

# Possibilities and Difficulties of Depicting Migrations Using Static Thematic Maps

Tome MARELIĆ

University of Zadar, Department of Geography, Franje Tuđmana 24 i, 23000 Zadar, Croatia  
tmarelic@unizd.hr

**Abstract.** The paper discusses the possibilities of depicting movement on static thematic maps, using migration as an example – a process which is a part of everyday life, but which may be spatially and temporarily extremely variable. Migrations are mostly depicted using flow maps in demographic literature and elsewhere, for example in daily newspapers. Flow maps are very useful for depicting the movement theme, but migrations, or rather selected components of migration, can also be depicted using other types of thematic maps. The greatest obstacle is the depiction of time, or rather the simultaneous depiction of several years or time periods on a single static thematic map. The paper discusses some possibilities for representing components of migration by using several different types of static thematic maps, their advantages and disadvantages, with the focus on the possibilities and difficulties of mapping spatial and temporal variables on the same map.

**Keywords:** migrations, thematic maps, static maps

## 1 Introduction

Migrations, when observed as part of demographic and other social events, are extremely complex processes. Although migrations in the simplest sense are physical movements of populations, they include many components of spatial, temporal and social importance (Wertheimer-Baletić 1999, Nejašmić 2006). Besides the basic division into emigration and immigration, migration can be classified according to several other criteria. One is the demographic structure of the migrants and area of migrations, that is, the area of immigration and emigration, and the social changes that may occur in these areas. The temporal component (the period between the beginning and completion of migration) is also very important. The number of people who migrate and the intensity of their passage through an area or timeframe are also relevant. When studying migrations, *push* and *pull* factors that force people to change their place of residence permanently or temporarily must also be considered (Wertheimer-Baletić 1999, Nejašmić

2006). These factors often have an economical or political background, which sets migration in a wider social context, ranging from local to global scales (Cohen 2010). Methods of execution should not be overlooked either, because migration can also be classified in terms of transport (e.g. by land or sea, followed by more detailed means of transportation), organization (legal or not, organized or not) and so on (Castles and Miller 2003, Crawford and Champbell 2012).

During the process of creating thematic maps, cartographers must not only consider the purpose, but also the cartographic techniques to be applied. So, the careful selection of a map scale, cartographic projection, map symbols, and amount of content that can be included at once, with the information that must be drawn, are of prime importance. Other very important factors are the amount and accuracy of disposable input data and map purpose in order to establish the best possible communication with the selected group of map users (Tyner 2010). One of the biggest challenges in depicting migration on static thematic maps is time, or

# Mogućnosti i problemi prikazivanja migracija na statičnim tematskim kartama

Tome MARELIĆ

Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, F. Tuđmana 24 i, 23 000 Zadar, Hrvatska  
tmarelic@unizd.hr

**Sažetak.** U radu se razmatraju mogućnosti prikaza pokreta primjenom statičnih tematskih karata na primjeru migracija – procesa koji čini dio svakodnevice, a koji može biti i prostorno i vremenski izrazito varijabilan. Migracije se u demografskoj literaturi, ali i šire, primjerice u dnevnome tisku, grafički najčešće prikazuju kartama toka. Karte toka zorno predočavaju „temu“ pokreta u prostoru, no migracije, odnosno odabrane sastavnice migracija, moguće je prikazati i uz pomoć drugih vrsta tematskih karata. Ono što pritom svakako predstavlja najveću poteškoću je prikaz vremena, odnosno istodobni prikaz više godina ili razdoblja na jednoj statičnoj tematskoj karti. U radu su prikazane mogućnosti prikaza sastavnica migracija primjenom više različitih vrsta statičnih tematskih karata, prednosti i nedostaci svake od njih, s posebnim osvrtom na mogućnosti i poteškoće zajedničkog prikaza prostorne i vremenske varijable migracija na karti.

**Ključne riječi:** migracije, tematske karte, statične karte

## 1. Uvod

Migracije su, promatrano u svjetlu demografskih i drugih društvenih zbivanja, izrazito kompleksni procesi. Premda je, pojednostavljeno gledano, migracija fizičko kretanje stanovništva, ona sadrži mnogobrojne sastavnice prostornog, vremenskog i društvenog obilježja (Wertheimer-Baletić 1999, Nejašmić 2006). Osim temeljne podjele na emigraciju i imigraciju, migraciju kao proces moguće je dodatno klasificirati prema više različitih čimbenika. Ponajprije, riječ je o demografskoj strukturi migranata i prostoru migracije, odnosno prostoru imigracije i prostoru emigracije te prirodnim i društvenim promjenama koje se na tim prostorima zbivaju. Vrlo je važna i vremenska odrednica – kada je migracija nastupila i kada je završila, relevantni su broj osoba uključenih u migraciju i intenzitet migracije, odnosno gustoća prolaska ljudi kroz određeni prostor ili u određenom vremenu. Pri proučavanju migracija treba uzeti u obzir i uzroke i povode tih procesa, tzv. *push* i *pull*

čimbenike, zaslužne za poticanje iseljavanja, odnosno privlačenje useljenika (Castles i Miller 2003, Nejašmić 2006, Crawford i Campbell 2012), tj. koji potiču na pri-vremenu ili trajnu promjenu mjesta prebivališta. Ti su čimbenici u svojoj srži obično gospodarske ili političke prirode, što migracije često stavlja u širi društveni kontekst, od lokalnih do globalnih razmjera (Cohen 2010). Također se ne smije zanemariti ni način na koji se migracije odvijaju, pri čemu se migracije mogu razlikovati po vrsti prijevoza (kopnene ili prekomorske migracije te s obzirom na vrstu prometnih sredstava), organizaciji migracija legalne ili ilegalne, organizirane ili stihijske) i slično (Castles i Miller 2003, Crawford i Campbell 2012).

Prilikom izrade tematskih karata potrebno je voditi računa o namjeni takvih karata i mogućnostima primijenjenih kartografskih tehnika. Stoga je potrebno pažljivo odabrati mjerilo karte, kartografsku projekciju, kartografske znakove te količinu informacija koju je odjednom moguće i, s obzirom na mogućnost interpretacije karte, potrebno prikazati. Pritom je vrlo važna količina i preciznost raspoloživih ulaznih podataka te

rather the temporal dynamics of migration (Tobler 1981, 1987).

Since migrations are dynamic processes which exist simultaneously in space and time, a static map is a less appropriate medium for the simultaneous depiction of spatial distribution and time (that is, the dynamic characteristics of depicted objects), and difficulties may occur when determining the contact point (or points) of space and time.

The literature dealing with migrations frequently suffers from a lack of graphic content. Authors often use diagrams rather than thematic maps<sup>1</sup>, although there are books and papers, such as D. T. Rowland's *Demographic Methods and Concepts* (2014), that contain separate chapters on cartographic contents and methods used in demography and displaying demographical topics on thematic maps. The type of thematic map most frequently used to depict migration (although rarely in general), is the flow map, using pointed line symbols (arrows) that vary in width depending on whether the data presented are qualitative or quantitative (Robinson et al. 1995, Dent et al. 2009). This may lead to the assumption that the flow map is the only type appropriate for the purpose. In general, flow maps are very suitable for mapping movement, especially direction and intensity; however, they are not the only type applicable. In fact, since there are many components to migration, various types of thematic maps can be used to depict them.

The purpose of this paper is to consider some methods of displaying migrations and their components on *static*<sup>2</sup> thematic maps. Two examples of migrations, or waves of migration were used: Croatian European and overseas migration during the 20th century and the recent wave of migration from North Africa and the Middle East to Europe, particularly the EU. Croatian migration was described as 'quasi-stationary', i.e. only general numbers of migrants and their distribution across the globe were considered, while differences in

time frames and variations in migration flows to various countries and their causes were neglected (URL 1). The ongoing refugee wave from the Middle East and North Africa to Europe was observed both spatially and temporary, taking into account annual variations in numbers of migrants and their distribution across *migrant routes* (according to FRONTEX<sup>3</sup> classification) within a 10-year period from 2006 to 2016 (URL 2). Although no examples by the author of mapping other components of migrations are given in this paper, they could be represented via the same or similar types and subtypes of static thematic maps.

There are many publications about thematic maps in the form of books, manuals and scientific papers. However, in *Elements of Cartography* (Robinson et al. 1995) and *Principles of Map Design* (Tyner 2010) thematic cartography is scrutinized and explained in a very understandable and pragmatic way, while *Cartography: Thematic map Design* (Dent et al. 2009) is dedicated exclusively to thematic cartography. Croatian cartographic syntheses in the form of books are very rare. Two of the most prominent are *Uvod u geografsko poznavanje karata (An Introduction to the Geographical Understanding of Maps)* written by Roglić (1972, reprinted in 2005) in which thematic cartography is covered only partially, and Lovrić's *Opća Kartografija (General Cartography, 1988)* which contains much more detail on thematic maps and emphasises their classification. These publications deal with thematic cartography in a holistic manner, considering and emphasizing the role and classification of thematic maps, organizing, processing and visualizing data on them, and explaining the technical aspects of selection and application of colours, symbols and texts. On the other hand, there are far fewer publications about the possibilities of depicting migrations on thematic maps. Besides Rowland's work, the contribution of Waldo Tobler, a Swiss-American geographer and cartographer, should be highlighted. Tobler dedicated a great deal of his work to research mapping migrations and movement in general, for example in *A Model of Geographical Movement* (1981) and *Experiments in Migration Mapping by Computer* (1987). He also published *Flow Mapper* – flow map generating software in 2005 (URL 3).

## 2 Mapping Migrations on Thematic Maps

Thematic maps, also called *special purpose maps* (Dent et al. 2009), *applied maps* or *special maps* (Lovrić 1988), are

<sup>1</sup> For example: Wertheimer-Baletić 1999, Castles and Miller 2003, Nejašmić 2006, Crawford and Champbell, 2012.

<sup>2</sup> In this case, 'static thematic map' means an analogue (printed on media) or digital (displayed on a monitor or via projector) map which is not interactive, nor animated and does not include animations, but may depict objects and phenomena regardless of being static or dynamic. This explanation is added to avoid misunderstanding, because Lovrić, in his book *Opća kartografija (General Cartography)* (1988), considers static maps to be those which: "depict objects of the same or different kind that can be exactly localized", while dynamic maps are those which: "depict dynamic objects, e.g. migrations or the transfer of goods". This is understandable, in terms of the current limited implementation of digital technology in mapping in this area (Lovrić 1988, 138).

<sup>3</sup> European Border and Coast Guard Agency (EBCG). The acronym FRONTEX is derived from the French *Frontières extérieures* (external borders).

svrha u koju se karta izrađuje kako bi se putem nje osvrtila što bolja komunikacija s ciljanom grupom korisnika (Tyner 2010). Jedan od najvećih izazova prilikom prikaza migracija na statičnim tematskim kartama je vrijeme, odnosno vremenska dinamika migracija (Tobler 1981, 1987). S obzirom na to da su migracije dinamičan proces koji istodobno postoji u prostoru i vremenu, a statična karta je medij na kojem je iznimno teško istodobno precizno prikazati i stanje u prostoru i vrijeme (tj. dinamično obilježje nekog objekta prikazivanja), poteškoće nastaju prilikom, figurativno rečeno, odabira točke (ili točaka) dodira prostora i vremena.

