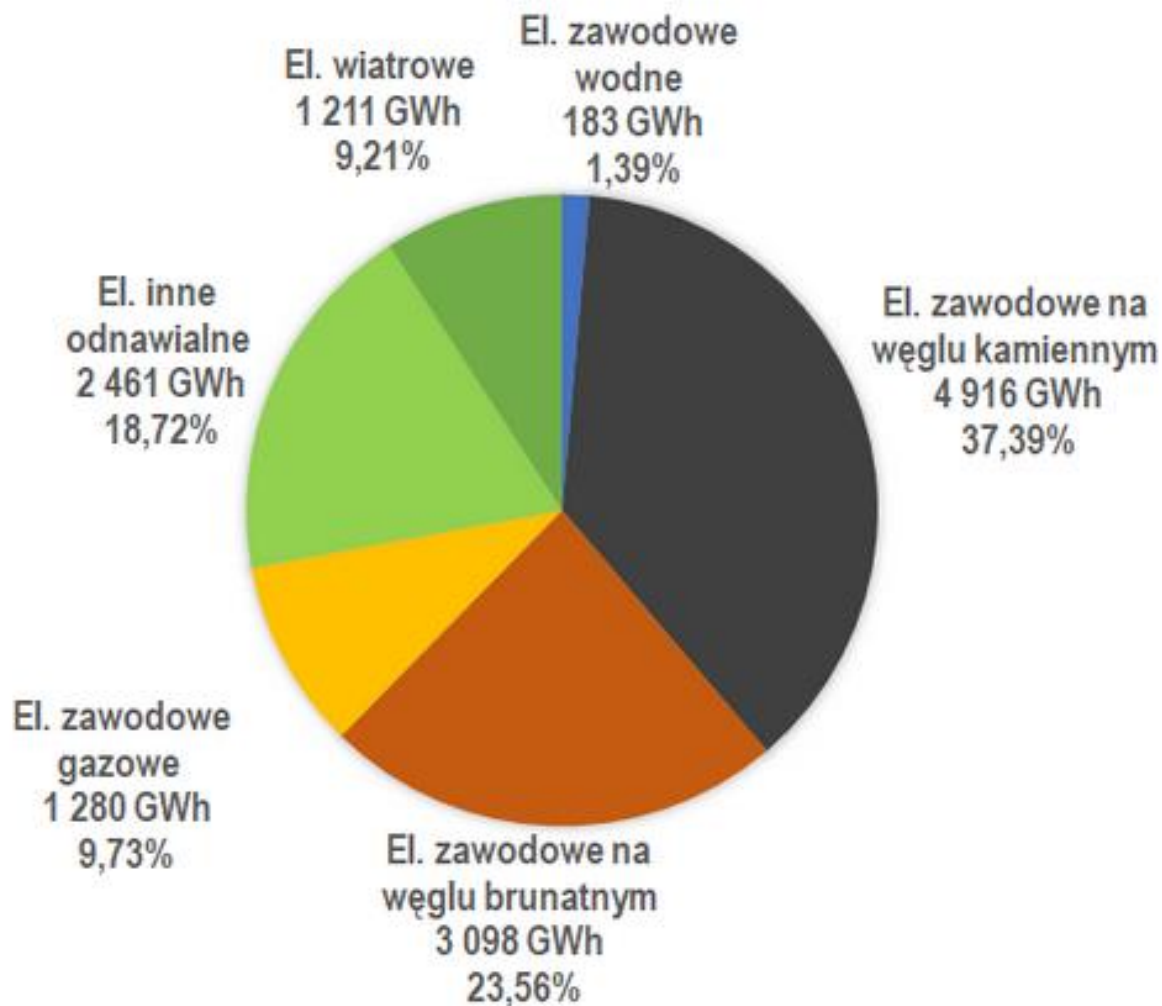




Odzysk materiałów z turbin wiatrowych i paneli PV

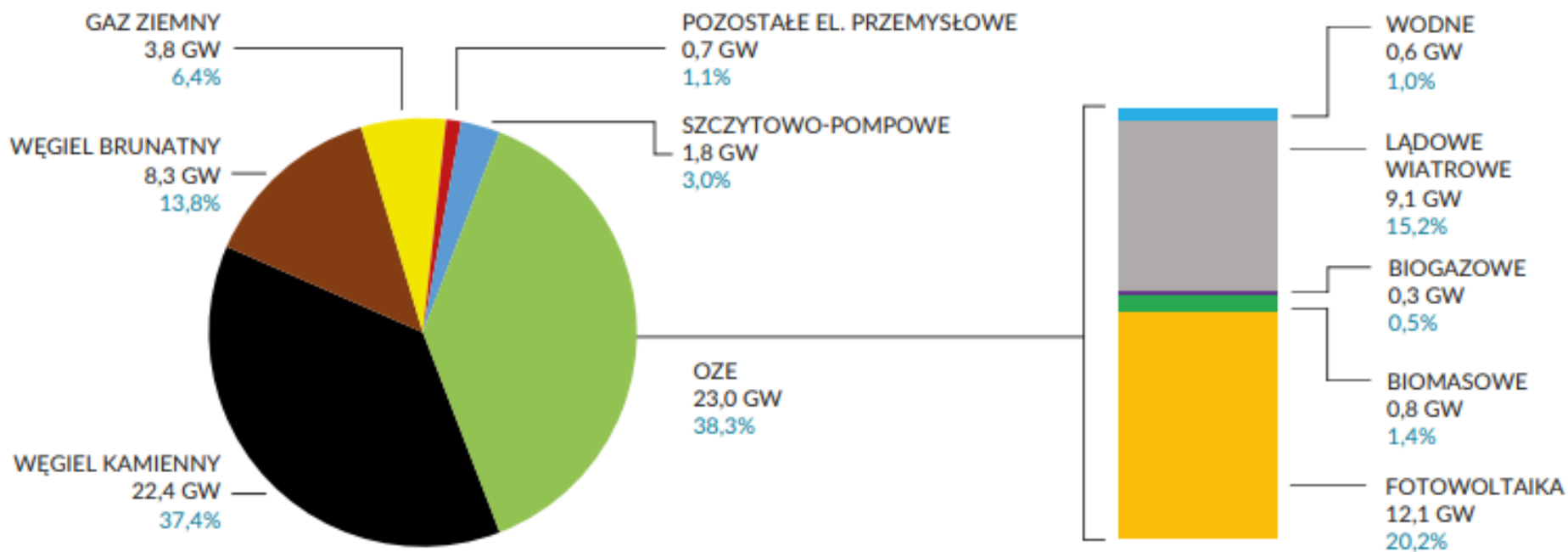
Barbara Tora

Niewyczerpana moc z natury. Szanse i Wyzwania OZE
LIFE-IP EKOMAŁOPOLSKA 10 września, 2024



