



Politechnika Świętokrzyska



XVI Krajowej Konferencji 'POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ'

Identyfikacja i lokalizacja procesów destrukcyjnych w krytycznej infrastrukturze gazowej metodą emisji akustycznej

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Świt
Dr inż. Aleksandra Krampikowska



**Politechnika
Świętokrzyska**



Praca realizowana w ramach

**PROJEKTU BADAWCZEGO NR 2020_010
„INNOWACYJNY SYSTEM AUTOMATYCZNEJ IDENTYFIKACJI
I LOKALIZACJI DEFECTÓW INFRASTRUKTURY GAZOWEJ
WYKORZYSTUJĄCY ZJAWISKO EMISJI AKUSTYCZNEJ – SILDIG AE”
WARTOŚĆ 11,18 MLN ZŁ**



Każdy proces zachodzący w materiale, który prowadzi do obniżenia energii wewnętrznej generuje sygnały EA. Informacje na temat pęknięć oraz innych procesów powodujących powstawanie sygnałów EA, w szczególności miejsca powstawania, kinetyki akumulacji, ewolucji pęknięć niebezpiecznych i pośrednio ich wielkości można uzyskać wykorzystując emisję akustyczną.



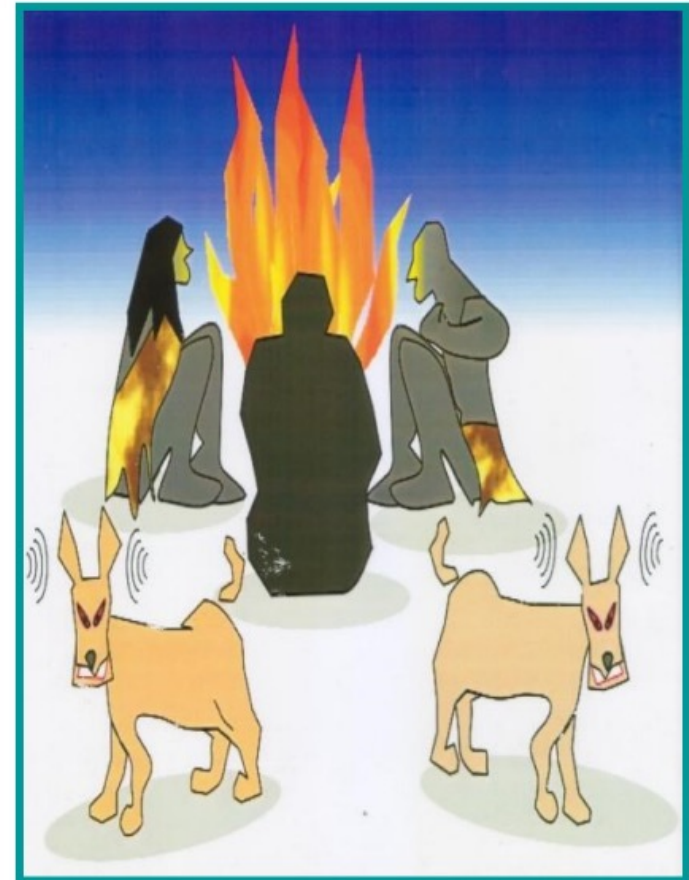
Politechnika
Świętokrzyska



Był pierwszym, który użył AE jako narzędzia prognozowania

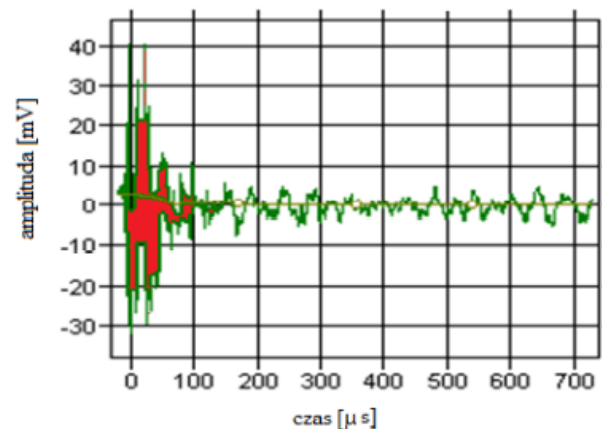
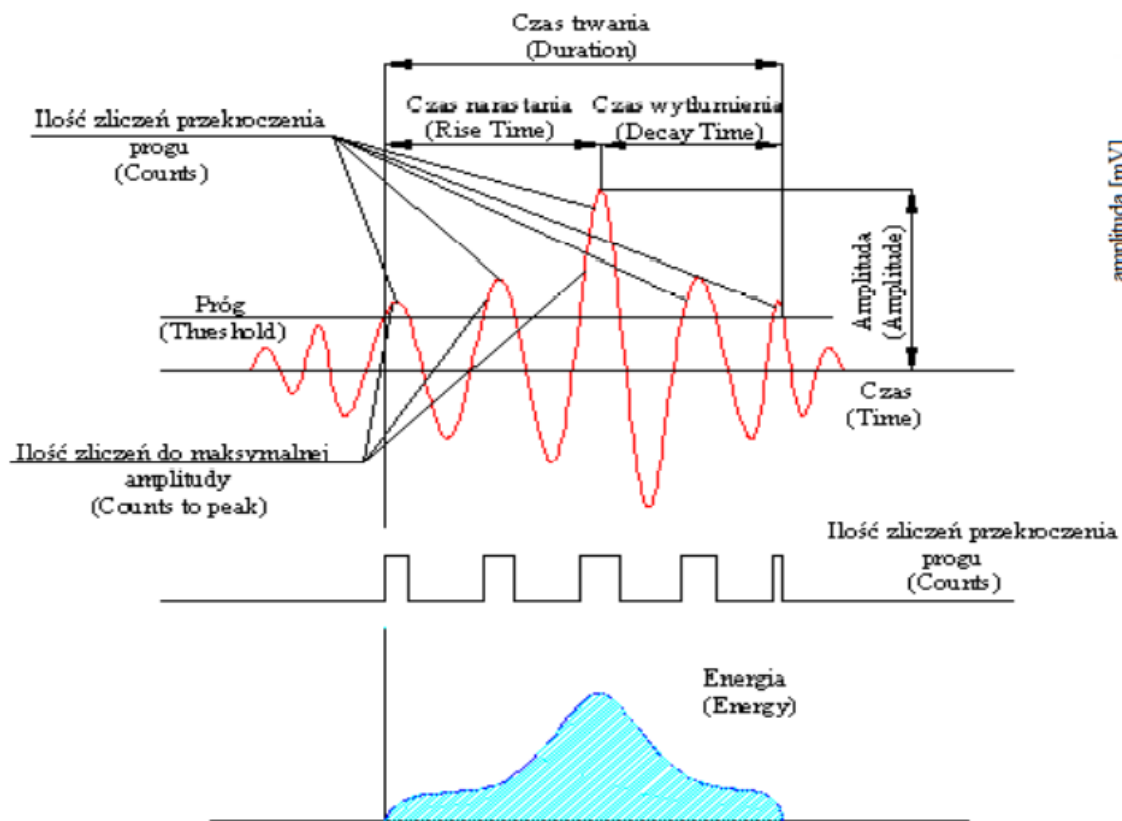


Byli pierwszymi, którzy użyli AE jako systemu alarmowego





Politechnika
Świętokrzyska





SHM (ang. Structural Health Monitoring) –

monitorowanie stanu technicznego konstrukcji poprzez zastosowanie złożonego systemu kontrolno-pomiarowego (składającego się z czujników, członów wykonawczych, układów transmisji danych i jednostek obliczeniowych zintegrowanych z badanym obiektem) w celu detekcji, lokalizacji, identyfikacji i przewidywania rozwoju uszkodzeń, które mogą spowodować złe funkcjonowanie obiektu teraz lub w przyszłości.

