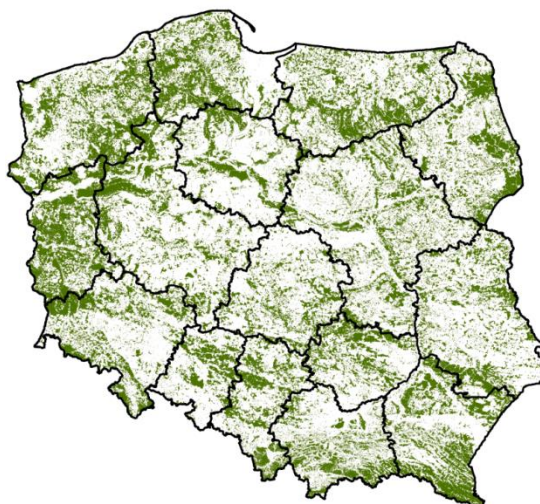


Inwentaryzacja rzeczywistej lesistości kraju z wykorzystaniem istniejących danych fotogrametrycznych

Sprawozdanie końcowe

(nr umowy OR 271.3.2.2015)



Instytut Geodezji i Kartografii



Wykonawcy:

Dr inż. Agata Hościło (kierownik projektu)

Mgr Anna Mirończuk

Mgr Aneta Lewandowska

Mgr inż. Jędrzej Gąsiorowski

Warszawa, 24.08.2015

Spis treści

Wstęp	3
1. Analiza źródłowych danych przestrzennych.....	4
2. Klasyfikacja danych teledetekcyjnych w celu uzupełnienia obszarów niesklasyfikowanych w HRL... 6	6
3. Analiza dokładności dostępnych danych przestrzennych	6
4. Opracowanie mapy rzeczywistej lesistości dla kraju.....	8
4.1. Integracja wieloźródłowych danych przestrzennych	8
4.2 Przygotowanie warstwy rzeczywistej lesistości.	8
4.3 Walidacja i ocena dokładności	9
5. Opracowanie warstwy lesistości wg ustaleń Protokołu z Kioto	11
6. Lasy pozyskane z danych lidarowych	12
7. Analiza lokalizacji powierzchni WISL	14
8. Rzeczywista lesistość - Statystyki	16
9. Wnioski	20
10. Lista załączników	22

Wstęp

Przedmiotem umowy zawartej pomiędzy Dyrekcją Generalną Lasów Państwowych a Instytutem Geodezji i Kartografii (nr umowy OR 271.3.2.2015) dnia 25 lutego 2015 r. jest wykonanie usługi badawczej dotyczącej inwentaryzacji rzeczywistej lesistości kraju z wykorzystaniem istniejących danych fotogrametrycznych, teledetekcyjnych oraz innych dostępnych danych przestrzennych.

Inwentaryzacja **rzeczywistej lesistości** kraju odnosi się do definicji lasu określonej w Ustawie o lasach z dnia 28 września 1991 r. (Dz. U. 1991 nr 101, poz. 444, art.3). Obejmuje lasy wszystkich form własności oraz obszary z roślinnością leśną niebędące lasami wg. zapisów ewidencji gruntów i budynków, o zwartej powierzchni 0,1 ha, pokryciu powierzchni koronami drzew wynoszącym więcej niż 10 % i minimalnej szerokości powyżej 10 m.

Inwentaryzacji **lesistości wg. ustaleń Protokołu z Kioto** podlegają dodatkowo grunty spełniające kryterium wymienione w poprzednim paragrafie, ale przeznaczone lub wykorzystywane na cele mieszkaniowe, rekreacyjne, infrastrukturalne i inne komunalne, przemysłowe oraz tereny zagospodarowane rolniczo (np.: uprawy trwałe – sady, plantacje roślin drzewiastych).

Przedmiot umowy był realizowany w dwóch etapach. Pierwszy etap prac obejmował wykonanie analizy źródłowych danych przestrzennych oraz wstępną analizę lokalizacji powierzchni wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasów (WISL) dla obszaru kraju. Drugi etap prac obejmował: 1) klasyfikację danych teledetekcyjnych, 2) integrację wieloźródłowych danych przestrzennych, 3) opracowanie warstwy rzeczywistej lesistości, 4) ocenę dokładności, 5) opracowanie warstwy lesistości w odniesieniu do definicji lasu nawiązującej do ustaleń Protokołu z Kioto, 6) opracowanie i analizę danych lidarowych dla trzech powiatów, 7) końcową analizę powierzchni WISL dla obszaru kraju, 8) obliczenie wartości lesistości dla kraju, województw i RDLP i 9) sporządzenie sprawozdania końcowego.

1. Analiza źródłowych danych przestrzennych.

Realizację przedmiotu umowy rozpoczęto od analizy aktualności, kompletności, zawartości i spójności poszczególnych źródłowych danych przestrzennych. Analizą objęte zostały następujące dane przestrzenne (Tabela 1):

- **Baza danych obiektów topograficznych BDOT10k** – zbiór danych wektorowych powstały na podstawie wytycznych technicznych zawartych w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 2011 r. w *sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych* (Dz. U. 2011, Nr 279 poz. 1642). Jej stan aktualności nawiązuje do ortofotomapy znajdującej się w zasobie geodezyjno – kartograficznym kraju (aktualność 2010-2013). BDOT10k jest bazą ciągłą pokrywającą powierzchnię całego kraju. BDOT10K zawiera 10 warstw, 46 obiektów poziomu 2 i 191 obiektów poziomu trzeciego, opisanych dodatkowo za pomocą 117 atrybutów.
 - Do obliczenia rzeczywistej lesistości z poziomu 2 wybrano następujące klasy obiektów: Teren leśny i zadrzewiony (PTLZ): las (PTLZ01), zagajniki (PTLZ02), zadrzewienia (PTLZ03); szkółki leśne (PTUT04).
- **Baza danych System Identyfikacji Działek Rolnych LPIS – Pola Zagospodarowania (PZ)** utworzona przez Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR) na mocy ustawy z 2003 r. o *krajowym systemie ewidencji producentów, ewidencji gospodarstw rolnych oraz ewidencji wniosków o przyznanie płatności* (Dz. U. z 2004 r., Nr 10, poz. 76, ze zm.). Pola zagospodarowania zawierają informację o określonym sposobie użytkowania gruntu. Pola zagospodarowania reprezentują zarówno obszary kwalifikujące się do dopłat, jak i obszary wyłączone z produkcji rolniczej zintegrowane z ortofotomapą. ARiMR dostarczył wektorową warstwę pól zagospodarowania stan na 2009.12.31 i 2014.08.06 oraz granice odniesień (GO) stan na 2014.08.08. Po wykonaniu wstępnej analizy kompletności danych okazało się, że stan na rok 2014 jest niekompletny, dlatego w maju 2015 r. ARiMR na wniosek DGLP ponownie wygenerował warstwę pól zagospodarowania – stan na luty 2015 r. Warstwa pól zagospodarowania jest warstwą ciągłą o zasięgu krajowym.
 - Do obliczenia rzeczywistej lesistości z PZ wybrano klasy: Las (L), tereny zadrzewione i zakrzewione (Z).
- **LPIS – PROW** aktualnie w LPIS dostępna jest warstwa zalesień opracowana na podstawie wniosków o przyznanie wsparcia na zalesienia, które zostały złożone przez rolników do roku 2010 w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich. W związku ze zmianą kształtu systemu płatności bezpośrednich w latach 2015-2020 warstwa zalesień podlega kompleksowej analizie i modyfikacji. Do obliczenia rzeczywistej lesistości wykorzystano PROW stan na 2013.09.19 i na luty 2015.
- **Bank Danych o Lasach (BDL)** - to hurtownia danych gromadząca, przetwarzająca i udostępniająca informacje dotyczące lasów wszystkich form własności na terenie Polski.