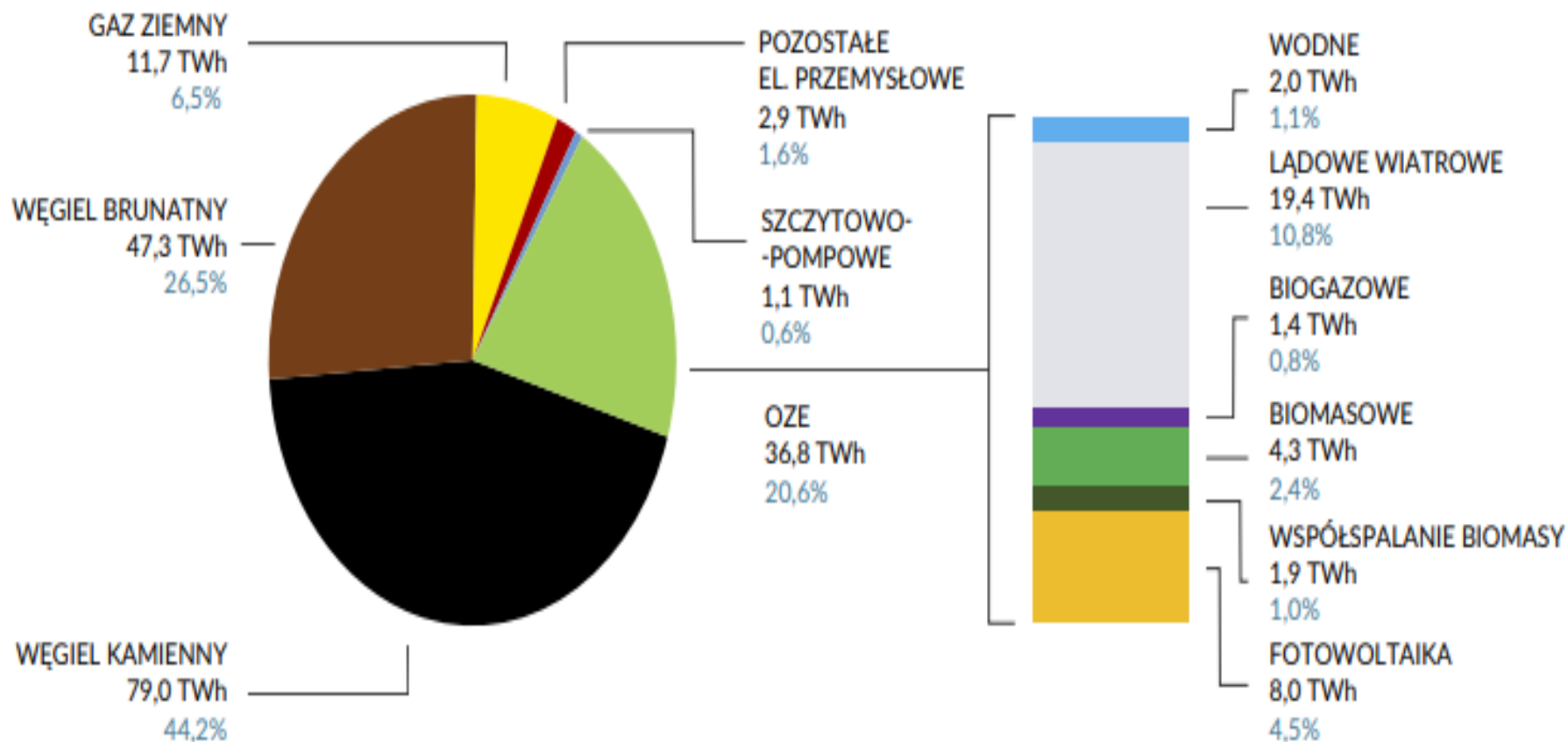
Struktura produkcji energii elektrycznej w lipcu 2024 r.

Moce osiągalne



Za ponad połowę mocy OZE odpowiada fotowoltaika (53%). Moce wiatrowe stanowią 40%

