

Praktyczne możliwości wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych (BSP) w produkcji i ochronie roślin



Roman Kierzek

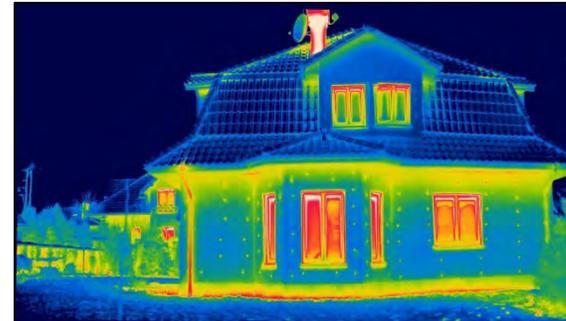
dr hab. Prof. IOR-PIB
Zakład Herbologii i Techniki Ochrony Roślin
r.kierzek@ior.pib.poznan.pl
www.ior.poznan.pl

Konferencja pt: „ Wykorzystanie dronów naziemnych i powietrznych w rolnictwie”
IUNG-PIB Puławy, 26 październik 2023 r.



Do czego można wykorzystać bezzałogowe statki UAV (drony)?

- Fotoinspekcje obiektów budowlanych szczególnie dachów
- Inspekcje elektrowni wiatrowych
- **Monitoring pól uprawnych i wspomaganie zabiegów z użyciem ś.o.r**
- Wizualizacja terenów inwestycyjnych
- Nadzór inwestycji budowlanych
- Monitoring obiektów miejskich
- **Monitoring lasów czy stanu rzek**
- Kontrola obiektów użytku publicznego
- Kontrola obiektów inżynieryjnych
- Prezentacje obiektów, np. hotele, restauracje, boiska.



Wykorzystanie teledetekcji i dronów w rolnictwie:

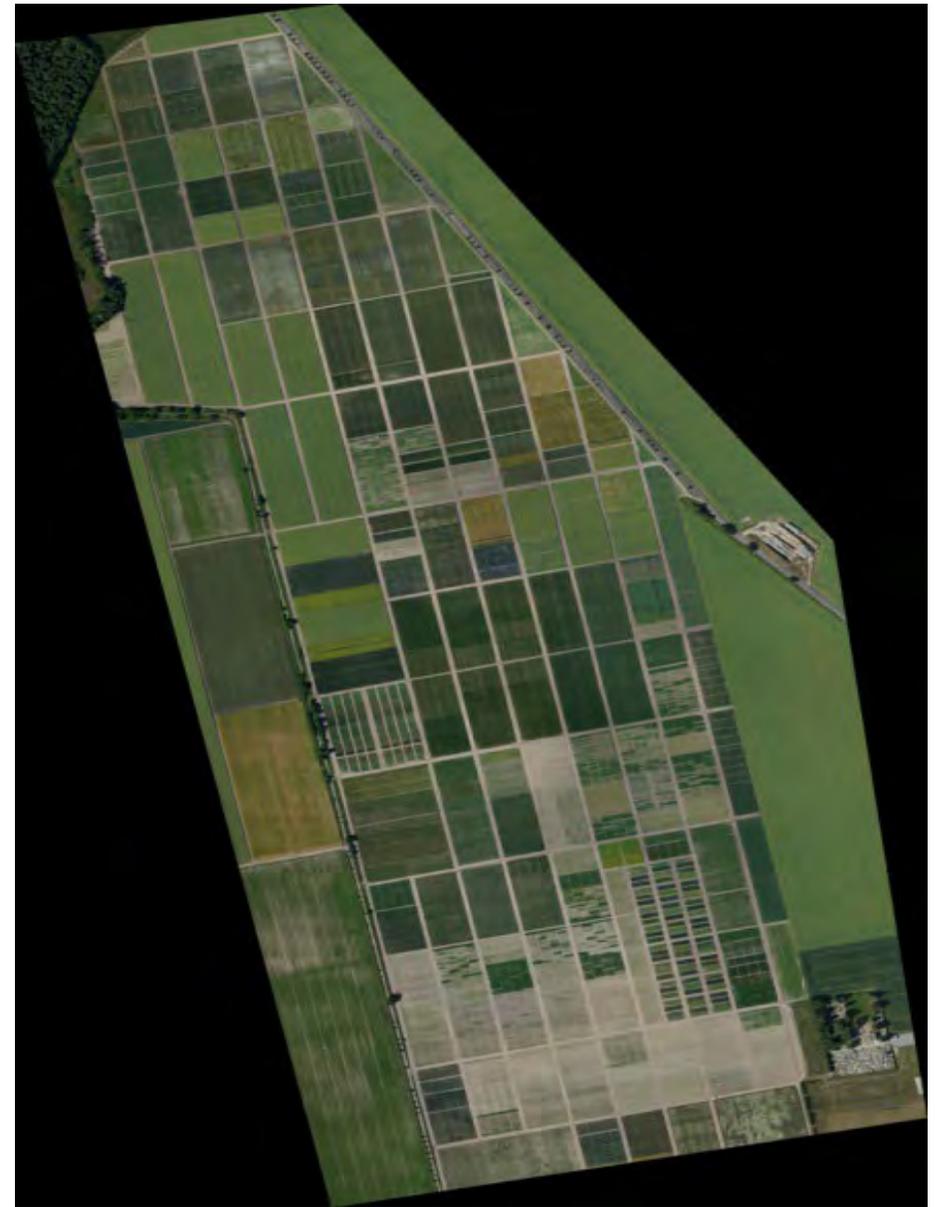
- ✓ Mapa zmiennego nawożenia, np. azotem
- ✓ Badanie stresu wodnego
- ✓ **Monitoring wskaźnika biomasy, zawartości chlorofilu**
- ✓ **Mapy zachwaszczenia pól**
- ✓ Dawkowanie substancji pokarmowych
- ✓ Monitoring stanu zdrowotnego roślin
- ✓ Monitoring kondycji roślin
- ✓ **Monitoring zmienności we wzroście roślin**



