



**EGE ÜNİVERSİTESİ**

**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI**

**DÖNEM PROJESİ**

**Işınım Hesaplama Programı**

**Doç. Dr. Mutlu BOZTEPE**

**BERKE KOCADERE 05170000484**

**METEHAN NASAY 05170000472**

**İZMİR, OCAK 2022**

# ÖZET

Hazırlanan projede Türkiye'nin enlem ve boylamlarında ışıınım hesaplama programı yapılmıştır. Işıınım değeri hesaplarında kullanılan enlem, boylam, rakım, panel eğimi ve azimut açısı gibi girdiler değiştirilebilmektedir ve buna bağlı olarak eş zamanlı olarak ışıınım 3 boyutlu grafiğini ve aylık ortalama ışıınım grafiğini etkilemektedir. Bu matlab tabanlı program bir GUI (Grafiksel Kullanıcı Arayüzü)'ne çevrilerek bir uygulama oluşturulmuş ve istenilen değerleri yakalamak amacıyla "export" butonu ve uygulamadan çıkmak amacıyla "exit" butonu eklenmiştir.

## 1. PROJE AMACI:

Enlem, boylam, panel eğimi, azimut açısı ve rakım gibi girdileri hesaba katarak Türkiye üzerindeki seçilen konumun toplam, difüz ve direkt ışıınım grafiklerini gösteren Matlab tabanlı GUI hazırlanması.

## 2. PROJE BASAMAKLARI:

### 2.1. Işıınımı Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi:

Enlem: Ekvatorun kuzeyinde veya güneyindeki herhangi bir noktanın Ekvator'a olan açısal mesafesidir. Program Türkiye sınırları için hesaplanacağından ötürü 36 ve 42 değerleri ile sınırlandırılmıştır.

Boylam: Başlangıç meridyeninin doğusundaki veya batısındaki herhangi bir noktanın açısal mesafesidir. Türkiye sınırları için hesaplanacağından ötürü 26 ve 45 değerleri arasında sınırlandırılmıştır.

Rakım: Belirtilen bölgenin ya da noktanın deniz seviyesine göre ortalama yüksekliğidir. 2016 verilerine göre Türkiye'nin en yüksek ortalama rakıma sahip yerleşimi Van-Başkale'dir (2320 metre). Rakım değerleri katsayılar da göz önünde bulunarak deniz seviyesinde 2500 metreye kadar alınmıştır.

Eğim Açısı: Panelin eğim açısını belirlemektedir. Yüz üstü yere paralel haldeki panel 0 derece, yüzü yere bakar halde yüzeye paralel iken 180 derece olacak halde bu iki değer arasında sınırlandırılmıştır.

Azimut Açısı: Güneş'in Güney çizgisine göre açısal durumunu belirten derece ifadesidir. -90 ve 90 dereceleri arasında sınırlandırılmıştır.

### 2.2. Faktörlerin Matematiksel İşlemlerini İçeren Matlab Kodlarının ve Arayüz İçin Gerekli Matlab Komutlarının Hazırlanması:

Görsel-1'de hazırlanacak olan arayüz için gerekli komutlar bulunmaktadır. "Numeric Edit Field" değerleri kendimiz yazarak değiştirmemize olanak tanırken, programı kapatmak için gerekli "exit" ve ekran görüntüsünü almak için gerekli "export" tuşları ise "Button" olarak belirtilmiştir. "Slider" olarak belirtilen ise girdi değeri fare yardımıyla kaydırarak değiştirmemize yarar. Arayüz üzerindeki değişken değerleri ise "Label" ile belirlenmiştir.

```

classdef isinim_hesaplama < matlab.apps.AppBase

    % Properties that correspond to app components
    properties (Access = public)
        UIFigure          matlab.ui.Figure
        EimField           matlab.ui.control.NumericEditField
        BoylamField        matlab.ui.control.NumericEditField
        AzimutField        matlab.ui.control.NumericEditField
        RakmField          matlab.ui.control.NumericEditField
        EnlemField         matlab.ui.control.NumericEditField
        ExitButton         matlab.ui.control.Button
        Export             matlab.ui.control.Button
        AzimutSlider       matlab.ui.control.Slider
        AzimutSliderLabel  matlab.ui.control.Label
        EimSlider          matlab.ui.control.Slider
        EimSliderLabel     matlab.ui.control.Label
        RakmSlider         matlab.ui.control.Slider
        RakmSliderLabel   matlab.ui.control.Label
        BoylamSlider       matlab.ui.control.Slider
        BoylamSliderLabel matlab.ui.control.Label
        EnlemSlider        matlab.ui.control.Slider
        EnlemSliderLabel  matlab.ui.control.Label
        graph3d_3          matlab.ui.control.UIAxes
        graph3d_2          matlab.ui.control.UIAxes
        graph3d            matlab.ui.control.UIAxes
    end

```

Görsel-1

Görsel-2’de Matlab komutlarında değişkenlerin programa tanıtımları gerçekleştirildi. Işınımı etkileyen faktörlerin değerleri kullanılarak bulunan diğer bağımlı değişkenler de programa tanıtilması gerçekleştirildi. Ayrıca değişkenler arası ifadelerde ders sunumlarındaki verilerden faydalanıldı.

```

properties (Access = private)
    Fi % Enlem
    Psi % Boylam
    Rakim % Rakim
    Beta % Eğim
    Azimuth % Azimuth açısı
    w % Saat açısı
    n % Gün sayısı
    Ibeam
    Idiff
    Itotal
    BetaSun
    AzimuthSun
    Rb
    Ru=0.18
    costeta
    costetaz
    Td
    Tb
    Sigma
    Ion
    Monthly
end

