

**ZMIANY POKRYCIA TERENU PUSTYNI BŁĘDOWSKIEJ
W LATACH 1926–2005**

**LAND COVER CHANGES IN BŁĘDOWSKA DESERT AREA
BETWEEN 1926 AND 2005**

Dorota Maryniak, Wojciech Drzewiecki

Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska,
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

SŁOWA KLUCZOWE: Pustynia Błędowska, zmiany pokrycia terenu, fotointerpretacja, zdjęcia lotnicze i satelitarne, CORONA

STRESZCZENIE: W artykule przedstawione zostaną wyniki badań dotyczących zmian w pokryciu terenu Pustyni Błędowskiej w latach 1926–2005. Badania przeprowadzono w oparciu o archiwalne i współczesne zobrażenia lotnicze i satelitarne: zdjęcia lotnicze, wykonane w roku 1926, zdjęcia satelitarne systemu CORONA z roku 1968 oraz ortofotomapy lotnicze, wykonane na potrzeby projektu LPIS i wysokorozdzielczą ortofotomapę satelitarną, powstałą z obrazów zarejestrowanych przez satelitę IKONOS w roku 2005. Ocenę rozmiaru zmian oparto na analizie fotointerpretacyjnej obrazów z okresu 1926–2005 oraz przeprowadzonej w środowisku GIS ilościowej analizie przekształceń form użytkowania, jakie zaszły na badanym obszarze od roku 1968. Przeprowadzenie analiz ilościowych wymagało wykonania korekcji geometrycznej archiwalnych zdjęć satelitarnych. W pracy zawarto porównanie wyników korekcji otrzymanych z wykorzystaniem metod wielomianowych: wielomianu stopnia pierwszego i drugiego oraz ilorazowego modelu wielomianowego. Zastosowanie ostatniej z metod pozwoliło na uzyskanie dokładności geometrycznej na poziomie dokładności mapy topograficznej w skali 1:25 000. Analiza fotointerpretacyjna oraz otrzymane w jej wyniku mapy pokrycia terenu „pustyni” i uzyskane na drodze ich analiz zestawienia tabelaryczne pozwoliły ocenić rodzaj i tempo zmian w przeciągu badanych 80 lat. Umożliwiły też ilościowe, szczegółowe oszacowanie ich rozmiaru w ostatnich czterdziestu latach. Ocena rozmiaru zmian, jakie zaszły na przełomie ostatnich 80 lat potwierdza, że Pustynia Błędowska zarasta. Obecnie bardziej przypomina las niż teren, którego fizjonomia jeszcze 40 lat temu była wyjątkowa w skali europejskiej. Roślinność w sposób naturalny pojawiła się na tym obszarze już przed wojną i pod koniec lat 60-tych XX w. zwiększyła obszar swojego występowania. Jednak tempo jej sukcesji w ostatnich czterdziestu latach znacznie wzrosło, w dużej mierze na skutek ingerencji człowieka.

1. CEL PRACY

Celem prezentowanych badań było określenie rozmiaru zmian w pokryciu terenu, jakie zaszły na obszarze Pustyni Błędowskiej w latach 1926–2005. Badania te oparte były o współczesne i historyczne zobrażenia satelitarne i lotnicze: zdjęcia lotnicze, wykonane w roku 1926, zdjęcia satelitarne systemu CORONA z roku 1968 oraz ortofotomapy lotnicze, wykonane na potrzeby projektu LPIS i wysokorozdzielczą ortofotomapę satelitar-

na, powstała z obrazów zarejestrowanych przez satelitę IKONOS w roku 2005. Ocena rozmiaru zmian oparto na analizie fotointerpretacyjnej obrazów z okresu 1926–2005 oraz przeprowadzonej w środowisku GIS ilościowej analizie przekształceń form użytkowania, jakie zaszły na badanym obszarze od roku 1968.

Przeprowadzenie analiz ilościowych wymagało wykonania korekcji geometrycznej archiwalnych zdjęć lotniczych i satelitarnych. Z tego względu wśród założonych celów badań znalazło się również porównanie możliwości zastosowania wybranych nieparametrycznych metod korekcji w odniesieniu do obrazów z satelitów CORONA oraz próba przetworzenia przedwojennych zdjęć lotniczych.

2. OBSZAR BADAŃ

Określenie badanego obszaru „pustynią” jest z naukowego punktu widzenia niewłaściwe i mylnie charakteryzuje panujące tam warunki klimatyczne. Pojęcie „pustynia” odnosi się bowiem do terenów o wyraźnej odmienności klimatycznej, zwłaszcza pod względem niewielkiej ilości opadów atmosferycznych w stosunku do najbliższego otoczenia. Warunki klimatyczne Pustyni Błędowskiej są natomiast identyczne jak otaczających ją terenów. Dlatego „Pustynia Błędowska” jest pojęciem geograficznym określającym obszar piasków znajdujących się nad Białą Przemszą (Szczypek *et al.*, 1994).

