

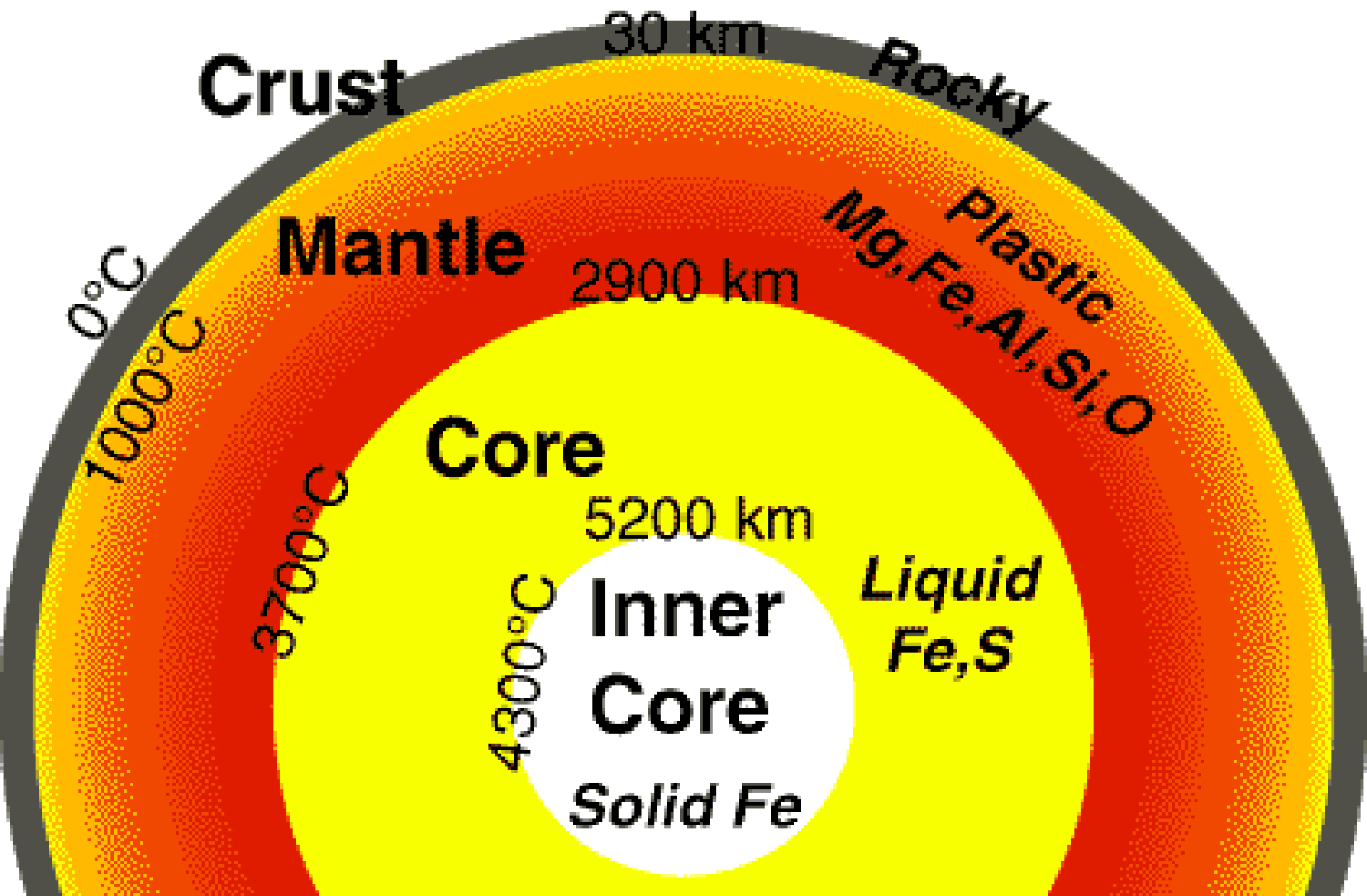


Zasoby

Ziemi

Litosfera

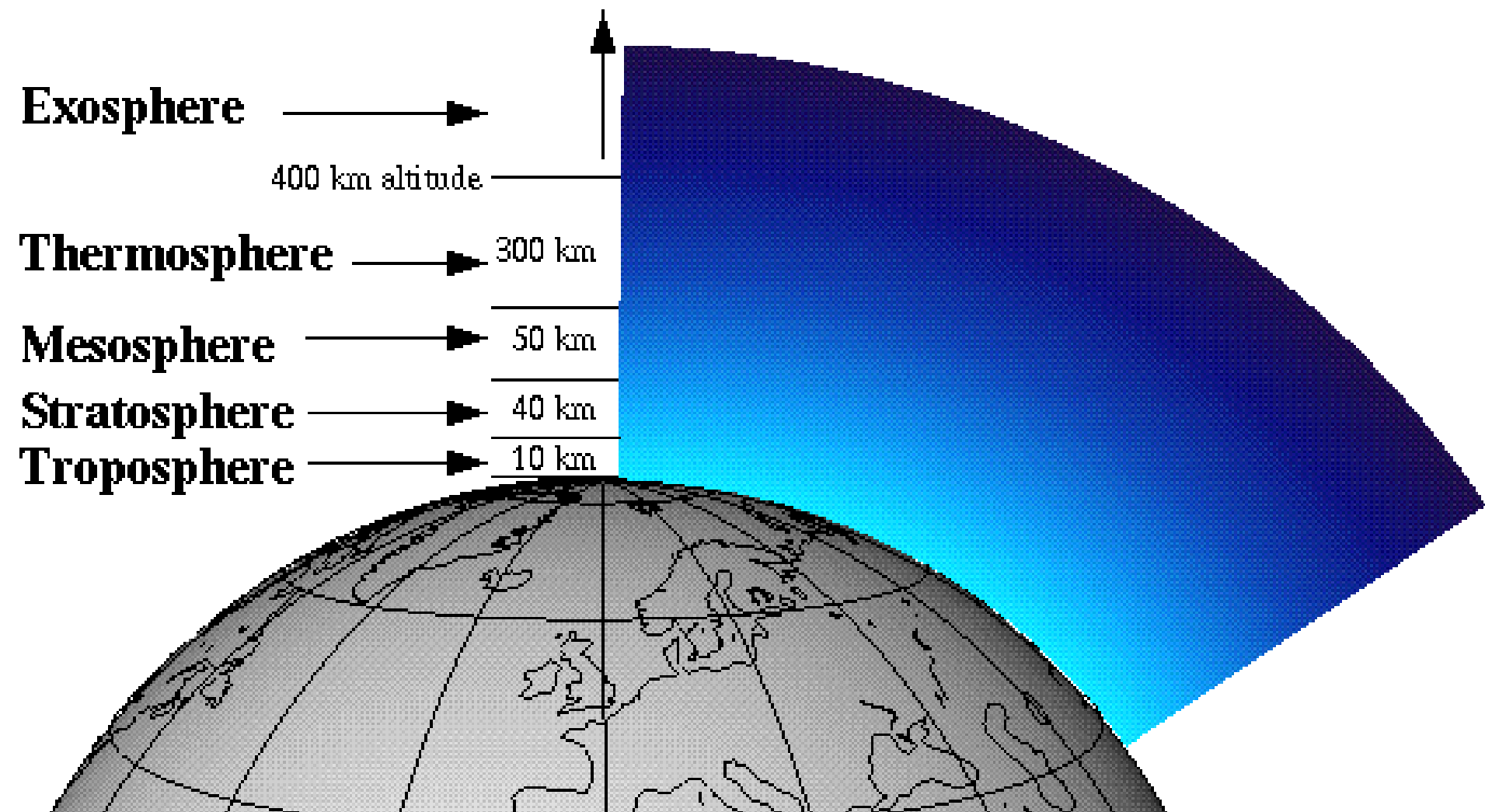
Łukasz Karwowski
Wydział Nauk Przyrodniczych
lukasz.Karwowski@us.edu.pl



ATMOSFERA

Masa atmosfery

$$5,12 \cdot 10^{15} \text{ t}$$



Skład Atmosfery w % wag

stałe: 78,08 N₂ zmienne: ~4,0 H₂O

20,95 O₂

0,03 CO₂

0,93 Ar ślady: CO, SO₂, SO₃,

0,02 Ne

NO₂, NO₃, O₃

0,0005 He

0,0001 Kr

0,00005 H₂

**Czy atmosfera jest źródłem
surowcowym?**

**Co z niej produkujemy i co
wykorzystujemy?**

Tlen

Azot

Argon

i pozostałe gazy szlachetne



HYDROSFERA

Hydrosfera

-powłoka wodna Ziemi obejmująca oceany, morza, lodowce, śniegi, rzeki, jeziora, wody podziemne i parę wodną w atmosferze wraz z chmurami.

