



CREDO WEEK 2018

Cosmic-Ray Extremely Distributed Observatory: join a global effort to detect and study cosmic-ray ensembles.

Including:

- Discoverology Workshop
- The CREDO School
- Anniversary Symposium
- Collaboration Meeting

1-5 October, 2018, Kraków, Poland

SCIENTIFIC PROGRAM COMMITTEE

Dmitriy Bezukko (BC)
Tomasz Bulik (IAU UW)
Bekir Sinoglu (TUBS)
Piotr Hasiada (IFJ) / Chair
Peter Kovacs (WSCP)
Manik Mitra (IChPhonE AGH)
Mikhail V. Mironov (IKU)
Agnieszka Polko (MCS2)
Zdzislaw Tabor (IFJ)
Bogdan Wozniak (IQAO)

LOCAL ORGANIZING COMMITTEE

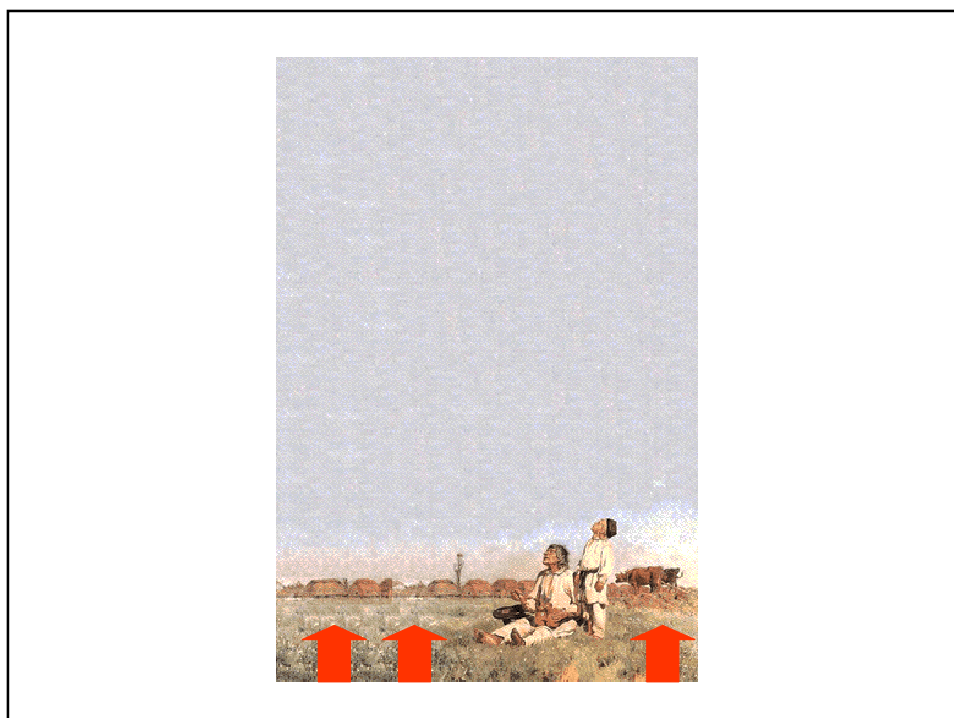
Kevin Almeida Cheminant (IFJ)
Ning Chen (IFJ)
Dariusz Cies (IFJ) / Chair
Robert Kaminski (IFJ)
Konrad Koparko (IFJ)
Michał Krupnicki (IFJ) / Media
Alexander Sulichov (IFJ)
Krzysztof Wozniak (IFJ)

credo.science/credo-week-2018


Logos: CREDO, Vozgrad Fund, IFJ, MZ PAN, European Union, Polish Ministry of Science and Higher Education, Polish Academy of Sciences, and others.

Projekt CREDO

Ekstremalnie
Rozproszone
Obserwatorium
Promieniowania
Kosmicznego



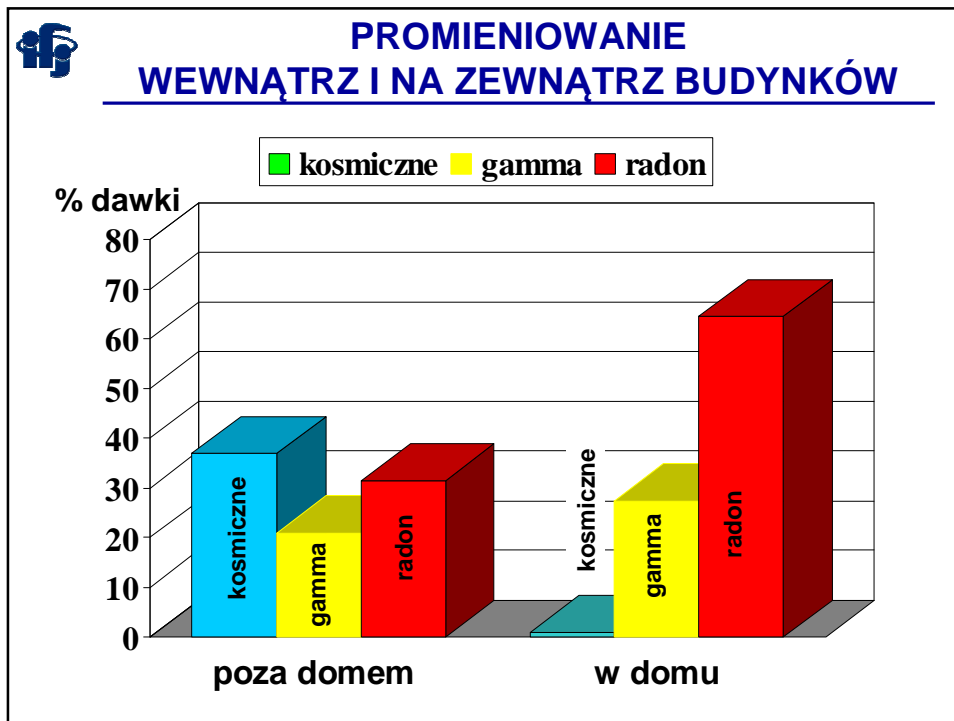


 INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

**Promieniowanie jonizujące
nie tylko z kosmosu
– radon,
naturalny gazowy izotop promieniotwórczy
w naszych domach**

Krzysztof Kozak

CREDO WEEK; IFJ PAN Kraków, 3/10/2018







**LABORATORIUM EKSPERTYZ
RADIOMETRYCZNYCH
INSTYTUT FIZYKI JADROWEJ PAN**





AB 788

**akredytacja od:
05.02.2007 r**

**Udział w 28
interkalibracjach
i pomiarach porównawczych
zawsze z wynikiem pozytywnym**

POLSKIE CENTRUM AKREDYTACJI
POLISH CENTRE FOR ACCREDITATION



Sygnatariusz EA MLA
EA MLA signatory

CERTYFIKAT AKREDYTACJI
LABORATORIUM BADAWCZEGO
ACCREDITATION CERTIFICATE OF TESTING LABORATORY
Nr AB 788

Potwierdza się, że / This is to confirm that:
**INSTYTUT FIZYKI JADROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk
LABORATORIUM EKSPERTYZ RADIOMETRYCZNYCH
ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków**

spełnia wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005
(meets requirements of the PN-EN ISO/IEC 17025:2005 standard)

Akredytowana działalność jest określona w Zakresie Akredytacji Nr AB 788
(Accredited activity is defined in the Scope of Accreditation No AB 788)

Akredytacja pozostaje w mocy pod warunkiem przestrzegania
wymagań jednostki akredytującej określonych w kontrakcie Nr AB 788
(This accreditation remains in force provided the laboratory observes
the requirements of Accreditation Body defined in the Contract No AB 788)

Certyfikat akredytacji ważny do dnia 04.02.2019 r.
(The certificate of accreditation is valid until 04.02.2019)

Akredytacji udzielono dnia 05.02.2007 r.
(Accreditation was granted on 05.02.2007)



DYREKTOR
POLSKIEGO CENTRUM AKREDYTACJI



EUGENIUSZ W. ROGUSKI

Warszawa, 8 stycznia 2015 roku

data ważności certyfikatu: 04.02.2019 r.



5.02.2007

1. Wyznaczanie stężeń izotopów potasu K-40, radu Ra-226, toru Th-228 w próbkach stałych metodą trójkąnową spektrometrii promieniowania gamma
2. Wyznaczanie stężeń izotopu radonu Rn-222 w próbkach gazowych metodą spektrometrii promieniowania alfa z wykorzystaniem komory jonizacyjnej
3. Wyznaczanie stężeń izotopu radonu Rn-222 w próbkach ciekłych metodą spektrometrii promieniowania alfa z wykorzystaniem komory jonizacyjnej
4. Wyznaczanie stężeń izotopu radonu Rn-222 w próbkach gazowych metodą detektorów śladowych typu CR-39



CHIMERA LAB

Laboratorium Spektrometryczno - Dozymetryczne do badań terenowych

LER
Laboratorium Ekspertyz Radiometrycznych

[http:// radon.ifj.edu.pl](http://radon.ifj.edu.pl)
012 66 28 332
0-517 904 204





GammaTracer
WYSOKOCZUŁE POMIARY MOCY DAWKI W SZEROKIM ZAKRESIE



InSpector 1000
WYKRYWANIE IZOTOPOW PROMIENIOWYCH POMIAR MOCY DAWKI



Baby Line 81
KOMORA JONIZACYJNA TKANKO-PODOBNA POMIAR DAWEK



AlphaGuard
Wysoko czuły detektor promieniotwórczy HPGe



Triathler LSC
CIEKŁOSCINTYLACYJNY SPEKTROMETR PROMIENIOWANA ALFA I BETA



RadoSys
KOMORA DYFUZYJNA z detektorem CR-39
POMIAR STĘŻENIA RADONU I POCHODNYCH RADONU W POWIETRZU



AlphaGuard PS 2000PRO
REFERENCYJNY MIERNIK STĘŻENIA RADONU

UNIA EUROPEJSKA
Zdaniem wyrażonym na stronie internetowej Komisji Europejskiej



Lab. GAMMA



Lab. RADON




Lab. CR-39



Lab. PRÓBK

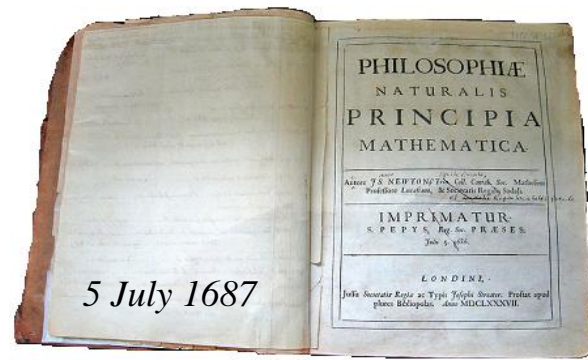
Sir Isaac Newton

« 25 XII 1642 U20 III 1726/7)



Is. Newton

Philosophiae naturalis principia mathematica (1687)
(Matematyczne zasady filozofii przyrody)



5 July 1687

"... Bóg na początku uformował materię w postaci twardych, masywnych, nieprzenikliwych, ruchomych cząstek. ... I te pierwotne cząstki są ciałami ... tak twardymi, że nigdy nie ulegają zużyciu ani nie rozpadają się ..."

Isaak Newton



ODKRYCIE PROMIENIOTWÓRCZOŚCI



Henri Becquerel
1852 - 1908



23 listopada 1896r. zawiadomił Akademię Nauk, że kawałki soli uranowej, przechowywane przez sześć miesięcy w zupełnej ciemności wysyłają promienie.

Krzysztof Kozak – IFJ PAN





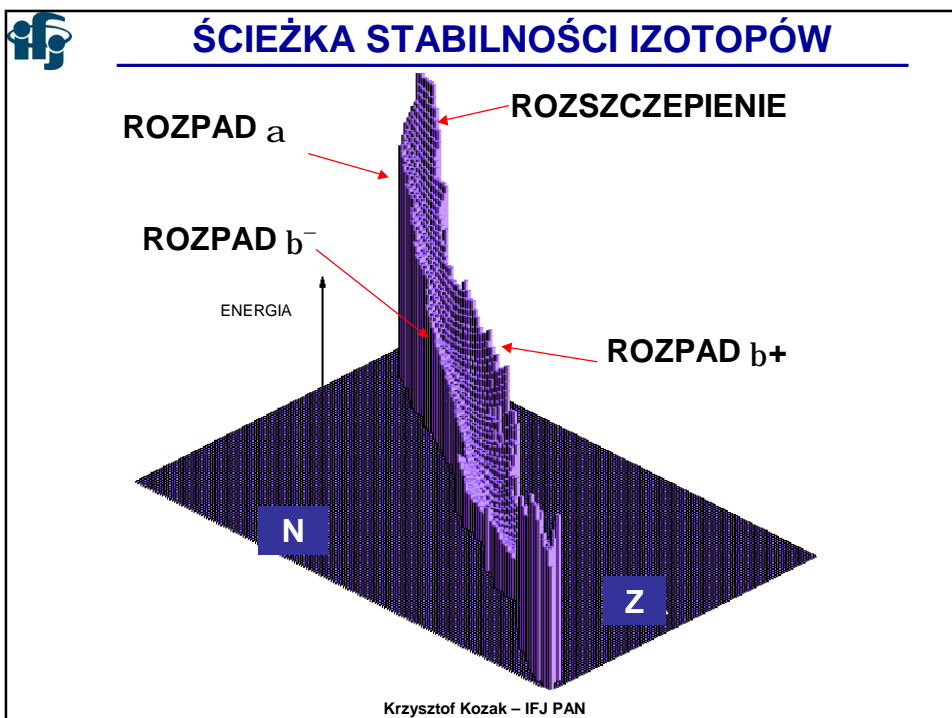
2 NAGRODY NOBLA

1903 z fizyki (z Pierre Curie i Henrim Becqueralem)
za badania zjawiska promieniotwórczości


