

Rozdział 4. Wizualizacja danych przestrzennych

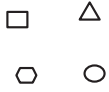
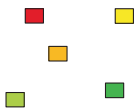
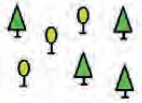
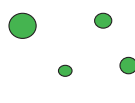
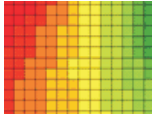
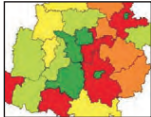
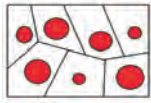
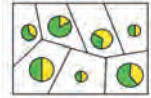
4.1. Metody przedstawiania zjawisk przestrzennych

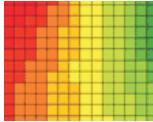
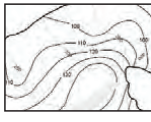
Wizualizacja danych powinna stanowić pierwszy etap w przestrzennej analizie danych. Głównym celem wizualizacji jest skuteczny i zrozumiały przekaz zawartych w nich treści. Graficzne zarządzanie danymi przestrzennymi z użyciem wykresów czy map może w kolejnym etapie prowadzić do formułowania hipotez oraz, jeśli jest to wymagane, do oceny dopasowania modelu i jego przydatności do generowania prognoz. Szczególne jest tutaj powiązanie wizualizacji z eksploracją danych, której istotą jest wydobywanie wiedzy przestrzennej z ogromnych zbiorów danych (*spatial data mining*). Eksploracyjna analiza danych, w odróżnieniu od wizualizacji, czyni pewne założenia odnośnie danych oraz korzysta z technik odpornych na wartości odstające spośród zbioru danych. Jej zadaniem jest zatem stosowanie technik wizualizacji do testowania hipotez.

Proces badawczy opierający się na danych przestrzennych może być wizualizowany za pomocą różnych metod na każdym z etapów analizy. Oprócz tradycyjnych metod wizualizacji, takich jak wykresy, w statystyce przestrzennej najpopularniejszą metodą wizualizacji jest mapa tematyczna. Ogólnie *mapa jest graficznym, określonym matematycznie modelem rzeczywistości odniesionym do płaszczyzny zgodnie z przyjętą skalą, prezentującą za pomocą symboli wartości atrybutów i związki przestrzenne między nimi* [Medyńska-Gulij, 2011, s. 24].

Metody przedstawiania zjawisk przestrzennych dzieli się na **jakościowe** – odnoszące się do cech niemierzalnych, informujące jedynie o występowaniu danego zjawiska (mapa zasięgów, powierzchniowa, sygnaturowa), oraz **ilościowe** – ukazujące natężenie danego zjawiska. Do tej grupy można zaliczyć kartogram, kartodiagram, mapę izolinii oraz mapę kropkową. Wymienione metody można dodatkowo sklasyfikować według trzech typów danych przestrzennych – punktowych, powierzchniowych i obszarowych. Różne rodzaje map ze względu na typ danych oraz rodzaj skali pomiarowej przedstawiono w tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Typy map według metod wizualizacji zjawisk punktowych, obszarowych i powierzchniowych oraz rodzaju skali pomiarowej

Dane jakościowe (skala nominalna)		Dane ilościowe (skala porządkowa, interwałowa)	
Dane punktowe			
	mapa sygnatur punktowych nominalnych np. składowiska odpadów wg rodzajów		mapa sygnatur punktowych porządkowych np. walory turystyczne miejscowości
	mapa sygnatur punktowych nominalnych np. pomniki przyrody	 	kartodiagram punktowy prosty np. wielkość emisji zanieczyszczeń mapa kropkowa np. elektrownie wiatrowe
	kartodiagram porównawczy punktowy np. wzrost bezrobocia		kartodiagram sumaryczny strukturalny punktowy np. struktura ludności według poziomu wykształcenia i wielkości zatrudnienia
Dane obszarowe			
 	mapa chorochromatyczna powierzchniowa np. typy własności terenu mapa chorochromatyczna siatkowa (kratkowa) np. gatunki drzew	 	kartogram np. stopa bezrobocia kartogram strukturalny np. struktura zatrudnienia
	mapa symboli (sygnatur) powierzchniowych nominalnych np. gatunki drzew	 	kartodiagram powierzchniowy prosty np. wielkość zbiorów pszenicy kartodiagram powierzchniowy np. struktura płci

Dane jakościowe (skala nominalna)		Dane ilościowe (skala porządkowa, interwałowa)	
Dane powierzchniowe			
	mapa chorochromatyczna powierzchniowa np. typy użytkowania terenu		mapa izochromatyczna np. ukształtowanie powierzchni terenu
	mapa chorochromatyczna siatkowa np. gatunki drzew		mapa izoliniowa np. opady deszczu

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Medyńska-Gulij, 2011, ss. 106–111].

