

Implementacja Normy PN-EN ISO 21857 w programie mRgraph3p4

L.INSTRUMENTS s.c. Jacek Barański, Agnieszka Jurkiewicz



POLSKA NORMA

ICS 75.200

PN-EN ISO 21857

Wprowadza
EN ISO 21857:2021, IDT
ISO 21857:2021, IDT
Zastępuje

Przemysł naftowy, petrochemiczny i gazowniczy

**Zapobieganie korozji systemów rurociągów spowodowanej
występowaniem prądów błędzących**

Norma Europejska EN ISO 21857:2021 Petroleum, petrochemical and natural gas industries – Prevention of corrosion on pipeline systems influenced by stray currents (ISO 21857:2021) ma status Polskiej Normy

© Copyright by PKN, Warszawa 2022

nr ref. PN-EN ISO 21857:2022-03

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Żadna część niniejszej publikacji nie może być zwielokrotniana jakąkolwiek techniką bez pisemnej zgody Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego

ISBN 978-83-8285-512-8

Tabela 1 – Przegląd kryteriów oceny oddziaływania prądów błędzących (PN EN ISO 21857)

	Bez ochrony katodowej	Z ochroną katodową
Konstrukcje stalowe i żeliwne		
Oddziaływanie anodowe (tj. Gdy potencjał jest bardziej anodowy niż potencjał w okresach braku oddziaływania)	Anodowe przesunięcie potencjału (w stosunku do E_{oc}) ΔE_a (w tym spadek IR-drop): $\Delta E_a \leq 300 \text{ mV}$ ($\rho > 200 \Omega \cdot \text{m}$) lub $\Delta E_a \leq 1,5 \text{ mV}(\Omega \cdot \text{m})^{-1} \cdot \rho$ ($15 \Omega \cdot \text{m} \leq \rho \leq 200 \Omega \cdot \text{m}$) lub $(\Delta E_a \leq 20 \text{ mV})$ ($\rho < 15 \Omega \cdot \text{m}$) lub anodowe przesunięcie potencjału (w stosunku do E_{oc}) $\Delta E_{a,IR-free}$ (bez spadku IR-drop): $\Delta E_{a,IR-free} \leq 20 \text{ mV}$ Patrz 8.3.1.1.2	Potencjał IR-free, $E_{IR-free}$: $E_{IR-free} \leq E_p$ (E_p = potencjał ochrony zgodnie z Przepisem [7]) Patrz 8.3.1.1.3
Stała czasowa		
Oddziaływanie katodowe	Katodowe przesunięcie potencjału, ΔE_c $\Delta E_c \leq 500 \text{ mV}$ (w tym spadek, IR-drop) Patrz 8.3.1.2	
Stała czasowa		
Oddziaływanie anodowe/katodowe	Uśrednione anodowe przesunięcie potencjału (w stosunku do E_{oc}) $\Delta E_{a,avg} : \Delta E_{a,avg} \leq \Delta E_a$ Patrz 8.3.1.1.2	Potencjał IR-free, $\Delta E_{IR-free}$: $E_{IR-free} \leq \Delta E_p$ (E_p = potencjał ochrony zgodnie z Przepisem [7]) Przesunięcie E_{corros} : $E_{corros} \leq E_{ref} - \Delta E_{a,avg}$ Patrz 8.3.1.1.3 ^a
Time variant		
	Uśrednione katodowe przesunięcie potencjału $\Delta E_{c,avg}$: $\Delta E_{c,avg} \leq 500 \text{ mV}$ (w tym spadek, IR-drop) Patrz 8.3.1.2	
Wszystkie warunki	Wartość projektowa szybkości korozji Patrz 8.2	$v_{oc} \leq 0,01 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ Patrz 8.2
Stal w betonie, bez ochrony katodowej		
Oddziaływanie anodowe	Anodowe przesunięcie potencjału (w stosunku do E_{oc}) ΔE_a : $\Delta E_a \leq 200 \text{ mV}$ Patrz 8.4.1	
Stała czasowa		
Zmienna czasowa	$\Delta E_{a,avg} \leq 200 \text{ mV}$ Patrz 8.4.2	
^a Dalsze informacje dostępne w Aneksach A oraz J.		

Tabela 2 – Dopuszczalne anodowe przesunięcia potencjału (ΔE_a) dla zakopanych w gruncie lub zanurzonych konstrukcji stalowych lub żeliwnych bez ochrony katodowej (PN EN ISO 21857)

Rezystywność elektrolitu ($\Omega \cdot m$)	Maksymalne anodowe przesunięcie potencjału ΔE_a (mV) (w tym spadek IR-drop)	Maksymalne anodowe przesunięcie potencjału $\Delta E_{a,IR-free}$ (mV) (bez spadku IR-drop)
≥ 200	300	20
15 to 200	$1,5 \text{ mV } (\Omega \cdot m)^{-1} \cdot p^a$	20
< 15	20	20
^a p w $\Omega \cdot m$		

Konstrukcje chronione katodowo – kryteria oceny ochrony

Norma omawia następujące **cztery metody pomiarowe [a),b),c),d)]** służące do określania zagrożenia dla obiektów chronionych katodowo:

- a) oddziaływanie zewnętrznych źródeł na obiekt uważa się za dopuszczalne, jeżeli potencjał $E_{\text{IR-FREE}}$ mieści się w granicach określonych w Przypisie Normy [7: ISO 15589-1] dla potencjału ochronnego E_p :

$$E_{\text{IR-FREE}} \leq E_p$$

Potencjał $E_{\text{IR-FREE}}$ można zmierzyć za pomocą elektrod symulacyjnych (ang. *coupons*).

Konstrukcje chronione katodowo – kryteria oceny ochrony

- b) potencjał referencyjny E_{ref} , przy którym uzyskuje się efektywną ochronę katodową, zgodnie z Przypisem [7: ISO 15589-1], jest określany przy braku oddziaływania źródeł prądów błędzących (np. przy ograniczonym ruchu pociągów w porze nocnej). Następnie określane jest średnie przesunięcie potencjału anodowego $\Delta E_{a,avg}$ w reprezentatywnym przedziale czasu, zwykle 24 h, przy działającym w trybie ciągłym systemie ochrony katodowej (tryb ON-OFF wyłączony). Poziom ochrony katodowej uznaje się za wystarczający, jeżeli spełniony jest warunek:

$$E_{on,avg} \leq E_{ref} - \Delta E_{a,avg}$$

Uwaga: metoda ta zakłada, że maksymalny czas trwania interwału anodowego ($T_{a,max}$) nie przekracza **250 s**.

