

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### BİYOTEKNOLOJİ İNOVASYON YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU FİKİR KATEGORİSİ

**PROJE ADI:** LIGHTEN.BIO

**TAKIM ADI:** RARE TEAM

**TAKIM ID:** T3-20945-156

**DANIŞMAN ADI:** Dr. Özkan FİDAN



## İçindekiler

### 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Son yıllarda artan bir ivmeyle gelişme gösteren ve hızla artarak gelişmeye devam edecek olan teknoloji dünyası ve buna bağlı olarak sürekli artmakta olan elektrik ihtiyacı, halihazırda kısıtlı olan kaynakları tüketme noktasında yadsınamayacak kadar ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Öte yandan, sürekli artmakta olan dünya nüfusu ve buna bağlı olarak sürekli artan kentleşme ve yaşam alanlarının genişlemesi aydınlatma amacıyla kullanılan elektrik tüketimini önemli derecede artırmaktadır.

Bu noktada, genetik ve biyoloji biliminin son teknoloji araç ve metotlarını kullanarak bu soruna sürdürülebilir, zararsız, çevre dostu ve ilerleyen aşamalarda mâli açıdan da son derece ekonomik bir çözüm olacak “Lighten.bio” (Türkçe: Biyolojik Aydınlatma) projesini sunmaktayız.

Geçmişte, biyoluminesans üretme kabiliyeti sonradan kazandırılmış bakteri ya da alg kullanımını temel alan bazı araştırmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, ya biyoluminesans genleri rekombinant olarak farklı bakterilerde ifade edilmiş, ya da halihazırda biyoluminesans özelliği olan bakterilerin verimliliği artırılmaya çalışılmıştır. Ancak, bu projenin yenilikçi özelliği ve vizyonu, daha önceden yapılanların aksine son yıllarda teknolojide yeni bir çağ açan CRISPR-Cas9 gen düzenleme ve sentetik biyoloji teknikleri kullanılarak genetik devrelerin “genetic circuit design” tasarlanması sonucu kontrollü biyoluminesans sisteminin oluşturulmasıyla yeni nesil bir ekosistemin kurulmasına öncü olmaktadır. Bu genetik devreler, kontrollü biyoluminesans üretimi sağlayarak mevcut elektrikli aydınlatma sistemlerini tam manasıyla taklit edecektir. Bu bağlamda aydınlatma amacına uygun, konseptimize özel tasarım sentetik mikroorganizmalar üretilip kullanılması projenin temel noktasını oluşturmaktadır. Sentetik olarak üretilmesi planlanan mikroorganizmalar çeşitli endüstriyel tasarımlara sahip özel petri kaplarında yaşam bulurken, günün aydınlık ve karanlık saatlerinde kendi ışık algılayıcı sensörleri ile biyoluminesans üretimini negatif ya da pozitif yönde uyarım yaparak kontrol etmesi hedeflenmektedir. Lighten.Bio olarak, aydınlatma ürünümüzün tabanını oluşturan mikroorganizmaların ömrünü tamamlaması üzerine ortaya çıkan mikroorganizma atığını biyoyakıt olarak kullanıp çevreci ve sürdürülebilir bir ekosistem kurmak, gelecek vizyonumuz arasında önemli ve büyük bir rol oynamaktadır (Görsel 1). Kullanılması hedeflenen alglerin lipid oranının yüksek olması biyoyakıt üretimi noktasında verimliliği arttıracığı tahmin edilmektedir. Özetle, hedeflenen ekosistem sayesinde dünyanın ihtiyacı olan sürdürülebilirliğe hem aydınlatma hemde enerji üretimi konusunda dikkate değer çözümler getirme yolunda adım atmış olacağız.

Misyonumuz, sentetik biyoloji ve gen düzenlemedeki yeni nesil teknolojilerden faydalanıp hem estetik hem de bütçe dostu bir çözüm sunarak, dünyaya daha çevreci ve sürdürülebilir bir aydınlatma yöntemini kazandırmaktır.