1911 z chemii - za wydzielenie czystego radu i badanie właściwości chemicznych pierwiastków promieniotwórczych

Maria Salomea Skłodowska-Curie
ur. 7.11.1867 w Warszawie
zm. 4.07.1934 w Passy





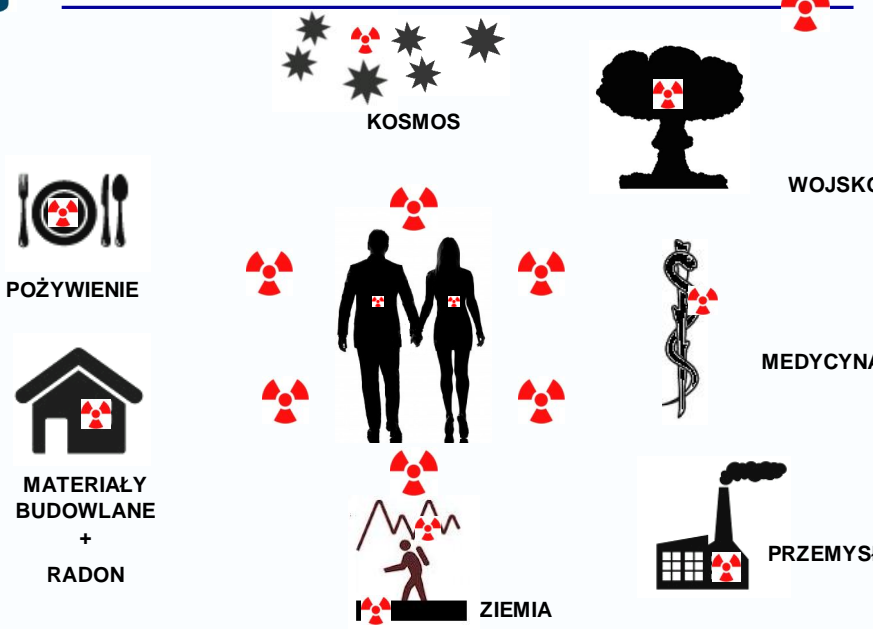
IFJ PROMIENIOWANIE – CZĘŚĆ WSZECHŚWIATA



- 112 pierwiastków
ale aż 2 478 izotopów
- 259 izotopów stabilnych
- 29 „starszych niż Świat”
- 11 z szeregu Th-232
- 16 z szeregu U-235
- 18 z szeregu U-238
- 15 kosmogenicznych

Oficjalna wersja IUPAC 1/05/2013
Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej
Z = 1, 112 i 113, 115, 117 i 118,do 120 ?

IFJ PROMIENIOWANIE WOKÓŁ NAS



KOSMOS

WOJSKO

POŻYWIENIE

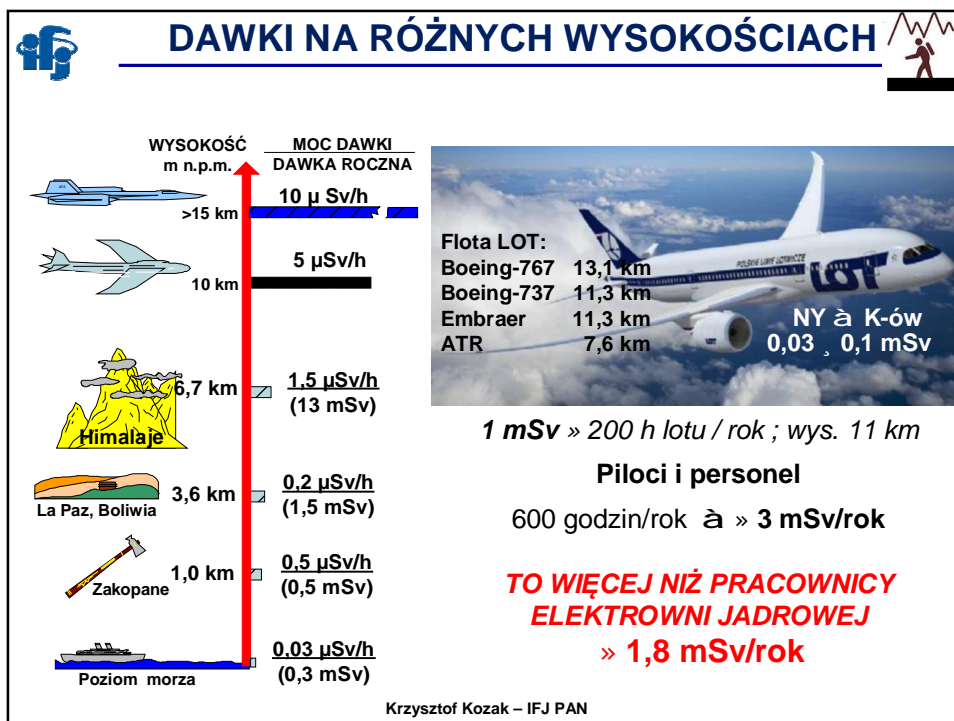
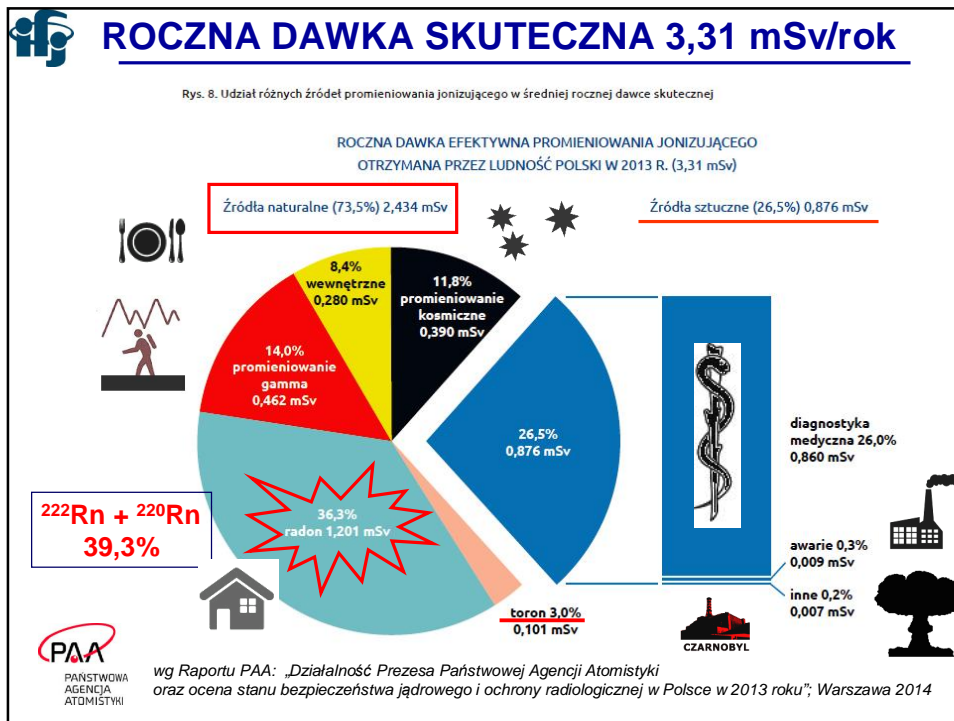
MEDYCYNĄ

MATERIAŁY BUDOWLANE + RADON

PRZEMYSŁ

ZIEMIA

Krzysztof Kozak – IFJ PAN





DAWKI W KOSMOSIE

Ogól społeczeństwa - 1 mSv/rok,
Osoby zawodowo narażone - 20 mSv/rok



Space Station

ISS: 20 mSv/h » 14 mSv/miesiąc
1 misja: 180 dni à 80 , 160mSv



MARS

0,6 Sv/rok – składowa galaktyczna




Rekord: Siergiej Krikaliew
803 dni, 9 godzin i 39min
dawka: 352 , 704 mSv

- jak dotąd tylko 24 ludzi załogi misji Apollo opuściło ziemską magnetosferę
- dawki godzinne były 3x wyższe niż na LEO, ale ich misje trwały bardzo krótko


do 2 Sv na pojedynczy wybuch



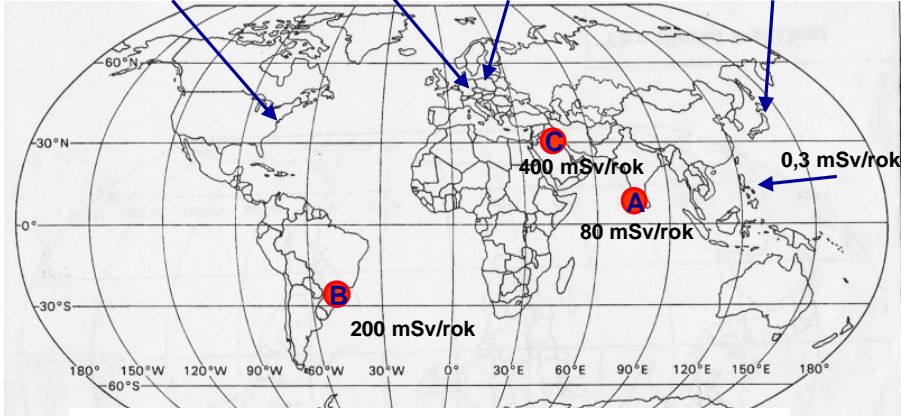
Krzysztof Kozak – IFJ PAN



OBSZARY O PODWYŻSZONYM TLE PROMIENIOWANIA NATURALNEGO



4,8 mSv/rok 9,3 mSv/rok 2,8 mSv/rok 2,1 mSv/rok



0,3 mSv/rok


400 mSv/rok

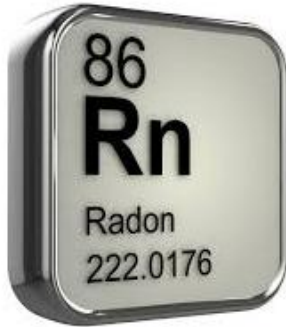
80 mSv/rok

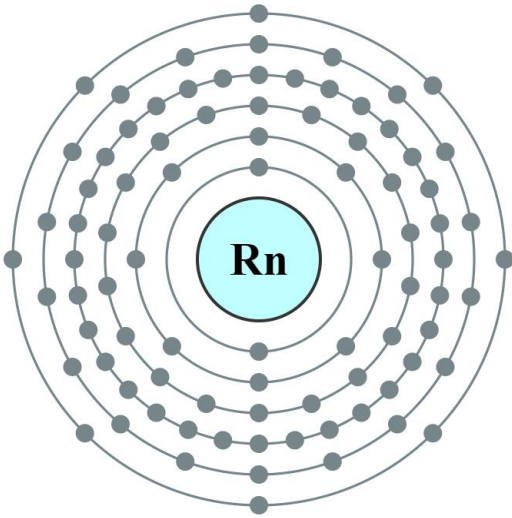
200 mSv/rok

A – Kerala i Tamil Nadu Indie	80 mSv/rok
B – Guarapari, Pocos de Caldos Brazylia	~ 200 mSv/rok
C – Ramsar Iran	400 mSv/rok


Krzysztof Kozak – IFJ PAN








Masa atomowa: 222 $86 p + 136 n = 222$ nukleonów
 Konfiguracja elektronów: 2, 8, 18, 32, 18, 8





FIZYKA

- URAN
- GEOLOGIA
- METODY POMIARÓW
- MARKER PROCESÓW

ZDROWIE

- DAWKI
- EFEKTY ZDROWOTNE
- ZABEZPIECZENIA
- BADANIA

HISTORIA „RADONU” W IFJ PANS

START...1983

DOC. TADEUSZ NIEWIADOMSKI 

1990

DR MALGORZATA NOWINA-KONOPKA 


5 000 DOMÓW  

1993

PROF. JAN A. CZUBEK KOPALNIE 

1995

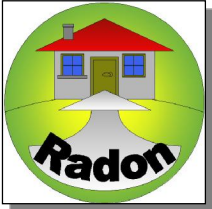
PROF. JERZY LOSKIEWICZ 



**W domu czujemy się bezpieczni
TO NIE ZAWSZE JEST PRAWDA !**

GRZYBY, CHEMIA, CO, ...

RADON !





 **RADON**



RADON à izotop naturalny

WYSOKIE STĘŻENIA RADONU w DOMACH
à sytuacja NIENATURALNA 

 **HISTORIA RADONU** 

XVI w – Scheeberg (G.Kruszcowe) prace *G.Bauer*
 XVII w – Jachymov (Czechy)
 1879 – nowotwory płuc – Scheeberg (prace *Hartburg i Hesse*)
 1898 – M.Skłodowska-Curie i P.Curie; $UO_2 + temp \rightarrow gaz ???$
 1899-1900 – emanacja E.Rutherford (Th)
1900 – F.E.Dorn odkrycie radonu ^{222}Rn
 1921 – radon przyczyną nowotworów płuc u górników (*M.Uhlig*)
 1923 – Międzynarodowy Kongres Nauki o Promieniotwórczości
 wprowadzenie nazwy **RADON**
 XX w *lata 20* – rad i radon w medycynie
lata 30 – apogeum „medycyny radonowej” (*hormeza*)
lata 40 radon à nowotwory płuc (eksplozje jądrowe)
 1957– Raymond (USA) zbiornik na wodę pitną $22\ 000\ Bq/m^3$
 1984 – inż.S.Watras NPP Limerick + Czarnobyl (86) *radiofobia*



GRUDZIEŃ 1984 ROK

inż. Stanley Watras
pracownik Elektrowni Jądrowej
Limerick (Pensylwania); USA




ALARM

urządzeń przy wejściu do pracy
UBRANIE SKAŻONE
PRODUKTAMI ROZPADU RADONU



100 000 Bq/m³



RADON ²²²Rn


NATURALNY IZOTOP PROMIENIOTWÓRCZY ð pierwiastek grupy 18 – GAZ SZLACHETNY

ð bezbarwny gaz, bez zapachu i smaku !

