



# **Wody geotermalne – ciepło wnętrza Ziemi w służbie człowieka**

**Dr Andrzej Hałuszczak – Uniwersytet Wrocławski**

# Temperatura wewnątrz Ziemi

Dowodów na to, że we wnętrzu Ziemi panują wysokie temperatury dostarczają nam:

- wiercenia geologiczne,
- pomiary temperatury powietrza w głębokich kopalniach,
- badania sejsmiczne
- wybuchy wulkanów i gejzerów,

05 31 05

# Energia wnętrza Ziemi = energia geotermalna

Energia geotermalna jest wewnętrznym ciepłem Ziemi nagromadzonym w skałach, parze wodnej oraz wodach wypełniających pory i szczeliny skalne.

Energia ta jest pozostałością po procesach formowania się planety i pochodzi z nadal trwającego rozpadu pierwiastków promieniotwórczych.

Wraz z głębokością temperatura warstw skalnych rośnie.

Ocenia się że w środku globu ziemskiego temperatura wynosi około 5 000 st. C.

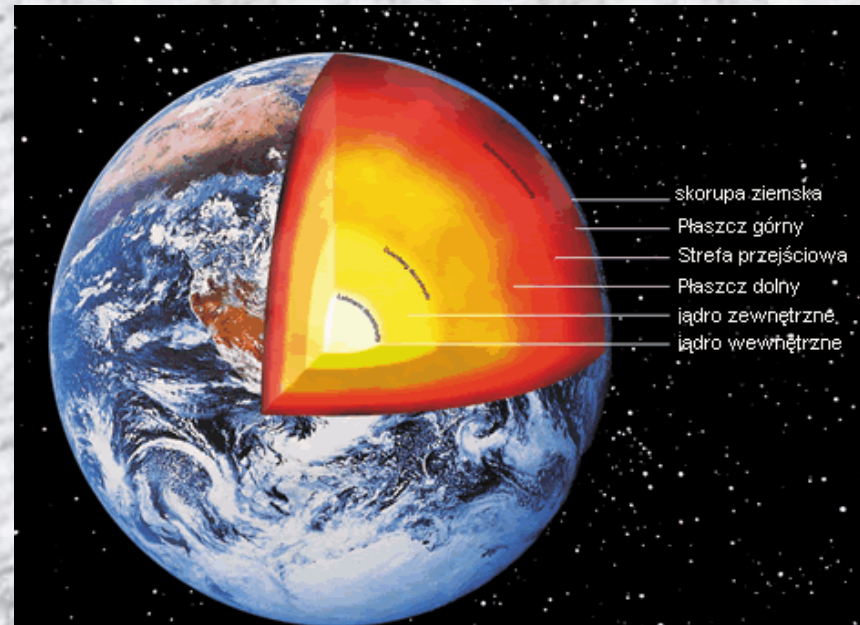
Gorąca magma przemieszcza się w kierunku górnych warstw powodując nieustający przepływ energii od jądra do skorupy ziemskiej.

# Wnętrze Ziemi

Wnętrze Ziemi wypełnione jest magmą, czyli gorącą, stopioną masą krzemianów i glinokrzemianów.

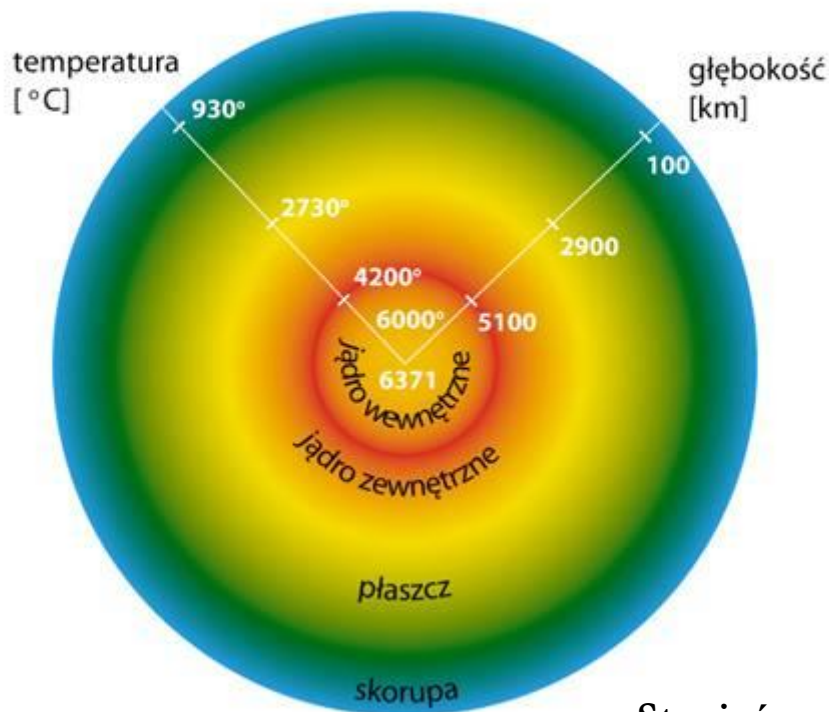
Ponieważ ciepło zawsze wędruje od stref cieplejszych ku chłodniejszym, płynna magma, lżejsza i gorętsza od otaczających ją skał, wydostaje się niekiedy na powierzchnię ziemi w postaci **lawy wulkanicznej**.

O wiele częściej niż lawa, z głębi ziemi wydobywa się jednak ogrzana przez magmę woda, występująca w formie **gorących źródeł i gejzerów**.



# Temperatura wewnątrz Ziemi

Gradient temperatury we wnętrzu Ziemi



*Im dalej w głąb Ziemi, tym goręcej.*

*Począwszy od skorupy ziemskiej temperatura wzrasta z każdym kilometrem w głąb o około 30 stopni C.*

Stopień geotermiczny, głębokość (mierzona w metrach), na której temperatura wzrasta o 1°C w stosunku do punktu początkowego. Średnio stopień geotermiczny dla Polski do głębokości 5000 m wynosi 47,2 m.

# Jaką temperaturę mają źródła w różnych miejscach kuli ziemskiej - rodzaje źródeł geotermalnych

W zależności od temperatury wyróżniamy źródła:

- **zimne** – do 20 st. C
- **ciepłe**, zwane też niskotemperaturowymi – od 20 do 35 st. C
- **gorące**, czyli średniotemperaturowe – od 35 do 80 st. C
- **bardzo gorące**, inaczej wysokotemperaturowe – od 80 do 100 st. C
- **przegrzane** – powyżej 100 st. C

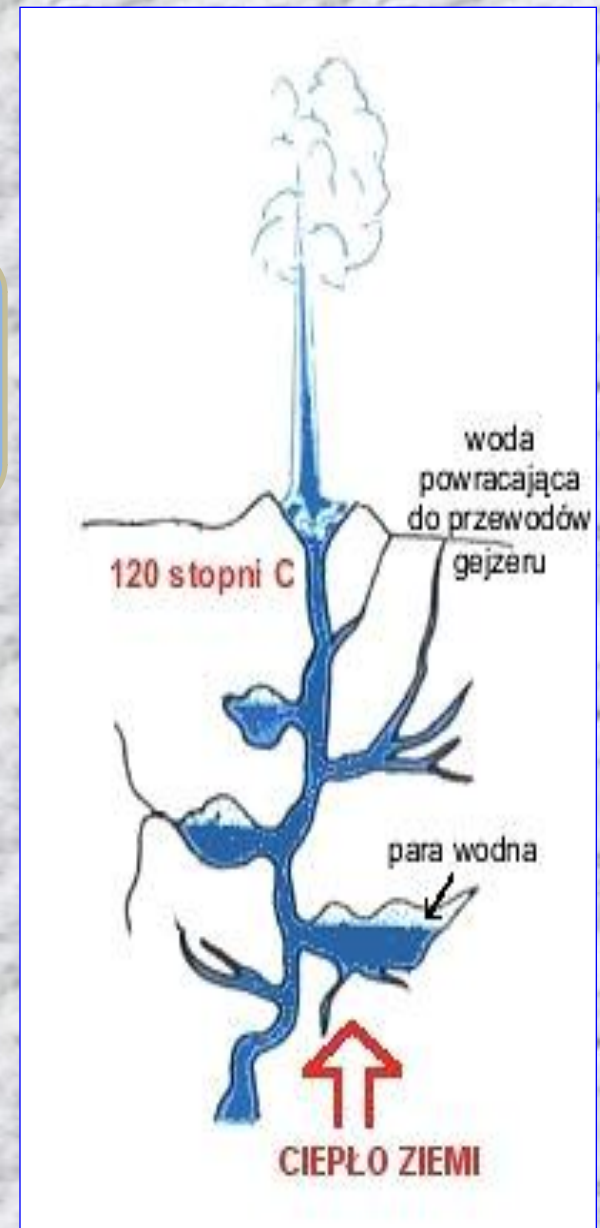


# Gejzery

*Gejzery to gorące źródła, występujące na obszarze czynnego lub niedawno wygasłego wulkanu.*

Wyrzucają one gwałtownie, w regularnych odstępach czasu wodę i parę wodną przez otwór, będący ujściem wąskiego i głębokiego przewodu gejzeru.

