

## פרויקט ויזואליזציה של מידע

### השפעת טכנולוגיות אנרגיה ירוקה של אנרגיה על מגמת צריכת האנרגיה העולמית (2000-2023)

קישור לאפליקציה:

<https://energyconsumption-3qgbbufx2cxlnmhrktivzj.streamlit.app/>

קישור לקוד ב-GitHub:

[https://github.com/YuvalH19-S/energy\\_consumption.git](https://github.com/YuvalH19-S/energy_consumption.git)

מגשים:

יובל חיים – 318550522

אלדר זוסמנוביץ' – 208400122



---

# פרק 1 – ניתוח נתונים ומטלות

## 1. מבוא

במהלך העשורים האחרונים, השימוש בטכנולוגיות אנרגיה ירוקות הפך לחשוב ביותר בעקבות ההכרה ההולכת וגוברת בצורך בצמצום פליטת גזי חממה ובשמירה על איכות הסביבה. מחקר זה נועד לבחון את השפעת טכנולוגיות האנרגיה הירוקות על צריכת האנרגיה העולמית בשנים 2020-2023, תוך שימוש בנתונים שנאספו ממאגרי נתונים ממשלתיים והועלו כדאטה סט מקיף לאתר הנתונים Kaggle. הנתונים כוללים פרמטרים כמו צריכת אנרגיה לפי סוגי אנרגיה, מדינות שונות, נתונים דמוגרפיים וכלכליים, ועוד.

### שאלת המחקר:

איך צריכת האנרגיה העולמית הושפעה כתוצאה מגידול ופיתוח טכנולוגיות אנרגיה הירוקות במשך השנים 2020-2023?

### שאלות המשנה (מטלות משתמש):

- **השוואה של צריכת אנרגיה ירוקה למול סוגי אנרגיה אחרים:**
  - כיצד צריכת סוגים שונים של אנרגיה (למשל, דלקים מאובנים לעומת אנרגיה מתחדשת) השתנתה לאורך השנים?
  - **מוטיבציה:** הבנה של מגמות שינוי בצריכת אנרגיה יכולה לספק תמונה רחבה על המעבר האפשרי לאנרגיה ירוקה והשפעותיו על השוק הגלובלי, ולאפשר לזהות את השינויים שנעשו בעקבות ההשקעות בטכנולוגיות מתחדשות.
- **ניתוח גאוגרפי:**
  - התפלגות הצריכה של כל סוג אנרגיה במדינות ואזורים גאוגרפיים שונים. כמו כן, הצגת האזורים הכי פופולריים עבור כל סוג אנרגיה.
  - **מוטיבציה:** ניתוח גאוגרפי יסייע לזהות את האזורים בהם קיימת תמיכה משמעותית בטכנולוגיות אנרגיה ירוקות, ויאפשר הבנה של מדיניות ותשתיות במדינות שונות, וכן לזהות את האזורים בהם קיים צורך בחיזוק המעבר לאנרגיה ירוקה.
- **השפעת גורמים כלכליים ודמוגרפיים:**
  - כיצד גורמים כלכליים כגון GDP ונתונים דמוגרפיים (כמות אוכלוסייה) משפיעים על צריכת האנרגיה הכללית בכל מדינה.
  - **מוטיבציה:** הבנה של השפעת גורמים כלכליים ודמוגרפיים על צריכת אנרגיה יכולה לסייע בתכנון מדיניות אנרגיה ושיפור ההשקעות בטכנולוגיות מתחדשות בהתאם למאפייני כל מדינה, ולהבין אילו מדינות צריכות תמיכה נוספת במעבר לאנרגיה ירוקה.

באמצעות ניתוח הדאטה ומענה על שאלות אלו, נוכל לספק תובנות מעמיקות לגבי השפעת טכנולוגיות האנרגיה הירוקות על צריכת האנרגיה העולמית ולבחון את הפוטנציאל שלהן לעתיד בר-קיימא.

## 2. נתונים:

א. תיאור מאגר הנתונים:

○ תיאור כללי:

| מאפיין            | פירוט   |
|-------------------|---|
| שם המאגר          | צריכת האנרגיה העולמית   |
| מקור              | Hannah Ritchie and Max Roser (2020) - "Energy". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: <a href="#">Our World in Data</a> |
| מטרת מאגר הנתונים | ניתוח והצגה ויזואלית של טרנדים ודפוסים בצריכת האנרגיה העולמית לאורך זמן, כולל פירוט לפי מקורות אנרגיה שונים ושינוי הצריכה בהם.            |
| סוג מאגר הנתונים  | טבלה שטוחה  |

○ הרדנליות:

| מאפיין                           | פירוט                 |
|----------------------------------|-----------------------|
| מספר הפריטים במאגר               | 22,012                |
| מספר המדינות המופיעות במאגר      | 306                   |
| טווח השנים המקסימלי למדינה       | 122 שנים, 1900-2022   |
| טווח השנים המינימלי למדינה       | 6 שנים, 1980-1986     |
| מספר התכונות במאגר               | 129                   |
| מספר התכונות הכמותיות            | 127                   |
| מספר התכונות הקטגוראליות         | 2 (country, iso_code) |
| מספר התכונות הנומינליות          | 0                     |
| מה ההבדל בין נומינלי לקטגוריאלי? |                       |

**\*\*מכיוון שישנן כ-129 תכונות במאגר בנתונים, פירוט על סוג ומשמעות הנתונים יצורף בנספח א'. מספיק היה לתאר את התכונות שבהן השתמשו לצורך הויזואליזציה**

○ מפתחות:

1. Primary Key: קומבינציה של מדינה או איזור (country) ושנה (year). כל רשומה מזוהה בצור הייחודית על ידי קומבינציה זו.
2. Foreign Keys: לא קיימים מפתחות זרים במאגר הנתונים.

○ משמעות העמודות והרשומות:

1. כפי שהוסבר בסעיפים קודמים, כל פריט מזוהה ע"י מדינה ושנה. מאגר הנתונים מאפשר להתבונן בשינוי בתכונות שונות של מדינה לאורך השנים.

2. אל מאגר הנתונים מצורף קובץ metadata אשר מאגד בתוכו הסבר על כלל התכונות השונות, יחידות המידה ומקורן (מהיכן הכניסו אותן למאגר הנתונים).
3. נראה כעת דוגמא מתוך מאמגר הנתונים. ניתן לראות כי המדינה בה אנו מתמקדים היא "ישראל", בין השנים 2008-2018.

| country | year | iso_code | population | gdp         | biofuel_cons_change_pct | biofuel_cons_change_twh | biofuel_cons_per_capita | biofuel_consumption | biofuel_elec_per_capita | biofuel_electricity | biofuel_share_elec | biofuel_share_energy |
|---------|------|----------|------------|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|
| Israel  | 2003 | ISR      | 6475917    | 1.59602E+11 | 2.27                    | 0.003                   | 18.512                  | 0.12                | 0                       | 0                   | 0                  | 0.05                 |
| Israel  | 2004 | ISR      | 6595990    | 1.67112E+11 | 2.712                   | 0.003                   | 18.668                  | 0.123               | 0                       | 0                   | 0                  | 0.051                |
| Israel  | 2005 | ISR      | 6714119    | 1.7348E+11  | 47.654                  | 0.059                   | 27.079                  | 0.182               | 0                       | 0                   | 0                  | 0.074                |
| Israel  | 2006 | ISR      | 6832082    | 1.82782E+11 | -45.132                 | -0.082                  | 14.601                  | 0.1                 | 0                       | 0                   | 0                  | 0.041                |
| Israel  | 2007 | ISR      | 6952007    | 1.93502E+11 | -10.769                 | -0.011                  | 12.804                  | 0.089               | 1.438                   | 0.01                | 0.02               | 0.035                |
| Israel  | 2008 | ISR      | 7074530    | 1.98668E+11 | 3.939                   | 0.004                   | 13.078                  | 0.093               | 1.414                   | 0.01                | 0.019              | 0.035                |
| Israel  | 2009 | ISR      | 7199704    | 2.00789E+11 | 6.627                   | 0.006                   | 13.702                  | 0.099               | 2.778                   | 0.02                | 0.037              | 0.039                |
| Israel  | 2010 | ISR      | 7328439    | 2.11431E+11 | 14.383                  | 0.014                   | 15.397                  | 0.113               | 4.094                   | 0.03                | 0.051              | 0.042                |
| Israel  | 2011 | ISR      | 7459750    | 2.21407E+11 | 18.186                  | 0.021                   | 17.877                  | 0.133               | 4.022                   | 0.03                | 0.05               | 0.049                |
| Israel  | 2012 | ISR      | 7592099    | 2.26681E+11 | -5.014                  | -0.007                  | 16.685                  | 0.127               | 3.951                   | 0.03                | 0.048              | 0.045                |
| Israel  | 2013 | ISR      | 7726675    | 2.36606E+11 | -25.212                 | -0.032                  | 12.261                  | 0.095               | 6.471                   | 0.05                | 0.082              | 0.035                |
| Israel  | 2014 | ISR      | 7863849    | 2.44088E+11 | 34.118                  | 0.032                   | 16.157                  | 0.127               | 7.63                    | 0.06                | 0.099              | 0.049                |
| Israel  | 2015 | ISR      | 8007777    | 2.50204E+11 | 9.944                   | 0.013                   | 17.445                  | 0.14                | 12.488                  | 0.1                 | 0.156              | 0.051                |
| Israel  | 2016 | ISR      | 8159015    | 2.60228E+11 | 88.309                  | 0.123                   | 32.241                  | 0.263               | 12.256                  | 0.1                 | 0.149              | 0.094                |
| Israel  | 2017 | ISR      | 8309256    | 2.69532E+11 | 36.579                  | 0.096                   | 43.238                  | 0.359               | 12.035                  | 0.1                 | 0.148              | 0.125                |
| Israel  | 2018 | ISR      | 8456487    | 2.78806E+11 | 17.767                  | 0.064                   | 50.033                  | 0.423               | 11.825                  | 0.1                 | 0.145              | 0.145                |

4. **שורות:** מייצגות ערכי מדידות שונות של מדינה מסוימת בשנה מסוימת. מכאן שלכל זוג המורכב ממדינה ושנה יש רשומה ייחודית המפרטת על אספקטים שונים של צריכה וייצור אנרגיה.
5. **עמודות:** מייצגות מדידות כמותיות רלוונטיות שבעזרתן ניתן לכמת שינוי בצריכה וייצור אנרגיה של סוגי אנרגיה שונים כגון: דלקים מאובנים, אנרגיה מתחדשת ואנרגיה גרעינית.