Konstrukcje chronione katodowo

– kryteria oceny ochrony

- c) metoda ładunkowa Q opisana jest w Załączniku J . Metoda Q wykorzystuje stosunek ładunku anodowego i katodowego w celu określenia, czy poziom oddziaływania jest dopuszczalny. Stosunek ładunku Q określony jest wzorem:

$$Q = \frac{(|Q_c| - |Q_a|)}{|Q_a|} = \frac{E_{ref} - E_{on, avg}}{\Delta E_{a, avg}} = \left(\frac{J_{ref} - J_{on, avg}}{\Delta J_{a, avg}} \right)$$

Ochronę uznaje się za zapewnioną, gdy spełniony jest warunek:

$$Q > 0,004 \text{ s}^{-1} \cdot T_{a, max}$$

gdzie $T_{a, max}$ to wyrażony w sekundach najdłuższy przedział czasowy oddziaływania anodowego.

W Załączniku J Normy podano, że alternatywnie do pomiaru potencjału z użyciem wartości referencyjnej E_{ref} (Metoda 1c) można użyć pomiaru gęstości prądu na elektrodzie symulacyjnej z użyciem odniesienia J_{ref} (Metoda 2c).

Dodatkowo Norma podaje, że wyniki testu są bardziej ostrożne (ang. *conservative*) przy $T_{a, max} < 250 \text{ s}$, a mniej ostrożne (ang. *conservative*) przy $T_{a, max} > 250 \text{ s}$.

Konstrukcje chronione katodowo – kryteria oceny ochrony

- d) w Załączniku A Normy opisano metodę czwartą dotyczącą pomiaru potencjału oraz prądu w obwodzie specjalnej, przenośnej sondy pomiarowej.

Metoda ta, wykorzystywana w Holandii, stosowana jest, gdy potencjał załączeniowy mieści się w granicach od **-0,85 V do -1,0 V_{CSE}**.

Opiera się ona na wyliczeniach procentowych dla najgorszej godziny w ciągu 24 h rejestracji (tj. takiej godziny, w której występują albo największe pozytywne fluktuacje prądu w obwodzie sondy pomiarowej, albo największe pozytywne fluktuacje potencjału) w odniesieniu do wartości zmierzonej podczas ciszy nocnej.

Uwaga: na obecnym etapie wspomniana metoda nie jest przedmiotem wdrożenia w oprogramowaniu mRgraph3p4.

Implementacja Normy PN-EN ISO 21857 w programie mRgraph3p4

Obliczenia statystyczne dla rejestracji 24 h (lub wielokrotności dobowej)

$$E_{on,avg} = \sum E_{on}(t)/N$$

$$E' = E_{on}(t) - E_{ref}; \text{ if } (E' < 0) \text{ wstaw } E' = 0; \Delta E_{a,avg} = \sum E' / N$$

$$E'' = E_{on}(t) - E_{ref}; \text{ if } (E' > 0) \text{ wstaw } E'' = 0; \Delta E_{c,avg} = \sum E'' / N$$

Kryterium b)

wystarczający poziom ochrony katodowej uznaje się za zapewniony, gdy spełniony jest warunek:

$$E_{on,avg} \leq E_{ref} - \Delta E_{a,avg}$$

E_{ref} – jest określony w czasie braku oddziaływania prądów błędzących, tj. w czasie ciszy nocnej

Kryterium c) – ładunkowe

$$Q_1 = \frac{(|Qc| - |Qa|)}{|Qa|} = \frac{E_{ref} - E_{on,avg}}{\Delta E_{a,avg}}$$

(przykład 1
Annex J wg Normy)

$$Q_2 = (|\Delta E_{c,avg}| - |\Delta E_{a,avg}|) / \Delta E_{a,avg}$$

(przykład 2
Annex J wg Normy)

