

# Analiza consumului și producției de electricitate din România

Poate fi energia regenerabilă viitorul sursei primare de  
energie din România?

Spiridon Lucian-Valentin  
Cibernetică Economică - 203

## 1. Analiza și colectarea datelor

Setul de date include următoarele variabile, ce au fost obținute dintr-un set de date colectat din surse precum Transelectrica ([www.transelectrica.ro](http://www.transelectrica.ro)) - Reteaua Europeana a Operatorilor de Transport si Sistem pentru Energie Electrica, cât și Kaggle ([Hourly Electricity Consumption and Production](https://www.kaggle.com/competitions/electricity-consumption-in-europe)):

- **DateTime:** Ora și data măsurătorii (din oră în oră)
- **Consumption:** Consumul total de electricitate (MW).
- **Nuclear, Wind, Hydroelectric, Oil and Gas, Coal, Solar:** Tipul de producție specific pentru fiecare tip de sursă energetică (MW).

! Aceste date sunt colectate pe o perioada de 5 ani, iar măsurătorile sunt efectuate din oră în oră.

MW (megawatt) = 1 milion de wați (1.000.000 W), de exemplu o turbină eoliană poate produce în jur de 2-3 MW.

Așadar, în această analiză, MW va exprima puerea generată sau consumată într-un anumit interval orar.

## 2. Prelucrarea și analiza datelor

### 2.1. Consum și producție

Pentru a răspunde la cea mai evidentă întrebare din această analiză, am decis să efectuez o analiză simplă a datelor asupra celor mai importanți factori din acest set de date, consumul și producția.

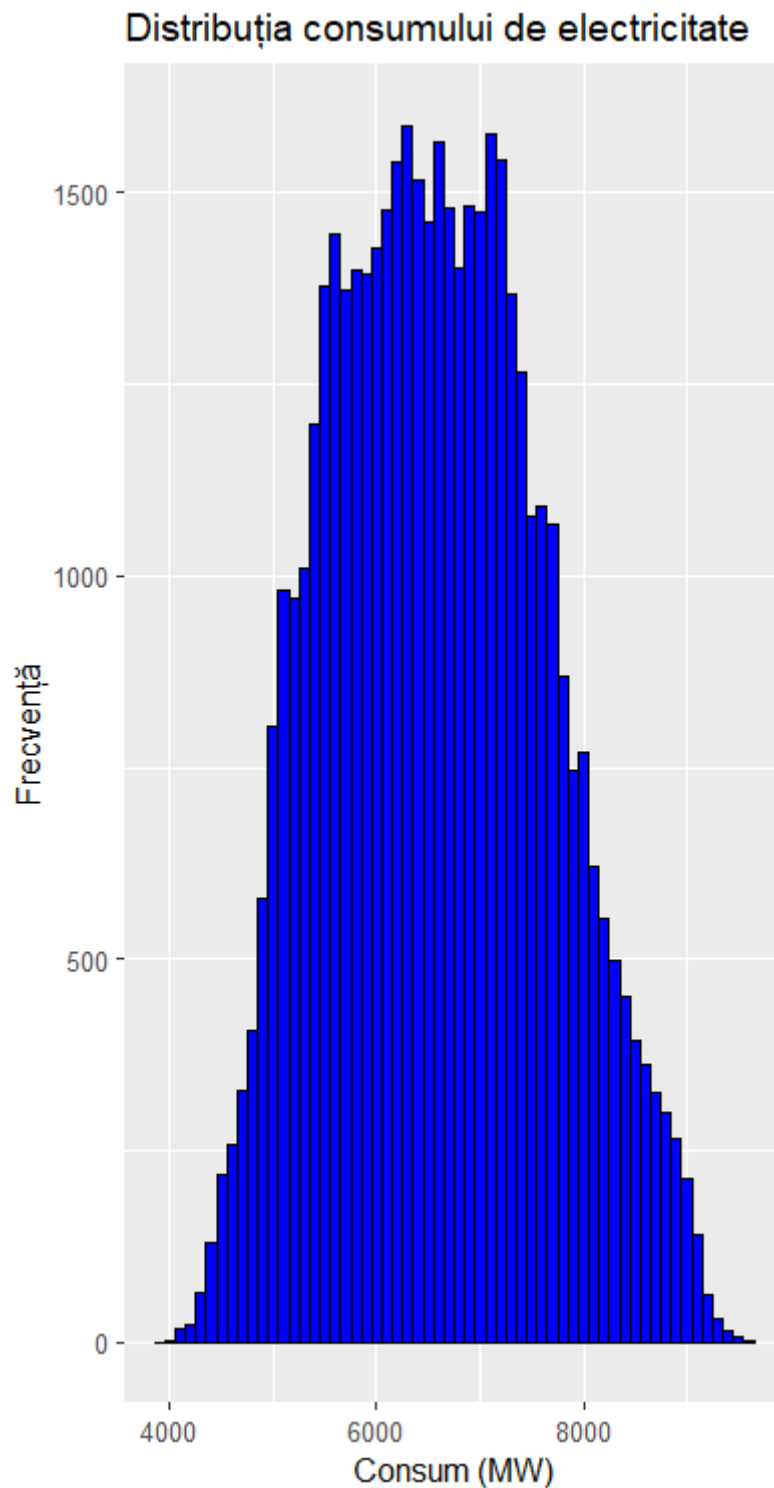
Așadar, am obținut următoarele valori:

```
> summary(data[c("Consumption", "Production")])
  Consumption      Production
Min.   :3889    Min.   :3315
1st Qu.:5773    1st Qu.:5814
Median :6552    Median :6462
Mean   :6588    Mean   :6519
3rd Qu.:7321    3rd Qu.:7176
Max.   :9615    Max.   :9886
```