4.2. Mapy tematyczne

4.2.1. Kartogram

Kartogram, inaczej **mapa choroplekowa** (*choropleth map*), jest jedną z najczęściej stosowanych form prezentacji kartograficznej. Ten rodzaj mapy przedstawia dane zjawisko za pomocą jego średnich wartości w granicach poszczególnych jednostek terytorialnych na danym obszarze. Dane statystyczne prezentuje się na mapie za pomocą wartości względnych (wskaźników natężenia), czyli stosunku wielkości danego zjawiska do jednostki powierzchni, np. gęstość zaludnienia w osobach na km².

Na właściwe opracowanie kartogramu mają wpływ:

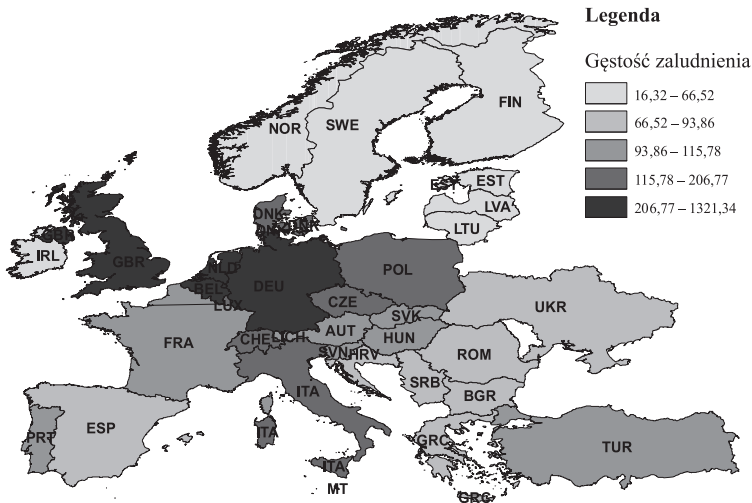
- zastosowanie odpowiedniej skali barw,
- wyznaczenie przedziałów klasowych,
- przyjęcie pól odniesienia.

Skala barw służy do pokazania intensywności danego zjawiska. Każdą z jednostek administracyjnych pokrywa się na mapie odcieniem, względnie kropkowaniem, przy czym kolor dobiera się tak, by zmiana natężenia danego zjawiska odpowiadała zmianie natężenia danej barwy. Zabarwienie lub znaki pokrywają całą powierzchnię terenu na mapie. Elementem, który obrazuje intensywność danego zjawiska, jest skala graficzna. Aby podkreślić zmianę intensywności danego zjawiska, najczęściej stosuje się różne odcienie (od jasnych do ciemnych) jednej barwy. Kwestie związane z doбором przedziałów klasowych stosowanych m.in. w kreśleniu kartogramów skali barw przedstawiono w podrozdziale 4.3.

Odpowiedni **układ pól odniesienia** jest szczególnie ważny w przypadku, gdy kartogramy mają być porównywane. Jest to możliwe wówczas, gdy obie mapy mają jednakowy układ pól odniesienia. Oznacza to, że pola powinny mieć jednakową wielkość oraz kształt. Zachowanie tej samej wielkości pól jest związane z przyjęciem jednakowego poziomu agregacji, a więc podobnej szczegółowości

map. Jest to czynnik warunkujący ich porównywanie. Przykładowo nieporównywalne będą kartogramy wykonane w podziale administracyjnym różnego rzędu [Leonowicz, 2006, s. 17].