Ogólna objętość wody w hydrosferze jest szacowana na 1370 mln km³

Ocean , ocean światowy – ogół mórz na kuli ziemskiej – główna część hydrosfery.

Powierzchnia – 361,3 km² (71% powierzchni)

Objętość – 1340,8 mln km³

Średnia głębokość – 3711 m.

98,37% wag.

Średnie zasolenie- 3,5 ‰

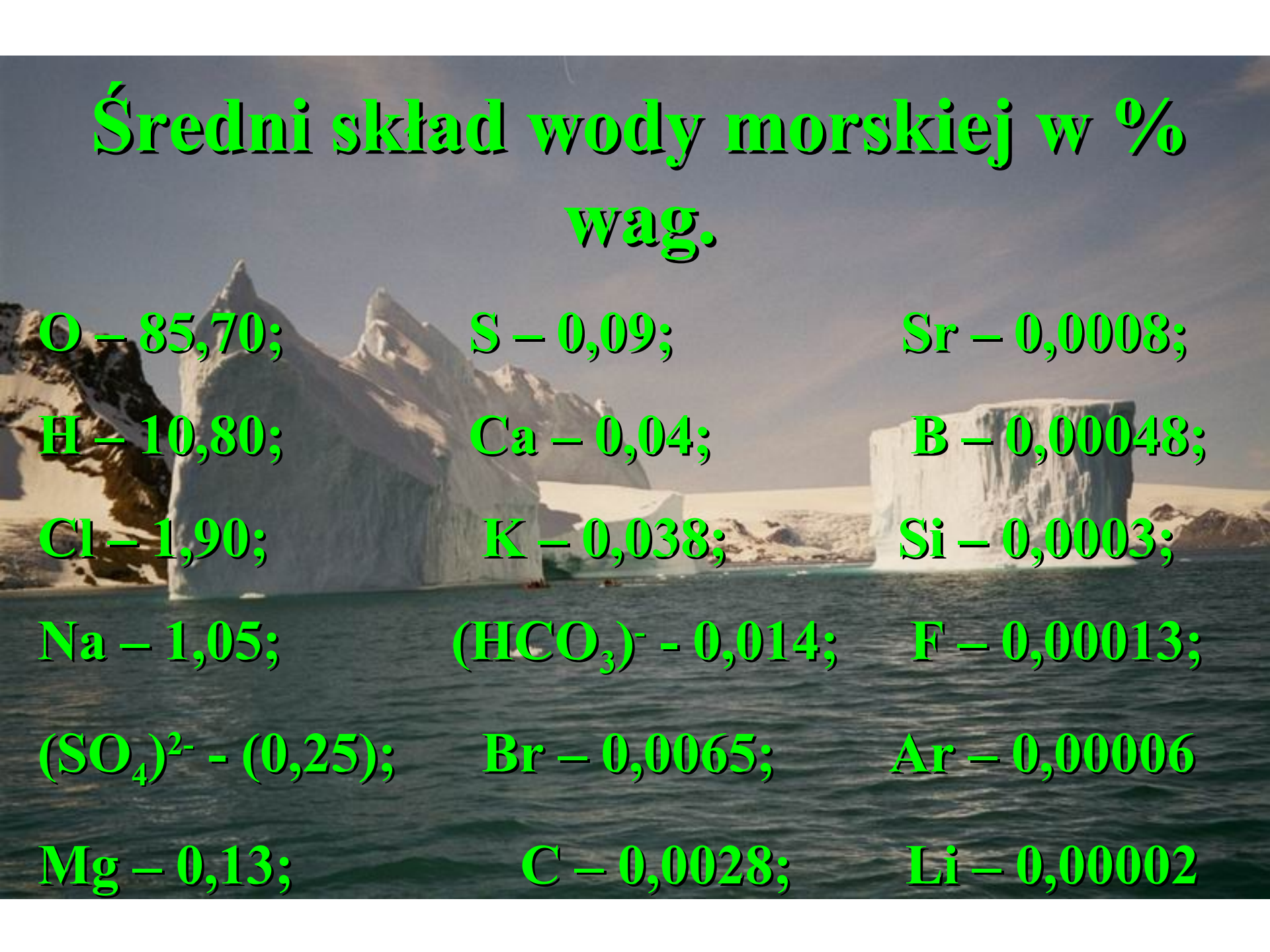
Okolice równika –3,45‰

Strefy okołozwrotnikowe – 3,8‰

Strefy okołobiegunowe – 3,0‰

Średnie zasolenie Bałtyku - 0,75‰

Średni skład wody morskiej w % wag.



O – 85,70;	S – 0,09;	Sr – 0,0008;
H – 10,80;	Ca – 0,04;	B – 0,00048;
Cl – 1,90;	K – 0,038;	Si – 0,0003;
Na – 1,05;	(HCO ₃) ⁻ – 0,014;	F – 0,00013;
(SO ₄) ²⁻ – (0,25);	Br – 0,0065;	Ar – 0,00006
Mg – 0,13;	C – 0,0028;	Li – 0,00002

Średnia soli wody morskiej w % wag.

(aniony)

O – 6,29;

Cl – 55,30;

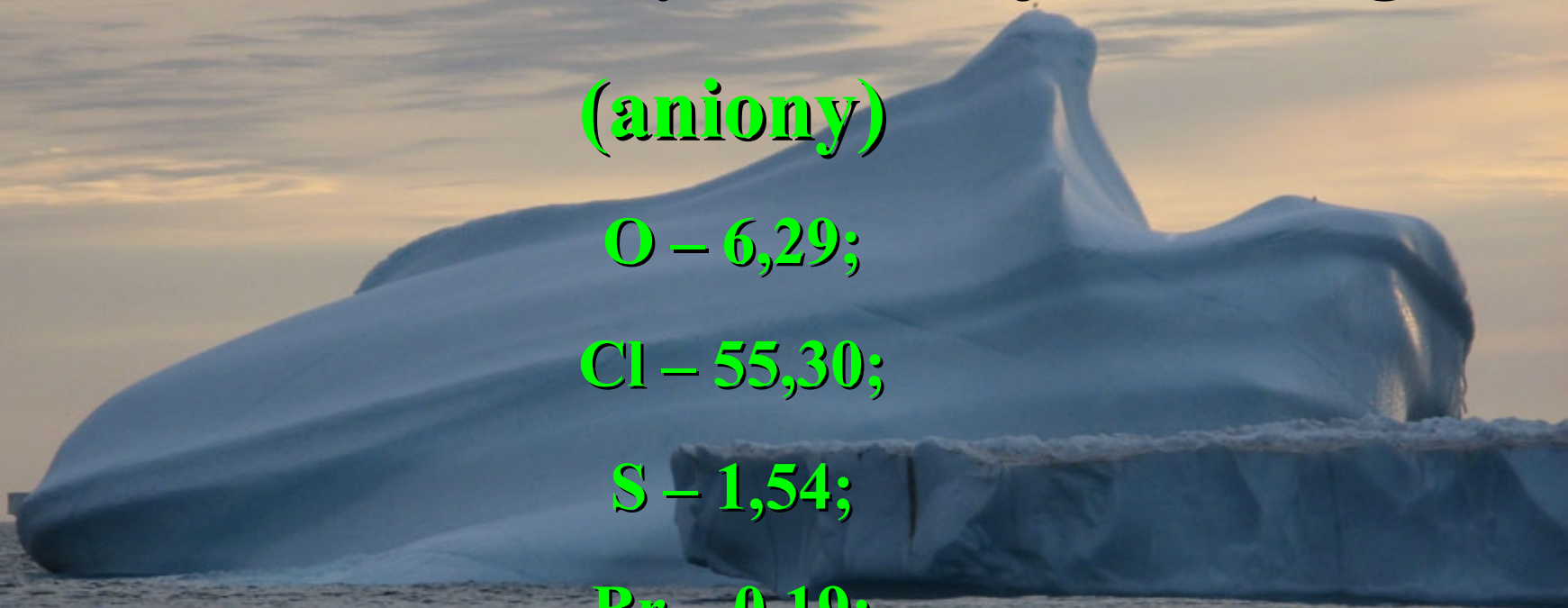
S – 1,54;

