

Politechnika Śląska
Katedra Konstrukcji Budowlanych

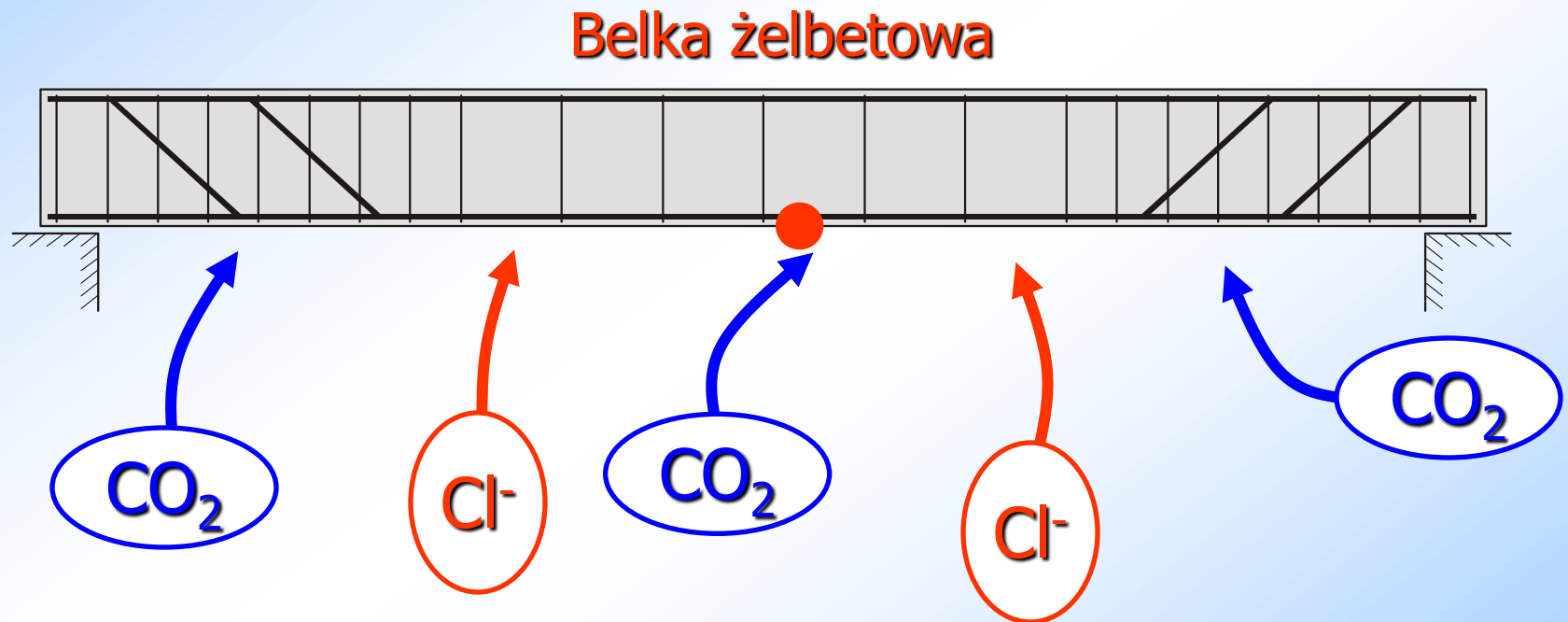
Niekonwencjonalne sposoby zabezpieczenia i regeneracji zagrożonych korozją konstrukcji z betonu

Dr hab. inż. Mariusz Jaśniok, prof. Pol. Śl.

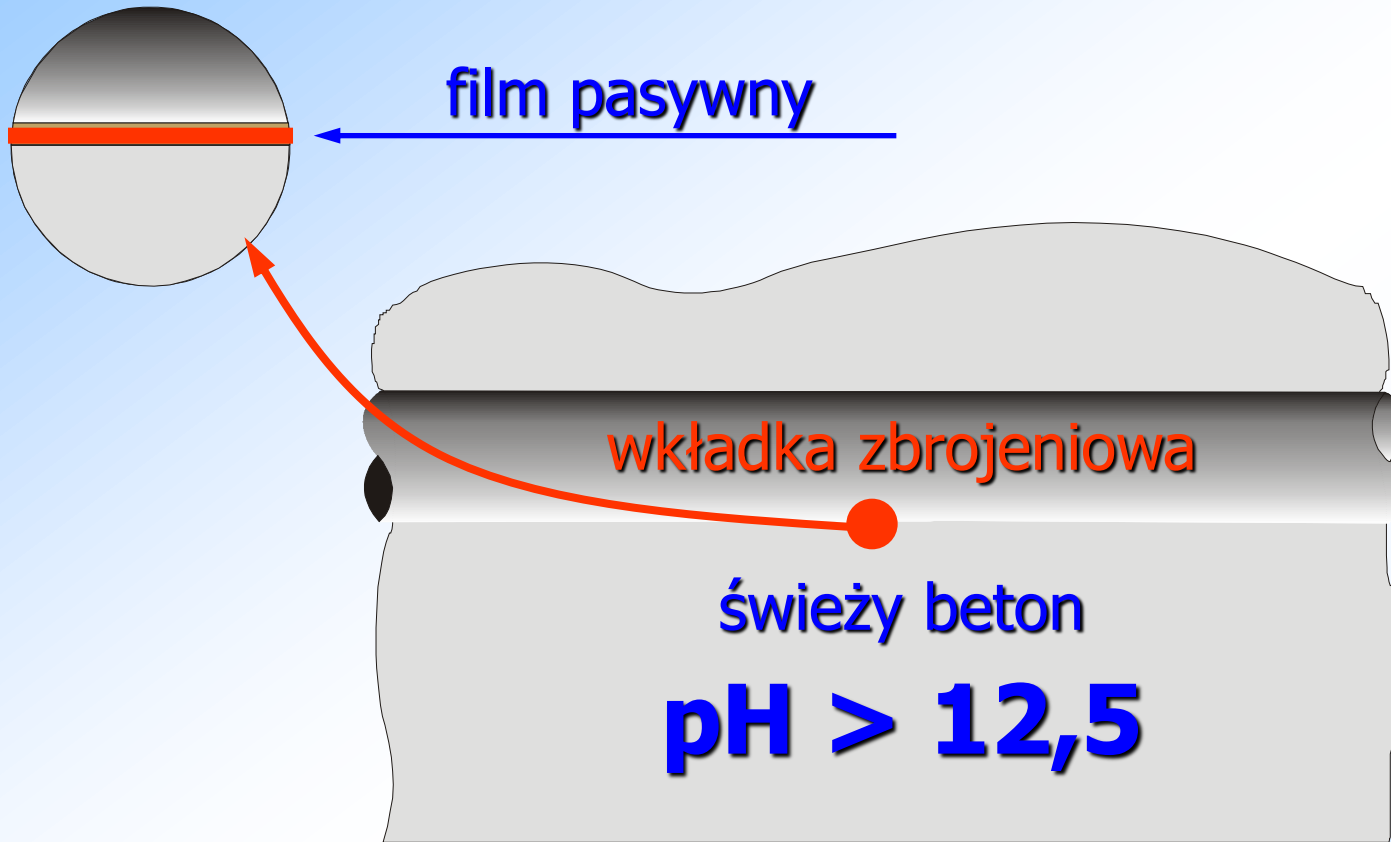
Zakres prezentacji

- Przebieg degradacji korozyjnej żelbetu
- Ochrona katodowa zbrojenia
- Naprawa metodą ekstrakcji chlorków
- Regeneracja metodą realkalizacji

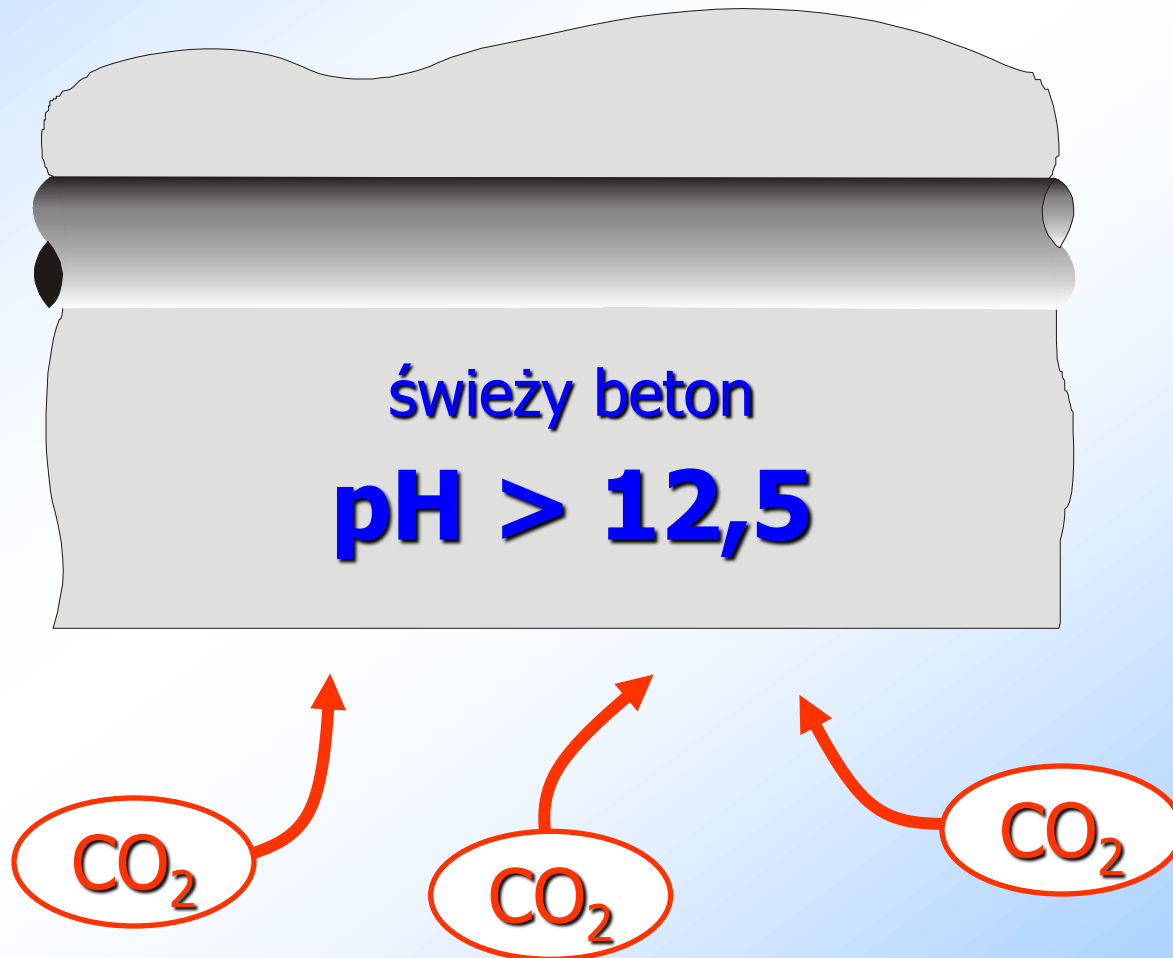
Degradacja żelbetu wskutek oddziaływania środowiska