- Do obliczenia rzeczywistej lesistości wykorzystano następujące kategorie: Lasy (D-STAN, PLANT SZ, PLANT CH, POL ŁOW, HAL, ZRĄB, PŁAZ, SUKCESJA, SZCZ CHR, INNE WYL, SZK LEŚNA), Grunty zadrzewione i zakrzewione (ZADRZEW, LZ-R, Lz-Ps, Lz-Ł).

- **Leśna Mapa Numeryczna (LMN)** – stan na 2014 r., do obliczenia rzeczywistej lesistości wybrano następujące kategorie użytkowania:
 - Lasy (Ls), Grunty zadrzewione i zakrzewione (Lz, Lz-R, Lz-Ł, Lz-Ps).
- **Warstwa wysokorozdzielcza dla lasów (High Resolution Layers – HRL)** - obrazująca tereny zadrzewione, opracowana dla 97 % obszaru Polski na podstawie automatycznej klasyfikacji wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych zarejestrowanych w latach 2011-2012. Warstwa powstała w ramach projektu Copernicus (GIO) Land Monitoring. Minimalna powierzchnia kartowania to 20x20 m.

Tabela 1. Zestawianie danych wykorzystanych do obliczenia rzeczywistej lesistości

Źródło danych	Wybrane wydzielenia	Aktualność	Zasięg (% pokrycie kraju)	Minimalna pow. kartowania	Oznaczenia użyte w Lesistość
BDOT10K	las (PTLZ01) zagajniki (PTLZ02) zadrzewienia (PTLZ03) szkółki leśne (PTUT04)	2010-2013	cała Polska (100%)	0,1 ha	BDOT
LPIS-PZ	Las (L), tereny zadrzewione i zakrzewione (Z)	Luty 2015	cała Polska (100%)	0,1 ha	LPIS
LPIS-PROW		2013.09.19 Luty 2015	cała Polska		PROW
BDL	Lasy (D-STAN, PLANT SZ, PLANT CH, POL ŁOW, HAL, ZRĄB, PŁAZ, SUKCESJA, SZCZ CHR, INNE WYL, SZK LEŚNA) grunty zadrzewione i zakrzewione (ZADRZEW, LZ-R, Lz-Ps, Lz-Ł)	2014	cała Polska (warstwa nieciągła)		BDL
LMN	Lasy (D-STAN, PLANT SZ, PLANT CH, POL ŁOW, HAL, ZRĄB, PŁAZ, SUKCESJA, SZCZ CHR, INNE WYL, SZK LEŚNA), Grunty zadrzewione i zakrzewione (ZADRZEW, LZ-R, Lz-Ps, Lz-Ł)	2014	cała Polska (ok.77% obejmuje tylko lasy będące w zarządzie LP)	0,1 ha	LMN
HRL		2011-2012	cała Polska (100%)	0,04 ha	HRL

- **Dane ze skaningu laserowego (LIDAR)** będące wynikiem realizacji projektu ISOK „Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami” (pokrycie 65% powierzchni kraju). W ramach projektu ISOK opracowane zostały następujące produkty: dane wysokościowe (sklasyfikowany zbiór punktów) pozyskane z

wykorzystaniem technologii lotniczego skaningu laserowego dla zlewni rzek o łącznej docelowej powierzchni około 289 tys. km² w dwóch standardach I (4-6 punktów/m²) i II (12 punktów/m²), NMT o rozdzielczości 1m oraz NMPT o rozdzielczości 0,5 i 1 m. Pilotaż z wykorzystaniem danych lidarowych wykonano dla trzech powiatów: świdnickiego, wyszkowskiego i legionowskiego.

2. Klasyfikacja danych teledetekcyjnych w celu uzupełnienia obszarów niesklasyfikowanych w HRL

Wysokorozdzielcza warstwa lasów (HRL) powstała jako jeden z produktów projektu UE Copernicus GIO Land Monitoring. HRL pokrywa 97% powierzchni Polski. Pozostałe 3% (939 045 ha) stanowią obszary niesklasyfikowane ze względu na przesłonięcie terenu chmurami. Dla brakujących fragmentów wykonano automatyczną klasyfikację nadzorowaną (metodą pikselową) na zdjęciach z satelity Landsat 7/8 (rozdzielczość przestrzenna 30 m). Zdjęcia zostały poddane korekcji atmosferycznej w programie ATCOR, następnie sklasyfikowane w programie ERDAS Imagine. Sklasyfikowane fragmenty zostały poddane manualnej weryfikacji, a następnie zintegrowane z warstwą HRL. W ten sposób udało się uzupełnić około 80% niesklasyfikowanych powierzchni (dla pozostałych fragmentów brakowało bezchmurnych zobrazowań satelitarnych).

Na lipcu 2015 r. uzupełniona warstwa HRL została zastąpiona zintegrowaną warstwą HRL udostępnioną 29 czerwca 2015 r. przez Europejską Agencję Środowiska (EEA). Zintegrowana warstwa HRL została całkowicie uzupełniona przez producentów HRL danymi z satelitów komercyjnych (m.in. z satelity SPOT).

3. Analiza dokładności dostępnych danych przestrzennych

Analizę dokładności wykonano dla następujących danych przestrzennych: LPIS, BDOT, BDL oraz HRL. Wybrane warstwy tematyczne przekształcone zostały do postaci rastrowej, o rozdzielczości przestrzennej 10x10 m (0,01 ha). Analizę dokładności wykonano metodą „próbki losowego” za pomocą losowo rozrzuconych powierzchni kontrolnych o wymiarze 10x10 m. Do analiz użyto próbkę 480 powierzchni kontrolnych dla błędów „nadmiaru” i 480 powierzchni dla błędów „pominięcia”. Jest to wymagana liczba powierzchni próbnych wyliczona na podstawie statystyki matematycznej bazującej na proporcji powierzchni zajętej przez las w stosunku do całkowitej powierzchni kraju.

Przez błąd „nadmiaru” rozumie się fragment terenu zaklasyfikowany błędnie jako „las”, zaś błąd „pominięcia” oznacza fragment będący lasem, ale nie zaklasyfikowany jako „las”. Aby zminimalizować błąd wynikający z błędów geometryzacji danych źródłowych i referencyjnych, zakłada się, że dla błędów „nadmiaru” każda powierzchnia kontrolna musiała być otoczona przez piksele zaklasyfikowane jako „las” w oknie 3x3 piksele. Zaproponowana metoda

„próbki losowe” była wykorzystana do analizy warstw wysokorozdzielczych w projekcie Copernicus GIO Land Monitoring.

Ocena powierzchni kontrolnych polegała na manualnej weryfikacji w odniesieniu do ortofotomapy dostępnej w formacie WMS (źródło: geoportal.gov.pl) oraz zobrażeń satelitarnych pozyskanych przez konstelację satelitów RapidEye. W efekcie każdy kwadrat 10x10 m otrzymał jeden z następujących atrybutów:

- 1) las (co najmniej 30% powierzchni kwadratu zajęta przez las),
- 2) brak lasu
- 3) drzewa nie las (np.: wewnątrz kwadratu znajduje się sad bądź pojedyncze drzewa nie będące częścią lasu).

W związku z dostarczeniem przez Zamawiającego danych BDL odnoszących się wyłącznie do lasów prywatnych, w przypadku analizy warstwy BDL pod kątem błędów pominięć, została ona uzupełniona warstwą LMN. Powierzchnie kontrolne rozrzucano losowo na obszarze kraju poza warstwą utworzoną z wyselekcjonowanych danych z BDL i LMN.

Zestawienie wyników analizy dokładności przedstawia Tabela 2.

