

## ANALIZA PORÓWNAWCZA MOŻLIWOŚCI ZASTĄPIENIA KONWENCJONALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII ŹRÓDŁAMI OZE, NA POTRZEBY TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ W RAMACH ŁUŻYCKIEGO ZIELONEGO ŁADU

Dokument został sporządzony w Instytucie Doradztwa i Analiz dr inż. Karol Pawlak we współpracy z Sustainable Energy Solutions Sp. z o.o dla

### **Krajowej Izby Klasterów Energii**

prof. dr hab. inż. Józef Paska

dr inż. Karol Pawlak

dr Andrzej Węgrzyn – Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych

mgr inż. Olgierd Cybulski

mgr inż. Aneta Mielczarkowska

mgr inż. Dominik Tomaszczak

inż. Krzysztof Szymański

Mateusz Pawlak



# Transformacja energetyczna



## Cel prezentacji

**Celem** prezentacji jest przedstawienie koncepcji zastąpienia emisyjnej elektrowni konwencjonalnej miksem Odnawialnych Źródeł Energii.

**Wnioski** z przeprowadzonej analizy bezwzględnie potwierdzają możliwość techniczną oraz ekonomiczną, zastąpienia elektrowni konwencjonalnej miksem OZE.





# Transformacja energetyczna

## Wnioski

Elektrownia Turów może zostać zastąpiona miksem OZE takich jak **wiatr**, **słońce**, **biomasa** oraz **woda**. Analizowany obszar ma potencjał do zainstalowania wymaganej mocy OZE. Jak wykazała analiza, transformacja taka niesie ze sobą nie tylko **korzyści ekologiczne**, ale **również ekonomiczne**. Różnica w koszcie wytwarzania energii elektrycznej z miksu OZE w stosunku do konwencjonalnego źródła jest na tyle duża, że zakładany **okres zwrotu inwestycji wyniesie 15 lat**, biorąc pod uwagę jedynie różnicę w koszcie.

Zaletą transformacji jest również **poprawienie warunków życia mieszkańców** rejonu oraz **polepszenie stosunków międzynarodowych** (Czechy i Niemcy).





# Transformacja energetyczna



## Stabilność konwencjonalnych źródeł wytwórczych

Sytuacja z 22 czerwca 2020 r. pokazała jakie problemy mogą występować w **elektrowniach konwencjonalnych**. Dostępna moc elektrowni w Bełchatowie, Opolu, Kozienicach, Połańcu oraz Włocławku wskutek **różnych usterek, obniżyła się o ok. 4 GW**.

Największy problem pojawił się w Bełchatowie. Usterka spowodowała **wyłączenie czterech bloków energetycznych**.

Konieczne było uruchomienie pomocy międzyoperatorskiej. Moc dostarczona przez połączenia transgraniczne ze Szwecji, Niemiec, Czech, Słowacji i Litwy **sięgała 3 GW**. Cała ta sytuacja wpłynęła na ceny energii elektrycznej na Towarowej Giełdzie Energii. Między godziną 10 a 12 ceny energii elektrycznej na rynku bilansującym sięgnęły według wstępnych szacunków **1270 – 1290 zł/MWh**.<sup>[1]</sup>





# Transformacja energetyczna



## Odejście od węgla

Wspólne wycofanie się z węgla brunatnego Polski, Niemiec i Czech może stanowić jeden z **flagowych projektów w ramach Europejskiego Zielonego Ładu**.

Aby nowe elektrownie odnawialne mogły, w jak największym stopniu, zastąpić wycofywany węgiel brunatny, należy przeprowadzić **reformy rynkowe zwiększające elastyczność systemu** i możliwości integracji OZE.

Równoległe odejście od węgla brunatnego przez wyżej wymienione kraje jest **możliwe, uzasadnione kosztowo oraz przyniesie blisko 50% redukcji emisji CO<sub>2</sub>** z elektroenergetyki w regionie. <sup>[14]</sup>





# Transformacja energetyczna



## Koncepcja opracowania

Obszar Turoszowa i jego potencjał poddaliśmy szczegółowej analizie ekspertów Instytutu Elektroenergetyki, Zakładu Elektrowni i Gospodarki Elektroenergetycznej Politechniki Warszawskiej. Wynikiem prac i treścią niniejszej prezentacji jest:

- 1. Określenie aktualnego stanu regionu**
- 2. Wskazanie wyprowadzenia mocy**
- 3. Określenie potencjału**
- 4. Optymalny dobór mixu OZE w celu zastąpienia elektrowni Turów**
- 5. Koncepcja właściwego miejscowo magazynu energii**
- 6. Analiza kosztów wytwarzania energii OZE**
- 7. Wpływ na lokalny rynek pracy i przyciągnięcie inwestycji**





# Transformacja energetyczna



## Określenie aktualnego stanu regionu - ZKlaster

- Na terenie powiatu zgorzeleckiego, w ramach Zgorzeleckiego Klastra Rozwoju OZE i Efektywności Energetycznej, powstała największa i najnowocześniejsza inwestycja fotowoltaiczna w Polsce,
- Moc już zainstalowanych OZE, nieopodal elektrowni Turów, wynosi **79MW**,
- Aktualne inwestycje w liczbach: **200 ha** powierzchni, **250 tys. paneli PV**, setki kilometrów kabli
- W ciągu najbliższych lat spółki zrzeszone w ZKlastrze zbudują **500 MW mocy z OZE**,
- Równoległe, dla zespołów elektrowni PV, powstał **inteligentny system sieci dystrybucyjnej**,
- Członkami ZKlastra są również spółki innowacyjne i start-upy, wśród których wyróżnia się E-Power Control, z przełomową **technologią magazynowania energii** i wytwarzania dużych mocy obliczeniowych.
- ZKlaster posiada też klastrowy Hub Innowacji, w którym powstał **pierwszy w Polsce terenowy pojazd elektryczny**





# Transformacja energetyczna



## Określenie aktualnego stanu regionu - elektrownia

- **6 bloków energetycznych** w eksploatacji,
- **budowany nowy blok 450 MW**,
- moc: **1498,8 MW** (bloki nr 1, 2, 3 – **235 MW** oraz bloki nr 4, 5, 6 – **261 MW**),
- techniczne możliwości rocznej generacji energii elektrycznej: **13 144 008 MWh**,
- elektrownia zasilana jest węglem brunatnym, dostarczonym z kopalni odkrywkowej w Turowie
- zużycie węgla brunatnego przy pełnym obciążeniu elektrowni wynosi **11 991 500 ton**,
- jako paliwo uzupełniające stosuje się od 2009 roku **biomasę pochodzenia roślinnego**







# Transformacja energetyczna

## Określenie aktualnego stanu regionu

### Informacje odnośnie kopalni odkrywkowej:

- powierzchnia obszaru górniczego **3100 ha** [29]
- dziś kopalnia Turów to **31,04 km<sup>2</sup>** obszaru górniczego [30]
- maksymalna głębokość wyrobiska to **225 m** [30]
- łączna długość taśmociągów wynosi **194 km** [30]
- struktura wykopaliska jest bardzo **nieregularna**
- szacunkowo złoża wystarczą do **2044 r.** [31]
- w marcu 2020r. została przedłużona koncesja na kolejne **6 lat** wydobywania [32]





# Transformacja energetyczna



## Określenie aktualnego stanu regionu

Koszt budowy nowego bloku o mocy **450 MW** wyniesie w przybliżeniu **4,5 mld zł**.<sup>[37]</sup>

Równolegle Elektrownia Turów prowadzi inną inwestycję - **gruntowną modernizację bloków 1-3**. Wartość projektu to około **800 mln zł**. Modernizacja ma na celu zwiększenie ich mocy **z 235 MW do 250 MW**, a także poprawienia sprawności i dyspozycyjności.<sup>[36]</sup>

Nakłady finansowe na **modernizację oraz rozbudowę bloków** w elektrowni Turów, na skutek czego moc elektrowni wzrośnie do około **2 GW**, będą przewyższać **5 mld. zł**.





# Transformacja energetyczna

## Określenie aktualnego stanu regionu

- Sprawność elektrowni wynosi **około 41 %**, <sup>[35]</sup>
- Produkcja energii elektrycznej netto z elektrowni Turów w 2015 r. wynosiła około **7 TWh**, co stanowiło w przybliżeniu **5,5 %** zapotrzebowania na energię elektryczną w Polsce, <sup>[35]</sup>
- W 2015 r. czas wykorzystania mocy znamionowej elektrowni Turów nie przekraczał **4800 h**, a obecnie jest on jeszcze niższy, <sup>[35]</sup>
- Z elektrowni prowadzona jest również sprzedaż ciepła w ilości około **180 GWh**. <sup>[35]</sup>



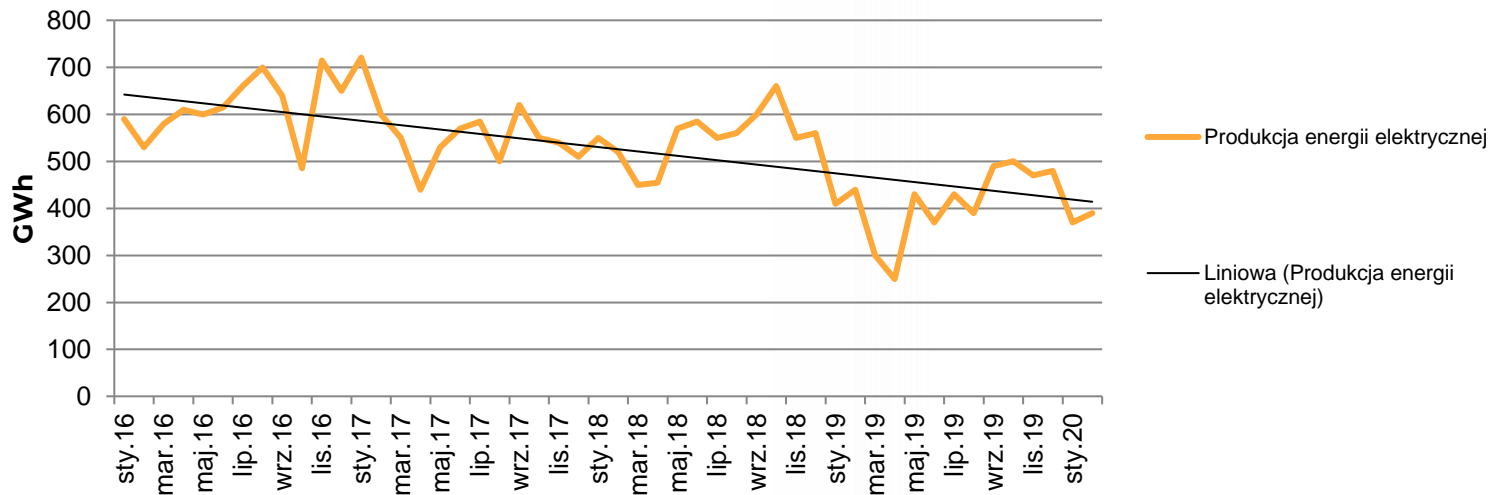


# Transformacja energetyczna

Określenie aktualnego stanu regionu

Analizując dane można zaobserwować spadkową tendencję produkcji energii elektrycznej w elektrowni Turów.

Produkcja energii elektrycznej w elektrowni Turów



Szacunkowy wykres produkcji energii elektrycznej w elektrowni Turów na podstawie danych z PSE. <sup>[9]</sup>



# Transformacja energetyczna



## Określenie aktualnego stanu regionu

System elektroenergetyczny powiatu Zgorzeleckiego obejmuje trzy główne obszary: Gminę Zgorzelec, Gminę Bogatynia, Gminę Pieńsk.

Cały powiat zasilany jest liniami najwyższych napięć ze stacji elektroenergetycznej Mikułowa. **Zasięg oddziaływania projektów energetycznych z tego obszaru obejmuje znaczną część województwa Dolnośląskiego. W prąd zaopatrzonych jest około 300 tys. gospodarstw domowych. Co daje około 1 mln osób.**

### Obszar obrysowany na ciemnozielono

– rozpatrywany obszar oddziaływania inwestycji OZE obejmujących m.in. gminę Bogatynia, gminę Zgorzelec oraz gminę Sulików.

### MIK – SE „Mikułowa”

- R-301 – SE „Zgorzelec”
- R-330 – SE „Pieńsk”
- R-312 – SE „KWB TURÓW T-1”
- R-313 – SE „KWB TURÓW T-3”
- R-394 – SE „KWB TURÓW”
- R-395 – SE „KWB TURÓW T-5”





# Transformacja energetyczna



## Wyprowadzenie mocy

Wyprowadzenie mocy z **ZKlastra** będzie zrealizowane w oparciu o **istniejącą infrastrukturę elektroenergetyczną po odłączeniu** obecnie eksploatowanej **elektrowni Turów**.

Potencjalnymi punktami przyłączenia będą **R312-Turów** oraz **SE Mikułowa**.

Punktem łączącym ZKlastra z Krajowym Systemem Elektroenergetycznym będzie **stacja elektroenergetyczna „Mikułowa”** 400/200/110 kV.





# Transformacja energetyczna

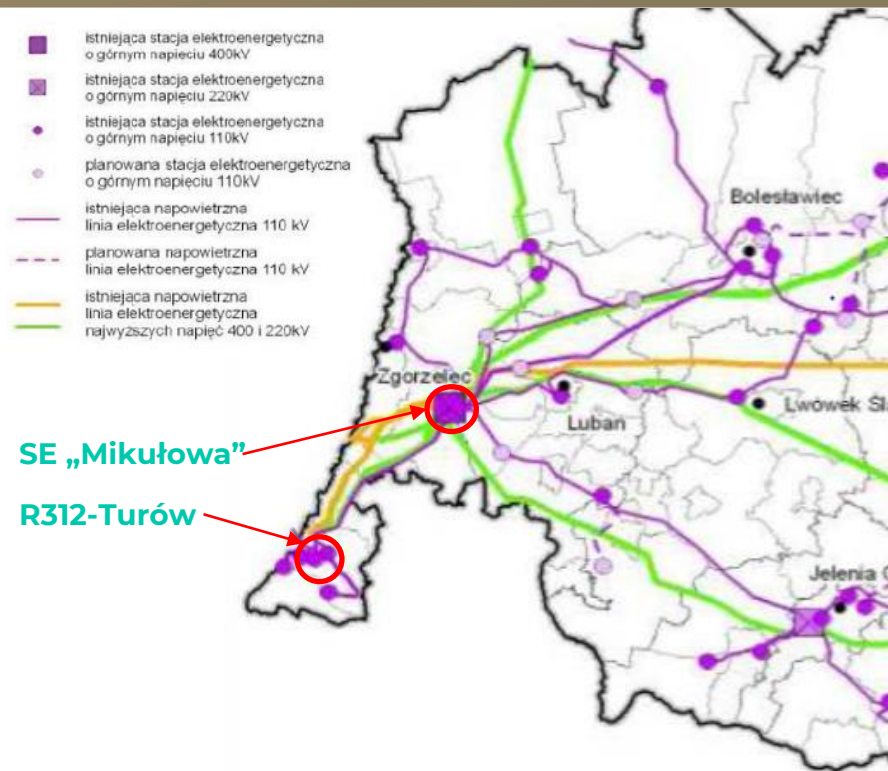
## Wyprowadzenie mocy

### Analizowany obszar jest istotnym elementem dla KSE.

Odpowiada za produkcję około **5%** energii elektrycznej w Polsce.

Zasięg oddziaływania tego obszaru obejmuje znaczną część województwa Dolnośląskiego. W prąd zaopatrzonych jest około **300 tys. gospodarstw domowych**. Co daje około 1 mln osób.

Obszar ma również znaczenie międzynarodowe, gdyż obsługuje **połączenie pomiędzy systemami elektroenergetycznymi** Polski i Niemiec.