```

Görsel-2

```

methods (Access = private)

function Sun(app)
    app.w = -120:1:120;
    app.n = 1:1:365;
    app.Sigma = 23.45.*sind(360.*(284+app.n)/365); % deklinasyon değerleri
    app.Ion = 1367*(1+0.0033.*cosd(360.*meshgrid(app.n,[-120:1:120])/365)); %% Gunes sabiti yıllık değisimi
    [app.Sigma,app.w] = meshgrid(app.Sigma,app.w);
    app.BetaSun = asind(cosd(app.Fi).*cosd(app.Sigma).*cosd(app.w)+sind(app.Fi).*sind(app.Sigma)); % Betasun hesaplama
    app.BetaSun(app.BetaSun<0)=0;%<0 olanları sıfırla
    app.AzimuthSun = asind(cosd(app.Sigma).*sind(app.w)./cosd(app.BetaSun)); % AzimuthSun hesaplama
    % Azimuth açısı >90°de işaret hatası vermektedir.
    Temp0 = app.AzimuthSun;
    Temp1 = 180-app.AzimuthSun;
    Temp2 = -180-app.AzimuthSun;
    Temp0(cosd(app.w)<(tand(app.Sigma)./tand(app.Fi))) = 0; % |>90°| olanları sıfırlayalım
    Temp1(app.w<0 | cosd(app.w)>=(tand(app.Sigma)./tand(app.Fi))) = 0;% |<90°| veya w<0 olanları sıfırla
    Temp2(app.w>0 | cosd(app.w)>=(tand(app.Sigma)./tand(app.Fi))) = 0;% |<90°| veya w>0 olanları sıfırla
    app.AzimuthSun = Temp0 + Temp1 + Temp2; % Azimut hesaplandı

end

```

Görsel-3

Görsel-3’de gösterildiğı üzere sırasıyla denklinasyon, güneş sabiti, Betasun, Azimut değerlerinin hesaplandığı kodlar girilmiştir.

Güneş sabiti: Dünyanın yörüngesi üzerinde, uzayda birim alana ulaşan Güneş ışını miktarıdır. Matematiksel değeri yaklaşık  $1366 \text{ W/m}^2$ ’dir.

Denklinasyon: Güneş ışınlarının geliş açısı ile ekvator düzlemi arasındaki açı değerini belirtmektedir. Kuzey yarım küre için pozitif olacaktır.

Aşağıdaki Görsel-4’te gösterilmiş olan kod yapısı ise Güneş geliş açısının hesabı için kullanılmaktadır.

```

function Sun_angle(app)
    % Atmosfer direkt ışınım geçirgenligi
    A = sind(app.Fi).*cosd(app.Beta);
    B = cosd(app.Fi).*sind(app.Beta).*cosd(app.Azimuth);
    C = sind(app.Beta).*sind(app.Azimuth);
    D = cosd(app.Fi).*cosd(app.Beta);
    E = sind(app.Fi).*sind(app.Beta).*cosd(app.Azimuth);
    app.costeta = (A-B).*sind(app.Sigma)+(C.*sind(app.w)+(D+E).*cosd(app.w)).*cosd(app.Sigma); % Gunes gelis acisi
    app.costetaz = sind(app.Fi).*sind(app.Sigma)+cosd(app.Fi).*cosd(app.w).*cosd(app.Sigma);
    app.costetaz(app.costetaz<0)=1e-20; % costetaz sıfır olunca infinite hatası geliyor o yüzden çok düşük değer aldım.
    app.Rb=app.costeta./app.costetaz;

end

```

Görsel-4

Geçirgenlik hesabı için Görsel-5’te gösterilen kod grubu kullanılmaktadır. 1 Nisan ile 30 Eylül arası yaz olarak kabul edilip katsayısı bu sebeple Orta Enlem derecesi yaz katsayıları kullanılmıştır. Belirtilen tarihler dışarısında kalan tarihler için Orta Enlem derecesi kış katsayıları kullanılmıştır.

```

function Gecirgenlik(app)
    a0_=0.4237-0.00821*(6-app.Rakim).^2;
    a1_=0.5055+0.00595*(6.5-app.Rakim).^2;
    k_=0.2711+0.01858*(2.5-app.Rakim).^2;
    % Yaz ayları için r0=0.97, r1=0.99, rk=1.02
    a0=ones(size(app.BetaSun)); a0(:,91:273)=0.97*a0_; %n=91-273 arası yaz olsun
    a1=ones(size(app.BetaSun)); a1(:,91:273)=0.99*a1_;
    k=ones(size(app.BetaSun)); k(:,91:273)=1.02*k_;
    % Kış ayları için r0=1.03, r1=1.01, rk=1.00
    a0(:,1:90)=1.03*a0_; a0(:,274:365)=1.03*a0_;
    a1(:,1:90)=1.01*a1_; a1(:,274:365)=1.01*a1_;
    k(:,1:90)=1.00*k_; k(:,274:365)=1.00*k_;
    app.Tb = a0+a1.*exp(-k./app.costetaz);
    app.Td = 0.2710-0.2939.*app.Tb;
end

```

Görsel-5

Toplam ışınlıma ulaşmak için önceki görsellerde elde edilen verilerin analizi Görsel-7’de yapılmıştır. Ru değeri yerin yansıtma katsayısını temsilen ortalama bir değer olarak atanmıştır. Rb oran faktörü ise  $\cos\theta/\cos\theta_z$  oranına eşit olarak bulunur.  $\beta$  değeri ise panelin alıcı yüzünün baktığı açıyı ifade eder. Ayrıca Görsel-7’de kullanılan matematiksel ifade Görsel-6’da gösterilmektedir.

