

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KADASTROSU: ALTINŞEHİR MAHALLESİ
GÜNEŞ KADASTROSU ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Baki ERGÜL

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

TEMMUZ 2024

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KADASTROSU: ALTINŞEHİR MAHALLESİ
GÜNEŞ KADASTROSU ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Baki ERGÜL
(501211604)**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Tezli Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Reha Metin ALKAN

TEMMUZ 2024

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY★ GRADUATE SCHOOL

**RENEWABLE ENERGY CADASTRE: ALTINŞEHİR NEIGHBORHOOD
SOLAR CADASTRE EXAMPLE**

M.Sc. THESIS

**Baki ERGÜL
(501211604)**

Department of Geomatics Engineering

Geomatics Engineering Programme

Thesis Advisor: Prof. Dr. Reha Metin ALKAN

JULY 2024

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 501211604 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Baki ERGÜL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “YENİLENEBİLİR ENERJİ KADASTROSU: ALTINŞEHİR MAHALLESİ GÜNEŞ KADASTROSU ÖRNEĞİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Reha Metin ALKAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Mustafa YANALAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Engin GÜLAL
Atlas Üniversitesi

Teslim Tarihi : 03 Haziran 2024
Savunma Tarihi : 03 Temmuz 2024





Sevgisini hissettiğim herkese...



ÖNSÖZ

Lisansüstü eğitimim boyunca bilgileriyle bana ışık tutan İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerine ve Araştırma Görevlisi hocalarıma teşekkür ederim.

Bu çalışmamda beni her zaman destekleyen, ilgisini esirgemeyen ve katkı sunan danışmanım Prof. Dr. Reha Metin ALKAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bana mesleki olarak her zaman yardımcı olan Mert SANCAK'a, başta Gülşah ŞEKER olmak üzere kurum amirlerime ve kurum içerisinde birlikte ölçüm yaptığım arazi ekibi arkadaşlarıma, Yüksek Lisans eğitimime başlamamda ve tez aşamamda beni cesaretlendiren arkadaşlarım H. Sude ÜNAL ve Didem BOYLU'ya, bana her zaman yardımcı olan ve destekleyen, sevinç ve üzüntümü paylaşan sevgili eşim H. Kübra ERGÜL ve biricik kızım Anda ERGÜL'e teşekkür ederim.

Temmuz 2024

Baki ERGÜL
(Geomatik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Hedefi	2
1.2 Literatür Çalışması	2
2. KÜRESEL ISINMA VE OLUMSUZ ETKİLERİNİ AZALTMAYA YÖNELİK POLİTİKALAR	9
2.1 Küresel Isınma Sorunu ve Sonuçları	9
2.1.1 Türkiye jeolojisi ve enerji potansiyeli.....	12
2.2 İklim Değişikliği ile Mücadele için Atılan Adımlar	14
2.2.1 Rio konferansı	15
2.2.2 BM iklim değişikliği sözleşmesi	16
2.2.3 Kyoto protokolü	18
2.2.4 Paris anlaşması	20
2.2.5 Türkiye'nin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmaya dönük attığı adımlar	20
2.2.5.1 Karbon nötr hedefi	23
2.2.5.2 Bakanlar sözleşmesi ve yerel yönetimlerin adımları	24
3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KADASTROSU	27
3.1 Güneş Kadastro.....	29
3.1.1 Hemisferik görünürlük algoritması	33
3.1.2 Güneş haritası hazırlanması	36
3.1.3 Gökyüzü haritası hazırlanması.....	37
3.1.4 Güneş ve gökyüzü haritaları ile görüş alanın birleştirilmesi.....	37
3.1.5 Güneş analizi.....	38
3.1.5.1 Doğrudan radyasyon hesabı	38
3.1.5.2 Difüz radyasyon hesabı	40
3.1.5.3 Toplam radyasyon hesabı.....	41
3.2 Rüzgar Kadastro	42
3.3 Su Kaynakları Kadastro	47
3.4 Jeotermal Kadastro	50
3.5 Biyokütle Kadastro	52
4. UYGULAMA.....	55
4.1 Kriterlerin Belirlenmesi.....	59
4.2 Solar Radyasyon Değerinin Hesaplanması	61

4.3 Çatı Eğimi Uygunluk Analizi	62
4.4 Solar Radyasyon Uygunluk Analizi	65
4.5 Çalışmadan Elde Edilen Sonuçlar	71
4.6 Güneş Kadastro ve Mülkiyet İlişkisi.....	73
4.7 Enerji Sertifikası ve Uygulama	77
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	89



KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BM	: Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CDM	: Clean Development Mechanisms
COP	: Conference of Parties
DSM	: Dijital Surface Model
ET	: Emission Trade
GPS	: Global Positioning System
JI	: Joint Implementation
LiDAR	: Light/Laser Detection and Ranging
MTA	: Maden Tektik ve Arama
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
PEGSÜ	: Pazar Ekonomisine Geçiş Sürecinde Olan Ülkeler
PV	: Photovoltaik
SFOE	: Swiss Federal Office of Energy
UNEP	: UN Environment Programme



SEMBOLLER

CO₂	: Karbondioksit
kWh	: KiloWatt
MW	: MegaWatt





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Belediye Başkanları Sözleşmesi (Covenant of. Mayors-CoM)'a üye olan Türkiye'den iller.....	25
---	-----------





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Geçmişten günümüze dünya’da yaşanan buzul çağları (URL-2).....	9
Şekil 2.2 : 2023 yılının Haziran, Temmuz ve Ağustos ayındaki sıcaklık ortalamasının 1951-1980 yılları arasındaki aynı aylardaki ortalama değerlerinin karşılaştırıldığı harita (URL-3).....	11
Şekil 2.3 : Türkiye’nin birincil enerji arzı grafiği (URL-5).....	14
Şekil 2.4 : Rio konferansının çıktıları.....	16
Şekil 2.5 : Kararlaştırılan temel ilkeler.....	18
Şekil 2.6 : Enerji ve Tabii Bakanlığı Türkiye kurulu elektrik gücü zaman çizelgesi.....	21
Şekil 2.7 : Enerji tüketimlerinin sektörel dağılımı (URL-7).....	21
Şekil 3.1 : Azimuth ve zenit açılarının 3 boyutlu düzlemde görünümü.	34
Şekil 3.2 : DEM verisinden her bir nokta için gönderilen ışınlar (Modeling solar radiation, 2024).	35
Şekil 3.3 : Hemisferik projeksiyonu çıktı verisi (Modeling solar radiation, 2024)... ..	35
Şekil 3.4 : Altı aylık güneş haritaları (Fu ve Rich, 1999).....	36
Şekil 3.5 : Gökyüzü haritası (Fu ve Rich, 1999).	37
Şekil 3.6 : Güneş ve gökyüzü haritalarının görüş alanı ile çakıştırılması (Fu ve Rich, 1999).	38
Şekil 3.7 : Yüzeye ulaşan ışıma şekilleri (Calabrò ve Magazù, 2016).	41
Şekil 3.8 : Türkiye rüzgar hızı haritası (URL-12).	43
Şekil 3.9 : İsviçre 125 metre yükseklikteki rüzgar hızı ve mevcut santraller haritası (URL-13).....	46
Şekil 3.10 : İsviçre su gücü potansiyeli ve kurulu baraj haritası (URL-13).	49
Şekil 3.11 : Türkiye jeotermal kaynak yatakları (URL-15).....	51
Şekil 3.12 : Modül 1 kapsamında elde edilen CO2 tasarrufu grafiği (Soutullo ve diğ. , 2020).	52
Şekil 3.13 : Biyokütle çevrim sistemleri (URL-16).....	53
Şekil 4.1 : Çalışma alanı.	56
Şekil 4.2 : Altınşehir bina haritası.	58
Şekil 4.3 : Solar radyasyon haritası.	62
Şekil 4.4 : Altınşehir eğim haritası.	64
Şekil 4.5 : Uygun eğim değerine göre veri bölme işlemi.	65
Şekil 4.6 : Solar radyasyon değeri 850 Kwh’dan düşük yapıların kırılma işlemi. ..	66
Şekil 4.7 : Koşul 2 sonrası verideki değişim.	67
Şekil 4.8 : Bakı haritası.....	68
Şekil 4.9 : Bakı değeri 10°’nin altında olan alanların çıkartıldığı işlem.	69
Şekil 4.10 : Bakı haritasında kuzeye bakan alanların veri setinden çıkartıldığı işlem.	69
Şekil 4.11 : Uygun potansiyelli yapıların haritası.	70
Şekil 4.12 : Güneş enerji sistemlerinin kurulabildiği ve kurulamadığı binalar haritası.	72
Şekil 4.13 : Binanın solar radyasyon haritasındaki görüntüsü.	74

Şekil 4.14 : Binanın sokak görünümü.....	75
Şekil 4.15 : Gölgeleme etkisi kalkınca binanın solar radyasyon haritası.	76
Şekil 4.16 : Enerji kimlik belgesi örneği.	78



YENİLENEBİLİR ENERJİ KADASTROSU: ALTINŞEHİR MAHALLESİ GÜNEŞ KADASTROSU ÖRNEĞİ

ÖZET

Sanayi devriminden başlayarak küreselleşme sürecinde enerji ihtiyacı katlanarak artmıştır. Bu artışın karşılanması için fosil yakıtlara yönelme, enerji üretiminde önemli bir rol oynamıştır. Ancak, fosil yakıtların kullanımıyla birlikte ortaya çıkan çevresel sorunlar ve kaynakların tükenme riski, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme gerekliliğini ortaya koymuştur. Fosil yakıtların kullanımı sırasında atmosfere salınan sera gazları, iklim değişikliği ve çevresel bozulmalar gibi ciddi sorunlara yol açmıştır. Bu durumda, genel ve yerel yönetimlerin yenilenebilir enerji politikalarına geçiş sürecinde önemli bir rol oynamaları beklenmektedir. Ancak, uluslararası ve ulusal düzeyde net ve zorunlu kararlar henüz alınmamıştır. Yerel yönetimlerin ise çoğunlukla kendi tercihlerine göre hareket etme özgürlüğü bulunmaktadır. Ancak, aciliyetin göz önünde bulundurulmasıyla birlikte, sürdürülebilir bir enerji politikası için kadastro sistemlerinin yenilenebilir enerji politikalarıyla entegre edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Kadastro, bir ülkenin belirli bir bölgesindeki mülkiyet ve sınırların resmi olarak kaydedildiği sistemdir. Bu sistem sayesinde arazilerin mülkiyet durumu, yüzölçümleri, kullanım amaçları ve sınırları gibi bilgiler güncel tutulur. Günümüzde, binaların enerji kimliklerinin belirlenmesi gibi çalışmalar yapılmaktadır. Ancak, mülkiyete konu olan yapıların yenilenebilir enerji potansiyellerinin belirlenmesi ve bu verilerin devlet eliyle tutulması, halkı yenilenebilir enerji kullanımına yönlendirmede önemli bir adım olabilir.

Yenilenebilir enerji kadastro, bir bölgedeki yenilenebilir enerji potansiyelini belirlemenin yanı sıra mevcut projelerin takibi, yeni projelerin planlanması ve enerji kaynaklarının entegrasyonu için stratejik bilgiler sağlayarak bölgesel enerji dönüşüm projelerinin etkin yönetimine katkı sağlar. Aynı zamanda, çevresel etkileri minimize ederek sürdürülebilir bir enerji altyapısının oluşturulmasına da yardımcı olur.

Kadastro sistemlerinin yenilenebilir enerji politikalarıyla entegre edilmesi ve yapıların enerji verimliliği ile ilgili verilerin tutulması, enerji dönüşümünde ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir adım olarak değerlendirilmelidir. Bu adımın atılmasıyla birlikte, enerji tüketiminin çevresel etkileri azaltılabilir ve sürdürülebilir bir enerji geleceğine doğru adımlar atılabilir.

Bu tez çalışması kapsamında, İstanbul Başakşehir, Altınşehir Mahallesi'nde güneş radyasyonu hesaplamaları yapılarak potansiyel enerji üretimi hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların sonuçları, diğer ülkelerin gerçekleştirdiği yenilenebilir enerji kadastrolarıyla karşılaştırılarak ülkemiz için bazı önerilerde bulunmuştur. Bu öneriler, güneş enerjisi potansiyelinin daha etkin kullanımı ve sürdürülebilir enerji dönüşümü için stratejik adımlar içermektedir.



RENEWABLE ENERGY CADASTRE: ALTINŞEHİR NEIGHBORHOOD SOLAR CADASTRE EXAMPLE

SUMMARY

The energy demand has exponentially increased since the Industrial Revolution, fueling the globalization process. To meet this surging demand, the world turned to fossil fuels, which have played a significant role in energy production. However, the environmental challenges and the risk of resource depletion associated with the use of fossil fuels have underscored the imperative to embrace renewable energy sources. The combustion of fossil fuels has released substantial amounts of greenhouse gases into the atmosphere, leading to pressing issues such as climate change and environmental degradation. In this context, local and national governments are expected to assume a pivotal role in facilitating the transition to renewable energy policies. While international efforts have commenced, the desired progress at the national level remains elusive. A pivotal moment occurred in 2015 with the signing of the Paris Protocol during the COP 21 meeting, marking a new era in the fight against climate change. The agreement emphasized the necessity of limiting temperature rise to below 1.5°C by 2100 but lacked legal enforceability. Countries voluntarily committed to reducing their greenhouse gas emissions, with local governments largely free to act according to their preferences. Given the urgency of the situation, it is imperative to integrate cadastre systems with renewable energy policies to foster a sustainable energy future.

Due to the mathematical position of our country, our country has a high potential in terms of alternative energy. Therefore, there are types of energy production with high potential such as solar, wind and hydro. Our country has an average daily sunshine duration of 7.5 hours. It is extremely important to consider this potential within the logic of an energy cadastre and to establish a system in this context. Considering that there are no studies other than the limited studies carried out in our country on this subject, it is obvious that this issue should be emphasized more. In this study, a sample region was selected for the establishment of energy cadastre and the issue of energy cadastre was discussed with the results obtained from the application on this small sample.

In Turkey, which is located in the Mediterranean basin, one of the regions that will be most affected by climate change, many steps have been taken and various policies and strategies have been developed to promote energy efficiency, as is the case all over the world. In this context, forward-looking targets have been set by the Intergovernmental Panel on Climate Change, Protocols and Climate Change Agreements. In our country, there are very important steps to be taken and duties to be undertaken by almost every stakeholder. Many different information and data that will be required both in the applications specified in these agreements and in the creation of the energy cadastre

discussed in this study are obtained through measurement, mapping and spatial analysis with many current measurement techniques such as Remote Sensing, GNSS (Global Navigation Satellite Systems), Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Geographic Information System (GIS), LiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging). In this framework, the Geomatics Engineering discipline, which has a fundamental role in the production and management of geospatial data, will play a key role and assume a very important role for decision-support stages. Undoubtedly, these studies will not be limited to these, but will also have an important function in directing the studies to be carried out by other disciplines in order to mitigate the effects of climate change in general.

Solar energy cadastral studies have started to be carried out around the world. These studies have been carried out to evaluate the potential of solar energy and to create the necessary infrastructure for the effective use of solar energy systems. These studies increase the knowledge in the field of solar energy by bringing together the results of research conducted in various countries. In this study, an exemplary approach for creating a renewable energy cadastre system for our country has been put forward based on a model based on the results of a sample application and an examination of existing solar cadastre systems around the world. In the study, estimation of rooftop solar energy potential, estimation of facade solar energy potential, estimation of the area that panels or their number can cover, inclusion of some details such as the slope or shape of the roofs / facade / land shape, inclusion of existing infrastructure, shade of trees, etc., evaluation of efficiency, inclusion of shadow effect and 2D view data played an important role in solar cadastre studies.

Energy potential has become an extremely important value factor for a structure and a right for property ownership. In order to make the best use of this potential, first of all, the alternative energy potential of each immovable, its land/plot and even its facade should be revealed with the model in this study and an energy cadastre system should be created for its use, monitoring and conversion into a property. Such systems can also be used for 3D imaging, drawing and adding objects on roofs, carbon reduction studies, determining the optimum angle for panels, maintenance cost calculation, installation cost estimation. For this, necessary legal arrangements should be made and energy should be integrated with condominium ownership.

Cadastre is the system by which the ownership and boundaries of a particular area of a country are officially recorded. Thanks to this system, information such as ownership status, surface area, intended use and boundaries of lands are kept up to date. Nowadays, studies such as determining the energy identity of buildings are being carried out. However, determining the renewable energy potential of buildings subject to ownership and keeping this data by the state can be an important step in directing the public to the use of renewable energy.

Renewable energy cadastre contributes to the effective management of regional energy transition projects by identifying the renewable energy potential in a region, as well as providing strategic information for monitoring existing projects, planning new projects and integrating energy resources. It also helps to create a sustainable energy infrastructure by minimizing environmental impacts.

Integrating cadastral systems with renewable energy policies and keeping data on the energy efficiency of buildings should be considered as an important step in the energy transition and environmental sustainability. By taking this step, the environmental impacts of energy consumption can be reduced and steps can be taken towards a sustainable energy future.

Many studies have been conducted on sustainable energy in the world and the awareness of the issue continues to increase day by day. When we look at this issue in this context, each country should do what is necessary according to its own potential in terms of energy efficiency, considering that the future is built on energy and energy is taking more and more place in our lives every day. A very good return can be obtained from renewable energy production, especially solar energy, with a certain amount of investment. In order to calculate this investment and return and to be sustainable in an integrated manner, the use of renewable energy cadastre by establishing a property relationship with legal regulations is about to exceed the limit of preference.

In this study, it is interpreted that recording energy with a cadastral system will reduce energy losses and carbon emissions, and at the same time, it will be possible to use renewable energy in a way that will provide legal and financial confidence based on digital data. The use of renewable energy will be encouraged by creating an environment of financial return and trust. By analyzing the measurement data and sunshine duration data, it has been seen that with a standard approach, some of the consumption can be met only with solar panels to be placed on the roofs of the buildings. It is interpreted that by establishing the relationship between the renewable energy potential of a building and the property, an economical energy management can be made with an environmentalist approach in a sustainable structure. With the solar energy cadastre concept proposed in the study, both the amount of solar energy that can be obtained from panels to be placed on the roofs (or gardens, surfaces) of existing buildings can be determined and the solar energy potential of future buildings can be estimated. In our country, it is essential to establish solar energy cadastral systems to encourage citizens to turn to solar energy technologies and to ensure that they see the benefits of solar energy for themselves and the economy. The energy potential of people's immovable properties should be taken into account as an attribute and managed by the system in a record. People should know the potential of their immovable properties.

In the study, it was concluded that renewable energy in Altınşehir Neighborhood can produce some of its own electricity consumption only with rooftop panels, but it was observed that there is a potential for more depending on the use of different usage areas. It has revealed the necessity of recording this great potential on a location (building) basis with an energy cadastre-ownership relationship. At the same time, the potential energy values that the buildings that are energy constrained due to shading can actually receive will be determined and legal incidents that may occur due to loss of rights in the energy cadastre system can be solved with such a system with state assurance.



1. GİRİŞ

Enerji, somut bir karşılığa sahip olmasa da, bir sistemin iş yapabilmesi için gereken kapasite olarak tanımlanabilir. Evlerin ısınması, fabrikaların üretim yapması ve motorlu araçların kullanılması gibi her alanda enerji kullanılmaktadır. Sanayi devrimi sonrasında insanlık, seri üretime geçerek enerji ihtiyacını artırmış ve bu durum fosil yakıtlara olan bağımlılığı da artırmıştır. Bu enerji kaynağına sahip ülkeler ekonomik olarak yükselmiş ve hatta bu kaynağı elde edebilmek için çatışmalar yaşamışlardır. Ancak, fosil yakıtların atmosfere saldıgı sera gazlarının küresel ısınma ve iklim değişikliğine yol açtığı anlaşılmıştır. Buna rağmen artan nüfus ve enerji ihtiyacı nedeniyle tüketim hızla artmıştır. Bu da sadece farkındalık düzeyinde kalmaktan öteye geçilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu süreçlerden sonra, 1972’de gerçekleştirilen İnsan ve Çevre Konferansıyla başlayan süreç, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin imzalanmasıyla devam etmiş, Rio Konferansıyla önemli temeller atılmış ve Paris Anlaşmasıyla sonuçlanmıştır. Bu çabaların ardından ülkeler ortak ama farklılaşmış kararlar almış ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek bu alanda politika ve teşvikler geliştirmiştir. Paris Anlaşması’na katılan ülkeler, sıcaklık artışını 2100 yılına kadar 1,5°C’nin altına düşürme taahhüdünde bulunmuşlardır.

Ülkelerin hükümetleri yerel yönetimleri ile birlikte taahhütlerini yerine getirebilmek için çeşitli adımlar atmışlardır. Bu kapsamda, güneş enerjisi başta olmak üzere rüzgar enerjisi, biyogaz, su kaynakları gibi çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların artmasıyla birlikte, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak hem enerji verimliliğini artırmayı hem de çevresel etkileri minimize etmeyi hedeflemektedirler. Belirtilen hedeflere ulaşabilmek amacıyla; bazı ülkeler halkın ve yatırımcıların bilgilendirilmesi, teşviklere destek olması ve yapılan çalışmaların tek bir sistemde toplanması için yenilenebilir enerji kadastroları oluşturmaya başlamışlardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinin kadastral bir altyapısının oluşturulması amacıyla bir örnek çalışma gerçekleştirilmiş ve kadastro için bir fikir sunulmuştur.

Kadastro, taşınmaz mülklerin sınır ve değerinin devlet tarafından planlanarak meşru kılınmasıdır. Günümüzün sorunu olan enerjinin devlet tarafından analiz edilmesi ve kaydedilmesi, potansiyel hesap yapıp etkin biçimde kullanılması, yenilenebilir enerji üretiminin teşvik edilerek çoğalması, doğaya ve ekonomiye fayda sağlayacaktır. Bunun içinde enerji kadastro-mülkiyet ilişkisinin kurulması gereklidir.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Hedefi

Ülkemizin 4 mevsimi yaşamasından dolayı alternatif enerji açısından ülkemiz yüksek bir potansiyele sahip durumdadır. Bundan dolayı güneş, rüzgar ve hidro gibi potansiyeli yüksek enerji üretimi çeşitleri vardır. Ülkemizin günlük ortalama 7,5 saat güneşlenme süresi bulunmaktadır. Bu potansiyelin bir enerji kadastro mantığı içerisinde ele alınması ve bu kapsamda da bir sistemin kurulması son derece önemlidir. Bu konuda ülkemizde yapılan kısıtlı çalışmaların dışında bir çalışma olmadığı göze alındığında bu konunun üzerinde daha fazla durulması gerektiği ortadadır. Bu çalışmada enerji kadastro kurulması için bir örnek bölge seçilmiş, bu küçük örnek üzerinde yapılan uygulamadan elde edilen sonuçlarla enerji kadastro konusu ele alınmıştır.

Yapılan çalışmada Altınşehir Mahallesi'nde yenilenebilir enerjinin sadece çatı üstü panelleri ile kendi elektrik tüketiminin bir kısmını üretebileceği sonucuna varılmış olmakla birlikte, farklı kullanım alanlarının kullanımına bağlı bir şekilde potansiyel olarak daha fazlasının da mevcudiyeti gözlemlenmiştir. Ulaşılan bu büyük potansiyelin bir enerji kadastro-mülkiyet ilişkisi ile konum (yapı) bazlı kayıt altına alınmasının gerekliliğini ortaya koymuştur. Aynı zamanda gölgelendirmeden dolayı enerji kısıtına uğrayan yapıların aslında alabileceği potansiyel enerji değerleri belirlenip enerji kadastro sisteminde hak kaybından dolayı yaşanabilecek hukuki olaylara da yine devlet güvencesi ile bu tür bir sistem ile çözüm sunulabilecektir.

1.2 Literatür Çalışması

Dal (2021) tarafından yapılan çalışmada dünyada enerji tüketimine bağlı olarak gelişen olumsuz etkiyi azaltmak için Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı tarafından yeni tedbirler uygulanmaya başlandığı, iklim değişikliğini en aza indirmenin yollarından biri olan güneş enerji sistemlerine yatırım yapılmasını zorunlu

hale getirdiği ve güneş panelleri eğim açısına, zamana, panelin konulduğu yöne ve bölgeye bağlı olarak toplanan güneş ışıını miktarının değişeceği belirtilmiştir.

Werner (2016) tarafından yapılan çalışmada güneş enerjisinin kullanımının avantajları konusunda halk bilinçlendirilmektedir. Güneş ışığı ve güneş potansiyel haritalarının analizi farklı alanlarda ve yatırım aşamasında kullanılabilir olduğu ve konumun enerji potansiyeli hakkında bilgileri net bir şekilde göstermesinin önemli olduğu vurgulanmıştır. Çalışma, dünyadaki kullanıcılara sunulan farklı güneş kadastrası modellerinin örneklerini göstermektedir ve bunların kullanımını incelemektedir. 2008'den itibaren internette kullanıcılara sunulan seçili güneş kadastrası haritaları analiz edilmiş, ardından haritaların mekansal planlama ile ilgili çalışmalarının kullanılabilirliği ve yararlılığı açısından karşılaştırılmıştır.

Lanuv (2018) tarafından yapılan çalışmada, Kuzey Ren-Vestfalya'nın potansiyel güneş enerjisi kapasiteleri ve ilgili değerlendirmeler temel alınarak, bölgenin çatı alanlarındaki güneş enerjisinin kullanım imkânlarından bahsedilmiştir. Çalışma, tüm binaların çatı yüzeylerinin solar termal sistemler açısından uygunluğunu analiz etmiştir. Fotovoltaik sistemlerin, konutların toplam elektrik tüketiminin yarısını karşılayabilecek teorik bir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir. Çalışma, her çatının enerji ve maliyet potansiyelinin detaylı hesaplamaları sunmaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinin hem ekonomik hem de çevresel olumlu etkilerini ortaya koyarak, sürdürülebilir enerji kullanımına dair önemli bilgiler sunmaktadır.

Öymen ve Ömeroğlu (2020) tarafından yapılan çalışmada enerji kaynaklarının kısıtlı olması yanında sürekli artan enerji ihtiyacının karşılanması doğru ve etkin bir enerji politikasını gerektirmekte olduğu belirtilmiştir. Bunun için enerji ihtiyacının ve bu ihtiyacın hangi kaynaklarla karşılanacağını bilmesi önemlidir. Çalışmada sürdürülebilir enerji politikasının hayata geçirilebilmesi ise ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile mümkün olabileceği yorumlanmıştır.

Holler ve diğ. (2021) tarafından yapılan çalışmada enerji ve kadastrası konularına odaklanarak rüzgar enerjisinin önemini, enerji dönüşümünde ne kadar kritik olduğunu ve Almanya gibi ülkelerde nasıl büyük bir potansiyele sahip olunabileceğinin üzerinde durulmuştur. Özellikle rüzgar enerjisinin, elektriğe nasıl dönüştüğünü, bu dönüşümdekinin kinetik enerji hesaplamalarını detaylandırarak açıklamıştır. Rüzgar türbinleriyle ilgili teknik bilgiler, verimlilik ve enerji üretim potansiyelleri gibi çeşitli detayları da içermektedir. Kadastrası ile ilgili olarak, enerji üretiminde kullanılacak alanların planlanması ve bu alanların en verimli şekilde nasıl kullanılabileceği ele

alınmıştır. Kadastro, potansiyel enerji alanlarının belirlenmesinde ve bu alanların etkin yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır. Enerji ve kadastro sistemlerini bir arada değerlendirerek, enerji üretiminin ve alan yönetiminin optimizasyonunu hedeflenmiştir.

Soutullo ve diğ. (2020) tarafından yapılan çalışmada binalar üzerinde solar ve termal enerji ile binaların CO₂ salınımdaki değişimi inceledikleri bir kadastral sistem üretilmiştir. Çalışmada düşük karbonlu enerji geçişini desteklemeyi hedefleyen bir CBS platformu geliştirilerek, iki farklı modül oluşturulmuştur. Özellikle ısınma yüklerindeki enerji talebini azaltmaya yönelik politikalar geliştirmenin öneminden bahsedilmiştir.

Manfred (2014) tarafından yapılan çalışmada Yenilenebilir Enerjiler Potansiyel Haritasından bahsedilmiş ve Almanya'nın Baden-Württemberg eyaletinde 2012 yılında Public Private Partnership modeli ile geliştirilmiş bir proje olduğu belirtilmiştir. Detaylı ve etkileşimli web arayüzü ile kamu yönetimleri, enerji şirketleri, belediyeler ve bireysel kullanıcılar tarafından erişilebilen stratejik bir bilgi aracı olarak tasarlanmıştır. Projede, çatı ve serbest alanlardaki güneş enerjisi potansiyelinin hesaplanmasında lazer tarama verileri, dijital ortofotolar ve Alman Meteoroloji Dairesi'nin verileri gibi kadastral bilgiler kullanılarak arazi yapısı ve coğrafi özellikler değerlendirilmiştir.

Chatzigeorgiou ve Martinopoulos (2023) tarafından yapılan çalışmada yenilenebilir enerjinin özellikle güneş enerjisi kullanımı ile birlikte sunulduğu, güneş enerjisi kullanımının kentsel alanlarda güneş haritalaması ihtiyacını doğurduğu ve güneş sistemlerinin düzgün boyutlandırılması için bir dinamik güneş potansiyeli tahmini gerekliliğinden bahsedilmiştir. Yunanistan Selanik'te tipik bir kentsel mahalle seçilmiş ve bölge için basitleştirilmiş bir Güneş Kadastro üretilmiştir. Seçilen binaların yıllık güneş potansiyeli hesaplanmış ve analiz edilmiş ve onu etkileyen parametreler sunulmuştur.

Thebault (2019) tarafından yapılan çalışmada şehirlerde güneş enerjisinin önümüzdeki yıllarda büyük ölçüde artmasının beklendiği, özellikle güneş enerjisi üretim hedeflerinin planlanması ve izlenmesi için faydalı bilgileri yakalamak adına geleneksel bir güneş kadastronun kullanılmasının önemi ele alınmıştır. Kadastrolar şehirlerde ve yerel yönetimlerde güneş enerjisi sistemlerine yatırım yapmayı teşvik etmek için kullanılmakta olup güneş kadastro konseptinin hem bir planlama aracı hem

de bir izleme aracı olarak analiz etmektedir. Gelecekteki öngörülerle çalışma sonuçlandırılmıştır.

Nex ve diğ. (2013) tarafından yapılan çalışmada, alp bölgelerinde bulunan bina çatılarına ilişkin bir güneş kadastrasının oluşturulması için eksiksiz bir sürecin test edilmesini ve uygulanmasını hedefleyen 3DSolarWeb projesinde yürütülen araştırmayı sunmaktadır. Proje, güvenilir sonuçları uygun maliyetli bir şekilde sağlamayı amaçlamaktadır. Gelen güneş radyasyonunun tahmini için güvenilir modeller ve algoritmalar benimsenmiş ve raster tabanlı bir WebGIS yardımıyla fotovoltaiik potansiyelin etkileşimli hesaplanması için kurulmuştur. Makale, yöntemin ve web tabanlı hizmetin potansiyelini göstermek için test alanlarında elde edilen tüm süreç ve sonuçları özetlemiştir.

Moscovici ve diğ. (2021) tarafından yapılan çalışmanın konusu, fotovoltaiik panellerin yerleştirilmesi için en uygun alanların seçilmesi açısından güneş kadastrası ve enerji kaynakları uygulanmasının önemi ile ilgilidir. Bilimsel literatürde, güneş kadastrası aynı zamanda çatı kadastrası veya potansiyel güneş kadastrası olarak da bilinmektedir. Bu kadastro, çalışılan alanlar için mevcut olan dijital arazi modeli ve iklim bilgilerine dayanmaktadır. Sunulan örnek olay incelemesinin önemli bir yönü, tarım arazilerinin fotovoltaiik parklar için kullanımının azaltılmasıdır. Mevcut kentsel çevremizde yenilenebilir enerji üretmenin bir yolu, güneş enerjisini kullanmaktır. Enerji kaynakları elde etmek için mevcut yapılaşmış çevrenin potansiyelini analiz etmenin bir yöntemi, güneş haritaları oluşturmaktır. Bir güneş haritası veya güneş kadastrası, binaların yüzeylerinde yıllık güneş radyasyonu hakkında veri sağlayan bir coğrafi bilgi sistemi olduğu belirtilmiştir.

Bofu ve diğ. (2014) tarafından yapılan çalışmada yenilenebilir enerjinin çevre açısından küresel ısınmanın etkisini azaltmak gibi olumlu etkisinin bulunduğu ifade edilmiştir. Enerji kadastrası kavramı çevresel faktörleri izleyerek bir veritabanının geliştirilmesine ve akıllı evlerin inşa edilmesine olanak tanıyacağını vurgulamıştır.

