



Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA  
GŁIWICE

Gliwice 30.11.2022

# OCHRONA KLIMATU I ŚRODOWISKA, NOWOCZESNA ENERGETYKA

Priorytetowy Obszar Badawczy 6

1. Zmiany klimatu i środowiska oraz redukcja zanieczyszczenia powietrza

Ocena i ograniczenie skutków degradacji środowiska  
naturalnego przez obiekty przemysłowe

---

Zenon Różański



# Detekcja stref aktywności termicznej jako element zwalczania zagrożenia pożarowego na obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych

**Zenon Różański**

Dyscyplina: Inżynieria środowiska, Górnictwo i Energetyka

Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej  
Katedra Geoinżynierii i Eksploatacji Surowców

# Detekcja stref aktywności termicznej

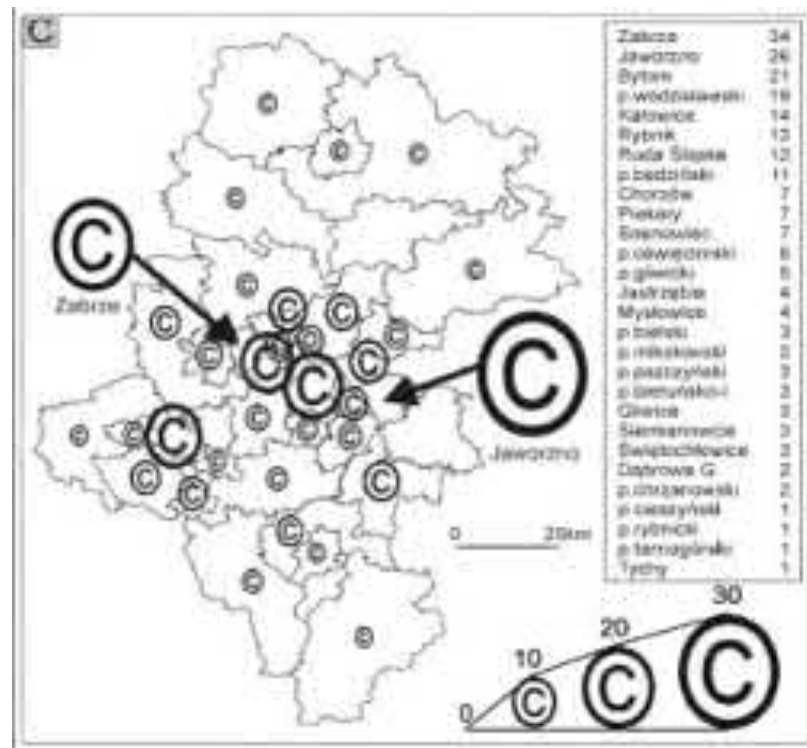
## Zwałowiska odpadów powęglowych

Inwentaryzacja zwałowisk wg dr Ł. Gawora:

w GZW 219 obiektów,  
w DZW 39 obiektów,  
w LZW 1 obiekt.

Powierzchnia zwałowisk w GZW  
to około 4000 ha.

Największe zwałowisko ponad 310 ha.





# Detekcja stref aktywności termicznej

## Zwałowiska odpadów powęglowych

Inwentaryzacja zwałowisk wg dr Ł. Gawora:

w GZW 219 obiektów,

w DZW 39 obiektów,

w LZW 1 obiekt.

Powierzchnia zwałowisk w GZW

to około 4000 ha.

Największe zwałowisko ponad 300 ha.





# Detekcja stref aktywności termicznej

## Skład mineralogiczny odpadów powęglowych w różnych krajach [%]

[Skarżyńska 1997]

Mineral	Belgia	Czechy Słowacja	Hiszpania	Niemcy	Wielka Brytania	WNP	Polska
Ilit	80	10 - 45	20 - 60	41 - 66	10 - 31	5-30	28 - 82
Kaolinit	12	20 - 45	3 - 30	4 - 25	10 - 40	1- 60	9 - 65
Mieszane warstwy ilitowo-montmorillonitowe	0	0 - 0,5	8		6 - 18	6-40	0 - 5
Chloryt	5	0 - 15	0 - 7	1 - 3	2 - 7		0 - 10
Kwarc	8	10 - 50	5 - 57	13 - 27	15 - 25		3 - 37
Piryt	0,5	0 - 25		0,5 - 5	2 - 10	0,2-8	0 - 8
Substancja węglowa	10	0 - 25	4 - 30	5 - 10	5 - 25	8-40	15 - 30





# Detekcja stref aktywności termicznej

## Pożary zwałowisk odpadów powęglowych

Ze względu na przyczynę powstania wyróżnia się dwa rodzaje pożarów:

- **egzogeniczne** - powstają w wyniku działania zewnętrznego źródła temperatury,

- **endogeniczne** - są wynikiem naturalnego niskotemperaturowego procesu utleniania się substancji węglowej lub innej, np. pirytu.





