

Metody wspomagające ocenę warunków wodnych na obiekcie melioracyjnym z zastosowaniem teledetekcji – projekt INOMEL, pakiet WP6

Wiesława Kasperska-Wołowicz
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy

Wykonawcy pakietu WP6:

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy



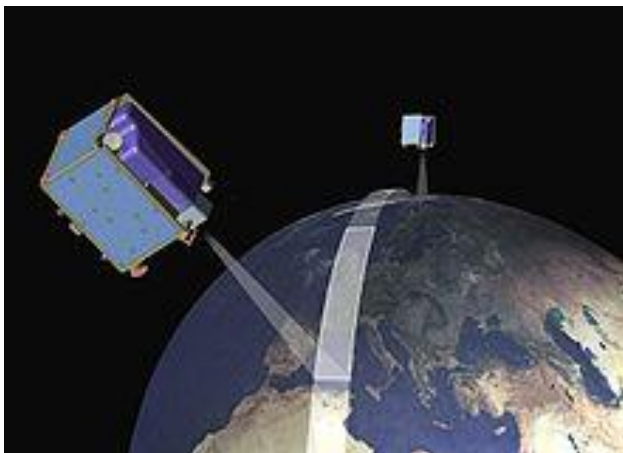
Agrocom Polska



Geofabryka



Metodyka oceny warunków wodnych obiektu opracowywana jest w oparciu o:



Metody satelitarne: Sentinel2

Metody lotnicze niskiego pułapu: obiekty bezzałogowe (UAV) wyposażone w kamerę wieloobiektywową i kamerę termalną



oraz: **pomiary naziemne „in situ”** wilgotności gleby, temperatury łanu w podczerwieni, LAI i elementów meteorologicznych

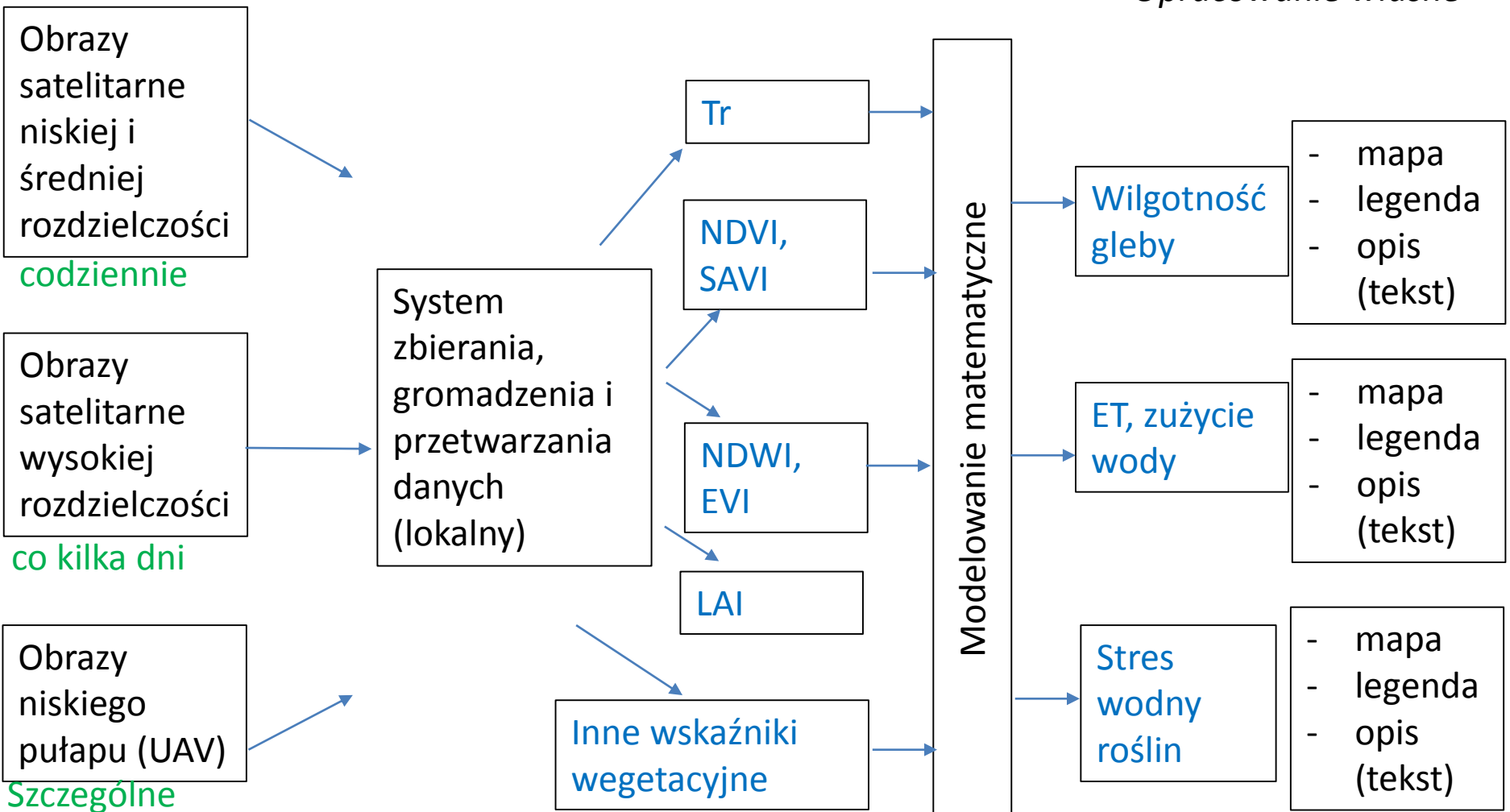


W ramach pakietu są opracowane, testowane i empirycznie zweryfikowane:

- wskaźniki wegetacyjne oraz stresu wodnego wyznaczone na podstawie zdjęć satelitarnych i lotniczych.
- modele wyznaczania wilgotności gleby i jej zróżnicowania przestrzennego z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych i lotniczych oraz GIS,
- modele wyznaczania ewapotranspiracji rzeczywistej na podstawie zdjęć satelitarnych i lotniczych, pozyskiwanej teledetekcyjnie temperatury radiacyjnej w podczerwieni oraz parametrów ze stacji meteorologicznych,

Koncepcja modułu monitoringu teledetekcyjnego obiektu melioracyjnego

Opracowanie własne



Szczególne przypadki (susza, podtopienie)

Teledetekcyjne wskaźniki wegetacji (VI)

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index
(pl. *Znormalizowany różnicowy wskaźnik roślinności*)

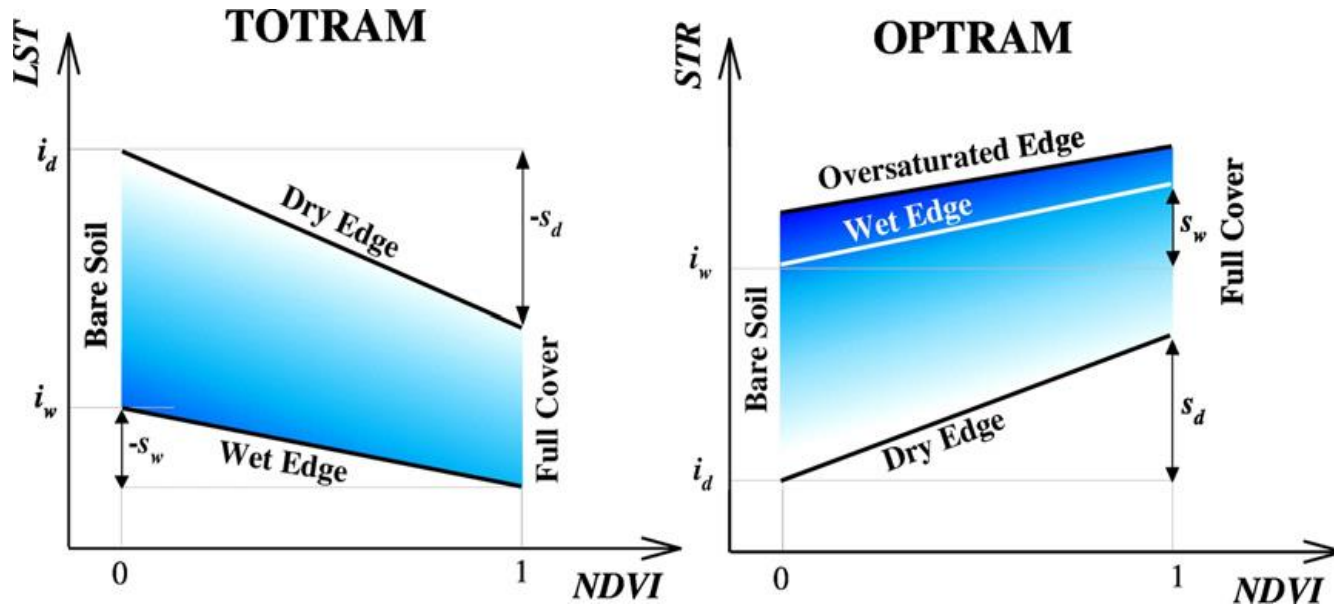
NDWI – Normalized Difference Water Index

MSI (Moisture Stress Index)

SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)

EVI (Enhanced Vegetation Index)

Metodyka szacowania i oceny wilgotności gleby z zastosowaniem teledetekcji

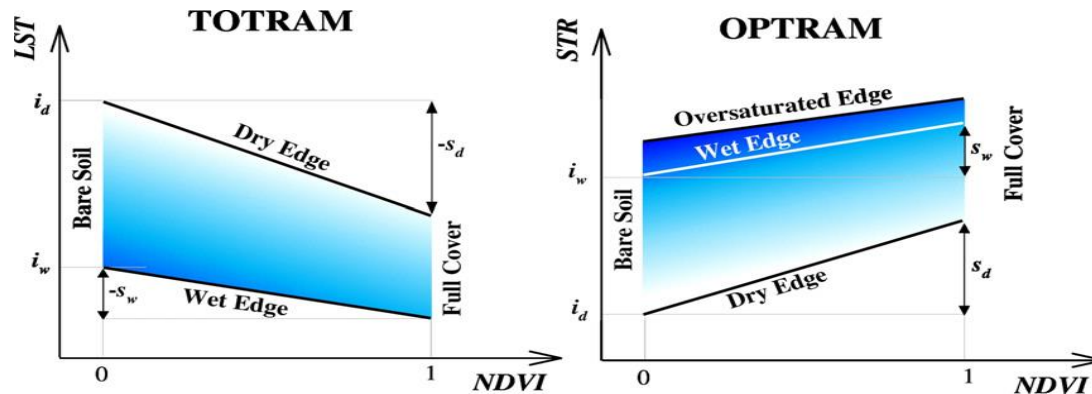


Źródło: Sadeghi i in. 2017

Rys. 1.