Kamera wielospektralna ADC-snap



Przekształcona
mapa pod
wskaźnik NDVI

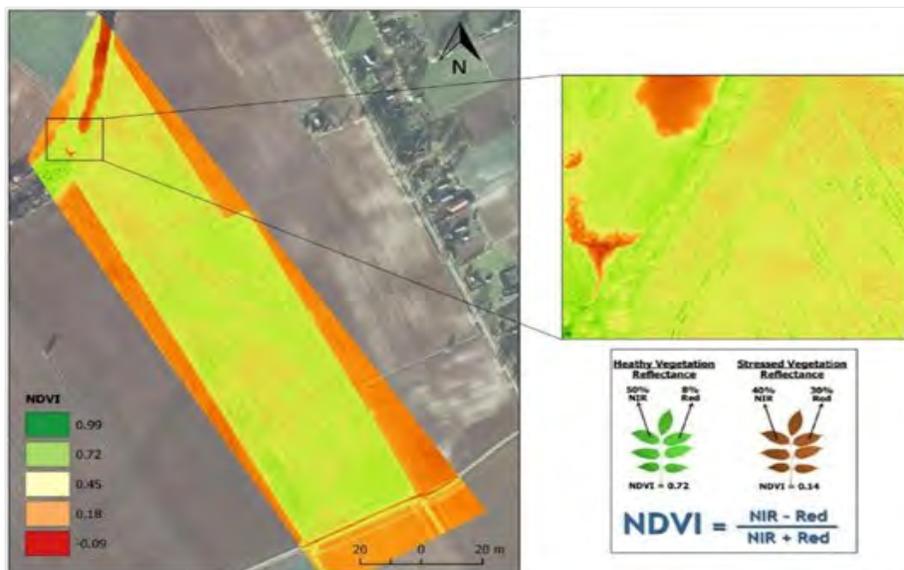


Mapa poletek doświadczalnych w TSD IOR-PIB w Winnej Górze (2015)

ANALIZA WSKAŹNIKÓW ROŚLINNYCH

Teledetekcyjne wskaźniki roślinne – ilościowe wskaźniki zawartości danej substancji. Oblicza się je za pomocą matematycznych zależności wartości odbicia spektralnego w poszczególnych kanałach. Wskaźniki te charakteryzują wybrane właściwości badanych upraw.

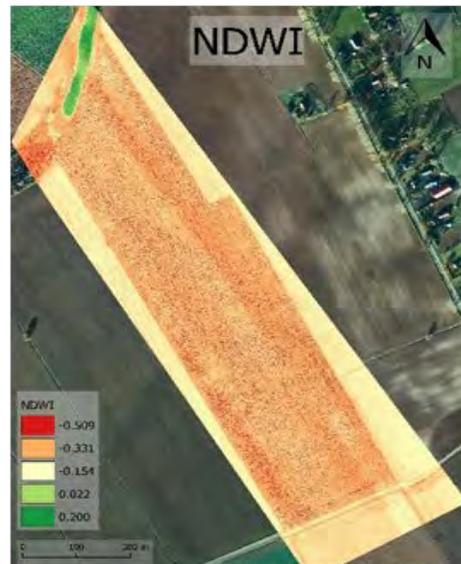
Wskaźnik zawartości chlorofilu



$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Wskaźnik wegetacyjny niweluje efekt tła glebowego

Wskaźnik zawartości wody

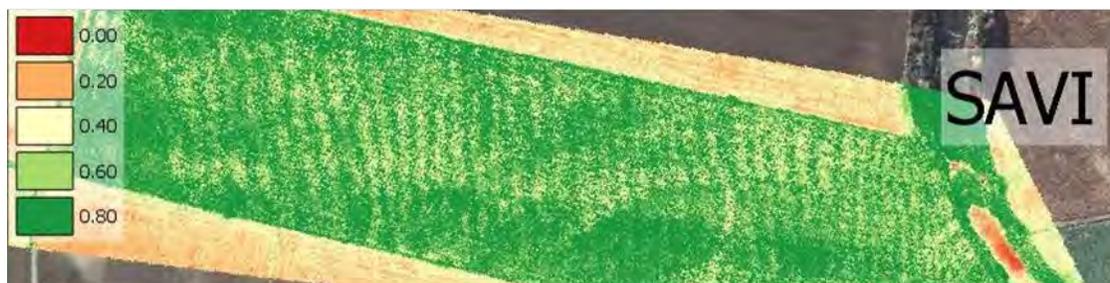


$$gNDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$$

Wskaźnik wegetacyjny



$$STVI = \frac{NIR * GREEN}{RED}$$



$$SAVI = \frac{(NIR - RED)(1 + L)}{NIR + RED + L}$$

$$DVI = RED - NIR$$

Red – kanał czerwony

NIR- kanał bliskiej podczerwieni

1. Wykorzystanie systemów detekcji spektralnej do oceny kondycji zbóż ozimych w warunkach zmiennej agrotechniki i zachwaszczenia
2. Określenie przydatności detekcji (wskaźników roślinnych) do oceny zachwaszczenia kukurydzy
3. **Wykorzystanie bezzałogowych jednostek latających (UAV) do zabiegów aplikacji agrochemikaliów.**