# Zagrożenie pożarowe

2017–2019

~ **330** aktywne termiczne zwałowiska w Ukrainie

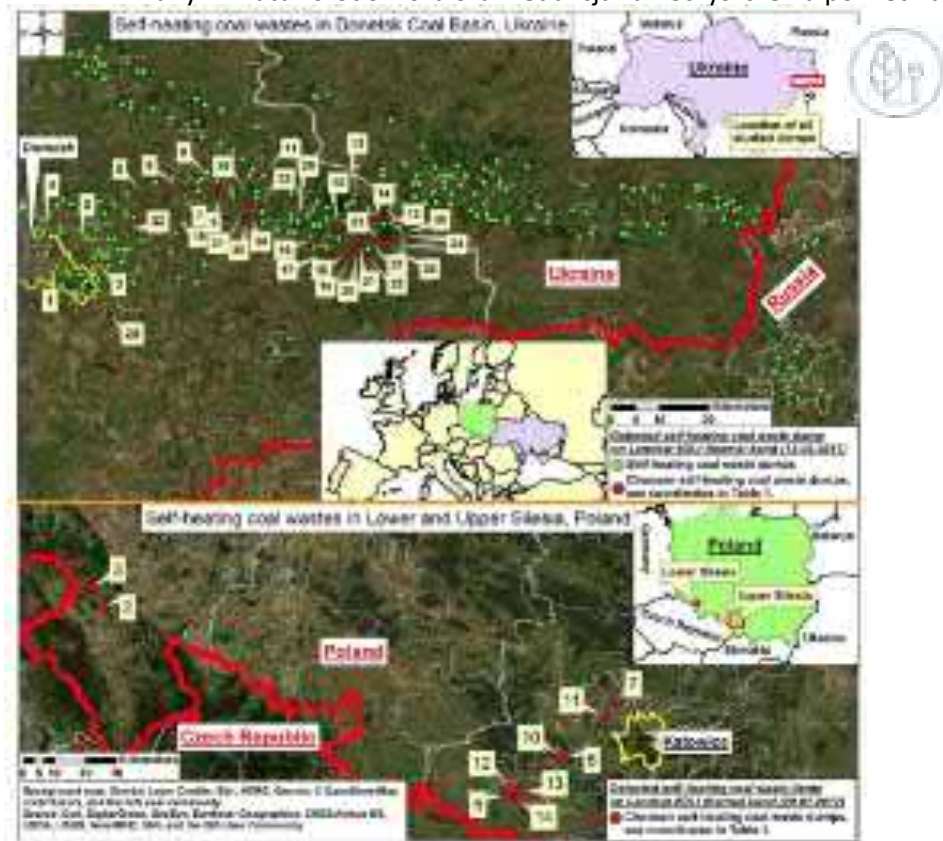
7

~ **10** aktywne termiczne zwałowiska w Polsce

**Źródło:** Nádudvari Ádám, Abramowicz Anna, Fabiańska Monika, Misz-Kennan Magdalena, Ciesielczuk Justyna. (2020). Classification of fires in coal waste dumps based on Landsat, Aster thermal bands and thermal camera in Polish and Ukrainian mining regions. "International Journal of Coal Science & Technology" (2020), doi 10.1007/s40789-020-00375-4

POB6 Klimona klimat i środowiska, nowoczesna energetyka

1. Zmiany klimatu i środowiska oraz redukcja zanieczyszczenia powietrza





# Detekcja stref aktywności termicznej

## Wpływ zwałowisk na środowisko i poziom bezpieczeństwa

- Emisja toksycznych i cieplarnianych gazów do atmosfery
- Emisja pyłu do atmosfery
- Dyskomfort zapachowy
- Skażenie gleby i wód
- Degradacja ekosystemu (fauny i flory)
- Ryzyko utraty stabilności zboczy zwałowiska
- Przeobrażenia termiczne odpadów
- Ograniczenie bezpieczeństwa dla ludzi i zwierząt (możliwość poparzenia i zatrucia)
- Negatywne oddziaływanie na krajobraz
- Utrata potencjalnie cennego areału





# Detekcja stref aktywności termicznej

## Metody profilaktyki pożarowej

Metody profilaktyki sprowadzają się do ograniczenia możliwości spełnienia jednego z trzech koniecznych do powstania pożaru warunków:

- łatwy dopływ powietrza do wnętrza hałdy,
- obecność w hałdzie dostatecznej ilości materiałów o odpowiedniej aktywności chemicznej w stosunku do tlenu z powietrza,
- możliwość akumulacji ciepła w hałdzie.



- 1) Utrzymywanie małej zawartości substancji węglowej w składowanych odpadach górniczych.
- 2) Zmniejszanie udziału substancji węglowej w masie składowanych odpadów i jej równomierne rozproszenie
- 3) Dobór odpowiedniego kształtu bryły składowiska (zwłaszcza w przypadku zwałowisk nadpoziomowych)
- 4) Zmniejszanie porowatości składowanego materiału (zagęszczanie i uszczelnianie)
- 5) Stosowanie antypirogenów
- 6) **Monitoring zwałowisk (wczesne wykrywanie aktywności termicznej)**