Przewód ten jest często rozgałęziony i połączony z podziemnymi pustkami, w których gromadzą się ogrzane ciepłem otaczających skał wody gruntowe.







# Jak dochodzi do wybuchu gejzeru?

1. Gorące skały ogrzewają od spodu wodę, zgromadzoną w podziemnej komorze. Podgrzewana woda i powstająca para wodna wywierają coraz większy nacisk na zimną wodę w przewodzie gejzeru, która podnosi się coraz wyżej.
2. Część wody z przewodu gejzeru wylewa się. W ten sposób maleje ciśnienie, co powoduje gwałtowne obniżenie temperatury wrzenia.
3. Gejzer wybucha, wyrzucając na powierzchnię ziemi gorącą wodę i parę. Komora zostaje opróżniona.
4. Do komory zaczynają napływać zimne wody deszczowe i gruntowe. Cykl zaczyna się od nowa.

# Gdzie występują gejzery?

- gejzery występują tylko w kilku rejonach świata, w strefach sejsmicznych, czyli na obszarach częstego występowania trzęsień ziemi,
- odkryto je na Islandii, i to właśnie z języka islandzkiego wywodzi się ich nazwa,
- występują też w Stanach Zjednoczonych, na Nowej Zelandii, na Kamczatce, w Japonii, w Indonezji, na Jawie, w Tybecie i w Chile

*Najwyższy gejzer świata znajduje się na terenie Parku Narodowego Yellowstone, będącego największym światowym skupiskiem gejzerów - jest ich tam blisko 400, czyli połowa wszystkich gejzerów świata.*



Courtesy of DOE/NRE

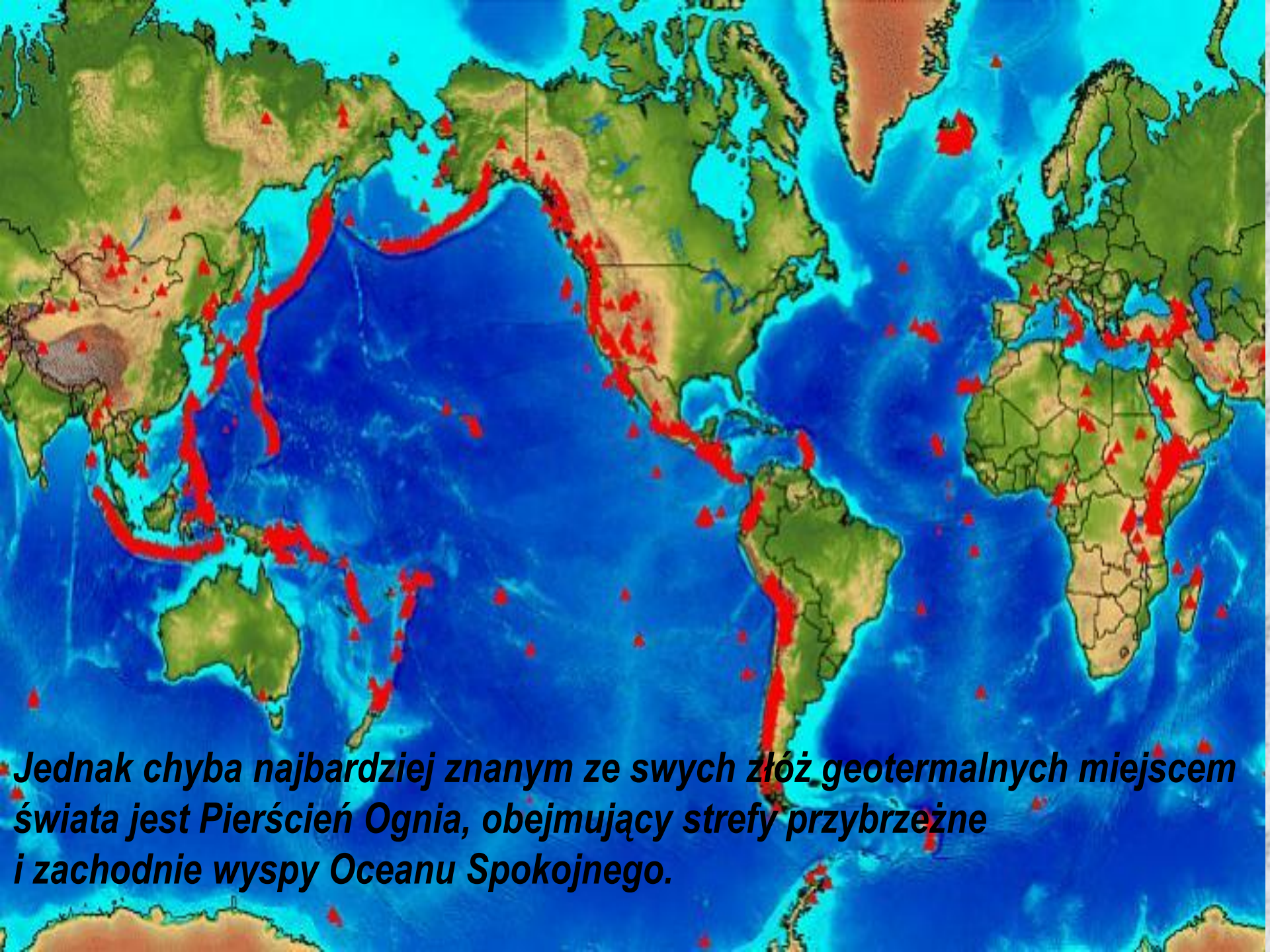
# Potencjał energii geotermalnej

Występowanie gorących źródeł o temp. powyżej 150 st. C, ograniczone jest tylko do niektórych regionów globu.

Są to:

- Azja środkowa,
- Afryka wschodnia i zachodnia,
- część Półwyspu Arabskiego,
- wyspy środkowego i zachodniego Pacyfiku (na przykład Hawaje),
- a w Europie – Alpy.





***Jednak chyba najbardziej znanym ze swych zróź geotermalnych miejscem świata jest Pierścień Ognia, obejmujący strefy przybrzeżne i zachodnie wyspy Oceanu Spokojnego.***

# Gorące suche skały

Energia geotermalna to nie tylko energia wód geotermalnych. Ciepło wnętrza Ziemi zgromadzone jest także w podziemnych skałach.

W Stanach Zjednoczonych opracowano technologię pozyskiwania energii suchych gorących skał i to właśnie z tego kraju pochodzi najbardziej znany przykład jej wykorzystania: w miejscowości Los Alamos powstał geologiczny zbiornik ciepła, wykorzystujący energię skał o temperaturze 200° C, położonych na głębokości 2000 m.