Bieda ve Cienciała (2021) tarafından yapılan çalışmada dünya genelindeki farklı bölgelerden çeşitli güneş kadastralarının veya haritalarının kapsamlı özellikleri araştırılmıştır. Çalışma, ön analiz sunan Global Solar Atlas ve bir web uygulaması olan Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) gibi örnekler içermektedir. İsviçre'ye özel olarak hazırlanan kadastraların detaylarını, güneş enerjisinden faydalanmak amacı ile yapılan yatırımın ardından kazanım hesaplamaları gibi farklı özellikler içeren Hannover (Almanya) kadastrasının özelliklerini ve gölgeleme

değerlendirmeleri, maddi hesaplamaları ve ekonomik faktörler gibi ayrıntılar sunan Londra'nın solar kadastroundan bahsederek yenilenebilir enerji kaynaklarının kadastroya entegre edilmesinin gerekliliği üzerinde durulmuştur.

Glauber (2023) tarafından yapılan çalışmada Bavyera Eyaleti'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırma sürecini hızlandırmak için izlenecek yöntemlere dair kapsamlı bir rehber sunulmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir adım olduğu ve eyaletin 2040 yılına kadar nötr karbon olma hedefi vurgulanmaktadır. Çeşitli yenilenebilir enerji türleri ve bu enerji kaynaklarının kullanımına yönelik izin süreçleri açıklanmaktadır. Ayrıca, başvuruların kolaylaştırılması ve süreçlerin hızlandırılması amacıyla izlenecek idari prosedürler, çevresel değerlendirme gereksinimleri ve kamu katılımının önemi üzerinde durulmaktadır.

Güleş (2020) tarafından yapılan çalışmada bir taşınmazın manzarasının, hukukî açıdan nasıl bir önem ifade ettiği ve sonrasında manzaranın kapanması durumunda hangi hukukî sebepler vasıtasıyla koruma talep edilebileceği hususu incelenmiş, manzaranın korunması durumunda elde edilen hukuki yarar da mülk sahibi için doğrudan mülkiyetle ilgili bir durum olduğu vurgulanmıştır.

Yukarıdaki literatür taramasından da görüleceği üzere bu konuda dünyada birçok çalışma yapılmış ve her geçen gün de konuya olan farkındalık artarak devam etmektedir. Bu konuya bu kapsamda bakıldığı zaman geleceğin enerji üzerine kurgulandığı, enerjinin hayatımızda her geçen gün daha fazla yer aldığı dikkate alındığında enerji verimliliği konusunda her ülke kendi potansiyeline göre gerekeni yapmalıdır. Başta güneş enerjisi olmak üzere, yenilenebilir enerji üretiminden belli bir tutar yatırımla çok iyi geri dönüş alınabilecektir. Bu yatırımın ve geri dönüşün hesaplanması ve entegreli şekilde sürdürülebilir olması için hukuki düzenlemelerle mülkiyet ilişkisi kurularak yenilenebilir enerji kadastrounun kullanılması tercih sınırını aşmak üzeredir.

Bu çalışmada enerjinin bir kadastral sistem ile kayıt altına alınması, enerji kayıplarını ve karbon emisyonlarını azaltacağı, aynı zamanda yenilenebilir enerji kullanımının sayısal verilere dayanarak hukuki ve maddi güven sağlayacak şekilde kullanılması yine bu sistem ile mümkün olacağı yorumlanmıştır. Maddi getiri ve güven ortamının oluşturulmasıyla yenilenebilir enerjinin kullanımı teşvik edilmiş olacaktır. Ölçüm verileri ile güneşlenme süresi verilerinin analiz edilerek standart bir yaklaşımla, sadece yapıların çatılarına konulacak güneş panelleriyle tüketimin bir kısmının

karşılanabildiğini görülmüştür. Bir yapının sahip olduğu yenilenebilir enerji potansiyelinin mülkiyetle ilişkisinin kurularak sürdürülebilir bir yapıda çevreci bir yaklaşımla, ekonomik bir enerji yönetimi yapılabileceği yorumlanmıştır. Çalışmada önerilen güneş enerji kadastro konsepti ile hem mevcut binaların çatısına (veya bahçesine, yüzeylerine) yerleştirilecek panellerden elde edilebilecek güneş enerji miktarı belirlenebilecek, hem de ilerde yapılacak binaların güneş enerji potansiyelleri tahmin edilebilecektir. Ülkemizde, vatandaşların güneş enerjisi teknolojilerine yönelmesini teşvik etmek, güneş enerjisinin kendilerine ve ekonomiye sağlayacağı faydaları görmelerini sağlamak adına güneş enerjisi kadastro sistemlerinin kurulması elzemdir. İnsanlar taşınmazlarının enerji potansiyeli bir öznitelik olarak dikkate alınarak, bir kayıt içerisinde sistem ile yönetilmesi gereklidir. İnsanlar taşınmazlarının potansiyelini bilmelidir.

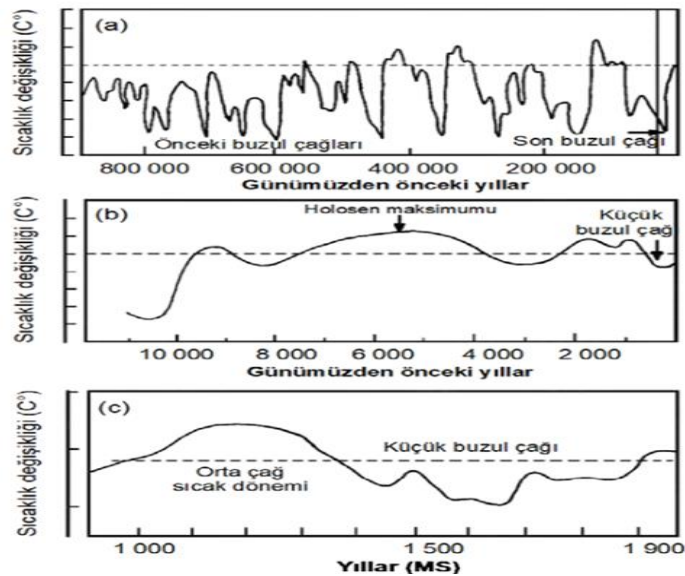


2. KÜRESEL ISINMA VE OLUMSUZ ETKİLERİNİ AZALTMAYA YÖNELİK POLİTİKALAR

2.1 Küresel Isınma Sorunu ve Sonuçları

İklim, dünyanın herhangi bir bölgesinde uzun yıllar boyunca benzer şekilde gözlenen ve hissedilen hava koşullarının uzun süreli istatistikleri sonrası ortalama durumunu gösteren ekstrem ve şiddetli değişkenlerinin de içinde bulunduğu olayların tiplerinin birleşimi olarak tanımlanabilir. İklim değişikliği ise uzun vadeli sıcaklık ve hava koşullarındaki değişiklikleri tanımlar (URL-1). İklim değişikliği kavramı Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde karşılaştırılabilir süreç boyunca gerçekleşen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak atmosferdeki birleşimlerin oranını bozan insan faaliyetlerinin sebep olduğu iklimdeki değişiklikler olarak tanımlanır (URL-2).

Yukarıdaki tanımda da bahsedildiği üzere iklim değişikliği sadece insanlığın sebep olduğu bir olgu değildir. Dünya iklimi var olduğu günden beri değişmektedir. Şekil 2.1'de görüldüğü üzere dünyamızın son 800000 yılında 8 büyük buzul çağı yaşadığı ve görece daha sıcak dönemleri olmuştur (URL-2).



Şekil 2.1 : Geçmişten günümüze dünya'da yaşanan buzul çağı (URL-2).

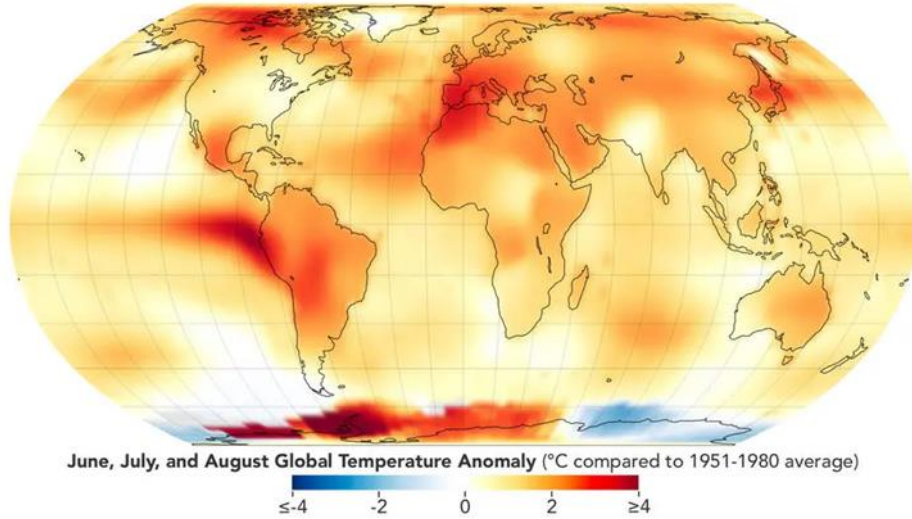
Bu yaşanan değişikliklerin çoęu Dünya ekseninde 4000 yıllık periyodu olan doğal bir kayma ile 23000 yıllık periyodu olan dairesel bir sapmadaki değişikliklerden dolayı gezegenimize ulaşan güneş enerjisi miktarındaki değişimden kaynaklanmaktaydı. Bir döngü halinde yaşanan bu değişikliklere onu bulan matematikçi Milutin Milanković'in adı verilmiş ve Milankoviç Döngüleri olarak adlandırılmıştır. Bu döngüler Dünya, Ay ve özellikle Jüpiter olmak üzere diğer gezegenler arasındaki yerçekimi etkileşimlerinden kaynaklanmaktadır. Her biri kendi karakteristik periyoduna sahip olan bu döngülerin etkileşimi, zaman içinde Dünya'ya gelen güneş ışınlarının dağılımında karmaşık değişikliklere yol açarak buzul çağlarının zamanını ve yoğunluğunu etkilemişlerdir. Yaşanan son buzul çağının sona ermesi ile insani yaşam şartlarına uygun iklim çağı başlamıştır (Peltier, 1994). Bu süreçten sonra ise insan sahaya çıkmış ve dünyadaki yaşam üzerinde söz sahibi olmaya başlamıştır.

Günümüzde hissettiğimiz iklim değişikliği ise öncesinde yaşananlardan farklılık göstermektedir. Son binyıllarda görülen ısınma eğilimlerine göre gerçekleşen hareketler oldukça yüksek bir ivme kazanmıştır. İnsan faaliyetlerinin etkileri dolayısıyla ortaya çıkan ekstra enerjiler, okyanusların ve kara parçalarının ısınmasına sebep olmuş, atmosfer ve biyosferde yaygın ve hızlı değişiklikler ortaya çıkarmıştır (URL-3).

İnsan varlığının iklimdeki değişikliklere sebep olan etkisi, 18. yüzyılın ortalarından başlayan Sanayi Devrimine dayanmaktadır. Sanayi Devrimi ile insan kuvvetine olan bağımlılığın azalması ve seri üretime geçilmesi sonucu hızlı nüfus artışı ile kentleşme oranı da hızlıca artmıştır. Nüfus ve ihtiyaçların artışı sonucu üretime talep artmıştır. Talepleri karşılamak üzere üretim arttıkça girdi hammadde ihtiyacı da artmıştır. Hammadde olarak petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil yakıtlar yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır (URL-2).

Özellikle 21.yüzyılın başlarında yoğunlaşan fosil yakıtların kullanımı karbondioksit ve diğer benzer asal ve sera etkisine sebep olan gazların salınımı yoğunlaşarak artmıştır. İnsan etkisiyle atmosfere salınan bu gazlar güneşten gelen ışınların bir kısmının atmosferde tutulmasına sebep olur. Olması gerektiğinden fazla atmosferde tutulan bu ışınlar sıcaklığın giderek artmasına sebep olur. Araştırmalar doğrultusunda tahmini olarak dünya 40 yıl içindeki her 10 yılda 0,1°C'den daha fazla miktarda ısınmaya devam edecektir. Dünyanın sürekli olarak ısınması olayı küresel ısınma olarak adlandırılmaktadır (Özmen, 2009).

1951-1980 yılları arasındaki sıcaklık değerlerinin ortalaması temel alınarak hazırlanan ve Şekil 2.2’de verilen haritada, 2023 yaz aylarında (Haziran-Temmuz-Ağustos) bu temel ortalama ne kadar uzaklaştığı gösterilmektedir. Bu verilere göre 2023 yılı 1880’den beri Dünya’nın geçirdiği en sıcak yaz olarak kayda geçmiş ve Dünya ortalama 1.2 °C daha sıcak bir yıl geçirmiştir. NASA, Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) ve diğer uluslararası kurumlar tarafından yıllardır süre gelen araştırmalardan elde edilen bir sonuç vardır; o da bu ısınmanın esasen insan kaynakları sera gazı emisyonlarından meydana geldiğidir. Tablonun bu derece kötü olmasında sera gazlardan sonra Orta ve Doğu Pasifik Okyanusunda deniz sıcaklıklarının artışı ve su seviyesinin yükselişi de gösterilebilir. Pasifik’te gerçekleşen bu doğal El Nino olayları da atmosfere ekstra sıcaklık vererek küresel ısınmanın artışına sebep olmaktadır (URL-3).



Şekil 2.2 : 2023 yılının Haziran, Temmuz ve Ağustos ayındaki sıcaklık ortalamasının 1951-1980 yılları arasındaki aynı aylardaki ortalama değerlerinin karşılaştırıldığı harita (URL-3).

Dünyanın atmosferinde %78 oran ile azot gazı, %21 ile oksijen gazı bulunmakta ve geriye kalan %1’lik kısım ise asal gazlar tarafından oluşmaktadır. Güneşten gelen ışınların bir kısmı atmosferdeki gazlar tarafından tutulurken, bir kısmı ışığı geçirir ve bu ışınlar yeryüzüne ulaşır. Yeryüzüne ulaşan ışınlar ve atmosferde tutulan ışınların dengesi sayesinde sularımızın sıcaklığı dengede kalır ve okyanusların buz tutması önlenir. Atmosferin bu ısıtma ve geçirme etkisine sera etkisi adı verilmektedir. Günümüzde hassas meyve ve sebzelerin üretimi için kullanılan seralar atmosferin bu özelliğine uygun olarak çalışmaktadırlar (URL-4).

2013 yılında Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonu karbondioksit eşdeğeri olarak 459,10 milyon ton (Mton) olarak kaydedilmiştir. Bu emisyonların %67,8'i enerji sektöründen, %15,7'si endüstriyel süreçler ve ürün kullanımından, %10,8'i tarımsal faaliyetlerden ve %5,7'si atık sektöründen kaynaklanmaktadır. Enerji sektöründeki emisyonların büyük bir kısmı yakıt yanmasından ortaya çıkmaktadır. Bu sektördeki emisyonların %24,8'i enerji sanayisinden, %15'i ulaşım sektöründen, %13,6'sı sanayi sektöründen ve %12,8'i konut, hizmetler ve tarım/ormancılık/balıkçılık alt sektörlerinde yakıtların yanmasından kaynaklanmaktadır (TÜİK, 2014).

2.1.1 Türkiye jeolojisi ve enerji potansiyeli

Ülkenin günümüzdeki jeolojik yapısını anlamak için geçmişe dönüş önemlidir, çünkü jeolojik zamanlar dünya üzerindeki jeolojik olayları ve süreçleri zaman içinde sıralayan bir ölçüdür. Bu zaman çerçevesi, farklı jeolojik oluşumların ve değişimlerin kronolojik bir düzen içinde sınıflandırılmasını sağlar. Jeolojik zamanlar, fosil kayıtlarının incelenmesi, kayaç tabakalarının analizi ve radyometrik tarihleme gibi yöntemlerle belirlenir. Bu süreç, jeolojik tarih boyunca yaşanan değişimleri anlamamıza ve dünya tarihini kronolojik bir sıra içinde değerlendirmemize yardımcı olur.

Paleozoik dönemde (yaklaşık 225 milyon yıl önce sona eren), Türkiye'de metamorfik ve tortul arazilerin oluşumu başlamıştır. Bu dönemde Trakya'daki Yıldız (Istaranca) Dağları, İç Anadolu'da Sultan Dağları, Karadeniz'de Ilgaz Dağları ve Doğu Anadolu'da Bitlis masifi gibi jeolojik oluşumlar meydana gelmiştir. Zonguldak'ta çıkarılan taş kömürü ve Bitlis'teki petrolün oluşumu da bu dönemde başlamıştır.

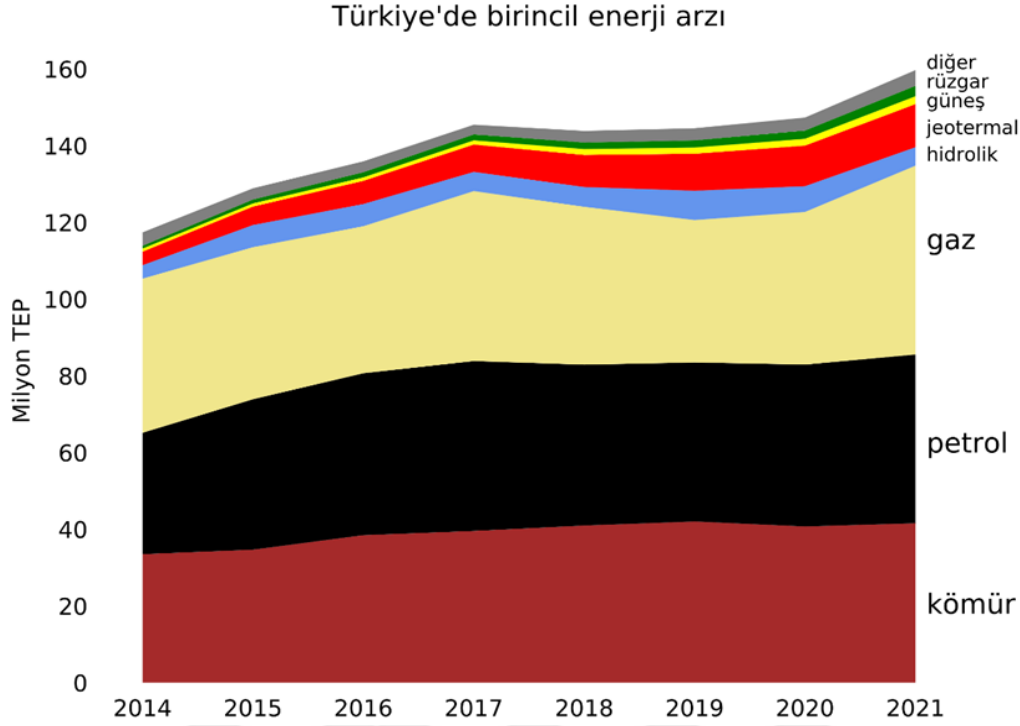
İkinci jeolojik zaman olan Mezozoik dönemde, Türkiye'nin büyük bir bölümünde, özellikle Anadolu'nun kuzey ve güney kesimlerinde Tetis Denizi'nin zeminini oluşturduğu belirlenmiştir. Bu dönemde yüksek bölgelerden gelen materyallerin ve deniz canlılarının çökmesiyle killi ve kireçli materyallerin olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, Afrika ve Arap Plakalarının etkisiyle deniz tabanında lavların ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bu çökelen materyaller ve magmatik kayaçlar daha sonraki yer hareketleriyle kıvrılarak Kuzey Anadolu ve Toros dağ kuşaklarını meydana getirmiştir. Kuzey Anadolu'daki sığ deniz bölgelerinde ise, kumul ve kireçli malzemelerin birikmesi sonucu Samsun ve Zonguldak arasında kumlu ve kireçli

tabakaların oluştuğu, doğu kesimlerinde ise tortullarla birlikte volkanik kökenli oluşumların yer aldığı tespit edilmiştir.

       jeolojik zaman olan Tersiyer döneminin en önemli özelliği, Anadolu'nun kara haline gelmesidir. Bu dönemin başlarında, Anadolu'da sıcak ve kurak bir iklimin hüküm sürdüğü ve buharlaşma sonucunda tuzlu ve jipsli tortulların oluştuğu kaydedilmiştir. Ülkemizde geniş bir alana yayılmış olan linyit kömürü, bu dönemde oluşmuştur. Genç oluşumlu arazilere sahip olmamız nedeniyle kömür oluşumu bu döneme rastlar. Ancak yeterince zaman geçmediği için linyit kömürü, enerji açısından taş kömürüne göre daha düşük kalitededir. Bu durum, ülkemizin enerji hammaddeleri açısından dışa bağımlı olmasına neden olmaktadır.

D rd    jeolojik zaman olan Kuvaterner dönemde ise, Türkiye'nin günümüz görünümünü almaya başladığı dönemdir. Bu dönemin başlarında, Ege Denizi'nin bulunduğu sahanın tektonizma sonucu   km ş ve sonuç olarak Ege Denizi'nin oluştuğu belirlenmiştir. Ayrıca, iklim salınımlarının etkisiyle denizlerde yükselmeler meydana geldiği ve günümüzden yaklaşık 10.000 yıl önce klimatik optimuma ulaşıldığında denizlerde yükselmeler gerçekleşerek Akdeniz sularının Ege Denizi  zerinden Karadeniz'e ulaştığı tespit edilmiştir. Bu devirde meydana gelen volkanik olaylar sonucu da Ağrı, Süphan, Nemrut ve Erciyes dağlarının oluştuğu kaydedilmiştir.

Türkiye'nin coğraf  yapısına bakıldığında, geçmişten günümüze enerji açısından oldukça verimli olan petrol, doğalgaz ve taşkömürü gibi fosil yakıt kaynaklarından yoksun, ancak linyit gibi enerji verimliliği düşük madenlerle zengin bir bölge olduğu görülmektedir. Ülkemizin genç oluşumlu bir yapıya sahip olması nedeniyle, ülkemiz fosil enerji kaynakları açısından zengin değildir. Bu durum, ülkemizin büyük çoğunluğunu ithalat ile karşılanan bir enerji açığına sahip olmasına yol açar. şekil 2.3'te de görüldüğü gibi, enerji tüketiminde ülkemizde en çok kömür, petrol ve doğalgaz kullanılmaktadır. Bu durum, sadece sera gazı emisyonları açısından değil, ekonomik açıdan da ülkemizin yenilenebilir enerjiye geçişini önemli kılmaktadır.



Şekil 2.3 : Türkiye'nin birincil enerji arzı grafiği (URL-5).

Şekil 2.3'ten açıkça anlaşılabacağı üzere Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen ve kullanılan enerji oranı hala oldukça düşüktür. Ancak, bu kaynaklardaki potansiyel oldukça yüksektir. Türkiye'nin genç oluşumlu coğrafyası, özellikle suyun yüksekten ve hızlı akmasına sebep olarak hidroelektrik santralleri ve barajlar için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Ayrıca, Ege bölgesinde yoğunlaşmış olan jeotermal enerji kaynakları, orta kuşak bir ülke olmamızın sonucu olarak Batı rüzgarlarının önemli bir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisi açısından avantajlar sağlamaktadır. Türkiye'nin güneş enerjisi açısından öne çıkan konumu, yıl boyunca artan güneşli günler ve ekvatora yakın bir konumdan kaynaklanan dik açıya yakın açıda aldığı güneş ışınlarıdır. Bu zengin potansiyele sahip bir noktada, yenilenebilir enerji politikalarının hız kazanması hem ekonomik hem de çevresel açıdan büyük önem taşımaktadır.

2.2 İklim Değişikliği ile Mücadele için Atılan Adımlar

Küresel Isınma ve İklim Değişikliği ile ilgili uluslararası anlamda gerçekleştirilen ilk konferans Birleşmiş Milletler'in 1972 yılında İsveç'in Stockholm şehrinde "İnsan ve Çevre Konferansı"dır. İlk kez çevre hakkı, ortak sorumluluklar kavramlarından bahsedilmiş, ekonomi ve sosyal hayatın çevreyi koruma ve geliştirme bilinci olmadan

sağlıklı ilerleyemeyeceği belirtilmiştir. Konferansta 86 bildiri sunulmuştur ve sonucunda kararlaştırıldığı üzere aynı yıl içinde günümüzde büyük bir önemi olan BM Çevre Programı (UN Environment Programme UNEP) kuruluşu kurulmuş, Çevre Fonu oluşturulmuş ve 5 Haziran Dünya Çevre Günü olarak ilan edilmiştir (Türkeş, 2022).

1979 yılına gelindiğinde, Dünya Meteoroloji Örgütü'nün çabaları ile Cenevre'de ikinci bir konferans gerçekleştirilmiştir. Birinci Dünya İklim Konferansı olarak anılan bu konferansta fosil yakıtlara bağımlılık ve ormansızlaşmanın bu şekilde veya artarak devam etmesi halinde CO₂ gazının birikiminin dünya için oldukça zararlı boyutlara ulaşacağı açıklanmıştır. Açıklamaların sonucunda yeterli aksiyonların alınmadığı görüldüğünde 1985 yılında Villach ve 1987 yılında Toronto Konferansları toplanmıştır.

1987 yılında yaşanan bir diğer önemli adım ise Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından hazırlanan Brutland Raporu olmuştur. Bu rapor dünya kaynaklarının artık hiçbir topluluğa yetecek asgari düzeyde olmadığını ortaya koymuş, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ortak noktaları bulunarak sürdürülebilir kalkınma hedefleri etrafında toplanarak hareket etmesi önerilmiştir. Günümüzde oldukça önemli olan sürdürülebilir kalkınma kavramından ilk olarak bu raporda bahsedilmiştir. Kavram, bugünün ihtiyaçlarını karşılarken yarının ihtiyaçlarını karşılama gücüne engel olmama ilkesine dayanmaktadır. Oldukça önemli olan bu rapor sonrasındaki kararlarda önemli bir role sahip olmuştur (Karalar ve Kiracı, 2011).

Bu raporun yayınlanmasından bir yıl sonra Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur. IPCC iklim değişikliği ve küresel ısınma ile ilgili uluslararası bir komite olması bakımından oldukça önemlidir. Bu panel ileride ayrıntılı olarak açıklanacak olan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇSD)'nin temelini oluşturmuştur (Türkeş, 2022).

2.2.1 Rio konferansı

Dünyanın karşı karşıya olduğu çevre sorunları, hava ve su kirliliği, küresel ısınma ve su seviyesi artış sorunlarının tüm ülkelerin bir arada olduğu ve her düzeyde ortak eylem planları üzerinde hareket edilmesi gerekliliği görülmüş ve mücadelenin daha efektif olabilmesi için 1990 yılında Cenevre'de geniş bir katılım ile İkinci Dünya İklim Konferansı gerçekleştirilmiştir. Konferansta konuşulan konular üzerinde hazırlıklar

yapılmış ve 1992 yılında Rio Çevre Konferansında tekrar toplanarak önemli adımlar atılmıştır. Konferansta ele alınan temel konular Şekil 2.4'te gösterilmiştir (Bayraç, 2010).



Şekil 2.4 : Rio konferansının çıktıları.

2.2.2 BM iklim değişikliği sözleşmesi

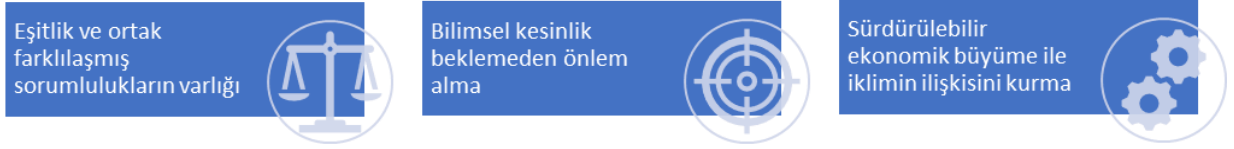
Rio Konferansında 172 ülkenin yaptığı görüşmeler sonucu imzaya açılan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, iki yıl sonra 189 ülke tarafından onaylanarak 1994 yılında yürürlüğe girmiştir. Çerçeve Sözleşmesi dünyanın ilk çevre sözleşmesidir. Sözleşme sanayi devriminden beri giderek artan insan faaliyetlerinin yol açtığı kirliliğin iklim ve ısınma üzerine tehlikeli etkileri olduğunun ve bu tehlikelerin tespit edilip azaltma çabasına girilmesi gerektiğini belirtmektedir. Mevcut durumda çevreye en büyük zararı veren sera gazlarının azaltılması ve olabilecek en düşük seviyede tutulması en büyük amaçlardan biridir. Sanayinin ülkelerin en büyük iş gücü ve gelir kapılarının başında geldiği düşünüldüğünde ülkelerin işsizlik ve gelir kaybı tedirginlikleri olduğu görülmektedir. Bu noktada gazların salınımlarının belirli bir seviyeye indirilmesinin yanında sosyoekonomik ve çevresel etkileri üzerine de birtakım önlemler alınması gerektiği görüşü belirtilmektedir (Bayraç, 2010; Türkeş, 2022). Sözleşmede 3 temel ilkeye vurgu yapılmıştır. Temel ilkelerden ilki eşitlik ve ortak fakat farklı sorumlulukların bulunduğu konusudur. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin sera gazı salınımindaki sorumlulukları orantısız şekilde dağılmaktadır.

Küresel karbondioksit salınımının yaklaşık olarak %20'sine ABD sebep olurken, Çin %10 ile bu ülkeyi takip etmektedir. Dünya'da karbondioksit salınımını üstlenen ülkeler varken faturayı tüm ülkelere eşit dağıtmak doğru olmayacaktır. Sanayileşmesini tamamlamış ve bu salınımlar sonucu yüksek gelirler elde eden ülkeler, sorunların çıkmasında daha büyük bir paya sahiptirler. Ayrıca yaşanan sorunlardan sadece kendi ülkeleri değil gelişmekte olan ülkelerin de etkilenmekte olduğu söylenebilir. Gelişmiş ülkelerin sadece kendi sorumluluklarını alıp kenara çekilmemesi ve gelişmekte olan ülkelere de yeni iklim politikalarının hayata geçmesinde yardımcı olmaları gerekliliği vurgulanmıştır. Bu noktada ülkeler iki gruba ayrılarak gelişmişlik durumlarına göre ülkelere farklı sorumluluklar verilmiştir.

İlk grupta OECD'nin 1992 yılındaki üyeleri ile Avrupa Birliği ve Pazar Ekonomisine Geçiş Sürecindeki (PEGSÜ) ülkeler olarak, Türkiye, Lihtenştayn ve Monako bulunmaktadır. Bu ülkeler sera gazı emisyonlarını sınırlandırmak, sera gazı yutaklarını korumak ve iklim değişikliği ile mücadele etmek amacıyla aldıkları önlemleri ve uyguladıkları politikaları bildirmek ve emisyonlarla ilgili verileri iletmekle yükümlü tutulmuşlardır.

İkinci grup ise sadece OECD'nin 1992 yılındaki üyesi olan ve AB ülkelerini kapsamaktadır. Bu ülkeler ilk grubun sorumlulukları ile aynı oranda yükümlüdürler. Bu ülkeler ek olarak çevre dostu teknolojilerin öncelikle gelişme yolundaki taraf ülkelere aktarmak veya bu teknolojilere ulaşımı desteklemek, kolaylaştırmak ve finanse etmek hususlarında sorumlu kılınmışlardır (Sands, 1992).

Şekil 2.5'te görülen ikinci temel ilke ise bilimsel kesinlik beklemeden önlem alma ilkesidir. İklim değişikliği konusunda henüz kesin ve oldukça net verilere sahip olunmadığı görülmektedir. Bazı noktalarda muğlaklıklar sürmekteyken, kesin olan şey artık kötü etkileri ile günlük yaşantımıza karşımıza çıktığıdır. Sözleşmede bu kapsamda ciddi ve telafisi mümkün olmayan tehditlerin söz konusu olduğunda bilimsel netlikleri beklemeden harekete geçilmesinin ve kararlı davranılmasının gerekliliği vurgulanmıştır. Çünkü sebeplerin netleşmesini beklerken geri dönülemez yollara girmiş olunması oldukça muhtemel görünmektedir.



Şekil 2.5 : Kararlaştırılan temel ilkeler.

Kararlaştırılan son temel ilke ile sözleşme sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınmanın iklim değişikliği ile ortak çalışan bir çarklar bütünü olarak görülmektedir. İklim değişikliği için gerçekleştirilecek uygulamaların olabildiğince az maliyet ve geleceğe yönelik daha avantajlı fırsatların oluşmasına imkân sağlayacak şekilde olması gerekliliği vurgulanmıştır. İlk somut adım olan bu çerçeve sözleşme, politika ve programların belirlenmesi açısından oldukça önemli bir rol oynamıştır. Fakat ülkelere sera gazı emisyonlarını azaltmaları konusunda yasal bir yükümlülük vermediği için ülkeler istenilen azaltım düzeylerine ulaşamamışlardır (Kovancı, 2023).