De aici, putem observa că avem un consum mediu de 6588 MW și o producție medie de 6519 MW. Așadar, putem trage concluzia că România este într-o oarecare măsură echilibrată din punct de vedere energetic. Totuși, există un mic deficit, România consumă puțin mai mult decât produce.

De asemenea, din același rezultat, putem observa că în perioadele de vârf, România produce chiar în surplus, având un consum maxim de 9615 MW și o producție maximă de 9886 MW. Totuși, în perioadele mai scăzute ale consumului, România din perioada 2019-2024 este iarăși deficitară în producție, rezultând la importul energiei electrice.

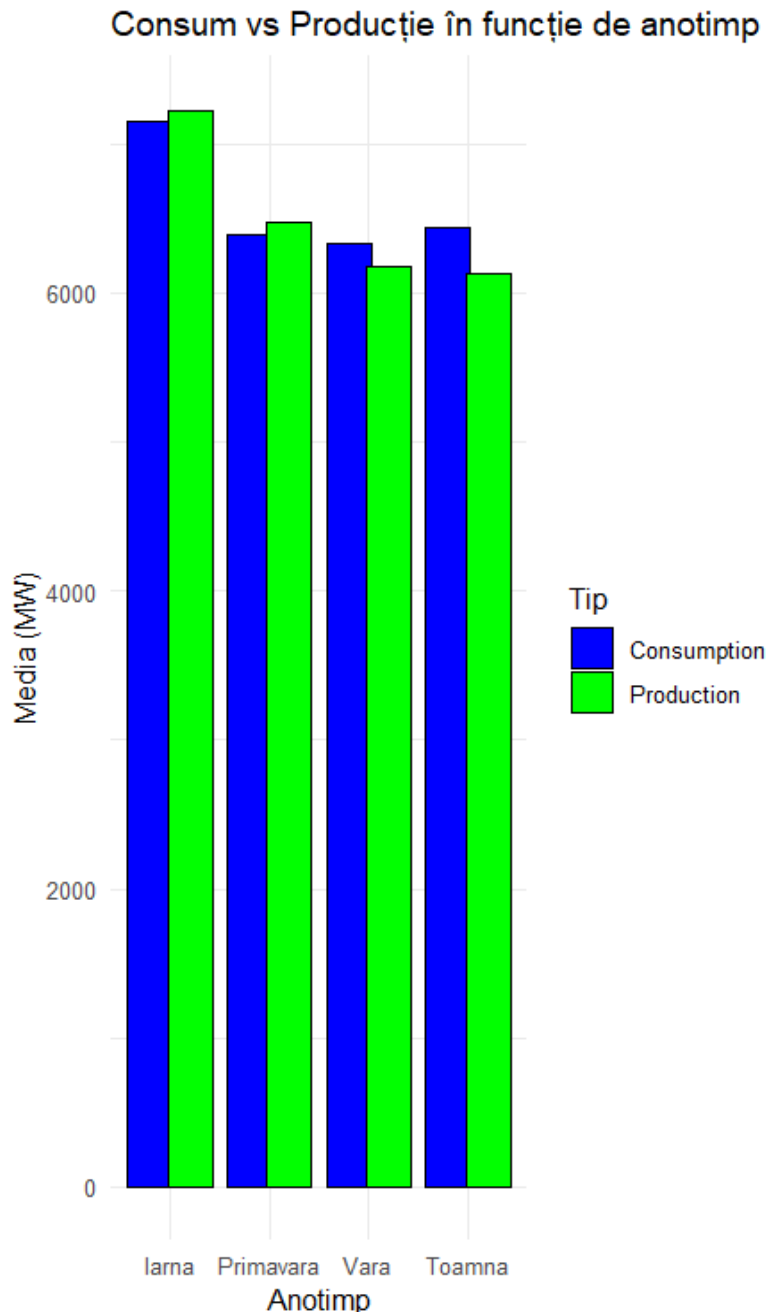
## 2.2. Histogramă pentru analiza distribuției consumului de electricitate