Pustynia Błędowska położona jest na południu Polski między miejscowościami: Klucze na wschodzie, Rudy i Błędów na zachodzie, Chechło na północy i Laski na południu. Obejmuje ona obszar o długości około 8 km i szerokości sięgającej 4 km. Przez badany obszar przepływa prawie równoleżnikowo Biała Przemsza (Rys. 1).



Rys. 1. Pustynia Błędowska na tle okolicznych miejscowości (źródło: opracowanie własne)

Obszar Pustyni Błędowskiej można ogólnie określić jako płaski, łagodnie obniżający się ku zachodowi. O jej wyglądzie decyduje w dużej mierze występująca tam roślinność. Tereny będące kiedyś rozległymi, pustymi polami deflacyjnymi są obecnie porośnięte. Większość roślin znajdujących się na terenie „pustyni” rośnie tu od dawna, ale są i takie, które człowiek świadomie wprowadził w celu szybszego wiązania lotnych piasków

i ograniczenia jego nanoszenia na okoliczną zabudowę. Należą do nich wydmuchrzyca piaskowa, wierzba piaskowa i kaspijska, olcha czy sosna. Nasadzona roślinność w dość szybkim tempie opanowała powierzchnie piasków.

3. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

3.1. Archiwalne zdjęcia lotnicze

W pracy wykorzystano archiwalne zdjęcia lotnicze z października 1926 roku, pochodzące ze zbiorów prywatnych. Zdjęcia wykonano kamerą o nominalnej ogniskowej $ck=260$ mm, ze średniej wysokości fotografowania $W=2\ 600$ m (Bryś H., archiwum prywatne). Wykorzystany materiał to 7 odbitek zdjęć o około 25% pokryciu, połączonych w 2 fotoszkice. Brakuje zdjęcia łączącego fotoszkice. Zastępuje je ręcznie wykonany, tekturowy łącznik, dosztukowany w oparciu o relacje między obiektami. Zdjęcia otrzymano w formie analogowych odbitek, które zeskanowano z rozdzielczością 600 dpi. Poszczególne fragmenty połączono wykorzystując oprogramowanie Adobe Photoshop 6.0. W wyniku otrzymano jeden obraz składający się z 2 fotoszkieców dopasowanych przy pomocy tekturowego łącznika (Rys. 4).

Należy zwrócić uwagę, że połączone zdjęcia były wykonane zwykłą kamerą lotniczą. Zawierają wszystkie zniekształcenia charakterystyczne dla rzutu środkowego i te wynikające z pochylenia kamery podczas lotu. Skala jest nierównomierna i zwiększa się wraz ze zbliżaniem się do skrajów zdjęcia.

3.2. Zdjęcia satelitarne systemu CORONA

W pracy wykorzystano odtajnione w 1996 roku zdjęcie satelitarne z programu CORONA, wykonane 25 marca 1968 roku, podczas misji o numerze 1046. Obraz został pozyskany przez satelitę z serii KH-4A kamerą AFT – rejestrującą wstecz z nominalną rozdzielczością terenową 2,7 m (9 ft). Pochodzi on z ładownika numer 2. Ogólna charakterystyka misji 1046 określa jakość zdjęć z ładownika pierwszego (1046-1) jako dobrą a z drugiego (1046-2) jako przeciętną (<http://edc.usgs.gov/guides/displ.html>).

Pas filmu o rozmiarach 70 mm × 29,8 cala został zeskanowany z rozdzielczością 7 mikronów (3600 dpi) i udostępniony przez USGS w postaci 4 plików o rozmiarze 319 MB każdy. Kadr filmu obejmuje znaczną część obszaru Polski (od Rybnika przez Dąbrowę Górniczą i Busko Zdrój po Stalową Wolę), w tym badany obszar Pustyni Błędowskiej.

3.3. Wysokorozdzielcza ortofotomapa satelitarna

Wykorzystany fragment wysokorozdzielczej ortofotomapy satelitarnej powstał z obrazów zarejestrowanych 1 kwietnia 2005 roku przez satelitę Ikonos i jest materiałem źródłowym przedstawiającym najbardziej aktualny stan badanego obszaru. Jest to kompozycja w kolorach rzeczywistych w układzie współrzędnych PUWG 1992. Charakteryzuje się średnim błędem położenia $m_p = 2$ m. Odpowiada to dokładności mapy w skali 1:5000. Terenowy rozmiar piksela wynosi 1 m.

3.4. Ortofotomapa lotnicza i Numeryczny Model Terenu

Kolejnym z materiałów źródłowych była ortofotomapa wykonana na potrzeby programu LPIS. Obraz ten spełnia wymagania dokładnościowe zawarte w standardzie I projektu

LPIS: piksel terenowy 0.25 m, dokładność sytuacyjna $m_p = 0.75$ m. Ortofotomapa w układzie P UWG 1992 powstała na bazie zdjęć lotniczych w skali 1:13 000 wykonanych w latach 2003–2005. Wykorzystany fragment ortofotomapy obejmuje 9 sekcji map odpowiadających skali 1:2000.