**Anahtar kelimeler:** Biyoteknoloji, Sentetik Biyoloji , Sürdürülebilirlik, Aydınlatma, Biyoluminesans, Luciferin, CRISPR-Cas9

## 2. Problem/Sorun:

21.yüzyılın dünyasında giderek büyüyen bir ivme ile artmakta olan teknolojik gelişmeler ve bunun karşısında değişiklik gösteren arz/talep oranı, günümüz insanını elektrik kullanımında ciddi değişikliklere maruz bırakmıştır. Dünya nüfusunun artması ve kentlerin giderek genişlemesi ile beraber elektrik üretim/tüketim sorunu küresel ve tahmin edilenden daha da ciddi bir hâl almıştır. Bu noktada yapılan araştırmalarda 1980’li yıllarda 7 bin 300 TeraWatt (TWh)’lık bir elektrik tüketimi söz konusuysen, 2013 yılında ise bu değer yaklaşık 3 katına çıkarak 22 bin 100 TWh’a ulaştığı görülmektedir [1]. Ayrıca, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının verilerine göre ülkemizdeki 2018 yılındaki elektrik tüketimi 2017 yılındaki elektrik tüketimine kıyasla %2.2 artmış olup 304.2 milyar kWh seviyesine ulaşmıştır. Lighten.Bio projemizde ise temelde ele aldığımız problem aydınlatma amacıyla kullanılan elektrik miktarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Prof. Dr. Mustafa Öztürk’ün Enerji ve Çevre Dünyası Dergisindeki raporuna göre Türkiye’de yaklaşık olarak 30 milyon konut olduğu kabul edilmektedir ve bir yılda aydınlatma için tüketilen elektrik enerjisi miktarı 13 milyar kWh ‘dir. Ayrıca, 2015 yılında Türkiye’de sokak, cadde, karayolu, alt-üst geçit, meydan, köprü, otoyol, tünel ve park-bahçe gibi toplu alanlarda aydınlatma için 7 milyon adet aydınlatma armatürü kullanılmış olup, toplamda 3 milyar 448 milyon 156 bin 387 kWh elektrik enerjisi tüketilmiştir [2]. Elektrik üretimi noktasında bakanlığın verilerine göre 2018 yılında %37.31’lik bir oranla kömür madenleri kullanılmaktadır. Günümüzde elektrik enerjisi sektöründe kömür dışında en çok kullanılan kaynaklara bakıldığında ise diğer madenler ve doğalgaz gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının başta yer aldığı görülmektedir. Elektrik Mühendisleri Odasına göre atmosfere yayılan sera gazlarının ve kirleticilerin büyük bir bölümü elektrik üretimi ve tüketimi ya da birbirine dönüştürülmesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin, CO<sub>2</sub> salınım seviyeleri 1990’da 22,15 gigaton iken 2014’te % 63’lük ciddi bir artışla 36,14 gigaton’a yükselmiştir. Araştırmalardan ve araştırma makalelerinden elde bu bilgilere ek olarak, günlük yaşamlarda özel sektörde olan çeşitli şirketler ve kamu kurumları elektrik kullanımında tasarruf politikası izlemeye çalışsalar da kümülatif ve uzun vadeli bir açıdan değerlendirildiğinde bu olası yaklaşımların sorunlara tam ve net bir şekilde çözüm olmadığı da görülmektedir (Görsel 2) [3].

Bu başlıkların yanı sıra çeşitli şekilde gündeme gelen ‘yenilenebilir enerji kaynakları’ konusunda ‘yenilenebilirlik’ özelliği her ne kadar umut vadeci ve sürdürülebilir algılansa da bu noktada, yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak elektrik üretimi ile ilgili olan engeller ve beraberinde getirdikleri çevresel ve ekonomik sorunlar da göz önüne alınmalıdır. Bu bağlamda, sorunlar ve de engeller listesinin en başında ekonomik koşullar gelmektedir. Başlangıç sürecindeki yüksek kurulum ve tesisin sürdürülebilirliğini sağlamak adına olan bakım için gereken maliyetler, finansal açıdan pek çok ülkenin ve/veya kurumun bu tür yaklaşımlara mesafeli kalmasına sebep olmaktadır. Engeller noktasında bir diğer önemli husus ise coğrafi koşullardır. Bu bağlamda rüzgar, su ya da güneş enerjisi ile çalışan yenilenebilir enerji tesislerinin maalesef istenilen her bölgede kurulması ve/veya sürdürülmesi mümkün değildir. Öte yandan, bu tür tesisler ve santraller, her ne kadar yenilenebilir enerji kaynaklarına göre çok daha çevreci bir anlayışa ve yapıya sahip olsa da çevre coğrafyaya, fauna ve flora olan etkisinin negatif etkilerinin olduğu da bilinen bir gerçektir. Tüm bu noktalar ve başlıklar göz

önüne alındığında, hızla artan ve aydınlatma amacıyla tüketilen elektriğe karşı geliştirilen çözümler de doğaya ve canlılara zarar vermektedir [4, 5].