Din această histogramă, putem trage următoarele concluzii:

- Majoritatea valorilor sunt concentrate în jurul unui nivel relativ mediu, așadar distribuția este aproape simetrică.
- Vârfurile graficului sunt în intervalul 6000-8000 MW, iar aceste valori indică nivelul obișnuit de consum pentru România.
- Ca și concluzie generală, putem spune că situațiile extreme sunt mai puțin întâlnite, dar merită studiate pentru a înțelege dacă anotimpul are un impact asupra consumului.

### 2.3. Impactul anotimpurilor asupra consumului



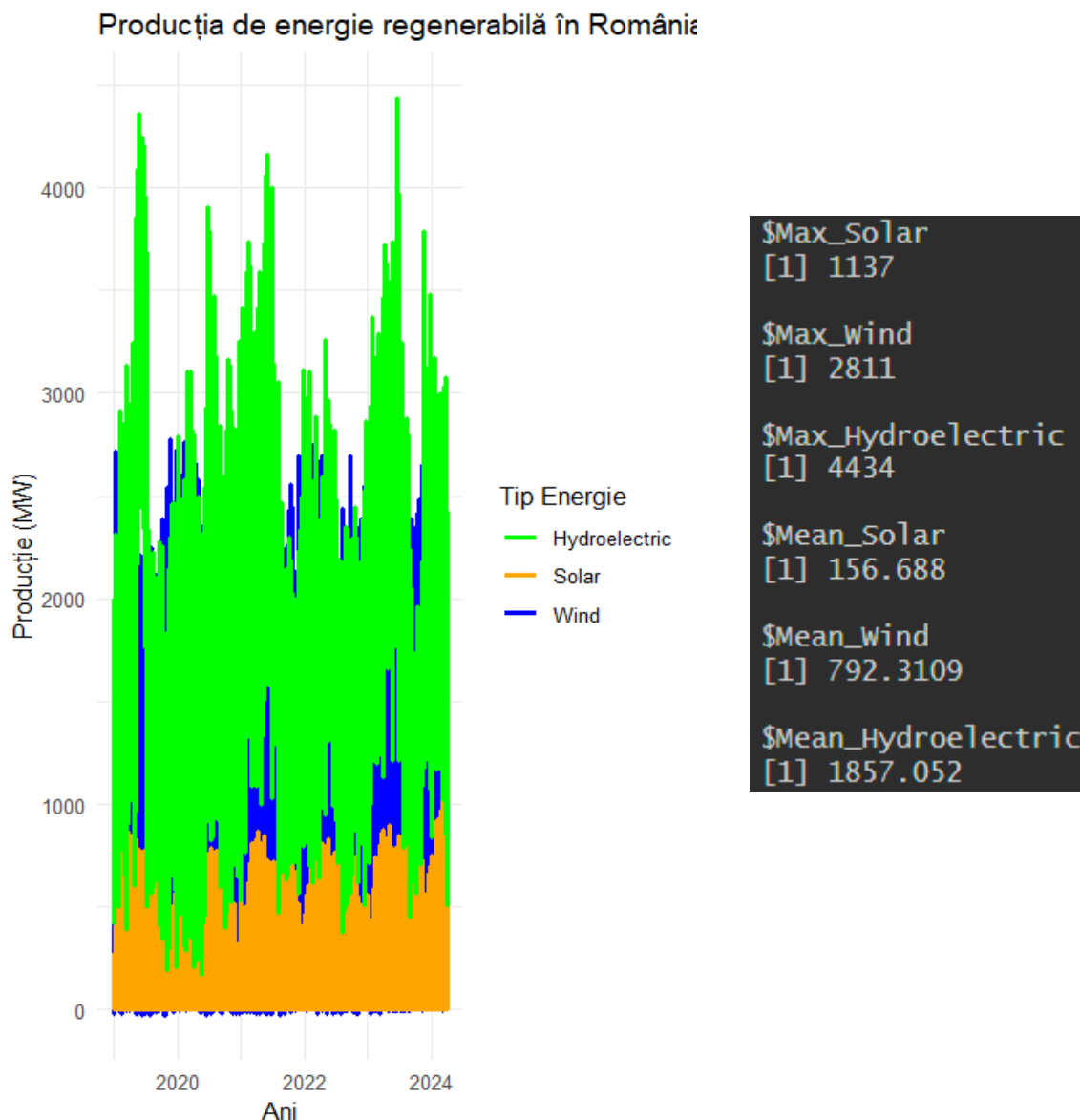
Graficul arată comparația cât și producția medie de electricitate în funcție de anotimp. Din câte se observă, iarna producția nu satisface nevoile consumului. Acest lucru indică un deficit energetic ce ar putea necesita importuri.