כיוון שיש כ-129 תכונות במאגר הנתונים, החלטנו לסווג את סוגי העמודות לפי משמעותן והמידע אשר ניתן לדלות מהן:

#### - מידע כללי:

| שם העמודה  | פירוט  | סוג המשתנה             |
|------------|--|------------------------|
| country    | שם המדינה או האזור                           | Categorical (nominal)  |
| year       | שנת רשומת הנתונים                            | Ordered (quantitative) |
| iso_code   | קוד מדינה לפי ISO 3166-1 alpha-3             | Categorical (nominal)  |
| population | אוכלוסיית המדינה בשנה הנתונה                 | Ordered (quantitative) |
| gdp        | תמ"ג, תוצר מקומי גולמי של המדינה בשנה הנתונה | Ordered (quantitative) |

#### - נתוני צריכה וייצור של אנרגיה:

- לעמודות הקשורות למקורות אנרגיה שונים יש בדרך כלל קידומות המציינות את סוג האנרגיה (למשל, פחם, נפט,

| סופית שם העמודה    | פירוט   | יחידות                                     | סוג האנרגיה  | סוג המשתנה                         |
|--------------------|---|--|--|------------------------------------|
| _cons_change_pct   | שינוי שנתי באחוזים בצריכת סוג מסוים של אנרגיה     | אחוזים (%)                                 | Biofuel, coal, fossil, gas, hydro, low-carbon, nuclear, oil, other renewables, renewables, solar, wind | Ordered (quantitative, sequential) |
| _cons_change_twh   | שינוי שנתי בצריכת האנרגיה נמדד בטרואט-שעה (TWh).  | טר-וואט-שעה (TWh)                          | Biofuel, coal, fossil, gas, hydro, nuclear, oil, other renewables, renewables, solar, wind             | Ordered (quantitative, sequential) |
| _cons_per_capita   | צריכה לנפש של סוג מסוים של אנרגיה.                | קילוואט-שעה (קוט"ש) או מגה-ג'אול (MJ) לאדם | Biofuel, coal, fossil, gas, hydro, nuclear, oil, other renewables, renewables, solar, wind             | Ordered (quantitative, sequential) |
| _consumption       | צריכה כוללת של סוג מסוים של אנרגיה                | טר-וואט-שעה (TWh) או ג'יגה-ג'אול (GJ)      | Biofuel, coal, fossil, gas, hydro, nuclear, oil, other renewables, renewables, solar, wind             | Ordered (quantitative, sequential) |
| _elec_per_capita   | צריכת חשמל לנפש                                   | קילוואט-שעה (קוט"ש) לאדם                   | Bioenergy, coal, fossil, gas, hydro, nuclear, oil, other renewables, renewables, solar, wind           | Ordered (quantitative, sequential) |
| _electricity       | ייצור או צריכה של חשמל                            | טרואט-שעה (TWh) או ג'יגה-וואט-שעה (GWh)    | Bioenergy, coal, fossil, gas, hydro, nuclear, oil, other renewables, renewables, solar, wind           | Ordered (quantitative, sequential) |
| _energy_per_capita | צריכת אנרגיה לנפש                                 | קילוואט-שעה (קוט"ש) או מגה-ג'אול (MJ) לאדם | Biofuel, coal, fossil, gas, hydro, nuclear, oil, other renewables, renewables, solar, wind             | Ordered (quantitative, sequential) |
| _share_elec        | חלקו של סוג מסוים של חשמל בצריכת החשמל הכוללת     | אחוזים (%)                                 | Bioenergy, coal, fossil, gas, hydro, nuclear, oil, other renewables, renewables, solar, wind           | Ordered (quantitative, sequential) |
| _share_energy      | חלקה של סוג מסוים של אנרגיה בצריכת האנרגיה הכוללת | אחוזים (%)                                 | Biofuel, coal, fossil, gas, hydro, nuclear, oil, other renewables, renewables, solar, wind             | Ordered (quantitative, sequential) |
| _prod              | הפקה של סוג מסוים של אנרגיה                       | טר-וואט-שעה (TWh) או ג'יגה-ג'אול (GJ)      | Biofuel, coal, gas, hydro, nuclear, oil, renewables, solar, wind                                       | Ordered (quantitative, sequential) |
| _emissions         | פליטות הקשורות לצריכה של סוג מסוים של אנרגיה      | טונות מטריות של CO2 או גזי חממה אחרים      | Biofuel, coal, fossil, gas, oil  | Ordered (quantitative, sequential) |

|                                    |  |  |   |                  |
|------------------------------------|--|--|---|------------------|
| Ordered (quantitative, sequential) | Biofuel, coal, gas, hydro, nuclear, oil, renewables, solar, wind                           | אחוזים(%)                                | שינוי שנתי באחוזים בייצור של סוג מסוים של אנרגיה. | _prod_change_pct |
| Ordered (quantitative, sequential) | Biofuel, coal, gas, hydro, nuclear, oil, renewables, solar, wind                           | טרה-וואט-שעה (TWh)                       | שינוי שנתי בהפקת אנרגיה נמדד בטרוואט-שעה (TWh)    | _prod_change_twh |
| Ordered (quantitative, sequential) | Biofuel, coal, gas, hydro, nuclear, oil, renewables, solar, wind                           | טרה-וואט-שעה (TWh)                       | הפקת אנרגיה ממקורות שונים                         | _generation      |
| Ordered (quantitative, sequential) | Biofuel, coal, fossil, gas, hydro, nuclear, oil, other renewables, renewables, solar, wind | Energy units (kWh or MJ) per unit of GDP | כמות האנרגיה הנצרכת ליחידת תוצר מקומי גולמי (GDP) | Energy_per_gdp   |

ב. מיפוי הנתונים בהתאם לטיפולוגיה האבסטרקטית של Munzner

| Column Name        | Data Type    | Data Role | Cardinality | Transformation     |
|--------------------|--------------|-----------|-------------|--------------------|
| _cons_change_pct   | Quantitative | Measure   | High        | Percentile Ranking |
| _cons_change_twh   | Quantitative | Measure   | High        | None               |
| _cons_per_capita   | Quantitative | Measure   | High        | Normalization      |
| _consumption       | Quantitative | Measure   | High        | Aggregation        |
| _elec_per_capita   | Quantitative | Measure   | High        | Normalization      |
| _electricity       | Quantitative | Measure   | High        | Aggregation        |
| _energy_per_capita | Quantitative | Measure   | High        | Normalization      |
| _share_elec        | Quantitative | Measure   | High        | None               |
| _share_energy      | Quantitative | Measure   | High        | None               |
| _prod              | Quantitative | Measure   | High        | Aggregation        |
| _emissions         | Quantitative | Measure   | High        | Aggregation        |
| _prod_change_pct   | Quantitative | Measure   | High        | Percentile Ranking |
| _prod_change_twh   | Quantitative | Measure   | High        | None               |
| _generation        | Quantitative | Measure   | High        | Aggregation        |
| Energy_per_gdp     | Quantitative | Measure   | High        | Normalization      |

| Column Name | Data Type    | Data Role  | Cardinality | Transformation |
|-------------|--------------|------------|-------------|----------------|
| Country     | Categorical  | Dimension  | High        | None           |
| Year        | Categorical  | Temporal   | Medium      | None           |
| ISO_code    | Categorical  | Identifier | High        | None           |
| population  | Quantitative | Measure    | High        | Normalization  |
| GDP         | Quantitative | Measure    | High        | Scaling        |

### 3. מטלות:

א. תיאור המטלות במונחי התחום

- **מטלה 1:** מהי מגמת צריכת סוגי אנרגיה ירוקה לעומת סוגי אנרגיה אחרים באזורים שונים בעולם:  
המטרה היא להבין איך צריכת האנרגיה השונה של סוגי אנרגיה כגון דלקים מאובנים ואנרגיה מתחדשת, השתנתה לאורך השנים בהינתן אזור גאוגרפי מסוים. מוטיבציה למטלה זו נובעת מהצורך לקבל תמונה רחבה על מגמות השינוי בצריכת האנרגיה והשפעותיהן על השוק הגלובלי. בפרט, הערכה זו מאפשרת לארגונים ולממשלות להבין את השינויים שחלו בעקבות השקעות בטכנולוגיות מתחדשות ולזהות את הצורך וההזדמנויות לפעולה בתחום זה.
  - **מטלה 2:** פילוח גאוגרפי של צריכת אנרגיה כוללת עבור כל סוג אנרגיה:  
ניתוח זה נועד להציג למשתמש בהינתן שנה וסוג אנרגיה מהי הייתה כמות הצריכה הכוללת בכל מדינה, בתוך כך לזהות מי הן המדינות הפופולריות ביותר עבור כל סוג אנרגיה.
  - **מטלה 3:** השפעת גודל האוכלוסייה והתמ"ג של מדינות שונות על צריכת האנרגיה לנפש  
המטרה היא להבין כיצד ה-GDP וגודל האוכלוסייה של מדינה מסוימת משפיעים על צריכת האנרגיה לנפש במדינות רמות צמיחה ותשתית שונות. המוטיבציה הין להבחין בקשרים והשפעות שיש למאפיינים אלו על צריכת האנרגיה, ולחשוף דפוסים אפשריים שיכולים להוביל למסקנות חשובות לגבי פיתוח של אנרגיות ירוקות.
- ב. מיפוי מטלות המשתמש בהתאם לטיפולוגיה של Munzner:

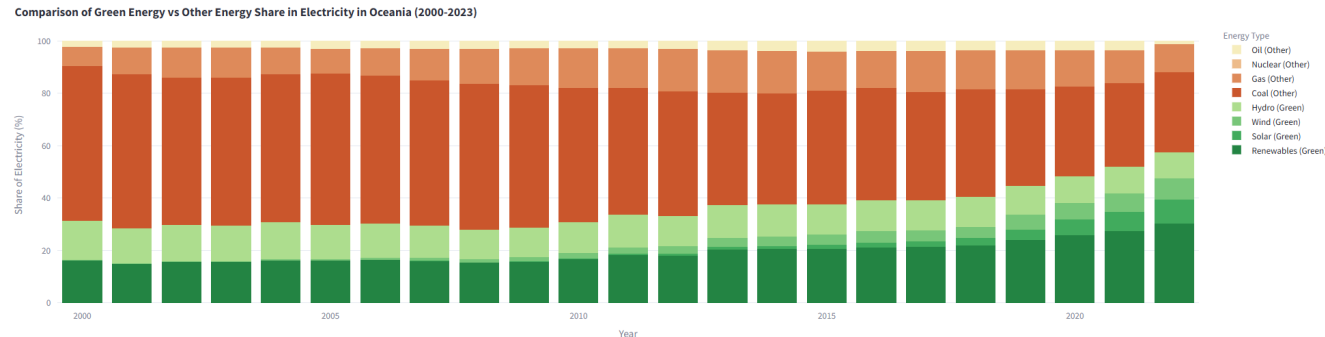
| מטלות משתמש   | Action (פעולה)   | Target (מטרה) | תיאור הפעולה והמטרה   |
|---|------------------|---------------|---|
| השוואה של צריכת סוגי אנרגיה ירוקה לעומת סוגי אנרגיה אחרים באזורים שונים בעולם במהלך השנים 2000-2023 | Compare          | Trends        | המשתמש משווה מגמת צריכת האנרגיה הירוקה למול סוגי אנרגיה אחרים בכל שנה   |
|   | Discover         | Distribution  | זיהוי התפלגות השימוש של סוגי אנרגיה שונים   |
|   | Discover         | Trends        | המשתמש מגלה מהן מגמות הצריכה של סוגי אנרגיה שונים לאורך השנים   |
| פילוח גאוגרפי של צריכת אנרגיה כוללת עבור כל סוג אנרגיה  | Identify         | Distribution  | המשתמש מגלה דפוסים בהתפלגות צריכת האנרגיה בכל מדינה על פי סוג האנרגיה והשנה שנבחרו. כמו כן מזהה אילו מדינות הן הצרכניות הגדולות ביותר עבור כל סוג אנרגיה. |
|   | Discover         | Dependency    | המשתמש מגלה האם יש תלות בין אזורים גאוגרפיים לצריכת אנרגיה מסוימת   |
|   | Compare (השוואה) | Features      | המשתמש משווה בין צריכת האנרגיה במדינות שונות ומודד אותן ביחס לממוצע הגלובלי.  |
| מהן השפעות גודל האוכלוסייה והתמ"ג של מדינות שונות על צריכת האנרגיה לנפש?                            | Discover         | Correlation   | המשתמש מגלה אם קיים קשר בין גודל האוכלוסייה והתמ"ג של מדינה על צריכת האנרגיה לנפש   |

|   |          |          |  |
|---|----------|----------|--|
| השוואה בין גודל אוכלסייה, תמ"ג<br>וכמות צריכה של סוגי אנרגיה<br>שונים             | Features | Compare  |  |
| המשתמש מזהה האם קיימים<br>מדינות עם כמות צריכה חריגה<br>ביחס לתמ"ג ונפח האוכלסייה | Outliers | Identify |  |

## חלק 2: רעיונות ועיצובים חלופיים

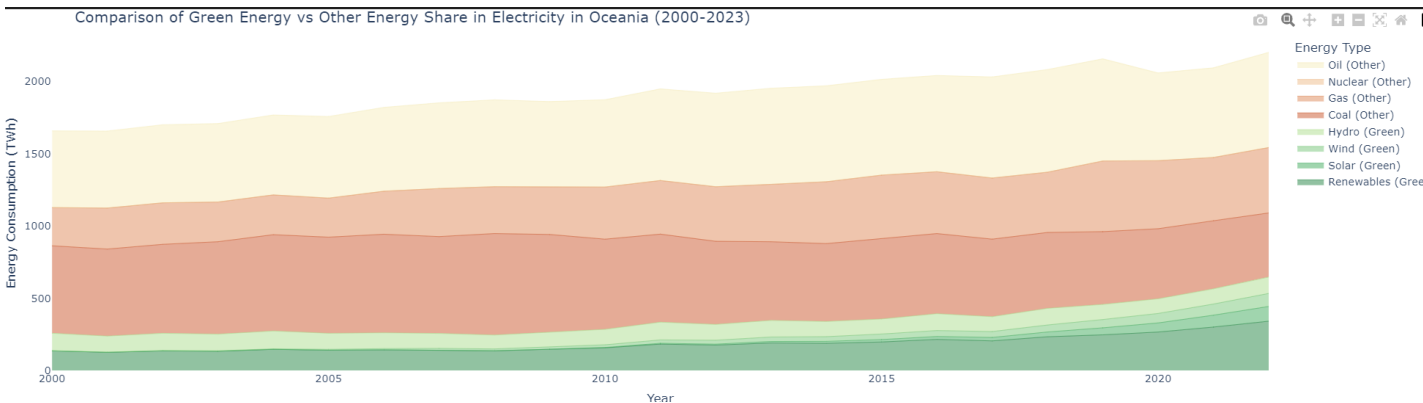
מטלה 1: מהי מגמת הצריכה של סוגי אנרגיה ירוקה לעומת סוגי אנרגיה במהלך השנים 2020-2023?

אופציה א':



- הערה: בהינתן בחירת המשתמש ניתן לשנות את הגרף לפי אזור גאוגרפי ובכך להציג את המידע הרלוונטי לאזור זה (בדוגמה הזו מוצג נתונים עבור היבשת Oceania)

אופציה ב':



| פרמטר    | תת פרמטר | עיצוב א' - Stacked Bar  | עיצוב ב' - Trend Line Chart  |
|----------|----------|---|--|
| Channels | Marks    | עמודות: כל חלק בעמודה מייצג את חלקו היחסי של צריכת סוגי אנרגיה שונים בשנה נתונה                   | קווים – כל קו מייצג את מגמת הצריכה של סוג אנרגיה מסוים לאורך השנים   |
|          | Position | מיקום כל עמודה במרווחים קבועים כך שמייצגים שנה שונה שבה אנו רואים את התפלגות צריכת האנרגיה היחסית | מיקום הקווים כך שסוגי אנרגיה ירוקה בתחתית הגרף וסוגי אנרגיה אחרת מעליהם. מיקום הקווים לאורך ציר ה-x מייצג את מגמת השינוי של הצריכה |
|          | Color    | צבעים שונים לכל סוג אנרגיה (גווני ירוקים עבור סוגי אנרגיה ירוקה וגווני אדום לשאר)                 | צבעים שונים לכל סוג אנרגיה (גווני ירוקים עבור סוגי אנרגיה ירוקה וגווני אדום לשאר)  |
|          | Area     | גובה כל חלק בעמודה מציין את החלק היחסי מכלל האנרגיה   | השטח מתחת לכל קו מייצג את כמות האנרגיה שנצרכה בכל שנה  |



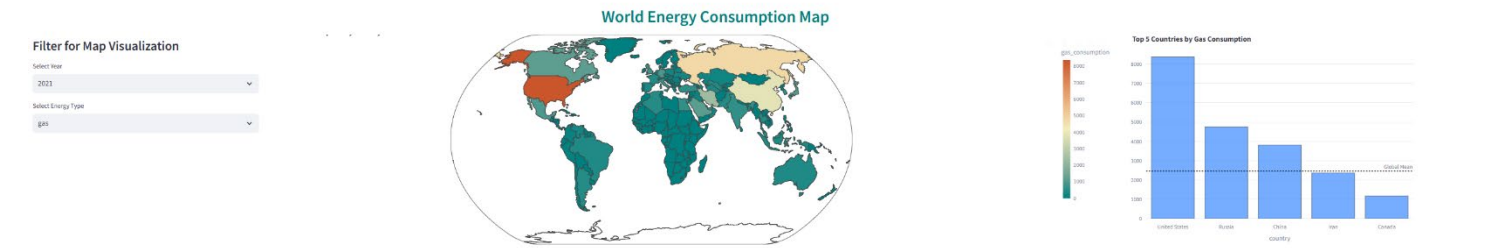
|                |          |  |   |
|----------------|----------|--|---|
|                | Filter   | מאפשר סינון והצגת הויזואליזציה עבור גאוגרפי שונה כל פעם  | מאפשר סינון והצגת הויזואליזציה עבור גאוגרפי שונה כל פעם   |
| Effectiveness  | Position | המיקום האנכי של המוטות מציג בצורה יעילה את ההבדלים בשימוש בסוגי אנרגיה שונים לאורך זמן. ההפרדה הברורה בין השנים מאפשרת תפיסה מיידיית של ההשוואות השנתיות.  | הקווים ממחישים באופן יעיל את מגמות השימוש באנרגיה, עם הפרדה ברורה בין סוגי האנרגיה השונים ומדגישים את ההבדלים בגרף.           |
|                | Color    | גבוהה. השימוש בצבעים שונים לסימון סוגי האנרגיה מקל על ההבחנה בין סוגי האנרגיה השונים ומשפר את היכולת לעקוב אחרי שינויים בהרכב האנרגיה במהלך השנים.   | השימוש בצבעים דומה לגרף העמודות מאפשר זיהוי והבחנה ברורה בין הסוגים השונים ומסייע במעקב אחרי המגמות לאורך זמן.                |
|                | Area     | גובה המוטות מייצג בבירור את חלקם היחסי של סוגי האנרגיה מכלל השימוש, מה שמקל על הבנת התרומה של כל סוג אנרגיה לכלל השימוש באנרגיה  | השטח מתחת לקווים מציג בצורה קלה את ברורה ויעילה את נפח השימוש בכל סוג אנרגיה, ומדגים את ההצטברות והשינוי בצריכה לאורך זמן.    |
|                | Filter   | מאפשר סינון אינטואיטיבי למשתמש לבחור אזור גאוגרפי מסוים שהוא רוצה להתמקד בו  | מאפשר סינון אינטואיטיבי למשתמש לבחור אזור גאוגרפי מסוים שהוא רוצה להתמקד בו   |
| Expressiveness |          | הגרף מציג באופן ברור את הנתונים ומאפשר ניתוח מהיר של השינויים בשימוש בסוגי אנרגיה שונים לאורך זמן. יכולת ההשוואה המיידית בין השנים והבחנה במגמות השונות מועילה במיוחד להבנת דינמיקות שוק ומדיניות אנרגטית. | הויזואליזציה מעניקה הבנה עמוקה של מגמות השימוש באנרגיה, ומאפשרת למשתמש לראות במבט כיצד השימוש בכל סוג אנרגיה התפתח עם הזמן.   |
| יתרונות        |          | עיצוב פשוט יחסית והבנת הנתונים באופן מיידי. מאפשר השוואה ישירה וקלה בין השנים ובין סוגי אנרגיה שונים באותה שנה   | מאפשר ניתוח והבנה של מגמות ארוכות טווח והמגמה הכללית בצורה אינטואיטיבית יעיל להצגת מידע מורכב וכמות גדולה של נתונים לאורך זמן |
| חסרונות        |          | בשנים בהן אחוז סוג אנרגיה מסוים קטן מאוד החלק שלו בגרף עלול להעלם מהויזואליזציה. פחות מתאים להצגת נתונים עם שינויים דרסטיים משנה לשנה בגלל קושי בהבחנה בין הצבעים והערכים הקרובים                          | עשוי להיות קשה להבחין בשינויים קטנים מאוד בטווחי זמן קצרים יותר דורש יותר הבנה ומאמץ קוגניטיבי מצד המתמש להבין את המידע       |