$$I_T = I_b R_b + I_d \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + (I_b + I_d) R_u \left( \frac{1 - \cos \beta}{2} \right)$$

Görsel-6

```

function Isinim(app)
    app.Ibeam = app.Ion.*app.costetaz.*app.Tb;
    app.Idiff = app.Ion.*app.costetaz.*app.Td;
    %Açılı ışınlım geçirgenliği
    app.Ru = 0.18;
    app.Itotal = (app.Ibeam.*app.Rb)+(app.Idiff.*((1+cosd(app.Beta))/2))+((app.Ibeam+app.Idiff).*((1-cosd(app.Beta))/2)).*app.Ru); %gölgelenmemiş ışınlım
    app.Itotal(app.Itotal<0) = 0;
end

```

Görsel-7

```

function plotgraph(app)
    mesh(app.graph3d,app.n,app.w/15,app.Itotal);
    xlabel(app.graph3d,'Gün sayısı');
    ylabel(app.graph3d,'Saat');
    zlabel(app.graph3d,'Toplam Işınlım şiddeti [W/m^2]');
    mesh(app.graph3d_2,app.n,app.w/15,app.Ibeam);
    xlabel(app.graph3d_2,'Gün sayısı');
    ylabel(app.graph3d_2,'Saat');
    zlabel(app.graph3d_2,'Direkt Işınlım şiddeti [W/m^2]');
    mesh(app.graph3d_3,app.n,app.w/15,app.Idiff);
    xlabel(app.graph3d_3,'Gün sayısı');
    ylabel(app.graph3d_3,'Saat');
    zlabel(app.graph3d_3,'Difüz Işınlım şiddeti [W/m^2]');
end

```

Görsel-8

Görsel-8’de ise hesaplanan 3 farklı ışıınım türünün, gün-saat-ışıınım olacak şekilde 3 boyutlu grafiklerinin oluşturulmasını içeren komutlar bulunmaktadır.

Görsel-9’da her değer değişiminde grafiklerin yeniden yazdırılmasını sağlayan komutu içermektedir.

```
function graph(app)
    Sun(app)
    Sun_angle(app)
    Gecirgenlik(app)
    Isinim(app)
    plotgraph(app)
end
end
```

Görsel-9

Yazılan programın başlangıç değeri ataması olmadan düzgün çalışmadığını gözlemledik bu sebepten ötürü Görsel-10’da ki gibi başlangıç değerleri atamalarını içeren kod dizini yazdık.

```
%%% Baslangic degerleri %%%%
app.Fi = 38.46; % Enlem
app.Psi = 30; % Boylam
app.Rakim = 0.1; % Rakim
app.Beta = 30;% Eğim
app.Azimuth = 0; % Azimuth açısı
%%%%%%%%%%
graph(app)
```

Görsel-10

```
% Value changing function: EnlemSlider
function EnlemSliderValueChanging(app, event)
    changingValue = event.Value;
    app.Fi = changingValue;
    app.EnlemField.Value = app.EnlemSlider.Value;
    graph(app)
end

% Value changing function: EimSlider
function EimSliderValueChanging(app, event)
    changingValue = event.Value;
    app.Beta = changingValue;
    app.EimField.Value = app.EimSlider.Value;
    graph(app)
end

% Value changing function: RakmSlider
function RakmSliderValueChanging(app, event)
    changingValue = event.Value;
    app.Rakim = changingValue;
    app.RakmField.Value = app.RakmSlider.Value;
    graph(app)
end

% Value changing function: BoylamSlider
function BoylamSliderValueChanging(app, event)
    changingValue = event.Value;
    app.Psi = changingValue;
    app.BoylamField.Value = app.BoylamSlider.Value;
    graph(app)
end

% Value changing function: AzimutSlider
function AzimutSliderValueChanging(app, event)
    changingValue = event.Value;
    app.Azimuth = changingValue;
    app.AzimutField.Value = app.AzimutSlider.Value;
    graph(app)
end
```

Görsel-11

Yukarıda gösterilen Görsel-11 ve aşağıda gösterilen Görsel-12 ve Görsel-13 GUI'nin tasarımı sırasında matlab tarafından eklenmektedir. Görsel-11'de kaydırarak değiştirebildiğimiz değişkenlerin her bir değişiminde yeni değerleri yazmasını sağlar. Benzer işlevleri Görsel-12 ve Görsel-13 buton ve yazı-alanı için yapmaktadır.

```
% Button pushed function: Export
function ExportPushed(app, event)
    exportapp(app.UIFigure, 'Graphics.jpg')
end

% Button pushed function: ExitButton
function ExitButtonPushed(app, event)
    delete(app.UIFigure)
```

