

STAN I KIERUNKI ROZWOJU POLSKIEJ ENERGETYKI



DR INŻ. ROBERT WERSTA

Kierownik Działu Oceny Zgodności
Urząd Dozoru Technicznego
Oddział we Wrocławiu



**DR INŻ. MAŁGORZATA
SUŚ-RYSZKOWSKA**

Główny Specjalista ds. Komunikacji
Departament Innowacji i Rozwoju
Urząd Dozoru Technicznego





KRAJOWA ENERGETYKA ZAWODOWA NADAL OPARTA JEST NA WĘGLU, JEDNOCZEŚNIE OBSERWUJEMY ZACHODZĄCE ZMIANY POD WPŁYWEM RÓŻNORODNYCH CZYNNIKÓW, KTÓRE BĘDĄ KSZTAŁTOWAĆ PRZYSZŁOŚĆ TEGO SEKTORA. AKTUALNE TRENDY TO PRZED E WSZYSTKIM NACISK NA REDUKCJĘ EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH I STOPNIOWE ODCHODZENIE OD TECHNOLOGII WYTWÓRCZYCH OPARTYCH NA WĘGLU. ROŚNIE SPOŁECZNA ŚWIADOMOŚĆ ŚRODOWISKOWA. TRWAJĄ ZATEM POSZUKIWANIA NOWYCH ŹRÓDEŁ ENERGII, A SZCZEGÓLNIE TYCH WIĄŻĄCYCH SIĘ Z ROZWOJEM TECHNOLOGII PRODUKCJI ENERGII ZE ŹRÓDEŁ ODNAWIALNYCH.

Dążenia do ochrony klimatu wymagają jednak wykorzystania wszystkich źródeł energii, bez której współczesny człowiek nie mógłby bezpiecznie funkcjonować. Miks energetyczny, w którym znaczącą rolę wciąż odgrywają konwencjonalne źródła energii, jest elementem bezpieczeństwa energetycznego. Trwają procesy rozwojowe i badania naukowe dotyczące zwiększania ekologicznego bezpieczeństwa energetyki konwencjonalnej. W energetyce zawodowej kładzie się również nacisk na poprawę efektywności energetycznej w celu zwiększenia wydajności i redukcji zużycia energii. Nowe technologie, zarządzanie energią oraz modernizacja istniejących elektrowni węglowych mogą pomóc w osiągnięciu tego celu.

Bezpieczeństwo energetyczne to stan gospodarki umożliwiający pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, przy minimalizacji negatywnego oddziaływania sektora energii na środowisko i warunki życia społeczeństwa [1].

Międzynarodowa Agencja Energii definiuje bezpieczeństwo energetyczne jako nieprzerwaną fizyczną dostępność dostaw, po przystępnej cenie, wykorzystywaną w zgodzie ze środowiskiem [2].

ŹRÓDŁA ENERGII W POLSCE

Wiele krajów stara się zdywersyfikować źródła energii poprzez inwestowanie w jej odnawialne źródła, takie jak energia słoneczna, wiatrowa, jądrowa oraz energia hybrydowa. Dywersyfikacja ma na celu ograniczenie zależności od węgla i zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych.

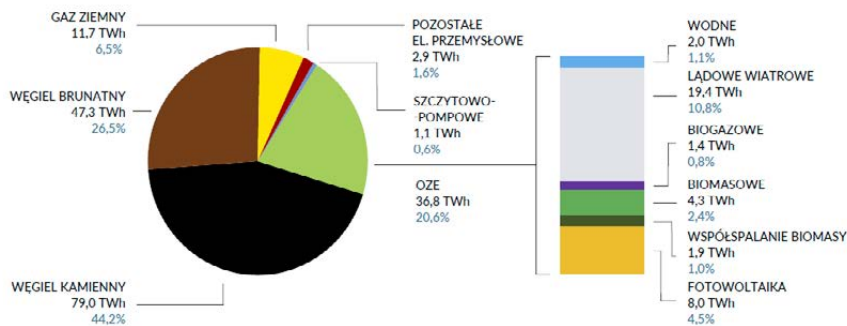
W Polsce łączna moc zainstalowana wszystkich źródeł energii elektrycznej wyniosła w czerwcu br. ponad 63 GW (energetyka konwencjonalna i OZE), z tego 25,4 GW to odnawialne źródła energii (40%). W tabeli nr 1 podano składowe moce odnawialnych źródeł energii – (OZE) i dynamikę ich rozwoju w pierwszej połowie bieżącego roku [3].