Ocena konkurencyjnego oddziaływania zachwaszczenia w uprawach zbóż ozimych poprzez wykorzystanie nowoczesnych technik detekcji spektralnej, z uwzględnieniem analizy wskaźników roślinnych (np. LAI, SPAD, NDVI, gINDEX i inne).



Technologie (systemy detekcji spektralnej) w badaniach wykorzystywane były m.in. do:

- prognozowania plonowania upraw,
- **oceny kondycji i roślin uprawnych,**
- **oceny szkodliwości agrofagów w tym oceny zachwaszczenia i obserwacji konkurencyjności roślin zbóż względem chwastów,**
- wyznaczania błędów w agrotechnice,
- **opracowywania skutecznych strategii odchwaszczania w oparciu o precyzyjne aplikowania herbicydów (zmiennie dawki i tylko tam gdzie konieczne)**



Wykorzystanie systemów detekcji spektralnej do oceny kondycji zbóż ozimych w warunkach zmiennej agrotechniki i zachwaszczenia



Model 3D –
brytowy bez grafiki



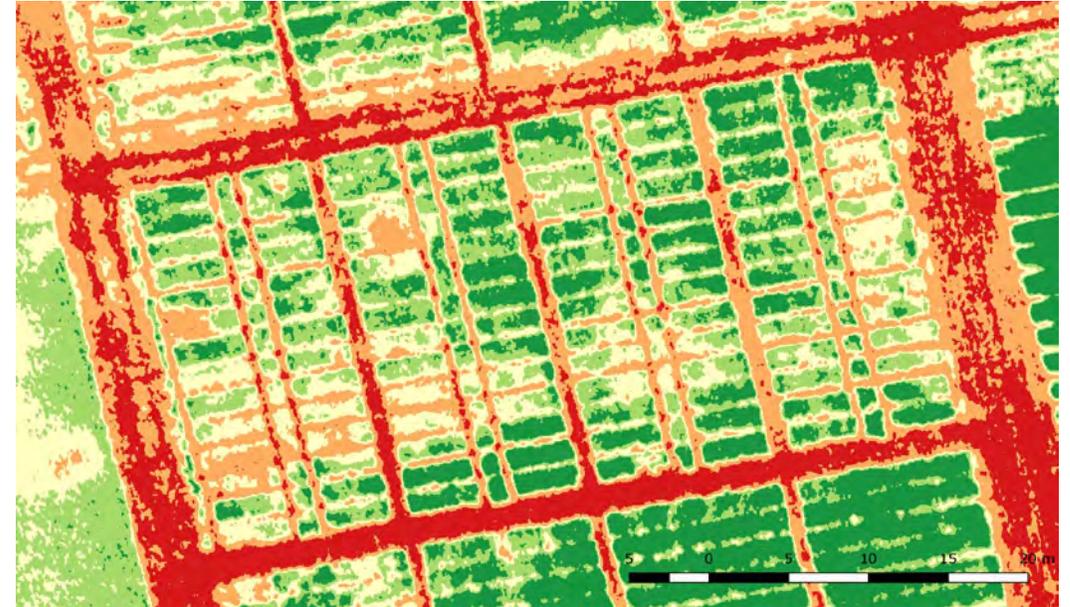
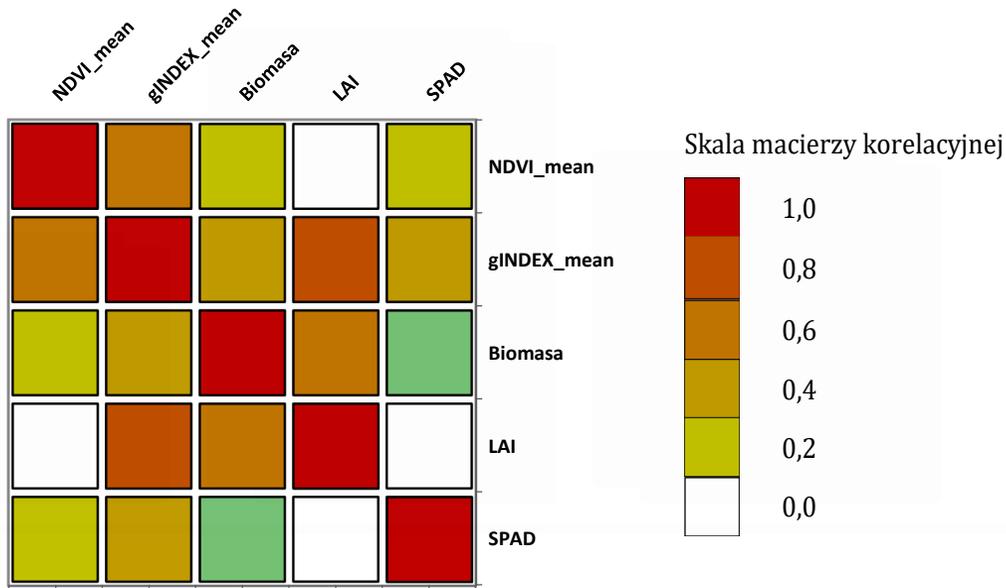
sam LOLMU

