



Bu program Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti
tarafından finanse edilmektedir.

Proje Adı

Enerji Verimliliği Paydaşları Arasında İletişim ve Veri Paylaşım Ağının Gclendirilmesi

EuropeAid/139044/ID/AC/TR

Referans: CFCU/TR2014/DG/04/A1-04

Aktivite 1.2.

Enerji Tüketim Göstergeleri ve Verimlilik Potansiyeli Analiz Raporu



Aktivite 1.2.

Enerji Tüketim Göstergeleri ve Verimlilik Potansiyeli Analiz Raporu

"Bu yayın Avrupa Birliği'nin mali desteği ile hazırlanmıştır. İçerik tamamıyla Enerji Verimliliği ve Yönetimi Derneği'nin (EYODER) sorumluluğu altındadır ve Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtmak zorunda değildir."

Editör: Dr. M. Berker Yurtseven

Basım: Yıldız Matbaa ve Dijital Baskı

Yayın No: EYODER 2020.01.T

İlk Baskı: Şubat 2020, Ankara – Türkiye

Bu rapor, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü Enerji Planlaması ve Yönetimi Anabilim Dalı tarafından İTÜ NOVA Teknoloji Transfer Ofisi aracılığıyla "Enerji Verimliliği Paydaşları Arasında İletişim ve Veri Paylaşım Ağının Güçlendirilmesi" (EuropeAid / 139044 / ID / ACT / TR ve Referans: Enerji Verimliliği ve Yönetimi Derneği (EYODER) tarafından yürütülen CFCU / TR2014 / DG / 04 / A1-04) projesi kapsamında hazırlanmıştır.

Telif Hakkı 2020, EYODER, Enerji Verimliliği ve Yönetimi Derneği.

Bu yayının tamamından veya bir kısmından yapılacak alıntılarda, yayının tam başlığı, yazarı ve hak sahibi (EYODER) belirtilmelidir. Her hakkı saklıdır.

ENERJİ TÜKETİM GÖSTERGELERİ VE VERİMLİLİK POTANSİYELİ ANALİZ RAPORU

İÇİNDEKİLER

- 1. GİRİŞ**
 - 2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ PAYDAŞLARI PLATFORMU**
 - 2.1 Enerji Verimliliği Paydaşları Platformu Yapısı
 - 3. VERİ ANALİZİ**
 - 3.1. Metodoloji
 - 3.2. Bütün Verinin İncelenmesi
 - 3.3. Proje Verilerinin İncelenmesi
 - 3.4. Etüt Verilerinin İncelenmesi
 - 4. SONUÇ VE TARTIŞMA**
- Ek1 Veri Örnekleri**

1. GİRİŞ

Bu rapor, Enerji Verimliliği ve Yönetimi Derneği (EYODER) tarafından yönetilen “Enerji Verimliliği Paydaşları Arasında İletişim ve Veri Paylaşım Ağının Güçlendirilmesi” (EuropeAid / 139044 / ID / ACT / TR ve Referans: CFCU / TR2014 / DG / 04 / A1-04) adlı projenin 1.2 numaralı faaliyetine yönelik hazırlanmıştır. Bu faaliyet, “enerji verimlilik fırsatları” hakkında analizler yaparak enerji verimliliği potansiyelini tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Hedef, endüstriyel alt sektörler ve bina türleri başına enerji tüketim göstergelerini kullanarak potansiyel enerji verimlilik fırsatlarını belirlemek ve kıyaslama için ortalama değerler belirlemektir. Analizler, paydaşlar tarafından çevrimiçi bir platforma girilen (Enerji Verimliliği Paydaşları Platformu – EVPP) proje bilgileri ve enerji tüketimi verilerine dayanmaktadır. Paydaşların enerji tüketim verilerinin analizi, enerji verimliliği etütlerini ve uygulanmış projelerini diğer paydaşlarla karşılaştırmalarını sağlayacaktır. Enerji Verimliliği potansiyelini endüstriyel alt sektörler, bina tiplerine vb. göre sınıflandırmak da mümkün olacaktır.

Platform ayrıca enerji verimliliği paydaşları arasında iletişimi sağlayacağı için, işbirliği kanallarını da açacaktır. Bu enerji verimlilik analizi sonucunda, bir paydaş için herhangi bir uygulamada hizmet gerektiğinde, veri tabanından gerekli hizmetleri sunabilecek başka bir kayıtlı paydaş bulma olanağı da mevcuttur.

Bu rapor:

- Enerji Verimliliği Paydaşları Platformu’nun tanıtımı
- Veri analiz metodolojisi
- Veri tabanı analitiği
- Gelecek öneriler
- Sonuçlar ve tartışmayı içermektedir.

2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ PAYDAŞLARI PLATFORMU - EVPP

Bir veritabanı oluşturmak için EVPP’den veri toplanması hedeflenmiştir. EVPP’nin veri tabanı sadece enerji verimliliği danışmanlık (EVD) şirketleri değil, aynı zamanda sertifikalı enerji yöneticileri (EY), enerji etütleri yapmakla yükümlü sanayi kuruluşları, sivil toplum kuruluşları (STK), finansal kurumlar ve tedarikçileri de içerecektir. Veritabanı çevrimiçi bir içerik yönetimi yazılımı kullanılarak oluşturulmuş ve projenin ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiştir. Enerji verimliliği paydaşları kolayca bir hesap oluşturabilir ve kendi verilerini sisteme girebilirler. Gerçek kişiler cinsiyet (zorunlu değil), demografik bilgiler, eğitim durumu, mesleki deneyim, sektör, eğitim durumu, iletişim bilgileri, firma/kurum ve sertifikalarını; tüzel kişiler firma ismi, çalışan sayısı, sektör ve şirket yetkilisinin bilgilerini sisteme girebilirler. EYODER tarafından hem gerçek hem de tüzel kişilerden daha önce yaptıkları veya devam eden enerji verimliliği etüt veya projeleri ile ilgili verileri platforma girmeleri istenmiştir.

EVD şirketleri müşteri verilerinin gizliliğini sağlamakla yükümlü olduğu için alınacak veriler anonimleştirilerek veri tabanına aktarılacaktır.

2.1. EVPP’nin Yapısı

Platform için bir alan adı (<http://www.evp.org.tr>) alınmıştır. Bir içerik yönetim yazılımı, projenin ihtiyaçlarına göre kurulmuş ve özelleştirilmiştir. Platformun dili Türkçedir. Platform iki farklı moda çalışmaktadır. İlk mod paydaş modu, ikincisi veri sağlayıcı modudur. Kullanıcıları sisteme kaydetmek için bir kayıt formu kullanılmıştır. Platformu kullanmaya başlamak için kayıttan sonra yöneticinin onayı gerekmektedir.

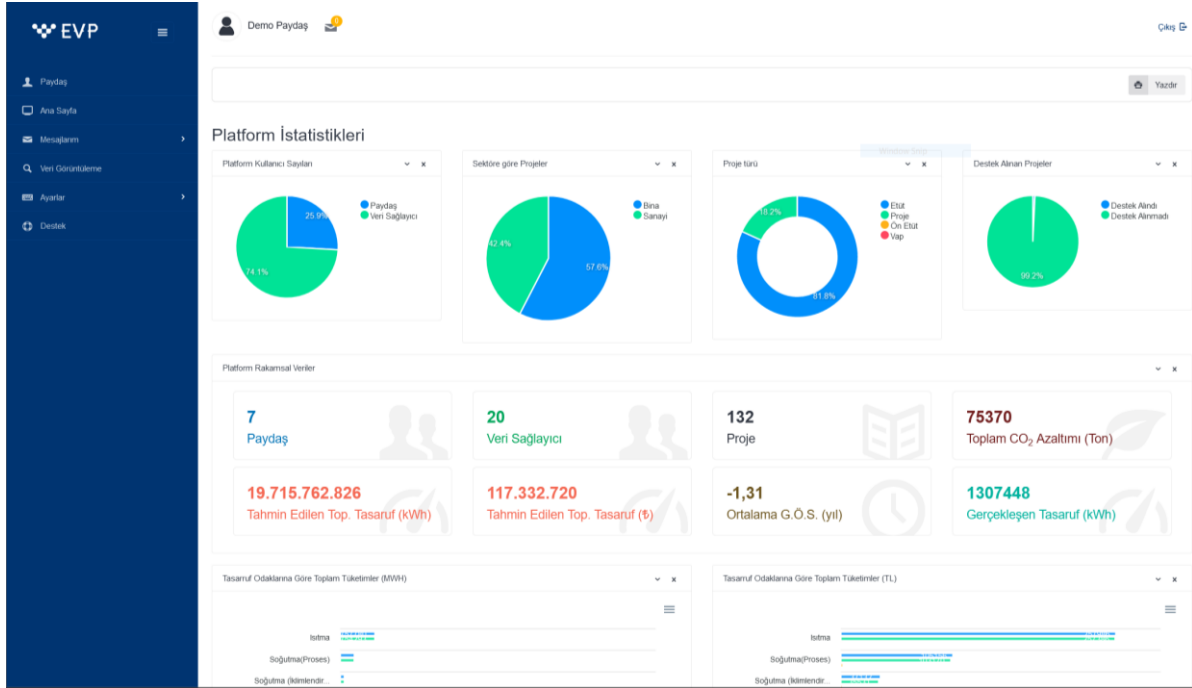
“Paydaş” modunun özellikleri:

- Kullanıcılar paydaş olarak adlandırılır
- Kullanıcılar projeleri anonim olarak arayabilir ve filtreleyebilir
- Kullanıcılar diğer paydaşları ve veri sağlayıcılarını arayabilir ve iletişim kurabilir
- Kullanıcılar duyuruları okuyabilir ve son gelişmeleri takip edebilir
- Kullanıcılarla diğer paydaşlar ve veri sağlayıcılar tarafından iletişim kurulabilir
- Kullanıcılar EYODER'a mesaj gönderebilir ve sorun bildirebilir

“Veri Sağlayıcı” modu, “Paydaş” moduna ek olarak aşağıdaki özellikleri içerir:

- Kullanıcılar veri sağlayıcı olarak adlandırılır
- Kullanıcılar projelerini EVPP'ye ekleyebilir
- Kullanıcılar projelerini veri tabanındaki diğer projelerle karşılaştırabilir
- Kullanıcılar görsel raporlar oluşturabilir

Platformun ana sayfası her iki mod için de aynıdır. Kullanıcılar ana sayfada projelerin temel bilgi ve değerlerini görebilirler (Şekil 1).



Şekil 1. EVPP ana sayfası

Sayfadaki grafikler, kullanıcıların deneyimlemesi için etkileşimli veri görselleştirme araçlarıdır. Kullanıcılar, grafik açıklamalarına tıklayarak veri kategorilerini filtreleyebilir. Ayrıca grafikler imleç hareketi ile daha fazla bilgi gösterecek şekilde yapılandırılmıştır.

Verileri daha ayrıntılı bir şekilde filtrelemek için, kullanıcılar “veri görüntüleme” menüsünü kullanabilir (Şekil 2).

Portal / Veri Görüntüleme

Yazdır

Proje Yılı	Proje Türü	Tasarruf Odağı	Tahmini Tasarruf (kWh)	Şehir
Min Max	Hepsi	Hepsi	Min Max	Hepsi
Sektör	Kaynak Tipi	Destek Alınma Durumu	Gerçekleşen Tasarruf kWh	Ara
Hepsi	Hepsi	Hepsi	Min Max	

Şekil 2. Veri görüntüleme menüsü

Gelişmiş arama için, kullanıcılar aşağıdaki kategorileri kullanabilir:

- Proje yılı
- Proje türü
- Proje şehri
- Enerji verimliliği odağı (fırsat)
- Tahmini tasarruf
- Gerçekleşen tasarruf
- Sektör – alt sektör
- Enerji kaynağı türü
- Destek alınma durumu

Ayrıca, projelerin şehirlere göre dağılımını görmek için interaktif bir Türkiye haritası eklenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Projelerin şehirlere göre dağılımı

Paydaşlar kendilerini platforma aşağıdaki şekillerde kaydedebilir:

- Bina etüt proje uzmanı
- Sanayi etüt proje uzmanı
- EKB uzmanı
- Enerji yöneticisi
- ISO 50001 danışmanı
- ISO 50001 denetçisi

Ayrıca, kullanıcılar ad, firma veya sektör bilgileri ile yukarıda belirtilen sertifikalara sahip diğer kullanıcıları da arayabilirler (Şekil 4).

Portal / Veri Görüntüleme / Kişi Arama

Adı veya Soyadı

Sertifika

- Bina Etüt Proje uzmanı
- EKB Uzmanı
- Enerji Yöneticisi
- ISO-50001 Danışmanı
- ISO-50001 Denetçisi
- Sanayi Etüt Uzmanı

Firma

Sektör

Şekil 4. Kişi arama ekranı

Veri sağlayıcısı kullanıcılar, “Projelerim” menüsünden veri girebilirler. Aynı menüyü kullanarak, projeleri virgülle ayrılmış değerler (csv), excel veya pdf formatında dışa aktarabilirler. Proje girişi için iki ana bölüm vardır: proje künyesi ve proje bilgileri bölümü (Şekil 5).

Proje Künyesi

Proje Kopyala ?

Proje Türü ?

Proje Adı * * Yapacağınız tüm girişlerde proje ismi ve giriş yapan kişi/kurum bilgileri görünmeyecektir. Proje adına kendi takip ve aramalarınızı kolaylaştıracak isim veriniz.

Proje Yılı * *

Proje Açıklaması * * Maksimum 180 karakter. Proje hakkında genel bilgi veriniz. Bilgiler anonim olarak görüntüleneceğinden kurum/kuruluş isimleri yazmayınız.

Şehir * *

Sektör * *

Proje Bilgileri

Proje Konusu (Tasarruf Odakları) * Her tasarruf projesi için bir adet tasarruf odağı seçilebilir. Etütlerinizde ya da verimlilik projelerinizde birden fazla tasarruf odağı varsa bunları ayrı ayrı ekleyebilirsiniz. Yukarıdaki "künye getir" alanından mevcut tasarruf projelerinizin künyesini kopyalayarak daha hızlı işlem yapabilirsiniz.