# Transformacja energetyczna

Określenie potencjału – techniczna możliwość OZE (woj. dolnośląskie)

Źródło wytwórcze	Moc [GW]	Roczny czas wykorzystania mocy szczytowej, h	Energia [TWh]
Elektrownie wiatrowe	10	2800	28
Dachowe źródła fotowoltaiczne	3	1000	3
Farmy fotowoltaiczne	4	1000	4
Elektrownie wodne	0,08	4600	0,4
Elektrownie biogazowe rolniczo-utylizacyjne	0,3	8000	2,4
<b>RAZEM</b>			<b>37,8</b>







# Transformacja energetyczna

Określenie potencjału – techniczna możliwość OZE (analizowany obszar)

Obszar	Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	Procentowy udział [%]
Województwo dolnośląskie	19 947	100,00
Analizowany obszar oddziaływania (w przybliżeniu)	7 500	37,60

W skład analizowanego terenu wchodzi takie powiaty jak: zgorzelecki, lubański, bolesławiecki, polkowicki, lwówecki, złotoryjski, lubiński, legnicki, jaworski, jeleniogórski, kamiennogórski, wałbrzyski oraz świdnicki.

Według przytoczonych danych, na **terenie ZKlastra** można w przybliżeniu określić potencjał na wybudowanie **OZE** w **ciągu najbliższych lat** o łącznej mocy około **600 MW**.

Obecnie na terenie Zklastra zostało wybudowane już około **100 MW** instalacji Odnawialnych Źródeł Energii.





# Transformacja energetyczna



## Określenie potencjału – techniczna możliwość OZE

W celu **zastąpienia energii elektrycznej** wytwarzanej przez elektrownię Turów, można wykorzystać odnawialne źródła energii takie jak **wiatr**, **słońce** oraz **wodę**.

### Kryterium doboru odpowiedniej konfiguracji OZE było:

- pokrycie profilu pracy elektrowni Turów,
- potencjał analizowanego terenu

### Szacunkowo można tego dokonać budując:

- **1,14 GW** farm wiatrowych
- **2,1 GW** farm fotowoltaicznych
- **0,06 GW** elektrowni na biomasę

<b>Źródło wytwórcze</b>	<b>Moc [GW]</b>
farmy wiatrowe	1,14
farmy fotowoltaiczne	2,10
elektrownia na biomasę	0,06
<b>SUMA</b>	<b>3,30</b>



# Transformacja energetyczna

Określenie potencjału – potrzebna powierzchnia pod OZE

Źródło	Powierzchnia [ha/MW]	Moc dobrana [MW]	Potrzebna powierzchnia [ha]
Farmy wiatrowe	10	1140	11400
Fotowoltaika	2	2100	4200
El. na biomasę	-	60	5
<b>Suma</b>		<b>3300</b>	<b>15605</b>

W celu pokrycia profilu pracy elektrowni Turów potrzebny jest miks OZE składający się z **elektrowni wiatrowych, słonecznych** i **na biomasę**.

Odwzorowanie profilu pracy elektrowni konwencjonalnej odnawialnymi źródłami energii niesie ze sobą **konieczność stworzenia odpowiedniego magazynu energii**, który będzie pełnił funkcję regulatora.





# Transformacja energetyczna



## Określenie potencjału – elektrownie wiatrowe

Według planów, **energetyka wiatrowa** ma być jednym z głównych **filarów nowego mixu energetycznego Polski**.

Zaprezentowany projekt nowelizacji „ustawy wiatrakowej” przewiduje **zmniejszenie odległości farm wiatrowych od zabudowań mieszkalnych** (zmiana 10-cio krotności wysokości turbiny na minimum 500 metrów).

Przyjmuje się, że elektrownie wiatrowe **pracują ponad 2 razy więcej czasu niż elektrownie słoneczne** (wiatr występuje o każdej porze dnia i nocy).

Źródło to może pracować w ciągu całej doby, jeżeli występuje **odpowiednia prędkość wiatru**.

Elektrownie wiatrowe w rozpatrywanym mixie stanowią świetne uzupełnienie, **pokrywając zapotrzebowanie również nocą**.





# Transformacja energetyczna



## Określenie potencjału – elektrownie fotowoltaiczne

Fotowoltaika od wielu miesięcy jest na fali wzrostów. Na dzień 1 sierpnia 2020 r. moc zainstalowana fotowoltaiki w KSE wyniosła **2,26 GW**. Do 2025 r. moc ta ma osiągnąć poziom **7,8 GW**, co wynika z raportu "**Rynek fotowoltaiki w Polsce**" opublikowanego przez **Instytut Energetyki Odnawialnej** (IEO).

Rozwój fotowoltaiki widać również w technologii, producenci prześcigają się w nowych rozwiązaniach oraz coraz to większych mocach modułów. Wpływa to również korzystnie na jakość urządzeń wytwórczych, dzięki czemu obecne na rynku produkty są **wysokiej jakości, posiadają długie gwarancje i oferują pewną, bezproblemową pracę** przez okres wielu lat z **zachowaniem wysokiej sprawności**.





# Transformacja energetyczna

## Określenie potencjału – optymalny dobór magazynu

Biorąc pod uwagę tę konkretną lokalizację oraz potencjał wytwórczy nowych instalacji OZE, mających zastąpić energetykę konwencjonalną z Turowa, optymalnym magazynem energii będzie **elektrownia szczytowo-pompowa**.

### Wynika to z:

- **właściwości obszaru** (wyrobisko kopalni odkrywkowej nadaje się do stworzenia odpowiedniego zbiornika),
- **potrzebnej mocy do zmagazynowania** (potrzebne duże ilości magazynowanej energii),
- **charakterystyki pracy miksu OZE** (duże nadwyżki w ciągu dnia, braki w nocy),
- budowa takiego typu magazynu energii jest **ekonomicznie uzasadnione**

Źródło wytwórcze	Moc [GW]
farmy wiatrowe	1,14
farmy fotowoltaiczne	2,10
elektrownia na biomasę	0,06
<b>elektrownia szczytowo-pompowa</b>	<b>2,30</b>
<b>SUMA</b>	<b>3,30 + 2,30</b>



# Transformacja energetyczna



## Optymalny dobór mixu OZE w celu zastąpienia elektrowni Turów

Analiza wykazała, że w celu pokrycia produkcji energii elektrycznej obecnej pracy elektrowni Turów należy przyjąć odpowiedni mix OZE:

- **1,14 GW** farmy wiatrowe
- **2,1 GW** farmy fotowoltaiczne
- **0,06 GW** elektrownia na biomasę
- **2,3 GW** elektrownia szczytowo-pompowa

Proponowany mix dobrany został pod kątem **pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną** oraz **potencjału terenu**.

Elektrownie wiatrowe charakteryzują się **dłuższym czasem pracy** oraz **bardziej regularną charakterystyką** pracy niż elektrownie słoneczne, niestety są bardziej kosztowne oraz **potrzebują znacznie większej powierzchni w przeliczeniu na 1 MW**.





# Transformacja energetyczna

Optymalny dobór mixu OZE w celu zastąpienia elektrowni Turów

Struktura rocznego bilansu wytwórczego OZE stanowiącego **alternatywę dla elektrowni Turów**.

Źródło wytwórcze	Produkcja netto [GWh]	Moc [MW]	Czas wykorzystania mocy zainstalowanej [h/rok]
Farmy fotowoltaiczne	2277	2100	1084
Elektrownie wiatrowe	2697	1140	2366
Elektrownie na biomasę	480	60	8000
<b>SUMA</b>	<b>5455</b>	<b>3300</b>	
<b>TURÓW</b>	<b>5137</b>		
<b>OZE</b>	<b>5455</b>		
<b>RÓŻNICA</b>	<b>318</b>		



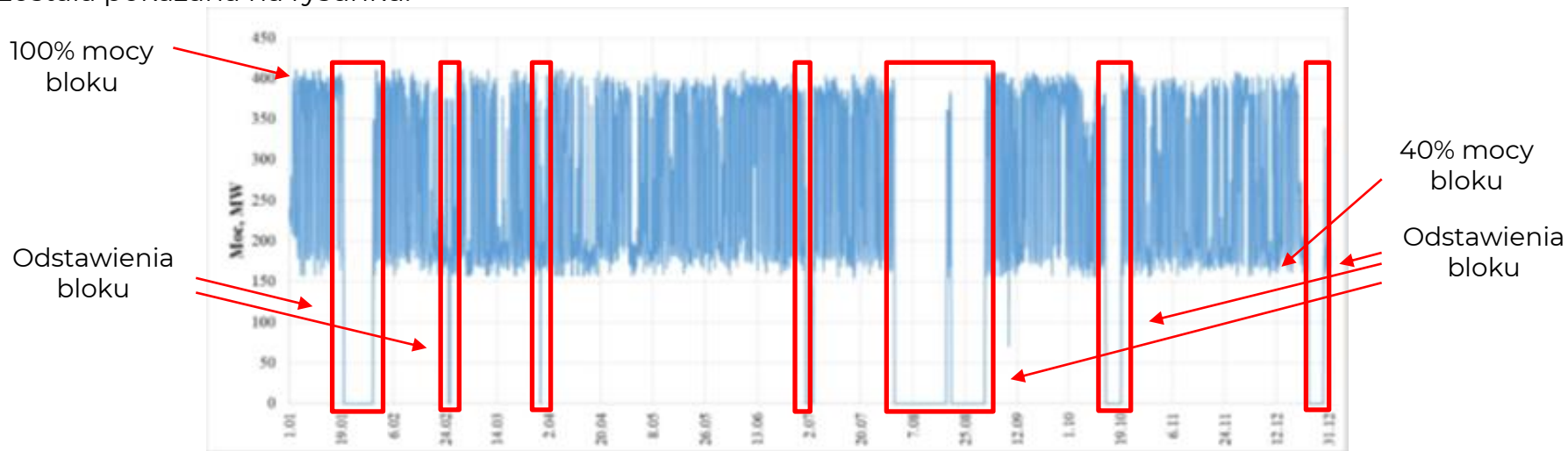


# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej przez blok węglowy

Bilansowanie energii odbywa się typowo w granicach **40 % - 100 % mocy znamionowej**. Dolna granica (minimum techniczne) stanowi ograniczenie **poniżej** którego blok jest **odstawiany**.

Typowa praca bloku **450 MW** w **2017r.** (czas wykorzystania mocy zainstalowanej **4700 h/r**, produkcja **2,1 TWh**) została pokazana na rysunku. <sup>[1]</sup>



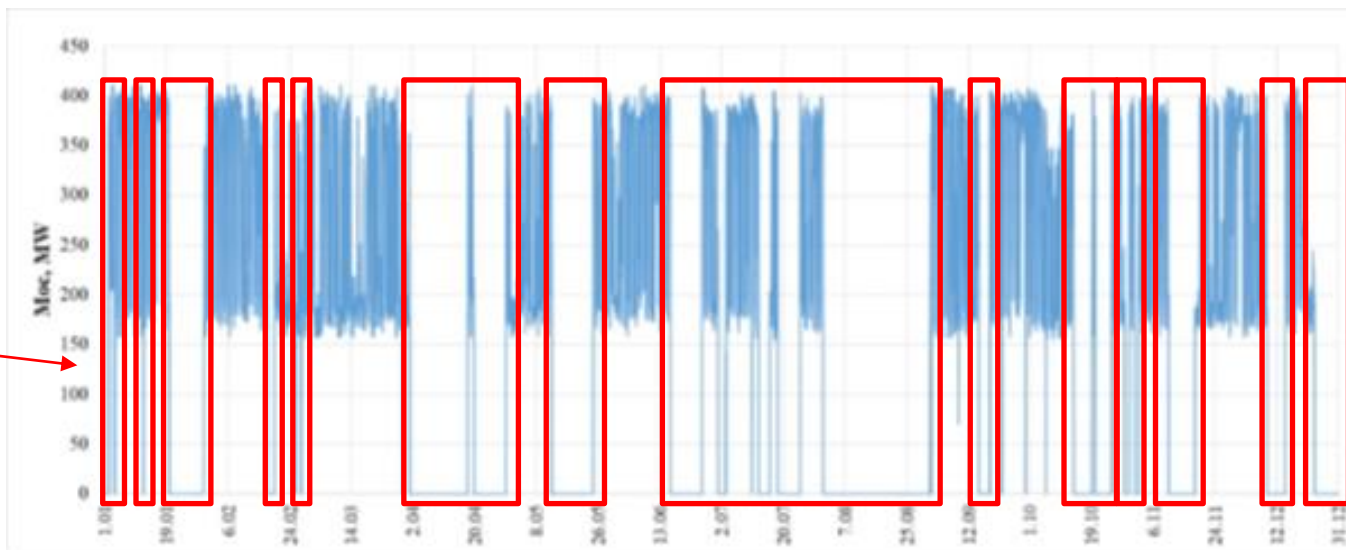


# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej przez blok węglowy

Antycypowana praca bloku **450 MW** – horyzont **2030** (**1,5 TWh/r, 3300 h/r**) <sup>[1]</sup>

Odstawienia  
bloku

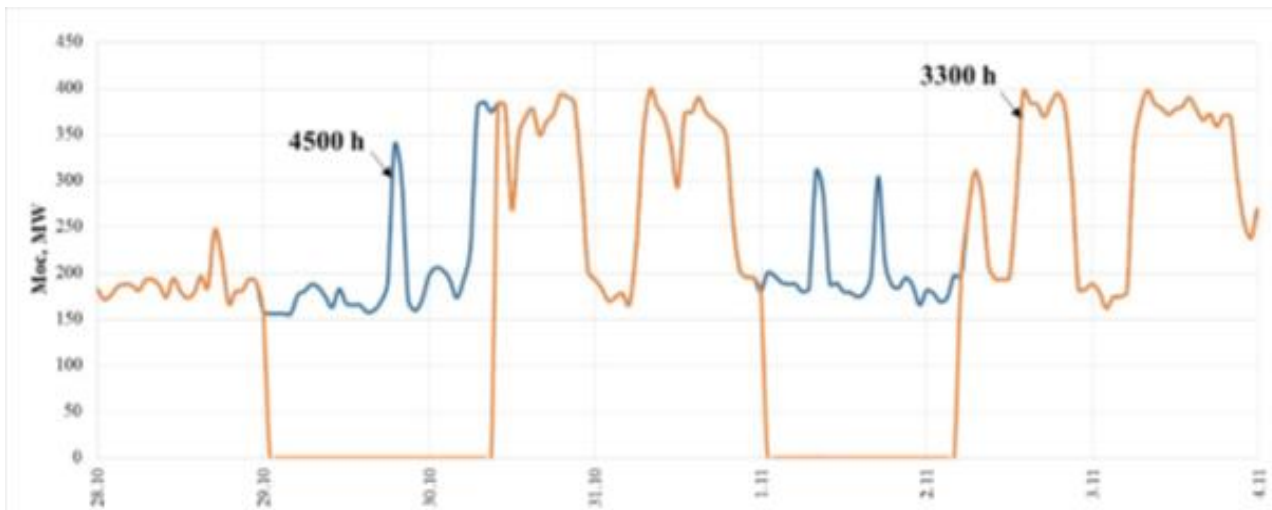




# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej przez blok węglowy

Porównanie prognozowanego profilu produkcji **bloku 450 MW** dla rocznego czasu wykorzystania **4500 h** (**obecnie**) oraz **3300 h (horyzont 2030)** <sup>[1]</sup>



Blok o mocy 450 MW **nigdy nie osiąga swojej nominalnej mocy.**

Wraz ze zwiększeniem mocy zainstalowanej OZE w KSE, konwencjonalne jednostki wytwórcze **pracujące na granicy minimum technicznego będą musiały być wyłączone.**

Ich praca będzie konieczna **jedynie kilka godzin dziennie** na potrzeby **bilansowania KSE.**



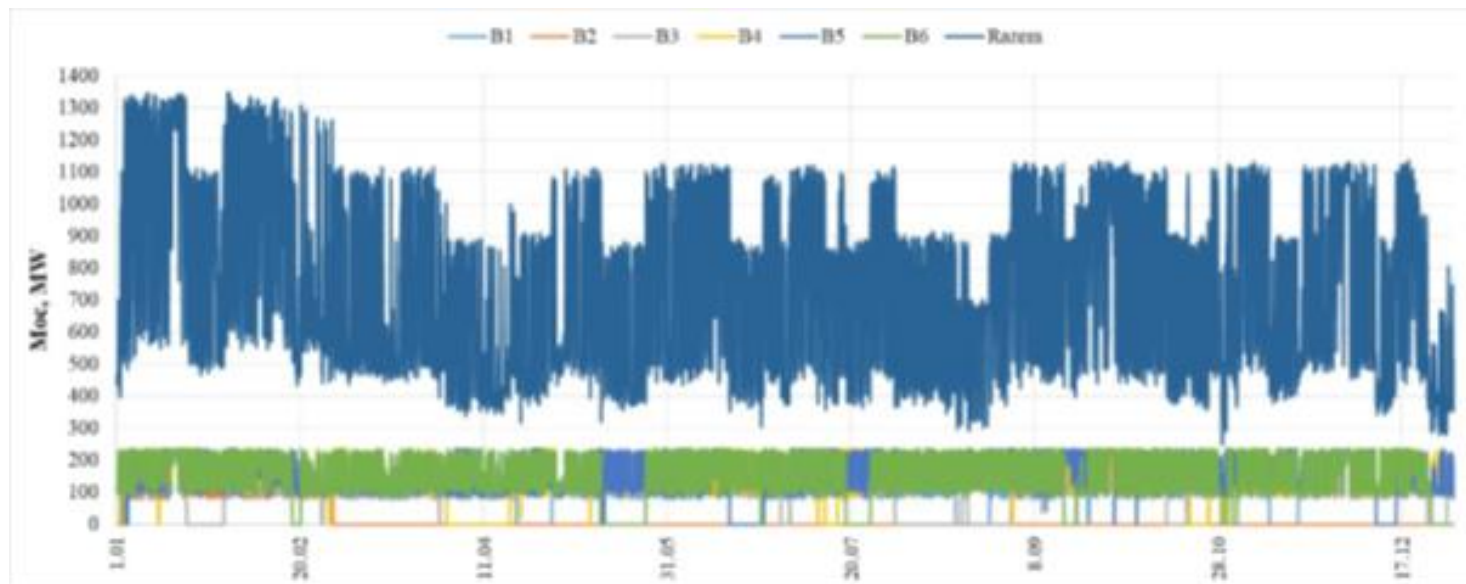
# Transformacja energetyczna



## Profil pracy elektrowni Turów

### Praca bloków elektrowni węglowej Turów (2017 r) <sup>[1]</sup>

Z profilu produkcji wynika, że moc elektrowni zmienia się od **250 MW do 1350 MW**. Elektrownia pracuje dużo poniżej swoich możliwych mocy produkcyjnych.

