevresel sorunlarla mücadelede önemli bir yakıt türü olarak günümüzde giderek daha fazla ilgi görmektedir. Özellikle yeşil hidrojen konsepti, sürdürülebilir enerji arzında çevreci bir çözüm sunarak bu alanda büyük bir potansiyel barındırmaktadır. Ancak, Türkiye'de yeşil hidrojenin potansiyeli ve önemi hem akademik dünyada hem politik çevrelerde hem de yatırımcılar nezdinde yeterli ilgiyi görmemektedir. Bu farkındalık eksikliği, yeşil hidrojenin sunduğu fırsatların tam anlamıyla değerlendirilememesine yol açmaktadır.

Bu bağlamda, Türkiye'nin henüz faydalananmadığı ancak büyük bir yenilenebilir enerji kaynağı olan açık deniz rüzgâr enerjisinden yararlanarak deniz suyunun arıtılıp elektroliz yoluyla yeşil hidrojen üretilmesini hedefleyen bir model sunulmaktadır. Bu çalışma, teorik ve pratik katkılarının yanı sıra, geliştirilen paket program aracılığıyla bu modelin akademisyenler, politikacılar ve yatırımcılar gibi farklı paydaşlar tarafından anlaşılabılır ve uygulanabilir bir hale getirilmesini amaçlamaktadır. Projenin nihai hedefi, Türkiye'nin yeşil hidrojen üretiminde lider bir konuma gelmesine katkı sağlamak ve bu potansiyelin ülke çapında yaygınlaştırılması için somut bir adım atmaktır. Bu bağlamda, önerilen modelin genel görünümü Şekil 1'de sunulmuştur

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI
ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU



Şekil 1. Projede uygulanacak metodunun genel görünümü (paket programın iç yapısı)

Modele ait adımlar aşağıda sıralandığı gibidir.

Adım 1: Türkiye'de hem açık deniz rüzgâr potansiyeli olan hem de su mevcudiyeti olarak yeşil hidrojen üretimine uygun lokasyon belirlenmeye çalışılır.

Bu adımda, ADRS ile deniz suyundan yeşil hidrojen üretimi potansiyeli göz önünde bulundurularak Türkiye'de uygun lokasyonların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu lokasyonların seçiminde çeşitli kriterler dikkate alınmıştır. Öne çıkan başlıca kriterler arasında kıtaların sahanlığının uygunluğu, deniz derinliği, rüzgâr potansiyeli, deniz alanının korunmuş veya sit alanı olup olmadığı, doğal gaz boru hattı ve enerji iletim altyapısına yakınlık gibi faktörler yer almaktadır. Bu unsurlar, yeşil hidrojen üretimi için elverişli koşulları sağlayan stratejik lokasyonların belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Uygun lokasyon belirleme aşamasında, deniz rüzgâr potansiyelinin yüksek olduğu bölgeler ve aynı zamanda su kaynaklarının mevcut olduğu sahalar analiz edilmiş, bu doğrultuda sürdürülebilir ve çevreci bir enerji üretim altyapısının kurulmasına olanak tanıyan yerler tespit edilmiştir. Böylece, yeşil hidrojen üretimi açısından stratejik bir konum oluşturulması hedeflenmiştir.

Adım 1.1: Bu ara adımda paket programın nasıl çalışacağı tanıtılmıştır.

Kullanıcı Girdisi: Kullanıcı, sistemde sağlanan bir arayüz aracılığıyla enlem ve boylam bilgilerini girer. Bu arayüz, React kullanılarak tasarlanmış olup, kullanıcıdan alınan koordinat bilgilerini toplar ve gönder butonuna basıldığında backend'e iletir.

Kullanıcı tarafından girilen koordinat verilerinin backend'e iletilmesi: Kullanıcı tarafından girilen koordinat verilerinin backend'e iletilmesi süreci, modern web geliştirme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilir. React tabanlı frontend uygulaması, kullanıcının belirttiği koordinat bilgilerini Axios kütüphanesi aracılığıyla bir POST isteği olarak