Tabela 1. Moc zainstalowana OZE według rodzaju źródeł w czerwcu 2023 r. [3]

elektrownie OZE	moc zainstalowana czerwiec 2022 [MW]	moc zainstalowana czerwiec 2023 [MW]	dynamika
elektrownie wodne	977,8	977,7	100,0
elektrownie wiatrowe	7 543,9	8 857,2	117,4
elektrownie biogazowe	266,1	286,4	107,6
elektrownie na biomasę	968,2	981,5	101,4
fotowoltaika	10 357,8	14 268,7	137,8
hybrydowa instalacja OZE	11,3	24,1	212,4
razem	20 125,0	25 395,6	126,2

Przedstawione dane dotyczące rozwoju OZE są optymistyczne, jednak produkcja energii elektrycznej w Polsce nadal oparta jest na węglu kamiennym i brunatnym. Na dzień 31.12.2022 r. wyniosła 70,7%, a pozostałe źródła to: gaz – 6,5%, 20,6% odnawialne źródła energii – (OZE) oraz inne źródła – 2,2% (rys. 1.).

Udział węgla w produkcji energii elektrycznej w 2022 r. zmniejszył się jednak o 1,7 punktu procentowego w stosunku do roku 2021. Produkcja energii z gazu ziemnego osiągnęła najniższy poziom od 2017 r. spowodowany rekordowo wysokimi cenami gazu na światowych giełdach, a jednostki gazowe i opierające się na węglu kamiennym zanotowały najniższe w historii współczynniki wykorzystania mocy. Produkcja energii z fotowoltaiki podwoiła się natomiast względem 2021 r. i wyniosła 8,0 TWh [4].



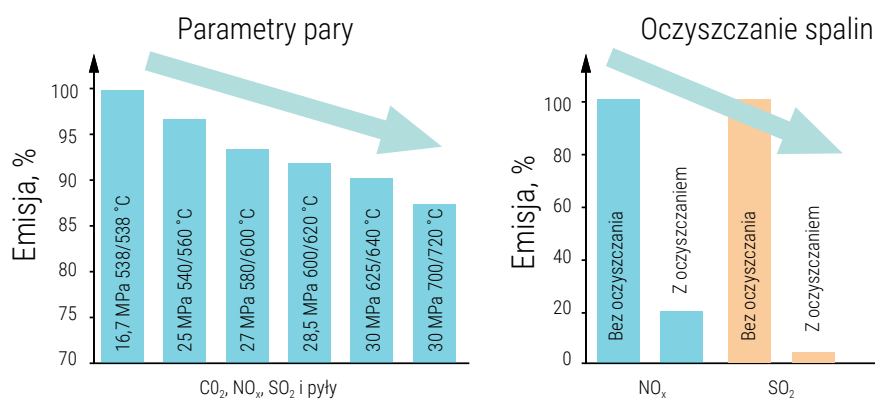
Rys. 1. Produkcja energii elektrycznej w 2022 r. [4]

Tak wysoki udział w produkcji energii, na poziomie 70,7%, wynika ze stanu potencjału mocy krajowego systemu energetycznego w odniesieniu do bloków spalających węgiel kamienny i brunatny, który obejmuje około 20 bloków o mocy 120 MW, około 50 bloków o mocy 200 MW, 16 bloków o mocy 360 MW, 2 bloki o mocy 500 MW oraz 8 nowoczesnych bloków o łącznej mocy 6129 MW (tab. 2) na nadkrytyczne parametry pracy i ultranadkrytyczne (USC) o ciśnieniu powyżej 25 MPa i temperaturze pary pierwotnej 565–600°C oraz przegrzanej 610–620°C.