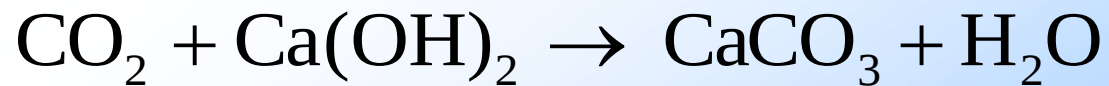
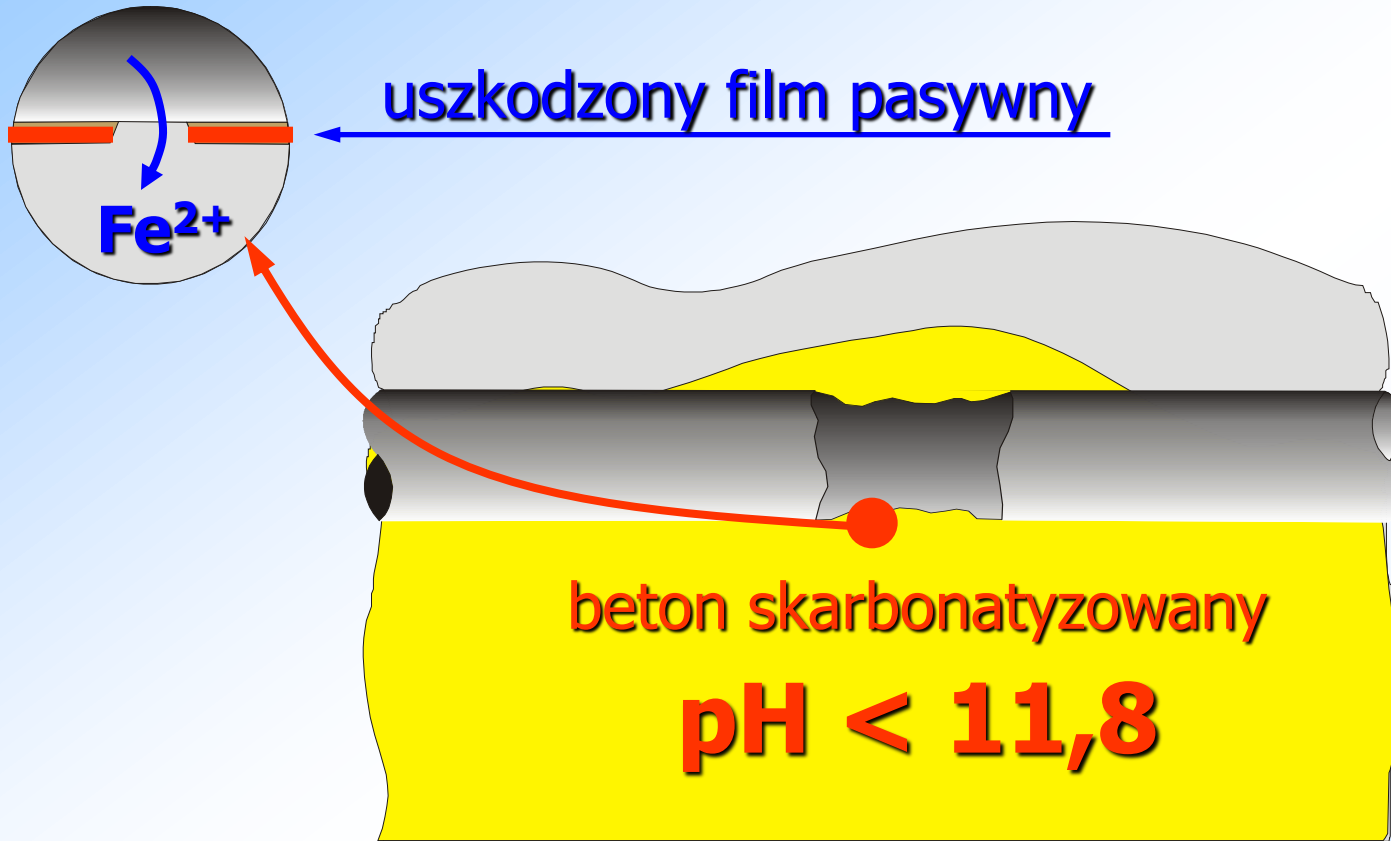
Beton nieskażony



Karbonatyzacja betonu



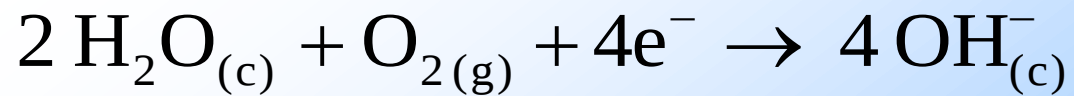
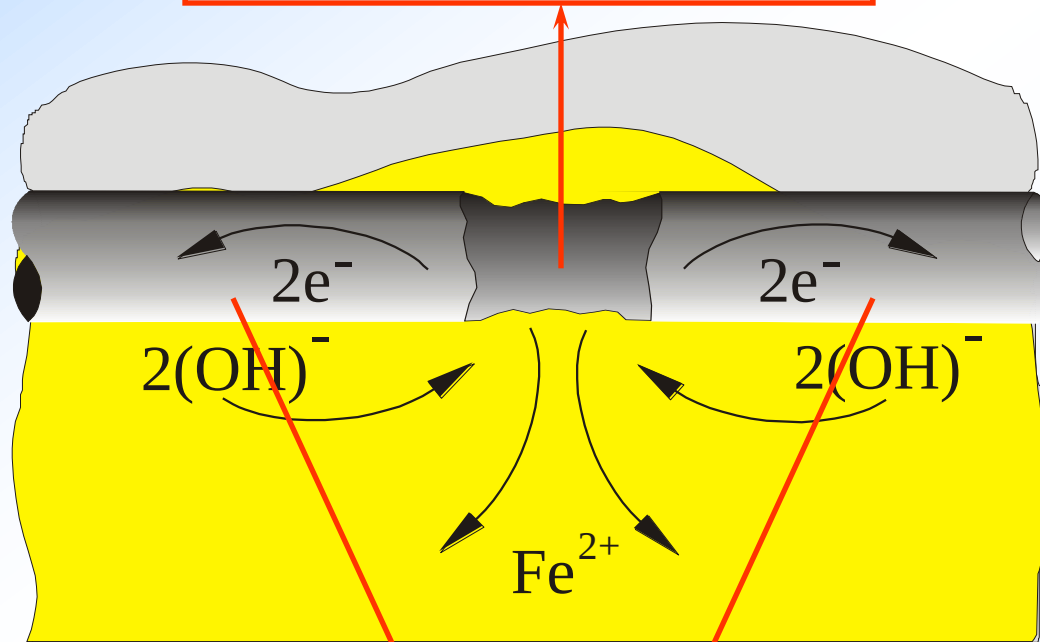
Karbonatyzacja betonu