*Gorące suche skały, których potencjał można wykorzystać znajdują się także we wschodniej Bawarii, w rejonie anomalii geotermicznej, na głębokości 1800-2000 m.*

# Pozyskiwanie energii z suchych gorących skał

Proces pozyskiwania energii przebiega w kilku etapach:

1. Woda pod dużym ciśnieniem jest wtłaczana w naturalne bądź sztuczne szczeliny skalne, tak by nie nastąpiło jej odparowanie.
2. Cyrkułująca w rozgałęzionych skalnych szczelinach woda przejmuje ciepło gorących skał.
3. Woda zostaje wypompowana na powierzchnię ziemi.
4. Odzyskiwanie energii gorącej wody.

# Wykorzystanie energii geotermalnej dawniej

Człowiek wykorzystywał energię wnętrza Ziemi od zarania dziejów.

- rdzenni mieszkańcy obu Ameryk eksploatowali niektóre źródła geotermalne już ponad 10 000 lat temu, używając gorącej wody do gotowania i w celach leczniczych,
- w starożytnych Pompejach gorące źródła służyły ogrzewaniu domów,
- w Polsce już z górą tysiąc lat temu wykorzystywano zasoby geotermalne Sudetów (Cieplice, Łądek - Zdrój)



Courtesy of DOE/NREL



Termy Karakalli – największe termy rzymskie, II w.n.e



# Zastosowania wód geotermalnych - dziś

- obficie występujące w przyrodzie wody geotermalne o najniższych temperaturach są wykorzystywane w **rolnictwie**,
- wody zimne i niskotemperaturowe znajdują zastosowanie w **hodowli ryb** i innych organizmów wodnych,
- gorące wody geotermalne wykorzystywane są w **przemśle lekkim**,
- bardzo gorące – o temperaturze poniżej 100 st. C – stosuje się do **ogrzewania pomieszczeń**,
- **energię elektryczną** produkuje się z mających ponad 150 st. C. wód przegrzanych.



Courtesy of DOE/NREL

# Wykorzystanie energii geotermalnej



*Wody geotermalne o różnych temperaturach mają różne zastosowania. W Polsce wiele źródeł geotermalnych wykorzystywane jest w uzdrowiskach (w celach balneologicznych).*

# Produkcja elektryczności

- pierwszą na świecie elektrownię geotermalną otwarto w 1904 roku w Larderello we Włoszech,
- przez następnych 50 lat energia geotermalna była wykorzystywana do produkcji prądu wyłącznie w tym kraju,
- obecnie energię elektryczną z energii wnętrza Ziemi produkuje 21 krajów świata, a jej główni producenci to Stany Zjednoczone, Filipiny, Włochy, Meksyk, Japonia i Nowa Zelandia

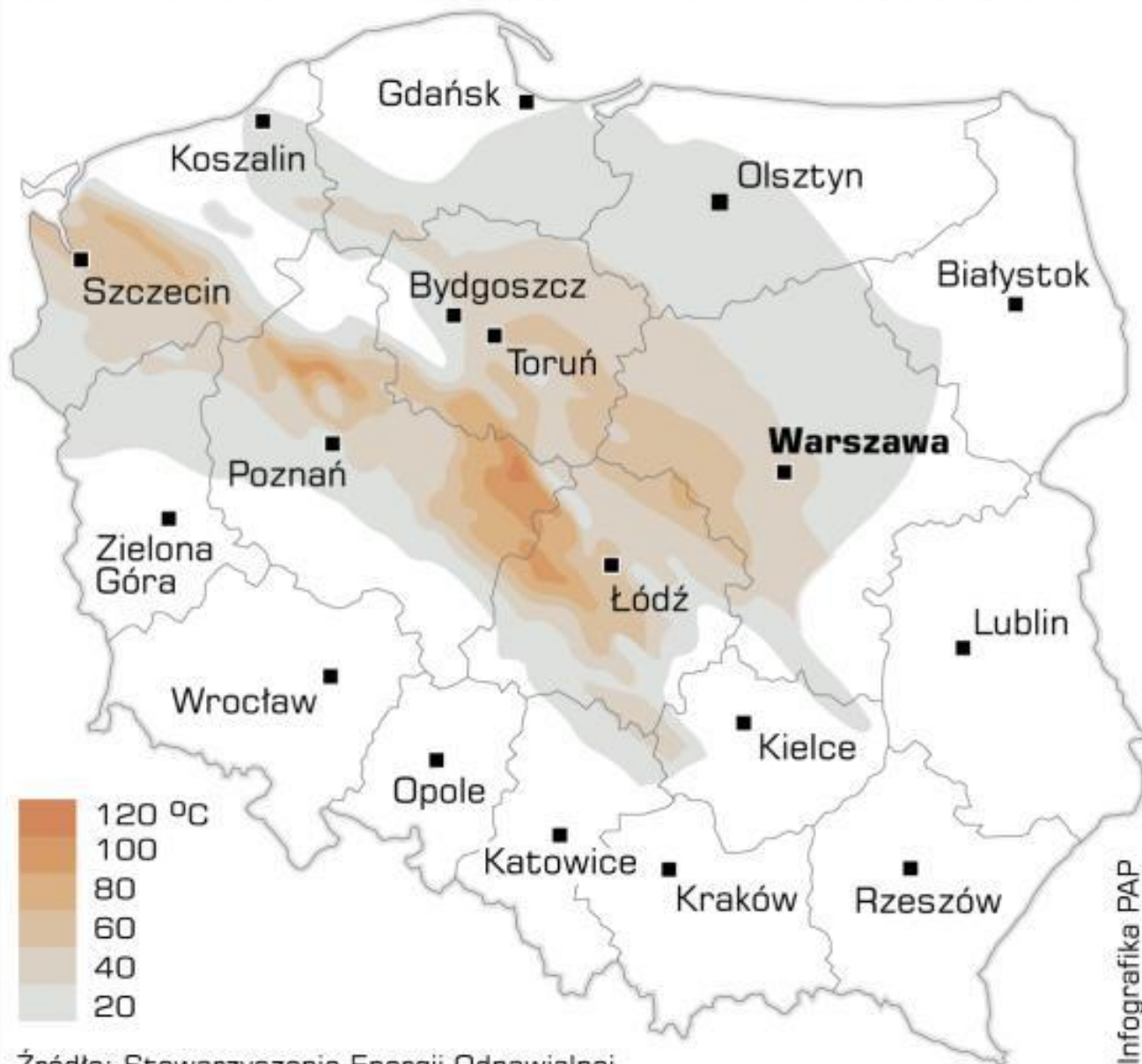
*39 krajów świata mogłoby pokryć całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną wyłącznie dzięki energii wnętrza Ziemi.*

# Wykorzystanie w Polsce

- w Polsce zasoby geotermalne znajdują się pod powierzchnią 80% terytorium, ich eksploatacja nie jest jednak łatwa,
- temperatura wód geotermalnych na terenie Polski waha się od 25° C do 150° C, na ogół nie przekracza 100° C,
- zakłady geotermalne pracują w Zakopanem, w Pyrzycach k. Szczecina, w Uniejowie i w Mszczonowie k. Warszawy,
- źródła geotermalne są wykorzystywane w uzdrowiskach, takich jak Cieplice, Duszniki Zdrój, Łądek Zdrój, Ustroń, Konstancin i Ciechocinek