W zależności od tego, jaką liczbę zjawisk przedstawia mapa, wyróżnia się kartogramy proste i kartogramy złożone. **Kartogram prosty** jest przykładem typowo analitycznej formy prezentacji, która pozwala na pokazanie elementarnej informacji o rozmieszczeniu pojedynczych zjawisk. Mapy te można łatwo opracować w każdym programie GIS, co zapewne decyduje o ich powszechności [Leonowicz, 2006, s. 12]. Przykład kartogramu prostego przedstawia rys. 4.1.



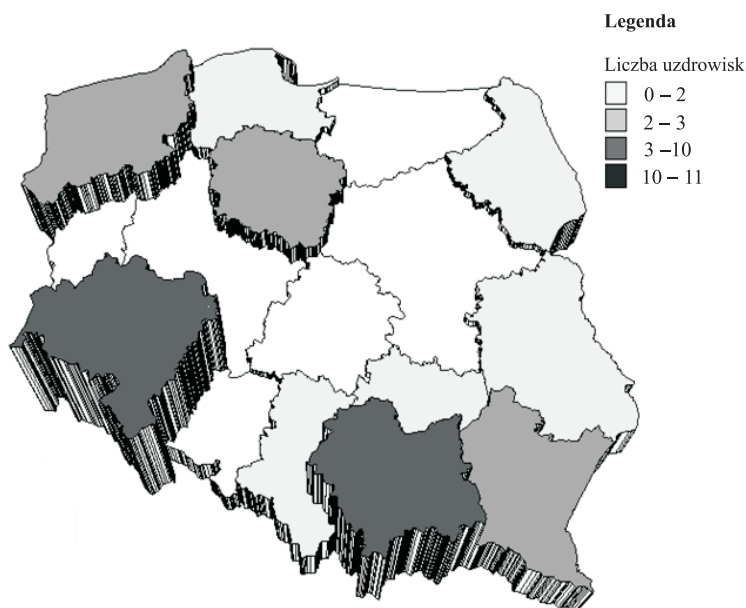
Rysunek 4.1. Kartogram gęstości zaludnienia w wybranych krajach Europy w 2012 r.

Źródło: opracowanie własne.

Pewną odmianą kartogramu prostego, wynikającą z rozwoju technik komputerowych, jest **kartogram bryłowy** (zwany potocznie trójwymiarowym). Natężenie badanego zjawiska przedstawione jest za pomocą różnej wysokości brył, których podstawy stanowią poszczególne poligony (rys 4.2).

Do badania zależności zjawisk, porównywania ich ze sobą oraz poszukiwania związków między nimi dobrym narzędziem wydaje się być **kartogram złożony**. Mianem kartogramu złożonego określa się odmianę metody kartogramu, która powstaje z nałożenia na siebie dwóch (maksymalnie trzech) kartogramów prostych [Ratajski, 1989, s. 131]. Nałożenie więcej niż dwóch zjawisk, z uwagi na ograniczone możliwości graficzne i słabą czytelność, jest rozwiązaniem stosowanym bardzo rzadko [Leonowicz, 2006, s. 33].

Mimo dużej popularności kartogramu metoda ta jest obciążona pewnymi wadami. Równomierne zacieniowanie w obrębie jednostki obszaru wywołuje odczucie równomiernego natężenia prezentowanego zjawiska, a jak wiadomo –



Rysunek 4.2. Liczba uzdrowisk statutowych w Polsce w 2013 roku

Źródło: opracowanie własne.

wewnątrz każdej jednostki terytorialnej dane zjawisko jest zróżnicowane. Ponadto odnosi się wrażenie radykalnej zmiany intensywności danego zjawiska na granicy dwóch jednostek terytorialnych, co w rzeczywistości rzadko ma miejsce. Kolejnym mankamentem metody kartogramu jest dowolność wyboru skali, co może zmienić obraz występowania danego zjawiska oraz wskazuje na niedokładność tej metody. Kartogramy nie odzwierciedlają więc faktycznego rozmieszczenia zjawisk oraz ich natężenia w przestrzeni. Odnoszą się jedynie do średniej wartości zjawiska dla danej jednostki terytorialnej.

