



## Wykorzystanie danych teledetekcyjnych do oceny dynamiki wybranych cech drzewostanów Puszczy Białowieskiej w okresie 2015-2019

Krzysztof Stereńczak, Bartłomiej Kraszewski, Agnieszka Kamińska, Żaneta Piasecka, Miłosz Mielcarek, Maciej Lisiewicz, Małgorzata Białczak, Aneta Modzelewska, Rafał Sadkowski, Kamil Kędra

Instytut Badawczy Leśnictwa



Konferencja podsumowująca projekt LIFE+ ForBioSensing, 29.03.2022 r. (ONLINE)



- Wstęp
- Dane teledetekcyjne – rodzaje i ogólna charakterystyka
- Wyniki wykorzystania danych teledetekcyjnych
- Podsumowanie i wnioski

www.mleczko.pl



## Wstęp

Konferencja podsumowująca projekt LIFE+ ForBioSensing, 29.03.2022 r. (ONLINE)

## Las w czasie:

- Rozwija się i zmienia (struktura, skład gatunkowy, itd.)
- Jest podatny na zmianę warunków wzrostu
- Jest podatny na występowanie czynników biotycznych i abiotycznych (susza, powodzi, nawałnic, itp.), co może powodować wielkopowierzchniowe i zachodzące w krótkim czasie zmiany

To wszystko może być elementem monitorowania z wykorzystaniem metod naziemnych i danych teledetekcyjnych.



For. M. Więtecha

Konferencja podsumowująca projekt LIFE+ ForBioSensing, 29.03.2022 r. (ONLINE)

Zmiana perspektywy powoduje zmianę metod opisu lasu

Teledetekcja umożliwia analizę całej powierzchni lasu, a nie tylko jego fragmentów

Uzyskany obraz jest zachowaniem stanu lasu na dziesięciolecia, stąd może być podstawą analizy dynamiki zmian w długiej perspektywie czasowej



Zdj. K. Pilch

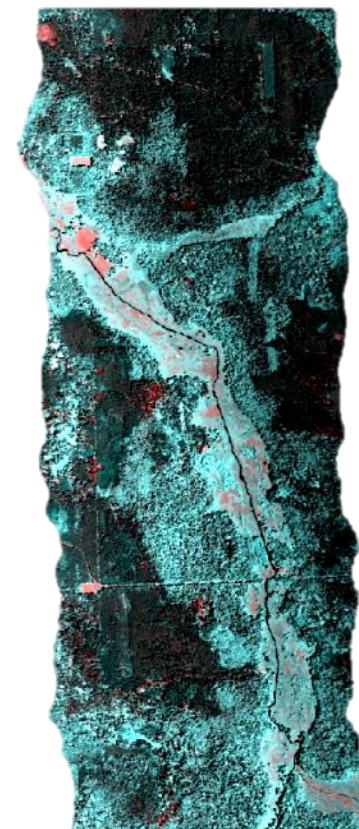
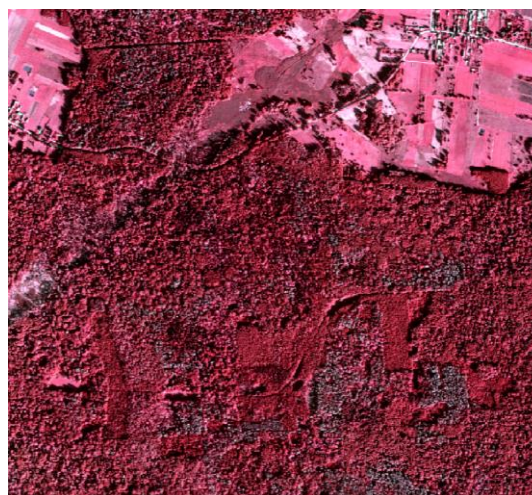
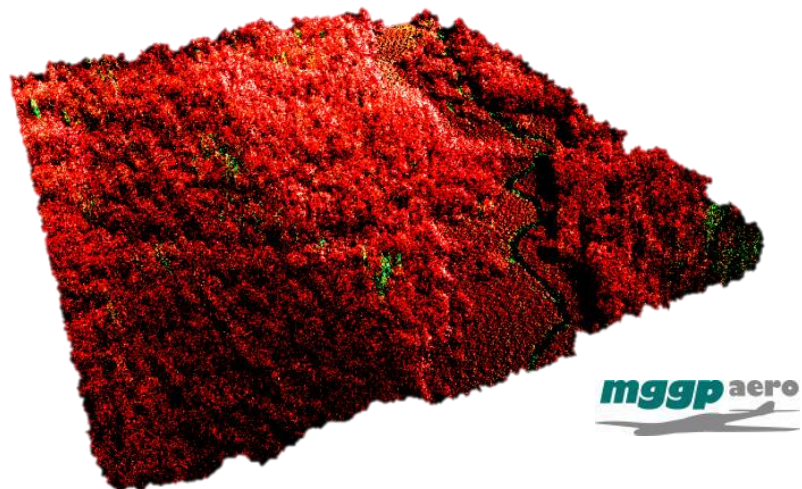
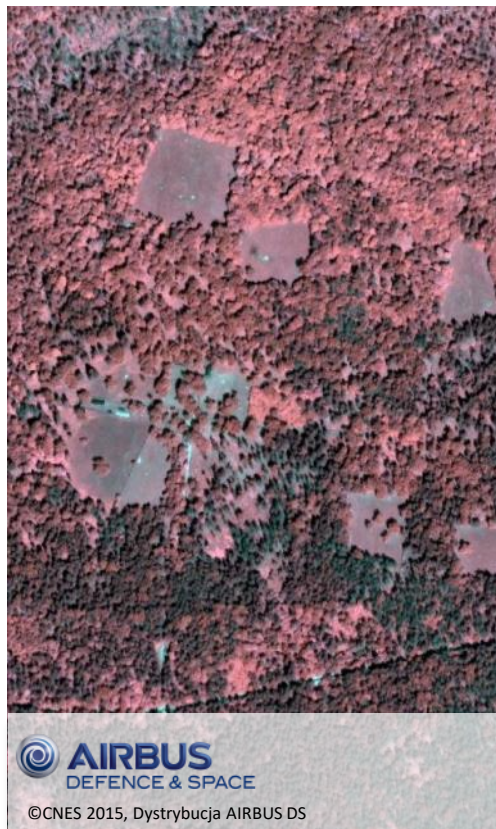
## Dane teledetekcyjne – rodzaje i ogólna charakterystyka

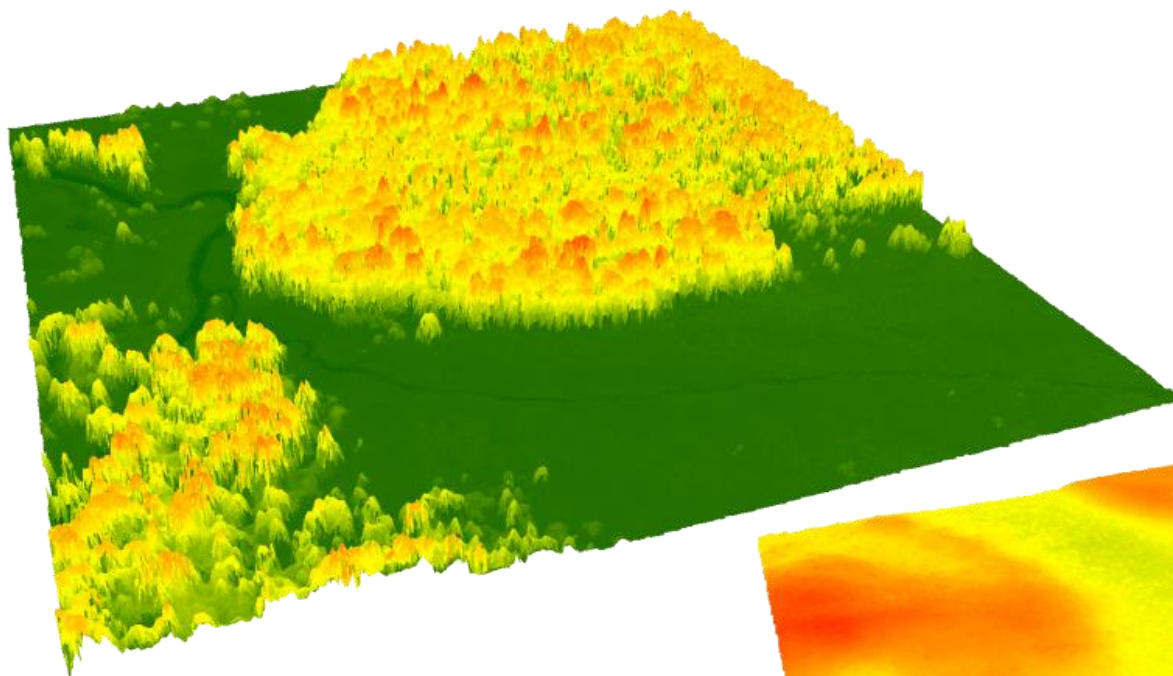
**Projekt miał na celu opracowanie i zastosowanie metody monitoringu dużego obiektu leśnego z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych.**



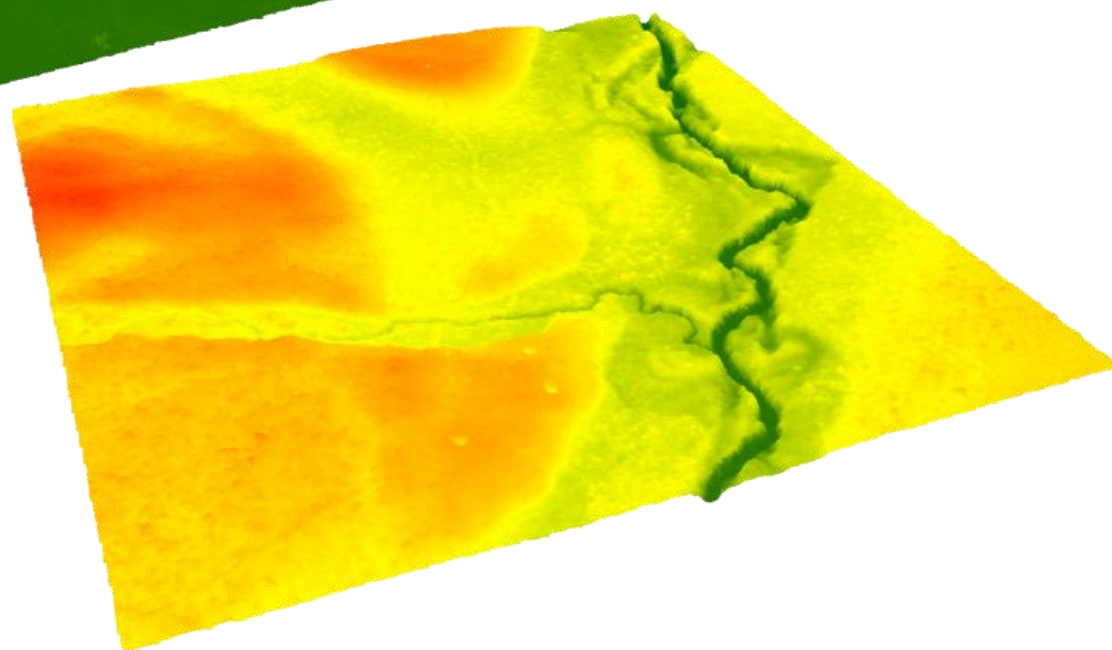
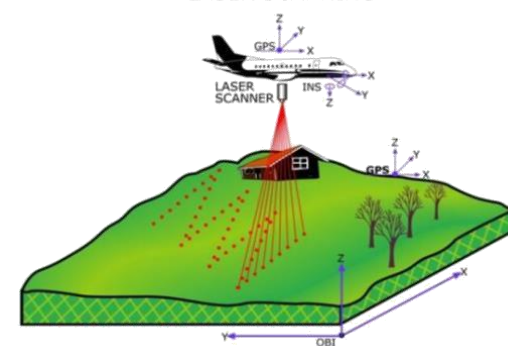
Konferencja podsumowująca projekt LIFE+ ForBioSensing, 29.03.2022 r. (ONLINE)