reakcja karbonatyzacji

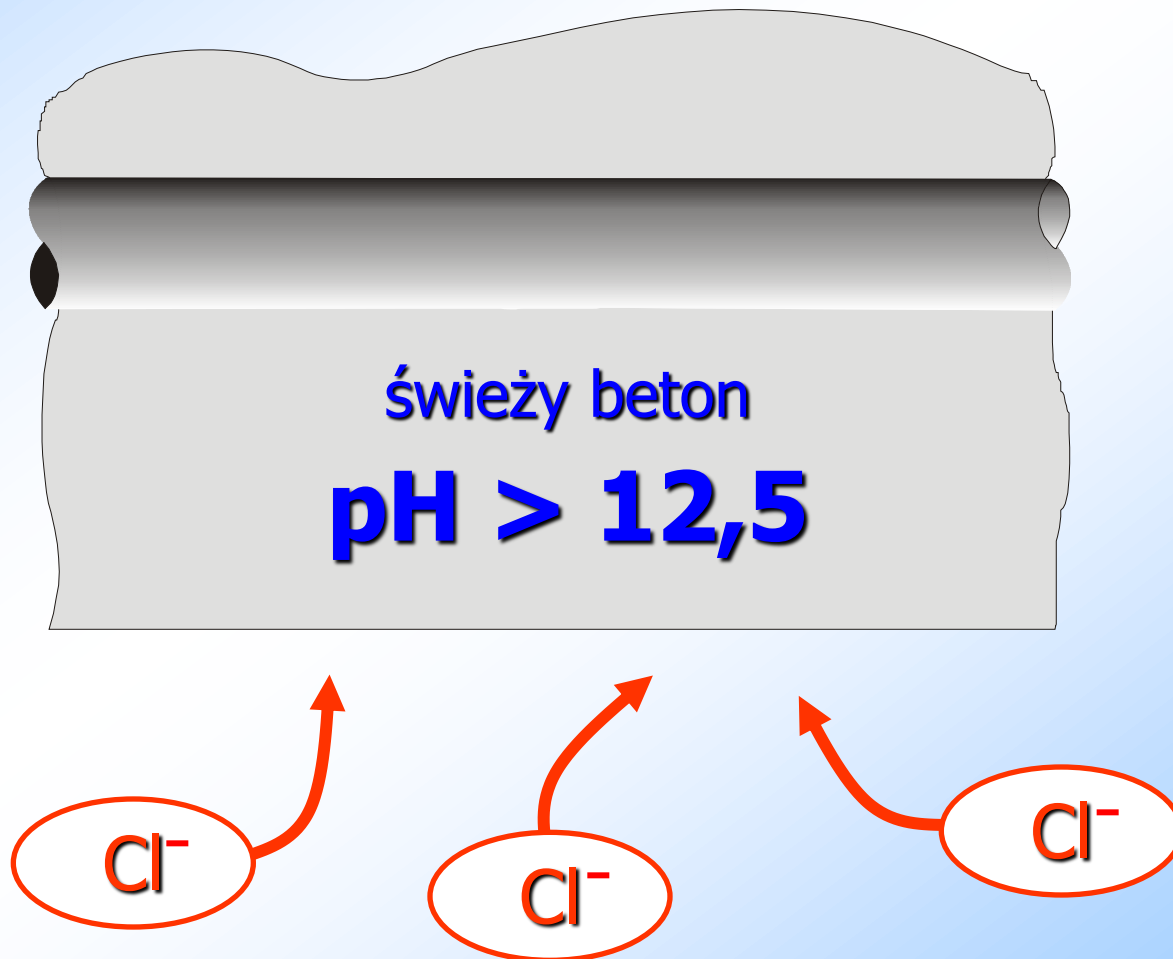
Karbonatyzacja betonu

reakcja anodowa

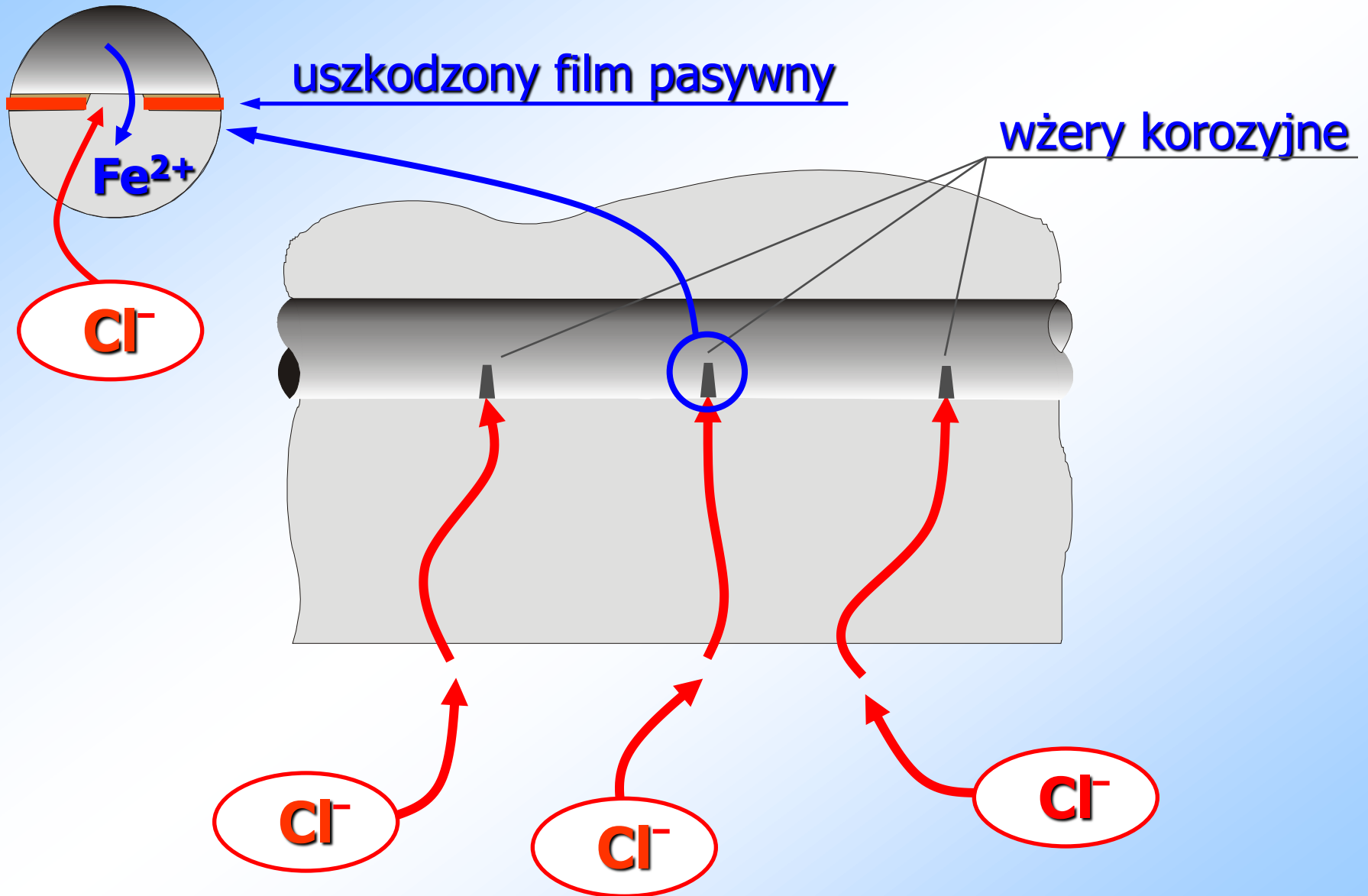


reakcja katodowa

Oddziaływanie chlorków



Oddziaływanie chlorków

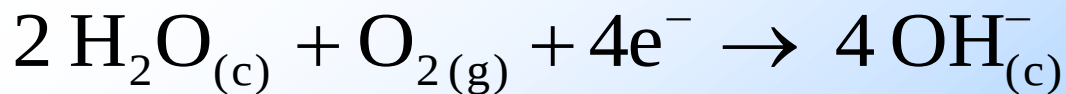
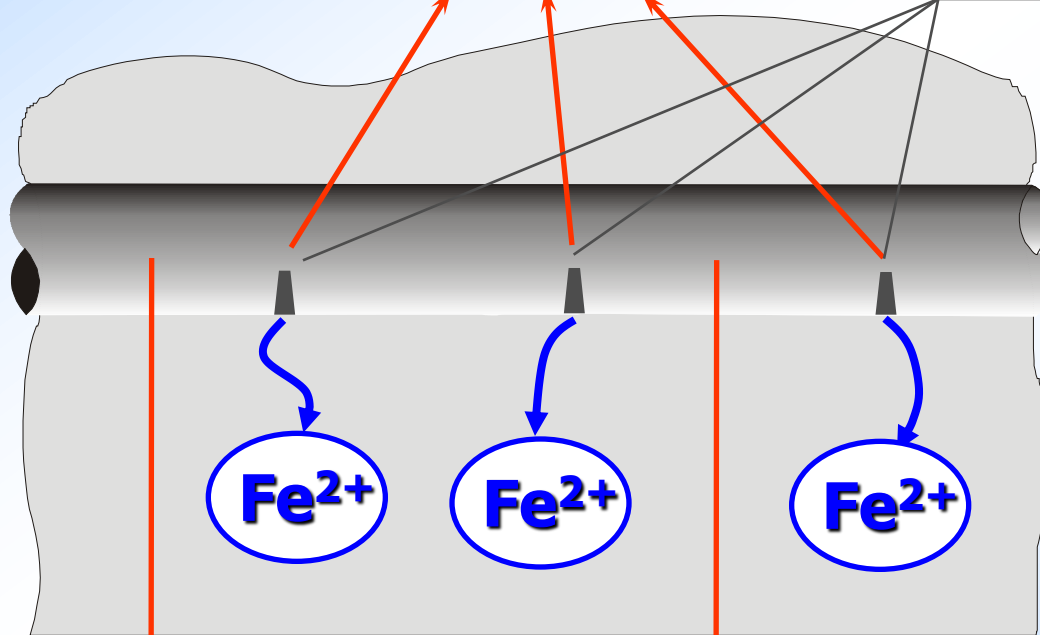


Oddziaływanie chlorków

reakcja anodowa



wżery korozyjne



reakcja katodowa

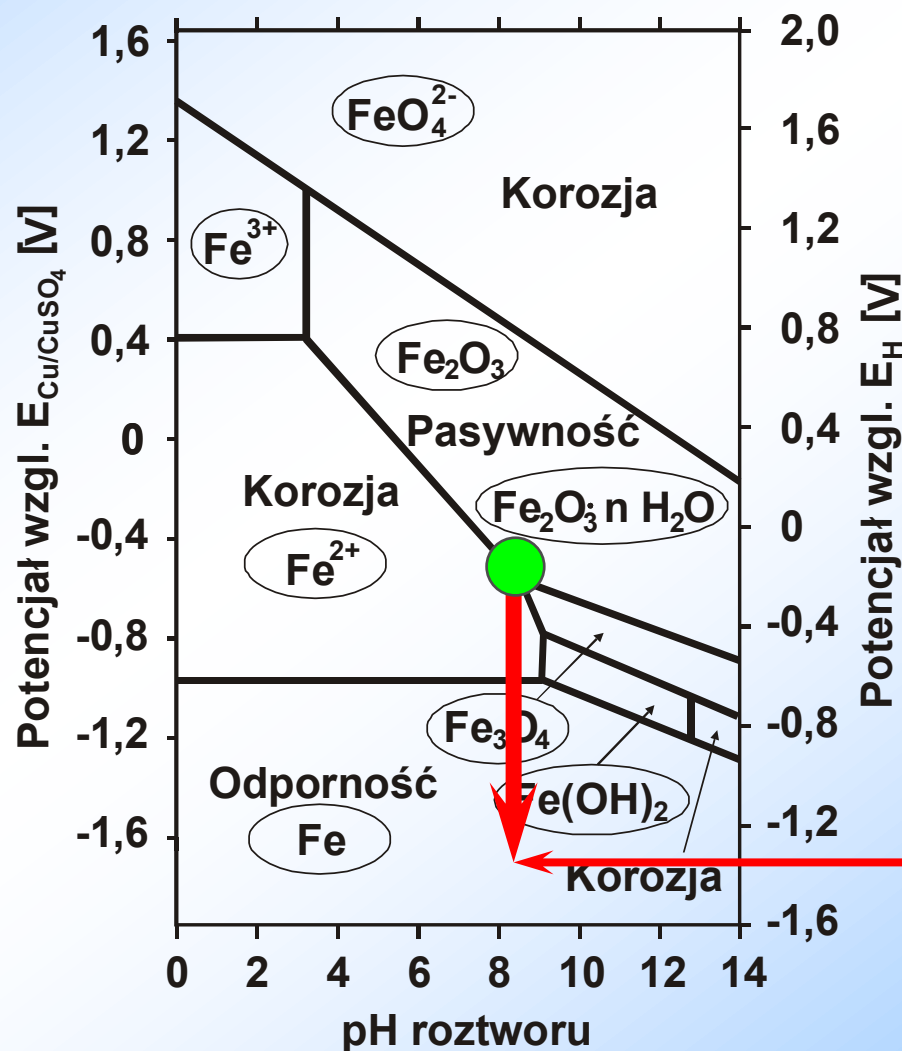
Zabezpieczanie zbrojenia w betonie metodą ochrony katodowej

Zasady i metody ochrony zbrojenia wg PN-EN 1504-9

Oznaczenie	Zasada	Metoda
RP	Utrzymanie lub przywrócenie stanu pasywnego stali zbrojeniowej (Preserving or R estoring P assivity)	✓ zwiększenie grubości otuliny ✓ wymiana betonu ✓ realkalizacja (elektrochemicznie) ✓ usunięcie chlorków
IR	Podwyższenie oporności elektrycznej otuliny betonowej (I ncreasing R esistivity)	✓ ograniczenie zawilgocenia ✓ impregnacja/uszczelnianie ✓ powłoki ochronne (okładziny)
CC	Kontrola obszarów katodowych (C athodic C ontrol)	✓ ograniczenie dostępu tlenu ✓ powłoki ochronne
CP	Ochrona katodowa (C athodic P rotection)	✓ zewnętrzne źródło prądu
CA	Kontrola obszarów anodowych (C ontrol of A nodic Areas)	✓ powłoki na zbrojeniu ✓ inhibitory korozji