Görsel-12

```
% Value changed function: EnlemField
function EnlemFieldValueChanged(app, event)
    value = app.EnlemField.Value;
    app.Fi = value;
    app.EnlemSlider.Value = app.EnlemField.Value;
    graph(app)
end

% Value changed function: EimField
function EimFieldValueChanged(app, event)
    value = app.EimField.Value;
    app.Beta = value;
    app.EimSlider.Value = app.EimField.Value;
    graph(app)
end

% Value changed function: BoylamField
function BoylamFieldValueChanged(app, event)
    value = app.BoylamField.Value;
    app.Psi = value;
    app.BoylamSlider.Value = app.BoylamField.Value;
    graph(app)
end

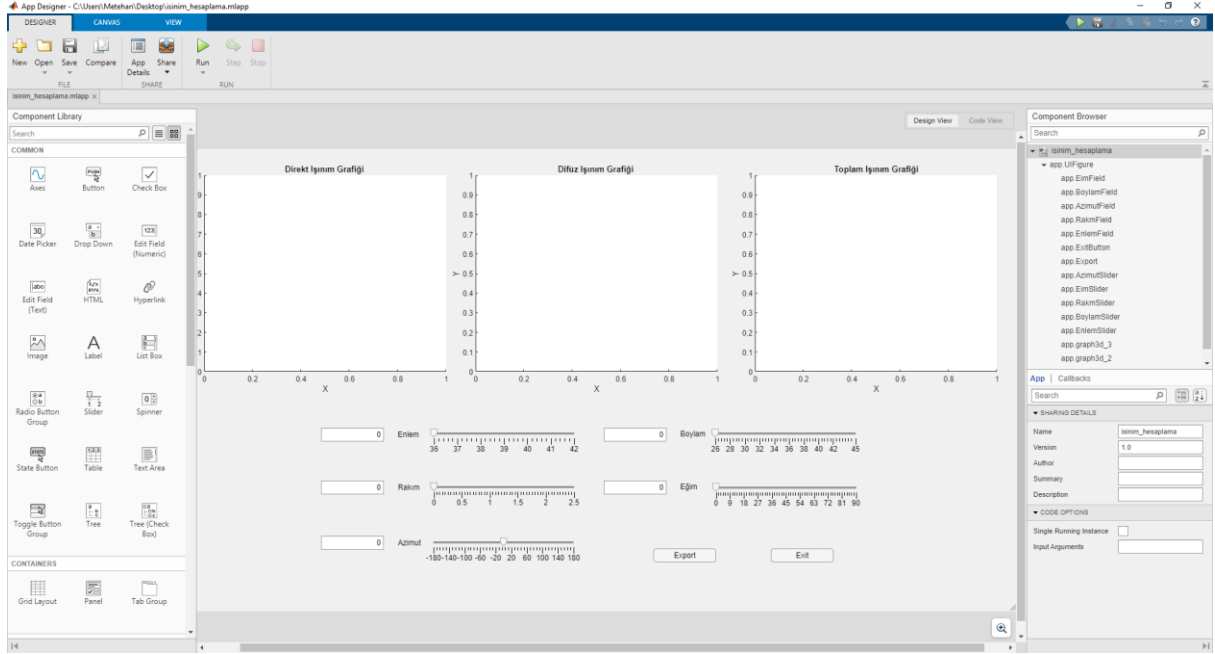
% Value changed function: AzimutField
function AzimutFieldValueChanged(app, event)
    value = app.AzimutField.Value;
    app.Azimuth = value;
    app.AzimutSlider.Value = app.AzimutField.Value;
    graph(app)
end

% Value changed function: RakmField
function RakmFieldValueChanged(app, event)
    value = app.RakmField.Value;
    app.Rakim = value;
    app.RakmSlider.Value = app.RakmField.Value;
    graph(app)
end
```

Görsel-13

### 2.3. Program Arayüzü GUI:

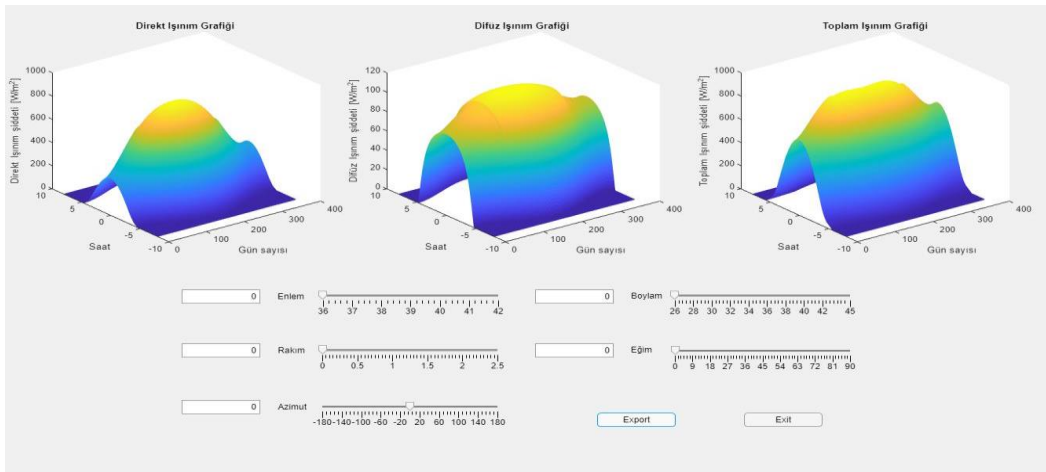
Arayüzü hazırlarken Görsel-14’da gösterilmiş olan Matlab App-Designer’ın Design View kısmı kullanılmıştır.



Görsel-14

Değişkenleri değer ataması ile değiştirmemizi sağlayan boşluklar “Edit (Numeric) Field”, kaydırarak değiştirmemizi sağlayan “Slider”, açma kapama için kullandığımız tuşlar için “Button”, isimlendirmeleri yapmamız için “Label” ve en önemlisi görüntüleri vermemizi sağlayan, grafikleri oluşturan “Axes” araçları kullanılmıştır.