Br – 0,19;

C – 0,07;

Si – ślady

N - ślady



**Średnia soli wody
morskiej w % wag.
(kationy)**

Na – 30,60;

Mg – 3,73;

Ca – 1,20;

K – 1,11;

Fe - ślady;

Al. – ślady;

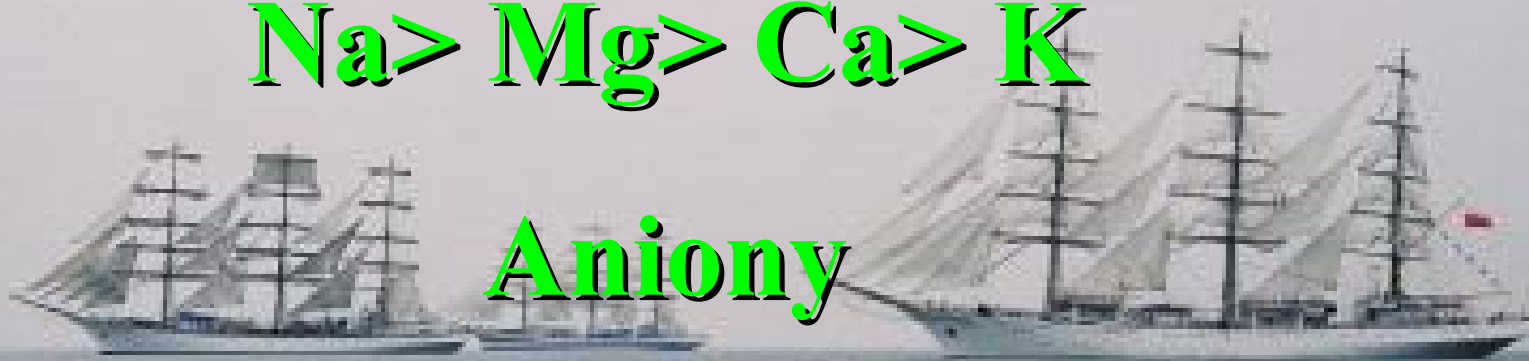
Kationy

$\text{Na} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{K}$

Aniony

$\text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{CO}_3 >$

Br

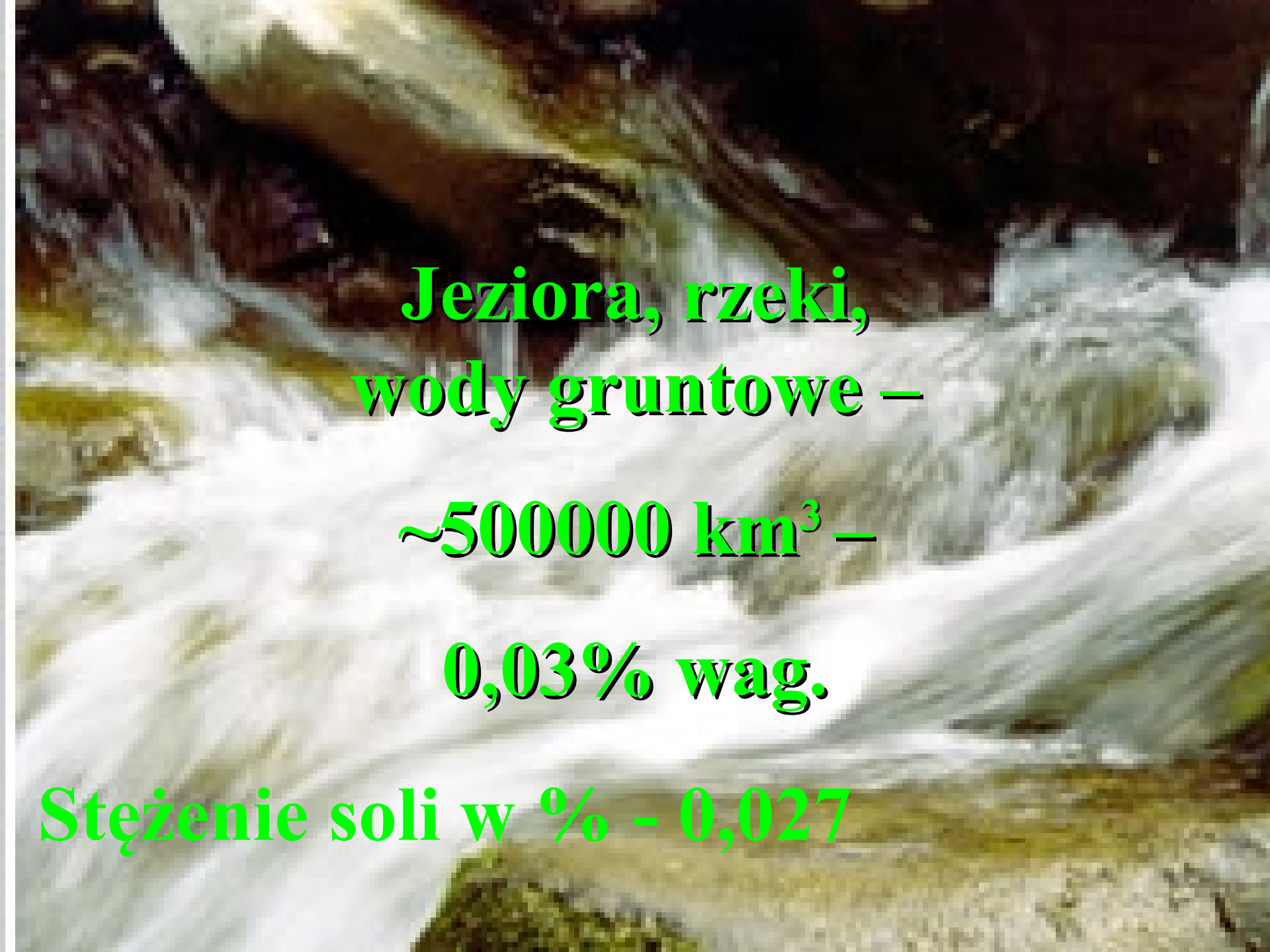




**Lodowce i śniegi
- objętość –**

23 000 000 km³

-1,6% pow. Ziemi



**Jeziora, rzeki,
wody gruntowe –**

$\sim 500000 \text{ km}^3$ –

0,03% wag.