Tabela 2. Wyniki analizy błędu „nadmiaru” i błędu „pominięcia”; całkowita liczba powierzchni kontrolnych = 480; kolumny ‘las’, ‘NIE las’ zawierają liczbę powierzchni kontrolnych pokrytych bądź nie pokrytych lasem.

	Błąd ‘nadmiaru’ (commission)				
	Las	NIE Las	commission error	user's accuracy	uncertainty
HRL	444	36	7,50%	92,50%	1,20%
BDOT	456	24	5,00%	95,00%	0,99%
BDL	457	22	4,59%	95,41%	0,96%
LPIS	459	21	4,38%	95,63%	0,93%
	Błąd ‘pominięcia’ (omission)				
	Las	NIE Las	omission error	producer's accuracy	uncertainty
HRL	12	468	2,50%	97,50%	0,36%
BDOT	6	474	2,45%	97,55%	1,00%
BDL	32	448	16,70%	83,30%	2,85%
LPIS	9	471	4,02%	95,98%	1,33%

Wyniki analizy dokładności danych przestrzennych pokazały, że HRL obarczony jest największym błędem nadmiaru (7,5%), zaś warstwa BDL największym błędem pominięć (16,7%). Najniższy błąd pominięcia mają warstwy BDOT (2,4%) i HRL (2,5%).

4. Opracowanie mapy rzeczywistej lesistości dla kraju

4.1. Integracja wieloźródłowych danych przestrzennych

Integracja wieloźródłowych danych przestrzennych oparta była na wynikach oceny dokładności poszczególnych danych źródłowych (Tabela 2). Wszystkie warstwy tematyczne przekształcone zostały do postaci rastrowej, o rozdzielczości przestrzennej 10x10 m (0,01 ha). W kolejnym etapie, stosując algebrę map, rastrowe dane wieloźródłowe zostały zintegrowane w mapę tematyczną. Każdemu pikselowi przypisano informację o źródle danych. Wyniki analizy dokładności (błędy „nadmiaru” i „pominięć”) posłużyły do nadania „wag” poszczególnym warstwom. Warstwa źródłowa, która uzyskała najlepszą dokładność otrzymała większą wagę niż warstwa źródłowa o niższej dokładności.

Na podstawie przeprowadzonych analiz przyjęto następujące założenia:

- 1) Zgodnie ze wskazaniami Zleceniodawcy najwyższą wagę otrzymały piksele, których źródłem jest wyłącznie LMN bądź jej kombinacja z innymi danymi (np. LMN+BDOT, LMN+LPIS, LMN+HRL, etc.),
- 2) Zgodnie ze wskazaniami Zleceniodawcy najwyższą wagę otrzymały również piksele, których źródłem jest wyłącznie PROW (stan na wrzesień 2013 i luty 2015), bądź kombinacją PROW i innych źródeł,
- 3) Piksele, które pochodzą z trzech lub czterech źródeł, ze względu na bardzo wysokie prawdopodobieństwo poprawności, również otrzymały wysoką wagę,
- 4) Piksele pochodzące z dwóch źródeł o najniższym błędzie pominięcia: BDOT+LPIS otrzymały wysoką wagę, dodatkowo grupy pikseli o powierzchni >1 ha zostały manualnie zweryfikowane. Grupy pikseli o powierzchni <1 ha poddano przestrzennej analizie sąsiedztwa, w wyniku której część poligonów zostało przyłączone do kompleksów leśnych,
- 5) Pozostałe grupy pikseli pochodzące z dwóch i jednego źródła zostały manualnie sprawdzone. Manualna weryfikacja objęła wszystkie powierzchnie powyżej 5 ha. Następnie na podstawie statystyk prawdopodobieństwa wyliczonych z wyników manualnej weryfikacji, część grup poligonów o powierzchni pomiędzy 1-5 ha została wyeliminowana z warstwy rzeczywistej lesistości. Grupy pikseli o łącznej powierzchni < 1ha zostały wyeliminowane,
- 6) Piksele pochodzące wyłącznie z HRL zostały usunięte ze względu na stosunkowo duży błąd nadmiaru.

4.2 Przygotowanie warstwy rzeczywistej lesistości

Na podstawie powyższych założeń powstała wstępna warstwa rzeczywistej lesistości, która następnie została poddana procesowi ‘czyszczenia’. Wymaskowano piksele pod drogami, torami, tereny pod torowiskami i cieki (źródła: LMN i BDOT). W ostatnim etapie usunięto grupy pikseli o łącznej powierzchni <0,1 ha.

Następnie z warstwy rzeczywistej lesistości wymasowano te piksele, które w odniesieniu do definicji lasu wg. Ustawy o lasach z 1991 r. nie są lasami, zaś nawiązują do definicji terenów zadrzewionych w odniesieniu do ustaleń Protokołu z Kioto. Opis generowania maski 'Kioto' jest zawarty w rozdziale 5.

4.3 Walidacja i ocena dokładności

Analizę dokładności warstwy rzeczywistej lesistości wykonano metodą próbkowania losowego opisaną w rozdziale 3. W przypadku błędu nadmiaru na 480 powierzchni kontrolnych 2 zlokalizowane były poza lasem (Tabela 3). Należy podkreślić, iż 3 powierzchnie wypadły w miejscach będącym pod zarządem LP (wg. LMN), na których nie stwierdzono lasu – zgodnie z założeniem nr 1 (rozdział 4.1) powierzchnie te zaklasyfikowano jako 'las'.

Błąd nadmiaru wyniósł 0,42%, dokładność 'użytkownika' (user's accuracy) $99,58 \pm 0,29\%$. Błąd pominięcia wynosi 0,89%, błąd producenta (producer's accuracy) $99,11 \pm 0,62\%$. Szacowana powierzchnia błędu pominięcia wynosi około 88 523 ha.

Tabela 3. Wyniki analizy dokładności warstwy rzeczywistej lesistości.

RZECZYWISTA LESISTOŚĆ				
błąd nadmiaru (commission)				
las	NIE las	commission error	user's accuracy	uncertainty
478	2	0,42%	99,58%	0,29%
błąd pominięcia (omission)				
las	NIE las	omission error	producer's accuracy	uncertainty
2	478	0,89%	99,11%	0,62%
Szacowana powierzchnia błędu pominięcia: 88 523 ha				

Danymi referencyjnymi do oceny dokładności była ortofotomapa dostępna w formacie WMS (źródło: geoportal.gov.pl). oraz zobrażenia satelitarne pozyskane przez konstelację satelitów RapidEye.