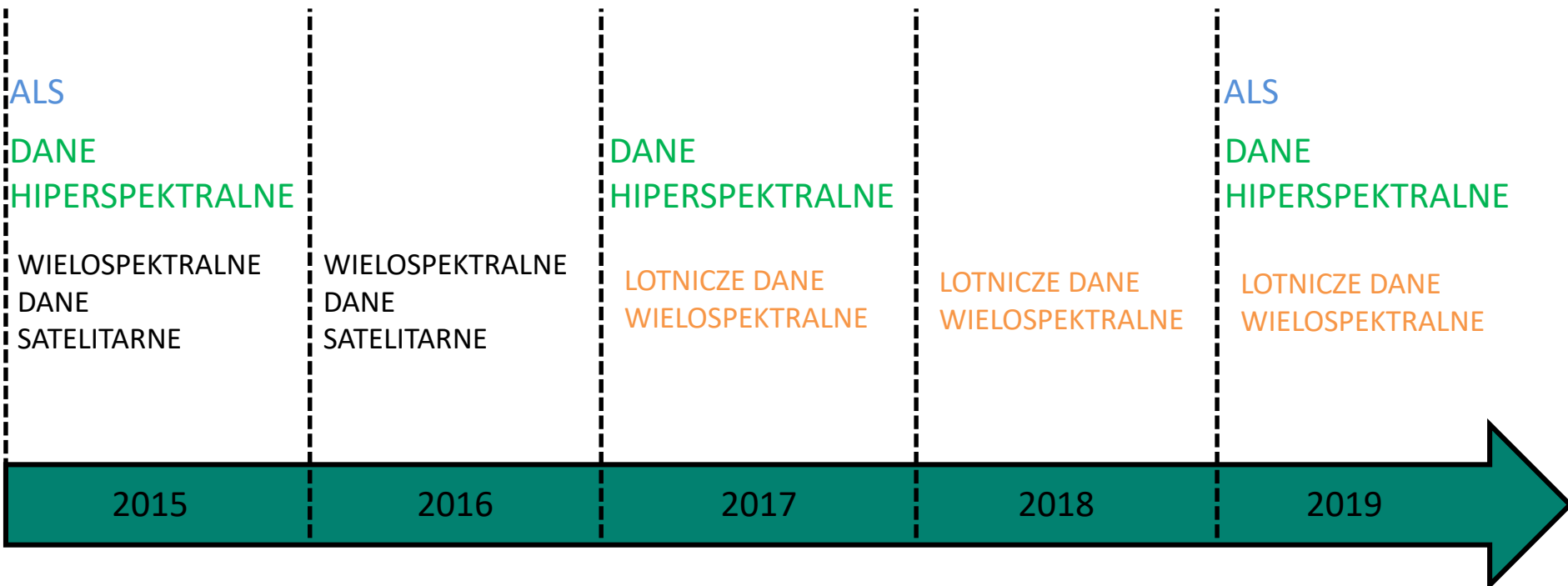


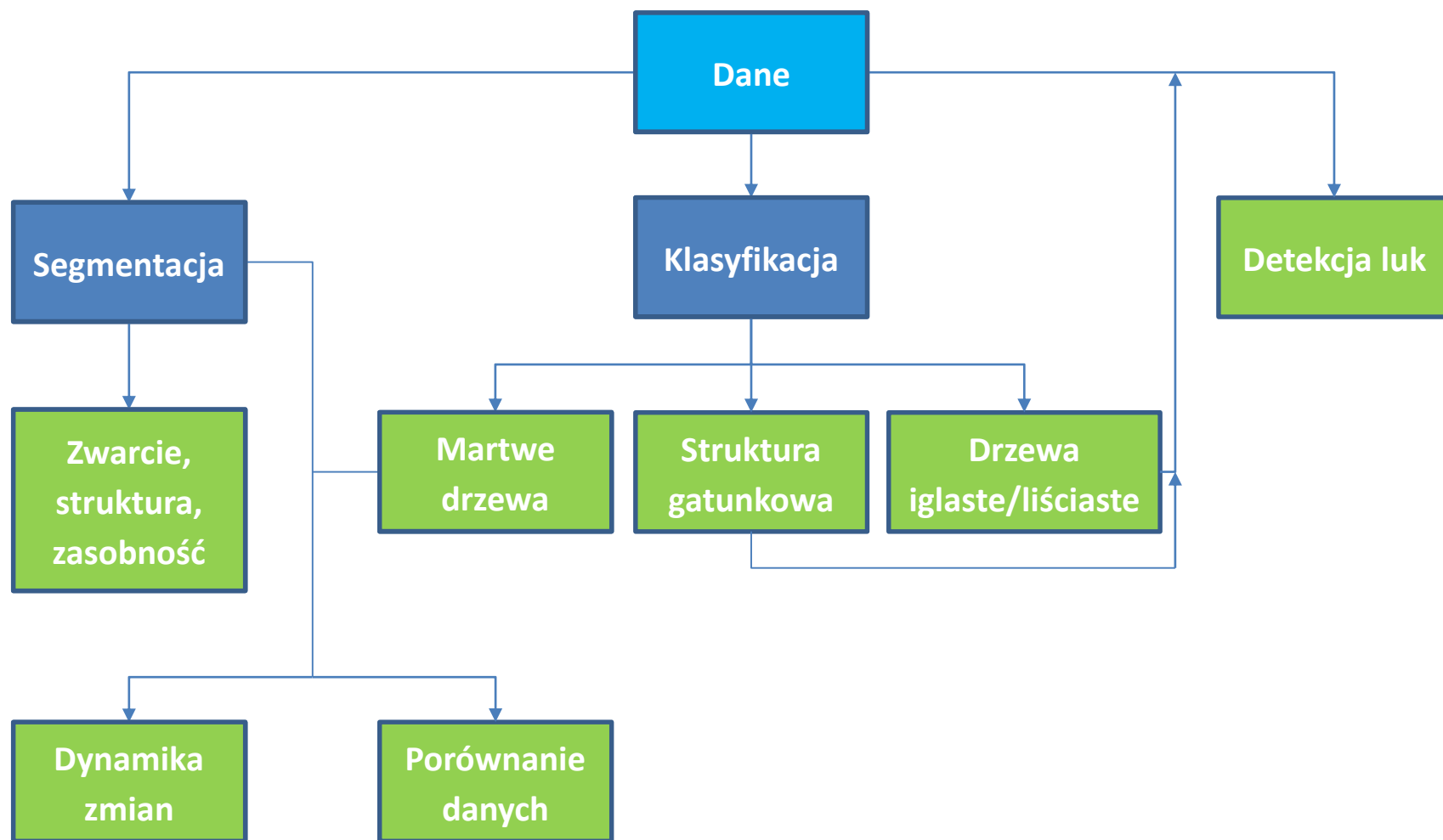


### LASER SCANNING



Konferencja podsumowująca projekt LIFE+ ForBioSensing, 29.03.2022 r. (ONLINE)







IBL\_Tabela

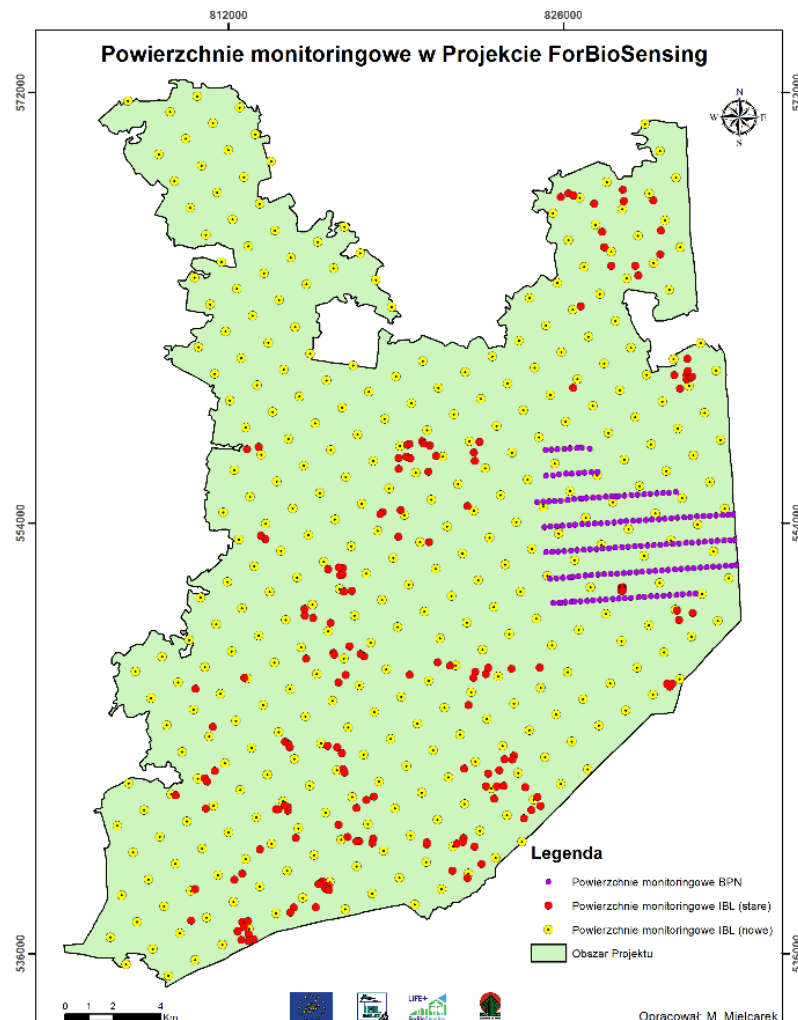
Użytkownik: Wolontariusz, Data: 03-11-2017, Wykonawcy: BK2, Busola numer: KS008, Nr pow. próbnej: N

Pomiar stałych pow. próbnych Pomiar drzew stojących Pomiar martwych drzew leżących Pomiar granicy

Azymut: 68 stopnie, Dział: 0 mm Kora ND-nie dc, Odległość: 10.17 m, D1/2 dział: 0 mm Kora ND-nie dc, Gatunek: SO-sosna zwyczajna, Uszkodzenia: BU-brak uszkodzeń, Stan drzewa: Żywe, Stopień rozkładu: Wierzchołek: Wierchołek, Pierśnica: 83 mm Kora WK-w korze, H drzewa: 12.2 m, H korony: 8.3 m, Azymut: 68, Odległość: 10.17 m, Widoczność: 2-wątpliwo widoczny, Odblokuj azymut i odległość:  pochylony

R - wierzchołek widoczny  T - pomiar na tyczkę Uwagi: Uwagi popr

Lp	Azmi	Odleg	Gatunek	Stan drzew	Pierśn	Kora	H drzew	H korony	R	T	Widoc	D1/2	Kora D1/2	D dział	Kora dział	Uszkie	Azmi	Odleg	Pochy	Uwagi	Uwagi
22	51	12.54	SO	P	0	ND	0.12	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	135	WK	122	WK	I	51	12.54	<input type="checkbox"/>	zmi.
23	52	11.28	SO	Z	106	WK	12.6	8.8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	0	ND	0	ND	BU	52	11.28	<input type="checkbox"/>	
24	58	5.3	SO	Z	110	WK	14.4	9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	0	ND	0	ND	BU	58	5.3	<input type="checkbox"/>	
25	61	10.28	SO	Z	103	WK	12.2	8.9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	0	ND	0	ND	BU	61	10.28	<input type="checkbox"/>	
26	68	12.48	SO	Z	102	WK	13	8.7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	0	ND	0	ND	BU	68	12.48	<input type="checkbox"/>	
27	68	11.45	SO	Z	127	WK	14.1	8.5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	0	ND	0	ND	BU	68	11.45	<input type="checkbox"/>	
28	68	10.17	SO	Z	83	WK	12.2	8.3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	0	ND	0	ND	BU	68	10.17	<input checked="" type="checkbox"/>	
29	73	11.89	SO	Z	111	WK	14	9.5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	0	ND	0	ND	BU	73	11.89	<input type="checkbox"/>	
30	74	9.33	SW	P	0	ND	0.27	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	325	BK	290	BK	II	74	9.33	<input type="checkbox"/>	zmi.
31	76	3.3	SO	Z	117	WK	15.3	9.7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	ND	0	ND	BU	76	3.3	<input type="checkbox"/>	? 1.
32	80	10.33	SO	Z	129	WK	13.3	8.9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	0	ND	0	ND	BU	80	10.33	<input type="checkbox"/>	