Stężenie soli w % - 0,027

Średnia zawartość w wodach lądowych, słodkich w % wag.

kationy

Na – 5,79;

Mg – 3,41;

Ca – 20,40;

K – 2,12;

Fe – 0,94;

Al – 0,69

aniony

O – 44,1

Cl – 5,68

S – 4,08

Br – ślady

C – 7,05

Si – 5,47

N – ślady

Kationy $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$

Aniony $\text{CO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$

Częstość rzadszych pierwiastków w hydrosferze w g/t

Rząd częstości	Pierwiastki
10^{-2}	J, Ba, Al, Mo
10^{-3}	Fe, Zn, As, Mn, Sn, Cu, Ti, Ni, V
10^{-4}	Ne, Kr, Ag, Co, Cs, Bi, Y, Zr, Cd, Xe, W, Pb, Sb
10^{-5}	Se, Hg, Ge, Cr, Ga, Nb, Sc
10^{-6}	Au, Tl, He, La, Ce
10^{-7}	Be, Pr, Ne, Sm, Eu, Gd, Dy, Ho, Er, Tm,
10^{-8}	Yb, Lu
10^{-9}	
10^{-10}	
10^{-11}	Ra
10^{-15}	Rn
10^{-16}	

Co eksploatujemy z wód morskich?

**wodę słodką
chlorek sodu
związki magnezu
brom
jod**



WODA

- **Zaledwie 1/4 ludności planety korzysta z wody bieżącej**
 - **1,5 mld osób ma poważne trudności z dostępem do wody pitnej**
 - **2/3 powierzchni planety Ziemi pokrywają wody mórz i oceanów**
 - **Tylko 2% rezerw wodnych na świecie nadaje się do spożycia., a 98% wód na świecie to słone wody**
 - **Słodkie wody rzek i jezior to zaledwie 1% rezerw wodnych świata**
- 73% wody słodkiej zużywane jest przez rolnictwo, 21% przez przemysł, 6% do spożycia**

Sytuacja w Polsce

Średni roczny odpływ wód powierzchniowych (jeziora, rzeki), łącznie z dopływami z zagranicy, w latach 1951-2000 wyniósł $62,4 \text{ km}^3$, w tym z obszaru Polski 54 km^3 . W przeliczeniu na 1 mieszkańca daje to roczny zasób wód ok. $1,6 \text{ dam}^3$ ($\text{dam}^3 = \text{dekametr sześcienny} = 10\text{m} * 10\text{m} * 10\text{m} = 1000\text{m}^3$).

W krajach europejskich przeciętne zasoby wód powierzchniowych (odpływy) szacowane są na $4,6 \text{ dam}^3/\text{rok}$ na jednego mieszkańca. Jest to średnio prawie 3 razy więcej wody rocznie na każdego mieszkańca, niż w Polsce

A tropical beach scene with palm trees in the foreground and a resort building in the background. The text is overlaid on the image.

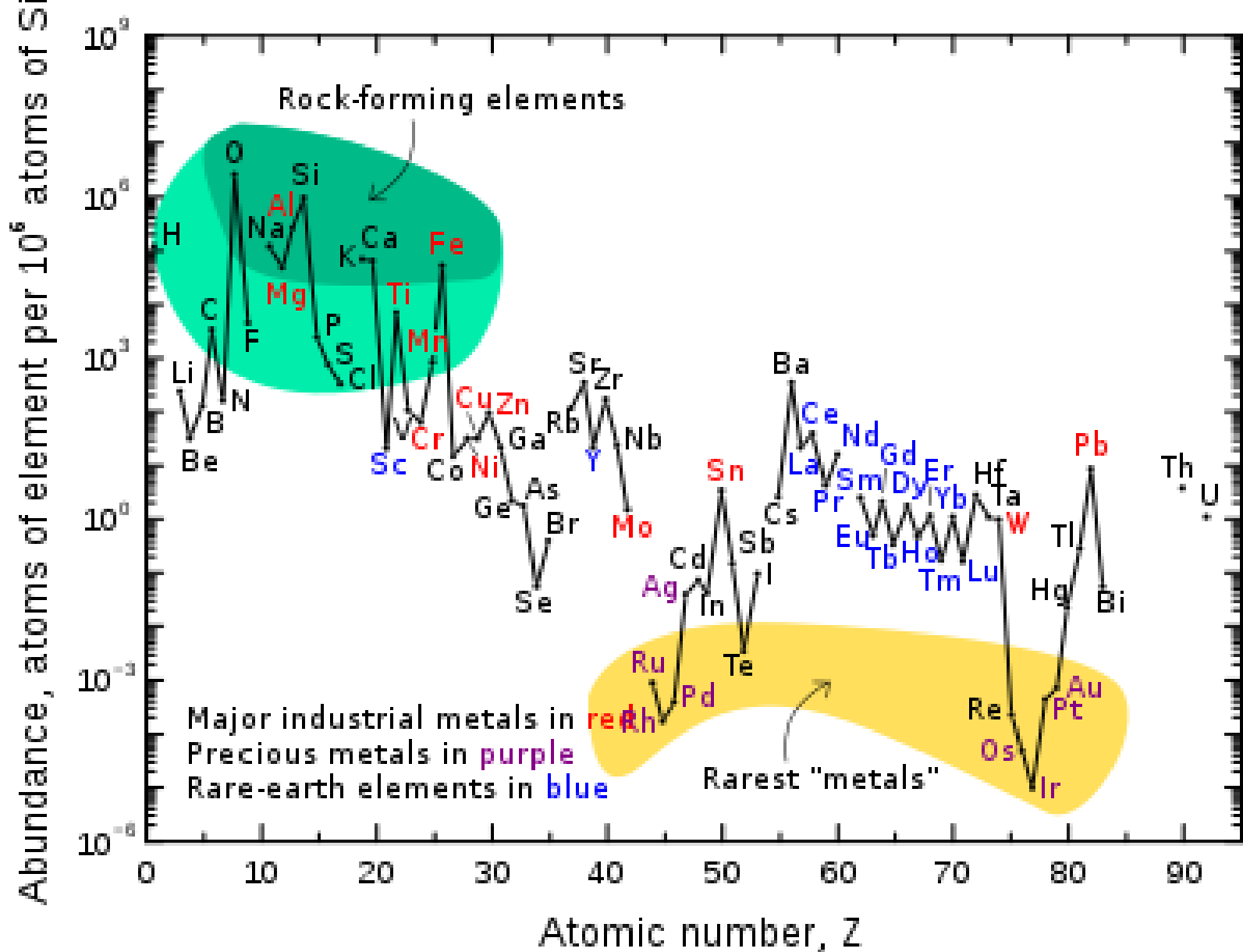
Zasoby Energii wód morskich

**Dotychczas stosunkowo
mało wykorzystywane.
Jedynie elektrownie
pływowe.**

I co dalej?