### 3. Çözüm

Lighten.Bio olarak problem/sorun kısmında belirtilen aydınlatma ihtiyacını ve dolayısıyla aydınlatmada kullanılan elektrik tüketimi problemini biyoteknolojinin son teknoloji yöntemlerini kullanarak kontrollü biyoluminesans sağlayarak çözüyoruz. Lüsiferin, canlılardan ışık yayılmasına neden olan maddelerin genel adıdır. Biyoluminesans ise canlılardaki lüsiferin ile oksijenin lüsiferaz enzimleri aracılığı ile tepkimeye girmesi sonucunda oluşan bir süreçtir. Biyoluminesans, kendi yapısı gereği parlayabilen - luminescent - organizmalarda görülen, yaygın da sayılabilecek bir biyokimyasal tepkimedir [6]. Yaygın denebilecek olmasının sebebi ise, karanlıkta ışık yayma kabiliyeti ortalama 800 farklı cinsten 10.000 farklı türde doğada gözlemlenmiştir [6].

Biz Lighten.Bio olarak aydınlatmada kullanılan elektrik tüketimi sorununa daha etkili ve olabildiğince daha düşük maliyetli bir yol ile çözüme hedefiyle sadece ışık saçan canlıları ve biyoluminesans üretme kabiliyeti olan genleri direkt olarak kullanmak yerine CRISPR-Cas9 ve genetik devre konseptlerini birleştirerek ortaya ışığa duyarlı mikroorganizmalardan oluşan bir aydınlatma modeli çıkardık. Ürünümüzün çalışma prensibini tam olarak anlatabilmek için CRISPR-Cas9'un ve genetik devre dizaynının ana çalışma ilkelerini özet geçmek gerekirse genetik devre dizaynı hücre içinde belirli biyokimyasal maddelerin üretimini belirli şartlar altında artırmak veya azaltmak (durdurmak) olarak özetlenebilir [7]. Bizim projemizde ise ışığa duyarlı promotor (transkripsiyon başlatıcı) ve biyoluminesans üretebilecek kapasiteye sahip bir genetik devre mekanizması, alge aktararak sadece karanlık ortamda parlayan mikroorganizmalar oluşturmak için kullanılacaktır.

CRISPR-Cas9 ise doğada prokaryotik canlıların adaptif bağışıklık tepkisi olarak bulunur fakat genetik düzenleme metodu olarak şu an kullanılan CRISPR-Cas9 ise rehber RNA (single guide RNA, sgRNA) kullanarak, ki bu rehber RNA her hedef DNA dizisine özgüdür, Cas9 enzimini hedeflenen sekans dizisine yönlendirir. Cas9, DNA'nın iki ipliğinde de kesik oluşturarak, hücrenin DNA tamir mekanizmasını aktifleştirir ve bu mekanizma kullanılarak genom üzerinde istenildiği gibi ekleme, çıkarma, dizilim değişimi, vb. yapılabilir [8]. Bizim durumumuzda ise yukarıda da bahsedilen ışığa duyarlı genetik devreyi istenilen organizmaya aktarmak için kullanılması planlanmaktadır.

Sonuç olarak CRISPR-Cas9 ve genetik devre tasarımı konseptleri kullanılarak ışığa duyarlı yani sadece karanlık ortamlarda parlayan organizmalar sayesinde petri kabından başlayarak evlerimizi, sokakları, iş yerlerini ve dünyayı sürdürülebilir bir şekilde aydınlatmayı hedefliyoruz.



#### 4. Yöntem

Lighten.Bio olarak prototip ürünümüzü geliştirmek adına tasarlayacağımız ilk deneyde biyoluminesans genlerinin başlangıç için seçtiğimiz canlı türü olan *Escherichia coli*'ye gen transferinin yapılması planlanmıştır. Sonraki süreçte ise biyoluminesans kavramını genetik devre dizaynı ile beraber fonksiyonel bir biçimde çalıştırmanın kanıtlanması için öncü deneyler tasarlanmıştır. Deney için ışığa duyarlı promoter (transkripsiyon başlatıcı) ile biyoluminesans üretimini gerçekleştiren gen kısmı uygun bir plazmidde birleştirilerek genetik devremiz oluşturulacaktır. Bakteriyel biyoluminesans, lusiferin olarak indirgenmiş flavin mononükleotidi kullanması bakımından benzersiz olması ile beraber tüm hücrelerde bol miktarda bulunur ve bu sistemi tamamen genetik olarak *lux* operon tarafından kodlanabilir hale getirir. *lux* operonu regülatör ve 5 adet yapısal genlerden oluşmaktadır. Biz de Lighten.Bio olarak ilk deneysel çalışmamızda kullanacağımız plazmid'e *ilux* isimli geliştirilmiş *lux* operonu entegre etmeyi planlamaktayız [9]. Bu operonun transkripsiyon başlangıç faktörü olarak karanlığa duyarlı *lrtA* ve ışığa duyarlı *psbA2* isimli promoterlar tercih edilmiştir [10].