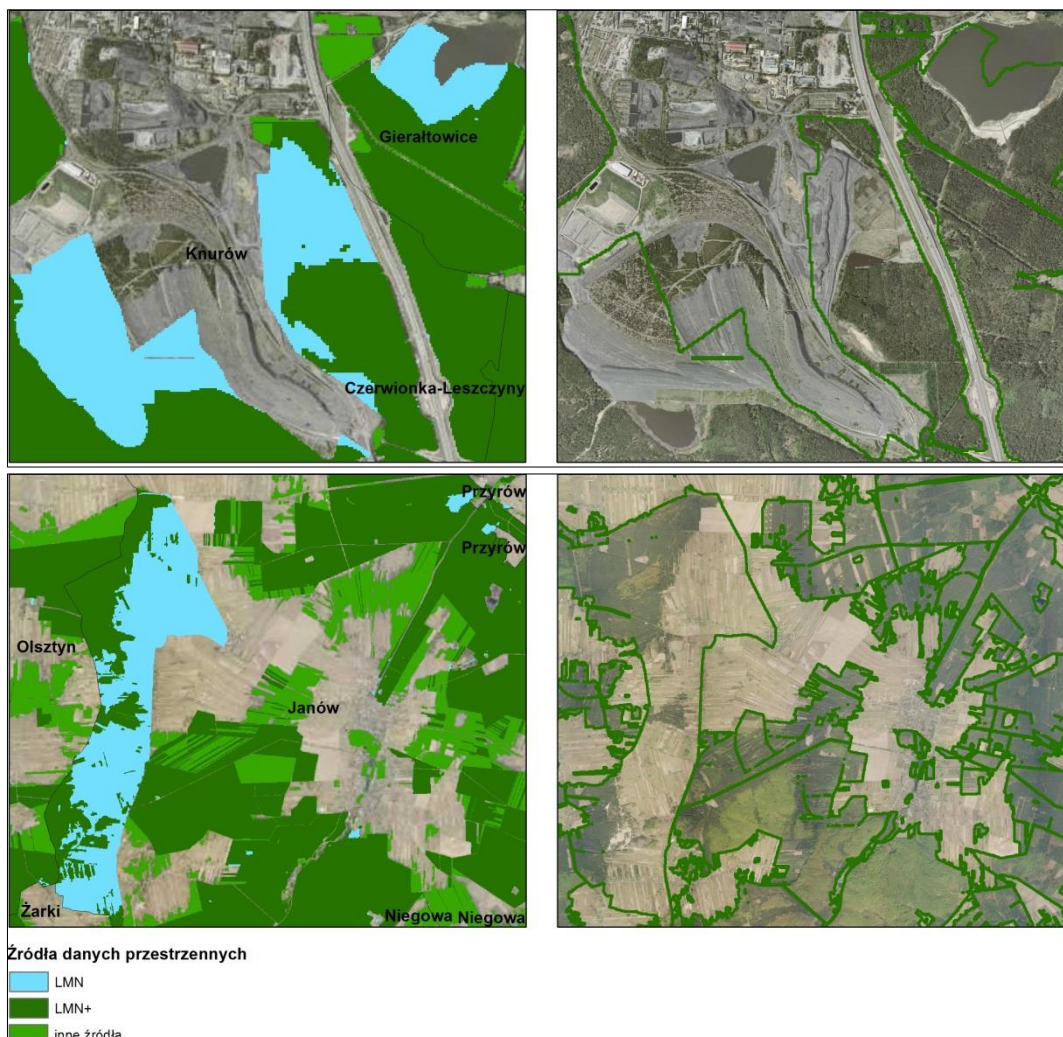
W kolejnym etapie zbadano zgodność warstwy rzeczywistej lesistości zawierającej informacje o danych źródłowych z zasięgiem lasów z LMN, traktując LMN jako dane referencyjne. W trakcie weryfikacji okazało się, że ponad 44 000 ha lasów będących w zarządzie Lasów Państwowych według LMN nie zostało odnotowanych w żadnej z pozostałych analizowanych warstw (Tabela 4). W kilku przypadkach sprawdzonych wizualnie na podstawie dostępnej ortofotomapy stwierdzono nadmiar terenów leśnych w LMN (Ryc. 1.). Poligony te, poza jednym w gminie Janów - powiat częstochowski (Ryc. 1. dolny przykład – łączna powierzchnia około 829 ha), nie zostały usunięte z ostatecznej warstwy rzeczywistej lesistości (zgodnie ze wskazaniem Zleceniodawcy).

Należy nadmienić, że LMN nie była poddana ocenie dokładności.

Tabela 4. Powierzchnia lasów dla wszystkich kombinacji danych źródłowych pokrywających się z lasami z LMN.

Kombinacja danych źródłowych	powierzchnia [ha]
LMN	44197,6
LMN HRL	25788,2
LMN BDL	68,0
LMN BDL HRL	43,6
LMN LPIS	30141,1
LMN LPIS HRL	35486,5
LMN LPIS BDL	40,3
LMN LPIS BDL HRL	49,1
LMN BDOT	70838,4
LMN BDOT HRL	196066,5

Kombinacja danych źródłowych	powierzchnia [ha]
LMN BDOT BDL	85,7
LMN BDOT BDL HRL	177,4
LMN BDOT LPIS	418527,6
LMN BDOT LPIS HRL	6442904,5
LMN BDOT LPIS BDL	719,7
LMN BDOT LPIS BDL HRL	14553,7
LMN+2 źródła	126 835,8
LMN+3 źródła	650 250,2
LMN+4-5 źródeł	6 458 404,3



Ryc. 1. Przykłady powierzchni będących lasem w LMN (Ls) i nie odnotowanych w żadnej z pozostałych warstw (dolny przykład nadmiaru (gm. Janów) został usunięty z lesistości).

5. Opracowanie warstwy lesistości wg ustaleń Protokołu z Kioto

Inwentaryzacji lesistości wg. ustaleń Protokołu z Kioto podlegają 1) lasy wszystkich form własności (wg Ustawy o lasach z 1991) oraz obszary z roślinnością leśną niebędące lasami wg. zapisów ewidencji gruntów i budynków, o zwartej powierzchni 0,1 ha, pokryciu powierzchni koronami drzew wynoszącym więcej niż 10% i minimalnej szerokości powyżej 10 m (warstwa rzeczywistej lesistości – opisana w poprzednim rozdziale) oraz 2) grunty spełniające kryterium definicji lasu wymienione powyżej, ale przeznaczone lub wykorzystywane na cele mieszkaniowe, rekreacyjne, infrastrukturalne, i inne komunalne, przemysłowe oraz tereny zagospodarowane rolniczo (uprawy trwałe – sady, plantacje roślin drzewiastych).

Do wygenerowania warstwy lesistości wg ustaleń Protokołu Kioto konieczne było utworzenie masek umożliwiających selekcję pikseli leśnych spełniających kryterium definicji lasu, ale przeznaczonych na inne cele. Utworzono następujące maski:

Maska sady:

Źródło:

BDOT: uprawy trwałe PTUT (z wyłączeniem szkółek leśnych)

ARiMR: pola zagospodarowania – Sad

Maska kompleksów przemysłowo-gospodarczych:

Źródło: BDOT Kompleksy przemysłowo-gospodarcze (KUPG)

Maska terenów sportowo-rekreacyjnych i cmentarzy:

Źródło: BDOT Kompleksy sportowo-rekreacyjne (KUSK), kompleksy sakralne i cmentarze (KUSC)

Maska zabudowy:

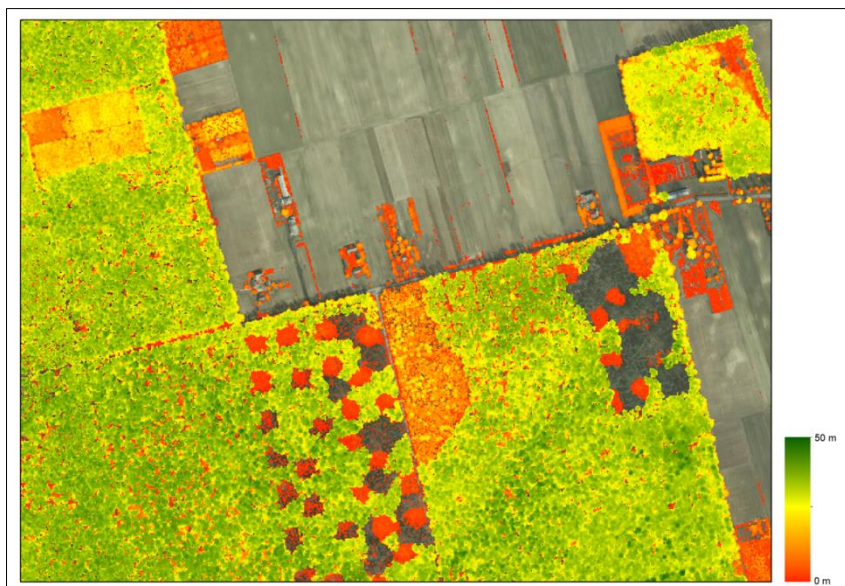
Kombinacja terenów zabudowanych pozyskanych z bazy CORINE Land Cover 2012 i warstwy granic administracyjnych miast uzyskanych z bazy BDOT10K (miasto - ADMS01).