Literatura u kojoj se razmatraju migracije često oskudijeva grafičkim priložima. Autori češće daju prednost grafikonima naspram tematskih kartografskih prikaza<sup>1</sup>, premda postoje i djela poput *Demographic Methods and Concepts* D. T. Rowlanda (2014.) unutar kojeg je posebno poglavlje posvećeno kartografskim prikazima kakvi se rabe u demografiji, odnosno prilikom predočavanja migracija na kartama. Osim što su tematski kartografski prikazi migracija rijetki, najčešće se primjenjuje jedna vrsta prikaza, zbog čega se površnim pristupom može steći dojam kako je to jedini način prikaza migracija na tematskim kartama. Riječ je o kartama toka (engl. *flow map*), odnosno tematskim kartama s usmjerenim linijskim signaturama (strelicama) iste ili različite širine, ovisno o tome jesu li prikazani podaci samo kvalitativne prirode ili uz kvalitativne sadrže i kvantitativne pokazatelje (Dent i dr. 2009, Robinson i dr. 1995). Karte toka svakako su pogodne za prikaz pokreta u prostoru, budući da se putem njih jasno može dočarati smjer i intenzitet kretanja, no valja napomenuti kako one nisu jedina vrsta prikaza koju je moguće upotrijebiti. Naime, sastavnice migracija su brojne pa su i različite vrste tematskih karata na kojima se one pokušavaju prikazati.

Cilj je ovoga rada razmotriti neke od načina prikazivanja migracija, odnosno njihovih sastavnica, uz pomoć *statičnih*<sup>2</sup> tematskih kartografskih prikaza. Kao primjeri

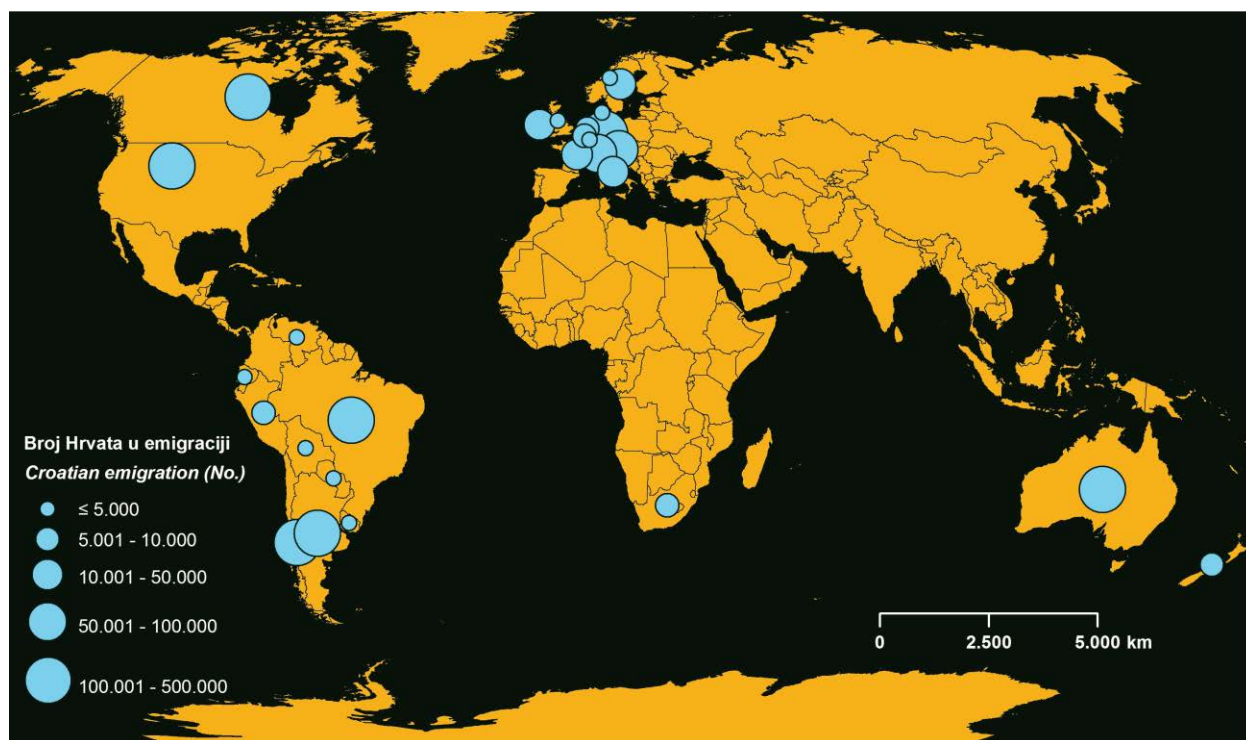
na temelju kojih su izrađene karte, upotrijebljena su dva, uvjetno rečeno, „vala“ migracija: hrvatska emigracija u Europu i prekomorske zemlje tijekom dvadesetog stoljeća te recentni val migracija koji se odvija s područja Bliskog istoka i sjeverne Afrike prema Europi. Val hrvatske emigracije promatran je „kvazistacionarno“, odnosno nisu uzete u obzir razlike u počecima migracija u pojedine države te promjene u tokovima migracija, kao ni razlozi tih migracija i demografska struktura migranata, već samo okvirni konačan broj migranata prema dostupnim podacima i njihova prostorna distribucija po državama (URL 1). Izbjeglički val s Bliskog istoka i sjeverne Afrike u Europu (koji još uvijek traje) promatran je i prostorno i vremenski, odnosno uzete su u obzir godišnje promjene broja migranata i promjene tzv. „migrantskih ruta“ (prema klasifikaciji FRONTEX-a<sup>3</sup>) unutar desetogodišnjeg razdoblja od 2006. do 2016. godine (URL 2). Premda prilikom izrade rada nisu dani primjeri kartografskih prikaza drugih sastavnica migracija (npr. dobna ili spolna struktura migranata), njih je također moguće prikazati s pomoću istih i sličnih tipova i podtipova statičnih tematskih karata.

Postoje mnoge publikacije o tematskim kartama u obliku monografija, priručnika i znanstvenih članaka. Među monografijama i priručnicima valja izdvojiti *Elements of Cartography* (Robinson i dr. 1995) te *Principles of Map Design* (Tyner 2010) koji na vrlo iscrpan i koncizan način i s iznimno pragmatičnim pristupom razmatraju tematsku kartografiju kao dio kartografije, dok je u djelu *Cartography: Thematic map Design* (Dent i dr. 2009) obrađena isključivo tematska kartografija. Vrlo su rijetke kartografske sinteze na hrvatskom jeziku. Treba istaknuti *Uvod u geografsko poznavanje karata* J. Roglića (1972, reprint izdanja iz 2005.) u kojem je tematska kartografija obrađena poprilično kratko i površno te *Opća kartografija* P. Lovrića (1988) koja sadrži umnogome detaljniji tekst o toj temi s naglaskom na klasifikaciju tematskih karata. Tematska kartografija se u prikazanim djelima najčešće razmatra holistički. Ističe se uloga i podjela tematskih karata, organizacija, obrada i vizualizacija podataka koji se prikazuju na kartama te razmatra tehnički aspekt odabira i primjene boja, kartografskih znakova i teksta. Kada je riječ o proučavanju mogućnosti primjene tematskih karata za prikaz migracija, valja istaknuti kako postoji iznimno malen broj radova na tu temu. Pritom svakako, uz već spomenuto djelo D. T. Rowlanda, treba izdvojiti doprinos

<sup>1</sup> Wertheimer-Baletić 1999, Castles i Miller 2003, Nejašmić 2006, Crawford i Champbell 2012.

<sup>2</sup> U radu se pod „statična tematska karta“ podrazumijeva karta koja je ili analogna (otisnuta na nekom mediju) ili digitalna (prikazana na zaslonu ili uz pomoć projektora), pod uvjetom da nije interaktivna, da nije animirana i da ne sadrži animacije kao dodatni sadržaj, ali pritom može prikazivati i stacionarne objekte i pojave, kao i one u pokretu. Ovo je napomenuto u svrhu izbjegavanja nesporazuma, budući da Lovrić u djelu *Opća kartografija* (1988) pod statičkim kartama smatra one koje „prikazuju istovrsne ili raznovrsne objekte koji se u određenom trenutku mogu točno lokalizirati“, dok pod dinamičkim kartama smatra one koje „prikazuju dinamičke objekte, npr. seobu stanovništva ili prijenos materijalnih dobara“. Razumljivo, s obzirom na tadašnju slabu zastupljenost digitalnih tehnologija za izradu karata na ovim prostorima (Lovrić 1988: 138).

<sup>3</sup> Europska agencija za upravljanje operativnom suradnjom na vanjskim granicama država članica Europske unije. Službeni naziv na engleskom jeziku glasi European Border and Coast Guard Agency (EBCG), dok je akronim FRONTEX izveden iz francuskog *Frontières extérieures* (vanjske granice).



**Fig. 1** Croatian immigration in the 20th century displayed on a proportional symbol map (source of demographic data: URL 1)<sup>4</sup>

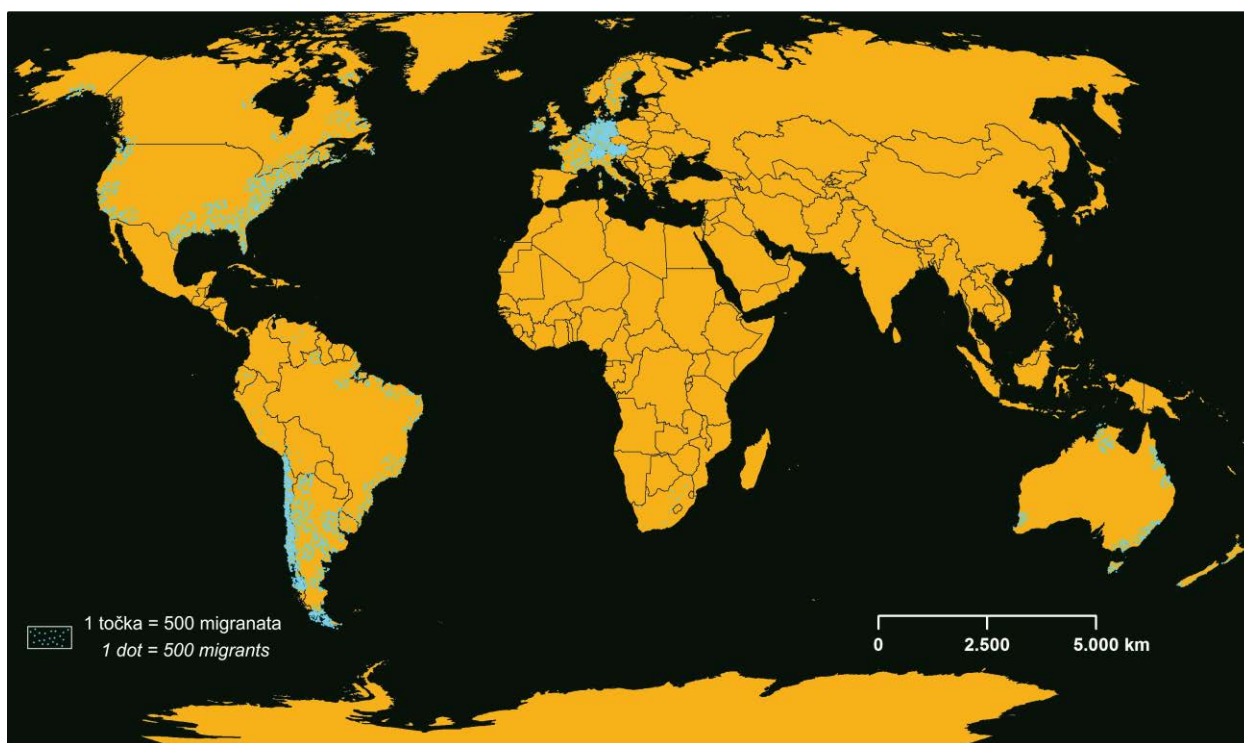
**Slika 1.** Hrvatska emigracija u 20. st. prikazana na karti s proporcionalno promjenjivim kartografskim znakovima (izvor demografskih podataka URL 1)<sup>4</sup>