Bu ilk deneyde plazmidin *E. coli*'ye aktarımı transformasyon yöntemlerinden biri olan ısı şoku (heat-shock) kullanılarak yapılacaktır. Transformasyon prokaryotik hücreler için kullanılan bir yöntem olurken, aynı yöntemin ökaryotik hücrelerde kullanılması transfeksiyon olarak adlandırılır. Transformasyon yöntemlerinde bakteri hücrelerinin zarları kimyasal veya elektriksel yollar ile DNA aktarımına geçirgen hale gelir. Bu yöntemle plazmid DNA' yı içine alabilen hücreler "competent" olarak adlandırılır. Bu deneyin sonucu olarak genetik devre ile kontrol edilebilen biyoluminesans kavramının uygulanabilirliği kanıtlanacaktır. (Görsel 3)

İlk deneyden gelen kanıtlarla, alge uyumlu promoter bulunup yeni bir plazmid tasarlanıp üretilecektir. Bu yeni plazmidin transfeksiyon yolu ile alge aktarımı sağlayacak olan ikinci bir deney tasarlanmıştır. Transfeksiyon sonrası elde edilen algelerde, algelerin ömür süresinin ve biyoluminesans fonksiyonunu koruma süresinin hesaplanması ile beraber yaydıkları ışığın gücü de kontrol grubuyla karşılaştırma yapılarak test edilecektir.

İkinci deneye ek olarak en uygun ortam koşulları, optimum transfeksiyon için gerekli bileşik ve maddelerin en uygun konsantrasyonlarının bulunması gibi birçok maliyet düşürücü faktörlerin hesaplanması için de optimizasyon deneyleri tasarlanmıştır. Bu süreç genel olarak ikinci deneye benzer olup, kullanılan adımların üzerinde değişiklik yapılması üzerinden gidilecektir.

Yapılan bu deneyler silsilesinden sonra oksilüsiferinin farklı formları (Görsel 6) ile birden fazla renkte aydınlatma sağlayan ürünlerin üretilmesi ile ürün çeşitliliğini artırma noktasında yeni stratejiler geliştirilecektir.

#### 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Mikroorganizmalar tarafından kullanılan ve bir tür kimyasal ışıltama olan biyoluminesans, kimyasal enerjiyi ışık enerjisine çevirerek aydınlatma sağlaması doğada görülebilen olağan ve

hatta yaygın bir süreçtir. Lighten.Bio olarak bu noktada doğadan esinlenerek tekrardan doğaya katkı sağlamak amacıyla projemize başlamaya karar verdik.

Geçmişte yapılan çeşitli bilimsel araştırmalarda, biyolüminesans üretebilme kabiliyeti bazı mikroorganizmalarda rekombinant DNA teknolojileri kullanılarak aydınlatmanın sağlanması amacıyla denenmiştir. Yapılan çalışmalarda mikroorganizma olarak bakteri türleri kullanılmıştır. Ancak gelinen sonuç ise mikroorganizmaların ömrü kısa olduğu için uzun süreli bir aydınlatma sağlanamamış ve fiyat performans ürünü ortaya konulmamıştır. Bunlara ek olarak, sadece tek bir renk ile aydınlatma sağlanmış ama güçlü bir ışık oluşturulmamıştır. 27 Nisan 2020'de yayınlanan bir başka çalışmada ise biyolüminesans kullanılarak aydınlatma sağlanması bitkiler üzerinde denenmiştir [11].