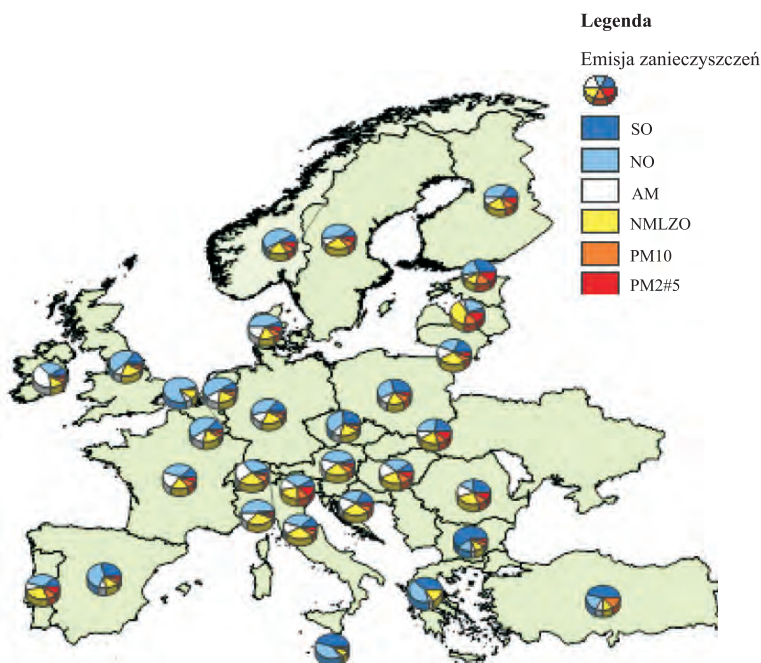
4.2.2. Kartodiagram

Metoda kartodiagramu przedstawia zmienność wybranych atrybutów obiektów przestrzennych za pomocą umieszczonych na mapie diagramów lub wykresów. Diagramy są figurami geometrycznymi, które zwykle podają rozmiary danego zjawiska w liczbach bezwzględnych. Odpowiednio do użytej figury geometrycznej wyróżnia się kartodiagramy:

- słupkowe – wielkości atrybutów są prezentowane za pomocą wysokości słupka,
- powierzchniowe (np. kołowy, kwadratowy, itp.) – wielkości atrybutów są prezentowane za pomocą powierzchni figury,
- objętościowe (np. sześcienny, kulisty) – wielkości atrybutów są prezentowane za pomocą objętości figury.

Kartodiagramy mogą ukazywać wielkość zjawisk według skali wartości zarówno ciągłej, jak i skokowej. W zależności od zastosowanej skali można też określać typ kartodiagramu: ciągły oraz skokowy. **Kartodiagram ciągły** przedstawia charakterystyki liczbowe wszystkich elementów odniesienia według ich indywidualnych wielkości, co oznacza, że każda wartość zjawiska jest wyrażana przez odpowiednią wielkość użytej figury. W **kartodiagramie skokowym** wartości porządkuje się w klasy, którym odpowiadają określone wielkości diagramów na mapie [Medyńska-Gulij, 2011, s. 123].

Podobnie jak to miało miejsce w przypadku metody kartogramu, ze względu na zakres informacji statystycznej kartodiagramy dzielą się na: proste, złożone, i strukturalne. **Kartodiagram prosty**, niezależnie od kształtu geometrycznego, przedstawia jedno zjawisko lub fakt, podając tylko położenie i wielkość zjawiska. **Kartodiagram złożony** przedstawia kilka zjawisk lub faktów jednocześnie. Każde zjawisko może być przedstawione za pomocą innego rodzaju diagramu, np. jedno przez diagram kwadratowy, drugie – za pomocą diagramu kołowego, trzecie – heksagonu, albo też za pomocą takiego samego diagramu, lecz o innym kolorze lub deseniu. Oprócz tego typu map, przedstawiających zjawiska złożone, można wymienić jeszcze kartodiagramy: **sumaryczno-strukturalny** oraz **strukturalny**. Pierwszy z nich odpowiada takiemu zbiorowi diagramów umiejscowionych na mapie, z których każdy ukazuje globalną wielkość w mierze naturalnej oraz we-



Rysunek 4.3. Struktura emisji zanieczyszczeń powietrza w wybranych krajach Europy w 2011 r.

