



Wyzwania wynikające z rozwoju metod obrazowania

Konferencja w ramach projektu
„Wykorzystywanie nowych metod i narzędzi w kształceniu studentów UMB w zakresie ochrony radiologicznej”

Uniwersytet Medyczny w Białymstoku
21.04.2016r.



Pola elektromagnetyczne i zagrożenia z nimi związane

Dr inż. Jolanta Karpowicz

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy (CIOP-PIB)

Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

Tel.: +48 22 623 46 50; e-mail: jokar@ciop.pl

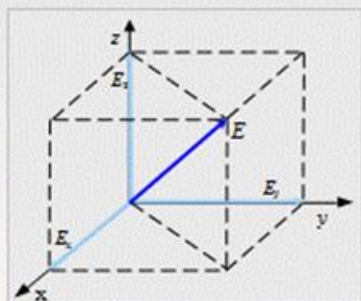
Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

21.04.2016r.

- ❑ Pole elektromagnetyczne = niejonizujące promieniowanie elektromagnetyczne, o częstotliwości **$f < 300 \text{ GHz}$** (fale dłuższe od 1 mm)
- ❑ Pole elektromagnetyczne towarzyszy wszystkim urządzeniom elektrycznym, w wielu zastosowaniach medycznych jest czynnikiem fizycznym wykorzystywanym do wywołania w organizmie pacjenta procesów terapeutycznych lub diagnostycznych



- czynnik środowiskowy
- opisany parametrami wektorowymi
- częstotliwość do 300 GHz
- fale dłuższe od podczerwieni
- brak zdolności do jonizacji ośrodka -
promieniowanie niejonizujące
- zdolność indukowania prądów i
ładunków elektrycznych w
eksponowanych obiektach**
- propagacja z prędkością światła



Mechanizmy oddziaływania pola elektromagnetycznego



- ❑ Mechanizmy oddziaływania pola-EM na ludzi i obiekty techniczne uzależnione są od częstotliwości i polaryzacji pola-EM, ale również od wielkości, kształtu i parametrów dielektrycznych obiektu, lub grupy połączonych galwanicznie obiektów, na które oddziałuje pole-EM
- ❑ Do najistotniejszych dla bezpieczeństwa mechanizmów oddziaływania zaliczane są:
 - ✓ skutki termiczne w narażonym organizmie
 - ✓ elektrostymulacja w układzie nerwowym
 - ✓ gwałtowne przemieszczanie obiektów ferromagnetycznych.

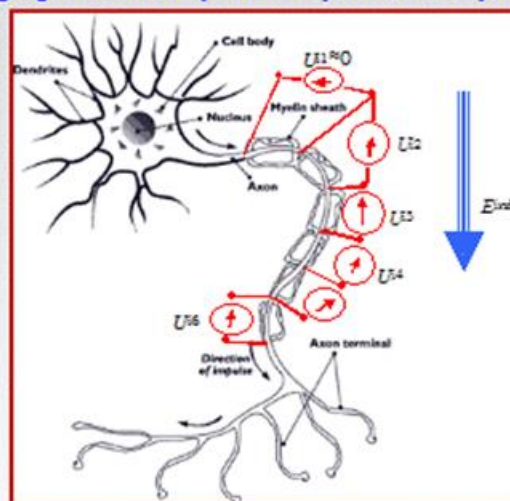
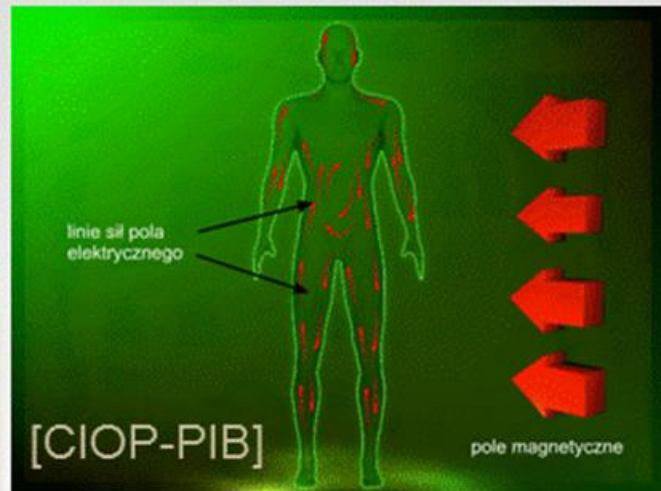
Oddziaływanie na organizm