# Energia z głębi ziemi

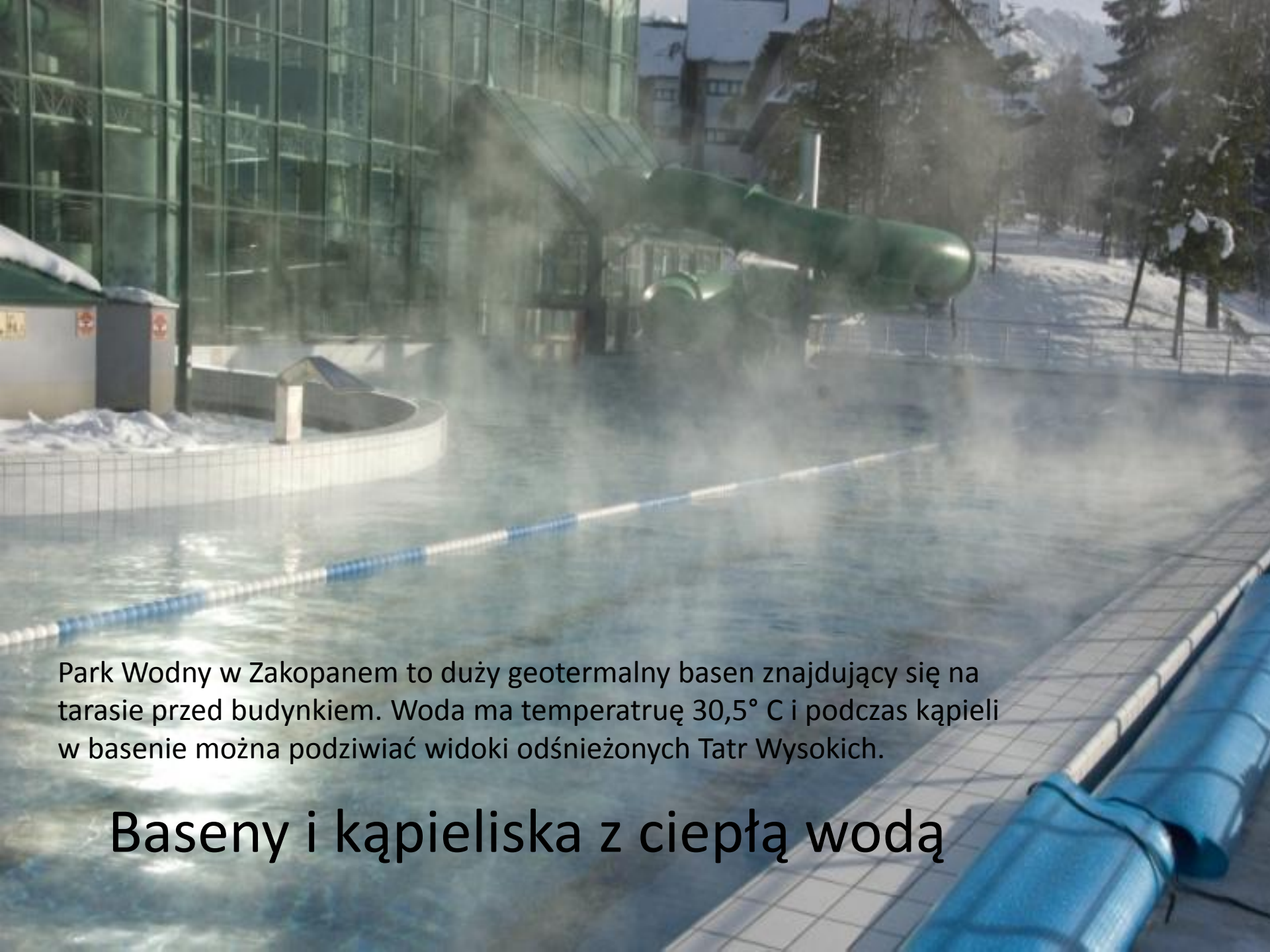
Występowanie i temperatury wód geotermalnych w Polsce.



Jak dotąd na terenie Polski funkcjonuje dziewięć geotermalnych zakładów ciepłowniczych :

- Bańska Nizna
- Pyrzyce
- Stargard Szczeciński
- Mszczonów
- Uniejów
- Słomniki
- Lasek
- Klikuszowa
- Toruń - w budowie.





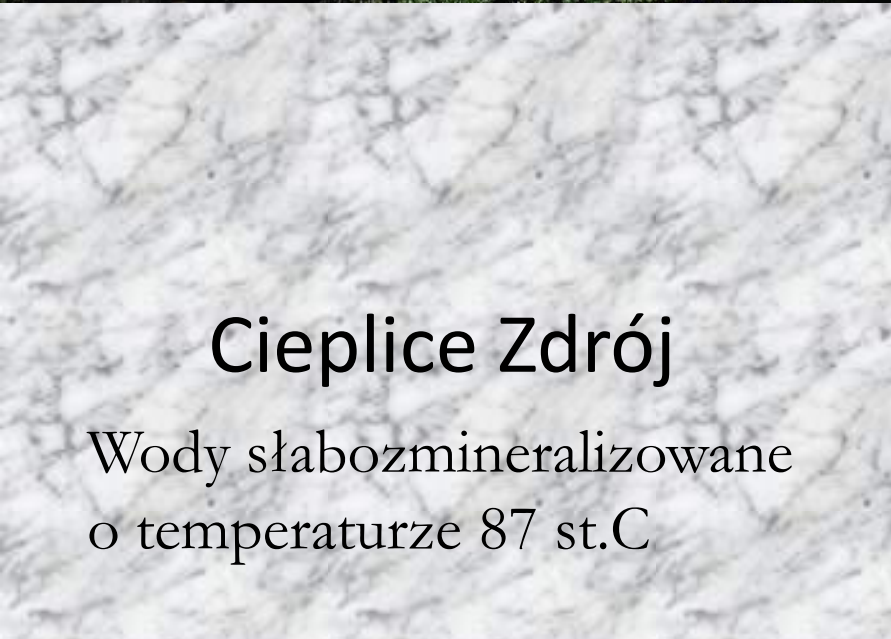
Park Wodny w Zakopanem to duży geotermalny basen znajdujący się na tarasie przed budynkiem. Woda ma temperaturę 30,5° C i podczas kąpieli w basenie można podziwiać widoki odśnieżonych Tatr Wysokich.

## Baseny i kąpieliska z ciepłą wodą



## Lądek Zdrój

Wody słabozmineralizowane o temperaturze: 38 st. C (Św. Jerzy), 44 st.C (Zdzisław)

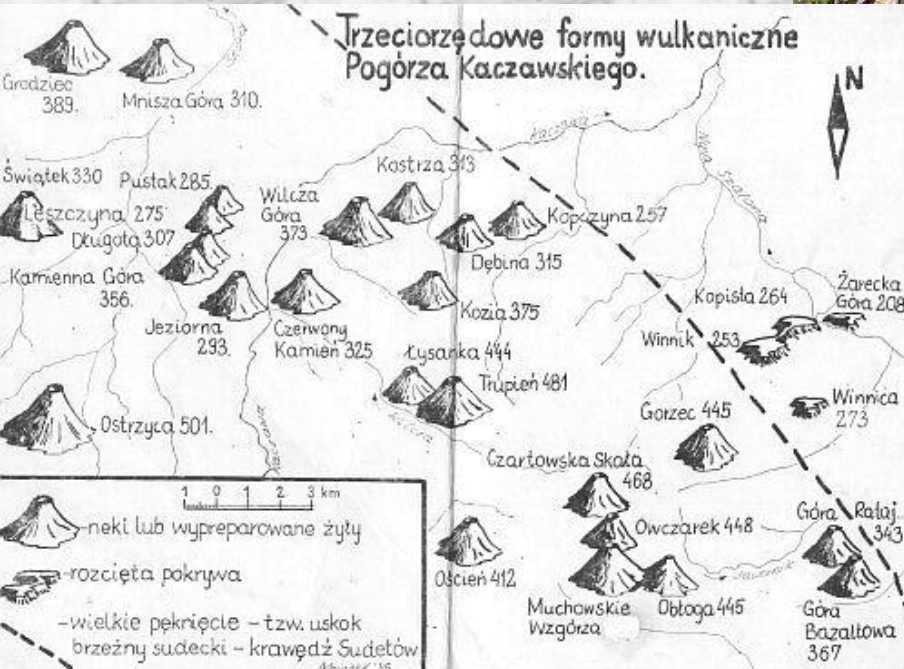
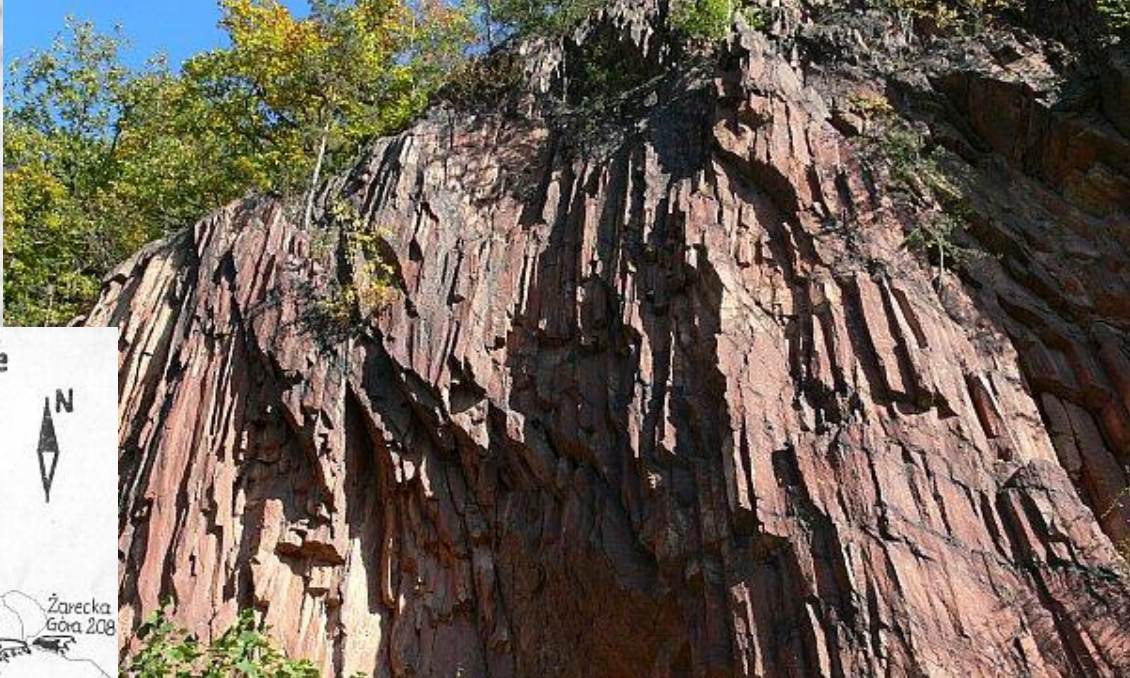