Zastosowanie USC parametrów pary pozwala na podniesienie sprawności bloków energetycznych do wartości powyżej 45%. To dzięki wzrostowi temperatury pary świeżej i pary wtórnie przegrzanej o 20°C uzyskuje się wzrost sprawności (względnej) o 1 punkt procentowy, zaś dla każdego wzrostu ciśnienia pary świeżej o 1 MPa – wzrost sprawności o 0,2% [10]. Nowatorskie warunki spalania paliw stałych zmniejszają emisję zanieczyszczeń do powietrza. Emisję szkodliwych związków można dodatkowo w znacznym stopniu obniżyć przez zastosowanie instalacji oczyszczania spalin (rys. 2) [15–19].

Tabela 2. Eksploatowane i budowane bloki na parametry nadkrytyczne [11]

Lokalizacja bloków	Moc, MW	Max ciśnienie PS [bar] SH/RH	Max temperatura pracy TS, °C – SH/RH
El. Pątnów II	464	266/52	544/568
El. Łagisza CFB	460	275	560/580
El. Bełchatów II	860	284/72	569/607
El. Kozienice	1075	266/63	603/621
El. Opole	2 x 950	280/77	603/611
El. Jaworzno III	910	285/59	603/611
El. Turów	460	266/63	603/621



Rys. 2. Obniżenie poziomu emisji zanieczyszczeń uzyskiwane przez zastosowanie wysokich parametrów pary i oczyszczanie spalin [7]

Część konwencjonalnych bloków energetycznych została zmodernizowana, większość jednak jest zdekapitalizowana, wykazując względnie niską sprawność <36%. Nie spełniają zaostrożonych wymagań konkluzji BAT, które obowiązują od 2021 r. Dotyczy to szczególnie bloków o mocy 200 MW, których wiek wynosi około 40 lat, a czas eksploatacji ponad 200 000 godzin. Bloki te nadal mają znaczący, około 28-procentowy wkład w rynek dyspozycyjnej mocy [5,12–15, 19].

STAN I WPŁYW ENERGETYKI NA ŚRODOWISKO

Spalanie węgla w kotłach energetycznych wprowadza do atmosfery znaczne ilości zanieczyszczeń CO₂, NO_x, SO₂, stąd tak ważna jest sprawność kotłów. Dotyczy to szczególnie zdekapitalizowanych bloków o mocy 200 MW, których eksploatacja generuje wysokie koszty mające wpływ na cenę prądu elektrycznego [3,13–17, 25]. Z danych statystycznych dotyczących emisji gazów cieplarnianych na świecie wynika, że największymi emitentami CO₂ w ujęciu globalnym z działalności ludzi są Chiny, a drugie miejsce zajmują Stany Zjednoczone [24], natomiast Polska plasuje się na 19 pozycji (tab. 3). Posiadane zasoby rodzimych paliw, węgla kamiennego, a zwłaszcza brunatnego, decydują o tym, że z jednej strony jesteśmy w grupie najbardziej bezpiecznych energetycznie krajów w UE, ale z drugiej strony jesteśmy uznawani za jednego z większych w Europie emitentów gazów cieplarnianych – przy średniej 8,48 ton CO₂/osobę, – porównując do średniej unijnej 6,25 ton CO₂/osobę [3].



