

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**

**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY**

AGH

Elektrownie i elektrociepłownie

dr hab. inż. Paweł Madejski, prof. AGH

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Katedra Systemów Energetycznych i Urządzeń Ochrony Środowiska

Elektrownie

Podział ze względu na wykorzystywane źródło energii pierwotnej:

- Elektrownia cieplna
- Elektrownia jądrowa
- Elektrownia wodna (Elektrownia szczytowo-pompowa)
- Elektrownia słoneczna
- Elektrownia wiatrowa
- Elektrownia geotermiczna/geotermalna
- Elektrownia pływowa
- Elektrownia maretermiczna

Podział ze względu na wykorzystanie ciepła odpadowego:

- Elektrownia kondensacyjna
- Elektrociepłownia



Technologie przetwarzania energii – elektrownie ciepłne

Elektrownia parowa (klasyczna, konwencjonalna) – czynnikiem roboczym jest wytworzona w kotle para wodna, wykonująca pracę w turbinie parowej.

Elektrownia gazowa – czynnikiem roboczym jest gaz będący produktem spalania paliwa w komorze spalania, wykonujący pracę w turbinie gazowej.

Elektrownia gazowo-parowa – kombinacja elektrowni gazowej i parowej.

Elektrownia spalinowa – z silnikami spalinowymi tłokowymi.

Elektrownia parowa jądrowa – energia cieplna jest dostarczana do czynnika roboczego (np. para wodna) w procesie rozszczepiania paliw jądrowych w reaktorze.

Elektrownie - podział

Elektrownie zawodowe – są to elektrownie i elektrociepłownie, które sprzedaż energii elektrycznej realizują w przeważającej części z wykorzystaniem sieci elektroenergetycznych przedsiębiorstw sieciowych (elektrownie zaliczane są tradycyjnie do elektroenergetyki zawodowej)

Elektrownie zawodowe niezależne – elektrownie i elektrociepłownie dostarczające energię elektryczną w większości jednemu odbiorcy finalnemu (elektrownie powstałe w wyniku restrukturyzacji przedsiębiorstw przemysłowych i wydzieleniu ich jako odrębnych jednostek)

Elektrownie przemysłowe – są częścią zakładów przemysłowych, a wytworzona w nich energia jest zużywana głównie na potrzeby macierzystego zakładu przemysłowego



Elektrownie - podział

Elektrownie podstawowe – pracują z prawie niezmiennym obciążeniem przez większość dni w roku (elektrownie parowe o małym jednostkowym koszcie paliwa i dużej sprawności, elektrownie jądrowe i elektrociepłownie)

Elektrownie podszczytowe – zmniejszają znacznie swoje obciążenie w dolinach obciążenia systemu (starsze elektrownie parowe, elektrownie wodne ze zbiornikiem o niedużym czasie napełniania)

Elektrownie szczytowe – uruchamiane tylko w okresach szczytowego obciążenia każdej doby (elektrownie gazowe i gazowo-parowe, specjalne elektrownie parowe o szybkim rozruchu, stare elektrownie parowe o dużym koszcie paliwa).



Moc elektrowni

Moc zainstalowana elektrowni – suma mocy znamionowych turbozespołów wchodzących w jej skład,

Moc osiągalna elektrowni – moc jaką elektrownia może osiągnąć w sposób trwały przy dobrym stanie urządzeń i przeciętnych warunkach pracy (trwałość – praca ciągła z określoną mocą w czasie nie krótszym niż 15h),

Moc dyspozycyjna elektrowni – moc osiągalna pomniejszona o ubytki mocy spowodowane wyłączeniem niektórych urządzeń, np. w celu dokonania remontów planowanych lub wskutek nieprzewidzianych uszkodzeń,

Rezerwa mocy – różnica między mocą osiągalną wszystkich elektrowni i aktualnym obciążeniem systemu.



System energetyczny

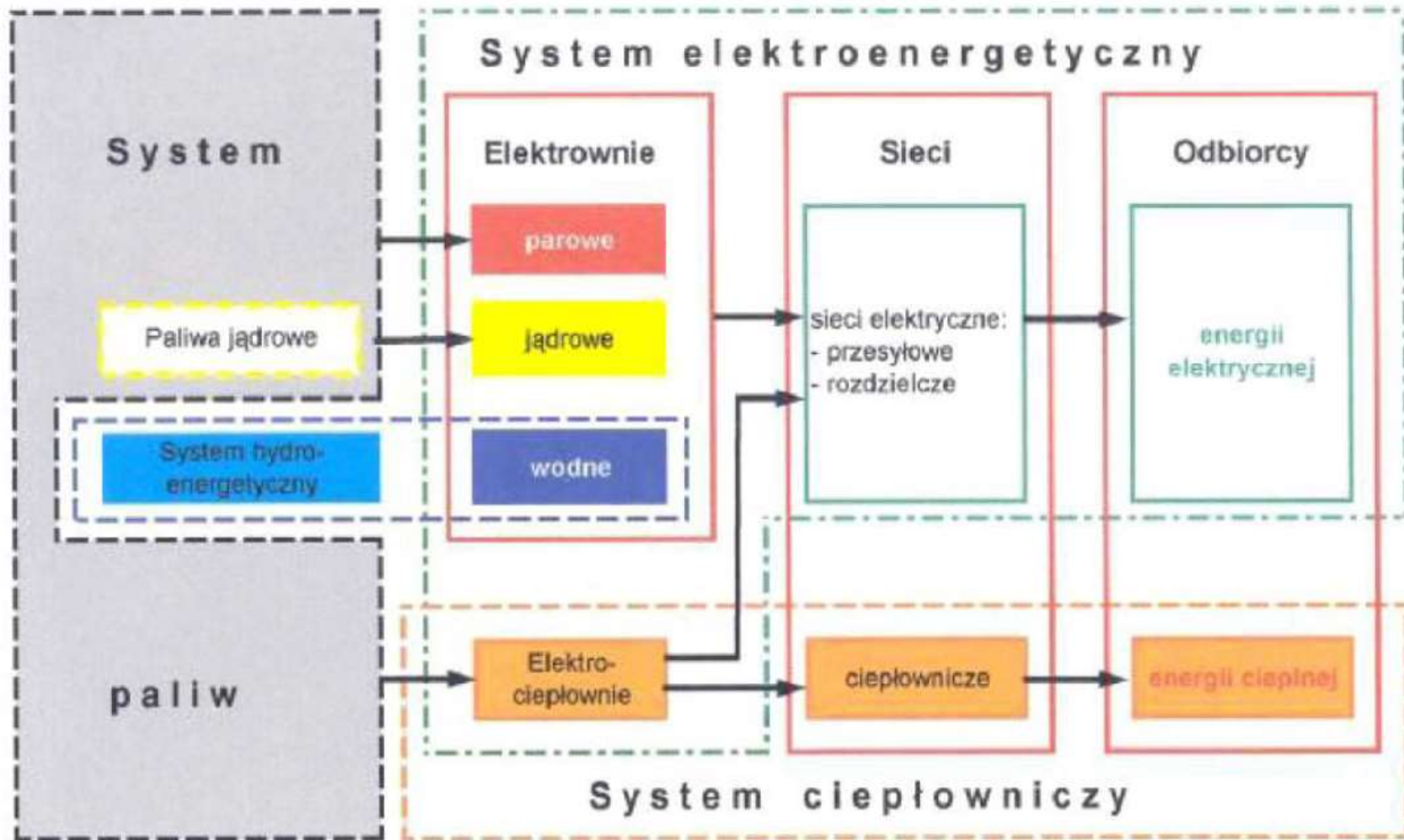
System energetyczny – zbiór obiektów do pozyskiwania, przetwarzania, przesyłania i użytkowania energii wraz z ich funkcjonalnymi powiązaniem.

Cel działania systemu energetycznego – ilościowe i jakościowe zaspokajanie potrzeb odbiorców energii, zarówno indywidualnych jak i zespołowych.

Podstawowe podsystemy:

- podsystem paliw stałych
- podsystem paliw ciekłych
- podsystem gazoenergetyczny
- podsystem elektroenergetyczny
- podsystem ciepłnoenergetyczny (ciepłowniczy)

System elektroenergetyczny/ciepłnoenergetyczny



Rys. Uproszczony schemat systemu elektroenergetycznego i ciepłowniczego

Źródło: Jeszke-Tymkowska A.: *Systemy Energetyczne*, https://www.viessmann.edu.pl/wp-content/uploads/SE1___AJT_25_03_2020.pdf [dostęp online: 05.04.2017]

Krajowy System Elektroenergetyczny



Wytwarzanie



Przesył i dystrybucja



Użytkowanie



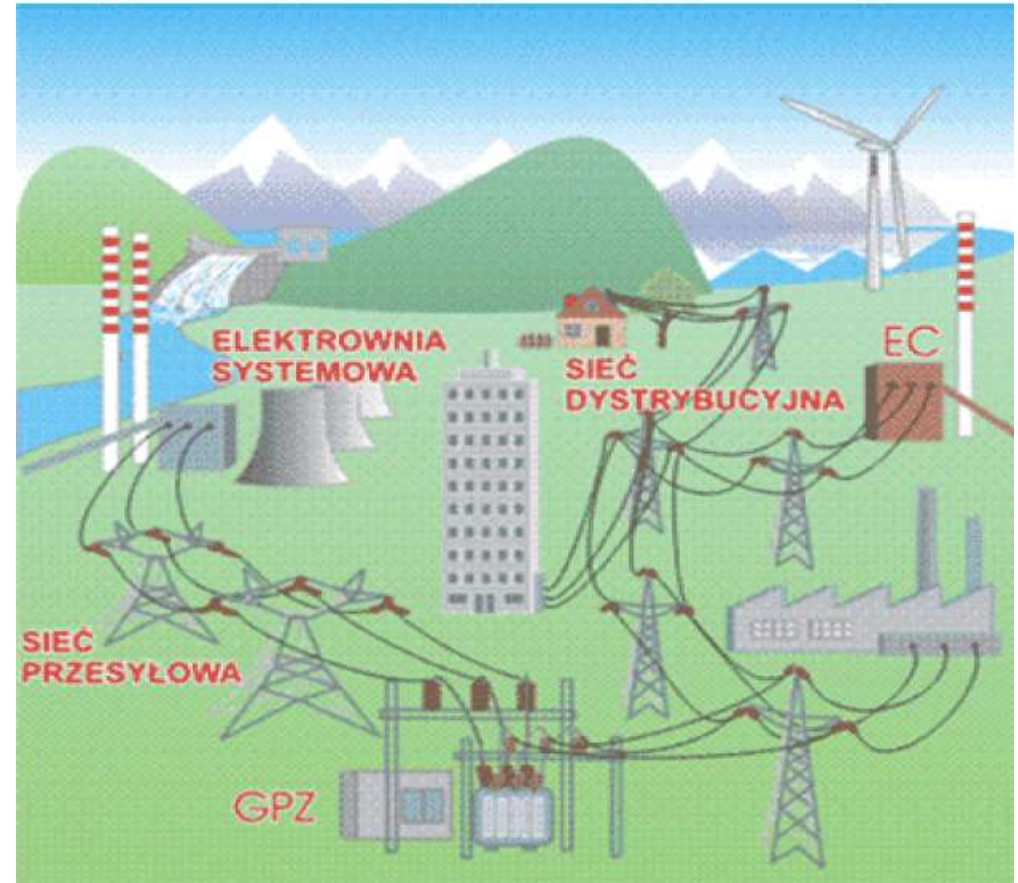
AGH

Krajowy System Elektroenergetyczny

Ciągłość i stabilność dostaw energii elektrycznej jest gwarantowana przez zespół podmiotów tworzących podsystemy w ramach **Krajowego Systemu Elektroenergetycznego**. Podmioty te stanowią odrębne jednostki podlegające oddzielnym instytucjom i regulacjom.

Podsystemy tworzące KSE to:

- podsystem wytwórczy,
- sieć przesyłowa,
- sieć dystrybucyjna.



Rys. System elektroenergetyczny

Źródło: Jeszke-Tymkowska A.: *Systemy Energetyczne*,
https://www.viessmann.edu.pl/wp-content/uploads/SE1___AJT_25_03_2020.pdf [dostęp online:
05.04.2017]



Krajowy System Elektroenergetyczny

Główne cechy systemu elektroenergetycznego:

- wytwarzanie energii elektrycznej, przesyłanie jej i przetwarzanie odbywa się praktycznie równocześnie
- brak możliwości magazynowania energii elektrycznej
- każdorazowe pozbawienie odbiorców energii (nawet krótkotrwałe), powoduje duże straty
- wymagana szczególnie wysoka niezawodność pracy systemu
- system jest rozległy terytorialnie, obejmuje cały kraj i jest powiązany z innymi krajowymi systemami elektroenergetycznymi (z innymi krajami)

Krajowy System Elektroenergetyczny

- Zespoły prądowórcze (turbogeneratory) w elektrowniach, powiązane ze sobą w systemie sieciami elektroenergetycznymi, w warunkach normalnych pracują synchronicznie. Prędkość kątowna ich mas wirujących jest jednakowa i proporcjonalna do częstotliwości systemu.
- Ilość energii wyprodukowanej w danym czasie musi być równa ilości energii traconej na drodze przesyłania i przetworzonej w odbiornikach. W dowolnym odcinku czasu musi być spełniony bilans energii elektrycznej, a w każdej chwili czasowej – bilans mocy.
- Niezawodność pracy systemu elektroenergetycznego. Wymagana jest niezawodna praca systemu elektroenergetycznego, w szczególności poprzez odpowiednie rezerwowanie poszczególnych elementów systemu oraz wprowadzanie nowoczesnych układów automatyki i sterowania.
- System elektroenergetyczny jest systemem rozległym terytorialnie, obejmującym cały kraj, powiązany połączeniami transgranicznymi z systemami elektroenergetycznymi sąsiednich krajów.

Podsystem wytwórczy KSE

Podsystem wytwórczy

elektrownie systemowe

elektrownie i elektrociepłownie przemysłowe

elektrociepłownie lokalne

elektrownie wodne, wiatrowe, słoneczne, opalane biomasą oraz biogazem

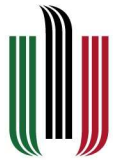


Podsystem wytwórczy KSE

Elektrownie systemowe

W Polsce funkcjonuje obecnie ok. 20 elektrowni (tzw. elektrowni systemowych zwanych też elektrowniami zawodowymi), w których energia elektryczna wytwarzania jest ze spalania węgla brunatnego i węgla kamiennego.

W elektrowniach tych produkowane jest 75 % całości energii zużywanej w kraju. Do największych z tych elektrowni należą: Bełchatów, Opole i Turów oraz Połaniec, Kozienice, Rybnik i Dolna Odra.



AGH

Podsystem wytwórczy KSE – elektrownie systemowe

Bełchatów – 5102 MW

Węgiel brunatny

Opole – 3342 MW

Węgiel kamienny

Kozienice 1 i 2 – (1813 + 2207) MW

Węgiel kamienny

Jaworzno 2 i 3 – (1345 + 910) MW

Węgiel kamienny

Turów – 2029 MW

Węgiel brunatny

Połaniec – 1674 MW

Węgiel kamienny

Rybnik – 1350 MW

Węgiel kamienny

Dolna Odra – 900 MW (+ 1434 MW)

Węgiel kamienny

*Informacje o zasobach
wytwórczych KSE (wg
stanu na 01.01.2022)*



Rys. Lokalizacje największych elektrowni

Źródło: Paska J.: Wytwarzanie energii elektrycznej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2018



Elektrownie w Polsce

https://www.youtube.com/watch?v=NZG-6_VWnLU



Elektrownie na świecie – TOP 5

<https://www.youtube.com/watch?v=FHyFFB1DoRo>

Elektrownia wiatrowa:

<https://www.youtube.com/watch?v=dQn3fHsHnYo>



Podsystem wytwórczy KSE

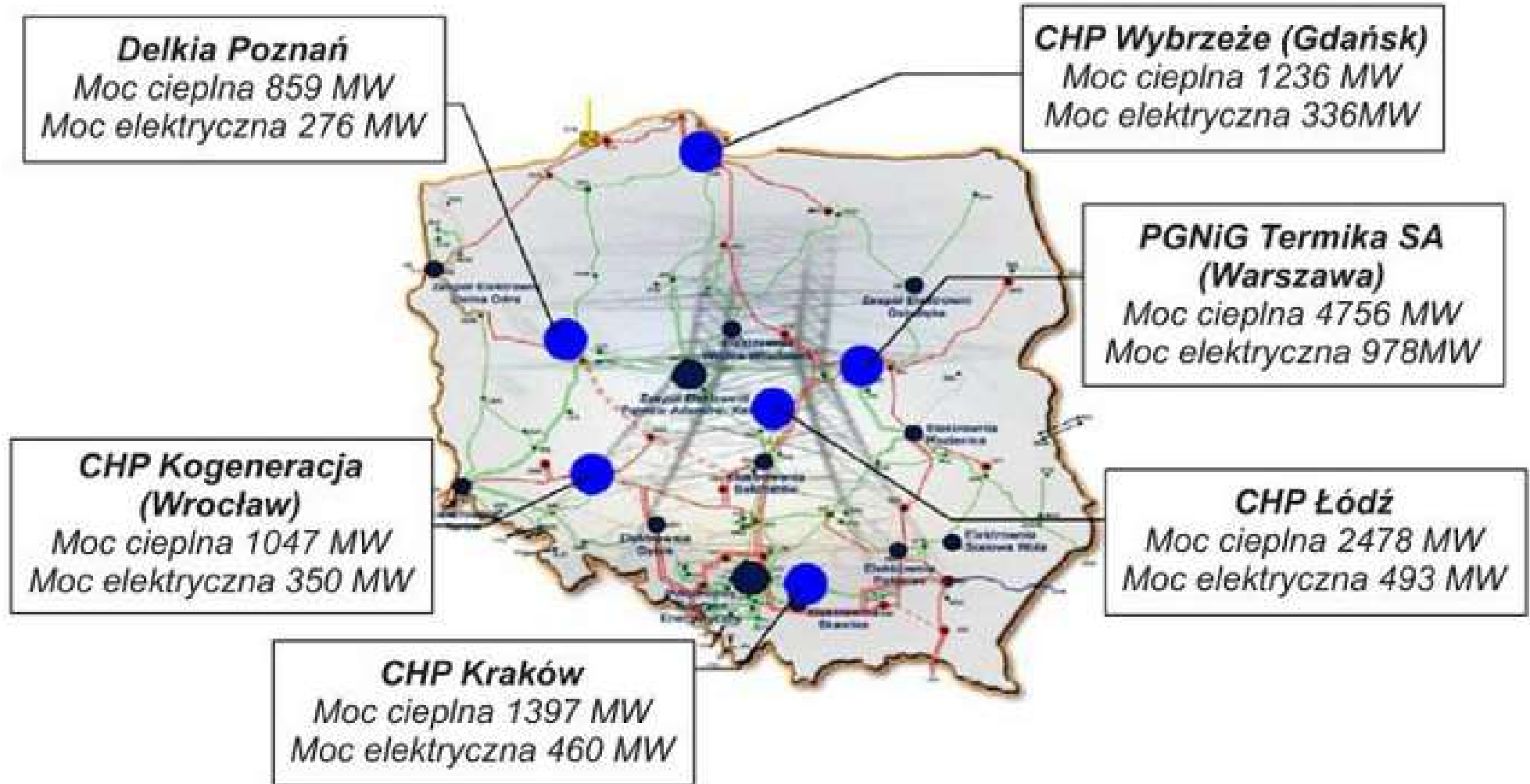
Elektrociepłownie (EC)

W elektrociepłowniach jednocześnie wytwarzana jest energia elektryczna i ciepło (tzw. wytwarzanie energii elektrycznej w skojarzeniu z ciepłem).