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI

ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

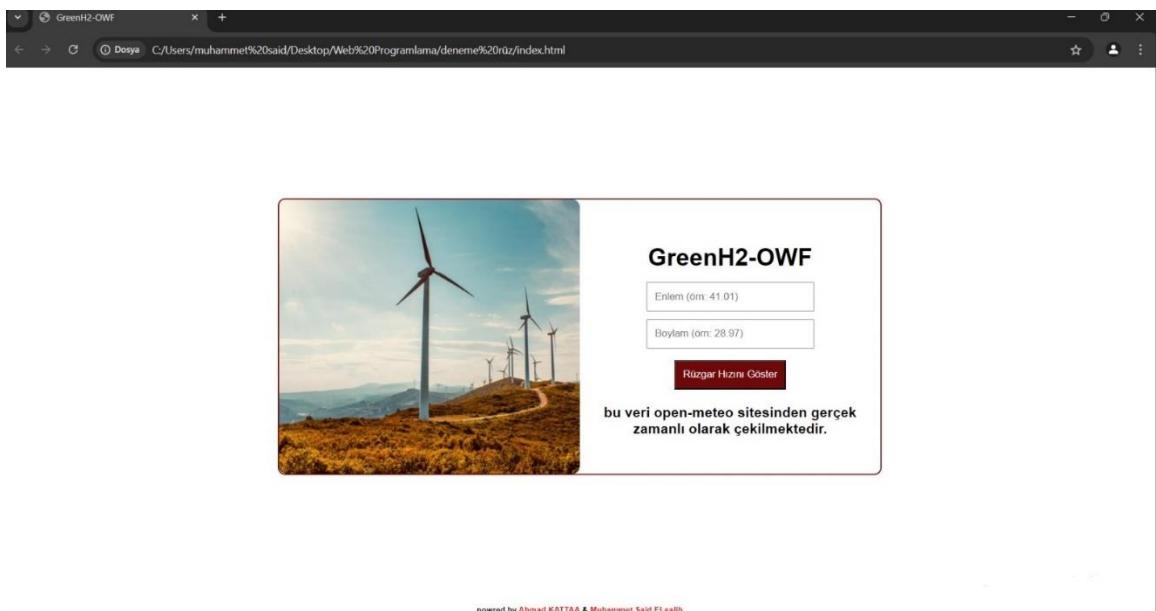
PHP tabanlı backend sistemine yönlendirilir. Bu süreç, genellikle RESTful mimari yapısına uygun olarak belirlenen bir endpoint'e (örneğin, /api/getWindData) aktarılır. Bu süreç, kullanıcının konum tabanlı taleplerini backend'e güvenli ve verimli bir şekilde aktararak, sistemin gerçek zamanlı veya asenkron veri işlemesine olanak sağlar. Meteorolojik veriler, GlobalWindAtlas veya benzeri diğer meteorolojik veri tabanlarından elde edilecektir. Geliştirilen arayüzde, bu tercih kullanıcıya açık bir şekilde sunulacaktır. Kullanıcı, sistemden meteorolojik verileri otomatik olarak almayı ya da kendi elde ettiği ve işlediği rüzgâr verilerini manuel olarak girmeyi seçebilicektir. Bu esneklik, kullanıcıya veri kaynağı konusunda özgürlük tanıyarak hem dış kaynaklı hem de kullanıcı tarafından işlenmiş verilerin sisteme entegrasyonunu sağlamaktadır. Bu sayede sistem, daha geniş bir kullanım senaryosuna hitap ederek, farklı ihtiyaç ve bekentilere uygun hale getirilecektir.

Rüzgâr Hızı Verisinin Getirilmesi: PHP tarafında, kullanıcının sağladığı koordinatlar kullanılarak bir hava durumu API'sine istek gönderilir. Bu istek ile ilgili lokasyonun rüzgâr hızı bilgisi sorgulanır. API'den gelen yanıt JSON formatında olur ve rüzgâr hızı gibi gerekli veriler içerir. Bu süreç ile paket programa transfer edilir.

Verilerin İşlenmesi: PHP backend'i, gelen rüzgâr verilerini işleyerek projeye özel formüllerı uygular. Bu formüller, literatürden ve teknik raporlardan elde edilen verilere göre geliştirilen eşitliklerle, açık deniz rüzgâr verileri işlenerek yeşil hidrojen üretim süreci simülasyonu edilmiş ve teknico-ekonomik analiz yapılmıştır (paket programa gömülü bu matematiksel eşitlikler ile). Bu formüller yardımıyla 2024 yılı ve 2050 yılı için kilogram başına hidrojen üretim maliyeti hesaplanır.

Sonuçların Frontend'e İletilmesi: Hesaplamlar tamamlandıktan sonra PHP, 2024 ve 2050 yıllarına ait kilogram başına maliyet sonuçları ve yatırım maliyet verileri JSON formatında React frontend'ine geri döndürür.

Sonuçların Kullanıcıya Gösterilmesi: React uygulaması, backend'den gelen bu sonuçları kullanıcıya sunar. Kullanıcı, ekranında hem 2024 yılı için hem de 2050 yılı için öngörülen kilogram başına yeşil hidrojen maliyetleri görüntüleyebilir. Bu işleyiş, rüzgâr hızına bağlı olarak enerji üretim maliyetlerinin nasıl değiştiğini gözler önüne seren dinamik bir yapı sunar. Ayrıca, kullanıcıya yapılacak yatırımin maliyeti ve amortisman süresi de ekranda gösterilecektir. Bu sayede, projenin yeşil hidrojen üretiminin ülkemizde 2050 yılına kadar ekonomik olarak avantajlı olacağını ortaya koyması hedeflenmektedir. Nihai amaç, bu proje aracılığıyla yeşil hidrojen yatırımları ve farkındalığını şimdiden artırmak ve teşvik etmektir. Paket programın arayüzüne girilen koordinatlar, ilgili meteorolojik veri tabanına bağlanarak işlenmekte ve ardından yukarıda açıklanan süreçler doğrultusunda ortalama rüzgâr hızı verisi ekranı yansıtılmaktadır. Bu süreç Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Geliştirilen GreenH2-OWF isimli paket programın koordinat giriş arayüzü

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI

ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

Adım 2: İlgili lokasyon belirlendikten sonra, söz konusu bölgenin rüzgâr verileri analiz sürecine dahil edilir. Bu aşamada iki temel veri giriş yöntemi bulunmaktadır. Birinci veri giriş seçiminde, belirlenen lokasyon için rüzgâr hızı ve gücü gibi meteorolojik veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü gibi yetkili kurumlardan elde edilerek işlenir. Bu veriler, WaSP (Wind Atlas Analysis and Application Program) [9] gibi rüzgâr modelleme programlarında analiz edilerek ortalama rüzgâr hızı ve rüzgâr gücü hesaplanır. Hesaplanan bu veriler, daha sonra paket programın girişine manuel olarak eklenir. Bu yöntem, kullanıcının mevcut ve doğrulanmış verileri doğrudan programa entegre etmesini sağlar ve özellikle daha önceden rüzgâr ölçüm verilerinin mevcut olduğu bölgelerde tercih edilir.