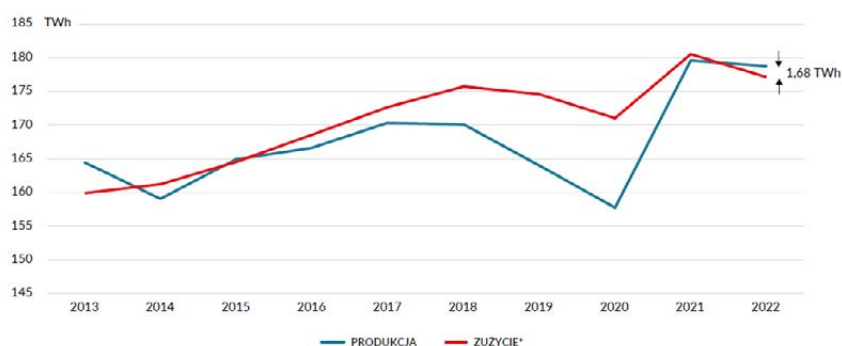
Tabela 3. Globalny poziom i udział w całości antropogenicznej emisji CO₂ w 2021 r. [24]

Lp.	Państwo	Poziom emisji [mln ton/rok]	Udział [%]
1	Chiny	12 466	32,93
2	Stany Zjednoczone	4752	12,55
3	Unia Europejska	2775	7,33
4	Indie	2649	7,00
5	Rosja	1943	5,13
6	Japonia	1085	2,87
7	Iran	711	1,88
8	Niemcy	666	1,76
9	Korea Południowa	627	1,66
10	Indonezja	603	1,59
11	Arabia Saudyjska	586	1,55
12	Kanada	564	1,49
13	Brazylia	490	1,29
14	Turcja	450	1,19
15	Republika Południowej Afryki	436	1,15
16	Meksyk	418	1,11
17	Australia	368	0,97
18	Wielka Brytania	335	0,89
19	Polska	321	0,85
20	Wietnam	321	0,85
21	Włochy, San Marino, Watykan	320	0,84
22	Francja i Monako	302	0,80
23	Tajwan	288	0,76
24	Tajlandia	270	0,71
25	Egipt	259	0,68
26	Malezja	252	0,66
27	Hiszpania i Andora	232	0,61
28	Pakistan	220	0,58
29	Kazachstan	211	0,56
30	Zjednoczone Emiraty Arabskie	194	0,51



Polska gospodarka stoi przed podjęciem strategicznych decyzji związanych ze stanem i kierunkami rozwoju elektroenergetyki. Spośród kilku uwarunkowań koniecznej transformacji krajowej energetyki przedstawiono poniżej dwa fundamentalne:

- dbałość o bezpieczeństwo energetyczne kraju,
- spełnienie ekologicznych wymagań klimatycznych Unii Europejskiej (UE).



Rys. 3. Bilans produkcji i zużycia energii elektrycznej do 31.12. 2022 r. [4]

Rozwój krajowej energetyki uwarunkowany jest wieloma czynnikami, do których należą m.in. [12]:

- stan mocy wytwórczych i związane z tym bezpieczeństwo energetyczne kraju,
- wymogi ekologiczne wynikające z polityki UE oraz krajowych instytucji,
- konieczność poprawy parametrów technicznych oraz wskaźników ekonomicznych obiektów energetycznych, w tym relacji kosztowych produkcji tj. cena energii,
- wiedza związana z nowymi technologiami energetycznymi,
- wiedza z zakresu inżynierii materiałowej,
- bezpieczeństwo techniczne.



WYZWANIA DLA ENERGETYKI

Krajowa energetyka zawodowa zmierza do eksploatacji pracujących bloków energetycznych do co najmniej 350 000 godzin i eksploatacji bloków skojarzonych do 300 000 godzin. Dotyczy to około 100 eksploatowanych bloków energetycznych, stanowiących przeważającą część mocy krajowych elektrowni, których rzeczywisty czas pracy znacznie przekroczył obliczeniowy, najczęściej dwukrotnie [5–7]. Jednocześnie uwzględniany jest kierunek klimatyczny w Europie związany z ograniczaniem udziału węgla (do około 40%) w produkcji energii elektrycznej.