W Polsce pracuje obecnie ponad 50 elektrociepłowni zlokalizowanych przy większych aglomeracjach miejskich, np. zlokalizowana w Krakowie elektrociepłownia grupy PGE EC, w Warszawie i należąca do PGNiG Termika - Elektrociepłownia Żerań, czy znajdująca się we Wrocławiu Kogeneracja.

Elektrociepłownie (tzw. przemysłowe) lokalizowane są również w obrębie większych zakładów przemysłowych. W naszym kraju funkcjonuje obecnie przeszło 160 takich obiektów.

Podsystem wytwórczy KSE - elektrociepłownie (EC)



Rys. Największe elektrociepłownie w Polsce (2016)

Źródło: Paska J.: Wytwarzanie energii elektrycznej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2018

Podsystem wytwórczy KSE - elektrociepłownie (EC)

Tab. Elektrociepłownie w Polsce (2021)

Lp.	Nazwa	Data oddania	Moc elektryczna zainstalowana, MW _e	Moc cieplna, MW _t	Paliwo	Bloki energetyczne	Operator
1.	<u>Elektrociepłownia Siekierki</u> Miasto: Warszawa	04.12.1961	622,00	2068,00	węgiel kamienny	1x125MW, 3x105MW	PGNiG
2.	<u>Elektrociepłownia Białystok</u> Miasto: Białystok	1967	530,00	520,00	węgiel kamienny	4x16,25MW, 8x55MW, 1x23,15MW	Enea
3.	<u>Elektrociepłownia Kraków</u> Miasto: Kraków	1970	480,00	1118,00	węgiel kamienny	2x100MW, 2x90MW	PGE
4.	<u>Elektrociepłownia Żerań</u> Miasto: Warszawa	21.07.1954	386,00	1580,00	węgiel kamienny		PGNiG
5.	<u>Elektrociepłownia Lublin-Wrotków</u> Miasto: Lublin	1976	231,00	592,00	węgiel kamienny, gaz ziemny	1x231MW ^{III}	PGE
6.	<u>Elektrociepłownia Chorzów</u> Miasto: Chorzów	14.05.1991	226,00	590,00	węgiel kamienny	2x113MW	ČEZ
7.	<u>Elektrociepłownia Ostrołęka A</u> Miasto: Ostrołęka	1956	75,00	367,00	węgiel kamienny, biomasa		Energa
8.	<u>Elektrociepłownia Lublin-Megatem</u> Miasto: Lublin	1956	22,64	138,46	węgiel kamienny	1x10,64MW, 1x12MW	Megatem
9.	<u>Elektrownia Jaworzno II</u> Miasto: Jaworzno	01.01.1953	190,00	321,00	węgiel kamienny, biomasa		Tauron
10.	<u>Elektrownia Blachownia</u> Miasto: Kędzierzyn-Koźle	30.10.1957	158,00	174,00	gaz koksowniczy		TAMEH

Podsystem wytwórczy KSE - elektrociepłownie (EC)

Tab. Elektrociepłownie w Polsce (2021)

Lp.	Nazwa	Data oddania	Moc elektryczna zainstalowana, MW _e	Moc cieplna, MW _t	Paliwo	Bloki energetyczne	Operator
11.	<u>Elektrownia Pomorzany</u> Miasto: <u>Szczecin</u>	1940	134,20	323,50	węgiel kamienny	2x67,1MW	PGE
12.	Elektrociepłownia Fortum Częstochowa Miasto: <u>Częstochowa</u>	2010	68,4	129,1	węgiel kamienny, biomasa		Fortum Polska
13.	<u>Andropol - Elektrociepłownia</u> Miasto: <u>Andrychów</u>	1955					
14.	PKE SA Zespół Elektrociepłowni Bielsko-Biała EC1 Miasto: <u>Bielsko-Biała</u>		50,82	106,4	węgiel kamienny	1x50,82	Tauron
15.	PKE SA Elektrociepłownia Bielsko - Północ EC2 Miasto: <u>Czechowice-Dziedzice</u>		55	172	węgiel kamienny	1x55	Tauron
16.	<u>Elektrociepłownia Boruta</u> Miasto: <u>Zgierz</u>		36,3	276,00	węgiel kamienny, węgiel brunatny		
17.	Zespół Elektrociepłowni Bydgoszcz Miasto: <u>Bydgoszcz</u>		177,00	593,00			PGE
18.	Elektrociepłownia Bydgoszcz EC1 Miasto: <u>Bydgoszcz</u>						
19.	Elektrociepłownia Bydgoszcz EC2 Miasto: <u>Bydgoszcz</u>						

Podsystem wytwórczy KSE - elektrociepłownie (EC)

Tab. Elektrociepłownie w Polsce (2021)

Lp.	Nazwa	Data oddania	Moc elektryczna zainstalowana, MW _e	Moc cieplna, MW _t	Paliwo	Bloki energetyczne	Operator
20.	H. Cegielski - ENERGOCENTRUM Miasto: <u>Poznań</u>						
21.	<u>Elektrociepłownia Wrocław</u> Miasto: <u>Wrocław</u>	08.07.1901	262,6	812	węgiel kamienny		KOGENE RACJA
22.	<u>Elektrociepłownia Czechnica</u> Miasto: <u>Siechnice</u>	przełom XIX/XX w.	100,00	247,00	węgiel kamienny, biomasa		KOGENE RACJA
23.	<u>Elektrociepłownia Zawidawie</u> Miasto: <u>Wrocław</u>		2,67	21,15	gaz ziemny		KOGENE RACJA
24.	<u>Elektrociepłownia Kraków</u> Miasto: <u>Kraków</u>	1970	480,00	1644,00	węgiel kamienny		PGE
25.	<u>Elektrociepłownia TAMEH - Zakład Wytwarzania Kraków</u> Miasto: <u>Kraków</u>	22.07.1954	75,00	658	Gaz ziemny, gazy wielkopieczowe, gazy koksownicze	3x25MW	TAMEH
26.	<u>Elektrociepłownia Płońsk</u> Miasto: <u>Płońsk</u>		2,008		biomasa, węgiel kamienny	1x2,008MW	
27.	<u>PGE Toruń</u> Miasto: <u>Toruń</u>	1985	107,00	357,00	gaz, olej opałowy		PGE
28.	<u>Elektrociepłownia Gorzów</u> Miasto: <u>Gorzów Wielkopolski</u>	1950			gaz, węgiel		PGE

Podsystem wytwórczy KSE - elektrociepłownie (EC)

Tab. Elektrociepłownie w Polsce (2021)

Lp.	Nazwa	Data oddania	Moc elektryczna zainstalowana, MW _e	Moc cieplna, MW _t	Paliwo	Bloki energetyczne	Operator
29.	<u>Elektrociepłownia Zielona Góra</u> Miasto: <u>Zielona Góra</u>	1974	286,10		gaz, olej opałowy	1x126,1MW, 5x32	PGE
30.	<u>Veolia Energia Łódź</u> Elektrociepłownia nr 3 w Łodzi Miasto: <u>Łódź</u>	1968	205,85	804	węgiel kamienny, biomasa	3x55MW, 1x40MW	Veolia
31.	<u>Veolia Energia Łódź</u> Elektrociepłownia nr 4 w Łodzi Miasto: <u>Łódź</u>	1977	198	820	węgiel kamienny, biomasa	2x50MW, 1x100MW	Veolia
32.	<u>Elektrociepłownia Władysławowo</u> Miasto: <u>Władysławowo</u>	2002					Energobaltic
33.	<u>Elektrociepłownie Wybrzeże</u> Elektrociepłownia Gdańska Ec2 Miasto: <u>Gdańsk</u>		226,9	726,1			PGE
34.	<u>Elektrociepłownie Wybrzeże</u> Elektrociepłownia Gdyńska Ec3 Miasto: <u>Gdynia</u>		105,2	480,3			PGE
35.	<u>Elektrociepłownia Elbląg</u> Miasto: <u>Elbląg</u>		74	260	węgiel kamienny, biomasa		Energa Kogeneracja
36.	<u>Elektrociepłownia Nowa</u> Miasto: <u>Dąbrowa Górnicza</u>					5x150MW, 1x588MW	TAMEH

Źródło: Wikipedia: Elektrociepłownie, https://pl.wikipedia.org/wiki/Lista_elektrowni_w_Polsce



Podsystem wytwórczy KSE - elektrociepłownie (EC)

Elektrociepłownie (EC)

Moc elektryczna zainstalowana w ciepłowniczych blokach parowych (2016) wynosiła 7025,2 MW:

- w elektrociepłowniach zawodowych ok. 5400 MW
- w elektrociepłowniach przemysłowych ok. 1700 MW

67% to blok przeciwprężnej (upustowo-przeciwprężne)
33% bloki upustowo-kondensacyjne

Nowoczesne bloki gazowo-parowe zbudowane w latach 1999-2017 (Gorzów Wlkp., Nowa Sarzyna, Lublin, Rzeszów, Zielona Góra, Siedlce, Polkowice, Głogów, Włocławek) o łącznej zainstalowanej mocy elektrycznej 1446 MW (moc pojedynczej turbiny w zakresie 13,5 – 298 MW)



Podsystem wytwórczy KSE - elektrociepłownie (EC)

<https://www.youtube.com/watch?v=PUXJAYapi3g>

<https://www.youtube.com/watch?v=1bGgr-CDbA0>

<https://www.youtube.com/watch?v=uqHDXxjNdT8>

Sieci elektroenergetyczne

Sieć elektroenergetyczna jest to zespół urządzeń służących do przesyłania, przetwarzania i rozdzielania energii elektrycznej.

W skład sieci wchodzi:

- linie napowietrzne lub kablowe
- stacje transformatorowe
- stacje rozdzielcze



Podstawowe zadania linii energetycznych:

- wyprowadzenie mocy z elektrowni i przesył do określonej stacji bez odbiorców po drodze – linie przesyłowe (wysokie i najwyższe napięcia)
- rozdział energii elektrycznej na określonym terenie – linie rozdzielcze (średnie i niskie napięcia)
- łączenie elektrowni w celu ich współpracy, lepszego wykorzystania rezerw i zwiększenia niezawodności zasilania odbiorców



Przesył i rozdział energii elektrycznej

Sieci przesyłowe:

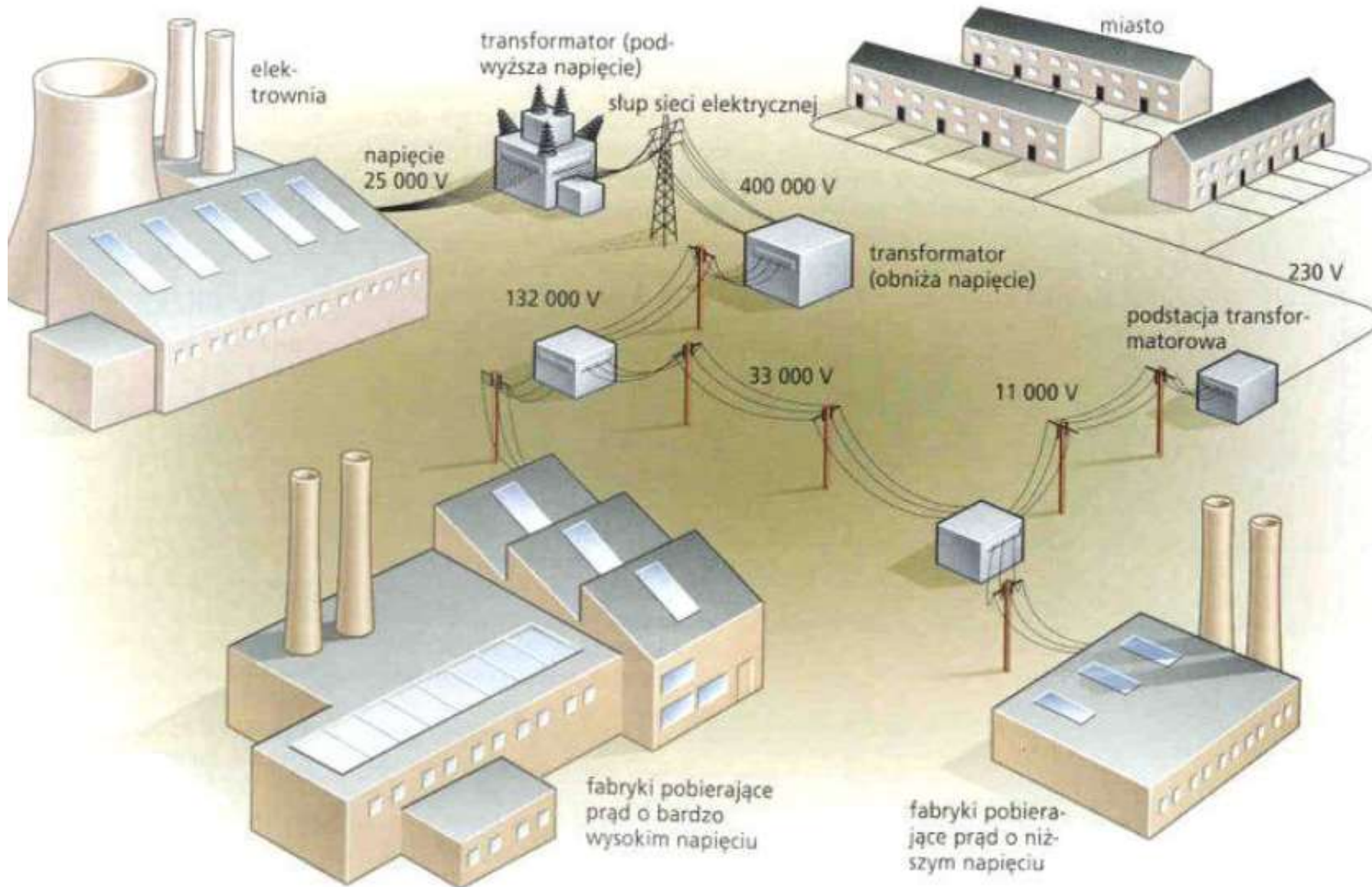
- NN (najwyższe napięcia): 750, 400, 220 kV (przesył na duże odległości)
- WN (wysokie napięcia): 110 kV, w przypadku przesyłania na odległości do kilkudziesięciu kilometrów

Sieci rozdzielcze:

- SN (średnie napięcia): 10-30 kV, stosowane w lokalnych liniach rozdzielczych
- nN (niskie napięcia): poniżej 1 kV



Przesył i rozdział energii elektrycznej



Rys. Przesył energii elektrycznej

Źródło: Jeszke-Tymkowska A.: Systemy Energetyczne, https://www.viessmann.edu.pl/wp-content/uploads/SE1__AJT_25_03_2020.pdf [dostęp online: 05.04.2017]



Sieć przesyłowa KSE

Wytworzona energia jest rozsyłana przez sieć przesyłową, czyli **linie i stacje elektroenergetyczne 750 kV, 400 kV oraz 220 kV.**

Sieć przesyłowa jest zarządzana przez jednego operatora, którym jest spółka **PSE Operator S.A.** - Polskie Sieci Elektroenergetyczne.

Końcowy odbiorca otrzymuje energię dzięki **sieci dystrybucyjnej i rozdzielczej**, która obejmuje **linie 110 kV oraz linie średniego i niskiego napięcia.**





Sieć przesyłowa KSE

PSE realizuje zadania operatora systemu przesyłowego w oparciu o posiadaną sieć przesyłową najwyższych napięć, którą tworzą (stan na 31.12.2015 r.):

257 linii o łącznej długości 14 069 km, w tym:

- 1 linia o napięciu 750 kV o długości 114 km
- 89 linii o napięciu 400 kV o łącznej długości 5 984 km
- 167 linii o napięciu 220 kV o łącznej długości 7 971 km
- 106 stacji najwyższych napięć (NN)
- podmorskie połączenie 450 kV DC Polska – Szwecja o całkowitej długości 254 km (z czego 127 km należy do PSE S.A.)

Sieć przesyłowa KSE

Rys. Mapa inwestycji KSE

Źródło: PSE:
Interaktywna mapa inwestycji,
<https://www.pse.pl/inwestycje/interaktywna-mapa-inwestycji> [dostęp online: 20.03.2022]



Stan w Polsce

Ostatnie dwa lata to skokowy wzrost, generowany przede wszystkim przez nowe elektrownie węglowe. Z kolei w produkcji energii elektrycznej wyraźnie widać spadek udziału węgla na rzecz tańszych dziś technologii - gazu i odnawialnych źródeł energii, zwłaszcza farm wiatrowych, ponieważ miniony rok był wyjątkowo wietrzny.

W 20 roku po raz pierwszy przekroczyliśmy w Polsce **26,5 GW** maksymalnego zapotrzebowania na moc, jednak średnioroczne zapotrzebowanie okazało się niższe od tego z 2018 roku.



