

Authors' contribution/
Wkład autorów:
A. Study design/
Zaplanowanie badań
B. Data collection/
Zebranie danych
C. Statistical analysis/
Analiza statystyczna
D. Data interpretation/
Interpretacja danych/
E. Manuscript preparation/
Przygotowanie tekstu
F. Literature search/
Opracowanie
piśmiennictwa
G. Funds collection/
Pozyskanie funduszy

ORIGINAL ARTICLE

JEL code: C10, C18, R40

Submitted:
April 2023

Accepted:
May 2023

Tables: 1
Figures: 4
References: 43

ARTYKUŁ ORYGINALNY

Klasyfikacja JEL: C10, C18,
R40

Zgłoszony:
kwiecień 2023

Zaakceptowany:
maj 2023

Tabele: 1
Rysunki: 4
Literatura: 43

METHODOLOGIES FOR MEASURING MOBILITY IN COVID-19 RESEARCH

METODOLOGIA POMIARU MOBILNOŚCI W BADANIACH NAD COVID-19

Zsanett Zsigó^{1(A,B,C,D,E,F,G)}

¹ Doctoral School of International Relations and Political Science, Corvinus University of Budapest, Hungary

¹ Szkoła Doktorancka Stosunków Międzynarodowych i Nauk Politycznych, Uniwersytet Korwina w Budapeszcie, Węgry

Citation:

Zsigó, Z. (2023). Methodologies for measuring mobility in COVID-19 research/ Metodologia pomiaru mobilności w badaniach nad COVID-19. *Economic and Regional Studies*, 16(2), 186-202. <https://doi.org/10.2478/ers-2023-0013>

Guest Editor Dr. Katalin Liptak, PhD, Faculty of Economics, University of Miskolc, Hungary

Abstract

Subject and purpose of the work: The subject of this paper is the mobility research in Europe focused on the COVID-19 pandemic, and the aim is to give a comparative overview on the used methods and datasets of the literature and identify research gaps.

Materials and methods: The method is based on the methodological literature review method. The source of the reviewed literature is the EBSCO online database.

Results: The literature based on the analysed territorial level can be classified. Results show the levels of research are city, national and complex levels. Most research is based on secondary data. Spatial indicators are relevant at a national level. Research gaps have been found in terms of time and space.

Conclusions: The existing literature based on the analysed territorial level can be classified. Results show there are 3 levels of research; city, national and complex levels, and most research is based on secondary data, primary data collection is relevant only on a city level. Spatial indicators are common on a national level. Research gaps have been found in terms of time and space.

Keywords: COVID-19, mobility research, Europe, internal mobility

Streszczenie

Przedmiot i cel pracy: Tematem pracy są badania nad mobilnością przeprowadzone w Europie w czasie pandemii COVID-19. Celem pracy jest dokonanie analizy porównawczej metod badawczych i zbiorów danych zawartych w literaturze oraz zidentyfikowanie luk badawczych.

Materiał i metody: Metoda badawcza jest oparta na systematycznym przeglądzie literatury. Źródłem analizowanej literatury jest internetowa baza danych EBSCO.

Wyniki: Literaturę źródłową można sklasyfikować na podstawie poziomu terytorialnego. Wyniki badań wskazują następujące poziomy badań: miasto, państwo i poziom złożony. Większość badań jest opartych na danych drugorzędowych. Wskaźniki przestrzenne są istotne na poziomie państwa. Luki badawcze zostały zidentyfikowane w następujących obszarach: czas i przestrzeń.

Wnioski: Literaturę źródłową można sklasyfikować na podstawie poziomu terytorialnego. Wyniki badań wskazują trzy poziomy badawcze: miasto, państwo i poziom złożony. Większość badań jest opartych na danych drugorzędowych. Gromadzenie danych pierwotnych ma znaczenie tylko na poziomie miasta. Wskaźniki przestrzenne są często wykorzystywane na poziomie państwa. Luki badawcze zostały zidentyfikowane w następujących obszarach: czas i przestrzeń.

Słowa kluczowe: COVID-19, badania nad mobilnością, Europa, mobilność wewnętrzna

Address for correspondence / Adres korespondencyjny: Zsanett Zsigó, MA (ORCID: 0009-0003-1961-2445), (zs.zsanett97@gmail.com), Doctoral School of International Relations and Political Science, Corvinus University of Budapest, Hungary 1093 Budapest, Közraktár u. 4-6

Journal included in: AgEcon Search; AGRO; Arianta; Baidu Scholar; BazEkon; Cabell's Journalytics; CNKI Scholar (China National Knowledge Infrastructure); CNPIEC - cnpLINKer; Dimensions; EBSCO; ERIH PLUS (European Reference Index for the Humanities and Social Sciences); ExLibris; Google Scholar; Index Copernicus; J-Gate; JournalTOCs; KESLI-NDSL (Korean National Discovery for Science Leaders); MyScienceWork; Naver Academic; Naviga (Softweco); Polish Ministry of Science and Higher Education; QOAM (Quality Open Access Market); ReadCube; SCILIT; Semantic Scholar; TDNet; Ulrich's Periodicals Directory/ulrichsweb WanFang Data; WorldCat (OCLC); X-MOL

Copyright: © The Authors, 2023. **Publisher:** John Paul II University in Białą Podlaska, Poland.

Introduction

When the COVID-19 epidemic appeared in Europe in early 2020 and started to spread through the population, most European countries were faced with lockdowns in which the liberty of its population was fundamentally curtailed. The pandemic, and the measures taken by governments worldwide, have radically changed everyday habits, including mobility. Crowds of people were working from home; the number of remote workers has increased dramatically under the pressure of the pandemic threat (Radziukiewicz, 2021), but many have also faced job losses in metropolitan areas (Szendi, Sárosi-Blága 2022). Distance learning has become almost commonplace, catering and entertainment establishments also faced many restrictions – these changes significantly affected human mobility and transportation; research about the city of Santander (Aloi et al., 2020) shows that the city's internal mobility has decreased by 76%. Lockdowns had some positive effects as well; the reduction in global mobility and transportation led to a significant reduction in GHG emissions and oil demand (Abu-Rayash, Dincer, 2020). According to these findings and the fact that COVID-19 spreads through social interactions, mobility research has had a big impact in COVID-19 related studies, which have a growing number in literature. Mobility studies include global, country or city-specific studies using different databases and methods, which make results difficult to compare, although this would be important to help us prepare for future pandemics and other crises.

The aim of this paper is to provide a comparative overview of the methodology and used data of mobility studies related to the COVID-19 pandemic to help researchers improve their own methodology in mobility studies and present the possibilities of how many ways exist to look at mobility in the context of COVID-19. This paper focused on empirical research on internal mobility in Europe (air mobility and cross-border transport are not part of this research). In addition to methodologies, used indicators and databases, the territorial units on which these studies focus will be examined. Comparison or analysis of findings are not included.

Text database

The text database is created with an electronic search in the Science-Direct database with related keywords. The included search criteria contained

Wstęp

Gdy na początku 2020 roku epidemia COVID-19 pojawiła się w Europie i zaczęła się rozprzestrzeniać, większość krajów europejskich stanęła w obliczu konieczności wprowadzenia blokad (lockdown), co zasadniczo ograniczyło wolności obywatelskie. Pandemia i związane z nią środki zaradcze podjęte przez rządy krajów na całym świecie radykalnie zmieniły codzienne nawyki ludności, w tym mobilność. Ogromna liczba ludzi wykonywała swoją pracę w miejscu zamieszkania. Pod presją zagrożenia pandemią liczba pracowników zdalnych radykalnie wzrosła (Radziukiewicz, 2021), jednak wiele osób straciło pracę, zwłaszcza w obszarach metropolitalnych (Szendi, Sárosi-Blága 2022). Nauka zdalna stała się niemal powszechna, lokale gastronomiczne i rozrywkowe również napotkały wiele ograniczeń w swojej działalności. Zmiany te znacząco wpłynęły na mobilność i przewóz ludności. Wyniki badania prowadzonego w mieście Santander (Aloi i in., 2020) wskazują, że mobilność wewnętrzna miasta zmniejszyła się o 76%. Lockdown przyniósł również pozytywne skutki tj. ograniczenie globalnej mobilności i transportu, które doprowadziło do znacznej redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz zapotrzebowania na ropę (Abu-Rayash, Dincer 2020). Zgodnie z wynikami badań oraz faktem, że COVID-19 rozprzestrzenia się poprzez interakcje społeczne, badania nad mobilnością stanowiły dużą część opracowań na temat COVID-19, a liczba publikacji wciąż wzrasta. Badania nad mobilnością mają charakter globalny, dotyczą poszczególnych państw lub miast. Autorzy wykorzystują różne bazy danych i metody badawcze, co utrudnia porównanie wyników, chociaż byłoby to istotne, aby przygotować się na ewentualne pandemie i inne sytuacje zagrożenia w przyszłości.

Celem pracy jest przeprowadzenie analizy porównawczej metod badawczych i zbiorów danych wykorzystywanych w badaniach nad mobilnością w okresie pandemii COVID-19, a w efekcie udoskonalenie metodologii badań nad mobilnością oraz wskazanie szeregu możliwości spojrzenia na mobilność w kontekście COVID-19. Autorzy artykułu skoncentrowali się na badaniach empirycznych dotyczących mobilności wewnętrznej w Europie (mobilność powietrzna i transport transgraniczny nie zostały uwzględnione w analizie). Poza metodologią, wskaźnikami oraz bazami danych, autorzy uwzględnili jednostki terytorialne. Nie przeprowadzono porównania ani analizy wyników.

Baza tekstowa

Tekstowa baza danych jest tworzona za pomocą elektronicznego wyszukiwania w bazie danych Science Direct w oparciu o słowa kluczowe. Kryteria

the keywords COVID-19, internal mobility, Europe, analysis, traffic and transport. There were also some exclusion criteria to narrow down the results; air, migration and cross-border. These exclusion criteria helped to sort out the irrelevant literature focusing on aviation, and most importantly migration, which means not only mobility but also moving to a different city or even country.

These keywords resulted 366 related research articles. The timeframe is not relevant due to the relative freshness of the topic, the first research on the subject was published in 2020. The next step was filtering the results; first, the clearly irrelevant materials based on title were removed, then the abstracts were read and the fitting literature was sorted. The final text database contains 39 relevant research articles, all of them are from primary (grey) sources. In this case, all the sources are academic literature. The text database (which is created in Excel) contains the authors' name, year of publishing, title, journal title, discipline, volume and pages, type and quartile.

Research panorama

The research gives a panoramic overview of the reviewed literature based on their descriptive characteristics, categorised in the text database. The first research appeared in 2020 – it was impossible to research this specific topic before, so the number of mobility research has significantly increased since 2020 - most of the material was published in 2022.

The most common discipline in COVID-19 related mobility research is Social Sciences (Figure 1). The reason behind this is that Transportation, the most common category of the literature examined, belongs to this discipline. In cases where the discipline of the journal and the study cannot be precisely defined, the Multidisciplinary category has been used.

The reviewed literature is from 22 different publishers. Figure 2 shows that the most frequently published journal on the subject is Transport Policy (Q1) with 8 published materials, the second one is Transportation Research Interdisciplinary Perspectives (Q1) with 7 published studies. Most of the journals are related to transportation, urbanism and sustainability.

wyszukiwania zawierały następujące słowa kluczowe: COVID-19, mobilność wewnętrzna, Europa, analiza, ruch drogowy, transport. Utworzono również kryteria wykluczenia w celu zawężenia liczby wyników: powietrzny, migracja, transgraniczny. Kryteria wykluczenia pomogły wyeliminować nieistotne dane literaturowe dotyczące lotnictwa, a przede wszystkim migracji, która obejmuje nie tylko mobilność, ale także przeprowadzkę do innego miasta, a nawet państwa.

Słowa kluczowe pozwoliły na znalezienie 366 powiązanych artykułów naukowych. Ramy czasowe nie miały znaczenia ze względu na fakt, że tematyka nie była zbyt odległa czasowo. Pierwsze badania na ten temat zostały opublikowane w 2020 roku. Kolejnym krokiem było filtrowanie wyników. Najpierw usunięto materiały wyraźnie nieistotne w oparciu o tytuł, następnie przeanalizowano streszczenia i uporządkowano dane literaturowe. Ostateczna wersja tekstowej bazy danych zawiera 39 artykuły naukowe zawierające dane pierwotne (szare). W tym przypadku, wszystkie źródła stanowią literaturę naukową. Tekstowa baza danych (utworzona w programie Excel) zawiera nazwiska autorów, rok wydania, tytuł artykułu, tytuł czasopisma, dyscyplinę, tom, strony, rodzaj i kwartył.

Panorama badawcza

Autorzy badania dokonują panoramicznego przeglądu literatury w oparciu o charakterystykę opisową; źródła zostały skategoryzowane w tekstowej bazie danych. Pierwsze badanie zostało opublikowane w 2020 roku – wcześniej nie istniała możliwość zbadania tego tematu. Liczba badań nad mobilnością zaczęła znacznie wzrastać od początku 2020 roku – większość materiału została opublikowana w 2022 roku.

Dyscypliną naukową, w której najczęściej przeprowadza się badania nad mobilnością związaną z COVID-19 są nauki społeczne (Rysunek 1). Wynika to z faktu, że transport – najczęściej analizowana kategoria literatury – należy właśnie do tej dyscypliny. W przypadkach, gdy nie można precyzyjnie określić dyscypliny, do której można zakwalifikować dane czasopismo lub badanie, zastosowano kategorię wielodyscyplinarną.

Analizowana literatura pochodzi z 22 różnych wydawnictw. Zgodnie z rysunkiem 2, czasopismem, w którym najczęściej publikowane są artykuły o tej tematyce jest Transport Policy (Q1) – 8 publikacji, drugim w kolejności – Transportation Research Interdisciplinary Perspectives (Q1) – 7 publikacji. Większość wykorzystanych czasopism zajmuje się tematyką transportu, urbanistyki i zrównoważonego rozwoju.

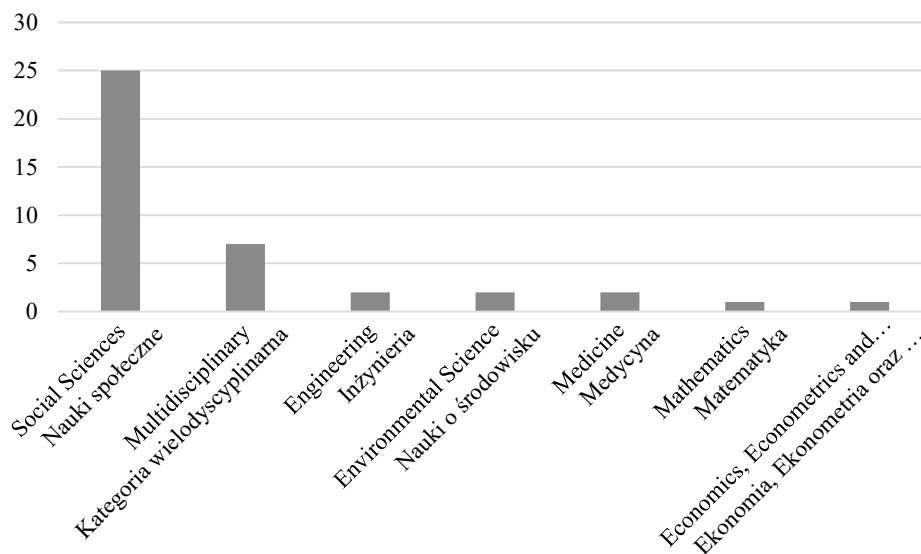


Figure 1. Disciplines of the publishers (n)

Rysunek 1. Dyscypliny naukowe reprezentowane przez wydawnictwa (n)

Source: Author's own research.

Źródło: Opracowanie własne.

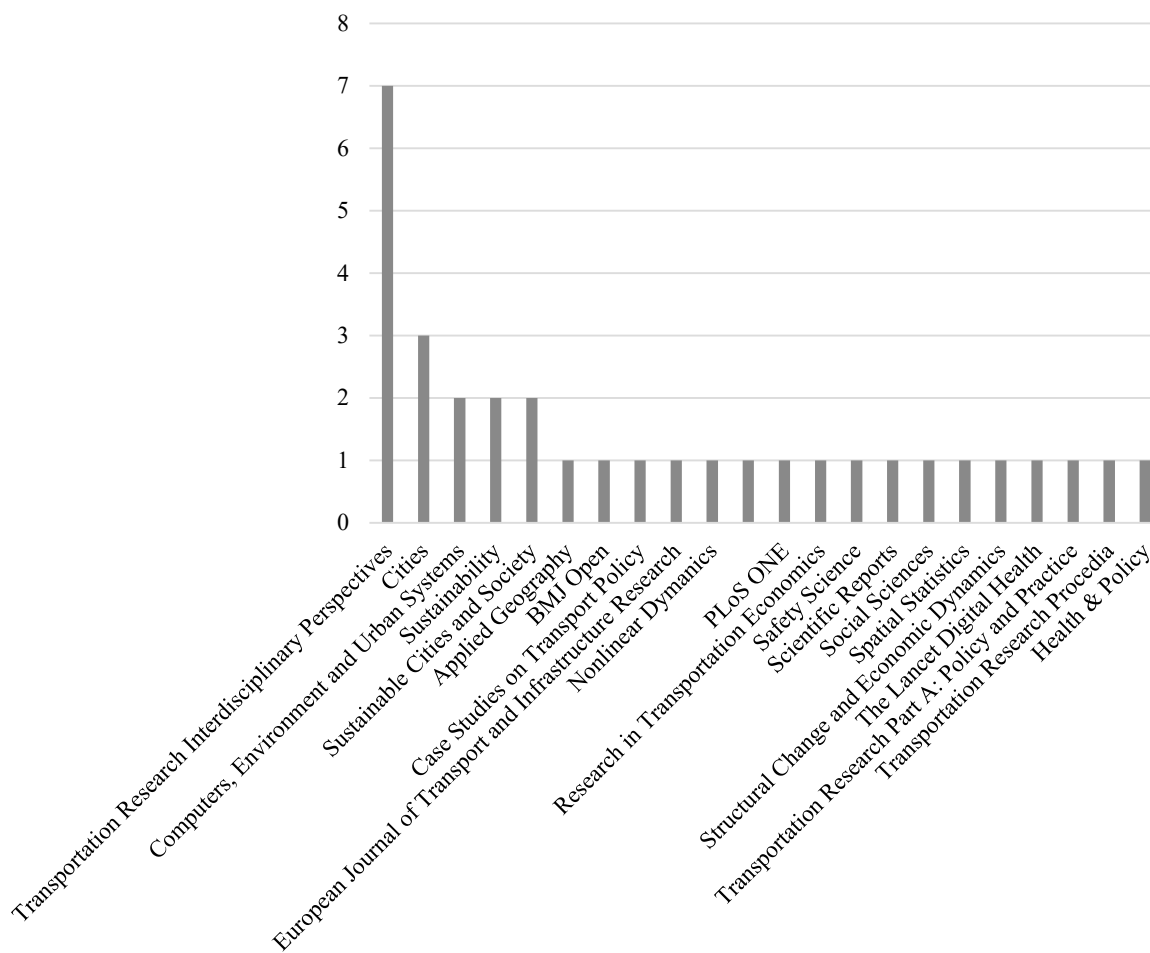


Figure 2. The publisher's range (n)

Rysunek 2. Prezentacja wydawnictw (n)

Source: Author's own research.

Źródło: Opracowanie własne.

Classification by the territorial units

In mobility research, the territorial unit under study cannot be neglected, as the sample size and available datasets are essentially determined by whether a city, a country, a region or a combination of these are being discussed. Figure 3 shows that almost half of the studies (17) examined focused exclusively on one or more cities and 12 studies concentrated on exclusively one country. The remaining 10 research focused on combinations (for example a city compared to country level) or the bigger picture (for instance, Europe), which includes more cities and countries.

Klasyfikacja według jednostek terytorialnych

W badaniach nad mobilnością nie można pominąć znaczenia pojęcia jednostki terytorialnej. Wynika to z faktu, że wielkość próby i zbiory danych różnią się w zależności od tego czy analizie jest poddawane miasto, państwo, region, czy też kombinacja powyższych elementów. Rysunek 3 pokazuje, że prawie połowa analizowanych badań (17) dotyczyła jednego lub kilku miast, 12 badań obejmowało tylko jeden kraj. Pozostałe 10 badań uwzględniało kombinacje (np. miasto – państwo) lub szerszy obszar (np. całą Europę), który obejmuje wiele miast i państw.

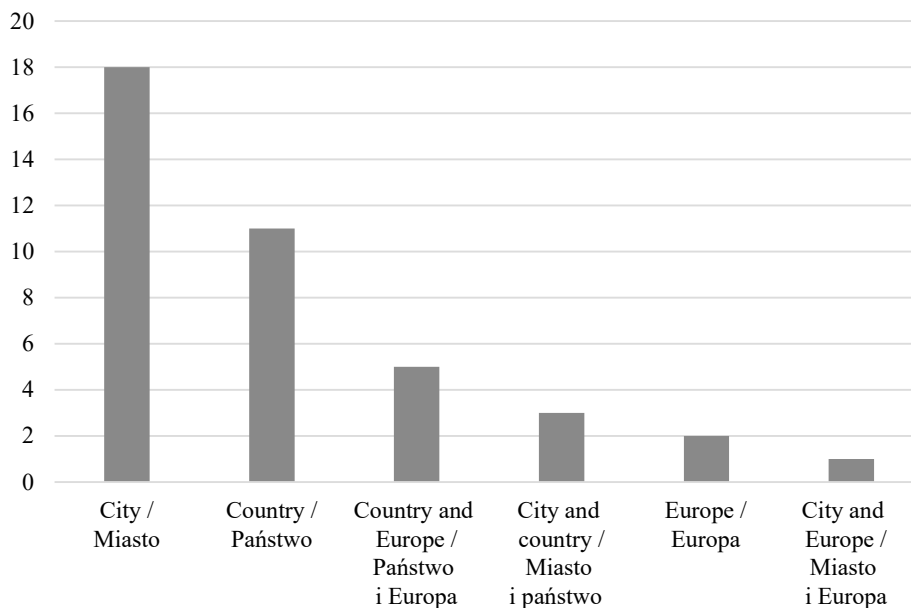


Figure 3. The territorial context of the studied literature (n)
Rysunek 3. Kontekst terytorialny badanej literatury (n)

Source: Author's own research.

Źródło: Opracowanie własne.

There are large differences between the territorial units surveyed. However, there is not much variation between the studies looking at just one city or country; taking the countries and cities surveyed together, the most common research area is Italy, followed by Switzerland and Spain. The over-representation of Italy is not surprising, as the first wave of the epidemic hit the country heavily, and this has received a lot of attention in the media and scientific research. There is also mobility research from Greece, Germany, Austria, Hungary, Poland, the Netherlands, Portugal, Sweden, Bulgaria, Ireland and the United Kingdom. It can be seen that a few regions are under-researched on the subject; there is a little or no research focusing exclusively on the Balkans, Central and Eastern Europe or Northern Europe. This research gap could be a good opportunity for follow-up studies.

Istnieją duże różnice pomiędzy badanymi jednostkami terytorialnymi. Jednak brak znaczących różnic pomiędzy badaniami w zakresie jednego miasta lub państwa. Wśród wszystkich badanych państw i miast, najczęstszym obszarem badań są Włochy, następnie Szwajcaria i Hiszpania. Nadreprezentacja Włoch nie jest zaskoczeniem, ponieważ pierwsza fala epidemii mocno uderzyła właśnie w ten kraj, co spotkało się z dużym zainteresowaniem mediów oraz badaczy. Istnieją również badania nad mobilnością w Grecji, Niemczech, Austrii, na Węgrzech, w Polsce, Holandii, Portugalii, Szwecji, Bułgarii, Irlandii i Wielkiej Brytanii. Kilka regionów zostało niedostatecznie zbadanych w tym zakresie. Istnieje niewiele danych lub brak danych dotyczących Bałkanów, Europy Środkowej, Wschodniej i Północnej. Istnienie luki badawczej przemawia za koniecznością prowadzenia dalszych badań w tym temacie.

The city as a context

Nearly half of the studies (19 out of 39) focus on only cities, exclusively one or a combination of them. A significant part of the research focuses on the events and lockdowns of spring 2020 and the related consequences (Li, Zhao, Haito, Mansourian, Axhausen, 2021; Romanillos et al., 2021; Braut, Migheli, Truant 2022; Aloï et al., 2020; Glodeanu, Gullón, Bilal, 2021; Bohman, Ryanac, Stjernborga, Nilsson, 2021; Bucsky 2020; Souza, Mátraï 2022; Costa, Félix, Marquez, Moura 2022) - There are some longer-term studies focusing on the year 2020 (Carrese et al. 2021; Pozo, Wilby, Díaz, González, 2022; Rasca, Markvica, Ivanschitz 2022; Manzira, Charly, Caulfield, 2022; Sträuli et al., 2022). However, the events and waves of 2021 have received much less attention, there is very little research on this timeline (Rérat, Haldimann, Widmer, 2022; Szczepanek, Kruszyna, 2022; Tsavdari et al., 2022), which means the pandemic phenomena in 2021 can be further researched from an urban mobility perspective.

Datasets in cities

The datasets used in the studies reflect the scientific purpose, primary and secondary sources can be distinguished. Where urban mobility is measured in the light of changes in public transport, studies rely on data from local public transport authorities and city halls (Pozo et al., 2022; Rasca et al., 2022; Aloï et al., 2020; Souza, Mátraï 2022; Manzira et al., 2021). These databases are usually based on data from traffic counters and ticket validations, and their greatest advantage is that their access is public in most cases, although more specific data often must be requested by the researcher. In some cases, public transport data is supplemented by other databases for more complex research purposes, for example with Bluetooth-based data (Carrese et al., 2021) and data from public road operators (Bucsky, 2020).

National statistical offices are also meaningful secondary data sources, their availability is also public in most cases and can be used for many purposes; Glodeanu, Gullón, Bilal (2021) used the Spanish statistical office's data to research social inequalities in mobility during and following COVID-19 lockdown in Madrid metropolitan area. Romanillos et al. (2021) collected mobile phone mobility data from several different sources, including data from Official State Gazette and Spanish mobile network operators (MNO). MNO's are essential sources of mobility data, these are based on the location data of phone calls and carrying sensitive personal data, so it is difficult to get them, and special care should be taken to conceal personal information during the publication process. In a study in Zurich, researchers also used

Kontekst miasta

Prawie połowa badań (19 z 39) koncentruje się wyłącznie na miastach, na jednym lub kilku. Znaczna część badań obejmuje wydarzenia i lockdown wiosną 2020 r. oraz ich konsekwencje (Li, Zhao, Haito, Mansourian, Axhausen, 2021; Romanillos i in., 2021; Braut, Migheli, Truant 2022; Aloï i in., 2020; Glodeanu, Gullón, Bilal, 2021; Bohman, Ryanac, Stjernborga, Nilsson, 2021; Bucsky 2020; Souza, Mátraï 2022; Costa, Félix, Marquez, Moura 2022). Istnieje kilka badań długoterminowych obejmujących rok 2020 (Carrese i in. 2021; Pozo, Wilby, Díaz, González, 2022; Rasca, Markvica, Ivanschitz 2022; Manzira, Charly, Caulfield, 2022; Sträuli i in., 2022). Jednak wydarzeniom i falam zakażenia z 2021 roku poświęcono znacznie mniej uwagi; istnieje bardzo mało badań naukowych dotyczących tego okresu (Rérat, Haldimann, Widmer, 2022; Szczepanek, Kruszyna, 2022; Tsavdari i in., 2022). Dlatego zjawisko pandemii w 2021 r. wymaga dalszych badań nad mobilnością w obrębie miasta.

Zbiory danych dotyczące miasta

Zbiory danych wykorzystywane w badaniach odzwierciedlają cel naukowy. Można wyróżnić źródła pierwotne i drugorzędowe. Przy pomiarze mobilności w miastach, w kontekście zmian w transporcie publicznym, badania opierają się na danych pochodzących od lokalnych władz transportu publicznego oraz z urzędów miejskich (Pozo i in., 2022; Rasca i wsp., 2022; Aloï i in., 2020; Souza, Mátraï 2022; Manzira i in., 2021). Takie bazy danych zwykle wykorzystują liczników ruchu i kasacji biletów, ich największą zaletą jest fakt, że w większości przypadków są ogólnodostępne. Celem uzyskania bardziej szczegółowych danych trzeba poprosić o ich udostępnienie. W niektórych przypadkach, do bardziej złożonych celów badawczych, dane dotyczące transportu publicznego są uzupełniane danymi pochodzącymi z innych baz danych, na przykład z technologii Bluetooth (Carrese i in., 2021) oraz danymi udostępnianymi przez zarządców dróg publicznych (Bucsky, 2020).

Krajowe urzędy statystyczne są również znaczącymi źródłami danych drugorzędowych. Dane w większości przypadków są jawne i mogą być wykorzystywane do różnych celów. Na przykład Glodeanu, Gullón, Bilal (2021) wykorzystali dane pochodzące z hiszpańskiego urzędu statystycznego do zbadania nierówności społecznych w zakresie mobilności w czasie i po lockdownie związanym z COVID-19 w obszarze metropolitalnym Madrytu. Romanillos i wsp. (2021) zebrali dane dotyczące mobilności telefonów komórkowych pochodzące z kilku różnych źródeł, w tym z Dziennika Urzędowego oraz od operatorów

GPS data from the partly open MOBIS study next to micro-mobility service provider's data, which is also a good source of mobility data, but usually access must be requested (Li et al., 2021).

The primary databases were created through questionnaire surveys. These are especially advantageous if a specific group or research question is to be studied. Szczepanek and Kruszyna (2022) researched the mobility patterns of employees of the Wrocław University of Sciences and Technology with an online survey, but research on food-purchasing related mobility habits of university students in Torino was also found (Braut et al., 2022). Questionnaires can be used for psychology-related research, too; Mars, Arroyo and Ruiz (2022) studied the differences in wellbeing according to mobility habits in Valencia. In most cases surveys were taken online, but there are more specific methods; Bohman et al. (2021) used a map-based online survey made by Maptionnaire, which made possible to embed qualitative data into a quantitative study design. These show that questionnaires can be used in many ways and context, however, a well-thought-out strategy is needed to achieve representativeness.

Methods used in the context of the city

The indicators and variables used are mostly repetitive. Demographic and sociodemographic indicators, and individual characteristics are commonly used independent variables. For measuring mobility, travel time, transport modes (car, public transport mode, walk, bike) and goals or activities (e.g. work, school, home, sport, entertainment, shopping) are essential. Databases from public transport operators allow the use of higher volume indicators, such as parking time, pedestrian flow, passenger data, demand of operating costs or traffic volume. For cities, aggregation at a territorial level is not always necessary (which is why it is an appropriate choice to use data from urban transport operators or municipalities), which facilitates data analysis.

hiszpańskiej sieci telefonów komórkowych (MNO). MNO jest głównym źródłem danych dotyczących mobilności. Informacje pochodzą z lokalizatorów rozmów telefonicznych i zawierają wrażliwe dane osobowe, dlatego trudno jest je pozyskać. W takim przypadku należy zachować szczególną ostrożność w celu zabezpieczenia danych osobowych w czasie procesu publikacji. W badaniu przeprowadzonym w Zurychu, badacze wykorzystali dane pochodzące z systemu GPS, z częściowo otwartego badania MOBIS oraz od dostawcy usług mikromobilności. Jest to również dobre źródło danych dotyczących mobilności, jednak zazwyczaj należy poprosić o ich udostępnienie (Li i in., 2021).

Bazy danych pierwotnych zostały utworzone za pomocą ankiet badawczych. Są one szczególnie przydatne w przypadku badania określonej grupy lub gdy zadano pytanie badawcze. Szczepanek i Kruszyna (2022) badali wzorce mobilności pracowników Politechniki Wrocławskiej za pomocą ankiety internetowej. Odnaleziono również wyniki badań nad mobilnością studentów w Turynie w zakresie nawyków związanych z zakupami żywności (Braut i wsp., 2022). Kwestionariusze mogą być również wykorzystywane do badań psychologicznych. Mars, Arroyo i Ruiz (2022) badali różnice w samopoczuciu w zależności od mobilności w Walencji. W większości przypadków ankiety przeprowadzono w formie zdalnej, jednak istnieją również bardziej specyficzne metody badawcze. Bohmana i wsp. (2021) wykorzystali ankietę internetową wykorzystującą mapy (Maptionnaire), która umożliwiła osadzenie danych jakościowych w projekcie badania ilościowego. Wyniki badań wskazują, że kwestionariusze mogą być wykorzystywane na wiele różnych sposobów i w wielu kontekstach, jednak dla zapewnienia reprezentatywności potrzebna jest przemyślana strategia działania.

Metody stosowane w kontekście miasta

Stosowane wskaźniki i zmienne są w większości powtarzalne. Najczęściej stosowanymi zmiennymi niezależnymi są wskaźniki demograficzne i socjodemograficzne oraz cechy indywidualne. Do pomiaru mobilności niezbędne są następujące elementy: czas podróży, środek transportu (samochód, środek transportu publicznego, spacer, rower) oraz cel lub aktywność (np. praca, szkoła, dom, sport, rozrywka, zakupy). Bazy danych operatorów komunikacji miejskiej pozwalają na wykorzystanie wskaźników o większym wolumenie tj. czas postoju, natężenie ruchu pieszych, dane pasażerów, koszty eksploatacji czy natężenie ruchu. W przypadku miast nie zawsze jest konieczna agregacja na poziomie terytorialnym (najlepiej wykorzystać dane pochodzące od przewoźników miejskich lub władz samorządowych), ponieważ ułatwia to analizę danych.

Mainly basic statistical methods (descriptive statistics, correlation analysis) are used in 5 cases, which means they were working with frequency, distribution and correlation (Carrese et al., 2021; Szczepanek, Kruszyna, 2022; Rasca et al. 2022; Aloï et al., 2020; Bucsky, 2020). This means mobility can be measured with simple statistical methods, but there are cases where advanced statistical methods were used (methods requiring a higher level of expertise), like linear or logistic regression and factor analysis, but these need a deeper understanding in statistics; R rat et al. (2022) used logistic regression to mitigate sampling bias, Sträuli et al. (2022) worked with linear and ordinal regression models to prove a relationship in explanatory variables, e.g. public transport usage before and after COVID-19.

Unique methods in mobility research in cities can be found in a few cases, Bivariate/Hierarchical Order Probit Model and discrete choice model (Tsavdari et al., 2022) and Holt-Winter's multiplicative method to evaluate the pandemic's impact on the public transport system of Budapest (Souza, Mátraï, 2022).

Geographical visualisation is a great way to illustrate mobility patterns. Using maps, researchers are able to visualise the spatiality of mobility patterns, but it also requires specific knowledge for mapping and spatial data. Their use helps to better understand the subject of the study and to interpret the results in the spatial dimension. Figure 4 shows how changes in the number and volume of docked bikes can be visualised (Li et al., 2021).

W pi ciu przypadkach zastosowano podstawowe metody statystyczne (statystyka opisowa, analiza korelacji), co oznacza,  e w badaniach wykorzystano ocen  cz stotliwo ci, rozk adu i korelacji (Carrese i wsp., 2021; Szczepanek, Kruszyna, 2022; Rasca i wsp. 2022; Aloï i in., 2020; Bucsky, 2020). Mobilno c można mierzy  za pomocą prostych metod statystycznych, ale zdarzają się przypadki, w których są stosowane zaawansowane metody statystyczne (metody wymagające wyższego poziomu wiedzy), na przykład regresja liniowa lub logistyczna oraz analiza czynnikowa; ich zastosowanie wymaga g bszego zrozumienia zagadnień statystycznych. R rat i wsp. (2022) zastosowali metod  regresji logistycznej w celu zmniejszenia b dru próbkowania. Str uli i wsp. (2022) wykorzystali model regresji liniowej i porządkowej, aby udowodni  związek pomiędzy zmiennymi objaśniającymi np. korzystaniem z transportu publicznego przed i po pandemii COVID-19.

W kilku przypadkach zastosowano unikalne metody badań nad mobilnością w miastach, na przykład dwuwymiarowy/hierarchiczny model probit, model wyboru dyskretnego (Tsavdari i in., 2022) oraz multiplikatywną metod  Holta-Wintera do oceny wpływu pandemii na system transportu publicznego w Budapeszcie (Souza, Mátraï, 2022).

Wizualizacja geograficzna to świetny sposób na zilustrowanie wzorców mobilności. Korzystając z map, badacze są w stanie zwizualizowa  przestrzennie wzorce mobilności, jednak wymaga to specjalistycznej wiedzy na temat mapowania oraz użytkowania danych przestrzennych. Pozwala to lepiej zrozumieć przedmiot badań i zinterpretowa  wyniki w wymiarze przestrzennym. Rycina 4 przedstawia wizualizacj  zmian w liczbie zaparkowanych rowerów oraz d ugo c przejazdu (Li i in., 2021).

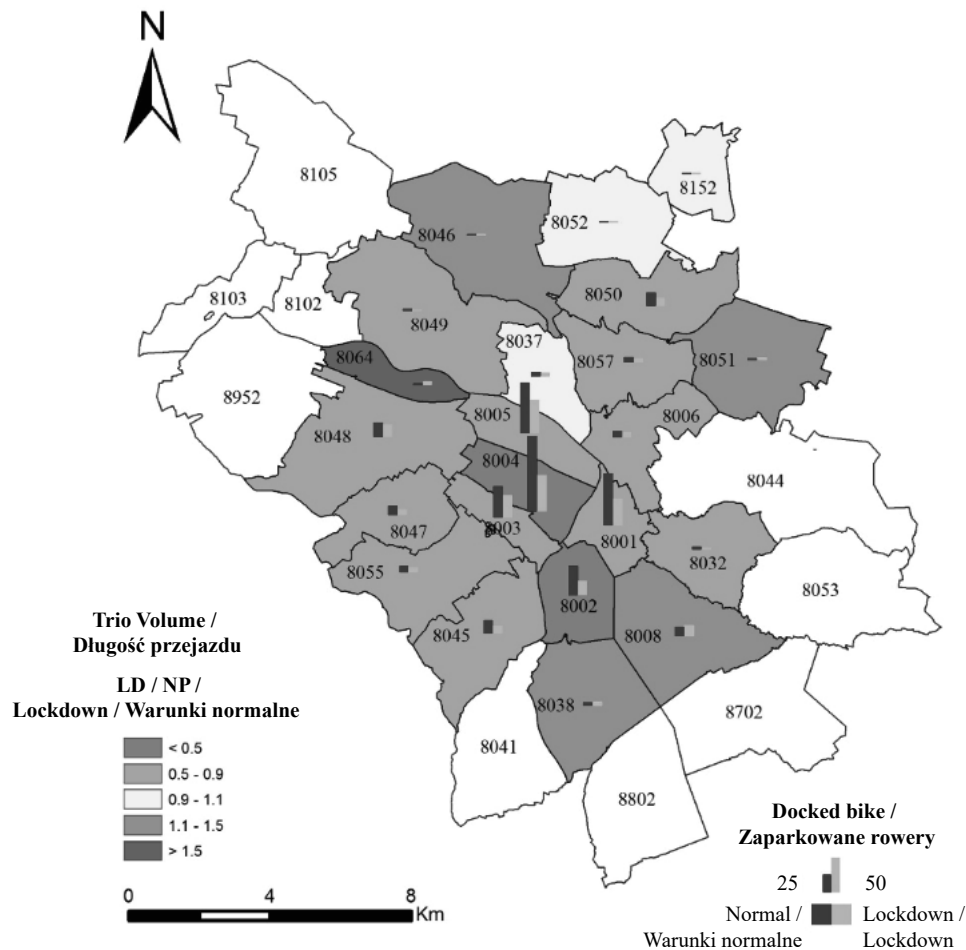


Figure 4. The spatial distribution on micro-mobility daily trip volume for docked bikes

Rysunek 4. Rozkład przestrzenny dziennej długości przejazdu zaparkowanych rowerów w ramach usługi mikromobilności

Source: Li et al., 2021 p. 8.

Źródło: Li i in., 2021 strona 8.

Country as a context

There are 12 studies covering a country or a smaller group of countries. All of them are focusing on March 2020, sometimes with the following or the previous, preference months, which means there is a research gap from autumn 2020. The most researched country is Italy (Caballini, Augustino, Chiara, 2021; Beria, Lunkar, 2021; Ascani, Faggian, Montesor, Palma, 2021; Borsati, Nocera, Percoco, 2022). There is research from the Netherlands (de Haas, Faber, Hamersma, 2020; Chen, Feng, Gu, Yao, 2022), Germany (Eisenmann, Nobis, Kolarova, Lenz, Winkler, 2021; Ferreira et al., 2022), the United Kingdom (Hadjidemetriou, Sasidharan, Kouyialis, Parlikad, 2020), France (Pullano, Valdano, Scarpa, Rubrichi, Colizza, 2020), Greece (Nikiforiadis et al., 2022) and Switzerland (Molloy et al., 2021). Iacus et al. (2020) did research in a small group of countries (France, Spain and Italy). It can be seen that just like in the case of cities, many regions in Europe are under-researched (such as the Balkans and Eastern

Kontekst państwa

Przeprowadzono 12 badań obejmujących jedno państwo lub mniejszą grupę państw. Wszystkie badania dotyczyły marca 2020 roku, czasem również kilku miesięcy poprzedzających lub następujących, co wskazuje lukę badawczą trwającą od jesieni 2020 r. Najczęściej badanym państwem były Włochy (Caballini, Augustino, Chiara, 2021; Beria, Lunkar, 2021; Ascani, Faggian, Montesor, Palma, 2021; Borsati, Nocera, Percoco, 2022). Przeprowadzono również badania w Holandii (de Haas, Faber, Hamersma, 2020; Chen, Feng, Gu, Yao, 2022), Niemczech (Eisenmann, Nobis, Kolarova, Lenz, Winkler, 2021; Ferreira i in., 2022), Wielkiej Brytanii (Hadjidemetriou, Sasidharan, Kouyialis, Parlikad, 2020), Francji (Pullano, Valdano, Scarpa, Rubrichi, Colizza, 2020), Grecji (Nikiforiadis i in., 2022) oraz Szwajcarii (Molloy i in., 2021). Iacus i in. (2020) przeprowadzili badania na niewielkiej grupie państw (Francja, Hiszpania i Włochy). Podobnie jak w przypadku miast, wiele regionów w Europie zostało niedostatecznie zbadanych (np.

Europe), so there are research gaps in most parts of geographic Europe.

Datasets in the context of countries

At a country level, data provided by large digital companies are emerging. The most used databases in this category are the mobility reports of Google and Apple. These companies work from the user's personal data if they give access to follow their location through their smart devices. Facebook also provided a dataset based on GPS data from the user's Location History (Beria, Lunkar, 2021; Ascani et al., 2021). One of the biggest advantages of the Google Mobility Report is that the public data is now essentially a ratio of changes calculated from anonymised and aggregated data (Woskie et al., 2021), so the researchers no longer have to worry about privacy issues. Beria and Lunkar (2021) researched Italy with the help of Facebook; in the case of Italy, a complete country-scale dataset was available for them (Italy Coronavirus Disease Prevention Map Package) within the Facebook Disaster Maps. The advantages of using data from social media social companies are they are flexible and easy to scale, so researchers' have a bigger freedom in choosing their methods (Hu et al., 2021) but they need a deep understanding in big data and advanced statistical methods. Another company providing data is Flux Vision, which is specialised in mobile phone based big data (Pullano et al., 2020).

Datasets from MNOs are also appearing in the country context in one study (Iacus et al., 2020), whose advantages and disadvantages are discussed in the previous chapter. Databases from public authorities are also appearing, but they are not city-specific public transport operators. The Netherlands has its own Mobility Panel, the panel's participants were the sample in the research of de Haas et al. (2020), so they were able to use secondary and primary data from the same source, which was representative from the outset. The previous chapter mentioned the MOBIS study's GPS data, which was also used at a country level by Molloy et al. (2021).

Questionnaires were less common at a country level (as mentioned, it is challenging to achieve representativeness on a bigger population). The stated preference survey was made in two studies (Chen et al., 2022; Ferreira et al., 2022) to measure travel choice preferences. Eisenmann et al. (2021) used an online survey to measure the importance of cars in the light of public transport usage habits. Nikiofiradis et al. (2022) collected data through web-based questionnaires from several Greek cities, then they paired the data with the cities' attributes (area, population, population density, bicycle lanes density) from various open sources and made a country level analysis.

Bałkany, Europa Wschodnia), dlatego luki badawcze dotyczą większej geograficznej części Europy.

Zbiory danych stosowane w kontekście państwa

Na poziomie państwa wykorzystywane są dane pochodzące z dużych firm opartych na technologiach cyfrowych. Najczęściej stosowanymi bazami danych są raporty mobilności Google i Apple. Firmy te zbierają dane osobowe użytkowników, jeśli wyrażą oni zgodę na śledzenie swojej lokalizacji za pomocą inteligentnych urządzeń. Facebook udostępnił również zestaw danych pochodzących z GPS z historii lokalizacji użytkownika (Beria, Lunkar, 2021; Ascani i in., 2021). Jedną z największych zalet raportu mobilności Google jest fakt, że dane publiczne stanowią stosunek zmian obliczony na podstawie zanonimizowanych i zagregowanych danych (Woskie i in., 2021), dzięki temu znika kwestia ochrony prywatności. Beria i Lunkar (2021) przeprowadzili badanie we Włoszech z wykorzystaniem danych pochodzących z Facebooka. Posiadali oni kompletny zestaw danych dla całego kraju (pakiet map do zapobiegania zakażeniu koronawirusem we Włoszech) opartych o mapy katastrof Facebooka. Zaletą korzystania z danych pochodzących z firm opartych o media społecznościowe jest fakt, że dane są elastyczne i łatwe do skalowania, dlatego badacze mają większą swobodę w wyborze metod badawczych (Hu i in., 2021). Jednak w tym przypadku wymagana jest zaawansowana znajomość zagadnień big data (dużych zmiennych i różnorodnych zbiorów danych) oraz zaawansowanych metod statystycznych. Inną firmą, która udostępnia dane jest Flux Vision. Specjalizuje się ona w big data pochodzących z sieci telefonów komórkowych (Pullano i in., 2020).

Zbiory danych pochodzących z MNO pojawiły się również w kontekście państwa w jednym z badań (Iacus i in., 2020), którego zalety i wady omówiono w poprzednim rozdziale. Pojawiają się również informacje o danych pozyskanych z baz danych władz publicznych, jednak nie pochodzą one od operatorów transportu publicznego danego miasta. Holandia posiada swój własny panel mobilności, którego uczestnicy stanowili próbę w badaniu przeprowadzonym przez de Haas i in. (2020). Dzięki temu badacze mogli wykorzystać dane drugorzędowe i pierwotne pochodzące z tego samego źródła. Umożliwiło to zapewnienie reprezentatywności już na samym początku badania. W poprzednim rozdziale wspomniano o danych pochodzących z systemu GPS wykorzystanych w badaniu MOBIS, które zostały wykorzystane na poziomie państwa przez Molloya i in. (2021).

Kwestionariusze były rzadziej stosowane na poziomie państwa (jak wspomniano powyżej, trudno jest uzyskać reprezentatywność w przypadku badania prowadzonego na większej populacji). Ankiety,

w których respondenci pytani są o preferencje wykorzystano w dwóch badaniach (Chen i in., 2022; Ferreira i in., 2022) w celu oceny preferowanych sposobów podróżowania. Eisenmanna i in. (2021) wykorzystali ankietę internetową, aby ocenić znaczenie samochodów w kontekście nawyków korzystania z transportu publicznego. Nikiofiradis i wsp. (2022) zebrali dane za pomocą kwestionariuszy internetowych rozpowszechnionych w kilku greckich miastach. Następnie zestawiono dane z charakterystyką tych miast (powierzchnia, liczba ludności, gęstość zaludnienia, liczba tras rowerowych). Dane pochodziły z ogólnodostępnych źródeł; przeprowadzono analizę na poziomie państwa.

Methods used on country level

Variables and indicators are very similar as on city level, as mobility research has its own methods - the origin and destination of the journey are equally important, such as the travel mode and time. The biggest difference is that at a country level, the population and sample sizes are significantly higher, and aggregation is needed in many cases, which means more work for researchers.

There is not much difference in the methodology used at a country level than a city level as well, but basic statistical methods are less common, it is more common to use regression models. Pullano et al. (2020) made a network analysis that is unique in the reviewed literature; they have used temporally resolved travel flows reconstructed from mobile phone trajectories in France. Chen et al. (2022) worked with the random utility theory and latent class model based on a state choice experiment, which was embedded in a web-based survey. With this method, researchers have the opportunity to control the variation of attributes and attribute levels, and it is possible to estimate how important each attribute is to a respondent, and how much it influences their decisions. Beria and Lunkar (2021) developed an origin - destination model based on Facebook data in Italy, which is available in the Facebook Disaster Maps. Hadjidemetriou et al. (2020) used mathematical modelling to measure how virtual communication changes affected mobility in Italy.

Complex levels in mobility research

Complex levels are built up from a broader immersion of cities and countries, or nearly the territory of the whole European Union. This survey unit allows researchers to investigate complex

Metody stosowane na poziomie państwa

Stosowane zmienne i wskaźniki są bardzo podobne do tych wykorzystywanych na poziomie miasta, ponieważ badania nad mobilnością mają specyficzną metodologię. Równie ważny jest początek jak i cel podróży, podobnie jak środek transportu i czas podróży. Największa różnica polega na tym, że na poziomie państwa populacja i wielkość próby są znacznie większe, dlatego w wielu przypadkach potrzebna jest agregacja danych, co jest bardziej pracochłonne dla badaczy.

Wykazano brak znacznej różnicy w metodologii badawczej na poziomie państwa i miasta. Jednak podstawowe metody statystyczne są rzadziej stosowane, częściej – modele regresji. Pullano i in. (2020) przeprowadzili unikalną w literaturze analizę sieci komórkowych. Wykorzystali określone w czasie przepływy podróżnych zrekonstruowane na podstawie trajektorii telefonów komórkowych we Francji. Chen i in. (2022) oparli swoje badania na teorii użyteczności losowej i modelu klas ukrytych tworząc eksperyment z wyborem stanu, który został osadzony w ankiecie internetowej. Dzięki zastosowaniu tej metody badacze mają możliwość kontrolowania zmienności atrybutów, oceny poziomów atrybutów oraz oszacowania jak ważny jest dany atrybut dla respondenta i jak bardzo wpływa on na jego decyzje. Beria i Lunkar (2021) opracowali model pochodzenia-przeznaczenia w oparciu o dane pochodzące z Facebooka we Włoszech, zaczerpnięte z map katastrof Facebooka. Hadjidemetriou i wsp. (2020) wykorzystali modelowanie matematyczne do zmierzenia wpływu wirtualnych zmian komunikacji na mobilność we Włoszech.

Poziomy złożone w badaniach nad mobilnością

Poziomy złożone są tworzone poprzez bardziej dogłębną analizę miast i państw lub prawie całego terytorium Unii Europejskiej. Ta jednostka badawcza pozwala śledzić złożone procesy, zmiany

processes, large-scale changes and spatial patterns, it is even possible to make comparisons between units of analysis (e.g. between regions or countries). Woskie et al. (2021) and Kallidoni, Katrakazas and Yannis (2022) worked with a database covering most countries (27 European countries). Franks, Gruss, Mulas-Granados, Patnam and Weber (2022) analysed 22 European countries to research how their reopening strategies influenced the economic activities and infections. Santamaria et al. (2022) conducted a European regional mobility analysis with 14 countries using MNO's aggregated data. Rangachev, Marinov and Mladenov (2022) conducted the only research focusing on Bulgaria, but they included other European countries to the analysis using data from Eurostat. Most researchers are focusing on 2020, nonetheless there are two researchers with a timeframe that extends to 2021, and the research using the latest data is also in this category; Katanic and Damjanovic (2022) conducted the research with a year-long timeline between February 2021 and February 2022. Additional research opportunities exist, mainly in terms of the periods studied, as there is a lack of long-term research topics in the literature, however, this type of research would be needed to examine the long-term effects of the pandemic.

Datasets used on complex levels

At the complex level, national databases practically disappear. All research is mainly based on secondary sources, there is only one exception; Christidis, Cawood and Fiorello (2022) used primary data from an online survey with 1000 respondents, because in addition to new mobility patterns, they were curious about the citizens' new expectations regarding public transport and urban planning. They combined online and telephone interviews in 22 cities from 11 Member States and applied quotas for each city, this method resulted in a representative sample; a useful lesson from this is that even in interview research with such a large sample, representativeness is still achievable using quotas.

The chosen secondary databases are not surprising, analysing millions of people's data requires robust databases and advanced analytical skills. The Google COVID-19 Community Mobility Reports are quite popular at this level of research, such as the Apple Mobility Report; these datasets provide data from across the world, and national data can be easily aggregated into larger units.

występujące na dużą skalę oraz wzorce przestrzenne; możliwe jest nawet dokonywanie porównań pomiędzy poszczególnymi jednostkami (np. pomiędzy regionami lub państwami). Woskie i in. (2021) oraz Kallidoni, Katrakazas i Yannis (2022) wykorzystali bazę danych obejmującą większość krajów europejskich (27 państw). Franks, Gruss, Mulas-Granados, Patnam i Weber (2022) poddali analizie 22 kraje europejskie, aby zbadać, w jaki sposób strategie ponownego otwarcia po lockdownie wpłynęły na działalność gospodarczą i wskaźniki zakażeń. Santamaria i in. (2022) przeprowadzili europejską analizę mobilności regionalnej z uwzględnieniem 14 krajów, korzystając ze zagregowanych danych MNO. Rangachev, Marinov oraz Mladenov (2022) jako jedyni przeprowadzili badania w Bułgarii, jednak w analizie uwzględnili również inne kraje europejskie, korzystając z danych Eurostatu. Większość badań dotyczy roku 2020, niemniej jednak dwóch badaczy sięga ramami czasowymi swoich badań roku 2021. Badania wykorzystujące najnowsze dane również należą do tej kategorii. Katanic i Damjanovic (2022) przeprowadzili badania w rocznym horyzoncie czasowym tj. od lutego 2021 do lutego 2022 roku. Niezbędne są dalsze badania, zwłaszcza obejmujące badane okresy, gdyż w literaturze brakuje badań długoterminowych. Tego typu badania są potrzebne do oceny długoterminowych skutków pandemii.

Zbiory danych stosowane na poziomach złożonych

Na poziomie złożonym, krajowe bazy danych praktycznie nie są wykorzystywane. Wszystkie badania opierają się głównie na danych drugorzędowych. Istnieje jednak jeden wyjątek: Christidis, Cawood i Fiorello (2022) wykorzystali dane pierwotne pochodzące z ankiety internetowej przeprowadzonej wśród 1000 respondentów. Oprócz danych na temat nowych wzorców mobilności, chcieli oni również uzyskać informacje odnośnie oczekiwań społecznych w zakresie transportu publicznego i planowania urbanistycznego. Badacze dokonali połączenia metody wywiadu internetowego i telefonicznego przeprowadzanego w 22 miastach (spośród 11 państw członkowskich). Dla każdego miasta zastosowano kwoty, dzięki czemu uzyskano reprezentatywną próbę. Użytecznym wnioskiem pochodzącym z tego badania jest fakt, że stosując metodę wywiadu naukowego z nawet tak dużą próbą, można uzyskać reprezentatywność przy użyciu kwot.

Wybrane bazy danych drugorzędne nie są zaskakujące, gdyż analiza danych pochodzących od milionów ludzi wymaga zastosowania obszernych źródeł i posiadania zaawansowanych umiejętności analitycznych. Raporty mobilności ludności firmy Google dotyczące COVID-19 są dość często wykorzystywane na tym poziomie badań, podobnie jak

Applied methods on complex levels

Variables and indicators include local policies in more research. Kallidoni et al. (2022) analysed the changes in driving and walking using the Apple Mobility Report in the light of stay-at-home policies. Woskie et al. (2021) researched relationships between policies and observed changes in weekly average mobility; they analysed 27 European countries considering data availability on policies and population mobility. Christidis, Ciuffo and Vespe (2022) used geographic zones as an indicator. Epidemiological indicators are also appearing in some research, including COVID-19 related deaths and infection; these, combined with mobility data, can provide a picture of the relationship between infection and human mobility.

In terms of the methods used, research based on simple statistical analysis is declining at this level. Only one study applied basic statistical methods (Katanic, Damjanovic, 2022). On this level, the complexity of methodologies is growing, and they need more specific understanding in disciplines. Almost all research use regression models, but there is also interrupted time series design models (Woskie et al., 2021; Kallidoni et al., 2022), which can support the analyse of temporality. Franks et al. (2022) used projection methods with publicly available data in 22 European countries. Christidis, Cawood and Fiorello (2022) worked with a classification model Christidis, Ciuffo and Vespe (2022) applied mathematical models and used MNOs data collected from 23 European countries. D'Ursua, Mucciardi, Otrando and Vitale (2022) applied a STAR-based fuzzy C-medoids clustering model, which is a common, nonetheless advanced method in regional and geographical analyses.

Conclusions

Table 1 shows the main findings of this paper, a summary of European mobility research methodologies for COVID-19 pandemic. The analysed territorial level has an essential impact on the data sources and methods that can be used. It can be seen that at a city level, most of the databases are from local sources, including public transport

raporty mobilności firmy Apple. Takie zbiory danych dostarczają informacji z całego świata; dane z poszczególnych krajów można łatwo agregować w większe jednostki.

Metody stosowane na poziomach złożonych

W większości badań, zmienne i wskaźniki obejmują lokalne regulacje. Kallidoni i in. (2022) przeanalizowali zmiany w wykorzystaniu pojazdów i nawykach związanych z chodzeniem, w oparciu o raporty mobilności firmy Apple w kontekście polityki pozostania w domu. Woskie i in. (2021) zbadali zależność pomiędzy regulacjami a zmianami średniej tygodniowej mobilności. Autorzy poddali analizie 27 krajów europejskich pod kątem dostępności danych na temat regulacji i mobilności ludności. Christidis, Ciuffo i Vespe (2022) wykorzystali strefy geograficzne jako wskaźnik. W niektórych badaniach pojawiają się również wskaźniki epidemiologiczne, w tym liczba zgonów związanych z koronawirusem i liczba zakażeń COVID-19. Tego typu informacje w połączeniu z danymi dotyczącymi mobilności mogą wskazać związek pomiędzy zakażeniem a mobilnością.

Pod względem metod stosowanych na tym poziomie, liczba badań opartych na prostych analizach statystycznych ulega zmniejszeniu. Tylko w jednym badaniu zastosowano podstawowe metody statystyczne (Katanic, Damjanovic, 2022). W tym przypadku, rośnie złożoność metodologii badawczej i wymagane jest bardziej szczegółowe zrozumienie poszczególnych dyscyplin. Prawie wszystkie badania są oparte na modelach regresji, jednak wykorzystywane są również modele projektowania przerywanych szeregów czasowych (Woskie i in., 2021; Kallidoni i in., 2022), które ułatwiają analizę związków czasowych. Franks i in. (2022) wykorzystali metody projekcji używając ogólnodostępnych danych pochodzących z 22 krajów europejskich. Christidis, Cawood i Fiorello (2022) wykorzystali model klasyfikacyjny. Christidis, Ciuffo i Vespe (2022) zastosowali modele matematyczne i dane udostępnione przez MNO pochodzące z 23 krajów europejskich. D'Ursua, Mucciardi, Otrando i Vitale (2022) wykorzystali oparty na STAR rozmyty model grupowania C-medoidów, który choć jest powszechnie stosowany, jest zaawansowaną metodą analiz regionalnych i geograficznych.

Podsumowanie

Tabela 1 przedstawia główne wnioski pochodzące z artykułu, w którym autorzy dokonują podsumowania metodologii badań nad mobilnością stosowanej w Europie w kontekście pandemii COVID-19. Poziom terytorialny w znaczny sposób determinuje źródła pozyskiwanych danych i stosowane metody badawcze. Na poziomie miasta, większość danych

authorities, these databases are easy to access and handle. The main variables and indicators are based on sociodemographic information, trip and travel information, and the applied methods include mainly basic statistical methods, regression models and geographical visualisation. On a country level, robust datasets are more common, which need a deeper understanding on big data and data analysis. Questionnaires are more difficult to handle because of representativity issues. On this level, spatial indicators are more common, methods include more advanced models. On the complex level, national data is less meaningful, databases are from company sources, including mobility network operators, but these databases needed to be used carefully because of privacy issues. National and Europe-level policies have a growing importance. The variables and indicators used are very similar to the other levels, but epidemiological indicators have a growing importance.

pochodzi ze źródeł lokalnych, w tym od władz transportu publicznego, a dostęp do baz danych i ich użytkowanie nie stanowi problemu. Główne zmienne i wskaźniki są oparte na danych socjodemograficznych, informacjach na temat przemieszania i podróży. Stosowane są tutaj podstawowe metody statystyczne, modele regresji oraz wizualizacja geograficzna. Na poziomie państwa, wykorzystywane są obszerne zbiory danych, które wymagają znajomości pracy z big data oraz zaawansowanej wiedzy na temat procesu analizy danych. Stosowanie kwestionariuszy jest bardziej problematyczne ze względu na kwestie związane z reprezentatywnością. Na poziomie państwa częściej wykorzystywane są wskaźniki przestrzenne, a metody badawcze obejmują bardziej zaawansowane modele. Na poziomie złożonym, dane krajowe mają mniejsze znaczenie, bazy danych pochodzą od firm, w tym od operatorów sieci świadczących usługi mobilności. Z tego rodzaju baz danych należy korzystać ostrożnie ze względu na kwestie związane z ochroną danych osobowych. Na poziomie krajowym i europejskim coraz większego znaczenia nabierają odpowiednie regulacje. Stosowane zmienne i wskaźniki są bardzo podobne do tych wykorzystywanych na innych poziomach, ale coraz większego znaczenia nabierają wskaźniki epidemiologiczne.

Table 1. Summary table of the most common databases, variables, methodologies per level

Tabela 1. Tabela przedstawia najczęściej stosowane bazy danych, zmienne oraz metodologię badań, według poziomu

Variables and methods/ Zmienne i metody	City level / Poziom miasta	Country level / Poziom państwa	Complex level / Poziom złożony
Databases / Bazy danych	Public transport authorities Local authorities Questionnaires / Władze transportu publicznego Urzędy lokalne Kwestionariusze	National authorities Google and Apple mobility reports Questionnaires / Władze krajowe Raporty mobilności Google/Apple Kwestionariusze	Google and Apple mobility reports Facebook – Data for Good MNOs' databases Policies / Raporty mobilności Google/Apple Facebook-Data for Good Bazy danych MNO Regulacje
Variables / Zmienne	Sociodemographic indicators Trip mode, time, goal / Wskaźniki socjodemograficzne Sposób podróżowania, czas, cel	Sociodemographic indicators Trip mode, time, goal Spatial information / Wskaźniki socjodemograficzne Sposób podróżowania, czas, cel Dane przestrzenne	Sociodemographic indicators Trip mode, time, goal Spatial information Epidemiological indicators / Wskaźniki socjodemograficzne Sposób podróżowania, czas, cel Dane przestrzenne Wskaźniki epidemiologiczne
Methods / Metody	Basic statistical methods Regression models Geographical visualisation / Podstawowe metody statystyczne Modele regresji Wizualizacja geograficzna	Basic statistical methods Regression models Mathematical models Geographic visualisation / Podstawowe metody statystyczne Modele regresji Modele matematyczne Wizualizacja geograficzna	Regression models Time series models Regional analysis methods / Modele regresji Modele szeregów czasowych Metody analizy regionalnej

Source: Author's own research.

Źródło: Opracowanie własne.

We can state that Northern, Central – and East – Europe are under-researched in this topic, and most of the research focused on 2020, the pandemic events of 2021 and later have more research opportunities; it would be particularly useful for research on the long-term effects. It can also be seen that mobility research can be approached from many different directions, and practically at each territorial level, it is possible to use different methods and databases, which can be beneficial for several disciplines.

This research is limited in terms of the database used; with the use of additional online databases, it is possible to review a much broader spectrum of literature on the subject, which also indicates a possible direction for further development of this research.

Wyniki badań wskazują, że Europa Północna, Środkowa i Wschodnia są niedostatecznie zbadane w tym kontekście, a większość badań koncentruje się na roku 2020. Tymczasem wydarzenia związane z pandemią z roku 2021 i późniejszym okresem dają więcej możliwości badawczych. Okres ten byłby szczególnie przydatny do prowadzenia badań nad skutkami długoterminowymi. Do badań nad mobilnością można podchodzić wieloaspektowo. Praktycznie na każdym poziomie terytorialnym możliwe jest wykorzystanie różnego rodzaju metod badawczych i baz danych, co w przypadku wielu dyscyplin jest bardzo przydatne. Omawiane badanie ma ograniczenia ze względu na rodzaj wykorzystanych baz danych. Przy zastosowaniu dodatkowych internetowych baz danych możliwe jest dokonanie znacznie szerszego przeglądu literatury, a to wskazuje dalszy ewentualny kierunek badań.

References:

1. Abu-Rayash, A., Dincer, I. (2020). Analysis of mobility trends during the COVID-19 coronavirus pandemic: Exploring the impacts on global aviation and travel in selected cities. *Energy Research & Social Science*, 68, 101693. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101693>
2. Aloi, A., Alonso, B., Benavente, J., Cordera, R., Echániz, E., González, F., Sañudo, R. (2020). Effects of the COVID-19 Lockdown on Urban Mobility: Empirical Evidence from the City of Santander (Spain). *Sustainability*, 12(9), 3870. <https://doi.org/10.3390/su12093870>
3. Ascani, A., Faggian, A., Montresor, S., Palma, A. (2021). Mobility in times of pandemics: Evidence on the spread of COVID19 in Italy's labour market areas. *Structural Change and Economic Dynamics*, 58, 444-454. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2021.06.016>
4. Beria, P., Lunkar, V. (2021). Presence and mobility of the population during the first wave of Covid-19 outbreak and lockdown in Italy. *Sustainable Cities and Society*, 65, 102616. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102616>
5. Bohman, H., Ryan, J., Stjernborg, V., Nilsson, D. (2021). A study of changes in everyday mobility during the Covid-19 pandemic: As perceived by people living in Malmö, Sweden. *Transport Policy*, 106, 109-119. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.03.013>
6. Borsati, M., Nocera, S., Percoco, M. (2022). Questioning the spatial association between the initial spread of COVID-19 and transit usage in Italy. *Research in Transportation Economics*, 95, 101194. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2022.101194>
7. Bucsky, P. (2020). Modal share changes due to COVID-19: The case of Budapest. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 8, 100141. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100141>
8. Caballini, C., Agostino, M., Dalla Chiara, B. (2021). Physical mobility and virtual communication in Italy: Trends, analytical relationships and policies for the post COVID-19. *Transport Policy*, 110, 314-334. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.06.007>
9. Carrese, S., Cipriani, E., Colombaroni, C., Crisalli, U., Fusco, G., Gemma, Saracchi, S. (2021). Analysis and monitoring of post-COVID mobility demand in Rome resulting from the adoption of sustainable mobility measures. *Transport Policy*, 111, 197-215. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.07.017>
10. Chen, C., Feng, T., Gu, X., Yao, B. (2022). Investigating the effectiveness of COVID-19 pandemic countermeasures on the use of public transport: A case study of The Netherlands. *Transport Policy*, 117, 98-107. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.01.005>
11. Christidis, P., Ciuffo, B., Vespe, M. (2022). Regional mobility during the Covid-19 pandemic: Analysis of trends and repercussions using mobile phones data across the EU. *Case Studies on Transport Policy*, 10(1), 257-268. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.12.007>
12. Christidis, P., Navajas Cawood, E., Fiorello, D. (2022). Challenges for urban transport policy after the Covid-19 pandemic: Main findings from a survey in 20 European cities. *Transport Policy*, 129, 105-116. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.10.007>

13. Costa, M., Félix, R., Marques, M., Moura, F. (2022). Impact of COVID-19 lockdown on the behavior change of cyclists in Lisbon, using multinomial logit regression analysis. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 14, 100609. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100609>
14. de Haas, M., Faber, R., Hamersma, M. (2020). How COVID-19 and the Dutch 'intelligent lockdown' change activities, work and travel behaviour: Evidence from longitudinal data in the Netherlands. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 6, 100150. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100150>
15. de Souza, R. N., Mátrai, T. (2022). Impacts of the COVID-19 pandemic in the demand for urban transportation in Budapest. *Transportation Research Procedia*, 62, 99-106. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.02.013>
16. D'Urso, P., Mucciardi, M., Otranto, E., Vitale, V. (2022). Community mobility in the European regions during COVID-19 pandemic: A partitioning around medoids with noise cluster based on space-time autoregressive models. *Spatial Statistics*, 49, 100531. <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2021.100531>
17. Eisenmann, C., Nobis, C., Kolarova, V., Lenz, B., Winkler, C. (2021). Transport mode use during the COVID-19 lockdown period in Germany: The car became more important, public transport lost ground. *Transport Policy*, 103, 60-67. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.01.012>
18. Ferreira, S., Amorim, M., Lobo, A., Kern, M., Fanderl, N., Couto, A. (2022). Travel mode preferences among German commuters over the course of COVID-19 pandemic. *Transport Policy*, 126, 55-64. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.07.011>
19. Franks, J., Gruss, B., Mulas-Granados, C., Patnam, M., Weber, S. (2022). Reopening strategies, mobility and COVID-19 infections in Europe: Panel data analysis. *BMJ Open*, 12(2), e055938. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-055938>
20. Glodeanu, A., Gullón, P., Bilal, U. (2021). Social inequalities in mobility during and following the COVID-19 associated lockdown of the Madrid metropolitan area in Spain. *Health & Place*, 70, 102580. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102580>
21. Hadjidemetriou, G. M., Sasidharan, M., Kouyialis, G., Parlikad, A. K. (2020). The impact of government measures and human mobility trend on COVID-19 related deaths in the UK. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 6, 100167. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100167>
22. Hu, T., Wang, S., She, B., Zhang, M., Huang, X., Cui, Li, Z. (2021). Human mobility data in the COVID-19 pandemic: Characteristics, applications, and challenges. *International Journal of Digital Earth*, 14(9), 1126-1147. <https://doi.org/10.1080/17538947.2021.1952324>
23. Iacus, S. M., Santamaria, C., Sermi, F., Spyrtatos, S., Tarchi, D., Vespe, M. (2020). Human mobility and COVID-19 initial dynamics. *Nonlinear Dynamics*, 101(3), 1901-1919. <https://doi.org/10.1007/s11071-020-05854-6>
24. Kallidoni, M., Katrakazas, C., Yannis, G. (2022). Modelling the relationship between covid-19 restrictive measures and mobility patterns across Europe using time-series analysis. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 22(2). <https://doi.org/10.18757/ejtir.2022.22.2.5728>
25. Katanić, P., Damjanović, S. (2022). Correlation of Human Mobility in Capitals of Seven European Countries During the COVID-19 Pandemic. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*. <https://doi.org/10.31181/300622045k>
26. Li, A., Zhao, P., Haitao, H., Mansourian, A., Axhausen, K. W. (2021). How did micro-mobility change in response to COVID-19 pandemic? A case study based on spatial-temporal-semantic analytics. *Computers, Environment and Urban Systems*, 90, 101703. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2021.101703>
27. Manzira, C. K., Charly, A., Caulfield, B. (2022). Assessing the impact of mobility on the incidence of COVID-19 in Dublin City. *Sustainable Cities and Policy*, 80, 103770. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103770>
28. Mars, L., Arroyo, R., Ruiz, T. (2022). Mobility and wellbeing during the covid-19 lockdown. Evidence from Spain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 161, 107-129. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.05.004>
29. Molloy, J., Schatzmann, T., Schoeman, B., Tchervenkov, C., Hintermann, B., Axhausen, K. W. (2021). Observed impacts of the Covid-19 first wave on travel behaviour in Switzerland based on a large GPS panel. *Transport Policy*, 104, 43-51. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.01.009>
30. Nikiforiadis, A., Mitropoulos, L., Kopelias, P., Basbas, S., Stamatiadis, N., Kroustali, S. (2022). Exploring mobility pattern changes between before, during and after COVID-19 lockdown periods for young adults. *Cities*, 125, 103662. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103662>
31. Pullano, G., Valdano, E., Scarpa, N., Rubrichi, S., Colizza, V. (2020). Evaluating the effect of demographic factors, socioeconomic factors, and risk aversion on mobility during the COVID-19 epidemic in France under lockdown: A population-based study. *The Lancet Digital Health*, 2(12), e638-e649. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(20\)30243-0](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30243-0)
32. Radziukiewicz, M. (2021). Remote work in Poland and its perspectives. *Economic and Regional Studies*, 14(4), 409-427. <https://doi.org/10.2478/ers-2021-0029>

33. Rangachev, A., Marinov, G. K., Mladenov, M. (2022). The demographic and geographic impact of the COVID pandemic in Bulgaria and Eastern Europe in 2020. *Scientific Reports*, 12(1), 6333. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09790-w>
34. Rasca, S., Markvica, K., Ivanschitz, B. P. (2021). Impacts of COVID-19 and pandemic control measures on public transport ridership in European urban areas – The cases of Vienna, Innsbruck, Oslo, and Agder. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 10, 100376. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100376>
35. Rérat, P., Haldimann, L., Widmer, H. (2022). Cycling in the era of Covid-19: The effects of the pandemic and pop-up cycle lanes on cycling practices. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 15, 100677. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100677>
36. Romanillos, G., García-Palomares, J. C., Moya-Gómez, B., Gutiérrez, J., Torres, J., López, M., Cantú-Ros, O. G., Herranz, R. (2021). The city turned off: Urban dynamics during the COVID-19 pandemic based on mobile phone data. *Applied Geography*, 134, 102524. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2021.102524>
37. Santamaria, C., Sermi, F., Spyrtatos, S., Iacus, S. M., Annunziato, A., Tarchi, D., Vespe, M. (2020). Measuring the impact of COVID-19 confinement measures on human mobility using mobile positioning data. A European regional analysis. *Safety Science*, 132, 104925. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104925>
38. Sträuli, L., Tuvikene, T., Weicker, T., Kębłowski, W., Sgibnev, W., Timko, P., Finbom, M. (2022). Beyond fear and abandonment: Public transport resilience during the COVID-19 pandemic. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 16, 100711. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100711>
39. Szendi, M., Sárosi-Blága, Á. (2022): Impact of the COVID-19 pandemic on smart city performance in Europe. *Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek* 19(4).
40. Szczepanek, W. K., Kruszyna, M. (2022). The Impact of COVID-19 on the Choice of Transport Means in Journeys to Work Based on the Selected Example from Poland. *Sustainability*, 14(13), Art. 13. <https://doi.org/10.3390/su14137619>
41. Tsavdari, D., Klimi, V., Georgiadis, G., Fountas, G., Basbas, S. (2022). The Anticipated Use of Public Transport in the Post-Pandemic Era: Insights from an Academic Community in Thessaloniki, Greece. *Social Sciences*, 11(9), Art. 9. <https://doi.org/10.3390/socsci11090400>
42. Pozo, R. F., Wilby, M. R., Vinagre Díaz, J. J., Rodríguez González, A. B. (2022). Data-driven analysis of the impact of COVID-19 on Madrid's public transport during each phase of the pandemic. *Cities*, 127, 103723. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103723>
43. Woskie, L. R., Hennessy, J., Espinosa, V., Tsai, T. C., Vispute, S., Jacobson, B. H., Cattuto, C., Gauvin, L., Tizzoni, M., Fabrikant, A., Gadepalli, K., Boulanger, A., Pearce, A., Kamath, C., Schlosberg, A., Stanton, C., Bavadekar, S., Abueg, M., Hogue, M., Gabrilovich, E. (2021). Early social distancing policies in Europe, changes in mobility & COVID-19 case trajectories: Insights from Spring 2020. *PLoS ONE*, 16(6), e0253071. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253071>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>) allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.