

KAMIL JANIAK

---

# ZIEMIA JAKO SYSTEM PODTRZYMANIA ŻYCIA

Systemy podtrzymania życia w kolonii  
pozaziemskiej - kurs

Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika  
Wrocławska

WROCLAW, 2024



# Plan prezentacji

---

1. Ziemia – podstawowe dane
2. Dlaczego życie jest możliwe właśnie na Ziemi?
3. Obieg wody
4. Obieg węgla
5. Obiegi innych pierwiastków

# **Ziemia – podstawowe dane**

# Ziemia - podstawowe dane

---



## Dane

**6 371 km** Promień

**150 mln km** Odległość od Słońca

**4.5 mld lat** Wiek Ziemi

**510 mln km<sup>2</sup>** Powierzchnia Ziemi

**150 mln km<sup>2</sup>** Powierzchnia lądów

**361 mln km<sup>2</sup>** Powierzchnia wód

**23.9345 h** Okres obrotu



# Ziemia - podstawowe dane

---



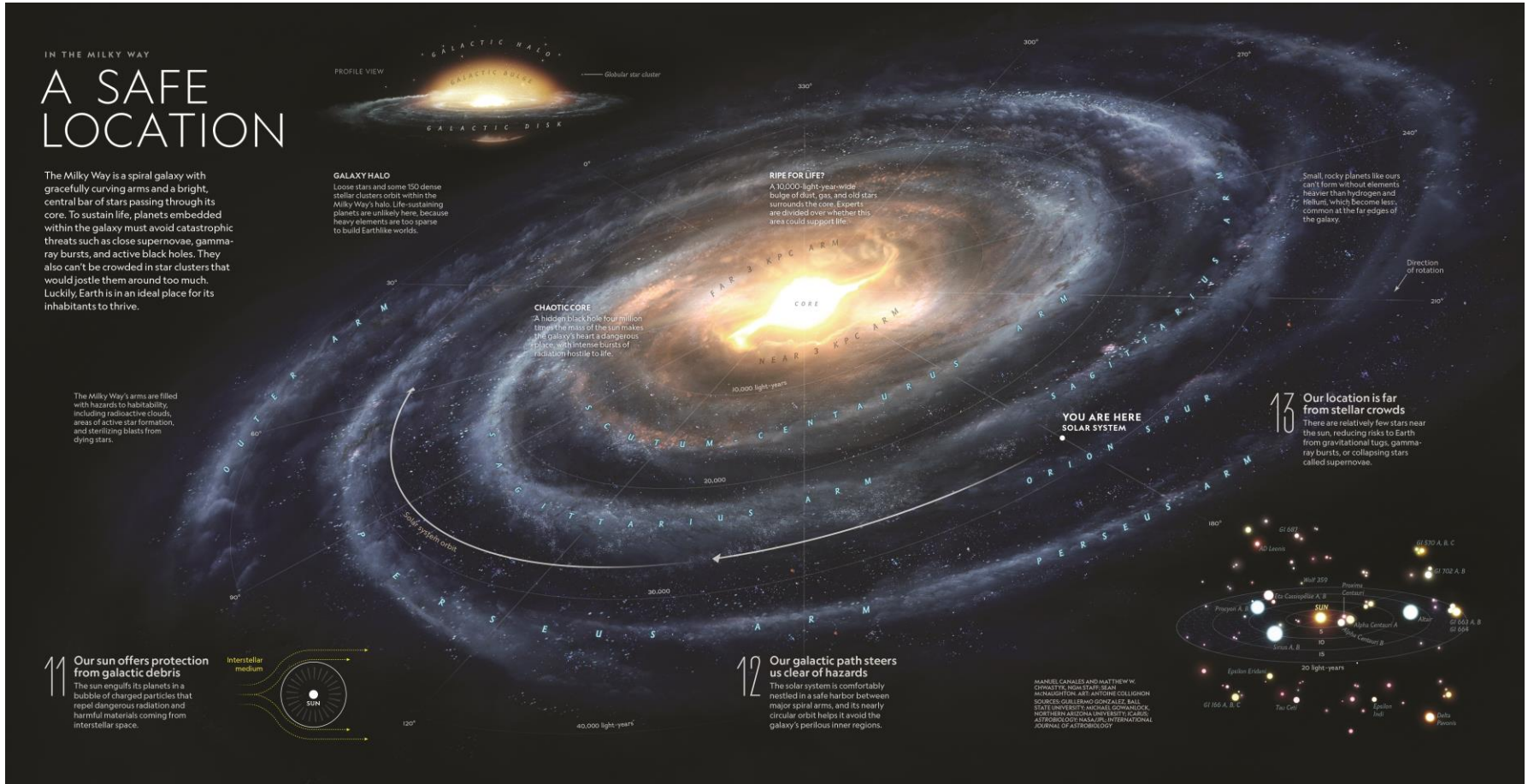
Dane	
<b>5513 kg/m<sup>3</sup></b>	Gęstość
<b>5,97×10<sup>24</sup> kg</b>	Masa
<b>Księżyc</b>	Jedyny naturalny satelita Ziemi
<b>&gt;15 mln</b>	Liczba gatunków
<b>tak</b>	Aktywność wulkaniczna
<b>1,85×10<sup>24</sup> kg</b>	Masa jądra Ziemi