Mapa wypracowana w ramach Projektu "LIFE+ ForBioSensing PL. Kompleksowy monitoring systemów drzewostanów Puszczy Białowiejskiej z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych" w ramach instrumentu finansowego Unii Europejskiej LIFE + oraz ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW), nr umowy: LIFE13 ENV/PL/000048; nr umowy NFOŚiGW:485/2014/WN10/OP-NM-LF/D

Projekt LIFE+ ForBioSensing PL. Kompleksowy monitoring systemów drzewostanów Puszczy Białowiejskiej z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych jest współfinansowany ze środków Komisji Europejskiej w ramach instrumentu finansowego Unii Europejskiej LIFE + oraz ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW), nr umowy: LIFE13 ENV/PL/000048; nr umowy NFOŚiGW:485/2014/WN10/OP-NM-LF/D

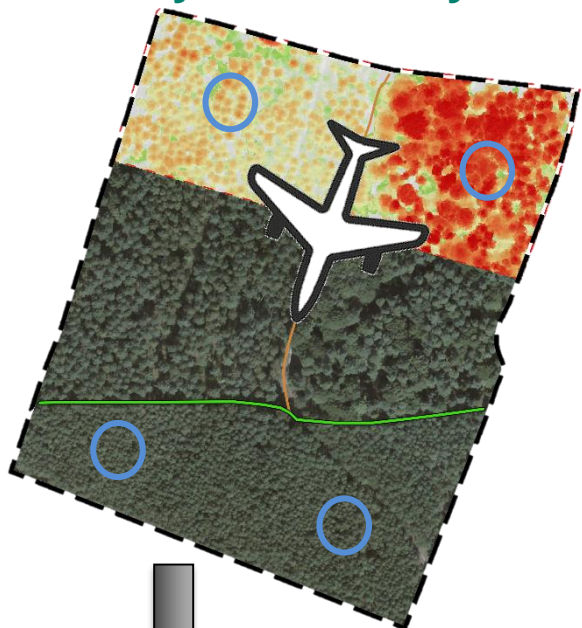
Biuro: Inżynieria i Ekologia  
Sukcesja Strzyż, ul. Białowieża 3, 65-000 Szaryn  
50-020 Krasów  
Tel. +48 22 71 25 700 Fax. +48 22 75 90 399  
e-mail: biuro@inze.pl  
www.inze.pl

Biuro: Inżynieria i Ekologia  
Sukcesja Strzyż, ul. Białowieża 3, Box A, p. 101  
50-020 Krasów  
Tel. +48 22 71 02 060  
e-mail: biuro@inze.pl

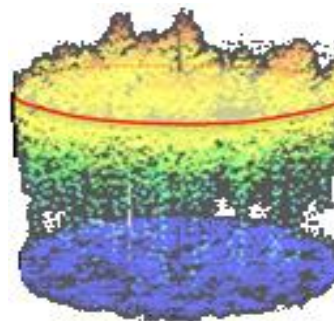
## Konferencja podsumowująca projekt LIFE+ ForBioSensing, 29.03.2022 r. (ONLINE)

Projekt LIFE+ ForBioSensing PL Kompleksowy monitoring dynamiki drzewostanów Puszczy Białowiejskiej z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych jest współfinansowany ze środków Komisji Europejskiej w ramach instrumentu finansowego Unii Europejskiej LIFE + oraz ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW), nr umowy: LIFE13 ENV/PL/000048; nr umowy NFOŚiGW:485/2014/WN10/OP-NM-LF/D

## Pozyskanie danych



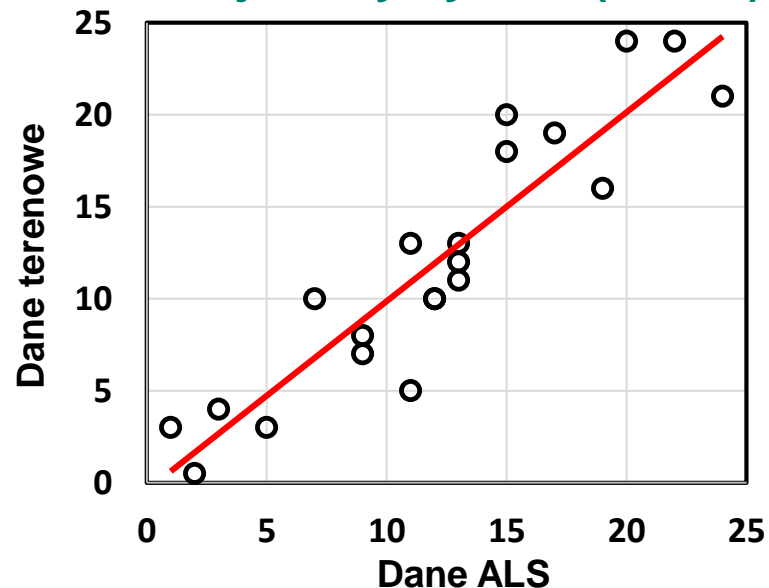
## Dane ALS



Nr Pow	Cecha 1	Cecha 2	Cecha 3
1	256	24	27
2	202	15	19
3	450	28	36
...	...	...	...
500	175	33	24



## Relacja statystyczna (model)

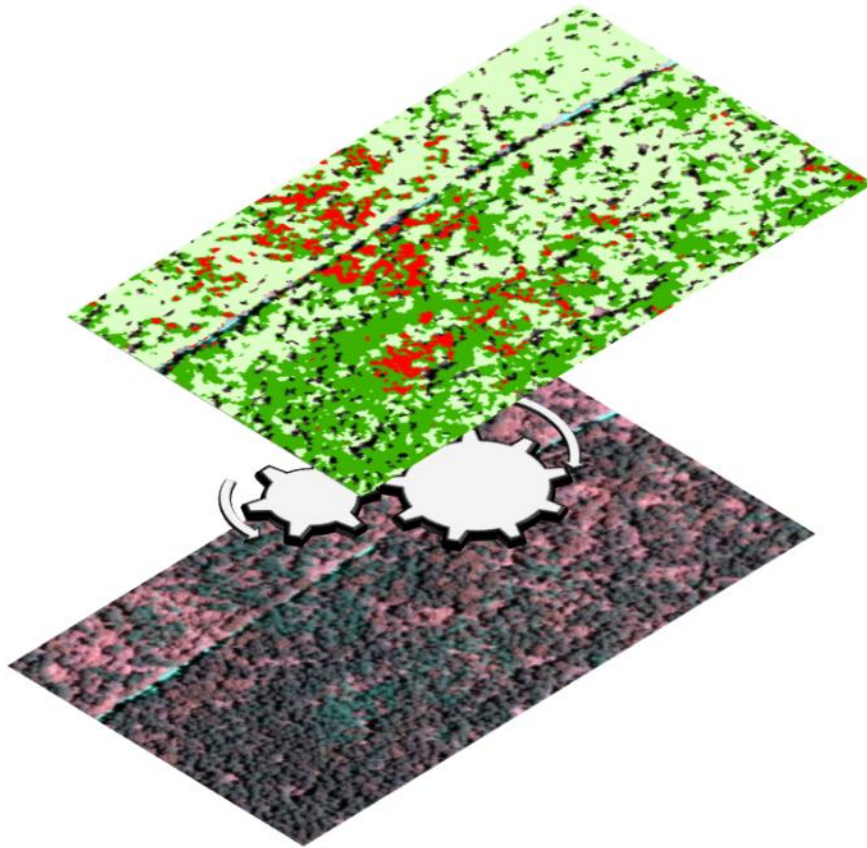


## Dane terenowe



Nr Pow	Gat	D <sub>1,3</sub>	H	V
1	So	24	27	310
2	So	15	19	140
3	Db	28	36	420
...	...	...	...	...
500	Św	30	27	320





## Wyniki wykorzystania danych teledetekcyjnych



Contents lists available at ScienceDirect

Int J Appl Earth Obs Geoinformation

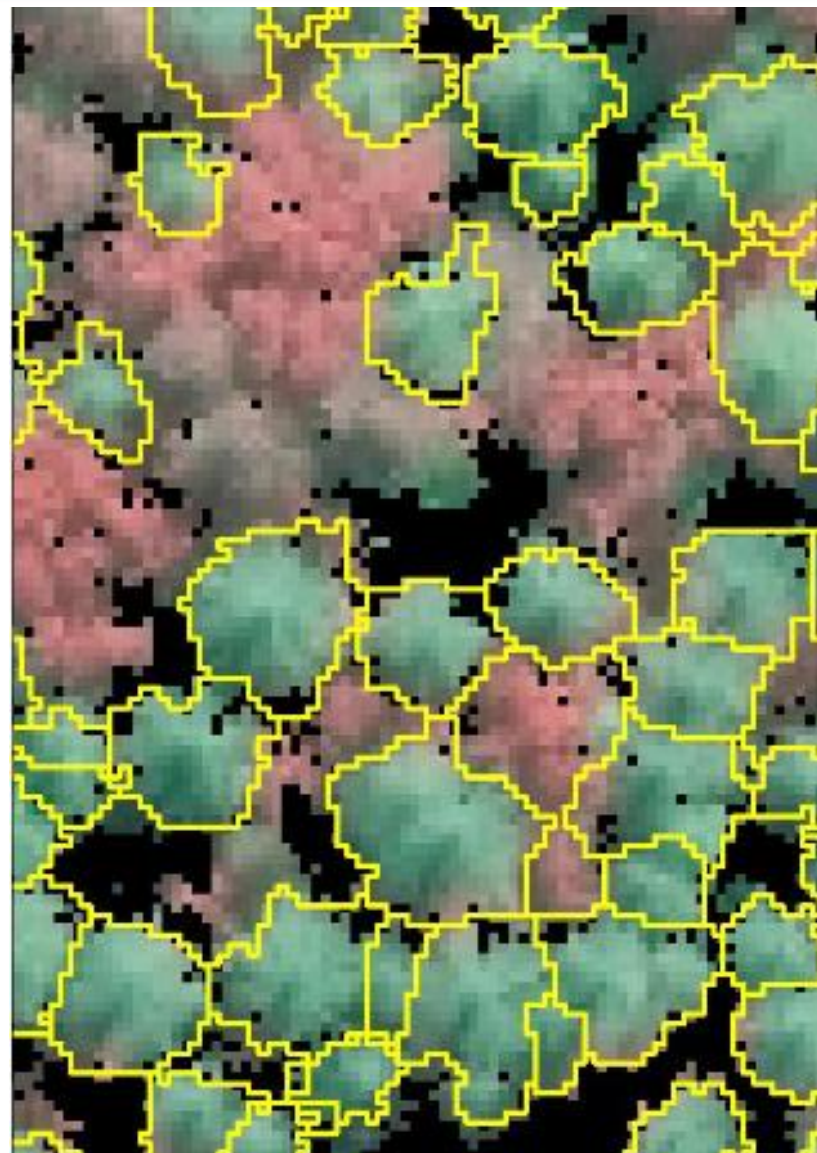
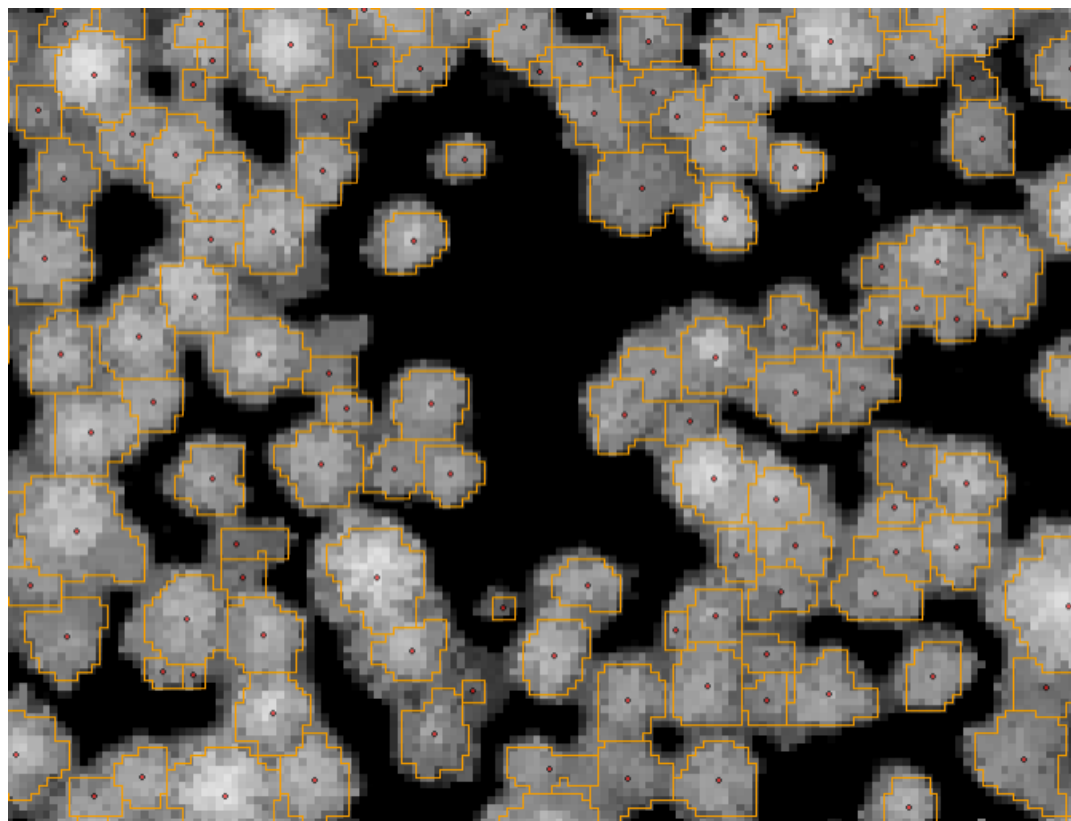
journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jag](http://www.elsevier.com/locate/jag)



