Ocena i monitorowanie stanu zieleni miejskiej badana metodami teledetekcyjnymi

Informacja o efektywności funkcjonowania przestrzeni zielonej w mieście

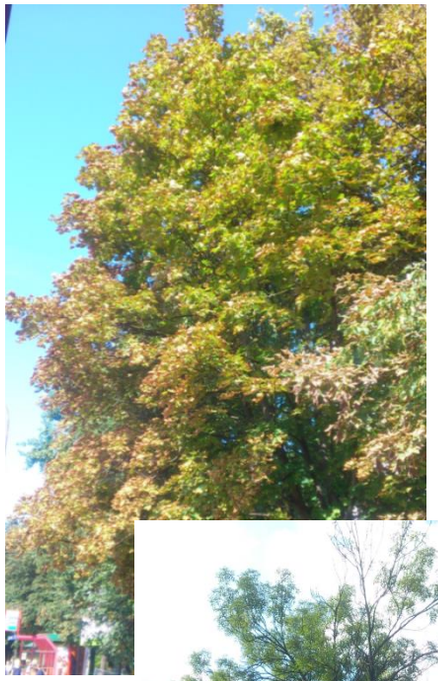
Anna Jarocińska[1], Anna Robak[1], Dominik Kopeć[2], Jan Niedzielko[3], Łukasz Sławik[3], Adrian Ochtyra[1], Adriana Marcinkowska-Ochtyra[1], Bogdan Zagajewski[1], Joanna Wałęsiak[1]

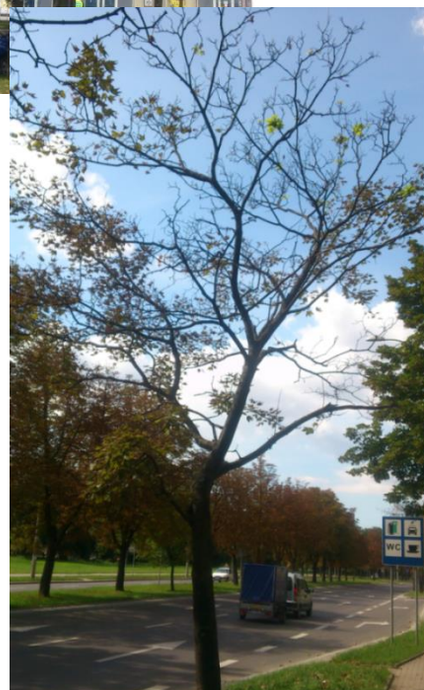
1. Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji
2. Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Katedra Geobotaniki i Ekologii Roślin, Zakład Ochrony Przyrody
3. MGGP Aero Sp. z o.o.

Konferencja Środowisko Informacji, 21-22 listopada 2016 r., Warszawa

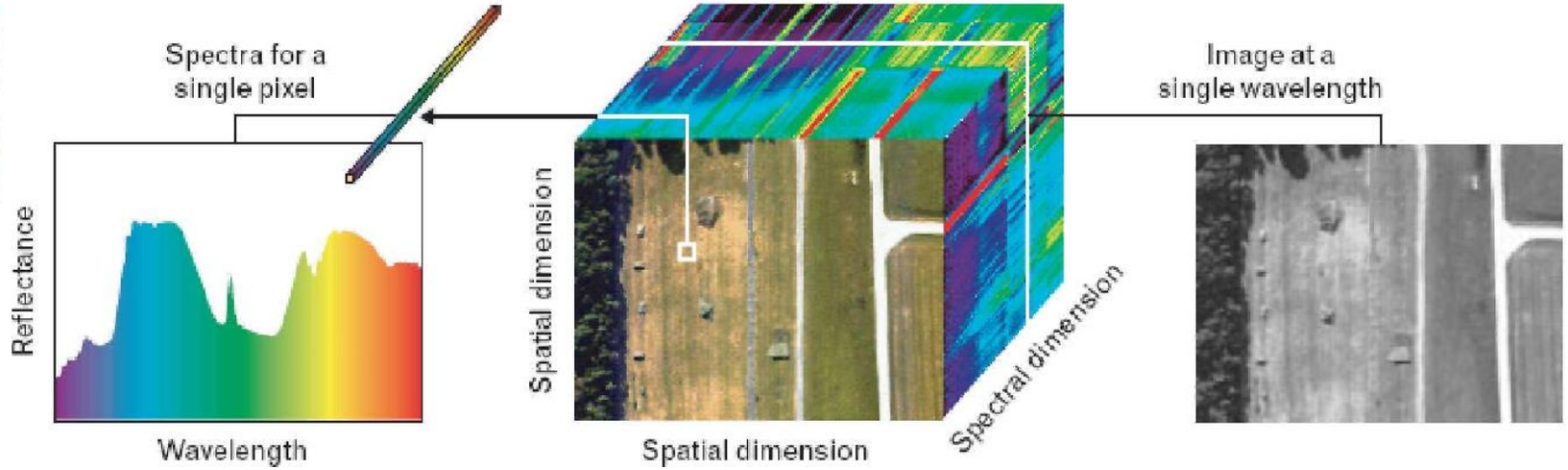
Monitorowanie roślinności w miastach

- **rola**
  - tlen
  - redukcja hałasu
  - rekreacja
  - ...
- **zagrożenia**
  - zanieczyszczenia
  - temperatura
  - zasolenie
  - ...
- **monitoring**
  - gatunki
  - kondycja roślinności





Zastosowanie danych hiperspektralnych w monitoringu roślinności miejskiej

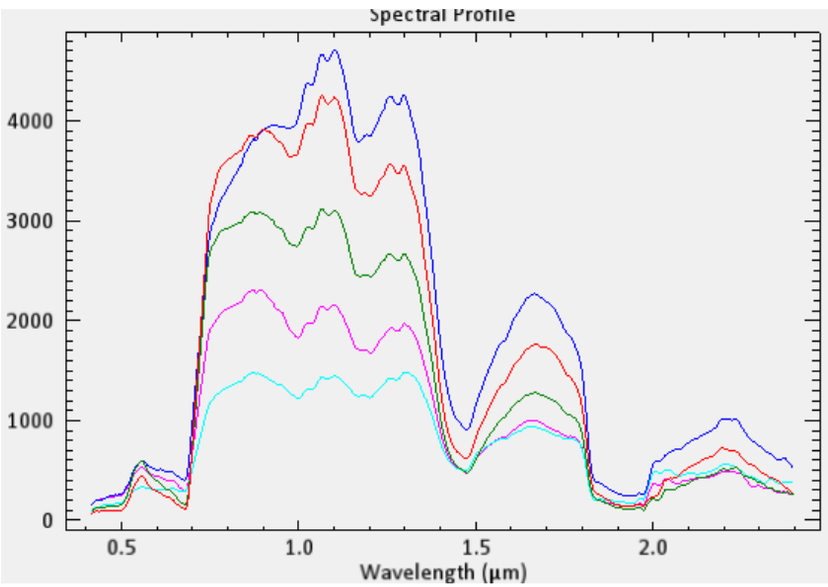


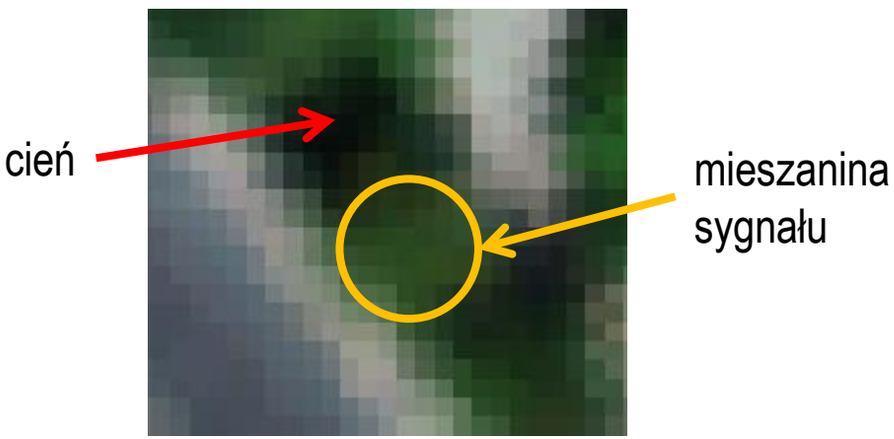
TRUDNOŚCI

- Trudności w pozyskiwaniu danych.
- Mieszanina sygnału.

ZALETY

- Możliwość badania stanu roślinności, zawartości substancji.
- Identyfikacja gatunków.





http://image.slidesharecdn.com/hyperspectralimaging-150220022926-conversion-gate02/95/hyperspectral-imaging-9-638.jpg?cb=1424399572

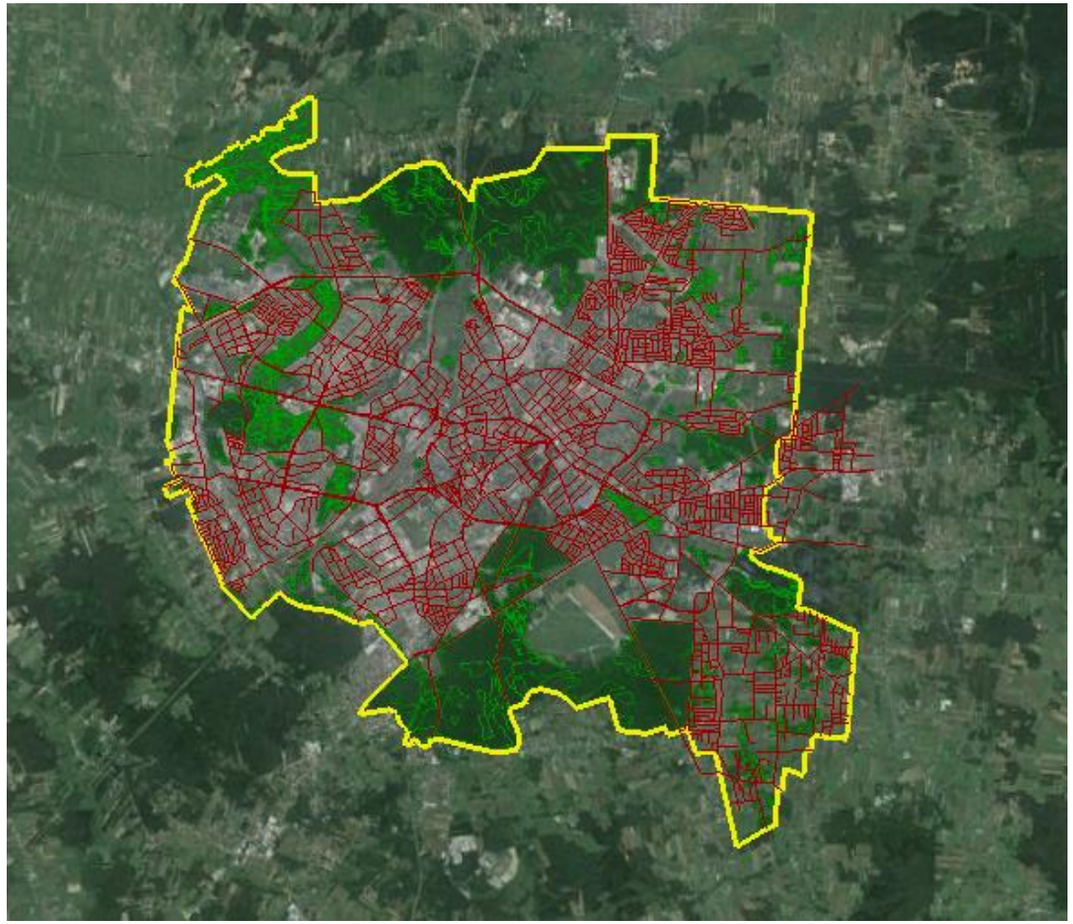
Cel badań

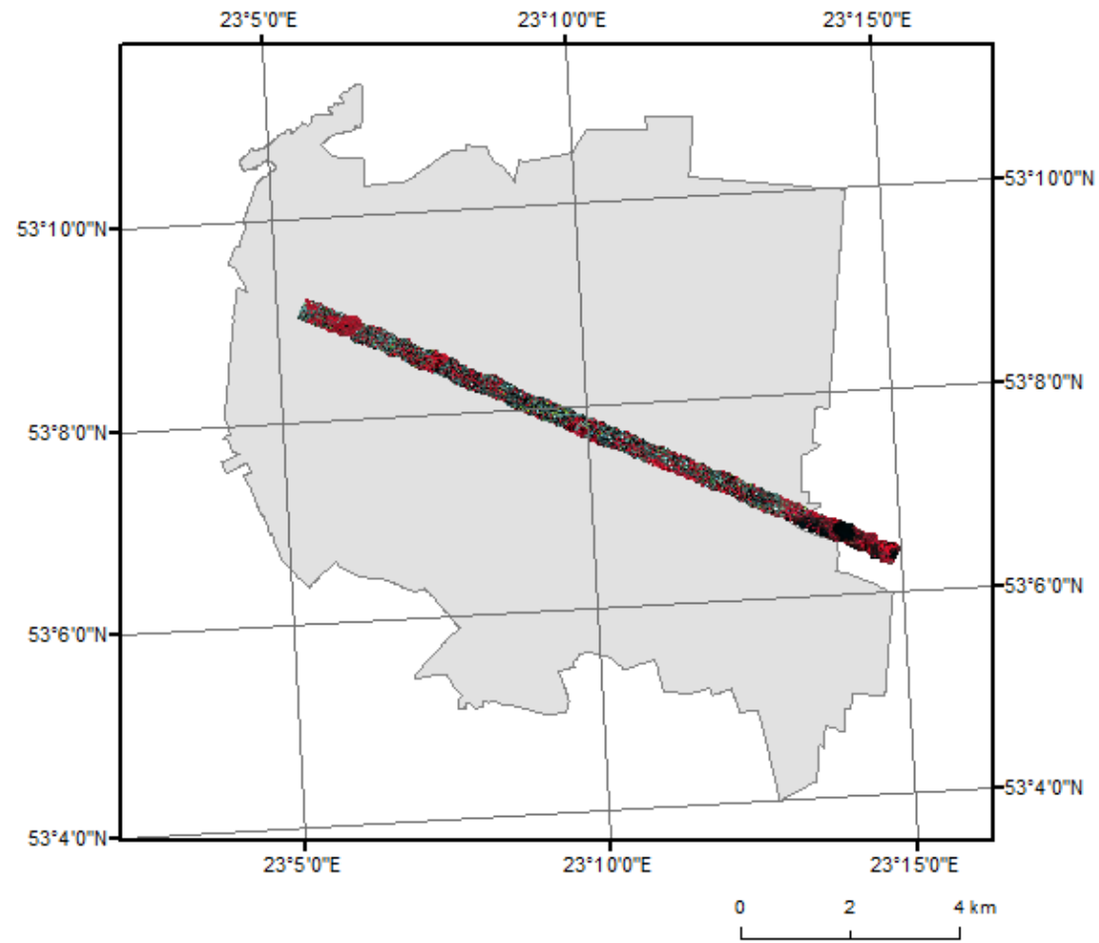
Określenie przydatności obrazów hiperspektralnych HySpex do badania drzew w mieście:

- Detekcja wybranych gatunków drzew.
- Analiza kondycji drzew na podstawie wskaźników roślinności oraz pobranych wartości defoliacji i przebarwienia.
- Analiza zmian w kondycji drzew spowodowana suszą.