- Isıtma
- Soğutma (iklimlendirme)
- Sokak Aydınlatması
- Aydınlatma (Sokak Aydınlatması Hariç)
- Atık ısı (Güç Üretimsiz)
- Atık Isı (Güç Üretimli)
- Enerji Sistemleri
- Ölçme, Takip Etme ve Enerji Yönetimi
- Güneş Kolektörü

- Soğutma(Proses)
- Motor
- Pompa
- Diğer
- Bina Bileşenleri (Duvar, Çatı, Pencere vb.)
- HVAC
- İlgi ve İletişim Sistemleri
- Basınçlı Hava
- Kojenerasyon

Şekil 5. Yeni proje giriş ekranı

Kullanıcı sisteme proje bilgilerini proje adı, yılı, şehri, sektörü (sanayi veya bina), türü vb. olarak girebilir. Her proje altında kullanıcıların seçmesi için bazı kategoriler tanımlanmıştır. Bu kategoriler aşağıdaki gibidir:

- Isıtma
- Soğutma (HVAC)
- Yol aydınlatması
- Aydınlatma (yol aydınlatması dışında)
- Atık ısı (güç üretimsiz)
- Atık ısı (güç üretimli)
- Enerji sistemleri
- Ölçme, takip etme ve enerji yönetimi
- Güneş kolektörü
- Soğutma (proses)
- Motor
- Pompa
- Diğer
- Bina bileşenleri (duvar, çatı, pencere vb.)
- Basıncılı hava
- Kojenerasyon
- Bilgisayar sistemleri

Daha sonra kullanıcılar proje tipini, projenin yılını, şehri, sektörü, alt sektörü, enerji kaynağı tipini, etüt / projeden önceki enerji tüketim değerlerini, tahmini enerji tüketim değerlerini (etüt / projeden sonra) ve gerçekleşen enerji tüketim değerleri (proje uygulanırsa) ve yatırım maliyetini girebilir. Bu veriler girildikten sonra, tahmini yıllık enerji tüketimi azaltımı ve tahmini geri ödeme süresi ile CO₂ salımı azaltımı (enerji kaynağına bağlı olarak) girdilerden otomatik olarak hesaplanır (Şekil 6).

Tasarruf Projesi için destek alındı mı?

Destek Aldıysanız Detayı Yazın

Kaynak Tipi *

Projeden önceki tüketim (kWh/yıl)

Projeden önceki tüketim (TL/yıl)

Tahmin edilen değerler Gerçekleşen değerler

Tahmin edilen tüketim (kWh/yıl)

Tahmin edilen azaltım (kWh/yıl)

Tahmin edilen azaltım (CO²/yıl)

Tahmin edilen tüketim (TL)

Tahmin edilen yıllık net Tasarruf (TL)

Tahmin edilen yatırım tutarı (TL)

Tahmin edilen G.Ö.S.

Şekil 6. Yeni proje giriş ekranı

Ayrıca, veri girişini basitleştirmek için veri sağlayıcılar, yeni verimlilik odağı (fırsat) eklemek için projelerini kopyalayabilir, eski projeyi bir şablon olarak kullanabilir ve yeni bir proje oluşturmak için mevcut projenin değerlerini değiştirebilir. Bir sonraki bölümde proje kapsamında veri sağlayıcılar tarafından platforma girilen veriler analiz edilmiştir.

3. VERİ ANALİZİ

Bu bölümde kullanıcıların platforma girdiği proje bilgilerini içeren csv dosyası analiz edilmiştir. Dosya, Ocak 2020 süresince platforma girilen 147 satır veri (proje bilgisi) içermektedir, verilerin küçük bir kısmı örnek olarak Ek-1'de verilmiştir. Verilerin analizinde R istatistiksel programlama dili kullanılmıştır. R, istatistiksel hesaplama ve görselleştirme için ücretsiz bir yazılımdır. Kodlama arabirimi olarak için yine ücretsiz olan R Studio kullanılmıştır.

3.1. Metodoloji

Bu bölümde, verileri analiz etmek için kullanılan metodoloji detaylandırılmıştır. Çevrimiçi platform veri giriş sürecini kolaylaştırarak daha fazla veri toplanmasını sağlamıştır. Periyodik olarak veri kontrolü ve gerekli düzeltme işlemi platform yöneticisi tarafından yapılabilir. Öncelikle veriler platformun yönetici paneli kullanılarak bir csv dosyasına aktarılmaktadır. Csv dosyaları metin editörleri, excel veya diğer yazılımlar tarafından açılabilir.

Veri analizindeki ilk adım, ham veri olan csv dosyasını araştırmaktır. Veri dosyası, veri analiz yazılımına aktarılmalıdır. Ham verilerin araştırılması aşağıda verilen adımlardan oluşur:

- Verilerin yapısını anlama
- Veri analizi
- Veri görselleştirme

R'de ham verileri incelemeye yardımcı olacak birçok araç bulunmaktadır. Verileri analiz etmek için Ggplot2 ve dplyR paketleri kullanılmıştır. Veriler kategorik (şehir, proje türü vb.) ve sayısal (azaltım miktarı, yıl vb.) değişkenlerden oluşmaktadır. Veriler, uygun değişken tipleri seçilerek kullanılabilir değişkenlere dönüştürülmüştür. Ardından veriler tanımlayıcı istatistiksel analizler yapılarak aykırı değerler ve eksik değerler için kontrol edilmiştir. Aykırı değerler, diğer değerlerden uzak uç değerler olarak tanımlanabilir. Bir veri kümesinde ölçüm hataları, deneysel hatalar veya veri giriş hataları aykırı değerlere yol açabilir. Eksik değerler boş hücrelerdir. Bilgi eksikliği veya veri girişi hatası da eksik değerlere yol açabilir. Mod, ortanca, ortalama gibi tanımlayıcı istatistikler kullanılarak değişkenlerin dağılımı analiz edilmiştir. Ayrıca, veri kümesindeki verilerin ve aykırı değerlerin dağılımını anlamak için histogramlar, kutu grafikleri ve çubuk grafikler gibi görsel araçlar kullanılmaktadır.

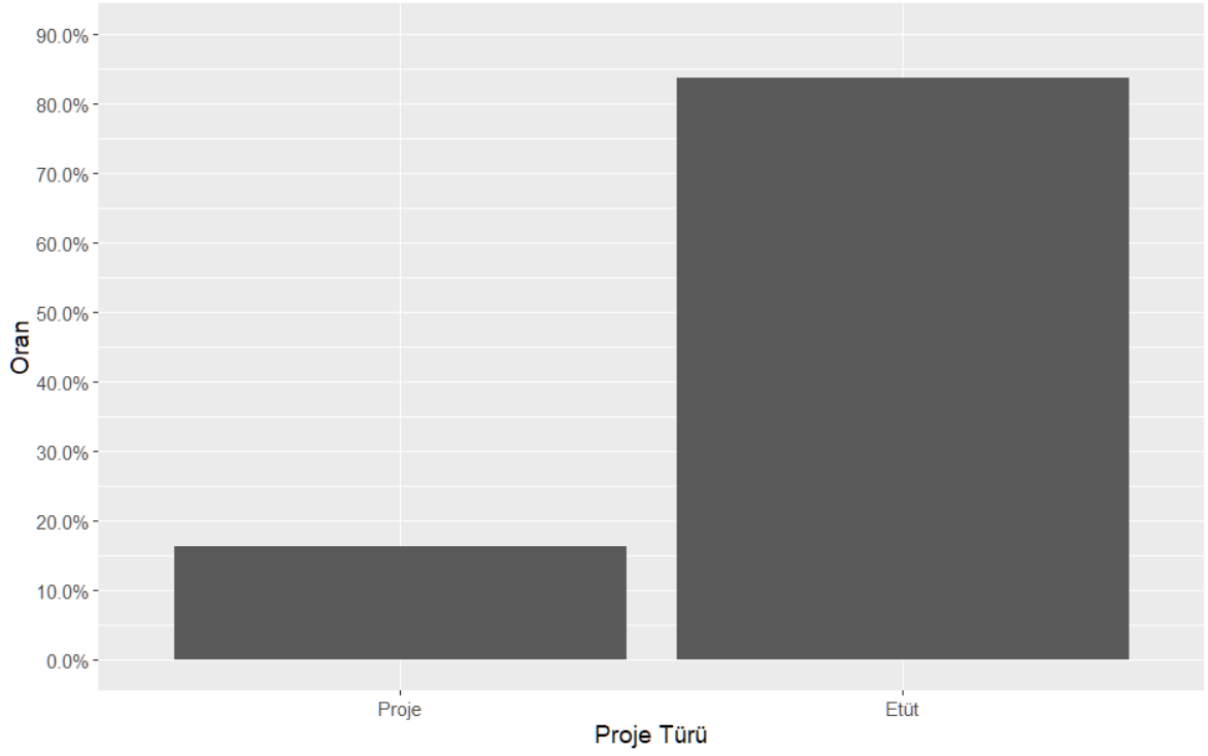
Veri kümesindeki her değişkeni saymak ve özetlemek için de histogramlar ve çubuk grafikler kullanılmaktadır. Histogramlar sürekli veriler için kullanılırken, çubuk grafikler kategorik veriler içindir. Çalışmada detaylı bir analiz için veriler kategorilere ayrılmıştır. Önce gerçekleşen projeler, sonra etütler analiz edilmiştir.

Her proje türü (gerçekleştirilen veya sadece etüt yapılan) için veriler önce sektörlere, sonra alt sektörlere ayrılmıştır. Her alt sektör için verimlilik potansiyeli (tahmin edilen azaltım) ve geri ödeme süresi analiz edilmiş ve ortalamalar verilmiştir. Veriler tüm alt sektörleri kapsamadığından, verileri özetlemek için yalnızca mevcut olanlar kullanılmıştır.

Verimlilik potansiyeli ve yatırımın geri ödeme süresi, projeler için bir “performans göstergesi” olarak düşünülebilir. Bu nedenle, her proje türü için ortalama verimlilik potansiyeli ve geri ödeme süreleri verilmiştir. Her sektör ve alt sektör için verimlilik potansiyeli ve geri ödeme süreleri için ortalama değerlerin bulunması hedeflenmektedir.

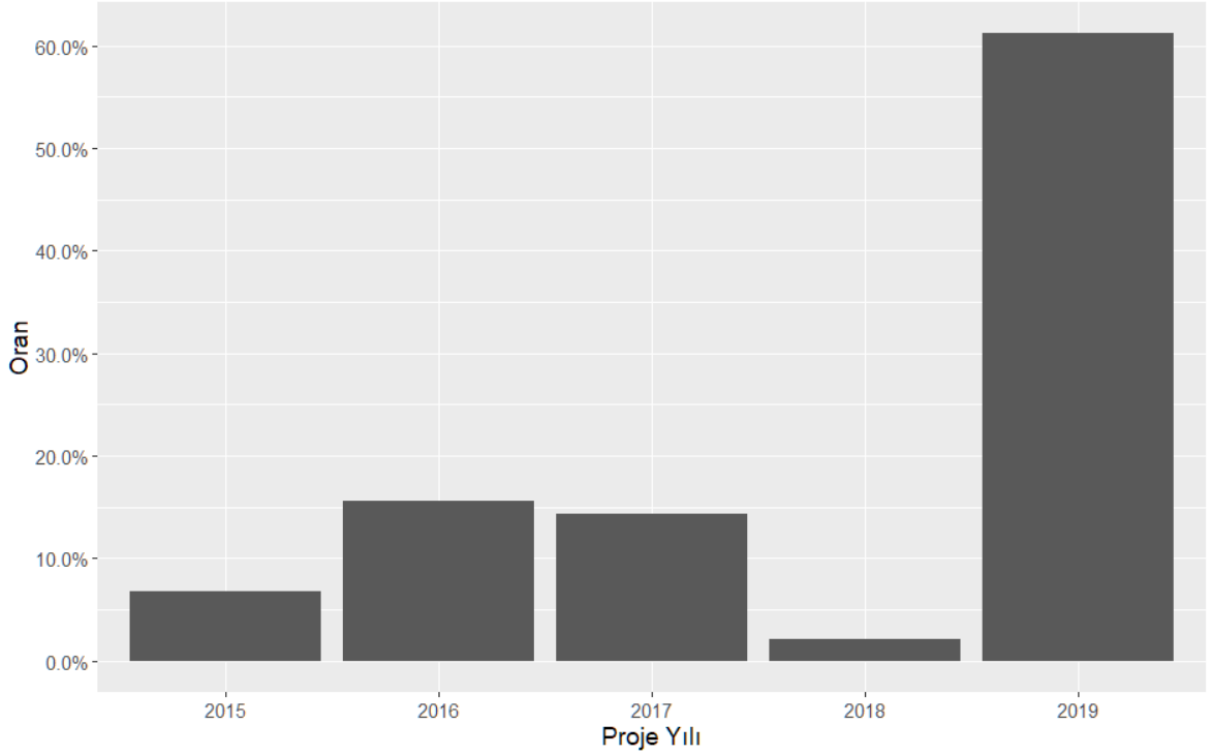
3.2. Bütün Verinin İncelenmesi

Proje türü, etüt veya enerji verimliliği projesi olarak seçilebilir. Şekil 7'den, projelerin yaklaşık %83,7'sinin etüt olduğu görülmektedir.



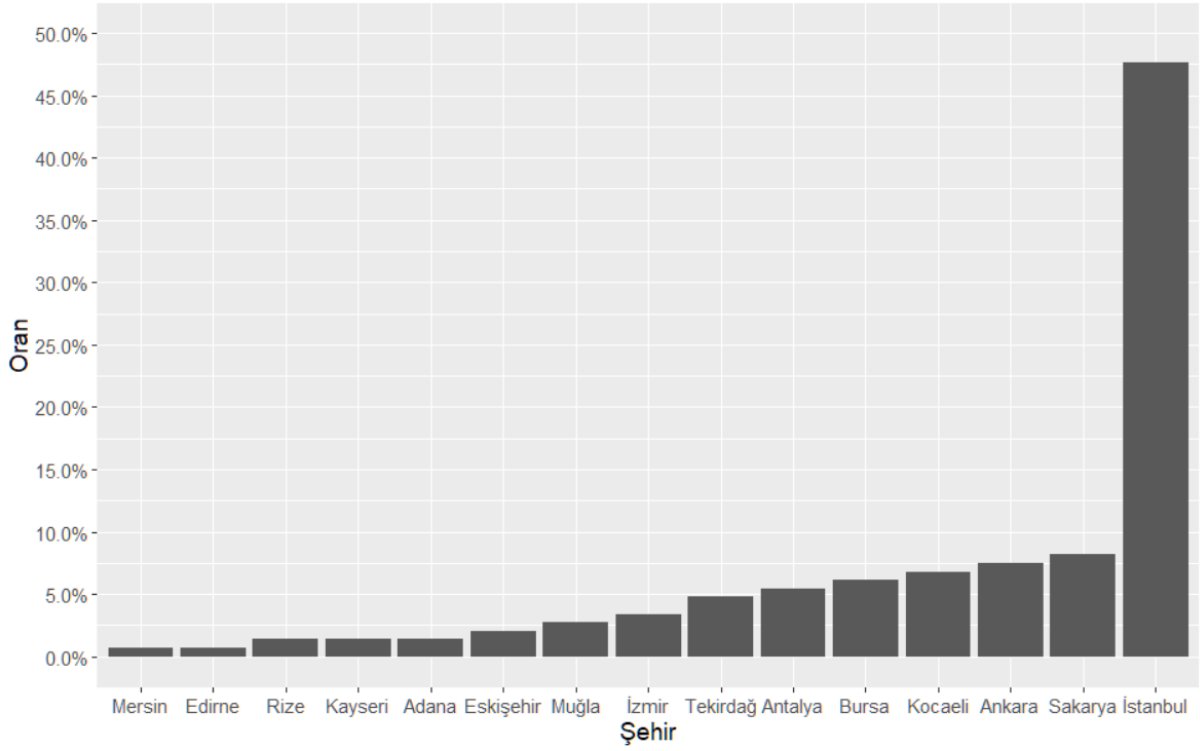
Şekil 7. Proje türlerinin oranı

Projelerin ait olduğu yılın dağılımı Şekil 8'de verilmiştir. Veritabanındaki en eski proje 2015, en yeni proje 2019 yılına ait olup, 2019 yılına ait proje sayısı yüksektir.