Część B (siew czysty)- **Kontrola** - **Część A** (z symulowanym zachwaszczeniem –życa wielokwiatowa - *Lolium multiflorum*)

Wykorzystanie systemów detekcji spektralnej do oceny kondycji zbóż ozimych w warunkach zmiennej agrotechniki i regulowanego zachwaszczenia

Przykładowe wyniki badań (2016)

Przekształcona scena z pozycji dronowej do wskaźnika gINDEX (pokrycie obszaru roślinnego – zieloność liści) eksponuje tylko barwę zieloną. Obraz z wysokości 400 m.n.p.g. zarejestrowana w kompozycji CIR z podziałem na poszczególne kombinacje doświadczalne

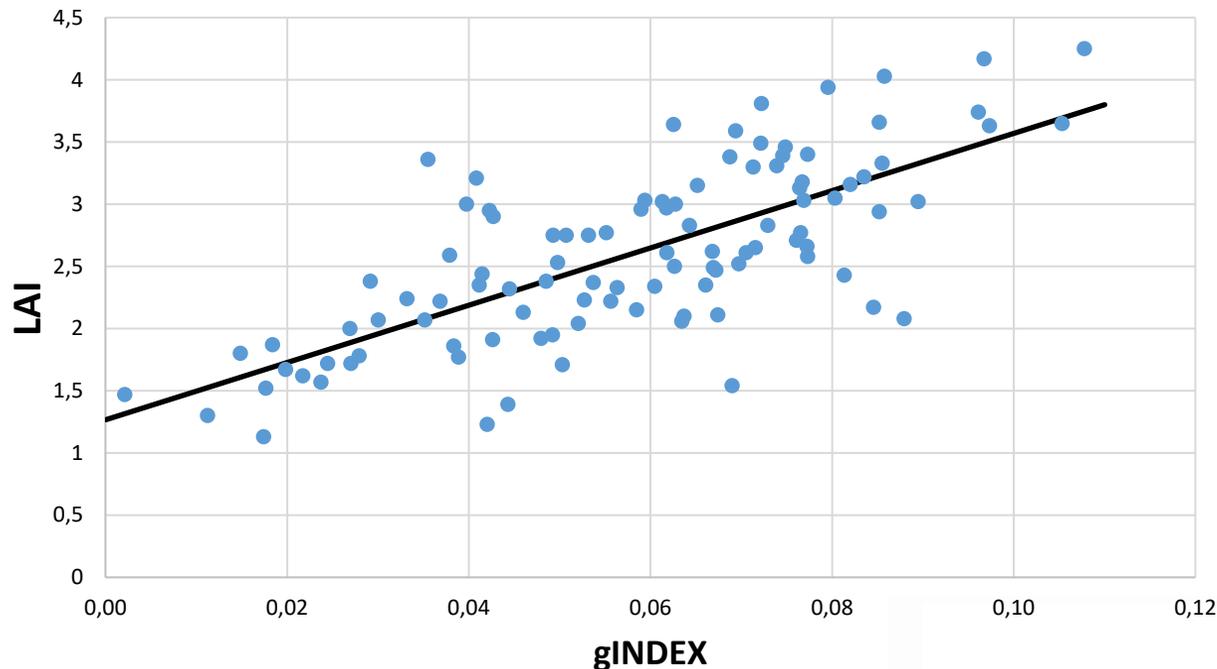


Macierz korelacyjna (-1; +1) przedstawiającą siłę powiązań poszczególnych wskaźników i pomiarów dla obszaru doświadczenia zbożowego. Pogrubioną czcionką przedstawiono istotne korelacje między badanymi kombinatami

Variables	NDVI	gINDEX	Biomasa	LAI	SPAD
NDVI	1	0,408	0,199	0,067	0,171
gINDEX	0,408	1	0,370	0,731	0,315
Biomasa	0,199	0,370	1	0,448	-0,113
LAI	0,067	0,731	0,448	1	0,078
SPAD	0,171	0,315	-0,113	0,078	1

Values in bold are different from 0 with a significance level alpha=0,05

Krzywa wzorcowa dla wskaźnika LAI – index powierzchni liści ze wskaźnikiem gINDEX (pokrycie obszaru roślinnego) oraz współczynnik determinacji R^2