$$\text{Factor} = 0,004 \text{ s}^{-1} \cdot T_{a,max}$$

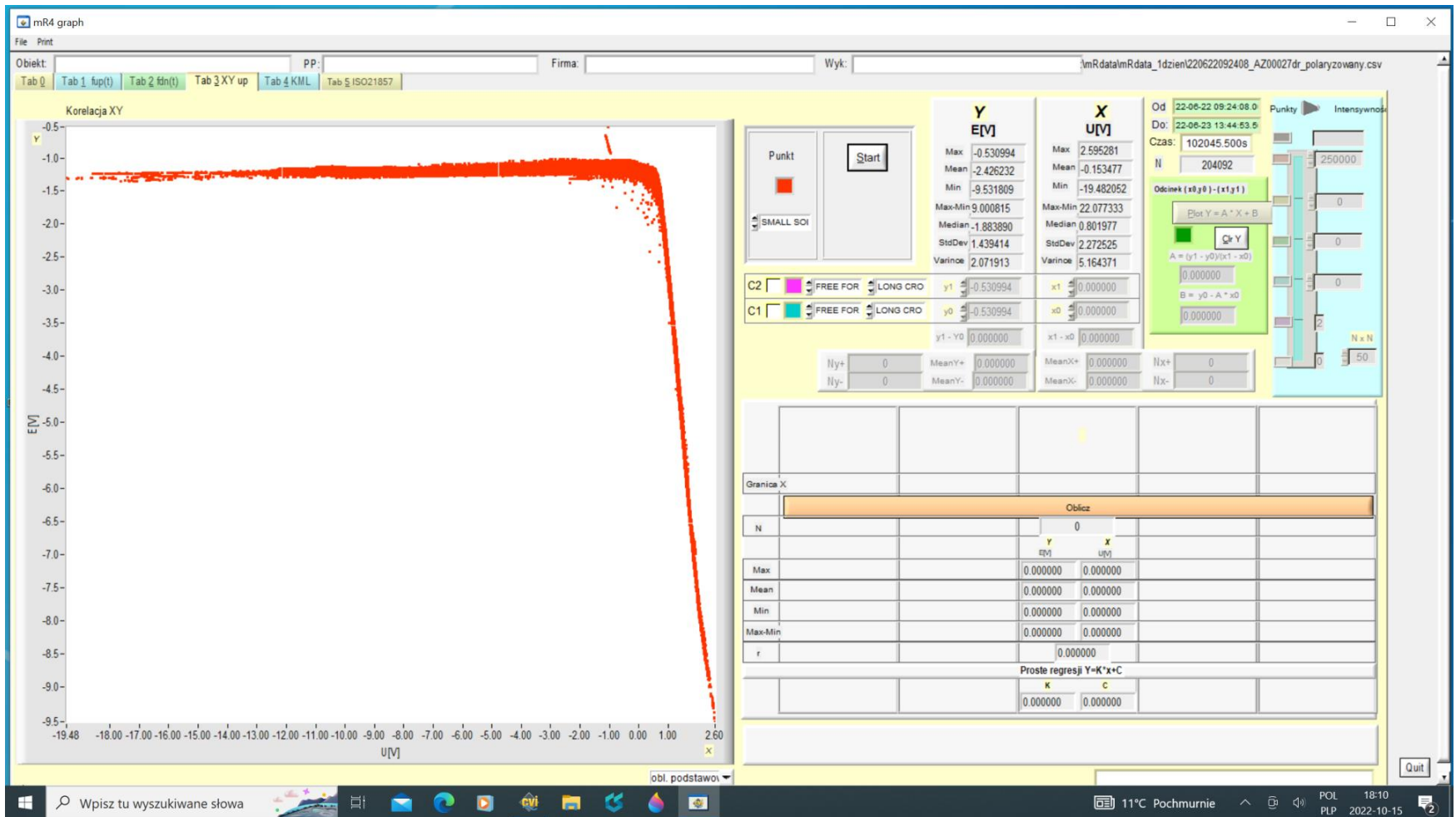
- poziom ochrony jest wystarczający, gdy spełniony jest warunek:

$$Q > \text{Factor}$$

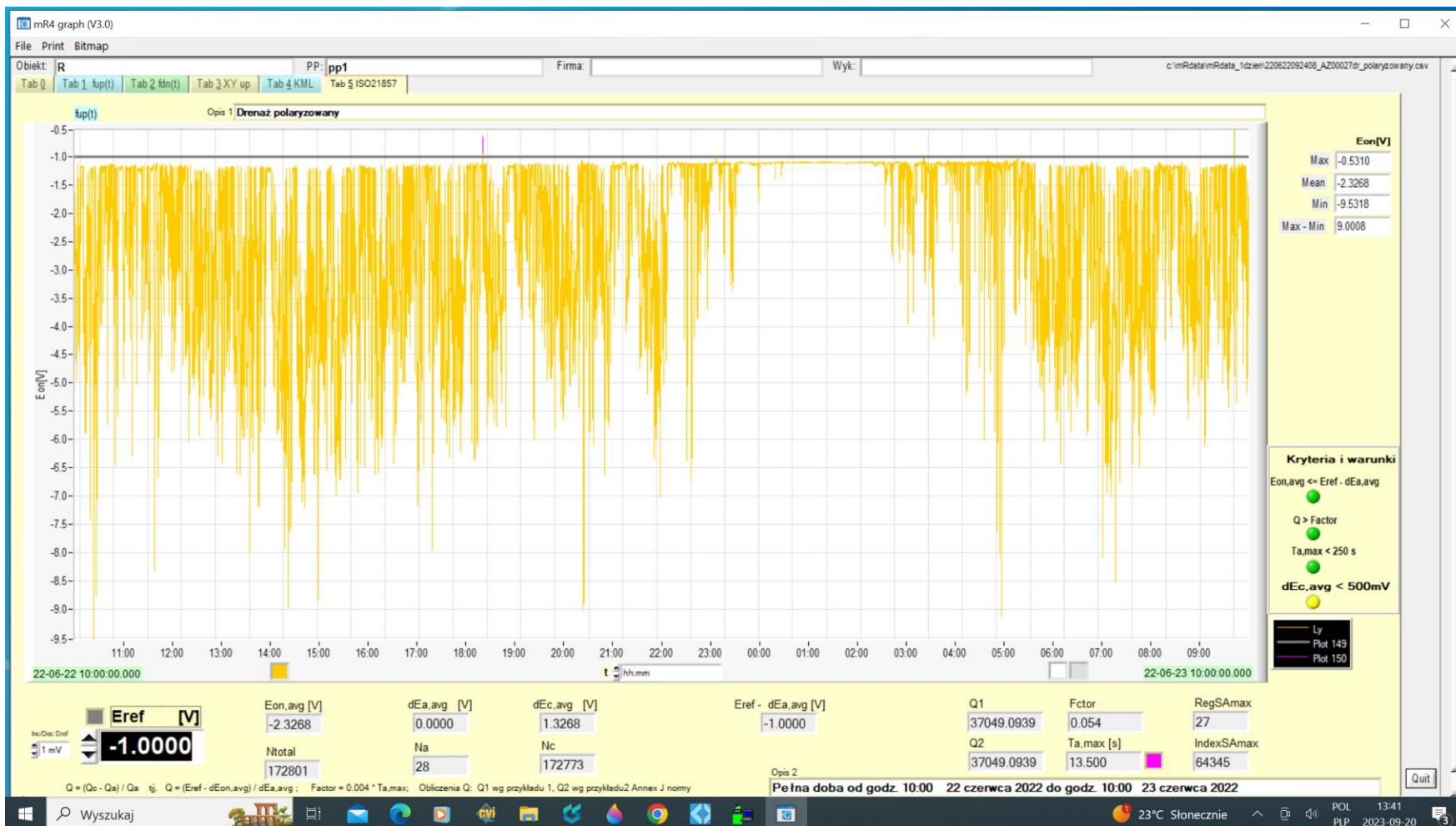
Uwaga: obliczenia dla gęstości prądu można wykonać według wyżej wymienionych wzorów, wpisując zamiast potencjału E gęstość prądu J .