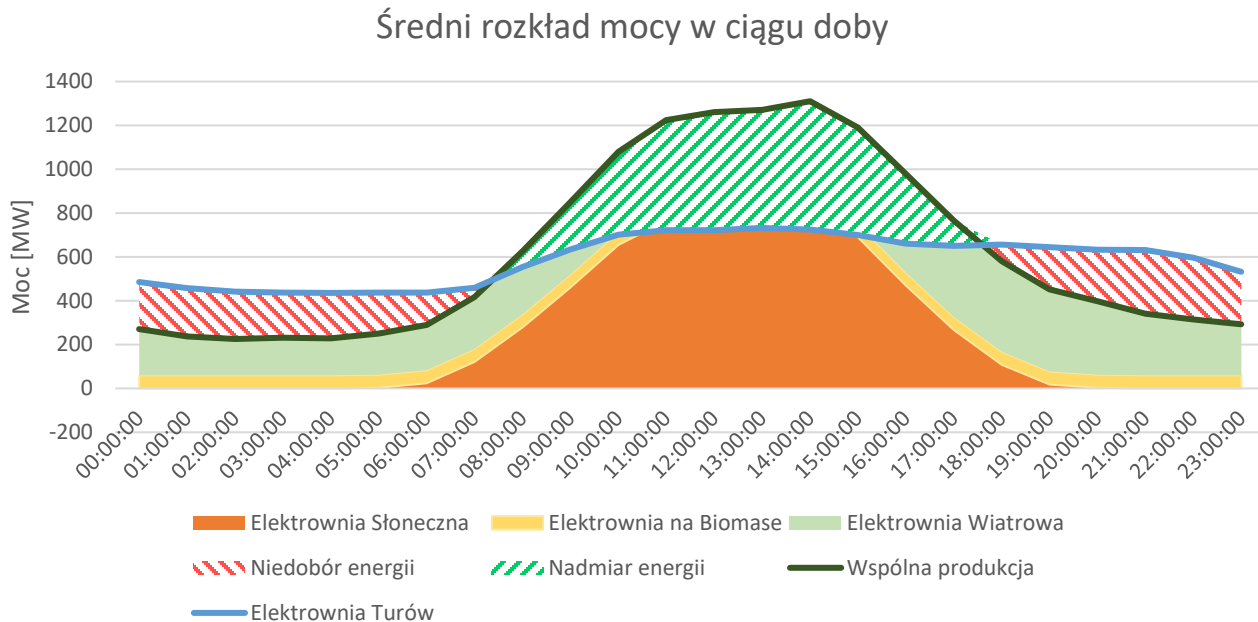




# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej w OZE

### Rozkład mocy poszczególnych źródeł i elektrowni Turów - średnio w dobie.



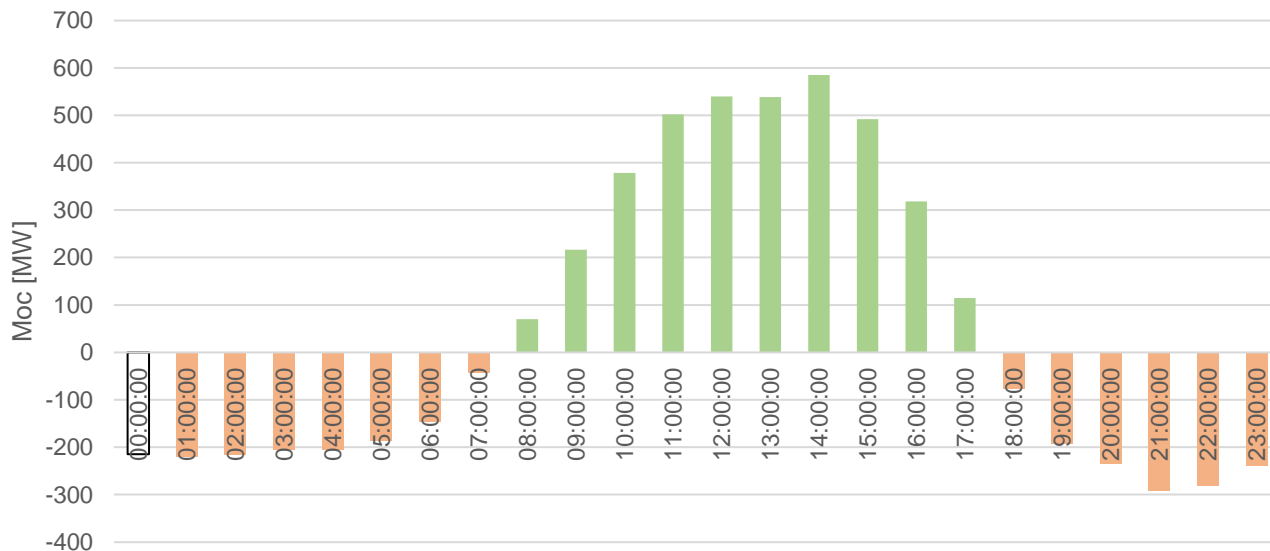


# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej w OZE

**Bilans mocy dla miks OZE stanowiącego alternatywę dla elektrowni Turów - niedobory i nadwyżki w ciągu doby.**

Bilans mocy



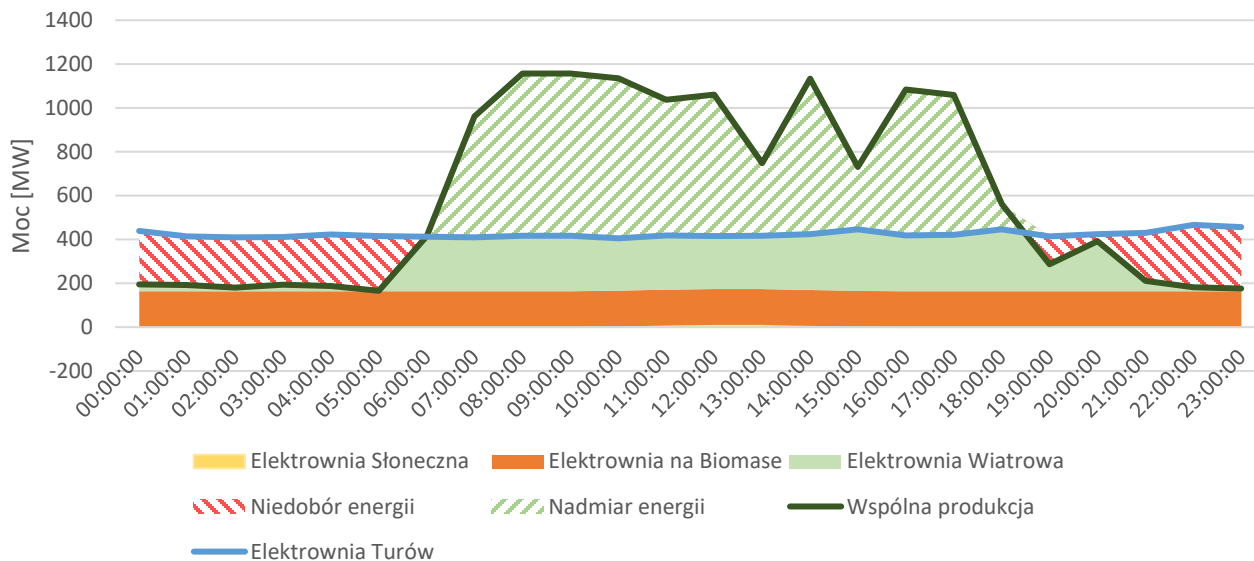


# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej w OZE

Rozkład mocy z poszczególnych źródeł i elektrowni Turów - średnio w dobie w przypadku najgorszego dnia dla technologii fotowoltaicznej w analizowanym roku (28 grudnia).

Średnioroczny rozkład mocy w ciągu doby

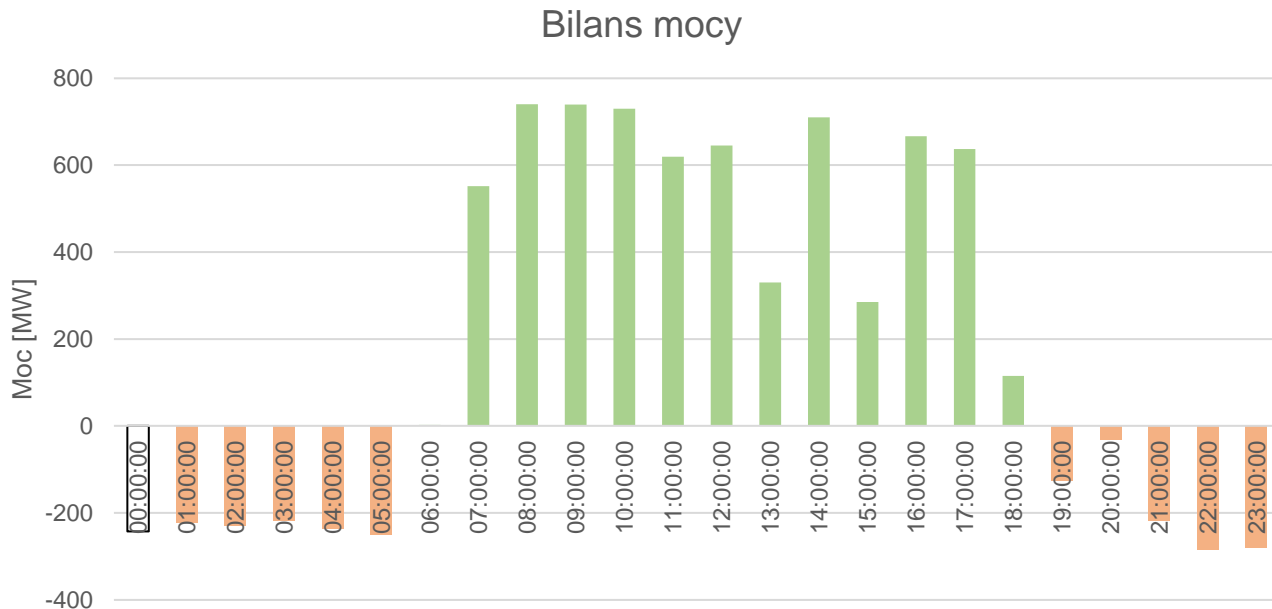




# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej w OZE

**Bilans mocy dla miks OZE stanowiącego alternatywę dla elektrowni Turów - niedobory i nadwyżki w ciągu doby w przypadku najgorszego dnia dla technologii fotowoltaicznej w analizowanym roku (28 grudzień).**





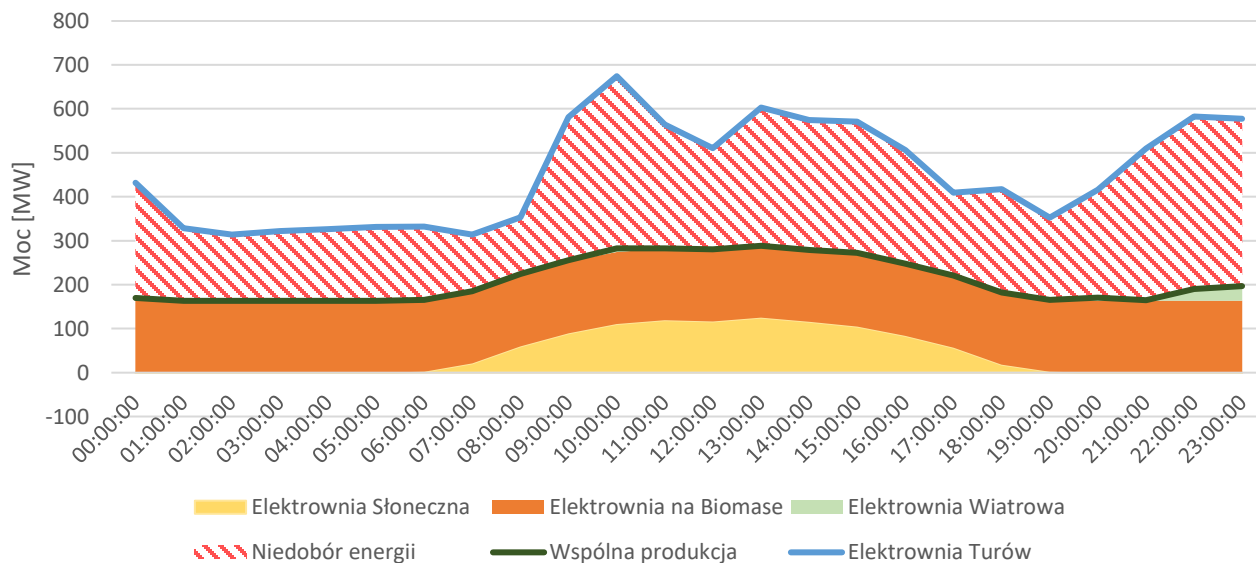


# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej w OZE

Rozkład mocy z poszczególnych źródeł i elektrowni Turów - średnio w dobie w przypadku najgorszego dnia dla elektrowni wiatrowej w analizowanym roku (6 maj).