בחרנו באופציה ב' בהתחשב במטלה לחקור מגמות צריכת אנרגיה לאורך זמן, הגרף השני מציג את השוני בין שתי מגמות השימוש בצורה יותר אינטואיטיבית למשתמש ולכן הוא המועדף. הגרף הקווי מאפשר למשתמש לראות בבירור ובצורה רציפה יותר את השינויים וההתפתחויות בצריכת האנרגיה, מה שמועיל להבנת מגמות ארוכות טווח ולקבלת החלטות מושכלות על סמך היסטוריה מרובת שנים. זהו גרף שמספק תמונה מקיפה יותר על השינויים בצריכה לאורך השנים וכך מאפשר לזהות טרנדים בצורה יעילה ומדויקת.

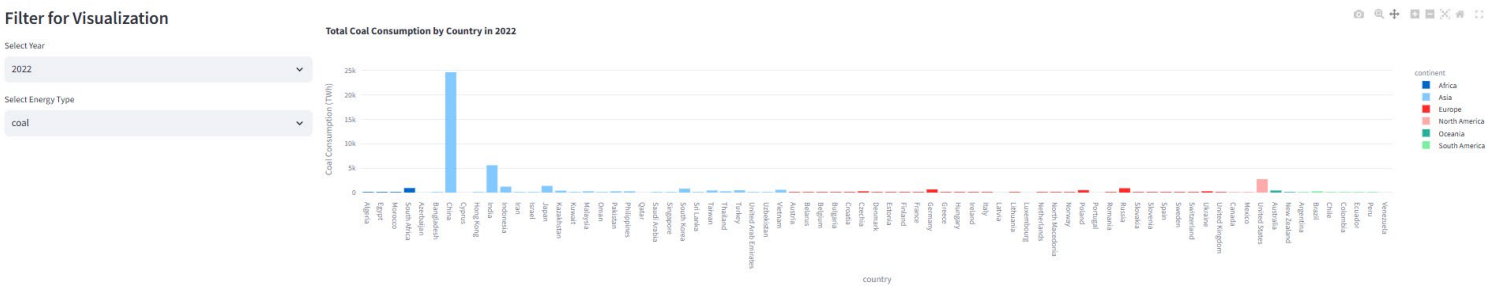
בסעיף 2' הגדרתם את משתנה השנה כקטגוריאלי. אם זה כך, אתם לא יכולים להשתמש בתרשים קווים כדי לתאר השתנויות לאורך השנים, אלא רק עמודות או נקודות. אבל לדעתי התרשים בסדר, וההגדרה של המשתנה לא נכונה.

מטלה 2: פילוח גאוגרפי של צריכת אנרגיה כוללת עבור כל סוג אנרגיה בשנים שונות

אופציה א':



אופציה ב':



הטבלה הזו מתארת מה עשיתם אבל לא מנתחת בהתאם למונחים שלמדנו בקורס. מעבר לכך, יש לא מעט אי דיוקים

| פרמטר    | תת פרמטר      | עיצוב א' – מפת העולם בשילוב Heatmap  | עיצוב ב' - גרף עמודות   |
|----------|---------------|--|---|
| Channels | Marks         | מדינות שונות במפת העולם: צבע שטח כל מדינה מייצגת את כמות הצריכה באותה מדינה לפי השנה וסוג האנרגיה שהשתמש בחר<br><b>1. שטח</b><br><b>2. קווים</b>     | עמודות: כל עמודה מייצגת את כמות הצריכה של אנרגיה מסוימת באותה שנה<br><b>קווים</b>   |
|          | Position      | מיקום כל עמודה במרווחים קבועים כך שמייצגים שנה שונה שבה אנו רואים את התפלגות צריכת האנרגיה היחסית  | כל עמודה מונחת לפי מדינה על ציר ה-X, מדינות באותה יבשת מוצגות אחת ליד השניה. גובה העמודה על ציר ה-Y מייצג את כמות הצריכה באותה שנה. |
|          | Color         | פלטת צבעים הדרגתית מייצגת כמויות צריכה שונות - מאפשר תפיסה ויזואלית של ההבדלים בצריכה בין אזורים גאוגרפיים שונים<br><b>למה הפלטה מסוג divergent?</b> | כל עמודה צבועה לפי יבשת, מה שמספק נתון חזותי נוסף על מיקום גאוגרפי<br><b>איזה מימד של צבע?</b>                                      |
|          | Area          | שטח כל מדינה מייצג באופן ממשי את הגודל של אותה מדינה (מאפשר למשתמש להבין אם יש קשר בין גודל של מדינה לכמות צריכת האנרגיה באותו אזור)                 | גובה כל עמודה מייצג את כמות הצריכה  |
|          | Filter        | מאפשר סינון לפי שנה מסוימת וסוג אנרגיה ספציפי  | מאפשר סינון לפי שנה מסוימת וסוג אנרגיה ספציפי   |
|          | Effectiveness | מציע תפיסה מידית של הבדלים בצריכת אנרגיה ברמה עולמית, יעיל לזיהוי מגמות גלובליות והבדלים בין מדינות.   | מאוד יעיל להצגת נתונים מדויקים על צריכה במדינה ספציפית, אך פחות מתאים להשוואה מהירה או לזיהוי מגמות גלובליות.                       |

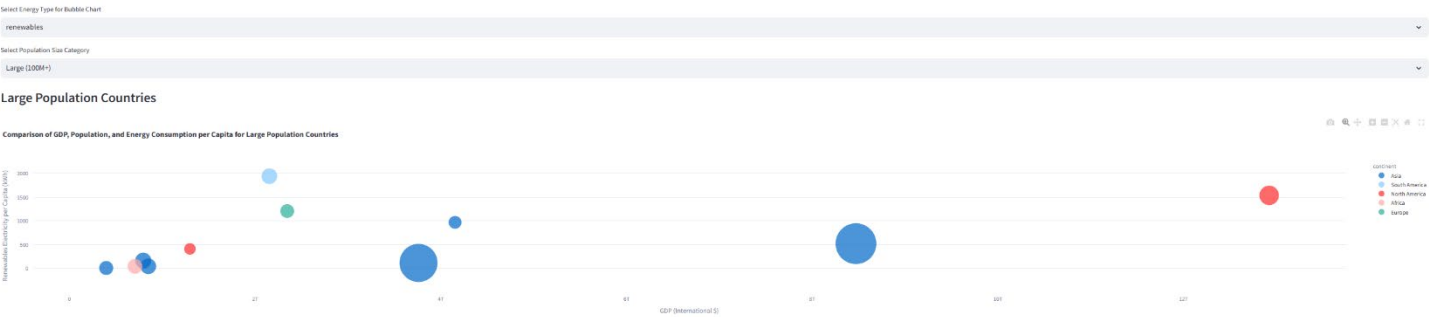
ההסברים ביחס לאפקטיביות ואקספרסיביות לא תואמים את מה שלמדנו בכיתה. אני לא אעיר על הדברים האלו בהמשך, כי אני רואה שהם חוזרים על עצמם.

|                |   |   |
|----------------|---|---|
| Expressiveness | מציע הבנה מהירה של נתונים בקנה מידה גלובלי, מאפשר לראות במבט כללי את מצב הצריכה בעולם, אך עשוי להיות פחות מדויק לנתונים ספציפיים.   | מספק תמונה מדויקת ומפורטת של צריכה לפי מדינה, מאפשר למשתמש לראות במדויק נתונים ספציפיים.  |
| יתרונות        | מציג מבט כולל על מצב האנרגיה בעולם, מאפשר לזהות מהר את המדינות עם הצריכה הגבוהה או הנמוכה ביותר. מאפשר למשתמש לבצע חיפוש אינטאקטיבי אחר נתוני מדינה מסוימת לפי מיקום גאוגרפי. | מציג נתונים בצורה מדויקת וקלה לקריאה לכל מדינה. ניתן לזהות באופן דיי מיידי מהן המדינות הכי פופולריות לכל סוג צריכת אנרגיה   |
| חסרונות        | פחות מדויק לנתונים מספריים ספציפיים, עשוי להסתיר פרטים עדינים של צריכה.   | קשה להשוות בין מדינות שונות במבט כולל (ללא זום-אין) וקשה לזהות מגמות רחבות. כאשר יש מדינות עם אחוז צריכה מאוד נמוך ביחס לכאלו עם אחוז מאוד גבוה (כמו בדוגמה) המידע עלול להיות מוסתר |