Tabela J.1 – Przykłady poziomów odniesienia

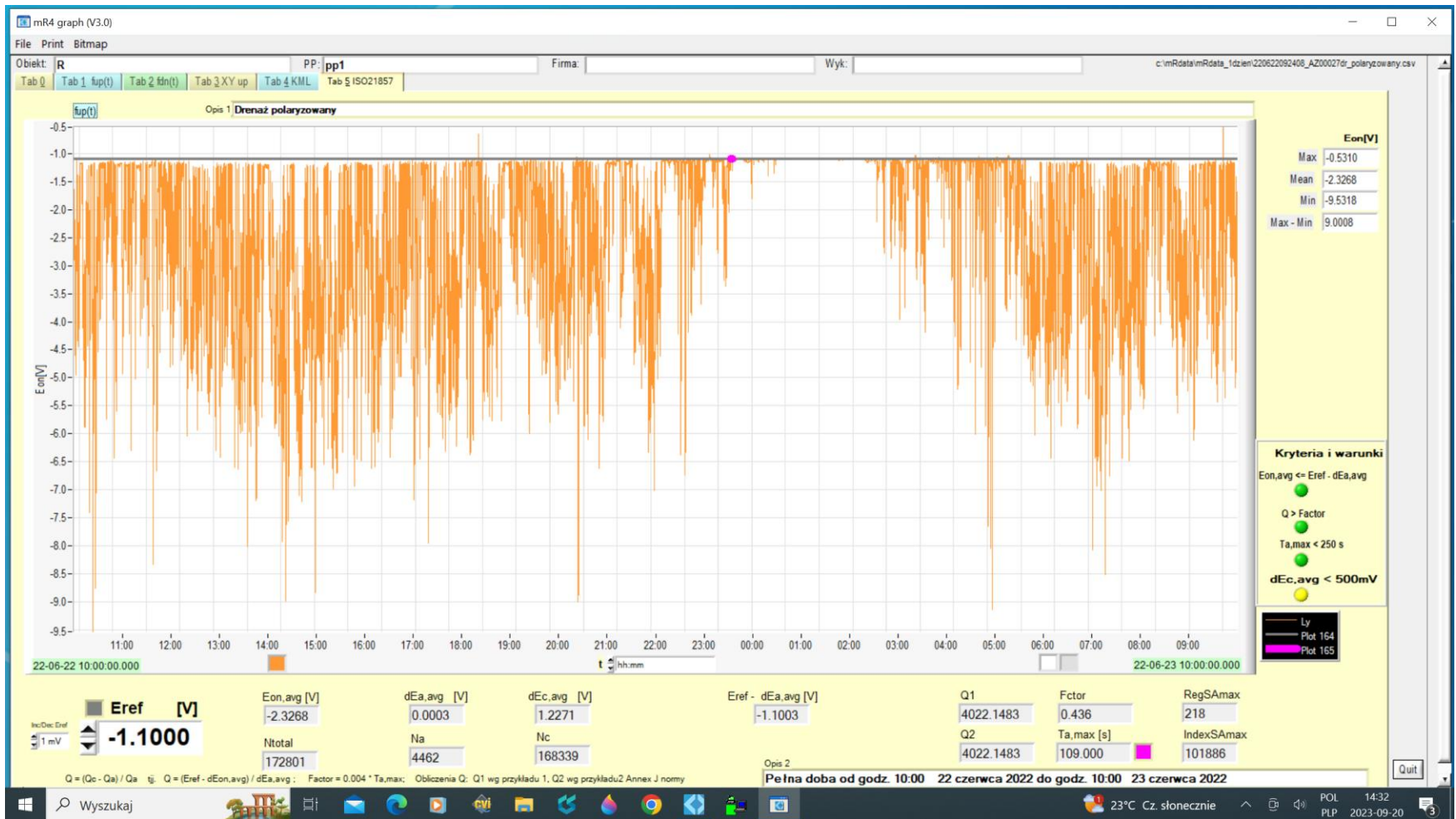
	<u>Przykłady poziomów odniesienia</u>	Uwagi
Konstrukcje chronione katodowo zakopane w gruncie (tj. cząsteczki o wielkości mniejszej niż żwir średnioziarnisty, zgodnie z definicją w ISO 14688-1) lub zanurzone w wodzie o podwyższonej twardości (twardość całkowita przekraczająca 1,3 mmol/l)	$E_{ref} = -1,0 \text{ V}_{CSE}$ $J_{ref} = 0,02 \text{ A}\cdot\text{m}^{-2}$	Ocena staje się bardziej ostrożna/wyważona, jeżeli E_{ref} przyjmuje wartość bardziej ujemną (raczej ujemną) lub jeżeli J_{ref} przyjmuje wartość wyższą (bardziej katodową)
Konstrukcje chronione katodowo, zakopane w podłożu o wyjątkowej charakterystyce, tj. w podłożu miękkim wskutek wód gruntowych (twardość całkowita poniżej 1,3 mmol/l) w połączeniu z grubym materiałem podłoża (np. żwir średnioziarnisty, zgodnie z definicją w ISO 14688-1)	<p>Potencjał referencyjny E_{ref} jest potencjałem załączeniowym E_{on} konstrukcji, wymaganym dla celów skutecznej ochrony katodowej;</p> <p>W przypadku elektrod symulacyjnych wielkość J_{ref} definiuje się jako gęstość prądu, wymaganą w celu uzyskania potencjału ochrony</p>	Oceny potencjału referencyjnego E_{ref} można dokonać na podstawie danych operacyjnych lub rozważań teoretycznych, np. biorąc pod uwagę ostrożne założenia dotyczące potencjału ochrony $E_{IR-free}$, gęstości prądu ochrony (uwzględniając minimum 0,2 A/m ²), geometrii defektu powłoki i rezystywności gruntu.
Stal w betonie	Potencjał referencyjny E_{ref} jest szacowany na podstawie zapisu potencjału, gdy źródło oddziaływania nie jest aktywne.	



