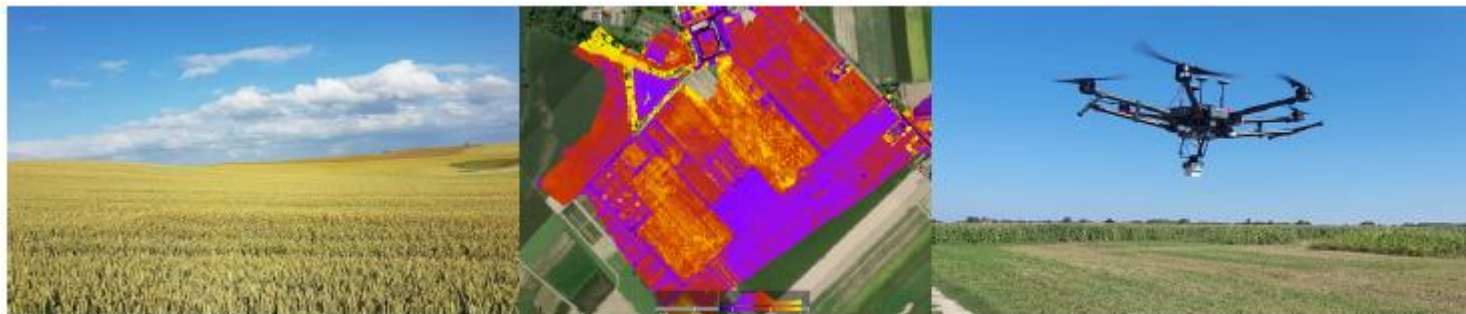


Konferencja dotycząca sprawozdania z realizacji zadań w ramach dotacji celowej na rok 2024

## DC 1.8 „Wykorzystanie dronów w rolnictwie”

Tytus Berbeć – Zakład Biogospodarki i Agrometeorologii

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
Puławy, 17 grudnia 2024 r.



# Opracowania wykonane w ramach DC 1.8

1. Przeprowadzenie doświadczeń z wykorzystaniem dronów opryskowych
2. Analiza znosu cieczy roboczych
3. Wykonanie map fotogrametrycznych oraz analiza indeksów wegetacyjnych
4. Analiza SWOT celowości stosowania dronów w rolnictwie
5. Raport końcowy przesłany w formie opracowań



# Obiekty doświadczalne

Obiektami doświadczalnymi były rośliny wysokorosnące oraz poligon doświadczalny bez udziału roślin

Chmiel



Tytoń





# Ocena pokrycia roślin

Do oceny pokrycia roślin cieczą wykorzystano indykatory hydrowrażliwe (paski pokryte specjalną farbą wodoczułą, która w miejscu zetknięcia z wilgocią przebarwia się na kolor ciemnognatowy)

Do obliczeń procentowego pokrycia powierzchni rośliny wykorzystano sprzęt do obliczeń indykatorów hydrowrażliwych (skaner) oraz oprogramowanie DropSet do obliczeń statystycznych w celu określenia, które ustawienia dronów umożliwiają osiągnięcie najlepszych rezultatów pokrycia roślin.



# Rozmieszczenie indykatorów hydrowrażliwych



## Chmiel

W celu rozmieszczenia indykatorów hydrowrażliwych w roślinach wysokorosnących (chmielu) wykorzystano specjalnie przystosowaną zwyżkę (platformę), dzięki której pracownicy mogli mocować indykatory do roślin i zdejmować po wykonanym oprysku.



# Rozmieszczenie indykatorów hydrowrażliwych



## Tytoń

Przykład rozmieszczenia indykatorów hydrowrażliwych w tytoniu (bez potrzeby wykorzystywania zwiżek)





# Meteorologiczna osłona doświadczenia

Oslonę pomiarów meteorologicznych zapewniały 2 różne stacje meteorologiczne, które zostały rozmieszczone na czas przeprowadzenia doświadczenia w najbliższym otoczeniu poletka doświadczalnego w dwóch miejscach



# Kontrola chmiel

Opryskiwacz sadowniczy wyposażony w 12 dyszy o kącie oprysku 110. Przepływ cieczy roboczej podczas oprysku kontrolnego na jedną dyszę wynosił 3,2 l/min





# Drony wykorzystane w doświadczeniu

W doświadczeniu dotyczącym oprysków wykorzystane zostały 3 modele dronów najczęściej stosowanych w agrolotnictwie:

DJI Agras T50



DJI Agras T30

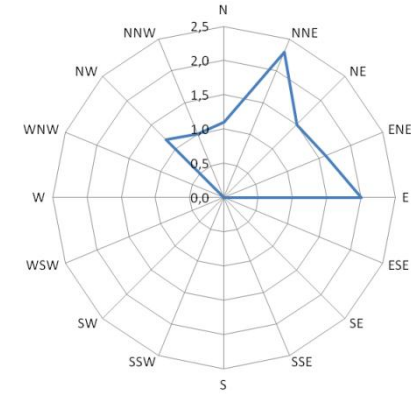


ABZ Innovation L10 Pro

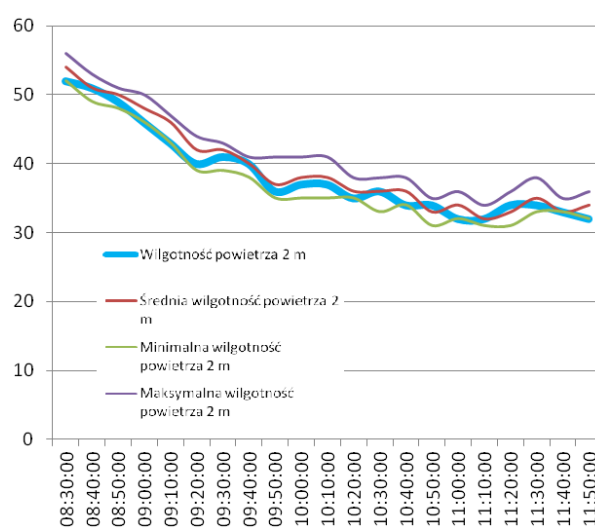


# Wyniki

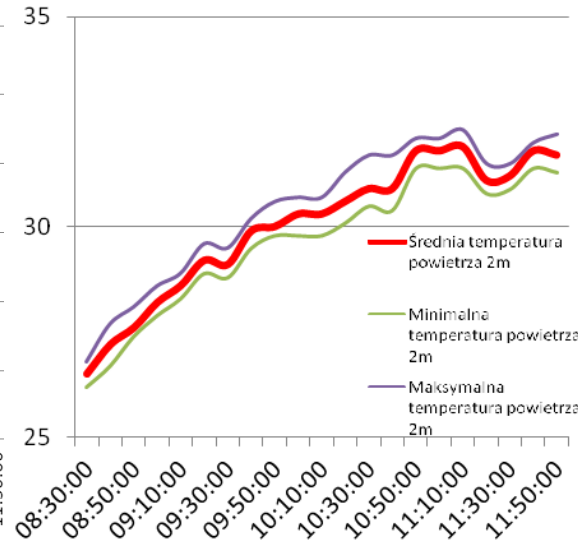
Warunki pogodowe podczas doświadczenia w roślinach:



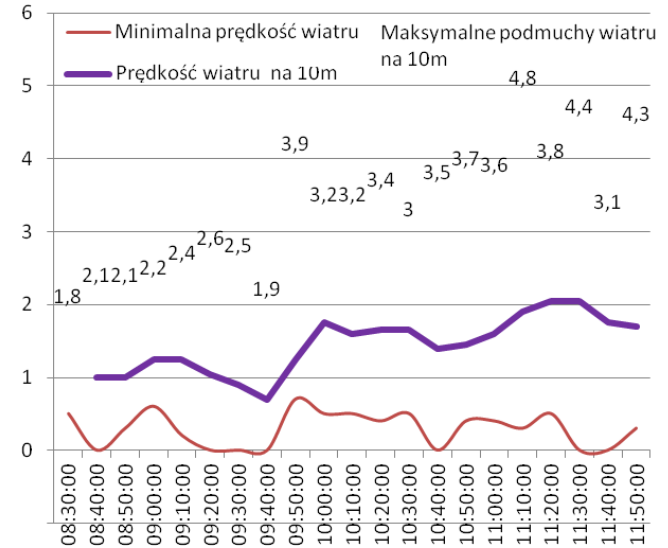
## Wilgotność



## Temperatura



## Wiatr



# Wyniki chmiel kontrola

Wyniki uśrednione oprysku kontrolnego

**Dół**

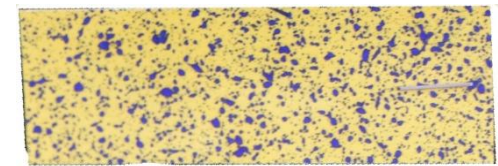
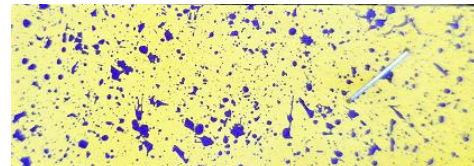
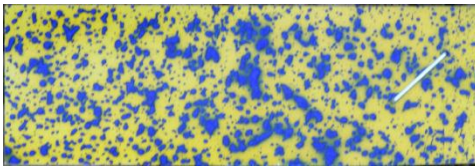
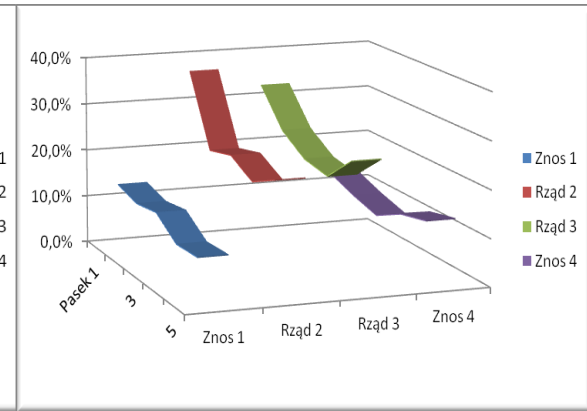
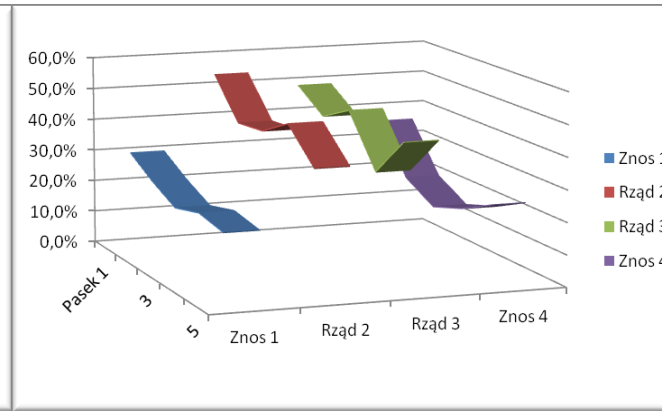
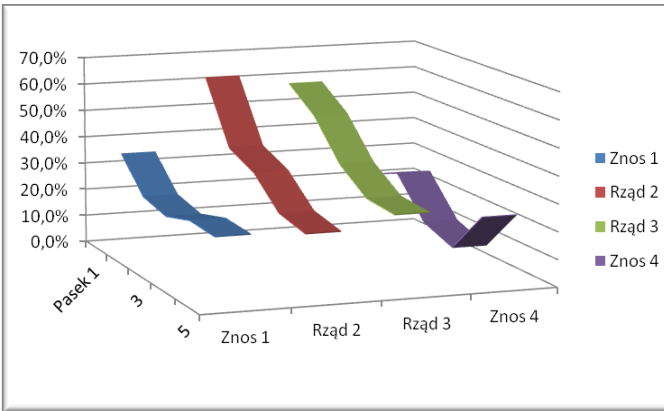
**Roślina:** 38,5% (22,7-62,2%)  
**Znos:** 22,1% (174%)