Wiele wyzwań wynika z projektu „Polityka energetyczna Polski do 2040 roku” (PEP2040). Założenia tego projektu są następujące [13]:

- strategiczny wzrost o 43% w 2040 roku mocy zainstalowanej opierającej się w dużej części na źródłach OZE,
- prognozowana wartość mocy w 2040 r. wyniesie 72,6 tys. MW i ma się składać z:
- 13,4 tys. MW w elektrowniach i EC opalanych węglem,
- 9 tys. MW w elektrowniach gazowych,
- 12,4 tys. MW w elektrowniach i EC parowo-gazowych,
- 11 tys. MW w elektrowniach wiatrowych (w tym 10,3 z farm morskich),
- 5,6 tys. MW w elektrowniach jądrowych,
- 20,2 tys. MW w fotowoltaice,
- 1,0 tys. MW w elektrowniach wodnych,

wzrost stopnia bezpieczeństwa energetycznego – wskaźnik ten określa stosunek mocy zainstalowanej do maksymalnego zapotrzebowania na moc.

Dla zapewnienia ciągłości dostaw energii konieczne jest utrzymanie gotowości do pracy jednostek węglowych. W celu weryfikacji możliwości modernizacji istniejących jednostek wytwórczych wykonywane są metodologie oceny, bieżące analizy stanu instalacji i certyfikacja w zakresie bezpieczeństwa technicznego. Pozwoli to na wykorzystanie istniejących bloków przy lepszych parametrach pracy i niższym obciążeniu środowiska, co wpłynie również na ekonomiczne przesłanki ich wykorzystania. Inwestycje w przeanalizowane bezpieczeństwo przyczynią się też do zapewnienia lepszych warunków integracji OZE w systemie elektroenergetycznym ze względu na gwarancje odpowiednich rezerw mocy.





Aktualny i perspektywiczny, zgodnie z PEP 2040, stan energetyki oparty jest na tzw. miksie energetycznym, czyli udział produkcji energii elektrycznej z różnych źródeł (rys. 4).

• ENERGIA Z ENERGETYKI WIELKOSKALOWEJ

Bloki opalane węglem kamiennym i brunatnym, gazem, biomasą i bloki parowo-gazowe, duo bloki oraz atomowe

• ENERGIA Z ENERGETYKI ROZPROSZONEJ Z OZE

Plan budowy farmy na Bałtyku, fotowoltaika, elektrownie wiatrowe, elektrownie wodne.

