

**PN-EN ISO 21857:2022-03**

**Przemysł naftowy, petrochemiczny i gazowniczy --  
Zapobieganie korozji systemów rurociągów  
spowodowanej występowaniem prądów błędzących**

Ocena zagrożenia korozyjnego i ocena skuteczności ochrony  
katodowej podziemnych rurociągów poddanych  
oddziaływaniom prądów błędzących za pomocą  
zmodyfikowanej metody korelacyjnej  
zgodnie z PN-EN ISO 21857:2022-03

**Michał Jagiełło**

# PN-EN ISO 21857:2022-03

## Źródła oddziaływań prądów błędzących

### 6 Common sources of interference that can affect corrosion

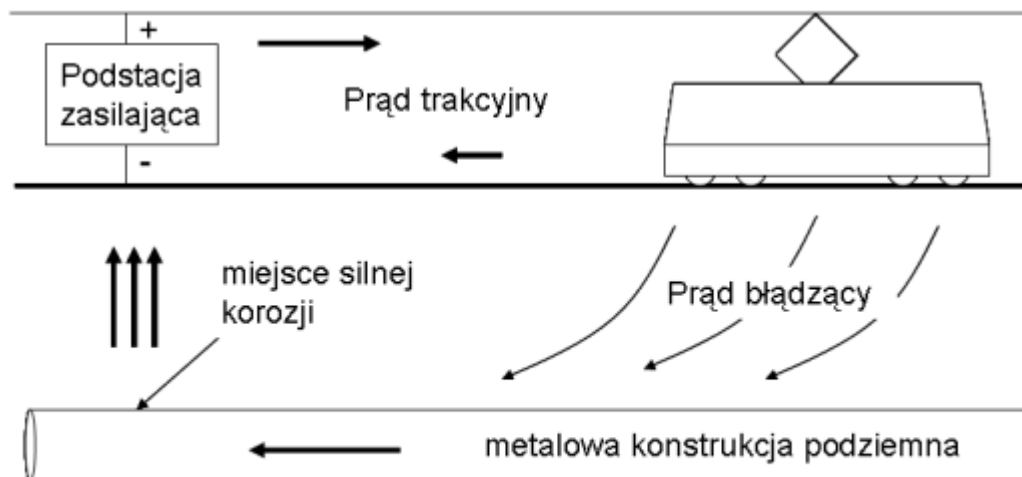
#### 6.1 General

DC systems that can cause currents to flow in the earth or any other electrolyte, whether intentional or unintentional, include the following:

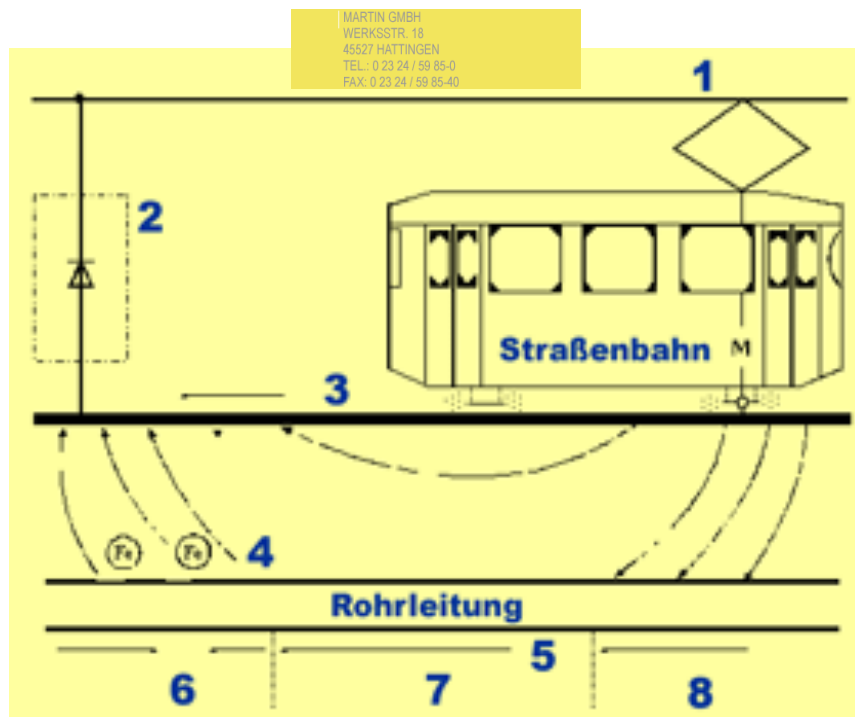
- a) traction systems;
- b) overhead lines for vehicles;
- c) trolley bus systems;
- d) power systems;
- e) equipment at industrial sites, e.g. welding;
- f) communication systems;
- g) instrumentation systems;
- h) cathodic protection systems;
- i) high voltage transmission systems. See [Annex E](#);
- j) track circuit signalling systems. (For stray currents from traction systems, IEC 62128-2 gives requirements for minimizing their production and for the effects within the railway system);
- k) photovoltaic power systems. See [Annex H](#);
- l) offshore wind farm power systems;
- m) geomagnetic interference (telluric currents). See [Annex D](#);
- n) tidal fluctuations. See [Annex G](#).

AC systems (see [Annex F](#)) that can induce voltages into buried structures include

Wojciech Sokólski. Korozja i zabezpieczenie przeciwkorozyjne podziemnej infrastruktury miejskiej – przegląd problemów. VII konferencja naukowo-techniczna WSPÓLCZESNE TECHNOLOGIE PRZECIWKOROZYJNE 08-10 maja 2013 r. - Ostróda



. Typowy schemat ilustrujący powstawanie i kierunki przepływu prądów błądzących (ujemny biegun podstacji podłączony jest do szyn jezdnych).



## ZAGROŻENIE KOROZYJNE POWODOWANE PRZEZ PRADY BŁĄDZĄCE

Zgodnie z prawem Faradaya masa substancji wydzielonej podczas elektrolizy jest proporcjonalna do **ładunku Q**, który przepłynął przez elektrolit.

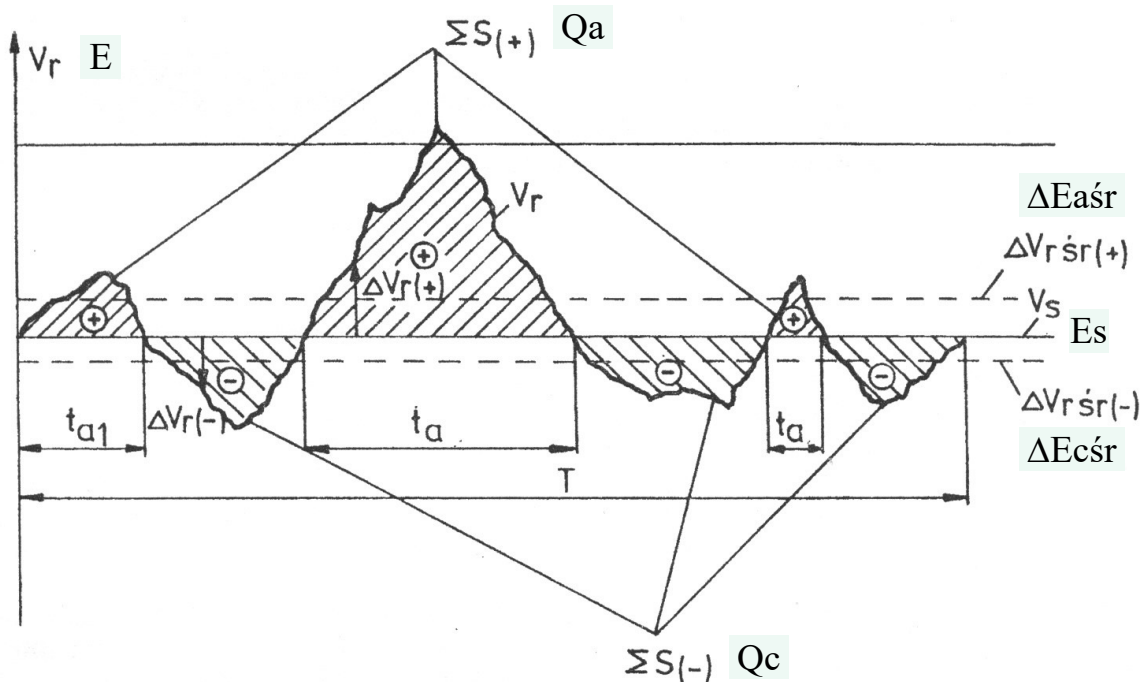
W przypadku konstrukcji ze stali węglowej zakopanej w gruncie prąd o natężeniu **1 A** wypływający z konstrukcji do gruntu w ciągu **1 roku** rozтворzy **ponad 9 kg stali**.

Prądy błędzące stanowią jedno z największych zagrożeń korozyjnych dla podziemnych stalowych rurociągów.

# Konstrukcje podziemne nie chronione katodowo poddane oddziaływaniom trakcyjnych prądów błędnych

## Ocena zagrożenia korozyjnego - metoda korelacyjna

Władysław Dziuba. Sieć powrotna i prądy błędne. Instytut Elektrotechniki – Warszawa 1995



współczynnik  
asymetrii

$$\gamma_t = \frac{\sum ta}{T}$$

**Kryterium zagrożenia korozją w wyniku oddziaływań prądów błędnych:**  
brak zagrożenia -  $\gamma_t < 0,2$

Wg propozycji Władysława Dziuby:

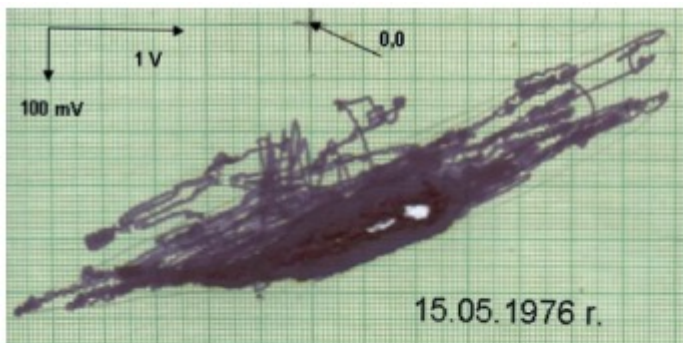
$$\Gamma_s = \frac{\sum S(+)}{\sum S(+)+\sum S(-)} = \frac{\Delta E_{aśr}}{\Delta E_{aśr} + |\Delta E_{csr}|}$$

Przyjmując, że zmiana rezystancji polaryzacji ma nikły wpływ na rezystancję rozplywu:

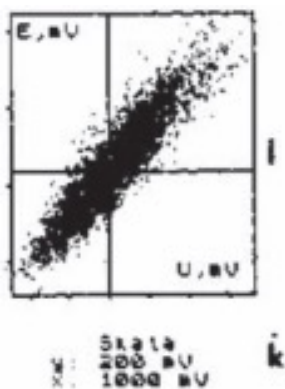
$$Q \sim I \sim \Delta E$$

$$\Gamma_s = \frac{Q_a}{Q_a + Q_c}$$

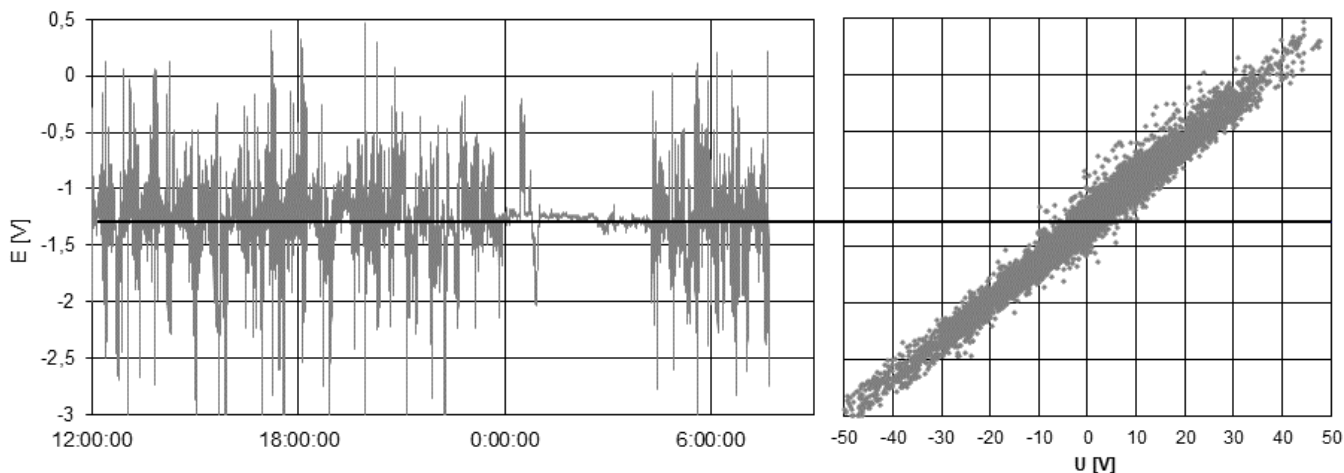
## Potencjał odniesienia (stacjonarny „Es” – referencyjny „Eref”) na konstrukcjach nie chronionych katodowo



Rys. 1. Pierwsze widmo korelacyjne zarejestrowane przez autora na sieci ciepłowniczej w Szczecinie; rejestrator analogowy XY typu TRP firmy SEFRAM (X – napięcie szyny-rurociąg, Y – potencjał rurociągu wzgl. elektrody Cu/nas. CuSO<sub>4</sub>)



Rys. 3. Jeden z pierwszych wydruków raportu z pomiarów korelacyjnych prądów błądzących do oceny zagrożenia korozyjnego wywoływane go przez prądy błądzące (program AC-KOR)



Przykładowy wydruk z rejestracji oddziaływań prądów błądzących na podziemny rurociąg chroniony katodowo.

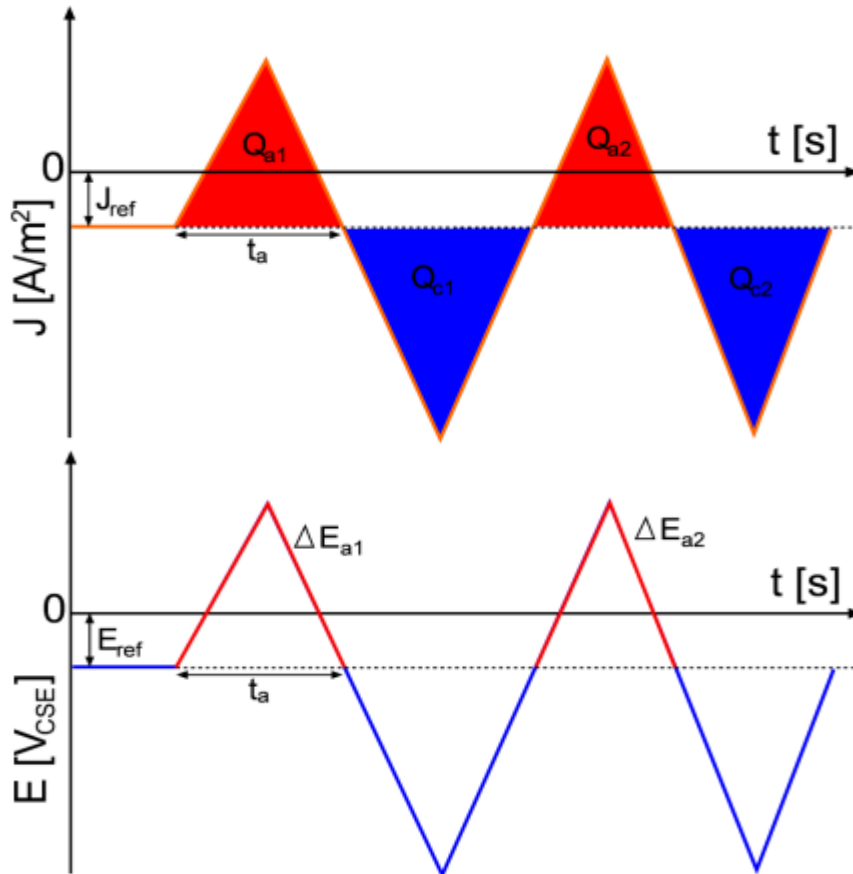
Potencjał rurociągu (stacjonarny, referencyjny):

- w porze braku aktywności prądów błądzących,
- wyznaczony metodą korelacyjną.

# Konstrukcje podziemne chronione katodowo poddane oddziaływaniom trakcyjnych prądów błądzących Ocena skuteczności ochrony katodowej – wg PN-EN ISO 21857:2022-03

Markus Büchler , David Joos

Assessing the corrosion risk caused by DC interference on cathodically protected pipelines (2019 r.)



Współczynnik („asymetrii”)  $Q$       $Q \leq (|Q_c| - |Q_a|) / |Q_a|$

**Kryterium skutecznej ochrony katodowej  
w strefie oddziaływań prądów błądzących trakcji kolejowej ( $t_a \leq 250$  sek.)**

$$\frac{Q_c}{Q_a} = 2$$



$$E_{on\acute{s}r.} \leq E_{ref} - \Delta E_{a\acute{s}r.}$$

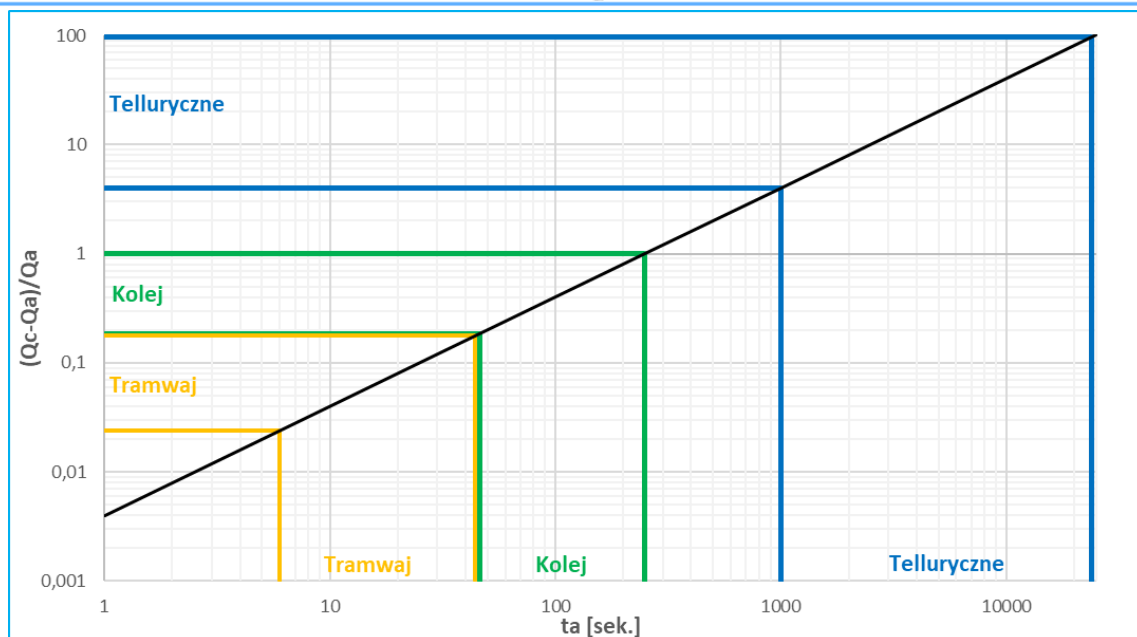
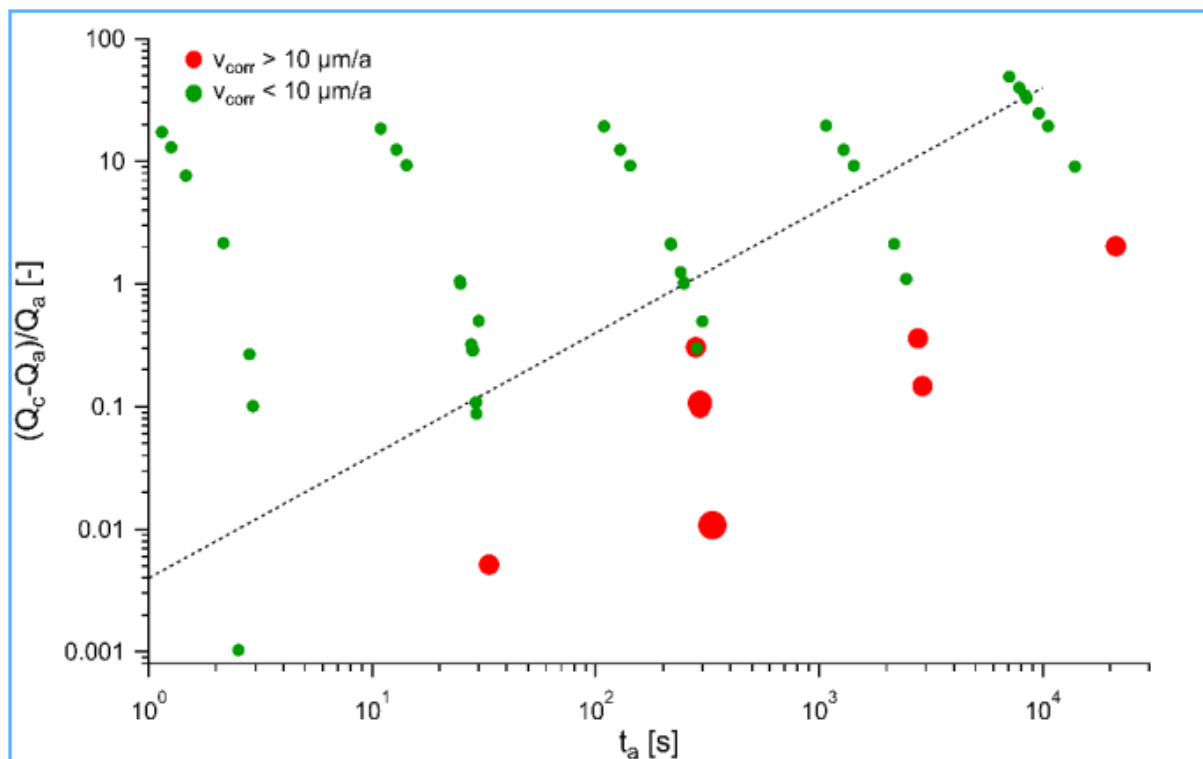
# Konstrukcje podziemne chronione katodowo poddane oddziaływaniom trakcyjnych prądów błędnych Ocena skuteczności ochrony katodowej – wg PN-EN ISO 21857:2022-03