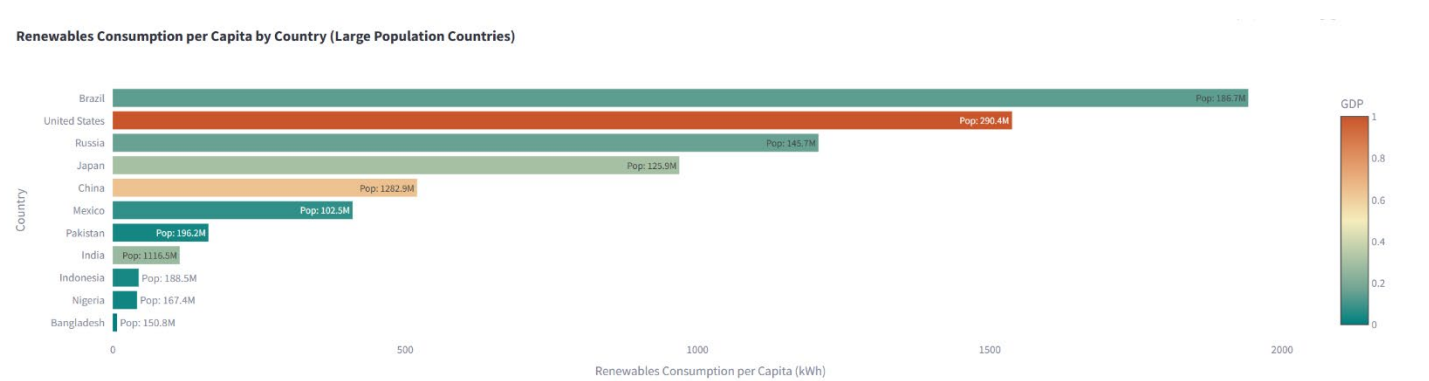
בחרנו באופציה ב', המתארת את צריכת האנרגיה במפה עולמית, מכיוון שהיא מספקת הבנה מידית וגלובלית של מגמות הצריכה ברחבי העולם. המפה מאפשרת זיהוי מהיר של המדינות עם הצריכה הגבוהה ביותר והנמוכה ביותר, מה שמקל על הבנת ההבדלים הגאוגרפיים והמדיניות האנרגטית השונה בין מדינות. כמו כן, היא מספקת תובנות חזותיות אפקטיביות ביותר למגמות ארוכות טווח, מה שמאפשר את היכולת לנתח ולהבין את אילו מדינות יותר דומיננטיות לפי כל סוג אנרגיה. בנוסף גרף זה גם מעודד גישה אינטראקטיבית, מה שמאפשר למשתמש לחקור ולהעמיק בנתונים בצורה יותר פעילה ולחפש באופן אקטיבי מידע לפי מיקום גאוגרפי.

מטלה 3: השפעת גודל האוכלוסייה והתמ"ג של מדינות שונות על צריכת האנרגיה לנפש

אופציה א':



אופציה ב':



| פרמטר         | תת פרמטר       | עיצוב א' – מפת העולם בשילוב Heatmap  | עיצוב ב' - גרף עמודות אופקי  |
|---------------|----------------|--|--|
| Channels      | Marks          | בועות: כל בועה מייצגת מדינה ומכילה מידע על הGDP, באיזה יבשת היא, כמות אוכלוסייה ומה צריכת האנרגיה שלה  | עמודות: כל עמודה מייצגת את כמות צריכת האנרגיה שנבחרה לנפש במדינה הספציפית  |
|               | Position       | מיקום הנקודות על ציר ה-X מייצג את ה-GDP ועל ציר ה-Y מייצג את צריכת האנרגיה לנפש  | מיקום העמודות על ציר ה-X מוצג על פי מדינות, וגובה העמודות על ציר ה-Y מייצג את צריכת האנרגיה לנפש   |
|               | Color          | גוון צבע שונה עבור כל יבשת – מאפשר למשתמש להבדיל טוב יותר בין הבועות השונות והאזור הגאוגרפי שלהן   | צבע העמודות מייצג את ה-GDP, עם פלטת צבעים שנהיית בצבע חם יותר ככל שה-GDP גדל   |
|               | Area           | גודל הבועה מייצג את כמות האוכלוסייה של המדינה, נותן משקל ויזואלי לגודל האוכלוסייה בקשר לצריכת האנרגיה  | רוחב העמודות מייצג את כמות צריכת האנרגיה לנפש, מאפשר השוואה ישירה בין צריכות במדינות שונות   |
|               | Filter         | מאפשר סינון לפי קטגוריית גודל של מדינה (מדינות עם כמות אוכלוסייה קטנה/ בינונית / גדולה) וגם סינון לפי סוג אנרגיה. כמו כן, לחיצה על אחת מהיבשות במקרא מאפשרת להסיר את כל הבועות השייכות ליבשת זו מהגרף ובכך להתמקד בכמות מצומצמת יותר של מדינות | מאפשר סינון לפי קטגוריית גודל של מדינה (מדינות עם כמות אוכלוסייה קטנה/ בינונית / גדולה) וגם סינון לפי סוג אנרגיה.  |
| Effectiveness | Annotation     | סימון טקסט שמציין את גודל האוכלוסייה בקצה של כל עמודה  |  |
|               |                | יעיל בהצגת קשרים מורכבים בעלי כמה ממדים כמו גודל אוכלוסייה, GDP, וצריכת אנרגיה.  | יעיל להצגת נתונים מספריים מדויקים של צריכת אנרגיה לנפש, אך פחות יעיל להבנת הקשרים המורכבים או לזיהוי מגמות רחבות   |
|               | Expressiveness | מציג בצורה ויזואלית את הקשרים בין כמה משתנים, מועיל במיוחד לפרשנות והבנה עמוקה של דינמיקות השוק וביחידה של הקורלציה בין ה-GDP, גודל האוכלוסייה וכמות הצריכה לנפש   | מספק תמונה ברורה ומדויקת של צריכת אנרגיה לנפש, אך עשוי להיות הצגה סטטית שלא מציגה את ההקשר הרחב ועונה על שאלת המשנה בצורה ברורה למשתמש.                              |
| יתרונות       |                | מצליח לשלב בצורה טובה מספר נותנים כמותיים ולהציג את הקשר שלהם ביחד. מייצר הפרדה טובה בין מדינות שונות ואזורים גאוגרפיים וכן מאפשר לזהות בצורה מהירה את הקורלציה בין המשתנים.   | מוביל להבנה מהירה ויעילה של נתוני צריכת אנרגיה פר נפש בקרב מדינות שונות. מאפשר הצגה מדויקת של הנתונים הדמוגרפיים והכלכליים של כל מדינה                               |
| חסרונות       |                | דורש יכולת הבנה וניתוח מורכבים, ניתוח מספר משתנים במקביל דורש מאמץ קוגניטיבי. פחות מתאים להצגת פרטים בצורה מפורטת אלא יותר לאפיון הקשרים הכלליים בין המשתנים   | לא ניתן לזהות בבירור את הקשרים בין המשתנים ובכך לא מועיל עבור מענה על שאלת המשנה. לא מציע תמונה מלאה של ההשפעות הדמוגרפיות והכלכליות על צריכת האנרגיה לנפש בכל מדינה |

בחרנו באופציה א', אשר מתארת בצורה מוצלחת יחסית את הקשר בין גודל האוכלוסייה וה-GDP של מדינה מסוימת על צריכת האנרגיה לנפש. גרף זה מאפשר למשתמש לפלטר גם בין אזורים גאוגרפיים שונים ע"י בחירת קטגוריות שונות לפי קטגוריית גודל אוכלוסייה ואזור גאוגרפי (לסמן ולהסיר מדינות ביבשת מסוימת). באופן זה האופציה שבחרנו עונה על שאלת המשנה בצורה טובה יותר ומאפשרת למשתמש אם קיים קשר בין נתונים דמוגרפיים וכלכליים על צריכת האנרגיה לנפש במדינות שונות.

## חלק 3: הסבר על העיצוב ויישומו

### הכנת הדאטה ועיבוד המידע:

השלב הראשון בהכנת פרוייקט הוויזואליזציה היה לבצע עיבוד מקדים של המידע ולנקות את הנתונים, בתוך כך נדרשנו להסיר חלק מהערכים החסרים ולבצע סינון של המידע על מנת להבטיח דיוק ואמינות בעת הצגת הוויזואליזציות השונות. מכיוון שסט המידע כלל מידע רחב ומפורט על מגוון סוגי אנרגיה – עבור חלק מהמדינות מידע זה היה חסר. על מנת להציג כמו שצריך את הנתונים, נדרשנו לבצע ניקוי מקדים וסינון של הנתונים כדי למנוע הצגה שגויה ומטעה של המידע. בנוסף על מנת לתמוך בהצגה של גרפים גאוגרפיים נדרשנו להוסיף מידע חיצוני של שטח ומיקום של כל מדינה במאגר הנתונים שלנו. כמו כן, ביצענו אגרגציה של הנתונים לפי יבשות והוספנו את המידע הכולל כרשומות חדשות בדאטה. עבור כל מדינה הוספנו עמודה לנתונים שמפרטת את היבשת של אותה מדינה.

### ממשק משתמש ויישום האפליקציה

רצינו לספק חווית משתמש ידידותית למשתמש ולאפשר הצגה אינטואיטיבית וברורה ככל הניתן, בתוך כל יצרנו הפרדה ברורה בין הוויזואליזציות השונות, הדגשנו כותרות ואפשרויות סינון של כל גרף והשקענו חשיבה רבה על המיקומים הנכונים בתוך הדף כך שהמשתמש יחוה חוויה איכותית כל הניתן. כחלק מאפשרויות הסינון שהכנסנו – משתמשים יכולים לסנן את הגרפים השונים לפי שנים שונות, סוגי אנרגיה, אזורים גאוגרפיים – כל סינון זה יוצר עדכון דינמי של הגרפים ומשקף את השינויים בצורה יעילה ומהירה. אינטראקטיביות זו משפרת את מעורבות המשתמש ומאפשרת ניתוח מיידי של מגמות צריכת האנרגיה ומענה ברור על מטלות המשתמש.

מימשנו את הממשק באמצעות אפליקציית Streamlit המאפשרת יצירת מגוון דאשבורדים שונים ואפשרויות הצגת גרפים בדף HTML בצורה נוחה ויעילה. מימשנו את הגרפים השונים באמצעות חבילת plotly express בפיתוח.