maps that depict certain (spatial) characteristics or concepts in order to illustrate the structural characteristics of objects, phenomena and processes distributed in space (Dent et al. 2009). There are numerous methods of thematic map classification, depending on whether they depict concrete or abstract objects, or according to the thematic categories shown. (Lovrić 1988). In the modern literature, this goes hand in hand with the mass application of computers and software in mapmaking

and development of geographic information systems (Robinson et al. 1995, Dent et al. 2009, Tyner 2010). Basic classification is based primarily on types of input data (attributes), spatial geometry (dimensionality) of map symbols and the number of variables shown. According to attributes related to mapped data, which may be qualitative and quantitative, thematic maps can be classified as *qualitative maps* or *quantitative maps*, while according to the spatial geometry used to map objects, phenomena and processes, whether concrete or abstract, as *point maps*, *line maps* and *area maps* (Robinson et al. 1995, Dent et al. 2009). According to the number of variables (i.e. their variations) shown on a map, thematic maps are classified as *univariate*, *bivariate* and *multivariate* maps (Robinson et al. 1995). Map symbols can be additionally classified according to their size, shape, orientation, colour, hue, pattern, etc., regardless of their dimensionality and differences in appearance, so additional subdivisions are possible (for example, pictorial, associative and abstract symbols) (Tyner 2010). As a base map, to which map symbols are added later (or rather, diagrams – in this case, the thematic map is called a map diagram), a coropleth map projected in a certain map projection is most commonly, but not necessarily used. In fact, spatial characteristics (of migrations), can also be mapped using cartograms or

<sup>4</sup> The author's thematic maps in this paper (Figs. 1 – 5, Fig. 8 and Fig. 10) are designed so that, according to their printed size (i.e. small map scale), the information depicted on migrants is highlighted and clarified as much as possible. For this reason, the maps are relieved of additional content such as country names, capital cities, and hydrology networks, and also of some mathematical map elements like graticule arrays. Also, in order to emphasize a particular theme further by using colour contrast, black is used to represent seas, and orange to represent land cover, while numbers of migrants are mostly shown in shades of blue.

<sup>4</sup> Autorske tematske karte prikazane u radu (slike 1–5, slika 8 i slika 10) izrađene su tako da se, s obzirom na površinu koju zauzimaju u tisku (tj. mjerilu karte), prikazani podatci o migrantima istaknu što je jasnije moguće. Zbog toga su karte lišene sadržaja poput imena država, glavnih gradova, hidrološke mreže te nekih matematičkih elemenata karte poput stupanjke mreže. Također, u svrhu dodatnog isticanja predmeta prikaza putem kontrasta boja, more je prikazano crnom bojom, kopneni prostor narančastom, dok su brojevi migranata najčešće prikazani nijansama plave boje.



**Fig. 2** Croatian emigration in the 20th century displayed on a dot density maps – the dot pattern is generalized and concentrated near larger coastal cities, and does not reflect actual distribution (data source: URL 1)

**Slika 2.** Hrvatska emigracija u 20. st. prikazana uz pomoć karte gustoće točkaca – koncentracija točkaca je generalizirana uz veće obalne gradove i ne odgovara stvarnoj distribuciji Hrvata u emigraciji (izvor podataka URL 1)

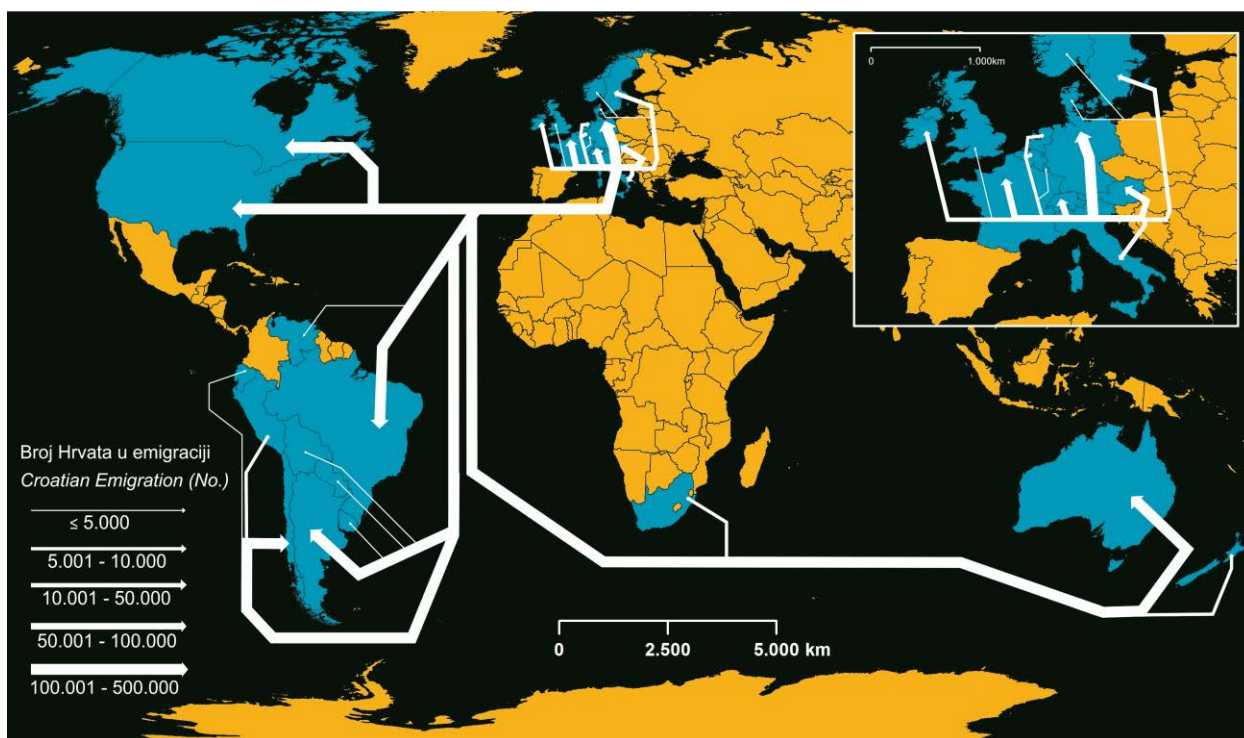
Walda Toblera, američko-švicarskog geografa i kartografa, koji je jedan dio svog znanstveno-istraživačkoga rada posvetio upravo prikazu pokreta (migracija) na tematskim kartama, npr. u člancima *A Model of Geographical Movement* (1981) i *Experiments in Migration Mapping by Computer* (1987). Tobler je 2005. objavio i *Flow Mapper*, software za izradu karata toka (URL 3).

## 2. Prikaz migracija na tematskim kartama

Tematske karte, koje se još nazivaju i *karte posebne namjene* (Dent i dr. 2009), *primijenjene karte* ili *specijalne karte* (Lovrić 1988), karte su koje prikazuju određena (prostorna) obilježja ili koncepte u svrhu ilustracije strukturnih obilježja objekata, pojava i procesa distribuiranih u prostoru (Dent i dr. 2009). Postoje mnogi načini podjele tematskih karata, primjerice po svojstvima prikazanih objekata, prema tome prikazuju li konkretne ili apstraktne objekte, prema tematskim područjima koje prikazuju i sl. (Lovrić 1988). U suvremenoj literaturi, koja ide u korak sa sve masovnijom informatizacijom izrade karata i razvojem geoinformacijskih sustava (Robinson i dr. 1995, Dent i dr. 2009, Tyner 2010), temeljna se podjela sve češće zasniva na tipu ulaznih podataka (atributima), geometriji („dimenzionalnosti“) kartografskih znakova te broju

prikazanih varijabli. Prema atributima koji se vezuju uz prikazane podatke, a koji mogu biti opisni (kvalitativni) ili brožani (kvantitativni), tematske se karte također dijele na kvalitativne i kvantitativne (engl. *qualitative and quantitative maps*), dok se prema geometriji znakova za prikaz objekata, pojava i procesa, bilo konkretnih ili apstraktnih, dijele na karte s točkastim, linijskim i površinskim signaturama<sup>4</sup> (engl. *point, line and area maps*) (Robinson i dr. 1995, Dent i dr. 2009). Prema količini prikazanih varijabli tematske se karte dijele na karte s jednom varijablom, s dvjema varijablama i s više varijabli (engl. *univariate, bivariate and multivariate maps*) (Robinson i dr. 1995). Kartografski se znakovi, neovisno o svojoj dimenzionalnosti, mogu grafički dodatno razlikovati prema veličini, obliku,

<sup>4</sup> Kako bi se izbjegla zabuna, ovdje valja skrenuti pažnju na matematičku nedosljednost naziva tih tematskih karata, budući da se spomenute signature nazivaju točkastim i linijskim (točka je matematički gledano objekt bez dimenzije, a linija jednodimenzionalni objekt), a u praksi je riječ o površinskim objektima (npr. krugovima promjenjive veličine) pridruženim objektima koji u prostoru (često i na karti) također zauzimaju određenu površinu. Naime, iako se radi o dvodimenzionalnim znakovima, kartografski ih se smatra točkama i linijama jer se njihov lik pridružuje određenoj „točki“ i „liniji“ (objektu, entitetu) u prostoru (npr. zračna luka, grad, cesta ili željeznička pruga), tj. obično geometrijskom težištu ili uzdužnoj osi tog entiteta prilikom njegovog projiciranja na plohu karte.