Mapping individual trees with airborne laser scanning data in an European lowland forest using a self-calibration algorithm



Krzysztof Stereńczak<sup>a,\*</sup>, Bartłomiej Kraszewski<sup>a</sup>, Miłosz Mielcarek<sup>a</sup>, Żaneta Piasecka<sup>a</sup>, Maciej Lisiewicz<sup>a</sup>, Marco Heurich<sup>b,c</sup>



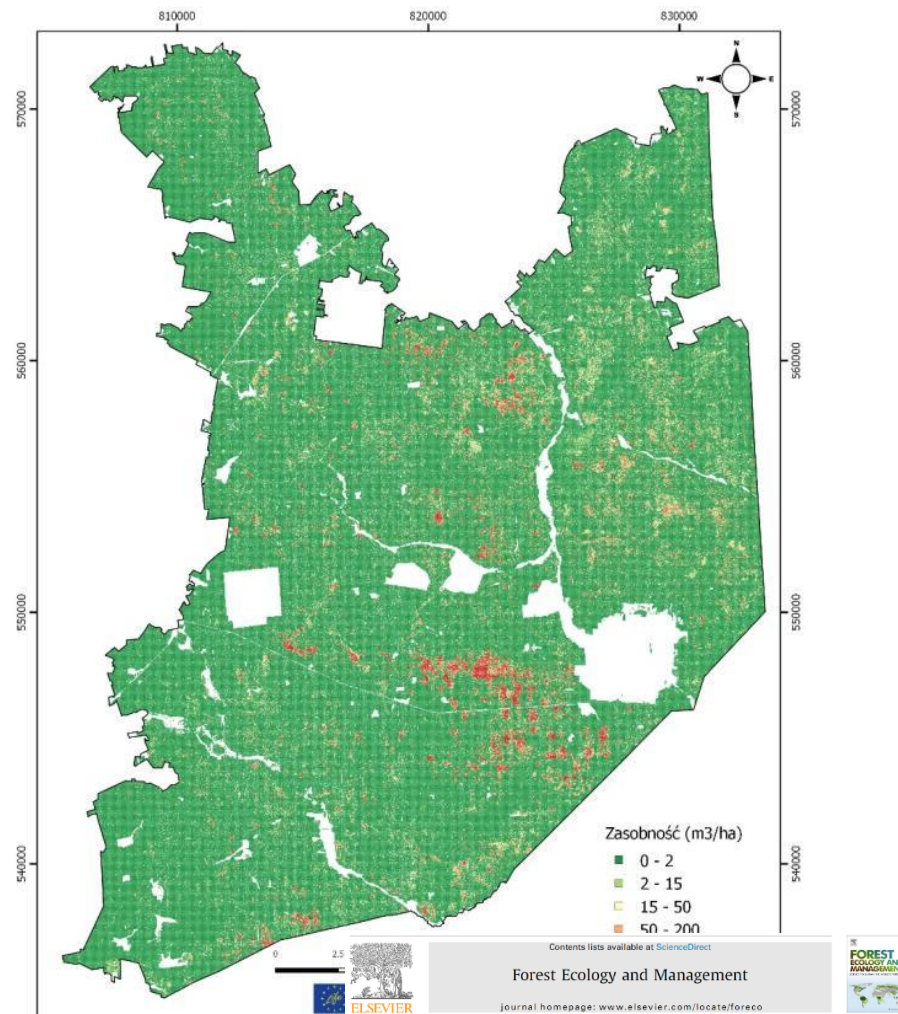
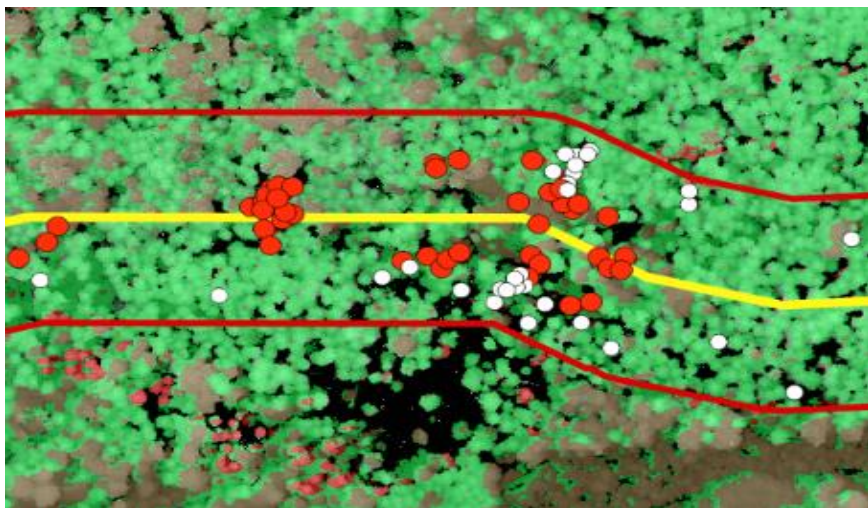
Konferencja podsumowująca projekt LIFE+ ForBioSensing, 29.03.2022 r. (ONLINE)



2015 - 1 108 000\*

2019 - 1 930 998\*

\**min. wysokość 7m*

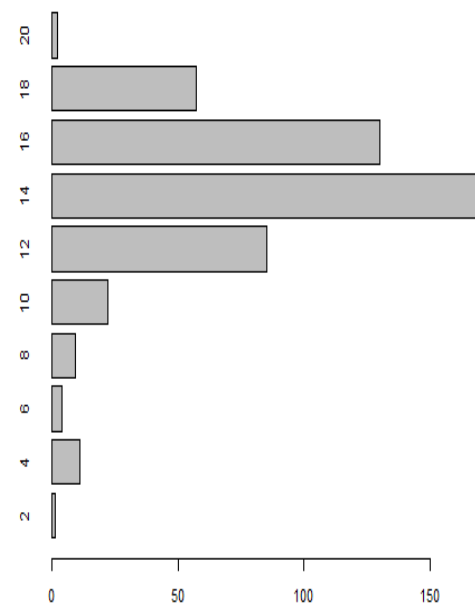
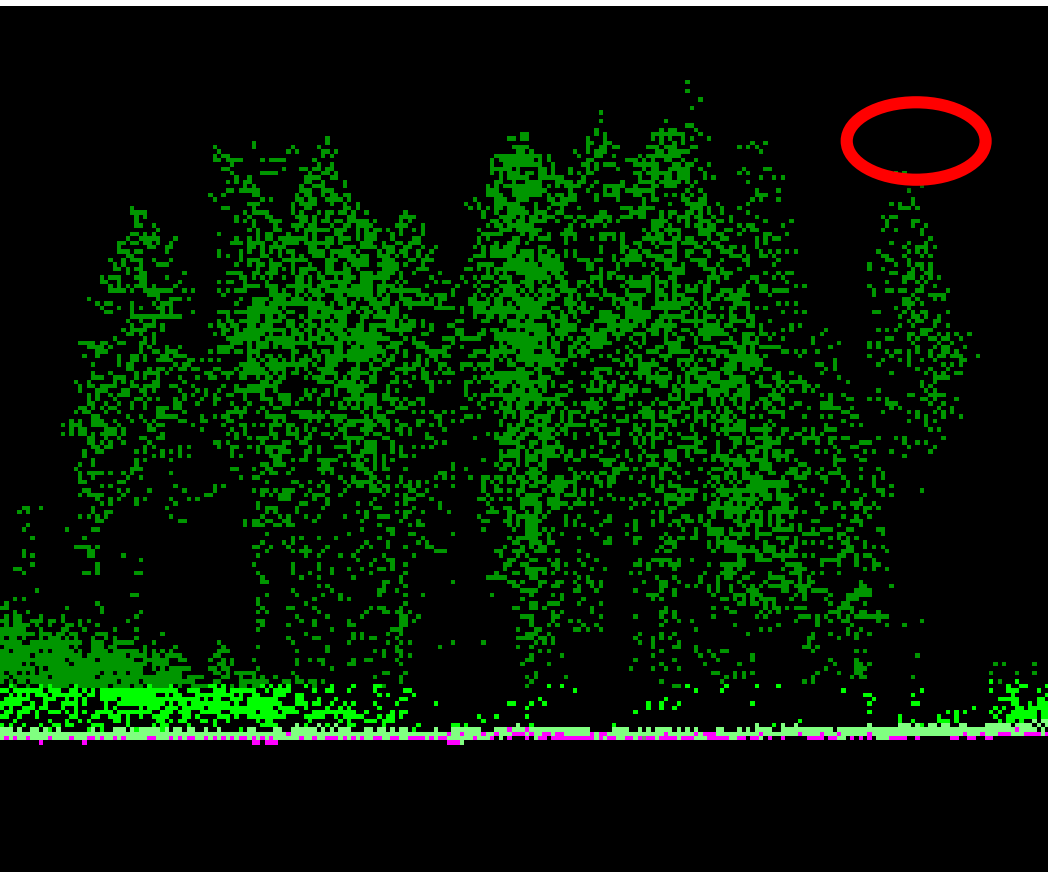