### כלי המחשה שונים שהשתמשנו בהם

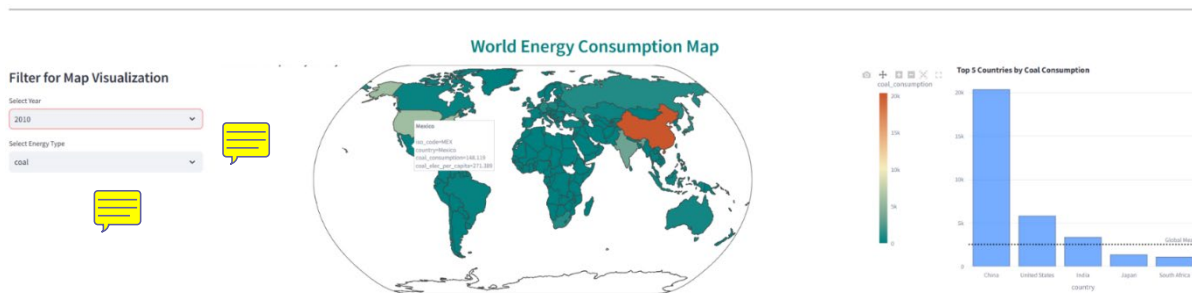
השתמשנו בכלים גרפיים מתקדמים כדי להציג את הנתונים בצורה דינמית ומדויקת ככל הניתן. חיפוש ומחקר אחר פלטת צבעים שתתאים בצורה הטובה ביותר את ההבדלים בין סוגי האנרגיה השונים, תכנון גרפים דינמיים שימשו לתיאור שינויי צריכת האנרגיה לאורך הזמן בכל מדינה. אלמנטים חזותיים אלו מספקים מבט מקיף וברור על הנתונים, ומאפשרים תובנות מעמיקות לגבי דפוסי צריכת האנרגיה העולמיים.

### סיכום

לסיכום, בעת מימוש הפרויקט השתמשנו בטכניקות עיבוד נתונים מתקדמות ויכולות ניתוח גבוהות כדי להפיק Dashboard אינטראקטיבי ואינפורמטיבי. לראיתנו, באופן זה הוויזואליזציה שייצרנו לא רק מסייעת בהבנת הנתונים המוצגים, אלא גם יכולה לסייע בתהליכי קבלת החלטות לגבי ניהול משאבי אנרגיה עבור גורמי עניין. השילוב של עיבוד נתונים מתקדם זה, יכולות ניתוח ומימוש גרפיים בעלי יכולת אינטראקטיבית וסינון נתונים מאפשר לענות על מטלות המשתמש באופן האופטימלי ומדגיש את הכוח הטמון של וויזואליזציה בשילוב עם מידע איכותי ואמין להצגת מידע מורכב בצורה נגישה.

## תיאור הוויאולציה + צילומי מסך מתוך האפליקציה

- הגרף הראשון – תצוגה אינטראקטיבית של מפת צריכת אנרגיה (כוללת 3 מאפיינים מרכזיים):



השימוש בסולם מתפצל לא מתאים, כי אין בתכונה הזו נקודת פיצול טבעית

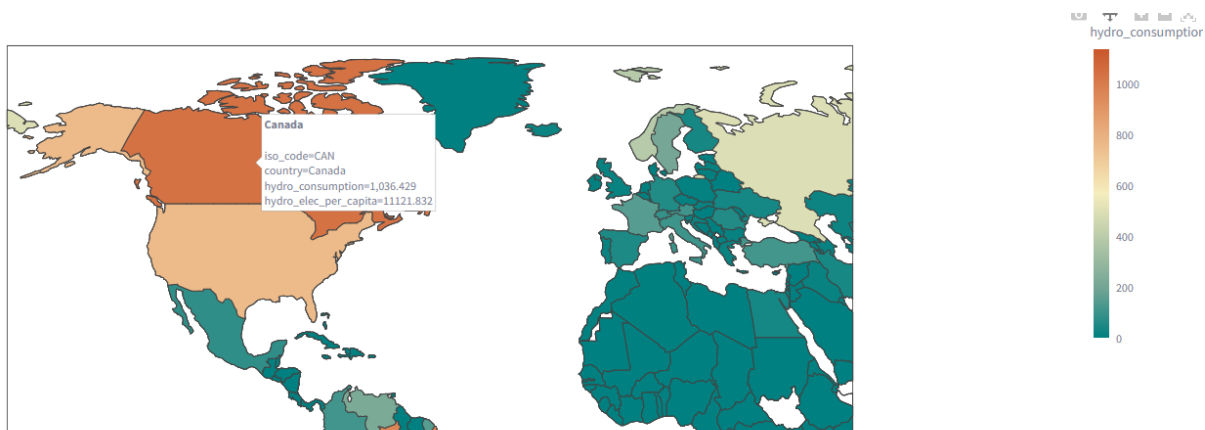
- Sidebar לפילטור המידע שמוצג במפה לפי שנה ולפי סוג אנרגיה לבחירת המשתמש:

**Filter for Map Visualization**

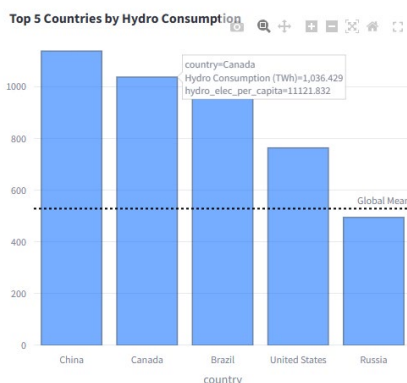
Select Year  
2010

Select Energy Type  
coal

- יכולת סיבוב דינמית של מפת העולם ו"זום אין" על מנת להציג נתונים מפורטים לפי מיקום גאוגרפי של כל מדינה – (פלטת צבעים מימין למפה, בכל שהצבע יותר כתום צריכת האנרגיה גבוהה יותר).



- גרף "עזר" שמציג את הצרכניות המובילות עבור כל סוג אנרגיה:



• הגרף השני – גרף בועות שמשווה בין שלוש ערכים כמותיים (כמות אוכלוסייה, תמ"ג וכמות צריכת אנרגיה לנפש)

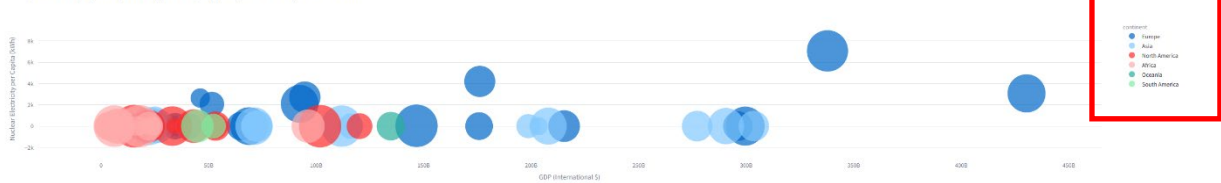
Comparison of GDP, Population, and Energy Consumption per Capita



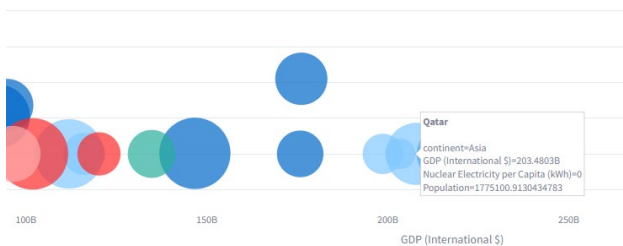
- עבור ויזואליזציה זו הוספנו סינון לפי 2 ערכים – סוג אנרגיה וקטגוריית גודל של מדינה (מעל 100M תושבים , לא ברור לי למה אי אפשר להציג את כל המדינות, מאחר והצריכה מתוקנת לפי גודל האוכלוסייה. בכל מקרה, אני חושב שהיה רצוי לפחות לאפשר את כל סינון יצור שינוי בנתונים המוצגים לגרף הבועות כפי שניתן לראות בדוגמה מטה:

Small Population Countries

Comparison of GDP, Population, and Energy Consumption per Capita for Small Population Countries



- גודל הבועות מייצג את כמות האוכלוסייה וצבע הבועות מתאר את היבשת של אותה מדינה, כאשר המשתמש מסמן עם העכבר בועה מסוימת בגרף צץ חלון pop-out עם נתונים מפורטים של צריכת האנרגיה ושם המדינה:

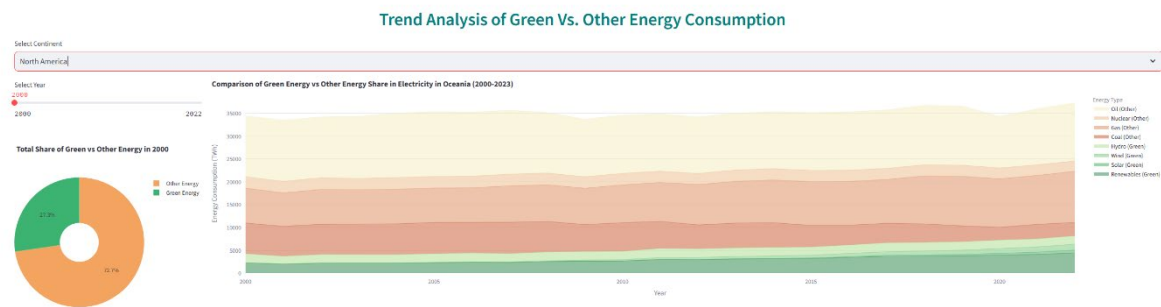


כפי שציינתי למעלה, השימוש בגודל הבועות יוצר אפקטים בעייתיים. מאחר וכבר חילקתם את המדינות לקטגוריות לפי גודל האוכלוסייה, אולי אפשר לוותר על קידוד גודל האוכלוסייה (כלומר שכל הבועות יהיו באותו גודל)

- כמו כן, לחיצה על אחת מהיבשות בlegend יאפשר למשתמש להסיר מהוויזואליזציה את כל המדינות השייכות ליבשת זו ובכך להתמקד בצורה טובה ולהפוך את התצוגה לפחות "צפופה" באמצעות זום-אין וסינון המידע. (בדוגמה – התמקדות רק ביבשת אסיה ודרום אפריקה עבור מדינות עם כמות אוכלוסייה קטנה)



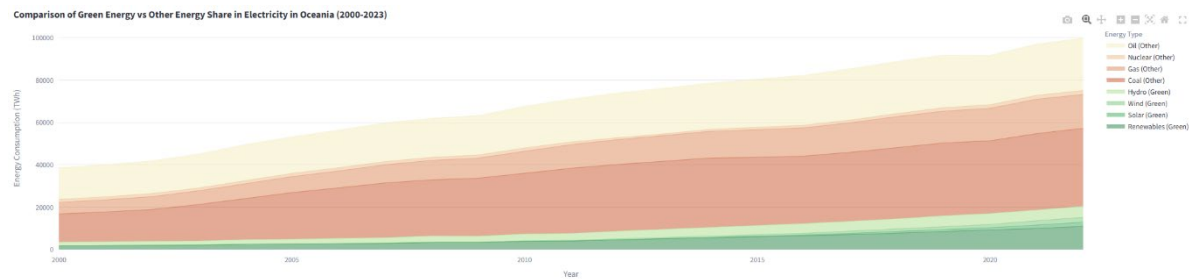
הגרף השלישי – הצגת מגמות צריכה של סוגי אנרגיה ירוקה למול סוגי אנרגיה אחרים:



הצגה של מגמות הצריכה השונות בין השנים 2000-2023, בצד ימין לגרף מופיע מקרא שמציין את לפי צבע השימוש בצבעים מוצלח.