Gerekli yapılandırmalardan sonra arayüz istediğimiz şekle getirilmiş ve çalışmakta olan program görüntüsü Görsel-15 olarak eklenmiştir. Ayrıca bu aşamadan sonraki tüm ekran görüntüleri arayüze eklenen “Export” butonu ile alınmıştır.

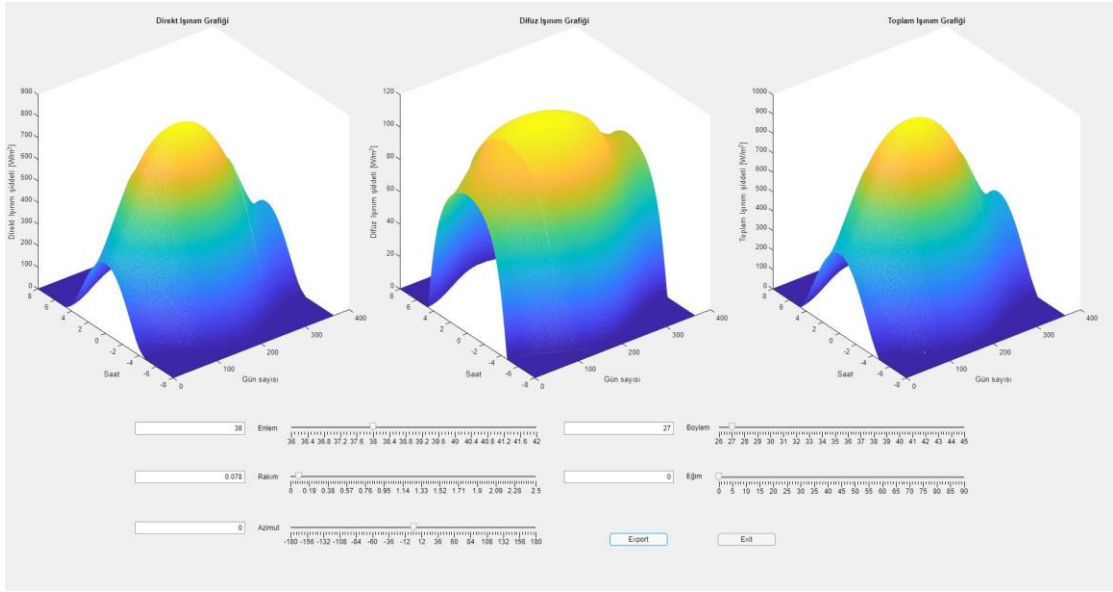


Görsel-15

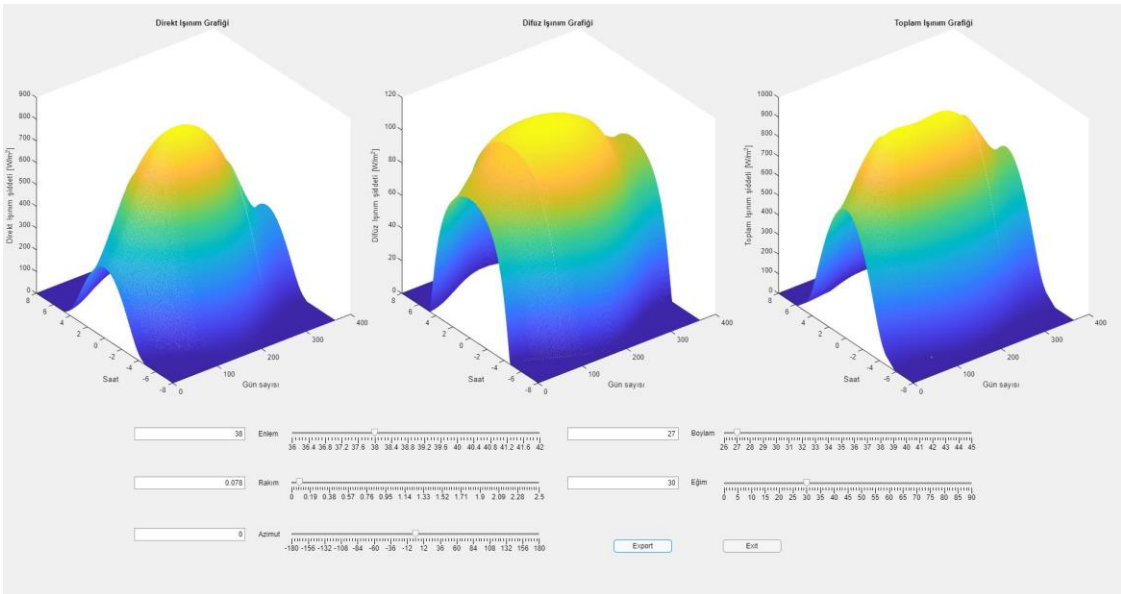


### 3. HAZIRLANAN PROGRAMIN TESTİNİN YAPILMASI:

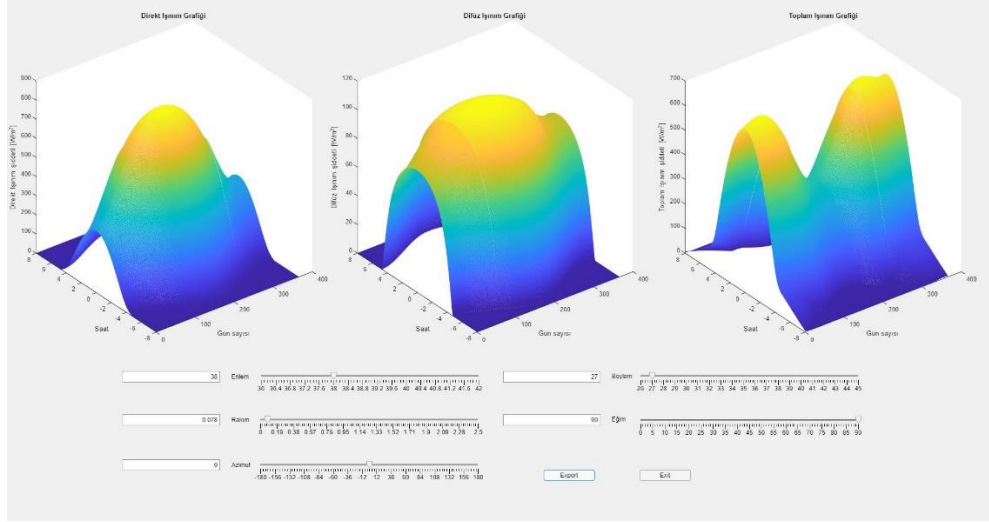
Derste anlatıldığı üzere testimizi Bornova üzerinden gerçekleştirmeyi uygun gördük. Bornova 38 derece Kuzey enlemi ve 27 derece Doğu boylamında ve deniz seviyesinden 78 metre ortalama yükseklikte bulunmaktadır. Aşağıdaki Şekil-16’da enlem, boylam ve rakım değerleri girilmiş olarak, azimut ve eğim değerleri ise