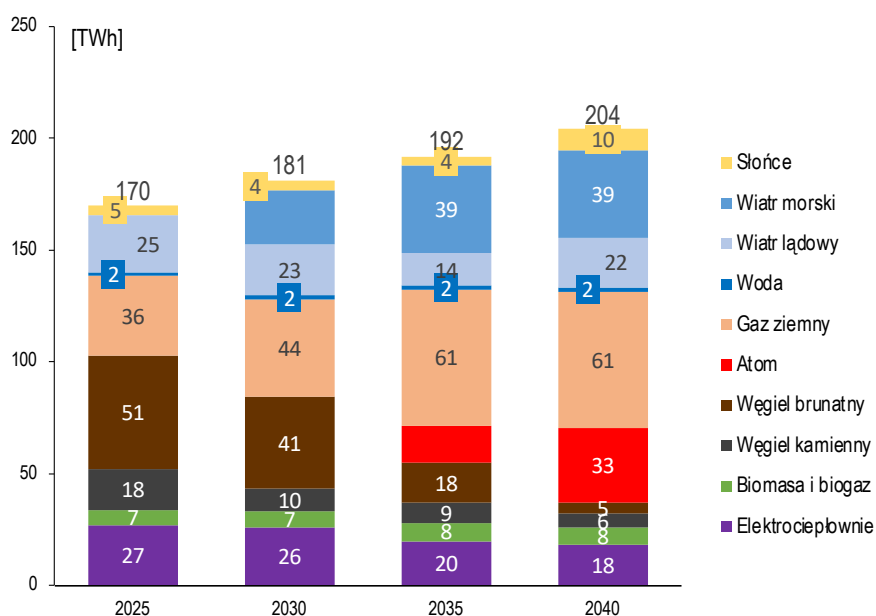
PLANY DLA ENERGETYKI

Zakłada się sukcesywne ograniczanie udziału węgla w produkcji energii elektrycznej do 50% w 2030 r. przy „dynamicznie” rosnącym udziale OZE do 22%. Równocześnie prognozuje się, że po 2033 r. wybudowane zostaną bloki jądrowe zapewniające wzrost bezpieczeństwa energetycznego.

Okresowa efektywność (aktywność wiatru i słońca) źródła OZE jest niestabilna produkcyjnie i wymaga zabezpieczenia stabilizującego zapotrzebowanie na energię. Obecnie realizowane jest to przez konwencjonalne bloki węglowe przygotowane do pracy w systemie regulacyjnym, a w przyszłości - elektrownie atomowe. Są one najbardziej efektywne, kiedy pracują w podstawie, czyli jak najdłużej. Elektrownia atomowa powinna zatem pracować ok. 8000 godzin (tzw. współczynnik wykorzystania mocy bliski 90%) [20].

W Polsce warunki klimatyczne, a zatem źródła OZE są zmienne, dlatego połączenie produkowanej z nich energii elektrycznej z energią wytwarzaną przez elektrownie atomowe pracujące w podstawie będzie wpływać pozytywnie na zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego.

Zgodnie z założeniami Programu polskiej energetyki jądrowej (PPEJ) z 2020 r., w kraju mają powstać elektrownie atomowe o mocy od 6 do 9 gigawatów [20].



Rys. 4. Struktura produkcji energii elektrycznej [TWh] [13]



WOBEC LICZNYCH WYZWAŃ W ENERGETYCE I ZAPEWNIENIU JEJ STABILNOSTI MIKSU NIEZWYKLE ISTOTNE JEST BEZPIECZEŃSTWO LUDZI, MIENIA I ŚRODOWISKA. ENERGETYKA Z OZE, KONWENCJONALNA, JĄDROWA – GENERUJĄ WCIĄŻ NOWE ZADANIA DLA WSZYSTKICH STRON ZAINTERESOWANYCH BIORĄCYCH UDZIAŁ W PROCESIE.

PLANOWANA STRATEGIA ROZWOJU NA NAJBLIŻSZE 20 LAT UWZGLĘDNIĄ PONIŻSZE UWARUNKOWANIA.

- Konieczność stawiania na mix technologii energetycznych i stopniowe zmniejszanie udziału energetyki opartej na węglu do około 50%.
- Rozwój technologii OZE nisko- lub bezemisyjnych – energetyki wiatrowej oraz słonecznej – fotowoltaicznej z zapewnieniem skutecznej stabilizacji produkcji energii elektrycznej przez bloki węglowe pracujące w systemie regulacyjnym.
- Budowa energetyki jądrowej.
- Podjęcie działań w kierunku oszczędzania energii, obniżanie zużycia energii na tonę produktu, logistyczne zarządzanie konsumpcją energii, modernizacja systemów przesyłowych.

METODY WSPARCIA DLA BEZPIECZNEGO ROZWOJU ENERGETYKI

W UDT myślimy o takim prowadzeniu inspekcji bloków energetycznych, aby maksymalnie zwiększać ich dyspozycyjność – szukamy nowych rozwiązań na dziś i na przyszłość. Elementem nowego podejścia jest wykorzystanie istniejących jednostek wytwórczych z uwzględnieniem możliwości zwiększenia efektywności i okresu funkcjonowania bloków węglowych. Dla bezpieczeństwa funkcjonowania niezbędne są działania modernizacyjne i te dotyczące utrzymania ruchu. Wszelkie działania związane z bezpieczeństwem wpisują się w definicję zarządzania ryzykiem, którego nieodłącznym elementem są różnego rodzaju narzędzia do identyfikacji i analizy zagrożeń oraz ryzyka.