**Środek**

**44,6%**  
**23,8% (187%)**

**Góra**

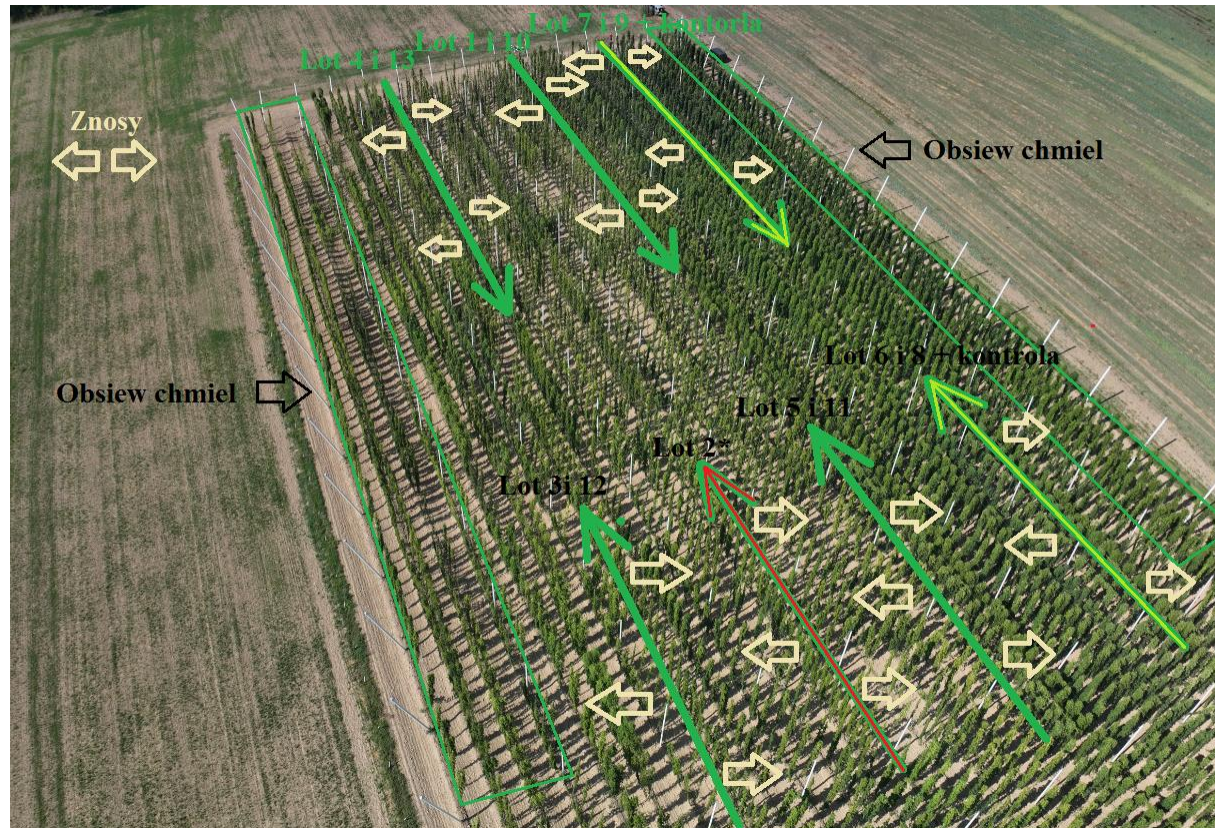
**25,5%**  
**11,3% (225%)**





# Wyniki chmiel drony opryskowe

Schemat wykonanych lotów ze stałą prędkością 3m/s w doświadczeniu z chmielem



Zdj.1 G. Durło

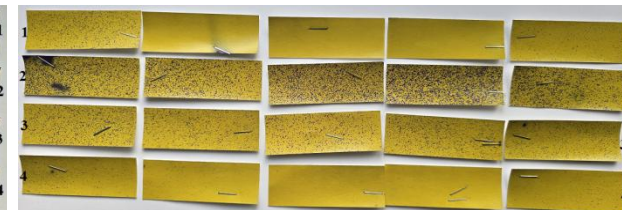
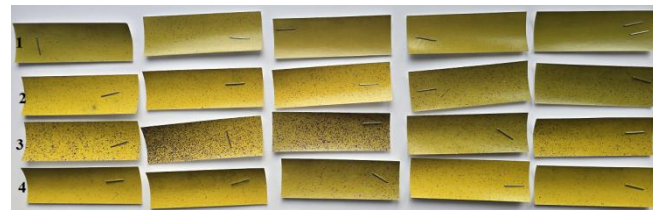
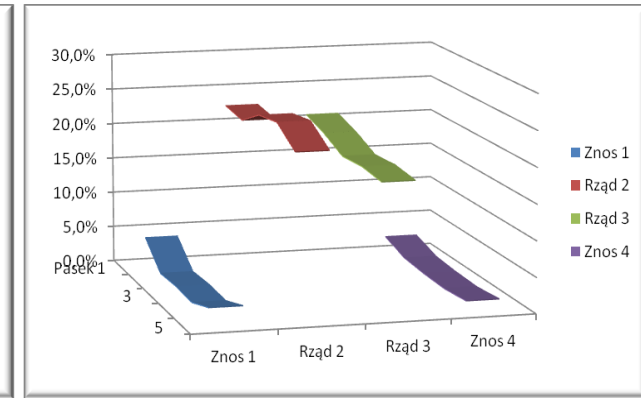
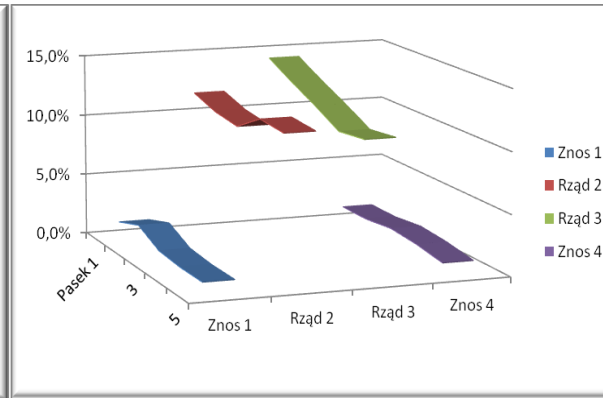
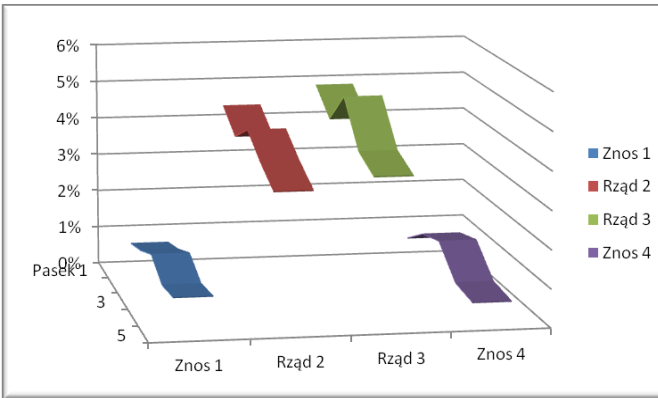
# Wyniki chmiel ABZ Innovation

Wyniki uśrednione oprysku wykonanego dronem ABZ Innovation modelu L10 Pro

**Dół**  
Roślina: **4,2%**  
Znos: **0,9% (467%)**

**Środek**  
Roślina: **12%**  
Znos: **1,2% (1000%)**

**Góra**  
Roślina: **21,3%**  
Znos: **1,6% (1331%)**



# Wyniki chmiel Agras T30

Wyniki uśrednione oprysku wykonanego dronem DJI Agras T30

**Dół**

**Roślina: 5,2%**

**Znos: 1,6% (325%)**

**Środek**

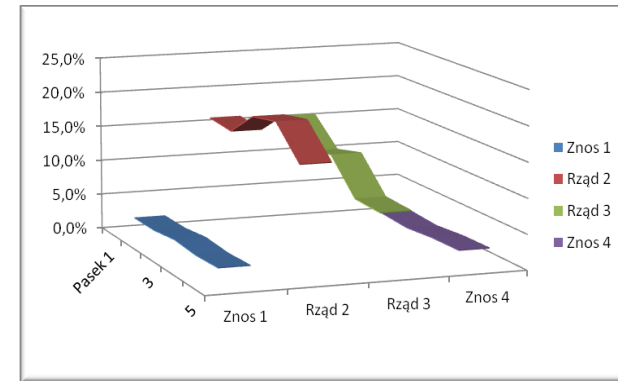
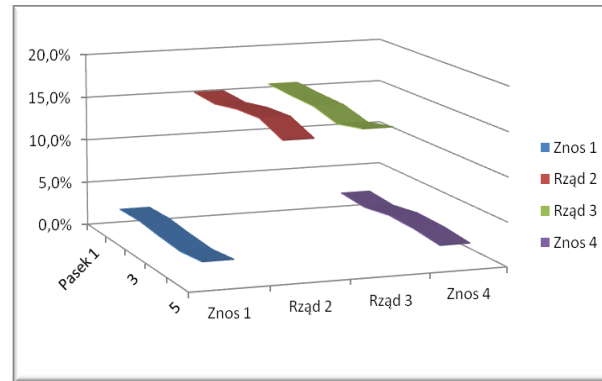
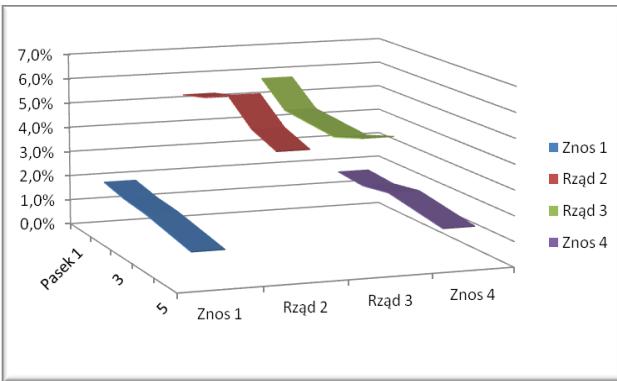
**15,6%**

**2,3% (678%)**

**Góra**

**14,5 %**

**2,3% (700%)**





# Wyniki chmiel DJI T50

Wyniki uśrednione oprysku wykonanego dronem DJI Agras T50

**Dół**

**Roślina:** 2,4%

**Znos:** 0,2% (1200%)

**Środek**

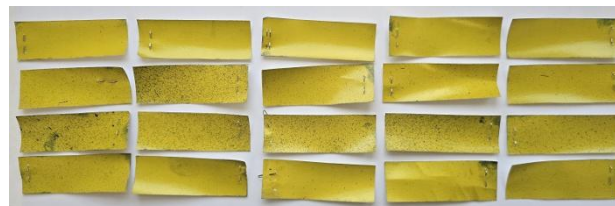
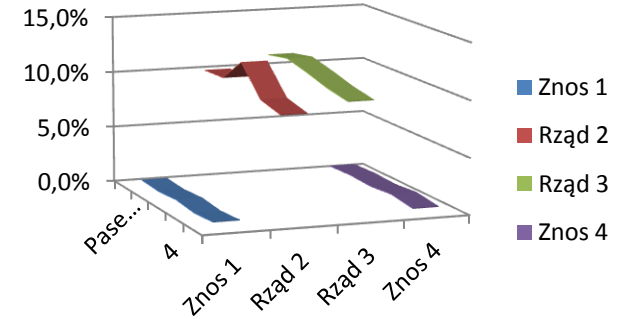
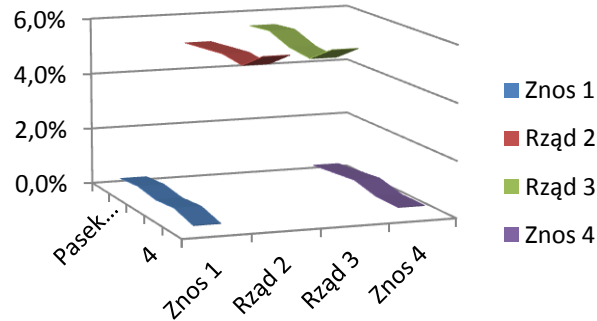
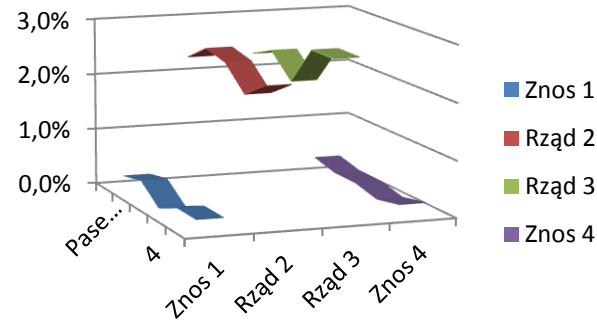
**5,5%**