Opad atmosferyczny	Lipiec	Sierpień
Średnia wieloletnia	75,1 mm	65,7 mm
2015	62,8 mm	5,2 mm

Obszar badań– miasto Białystok

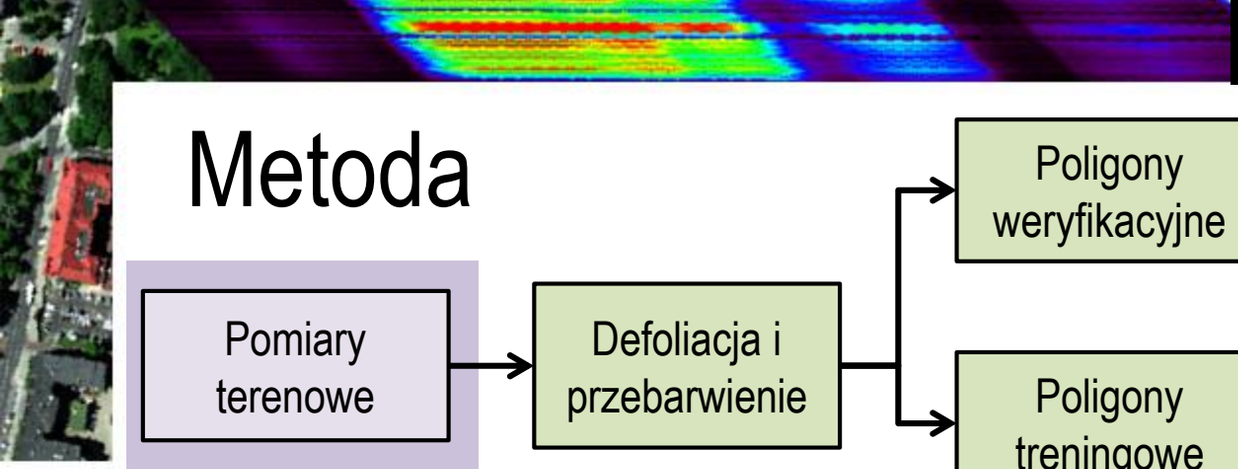


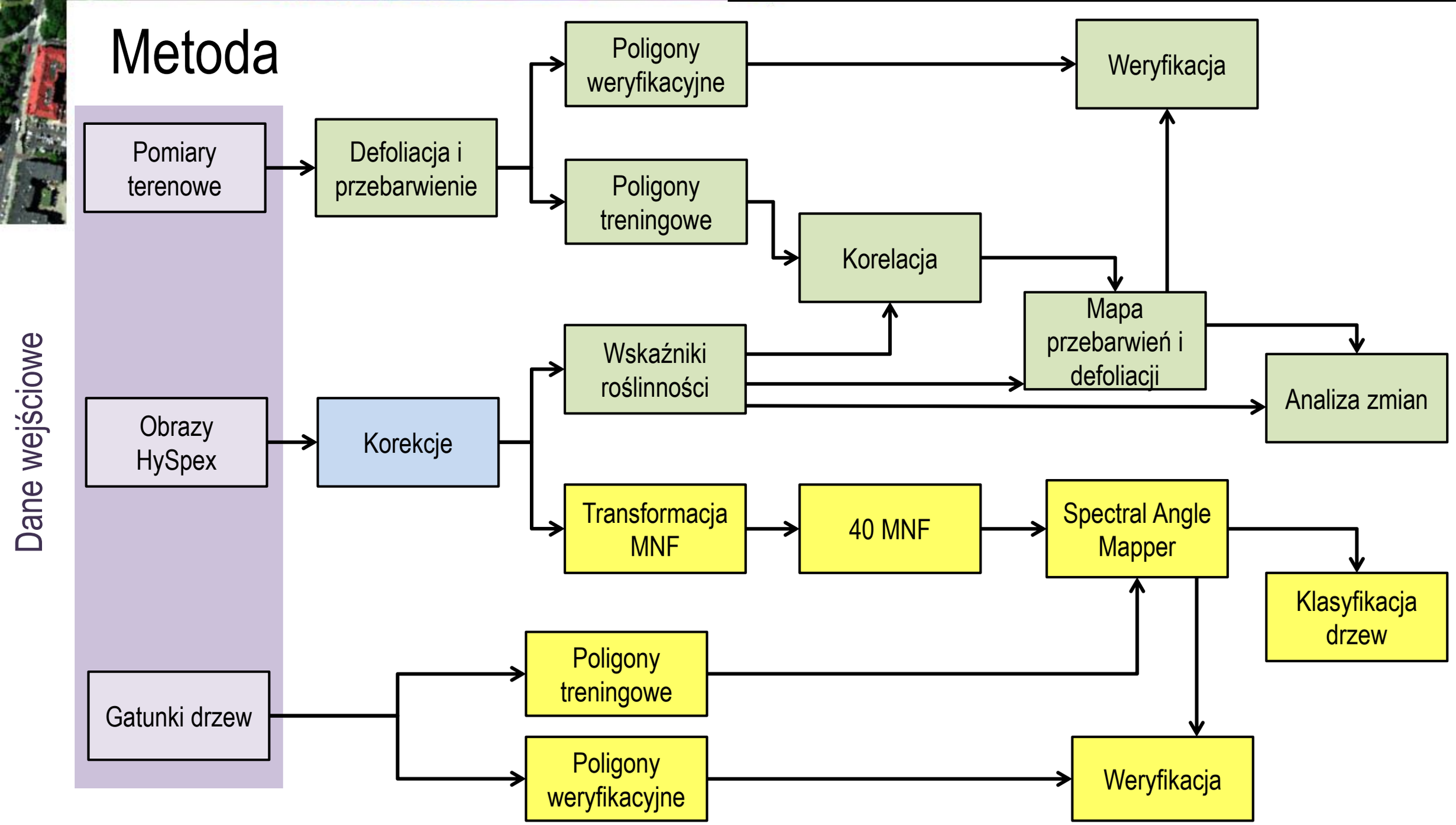


Powierzchnia miasta: 102 km^2
8 parków – głównie w centrum miasta
Lasy miejskie

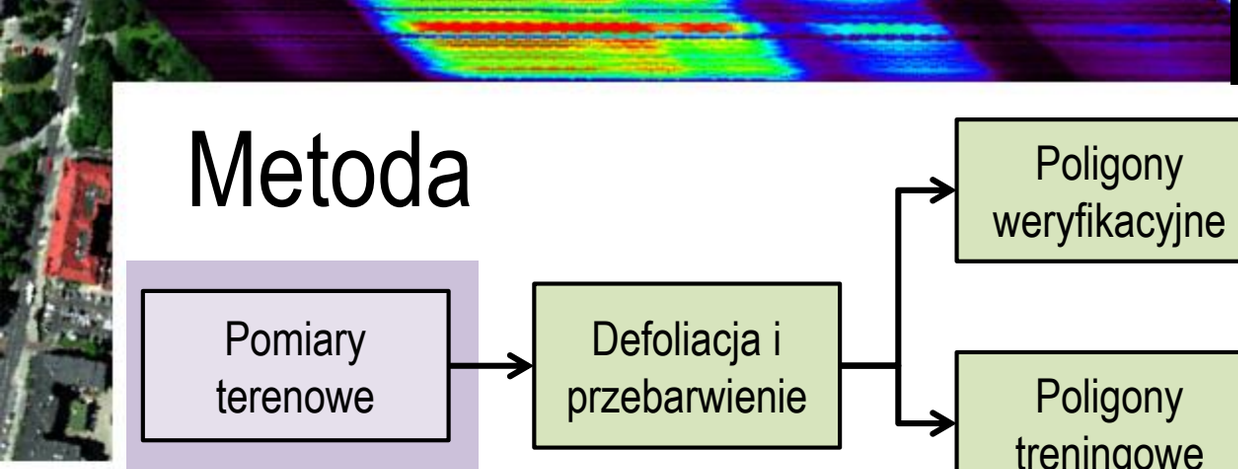
Google Earth

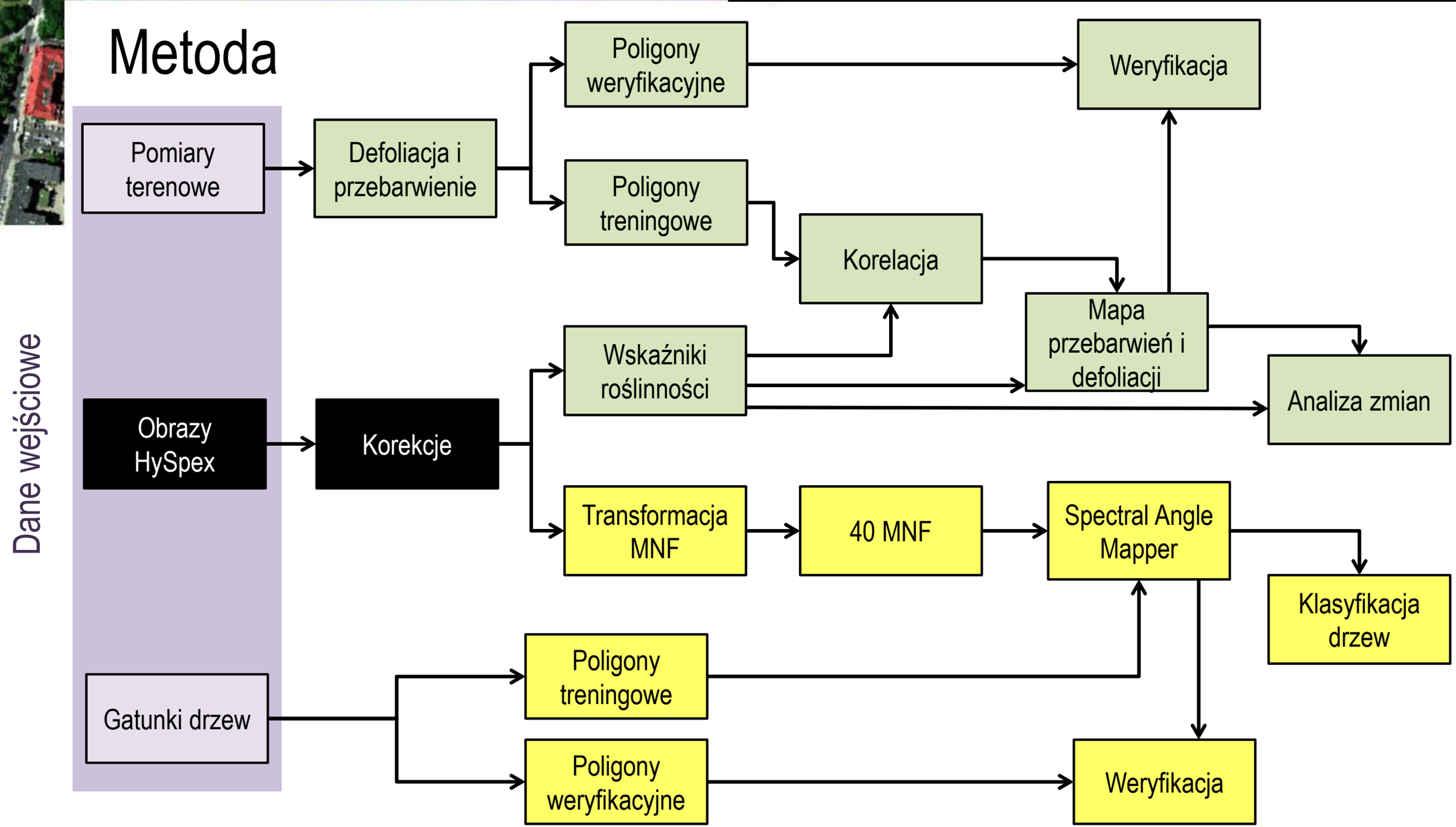
Metoda




Dane wejściowe
Pomiary terenowe
Obrazy HySpex
Gatunki drzew
Defoliacja i przebarwienie
Korekcje
Poligony weryfikacyjne
Poligony treningowe
Korelacja
Wskaźniki roślinności
Transformacja MNF
40 MNF
Spectral Angle Mapper
Poligony treningowe
Poligony weryfikacyjne
Weryfikacja
Mapa przebarwień i defoliacji
Analiza zmian
Klasyfikacja drzew
Weryfikacja

Metoda



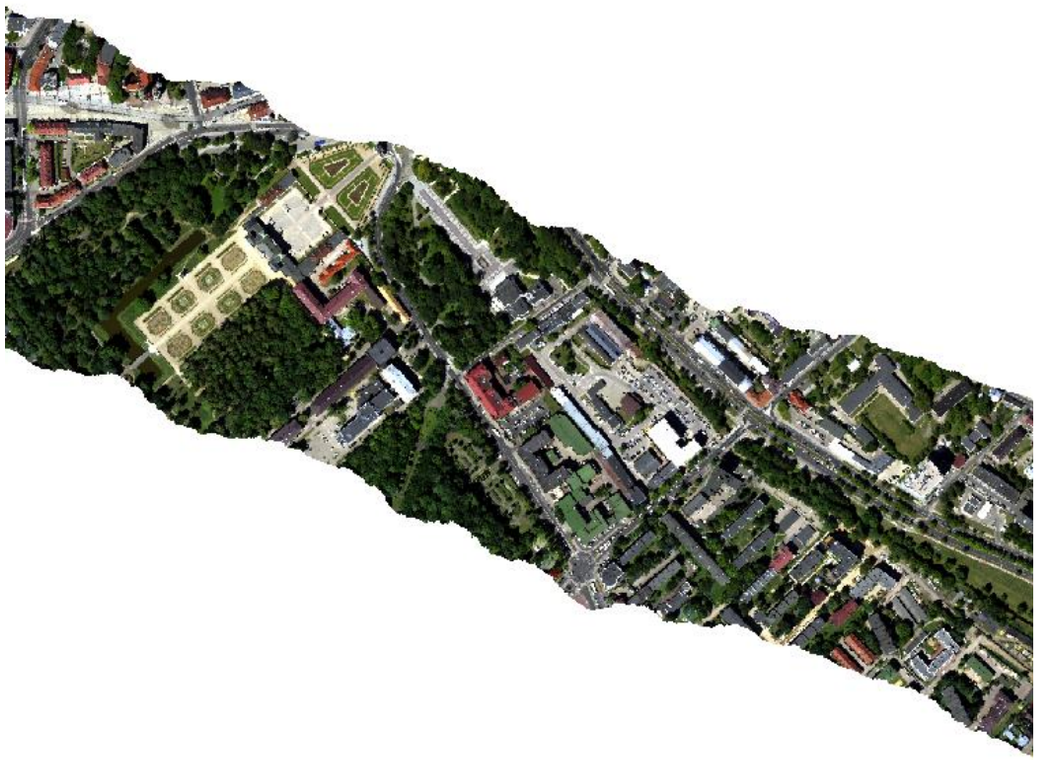

Dane wejściowe
Pomiary terenowe
Obrazy HySpex
Gatunki drzew
Defoliacja i przebarwienie
Korekcje
Poligony weryfikacyjne
Poligony treningowe
Korelacja
Wskaźniki roślinności
Transformacja MNF
40 MNF
Spectral Angle Mapper
Poligony treningowe
Poligony weryfikacyjne
Weryfikacja
Mapa przebarwień i defoliacji
Analiza zmian
Klasyfikacja drzew
Weryfikacja