Süreci daha yakından takip edebilmek ve değerlendirebilmek üzere Şekil 2.5'te görülen ikinci somut adım olan Taraflar Konferansı'nın toplanması kararlaştırılmıştır. COP1 olarak anılan ilk konferans 1995 yılında Berlin'de BMİDÇS'yi imzalayan ülkelerin katılımıyla toplanmıştır. Ülkeler Berlin Şartı'nı imzalamış ve emisyon hacimlerini 2005 yılına kadar 1990 yılına göre %20 azaltma taahhüdünde bulunmuşlardır. Bu konferans iklim değişikliğine karşı yürütülen mücadelede elde edilen ilerleme, taahhütlerin tutulma oranları ve ileriye yönelik politikaların oluşturulmasında önemli bir rol oynadığı için her yıl toplanmaya devam etmektedir.

2.2.3 Kyoto protokolü

1997 yılında Japonya'nın Kyoto kentinde üçüncü COP toplantısı gerçekleştirilmiştir. Bu toplantıya 154 ülke tarafından katılım gerçekleştirilmiştir. BMİDÇS kapsamında hazırlanan bu protokol ülkelere yasal yükümlülükler getirmesi açısından oldukça önemli bir kilometre taşı olarak karşımıza çıkmaktadır. BMİDÇS'de sera gazlarından bahsedilmiş olmasına rağmen gazların net bir tanımı yapılmamış, bu da alınan kararların önemli ölçüde geçersiz olmasına sebep olmuştur. Kyoto Protokolünde ise sera etkisine sebep olan gazlar açıklanmış, ilk defa uluslararası geçerliliği olan bir belgede ifade edilmiştir. Hangi gazların denetlenmesi gerektiği net bir şekilde belirtilmesinden dolayı protokolde atılan en önemli somut adımlardan biri olmuştur. BMİDÇS'in eki niteliğinde olan bu protokolün somut adımların başlangıcı olduğunu

söylemek pek de yanlış olmayacaktır. Protokolde en büyük amaç, BMİDÇS ile gerçekleştirilemeyen taahhütleri yasal bağlayıcılara bağlayarak gerçekleştirilmesini sağlamak idi. Ortak Uygulama (Joint Implementation-JI), Emisyon Ticareti (Emission Trade-ET) ve Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanisms-CDM) adlı üç esnek mekanizma çoğu iktisatçı tarafından küresel hava kirliliğinin kontrolü için piyasa bazlı araçların kullanımında çok büyük bir atılım olarak övgüyle karşılanmıştır.

Protokolün 5. maddesinde ülkelerin sebep oldukları tüm sera gazlarının kaynaklardan salınım değerlerini ve karbon yutaklarınca toplanma oranları gibi envanterleri toplamak üzere ulusal bir sistem kurmaları istenmiştir. Kurulan sistemler de yöntem olarak Taraflar Konferansı'nın uzlaştığı yöntemleri kullanacaktır. Bu maddenin devamı olarak 7. maddede ülkelerin protokole uyum durumlarını göstererek yıllık sera gazı envanterlerini ve ulusal bağlantılarını bildirmeleri istenmektedir. 8. madde uzman inceleme ekiplerinin Ek-I ülkeleri tarafından sunulan envanterleri ve ulusal bağlantılarını gözden geçirmelerini ve COP'a sunulmak üzere bir rapor hazırlamalarını öngörmektedir. Bunun yanında; COP/MOP'un ilk oturumunda (COP/MOP 1) ulusal sistemler, düzenlemeler, envanterlerin ve ulusal bağlantıların hazırlanması ile uzman incelemelerinin işleyişi için bir tüzük hazırlaması ve bunun düzenli olarak gözden geçirilmesi gerekir. Yukarıda bahsedilen 5, 7 ve 8. maddeler COP 11'de yürürlüğe girmiştir (Engin, 2012).

Fakat fosil yakıtların yoğun olarak kullanıldığı otomobil ve petrokimya sektörlerinin baskısı sonucu istenilen düzeyde bir yaptırım gerçekleştirilememiştir. Özellikle sera gazı salınımında başı çeken gelişmiş sanayi ülkeleri (özellikle ABD) ucuz enerji kaynaklarından vazgeçmek istememişler ve o dönemde bu protokolü imzalamamışlardır. Protokolün geçerli kılınabilmesi için 2005-2012 yılları arasındaki dönemde sera gazı emisyonlarında 1990 yılındaki değerlerinden %5 altında değerlere düşüleceği oybirliği ile onaylanmıştır.

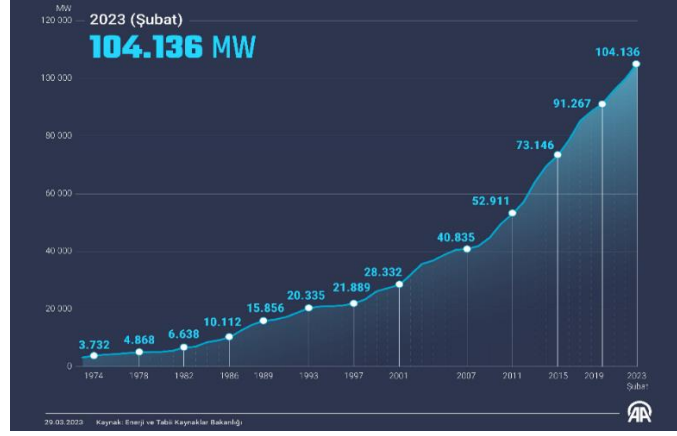
İlerleyen süreçte COP toplantıları yapılmaya devam edilmiş ve Kyoto Protokolü gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda 2020'de süresi bitecek olan Kyoto'dan sonra yürürlüğe girecek yeni bir anlaşma üzerinde çalışılmaya başlanmıştır (Kyoto Protokolü, 1997).

2.2.4 Paris anlaşması

BMİDÇS ve Kyoto Protokolü iklim değişikliği ile mücadelede hedeflenen amaçlara ulaşılmasında istenen başarıya ulaşamamıştır. 2015 yılında gerçekleştirilen COP 21 toplantısında Paris Anlaşması imzalanmış ve iklim değişikliği ile mücadelede yeni bir dönem başlamıştır. Yeni yapılan bu anlaşmayı diğerlerinden ayıran en büyük özelliği tüm ülkeler için ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar yükleyebilmesi olmuştur. Anlaşmada sıcaklık değişikliğinin 2100 yılına kadar 1,5°C'in altına düşürülmesinin gerektiği belirtilmiş fakat yasal bir bağlayıcılığı olmayacağı da eklenmiştir. Uluslararası alanda başlayan bu mücadelenin derinleşmesi ve daha gerçekçi sonuçlar alınabilmesi için ulusal düzeyde çalışmalar yapılma gerekliliği görülmüştür. Anlaşmanın 4. maddesinde her ülkenin iklim değişikliği ile mücadele için ulusal katkı hedeflerini hazırlayacak, ilerlemeler kaydedecek ve devamlılık sağlayacaktır (Paris Anlaşması, 2015). Ulusal düzeyde belirlenmiş niyet katkılarının beyan edilmesi kararı da alınmıştır. Ülkeler kendi belirledikleri sera gazı emisyon azaltma değerlerini belirlemiş ve tahaahütte bulunmuşlardır. Ülkemizde emisyonları 2030 yılına kadar %21 azaltmayı tahaahüt etmiştir (Öztürk ve Öztürk, 2019). Paris Anlaşmasının imzalanmasından sonra ülkeler yenilenebilir enerji yatırımlarına daha yoğun bir şekilde yönelmiştir.

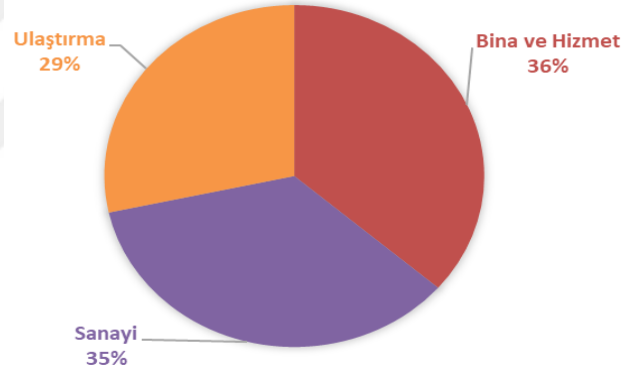
2.2.5 Türkiye'nin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmaya dönük attığı adımlar

Türkiye, iklim değişikliğinin etkilerinin belirgin bir şekilde görülmeye başladığı önemli ülkelerden biridir. Şu ana kadar yaşanan süreç incelendiğinde enerji tüketimi açısından 2020 yılı ile 2000 yılı karşılaştırıldığında %97'lik bir artış kaydedilmiştir. Enerji ve Tabii Bakanlığı tarafından paylaşılan Şekil 2.6'da görüldüğü üzere 2001 yılından sonraki süreçte Türkiye yaptığı yatırımların sonuçlarını almaya başlayarak kurulu elektrik gücünü arttırmıştır. Tüm bu çabalara rağmen tüketim hızındaki artış, üretim kapasitesinin bu talebi karşılamakta yetersiz kaldığı bir noktaya ulaşmıştır (URL-6).



Şekil 2.6 : Enerji ve Tabii Bakanlığı Türkiye kurulu elektrik gücü zaman çizelgesi.

Bu artışta, özellikle kentlerdeki nüfusun artmasıyla birlikte enerji ihtiyacının da hızla yükselmesi etkili olmuştur. Kent hayatından kaynaklanan salım kaynakları, küresel ısınmanın ana sebepleri arasında yer almaktadır. Şekil 2.7'deki veriler enerji tüketimi ve salınım miktarları açısından bina ve hizmet sektörünün öne çıktığını göstermektedir.



Şekil 2.7 : Enerji tüketimlerinin sektörel dağılımı (URL-7).

Kentler, küresel ısınmanın oluşumunda önemli bir role sahip olmanın yanı sıra, küresel ısınmanın neden olduğu sonuçları da daha ağır bir şekilde yaşamaktadırlar. Kuraklık, su kıtlığı, sel, deprem ve salgın hastalıklar gibi olaylar özellikle kentlerde daha büyük etkiler yaratmakta ve bu etkiler daha fazla ses getirmektedir. Bu durum enerji tüketimi ve salınım konularında önemli adımların atılması gerektiğini göstermektedir. Kentlerde enerji verimliliğinin artırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin teşvik edilmesi ve çevresel duyarlılığın artırılması gibi önlemler, küresel ısınmanın etkilerini azaltmakta ve kentlerin daha sürdürülebilir bir yapıya kavuşmasında kritik bir rol oynamaktadır. Paris Anlaşması, uluslararası bir çerçeve olarak farklı ülkelerin ortak ama aynı zamanda farklı sorumlulukları üstlenmelerini amaçlar. Bu çerçeve

içinde her ülke, kendi yerel koşullarına ve iklim değişikliğiyle mücadeledeki rolüne göre hareket etmektedir. Ülkemiz de Paris Anlaşması kapsamında 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını %21 oranında azaltmayı taahhüt etmiştir. Bu taahhüt, ulusal bir beyan olarak BM'ye bildirilmiş ve 11 Ekim 2021 tarihinde resmi olarak onaylanmıştır. Bu ulusal beyan, ülkemizin küresel iklim değişikliğiyle mücadeledeki kararlılığını ve sorumluluklarını ortaya koyan önemli bir adımdır. Ülkemizin bu taahhüdü, uluslararası toplumun ortak çabaları içinde yer alarak iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yönelik ciddi bir adımı temsil etmektedir. Bu çabalar, sera gazı emisyonlarının azaltılması, yenilenebilir enerji kullanımının artırılması, enerji verimliliğinin geliştirilmesi ve çevresel sürdürülebilirlik konularında geniş kapsamlı politikaların benimsenmesi gibi alanlarda gerçekleşmektedir.

Türkiye'de iklim değişikliğiyle ilgili politikaların temelleri, 2000 yılında hazırlanan Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı ile atılmıştır. Bu dönemde, özellikle İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu'nun yayınlanması, ülkenin iklim değişikliğiyle mücadelede aldığı ilk resmi adımlardan biridir. Komisyon raporuyla birlikte, Dokuzuncu ve Onuncu Beş Yıllık Kalkınma Planları da iklim değişikliğiyle mücadele amacıyla yeni hedefler belirlemiştir. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda, Türkiye'nin Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi'ne taraf olma sürecinin planlandığı ve sera gazı azaltımı için enerji verimliliği önlemlerinin alınacağı vurgulanmıştır. Bu dönemde, ülkenin sera gazı emisyonlarını azaltma ve enerji kullanımını daha verimli hale getirme konusundaki taahhütleri belirgin bir şekilde ortaya konmuştur. Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı döneminde ise, Türkiye'nin kendi koşullarına uygun olarak sera gazı azaltımı politikalarını içeren bir "İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı" hazırlanmıştır. Bu ulusal eylem planı, ülkenin iklim değişikliğiyle mücadele stratejilerini belirlemede önemli bir araç olmuştur. Ayrıca, bölgesel ölçekte hazırlanan bu planların uygulamaya konmasıyla birlikte, Türkiye'nin iklim değişikliğiyle mücadeledeki kararlılığı ve adımları net bir şekilde ortaya çıkmıştır. Onuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için "yeşil büyüme" kavramı öne çıkmış olup, bu kapsamda yerel yönetimlerin iklim değişikliği eylem planlarını genişletmelerinin ve güçlendirmelerinin önemi vurgulanmıştır. Ayrıca, 11. Beş Yıllık Kalkınma Planı (2019-2023) sürecinde akıllı şehirler konsepti üzerinde durulmuş ve Ulusal Akıllı Şehir Stratejisi ve Eylem Planı hazırlanmasına karar verilmiş, böylece şehirlerin bu

planı temel olarak sürdürülebilirlik ve iklim dostu uygulamalara odaklanmaları hedeflenmiştir. Son olarak, 12. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda (2024-2028), ülkemizde yaşanan yıkıcı doğal afetlerin etkisiyle afet yönetimi ve kentsel dönüşüm uygulamalarına yönelik kararlar öncelikli olarak ele alınmıştır.

Paris Anlaşması sonrası süreçte, akılcı planlama ve stratejilerin önemi kavranmış, kentlerin yönetiminde söz sahibi olan belediyeler bu bağlamda sorumluluk olarak yerel, bölgesel ve hatta şehrsel kararlar olarak iklim değişikliğiyle mücadelede katılmışlardır. Yerel yönetimlerin hızlı, akılcı ve azaltıcı önlemler alabilmesi ve değişikliklere hızlı uyum sağlayabilmesi için İklim Eylem Planları oluşturulmuş ve stratejik bir yol haritası olarak benimsenmiştir. Bu planlar, yerel ve bölgesel düzeyde iklim değişikliği etkileriyle başa çıkmak ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için gereken politika ve uygulamaları içermektedir.

2.2.5.1 Karbon nötr hedefi

Avrupa Birliği 2019 yılında Avrupa Yeşil Mutabakatı adıyla yakın, orta ve uzun vadeli hedefler belirlemiştir. Bu mutabakat kapsamında 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarında %50 düşüş ve 2050 yılına kadar ise karbon nötr hedefine ulaşmak amaçlanmıştır. Karbon nötr hedefi, atmosfere salınan ve alandan emilen karbon miktarının dengelenmesini içerir. Bu durum net sıfır emisyonu ulaşmayı hedefleyerek, sera gazı emisyonları ile doğaya emilen karbon miktarı arasında bir denge kurmayı ifade eder. Ancak bu hedefe ulaşmak için ciddi ve zorlu adımlar atılması gerekmektedir. Sera gazı salınımını azaltacak projelerin gerçekleştirilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanılması, enerji verimliliğinin artırılması gibi önlemler bu sürecin önemli bileşenleridir. Ayrıca, bu hedefin başarılabilmesi için küresel düzeyde bilincin artırılması, toplumun ve endüstrinin bu yönde harekete geçmesi büyük önem taşımaktadır.

Türkiye'nin Avrupa Birliği ile ekonomik ve ticari ilişkileri göz önüne alındığında, ülkenin bu hedeflere uyum sağlaması ve yeni düzenlemeler yapması gerekmektedir. Cumhurbaşkanı Erdoğan'ın 28'inci Taraflar Konferansı (COP28)'nda yaptığı konuşmada, “-2053 yılında net sıfır emisyon hedefini gerçekleştirmeyi öngörüyoruz” diyerek, Türkiye'nin bu yönde ciddi adımlar atacağını ve özellikle fosil yakıtlardan kaynaklanan sera gazlarının azaltılması için çalışmalar yapılacağını vurgulamıştır.

Türkiye, İklim Değişikliği Ulusal Strateji Belgesi ile 2010-2023 yılları arasında iklim değişikliği ile mücadele etmek için belirlediği stratejileri, politikaları ve hedefleri açıklamıştır. Bu belge, sera gazı emisyonlarının azaltılması, yenilenebilir enerji kullanımının artırılması, çevresel sürdürülebilirlik politikalarının benimsenmesi ve ulusal düzeyde azaltım, uyum, teknoloji, finansman ve kapasite politikalarının oluşturulması ve koordinasyonun sağlanması gibi amaçlar içermektedir. Bu çerçevede Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadelede daha ileriye yönelik politika ve stratejiler geliştirmesi ve bu hedeflere uygun adımlar atması beklenmektedir.

2.2.5.2 Bakanlar sözleşmesi ve yerel yönetimlerin adımları

Avrupa'nın 2050 yılına kadar karbon nötr hedefi doğrultusunda yerel yönetimlerin iklim değişikliğiyle mücadeleye teşvik edilmesi ve daha etkili sonuçlar elde etmek için Belediye Başkanları Sözleşmesi oluşturulmuştur. Bu sözleşme, yerel yönetimlerin iklim değişikliği konusunda daha aktif rol almasını ve sürdürülebilir eylem planları geliştirmesini amaçlamaktadır. Ülkemizdeki yerel yönetimlerin, devletin genel yol haritalarına ek olarak, yerel iklim ve çevre sorunlarını çözme çabaları da son derece önemli hale gelmiştir. Bu çerçevede, bazı yerel yönetimler ülkemizde Belediye Başkanları Sözleşmesine katılmış ve sürdürülebilir eylem planları hazırlamışlardır. Çizelge 2.1'de ülkemizden bu sözleşmeye katılan ve sürdürülebilir eylem planları hazırlayan belediyeler verilmiştir. Bu adımlar, yerel yönetimlerin iklim değişikliğiyle mücadeledeki önemli rolünü vurgulamakta ve ulusal düzeydeki hedeflerin yerel düzeyde hayata geçirilmesine yönelik stratejik bir yaklaşımı temsil etmektedir (URL-8).

Çizelge 2.1 : Belediye Başkanları Sözleşmesi (Covenant of. Mayors-CoM)’a üye olan Türkiye’den iller.

İmzacı Belediye	İl	Bölge	İmza Yılı
Küçükçekmece	İstanbul	Marmara	2022
Üsküdar	İstanbul	Marmara	2021
Büyüçekmece	İstanbul	Marmara	2021
Çiğli	İzmir	Ege	2021
Muğla Büyükşehir	Muğla	Ege	2021
Bodrum	Muğla	Ege	2020
Konak	Muğla	Ege	2020
Yenişehir	Mersin	Akdeniz	2020
Denizli Büyükşehir	Denizli	Ege	2020
Yenimahalle	Ankara	İç Anadolu	2019
Bolu	Bolu	Karadeniz	2019
Çorlu	Tekirdağ	Marmara	2019
Sakarya Büyükşehir	Sakarya	Marmara	2018
Gaziantep Büyükşehir	Gaziantep	Güneydoğu Anadolu	2017
Pendik	İstanbul	Marmara	2017
Bayındır	İzmir	Ege	2017
Şişli	İstanbul	Marmara	2017
Bağcılar	İstanbul	Marmara	2016
Bursa Büyükşehir	Bursa	Marmara	2016
Mezitli	Mersin	Akdeniz	2015
İzmir Büyükşehir	İzmir	Ege	2015
Çankaya	Ankara	İç Anadolu	2015
Maltepe	İstanbul	Marmara	2014
Nilüfer	Bursa	Marmara	2014
Tepebaşı	Eskişehir	İç Anadolu	2013
Antalya Büyükşehir	Antalya	Akdeniz	2013
Kadıköy	İstanbul	Marmara	2012
Seferihisar	İzmir	Ege	2011
Bornova	İzmir	Ege	2011
Eskişehir Büyükşehir	Eskişehir	İç Anadolu	2011
Karşıyaka	İzmir	Ege	2011
Erdek	Balıkesir	Marmara	2009



3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KADASTROSU

Kadastro kelimesi dilimize Fransızca terim olan "cadastre"den geçmiştir. Fransızca'da kelimenin anlamı "gayrimenkul ölçüm çizelgesi" anlamına gelmektedir. Kelime, İtalyanca kökenli olan "catastico" kelimesinden kökünü almaktadır. Bu kelime ise Eski Yunanca "katástiχon κατάστιχον" kelimesinden alıntılanmış olup "sıralama, cetvel, çizelge" anlamına gelmektedir (URL-9). Kadastro, günümüzde kullanılan geniş anlamıyla, özel ve tüzel kişilere ait taşınmaz malların mülkiyet durumunu belirlemek amacıyla kullanılan kapsamlı bir sistemdir. Bu sistem, taşınmaz malların coğrafi konumu, sınırları, yüzölçümü ve ekonomik değerleri gibi detayları tespit etmek için tasarlanmıştır. Genellikle devlet tarafından yürütülen bu süreç, toprak kullanımı ve mülkiyeti konusunda güvenilir veriler sağlayarak planlama ve yönetim süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır (Yaşayan ve diğ. , 2011).

Yenilenebilir enerji kavramının ortaya çıkışında, enerji kaynaklarının kısıtlı olması ve sürekli artan enerji ihtiyacı, doğru ve etkin bir enerji politikasının oluşturulmasının zorunluluğu sebep olarak görülmektedir. Bu politika, enerji ihtiyacının ve kullanılacak kaynakların belirlenmesini içerirken aynı zamanda çevresel etkilerin ve sorunların göz önünde bulundurulmasını da gerektirir. Özellikle fosil yakıtların neden olduğu çevresel sorunlar ve küresel ısınma gibi etkiler tüm dünya için temiz ve sürdürülebilir bir enerji politikasının acil bir gereklilik olduğunu vurgular.

Geomatik mühendisliği enerji sektörü içerisinde çeşitli projelerde önemli bir yerdedir. Enerji üretimi yapılacak alanın öncesinde veri toplama ve haritalanmasından, coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak planlama yapılması için jeodezik ölçüm ve uzaktan algılama teknikleri kullanılmasına kadar Geomatik Mühendisliği'nin payı büyüktür. Aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini değerlendirmek için mekansal analiz de yapılabilir. Topografik haritalar, proje yönetimi ve kontrolü için yine Geomatik Mühendisleri tarafından oluşturulabilir. Enerji sektöründe bunlara ek olarak birçok işi yapabiliyor iken, enerji ile kadastronun da birbiriyle entegre olmasını sağlayabilecek ortak bir paydadır. Kadastro için önemli olan arazi kullanımı, alan düzeltmeleri ve haritalar Geomatik Mühendisliği'nin ana iş unsurlarındandır.

Yenilenebilir enerji sistemlerinden yararlanmak için potansiyel enerji hesaplanması, risk ve hasar değerlendirilmesi, düzenli olarak haritaların yenilenerek sistemin kontrol edilmesi ve enerji projeleri kapsamında kullanılacak binaların (arsa/arazilerin) mülkiyet durumlarının belirlenmesiyle kamulaştırmanın planlanması çalışmaları yine geomatik mühendisleri tarafından yapılmaktadır. Bu işlemlerin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasında önemli bir yer tuttuğu söylenebilir. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yaygın bir kullanım, yaşanılabilir bir çevrenin korunması ve kalkınmanın sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Ülkenin enerji talebini karşılayacak uygun bir enerji politikasının oluşturulması ve bunun çevre politikalarıyla eşgüdüm içinde yürütülmesi, dengeli bir enerji üretim ve çevre koruması sağlanması büyük önem taşır. Bu süreçte enerji politikalarının toplumsal maliyetleri de göz önünde bulundurularak enerji piyasasının doğru adımlar atması önem arz eder. Bu şekilde temiz enerjiye olan talep ve yatırımlar artar ve sürdürülebilirlik hedeflerine daha etkin bir şekilde ulaşılabilir. Bu hedeflere ulaşabilmek için, yapılan çalışmaların entegre bir altyapı içinde oluşturulması ve gelecekte ortaya çıkabilecek önemli sorunlara karşı şimdiden hazır olunması gereklidir. Bu nedenle devletin bu süreci düzenleyici bir rolle yönlendirmesi oldukça önemlidir. Bu düzenlemeler, farklı alanlarda yapılan çalışmaların birbirleriyle uyumlu ve entegre bir şekilde ilerlemesini sağlayarak mülkiyet sorunları gibi potansiyel problemlerin önceden çözüme kavuşturulmasına yardımcı olur (Öymen ve Ömeroğlu, 2020).

Türkiye’de enerji ile ilgili gelişmeler sürmektedir. Enerji verimliliği, enerji yönetimi ve binaların enerji performansı gibi konuları düzenleyen yasa ve yönetmelik bulunmaktadır. Mevzuat enerji verimliliği ve enerji verimlilik sertifikası ile ilgili hükümler içerir. Ülkemizde “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” ile enerji performansı belirlenmesi, enerji kimlik belgesini zorunlu hale getirerek enerji verimliliğinin artırılması hedeflenmiştir. 5627 sayılı “Enerji Verimliliği Kanunu” ile enerji kaynaklarının etkin kullanımını sağlamak, enerji israfını önlemek ve enerji verimliliğini arttırmak için çıkarılmıştır. 3194 sayılı “İmar Kanunu” ise imar kanunu kapsamında, binaların enerji verimliliği ile ilgili hükümler bulunmaktadır. Sürdürülebilirlik ve verimlilik için bu gelişmeler yaşanmakta olup, enerjiyi ve kat mülkiyetini birbirine entegre edecek bir Enerji ve Kat Mülkiyeti Kanunu

bulunmamaktadır. Ülkemiz genelinin kentsel bölgelerde yaşamasından dolayı yenilenebilir enerji üretim ve tüketiminin yapılması için bu kanun çok değerlidir.

Tüm bu bilgilerin ışığında yenilenebilir enerji kadastrounun amacı, coğrafi yapıların özelliklerini kullanarak bir bölgedeki yenilenebilir enerji potansiyelini belirlemekle kalmayıp aynı zamanda mevcut projelerin takibini ve farklı projeler arasında entegrasyonu sağlayarak bölgesel enerji dönüşüm projelerinin etkin bir şekilde yönetilmesine katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda enerji kadastrounun anlamı; mevcut yenilenebilir enerji tesislerinin performansını izleyerek verimliliklerini artırmak, yeni projelerin planlanması ve uygun yerleşimlerin belirlenmesi için stratejik bilgi sağlamak, farklı enerji kaynaklarının optimal bir şekilde entegre edilmesini ve bölgedeki enerji tüketimini dengelemeyi hedeflemektedir. Bu süreç, çevresel etkileri minimize ederek sürdürülebilirlik ilkesine uygun bir enerji altyapısının oluşturulmasına da katkı sağlamaktadır (Bofu ve diğ. , 2014).

Yenilenebilir enerji kadastrou enerji potansiyelinin verimli ve sürdürülebilir kullanılmasına olanak tanımakta, enerji bağımsızlığını artırmakta ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Bu kadastro verileri gayrimenkul değerlerini de artırabilme potansiyeline sahip önemli bir parametre olacaktır. Güneş enerjisinin maliyetleri düşürmesi, mülk değerlerini artırması ve ek istihdam meydana getirmesi gibi ekonomik faydaları da hiç şüphesiz vardır. Örneğin kent planlamasında güneş enerjisi potansiyeli dikkate alınarak sürdürülebilir şehirler geliştirilebilir.

3.1 Güneş Kadastrou

Ülkeler ve yerel yönetimler, artan sera gazı etkileri, karbondioksit yoğunluğunun artması ve asit yağmurlarının oluşması gibi faktörler nedeniyle yenilenebilir enerji sistemlerine geçiş sürecine girmişlerdir. Bu geçiş sürecinde yapılan çalışmaların resmiyet kazanması ve etkin bir şekilde ele alınması, çalışmalar arasında bağlantı kurulması ve verilerin ülkenin her yerinde kabul edilebilir hale getirilmesi gerekmektedir. Bu noktada, ülkemizde tapu sicilleri devlet tarafından işlenen hakların yer aldığı önemli belgelerdir. Özellikle "Bina Performans Sertifikaları" gibi belgelerin verilmesi, yapılan çalışmaların belgelenmesi ve yapılar arasında enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmesi açısından önemlidir. Güneş enerjisi kullanımının fotovoltaik sistemlerle çatı alanlarında artmasıyla, binaların kendi enerji

ihtiyaçlarını karşılayabilme potansiyeli ortaya çıkmaktadır. Bu durum, sistematik bir envantere dayalı bir kadaastro sistemi oluşturmanın önemini artırmaktadır.

Güneş kadaastrosunun veri girişi veya çıkışındaki değişikliklerde (yapının yıkılıp tekrar yapılması, arsaya bina/yapı yapılması vb.) potansiyel üretimde de değişiklik oluşacaktır. Bu da sistem güvenilirliğinin yanısıra takip edilmesinin önemini ve gerekliliğini açıkça göstermektedir. Dünya genelinde birçok örnekte görülebileceği gibi, bu tür sistemler ve belgeler enerji verimliliğini artırmak, çevreyi korumak ve sürdürülebilirlik sağlamak amacıyla önemli bir rol oynamaktadır. Bu belgelerin ve sistemlerin akademik olarak ele alınması, yapılan çalışmaların değerlendirilmesi ve gelecek stratejilerin belirlenmesinde büyük öneme sahiptir (şahin, 2021).

Güneş ışığının enerjiye dnştrlme kapasitesini ifade eden enerji verimliliğinin artması daha az maliyetle daha fazla enerji üretimi demektir. En uygun yer seçimi ile Güneş enerjisi tesislerinden yüksek verim elde edilmesi, toplanan uydu verileri ile Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanılması, kaliteli malzeme seçimi gibi faktörler enerji verimliliğinin st düzeye çıkarılmasını sağlar. Belli bir enerji miktarıyla ne ölçüde iş yapılabilceği anlamına gelen enerji verimliliği; enerjiyi daha mantıklı kullanmanın belirleyici unsurudur. Güneş kadaastrosunun yaygınlaşması enerji verimliliği alanında oldukça yarar sağlayacaktır. Çevresel sürdürülebilirlik açısından güneş kadaastrosu karbon ayak izinin azaltılmasına, doğal kaynakların korunmasına yardımcı olan önemli bir araçtır. Ayrıca hava kirliliğine sebep olmamakta, susuzluk riski ile karşı karşıya olduğumuz bugünlerde neredeyse hiç su kullanılmadan elektrik retildeği için su kullanımının azalmasına fayda sağlamaktadır. Ekonomik yönden düşünülürse; sonsuz bir enerji kaynağı olması yönüyle sürdürülebilir bir enerji çeşidi olan güneş enerjisi sayesinde dışa olan enerji bağımlılığı anlamlı bir miktarda azalacaktır. Ayrıca teknolojik gelişmelerle birlikte yeni iş ve yatırım alanları da oluşacaktır. Güneş kadaastrosunun yaygınlaşması ile yatırımcının beklentisi olan maliyet-verimlilik dengesi sağlanacaktır. Bir nevi güneş enerjisini kurma ve yönetme biçimi olan güneş kadaastrosu sayesinde sürdürülebilir bir dünyaya doğru büyük bir adım atılmış olmaktadır. Enerjinin kaynağı güneştir. Organik maddeler, güneş ışınlarını fotosentez yaparak enerjiye dönüştürürler. Katmanların altında kalarak dönüşen bu organik yapılar, jeolojik süreçlerde kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtları oluştururlar. Bu yakıtlar, aslında güneş enerjisinin dönüşmüş halidir. Bütün enerji türleri doğrudan veya dolaylı olarak güneş enerjisine bağlı olarak meydana gelmektedir. Güneş

enerjisini doğrudan kaynağından geldiği gibi kullanmak ise daha temiz ve sürdürülebilir olduğundan son yıllarda güneş enerjisi kullanımı önem kazanmıştır (URL-10).