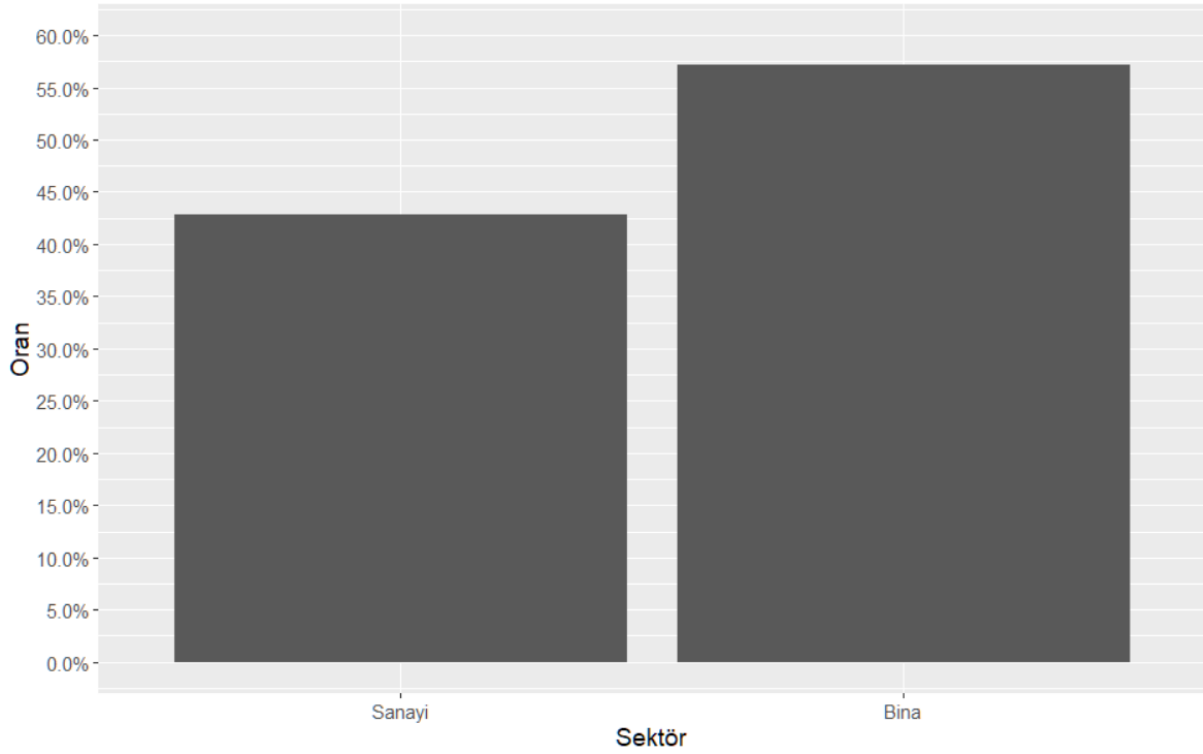
Şekil 8. Projelerin yılları

Projelerin coğrafi dağılımı Şekil 9'da verilmektedir. Projelerin yarısından fazlası İstanbul'dadır (70). Sonra sırası ile Sakarya (12) ve Ankara (11) gelmektedir.



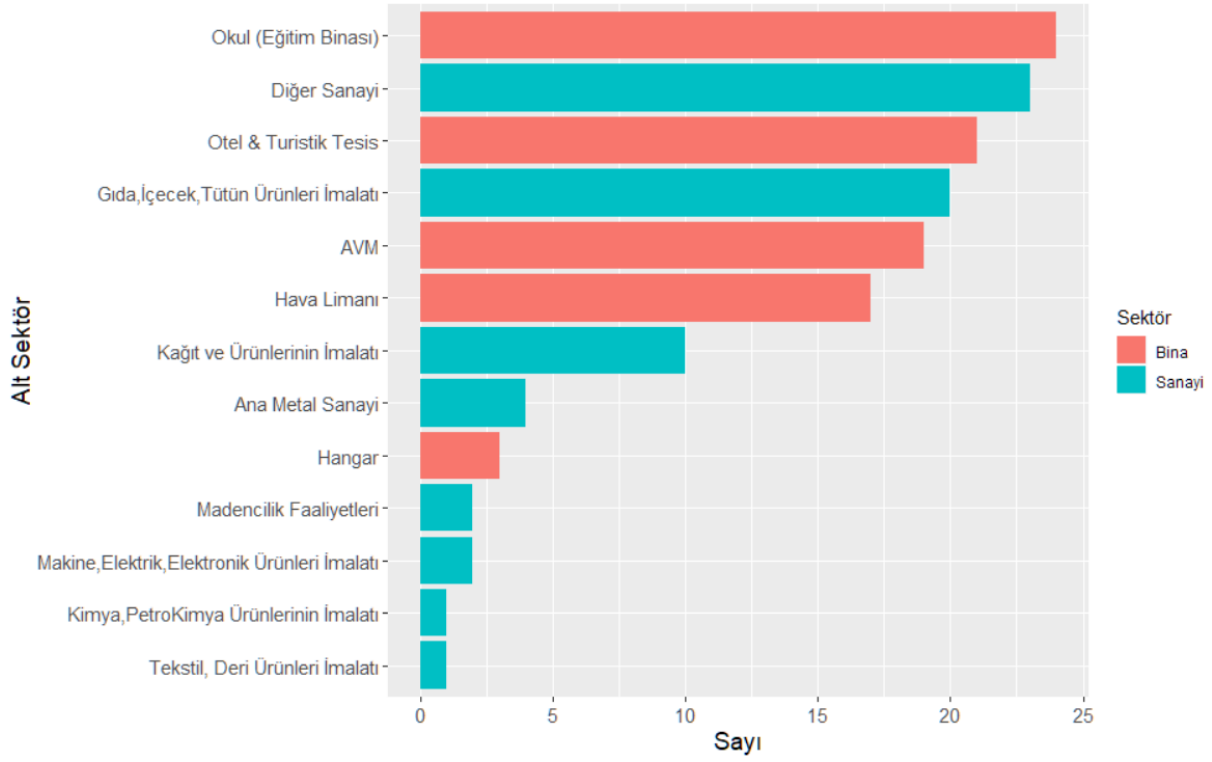
Şekil 9. Projelerin coğrafi dağılımı

Projeler ana sektör bazında incelendiğinde, projelerin %42,9'unu sanayide, %57,1'inin binalarda gerçekleştirildiği görülmektedir (Şekil 10).



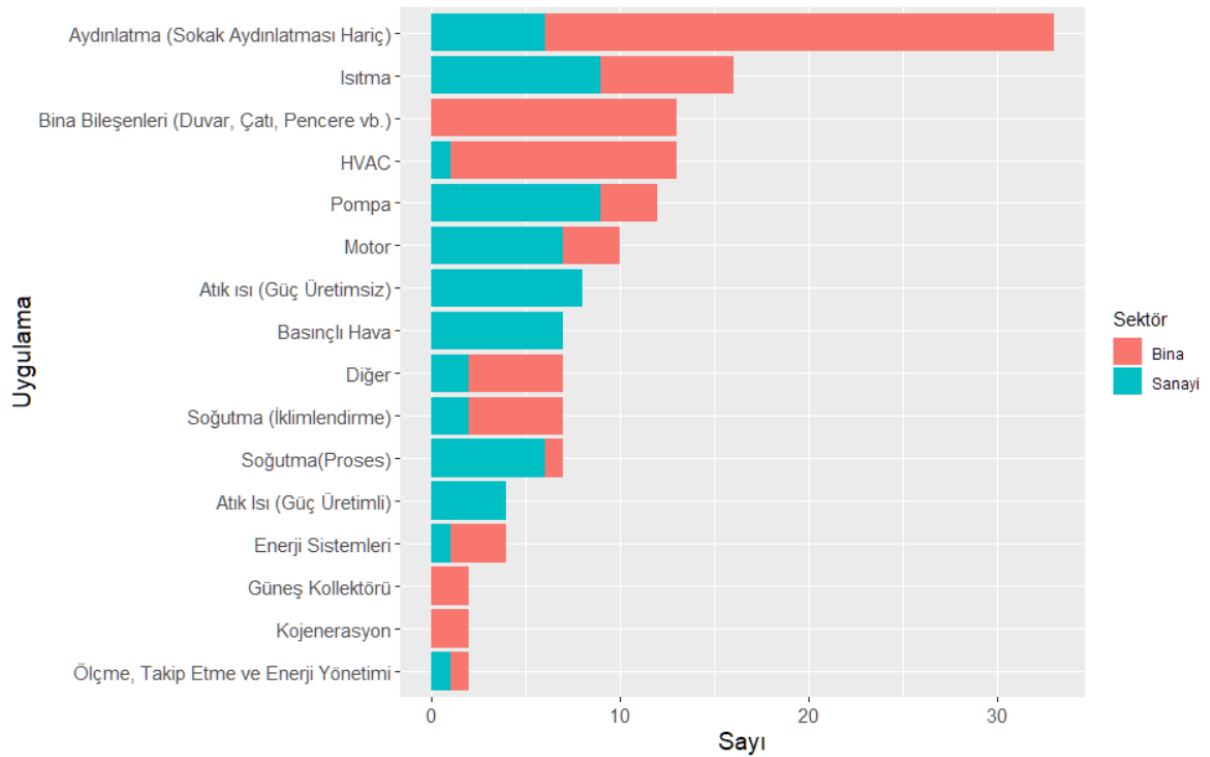
Şekil 10. Ana sektörlerin dağılımı

Alt sektörler, ana sektörler göre incelendiğinde çoğu projenin eğitim binalarında olduğu görülmektedir (Şekil 11).



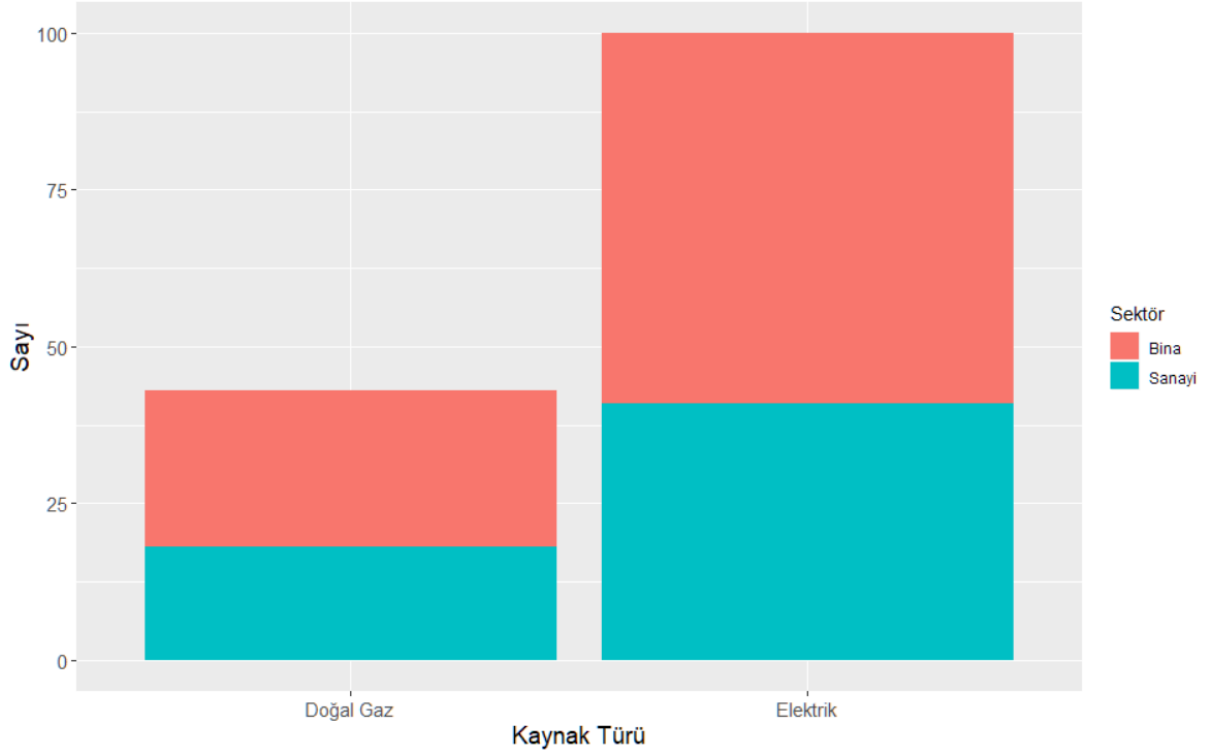
Şekil 11. Alt sektörlerin ana sektöre göre dağılımı

Ana sektörler göre uygulama alanları Şekil 12’te verilmiştir.