Średnioroczny rozkład mocy w ciągu doby



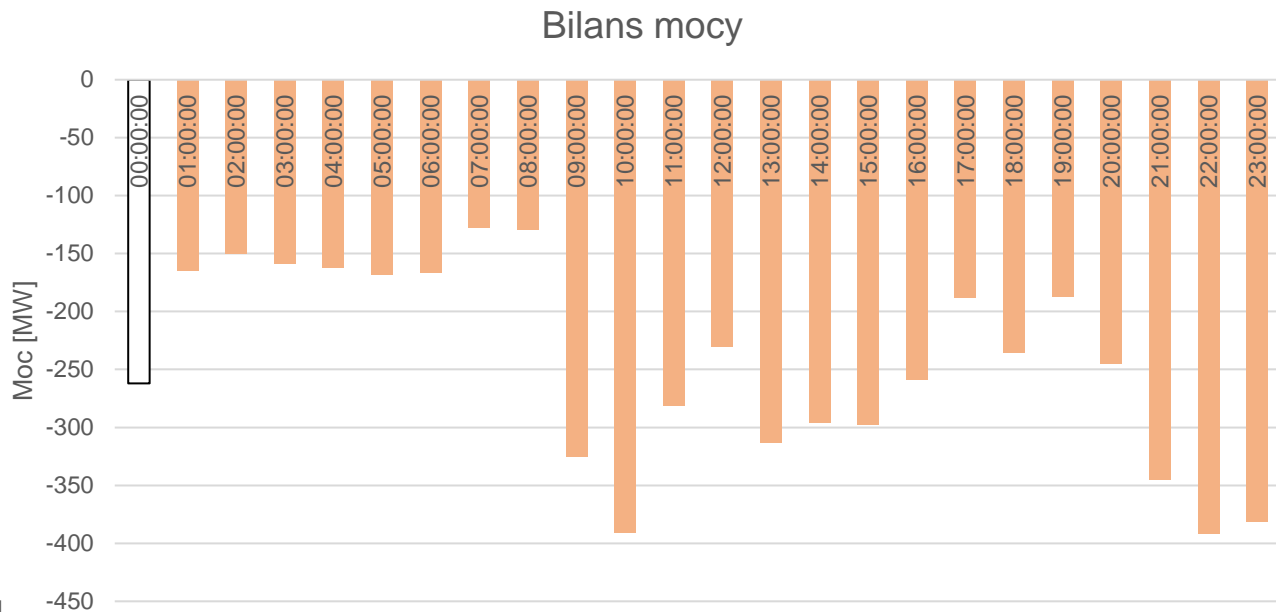
Ciągły **niedobór mocy** **hybrydowego źródła** energii względem profilu obciążenia elektrowni Turów **zrównoważyć** można **pracą turbinową elektrowni wodnej**.



# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej w OZE

**Bilans mocy dla mixu OZE stanowiącego alternatywę dla elektrowni Turów - niedobory i nadwyżki w ciągu doby w przypadku najgorszego dnia dla elektrowni wiatrowej w analizowanym roku (6 maj).**



Z wykresu można odczytać, że **największy niedóbr mocy osiąga wartość prawie 400 MW**. Elektrownia wodna może dostarczyć moc **2,3 GW przez 66 godzin** w sposób ciągły.

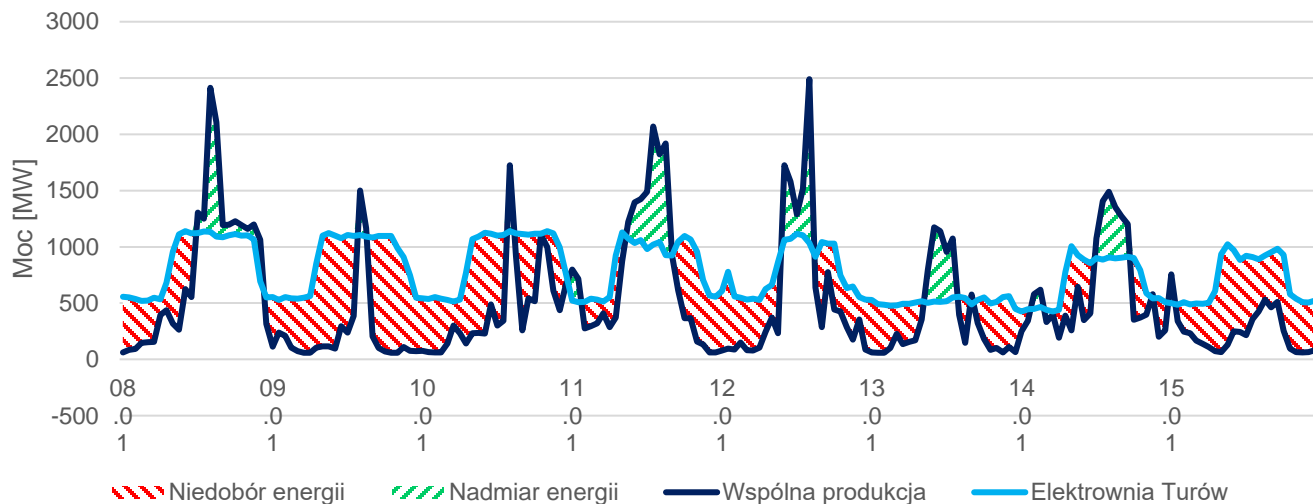


# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej w OZE

### Bilans mocy proponowanego układu hybrydowego oraz elektrowni Turów w styczniowym tygodniu

Bilans mocy 08.01 - 15.01



Suma niedoboru energii:

**70 499,03 MWh**

Suma nadmiaru energii:

**18 103,17 MWh**

Potencjał energetyczny elektrowni wodnej:

**151 000 MWh** energii  
dostarczonej w czasie **66 godzin.**

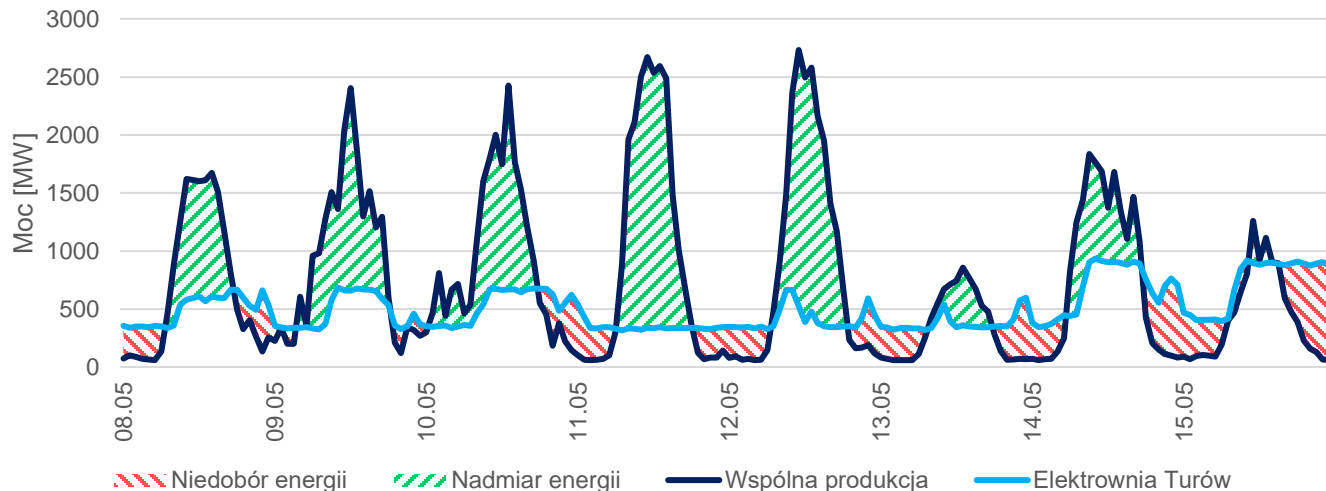


# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej w OZE

### Bilans mocy proponowanego układu hybrydowego oraz elektrowni Turów w majowym tygodniu

Bilans mocy 08.05 - 15.05



Suma niedoboru energii:

**28 651,15 MWh**

Suma nadmiaru energii:

**73 454,24 MWh**

Potencjał energetyczny elektrowni wodnej:

**151 000 MWh** energii  
dostarczonej w czasie **66 godzin.**

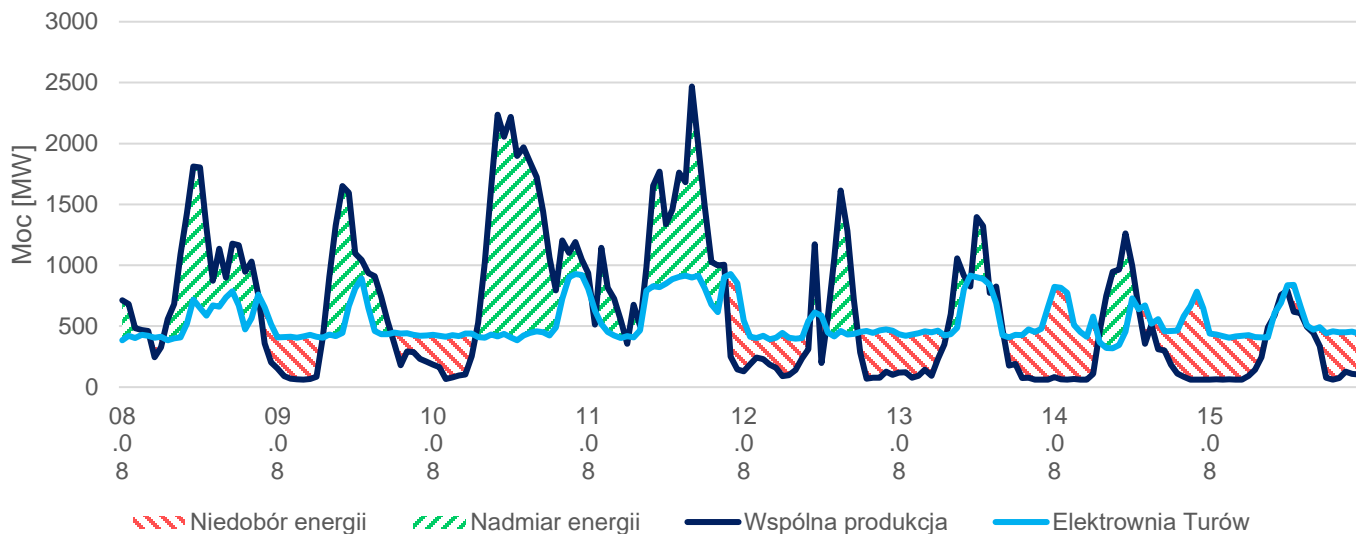


# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej w OZE

### Bilans mocy proponowanego układu hybrydowego oraz elektrowni Turów w sierpniowym tygodniu

Bilans mocy 08.08 - 15.08



Suma niedoboru energii:

**31 284,31 MWh**

Suma nadmiaru energii:

**48 706,14 MWh**

Potencjał energetyczny elektrowni wodnej:

**151 000 MWh** energii  
dostarczonej w czasie **66 godzin.**

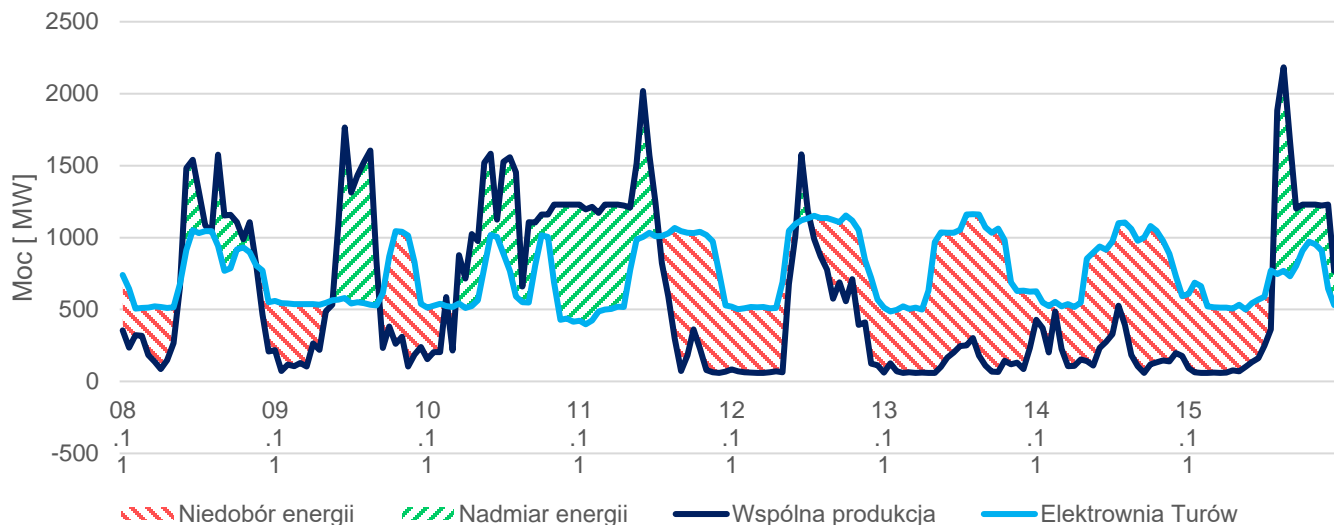


# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej w OZE

### Bilans mocy proponowanego układu hybrydowego oraz elektrowni Turów w listopadowym tygodniu

Bilans mocy 08.11 - 15.11



Suma niedoboru energii:

**66 636,03 MWh**

Suma nadmiaru energii:

**33 463,82 MWh**

Potencjał energetyczny elektrowni wodnej:

**151 000 MWh** energii dostarczonej w czasie **66 godzin**.



# Transformacja energetyczna



## Optimalny dobór miks OZE w celu zastąpienia elektrowni Turów

Przedstawiona wyżej analiza wykazała, że **jest możliwe zastąpienie elektrowni Turów odnawialnymi źródłami energii**. Wykorzystując miks OZE składający się z elektrowni słonecznych, elektrowni wiatrowych, elektrowni na biomasę oraz elektrowni szczytowo-pompowej jako magazyn energii, **można odpowiednio zbilansować układ** w celu pokrycia profilu produkcji energii elektrycznej w konwencjonalnej elektrowni Turów.

Istotnym w konfiguracji jest zastosowanie **różnych źródeł wytwórczych** w celu dostosowania się do **zmieniających się warunków atmosferycznych**.

Ważną kwestią jest również **odpowiedni magazyn energii**, który pozwoli dostosować produkowaną energię z OZE do **aktualnego zapotrzebowania na energię elektryczną w regionie**.