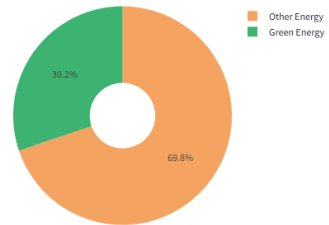
את סוג האנרגיה – גזונים ירוקים עבור סוגי אנרגיה ירוקה וגזונים כתומים עבור אנרגיה שונה  
היה יכול להיות מעניין להוסיף אופציה של הפיכת התרשים הזה לתרשים מתוקנן (כלומר אחוז של כל אחד ממקורות האנרגיה מהסך הכל בכל יבשת).

יבשת אסיה:



גרף "עזר" שמראה את המגמה הכללית בשנה X לבחירת המשתמש – באמצעות "סליידר נע" שבאפשרותו

ניתן לשנות את השנה עבורה גרף הפאי יציג את הנתונים:





נספח א' - תיאור מפורט של העמודות בדאטה:

| Attribute Name           | Type                   | Units  | Description  |
|--------------------------|------------------------|--|--|
| country                  | Categorical (nominal)  |  | Country - Geographic location.   |
| year                     | Ordered (quantitative) |  | Year - Year of observation.  |
| iso_code                 | Categorical (nominal)  |  | ISO code - ISO 3166-1 alpha-3 three-letter country codes.  |
| population               | Categorical (nominal)  | persons  | Population - Population by country, available from 10,000 BCE to 2100, based on data and estimates from different sources.   |
| gdp                      | Ordered (quantitative) | international-\$ in 2011 prices                          | Gross domestic product (GDP) - This data is adjusted for inflation and differences in the cost of living between countries.  |
| biofuel_cons_change_pct  | Ordered (quantitative) | %  | Annual percentage change in biofuel consumption - Includes biogasoline (such as ethanol) and biodiesel. Volumes have been adjusted for energy content.                         |
| biofuel_cons_change_twh  | Ordered (quantitative) | terawatt-hours   | Annual change in biofuel consumption - Includes biogasoline (such as ethanol) and biodiesel. Volumes have been adjusted for energy content.                                    |
| biofuel_cons_per_capita  | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours   | Biofuel consumption per capita - Measured in kilowatt-hours per person.  |
| biofuel_consumption      | Ordered (quantitative) | terawatt-hours   | Primary energy consumption from biofuels - Measured in terawatt-hours.   |
| biofuel_elec_per_capita  | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours   | Electricity generation from bioenergy per person - Measured in kilowatt-hours per person.  |
| biofuel_electricity      | Ordered (quantitative) | terawatt-hours   | Electricity generation from bioenergy - Measured in terawatt-hours.  |
| biofuel_share_elec       | Ordered (quantitative) | %  | Share of electricity generated by bioenergy - Measured as a percentage of total electricity.   |
| biofuel_share_energy     | Ordered (quantitative) | %  | Share of primary energy consumption that comes from biofuels - Measured as a percentage of the total primary energy, using the substitution method.                            |
| carbon_intensity_elec    | Ordered (quantitative) | grams of CO <sub>2</sub> , equivalents per kilowatt-hour | Carbon intensity of electricity generation - Greenhouse gases emitted per unit of generated electricity, measured in grams of CO <sub>2</sub> , equivalents per kilowatt-hour. |
| coal_cons_change_pct     | Ordered (quantitative) | %  | Annual percentage change in coal consumption   |
| coal_cons_change_twh     | Ordered (quantitative) | terawatt-hours   | Annual change in coal consumption  |
| coal_cons_per_capita     | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours   | Coal consumption per capita - Measured in kilowatt-hours per person.   |
| coal_consumption         | Ordered (quantitative) | terawatt-hours   | Primary energy consumption from coal - Measured in terawatt-hours.   |
| coal_elec_per_capita     | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours   | Electricity generation from coal per person - Measured in kilowatt-hours per person.   |
| coal_electricity         | Ordered (quantitative) | terawatt-hours   | Electricity generation from coal - Measured in terawatt-hours.   |
| coal_prod_change_pct     | Ordered (quantitative) | %  | Annual change in coal production - Measured as a percentage of the previous year's production.   |
| coal_prod_change_twh     | Ordered (quantitative) | terawatt-hours   | Annual change in coal production - Measured in terawatt-hours.   |
| coal_prod_per_capita     | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours   | Coal production per capita - Measured in kilowatt-hours per capita.  |
| coal_production          | Ordered (quantitative) | terawatt-hours   | Coal production - Measured in terawatt-hours.  |
| coal_share_elec          | Ordered (quantitative) | %  | Share of electricity generated by coal - Measured as a percentage of total electricity.  |
| coal_share_energy        | Ordered (quantitative) | %  | Share of primary energy consumption that comes from coal - Measured as a percentage of the total primary energy, using the substitution method.                                |
| electricity_demand       | Categorical (nominal)  | terawatt-hours   | Electricity demand - Measured in terawatt-hours.   |
| electricity_generation   | Ordered (quantitative) | terawatt-hours   | Total electricity generation - Measured in terawatt-hours.   |
| electricity_share_energy | Ordered (quantitative) | %  | Total electricity generation as share of primary energy - Measured as a percentage of total, direct primary energy consumption.  |
| energy_cons_change_pct   | Ordered (quantitative) | %  | Annual change in primary energy consumption  |
| energy_cons_change_twh   | Ordered (quantitative) | terawatt-hours   | Annual change in primary energy consumption  |

|                          |                        |  |  |
|--------------------------|------------------------|--|--|
| energy_per_capita        | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours per person                  | Primary energy consumption per capita - Measured in kilowatt-hours per person.   |
| energy_per_gdp           | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours per \$                      | Primary energy consumption per GDP - Measured in kilowatt-hours per international-\$.  |
| fossil_cons_change_pct   | Ordered (quantitative) | %  | Annual percentage change in fossil fuel consumption  |
| fossil_cons_change_twh   | Ordered (quantitative) | terawatt-hours                             | Annual change in fossil fuel consumption   |
| fossil_elec_per_capita   | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours                             | Electricity generation from fossil fuels per person - Measured in kilowatt-hours per person.   |
| fossil_electricity       | Ordered (quantitative) | terawatt-hours                             | Electricity generation from fossil fuels - Measured in terawatt-hours.   |
| fossil_energy_per_capita | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours                             | Fossil fuel consumption per capita - Measured in kilowatt-hours per person.  |
| fossil_fuel_consumption  | Ordered (quantitative) | terawatt-hours                             | Primary energy consumption from fossil fuels - Measured in terawatt-hours.   |
| fossil_share_elec        | Ordered (quantitative) | %  | Share of electricity generated by fossil fuels - Measured as a percentage of total electricity.  |
| fossil_share_energy      | Ordered (quantitative) | %  | Share of primary energy consumption that comes from fossil fuels - Measured as a percentage of the total primary energy, using the substitution method.                  |
| gas_cons_change_pct      | Ordered (quantitative) | %  | Annual percentage change in gas consumption  |
| gas_cons_change_twh      | Ordered (quantitative) | terawatt-hours                             | Annual change in gas consumption   |
| gas_consumption          | Ordered (quantitative) | terawatt-hours                             | Primary energy consumption from gas - Measured in terawatt-hours.  |
| gas_elec_per_capita      | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours                             | Electricity generation from gas per person - Measured in kilowatt-hours per person.  |
| gas_electricity          | Ordered (quantitative) | terawatt-hours                             | Electricity generation from gas - Measured in terawatt-hours.  |
| gas_energy_per_capita    | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours                             | Gas consumption per capita - Measured in kilowatt-hours per person.  |
| gas_prod_change_pct      | Ordered (quantitative) | %  | Annual change in gas production - Measured as a percentage of the previous year's production.  |
| gas_prod_change_twh      | Ordered (quantitative) | terawatt-hours                             | Annual change in gas production - Measured in terawatt-hours.  |
| gas_prod_per_capita      | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours                             | Gas production per capita - Measured in kilowatt-hours per capita.   |
| gas_production           | Ordered (quantitative) | terawatt-hours                             | Gas production - Measured in terawatt-hours.   |
| gas_share_elec           | Ordered (quantitative) | %  | Share of electricity generated by gas - Measured as a percentage of total electricity.   |
| gas_share_energy         | Ordered (quantitative) | %  | Share of primary energy consumption that comes from gas - Measured as a percentage of the total primary energy, using the substitution method.                           |
| greenhouse_gas_emissions | Ordered (quantitative) | million tonnes CO <sub>2</sub> equivalents | Emissions from electricity generation - Measured in megatonnes of CO <sub>2</sub> equivalents.   |
| hydro_cons_change_pct    | Ordered (quantitative) | %  | Annual percentage change in hydropower consumption - Figures are based on gross primary hydroelectric generation and do not account for cross-border electricity supply. |
| hydro_cons_change_twh    | Ordered (quantitative) | terawatt-hours                             | Annual change in hydropower consumption - Input-equivalent energy is based on gross generation and does not account for cross-border electricity supply.                 |
| hydro_consumption        | Ordered (quantitative) | terawatt-hours                             | Primary energy consumption from hydropower - Measured in terawatt-hours, using the substitution method.  |
| hydro_elec_per_capita    | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours                             | Electricity generation from hydropower per person - Measured in kilowatt-hours per person.   |
| hydro_electricity        | Ordered (quantitative) | terawatt-hours                             | Electricity generation from hydropower - Measured in terawatt-hours.   |
| hydro_energy_per_capita  | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours                             | Hydropower consumption per capita - Measured in kilowatt-hours per person.   |
| hydro_share_elec         | Ordered (quantitative) | %  | Share of electricity generated by hydropower - Measured as a percentage of total electricity.  |
| hydro_share_energy       | Ordered (quantitative) | %  | Share of primary energy consumption that comes from hydropower - Measured as a percentage of the total primary energy, using the substitution method.                    |