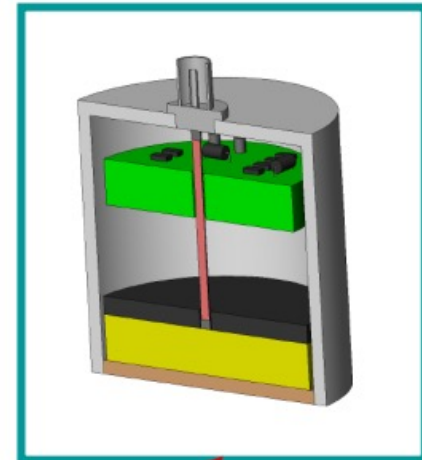
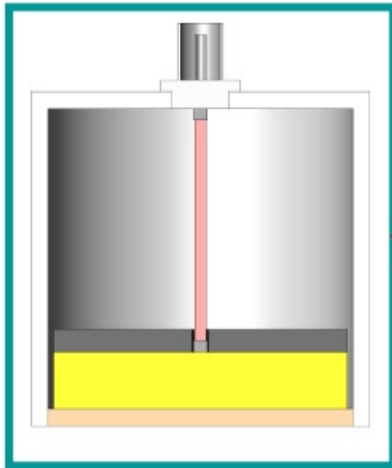


Ogólne założenia dla systemów SHM sprowadzić można do:

- rejestracji zachowania konstrukcji w okresie jej użytkowania (weryfikacja założeń i modeli przyjętych na etapie projektowania obiektu oraz określenie wyężenia poszczególnych elementów),
- zwiększania bezpieczeństwa obiektu podczas jego użytkowania (ciągły pomiar umożliwia kontrolowanie sposobu pracy konstrukcji w czasie pod wpływem zmieniających się obciążeń),
- informowania o pojawiających się zagrożeniach ze strony samej konstrukcji (określenia postępu procesów degradacji stanu technicznego konstrukcji, a także prognozowania ogólnej trwałości obiektu),
- lokalizowania powstałych uszkodzeń oraz kontroli pracy monitorowanego obiektu (określenie miejsca zaistniałej awarii i ewentualne wyłączenie urządzeń),
- wspierania prac remontowych w obszarze konstrukcji (podejmowanie racjonalnych decyzji, pozwalających na optymalne wykorzystanie środków przeznaczonych na utrzymanie obiektów, czyli optymalizacja planowania koniecznych remontów i napraw),
- powiększania wiedzy o rzeczywistym zachowaniu obiektu.



Politechnika
Świętokrzyska





W przypadku gazociągów stalowych źródłami fal akustycznych mogą być:

- procesy korozyjne stali,
- przecieki i przesiąki,
- uplastycznienie stali,
- inicjacja pęknięć,
- rozwój pęknięć zmęczeniowych,
- nieszczelności zaworów, uszczelek
- tarcie wzajemne między powierzchniami pęknięcia
- tarcie wzajemne między powierzchniami elementów
- szумы otoczenia

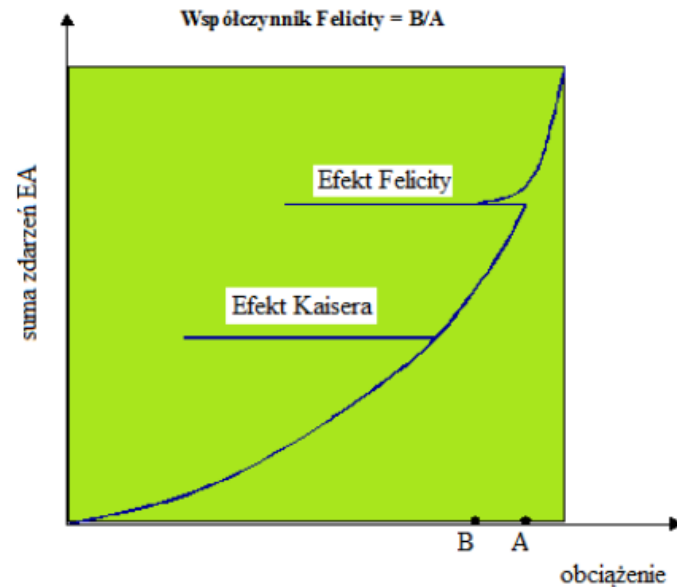


O efektywności emisji akustycznej (EA), jako alternatywnej metody badawczej w grupie metod nieniszczących zdecydowały:

- możliwość lokalizacji tych uszkodzeń, które nie zostały wykryte metodami tradycyjnymi,
- monitoring można prowadzić w różnych warunkach, np. podczas eksploatacji obiektu względnie pod obciążeniem próbnym a wyniki badań uzyskiwane są na bieżąco,
- EA jest w stanie wykryć wszystkie rodzaje rozwijających się uszkodzeń, podczas gdy większość metod koncentruje się tylko na wybranych typach defektów,
- EA charakteryzuje dobrze intensywność rozwoju uszkodzeń podczas użytkowania obiektu,
- emisja akustyczna pozwala na scharakteryzowanie źródeł generujących sygnały.

Podejście klasyczne (bazuje na pojedynczych parametrach uzyskanych z analiz matematycznych i fizycznych fal):

- amplituda;
- czas trwania sygnału EA;
- „moc” sygnału EA;
- wartość obciążenia;
- ilość sygnałów EA;
- energia EA;



Współczynnik **Kaisera** pokazuje brak nowych, aktywnych uszkodzeń a współczynnik **Felicity**, jeśli jest mniejszy od jedności, wskazuje na uszkodzenie elementu.

W przyjmuje się, że jeżeli wartość $WF \leq 0,95$ to przyjmuje się jako ostrzegawczą, a $WF \leq 0,6$ jako awaryjną. Współczynniki te mogą być wyznaczone tylko wtedy, kiedy możliwa jest dokładna kontrola i sterowanie obciążeniem.