Oddziaływania prądów błędnych dla  $t_a > 250$  sek.

$$Q = t_a * 0,004s^{-1} \leq (|Q_c| - |Q_a|) / |Q_a|$$

**Markus Büchler , David Joos**

Assessing the corrosion risk caused by DC interference on cathodically protected pipelines (2019 r.)





## Potencjał referencyjny „Eref” na konstrukcjach chronionych katodowo

### Eref

Potencjał załączeniowy Eon konstrukcji zapewniający skuteczną ochronę katodową

**Eref** można ustalać na podstawie danych operacyjnych lub rozważań teoretycznych, np.:

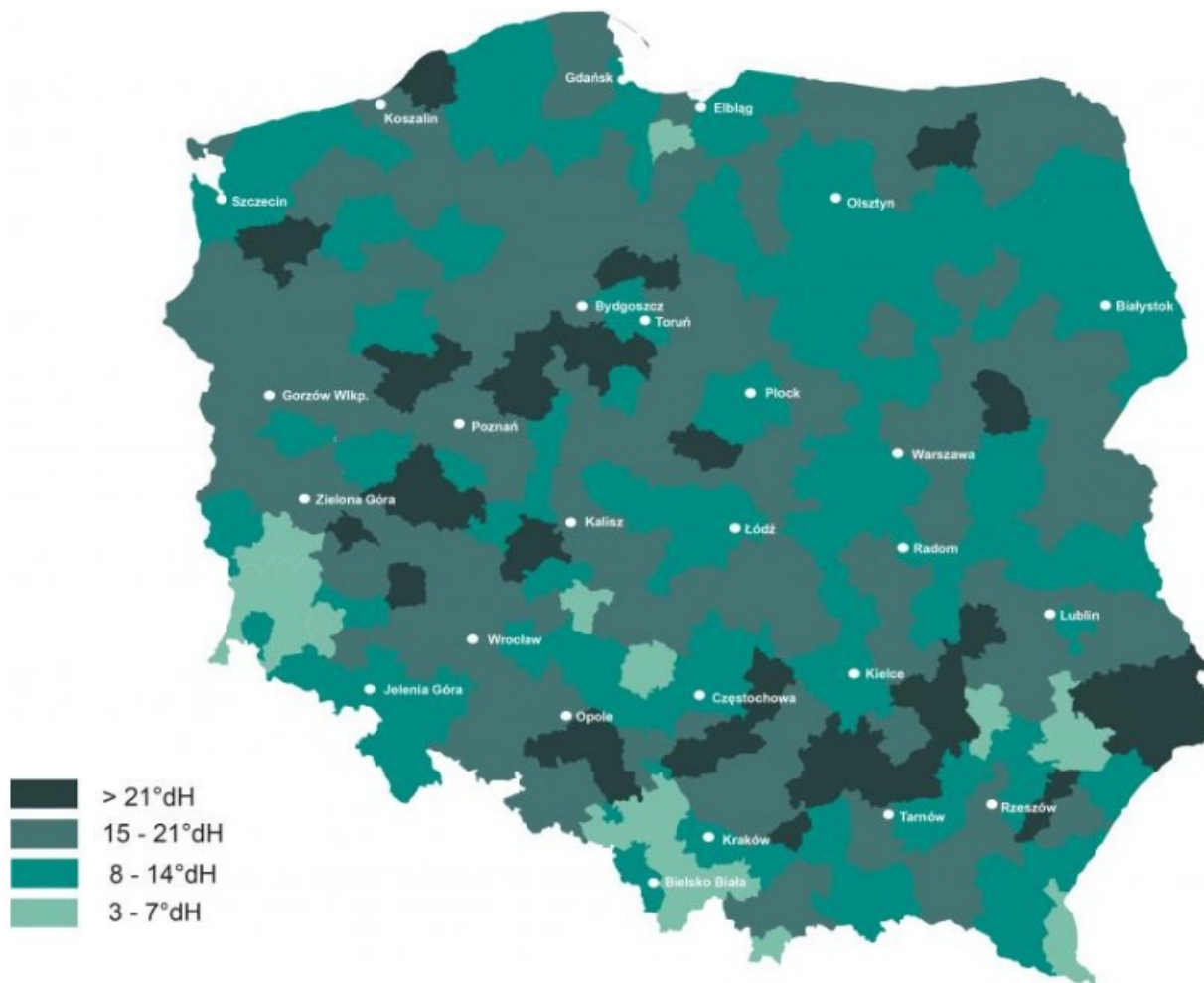
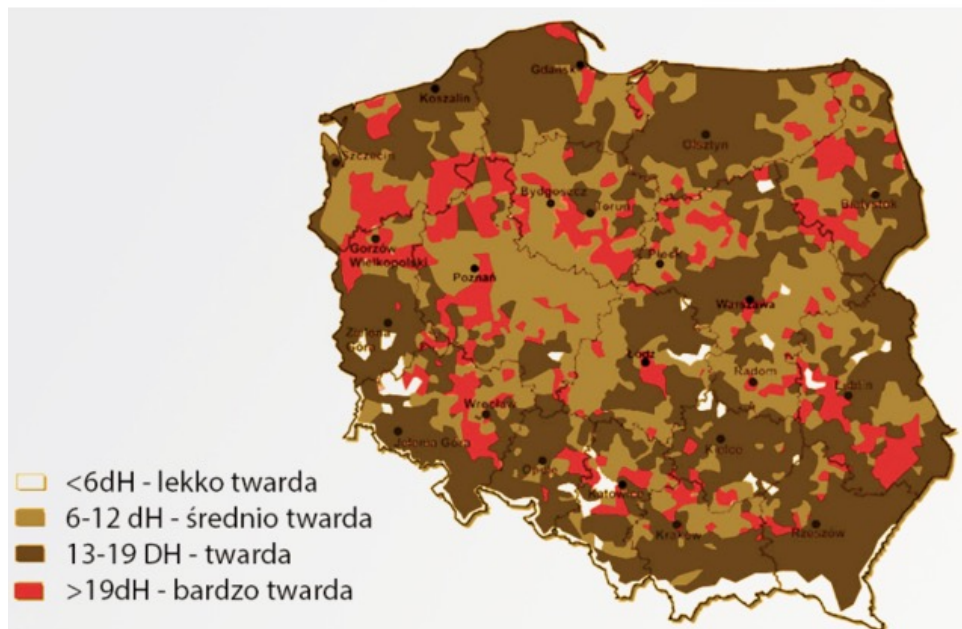
- na podstawie założeń dotyczących potencjału  $E_{IRfree}$ ,
- wymaganej gęstości prądu ochrony  $J_{ref}$ ,
- geometrii defektu powłoki,
- rezystywności gruntu.

### Przykładowe poziomy referencyjne

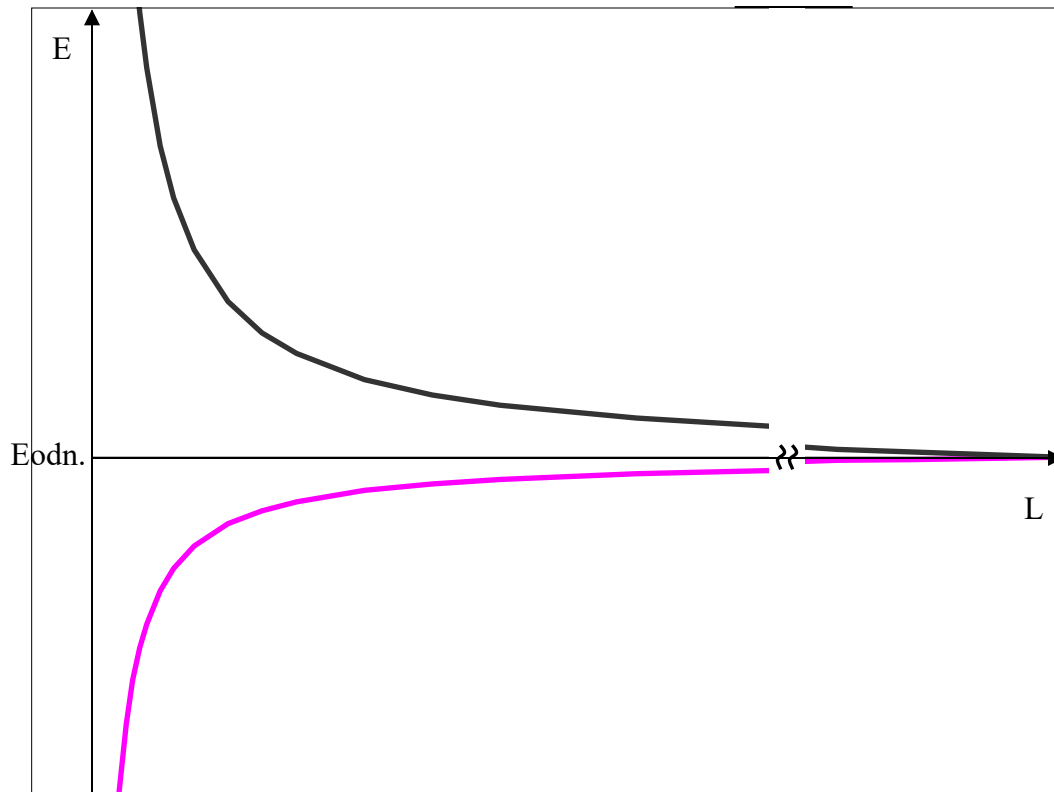
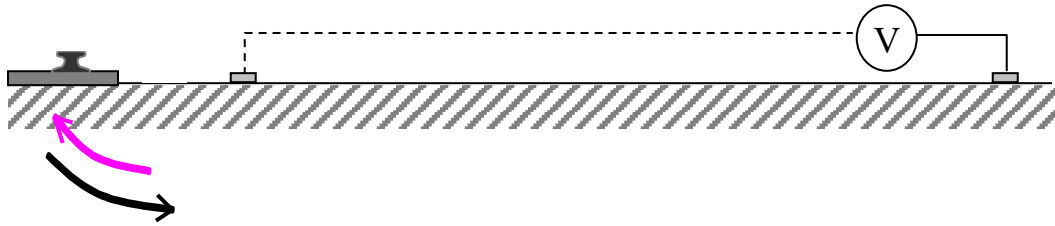
Warunki	Przykładowe poziomy referencyjne
Konstrukcje chronione katodowo zakopane w gruncie o uziarnieniu mniejszym niż żwir średni wg EN ISO 14688-1 (ziarna $\leq 6,3$ mm) lub zanurzone w wodzie o podwyższonej twardości (o twardości całkowitej $> 1,3$ mmol/l)	$E_{ref} = -1,0$ V $J_{ref} = 20$ mA/m <sup>2</sup>
Konstrukcje chronione katodowo zakopane w wyjątkowych warunkach podłoża, tj. miękkiej płynącej wodzie gruntowej (o twardości całkowitej $< 1,3$ mmol/l) w połączeniu z gruboziarnistym gruntem, np. średnim żwirem wg EN ISO 14688-1 (ziarna $> 6,3$ mm)	Eref można ustalać na podstawie danych operacyjnych lub rozważań teoretycznych; należy uwzględnić $J_{ref} \geq 200$ mA/m <sup>2</sup>