Litosfera



Częstość pierwiastków w skorupie ziemskiej w przeliczeniu na zawartość atomów krzemu 10^6

Abundance of chemical elements in Earth's (continental) crust, according to various sources								
Z	Element	Symbol	Abundance in crust (mg/kg = ppm by mass), by source					Annual production
			Darling ^[3]	Barbalace ^[4]	WebElements ^[5]	Israel Science and Technology ^[6]	CRC ^[7]	(2016, tonnes) ^[8]
8	oxygen	O	466,000	474,000	460,000	467,100	461,000 (46.1%)	
14	silicon	Si	277,200	277,100	270,000	276,900	282,000 (28.2%)	7,200,000
13	aluminium	Al	81,300	82,000	82,000	80,700	82,300 (8.23%)	57,600,000
26	iron	Fe	50,000	41,000	63,000	50,500	56,300 (5.63%)	1,150,000,000
20	calcium	Ca	36,300	41,000	50,000	36,500	41,500 (4.15%)	
11	sodium	Na	28,300	23,000	23,000	27,500	23,600 (2.36%)	255,000,000
12	magnesium	Mg	20,900	23,000	29,000	20,800	23,300 (2.33%)	27,700,000

19	potassium	K	25,900	21,000	15,000	25,800	20,900 (2.09%)	
22	titanium	Ti	4,400	5,600	6,600	6,200	5,650 (0.565%)	6,600,000
1	hydrogen	H	1,400		1,500	1,400	1,400 (0.140%)	
15	phosphorus	P	1,200	1,000	1,000	1,300	1,050 (0.105%)	
25	manganese	Mn	1,000	950	1,100	900	950 (0.0950%)	16,000,000
9	fluorine	F	800	950	540	290	585 (0.0585%)	
56	barium	Ba	500	340	340	500	425 (0.0425%)	

38	strontium	Sr		370	360		370 (0.0370%)	350,000
16	sulfur	S	500	260	420	520	350 (0.0350%)	69,300,000
6	carbon	C	300	480	1,800	940	200 (0.0200%)	
40	zirconium	Zr		190	130	250	165 (0.0165%)	1,460,000
17	chlorine	Cl	500	130	170	450	145 (0.0145%)	
23	vanadium	V	100	160	190		120 (0.0120%)	76,000
24	chromium	Cr	100	100	140	350	102 (0.0102%)	26,000,000
37	rubidium	Rb	300	90	60		90	

28	nickel	Ni		80	90	190	84	2,250,000
30	zinc	Zn		75	79		70	11,900,000
29	copper	Cu	100	50	68		60	19,400,000
58	cerium	Ce		68	60		66.5	
60	neodymium	Nd		38	33		41.5	
57	lanthanum	La		32	34		39	
39	yttrium	Y		30	29		33	6,000
7	nitrogen	N	50	25	20		19	140,000,000
27	cobalt	Co		20	30		25	123,000
21	scandium	Sc		16	26		22	
3	lithium	Li		20	17		20	35,000

41	niobium	Nb		20	17		20	64,000
31	gallium	Ga		18	19		19	315
82	lead	Pb		14	10		14	4,820,000
5	boron	B		950 [<i>dubious</i> – <i>discuss</i>]	8.7		10	9,400,000
90	thorium	Th		12	6		9.6	
59	praseodym	Pr		9.5	8.7		9.2	
62	samarium	Sm		7.9	6		7.05	
64	gadolinium	Gd		7.7	5.2		6.2	
66	dysprosium	Dy		6	6.2		5.2	
68	erbium	Er		3.8	3.0		3.5	

70	ytterbium	Yb		3.3	2.8		3.2	
72	hafnium	Hf		5.3	3.3		3.0	
55	caesium	Cs		3	1.9		3	
4	beryllium	Be		2.6	1.9		2.8	220
92	uranium	U		0	1.8		2.7	74,119
35	bromine	Br		0.3700	3		2.4	391,000
50	tin	Sn	0	2.2	2.2		2.3	280,000
63	europium	Eu		2.1	1.8		2.0	
33	arsenic	As		1.5	2.1		1.8	36,500
73	tantalum	Ta		2	1.7		2.0	1,100
32	germanium	Ge		1.8	1.4		1.5	155

74	tungsten	W		160.6 [<i>dubious – discuss</i>]	1.1		1.25	86,400
42	molybdenum	Mo		1.5	1.1		1.2	227,000
67	holmium	Ho		1.4	1.2		1.3	
65	terbium	Tb		1.1	0.9400		1.2	
81	thallium	Tl		0.6000	0.5300		0.850	10
71	lutetium	Lu					0.8	
69	thulium	Tm		0.4800	0.4500		0.52	
53	iodine	I		0.1400	0.4900		0.450	31,600
49	indium	In		0.0490	0.1600		0.250	655
51	antimony	Sb		0.2000	0.2000		0.2	130,000
48	cadmium	Cd		0.1100	0.1500		0.15	23,000

80	mercury	Hg		0.0500	0.0670		0.085	4,500
47	silver	Ag		0.0700	0.0800		0.075	27,000
34	selenium	Se		0.0500	0.0500		0.05	2,200
46	palladium	Pd		0.0006	0.0063		0.015	208
83	bismuth	Bi		0.0480	0.0250		0.0085	10,200
78	platinum	Pt		0.0030	0.0037		0.005	172
79	gold	Au		0.0011	0.0031		0.004	3,100
76	osmium	Os		0.0001	0.0018		0.0015	
52	tellurium	Te		0.0050	0.0010		0.001	2,200
44	ruthenium	Ru		0.0010	0.0010		0.001	
77	iridium	Ir		0.0003	0.0004		0.001	

45	rhodium	Rh		0.0002	0.0007		0.001	
75	rhenium	Re		0.0004	0.0026		0.0007	47.2

Średni skład skał „granitoidowych”

O - 48,0

Ca - 2,5

Si - 30,9

Na - 2,2

Al. - 8,0

K - 2,64

Fe - 3,6

Ti - 0,33

Mg - 1,2

H - 0,12

Mn - 0,07

P - 0,08

Razem – 99,64% wag.

Średni skład tzw. skorupy bazaltowej w % wag.

O - 46,0

Ca - 5,1

Si - 26,2

Na - 2,4

Al. - 8,1

K - 1,5

Fe - 6,7

Ti - 0,7

Mg - 3,0

H - 0,1

Mn - 0,1

P - 0,1

Razem praktycznie 100%

Średni skład skał osadowych w % wag.