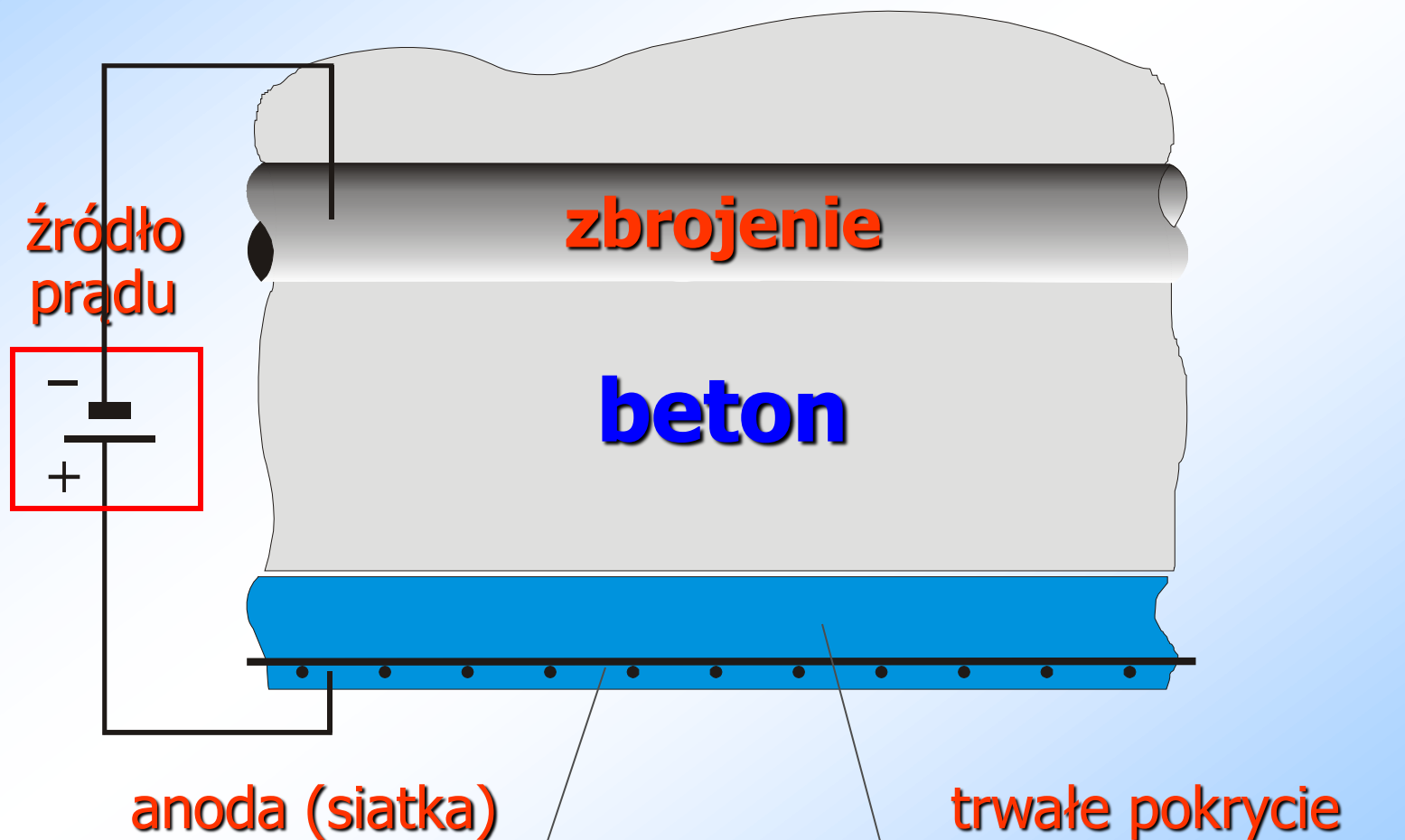
Idea ochrony katodowej

stal zbrojeniowa w cieczy porowej

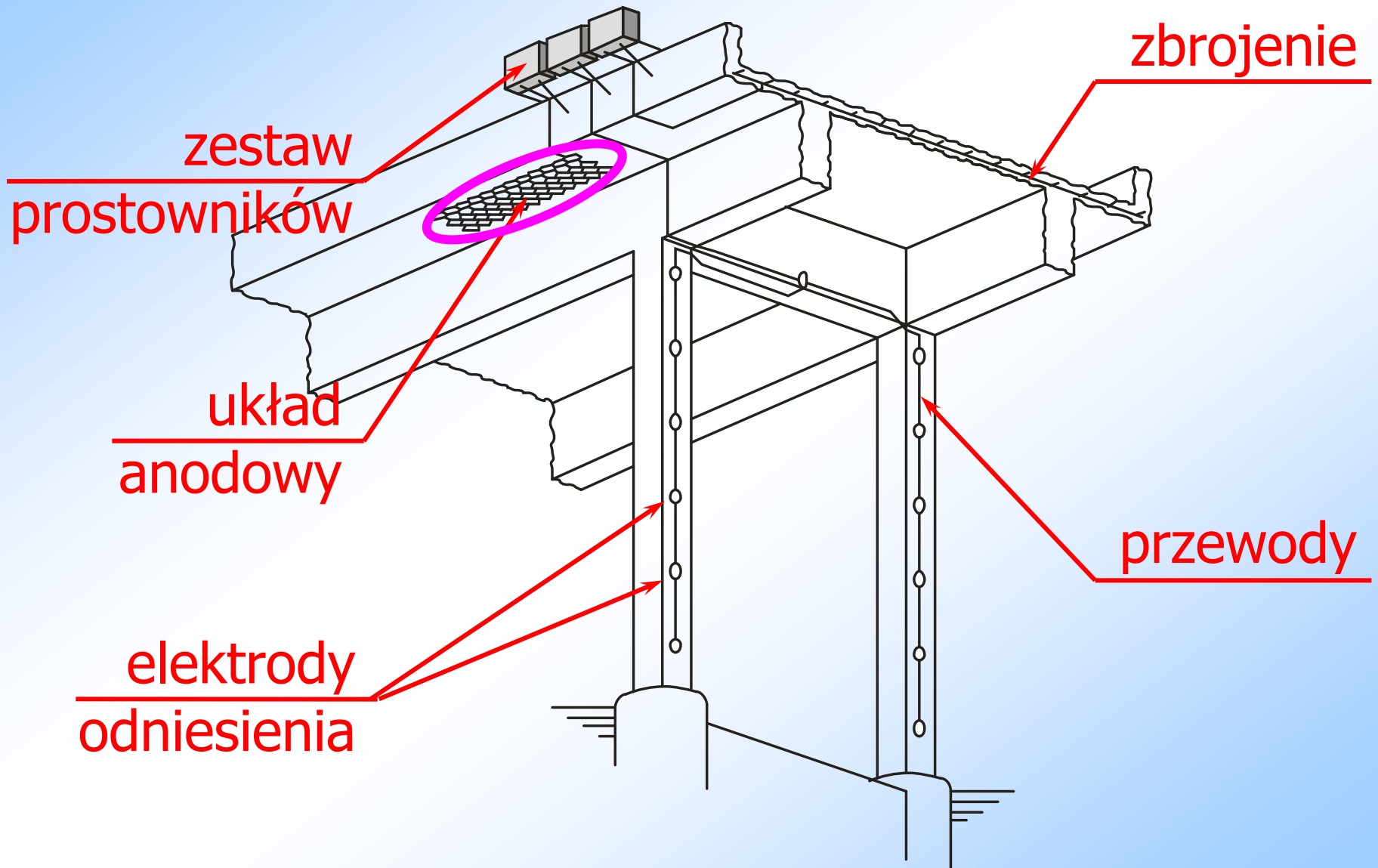


**ochrona
katodowa**

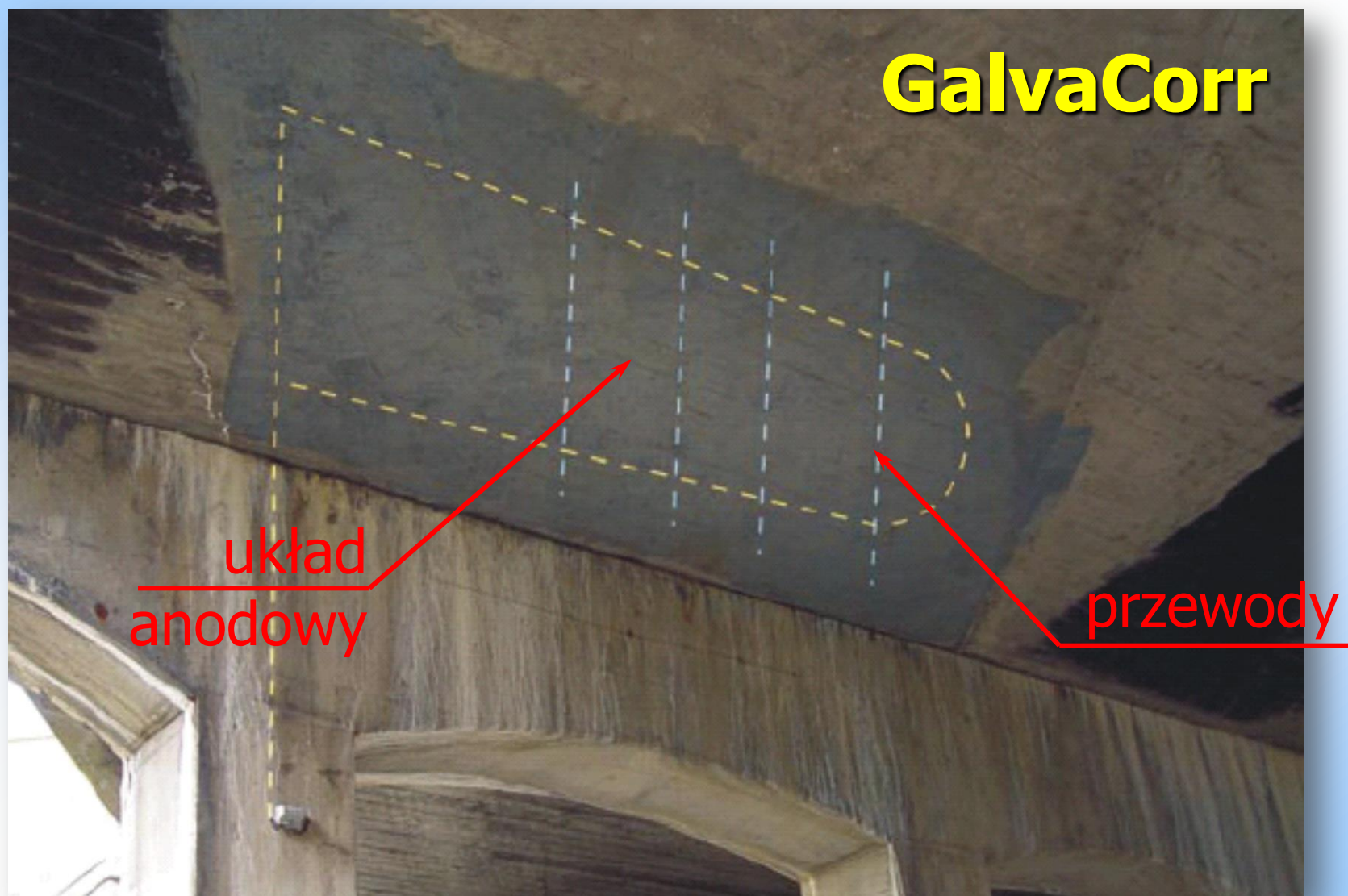
Schemat ochrony katodowej



Ochrona katodowa mostu



Ochrona katodowa mostu



Przykłady realizacji ochrony katodowej

EUROTUNEL

Szczególną budowlą, w której na etapie projektowym przewidziano ochronę katodową jest
Eurotunnel pod Kanałem la Manche



EUROTUNEL

Koszt prowadzenia korozyjnego monitoringu Eurotunelu wynosi rocznie około **42 000 USD**



EUROTUNEL

Schemat ochrony katodowej

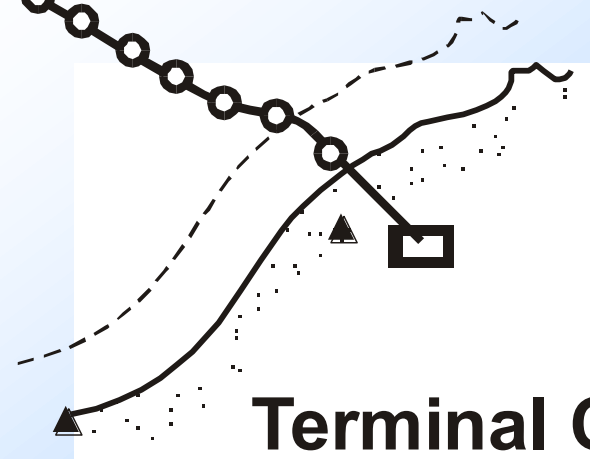
Terminal Folkestone



Kanał La Manche

anody

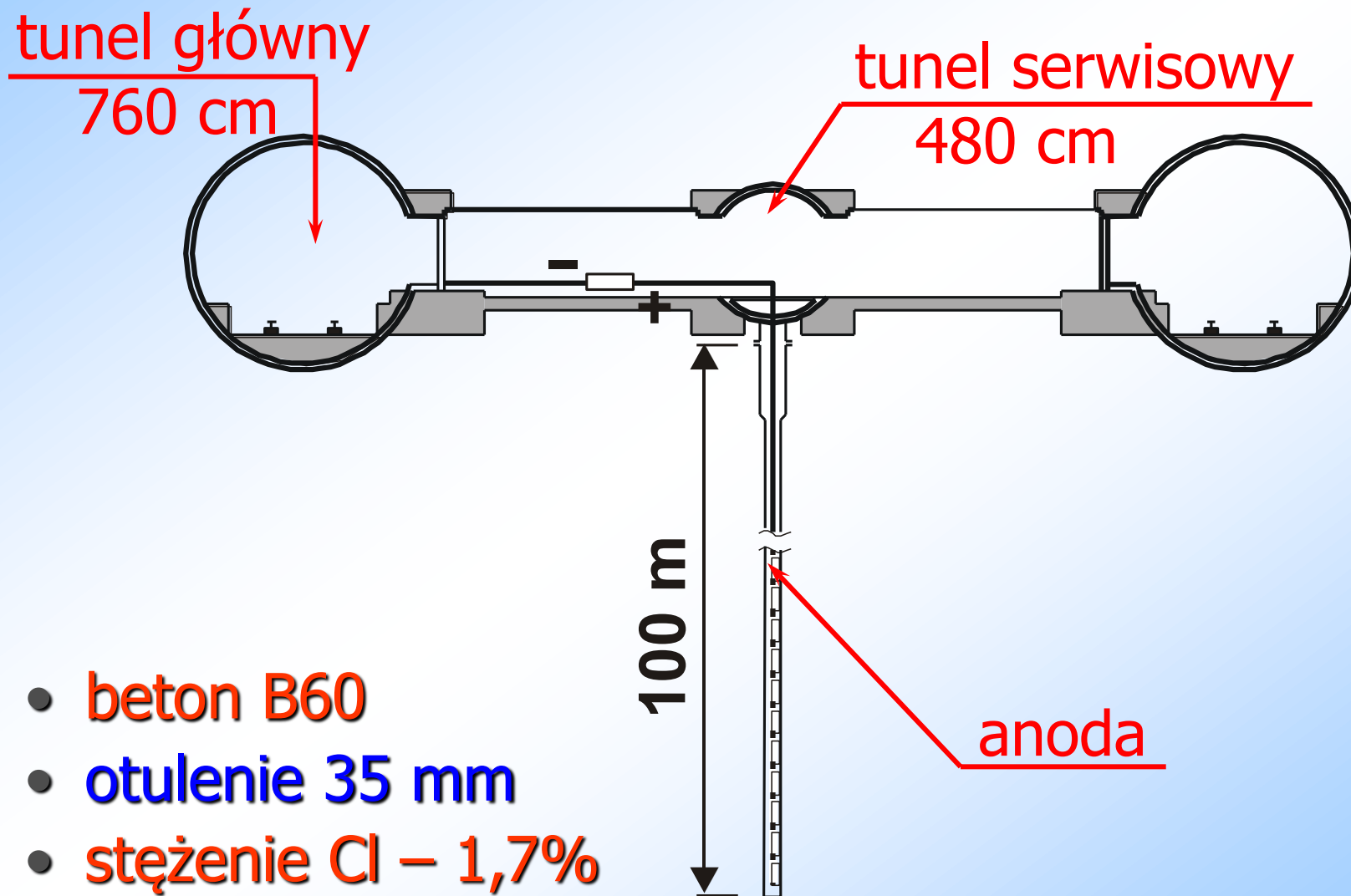
- długość całk. – 50 km
- 38 km pod dnem 25-45 m
- trwałość plan. – 120 lat