Produkcja energii elektrycznej



Moc zainstalowana w PV w maju 2024r 18 GW

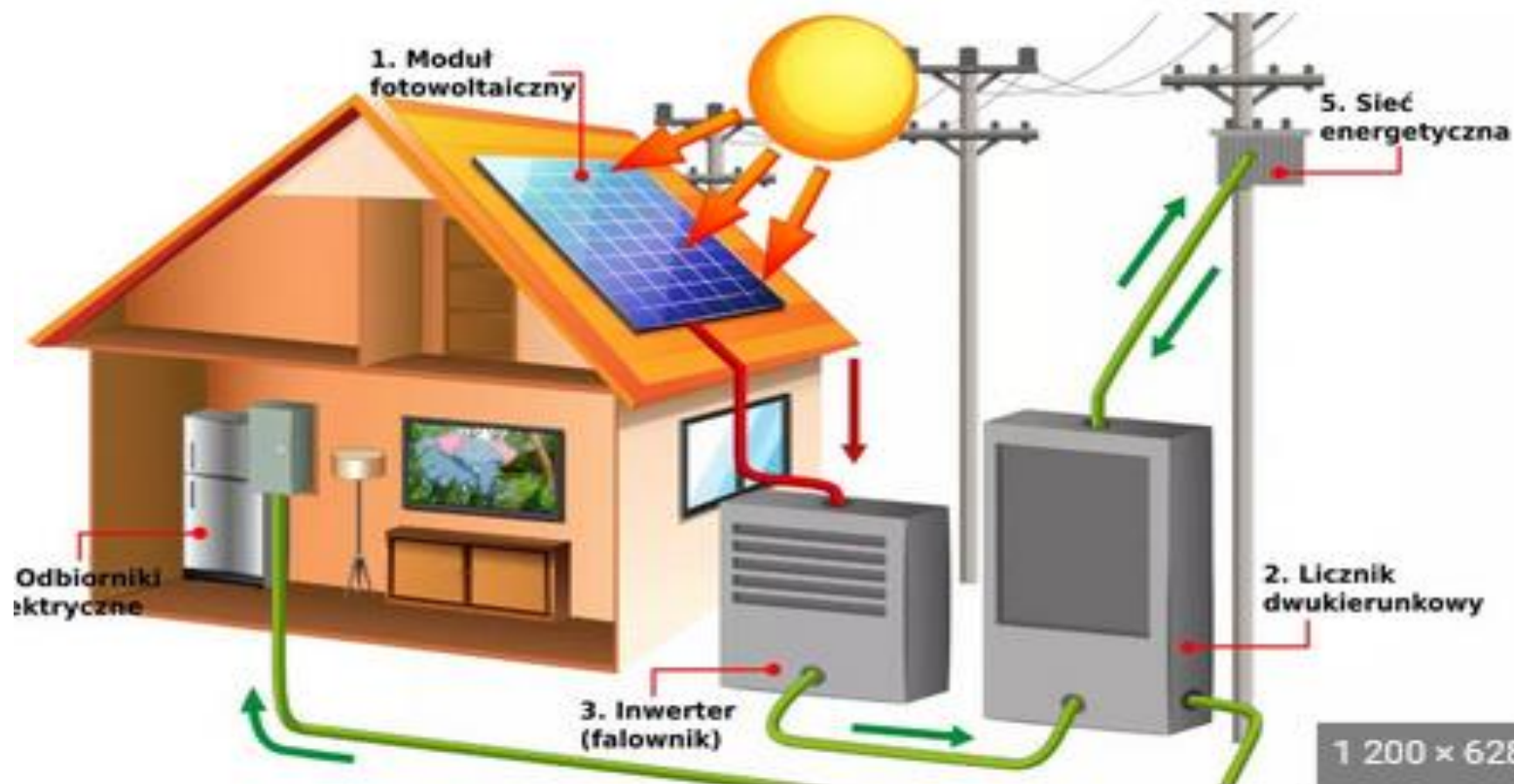


Największe elektrownie
fotowoltaiczne:

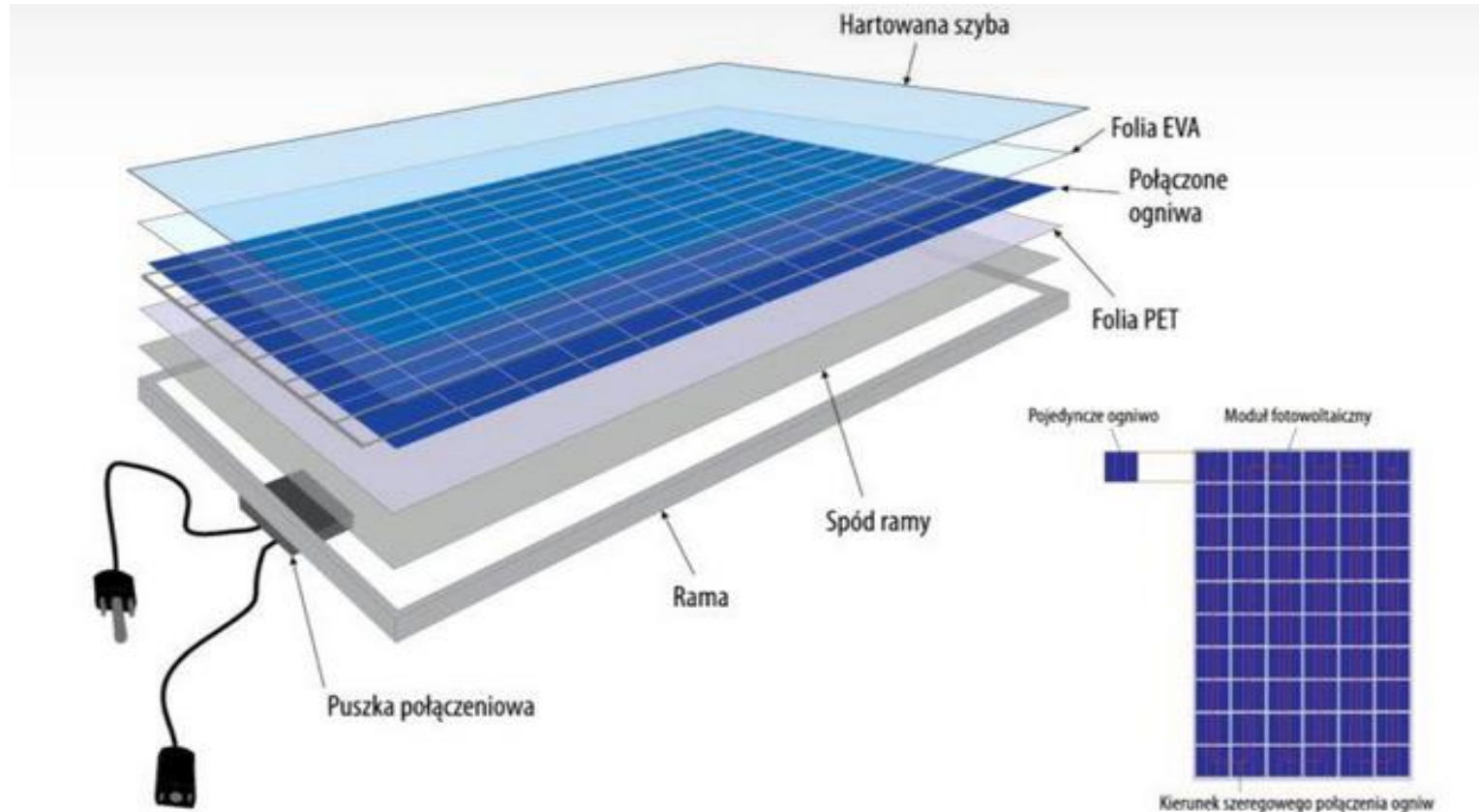
- Zwartowo – 204 MW – Respect Energy
- Brudzew – 70 MW – ZE PAK
- Witnica – 64 MW – Alternus Energy Group
- Wielbark – 62 MW – Grupa ORLEN
- Stępień – 58 MW – Wento