HRL: warstwa pomocnicza terenów zadrzewionych w miastach.

Ze względu na niedokładności i rozbieżności w danych źródłowych wymagana była dodatkowa manualna weryfikacja poszczególnych masek. Przykładowo tylko część zadrzewionych fortów została objęta maską terenów rekreacyjnych; fragmenty terenów zadrzewionych miejskich nie zostały objęte maską miejską. Niedokładność granic kompleksów sportowo-rekreacyjnych, czy terenów miejskich spowodowała wysmakowywanie fragmentów większych kompleksów leśnych. Warstwa rzeczywistej lesistości i warstwa uzupełniająca wg Protokołu z Kioto zostały uzgodnione.

6. Lasy pozyskane z danych lidarowych

Pilotaż z wykorzystaniem danych lidarowych wykonano dla trzech powiatów: świdnickiego, wyszkowskiego i legionowskiego. Dane udostępnione w formacie LAS, zawierające chmurę punktów z lotniczego skaningu laserowego, w standardzie I (4-6 punktów na m²) i II (dla miast-12 punktów na m²) poddano procesowi normalizacji. Następnie wydzielono klasy roślinności średniej (wysokość 0,40-2 m) i wysokiej (wysokość pow. 2 m) i poddano je analizie. Dla odróżnienia drzew od wysokopiennych upraw zdecydowano się na podniesienie kryterium wysokości do 5 m (Ryc. 2). Chmurę punktów przekształcono do postaci rastrowej o rozdzielczości przestrzennej 10x10 m, następnie odsiano grupy pikseli o łącznej powierzchni <0,01 ha. W rezultacie powstała dodatkowa (lidarowa) warstwa lesistości dla trzech powiatów (warstwę docięto do granic powiatów). Warstwa lesistości z danych lidarowych odpowiada warstwie lesistości wg. Protokołu z Kioto. Do opracowania danych lidarowych korzystano z oprogramowania LAStools.



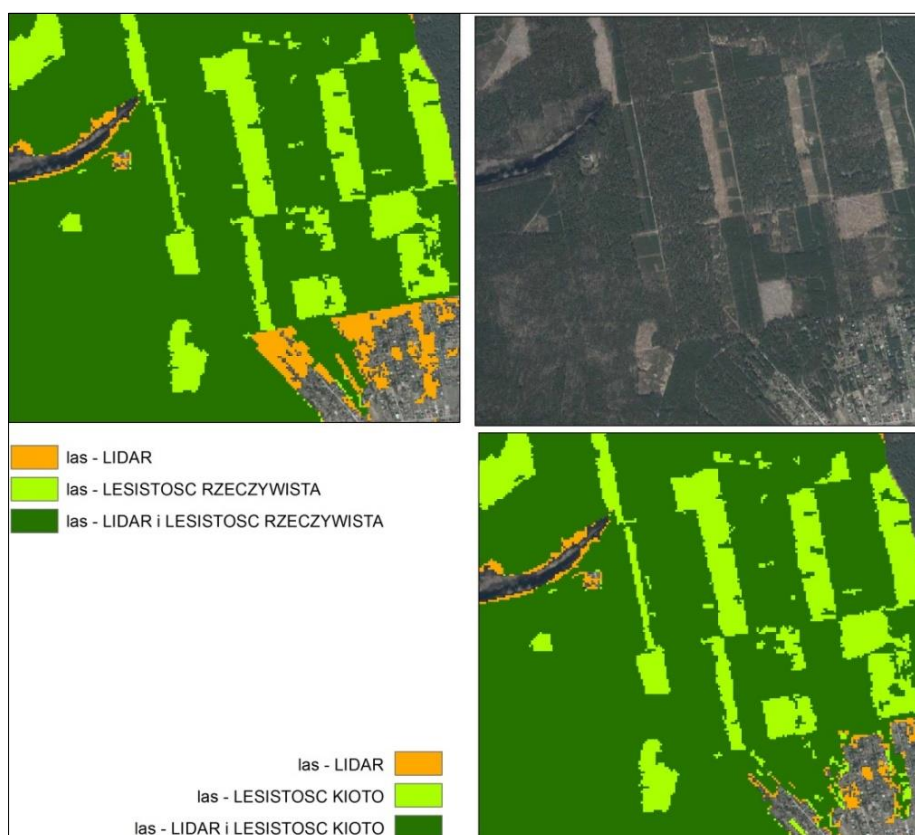
Ryc. 2. Wysokość roślinności w metrach na podstawie chmury punktów.

Dla każdego powiatu obliczono liczbę pikseli leśnych wspólnych dla warstwy lesistości z danych lidarowych i lesistości wg Protokołu z Kioto oraz liczbę pikseli leśnych pochodzących a) tylko z danych lidarowych i b) tylko z warstwy lesistości wg Protokołu z Kioto (Tabela 5). Największą rozbieżność powierzchni leśnej odnotowano w powiecie świdnickim. Powierzchnia lasów wg. lesistości zgodnej z Protokołem z Kioto jest o ponad 2800 ha większa niż ta uzyskana z chmury punktów. Powodem rozbieżności powierzchni leśnej są liczne wycinki, które w lesistości wg Protokołu z Kioto klasyfikowane są jako 'las', a w lesistości z danych lidarowych jako 'nie las' (Ryc. 3). Z przeprowadzonych analiz wynika, że stosowanie kryterium wysokości >2 m zwiększa ryzyko znacznego przeszacowania powierzchni leśnej (np. problem z wysokopiennymi uprawami nie leśnymi, kukurydzą czy krzakami). Dane z chmury punktów ukazują stan chwilowy co jest powodem niedoszacowania powierzchni

leśnych (zbyt wysoka wartość progowa), kosztem wyłączenia upraw leśnych oraz powierzchni leśnych, na których prowadzone są prace pielęgnacyjne, wycinki.

Tabela 5. Zestawienie statystyk lesistości dla trzech powiatów uzyskanych z warstwy lesistości wg Protokołu z Kioto i lesistości z danych lidarowych.

Powiat		Pow. [ha]	odsetek powierzchni powiatu [%]
legionowski	nie las	22657,9	58,0
	las - LIDAR	1873,4	4,8
	las- LESISTOSC KIOTO	1732,5	4,4
	las - LIDAR i LESISTOSC KIOTO	12778,2	32,7
wyszkowski	nie las	52993,9	60,4
	las - LIDAR	2735,6	3,1
	las- LESISTOSC KIOTO	3347,6	3,8
	las - LIDAR i LESISTOSC KIOTO	28600,6	32,6
świdnicki	nie las	37961,7	81,0
	las - LIDAR	673,7	1,4
	las- LESISTOSC KIOTO	2866,0	6,1
	las - LIDAR i LESISTOSC KIOTO	5351,4	11,4



Ryc. 3. Porównanie zasięgu lasów z danych lidarowych, rzeczywistej lesistości i lesistości wg Protokołu z Kioto.

7. Analiza lokalizacji powierzchni WISL

Z przeprowadzonych analiz lokalizacji powierzchni WISL wynika, że 31 484 punktów WISL zlokalizowanych jest w lasach bądź na obszarach z roślinnością leśną (Tabela 6). Liczba ta zwiększa się o 774 punktów (łącznie dając 32 258) gdy zastosowane zostanie kryterium odległości równe 2,5 m od środka punktu WISL. Przy zastosowaniu promienia równego 5 m, liczba punktów WISL znajdująca się na powierzchni 'rzeczywistej lesistości' wzrasta o 1469, łącznie dając 32 953 punkty.