LAI x gINDEX

Wzór regresji: $LAI = 1,26682 + 23,03717 * gINDEX$

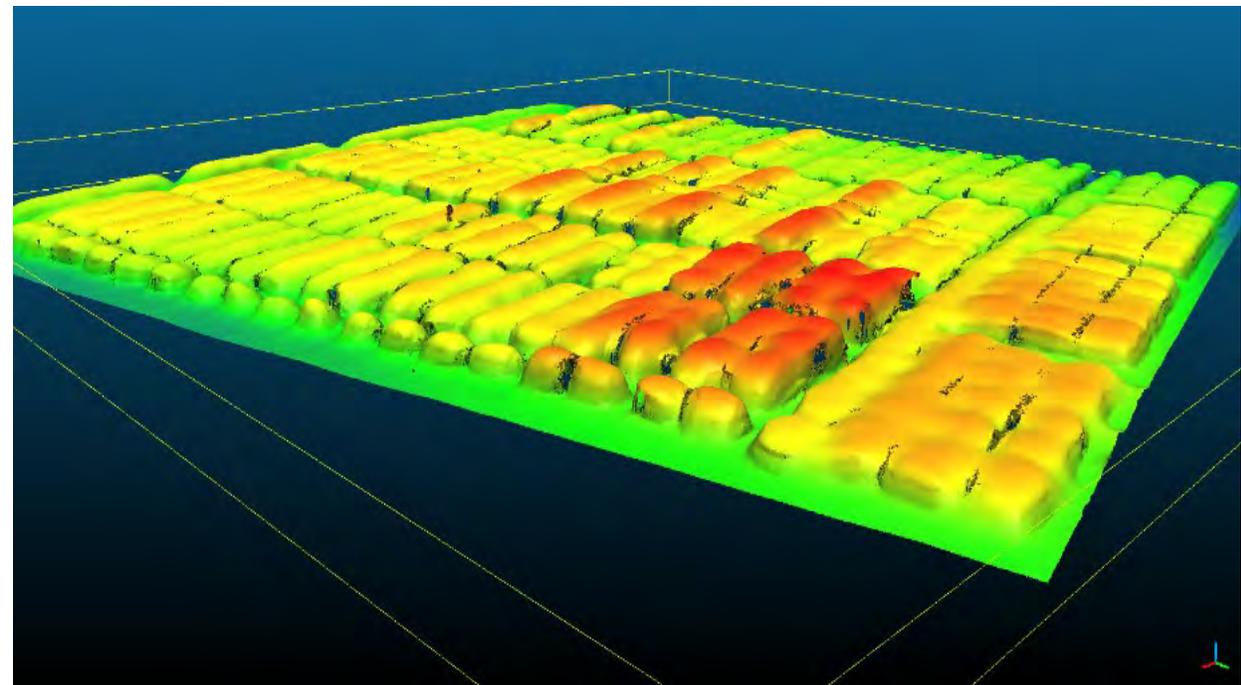
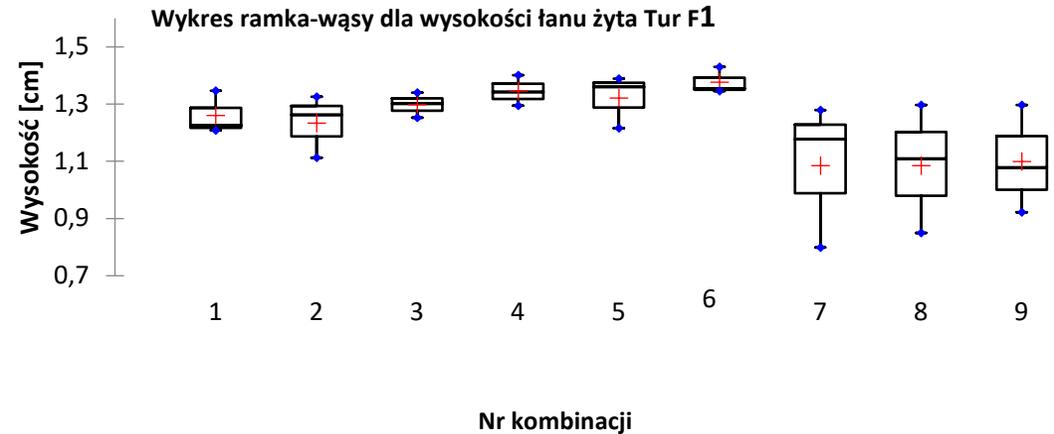
Współczynnik determinacji (R^2): **0,535**

Macierz współczynnika determinacji z krzywych regresji (0; +1) informujące w jakim stopniu, z jaką siłą dane są tłumaczone przez krzywą wzorcową dla poszczególnych wskaźników i pomiarów z obszaru doświadczenia zbożowego. Pogrubioną czcionką przedstawiono istotne wartości determinacji między badanymi kombinatami

Variables	NDVI	gINDEX	Biomasa	LAI	SPAD
NDVI	1	0,166	0,040	0,005	0,029
gINDEX	0,166	1	0,137	0,535	0,099
Biomasa	0,040	0,137	1	0,201	0,013
LAI	0,005	0,535	0,201	1	0,006
SPAD	0,029	0,099	0,013	0,006	1

Pomiar wysokości łanu dla żyta Tur F1 (konkurencyjne oddziaływanie: roślina uprawna - chwast modelowy)

Lp.	Obiekt dośw.	Norma wysiewu	Średnia wysokość roślin [m]	
1	A - z chwastem modelowym	250 szt./m ² (standard)	1,26	AB
2	A - z chwastem modelowym	175 szt./m ² (-30%)	1,23	AB
3	A - z chwastem modelowym	325 szt./m ² (+30%)	1,30	AB
4	B - siew czysty	250 szt./m ² (standard)	1,35	A
5	B - siew czysty	175 szt./m ² (-30%)	1,32	A
6	B - siew czysty	325 szt./m ² (+30%)	1,38	A
7	Kontrola (zachwaszczona)	250 szt./m ² (standard)	1,08	B
8	Kontrola (zachwaszczona)	175 szt./m ² (-30%)	1,09	B
9	Kontrola (zachwaszczona)	325 szt./m ² (+30%)	1,10	B