# Detekcja stref aktywności termicznej

## Inspekcja wizualna

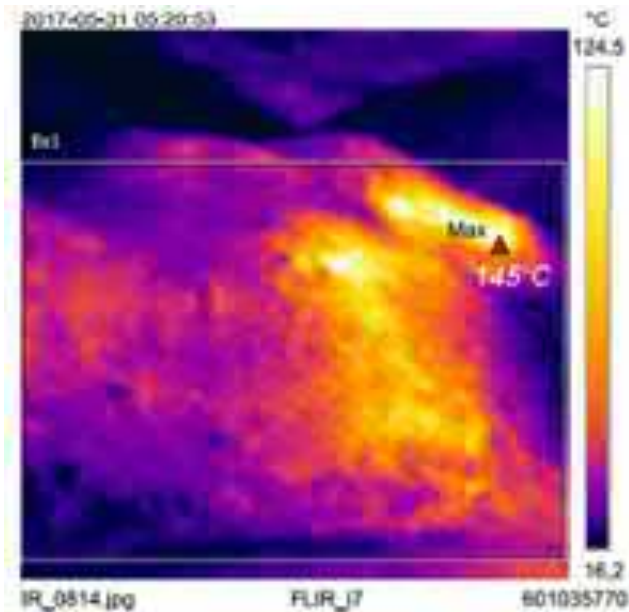






# Detekcja stref aktywności termicznej

## Badania temperatury powierzchni zwałowiska



### Pomiary

Bx1	Max	145,0 °C
	Average	44,7 °C

### Parametry

Emisyjność	0.85
Temp. odbita	15 °C
Odległość	6 m
Temperatura powietrza	15 °C





# Detekcja stref aktywności termicznej



## Badania temperatury wnętrza zwałowiska





# Detekcja stref aktywności termicznej

## Badania temperatury wnętrza

Trzy stopnie rozwoju pożaru w zależności od temperatury wewnętrznej zwałowiska:

- temperatura materiału w granicach **40 do 150°C** – zagrzewanie się zwałowiska,
- temperatura materiału w granicach **150 do 300°C** – mało lub średnio intensywny pożar,
- temperatura materiału **wyższa od 300°C** – bardzo intensywny pożar.





# Detekcja stref aktywności termicznej

Badania stężeń gazów w atmosferze wnętrza zwałowiska



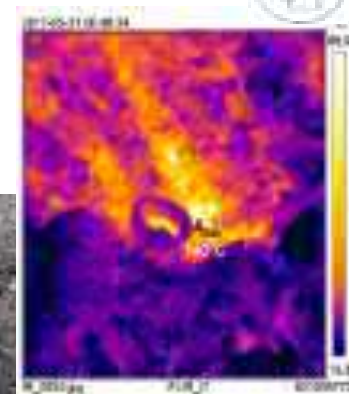
# Detekcja stref aktywności termicznej

## Badania stężeń gazów i temperatury powierzchni

Przyjmuje się cztery podstawowe stadia stanu termicznego wg GIG:

1. brak samozagrzewania zwałowiska  
 $\Delta t < 3^{\circ}\text{C}$ ,  
 $\text{CO} \leq 0,002\% \text{obj.}$
2. samozagrzewanie zwałowiska  
 $3^{\circ}\text{C} \leq \Delta t < 10^{\circ}\text{C}$ ,  
 $0,002\% \text{obj.} < \text{CO} \leq 0,015\% \text{obj.}$
3. mało intensywny pożar zwałowiska  
 $10^{\circ}\text{C} \leq \Delta t < 20^{\circ}\text{C}$ ,  
 $0,015\% \text{obj.} < \text{CO} \leq 0,05\% \text{obj.}$
4. intensywny pożar zwałowiska  
 $\Delta t \geq 20^{\circ}\text{C}$ ,  
 $\text{CO} > 0,05\% \text{obj.}$

gdzie:  $\Delta t$  - różnica temperatur pomiędzy temperaturą powierzchni zwałowiska a temperaturą otoczenia,  
 CO - stężenie tlenku węgla w próbce gazu we wnętrzu atmosfery zwałowiska



# Detekcja stref aktywności termicznej



## Skaning laserowy 3D + Termowizja

Współpraca z 3D FORMAT Sp.j. (Gliwice)



Aparatura pomiarowa (Zoller + Fröhlich):

- skaner laserowy Z+F IMAGER® 5010X
- kamera termowizyjna Z+F T-Cam



# Detekcja stref aktywności termicznej

## Skaning laserowy 3D + Termowizja

### Parametry skanera laserowego Z+F IMAGER®5010X

Laser system			
Laser class	1		
Beam divergence	< 0.3 mrad		
Beam diameter	approx. 3.5 mm @ 0.1 m		
Range	187.3 m (unambiguity interval)		
Minimum distance	0.3 m		
Resolution range	0.1 mm		
Data acquisition rate	Max. 1,016 million pixel/sec		
Linearity error <sup>1</sup>	±1 mm		
Range noise	black 14 %	grey 37 %	white 80 %
Range noise, 10 m <sup>1/2</sup>	0.4 mm rms	0.3 mm rms	0.2 mm rms
Range noise, 25 m <sup>1/2</sup>	0.6 mm rms	0.4 mm rms	0.3 mm rms
Range noise, 50 m <sup>1/2</sup>	2.2 mm rms	0.8 mm rms	0.5 mm rms
Range noise, 100 m <sup>1/2</sup>	10 mm rms	3.3 mm rms	1.6 mm rms
Temperature drift	negligible		