**Fig. 3** Croatian emigration in the 20th century displayed on a flow map: to increase map clarification, the width of an arrow at its origin (Republic of Croatia) is not the sum of widths of all other arrows branching off. (Data source: URL 1)

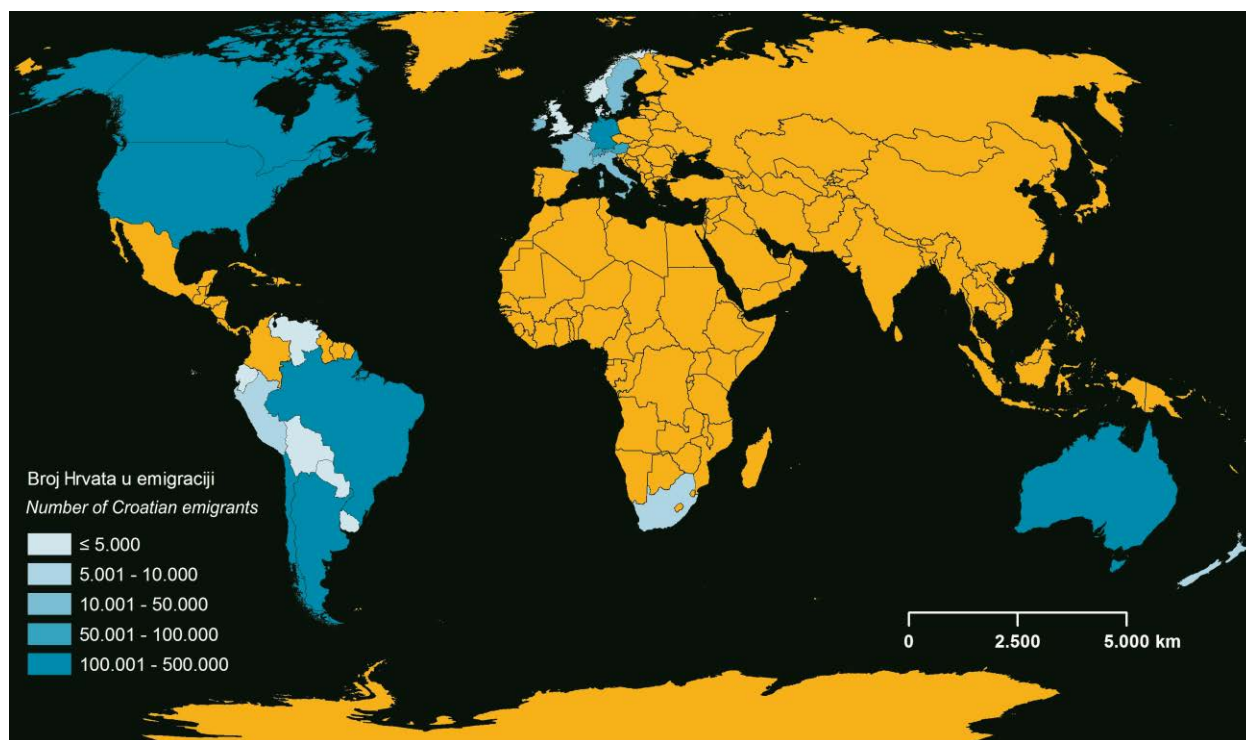
**Slika 3.** Hrvatska emigracija u 20. st. prikazana na karti toka. U svrhu povećanja preglednosti prikaza širina strelice na ishodištu (Republika Hrvatska) ne iznosi zbroj širina svih strelica (izvor podataka URL 1)

pseudocartograms, where standard map projections are distorted into *density-equalizing projections*, or the shapes of administrative units are replaced by simpler geometrical shapes such as circles (Dougenik et al. 1985, Tobler 1986, Dorling 1992, Gastner and Newman 2004). Mapping migrations, regardless of the thematic map type used, is relatively simple if time is not shown, i.e. if changes in space and time are not mapped simultaneously. In the next two sections some of the possibilities and limitations of mapping components of migrations without mapping time are considered, as well as the depiction of time, whether as duration of travel, or certain time intervals selected for the purposes of this research.

### 2.1 Examples of thematic maps that do not include the mapping of time

Dot symbols on maps are usually closely associated with objects and phenomena firmly positioned in space, and may at first sight hardly relate to migration as a process that includes movement in its definition. However, migrations contain certain components that are static, such as countries or cities of emigration and immigration, passenger terminals (railway stations, ports or airports), border crossings, and customs posts

that form the starting, transit and destination points of migrations. This is of particular importance in times of mass migrations, motivated by socio-economical, political or war situations, when the movement of people through these places must be recorded in detail; for example, during last few years of the refugee crisis in Europe. In order to map certain spatial locations that can be classified later according to emigration, transit or immigration attributes, qualitative maps are used. Thus, symbols can be additionally distinguished according to their appearance, orientation, texture, or fill. However, if dot symbols are used to display quantitative data (e.g. differences in numbers of Croatian emigrants according to countries of immigration) additional methods of distinguishing symbols visually must be applied. The first quantitative maps with point symbols were created in the early 19th century, primarily in the field of human geography, as a method of visualizing certain statistical analyses. They include Henry Drury Harness's *The Conveyance Map* and *The Traffic Flow Map* dated 1837, and Augustus Petermann's map of distribution of the British Isles' population, dated 1851, on which proportional symbol scaling (variations in the size of circles), i.e. a *proportional symbol map*, was used to represent numbers of inhabitants in different areas of Ireland interconnected via the railway network (Robinson 1955, MacEachren



**Fig. 4** Croatian emigration in the 20th century displayed on a choropleth map (Data source: URL 1)  
**Slika 4.** Hrvatska emigracija u 20. st. prikazana uz pomoć koropletna karte (izvor podataka URL 1)

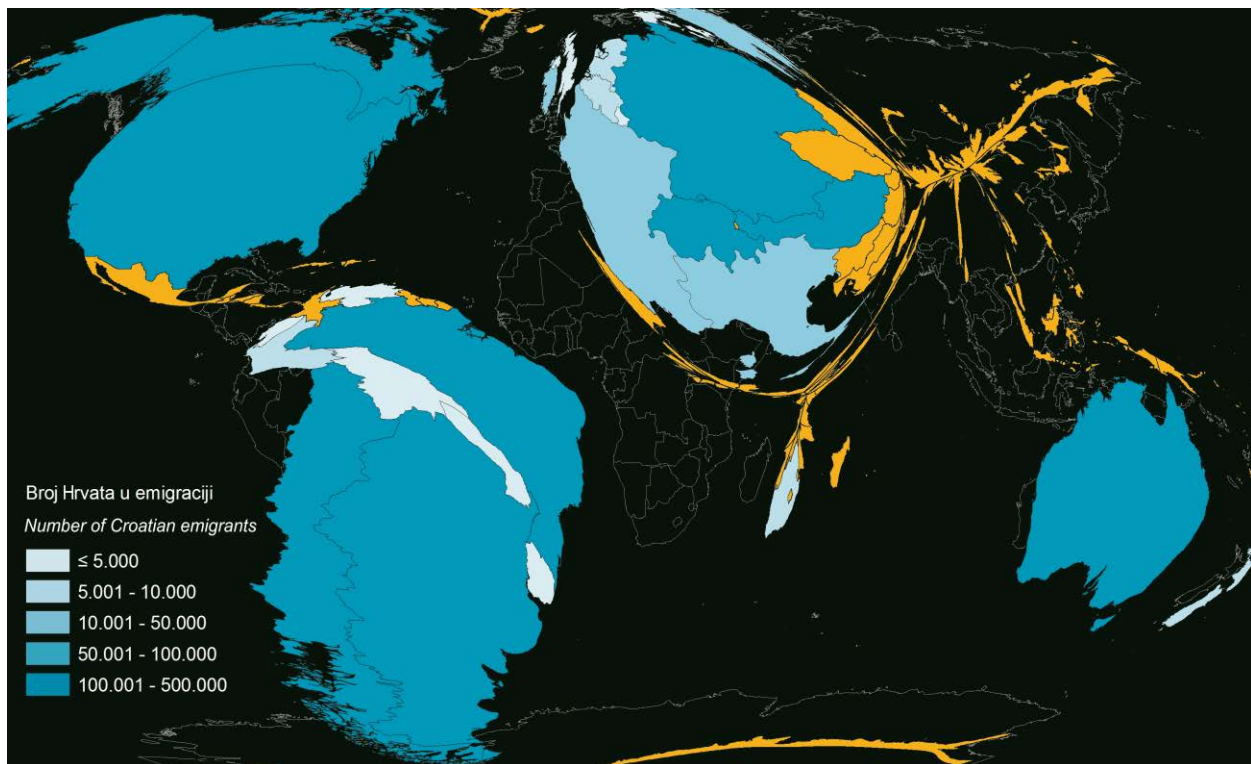
orijentaciji, boji, nijansi boje, teksturi i sl., a razlike u njihovoj izvedbi, kao i dodatne podjele, npr. na slikovne, asocijativne i apstraktne (engl. *pictorial, associative and abstract*), mnogobrojne su (Tyner 2010). Kao kartografska podloga (engl. *base map*), na koju se potom dodaju signature (odnosno dijagrami, čime karta postaje kartodijagram), najčešće se upotrebljava koropletna karta u nekoj od kartografskih projekcija, no to uvijek ne mora biti slučaj. Naime, prostorna obilježja, pa tako i ona migracijska, moguće je prikazati i uz pomoć kartograma ili pseudokartograma, pri čemu dolazi do iskrivljenja izvorne projekcije u formu tzv. „projekcija koje ujednačuju gustoću“ (engl. *density-equalizing projections*) ili se oblik prostornih jedinica zamijeni nekim geometrijskim likom, npr. krugom (Dougenik i dr. 1985, Tobler 1986, Dorling 1992, Gastner i Newman 2004).

Izvedba tematskih karata za prikaz migracija, neovisno o kojem se spomenutom tipu radi, relativno je jednostavnija ukoliko se njome ne prikazuje vrijeme, odnosno ukoliko se istodobno ne prikazuju i promjene u prostoru i promjene u vremenu. Unutar sljedeća dva poglavlja prikazane su neke od mogućnosti i ograničenja kartografskog prikaza sastavnica migracija bez prikaza vremena, kao i one koje uključuju vrijeme, bilo kao trajanje puta ili kao određene vremenske intervale važne za predmet proučavanja.

## 2.1. Primjeri tematskih karata koji ne uključuju prikaz vremena

Točkaste signature na kartama upućuju na objekte i pojave koje su čvrsto pozicionirane u prostoru, i na prvi se pogled teško mogu povezati s migracijama kao procesom koji u prvom redu obilježava pokret. No ipak, migracije sadrže sastavnice koje su „nepomične“, a u koje se mogu ubrojiti npr. države ili gradovi emigracije i imigracije, kao i putnički terminali (npr. kolodvori, pomorske ili zračne luke), granični prijelazi i carinske postaje koje zajedno čine početne, tranzitne i krajnje točke migracija. To poglavito vrijedi u razdobljima kada zbog određenih socioekonomskih, političkih ili ratnih zbivanja individualne migracije prerastaju u masovne i nastaje potreba za temeljitijom evidencijom migranata na tim „točkama“ (kao posljednjih godina u doba tzv. „izbjegličke krize u Europi“). Kada se na kartama označuju samo pojedine točke u prostoru, koje mogu biti dodatno klasificirane, npr. prema svojoj namjeni ili po tome imaju li emigracijska, tranzitna ili imigracijska obilježja, riječ je o kvalitativnim kartama. Pritom se signature mogu međusobno razlikovati izgledom, orijentacijom, bojom ili teksturom ispune. Međutim, kada se uz pomoć karata s točkastim signaturama žele prikazati kvantitativni podatci (npr. razlike u ukupnom broju emigranata iz Hrvatske u inozemstvo po državama imigracije), potrebno je primijeniti dodatne metode vizualne raščlambe





**Fig. 5** Croatian emigration in the 20th century displayed on a Gastner-Newman cartogram: in the background there is a map in the Robinson projection with country borders in white, from which the cartogram was generated. Immigration states were coloured according to numbers of migrants, in order to differentiate them more easily (Data source: URL 1)

**Slika 5.** Hrvatska emigracija u 20. st. prikazana uz pomoć Gastner-Newman kartograma. U pozadini je blijeđo prikazana karta u Robinsonovoj projekciji iz koje je kartogram generiran, a države imigracije su također obojene u skladu s brojem migranta kako bi ih se lakše razlikovalo (izvor podataka URL 1)

1979). This type of map, although very simple and understandable, has certain disadvantages. For example, since a symbol of certain size is related to a whole territorial unit (for example a country) it is impossible to determine spatial distribution within that unit, and therefore population density is displayed indirectly, by the size ratio between the map symbol and area of territorial unit to which it relates (this only works if equal-area map projections are used). Also, symbols that represent large numbers (in this case numbers of migrants) can partially or even completely cover the territorial units to which they relate, which is another disadvantage (Fig. 1 – Western and Central Europe).