İkinci veri seçimi ise, paket programın sunduğu otomatik veri çekme işlevini kullanmaktadır. Bu yöntemle, belirlenen lokasyonun koordinatları paket programa girilir ve sistem, global veya rüzgâr atlaslarına, örneğin Global-Wind Atlas [10] programına bağlanarak ilgili bölgenin rüzgâr gücü ve rüzgâr hızı verilerini otomatik olarak getirir. Bu yaklaşım, veri giriş sürecini hızlandırarak kullanıcıya zaman kazandırırken aynı zamanda daha geniş kapsamlı rüzgâr verilerinin kullanılmasını sağlar.

Paket program bu aşamada kullanıcının veri giriş tercihini sorgulayacak ve iki seçenek sunacaktır: Rüzgâr verilerinin manuel olarak mı girileceği, yoksa otomatik olarak Wind Atlas [10] üzerinden mi çekileceği belirlenir. Kullanıcı, mevcut veri erişimine ve ihtiyacına göre bu seçeneklerden birini tercih ederek rüzgar verilerini programa ekleyebilecektir. Bu esneklik, kullanıcıların hem daha önceden ölçülmüş verileri değerlendirmesine hem de dinamik olarak rüzgâr atlaslarından veri çekmesine olanak tanımaktadır.

Adım 3: Devamında bu adımda ilgili rüzgâr verilerine göre rüzgâr gücü tahmin edilir. Genellikle bir bölgenin rüzgâr potansiyeli hesaplanırken 100 metre yükseklikteki rüzgâr hızı temel alınır çünkü deniz üstü rüzgâr türbinlerinin ortalama kule yüksekliği bu seviyelerdedir. Bu nedenle doğru analiz için bu yükseklik verisi baz alınmalıdır. İlgili ölçüm yapılan lokasyonun yüksekliği 100 metre değil ise ölçüm yapılan istasyonun yerden yüksekliğine göre 100 metre yükseklikte yıllık ortalama rüzgâr hızı Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanır [11].

$$V_{he} = V_{re} \left(\frac{h}{h_{re}} \right)^a \quad (1)$$

where, V_{he} [m/s] 10 metrede rüzgar hızıdır; h [m] = 10 metre olarak alınır, a lokasyona ait pürüzsüzlük katsayısidır. h_{re} ölçüm yapılan istasyonun yerden yüksekliğidir. Buradan 100 metre yükseklik ile ilgili lokasyonun rüzgar gücünü hesaplamak için Eşitlik 2'den faydalанılır [11].

$$P(MW) = 0.25 * p * A * V^3 \quad (2)$$

burada p hava yoğunluğu ($\frac{kg}{m^3}$) (p is 1). V ortalama yıllık rüzgâr hızıdır. A ise rüzgâr turbininin süpürme alanıdır. A değeri Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanır.

$$A = \pi \frac{D^2}{4} \quad (3)$$

Bu aşamada, proje kapsamında belirlenen lokasyonun rüzgâr gücü potansiyeline uygun bir rüzgâr turbin seçimi yapılır. Rüzgâr turbin seçimi, bölgenin yıllık ortalama rüzgâr hızına ve enerji üretim kapasitesine en uygun turbin teknolojisinin belirlenmesiyle gerçekleştirilir. Seçilecek turbinin hem enerji verimliliği hem de operasyonel gereksinimleri karşılayacak kapasitede olması esastır. Bu süreçte, turbinin rotor çapı, nominal güç kapasitesi, kesme ve kapanma hızları gibi teknik özellikler dikkate alınarak, maksimum enerji üretimi sağlayacak bir model tercih edilir.

Turbin seçimi yapıldıktan sonra, kullanıcıya belirlenen lokasyonda kurulacak turbin sayısının belirlenmesi için paket program aracılığıyla bir seçim yapılması istenir. Paket program, lokasyonun rüzgâr potansiyeline bağlı olarak 1 ila 6 arasında turbin sayısı önerir ve kullanıcıya hangi sayıda turbin kurulması gerektiği sorulur. Bu aşamada, her bir turbinin toplam enerji üretimi kapasitesi, ekonomik değerlendirmeler ve projenin genel fizibilitesi göz önünde bulundurularak nihai karar verilir. Bu adım, enerji üretim kapasitesinin optimize edilmesi ve yatırımların malyetlerinin etkin yönetimi açısından kritik öneme sahiptir.