**0,3% (1833%)**

**Góra**

**10,6 %**

**0,5% (2120%)**



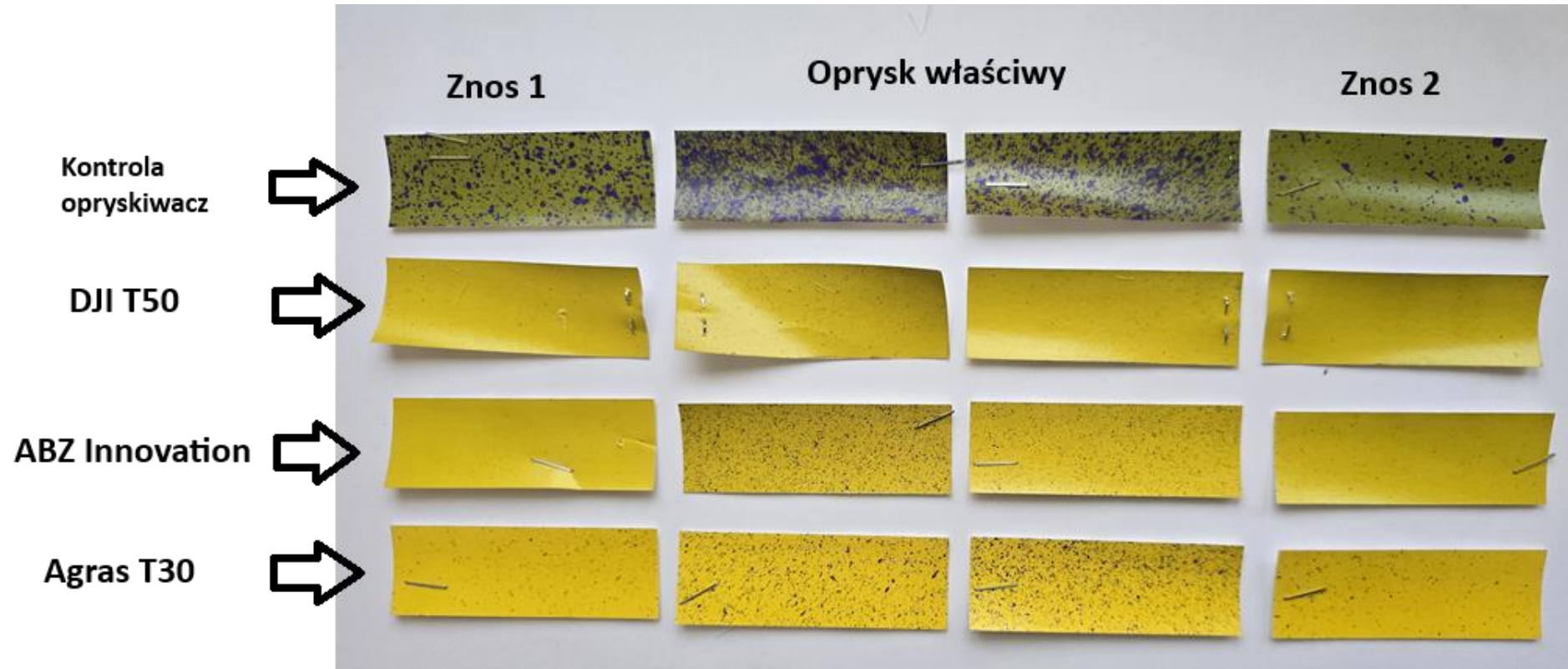
# Podsumowanie chmiel

Doświadczenie w chmielu przeprowadzono dla 2 różnych wysokości przelotów dronów nad łanem 1,5m oraz 3m (8,5m nad gruntem oraz 10m nad gruntem). Podczas doświadczenia z modelem T50 przeprowadzono testy symulujące oprysk mikroelementami (rozmiar kropli 160 $\mu$ m) oraz fungicydowy (110  $\mu$ m).

1. Statystycznie istotne różnice zaobserwowano między znosem a właściwą rośliną opryskiwaną zarówno w kontroli jak i podczas testów
2. Różnic statystycznie istotnych nie zaobserwowano pomiędzy rozmiarem kropli w zależności od rodzaju oprysku mikroelementami a fungicydowym.
3. Zaobserwowano różnice istotnie statystycznie pomiędzy wysokością wykonywanych oprysków.
4. Rośliny opryskiwane z mniejszej wysokości 1,5 m nad łanem uzyskały lepsze pokrycie cieczą jednak znosy były większe w porównaniu do oprysku wykonanego z wysokości 3m
5. Statystycznie istotne różnice zaobserwowano pomiędzy różnymi modelami dronów opryskowych
6. Największe różnice pomiędzy znosem a właściwą rośliną opryskiwaną zaobserwowano w dronie DJI model T50

Ze względu na ogromną liczbę danych dokładne podsumowanie wyników doświadczenia znajduje się w opracowaniu końcowym (opracowanie 1)

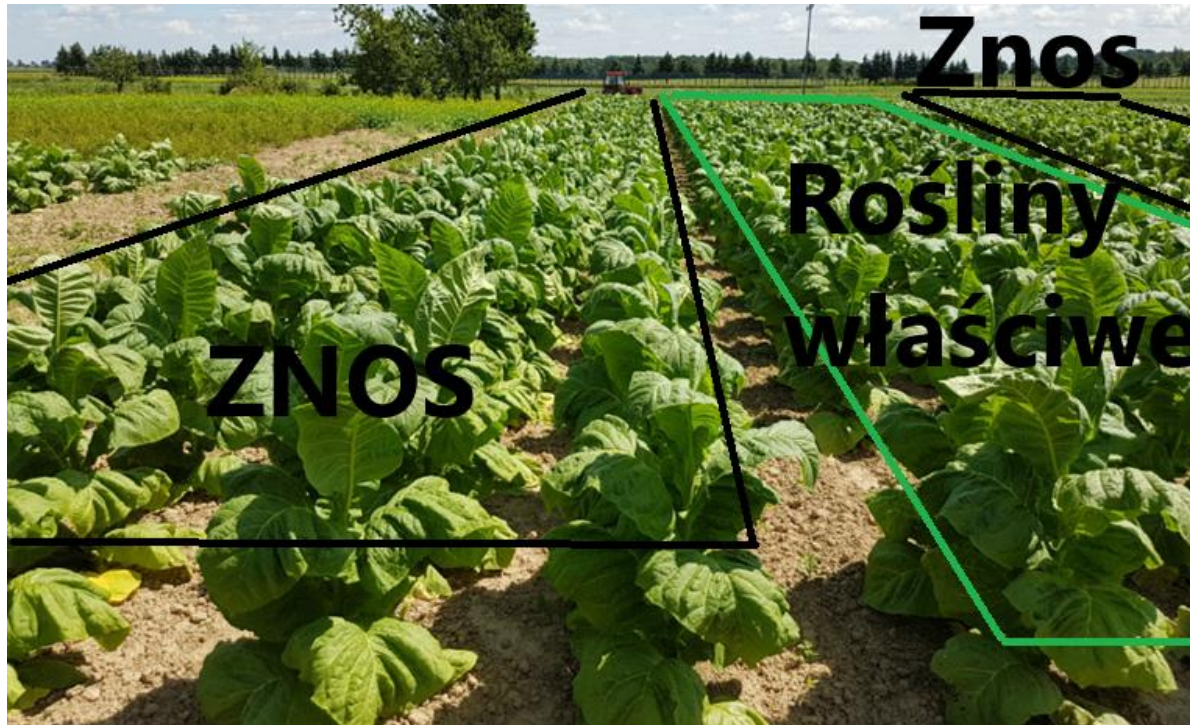
# Podsumowanie chmiel





# Doświadczenie tytoń schemat

Doświadczenie składało się z 3 poletek o szerokości 4m oraz długości 30 m.  
Poletko środkowe składało się z roślin właściwych natomiast poletka po obustronach były znosami



# Kontrola tytoń

Opryskiwacz polowy zawieszany P-329 o trójsekwencyjnej głowicy przepływowej wyposażonej w rozpylacze płaskostrumieniowe: dysze żółtą (0,2), niebieską (0,3) oraz dyszę do RSM zasilane pompą o przepływie cieczy do 120l/min. Belka 12m wyposażona w 24 dysze o kącie oprysku 110. Przepływ cieczy roboczej podczas oprysku kontrolnego na jedną dyszę wynosił ok 3 l/min. Podczas doświadczenia oprysk dokonywano na szerokości 4 m.



# Wyniki tytoń kontrola

Wyniki uśrednione oprysku kontrolnego

**Dół (0,5 m)**

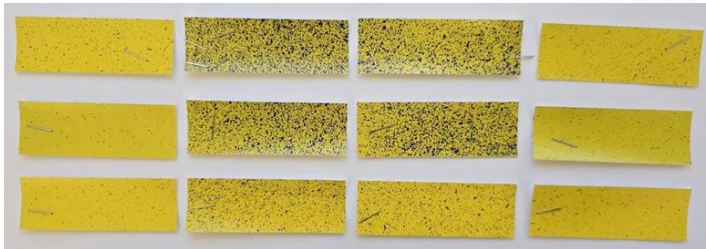
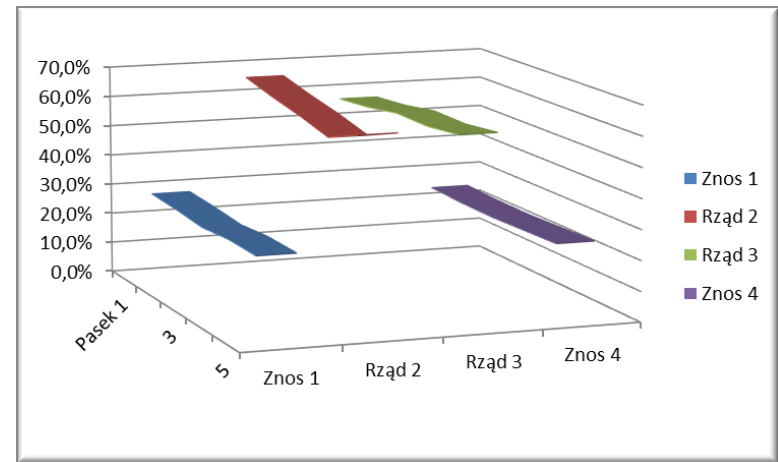
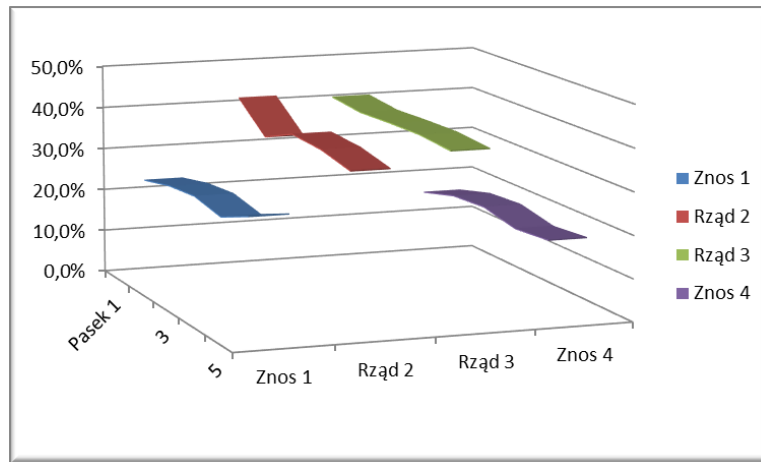
**Roślina: 39,5%**

**Znos: 21,7% (182%)**

**Góra (1,5 m)**

**61%**

**25,8% (236%)**





# Wyniki tytoń dron opryskowy

Ze względu na nawałnicę, która spustoszyła plantację tytoniu doświadczenie wykonano przy użyciu jednego drona Agras T50 z uwzględnieniem 2 różnych wysokości przelotów oraz symulując oprysk dwoma różnymi cieczami symulujące oprysk mikroelementami (rozmiar kropli 160 $\mu$ m) oraz fungicydowy (110 $\mu$ m).