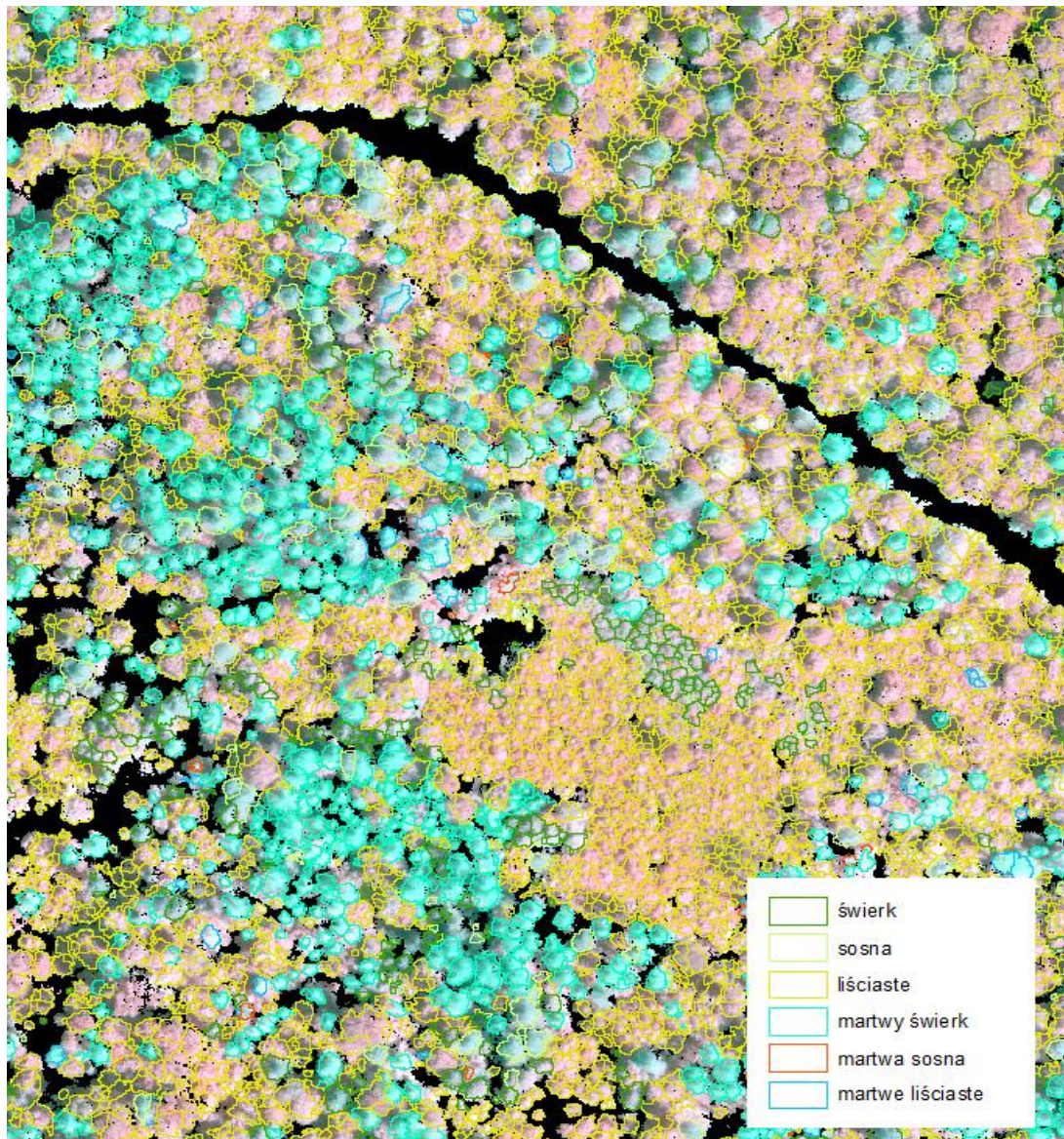
Między innymi w ramach Projektu: "LIFE+ ForBioSensing PL Kompleksowy monitoring dynamiki drzewostanów Puszczy Białowieskiej z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych" (nr umowy: LIFE13 ENV/PL/000048; nr umowy NFOŚiGW: 485/2014/WN10/OP-NM-LF/D)



Inventory of standing dead trees in the surroundings of communication routes – The contribution of remote sensing to potential risk assessments

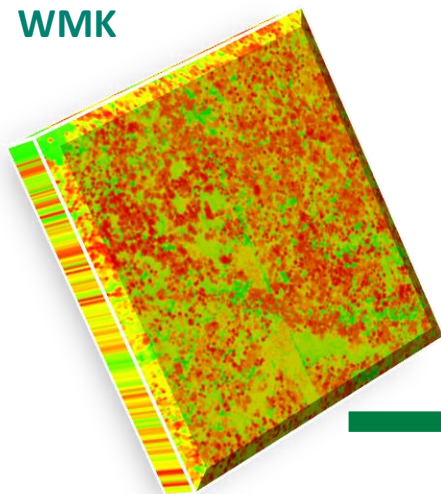
Krzysztof Stereńczak\*, Bartłomiej Kraszewski, Miłosz Mielcarek, Żaneta Piasecka  
Forest Research Institute, Department of Forest Resources Management, ul. Brzozi 3, 61-600 Białystok, Poland



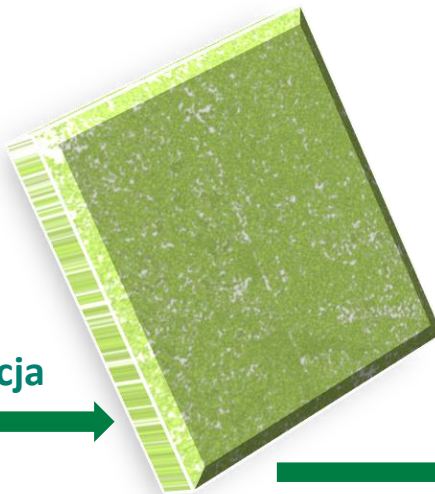


Konferencja podsumowująca projekt LIFE+ ForBioSensing, 29.03.2022 r. (ONLINE)