Ważną metodą w inżynierii bezpieczeństwa, również w kontekście energetyki, jest analiza HAZOP (Hazard and Operability Study). **Obecnie w sektorze energetyki zawodowej przeprowadzenie analiz HAZOP jest praktycznie standardem. Są one źródłem scenariuszy awaryjnych, tj. materiałem dla analizy SIL.** Analiza HAZOP to systematyczna metoda oceny i identyfikacji zagrożeń oraz potencjalnych problemów operacyjnych w systemach i procesach energetycznych.

Analiza HAZOP ma na celu zapobieganie awariom, minimalizowanie ryzyka, ochronę środowiska oraz poprawę operacyjnej efektywności w wielu branżach. Dla zidentyfikowanych w analizie HAZOP scenariuszy awaryjnych często niezbędne jest określenie wymagań dla warstw zabezpieczeń, szczególnie dla automatyki zabezpieczającej.

Metoda LOPA (Layer of Protection Analysis) i graf ryzyka to narzędzia używane w inżynierii bezpieczeństwa, w tym w energetyce, do przypisania wymagań fizycznych dla funkcji bezpieczeństwa. Koncentruje się na identyfikacji oraz analizie skuteczności warstw ochronnych lub barier, które mają na celu minimalizację ryzyka w systemie. Ma to kluczowe znaczenie w sektorze energetycznym, gdzie potencjalna awaria może mieć poważne konsekwencje.

Certyfikacja bezpieczeństwa funkcjonalnego jest narzędziem kontroli i potwierdzenia poprawności działania instalacji. Pozwala stwierdzić, że urządzenia lub systemy spełniają określone normy i standardy. W kontekście bezpieczeństwa funkcjonalnego w energetyce, certyfikacja może obejmować ocenę elektrowni, linii przesyłowych, urządzeń kontrolnych i innych składników systemów energetycznych. Daje pewność, że systemy energetyczne są projektowane i utrzymywane zgodnie z rygorystycznymi standardami, co z kolei przyczynia się do zminimalizowania ryzyka awarii, a tym samym do zapewnienia niezawodności dostaw energii. Jest to kluczowy aspekt w sektorze energetycznym, który ma na celu ochronę środowiska, zdrowia publicznego i gospodarki.

Ważnym elementem w łańcuchu bezpieczeństwa jest również integralność mechaniczna samych urządzeń ciśnieniowych.



Wsparciem dla prowadzenia wszystkich predykcji, analiz ryzyka, oceny stanu technicznego instalacji jest program ET INSPEKTOR. Korzystanie z programu ET Inspektor może pomóc w efektywnym monitorowaniu i zarządzaniu urządzeniami ciśnieniowymi, co ma kluczowe znaczenie dla utrzymania bezpieczeństwa i niezawodności systemów, które je wykorzystują, m.in. w energetyce i innych branżach przemysłowych.

Niezmiennie kluczową rolę w odpowiedzialnych branżach takich jak energetyka, chemia lub petrochemia odgrywa inżynieria materiałowa. Wytrzymałość eksploatacyjna urządzeń technicznych zależy od tworzyw, z jakich są wykonane, sposobu ich łączenia, metodyki ich badań. Wciąż poszukiwane są nowe technologie wytwarzania innowacyjnych materiałów w tym stopów metalicznych odgrywających ważną rolę w długo eksploatowanych jednostkach energetycznych. Wysokotemperaturowe stale i stopy nierdzewne są wykorzystywane w sektorze energetycznym, zwłaszcza tam, gdzie działa wysoka temperatura i występuje agresywne środowisko przy długotrwałej eksploatacji pod obciążeniem. Stała współpraca branż przemysłowych oraz jednostek inspekcyjnych ze światem nauki i badań jest warunkiem poprawy bezpiecznej efektywności.