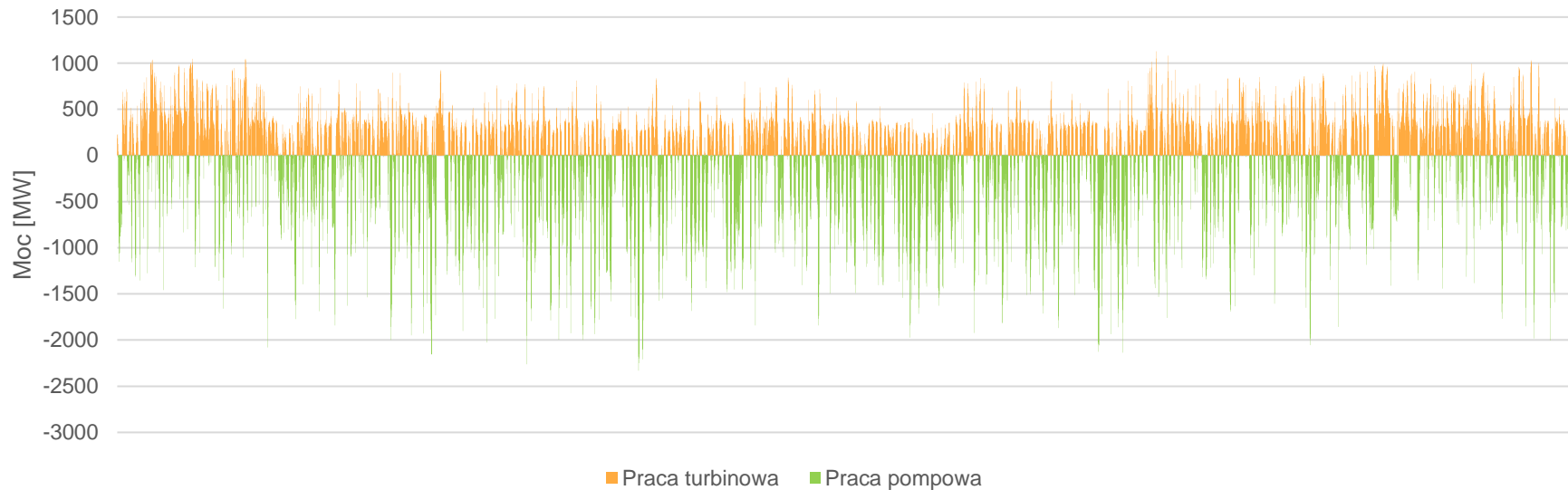
Magazyn energii	Elektrownia szczytowo-pompowa
Moc	2,3 GW
Możliwy czas pracy z pełną mocą	66h
Pojemność magazynu energii	165 000 MWh



# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej w OZE

### Roczny profil pracy elektrowni wodnej będącej uzupełnieniem miksu OZE





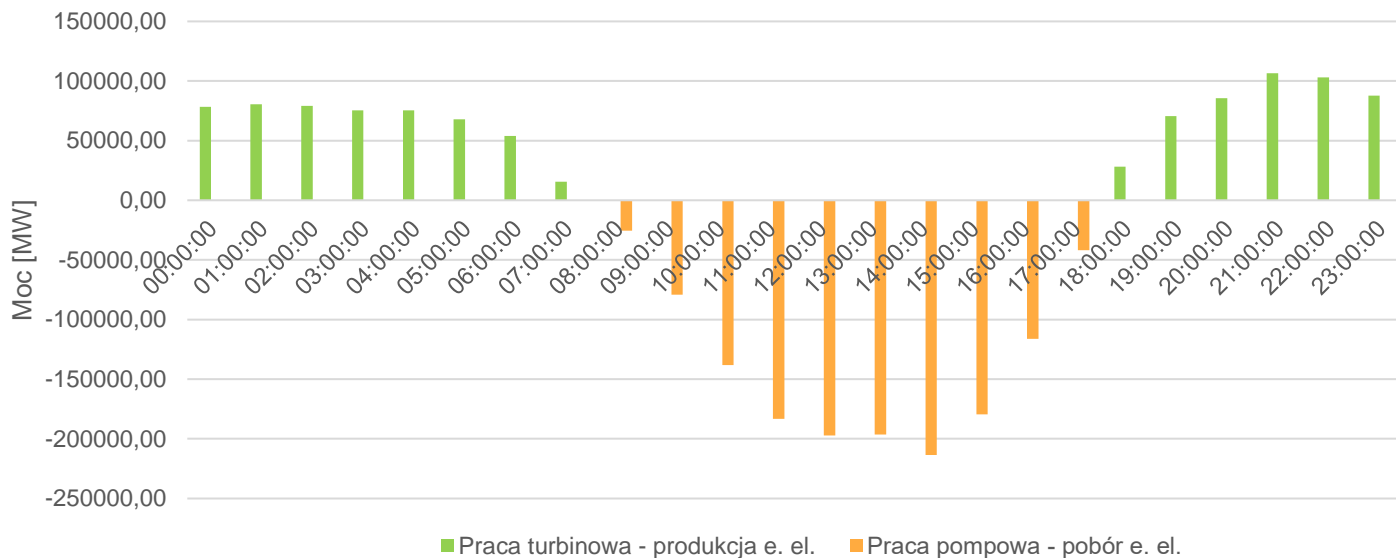


# Transformacja energetyczna

## Bilansowanie energii elektrycznej w OZE

### Średnia dobowa praca elektrowni szczytowo-pompowej z podziałem na pracę turbinową i pompową

Średnia dobowa praca Elektrowni Wodnej





# Transformacja energetyczna



## Koncepcja elektrowni szczytowo-pompowej (rozwój)

W Niemczech planowane są budowy **pięciu elektrowni szczytowo-pompowych** o łącznej mocy około **1,5 GW**.

Kilka lat temu w Polsce również planowano budowę nowej elektrowni szczytowo-pompowej, ale temat ucichł.

Na obecną chwilę Niemcy mogą się pochwalić posiadaniem **26 elektrowni szczytowo-pompowych**, których łączna moc sięga **6,3 GW**. Niemcy dodatkowo posiadają **3,4 GW**, które regularnie zasilane są z zagranicznych elektrowni. <sup>[12]</sup>





# Transformacja energetyczna

## Koncepcja elektrowni szczytowo-pompowej (funkcja)

Zgodnie z wykonaną wyżej analizą potencjału obszaru, **elektrownia szczytowo-pompowa** jako **magazyn energii** może stanowić świetne rozwiązanie dla regionu. Za tym stwierdzeniem przemawia **przystosowanie terenu** (kopalnia odkrywkowa), **zdolność regulacji zmagazynowanej energii**, **możliwość akumulacji dużej mocy** oraz **wyzwolenia jej w odpowiednim czasie**.

W rozpatrywanym układzie **elektrownia szczytowo-pompowa** służy jako **magazyn energii** oraz **regulator**. Dzięki zastosowaniu tego typu akumulatora mamy możliwość **wykorzystania dużych nadwyżek** produkowanej energii przez nierównomierne źródła (w ciągu doby) jakimi są **wiatr oraz słońce**. Możemy dzięki temu **zgrupować energię**, która byłaby tracona i wykorzystać ją do przepompowania wody do zbiornika akumulacyjnego.





# Transformacja energetyczna



## Koncepcja elektrowni szczytowo-pompowej (funkcja)

Najważniejszą funkcją wspomnianej wyżej elektrowni szczytowo-pompowej jest **możliwość regulacji produkcji energii elektrycznej**. Dzięki zmagazynowanej energii w okresach o wyższej produkcji ze źródeł OZE, możemy tą energię **wykorzystać w dolinach nocnych** kiedy elektrownie słoneczne nie pracują, zaspokajając w ten sposób niedobór energii wyprodukowanej przez same odnawialne źródła wytwórcze.

Dzięki temu jesteśmy w stanie zapewniać **dostawy energii elektrycznej w trybie ciągłym**, dostosowanym do **zapotrzebowania odbiorców**.

Elektrownia szczytowo-pompowa o przewidzianej **mocy 2,3 GW** może pracować w **trybie rozładowania przez 66h** bez jej ładowania.





# Transformacja energetyczna



Wizja transformacji wyrobiska węgla brunatnego

**Wyrównanie wyrobiska do  
regularnej głębokości  
(w założeniu 150m).**





# Transformacja energetyczna



Wizja transformacji wyrobiska węgla brunatnego

Następnie wykonujemy  
**betonowanie całego zbiornika**  
w celu uszczelnienia  
i zabezpieczenia przed  
wsiąkaniem wody w grunt.





# Transformacja energetyczna



Wizja transformacji wyrobiska węgla brunatnego

Stawiamy tamę w  $\frac{1}{3}$  pola powierzchni zbiornika.

Zakładamy, że tama będzie miała wymiary 2,5km długości, 40m szerokości u nasady oraz 110m u podstawy.



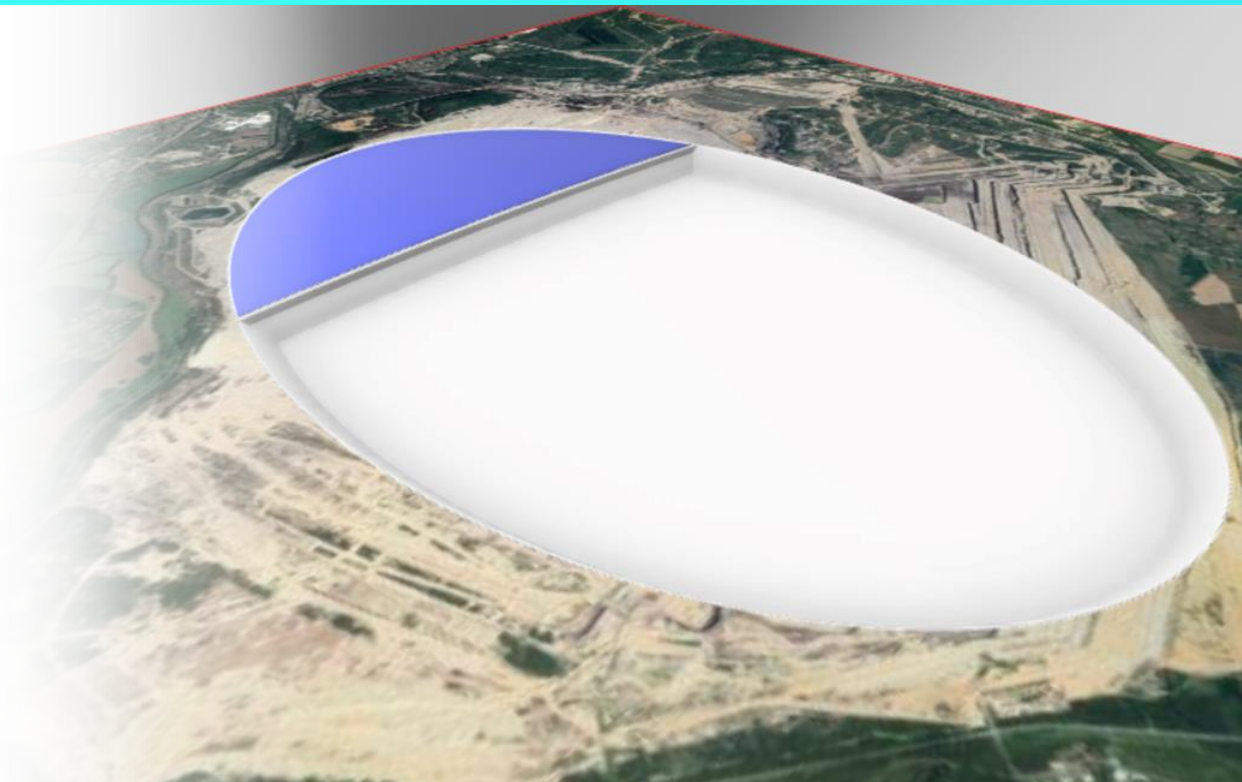


# Transformacja energetyczna



Wizja transformacji wyrobiska węgla brunatnego

Napełniamy  $\frac{1}{3}$  zbiornika na wysokość 150m przy pomocy płynącej w pobliżu rzeki.







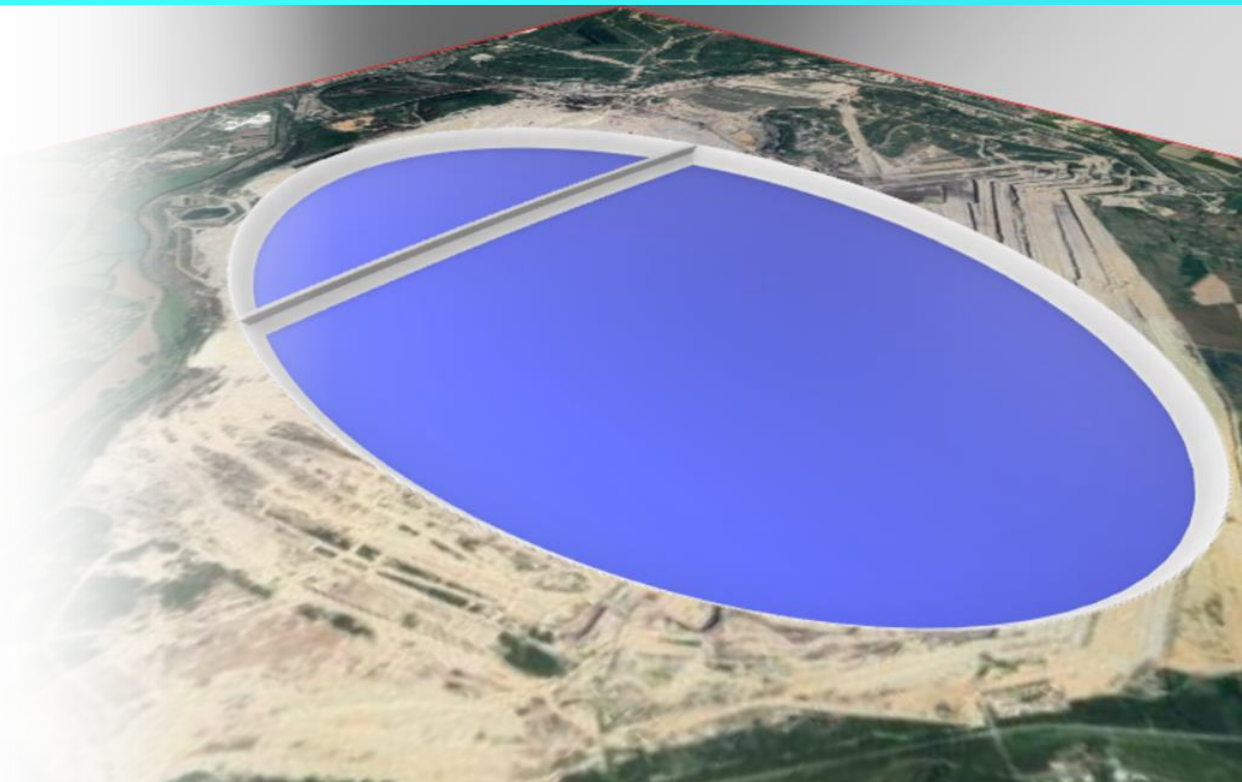
# Transformacja energetyczna



Wizja transformacji wyrobiska węgla brunatnego

Przepuszczamy wodę przez  
wbudowane w tamę **turbiny**  
generując energię elektryczną  
o mocy **2,3 GW** przez **66h**.

Po wykonaniu pracy, poziom  
wody stabilizuje się w całości  
na wysokości **50m**.





# Transformacja energetyczna



## Analiza kosztów wytwarzania energii z OZE

Najnowsza analiza kosztów wytwarzania energii z **poszczególnych źródeł odnawialnych** przeprowadzona przez Międzynarodową Agencję Energii Odnawialnej (IRENA) podkreśla, że widoczny spadek kosztów produkcji energii z elektrowni fotowoltaicznych oraz wiatrowych sprawił, że stała się ona **tańsza zarówno od energii wytwarzanej przez nowe elektrownie węglowe, jak i przez starsze, zamortyzowane bloki zasilane węglem.** [10]

Szacuje się, że zastąpienie **najbardziej kosztownych elektrowni węglowych** o mocy **500 GW** nowymi **elektrowniami wiatrowymi na lądzie** oraz **fotowoltaiką** generowałoby **korzyści finansowe sięgające 23 mld dolarów** każdego roku i oznaczałoby **redukcję emisji CO2** odpowiadającą **5 proc. globalnych emisji CO2** odnotowanych w ubiegłym roku. [10]

*“...Inwestycje w OZE są stabilne, efektywne kosztowo i oferują pewne oraz przewidywalne zwroty zainwestowanego kapitału, dając szersze korzyści gospodarce” - komentuje dyrektor generalny IRENA Francesco La Camara.* [10]





# Transformacja energetyczna

## Koszt wytwarzania energii elektrycznej w OZE

### Założenia przyjęte w obliczeniach:

Źródło	Roczne koszty O&M [zł/kW]	Koszty likwidacji [zł/MW]	Zużycie paliwa [tona/MWh]	Koszt paliwa [zł/tona]
El. fotowoltaiczna	56,25 [20]	375 000 [28]	-	-
El. wiatrowa	101,25 [21]	300 000 [28]	-	-
El. na biomasę	471,45 [22]	500 000 [28]	0,8 [27]	337,5 [23]
El. szczytowo-pompowa	112,50 [22]	-	-	-
El. konwencjonalna Turów	141,45 [22]	529 200 [28]	1,0 [26]	150,0 [24]

\*na następnym slajdzie uzupełniająca założenia odnośnie elektrowni konwencjonalnej Turów

Stopa dyskontowa: **2,00%**

Roczny wzrost cen wytwarzania energii w elektrowni konwencjonalnej: **4,00%**



# Transformacja energetyczna

## Koszt wytwarzania energii elektrycznej w OZE

### Dodatkowe parametry odnoszące się do elektrowni Turów:

Źródło	Roczne wytwarzanie energii el.	Produkcja CO <sup>2</sup>	Koszt emisji CO <sup>2</sup>
El. konwencjonalna Turów	5,5 TWh	1 tona/MWh <sup>[26]</sup>	123,48 zł/tona <sup>[25]</sup>

Założone zużycie energii na potrzeby własne w el. Turów: **7%**

Założona moc elektrowni Turów: **1500 MW**

Założona moc elektrowni PV: **2100 MW**

Założona moc elektrowni wiatrowej: **1140 MW**

Założona moc elektrowni na biomasę: **60 MW**

Założona moc elektrowni szczytowo-pompowej: **2300 MW**

Analiza przeprowadzona za okres: **2020-2044 r.**





# Transformacja energetyczna

## Koszt wytwarzania energii elektrycznej w OZE

### Algorytm obliczeń:

$$\text{LCOE} = \frac{\text{suma kosztów w czasie całkowitym}}{\text{ilość energii elektrycznej otrzymanej w czasie całkowitym}} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + O\&M_t + F_t + EM_t + L_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

$I_t$  - wydatki inwestycyjne w roku  $t$ ,

$O\&M_t$  - koszty eksploatacyjne w roku  $t$ ,

$F_t$  - koszt paliwa w roku  $t$ ,

$EM_t$  - koszty emisji  $\text{CO}_2$ ,

$L_t$  - koszty likwidacji,

$E_t$  - ilość energii elektrycznej wytworzonej w roku  $t$ ,

$r$  - roczna efektywna stopa dyskontowa,

$n$  - rozpatrywany okres

Roczny koszt wytwarzania energii el. =  $I_t + O\&M_t + F_t + EM_t + L_t$

Całkowity koszt wytwarzania energii el. po 25 latach =  $\sum_{t=1}^n I_t + O\&M_t + F_t + EM_t + L_t$

Całkowity koszt wytwarzania energii el. po 25 latach dla elektrowni Turów uwzględnia zmianę kosztów wytwarzania energii elektrycznej w czasie.