# Detekcja stref aktywności termicznej

Skaning laserowy 3D + Termowizja

Parametry techniczne kamery termowizyjnej Z+F T-Cam

Type	
Model	T-Cam Rev 1.0
Camera	
Resolution	384 x 288 pixel
Infrared spectrum	7.5 - 13 µm
Working temperature	0°C - 50°C (32°F - 122°F)
Storage temperature	-20°C - 60°C (-4°F - 140°F)
Relative humidity	20% - 80%, noncondensing
Lens	
Field of View	62° x 49°
Temperature ranges (selectable by user)	
Default setting	-30°C to 100°C (-4°F to 212°F)
	0°C to 250°C (32°F to 482°F)
	180°C to 900°C (302°F to 1652°F)
Temperature accuracies	
Temperature resolution	4096 increments (12 Bit)
None Equivalent Temperature Difference (NETD)	0.05 K
System accuracy / absolute temperature accuracy 1	±1-2°C (3.6°F)

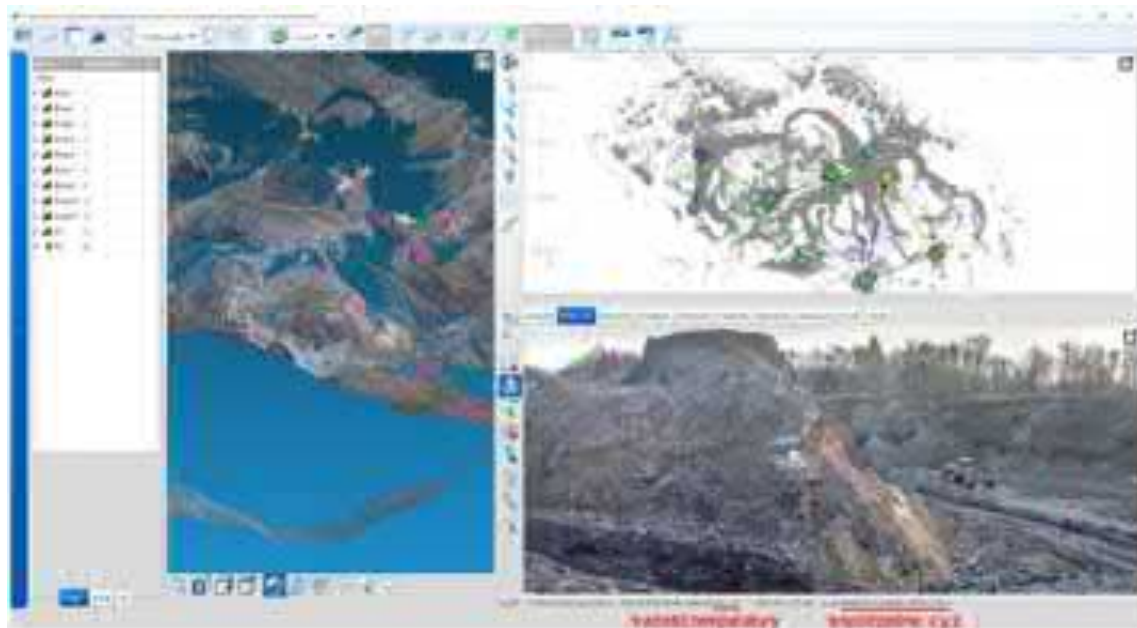