Obrazy HySpex

MGGPAERO

Skanery: VNIR-1800 i SWIR-384

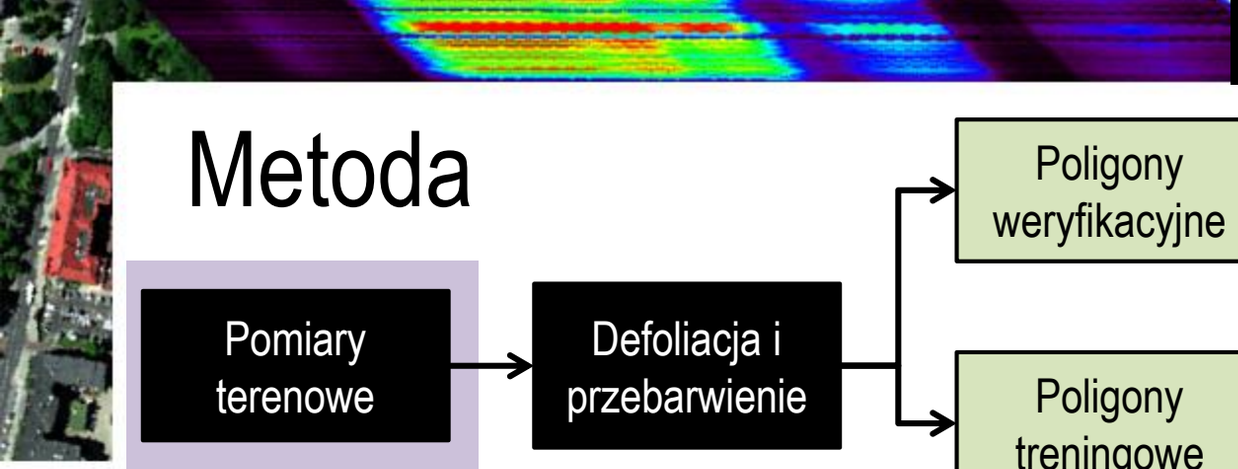
Parametr	HySpex
Czas pozyskania	3.07.2015 27.08.2015
Rozdzielczość przestrzenna	1 m
Rozdzielczość radiometryczna	16 bitów
Rozdzielczość spektralna	416-2510 nm
Liczba kanałów	451

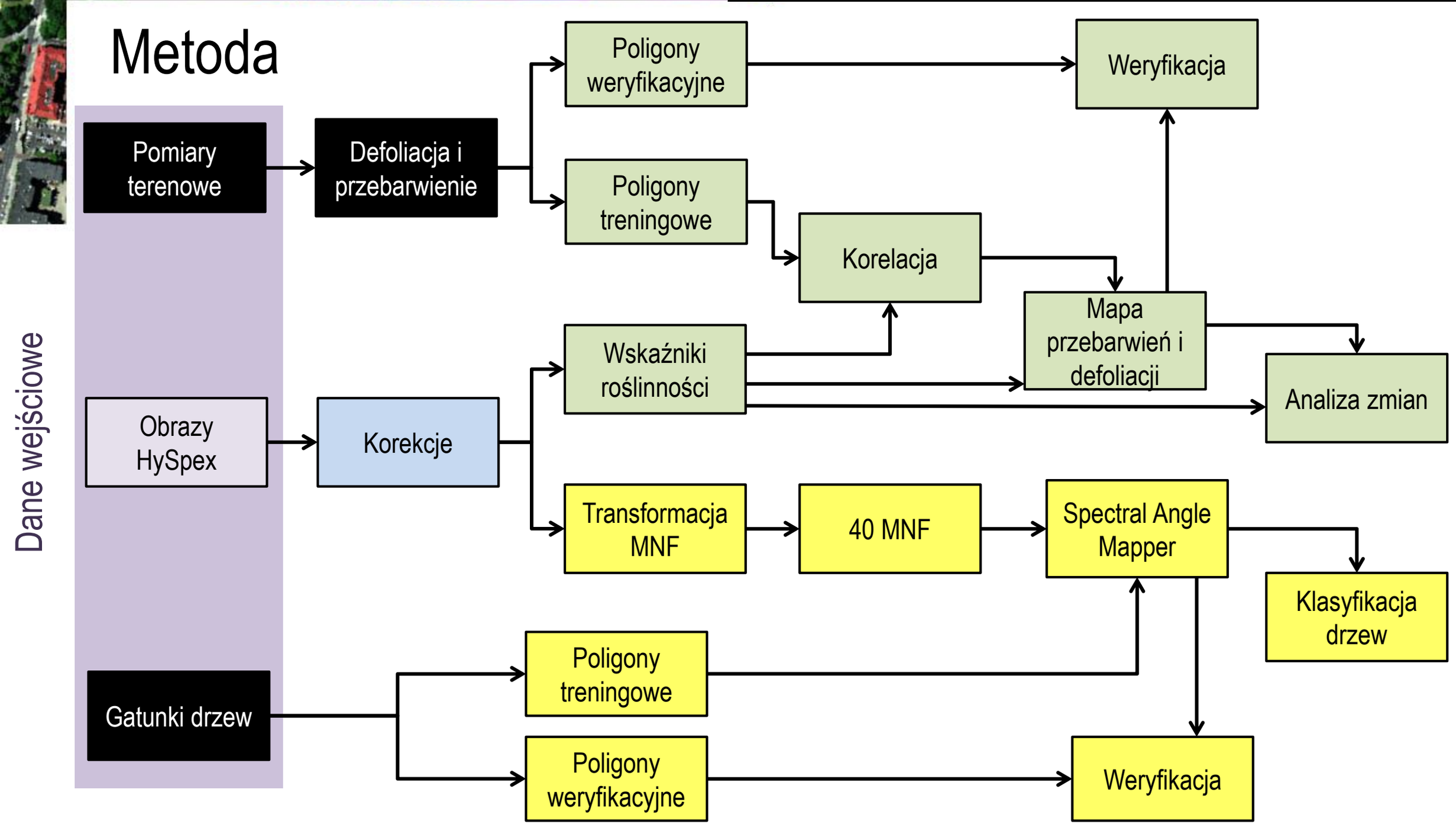


Korekcja

- Radiometryczna
- Geometryczna (PARGE)
- Atmosferyczna (ATCOR4)

Metoda

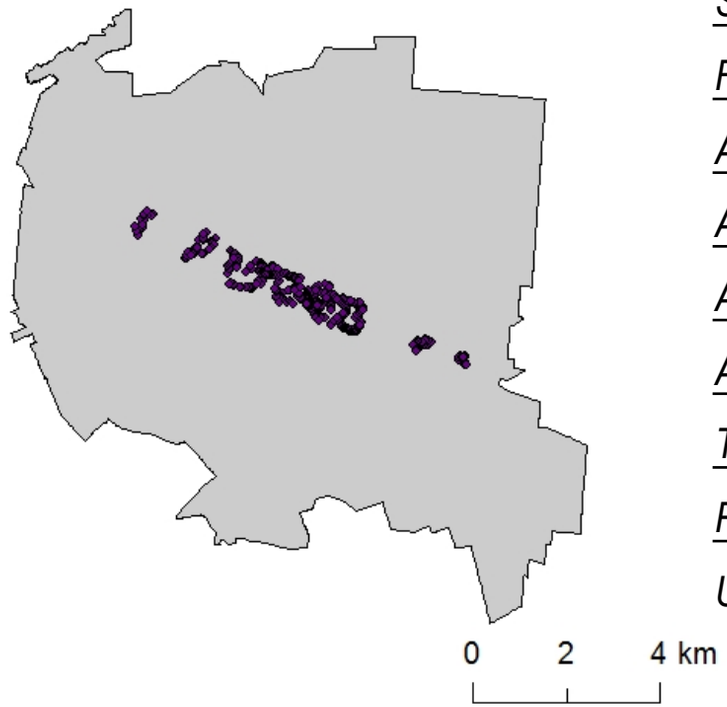



Dane wejściowe
Pomiary terenowe
Obrazy HySpex
Gatunki drzew
Defoliacja i przebarwienie
Korekcje
Poligony weryfikacyjne
Poligony treningowe
Korelacja
Wskaźniki roślinności
Transformacja MNF
40 MNF
Spectral Angle Mapper
Poligony treningowe
Poligony weryfikacyjne
Weryfikacja
Mapa przebarwień i defoliacji
Analiza zmian
Klasyfikacja drzew
Weryfikacja

Pomiary terenowe

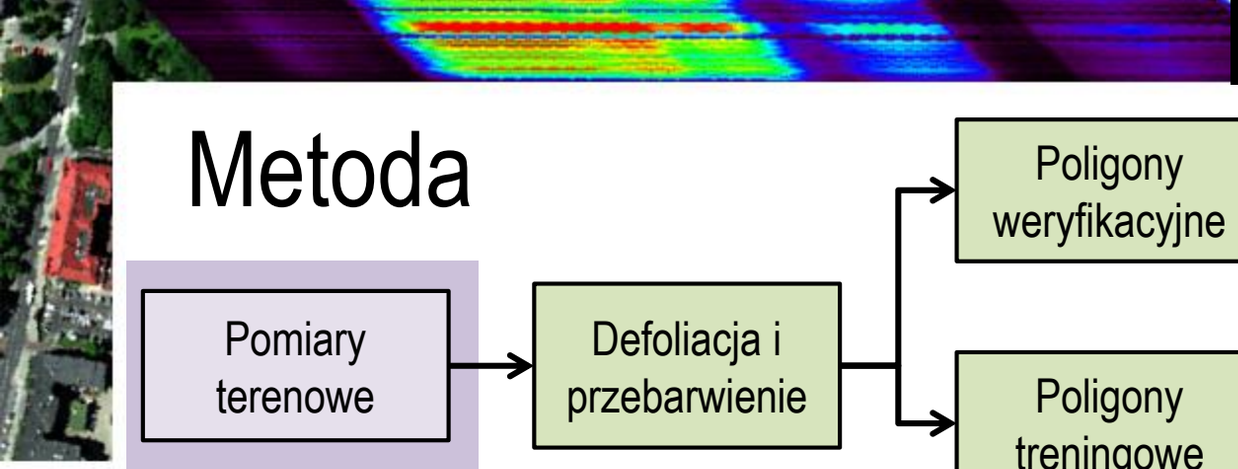
Pomiary **226** drzew:

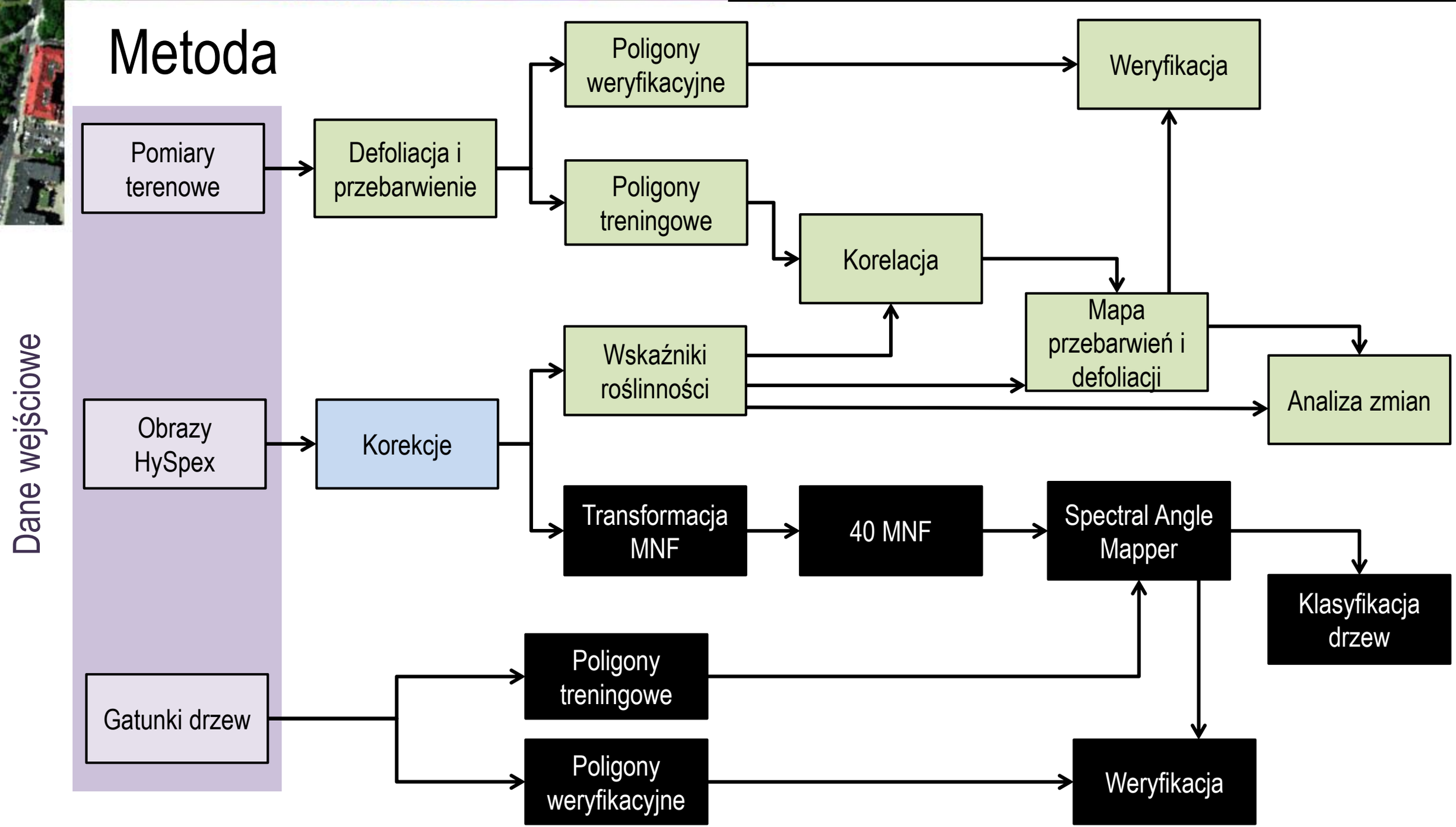
- Czas pomiarów
  - początek lipca
  - 26-27 sierpnia
- Parametry biofizyczne
  - przebarwienia,
  - defoliacja.