Bizler ise Lighten.Bio olarak mevcut aydınlatma sistemlerin aksine kontrollü bir sistem ile ışığa duyarlı bir şekilde kontrol edilebilen biyolüminesans tasarlayarak en önemli yenilikçi yönümüzü sunmaktayız. Bu yenilikler, CRISPR-Cas9 gen düzenleme teknolojisi ve genetik devre tasarımı sayesinde ulaşılabilecektir. Kontrollü biyolüminesans üretebilen mikroorganizmalar gün ışığına duyarlı bir halde olacakları için aydınlık ortamda metabolik aktivitelerini durdururken veya yavaşlatırken, karanlık ortamlarda ise tekrardan aktif hale gelip buldukları çevreyi aydınlatmaya başlayacaklardır. Bu özellik sayesinde hem mikroorganizmaların besin tüketimi azalırken yaşam süresi uzayacak hem de aydınlatma süreleri artacaktır. Aynı zamanda, kullanılan mikroorganizmalar sadece günün belirli bir döneminde aktif oldukları için daha güçlü bir ışık vereceklerdir. Bu hususta, doğada bulunan akşam sefası bitkisinden esinlenilmiştir. Akşam sefası bitkisi gün içinde solgun bir halde dururken, gün ışığının azalması ve akşam vaktinin girmeye başlamasıyla birlikte çiçeklerini açar. Bu ve buna benzer durumları doğada görmek oldukça mümkündür. Örneğin, ayçiçeği bitkisi de güneş ışınlarına karşı tepki vererek güneşe yönelir. Bizler ise bu durumu mikroorganizmalar üzerinde tasarlayıp uygulayacağız.

Lighten.Bio olarak genetiği tasarlanmış mikroorganizmaları laboratuvar ortamında ürettikten sonra yenilikçi yönlerimizden olan mikroorganizma teslim mekanizmasının depo kısmına aktaracağız (Görsel 5). Aydınlatma sağlayan mikroorganizmaları bu mekanizma ile birlikte farklı dekoratiflerle tasarlanmış saydam materyallerin içerisine aktaracağız. Bu sayede mikroorganizmaların vücut ile temasını engellemiş olup ve güvenliği artırmış olacağız. Dahası, yaşam ömrünü yitirmiş mikroorganizmaların yenisi ile değişim sürecinde mikroorganizma teslim mekanizmasının vakum özelliği kullanılacaktır. Bu sayede, kullanılacak materyal değişmeden içerisinde bulunan aydınlatma sağlayan mikroorganizmaların değişimi sağlanacaktır. Böylelikle, kullanılan materyal çöpe gitmeyecek ve buradan da tasarruf sağlanmış olunacaktır. Ayrıca, mikroorganizma olarak alglerin kullanılması da söz konusu olabileceği için yaşam ömrünü bitirmiş algler mikroorganizma teslim mekanizması sayesinde kullanılan materyalden alınacaktır. Alglerin yağ içeriği, hızlı biyokütle oluşturması ve lipid birikimi yapması özelliği sayesinde biyoyakıt üretimi konusunda büyük bir potansiyeldir. Lighten.Bio olarak projemizin gelecek hedefi, kullanılan algleri biyoyakıt üretiminde kullanmaktır ve böylelikle sürdürülebilir yeni nesil bir ekosisteme katkı sağlama noktasında büyük bir rol oynayacaktır.

Lighten.Bio'nun bir diğer yenilikçi yönü ise aydınlatma rengi olarak sadece tek bir renk değil birçok renkte aydınlatma sağlamasıdır. Görsel 6'da oksi-lüsiferinin (oxyluciferin) 6 farklı formda kimyasal yapısı görülmektedir. Oksi-lüsiferin yapısının farklı formlarını kullanarak kırmızı, yeşil ve mavi gibi farklı renklerin floresan spektrumuna ulaşılabilecektir. Bu sayede birden fazla renkli biyoluminesans üretimi sağlanacaktır [12].

Ek olarak, ülkemizde böyle çevreci, sürdürülebilir ve biyoteknolojik bir ürünün henüz olmaması ve dahası dünyada ise bu sistemin kontrollü bir halde bulunmaması Lighten.Bio'nun yenilikçi özellikleri arasındadır. Kısaca, bu çalışmalar ışığında sürdürülebilir, yeni nesil, çevreci ve bütçe dostu sentetik bir aydınlatma hizmeti sunmaktayız. Projemizin ilerleyen safhalarında ise yenisi ile değiştirilmiş ömrünü tamamlayan bakterileri, alg ya da diğer mikroorganizmaları da çeşitli kimyasal ve genetik dönüşümlere uğratarak biyoyakıt elde edilmesi hedeflenmekte olup çevreci ve sürdürülebilir bir ekosistem kurulması planlanmaktadır.