Szkic ilustrujący parametry termiczno-optycznego modelu trapezowego TOTRAM i optycznego modelu trapezowego OPTRAM. TOTRAM i OPTRAM sparametryzowano na podstawie rozkładów pikseli w przestrzeni LST-NDVI i przestrzeni STR-NDVI, NDVI jest znormalizowanym wskaźnikiem wegetacji, LST jest temperaturą powierzchni ziemi, a STR jest przekształconym współczynnikiem odbicia SWIR.

Metodyka szacowania i oceny wilgotności gleby z zastosowaniem teledetekcji



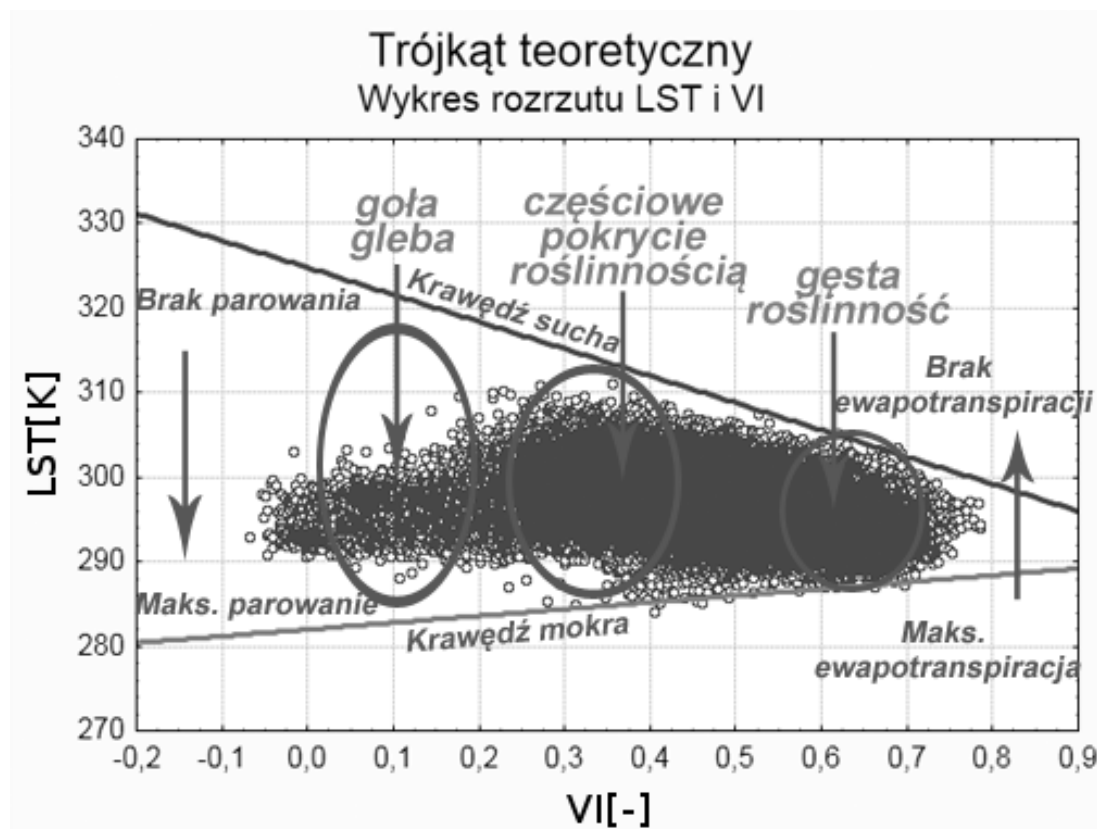
Metodologia metod TOTRAM i OPTRAM opiera się na rozkładzie pikseli w wykresie punktowym dwóch zmiennych. Jedną zmienną stanowi wartość wskaźnika wegetacji (np. NDVI). Drugą zmienną w przypadku metody TOTRAM jest temperatura powierzchni ziemi (LST, ang. land surface temperature), w przypadku metody OPTRAM jest przekształcone odbite krótkofalowe promieniowanie w podczerwieni (STR, ang. shortwave infrared transformed reflectance).

Zakłada się, że wykresy punktowe zależności NDVI- LST lub NDVI-STR układają się w kształt trapezu (rys. 1). Piksele, które odpowiadają glebie nasyconej znajdują się na górnej krawędzi trapezu (mokra krawędź, ang: wet edge), piksele odpowiadające suchej glebie położone są na dolnej krawędzi trapezu (sucha krawędź, ang: dry edge). Optymalny sposób, aby zidentyfikować krawędzie suchą i mokrą to kontrola wzrokowa.

Metoda trójkąta

Metoda trójkąta (z ang. Triangle Method) służy do wyznaczania indeksu suszy TVDI (Temperature Vegetation Dryness Index). Metoda bazuje na analizie wykresów rozrzutu temperatury powierzchni i wybranego indeksu wegetacyjnego.

Metoda wykorzystująca podczerwień termalną łącząca informację o temperaturze powierzchni z indeksami wegetacyjnymi.



(źródło: Przeździecki 2018)

Metody szacowania ETa w teledetekcji:

- z wykorzystaniem zależności między wartościami wskaźników wegetacji (np. NDVI) i współczynnika roślinnego K_c ,
- z bilansu energetycznego z wykorzystaniem temperatury w podczerwieni.

CWSI (ang. *Crop Water Stress Index*).

$$CWSI = \frac{(T_s - T_{Cold})}{(T_{Hot} - T_{Cold})}$$

gdzie:

T_s – temperatura powierzchni łąnu na obszarze uprawnym,

T_{Cold} – temperatura dobrze nawodnionego piksela, który jest prawie w całości pokryty roślinnością (zimny piksel),

T_{Hot} – temperatura piksela pokrytego roślinnością uprawną z maksymalnym stresem wodnym (gorący piksel).

Ewapotranspiracja – zużycie wody przez rośliny

$$ET_p = k_c \cdot E_{To}$$

$$ET_a = k_c \cdot k_s \cdot E_{To}$$

gdzie:

ET_p – ewapotranspiracja potencjalna (bez ograniczenia dostępu wody dla roślin),

ET_a – ewapotranspiracja aktualna (ograniczony dostęp wody dla roślin),

E_{To} – ewapotranspiracja wskaźnikowa wg Penman-Monteith,

k_c – współczynnik roślinny,

k_s – współczynnik glebowo-wodny.

Szacowanie ET w teledetekcji:

- z wykorzystaniem zależności między VI a k_c ,
- z bilansu energetycznego.

sześć obiektów melioracyjnych w Polsce, w regionach: kujawsko-pomorskim, mazowieckim i wielkopolskim.

- na użytkach zielonych



- na gruntach ornych



pomorskie Gdańsk

warmińsko-mazurskie

zachodniopomorskie

Bydgoszcz

kujawsko-pomorskie

podlaskie

Poznań

wielkopolskie

Obszar 9

Warszawa

Polska

mazowieckie

Łódź

województwo łódzkie

Lublin

województwo dolnośląskie

Wrocław

© 2009 GeoBasis-DE/BKG
© 2018 Google
US Dept of State Geographer
Image Landsat / Copernicus

Google

Użytki zielone nawadniane podsiękowo – obiekt Czarny Rów, kujawsko-pomorskie



Grunty orne – obiekt drenarski Kolonia Bodzanowska, kujawsko-pomorskie






Obszar 4

Obszar 5

Kolonia Bodzanowska

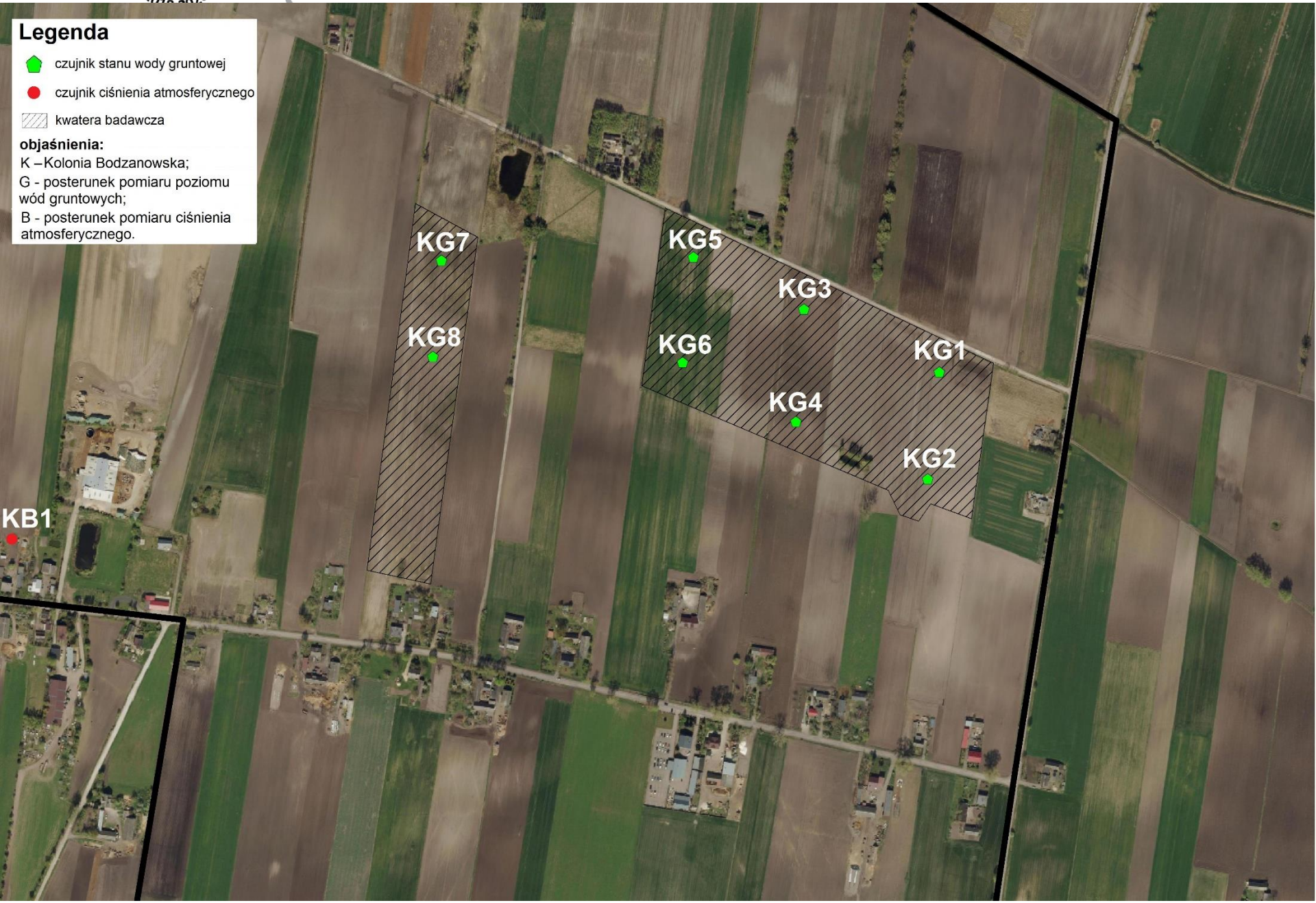
zółpin

Legenda

-  czujnik stanu wody gruntowej
-  czujnik ciśnienia atmosferycznego
-  kwatery badawcze

objaśnienia:

K – Kolonia Bodzanowska;
G - posterunek pomiaru poziomu
wód gruntowych;
B - posterunek pomiaru ciśnienia
atmosferycznego.