Şekil 12. Uygulamaların ana sektörler göre dağılımı

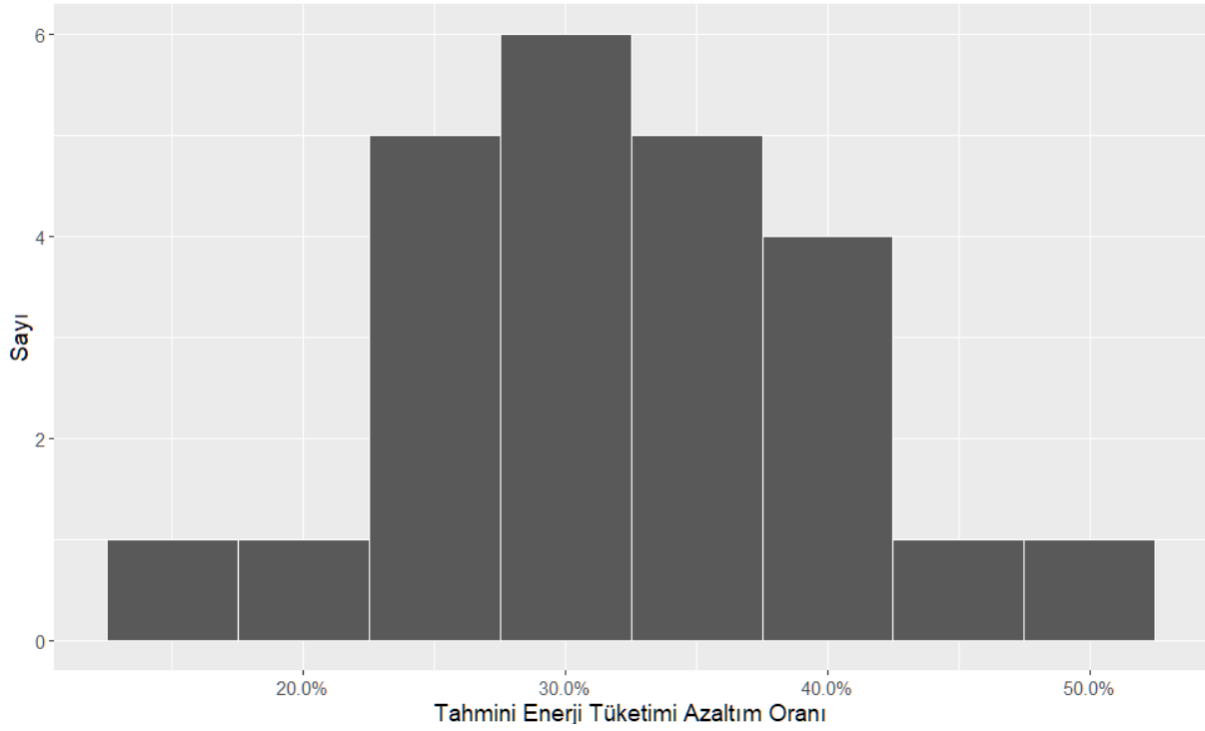
Veri tabanındaki enerji kaynağı türü kontrol edildiğinde, elektrik ve doğal gaz arasındaki dağılımın Şekil 13'te görüldüğü gibi sektörler arasında dengelendiği, ana kaynağın ise 147 proje içinde yer alan 100 proje için elektrik enerjisi olduğu görülmektedir.



Şekil 13. Ana sektörler göre enerji kaynaklarının dağılımı

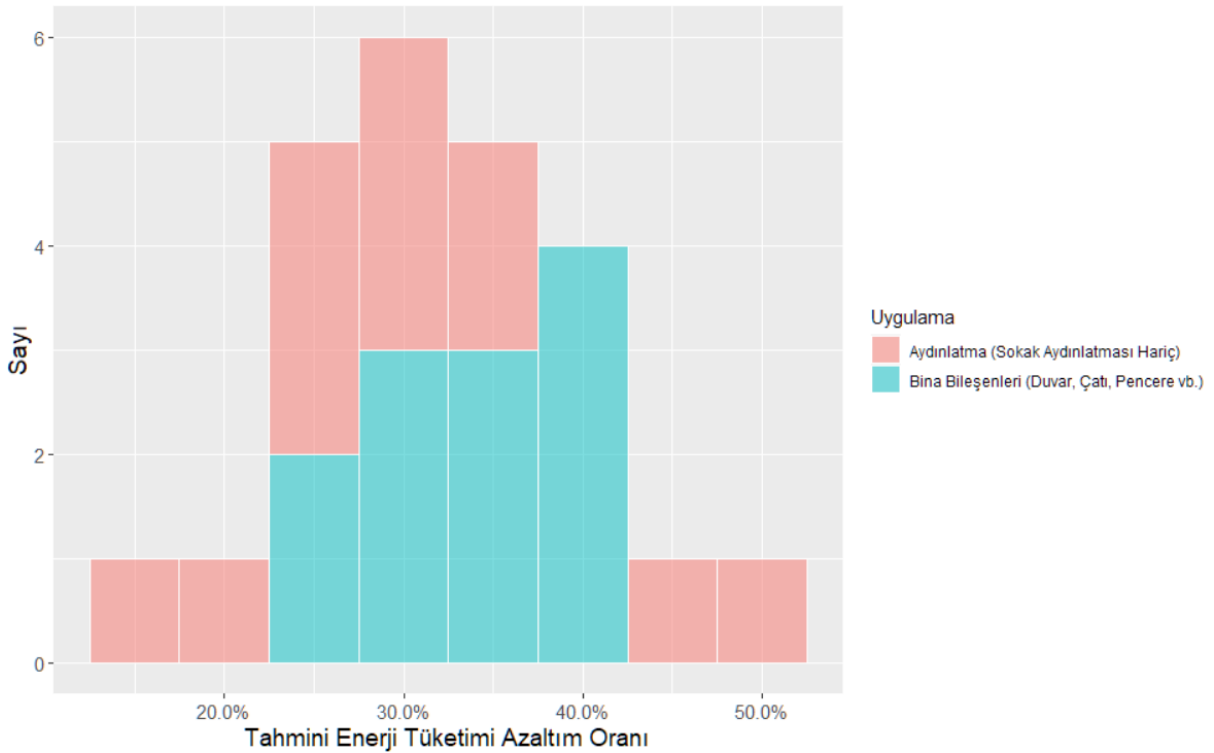
3.3. Gerçekleşen Proje Verilerinin Analizi

Önce gerçekleşen proje sonuçları, sonra etüt sonuçları verilecektir. Kullanıcıların veri tabanına “gerçekleştirilmiş” proje olarak girdikleri toplam 24 proje bulunmaktadır. Veriler incelendiğinde tüm projelerin 12 adet okula ait eğitim binası projeleri olduğu görülmektedir. Projeler, okulların aydınlatma sistemlerinin ve bina yapı bileşenlerinin iyileştirilmesi olarak sınıflandırılmıştır. Bu projeler için yıllık ortalama enerji tüketimi 131.404 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Projelerin yıllık enerji tüketimlerinin maksimum değeri 422.482 kWh/yıl, minimum değeri de 14.075 kWh/yıl'dır. Tahmini maksimum enerji tüketimi azaltımı %51,7, minimum %16,9'dur. Tahmini enerji tüketimi azaltımlarının dağılımı oransal olarak Şekil 14'te verilmiştir ve ortalama değeri %32,5 olan azaltım oranlarının %8 standart sapma ile normal dağılıma yakın oldukları görülmektedir.



Şekil 14. Tahmini enerji tüketimi azaltım oranlarının dağılımı

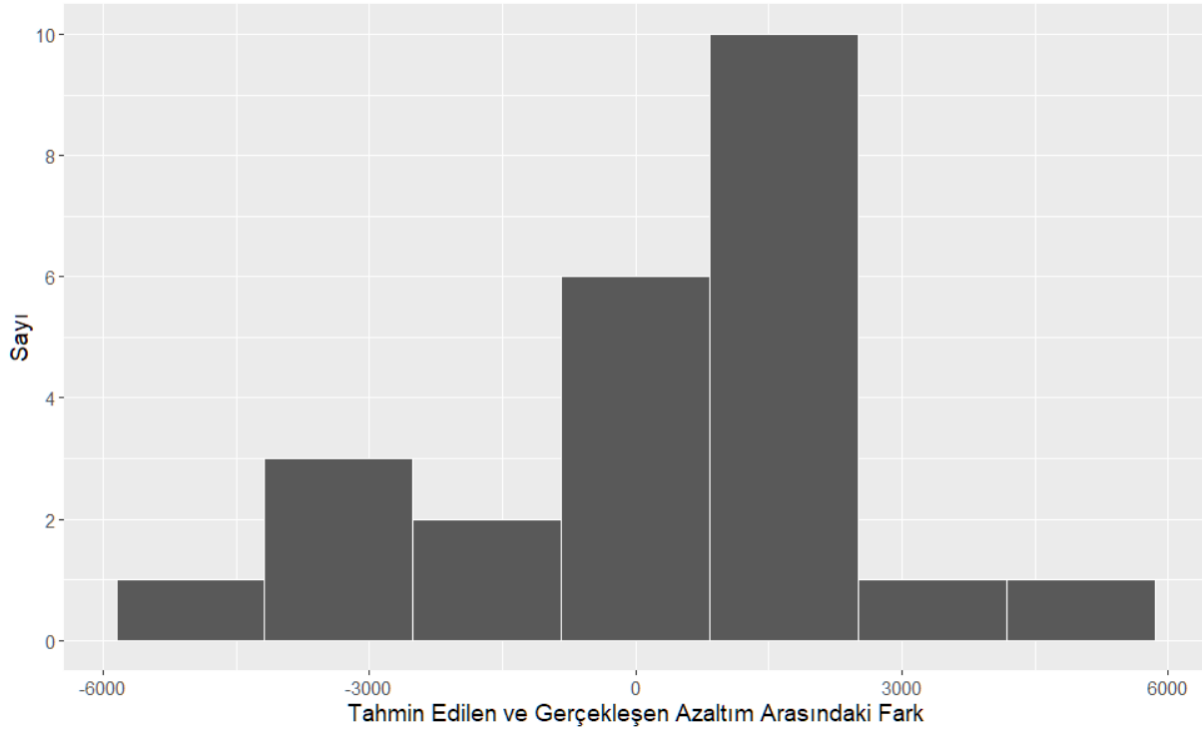
Tahmini verimlilik potansiyeli uygulama kategorilerine göre ayrıştırıldığında, bina yapı bileşenlerinin iyileştirilmesi ile ortalama %34 enerji tüketimi azaltımının; aydınlatma sistemleri için de ortalama %31,1 enerji tüketimi azaltımının tahmin edildiği Şekil 15'ten görülmektedir. Aydınlatma sistemleri için enerji tüketimi azaltımı tahmininin varyansının, bina yapı bileşenlerinden fazla olduğu histogramdan gözükmektedir.



Şekil 15. Tahmini enerji tüketimi azaltım oranlarının dağılımı

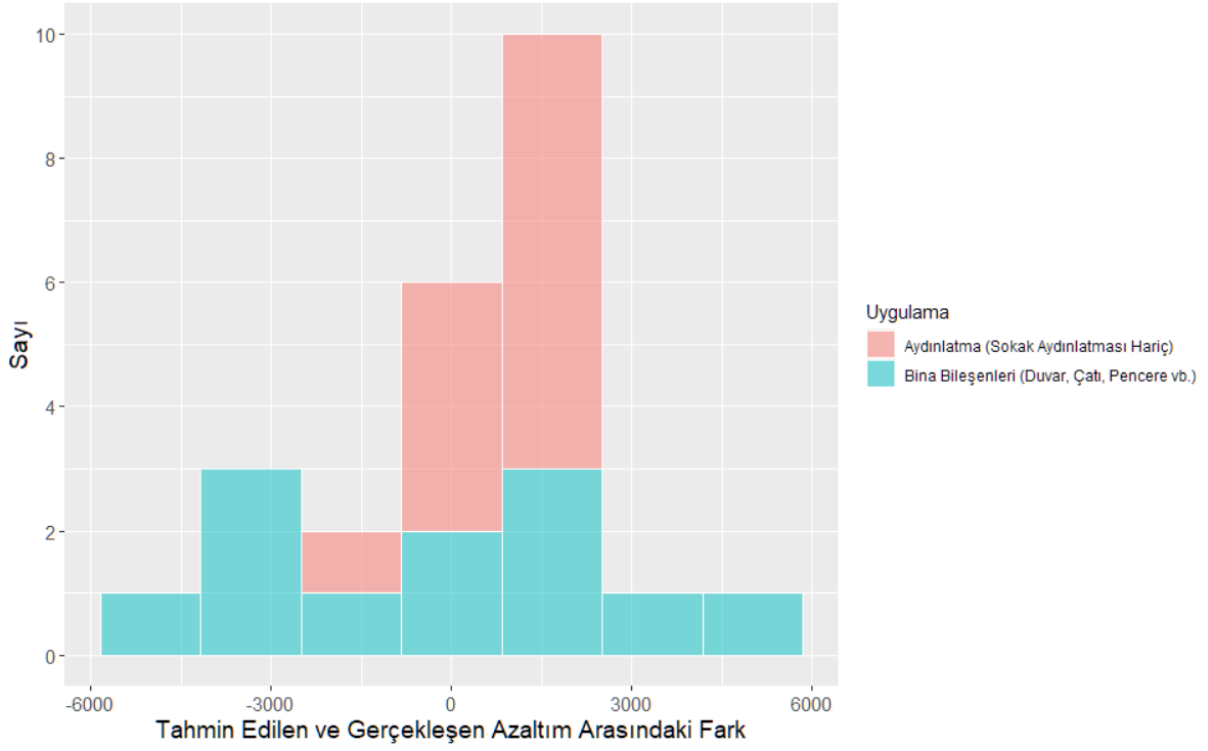
TL/yıl cinsinden yıllık tahmini tasarruflar analiz edildiğinde, minimum 1.486 TL/yıl, maksimum 18.358 TL/yıl ve ortalama 6.289 TL/yıl tasarruf öngörüldüğü görülmektedir. Veriler uygulama kategorisine göre ayrıştırıldığında, bina yapı bileşenleri için hesaplanan yıllık ortalama tahmini tasarrufun 7.903 TL/yıl, aydınlatma projeleri için hesaplanan değer de 4.675 TL/yıl olduğu anlaşılmaktadır. Bina yapı bileşenlerinin iyileştirilmesi ile daha yüksek tasarruf sağlanması beklenmektedir.

12 okul projesi için gerçekleşen tüketim değerleri de veri tabanına girilmiştir. Gerçekleşen ve tahmin edilen kWh/yıl cinsinden enerji tüketimi azaltım miktarlarının farkı hesaplandığında, Şekil 16'daki gibi bir dağılım ortaya çıkmaktadır.