Pe de altă parte, toamna, vara și primăvara au un raport relativ echilibrat, însă cu mici variații. Cu toate acestea, toamna și vara încă depășesc puțin producția.

Așadar, din punct de vedere economic cât și logistic, putem concluziona că iarna necesită o planificare eficientă și concretă pentru stocarea energiei.

## 2.4. Producția de energie regenerabilă în România

Pentru a aduce o semnificație economică relativă acestei analize, am decis să analizez capacitatea de producție regenerabilă curentă a României. În acest mod, s-ar putea lua măsuri asupra creșterii capacităților de producție regenerabilă, care chiar ar putea ajuta la reducerea decalajului din timpul iernii.



Din acest grafic, putem observa că tipul de energie regenerabilă predominantă în România este reprezentată de hidroelectricitate. Aceasta atinge valori maxime de 4434 MW, cu o medie de 792.32 MW. Așadar, se confirmă faptul că România este o țară puternică din punct de vedere al hidroelectricității.

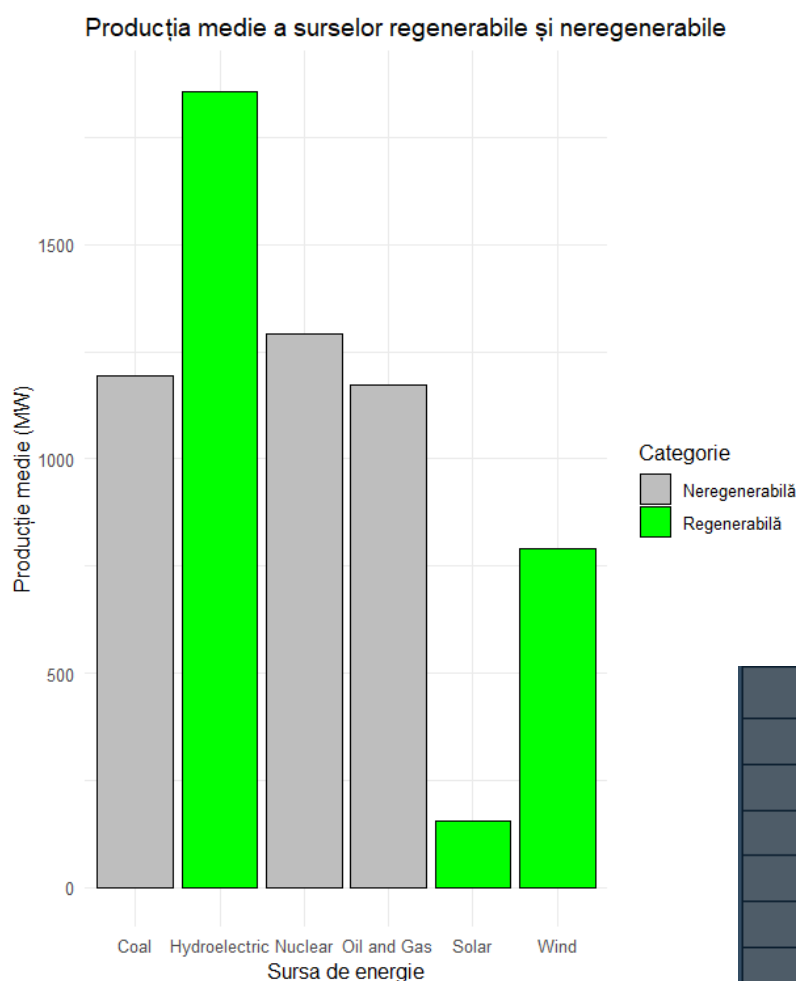
Energia eoliană, deși evident foarte afectată de factori naturali, nu se află la capătul listei. Cu un maxim de 2811 MW și o medie de 792.31 MW, aceasta are un adaos destul de benefic și important în acest mix energetic.

Nu în ultimul rând, energia solară deși se află la capătul listei, a luat o amploare destul de mare în ultimii ani. Desigur, aceasta este și mai afectată de anotimp în comparație cu celelalte două tipuri de energii regenerabile. Putem observa că are o valoare maximă de 1137MW, însă media este semnificativ mică în comparație cu hidroelectricitatea și energia eoliană.

Concluzionând, structura această ne dovedește că hidroelectricitatea este un factor dominant în mixul energiei electrice valabile în România. Însă, acest lucru poate sugera o oportunitate masivă de creștere a resurselor solare și eoliene pentru a echilibra variațiile sezoniere.