NIEUSTANNY ROZWÓJ

Energetyka zawodowa wciąż ma znaczący udział w globalnym rynku energii. Rozwój międzynarodowy i dostosowanie się do międzynarodowych standardów ekologicznych i emisji mogą stać się kierunkiem rozwoju dla tego sektora. Badania nad technologią czystego węgla wciąż trwają. Poszukujemy nowych rozwiązań, które mogą uczynić energetykę węglową bardziej przyjazną dla środowiska, takich jak wysokoefektywne elektrownie węglowe i technologie czystego spalania. Sektor energetyki stara się dostosować do zmieniających się wymagań ekologicznych i rynkowych, poszukując bardziej zrównoważonych i efektywnych rozwiązań energetycznych przy wsparciu jednostek naukowo-badawczych oraz inspekcyjnych i certyfikujących.

Literatura

1. Obwieszczenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 1 lipca 2005 r. w sprawie polityki energetycznej państwa do 2025 r.
2. M. Pazdej, Bezpieczeństwo energetyczne w polityce Unii Europejskiej w XXI wieku. Poznań: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, 2020.
3. <https://www.rynekelektryczny.pl/moc-zainstalowana-oze-w-polsce/>.
4. Transformacja energetyczna w Polsce Edycja 2023 – www.forum-energii.eu
5. Proc. of Int. Conf. EPRI: New steel for Advanced Plant up to 620°C, London, 1995
6. Proc. of the 6th and 7th Conf. on Materials for Advanced Power Eng., Liege 1998 i 2002.
7. Masuyama F., Advanced Power Plant Developments and Material Experiences in Japan. W: Materials for Advanced Power Engineering 2006, J. Lecomte-Beckers, M. Carton, F. Schubertand P. J. Ennis (Ed.) Part I, Proc. of the 8th Liege Conf., 2006, s. I 175
8. Mlonka J., Technologie nadkrytyczne w Polsce – www.plan.rozwoju.pcz.pl/wyklady.
9. Hernas A. red., Materiały i technologie do budowy kotłów nadkrytycznych i spalarni odpadów. Katowice: Wyd. SITPH, 2009.
10. Chmielniak T., Rusin A. red., Maszyny i urządzenia energetyczne węglowych bloków na wysokiemparametry pary. Gliwice: Wyd. Politechniki Śl., 2015.
11. Zieliński A., Trwałość eksploatacyjna żarowytrzymałych stali o osnowie austenitycznej, Monografia nr 16. Gliwice: Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metalurgii Żelaza, 2021.
12. Wstępna ocena wykonalności traktatu akcesyjnego w zakresie dyrektywy 2001/80/WE – www.geoland.pl/dodatki/energia_xxxv/energoprojekt.html
13. Ministerstwo Energii, Projekt „Polityka energetyczna Polski do 2040 roku”.
14. Hernas A., Stan i kierunki rozwoju energetyki Polski do 2040 roku. Konferencja UDT O. Wrocław, „Energetyka – problemy i wyzwania”. Szklarska Poreba, maj 2019.
15. Macuk R., Transformacja energetyczna w Polsce. Forum Energii, edycja 2019.
16. Kiciński J., Quo Vadis Energetyka? Od energetyki wielkoskalowej do rozproszonej. A co dla Polski? „Nowa Energia” 2018, 62 (2), s. 61.
17. Badur J., Ziółkowski P., Gotzman S., Moda, Wiara i fantazja – przeciw budowie Elektrowni Ostrołęka C – „ostatniej elektrowni węglowej”. „Nowa Energia”, 2019, 67 (2), s. 5–13.
18. Krajowe Centrum Inwentaryzacji Emisji, 2008.
19. Rakowski J., Czy elektrownie węglowe będą w stanie ograniczać emisję CO₂? „Energetyka”, 2006.