Masa zainstalowanych paneli
80 tys ton

Instalacja fotowoltaiczna



Budowa modułu fotowoltaicznego opartego na ogniwach z krzemu krystalicznego



<https://epodreczniki.open.agh.edu.pl/>



SUROWCE MOŻLIWE DO ODZYSKANIA

szkło



ok. 90%
odzyskanego surowca

aluminium



ok. 90%
odzyskanego surowca

pozostałe surowce

ogniwa
krzemowe



odzyskiwanie surowca

plastik

odparowuje w procesie

RECYKLING
PANELI
FOTOWOLTAICZNYCH



WestWind
SOLAR

Recykling paneli

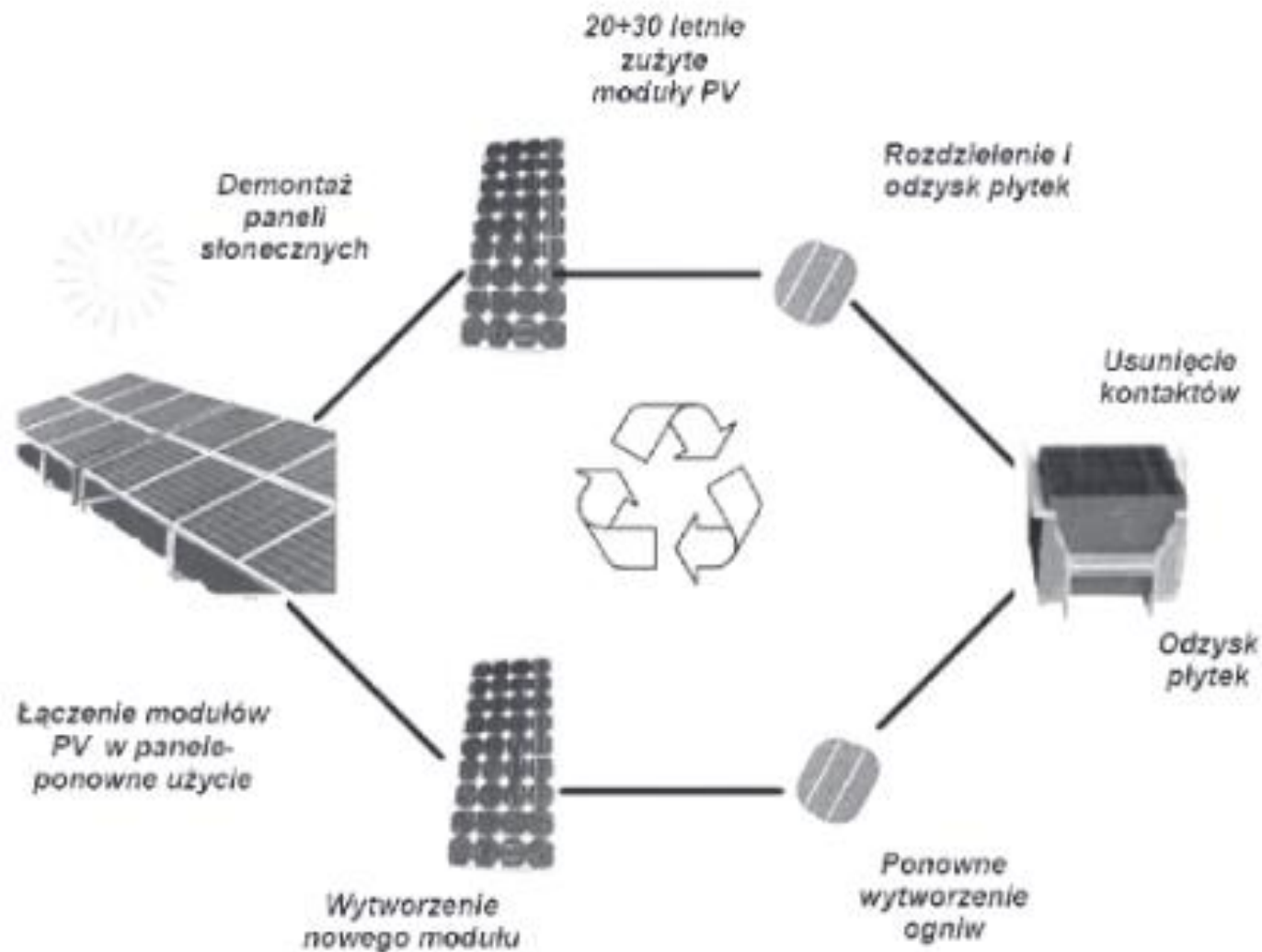
Circular economy in the PV industry by **ROSI** future of silicon

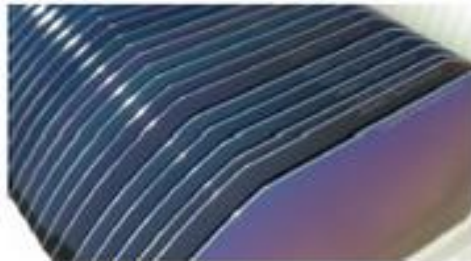
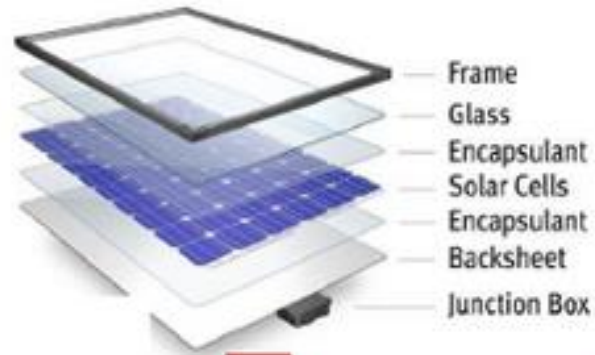


Źródło: PV ROSI SAS



- Praktycznie całe szkło pozyskane z modułów PV, (95% materiału), można ponownie wykorzystać.
- Podobnie recykling zewnętrznych części wykonanych z metalu. Wypracowane technologie pozwalają na ponowne ich użycie do formowania ramek.
- Recyklingowi podlegają także ogniwa fotowoltaiczne. Szacuje się, że około 80% – 90% z nich nadaje się do powtórnego wykorzystania.