ð najcięższy (9,73 g/dm³) pierwiastek gazowy

ð rozpuszcza się w wodzie

222



86

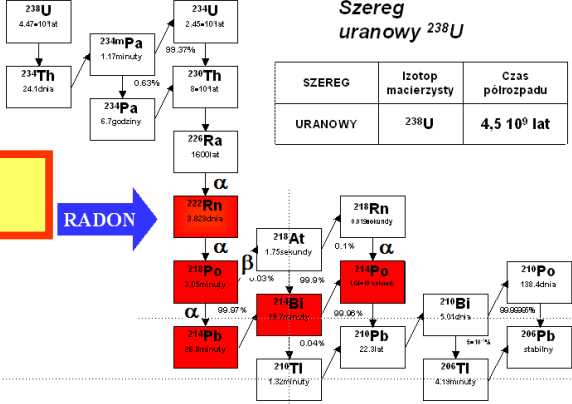
odkryty przez Dorna w 1900 r.

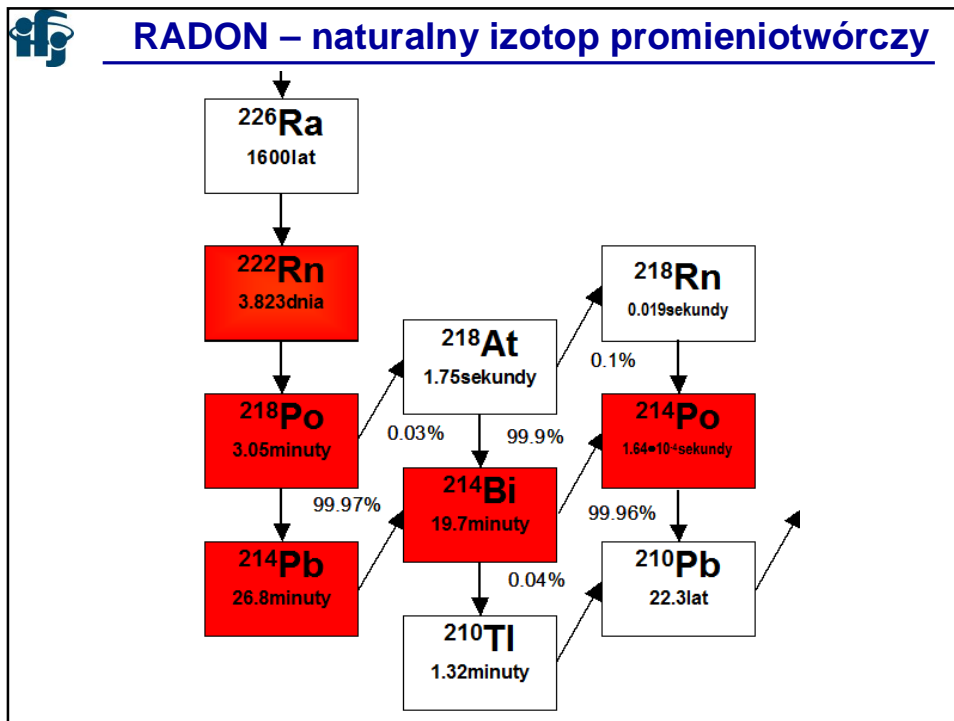
222Rn radon (²³⁸U)
T_{1/2} = 3,823 dnia

RADON →

Szereg uranowy ²³⁸U

SZEREG	Izotop macierzysty	Czas półrozpadu
URANOWY	²³⁸ U	4,5 · 10 ⁹ lat





Dziennik Ustaw Nr 4 **Poz. 29**

ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW
z dnia 2 stycznia 2007 r.

w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie, oraz kontroli zawartości tych izotopów.

PROMIENIOWANIE

ZEWNĘTRZNE
PROMIENIOWANIE GAMMA od izotopów promieniotwórczych od K-40, Ra-226 i Th-232 zawartych w materiałach budowlanych


WEWNĘTRZNE
INHALACJA Rn-222

WIDMO PROMIENIOWANIA GAMMA - DETEKTOR Na(I)


Okno zliczeń

- 609 keV (^{214}Bi)
- 908 keV (^{214}Pb)
- 1120 keV (^{214}Bi)
- 1460 keV (^{40}K)
- 1760 keV (^{214}Bi)
- 2615 keV (^{214}Pb)






POTAS
RAD
TOR




MATERIAŁY BUDOWLANE



Najwyższe zaobserwowane stężenia izotopów (w latach 2006 , 2012)

<p>POPIOŁ</p>  <p>590 Bq/kg Ra-226 1 150 Bq/kg K-40</p>	<p>ŻUŻEL</p>  <p>140 Bq/kg Th-232</p>
<p>KRUSZYWO NATURALNE</p>  <p>1 370 Bq/kg K-40</p>	<p>CEGŁA</p>  <p>100 Bq/kg Ra-226 820 Bq/kg K-40</p>
<p>FLIZY</p>  <p>150 Bq/kg Th-232</p>	

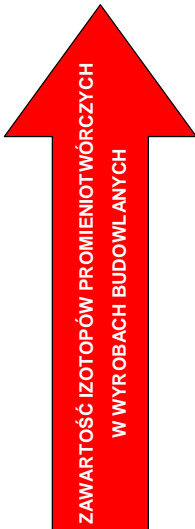
Krzysztof Kozak – IFJ PAN



Wyniki uzyskane

w Laboratorium Ekspertyz Radiometrycznych IFJ PAN Kraków – od 1993 roku

Pomiary współczynników f_1 i f_2 dla: popiołów, żużli, cegieł, pustaków, płytek ceramicznych, cementu, surowca ilastego.

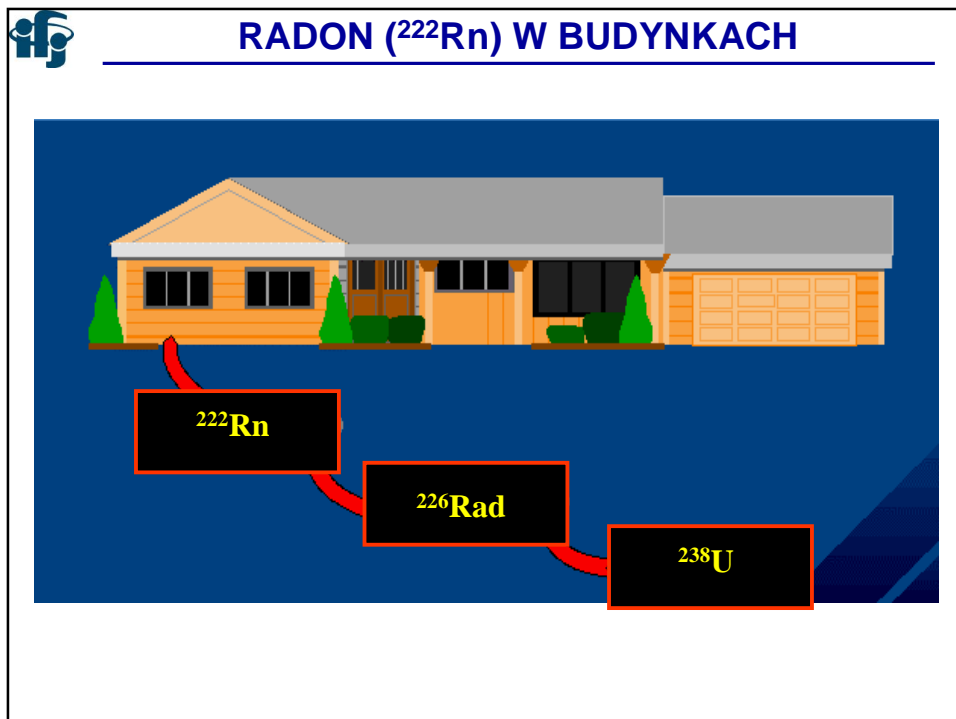
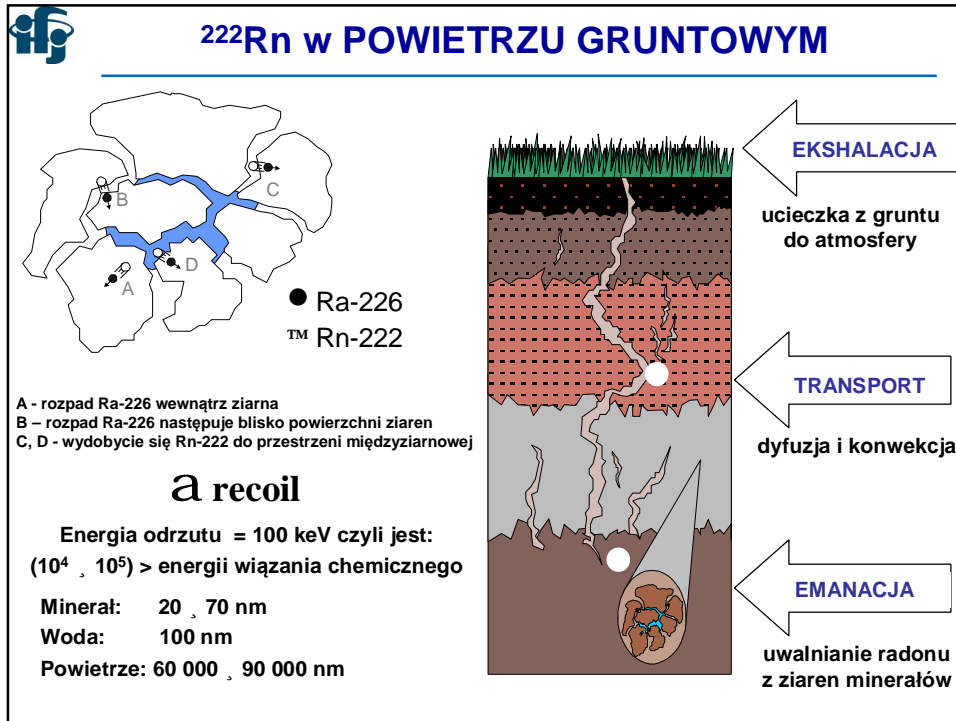


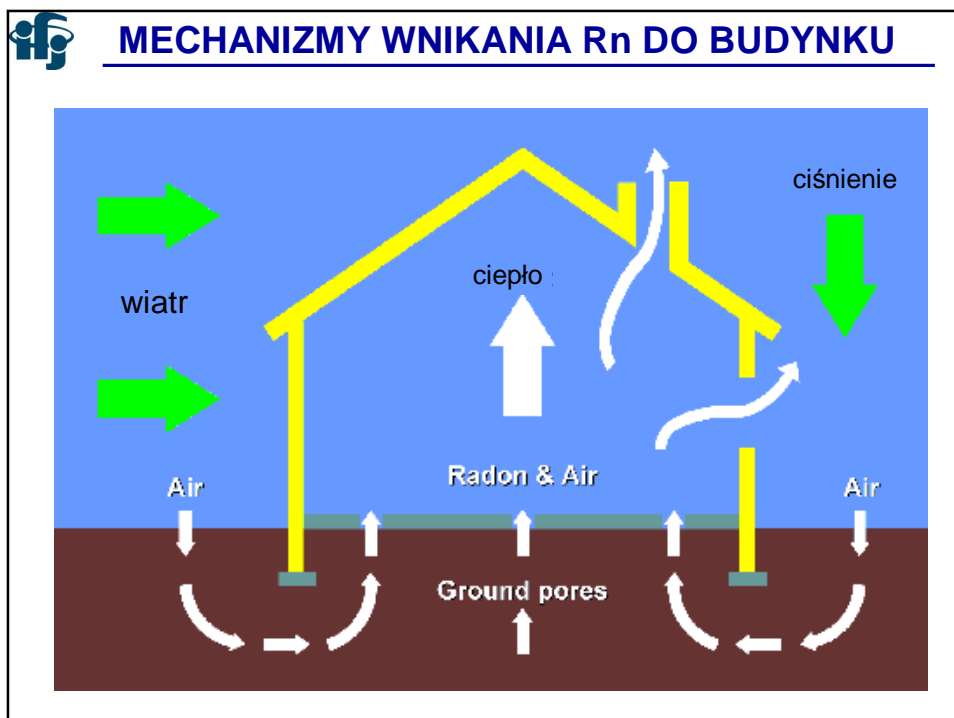
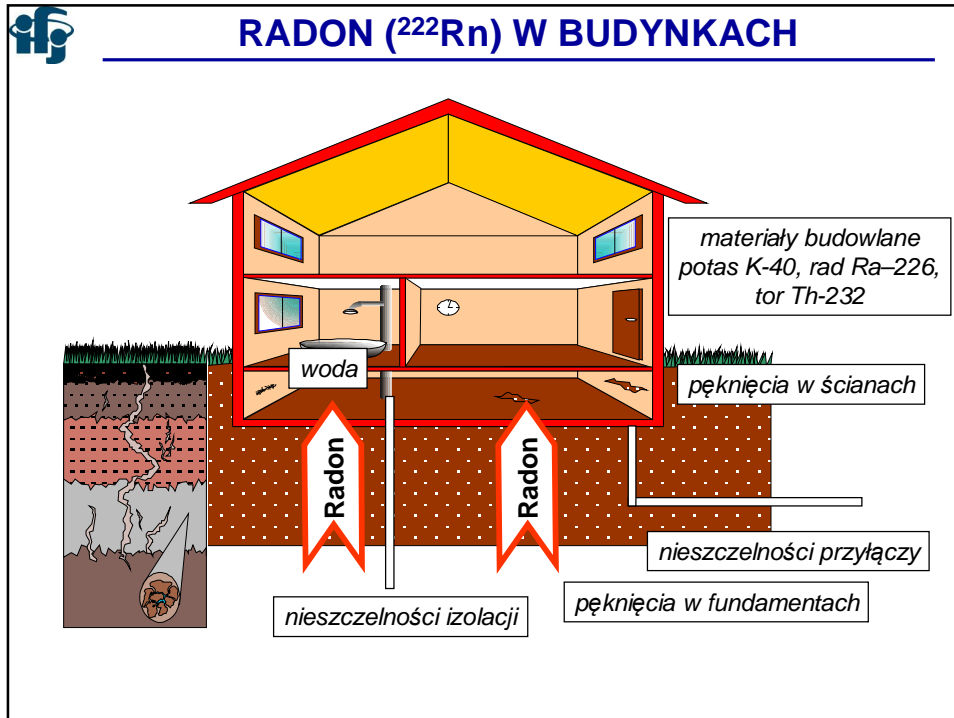
ZAWARTOŚĆ IZOTOPÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH
W WYROBACH BUDOWLANYCH