Terminal Calais

EUROTUNEL

Schemat ochrony katodowej

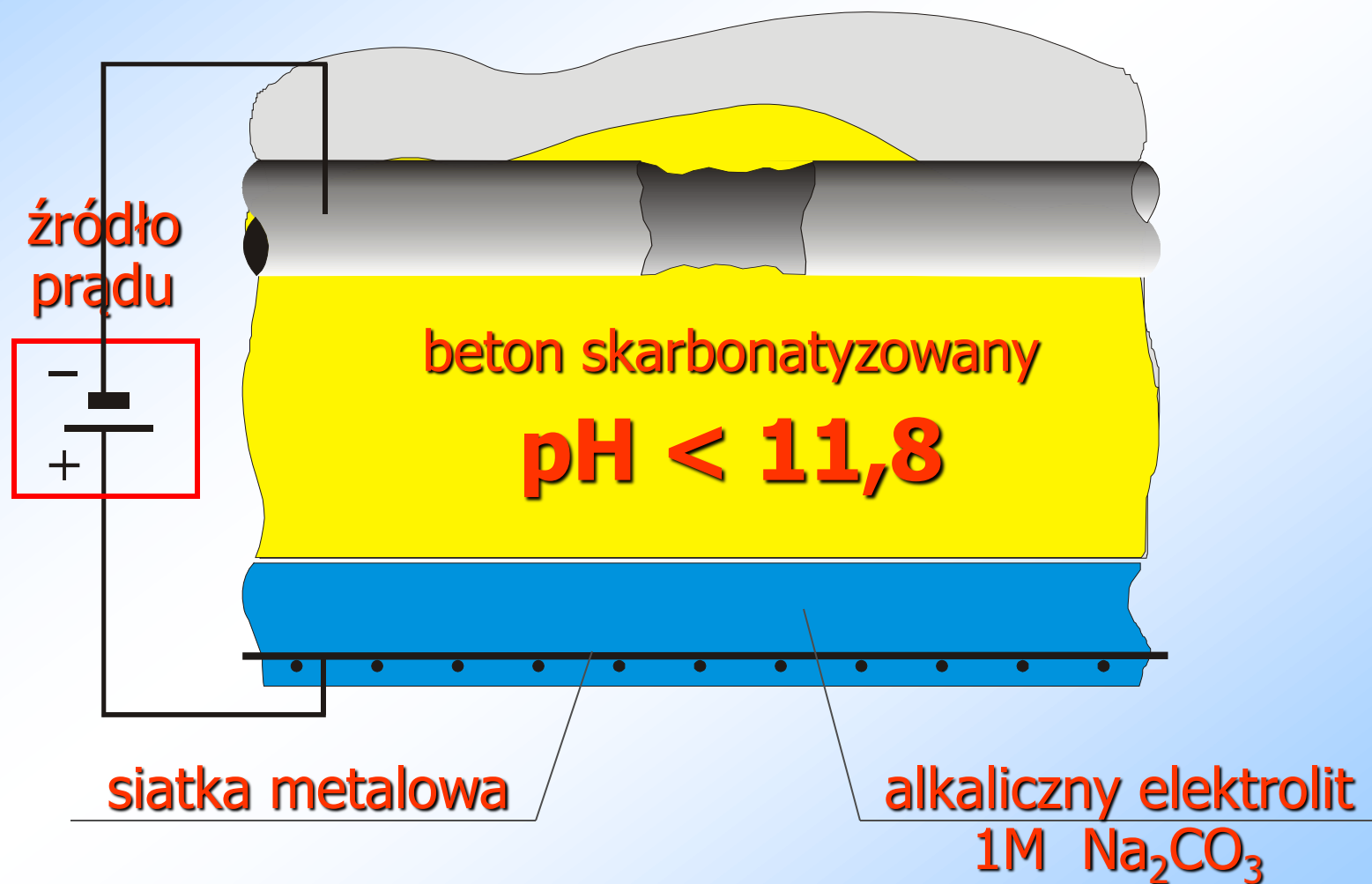


Naprawa betonu **metodą realizacji**

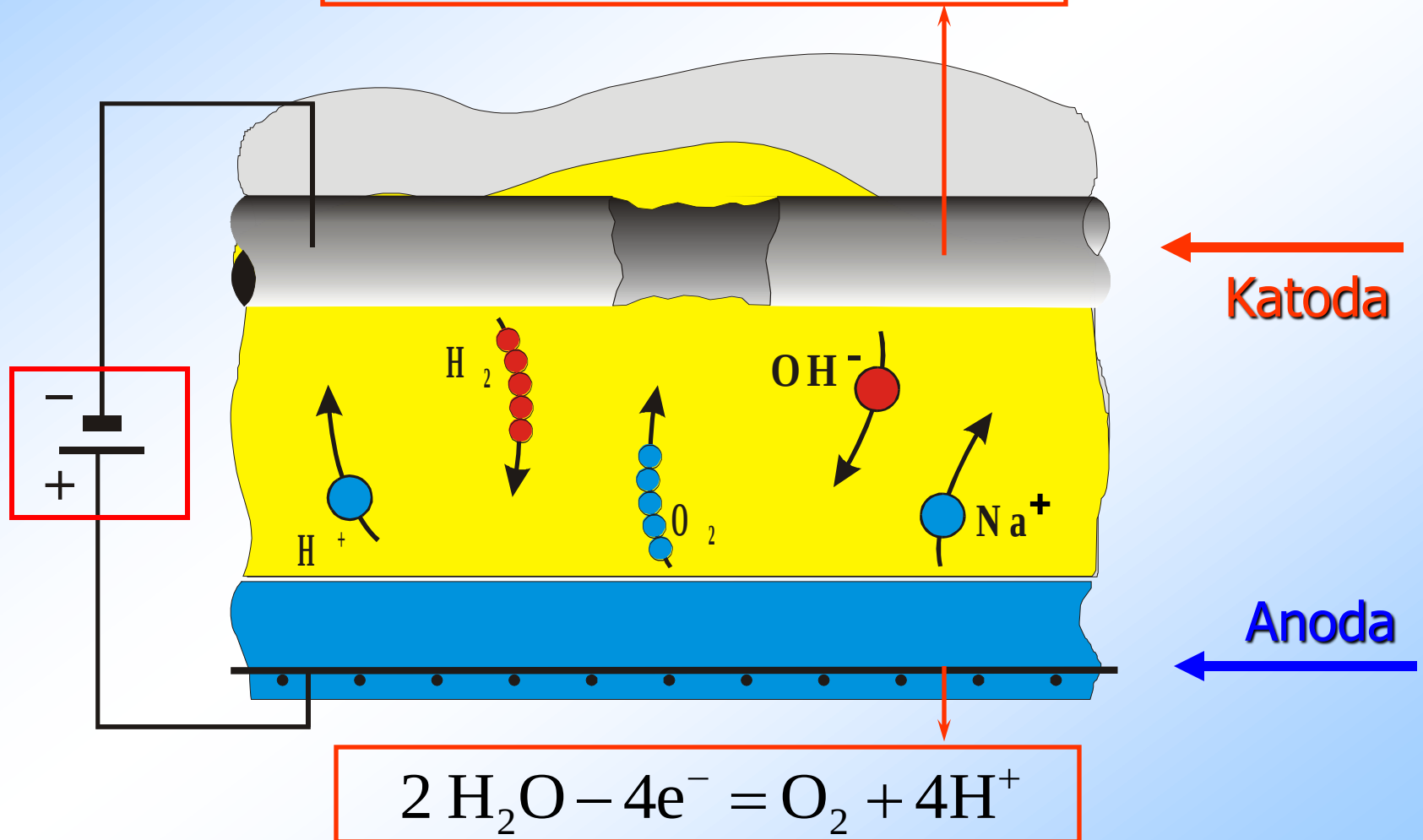
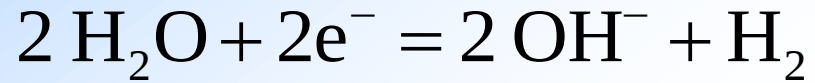
Zasady i metody ochrony zbrojenia wg PN-EN 1504-9

Oznaczenie	Zasada	Metoda
RP	Utrzymanie lub przywrócenie stanu pasywnego stali zbrojeniowej (Preserving or R estoring P assivity)	✓ zwiększenie grubości otuliny ✓ wymiana betonu ✓ realkalizacja (elektrochemicznie) ✓ usunięcie chlorków
IR	Podwyższenie oporności elektrycznej otuliny betonowej (I ncreasing R esistivity)	✓ ograniczenie zawilgocenia ✓ impregnacja/uszczelnianie ✓ powłoki ochronne (okładziny)
CC	Kontrola obszarów katodowych (C athodic C ontrol)	✓ ograniczenie dostępu tlenu ✓ powłoki ochronne
CP	Ochrona katodowa (C athodic P rotection)	✓ zewnętrzne źródło prądu
CA	Kontrola obszarów anodowych (C ontrol of A nodic Areas)	✓ powłoki na zbrojeniu ✓ inhibitory korozji