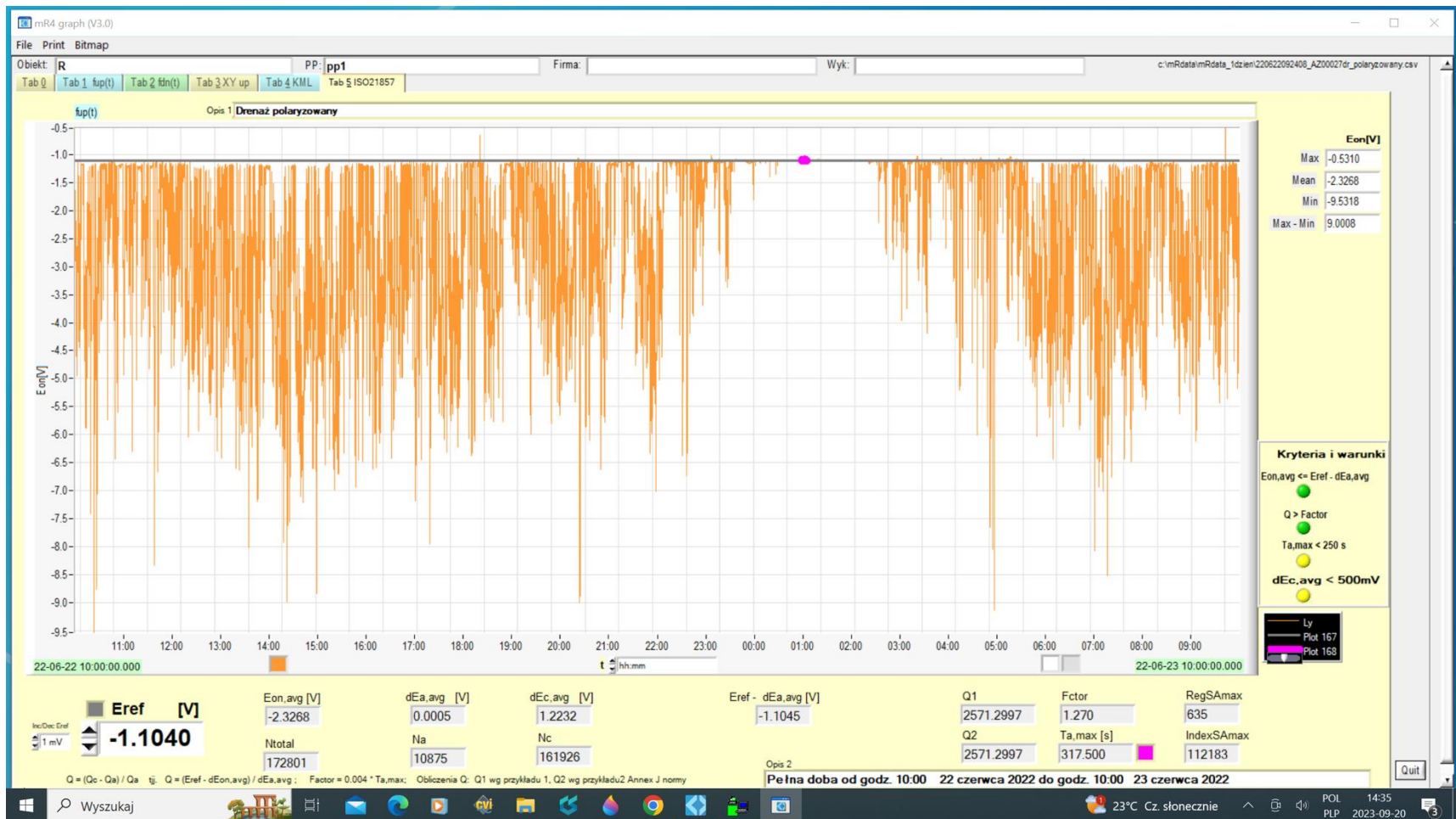
Drenaż polaryzowany – korelacja E-U



Drenaż polaryzowany – wykres potencjału E
 Potencjał referencyjny $E_{ref} = -1,000 \text{ V}$
 kryteria b) i c) spełnione



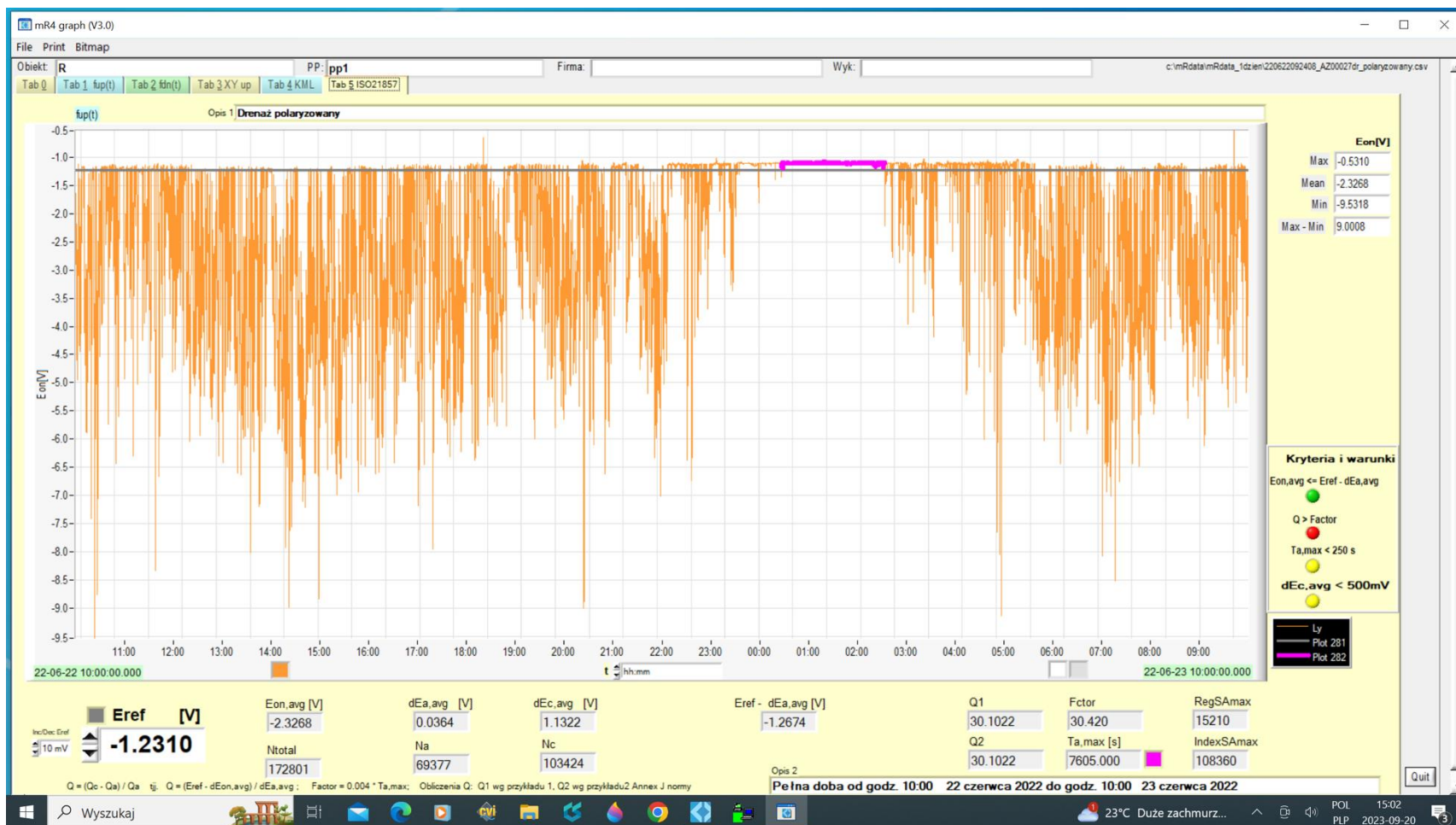
Drenaż polaryzowany – wykres potencjału E
 Potencjał referencyjny $E_{\text{ref}} = -1,100 \text{ V}$
 kryteria b) i c) spełnione