O - 48,9

Ca - 8,0

Si - 24,3

Na - 1,3

Al. - 6,0

K - 1,8

Fe - 3,9

Ti - 0,4

Mg - 2,0

H - 0,03

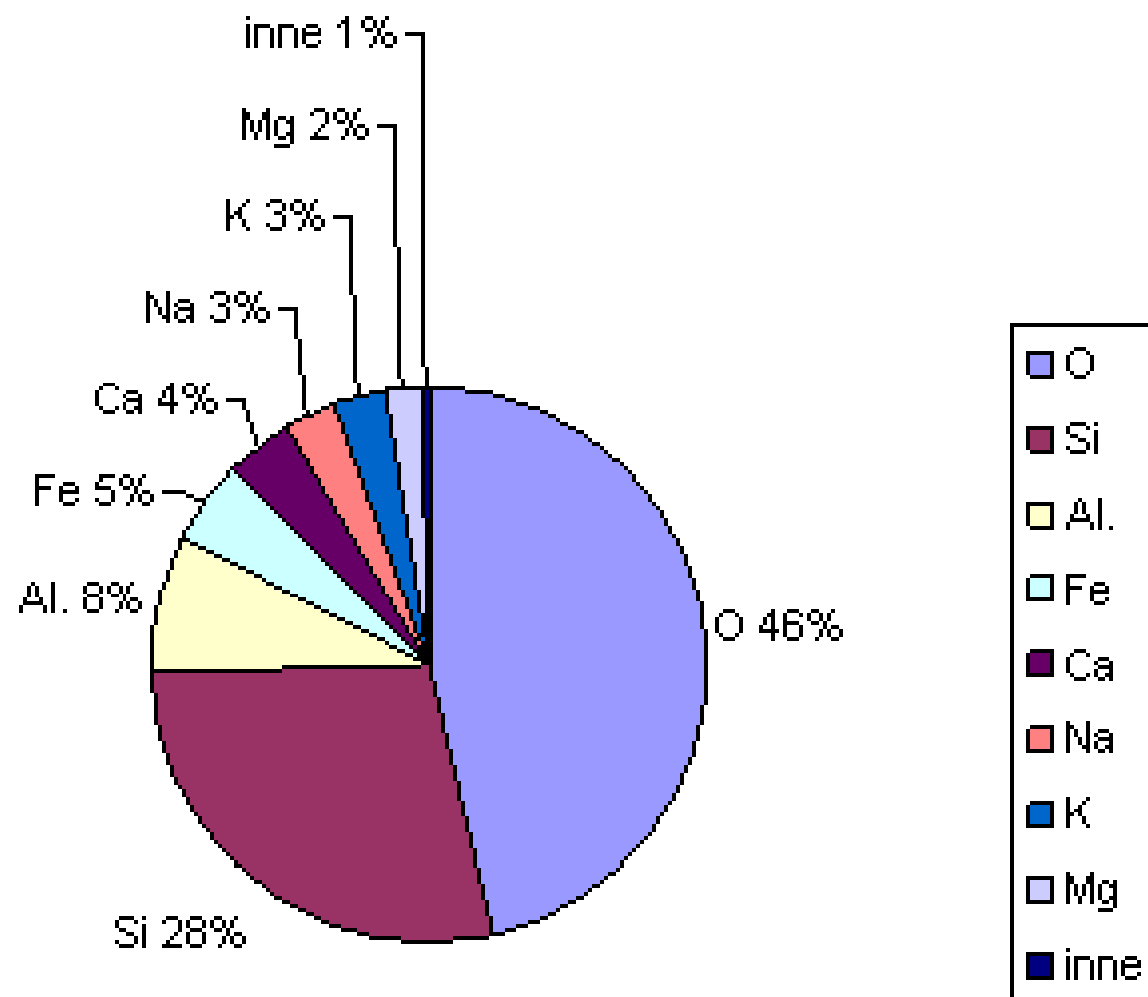
Mn - 0,07

P - 0,07

**Na pozostałe 80 pierwiastków
występujących w skorupie
ziemskiej pozostają max. 0,36%
wag. w skorupie kontynentalnej a
w oceanicznej praktycznie ślady.**

**Nieco lepiej ma się sytuacja ze
skałami osadowymi.**

skład pierwiastkowy skorupy ziemskiej



Przykładowe zawartości pierwiastków w g/t

U – 2,7	Cl – 130	Mo – 1,5
Th – 9,6	Sc – 22	Ag – 0,2
Li – 20	V – 135	Sn - 2
Be – 2,8	Cr – 100	W – 1,5
B - 10	Co – 25	Pt – 0,002
C – 200	Ni – 75	Au – 0,004
N – 20	Cu – 55	Pb – 12,5
F – 625	Zn - 70	
S – 260	Zr - 165	

Surowce energetyczne



Węgiel

Zasoby 510-520
mld.t





**Węgiel brunatny – wydobyte około 800 mil.ton/rok, spada
Zasoby 512 mild. ton na około 20 – 30 lat**

Ropa naftowa

Zasoby – 140000 – 150000 mil.t

Roczne wydobycie – 3415 – 3417
mil.t



Gaz ziemny

Zasoby – 154250 mld. m³

Roczne wydobycie – 2465 mld.m³



Grafit C

**Światowe zasoby grafitu oceniane
są na 1,4 mld. ton**

Želazo

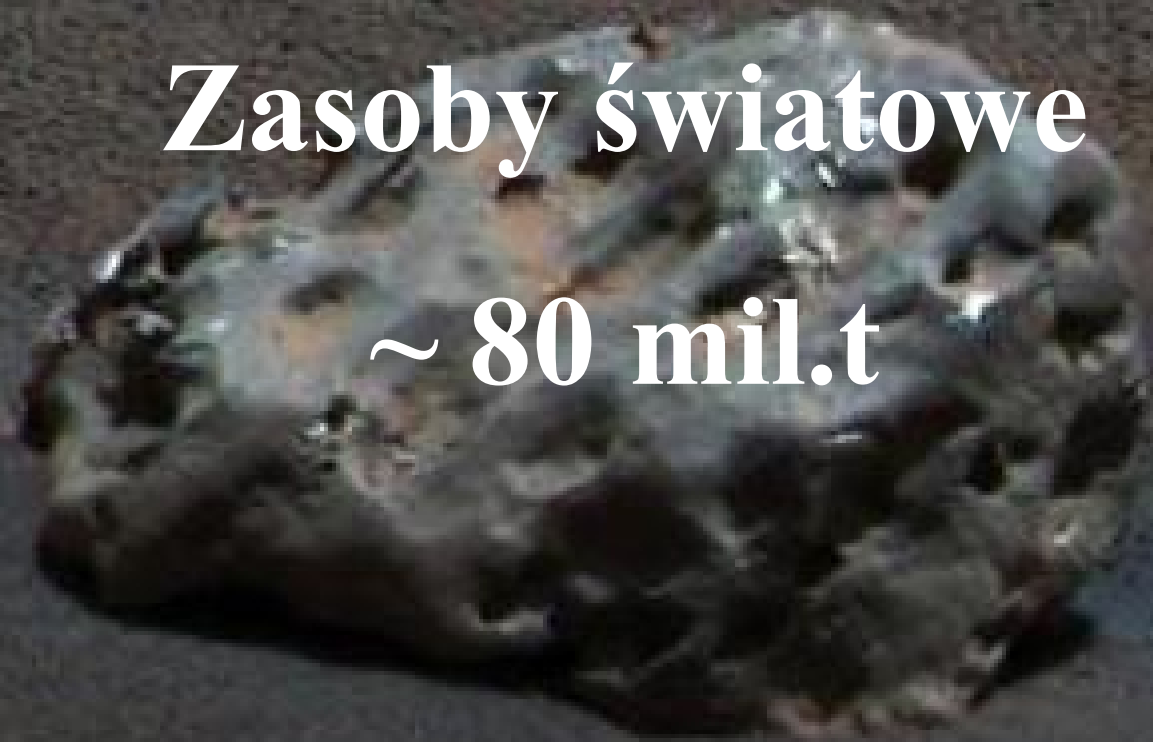
Zasoby rudy ok.. 260
mld.t



Nikiel

Zasoby światowe

~ 80 mil.t



A photograph showing a collection of dark, metallic cobalt pieces. There are several large, irregular chunks and some smaller, more uniform ingots. The metal has a dark, almost black, lustrous surface with some lighter, silvery-grey areas where the surface is more reflective. The pieces are piled together on a light-colored, possibly white, background.

Kobalt

Potwierdzone zasoby ok. 7,5 mil. ton



Fluor F
Fluoryt
 CaF_2

**Światowe zasoby ok. 240 mln.
ton**



Bar Ba

Baryt

BaSO₄

**Wydobywalne zasoby ok. 240
mln. ton**



Fosfor P
Fosforyty
apatyty

**Zasoby fosforytów rzędu 67 mld.
ton. Potencjalne rzędu 300 mld.
ton (5-36% P_2O_5)**



Miedź

Zasoby 952 mil.t



Srebro

**Zasoby rządu 200
560 tys t.**



Złoto

Zasoby udokumentowane 54 000 t

przypuszczalne rządu

200 000 t



Mangan Mn

Światowe zasoby rzędu
5 mld. ton



Molibden Mo
Światowe
zasoby ok. 20
mil. ton

A close-up photograph of a person's hand holding a small, cylindrical piece of titanium metal. The metal has a smooth, brushed finish and a silvery-grey color. The hand is positioned to hold the cylinder from the side, with the thumb and fingers visible. The background is a plain, light-colored surface.

Tytan Ti
Zasoby światowe
rzędu 235 mln.
ton



Cyrkon Zr

**Zasoby
światowe**

**ZrSiO₄ rzędu
48 mln. ton**

Światowe zasoby

~150 mil.t.