Pozyskanie i zobrazowanie danych satelitarnych z badanych obiektów melioracyjnych – kalendarz przelotów satelitarnych

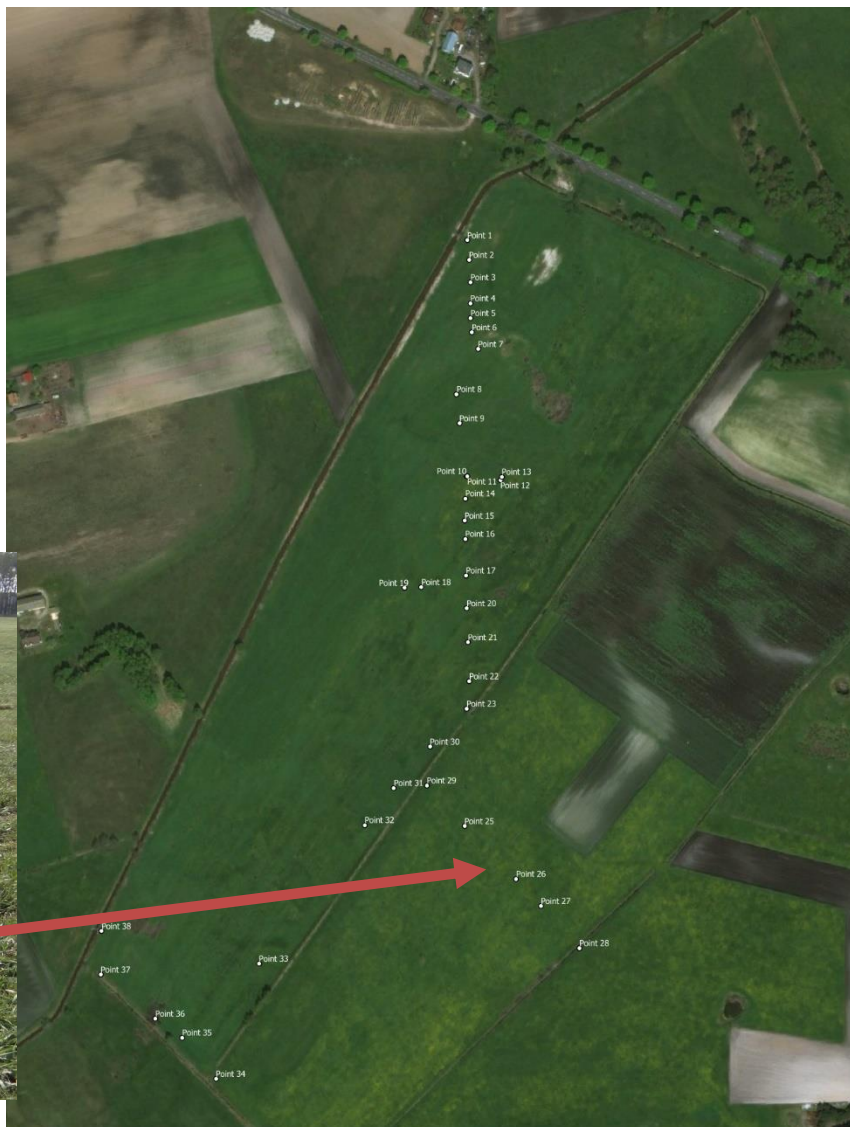
f

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	ID przelotu	Data	2A	2B	Racot	Czarny Rów	Ostrowo Szlacheckie	Kolonia Budzanowska	Troszyn	Grabów	Aktualizacja kalendarza w każdy czwartek/piątek				
70	20139-2	2019-05-01T10:00:21.000	Tak		Tak	Tak	Tak	Tak							
71	11259-2	2019-05-03T09:50:22.000		Tak			Tak	Tak	Tak	Tak					
72	20182-2	2019-05-04T10:10:19.000	Tak		Tak										
73	20196-2	2019-05-05T09:40:25.000	Tak							Tak					
74	11302-2	2019-05-06T10:00:19.000		Tak	Tak	Tak	Tak	Tak							
75	20239-2	2019-05-08T09:50:24.000	Tak				Tak	Tak	Tak	Tak					
76	11345-2	2019-05-09T10:10:17.000		Tak	Tak										
77	11359-2	2019-05-10T09:40:23.000		Tak						Tak					
78	20282-2	2019-05-11T10:00:21.000	Tak		Tak	Tak	Tak	Tak							
79	11402-2	2019-05-13T09:50:22.000		Tak			Tak	Tak	Tak	Tak					
80	20325-2	2019-05-14T10:10:19.000	Tak		Tak										
81	20339-2	2019-05-15T09:40:25.000	Tak							Tak					
82	11445-2	2019-05-16T10:00:19.000		Tak	Tak	Tak	Tak	Tak							
83	20382-2	2019-05-18T09:50:24.000	Tak				Tak	Tak	Tak	Tak					
84	11488-2	2019-05-19T10:10:17.000		Tak	Tak										
85	11502-1	2019-05-20T09:40:23.000		Tak						Tak					
86	20425-2	2019-05-21T10:00:21.000	Tak		Tak	Tak	Tak	Tak							
87	11545-2	2019-05-23T09:50:22.000		Tak			Tak	Tak	Tak	Tak					
88	20468-2	2019-05-24T10:10:19.000	Tak		Tak										
89	20482-2	2019-05-25T09:40:25.000	Tak							Tak					
90	11588-2	2019-05-26T10:00:19.000		Tak	Tak	Tak	Tak	Tak							
91	20525-2	2019-05-28T09:50:24.000	Tak				Tak	Tak	Tak	Tak					
92	11631-2	2019-05-29T10:10:17.000		Tak	Tak										
93	11645-2	2019-05-30T09:40:23.000		Tak						Tak					
94	20568-2	2019-05-31T10:00:21.000	Tak		Tak	Tak	Tak	Tak							
95	11688-2	2019-06-02T09:50:22.000		Tak			Tak	Tak	Tak	Tak					
96	20611-2	2019-06-03T10:10:19.000	Tak		Tak										
97	20625-2	2019-06-04T09:40:25.000	Tak							Tak					

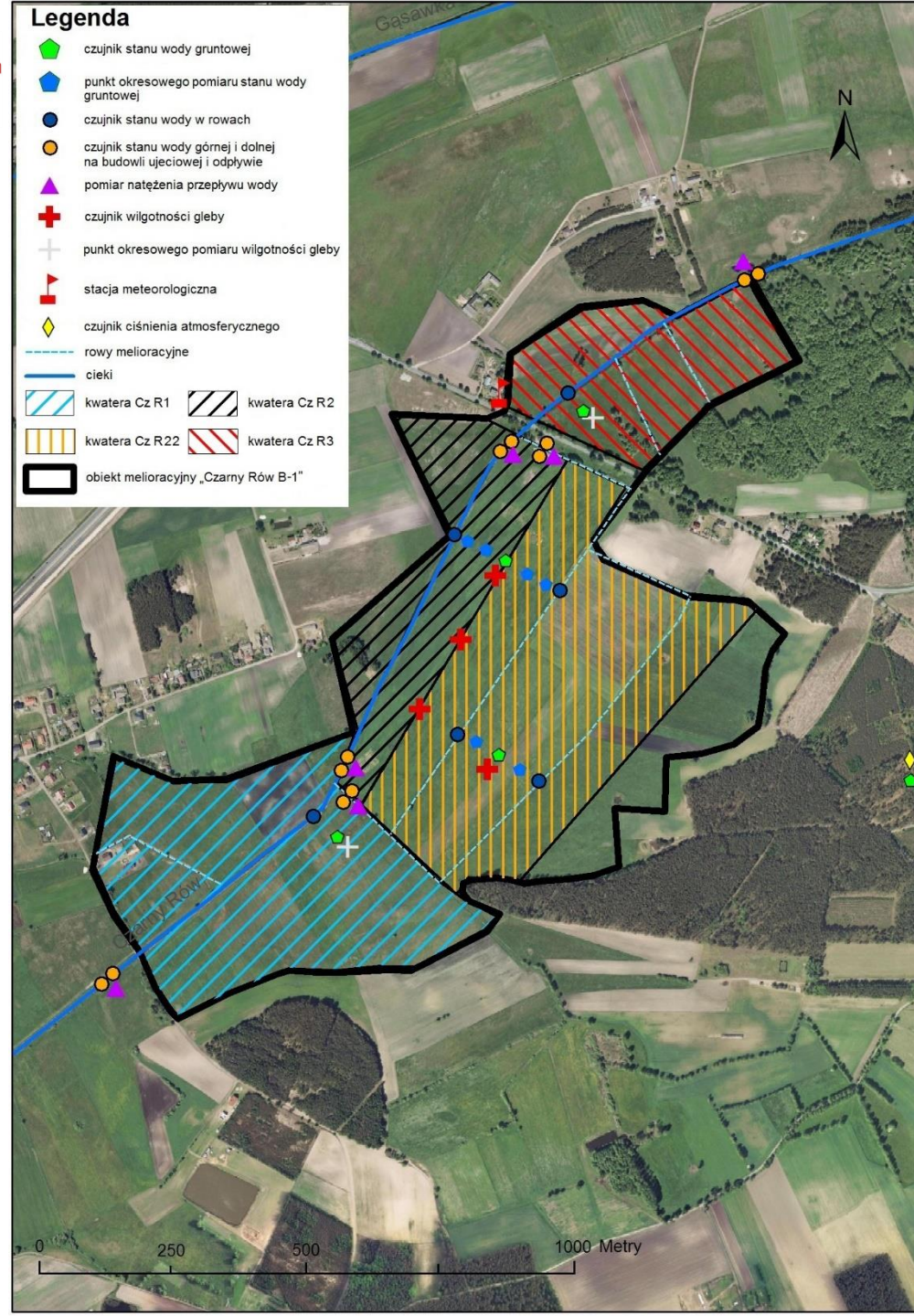
- 1 Czarny Rów – kujawsko-pomorskie
- 2 Kolonia Budzanowska – kujawsko-pomorskie
- 3 Racot – wielkopolskie
- 4 Ostrowo Szlacheckie – wielkopolskie
- 5 Troszyn – mazowieckie
- 6 Grabów – mazowieckie

