



# **Wykorzystanie Teledetekcji w rolnictwie i leśnictwie**

Mariusz Kacprzak – Kierownik Działu Teledetekcji  
Pułusk; Styczeń 2022



L A T

ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT LOTNICTWA

# Zrównoważona produkcja i konsumpcja

*Aby sprostać stojącym dziś przed nami wyzwaniom, musimy zmienić sposób produkcji i konsumpcji towarów.*

*Musimy zwiększyć wydajność przy równoczesnym zużyciu mniejszej ilości surowców, zmniejszeniu kosztów i ograniczeniu wpływu, jaki wywieramy na środowisko naturalne. Musimy tworzyć więcej, zużywając mniej.*

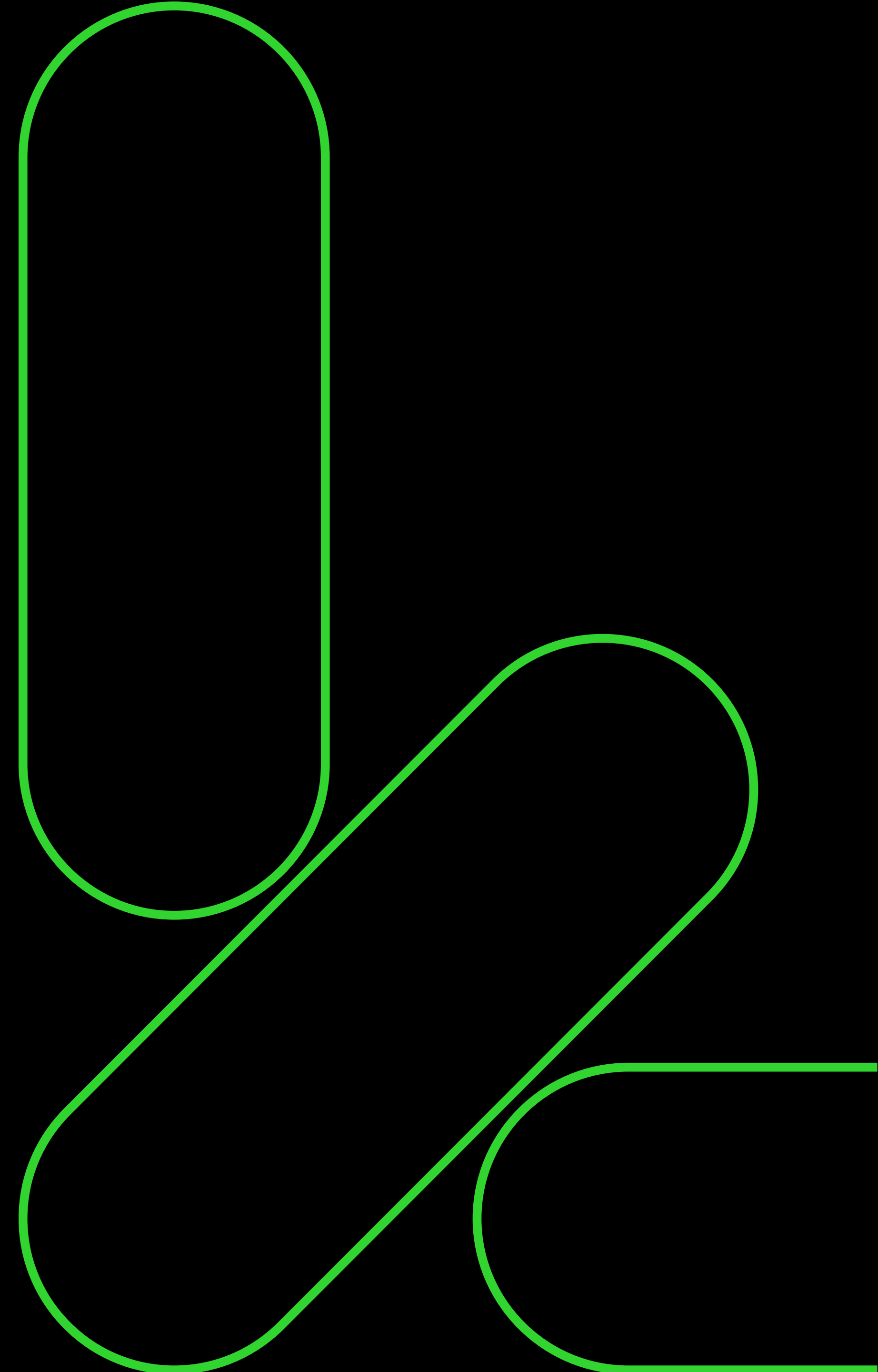
# Zrównoważona produkcja i konsumpcja

*Największy wpływ na środowisko naturalne mają  
sektory żywności, budownictwa i transportu*

*<https://ec.europa.eu>*

# Zrównoważona produkcja i konsumpcja

Tworzone przez Ł – Instytut Lotnictwa innowacyjne narzędzia z zakresu teledetekcji lotniczej i satelitarnej oraz rozwiązania robotyczne i mechatroniczne wpisują się w potrzeby nowoczesnego rolnictwa oraz Cele Zrównoważonego Rozwoju zawarte w Agendzie ONZ 2030



# Cele ONZ 2030





# Cele ONZ 2030



## Cele ONZ 2030

Zwiększenie wydajności produkcji roślinnej

Zmniejszenie zużycia nawozów

Zmniejszenie nakładów pracy ludzkiej

Zmniejszenie strat wynikających z rozwoju patogenów

Zachowanie zasobów naturalnych środowiska



## Agenda:

1. Wybrane projekty Badawczo-Rozwojowe w obszarze teledetekcji
2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie
3. Wyniki prac teledetekcyjnych realizowanych na potrzeby rolnictwa i leśnictwa
4. Operacyjne wykorzystanie teledetekcji na potrzeby zrównoważonej produkcji rolnej i leśnej



# 1. Wybrane projekty B+R

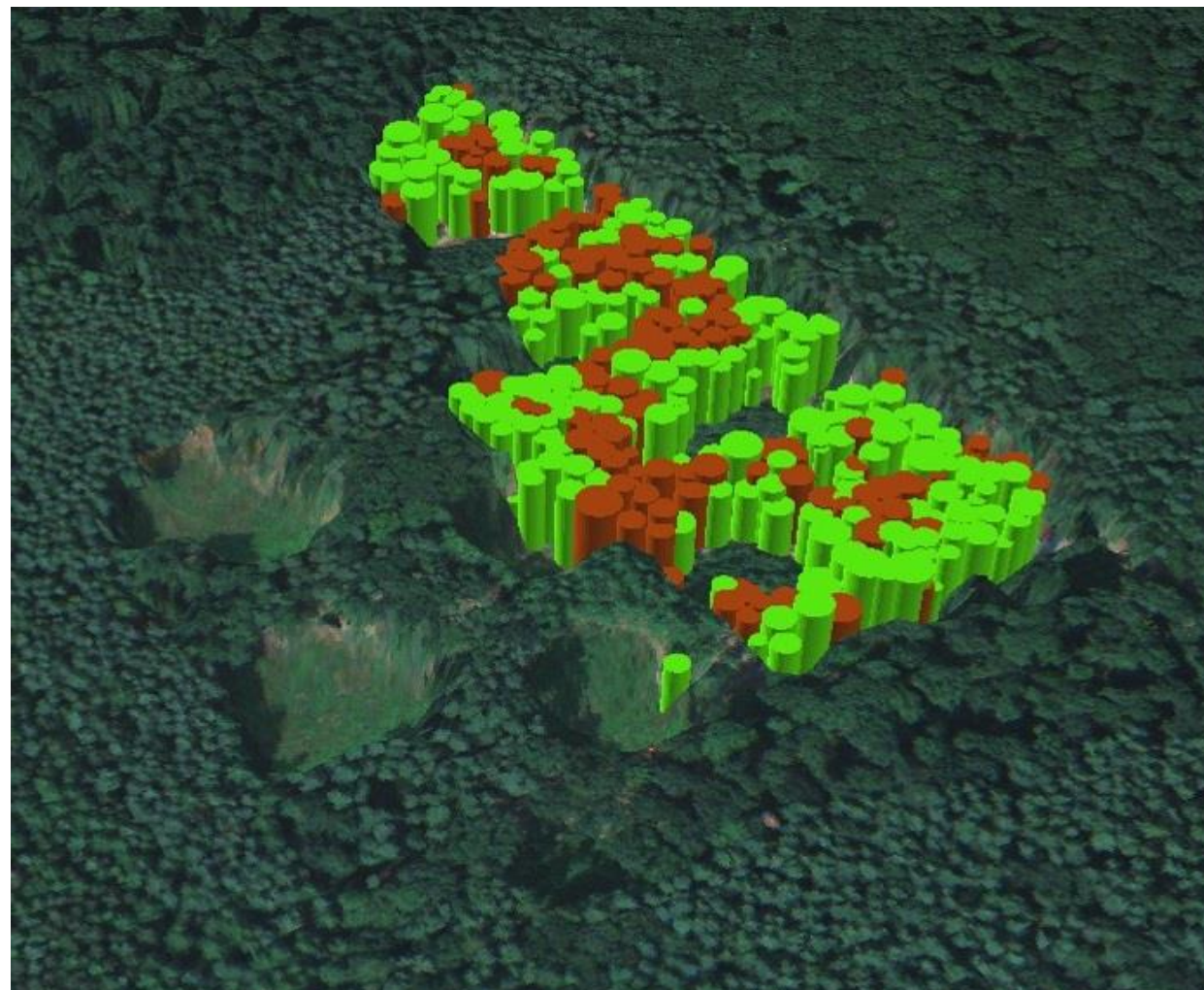


## Projekt HESOFF:

2012-2018

(10 mln PLN)

Implementacja i wprowadzenie do praktyki nowych metod oceny stanu lasu i efektywności kultywacji z wykorzystaniem metod teledetekcyjnych i fotogrametrycznych





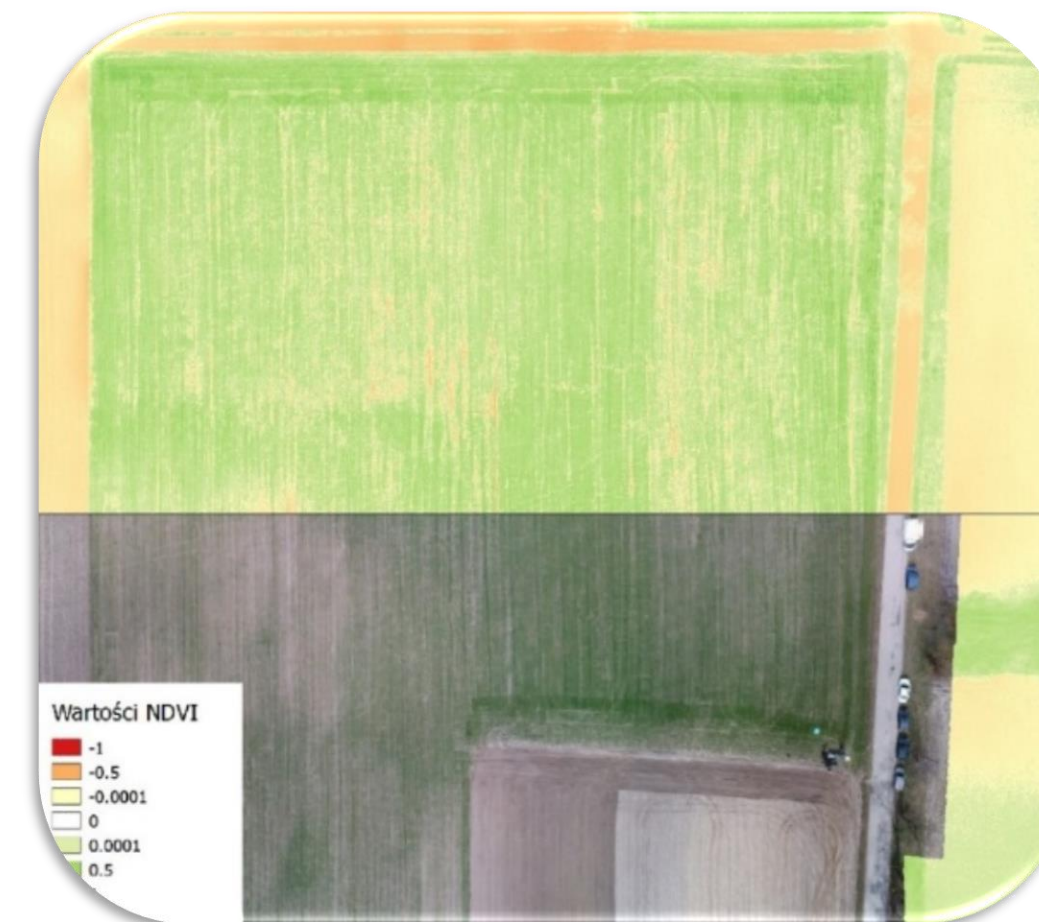
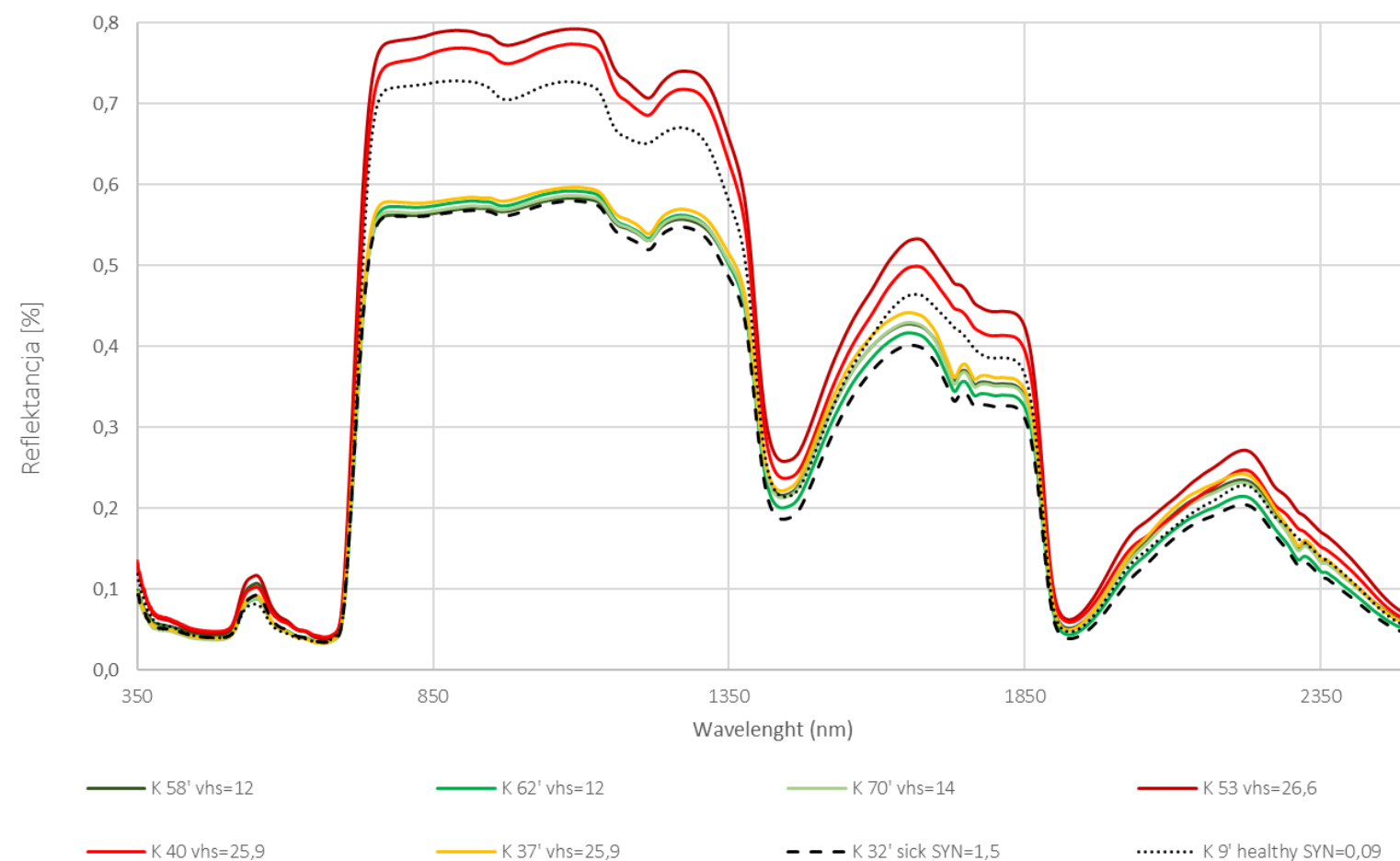
# 1. Wybrane projekty B+R

## Projekt FITOEXPORT:

2019-2022

(3,5 mln PLN)

Usprawnienie prac inspektorów terenowych PIORiN poprzez opracowanie i wdrożenie w innowacyjnych metod lustracji upraw opartych na teledetekcji i fotogrametrii





# 1. Wybrane projekty B+R



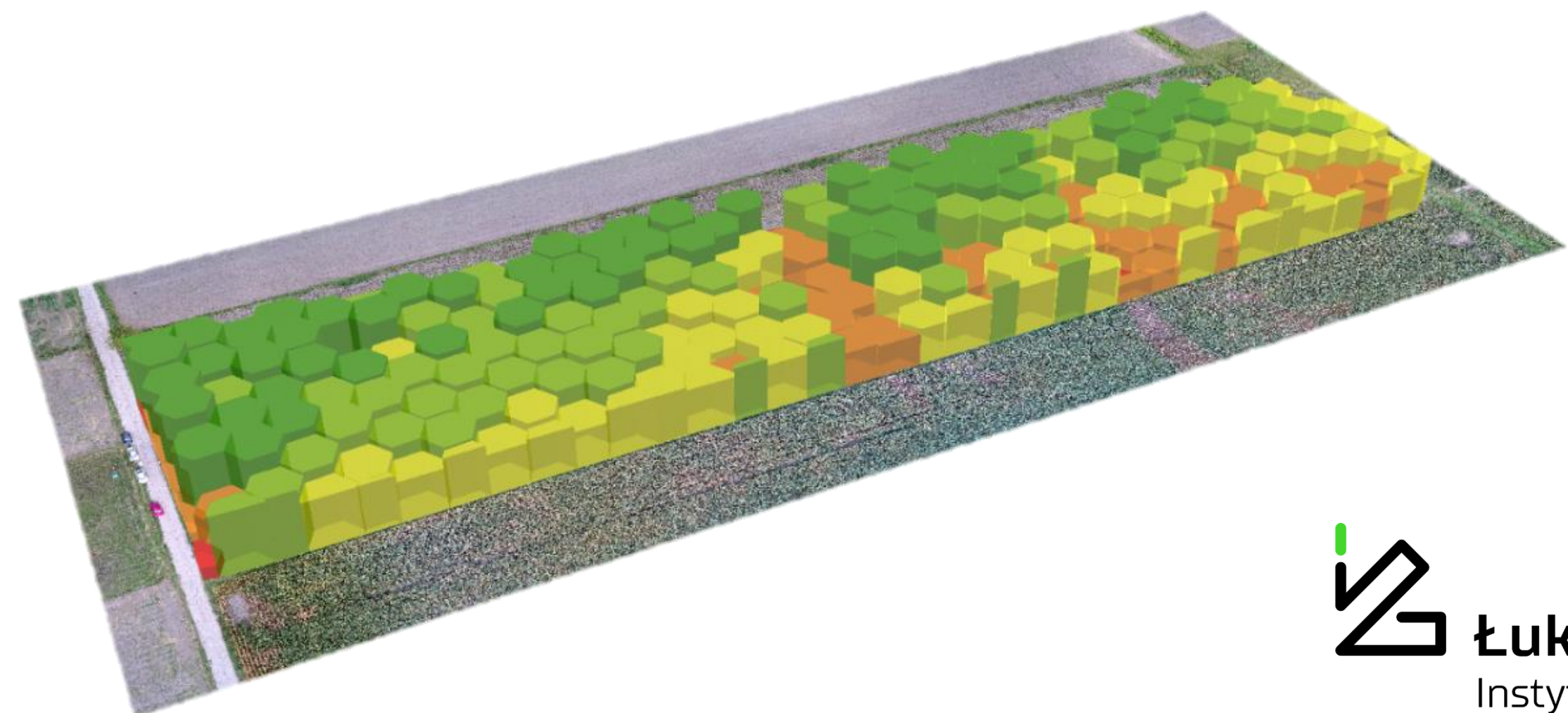
## Projekt Robota Polowego:

2020-2023

(16 mln PLN)

Budowa i integracja automatycznego robota do prac polowych, który będzie spełniał wymogi precyzyjnego rolnictwa.