Egzogenne prądy elektryczne oddziałują z elektrycznie pobudliwymi komórkami organizmu:

ośrodkowego układu nerwowego (mózg), peryferyjnego układu nerwowego, narządów zmysłów (receptory), mięśni, a także powodują stres termiczny

i oddziałują na implanty medyczne



Bezpośrednie skutki biofizyczne oddziaływania zmiennego pola elektromagnetycznego



- **skutki pozatermiczne (elektrostymulacja)**
 - takie jak: pobudzenie mięśni, nerwów lub narządów zmysłów - mogą mieć szkodliwy wpływ na zdrowie psychiczne i fizyczne narażonych
 - pobudzenie narządów zmysłów może prowadzić do przejściowych objawów, takich jak: zawroty głowy czy wrażenia wzrokowe - mogą powodować przejściowe uciążliwości lub wpływać na funkcje poznawcze lub inne funkcje mózgu lub mięśni, przez co mogą wpływać na zdolność do bezpiecznego wykonywania zadań i stwarzać zagrożenia bezpieczeństwa
- **prądy kończynowe**
- **skutki termiczne**, takie jak ogrzanie tkanki przez pochłoniętą w niej energię pól elektromagnetycznych – w polach małej częstotliwości z reguły mniej istotne dla organizmu niż skutki pozatermiczne
- modyfikacja **procesów biochemicznych** wskutek oddziaływania pola magnetycznego

[dyrektywa 2013/35/UE]

Oddziaływanie pola magnetostaticznego



- zagrożenia balistyczne
- oddziaływanie magnetohydrodynamiczne

Identyfikacja obiektów podlegających oddziaływaniu magnesu



Ferromagnetyki

- Żelazo czyste
- Żelazo techniczne
- Nikiel

Uwaga: stal nierdzewna!!!