Moc zainstalowana i osiągalna w elektrowniach krajowych

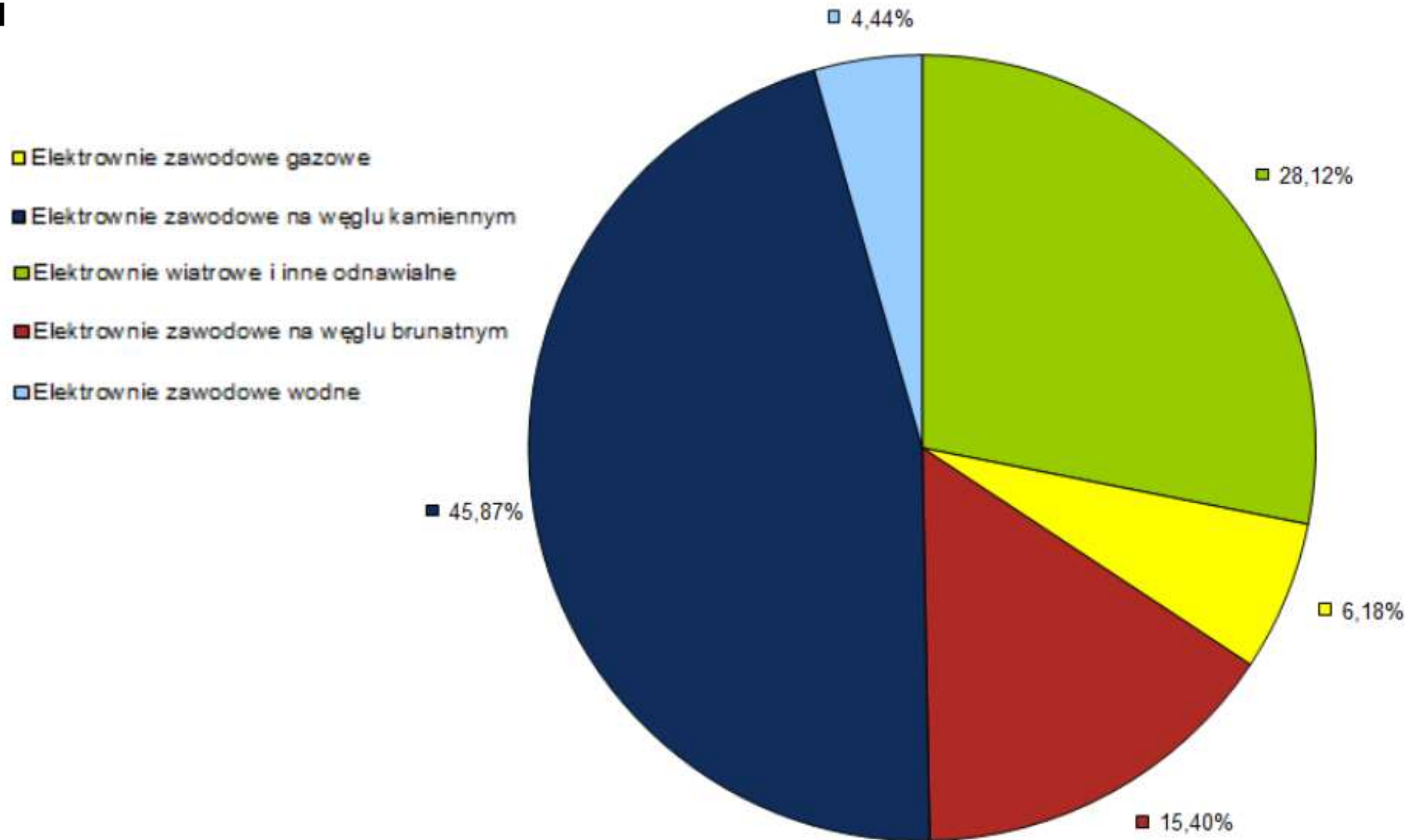
Tab. Struktura mocy zainstalowanej w KSE, MW

	31.12.2019 r.	31.12.2020 r.	31.12.2021 r.
Ogółem	46 799	49 238	53 656
Elektrownie zawodowe	36 674	36 364	38 570
Elektrownie zawodowe wodne	2 346	2 356	2 380
Elektrownie zawodowe ciepłne, w tym:	34 328	34 008	36 190
na węglu kamiennym	23 159	22 747	24 611
na węglu brunatnym	8 382	8 478	8 262
gazowe	2 788	2 782	3 317
Elektrownie wiatrowe i inne odnawialne	7 490	10 229	15 086
Elektrownie przemysłowe	2 634	2 645	---
JWCD	29 333	29 429	27 850
nJWCD	17 466	19 810	25 806

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

Jednostka wytwórcza centralnie dysponowana (JWCD) – jednostka wytwórcza przyłączona do koordynowanej sieci elektroenergetycznej 110 kV, podlegająca centralnemu dysponowaniu przez operatora systemu przesyłowego.

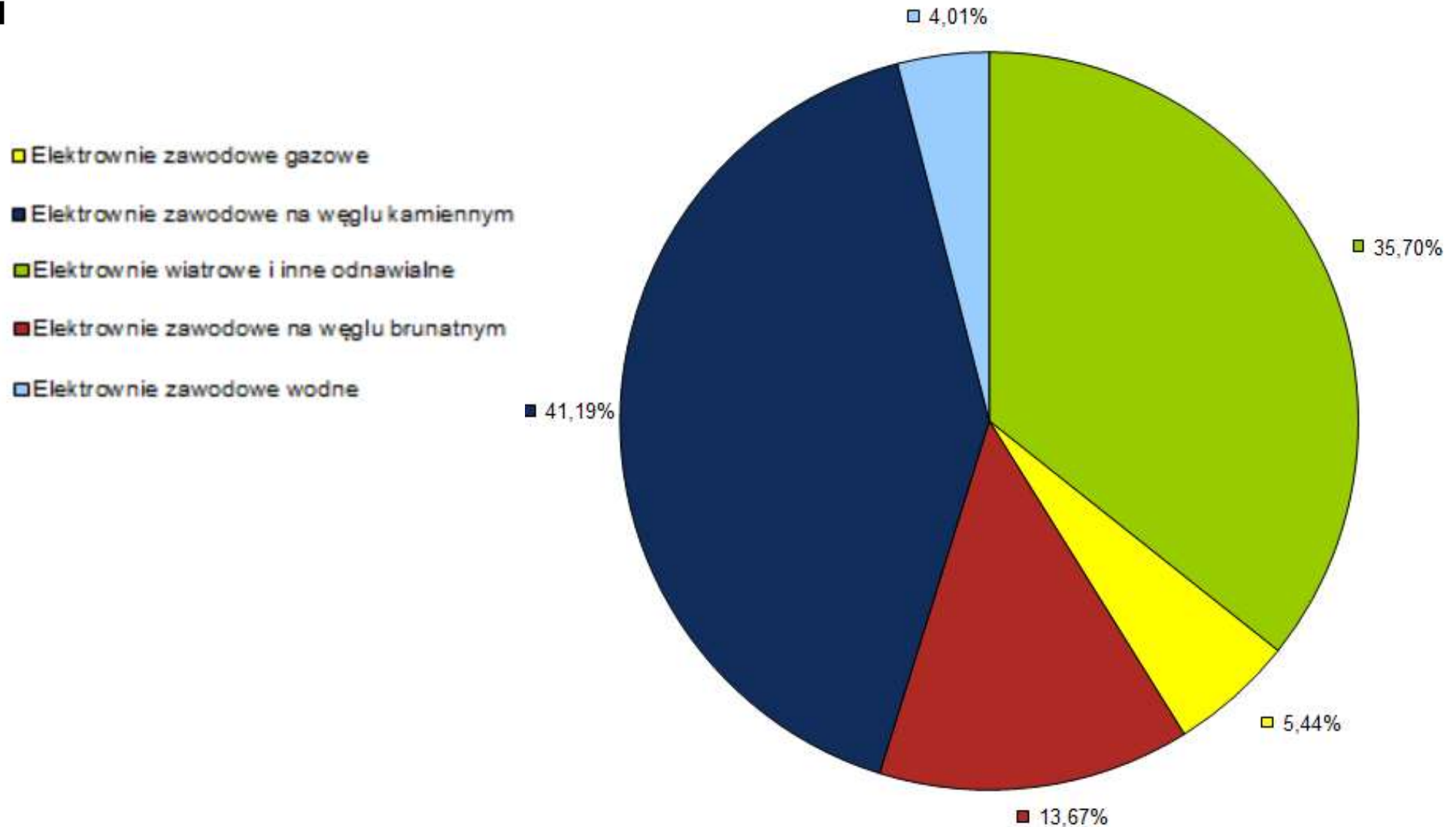
Moc zainstalowana i osiągalna w elektrowniach krajowych



Rys. Struktura procentowa mocy zainstalowanej w KSE stan na 31.12.2021 roku

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

Moc zainstalowana i osiągalna w elektrowniach krajowych



Rys. Struktura procentowa mocy zainstalowanej w KSE stan na 31.12.2022 roku

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

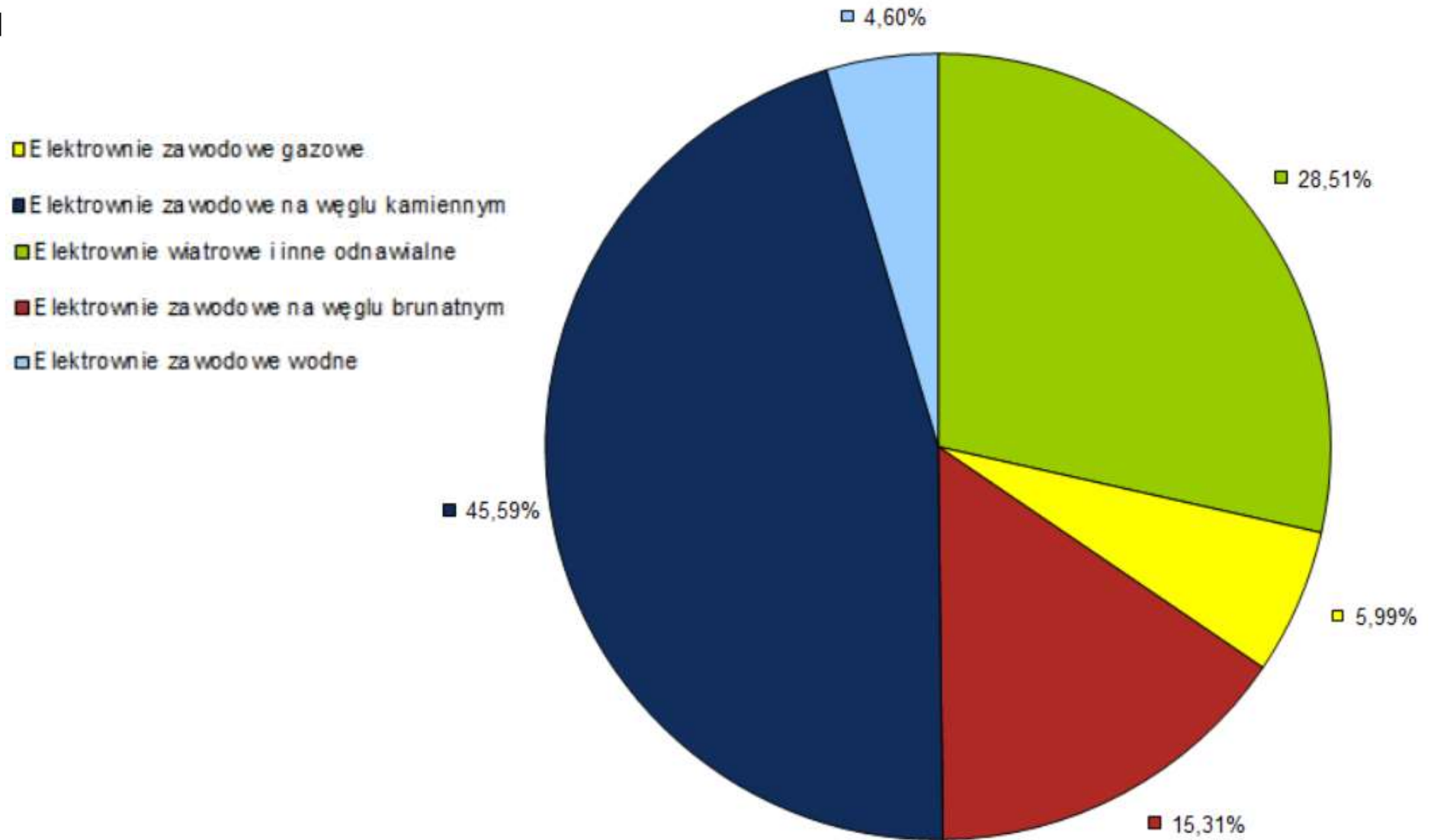
Moc zainstalowana i osiągalna w elektrowniach krajowych

Tab. Struktura mocy osiągalnej w KSE, MW

	31.12.2019 r.	31.12.2020 r.	31.12.2021 r.
Ogółem	46 991	49 095	54 382
Elektrownie zawodowe	36 823	36 357	38 877
Elektrownie zawodowe wodne	2 399	2 406	2 501
Elektrownie zawodowe ciepłone, w tym:	34 424	33 951	36 375
na węglu kamiennym	23 225	22 642	24 792
na węglu brunatnym	8 436	8 546	8 327
gazowe	2 763	2 763	3 256
Elektrownie wiatrowe i inne odnawialne	7 485	10 057	15 505
Elektrownie przemysłowe	2 682	2 681	---
JWCD	29 564	29 197	28 190
nJWCD	17 427	19 898	26 192

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

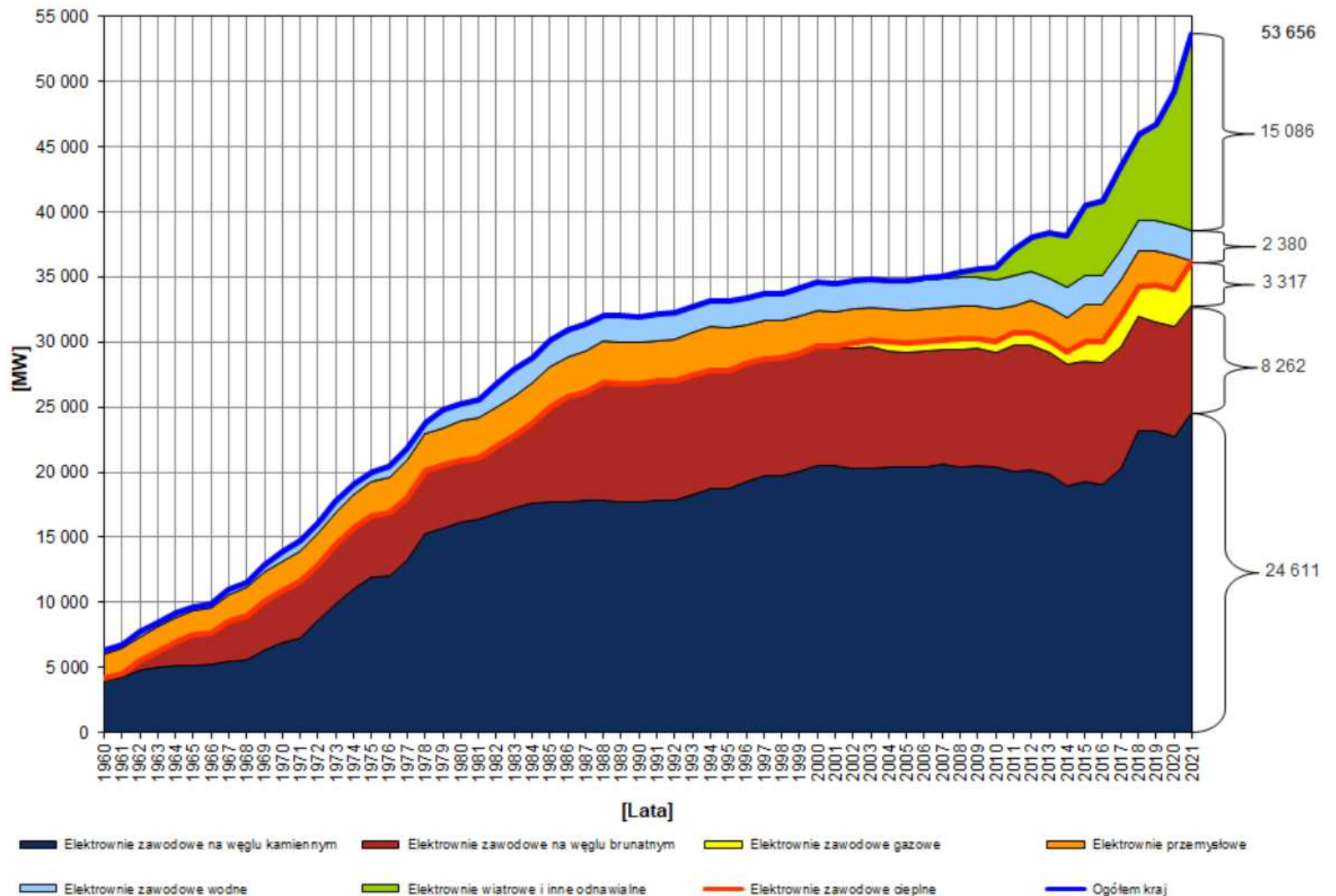
Moc zainstalowana i osiągalna w elektrowniach krajowych



Rys. Struktura procentowa mocy osiągalnej w KSE stan na 31.12.2021 roku

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

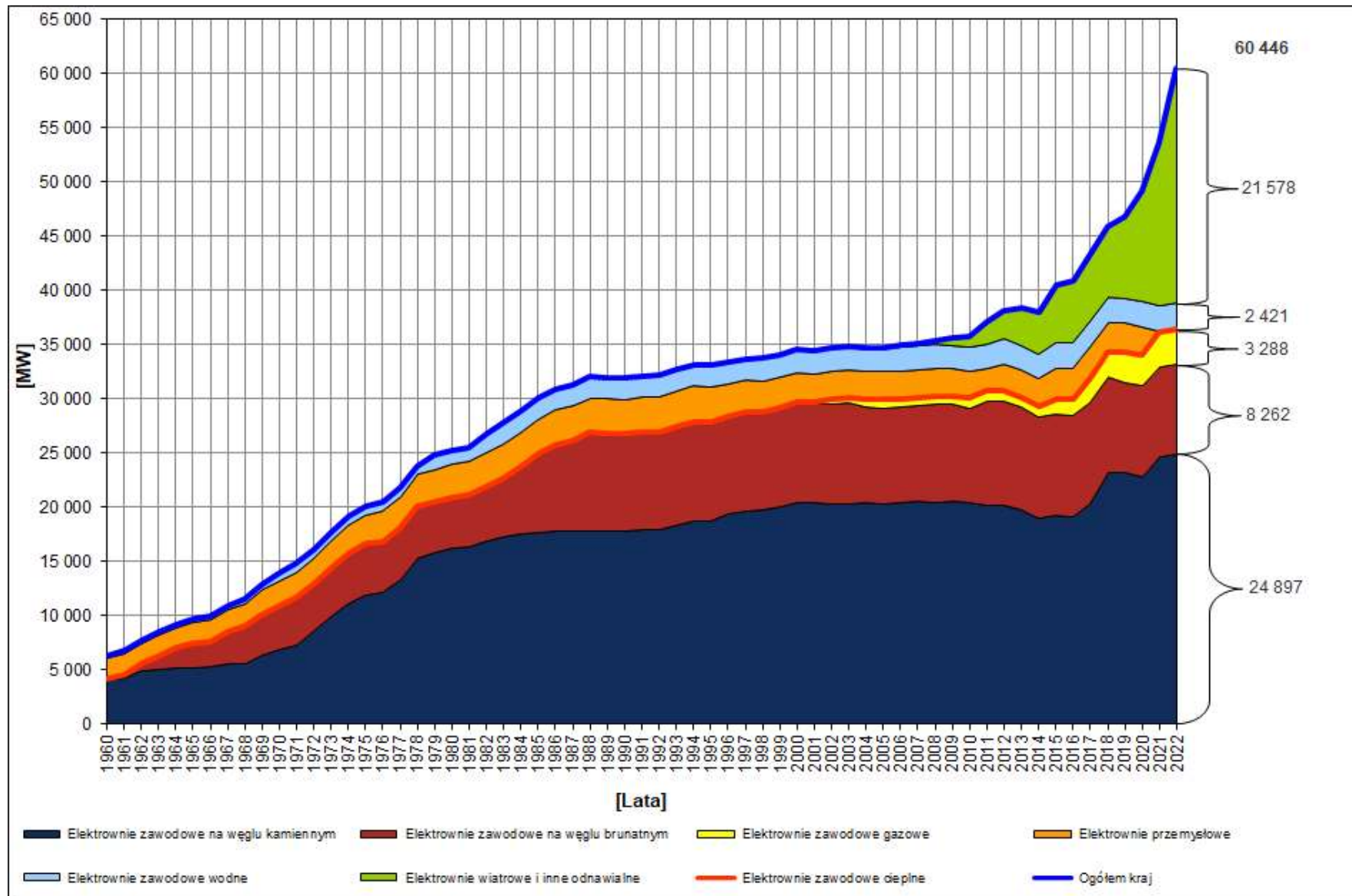
Moc zainstalowana i osiągalna w elektrowniach krajowych