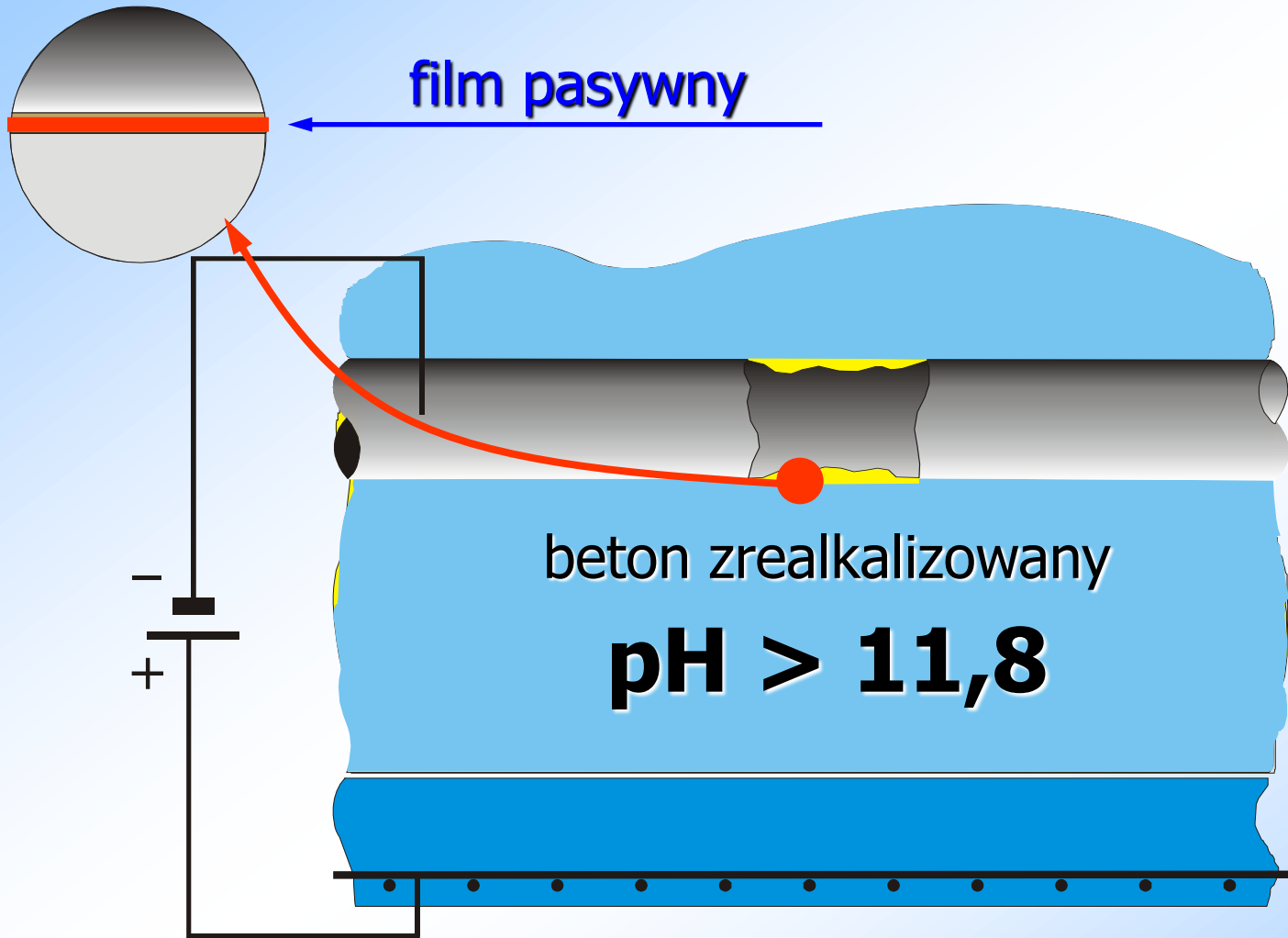
Przebieg realkalizacji betonu



Przebieg realkalizacji betonu



Przebieg realkalizacji betonu

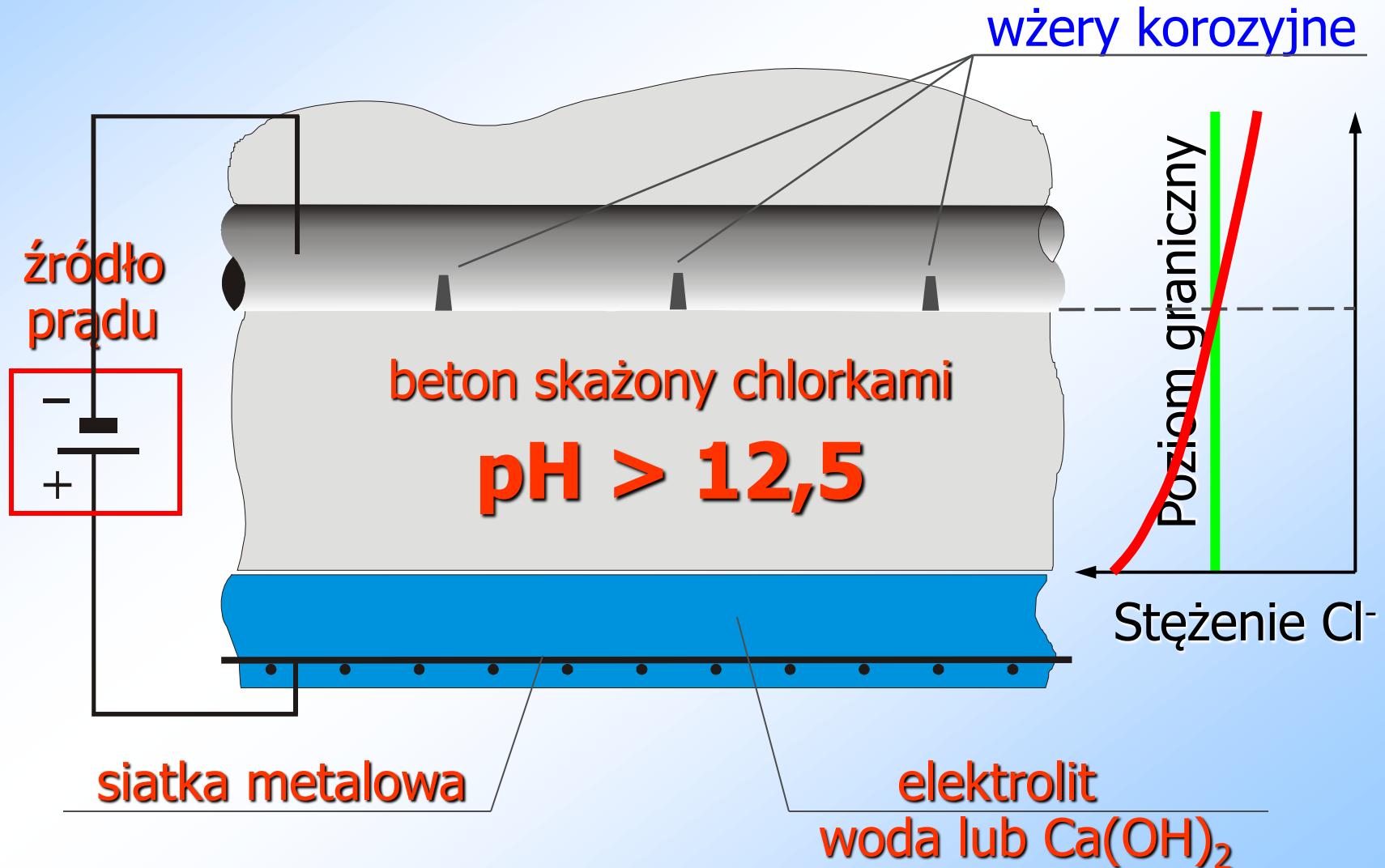


Naprawa betonu metodą ekstrakcji

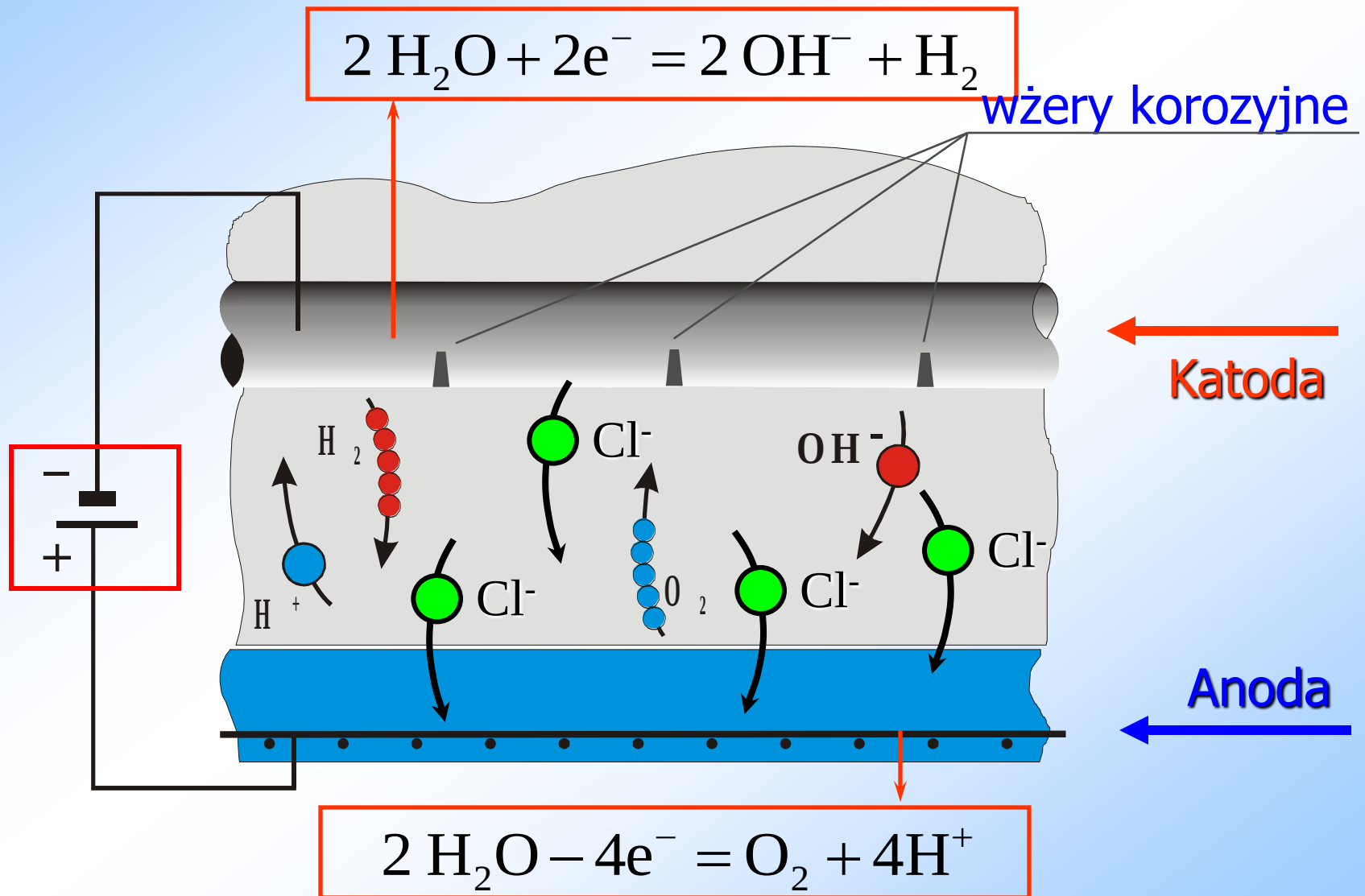
Zasady i metody ochrony zbrojenia wg PN-EN 1504-9

Oznaczenie	Zasada	Metoda
RP	Utrzymanie lub przywrócenie stanu pasywnego stali zbrojeniowej (Preserving or R estoring P assivity)	✓ zwiększenie grubości otuliny ✓ wymiana betonu ✓ realkalizacja (elektrochemicznie) ✓ usunięcie chlorków
IR	Podwyższenie oporności elektrycznej otuliny betonowej (I ncreasing R esistivity)	✓ ograniczenie zawilgocenia ✓ impregnacja/uszczelnianie ✓ powłoki ochronne (okładziny)
CC	Kontrola obszarów katodowych (C athodic C ontrol)	✓ ograniczenie dostępu tlenu ✓ powłoki ochronne
CP	Ochrona katodowa (C athodic P rotection)	✓ zewnętrzne źródło prądu
CA	Kontrola obszarów anodowych (C ontrol of A nodic Areas)	✓ powłoki na zbrojeniu ✓ inhibitory korozji