**Zagadka**  
**Slido.com**  
**#2660482**

**Dlaczego życie jest  
możliwe właśnie na  
Ziemi?**

# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

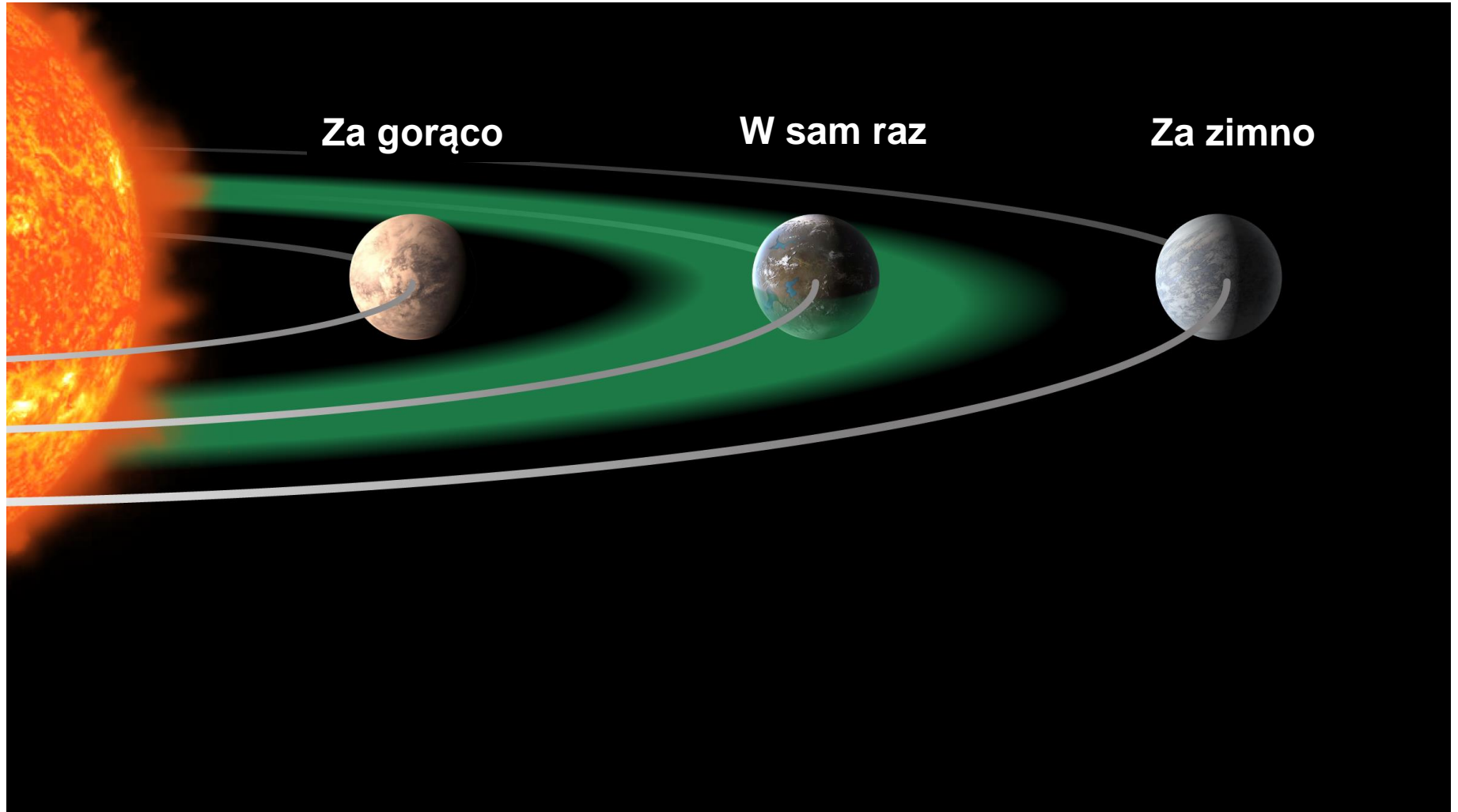
## Położenie w galaktyce





# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

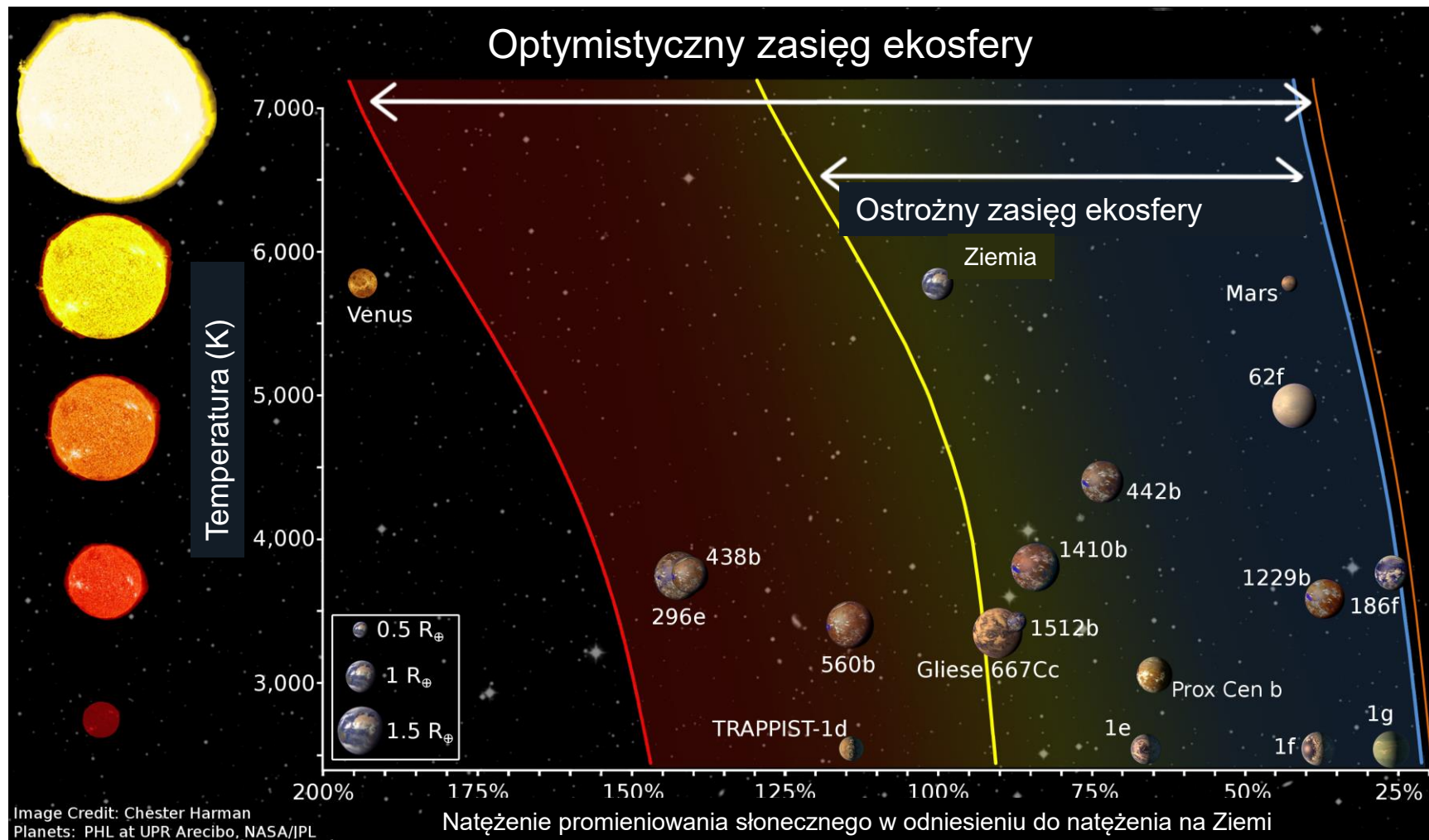
Położenie w układzie słonecznym



<https://exoplanets.nasa.gov/resources/2313/habitable-zones-compared-to-the-size-of-the-hosting-star/>

# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

Położenie w układzie słonecznym