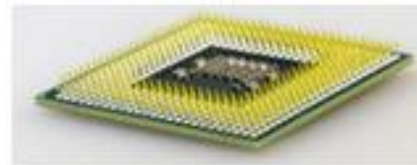
Silicon wafer



Pure metals



Glass



Recykling PV



Proces recyklingu paneli fotowoltaicznych

1. z urządzenia zdejmowana jest rama, skrzynka przyłączeniowa oraz kable.
2. Główna część panelu zostaje pocięta na kilkucentymetrowe fragmenty, dzięki czemu oddzielane jest szkło, które może być odzyskane nawet w ponad 90% i przetopione. Wydzielane są również elementy miedziane, krzemowe i plastikowe.



RYSTAD ENERGY

SZACUJE, ŻE W 2030 ROKU
RYNEK RECYKLINGU PANELI PV
BĘDZIE WART 2,7 MILIARDA
DOLARÓW.

**W 2050 roku na świecie
będzie 78 mln ton paneli**

**Masa paneli zainstalowanych
w Polsce 1 mln ton (19 GW)**

Regulacje prawne

- Ustawa z dnia 11 września 2015 roku o zużytych sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz.U. 2020 poz. 1893) (zwana dalej ustawą o ZSEE) określa do jakiej grupy sprzętowej należą panele fotowoltaiczne.
- Znajdują się w czwartej kategorii „Sprzęt wielkogabarytowy, którego którykolwiek z zewnętrznych wymiarów przekracza 50 cm”. Oprócz paneli zakwalifikowane są tam również takie sprzęty jak na przykład pralki, kuchenki, suszarki do odzieży, wielkogabarytowe komputery i drukarki.

Dyrektywa unijna w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego - Dyrektywa WEEE.

Narzuca obowiązek poddania odzyskowi co najmniej 85 proc. odpadów z paneli, a 80 proc. przygotowania do ponownego użycia i poddania recyklingowi.

Dyrektywa rekomenduje producentom paneli organizację zbiórek i recyklingu zużytego sprzętu oraz ponoszenie ich kosztów.

Materiały przepuszczane są przez przesiewacze, stoły wibracyjne i separatory optyczne, Dodatkowo 80 proc. ogniw krzemowych może być ponownie wykorzystane, po poddaniu ich trawieniu przy pomocy kwasu oraz wzbogaceniu ich – procesy te przywracają pierwotne właściwości ogniw krzemowych. Uszkodzone ogniwa (wafle) krzemowe są na nowo przetwarzane i wykorzystywane w nowych modułach.

Innowacyjna technologia o dużym potencjale w sektorze energetycznym



W 2023 roku naukowcy z Chin zaproponowali innowacyjne wykorzystanie krzemu z recyklingu ogniw fotowoltaicznych do budowy anod do akumulatorów.

Wykorzystując przetworzony odpadowy proszek krzemowy i łącząc go z grafitem, opracowali materiał kompozytowy o nazwie W-Si-rM@G, który posiada wyjątkowe właściwości elektrochemiczne.

Wyniki badań pokazują, że powstały materiał jest bardzo stabilny i może znacząco poprawić wydajność akumulatorów.

Wykorzystanie odpadowego proszku krzemowego z recyklingu ogniw słonecznych do budowy anod może nie tylko pomóc w utylizacji odpadów, ale także przyczynić się do zwiększenia wydajności i trwałości



Produkcja energii elektrycznej z wiatru to jeden z tańszych sposobów na jej pozyskiwanie.

Łopaty

projektuje się zazwyczaj na okres ok. 20-25 lat, a po tym czasie należy wycofać je z użytku.