# Wyniki tytoń DJI T50 wys. 1,5 m

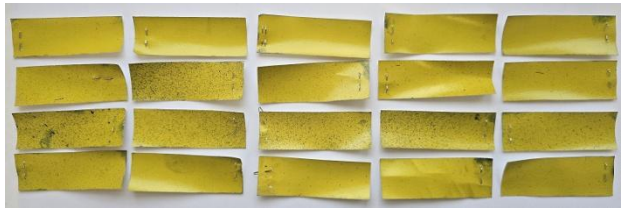
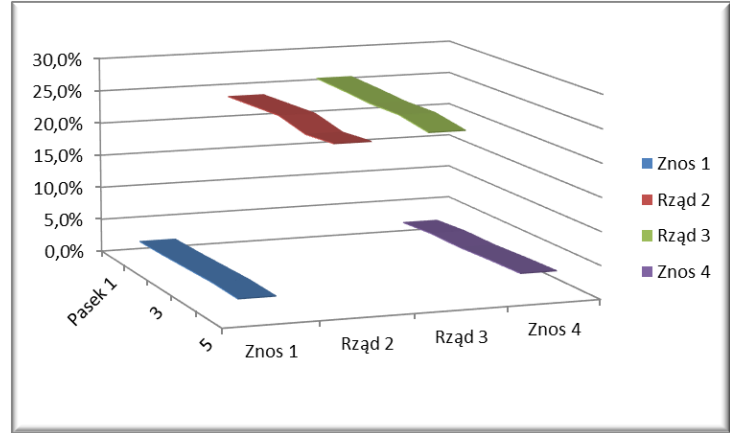
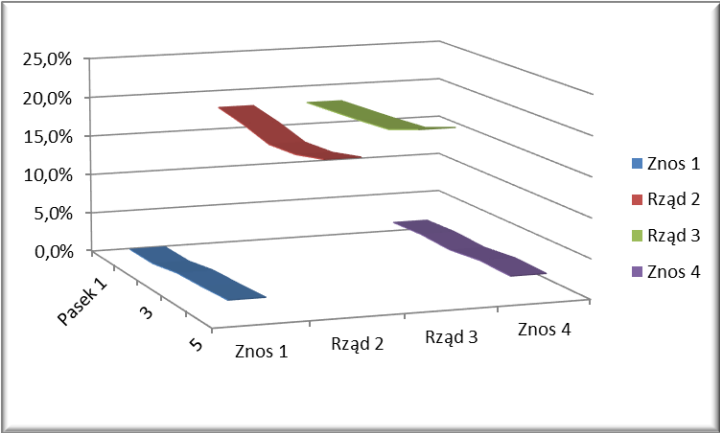
Wyniki uśrednione oprysku wykonanego dronem DJI Agras T50 wysokość lotu 1,5 m nad łanem

**Dół (0,5 m)**

**Roślina: 18,6%**  
**Znos: 1,9% (979%)**

**Góra (1,5 m)**

**24,9 %**  
**2,8% (889%)**



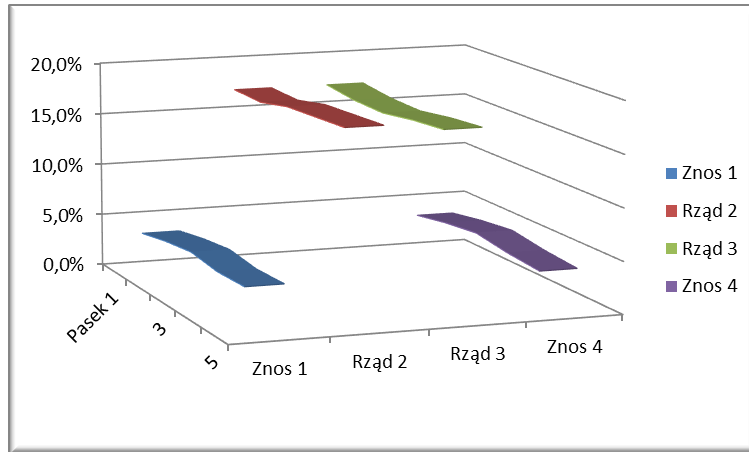
# Wyniki tytoń DJI T50 wys. 3m

Wyniki uśrednione oprysku wykonanego dronem DJI Agras T50 wysokość lotu 3 m nad łąnem

**Dół (0,5 m)**

**Roślina: 17,5%**

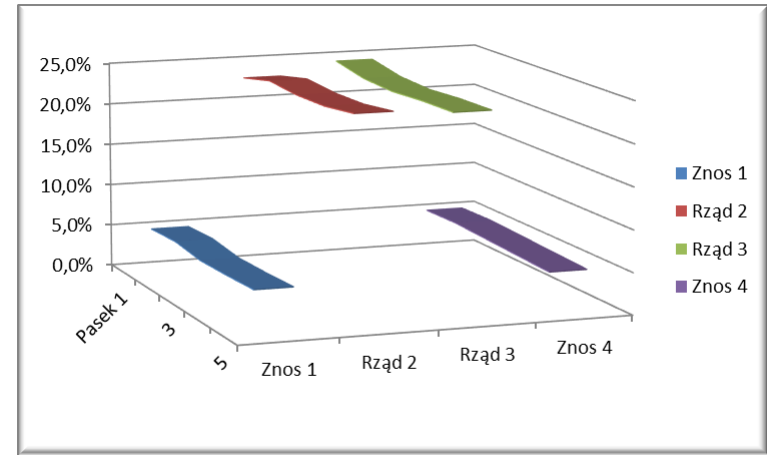
**Znos: 4,1% (427%)**



**Góra (1,5 m)**

**23,9 %**

**5% (478%)**





# Podsumowanie tytoń

Doświadczenie w tytoniu przeprowadzono dla 2 różnych wysokości przelotów dronów nad łanem 1,5m oraz 3m. Podczas doświadczenia z modelem T50 przeprowadzono testy symulujące oprysk mikroelementami (rozmiar kropli 160 $\mu$ m) oraz fungicydowy (110  $\mu$ m).

1. Statystycznie istotne różnice zaobserwowano między znosem a właściwą rośliną opryskiwaną zarówno w kontroli jak i podczas testów
2. Różnic statystycznie istotnych nie zaobserwowano pomiędzy rozmiarem kropli w zależności od rodzaju oprysku mikroelementami a fungicydowym.
3. Zaobserwowano różnice istotnie statystycznie pomiędzy wysokością wykonywanych oprysków.
4. Rośliny opryskiwane z mniejszej wysokości 1,5 m nad łanem uzyskały lepsze pokrycie cieczą jednak znosy były większe w porównaniu do oprysku wykonanego z wysokości 3m

Ze względu na ogromną liczbę danych dokładne podsumowanie wyników doświadczenia znajduje się w opracowaniu końcowym (opracowanie 1)

## 2. Analiza znosu cieczy roboczych

Zadanie miało na celu przeprowadzenie doświadczeń z wykorzystaniem dronów opryskowych pod kątem możliwości zastosowania w rolnictwie na polach RZD w zróżnicowanych warunkach

Badane parametry drona opryskowego:

-wydajność w locie, stabilność podczas lotu, systemy radarowe wspomagające lot autonomiczny, stopień ochrony IP, możliwości lotów w systemie RTK

Badane parametry opryskowe:

-wielkości kropli, aplikacja cieczy, wyposażenie rozpylacza w elektrozawory lub inne elementy wykorzystywane w rolnictwie precyzyjnym, możliwość regulacji dysz opryskowych, równomierność oprysku

# Loty na poligonie doświadczalnym

Na poligonie doświadczalnym zamontowano tyczki i na ich wierzchołkach umieszczono indykatory hydrowrażliwe.







# Analiza wyników

Chmiel	Powtórzenie 1					Rano				
Test kropla										
kropla 50-100	wysokość pasków 3m					wysokość pasków 6 m				
wysokość 9m										
Rząd 1	4,5	5,2	5,6	6,1	4,9	2,3	2,5	2,1	2,6	2,7
Rząd 2	16,2	20,3	19,1	18,5	19,1	21,1	22,3	22,3	23,1	21,5
Rząd 3	18,3	19,2	18,6	19,2	18,9	22	22,5	22,9	23,5	22,5
Rząd 4	5,2	5,3	5,4	5,8	5,1	2,4	2,6	2,4	2,3	2,8
wysokość 10m										
Rząd 1	4,9	4,8	4,7	4,6	4,8	2,3	2,4	2,6	2,5	2,1
Rząd 2	18,9	18,36	19,2	19,3	19,1	22,2	22,5	23,1	22,8	21,5
Rząd 3	18,2	18,1	18,6	18,4	18,4	23,4	23,5	22,8	22,1	23,1
Rząd 4	5,3	5,6	5,2	5,8	5,6	2,4	2,1	2,3	2,5	2,6
wysokość 11m										
Rząd 1	6,2	6,3	6,4	6,9	5,8	2,6	2,4	2,8	2,6	2,9
Rząd 2	18,1	18,5	18,4	18,3	17,2	21,8	22,1	21,8	21,9	22,3
Rząd 3	17,2	17,3	19,2	19,4	18,3	20,9	20,8	21,4	21,6	21,9
Rząd 4	4,2	4,3	4,8	5,2	4,7	2,8	2,9	2,7	2,8	3,1
wysokość 12m										
Rząd 1	6,2	6,1	5,9	6,2	5,8	3,9	3,8	3,5	3,8	3,7
Rząd 2	16,2	16,3	16,1	16,4	16,1	20,1	20,9	21,1	21,6	20
Rząd 3	15,8	16,1	16,2	15,7	15,9	20,6	20,3	21	20,8	20,7
Rząd 4	4,3	4,6	4,1	4,8	5,1	3,8	3,4	3,7	3,9	3,8

# Analiza wyników

Kikurydza	Powtórzenie 1		Rano		wysokość paszków 3m				wysokość paszków 6m						
	Test kropka	kropka 100-150	wysokość 2m	wysokość 3m	wysokość 4m	wysokość 5m	wysokość 6m	wysokość 7m	wysokość 8m	wysokość 9m	wysokość 10m	wysokość 11m	wysokość 12m		
Rep1	4,5	5,2	5,6	6,1	4,9	2,3	2,9	2,1	2,6	2,7	2,1	2,2	2,2	2,1	2,1
Rep2	16,2	20,3	19,1	18,5	19,1	21,1	22,5	22,3	23,1	21,5	21,1	22,5	22,3	22,3	22,5
Rep3	19,3	19,3	19,2	19,2	19,2	22,4	22,9	22,9	23,3	22,5	22,4	22,9	22,9	23,3	22,9
Rep4	5,2	5,3	5,4	5,9	5,1	2,4	2,9	2,4	2,9	2,9	2,4	2,9	2,9	2,9	2,9
wysokość 10m	4,9	4,8	4,7	4,6	4,8	2,3	2,4	2,6	2,9	2,1	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1
Rep1	18,9	18,9	19,2	19,3	19,1	22,2	22,5	22,1	22,8	21,5	21,1	22,5	22,3	22,3	22,5
Rep2	18,2	18,1	18,6	18,4	18,4	22,4	22,9	22,8	22,1	22,1	21,9	22,9	22,9	23,3	22,9
Rep3	5,3	5,8	5,2	5,8	5,9	2,4	2,1	2,3	2,9	2,6	2,4	2,9	2,9	2,9	2,9
Rep4	6,2	6,3	6,4	6,9	5,8	2,6	2,4	2,8	2,6	2,9	2,6	2,9	2,9	2,9	2,9
wysokość 11m	18,1	18,5	18,4	18,3	17,7	21,8	22,1	21,8	22,7	22,3	21,8	22,9	22,9	23,3	22,9
Rep1	17,2	17,3	19,2	19,4	18,3	20,9	21,3	21,4	21,8	21,9	20,9	21,3	21,4	21,8	21,9
Rep2	4,2	4,3	4,8	5,2	4,7	2,8	2,9	2,7	2,8	3,1	2,8	2,9	2,7	2,8	3,1
Rep3	4,9	4,8	4,7	4,6	4,8	2,3	2,4	2,6	2,9	2,1	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1
Rep4	18,9	18,9	19,2	19,3	19,1	22,2	22,5	22,1	22,8	21,5	21,1	22,5	22,3	22,3	22,5
wysokość 12m	18,2	18,1	18,6	18,4	18,4	22,4	22,9	22,8	22,1	22,1	21,9	22,9	22,9	23,3	22,9
Rep1	6,2	6,1	5,6	6,2	5,9	3,6	3,8	3,9	3,8	3,7	3,6	3,8	3,8	3,8	3,7
Rep2	16,2	16,3	16,1	16,4	16,1	20,1	20,9	21,1	21,6	20,2	20,1	20,9	20,9	21,3	20,9
Rep3	15,8	16,1	16,2	16,7	15,9	20,6	20,3	20,1	20,8	20,7	20,6	20,3	20,1	20,8	20,7
Rep4	4,9	4,6	4,1	4,6	5,1	3,9	3,4	3,7	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9