Podejście bazujące na wykorzystaniu analiz BIG DATA, Pattern Recognition i sieci neuronowych:

Klasy, symbole, kody sygnałów AE oraz stopień zagrożenia

Kolor								
Nr klasy	Nr 1	Nr 2	Nr 3	Nr 4	Nr 5	Nr 6	Nr 7	Nr 8
Kod zagrożenia	0	1	1	2	2	3	4	5
Stopień zagrożenia	bardzo wysoki	wysoki	wysoki	średni wyższy	średni wyższy	średni	niski	brak zagrożenia

Nr 1 - zerwanie,

Nr 2 – tarcie,

Nr 3 – propagacja pęknięcia,

Nr 4 – inicjacja pęknięcia

Nr 5 – perforacja/deformacja,

Nr 6 – ubytki materiału,

Nr 7 – korozja powierzchniowa

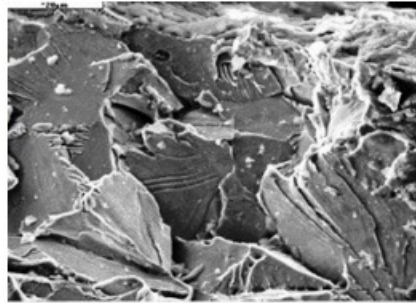
Nr 8 - praca w zakresie sprężystym



Politechnika
Świętokrzyska



Przykład korozji ogólnej



Przykład korozji międzykrystalicznej



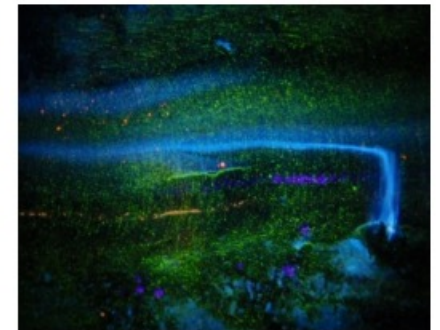
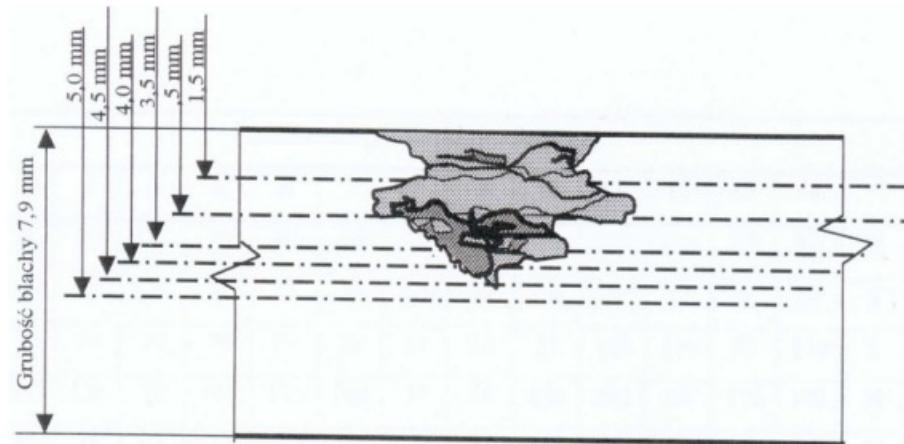
Przykład korozji plamowej