# Detekcja stref aktywności termicznej

## Skaning laserowy 3D + Termowizja



Stanowisko pomiarowe z wykorzystaniem zintegrowanego systemu TLS i IRT





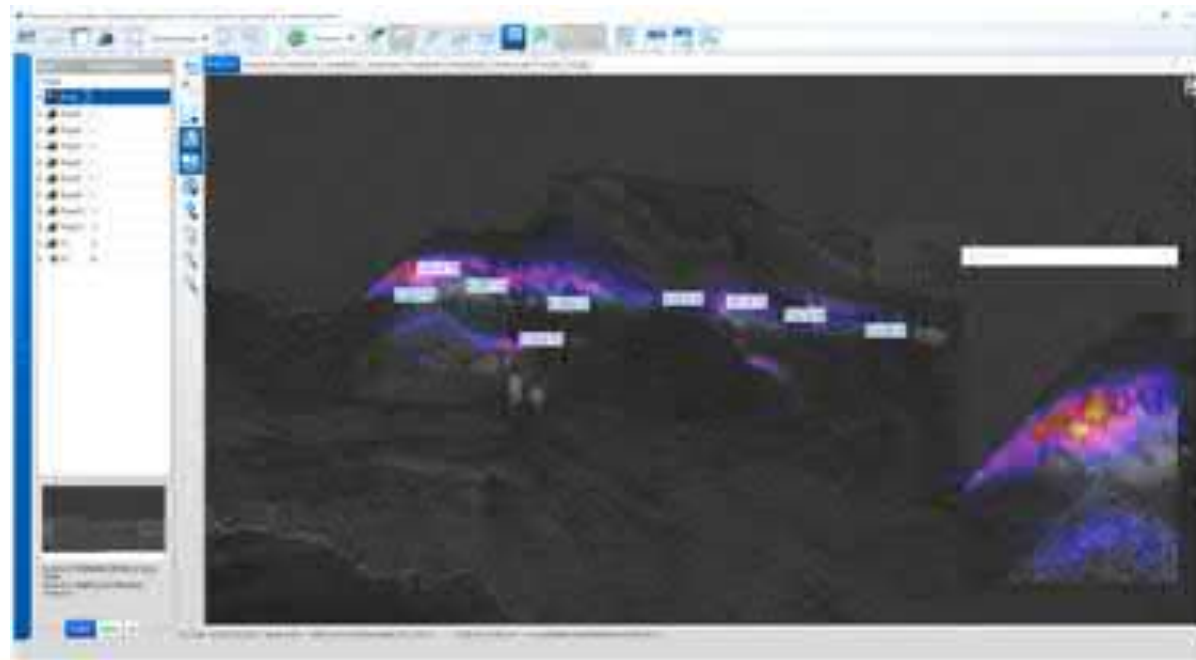
# Detekcja stref aktywności termicznej

Skaning laserowy 3D + Termowizja



# Detekcja stref aktywności termicznej

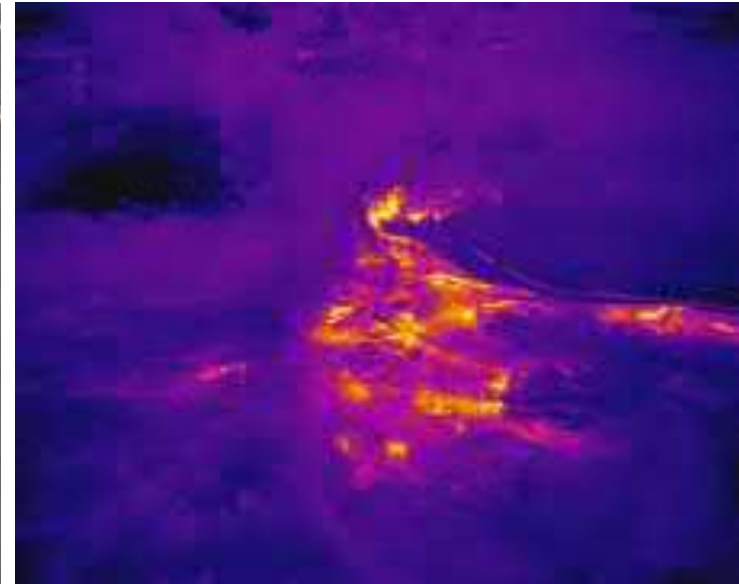
Skaning laserowy 3D + Termowizja



# Detekcja stref aktywności termicznej

Fotogrametria niskopułapowa + Termowizja

Współpraca z 3D FORMAT Sp.j. (Gliwice)





# Detekcja stref aktywności termicznej

Fotogrametria niskopułapowa + Termowizja

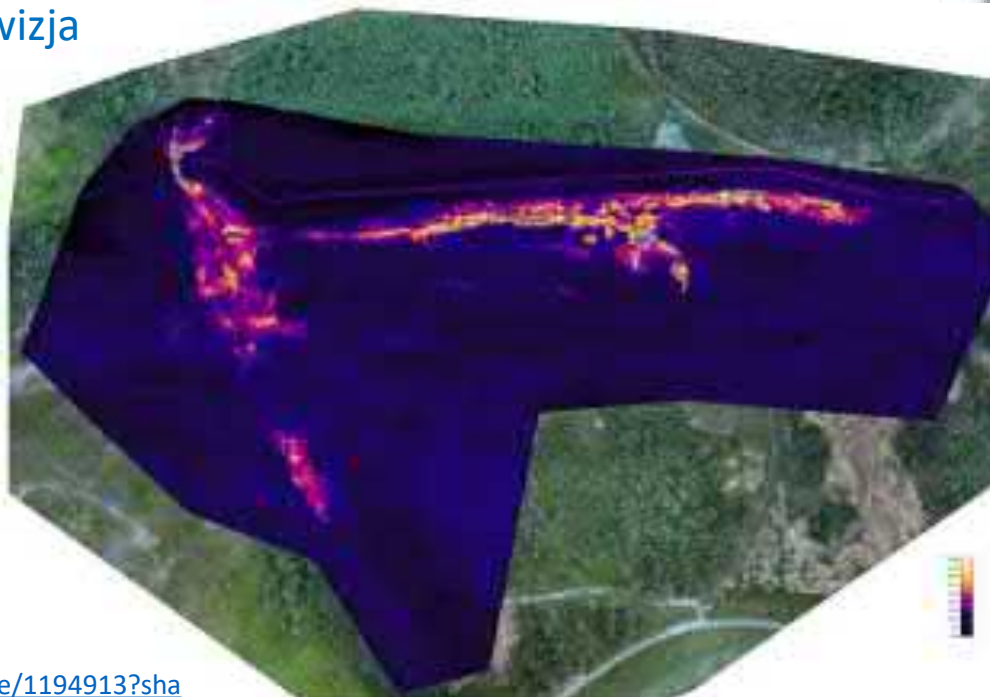


Bezzałogowy statek powietrzny DJI Matrice 210V2 RTK  
Kamera DJI Zenmuse XT2



# Detekcja stref aktywności termicznej

Fotogrametria niskopułapowa + Termowizja



<https://cloud.pix4d.com/site/78509/dataset/1255896/compare/1194913?shareToken=9dc96d6b-86ec-47b2-a6b5-d13e5d3d7aeb>