# Transformacja energetyczna



## Koszt wytwarzania energii elektrycznej w OZE

### Przykłady obliczeń LCOE

$$\text{LCOE}_{(\text{el. szczytowo-pompowa})} = \frac{\text{suma zdyskontowanych kosztów}}{\text{suma zdyskontowanej wytworzone energii}} = \frac{26\,749\,304\,056,37}{57\,664\,148,59} = 463,88 \text{ zł}$$

$$\text{LCOE}_{(\text{el. fotowoltaiczna})} = \frac{\text{suma zdyskontowanych kosztów}}{\text{suma zdyskontowanej wytworzone energii}} = \frac{9\,004\,918\,388,44}{74\,391\,652,32} = 121,05 \text{ zł}$$

$$\text{LCOE}_{(\text{el. wiatrowa})} = \frac{\text{suma zdyskontowanych kosztów}}{\text{suma zdyskontowanej wytworzone energii}} = \frac{11\,666\,943\,786,32}{88\,113\,432,72} = 132,41 \text{ zł}$$

$$\text{LCOE}_{(\text{el. biomasowa})} = \frac{\text{suma zdyskontowanych kosztów}}{\text{suma zdyskontowanej wytworzone energii}} = \frac{6\,138\,438\,462,58}{15\,682\,034,74} = 391,43 \text{ zł}$$

$$\text{LCOE}_{(\text{el. Turów})} = \frac{\text{suma zdyskontowanych kosztów}}{\text{suma zdyskontowanej wytworzone energii}} = \frac{74\,753\,221\,232,78}{179\,689\,981,45} = 416,01 \text{ zł}$$

$$\text{LCOE}_{(\text{hybrydowy układ z magazynem})} = \frac{\text{suma zdyskontowanych kosztów}}{\text{suma zdyskontowanej wytworzone energii}} = \frac{53\,559\,604\,693,71}{179\,689\,981,45} = 298,07 \text{ zł}$$



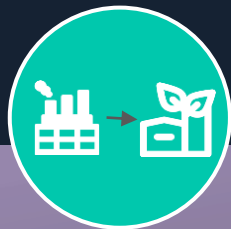


# Transformacja energetyczna



## Składowe kosztów dla elektrowni szczytowo-pompowej

	Nakłady inwestycyjne	O&M	Koszty paliwa	Koszty emisji CO2	Koszty likwidacji	Suma kosztów	Współczynnik dyskontowy	Zdyskontowane koszty	Wytworzona energia	Zdyskontowana wytworzona energia	LCOE
0	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	1.00	0.00 zł	0	0	
1	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	0.98	0.00 zł	0	0	
2	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	0.96	0.00 zł	0	0	
3	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	0.94	0.00 zł	0	0	
1	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.98	835 125 000.00 zł	1 765 000.00	1 800 300.00	
2	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.96	851 827 500.00 zł	1 765 000.00	1 836 306.00	
3	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.94	868 864 050.00 zł	1 765 000.00	1 873 032.12	
4	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.92	886 241 331.00 zł	1 765 000.00	1 910 492.76	
5	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.91	903 966 157.62 zł	1 765 000.00	1 948 702.62	
6	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.89	922 045 480.77 zł	1 765 000.00	1 987 676.67	
7	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.87	940 486 390.39 zł	1 765 000.00	2 027 430.20	
8	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.85	959 296 118.20 zł	1 765 000.00	2 067 978.81	
9	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.84	978 482 040.56 zł	1 765 000.00	2 109 338.38	
10	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.82	998 051 681.37 zł	1 765 000.00	2 151 525.15	
11	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.80	1 018 012 715.00 zł	1 765 000.00	2 194 555.65	
12	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.79	1 038 372 969.30 zł	1 765 000.00	2 238 446.77	463,88 zł
13	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.77	1 059 140 428.68 zł	1 765 000.00	2 283 215.70	
14	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.76	1 080 323 237.26 zł	1 765 000.00	2 328 880.02	
15	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.74	1 101 929 702.00 zł	1 765 000.00	2 375 457.62	
16	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.73	1 123 968 296.04 zł	1 765 000.00	2 422 966.77	
17	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.71	1 146 447 661.96 zł	1 765 000.00	2 471 426.10	
18	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.70	1 169 376 615.20 zł	1 765 000.00	2 520 854.63	
19	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.69	1 192 764 147.51 zł	1 765 000.00	2 571 271.72	
20	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.67	1 216 619 430.46 zł	1 765 000.00	2 622 697.15	
21	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.66	1 240 951 819.07 zł	1 765 000.00	2 675 151.10	
22	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.65	1 265 770 855.45 zł	1 765 000.00	2 728 654.12	
23	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.63	1 291 086 272.56 zł	1 765 000.00	2 783 227.20	
24	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.62	1 316 907 998.01 zł	1 765 000.00	2 838 891.75	
25	560 000 000.00 zł	258 750 000.00 zł	0	0	0	818 750 000.00 zł	0.61	1 343 246 157.97 zł	1 765 000.00	2 895 669.58	
Sum	14 000 000 000.00 zł	6 468 750 000.00 zł	0.00 zł	0.00 zł	0.00 zł	20 468 750 000.00 zł		26 749 304 056.37 zł	44 125 000.00	57 664 148.59	



# Transformacja energetyczna



## Składowe kosztów dla elektrowni fotowoltaicznej

	Nakłady inwestycyjne	O&M	Koszty paliwa	Koszty emisji CO2	Koszty likwidacji	Suma kosztów	Współczynnik dyskontowy	Zdyskontowane koszty	Wytworzona energia	Zdyskontowana wytworzona energia	LCOE
0	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	1.00	0.00 zł	0	0	
1	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	0.98	0.00 zł	0	0	
2	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	0.96	0.00 zł	0	0	
3	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	0.94	0.00 zł	0	0	
1	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.98	281 137 500.00 zł	2 277 000.00	2 322 540.00	
2	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.96	286 760 250.00 zł	2 277 000.00	2 368 990.80	
3	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.94	292 495 455.00 zł	2 277 000.00	2 416 370.62	
4	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.92	298 345 364.10 zł	2 277 000.00	2 464 698.03	
5	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.91	304 312 271.38 zł	2 277 000.00	2 513 991.99	
6	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.89	310 398 516.81 zł	2 277 000.00	2 564 271.83	
7	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.87	316 606 487.15 zł	2 277 000.00	2 615 557.27	
8	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.85	322 938 616.89 zł	2 277 000.00	2 667 868.41	
9	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.84	329 397 389.23 zł	2 277 000.00	2 721 225.78	
10	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.82	335 985 337.01 zł	2 277 000.00	2 775 650.29	
11	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.80	342 705 043.75 zł	2 277 000.00	2 831 163.30	
12	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.79	349 559 144.63 zł	2 277 000.00	2 887 786.57	121,05 zł
13	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.77	356 550 327.52 zł	2 277 000.00	2 945 542.30	
14	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.76	363 681 334.07 zł	2 277 000.00	3 004 453.14	
15	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.74	370 954 960.75 zł	2 277 000.00	3 064 542.21	
16	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.73	378 374 059.97 zł	2 277 000.00	3 125 833.05	
17	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.71	385 941 541.16 zł	2 277 000.00	3 188 349.71	
18	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.70	393 660 371.99 zł	2 277 000.00	3 252 116.71	
19	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.69	401 533 579.43 zł	2 277 000.00	3 317 159.04	
20	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.67	409 564 251.02 zł	2 277 000.00	3 383 502.22	
21	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.66	417 755 536.04 zł	2 277 000.00	3 451 172.27	
22	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.65	426 110 646.76 zł	2 277 000.00	3 520 195.71	
23	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.63	434 632 859.69 zł	2 277 000.00	3 590 599.62	
24	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.62	443 325 516.89 zł	2 277 000.00	3 662 411.62	
25	126 000 000.00 zł	118 125 000.00 zł	0	0	31 500 000.00 zł	275 625 000.00 zł	0.61	452 192 027.22 zł	2 277 000.00	3 735 659.85	
<b>Sum</b>	<b>3 150 000 000.00 zł</b>	<b>2 953 125 000.00 zł</b>	<b>0.00 zł</b>	<b>0.00 zł</b>	<b>787 500 000.00 zł</b>	<b>6 890 625 000.00 zł</b>		<b>9 004 918 388.44 zł</b>	<b>56 925 000.00</b>	<b>74 391 652.32</b>	





# Transformacja energetyczna



## Składowe kosztów dla elektrowni wiatrowej

	Nakłady inwestycyjne	O&M	Koszty paliwa	Koszty emisji CO2	Koszty likwidacji	Suma kosztów	Współczynnik dyskontowy	Zdyskontowane koszty	Wytworzona energia	Zdyskontowana wytworzona energia	LCOE
0		0	0	0	0	0.00 zł	1.00	0.00 zł	0	0	
1		0	0	0	0	0.00 zł	0.98	0.00 zł	0	0	
2		0	0	0	0	0.00 zł	0.96	0.00 zł	0	0	
3		0	0	0	0	0.00 zł	0.94	0.00 zł	0	0	
1	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.98	364 247 100.00 zł	2 697 000.00	2 750 940.00	
2	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.96	371 532 042.00 zł	2 697 000.00	2 805 958.80	
3	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.94	378 962 682.84 zł	2 697 000.00	2 862 077.98	
4	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.92	386 541 936.50 zł	2 697 000.00	2 919 319.54	
5	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.91	394 272 775.23 zł	2 697 000.00	2 977 705.93	
6	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.89	402 158 230.73 zł	2 697 000.00	3 037 260.04	
7	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.87	410 201 395.35 zł	2 697 000.00	3 098 005.25	
8	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.85	418 405 423.25 zł	2 697 000.00	3 159 965.35	
9	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.84	426 773 531.72 zł	2 697 000.00	3 223 164.66	
10	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.82	435 309 002.35 zł	2 697 000.00	3 287 627.95	
11	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.80	444 015 182.40 zł	2 697 000.00	3 353 380.51	
12	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.79	452 895 486.05 zł	2 697 000.00	3 420 448.12	132,41 zł
13	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.77	461 953 395.77 zł	2 697 000.00	3 488 857.08	
14	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.76	471 192 463.68 zł	2 697 000.00	3 558 634.22	
15	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.74	480 616 312.96 zł	2 697 000.00	3 629 806.91	
16	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.73	490 228 639.22 zł	2 697 000.00	3 702 403.05	
17	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.71	500 033 212.00 zł	2 697 000.00	3 776 451.11	
18	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.70	510 033 876.24 zł	2 697 000.00	3 851 980.13	
19	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.69	520 234 553.77 zł	2 697 000.00	3 929 019.73	
20	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.67	530 639 244.84 zł	2 697 000.00	4 007 600.13	
21	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.66	541 252 029.74 zł	2 697 000.00	4 087 752.13	
22	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.65	552 077 070.33 zł	2 697 000.00	4 169 507.17	
23	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.63	563 118 611.74 zł	2 697 000.00	4 252 897.32	
24	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.62	574 380 983.97 zł	2 697 000.00	4 337 955.26	
25	228 000 000.00 zł	115 425 000.00 zł	0	0	13 680 000.00 zł	357 105 000.00 zł	0.61	585 868 603.65 zł	2 697 000.00	4 424 714.37	
<b>Sum</b>	<b>5 700 000 000.00 zł</b>	<b>2 885 625 000.00 zł</b>	<b>0.00 zł</b>	<b>0.00 zł</b>	<b>342 000 000.00 zł</b>	<b>8 927 625 000.00 zł</b>		<b>11 666 943 786.32 zł</b>	<b>67 425 000.00</b>	<b>88 113 432.72</b>	

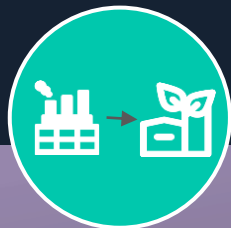


# Transformacja energetyczna



## Składowe kosztów dla elektrowni na biomasę

	Nakłady inwestycyjne	O&M	Koszty paliwa	Koszty emisji CO2	Koszty likwidacji	Suma kosztów	Współczynnik dyskontowy	Zdyskontowane koszty	Wytworzona energia	Zdyskontowana wytworzona energia	LCOE
0	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	1.00	0.00 zł	0	0	
1	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	0.98	0.00 zł	0	0	
2	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	0.96	0.00 zł	0	0	
3	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	0.94	0.00 zł	0	0	
1	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.98	191 644 740.00 zł	480 000.00	489 600.00	
2	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.96	195 477 634.80 zł	480 000.00	499 392.00	
3	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.94	199 387 187.50 zł	480 000.00	509 379.84	
4	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.92	203 374 931.25 zł	480 000.00	519 567.44	
5	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.91	207 442 429.87 zł	480 000.00	529 958.79	
6	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.89	211 591 278.47 zł	480 000.00	540 557.96	
7	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.87	215 823 104.04 zł	480 000.00	551 369.12	
8	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.85	220 139 566.12 zł	480 000.00	562 396.50	
9	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.84	224 542 357.44 zł	480 000.00	573 644.43	
10	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.82	229 033 204.59 zł	480 000.00	585 117.32	
11	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.80	233 613 868.68 zł	480 000.00	596 819.67	
12	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.79	238 286 146.05 zł	480 000.00	608 756.06	
13	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.77	243 051 868.98 zł	480 000.00	620 931.18	
14	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.76	247 912 906.36 zł	480 000.00	633 349.81	
15	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.74	252 871 164.48 zł	480 000.00	646 016.80	
16	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.73	257 928 587.77 zł	480 000.00	658 937.14	
17	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.71	263 087 159.53 zł	480 000.00	672 115.88	
18	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.70	268 348 902.72 zł	480 000.00	685 558.20	
19	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.69	273 715 880.77 zł	480 000.00	699 269.36	
20	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.67	279 190 198.39 zł	480 000.00	713 254.75	
21	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.66	284 774 002.36 zł	480 000.00	727 519.85	
22	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.65	290 469 482.40 zł	480 000.00	742 070.24	
23	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.63	296 278 872.05 zł	480 000.00	756 911.65	
24	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.62	302 204 449.49 zł	480 000.00	772 049.88	
25	28 800 000.00 zł	28 287 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	1 200 000.00 zł	187 887 000.00 zł	0.61	308 248 538.48 zł	480 000.00	787 490.88	
<b>Sum</b>	<b>720 000 000.00 zł</b>	<b>707 175 000.00 zł</b>	<b>3 240 000 000.00 zł</b>	<b>0.00 zł</b>	<b>30 000 000.00 zł</b>	<b>4 697 175 000.00 zł</b>		<b>6 138 438 462.58 zł</b>	<b>12 000 000.00</b>	<b>15 682 034.74</b>	<b>391,43 zł</b>