Przykład korozji punktowo-wżerowej

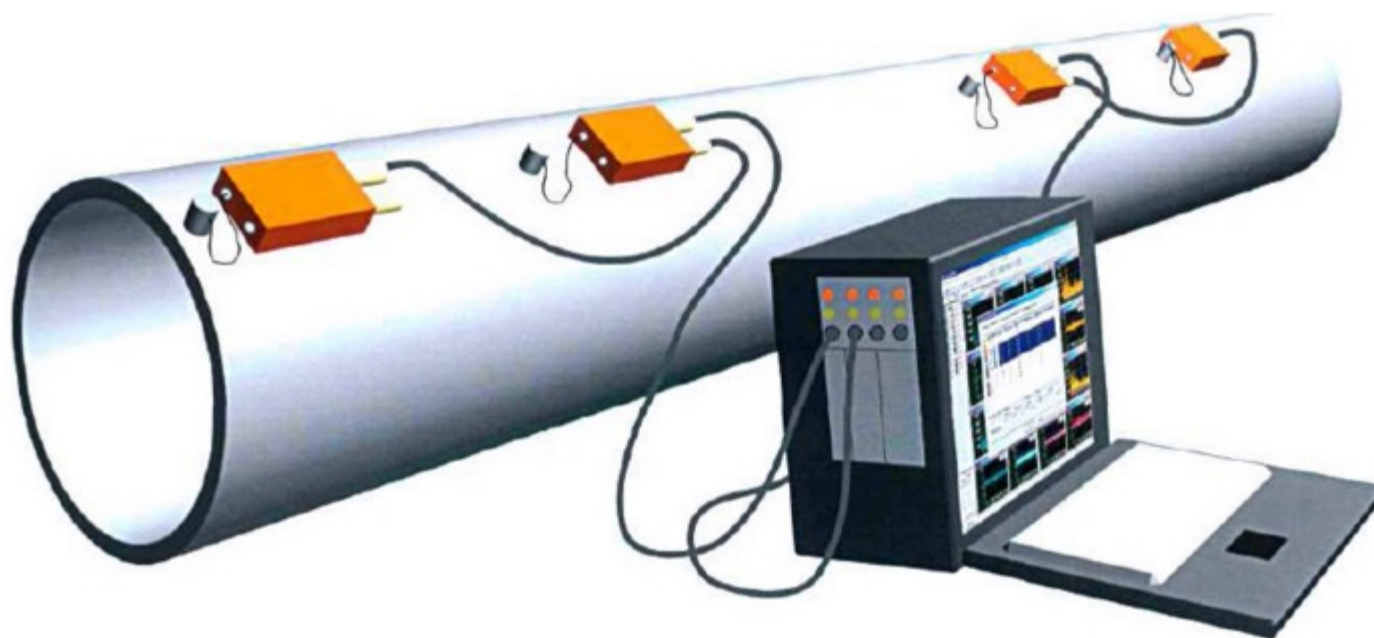


Przykład korozji miejscowej





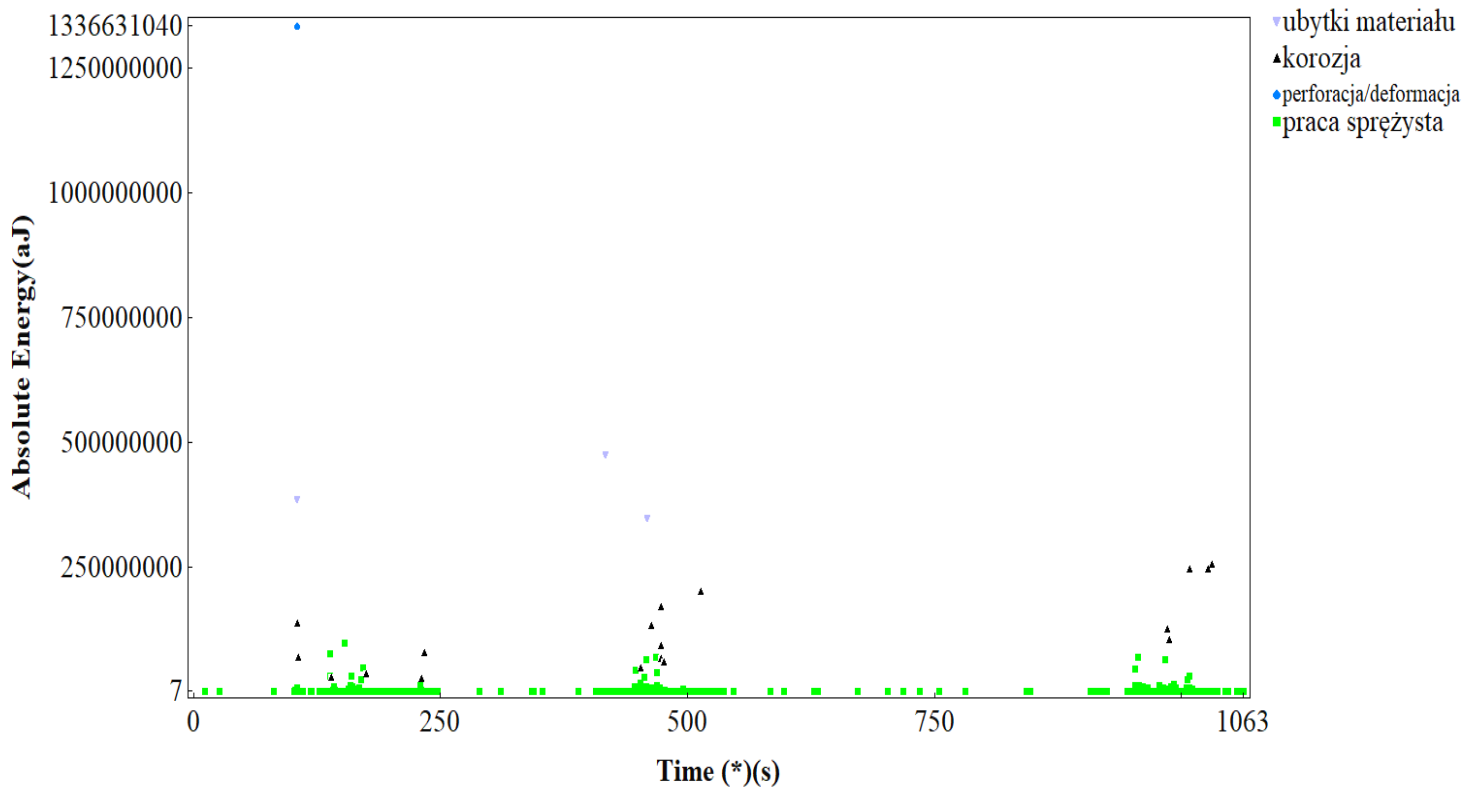
Politechnika