Podczas analizy lokalizacji powierzchni WISL ważny jest również aspekt nadmiaru terenów leśnych w LMN. Z analizy położenia wynika, że aż 148 powierzchni WISL zlokalizowanych jest w lasach, których źródłem jest wyłącznie LMN. Punkty te należałoby zweryfikować np. względem dostępnej ortofotomapy bądź aktualnych zdjęć wysokorozdzielczych.

Tabela 6. Zestawienie statystyczne lokalizacji powierzchni WISL w podziale na pochodzenie danych źródłowych wykorzystanych do sporządzenia warstwy 'rzeczywistej lesistości'.

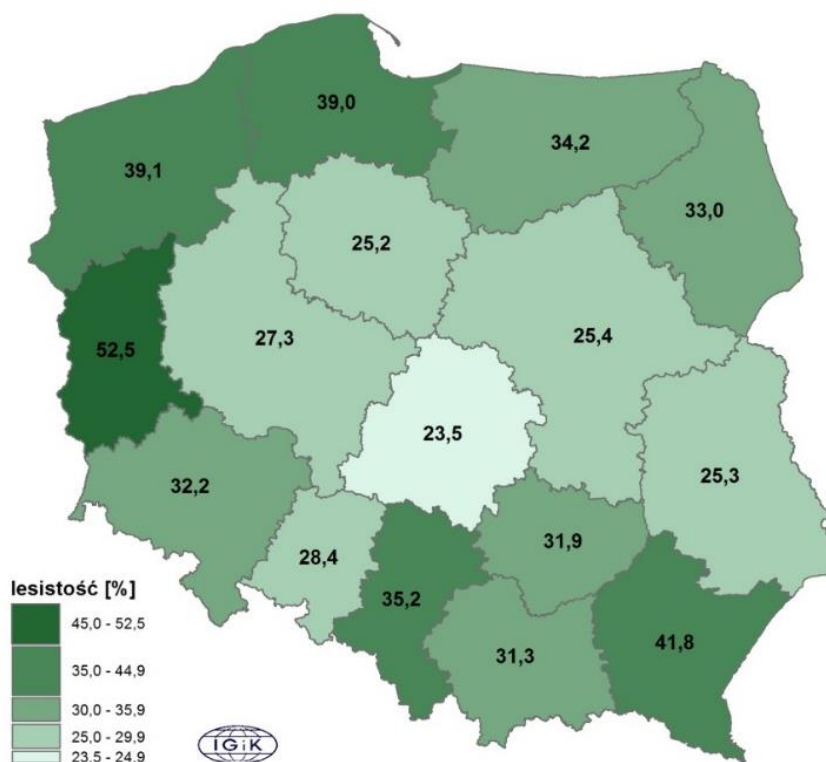
	Suma punktów WISL
las	31 484
nie las	67 403
Las w rozbiciu na źródła danych do 'rzeczywistej lesistości'	
BDOT	14
BDOT BDL	6
BDOT BDL HRL	141
BDOT HRL	221
BDOT LPIS	536
BDOT LPIS BDL	445
BDOT LPIS BDL HRL	4 196
BDOT LPIS HRL	2 813
LMN	148
LMN BDOT	231
LMN BDOT BDL HRL	3
LMN BDOT HRL	660
LMN BDOT LPIS	1 397
LMN BDOT LPIS BDL	1
LMN BDOT LPIS BDL HRL	55
LMN BDOT LPIS HRL	20 192
LMN HRL	78
LMN LPIS	94
LMN LPIS HRL	110
LPIS	22
LPIS BDL	1
LPIS BDL HRL	41
LPIS HRL	5
PROW BDOT LPIS	11
PROW BDOT LPIS BDL	5
PROW BDOT LPIS BDL HRL	1
PROW BDOT LPIS HRL	2
PROW LPIS	49
PROW LPIS BDL	1
PROW LPIS HRL	5

8. Rzeczywista lesistość - Statystyki

Rzeczywista lesistość kraju odnosi się do definicji lasu określonej w Ustawie o lasach z dnia 28 września 1991 r. (Dz. U. 1991 nr 101, poz. 444, art.3). Obejmuje lasy wszystkich form własności oraz obszary z roślinnością leśną niebędące lasami wg. zapisów ewidencji gruntów i budynków, o zwartej powierzchni 0,1 ha, pokryciu powierzchni koronami drzew wynoszącym więcej niż 10% i minimalnej szerokości powyżej 10 m. Z warstwy rzeczywistej lesistości wyłączone są dodatkowe grunty leśne spełniające kryterium definicji lasu wynikające z ustaleń Protokołu z Kioto (o których mowa poniżej).

Lesistości wg. ustaleń Protokołu z Kioto obejmuje dodatkowo grunty spełniające kryterium wymienione w poprzednim paragrafie, ale przeznaczone lub wykorzystywane na cele mieszkaniowe, rekreacyjne, infrastrukturalne, i inne komunalne, przemysłowe oraz tereny zagospodarowane rolniczo (uprawy trwałe – sady, plantacje roślin drzewiastych).

Powierzchnia lasów według niniejszego opracowania wynosi **9 997 698 ha**, co stanowi **32,0% (31,995%)** powierzchni kraju (Tabela 7). Do obliczenia udziału procentowego rzeczywistej lesistości w odniesieniu do województw wykorzystano granice województw z państwowego rejestru granic i powierzchni jednostek podziałów terytorialnych kraju (PRG_jednostki administracyjne_v8) pozyskane z zasobu Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (CODGiK) (Ryc. 4).



Ryc. 4. Rzeczywista lesistość wg IGiK dla województw (źródło granic województw: CODGiK).

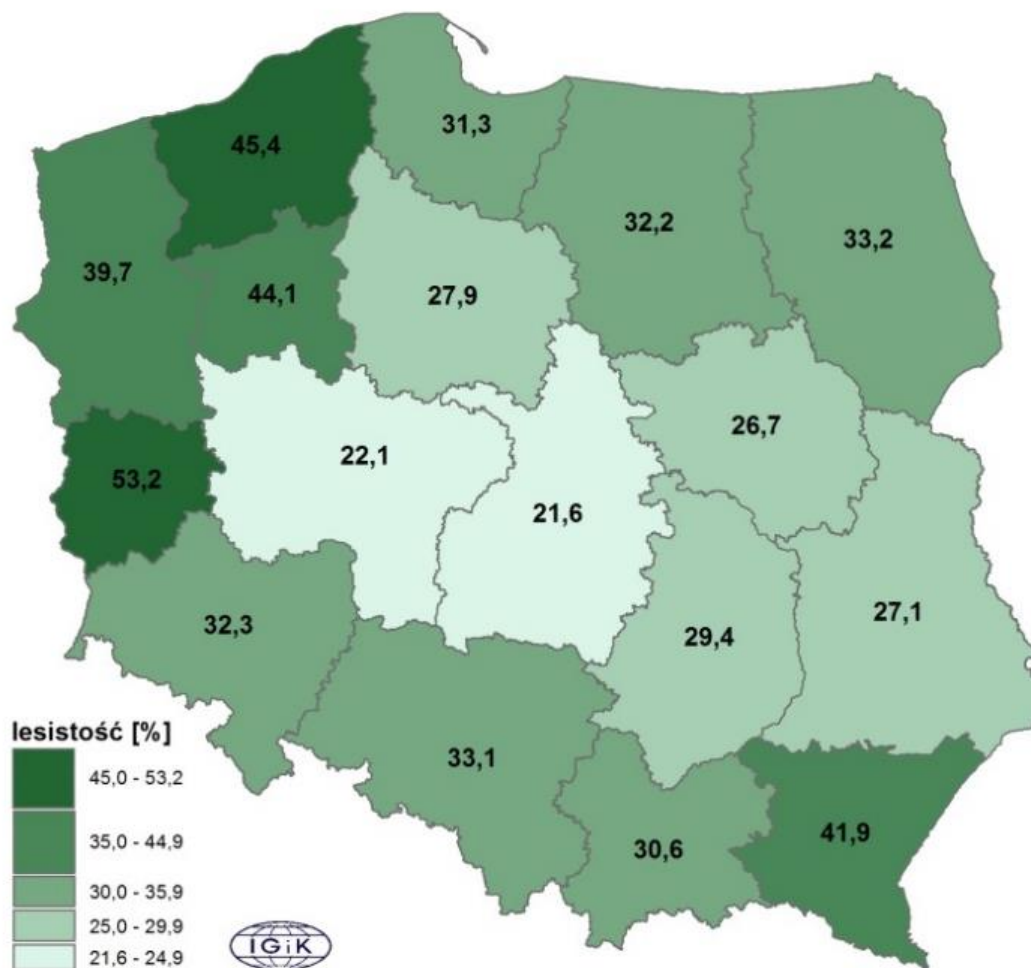
Tabela 7. Porównanie rzeczywista lesistość wg województw.