Gatunek		Liczba drzew
Tilia cordat	lipa drobnolistna	13
Betula pendula	brzoza brodawkowata	16
Quercus robur	dąb szypułkowy	24
Sorbus aucuparia	jarząb pospolity	11
Fraxinus excelsior	jesion wyniosły	19
Aesculus hippocastanum	kasztanowiec zwyczajny	26
Acer negundo	klon jesionolistny	18
Acer saccharinum	klon srebrzysty	19
Acer platanoides	klon zwyczajny	26
Tilia × euchlora	lipa krymska	21
Robinia pseudoacacia	robinia akacjowa	14
Ulmus laevis	wiąz szypułkowy	19

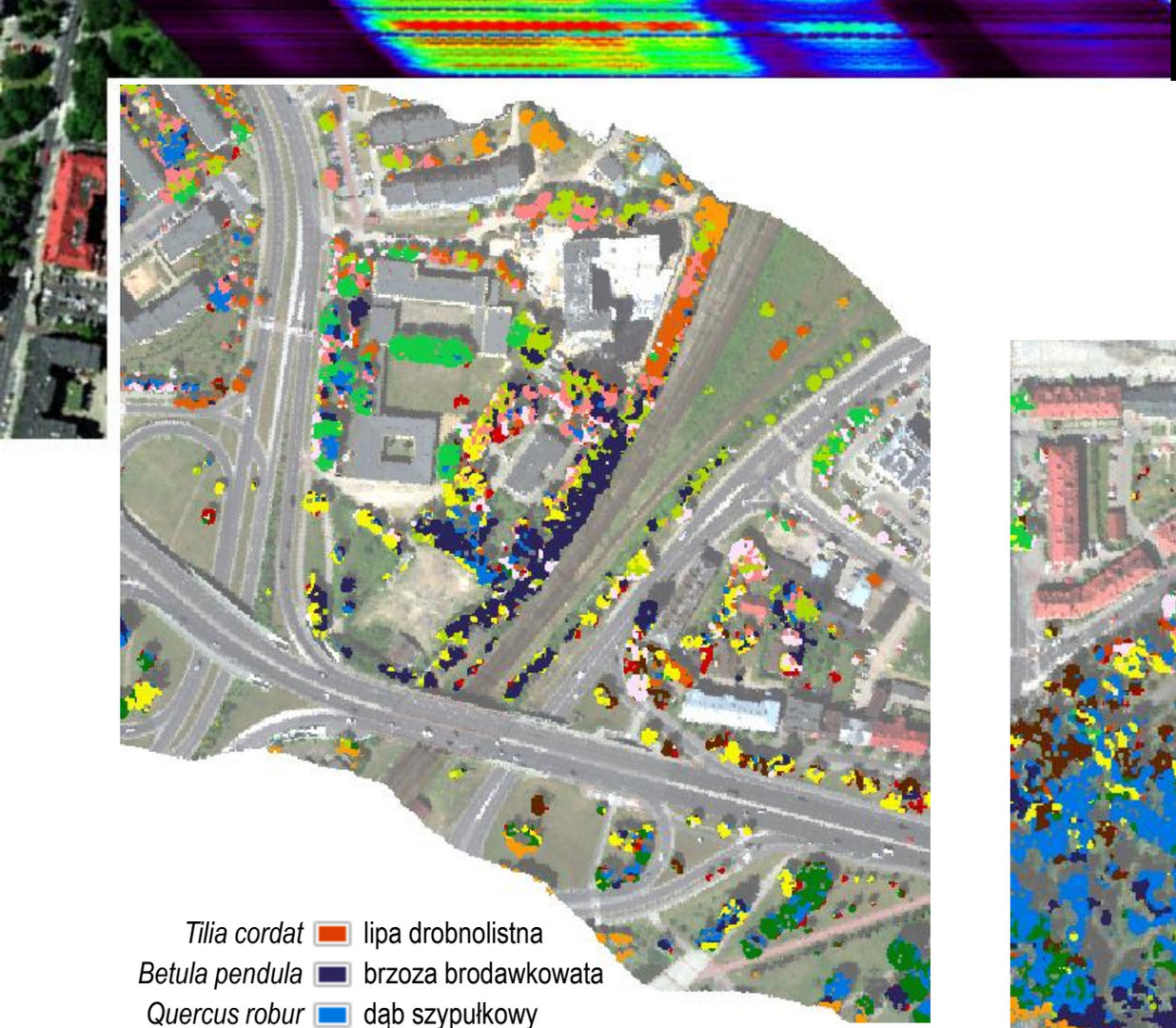
Metoda

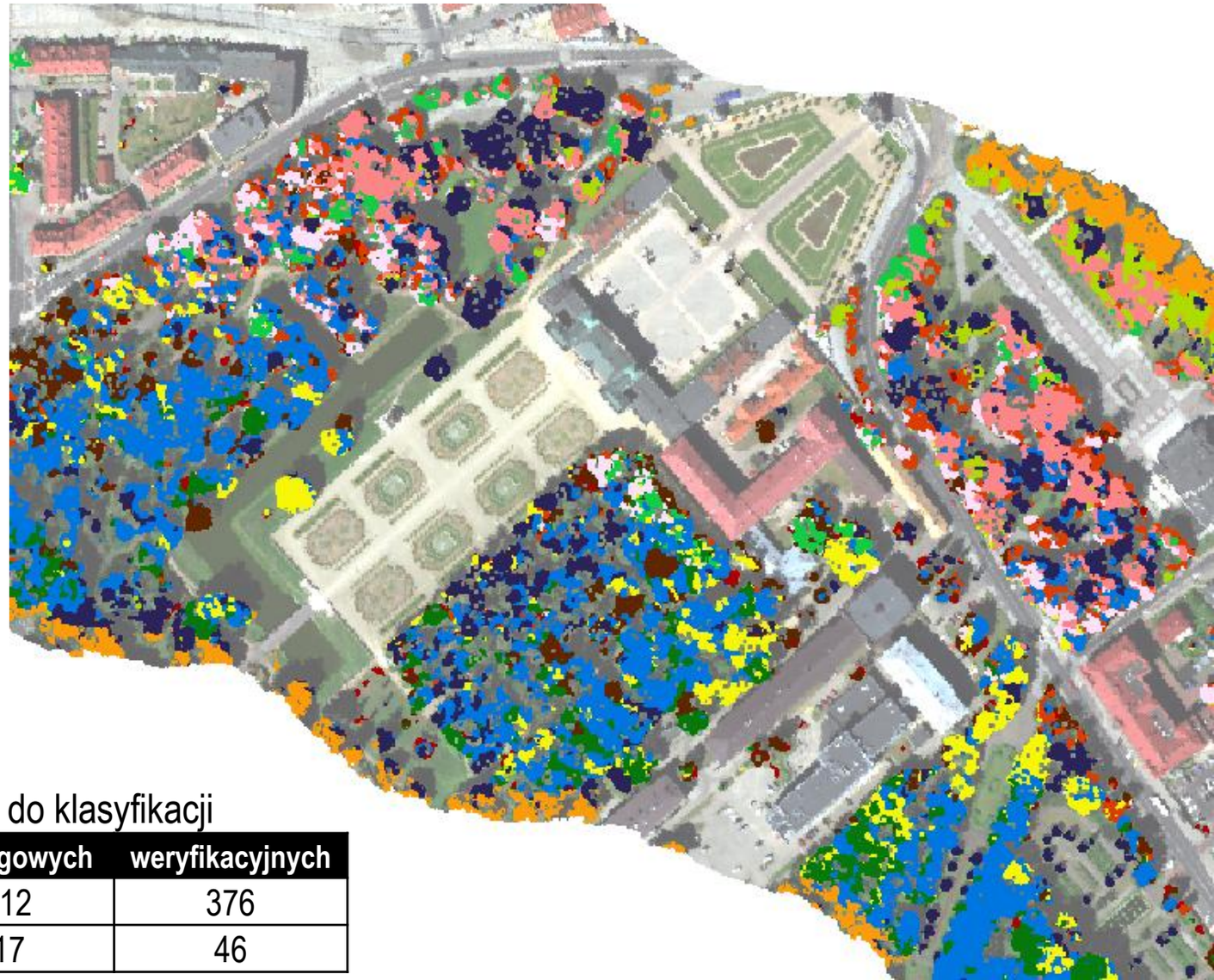



Dane wejściowe
Pomiary terenowe
Obrazy HySpex
Gatunki drzew
Defoliacja i przebarwienie
Korekcje
Poligony weryfikacyjne
Poligony treningowe
Korelacja
Wskaźniki roślinności
Transformacja MNF
40 MNF
Spectral Angle Mapper
Poligony treningowe
Poligony weryfikacyjne
Weryfikacja
Mapa przebarwień i defoliacji
Analiza zmian
Klasyfikacja drzew
Weryfikacja

Identyfikacja gatunków

Spectral Angle Mapper





Tilia cordat	lipa drobnolistna
Betula pendula	brzoza brodawkowata
Quercus robur	dąb szypułkowy
Sorbus aucuparia	jarząb pospolity
Fraxinus excelsior	jesion wyniosły
Aesculus hippocastanum	kasztanowiec zwyczajny
Acer negundo	klon jesionolistny
Acer saccharinum	klon srebrzysty
Acer platanoides	klon zwyczajny
Tilia × euchlora	lipa krymska
Robinia pseudoacacia	robinia akacjowa
Ulmus laevis	wiąz szypułkowy

Zestaw danych do klasyfikacji

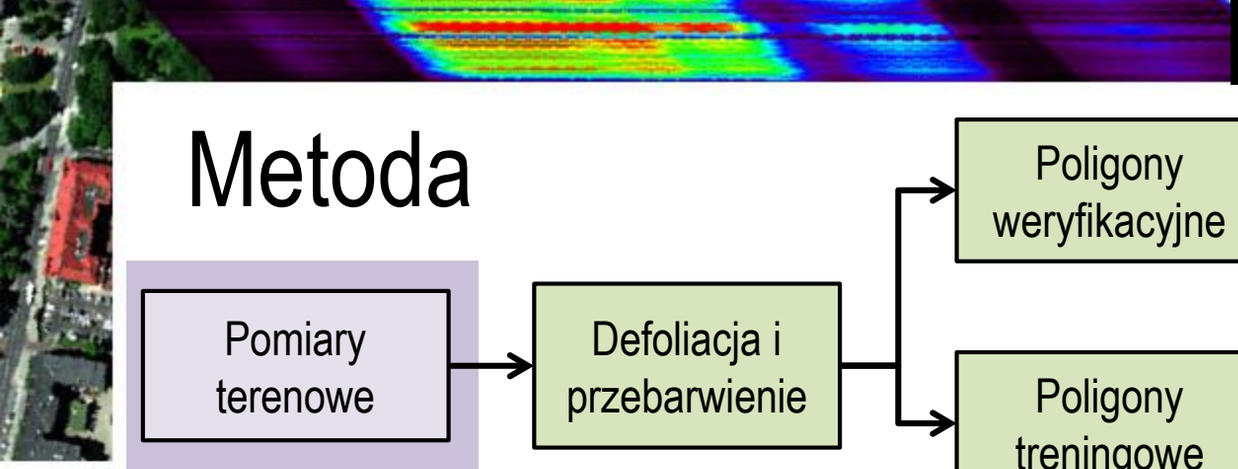
Liczba	treningowych	weryfikacyjnych
pikseli	112	376
drzew	17	46

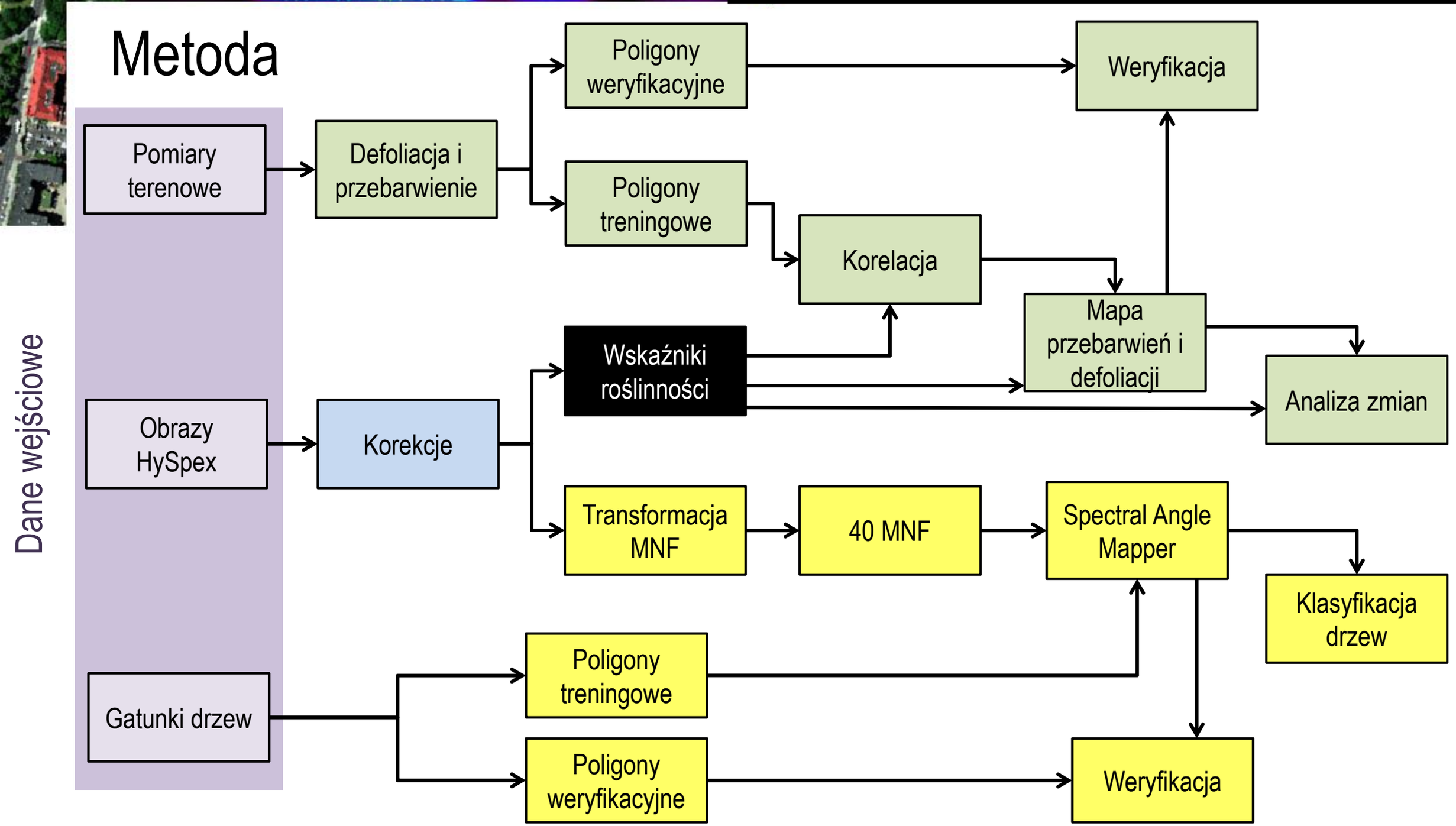
Dokładność klasyfikacji

Dokładność całkowita **78.38%**
Współczynnik kappa **0.69**

Gatunek		PA	UA	Niedo-szaco-wanie	Prze-szaco-wanie
Tilia cordata	lipa drobnolistna	50%	38%	63%	50%
Betula pendula	brzoza brodawkowata	95%	85%	15%	5%
Quercus robur	dąb szypułkowy	92%	93%	7%	8%
Sorbus aucuparia	jarząb pospolity	50%	10%	9%	50%
Fraxinus excelsior	jesion wyniosły	83%	74%	26%	17%
Aesculus hippocastanum	kasztanowiec zwyczajny	79%	68%	32%	21%
Acer negundo	klon jesionolistny	31%	25%	75%	7%
Acer saccharinum	klon srebrzysty	72%	69%	31%	28%
Acer platanoides	klon zwyczajny	88%	94%	6%	12%
Tilia × euchlora	lipa krymska	75%	47%	53%	25%
Robinia pseudoacacia	robinia akacjowa	3%	25%	17%	7%
Ulmus laevis	wiąz szypułkowy	93%	83%	75%	97%

Metoda




Dane wejściowe
Pomiary terenowe
Obrazy HySpex
Gatunki drzew
Defoliacja i przebarwienie
Korekcje
Poligony weryfikacyjne
Poligony treningowe
Korelacja
Wskaźniki roślinności
Transformacja MNF
40 MNF
Spectral Angle Mapper
Poligony treningowe
Poligony weryfikacyjne
Weryfikacja
Mapa przebarwień i defoliacji
Analiza zmian
Klasyfikacja drzew
Weryfikacja

Wskaźniki roślinności

Ogólna kondycja roślin

- Normalized Difference Vegetation Index
- Modified Simple Ratio Index
- Enhanced Vegetation Index
- Atmospherically Resistant Vegetation Index

Zawartość chlorofilu

- Red Edge Normalized Difference Vegetation Index
- Modified Red Edge Normalized Difference Vegetation Index
- Modified Red Edge Simple Ratio
- Vogelmann Red Edge Index 1, 2 and 3

Wykorzystanie światła w procesie fotosyntezy

- Photochemical Reflectance Index
- Structure Insensitive Pigment Index

Zawartość azotu

- Normalized Difference Nitrogen Index

Zawartość węgla i suchej masy

- Normalized Difference Lignin Index
- Cellulose Absorption Index
- Plant Senescence Reflectance Index