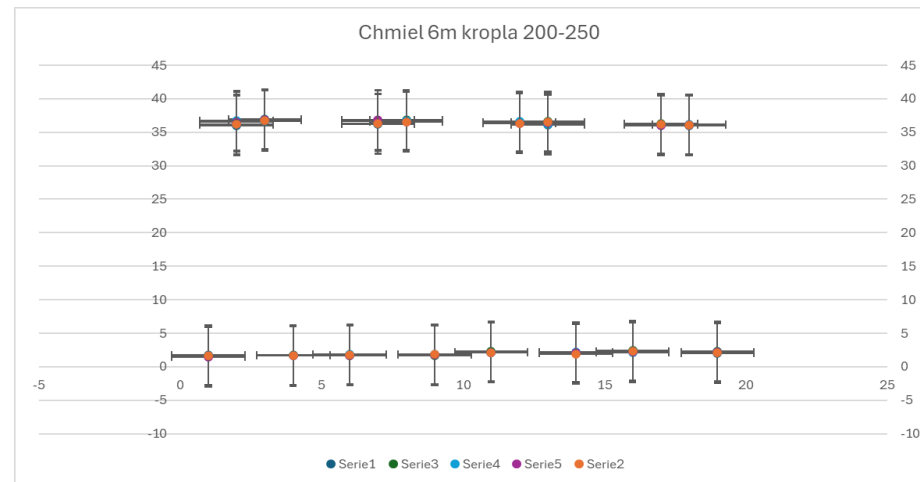
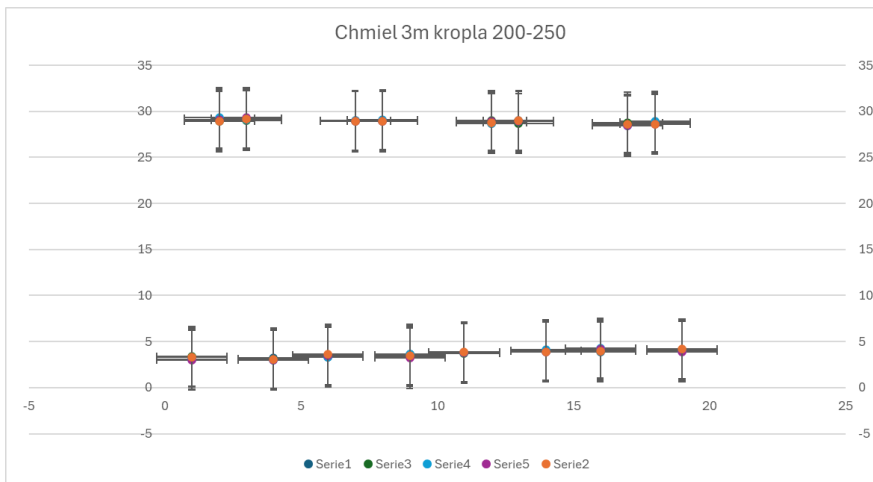
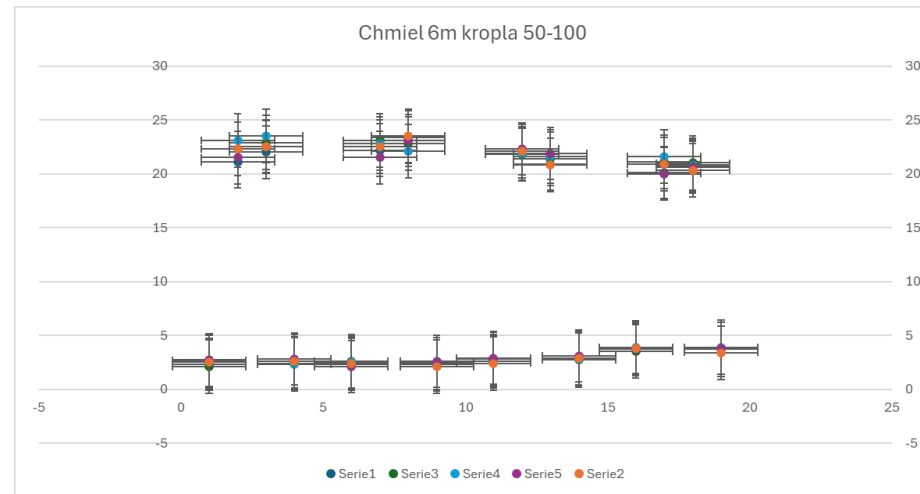
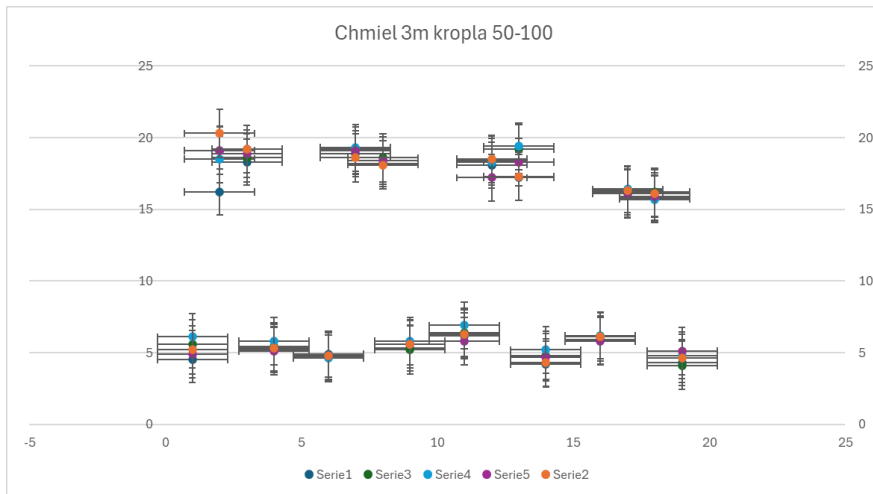
Kikurydza	Powtórzenie 1		Rano		wysokość paszków 3m				wysokość paszków 6m						
	Test kropka	kropka 100-150	wysokość 2m	wysokość 3m	wysokość 4m	wysokość 5m	wysokość 6m	wysokość 7m	wysokość 8m	wysokość 9m	wysokość 10m	wysokość 11m	wysokość 12m		
Rep1	4,1	4,3	4,9	4,1	4,6	4,3	3,2	3,3	3,4	3,6	24,2	24,3	24,7	24,6	24,4
Rep2	20,1	20,6	20,6	20,5	20,3	23,9	23,8	23,7	23,9	23,5	23,9	23,8	23,7	23,9	23,5
Rep3	21,2	21,1	21,6	21,6	21,4	24,1	24,3	24,1	24,3	24,3	3,1	3,2	3,4	3,9	3,7
Rep4	4,3	4,7	4,6	4,8	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	3,9	3,9	4,1	4,2	4,2
wysokość 3m	4,3	4,2	4,6	4,1	4,4	3,9	3,4	3,6	3,7	3,9	23,9	23,8	23,7	23,9	23,5
Rep1	21,2	21,1	21,6	21,6	21,4	24,1	24,3	24,1	24,3	24,3	3,1	3,2	3,4	3,9	3,7
Rep2	4,8	4,1	4,7	4,2	4,3	3,9	3,4	3,6	3,7	3,9	23,9	23,8	23,7	23,9	23,5
Rep3	4,9	4,9	4,9	5,1	5,2	4,3	4,2	4,6	4,3	4,2	4,3	4,2	4,6	4,3	4,2
Rep4	21,2	21,1	21,6	21,6	21,4	24,1	24,3	24,1	24,3	24,3	3,1	3,2	3,4	3,9	3,7
wysokość 4m	4,9	4,8	4,6	4,6	4,7	4,3	4,2	4,6	4,3	4,2	4,3	4,2	4,6	4,3	4,2
Rep1	20,9	20,9	20,6	20,7	20,4	23,2	22,9	22,9	22,4	22,4	23,2	22,9	22,9	22,4	22,4
Rep2	23,3	21,7	21,4	21,9	21,9	23,2	22,9	22,7	22,8	22,9	23,2	22,9	22,9	22,4	22,4
Rep3	4,8	4,6	4,6	4,7	5,1	3,8	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,9	3,8	3,8	3,9
Rep4	21,2	21,1	21,6	21,6	21,4	24,1	24,3	24,1	24,3	24,3	3,1	3,2	3,4	3,9	3,7
wysokość 5m	5,1	5,1	5,3	5,2	5,1	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,9	3,8	3,8	3,8	3,9
Rep1	19,1	19,3	19,2	19,4	19,2	22,9	22,9	22,4	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9
Rep2	20,1	20,3	20,2	19,9	19,9	22,4	22,9	22,6	22,7	22,9	22,4	22,9	22,6	22,7	22,9
Rep3	4,9	4,7	4,7	4,9	5,1	4	4,2	4,3	4,1	4,1	4	4,2	4,3	4,1	4,1
Rep4	19,1	19,3	19,2	19,4	19,2	22,9	22,9	22,4	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9

Kikurydza	Powtórzenie 1		Rano		wysokość paszków 3m				wysokość paszków 6m						
	Test kropka	kropka 150-200	wysokość 2m	wysokość 3m	wysokość 4m	wysokość 5m	wysokość 6m	wysokość 7m	wysokość 8m	wysokość 9m	wysokość 10m	wysokość 11m	wysokość 12m		
Rep1	3,8	3,9	4,1	4,2	3,9	3,4	3,2	3,3	3,1	3,2	29,2	29,9	29,9	3,1	29,2
Rep2	26,2	26,9	26,9	27	27,1	29,2	29,9	29,9	29,9	29,9	29,2	29,9	29,9	3,1	29,2
Rep3	3,9	3,9	4,1	4,2	4,2	3,9	3,9	3,1	3,3	3,3	3,9	3,9	3,1	3,3	3,3
Rep4	3,8	3,9	4,1	4,2	4,2	3,9	3,9	3,1	3,3	3,3	3,9	3,9	3,1	3,3	3,3
wysokość 3m	3,8	3,7	3,9	4	3,8	3,3	3,6	3,4	3,3	3,6	29,2	29,9	29,9	29,9	29,9
Rep1	26,2	26,9	26,9	27	27,1	29,2	29,9	29,9	29,9	29,9	29,2	29,9	29,9	3,1	29,2
Rep2	26,9	27,2	27,2	27,6	27,3	29,2	29,9	29,9	29,9	29,9	29,2	29,9	29,9	3,1	29,2
Rep3	3,9	3,9	4,1	4,2	4,2	3,9	3,9	3,1	3,3	3,3	3,9	3,9	3,1	3,3	3,3
Rep4	3,8	3,9	3,9	4	4,1	3,9	3,6	3,4	3,3	3,6	29,2	29,9	29,9	29,9	29,9
wysokość 4m	4,4	4,2	4,3	4,2	4,2	3,8	3,7	3,9	3,8	3,9	3,8	3,7	3,9	3,8	3,9
Rep1	26,1	26,9	26,9	26,9	26,9	28,1	28,9	28,9	28,9	28,9	28,1	28,9	28,9	28,9	28,9
Rep2	26,1	26,9	26,9	26,9	26,9	28,1	28,9	28,9	28,9	28,9	28,1	28,9	28,9	28,9	28,9
Rep3	26,1	26,9	26,9	26,9	26,9	28,1	28,9	28,9	28,9	28,9	28,1	28,9	28,9	28,9	28,9
Rep4	4,4	4,3	4,2	4,6	4,4	4,1	4,1	3,9	3,8	3,8	4,1	4,1	3,9	3,8	3,8
wysokość 5m	5,1	5,2	5,1	4,9	4,9	3,8	3,8	3,8	3,9	4	3,8	3,8	3,8	3,9	4
Rep1	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	28,9	28,9	28,4	28,3	28,4	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9
Rep2	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	28,9	28,9	28,4	28,3	28,4	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9
Rep3	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	28,9	28,9	28,4	28,3	28,4	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9
Rep4	4,6	4,8	4,6	4,6	4,9	4,1	4,2	4,3	4,6	4,9	4,1	4,2	4,3	4,6	4,9