# Mapa twardości wody w Polsce

mmol/l	dH
0,1783	1
1,3	7,3



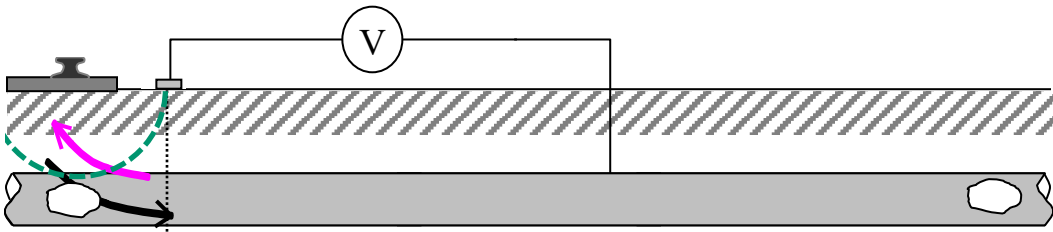
**Stożek napięciowy w rejonie torowiska**  
**Zmiana „potencjału ziemi” w zależności od odległości od szyn**



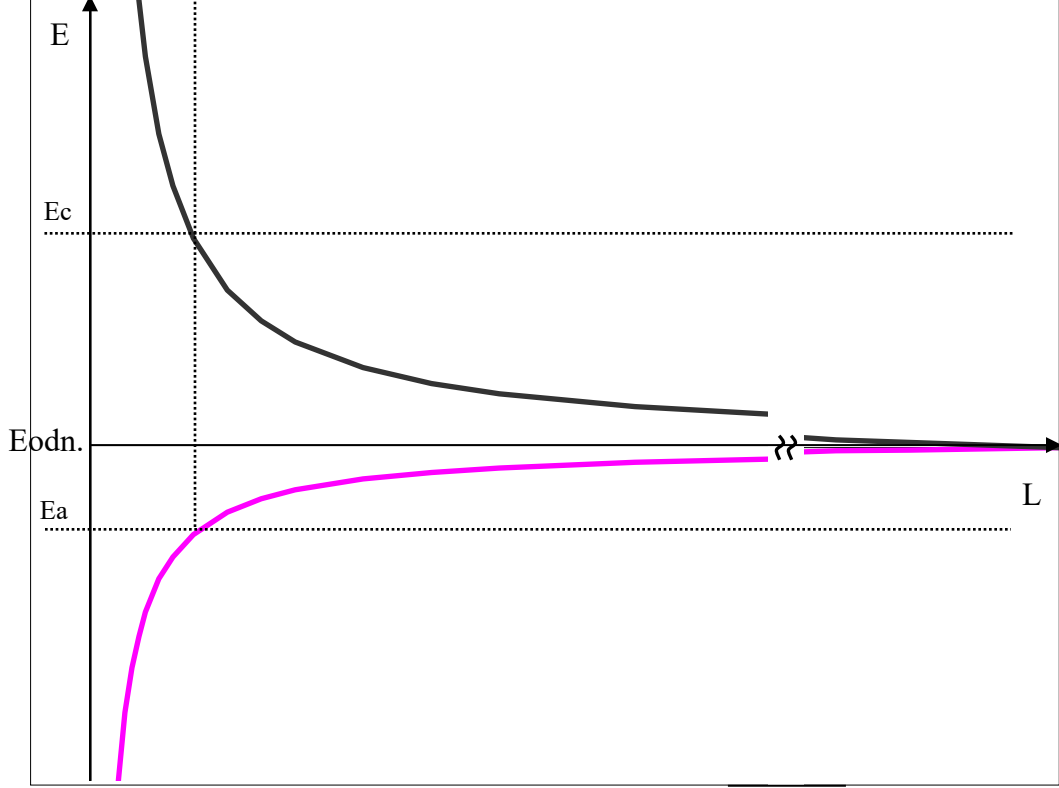
**Stożki napięciowe w ziemi wywołane przez prądy błądzące pochodzące z trakcji elektrycznej**

# Ocena skuteczności ochrony katodowej rurociągu na skrzyżowaniu z trakcją elektryczną

## Usytuowanie elektrody odniesienia przy pomiarze potencjału rurociągu



Lokalizacja hipotetycznego defektu izolacji; usytuowanie el. odniesienia na pow. ziemi



**Stożki napięciowe wywołane przez prądy błądzące pochodzące z trakcji elektrycznej**

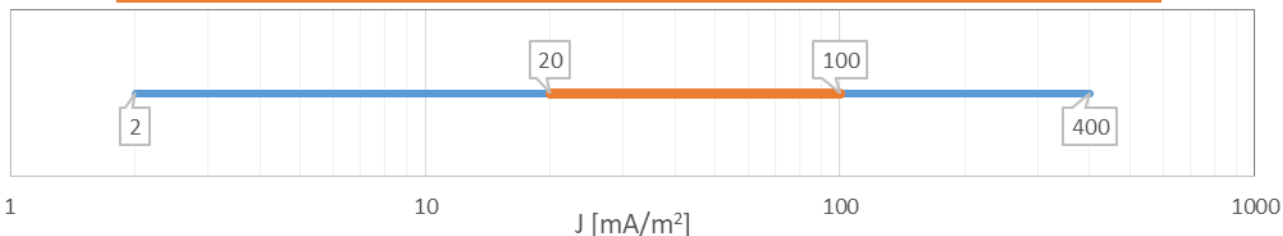
## Tematy do dyskusji

### I. Gęstość prądu polaryzacji zapewniająca skuteczną ochronę katodową

Gęstość prądu zapewniająca skuteczną ochronę katodową  $V_{kor} < 10 \mu\text{m/rok}$

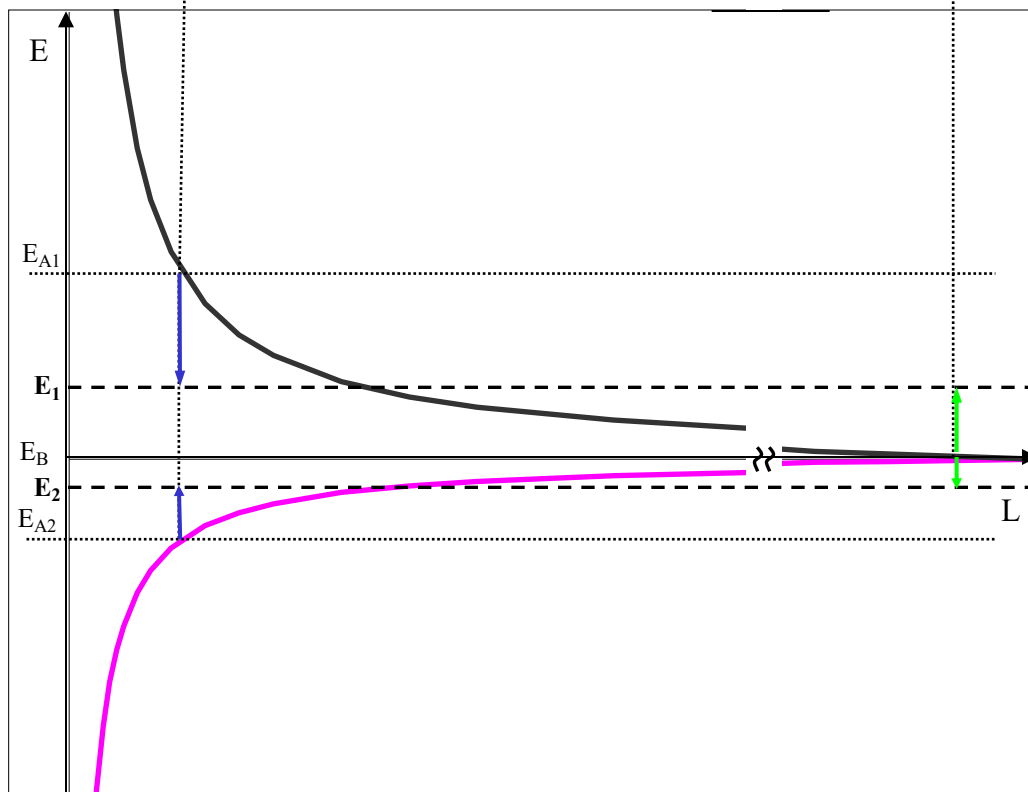
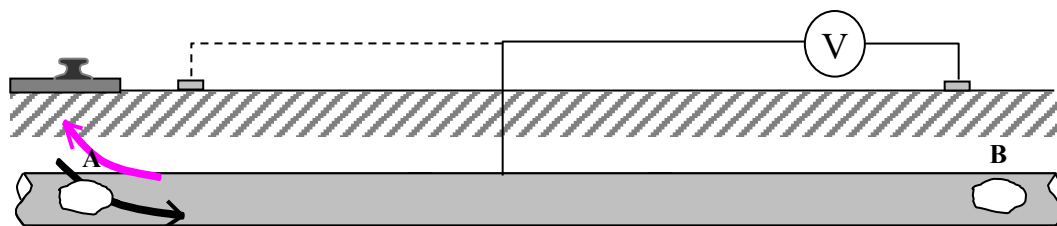
Dane literaturowe z badań i doświadczeń