Teledetekcyjna ocena stanu upraw.



## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie

### Dane

---

Aparat fotograficzny jest dla artysty kolejnym narzędziem. Jeżeli się nad tym zastanowić, to jest to mechanizm podobny do skrzypiec.

To artysta jest w stanie tworzyć sztukę nie aparat  
- Brett Weston

---

Fotografując staraj się pokazać to czego bez ciebie, nikt by nie zobaczył  
- Robert Bresson

## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie

### Pomysł

---

Mieć fantazję nie znaczy coś sobie wymyślać.  
To znaczy tworzyć coś z tego, co istnieje  
- Tomasz Mann

---

Pomysły są powszechnym towarem.  
Wprowadzanie ich w życie nie jest  
- Michael Dell



## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie

Dane



Dane satelitarne



Dane lotnicze



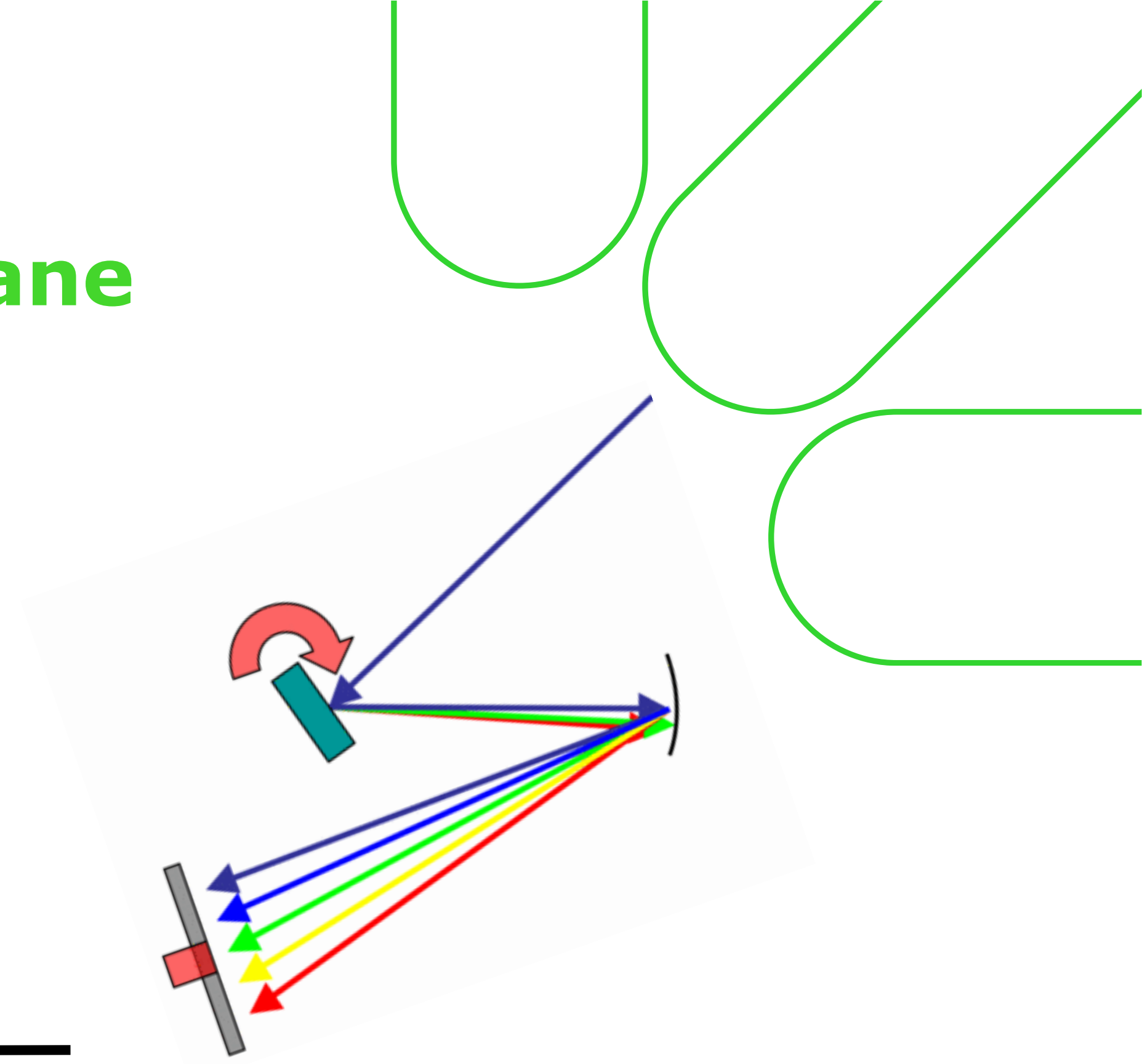
Dane terenowe



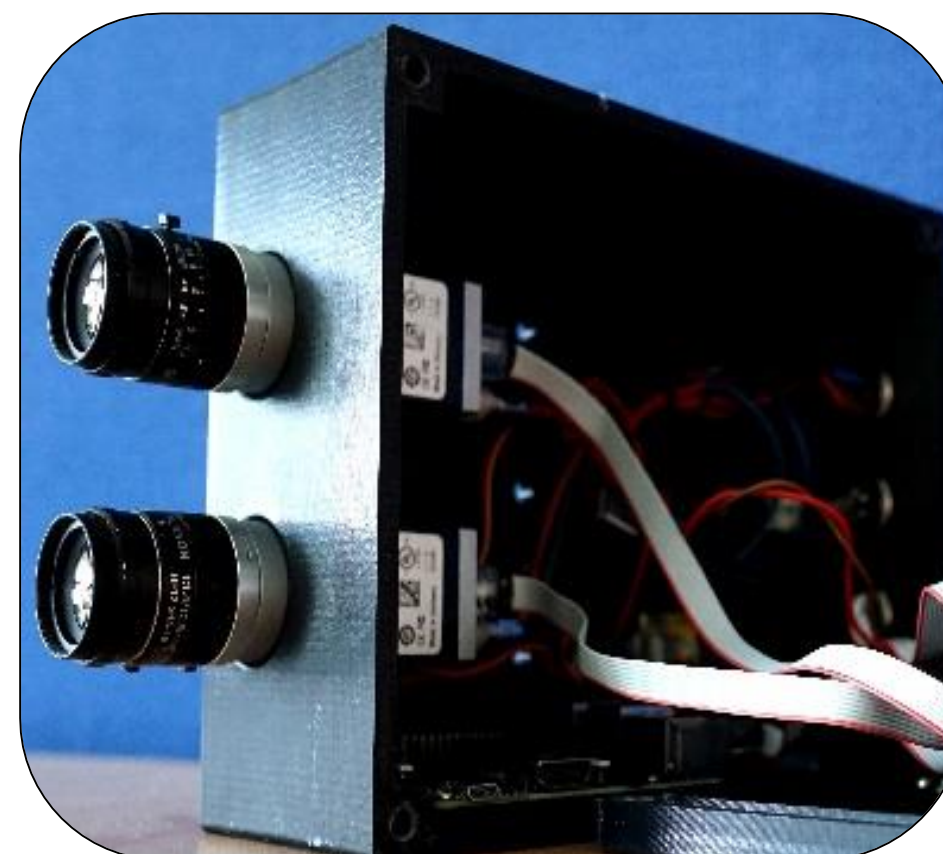
## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie

### Sensory

Aktywne



Pasywne





## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie

### Pozyskiwanie zdjęć: Samolot załogowy

Samoloty załogowe mają **przewagę** nad BSP, w zakresie maksymalnego czasu lotu, ładowności oraz wydajności

Zdecydowana **wada** samolotów załogowych to cena ich wykorzystania oraz ograniczony do nich dostęp



## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie

### Pozyskiwanie zdjęć: Zdalnie sterowany samolot

Funkcjonalność i możliwości zastosowania systemu jest określona przez sensory zamontowane na pokładzie

#### Wybrane parametry

Rozpiętość skrzydeł: 3,85 m

Max. waga startowa: 25 kg

Prędkość przelotowa: 21-25 m/s

Zasięg: 30 km

Czas lotu: 45 min



## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie

### Pozyskiwanie zdjęć: Zdalnie sterowany samolot

Funkcjonalność i możliwości zastosowania systemu jest określona przez sensory zamontowane na pokładzie

#### Wybrane parametry

Rozpiętość skrzydeł: 3,85 m

Max. waga startowa: 25 kg

Prędkość przelotowa: 21-25 m/s

Zasięg: 30 km

Czas lotu: 45 min



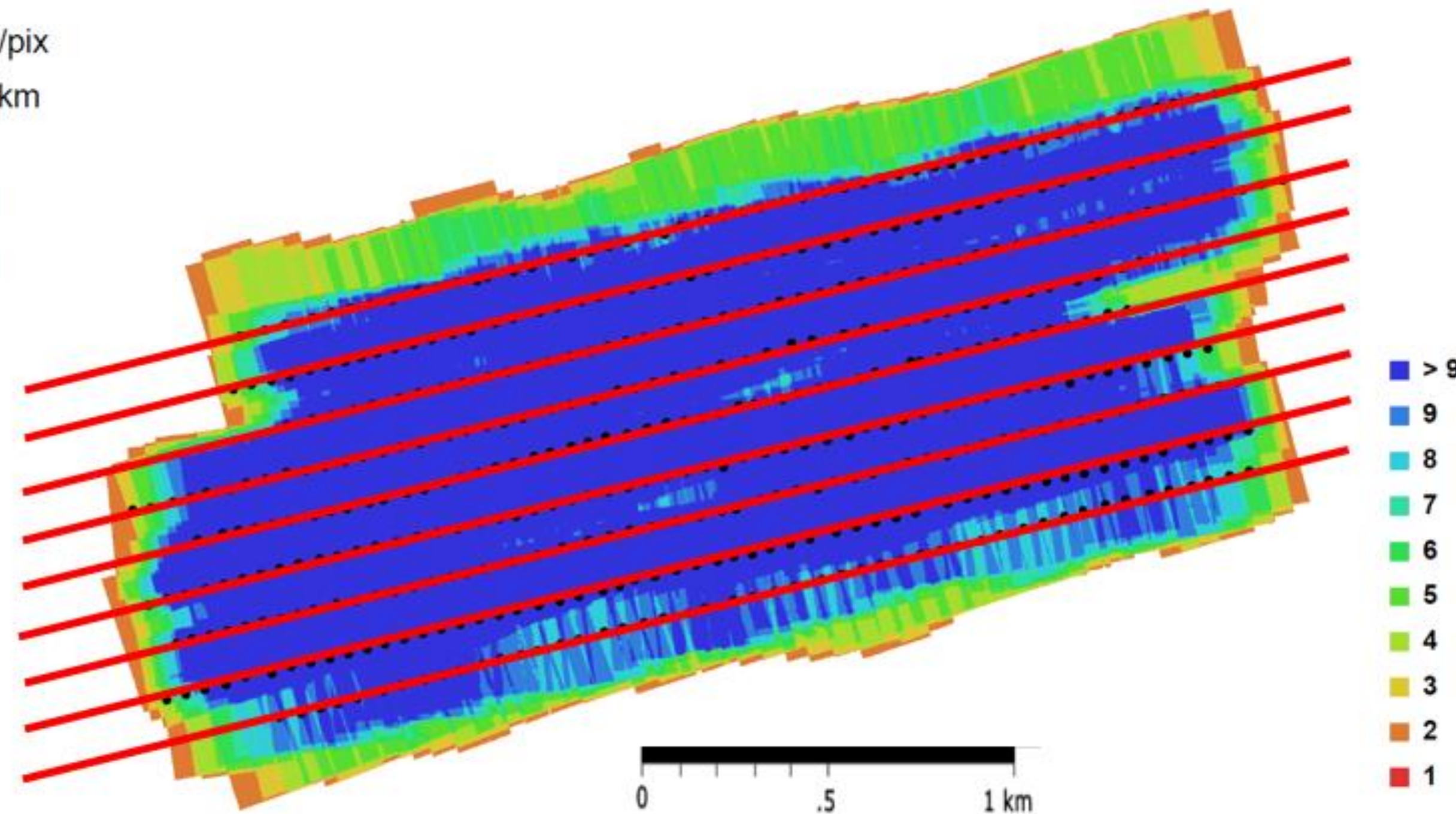






## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie

Number of images: 467  
Flying altitude: 855 m  
Ground resolution: 0.25 m/pix  
Coverage area: 2.5 sq km  
Camera stations: 467  
Tie-points: 51330  
Error: 0.9 pix



**2,5 Km<sup>2</sup>**  
**30 minut**



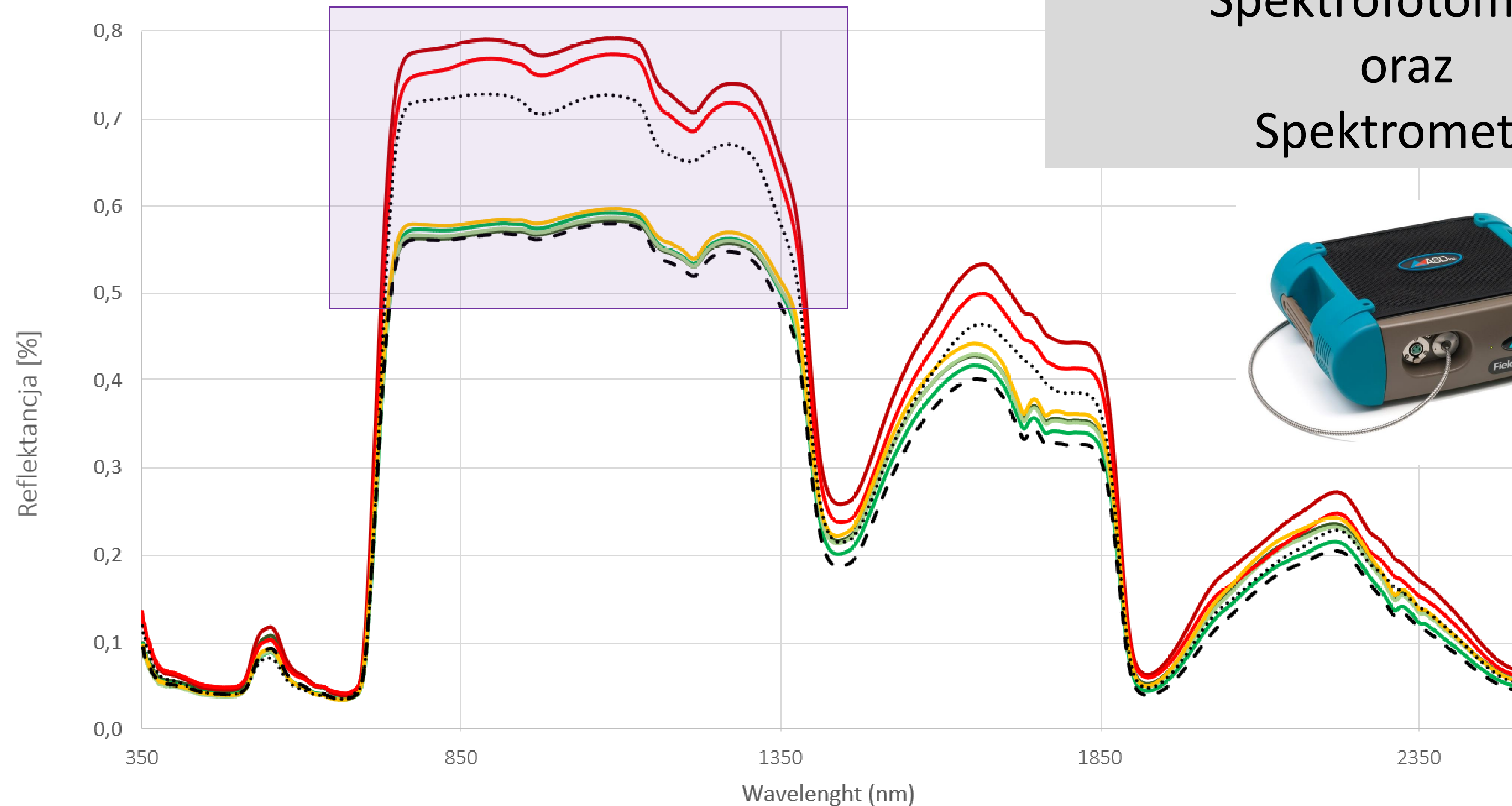
## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie



<b>Nośnik</b>	DJI Matrice 600 Pro	Yuneec Typhoon H520E	DJI Phantom 4 Pro	Yuneec Typhoon H3
<b>Udźwig</b>	5500 g	500 g	500 g	375g

Popularne, budżetowe rozwiązania do pozyskiwania zdjęć


## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie



Spektrofotometry  
oraz  
Spektrometry



## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie

 | [DataSets](#) [Molecular](#) [Microbial](#) [Biomass](#) | Services: [MFS](#) [Models for IoT](#) | Tools: [ComparSpec](#) | [About](#)

### M2INAVI

MOLECULAR & MICROBIAL SPECTRA DATABASE

#### ComparSpec

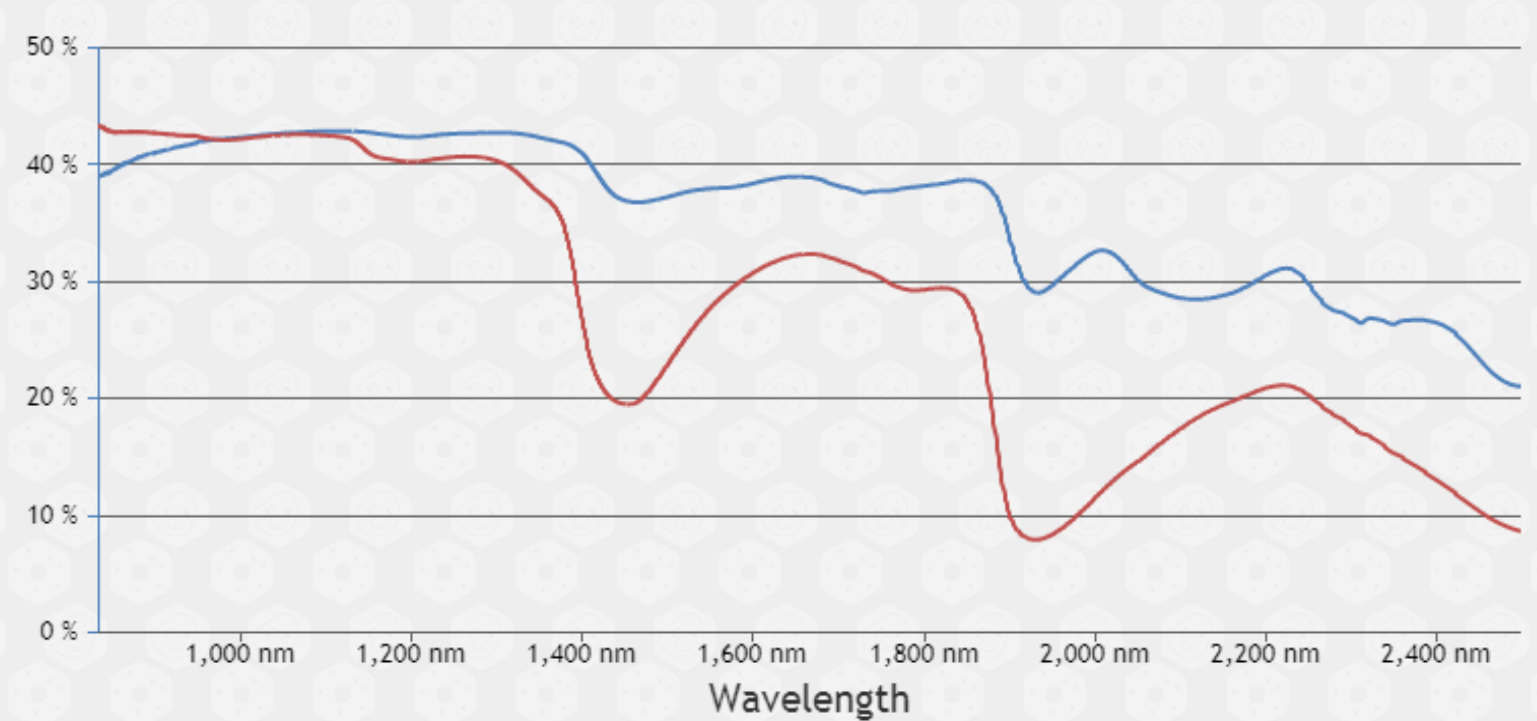
The ComparSpec tool allows spectral signatures stored in the M2INAVI database comparison. The maximum number of signatures to compare is: 30. Enter signatures names or sample names in the fields below.