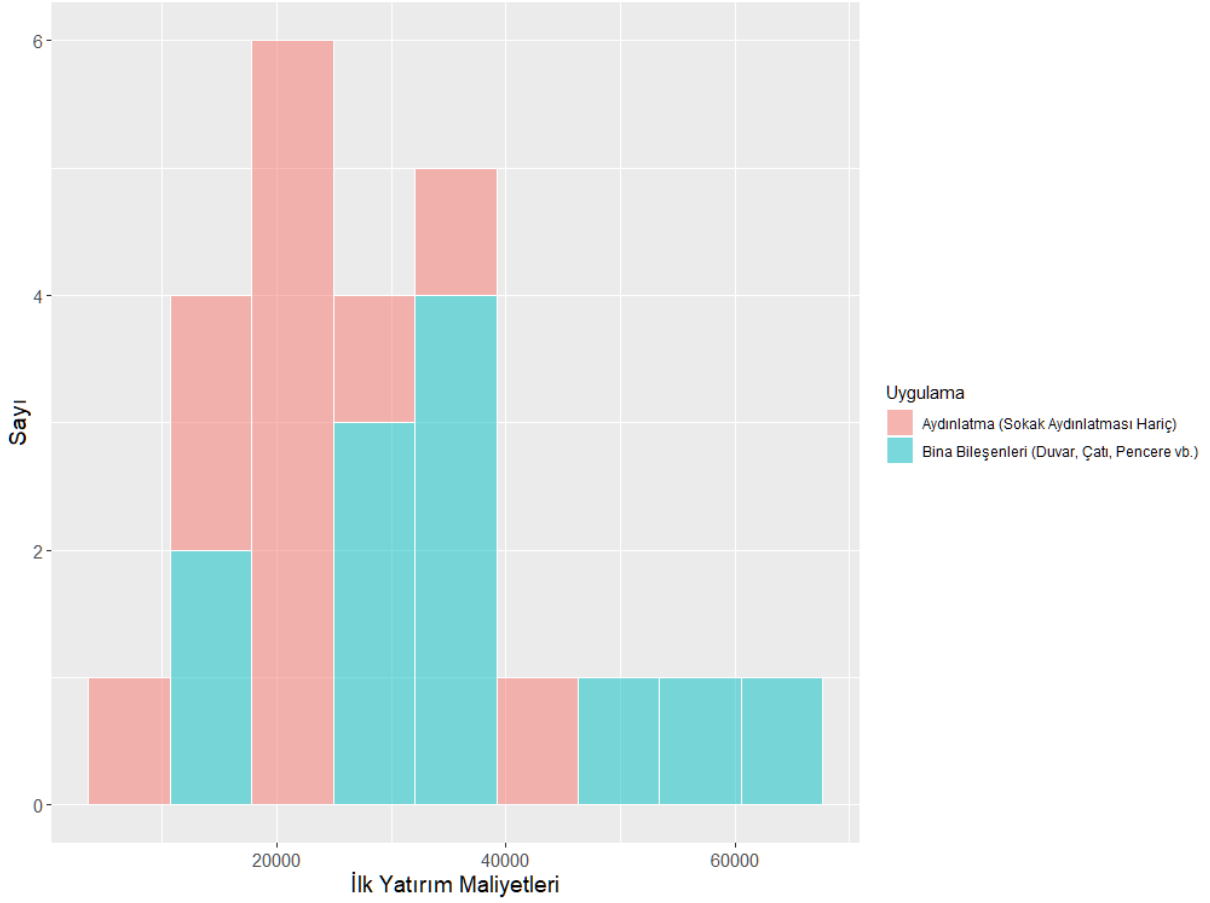
Şekil 16. Tahmin edilen ve gerçekleşen azaltım arasındaki farkın dağılımı (kWh/yıl)

Tahmin edilen ve gerçekleşen enerji tüketimi azaltımları arasındaki fark uygulama kategorilerine ayrıldığında, aydınlatma sistemlerindeki tahminlerde bina yapı bileşenlerindeki tahminlerden daha az hata olduğu sonucuna varılabilmektedir. Şekil 17, tahmini ve gerçek değerler arasındaki farkı göstermektedir.



Şekil 17. Uygulama kategorilerine göre tahmin edilen ve gerçekleşen enerji tüketimi azaltımı arasındaki farkın dağılımı (kWh/yıl)

Uygulamaya göre gerçekleşen ilk yatırım değerlerinin dağılımı Şekil 18'de verilmiştir. Minimum 8.000 TL, maksimum 65.000 TL olan ilk yatırım miktarlarının ortalaması 29.208 TL'dir. Şekilden bina yapı bileşenleri projelerinin ilk yatırım maliyetlerinin ortalama olarak daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 18. Uygulamaya göre ilk yatırım maliyetlerinin dağılımı (TL)

Uygulamaya göre projeler için kWh/yıl cinsinden gerçekleşen enerji tüketimi azaltımı değerleri Şekil 19'da verilmektedir. Bina yapı bileşenleri projelerinin, aydınlatma uygulama projelerine göre daha fazla azaltım sağladığı sonucuna varılabilmektedir. Bina yapı bileşenleri projeleri için ortalama azaltım 76.105 kWh/yıl olarak hesaplanırken, minimum azaltım 22.960 kWh/yıl, maksimum azaltım 174.801 kWh/yıl'dır. Aydınlatma sistemleri için ise ortalama azaltım 12.076 kWh/yıl olarak hesaplanırken, minimum azaltım 4.220 kWh/yıl, maksimum azaltım da 18.709 kWh/yıl'dır.

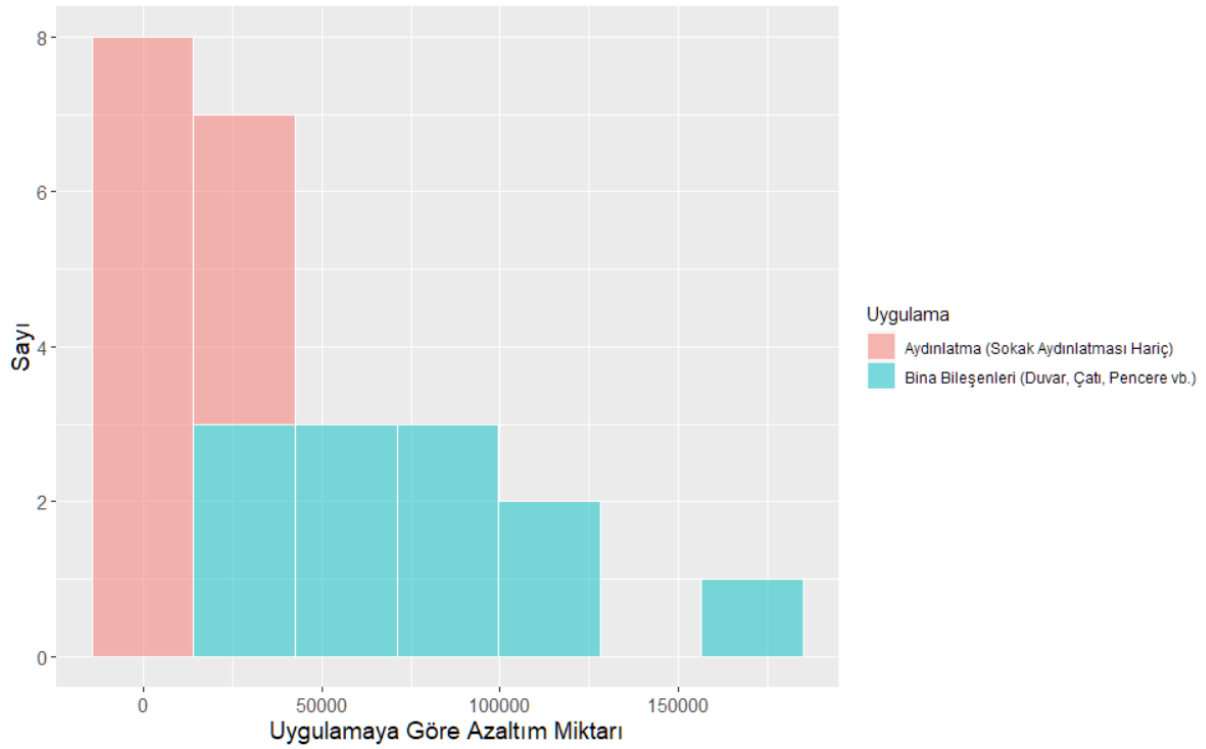
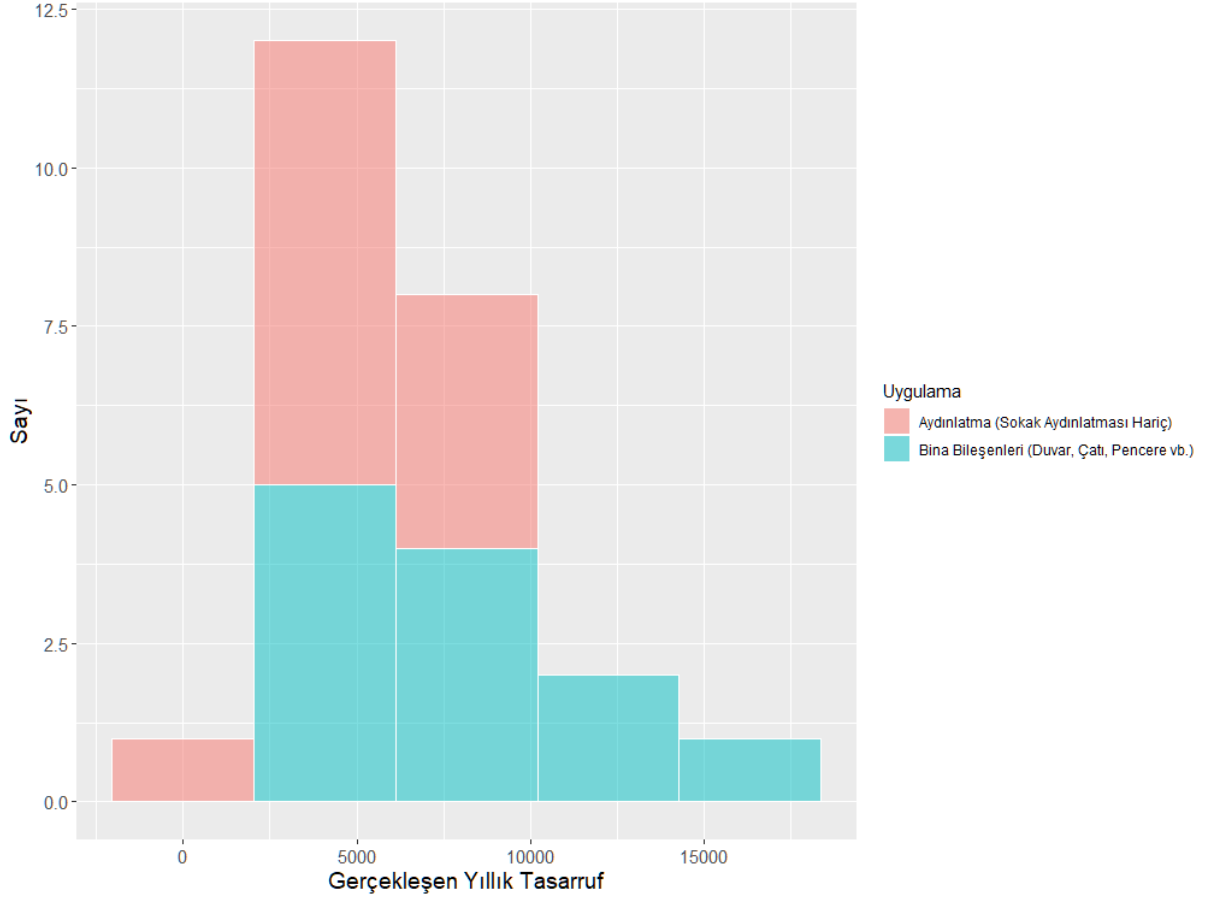


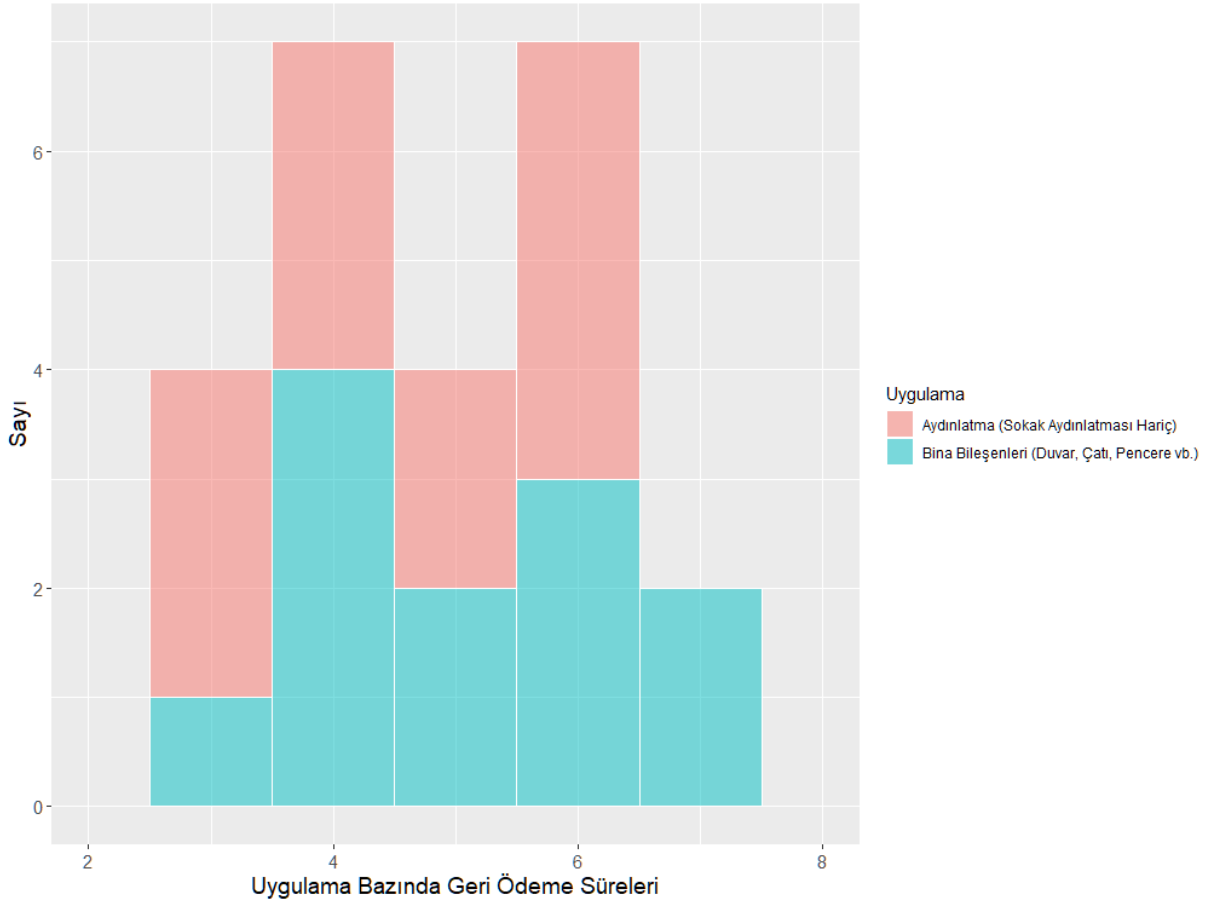
Figure 19. Uygulamaya göre enerji tüketimi azaltım miktarlarının dağılımı (kWh/yıl)

TL/yıl cinsinden tasarruf değerleri de Şekil 20’de verilmiştir. Bina yapı bileşenlerindeki projelerle ortalama 7.867 TL/yıl tasarruf, aydınlatma sistemlerindeki projelerle ise 5.017 TL/yıl tasarruf sağlanmıştır. Bina yapı bileşenleri ile ilgili sistemlerin enerji kaynağı doğal gaz ve aydınlatma sistemlerinin enerji kaynağı elektrik olduğundan, aydınlatma ve bina yapı bileşeni sistemleri için kWh/yıl ile TL/yıl tasarrufları arasındaki fark azalmıştır.