## Cieplice Zdrój

Wody słabozmineralizowane o temperaturze 87 st.C

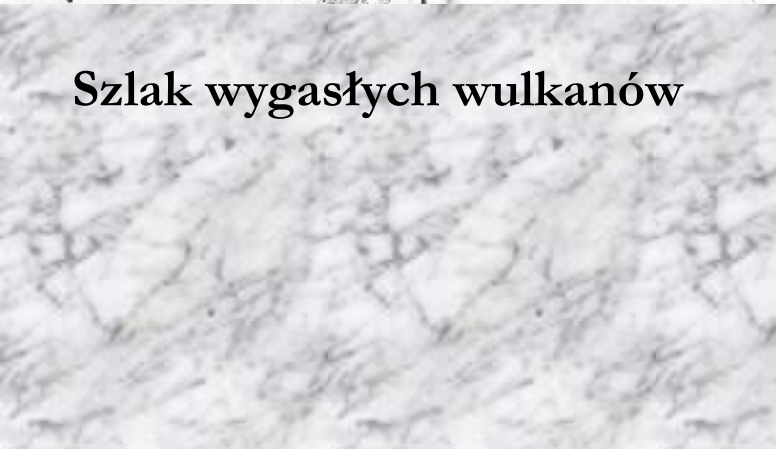






**Niedawno były tu wulkany**

**Szlak wygasłych wulkanów**





# Zalety energii wnętrza Ziemi

- Energia geotermalna jest – podobnie jak pozostałe odnawialne źródła energii – nieszkodliwa dla środowiska, nie powoduje bowiem żadnych zanieczyszczeń.
- Jej pokłady są zasobami lokalnymi, tak więc mogą być pozyskiwane w pobliżu miejsca użytkowania.
- elektrownie geotermalne nie wywierają na krajobraz niekorzystnego wpływu,
- zasoby energii geotermalnej są dostępne zawsze, niezależnie od warunków pogodowych.

# Wady energii wnętrza Ziemi

Efektom ubocznym wykorzystywania energii geotermalnej jest niebezpieczeństwo skażenia atmosfery i wody przez szkodliwe gazy i minerały.

Jednym z nich jest siarkowodór ( $H_2S$ ), który w niskich stężeniach posiada charakterystyczny „zapach zgniłych jaj”, a w wysokich stężeniach może być niebezpieczny dla ludzkiego zdrowia.

Elektrownie geotermalne powinny stale kontrolować ilości emitowanego siarkowodoru, sulfatów, pyłów i innych zanieczyszczeń.

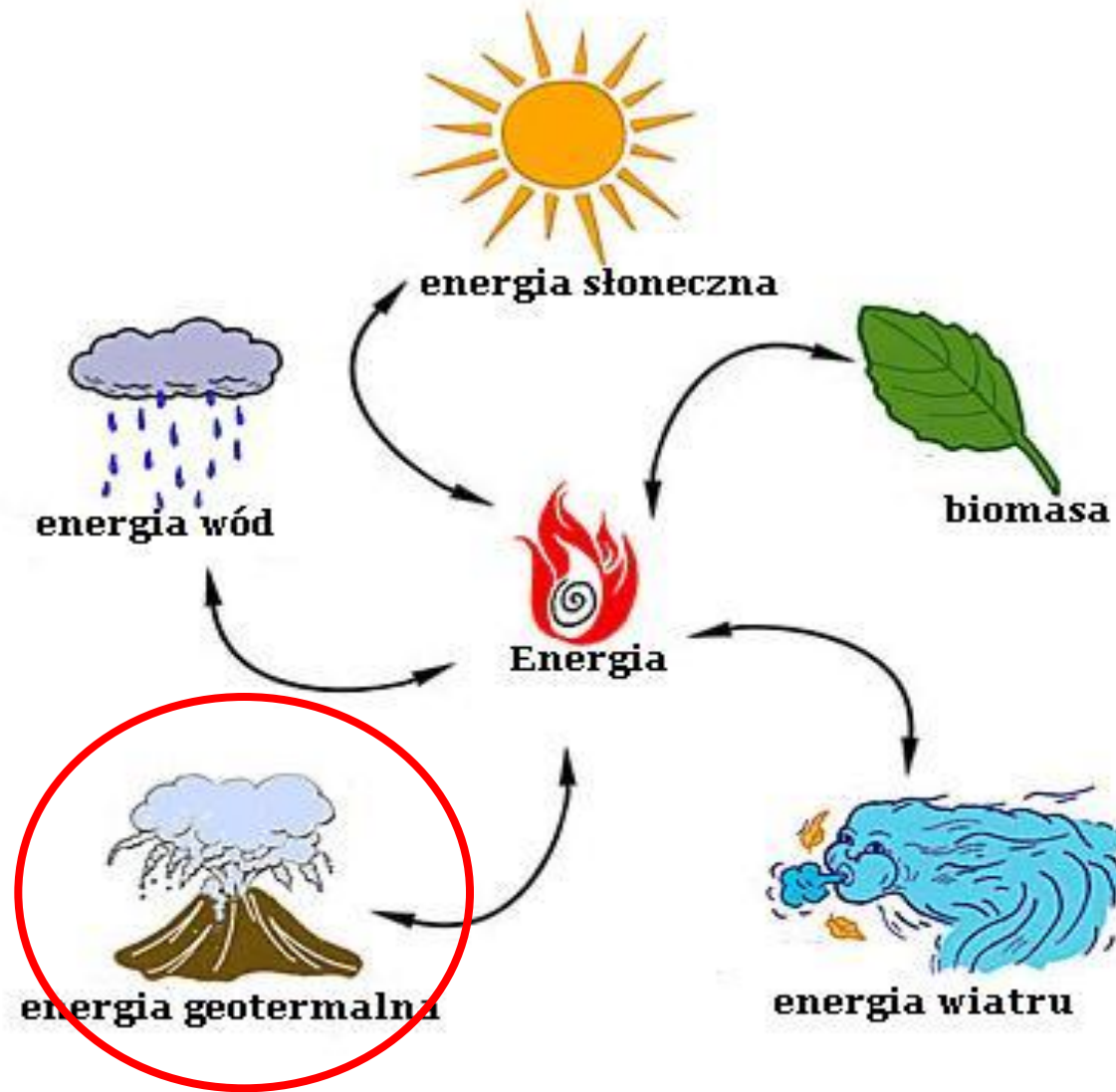
# Wady energii wnętrza Ziemi

Poza możliwością wydostania się na powierzchnię Ziemi szkodliwych gazów i minerałów energia wnętrza Ziemi

ma też takie wady jak:

- **mała dostępność** – dogodne do jej wykorzystania warunki istnieją tylko w niewielu miejscach, np. w Polsce wody geotermalne znajdują się pod powierzchnią blisko 80% terytorium, jednak niesprzyjające warunki wydobycia utrudniają ich eksploatację,
- **ryzyko przemieszczenia się źródeł geotermalnych**, które na całe dziesięciolecia mogą „uciec” z miejsca eksploatacji.