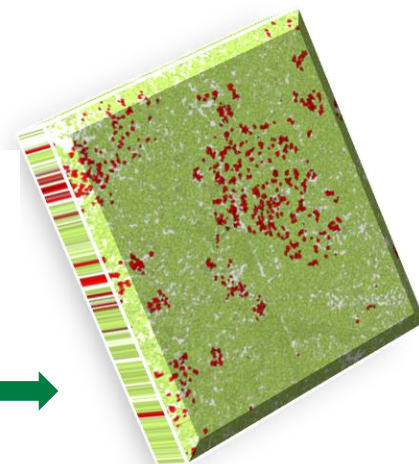
WMK



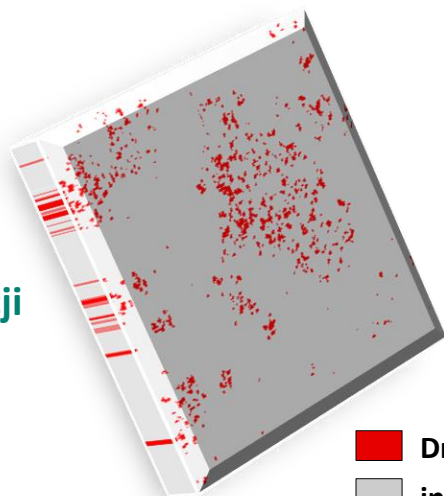
Segmentacja



Wybór segmentów  
reprezentujących drzewa  
martwe

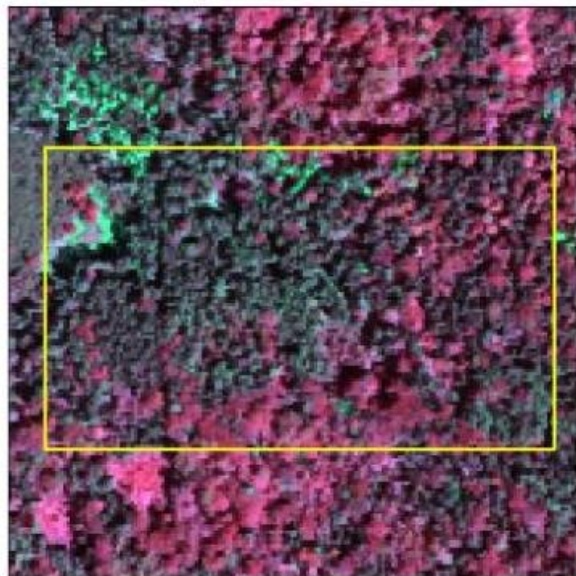


Wynik klasyfikacji  
obrazu

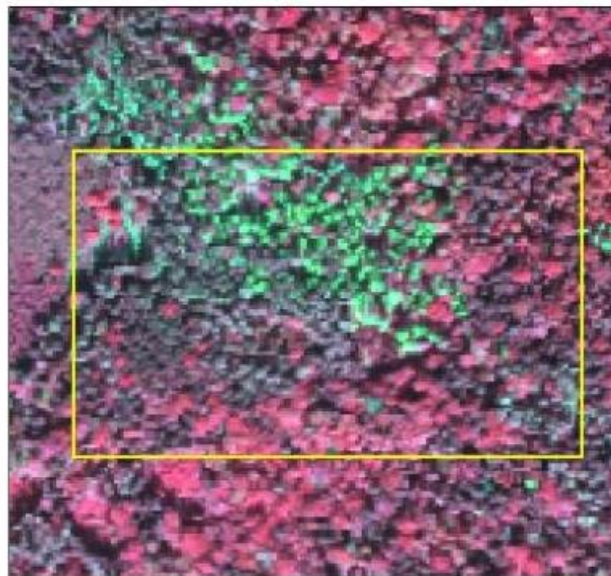


- Drzewa martwe
- inne

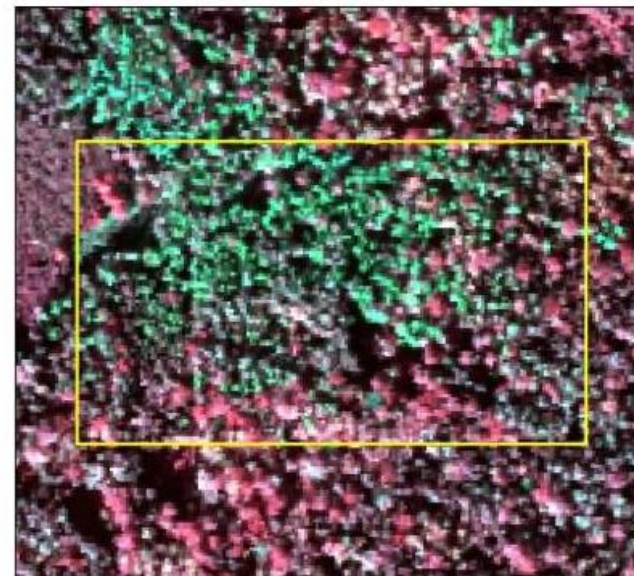
**1 lipca 2015 r.**



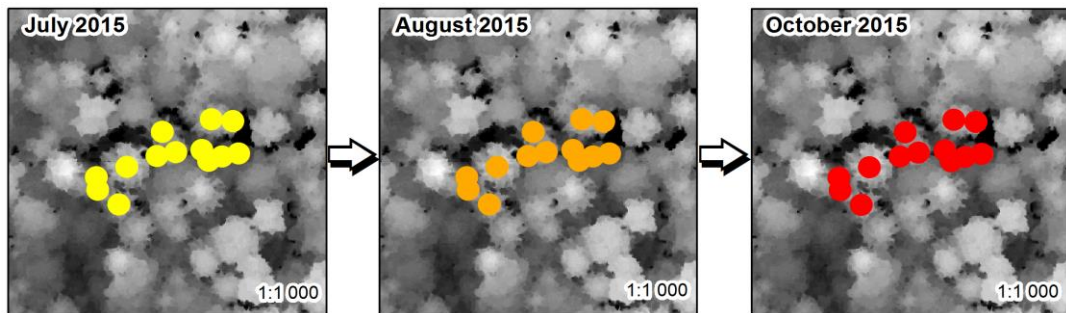
**27 sierpnia 2015 r.**



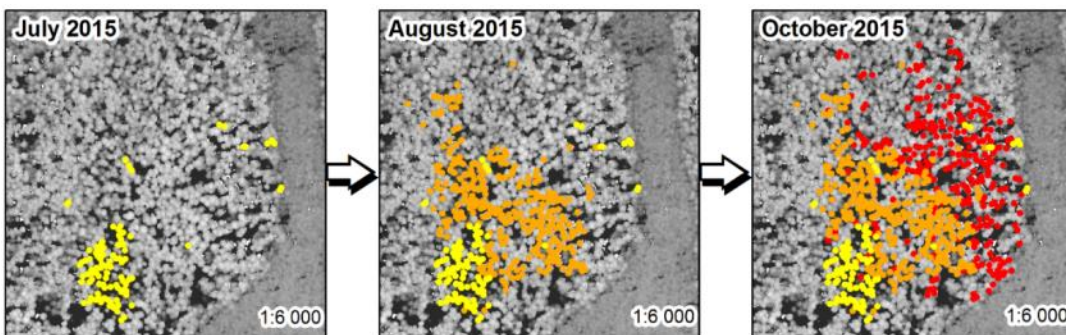
**1 października 2015 r.**



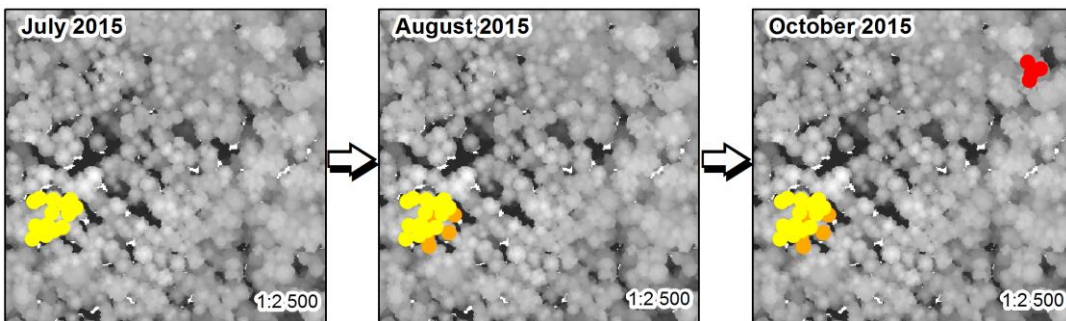
## Możliwe scenariusze rozprzestrzenienia się gradacji:



**BRAK ZMIAN**

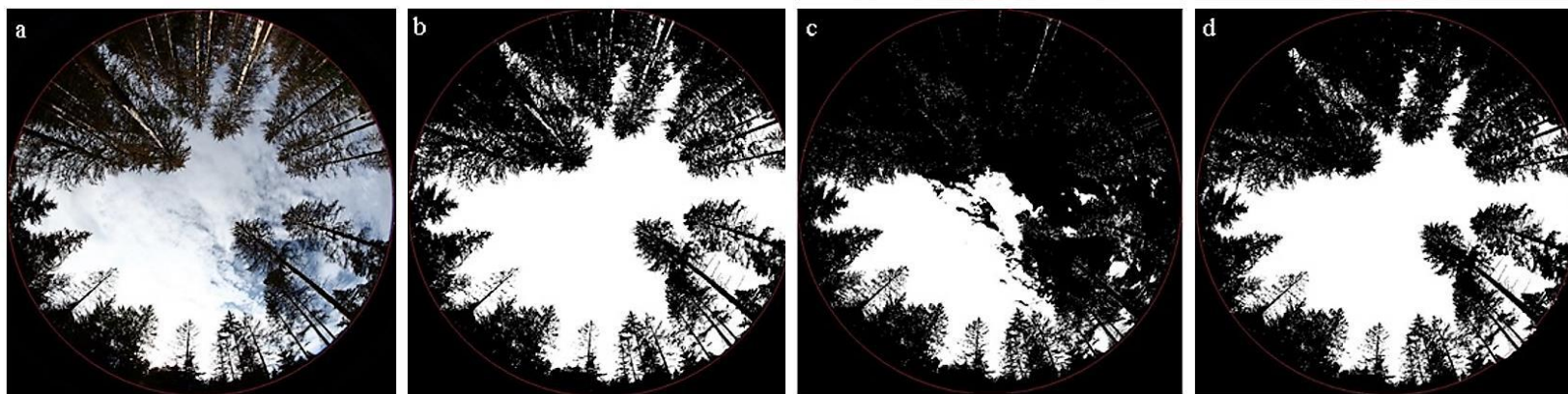


**Rozprzestrzenianie się gradacji w kolejnych terminach**



**Pojawianie się nowych ognisk gradacji**

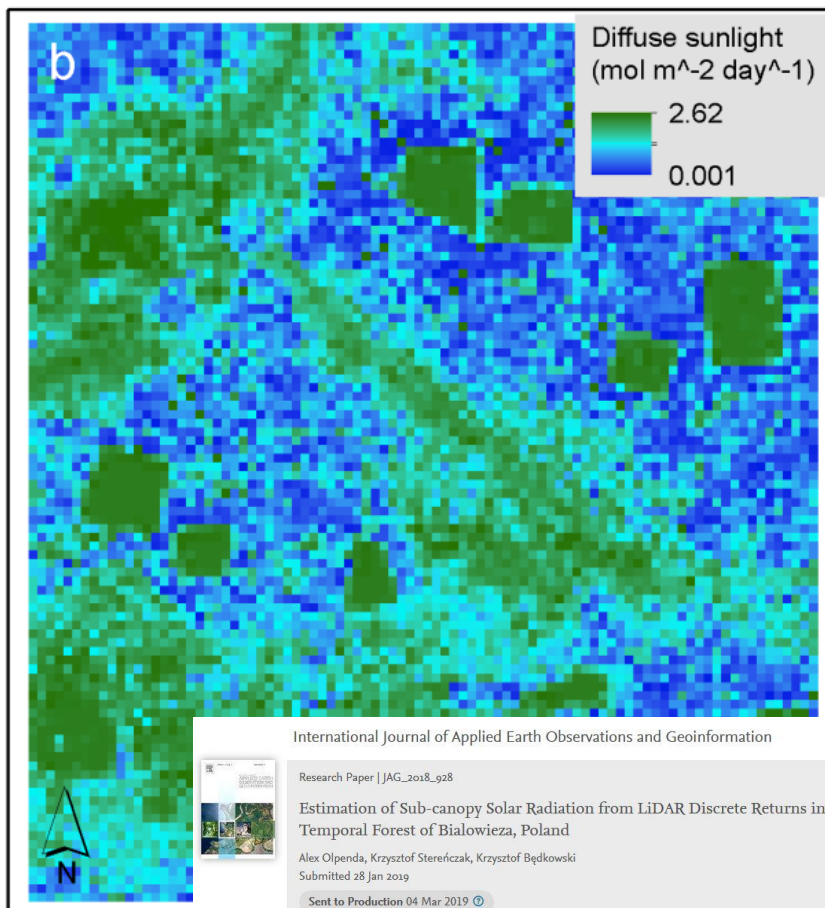
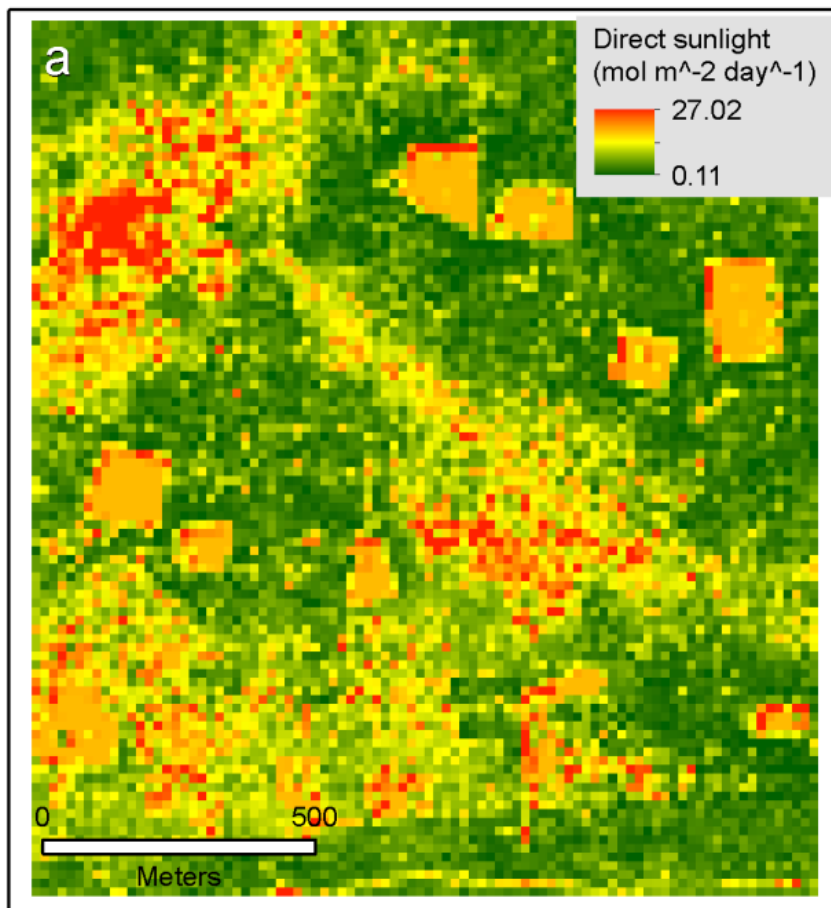
Zastosowanie technologii skanowania laserowego (LIDAR) w modelowaniu warunków świetlnych w lasach gospodarczych Puszczy Białowieskiej. Monitorowanie i kwantyfikacja warunków świetlnych ma znaczenie w hodowli lasu oraz studiach nad rozwojem roślinności.



## Dane wejściowe:

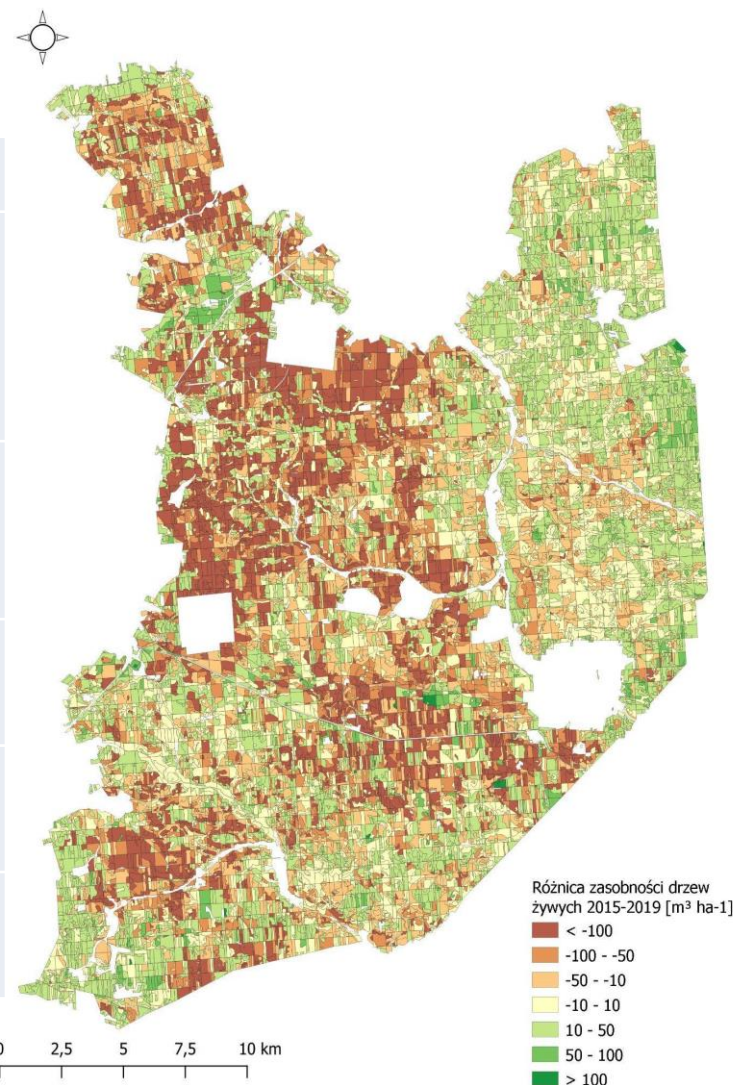
- Zdjęcia hemisferyczne (100 powierzchni badawczych, 5 zdjęć na powierzchnię)
- Dane ALS