Kikurydza	Powtórzenie 1		Rano		wysokość paszków 3m				wysokość paszków 6m						
	Test kropka	kropka 200-250	wysokość 2m	wysokość 3m	wysokość 4m	wysokość 5m	wysokość 6m	wysokość 7m	wysokość 8m	wysokość 9m	wysokość 10m	wysokość 11m	wysokość 12m		
Rep1	3,1	3,3	3,4	3,1	3	1,8	1,6	1,7	1,6	1,4	36	36,2	36,6	36,8	36,6
Rep2	29,1	29,9	29,9	29,3	29,1	36,2	36,6	36,6	36,8	36,6	36,2	36,6	36,6	36,8	36,6
Rep3	3,3	3,1	3,1	3,3	3,3	1,7	1,6	1,9	1,6	1,7	36,7	36,5	36,9	36,7	36,9
Rep4	3,3	3,1	3,1	3,3	3,3	1,7	1,6	1,9	1,6	1,7	36,7	36,5	36,9	36,7	36,9
wysokość 3m	3,3	3,6	3,4	3,3	3,3	1,8	1,8	1,7	1,6	1,7	36,2	36,3	36,8	36,7	36,9
Rep1	29,2	29,9	29,9	29,3	29,1	36,2	36,6	36,6	36,8	36,6	36,2	36,6	36,6	36,8	36,6
Rep2	29,2	29,9	29,9	29,3	29,1	36,2	36,6	36,6	36,8	36,6	36,2	36,6	36,6	36,8	36,6
Rep3	3,3	3,1	3,1	3,3	3,3	1,8	1,8	1,7	1,6	1,7	36,7	36,5	36,9	36,7	36,9
Rep4	3,3	3,1	3,1	3,3	3,3	1,8	1,8	1,7	1,6	1,7	36,7	36,5	36,9	36,7	36,9
wysokość 4m	3,8	3,9	3,7	3,8	3,8	2,1	2,1	2,3	2,1	2,1	36,1	36,5	36,6	36,2	36,4
Rep1	28,7	28,9	29	28,7	28,5	36,4	36,3	36,4	36,6	36,3	36,1	36,2	36,6	36,1	36,3
Rep2	28,7	28,9	29	28,7	28,5	36,4	36,3	36,4	36,6	36,3	36,1	36,2	36,6	36,1	36,3
Rep3	3,9	3,9	4	4,1	3,9	2	1,9	2,1	2,2	2,1	2	1,9	2		



# Analiza wyników – wielkość kropli, wysokość lotu



# Podsumowanie doświadczenie na poligonach

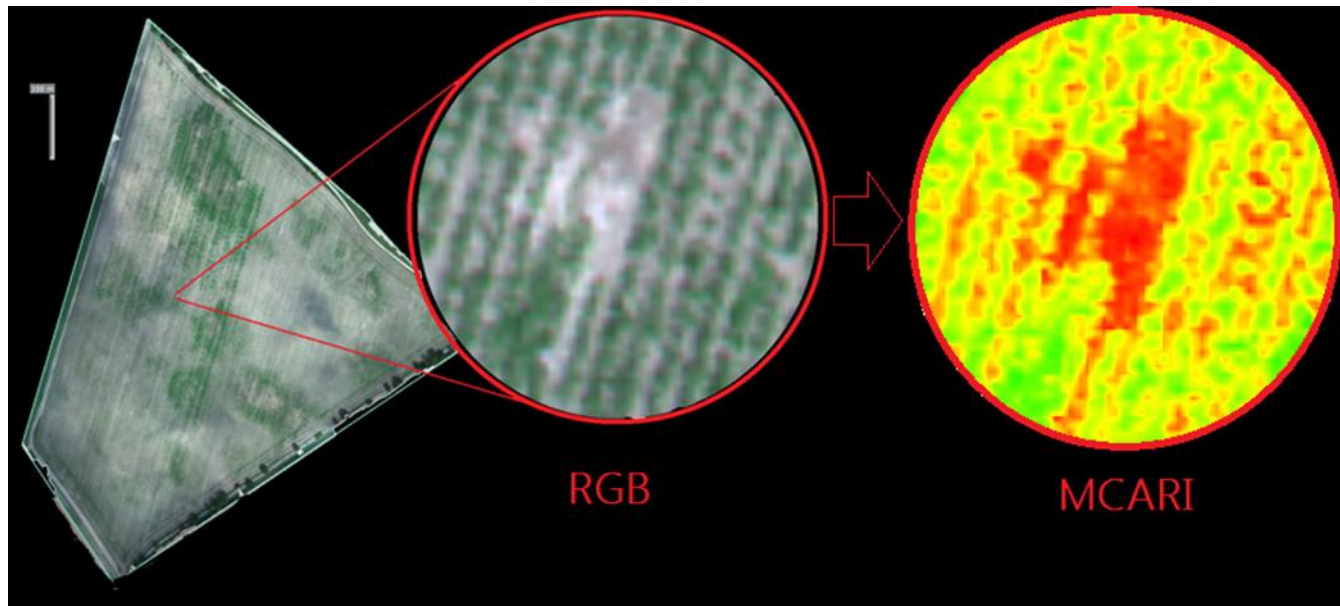
Podczas doświadczenia na poligonie wykonano łącznie ponad 100 lotów. W celu analizy procentowego pokrycia roślin oraz znosu cieczy roboczej w zależności od ustawień parametrów lotu analizie poddano prawie 4000 indykatorów hydrowrażliwych

1. Statystycznie istotne różnice zaobserwowano między znosem a właściwą rośliną opryskiwaną zarówno w kontroli jak i podczas testów
2. Statystycznie istotne różnice zaobserwowano pomiędzy rozmiarem kropli największą a najmniejszą
3. Zaobserwowano różnice istotnie statystycznie pomiędzy wysokością wykonywanych oprysków tylko przy najmniejszej kropli
4. W stabilnych warunkach pogodowych nie zaobserwowano różnic istotnie statystycznie w zależności od pory dnia
5. Przy uzyskaniu dużych kropli (200-250) znosy cieczy były mniejsze a pokrycie roślin na stabilnym poziomie

Ze względu na ogromną liczbę danych dokładne podsumowanie wyników doświadczenia znajduje się w opracowaniu końcowym

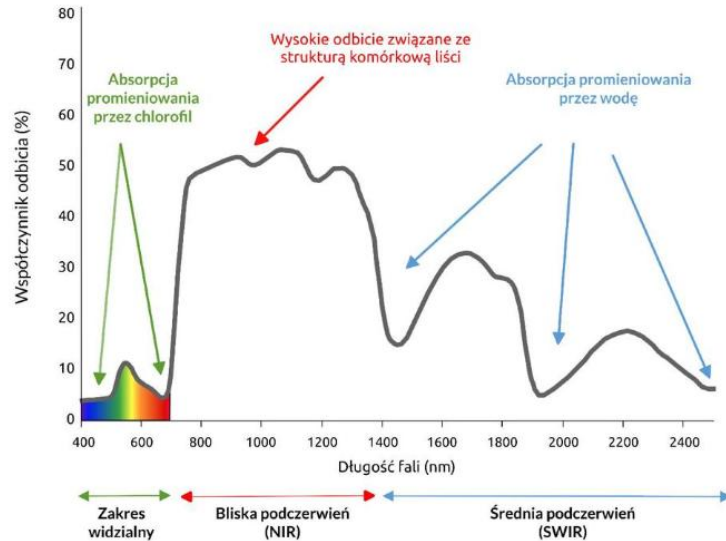
# 3. Wykonanie map fotogrametrycznych oraz analiza indeksów wegetacyjnych

Teledetekcja niskopułapowa pozwala na bardziej precyzyjne monitorowanie uprawy w obrębie danego pola w porównaniu do innych metod

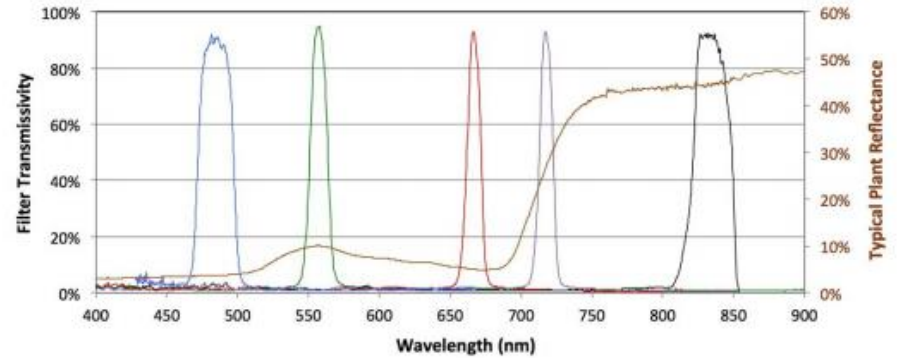


# Krzywa multispektralna

Krzywa spektralna składa się z obrazów zarejestrowanych w różnych fragmentach spektrum.



Źródło: <https://agronomist.pl/artykuly/teledetekcyjne-wskazniki-roslinnosci>

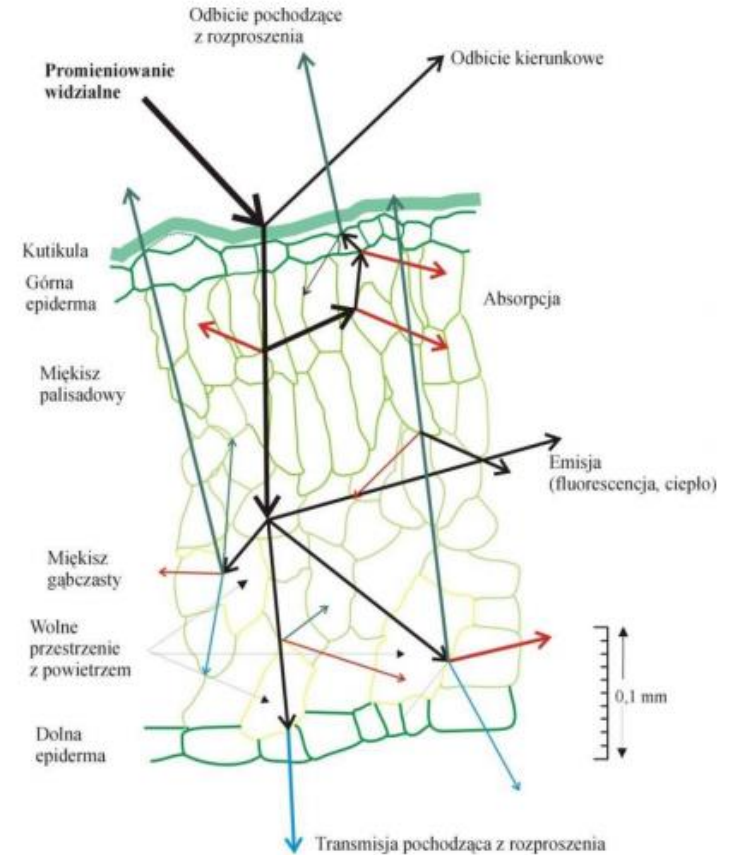
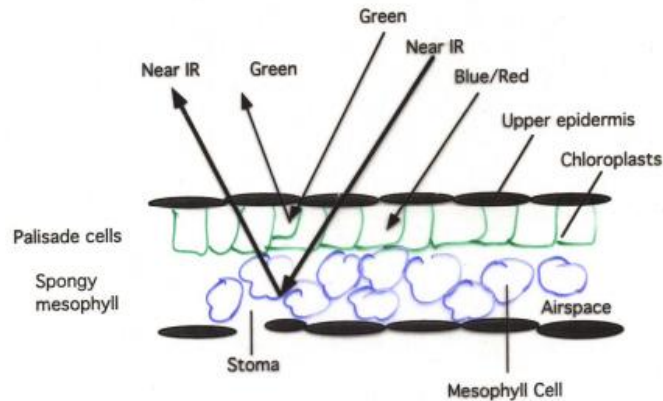


Źródło: [https://www.researchgate.net/figure/Spectral-response-curve-for-the-Micasense-RedEdge-camera-The-colors-of-the-lines\\_fig4\\_318325581](https://www.researchgate.net/figure/Spectral-response-curve-for-the-Micasense-RedEdge-camera-The-colors-of-the-lines_fig4_318325581)



# Czynniki wpływające na krzywą MSC

Właściwości spektralne roślin zależą od wielu czynników m.in. budowy anatomicznej, morfologii, stan struktur komórkowych, zawartość wody, choroby itp.