Wartości przyjmowane w eksploatacji OK podziemnych rurociągów



### II. Wpływ rur ochronnych na skrzyżowaniach rurociągów z trakcją elektryczną na ocenę skuteczności ochrony katodowej w strefach oddziaływań prądów błędnych

# Potencjał rurociągu poddanego oddziaływaniom prądów błędnych

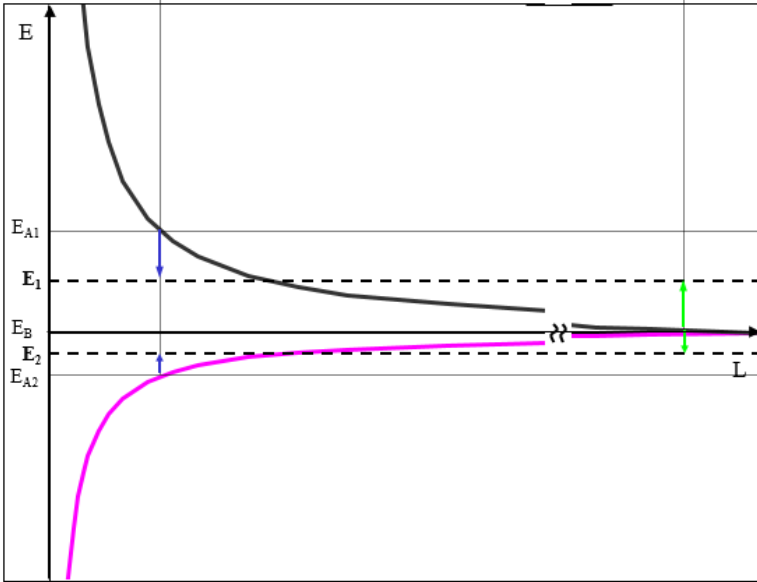
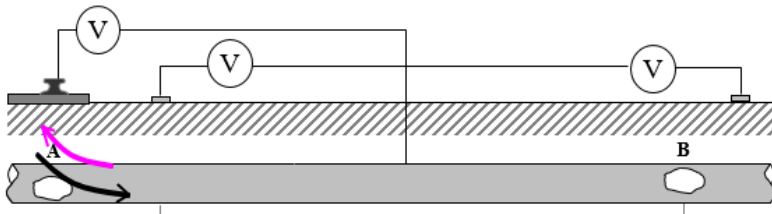


$$E = \frac{\sum \frac{E_i}{R_i}}{\sum \frac{1}{R_i}}$$

$$\frac{R_A}{R_B} \ll X \quad E \approx E_B \approx \frac{E_A - E_B}{1 \ll X}$$

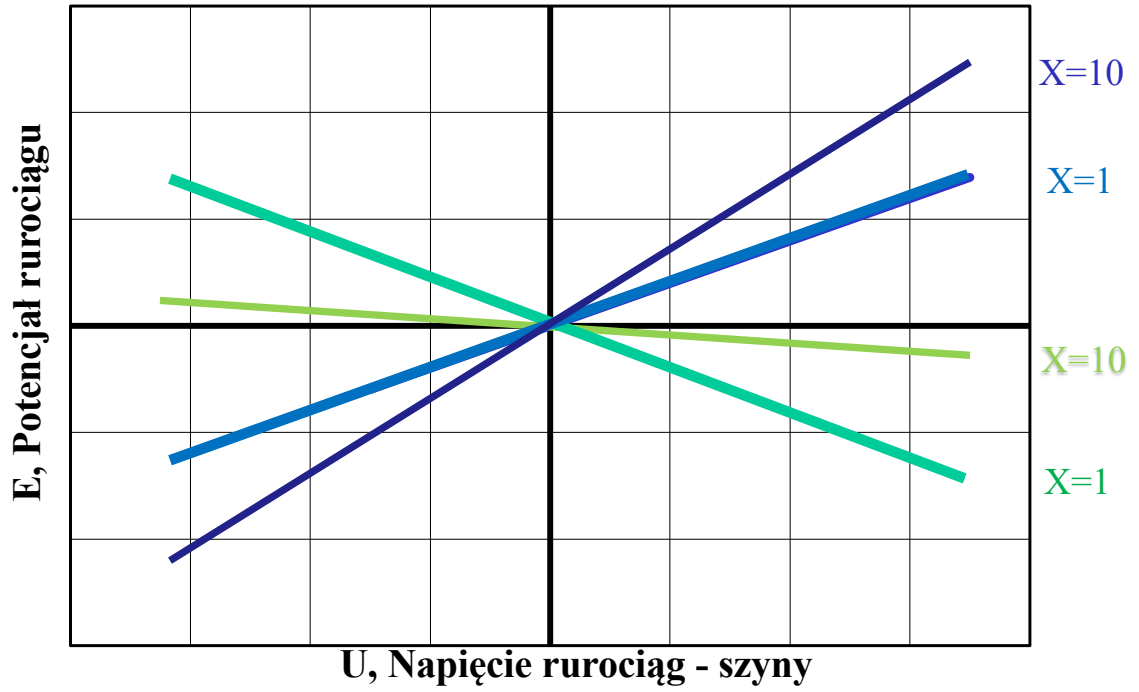
$$R_A = R_B \quad E = \frac{E_A + E_B}{2}$$

$$R_A \gg R_B \quad E \approx E_B$$

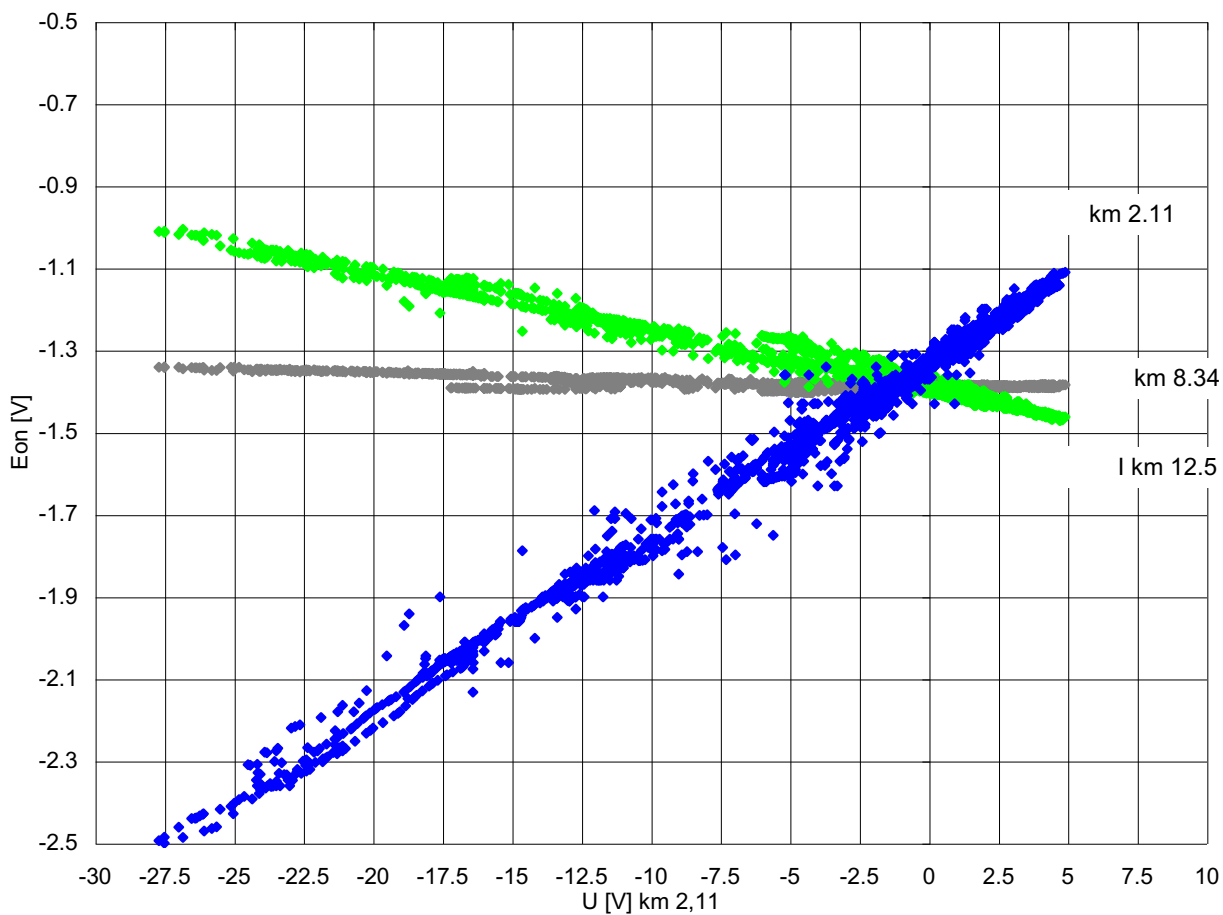
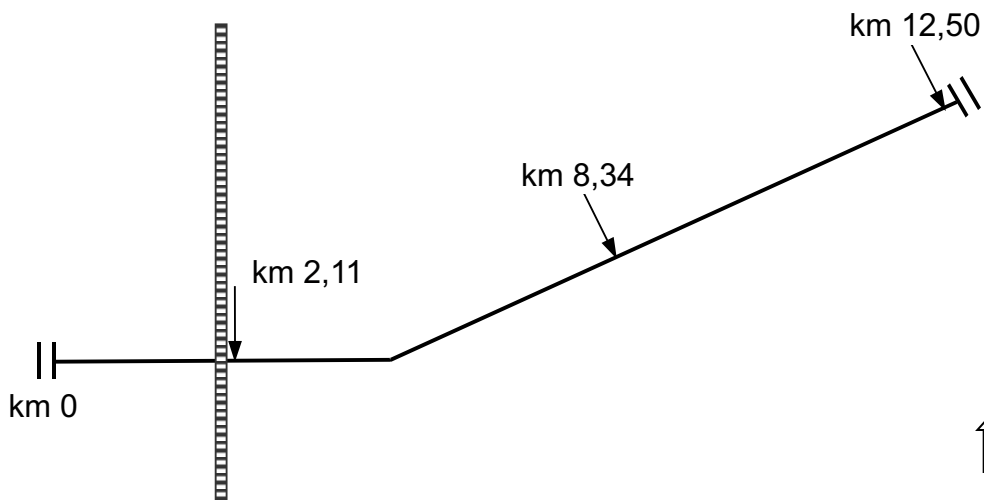