Zawartość barwników

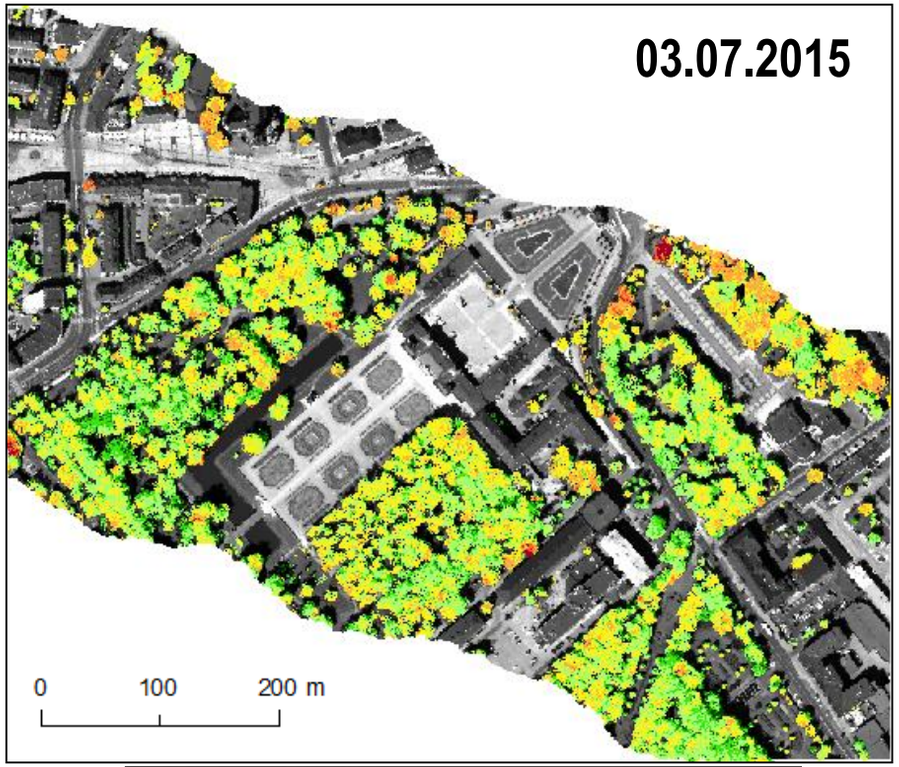
- Carotenoid Reflectance Index 1 and 2
- Anthocyanin Reflectance Index 1 and 2

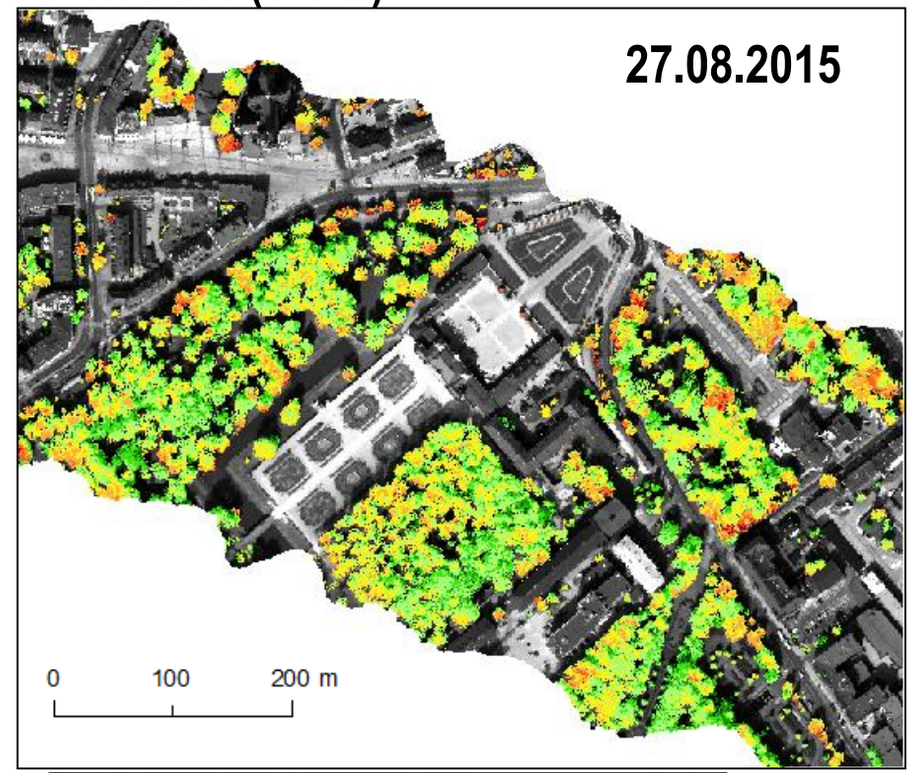
Zawartość wody

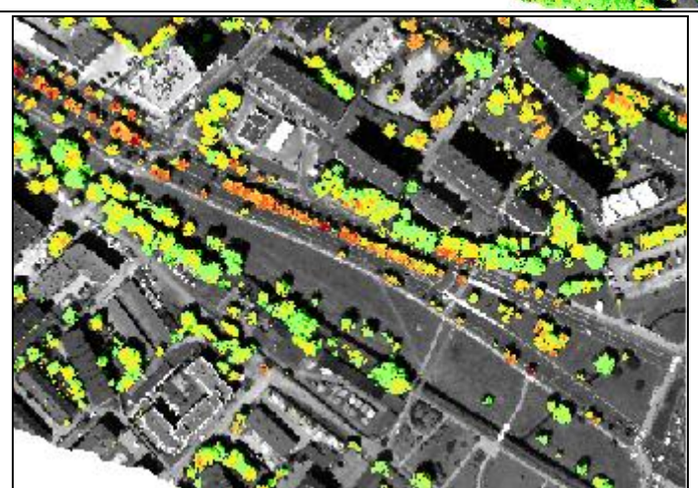
- Water Band Index
- Normalized Difference Water Index
- Moisture Stress Index
- Normalized Difference Infrared Index

Wykorzystanie światła w procesie fotosyntezy

Photochemical Reflectance Index (PRI)



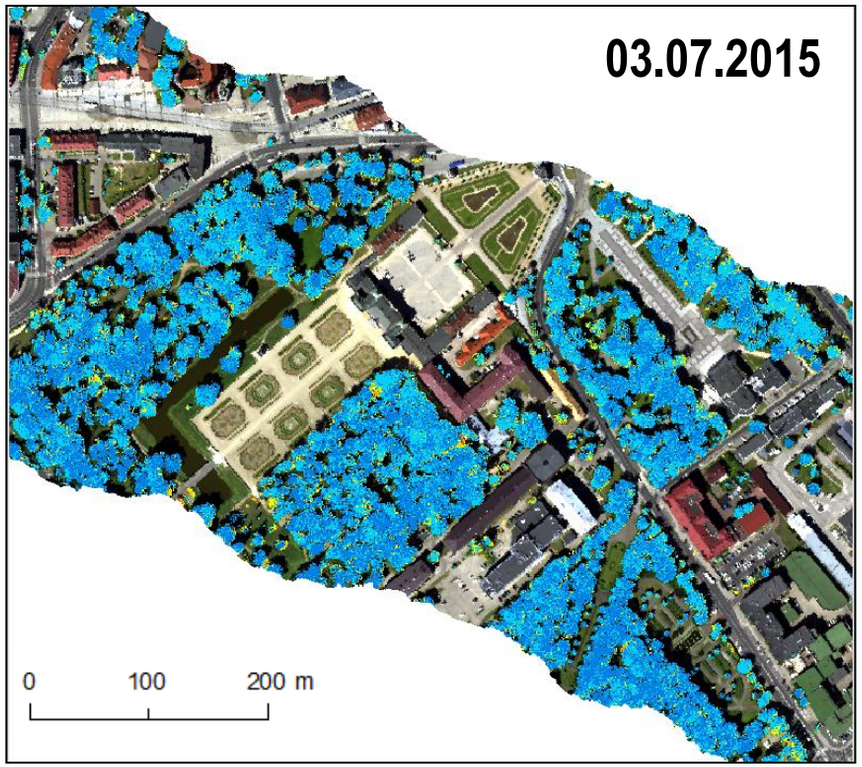


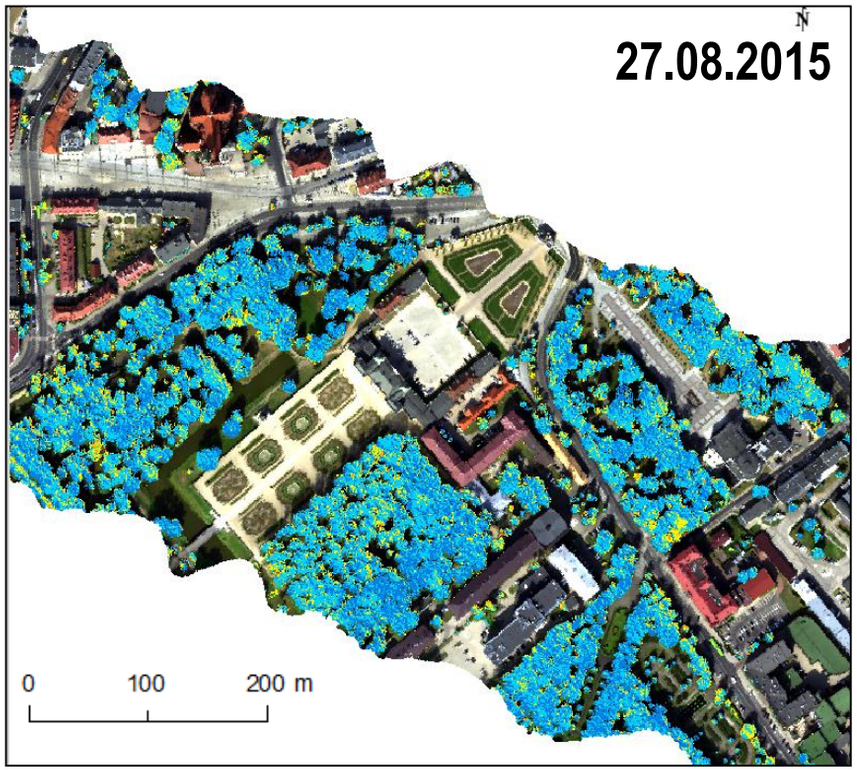


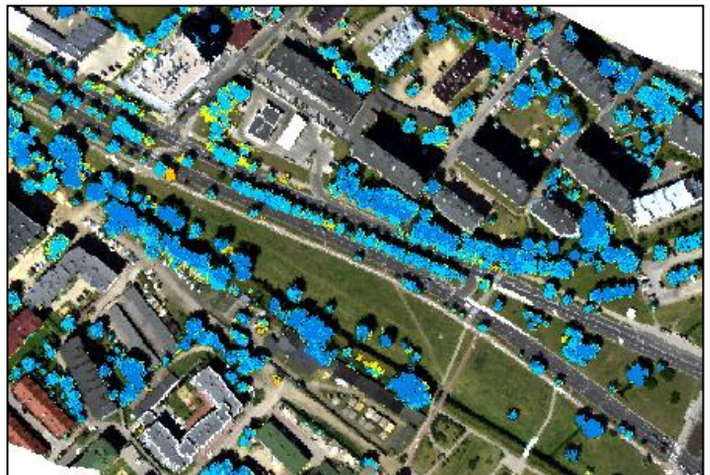
>0,025
0,000 do 0,025
-0,025 do 0,000
-0,050 do -0,025
-0,075 do -0,050
-0,100 do -0,075
-0,125 do -0,100
< -0,125