# Transformacja energetyczna



## Składowe kosztów dla elektrowni Turów

	Nakłady inwestycyjne	O&M	Koszty paliwa	Koszty emisji CO2	Koszty likwidacji	Suma kosztów	Współczynnik dyskontowy	Zdyskontowane koszty	Wytworzona energia	Zdyskontowana wytworzona energia	LCOE
0		0	0	0	0	0,00 zł	1,00	0,00 zł	0	0	
1		0	0	0	0	0,00 zł	0,98	0,00 zł	0	0	
2		0	0	0	0	0,00 zł	0,96	0,00 zł	0	0	
3		0	0	0	0	0,00 zł	0,94	0,00 zł	0	0	
1	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,98	2 333 828 340.00 zł	5 500 000.00	5 610 000.00	
2	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,96	2 380 504 906.80 zł	5 500 000.00	5 722 200.00	
3	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,94	2 428 115 004.94 zł	5 500 000.00	5 836 644.00	
4	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,92	2 476 677 305.03 zł	5 500 000.00	5 953 376.88	
5	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,91	2 526 210 851.14 zł	5 500 000.00	6 072 444.42	
6	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,89	2 576 735 068.16 zł	5 500 000.00	6 193 893.31	
7	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,87	2 628 269 769.52 zł	5 500 000.00	6 317 771.17	
8	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,85	2 680 835 164.91 zł	5 500 000.00	6 444 126.60	
9	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,84	2 734 451 868.21 zł	5 500 000.00	6 573 009.13	
10	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,82	2 789 140 905.57 zł	5 500 000.00	6 704 469.31	
11	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,80	2 844 923 723.69 zł	5 500 000.00	6 838 558.70	
12	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,79	2 901 822 198.16 zł	5 500 000.00	6 975 329.87	416,01 zł
13	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,77	2 959 858 642.12 zł	5 500 000.00	7 114 836.47	
14	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,76	3 019 055 814.96 zł	5 500 000.00	7 257 133.20	
15	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,74	3 079 436 931.26 zł	5 500 000.00	7 402 275.86	
16	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,73	3 141 025 669.89 zł	5 500 000.00	7 550 321.38	
17	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,71	3 203 846 183.29 zł	5 500 000.00	7 701 327.81	
18	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,70	3 267 923 106.95 zł	5 500 000.00	7 855 354.36	
19	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,69	3 333 281 569.09 zł	5 500 000.00	8 012 461.45	
20	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,67	3 399 947 200.47 zł	5 500 000.00	8 172 710.68	
21	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,66	3 467 946 144.48 zł	5 500 000.00	8 336 164.89	
22	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,65	3 537 305 067.37 zł	5 500 000.00	8 502 888.19	
23	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,63	3 608 051 168.72 zł	5 500 000.00	8 672 945.95	
24	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,62	3 680 212 192.10 zł	5 500 000.00	8 846 404.87	
25	540 000 000.00 zł	212 175 000.00 zł	825 000 000.00 zł	679 140 000.00 zł	31 752 000.00 zł	2 288 067 000.00 zł	0,61	3 753 816 435.94 zł	5 500 000.00	9 023 332.97	
<b>Sum</b>	<b>13 500 000 000.00 zł</b>	<b>5 304 375 000.00 zł</b>	<b>20 625 000 000.00 zł</b>	<b>16 978 500 000.00 zł</b>	<b>793 800 000.00 zł</b>	<b>57 201 675 000.00 zł</b>		<b>74 753 221 232.78 zł</b>	<b>137 500 000.00</b>	<b>179 689 981.45</b>	



# Transformacja energetyczna



## Składowe kosztów dla hybrydowego układu z magazynem energii

	Nakłady inwestycyjne	O&M	Koszty paliwa	Koszty emisji CO2	Koszty likwidacji	Suma kosztów	Współczynnik dyskontowy	Zdyskontowane koszty	Wytworzona energia	Zdyskontowana wytworzona energia	LCOE
0	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	1.00	0.00 zł	0	0	
1	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	0.98	0.00 zł	0	0	
2	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	0.96	0.00 zł	0	0	
3	0.00 zł	0	0	0	0	0.00 zł	0.94	0.00 zł	0	0	
1	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.98	1 672 154 340.00 zł	5 500 000.00	5 610 000.00	
2	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.96	1 705 597 426.80 zł	5 500 000.00	5 722 200.00	
3	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.94	1 739 709 375.34 zł	5 500 000.00	5 836 644.00	
4	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.92	1 774 503 562.84 zł	5 500 000.00	5 953 376.88	
5	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.91	1 809 993 634.10 zł	5 500 000.00	6 072 444.42	
6	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.89	1 846 193 506.78 zł	5 500 000.00	6 193 893.31	
7	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.87	1 883 117 376.92 zł	5 500 000.00	6 317 771.17	
8	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.85	1 920 779 724.46 zł	5 500 000.00	6 444 126.60	
9	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.84	1 959 195 318.94 zł	5 500 000.00	6 573 009.13	
10	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.82	1 998 379 225.32 zł	5 500 000.00	6 704 469.31	
11	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.80	2 038 346 809.83 zł	5 500 000.00	6 838 558.70	
12	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.79	2 079 113 746.03 zł	5 500 000.00	6 975 329.87	298,07 zł
13	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.77	2 120 696 020.95 zł	5 500 000.00	7 114 836.47	
14	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.76	2 163 109 941.37 zł	5 500 000.00	7 257 133.20	
15	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.74	2 206 372 140.19 zł	5 500 000.00	7 402 275.86	
16	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.73	2 250 499 583.00 zł	5 500 000.00	7 550 321.38	
17	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.71	2 295 509 574.66 zł	5 500 000.00	7 701 327.81	
18	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.70	2 341 419 766.15 zł	5 500 000.00	7 855 354.36	
19	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.69	2 388 248 161.47 zł	5 500 000.00	8 012 461.45	
20	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.67	2 436 013 124.70 zł	5 500 000.00	8 172 710.68	
21	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.66	2 484 733 387.20 zł	5 500 000.00	8 336 164.89	
22	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.65	2 534 428 054.94 zł	5 500 000.00	8 502 888.19	
23	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.63	2 585 116 616.04 zł	5 500 000.00	8 672 945.95	
24	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.62	2 636 818 948.36 zł	5 500 000.00	8 846 404.87	
25	942 800 000.00 zł	520 587 000.00 zł	129 600 000.00 zł	0	46 380 000.00 zł	1 639 367 000.00 zł	0.61	2 689 555 327.33 zł	5 500 000.00	9 023 332.97	
<b>Sum</b>	<b>23 570 000 000.00 zł</b>	<b>13 014 675 000.00 zł</b>	<b>3 240 000 000.00 zł</b>	<b>0.00 zł</b>	<b>1 159 500 000.00 zł</b>	<b>40 984 175 000.00 zł</b>		<b>53 559 604 693.71 zł</b>	<b>137 500 000.00</b>	<b>179 689 981.45</b>	



# Transformacja energetyczna



## Koszt wytwarzania energii elektrycznej w OZE

### Koszt wytwarzania energii elektrycznej z poszczególnych źródeł

	Koszt jednostkowy wytwarzania energii elektrycznej LCOE	Roczny koszt wytwarzania energii elektrycznej	Całkowity koszt wytwarzania energii elektrycznej po 25 latach
Fotowoltaika	121,05 zł	275 625 000,00 zł	6 890 625 000,00 zł
Turbozespoły wiatrowe	132,41 zł	357 105 000,00 zł	8 927 625 000,00 zł
Elektrownie biomasowe	391,43 zł	187 887 000,00 zł	4 697 175 000,00 zł
El. szczytowo-pompowa	463,88 zł	818 750 000,00 zł	20 468 750 000,00 zł
Układ hybrydowy + woda	298,07 zł	1 639 367 000,00 zł	40 984 175 000,00 zł
Różnica hybrydowy układ i Turów		648 700 000,00 zł	62 967 056 022,11 zł
Węgiel brunatny	416,01 zł	2 288 067 000,00 zł	103 951 231 022,11 zł

Zgodnie z analizą ekonomiczną, jednostkowy koszt wytwarzania energii elektrycznej układu hybrydowego uzupełnionego o wodny zasobnik energii jest o **117,94 zł tańszy od technologii węgla brunatnego**.

W perspektywie **25 lat** oszczędności osiągną wartość rzędu **63 mld zł**.



# Transformacja energetyczna



## Koszt wytwarzania energii elektrycznej w OZE

### Koszt wytwarzania energii elektrycznej z poszczególnych źródeł

	CAPEX	OPEX - rocznie	LCOE
<b>Fotowoltaika</b>	3 150 000 000,00 zł	118 125 000,00 zł	121,05 zł
<b>Turbozespoły wiatrowe</b>	5 700 000 000,00 zł	115 425 000,00 zł	132,41 zł
<b>Elektrownie biomasowe</b>	720 000 000,00 zł	157 887 000,00 zł	391,43 zł
<b>El. szczytowo-pompowa</b>	14 000 000 000,00 zł	258 750 000,00 zł	463,88 zł
<b>Węgiel brunatny</b>	13 500 000 000,00 zł	1 716 315 000,00 zł	416,01 zł
<b>Układ hybrydowy</b>	23 570 000 000,00 zł	650 187 000,00 zł	298,07 zł

We wskaźniku OPEX uwzględniono **koszty paliwa** oraz **koszty emisji CO<sub>2</sub>**.



# Transformacja energetyczna



## Koszt wytwarzania energii elektrycznej w OZE

### Roczny koszt wytwarzania energii elektrycznej

	Węgiel brunatny LCOE	Układ hybrydowy LCOE	Roczny koszt wytwarzania Elektrownia Turów	Roczny koszt wytwarzania Układ hybrydowy	Różnica pomiędzy rocznym kosztem wytwarzania
1	416.01 zł	298.07 zł	2 496 073 090.91 zł	1 639 367 000.00 zł	856 706 090.91 zł
2	432.65 zł	298.07 zł	2 595 916 014.55 zł	1 639 367 000.00 zł	956 549 014.55 zł
3	449.96 zł	298.07 zł	2 699 752 655.13 zł	1 639 367 000.00 zł	1 060 385 655.13 zł
4	467.96 zł	298.07 zł	2 807 742 761.33 zł	1 639 367 000.00 zł	1 168 375 761.33 zł
5	486.68 zł	298.07 zł	2 920 052 471.79 zł	1 639 367 000.00 zł	1 280 685 471.79 zł
6	506.14 zł	298.07 zł	3 036 854 570.66 zł	1 639 367 000.00 zł	1 397 487 570.66 zł
7	526.39 zł	298.07 zł	3 158 328 753.48 zł	1 639 367 000.00 zł	1 518 961 753.48 zł
8	547.44 zł	298.07 zł	3 284 661 903.62 zł	1 639 367 000.00 zł	1 645 294 903.62 zł
9	569.34 zł	298.07 zł	3 416 048 379.77 zł	1 639 367 000.00 zł	1 776 681 379.77 zł
10	592.12 zł	298.07 zł	3 552 690 314.96 zł	1 639 367 000.00 zł	1 913 323 314.96 zł
11	615.80 zł	298.07 zł	3 694 797 927.56 zł	1 639 367 000.00 zł	2 055 430 927.56 zł
12	640.43 zł	298.07 zł	3 842 589 844.66 zł	1 639 367 000.00 zł	2 203 222 844.66 zł
13	666.05 zł	298.07 zł	3 996 293 438.45 zł	1 639 367 000.00 zł	2 356 926 438.45 zł
14	692.69 zł	298.07 zł	4 156 145 175.98 zł	1 639 367 000.00 zł	2 516 778 175.98 zł
15	720.40 zł	298.07 zł	4 322 390 983.02 zł	1 639 367 000.00 zł	2 683 023 983.02 zł
16	749.21 zł	298.07 zł	4 495 286 622.34 zł	1 639 367 000.00 zł	2 855 919 622.34 zł
17	779.18 zł	298.07 zł	4 675 098 087.24 zł	1 639 367 000.00 zł	3 035 731 087.24 zł
18	810.35 zł	298.07 zł	4 862 102 010.73 zł	1 639 367 000.00 zł	3 222 735 010.73 zł
19	842.76 zł	298.07 zł	5 056 586 091.16 zł	1 639 367 000.00 zł	3 417 219 091.16 zł
20	876.47 zł	298.07 zł	5 258 849 534.80 zł	1 639 367 000.00 zł	3 619 482 534.80 zł
21	911.53 zł	298.07 zł	5 469 203 516.19 zł	1 639 367 000.00 zł	3 829 836 516.19 zł
22	948.00 zł	298.07 zł	5 687 971 656.84 zł	1 639 367 000.00 zł	4 048 604 656.84 zł
23	985.92 zł	298.07 zł	5 915 490 523.12 zł	1 639 367 000.00 zł	4 276 123 523.12 zł
24	1 025.35 zł	298.07 zł	6 152 110 144.04 zł	1 639 367 000.00 zł	4 512 743 144.04 zł
25	1 066.37 zł	298.07 zł	6 398 194 549.80 zł	1 639 367 000.00 zł	4 758 827 549.80 zł
	<b>Suma</b>		<b>103 951 231 022.11 zł</b>	<b>40 984 175 000.00 zł</b>	<b>62 967 056 022.11 zł</b>

15 rok - Zwrot nakładów inwestycyjnych wynikający z samej różnicy między kosztem wytwarzania energii.

Różnica pomiędzy kosztem wytwarzania w latach 1-15 wynosi łącznie ponad 24 mld zł.

Wzrost LCOE dla węgla brunatnego wynika z założonego 4% wzrostu kosztów wytwarzania spowodowanego ograniczeniami emisji CO2 do atmosfery (wzrost kosztów emisji, cen paliwa oraz ogólne odchodzenie od węgla i brak wsparcia dla takiego typu elektrowni).