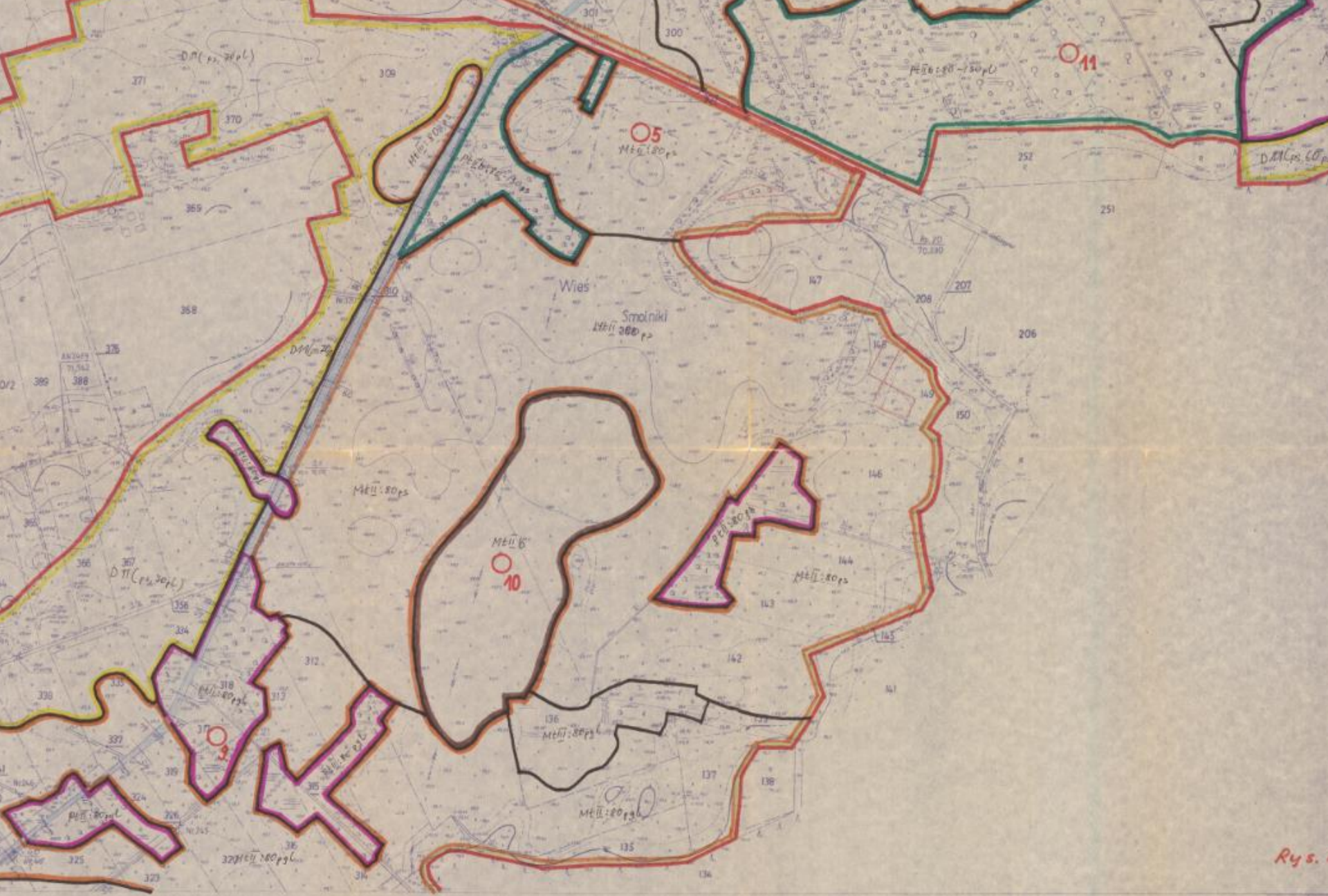
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1cPCDBCfB0hdHtWkC002WJ_6sTcgusGk_ZjqzlyjHmnw/edit#gid=1192464485

Obiekt melioracyjny Czarny Rów i kwatery do badań z wykorzystaniem teledetekcji



- ### Legenda
- czujnik stanu wody gruntowej
 - punkt okresowego pomiaru stanu wody gruntowej
 - czujnik stanu wody w rowach
 - czujnik stanu wody górnej i dolnej na budowli ujęciowej i odpływie
 - pomiar natężenia przepływu wody
 - czujnik wilgotności gleby
 - punkt okresowego pomiaru wilgotności gleby
 - stacja meteorologiczna
 - czujnik ciśnienia atmosferycznego
 - rowy melioracyjne
 - cieki
 - kwaterna Cz R1
 - kwaterna Cz R2
 - kwaterna Cz R22
 - kwaterna Cz R3
 - obiekt melioracyjny „Czarny Rów B-1”





Ry s.

z 18(46)

Mapa sytuacyjno-wysokościowa 1:2000

Pow. Szubin
Woj. bydgoskie
GASNAJKA

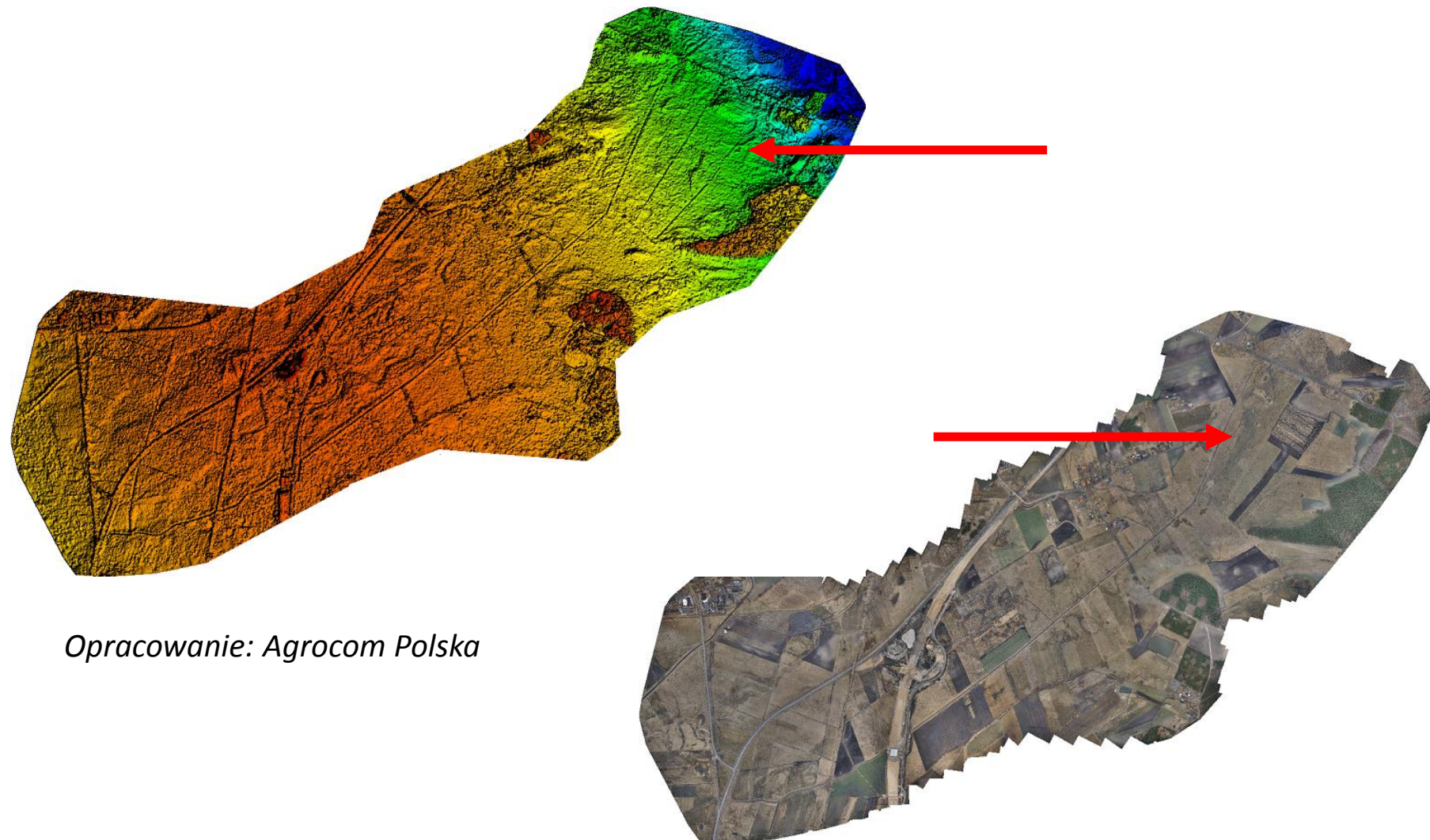
1:2000 - skala

WYKONANO W ZAKŁADACH
WARSZAWA

WYKONANO W ZAKŁADACH
WARSZAWA

Źródło: Zasoby ITP

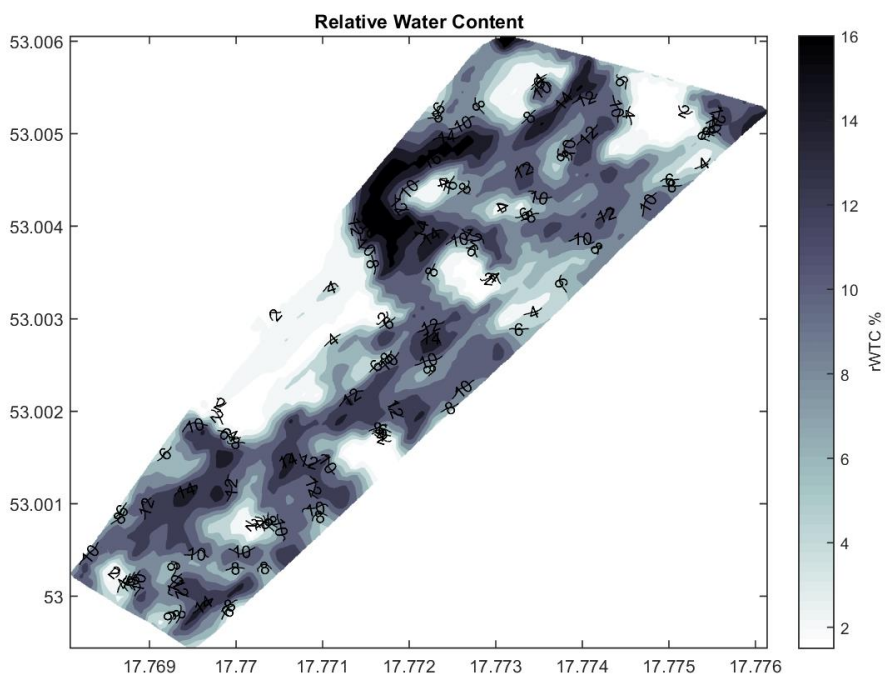
Czarny Rów – przykłady mapy ukształtowania terenu i ortofotomapy z nalogów UAV