Lantanowce

**La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb,
Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu**

**Zasoby oceniane na 80
mil.t**

Platynowce

Zasoby

Pt – 31 000 t

Pallad 22 000 t

Ruten 6 000 t

Rod 4 000 t



Ołów

Świtowe zasoby rządu

126 mil, t



The logo consists of the letters 'J.A.W.' in a white, sans-serif font, centered within a red square. The square has a slight gradient and a thin white border.

J.A.W.

The background of the slide features several long, cylindrical rods of varying diameters and shades of grey and brown, arranged diagonally from the top left towards the bottom right. These rods represent different grades of tin and solder.

**Cyna Sn
Światowe
zasoby rzędu
4,9 mln. ton**

A large, bright nuclear explosion is shown against a dark sky. The explosion has a glowing white and yellow core surrounded by a thick, billowing cloud of orange and red smoke and debris. The text is overlaid on the upper half of the image.

Uran

Szacowane zasoby

3,3 mil. t

A photograph of a go-kart track. A driver wearing a red helmet and a blue suit is in a go-kart with the number 4 on the front, navigating a turn. The track is bordered by stacks of black tires. In the background, there are green trees and two people standing near the track. The text 'Tor' is overlaid in red in the upper center.

Tor

Szacunkowe zasoby rzędu

1,2 mil.t

Rtęć

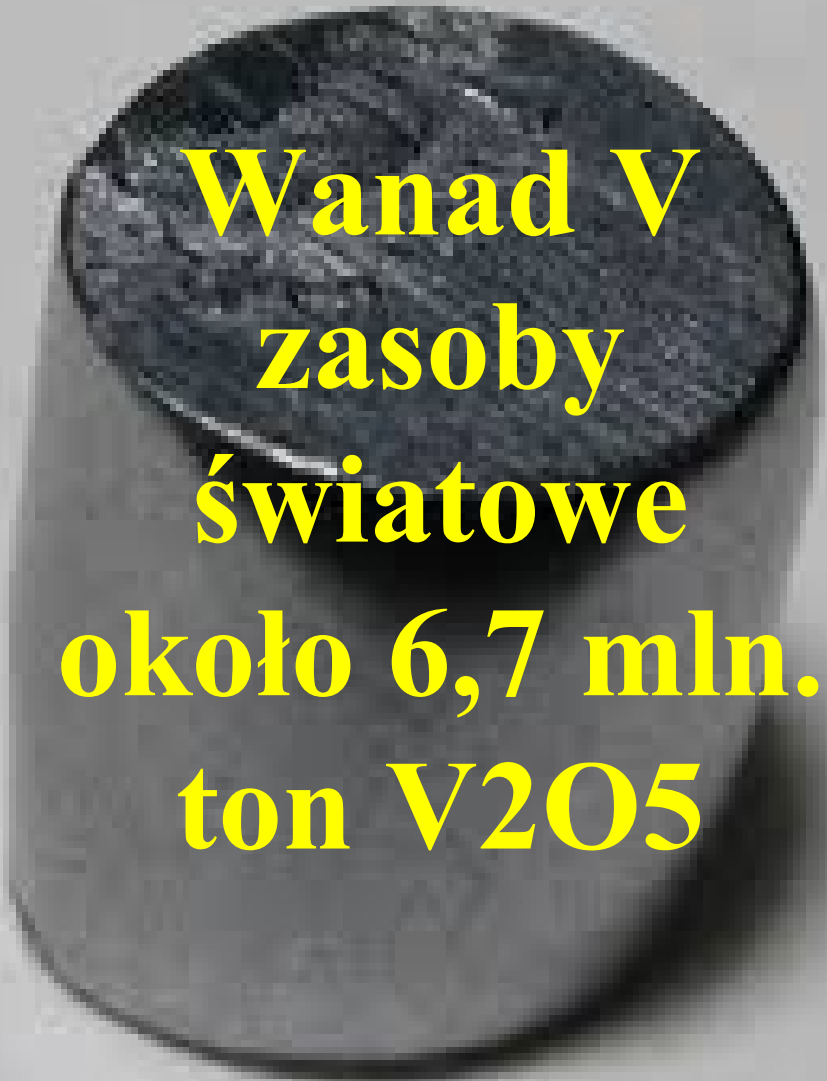
Zasoby rzędu 200 tys. t



Aluminium

**Światowe zasoby szacowane na
20 mld.t**





**Wanad V
zasoby
światowe
około 6,7 mln.
ton V_2O_5**

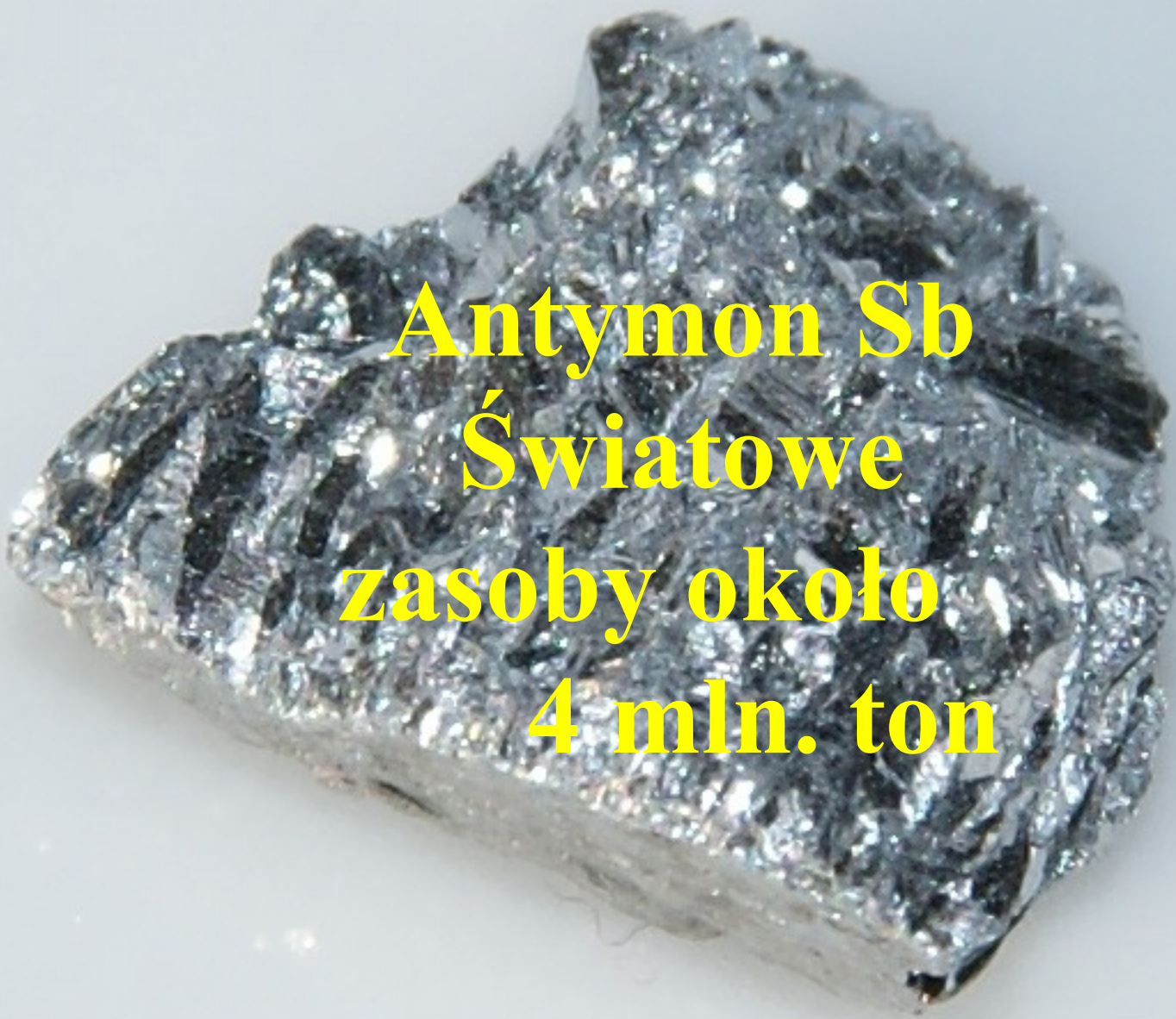


Chrom Cr
Światopwe zasoby
3,3 mld. ton
zasoby chromitu
szacowane na 12
mild.t

Ren

**światowe zasoby renu szacuje się
na 17 tys. t**





Antymon Sb
Światowe
zasoby około
4 mln. ton



**Bizmut Bi
światowe zasoby
szacowane na
330 tyś. ton.**

${}^3\text{Li}$

Lithium

**Zasoby od 11,4 do 39,3
mln.ton**



Beryl Be
zasoby
około 80 tyś.
ton



arsenopiryt
FeAsS

Arsen – As,
roczna produkcja 35 000 t



Bor – B, zasoby około 0,9 mil.t



**Brom – Br, zasoby około 1 mild.t
(woda morska, solanki związane z ropą naftową)**



Kadm – Cd, roczna produkcja 26 000 t.