Besides (proportional) scaling of symbols, another approach often used is to increase the numbers of symbols of the same size (filling certain areas of the map with map symbols). In this case, a single map symbol (usually a dot, in order to optimize available space on a map) represents a certain number of Croatian emigrants in foreign countries (Fig. 2). Such maps are called *dot density maps* (Dent et al. 2009). The first known map of this kind was by an unknown author, dated 1863

which shows the number and distribution of the Maori in New Zealand (1 dot = 100 Maori) (MacEachren 1979). An important advantage of these maps is that the dots may be positioned evenly across territorial units, or concentrated on and near actual locations of migrants within certain territorial units (Dent et al. 2009). Therefore, the densities and spatial patterns of the concentrated dots reflect the densities and spatial patterns of migrants, while even dot spacing increases generalization, so that information about spatial distribution and variations in density is lacking.

If migrations are considered (exclusively) as flows of individuals or groups of people in movement, thematic maps with line signatures would seem to be the most logical means of cartographic display. In fact, these maps are often used as graphic content in publications that discuss migration themes<sup>5</sup>. They are also frequently used to map other objects and phenomena in motion, like winds, sea currents, navigation routes, etc., and are among the oldest methods of displaying movement on

<sup>5</sup> See note 1.

kartografskih znakova. Kvantitativne tematske karte s točkastim signaturama javljaju se početkom 19. stoljeća, pretežito u društvenoj geografiji, kao vizualizacija određenih statističkih analiza, pri čemu valja izdvojiti karte Henrya Drurya Harnessa *The Conveyance Map* i *The Traffic Flow Map* iz 1837. te kartu distribucije stanovništva britanskih otoka Augustusa Petermana iz 1851., na kojoj je promjenom veličine kartografskog znaka, u ovom slučaju promjenom veličine kruga, prikazan broj stanovnika u pojedinim naseljima u Irskoj povezanih željezničkom mrežom (engl. *proportional symbol map*) (Robinson 1955, MacEachren 1979). Taj tip prikaza, iako je vrlo jednostavan i razumljiv, sadrži i određene nedostatke. Ako se, primjerice, kartografski znak određene veličine odnosi na čitavu teritorijalnu jedinicu kojoj je pridružen, npr. državu (a ne na pojedine gradove unutar nje), ne postoji mogućnost uvida u prostorni raspored naseljavanja unutar države, a gustoća je predočena neizravno – odnosom veličine kartografskog znaka i površine teritorijalne jedinice (pri čemu treba voditi računa o tome je li projekcija u kojoj je karta izrađena ekvivalentna ili ne). Također, znakovi koji predstavljaju velike brojke (u ovom slučaju brojeve migranata), mogu dijelom ili čak u potpunosti prekrivati prostornu jedinicu kojoj su pridruženi, što je još jedan od nedostataka te vrste prikaza (slika 1 – područje Europe).

Uz (proporcionalno) povećanje znakova često upotrebljavana metoda je i povećavanje broja kartografskih znakova iste veličine (progušćivanje prostora kartografskim znakovima), pri čemu bi u tom slučaju jedan kartografski znak (zbog uštede prostora na karti u pravilu je to točka) predstavljao npr. određeni broj Hrvata u pojedinoj inozemnoj državi (slika 2). Takve karte nazivaju se *karte gustoće točaka* (engl. *dot density maps*) (Dent i dr. 2009). Prvom kartom toga tipa smatra se karta nepoznatog autora iz 1863. koja prikazuje broj i raspored Maora na Novom Zelandu (1 točka = 100 Maora) (MacEachren 1979). Jedna od važnih prednosti tog tipa prikaza je u tome što se točke, osim ravnomjerno, mogu pozicionirati i približno uz mjesta stvarnog naseljavanja migrantima unutar određene teritorijalne jedinice, čime raspored i gustoća točaka ujedno predstavlja raspored i gustoću migranata (Dent i dr. 2009). Pri ravnomjernom progušćivanju točaka unutar prostorne jedinice dolazi do veće generalizacije prikaza, odnosno ne postoji informacija o distribuciji (ujedno i o razlikama u gustoći) unutar prostorne jedinice.

Ako se migracije promatraju (isključivo) kao tok, odnosno kao pojedinci ili određene skupine ljudi u pokretu, tematske karte s linijskim signaturama čine se najlogičnijim i najrazumljivijim izborom kartografskog prikaza tog procesa. Uistinu, takve karte i jesu najčešće

u publikacijama u kojima se obrađuju migracijske teme<sup>5</sup>, a često se koriste i za prikaz drugih objekata i pojava u pokretu, npr. vjetrova, morskih struja, plovidbenih ruta i sl., a ujedno su i jedna od najstarijih metoda prikazivanja na tematskim kartama. Naime, još 1837. na spomenutim kartama H. D. Harnessa te na karti Charlesa J. Minarda iz 1869., koja prikazuje neuspjeh Napoleonove invazije na Rusiju 1812–1813, linijskim je signaturama označeno kretanje osoba u prostoru (slika 6, Robinson 1955, MacEachren 1979, Friendly 2001, 2002). Linijske signature na kartama na kojima se želi prikazati kretanje, tj. kartama toka (engl. *flow maps*), najčešće su usmjerenoga tipa, odnosno, prikazuju se kao strelice usmjerene od ishodišta toka prema njegovom odredištu. U tom bi slučaju to bilo od mjesta (države ili grada) emigracije prema mjestu imigracije (npr. iz Hrvatske prema Njemačkoj ili SAD-u). Ako na određenoj ruti postoji tok u oba smjera (tj. u ovom slučaju emigracija i imigracija), linijske signature moguće je izvesti i s obostranim usmjerenjem (Tobler 1987). Tematske karte s linijskim signaturama također mogu biti kvalitativne i kvantitativne (Robinson i dr. 1995). Kod kvalitativnih tematskih karata, linije (strelice) se mogu razlikovati npr. bojom ili izvedbom linije (puna linija, isprekidana linija, linija sastavljena od niza točkica i sl.). Kada ih se upotrijebi u svrhu prikaza migracijskih tokova, razlike u izvedbama linija mogu se odnositi na razlike u razdobljima odvijanja migracija (migracijske valove) ili na razlike u čimbenicima koji potiču migraciju i slično. Linijskim se signaturama (strelicama) razlike u gustoći toka (broju migranata) najčešće prikazuju razlikama u širini linija, s tim da je linije moguće i granati od ishodišta prema odredištima (npr. prekomorsku emigraciju iz Hrvatske prvo razgranati po kontinentima, a zatim dodatno razgranati po državama unutar pojedinih kontinenata – slika 3). Razlike u širini između pojedinih razreda prikazanih podataka najčešće se izvode proporcionalno, no ukoliko je raspon između najmanjih i najvećih vrijednosti velik, širine linija moguće je, ovisno o kartografskom prikazu, drukčije skalirati kako bi se izbjeglo da linija koja predstavlja najmanju vrijednost bude pretanka, a linija koja prikazuje najveću preširoka, slično kao što je to slučaj kod točkastih signatura koje se proporcionalno povećavaju (Dent i dr. 2009).

Kada se govori o tematskim kartama s površinskim signaturama, najčešće su upotrebljavane koropletnne karte, karte koje uz pomoć izoliniija zatvaraju vrijednosna polja te dasimetrijske karte. Koropletnne se karte prikazom prikaza migracija mogu koristiti kao kvalitativne, kada se npr. različitim bojama označavaju pretežito

<sup>5</sup> Vidi bilješku 1.

thematic maps. As early as 1837, on Harness's maps mentioned earlier and a 1869 map by Charles J. Minard showing Napoleon's failed attempt to conquer Russia in 1812–1813 (Fig. 6), line symbols were used to display the movement of people (Robinson 1955, MacEachren 1979, Friendly 2001, 2002). Line symbols on maps, used to depict movement, and commonly known as *flow maps*, are usually shaped as arrows pointing towards destinations – in this case from the area of emigration towards the area of immigration (for example, from Croatia towards Germany or the USA). If there is two-directional flow on a certain route (in this case, emigration and immigration), line symbols can also be two-directional (Tobler 1987). Thematic maps with line symbols can be qualitative and quantitative (Robinson et al. 1995). On qualitative maps, lines (arrows) may differ in colour or design (solid, dashed or, dotted lines). When applied to map migration flows, differences in line design may symbolize differences in migration periods (migration waves) or migration causes, etc. When these mapping techniques are applied to display differences in migration flow densities, the arrows usually vary in width, and may branch off the line from starting point to destination (for example, Croatian overseas emigration across continents and then further across certain countries – Fig. 3). Differences in width between neighbouring classes of displayed data are usually proportionally scaled. If the range between two data extremes is too wide, line widths may be scaled differently, depending on the map in question, in order to avoid too thin or too thick lines, as with proportional symbol maps (Dent et al. 2009).

Regarding thematic maps with area symbols considered, coropleth, isarithmic, and dasymetric maps are most commonly used. Coropleth maps, in terms of displaying migration, can be used as qualitative maps if, for example, a distinction between countries of immigration and emigration is required. By adding numbers of emigrants or immigrants to certain territorial units, they can be further (quantitatively) distinguished. This is usually done by adding various shades of colour to symbolize certain values or value classes (darker shades for value classes with larger numbers of immigrants) (Fig. 4). The most obvious advantage of coropleth maps is that the user can understand clearly the distribution of population between different countries. However, the fact that the z value (in this case, the number of migrants) is evenly dispersed across each territorial unit can be a disadvantage, especially if the cartographer possesses additional inter-country population data. The administrative boundaries of value fields can be overcome by using *dasymetric maps* and *isarithmic maps*, since

the population (and migrants) is unevenly concentrated within them, so densities differ (Dent et al. 2009). Isarithmic maps are made by connecting points of the same value with lines (isarithm lines), while dasymetric maps are a transitional type between isarithmic and coropleth maps. The census data displayed are spatially organized differently – the value fields on these maps represent spatial entities (homogenous zones like residential areas, or industrial areas directly related to the mapped object of study. On the other hand, coropleth maps have statistically defined value fields that are usually not directly related to the nature of the data displayed (Eicher and Brewer 2001).

To make the visualization of spatial statistics even more accurate, thematic maps can be enhanced by adding diagrams to selected map symbols. These maps are called *diagram maps*, and may be univariate, bivariate or multivariate, depending on the number of variables or variations displayed (Lovrić 1988, Dent et al. 2009). The earliest application of such maps dates back to the mid-19th century. Minard's 1858 statistical map of France is considered a pioneering work. He used pie-charts to display how the Paris meat market was supplied from different French departments – by absolute numbers and by proportions of different types of meat for each department independently (Friendly 2002). Although this map did not depict population migrations, but the transfer of goods, the same mapping principle could be used to represent migration from various French departments to Paris, using pie-charts to display the gender, age, ethnic or educational structure of the migrants. With diagram maps, there are no limitations to the types of diagrams used, or the types of maps symbols to which they are assigned to; they are selected according to the characteristics of depicted objects, map purpose, and so on.

Another method of displaying the structural spatial characteristics of objects, phenomena and processes is the *cartogram*, a type of map on which variable values are displayed by area (usually by modifying the area of the administrative unit to which a certain variable is assigned) (Dorling 1992, Dent et al. 2009). It should be emphasized here that the term cartogram has gone through certain changes in definition; in German-speaking parts of Europe in the early 20th century, any statistical map was considered to be a cartogram, including coropleth maps (Tobler 2004). In recent decades, several different methods of constructing cartograms have been developed. One method is to replace the shapes of territorial units (e.g. countries) with simple geometrical shapes. The earliest works of this kind were the 1870 map of European states by the

emigracijske ili pretežito imigracijske države. Dodavanjem broja emigranata ili migranata unutar pojedine prostorne jedinice moguće ih je dodatno (kvantitativno) raščlanjivati, što se vizualno najčešće postiže pridruživanjem nijansi boje za određenu vrijednost ili razred vrijednosti (npr. tamnija nijansa za razred s većim brojem migranata) (slika 4). Prednost te vrste prikaza je vrlo jasna predodžba stanja u prostoru, no nedostatak je u tome što se z vrijednost (u ovom slučaju broj migranata) raspoređuje po čitavoj administrativnoj jedinici, naročito ako raspoložemo dodatnim podacima za manje prostorne jedinice unutar nekih država. Administrativne okvire vrijednosnih polja moguće je nadići upotrebom dasimetrijskih karata (engl. *dasymetric map*) i karata vrijednosnih polja omeđenih izolinijama (engl. *isarithmic map*). Budući da je stanovništvo (pa tako i migranti) različito koncentrirano unutar njih, i distribucija je gustoće različita (Dent i dr. 2009). Kod karata vrijednosnih polja omeđenih izolinijama granice pojedinih razreda na karti čine linije nastale spajanjem točaka istih vrijednosti (broja migranata). Dasimetrijske karte su na neki način prijelazni oblik između njih i koropletnih karata budući da se popisni podatci o stanovništvu pridružuju manjim prostornim entitetima (homogenim zonama) uz koji su vezani izravno, a ne statistički, npr. stambeno ili industrijsko zemljište (Eicher i Brewer 2001).

U svrhu preciznije vizualizacije prostorne statistike, tematske je karte moguće dodatno obogatiti informacijama uporabom dijagrama koji se pridružuju pojedinim odabranim signaturama. Takve tematske karte nazivaju se kartodijagrami i mogu biti s jednom, dvjema ili više varijabli (Lovrić 1988, Dent i dr. 2009). Takve karte primjenjuju se od sredine 19. stoljeća. Pionir izrade kartodijagrama je spomenuti Ch. J. Minard, pri čemu valja spomenuti njegovu kartu iz 1858. na kojoj je uz pomoć kružnog dijagrama (engl. *pie chart*) prikazana opskrba pariških mesnica mesom iz različitih francuskih departmana, po apsolutnoj količini dopremljenog mesa i po udjelima vrste mesa za svaki departman posebno (Friendly 2002). Iako karta ne prikazuje migraciju stanovništva, već prijevoz dobara, isto načelo kartografskog prikaza može se primijeniti i za prikaz imigracije u Pariz iz okolnih departmana te pritom uz pomoć dijagrama prikazati njihovu spolnu, dobnu, etničku ili obrazovnu strukturu. Prilikom izrade kartodijagrama ne postoji ograničenje u vrsti dijagrama ni tipu signature kojoj će dijagrami biti pridruženi, već se odabiru u skladu s obilježjima predmeta prikaza, svrsi izrade kartodijagrama i slično.

Jedan od načina prikazivanja strukturnih obilježja objekata, pojava i procesa u prostoru je i upotreba *kartograma*, odnosno karata kod kojih se vrijednost varijable

izražava površinom (u pravilu površinom administrativnih jedinica kojima je varijabla pridružena) (Dorling 1992, Dent i dr. 2009). Ovdje valja napomenuti kako se pojam kartogram kroz povijest tematske kartografije različito definirao, ponajviše u njemačkom govornom području gdje se kartogramom tijekom prve polovice 20. st. smatrala svaka statistička karta, pa tako i ono što se danas u kartografiji uvriježeno naziva koropletna karta (Tobler 2004). U suvremeno doba postoje različiti pristupi izradi kartograma. Jedan od načina je da se oblici administrativnih prostornih jedinica (npr. država) zamijene jednostavnim geometrijskim likovima. Prvi takvi uradci su karta površina europskih država francuskog nastavnika Levasseura iz 1870. te serija društveno-geografskih karata vezanih uz SAD mađarsko-američkog kartografa Erwina Raisza iz 1934., na kojima su prostorne jedinice prikazane kao pravokutnici (Tobler 2004). Noviji kartogrami te vrste (a koji se i dalje koriste) su npr. Dorlingovi kartogrami kod kojih se prostorne jedinice zamjenjuju krugovima ili šesterokutima (Dorling 1992). Drugi način izrade kartograma, a koji se ujedno i češće primjenjuje, promjena je površine administrativnih prostornih jedinica u skladu s iznosima prikazane varijable, odnosno izjednačavanje gustoće z vrijednosti po polju karte. Pritom, upotrebom odgovarajućih matematičkih algoritama (Tobler 1973, Dougenik i dr. 1985, Tobler 1986, Gastner i Newman 2004, Tobler 2004), neizbježno dolazi do deformacija njihovog izgleda (ekspanzije ili kontrakcije) u odnosu na izgled kakav imaju u izvornoj kartografskoj projekciji, a deformira se i sama projekcija karte. Takve karte nazivaju se i „površinsko-vrijednosne karte“ (engl. *value-by-area maps*), „karte s ujednačenom gustoćom“ (engl. *density equalizing maps*) ili „anamorfozne karte“ (engl. *anamorphosis maps*)<sup>7</sup> (Gastner i Newman 2004). Pritom se nastoji zadovoljiti uvjet da tako deformirane prostorne jedinice i dalje međusobno graniče na jednak način kao i prije deformacije te se takvi kartogrami nazivaju kontakti (engl. *contiguous*). S druge strane, kartogrami kod kojih su prostorne jedinice zamijenjene geometrijskim likovima, posebice krugovima, u pravilu nisu kontakti (engl. *non-contiguous*). Jedan od prvih kontaktnih kartograma objavljen je u SAD-u 1929. u *Washington Post*-u (tzv. *Grundy's map of the US*), na kojem su površine i oblik saveznih država izmijenjene u skladu s brojem stanovnika i oporezivanjem (Tobler 2004), a kasnije su ih, potpomognuti računalnom tehnologijom, razvijali, W. Tobler, W. A. Dougenik, M. T. Gasnter, M. E. J. Newman i drugi (Tobler 1973, Dougenik i dr. 1985, Tobler 1986,

<sup>7</sup> Slobodni autorski prijevodi (zbog nedostatka postojećih prijevoda u domaćoj literaturi).

French Professor Levasseur, and series of social-geography maps of the USA by the Hungarian-American cartographer Erwin Raisz in 1934, on which territorial units were replaced by rectangles (Tobler 2004). More recent cartograms of this type that are still in use include *Dorling cartograms*, where territorial units are replaced by circles or hexagons (Dorling 1992). Another method of creating cartograms is by altering areas of territorial units according to the size of the variable assigned to them; in other words, to equalize the density of the z value across the map area. Thus, by using appropriate mathematical algorithms (Tobler 1973, Dougenik et al. 1985, Tobler 1986, Gastner and Newman 2004, Tobler 2004), distortions (expansions or contractions) are inevitable (compared to the original map projection), which means that map projections are also distorted. These maps are known as *value-by-area maps*, *density equalizing maps* and *anamorphosis maps* (Gastner and Newman 2004). A condition that must be satisfied is that the distorted territorial units must border each other in the same way as before the application of the algorithm (Fig. 5). They are then known as *contiguous cartograms*. On the other hand, cartograms on which territorial units are replaced by geometric shapes, especially circles, are usually *non-contiguous*. One of the first contiguous cartograms was published in USA in 1929 in *The Washington Post* (entitled *Grundy's Map of the US*), with the areas and shapes of states altered according to population numbers and taxation (Tobler 2004). Later on, assisted by computer technology, cartogram generating techniques were developed further by Tobler, Dougenik, Gastner, Newman and others (Tobler 1973, Dougenik et al. 1985, Tobler 1986, Gastner and Newman 2004, Tobler 2004). Although cartograms sometimes distort spatial appearance beyond recognition, they are very suitable for creating strong impressions in the eye of the beholder; the importance of certain spatial variables is expressed more effectively than by using colours and fill patterns on coropleth maps (Rowland 2014). When using cartograms to map certain components of migration, for example, variations in numbers of migrants across countries of emigration can be displayed (Fig. 5).

## 2.2 Some possibilities and obstacles in mapping time on thematic maps (in the context of mapping selected components of migrations)

A major obstacle to mapping components of migrations on static thematic maps is the simultaneous display of time and space, since space alters gradually over

time. From the late 19th century on, the production of thematic maps intensified, and several methods of resolving this problem, at least in part, were discovered. One very interesting map, which shows alterations in the numbers of moving troops, is Minnard's map of Napoleon's losses during his Russian campaign. Besides showing changes in the numbers of military personnel, the map shows temperature shifts (in the Réaumur scale) during certain stages of the return to France. The declining number of troops is depicted by the gradual thinning of line map symbol from Kowno (now Kaunas in Lithuania) to Moscow (pale brown) and back (black) (Fig. 6) (Friendly 2001, 2002).

An interesting method of mapping shifts in flow directions over time was developed by a specialized military institution in the USA in 1944 (*U.S. Army Corps of Engineers*). The *Ancient Course of the Mississippi Meander Belt*, made under the supervision of the American geologist Harold N. Fisk, shows changes in the River Mississippi flow for 1765, 1820, 1880 and 1944, along with some older flows (Robinson 1996). Although the map does not represent movement of people, it is a good example of the limitations imposed when attempting to map multiple changes in flow direction over several years or time periods. In fact, the river flows were mapped so that the most recent (1944) was mapped completely, while older flows were mapped 'underneath' it. This meant most of the appertaining river beds were superimposed by more recent flows, and were recognizable only in the segments that meandered most (Fig. 7). If this particular technique were applied to map migration flows, especially to minor changes in migration routes, it would obviously be difficult to distinguish each route fully. So several maps, one for each year or time period, would be necessary.

Difficulties that occur in overlapping multiple flow routes on thematic maps may also be an obstacle when temporal and spatial variables are depicted using genesis maps. Genesis maps depict temporal changes in the appearance of spatial objects, mostly cities and other settlements, and are very useful in mapping urban growth (Lovrić 1988). In the context of mapping components of migration, they can be used to map city blocks populated by migrants or variations in population numbers, and the spatial distribution of migrants in particular city blocks over a period of time. The name refers to objects' attributes, in this case, spatial growth and redistribution, while, according to map type, these maps may be dasymetric, with buildings or city blocks used as map objects, or isarithmic, taking areas of equal spatial density of migrants as class breaks. If there is shrinking or reshaping of the city layout (due to war

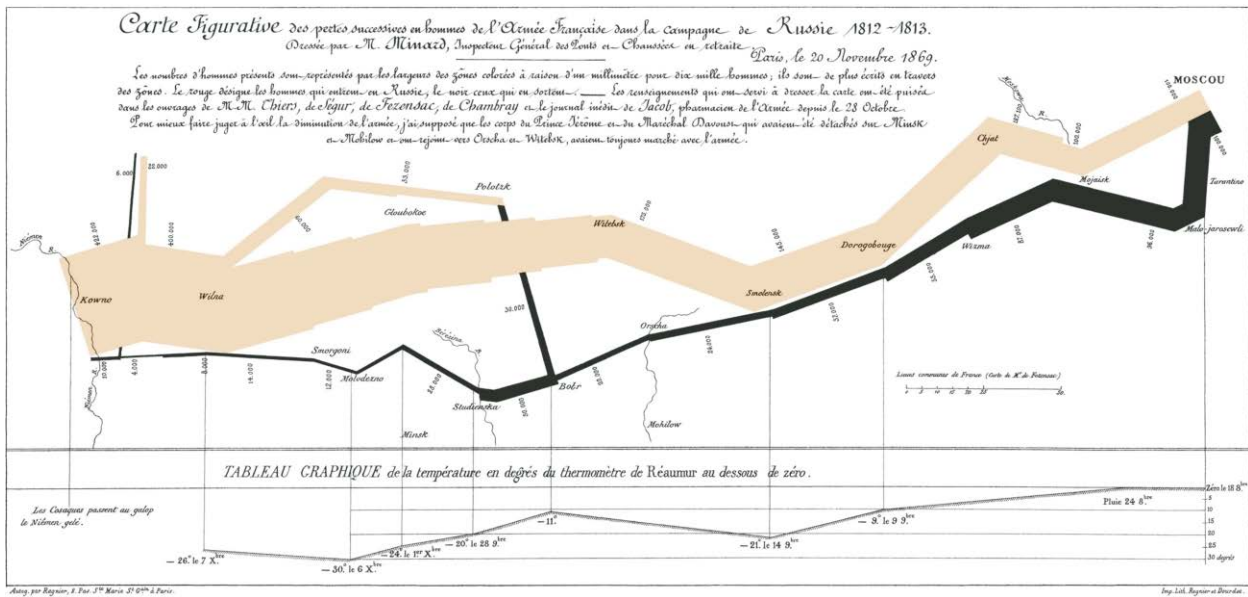


Fig. 6 Depiction of Napoleon's disastrous Russian campaign (1812–1813) on the 1869 map by Charles Joseph Minard (Source: URL 4)

Slika 6. Prikaz neuspjeha Napoleonova pohoda na Rusiju (1812 – 1813.) na karti Charles Joseph Minarda iz 1869. (izvor URL 4)

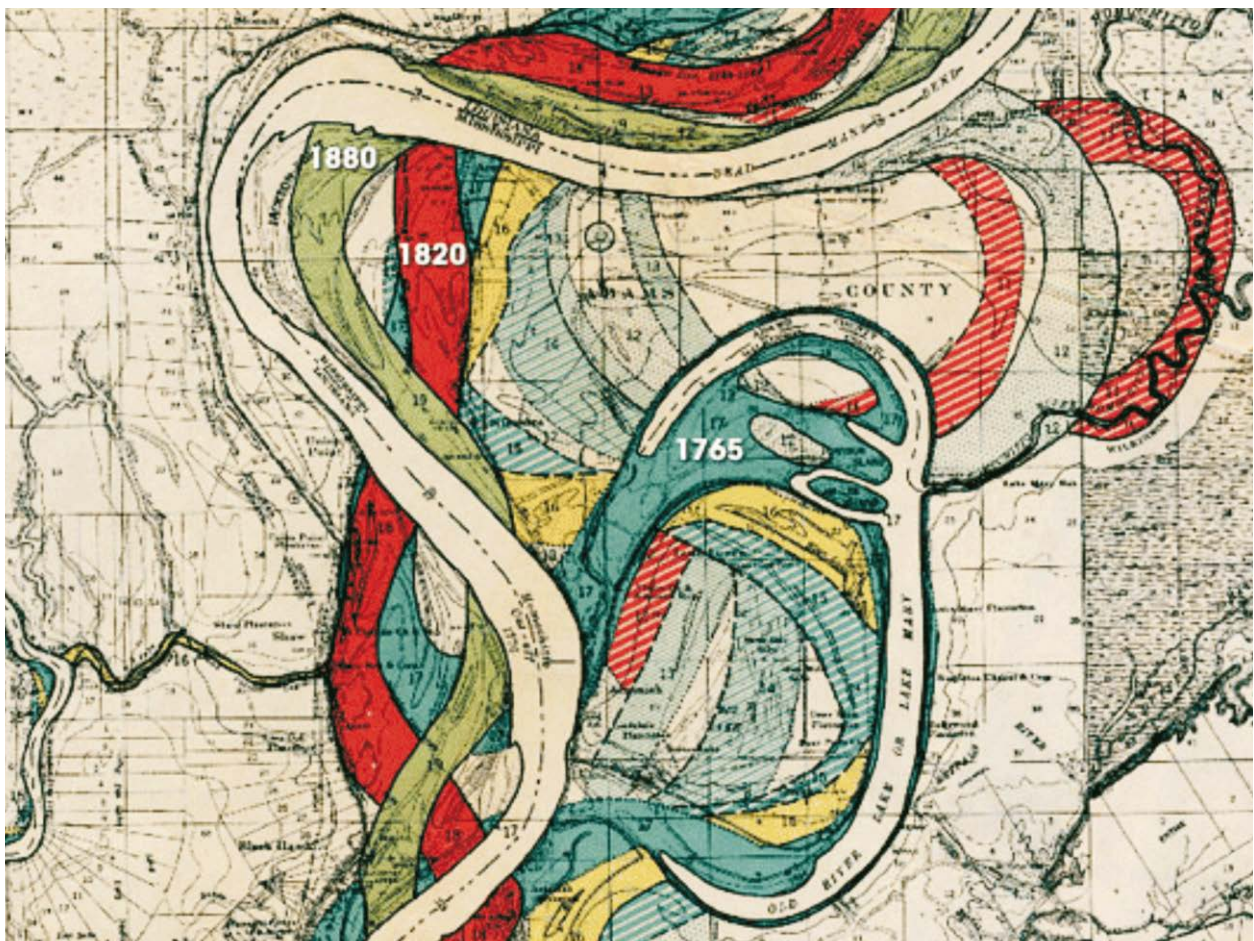
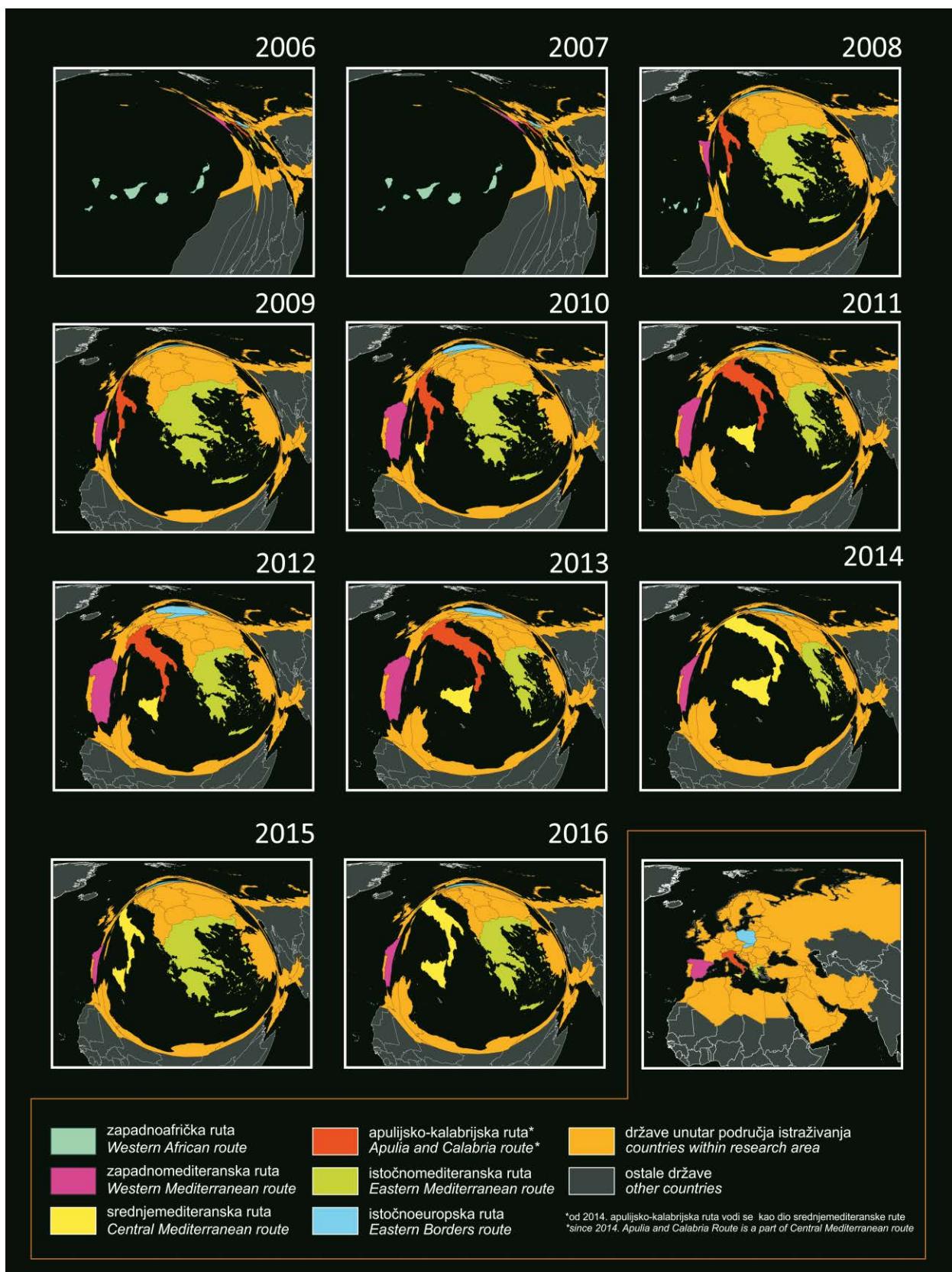


Fig. 7 Segment of 1944 map entitled Ancient Course of the Mississippi Meander Belt showing a reconstruction of the River Mississippi meanders (Source: URL 5)

Slika 7. Karta Ancient Course of the Mississippi Meander Belt iz 1944. s prikazom rekonstrukcije meandara dijela toka rijeke Mississippi (izvor URL 5)



**Fig. 8** Changes in numbers of migrants from North Africa and the Middle East to the EU via migratory routes in a 10-year period (2006-2016), displayed on a series of Gastner-Newman contiguous cartograms (Data source: URL 2)

**Slika 8.** Prikaz razlika u broju imigranata iz sjeverne Afrike i Bliskog istoka prema EU kroz tzv. migrantske rute kroz deset godina (2006– 2016) s pomoću serije Gastner-Newmanovih kartograma (izvor podataka URL 2)

Gastner i Newman 2004, Tobler 2004). Kartogrami su, iako ponekad iskrivljuju prikaz prostora do neprepoznatljivosti, vrlo učinkoviti jer impresioniraju promatrača. Stvara se dojam važnosti određene varijable u prostoru više nego što se to može postići, primjerice, samo promjenom boja ili primjenom različitih ispuna površinskih signatura kod koropletnih karata (Rowland 2014). Kod prikaza sastavnica migracija uz pomoć kartograma mogu se prikazati i razlike u broju migranata po državama emigracije (slika 5).