Rys. Dynamika wzrostu mocy zainstalowanej w KSE w latach 1960÷2021

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

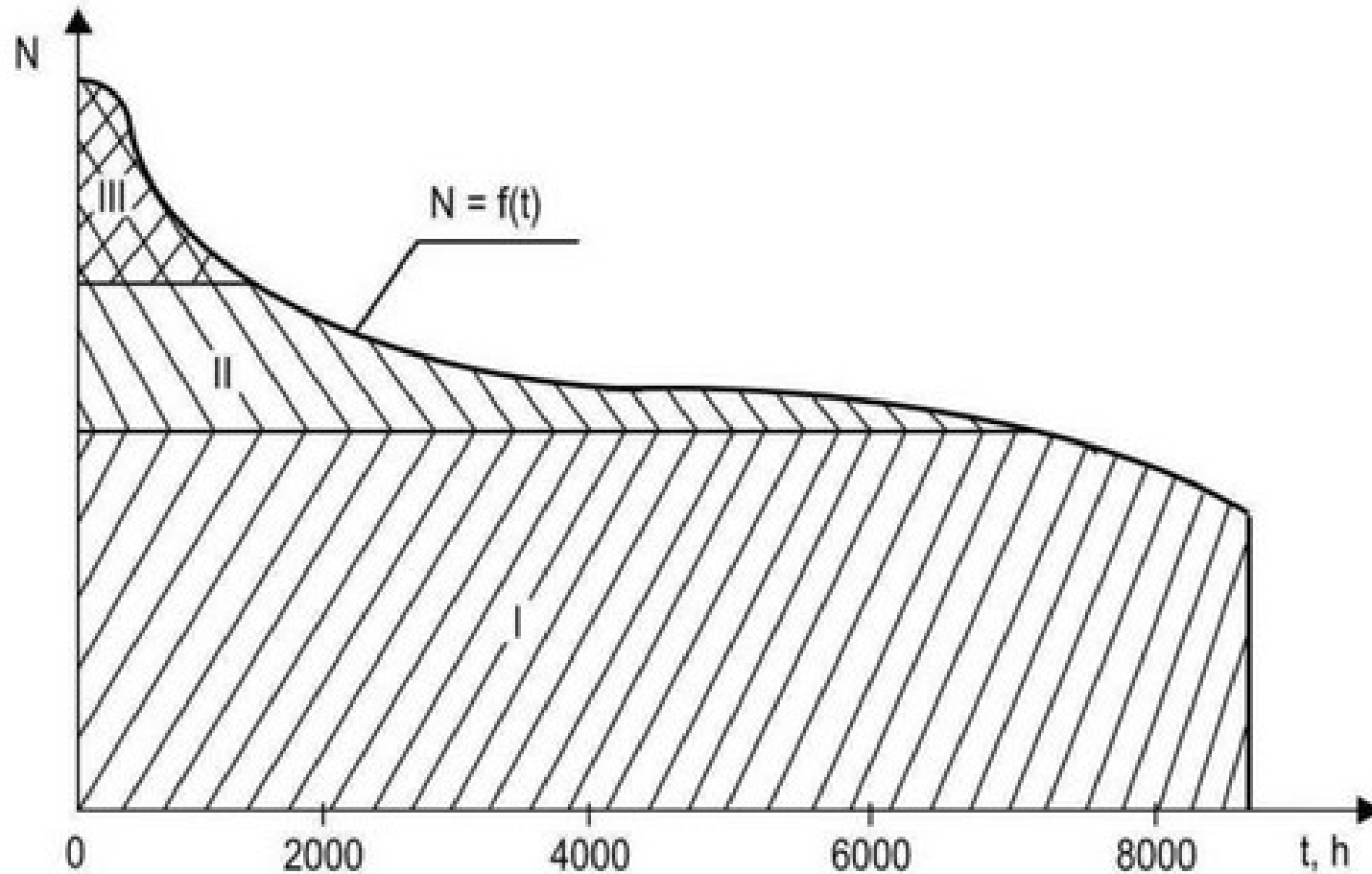
Moc zainstalowana i osiągalna w elektrowniach krajowych



Rys. Dynamika wzrostu mocy zainstalowanej w KSE w latach 1960÷2022

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

Roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną



Rys. Uporządkowany wykres rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną.

Obciążenie: I – podstawowe, II – podszczytowe, III – szczytowe.

Źródło: Chmielniak T.: *Technologie energetyczne*. WNT, Warszawa 2008

Roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną

Miarą zróżnicowania zapotrzebowania w skali roku jest roczny uporządkowany wykres obciążenia podsystemu elektroenergetycznego (utworzony na podstawie wykresów chronologicznych kolejnych dni roku) (Rys. 10). Na podstawie tego wykresu można określić konieczną roczną produkcję energii elektrycznej E_r .

$$E_r = \int_0^{8760} N(\tau) d\tau$$

oraz roczny stopień obciążenia

$$m_r = \frac{E_r}{N_{max} 8760} = \frac{T_r}{8760}$$

gdzie T_r oznacza czas eksploatacji mocy maksymalnej w ciągu roku

$$T_r = \frac{E_r}{N_{max}}$$

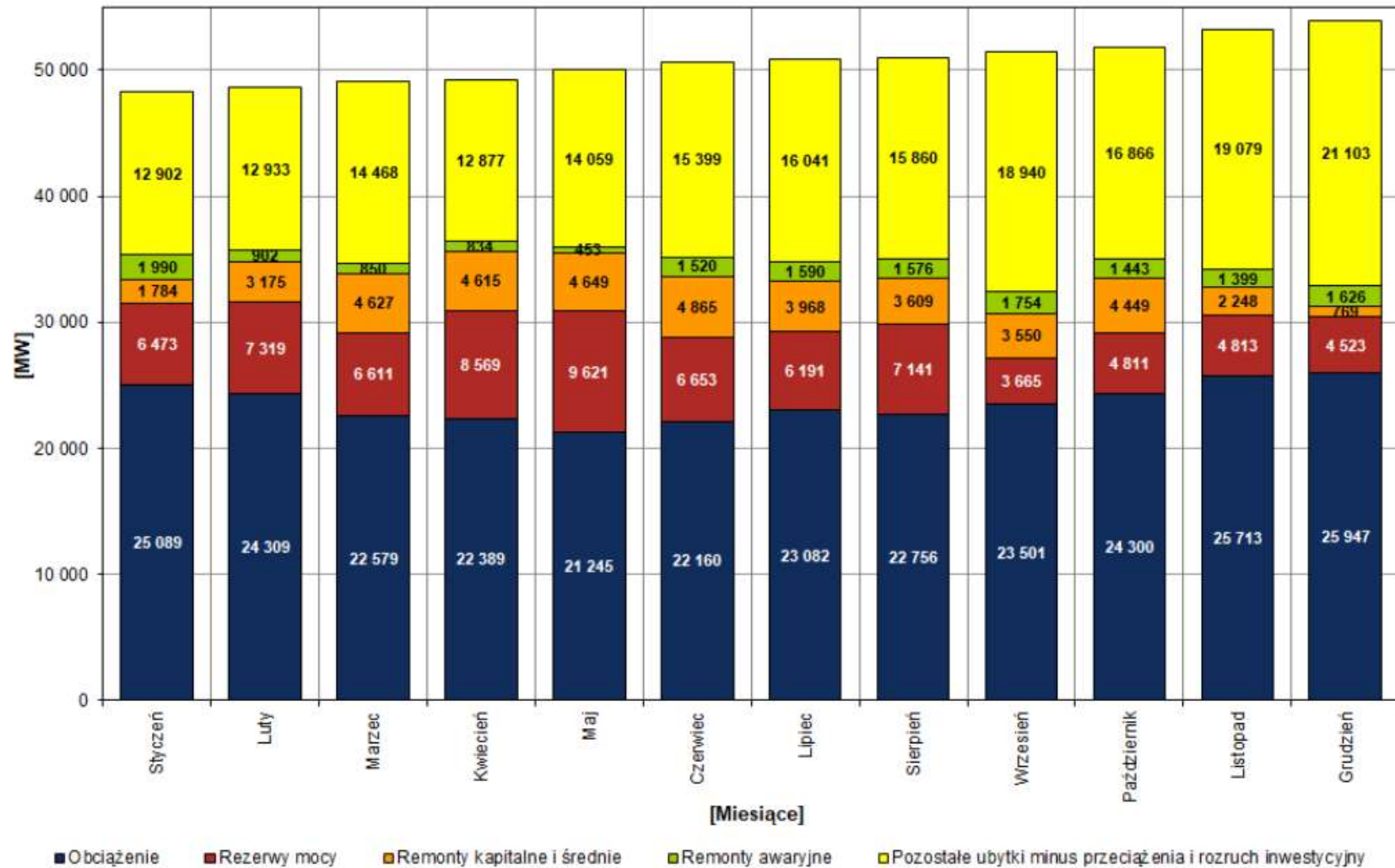
Moc dyspozycyjna i rezerwa mocy w elektrowniach krajowych

Tab. Średnie miesięczne wielkości mocy osiągalnej, obciążenia, ubytków mocy i rezerw w elektrowniach krajowych z dobowych szczytów obciążenia dni roboczych w poszczególnych miesiącach 2021 roku [MW]

Wyszczególnienie	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Moc osiągalna	48 239	48 638	49 135	49 285	50 027	50 597	50 872	50 941	51 411	51 869	53 252	53 967
Obciążenie	25 089	24 309	22 579	22 389	21 245	22 160	23 082	22 756	23 501	24 300	25 713	25 947
Rezerwy mocy	6 473	7 319	6 611	8 569	9 621	6 653	6 191	7 141	3 665	4 811	4 813	4 523
Remonty kapitalne i średnie	1 784	3 175	4 627	4 615	4 649	4 865	3 968	3 609	3 550	4 449	2 248	769
Remonty awaryjne	1 990	902	850	834	453	1 520	1 590	1 576	1 754	1 443	1 399	1 626
Pozostałe ubytki minus przeciążenia i rozruch inwestycyjny	12 902	12 933	14 468	12 877	14 059	15 399	16 041	15 860	18 940	16 866	19 079	21 103

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczone-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

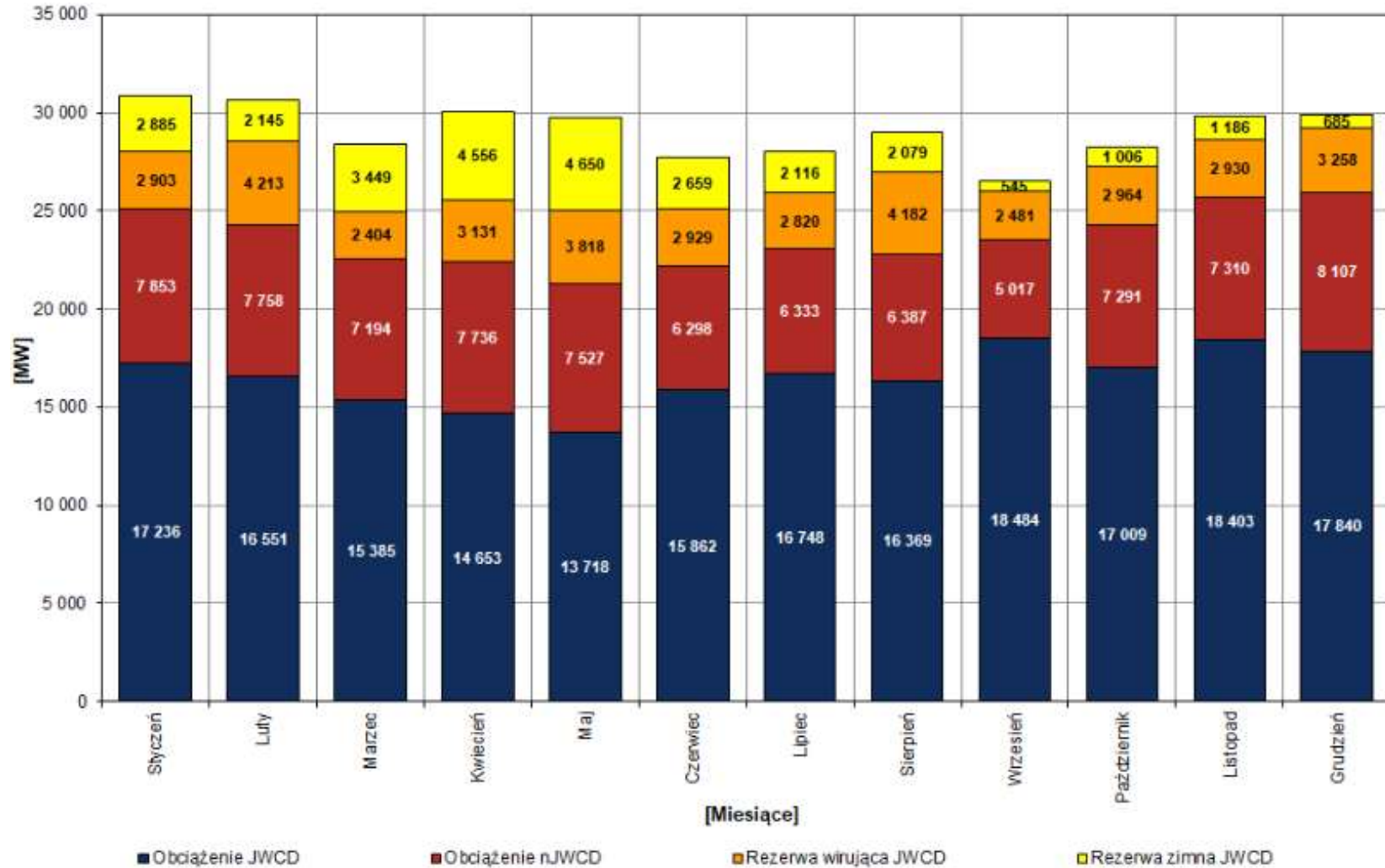
Moc dyspozycyjna i rezerwa mocy w elektrowniach krajowych



Rys. Średnie miesięczne wielkości mocy osiągalnej, obciążenia, ubytków mocy i rezerw w elektrowniach krajowych z dobowych szczytów obciążenia dni roboczych w poszczególnych miesiącach 2021 roku

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-rocne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

Moc dyspozycyjna i rezerwa mocy w elektrowniach krajowych



Rys. Moce dyspozycyjne i rezerwy mocy w elektrowniach krajowych dostępne dla OSP (*Operator Systemu Przesyłowego*) w 2021 roku – wartości średnie miesięczne z dobowych szczytów obciążenia dni roboczych

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-rocne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

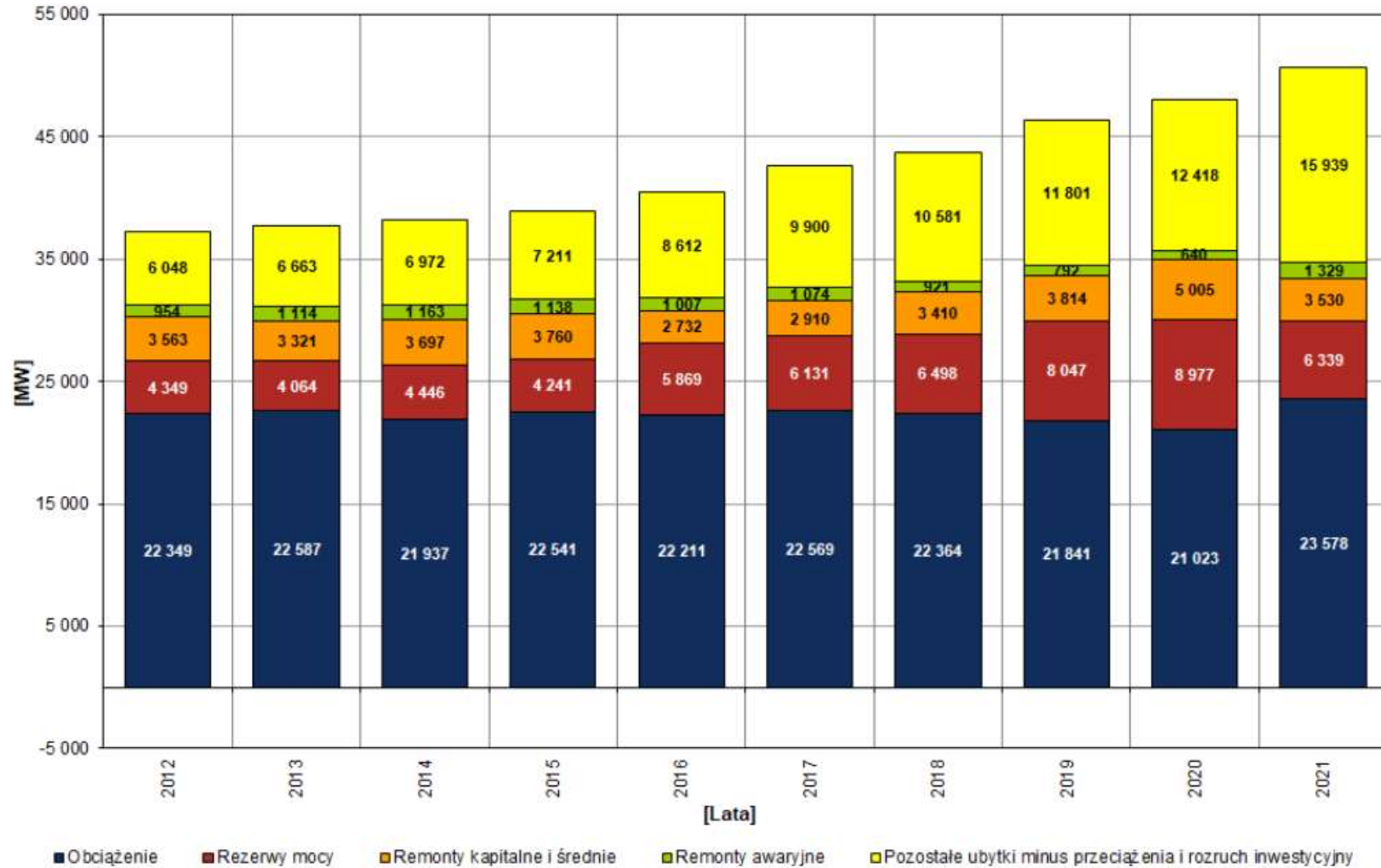
Moc dyspozycyjna i rezerwa mocy w elektrowniach krajowych