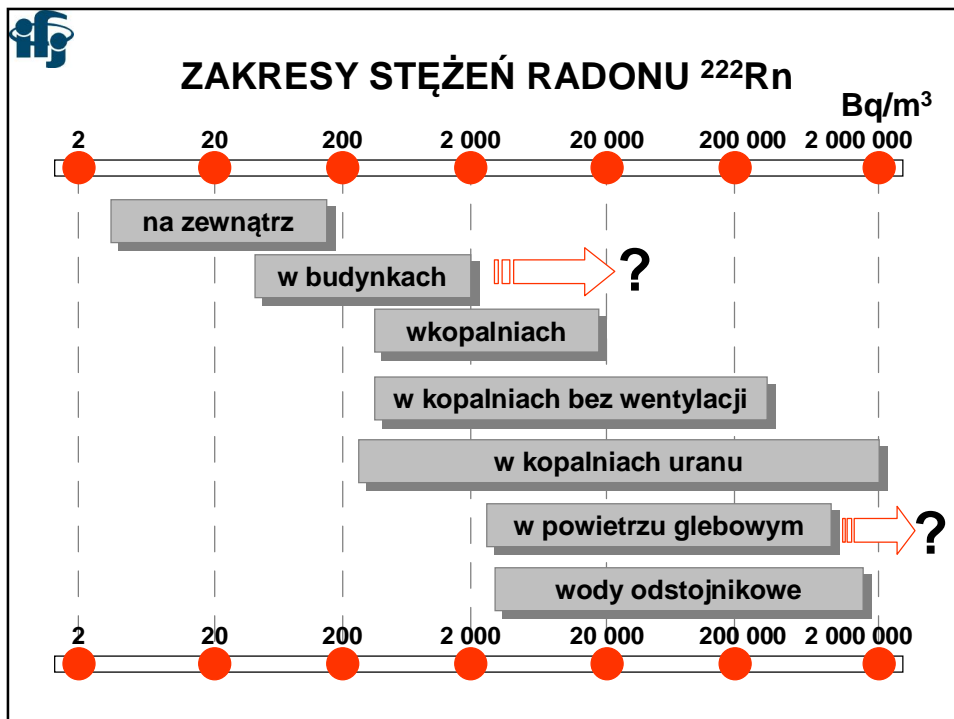
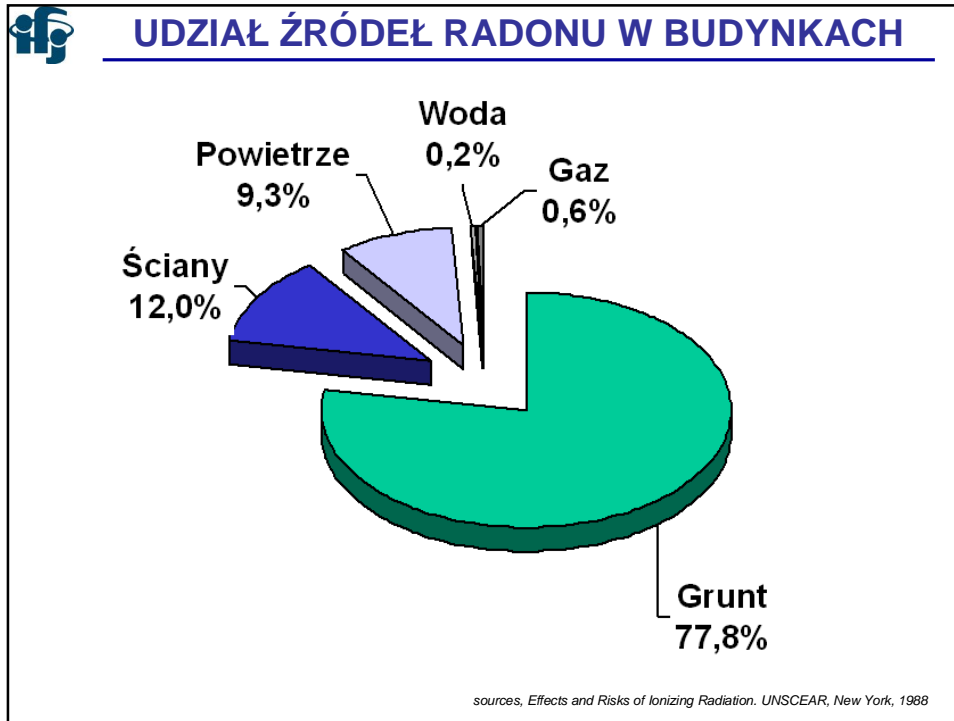
- cegła ceramiczna
- żużlobeton
- beton komórkowy (popioły lotne)
- płytki ceramiczne (importowane)

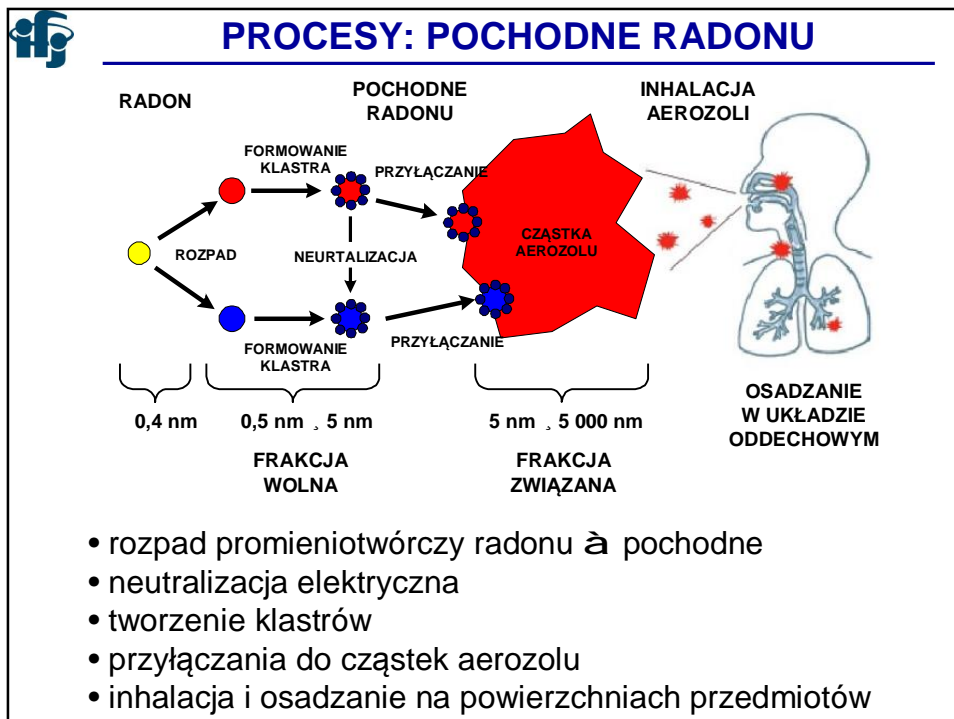
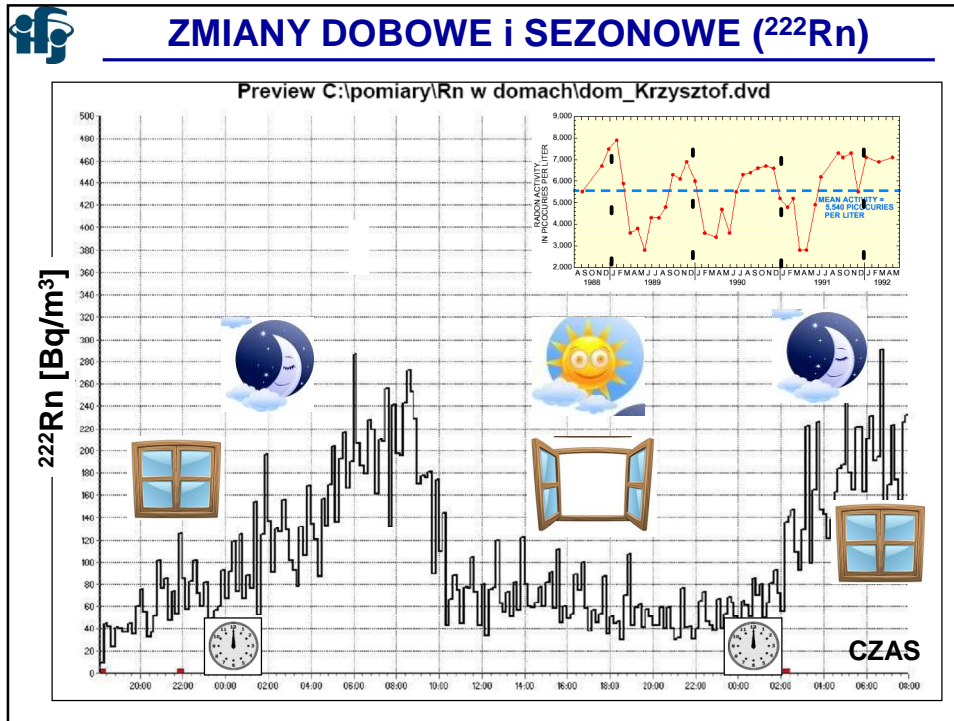
- beton lekki z kruszywem keramzytowym

- beton komórkowy - na bazie piasku
- beton zwykły
- cegła sylikatowa
- gips i wapno









EFEKTY ZDROWOTNE INHALACJI ²²²Rn

uszkodzenia DNA

Działanie pośrednie 60-70 %

Działanie bezpośrednie 30-40 %

powstawanie wolnych rodników

INHALACJA AEROZOLI

OSADZANIE W UKŁADZIE ODDECHOWYM

DAWKA INHALACYJNA ZALEŻY OD:

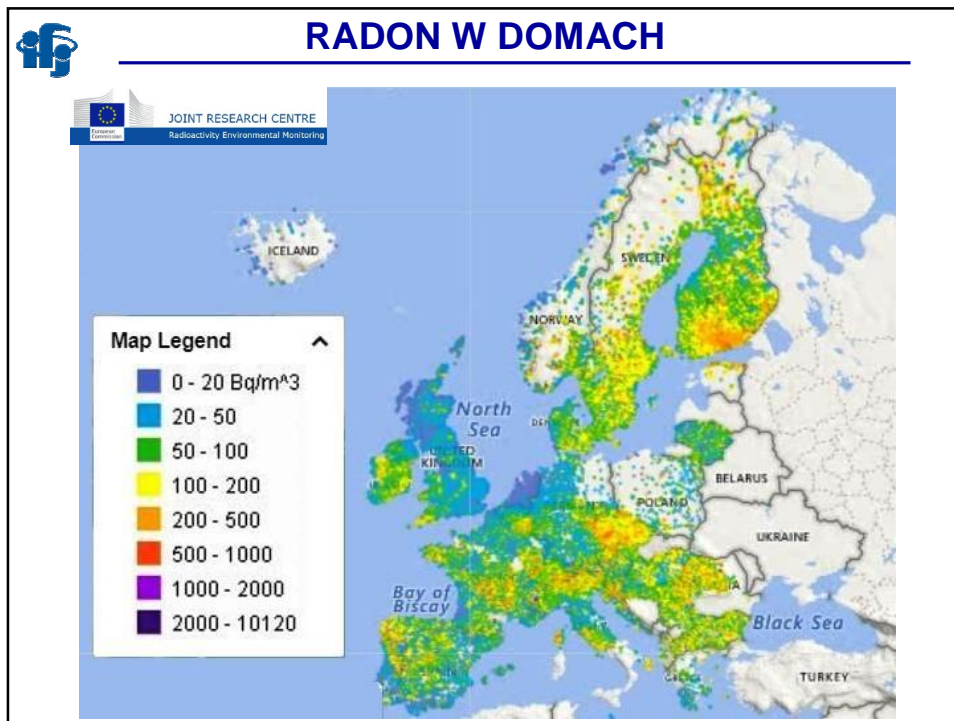
- stężenia radonu i pochodnych w powietrzu
- szybkości oddychania
- fizycznych właściwości radionuklidów
- obszaru płuc, gdzie cząsteczki są zdeponowane
- szybkości usuwania cząstek (ich średnicy, gęstości)

Pochodne radonu
nie deponują się jednolicie w układzie oddechowym – głębokość wnikięcia cząstki zależy od jej rozmiarów

NOWA DYREKTYWA RADY UE NOWOŚĆ!