województwo	powierzchnia jednostki (wg GUS*)	LASY ogółem (wg GUS*)		powierzchnia jednostki (wg CODGiK**)	Rzeczywista lesistość (wg IGiK)		LASY wg Protokołu Kioto (wg IGiK)		Różnica rzeczywistej lesistości (IGiK – GUS)
	2014	2014		2014	2014		2014		
	ha	ha	%	ha	ha	%	ha	%	ha
POLSKA	31 267 967	9 197 879	29,4	31 247 505	9 997 698	32,0	10 461 856	33,5	799 819
dolnośląskie	1 994 674	592 816	29,7	1 993 618	641 884	32,2	658 367	33,0	49 068
kujawsko-pomorskie	1 797 134	421 206	23,4	1 794 752	451 716	25,2	466 355	26,0	30 510
lubelskie	2 512 246	583 040	23,2	2 513 399	634 701	25,3	709 484	28,2	51 661
lubuskie	1 398 789	688 140	49,2	1 398 977	734 620	52,5	741 388	53,0	46 480
łódzkie	1 821 895	387 788	21,3	1 819 443	427 309	23,5	474 436	26,1	39 521
małopolskie	1 518 279	435 292	28,7	1 516 603	474 627	31,3	499 731	33,0	39 335
mazowieckie	3 555 847	821 882	23,1	3 552 929	901 908	25,4	1 027 742	28,9	80 026
opolskie	941 187	250 375	26,6	939 994	266 893	28,4	270 552	28,8	16 518
podkarpackie	1 784 576	677 966	38,0	1 784 370	746 298	41,8	765 821	42,9	68 332
podlaskie	2 018 702	620 080	30,7	2 019 317	667 354	33,0	674 262	33,4	47 274
pomorskie	1 831 034	665 476	36,3	1 828 737	712 422	39,0	720 412	39,4	46 946
śląskie	1 233 309	393 849	31,9	1 231 701	433 257	35,2	447 148	36,3	39 408
świętokrzyskie	1 171 050	330 069	28,2	1 169 726	372 791	31,9	417 852	35,7	42 722
warmińsko-mazurskie	2 417 347	750 494	31,0	2 415 060	824 858	34,2	834 988	34,6	74 364
wielkopolskie	2 982 650	767 531	25,7	2 979 729	812 530	27,3	838 549	28,1	44 999
zachodniopomorskie	2 289 248	811 876	35,5	2 289 150	894 530	39,1	914 769	40,0	82 654

 * źródło: Bank Danych Lokalnych (http://stat.gov.pl/bdl/app/strona.html?p_name=indeks)

** źródło: PRG_jednostki administracyjne_v8 - aktualność warstwy 'województwa' 10 lipca 2014 r.

Dane dotyczące udziału procentowego rzeczywistej lesistości dla Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych (RDLP) przedstawiono w Tabeli 8 i zwizualizowano na Rycinie 4. Granice RDLP w formacie wektorowym dostarczone zostały przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych.



Ryc. 4. Rzeczywista lesistość wg IGiK dla Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych.

Tabela 8. Rzeczywista lesistość w Regionalnych Dyrekcjach Lasów Państwowych.

adr_les	nazwa	powierzchnia jednostki (wg DGLP)	LASY ogółem (wg WISL*)	Rzeczywista lesistość (wg IGiK)		LASY wg Protokołu z Kioto (wg IGiK)		Różnica rzeczywistej lesistości (IGiK – WISL*)
		ha	ha	ha	%	ha	%	ha
	POLSKA	31 247 339	9 177 193	9 997 675	32,0	10 461 826	33,5	820 482
01	Białystok	2 727 517	835 609	904 260	33,2	913 132	33,5	68 651
02	Katowice	2 458 804	745 613	812 680	33,1	833 171	33,9	67 067
03	Kraków	1 355 022	379 878	413 964	30,6	437 018	32,3	34 086
04	Krosno	1 457 018	553 856	610 690	41,9	627 573	43,1	56 834
05	Lublin	2 712 749	668 601	735 570	27,1	815 208	30,1	66 969
06	Łódź	2 269 628	440 821	490 828	21,6	543 320	23,9	50 007
07	Olsztyn	2 342 718	694 417	754 909	32,2	763 842	32,6	60 492
08	Piła	861 381	357 144	379 733	44,1	388 021	45,1	22 589
09	Poznań	2 387 098	497 763	528 429	22,1	549 203	23,0	30 666
10	Szczecin	1 853 249	673 643	736 419	39,7	747 483	40,3	62 776
11	Szczecinek	1 468 209	609 749	666 242	45,4	677 831	46,2	56 493
12	Toruń	1 871 806	489 293	522 877	27,9	536 604	28,7	33 584
13	Wrocław	1 896 610	565 119	612 674	32,3	628 654	33,2	47 555
14	Zielona Góra	880 551	438 395	468 507	53,2	473 281	53,8	30 112
15	Gdańsk	1 161 262	341 299	363 716	31,3	369 779	31,8	22 417
16	Radom	1 872 468	481 614	549 811	29,4	682 935	36,5	68 197
17	Warszawa	1 671 250	404 379	446 366	26,7	474 770	28,4	41 987

*źródło: WISL w Polsce, wyniki za okres 2010-2014, Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej

9. Wnioski

Inwentaryzacja rzeczywistej lesistości kraju objęła lasy wszystkich form własności oraz obszary z roślinnością leśną niebędące lasami wg. zapisów ewidencji gruntów i budynków. Warstwa rzeczywistej lesistości została opracowana na podstawie wieloźródłowych danych przestrzennych tj.: LMN, BDOT10K, LPIS-PZ, LPIS-PROW, HRL i BDL. Dodatkowo dla 3 powiatów: świdnickiego, wyszkowskiego i legionowskiego przeprowadzono analizę przydatności danych lidarowych do określania rzeczywistej lesistości.