Tab. Średnie roczne wielkości mocy osiągalnej, obciążenia, ubytków mocy i rezerw w elektrowniach krajowych z dobowych szczytów obciążenia dni roboczych w latach 2010÷2021

Wyszczególnienie	Lata									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Moc osiągalna	37 264	37 749	38 216	38 891	40 491	42 584	43 777	46 299	48 064	50 715
Obciążenie	22 349	22 587	21 937	22 541	22 211	22 569	22 364	21 841	21 023	23 578
Rezerwy mocy	4 349	4 064	4 446	4 241	5 869	6 131	6 498	8 047	8 977	6 339
Remonty kapitalne i średnie	3 563	3 321	3 697	3 760	2 732	2 910	3 410	3 814	5 005	3 530
Remonty awaryjne	954	1 114	1 163	1 138	1 007	1 074	921	792	640	1 329
Pozostałe ubytki minus przeciążenia i rozruch inwestycyjny	6 048	6 663	6 972	7 211	8 612	9 900	10 581	11 801	12 418	15 939

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

Moc dyspozycyjna i rezerwa mocy w elektrowniach krajowych



Rys. Średnie roczne wielkości mocy osiągalnej, obciążenia, ubytków mocy i rezerw w elektrowniach krajowych z dobowych szczytów obciążenia dni roboczych w latach 2010÷2021

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

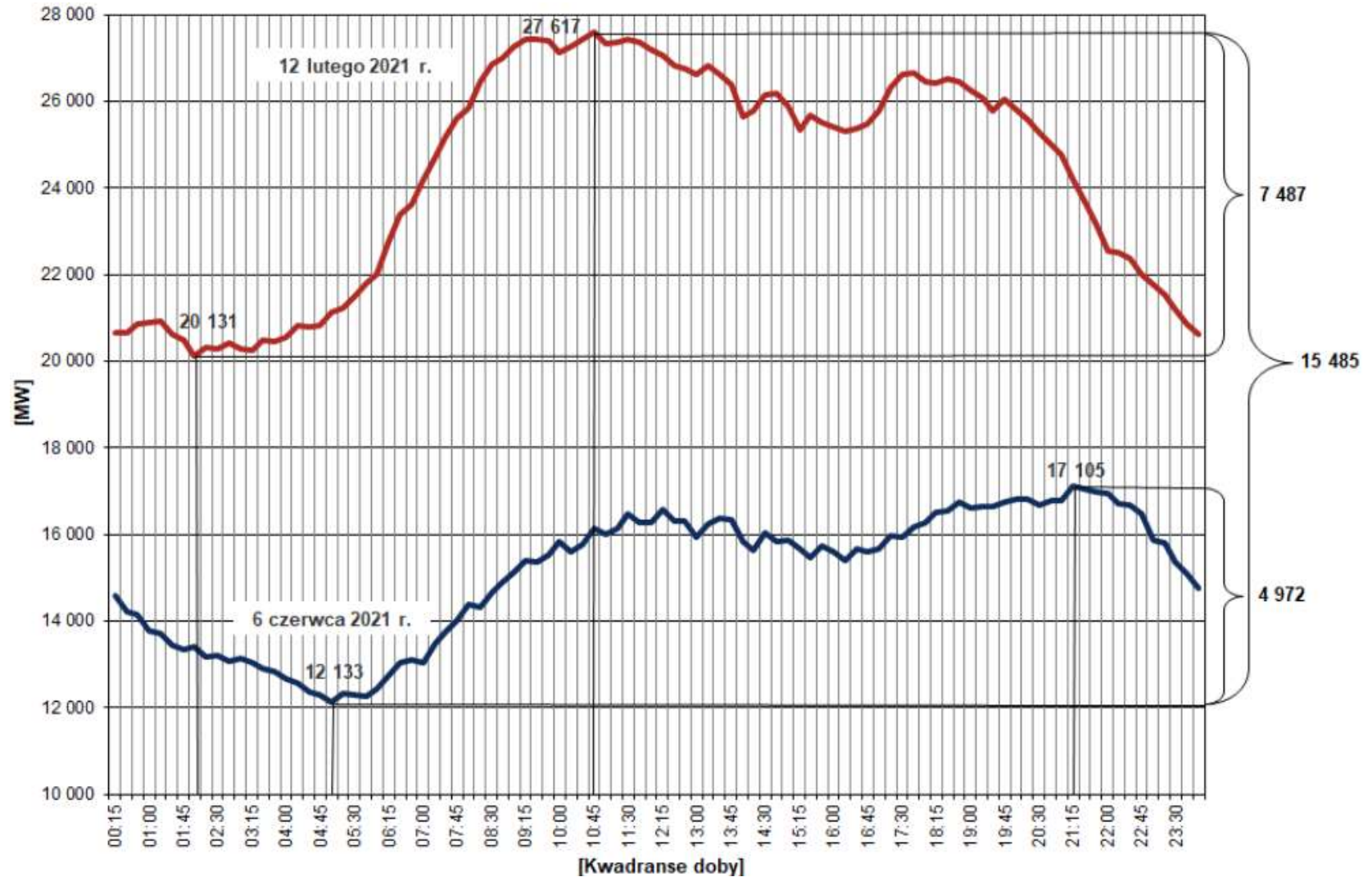
Moc dyspozycyjna i rezerwa mocy w elektrowniach krajowych

Tab. Zestawienie średnich rocznych wielkości mocy osiągalnej i dyspozycyjnej elektrowni krajowych z dobowych szczytów obciążenia dni roboczych w latach 2010÷2021

Wyszczególnienie	Lata									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Moc osiągalna	37 264	37 749	38 216	38 891	40 491	42 584	43 777	46 299	48 064	50 715
Moc dyspozycyjna	26 699	26 651	26 383	26 782	28 140	28 700	28 865	29 892	30 001	29 916
Relacja mocy dyspozycyjnej do osiągalnej w %	71,6	70,6	69,0	68,9	69,5	67,4	65,9	64,6	62,4	59,0
Zapotrzebowanie na moc	22 083	22 155	22 301	22 529	22 832	23 357	23 750	23 451	22 860	24 028

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

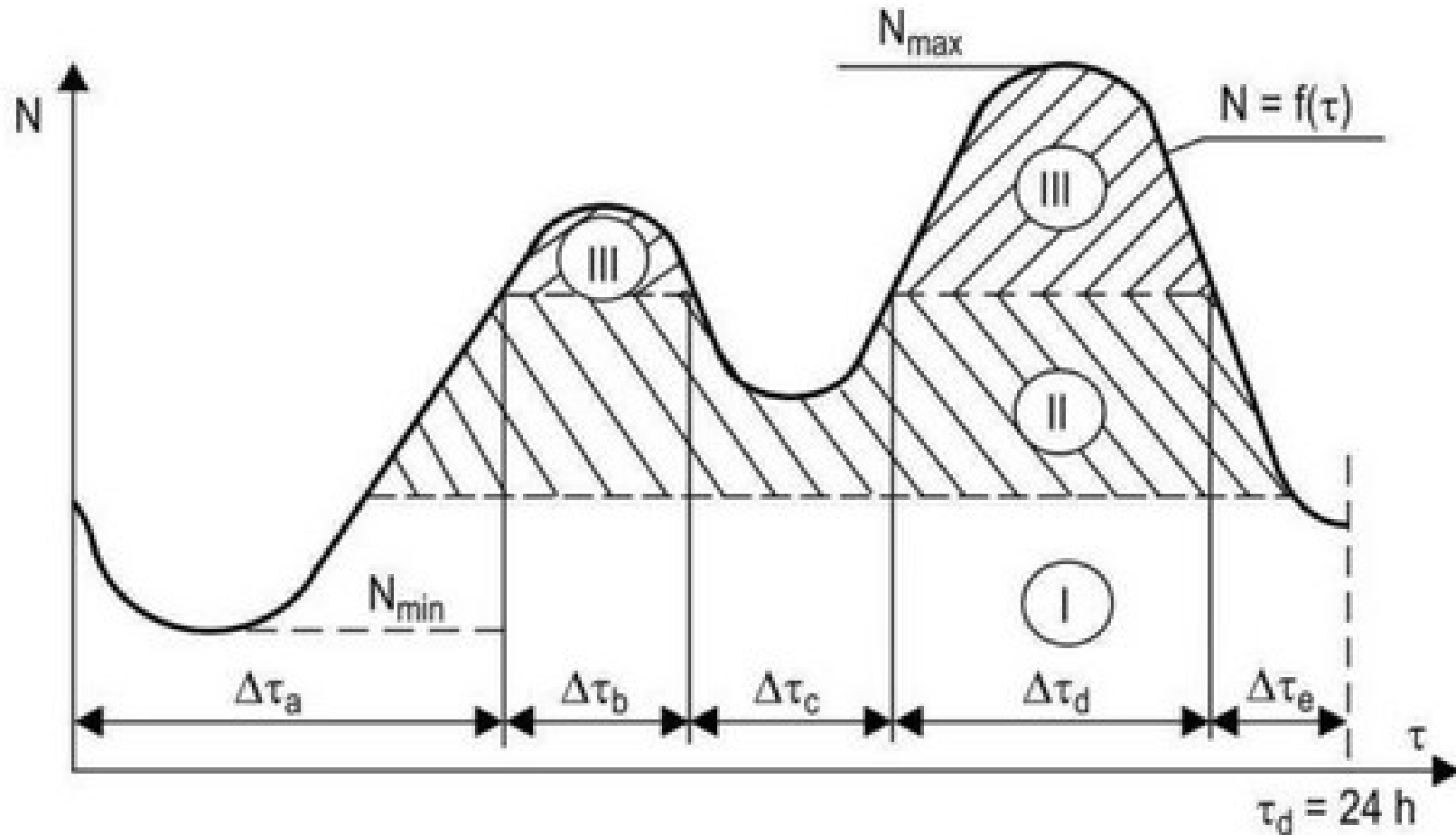
Krajowe zapotrzebowanie na moc - maksymalne i minimalne krajowe zapotrzebowanie na moc w 2021 roku



Rys. Przebiegi zapotrzebowania w dniach, w których wystąpiło minimalne i maksymalne krajowe zapotrzebowanie na moc w 2021 roku

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną



Rys. Przykładowy wykres dobowego zapotrzebowania na energię elektryczną. Obciążenie: I – podstawowe, II – podszczytowe, III – szczytowe.

$\tau_a + \tau_e$ - okres doliny nocnej, $\Delta\tau_b$ - szczytu rannego, $\Delta\tau_c$ - doliny południowej,
 $\Delta\tau_d$ - szczytu wieczornego

Źródło: Chmielniak T.: *Technologie energetyczne*. WNT, Warszawa 2008

Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną

Energia zużyta przez odbiorców w ciągu doby E

$$E = \int_0^{\tau_d} N(\tau) d\tau$$

Przez wskaźnik dobowego obciążenia m rozumiemy

$$m = \frac{E}{N_{max}\tau_d} = \frac{N_{sr}}{\tau_d}$$

gdzie E – energia zużyta przez odbiorców w ciągu doby, N – moc, τ_d – czas trwania doby (24h), T – czas użytkowania mocy maksymalnej

$$T = \frac{E}{N_{max}}$$

Ważnym parametrem wpływającym na stosowane technologie racjonalnego pokrywania zapotrzebowania jest stosunek

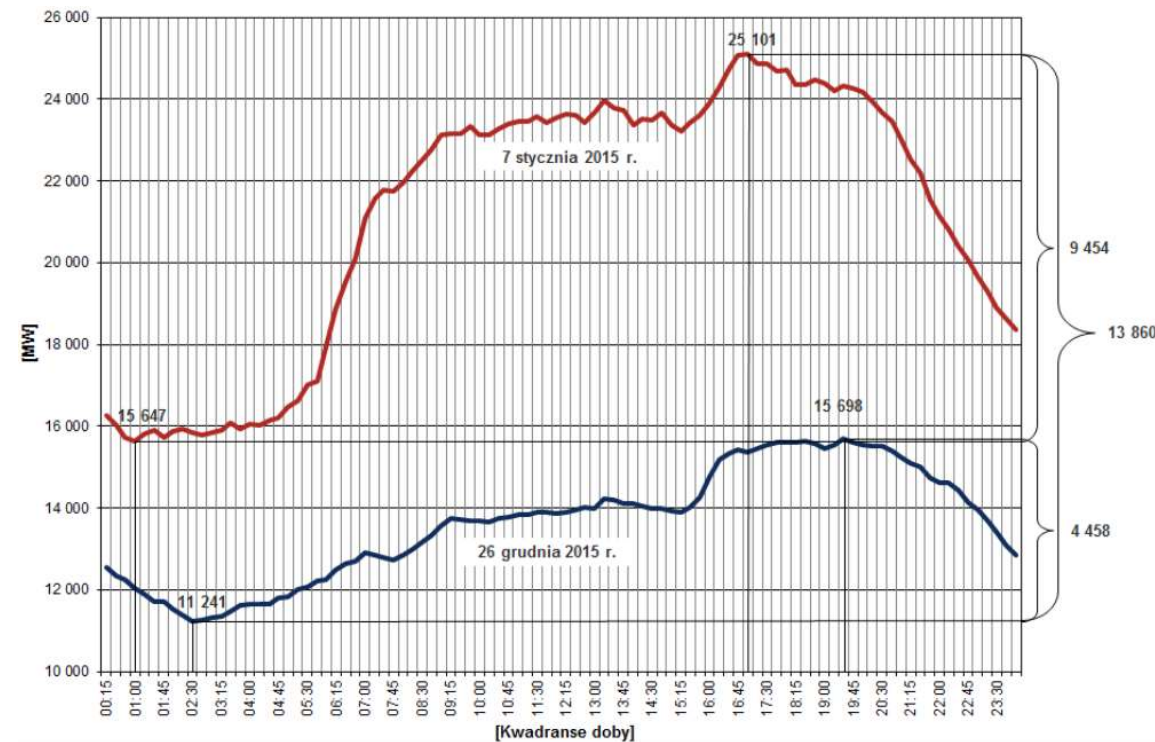
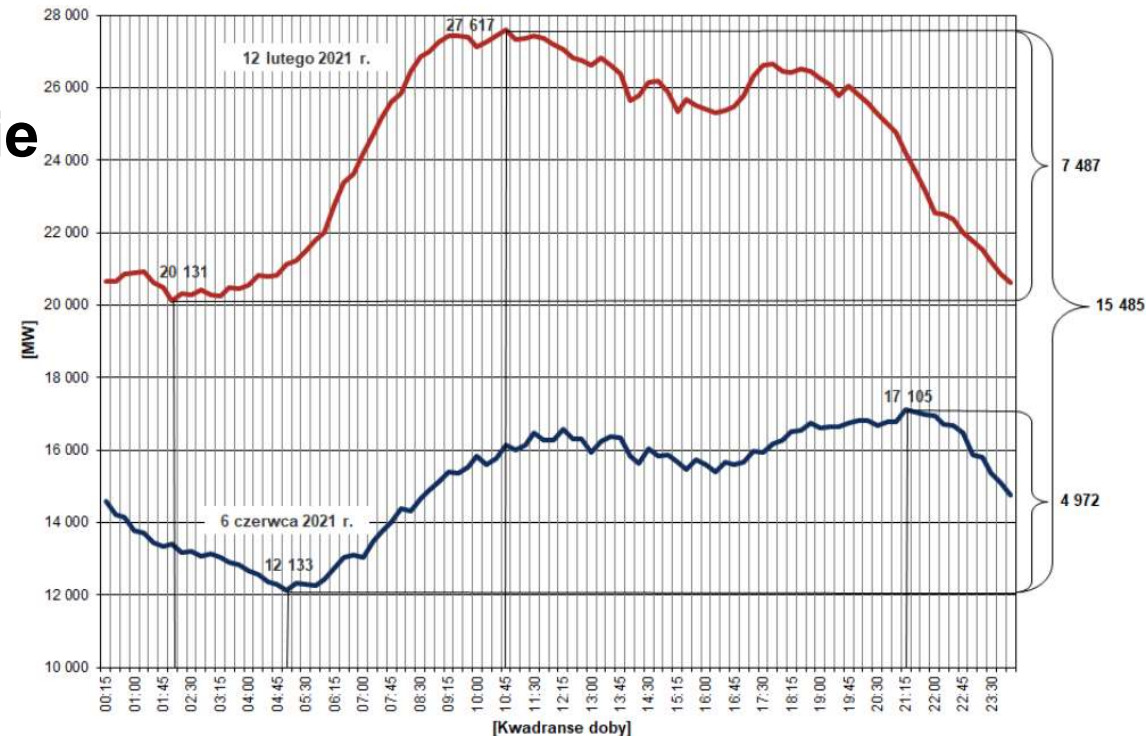
$$n = \frac{N_{min}}{N_{max}}$$

Im jego wartość jest większa, tym łatwiej i na ogół przy mniejszych kosztach można zapewnić pokrycie zapotrzebowania odbiorców. Wartość n można zwiększyć przez pośrednią akumulację energii, realizowaną za pomocą elektrowni pompowo-szczytowych.