Świętokrzyska





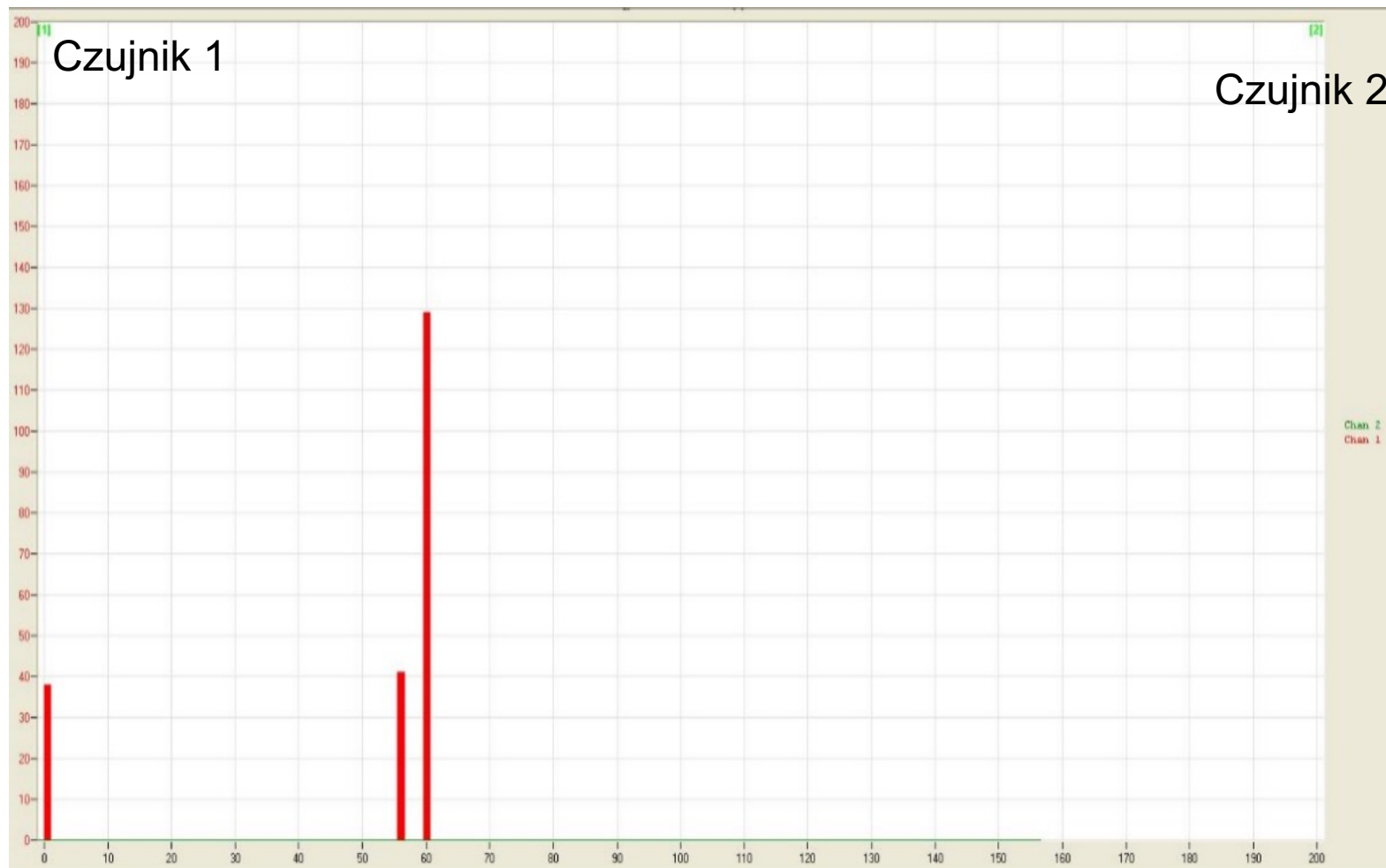
Przykłady zastosowań metody EA







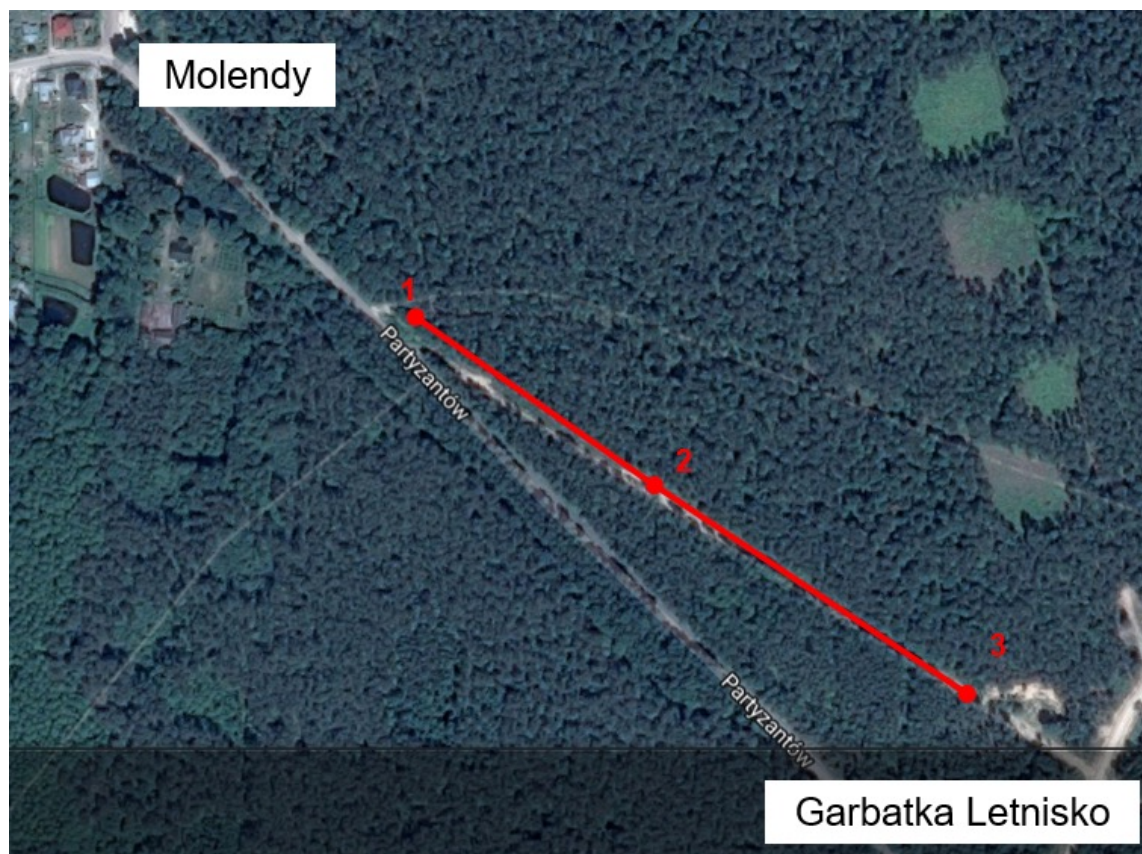
Lokalizacja uszkodzeń



Odległość [m]