[https://en.wikipedia.org/wiki/Habitable\\_zone](https://en.wikipedia.org/wiki/Habitable_zone)

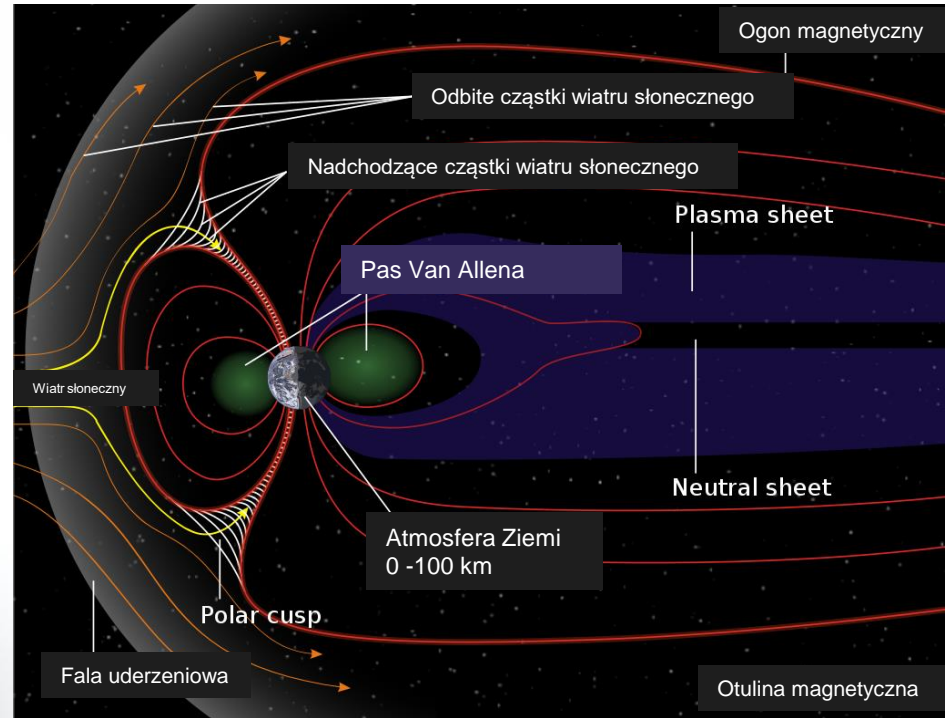
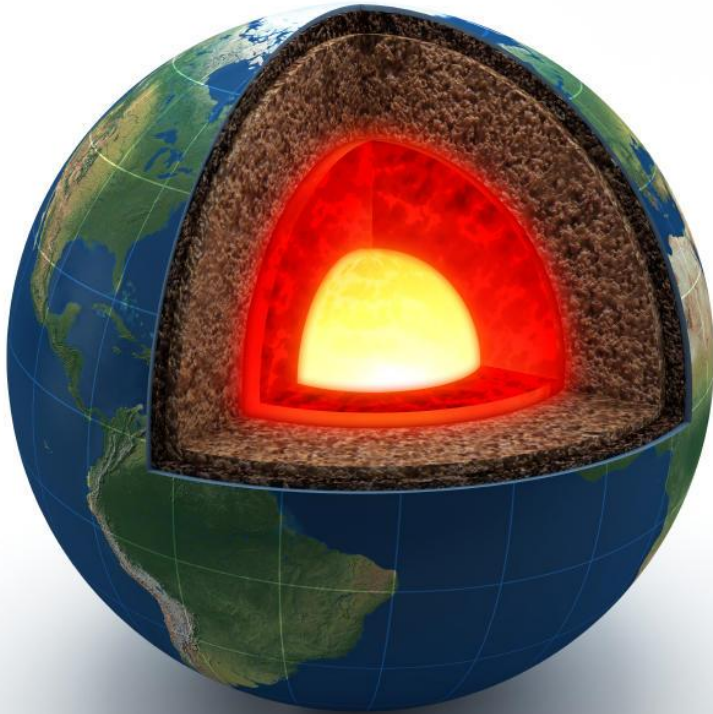
# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Aktywność geologiczna



# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

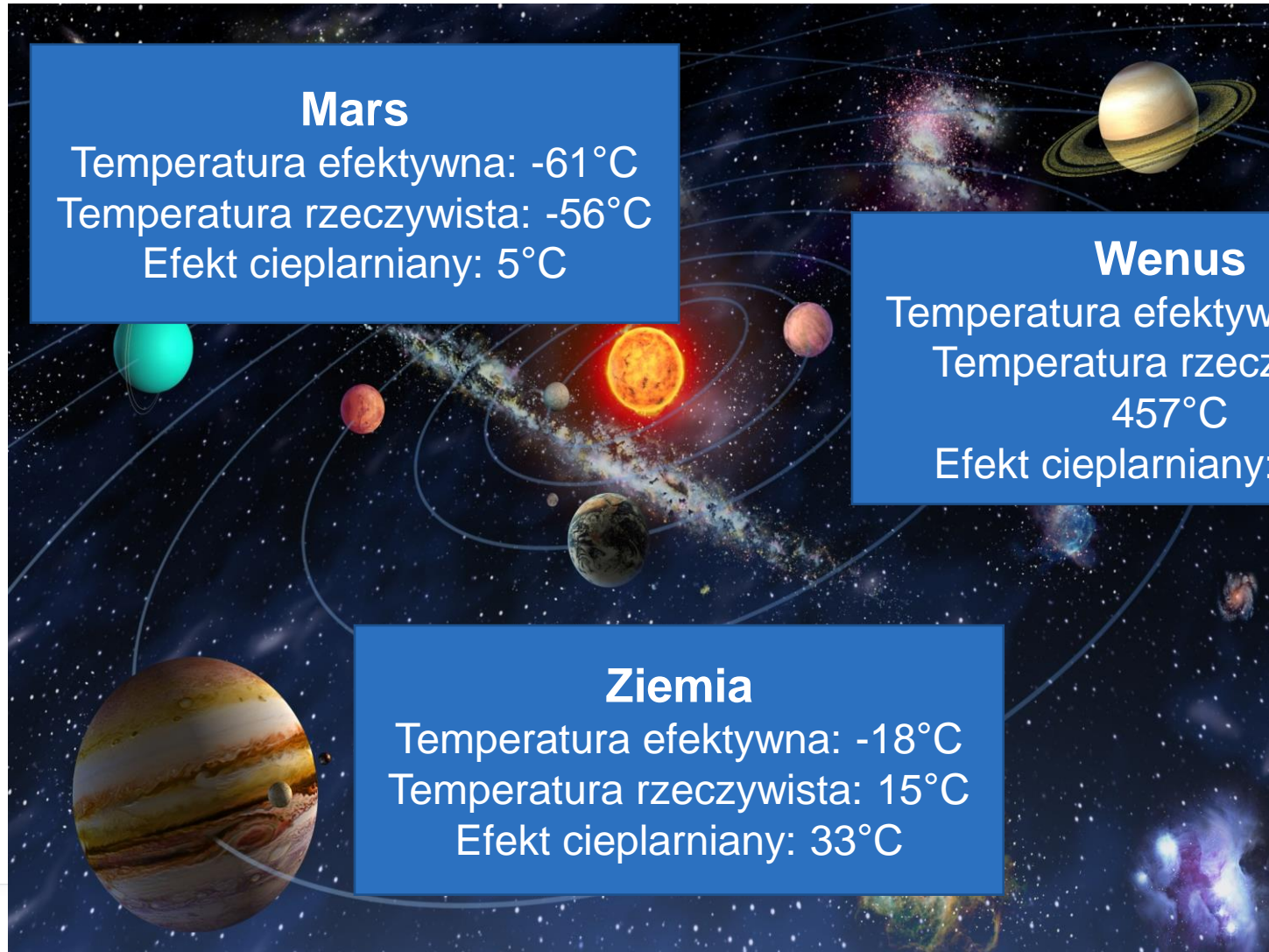
## Jądro Ziemi i pole magnetyczne





# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Efekt cieplarniany



### Mars

Temperatura efektywna:  $-61^{\circ}\text{C}$   
Temperatura rzeczywista:  $-56^{\circ}\text{C}$   
Efekt cieplarniany:  $5^{\circ}\text{C}$