Adım 4: Bu aşamada, yeşil hidrojen üretim sürecinde kullanılacak deniz suyu arıtma ve elektroliz teknolojileri belirlenir. İlk olarak, deniz suyunun arıtmasında en yaygın ve etkin yöntemlerden biri olan ters ozmoz teknolojisi tercih edilir [11]. Ters ozmoz, deniz suyundan tuz ve diğer çözünlümüş maddeleri yüksek verimlilikle uzaklaştırabilmesi ve geniş çaplı uygulamalarda kanıtlanmış etkinliği nedeniyle, deniz suyunu hidrojen üretiminde

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI

ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

kullanılacak saf suya dönüştürmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknoloji, membran bazlı bir süreç olduğu için enerji verimliliği açısından da avantajlar sunar ve yenilenebilir enerji kaynakları ile entegre edilebilir.

Elektroliz teknolojisinin seçiminde ise, yenilenebilir enerji kaynaklarının doğası gereği kesintili enerji üretimi göz önünde bulundurularak, Proton Değişim Membranlı (PEM) elektroliz teknolojisi tercih edilir [11]. PEM elektrolizörler, rüzgâr ve güneş enerjisi gibi değişken enerji kaynaklarıyla uyumlu çalışabilmeleri ve hızlı tepki verebilmeleri sayesinde, kesintili enerji akışlarına en uygun elektrolizörler arasında yer alır. Ayrıca, PEM teknolojisi düşük çalışma sıcaklıklarında yüksek saflıkta hidrojen üretme kapasitesine sahip olup, özellikle yeşil hidrojen üretimi için verimli bir çözüm sunar.

Bu nedenle, arıtma ünitesi olarak ters ozmoz ve elektroliz ünitesi olarak PEM teknolojisinin seçilmesi, proje kapsamında hem enerji verimliliğini artıracak hem de kesintili yenilenebilir enerji kaynakları ile entegre çalışmayı mümkün kılacaktır.

Bu nedenle, arıtma ünitesi olarak ters ozmoz ve elektroliz ünitesi olarak PEM teknolojisinin seçilmesi, proje kapsamında hem enerji verimliliğini artıracak hem de kesintili yenilenebilir enerji kaynakları ile entegre çalışmayı mümkün kılacaktır.

Adım 5 Hidrojen üretiminin simüle edilme süreci: Saatlik hidrojen üretim miktarı, Denklem 4 kullanılarak hesaplanır. Denklem 4'de gerçekçi sonuç elde etmek için yıllık ortalama üretim verileri baz alınmıştır. Burada kullanılan PEM elektrolizör teknolojisi için veriler Tablo 1'ten alınmıştır. Tablo 14, PEM elektrolizör teknolojisinde 1 kg hidrojen üretmek için yaklaşık olarak 50-83 kWh enerji tüketildiğini göstermektedir. Bu çalışmada, IRENA raporunda belirtilen 51.2 kWh/kilogram hidrojen (kWh/kg H₂) değeri, 1 kg hidrojen üretimi için harcanan enerji miktarı olarak alınmış ve PEM elektrolizör için ortalama %65 verimlilik verileri kullanılmıştır [12]. Benzer şekilde, Deniz Suyu Ters Osmoz Arıtma ünitesinin 1 kg deniz suyunu arıtmak için ortalama 0.0028 kWh enerji tükettiği varsayılmaktadır [13].

$$\frac{PEM_{hp}}{(m*RO_{hp}+P_{hp})} * \mu_1 * \mu_2 = THP \quad (4)$$

Burada THP saatlik üretilen hidrojen miktarıdır. PEM_{hp} elektrolizör ünitesinin saatlik toplam harcadığı güç miktarıdır. RO_{hp} tuzdan arındırma ünitesinin 1 kg su başına harcadığı güç miktarıdır. m 1 kg hidrojen üretmek için harcanan toplam su miktarıdır (kg). m literatür ile uyumlu olarak 22 kg olarak alınmıştır. P_{hp} ise 1 kg hidrojen üretmek için PEM elektrolizör ünitesinin harcadığı güç miktarıdır. μ_1 elektrolizör ünitesinin toplam verimi iken ($\mu_1 = 0.65$), μ_2 OWF santralin toplam verimini belirtir. μ_2 değeri Eşitlik 5 ile hesaplanır [11].

$$\mu_2 = \frac{P(MW)}{P(wind)} \quad (5)$$

Tablo 1. PEM teknolojisi [12]

PEM elektroliz		
	2024-2024	2050
Mevcut yoğunluk	1-2 A/cm ²	Üzeri 4 A/cm ²
Operasyon sıcaklığı	50-80°C	Üzeri 80°C
Çalışma voltajı	1.4 – 2.5 V	Üzeri 1.7 V
Hücre basıncı	altı 30 bar	Üzeri 70 bar
Saflik (H ₂)	99.9 %	99.9999 %
Verimlilik	% 50-68	Üzeri 80
Elektrik verimliliği (system)	50-83 kWh/kg H ₂	altı 45 kWh/kg H ₂
Elektrik verimliliği (stack)	47-66 kWh/kg H ₂	altı 42 kWh/kg H ₂
Ömür	50000-80000 saat	100000-120000 saat
Alan	1500 cm ²	Üzeri 10000 cm ²
Yatırım maliyeti (system)	USD 700-1400/ kW	Altı USD 200/ kW
Yatırım maliyeti (stack)	USD 400/ kW	Altı USD 100 kW