# Odnawialne źródła energii



# ODNAWIALNE I NIEODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII

☐ Odnawialne źródła energii - źródła energii, których używanie nie wiąże się z długotrwałym ich deficytem - ich zasób odnawia się w krótkim czasie. Są to: energia spadku wody oraz - energia słoneczna, energia wiatru, biomasy, biogazu, fal, pływów morskich, **energia geotermalna**

☐ Przeciwnieństwem ich są nieodnawialne źródła energii, czyli źródła, których wykorzystanie postępuje znacznie szybciej niż naturalne odtwarzanie. Są to: węgiel kamienny, węgiel brunatny, uran, torf, ropa naftowa, **gaz ziemny**

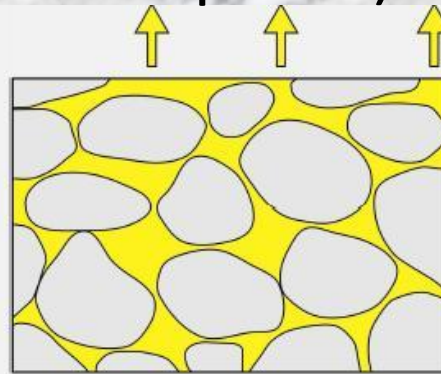
# Gaz łupkowy – szansa dla Polski



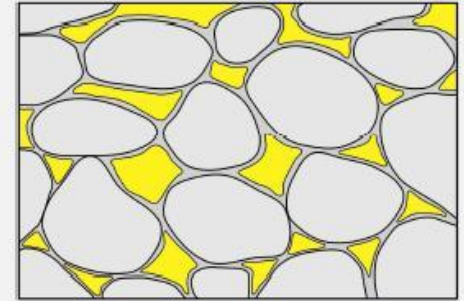
Co to jest gaz łupkowy? Jak się go wydobywa? Ile jest gazu łupkowego w Polsce? Szansa na niezależność energetyczną Polski



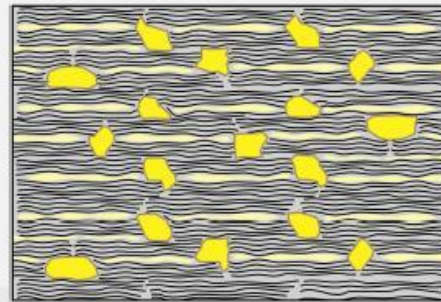
# Gaz ziemny – złoża konwencjonalne (gaz w piaskowcach) i niekonwencjonalne (gaz w łupkach)



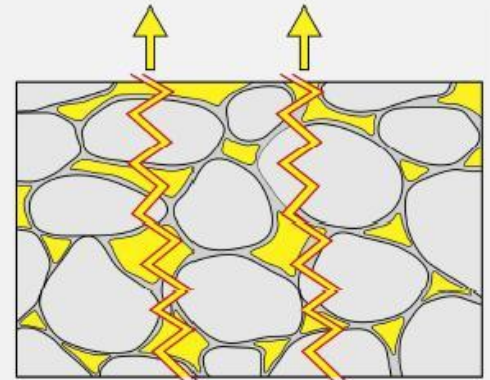
konwencjonalna  
skała zbiornikowa



niekonwencjonalna skała zbiornikowa  
gaz zamknięty (*tight gas*)



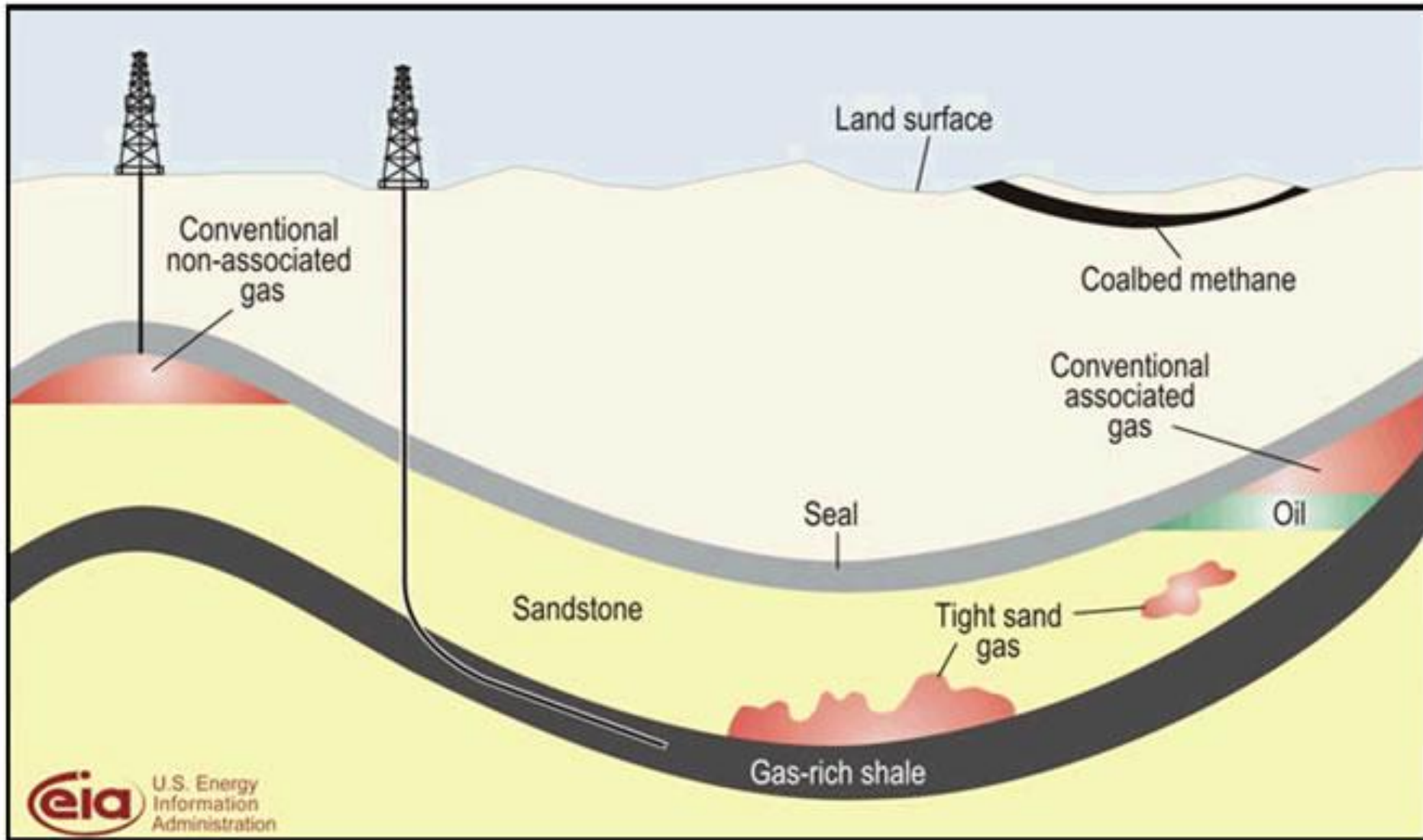
niekonwencjonalna skała zbiornikowa  
gaz w łupkach (*shale gas*)