### Wenus

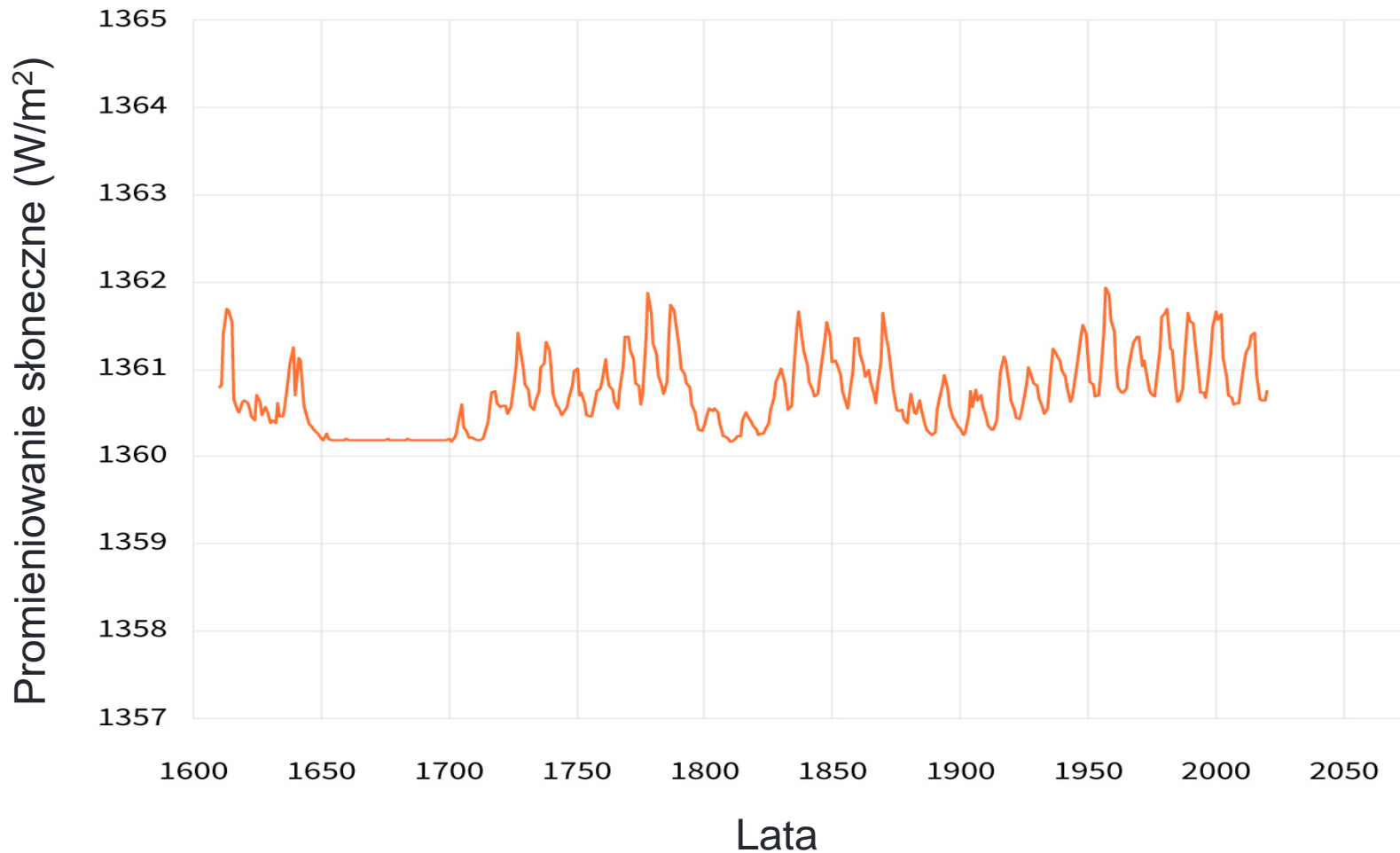
Temperatura efektywna:  $-53^{\circ}\text{C}$   
Temperatura rzeczywista:  $457^{\circ}\text{C}$   
Efekt cieplarniany:  $510^{\circ}\text{C}$

### Ziemia

Temperatura efektywna:  $-18^{\circ}\text{C}$   
Temperatura rzeczywista:  $15^{\circ}\text{C}$   
Efekt cieplarniany:  $33^{\circ}\text{C}$

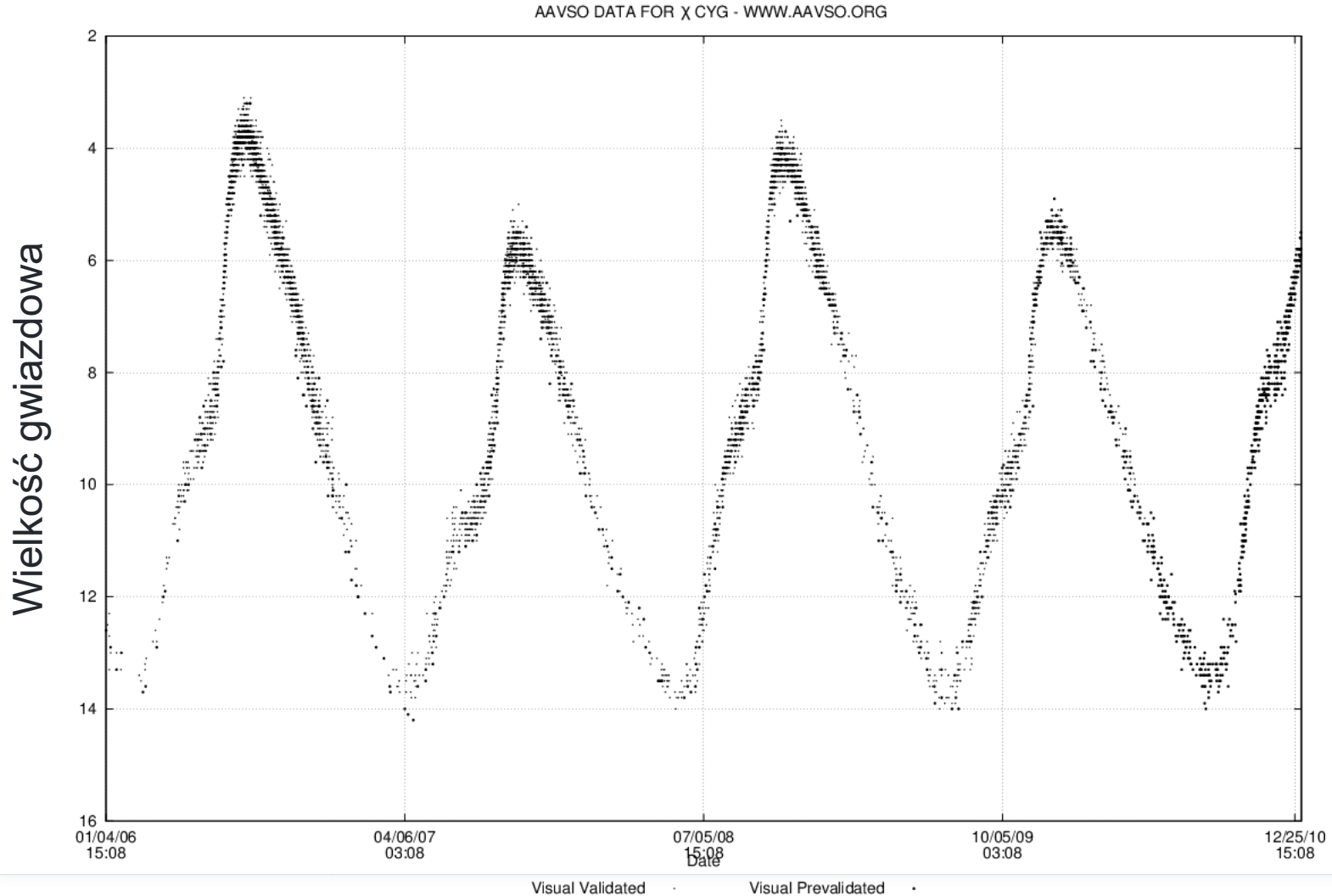
# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Stabilność słońca