Güneş'in çeşitli yöntemlerle ölçülen sıcaklığı 5.800°C'dir. Bu kadar yüksek bir sıcaklığa sahip bir cismin gücü (bir saniyede yaydığı ışıma enerjisi) yaklaşık olarak 4×10^{23} Kilowatt'tır. Bu, 100 Watt'lık 400 trilyon ampul gücüne denk gelen, büyük bir değerdir. Güneş bir küre olarak kabul edildiğinde, enerjisini tüm yönlerde homojen olarak yaymaktadır. Dünyaya doğru homojen olarak gelen bu enerji atmosferde soğurulur ve sonra dünyaya ulaşır. Atmosferdeki soğurulmadan sonra yeryüzünün her metrekaresine düşen ortalama güç ise yaklaşık olarak 1.000 Watt/m²'dir (Kaplukan, 2015). Güneş enerjisinden yararlanma uygulamaları binlerce yıllık bir geçmişe sahiptir. MÖ 215'te Arşimet, Syracuse'yı kuşatan gemilere güneş ışınlarını odaklayarak yakma yöntemini kullanmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte güneş enerjisinin günümüzdeki anlamıyla ilk kullanımı 18. yüzyılda başlamıştır. İsviçreli bilim adamı Horace de Saussure 1767'de ilk güneş kolektörünü yapmıştır. Daha sonraki yıllarda, İskoç bilim adamı Robert Stirling 1816'da güneş ısı elektrik teknolojisi için önemli bir makine icat etmiştir. Fransız fizikçi Alexandre-Edmund Becquerel 1839'da fotovoltaiik etkiyi keşfetmiştir. Bu da güneş ışığının elektrik üretmek için kullanılmasını mümkün kılmıştır. 1870'lerde, selenyumun fotoiletken olduğunu keşfeden İngiliz bilim insanı Willoughby Smith ve selenyumda fotovoltaiik etkiyi gözlemleyen İngiliz bilim insanları W.G. Adams ve R.E. Day önemli çalışmalar yapmışlardır. Amerikalı kâşif Charles Fritts 1884'te dünyanın ilk çalışan güneş pili olan bir cihazı yapmıştır. 20. yüzyıla gelindiğinde ise fotovoltaiik güneş enerjisi alanındaki çalışmalar hız kazanmıştır. Albert Einstein'ın 1905'te fotoelektrik etki üzerine yayımladığı makale güneş enerji sistemleri açısından büyük bir dönüm noktası olmuştur. 1950'lerde düz levha kolektörlerin kullanıldığı güneş enerjili ısıtma sistemleri ABD'de yaygınlaşmaya başlamıştır (URL-10). 1970'lerdeki petrol krizi ve enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği konusundaki endişeler, güneş enerjisinden elektrik üretiminin popüler hale gelmesine yol açmıştır. 1984'te Los Angeles'ta kurulan parabolik aynalı sistemle önemli bir güç üretimi gerçekleştirilmiştir. Sonraki yıllarda, fotovoltaiik teknoloji ve güneş kulesi sistemleri gibi güneş enerjisi alanındaki çalışmalar ve yatırımlar artmıştır (Kaplukan, 2015).

Günümüzde ise Dünya genelindeki farklı bölgelerden çeşitli güneş kadastrolarının veya haritalarının kapsamlı özellikleri araştırılmıştır. Küresel ölçekte güneş enerjisi

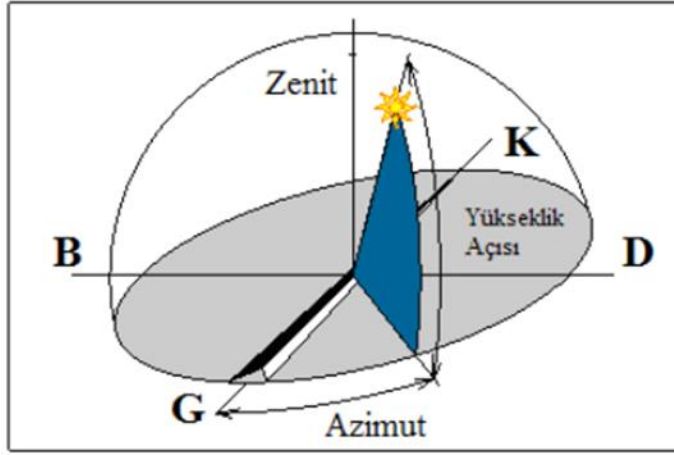
Üretim potansiyelinin n analizini sunan Global Solar Atlas gibi örnekleri ve Avrupa, Afrika, Asya ve Amerika'nın geniş bölgelerini kapsayan bir web uygulaması olan Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) gibi örnekler içermektedir. İsviçre'ye özel olarak hazırlanan kadastrolar, potansiyel güneş enerjisi üretimini, kurulum ve bakım maliyetlerini ve enerji tüketimi değerlendirmesi için gelecekteki özellikleri detaylandırmaktadır. Bölgesel rnek olarak 2012 sonrası güncelleme koşullarını dikkate almadan güneş ışığı maruziyetini ölçen Calgary'nin (Kanada) Solar Potansiyel Haritası gösterilebilir. Güneř paneli ile güneş termal sistemler için çatı uygunluğunu vurgulayan ve entegre potansiyel belirleme hesaplayıcıları içeren etkileşimli Hannover (Almanya) kadastrosu bulunmaktadır. Ayrıca, Munich Geoportal (Almanya) ve Londra'nın Solar Opportunity Map (Büyük Britanya) gibi kadastrolar, gölgeleme değerlendirmeleri, maddi hesaplamalar ve ekonomik faktörler dhil olmak üzere daha ayrıntılı değerlendirmeler sunarak yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmek için çeşitli metodolojiler ve veri karmaşıklıklarına dayanmaktadır (Bieda ve Cienciał, 2021).

Güneş kadastrosu geliştirme sürecinde temel zorluk, her bir yüzeyin eğimini ve potansiyel gölgelenmeyi dikkate alarak yıllık güneş ışıınımını hızlı ve doğru bir şekilde hesaplamak için uygun bir yöntem bulmaktır. 1970'li yıllarda güneş ışıınımı hesaplamalarına yönelik çalışmalar başlamış, coğrafi bilgi sistemlerindeki ilerlemelerle birlikte bu çalışmalar daha da gelişmiştir. alışmalar, genellikle iki farklı model üzerinde yoğunlaşmaktadır. "Nokta Spesifik" modeller, gökyüzü geometrisi ve topografyanın özelliklerini dikkate alarak belirli bir konum için doğru sonuçlar üreten modellerdir. Ancak bu modeller genellikle büyük ölçekli çalışmalar için uygun değildir. Bu ihtiyaa cevaben geliştirilen "Alan Tabanlı" modeller ise belirli bir bölge için güneşlenme değerlerini hesaplar ve bölgenin eğim, gölgelenme gibi verilerini sayısal yükseklik verilerinden alır. Örneğin, ESRI tarafından geliştirilen SolarFlux modeli bu tür bir yaklaşımı benimsemiştir. Ayrıca, Kumar ve diğerleri (1997), benzer bir modeli ARC/INFO ve GENAMAP CBS yazılımı kullanarak geliştirmişlerdir. Bu alışmalar, günümüzde kullandığımız solar analiz aracının temelini oluşturmuşlardır (Dal, 2021).

3.1.1 Hemisferik görünürlük algoritması

Güneş radyasyonunun yeryüzüne ulaşması sürecinde çeşitli faktörler etkilidir. Güneş'ten gelen radyasyonun bir kısmı atmosfer etkisiyle veya bulutlara çarparak uzaya geri döner, bir kısmı atmosferde dağılır veya emilir. Bu nedenle yeryüzüne ulaşan güneş radyasyonunun bir kısmı direkt olarak ulaşırken, bir kısmı da difüz (yaygın) radyasyon olarak adlandırılan şekilde yeryüzüne yayılır. Direkt olarak yeryüzüne ulaşan radyasyonun yaklaşık %30'u yeryüzünde geri yansıtılmaz ve bu doğrudan radyasyon olarak adlandırılır. Diğer yandan, ulaşan radyasyonun yaklaşık %10'u uzaya yeryüzü tarafından geri yansıtılır. Bu da albedo olarak bilinir. Bu yansımaların miktarı yüzeyin özelliklerine göre değişir. Difüz radyasyon ise güneş ışınlarının atmosfer veya bulutlar tarafından dağılarak yeryüzüne ulaştığı radyasyon türüdür. Bu radyasyonun yüzey tarafından emilme oranı ve geri yansıtma oranı da yüzeyin özelliklerine bağlı olarak değişir. Genel olarak, güneşten yeryüzüne ulaşan radyasyonun yaklaşık %40'ı enerji olarak kullanılabilir durumdadır. Ancak bu oran, çatıların ve yüzeylerin özelliklerine, yansıtma ve emilme oranlarına bağlı olarak değişebilir. Bu nedenle, binaların çatılarından elde edilebilecek enerjinin kesin hesaplanması için çatıların yapısal özellikleri, güneş radyasyonunun etkileri ve yüzey özellikleri detaylı bir şekilde incelenmelidir.

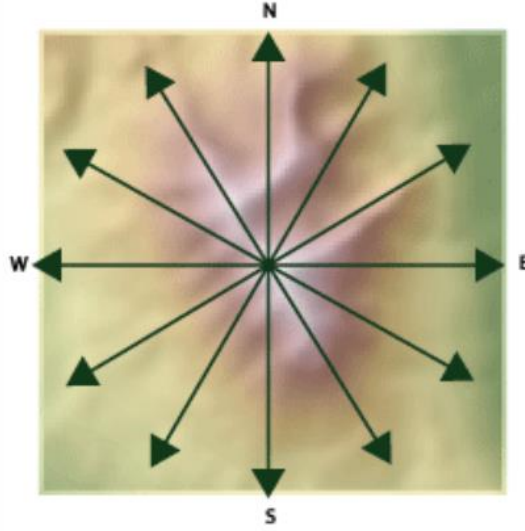
Radyasyon hesaplamalarında önemli bir faktör de Güneşin açısal yüksekliğidir, yani güneşin gökyüzündeki konumunu ifade eden açıdır. Bu açı yerin normali ile güneş arasındaki açı olarak tanımlanır ve güneşin yüksekliğini gösterir. Bir başka ifadeyle güneşin bir gözlemcinin üzerindeki açısını ifade eder ve gözlemcinin pozisyonuna göre değişir. Bu açı aynı zamanda zenit açısı olarak da bilinir (Şekil 3.1). Enleme, mevsime ve zamana bağlı olarak güneşin açısal yüksekliği değişir. Güneşin zenit açısı, gözlemcinin enleminde, güneşin en tepede olduğu noktada 90°'ye kadar çıkar. Zenit açısının büyüklüğü, güneş ışınlarının daha dik bir açıyla yeryüzüne ulaşmasını sağlar. Bu durumda, güneş ışınlarının daha kısa bir atmosferik yol alması ve daha az yutulması nedeniyle, dik açılı güneş pozisyonlarında radyasyon bolluğu artar (URL-11).



Şekil 3.1 : Azimuth ve zenit açılarının 3 boyutlu düzlemde görünümü.

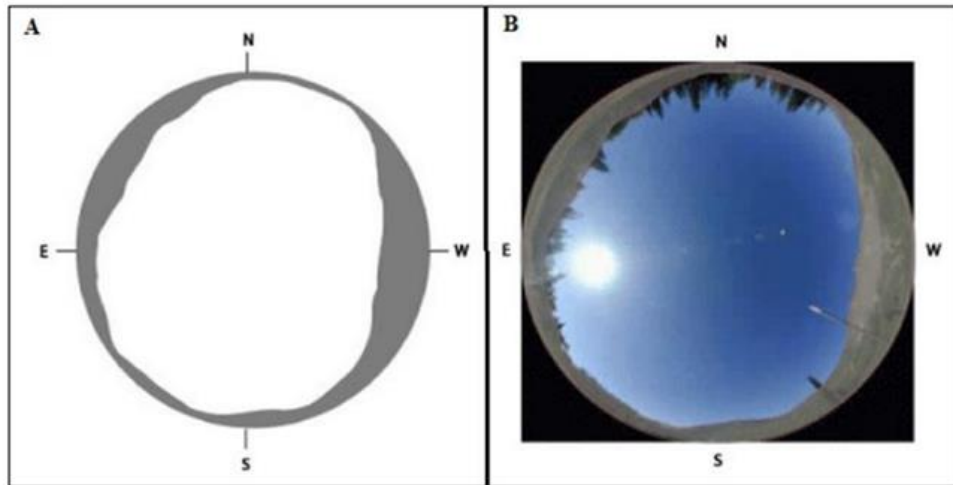
Diğer yandan güneşin yatay düzleme olan açısı azimut açısı olarak adlandırılır (Şekil 3.1). Azimut açısı, gözlemcinin doğu-batı yönünde güneşe olan açısını ifade eder ve gün içinde değişir. Bu açı da radyasyon dağılımını etkiler ve güneşin radyasyonunun hangi yönden geldiğini belirler. Bu nedenle Şekil 3.1’de ayrıntılı şekilde gösterildikleri üzere radyasyon hesaplamalarında güneşin açısal yüksekliği (zenit açısı), azimut açısı ve gözlemcinin enlemi gibi faktörler dikkate alınarak hesaplamalar yapılır ve güneşin konumuna bağlı olarak radyasyonun dağılımı incelenir.

Radyasyonun yeryüzüne ulaşmasında atmosferik etkilerin yanı sıra, yeryüzündeki topografik engeller de kritik bir rol oynar. Bu engellerin hesaba katılabilmesi için yeryüzünden gökyüzüne balık gözü kamera açısıyla bakarak engellerin tespitine yardımcı olan hemisferik projeksiyon kullanılır. İlk olarak ışınların ulaştıkları noktalara geliş açıları göz önünde bulundurulur. Bu aşamada her bir nokta için (DEM verisiyle temsil edilen) gökyüzüne dağınık ve rastgele ışınlar gönderilir (Şekil 3.2) ve yukarıya bakan bir yarım küresel görüş alanı her yönde en büyük engel açısı belirleyerek hesaplanır. Bu yöntemle ufuk açıları tespit edilir. Diğer yönlerde yönelik ufuk açıları ise interpolasyon hesaplamasıyla belirlenir (Fu ve Rich, 1999).



Şekil 3.2 : DEM verisinden her bir nokta için gönderilen ışınlar (Modeling solar radiation, 2024).

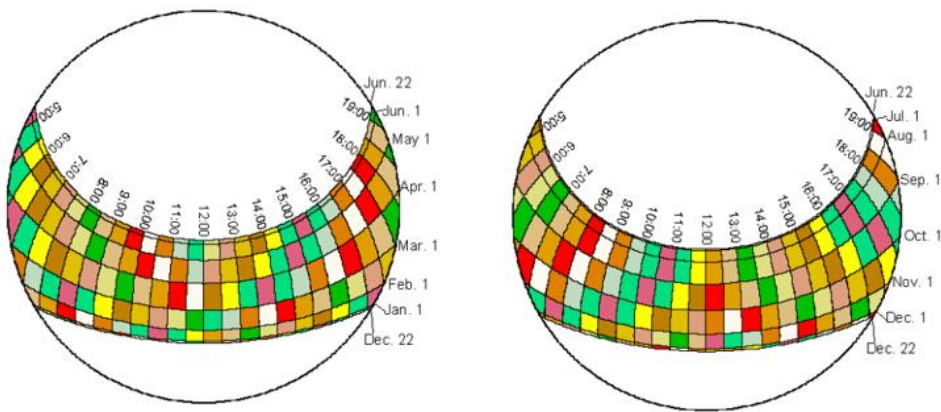
Sonrasında, ufuk açıları özellikle eş açılı bir hemisferik projeksiyon kullanılarak üç boyutlu bir yön yarım küresinin iki boyutlu bir ızgara şeklinde temsil edildiği hemisferik bir koordinat sistemine dönüştürülür. Bu ızgara, tüm gökyüzü yönlendirmelerini yeterince temsil edebilecek yüksek bir çözünürlüğe sahip olmalıdır. Her ızgaraya, görülebilir ve engellenen gökyüzü yönlendirmeleriyle ilişkili bir değer atanır ve bu şekilde bir görünürlük ızgarası oluşturulur ve Şekil 3.3'deki son halini alır. Izgara hücrelerinin konumu, sütun ve satır, yönler yarım küresindeki bir zenit açısı θ 'ye (zenit açısına göre açı) ve bir azimut açısı α 'ya (kuzeye göre açı) karşılık gelir (Modeling solar radiation, 2024).



Şekil 3.3 : Hemisferik projeksiyonu çıktı verisi (Modeling solar radiation, 2024).

3.1.2 Güneş haritası hazırlanması

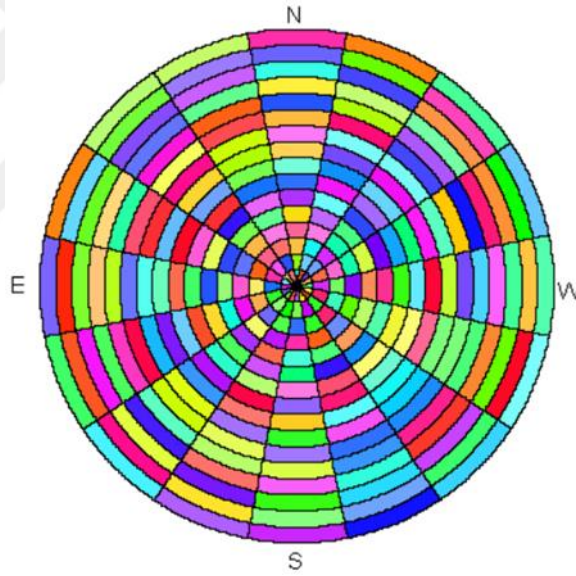
Güneş haritası hazırlamak için ilk adım, belirli bir zaman aralığında güneşin konumunu hesaplamaktır. Bu hesaplama, güneşin yükseklik açısı (zenit açısı) ve yatay açı (azimut açısı) olarak ifade edilen parametreleri içerir. Bu açılar, enlem, yılın günü ve günün saati gibi faktörlere bağlı olarak astronomik formüller kullanılarak belirlenir. Daha sonra, belirli zaman aralıklarında (örneğin, saatlik veya yıllık) ve belirli bir zaman diliminde (örneğin, bir gün veya bir ay) güneşin konumunu gösteren sektörler tanımlanır. Bu sektörler, güneşin hareketi boyunca izlenen yolun belirli noktalarını temsil eder. Örneğin, gün boyunca her yarım saatte bir veya her saatte bir sektör oluşturulabilir. Her bir sektör için güneşin yükseklik ve yatay açıları bilindiğinde, o sektörden gelen doğrudan güneş ışınlamı hesaplanabilir. Bu hesaplama, güneşin konumuna ve atmosferik etkilere göre yapılır. Özellikle, atmosferik etkiler (bulutlar, sis, toz gibi) ışınlamı miktarını etkileyebilir. Tüm bu bilgileri kullanarak, her bir sektörün belirli zaman dilimlerinde (saatler, günler veya aylar) güneşin konumunu temsil eden bir harita oluşturulur. Bu harita genellikle bir raster formunda, yani pikseller veya hücrelerden oluşan bir grid olarak temsil edilir. Her bir hücre veya piksel, o zaman diliminde o sektörden gelen güneş ışınlamını temsil eder. Uygulamada iki güneş haritası oluşturulur. Bunlardan ilki Şekil 3.4’de soldaki harita kış güneş dönemindeki süreci (22 Aralık-22 Haziran), diğeri ise Şekil 3.4’te bulunun harita yaz güneş dönemini (22 Haziran-22 Aralık) arasındaki dönemi temsil eder. Haritalar güney ve kuzey yarım küreler için değişkenlik gösterecektir. Her piksel için ilişkili zaman süresi, merkezindeki azimut ve zenit açıları hesaplanır ve bu değerler hemisferik koordinat sisteminde gerçekleştirilir. Bu şekilde her piksele bir tanımlama numarası atanır (Fu ve Rich, 1999).



Şekil 3.4 : Altı aylık güneş haritaları (Fu ve Rich, 1999).

3.1.3 Gökyüzü haritası hazırlanması

Gökyüzü haritaları, gökyüzünü zenith ve azimut açılarına göre bölerek sektörler tanımlar. Bu sektörler dağılmış güneş ışınımının kaynaklarını temsil eder. Örneğin 16 eşit aralıklı zenith bölünmesi ve 16 eşit aralıklı azimut bölünmesi kullanılarak oluşturulan gökyüzü sektörleri, $5,625^\circ$ zenith aralıklarını ve $22,5^\circ$ azimut aralıklarını temsil eder. Her bir sektöre tek bir tanımlayıcı değer atanır ve sektörün merkezindeki zenith ve azimut açıları belirlenir. Dağılmış güneş ışınımı atmosferik bileşenlerin (bulutlar, partiküller vb.) saçılması sonucu oluşur. Bu ışınımı hesaplamak için her bir gökyüzü sektörü için yönlendirme (zenith ve azimut) temel alınarak hesaplamalar yapılır. Bu hesaplamalar, güneşin gökyüzünde farklı açılarda görünümünü ve dağılmış ışınımın kaynaklarını belirler. Şekil 3.5'te renkli kutular ile temsil edilen her gökyüzü sektörü gün boyunca yarım saatlik aralıklarla ve yıl boyunca aylık aralıklarla güneşin pozisyonunu temsil eder (Fu ve Rich, 1999).

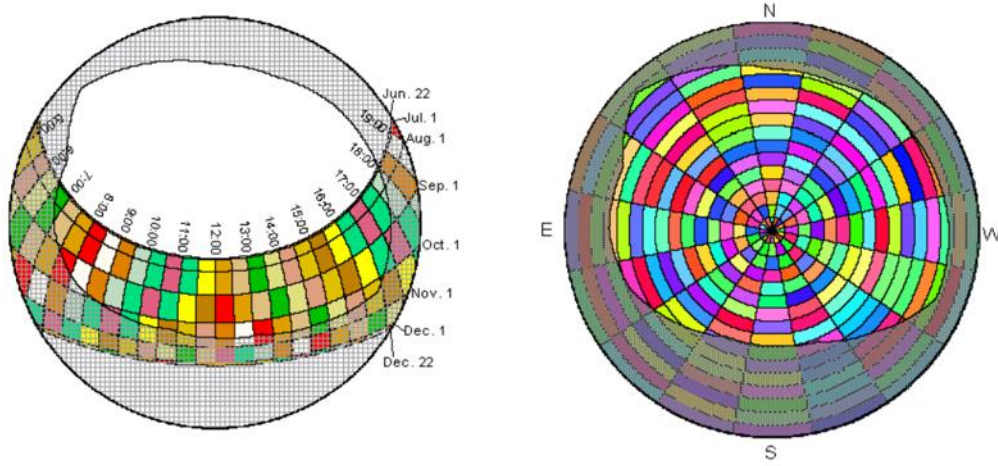


Şekil 3.5 : Gökyüzü haritası (Fu ve Rich, 1999).

3.1.4 Güneş ve gökyüzü haritaları ile görüş alanının birleştirilmesi

Görüş alanı ızgarası, radyasyonun hesaplanması için kullanılan güneş haritası ve gökyüzü haritası ızgaralarıyla örtüşür. Bu ızgara sistemleri, her bir gökyüzü yönlendirmesinden gelen dağılmış ve doğrudan ışınımı hesaplamak için kullanılır. Her bir sektördeki görülebilir gökyüzü alanı oranı, engelsiz hücre sayısının o sektördeki toplam hücre sayısına bölünmesiyle hesaplanır. Ayrıca kısmen engellenmiş gökyüzü sektörleri için de hesaplama yapılır. Görüş alanının güneş haritası ve gökyüzü haritası

üzerine bindirilmesi, bu alanın engellenmiş ve engellenmemiş bölgelerini gösterir. Şekil 3.6’da engellenmiş bölgeler gri ile temsil edilirken, engellenmemiş bölgeler açık renklerle gösterilir. Güneş ışınlamı, engellenmemiş gökyüzü yönlendirmelerinden kaynaklanan doğrudan ve dağılmış ışınlamın toplamı olarak hesaplanır. Bu süreç, görüş alanının çeşitli yönlendirmelerden alınan radyasyonun etkilerini görsel olarak temsil etmesini sağlar. Engellenmiş bölgelerin belirlenmesi, güneş enerjisi sistemleri veya benzeri uygulamalarda radyasyon dağılımının daha doğru bir şekilde anlaşılmasına ve tasarımların optimize edilmesine yardımcı olur (Fu ve Rich, 1999).



Şekil 3.6 : Güneş ve gökyüzü haritalarının görüş alanı ile karşılaştırılması (Fu ve Rich, 1999).

3.1.5 Güneş analizi

Güneş analizi yapılırken ilk olarak, Şekil 3.6’da görülen engellenmiş olmayanlar için güneşin ışınlamı ve konumu, atmosferik durumu ve boşluk fraksiyonu kullanılarak hesaplanır. Güneş radyasyonu hesaplamalarında kullanılan model ve formüller, Paul M. Rich (Rich, 1990; Rich ve diğerleri, 1994) tarafından geliştirilmiş ve yayımlanmış, daha sonra da Pinde Fu’nun katkılarıyla (Fu ve Rich, 1999; Fu ve Rich, 2002) yeniden düzenlenmiştir. Güneş radyasyonu hesaplamalarında, hesaplanan her bir yüzey alanı için direkt, difüz ve toplam (global) radyasyon değerleri ayrı ayrı hesaplanmaktadır.

3.1.5.1 Doğrudan radyasyon hesabı

Doğrudan radyasyon, atmosfer veya yeryüzüyle herhangi bir etkileşim olmaksızın doğrudan bir yüzeye ulaşan radyasyon bileşenidir. Genellikle, bir alana gelen toplam radyasyonun büyük bir kısmını oluşturur. Formül 3.1 görüleceği üzere toplam

doğrudan radyasyon (Dir_{tot}), ilgili alanın güneş görüş haritasındaki tüm sektörlerden gelen doğrudan radyasyonun ($Dir_{\theta,a}$) toplamıdır.

$$Dir_{tot} = \sum Dir_{\theta,a} \quad (3.1)$$

Bir güneş görüş sektöründen, sektör alanının ağırlık merkezi olan zenith açısı (θ) ve azimut açısı (α) ile direkt radyasyon ($Dir_{\theta,\alpha}$) aşağıdaki formül 3.2 kullanılarak hesaplanır.

$$Dir_{\theta,\alpha} = \delta_{Const} * \tau^{m(\theta)} * SunDur_{\theta,\alpha} * SunGap_{\theta,\alpha} * \cos(AngIn_{\theta,\alpha}) \quad (3.2)$$

Formüldeki değişkenlerin açıklamaları şöyledir:

δ_{Const} : Bu değer, atmosferin dışına ulaşan güneş radyasyonunun sabit değerini ifade eder ve genellikle 1367 Wm^2 olarak kabul edilir. Bu değer, Dünya Radyasyon Merkezi tarafından belirlenen evrensel bir sabittir.

τ : Bu değer, güneş radyasyonunun (elektromanyetik dalga) farklı dalga boylarında atmosferden yeryüzüne ulaşan kısa yol dikkate alınarak ve ortalama dalga boyu temel alınarak hesaplanan geçirgenlik katsayısını ifade eder.

$m(\theta)$: Zenit açısına göre hesaplanan nispi optik izdüşüm mesafesi, zenit izdüşüm mesafesine oranla hesaplanır (3 numaralı formüle bakınız).

$SunDur_{\theta,\alpha}$: Bu değer, her bir gökyüzü sektörünün güneşlenme süresini ifade eder; yani sektöre güneş ışınlarının geldiği süreyi temsil eder. Ufka yakın gökyüzü alanlarının denk geldiği ve sektörün kısmen güneş gördüğü sürelerin hesabı için küresel geometri algoritmaları kullanılır.

$SunGap_{\theta,\alpha}$: Her bir güneş görüş sektörünün, görüş alanındaki boşluk veya engellenme derecesini ifade eden bir katsayıdır.

$AngIn_{\theta,\alpha}$: Gökyüzü sektörünün alansal ağırlık merkezi ile yüzeyin yatay eksenindeki açısı ifade eder.

Nispi optik mesafe $m(\theta)$, formül 3.3 görüleceği üzere güneşin zenit açısı ve deniz seviyesinin üzerindeki yükseklik arasındaki ilişkiyi ifade eder ve 80° 'den küçük zenit açıları için aşağıdaki formül kullanılır.

$$m(\theta) = EXP(-0,000118 * Elev - 1,638 * 10^{-9} * Elev^2) / \cos(\theta) \quad (3.3)$$

Formül 3.4’de; θ , Güneşe göre hesaplanan zenit açısını; $Elev$, Deniz seviyesinden daha yüksek olan yükseklik değerini (metre) ifade eder. Yüzeyin eğim oryantasyonunun etkisi, radyasyonun yüzeye geliş açısının ($AngIn_{\theta,\alpha}$: angle of incidence) kosinüsü alınarak hesaplanır. Yüzeyin gökyüzü sektörüyle oluşturduğu açı (geliş açısı) ($AngIn_{\theta,\alpha}$ değeri), sektörün alansal ağırlık merkezine göre belirlenen zenith ve azimuth açıları kullanılarak hesaplanır, aşağıdaki formülde belirtilmiştir:

$$AngIn_{\theta,\alpha} = \cos^{-1}[\cos(\theta) * \cos G_z + \sin(\theta) * \sin(G_z) * \cos(\alpha - G_a)] \quad (3.4)$$

Formülde; G_z , yüzeyin zenit açısını; G_a da yüzeyin azimut açısını ifade eder.

3.1.5.2 Difüz radyasyon hesabı

Difüz radyasyon, güneş ışınlarının yeryüzüne saçılması ve dağılması sonucu yüzeye ulaşan radyasyonun bir kısmını ifade eder. Difüz radyasyon değerinin hesaplanmasında homojen difüz modeli ve standart kapalı difüz modelleri kullanılır. Homojen difüz modelinde açık gökyüzü şartlarına uygun olarak hazırlanmış bir modelde gelen difüz radyasyonu tüm gökyüzüne aynı oranda dağıtılır. Standart kapalı difüz modelinde ise radyasyon zenit açısına göre ampirik bir ilişki ile değişir. Her bir gökyüzü sektörünün zamana göre değişen difüz radyasyon değerleri ($Dif_{\theta,\alpha}$), sektörün alansal ağırlık merkezi, görüşe kapalılık oranı ve ışının geliş açıları kullanılarak aşağıdaki formül 3.5 ile hesaplanır.

$$Dif_{\theta,\alpha} = R_{glb} * P_{dif} * Dur * SkyGap_{\theta,\alpha} * Weight_{\theta,\alpha} * \cos(AngIn_{\theta,\alpha}) \quad (3.5)$$

Formül 3.6’da; R_{glb} , Global normal radyasyon değerini (3.6’da açıklanıyor); P_{dif} , normal radyasyon akışının saçılma oranını; Dur , Hesap zaman aralığını; $SkyGap_{\theta,\alpha}$, gökyüzü sektörünün açıklık-kapalılık oranını; $Weight_{\theta,\alpha}$, sektörün difüz radyasyon oranını (3.7’de açıklanıyor); $AngIn_{\theta,\alpha}$, yeryüzündeki alanın gökyüzü sektörünün alansal ağırlık merkezine göre yaptığı ışın geliş açısını ifade eder. Global normal radyasyon (R_{glb}), her sektörden (engellenen sektörler de dahil olmak üzere) gelen doğrudan radyasyonun ve düzeltilmemiş direct radyasyon değerlerinin toplanması ve daha sonra bu değer $1-P_{dif}$ olarak hesaplanan direkt radyasyon oranı ile düzeltilir.

$$R_{glb} = (S_{const} \sum(\beta^{m(\theta)})) / (1 - P_{dif}) \quad (3.6)$$

Düzenli (uniform) gökyüzü difüz modeli seçeneğinde ise $Weight_{\theta,\alpha}$ değerinin bulunması için formül 3.7 kullanılır:

$$Weight_{\theta,\alpha} = (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) / Div_{azi} \quad (3.7)$$

Formül 3.8’de, θ_1 ve θ_2 , gökyüzü sektörünün zenit açılarının sırasıyla minimum ve maksimum açı aralığı; Div_{azi} , Gökyüzü haritasında azimut açılarına göre sektörlerin dilim adedini ifade eder. Standart kapalı gökyüzü modelinde $Weight_{\theta,\alpha}$ değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

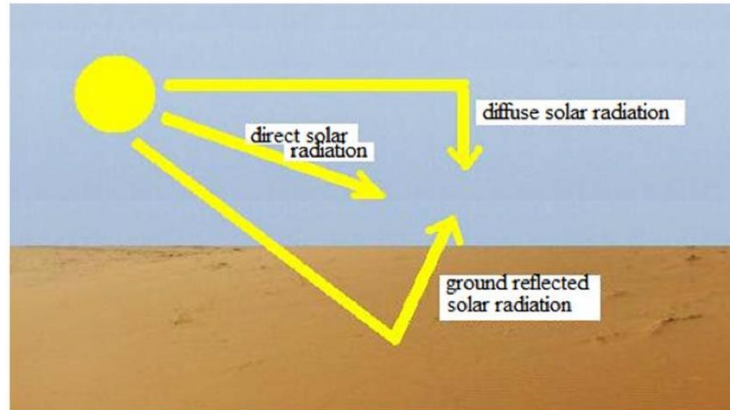
$$Weight_{\theta,\alpha} = (2 \cos \theta_2 + \cos 2\theta_2 - 2 \cos \theta_1 - \cos 2\theta_1) / (4 * Div_{azi}) \quad (3.8)$$

Yeryüzündeki alana gelen toplam difüz güneş radyasyonu (Dif_{tot}), tümgökyüzü sektörlerinden alana gelen güneş radyasyon değerlerinin ($Dif_{\theta,\alpha}$) toplamı olarak formül 3.9’da gösterilen eşitlik ile hesaplanır.

$$Dif_{tot} = \sum Dif_{\theta,\alpha} \quad (3.9)$$

3.1.5.3 Toplam radyasyon hesabı

Bir yüzeye gelen toplam radyasyon hesaplanırken güneş ışının yüzeye ulaşma şekillerinin hepsinin toplamı şeklinde hesaplanır. 3 farklı yüzeye ulaşma şekli vardır, bunlar: doğrudan, difüz ve yansıyan radyasyon (Şekil 3.7). Toplam radyasyon değerinin büyük bir çoğunluğunu doğrudan gelen ışınlar, kalan kısmını da difüz şeklinde gelen ışınlar oluşturur. Yansıyan radyasyon değerleri ise göl ve çevreleri gibi pürüzsüzlüğü az olan büyük çöller, sürekli kar yüzeyleri gibi alanlarda hesaba katılmaktadır.