**Search by measurement ID**

Measurements by ID (separate them using comma):

**Search by sample name.M**

Samples by name (use microbial:name or biomass:name, star replace any character or group of characters):



Legend: — 02 (2019-08-02) — 01 (2019-08-02)

Database user agreement

By downloading a dataset, the user agrees to cite sources for each dataset used in the form:  
*Kotlarz J., Kubiak K., Zalewska N., Mruk K., Stypulkowska J., Zielenkiewicz U., Czechowski L., Skoneczny, H., Spiralski, M., M2INAVI: Institute of Aviation Molecular & Microbial Spectra Database, Lukaszewicz Research Network - Institute of Aviation, Warsaw 2019.*



## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie



- Zestaw różnorodnych kamer, rejestrujących wiele zakresów promieniowania elektromagnetycznego
- Zintegrowany odbiornik GPS oraz Inercyjna jednostka pomiarowa rejestrująca położenie kamery w trakcie akwizycji zdjęć
- Możliwość implementacji **algorytmów detekcji różnych obiektów**
- Wstępna analiza obrazu już w trakcie wykonywanej misji z wykorzystaniem własnego oprogramowania
- Zestaw spektrometrów oraz sprzęt umożliwiający pobieranie próbek terenowych



## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie

### HESOFF.COMOZ-WEATHER-API:

Weather database.

#### stations:

- list of all stations: [JSON](#), [TSV](#);
- stations active in last **time** [s]: [JSON](#), [TSV](#);

#### JS meteo map:

- [meteo map](#)

#### datagrams:

- last datagrams from one station:

##### JSON, TSV:

- **id** - station nr,
- **last** - amount of data;

- datagrams before time:

##### JSON, TSV:

- **id** - station nr,
- **tEnd** - time, in seconds from epoch,
- **last** - amount of data;

- datagrams after time:

##### JSON, TSV:

- **id** - station nr,
- **tStart** - time, in seconds from epoch,
- **last** - amount of data;

- all datagrams in time span:

##### JSON, TSV:

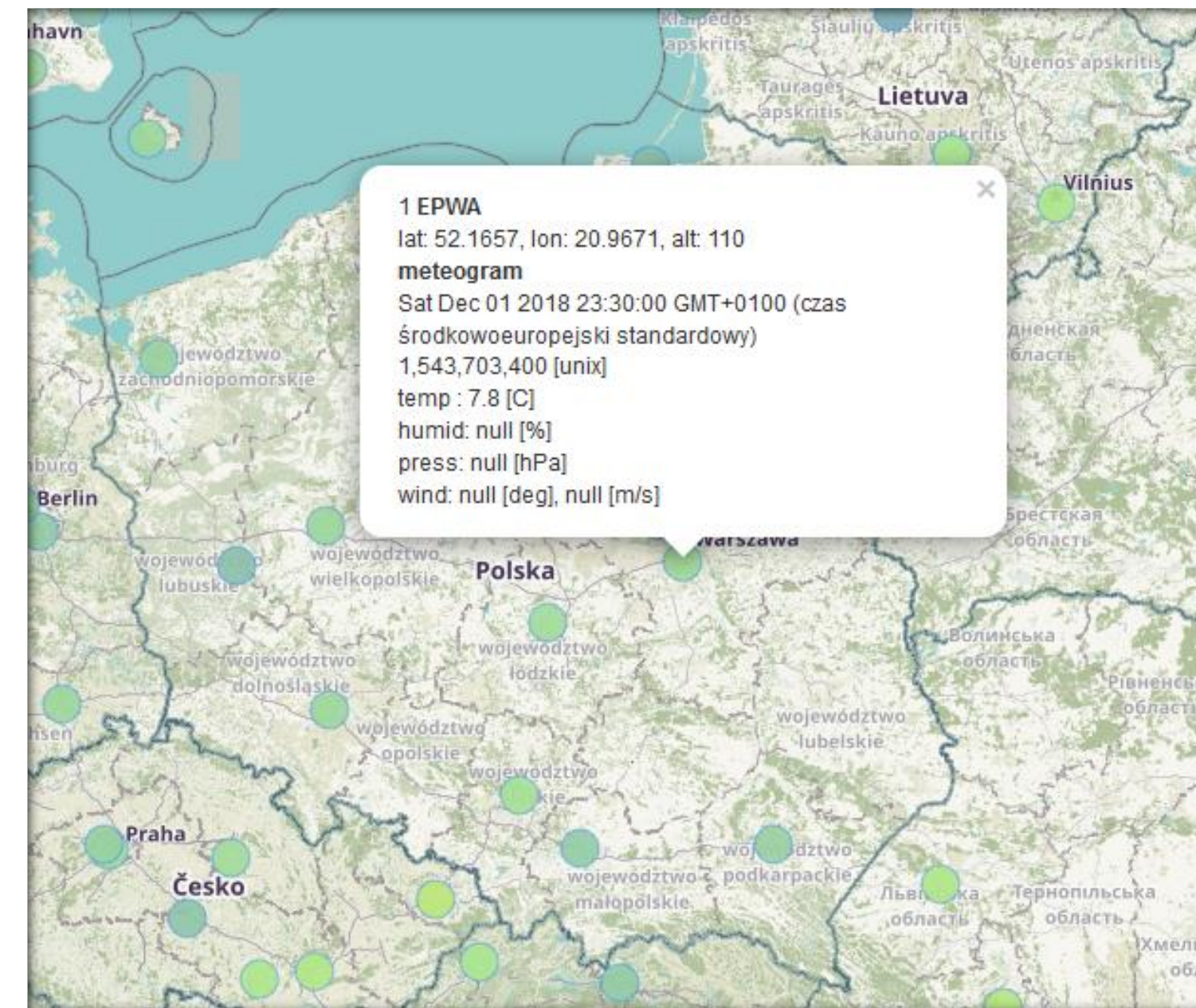
- **id** - station nr,
- **tStart** - time, in seconds from epoch,
- **tEnd** - time, in seconds from epoch;

Last Datagram: 2018-12-01 T 23:59:00

[stats4nerds](#)

ILOT/CTKT Projekt HESOFF ©2018 | DB API: Konrad Mruk

## Serwisy Internetowe





## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie

Geoportale



## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie

### Geoportale

mapy

punkty pomiarowe

Ignaców

Oleśnik

pestycydy

pierwiastki

podstawowe

całkowite

granulometria

PTG 2008

BN-78/9180-11

wskaźniki

Pomiary glebowe były wykonane na dwóch obszarach badawczych. Jeden zlokalizowany w okolicy Oleśnika a drugi w okolicy Ignacewa. Łącznie wykonano pomiary w 80 miejscach, po dwadzieścia na dany obszar. Pomiary były wykonane przez:

#### · Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach

Wykonano analizę próbek ziemi w celu określenia zawartości pestycydów, zarówno obecnie stosowanych, jak i tych już wycofanych z użytku, ale nadal obecnych w glebie za sprawą długiego czasu ich degradacji, poza tym sprawdzono również zawartość metabolitów pestycydów zawartych w glebie. W zakres pomiarów weszły następujące związki: 2,4-D, Azoksystrobina, Boskalid, Chlorantraniliprol, Chloropiryfos, Cypermetryna (suma), Cyprodynil, Cyprokonazol, DDD-pp, DDE-pp, DDT-pp, DDT (suma), DEET, Deltametryna, Difenokonazol, Endosulfan alfa, Endosulfan beta, Endosulfan siarczan, Endosulfan suma, Etofumesat, Fenarymol, Fludioksonil, Fluksapyroksad, Fluopyram, Flusilazol, Flutriafol, Glifosat, AMPA (metabolit glifosatu), Imidachlopyryd, Izopirazam, THPI, Kaptan, Kaptan(suma kaptanu i THPI), Karbendazym, MCPA, Metoksyfenozyd, Pendimetalina, Pentiopyrad, Piraklostrobina, Piryfikarb, Propikonazol, Tebukonazol, Tetrakonazol.

#### · Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Wykonano analizę próbek ziemi w celu określenia parametrów gleby:

- skład granulometryczny- [BN-78/9180-11](#), wraz z określeniem gatunku gleby,
- skład granulometryczny - [PTG 2008](#), wraz z określeniem gatunku gleby,
- podstawowe związki potrzebne roślinom: Fosfor przyswajalny, Potas przyswajalny, Magnez przyswajalny, Odczyn "pH " w zawiesinie H<sub>2</sub>O, Odczyn "pH " w zawiesinie KCl, Azot całkowity , Węgiel całkowity, Węglany,
- występowanie i ilości pierwiastków: Li, Be, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Mo, Cd, Sn, Sb, Ba, La, Ce, Eu, Gd, Tl, Pb, Bi, Na, Mg, Al, K, Ca, Fe.

#### · Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Lotnictwa

Wykonano analizę próbek ziemi przy użyciu trzech narzędzi:

- spektrometru przenośnego XRF, którym wykonano pomiary w terenie, w czasie poboru próbek ziemi. Zmierzono następujące pierwiastki i związki występujące w glebie: MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, P, S, Cl, K<sub>2</sub>O, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Rh, Pd, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, Ba, La, Ce, Hf, Ta, W, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Th, U,
- spektrometru laboratoryjnego XRF. Pomierzono nim te same parametry jak w przypadku przenośnego XRF, ale w warunkach laboratoryjnych,
- radiospektrometru FieldSpec, pomierzono nim wartości odbicia fali elektromagnetycznej w zakresie 350÷2500nm.

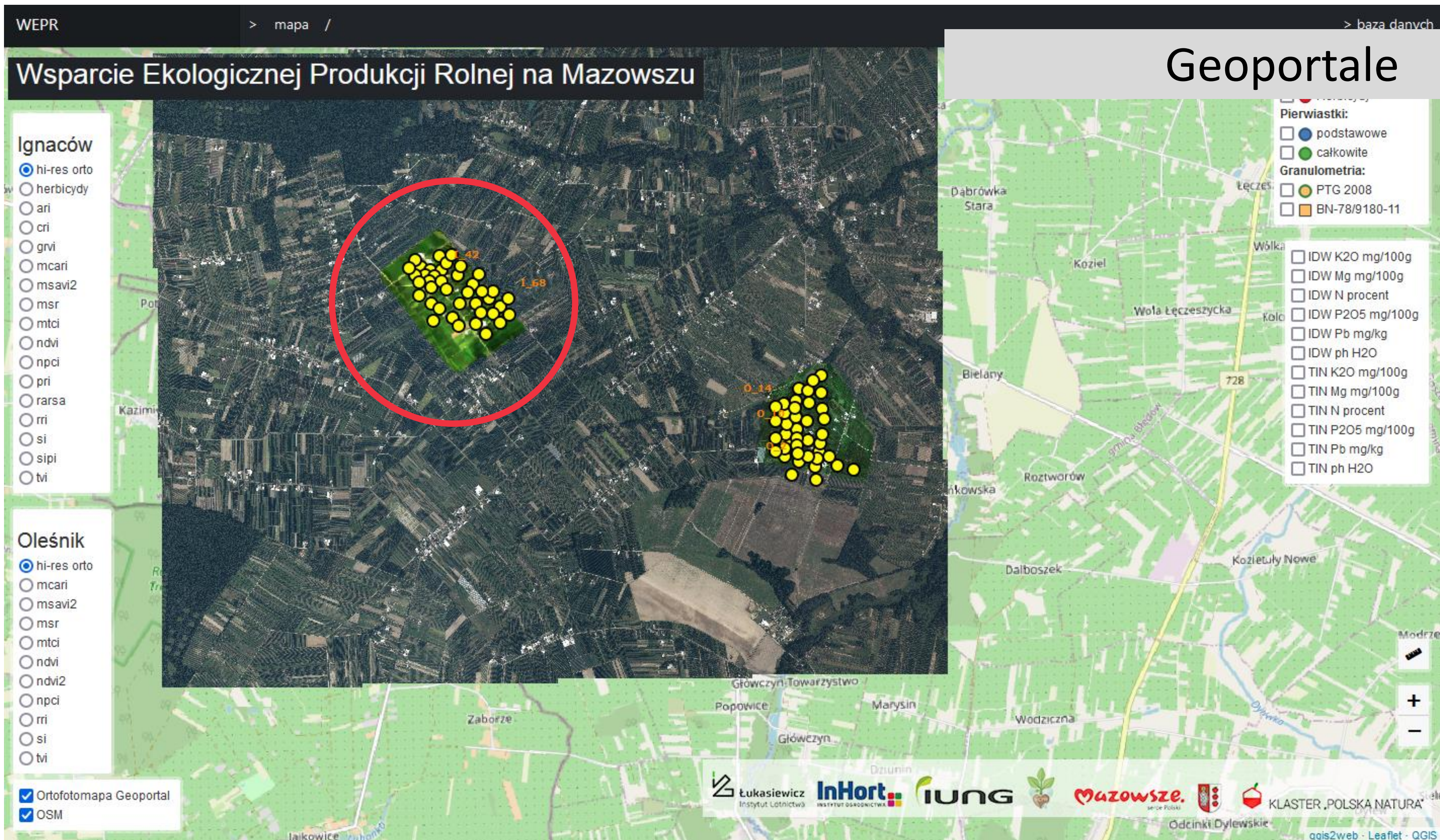
Ponadto, wykonano zobrazowania fotolotnicze obszaru gminy Błędów o powierzchni 260 ha z wykorzystaniem Bezałogowego Statku Latającego. W projekcie wykorzystano je m.in. do stworzenia mapy skażenia gleby.

Dla Ignacewa:

- 10-zakresowe zobrazowania wielospektralne przetworzone do postaci ortofotomapy,
- 44720 surowych zdjęć,
- powierzchnia: 140ha,
- 15 wskaźników teledetekcyjnych.



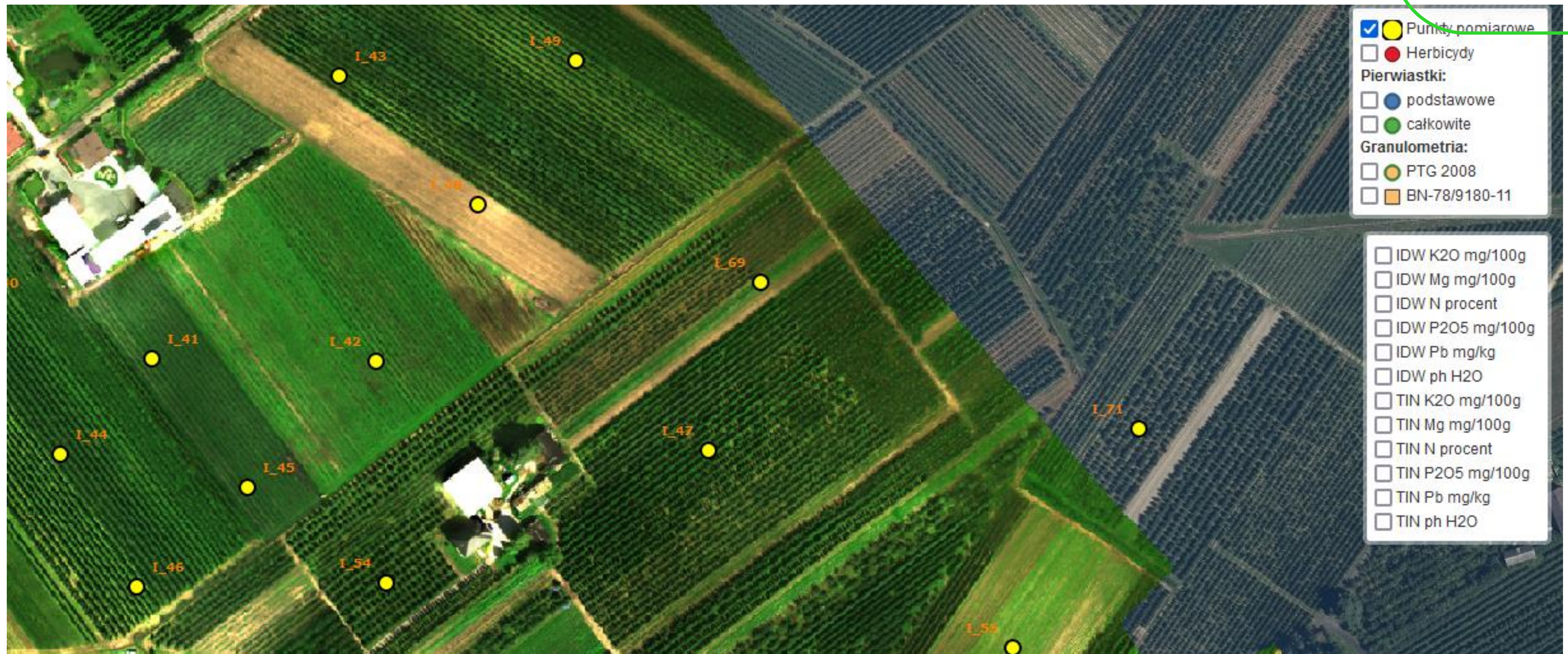
## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie





## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie

Geoportale





## 2. Narzędzia teledetekcyjne stosowane w Polsce i na Świecie

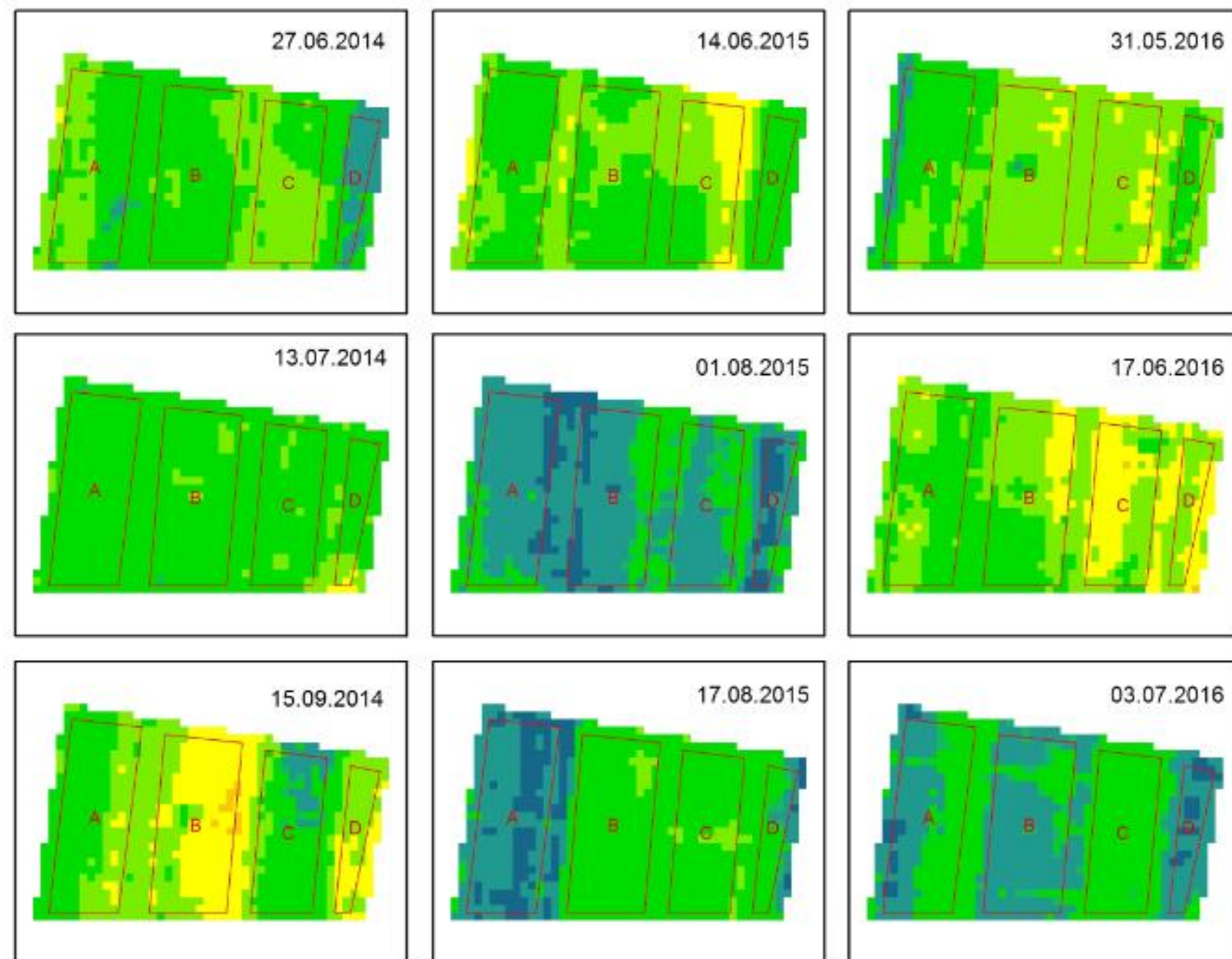
### Geoportale





# 3. Wyniki prac teledetekcyjnych realizowanych na potrzeby rolnictwa i leśnictwa

## Ocena kondycji upraw



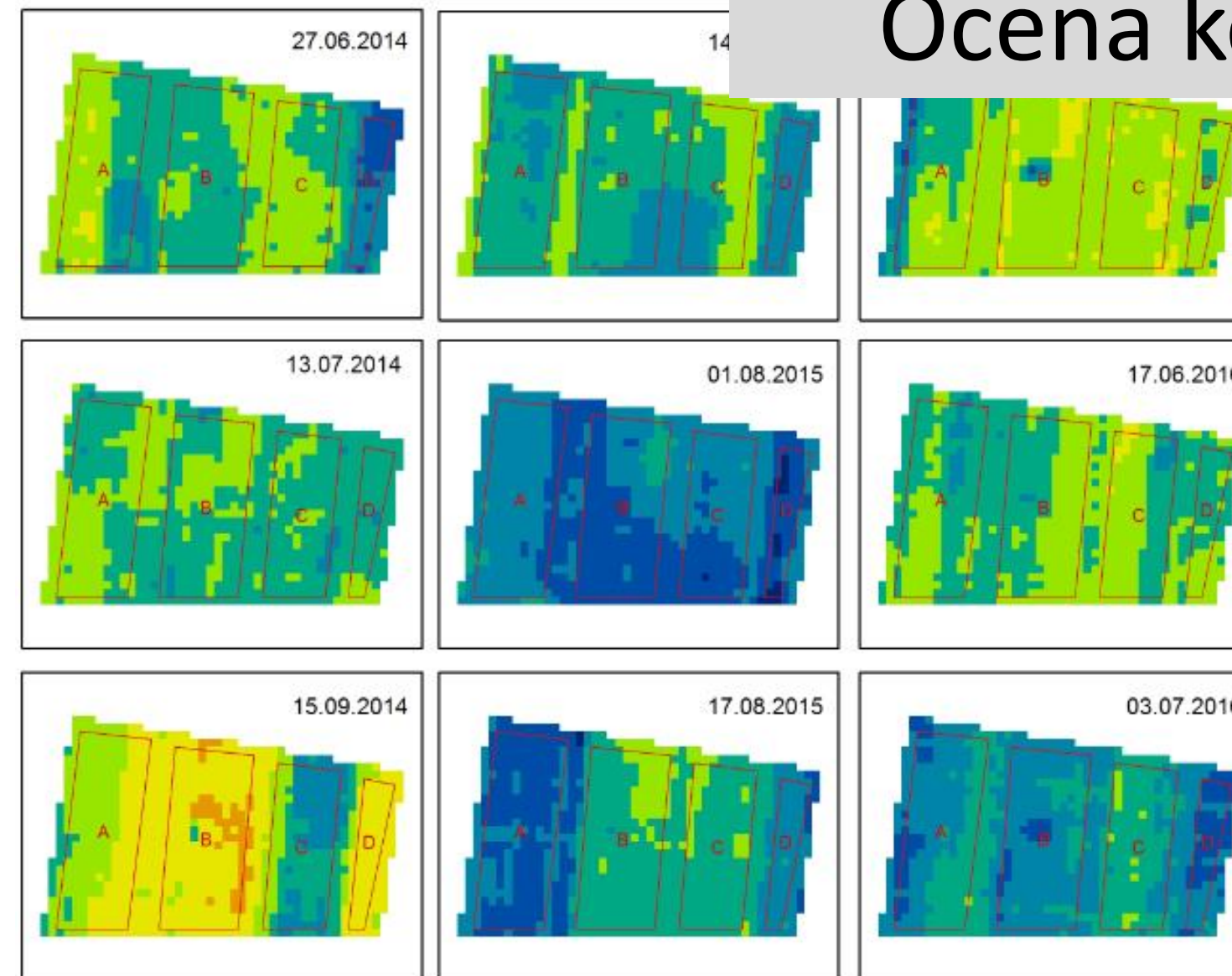
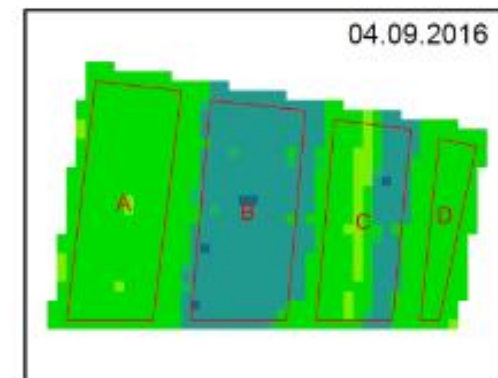
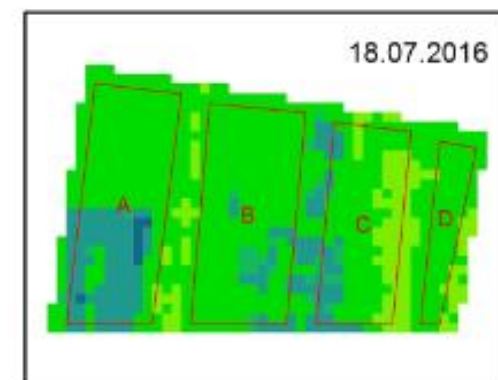
Znormalizowany Wskaźnik Zieleni (NDVI)



Legenda

- ROI
- Brak danych
- (0 - 0,1>
- (0,1 - 0,2>
- (0,2 - 0,3>
- (0,3 - 0,4>
- (0,4 - 0,5>
- (0,5 - 0,6>
- (0,6 - 0,7>
- (0,7 - 0,8>
- (0,8 - 0,9>
- (0,9 - 1>

0 0,25 0,5 1 1,5 2 Km  
Skala opracowania map wskaźników



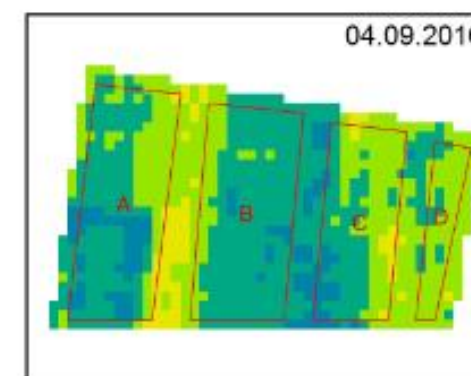
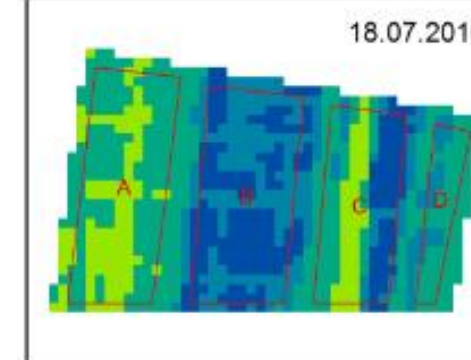
Znormalizowany Wskaźnik Wilgotności (NDMI)



Legenda

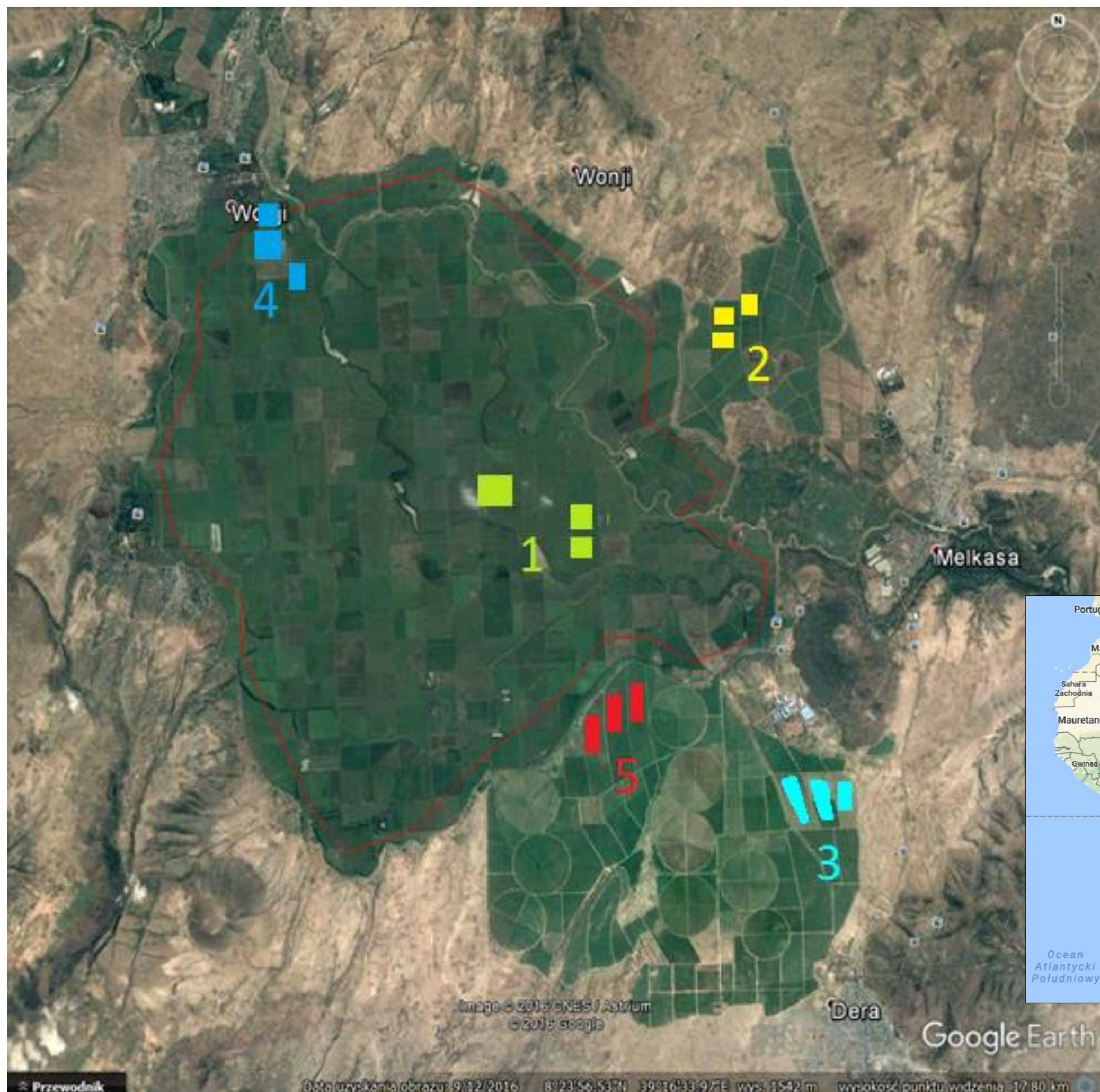
- ROI
- (-0,2 - 0,1>
- (-0,1 - 0>
- (0 - 0,1>
- (0,1 - 0,2>
- (0,2 - 0,3>
- (0,3 - 0,4>
- (0,4 - 0,5>

0 0,25 0,5 1 1,5 2 Km  
Skala opracowania map wskaźników





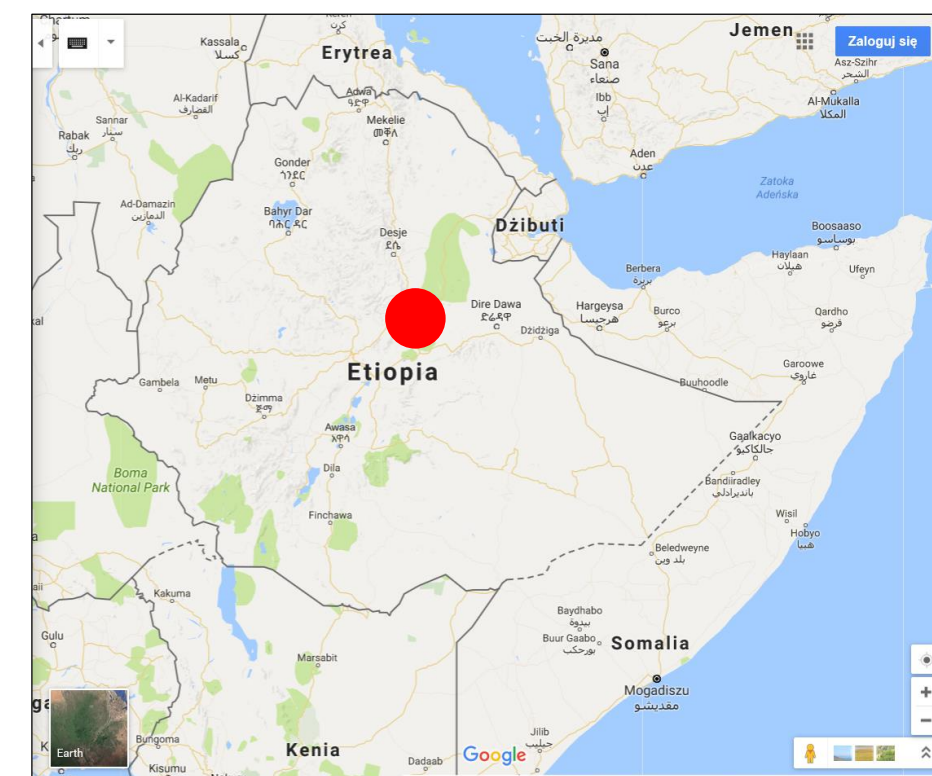
### 3. Wyniki prac teledetekcyjnych realizowanych na potrzeby rolnictwa i leśnictwa



#### Ocena kondycji upraw

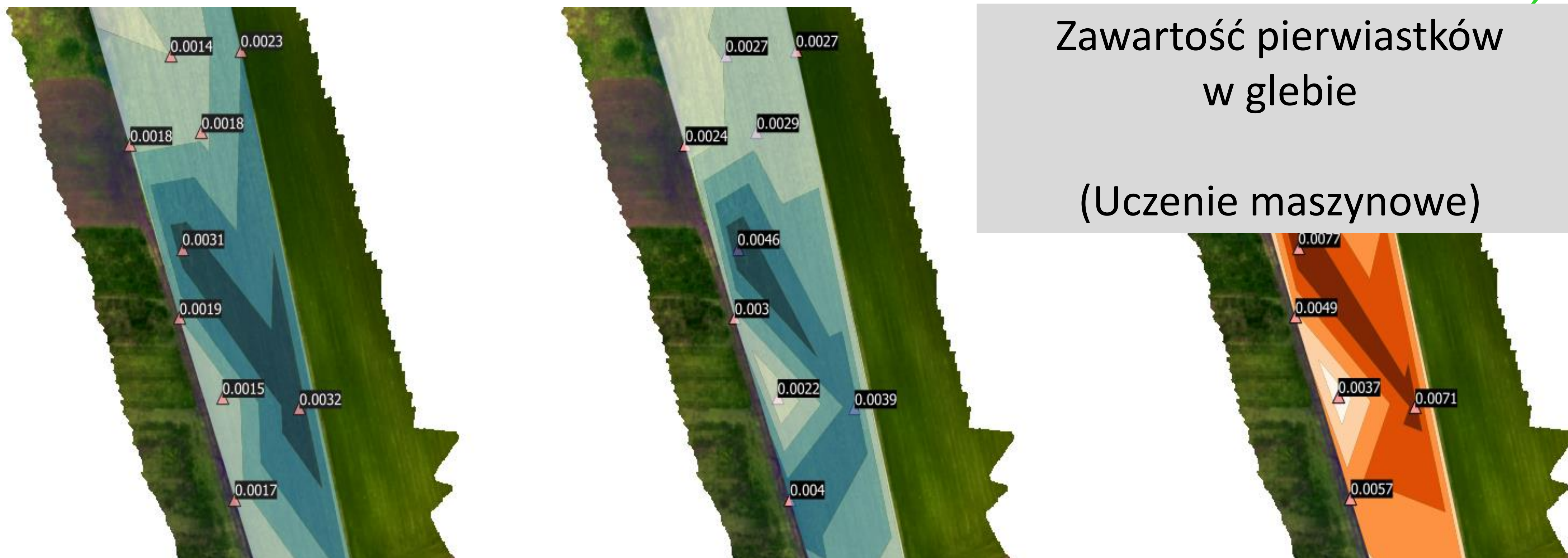
	EVI	MSAVI	NBR	NBR2	NDMI	NDVI	SAVI
1	0,335	0,332	0,323	0,132	0,392	0,305	0,317
2	-1,301	-1,287	-1,001	-0,636	-1,155	-1,131	-1,263
3	-0,654	-0,652	-0,936	-1,158	-0,830	-0,711	-0,646
4	0,123	0,098	0,351	0,428	0,274	0,219	0,120
5	1,040	1,062	0,821	0,895	0,842	0,923	1,031