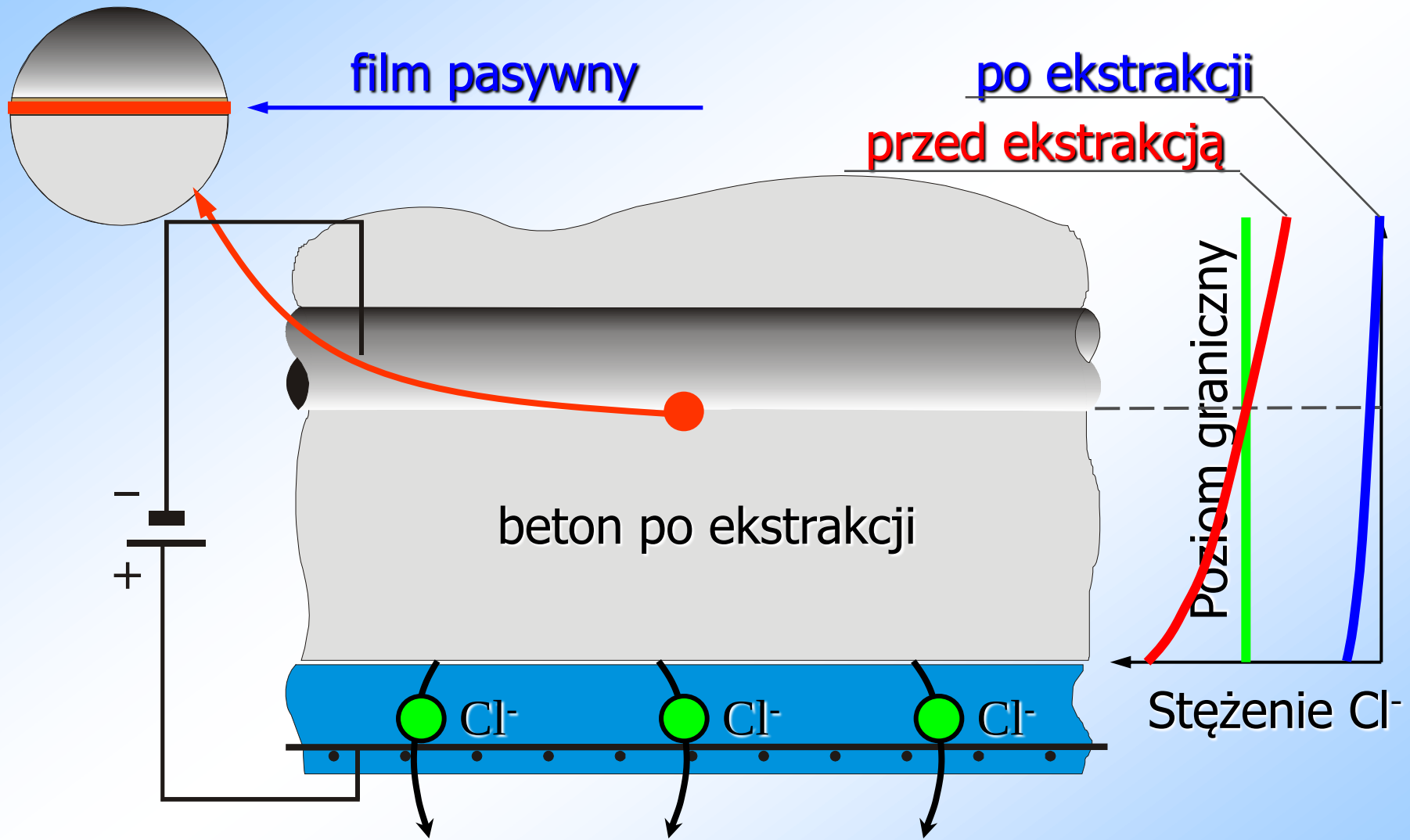
Przebieg ekstrakcji chlorków



Przebieg ekstrakcji chlorków

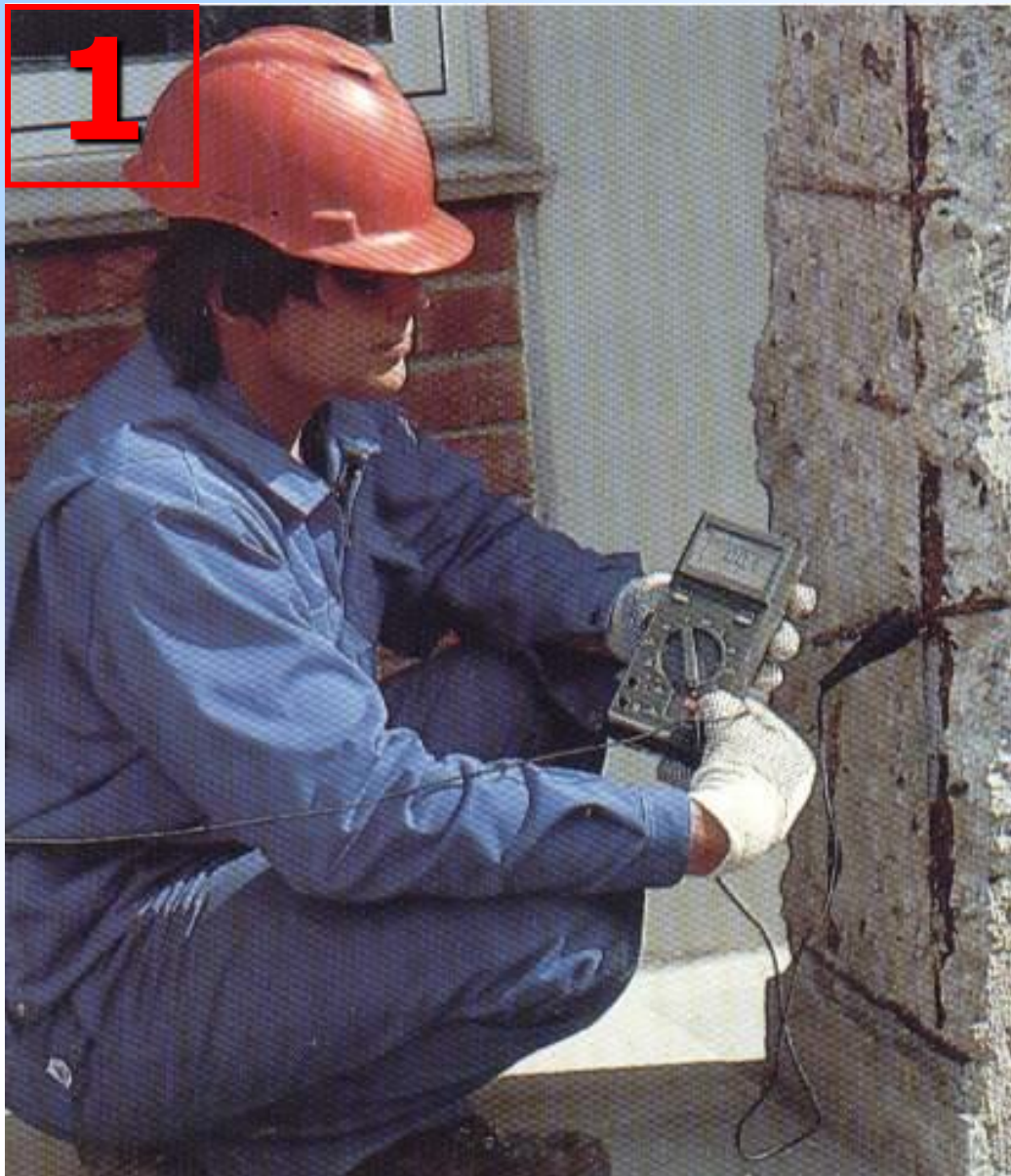


Przebieg ekstrakcji chlorków



Technika **realkalizacji i ekstrakcji**

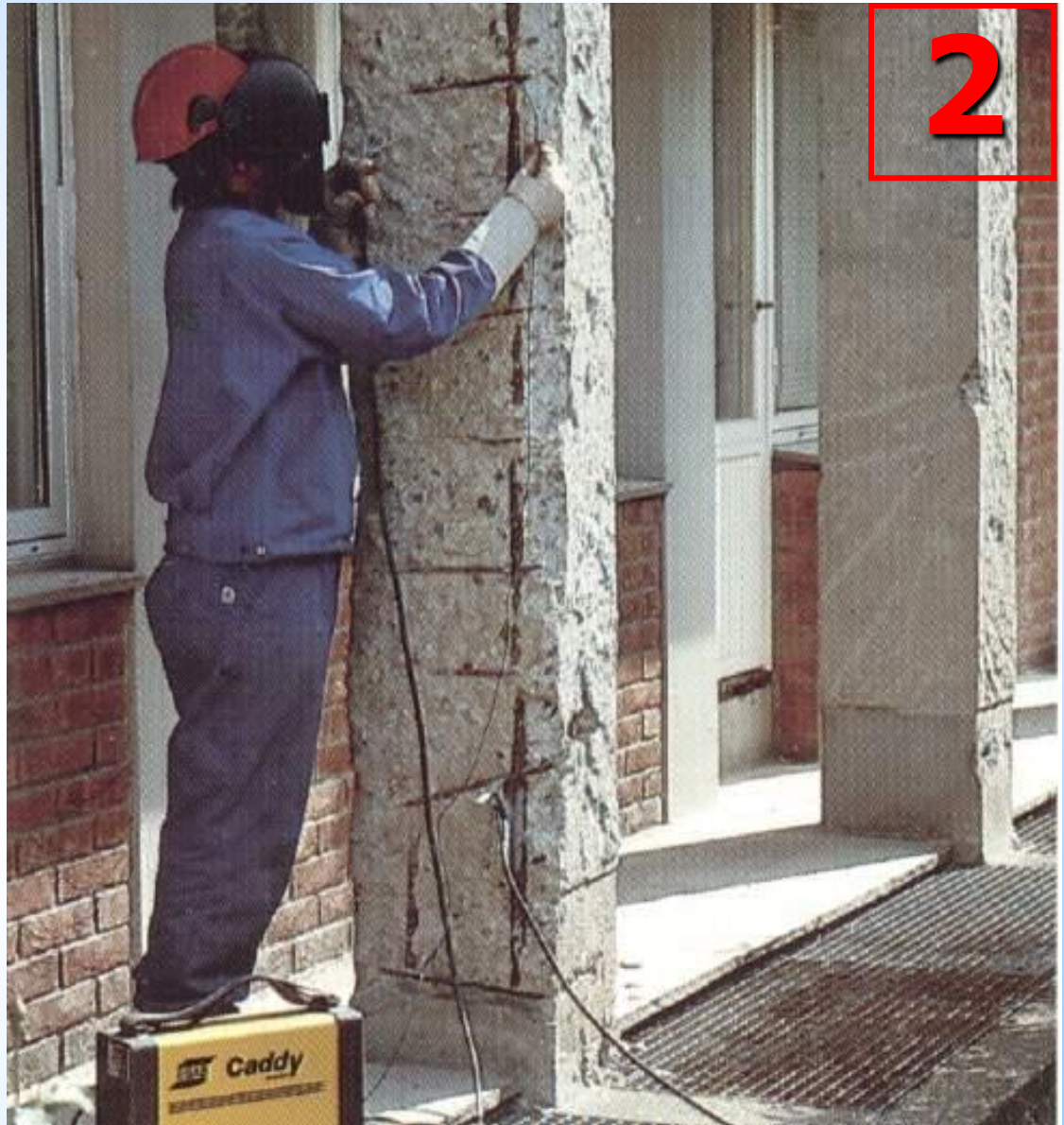
Technika realizacji i ekstrakcji



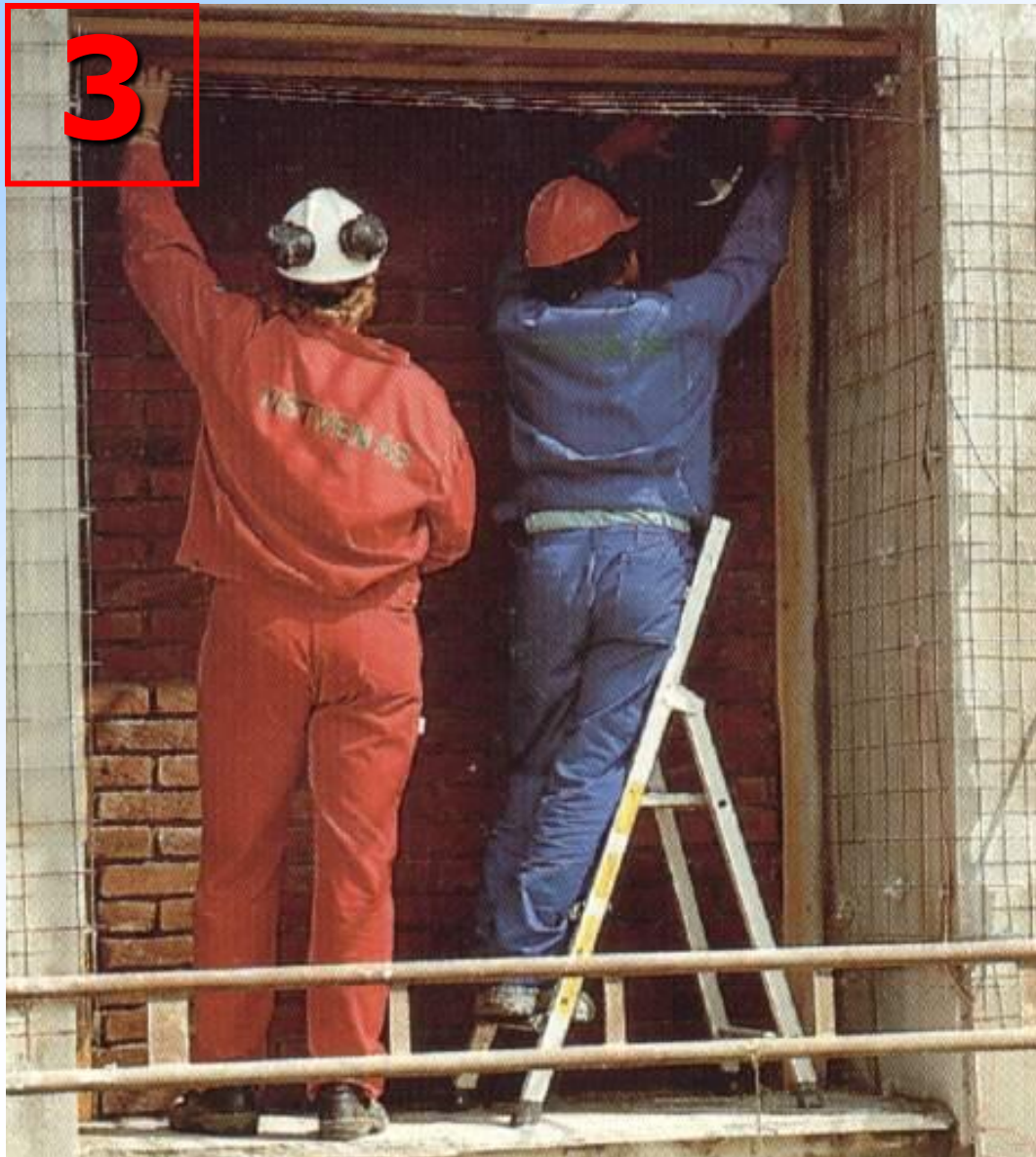
Sprawdzenie
ciągłości zbrojenia
(pomiar rezystancji)