## 6. Uygulanabilirlik

Mikroorganizmalar tarafından kullanılan biyoluminesansın doğada bulunarak aydınlatma sağlaması ve geçmişte biyoluminesans kullanılarak araştırmalar yapılması projenin temelini oluşturmakla birlikte projenin uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Teknolojimizin uygunluğu noktasında teknoloji hazırlık seviyesi (TRL - Technology Readiness Level) baz alındığında, çalışmamız ve deneylerimiz laboratuvar ortamında kanıtlanabilir/yapılabilir ve ortaya ürün olarak prototip çıkarılabilir düzeyde olup Lighten.Bio projemiz 4. seviyededir. İlk prototipi geliştirdikten sonra ticari bir ürün olarak sunmak için optimizasyon deneylerine ağırlık verilecektir. Laboratuvar deneyleri ile birlikte optimizasyon işlemlerinin de tamamlanmasıyla endüstriyel bir tasarım ile ürünlerimizi hizmete sunulacaktır. Bu noktada, genetik olarak tasarlanan mikroorganizmaları içerisine yerleştirilerek aydınlatma kaynağı olacak saydam ve dekoratif materyallerin yapılması için sanayi alanından faydalanılacaktır.

Lighten.Bio projesinde bakteri ve alg gibi mikroorganizmalar kullanılacağı için toksitesite yönünden birtakım endişeler risk gibi görülse de kullanılacak mikroorganizmalar toksik ve patojenik değildir. Ek olarak kullanılacak besiyerinde toksik ve hastalık yapıcı bir etken madde bulunmamaktadır. Sadece deney sürecinin ilk aşamasında uygulanabilirliği kanıtlamak amacıyla *E. coli* kullanılacaktır ve son üründe yer almayacaktır. Buna rağmen, güvenliği artırmak amacıyla mikroorganizmaları materyallere yerleştirirken veya yenisiyle değişim işlemi yapılırken mikroorganizma teslim mekanizması kullanılacaktır. Bu sayede vücut ile temas etmeden ürünlerimiz rahatlıkla kullanılabilir olacaktır.

Risk olarak görülen bir diğer durum ise fiyat-performans ürünlerini ortaya koyabilmektir. Mikroorganizmaların besinlerini hızla tüketmesi, ömürlerinin kısa olup kısa bir süre sonra ölmeleri ürünlerimizin aydınlatma süresini azalacaktır. Bu durumlar yeni ürün yapımı ve uzun süreli kullanım için maliyeti artıracaktır. Bu durumlarla karşılaşılması halinde en temel bileşenleri ve ihtiyaçları içeren minimal besiyeri içerisindeki yavaş büyüyen bakteri ya da alg türlerinin seçimine dair optimizasyon deneyleri ile çözümler bulunmaya çalışılacaktır.



Lighten.Bio projemiz ile Teknofest Biyoteknoloji İnovasyon yarışmasının fikir kategorisine katılmakla beraber fikirlerimizi hayata geçirmek amacı doğrultusunda projemizi bir adım daha öteye taşımak için genel hatlarıyla proje prototip maliyetimizi oluşturduk. Planlanan maliyet ise aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

- Plasmid birim başına 75\$ olup referans fiyatları Addgene'dan alınmıştır. Plasmid sayısı bir adetle sınırlı kalmayıp, optimizasyon deneyleri süresince değişen türlere ve farklı genlere göre değişiklik gösterecektir. Deneyler esnasında birden fazla plasmid türü kullanılacaktır.
- Restriction enzim fiyatları ve birimleri oldukça değişkenlik göstermekte iken fiyatlar 25\$ ile +70\$ arasında oynamaktadır ve referans fiyatları TransGen Biotech'dan alınmıştır.
- Taq DNA polymerase enzimi 500-1000 reaksiyonluk birimi 125-200\$ olup fiyatlar TransGen Biotech kataloglarından referans alınmıştır.
- DNA Ligase enzimi 10000 reaksiyonluk birimi 30\$ olup referans fiyatları TransGen Biotech'dan alınmıştır.
- 100bp - 1.5kb DNA ladder için 500µL'si 18\$ - 30\$ olup fiyatlar TransGen Biotech katalogları referans alınmıştır.
- Etidyum bromür çözeltisi 10mL'i 15\$ olup referans fiyatı Carl Roth firmasından alınmıştır.
- Plasmid DNA Purification Kit 50 reaksiyonluğu 60\$ olup referans fiyatları TransGen Biotech'dan alınmıştır.
- Gel Extraction Kit 200 reaksiyonluk fiyatı 115\$ olup referans fiyatları TransGen Biotech'dan alınmıştır.
- Kanamycin antibiyotığının 5 ml fiyatı 25\$ olup referans fiyatları TransGen Biotech'dan alınmıştır.
- Ampicillin antibiyotığının 5 ml fiyatı 25\$ olup referans fiyatları TransGen Biotech'dan alınmıştır.
- IPTG 'nin 5 ml fiyatı 35\$ olup referans fiyatları TransGen Biotech alınmıştır.
- Gerekli olan 3 mikropipet (bir adet 0.2-2 µl, bir adet 1-10 µl, bir adet 10-100µl ve bir adet 100-1000µl pipet) 750\$ olup çeşitli yurt dışı tedarikçilerinin katalogları referans alınmıştır.
- Alg 30mL'ini ortalama 30€ olup referans fiyatları Breckland Scientific Supplies'dan alınmıştır.
- *Escherichia coli* competent cells(hücre) (DH5-alpha) 12 reaksiyonluk fiyatı 100\$ olup referans fiyatları LuciGen firmasından alınmıştır.
- 360 adet Petri kab 405₺ olup referans fiyatları Labor'dan alınmıştır.
- LB Agar'ın 250 gramı 30\$ olup referans fiyatları Carl Roth firmasından alınmıştır.