Zielone pola – lepsza kondycja wegetacji  
 Żółte pola – słabsza kondycja wegetacji



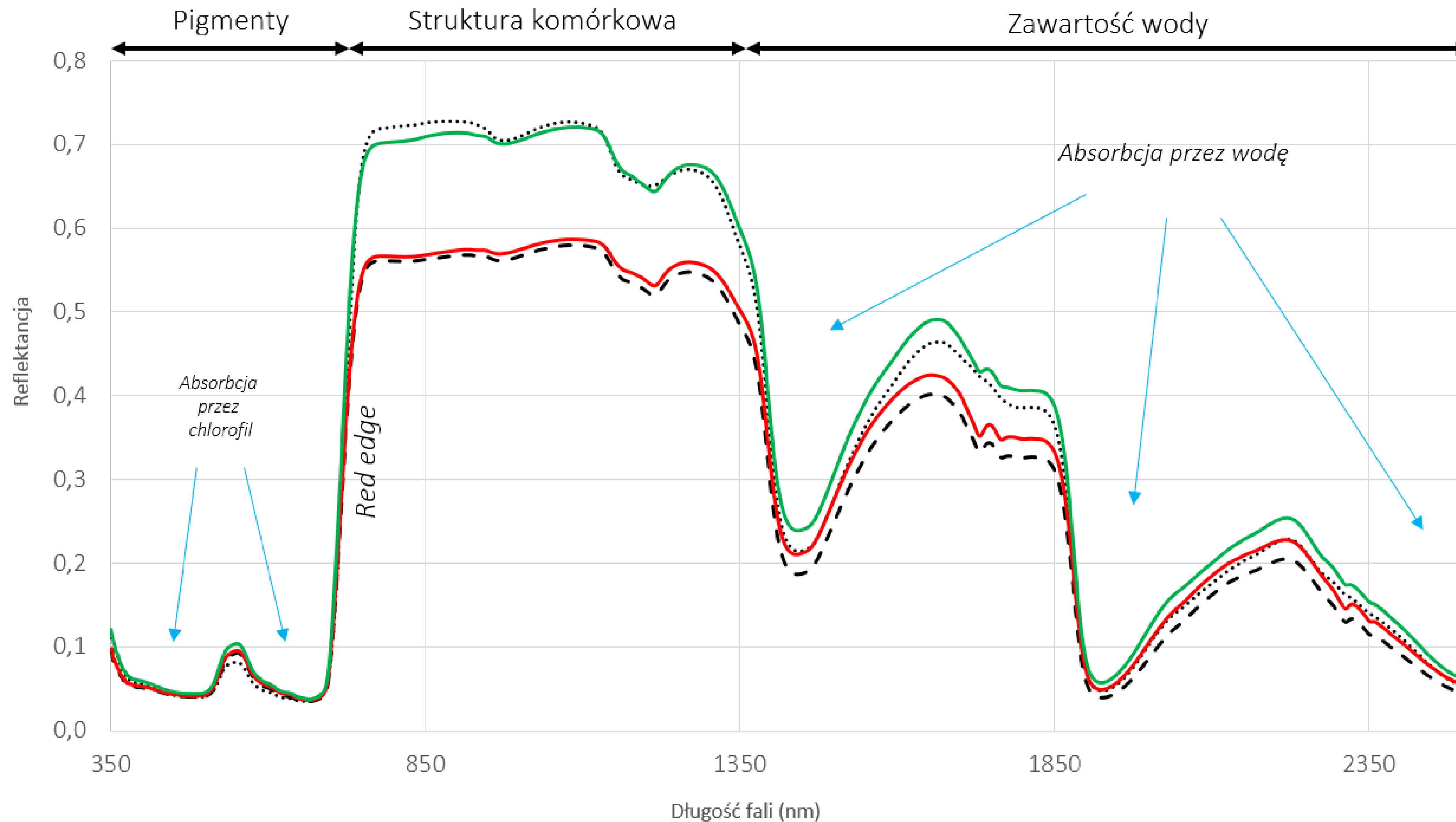


### 3. Wyniki prac teledetekcyjnych realizowanych na potrzeby rolnictwa i leśnictwa



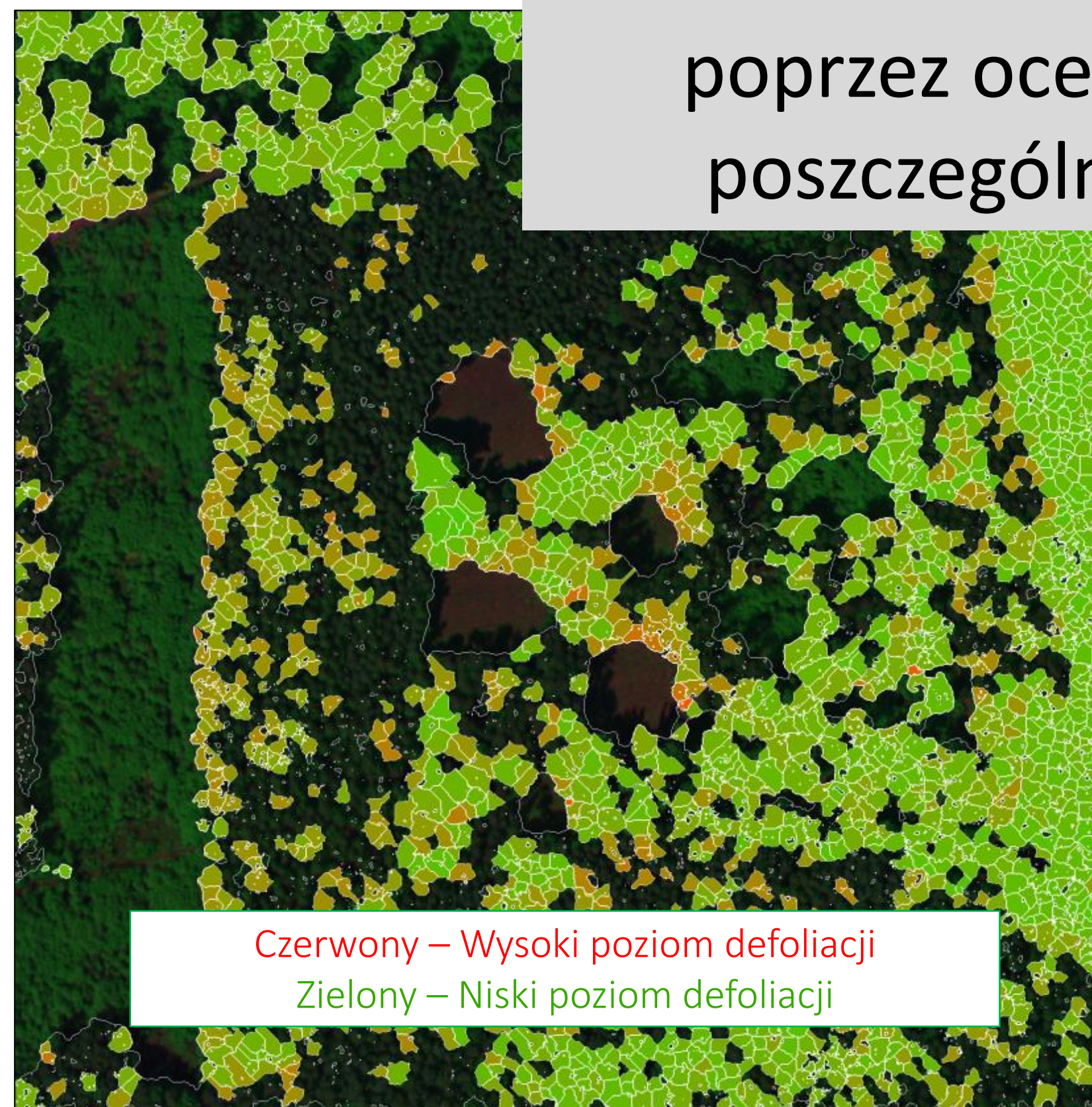
Wartości  $Pb'$ ,  $Zn'$  i  $Pb'+Zn'$  zrzutowane na ortofotomapę i interpolowane na obszar całej powierzchni badawczej:

### 3. Wyniki prac teledetekcyjnych realizowanych na potrzeby rolnictwa i leśnictwa





### 3. Wyniki prac teledetekcyjnych realizowanych na potrzeby rolnictwa i leśnictwa



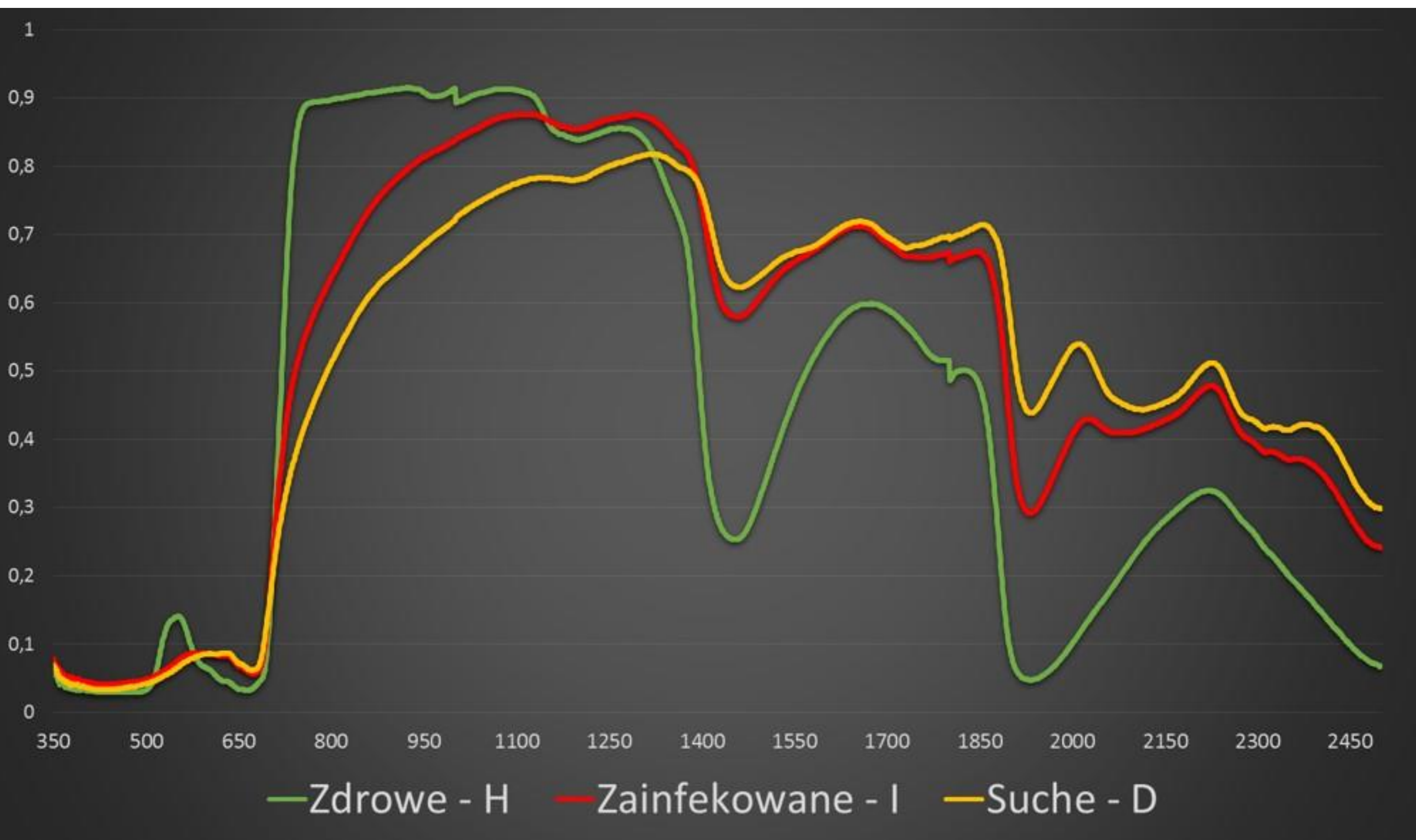
Ocena stanu lasu poprzez ocenę kondycji poszczególnych drzew

Czerwony – Wysoki poziom defoliacji  
Zielony – Niski poziom defoliacji

Zdjęcie typu RGB (0,64  $\mu\text{m}$ , 0,73  $\mu\text{m}$ , 0,46  $\mu\text{m}$ ) (Lewo)  
Wskaźnik defoliacji (D-index) dla każdej korony drzewa (Prawo):