Hel – He, zasoby: USA- 31,3mild. m³, Katar- 10,1mild.m³, Algeria- 8,2 mild.m³, Rosja- 6,8 mild.m³, Kanada- 2mild.m³, Chiny- 1.1 mild.m³.



Ind – In
roczna produkcja ok. 750 ton



Jodyna – alkoholowy roztwór jodu

Jod – I, zasoby ok. 6,3 mil. t
W wodzie morskiej zasoby ok. 90 mild. t



Kolumbit
obecnie
ferrocolumbit
($\text{Fe}^{2+}\text{Nb}_2\text{O}_6$)

**Niob – Nb, szacowane zasoby
około 9,1 mil. t**



Rb
Rubid

Zasoby około 90 tyś. t



Selen – Se
szacowane zasoby 99 tyś t
roczna produkcja 2 800 t



celestyn
SrSO₄

Stront – Sr
zasoby – 6,8 mil. t



Siarka – S, zasoby światowe (siarki rodzimej, w gipsach anhydrytach itp.) rzędu 600 miliardów t.



Tantal – Ta, zasoby 55 tyś. t

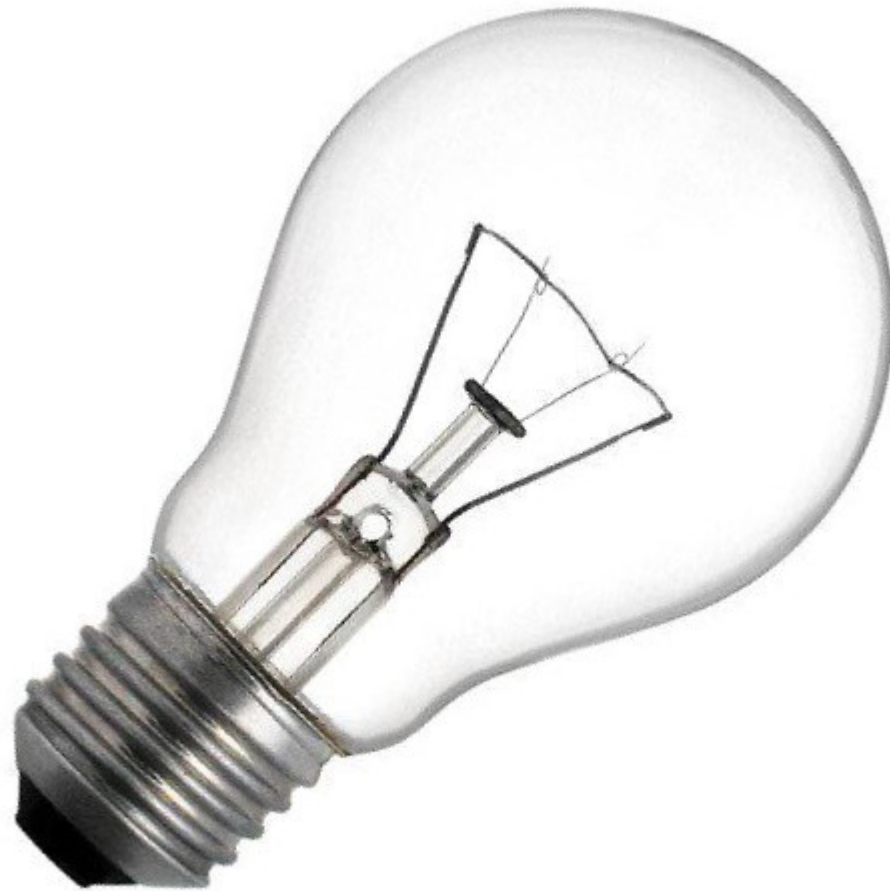


**Tellur Te, szacowane zasoby
31 000t**



**Tal – Tl, szacowane zasoby
17 mil. kg.**

W węglach kopalnych około 630mil. kg



Wolfram – W, zasoby około 3,3 mil. t



Itr – Y, szacowane zasoby 500 000t

The image shows two long, dark, cylindrical rods of zirconium metal, which have a mottled, metallic texture. They are positioned diagonally across the frame. In the lower-left corner, there is a small, square block of the same material. The background is a plain, light gray.

Cyrkon Zr

zasoby światowe
73 000 000 ton

Światowa produkcja i szacunkowe zasoby wybranych metali w 2012 roku. wg. US Geological Survey

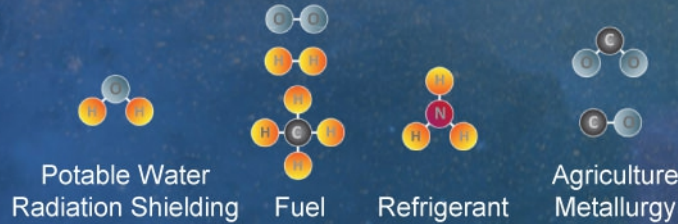
Pierwias tek	Produkcja Mg metal	Światowe zasoby MG metal	Wystarczalnoś ć statyczna
Mangan	16 000	630 000	około 39 lat
Nikiel	2 100 000	75 000 000	około 36 lat
Cynk	13 000 000	250 000 000	około 19 lat
Miedź	17 000 000	680 000 000	około 40 lat
Srebro	24 000	540 000	około 23 lata
Złoto	2 700	52 000	około 19 lat
Kobalt	110 000	7 500 000	około 68 lat
Wolfram	73 000	3 200 000	około 44 lata

Alternatywa surowcowa ludzkości



High Value Asteroid Materials

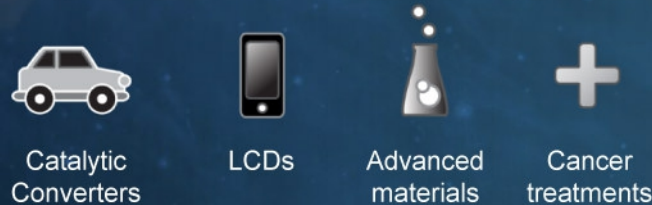
ASTEROID ELEMENTAL ABUNDANCE RELATIVE TO EARTH'S CRUST



VOLATILES AND H₂O
to fuel the growth of
humanity into new frontiers



INDUSTRIAL METALS
to construct and
sustainably service space
platforms



PLATINUM GROUP METALS
to support demand growth on
Earth



Despite desire to reduce dependency,
one-in-four manufactured goods require PGMs.



Dziękuję