Otrzymane wyniki oraz wnikliwa analiza poszczególnych danych źródłowych pozwoliły na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Według opracowanej warstwy rzeczywistej lesistości, powierzchnia lasów w Polsce wynosi 9 997 698 ha, co stanowi 32,0 % powierzchni kraju. Dla porównania powierzchnia lasów wg GUS w 2014 r. wynosiła 9 197 879 ha co stanowiło 29,4 % kraju. Różnica rzeczywistej lesistości kraju wg GUS i IGiK wynosi 799 819 ha, co wskazuje na potrzebę podjęcia głębszych analiz przyczyn rozbieżności na szczeblu wojewódzkim i regionalnym.
2. Przyjęta metodyka pozwoliła na uzyskanie warstwy rzeczywistej lesistości o dokładności 99% (błąd nadmiaru wyniósł 0,42%, błąd pominięcia 0,89%).
3. Ocena jakości i zbadanie wzajemnej komplementarności zbiorów danych była podstawą do integracji wieloźródłowych danych w celu obliczenia rzeczywistej lesistości kraju. Analiza ilościowa (statystyczna) dokładności zbiorów danych pozwoliła na określenie wielkości błędu pominięcia i nadmiaru każdej z warstw wejściowych.
4. Zgodnie ze wskazaniami Zleceniodawcy, zarówno Leśna Mapa Numeryczna jak i LPIS-PROW, nie były poddane weryfikacji i ocenie dokładności. W konsekwencji wszystkie obszary, które 'pochodzą' wyłącznie z LMN bądź są kombinacją LMN i innych źródeł otrzymały wiarygodność 100%. Jednakże z analizy zgodność pomiędzy warstwą rzeczywistej lesistości wg IGiK (zawierającej informacje o źródle pochodzenia danych) a zasięgiem lasów z LMN, wynika, że około 44 000 ha lasów będących w zarządzie Lasów Państwowych według LMN nie zostało odnotowanych w żadnej z pozostałych analizowanych warstw. W kilku przypadkach, sprawdzonych wizualnie na podstawie dostępnej ortofotomapy stwierdzono nadmiar terenów leśnych w LMN. Poligony te, poza jednym w gminie Janów - powiat częstochowski (łączna powierzchnia około 829 ha), nie zostały usunięte z ostatecznej warstwy rzeczywistej lesistości (zgodnie ze

wskazaniami Zleceniodawcy). Dlatego wskazane byłoby wykonanie dodatkowej weryfikacji grupy pikseli pochodzących wyłącznie z LMN oraz z kombinacji LMN i innych źródeł.

5. Aspekt nadmiaru terenów leśnych w LMN dotyczy również analizy lokalizacji powierzchni WISL. Z analizy położenia wynika że, aż 148 powierzchni WISL zlokalizowanych jest w lasach, których źródłem informacji jest wyłącznie LMN – punkty te należałoby zweryfikować względem dostępnej ortofotomapy.
6. Dane pomiarowe LIDAR stanowią cenne źródło informacji, które może być wykorzystane jako materiał pomocniczy na potrzeby obliczania wskaźnika lesistości kraju. Dane z chmury punktów pomiarowych niosą informację o wysokości oraz klasie, której zostały przyporządkowane. Analizowana była klasa roślinności wysokiej z uwzględnieniem kryterium wysokości wewnątrz klasy. Kryterium wysokości jest istotnym czynnikiem, który może prowadzić do przeszacowania (zbyt niska wartość progowa) powierzchni leśnej za sprawą upraw wysokopiennych. Dane z chmury punktów ukazują stan chwilowy co jest powodem niedoszacowania powierzchni leśnych (zbyt wysoka wartość progowa), kosztem wyłączenia upraw leśnych oraz powierzchni leśnych, na których prowadzone są prace pielęgnacyjne, wycinki. Ponadto dane LIDAR nie zawierają informacji o typie użytkowania terenu. Wykorzystanie danych pomiarowych z chmury punktów wydaje się być bardziej przydatne do szacowania lesistości wg. ustaleń Protokołu z Kioto.
7. Bardzo ważne dla zminimalizowania błędów nadmiarów i pominięć, w przypadku rzeczywistej lesistości, jest określenie dokładnych kryteriów klasyfikowania powierzchni zadrzewionych na terenach o różnym typie użytkowania. Dotyczy to między innymi zwartych powierzchni zadrzewionych maskowanych jako tereny sportowo-rekreacyjne (zespoły domków letniskowych na działkach leśnych), parków i lasów miejskich, które w praktyce stanowią jeden zwarty obszar, a także powierzchni zadrzewionych na terenach miejskich. Wykonawcy sugerują zastosowanie na obszarach miejskich kryterium powierzchni i zwartości dla lasów włączanych do rzeczywistej lesistości.

10. Lista załączników

Opis zawartości DVD w strukturze katalogów:

Rastry\

Lesistosc_Kioto\

- KIOTO_uzu_TYP_UZYTOWANIA.tif
Uzupełniająca warstwa lesistości zgodnej z Protokołem z Kioto, poza lasami wykazanymi w rzeczywistej lesistości, klasyfikowana wg typów użytkowania:
1 – uprawy trwale, sady
2 – sport, rekreacja, cmentarze
3 – tereny zabudowane, tereny miejskie
4 – tereny przemysłowo-gospodarcze
- LESISTOSC_KIOTO.tif
Warstwa lesistości całkowitej zgodnej z Protokołem z Kioto, uwzględniająca rzeczywistą lesistość i warstwę uzupełniającą.

Lesistosc_LIDAR\

- LIDAR_VEGETACJA_h5m_powiaty.tif
Pokrycie roślinnością o wysokości minimalnej 5m, pozyskane z chmury punktów LIDAR dla powiatów: legionowskiego, wyszkowskiego i świdnickiego.
- LIDAR_VEGETACJA_i_LESIST_RZ_porownanie.tif
Porównanie warstw pokrycia roślinnością o wysokości minimalnej 5m, pozyskanych z chmury punktów LIDAR, z rzeczywistą lesistością, gdzie wykazano źródło informacji o pokryciu roślinnością leśną wg klucza:
1 - las – LIDAR
10 - las - LESISTOSC RZECZYWISTA
11 - las - LIDAR i LESISTOSC RZECZYWISTA
- LIDAR_VEGETACJA_i_LESIST_KIOTO_porownanie.tif
Porównanie warstw pokrycia roślinnością o wysokości minimalnej 5m, pozyskanych z chmury punktów LIDAR, z lesistością wg Protokołu z Kioto, gdzie wykazano źródło informacji o pokryciu roślinnością leśną wg klucza:
1 - las - LIDAR
10 - las - LESISTOSC KIOTO
11 - las - LIDAR i LESISTOSC KIOTO

Lesistosc_rzeczywista\

- LESISTOSC_RZECZYWISTA.tif
Warstwa rzeczywistej lesistości będąca wynikiem analizy i weryfikacji dostępnych źródeł.
- LESISTOSC_Zrodla_FINALNA.tif
Warstwa rzeczywistej lesistości, zawierająca źródła informacji o lasach, wg oznaczeń:

LMN – Leśna Mapa Numeryczna
BDL – Bank Danych o Lasach
BDOT – Baza Danych Obiektów Topograficznych
LPIS – System Identyfikacji Działek Rolnych
PROW - Program Rozwoju Obszarów Wiejskich
HRL - Warstwy wysokorozdzielcze lasów Copernicus GIO Land Monitoring
- LESISTOSC_Zrodla_ROBOCZA.tif
Warstwa rzeczywistej lesistości, zawierająca źródła informacji o lasach przed analizą i weryfikacją dostępnych baz danych.

Sprawozdania\

Sprawozdanie końcowe.pdf

Streszczenie_PL.pdf

Streszczenie_EN.pdf

WISL\

- WISL_informacja_o_lasach.shp
Punkty WISL z informacją o położeniu w lesie oraz z informacją o źródłowej bazie danych zgodnie z warstwą LESISTOSC_Zrodla_FINALNA.tif :

Kolumna „LAS”:

0- punkt WISL poza lasem
1- punkt WISL w lesie

Kolumna „ZRODLA” zawiera listę baz danych, z których pochodzi informacja o lasach.

Wektory\

- lesistość_rzeczywista.shp

Zwektoryzowana warstwa „LESISTOSC_RZECZYWISTA.tif”,
gdzie „gridcode”=1 oznacza las

- lesistosc_zrodla_LMN_PROW.shp
- lesistosc_zrodla_3i4.shp
- lesistosc_zrodla_1i2.shp

Zwektoryzowana warstwa „LESISTOSC_Zrodla_FINALNA.tif”
wg rodzaju i liczby źródeł. Kolumna „ZRODLA” zawiera listę
baz danych, z których pochodzi informacja o lasach.