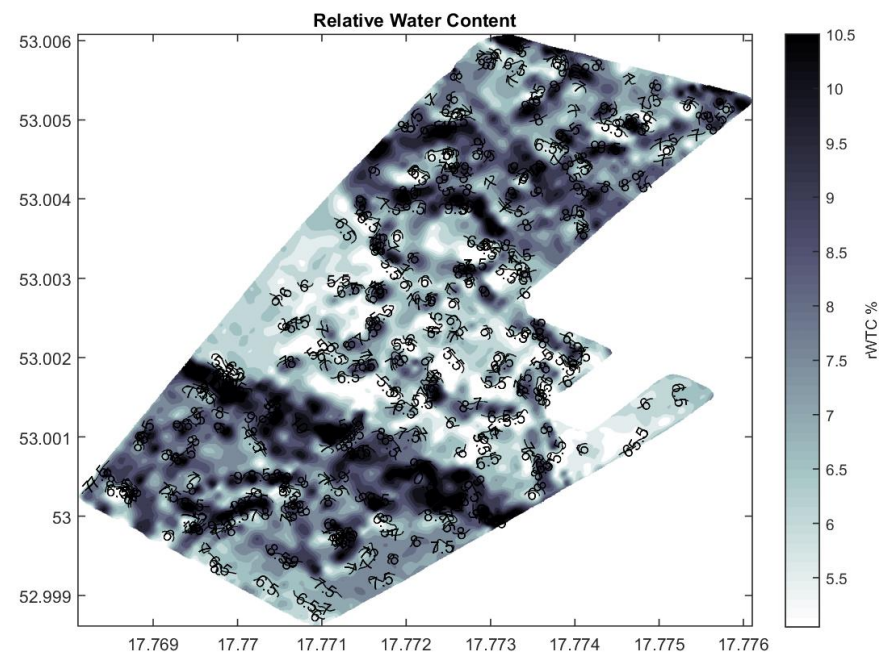
Opracowanie: Agrocom Polska

Wyniki wstępne zastosowania skanera glebowego przez Agrocom, obiekt Czarny Rów

Dzień: 16.11.2018



Dzień: 19.04.2019



określenie przewodnictwa elektromagnetycznego gruntu oraz zwięzłości profilu glebowego i zawartości wody w glebie

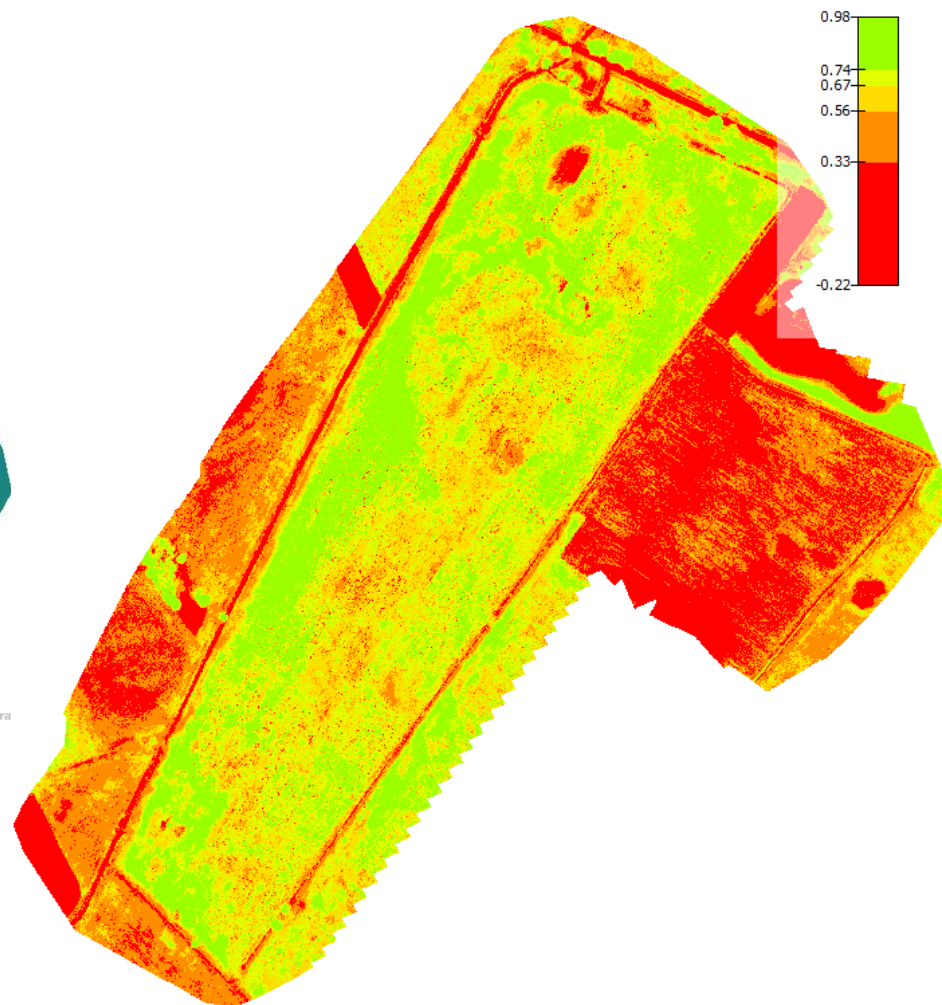
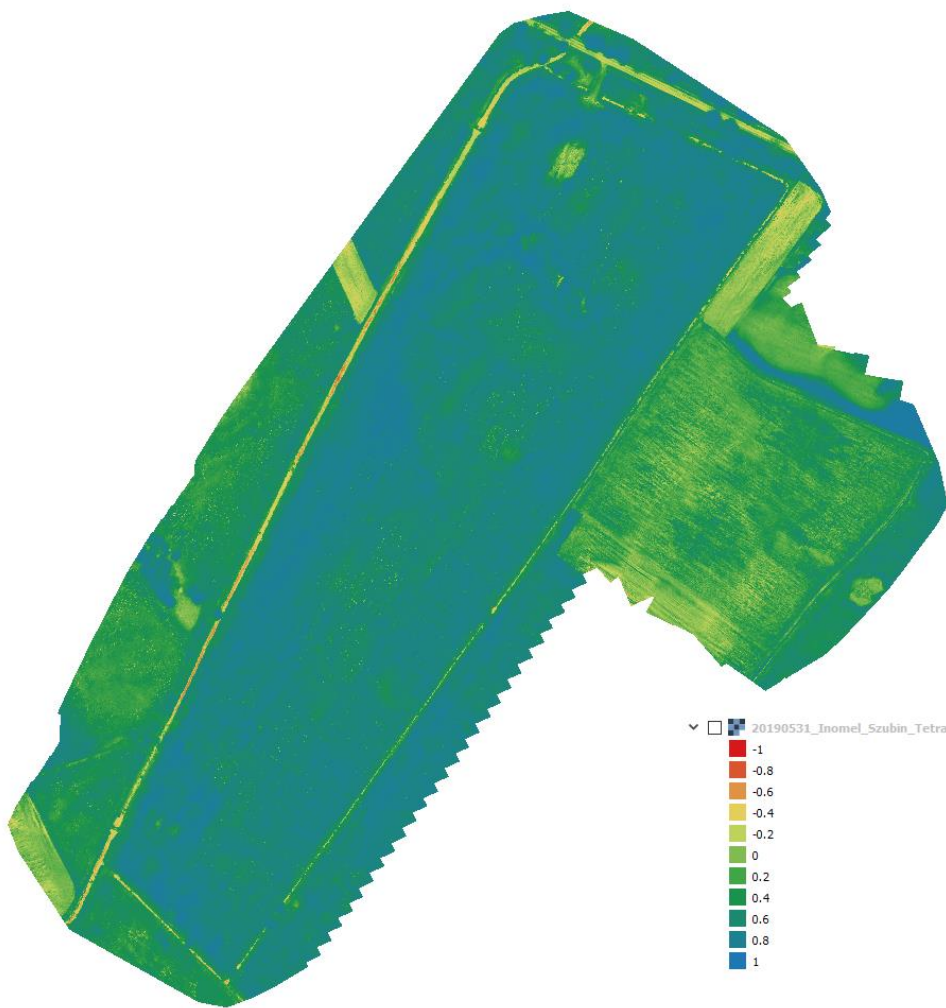