Określenie przydatności teledetekcji (wskaźników roślinnych) do oceny zachwaszczenia kukurydzy

Mechaniczno-chemiczne metody zwalczania chwastów z wykorzystaniem łącznego stosowania agrochemikaliów (WYBRANE WYNIKI BADAŃ)

Korelacja wskaźników roślinnych z danymi naziemnymi
(2017)

Wskaźniki	Plon [t/ha]	Masa roślin kukurydzy [g] 29.07.	Wysokość roślin [cm] 29.07.	Masa chwastów [g]
GRVI	-0,267	-0,244	-0,149	0,181
GNDVI	-0,409	-0,295	-0,285	0,432
NDVI	-0,443	-0,305	-0,277	0,502
SAVI	-0,471	-0,386	-0,320	0,463
SR (RVI)	-0,479	-0,405	-0,337	0,468
DVI	-0,682	-0,541	-0,546	0,761

Porównanie wyników oceny skuteczności zwalczania chwastów z wykorzystaniem różnych metod oceny (korelacja wskaźnika DVI i pomiarów naziemnych) – średnio za lata 2014-2017

Kombinacja	wskaźnik DVI		Średnia skuteczność (%) – pomiary naziemne		
			rzędy	międzyrzędzia	łącznie
1	63,27	abc	49 ab	57 bc	53
2	64,31	abc	59 ab	61 abc	60
3	57,86	c	68 a	54 bc	61
4	72,16	abc	25 b	38 c	31
5	59,67	abc	70 a	73 ab	72
6	87,28	ab	49 ab	51 bc	50
7	58,32	bc	72 a	74 ab	73
8	57,15	c	90 a	90 a	90

Wskaźnik roślinny DVI najlepiej sygnalizował rozwój zachwaszczenia w uprawach rzędowych (np. kukurydza)

DVI (Difference Vegetation Index) określa różnicę w wegetacji. Indeks pozwala na rozróżnienie pomiędzy glebą a roślinnością.

DVI jest bardzo wrażliwy na zmiany tła gleby; może być stosowany do monitorowania ekologicznego środowiska roślinności. DVI określa ilość zielonej roślinności, dzięki której można przewidzieć produkcję pierwotną netto.



Wykorzystanie bezzałogowych jednostek latających (UAV) do zabiegów aplikacji agrochemikaliów.



Wykorzystanie nawigacji satelitarnej, sterowanie laserowe, czy wykorzystanie bezałogowych statków powietrznych (UAV) drony - elementy wykorzystywane w dobrze zorganizowanych gospodarstwach.



Przyszłość - uzupełnienie /zastąpienie standardowych zabiegów naziemnych z wykorzystaniem dronów

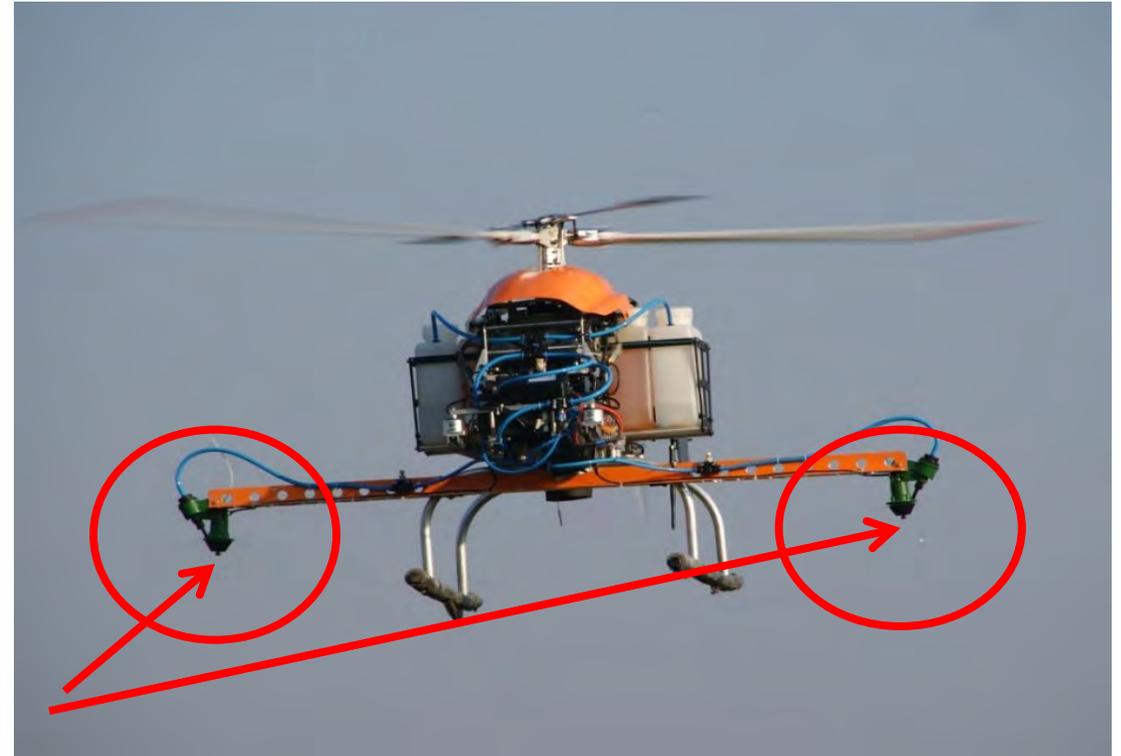


Wykorzystanie bezzałogowych jednostek latających (UAV) do zabiegów aplikacji agrochemikaliów