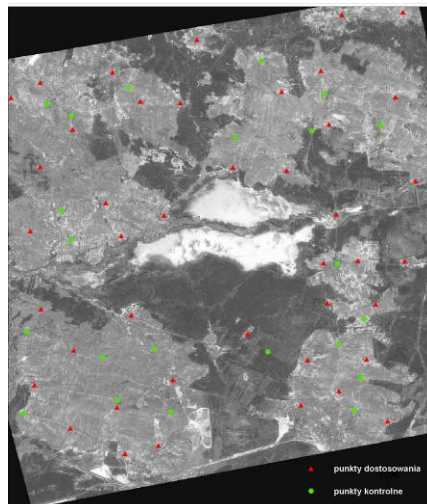
W badaniach, na potrzeby korekcji geometrycznej zdjęć satelitarnych, wykorzystano także Numeryczny Model Terenu w postaci rastrowej o oczku siatki wynoszącym 10 m. Model ten utworzony został w oparciu o mapy topograficzne aktualne na koniec lat 80 XX w.

4. KOREKCJA GEOMETRYCZNA ZDJĘĆ LOTNICZYCH I SATELITARNYCH

4.1. Korekcja geometryczna zdjęć satelitarnych

Korekcję geometryczną zdjęć satelitarnych z systemu CORONA przeprowadzono z wykorzystaniem modeli nieparametrycznych: zwykłego modelu wielomianowego 2D i ilorazowego modelu wielomianowego. Do przetworzenia obrazu użyto komercyjnego oprogramowania PCI Geomatica 9.1 z modulem *OrthoEngine*. Zastosowano trzy metody geometryzacji: wielomian 2D pierwszego stopnia (*Affine*), wielomian 2D drugiego stopnia (*Polynomial 2*) i iloraz wielomianów stopnia drugiego (*RFM*).

Wykorzystano 42 punkty dostosowania (GCP) i 22 punkty kontrolne (ICP). Obrazem referencyjnym była ortofotomapa IKONOS o średnim błędzie położenia punktu $m_p = 2$ m. Za fotopunkty posłużyły przecięcia głównych dróg i ulic, a w jednym przypadku naroże budynku. Lokalizację GCP wybierano w miarę regularnie na całej scenie, na ile tylko pozwalały na to zobrazowane szczegóły oraz zmiany, które zaszły w terenie na przestrzeni 40 lat. Następnie uzupełniono je o punkty wybrane przy uwzględnieniu NMT, tak aby w obliczeniach wzięły udział możliwie najwyżej i najniżej położone punkty z przetwarzanego obszaru. Punkty kontrolne starano się umieszczać pomiędzy punktami dostosowania (Rys. 2).



Rys. 2. Rozmieszczenie punktów dostosowania i punktów kontrolnych na ortofotomapie CORONA

Wyniki przetworzenia w postaci średnich błędów położenia punktów wraz z odchyłkami na punktach dostosowania zestawiono w Tabeli 1.

Tab. 1. Wyniki korekcji geometrycznej zdjęcia satelitarnego CORONA

Metoda korekcji	GCP /ICP	RMS na punktach dostosowania (GCP) [m]			Odchyłki maksymalne na punktach dostosowania (GCP) [m]			RMS na punktach kontrolnych (ICP) [m]			Odchyłki maksymalne na punktach kontrolnych (ICP) [m]		
		XY	X	Y	XY	X	Y	XY	X	Y	XY	X	Y
Affine	42/22	42.14	31.04	28.50	107.00	68.64	-82.09	38.54	27.27	27.23	66.43	31.43	-58.52
Polynomial 2	42/22	8.66	6.68	5.52	19.31	-15.98	10.84	7.61	6.09	4.57	18.76	-14.11	12.36
Rational Functions	42/22	1.60	0.99	1.25	3.24	-3.20	-0.54	2.39	1.81	1.56	3.81	-3.05	-2.29

Najmniej dokładną okazała się metoda wielomianowa pierwszego stopnia (afiniczna, *Affine*) ze średnimi błędami położenia punktów kontrolnych w kierunku X i Y rzędu 27 m. Maksymalne odchyłki wyniosły odpowiednio 31.43 m i -58.52 m, a maksymalna wartość średniego błędu położenia punktu 66.43 m. Takiej wielkości błędy nie gwarantują przetworzenia obrazu nawet na poziomie dokładności ortofotomapy w skali 1:100 000. Korekcją objęty był znaczny powierzchniowo, pofałdowany teren, a dotychczasowe badania wykazują, że metoda ta najlepiej sprawdza się na niedużych, płaskich obszarach (Kurczyński, 2006).