### 3. Wyniki prac teledetekcyjnych realizowanych na potrzeby rolnictwa i leśnictwa

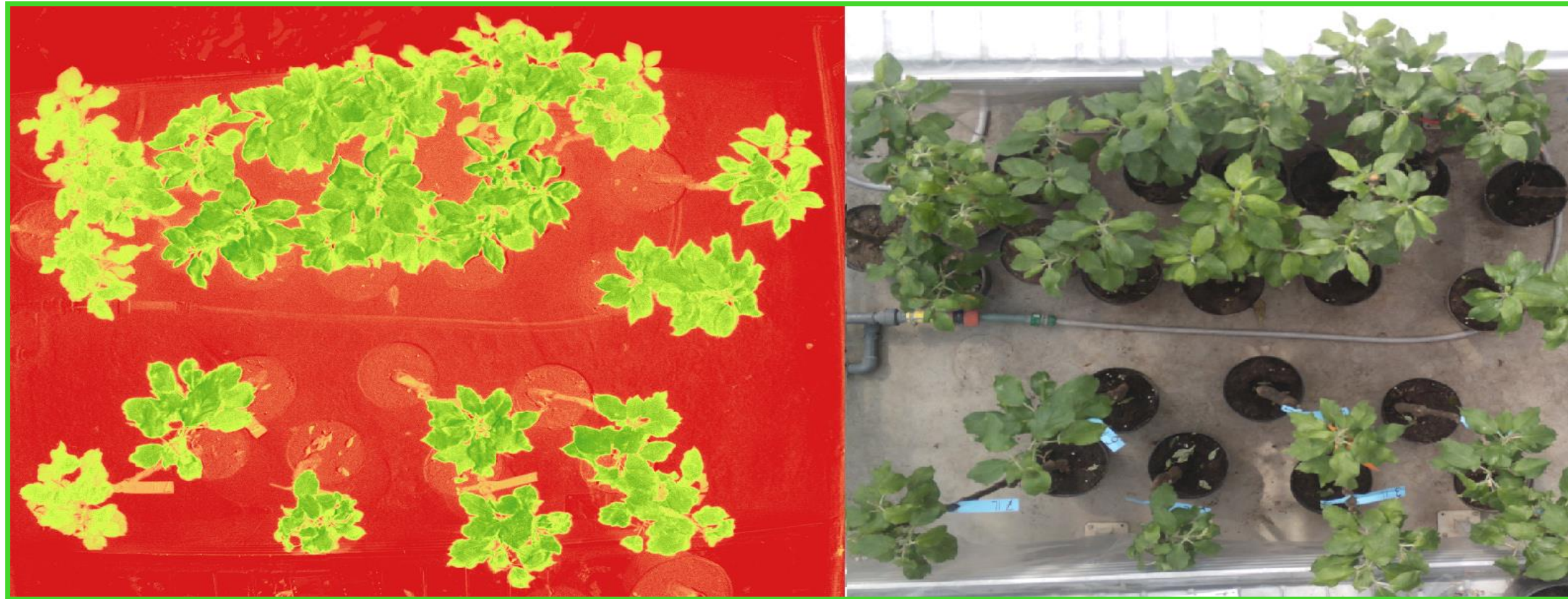


Detekcja patogenów





### 3. Wyniki prac teledetekcyjnych realizowanych na potrzeby rolnictwa i leśnictwa

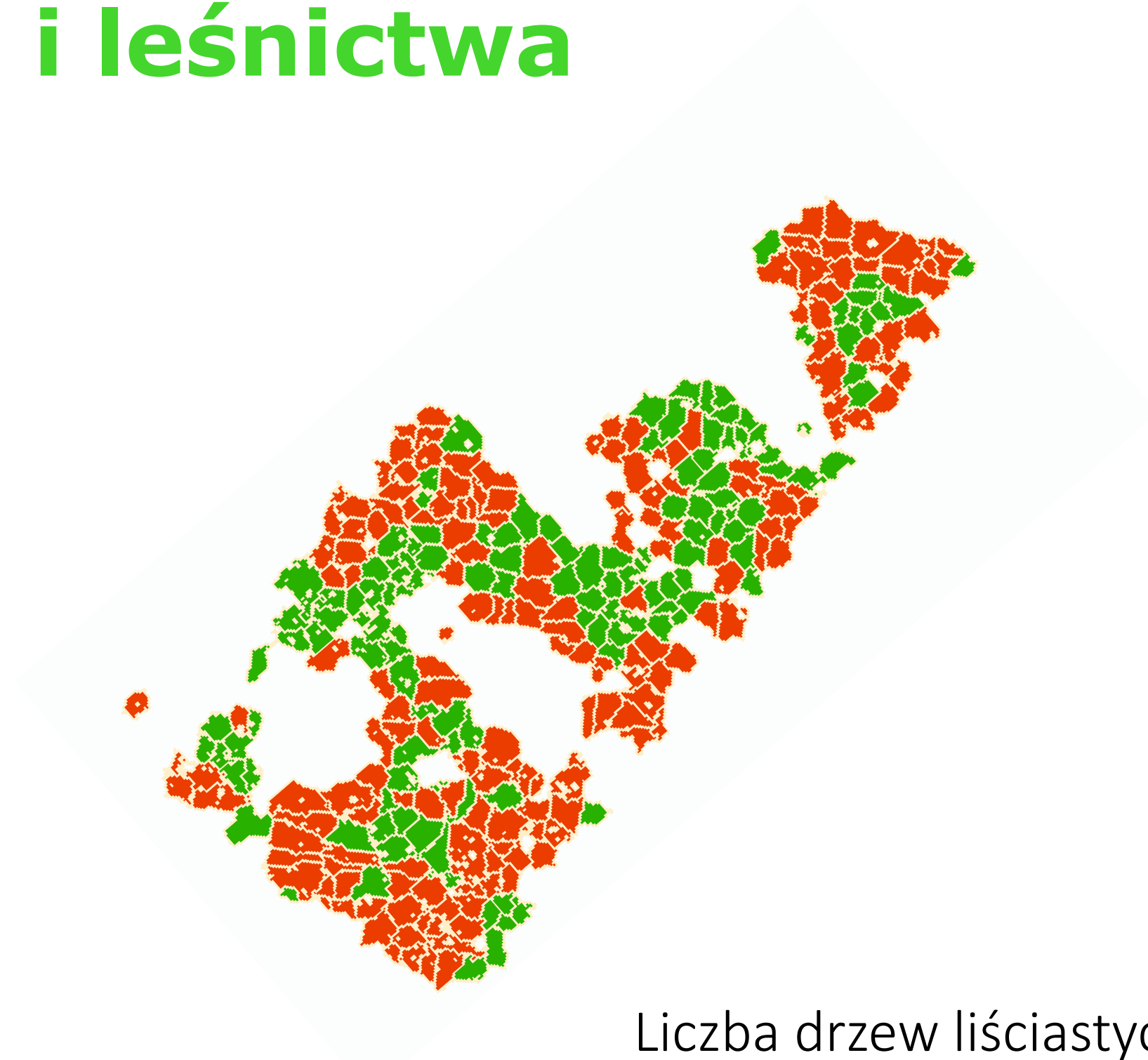
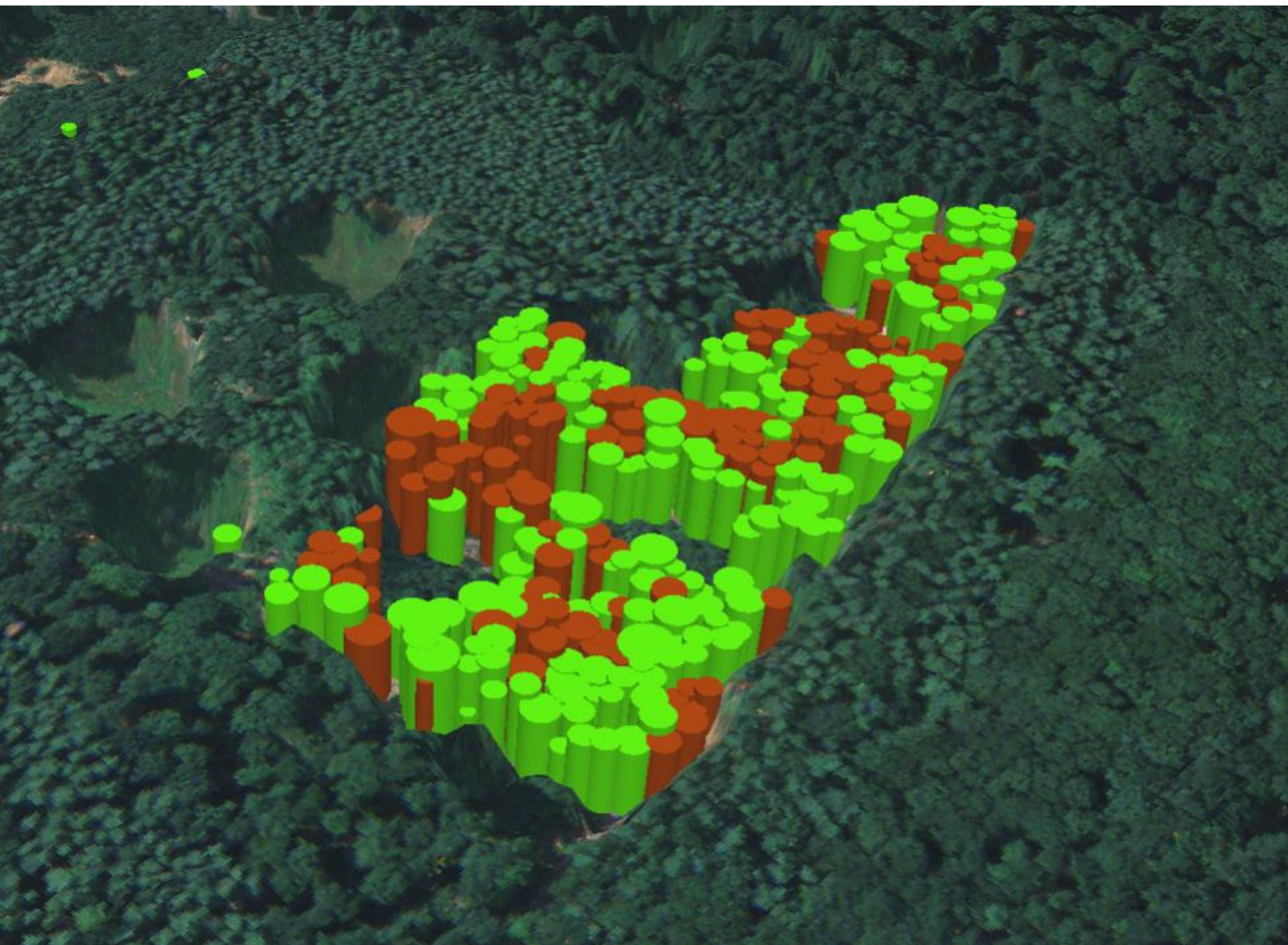


Detekcja patogenów





### 3. Wyniki prac teledetekcyjnych realizowanych na potrzeby rolnictwa i leśnictwa



Liczba drzew liściastych: 191

Liczba drzew iglastych: 136

Obszar z którego wycięto drzewa liściaste: 10516 m<sup>2</sup>

Obszar z którego wycięto drzewa iglaste: 6702 m<sup>2</sup>



### 3. Wyniki prac teledetekcyjnych realizowanych na potrzeby rolnictwa i leśnictwa



DoM	Date
1	11.06.2014
24	04.07.2014
100	18.09.2014
106	24.09.2014
141	29.10.2014
366	11.06.2015
407	22.07.2015
463	16.09.2015
702	12.05.2016
1113	27.06.2017

Tree_id	Mean Value (RSI)
1	0,82742750310
3	0,81117575621
4	0,82339744438
9	0,83715328203
12	0,83344690065
13	0,80946880579
14	0,79209461250
16	0,82138830038
23	0,80167678560
24	0,81333189370
27	0,85479186867
31	0,83894174160
...	...







## Operacyjne wykorzystanie teledetekcji na potrzeby zrównoważonej produkcji rolnej i leśnej

minimalizacja zużycia ŚOR i nawozów przy jednoczesnej maksymalizacji produkcji

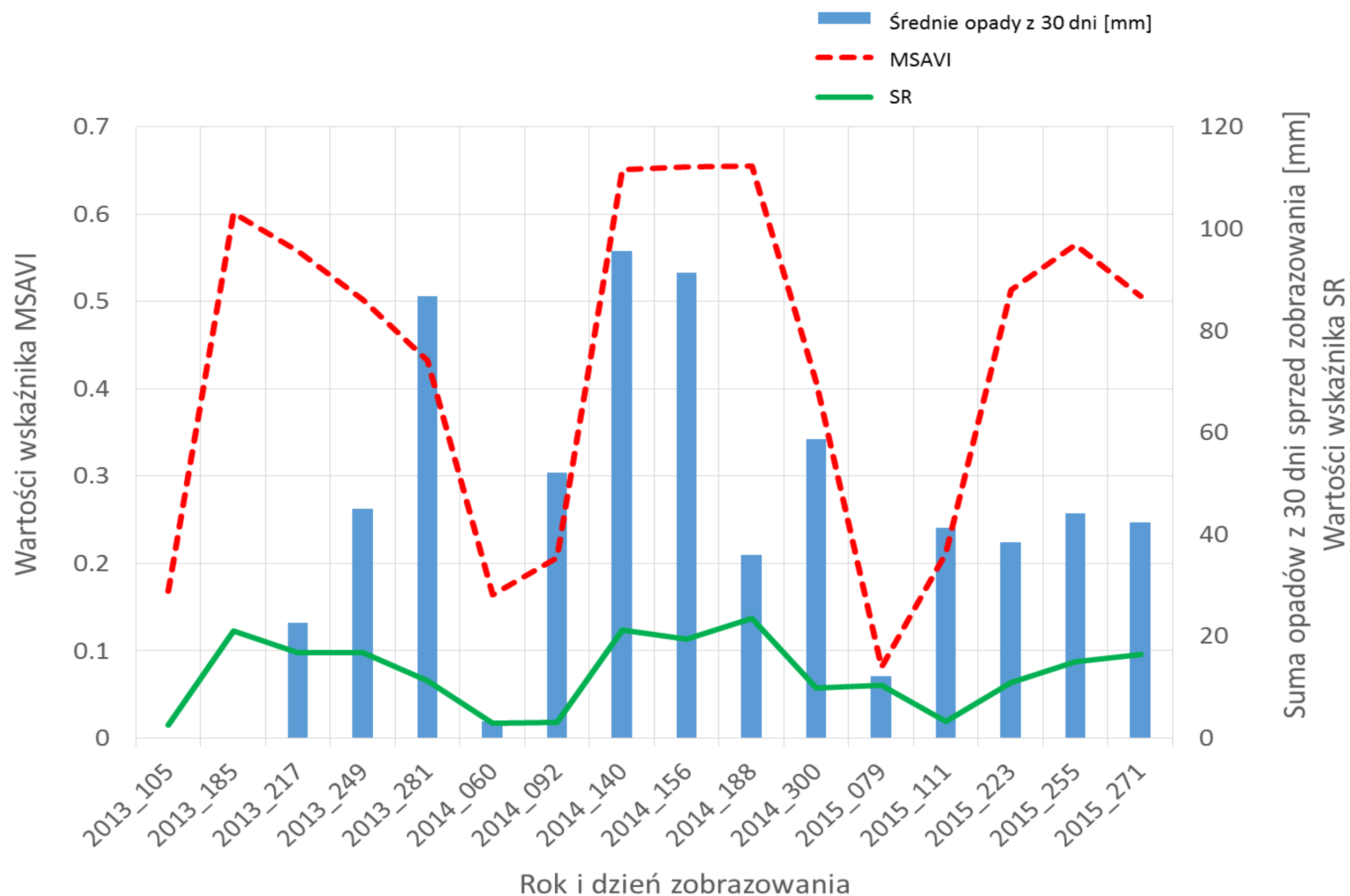
ustalenie **aktualnego stanu faktycznego** (...) gospodarstwa

ustalenie **zasobów** w związku z koniecznością racjonalnego zorganizowania (urządzenia) gospodarstwa oraz sporządzenia okresowego planu czynności gospodarczych

realizacja niektórych czynności gospodarczych, wynikających z planów gospodarczych  
np. planowanie zabiegów agrotechnicznych, sporządzenie planów nawożenia, bieżąca kontrola upraw, pomiary ilościowe, wskazanie i ujawnienie obszarów objętych kwarantanną



## 4. Operacyjne wykorzystanie teledetekcji na potrzeby zrównoważonej produkcji rolnej i leśnej



### Integracja danych

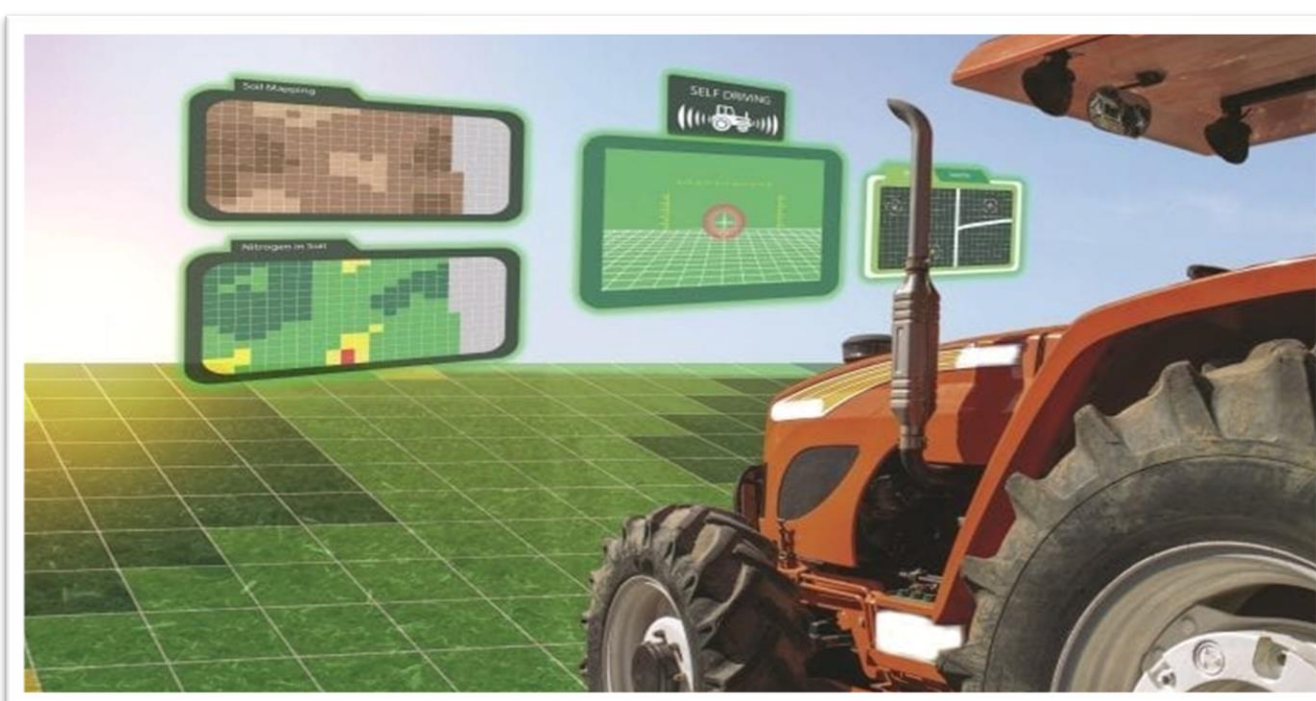
Integracja Danych

Machine Learning  
IoT

Artificial Inteligence



## 4. Operacyjne wykorzystanie teledetekcji na potrzeby zrównoważonej produkcji rolnej i leśnej



Poprawa efektywności i konkurencyjności rolnictwa i leśnictwa dzięki opracowaniu **Zintegrowanego Systemu**

- (1) monitorowania parametrów upraw
- (2) badania parametrów upraw
- (3) korygowania parametrów upraw

**Cel**



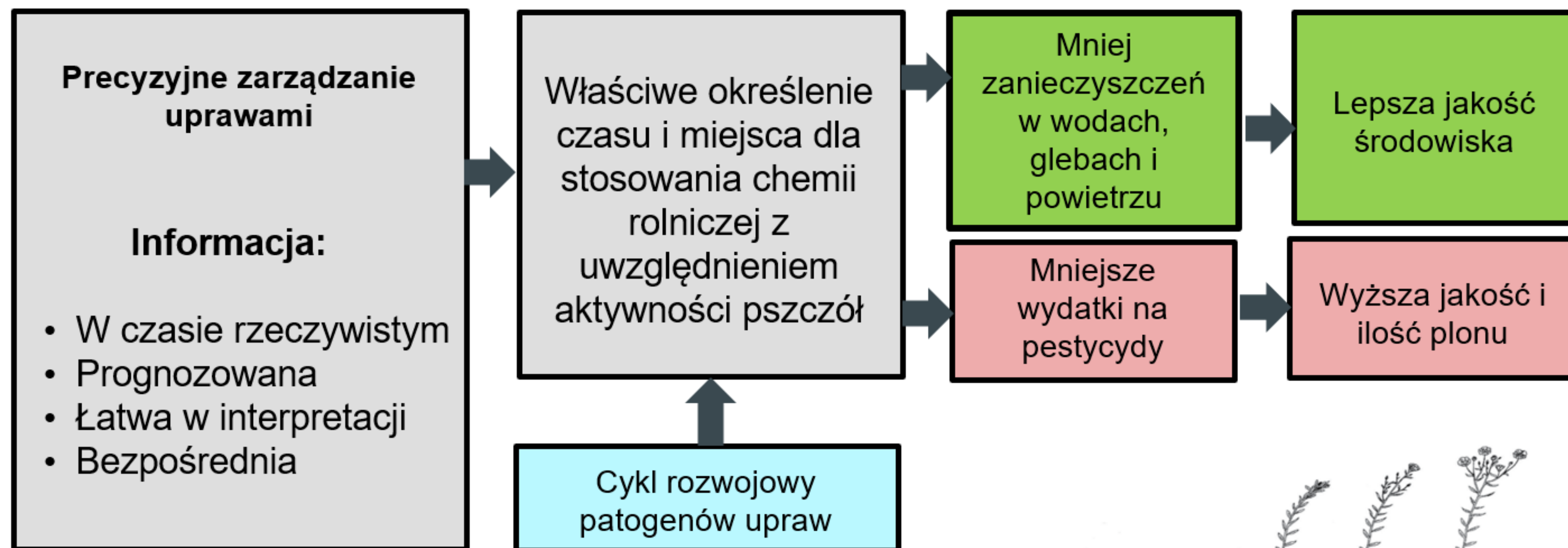
## 4. Operacyjne wykorzystanie teledetekcji na potrzeby zrównoważonej produkcji rolnej i leśnej

- Zapewnienie lepszego **dostosowania dawki środków produkcji: dawki nawozów i środków ochrony roślin do aktualnych potrzeb** roślin i zasobności gleby w składniki pokarmowe na danym obszarze pola.
- Zapewnienie **większych plonów**, wyższej jakości, **ograniczenie strat** związanych z rozwojem patogenów i obecnością szkodników, obniżenie kosztów produkcji oraz ograniczenie skażenia środowiska.
- Korzyści finansowe wynikające ze **zmniejszonego oprysku** wynikającego z precyzyjnego zarządzania zazwyczaj rzędu 10% (Australia)