Aquila – „dron” na bazie helikoptera stworzony przez polską firmę UAVS Poland z Krakowa. Jest to autonomiczny bezzałogowiec wykonujący samodzielne pionowy start, lot po wyznaczonej trasie i pionowe lądowanie.

Przykład UAV do aplikacji środków ochrony roślin - przyszłość bliska czy daleka ??

- wyposażony w kamerę FPV przesyła obraz razem z dźwiękiem w czasie rzeczywistym do naziemnej bazy na odległość do 30km
- jest w stanie utrzymywać się w powietrzu przez ok. 2h
- maksymalny pułap lotu to 1500 m
- Waga do 32kg
- Całkowity udźwig to 10 kg cieczy użytkowej (dane 2015 rok)



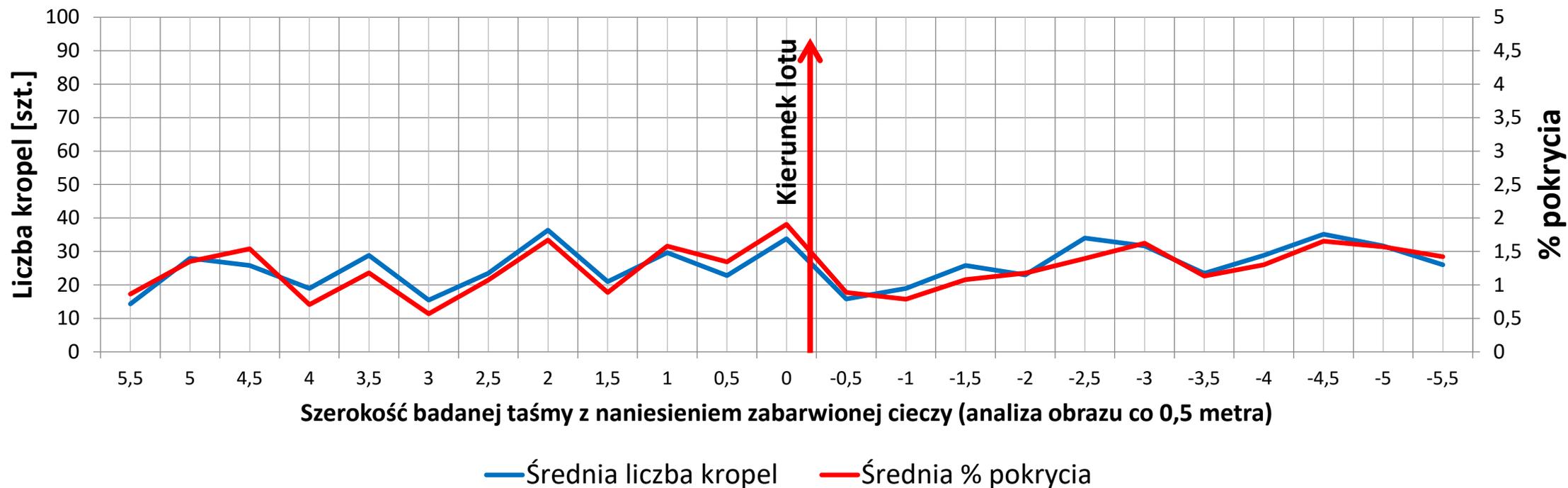
Belka robocza o szerokości 1,5 m, wyposażona w atomizery Micromax przeznaczony do aplikacji ś.o.r.

Atomizer Micromax wytwarzający krople w szerokim regulowanym zakresie **75–300 μm** , zapewniając dawkę cieczy użytkowej **od 10 do 80 l/ha** (w zależności od prędkości obrotowej dysku: 2000–5000 obr./min),

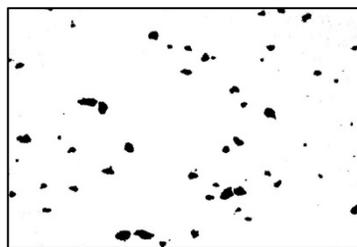
Drony wykorzystywane do aplikacji ś.o.r.