|                               |                        |                |  |
|-------------------------------|------------------------|----------------|--|
| low_carbon_cons_change_pct    | Ordered (quantitative) | %              | Annual percentage change in low-carbon energy consumption - Figures are based on gross generation and do not account for cross-border electricity supply.  |
| low_carbon_cons_change_twh    | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Annual change in low-carbon energy consumption - Input-equivalent energy is based on gross generation and does not account for cross-border electricity supply.  |
| low_carbon_consumption        | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Primary energy consumption from low-carbon sources - Measured in terawatt-hours, using the substitution method.  |
| low_carbon_elec_per_capita    | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Electricity generation from low-carbon sources per person - Low-carbon sources correspond to renewables and nuclear power, that produce significantly less greenhouse-gas emissions than fossil fuels. |
| low_carbon_electricity        | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Electricity generation from low-carbon sources - Low-carbon sources correspond to renewables and nuclear power, that produce significantly less greenhouse-gas emissions than fossil fuels.            |
| low_carbon_energy_per_capita  | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Low-carbon energy consumption per capita - Measured in kilowatt-hours per person.  |
| low_carbon_share_elec         | Ordered (quantitative) | %              | Share of electricity generated by low-carbon sources - Low-carbon sources correspond to renewables and nuclear power, that produce significantly less greenhouse-gas emissions than fossil fuels.      |
| low_carbon_share_energy       | Ordered (quantitative) | %              | Share of primary energy consumption that comes from low-carbon sources - Measured as a percentage of the total primary energy, using the substitution method.  |
| net_elec_imports              | Categorical (nominal)  | terawatt-hours | Net electricity imports - Electricity imports minus exports, measured in TWh.  |
| net_elec_imports_share_demand | Ordered (quantitative) | %              | Net electricity imports as a share of demand - Electricity imports minus exports, measured as a percentage of total electricity demand.  |
| nuclear_cons_change_pct       | Ordered (quantitative) | %              | Annual percentage change in nuclear power consumption - Figures are based on gross generation and do not account for cross-border electricity supply.  |
| nuclear_cons_change_twh       | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Annual change in nuclear power consumption - Input-equivalent energy is based on gross generation and does not account for cross-border electricity supply.  |
| nuclear_consumption           | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Primary energy consumption from nuclear power - Measured in terawatt-hours, using the substitution method.   |
| nuclear_elec_per_capita       | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Electricity generation from nuclear power per person - Measured in kilowatt-hours per person.  |
| nuclear_electricity           | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Electricity generation from nuclear - Measured in terawatt-hours.  |
| nuclear_energy_per_capita     | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Nuclear power consumption per capita - Measured in kilowatt-hours per person.  |
| nuclear_share_elec            | Ordered (quantitative) | %              | Share of electricity generated by nuclear power - Measured as a percentage of total electricity.   |
| nuclear_share_energy          | Ordered (quantitative) | %              | Share of primary energy consumption that comes from nuclear power - Measured as a percentage of the total primary energy, using the substitution method.   |
| oil_cons_change_pct           | Ordered (quantitative) | %              | Annual percentage change in oil consumption  |
| oil_cons_change_twh           | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Annual change in oil consumption   |
| oil_consumption               | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Primary energy consumption from oil - Measured in terawatt-hours.  |
| oil_elec_per_capita           | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Electricity generation from oil per person - Measured in kilowatt-hours per person.  |
| oil_electricity               | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Electricity generation from oil - Measured in terawatt-hours.  |
| oil_energy_per_capita         | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Oil consumption per capita - Measured in kilowatt-hours per person.  |
| oil_prod_change_pct           | Ordered (quantitative) | %              | Annual change in oil production - Measured as a percentage of the previous year's production.  |
| oil_prod_change_twh           | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Annual change in oil production - Measured in terawatt-hours.  |
| oil_prod_per_capita           | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Oil production per capita - Measured in kilowatt-hours per capita.   |
| oil_production                | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Oil production - Measured in terawatt-hours.   |
| oil_share_elec                | Ordered (quantitative) | %              | Share of electricity generated by oil - Measured as a percentage of total electricity.   |
| oil_share_energy              | Ordered (quantitative) | %              | Share of primary energy consumption that comes from oil - Measured as a percentage of the total primary energy, using the substitution method.   |
| other_renewable_consumption   | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Primary energy consumption from other renewables - Measured in terawatt-hours, using the substitution method.  |

|  |                        |                |  |
|--|------------------------|----------------|--|
| other_renewable_electricity                  | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Electricity generation from other renewables, including bioenergy - Measured in terawatt-hours.  |
| other_renewable_exc_biofuel_electricity      | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Electricity generation from other renewables, excluding bioenergy - Measured in terawatt-hours.  |
| other_renewables_cons_change_pct             | Ordered (quantitative) | %              | Annual percentage change in other renewables consumption - Figures are based on gross generation and do not account for cross-border electricity supply.                           |
| other_renewables_cons_change_twh             | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Annual change in other renewables consumption - Input-equivalent energy, in terawatt-hours, is based on gross generation and does not account for cross-border electricity supply. |
| other_renewables_elec_per_capita             | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Electricity generation from other renewables, including bioenergy, per person - Measured in kilowatt-hours per person.   |
| other_renewables_elec_per_capita_exc_biofuel | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Electricity generation from other renewables, excluding bioenergy, per person - Measured in kilowatt-hours per person.   |
| other_renewables_energy_per_capita           | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Other renewables consumption per capita - Measured in kilowatt-hours per person.   |
| other_renewables_share_elec                  | Ordered (quantitative) | %              | Share of electricity generated by other renewables, including bioenergy - Measured as a percentage of total electricity.   |
| other_renewables_share_elec_exc_biofuel      | Ordered (quantitative) | %              | Share of electricity generated by other renewables, excluding bioenergy - Measured as a percentage of total electricity.   |
| other_renewables_share_energy                | Ordered (quantitative) | %              | Share of primary energy consumption that comes from other renewables - Measured as a percentage of the total primary energy, using the substitution method.                        |
| per_capita_electricity                       | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Total electricity generation per person - Measured in kilowatt-hours per person.   |
| primary_energy_consumption                   | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Primary energy consumption - Measured in terawatt-hours.   |
| renewables_cons_change_pct                   | Ordered (quantitative) | %              | Annual percentage change in renewables consumption   |
| renewables_cons_change_twh                   | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Annual change in renewables consumption  |
| renewables_consumption                       | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Primary energy consumption from renewables - Measured in terawatt-hours, using the substitution method.  |
| renewables_elec_per_capita                   | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Electricity generation from renewables per person - Measured in kilowatt-hours per person.   |
| renewables_electricity                       | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Electricity generation from renewables - Measured in terawatt-hours.   |
| renewables_energy_per_capita                 | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Renewables consumption per capita - Measured in kilowatt-hours per person.   |
| renewables_share_elec                        | Ordered (quantitative) | %              | Share of electricity generated by renewables - Measured as a percentage of total electricity.  |
| renewables_share_energy                      | Ordered (quantitative) | %              | Share of primary energy consumption that comes from renewables - Measured as a percentage of the total primary energy, using the substitution method.                              |
| solar_cons_change_pct                        | Ordered (quantitative) | %              | Annual percentage change in solar power consumption - Figures are based on gross generation and do not account for cross-border electricity supply.                                |
| solar_cons_change_twh                        | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Annual change in solar power consumption - Input-equivalent energy, in terawatt-hours, is based on gross generation and does not account for cross-border electricity supply.      |
| solar_consumption                            | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Primary energy consumption from solar power - Measured in terawatt-hours, using the substitution method.   |
| solar_elec_per_capita                        | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Electricity generation from solar power per person - Measured in kilowatt-hours per person.  |
| solar_electricity                            | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Electricity generation from solar power - Measured in terawatt-hours.  |
| solar_energy_per_capita                      | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Solar power consumption per capita - Measured in kilowatt-hours per person.  |
| solar_share_elec                             | Ordered (quantitative) | %              | Share of electricity generated by solar power - Measured as a percentage of total electricity.   |
| solar_share_energy                           | Ordered (quantitative) | %              | Share of primary energy consumption that comes from solar power - Measured as a percentage of the total primary energy, using the substitution method.                             |
| wind_cons_change_pct                         | Ordered (quantitative) | %              | Annual percentage change in wind power consumption - Figures are based on gross generation and do not account for cross-border electricity supply.                                 |
| wind_cons_change_twh                         | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Annual change in wind power consumption - Input-equivalent energy, in terawatt-hours, is based on gross generation and does not account for cross-border electricity supply.       |
| wind_consumption                             | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Primary energy consumption from wind power - Measured in terawatt-hours, using the substitution method.  |

|                        |                        |                |   |
|------------------------|------------------------|----------------|---|
| wind_elec_per_capita   | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Electricity generation from wind power per person - Measured in kilowatt-hours per person.  |
| wind_electricity       | Ordered (quantitative) | terawatt-hours | Electricity generation from wind power - Measured in terawatt-hours.  |
| wind_energy_per_capita | Ordered (quantitative) | kilowatt-hours | Wind power consumption per capita - Measured in kilowatt-hours per person.  |
| wind_share_elec        | Ordered (quantitative) | %              | Share of electricity generated by wind power - Measured as a percentage of total electricity.   |
| wind_share_energy      | Ordered (quantitative) | %              | Share of primary energy consumption that comes from wind power - Measured as a percentage of the total primary energy, using the substitution method. |