# Wykonanie oraz analiza map wskaźników wegetacji



Do wykonania dokładnych map indeksów wegetacyjnych oraz analizy pozyskanych danych wykorzystano bezzałogowy statek powietrzny o konstrukcji płatowca

- BZB UAS oraz

- DJI Matrice 600 Pro

Statki powietrzne wyposażono w kamery multispektralne:

- MicaSense ALTUM-PT

- MicaSense RedEdge-M

# MicaSense Red Edge-M

## Pasma poszczególnych 5 kanałów

blue (0,40-0,52nm), green (0,52-0,60nm), red (0,60-0,69nm), red edge (0,70-0,76), near IR (0,76-0,90nm)



**Kanał niebieski** stosowany jest do badania wód oraz analiz pokrycia terenu, gleb i wegetacji

**Kanał zielony** odpowiada zakresowi zwiększonego promieniowania odbijalności dla zdrowej roślinności.

**Kanał czerwony** rejestruje absorpcję promieniowania dla chlorofilu.

**Kanał Red Edge** wspomaga badania kondycji roślin, bazujące na analizie zawartości chlorofilu

**Kanał bliskiej podczerwieni** umożliwia ocenę ilości biomasy.

# MicaSense Altum-PT

## Pasma poszczególnych 7 kanałów

blue (459-491nm),  
green (546-574nm),  
red (661-675nm),

red edge (711-723),  
near IR (813-871nm),  
LWIR (7,5 – 13,5)  
panchro (440 – 880nm)



Kanał panchromatyczny – rejestruje całość promieniowania z zakresu widzialnego, pozwala na wyostrzenie obrazów spektralnych

Kanał LWIR-wysokiej rozdzielczości sensor pozwala z znaczną dokładnością ocenić jędrność aparatu asymilacyjnego oraz zaopatrzenie siedliska w wodę  
Pozwala na ocenę rozkładu przestrzennego temperatury powierzchni czynnej w uprawach



# Analiza map reflektancji

1. Ocena ogólnej kondycji roślin z wykorzystaniem elementów uczenia maszynowego
  - Analiza wystąpienia szkodników
  - Analiza wystąpienia chorób
  - Analiza zachwaszczenia