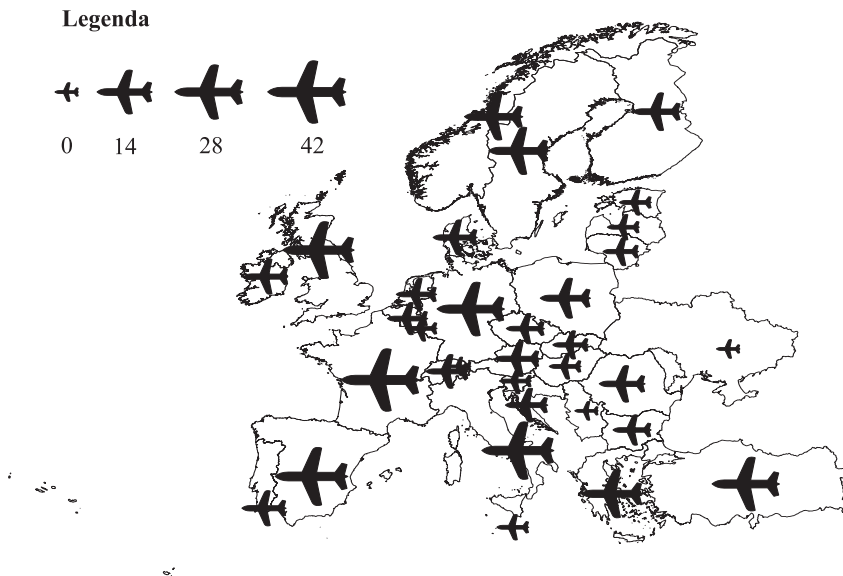
Źródło: opracowanie własne.

wewnętrzną strukturę. Są to zatem diagramy przedstawiające zarówno ogólną masę (sumę) przedstawianego zjawiska, jak i poszczególne elementy składające się na tę sumę. Drugi z wymienionych typów kartodiagramu złożonego ukazuje różnice strukturalne reprezentowanych zjawisk. Wszystkie diagramy są wówczas jednakowej wielkości, przez co łatwiej skoncentrować uwagę wyłącznie na układach strukturalnych i odczytać udział poszczególnych elementów. Na rys. 4.3 pokazano strukturę emisji zanieczyszczeń powietrza. Kartodiagram ten prezentuje proporcje sześciu rodzajów zanieczyszczeń bez wskazywania ich wartości absolutnych.

Główną wadą metody kartodiagramu jest nieprecyzyjne przedstawienie lokalizacji danego zjawiska. Wykresy, zakrywając pewne części mapy, wywołują też wrażenie, że dane zjawisko przebiega według granic diagramu. Metoda kartodiagramu jest szeroko rozpowszechniona ze względu na prostotę konstrukcji oraz łatwość w odbiorze.

4.2.3. Mapa sygnaturowa

Metoda sygnatur polega na zastosowaniu zlokalizowanych na mapie symboli, tzw. **sygnatur**, w postaci odpowiednio dobranych znaków lub figur geometrycznych do przekazania informacji ilościowych lub jakościowych. Sygnatury mogą wskazywać położenie i atrybuty obiektów punktowych, liniowych lub powierzchniowych.



Rysunek 4.4. Liczba portów lotniczych obsługujących powyżej 150 tys. pasażerów rocznie w wybranych krajach Europy w 2011 r.

Źródło: opracowanie własne.

Sygnatury mogą różnić się od siebie formą, barwą lub wielkością. Ze względu na formę dzielimy je na:

- 1) **Sygnatury geometryczne**, które mają kształt prostych figur geometrycznych, np. koło, kwadrat czy sześciokąt foremny (oznaczający węgiel kamienny). Są najbardziej rozpowszechnione z uwagi na prostotę ich konstrukcji, łatwość w czytaniu oraz interpretowaniu.
- 2) **Sygnatury symboliczne**, które swoim kształtem nawiązują do skojarzeń związanych z przedstawianym obiektem. Przykładem może być znak błyskawicy kojarzony z energetyką czy obraz drzewa symbolizujący pomnik przyrody.
- 3) **Sygnatury obrazkowe** – stanowią możliwie dokładne odwzorowanie wyglądu prezentowanego obiektu. Często stosowane na planach miast lub plakatach.
- 4) **Sygnatury literowe** – są to pierwsze litery nazw (np. P – parking) lub symbole literowe, a także skróty (np. Fe, Cu, Pb oznaczające złoża surowców). Są stosowane rzadziej ze względu na ograniczone możliwości. Częściej spotyka się je na mapach przedstawiających zjawiska społeczno-ekonomiczne.