**Korzyści dla użytkowników**



## 4. Operacyjne wykorzystanie teledetekcji na potrzeby zrównoważonej produkcji rolnej i leśnej

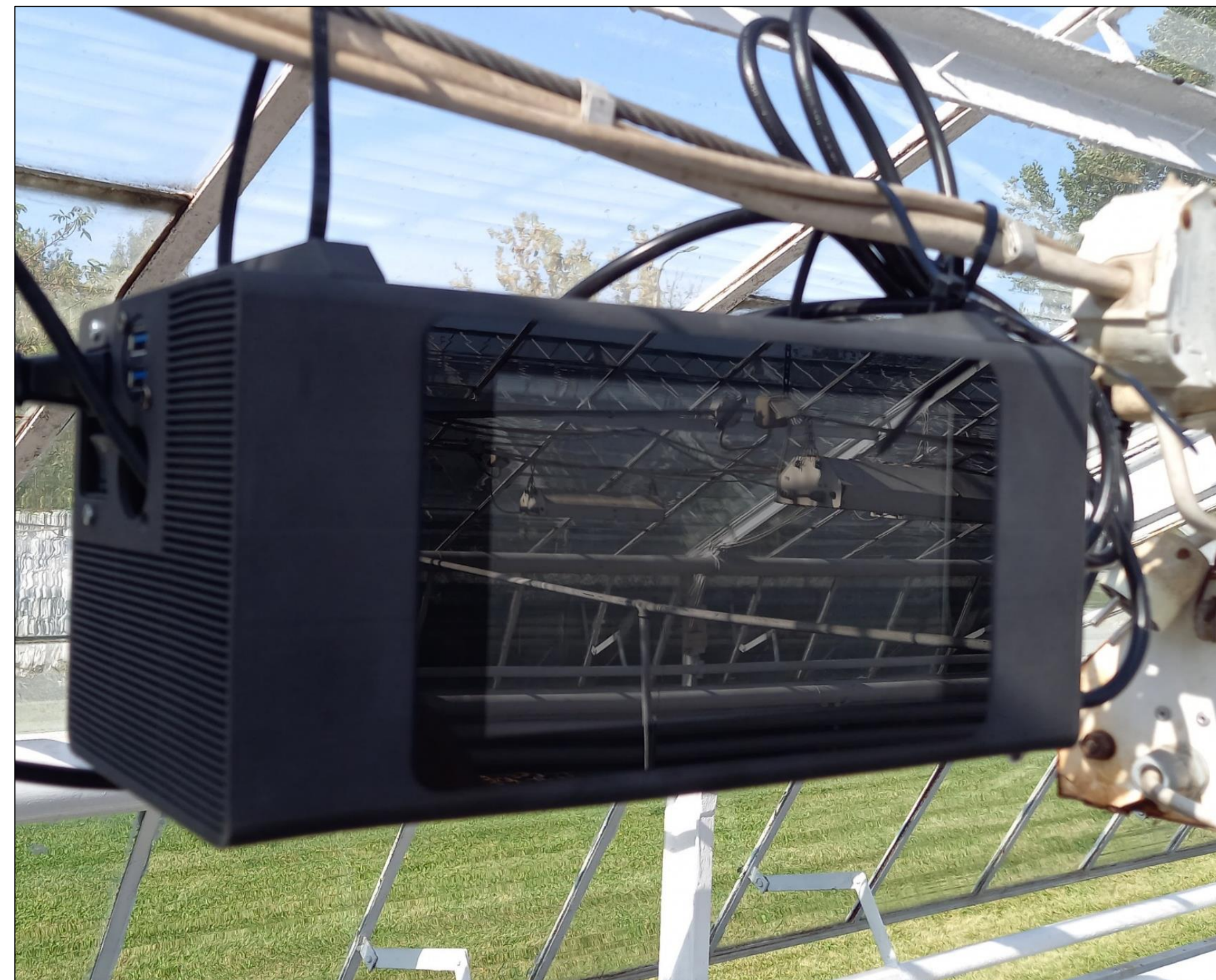
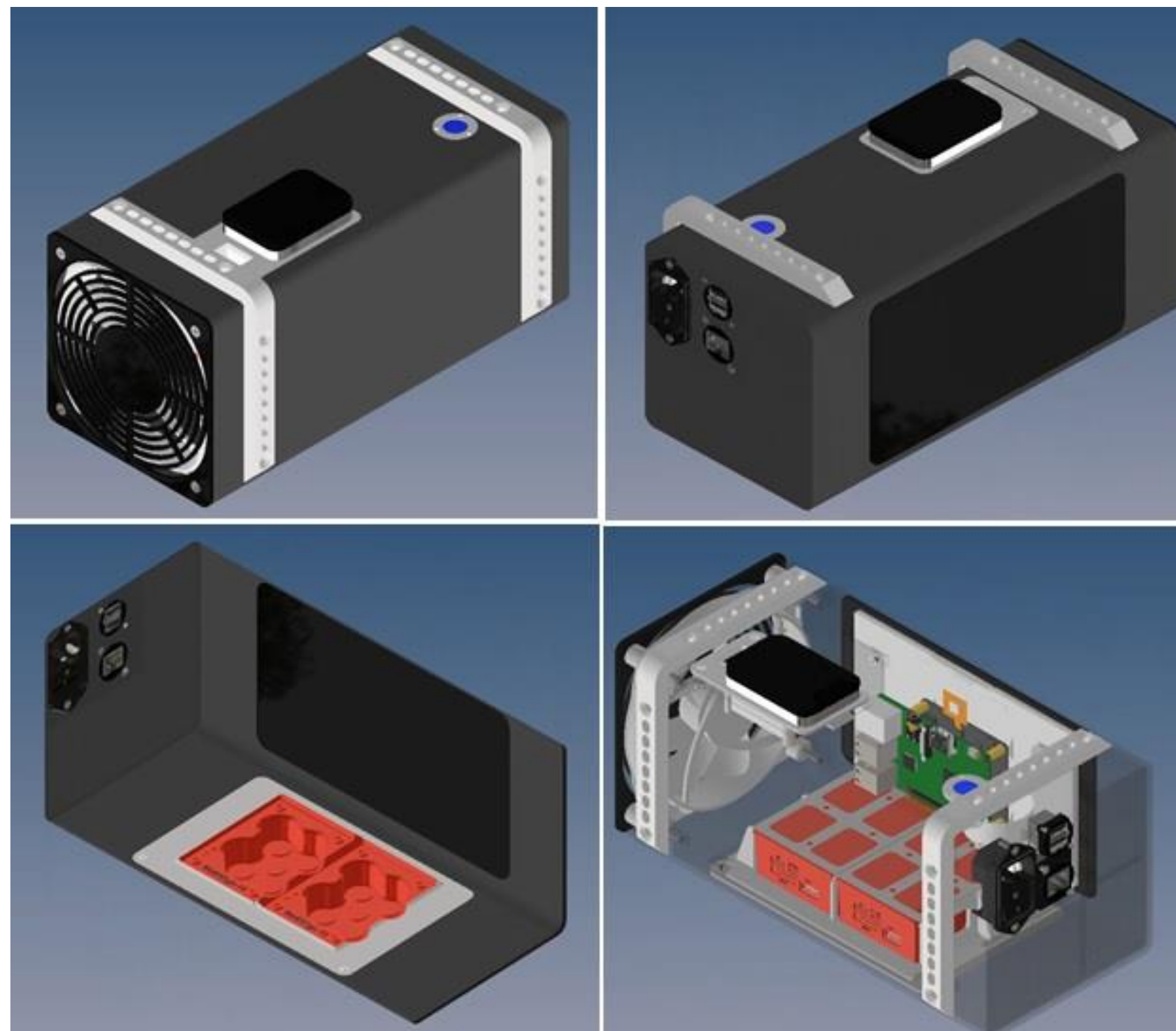


**Zrównoważony  
rozwój**





## 4. Operacyjne wykorzystanie teledetekcji na potrzeby zrównoważonej produkcji rolnej i leśnej

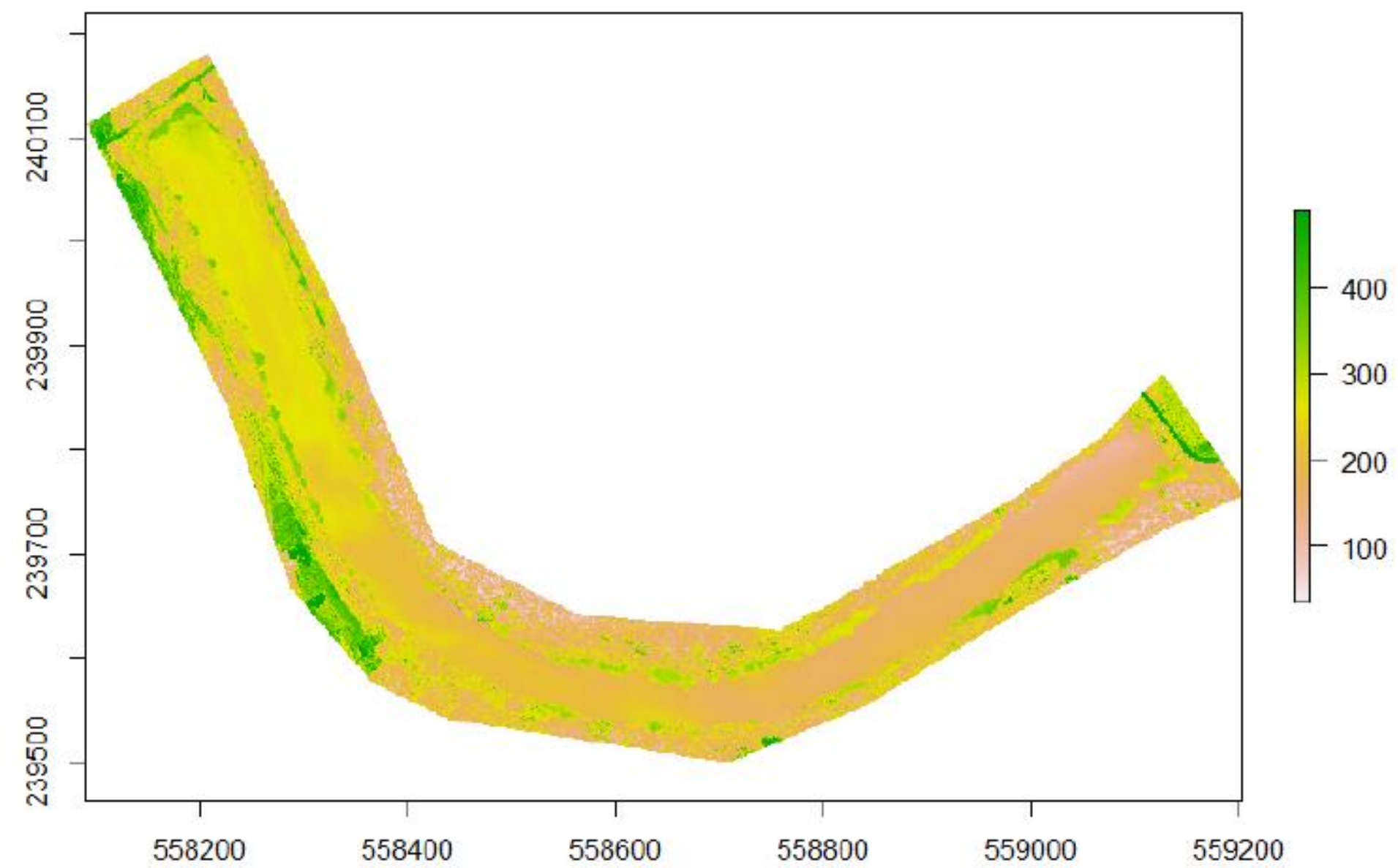
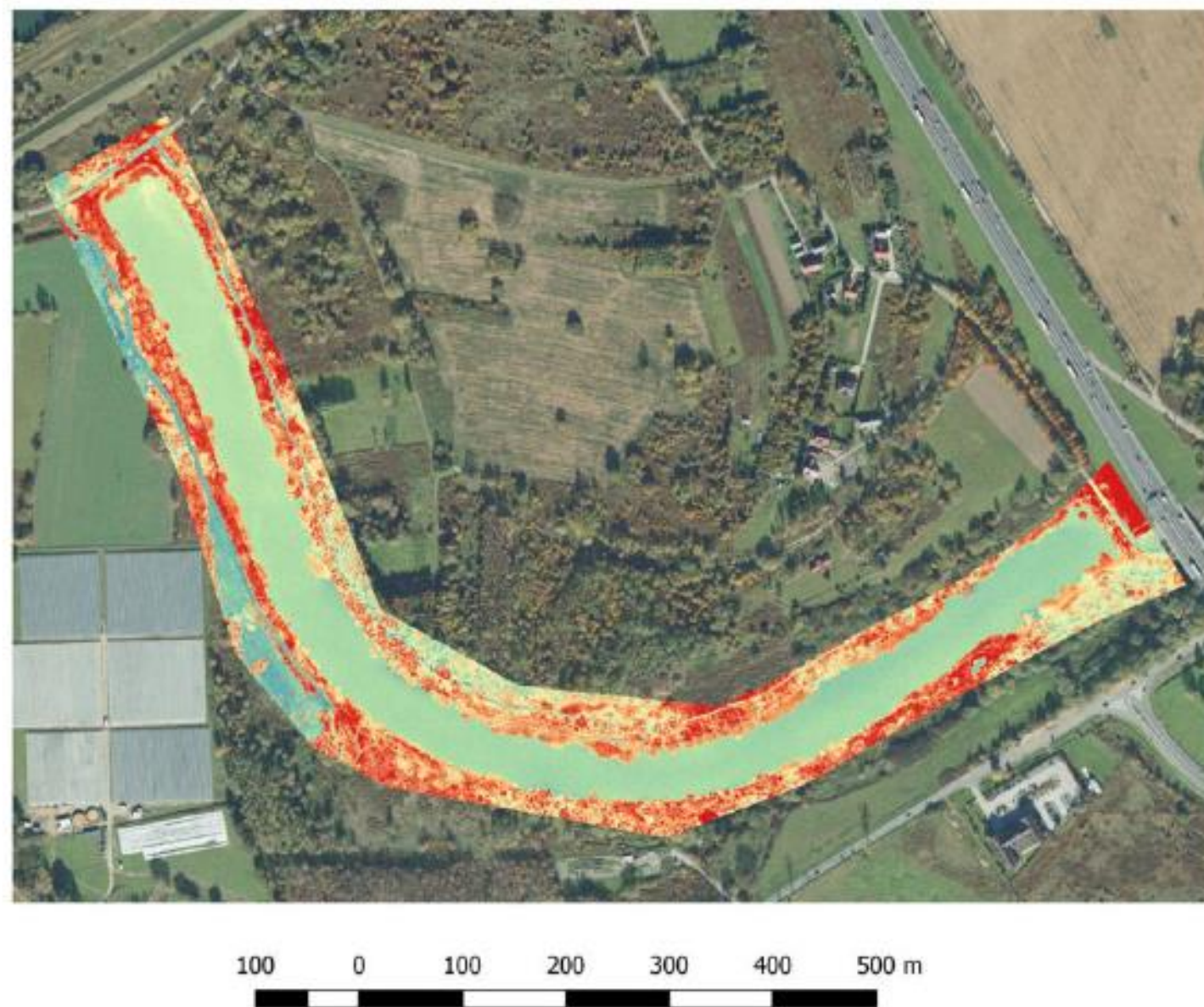


**Monitoring roślin  
w szklarni**

- Prototyp systemu bazujący na sensorach multispektralnych
- Wyniki badań prowadzonych w szklarni kwarantannowej Instytutu Ogrodnictwa



## 4. Operacyjne wykorzystanie teledetekcji na potrzeby zrównoważonej produkcji rolnej i leśnej

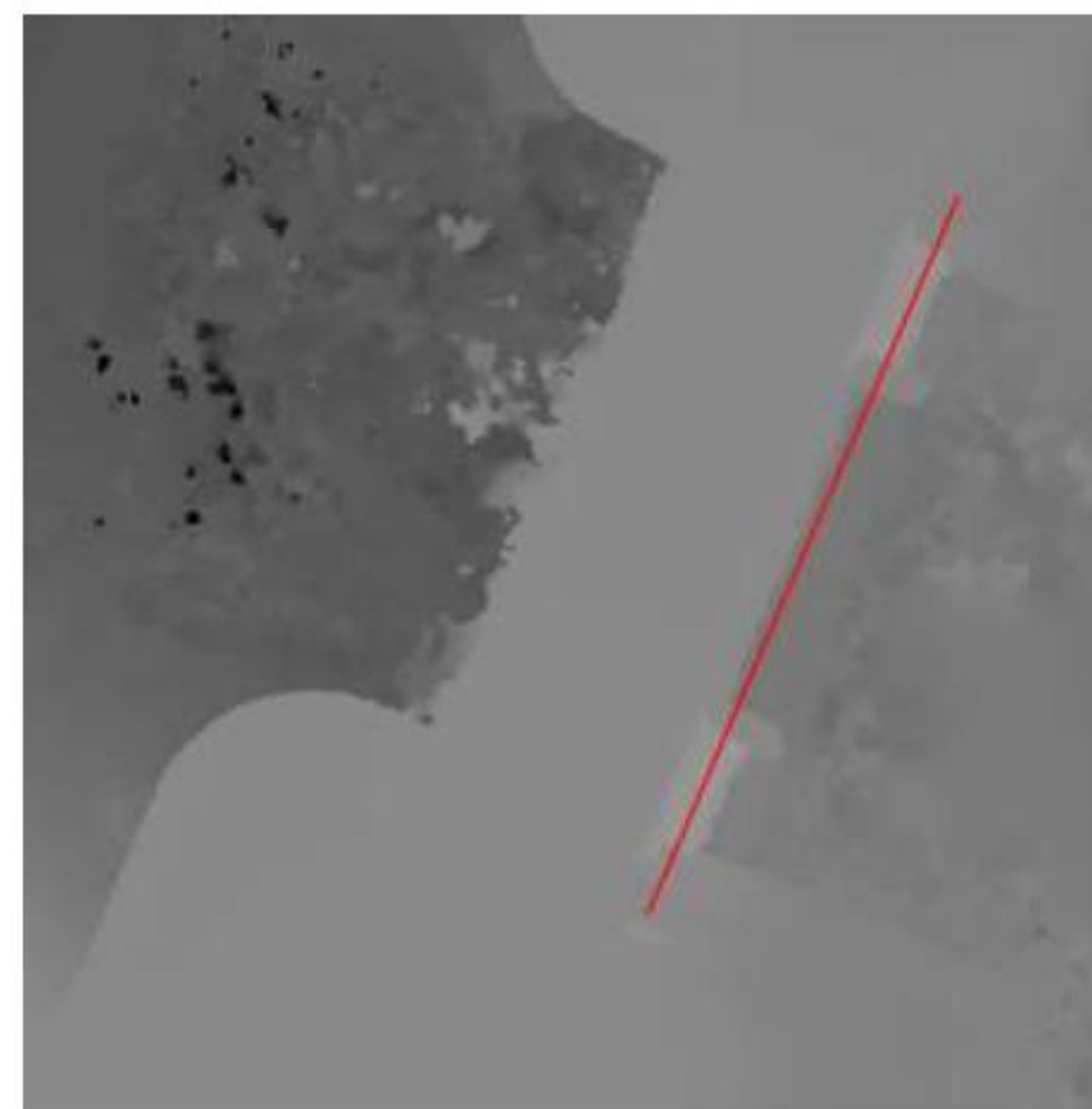
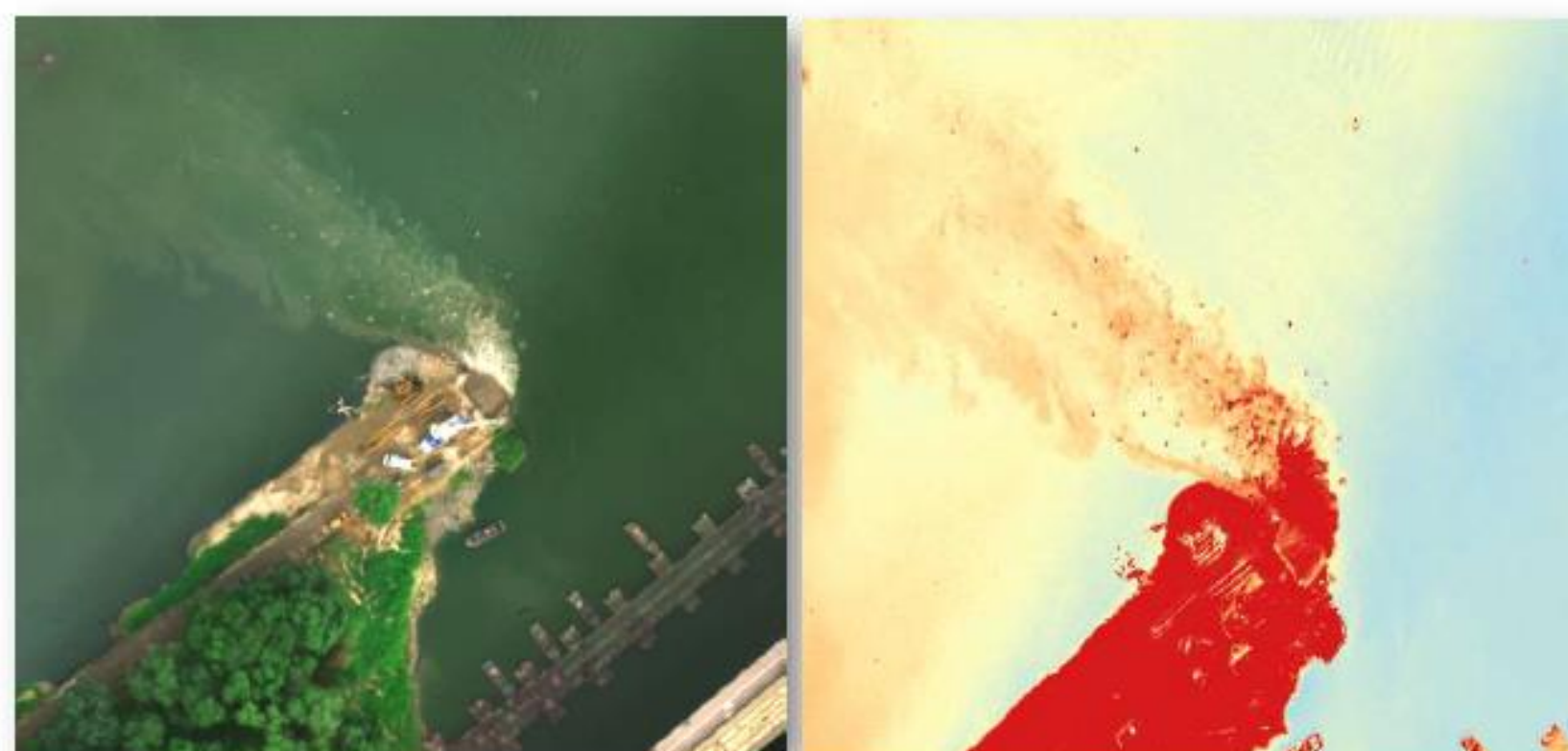