27 kwietnia 2019



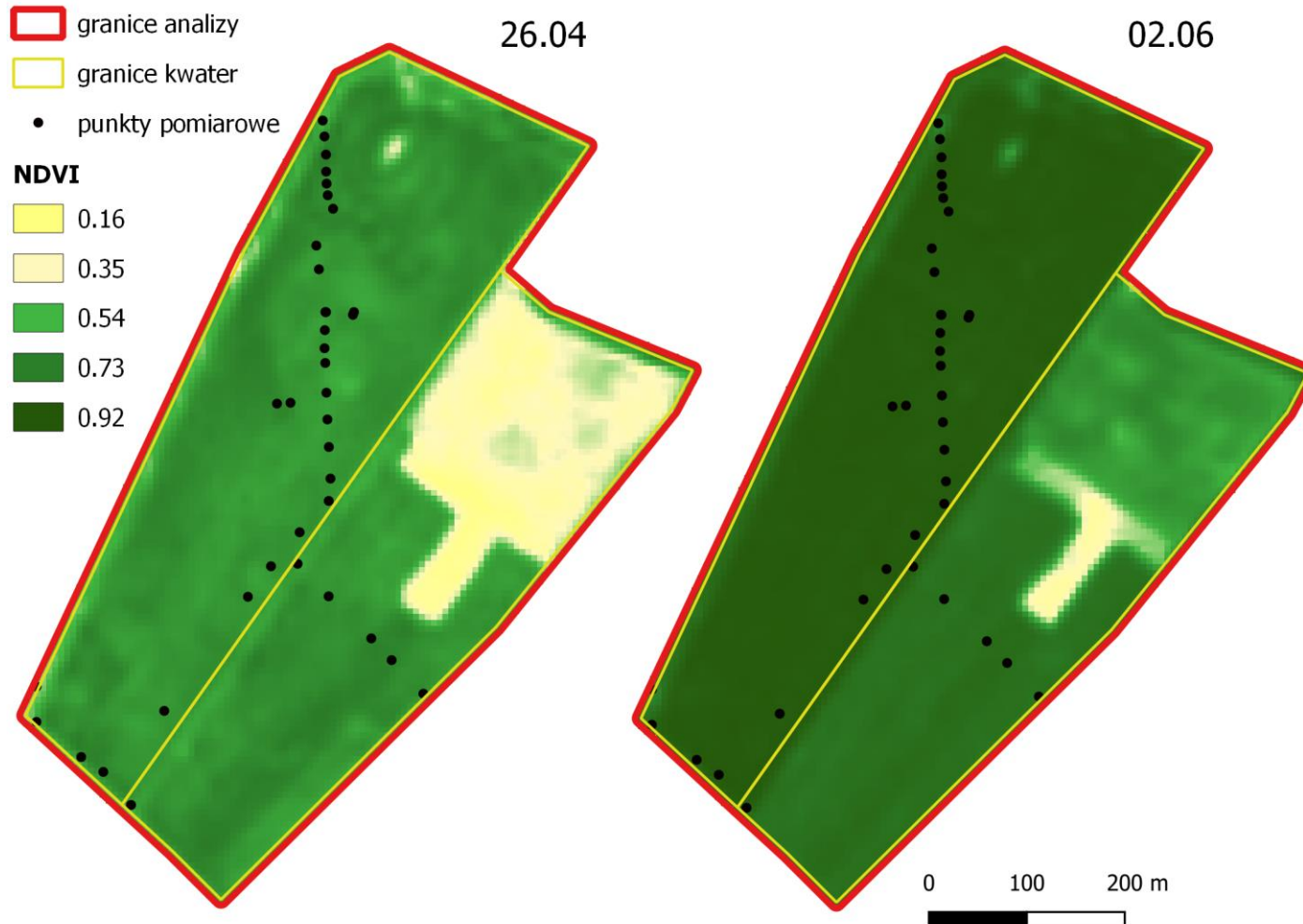
Dzień: 27.04.2019 –
obraz UAV

NDVI - UAV

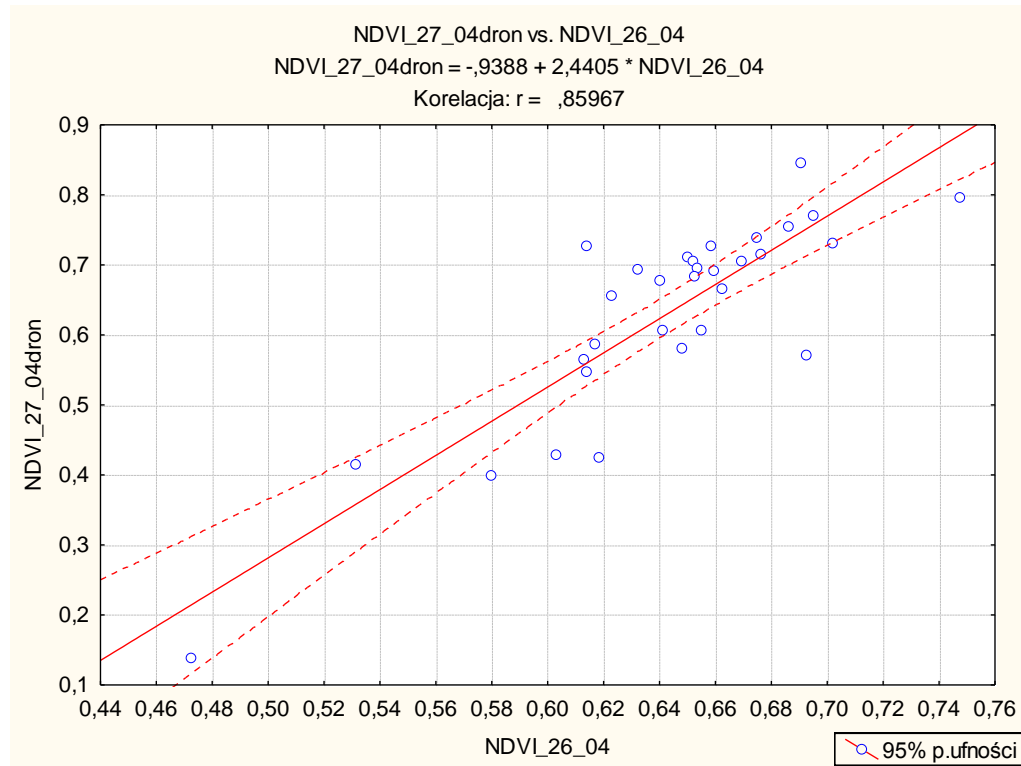


Opracowanie: Agrocom Polska

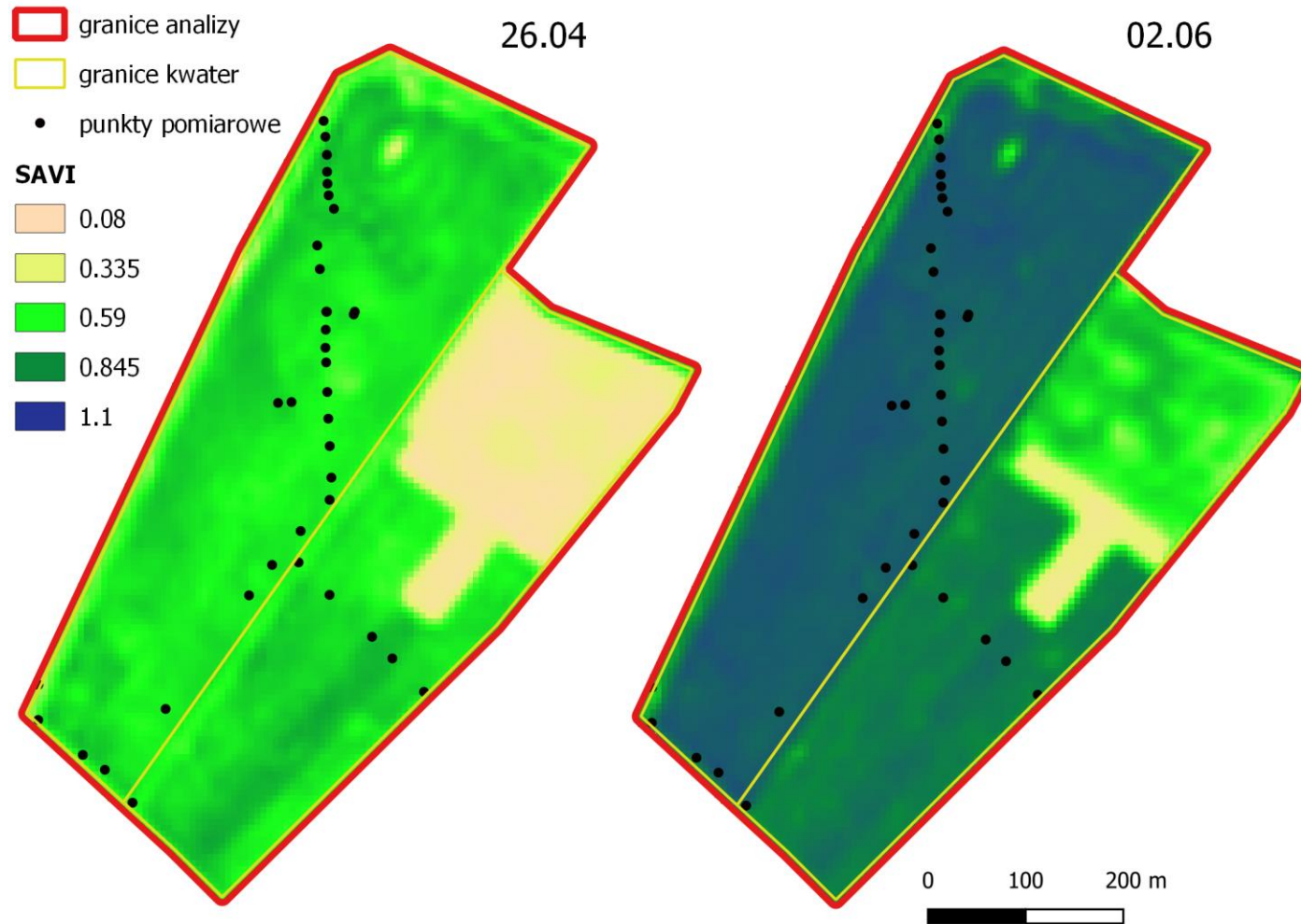
NDVI



Przykład zależności między NDVI z obrazów satelitarnych i obrazów UAV (dron)



SAVI



Metody szacowania ETa w teledetekcji:

- z wykorzystaniem zależności między VI a K_c ,

Użytek zielony

Zboże ozime

Kukurydza

Zbiór 1 pokosu

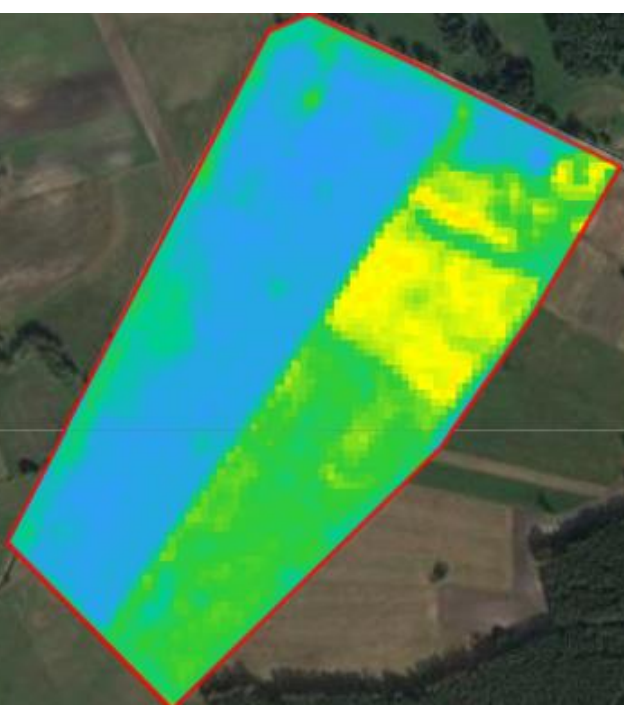


23.04.2019

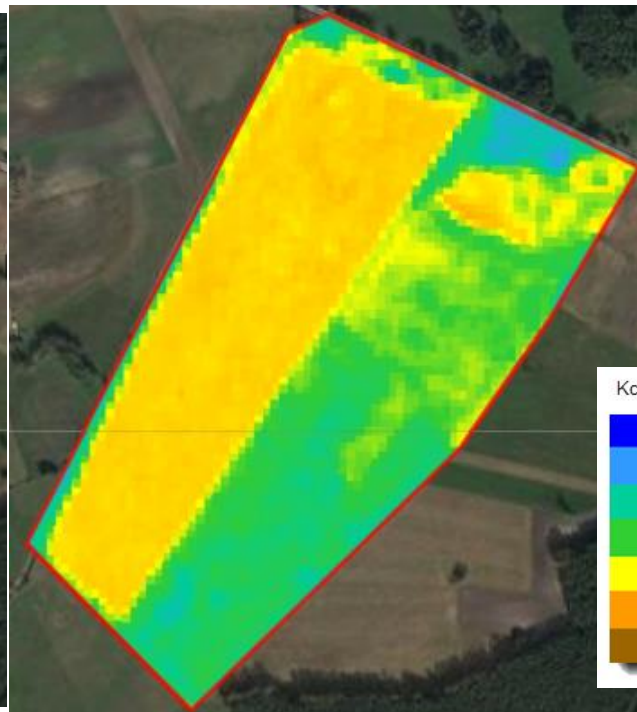
01.05.2019

02.06.2019

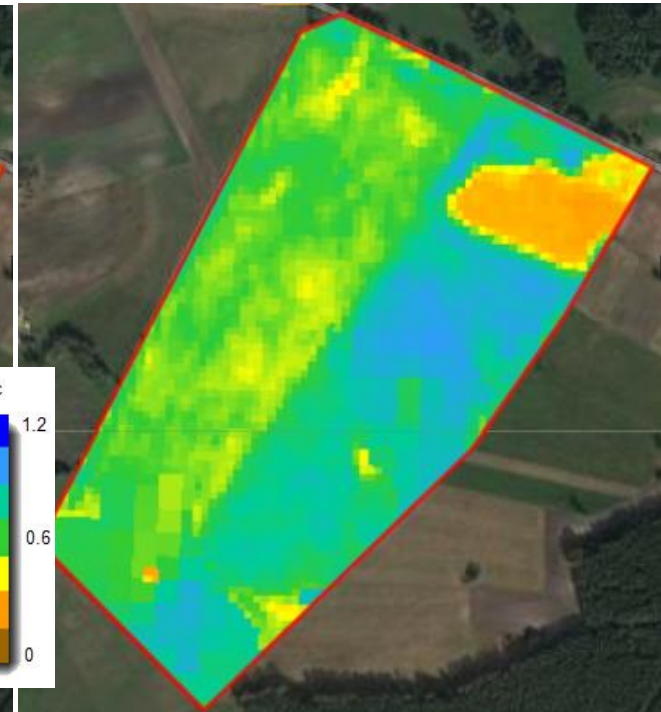
Rozkład przestrzenny wartości współczynnika roślinnego Kc określanego na podstawie NDVI