$$\frac{R_A}{R_B} \approx X$$

$$E \approx E_B \approx \frac{E_A - E_B}{1 \pm X}$$

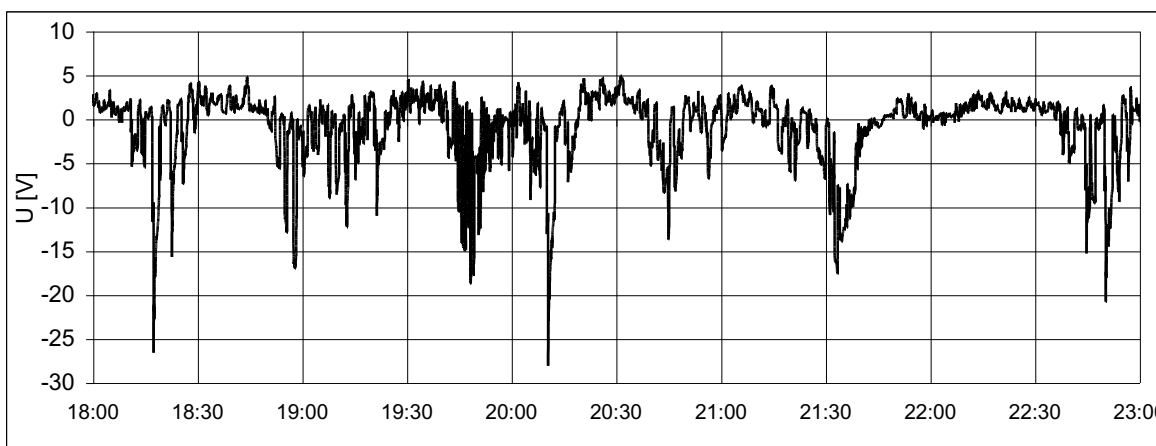
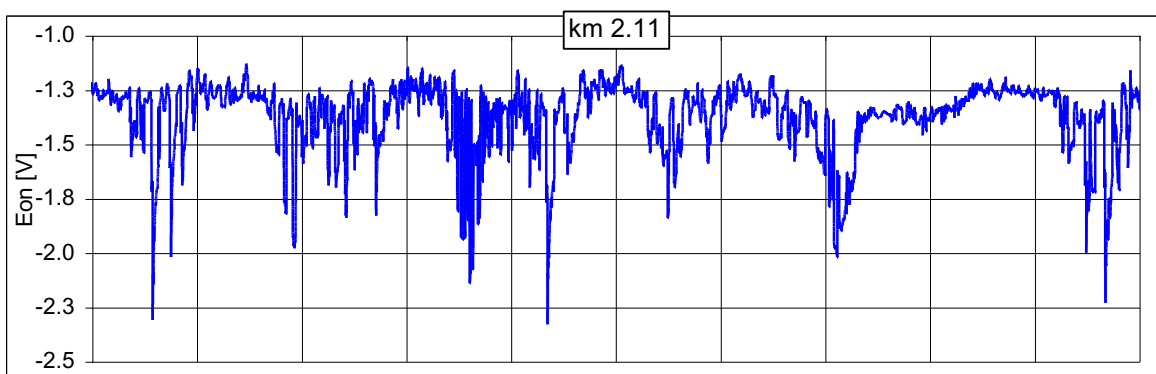
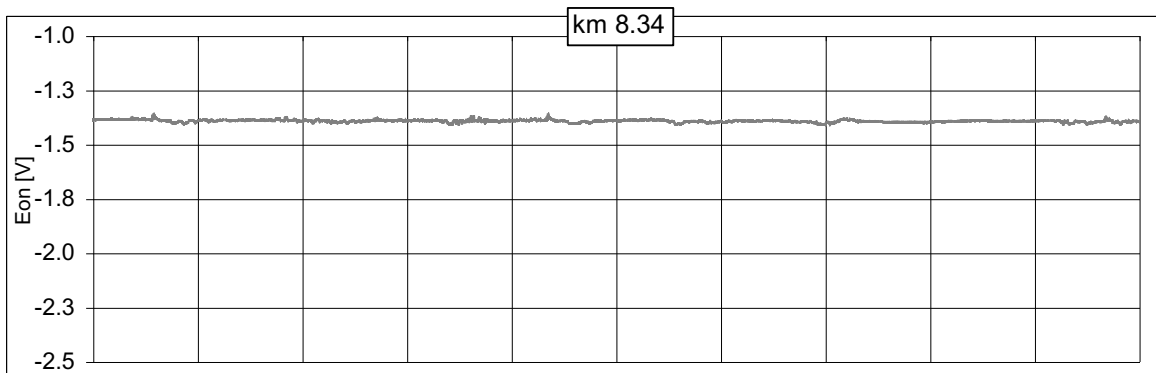
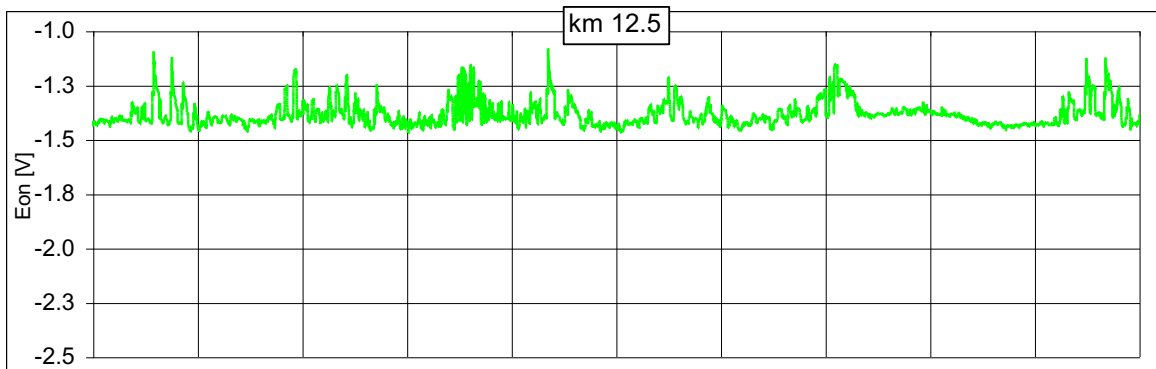


Wykres korelacyjny: napięcie gazociąg-szyny – potencjał rurociągu dla różnych rezystancji defektów zlokalizowanych w rejonie stożka napięciowego szyn i defektów zlokalizowanych poza zasięgiem stożka napięciowego

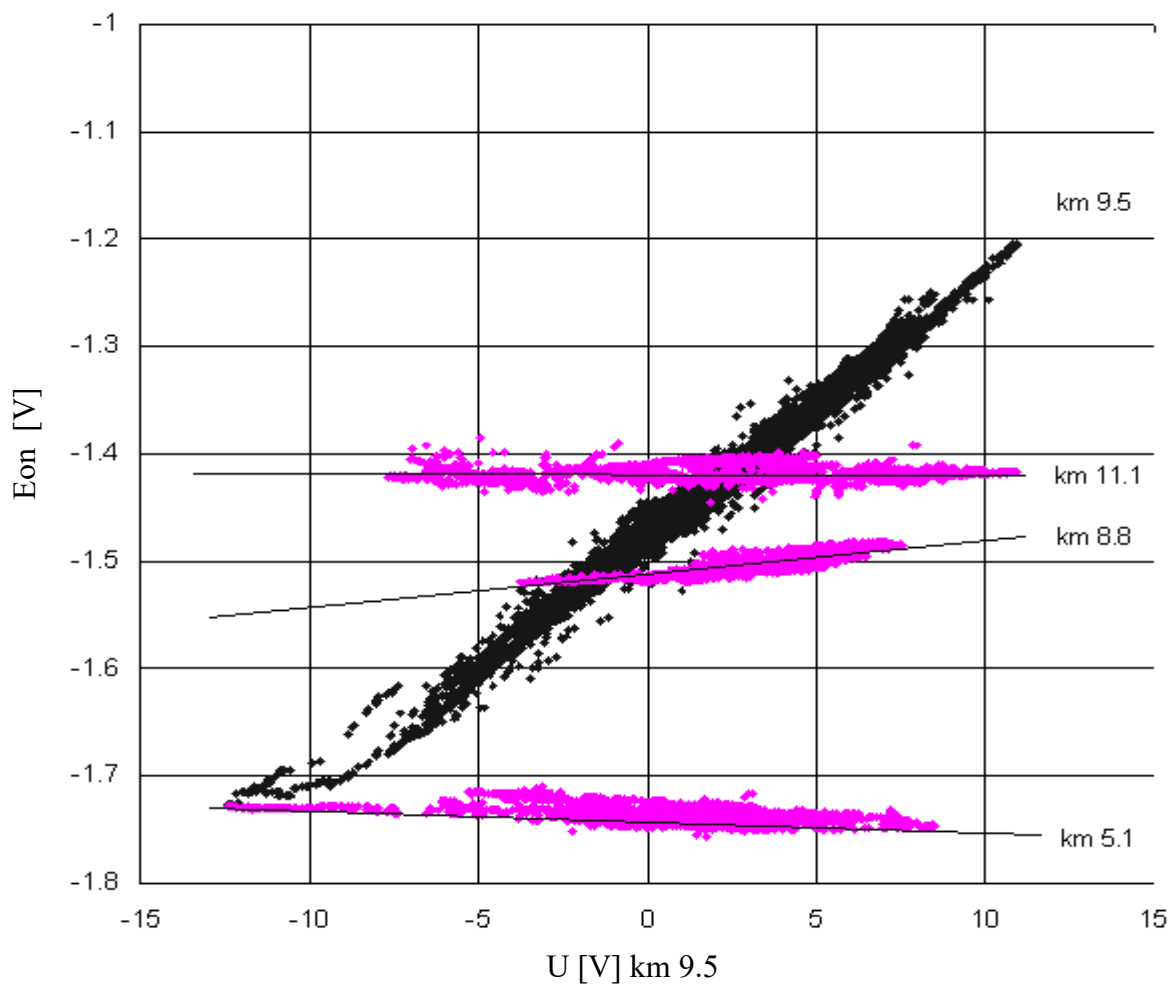
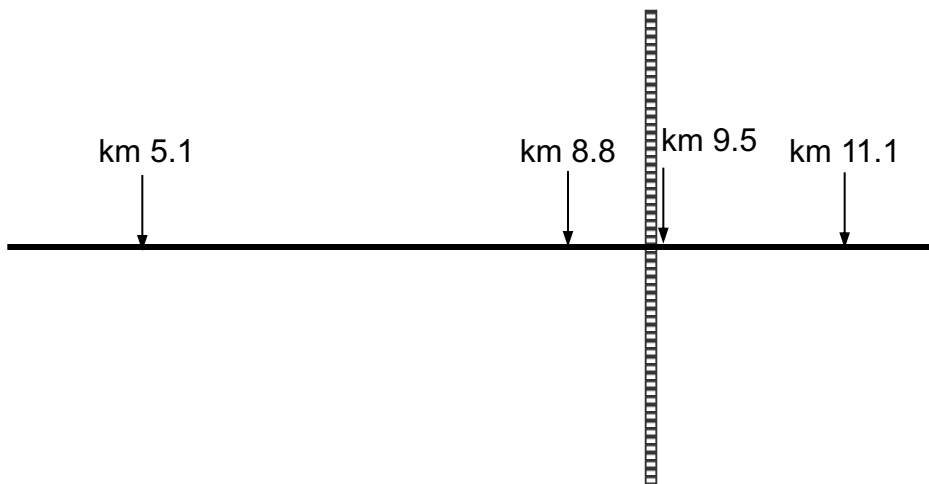