Şekil 3.7 : Yüzeye ulaşan ışıma şekilleri (Calabrò ve Magazù, 2016).

Belirli bir bölgeye ait toplam radyasyon ($Global_{tot}$) değeri hemisferik koordinat sisteminde belirlenen görüş alanında güneş ve gökyüzü sektörlerinden hesaplanan direct (Dir_{tot}) ve difüz (Dif_{tot}) radyasyon değerlerinin toplanması (formül 3.10) ile bulunur.

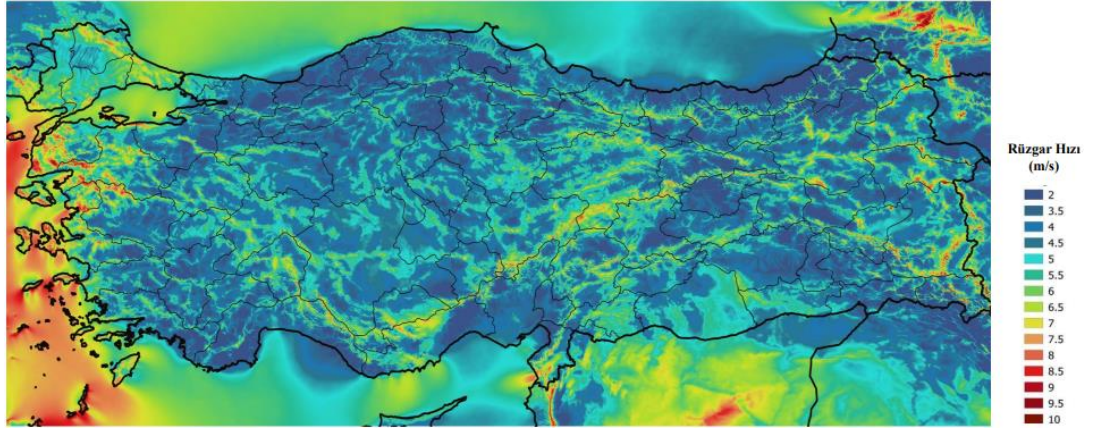
$$Global_{tot} = Dir_{tot} + Dif_{tot} \quad (3.10)$$

3.2 Rüzgar Kadastrosu

Rüzgar enerjisi, güneş ışınlarının Dünya'nın her bölgesine eşit olarak dağılmaması sonucunda ortaya çıkar. Bu eşitsiz dağılımın nedeni, Dünya'nın dönme ekseninin eğikliği, yüzeyin heterojen yapısı ve güneşin geliş açısı gibi faktörlerdir. Güneş ışınlarının dik açıyla geldiği bölgeler daha fazla ısınırken, eğik açıyla gelen bölgeler daha az ısınır. Bu sıcaklık farkları, atmosferde yüksek basınçlı soğuk hava kütlelerinden alçak basınçlı sıcak hava külesine doğru hareket eden hava akımlarını oluşturur ve bu akımlara rüzgar adı verilir.

Rüzgar enerjisi aslında güneş enerjisinin dolaylı bir sonucudur. Güneşin Dünya'yı ısıtmasıyla oluşan hava hareketleri, kinetik enerji olarak rüzgar enerjisinin kaynağını oluşturur. Bu enerji kaynağı, elektrik enerjisi üretimi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak, rüzgar enerjisi üretiminde kullanılan türbinler belirli bir rüzgar hızı aralığında etkin olabilirler. Bu nedenle rüzgar enerjisi sistemlerinin kurulacağı bölgelerin rüzgar rejimi ve hızı hakkında detaylı analizler yapılmalıdır.

Rüzgar türbinleriyle enerji üretimi belirli bir rüzgar hızı aralığında gerçekleşir. Belirli bir hız aralığının altında kalan bölgelerde rüzgar enerji sistemlerinin kurulması anlamlı olmayacağından kurulacak bölgelerin doğru tespiti ve analizi oldukça önem taşımaktadır. Dolayısıyla, enerji üretim sisteminin kurulacağı bölgenin rüzgar rejimi hakkında bilgi sahibi olmak önemlidir. Şekil 3.8'de Türkiye'deki yıllık ortalama rüzgar hızı dağılımı verilmiştir. Harita incelendiğinde Ege ve Trakya bölgelerindeki kıyı şeridinde ve Hatay'da hızın daha yüksek olduğu görülmektedir. Rüzgar enerjisi miktarı, rüzgarın hızına bağlı olarak değişir. Rüzgarın hızı arttıkça gücü de artar, bu da enerji üretim potansiyelini artırır. Ülkemizin batı kıyı şeridinin enerji üretimi açısından daha avatajlı olduğunu ve zaten günümüzde yatırımların bu bölgelerde yoğunlaştığı gözlemlenmektedir.



Şekil 3.8 : Türkiye rüzgar hızı haritası (URL-12).

Rüzgar enerjisi atmosfere zararlı gaz salınımına neden olmadığı için çevre dostudur. Ayrıca, az yer kaplamasıyla yüksek enerji üretimine olanak tanınması önemli bir avantajdır. Bu özellikleriyle rüzgar enerjisi, sürdürülebilir enerji kaynakları arasında öne çıkmaktadır. Birim enerji maliyeti açısından bakıldığında güneş enerjisinden daha ekonomiktir. Rüzgar türbinleriyle karşılaşılan en önemli sorunlardan biri, kuşların türbinlere çarpması ve yaşamını yitirmesidir. Bu durum, çevresel etki değerlendirmeleri ve koruma tedbirleri açısından önemli bir problemdir.

Genel olarak bakılacak olursa türbülansın ve engelleyici yüzeylerin az olduğu kıyı kesimleri ve tepeler, yüksek rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir. Ancak, rüzgar enerjisi topografya, yüzey yapısı ve engeller gibi faktörlerden etkilenir. Bu nedenle, güneş enerjisine kıyasla konum itibarıyla daha fazla değişir ve tahmin edilmesi daha zordur. Bu sistemler rüzgarın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürerek elektrik üretiminde kullanılır. Bu dönüşüm süreci genellikle rüzgar türbinleri aracılığıyla gerçekleşir. Rüzgar türbinleri, rüzgarın etkisiyle dönen pervaneleri sayesinde mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirir (Özgener, 2002).

2023 yılında Türkiye’de enerji üretimi oranlarına bakıldığında rüzgar enerjisi %5,7’lik bir oranı karşılamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan rüzgar enerjisi açısından ülkemiz oldukça verimli bir bölgededir. Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA-V1) verilerine göre, yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve yıllık ortalama rüzgar hızı 7,5 m/s’nin üzerinde olan bölgelerde, her bir kilometrekare için 5 MW gücünde rüzgar santrali kurulabileceği kabul edilmektedir. Bu verilere dayanarak, Türkiye genelinde kurulabilecek rüzgar elektrik santrallerinin toplam kapasitesinin 47.849,44 MW olduğu tespit edilmiştir (URL-12).

Rüzgar enerji santrallerinin kurulum, geliştirme ve takip süreçlerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanımının önemi büyüktür. CBS, coğrafi verilerin toplanması, depolanması, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi için kullanılan güçlü bir araçtır. Rüzgar enerjisi projelerinde CBS kullanarak, uygun bölgelerin belirlenmesi, alanların rüzgar enerji kapasitesinin hesaplanması, türbinlerin yerleşimi için en verimli noktaların belirlenmesi ve çevresel etkilerin değerlendirilmesi mümkün olur. CBS, rüzgar enerjisi santrallerinin etkin bir şekilde planlanması ve yönetilmesi için gerekli olan veri tabanını oluşturur. Bu sayede, yatırımcılar doğru kararlar alabilir, yatırımın geri dönüş süresini ve verimliliğini daha iyi analiz edebilirler. Ayrıca çevresel etkilerin minimize edilmesi ve proje süreçlerinin izlenmesi konularında da CBS'nin sağladığı veriler ile kurulan sistemler büyük önem taşır.

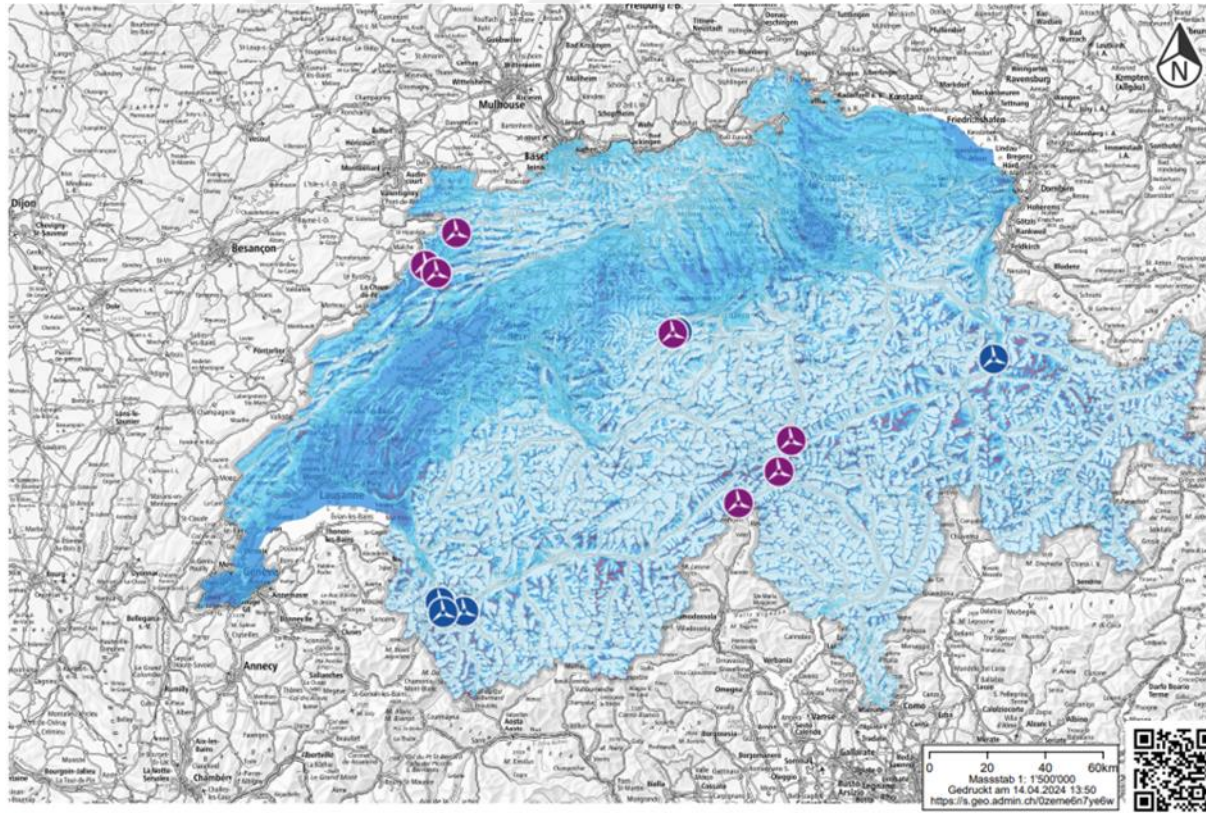
Kurulan sistemler ile rüzgar enerjisi projeleri daha stratejik bir şekilde yönetilebilir ve sürdürülebilir bir şekilde geliştirilebilir. Bu nedenle rüzgar enerjisi santrallerinin kurulum, geliştirme ve takip süreçlerinde CBS'nin aktif olarak kullanılması, başarılı ve çevre dostu projelerin hayata geçirilmesinde kritik bir rol oynar (Ahmet ve diğerleri, 2015).

Rüzgar kadastro, rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesinde kritik bir rol oynayan veritabanlarının oluşturulmasını açıklar. Bu veritabanları, farklı bölgelerde gerçekleştirilen rüzgar araştırmalarının sonuçlarını içerir ve bu sonuçlar, rüzgarın hızı, yönü ve değişkenliği gibi çeşitli parametreleri kapsar. Kadastrodaki veriler, rüzgar enerjisi santrallerinin planlanması, tasarlanması ve inşası gibi süreçlerde kullanılmaktadır. Rüzgar kadastrounun amacı, potansiyel olarak uygun rüzgar enerjisi üretim bölgelerini belirlemek ve bu bölgelerde verimli enerji üretim tesisleri kurmak için bilimsel bir temel oluşturmaktır. Bu veriler, rüzgar enerjisi sektöründe stratejik kararların alınmasına yardımcı olurken, rüzgar enerjisinin sürdürülebilir ve etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar (URL-13; Kaplan, 2016).

İsviçre, Paris Anlaşması çerçevesinde 1990 seviyelerine göre sera gazı emisyonlarını yarıya indirme taahhüdünde bulunmuştur. Daha da ileriye giderek, 2050'ye kadar net sıfır emisyon hedefini benimsemiştir. Bu hedeflere ulaşabilmek için, ülke yenilenebilir enerji politikalarına öncelik vermiş, yatırımları artırmış ve ilgili kurumları oluşturmuştur. İsviçre Federal Devleti'nin çatısı altında, yenilenebilir enerji politikalarının uygulanması, arz-talep dengesi ve enerji kullanımı gibi konularla ilgili olarak İsviçre Federal Enerji Ofisi (SFOE) kurulmuştur. 100 metre çözünürlüklü bir

model kullanılarak hesaplanan yıllık rüzgar hızları, Weibull parametreleri kullanılarak belirlenmiştir. Bu parametreler, rüzgarın yönü ve hızının büyüklüğünü temsil eden rüzgar gülü modelleriyle birlikte sunulmuştur. Ayrıca, federal hükümetin çıkar ve beklentilerine ilişkin bilgiler de modelde yer almaktadır. Şekil 3.9’da modelden alınan İsviçre için 125 m’deki rüzgar enerji hızına ait verilerin ve mevcut santrallerin bulunduğu harita paylaşılmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, rüzgar enerjisi geçiş sürecinde en verimli bölgelere tesislerin kurulabilmesi için rüzgar potansiyelinin en yüksek olduğu yerlerin tespit edilmesi ve böylece enerji verimliliğinin artırılmasıdır. İsviçre rüzgar atlası, bu amaçlar doğrultusunda hazırlanmış ve rüzgar enerjisi sektöründe stratejik kararların alınmasına katkı sağlayacak önemli bilgiler içermektedir (URL-13).





Windgeschwindigkeit 125 m Höhe

Windgeschwindigkeit

< 4.0 m/s	≥ 6.0 - < 6.5 m/s
≥ 4.0 - < 4.5 m/s	≥ 6.5 - < 7.0 m/s
≥ 4.5 - < 5.0 m/s	≥ 7.0 - < 7.5 m/s
≥ 5.0 - < 5.5 m/s	≥ 7.5 - < 8.0 m/s
≥ 5.5 - < 6.0 m/s	≥ 8.0 m/s

Windenergieanlage

(Massstabsbereich: ∞ bis 1:100 000)

- Kleine Einzelanlage
- Mittlere Einzelanlage
- Grosse Einzelanlage
- Windpark

Turbine

(Massstabsbereich: 1:99 999 bis 1:25 000)

- Leistung < 100 kW
- Leistung ≥ 100 kW und < 1000 kW
- Leistung ≥ 1000 kW

www.geo.admin.ch
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
In collaboration with the cantons

www.geo.admin.ch ist ein Portal zur Einsicht von geolokalisierten Informationen, Daten und Diensten, die von öffentlichen Einrichtungen zur Verfügung gestellt werden.
Haftung: Obwohl die Bundesbehörden mit aller Sorgfalt auf die Richtigkeit der veröffentlichten Informationen achten, kann hinsichtlich der inhaltlichen Richtigkeit, Genauigkeit, Aktualität, Zuverlässigkeit und Vollständigkeit dieser Informationen keine Gewährleistung übernommen werden. Copyright, Bundesbehörden der Schweizerischen Eidgenossenschaft. <http://www.disclaimer.admin.ch>
© swisstopo, BFE

Şekil 3.9 : İsviçre 125 metre yükseklikteki rüzgar hızı ve mevcut santraller haritası (URL-13).

3.3 Su Kaynakları Kadastrosu

Ülkemiz akarsu varlığı açısından diğer ülkelerle kıyaslandığında belki çok zengin sayılamayabilir, ancak genç oluşumlu ve yüksek yükselteli bir coğrafyaya sahip olması, akarsularımızın genellikle yüksek debilere sahip olmasını sağlamaktadır. Bu durum, özellikle yağışlı bölgelerde akarsuların daha fazla su taşımaya ve hidroelektrik potansiyelinin artmasına katkı sağlamaktadır. Ülkemizin coğrafi yapısı, akarsu sistemlerinin düzenli ve sürekli bir akışa sahip olmasını destekler ve su kaynaklarının verimli kullanımına olanak tanır. Bu durum, enerji üretimi ve tarımsal sulama gibi alanlarda suyun etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına olanak sağlar. Resmi kaynaklara göre 2021 yılında Türkiye’de hidroelektrik enerji, toplam elektrik üretiminin %55,5’ini oluşturarak enerji piyasasındaki önemli bir paya sahip olmuştur. Öte yandan, 2022 Mayıs ayının sonunda, hidrolik kaynaklı elektrik üretimi önemli ölçüde artarak yaklaşık 35,2 milyar kWh değerine ulaşmıştır. Bu veriler, hidroelektrik enerjinin güncel ve gelecekteki enerji talebine etkisini anlamak için önemli bir referans noktası sağlamaktadır (URL-14).

Hidroelektrik enerji üretimi için akarsulardan iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Birincisi, akarsuların doğal akışındaki kinetik enerjinin kullanılmasıdır. Bu yöntemde, akarsulara yerleştirilen türbinler suyun hareket enerjisini mekanik enerjiye dönüştürür. Bu mekanik enerji daha sonra jeneratörler aracılığıyla elektrik enerjisine çevrilir. Diğer yöntem ise barajlar aracılığıyla suyun kontrol altına alınmasıyla gerçekleşir. Bu yöntemde, su belirli bir süre boyunca baraj arkasında biriktirilir. Sonrasında, baraj kapakları açılarak suyun yükseklik farkından kaynaklanan kinetik enerjisi kullanılarak türbinler döndürülür ve mekanik enerji üretilir. Bu mekanik enerji de jeneratörler sayesinde elektrik enerjisine dönüştürülür. Her iki yöntem de hidroelektrik santrallerinde kullanılarak suyun doğal potansiyel enerjisi elektrik enerjisine verimli bir şekilde dönüştürülmüş olur.

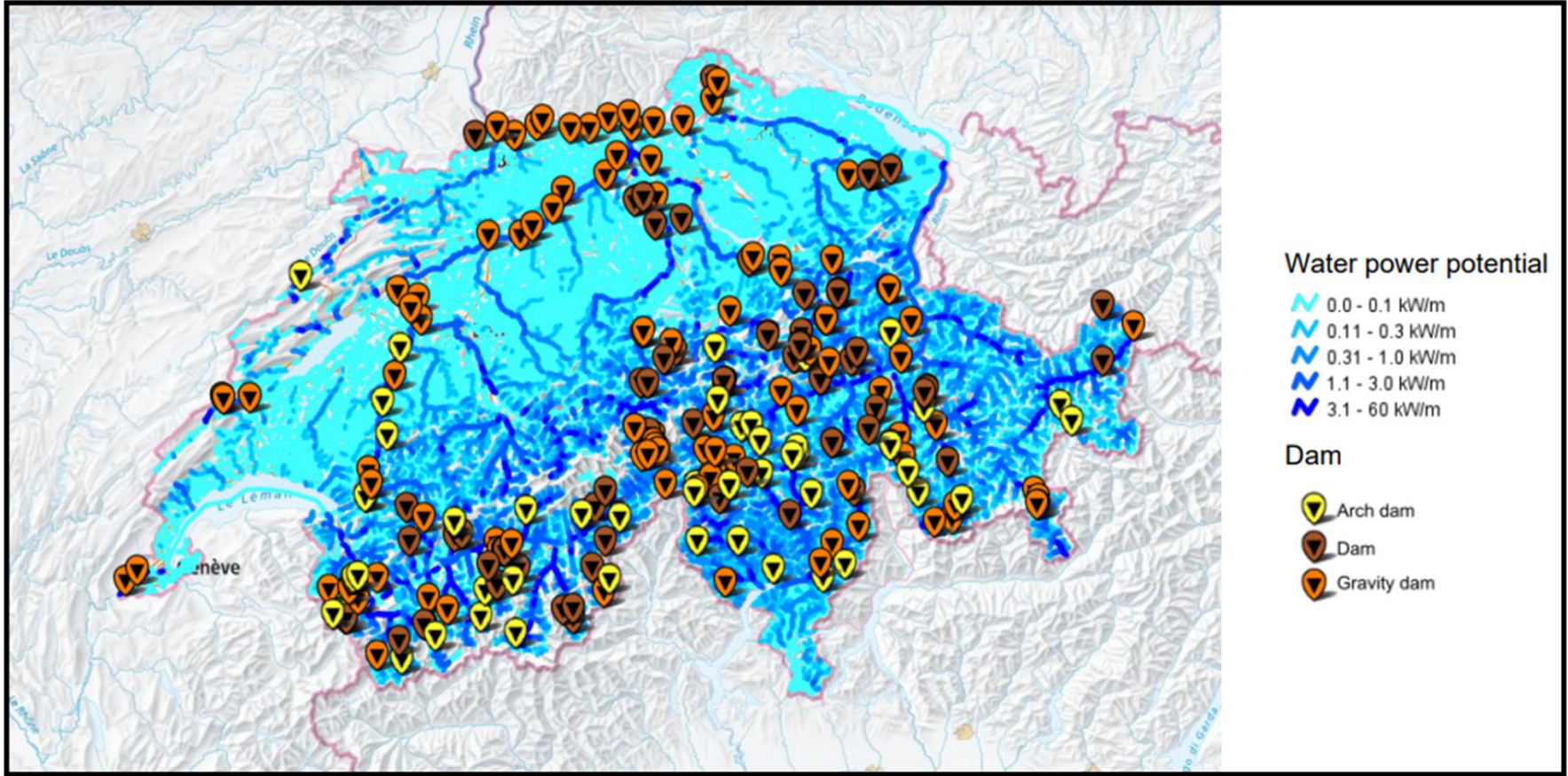
Küçük havzalarda, ulaşımın zor olduğu bölgelerde hidroelektrik potansiyelini belirlemede ve önceden herhangi bir akım belirleme çalışması yapılmamış alanlarda tahminler yapılması zorlaşır. Öncesinde sürekli akım bilgilerine sahip olunan havzalarda bile akarsuyun farklı bölgelerinde beklenmeyen değerlerle karşılaşılabilir bu yüzden hesaplamalara geniş bir hata aralığında bakılması gerekir. Bu durumlarda, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak arazinin yükseklik, eğim ve bakı gibi

verileri elde edilir. Bu veriler sayesinde havza sınırları, drenaj ağı, minimum, maksimum ve ortalama yükseklik gibi bilgiler oluşturulabilir. Ayrıca, uydu verileriyle arazi kullanım durumu da güncel olarak tespit edilebilir. CBS kullanılarak bu veriler modellenilebilir ve yağış, sıcaklık gibi hidrometeorolojik verilerin entegrasyonu ile potansiyel hesaplamaları yapılabilir. Ayrıca havza yönetimi, erozyon tahmini, su kalitesi modellemesi, yeraltı suyu gözlemleri ve taşkın kontrolü gibi birçok konuda çözümler üretilmektedir (Algancı ve diğerleri, 2010).

Su Kaynakları Kadastro, bir ülke veya bölgedeki su kaynaklarının detaylı ve resmi kayıtlarını içerir. Bu kayıtlar, su kaynaklarının coğrafi konumu, hacmi, akım hızı, su kalitesi, kullanım amacı gibi çeşitli özelliklerini içerir. Ayrıca su kaynaklarına ilişkin yasal durumlar, kullanım hakları, koruma önlemleri gibi bilgiler de kaydedilir. Bu kadastrolar genellikle su yönetimi, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve çevresel koruma politikalarının belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Su Kaynakları Kadastro, suyun etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesi ve kullanılmasına katkı sağlar.

Su kaynakları alanında gerçekleştirilen çalışmalar sadece enerji üretimiyle sınırlı olmayıp aynı zamanda suyun kalitesinin korunması, erozyon kontrolü, taşkın yönetimi gibi çevresel ve hidrolojik konuları da içermektedir. Bu sebeple, su kaynakları üzerinde yapılan araştırmaların kapsamı oldukça geniş ve farklı disiplinlerden uzmanların iş birliği gerektirmektedir. Her coğrafi bölgede farklı veritabanları kullanılması ve farklı isimlendirme uygulamaları, bölgesel çalışmaların anlaşılmasını zorlaştırmaktadır ve genel düzeyde hesaplamaların karmaşıklığına neden olmaktadır. Bilgi sisteminin temel amacı, tüm verilere hızlı ve kolay erişim sağlayarak gerekli analizleri yapmak ve veriden anlam çıkarmaktır (Bakış ve diğerleri, 2011).

Hidroelektrik enerji üretiminde büyük bir potansiyele sahip olan İsviçre ülke genelinde birçok baraja sahiptir. Bu barajlar, İsviçre'nin enerji ihtiyacının önemli bir kısmını karşılamakta ve yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımına katkı sağlamaktadır. Ülkenin coğrafi yapısı, yüksek rakımlı dağları ve bol su kaynakları, hidroelektrik üretimi için ideal koşullar sunmaktadır. İsviçre'nin hidroelektrik potansiyeli, ülkenin coğrafi avantajları sayesinde oldukça yüksektir. Bu potansiyelin detaylarını ve kurulmuş barajların konumlarını, İsviçre Enerji Atlası'ndaki harita üzerinden görebiliriz (Şekil 3.10). İsviçre'nin enerji altyapısının önemli bir parçası olan bu barajlar, yenilenebilir enerji üretiminde kritik bir rol oynamaktadır (URL-13).



Şekil 3.10 : İsviçre su gücü potansiyeli ve kurulu baraj haritası (URL-13).

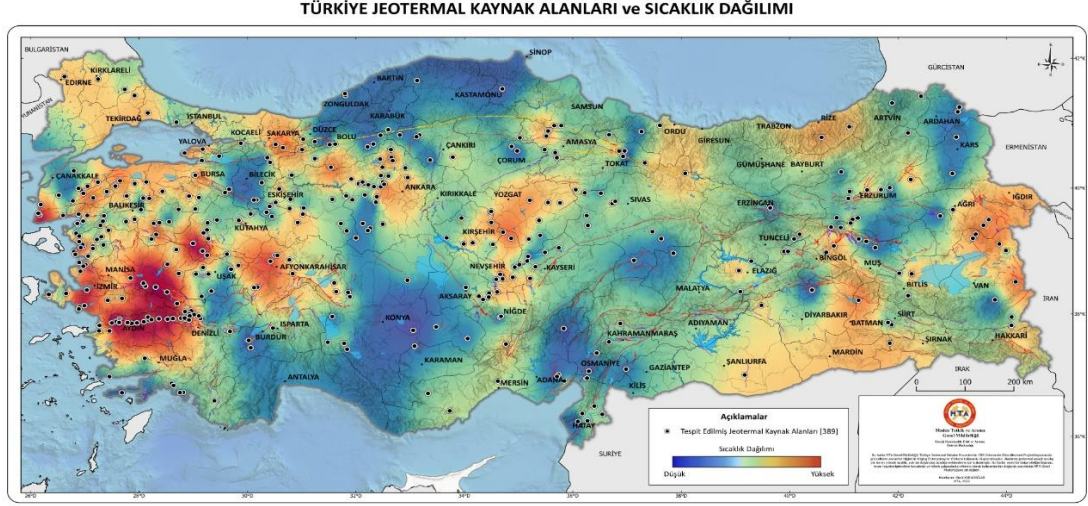
3.4 Jeotermal Kadastro

Jeotermal enerji, yer altındaki yerkabuğunun derinliklerinde biriken ve bölgesel atmosferik sıcaklığın üzerinde olan termal enerjinin doğal olarak oluşması ve akışkanlar aracılığıyla taşınarak yer altı depolarında birikmesi sonucu elde edilen bir enerji kaynağıdır. Bu kaynaklar genellikle yüksek sıcaklıklarda sıcak su, buhar veya kuru buhar formunda ortaya çıkar ve bazen de kızgın kuru kayaların ısıtılması yoluyla elde edilen ısı enerjisi olarak ifade edilir. Jeotermal kaynakların oluşumunda, yerkabuğunda meydana gelen ısı ve basınç etkisi büyük önem taşır. Bu etki, çevresindeki yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla çözülmüş mineraller, çeşitli tuzlar ve gazları içerebilen sıcak su, buhar ve gazların oluşmasına neden olur.

Jeotermal enerji, sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak öne çıkar çünkü doğal olarak yenilenen bir kaynaktır ve insan müdahalesi olmadan sürekli olarak üretilir. Ayrıca düşük maliyetli bir enerji kaynağı olarak da değerlendirilir, çünkü enerji üretiminde kullanılan ekipmanların bakımı ve işletilmesi genellikle düşük maliyetlidir. Bu özellikleriyle jeotermal enerji çevresel etkileri azaltarak enerji ihtiyacını karşılamaya yanı sıra ekonomik olarak da avantajlar sunar.

Ülkemiz, jeolojik ve coğrafik özellikleri nedeniyle jeotermal enerji açısından zengin bir konuma sahiptir. Aktif tektonik kuşaklar üzerinde yer alması ve volkanik/magmatik oluşumları barındırması, Türkiye'yi jeotermal potansiyel açısından önemli kılar. Ülkemizde yaklaşık 1000 adet doğal çıkışlı jeotermal kaynak bulunmaktadır ve bu kaynaklar genellikle Batı Anadolu'da yoğunlaşmıştır. Jeotermal enerji kaynaklarının büyük çoğunluğu düşük ve orta sıcaklıklı olup, doğrudan uygulamalara (ısıtma, termal turizm, endüstriyel kullanım vb.) uygunken, bir kısmı da dolaylı uygulamalar için (elektrik üretimi) elverişlidir. Jeotermal enerji, çeşitli alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Elektrik üretimi, ısıtma (sera, konut), termal turizm, endüstriyel mineral eldesi, balıkçılık, kurutma gibi alanlarda jeotermal enerji büyük önem taşır. Türkiye'de jeotermal enerji uygulamalarına ilişkin ilk adımlar 1975 yılında atılmış olup, bu alandaki gelişmeler hızla devam etmektedir. Dünya genelinde jeotermal enerji kurulu gücü 16,1 GWe seviyesindedir ve jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk sırayı ABD, Endonezya, Filipinler, Türkiye ve Yeni Zelanda gibi ülkeler liderliği üstlenmektedir.

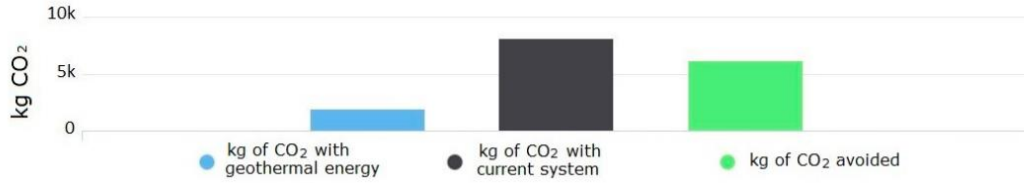
Türkiye’de yıllardır yapılan arama çalışmaları sonucunda 287,5 °C sıcaklığa kadar ulaşan yüksek sıcaklıklara ulaşabilen Şekil 3.11’de nokta olarak gösterilen kaynak alanları tespit edilmiş ve tesis kurulmuştur (URL-15).



Şekil 3.11 : Türkiye jeotermal kaynak yatakları (URL-15).

Soutullo ve diğ. (2020) yılında yaptıkları çalışmada İspanya’nın Cantabria kıyısındaki karmaşık orografisi ve dağınık nüfusu olan Asturias bölgesindeki binalar üzerinde solar ve termal enerji ile binaların CO₂ salınımdaki değişimi inceledikleri bir kadastral sistemi oluşturmuşlardır. Güneş kaynakları yakın zamanda güncellenen güneş ışınlı haritalarından tahmin edilirken, jeotermal kaynaklar jeolojik haritalardan tahmin edilmiştir. Kent bilgileri ise resmi kadastro veritabanlarından tahmin edilmiştir. Temsilci binalar için yıllık enerji talebi ve tasarrufları elde edilmiş ve ısıtma ve soğutma için referans binalarla karşılaştırılmıştır. RehabilitaGeoSol adını verdikleri projelerinde bir CBS platformu geliştirmişlerdir. Bu platform, Asturias Prensliği’nde yer alan konut binalarında yeniden düzenleme önlemlerinin, güneş termal panellerinin ve jeotermal teknolojilerin uygulanmasıyla elde edilen enerji tasarruflarını miktarlamak için geliştirilmiştir. Platform, iki farklı modülden oluşur. Modül 1, Asturias’ın her bölgesi için maksimum enerji tasarruf potansiyelini hesaplar. Modül 2 ise platformun giriş özelliklerine dayanarak kişiselleştirilmiş bir potansiyel seçeneklerini sunar. Yeni geliştirilen bu CBS platformu, düşük karbonlu enerji geçişini desteklemeyi hedeflemektedir. Çalışmada elde edilen veriler, 2006’da İspanya’da çıkarılan Teknik Yapı Yönetmeliği’nde önceden yapılan binalarda enerji verimliliğinin yetersiz olduğunu ortaya koymaktadır. Bu veriler yenilenebilir enerji kaynaklarına geçildiğinde elde edilebilecek büyük ölçekli enerji tasarruflarını

göstermektedir. Bu sonuçlar, özellikle ısıtma yüklerindeki enerji talebini azaltmaya yönelik politikalar geliştirmenin önemini vurgulamaktadır. Şekil 3.12’de, Modül 1 kapsamında projedeki tüm binaların uygunluğuna göre jeotermal enerjiyle entegre edildiğinde 5.000 kg CO₂ tasarrufu sağlanabileceğini göstermektedir (Soutullo ve diğ., 2020).



Şekil 3.12 : Modül 1 kapsamında elde edilen CO₂ tasarrufu grafiği (Soutullo ve diğ., 2020).

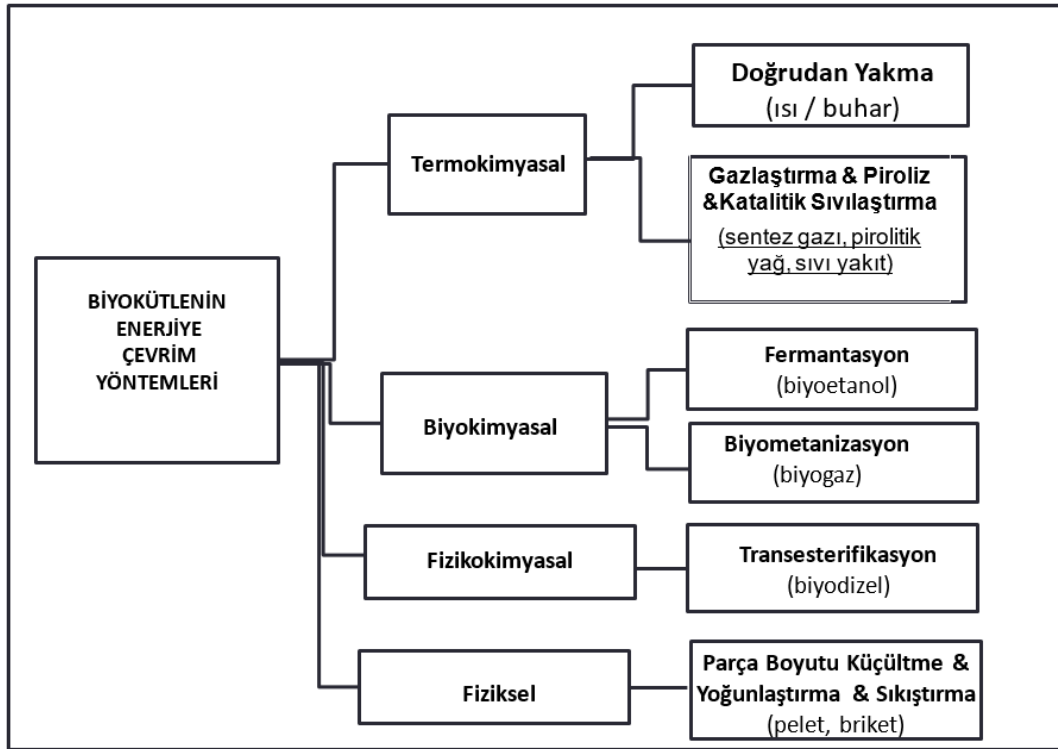
3.5 Biyokütle Kadastro

Biyokütle, tarımsal ürünlerin ve organik maddelerin farklı yöntemlerle işlenerek elde edilen ticari nitelikteki enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklar karbohidrat bileşiklerini içeren bitkisel veya hayvansal kökenli doğal maddelerden oluşur fakat fosil içeriklere sahip değildir. Biyokütle 100 yıldan daha kısa sürede yenilenebilen, karada ve suda yetişen bitkileri, hayvan artıklarını, besin endüstrisi ve orman ürünlerini, kentsel atıkları içeren tüm organik maddeleri kapsar (Kaplukan, 2014). Biyokütle enerjisi, dünya nüfusunun artan enerji ihtiyacını sürdürülebilir bir şekilde karşılanmasında önemli bir role sahip olabilme potansiyeline sahiptir. Ülkemizde, 2022 yılında 3,58 milyon ton ham petrol üretimi gerçekleşmişken, 33,49 milyon ton ham petrol ithal edilmiştir. Türkiye’nin biyokütle enerji potansiyeli, yıllık olarak yaklaşık 3,9 MTEP (milyon ton eşdeğer petrol) olarak hesaplanmaktadır. Bu potansiyelin kullanılması durumunda, ülkenin petrol ihracatında %10’luk bir azalma olabilir. Fosil yakıtların ihracattaki maddi yükü göz önünde bulundurulduğunda, bu oranın düşmesi önemli bir gelişme olarak değerlendirilebilir (URL-10).

Biyokütle enerjisinin kullanımı genellikle klasik ve modern yöntemler olmak üzere iki ana kategoride incelenir. Klasik kullanımda, biyokütle materyalleri doğrudan yakılarak enerji elde edilir. Bu genellikle az gelişmiş ülkelerde yaygın bir uygulamadır ve odun, bitki atıkları ve hayvan atıkları gibi kaynakları içerir. Modern kullanımda ise hayvansal ve tarımsal atıklar, organik içerikli evsel, kentsel ve endüstriyel atıklar/atık

sular, enerji bitkileri, enerji ormancılığı ürünleri, orman atıkları, sucul ekosistemlerde yetişen alg ve yosun gibi çeşitli biyokütle materyalleri kullanılarak dönüşüm yöntemleriyle proses ısısı, elektrik ve sıvı ya da gaz yakıt üretimi gerçekleştirilir (İlleez, 2020).

5346 sayılı Kanun’a göre biyokütle, ithal edilmemek kaydıyla belediye atıkları (çöp gazı dahil), bitkisel yağ atıkları, gıda ve yem değeri olmayan tarımsal atıklar, endüstriyel odun dışındaki orman ürünleri ile atık lastiklerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünler ve sanayi ile arıtma çamurları olarak tanımlanmaktadır. Başlıca biyokütle kaynakları arasında tarımsal biyokütle, orman ürünleri, hayvansal atıklar ve kentsel ile endüstriyel atıklar bulunmaktadır. Bununla birlikte biyokütle kaynaklarından Şekil 3.13’de belirtilen çevrim yöntemleri uygulanarak farklı yakıt türleri üretilmektedir (URL-16).

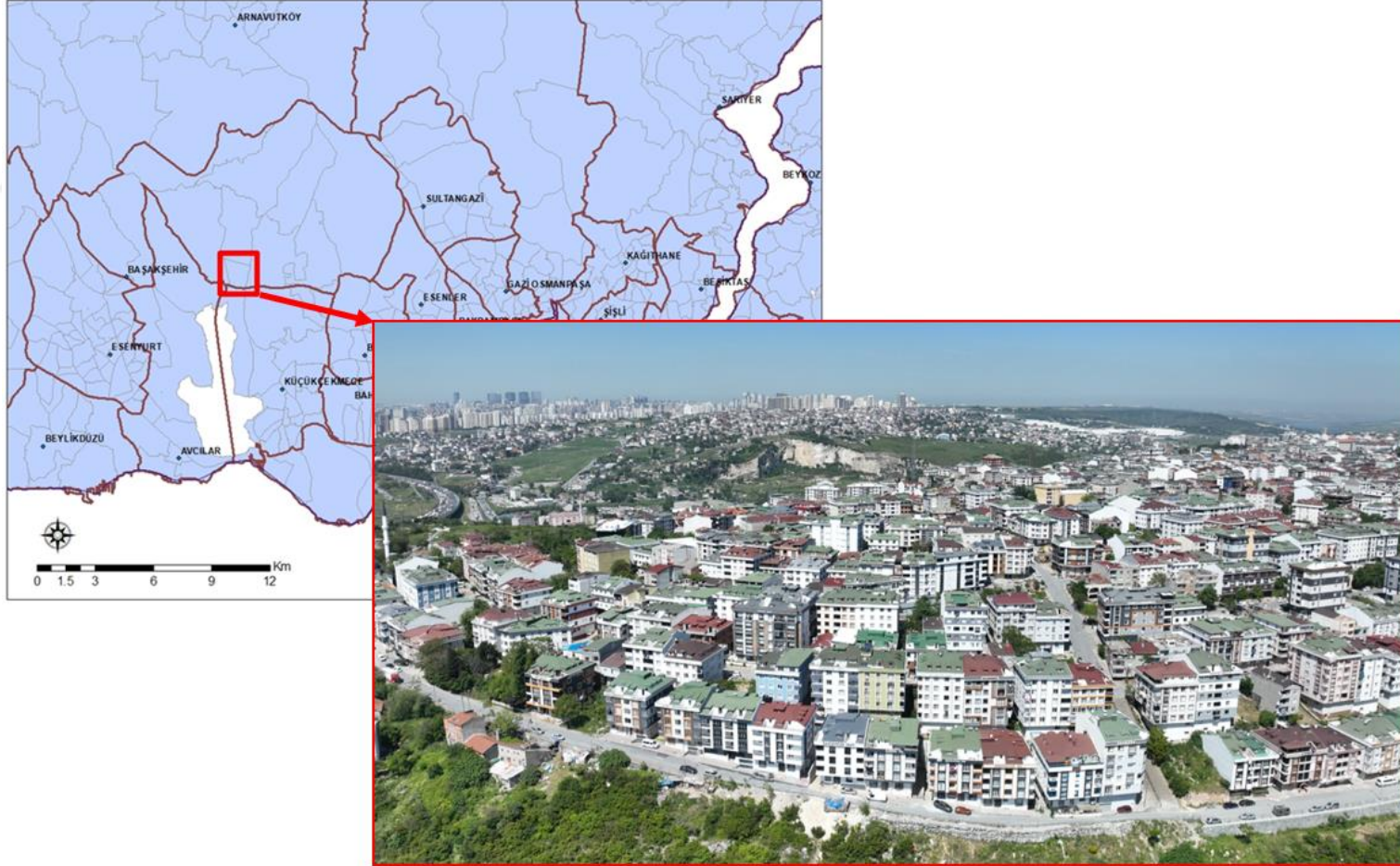


Şekil 3.13 : Biyokütle çevrim sistemleri (URL-16).



4. UYGULAMA

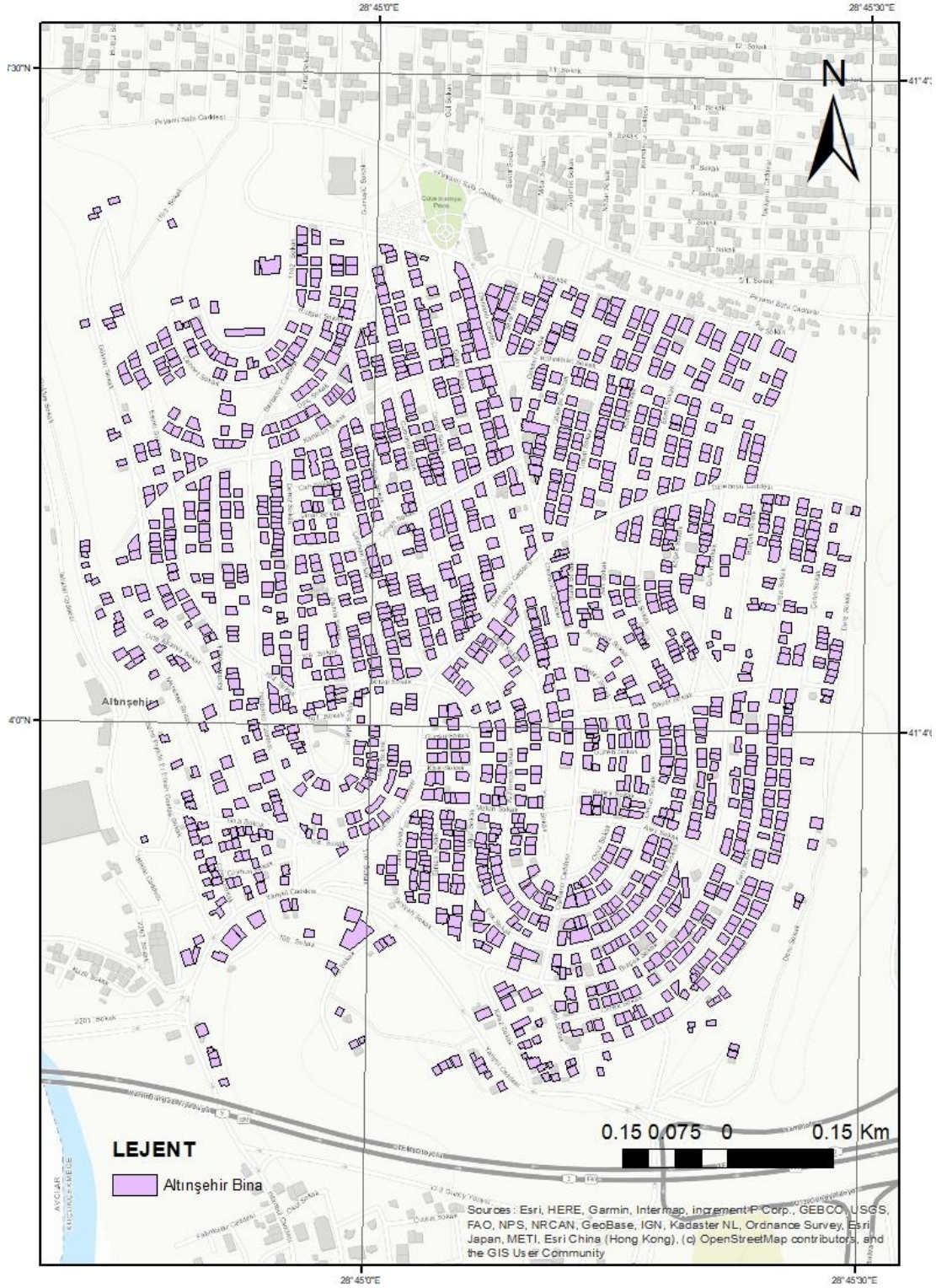
Altınşehir'in içinde bulunduğu kentsel değişim süreci göz önüne alındığında sürdürülebilirlik ve yenilenebilir enerji sistemlerinin entegrasyonun sağlanabileceği bir alan olarak görülmüş ve çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Altınşehir, İstanbul'un Başakşehir ilçesine bağlı bir mahalledir ve çevresinde Güvercintepe, TEM karayolu ve Küçükçekmece'ye bağlı Yarımburgaz, Şahintepe, Ziya Gökalp mahalleleri bulunmaktadır. Mahallede Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi kayıtlarına göre 2023 Aralık sonu itibariyle yaklaşık 24.900 kişi yaşamaktadır. Bu nüfus yoğunluğu mahallenin sınırlı yüzölçümüne bağlı olarak ortaya çıkan bir durum olmakla birlikte İstanbul'un gelişmekte olan bir bölgesinde yer almasının bu durumu ortaya çıkardığı açıktır. Altınşehir, bölgenin ekonomisinin canlanması ve yatırımların artması sonucu artan nüfus sonrasında çarpık yapılaşma ve gecekondulaşma gibi sorunlarla karşı karşıyadır ve bu durum altyapı sorunlarını beraberinde getirmektedir. Ayrıca, İstanbul'da olası bir deprem durumunda etkilenecek bölgeler arasında yer almaktadır ve bölgede kentsel dönüşüm süreçleri başlamış ve süreç devam etmektedir. Bu nedenle, Altınşehir Şekil 4.1'de gösterildiği üzere kentsel dönüşüm ve modern şehirleşme süreçlerinin incelendiği önemli bir araştırma alanı olarak değerlendirilebilir (URL-17).



Şekil 4.1 : Çalışma alanı.

Günümüzde, yenilenebilir enerjiye geçişin teşvik edilmesi amacıyla kamu kurumları tarafından çeşitli teşvikler ve özendirici krediler sağlanmaktadır. Bu teşvikler yenilenebilir enerji yatırımlarını artırmayı ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının daha geniş ölçekte kullanılmasını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Yatırımların artması için güneş enerjisi gibi potansiyel enerji kaynaklarının detaylı bir şekilde değerlendirilmesi, gelecekteki çalışmaların muhtemel sonuçlarının analiz edilmesi ve sektörün ileriye yönelik tahminlerinin yapılması büyük önem taşımaktadır. Geniş kapsamlı bir güneş kadastro, bu tür bilgilerin derlenmesi ve sunulması için ideal bir kaynak merkezi olarak hizmet edebilir. Bu kadastro güneş enerjisi potansiyelinin detaylı bir şekilde haritalandırılmasını sağlayarak yatırımcılara ve araştırmacılara değerli veriler sunabilir. Ayrıca kamu ve özel sektör paydaşlarına, yenilenebilir enerji alanında yapacakları araştırmalar ve yatırımlar konusunda rehberlik edebilir ve stratejik kararlar almalarına yardımcı olabilir. Bu şekilde güneş kadastro sürdürülebilir enerji geçişinin hızlanmasına ve enerji sektöründe daha sağlam bir temele dayanan çözümlerin geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

Bu tez çalışmasının amacı, enerji kadastro konseptinin en temel adımı olan belirlenen alan içindeki binaların çatılarının güneş radyasyon değerlerinin hesaplanması ve bu çatılarda potansiyel bir güneş enerji sistemi kurulumuyla elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarının belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda ilk adım, çalışma alanındaki binaların konum tespiti olmuştur. Altınşehir mahallesinde bulunan yapılar sayısal verilerden temin edilerek kriterlerin belirlenmesi için ilk adım olan Şekil 4.2’de görünen Altınşehir bina haritası hazırlanmıştır. Bina verisi çatıların eğim ve bakı değerlerinin tespiti ve güneş radyasyonu hesaplamalarının yapılabilmesi için gereklidir. Çünkü güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi ve bir güneş enerji sistemi kurulması için öncelikle hangi binaların uygun olduğunun belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 4.2 : Altınşehir bina haritası.

Altınşehir mahallesinde yapılacak olan koordinatlı ortofoto ve sayısal yükseklik modeli çalışması için öncelikle ölçüm doğruluğu adına saha içi etüt çalışması yapılmıştır. Dji marka drone (insansız hava aracı) ile yapılacak ölçüm için yer kontrol noktalarının belirlenmesi gereklidir. Yer kontrol noktalarının belirlenmesi esnasında

dikkat edilmesi gereken şey drone'nun ölçüm esnasında net olarak yer kontrol noktasını görmesidir. Belirlenen yer kontrol noktalarının GNSS (Global Navigation Satellite System) tekniği ile koordinatları yüksek doğrulukla ölçülmüştür. Çalışma alanının belli olmasından dolayı drone uçuşunun belirli aralıklarla tarama şeklinde ölçüm yapması planlanmıştır. Yasal uçuş yükseklik sınırını geçmeden en uygun uçuş rotası düzenlenmiştir. 120 metre irtifada ölçüm işleminin tamamlanmasının ardından, verileri bilgisayar ortamında düzenlemek adına kayıt altına alarak cad ortamında modelleme programına yüklenmiştir. Yüklenen sayısal verilerin proses birleştirme işlemi yapıldıktan sonra yer kontrol noktalarının ölçtüğümüz koordinatlarını txt dosyası olarak modelleme programına yükleme işlemi yapılmıştır. Veriler ile koordinatları birbirine entegre ederek (dönüşüm işlemi yaparak) ortaya çıkan hata payının tolere edilebilir olduğu görülmüştür. Bu sayede yer kontrol noktası koordinatları ile drone tarafından yapılan ölçüm sayısallaştırılmıştır. Ortaya çıkan veriyi optimize ederek sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir. Bu aşamadan sonra ise 3d model seçeneği ile nokta bulutu tercih edilerek model dosyası seçilmiştir. Sonuç olarak koordinatlı ve kotlu 3d model ve nokta bulutu elde edilmiştir. Elde ettiğimiz bu sonuç çalışma alanımız olan bina çatılarının eğimini, çatı yüzeyinin geometrik şekillerini ve hangi yöne baktığı gibi birçok özelliği gösteren harita olmakla birlikte kriterlerin belirlenmesi içinde yardımcı olacaktır.

4.1 Kriterlerin Belirlenmesi

Güneş Enerjisi Santralleri (GES), ülkemizde genellikle Fotovoltaik (PV) sistemleri kullanılarak kurulmaktadır. Bu sistemlerin kurulumu yüksek maliyetlidir ve bu nedenle kurulum aşamasında alınabilecek maksimum verim düşünülmelidir. Zira, yeterli enerji veriminin elde edilemeyeceği bölgelere sistem kurulması hem enerji hem de maliyet açısından zarara neden olabilir. Bu durumun önüne geçebilmek için, doğru kriterlerin belirlenmesi ve buna göre kurulumun yapılması gerekmektedir.

GES kurulumunda doğru kriterlerin belirlenmesi, bölgenin güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesiyle başlar. Güneş ışınlarının sürekli ve yeterli düzeyde olduğu bölgelerin tercih edilmesi, sistem verimliliğini artırır. Ayrıca, çatıdaki doğru eğim ve bakı yönü seçimi de önemlidir. Güneş panellerinin optimum açıyla güneş ışığına maruz kalması, maksimum enerji üretimini sağlar. Bunun yanı sıra, PV sistemlerin teknik özellikleri ve kalitesi de göz önünde bulundurulmalıdır. Yüksek

kaliteli paneller ve ekipmanlar kullanılarak sistemlerin uzun ömürlü ve verimli olması sağlanmalıdır. Ayrıca sistemlerin düzenli bakım ve kontrolü de önemlidir. Teknolojik gelişmeleri takip ederek sistemlerin güncellenmesi ve iyileştirilmesi de enerji verimliliğini artırabilir. Fakat bu çalışmada PV sistemlerinin ortalama maliyetli bir sistem olarak kurulacağı varsayılmıştır. Bir GES kurulum sürecinde ilk önemli kriter panelin kurulacağı eğim değeridir. Güneş panellerinin kurulacağı yerin konumuna bağlı olarak sabit açılı panellerin eğim açısı belirlenir. Çalışma bölgesinin kuzey yarım kürede yer alması nedeniyle, maksimum güneş ışığı güney yönünden gelmektedir. Bu durumda güneş panellerinin optimum performans için genellikle güneye bakacak şekilde yerleştirilmesi tercih edilir. Bu yöntem, güneş enerjisi toplama verimliliğini artırmayı amaçlar. Türkiye’de sabit açılı güneş paneli kurulumlarında formül 4.1 kullanılmaktadır (Keçebaş ve diğerleri, 2021):

$$Panel\ Eğimi(^{\circ}) = Enlem \times 0,87 + 3,1 \quad (4.1)$$

Çalışma alanımızın içinde bulunduğu Başakşehir ilçesinin ortalama enlem değeri $41,0837^{\circ}K$ ’dir. Eşitlik 4.1’e göre Başakşehir için panel eğimi $38,8^{\circ}$ olarak hesaplanmaktadır.

Solar radyasyon değerleri güneş enerjisi sistemlerinin verimli bir şekilde çalışması için kritik öneme sahiptir ve yeterli enerjiyi üretebilmesi önemlidir. Bu proje kapsamında kurulacak sistemlerin avantajlı olabilmesi için yıllık solar radyasyonun belirli bir seviyenin üzerinde olması gerekmektedir. Bu sebeple, ikinci kriter olarak 850 kWh solar radyasyon değerinin altında kalan çatı alanları çalışmadan çıkartılacaktır.

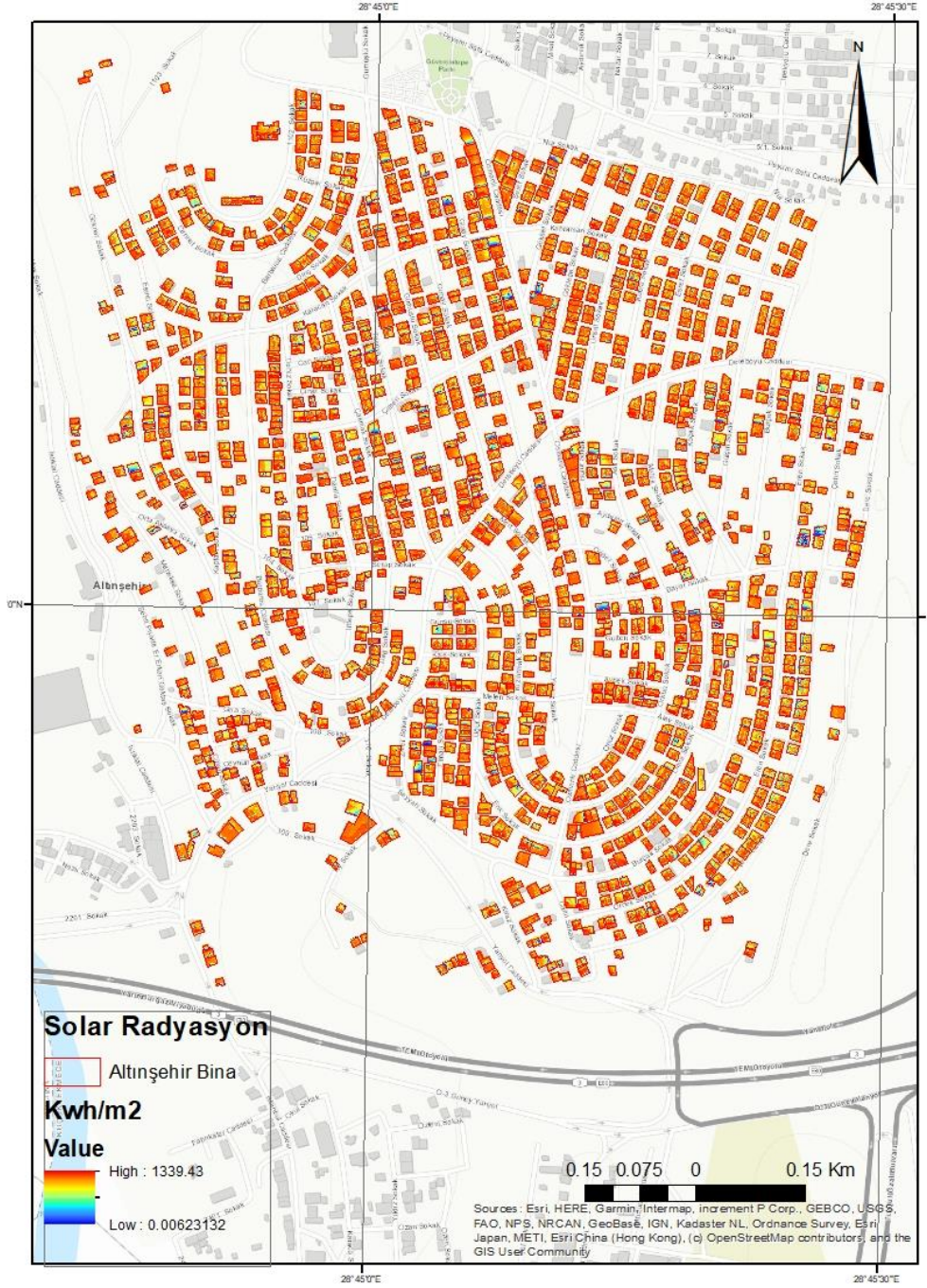
Diğer bir önemli faktör ise yeryüzünde bulunan yüzeylerin Güneş’e olan konumu olarak tanımlanan “bakı” değeridir. Kuzey yarım kürede yer alan yüzeylerin güney tarafları, güneş ışınlarını daha dik bir açıyla alır ve bu durum sıcaklık artışına neden olabilir. Benzer şekilde güney yarım küredeki yüzeylerin kuzey tarafları da güneş ışınlarını daha dik bir açıyla alarak daha fazla ısınır. Türkiye gibi kuzey yarım kürede konumlanmış bir ülkede binaların kuzey yamaçları genellikle doğrudan güneş ışığı almazlar. Bu nedenle üçüncü kriter olarak 10° ’den daha düşük bir eğime sahip çatı alanları, bakı yönünden bağımsız olarak uygun alanlar olarak belirlenmiştir. Eğim değeri 10° ve üzerinde olan çatılar için ise kuzeye bakan çatı bölgelerinin kullanılmaması kararı alınmıştır. Bu şekilde güneş alma açısı düşük olan alanlar çıkarılmıştır.

4.2 Solar Radyasyon Değerinin Hesaplanması

Solar haritalar, çevreci enerji sistemleri alanında önde gelen güneş panellerinin optimal konumlandırılması için kritik öneme sahiptir. Bu haritalar güneş panellerinin hangi binaların çatılarına, hangi yönlere ve hangi konumlara yerleştirilmesinin en verimli ve etkili olduğunu belirlemede önemli bir bilgi kaynağı olarak işlev görür. Bu bilgiler güneş enerjisi sistemlerinin maksimum performansı ve enerji verimliliği elde etmesine yardımcı olur. Böylece çevresel etkilerin azaltılmasına ve sürdürülebilir enerji kullanımına katkı sağlar. Altınşehir'e ait İnsansız Hava Aracı (Drone) ile yapılan ölçüm verileri kullanılarak oluşturulan presizyonlu "Sayısal Yüzey Modeli" haritası, güneşlenme süresi verilerinin analiz edilmesi amacıyla temel veri olarak kullanılmıştır. Solar Radyasyon Haritası 2022 yılında güneş enerjisi değerleri 14 günlük periyotlarla hesaplanan güneşlenme verisini kullanmıştır. Harita üretimi sürecinde, güneş enerjisi değerleri gün boyunca her saat başı alınarak kullanılmıştır. Bu da güneşin doğuşundan batışına kadar olan süreci kapsar. Harita oluşturulurken kullanılan algoritma, güneş enerjisi değerlerini saatlik aralıklarla değerlendirerek çatıların etrafında bulunan engelleyici objelerin paneller üzerinde oluşturabileceği gölgeleri ve diğer etkileri optimal bir şekilde hesaba katmıştır. Hesaplamalarda hassas Sayısal Yüzey Modeli verileri kullanılmasındaki amaç güneşin anlık konumu ile çatının dünya üzerindeki konumu, çatıların geometrik özellikleri, yönleri ve eğimleri gibi faktörlerin birlikte değerlendirilmesini sağlamaktır.

Araştırma kapsamında, matematiksel düzlemin ayrıntılı bir tanımı Bölüm 3.1'de sunulmuş ve bu tanımda kullanılan işlemlerle çalışma alanındaki binaların çatı alanlarından elde edilebilecek solar radyasyon değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar, ArcGIS yazılımındaki Spatial Analyst Tool'unun altındaki Area Solar Radiation modülü ile gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalarda günlük zaman dilimleri içinde saatlik olarak hesaplamalar yapılmıştır. Günlük olarak yapılan hesaplamalar aylık zaman dilimlerinde ortalama alınarak yapılmıştır. Hesaplanan aylık ortalamalardan, yıllık ortalama solar radyasyon değeri bulunmuştur. Gökyüzü haritasının çözünürlüğü, tavsiye edilen değer olan 200 piksel olarak ayarlanmıştır. Şekil 4.3'te verilen harita, Altınşehir mahallesindeki binaların çatılarına yıllık olarak düşen güneş radyasyon değerlerini göstermektedir. Çatılardan elde edilebilecek solar radyasyon değeri hesaplandıktan sonra, güneş enerji sistemlerinin kurulabilmesi için

yeterli koşulları sağlamayan bölgelerin belirlenmesi ve veri setinden çıkarılması işlemine geçilmiştir.



Şekil 4.3 : Solar radyasyon haritası.