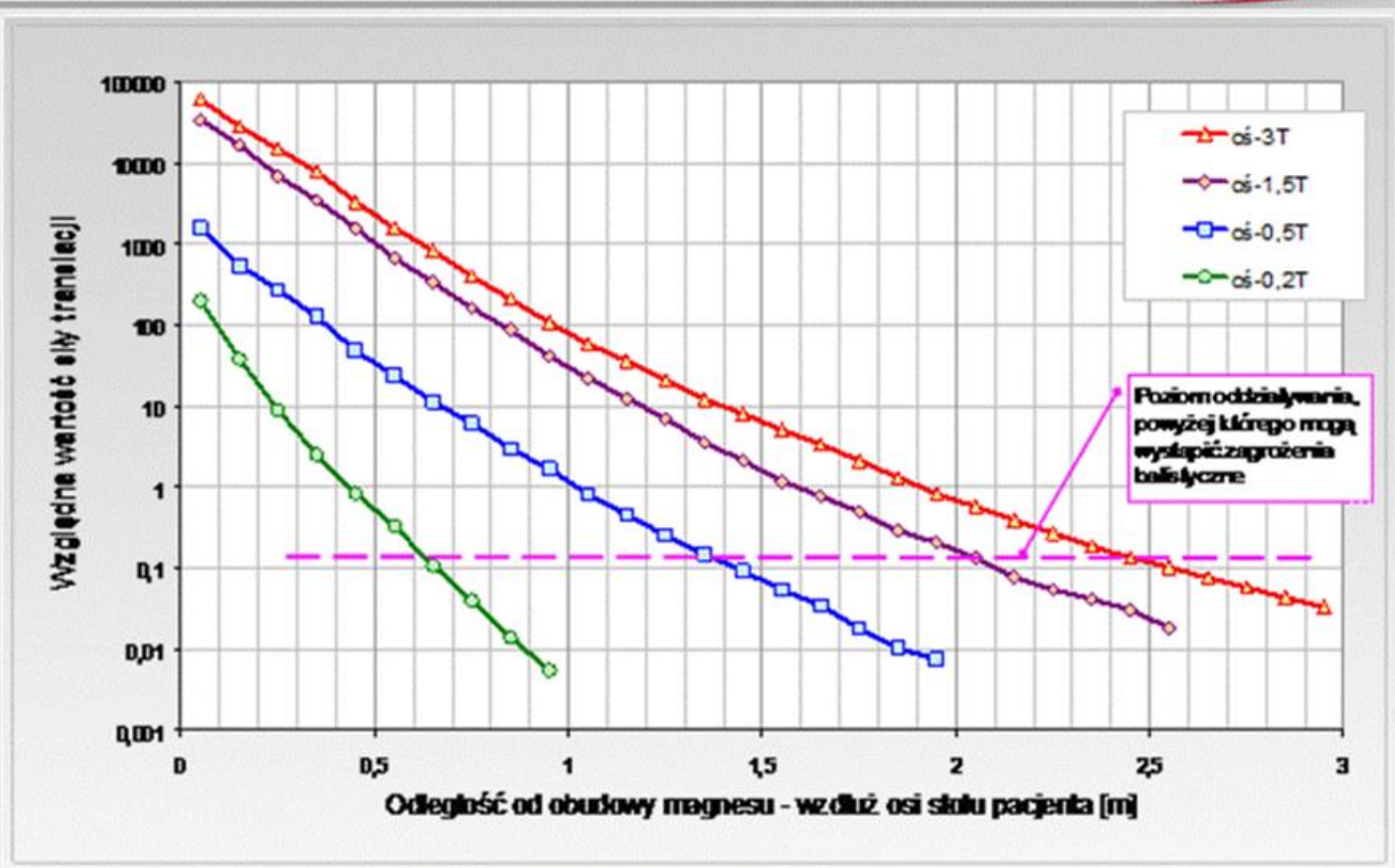
Paramagnetyki

- Powietrze
- Aluminium
- Tytan

Diamagnetyki

- Próżnia
- Złoto
- Srebro
- Miedź
- Woda

Dynamika procesu przyciągania przedmiotów przez magnes skanera MRI



Skutki odległe narażenia na pole elektromagnetyczne

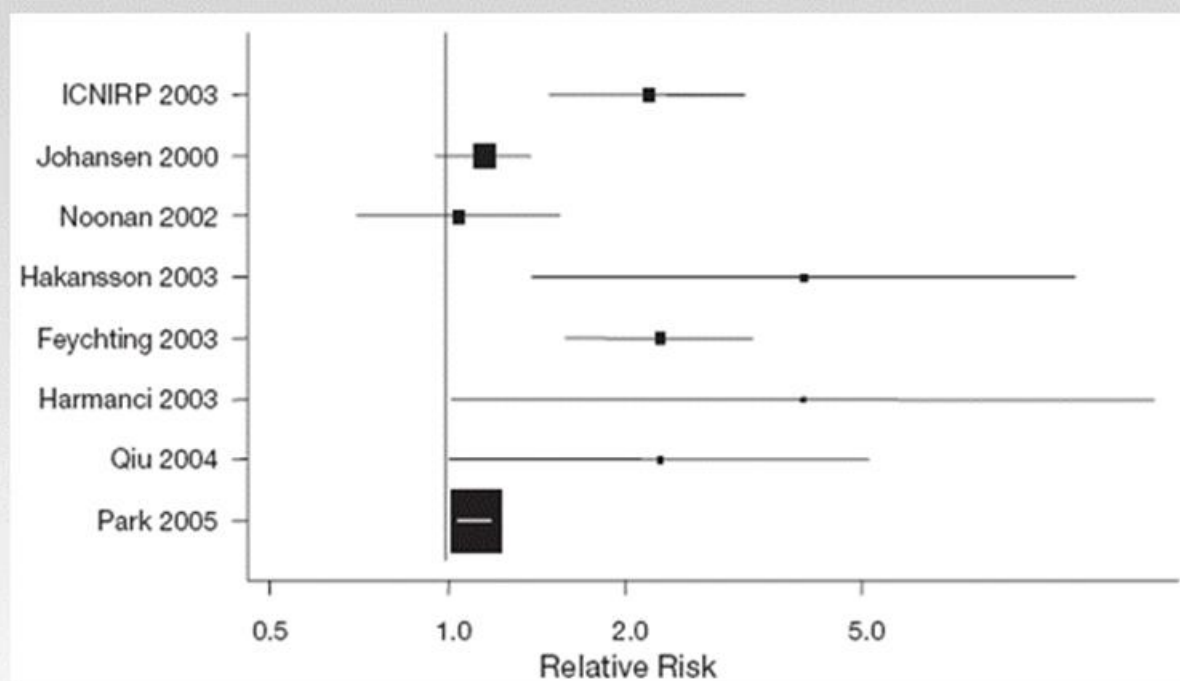


- ✓ Badania epidemiologiczne i laboratoryjne nie rozstrzygnęły czy negatywne skutki zdrowotne występują już przy stosunkowo słabym narażeniu w środowisku dostępnym dla ogółu ludności – nie wykazano braku takiej możliwości
- ✓ Badania dotyczące skutków oddziaływania pól elektromagnetycznych, m.in. emitowanych przez linie wysokiego napięcia i telefony komórkowe sugerują, że narażenie na takie pola nie jest obojętne dla zdrowia (m.in. zwiększają zagrożenie chorobami nowotworowymi, neurodegeneracyjnymi i sercowo-naczyniowymi)
- ✓ **W środowisku pracy, przy dysfunkcjach organizacji stanowisk i procedur pracy, występują warunki sprzyjające narażeniu pracowników na pola znacznie silniejsze od narażeń ludności (setki, a nawet tysiące razy silniejsze)**

Alzheimer



Ryzyko ch. Alzheimer'a związane z ekspozycją zawodową na pola ELF-EMF
[Hug et al., Soz Praventiv Med 2006]



ALS

Amyotrophic Lateral Sclerosis (Stwardnienie boczne zanikowe)



[zagrożenie, po usunięciu badań opartych o rejestr zgonów]

Autorzy (rok)	Opis badania	Ekspozycja	OR (wzrost ryzyka), (95%CI)
Deapen i Henderson (1986)	Case-control, 518 przypadków z narodowego rejestru ALS, kontrola - 518 dobrana wg wieku	Zawody elektryczne (19)	OR=3,8 (1,4-13,0)