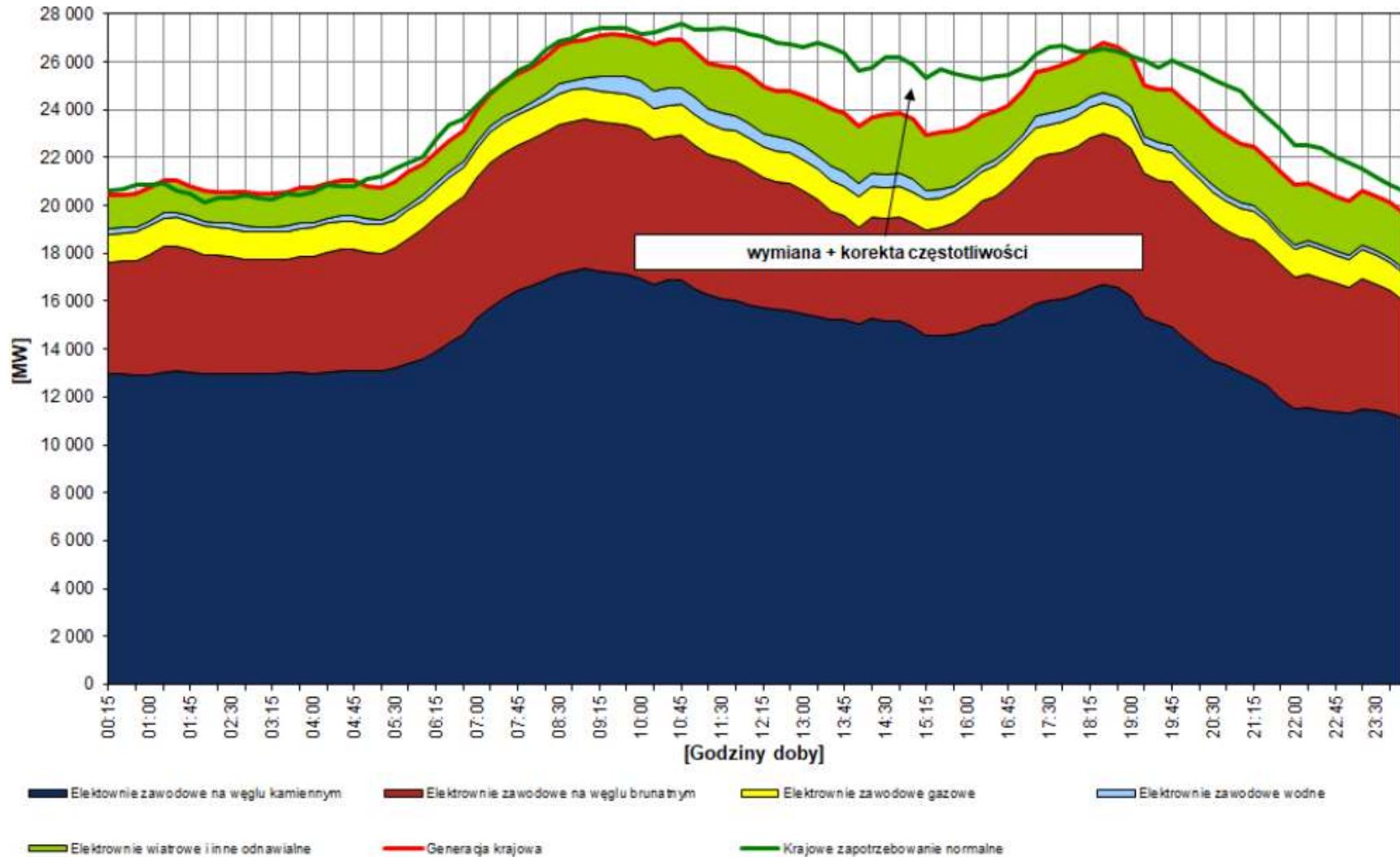
Krajowe zapotrzebowanie na moc - maksymalne i minimalne

Rys. Porównanie przebiegu zapotrzebowania w dniach, w których wystąpiło minimalne i maksymalne krajowe zapotrzebowanie na moc w 2021 i 2015 roku

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]



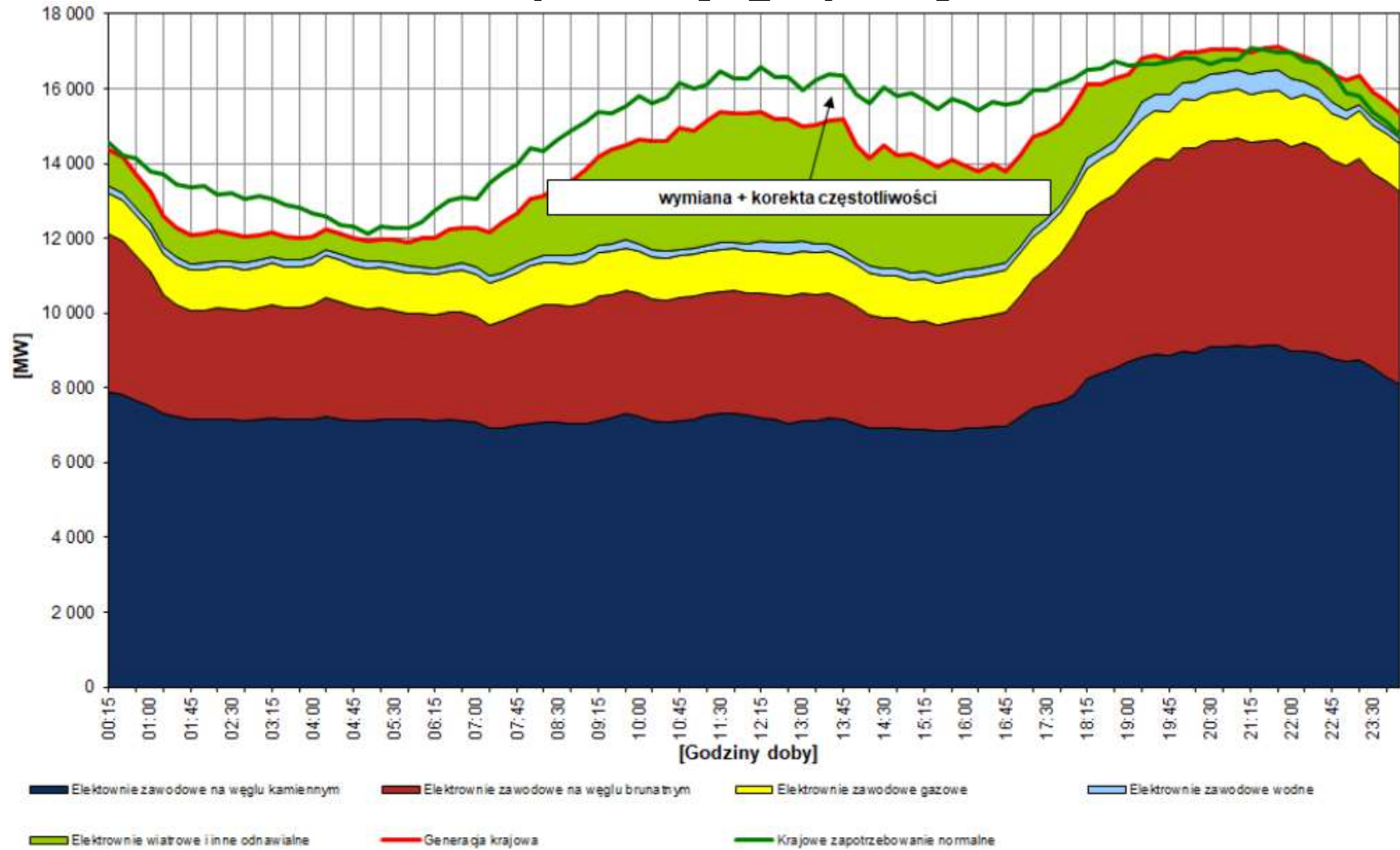
Maksymalne i minimalne krajowe zapotrzebowanie na moc w 2021 roku i sposób jego pokrycia



Rys. Przebieg zapotrzebowania na moc w KSE w dniu, w którym wystąpiło maksymalne krajowe zapotrzebowanie na moc w 2021 roku i sposób jego pokrycia

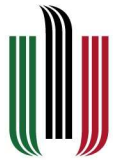
Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

Maksymalne i minimalne krajowe zapotrzebowanie na moc w 2021 roku i sposób jego pokrycia



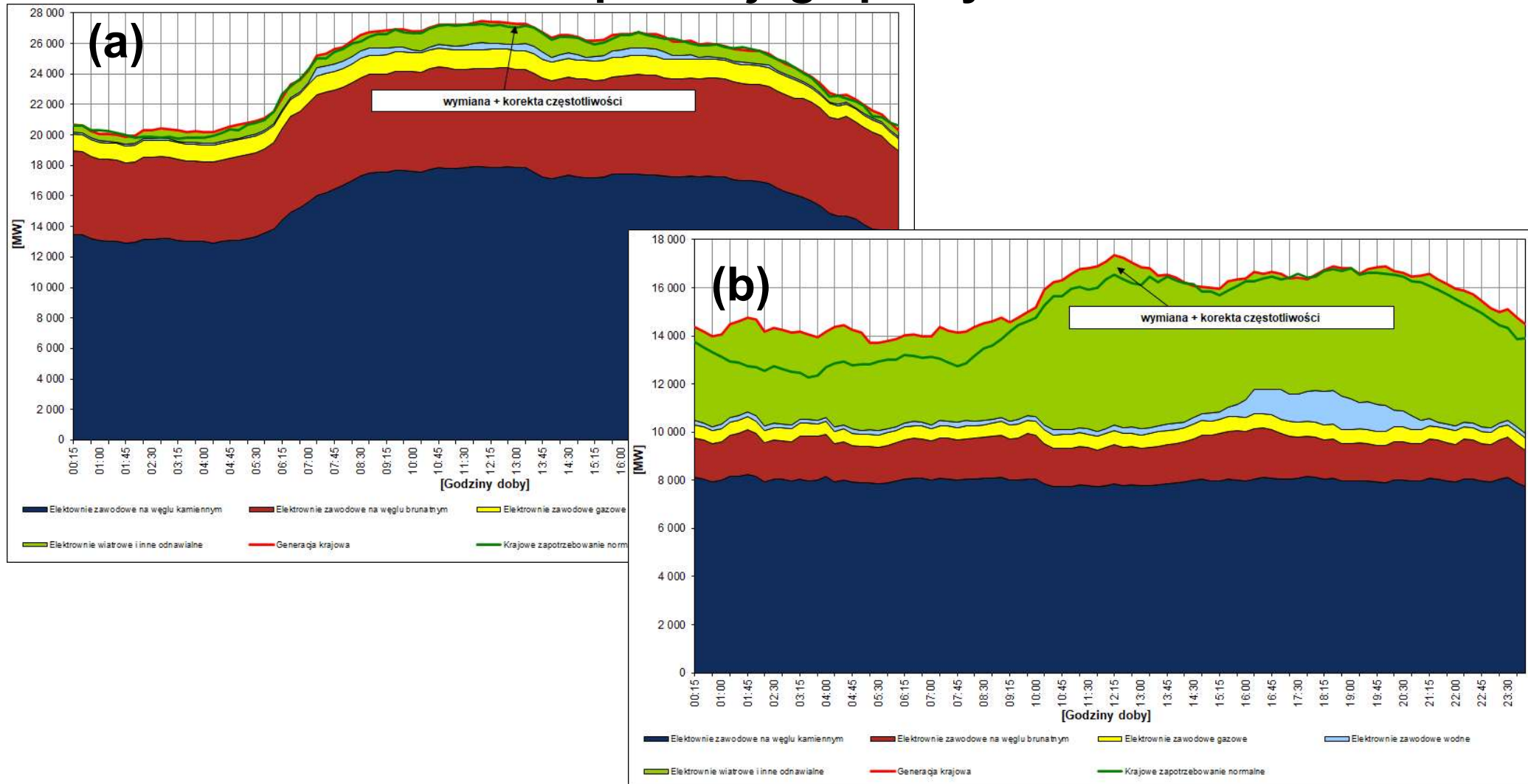
Rys. Przebieg zapotrzebowania na moc w KSE w dniu, w którym wystąpiło minimalne krajowe zapotrzebowanie na moc w 2021 roku i sposób jego pokrycia

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]



AGH

Maksymalne i minimalne krajowe zapotrzebowanie na moc w 2022 roku i sposób jego pokrycia



Rys. Rys. Przebieg zapotrzebowania na moc w KSE w dniu, w którym wystąpiło maksymalne (a) i minimalne (b) krajowe zapotrzebowanie na moc w 2022 roku i sposób jego pokrycia.

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

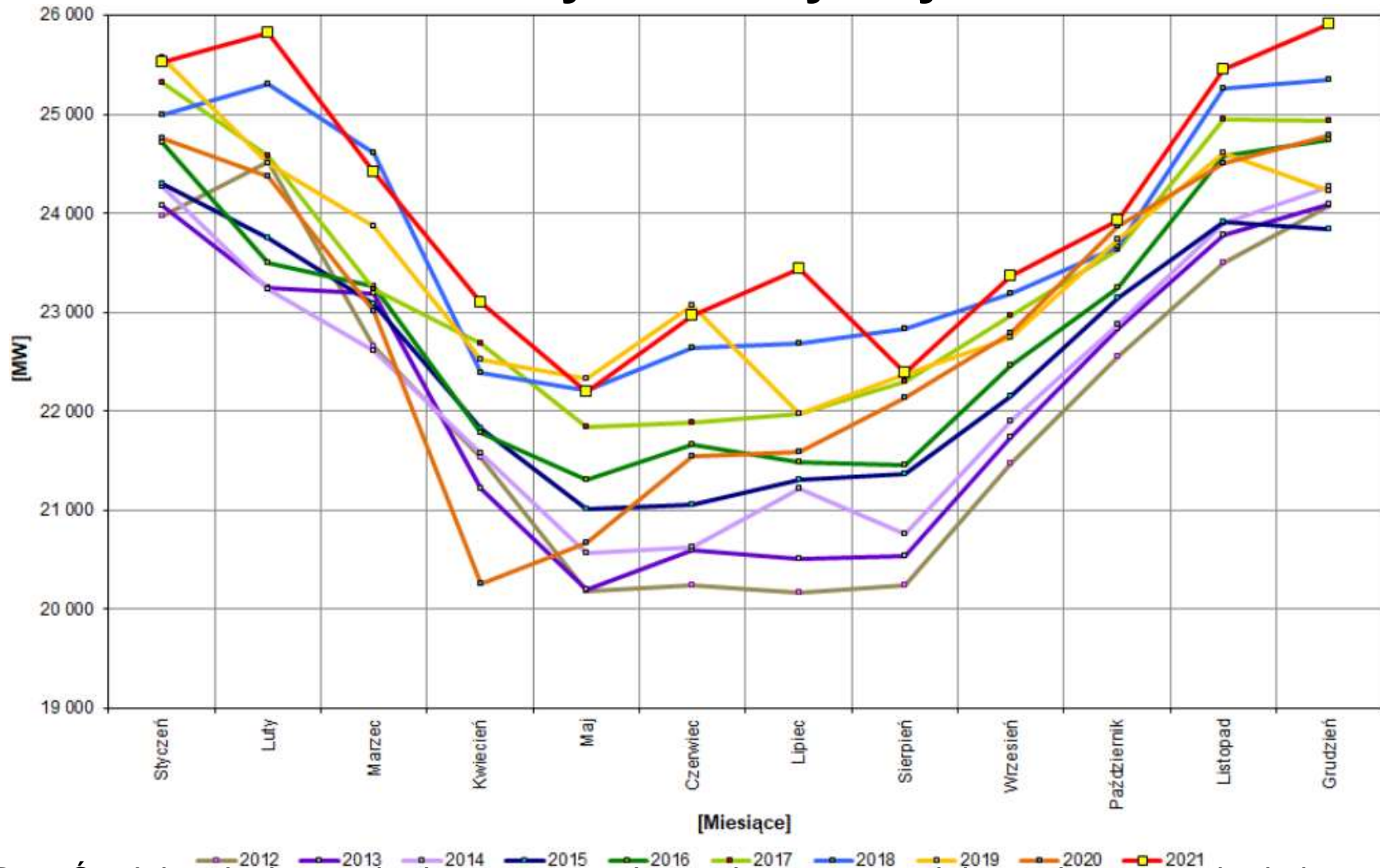
Średnie miesięczne krajowe zapotrzebowanie na moc w 2021 roku na tle danych historycznych

Tab. Średnie miesięczne krajowe zapotrzebowanie na moc w dobowych szczytach obciążenia dni roboczych w latach 2012÷2021 w MW

Lata										
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Miesiące										
Styczeń	23 969	24 075	24 261	24 291	24 705	25 325	25 000	25 570	24 760	25 524
Luty	24 517	23 252	23 234	23 743	23 493	24 581	25 297	24 502	24 373	25 816
Marzec	22 654	23 192	22 615	23 077	23 264	23 239	24 606	23 863	23 015	24 410
Kwiecień	21 528	21 220	21 574	21 818	21 786	22 678	22 390	22 516	20 256	23 102
Maj	20 187	20 194	20 566	21 018	21 304	21 836	22 212	22 330	20 664	22 192
Czerwiec	20 247	20 593	20 632	21 051	21 664	21 879	22 634	23 072	21 549	22 971
Lipiec	20 163	20 505	21 217	21 311	21 483	21 967	22 678	21 972	21 586	23 433
Sierpień	20 247	20 540	20 758	21 369	21 456	22 300	22 825	22 372	22 143	22 392
Wrzesień	21 472	21 732	21 902	22 150	22 456	22 965	23 192	22 749	22 786	23 365
Październik	22 553	22 831	22 883	23 139	23 240	23 636	23 660	23 736	23 863	23 931
Listopad	23 503	23 776	23 905	23 913	24 578	24 942	25 263	24 605	24 506	25 446
Grudzień	24 078	24 094	24 275	23 838	24 739	24 933	25 345	24 217	24 785	25 905

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

Średnie miesięczne krajowe zapotrzebowanie na moc w 2021 roku na tle danych historycznych



Rys. Średnie miesięczne krajowe zapotrzebowanie na moc w dobowych szczytach obciążenia dni roboczych w latach 2012÷2021

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczone-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