Metoda wielomianu drugiego stopnia (*Polynomial 2*) pozwoliła na osiągnięcie odchyłek na punktach kontrolnych rzędu 6 m (X) i 4,5 m (Y), a średni błąd położenia wszystkich punktów kontrolnych wyniósł 7.61 m. Tylko na trzech punktach średni błąd zbliżył się do wartości maksymalnej, przekraczając 10 m. Takie wyniki pozwalają uznać, że obraz przetworzony w oparciu o ten model będzie dokładnie właściwy ortofotomapom w skali 1:50 000–1:75 000. Znaczny wpływ na gorsze wyniki tej metody miało nieuwzględnienie współrzędnej wysokościowej przy obliczaniu współczynników modelu. Na terenach płaskich wielomian 2D drugiego stopnia koryguje obraz z dokładnością zbliżoną do ilorazu wielomianów. Wyraźne różnice widoczne są tam, gdzie pojawiają się deniwelacje (Rys. 3).

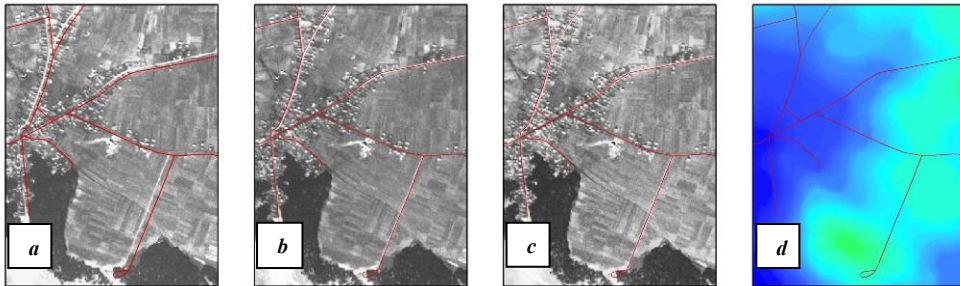
Najlepsze wyniki otrzymano w procesie korekcji metodą ilorazu wielomianów (*RFM*). Średni błąd położenia punktów kontrolnych nie przekroczył 2 m. Maksymalna odchyłka nie była natomiast wyższa niż 4 m. Biorąc pod uwagę, że punkty pozyskane były z ortofotomapy IKONOS o dokładności 2 m i stanowiły je głównie przecięcia dróg, dokładność obrazu skorygowanego należy przyjąć na poziomie dokładności ortofotomapy w skali 1:25 000 (7.5 m).

Dokładność procesu korekcji geometrycznej skontrolowano również poprzez analizę położenia obiektów liniowych – sieci dróg na wybranych fragmentach produktów po korekcji. Obiekty te wektoryzowano na ortofotomapie IKONOS, a następnie wyświetlono i analizowano na przetworzonym zdjęciu z satelity CORONA (Rys. 5).

Korekcja obrazu metodą *Affine* dała najgorszy rezultat. Widać wyraźne przesunięcie wektora sieci dróg w stosunku do ich odwzorowania na przetworzonym obrazie. Rozmiar niezgodności jest znacznie większy niż w przypadku dwóch pozostałych metod. Położenie wektora na obrazie przetworzonym metodą *Polynomial 2* jest dużo lepsze, zbliżone do wyników jakie dała metoda *RFM*. Na terenie płaskim wektor jest wpasowany z bardzo podobną dokładnością. Wyraźne różnice pojawiają się w miejscach występowania

deniwelacji terenu. W przypadku metody *RFM* pozycja wektora jest najlepsza, a dokładność wpasowania podobna zarówno dla terenu płaskiego, jak i pofałdowanego.

Do utworzenia wektorowych map pokrycia badanego terenu wykorzystany został obraz powstały z przetworzenia zdjęcia satelitarnego metodą ilorazu wielomianów.



Rys. 3. Wektor sieci dróg, pozyskany z ortofotomapy IKONOS, na tle obrazów przetworzonych metodami *Affine* (a), *Polynomial 2* (b), *RFM* (c) oraz na NMT (d) (źródło: opracowanie własne)

4.2. Korekcja zdjęć lotniczych

Zeskanowany i połączony fotoszkiec poddano przetwarzaniu geometrycznemu. Wykorzystano funkcję przetwarzania „obrazu do obrazu”, geometryzując fotoszkiec do przetworzonego wcześniej obrazu CORONA i ortofotomapy IKONOS. Zastosowano wielomianowy model 2D.

Ze względu na duże różnice w czasie pozyskania poszczególnych zobrazowań, a co za tym idzie liczne zmiany w terenie, znaleziono niewielką liczbę punktów dostosowania. Dodatkowo niemożliwe było równomierne ich rozmieszczenie. Treścią geometryzowanych lotniczych zdjęć archiwalnych jest w większości piaszczysty obszar Pustyni Błędowskiej, na którym trudno o identyfikację szczegółów, które mogłyby być użyte jako punkty dostosowania. Ostatecznie znaleziono i wykorzystano 15 punktów zlokalizowanych jak na Rysunku 4.