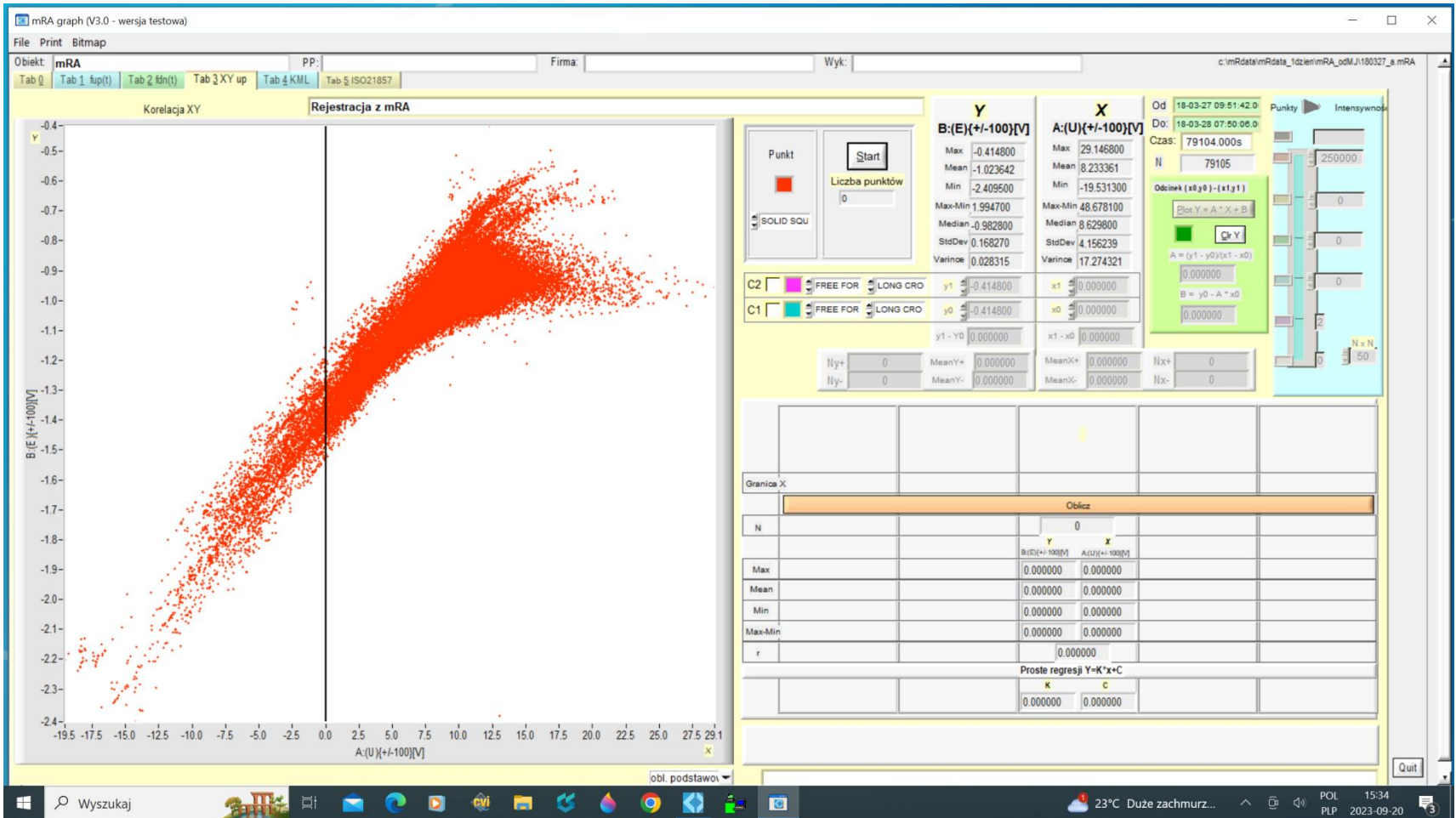
Drenaż polaryzowany – wykres potencjału E