PLANLANAN TOPLAM MALİYET: 1770 \$ ≈ 12000 TL

**NOT 1:** Bu fiyatlar ilk prototip için hesaplanmıştır ancak sadece prototip ile kalmayıp ilk ürünlerin oluşumunda da kullanımına yeterli olacaktır.



**NOT 2:** Ürünlerin neredeyse tamamı yurt dışı menşeli olmakla beraber sipariş üzerine çeşitli platform ve/veya tedarikçiler aracılığı ile getirilecektir. Bu nedenle toplam fiyat bandına kargo ücretleri dahil edilmemiştir.

**NOT 3:** Deneyler sırasında kullanılacak cihazların sayısı sınırlı olmakla beraber cihazların erişimi noktasında AGÜ bünyesinde bulunan çeşitli laboratuvarların yöneticileri (supervisor) ile işbirliği sağlanmıştır.

### 7. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):

Projemizin ve ürünlerimizin hedef kitlesi kapsamında spesifik olarak Lighten.Bio ilk aşamada aydınlatma amacıyla tüketilen elektrik miktarını azaltmayı hedefleyen çevre dostu bir ürün ile dünyayı daha sürdürülebilir bir yaşam haline getirme hayaline ortak olan bir kitleyi erken benimseyenler olarak görüyor ve hedefliyoruz. Bu sebeple, hizmetimizin öncül ürününün piyasaya sürülmesindeki maaliyeti sebebiyle pazarı hedeflerken ilk ürünümüzde yüksek kalite ve yüksek ücret bandına odaklanılacaktır. Projenin ilerleyen süreçlerinde artan verim ve azalan maliyetler sonucunda aydınlatma ürünümüz, çevre dostu olan tüm bireylere ve endüstriyel anlamda daha iyi bir tasarıma sahip bir şekilde büyük mekanlar için de hizmet verecek olup, bu noktada çeşitli özel ya da kamuya ait kurum ve kuruluşlara hizmet verilmesi planlanmaktadır.

### 8. Proje Ekibi

**Takım Lideri:** Furkan M. Torun

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Araştırma Tecrübesi
Furkan M. TORUN	Proje planlaması ve <i>in-silico</i> yaklaşımlar	Abdullah Gül Üniversitesi/ Mol. Bio. ve Genetik (2. Sınıf)	2 yıl - Biyoinformatik Çalışmaları
Ceyhun SARI	Optimizasyon sürecinin yürütülmesi	Abdullah Gül Üniversitesi/ Mol. Bio. ve Genetik (2. Sınıf)	1 yıl - İlaç keşif ve Geliştirme Çalışmaları
Kardelen GÖKÇEN	Deney koordinatörlüğü	Abdullah Gül Üniversitesi/ Mol. Bio. ve Genetik (2. Sınıf)	2 yıl - Kanser Çalışmaları
İsmail Emre YAĞMUR	Malzeme temini ve bütçe planlaması	Abdullah Gül Üniversitesi/ Mol. Bio. ve Genetik (2. Sınıf)	1.5 yıl - Enzim ve Şeker Biyolojisi Araştırmaları