## Wartość średniego dziennego nasłonecznienia bezpośredniego (a) i rozproszonego (b)

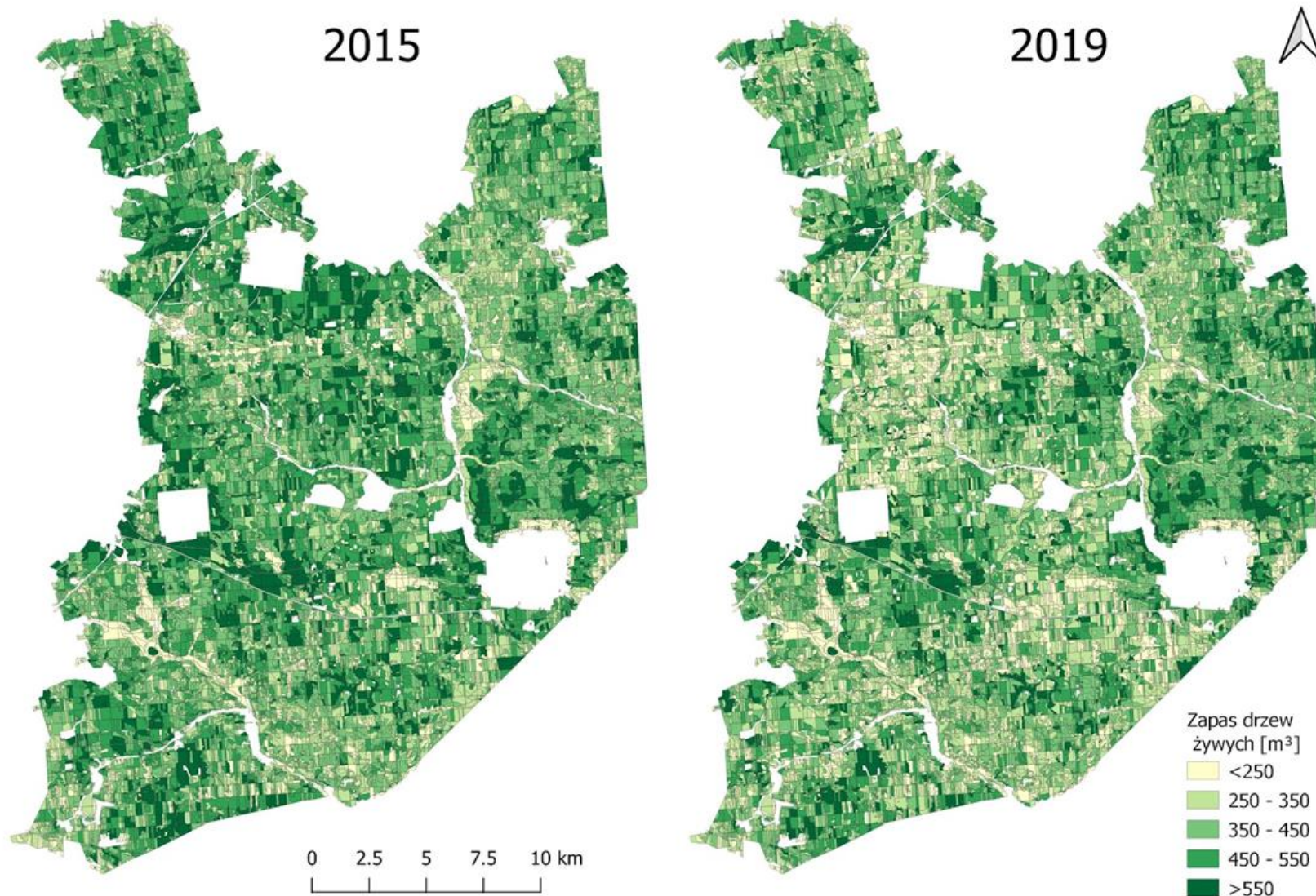




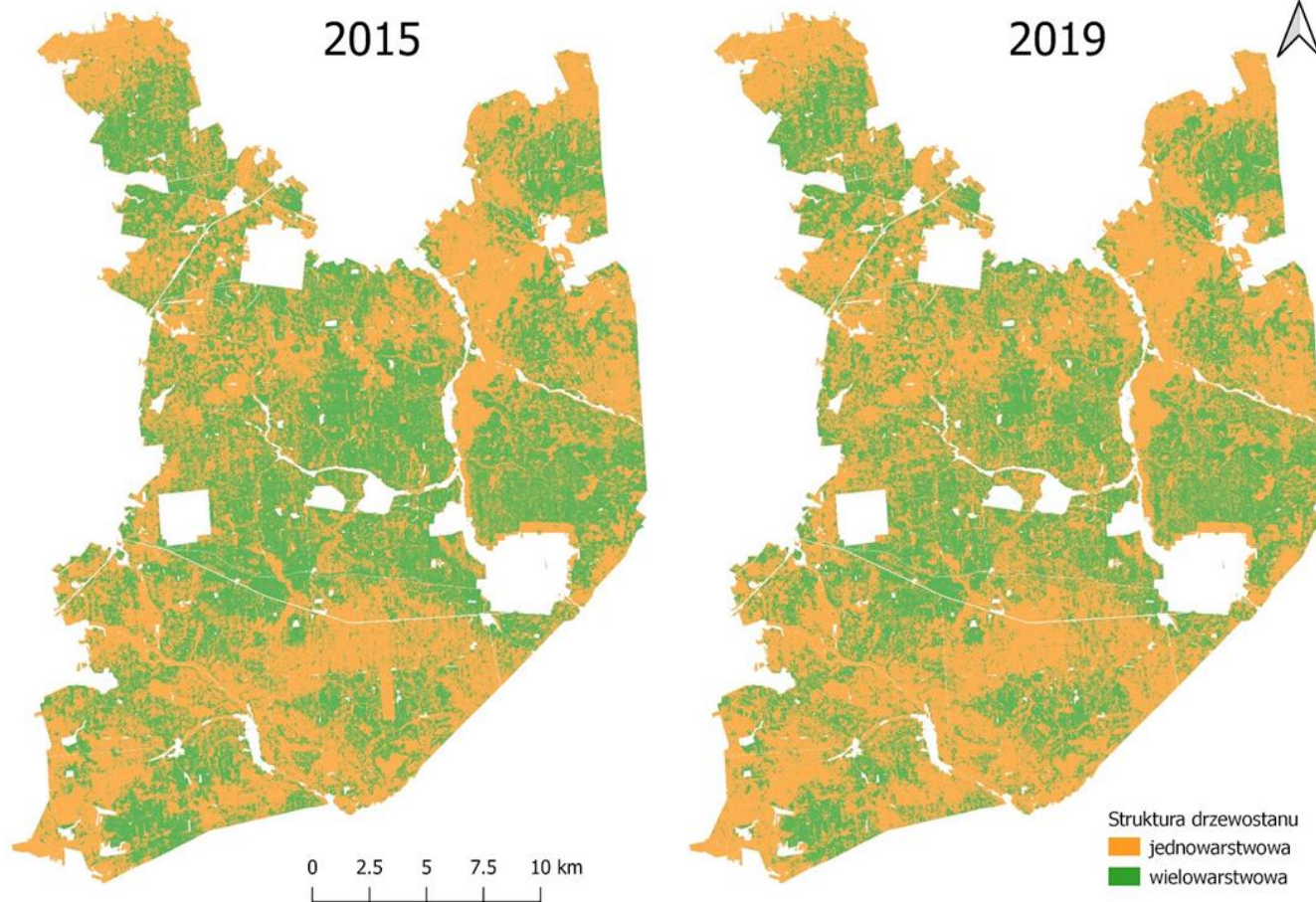
Jednostka administracyjna	2015		2019	
	Zasobność drzew żywych [m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]	Zasobność drzew martwych [m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]	Zasobność drzew żywych [m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]	Zasobność drzew martwych [m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]
Białowiecki Park Narodowy	412,6	18,7	414,3	18,9
Nadleśnictwo Browsk	400,7	12,5	368,9	43,5
Nadleśnictwo Hajnówka	406,1	11,9	370,0	43,8
Nadleśnictwo Białowieża	405,3	25,2	367,1	50,1



Jednostka administracyjna	2015		2019	
	Zapas żywych drzew [m <sup>3</sup> ]	Zapas martwych drzew [m <sup>3</sup> ]	Zapas żywych drzew [m <sup>3</sup> ]	Zapas martwych stojących drzew [m <sup>3</sup> ]
Białowieski Park Narodowy	4 228 138	198 352	4 225 313	194 820
Nadleśnictwo Browsk	7 279 477	246 727	6 528 579	887 947
Nadleśnictwo Hajnówka	7 809 234	251 295	7 014 110	898 789
Nadleśnictwo Białowieża	5 108 576	383 521	4 571 349	682 983
<b>SUMA</b>	<b>24 452 426</b>	<b>1 079 895</b>	<b>22 339 351</b>	<b>2 664 539</b>



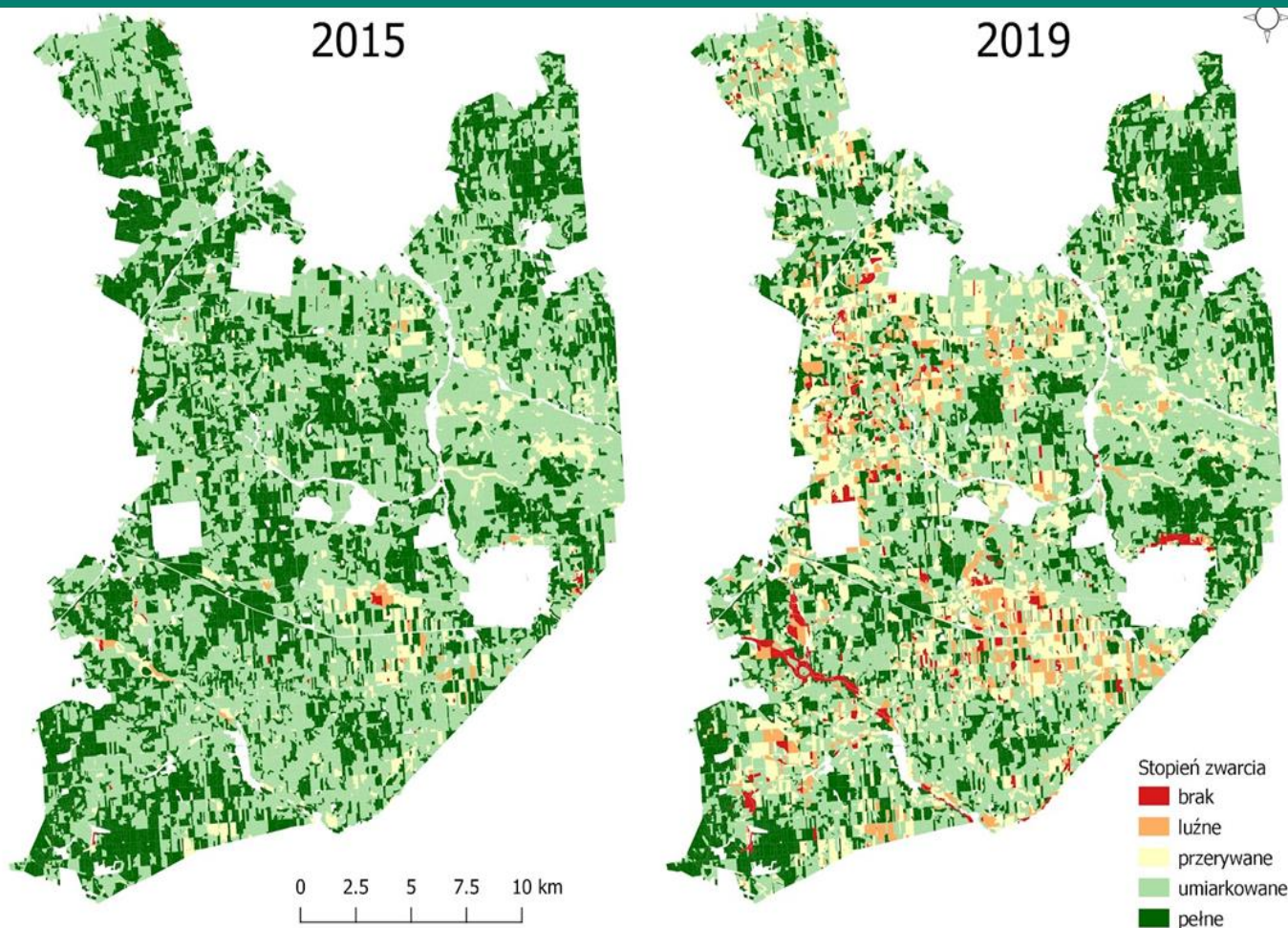
Konferencja podsumowująca projekt LIFE+ ForBioSensing, 29.03.2022 r. (ONLINE)