Gunnarsson i wsp. (1992)	Case-control, 92 przypadki kliniczne, kontrola - 372 dobrana wg wieku	Elektrycy (4) Zgrzewarki (8) Potwierdzone narażenie (4)	OR=6,7 (1,0-32,1) OR=3,7 (1,1-13,0) OR=0,6 (0,2-2,0)
Strickland i wsp. (1997)	Case-control, 25 przypadków klinicznych, kontrola - 50 dobrana wg wieku i płci	Zgrzewanie lub lutowanie (8) Przemysłowe zgrzewanie (5) Galwanizacja (4)	OR=5,3 (1,4-20,1) OR=5,0 (1,0-26,0) OR=8,0 (0,9-72,0)

Wynik ciąży



Autorzy (rok) Opis badania	Ocena ekspozycji	Poronienia %; liczba badanych; OR(wzrost ryzyka) (95% CI)
Belanger i wsp. (1998) Badanie prospektywne, 2967 kobiet)	Używanie koców elektrycznych - nigdy - w okresie zapłodnienia - 12 - 16 tydzień ciąży	4,98%, 2087; grupa referencyjna 9,15%; 153; 1,84 (1,08-3,13) 8,06%; 124; 1,62 (0,87-3,02)
Li i wsp. (2002) Badanie prospektywne, 969 kobiet	Pomiary – wartość maksymalna < 1,6 μ T \geq 1,6 μ T	10,7%; 27; grupa referencyjna 18,4%; 132; 1,8(1,2-2,7)
Lee i wsp. (2002) Case-control, 177 przypadków, kontrola – 550 kobiet	Pomiary – wartość średnia [μT] < 0,072 0,072-0,093 0,093-0,128 \geq 0,128	23 przypadki, 124 kontrole; grupa referencyjna 36 przypadki; 122 kontrole; 1,7 (0,9-3,3) 37 przypadków; 114 kontrole; 1,7 (0,9-3,3) 35 przypadków; 123 kontrole; 1,7 (0,9-3,2)
	wartość maksymalna [μT] < 1,431 1,431-2,343 2,343-3,505 \geq 3,505	21 przypadków, 132 kontrole; grupa referencyjna 33 przypadki, 121 kontrole; 1,4 (0,7-2,8) 38 przypadków, 115 kontrole; 1,9 (1,0-3,5) 39 przypadków, 115 kontrole; 2,3 (1,2-4,4)