Adım 6: Tekno ekonomik analiz süreci: Bu çalışma kapsamında, öncelikle deniz üstü rüzgâr santrali tesisinin ilk kurulum maliyeti hesaplanmıştır. ADRS'nin ilk kurulum maliyeti, denklem 6 kullanılarak belirlenmiştir ve bu hesaplama sürecinde bir dizi faktör dikkate alınmaktadır. Bu faktörler arasında rüzgâr türbinlerinin kiyidan uzaklışı, deniz tabanının yapısı ve suyun derinliği yer almaktadır. Bu unsurlar, deniz üstü rüzgâr santralinin temel yapısının tasarımı, türbinlerin montajı, elektrik bağlantıları, denizaltı kabloları ve diğer altyapı ihtiyaçlarını doğrudan etkiler. Ayrıca, projenin ölçü, yerel düzenlemeler ve çevresel etkiler gibi diğer parametreler de kurulum maliyetinin

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI

ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

hesaplanmasında önemli rol oynar. Bu nedenle, ilk kurulum maliyetlerinin hesaplanması karmaşık bir süreçtir ve çok sayıda değişkenin dikkatle değerlendirilmesini gerektirir.

Bu çalışmada, ADRS tesisinin ilk kurulum maliyetinin hesaplanmasında Tablo 2'da verilen veriler baz alınmıştır. Suyun derinliği gibi faktörler, maliyet unsurları üzerinde belirleyici rol oynar ve Tablo 2'da detaylandırılmıştır.

Tablo 2. ADRS'nın ilk kurulum maliyetinin deniz derinliğine göre değişim süreci [14]

Deniz Derinliği (metre)		10-20	20-30	30-40	40-50
Temel	352	466	625	900	
Türbin	772	772	772	772	
Şebeke Bağlantısı	133	133	133	133	
Kurulum	465	465	605	605	
Diğer	79	85	92	105	
TOPLAM MALİYET (USD/kW)	1800	1920	2227	2514	

$$ADRS_{Ii} = ADRS_{Tc} * P \quad (6)$$

Burada OWF_{Tc} kW başına kurulum maliyetidir. P , ADRS'nın toplam kurulu gücüdür. OWF_{Ii} ise KW başına kurulum maliyetidir. Ardından PEM elektrolizör (PEM_{Ii}) ünitesinin başlangıç kurulum maliyeti hesaplanır. Tablo 1'te sunulan mevcut verilere göre, PEM elektrolizör ünitesinin kurulum maliyeti 700-1400 EUR/kW aralığında rapor edilmiştir. Bu projede, PEM ünitesi için 1000 EUR/kW kurulum maliyeti varsayıldı. 2050 yılı için ise bu verinin IRENA raporuna göre %40 azalacağı varsayılmıştır. Bu veri diğer süreçleri de kapsamıştır.

Sonrasında, ters osmoz tuzdan arındırma biriminin başlangıç kurulum maliyeti (RO_{Ii}) hesaplanır. RO birimi için yapılan literatür araştırmasının ardından saatlik üretim kapasitesi 2-30 m³/saat-1 m³/6.25 kW güç tüketimi olan bir arıtma ünitesi seçilmiştir. Bu tuzdan arındırma biriminin ilk kurulum maliyeti yaklaşık olarak 226000 USD'dır [15].

Burada, bir günde üretilen hidrojenin depolanabilecegi bir senaryoyu tartışıyoruz. Bu nedenle bir günlük depolama tankı maliyeti, literatürde bildirilen depolama tankı maliyeti olan 521 USD/kg [16] dikkate alınarak (HPC_{Ic}) hesaplanır. Sonrasında bu hidrojen üretim tesisinin toplam kurulu gücü Eşitlik 7 ile hesaplanır.

$$(ADRS_{Ii} + PEM_{Ii} + RO_{Ii} + HPC_{Ic} + MO) = HP_{tc} \quad (7)$$

Burada HP_{tc} hidrojen üretim tesisinin kurulum maliyetidir. MO , bakım ve işletme maliyetinin toplamını ifade etmektedir. Burada, MO yeşil hidrojen üretim tesisinin toplam başlangıç kurulum maliyetinin %5'i seçilmiştir [11].

Burada 2024 ve 2050 verilerine dayanarak kurulacak bir yeşil hidrojen üretim tesisi için hidrojen üretim maliyeti kilogram başına hesaplanmıştır. Bu hesaplama, Denklem 8 kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

$$\frac{HP_{tc}}{HGH * PEM_{ls}} = GH_{pc} \quad (8)$$

Burada HGH saatlik üretilen hidrojen miktarını, PEM_{ls} PEM elektroliz biriminin ömrünü ve GH_{pc} yeşil hidrojenin birim maliyetini (USD/kg) ifade etmektedir.

Paket programın içinde yer alan tüm süreçler, aşamalı olarak yukarıda belirtilen adımları kapsamaktadır. Bu süreçlerin sonunda, program kullanıcıya önemli maliyet ve üretim verilerini sunacaktır. Son adımda, paket program üzerinde "Eşitlik 6" ve "Eşitlik 7" hesaplamaları ekranda gösterilecektir. Bu hesaplamalar, hem belirlenen lokasyona kurulacak denizüstü rüzgâr santrali ve elektroliz ünitesi temel alınarak hem de mevcut yıl olan 2024 ile gelecekteki hedef yıl olan 2050 verilerine göre yeşil hidrojen üretim tesisinin toplam maliyetini içerecektir.