Potencjał referencyjny $E_{ref} = -1,104 \text{ V}$

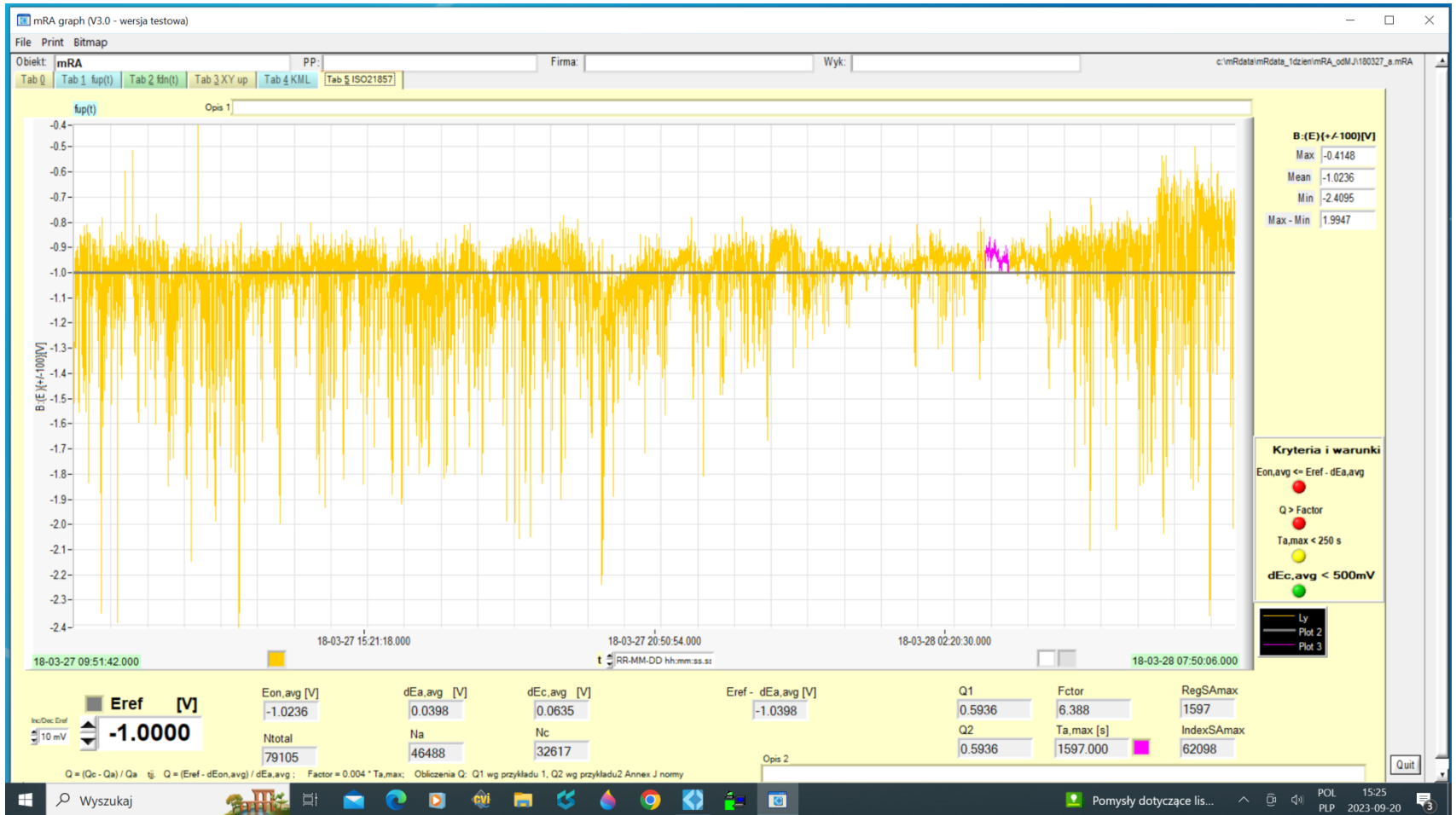
niespełniony warunek: $T_{a,max} < 250 \text{ s}$



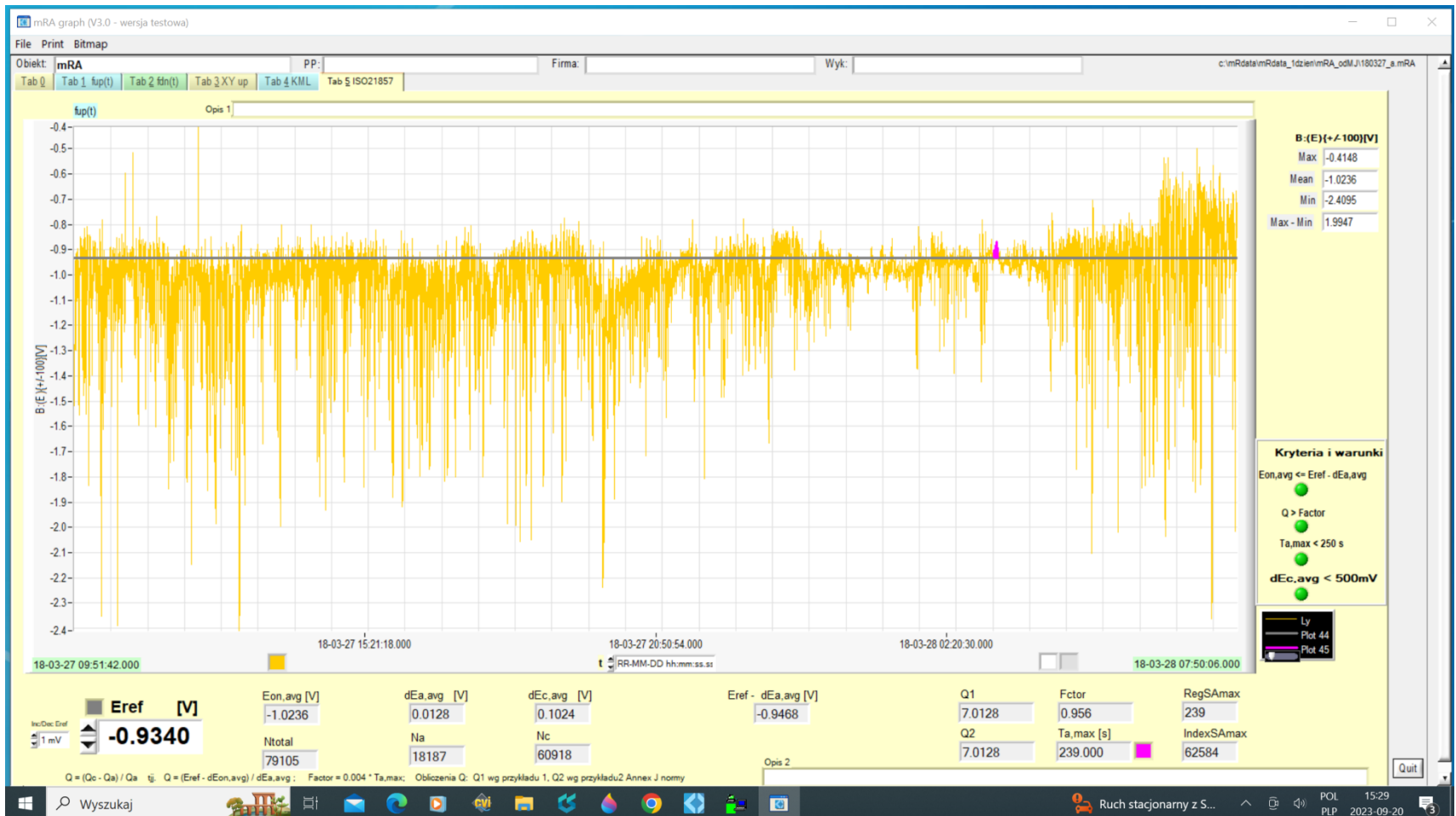
Drenaż polaryzowany – wykres potencjału E
 Potencjał referencyjny $E_{ref} = -1,231V$
 niespełnione kryterium: $Q < Factor$