Stanowisko organizacji międzynarodowych – IARC/WHO/SCENIHR



IARC (2001, 2013) – zaklasyfikowanie:

- pola magnetycznego 50/60 Hz i radiofaleowego do **grupy 2B**
- pola elektrycznego 50/60 Hz do **grupy 3** czynników rakotwórczych

grupa 2B - czynniki lub zespół czynników przypuszczalnie rakotwórczych dla ludzi (istnieje ograniczony dowód działania rakotwórczego dla ludzi z badań epidemiologicznych przy braku wystarczającego dowodu rakotwórczości zwierząt doświadczalnych)

([najwyższe zagrożenie - grupa 1](#))



International Agency for Research on Cancer
Centre International de Recherche sur le Cancer

WHO (2006), SCENIHR (2015) – brak danych naukowych do oceny zagrożeń zdrowia powodowanych przez **pole magnetostatyczne**

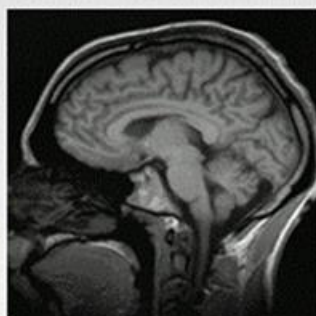
Skaner rezonansu magnetycznego = najsilniejsze medyczne źródła pola elektromagnetycznego



Pola wytwarzane przez skanery:

Magnes - stale aktywne źródło
(**24 godziny/dobę; 365 dni/rok**)

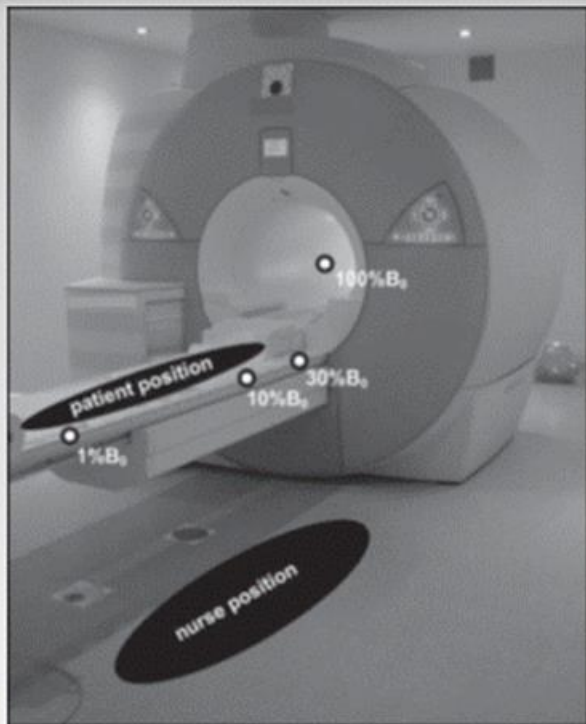
- magnetostatyczne - **0,2 - 7 T**
(**BARDZO SILNE** - pole ziemskie to 0,04 mT)