(Aquila - Belka robocza o szerokości 1,5 m, wyposażona w atomizery Micromax)

Rozkład cieczy użytkowej - na 11 metrach szerokości roboczej helikoptera analizowane z powierzchni 1 cm²



Analiza obrazu na powierzchni 1 cm ²	
Liczba kropeł [szt.]	% pokrycia
Średnia ± Odch. Std. (min. - maks.)	
25,79 ± 7,7803 (10 - 46)	1,25 ± 0,4204 (0,20 - 2,32)



Przykładowe pokrycie taśmy papierowej przez zabarwioną ciecz użytkową. Analiza na 1 cm²



Podatność kropeł na znoszenie		
Średnica kropeł (mikrometry)	Rodzaj opryskiwania	Odległość znoszenia kropeł (m)
400	grubokropliste	8.5
150	średniokropliste	22.0
100	drobnokropliste	48.0

Dla prędkości wiatru około 5 km/h (1,5 m/s) (Eric P. Prostko 1994)

Efekt biologiczny – całkowite zniszczenie chwastów (samosiewy zbóż)



Teren opryskany herbicydem Roundup 360 SL Plus w dawce 3 l/ha (10 l cieczy użytkowej na ha) z wykorzystaniem bezzałogowego helikoptera Aquila



Efekt znoszenia cieczy widoczny 5 metrów od krawędzi części zabiegowej

Podobne jednostki UAV do aplikacji ś.o.r na świecie

Największą potrzebę aplikacji śor za pomocą jednostek latających UAV mają kraje, gdzie dominują plantacje ryżu (Japonia i Chiny).



Japoński helikopter Yamaha RMAX łączy w sobie profesjonalne wykonanie i precyzyjne opryskiwanie. Uznanie zdobył nie tylko w uprawach ryżu, ale również w winnicach ze względu na tereny uprawy (skarpy)



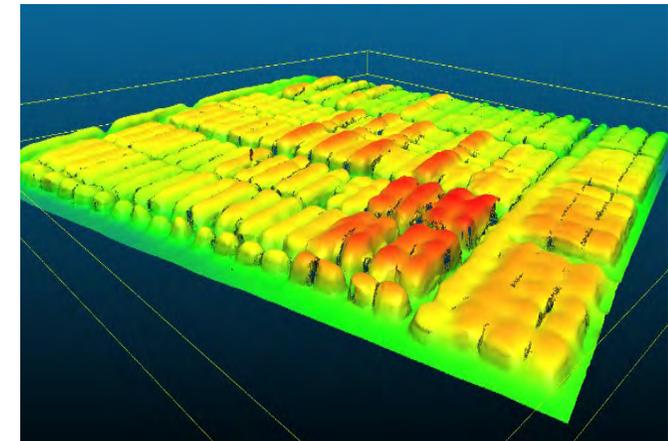
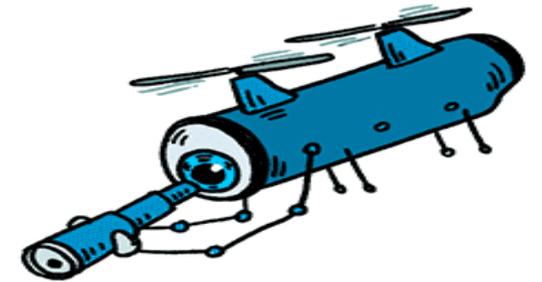
Wiatrakowce i drony wykorzystane do aplikacji  or ( rodek biologiczny – kruszynek na omacnicę prosowiankę)



PODSUMOWANIE

WYNIKI praktycznego wykorzystania dronów UAV w produkcji roślinnej

- Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych UAV w rolnictwie pozwala na opracowanie map pól uprawnych, a także precyzyjnie określić rozwój roślin uprawnych w trakcie wegetacji.
- Obrazowania spektralne z wykorzystaniem odpowiednio dobranych wskaźników roślinnych doskonale nadają się do analizy stanu fitosanitarnego upraw, oceny zachwaszczenia, konkurencyjnego oddziaływania roślin uprawa-agrofag, czy prognozowania **plonowania upraw (lub ponoszonych strat w plonie)**, jak i popełnionych błędów w agrotechnice.
- **Efekt sygnalizacyjny** → **jakie działania należy podjąć** (na bazie dostępnych danych spektralnych).



Praktyczne wykorzystania dronów UAV w ochronie roślin

- Drony UAV mogą znaleźć praktyczne zastosowanie do wybranych zabiegów opryskiwania upraw (rolniczych, sadowniczych, warzywnych, winorośli i innych). Dotyczy to stosowania wybranych zastosowań (bezpieczne ś.o.r., nawozy dolistne, biopreparaty, bionawozy, biostymulatory i inne).
- **Użycie dronów UAV do wykonywania zabiegów z użyciem agrochemikaliów uwarunkowane jest:**
 - dokonaniem zmian legislacyjnych w obowiązującym prawie,
 - ustaleniem granicznych kryteriów dopuszczenia dronów UAV do zabiegów opryskiwania (bezpieczeństwo zabiegów- znoszenie; skuteczność zabiegów z użyciem danej aparatury/technologii/systemu rozpylania i nanoszenia cieczy),
 - opracowaniem zasad testowania/atestacji/certyfikacji dostępnych na rynku dronów do wykonywania zabiegów ochronnych (np. na wzór badań opryskiwaczy w SKO),



Dziękuję za uwagę!



Odwiedź naszą stronę internetową
www.ior.poznan.pl



Znajdź nas na Facebooku
[@IORPoznan](https://www.facebook.com/IORPoznan)



Obserwuj nas na Twitterze
[@Instytut Ochrony Roślin - PIB](https://twitter.com/InstytutOchronyRoślin-PIB)



Subskrybuj nas na YouTube
[@Instytut Ochrony Roślin - PIB](https://www.youtube.com/InstytutOchronyRoślin-PIB)