**NARAŻENIE
NA PROMIENIOWANIE NATURALNE
JEST TRAKTOWANE, TAK SAMO
JAK NARAŻENIE
OD SZTUCZNYCH ŹRÓDEŁ PROMIENIOWANIA
jako sytuacja narażenia planowanego**


=

NOWA DYREKTYWA RADY UE

NOWOŚĆ!

Artykuł 54

Radon w miejscach pracy

1. Państwa członkowskie zapewniają, aby pomiary radonu były prowadzone.

2. Państwa członkowskie wymagają, aby pomiary radonu były prowadzone:

a) w miejscach pracy na obszarach zidentyfikowanych zgodnie z art. 103 ust. 3, które są zlokalizowane na poziomie parteru lub piwnicy, z uwzględnieniem parametrów zawartych w krajowym planie działania określonym w załączniku XVIII pkt 2, a także

b) w określonych rodzajach miejsc pracy określonych w krajowym planie działania z uwzględnieniem załącznika XVIII pkt 3.

3. Na obszarach w granicach miejsc pracy, w przypadku gdy stężenie radonu (jako średnia roczna) nadal przekracza krajowy poziom referencyjny, pomimo działań podjętych zgodnie z zasadą optymalizacji określoną w rozdziale III, państwa członkowskie wymagają, aby sytuacja ta została zgłoszona zgodnie z art. 25 ust. 2, zastosowującemu art. 35 ust. 2.

Artykuł 74

Narażenie na radon w pomieszczeniach

1. Państwa członkowskie zapewniają, aby średnie roczne stężenie promieniotwórczości radonu w powietrzu nie mogły być wyższe niż 300 Bq m⁻³.

2. W ramach krajowego planu działania, o którym mowa w art. 103, państwa członkowskie propagują działania mające na celu zidentyfikowanie budynków mieszkalnych, w których stężenie radonu (jako średnia roczna) przekracza poziom referencyjny, i zachęcają, w stosownych przypadkach za pomocą środków technicznych lub finansowych, w tych budynkach środków służących ograniczeniu stężenia radonu.

3. Państwa członkowskie zapewniają dostarczanie krajowych informacji na temat narażenia na działanie radonu oraz związanych z nim zagrożeń, w tym na temat dostępnych środków technicznych ograniczenia występujących stężeń radonu.

Artykuł 103

Plan działania w zakresie radonu

1. Państwa członkowskie zapewniają, aby w budynkach mieszkalnych, budynkach użyteczności publicznej i w miejscach pracy w odniesieniu do każdego źródła przenikania radonu z gleby, z materiałów budowlanych lub wody, Plan działania uwzględniał kwestie określone w załączniku XVIII i jest regularnie aktualizowany.

2. Państwa członkowskie zapewniają odpowiednie środki zapobiegające przenikaniu radonu ze środowiska do nowych budynków. Środki te mogą obejmować szczegółowe wymogi w krajowych kodeksach budowlanych.

3. Państwa członkowskie identyfikują obszary, na których stężenie radonu (jako średnia roczna) w znaczącej liczbie budynków może przekroczyć odnośny krajowy poziom referencyjny.



W celu zarządzania długoterminowymi zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie radonu w mieszkaniach, budynkach użyteczności publicznej i w miejscach pracy tworzy się **Krajowy Plan Działania w zakresie radonu (Art. 103)**

Krzysztof Kozak – IFJ PAN

 **EFEKT PRAC KOMISJI - GRUPA II i V**


**Projekt ustawy – Prawo atomowe (część dot. radonu)
wdrożenie Dyrektywy 2013/59/2013**



 **NOWA DYREKTYWA RADY UE** 

ROZDZIAŁ X
PRZEPISY KOŃCOWE
Artykuł 106
Transpozycja

1. Państwa członkowskie wprowadzają w życie przepisy ustawowe, wykonawcze i administracyjne niezbędne do wykonania niniejszej dyrektywy najpóźniej do dnia 6 lutego 2018 r.
2. Przepisy przyjęte przez państwa członkowskie zawierają odniesienie do niniejszej dyrektywy lub odniesienie takie towarzyszy ich urzędowej publikacji. Metody dokonywania takiego odniesienia określane są przez państwa członkowskie.



Krzysztof Kozak – IFJ PAN

ifj **DAWKI OD RADONU !**

Stężenie radonu [Bqm ⁻³]	Czas pracy rocznie [godz.]	Roczna dawka skuteczna [mSv]	Kategoria narażenia na promieniowanie jonizujące
300	1000	0,9	bez narażenia
300	2000	1,8	kat. B
1 000	1000	3	kat. B
1 000	2000	6	kat. A
3 000	2000	18	kat. A - możliwość przekroczenia wartości granicznej dawki rocznej 20 mSv
8 000	2000	48	Przekroczona wartość graniczna dawki rocznej; możliwość przekroczenia wartości granicznej w pojedynczym roku 50 mSv

ifj **POZIOM ODNIESIENIA RADONU** **NOWOŚĆ!**



poziom referencyjny
poziom odniesienia



< 300 Bq/m³

dla średniego rocznego
stężenia promieniotwórczości radonu
w powietrzu

ifj **OBLIGATORYJNOŚĆ POMIARÓW ?**





MESZKANIA
brak możliwości
wprowadzenia
obowiązku pomiarów



MIEJSCA PRACY
jest możliwość
wprowadzenia
obowiązku pomiarów
(pracodawca)

Krzysztof Kozak – IFJ PAN

ifj **POZIOMY STĘŻENIE RADONU**

	BUDYNKI nowe	BUDYNKI istniejące
 600 Bq/m³	NIEDOPUSZCZALNE !!!	
	niedopuszczalne	konieczność redukcji stężeń
300 Bq/m³	POZIOM ODNIESIENIA <i>poziom referencyjny</i>	
 100 Bq/m³	OPTYMALIZACJA	
	POZIOM DOCELOWY	

Seminarium IFJ PAN; 26.11.2015; Krzysztof Kozak



DETEKTOR ŚLADOWY (SSNTD)



DETEKTOR PASYWNY z folią typu: CR-39





2,5 cm

5,5 cm



PADC/CR-39 Plastics "Columbia Resin #39"; 1940r.

Electro-Static Protection

Rozmiar; 10 × 10 mm

Czułość: 2,4 śladów·cm²·kBq⁻¹·h⁻¹·m³

Typowe tło: 0,3 śladów·m⁻²

Limit > 12 MBq·h/m³

Alpha energy windows (standard etching conditions)

CR-39 : ~ 0 to 7.68 MeV

LR-115 : ~ 1.2 to 4.8 MeV

Energie cząstek alfa

²²²Rn : 5.5 MeV

²¹⁸Po : 6.0 MeV

²¹⁴Po : 7.7 MeV

²¹⁰Po : 5.3 MeV



DETEKTOR ŚLADOWY (SSNTD)



DETEKTOR PASYWNY z folią typu: CR-39





2,5 cm

5,5 cm



PADC/CR-39 Plastics "Columbia Resin #39"; 1940r.

Electro-Static Protection

Rozmiar; 10 × 10 mm

Czułość: 2,4 śladów·cm²·kBq⁻¹·h⁻¹·m³

Typowe tło: 0,3 śladów·m⁻²


Limit > 12 MBq·h/m³





Φ (radonu) ≈ 0,0001 μm

Φ (aerozoli) > 0,1 μm

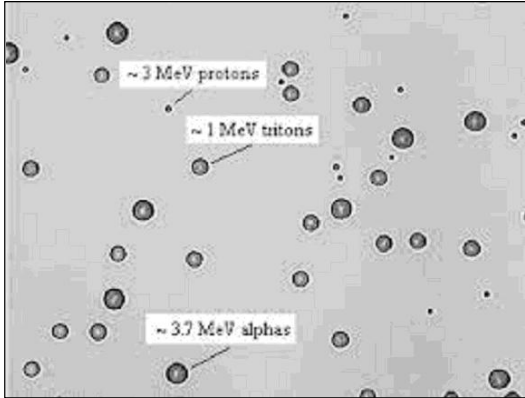



DETEKTOR ŚLADOWY (SSNTD)

Solid State Nuclear Tracks Detectors (SSNTD)
The CR-39 homopolymer is formed by polymerization and cross-linking of the oxydi-2,1-ethanediyl di-2-propenyl ester of carbonic acid.

$$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-CO-O-CH}_2\text{-CH=CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-CO-O-CH}_2\text{-CH=CH}_2 \end{array}$$

"Columbia Resin #39"
1940r.





PROCES POMIARU RADONU

KALIBRACJA

EKSPOZYCJA 3 – 4 tygodnie

WYTRAWIANIE


ODCZYT

OBLICZENIA

WYNIK [Bq/m³]


DETEKTOR CR-39

Φ 26




55


*detektory tła,
detektory kalibracyjne,
detektory pomiarowe*



RadoMeter 2000



współczynnik kalibracji



Krzysztof Kozak – IFJ PAN

ifj KALIBRACYJNA KOMORA RADONOWA IFJ-500



CONTROL BOARD



steel sheet : 3.0 mm thick
length: 2.2 m, diameter: 0,6 m
volume: 608.0 ± 2.4 dm³



DIGITAL FLOW METER




MASTERFLEX PUMP
Manually controlled (flow rates: up to 3 dm³ / min)



TIMER

- control pump
- time on
- time off
- 7 days in week

ifj ILOŚĆ ŚLADÓW à STĘŻENIE RADONU

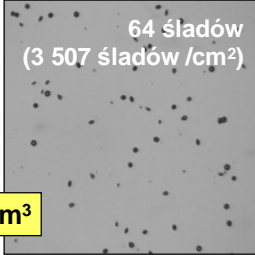


CR-39

13 śladów
(712 śladów/cm²)

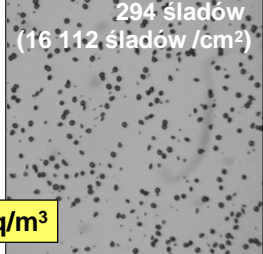
150 Bq/m³

ekspozycja: 90 dni = 2 160 h




64 śladów
(3 507 śladów /cm²)

738 Bq/m³



294 śladów
(16 112 śladów /cm²)

3 390 Bq/m³



współczynnik kalibracyjny:
k [śladów·m³·Bq⁻¹·h⁻¹·cm⁻²]

ifj **POMIARY STĘŻEŃ RADONU**

pomiar stężenia radonu: Rn-222 i toronu: Rn-220



2, 2 000 000 Bq/m³, t, %, p



AlphaGUARD PQ 2000PRO



AlphaGUARD DF 2000

ifj **POMIARY RADONU i POCHODNYCH**



EKSHALACJA RADONU



LSC
25cm
19cm
33cm

RADON W WODZIE



EQF3220 (SARAD)

RADON + POCHODNE WOLNE i ZWIĄZANE

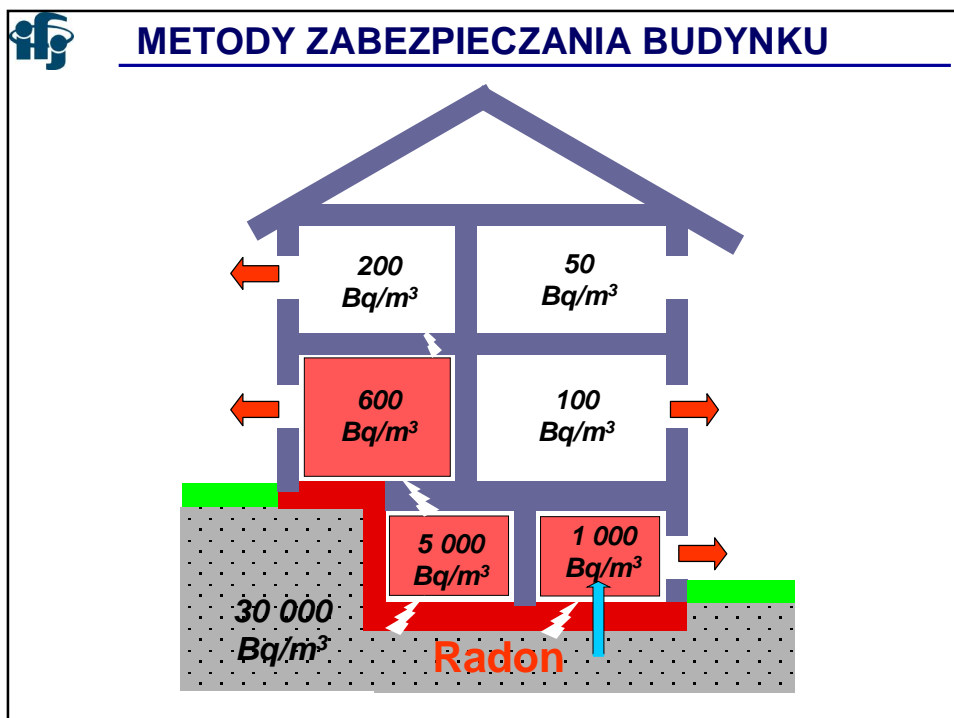
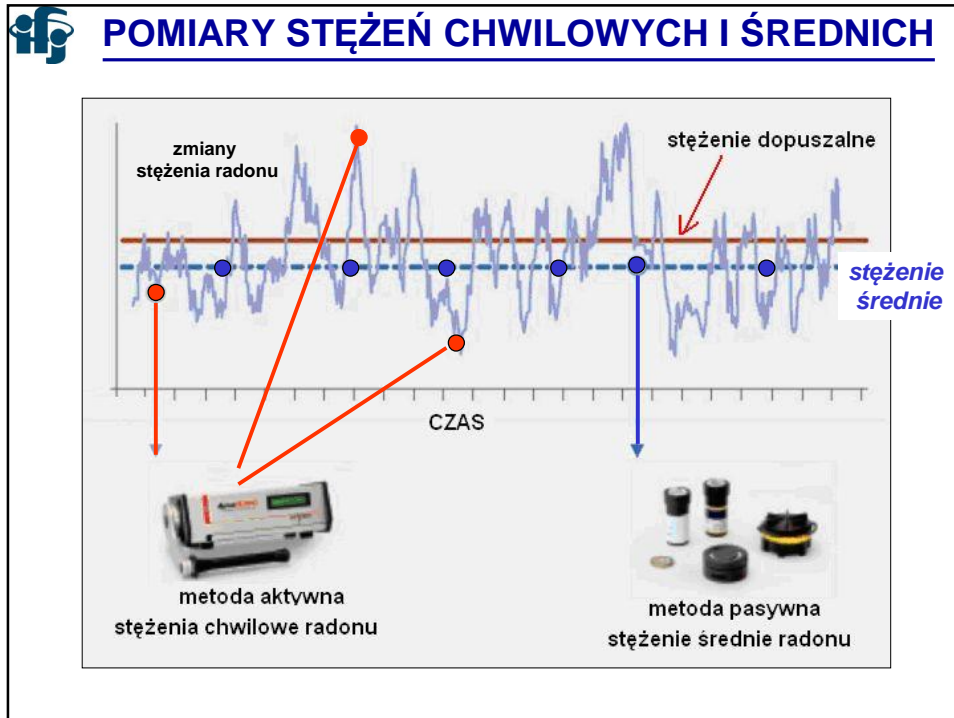