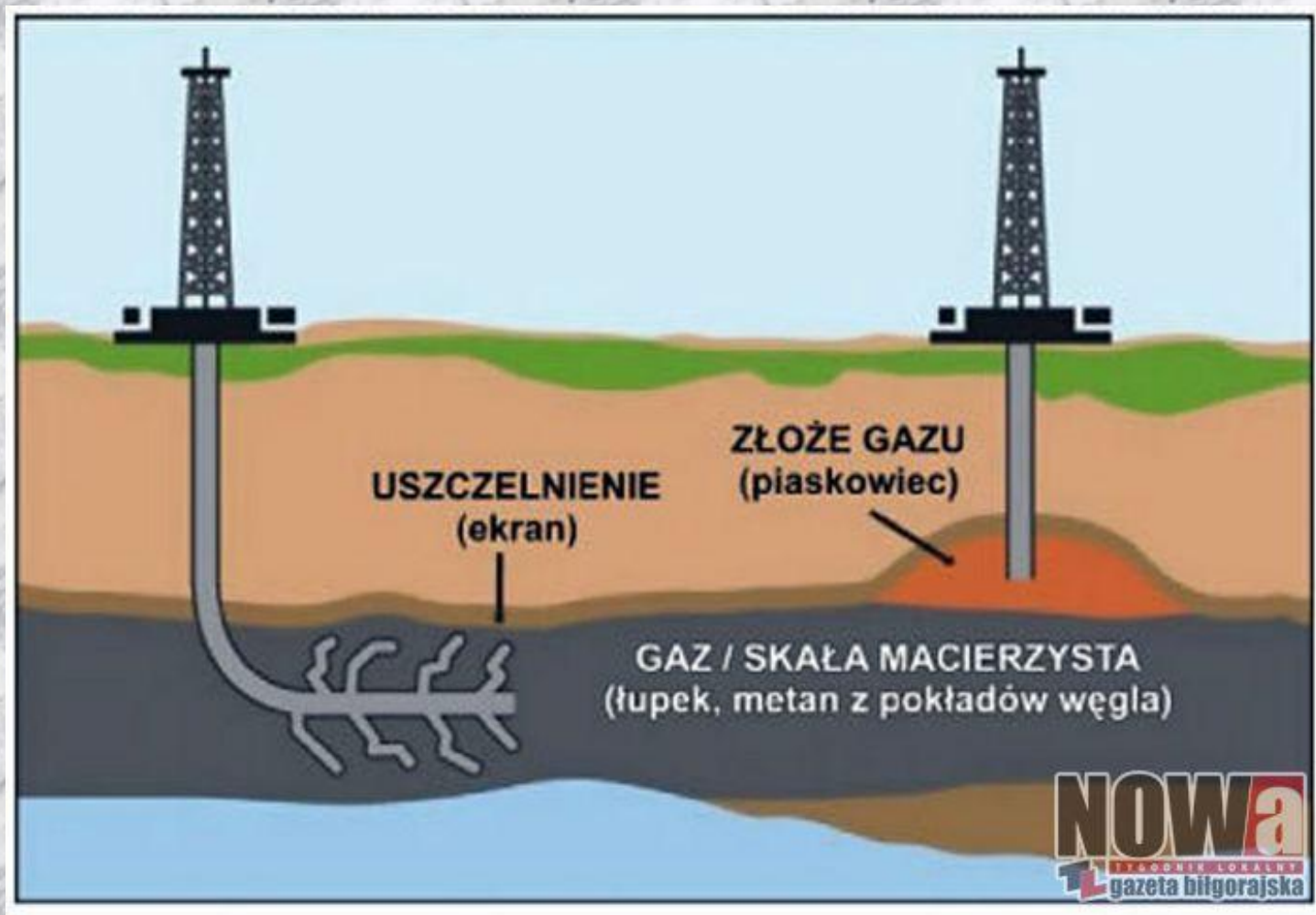
gaz zamknięty (*tight gas*)  
szczelinowanie



# Gaz ziemny – złoża konwencjonalne (gaz w piaskowcach) i niekonwencjonalne (gaz w łupkach)



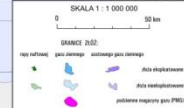
Jak wydobywamy gaz ze złóż konwencjonalnych a jak ze złóż łupkowych?



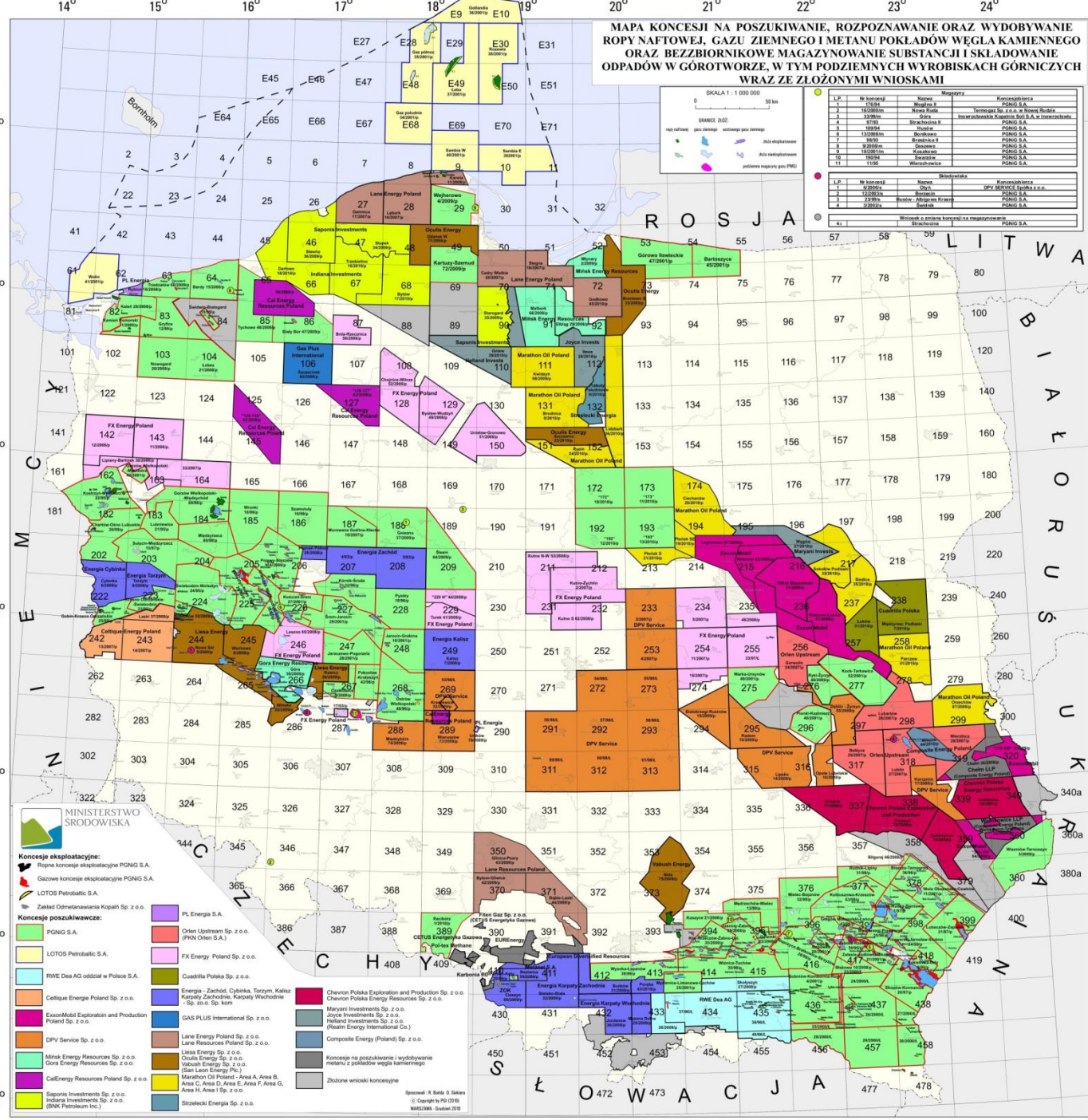




# MAPA KONCESJI NA POSZUKIWANIE, ROZPOZNAWANIE ORAZ WYDOBYWANIE ROPY NAFTOWEJ, GAZU ZIEMNEGO I METANU POKŁADÓW WĘGLA KAMIENNEGO ORAZ BEZZBIORNIKOWE MAGAZYNOWANIE SUBSTANCJI I SKŁADOWANIE ODPADÓW W GÓRNICTWIE, W TYM PODZIEMNYCH WYROBISKACH GÓRNICZYCH WRAZ ZE ZŁOŻONYMI WNIOSKAMI