Bununla birlikte, kullanıcıya hem 2024 yılı hem de 2050 yılı için lokasyonda üretilcek yeşil hidrojenin kilogram başına düşen üretim maliyeti detaylı olarak sunulacaktır. Bu analiz, 2024 ve 2050 yıllındaki enerji fiyatları, teknolojik gelişmeler, yenilenebilir enerji kaynaklarının verimliliği ve ilgili ekonomik faktörler gibi değişkenleri dikkate alarak yapılacaktır. Böylece, uzun vadeli maliyet projeksiyonları karşılaştırılarak, yeşil hidrojen üretiminin hem bugünkü hem de gelecekteki ekonomik uygunluğu hakkında kullanıcıya bilgi verilecektir.

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI

ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

Programın bu aşamaları, kullanıcılar yalnızca mevcut maliyetleri görmekle kalmayıp, aynı zamanda gelecekteki teknolojik ve ekonomik gelişmelere dair stratejik kararlar alabilecekleri için öngörüler sunarak, yatırımlarının uzun vadeli sürdürülebilirliği ve maliyet etkinliğini değerlendirme fırsatı sağlayacaktır.

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

3 PROJE YÖNETİMİ

3.1 İş- Zaman Çizelgesi

Araştırma önerisinde yer alacak başlıca iş paketleri ve hedefleri, her bir iş paketinin hangi sürede gerçekleştirileceği, başarı ölçütü ve araştımanın başarısına katkısı “İş-Zaman Çizelgesi” doldurularak verilir. Literatür taraması, gelişme ve sonuç raporu hazırlama aşamaları, araştırma sonuçlarının paylaşımı, makale yazımı ve malzeme alımı ayrı birer iş paketi olarak gösterilmemelidir.

Başarı ölçütü olarak her bir iş paketinin hangi kriterleri sağladığında başarılı sayılacağı açıklanır. Başarı ölçütü, ölçülebilir ve izlenebilir nitelikte olacak şekilde nicel veya nitel ölçütlerle (ifade, sayı, yüzde, vb.) belirtilir.

İŞ-ZAMAN ÇİZELGESİ (*)

İP No	İş Paketlerinin Adı ve Hedefleri	Kim(ler) Tarafından Gerçekleştirileceği	Zaman Aralığı (... Ay)	Başarı Ölçütü ve Projenin Başarısına Katkısı
1	Proje Hazırlığı ve Planlama (Proje sürecinin detaylı bir planını oluşturmak, hedefler ve stratejiler belirlemek)	Muhammet Said Elsalih Ahmet Katta Burak Gül Doç Dr. Ozan Akdağ	0-1. Ay	Proje planının tüm ekip üyeleri tarafından onaylanarak tam ve eksiksiz bir şekilde hazırlanması, projenin düzenli ve sistematik bir şekilde yürütülmesine katkı sağlayacaktır. %20
2	Yeşil hidrojen ve açık deniz rüzgâr enerjisi konularıyla ilgili mevcut literatürün kapsamlı bir şekilde incelenmesi, alanın güncel gelişmelerini, bilimsel yaklaşımlarını ve mevcut boşlukları belirlemek amacıyla titizlikle gerçekleştirilmelidir.	Ahmet Katta Burak Gül Muhammet Said Elsalih	1.-3. Ay	Güncel ve alana katkı sağlayacak kaynakların taraanarak raporlanması ve literatür taraması raporunun onaylanması, mevcut durumun anlaşılması ve proje için gerekli verilerin sağlanmasına katkı sağlayacaktır.
3	Açık deniz rüzgar enerjisi kullanarak hidrojen üretim sürecine ilişkin matematiksel bir modelin geliştirilmesi.	Muhammet Said Elsalih Ahmet Katta Burak Gül Doç Dr. Ozan Akdağ	3.- 5. Ay	Geliştirilen modelin, literatürdeki mevcut modellerle karşılaştırıldığında yenilikçi ve uygulanabilir olması, proje çıkışının bilimsel değer kazanmasını sağlayacaktır.
4	Ekonomik ve Çevresel Analiz (Proje kapsamında ekonomik fayda/maliyet analizi ile çevresel etki değerlendirmesinin yapılması)	Muhammet Said Elsalih Ahmet Katta Burak Gül Doç Dr. Ozan Akdağ	5.- 7. Ay	Çalışmalarla tutarlılığın sağlanması, projenin sürdürülebilirliğini ve ekonomik etkinliğini artıracaktır.

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

5	Paket program, test edilip çeşitli denemeler yapılarak süreç nihai hale getirilecektir.	Muhammet Said Elsalih Ahmet Katta Burak Gül	8.-10. Ay	Geliştirilen önerilerin, uygulayıcılar ve ilgili birimlerle gerçekleştirilen toplantılarda kabul edilmesi sağlanacak; böylece uygulamada etkili olacak öneriler paket program kapsamında sunulacaktır.
---	---	---	-----------	--

(*) Çizelgedeki satırlar ve sütunlar gereği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabılır.