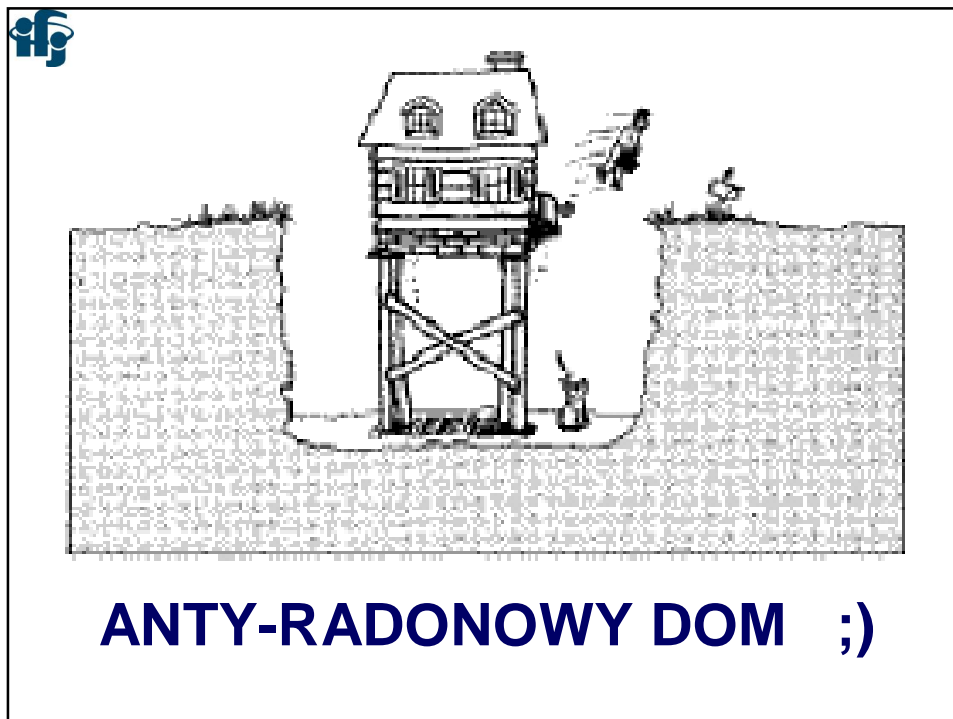
Model WLx (Pylon Electronics INC)





RM-2 SYSTEM

RADON W GLEBIE





ifj BUDYNKI ISTNIEJĄCE vs. PROJEKTOWANE

- informacja !!!
- określenie skali zagrożenia
(*pomiary, mapy geologiczne ?*)
- metody obniżania stężeń R_n
- informacja !!!

- informacja dla biur projektowych
- informacja dla firm budowlanych
- materiały budowlane
- kultura wykonania prac
- pomiary w nowym budynku
- metody obniżania stężeń R_n

Krzysztof Kozak – IFJ PAN

ifj **EKSPERTYZY RADIOMETRYCZNE**



Radon Index

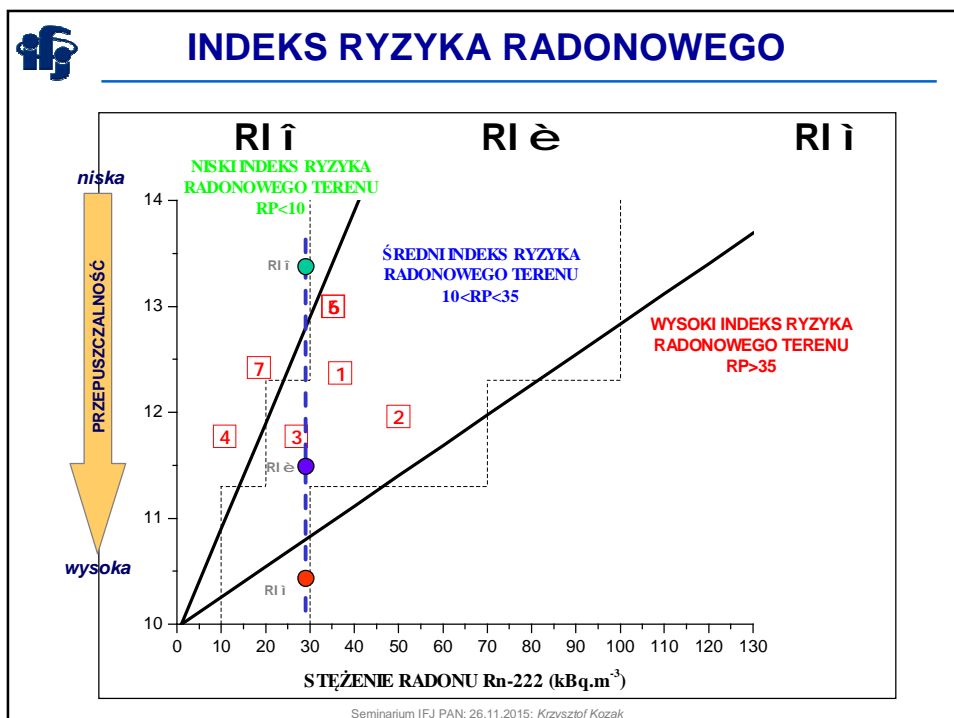
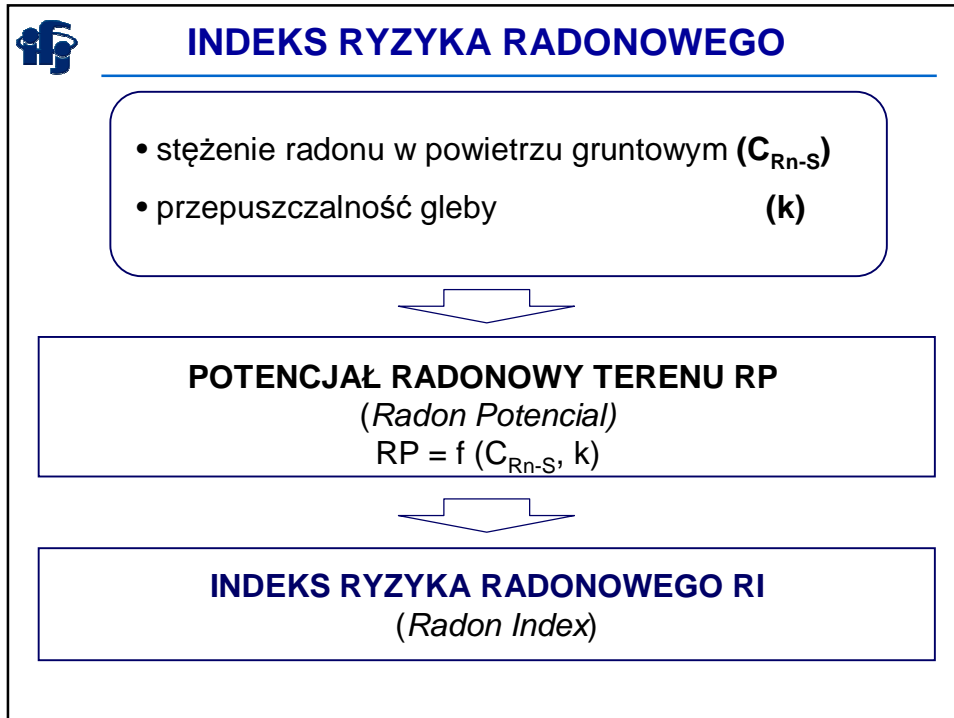
ekspertyza radiometryczna terenu pod zabudowę

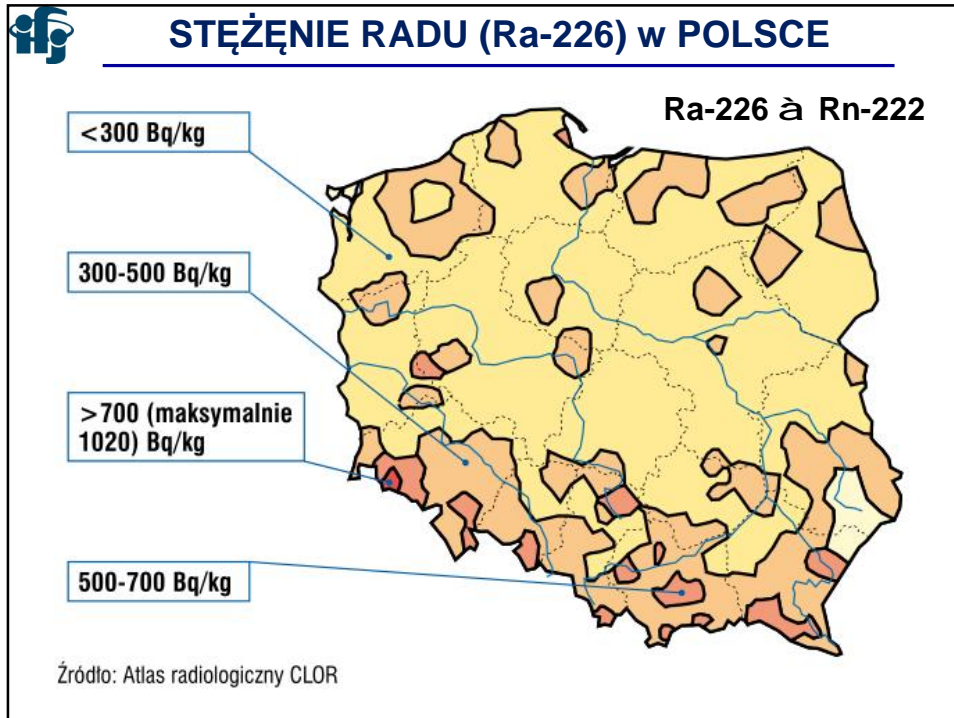
ifj **POMIARY TERENOWE**



pomiar stężenia Rn-222 w gruncie

pomiar przepuszczalności gruntu





RADON ßà TERENY BUDOWLANE

20 m

uskok

głina

RI ï

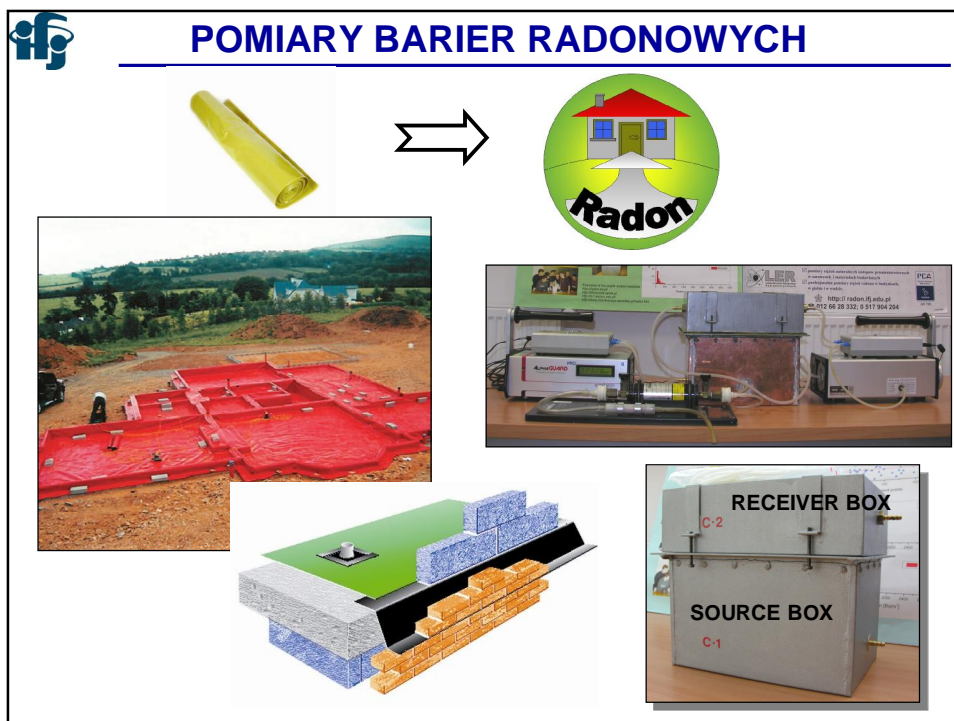
RI î

jeśli istnieje wybór między dwoma podobnymi działkami budowlanymi NALEŻY wybrać działkę z niskim indeksem ryzyka radonowego !