**Wykres zależności:**  
**napięcie rurociąg-szyny (U) – potencjał rurociągu (E)**  
**Wyniki pomiarów wykonanych na rurociągu w powłoce PE**  
**W rejonie stożka napięciowego szyn występuje defekt powłoki**

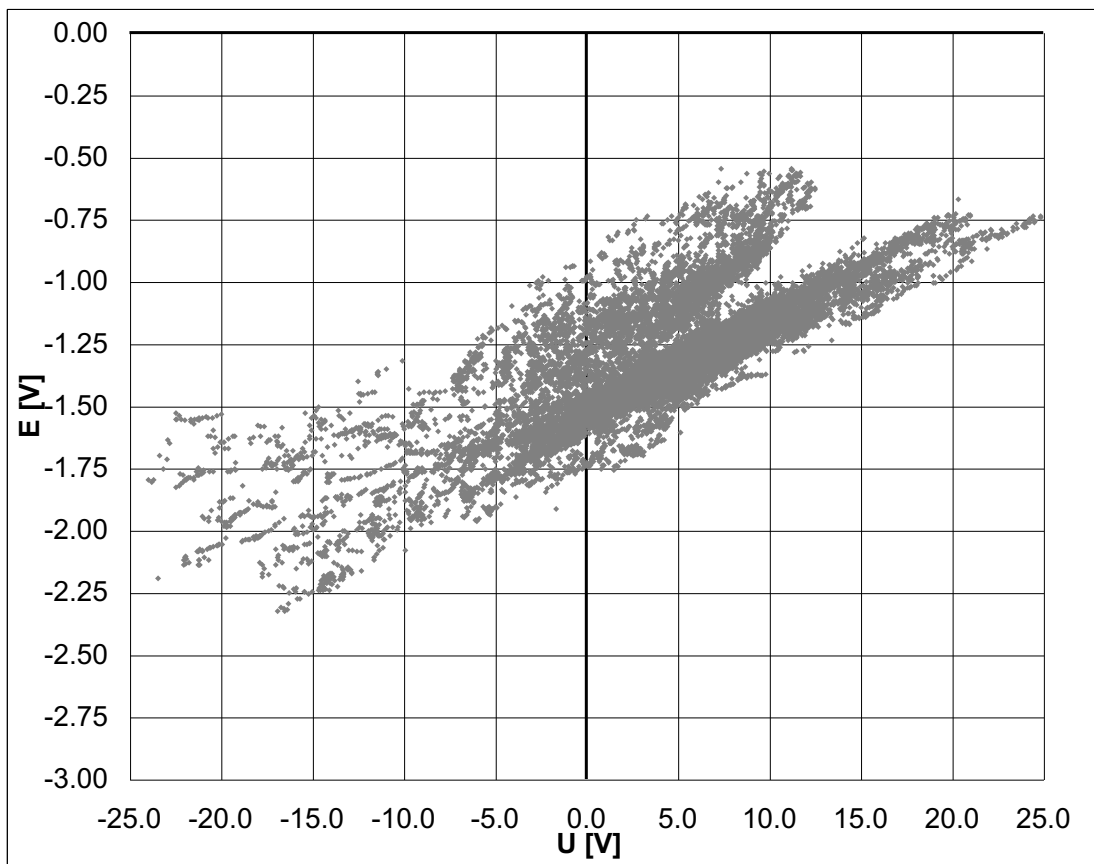




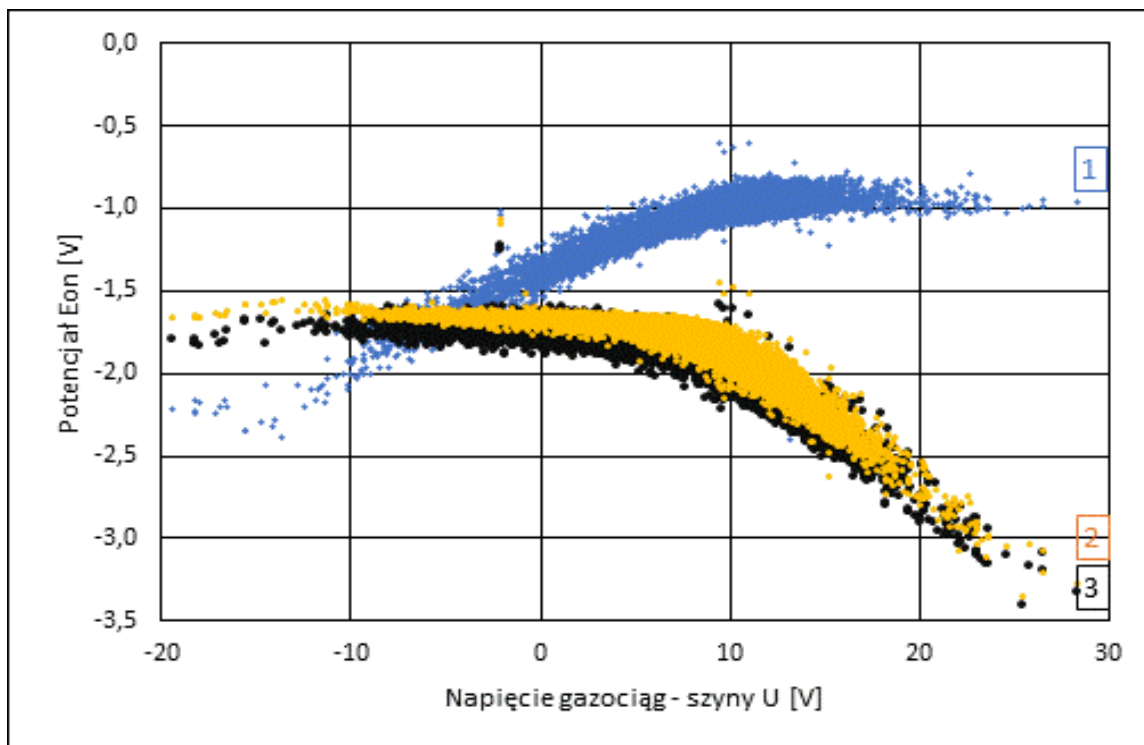
**Wyniki rejestracji potencjału rurociągu w różnych miejsca trasy oraz napięcia rurociąg-szyny na skrzyżowaniu z torami**



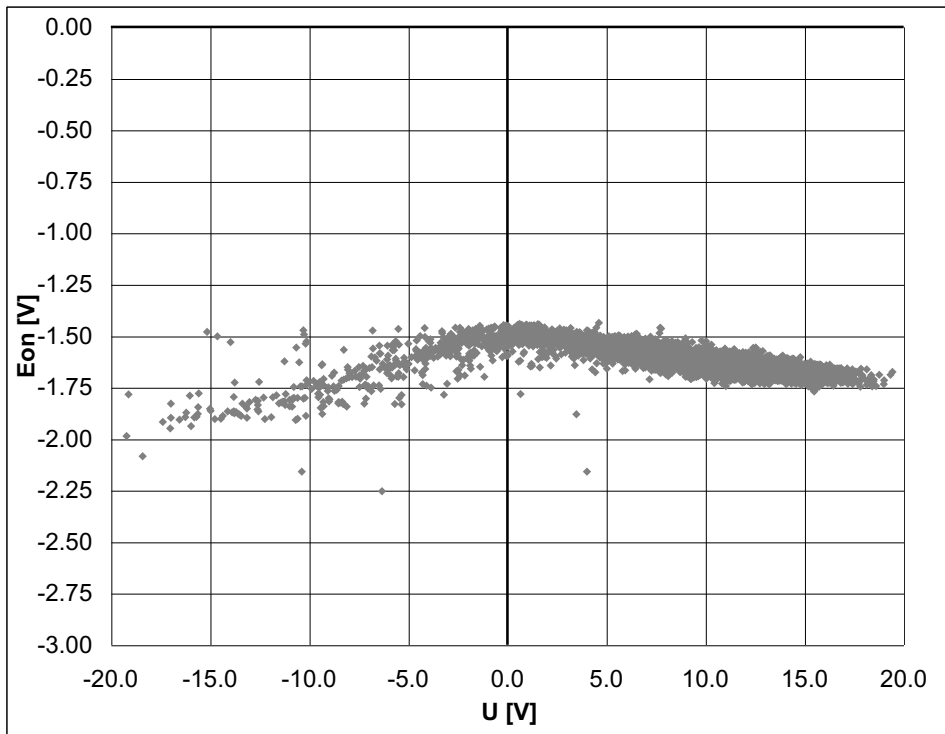
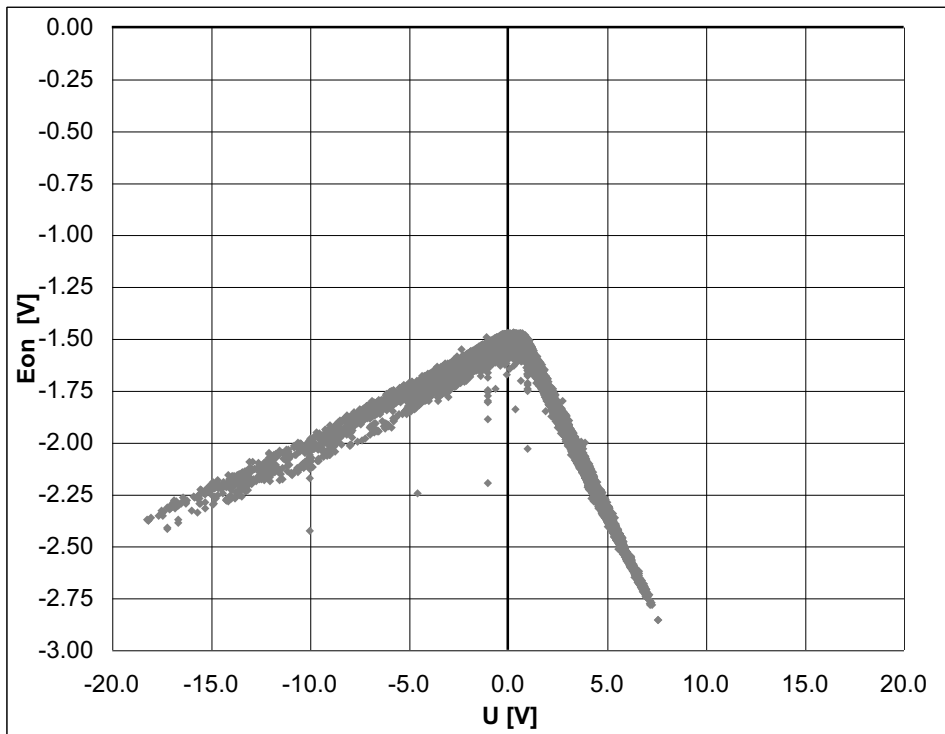
**Wykres korelacyjny  $E_{on}$  –  $E_{on}$   
Rurociąg w powłoce bitumicznej**