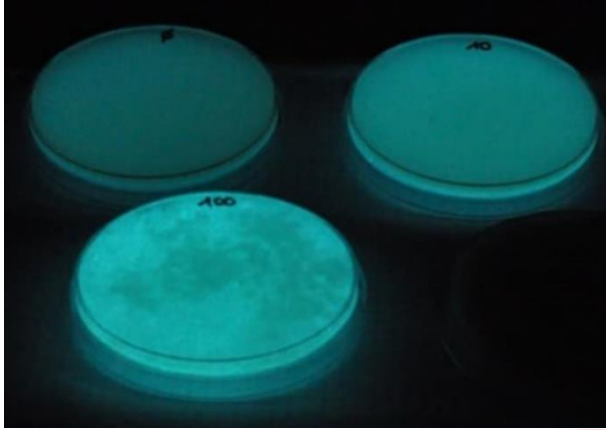
## 9. Kaynaklar

1. Liu, Z. (2015). Global Energy Development: The Reality and Challenges. *Global Energy Interconnection*, 5–53. doi: 10.1016/b978-0-12-804405-6.00001-4
2. Öztürk, M. (2019). Aydınlatmada Enerji Verimliliği. *Enerji ve Çevre Dünyası Dergisi*, 153. Sayı. <http://www.enerji-dunyasi.com/edergi/6/153/36/index.html>
3. Abeydeera, L. H. U. W., Mesthrige, J. W., & Samarasinghalage, T. I. (2019). Global Research on Carbon Emissions: A Scientometric Review. *Sustainability*, 11(14), 3972. doi: 10.3390/su11143972
4. Azarpour, A., Suhaimi, S., Zahedi, G., & Bahadori, A. (2012). A Review on the Drawbacks of Renewable Energy as a Promising Energy Source of the Future. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 38(2), 317–328. <https://doi.org/10.1007/s13369-012-0436-6>
5. Aydın, N., Kentel, E., & Sebnem Duzgun, H. (2013). GIS-based site selection methodology for hybrid renewable energy systems: A case study from western Turkey. *Energy Conversion And Management*, 70, 90-106. doi:10.1016/j.enconman.2013.02.004
6. Fleiss, A., Sarkisyan, K.S. A brief review of bioluminescent systems (2019). *Curr Genet* 65, 877–882 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00294-019-00951-5>
7. Brophy, J. A., & Voigt, C. A. (2014). Principles of genetic circuit design. *Nature methods*, 11(5), 508–520. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2926>
8. Adli, M. The CRISPR tool kit for genome editing and beyond. *Nat Commun* 9, 1911 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04252-2>
9. Gregor, C., Gwosch, K. C., Sahl, S. J., & Hell, S. W. (2018). Strongly enhanced bacterial bioluminescence with the lux operon for single-cell imaging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(5), 962–967. doi: 10.1073/pnas.1715946115
10. Imamura, S., Asayama, M., & Shirai, M. (2004). In vitro transcription analysis by reconstituted cyanobacterial RNA polymerase: roles of group 1 and 2 sigma factors and a core subunit, RpoC2. *Genes to Cells*, 9(12), 1175–1187. doi:10.1111/j.1365-2443.2004.00808.x
11. Mitiouchkina, T., Mishin, A.S., Somermeyer, L.G. et al. Plants with genetically encoded autoluminescence. *Nat Biotechnol* (2020). <https://doi.org/10.1038/s41587-020-0500-9>
12. Lee, J, et al. (2015). STRUCTURE and SPECTRA in BIOLUMINESCENCE. Retrieved from <http://photobiology.info/Lee-Vysotski.html>.

EK-1



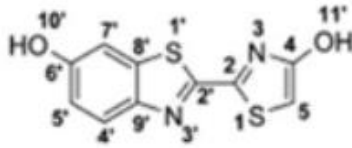




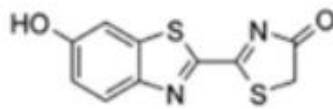
Görsel 4: Ürünümüzün beklenen ilk prototip sonucu



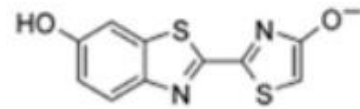
Görsel 5: Planan mikroorganizma teslim mekanizması ve mikroorganizma deposu



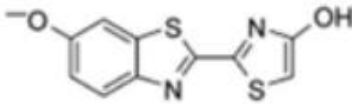
**oxy-Luciferin**



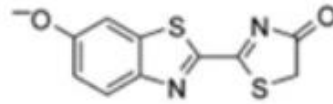
**keto-oxy-**



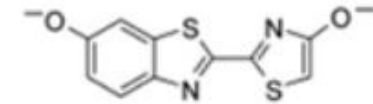
**enolate-oxy-**



**phenolate-oxy-**



**phenolate-keto-oxy-**



**phenolate-enolate-oxy-**

Görsel 6: Birden fazla renk opsiyonunu sunmak adına 6 farklı oksi-lüsiferin bileşiğinin kimyasal yapısı[7]

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİLERİ