

## Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG

2016, 19(1), 43-51

DOI 10.4467/2543859XPKG.16.004.6302

---

# ANALIZA DOSTĘPNOŚCI PRZESTRZENNEJ ZA POMOCĄ TECHNOLOGII GIS NA PRZYKŁADZIE OBIEKTÓW UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ W TORUNIU

## *Analysis of spatial accessibility using GIS technology on the example of public buildings in Torun*

**Jan Burdziej**

Katedra Geomatyki i Kartografii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Lwowska 1, 87-100 Toruń  
e-mail: jan.burdziej@umk.pl

### **Cytacja:**

Burdziej J., 2016, Analiza dostępności przestrzennej za pomocą technologii GIS na przykładzie obiektów użyteczności publicznej w Toruniu, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 19(1), 43-51.

**Streszczenie:** Dostępność przestrzenna określa łatwość, z jaką można dotrzeć z miejsca A do miejsca B. W kontekście obiektów użyteczności publicznej w mieście, wpływa ona na możliwość skorzystania z określonych dóbr i usług przez mieszkańców danego obszaru. Lepsza dostępność oznacza krótsze dojazdy, niższe koszty, a tym samym ma istotny wpływ na jakość życia. Celem niniejszego artykułu jest analiza zróżnicowania przestrzennego dostępności do wybranych usług na obszarze miejskim, na przykładzie Torunia. W pracy zaprezentowana została procedura badawcza, bazująca na wykorzystaniu otwartych danych z serwisu Open Street Map, a także analiz sieciowych i technologii GIS do obliczenia dostępności czasowej. Zaprezentowano metodykę polegającą na analizie dostępności w siatce sześciokątnych pól testowych, dzięki czemu możliwe było ukazanie przestrzennego zróżnicowania czasów dojazdu do określonych usług. Metodyka ta została wykorzystana do oceny dostępności przestrzennej do 16 kategorii obiektów użyteczności publicznej w Toruniu.

**Słowa kluczowe:** dostępność przestrzenna, GIS, analiza sieciowa.

**Abstract:** Spatial accessibility determines how easily certain places can be reached. In the context of public amenities in urban areas, it affects the ability to use certain goods and services by residents of this area. Better accessibility means shorter commutes, lower costs, and thus has a significant impact on quality of life. The main aim of this paper is an attempt to assess the distribution of spatial accessibility to selected public amenities in urban areas, with an example of the city of Toruń (Poland). The paper presents detailed research procedures, based on Open Street Map data, as well as network analysis and GIS technology used for calculating travel time accessibility. Additionally, a new methodology for analyzing the accessibility in a hexagonal grid of test fields is proposed, which allows for seamless analysis and visualization of travel times across city area. The proposed methodology has been used for assessing spatial accessibility to 16 different categories of public amenities in Toruń.

**Key words:** spatial accessibility, GIS, network analysis.

---

## 1. Wprowadzenie

Dostępność przestrzenna określa łatwość, z jaką można dotrzeć z miejsca A do miejsca B (Burdziej, 2009, 2012). W kontekście obiektów użyteczności publicznej w mieście, wpływa ona na możliwość skorzystania z określonych dóbr i usług przez mieszkańców danego obszaru. Lepsza dostępność oznacza krótsze dojazdy, niższe koszty, a tym samym ma istotny wpływ na jakość życia.

W większości miast na świecie rośnie liczba samochodów i jednocześnie wydłuża się czas spędzany przez mieszkańców na codziennych dojazdach do pracy, sklepów czy innych obiektów użyteczności publicznej. Przeprowadzone badania wykazały, że w Polsce średni czas codziennych dojazdów do pracy wynosi 77 minut (BIQdata, 2014). Dlatego też coraz istotniejsza staje się problematyka dostępności przestrzennej: z jednej strony niezbędne są odpowiednie metody jej oceny, wykorzystujące technologiczny postęp w zakresie zbierania i przetwarzania danych przestrzennych, a z drugiej strony coraz bardziej pilna staje się potrzeba wypracowywania rozwiązań, które zmierzałyby do poprawy dostępności przestrzennej, przyczyniając się do zrównoważonego rozwoju miast.

Celem niniejszej pracy jest analiza zróżnicowania przestrzennego dostępności do wybranych obiektów użyteczności publicznej na obszarze miejskim, na przykładzie Torunia. W pracy zaprezentowana została procedura badawcza, bazująca na wykorzystaniu otwartych danych z serwisu Open Street Map, a także analiz sieciowych i technologii GIS do obliczenia dostępności czasowej. Zaprezentowano metodykę polegającą na analizie dostępności w siatce sześciokątnych pól testowych, dzięki czemu możliwe było ukazanie przestrzennego zróżnicowania czasów dojazdu samochodem (tj. korzystając z dostępnej publicznie sieci drogowej) do określonych usług. Metodyka ta została wykorzystana do oceny dostępności przestrzennej do 16 kategorii obiektów użyteczności publicznej w Toruniu. W analizie uwzględniono: przedszkola, szkoły podstawowe, gimnazja, licea ogólnokształcące, przychodnie, boiska i hale sportowe, baseny, korty tenisowe, sklepy, galerie handlowe, kina, teatry, muzea, kościoły, a także przystanki komunikacji publicznej oraz tereny zielone. Uwzględniono również dostępność do centrum miasta, wyznaczonego poprzez lokalizację pomnika Mikołaja Kopernika usytuowanego na Rynku Staromiejskim.

## 2. Przegląd badań nad dostępnością

Badania nad dostępnością przestrzenną mają długą historię i zajmują istotne miejsce w dorobku nauk

geograficznych. Od początku w badaniach tych szczególnie nacisk kładziono na ocenę dostępności czasowej. Przyjmuje się, że pierwszą mapę dostępności czasowej wykonał F. Galton (1881). Zaproponował on jednocześnie termin izochrony, czyli linii łączącej punkty o jednakowej odległości czasowej. Opracowana przez niego mapa świata przedstawia za pomocą wypełnionych barwą izochron czas dojazdu (liczony w dniach) z Londynu, przy użyciu najszybszych dostępnych tras i połączeń.

Metoda izochron upowszechniła się dość szybko. Zastosował ją m.in. A. Penck (1887) w *Isochronenkarte der österreichisch-ungarischen Monarchie* oraz J. Bartholomew (1889) w swoim *Atlas of Commercial Geography*. Również w Polsce badacze opracowywali mapy dostępności czasowej, m.in. dla Krakowa i Lwowa (Kubijowicz, 1923), Wilna (Rewieńska, 1929) czy Warszawy (Rowicki, 1934).

W kolejnych latach badaniem dostępności w Polsce zajmowali się m.in. Z. Baja (1948), A. Gawryszewski i S. Pietkiewicz (1966), B. Stryjek i K. Warakomska (1980), T. Lijewski (1985), W. Ratajczak (1992), K. Warakomska (1992, 1993). Najnowsze prace dotyczące dostępności przestrzennej publikowali m.in. R. Guzik (2003a, 2003b, 2014), T. Komornicki i in., (2008), P. Rosik (2012), P. Śleszyński (2014), Z. Taylor (1999), E. Bielecka i A. Filipczak (2010), Ł. Wielebski (2013), Ł. Wielebski i B. Medyńska-Gulij (2013) i inni.

A. Nelson (2008), autor *Globalnej Mapy Dostępności*, stwierdził, że „dostępność – rynków, szkół, szpitali czy wody – jest warunkiem spełnienia prawie wszystkich potrzeb ekonomicznych”. Co więcej, stwierdził on, że dostępność jest istotna na wszystkich poziomach, od rozwoju lokalnego do globalnego handlu. Nic więc dziwnego, że badania dostępności przestrzennej prowadzone są w zasadzie we wszystkich skalach: od bardzo lokalnych (np. analizy dostępności w obszarach miejskich), poprzez badania o zasięgu regionalnym, krajowym, kontynentalnym, a nawet globalnym.

Wiele prac koncentruje się na wykorzystaniu analiz dostępności przestrzennej w zarządzaniu przestrzenią miejską i zagospodarowaniu przestrzennym (Alshuwaikhat, Nassef, 1996; Dai i in., 2001; Arampatzis i in., 2004; Comber i in., 2008). Częstym tematem badań jest również kwestia transportu miejskiego i jego wpływu na dostępność usług w mieście, atrakcyjność poszczególnych dzielnic czy wpływ dostępności transportu miejskiego na rozwój przestrzenny i zachowania ludności (Olvera i in., 2003; Arampatzis i in., 2004; Bertolini i in., 2005; Zhu i in., 2006a; Cho-Yam, 2010; Gadziński, 2010).

Badania miejskie koncentrują się na ocenie dostępności takich usług, jak sieć transportu publicznego (Zhu, Liu, 2004; Florczak, 2013), przychodnie i szpitale

(Ingram, 1978; Lovett i in., 2002), szkoły (Namysłowski, 1977; Guzik, 2003a; Zhu i in., 2006a), centra handlowe czy tereny zielone (Chiesura, 2004; Zhu i in., 2006a; Oh, Jeong, 2007; Tyrväinen i in., 2007; Comber i in., 2008; Lee, Hong, 2013; Balfour, Allen, 2014; Michniewicz-Ankiersztajn, 2014). Rzadziej badania dotyczą takich obiektów jak banki, ośrodki kultury, urzędy pocztowe, obiekty kultury religijnej (Aliu, Ajala, 2014), ale spotkać można również prace dotyczące bardzo specyficznych, choć często z praktycznego punktu widzenia równie istotnych obiektów, takich jak np. hydranty (Wielebski, Medyńska-Gulij, 2013). Przykładem takich badań może być również praca, w której autorzy analizują i porównują poziom dostępności do zdrowej żywności i żywności typu „fast-food” (Burns, Inglis, 2007).

Przykładem badań dostępności przestrzennej w skali miejskiej może być analiza wpływu dostępności na rozwój budownictwa mieszkaniowego w Singapurze (Zhu, Liu, 2004; Zhu i in., 2006a). Ważne miejsce w badaniach dostępności zajmują prace, których celem jest analiza dostępności poszczególnych regionów lub zróżnicowania dostępności w obrębie całego kraju. Przykładem takich opracowań są m.in. praca W. Ratajczaka (1992) pt. *Dostępność komunikacyjna miast wojewódzkich Polski w latach 1948-1988*, raport pt. *Opracowanie metodologii liczenia wskaźnika międzygałęziowej dostępności transportowej terytorium Polski oraz jego oszacowanie* (Komornicki i in., 2008) czy praca *Dostępność lądowa przestrzeni Polski w wymiarze europejskim* P. Rosika (2012).

Dostępność przestrzenna może być analizowana również w skali kontynentalnej, a nawet globalnej. Jak pokazują badania, dostępność przestrzenna ma duży wpływ na potencjał rozwojowy danego regionu. W tym kontekście Spiekermann i Neubauer (2002) dokonali analizy peryferyjności Europy, uwzględniając różne środki transportu (drogowy, kolejowy i lotniczy), a także różne poziomy dokładności przestrzennej, zdefiniowane przez poszczególne poziomy jednostek administracyjnych w układzie NUTS.

Ciekawym przykładem opracowań w skali globalnej jest, wspomniana już, a opracowana przez A. Nelsona (2008) w centrum badawczym JRC (ang. Joint Research Center), *Globalna Mapa Dostępności*. Mapa ta przedstawia czas podróży do najbliższego dużego miasta z dowolnego miejsca na świecie.

Z przytoczonych przykładów wynika, że zagadnienie dostępności przestrzennej jest bardzo aktualnym problemem badawczym, które podlega analizie zróżnicowanym zarówno ze względu na skalę, zakres przestrzenny, środki transportu, jak i przedmiot badania.

### 3. Procedura badawcza

Jedną z najpowszechniej wykorzystywanych metod w badaniach dostępności przestrzennej jest metoda izochron. Jej popularność wynika przede wszystkim z dostępności narzędzi do tworzenia izochron, jak również ze stosunkowo łatwej percepcji wyników. Metoda ta ma jednak szereg ograniczeń, m.in. wymusza analizę w określonych z góry interwałach czasowych, w wyniku czego dla danej lokalizacji otrzymać można jedynie przedział dostępności czasowej, a nie konkretną wartość. Metoda ta ponadto interpoluje wartości dostępności czasowej w obszarach pomiędzy siecią drogową, co nie zawsze prowadzi do uzyskania właściwych wyników. Izochrony są również trudniejsze do porównania w analizach wieloczynnikowych, gdy np. analizie podlega dostępność kilku różnych kategorii obiektów lub w analizach policentrycznych (dla wielu punktów docelowych). Z uwagi na powyższe ograniczenia, w prezentowanej pracy zastosowano metodykę polegającą na analizie dostępności w siatce sześciokątnych pól testowych, dzięki czemu możliwe było ukazanie przestrzennego zróżnicowania czasów dojazdu do określonych usług w badanym obszarze.

#### 3.1. Wygenerowanie siatki pól testowych

Jednym z istotnych problemów metodycznych w analizie dostępności przestrzennej jest przyjęcie odpowiedniego odniesienia przestrzennego (Stępnia, 2013). Analiza dostępności bazuje bowiem na wyznaczeniu tras przejazdów na sieci drogowej, które z kolei zasadniczo wykonuje się dla dwóch punktów: początkowego i końcowego. Niezbędne jest więc przejście z układu punktowego na układ powierzchniowy. Stosuje się w tym celu m.in. interpolację (Bielecka, Filipczak, 2010), w efekcie której można uzyskać m.in. izochrony – czyli linie o jednakowej odległości czasowej od określonej lokalizacji. W niniejszej pracy zastosowano metodę polegającą na wygenerowaniu regularnej siatki składającej się z sześcioboków o powierzchni 2,6 ha i boku 100 m, których centroidy przyjęto za punkty początkowe (PP) do wyznaczenia tras dojazdu. Dzięki zastosowaniu takich pól maksymalna odległość od środka do krawędzi pola wyniosła 100 m, co odpowiada 1,5 minuty marszu (z prędkością 4 km/godz.). Można więc uznać, że środek pola testowego dobrze odzwierciedla dostępność dla całej jego powierzchni, a maksymalne zróżnicowanie dostępności czasowej w obrębie danego pola nie powinno być większe niż 1,5 minuty. Przyjęta wielkość pól zapewniała więc dostatecznie dużą szczegółowość badania, a jednocześnie pozwalała na niemal „ciągłą” wizualizację kartograficzną obliczonej dostępności.

### 3.2. Geokodowanie i klasyfikacja POI

Kolejnym etapem było zbudowanie bazy danych o obiektach użyteczności publicznej (ang. POI – Points of Interest) w mieście. Wybór obiektów do badania dostępności został poprzedzony gruntowną analizą literatury przedmiotu, która pokrótce została scharakteryzowana we wcześniejszej części tej pracy. Przy wyborze obiektów uwzględniono także lokalne uwarunkowania, tzn. usługi dostępne na obszarze Torunia, jak również profil demograficzny mieszkańców, który także wpływa na rodzaje usług pożądaných przez mieszkańców. Na podstawie przeprowadzonej analizy wybrano oraz pogrupowano w kategorie obiekty, które spełniają następujące kryteria:

1. pełnią istotną rolę w codziennych zachowaniach komunikacyjnych mieszkańców (tzn. są częstym celem przemieszczania się dla dużej grupy mieszkańców);
2. są istotne z punktu widzenia jakości życia i spełnienia podstawowych potrzeb;
3. mają charakter publiczny (tzn. są dostępne dla wszystkich mieszkańców).

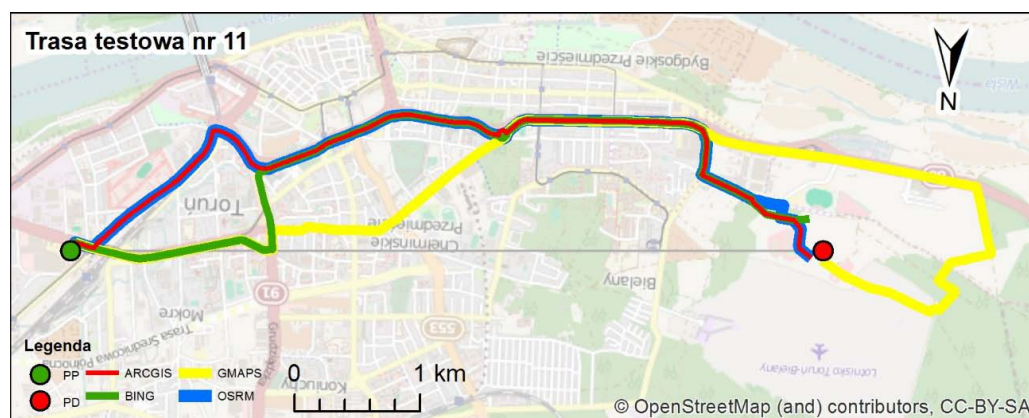
W rezultacie do analizy dostępności przestrzennej przyjęto 16 kategorii obiektów: przedszkola, szkoły podstawowe, gimnazja, licea ogólnokształcące, przychodnie, boiska i hale sportowe, baseny, korty tenisowe, tereny zielone, kina, teatry, kościoły, sklepy, galerie handlowe, a także centrum miasta oraz przystanki komunikacji miejskiej. Łącznie w bazie zgromadzono 1990 punktów, przy czym zdecydowaną większość stanowiły punkty reprezentujące granice terenów zielonych (punkty te zlokalizowano co 100 m wzdłuż zewnętrznych granic terenów zielonych) oraz przystanki komunikacji publicznej. Wszystkie zgromadzone punkty stanowiły Punkty Docelowe (PD) w przeprowadzonych analizach sieciowych.

### 3.3. Budowanie zestawu danych sieciowych

Podstawą analizy dostępności przestrzennej jest wyznaczanie najkrótszych tras przejazdu w oparciu o model sieci drogowej. W tym celu można posłużyć się istniejącymi usługami sieciowymi, takimi jak Google Maps API, jednak z uwagi na ograniczenia licencyjne oraz złożoność niezbędnych do wykonania analiz serwisy te są niewystarczające. Na potrzeby niniejszej pracy zbudowano model sieci drogowej w oparciu o dane pozyskane z serwisu Open Street Map. Dane te wymagały dodatkowej edycji i korekty zarówno geometrii obiektów (m.in. dociągnięcia niektórych wierzchołków w celu zapewnienia łączności i poprawności topologicznej), jak również ich atrybutów (m.in. parametrów kierunkowości ulic). Po odpowiednim przygotowaniu zaimportowano je do środowiska ArcGIS Network Analyst, gdzie utworzony został odpowiedni zestaw danych sieciowych (ang. Network Dataset).

### 3.4. Walidacja utworzonego modelu

Utworzony model został poddany walidacji poprzez porównanie wyznaczonych za jego pomocą tras przejazdów z wynikami uzyskanymi w serwisach Google Maps, Bing Maps oraz Open Street Map (w oparciu o silnik wyszukiwania tras Open Source Routing Machine). Porównano nie tylko całkowity czas przejazdu, ale także długość trasy oraz jej przebiegu (ryc. 1). Uzyskane wyniki pokazały, że zbudowany model pozwala uzyskać wyniki zbliżone do pozostałych serwisów, a ewentualne rozbieżności wynikają z różnej dokładności danych o sieci drogowej oraz różnych algorytmów stosowanych w poszczególnych serwisach.



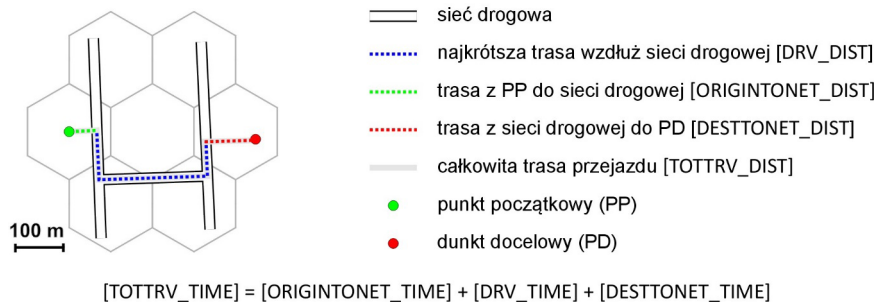
Ryc. 1. Porównanie długości i przebiegu tras przejazdu uzyskanych za pomocą Google Maps, Bing Maps, Open Street Map (OSM) oraz modelu w środowisku ArcGIS

Źródło: opracowanie własne.

### 3.5. Wyznaczenie najkrótszych ścieżek

W oparciu o utworzony zestaw danych sieciowych zbudowany został model w środowisku Model Builder, w którym wykorzystano narzędzie Origin Destination Cost Matrix do obliczenia tras przejazdów dla wszystkich par punktów początkowych (tj. środków sześciobocznych pól testowych) oraz punktów docelowych (tj. punktów reprezentujących obiekty użyteczności publicznej).

Otrzymano w ten sposób 9 339 070 tras wraz z czasem przejazdu i długością trasy w metrach. Uzyskane czasy zostały powiększone o czas dojścia do najbliższego odcinka sieci drogowej z punktu początkowego oraz czas dojścia z sieci drogowej do punktu docelowego (ryc. 2).



Ryc. 2. Obliczenie czasu dotarcia z punktu początkowego (PP) do punktu docelowego (PD)

Źródło: opracowanie własne.

### 3.6. Opracowanie wyników

Kolejnym krokiem było wybranie najkrótszych czasów dotarcia do poszczególnych kategorii obiektów użyteczności publicznej dla wszystkich pól testowych. Zarejestrowano także identyfikator najbliższego obiektu, dzięki czemu możliwe było określenie wielkości i analiza stref obsługi. Dodatkowo, obliczone zostały minimalne, maksymalne i średnie czasy dojazdu dla poszczególnych kategorii, zarówno dla całego obszaru miasta (tj. wszystkich pól testowych),

jak również tylko dla stref mieszkalnych (tj. tych pól testowych, na terenie których zlokalizowane są budynki mieszkalne).

## 4. Wyniki

W wyniku przeprowadzonych analiz obliczone zostały czasy dojazdu ze wszystkich pól testowych do najbliższych obiektów poszczególnych kategorii. Te same statystyki, w tym maksymalny oraz średni czas dotarcia, obliczono również dla stref mieszkalnych (tab. 1).

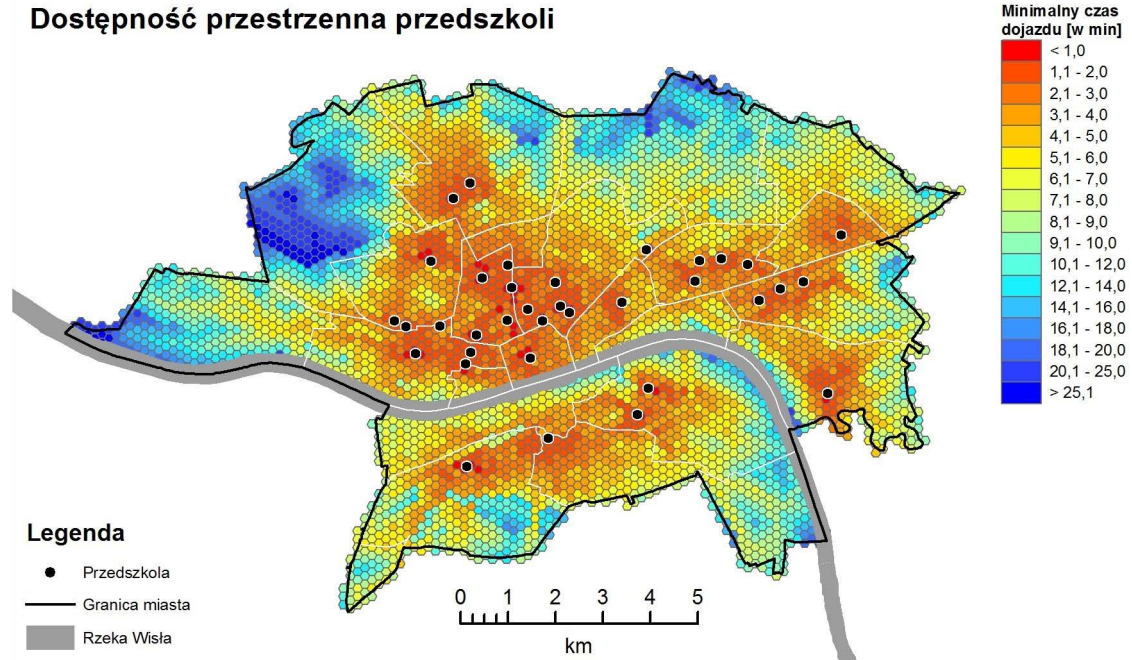
Tab. 1. Statystyki dostępności przestrzennej wg kategorii, dla obszaru całego miasta oraz dla stref mieszkalnych

Kategoria	Liczba POI	Dostępność czasowa (w min)					
		w obszarze całego miasta			w strefach mieszkalnych		
		maks.	średnia	pozycja*	maks.	średnia	pozycja*
Tereny zielone	1156	26,5	2,9	1	8,7	2,2	2
Przystanki	493	28,3	4,5	2	11,2	1,6	1
Przychodnie	35	29,6	7,1	3	16,0	3,6	6
Supermarkety	69	29,9	7,2	4	14,6	3,3	3
Boiska	82	29,9	7,2	5	14,8	3,4	4
Przedszkola	36	32,1	7,4	6	16,4	3,5	5
Szkoły podstawowe	24	33,1	7,5	7	14,5	3,8	7
Kościoły	22	29,8	7,9	8	14,9	3,9	8
Gimnazja	21	33,1	8,2	9	14,5	4,4	9
Baseny	12	36,0	9,7	10	16,5	5,6	10
Galerie handlowe	5	37,0	9,9	11	18,9	6,5	12
Licea	12	37,2	10,0	12	19,8	6,1	11
Muzea	12	36,3	10,4	13	20,7	6,6	13
Korty tenisowe	4	41,1	10,4	14	19,2	6,9	14
Kina i teatry	6	36,4	12,1	15	20,8	8,8	15
Centrum miasta	1	37,0	13,5	16	21,5	9,8	16

Źródło: opracowanie własne.

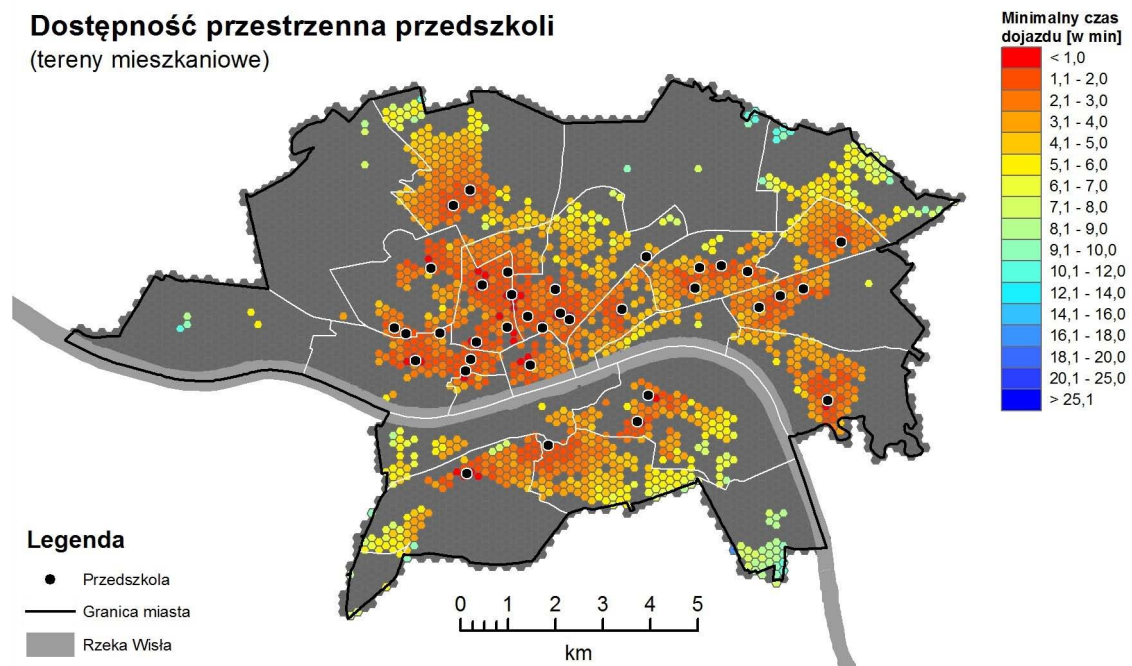
Opracowano także mapy prezentujące zróżnicowanie przestrzenne dostępności czasowej w obszarze całego miasta dla każdej spośród 16 kategorii obiektów użyteczności publicznej (ryc. 3), a także mapy dostępności dla terenów mieszkaniowych (ryc. 4).

Na ich podstawie dokonano oceny dostępności przestrzennej w obszarze Torunia, wyznaczono obszary charakteryzujące się dobrą dostępnością do poszczególnych usług, a także strefy o wyraźnie słabszej dostępności.



Ryc. 3. Dostępność przestrzenna przedszkoli

Źródło: opracowanie własne.

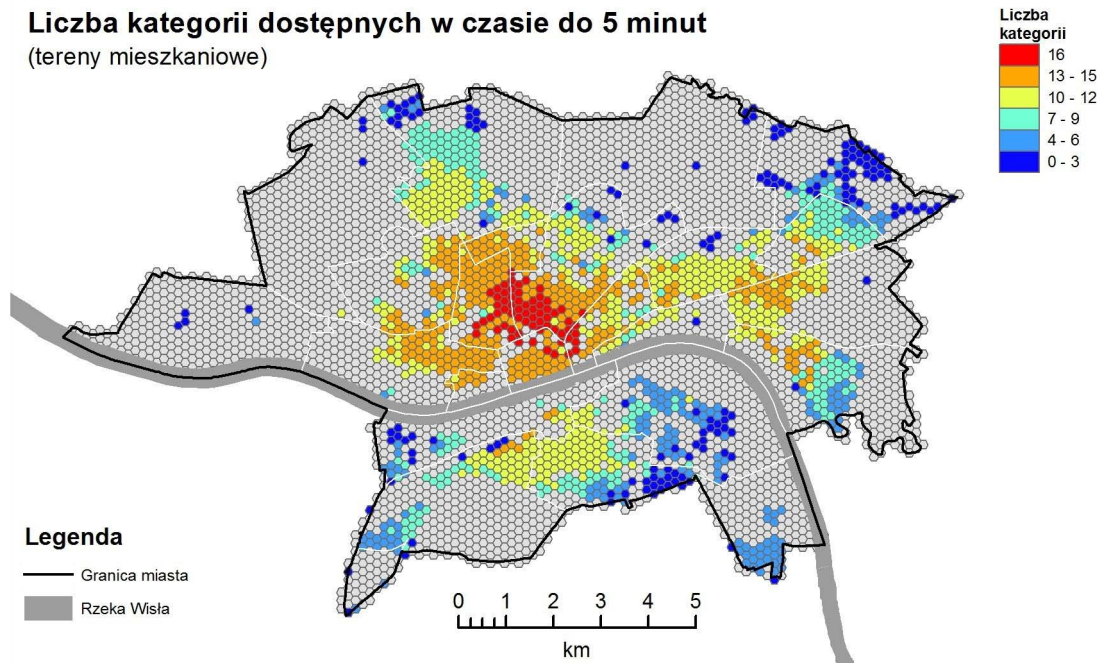


Ryc. 4. Dostępność przestrzenna przedszkoli na terenach mieszkaniowych

Źródło: opracowanie własne.

Dodatkowo, analizie poddano m.in. wielkość stref obsługi poszczególnych obiektów użyteczności publicznej we wszystkich kategoriach. Wykonano również sumaryczną analizę liczby kategorii do-

stępnych w czasie do 5 minut, dzięki czemu możliwe było określenie atrakcyjności poszczególnych obszarów miasta z uwagi na różnorodność dostępnych usług (ryc. 5).



Ryc. 5. Liczba kategorii dostępnych w czasie do 5 minut

Źródło: opracowanie własne.

## 5. Wnioski

Uzyskane wyniki pozwoliły wyciągnąć szereg wniosków, zarówno metodycznych (dotyczących metod analizy i wizualizacji kartograficznej zjawiska dostępności przestrzennej), jak i poznawczych, dotyczących zróżnicowania dostępności na terenie Torunia.

### Wnioski metodyczne:

1. Zastosowanie regularnej sieci heksagonalnej ma szereg zalet:
  - a. pozwala uchwycić płynne zmiany dostępności czasowej,
  - b. nie wymaga interpolacji czasów dojazdu, a odpowiednio dobrana wielkość pola zapewnia, że ewentualne różnice w dostępności wewnątrz pola są niewielkie,
  - c. do każdego pola można przypisać jednocześnie wartość dostępności dla wielu kategorii,
  - d. pozwala na uwzględnienie w analizie dodatkowych elementów wpływających na czas i trasy przejazdu (m.in. zakazy skrętu, kierunkowość ulic itp.).

2. Wpływ odległości od sieci drogowej na uzyskane wyniki uzależniony jest od gęstości samej sieci drogowej oraz od wielkości przyjętych pól odniesienia.
3. Dane OSM mogą być z powodzeniem stosowane do badania dostępności, choć ich dokładność i wiarygodność może być różna w różnych obszarach.
4. Można zaobserwować, że dostępność liczona tylko dla stref mieszkalnych jest wyraźnie większa, tj. średni czas dojazdu jest niższy niż w przypadku liczenia go dla całego obszaru miasta. Podczas statystycznej analizy dostępności przestrzennej należy zatem uwzględnić rozmieszczenie ludności.

### Wnioski poznawcze:

1. Odnosząc uzyskane wyniki do innych prac (m.in. Guzik, 2003a), można stwierdzić, że dostępność przestrzenna obiektów użyteczności publicznej w Toruniu jest wysoka. Średni czas dotarcia (tj. dla wszystkich 16 kategorii) w obszarze całego miasta wynosi 8,5 minuty, a dla stref zamieszkałych tylko 5 minut.

2. W obszarze całego miasta najbardziej dostępną kategorią obiektów użyteczności publicznej są tereny zielone (średnio 3 minuty), co wynika przede wszystkim z dużego udziału lasów w ogólnej powierzchni miasta (ok. 30%).
3. W strefach zamieszkałych najbardziej dostępne są przystanki komunikacji publicznej (1,5 minuty), a także tereny zielone (2,2 minuty), supermarkety (3,3 minuty), boiska (3,4 minuty) oraz przedszkola (3,5 minuty).
4. Na podstawie przeprowadzonych analiz można wyróżnić „centrum dostępności” miasta, tj. obszar o największej dostępności do wszystkich kategorii obiektów. W przypadku Torunia jest on zlokalizowany ok. 2 km na północ od Starego Miasta, uznawanego tradycyjnie za centrum miasta. Jednocześnie zaobserwowano, że dostępność czasowa do centrum miasta jest wyraźnie gorsza we wschodniej części, np. dla osiedla Grębocin wynosi średnio około 16 minut.
5. W kategorii obiektów edukacyjnych widać wyraźną zależność: im wyższy etap edukacji, tym mniejsza liczba placówek, obiekty gromadzą się bliżej centrum i jednocześnie bliżej siebie, ich dostępność staje się niższa, a różnice w dostępności poszczególnych obiektów maleją.
6. Największą „efektywnością” rozmieszczenia przestrzennego (mierzoną jako średni poziom dostępności w stosunku do liczby obiektów) cechują się kościoły, które rozmieszczone są w sposób równomierny, wyraźnie skorelowany z rozmieszczeniem osiedli mieszkaniowych.

## 6. Podsumowanie

Dostępność przestrzenna jest jednym z kluczowych czynników wpływających na możliwość skorzystania z określonych dóbr i usług. Lepsza dostępność oznacza krótsze dojazdy, niższe koszty, a tym samym ma istotny wpływ na jakość życia. Zrównoważony rozwój miast wymaga więc zapewnienia wszystkim mieszkańcom odpowiedniego poziomu dostępności do różnych usług. Narzędzia GIS pozwalają na wielowymiarową analizę dostępności, a dzięki analizom sieciowym obliczana dostępność może dokładnie odzwierciedlać faktyczne możliwości dotarcia do określonych miejsc. Jednocześnie dzięki zastosowaniu analiz przestrzennych możliwa jest korelacja dostępności z rozmieszczeniem ludności, a nawet z dokładną charakterystyką społeczno-demograficzną (np. dostępność przedszkoli względem rozmieszczenia dzieci w wieku przedszkolnym). Wydaje się, że w kontekście zrównoważonego rozwoju miast wskazane jest opracowanie narzędzi zarówno dla miesz-

kańców, jak i planistów miejskich oraz władz lokalnych, które pomogłyby w podejmowaniu optymalnych decyzji lokalizacyjnych. W ten sposób mieszkańcy mogliby podejmować bardziej racjonalne decyzje dotyczące optymalnego miejsca zamieszkania, uwzględniając czynnik dojazdów. Z drugiej strony władze miejskie mogłyby lepiej planować lokalizację kolejnych inwestycji (np. przedszkoli czy szkół), przyczyniając się do lepszego zaspokojenia określonych potrzeb. Istnieje więc potrzeba dalszych badań nad metodami analizy i wizualizacji dostępności przestrzennej, które w istotny sposób mogą przyczynić się do zrównoważonego rozwoju miast.

## Piśmiennictwo

- Aliu I.R., Ajala A.O., 2014, Intra-city polarization, residential type and attribute importance: A discrete choice study of Lagos, *Habitat International*, 42, 11–20. (DOI:10.1016/j.habitatint.2013.10.002)
- Alshuwaikhat H.M., Nassef K., 1996, A GIS-based spatial decision support system for suitability assessment and land use allocation, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 21, 525–544.
- Arampatzis G., Kiranoudis C.T., Scaloubacas P., Assimacopoulos D., 2004, A GIS-based decision support system for planning urban transportation policies, *European Journal of Operational Research*, 152(2), 465–475.
- Baja Z., 1948, Problem izochron Polski, *Przegląd Komunikacyjny*, 2, 55–62.
- Balfour R., Allen J., 2014, Local action on health inequalities: Improving access to green spaces, *Public Health England*, UCL Institute of Health Equity.
- Bartholomew 1889, *Atlas of Commercial Geography (Atlas)*, John Bartholomew and Son, Edinburgh.
- Bertolini L., Le Clercq F., Kapoen L., 2005, Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward, *Transport policy*, 12(3), 207–220.
- Bielecka E., Filipczak A., 2010, Zasady opracowywania map dostępności, *Roczniki Geomatyki*, 6(42), 29–39.
- BIQdata, 2014, *Jak daleko potrafimy dojeżdżać do pracy? Sprawdziliśmy*, <http://biqdata.pl/dojazdy-do-pracy-polakow>. [10.10.2016]
- Burdziej J., 2009, Multi-criteria spatial analysis of land accessibility for seismic operations, *Roczniki Geomatyki*, 7(2), 23–31.
- Burdziej J., 2012, A Web-based spatial decision support system for accessibility analysis—concepts and methods, *Applied Geomatics*, 4(2), 75–84.
- Burns C.M., Inglis A.D., 2007, Measuring food access in Melbourne: access to healthy and fast foods by car, bus and foot in an urban municipality in Melbourne, *Health & place*, 13(4), 877–885.
- Chiesura A., 2004, The role of urban parks for the sustainable city, *Landscape and Urban Planning*, 68(1), 129–138. (DOI:10.1016/j.landurbplan.2003.08.003)



- Cho-Yam J.L., 2010, Public transport and job-seeking range of the poor in older urban districts in Hong Kong, *Habitat International*, 34, 406–413.
- Comber A., Brunson C., Green E., 2008, Using a GIS-based network analysis to determine urban greenspace accessibility for different ethnic and religious groups, *Landscape and Urban Planning*, 86(1), 103–114.
- Dai F.C., Lee C.F., Zhang X.H., 2001, GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study, *Engineering Geology*, 61(4), 257–271.
- Florczak M., 2013, GIS jako narzędzie badania dostępności przestrzennej transportu zbiorowego, *Transport Miejski i Regionalny*, 5, 22–27.
- Galton F., 1881, On the construction of isochronic passage charts. *Proceedings of the Royal Geographical Society*, 3, 657–658.
- Gawryszewski A., Pietkiewicz S., 1966, Zmiany dostępności czasowej obszaru Polski z Warszawy w okresie 1952-1962, *Przegląd Geograficzny*, 38(2), 223–238.
- Guzik R., 2014, *Dostępność transportowa wybranych miast Małopolski 2014-2023*, Małopolskie Obserwatorium Rozwoju Regionalnego, Kraków.
- Guzik R., 2003a, *Przestrzenna dostępność szkolnictwa ponadpodstawowego*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- Guzik R., 2003b, Interpretacja przestrzennej dostępności szkół ponadpodstawowych w oparciu o metodę ilorazu potencjałów, [w:] Rogacki H. (red.), *Problemy interpretacji wyników metod badawczych stosowanych w geografii społeczno-ekonomicznej i gospodarce przestrzennej*, Wydawnictwo Naukowe Bogucki, Poznań, 101–110.
- Ingram D., 1978, Distance and the decision to visit an emergency department, *Social Science and Medicine*, 12, 55–62.
- Komornicki T., Śleszyński P., Pomianowski W., Rosik P., Siłka P., Stępiak M., 2008, *Opracowanie metodologii liczenia wskaźnika międzygałęziowej dostępności transportowej terytorium Polski oraz jego oszacowanie*, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego Polskiej Akademii Nauk, Warszawa.
- Kubijowicz W., 1923, Izochrony południowej Polski, *Prace Instytutu Geograficznego UJ*, 1.
- Lee G., Hong I., 2013, Measuring spatial accessibility in the context of spatial disparity between demand and supply of urban park service, *Landscape and Urban Planning*, 119, 85–90. (DOI:10.1016/j.landurbplan.2013.07.001)
- Lovett A., Haynes R., Sünnerberg G., Gale S., 2002, Car travel time and accessibility by bus to general practitioner services: a study using patient registers and GIS, *Social Science & Medicine*, 55(1), 97–111.
- Lijewski T., 1985, Układy komunikacyjne województw, *Dokumentacja Geograficzna*, 1.
- Michniewicz-Ankiersztajn H., 2014, Rola zieleni w kształtowaniu przestrzeni miast europejskich w kontekście jakości życia ich mieszkańców, *Journal of Health Sciences*, 4(13), 130–140. (doi:10.5281/zenodo.13264)
- Namysłowski J., 1977, Dojazdy do szkół ponadpodstawowych w głównych ośrodkach aglomeracji bydgosko-toruńskiej, *Prace Wydziału Nauk Humanistycznych*, 19, 9–25.
- Nelson A., 2008, *Estimated travel time to the nearest city of 50,000 or more people in year 2000*, Global Environment Monitoring Unit-Joint Research Centre of the European Commission, Ispra, Italy.
- Oh K., Jeong S., 2007, Assessing the spatial distribution of urban parks using GIS, *Landscape and urban planning*, 82(1-2), 25–32.
- Olvera L.D., Plat D., Pochet P., 2003, Transportation conditions and access to services in a context of urban sprawl and deregulation. The case of Dar es Salaam, *Transport policy*, 10(4), 287–298.
- Penck A., 1887, Isochronenkarte der österreichisch-ungarischen Monarchie [w:] *Die deutsche Rundschau für Geographie und Statistik*, Bd. IX, S. 337. Wiedeń, A. Hartleben's Verlag.
- Ratajczak W., 1992, Dostępność komunikacyjna miast wojewódzkich Polski w latach 1948-1988, *Współczesne problemy geografii społeczno-ekonomicznej Polski*, 55, 173–203.
- Rewieńska W., 1929, Izochrony Wilna, *Prace Zakładów Geologii i Geografii Uniwersytetu im. S. Batorego w Wilnie*, 4, 1–20.
- Rosik P., 2012, Dostępność lądowa przestrzeni Polski w wymiarze europejskim, *Prace Geograficzne*, IGIPIZ PAN, Warszawa.
- Rowicki M., 1934, Izochrony Warszawy, *Wiadomości Służby Geograficznej*, 8, 435–466.
- Spiekermann K., Neubauer J., 2002, *European accessibility and peripherality: Concepts, models and indicators*, Nordregio WP 9, s. 43.
- Stępiak M., 2013, Wykorzystanie metody 2SFCA w badaniach dostępności przestrzennej usług medycznych, *Przegląd Geograficzny*, 85 (2), 199–218. (DOI:10.7163/PrzG.2013.2.3.)
- Stryjek B., Warakomska K., 1980, Zasięg oddziaływania wybranych ośrodków przemysłowych w Polsce w świetle izochrony jednogodzinnej, *Przegląd Geograficzny*, 52, 321–338.
- Śleszyński P., 2014, Dostępność czasowa i jej zastosowania, *Przegląd Geograficzny*, 86(2), 171–215. (DOI:10.7163/PrzG.2014.2.2)
- Taylor Z., 1999, *Przestrzenna dostępność miejsc zatrudnienia, kształcenia i usług a codzienna ruchliwość ludności wiejskiej*, Continuo, Wrocław.
- Tyrväinen L., Mäkinen K., Schipperijn J., 2007, Tools for mapping social values of urban woodlands and other green areas, *Landscape and Urban Planning*, 79(1), 5–19. (DOI:10.1016/j.landurbplan.2006.03.003)
- Warakomska K., 1992, Zagadnienie dostępności w geografii transportu, *Przegląd Geograficzny*, 64, 67–76.
- Warakomska K., 1993, Izochrony zmodyfikowane jako kartograficzna metoda przedstawiania dostępności ludności do miasta wojewódzkiego (na przykładzie województwa lubelskiego), *Polski Przegląd Kartograficzny*, 25, 66–71.
- Wielebski Ł., 2013, Wizualizacja kartograficzna dostępności czasowej dla służb ratowniczych. Pragmatyka w kartografii, *Prace i Studia Kartograficzne*, 4, 151–162.
- Wielebski Ł., Medyńska-Gulij B., 2013, Cartographic visualization of firehydrants accessibility for the purpose of decision making, *Geodesy and Cartography*, 62(2), 183–198. (DOI:10.2478/geocart-2013-0011)
- Zhu X., Liu S., 2004, Analysis of the impact of the MRT system on accessibility in Singapore using an integrated GIS tool, *Journal of Transport Geography*, 12(2), 89–101.
- Zhu X., Liu S., Yeow M.C., 2006a, Accessibility analysis for housing development in Singapore with GIS and multi-criteria analysis methods, *Applied GIS*, 2(2), 13–13.
- Zhu X., Liu S., Yeow M.C., 2006b, *A GIS-based multi-criteria analysis approach to accessibility analysis for housing development in Singapore*, Retrieved Oct.