# Detekcja stref aktywności termicznej

Fotogrametria niskopułapowa + Termowizja



Bezzałogowy statek powietrzny  
DJI Matrice 210V2



Kamera DJI Zenmuse X5S



Kamera termowizyjna DJI Zenmuse XT2





The impact of **EXtreme** weather events  
on **MINing** operations

# TEXMIN



Silesian University  
of Technology



Projekt ten otrzymał dofinansowanie z Funduszu Badawczego Węgla i Stali w ramach umowy nr 847250 TEXMIN Wpływ ekstremalnych zjawisk pogodowych na działalność górnictw. Praca naukowa dofinansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu pt. „PMW” w latach 2019-2022 kontrakt nr 5009/FBWiS/2019/2.

**TEXMIN** konsorcjum projektowe, kierowane przez Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, gromadzi partnerów z:

### Polski:

- Główny Instytut Górnictwa (GIG)
- Politechnika Śląska (PŚ)
- Spółka Restrukturyzacji Kopalń S.A (SRK)
- Tauron Wydobycie S.A. (TWD)

### Wielkiej Brytanii:

- University of Exeter (UNEXE)

### Grecji:

- Centre for Research and Technology Hellas (CERTH)

### Hiszpanii:

- Subterra Ingenieria, S.L. (SUB)

### Niemiec:

- DMT GmbH & Co. KG (DMT)

### Czech:

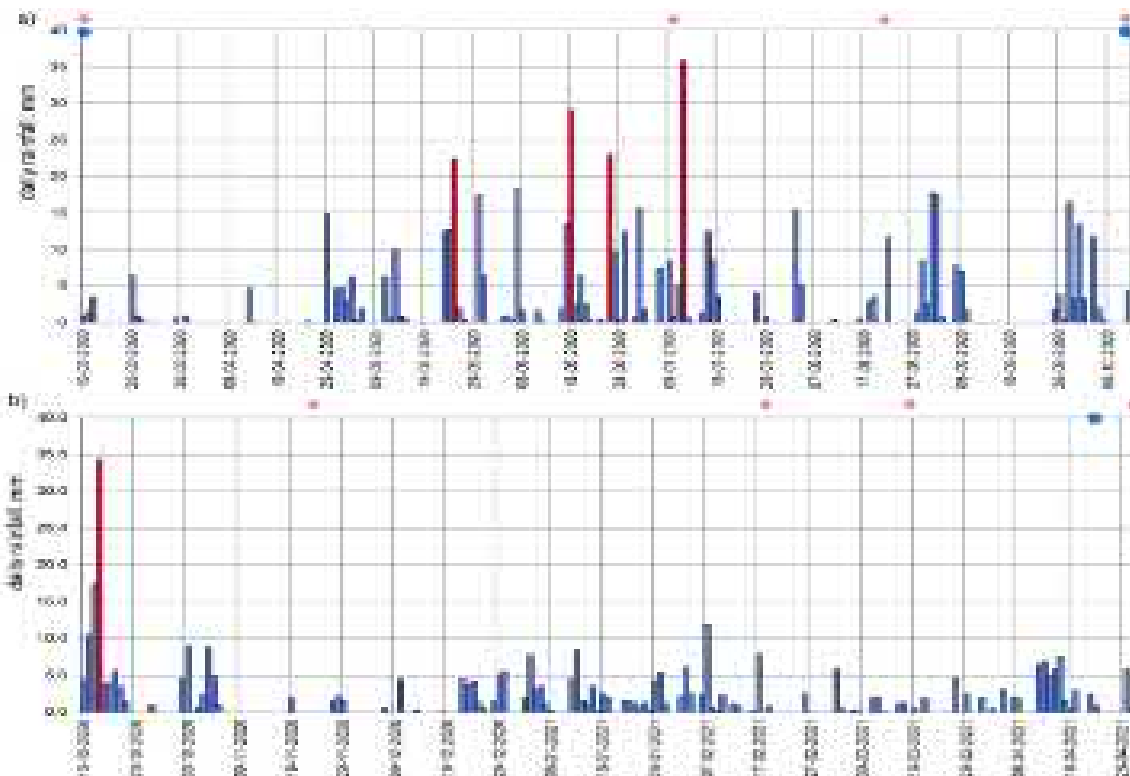
- Výzkumný ústav pro Hnědé Uhlí (VUHU)