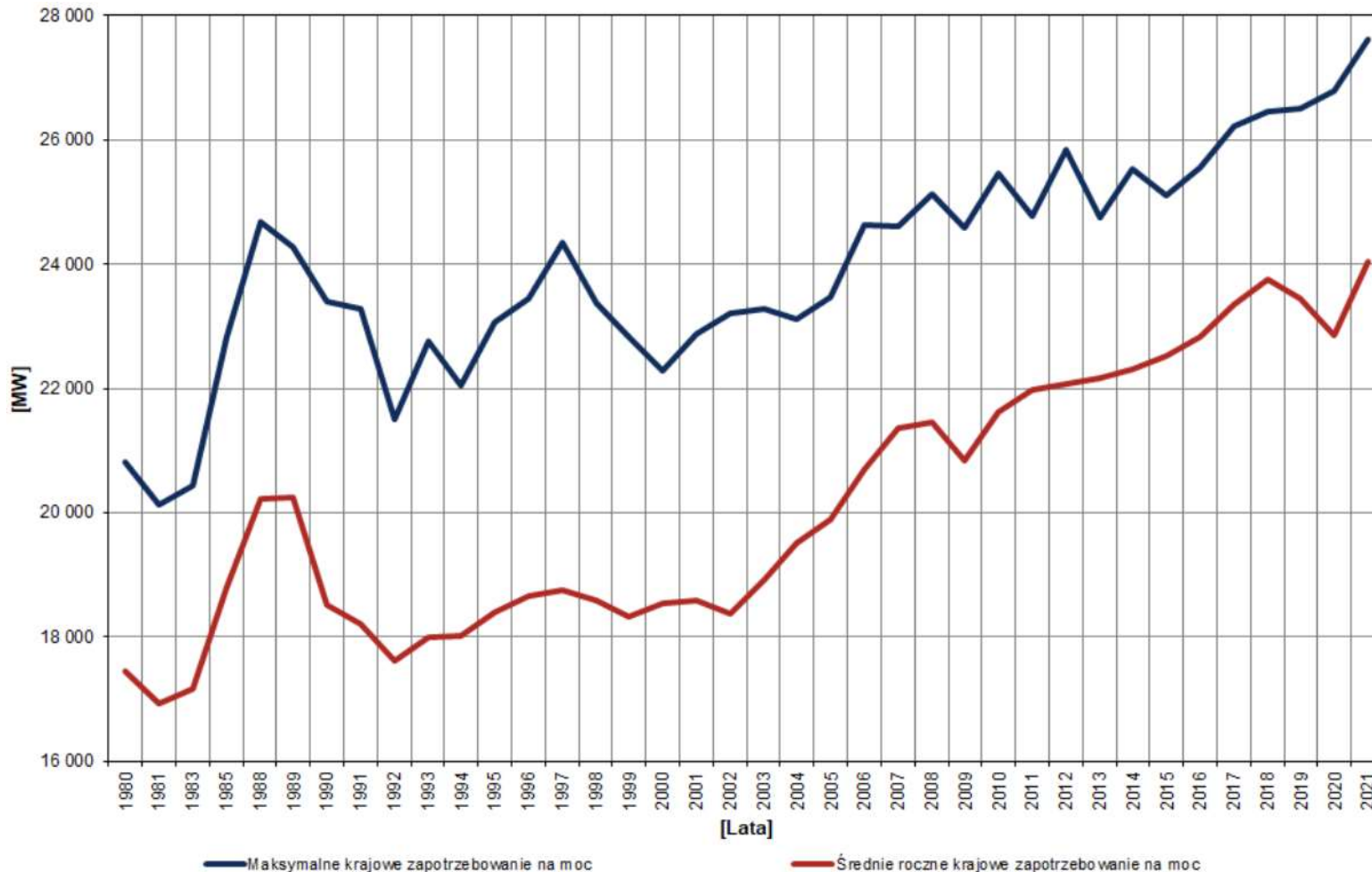
Średnie roczne krajowe zapotrzebowanie na moc oraz maksymalne w dobowych szczytach obciążenia dni roboczych w latach 1980÷2021

Tab. Średnie roczne krajowe zapotrzebowanie na moc oraz maksymalne w dobowych szczytach obciążenia dni roboczych w latach 1980÷2021

Rok	Średnie roczne krajowe zapotrzebowanie na moc	Maksymalne krajowe zapotrzebowanie na moc	Rok	Średnie roczne krajowe zapotrzebowanie na moc	Maksymalne krajowe zapotrzebowanie na moc
1980	17 446	20 826	2003	18 913	23 288
1981	16 925	20 122	2004	19 512	23 108
1983	17 176	20 430	2005	19 895	23 477
1985	18 800	22 832	2006	20 705	24 640
1988	20 227	24 685	2007	21 367	24 611
1989	20 240	24 267	2008	21 445	25 120
1990	18 510	23 392	2009	20 842	24 594
1991	18 203	23 290	2010	21 629	25 449
1992	17 625	21 495	2011	21 975	24 780
1993	17 989	22 749	2012	22 083	25 845
1994	18 019	22 050	2013	22 155	24 761
1995	18 410	23 056	2014	22 301	25 535
1996	18 657	23 439	2015	22 529	25 101
1997	18 758	24 337	2016	22 832	25 546
1998	18 576	23 384	2017	23 357	26 231
1999	18 326	22 821	2018	23 750	26 448
2000	18 549	22 289	2019	23 451	26 504
2001	18 586	22 868	2020	22 860	26 799
2002	18 372	23 207	2021	24 028	27 617

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE

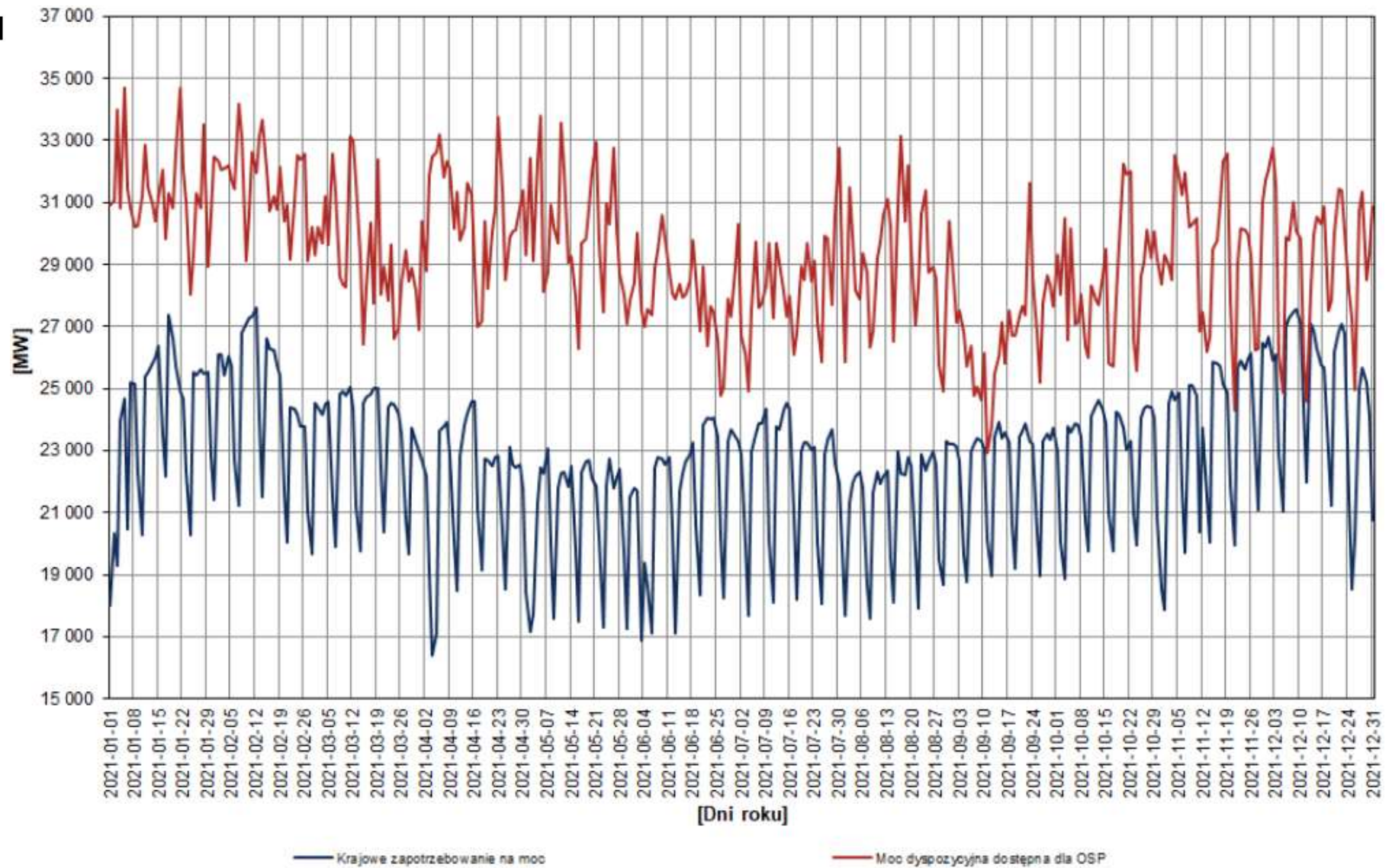
Średnie roczne krajowe zapotrzebowanie na moc oraz zapotrzebowanie maksymalne w dobowych szczytach obciążenia dni roboczych w latach 1980÷2021



Rys. Średnie roczne krajowe zapotrzebowanie na moc oraz maksymalne w dobowych szczytach obciążenia dni roboczych w latach 1980÷2021

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-rocne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

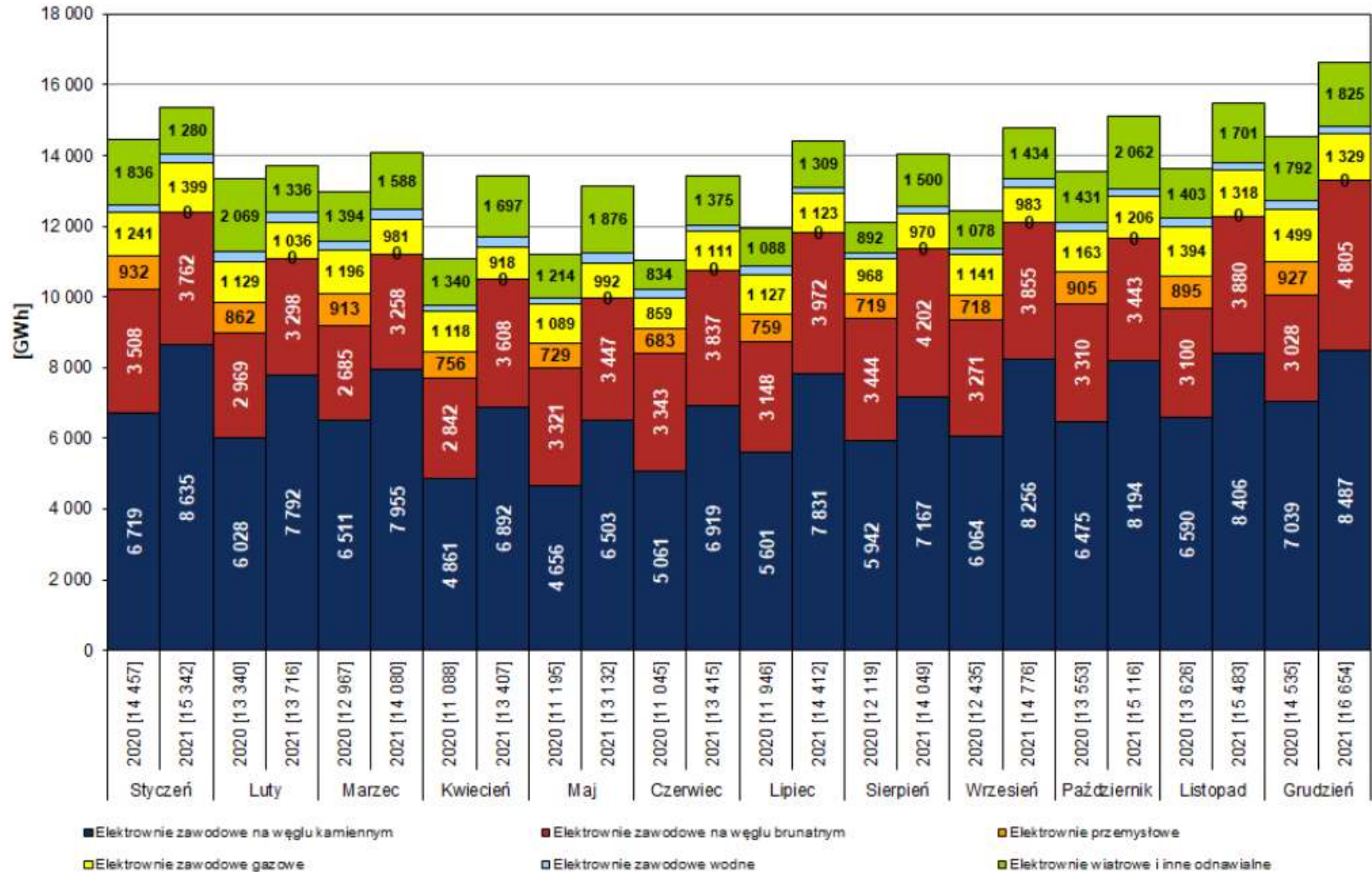
Bilans mocy w krajowym systemie elektroenergetycznym



Rys. Krajowe zapotrzebowanie na moc oraz moc dyspozycyjna dostępna dla OSP w szczytach dobowych krajowego zapotrzebowania na moc w 2021 roku

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-rocne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

Produkcja i zużycie energii elektrycznej w elektrowniach krajowych



Rys. Produkcja energii elektrycznej w elektrowniach krajowych w poszczególnych miesiącach 2020 i 2021 roku

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

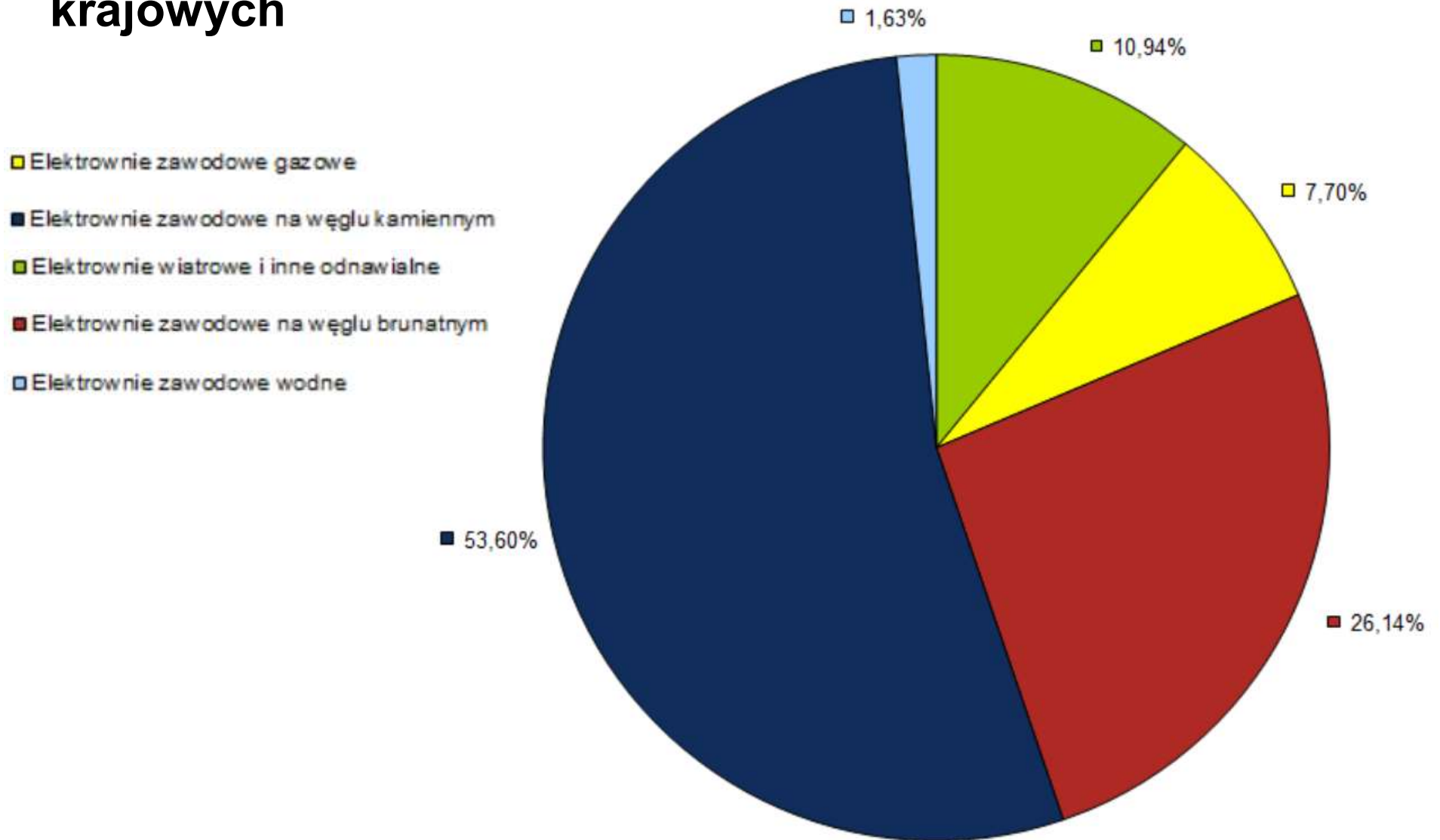
Struktura produkcji energii elektrycznej w latach 2019÷2021 i dynamika roczna produkcji

Tab. Struktura produkcji energii elektrycznej w elektrowniach krajowych, wielkości wymiany energii elektrycznej z zagranicą i krajowe zużycie energii elektrycznej w latach 2019÷2021 [GWh]

Lp.	Wyszczególnienie	2019	2020	Dynamika [[b-a)/a*100] [%]	2021	Dynamika [[d-b)/b*100] [%]
		[a]	[b]	[c]	[d]	[e]
1.	Produkcja ogółem (1.1+1.2+1.3+1.4)	158 767	152 308	-4,07	173 583	13,97
1.1	Elektrownie zawodowe	134 245	126 137	-6,04	154 599	22,56
1.1.1	El. zawodowe wodne	2 454	2 698	9,96	2 830	4,88
1.1.2	El. zawodowe ciepłne	131 791	123 439	-6,34	151 769	22,95
1.1.2.1	na węglu kamiennym	78 190	71 546	-8,5	93 037	30,04
1.1.2.2	na węglu brunatnym	41 502	37 969	-8,51	45 367	19,48
1.1.2.3	gazowe	12 099	13 924	15,09	13 366	-4,01
1.2	El. wiatrowe i inne odnawialne	14 344	16 372	14,14	18 984	15,95
1.3	Elektrownie przemysłowe	10 178	9 799	-3,73	---	-
2.	Saldo wymiany zagranicznej	10 624	13 224	24,48	820	-93,8
3.	Krajowe zużycie energii elektrycznej	169 391	165 532	-2,28	174 402	5,36