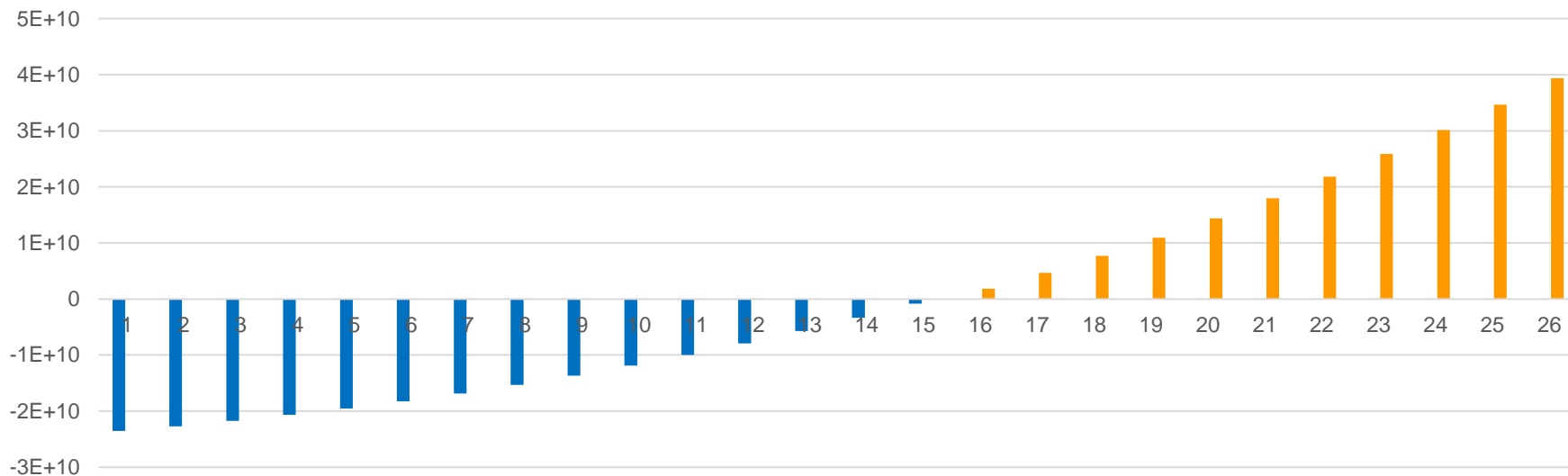


# Transformacja energetyczna

## Koszt wytwarzania energii elektrycznej w OZE

### Roczny koszt wytwarzania energii elektrycznej – okres zwrotu inwestycji

Analiza ekonomiczna - okres zwrotu inwestycji

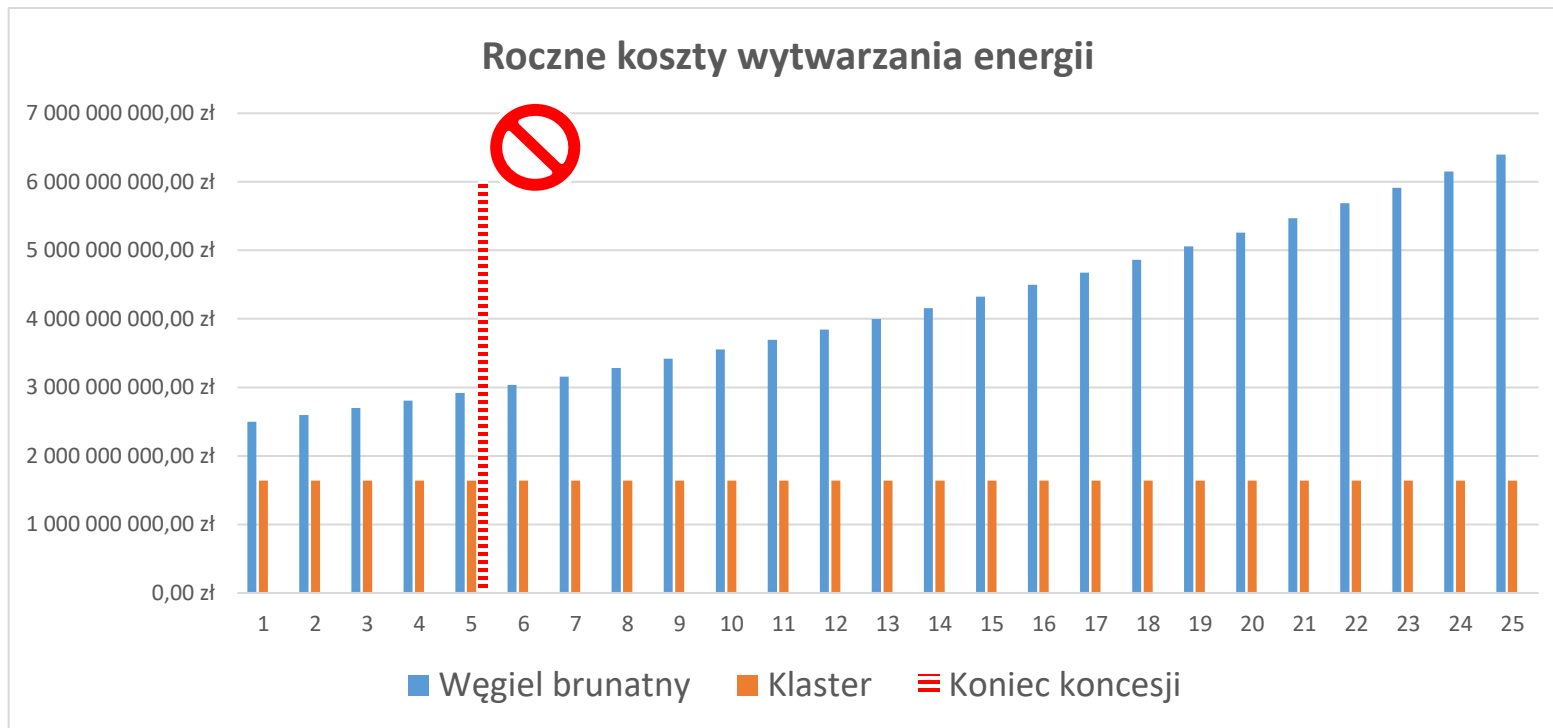






# Transformacja energetyczna

## Koszt wytwarzania energii elektrycznej w OZE





# Transformacja energetyczna

## Możliwości zatrudnienia po transformacji

Na podstawie danych o rocznej produkcji oraz zatrudnieniu związanym bezpośrednio przy obsłudze OZE oszacowano jednostkowy poziom zatrudnienia w czterech podstawowych technologiach:

- fotowoltaika – **0,2 os./MW**;
- elektrownie wiatrowe – **0,5 os./MW**; <sup>[41]</sup>
- elektrownie biomasowe – **0,7 os./MW**; <sup>[42]</sup>
- elektrownia szczytowo-pompowa – **0,3 os./MW**. <sup>[40]</sup>

Dodatkowo szacuje się tendencję spadkową w zatrudnieniu w kopalni odkrywkowej oraz elektrowni Turów. Zatrudnienie w ciągu 23 lat w odkrywce Turów **zmniejszyło się o 62 %**, a w elektrowni Turów w ciągu 6 lat **spadło o 22 %**. <sup>[39]</sup>





# Transformacja energetyczna



## Możliwości zatrudnienia po transformacji

Oprócz zatrudnienia bezpośredniego w obsłudze po realizacji inwestycji, należy doliczyć **zatrudnienie bezpośrednie przy realizacji inwestycji** (zarządzanie, budowa).

Przyjąć można, że **budowa farm fotowoltaicznych** może wygenerować zatrudnienie dla **800 osób** (4 ekipy po 200 osób) w sposób ciągły **przez 10 lat**.

Inwestycja w **farmy wiatrowe** może wygenerować **na etapie budowy około 2000 bezpośrednich i pośrednich miejsc pracy**.

Możliwość powstania **nowych miejsc pracy w branżach powiązanych** (transport, produkcja, obsługa, logistyka).

Prace związane z dostosowaniem lokalizacji często zlecane są podmiotom **pochodzącym z regionu inwestycji**. Inwestycje w OZE dają szansę na **aktywizację terenów słabo zaludnionych, o ubogich glebach** oraz na **wzrost atrakcyjności regionu dla inwestorów**.<sup>[40]</sup>





# Transformacja energetyczna



## Możliwości zatrudnienia po transformacji

Porównanie zatrudnienia (miejsc pracy) związanego z OZE oraz zatrudnienia w kopalni i elektrowni Turów

Technologia	Zatrudnienie w tys. osób
<b>ALTERNATYWA DLA ELEKTROWNI TURÓW</b>	
Źródła PV	(0,42 + 0,8) do 2,05
Elektrownie wiatrowe lądowe	(0,57 + 2,0) do 2,70
Elektrownie na biomasę	0,042 do 0,58
Elektrownia szczytowo-pompowa	0,69 do 2,5
<b>Razem OZE</b>	<b>od 4,522 do 7,83</b>
<b>Kopalnia + Elektrownia Turów</b>	<b>3,7</b>



# Transformacja energetyczna



## Możliwości zatrudnienia po transformacji – nowi inwestorzy

**Last but not least** – rozwój OZE w regionie Dolnego Śląska, może skutecznie wpłynąć na przyciągnięcie nowych zagranicznych inwestycji. Obok światowych potentatów, takich jak LG, Toyota, czy Amazon, na Dolnym Śląsku mogą pojawić się inne duże firmy, których działalność charakteryzuje się dużą energochłonnością. Dzięki wykorzystaniu lokalnej zielonej energii będą one mogły znacząco obniżyć swój ślad węglowy. **Zgodnie z opiniami ekspertów przedsiębiorstwa takie mogą stanowić źródło zatrudnienia dla tysięcy osób.**

Dolnośląskie OZE znakomicie wpisuje się również w założenia „Strategii Wodorowej Polski do 2030 r.” Źródła wybudowane w celu zastąpienia kombinatu w Turowie, stanowią idealne **przygotowanie do gospodarki wodorowej.**





# Transformacja energetyczna



## Bibliografia

### Prezentacja sporządzona z wykorzystaniem danych zawartych w opracowaniach:

1. Ekspertyza, styczeń 2019r - Popczyk Jan, Bodzek Krzysztof - "ENERGETYKA XXI w. NA DOLNYM ŚLĄSKU. ALTERNATYWA WOBEC ROZBUDOWY ODKRYWKI WĘGLA BRUNATNEGO I BLOKU 450 MW W TUROWIE"
2. Raport powstały w związku z Zarządzeniem Ministra Klimatu z dn. 2.04.2020, poz. 2. - GRUPA EKSPERCKA 'SPRAWIEDLIWA TRANSFORMACJA' - "PROPOZYCJE REKOMENDACJI DLA OBSZARU SPRAWIEDLIWA TRANSFORMACJA"
3. Paska J.: Rozproszone źródła energii. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2017.
4. Paska J.: Wytwarzanie energii elektrycznej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2018.
5. Kaliński Jakub, Paska Józef, Pawlak Karol [i in.] : Investment risk in the energy sector on the example of a biogas power plant, w: Polityka Energetyczna / Energy Policy Journal, vol. Tom 21, Nr 4, 2018, ss. 125-140, DOI:10.24425/124504
6. Paska Józef, Pawlak Karol, Ronkiewicz Pola [i in.] : Polish hydropower resources and example of their utilization, w: Przegląd Elektrotechniczny, nr 1, 2020, ss. 1-5, DOI:10.15199/48.2020.01.01
7. <http://stat.gov.pl> [dostęp 28.07.2020]
8. <http://www.ure.gov.pl> [dostęp 28.07.2020]
9. <https://www.pse.pl/> [dostęp 28.07.2020]
10. <https://www.gamwzielone.pl/trendy/103143/koszty-energii-z-wiatru-i-fotowoltaiki-znowu-spadly-jak-bardzo> [dostęp 28.07.2020]
11. <https://biznesalert.pl/sawicki-czego-uczyczarny-poniedzialek-energetyki/> [dostęp 28.07.2020]
12. <https://www.wnp.pl/energetyka/niemcy-buduja-elektrownie-szczytowo-pompowe-u-nas-temat-ucichl.409086.html> [dostęp 28.07.2020]
13. <https://www.google.pl/maps> [dostęp 28.07.2020]
14. [https://forum-energii.eu/pl/analizy/europejski-trojkat-weglabrunatnego?utm\\_source=twitter&utm\\_medium=post\\_25062020&utm\\_campaign=lignite](https://forum-energii.eu/pl/analizy/europejski-trojkat-weglabrunatnego?utm_source=twitter&utm_medium=post_25062020&utm_campaign=lignite) [dostęp 28.07.2020]
15. <https://www.eurobserv-er.org/> [dostęp 28.07.2020]
16. <https://magazynbiomasa.pl/ireneusz-zyska-o-oze-co-pelnomocnik-sadzi-o-odnawialnych-zrodlach/> [dostęp 28.07.2020]
17. <https://cleanerenergy.pl/2020/03/04/ireneusz-zyska-mowi-o-rozwoju-oze-i-inwestycjach-w-zrodla-odnawialne/> [dostęp 28.07.2020]
18. <https://www.hydroreview.com/2010/10/01/study-hydropower-potential-could-create-14-million-jobs/#gref> [dostęp 28.07.2020]
19. [http://eko.org.pl/index\\_news.php?dzial=2&kat=20&art=2387](http://eko.org.pl/index_news.php?dzial=2&kat=20&art=2387) [dostęp 28.07.2020]



# Transformacja energetyczna



## Bibliografia

20. <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/72399.pdf> [dostęp 19.08.2020]
21. <https://www.windpowermonthly.com/article/1682020/big-turbines-push-down-o-m-costs> [dostęp 19.08.2020]
22. [https://www.eia.gov/analysis/studies/powerplants/capitalcost/pdf/capital\\_cost\\_AEO2020.pdf?fbclid=IwAR0hpgN0bKIX\\_E3sWs8HfGg8WlOYOHORHvVjBHygJXDImPs5NmQmIvdaZZO](https://www.eia.gov/analysis/studies/powerplants/capitalcost/pdf/capital_cost_AEO2020.pdf?fbclid=IwAR0hpgN0bKIX_E3sWs8HfGg8WlOYOHORHvVjBHygJXDImPs5NmQmIvdaZZO) [dostęp 19.08.2020]
23. <http://www.instalacjebudowlane.pl/5173-33-68-biomasa--cena-wartosc-opalowa-rodzaje.html> [dostęp 19.08.2020]
24. <https://kwbbelchatow.pgegiek.pl/Oferta/Sprzedaz-weгля> [dostęp 19.08.2020]
25. <https://handel-emisjami-co2.cire.pl/> [dostęp 19.08.2020]
26. <https://wysokienapiecie.pl/28871-elektrownia-turow-bdzie-pracowac-ale-w-coraz-trudniejszym-otoczeniu/> [dostęp 19.08.2020]
27. [http://www.gjwk.pl/files/159/172/149/2\\_rozdzial.pdf?fbclid=IwAR0EAVZ-G4mXcXpC5Da882gofp9TtwWC8vjGh4ph8NUJQfPZH0v6cCGBKtw](http://www.gjwk.pl/files/159/172/149/2_rozdzial.pdf?fbclid=IwAR0EAVZ-G4mXcXpC5Da882gofp9TtwWC8vjGh4ph8NUJQfPZH0v6cCGBKtw) [dostęp 19.08.2020]
28. <https://media.rff.org/documents/RFF20Rpt20Decommissioning20Power20Plants.pdf?fbclid=IwAR2f6Hy2-k7iFgILehpYa5jcwHzVz65coWdYFi5vXioddjQOdNAOP2iIQ5Q> [dostęp 19.08.2020]
29. <https://pgegiek.pl/Nasze-oddzialy/Kopalnia-Wegla-Brunatnego-Turow> [dostęp 19.08.2020]
30. <http://www.atrakcjetechniki.karr.pl/pl/strony/1045.html> [dostęp 19.08.2020]
31. <https://www.energetyka24.com/kopalnia-wegla-brunatnego-turow-bdzie-mogla-kontynuowac-wydobycie> [dostęp 19.08.2020]
32. <https://biznesalert.pl/koncesja-przedluzenie-turow-pge-wegiel-brunatny-energetyka/> [dostęp 19.08.2020]
33. [http://geoportal.pgi.gov.pl/css/powiaty/2018/wplyw\\_odkrywkowej\\_eksploatacji.pdf](http://geoportal.pgi.gov.pl/css/powiaty/2018/wplyw_odkrywkowej_eksploatacji.pdf) [dostęp 19.08.2020]
34. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Elektrownia\\_Tur%C3%B3w](https://pl.wikipedia.org/wiki/Elektrownia_Tur%C3%B3w) [dostęp 19.08.2020]
35. [http://eko.org.pl/imgturysta/files/2020/Turow\\_ekspertyza%20Popczyk\\_Bodzek\\_0119.pdf](http://eko.org.pl/imgturysta/files/2020/Turow_ekspertyza%20Popczyk_Bodzek_0119.pdf) [dostęp 19.08.2020]
36. <https://pgegiek.pl/aktualnosci/nowy-blok-w-elektrowni-turow-gotowy-w-89-proc> [dostęp 19.08.2020]
37. <http://inwestycjeenergetyczne.itc.pw.edu.pl/inwestycja/elektrownia-turow-blok-1/> [dostęp 19.08.2020]
38. <https://biznesalert.pl/odkrywka-kopalnia-turow-przedluzenie-koncesji-krytyka-ekologia-energetyka-srodowisko/> [dostęp 19.08.2020]
39. [http://ppte2050.pl/platforma/ostdod/files/K\\_Bodzek\\_Energetyka\\_XXIw.pdf](http://ppte2050.pl/platforma/ostdod/files/K_Bodzek_Energetyka_XXIw.pdf) [dostęp 19.08.2020]
40. <https://www.osti.gov/servlets/purl/1515066> [dostęp 19.08.2020]
41. <https://www.gramwzielone.pl/energia-wiatrowa/33253/najwieksze-na-swiecie-wiatraki-stana-u-wyrzezy-belgii> [dostęp 21.09.2020]
42. <https://magazynbiomasa.pl/50-mln-euro-pozyczki-na-elektrownie-wykorzystujacej-biomase-w-hispanii/> [dostęp 21.09.2020]
43. <http://www.instalacjebudowlane.pl/3535-33-68-elektrownie-wiatrowe--pytania-i-odpowiedzi.html> [dostęp 21.09.2020]