Rys. 4. Rozmieszczenie punktów dostosowania na przetwarzanym fotoszkiecu (źródło: opracowanie własne)

Korekcję wykonano przy użyciu wielomianu 2D pierwszego stopnia. Nie stosowano metody wielomianowej wyższego stopnia bądź metody elementów skończonych głównie z uwagi na nierównomierne rozmieszczenie punktów. W wyniku przetworzenia otrzymano następujące błędy średnie: $RMS_{XY} = 91.31$ m, $RMS_X = 56.05$ m, $RMS_Y = 72.08$ m. Uzyskane wyniki znacznie przekraczają założony poziom dokładności wynoszący 7.5 m, odpowiadający dokładności ortofotomap w skali 1: 25 000.

Wykorzystane punkty pozwalają matematycznie rozwiązać model, dają jednak mało precyzyjne współczynniki w odniesieniu do całości zobrazowania. Duże znaczenie dla wyniku końcowego miał brak punktów dostosowania w środkowej części fotoszkieca oraz fakt, że punkty wspólne znajdowały się głównie na skrajach poszczególnych zdjęć lotniczych, gdzie rozmiar zniekształceń zwiększa się.

Rezultat korekcji zdjęć lotniczych należy ocenić jako niezadowalający, a przetworzone w ten sposób zobrazowanie nie mogło być wykorzystane do sporządzenia obrazu kartograficznego badanego obszaru o założonym poziomie dokładności. Tym samym nie zostało ono użyte do ilościowego oszacowania zmian na Pustyni Błędowskiej. Niemniej jednak zdjęcia te stanowiły materiał fotointerpretacyjny umożliwiający opis charakteru zmian na tym terenie.

5. OCENA ZMIAN POKRYCIA TERENU

Ocenę zmian w pokryciu terenu Pustyni Błędowskiej w latach 1926–2005 przeprowadzono w procesie fotointerpretacji archiwalnych zdjęć lotniczych, ortofotomapy CORONA oraz ortofotomapy IKONOS. Sporządzono numeryczne mapy pokrycia terenu i na ich podstawie przeprowadzono analizy ilościowe zmian. Dotyczyły one jednak tylko ostatnich 40 lat, a więc roku 1968 i 2005, ponieważ próba przetworzenia archiwalnych zdjęć lotniczych i pozyskanie odpowiednio dokładnych danych wektorowych (aktualnych na rok 1926) nie powiodła się.

Na archiwalnych zdjęciach lotniczych z 1926 roku można zaobserwować, że badany teren był w tym okresie odkrytym obszarem piaszczystym o wyraźnie pustynnym charakterze, z widocznymi niedużymi formami wydmowymi. Jedynie na obrzeżach pustyni i terenach sąsiadujących z doliną Białej Przemszy zauważalna jest naturalna sukcesja roślinności. Drzewa wdzierają się na teren piaszczysty i zaczynają w luźny sposób porastać niewielkie jego obszary (Rys. 6).

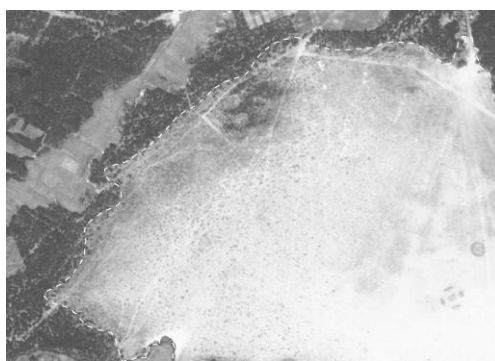
Należy zwrócić uwagę, że sztuczne nasadzenia miały miejsce na tym terenie już przed wojną. Występują na wschodnich krańcach pustyni, położonych w sąsiedztwie terenów przemysłowych (zakładu papierniczego Klucze). Miały one na celu zmniejszenie skutków nawiewania i zasypywania tych terenów przez piasek pustynny (Rys. 5).

Na obrazie CORONA widać, że zmiany jakie zaszły na przestrzeni ponad 40 lat nie są tak duże, by nie dało się wskazać granicy powierzchni piaszczystej z 1926 roku. Część terenów granicznych jest już jednak porośnięta roślinnością drzewiastą, a nieduży fragment nawet lasem (Rys. 7).