Şekil 20. Uygulamaya göre gerçekleşen yıllık tasarruf miktarı dağılımı (TL/yıl)

Son olarak, ilk yatırım maliyeti ve yıllık tasarruflar kullanılarak geri ödeme süreleri hesaplandığında, tüm okul projeleri için ortalama 4,84 yıl geri ödeme süresi bulunmuştur. Bina yapı bileşenleri için geri ödeme süresi ortalama 5,06 yıl iken aydınlatma projeleri için geri ödeme süresi 4,61 yıldır. Geri ödeme sürelerinin dağılımı uygulama kategorilerine göre Şekil 21'de verilmiştir.

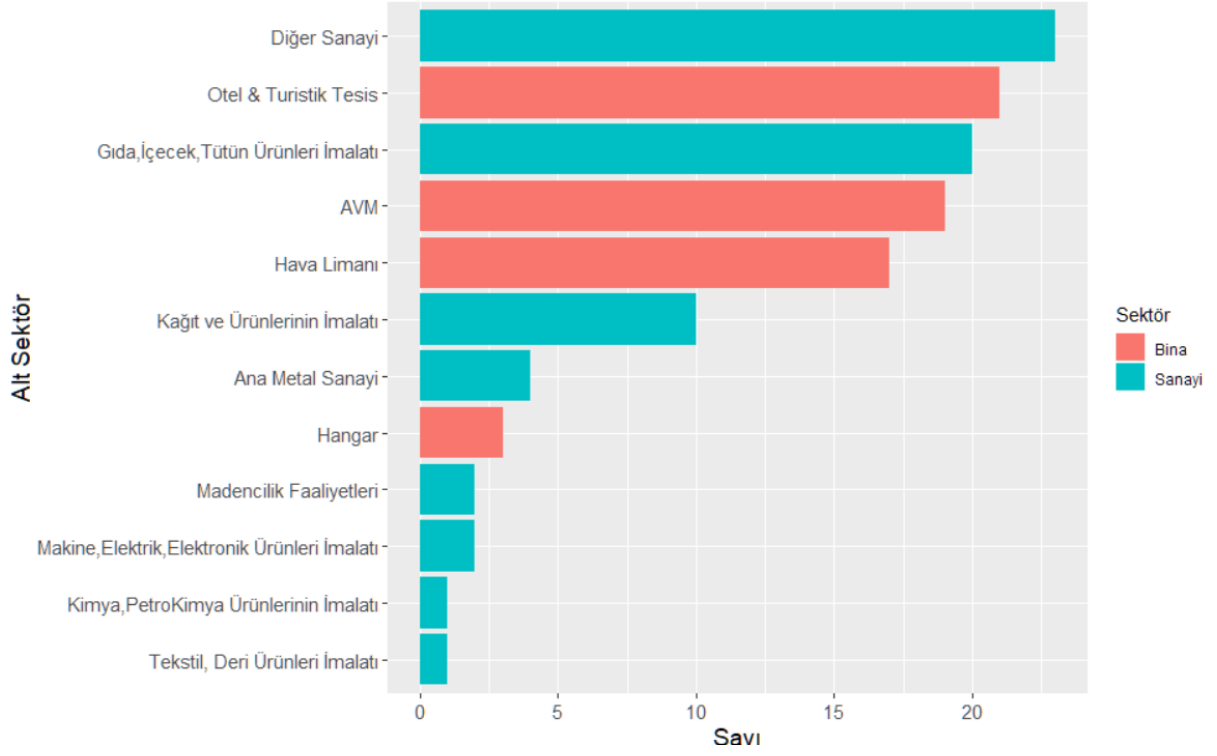


Şekil 21. Uygulama bazında geri ödeme sürelerinin dağılımı (Yıl)

Bir sonraki bölümde “Etüt” verileri platformdan elde edilen veri seti kullanılarak analiz edilecektir.

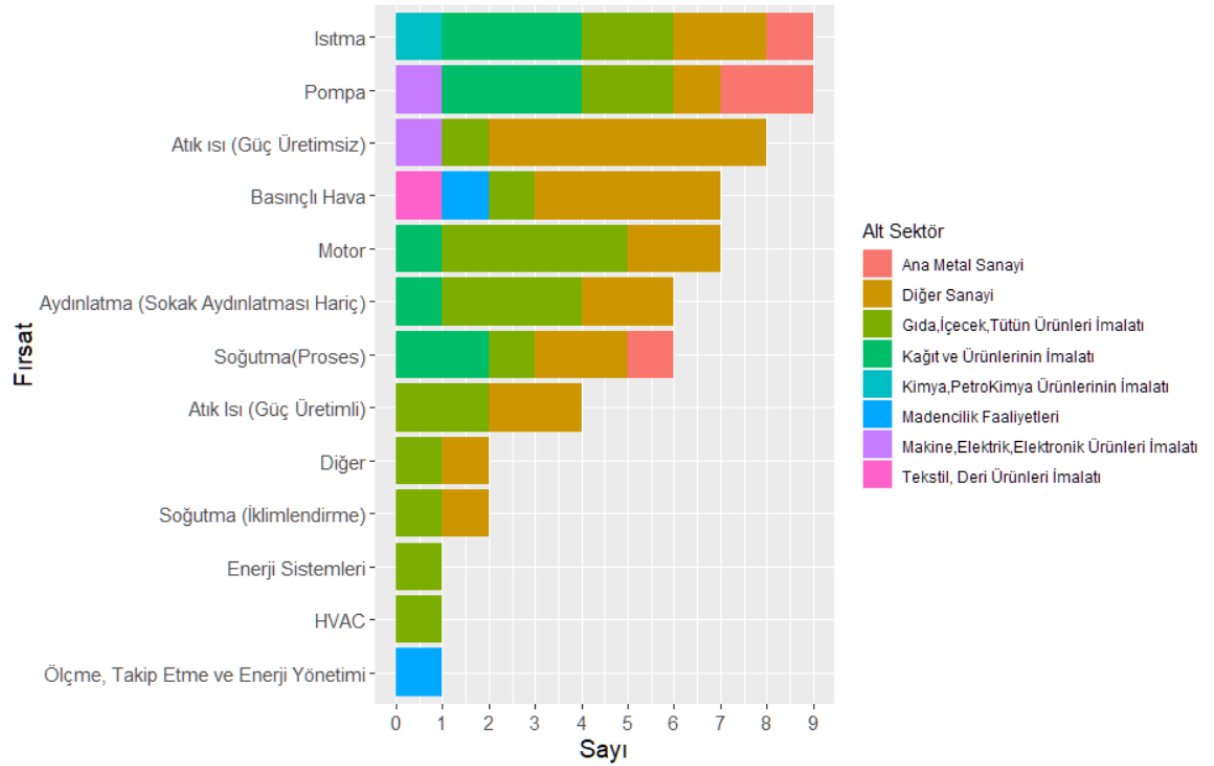
3.4. Etüt Verilerinin İncelenmesi

Bu bölümde etüt verileri, “Sanayi” ve “Bina” ana sektörleri bazında ayrıştırılarak analiz edilmektedir. Veri tabanının ana sektörler göre içerdiği alt sektör sayıları Şekil 22’de verilmiştir. Sistemde toplam 123 etüt verisi mevcuttur. Bunların 63 tanesi sanayi, 60 tanesi bina projesidir. Sanayi projeleri için en sık rastlanan proje alt sektörü “diğer” olarak belirtilmiş iken, bina sektörü için en sık rastlanan proje “oteller ve turizm tesisleri”dir.



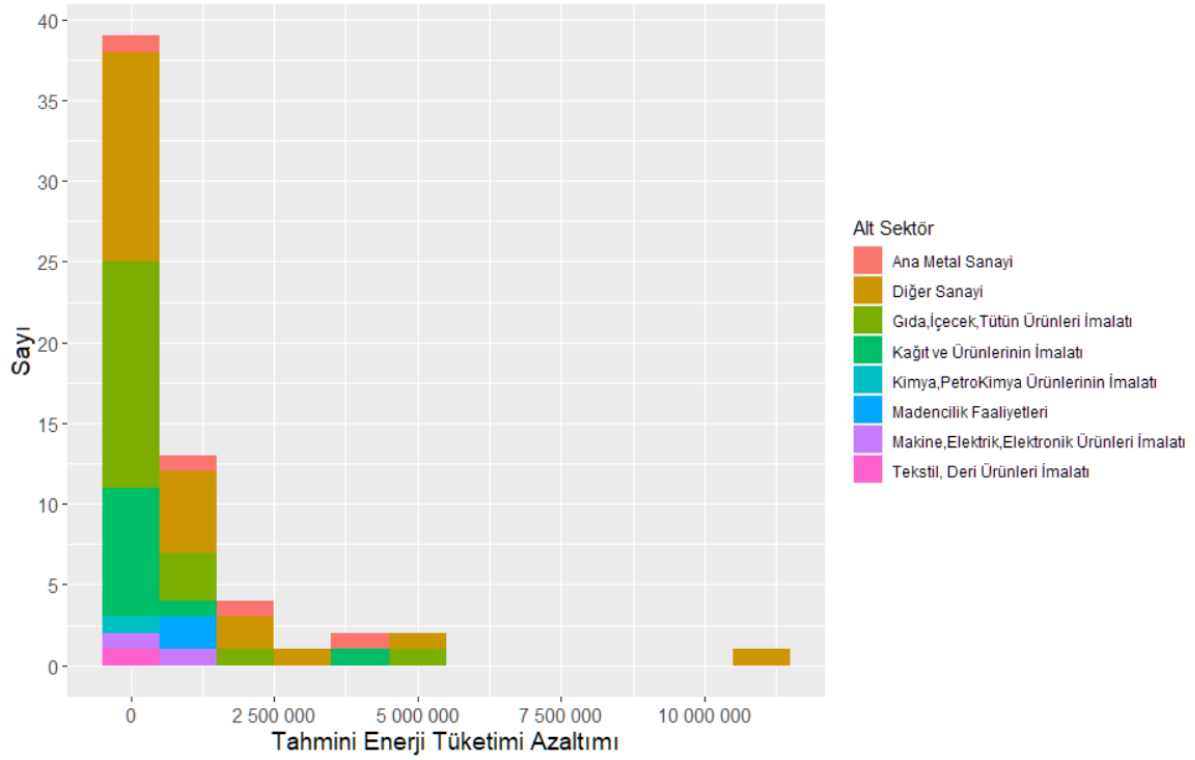
Şekil 22. Sektörlere göre alt sektör etüt sayılarının dağılımı

İlk olarak, sanayi etütleri analiz edilmiştir. Sanayi sektöründeki etüt sonuçlarının alt sektörler göre dağılımı Şekil 23'te verilmiştir.



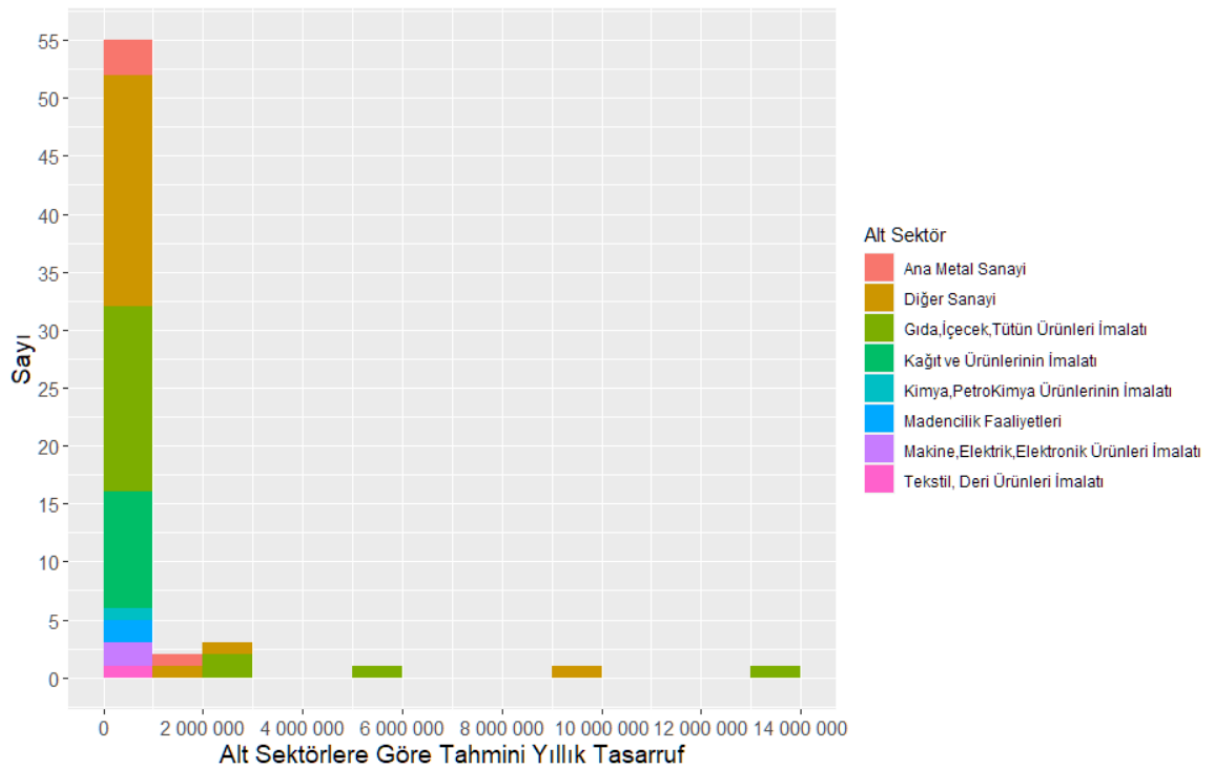
Şekil 23. Etüt çalışmalarının sanayi alt sektörlerine göre dağılımı

Sanayi etütleri için, farklı alt sektörlerin kWh/yıl cinsinden tahmini yıllık enerji tüketimi azaltımları Şekil 24'te verilmektedir. Maksimum azaltım 11.247.250 kWh/yıl, minimum azaltım da 6.451 kWh/yıl'dır.