Metoda sygnaturowa jest zazwyczaj stosowana do prezentacji zjawisk o charakterze jakościowym. Pozwala jednak wyrażać cechy ilościowe poprzez zmianę wielkości sygnatur. W ten sposób powstają **sygnatury stopniowane**. Przedstawia się je za pomocą skali służącej do prezentowania wielkości danego zjawiska w danych liczbach bezwzględnych. Skala sygnatur może być przedstawiona w sposób proporcjonalny, jeżeli zachodzi związek pomiędzy wielkością danego zjawiska a wielkością danej sygnatury. Skala może być także dowolna, kiedy rozmiar sygnatury nie odnosi się bezpośrednio do rozmiaru zjawiska.

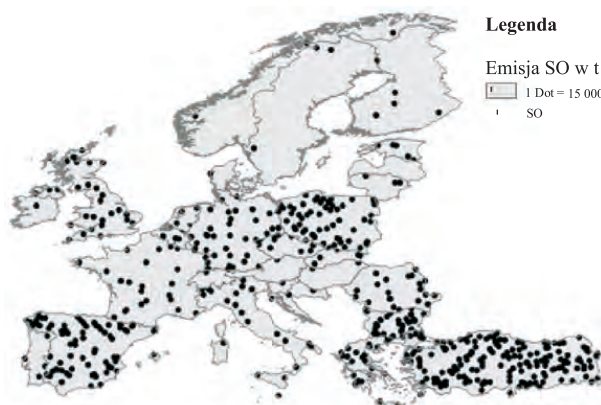
Zastosowanie sygnatur symbolicznych stopniowanych pokazano na rys. 4.4 w odniesieniu do cechy ilościowej (liczby portów lotniczych w wybranych krajach Europy). Poziomy znak samolotu symbolizuje port lotniczy, natomiast wielkość znaku odpowiada liczbie portów w danym kraju.

4.2.4. Mapa punktowa (kropkowa)

Za pomocą metody kropkowej przedstawia się na mapie przestrzenne rozmieszczenie zjawisk wyrażonych w wartościach bezwzględnych przy użyciu znaków punktowych. Zjawiska mogą być umieszczone na mapie w sposób topograficzny lub kartogramiczny.

Sposób topograficzny polega na umieszczeniu kropki (sygnatury) w miejscu występowania zjawiska. Sposób kartogramiczny charakteryzuje się tym, że kropki są rozmieszczone równomiernie na całej jednostce odniesienia, którą reprezentują (rys. 4.5).

Metoda kropkowa polega na przyjęciu założenia, że określonej liczbie jednostek danego zjawiska lub obiektu odpowiada punkt o określonych rozmiarach. Za pomocą tej metody można otrzymać dość wierny obraz rozmieszczenia zjawiska, a dzięki możliwości zastosowania różnych kolorów punktów można zilustrować zarówno ilościową, jak i jakościową stronę danego zjawiska.

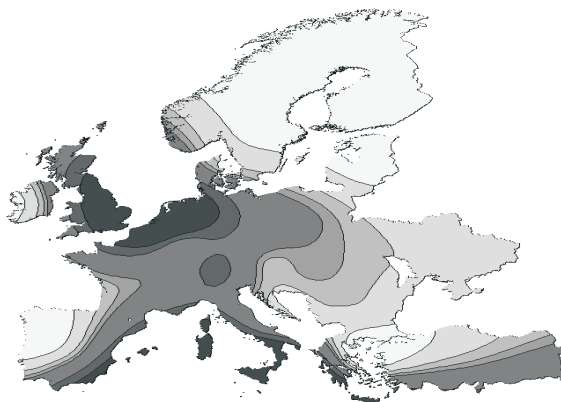


Rysunek 4.5. Emisja tlenków siarki w tonach w wybranych krajach Europy w 2011 r.

Źródło: opracowanie własne.