# Wykonanie mapy pola





# Sprawdzenie dokładności mapy



# Wybór poligonu oraz analiza wystąpienia szkodników

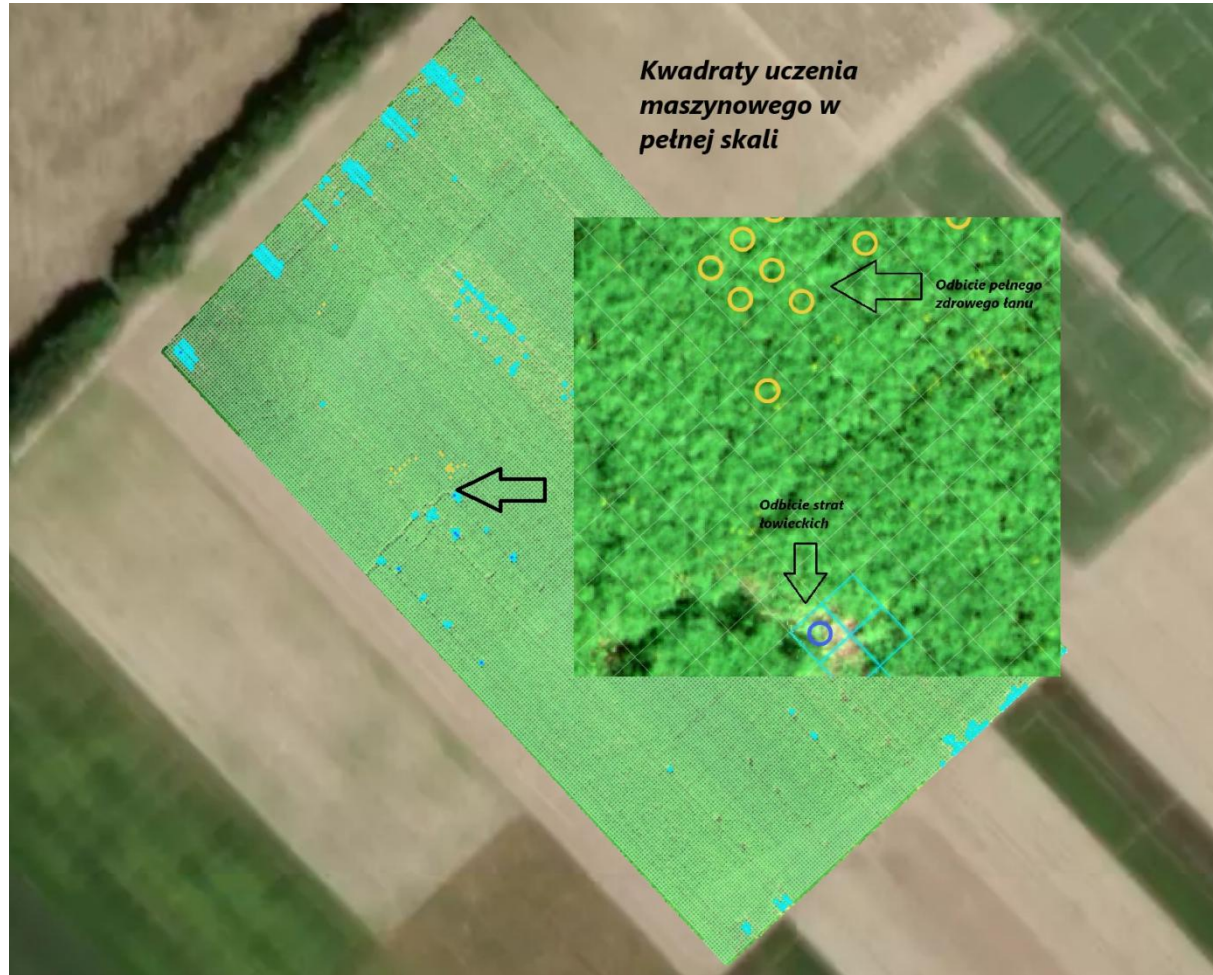




# Wybór poligonu oraz analiza wystąpienia szkodników

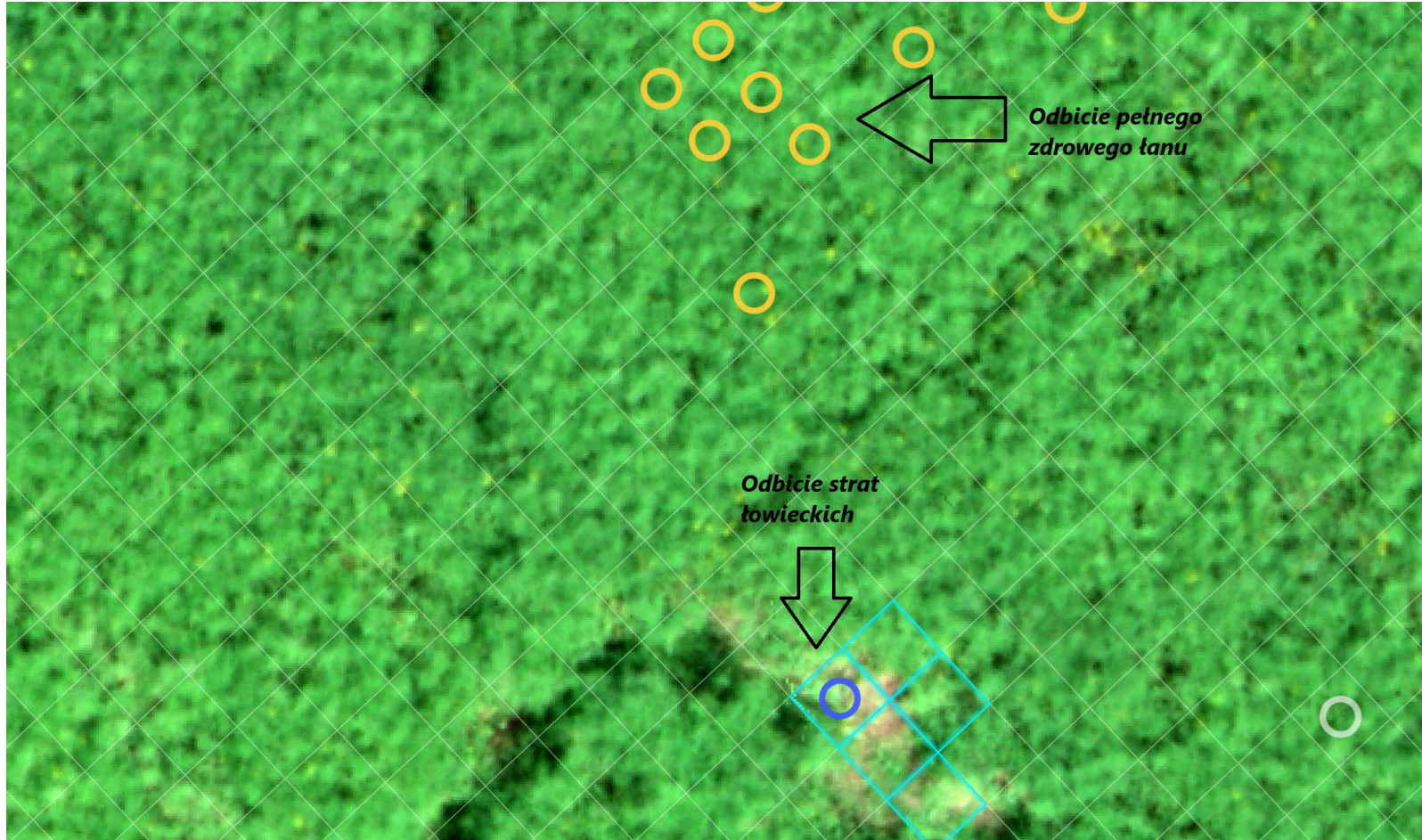


# Analiza wystąpienia szkodników oraz strat łowieckich- UM AI





# Analiza wystąpienia szkodników

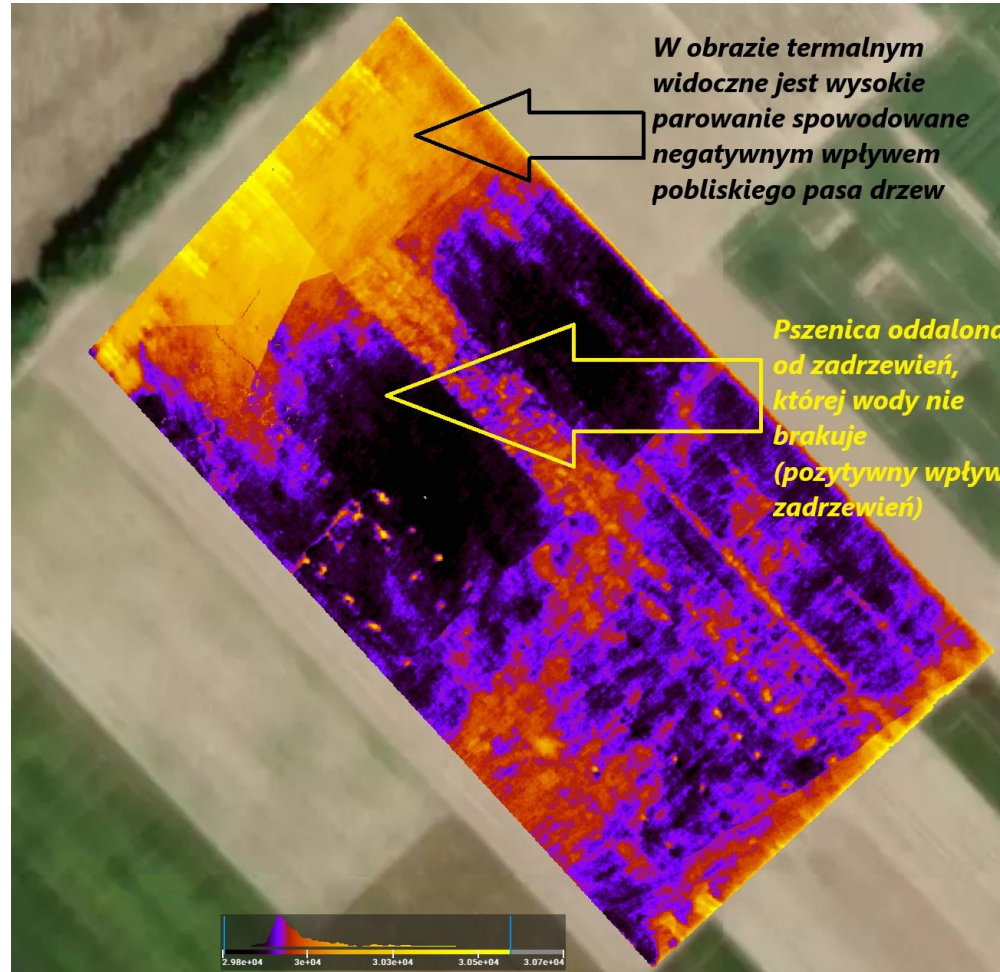


# Analiza pod kątem wystąpienia chorób (obraz NDVI)





# Analiza pod kątem warunków wilgotnościowych (obraz LIWR)



# Analiza pod kątem zachwaszczenia poligonu

# Podsumowanie

Analiza zobrażeń spektralnych dostarcza istotnych informacji, doskonale nadających się do wykorzystania nad określeniem oceny ogólnej kondycji roślin. Na krzywą odbicia spektralnego wpływ ma wiele czynników nieuwzględnionych w prezentacji jak np. właściwości fizykochemiczne gleb w tym odczyn i zawartość próchnicy czy wybór materiału siewnego (zmienność odmianowa), które w głównej mierze determinują ostateczny plon.



## 4. Wykonanie analizy SWOT dronów w rolnictwie (głównie opryskowych)

**Drony opryskowe** to zaawansowane narzędzia technologiczne, które zyskują na popularności w rolnictwie 4.0 (precyzyjnym). Systemowa analiza SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) pozwala ocenić ich efektywność, potencjał rozwoju oraz wyzwania związane z ich wdrożeniem.



# Mocne strony (Strengths)

- 1. Precyzja aplikacji- drony mogą aplikować środki ochrony roślin z wysoką dokładnością, co zmniejsza zużycie śor i ogranicza negatywny wpływ na środowisko**
- 2. Oszczędność czasu- Misje opryskowe przeprowadzane za pomocą dronów opryskowych są znacznie szybsze w porównaniu z tradycyjnymi metodami (w zależności od ukształtowania terenu)**
- 3. Dostępność w trudnym terenie- Drony opryskowe są idealnym rozwiązaniem w nierównym terenie (trudno dostępnym terenie) w porównaniu z ciężkimi maszynami rolniczymi które mogą mieć trudności w manewrowaniu, potrzebują dróg technologicznych oraz potrzebują zwięzłego gruntu by wjechać w pole**
- 4. Zmniejszony negatywny wpływ na środowisko glebowe- Drony nie powodują zagęszczenia gleby oraz jej degradacji w porównaniu do metod tradycyjnych (zestaw ciągnik z opryskiwaczem)**
- 5. Redukcja kosztów operacyjnych- W dłuższym okresie eksploatacji drony mogą okazać się ekonomicznie bardziej opłacalne ponieważ mogą obniżyć ilość zużycia śor lub innych środków wykorzystanych podczas produkcji roślinnej tym samym obniżając koszty gospodarstwa**

# Słabe strony (Weaknesses)

- 1. Ograniczona pojemność- Większość dronów ma ograniczoną ładowność oraz stosunkowo krótki czas eksploatacji podczas misji**
- 2. Stosunkowo wysokie koszty początkowe- Inwestycja w drona opryskowego w tym akcesoria takie jak ładowarka połowa czy pakiety baterii mogą być drogie.**
- 3. Występowanie stref powietrznych- Ograniczeniem w stosowaniu dronów może być wystąpienie stref powietrznych w okolicach gospodarstwa rolnego, które dodatkowo utrudniają zdobycie pozwolenia na wykonanie lotu lub potrzebne jest przedstawianie planu lotu na wiele dni przed wykonaniem lotu co podczas wykonywania zabiegów np. pestycydowych może być uciążliwe**
- 4. Wrażliwość dronów na czynniki atmosferyczne- drony w zależności od rodzaju wykonywanej misji mogą być mniej lub bardziej podatne na warunki atmosferyczne.**
- 5. Regulacje prawne związane z dronami opryskowymi- wg przepisów prawnych obecnie obowiązujących w kraju opryski agrolotnicze są zakazane z nielicznymi wyjątkami**
- 6. Wykorzystanie cieczy roboczych- Na rynku krajowych występuje bardzo mało środków ochrony roślin dopuszczonych do stosowania w agrolotnictwie co wpływa niekorzystnie na ilość możliwych do wykonania zabiegów**

# Szanse (Opportunities)

- 1. Rozwój technologii dronów opryskowych- Wciąż rozwijająca się branża nowych technologii wykorzystywanych do produkcji pakietów baterii o dużej mocy może poprawić wydajność dronów o napędzie elektrycznym. Rozwijanie nawigacji (dokładnego pozycjonowania) czy coraz większe możliwości analizy danych z funkcjami AI i IoT mogą poprawić autonomię dronów**
- 2. Wzrost zainteresowania Rolnictwem 4.0- globalne trendy w rolnictwie precyzyjnym wspierają rozwój i adaptację dronów opryskowych na świecie**
- 3. Subwencje i dotacje rządowe- Coraz większe środki przeznaczane na krajowy rozwój rolnictwa precyzyjnego w tym zakup dronów wpływają pozytywnie na zastosowanie dronów w rolnictwie**
- 4. Szerokie spektrum zastosowań dronów- do niedawna drony wykorzystywane w rolnictwie ograniczały się tylko do obserwacji pól kamerami RGB drony zaczęto wyposażać w kamery do monitorowania upraw w obrazie bliskiej podczerwieni Również drony opryskowe często wyposażane są w dodatkowe akcesoria opcję wymiany zbiornika z cieczą na zbiornik do granulacji (nawożenia) czy rozrzucania materiału biologicznego (zrzut)**
- 5. Integracja z systemami IoT (Internetu Rzeczy)- Wykorzystanie danych pochodzących z różnego rodzaju czujników zamontowanych na polu**



# Zagrożenia (Threats)

- 1. Zwiększona konkurencja na rynku- Szybki rozwój technologii może prowadzić do nasycenia rynku i obniżenia marż dla producentów dronów**
- 2. Obawy społeczne i środowiskowe- Zastosowanie nowych technologii agrolotniczych może być szeroko krytykowane szczególnie przez starsze pokolenie rolników z powodu np. zachowania prywatności, bezpieczeństwa stosowania dronów, negatywny wpływ na środowisko spowodowane potencjalnymi znosami cieczy roboczej**
- 3. Złożoność regulacyjna- wprowadzanie wciąż nowszych technologii oraz zastosowanie różnych przepisów prawnych w zależności od kraju EU mogą prowadzić do opóźnień we wdrażaniu najnowszych technologii w czasie rzeczywistym**
- 4. Awaryjność systemów bezzalogowych oraz bezpieczeństwo użytkowania- Usterki techniczne, awarie elektroniki lub niewłaściwa obsługa i konserwacja mogą prowadzić do uszkodzeń w zaawansowanych systemach dotyczących obsługi lotu (zasilanie drona, komputer sterujący, czujniki, awionika, mikropęknięcia w konstrukcji czy poszyciu statków powietrznych, podajnik cieczy- pompy, atomizery itp.)- w dronie jest bardzo dużo elementów zależnych od siebie, które mogą ulec awarii i być przyczyną problemów podczas np. wykonywania misji.**
- 5. Zależność od infrastruktury- zagłuszanie sygnału GPS w różnych miejscach w kraju może ograniczać możliwości zastosowania dronów a tym samym efektywność operacji agrolotniczych.**

*Dziękuję za uwagę*

*Tytus Berbeć-*

*Zakład Biogospodarki i Agrometeorologii, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa- Państwowy Instytut Badawczy*



# Bibliografia

Źródło: <https://agronomist.pl/artykuly/teledetekcyjne-wskazniki-roslinnosci>

Źródło: [https://www.researchgate.net/figure/Spectral-response-curve-for-the-Micasense-RedEdge-camera-The-colors-of-the-lines\\_fig4\\_318325581](https://www.researchgate.net/figure/Spectral-response-curve-for-the-Micasense-RedEdge-camera-The-colors-of-the-lines_fig4_318325581)

Źródło: <https://agronomist.pl/artykuly/teledetekcyjne-wskazniki-roslinnosci>

Źródło: <https://www.farmer.pl/produkcja-roslinna/zboza/usda-prognoza-wiekszej-swiatowej-produkcji-pszenicy-i-zboz-paszowych,113877.html>

Źródło: [https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-a-typical-plant-leaf-showing-patterns-of-transmission-absorption-and\\_fig2\\_266218822](https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-a-typical-plant-leaf-showing-patterns-of-transmission-absorption-and_fig2_266218822)

Źródło: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://depotuw.ceon.pl/bitstream/handle/item/2314/1900-DR-GF-137396.pdf?sequence=1>

Źródło: [agronomist.pl](https://agronomist.pl)

Źródło: <https://ecowall24.pl/plakaty-147-natura-a-272878338-widok-z-lotu-ptaka-na-polu-podczas-zmierzchu-krajobraz-z-drona-krajobraz-rolniczy-z-powietrza-rolnictwo-obraz.html>

Źródło: <https://www.aerospacetestinginternational.com/news/technology/drones-and-photogrammetry-are-being-used-to-identify-foreign-objects-on-runways-at-us-airports.html>

Źródło: <https://colidrone.pl/ortofotomapa-i-dtm>

Źródło: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/http://geoinformatics.uw.edu.pl/wp-content/uploads/sites/26/2014/03/TS\\_v30\\_041\\_Pawlak\\_6M.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/http://geoinformatics.uw.edu.pl/wp-content/uploads/sites/26/2014/03/TS_v30_041_Pawlak_6M.pdf)

Źródło: <http://laboratoria.net/artykul/20388.html>

Źródło: <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/9/2392#>

Źródło: <https://agronomist.pl/artykuly/ndvi-czym-jest-i-jak-korzystac-z-tego-wskaznika>

Źródło: <https://navigate.pl/blog/ocena-rozkladu-przestrzennego-temperatury-powierzchni-czynnej-na-uprawie-lesnej-case-study/>

Źródło: <https://agronomist.pl/artykuly/ndvi-czym-jest-i-jak-korzystac-z-tego-wskaznika>

Źródło: [https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Operations/Sentinel-2\\_operations](https://www.esa.int/Enabling_Support/Operations/Sentinel-2_operations)

Zdjęcie 1 Grzegorz Durło, Navigate

Zdjęcie 2 <https://agrostal.com.pl/produkt/opryskiwacz-biardzki-300l-12m-lanca-caro-nowosc/>