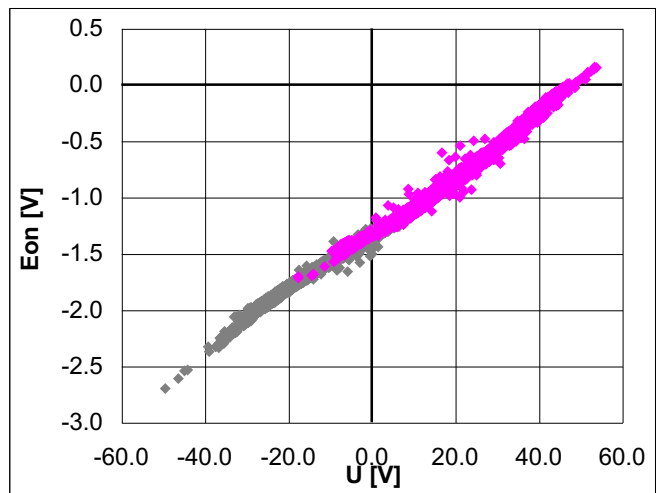
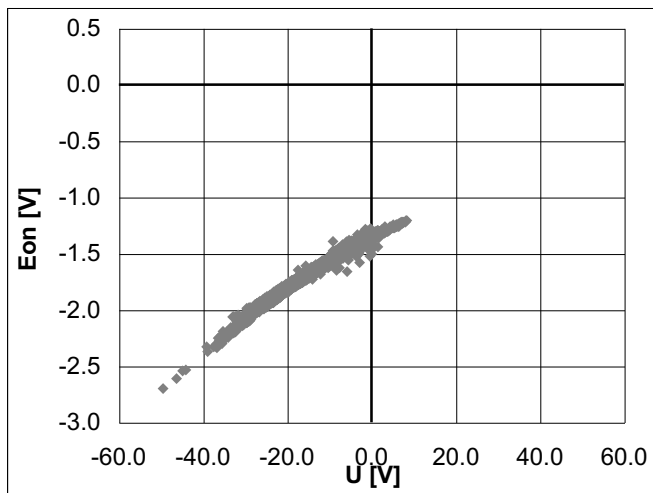
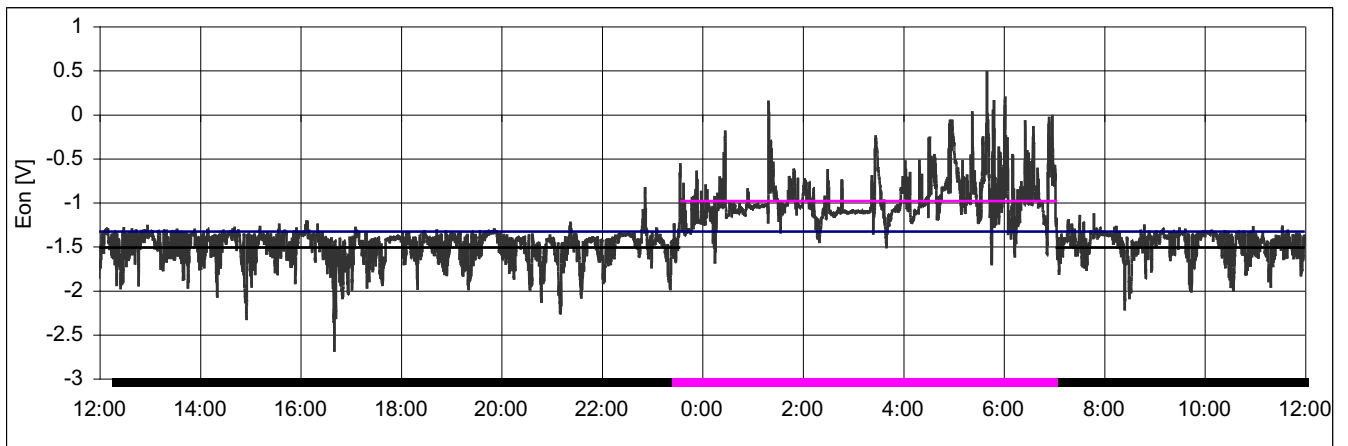
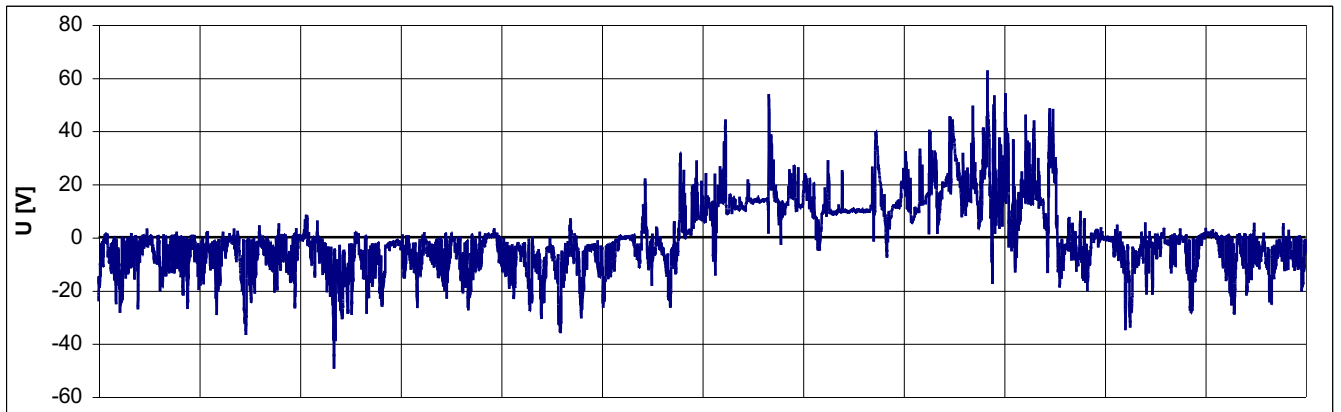
**Wykres korelacyjny U – Eon**  
**Oddziaływanie dwóch źródeł prądów błędnych**



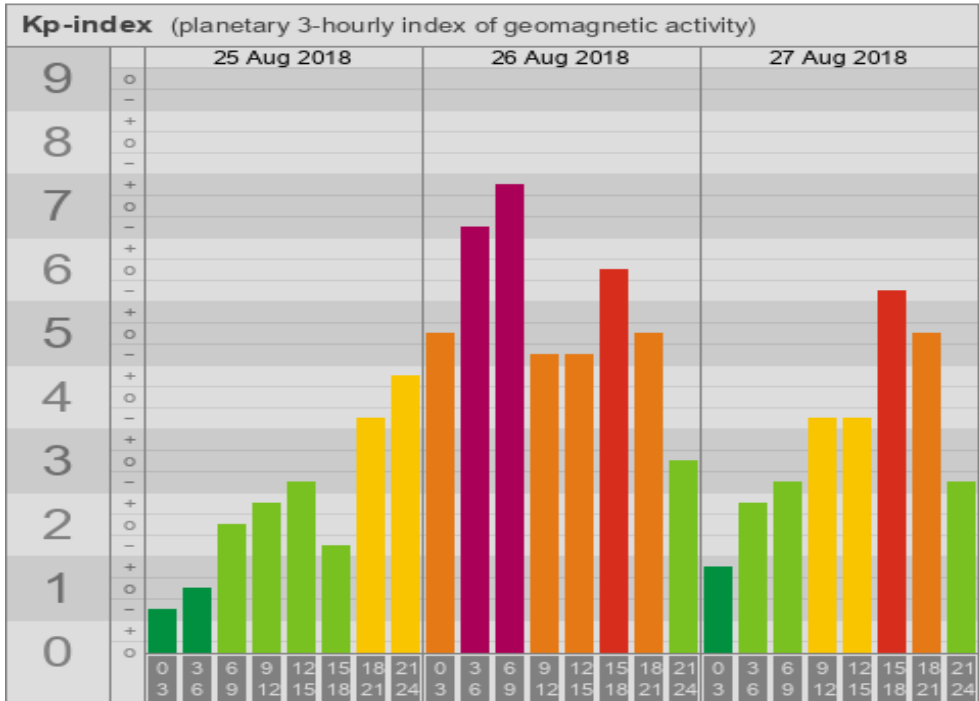
Rys. Zmiany potencjału załączeniowego gazociągu w zależności od napięcia elektrycznego pomiędzy gazociągiem a szynami trakcji elektrycznej (na skrzyżowaniu);  
1 – na skrzyżowaniu z trakcją,  
2 i 3 – na końcach gazociągu przy monoblokach izolujących.



**Wykresy korelacyjne  $U - E_{on}$ .  
 Obraz przed i po regulacji drenażu polaryzowanego**



**Okresowa zmiana charakterystyki oddziaływań prądów błądzących**



### Solar data

Solar cycle 24  
 Carrington rotation number 2207  
 Sunspot number 32 28 13  
 Daily Ap-index 12 67 25

Kp-data from GFZ Potsdam:  
<http://www.gfz-potsdam.de>

### Activity levels

- G5** extreme storm
- G4** severe storm
- G3** strong storm
- G2** moderate storm
- G1** minor storm
- active
- unsettled
- quiet