10.06.2019

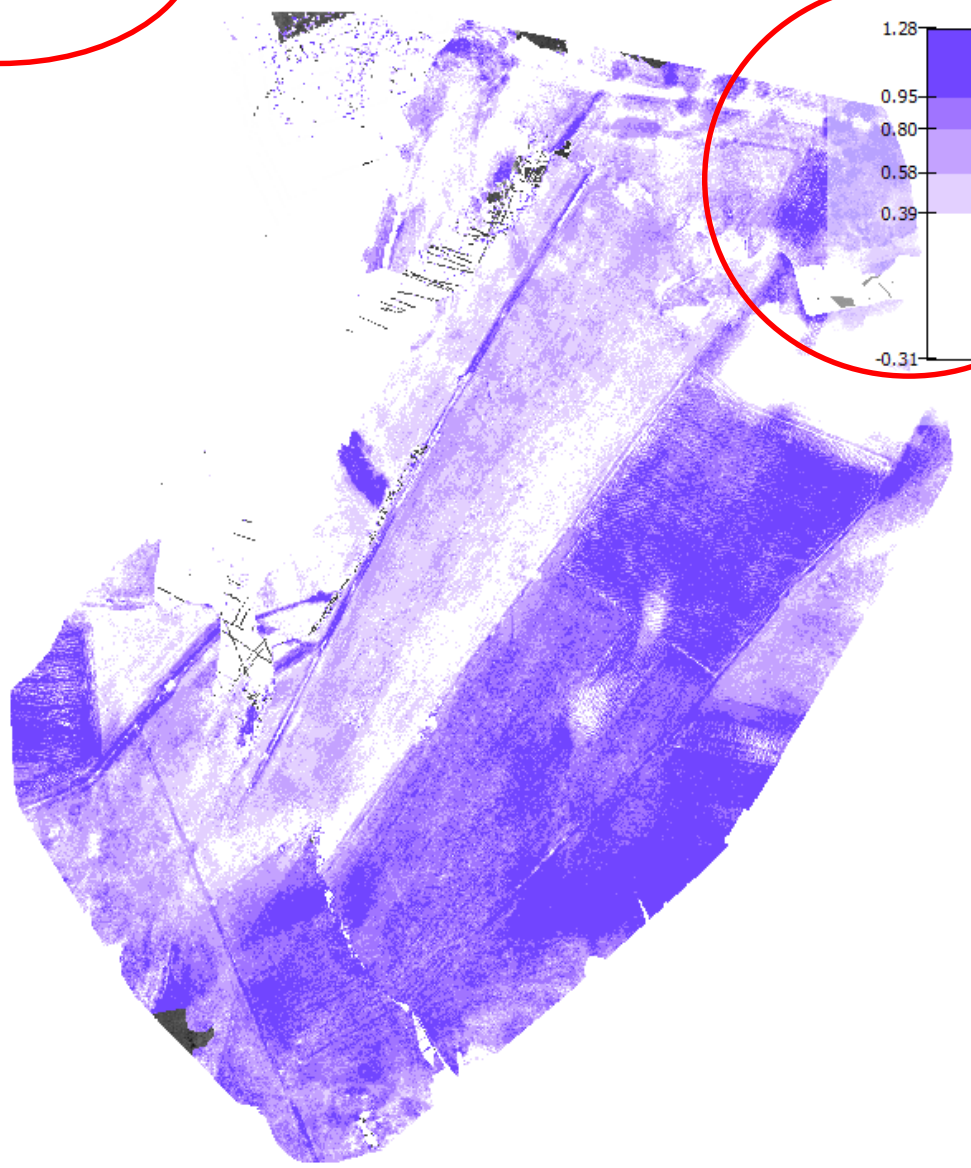
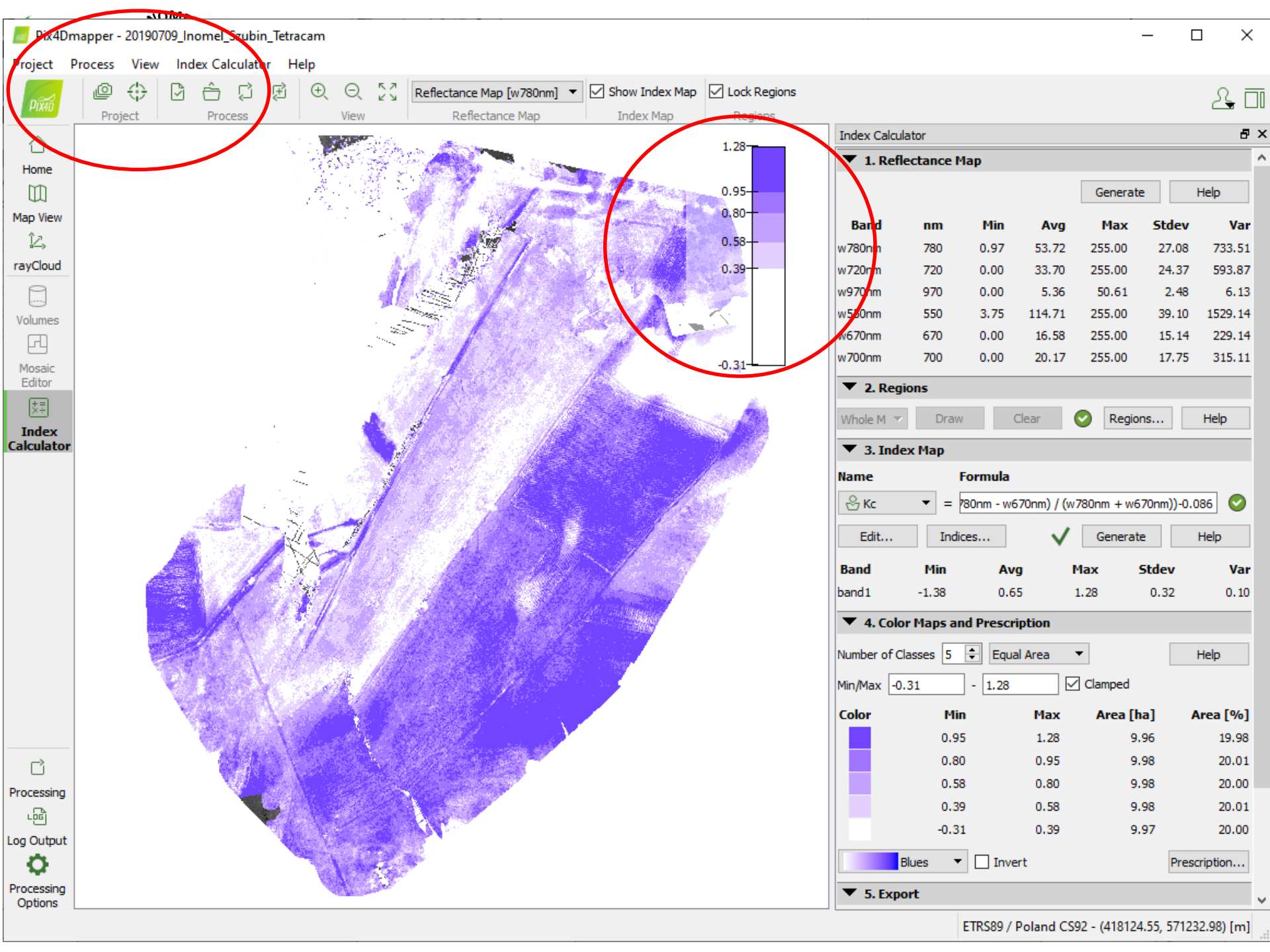


18.06.2019



12.07.2019





1. Reflectance Map

Band	nm	Min	Avg	Max	Stdev	Var
w780nm	780	0.97	53.72	255.00	27.08	733.51
w720nm	720	0.00	33.70	255.00	24.37	593.87
w970nm	970	0.00	5.36	50.61	2.48	6.13
w500nm	550	3.75	114.71	255.00	39.10	1529.14
w670nm	670	0.00	16.58	255.00	15.14	229.14
w700nm	700	0.00	20.17	255.00	17.75	315.11

2. Regions

Whole M Draw Clear Regions... Help

3. Index Map

Name Formula
Kc = $\frac{w780nm - w670nm}{(w780nm + w670nm) - 0.086}$
Edit... Indices... Generate Help