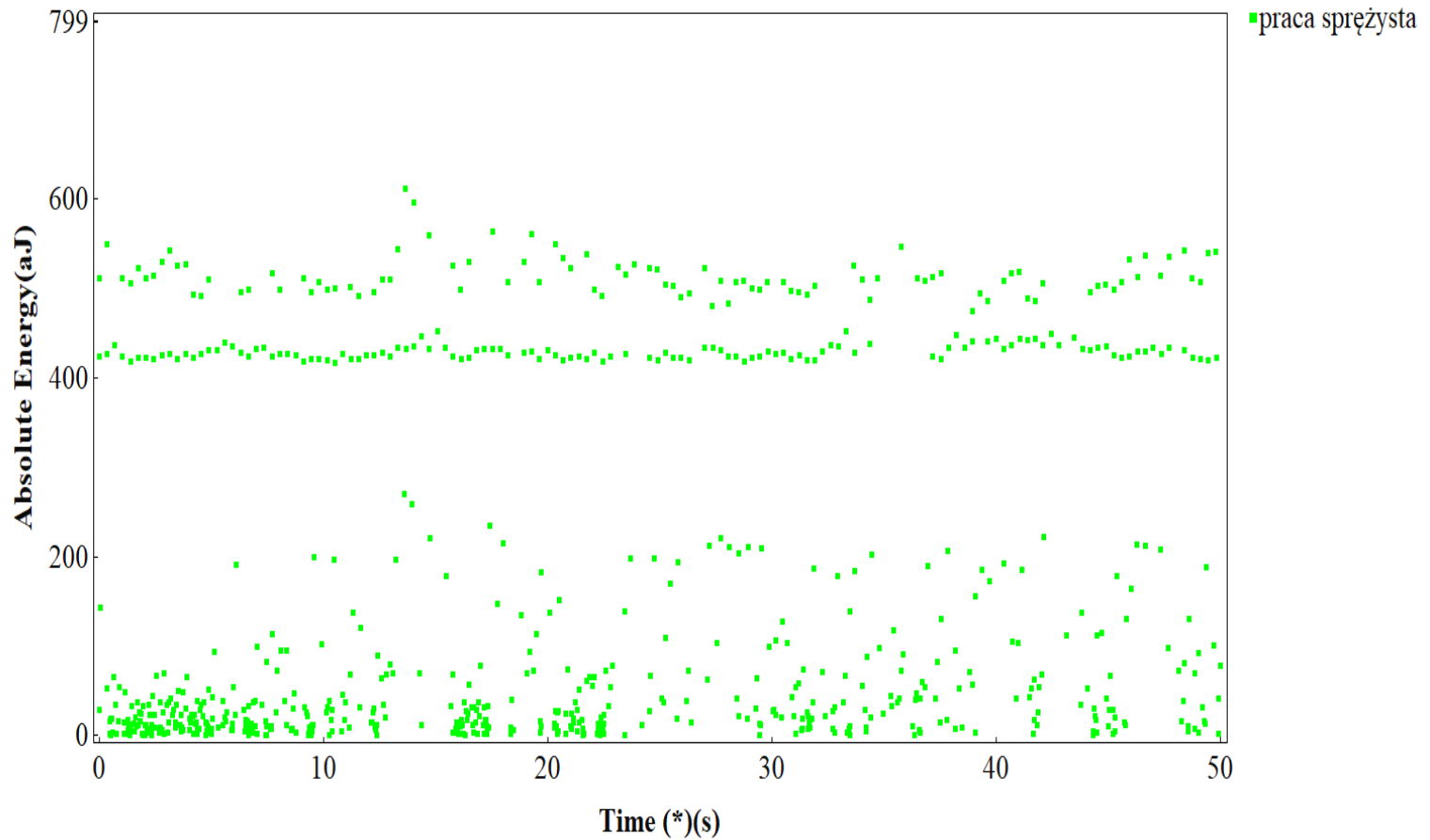


Gazociąg polietylenowy z rur PE100



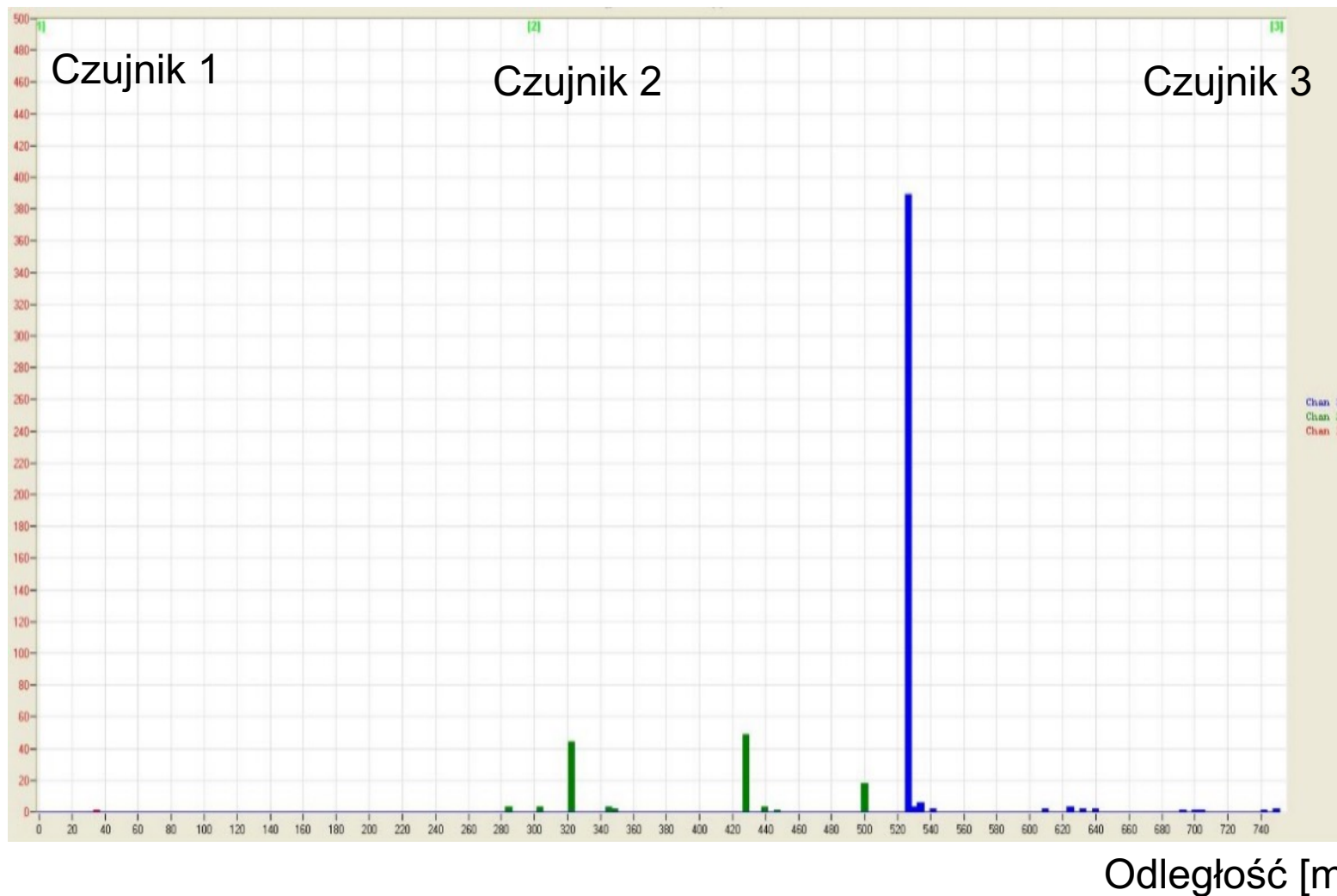


Politechnika
Świętokrzyska





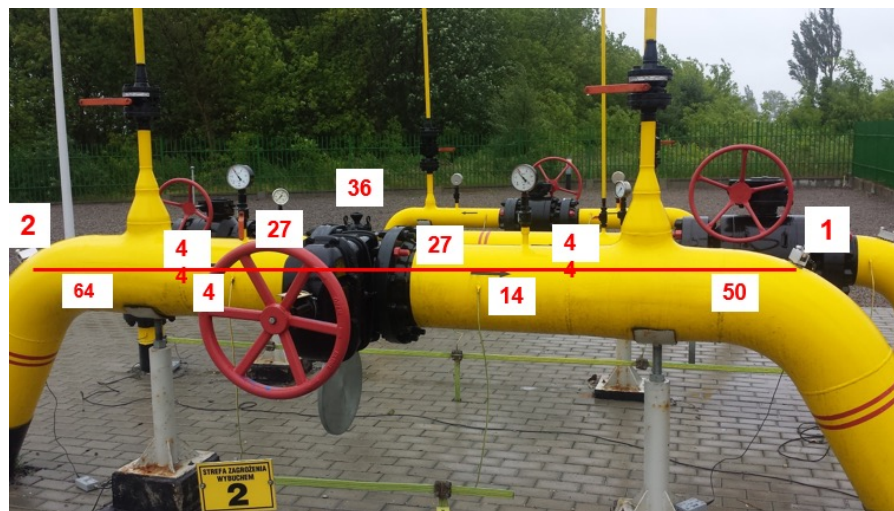
Politechnika
Świętokrzyska





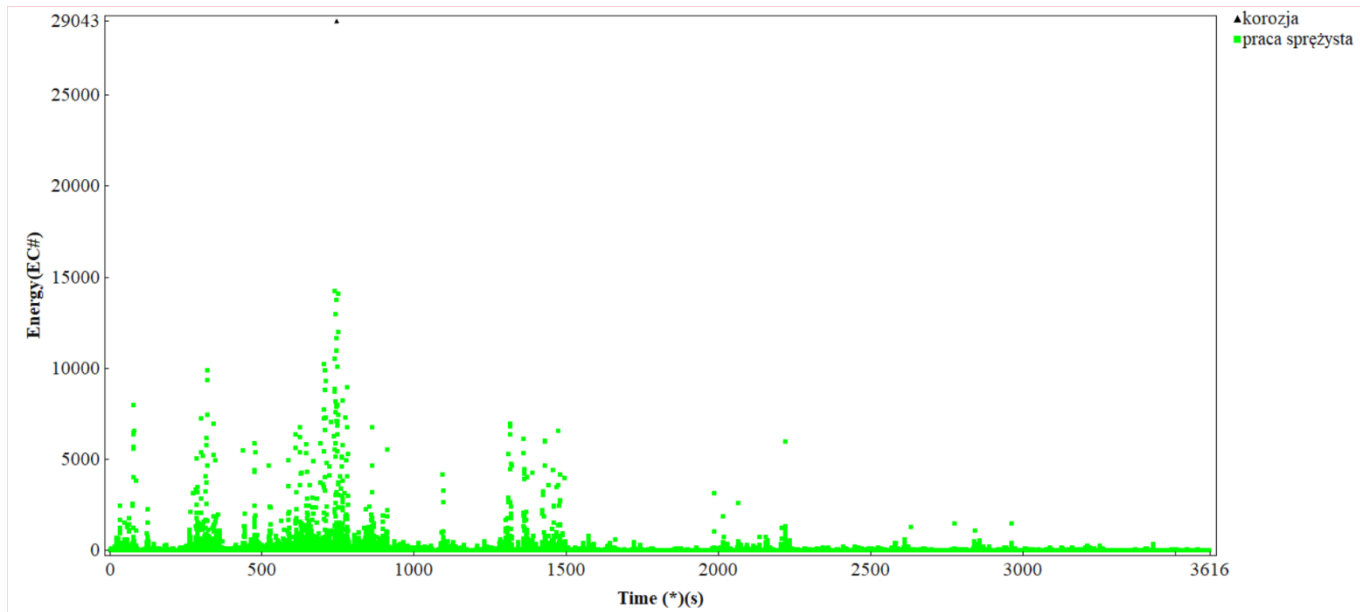
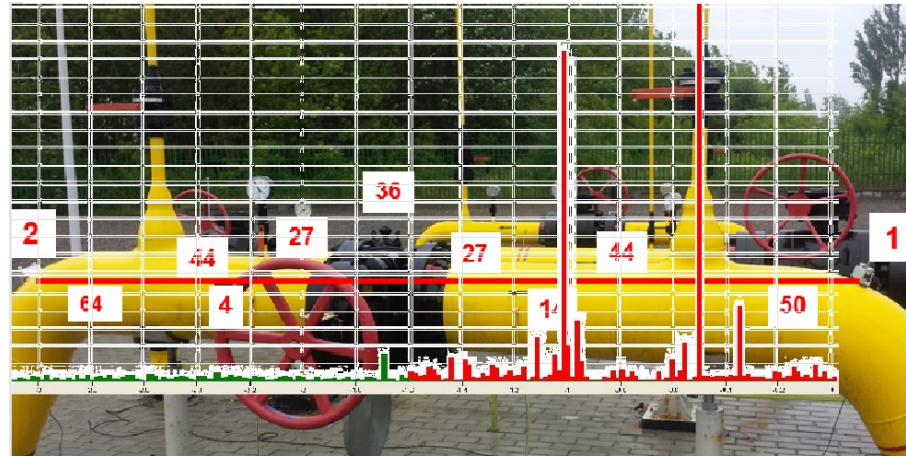
Politechnika
Świętokrzyska

Zespół zaporowo-upustowy Skaryszew





Politechnika
Świętokrzyska





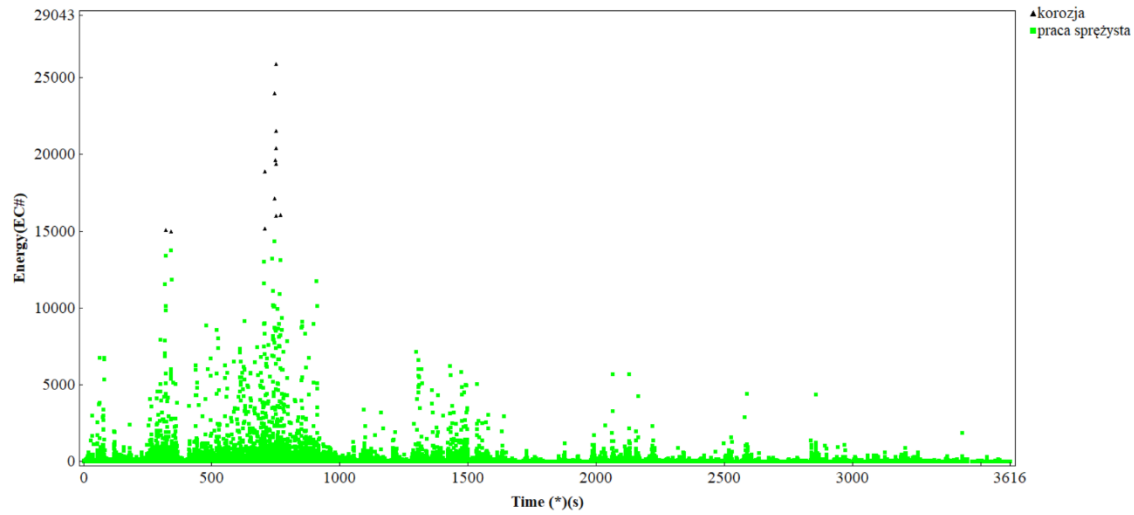
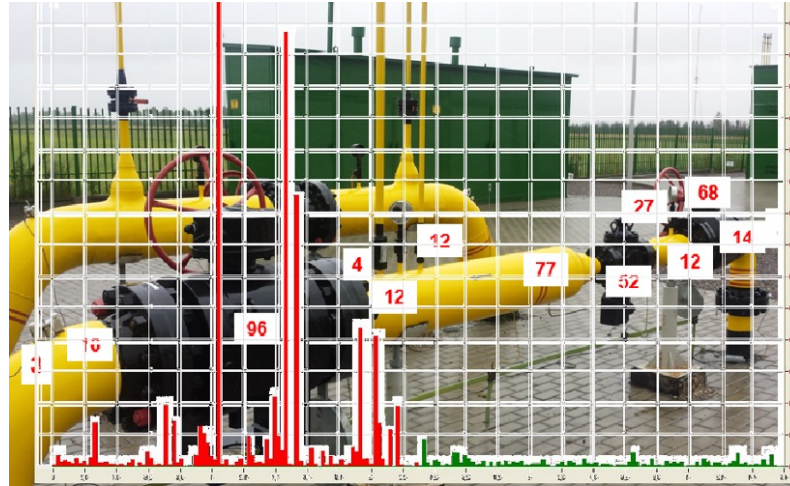
Politechnika
Świętokrzyska