Technika realizacji i ekstrakcji

Spawanie prętów
w celu zapewnienia
ciągłości zbrojenia



Technika realkalizacji i ekstrakcji

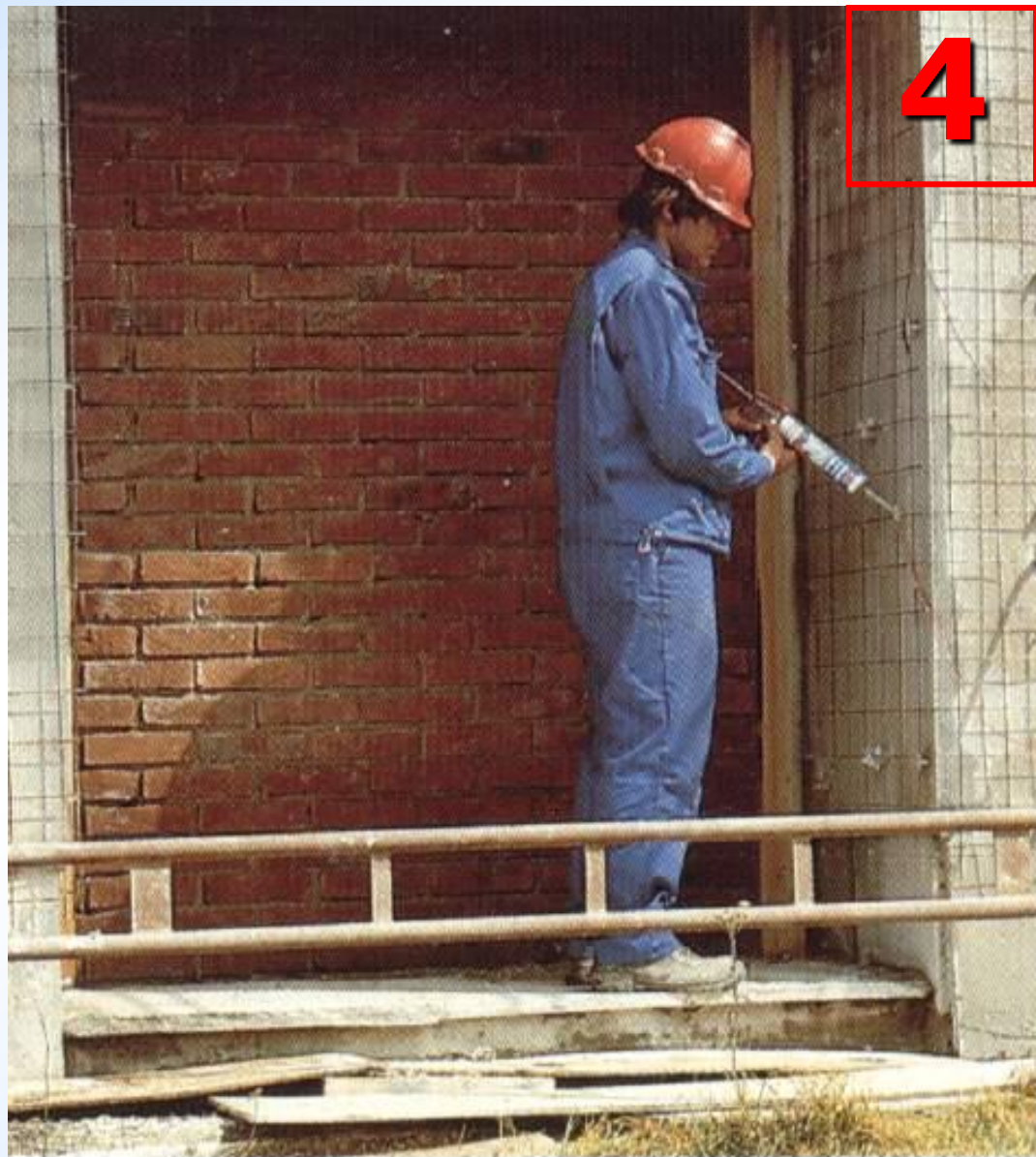


Mocowanie siatki metalowej za pomocą drewnianych listew do powierzchni betonu

Technika realizacji i ekstrakcji

4

Wykonywanie
elektrycznych połączeń
siatki metalowej i
zbrojenia ze źródłem
prądu stałego



Technika realkalizacji i ekstrakcji



Nakładanie
elektrolitu z włókami
celulozowymi na
powierzchnię betonu

Technika realkalizacji i ekstrakcji

Maty filcowe rozwijane
z rulonów;
między nimi siatka
anodowa

Przed zabiegiem maty
nasączone są elektrolitem,
podczas procesu kontroluje
się ich wilgotność



Technika realkalizacji i ekstrakcji

Włączenie
źródeł prądu
i komputerowa
kontrola
przebiegu
realkalizacji



Technika realkalizacji i ekstrakcji

8



Wycinanie rdzeni betonowych z
realkalizowanego słupa żelbetowego do
testu fenoloftaleinowego

Zwilżone fenoloftaleiną rdzenie betonowe;
kolor czerwony – beton zrealkalizowany



Przykłady **obiektów poddanych** **realizacji i ekstrakcji**

Elektrochemiczna realkalizacja betonu



1583 – budowa zamku w drewnie

1931 – replika zamku w żelbecie

po 64 latach karbonatyzacja 57mm

realkalizacja na pow. 5000 m²

Żelbetowa replika zamku w Osace (Japonia)

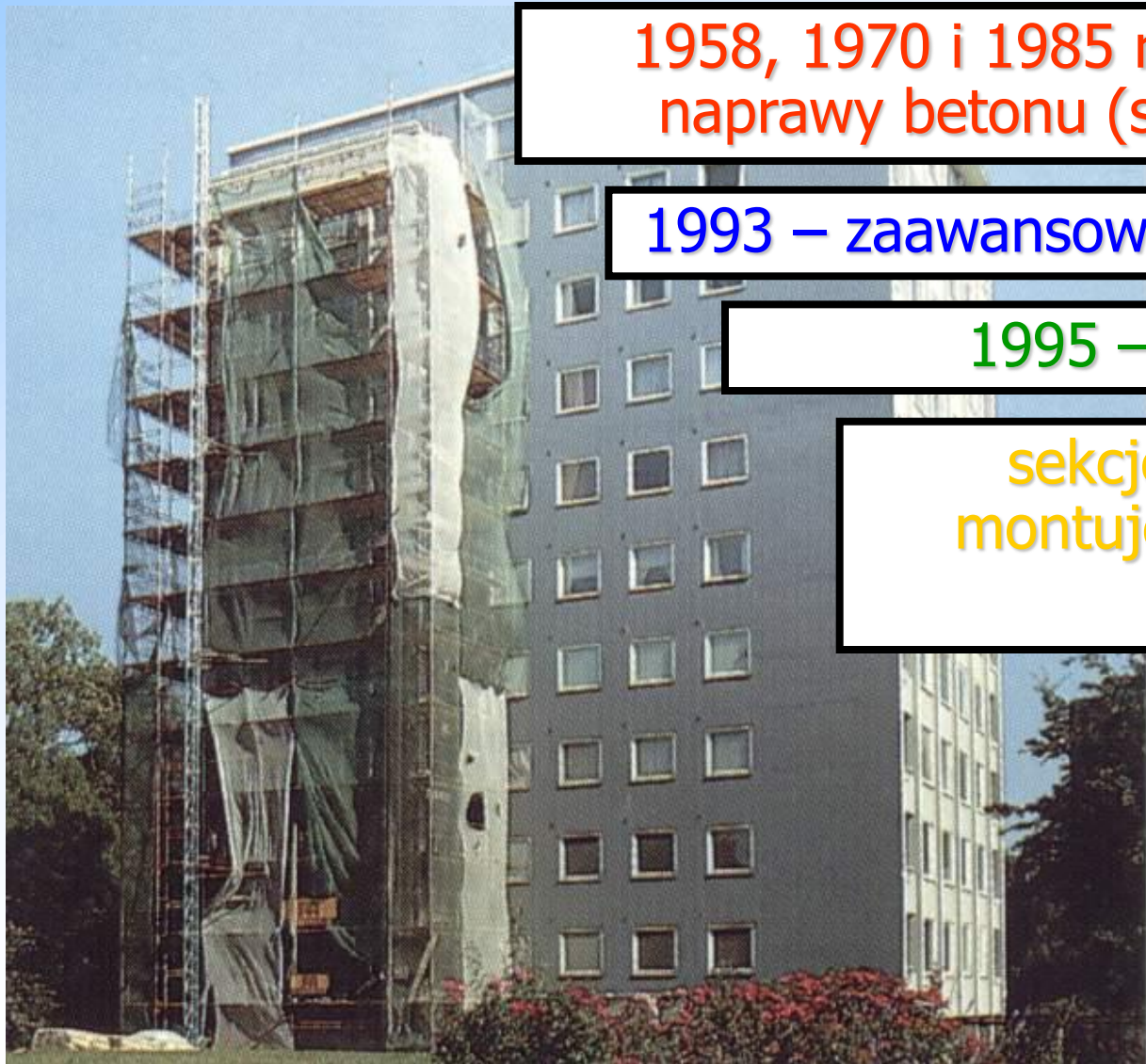
Elektrochemiczna realkalizacja betonu

1958, 1970 i 1985 r. – konwencjonalne naprawy betonu (skucie i reprofilacja)

1993 – zaawansowana karbonatyzacja

1995 – zabieg realkalizacji

sekcje o pow. do 500 m²
montuje zespół 3 osobowy
w ciągu 3-4 dni



Budynek 10. piętrowy w Oslo

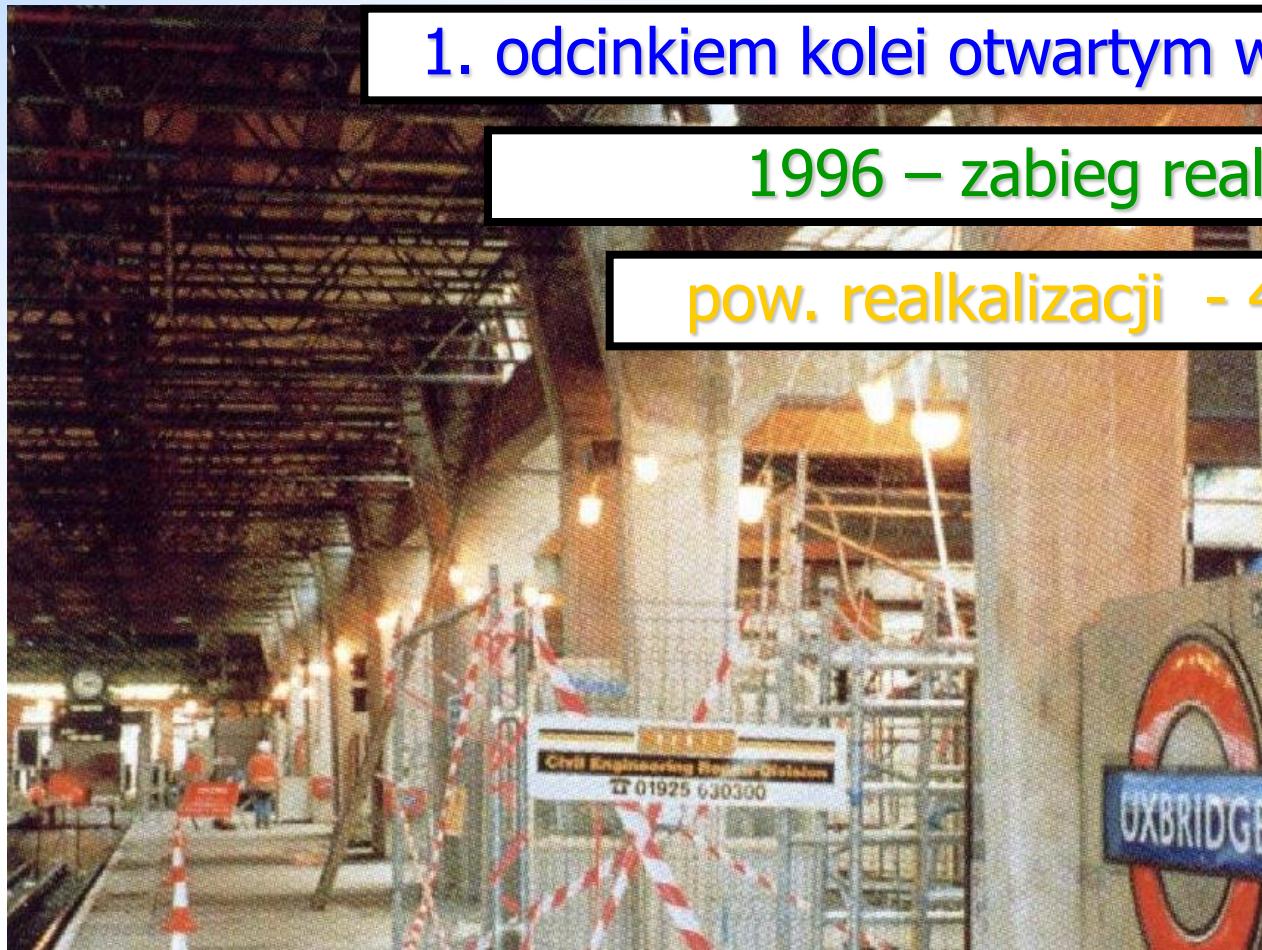
Elektrochemiczna realkalizacja betonu

Jest częścią systemu kolei podziemnej w Londynie („Grade II” – obiekt zabytkowy)

1. odcinkiem kolei otwartym w 1863 r

1996 – zabieg realkalizacji

pow. realkalizacji - 4500 m²



Uxbridge Railway Station, UK

KOSZTY

Naprawa PCC	50 -150
--------------------	----------------

Ochrona katodowa	150-300
-------------------------	----------------

Ekstrakcja chlorków	300-500
----------------------------	----------------

Realkalizacja	200-400
----------------------	----------------

Politechnika Śląska
Katedra Konstrukcji Budowlanych

Niekonwencjonalne sposoby zabezpieczenia i regeneracji zagrożonych korozją konstrukcji z betonu

Dr hab. inż. Mariusz Jaśniok, prof. Pol. Śl.