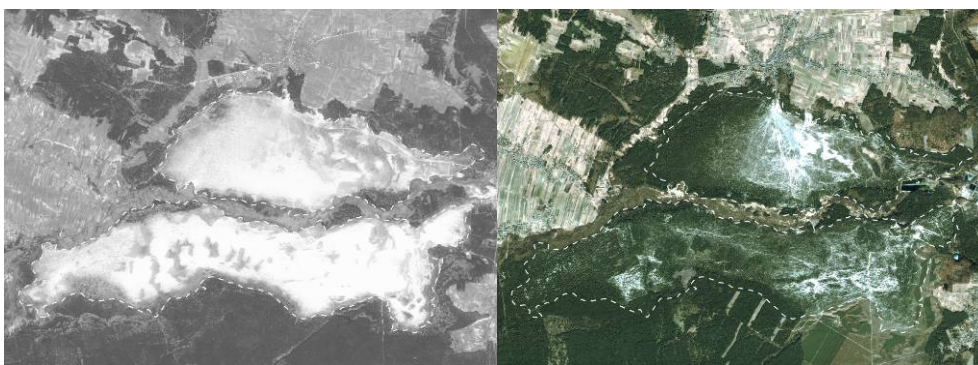
W zachodniej części Pustyni Błędowskiej widoczna jest znaczna sukcesja roślinności krzewiastej i luźnej roślinności drzewiastej. Należy przypuszczać, że jej wdzieranie się od tej strony ma związek z nawiewaniem i roznoszeniem zarodników roślin przez charakterystyczne dla tego terenu wiatry zachodnie i południowo-zachodnie. Zasięg i rozrost tego typu roślinności ma więc w tym okresie jak najbardziej naturalny charakter (Rys. 6).



Rys. 5. Sukcesja roślinności (z lewej) i sztuczne zalesienia (z prawej) w roku 1926
(źródło: opracowanie własne)



Rys. 6. Naturalna sukcesja roślinności postępująca od zachodu „pustyni”
(źródło: opracowanie własne)



Rys. 7. Pustynia Błędowska – stan na rok 1968 (z lewej) i 2005 (z prawej)
(źródło: opracowanie własne)

W latach 1926–1968 zwiększono powierzchnię sztucznych nasadzeń. Ponownie zalesiono tereny w pobliżu zakładu papierniczego w Kluczach. Utworzono nowy niewielki obszar nasadzeń na zachód od tego miejsca i dwa większe na południowej części „pustyni”

(Rys. 9). Łącznie sztuczne nasadzenia zajmowały w tym okresie powierzchnię 36.79 ha, niecałe 3% całej powierzchni i występowały głównie wzdłuż wschodniej granicy obszaru Pustyni. W porównaniu ze zdjęciami archiwalnymi z 1926 roku należy przyjąć, że powierzchnia terenów sztucznie nasadzonych zwiększyła się ponad dwa razy.

Analiza ilościowa pokazuje, że pod koniec lat 60. XX w. na terenie Pustyni Błędowskiej przeważały 3 formy pokrycia terenu: tereny piaszczyste, roślinność piaskolubna i roślinność krzewiasta. Wydzielenia te w podobnym procencie pokrywały teren „pustyni” (około 25%). Ponad 50% udział roślinności piaskolubnej i terenów piaszczystych, przy naturalnym wdzieraniu się pojedynczych drzew i krzewów na zachodnią część powierzchni piaszczystej i niedużym 8% udziale zwartej roślinności leśnej, obecnej tylko na obrzeżach „pustyni” powodował, że Pustynia Błędowska nadal wyraźnie odróżniała się od otoczenia, zachowując charakterystyczny pustynny wizerunek.

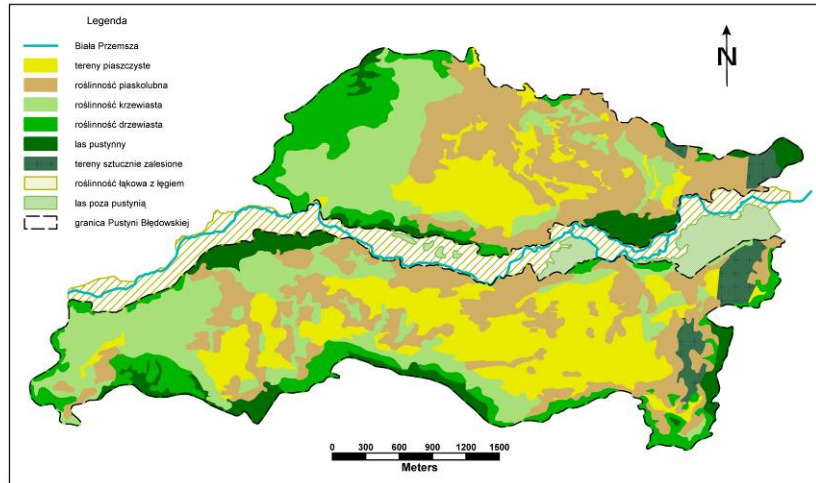
Obraz tego terenu z 2005 roku pokazuje, że sytuacja bardzo się zmieniła. „Pustynia” coraz bardziej zaczyna przypominać las, z piaszczystymi lub porośniętymi przez roślinność trawiasto-zielną prześwitami. Intensywność tego zjawiska jest szczególnie widoczna na większej, południowej części. Dodatkowo przy zachodniej granicy tej części widoczny jest duży obszar sztucznie nasadzonego lasu.