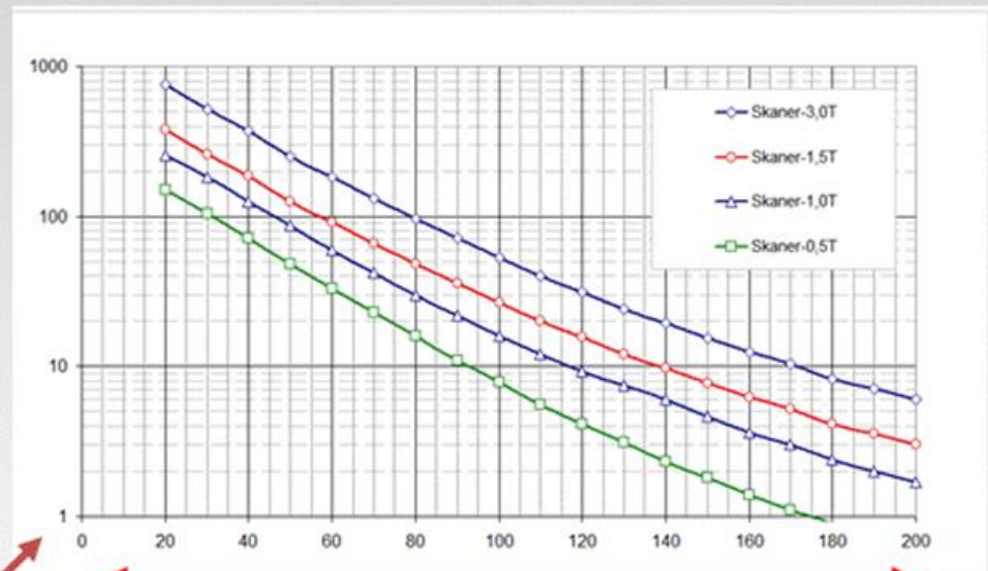
Pola aktywne podczas badania:

- impulsowe pole magnetyczne cewek gradientowych (**wytwarzają również hałas**)
- impulsowo modulowane pola radiofale RF

Pole magnetostacyjne skanera rezonansu magnetycznego



Indukcja magnetyczna (mT)
v. odległość od obudowy magnesu skanera
rezonansu magnetycznego (cm)



[Karpowicz, EBM'2013]

30% of B_0

1 – 2 sekundy!!!

Niepożądane skutki oddziaływania pola elektromagnetycznego dotyczą:



- Pacjentów
- Osoby **przeprowadzające badania**
- Inne osoby przebywające w pobliżu skanera (**regularnie lub sporadycznie**)

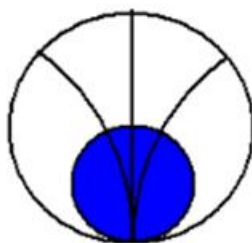
- **W skrajnie niesprzyjających warunkach oddziaływanie pola elektromagnetycznego bywa przyczyną wypadków śmiertelnych lub znacznych strat materialnych**

- Ze względu na wspomniane zagrożenia konieczna jest właściwa organizacja placówek medycznych, obejmujące zarówno środki techniczne (ograniczenie dostępu, oznakowanie zagrożonych miejsc), jak i edukację pracowników i osób tam przebywających

Profilaktyka zagrożeń



- informowanie/oznakowanie
- organizacja harmonogramu pracy
- organizacja przestrzeni pracy
- wyposażenie
-



Źródło pola
elektromagnetycznego
[PN-T-06260:1974]



silne pole magnetyczne
[PN-N-01256-03:1993]



zakaz wnoszenia
przedmiotów
ferromagnetycznych
[PN-ISO 7010:2006]

Wyniki badań CIOP-PIB
dotyczących zagrożeń elektromagnetycznych
przy skanerach rezonansu magnetycznego
zaprezentowano m.in. w publikacjach:



- Poradnik – **Zagrożenia w placówkach diagnostyki obrazowej** – wymagania bhp oraz zasady profilaktyki, wyd. CIOP-PIB, 2013
- **Bezpieczeństwo Pracy – Nauka i Praktyka, 9/2013**
- Bioelectromagnetics, **1/2013**
- Electromagnetic in Biology and Medicine, **2/2013**
- **Polish Journal of Radiology, 2/2013**
- The Environmentalist, **4/2007**
- Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE), **2/2006**
- Medycyna Pracy, **3/2011**
- Inżynieria Biomedyczna: **3/2012, 4/2011, 3/2010, 4/2008, 3/2008**
- **Inżynier i Fizyk Medyczny, 5/2014**
- Serwis internetowy: <http://www.ciop.pl/bezpieczniej>



Dziękuję za uwagę

<http://www.ciop.pl/plakaty>



Opracowano z wykorzystaniem wyników działalności statutowej CIOP-PIB oraz programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz Ministerstwa Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: CIOP-PIB