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

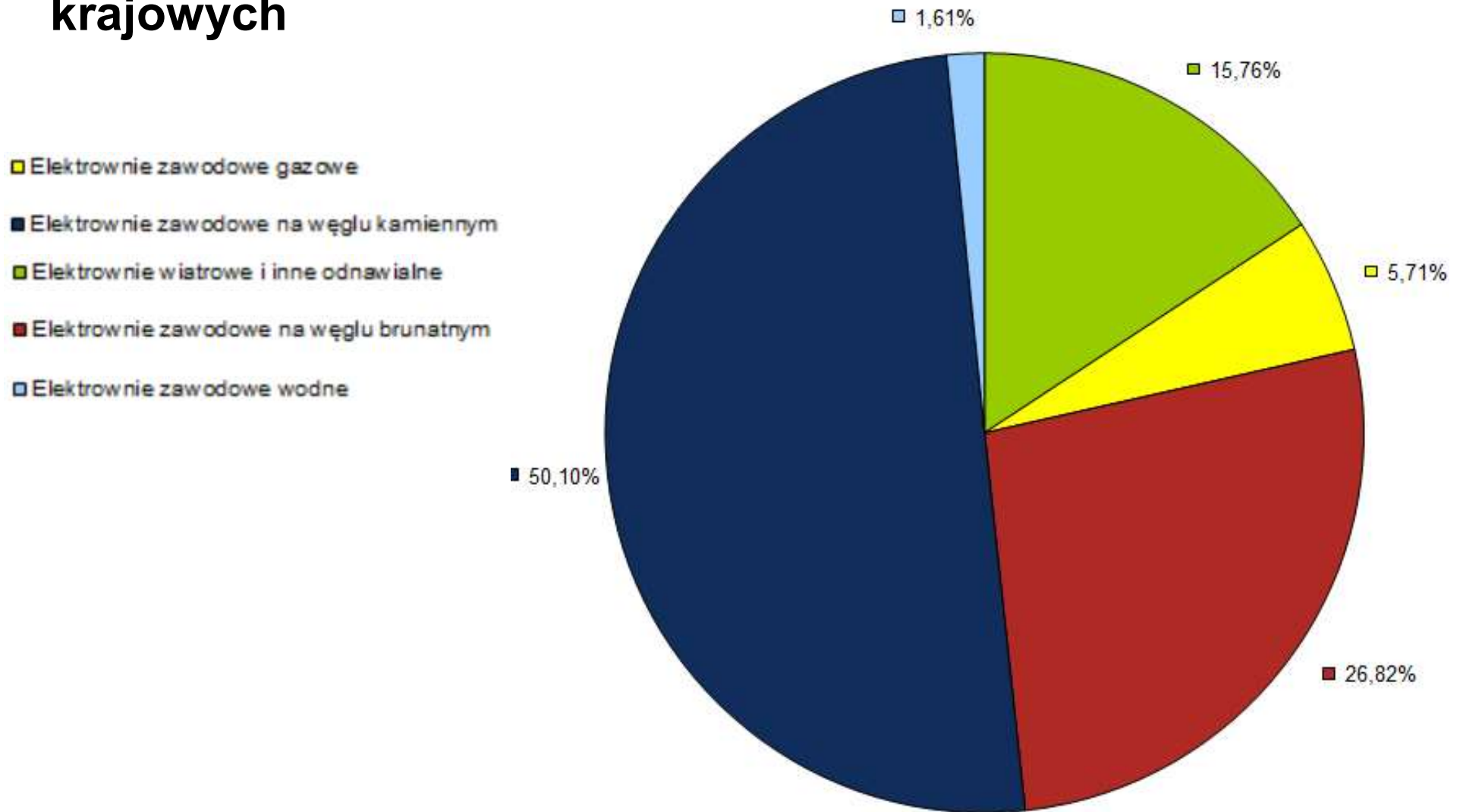
Produkcja i zużycie energii elektrycznej w elektrowniach krajowych



Rys. Procentowy udział w krajowej produkcji energii elektrycznej poszczególnych grup elektrowni według rodzajów paliw w 2021 roku

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

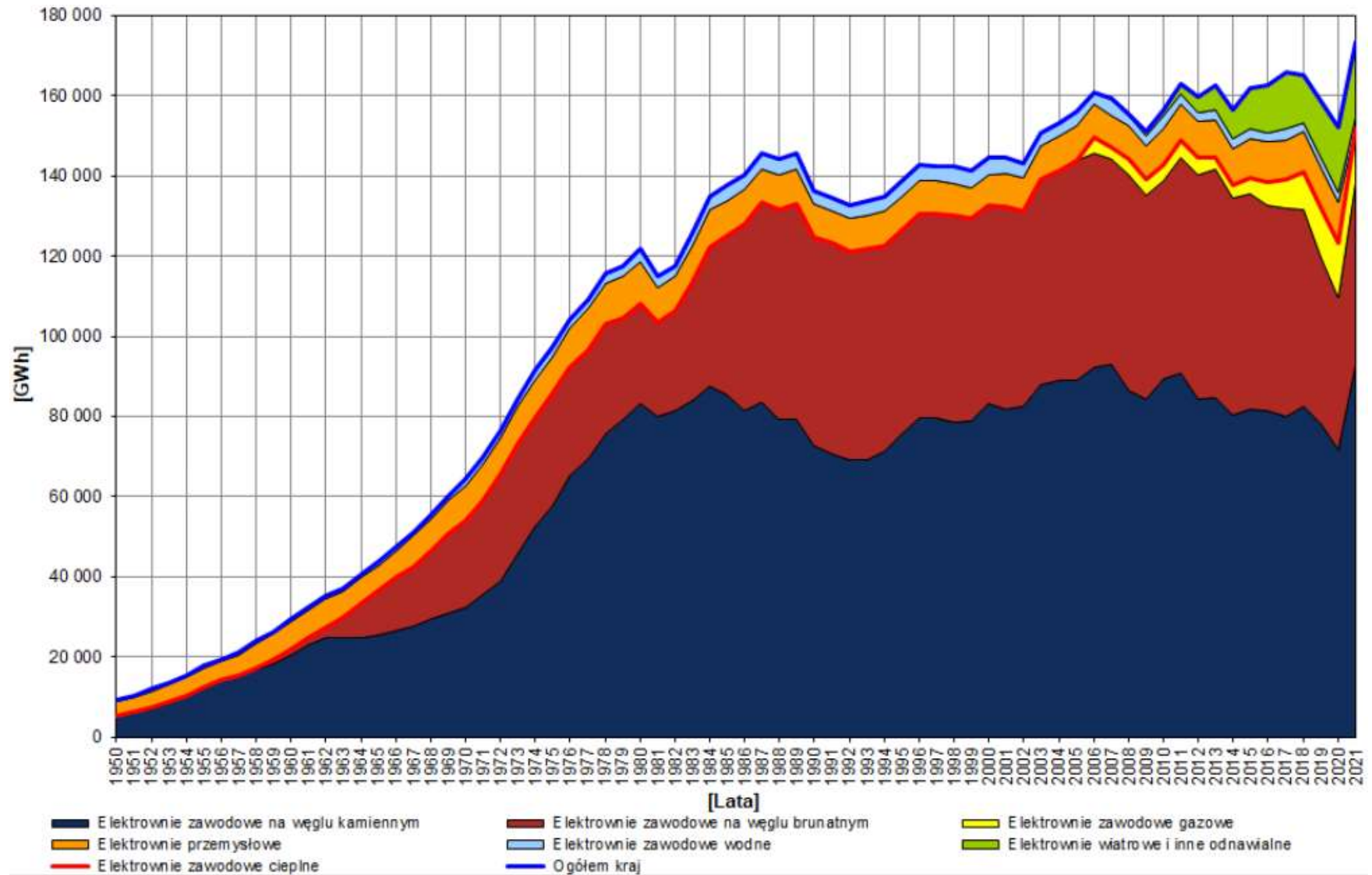
Produkcja i zużycie energii elektrycznej w elektrowniach krajowych



Rys. Procentowy udział w krajowej produkcji energii elektrycznej poszczególnych grup elektrowni według rodzajów paliw w 2022 roku

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

Produkcja energii elektrycznej w latach 1950÷2021



Rys. Produkcja energii elektrycznej w latach 1950÷2021

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]



AGH

Wymiana energii elektrycznej z zagranicą

Tab. Wymiana energii elektrycznej z zagranicą w 2021 roku - przepływy fizyczne [MWh]

Lp.	Wyszczególnienie	Pobór	Oddanie	Saldo
1.	Wymiana równoległa	9 037 672	13 042 180	-4 004 508
1.1	Krosno - Lemesany (400 kV)	77 674	4 626 604	-4 548 930
1.2	Albrechtice - Dobrzeń (400 kV)	3 259	3 391 271	-3 388 013
1.3	Nosowice - Wielopole (400 kV)	87 018	3 438 697	-3 351 679
1.4	Hagenverder - Mikułowa (400 kV)	5 340 626	318 284	5 022 341
1.5	Liskovec - Kopanina - Bujaków (220 kV)	135 836	1 259 637	-1 123 801
1.6	Vierraden - Krajnik (400 kV)	3 393 259	7 686	3 385 573
2.	Wymiana nierównoległa	6 062 301	1 238 272	4 824 029
2.1	Triniec - Mnisztwo (110 kV)	0	84 368	-84 368
2.2	Porici - Boguszów (110 kV)	115 039	248 124	-133 086
2.3	Nachod - Kudowa (110 kV)	1 350	0	1 350
2.4	Darkow - Pogwizdów (110 kV)	0	0	0
2.5	Ełk - Alytus (400 kV)	1 684 449	695 583	988 866
2.6	Starno - Słupsk (DC 450 kV)	3 432 386	210 194	3 222 191
2.7	Dobrotwór - Zamość (220 kV)	829 077	3	829 075
3.	Razem	15 099 973	14 280 452	819 521

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

Wymiana energii elektrycznej z zagranicą

Tab. Przepływy rzeczywiste z poszczególnymi krajami w 2021 roku [GWh]

Lp.	Wyszczególnienie	Pobór	Oddanie	Saldo
1.	Białoruś	0,0	0,0	0,0
2.	Czechy	342,5	8 422,1	-8 079,6
3.	Litwa	1 684,4	695,6	988,9
4.	Niemcy	8 733,9	326,0	8 407,9
5.	Słowacja	77,7	4 626,6	-4 548,9
6.	Szwecja	3 432,4	210,2	3 222,2
7.	Ukraina	829,1	0,0	829,1
8.	Razem	15 100,0	14 280,5	819,5

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

Ograniczenia w dostawach energii elektrycznej

Tab. Ograniczenia w dostawach energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach 2021 roku [MWh]

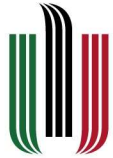
Lp.	Wyszczególnienie	Miesiące											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1.	Ograniczenia dostaw energii z powodu braku mocy w KSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.	Ograniczenia dostaw energii z powodu awarii w sieci przesyłowej	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.	Ograniczenia dostaw energii z powodu awarii w sieci dystrybucyjnej	3 260	7	73	17	478	2 191	8 745	161	580	4 156	451	457
3.1	w tym z powodu złych warunków atmosferycznych	3 246	4	0	0	466	1 457	8 625	141	558	4 140	426	455
4.	Razem ograniczenia dostaw	3 260	7	73	17	478	2 191	8 745	161	580	4 156	451	457

Źródło: PSE: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]

Regulacja częstotliwości i mocy czynnej w systemie

Bardzo ważnym zadaniem bloków energetycznych o dużych mocach znamionowych jest ich udział w **regulacji Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE)**. Odbywa się to w hierarchicznym (nadrzędnym) systemie regulacji w ramach **Automatycznej Regulacji Częstotliwości i Mocy (ARCM)** dopasowującej moc czynną wytwarzaną w KSE do bieżących potrzeb (tzw. bilansowanie mocy).

ARCM jest centralnym **regulatorem systemowym** oddziałującym na stopień **otwarcia zaworów regulacyjnych części wysokoprężnych turbin** zmieniającym dopływające do nich strumienie pary. W następstwie są uruchamiane procesy zmiany wydajności kotłów realizowane już przez autonomiczne układy ich regulacji w poszczególnych elektrowniach. Oprócz bilansowania mocy **ARCM zapewnia wysoką jakość energii elektrycznej**, tj. stałą wartość napięcia elektrycznego i jego częstotliwości. Częstotliwość jest przy tym, co oczywiste, wielkością wykorzystywaną w regulacji (bilansowaniu) mocy czynnej w systemie. Zależy ona bowiem bezpośrednio od zbilansowania (zrównania) mocy pobieranej przez odbiorców z mocą wytwarzaną przez bloki w KSE. Nadwyżka mocy wytwarzanej nad pobieraną (dodatni uchyb mocy) powoduje bowiem wzrost częstotliwości (dodatni uchyb częstotliwości) i odwrotnie – niedobór mocy wytwarzanej nad pobieraną skutkuje obniżeniem częstotliwości.



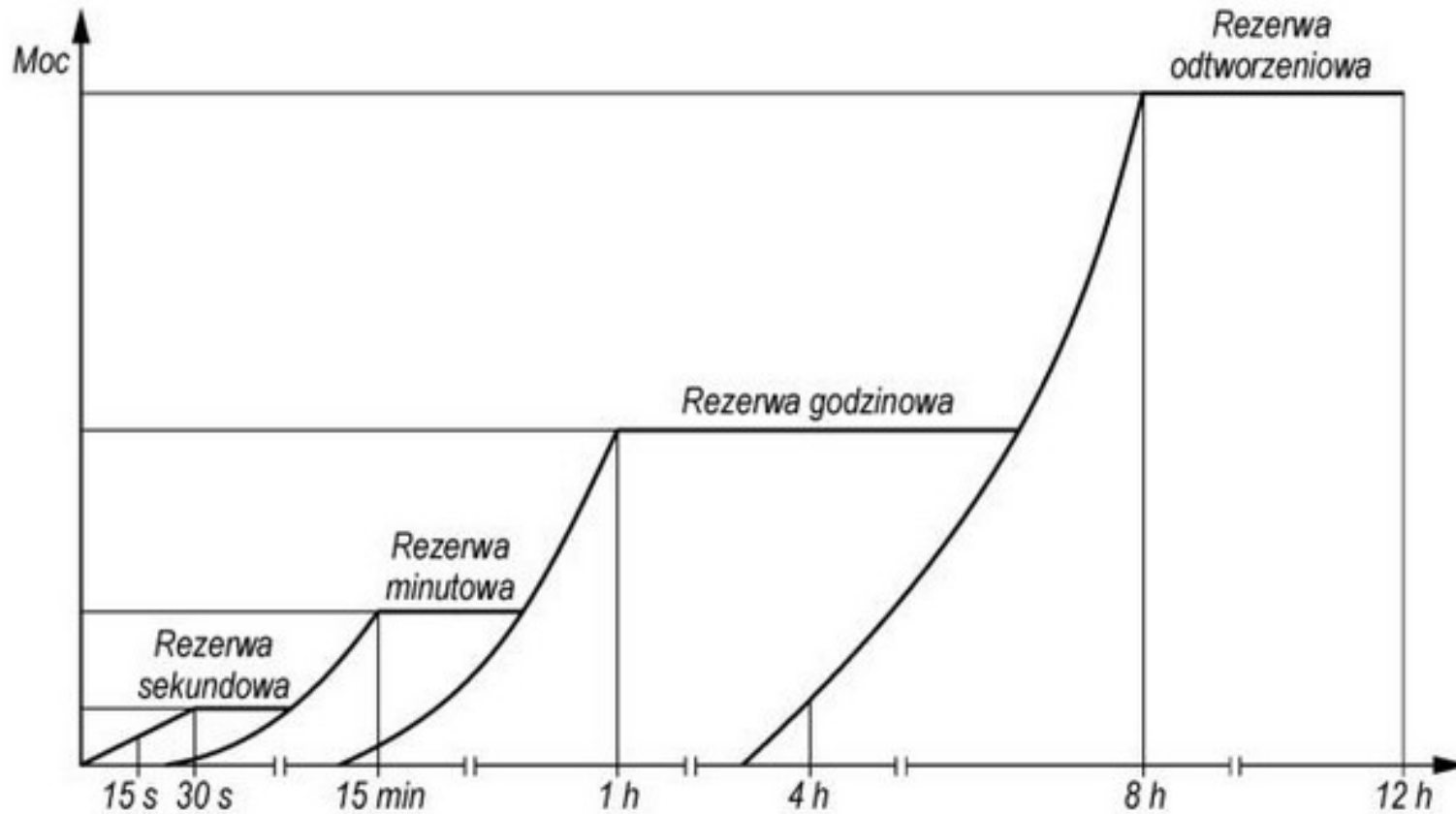
AGH

Regulacja częstotliwości i mocy czynnej w systemie

Stopień pierwszy regulacji, tzw. **regulacja pierwotna**, tj. regulacja prędkości obrotowej turbogeneratorów (czyli pierwotna regulacja częstotliwości), jest zdecentralizowana. Realizowana jest bowiem przez autonomiczne układy regulacji turbin w poszczególnych elektrowniach. Zadaniem regulacji pierwotnej jest **możliwie szybkie likwidowanie zakłóceń bilansu mocy czynnej w KSE**. Dla bloku zsynchronizowanego z systemem polega to na zmianie jego mocy czynnej w zależności od uchybu częstotliwości w KSE zgodnie z charakterystyką statyczną regulatora obrotów turbiny, co trwa zazwyczaj kilkanaście sekund. Regulacja pierwotna, jako regulacja proporcjonalna, nie ma jednak możliwości całkowitej likwidacji odchyłki statycznej częstotliwości, którą likwiduje dopiero proporcjonalno-całkowa regulacja wtórna, która nakłada się na regulację pierwotną.

Zrównywanie mocy wytwarzanej z mocą pobieraną przez odbiorców jest realizowane centralnie przez **Krajową Dyspozycję Mocy**. Ta systemowa regulacja realizowana przez centralne regulatory ARCM, zwana **regulacją wtórną (tzw. stopień drugi regulacji)**, ma za zadanie wyznaczanie na bieżąco kolejnych nowych wartości zadanych dla poszczególnych bloków i ich wprowadzanie za pomocą nadajników telemetrycznych do regulatorów turbozespołów w poszczególnych blokach systemowych oraz zerowanie odchyłki częstotliwości i uchybu mocy wymiany w systemie. **Stopień trzeci regulacji, tzw. regulacja trójna**, ma za zadanie zapewnienie ekonomicznego rozdziału obciążeń między bloki pracujące w systemie regulacji KSE.

Regulacja częstotliwości i mocy czynnej w systemie



Rys. Klasyfikacja rezerw: sekundowa, minutowa, godzinowa, i odtworzeniowa w elektrowni kondensacyjnej



Literatura

- [1] Energetyka w Polsce w 2019 roku - moc i produkcja energii wg danych PSE, Wysokie napięcie, <https://wysokienapiecie.pl/27524-energetyka-w-polsce-w-2019-roku-moc-produkcja-energii-wg-danych-pse/>
- [2] Akademia Viessman, Systemy energetyczne (05.04.2017)
- [3] Paska J., Wytwarzanie energii elektrycznej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2018
- [4] Chmielniak T., Technologie energetyczne. WNT, Warszawa 2008
- [5] Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.: Raport 2021 KSE, <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021> [dostęp online: 30.03.2022]