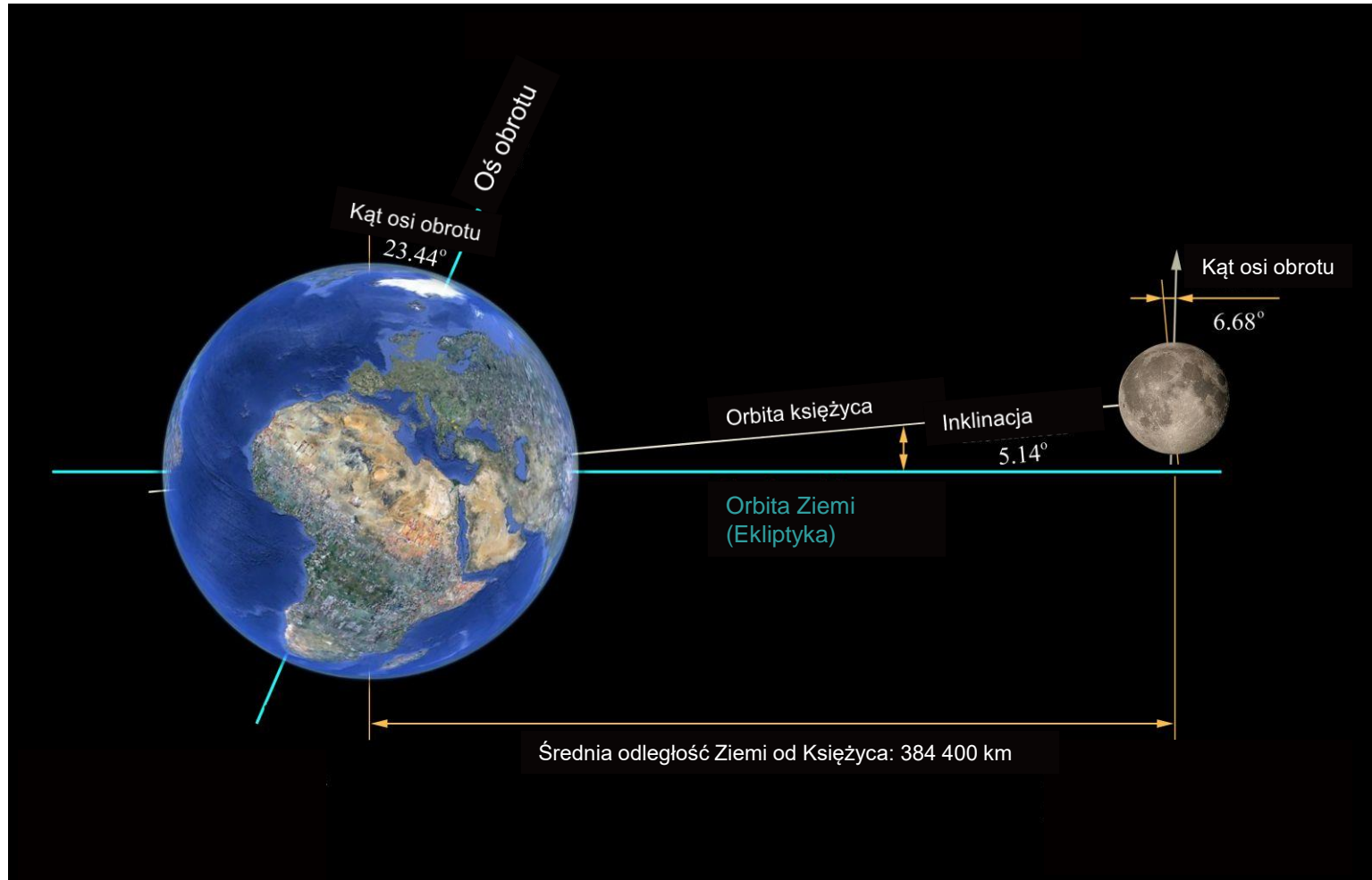
# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Stabilność słońca



# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

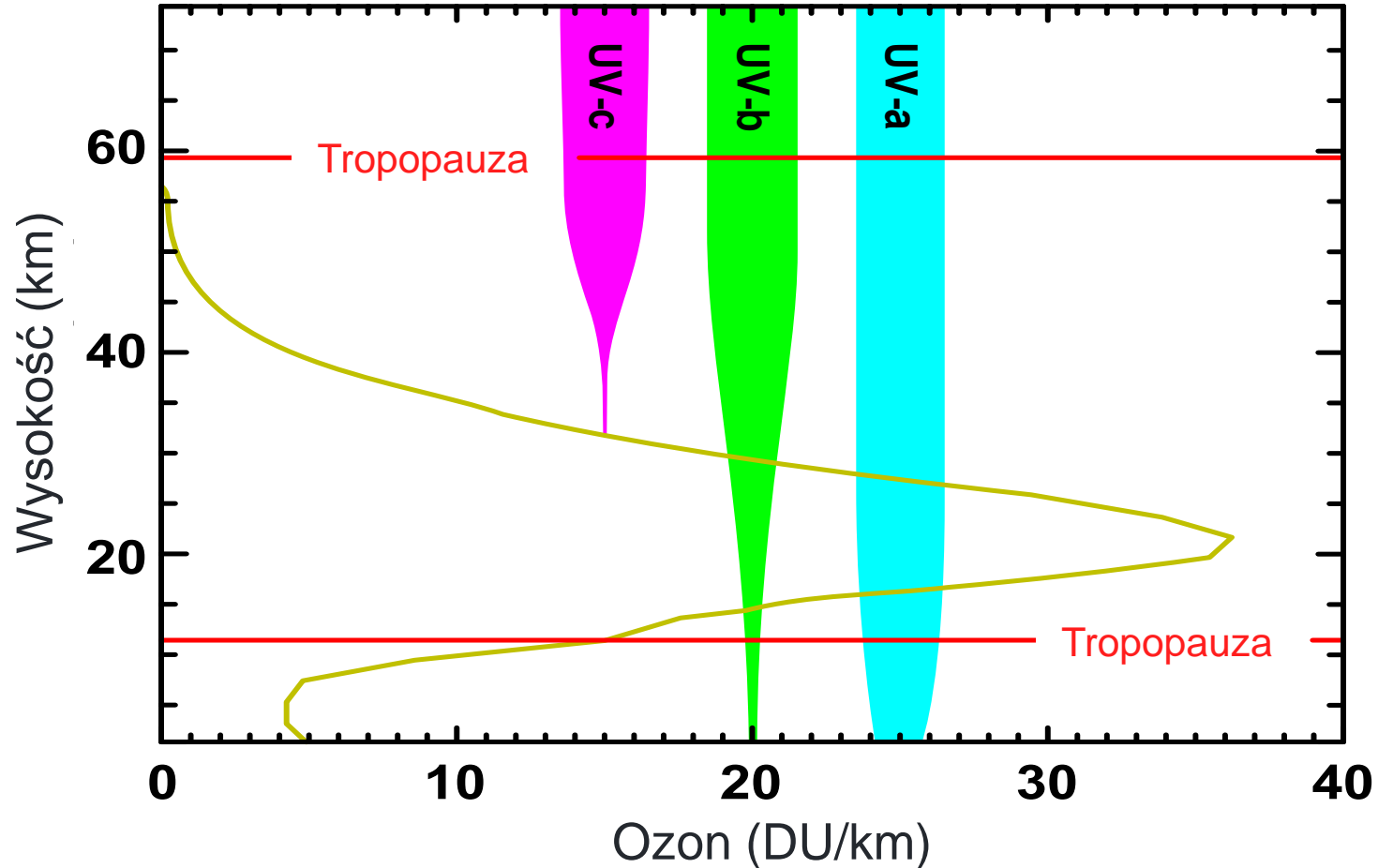
## Księżyc





# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

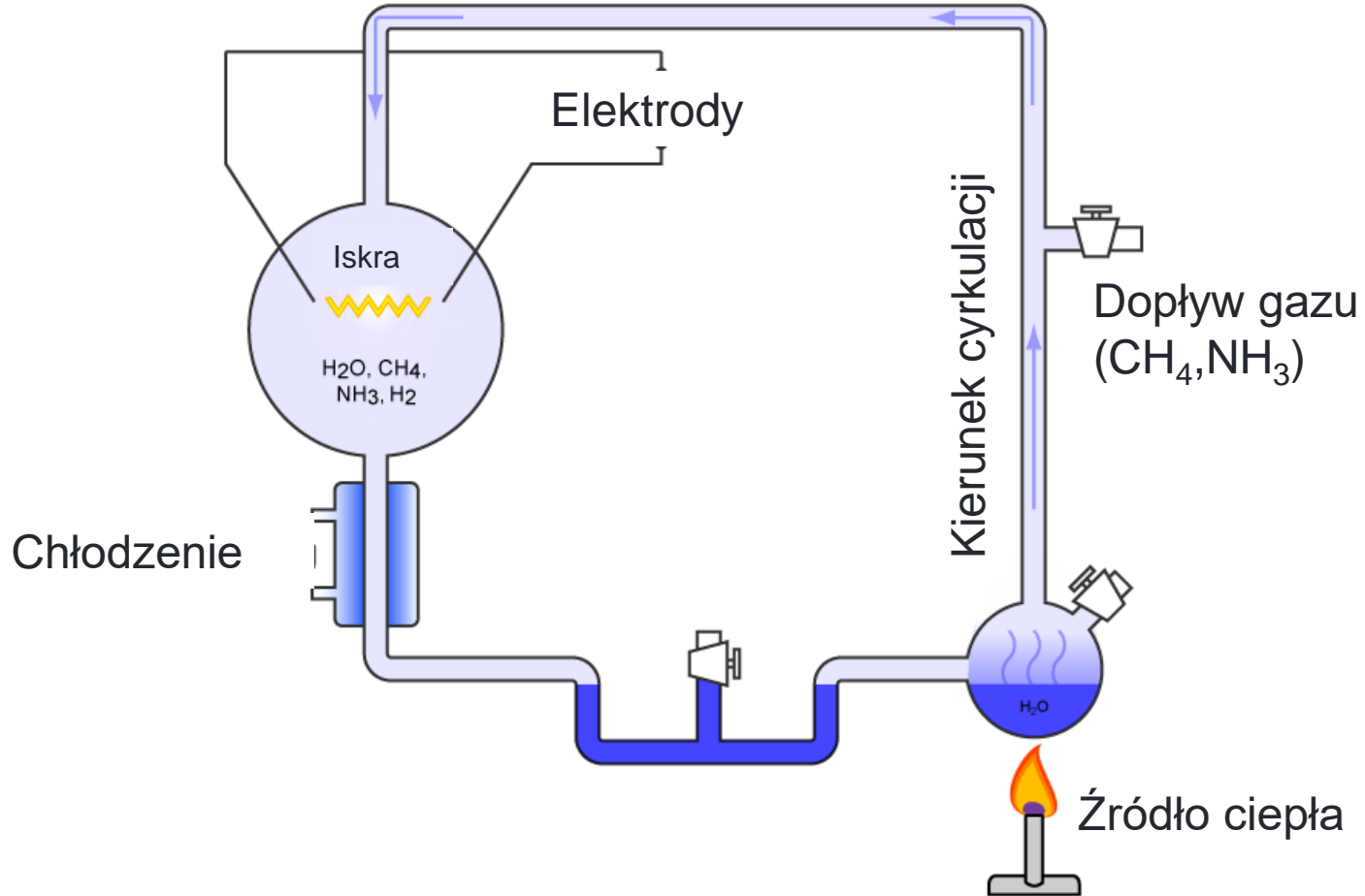
## Warstwa ozonowa



1 DU odpowiada warstwie ozonu o grubości 10  $\mu\text{m}$  w standardowych warunkach ciśnienia i temperatury

# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Eksperyment Millera-Urey'a



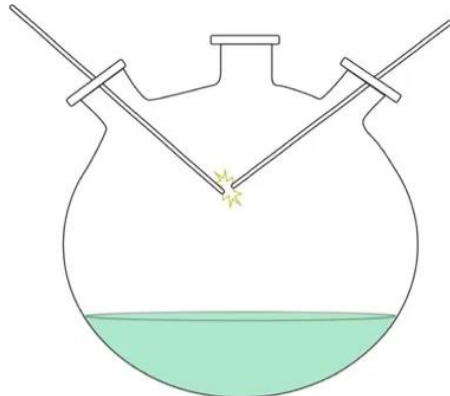
# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Eksperyment Millera-Urey'a