W stosunku do stanu z 1968 roku, ponad 85% procent ówczesnej powierzchni piaszczystej pokrył las i roślinność drzewiasto-krzewiasta (Tab. 3). Tereny piaszczyste południowej części opanowała głównie roślinność leśna i drzewiasta. Na tym obszarze miało też miejsce sztuczne wprowadzenie roślinności. Piaski północnej części porośla głównie roślinność krzewiasta, w mniejszym stopniu piaskolubna i zwarte obszary leśne.

Tab. 2. Udział poszczególnych wydzielen w powierzchni Pustyni Błędowskiej wraz z powierzchniami wydzielen leżących w Dolinie Białej Przemszy (źródło: opracowanie własne)

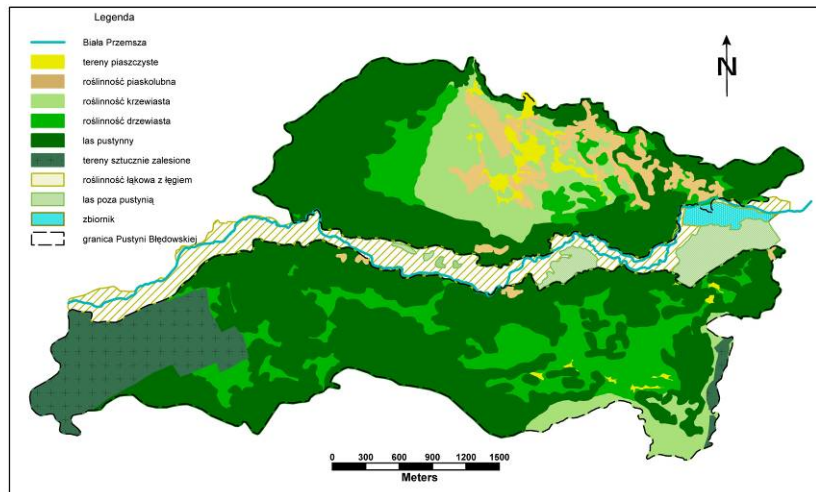
Kategoria pokrycia terenu		Powierzchnia [ha] CORONA 1968	Udział procentowy	Powierzchnia [ha] IKONOS 2005	Udział procentowy
W granicy Pustyni Błędowskiej	tereny piaszczyste	325.95	25.61%	33.75	2.65%
	roślinność piaskolubna	346.50	27.22%	48.42	3.80%
	roślinność krzewiasta	317.53	24.95%	150.01	11.79%
	roślinność drzewiasta	147.64	11.60%	236.52	18.58%
	las pustynny	98.34	7.73%	679.79	53.41%
	tereny sztucznie zalesione	36.79	2.89%	123.30	9.69%
	roślinność łąkowa z łęgiem	-	-	0.37	0.03%
	las poza pustynią	-	-	-	-
	zbiornik wodny	-	-	0.59	0.05%
	Σ	1 272.75	100%	1 272.75	100%
W dolinie Białej Przemszy	roślinność łąkowa z łęgiem	139.79	-	129.79	-
	las poza pustynią	43.48	-	41.88	-
	zbiornik wodny	-	-	11.58	-
	Σ	183.26	-	183.26	-

Mapa pokrycia terenu Pustyni Błędowskiej w 1968 roku



Rys. 8. Mapa pokrycia terenu Pustyni Błędowskiej w 1968 roku
(źródło: opracowanie własne w skali 1:35 000)

Mapa pokrycia terenu Pustyni Błędowskiej w 2005 roku



Rys. 9. Mapa pokrycia terenu Pustyni Błędowskiej w 2005 roku
(źródło: opracowanie własne w skali 1:35 000)

Łącznie roślinność najbardziej wpływająca na zatracanie pustynnego charakteru (leśna, drzewiasta, krzewiasta oraz sztuczne nasadzenia) stanowi 1188 ha, ponad 93% całości powierzchni. Zachowały się niespełna 34 ha terenów piaszczystych i stanowią one zaledwie 2,65% całości obszaru „pustyni” (Tab. 2). W porównaniu do roku 1968 obszar terenów piaszczystych zmniejszył się prawie dziesięciokrotnie.

Tab. 3. Formy pokrycia terenu występujące obecnie na obszarze terenów piaszczystych z roku 1968 (źródło: opracowanie własne)

Kategoria pokrycia terenu	Powierzchnia [ha]	Udział procentowy
tereny piaszczyste	25.11	7.70%
roślinność piaskolubna	8.07	2.48%
roślinność krzewiasta	45.36	13.91%
roślinność drzewiasta	135.52	41.58%
las pustynny	101.30	31.08%
tereny sztucznie zalesione	10.59	3.25%
roślinność łąkowa z łęgiem	-	-
las poza pustynią	-	-
zbiornik	-	-
Σ	325.95	100%

Wspomniane zmiany wizualizują obrazy kartograficzne pokrycia terenu „pustyni” aktualne na rok 1968 i 2005 (Rys. 8 i 9). Ilościową charakterystykę zmian przybliżają zestawienia tabelaryczne (Tab. 2 i 3).