## 2.5. Compararea surselor de energie regenerabile și neregenerabile

Pentru a putea avea o claritate mai amplă asupra situației curente a României din punct de vedere al surselor de energie, am decis să creez un data frame cu toate sursele valabile, cât și media producției a acestora.



	Source	Category	Mean_Production
1	Solar	Regenerabilă	156.6880
2	Wind	Regenerabilă	792.3109
3	Hydroelectric	Regenerabilă	1857.0524
4	Nuclear	Neregenerabilă	1291.1775
5	Oil and Gas	Neregenerabilă	1171.8904
6	Coal	Neregenerabilă	1193.1573

Cum era de așteptat, hidroelectricitatea rămâne liderul producției de energie în România, aceasta are cea mai mare producție medie de 1857 MW. Precum am specificat și în prealabil (2.4.), energia eoliană cât și cea solară sunt codașe, cu medii de 792 MW, respectiv 156 MW.

Pe partea surselor neregenerabile, precum gazele naturale, cărbunele și energia nucleară, sunt valori medii de producție de aproximativ 1171 MW și 1193 MW și 1291 MW. Așadar, acestea indică valori majore ce atestă faptul că energiile regenerabile încă au o dependență semnificativă de energiile neregenerabile.

În concluzie, la momentul actual, România nu poate renunța la sursele convenționale. Totuși, cu introducerea unor politici energetice adecvate, o tranziție către majorarea surselor regenerabile ca factor primar ar putea fi posibilă cu o ajutorul unor finanțări majore.

### 3. Construirea modelului de regresie

#### 3.1. Model comparativ de regresie multiplă pentru toate sursele de energie - Variabilele alese

Variabilele alese în model:

- **Variabila dependentă:** Consumption
- **Variabilele independente:** Sursele de energie, inclusiv neregenerabile (Solar, Wind, Hydroelectric, Oil and Gas, Coal)