0 50 100 m

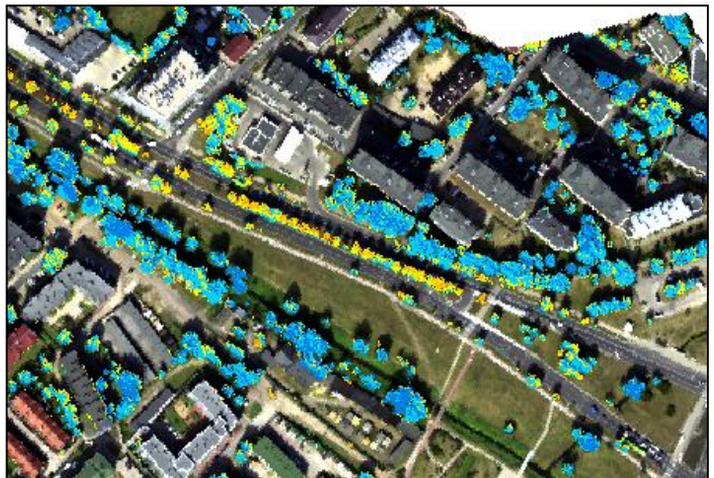
Zawartość wody – Moisture Stress Index



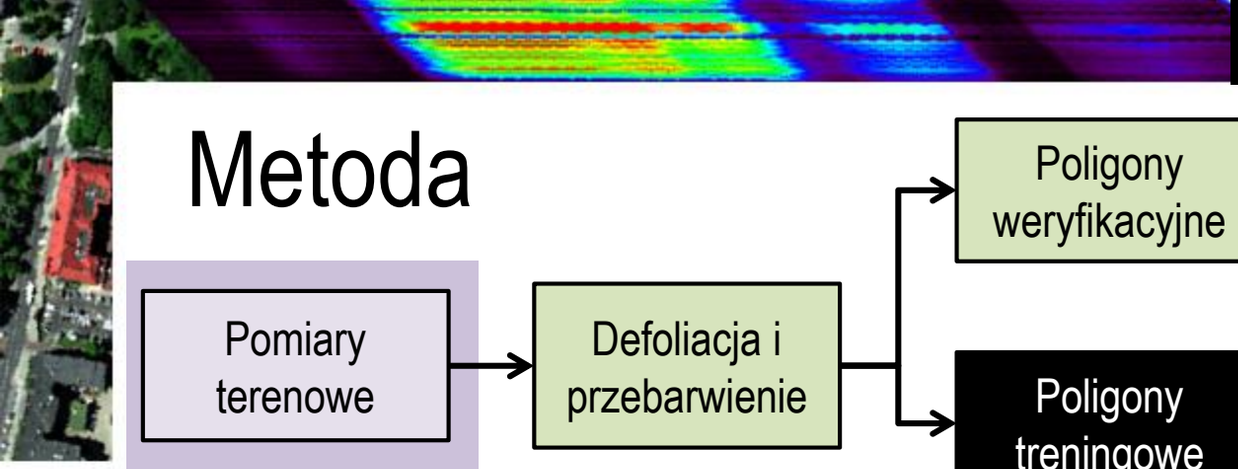


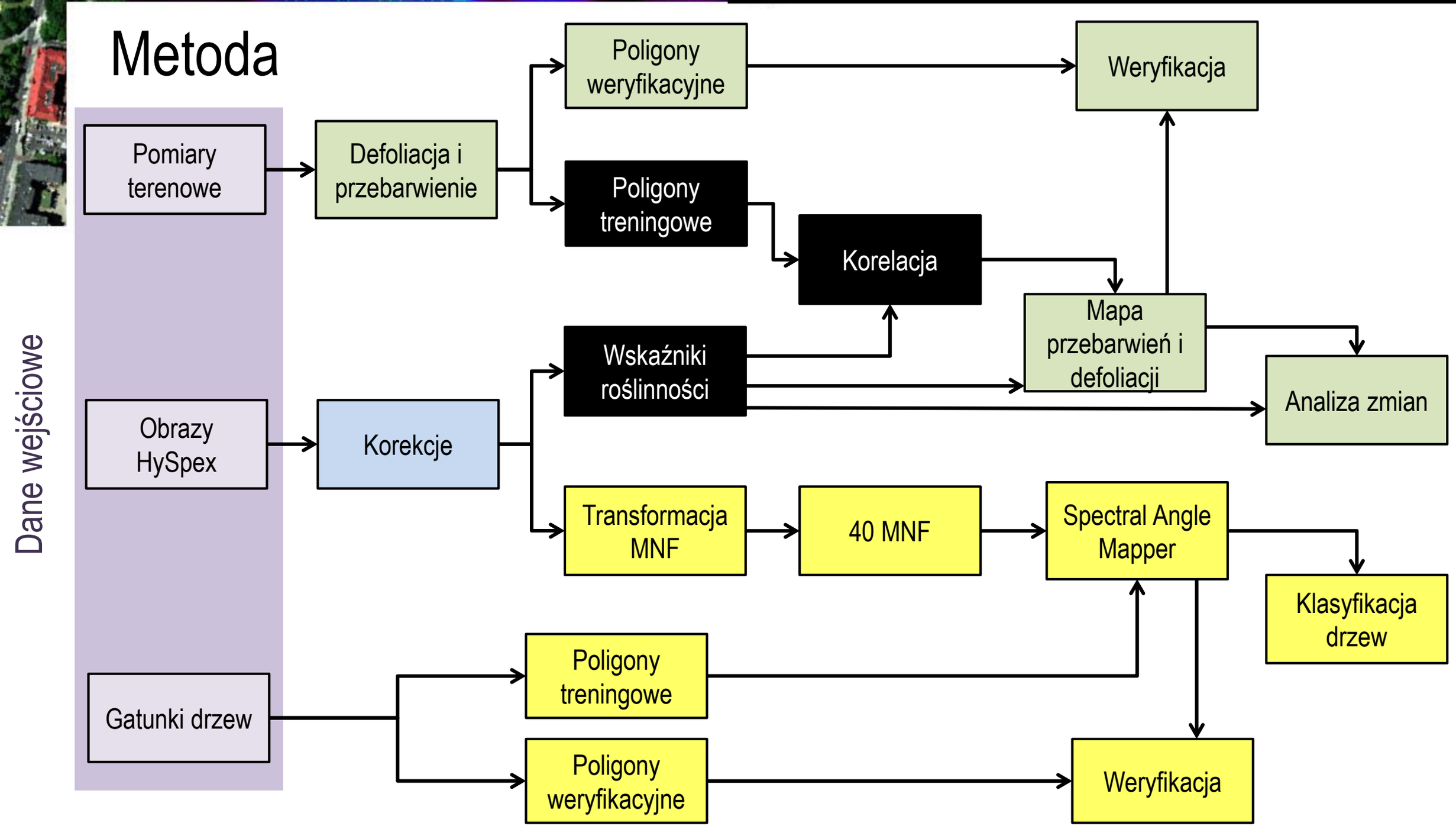


0.2-0.4
0.4-0.6
0.6-0.8
0.8-1.0
>1



Metoda




Dane wejściowe
Pomiary terenowe
Obrazy HySpex
Gatunki drzew
Defoliacja i przebarwienie
Korekcje
Poligony weryfikacyjne
Poligony treningowe
Korelacja
Wskaźniki roślinności
Transformacja MNF
40 MNF
Spectral Angle Mapper
Poligony treningowe
Poligony weryfikacyjne
Weryfikacja
Mapa przebarwień i defoliacji
Analiza zmian
Klasyfikacja drzew
Weryfikacja

Korelacje wskaźników ze zmiennymi biofizycznymi

- 68 poligonów treningowych
- obraz 3.07.2015

Korelacja rang Spearmana. Najlepsza korelacja, istotna statystycznie (p=0,05).

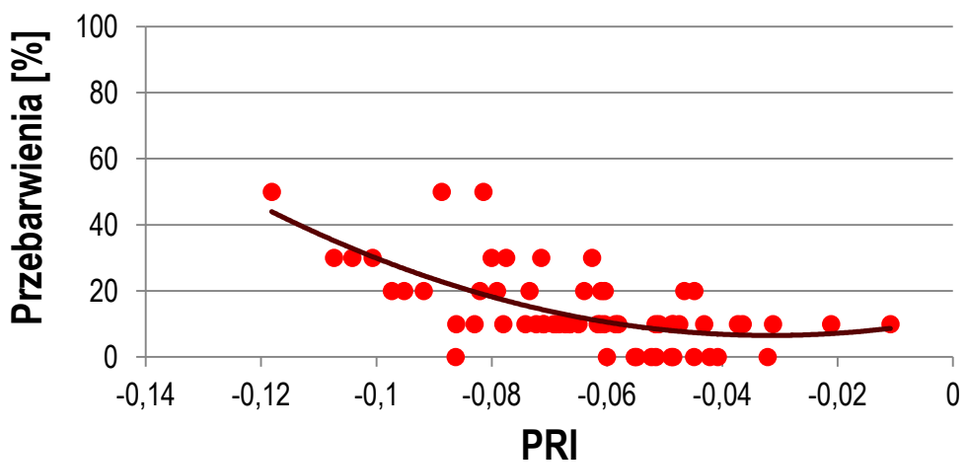
	mNDVI705	mSR	PRI	PSRI
przebarwienia	-0,536	-0,533	-0,579	0,496
	NDVI705	**VOG2**	**VOG3**	**NDII**
defoliacja	-0,676	0,665	0,665	-0,729

Przebarwienia

y = 5003x2 + 316,58x + 11,515

x – wartość PRI

R^2 = 0,4275, N=68



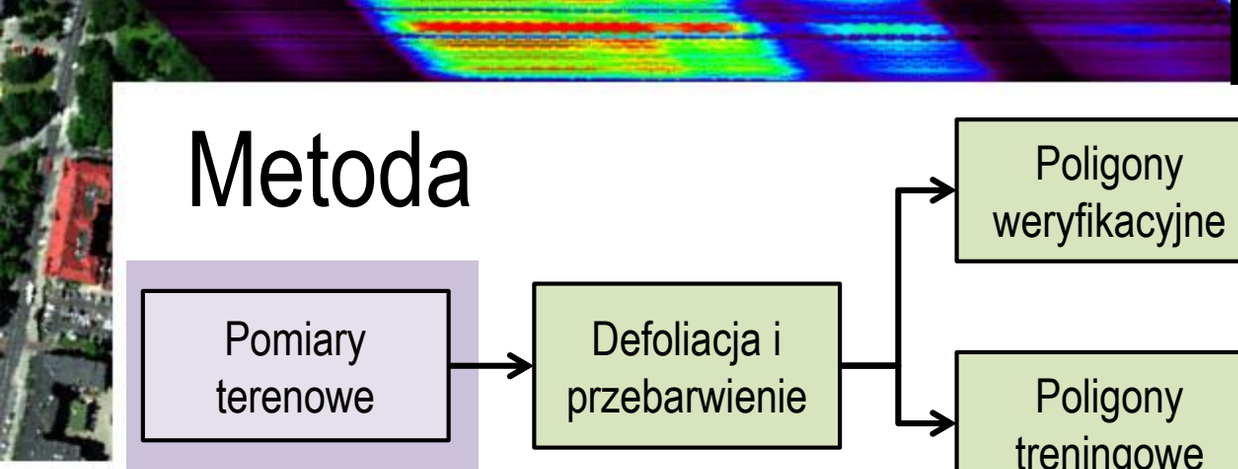
Defoliacja

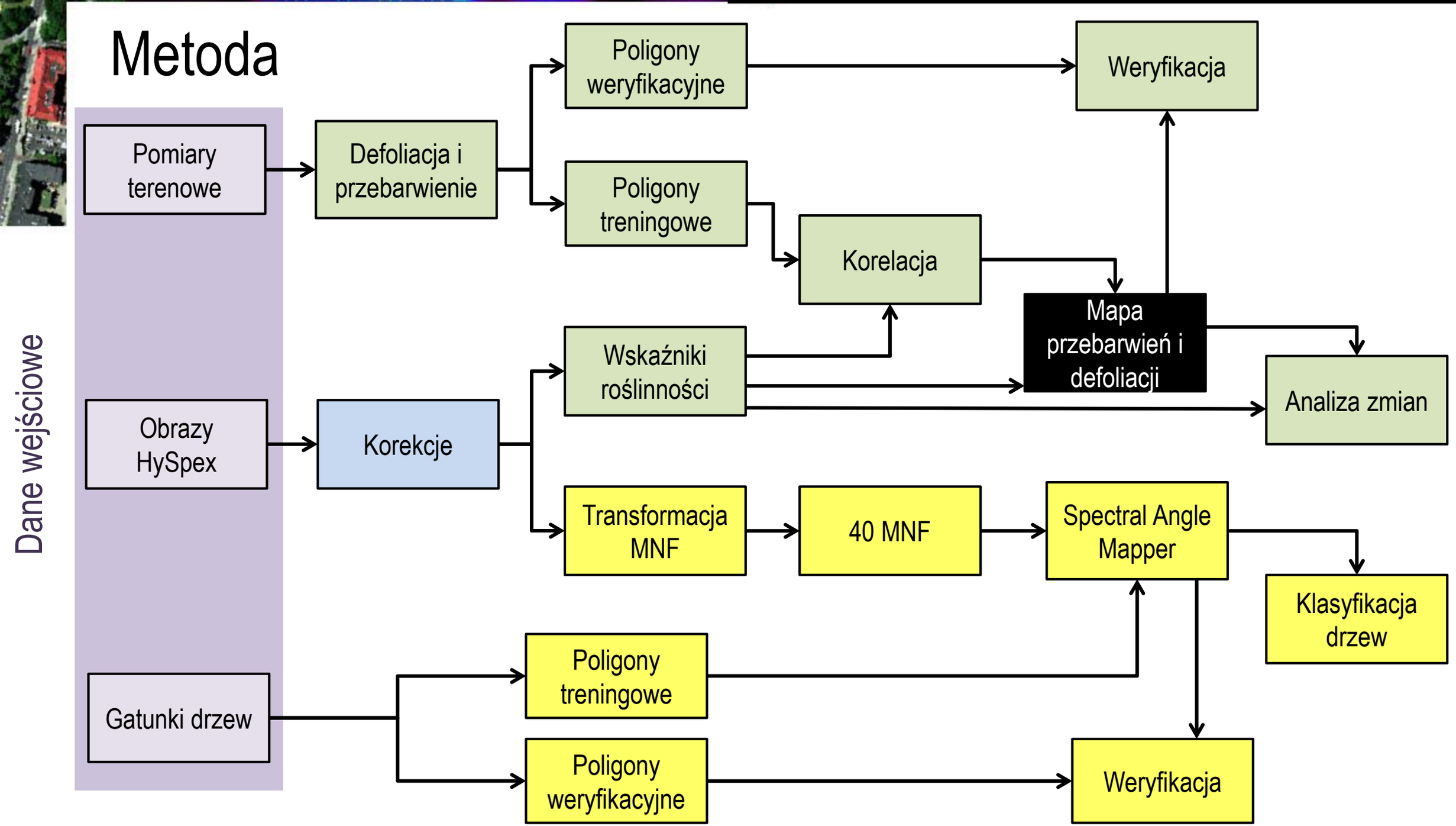
y = -57,01ln(x) + 23,47

x – wartość NDVI705

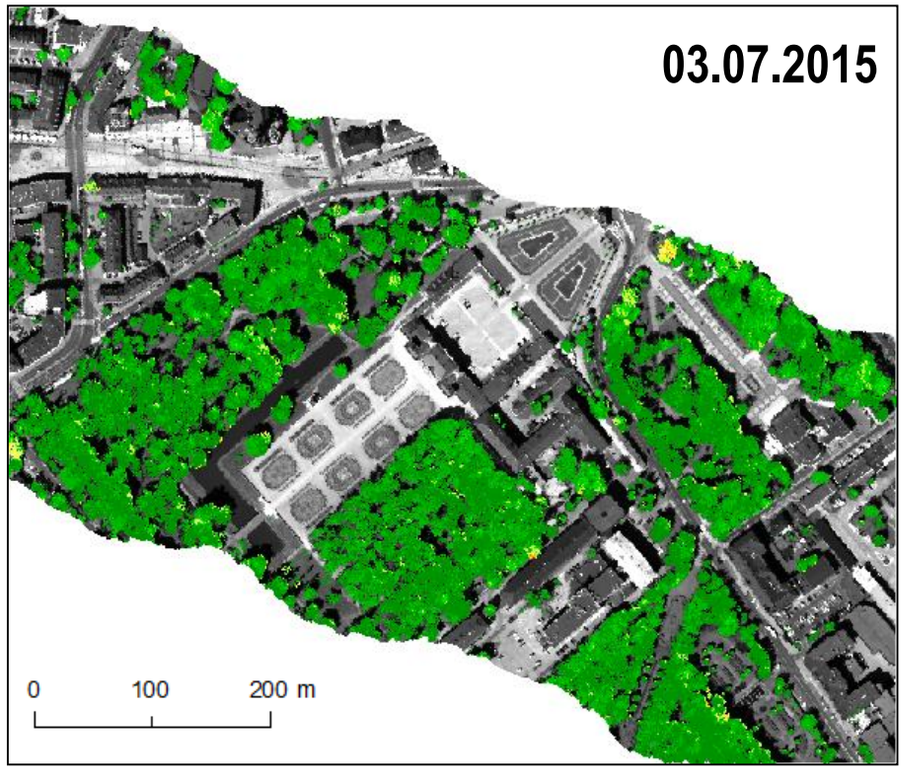
R^2 = 0,4403, N=68

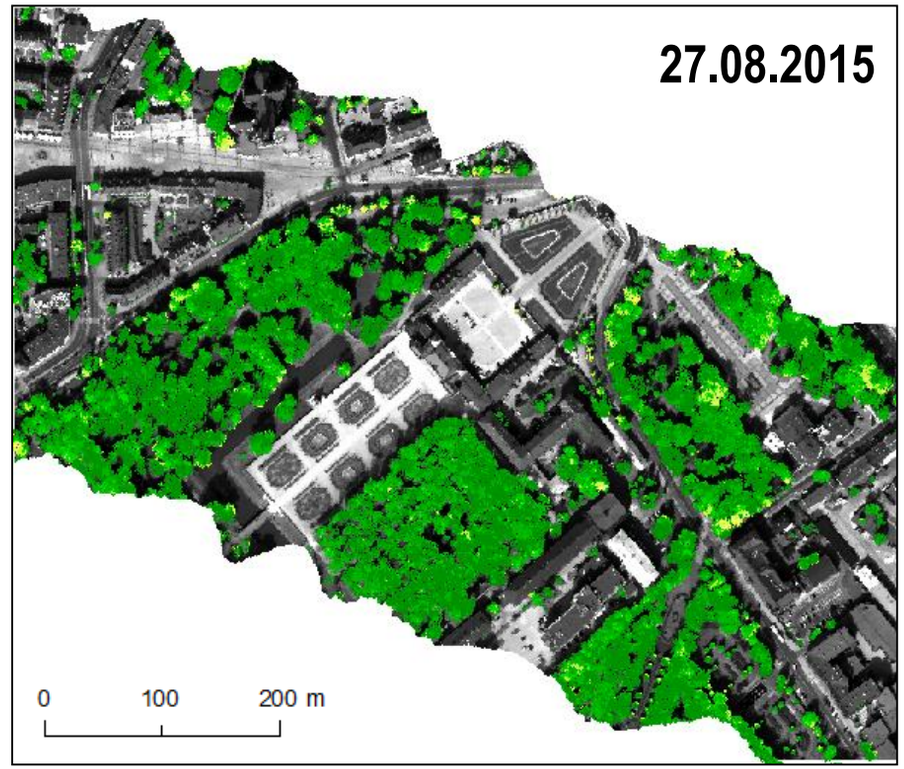
Metoda

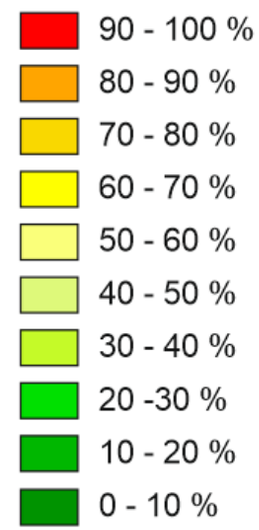



Dane wejściowe
Pomiary terenowe
Obrazy HySpex
Gatunki drzew
Defoliacja i przebarwienie
Korekcje
Poligony weryfikacyjne
Poligony treningowe
Korelacja
Wskaźniki roślinności
Transformacja MNF
40 MNF
Spectral Angle Mapper
Poligony treningowe
Poligony weryfikacyjne
Weryfikacja
Mapa przebarwień i defoliacji
Analiza zmian
Klasyfikacja drzew
Weryfikacja