MAPY RADONOWE ßà WYRZUCONE PIENIĄDZE !

RADON = PROBLEM LOKALNY !

Seminarium IFJ PAN; 26.11.2015; Krzysztof Kozak



ifj **METODY ZABEZPIECZANIA BUDYNKU**

WENTYLACJA PIWNICY

wentylator

pomieszczenie mieszkalne

piwnica

The diagram illustrates a basement ventilation system. A fan (wentylator) is located in the living room (pomieszczenie mieszkalne). Air is drawn from the living room, passes through a duct into the basement (piwnica), and is then exhausted through a vertical duct that extends above the roofline. A radiation warning symbol is present in the basement area. An inset photograph shows the physical installation of the duct on the exterior wall.

ifj **METODY ZABEZPIECZANIA BUDYNKU**

SYSTEM WENTYLACJI PODPODŁOGOWEJ

wentylator

"nowa" podłoga

"stara" podłoga

The diagram illustrates a subfloor ventilation system. A fan (wentylator) is located in the living room (pomieszczenie mieszkalne). Air is drawn from the living room, passes through a duct into the space between the new floor ("nowa podłoga") and the old floor ("stara podłoga"), and is then exhausted through a vertical duct that extends above the roofline. A radiation warning symbol is present in the basement area. An inset photograph shows the physical installation of the system, including pipes and a control unit.

 **ROZWIĄZANIA RZECZYWISTE**

**PRZEPŁYW RADONU Z PARTERU/PIWNICY
NA WYŻSZE KONDYGNACJE BUDYNKU**

**METODA
ZABEZPIECZEŃ**

European Radon Association <http://radoneurope.org>

 Improving Awareness and
Reducing Risk of
Radon Exposure Across Europe

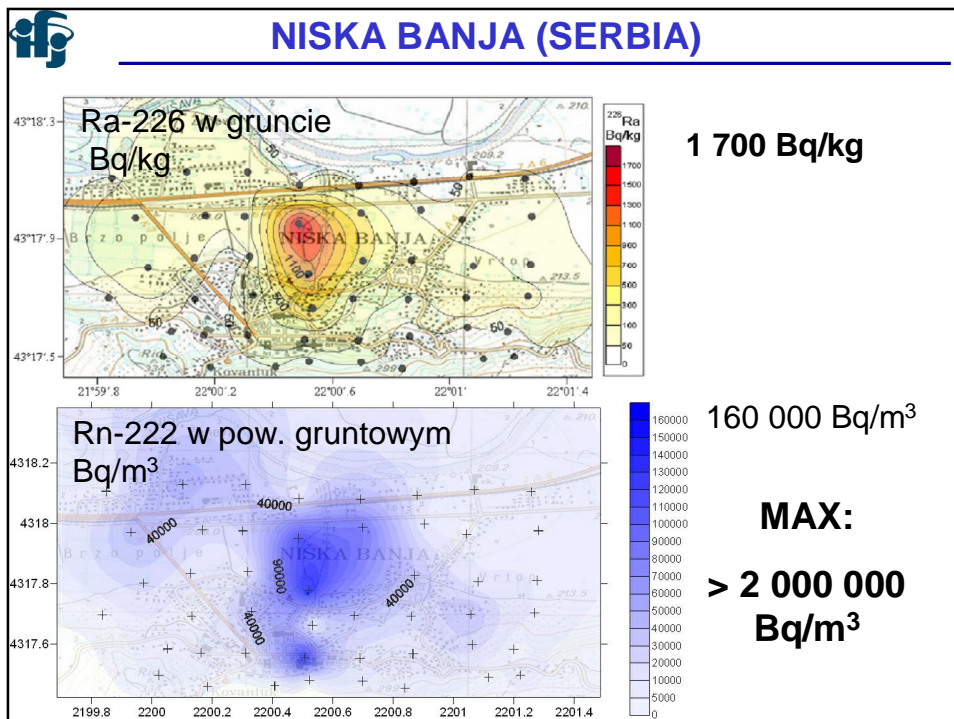


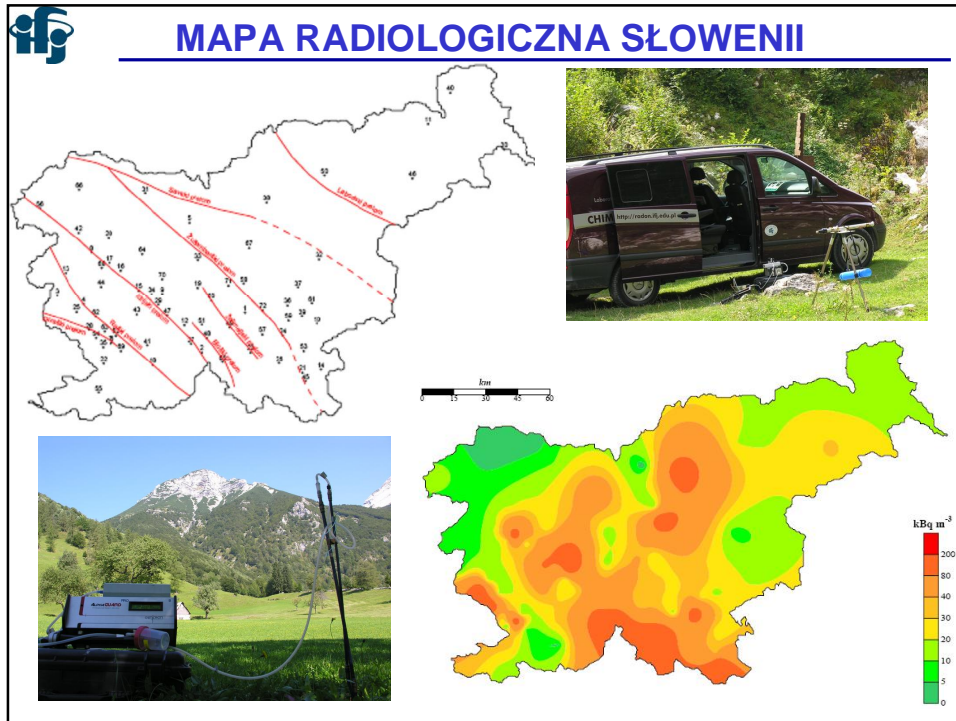


Europejski Dzień Radonu w IFJ PAN

7 listopada 2017







Projekt LAGUNA

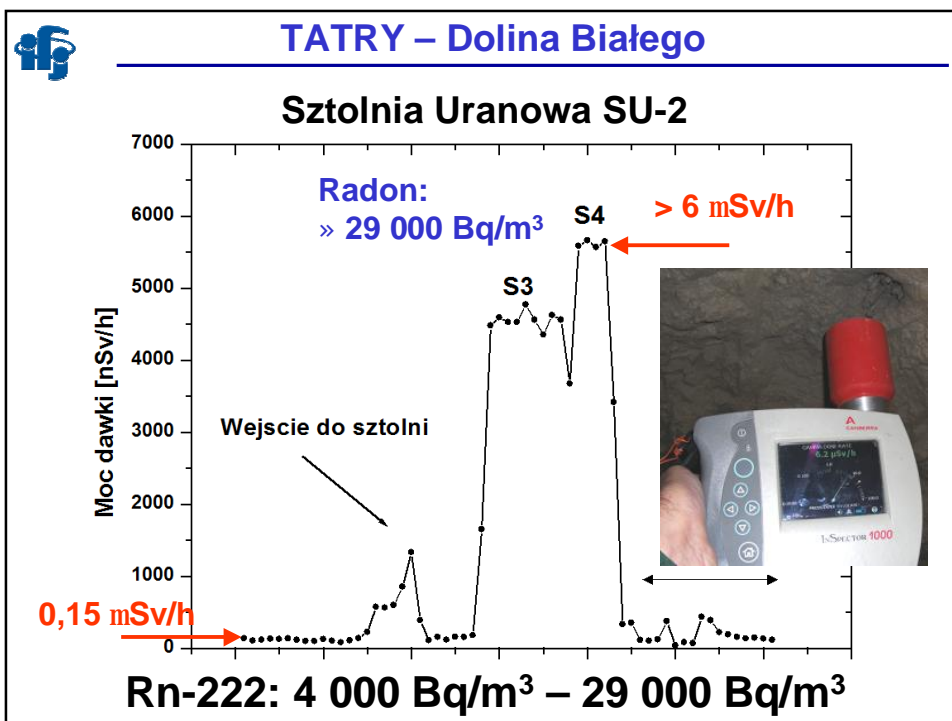
poszukiwanie „braku źródeł”
- 1 000 m pod ziemią - Sieroszowice


Vol. 41 (2010) ACTA PHYSICA POLONICA B No 7

MEASUREMENTS OF NATURAL RADIOACTIVITY
IN THE SALT CAVERN OF
THE POLKOWICE-SIEROSZOWICE COPPER MINE^a

J. KISIEL^a, M. BUDZANOWSKI^b, J. DORDA^a, K. KOZAK^b, J. MAZUR^b
J.W. MIETELSKI^b, M. PUCHALSKA^a, E. TOMANKIEWICZ^b
A. ZALEWSKA^b

^aInstitute of Physics, University of Silesia
Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice, Poland
^bThe H. Niewodniczański Institute of Nuclear Physics PAN
Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków, Poland



 **Wolimierz i okolice**

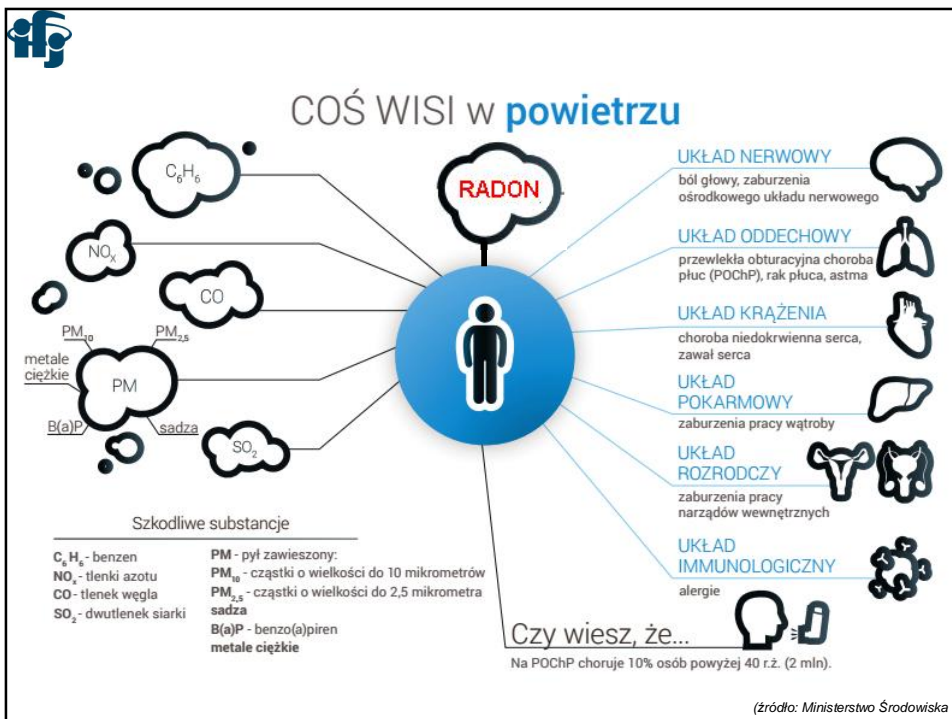


28 000 Bq/m³ – piwnica
7 000 Bq/m³ – salon
500 Bq/dm³ - w wodzie



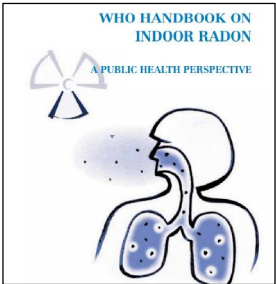
 **Pomiary wzbudzają zainteresowanie ...**





WPLYW RADONU NA ZDROWIE

- Badania epidemiologiczne przeprowadzane na całym świecie potwierdziły wpływ obecności radonu w domach na wzrost ryzyka zachorowalności na nowotwory płuc.
- Przyjmuje się, że od 3% do 14% nowotworów płuc występujących na świecie jest wywołanych radonem.
- Radon został uznany drugim, po paleniu tytoniu, czynnikiem kancerogennym dla nowotworów płuc.
- Wpływ radonu na powstawanie nowotworów płuc jest większy dla osób palących (obecnie i w przeszłości), niż dla osób niepalących wcale. Przyjmuje się, że dla osób niepalących, radon jest pierwszym czynnikiem kancerogennym.