Ważne jest, aby znaleźć odpowiedni sposób na ich ponowne wykorzystanie.

Ilość odpadów kompozytowych 180 tys. ton





wykorzystania fragmentów łopat jako elementów nośnych w zastosowaniach budowlanych i infrastrukturalnych:

dźwigar mostu dla pieszych lub różnego rodzaju zadaszzenia, ogrodzenia, ścianki wspinaczkowe



Recykling łopat wiatrowych 3



wykorzystanie zmielonych części łopat jako zamiennika kruszywa do betonu

łopaty można wykorzystać do zastąpienia nawet 40 proc. objętości kruszywa naturalnego, które wykorzystuje się do wytwarzania mieszanki betonowej, przy zachowaniu właściwości wytrzymałościowych i trwałości betonu.





- ocena stanu pozyskanych łopat po zakończonej eksploatacji na farmach wiatrowych

Zastosowania konstrukcyjne

- można wykorzystać całość lub większą część łopaty (uwzględniając ewentualne zniszczenia i rozwarstwienia materiału)
- można wykonywać elementy konstrukcyjne oraz elementy małej architektury





W miejscowości Casper w stanie Wyoming znajduje się ogromne składowisko łopat z wyeksploatowanych już turbin wiatrowych. Występujące w łopatach turbin wiatrowych polimery zbrojone włóknami (FRP) powodują, że elementy te praktycznie nie nadają się do recyklingu.



Plac zabaw







elementy do wzmocnienia stoków zboczy dróg czy osuwisk w drogownictwie - pocięte na kawałki jako gabiony (bloki geotechniczne) - *elementy śmigła są układane jeden na drugim i wzmocniane kruszywem, nawet gruzem budowlanym*

odzysk włókien węglowych z łopat wiatraków. *Kompozyty węglowe są wycinane, następnie w procesie odzysku termicznego są przywracane do formy miękkiej. Produktem finalnym procesu są włókna surowe długie, włókna siekane lub włókniny. Możliwy jest odzysk włókien o długości do 8 metrów*

Recykling śmigieł



Śmigła z farm wiatrowych i panele fotowoltaiczne są niezwykle trudne do recyklowania.

Dawniej śmigła były robione z włókna szklanego i żywicy poliestrowej, później z żywicy epoksydowej - dość łatwe do rozdzielenia

Obecnie „sandwich” - kręgosłup wiatraka jest z włókna węglowego, a reszta to żywica i włókna szklane - praktycznie nie do rozsortowania

uzyskane recyklaty (zmielone, przetworzone odpady włókien węglowych) stosuje się np. do produkcji pokryw studzienek kanalizacyjnych

Recykling śmigieł



Jedno śmigło waży około 13-14 ton.
Jeden wiatrak to około 40 ton

Po rozdrobnieniu uzyskuje się materiał do produkcji kratki ściekowych, pokryw do kanałów kablowych czy do studzienek kanalizacyjnych.

Deski kompozytowe z włókna węglowego



- 20-letnia gwarancja
- Deski kompozytowe produkowane ze sproszkowanego włókna węglowego. Deski są o połowę lżejsze od desek sosnowych (oszczędność w transporcie)
- ludzie kradną deski drewniane na opał, deski są niszczone przez owady oraz wilgoć. Deska sosnowa nie nadaje się do użytku po około dwóch latach.



włókna charakteryzują się takimi parametrami, jak niska waga, wysoka wytrzymałość, odporność na korozję i alkalia oraz dobrze przewodzą prąd i ciepło, to wachlarz możliwych zastosowań jest szeroki.

np. włókna surowe długie mogą być wykorzystywane jako elementy wzmacniające dla konstrukcji budynków, włókna siekane mogą być łączone z żywicami lub stanowić wsad do materiałów termoplastycznych i uszczelniających.

Dziękuję za uwagę



Barbara Tora

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
E-mail: tora@agh.edu.pl , tel 601 441 238



- Transformacja energetyczna w Polsce, Edycja 2023,
- <https://epodreczniki.open.agh.edu.pl/>
- PV ROSI SAS
- *International Technology Roadmap for Photovoltaic*
-