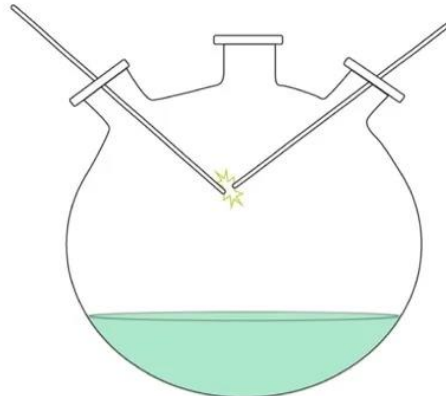
Ilości zidentyfikowanych związków organicznych powstałych z wyjściowych 59 moli metanu				
Produkt	Wzór chemiczny	Liczność substancji [μmol]	Liczba atomów węgla	Liczność atomów węgla [μmol]
<a href="#">kwas mrówkowy</a>	HCOOH	2330	1	2330
<a href="#">glicyna*</a>	H <sub>2</sub> N-CH <sub>2</sub> -COOH	630	2	1260
<a href="#">kwas hydroksycydowy</a>	HO-CH <sub>2</sub> -COOH	560	2	1120
<a href="#">alanina*</a>	H <sub>2</sub> N-CH(CH <sub>3</sub> )-COOH	340	3	1020
<a href="#">kwas mlekowy</a>	HO-CH(CH <sub>3</sub> )-COOH	310	3	930
<a href="#">β-alanina</a>	H <sub>2</sub> N-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	150	3	450
<a href="#">kwas octowy</a>	CH <sub>3</sub> -COOH	150	2	300
<a href="#">kwas propionowy</a>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -COOH	130	3	390
<a href="#">kwas iminodiocydowy</a>	HOOC-CH <sub>2</sub> -NH-CH <sub>2</sub> -COOH	55	4	220
<a href="#">sarkozyna</a>	CH <sub>3</sub> -NH-CH <sub>2</sub> -COOH	50	3	150
<a href="#">kwas α-aminomasłowy</a>	H <sub>2</sub> N-CH(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> )-COOH	50	4	200
<a href="#">kwas α-hydroksymasłowy</a>	HO-CH(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> )-COOH	50	4	200
<a href="#">kwas bursztynowy</a>	HOOC-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	40	4	160
<a href="#">mocznik</a>	H <sub>2</sub> N-CO-NH <sub>2</sub>	20	1	20
<a href="#">N-metylomocznik</a>	H <sub>2</sub> N-CO-NH-CH <sub>3</sub>	15	2	30
<a href="#">kwas 3-azaadypinowy</a>	HOOC-CH <sub>2</sub> -NH-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	15	5	75
<a href="#">N-metyloalanina</a>	CH <sub>3</sub> -NH-CH(CH <sub>3</sub> )-COOH	10	4	40
<a href="#">kwas glutaminowy*</a>	H <sub>2</sub> N-CH(C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> COOH)-COOH	6	5	30
<a href="#">kwas asparaginowy*</a>	H <sub>2</sub> N-CH(CH <sub>2</sub> COOH)-COOH	4	4	16
<a href="#">kwas α-aminoizomasłowy</a>	H <sub>2</sub> N-C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -COOH	1	3	3
	Suma:	4916		8944

# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

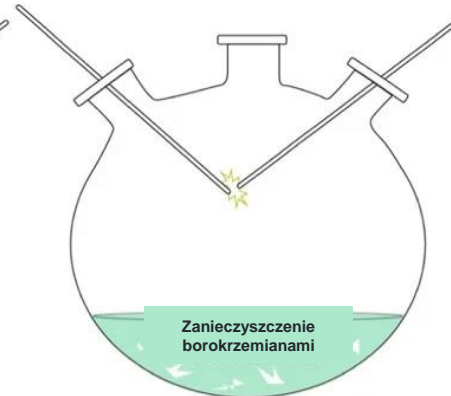
## Eksperyment Criado-Reyes'a



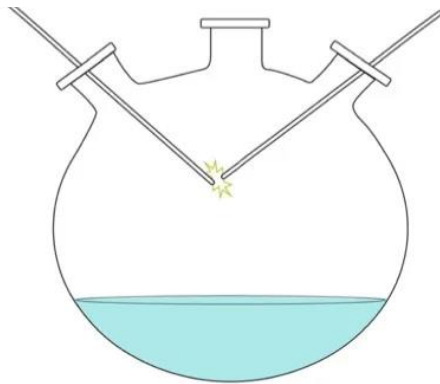
**Szkło borokrzemowe**  
pH początkowe 8.7



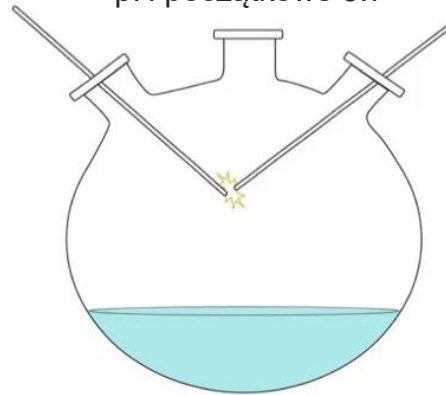
**Teflon**  
pH początkowe 8.7



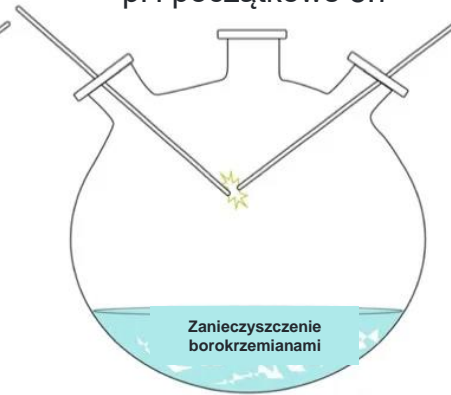
**Teflon**  
pH początkowe 8.7



**Szkło borokrzemowe**  
pH po  $\text{NH}_3$  11.0  
pH końcowe 9.2



**Teflon**  
pH po  $\text{NH}_3$  11.05  
pH końcowe 10.48



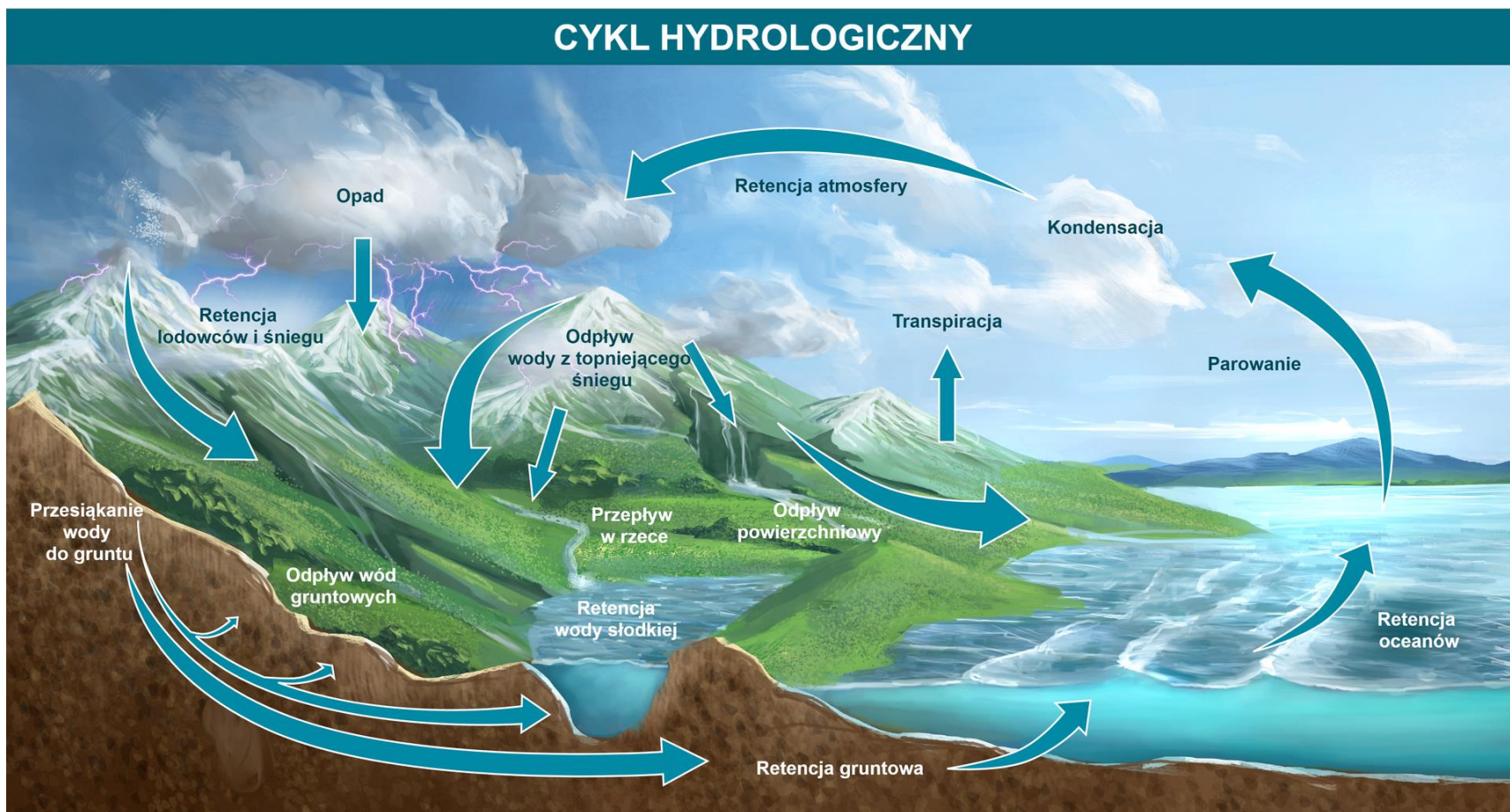
**Teflon**  
pH po  $\text{NH}_3$  11.15  
pH końcowe 10.00