Raport World Health Organization „Handbook On Indoor Radon”, 2009

Jak się chronić...



- 1. WYBÓR TERENU POD BUDOWĘ DOMU**
W wielu krajach przed rozpoczęciem budowy kontroluje się tzw. „potencjał radonowy” terenu przeznaczonego pod budowę.
- 2. KONTROLA MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH**
Wszystkie materiały budowlane powinny być zbadane pod kątem zawartości naturalnych pierwiastków promieniotwórczych (głównie radu). Dodatkowym zabezpieczeniem przed radonem jest...
- 3. USZCZELNIENIE FUNDAMENTÓW**
Uszczelnienie wszelkich pęknięć lub zastosowanie specjalnych folii powoduje istotny spadek stężenia radonu. Folie można stosować...
- 4. ODPOWIEDNIA WENTYLACJA**
Radon jako izotop gazowy łatwo usunąć stosując odpowiednią wentylację. Urządzenia oraz metodę wentylacji należy dobrać w sposób przemyślany, aby nie spowodować zwiększenia stężenia radonu.








Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych
INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ IM. HENRYKA NIEWODNICZAŃSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Laboratorium Analiz Promieniotwórczości
pomiaru alfa- i gamma-spektrometryczne

LABORATORIUM DOZYMETRII INDYWIDUALNEJ I ŚRODOWISKOWEJ

LABORATORIUM EKSPERTYZ RADIOMETRYCZNYCH
INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ PAN



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk

LABORATORIUM EKSPERTYZ RADIOMETRYCZNYCH
INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ PAN

PCA
POLSKIE CENTRUM
ANALIZY
BADANIA
AB 788

IAC-MRA

<http://radon.ifj.edu.pl>

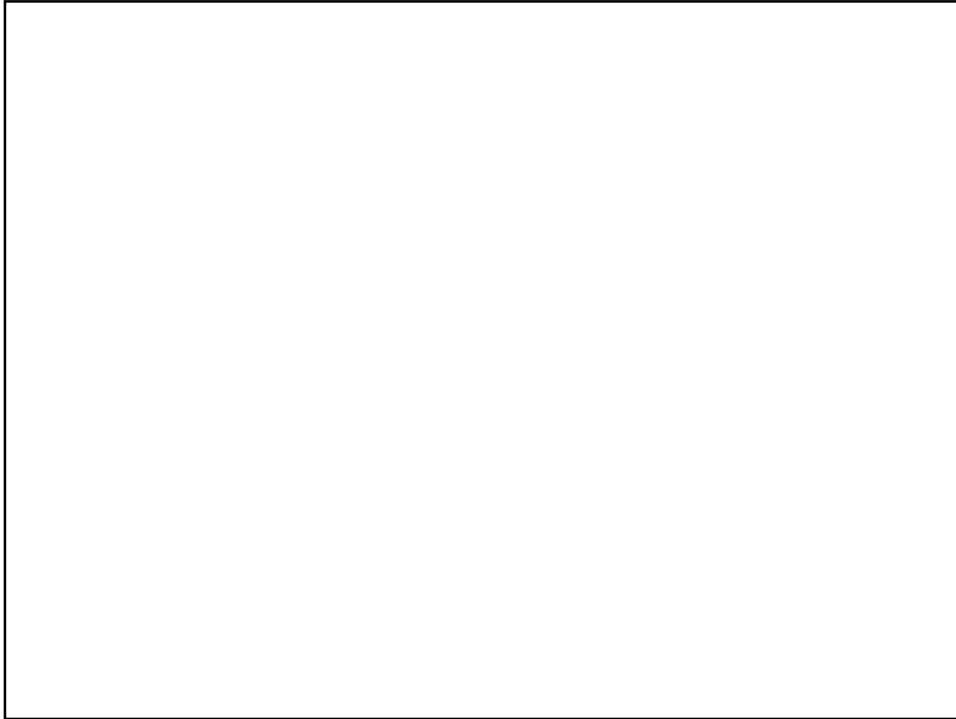
Instytut Fizyki Jądrowej
im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk

dr hab. Krzysztof Kozak
Kierownik Laboratorium Ekspertyz Radiometrycznych

31-342 Kraków
ul. Radzikowskiego 152
e-mail: krzysztof.kozak@ifj.edu.pl

tel.: 12 6628332
fax: 12 6628458
tel. kom.: 517 904 204

<http://radon.ifj.edu.pl>



HISTORIA RADONU

1597 – Agricola zauważył u górników z Erz Mountain (pomiędzy Saksonią i Bohemią) częste występowanie jakiejś poważnej choroby płuc;

1879 – Hartung i Hesse (niemieccy fizycy) wskazali, że śmierć większości górników z kopalni w Schneeberg była spowodowana rakiem płuc;

U górników pracujących w Schneeberg przez więcej niż 10 lat obserwowano objawy choroby górników z Erz Mountain, nazwaną „Bergkrankheit” (chorobą górską).

1896 – Becquerel odkrył radioaktywności uranu;

1898 – małżeństwo Curie oraz Schmidt odkryli radioaktywność toru oraz nowe pierwiastki – rad i polon;

1898 – Rutherford odkrył cząstki alfa i beta;

1899 – małżeństwo Curie wymyśliło słowo „radioaktywność” do opisu spontanicznej emisji promieni penetrujących i jonizujących;

1899 – Rutherford odkrył toron i nazwał go emanacją;

1900 – Dorn odkrył emanację w szeregu promieniotwórczym ^{238}U , która obecnie znana jest jako radon;

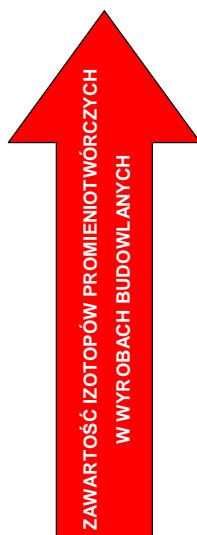
HISTORIA RADONU

- 1901** – Rutherford i Brooks dowiedli, że radon jest gazem radioaktywnym;
- 1902** – Thomson odkrył radon w wodzie kranowej;
- 1903** – Rutherford i Soddy opracowali równanie opisujące rozpad radioaktywny;
- 1913** – Arnstein podczas autopsji górnika zidentyfikował komórki rakowe;
- 1914** – pierwsze medyczne zastosowanie radonu;
- 1921** – Uhlig zasugerowała, że emanacja radu może być przyczyną raka płuc;
- 1925** – pierwsze użycie nazwy „radon” w literaturze;
- lata 40-te – wykazano związek radonu z rakiem płuc;*
- 1941** – komitet doradczy Narodowego Biura Standardów określił wartość dopuszczalną radonu na 10 pCi/l (370 Bq/m³)
- 1955** – pierwsza sugestia odnośnie stosowania miary WL (*working level*);
- 1957** – skonstruowanie „komory Lucasa” do wykrywania radonu;
- 1957** – ponowne odkrycie radonu w wodzie kranowej (w Maine);
- 1984** – odkrycie wysokich poziomów radonu w domach w Reading Prong (New Jersey). [1]

Wyniki uzyskane

w Laboratorium Ekspertyz Radiometrycznych IFJ PAN Kraków – od 1993 roku

Pomiary współczynników f_1 i f_2 dla: popiołów, żużli, cegieł, pustaków, płytek ceramicznych, cementu, surowca ilastego.



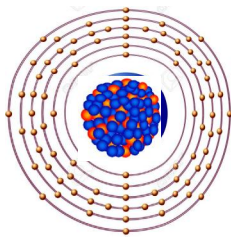
- cegła ceramiczna
- żużlobeton
- beton komórkowy (popioły lotne)
- płytki ceramiczne (importowane)

- beton lekki z kruszywem keramzytowym

- beton komórkowy - na bazie piasku
- beton zwykły
- cegła sylikatowa
- gips i wapno

RADON ^{222}Rn

NATURALNY IZOTOP PROMIENIOTWÓRCZY



86 protonów + 136 neutronów = 222 nukleonów

^{222}Rn radon (^{238}U)
 $T_{1/2} = 3,823$ dnia

odkryty przez Dorna w 1900 r.

ü pierwiastek grupy 18 – GAZ SZLACHETNY

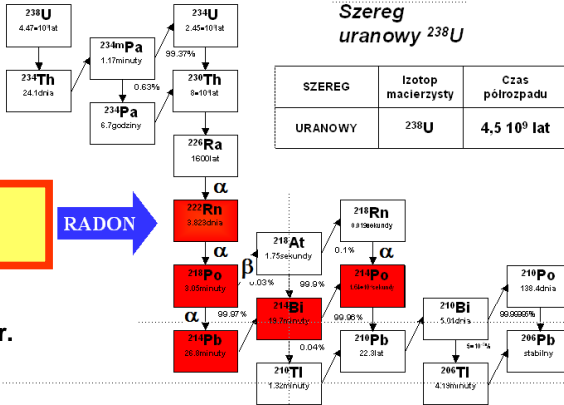
ü **bezbarwny gaz, bez zapachu i smaku !**

ü najcięższy (9,73 g/dm³) pierwiastek gazowy

ü rozpuszcza się w wodzie

Szereg uranowy ^{238}U

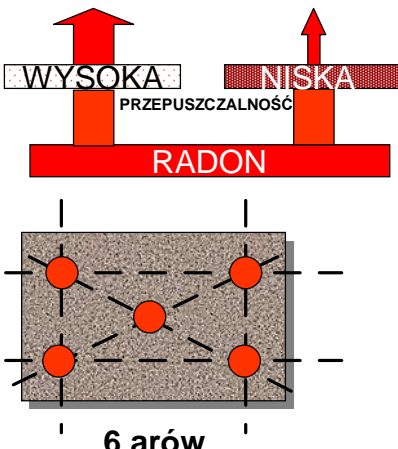
SZEREG	Izotop macierzysty	Czas półrozpadu
URANOWY	^{238}U	$4,5 \cdot 10^9$ lat

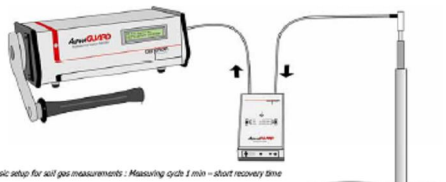


POTENCJAŁ RADONOWY

(RADON PRONE AREAS)

pomiar stężenia radonu w powietrzu glebowym






Basic setup for soil gas measurements - Measuring cycle 1 min - start recovery time

+


pomiar

przepuszczalności

gleby !

 **EFEKTY ZASTAWANIA METOD REDUKCJI**

METODA	Typowy poziom redukcji [Bq/m ³]	
	OD STĘŻENIA	
	200 Bq/m ³	1 000 Bq/m ³
mała pompa pod betonowym fundamentem	do 50 Bq/m ³	do 100 Bq/m ³
nawiew ze strychu do domu	do 80 Bq/m ³	do 400 Bq/m ³
zwiększenie wentylacji pod drewnianą podłogą	do 80 Bq/m ³	do 400 Bq/m ³

 **INDEKS RYZYKA RADONOWEGO**

INDEKS RYZYKA RADONOWEGO RI	C _{Rn_s} stężenie ²²² Rn w powietrzu glebowym [kBq/m ³]		
	PRZEPUSZCZALNOŚĆ		
	niska	średnia	wysoka
NISKI RI ↑	C _{Rn_s} < 30	C _{Rn_s} < 20	C _{Rn_s} < 10
ŚREDNI RI ⇌	30 < C _{Rn_s} < 100	20 < C _{Rn_s} < 70	10 < C _{Rn_s} < 30
WYSOKI RI ↓	C _{Rn_s} > 100	C _{Rn_s} > 70	C _{Rn_s} > 30

[wg. The New Method for Assessing the Radon Risk of Building Sites, M.Neznal i in., Czech Geological Survey Special Papers, 16, 2004].

„CIEKAWY POMIARY”

- § **Rynek Podziemny** – Muzeum Miasta Krakowa
(stężenia radonu, moc dawki)
- § **stare sztolnie uranowe** – Dolina Białego Tatry
(stężenia Rn-222, moc dawki) 29 000 Bq/m³; 5 620 nSv/h
- § **składowiska złomu**
(osady Ra-226 z rur odwadniających kopalnie !!!!)
- § **spalarnie odpadów przemysłowych**
(wody poflotacyjne Ra-226, Th-228)
- § **kopalnia uranu** – Hiszpania
- § **radon prone area** - Serbia, > 2 000 000 Bq/m³ w gruncie
- § **kopalnia Sierszowice**; -1 000 m (tło gamma, radon)
- § **szkoły i przedszkola**
- § **piasek monacytowy** „ze wschodu”
- § **dom w Sudetach**: 7 000 Bq/m³; piwnica > 28 000 Bq/m³
- § **bibułki papierosowe i samochody z Japonii** po 2011 r.

WPLYW RADONU NA ZDROWIE

ü Nie określono żadnego progowego stężenia radonu, poniżej którego nie występowałoby ryzyko zachorowania na nowotwór płuc. Nawet bardzo małe stężenia tego gazu przyczyniają się do wzrostu ryzyka zachorowalności.

ü Uważa się, że początkowa indukcja nowotworu może zajść nawet w wyniku uszkodzenia pojedynczej komórki. Stąd nawet pojedyncza cząstka alfa pochodząca z jednego atomu radonu może wywołać niepożądaną mutację.

ü Większość nowotworów płuc wywołanych obecnością radonu, jest spowodowana ekspozycją na niskie i średnie stężenia radonu, a rzadko na jego wysokie wartości.

Raport **World Health Organization**
„Handbook On Indoor Radon”, 2009