**Monitoring  
obszarów  
wodnych**

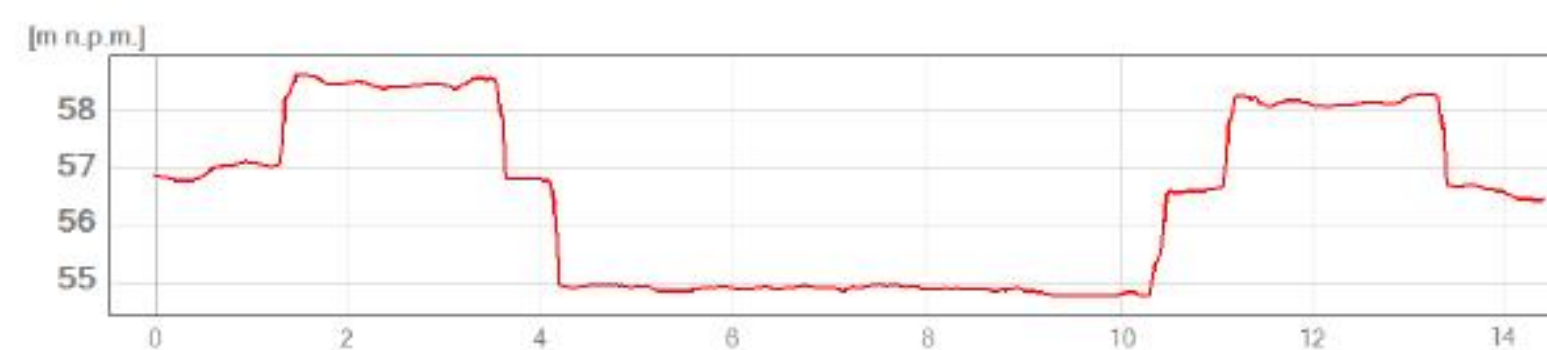
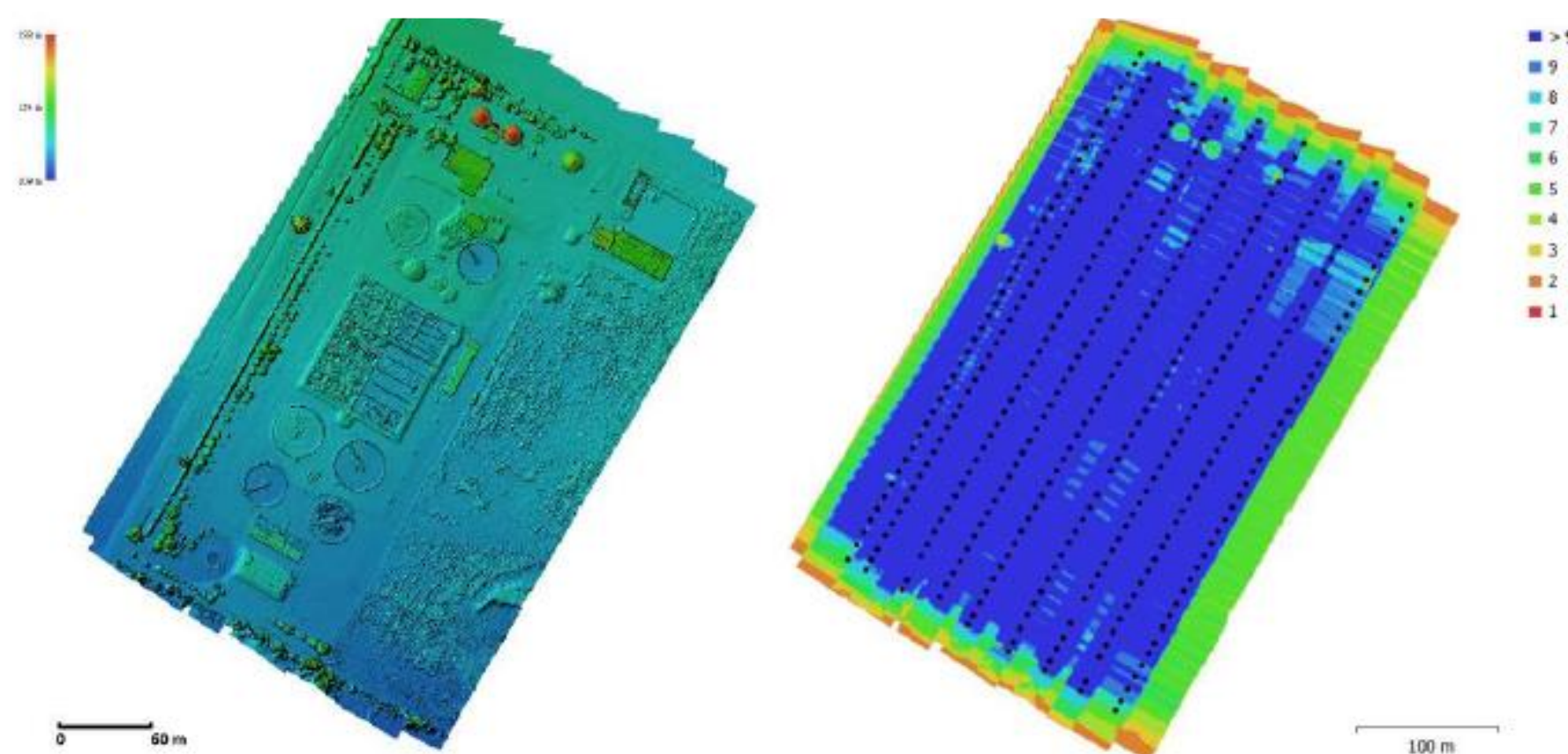




## 4. Operacyjne wykorzystanie teledetekcji na potrzeby zrównoważonej produkcji rolnej i leśnej

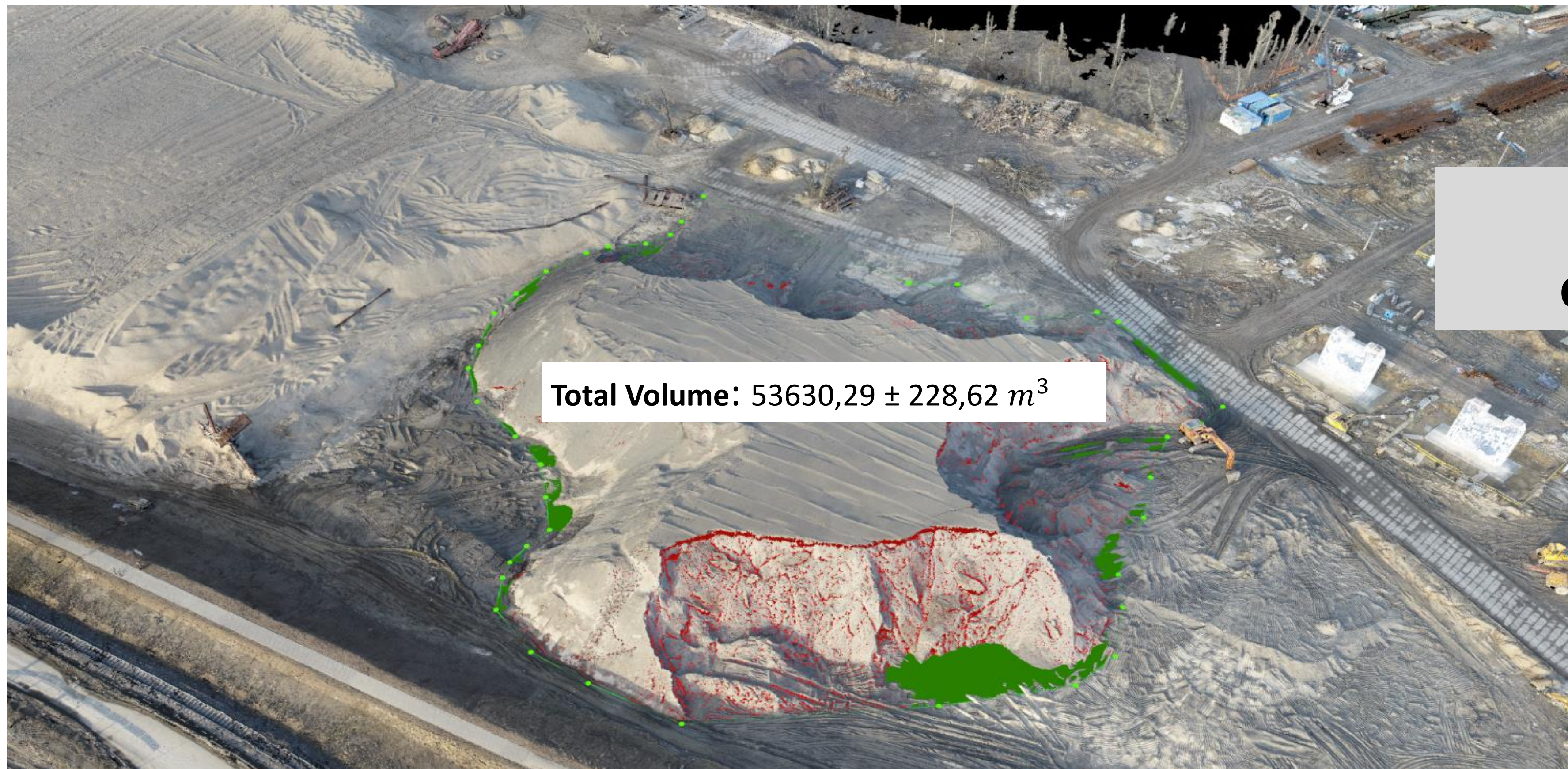


**Monitoring  
obszarów  
wodnych**





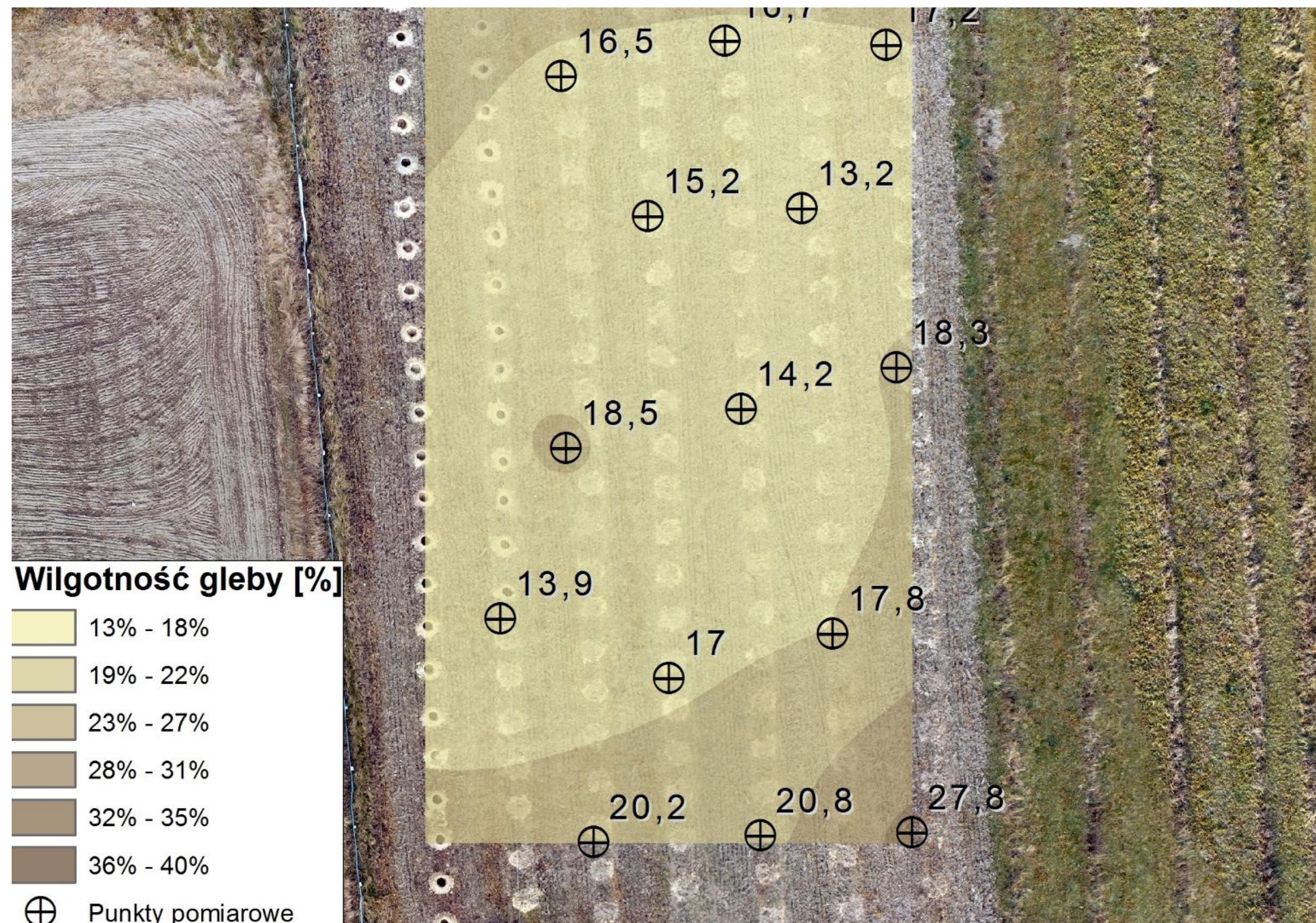
## 4. Operacyjne wykorzystanie teledetekcji na potrzeby zrównoważonej produkcji rolnej i leśnej



**Pomiar  
objętości**



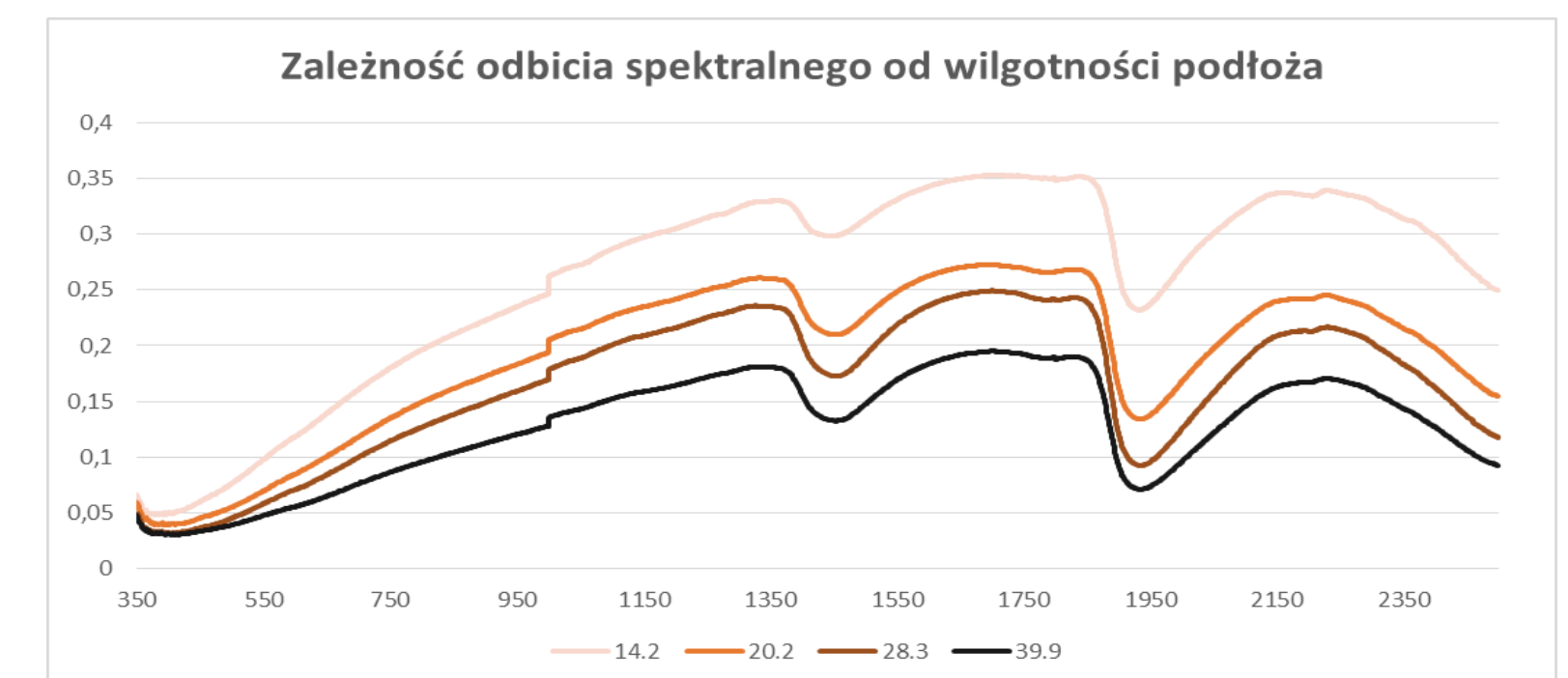
## 4. Operacyjne wykorzystanie teledetekcji na potrzeby zrównoważonej produkcji rolnej i leśnej



Testy kalibracyjne na polu testowym



### Analiza wilgotności





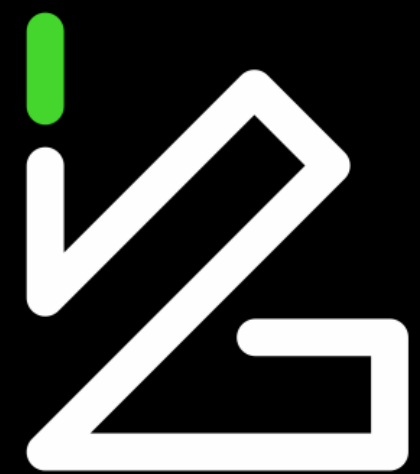
## 4. Operacyjne wykorzystanie teledetekcji na potrzeby zrównoważonej produkcji rolnej i leśnej



**Monitoring  
zwierzyny**

Zdjęcia przedstawiają po kolei: osobę (obiekt badany) przed liściastym drzewem, częściowo za drzewem i całkowicie za drzewem. Jedynie w miejscach bezlistnych widać prześwit badanego obiektu.





# Łukasiewicz

## Instytut Lotnictwa

AL. KRAKOWSKA 110/114, 02-256 WARSZAWA

+48 22 846 00 11 | [ILOT@ILOT.EDU.PL](mailto:ILOT@ILOT.EDU.PL) | [WWW.ILOT.EDU.PL](http://WWW.ILOT.EDU.PL)