# **Obieg wody**

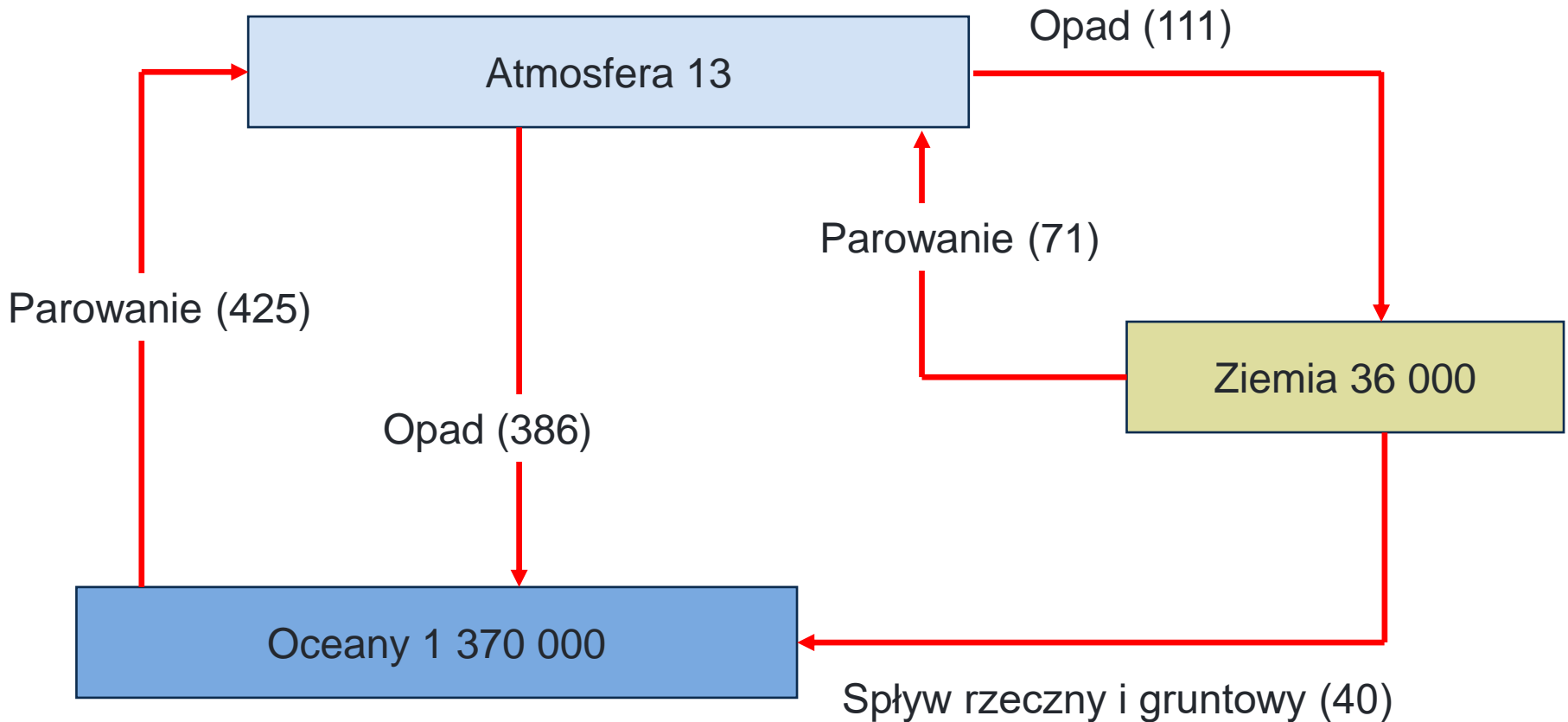
# Obieg wody

## Ogólny schemat



# Obieg wody

Dane bilansowe

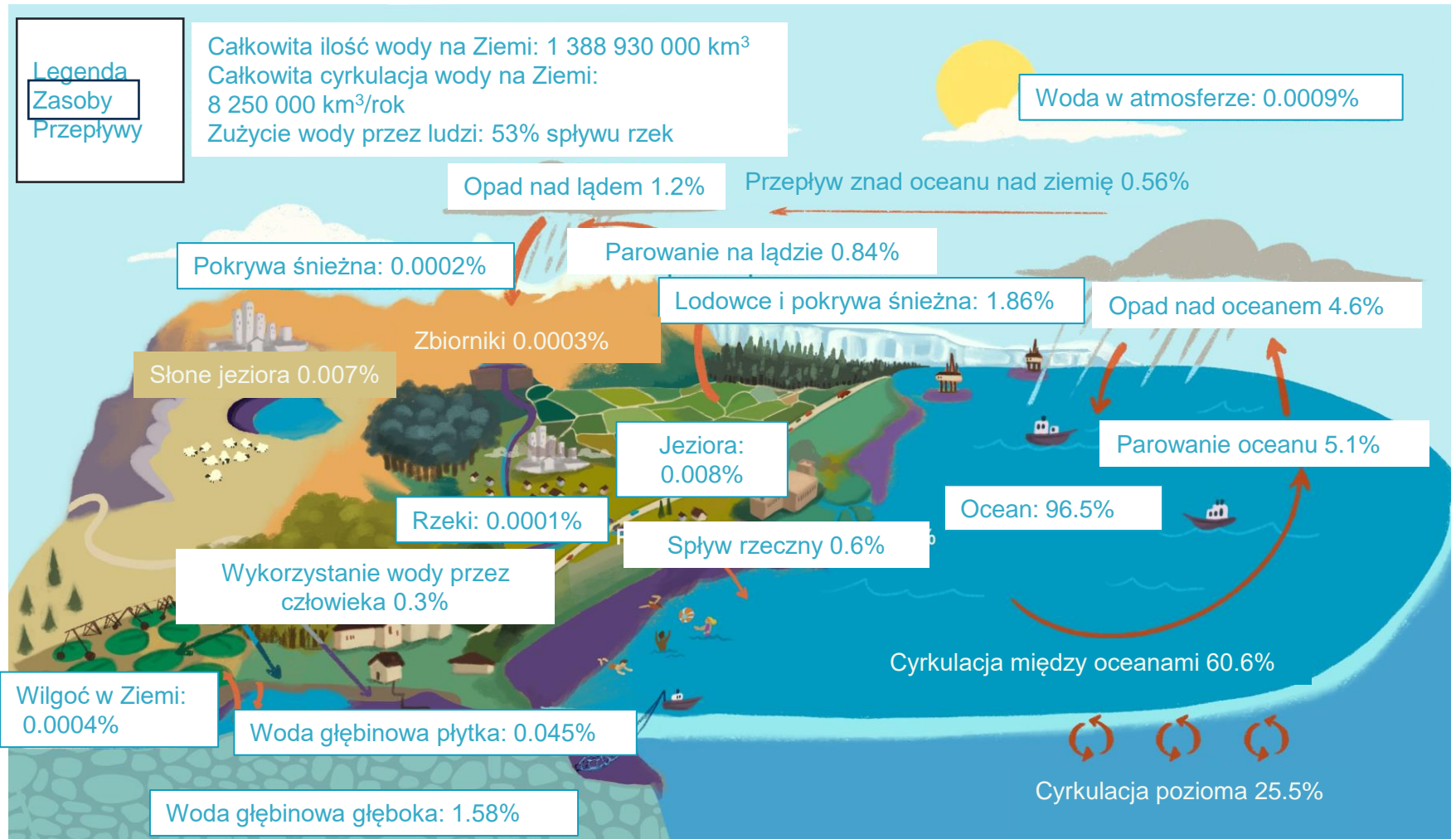


Objętość, tyś km<sup>3</sup>

Strumień, tyś km<sup>3</sup>/rok

# Obieg wody

## Dane bilansowe



# Obieg wody

Dane bilansowe – czasy przetrzymania

---

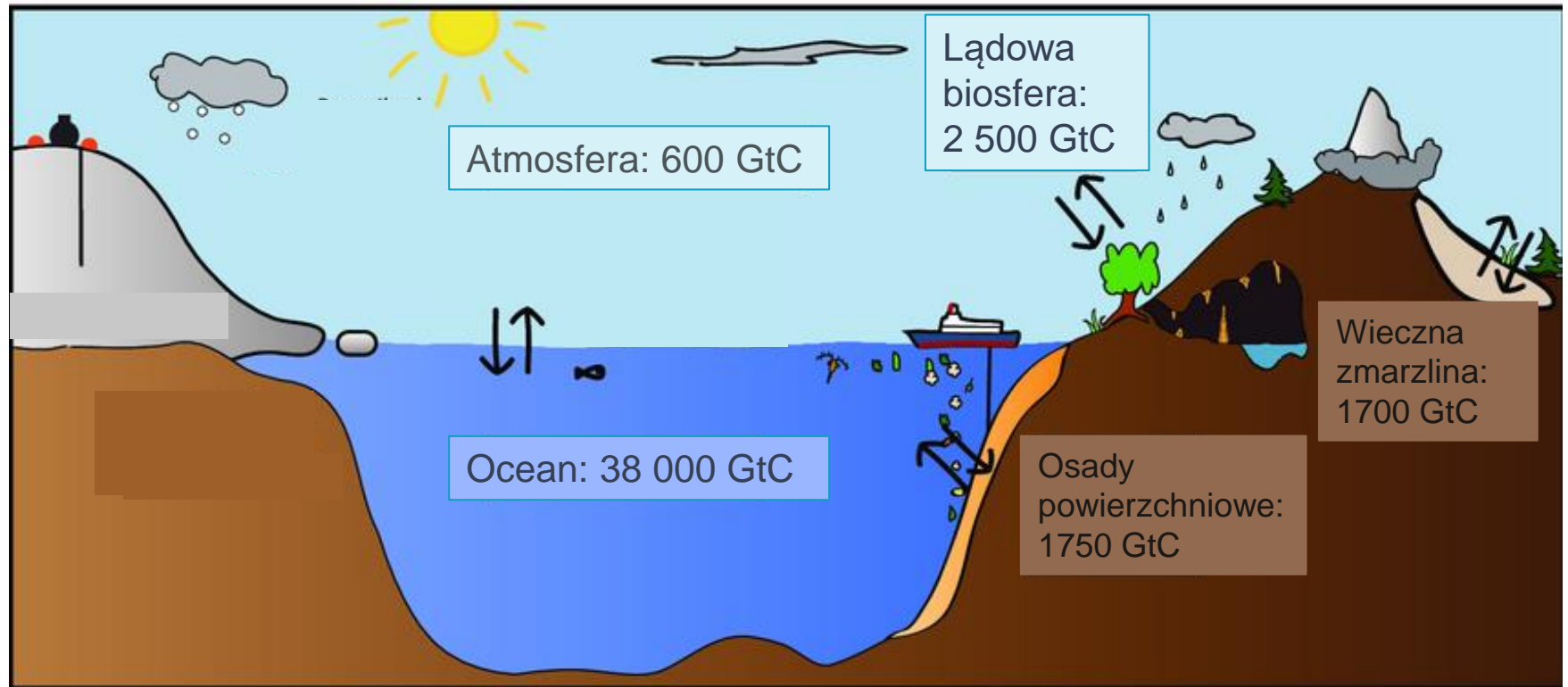
Rezerwuar	Średni czas przebywania
Antarktyda	20,000 lat
Oceany	3,200 lat
Lodowce	20 do 100 lat
Sezonowa pokrywa śnieżna	2 do 6 miesięcy
Wilgoć w glebie	1 do 2 miesięcy
Wody podziemne: płytkie	100 do 200 lat
Wody podziemne: głębokie	10,000 lat
Jeziora	50 do 100 lat
Rzeki	2 do 6 miesięcy
Atmosfera	9 dni

# Obieg węgla



# Obieg węgla

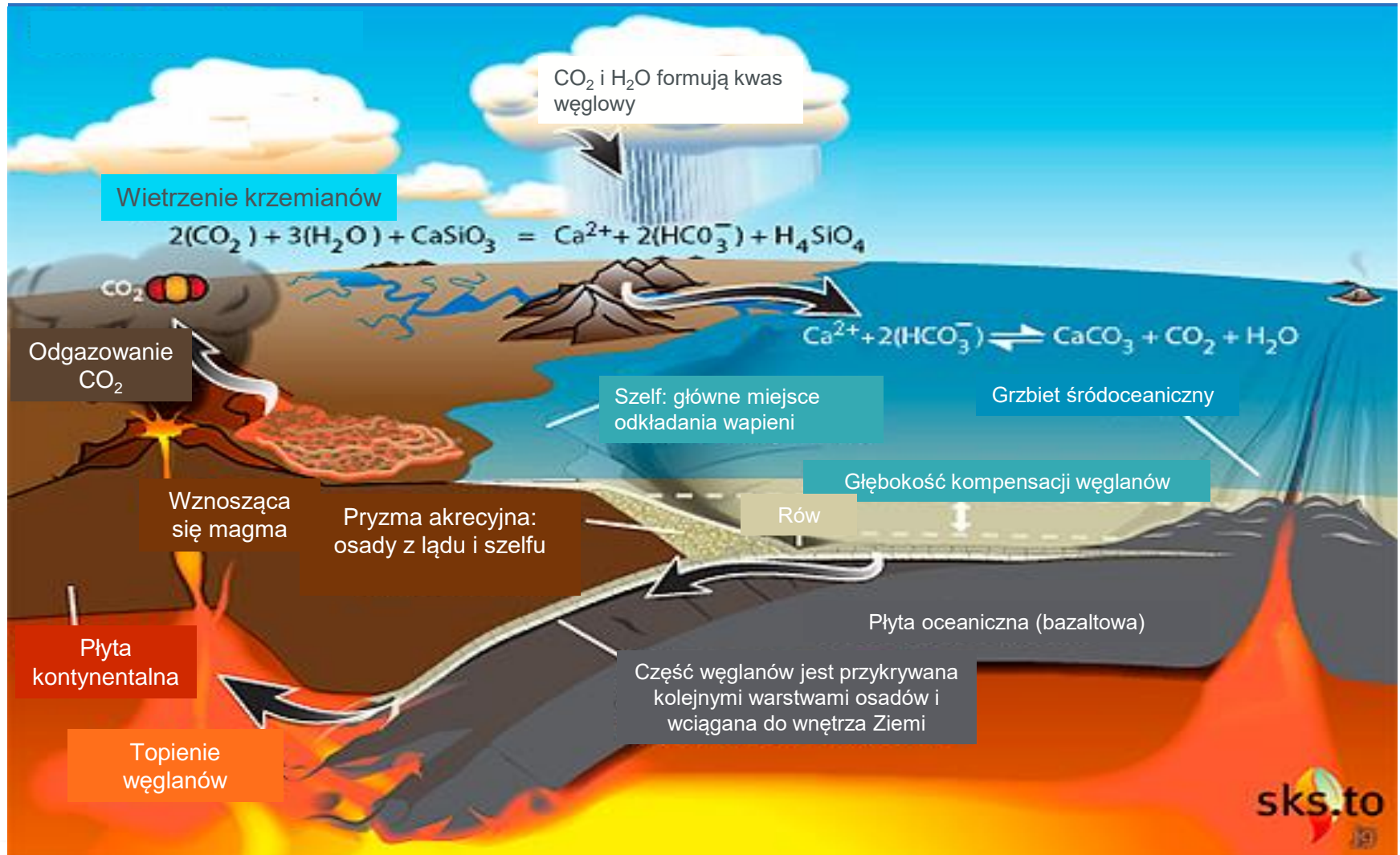
Ogólny schemat – obieg krótki



[https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-the-short-term-carbon-cycle-with-the-main-reservoirs-and-their-estimated\\_fig1\\_356737139](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-the-short-term-carbon-cycle-with-the-main-reservoirs-and-their-estimated_fig1_356737139)