4.3 Çatı Eğimi Uygunluk Analizi

Güneş panelleri, güneş ışığından en üst düzeyde yararlanabilmek için yapıların çatılarında maksimum verim alacak şekilde monte edilmelidir. Bu süreçte güneş radyasyonu değerlerinin analizi büyük önem taşır. Bu analizler sonucunda hangi

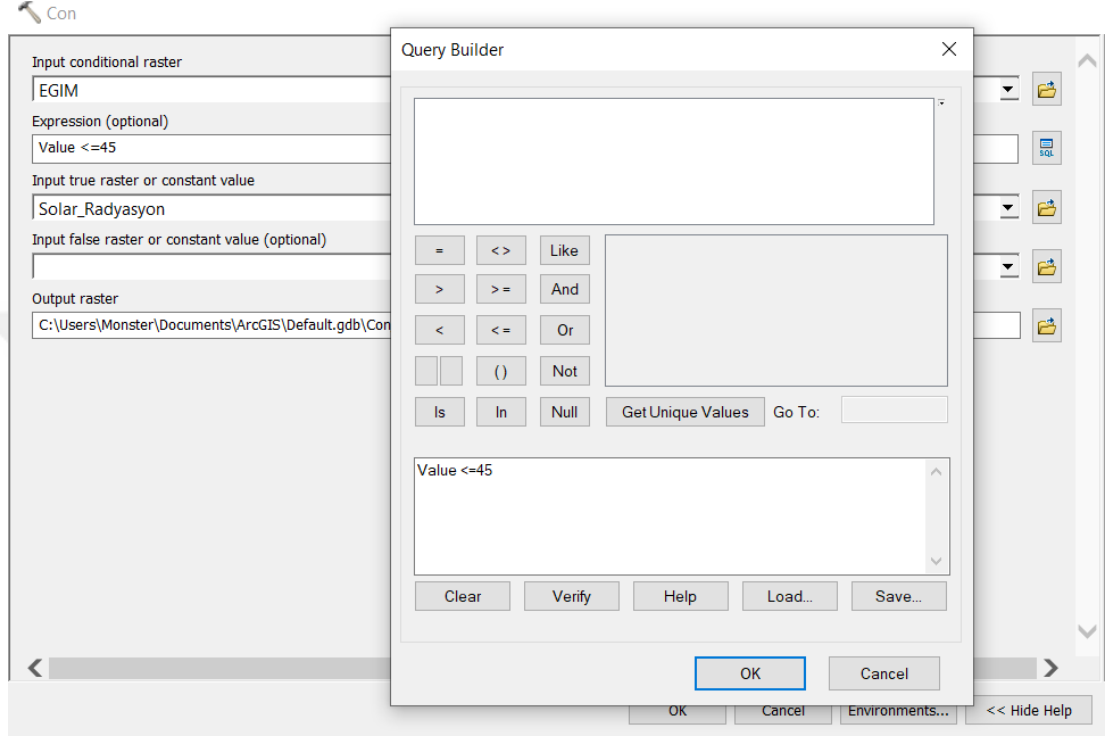
binaların çatılarının güneş PV sistemleri için uygun olduğu belirlenebilir. Özellikle dik eğimli çatılar genellikle güneş ışığını istenen ölçüde verimli şekilde kullanamazlar, çünkü güneş ışınları daha dik bir açıyla çatıya ulaştıklarında daha az enerji absorbe ederler. Buna karşılık daha az eğimli çatılarda paneller daha yüksek verimlilikle çalışabilir, çünkü güneş ışınları daha dik bir açıyla çatıya vurarak daha fazla enerji sağlar. Çalışma için alınan ilk kriter, çatı panellerinin maksimum güneş radyasyon enerjisini alabileceği panel açısının tespit edilmesidir. Maksimum verimin $38,8^{\circ}$ panel eğiminde olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle 0° ila 39° arasındaki çatı eğimlerinde panel maksimum verimlilik noktasına getirilebilir ve bu şekilde en verimli şekilde panel kurulabilir. Çalışma kapsamında 45° 'ye kadar olan açı eğimleri ele alınmıştır. Bu seçimin nedeni, maksimum verim olmasa da yine yüksek derecede verim alınabilecek olmasıdır. Bu sayede enerji kaybını minimize etmek amaçlanmıştır. İlk olarak Şekil 4.4'de görülen eğim haritası oluşturulmuştur.



Şekil 4.4 : Altınşehir eğim haritası.

Çalışma alanında istenilen eğim değeri olan 45° ve altındaki bölgelerin seçimi için ArcGIS'in Spatial Analyst Tool'u içindeki Conditional sekmesi altında yer alan Con aracı kullanılmıştır. Bu araç, belirli koşulları karşılayan raster değerlerini işlemek için kullanılır. Araştırma sürecinde eğim değerlerinin bu kriterlere uygun olan bölgelerin

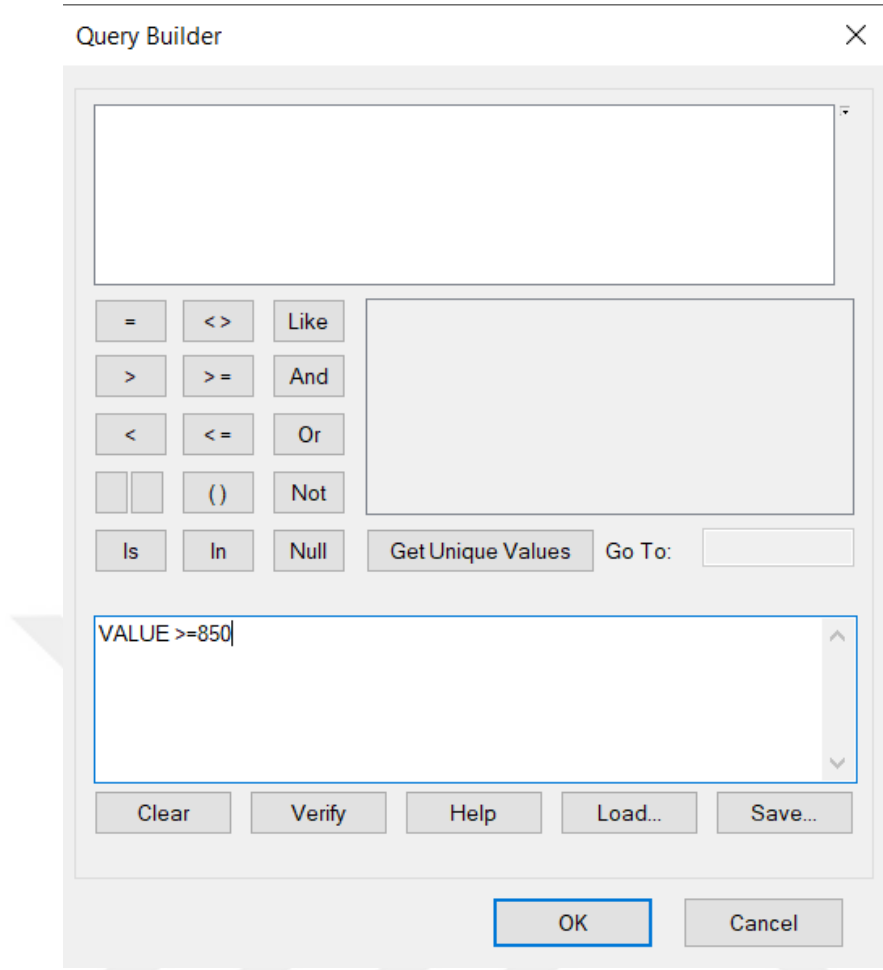
belirlenmesinde Con aracının sağladığı esneklik ve doğruluk incelenmiştir. Bu sayede istenilen eğim aralığındaki alanların belirlenmesi ve analiz edilmesi için etkili bir yöntem kullanılmıştır. Şekil 4.5'te işlemin nasıl gerçekleştirildiği gösterilmektedir. Bu işlem ile solar radyasyon değerinde bulunan 45° üstündeki tüm alanlar veriden çıkartılmıştır.



Şekil 4.5 : Uygun eğim değerine göre veri bölme işlemi.

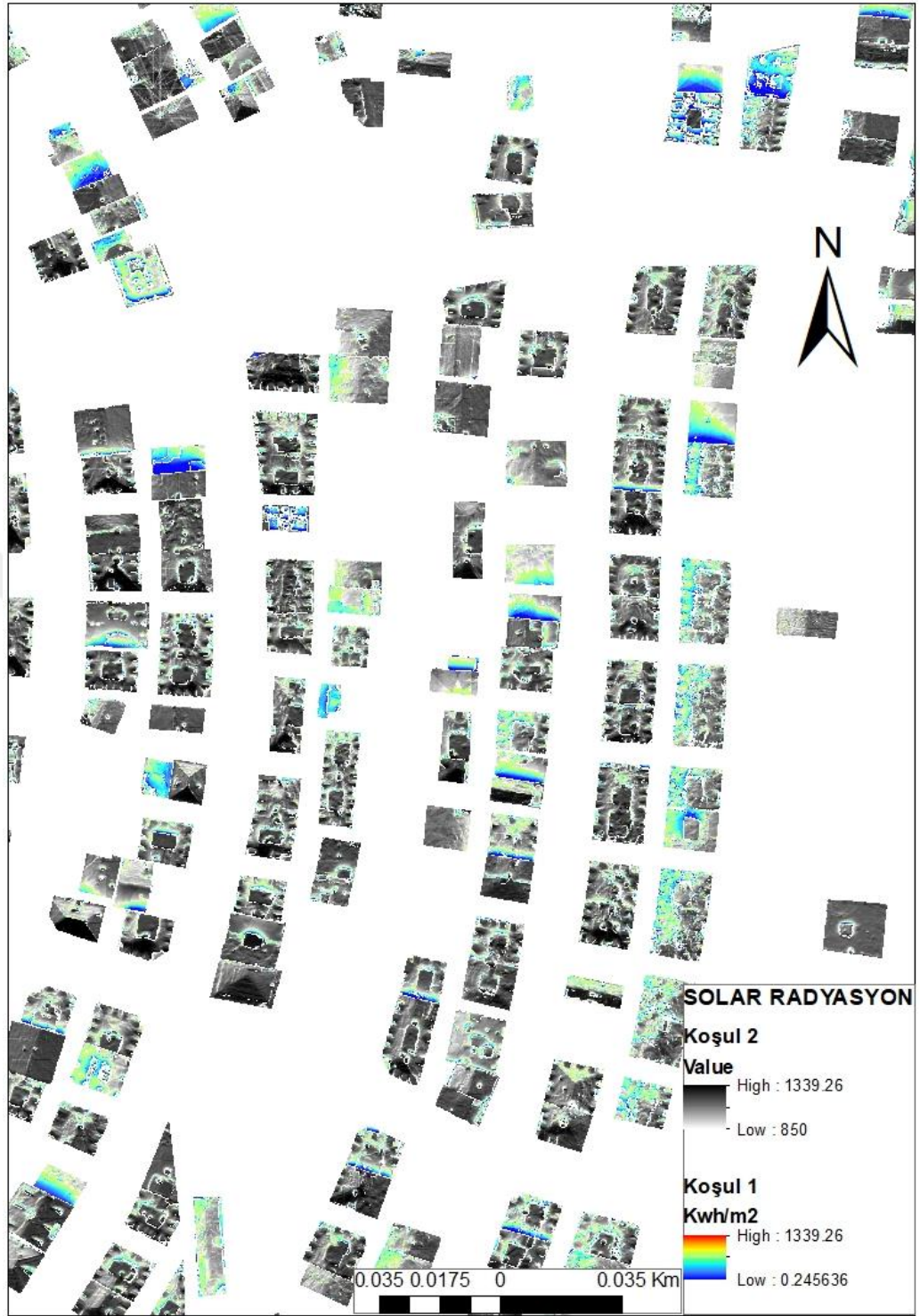
4.4 Solar Radyasyon Uygunluk Analizi

Solar radyasyon seviyesi 850 kWh/m²'nin altında olan bölgeler güneş radyasyonu açısından verimsiz olarak değerlendirilir. Bu nedenle verimli güneş panellerinin kurulması gereken bölgeleri belirlemek için bu düşük radyasyon alanları veri setinden çıkarılmalıdır. Zira güneş panellerinin en etkin şekilde çalışacağı bölgelere odaklanarak enerji üretiminde maksimum verimliliği sağlamak temel amaçtır. ArcGIS'in Con aracı kullanılarak Koşul 1 sonrası veride 850 Kwh/m² değerinin altındaki solar radyasyon değerine sahip veriler veri setinden çıkartılmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 : Solar radyasyon değeri 850 Kwh'dan düşük yapıların kırpılma işlemi.

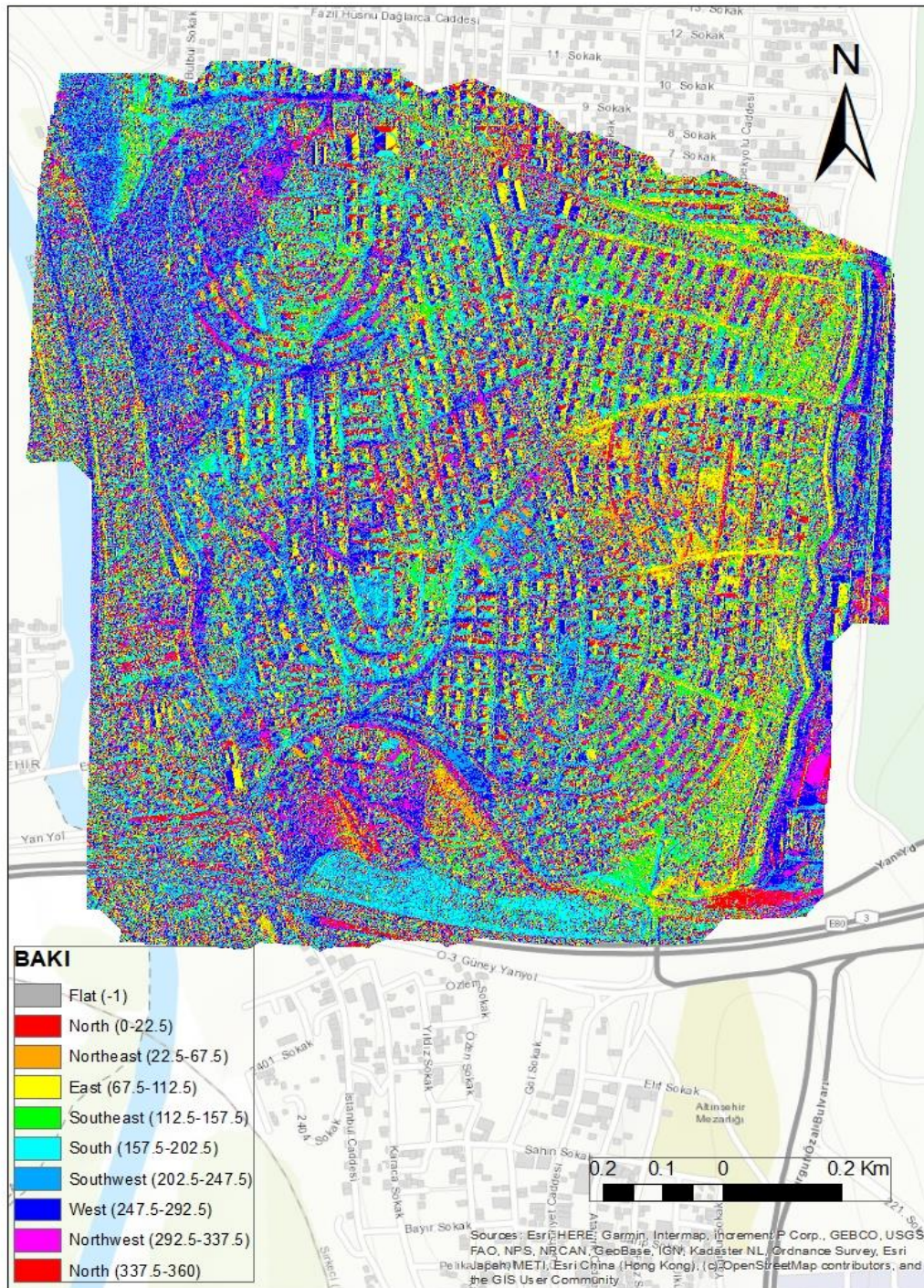
Gerçekleştirilen işlem sonrası verideki değişimi gösterebilmek için çalışma alanının bir kısmı Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Koşul 1'de mavi renk ile gösterilen düşük radyasyona sahip çatı alanlarının Koşul 2 değeri girildiğinde veri setinden nasıl ayıklandığı görülmektedir. Bu işlem sonucunda bazı binaların çatıları tamamen silinmiştir. Bunun sebebi iki yüksek bina arasında kalan çatı alanlarının güneş ışığını alamamasıdır.



Şekil 4.7 : Koşul 2 sonrası verideki değişim.

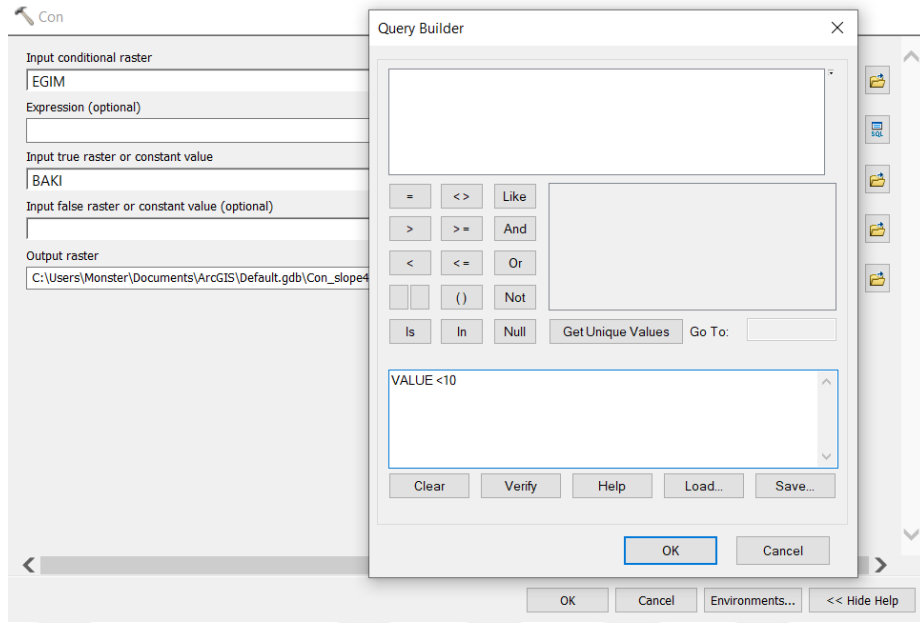
Ülkemiz kuzey yarımkürede konumlandığından güneşin doğuş batış eğrisi güneyden geçer. 10° 'den daha düşük eğime sahip çatı alanları bakı yönünden bağımsız olarak güneş ışınlarını rahatlıkla alabilmektedir. Fakat eğim değeri 10° ve üzerinde olan çatılar için kuzeye bakan alanlar yılın her dönemi yeterli ışını alamamaktadır. Bu da yine enerji kaybına sebebiyet verebilmektedir. Çalışmada son koşul olarak bu verilerin

veri setinden çıkartılması gerekmektedir. Bu çerçevede ilk olarak çalışma alanının bakı haritası çıkartılmıştır (Şekil 4.8).



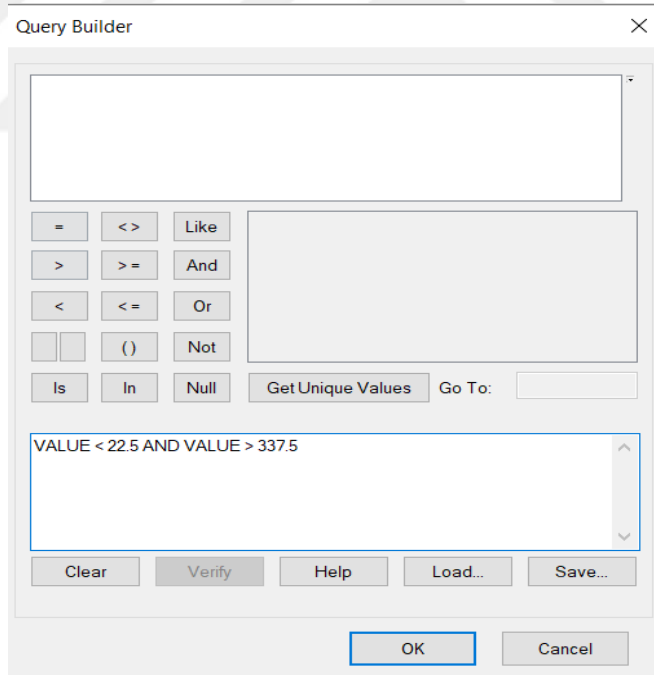
Şekil 4.8 : Bakı haritası.

Bakı haritasından eğimi 10°'nin altındaki değerler ArcGIS Con aracı kullanılarak Şekil 4.9'daki işlem ile ayrılmıştır.

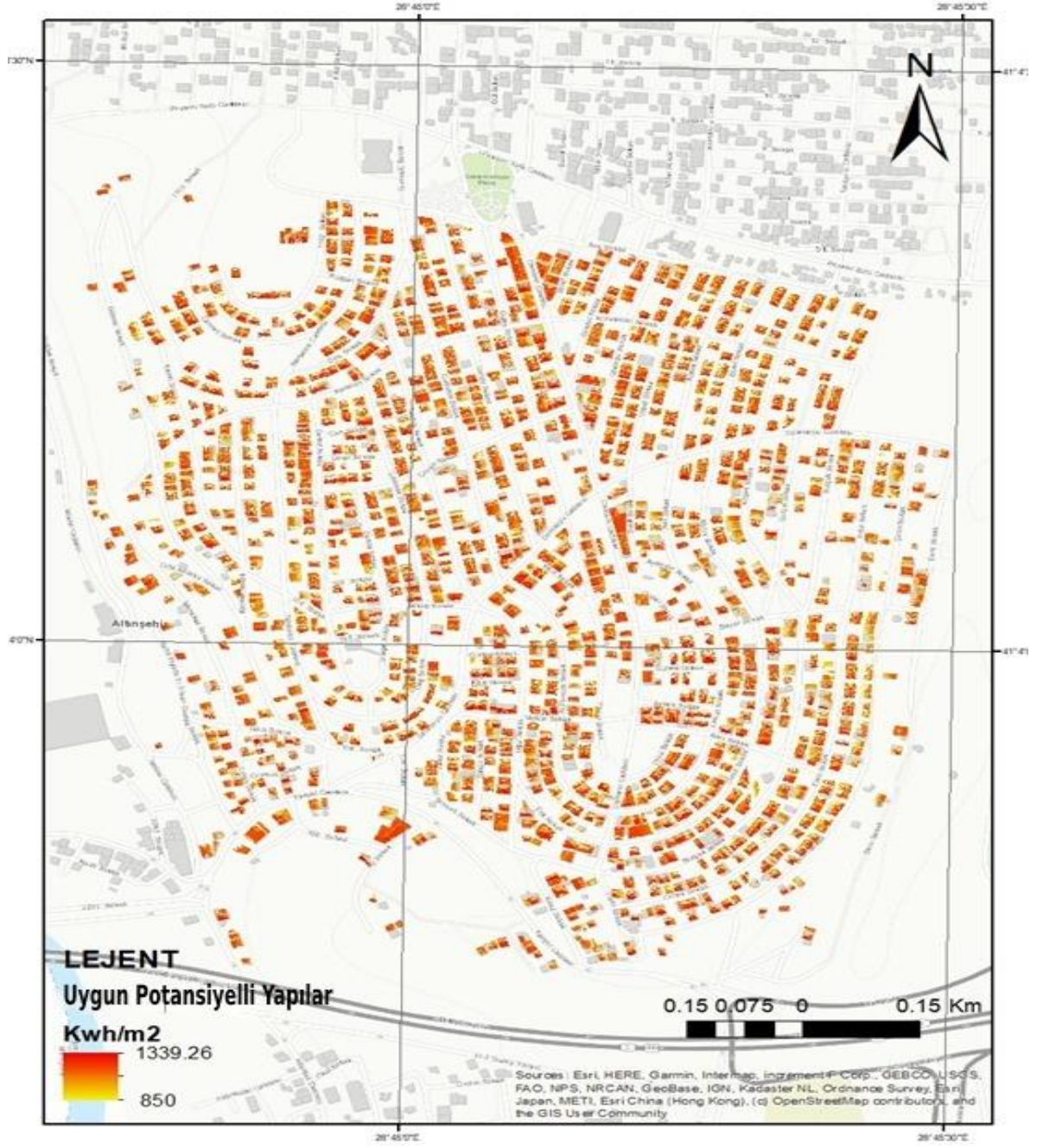


Şekil 4.9 : Bakı değeri 10°'nin altında olan alanların çıkartıldığı işlem.

Son olarakta bakı haritasından kuzeye bakan 22,5° altı ve 337,5° üstü veriler veri setinden çıkartılarak veri setinin son hali oluşturulmuştur (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 : Bakı haritasında kuzeye bakan alanların veri setinden çıkartıldığı işlem.



Şekil 4.11 : Uygun potansiyelli yapıların haritası.

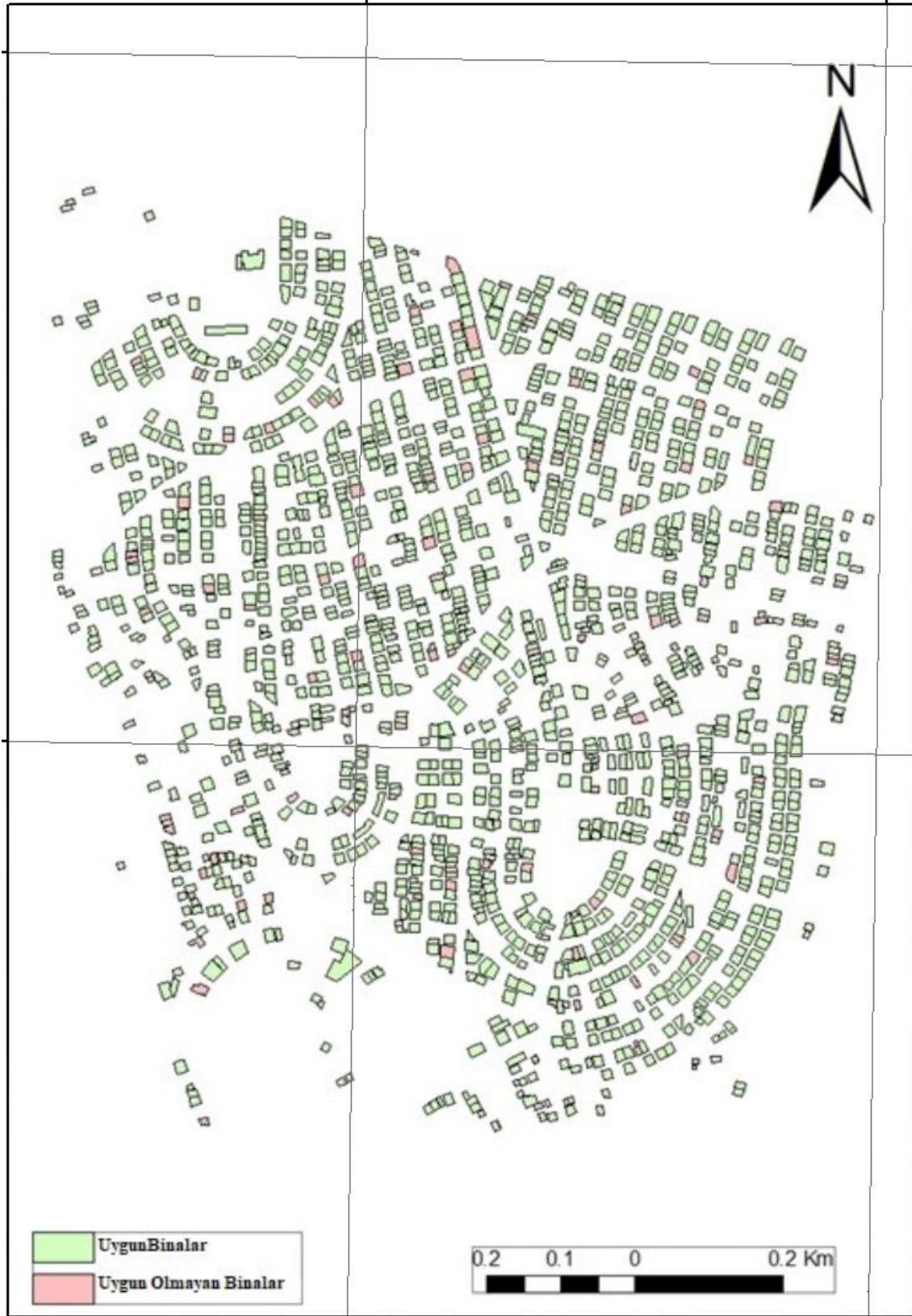
Şekil 4.3'te verilen solar radyasyon değerlerinden, bina çatılarında elde edilen güneş radyasyonu üzerinde verimliliği maksimum seviyeye çıkarmak amacıyla detaylı analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda Şekil 4.11'de görülen uygun potansiyelli yapıların haritası oluşturulmuştur. Bu haritada, güneş enerji paneli kurulumu için uygun olan hücrelerin konumları ve enerji değerleri görülmektedir.

4.5 Çalışmadan Elde Edilen Sonuçlar

Tez çalışması kapsamında Altınşehir mahallesinde yer alan 1688 bina dikkate alınmıştır. Ev tipi güneş panellerinin çoğu, 1,7 metre yükseklik ve 1,0 metre genişlik ölçülerine sahiptir. Dolayısıyla bu paneller 1,7 m²'lik bir alanı kaplarlar. 2023 yılında kurulan güneş panelleri genellikle 450 Watt civarında bir güç üretir. Bir güneş paneli sisteminin boyutu 10 kiloWatt (kW) olarak ifade edildiğinde, bu, sistemin bir saat içinde üretebileceği maksimum güç miktarını temsil eder. Örneğin, 10 kW'lık bir güneş paneli sistemi, bir saat içinde 10 kiloWattlık elektrik enerjisi üretebilir. Bu sistem için gereken güneş paneli sayısı yaklaşık olarak 23'tür. Bu sayı, sistemin toplam güç kapasitesini elde etmek için gerekli olan panel sayısını temsil eder. Aynı zamanda, bu sistemin kurulabilmesi için yaklaşık olarak 40 m²'lik bir çatı alanına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu alan güneş panellerinin yerleştirileceği ve güneş enerjisini etkin bir şekilde toplayabileceği alanı ifade eder (URL-18).

Çalışma alanında, en küçük kurulabilecek sistem olarak 10 kW'lık bir sistem düşünülmüş ve bu sistem için kurulumun sağlanamayacağı alanlar veri setinden çıkartılmıştır. Bu güneş enerjisi sistemlerinin minimum gereksinimleri göz önüne alınarak analiz edilmiş ve çalışma alanında uygun olmayan bölgelerin belirlenmesi amacıyla uygulanmıştır. Bu süreç sistemin kurulabilmesi için gerekli minimum koşulların sağlanmasını hedeflemektedir.

Yapılan analizler sonucunda güneş paneli kurmak için yeterli alanda ve yeterli enerjiyi üretebilen 1589 bina tespit edilmiştir. Bu binalar Şekil 4.12'de yeşil renkli binalar olarak verilmiştir. Geriye kalan ve kırmızı ile gösterilmiş olan 99 bina ise gerekli şartlara sahip değildir. Bu durum yüzde olarak ifade edildiğinde çalışma alanındaki binaların %94'ünün en az bir güneş enerji sistemi kurulumuna uygun olduğu anlaşılmıştır. Bu oldukça yüksek bir oran olup, güneş enerji potansiyelinin ne denli yüksek olduğunu göstermesi açısından önemlidir.



Şekil 4.12 : Güneş enerji sistemlerinin kurulabildiği ve kurulamadığı binalar haritası.

Çalışma alanı içinde bulunan binalardan güneş paneli kurulumuna uygun olan binalardan yıllık olarak 28.244,967 MegaWatt saat (MWh) enerji üretilbileceği hesaplanmıştır. Ülkemizde, 2021 yılında kişi başına elektrik tüketimi 3.931 kilowatt saat (kWh) olarak belirlenmiştir (URL-19). Yukarıda belirttiğimiz gibi Altınşehir Mahallesi'nde ise 24.901 kişi yaşamaktadır. Bu bilgiler ışığında, mahalledeki yıllık toplam elektrik tüketim değeri kilowatt saat olarak formül 4.2 ile hesaplanabilir:

$$\text{Yıllık Toplam Tüketim (kWh)} = \text{Kişi Başına Tüketim} \times \text{Kişi Sayısı} \quad (4.2)$$

Buradan 97.885.831 kilowatt saat (kWh) değeri 97.885,831 megaWatt saat (MWh) olarak yıllık toplam elektrik tüketim değeri hesaplanmıştır. Bu veriler ışığında, üretimin tüketimi ne kadar karşıladığını gösteren üretim-tüketim oranı aşağıdaki formül 4.3 ile hesaplanabilir.