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

3.2 Risk Yönetimi

Araştırmayı başarısını olumsuz yönde etkileyebilecek riskler ve bu risklerle karşılaşıldığında araştırmayı başarıyla yürütülmeyi sağlamak için alınacak tedbirler (B Planı) ilgili iş paketleri belirtilerek ana hattlarıyla aşağıdaki Risk Yönetimi Tablosu'nda ifade edilir. B planlarının uygulanması araştırmayı temel hedeflerinden sapmaya yol açmamalıdır.

RISK YÖNETİMİ TABLOSU*

İP No	En Önemli Riskler	Risk Yönetimi (B Planı)
1	Finansman Sorunları (Projenin bütçesinin yetersiz kalması)	Yedek finansman kaynakları araştırmak, sponsorluklar elde etmek.
2	Teknolojik Uygulama Zorlukları (Geliştirilen modelin uygulamada beklenen sonuçları vermemesi)	Alternatif teknolojiler ve modifikasyonlar üzerinde çalışmak
3	Veri Elde Etme Zorlukları	Alternatif veri kaynakları araştırmak ve veri koleksiyonu için ek süre sağlamak.
4	Hedeflerin Değişmesi (Proje süresince değişen piyasa ve teknolojik koşullar)	Piyasa trendlerini izlemek ve projenin yönünü gerektiğinde güncellemek.

(*) Tablodaki satırlar gerekçi kadar genişletilebilir ve çoğaltılabılır.

3.3. Araştırma Olanakları

Bu bölümde projenin yürütüleceği kurum ve kuruluşlarda var olan ve projede kullanılacak olan altyapı/ekipman (laboratuvar, araç, makine-teçhizat, vb.) olağanlıklar belirtilir.

ARAŞTIRMA OLANAKLARI TABLOSU (*)

Kuruluşa Bulunan Altyapı/Ekipman Türü, Modeli (Laboratuvar, Araç, Makine-Teçhizat, vb.)	Projede Kullanım Amacı
Bilgisayar	Projenin geliştirilme süreci

(*) Tablodaki satırlar gerekçi kadar genişletilebilir ve çoğaltılabılır.

4. YAYGIN ETKİ

Önerilen çalışma başarıyla gerçekleştirildiği takdirde araştırmadan elde edilmesi öngörülen ve beklenen yaygın etkilerin neler olabileceğinin, diğer bir ifadeyle yapılan araştırmadan ne gibi çıktı, sonuç ve etkilerin elde edileceği aşağıdaki tabloda verilir.

ARAŞTIRMA ÖNERİSİNDEN BEKLENEN YAYGIN ETKİ TABLOSU

Yaygın Etki Türleri	Önerilen Araştırmadan Beklenen Çıktı, Sonuç ve Etkiler
Bilimsel/Akademik (Makale, Bildiri, Kitap Bölümü, Kitap)	- 1 adet Ulusal ya da Uluslararası makale Proje sürecinin ilerleyen aşamalarında, elde edilen bulgular ve sonuçlar ışığında, bir yüksek lisans tezine dönüştürülmesi planlanmaktadır

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI
ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

<p>Ekonominik/Ticari/Sosyal (Ürün, Prototip, Patent, Faydalı Model, Üretim Izni, Çeşit Tescili, Spin-off/Start-up Şirket, Görsel/İşitsel Arşiv, Envanter/Veri Tabanı/Belgeleme Üretimi, Telife Konu Olan Eser, Medyada Yer Alma, Fuar, Proje Pazarı, Çalıştay, Eğitim vb. Bilimsel Etkinlik, Proje Sonuçlarını Kullanacak Kurum/Kuruluş, vb. diğer yaygın etkiler)</p>	<p>Geliştirilen paket program, ülkemizdeki yeşil hidrojen kurulumu çalışmalarına önemli katkılar sağlayarak, yeşil hidrojen politikalarının ve yatırımlarının gelişimine destek olacak ve sektörde yeni bir iş koluun oluşmasına öncülük edecektir. Bu program aracılığıyla, açık deniz rüzgâr enerjisi kullanılarak gerçekleştirilen hidrojen üretim sürecinin verimliliği artırılacak ve enerji maliyetlerinin düşürülmesi sağlanacaktır.</p> <p>Ayrıca, bu yenilikçi yaklaşım, çevreci bir alternatif sunarak karbon salımını azaltacak ve sürdürülebilir enerji çözümlerine geçiş hızlandıracaktır. Projenin sonuçları, yeşil hidrojen yatırımlarına katkıda bulunarak, yerel ve ulusal düzeyde iş gücü ihtiyacını artıracak, yeni istihdam olanakları yaratacak ve çevre dostu teknolojilerin benimsenmesine katkıda bulunacaktır.</p> <p>Sonuç olarak, paket programın uygulanması hem ekonomik büyümeyi destekleyeceğ hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunarak, ülkemizin yeşil enerji hedeflerine ulaşmasına yardımcı olacaktır.</p>
<p>Araştırmacı Yetiştirilmesi ve Yeni Projeler Oluşturma (Yüksek Lisans/Doktora Tezi, Ulusal/Uluslararası Yeni Proje)</p>	<p>Proje kapsamının genişletilerek 1005 projesi olarak sunulması planlanmaktadır (ülkemizin toplam yeşil hidrojen potansiyelini tahmin etmek adına). Bunun yanı sıra, projenin yüksek lisans tezine dönüştürülmesi de düşünülmektedir (kapsamı genişletilerek).</p>