#### 3.2. Aplicarea modelului

```
model_comparativ <- lm(Consumption ~ Solar + Wind + Hydroelectric + `Oil and Gas` +  
Coal, data = data)  
summary(model_comparativ)
```

```
Residuals:  
      Min       1Q   Median       3Q      Max   
-2572.94  -455.23    0.53   460.68  2089.95   
  
Coefficients:  
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)      
(Intercept)  1.933e+03  1.796e+01  107.60  <2e-16 ***  
Solar         1.038e+00  1.353e-02   76.70  <2e-16 ***  
Wind          3.338e-01  4.631e-03   72.08  <2e-16 ***  
Hydroelectric 6.300e-01  4.535e-03  138.92  <2e-16 ***  
`Oil and Gas` 1.253e+00  7.350e-03  170.43  <2e-16 ***  
Coal          1.333e+00  9.768e-03  136.45  <2e-16 ***  
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
  
Residual standard error: 648.4 on 46005 degrees of freedom  
Multiple R-squared:  0.614,    Adjusted R-squared:  0.614   
F-statistic: 1.464e+04 on 5 and 46005 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

### 3.3. Interpretarea coeficienților și testarea semnificației statistice

#### Interpretarea coeficienților:

În primul rând, estimatele variabilelor reprezintă impactul surselor de energie. În cazul **hidroelectricității**, fiecare MW suplimentar produs din energie hidroelectrică este asociat cu o creștere de 6.300 MW în consum. Pe când, în partea de jos a resurselor cu un impact asupra consumului se află **energia solară**.

Pe partea energiei neregenerabile regăsim **petrol și gaze naturale**, pentru care fiecare MW produs rezulta cu o creștere de 1253 MW în consum, toate celelalte variabile rămânând constante. De asemenea, **cărbunele** are un impact moderat, cu o creștere de 1.333MW pentru fiecare MW produs.

#### Testarea semnificației statistice

Deoarece avem un p-value  $< 2e-16$  pentru toate variabilele, toți coeficienții au o influență semnificativă statistic asupra consumului. Așadar, toate variabilele incluse în acest model de regresie explică variațiile consumului.

#### Indicatori de performanță

Cu un R-squared de 0.614 putem deduce faptul că 61.4% din variațiile consumului de energie sunt explicate de către acest model. Desigur, pentru o acuratețe și mai mare a modelului am avea nevoie de factori precum cererea industrială sau sezonalitatea.

## 4. Vizualizare și raportare

### 4.1. Evidențierea relațiilor dintre variabile și rezultatele regresiei

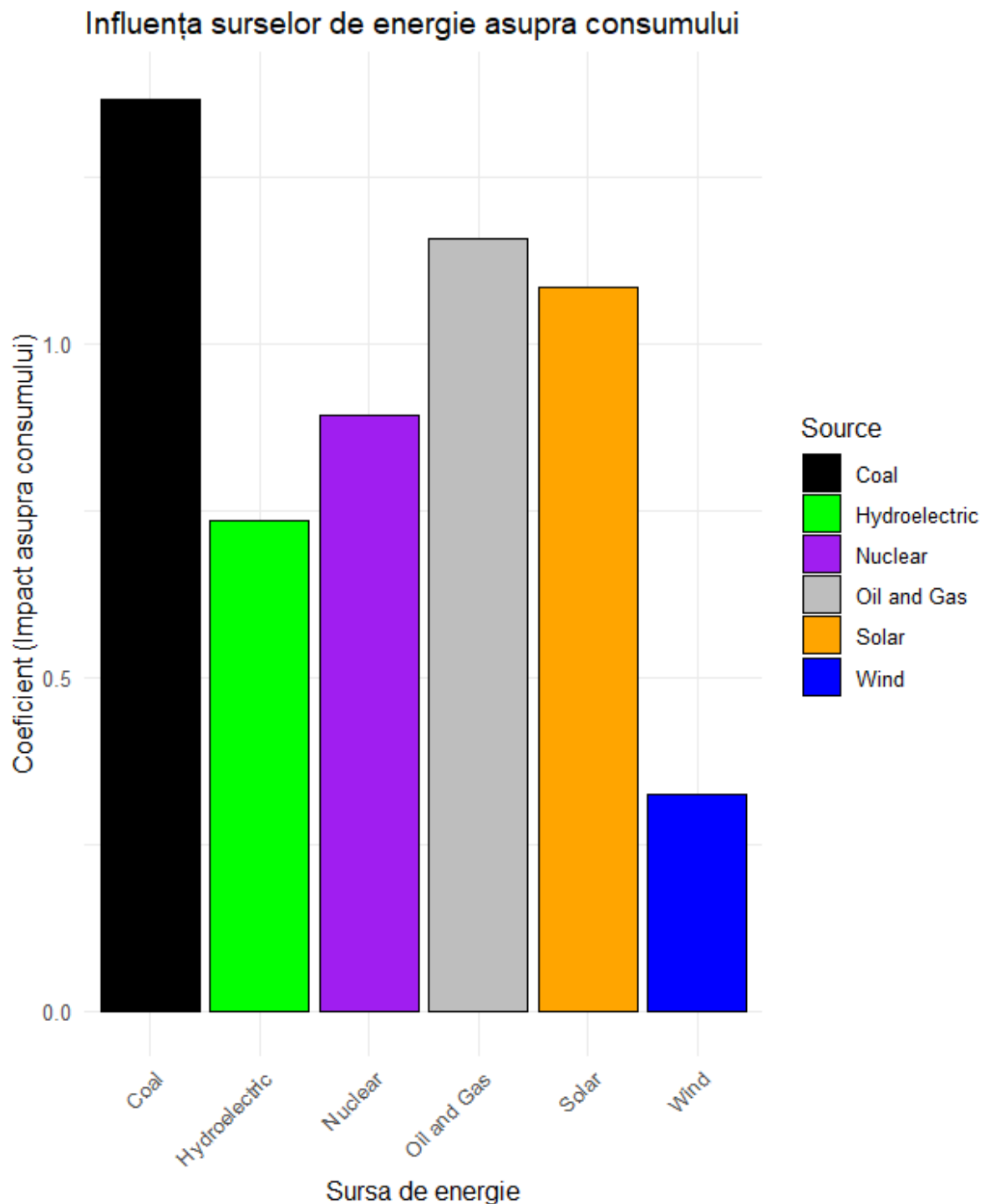
Deoarece interceptul din acest model nu are o conexiune relevantă asupra răspunsurilor, am decis să extrag doar estimările coeficienților. Am creat un dataframe „data\_sources” ce conține două coloane: Source (tipul sursei) și Coefficient (valoarea acestuia).

	Source	Coefficient
Solar	Solar	1.0857259
Wind	Wind	0.3245137
Hydroelectric	Hydroelectric	0.7359661
Nuclear	Nuclear	0.8935036
Oil and Gas	Oil and Gas	1.1571973
Coal	Coal	1.3672184



#### 4.2. Model grafic al influenței surselor de energie asupra consumului

În urma acestuia, am creat un grafic pentru o vizualizare mai ușoară asupra influenței surselor de energie asupra consumului.



##### Interpretarea graficului:

- **Cărbunele** are cel mai mare impact asupra consumului. Desigur, este o sursă vitală la momentul de față în echilibrarea cererii, dar această dependență poate ridica dificultăți legate de sustenabilitate și poluare.

- Chiar după cărbune se află **gazele naturale**, o altă sursă convențională ce are un impact evident asupra consumului.
- De asemenea, și **energia nucleară** are un rol semnificativ asupra consumului, fiind un pilon al energiilor neregenerabile din România.
- **Hidroelectricitatea** are un impact puțin mai mic asupra consumului, totuși destul de semnificativ în ceea ce privește resursele regenerabile.
- **Energia solară** pare că are un impact major asupra consumului, chiar mai mare decât hidroelectricitatea. Acest lucru poate sugera doar faptul că extinderea acestui tip de sursă regenerabilă poate avea un impact din ce în ce mai mare în viitor.
- **Energia eoliană** are cel mai mic impact asupra consumului, însă acest lucru poate fi cauzat de factori precum variabilitatea producției.

## Concluzie

În urma modelului analizat, am putut trage mai multe concluzii. Am analizat producția și consumul. În urma acestei analize am observat că România consumă cu foarte puțin peste nivelul pe care îl produce în ultimii 5 ani, rezultând la import.

De asemenea, am studiat și răspunsul unei întrebări care devine din ce în ce mai populară în anul 2025, dacă energia regenerabilă poate prelua definitiv sursele convenționale. Desigur, România este o țară diversificată din punct de vedere al surselor de energie electrică regenerabilă. Hidroelectricitatea este un lider ca și sursă energetică, indiferent de categoria în care o plasăm.

Totuși, sursele convenționale sunt destul de folosite, fiind majoritate în raportul general al producției. Toate sursele regenerabile încă sunt strict dependente de acestea, iar schimbarea nu ar putea veni fără finanțări majore și legi propice pentru energia regenerabilă.

În urma regresiei efectuate, putem observa că sursele regenerabile au un impact semnificativ asupra consumului, în special energia solară. Așadar, extinderea și exploatarea acestei resurse pe termen lung poate aduce avantaje asupra mediului înconjurător, cât și asupra economiei.

Concluzionând, deși la momentul actual energia regenerabilă nu poate înlocui sursele convenționale, există șanse ca prin introducerea unor politici energetice bine direcționate, investiții continue cât și o adaptare la nivel național, România să poată avea pe termen lung o producție majoritară de energie regenerabilă.

Codul din R, comentat:

```
# import librării necesare
library(readr)
library(dplyr)
library(ggplot2)
library(tidyr)
```

```

# citirea datelor
data <- read_csv("electricityConsumptionAndProduction.csv")

# verificare date de baza
head(data) # afiseaza primele randuri din setul de date
summary(data) # statistici generale despre date
colSums(is.na(data)) # verificam daca sunt valori lipsa *din fericire nu sunt*

# statistici descriptive pentru consum si productie
summary(data[c("Consumption", "Production")])

# histograma pentru consum
ggplot(data, aes(x = Consumption)) +
  geom_histogram(binwidth = 100, fill = "blue", color = "black") +
  labs(
    title = "Distribuția consumului de electricitate",
    x = "Consum (MW)",
    y = "Frecvență"
  )

# conversia coloanei DateTime in format datetime
data$DateTime <- as.POSIXct(data$DateTime, format = "%Y-%m-%d %H:%M:%S")

# grafic pentru productia de energie regenerabila in timp
ggplot(data, aes(x = DateTime)) +
  geom_line(aes(y = Wind, color = "Wind"), size = 1) +
  geom_line(aes(y = Solar, color = "Solar"), size = 1) +
  geom_line(aes(y = Hydroelectric, color = "Hydroelectric"), size = 1) +
  labs(
    title = "Producția de energie regenerabilă în România (2019 - 2024)",
    x = "Ani",
    y = "Producție (MW)",
    color = "Tip Energie"
  ) +
  scale_color_manual(
    values = c("Wind" = "blue", "Solar" = "orange", "Hydroelectric" = "green")
  ) +
  theme_minimal()

# calcularea valorilor maxime si medii pentru sursele regenerabile
max_solar <- max(data$Solar, na.rm = TRUE)
max_wind <- max(data$Wind, na.rm = TRUE)
max_hydro <- max(data$Hydroelectric, na.rm = TRUE)

mean_solar <- mean(data$Solar, na.rm = TRUE)
mean_wind <- mean(data$Wind, na.rm = TRUE)
mean_hydro <- mean(data$Hydroelectric, na.rm = TRUE)

```

```
# afisarea valorilor maxime si medii
```

```
list(  
  Max_Solar = max_solar,  
  Max_Wind = max_wind,  
  Max_Hydroelectric = max_hydro,  
  Mean_Solar = mean_solar,  
  Mean_Wind = mean_wind,  
  Mean_Hydroelectric = mean_hydro  
)
```