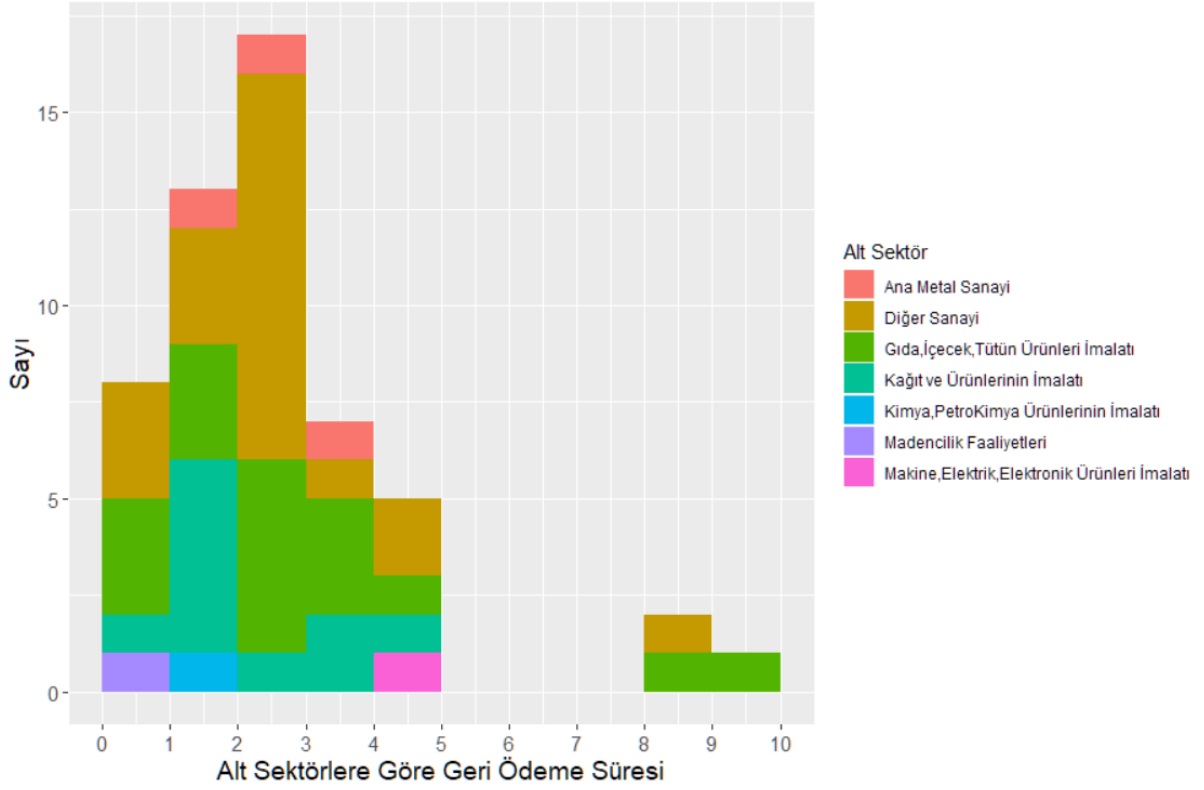
Şekil 24. Alt sektörlerle göre sanayi etütlerden elde edilecek tahmini enerji tüketimi azaltımı (kWh/yıl)

Alt sektörlerle göre tahmini yıllık tasarruf TL/yıl cinsinden Şekil 25'te verilmiştir. Maksimum tasarruf yıllık 13.796.362 TL/yıl iken, minimum tasarruf 2.774 TL/yıl'dır.



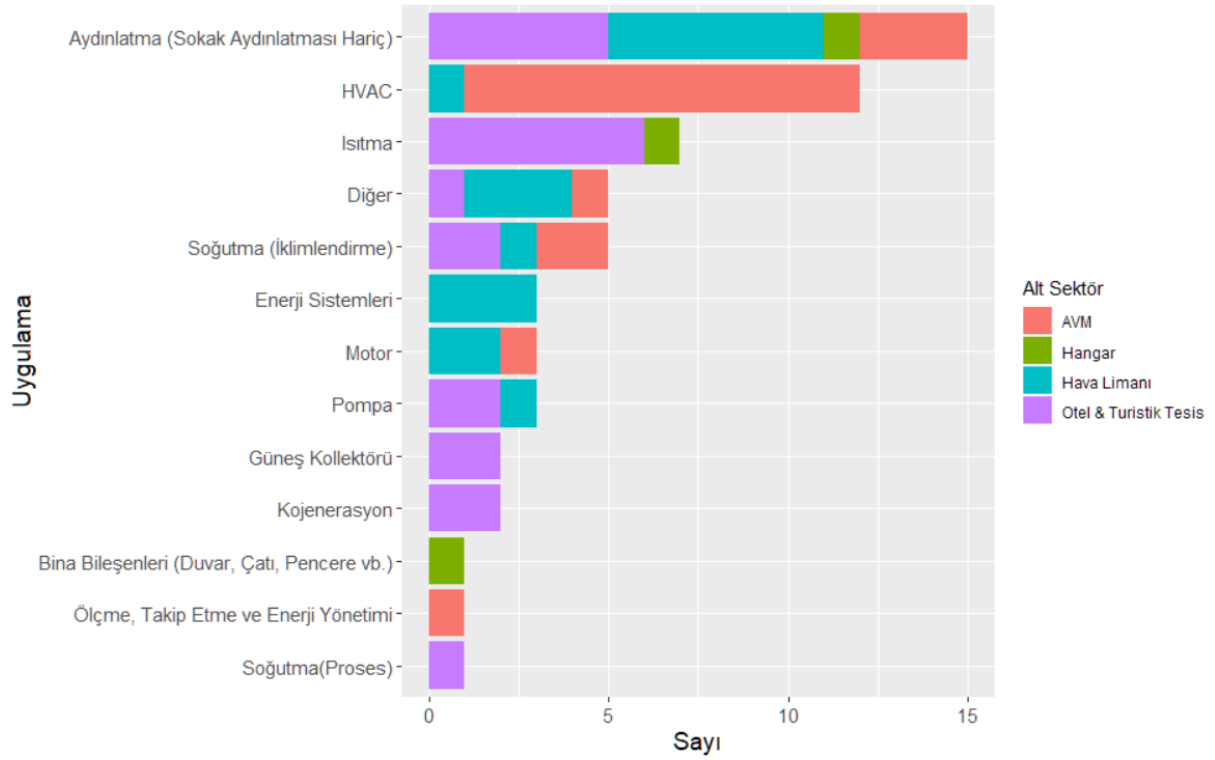
Şekil 25. Sanayi alt sektörlerine göre tahmini yıllık tasarruf dağılımı (TL/yıl)

Etütler için tahmini geri ödeme süresi Şekil 26'da verilmiştir. Alt sektörler göre geri ödeme süreleri incelendiğinde, en kısa geri ödeme süresi 0,52 yıl iken en uzun geri ödeme süresi 9,8 yıldır.



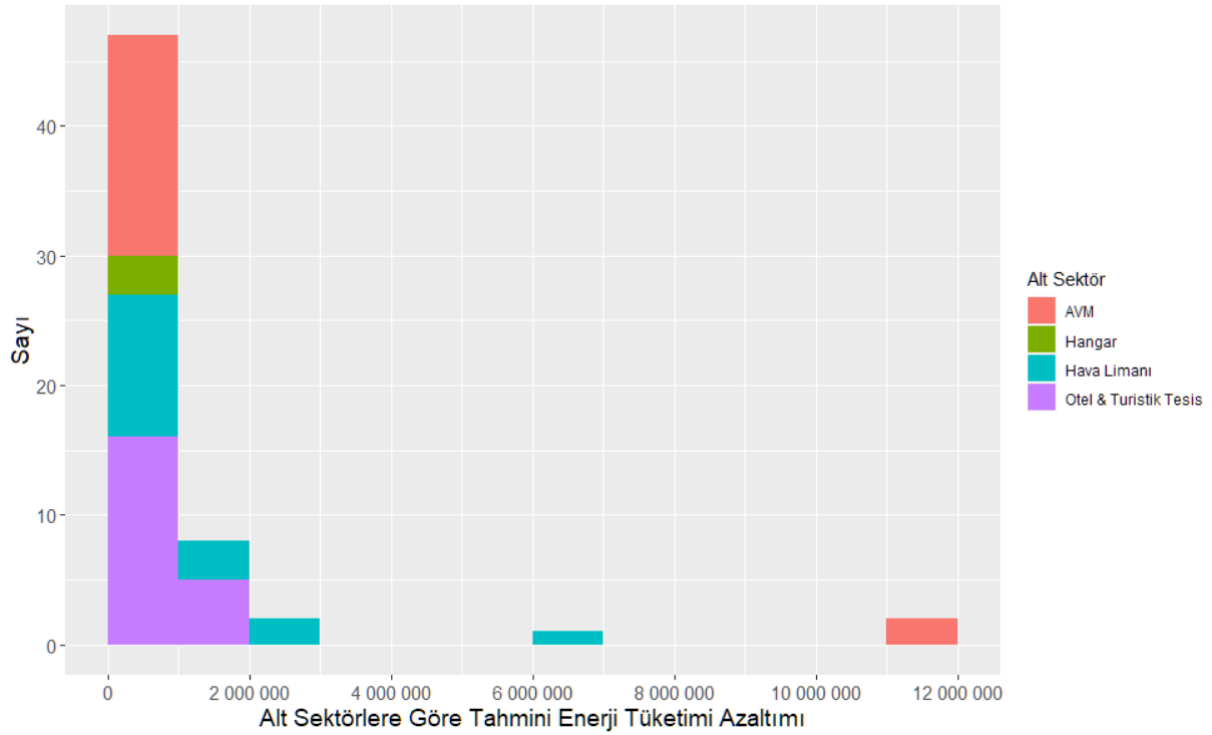
Şekil 26. Sanayi alt sektörlerine göre tahmin edilen geri ödeme süreleri (yıl)

Bina etütlerinin alt sektörler göre dağılımı Şekil 27'de verilmiştir. Şekilden projelerin %28'inin HVAC (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme, soğutma) projeleri, %25'inin aydınlatma projeleri olduğu görülmektedir.



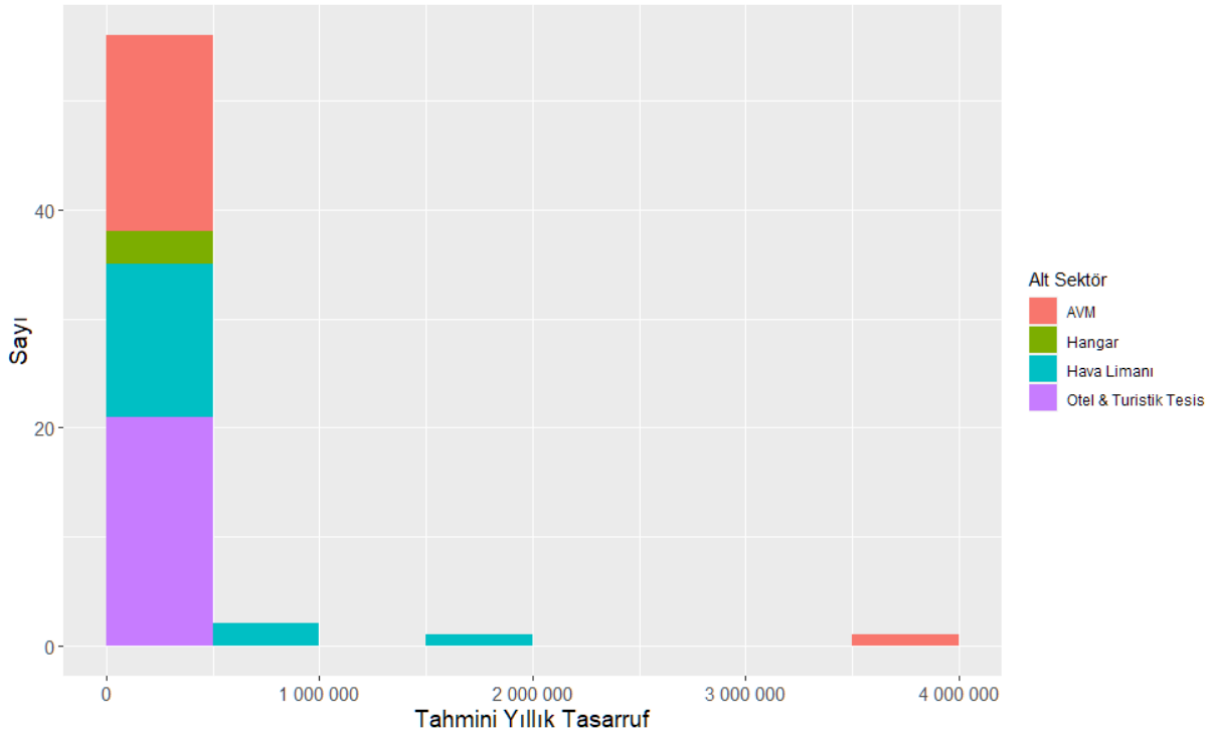
Şekil 27. Bina alt sektörlerine göre etütlerin dağılımı

Bina etütleri için, farklı alt sektörlerin kWh/yıl cinsinden tahmini yıllık enerji tüketimi azaltımı potansiyeli Şekil 28'de verilmektedir. Maksimum azaltım 11.156.793 kWh/yıl iken minimum enerji tüketimi azaltımı 7.200 kWh/yıl'dır.