Wartości przebarwienia dla dwóch terminów

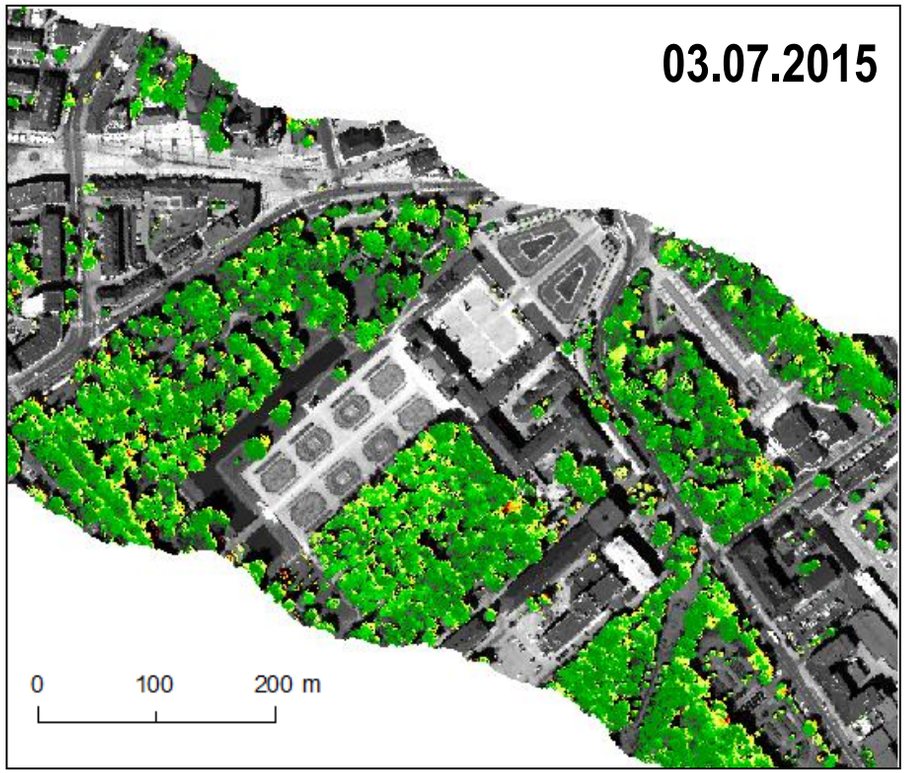


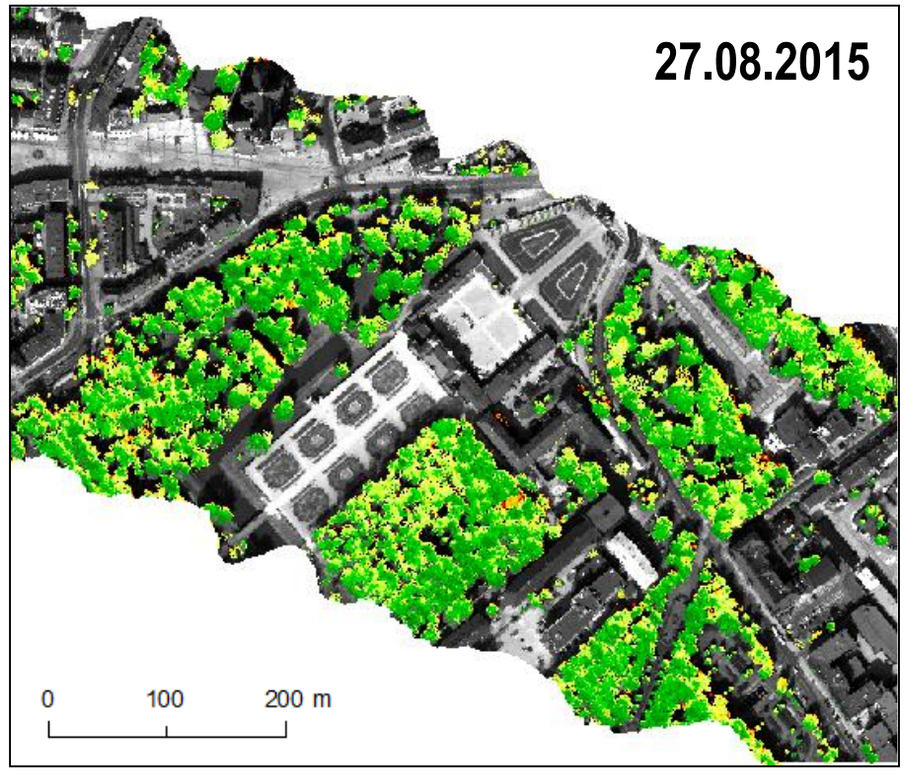




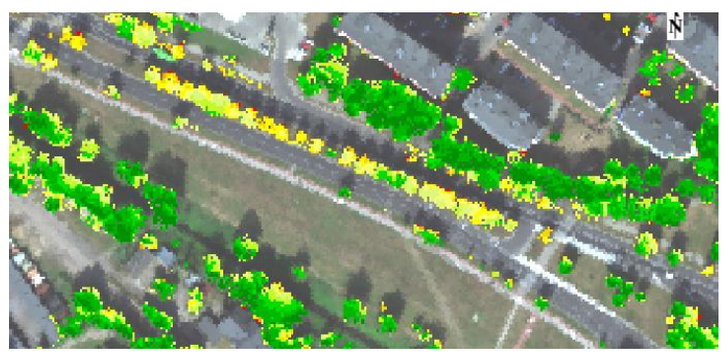
	% drzew	
Klasa przebarwień	Lipiec	Sierpień
0-30%	97	96
30-60%	2	3
60-100%	1	1

Wartości defoliacji dla dwóch terminów



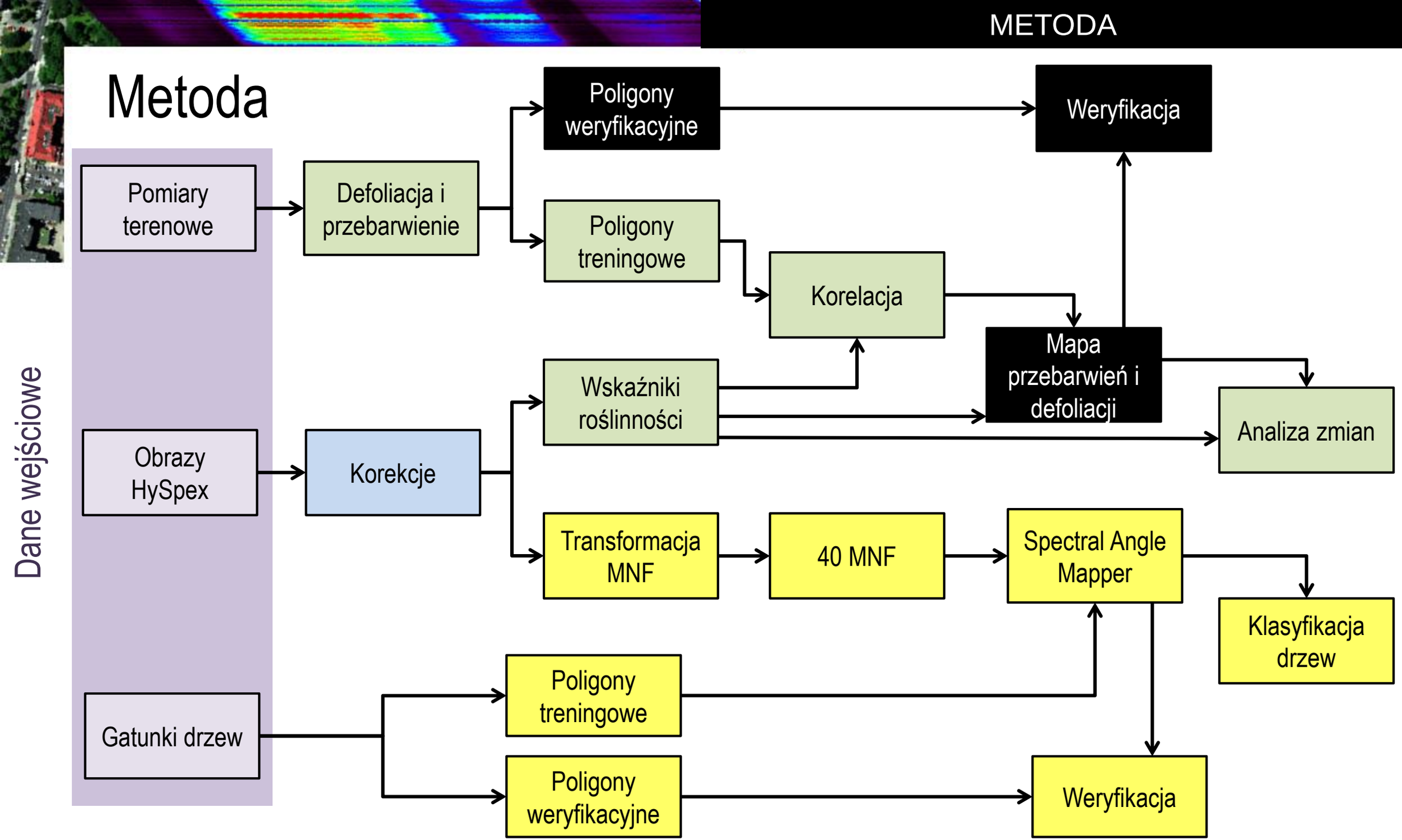


- 90 - 100 %
- 80 - 90 %
- 70 - 80 %
- 60 - 70 %
- 50 - 60 %
- 40 - 50 %
- 30 - 40 %
- 20 -30 %
- 10 - 20 %
- 0 - 10 %



	% drzew	
Klasa defoliacji	Lipiec	Sierpień
0-30%	79	57
30-60%	17	34
60-100%	4	9

Metoda


Dane wejściowe
Pomiary terenowe
Obrazy HySpex
Gatunki drzew
Defoliacja i przebarwienie
Korekcje
Poligony weryfikacyjne
Poligony treningowe
Korelacja
Wskaźniki roślinności
Transformacja MNF
40 MNF
Spectral Angle Mapper
Poligony treningowe
Poligony weryfikacyjne
Weryfikacja
Mapa przebarwień i defoliacji
Analiza zmian
Klasyfikacja drzew
Weryfikacja

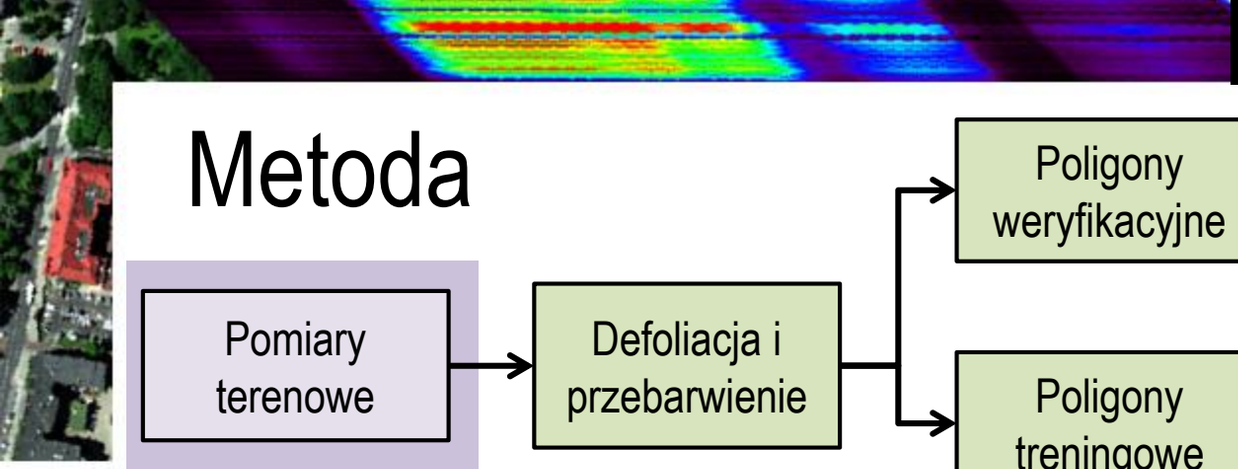
Weryfikacja wartości parametrów biofizycznych

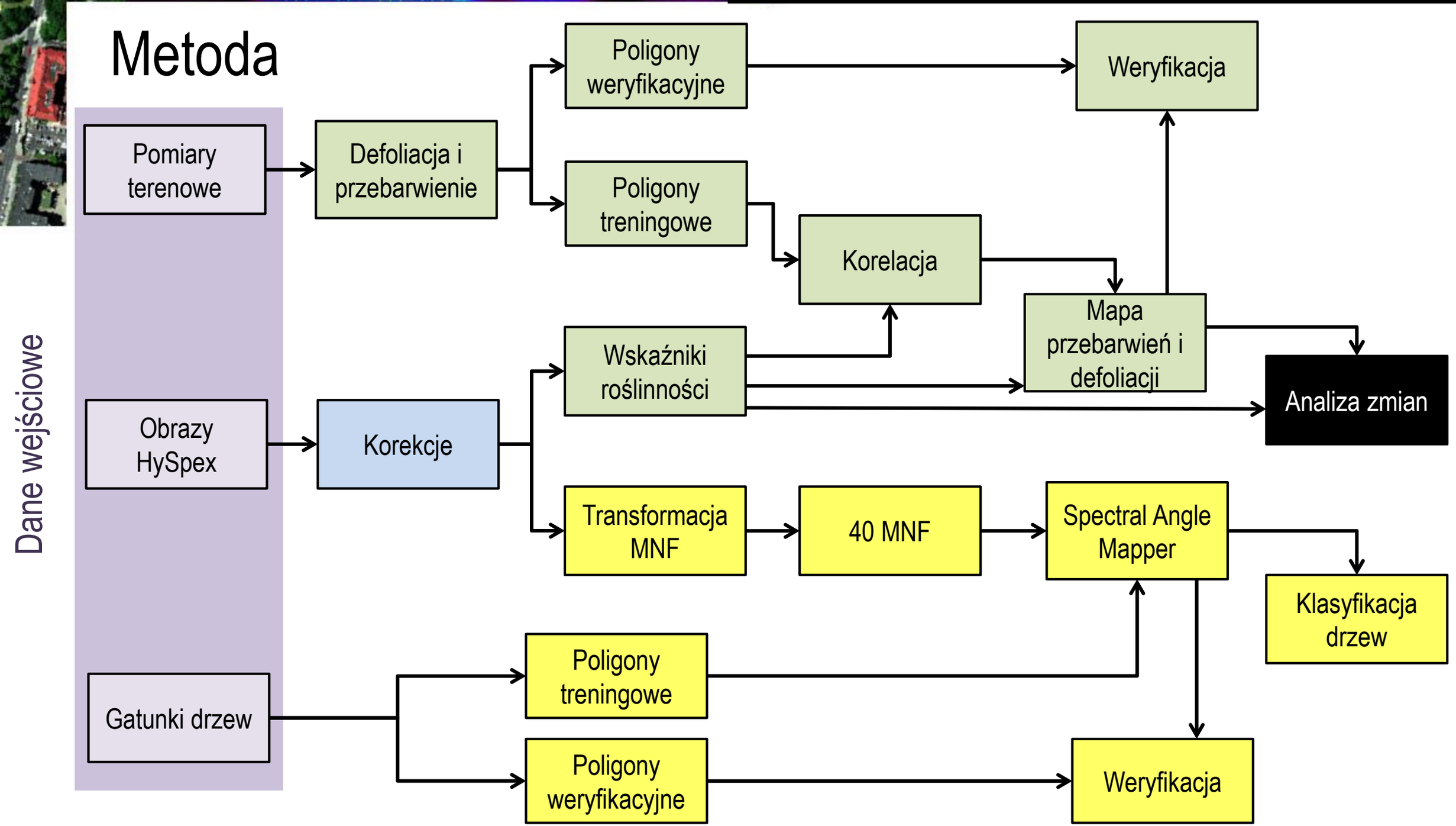
- Reklasyfikacja (10%)