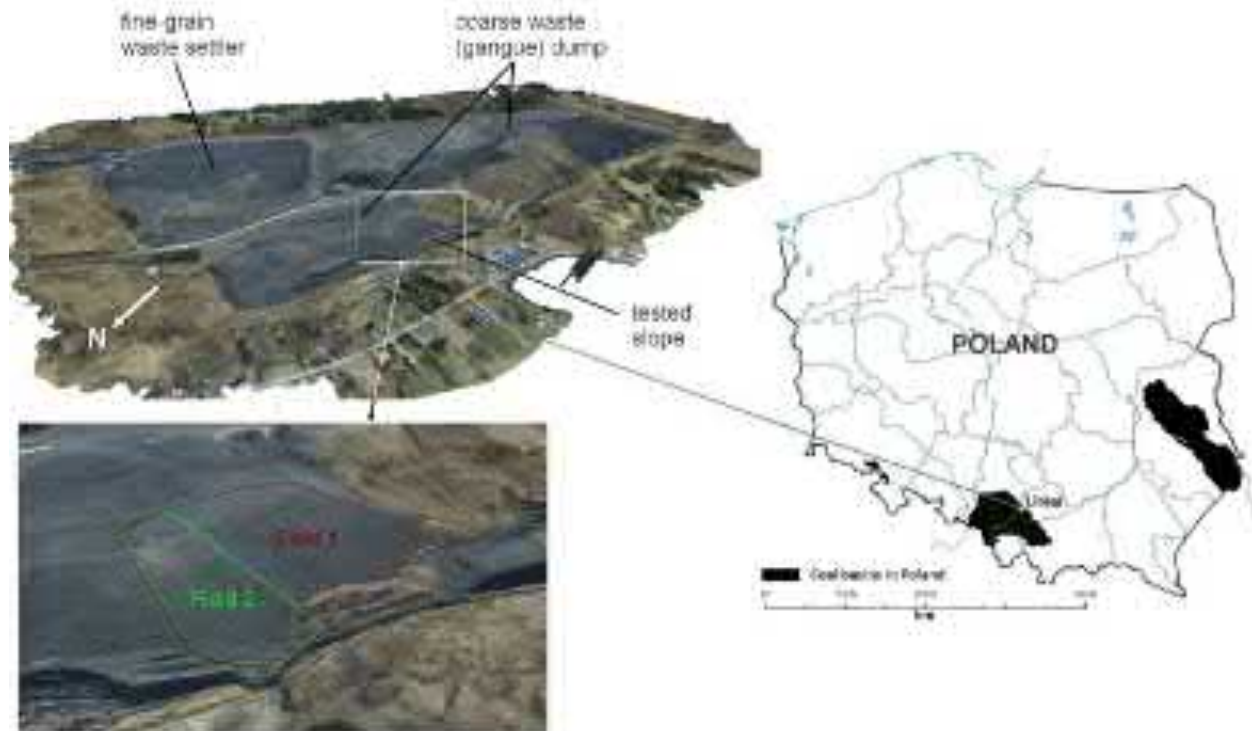
Politechnika  
Śląska



# Dobowa wielkość opadów w rejonie zwałowiska



# Badania przeprowadzono na Obiekcie Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych ZG Janina TAURON Wydobycie S.A. w