5. BÜTÇE TALEP ÇİZELGESİ

Bütçe Türü	Talep Edilen Bütçe Miktarı (TL)	Talep Gerekçesi
Sarf Malzeme		
Makina/Teçhizat (Demirbaş)		
Hizmet Alımı	7961	Bu proje kapsamında geliştirilecek olan paket programın, kullanıcıların erişimine sunulması ve geniş kitlelere ulaşılabilmesi noktasında, hosting ve domain hizmet alımı gerçekleştirilecektir. Programın teknik gereksinimlerinin karşılanması için güvenilir bir sunucu altyapısının sağlanması bu noktada önemlidir. Bu bağlamda, kullanıcıların çevrimiçi olarak paket programa erişebilmeleri için projeye uygun bir hosting hizmeti alınacaktır. Ayrıca, programın kurumsal yönünün güçlendirilmesi ve kullanıcılar tarafından kolayca ulaşılabilmesi için uygun bir domain (alan adı) alımı gerçekleştirilecektir.
Ulaşım		
TOPLAM	7961	

NOT: Bütçe talebiniz olması halinde hem bu tablonun hem de TÜBİTAK Yönetim Bilgi Sistemi (TYBS) başvuru ekranında karşınıza gelecek olan bütçe alanlarının doldurulması gerekmektedir. Yukardaki tabloda girilen bütçe kalemlerindeki rakamlar ile, TYBS başvuru ekranındaki rakamlar arasında farklılık olması halinde TYBS ekranındaki veriler dikkate alınır ve başvuru sonrasında değiştirilemez.

6. BELİRTMEK İSTEDİĞİNİZ DİĞER KONULAR

Sadece araştırma önerisinin değerlendirilmesine katkı sağlayabilecek bilgi/veri (grafik, tablo, vb.) eklenebilir.

7. EKLER

EK-1: KAYNAKLAR

1. Uysal, S., Kaya, M. F., Demir, N., Hüner, B., Özcan, R. U., Erdem, Ö. N., & Yılmaz, M. (2021). Investigation of hydrogen production potential from different natural water sources in Turkey. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(61), 31097-31107.
2. Uyar, T. S., Beşikci, D., & Sulukan, E. (2020). An urban techno-economic hydrogen penetration scenario analysis for Burdur, Turkey. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(50), 26545-26558.
3. Uyar, T. S., & Beşikci, D. (2017). Integration of hydrogen energy systems into renewable energy systems for better design of 100% renewable energy communities. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(4), 2453-2456.
4. Arat, H. T., Baltacioglu, M. K., Tanç, B., Sürer, M. G., & Dincer, I. (2020). A perspective on hydrogen energy research, development and innovation activities in Turkey. *International Journal of Energy Research*, 44(2), 588-593.
5. Karayel, G. K., Javani, N., & Dincer, I. (2024). Green hydrogen production potential for Turkey with solar energy. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(45), 19354-19364.
6. Güler, M. G., Geçici, E., & Erdoğan, A. (2021). Design of a future hydrogen supply chain: A multi period model for Turkey. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(30), 16279-16298.
7. Karayel, G. K., Javani, N., & Dincer, I. (2024). Hydropower energy for green hydrogen production in Turkey. *International Journal of Hydrogen Energy*.
8. Muradov, N. Z., & Veziroğlu, T. N. (2008). “Green” path from fossil-based to hydrogen economy: an overview of carbon-neutral technologies. *International journal of hydrogen energy*, 33(23), 6804-6839.
9. Mortensen, N. G., Landberg, L., Troen, I., & Lundtang Petersen, E. (1993). Wind atlas analysis and application program (WAsP).
10. <https://globalwindatlas.info/en>. Erişim tarihi: 10.20.2024.
11. Akdağ, O. (2023). The operation and applicability to hydrogen fuel technology of green hydrogen production by water electrolysis using offshore wind power. *Journal of Cleaner Production*, 425, 138863.
12. Taibi, E., Miranda, R., Carmo, M., & Blanco, H. (2020). Green hydrogen cost reduction (IRENA 2020a). <https://www.irena.org/publications/2020/Dec/Green-hydrogen-cost-reduction>.
13. Atab, M. S., Smallbone, A. J., & Roskilly, A. P. (2016). An operational and economic study of a reverse osmosis desalination system for potable water and land irrigation. *Desalination*, 397, 174-184.
14. European Environment Agency (EEA). Europe's onshore and offshore wind energy potential. <http://www.eea.europa.eu/>; 2009.
15. Qingdao Changxin Yongda Trading. <https://rowaterplant.en.made-in-china.com/product/pOwaycUVAMRY/China-15m3-Hr-Seawater-Reverse-Osmosis-Desalination-Purifier-Treatment-Equipment.html>. [28 October 2023].
16. Houchins, C., James, B. D., & Acevedo, Y. (2020). Hydrogen storage cost analysis.37.