başlangıç için 0 kabul edilerek grafikler oluşturulmuştur. Şekil-17’de ise azimut değeri sabit tutularak panel eğimi 30 derece (Bornova için yaklaşık optimum eğim) yapılmıştır. Şekil-18’de 90 derece panel eğimleri ayarlanmış ve görüntüler eklenmiştir.



Görsel-16: Azimut ve Eğim sıfır

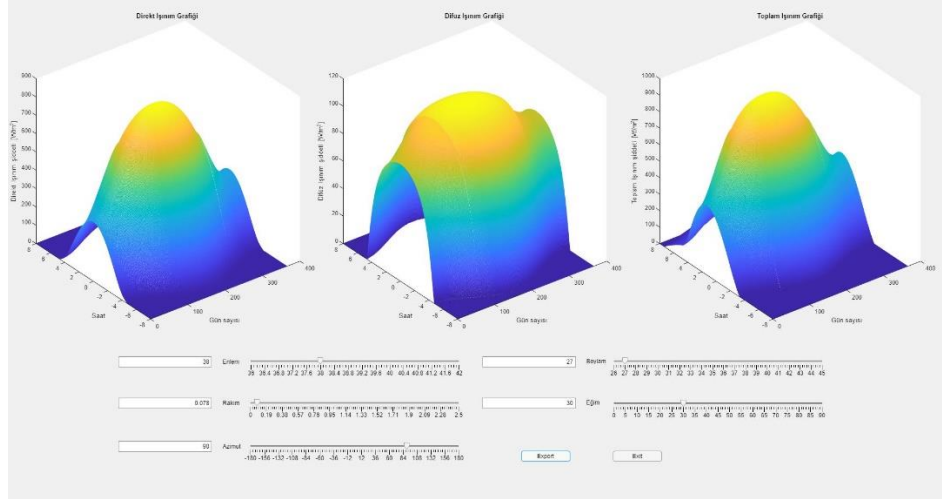


Görsel-17: Azimut=0 ve Eğim=30

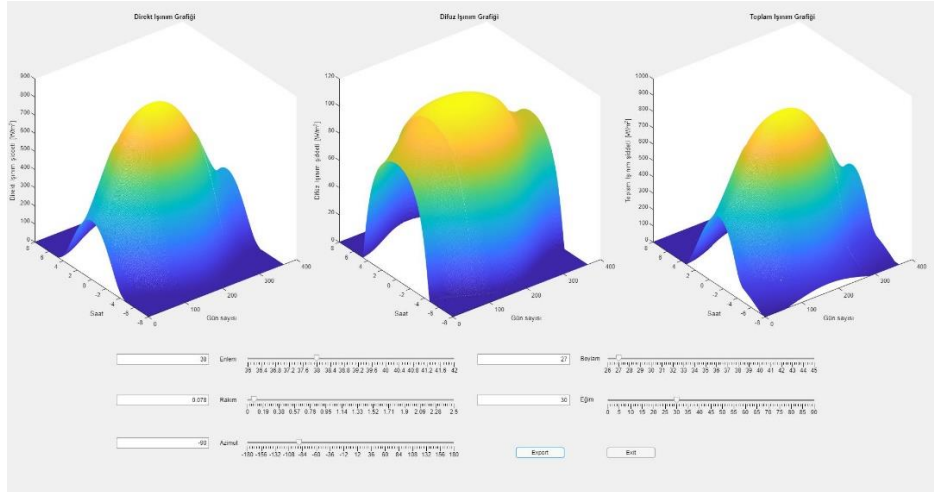


Görsel-18: Azimut=0 ve Eğim=90

Aşağıdaki görsellerde ise panel eğimi sabit 30 derece (Bornova için optimum panel eğimi) tutularak azimut değerleri değiştirilmiştir. Azimut Görsel-19 için 90 derece (gün doğum) ve Görsel-20 -90 dereceye (gün batım) ayarlanmıştır. Azimut 0 derece Görsel-17’de gösterildiğinden tekrar gösterilmemiştir.