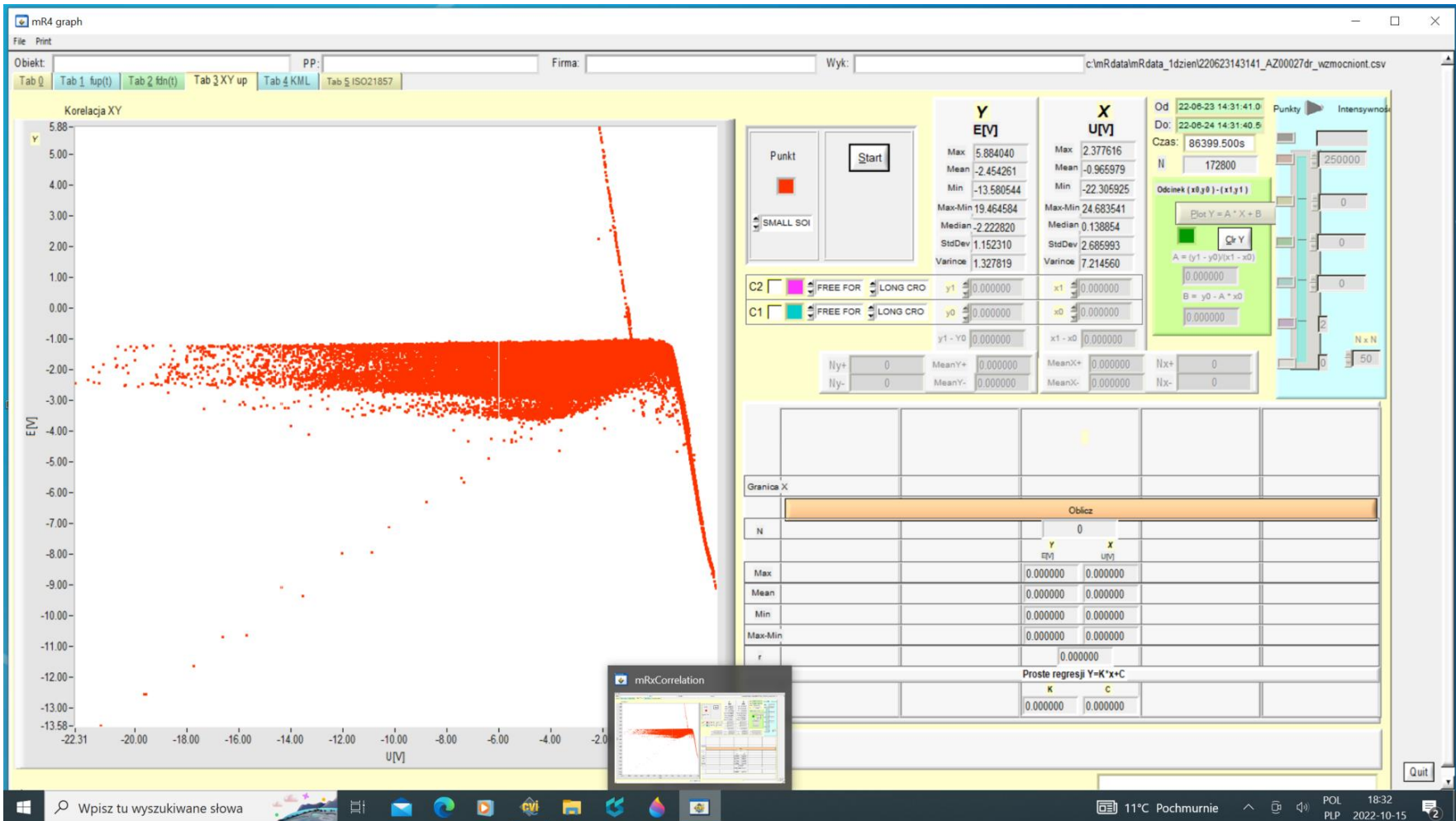
Korelacja E-U – dane z rejestratora mRA



Wykres potencjału E
 Potencjał referencyjny $E_{ref} = -1,000$ V
 kryteria b) i c) niespełnione



Wykres potencjału E
 Potencjał referencyjny $E_{ref} = -0,934$ V
 wszystkie kryteria i warunki spełnione



Drenaż wzmocniony – korelacja E-U



Drenaż wzmocniony – wykres potencjału E
 Potencjał referencyjny $E_{ref} = -1,0 \text{ V}$
 kryteria b) i c) spełnione

www.linstruments.com.pl

Dziękuję za uwagę

Jacek Barański

jbaranski@linstruments.com.pl