Wartości błędów RMSE

Data	N	Przebarwienia %	Defoliacja %
03.07.2015	*158*	**11**	**13**
27.08.2015	*226*	**17**	**23**

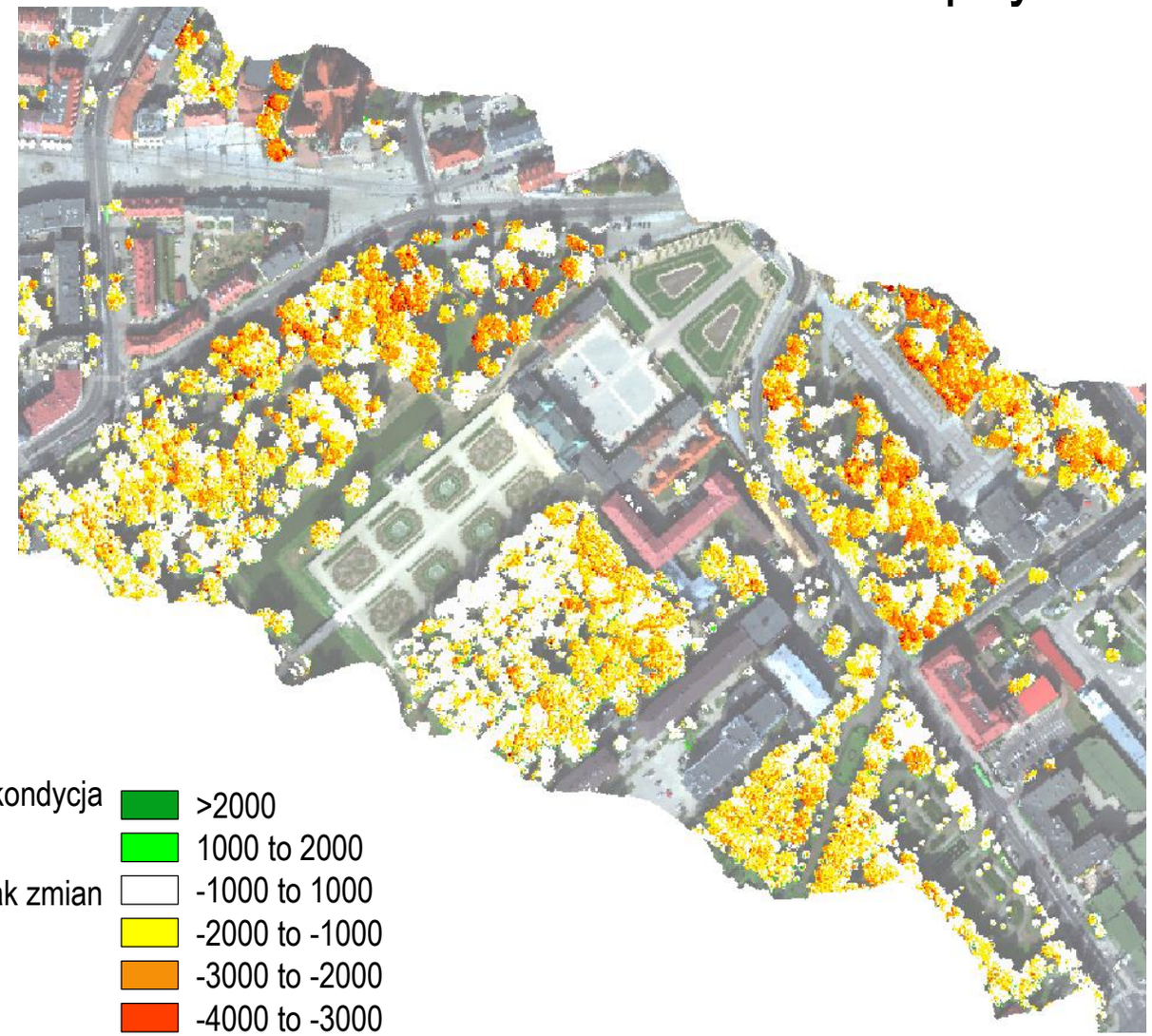
Metoda




Dane wejściowe
Pomiary terenowe
Obrazy HySpex
Gatunki drzew
Defoliacja i przebarwienie
Korekcje
Poligony weryfikacyjne
Poligony treningowe
Korelacja
Wskaźniki roślinności
Transformacja MNF
40 MNF
Spectral Angle Mapper
Poligony treningowe
Poligony weryfikacyjne
Weryfikacja
Mapa przebarwień i defoliacji
Analiza zmian
Klasyfikacja drzew
Weryfikacja

Zmiany w zawartości chlorofilu

Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index



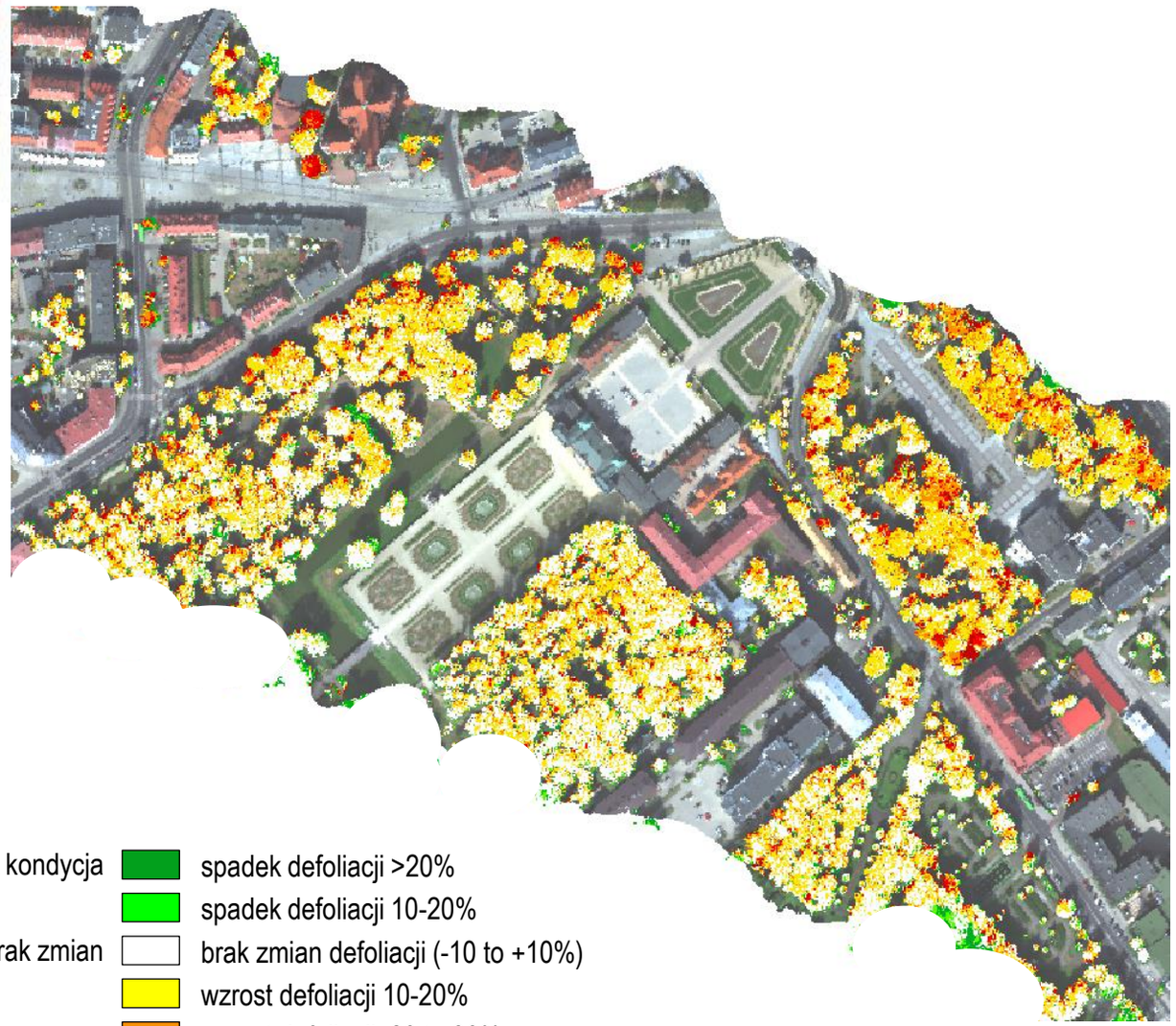
Lepsza kondycja

Brak zmian

Gorsza kondycja

- >2000
- 1000 to 2000
- -1000 to 1000
- -2000 to -1000
- -3000 to -2000
- -4000 to -3000
- <-4000

Zmiany w wartościach defoliacji



lepsza kondycja
- spadek defoliacji >20%
- spadek defoliacji 10-20%
- brak zmian defoliacji (-10 to +10%) (brak zmian)
- wzrost defoliacji 10-20%
- wzrost defoliacji 20 to 30%
- wzrost defoliacji 30 to 40%
- wzrost defoliacji >40%

gorsza kondycja

Wzrost defoliacji na **54%** powierzchni zajmowanej przez drzewa

Wnioski

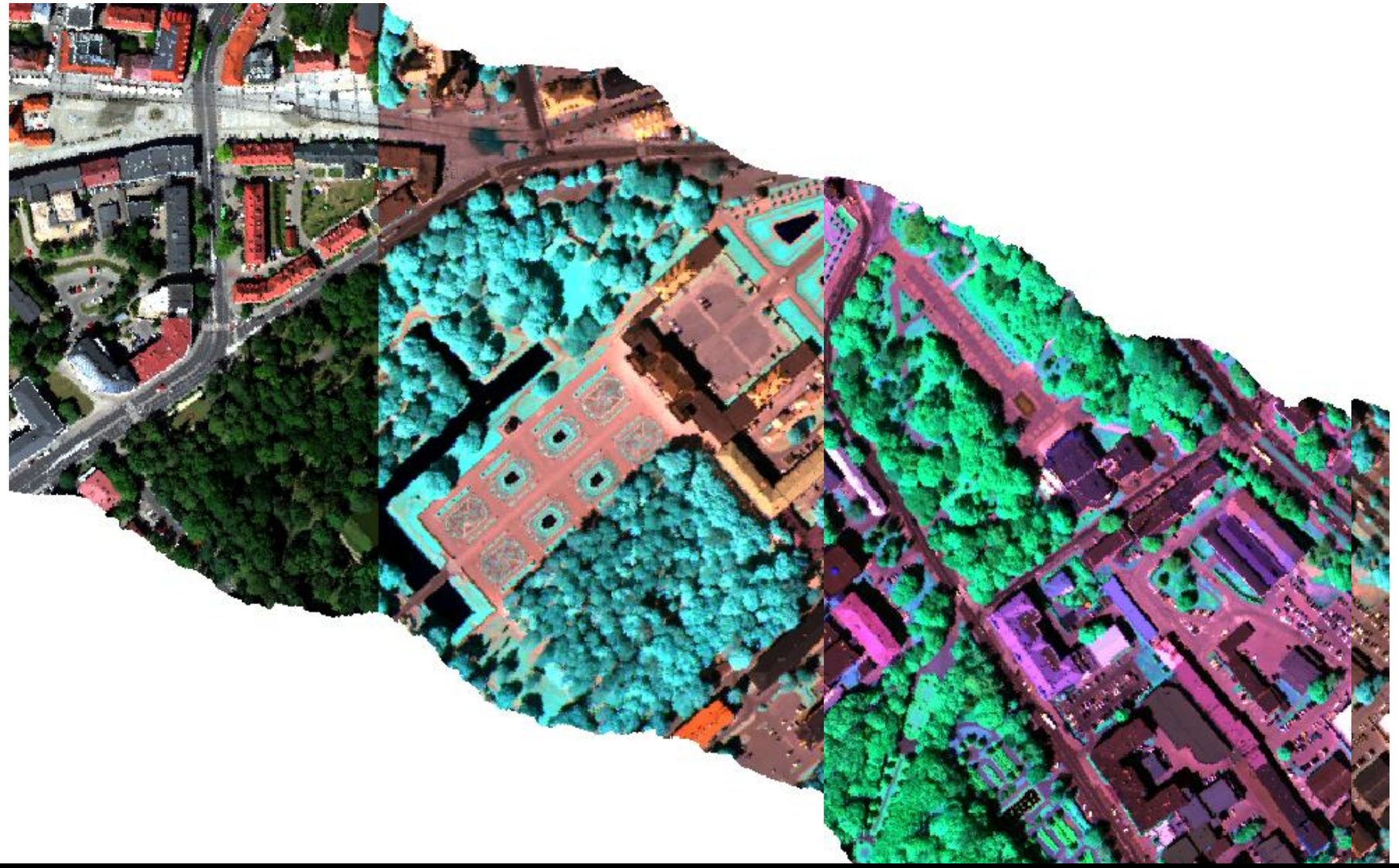
- Możliwa jest **identyfikacja wybranych gatunków** drzew.
- Możliwe jest obliczenie wartości **przebarwienia i defoliacji** z dopuszczalnym błędem (RMSE od 11 do 23%).
- Wskaźniki roślinności obliczone na podstawie obrazów hiperspektralnych mogą być wykorzystane jako sposób **monitorowania drzew** na obszarach miejskich.
- Na podstawie wskaźników roślinności można **przewidzieć kondycję drzew** (w oparciu o PRI, MCARI, NDVI705).
- Susza spowodowała **uszkodzenia drzew**, które zostały wykryte przy użyciu obrazów hiperspektralnych – wzrost defoliacji na 54% powierzchni pokrytej drzewami.
- Kondycja drzew jest **gorsza w pobliżu dróg**, lepsza w przypadku większych obszarów pokrytych drzewami.

ŚRODOWISKO INFORMACJI

UNIWERSYTET WARSZAWSKI

MGGPAERO

WYDZIAŁ BIOLOGII i OCHRONY ŚRODOWISKA

VERITAS ET LIBERTAS · UNIVERSITAS LODZIENSIS

Uniwersytet ŁÓDZKI