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Analiza fotointerpretacyjna oraz otrzymane w jej wyniku mapy pokrycia terenu „pustyni” i uzyskane na drodze ich analiz zestawienia tabelaryczne pozwoliły ocenić rodzaj i tempo zmian w przeciągu badanych 80 lat. Umożliwiły też ilościowe, szczegółowe oszacowanie ich rozmiaru w ostatnich czterdziestu latach

Z przeprowadzonych analiz zmian pokrycia terenu wynika, że Pustynia Błędowska zarosła zmieniła swój charakter. Sukcesja roślinności odbyła się przy udziale człowieka, o czym świadczy stale zwiększający się od 1926 roku zasięg obszarów sztucznie zalesionych.

Ocena rozmiaru zmian pokrycia terenu, jakie zaszły na przełomie ostatnich 80 lat potwierdza, że Pustynia Błędowska zarasta. Obecnie bardziej przypomina las niż teren, którego fizjonomia jeszcze 40 lat temu była wyjątkowa w skali europejskiej. O dawnym wyglądzie przypomina jedynie północno-wschodni fragment tego obszaru.

Roślinność w sposób naturalny pojawiła się na Pustyni Błędowskiej już przed wojną i pod koniec lat 60. XX w. zwiększyła obszar swojego występowania. Jednak tempo jej sukcesji w ostatnich 40 latach znacznie przyspieszyło, w dużej mierze na skutek ingerencji człowieka, który zaczął sztucznie wprowadzać tu nowe gatunki roślin.

Wykorzystując materiały archiwalne należy zwrócić uwagę na odpowiedni dobór metod przetwarzania zobrazowań i umiejętne przeprowadzenie procesu ich korekcji. Należy liczyć się z tym, że jakość materiałów historycznych może uniemożliwić wykorzystanie ich jako pełnowartościowego kartometrycznego podkładu do tworzenia map. Jednak, mimo że zobrazowania archiwalne nie zawsze pozwalają na ilościowe, szczegółowe opracowania,

często noszą ze sobą unikalną wartość interpretacyjno-informacyjną. Ich zestawienie ze zobrazeniami aktualnymi tworzy nową jakość, pozwalając na ocenę rodzaju, rozmiarów i tempa zmian.

7. PODZIĘKOWANIA

Autorzy pragną złożyć serdeczne podziękowania profesorowi Henrykowi Brysiowi za udostępnienie znajdujących się w jego prywatnym archiwum archiwalnych materiałów fotograficznych.

8. LITERATURA

Bryś H., archiwum prywatne. *Fotogramy lotnicze z października 1926 roku.*

Kurczyński Z., 2006, *Lotnicze i satelitarne obrazowanie Ziemi*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

Szczypek T., Wika St., Wach J., 1994, *Zmiany krajobrazów Pustyni Błędowskiej*, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec.

USGS, 2010. <http://eros.usgs.gov/products/satellite/declass1.php>

<http://edc.usgs.gov/guides/disp1.html>

LAND COVER CHANGES IN BŁĘDOWSKA DESERT AREA BETWEEN 1926 AND 2005

KEY WORDS: Błędowska Desert, land cover changes, photo interpretation, aerial and satellite photographs, CORONA

SUMMARY: The paper presents the results of research on land cover changes in the Błędowska Desert area between 1926 and 2005. The study was based on historical and up-to-date remotely sensed images: aerial photographs from 1926, CORONA satellite photographs from 1968, aerial orthophotos made for LPIS project and high-resolution satellite orthophoto from Ikonos imagery acquired in 2005. The evaluation of land cover changes was done through photo interpretation of images and quantitative analysis in the GIS environment. A rectification of CORONA images was necessary to enable quantitative analysis. A comparison is presented of the correction results achieved with 1st and 2nd order polynomials as well as the rational polynomial method. Geometric accuracy necessary for 1:25000 topographic maps has been achieved using the rational polynomial method. Photo interpretation and the resulting land cover maps of the Błędowska Desert enabled evaluation of land cover changes during the considered 80 years, and a detailed quantitative analysis for the last 40 years. The evaluation of the land cover changes during the last 80 years proves that the Błędowska Desert has been overgrowing. Today the area is more comparable to a forest than to the unique desert area in Europe as it was 40 years ago. The vegetation appeared here in a natural way before World War II and expanded in the late 1960s. But, succession accelerated in the last 40 years, mainly because of human influence.

mgr inż. Dorota Maryniak
e-mail: d.maryniak@wp.pl
telefon: 12 617 2288
fax: 12 617 3993

dr inż. Wojciech Drzewiecki
e-mail: drzewiec@agh.edu.pl
telefon: 12 617 2288
fax: 12 617 3993