```
# functie pentru a determina anotimpul din luna
```

```
get_season <- function(month) {  
  if (month %in% c(12, 1, 2)) {  
    return("Iarna")  
  } else if (month %in% c(3, 4, 5)) {  
    return("Primavara")  
  } else if (month %in% c(6, 7, 8)) {  
    return("Vara")  
  } else {  
    return("Toamna")  
  }  
}
```

```
# adaugam o coloana pentru anotimp
```

```
data$Season <- sapply(as.numeric(format(data$DateTime, "%m")), get_season)
```

```
# calcularea mediei consumului si productiei pe anotimpuri
```

```
seasonal_data <- data %>%  
  group_by(Season) %>%  
  summarise(  
    Avg_Consumption = mean(Consumption, na.rm = TRUE),  
    Avg_Production = mean(Production, na.rm = TRUE)  
  )
```

```
# reordonam anotimpurile pentru grafice
```

```
seasonal_data$Season <- factor(seasonal_data$Season, levels = c("Iarna", "Primavara",  
"Vara", "Toamna"))
```

```
# transformam datele pentru grafic comparativ (aici am intampinat o problema unde nu  
puteam sa pun coloanele unele langa altele, ci se suprapuneau)
```

```
seasonal_data_long <- seasonal_data %>%  
  pivot_longer(cols = c(Avg_Consumption, Avg_Production),  
    names_to = "Type",  
    values_to = "Value") %>%  
  mutate(Type = ifelse(Type == "Avg_Consumption", "Consumption", "Production"))
```

```
# grafic consum vs productie pe anotimpuri
```

```
ggplot(seasonal_data_long, aes(x = Season, y = Value, fill = Type)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = position_dodge(width = 0.8), color = "black") +
  labs(
    title = "Consum vs Producție în funcție de anotimp",
    x = "Anotimp",
    y = "Media (MW)",
    fill = "Tip"
  ) +
  scale_fill_manual(values = c("Consumption" = "blue", "Production" = "green")) +
  theme_minimal()
```

# calcularea valorilor maxime si medii pentru sursele neregenerabile

```
max_oil_gas <- max(data$`Oil and Gas`, na.rm = TRUE)
```

```
max_coal <- max(data$Coal, na.rm = TRUE)
```

```
mean_oil_gas <- mean(data$`Oil and Gas`, na.rm = TRUE)
```

```
mean_coal <- mean(data$Coal, na.rm = TRUE)
```

# calcularea valorilor pentru energia nucleara

```
max_nuclear <- max(data$Nuclear, na.rm = TRUE)
```

```
mean_nuclear <- mean(data$Nuclear, na.rm = TRUE)
```

# crearea unui dataframe cu toate sursele

```
energy_sources <- data.frame(
  Source = c("Solar", "Wind", "Hydroelectric", "Nuclear", "Oil and Gas", "Coal"),
  Category = c("Regenerabilă", "Regenerabilă", "Regenerabilă",
    "Neregenerabilă", "Neregenerabilă", "Neregenerabilă"),
  Mean_Production = c(
    mean_solar,
    mean_wind,
    mean_hydro,
    mean_nuclear,
    mean_oil_gas,
    mean_coal
  )
)
```

# grafic comparativ pentru productia medie

```
ggplot(energy_sources, aes(x = Source, y = Mean_Production, fill = Category)) +
  geom_bar(stat = "identity", color = "black") +
  labs(
    title = "Producția medie a surselor regenerabile și neregenerabile",
    x = "Sursa de energie",
    y = "Producție medie (MW)",
    fill = "Categorie"
  ) +
  scale_fill_manual(values = c("Regenerabilă" = "green", "Neregenerabilă" = "gray")) +
  theme_minimal()
```

```

# model de regresie multipla
model_comparativ <- lm(Consumption ~ Solar + Wind + Hydroelectric + Nuclear + `Oil and Gas` + Coal, data = data)

# rezumatul modelului
summary(model_comparativ)

# extragerea coeficienților și crearea unui grafic
coefficients <- summary(model_comparativ)$coefficients[-1, 1]

energy_sources <- data.frame(
  Source = c("Solar", "Wind", "Hydroelectric", "Nuclear", "Oil and Gas", "Coal"),
  Coefficient = coefficients
)

ggplot(energy_sources, aes(x = Source, y = Coefficient, fill = Source)) +
  geom_bar(stat = "identity", color = "black") +
  labs(
    title = "Influența surselor de energie asupra consumului",
    x = "Sursa de energie",
    y = "Coeficient (Impact asupra consumului)"
  ) +
  scale_fill_manual(values = c(
    "Solar" = "orange",
    "Wind" = "blue",
    "Hydroelectric" = "green",
    "Nuclear" = "purple",
    "Oil and Gas" = "gray",
    "Coal" = "black"
  )) +
  theme_minimal() +
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1))

```