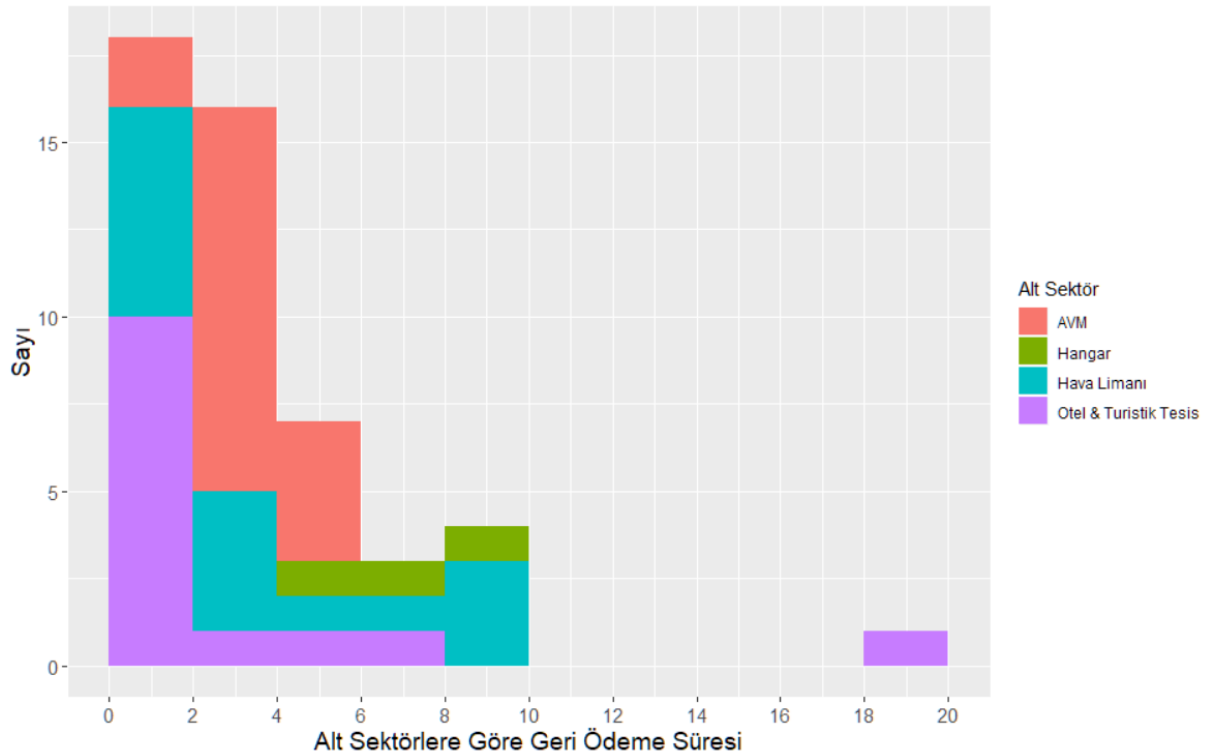
Şekil 28. Bina alt sektörlerine göre tahmini yıllık enerji tüketimi azaltımı dağılımı (kWh/yıl)

Tahmini yıllık tasarrufların (TL/yıl) dağılımı da Şekil 29'da verilmiştir. Minimum tasarruf 4.536 TL/yıl iken maksimum tasarruf 3.600.311 TL/yıl'dır.



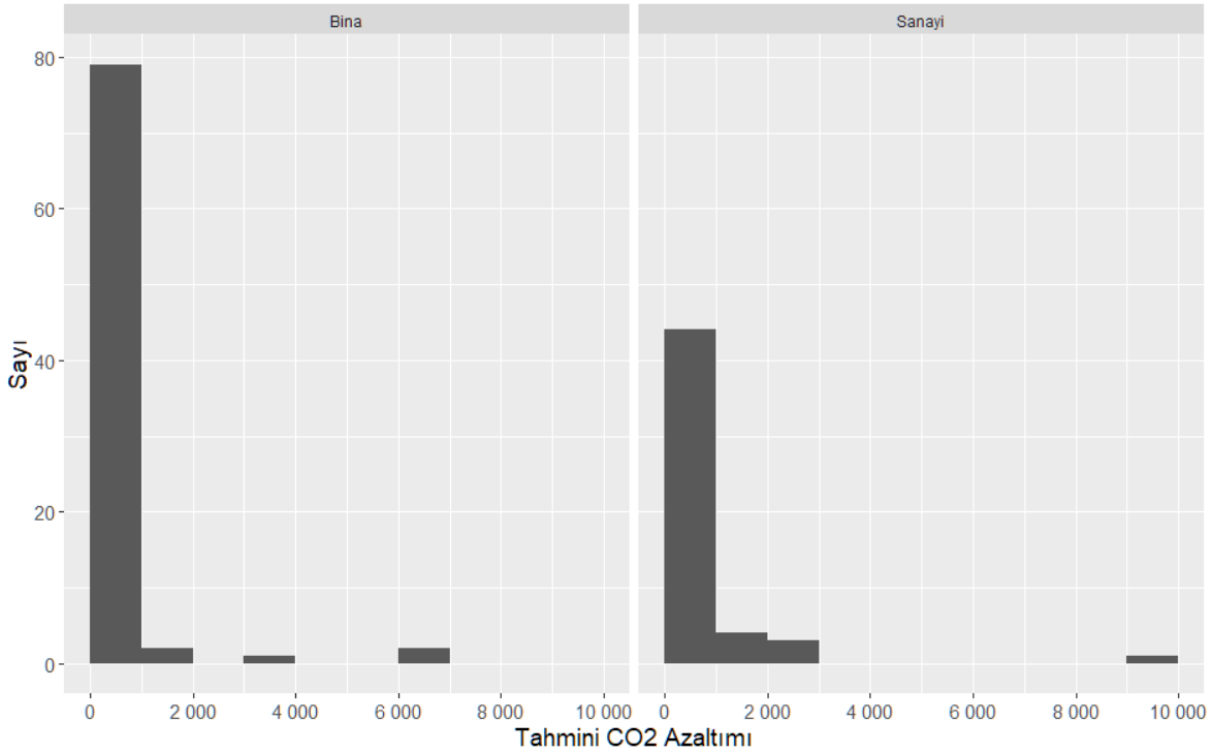
Şekil 29. Bina alt sektörlerine göre tahmini yıllık tasarruf dağılımı (TL/yıl)

Bina sektörü için alt sektörlerle göre tahmini geri ödeme süreleri Şekil 30’da verilmiştir. Minimum geri ödeme süresi 0,2 yıl iken maksimum süre 19,7 yıldır.



Şekil 30. Alt sektörlerle göre tahmini geri ödeme süreleri (yıl)

Son olarak, yıllık tahmini enerji verimliliği potansiyeli, enerji kaynağına göre CO₂ salımlarına çevrilmiştir. Ana sektör bazında hem bina hem de sanayi sektörü için CO₂ salımlarının dağılımı “ton” biriminde Şekil 31’de verilmiştir. Grafikler çizilirken veri tabanındaki tüm veri kullanılmıştır.



Şekil 31. Ana sektörlere göre yıllık tahmini CO₂ azaltımı (ton/yıl)

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu raporda, Enerji Verimliliği Paydaş Platformu (EVPP)'dan proje süresince elde edilen veri tabanı, veri bilimi ve veri görselleştirme teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Platform verilerini analiz etme yöntemi de raporda açıklanmıştır. Ana proje türleri (etütler ve gerçekleşen projeler) için tanımlayıcı istatistikler verilmiştir. Gerçekleştirilen 12 okul projesi kapsamlı bir şekilde analiz edilmiş ve görselleştirilmiştir. Yıllık enerji tüketimi azaltımı, kazanç ve geri ödeme süresi potansiyel bir enerji verimliliği göstergesi olarak verilmiştir.

Etütler ise, endüstriyel ve bina etütleri olmak üzere iki ana kategoride analiz edilmiştir. Veriler ana sektörler, alt sektörler ve uygulama türlerine göre analiz edilmiştir. Farklı alt sektörler için enerji tüketimi azaltımı, yıllık kazanç, verimlilik potansiyeli ve geri ödeme süreleri verilmiştir.

Bölüm 3.1'de açıklanan veri analizinde bir metodoloji oluşturmak için, R istatistiksel programlama dilinde süreci otomatikleştiren bir kod bloğu yazılmıştır. Platforma yeni bilgiler girildikçe aynı kod bloğu kullanılarak veriler ve görseller kolaylıkla güncellenebilecektir. Kodların yeniden kullanılabilmesi için EYODER personeline eğitim verilmiştir ve bu konuda destek verilmeye devam edilecektir.

Ocak 2020 süresince veriler platforma paydaşlar tarafından girilmiştir. Bir aylık sürede 147 proje bilgisi sisteme eklenmiştir. Proje süresince elde edilebilen veriler genelleme için yeterli olmadığından, hazırlanan bu rapor yalnızca farklı türdeki proje ve uygulamalar için elde edilen kazanımları gösterme amaçlı bir rehber olarak değerlendirilmektedir. Veri tabanı büyüdükçe, burada alt yapısı hazırlanan veri analizi araçları kullanılarak her bir kategori ve alt sektör için enerji verimliliği potansiyeli ve diğer göstergelerin genelleştirilmesi mümkün olacaktır.

Ek 1. Platforma Giriş Yapılan Veri Örnekleri

Tasarıf Odacı	Proje Türü	Proje Yılı	İl	Sektör	Alt Sektör	Kaynak Tipi	Proje Önceki Tüketim (kWh/Yıl)	Tah. Edilen Tüketim (kWh/Yıl)	Tah. Azaltım (kWh/Yıl)	Tah. CO2 Azaltım (TL)	Proje Önceki Tüketim (TL)	Tah. Yatım Yuları (TL/Yıl)	Tah. Net Tasarruf (TL/Yıl)	Tah. G.D.S. (kWh/Yıl)	Ger. tüketim (kWh/Yıl)	Azaltılan tüketim (kWh/Yıl)	Azaltılan CO2 (ton)	Ger. Yat. Tut. (TL/Yıl)	Ger. Net Tas. (TL/Yıl)	
HVAC	Etüt	2016	Antalya	Bina	AVM	Elektrik	4950134	4713219	236915	134,80	1579093	185900	79130	2,35	None	None	None	None	None	None
Aydınlatma (Sokak Aydınlatması Hariç)	Etüt	2019	Sakarya	Sanayi	Diğer Sanayi	Elektrik	328680	130680	198000	113,26	147906	132261	89100	1,48	None	None	None	None	None	None
Isıtma	Etüt	2019	Sakarya	Sanayi	kağıt ve Ürünlerinin İmalatı	Doğal Gaz	475833720	475802325	31395	15,70	61619308	4300	4682	0,92	None	None	None	None	None	None
Pompa	Etüt	2019	Sakarya	Sanayi	kağıt ve Ürünlerinin İmalatı	Elektrik	475833720	475780240	53480	30,59	61619308	36250	27319	1,33	None	None	None	None	None	None
Pompa	Etüt	2019	Sakarya	Sanayi	kağıt ve Ürünlerinin İmalatı	Elektrik	475833720	475751162	82558	47,22	61619308	56600	42106	1,34	None	None	None	None	None	None
Isıtma	Etüt	2019	Sakarya	Sanayi	kağıt ve Ürünlerinin İmalatı	Doğal Gaz	475833720	475746604	87116	None	61619308	48800	12929	3,77	None	None	None	None	None	None
Motor	Etüt	2019	Sakarya	Sanayi	kağıt ve Ürünlerinin İmalatı	Elektrik	475833720	475666279	167441	95,78	61619308	279277	85083	3,28	None	None	None	None	None	None
Isıtma	Etüt	2019	Sakarya	Sanayi	kağıt ve Ürünlerinin İmalatı	Doğal Gaz	475833720	475474120	359600	179,80	61619308	67600	55763	1,21	None	None	None	None	None	None
Soğutma(Proses)	Etüt	2019	Sakarya	Sanayi	kağıt ve Ürünlerinin İmalatı	Doğal Gaz	475833720	474566279	1267441	633,72	61619308	330900	187573	1,76	None	None	None	None	None	None
Aydınlatma (Sokak Aydınlatması Hariç)	Proje	2016	İstanbul	Bina	Okul (Eğitim Binası)	Elektrik	17095	8250	8845	5,06	7101	21000	3674	5,72	7295	9800	5,61	23000	4071	
Bina Bileşenleri (Duvar, Çatı, Pencere vb.)	Proje	2016	İstanbul	Bina	Okul (Eğitim Binası)	Doğal Gaz	180710	105000	75710	37,86	18692	45000	7831	5,75	100520	80190	40,10	47000	8294	
Soğutma(Proses)	Etüt	2017	Sakarya	Sanayi	Ana Metal Sanayi	Elektrik	1947524	609624	1337900	None	408980	930614	263949	3,53	None	None	None	None	None	None
Pompa	Etüt	2019	İstanbul	Sanayi	Ana Metal Sanayi	Elektrik	14691866	10531668	4160198	None	5435990	1850467	1539273	1,20	None	None	None	None	None	None
Pompa	Etüt	2016	Kocaeli	Sanayi	Ana Metal Sanayi	Elektrik	3045457	1521254	1524203	None	730909	97300	365809	0,27	None	None	None	None	None	None
Ölçme, Takip Etme ve Enerji Yönetimi	Etüt	2019	Kocaeli	Bina	AVM	Elektrik	963133	934238	28895	16,53	699922	50000	20997	2,38	None	None	None	None	None	None
Aydınlatma (Sokak Aydınlatması Hariç)	Etüt	2019	Kocaeli	Bina	AVM	Elektrik	157680	119837	37843	21,65	114588	10620	27501	0,39	None	None	None	None	None	None
Motor	Etüt	2019	Kocaeli	Bina	AVM	Elektrik	1193999	1145075	48924	27,98	867696	95689	35554	2,69	None	None	None	None	None	None
Aydınlatma (Sokak Aydınlatması Hariç)	Etüt	2019	Kocaeli	Bina	AVM	Elektrik	515577	252326	263251	150,58	374677	369427	191308	1,93	None	None	None	None	None	None
Soğutma (iklimlendirme)	Etüt	2019	Kocaeli	Bina	AVM	Elektrik	560000	277228	282772	164,75	406960	1183720	205495	5,76	None	None	None	None	None	None
Aydınlatma (Sokak Aydınlatması Hariç)	Etüt	2019	Antalya	Bina	Otel & Turistik Tesis	Elektrik	72270	36135	36135	20,67	65766	18000	32883	0,55	None	None	None	None	None	None
Aydınlatma (Sokak Aydınlatması Hariç)	Etüt	2019	Muğla	Bina	Otel & Turistik Tesis	Elektrik	14400	7200	7200	4,12	9072	8000	4536	1,76	None	None	None	None	None	None
Aydınlatma (Sokak Aydınlatması Hariç)	Etüt	2019	Antalya	Bina	Otel & Turistik Tesis	Elektrik	20000	10000	10000	5,72	11000	5000	5500	0,91	None	None	None	None	None	None
Aydınlatma (Sokak Aydınlatması Hariç)	Etüt	2019	Muğla	Bina	Otel & Turistik Tesis	Elektrik	20000	3000	17000	9,72	11800	3500	10030	0,35	None	None	None	None	None	None
Aydınlatma (Sokak Aydınlatması Hariç)	Etüt	2019	Antalya	Bina	Otel & Turistik Tesis	Elektrik	18000	9000	9000	5,15	9540	8500	4770	1,78	None	None	None	None	None	None