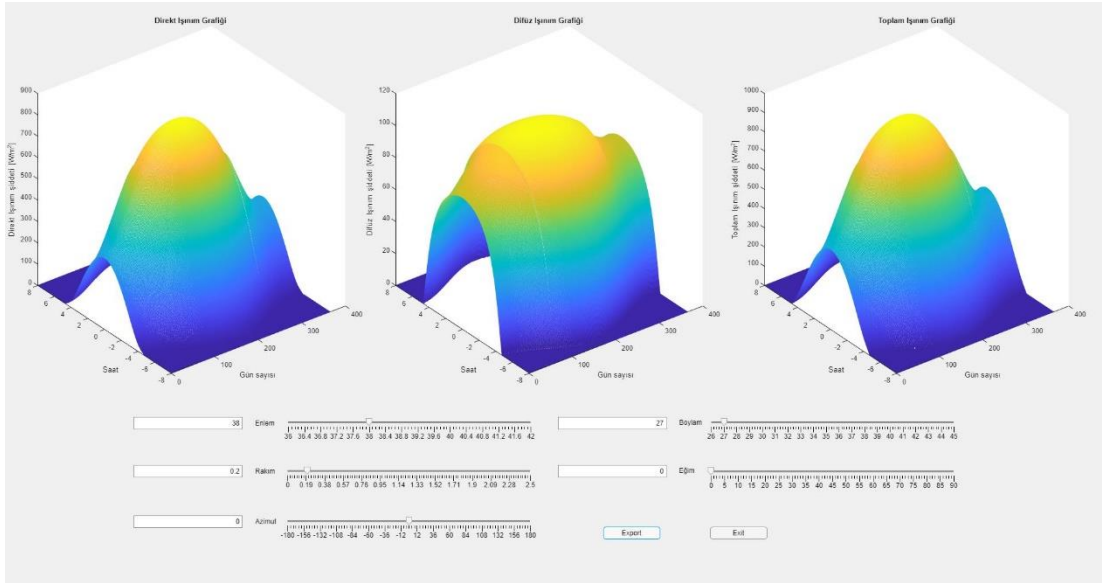


Görsel-19: Eğim=30 ve Azimut=90 (Gün doğum)

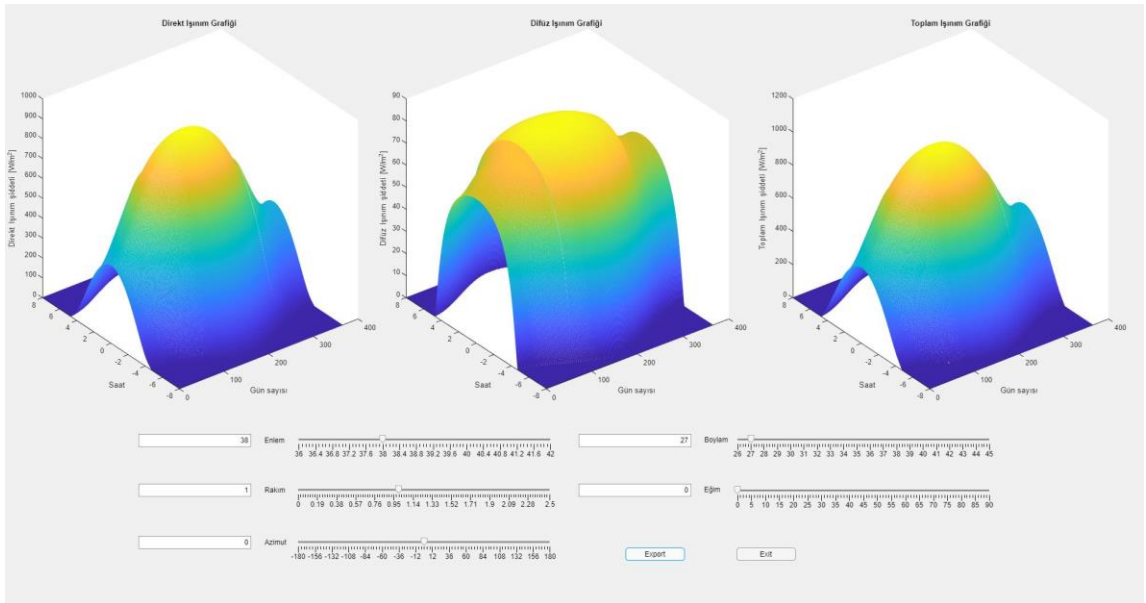


Görsel-20: Eğim=30 ve Azimut=-90 (Gün batımı)