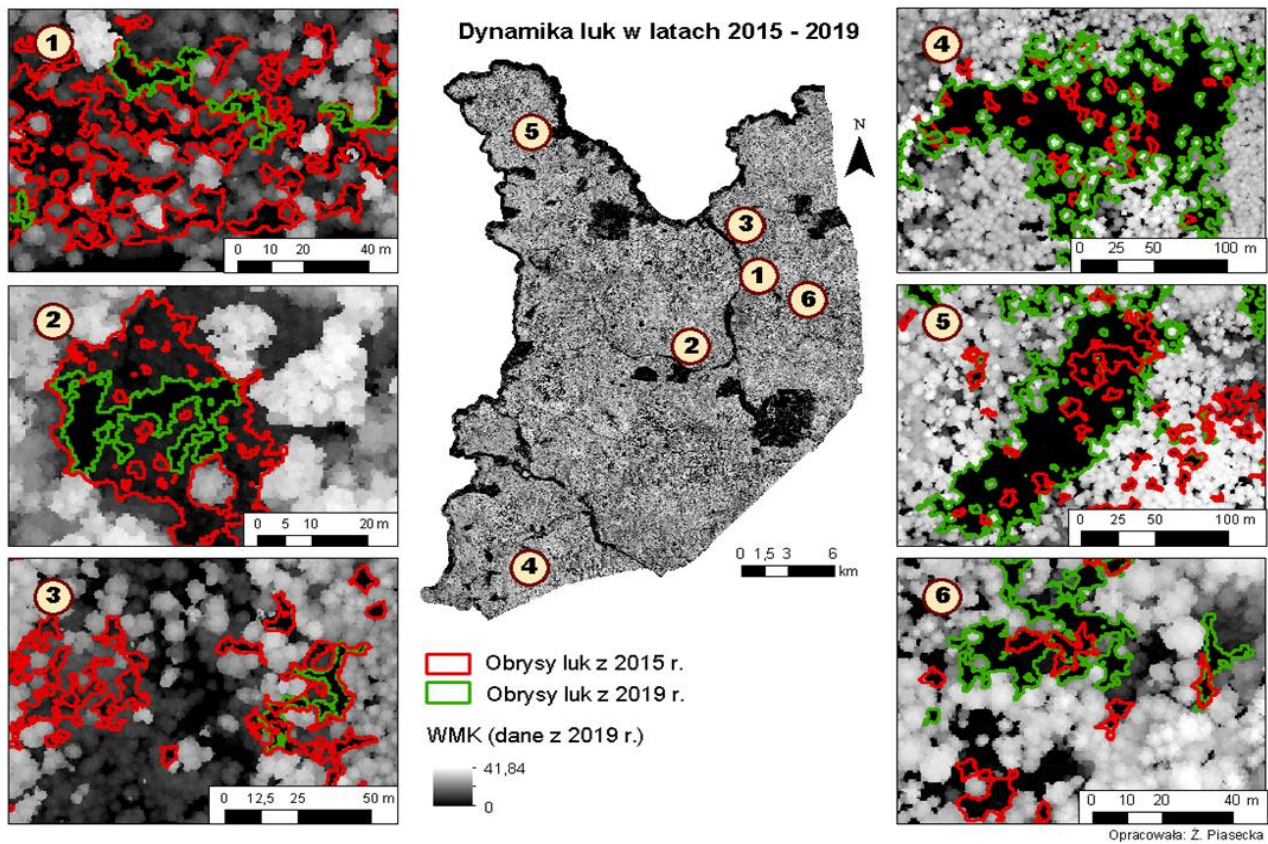
Powierzchnia zajmowana przez daną strukturę drzewostanu [ha]

Jednowarstwowa		Wielowarstwowa	
2015	2019	2015	2019
<b>31 955</b>	<b>34 944</b>	<b>25 323</b>	<b>22 332</b>

Konferencja podsumowująca projekt LIFE+ ForBioSensing, 29.03.2022 r. (ONLINE)



Analizując zmianę stopnia zwarcia w okresie 2015–2019 należy stwierdzić, że największa liczba wydzieleń (1737) przeszła z umiarkowanego stopnia zwarcia na zwarcie luźne, a w 1613 wydzieleniach zmieniło się ono ze zwarcia pełnego w zwarcie umiarkowane.



Termin	Liczba luk	Sumaryczna powierzchnia luk [ha]	Średnia powierzchnia luki [ha]	Min. powierzchnia luki [ha]	Max. powierzchnia luki [ha]	% pokrycia PB przez luki
2015	254016	2189,4	0,0086	0,0020	4,6045	3,87
2019	252006	2601,7	0,0103	0,0020	9,3946	4,60
zmiana	-2010	+412,3	+0,0017	-	+4,7901	+0,73

Konferencja podsumowująca projekt LIFE+ ForBioSensing, 29.03.2022 r. (ONLINE)



## Podsumowanie i wnioski

- Zastosowanie danych teledetekcyjnych w monitorowaniu dynamiki drzewostanów – nawet o tak **skomplikowanej budowie i różnorodności gatunkowej** – jest **zasadne i pozwala na pełną i jednorodną detekcję zmian**. W standardowym oprogramowaniu przeznaczonym do analiz przestrzennych GIS (ang. Geographical Information System) i teledetekcyjnych nie ma części narzędzi, jakie zostały zastosowane w realizacji projektu ForBioSensing. W związku z tym **w projekcie zostały utworzone liczne aplikacje**, najczęściej w programie R, które wsparły metodycznie działania analityczne i zautomatyzowały wiele etapów prac.
- Wykorzystując dane lotniczego skanowania laserowego **określono dynamikę zapasu drzew żywych i martwych w polskiej części Puszczy Białowieskiej między rokiem 2015 a 2019**. W tym okresie dla terenu całej Puszczy **sumaryczna miąższość drzew żywych wyliczona na podstawie danych teledetekcyjnych zmniejszyła się o 8,5% (2,09 mln m<sup>3</sup>)**, natomiast stojących **drzew martwych zwiększyła się o 147,7%**. Spadek zapasu drzew żywych dla wszystkich nadleśnictw był na tym samym poziomie i wynosił ok. 10%, natomiast dla Białowieskiego Parku Narodowego nastąpił on w stopniu niewielkim, wynoszącym prawie 3 tys. m<sup>3</sup>.

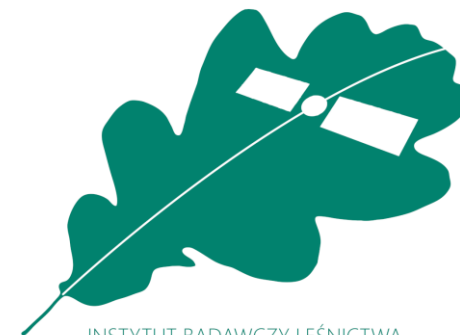


- Potwierdzono przydatność **danych lotniczego skanowania laserowego w analizie składu gatunkowego**, przy czym analiza ta opierała się o grupy gatunków: drzewa liściaste, sosny i świerki. W projekcie przeprowadzono pierwszy raz na obszarze z wyraźną dominacją drzewostanów o wysokim zwarciu próby klasyfikacji wybranych gatunków drzew w oparciu o dane punktowe, która to klasyfikacja dała bardzo optymistyczne wyniki.
- Dane lotniczego skanowania posłużyły również do analizy zmian wielkości i położenia luk w drzewostanach Puszczy Białowieskiej. Sumaryczna liczba luk w latach 2015–2019 zmniejszyła się z 254016 do 252006, przy czym sumaryczna **powierzchnia luk zwiększyła się o ponad 412 ha i wynosiła w 2019 roku 2602 ha, co stanowi około 4,2% powierzchni polskiej części Puszczy Białowieskiej.**
- Na podstawie przeprowadzonej analizy danych lotniczego skanowania laserowego stwierdzono także w latach 2015–2019 zmianę budowy drzewostanów z wielowarstwowej na jednowarstwową. Związane to było często z zamarciem świerków w górnej warstwie drzewostanu i ujawnieniem się drugiej warstwy, co w efekcie powodowało uproszczenie budowy drzewostanów. Najwięcej zmian o takim charakterze było w Nadleśnictwie Białowieża (906 ha), a najmniej w Białowieskim Parku Narodowym (440 ha). **Budowa pionowa zmieniła się na 3000 ha powierzchni polskiej części Puszczy Białowieskiej.**

- Z wykorzystaniem danych lotniczego skanowania laserowego możliwe było określenie **warunków świetlnych** panujących w drzewostanach Puszczy Białowieskiej. Dane te mogą być istotnym elementem analiz zmiany warunków wzrostu młodych pokoleń drzew, przez co wskazywać na potencjalne kierunki zmian składu gatunkowego drzewostanów PB.
- Integracja różnego rodzaju danych teledetekcyjnych niesie **nowe możliwości, jednak generuje dodatkowe koszty**. Stąd przyszłe metody monitorowania powinny optymalnie dobierać źródło danych do zamierzonych efektów.
- Wykorzystanie danych teledetekcyjnych wiąże się z **kontrolą ich jakości**. Dostawcy danych popełniają błędy przy ich przetwarzaniu. Skutkuje to gorszą jakością danych, które w skrajnej sytuacji nie nadają się do zastosowania. Sam proces kontroli wydłuża realizację zadań, więc musi być uwzględniony w procesie zakupu i odbioru danych teledetekcyjnych



**LIFE+ ForBioSensing**



INSTYTUT BADAWCZY LEŚNICTWA  
ZAKŁAD GEOMATYKI

**Dziękuję za uwagę.**



**Instytut Badawczy Leśnictwa**

Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn  
Tel. +48 22 71 50 300; Fax +48 22 72 00 397  
e-mail: [ibl@ibles.waw.pl](mailto:ibl@ibles.waw.pl); [www.ibles.pl](http://www.ibles.pl)  
KRS: 0000039417; REGON: 000115832  
NIP: 5250009200

**Biuro Projektu ForBioSensing**

Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, Bud A, p.107  
05-090 Raszyn  
Tel. +48 22 71 50 663  
e-mail: [fbs-biuro@ibles.waw.pl](mailto:fbs-biuro@ibles.waw.pl)  
[www.forbiosensing.pl](http://www.forbiosensing.pl)



Konferencja podsumowująca projekt LIFE+ ForBioSensing, 29.03.2022 r. (ONLINE)

# Gdzie nas szukać ?

## Biuro Projektu FBS – Sękocin Stary

Sękocin Stary ul. Braci Leśnej 3,

Bud B, p. 230

05-090 Raszyn

Tel. +48 22 71 50 648

e-mail: [fbs-biuro@ibles.waw.pl](mailto:fbs-biuro@ibles.waw.pl)

[www.forbiosensing.pl](http://www.forbiosensing.pl)

[www.forbiosensing.eu](http://www.forbiosensing.eu)



## Biuro Projektu FBS – Białowieża

Białowieża ul. Park Dyrekcyjny 6,

Zakład Lasów Naturalnych IBL

17-230 Białowieża

Tel. +48 85 6812 396 w. 34

e-mail: [fbs-biuro@ibles.waw.pl](mailto:fbs-biuro@ibles.waw.pl)