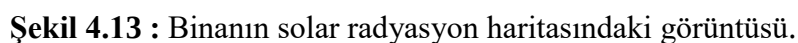
$$\text{Üretim – Tüketim Oranı} = \frac{\text{Toplam Üretim}}{\text{Toplam Tüketim}} \times 100 \quad (4.3)$$

Altınşehir Mahallesi'ndeki uygun binalara kurulacak güneş enerji sistemleri ile mahalle sakinlerinin enerji tüketiminin %28,86'sını karşılanabileceği hesaplanmıştır. Bu oran, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini göstermektedir. Ayrıca, mahalledeki boş araziler ile bina bahçelerindeki boş alanların ve hatta bina yüzeylerinde güneş enerjisi sistemleriyle donatılması durumunda, tüketimin tamamının karşılanabileceği hatta enerji satışının bile mümkün olabileceği öngörülmektedir. Bu durum, sürdürülebilir enerji kullanımının önemini vurgulamakta ve güneş enerjisi sistemlerinin mahallelerde yaygınlaşmasıyla enerji bağımsızlığının ve çevresel sürdürülebilirliğin artabileceği öngörüsünü desteklemektedir.

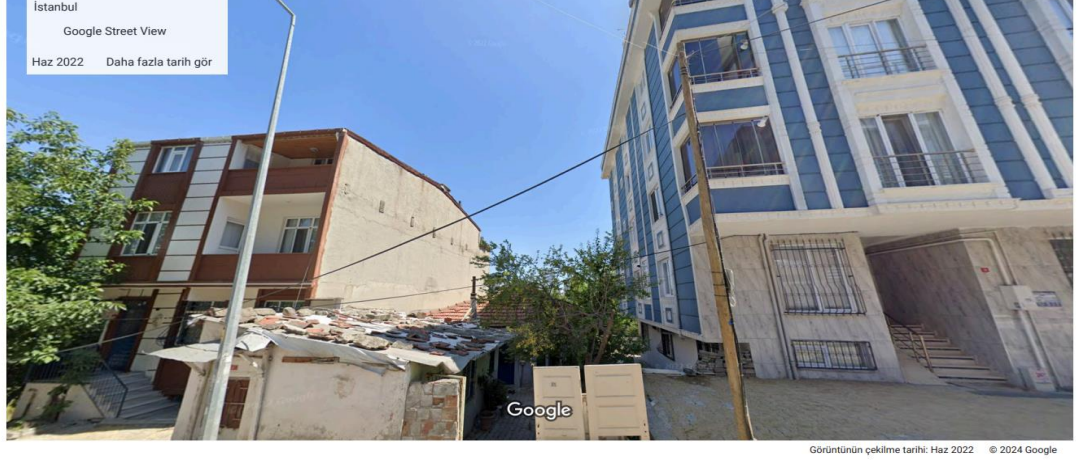
4.6 Güneş Kadastro ve Mülkiyet İlişkisi

Kadastro bir toprak rejimi süreçlerinin sonucu olarak doğmuştur. Toprakta mülkiyet kavramının ortaya çıktığı Avrupa'da temeller atılmıştır. Cumhuriyet döneminde Toprak reformu sonrası düzenin sağlanması taşınmazların sahipleri adına kaydedilmesi gibi amaçlarla kadastro işlemleri başlamıştır. Kentlerin büyümesi ve teknolojik gelişmelerle birlikte Güneş kadastro ve kat mülkiyeti gittikçe önemli hale gelmiştir. Güneş kadastro, yenilenebilir enerji kaynaklarının aktif kullanımı yönünden önemli olup çevresel sürdürülebilirlik amaçlarına da hizmet eder. Kat

Çalışma alanı içinde bulunan Şekil 4.13'teki bina sınırları yazan siyah kenarlıklar ile çevrelenmiş binanın solar radyasyon değeri oldukça düşüktür. Yukarıda yaptığımız çalışmada bu binanın üzerine güneş paneli kurulamayacağını hesaplanmıştır.



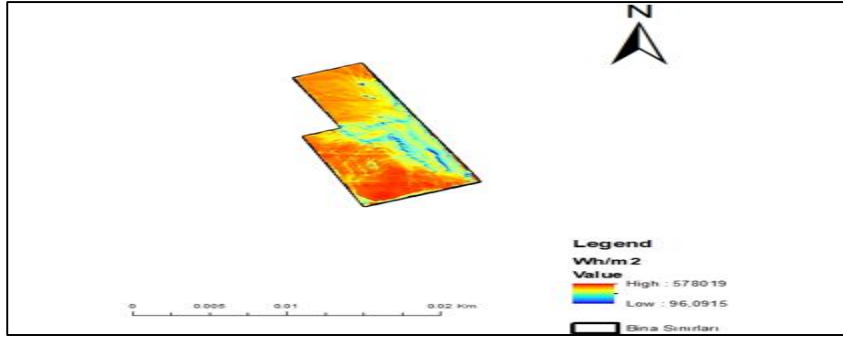
Binanın üç boyutlu görüntüsüne bakıldığında (Şekil 4.14) yüksek katlı iki binanın arasında tek katlı bir bina olduğu görülmektedir.



Şekil 4.14 : Bina'nın sokak görünümü.

Bina, çevresindeki diğer yapıların gölgesi altında kaldığından dolayı güneş radyasyonundan yeterince faydalanamamaktadır. Ancak yapılan detaylı analizler ve hesaplamalar neticesinde, çevresindeki gölgelenme etkisini minimize ederek tekrar radyasyon hesabı yapıldığında güneş pili kurulumu için gerekli olan yeterli miktarda güneş radyasyonu aldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.15). Bu durum binanın güneş enerjisi sistemlerine uygun bir konumda olduğunu ve verimli bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Fakat çevresinde gerçekleşen yapılaşmadan dolayı bu hakkını kullanamamaktadır.

Örnek olarak, bir binanın deniz manzarası, onun değerini artırabilir. Manzara kapatmama yükümlülüğü, temel olarak mülkiyet hakkı ile ilişkilendirilmelidir. Bu yükümlülüğün doğumu, mülkiyet hakkına dayanan yetkilerden birinin kullanılmasıyla mülk sahibinin kısıtlanması sonucunda meydana gelir. Manzaranın korunması durumunda elde edilen hukuki yarar da mülk sahibi için doğrudan mülkiyetle ilgili bir durumdur (Güleş, 2020).



Şekil 4.15 : Gölgeleme etkisi kalkınca binanın solar radyasyon haritası.

Günümüzde, çevresel kaygıların artmasıyla birlikte yenilenebilir enerji yatırımlarına olan ilgi ve yönelim giderek artmaktadır. Bu konuda kamu ve özel sektör kuruluşları, çeşitli teşvikler ve desteklerle bu alandaki çalışmaları hızlandırmakta ve genişletmektedir. Ancak insanların yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmelerini teşvik etmek için sadece maddi destekler yeterli değildir. Bu teşviklerin etkili olabilmesi için halkın bu kaynaklara yatırım yaptıklarında elde edecekleri somut sonuçları görmeleri önemlidir. Örneğin, Altınşehir Mahallesi gibi yerel örnekler üzerinden güneş enerjisi veya rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklara yapılan yatırımların çevresel ve ekonomik açıdan nasıl fayda sağlayabileceğini göstermek önemlidir.

Bu çalışmaların daha geniş çapta etkili olabilmesi için ise yerel düzeyde başlayan bu teşvik ve örnek uygulamaların il ve ülke çapında genişletilmiş bir kadastral sistem üzerine oturtulması gerekmektedir. Kadastral sistem, yenilenebilir enerji projeleri için potansiyel alanların belirlenmesi, planlanması ve yönetilmesinde önemli bir araç olabilir. Bu sistem hem yatırımcıların hem de devletin bu alanda daha etkili ve sürdürülebilir adımlar atmasına olanak sağlayabilir.

Günümüzde tapu ve kadastro sistemlerinde önemli değişiklikler yaşanmaktadır. Bu değişikliklerle birlikte, yukarıda bahsedilen bilgiler dışında taşınmazların değerini ve bu değeri oluşturan özelliklerinin de eklenmesi çalışmaları yapılmaktadır. Bu bağlamda, On Birinci Kalkınma Planı'nda tapu işlemlerinde gerçekleşen fiyatların kaydedilmesi, değer değişimlerinin izlenmesi, kamu yatırımları ve düzenlemeleri sonucu ortaya çıkan değer artışlarının belirlenmesi, yer seçim analizlerine katkı sağlanması ve taşınmaz değer haritalarının oluşturulabilmesi için Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemine entegre edilmiş bir gayrimenkul değer bilgi merkezinin kurulması

kararı alınmıştır. Bu merkez, taşınmazların değerine yönelik verileri, mülkiyet bilgileriyle birlikte tutarak, tapu ve kadastro sistemlerinde daha kapsamlı bir yapı oluşturacaktır.

Yaptığımız çalışma da Şekil 4.16'da görüldüğü üzere güneş panellerinin bir binaya kurulmasıyla enerji kadastro çalışmaları sonrasında, çevrede yapılan yüksek katlı binaların güneş pillerine gölgelenme riski oluşturabileceği görülmüştür. Bu durumda ortaya çıkan yeni yükümlülük, mülkiyet hakkına dayanmaktadır. Eğer bu haklar yeterince korunamazsa, ilerleyen süreçte yenilenebilir enerjiye olan yönelim olumsuz etkilenebilir ve süreç zarar görebilir. Dolayısıyla, hakların sınırlarının net bir şekilde belirlenmesi ve korunması, enerji kadastro çalışmaları sonucunda kurulan güneş pillerinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi ve gelecekte olası olumsuz etkilere karşı tedbir alınabilmesi açısından büyük önem arz etmektedir.

4.7 Enerji Sertifikası ve Uygulama

Enerji Performans Belgesi, bina alımı veya kiralama sürecinde tüketicilere bilgi sağlayarak enerji performansını değerlendirir ve maliyet etkin iyileştirmeler için öneriler sunar. Ticari medyada yapılan ilanlarda bu belgelerin zorunlu olmasıyla birlikte, binaların inşası, satışı veya kiralanması aşamasında ilgili taraflara gösterilir. Bu belgeler ayrıca, bina sahiplerine veya kiracılara enerji performansını artırmak için uygun yöntemleri ve finansal araçları sunar. Avrupa'daki bir çalışma, daha yüksek enerji tasarrufunun, ortalama olarak daha yüksek satış veya kiralama fiyatlarına yol açtığını göstermektedir. AB ülkeleri ayrıca, ısıtma ve klima sistemlerinin denetimini sağlamak için programlar oluşturmuş ve enerji performans belgeleri ile ısıtma ve soğutma sistemlerinin denetim raporları için bağımsız kontrol sistemleri kurmuştur. Ülkemizde gelişmelerden uzak kalmamış, "5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu" ve bu kanuna dayanarak "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"ni çıkarmıştır. Binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasını, enerji israfının önlenmesini amaçlamıştır. Bu düzenlemeler, binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, yalıtım özellikleri ve ısıtma/soğutma sistemlerinin verimliliği gibi bilgileri içeren belgelerin oluşturulmasını gerektirir. Bu belgeler, binaların enerji performansını değerlendirmek ve iyileştirmek için temel bir kaynak sağlar. Böylece enerji tasarrufu ve çevresel koruma hedefleri doğrultusunda adımlar atılabilir. Ülkemizde kullanılan enerji kimlik belgesi örneği Şekil 4.16'da görülmektedir. Bu

belge de yenilenebilir enerji oranı olarak bir hesaplama yapılmakta ve enerji sınıfına katkı da bulunmaktadır.

ENERJİ KİMLİK BELGESİ

Bina Genel Bilgileri

Bina Tipi :
 İşletme Yılı :
 Kapsal Kullanma Alanı :
 Ada, Parseli :
 Adresi :
 Bina Sahibi/İale :
 Adı Soyadı :
 Adresi :
 Mülk/erak Tenisatların Sahibi (gerekliyse) :
 Adı Soyadı :
 Adresi :

Bina Resmi

Enerji Performansı

Yüksek
 A
 B
 C
 D
 E
 F
 G
 Düşük

SEG Emisyonu

Düşük
 A
 B
 C
 D
 E
 F
 G
 Yüksek

Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı

%

Enerji Tüketim Sınıfı

CO₂ Salımı Sınıfı

Sıhhi Sıcak Su Enerjisi Tüketim Sınıfı

Havalandırma Enerjisi Tüketim Sınıfı

Isıtma Enerjisi Tüketim Sınıfı

Soğutma Enerjisi Tüketim Sınıfı

Aydınlatma Enerjisi Tüketim Sınıfı

Enerji Kullanım Alanı	Kullanılan Sistem	Yüksek Enerji Tüketimleri			Sınıf
		Isıtma (kWh/m ² Yıl)	Soğutma (kWh/m ² Yıl)	Aydınlatma (kWh/m ² Yıl)	
TOPLAM					ABCDEF
ISITMA					ABCDEF
SİHİ SİKAK SU					ABCDEF
SOĞUTMA					ABCDEF
HAVALANDIRMA					ABCDEF
AYDINLATMA					ABCDEF

Açıklamalar

EKB ve EKB Uzmanı ile İlgili Bilgiler

Belge No :
 Numarası :
 Yürürlük Tarihi :
 Son Geçerlilik Tarihi :

Belgeyi Düzenleyen

Adı Soyadı :
 Fırması :
 Öde Sicil No :

İmza

Şekil 4.16 : Enerji kimlik belgesi örneği.

Bölüm 4.5'te ayrıntılı bir şekilde ifade edildiği üzere mülkiyet hakları açısından da bakıldığında bu gösterim yeterli olmamaktadır. Bölüm 3'te ayrıntılı olarak anlatılan yenilenebilir enerji kadastro çalışmaları gerçekleştirilerek kimlik belgesine ayrıntılı bir şekilde eklenmesi uygun olacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değişikliğinden en çok etkilenecek bölgelerden olan Akdeniz havzasında yer alan Türkiye’de tüm dünyada olduğu gibi enerji verimliliğinin teşviki için birçok adımlar atılmış, çeşitli politika ve stratejiler geliştirilmiştir. Bu kapsamda Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, Protokoller ve İklim Değişikliği Sözleşmeleriyle ileriye dönük hedefler belirlenmiştir. Ülkemizde konuyla ilgili hemen her paydaşın atacağı çok önemli adımlar ve üstleneceği görevler bulunmaktadır. Gerek bu anlaşmalarda belirtilen uygulamalarda gerekse de çalışmada ele alınan enerji kadastrounun oluşturulmasında gerekecek pek çok farklı bilgi ve veri Uzaktan Algılama, GNSS (Global Navigation Satellite Systems), İnsansız Hava Aracı (İHA), Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), LiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) gibi birçok güncel ölçme tekniği ile yapılan ölçme, haritalama ve mekânsal analizleri ile elde edilmektedir. Bu çerçevede geospatial verinin üretilmesinde ve yönetilmesinde temel bir göreve sahip olan Geomatik Mühendisliği disiplini kilit bir rol oynayarak, karar-destek aşamaları için çok önemli bir görev üstlenecektir. Hiç şüphesiz bu çalışmalar bunlarla sınırlı olmayıp, genel anlamda iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması için diğer farklı disiplinlerce de yapılacak çalışmalara yön vermede de önemli bir işleve sahip olacaktır.

Enerjiye ihtiyacın her geçen gün arttığı günümüzde, enerji kaynaklarının üretiminde birincil derecede kullanılmakta olan fosil yakıtlar, bir yandan tükenme tehlikesiyle insanoğlu için önemli bir tehdit olmaktadır. Küresel enerji tüketimine bağlı olarak çok ciddi miktarda sera gazı emisyonlarının ortaya çıkacağı, bunun da yüzyılın sonuna kadar küresel ortalama sıcaklıklarda istenilenden (1,5 °C’nin altına düşürme) daha fazla bir sıcaklık artışına (yaklaşık 2,5°C) neden olarak iklime bağlı problemlerin daha da artmasına neden olacağı ifade edilmektedir.

Dünya genelinde güneş enerjisi kadastro çalışmaları yürütölmeye başlanmıştır. Bu çalışmalar, güneş enerjisinin potansiyelini değerlendirmek ve güneş enerjisi sistemlerinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için gereken altyapıyı oluşturmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar, çeşitli ölkelerde yapılan araştırmaların

sonuçlarını bir araya getirerek güneş enerjisi alanındaki bilgi birikimini artırmaktadır. Bu çalışmada örnek bir uygulama sonuçlarına bağlı olarak ortaya konulan bir modelden ve Dünya genelinde mevcut güneş kadastro sistemlerinin incelenmesinden hareketle ülkemiz için yenilenebilir bir enerji kadastro sistemi oluşturulmasına dönük örnek bir yaklaşım ortaya konulmuştur. Çalışmada çatı üstü güneş enerjisi potansiyelinin tahmini, cephe güneş enerjisi potansiyelinin tahmini, panellerin veya sayılarının kaplayabileceği alanın tahmini, çatıların/cephe/arazi şeklinin eğimi veya şeklinin gibi bazı detayların dahil edilmesi, mevcut altyapının, ağaçların gölgesinin vb. dahil edilmesi, verimliliğin değerlendirilmesi, gölge etkisinin dahil edilmesi ve 2D görünümü verileri güneş kadastro çalışmalarında önemli rol oynamıştır.

Çalışma sonuçları, çatı üstü güneş enerji sistemlerinin enerji tüketimini önemli bir kısmının yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanabileceğini ortaya koymuştur. Dünyanın pek çok ülkesinde bu büyük potansiyelden daha iyi faydalanılıyorken, ülkemizde bu potansiyel yeteri düzeyde değerlendirilememekte ve anlamlı bir enerji kaybının yaşanmasına neden olmaktadır. Avrupa’da uygulanan güneş enerjisi projelerinde vatandaşların enerji üretimine aktif olarak katılımı teşvik edilmekte ve fazla enerjinin yetkililere satılmasıyla elektrik kullanım ücreti ve vergi indirimleri gibi teşvikler sunulmaktadır. Avustralya New South Wales Üniversitesinin yaptığı bir araştırma ile her yıl enerjiden 9,3 milyar USD tasarruf edilebileceği belirtilmiştir. Ülkelerinde güneş paneli bulunmayan 5,7 milyon eve güneş panellerinin kurulmasının 5 yılda her yıl 9,8 milyar USD yatırıma mal olacağı bu süre zarfında 48.000 kişiye iş yaratacağını, ancak enerji tasarrufunun 63 ay içinde maliyeti aşacağını ortaya çıkarmıştır. Diğer yandan Appraisal Journal isimli dergide “*yıllık enerji faturalarınızdaki her 1 x’lık azalma için evinizin değeri 20x artıyor. Bu, güneş sisteminiz yılda 400x tasarruf etmenize yardımcı olursa evinizin değerinin 8.000x artacağı anlamına gelir*” şeklinde yer almıştır. Bu yaklaşım vatandaşların kendi enerji üretimlerini kontrol etmelerini ve uzun vadeli maliyet ve kârlılık durumlarını gözlemleyebilmelerini sağlamaktadır. Görüleceği üzere enerji potansiyeli bir yapı için son derece önemli bir değer faktörü, hak haline gelmiştir. Bu potansiyelden en iyi şekilde yararlanabilmesi için öncelikle her bir taşınmazın, arsa/arazisinin ve hatta cephesinin alternatif enerji potansiyeli bu çalışmadaki modelle ortaya konulup, kullanımı, izlenmesi, bir mülkiyete dönüştürülmesi için bir enerji kadastro sistemi

oluşturulmalıdır. Bu tür sistemler ek olarak 3D görüntüleme, çatılar üstünde çizim yapma ve nesne ekleme, karbon azaltımı çalışmaları, paneller için optimum açının belirlenmesi, bakım maliyet hesabı, kurulum maliyet tahmini gibi işlemler için de kullanılabilir. Bunun için gerekli yasal düzenlemelerin yapılması enerji kat mülkiyeti ile entegrasyonu da gerekmektedir.

Çalışmadan elde edilen tüm sonuçlar, standart bir yaklaşımla, sadece yapıların çatılarına konulacak güneş panelleriyle tüketimin neredeyse 1/3'ünün karşılanabildiğini göstermiştir. Bir yapının sahip olduğu yenilenebilir enerji potansiyelinin mülkiyetle ilişkisinin kurularak sürdürülebilir bir yapıda çevreci bir yaklaşımla, ekonomik bir enerji yönetimi yapılabilirliği görülmüştür. Çalışmada önerilen solar enerji kadastro konsepti ile hem mevcut binaların çatısına (veya bahçesine, yüzeylerine) yerleştirilecek panellerden elde edilebilecek güneş enerji miktarı belirlenebilecek, hem de ileride yapılacak binaların güneş enerji potansiyelleri 3D Şehir Modelleri vb. modeller ile tahmin edilebilecektir. Ülkemizde, vatandaşların güneş enerjisi teknolojilerine yönelmesini teşvik etmek, güneş enerjisinin kendilerine ve ekonomiye sağlayacağı faydaları görmelerini sağlamak adına güneş enerjisi kadastro sistemlerinin kurulması elzemdir. Bu sistemler, güneş enerjisi potansiyelini açıkça göstererek vatandaşların bu teknolojilere olan ilgisini artırabilir. Aynı zamanda, güneş enerjisi yatırımlarının maliyetlerini ve getirilerini net bir şekilde ortaya koyabilir.



KAYNAKLAR

- Ahmet, Ö., Şaşmaz, M. Ü., & Bahtiyar, E.** (2015). Türkiye'de Yeşil Ekonomi Açısından Yenilenebilir Bir Enerji Kaynağı: Rüzgar Enerjisi. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, (1), 85-93.
- Algancı, U., Coşkun, H. G., Ebru, E. R. İ. Ş., Ağırlioğlu, N., Cıgızoğlu, K., Yılmaz, L., & Toprak, F.** (2010). Akım Ölçümleri Olmayan Akarsu Havzalarında Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesine Yönelik Uzaktan Algılama ve CBS ile Hidrolojik Modelleme. Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi, (101).
- Bakış, R., Çabuk, A., Uyguçgil, H., & Gümüşlüoğlu, E.** (2011). Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Porsuk Havzasında Uygun Baraj Yeri Tespiti ve Bu Barajların Hidroelektrik Enerji Üretimi Yönünden İncelenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, (2), 79-96.
- Bayraç, H. N.** (2010). Enerji Kullanımının Küresel Isınmaya Etkisi ve Önleyici Politikalar. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11(2), 229-259.
- Bieda, A., & Cienciala, A.** (2021). Towards A Renewable Energy Source Cadastre—A Review Of Examples From Around The World. Energies, 14(23), 8095.
- Bofu, C., Craciun, I., Giurma-Handley, C. R., Antonescu, I., Telisca, M., Boariu, C., & Alecu, I.** (2014). Correlation between Green Energy Cadastre and Environmental Monitoring. Journal of Environmental Protection and Ecology, 15(4), 1751-1758.
- Calabrò, E., & Magazù, S.** (2016). Correlation between Increases of the Annual Global Solar Radiation and the Ground Albedo Solar Radiation due to Desertification—A Possible Factor Contributing to Climatic Change. Climate, 4(4), 64.
- Chatzigeorgiou, E., Martinopoulos, G.,** (2023). Solar cadastre for assessment of near-zero energy districts. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 1196(1), 012003.
- Dal, A. R.** (2021). Güneş Enerji Panellerindeki Optimum Eğim Açısının Verime Etkisinin İncelenmesi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(1), 241-250.
- Engin, B.** (2012). Kyoto Protokolü Uygulama Mekanizmaları: Kusurlu Mu Yoksa Umut Verici Kavramlar Mı?. Sosyal Bilimler Dergisi, (2), 30-40.
- Modeling solar radiation.** (2024). Retrieved January 1, 2024 from <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/modeling-solar-radiation.htm>

- Fu, P. and P.M. Rich.** (1999). Design And Implementation Of The Solar Analyst: An Arc View Extension For Modeling Solar Radiation At Landscape Scales. *Proceedings of IX Annual ESRI User Conference*, p.867, San Diego, 26-30 July 1991.
- Fu, P. and P.M. Rich.** (2002). *A geometric solar radiation model with applications in landscape ecology*. (Ph.D. thesis). University of Kansas, Department of Geography, Lawrence.
- Glauber, T.,** (2023). *Bayerisches Verfahrenshandbuch Erneuerbare Energien*. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV), München.
- Güleş, B.** (2020). Taşınmaz Manzarası Üzerindeki Hukukî Yararın Korunması. Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 28(2), 631-673.
- Holler, C., Gaukel, J., Lesch, H., & Lesch, F.** (2021). *Erneuerbare Energien zum Verstehen und Mitreden*. Bundeszentrale für Politische Bildung, München.
- İlleez, B.** (2020). *Türkiye’de Biyokütle Enerjisi*. (Yayın No: 717). Ankara: TMMOB Makine Mühendisleri Oda Raporu.
- Kaplan, Y.** (2016). Rayleigh ve Weibull Dağılımları Kullanılarak Osmaniye Bölgesinde Rüzgâr Enerjisinin Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20(1), 62-71
- Kapluhan, E.** (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu. Marmara Coğrafya Dergisi, (30).
- Kapluhan, E.** (2015). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Güneş Enerjisinin Dünya’daki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu. Coğrafya Dergisi, (29), 70-98.
- Karalar, R., & Kiracı, H.** (2011). Çevresel Sorunlara Karşı Bir Çözüm Önerisi Olarak Sürdürülebilir Tüketim Düşüncesi. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (30), 63-76.
- Keçebaş, A., Gürel, B. & Devlet, B.** (2021). Optimize Edilmiş Fotovoltaik Güneş Panellerinin Sabit ve Mobil Uygulamalarda Kullanımının Karşılaştırmalı İncelenmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(3), 983-991.
- Kovancı, E.** (2023) International Climate Change Policies of Türkiye in its 100th year. Akademik Hassasiyetler, 10(Cumhuriyet Özel Sayısı), 319-345.
- Kumar, L., Skidmore, K.A. and Knowles, E.** (1997). Modelling Topographic Variation in Solar Radiation in a GIS Environment. International Journal of Geographical Information Science, 11(5), 475-497.
- Kyoto Protokolü.** (1997). Retrieved from http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

- LANUV**, (2018). Das landesweite Solarkataster Nordrhein-Westfalen: Ein Instrument zum Ausbau der Solarenergie. Retrieved from https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/1_infoblaetter/LANUV-Info_43_SOLARKATASTER_Brosch%C3%BCre_WEB_gesichert.pdf
- Manfred, M.**, (2014). Potenzialatlas Erneuerbare Energien. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), 159-172.
- Moscovici, A.M., Vilceanu, C.B., Herban, S., Grecea, C.**, (2021). Solar Cadastre in Timisoara, Romania. *Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering, Vol 10*, p.272, Romania.
- Nex, F., Remondino, F., Aguiaro, G., De Filippi, R., Poletti, M., Furlanello, C., Menegon, S., Dallago, G., Fontanari, S.** (2013). 3D SolarWeb: A solar cadaster in the Italian alpine landscape. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol 40-7/W2*, Antalya, 11 – 17 November 2013.
- Öymen, G. & Ömeroğlu, M.** (2020). Yenilenebilir Enerjinin Sürdürülebilirlik Üzerindeki Rolü. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(39), 1069-1087.
- Özmen, M. T.** (2009). Sera Gazı-Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü. *İMO Dergisi*, 453(1), 42-46.
- Özgener, Ö.** (2002). Türkiye’de ve Dünya’da Rüzgar Enerjisi Kullanımı. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4(3), 159-173.
- Öztürk, M., & Öztürk, A.** (2019). BMİDÇS'den Paris Anlaşması'na: Birleşmiş Milletler'in İklim Değişikliğiyle Mücadele Çabaları. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(4), 527-541.
- Paris Antlaşması.** (2015). *Paris Anlaşması: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin 21. Taraflar Konferansı (COP 21)*, Paris, 30 Kasım-11 Aralık 2015.
- Peltier, W. R.** (1994). Ice Age Paleotopography. *Science, New Series*, (265), 195-201.
- Rich, P.M.** (1990). Characterizing Plant Canopies with Hemispherical Photographs. *Remote Sensing Reviews*, (5), 13-29.
- Rich, P.M., R. Dubayah, W.A. Hetrick and S.C. Saving** (1994). Using viewshed models to calculate intercepted solar radiation: applications in ecology. *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers*, pp.524-529.
- Sands, P.** (1992). The United Nations Framework Convention on Climate Change, The Review of European Community & International Environmental Law (RECIEL), (1), 270.

- Soutullo, S., Giancola, E., Sánchez, María N., Ferrer, J.A., García, D., Suárez, M.J., Prieto, J.I., Antuña-Yudego, E., Carús, J.L., Fernández, M.Á., Romero, M.** (2020). Methodology for Quantifying the Energy Saving Potentials Combining Building Retrofitting, Solar Thermal Energy and Geothermal Resources. *Energies*, 13(22), 5970.
- Şahin, G.** (2021). *Enerji kadastrosu*. (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Thebault, M.** (2019). Towards a Solar Cadastre For The Monitoring of Solar Energy Urban Deployment: The Case of Geneva. *ISES Solar World Congress*.
- TÜİK,** (2014). *Türkiye İstatistik Kurumu, sayı 15974*, 29 Ocak 2014.
- Türkeş, M.** (2022). IPCC'nin Yeni Yayınlanan İklim Değişikliğinin Etkileri, Uyum ve Etkilenebilirlik Raporu Bize Neler Söylüyor?. *Resilience*, 6(1), 197-207.
- Werner, E.** (2016). A Solar Cadastre. *Journal of Young Scientist*, Vol 4, Poland.
- Yaşayan, A., Erkan, H., & Seylam, S. G.** (2011). Kadastro Kavramı ve Türkiye Kadastrosu, *13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, 18-22 Nisan 2011.
- Url-1** <<https://iklim.gov.tr/sss/temel-kavramlar>>, erişim tarihi 2022.
- Url-2** <<https://climate.nasa.gov/evidence/>>, erişim tarihi 25.03.2024.
- Url-3** <<https://www.nasa.gov/news-release/nasa-announces-summer-2023-hottest-on-record/>>, erişim tarihi 14.09.2023.
- Url-4** < <https://egethm.csb.gov.tr/hava-ve-bilesenleri-i-96567#:~:text=Atmosferde%20bulunan%20gazlar%C4%B1%20iki%20grupta,%2C%20neon%2C%20ksenon%20d%C4%B1r.> >, erişim tarihi 20.05.2024.
- Url-5** <https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27de_enerji#>, erişim tarihi 16.06.2024.
- Url-6** <<https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/banner/banner595.pdf>>, erişim tarihi 26.07.2013.
- Url-7** <https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/T%C3%BCrkiye_Ulusal_Enerji_Plan%C4%B1.pdf>, erişim tarihi 09.03.2023.
- Url-8** <<https://www.antalya.bel.tr/Content/UserFiles/Files/YarinlardaBizVariz/Dokumanlar/2021/SURDURULEBILIR-ENERJİ-EYLEM-PLANI-2021.pdf> >, erişim tarihi 01/11/2021.
- Url-9** <<https://www.etimolojiturkce.com/kelime/kadastro>>, erişim tarihi 26.08.2020.
- Url-10** <<https://dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2017/10/GUNES.pdf>>, erişim tarihi 19/06/2009.

- Url-11** <<https://www.harita.gov.tr/uploads/files/articles/gunes-gozlemleri-ile-azimut-belirleme-955.pdf>>, erişim tarihi 27.02.2003.
- Url-12** <<https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar>>, erişim tarihi 17.08.2022.
- Url-13** <https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/storymaps/EE_Windatlas/?lang=en>, erişim tarihi 26.06.2024.
- Url-14** <<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik>>, erişim tarihi 17.08.2022.
- Url-15** <<https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari>>, erişim tarihi 2023.
- Url-16** <<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle>>, erişim tarihi 26.08.2022.
- Url-17** <<http://www.basaksehir.gov.tr/cografya>>, erişim tarihi 2021.
- Url-18** <<https://www.solarwow.co.za/blog/how-many-solar-panels/>>, erişim tarihi 27/05/2023.
- Url-19** <<https://cevresehgostergeler.csb.gov.tr/kisi-basina-enerji-tuketimi-i-85805#:~:text=Ki%C5%9Fi%20ba%C5%9F%C4%B1na%20elektrik%20t%C3%BCketimi%20rakamlar%C4%B1na,konusu%20de%C4%9Fer%203.931%20kWh%20olmu%C5%9Ftur>>, erişim tarihi 17/05/2024.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : **Baki ERGÜL**

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2021, Okan Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü
- **Yüksek Lisans** : 2021 - 2024, İstanbul Teknik Üniversitesi Geomatik Mühendisliği Bölümü

ÇALIŞMA HAYATI:

- 2009 – 2013 yılları arasında inşaat sektöründe mesleğim ile alakalı çalışmalar yaptıktan sonra, 2013 yılında Başakşehir Belediyesi bünyesine katıldım. Başakşehir Belediyesi'nde çalışma hayatımı sürdürmekteyim.

YÜKSEKLİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR:

- **Ergül, B., Alkan. R.M. (2024).** Yenilenebilir Enerji Kadastro ve Altınşehir Mahallesi Güneş Kadastro Örneği. INFTEC 2024. *Uluslararası Tıp, Eczacılık, Tarım, Gıda, Ormancılık, Çevre ve Mühendislikte Bilişim Kongresi*, Mayıs 08-10, 2024 Tokat, Türkiye.