Magazyny		Składowiska	
L.P.	Nr koncesji	Nazwa	Koncesjonariusz
1	1020001	Mielnik	PONIG S.A.
2	1020002	Mława	Ternopol Sp. z o.o. z siedzibą w Warszawie
3	1020003	Mława	PONIG S.A.
4	1020004	Brzezany	PONIG S.A.
5	1020005	Brzezany	PONIG S.A.
6	1020006	Brzezany	PONIG S.A.
7	1020007	Brzezany	PONIG S.A.
8	1020008	Brzezany	PONIG S.A.
9	1020009	Brzezany	PONIG S.A.
10	1020010	Brzezany	PONIG S.A.
11	1020011	Brzezany	PONIG S.A.
12	1020012	Brzezany	PONIG S.A.
<b>Wnioski o zezwolenie na magazynowanie odpadów</b>			
L.P.	Nr koncesji	Nazwa	Koncesjonariusz
1	1020013	Brzezany	DPV Service Sp. z o.o.
2	1020014	Brzezany	PONIG S.A.
3	1020015	Brzezany	PONIG S.A.
4	1020016	Brzezany	PONIG S.A.
<b>Wnioski o zezwolenie na składowanie odpadów</b>			
1	1020017	Brzezany	PONIG S.A.



MINISTERSTWO ŚRODOWISKA

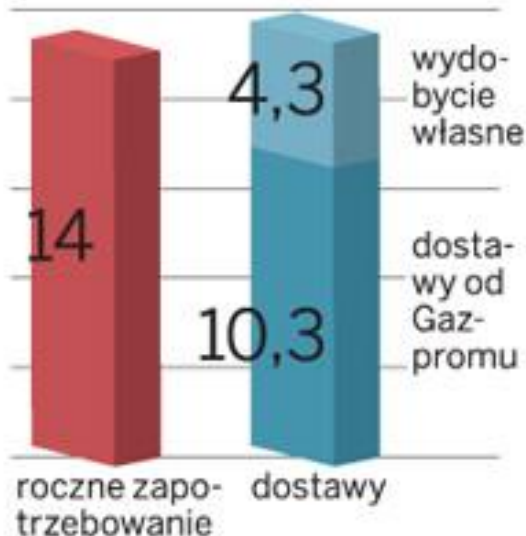
- Koncesje eksploatacyjne:**
  - Ropne koncesje eksploatacyjne PNGG S.A.
  - Gazowe koncesje eksploatacyjne PNGG S.A.
  - LOTOS Petrolatic S.A.
  - Zakład Odmiataniawania Kopali Sp. z o.o.
- Koncesje poszukiwawcze:**
  - PNGG S.A.
  - LOTOS Petrolatic S.A.
  - RWE Dea AG oddział w Polsce S.A.
  - Cellique Energy Poland Sp. z o.o.
  - EuroMobil Exploration and Production Poland Sp. z o.o.
  - DPV Service Sp. z o.o.
  - Minix Energy Resources Sp. z o.o.
  - Gas Energy Resources Sp. z o.o.
  - CalEnergy Resources Poland Sp. z o.o.
  - Sapona Investments Sp. z o.o.
  - Indana Investments Sp. z o.o. (BNK Petroleum Inc.)
  - PL Energia S.A.
  - Orlen Upstream Sp. z o.o. (PKN Orlen S.A.)
  - FX Energy Poland Sp. z o.o.
  - Quadra Polska Sp. z o.o.
  - Energia - Zachód, Cybinka, Torzym, Kalisz; Karpisz Zachodnie, Karpisz Wschodnie Sp. z o.o. Sp. s.p. kom
  - GAS PLUS International Sp. z o.o.
  - Lane Resources Poland Sp. z o.o.
  - Litta Energy Sp. z o.o.
  - Ocula Energy Sp. z o.o.
  - Valonus Energy Sp. z o.o. (San Leon Energy PLC)
  - Marathon Oil Poland - Area A, Area B, Area C, Area D, Area E, Area F, Area G, Area H, Area I Sp. z o.o.
  - Chevron Polska Exploration and Production Sp. z o.o.
  - Chevron Energy Resources Sp. z o.o.
  - Mayfield Investments Sp. z o.o.
  - Joyce Investments Sp. z o.o.
  - Inland Investments Sp. z o.o. (Rainier Energy International Co.)
  - Composite Energy (Poland) Sp. z o.o.
  - Koncesje na poszukiwanie i wydobywanie metanu z pokładów węgla kamiennego
  - Złożone wnioski koncesyjne

Spisano: R. Salić & Salić  
 © Copyright by PNGG 2018  
 0452/2018, wydanie 2/18

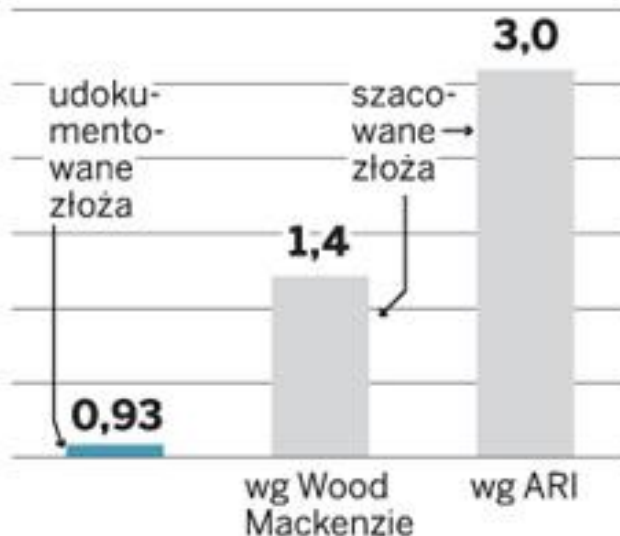
# Gaz łupkowy może zrewolucjonizować polski rynek

Jeśli potwierdzą się amerykańskie prognozy, gazu może wystarczyć nam na ponad 200 lat

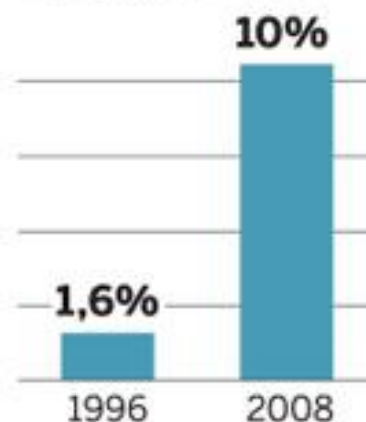
Ile gazu mamy (w mld m<sup>3</sup>)



Ile gazu możemy mieć (w bln m<sup>3</sup>)



Udział gazu łupkowego w ogólnym wydobyciu w USA



Wielkość złóż i wydobycia gazu konwencjonalnego w Europie (mld m<sup>3</sup>)



# To były szanse, a teraz o zagrożeniach...

Pewną barierę przy wydobyciu gazu mogą stanowić zagadnienia środowiskowe.

- Chodzi tutaj o dostępność wody do szczelinowania, na każdy zabieg szczelinowania zużywanych jest około tysiąc m<sup>3</sup> wody, dodatki chemiczne stanowią 0,5% mieszanki, która jest tłoczona do otworów - zanieczyszczenie wód podziemnych
- zaśmiecanie krajobrazu wieżami wiertniczymi i towarzyszącymi im instalacjami
- utylizację słonej wody
- ochrona obszarów Natura 2000.

Problemy te występują również przy wydobyciu konwencjonalnych złóż, i to na o wiele większą skalę.





Było za długo i nudno, ale wreszcie  
koniec.....

Dziękuję za uwagę