4.2.5. Mapa izolinii (izarytmiczna)

Metoda ta została opracowana w 1846 roku jako tzw. metoda linii równoważnościowych. Wykorzystuje ona **izolinie (izarytmy)**, czyli linie łączące punkty o takich samych wartościach, do przedstawiania zjawisk charakteryzujących się ciągłą przestrzenną zmiennością (np. opady, temperatura). W odniesieniu do zjawisk, które mogą być interpretowane jako ciągłe (zwykle jeżeli dotyczą innego zjawiska o charakterze ciągłym, np. gęstość zaludnienia, lesistość) wykorzystywane są izoplety (pseudoizolinie). W metodzie izolinii zakłada się, że dane zjawisko zachodzi równomiernie w obrębie danego obszaru. Stąd wyznaczanie linii (izarytm) następuje poprzez szacowanie wartości w punktach pomiarowych, przy założeniu, że wartości cechy zmieniają się proporcjonalnie do odległości.



Rysunek 4.6. Mapa izochromatyczna gęstości zaludnienia w Europie w 2012 r.

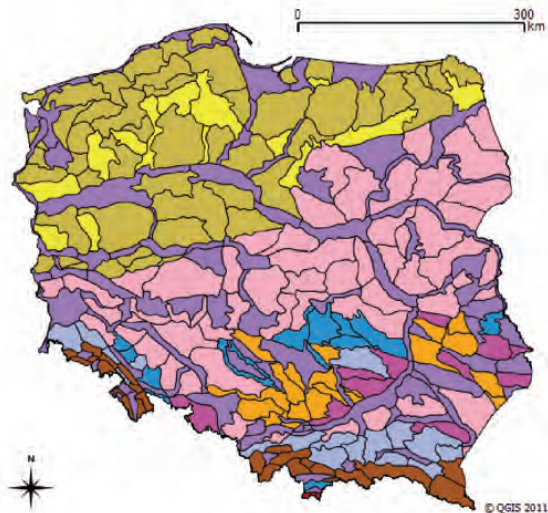
Źródło: opracowanie własne.

Najczęściej występującym rodzajem izolinii są poziomicie stosowane do prezentacji rzeźby terenu. Często w celu uplastycznienia układów izolinii stosuje się odpowiednie skale graficzne, za pomocą których dobiera się barwy do przedstawienia ich pomiędzy poszczególnymi izoliniami. Mapy z poziomiami wypełnione barwami są nazywane **mapami izochromatycznymi** (rys. 4.6). Dla odróżnienia poszczególnych izarytm od siebie zazwyczaj opisuje się ich wartości na mapie.

Budowa izolinii odbywa się na ogół przy zastosowaniu prostych procedur interpolacyjnych, takich jak metoda odwrotnych odległości lub odwrotności kwadratu odległości. Technika komputerowa i odpowiednie oprogramowanie umożliwiają zastosowanie bardziej złożonych procedur interpolacyjnych. Spośród różnych formuł estymacyjnych szczególnego znaczenia nabiera geostatystyczna technika krigingu zwyczajnego [Kokesz, 2010, s. 363–382]. Czasami fakt, iż zdecydowana większość izolinii nie opiera się na danych wynikających z pomiarów, a na szeregu uśrednionych punktów otrzymanych na drodze interpolacji, jest uznawany za wadę metody izoliniowej. Wyznaczane w ten sposób izarytmy upraszczają bowiem obraz przedstawionych zjawisk. Natomiast główną zaletę tej metody stanowi zastąpienie występujących w kartogramach granic jednostek terytorialnych płynnie przebiegającymi izoliniami.

4.2.6. Mapa chorochromatyczna

Metoda chorochromatyczna (powierzchniowa) służy do prezentacji cech nominalnych dla powierzchni (grec. *choros*) za pomocą kolorów (grec. *chroma*). Należy zaznaczyć, że dotyczy ona tylko zjawisk o ciągłym charakterze występowania



Rysunek 4.7. Mapa przedstawiająca podział na mezoregiony wg regionalizacji fizyczno-geograficznej Polski wykonana z zastosowaniem metody chorochromatycznej na podstawie danych PIG

Źródło: <http://www.datagis.pl/strona/mapy>.