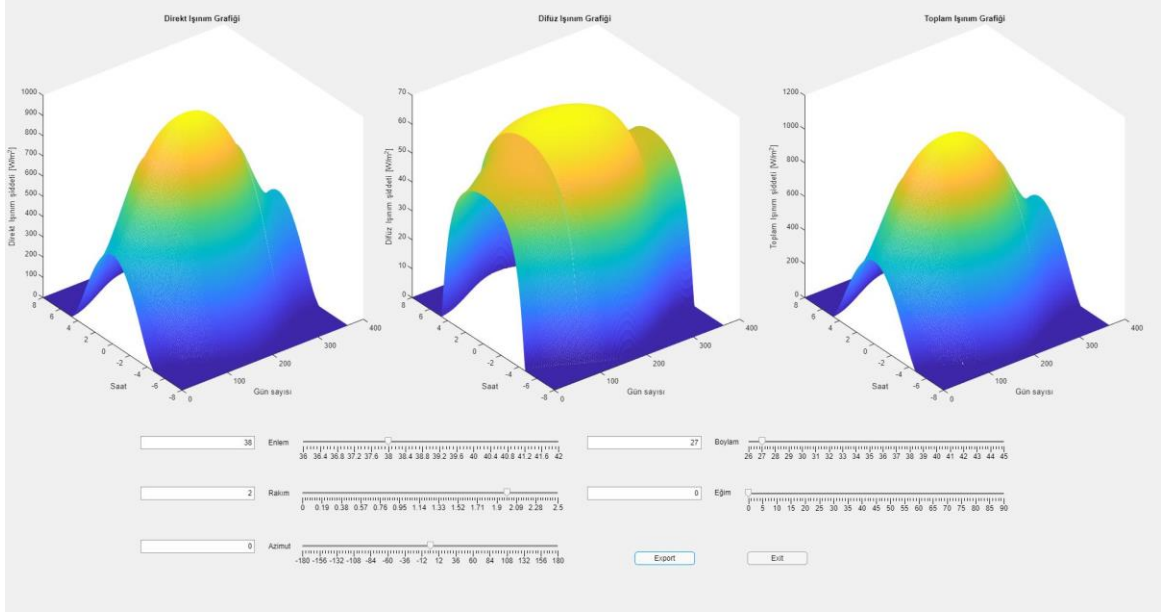
Ayrıca aşağıda Eğim ve Azimut değerleri sıfır tutularak Görsel-21’de 200 metrede, Görsel-22’de 1000 metrede ve Görsel-23’te 2000 metrede ışıınım verileri hesaplanmıştır.



Görsel-21: Azimut ve Eğim Sıfır Rakım=0,2 metre

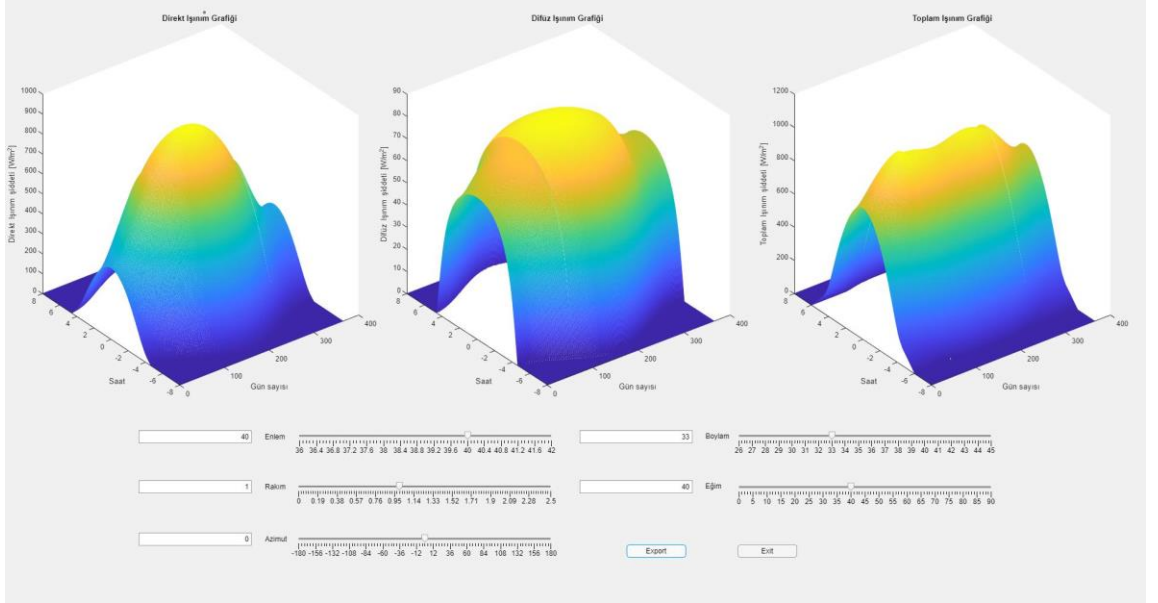


Görsel-22: Azimut ve Eğim Sıfır Rakım=1000 metre



Görsel-23: Azimut ve Eğim Sıfır Rakım= 2000 metre

Aşağıdaki Görsel-24’te ise 40 derece enlem 33 derece boylam ve yaklaşık 1000 metre yükseklikte bulunan Ankara’daki ışı nım değ erler i 0 derece azimut ve Ankara için yaklaşık optimum eğ im olan 40 derece panel eğ iminde alınan sonuç lar verilmiştir.



Görsel-24: Ankara için yaklaşık veriler

#### **4. SONUÇLAR ve YORUMLAR**

İlk olarak söylemek gerekirse grafik elde edilmesi konusunda program toplam Işınım grafiğini değişimlere göre yansıtırken direkt ve difüz ışınlımlarda panel eğimi ve azimut değişkenleri etkisi gözlemlenemedi bu programımızda gözlemlediğimiz bir eksiktir.

Ayrıca yukarıdaki aşamalarda gösterilen ekran görüntülerinin elde edilmesi sırasında aşağıda maddelerde bulunan durumlar gözlemlenmiştir.

- Diğer değişkenler sabit halde rakım arttırıldığında elde edilecek toplam ışınlım değeri artar.
- Panel eğiminin, belirlenen bölge için en uygun açısı yaklaşık olarak o bölgenin eğimine eşit olacaktır.

#### **5. REFERANSLAR**

[1] EEE 487 Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Doç. Dr. Mutlu BOZTEPE

[2] <https://www.mathworks.com/products/matlab/app-designer.html>

[3] <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>