# Obieg węgla

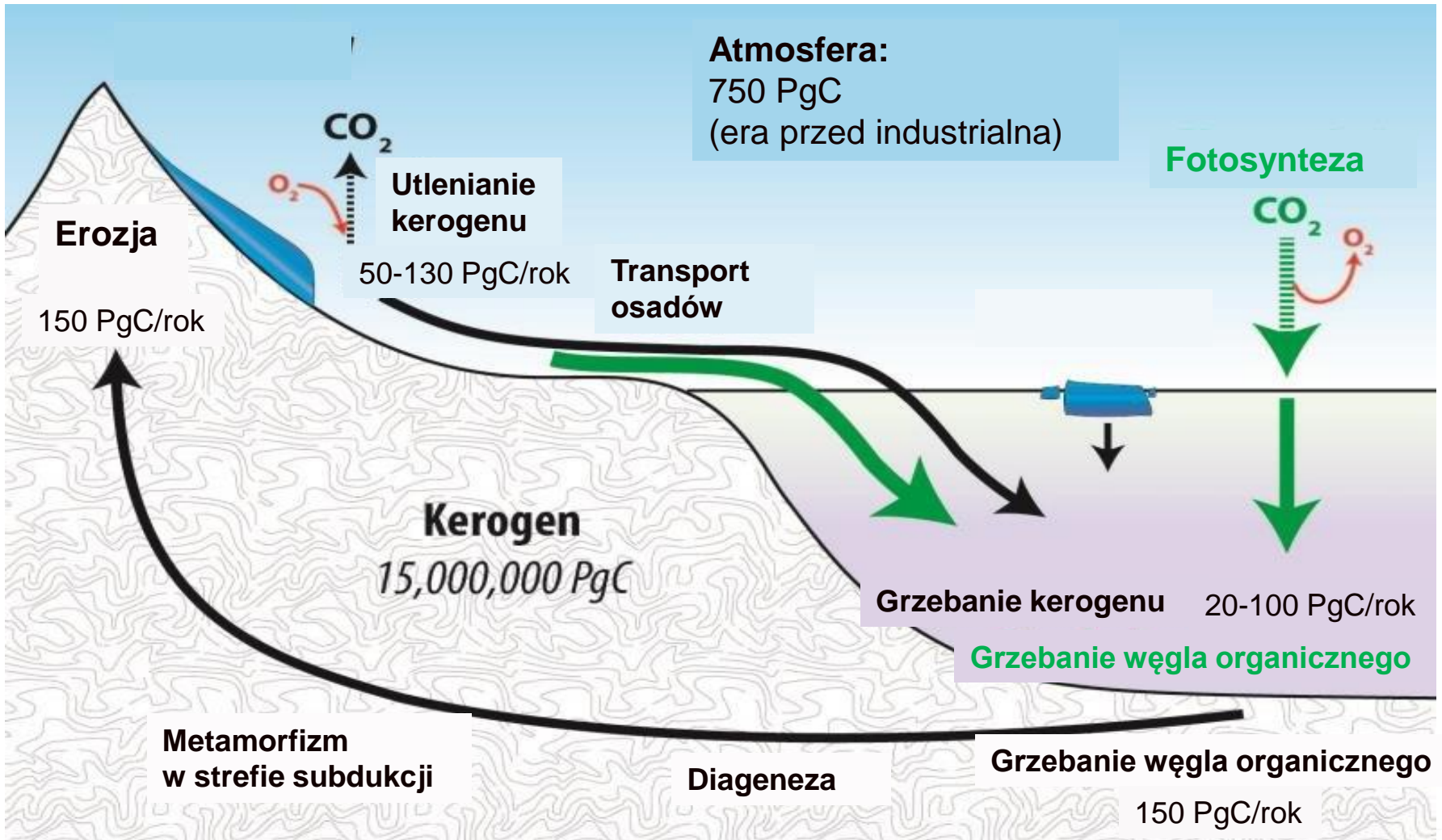
Ogólny schemat – obieg długi



<https://skepticalscience.com/weathering.html>

# Obieg węgla

## Długi obieg węgla

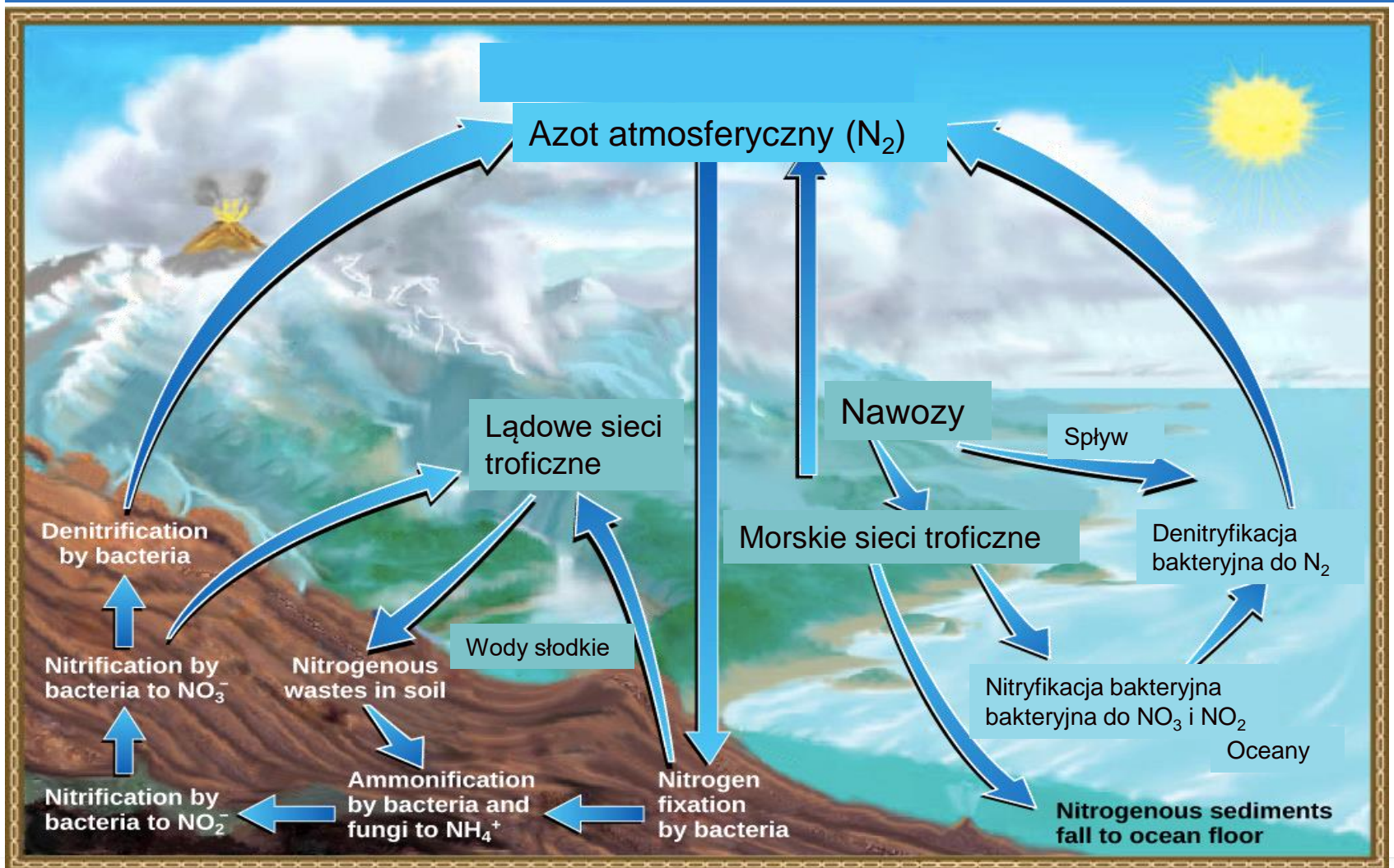


# Obieg azotu



# Obieg azotu

## Ogólny schemat



<https://openstax.org/books/concepts-biology/pages/20-2-biogeochemical-cycles>

# Obieg azotu

## Dane bilansowe

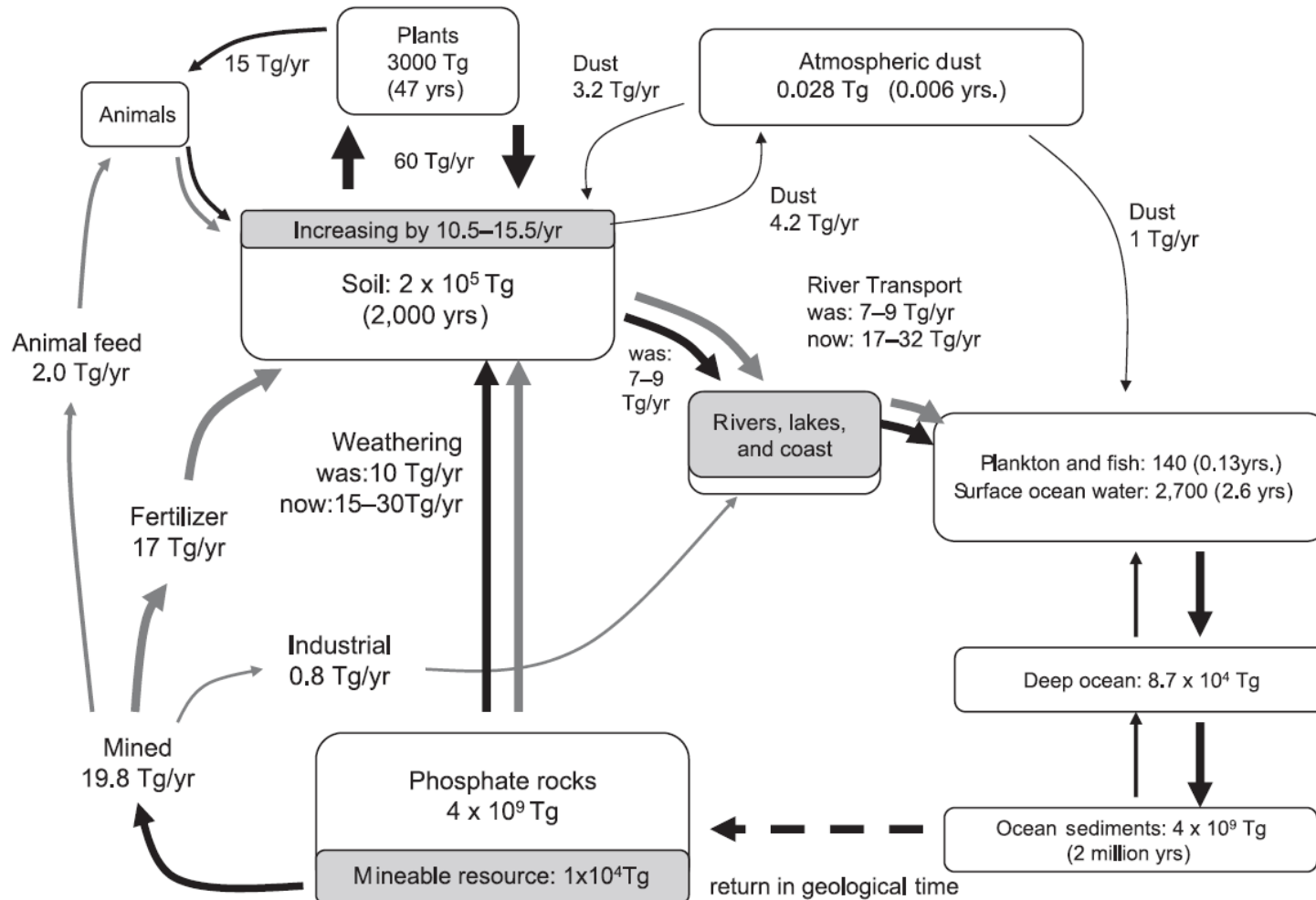
Reservoir			Flux			
			Tg yr <sup>-1</sup>			
Atmosphere	N <sub>2</sub>	3.7 × 10 <sup>9</sup>	Inputs			
	N <sub>2</sub> O	1.4 × 10 <sup>3</sup>	Fixation	Natural terrestrial	107	
Biosphere	Marine	3.0 × 10 <sup>3</sup>		Natural oceanic	121	
		5.0 × 10 <sup>2</sup>			110	
	Terrestrial	5.4 × 10 <sup>3</sup>		Leguminous crops	130–58	
		2.9 × 10 <sup>4</sup>		Chemical fertilizer	31.5	
Ocean	N <sub>2</sub>	7.7 × 10 <sup>3</sup>		Fossil fuel combustion	100	
		1.46 × 10 <sup>6</sup>			24.5	
			Lightning			21
	N <sub>2</sub> O	0.34		Volcanoes	5	
			Losses			0.04
			Denitrification	Natural terrestrial (land and rivers)		115
Geological	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6.0 × 10 <sup>5</sup>			154	
	PON	9.0 × 10 <sup>4</sup>		Natural oceanic	123	
	DON	8.1 × 10 <sup>5</sup>			193	
	Continental crust	1.3 × 10 <sup>9</sup>			285	
	Crustal rocks	6.4 × 10 <sup>8</sup>			400	
	Oceanic crust	8.9 × 10 <sup>5</sup>			2030	
	Coastal sediments	3.2 × 10 <sup>4</sup>	Industrial combustion		7	
	Deep ocean sediments	2.0 × 10 <sup>9</sup>	Biomass burning		41.6	
Soil	1.4 × 10 <sup>5</sup>	Burial (ocean sedimentation)		25		
	2.2 × 10 <sup>4</sup>					



# **Obieg fosforu**

# Obieg fosforu

## Ogólny schemat i dane bilansowe



# **Obieg siarki**

# Obieg siarki

## Ogólny schemat i dane bilansowe