Band	Min	Avg	Max	Stdev	Var
band1	-1.38	0.65	1.28	0.32	0.10

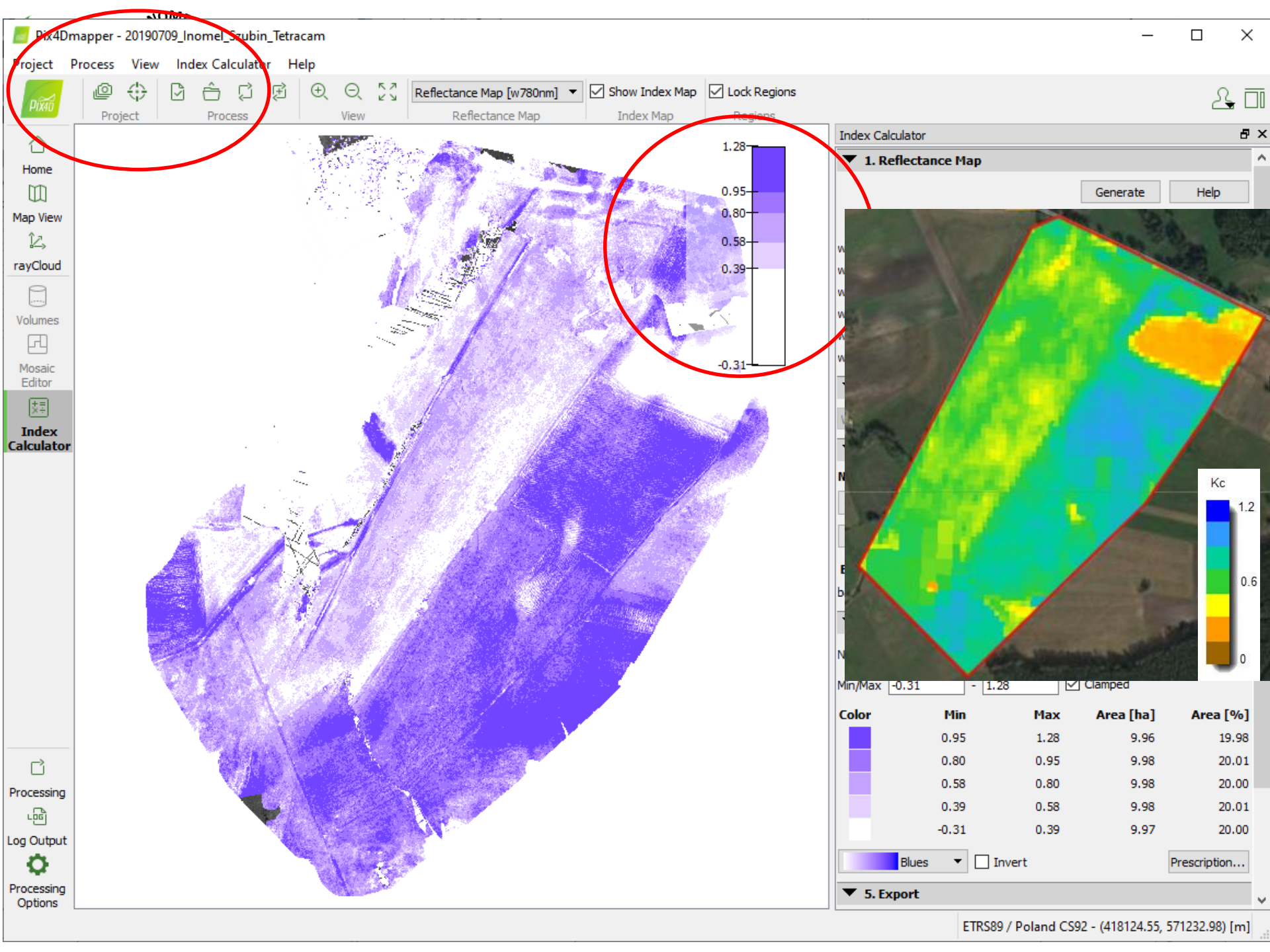
4. Color Maps and Prescription

Number of Classes 5 Equal Area Help
Min/Max -0.31 - 1.28 Clamped

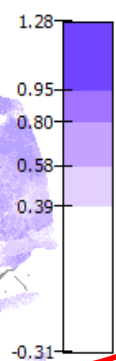
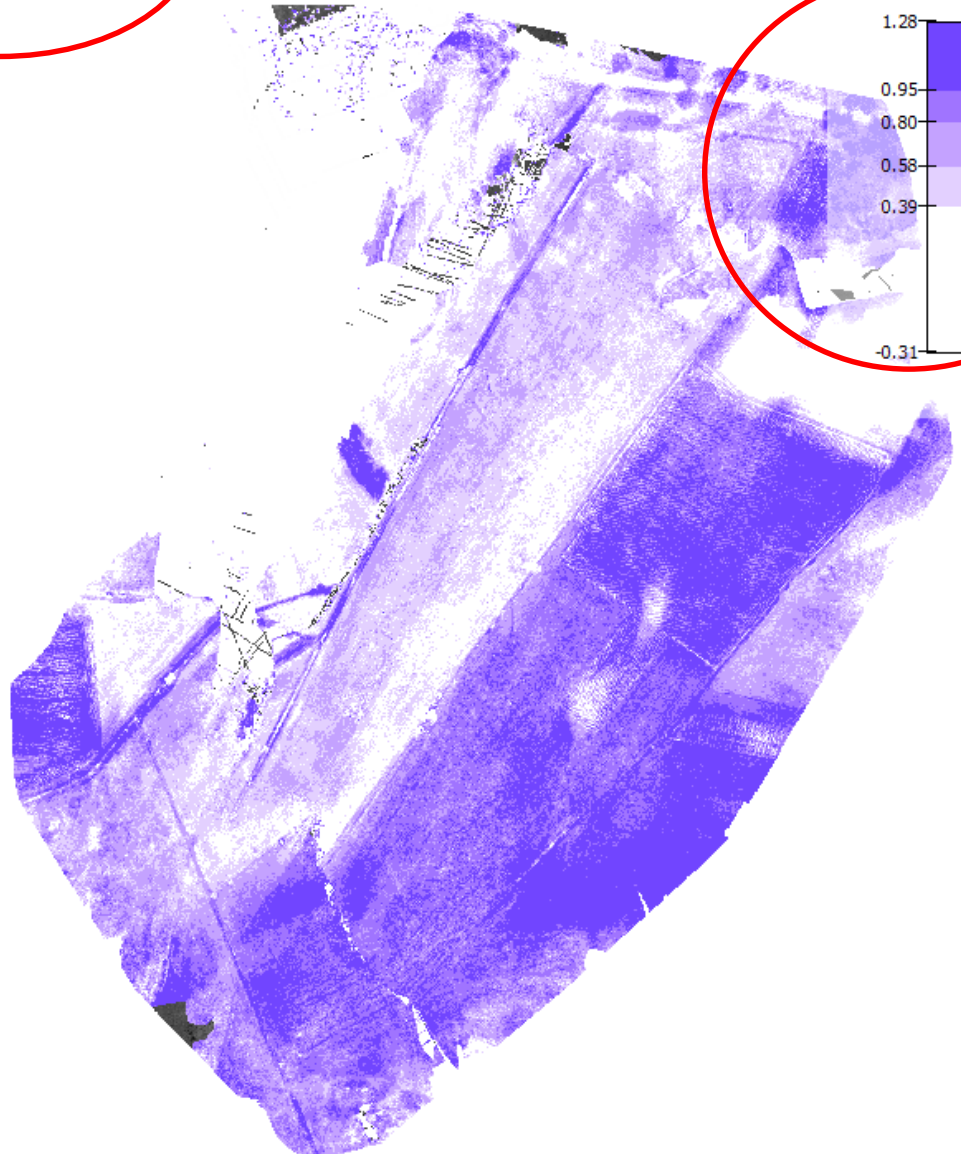
Color	Min	Max	Area [ha]	Area [%]
Dark Blue	0.95	1.28	9.96	19.98
Medium Blue	0.80	0.95	9.98	20.01
Light Blue	0.58	0.80	9.98	20.00
Very Light Blue	0.39	0.58	9.98	20.01
White	-0.31	0.39	9.97	20.00

Blues Invert Prescription...

5. Export



- Home
- Map View
- rayCloud
- Volumes
- Mosaic Editor
- Index Calculator
- Processing
- Log Output
- Processing Options



Index Calculator

1. Reflectance Map

Generate Help

Min/Max [-0.31 - 1.28] Clamped

Color	Min	Max	Area [ha]	Area [%]
Dark Blue	0.95	1.28	9.96	19.98
Medium Blue	0.80	0.95	9.98	20.01
Light Blue	0.58	0.80	9.98	20.00
White	0.39	0.58	9.98	20.01
White	-0.31	0.39	9.97	20.00

Blues Invert Prescription...

5. Export

Rozrzut wartości wskaźników NDVI i Kc – szacowane z UAV

Wartości wskaźników wegetacyjnych dla całych powierzchni obiektów badawczych

Obiekt badawczy	Data pomiaru	Nazwa wskaźnika	Wartość minimalna	Wartość średnia	Wartość maksymalna	Odchylenie standardowe	Uwagi
Czarny Rów	2019-04-27	NDVI	-0,81	0,54	0,98	0,25	
	2019-04-27	Kc	0,00	0,65	1,25	0,35	
	2019-05-31	NDVI	-0,83	0,73	1,00	0,27	
	2019-05-31	Kc	0,00	0,91	1,28	0,37	
	2019-07-09	NDVI	-0,94	0,54	1,00	0,23	Utworzona mapa wskaźnikowa dla całości obszaru badawczego posiada miejsca bez danych ("białe plamy"). Wartości statystyczne mogą zawierać błędne dane.
	2019-07-09	Kc	0,00	0,65	1,28	0,32	Utworzona mapa wskaźnikowa dla całości obszaru badawczego posiada miejsca bez danych ("białe plamy"). Wartości statystyczne mogą zawierać błędne dane.
	2019-10-09	NDVI	-0,82	0,76	0,95	0,13	Brak pełnego pokrycia (ok. 50%), nieprecyzyjne położenie (przesunięcie kilkanaście metrów).
	2019-10-09	Kc	0,00	0,95	1,21	0,18	Brak pełnego pokrycia (ok. 50%), nieprecyzyjne położenie (przesunięcie kilkanaście metrów).

Przykładowe średnie wartości mierzonych elementów in situ

Data	W (% obj.)	Tr (°C)	LAI	T (°C)	R (W/m ²)
9 IV 2019	34,8	2,0	-	4,2	150,1
24 IV 2019	20,1	19,8	-	18,1	541,2
21 V 2019	48,2	23,5	2,6	21,1	667,0

gdzie:

W – wilgotność powierzchniowej warstwy gleby,

Tr – temperatura łanu w podczerwieni,

LAI – wskaźnik powierzchni liści,

T – temperatura powietrza,

R – promieniowanie słoneczne.

oraz: **pomiary naziemne „in situ”** wilgotności gleby, temperatury łanu w podczerwieni, LAI i elementów meteorologicznych



21 maja 2019



Zastawka R4 - stan dolny **E7**

Zastawka R5 - stan górny **E2**



Zróżnicowanie stanu roślinności na łące Dzień: 07.07.2018



Stan runi: 24 kwietnia 2019



21 maja 2019



miejsce podmokłe

Podsumowanie:

Wykorzystanie metod teledetekcji w monitoringu agro-hydro-meteorologicznym umożliwia:

- ocenę przestrzenną warunków wodnych oraz stanu roślinności na obiekcie melioracyjnym;
- oszacowanie obszarów wrażliwych na suszę lub podtopienie;
- udoskonalenie modeli określania bieżącego zużycia wody na obiekcie, w szczególności szacowania ewapotranspiracji rzeczywistej na potrzeby operacyjnego sterowania gospodarką wodną na obiekcie.



Dziękuję za uwagę

w.kasperska-wolowicz@itp.edu.pl