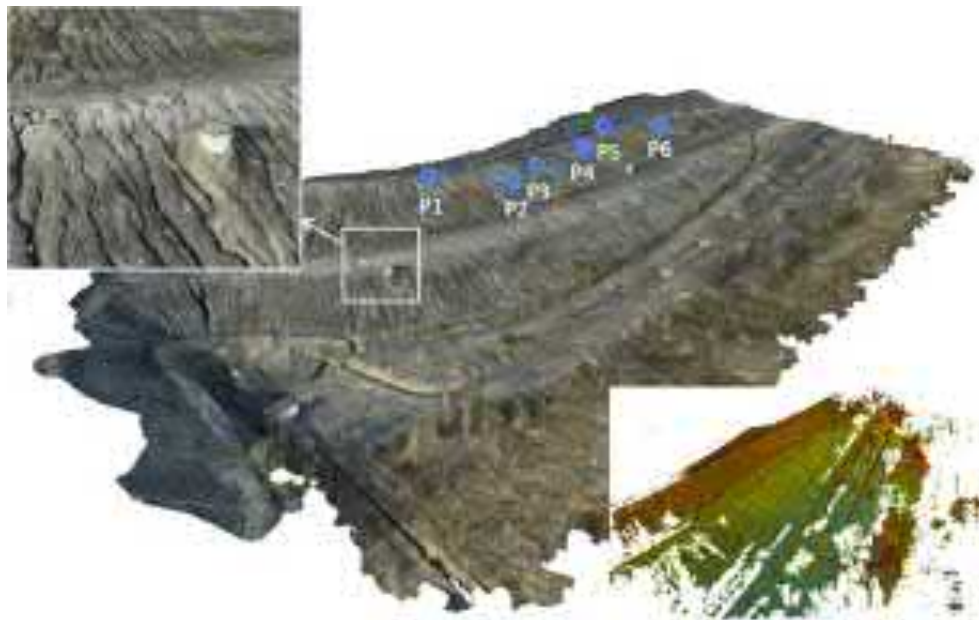
29



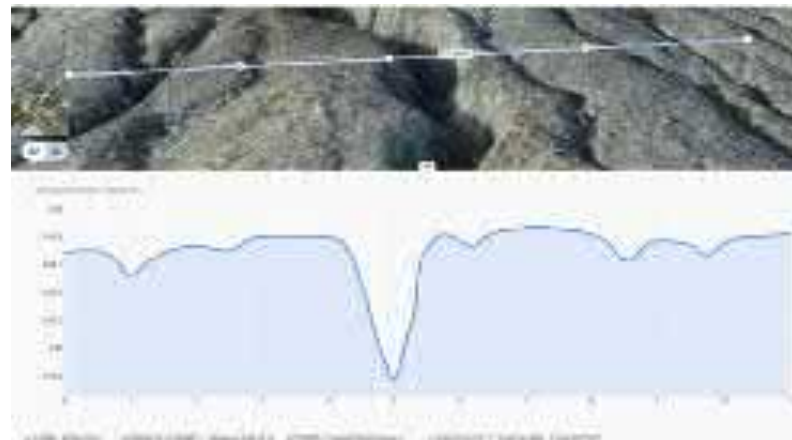


# Badania erozji skarp zwałowiska

## Fotogrametria niskopułapowa i naziemny skaning laserowy



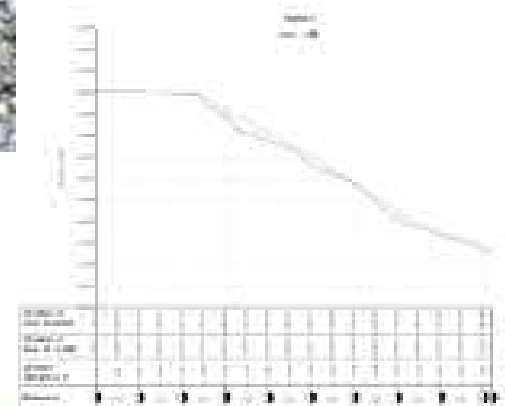
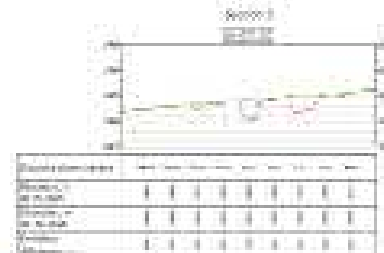
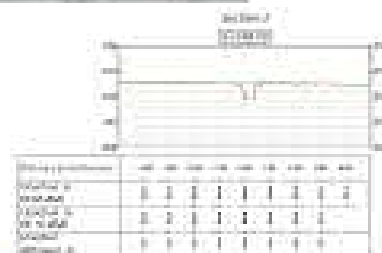
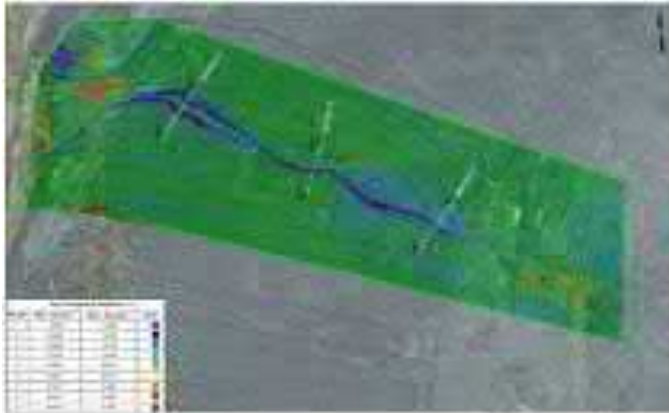
**TEXMIN** The Impact of Extreme Weather Events on Mining Operations - Projekt finansowany ze środków Funduszu Badawczego Węgla i Stali (UE)





# Badania erozji skarp zwałowiska

Fotogrametria niskopułapowa i naziemny skaning laserowy





# Ognisko 1 (silna erozja) - Zmiany stanu termicznego

Średnie wartości

Q <sub>17</sub>	max	18.7°C
	Average	22.7°C
Q <sub>01</sub>		11.4°C
Q <sub>02</sub>		18.7°C
Q <sub>03</sub>		5.9°C
Q <sub>04</sub>		14.9°C

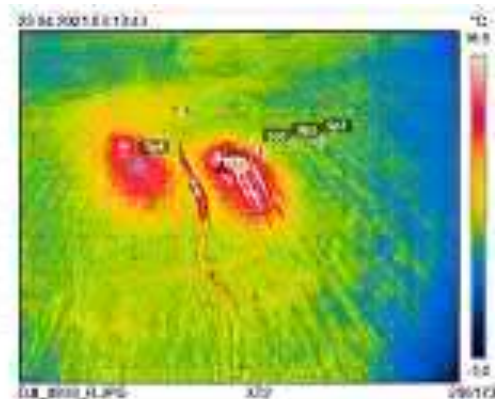
Parameters:

Onlooker	626
Ref. temp.	19 °C

Geolocation

Location

Wzrost pomiaru: 17.0m, 18.0m, 19.0m



32

Punkt pomiarowy	Temperatura		Stężenie gazu / ubytek tlenu ( $\Delta O_2$ )					
	$t_p$ °C	$t_{L,air}$ °C	$t_{gas}$ °C	$O_2$ %obj.	$\Delta O_2$ %obj.	$CO_2$ %obj.	$CO$ ppm	$CH_4$ %obj.
P1	18.7	<b>31.7</b>	19.8	1.0	19.9	<b>11.16</b>	<b>0</b>	0.039
P2	18.7	<b>49</b>	24	0.6	20.3	<b>15.65</b>	<b>0</b>	0.053
P3	20	<b>19</b>	16.2	2.0	18.9	<b>10.8</b>	<b>3</b>	0.15
P9	20.3	<b>52.9</b>	35.4	0.8	20.1	<b>14.11</b>	<b>10</b>	0.435





Dziękuję za uwagę