Zespół zaporowo-upustowy Skaryszew





Politechnika
Świętokrzyska





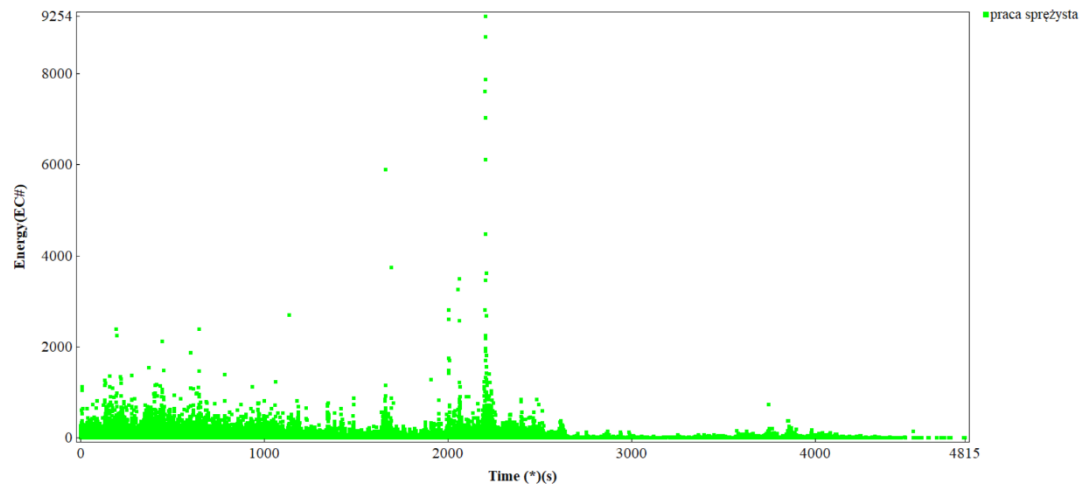
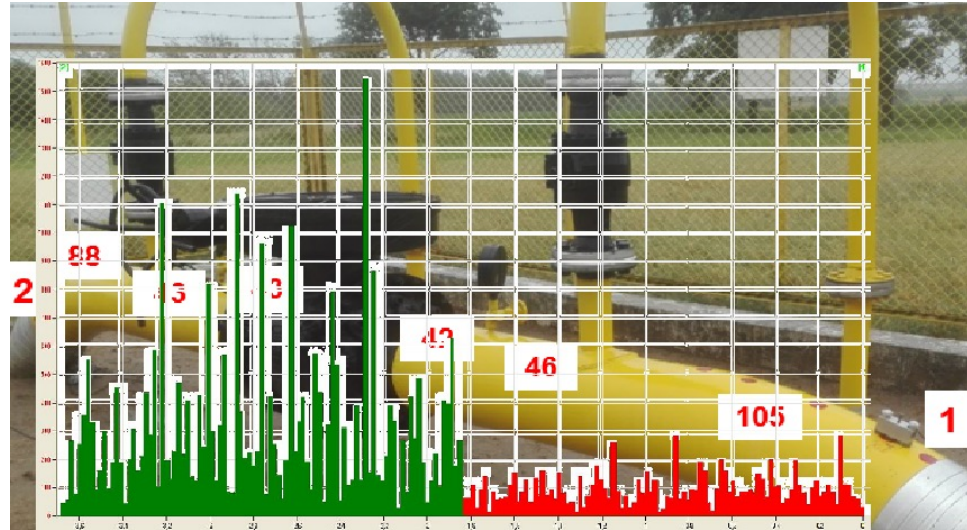
Politechnika
Świętokrzyska

Zespół zaporowo-upustowy Makowiec





Politechnika
Świętokrzyska





Test on gas network in the Netherlands

HPE - C 90 Ossenzijlerweg - Oldemark

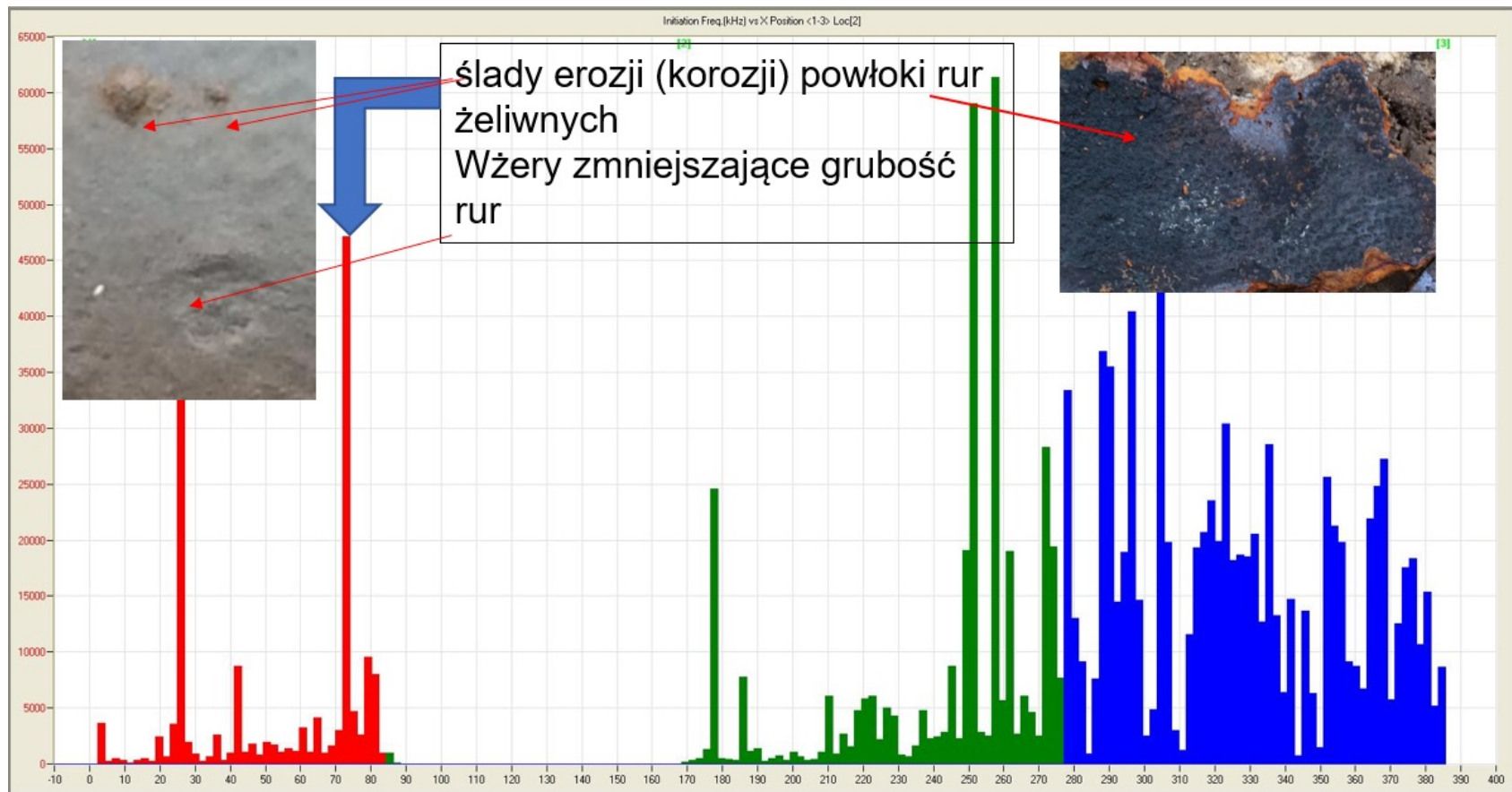
Ranking van bedreigingen

1. gebied gemarkeerd als 1 op een afstand van ongeveer 60 m
2. gebied gemarkeerd als 2 op een afstand van ongeveer 130 m
3. gebied gemarkeerd als 5 op een afstand van ongeveer 520 m
4. gebied gemarkeerd als 3 op een afstand van ongeveer 402 m
5. gebied gemarkeerd als 4 op een afstand van ongeveer 494 m





Politechnika
Świętokrzyska





WNIOSKI:

- 1. Badanie rurociągów pokazuje pełną przydatność metody SLIDING do monitorowania i oceny ich stanu technicznego**
- 2. Istnieje możliwość lokalizacji i identyfikacji konkretnych procesów destrukcyjnych**
- 3. Można zastosować metodę EA do monitorowania przepływu i wypływu gazu**
- 4. Optymalne odcinki pomiarowe dla rurociągów stalowych to 50-100 m (max. 300m) dla rurociągów etylenowych to 300-500 m (max. 700m)**
- 5. Badania na zespołach zaporowo-upustowych pokazują pełną przydatność metody do oceny szczelności tych elementów sieci**