## 2.2. Neke mogućnosti i poteškoće prilikom prikaza vremena na tematskim kartama u svrhu prikaza sastavnica migracija

Ono što umnogome otežava prikaz sastavnica migracija na statičnim tematskim kartama je istodobni prikaz prostora i vremena, budući da se prostor tijekom vremena mijenja. Od druge polovice 19. st. došlo je do intenzifikacije izrade tematskih karata pa je osmišljeno više različitih načina kako, barem donekle, riješiti taj problem. Vrlo zanimljiva karta koja prikazuje promjenu broja osoba u pokretu tijekom određenog razdoblja je spomenuta Minardova karta neuspjeha Napoleonovog pohoda na Moskvu (slika 6). Karta, osim što prikazuje promjenu broja vojnika kroz vrijeme, prikazuje i promjenu temperature (po Réaumurovoj ljestvici) na pojedinim etapama puta francuskih trupa prilikom povratka. Na karti je postupnim sužavanjem linijske signature prikazan pad broja Napoleonovih vojnika na potezu od Kowna (danas Kaunas u Litvi) do Moskve (bež boja) i natrag (crna boja) (Friendly 2001, 2002).

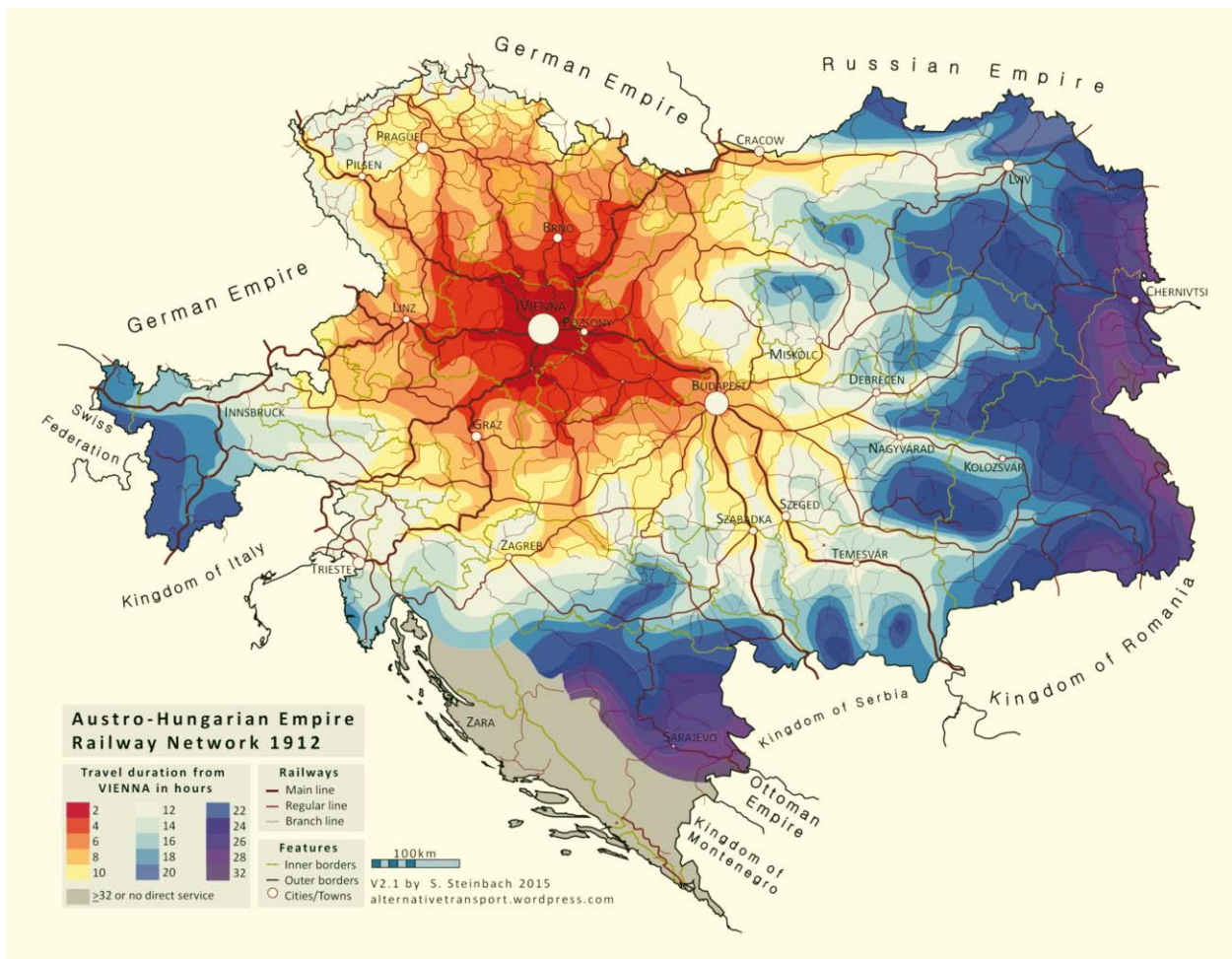
Zanimljiv prikaz promjena toka kroz vrijeme izradila je specijalizirana vojna ustanova SAD-a 1944. godine (*U.S. Army Corps of Engineers*). Na karti *Ancient Course of the Mississippi Meander Belt*, izrađenoj pod vodstvom američkog geologa Harolda N. Fiska, prikazane su promjene u meandriranju toka rijeke Mississippi za godine 1765, 1820, 1880. i 1944. te neki od starijih tokova (Robinson 1996). Iako karta ne prikazuje stanovništvo u pokretu, već promjene riječnoga toka, izvrstan je primjer ograničenja koja se nameću kada se na jednu statičnu kartu žele ucrtati promjene u pružanju toka u prostoru tijekom više godina ili vremenskih razdoblja. Naime, tokovi su ucrtavani tako da je recentni tok (tadašnji, iz 1944.) prikazan u cijelosti, dok su stariji tokovi ucrtani „ispod“ njega, pa je starije tokove moguće vidjeti samo na segmentima koji se razlikuju od novijih tokova, tj. tamo gdje ih na karti ne prekriva neki od novijih tokova (slika 7). Kada bi se, primjerice, istom tehnikom pokušali kartirati migracijski tokovi, naročito neke manje izmjene u rutama koje rabe migranti, vrlo je izgledno da bi se

naišlo na sličnu nemogućnost uvida u svaku od ruta u cijelosti, pa bi stoga bilo potrebno upotrijebiti više karata, svaku za određenu godinu ili razdoblje.

Poteškoće koje nastaju prilikom preklapanja više pravaca tokova na tematskim kartama mogu se javiti i kada se prostor i vrijeme pokušaju prikazati s pomoću tzv. *genetičkih karata*. Genetičke karte koriste se za prikaz geneze prostornih objekata, odnosno promjene u njihovom izgledu kroz vrijeme, a vrlo su pogodne za prikaz širenja naselja (Lovrić 1988). U kontekstu prikaza sastavnica migracija mogu se koristiti, na primjer, za prikaz gradskih četvrti koje su naseljene migrantima, odnosno promjena njihova broja i raspodjele u gradskim četvrtima kroz vrijeme. Pojam *genetička karta* odnosi se na svojstva objekta koje prikazuje, u ovom slučaju širenje u prostoru, dok se prema načinu prikaza one mogu izvesti, primjerice, kao dasimetrijske karte gdje se kao vrijednosna polja ucrtavaju zgrade ili četvrti naseljene migrantima ili karte vrijednosnih polja omeđene izolacijama, npr. jednake gustoće naseljenosti migrantima. Problemi potpunog prikaza prostornih promjena na jednoj karti mogu nastati ukoliko je zbog određenih razloga (npr. ratnih zbivanja potresa ili većih urbanističkih zahvata) došlo do smanjenja ili preoblikovanja tlocrta naselja pa se starije inačice izgleda naselja ne mogu u potpunosti prikazati jer su „prekrivene novim slojevima“. Analogno tomu, u slučajevima kada dolazi do preraspodjele migranata ili promjene u njihovom broju (npr. kada se njihov broj u određenom razdoblju povećava, pa zatim smanji i ponovno poraste), također ne bi bilo moguće prikazati starija razdoblja s manjim brojem migranata bez da se prikažu na odvojenim kartama. Kako bi se spomenuti problem na primjeru prikaza migracija istaknuo u potpunosti, izrađena je serija kontaktnih kartograma prema Gastner-Newman algoritmu s prikazom godišnjeg broja migranata iz sjeverne Afrike i bliskog istoka po tzv. migrantskim rutama (engl. *Migratory routes*, prema klasifikaciji FRONTEX-a) u razdoblju od 2006. do 2016. (slika 8). Primjerice, tzv. zapadnoafrička ruta preko Azora bila je prevladavajuća tijekom 2006. i 2007., dok se kasnije žarište imigracije prebacuje na središnji i istočni Mediteran, što je jasno naglašeno s pomoću deformacija prostora na svakoj od karata. Budući da je tijekom vremena dolazilo do zapaženih razlika u broju i distribuciji migranata, hipotetskim preklapanjem tih slojeva bilo bi nemoguće steći uvid u vremenski slijed događanja na jednoj tematskoj karti.

Uz pomoć tematskih karata moguće je prikazati i vrijeme putovanja. Takve karte pripadaju kartama s vrijednosnim poljima omeđenim izolacijama koje se u tom slučaju nazivaju izokrone – linije koje povezuju mjesta





**Fig. 9** Isochrone map that represents duration of travel via train from Vienna to the rest of Austrian-Hungarian Empire in 1912 based on F. Heidrich's 1900 Isochronenkarte von Österreich-Ungarn (Source: URL 6)

**Slika 9.** Karta s izokronama na kojoj je prikazano trajanje putovanja željeznicom od Beča prema ostatku Austro-Ugarske Monarhije 1912. g., nastala na temelju karte Isochronenkarte von Österreich-Ungarn F. Heidricha iz 1900. (izvor URL 6)

damage, earthquakes or major urban interventions), it may not always be possible to map all spatial changes on a single map, because older layers are overlapped by more recent ones. Similarly, when redistribution of migrants or changes in their population numbers occur (as the migrant population expands, declines, and expands again), it is similarly impossible to display earlier periods with lower population numbers without using several maps for each time period. To emphasise and exemplify this problem even further, a series of Gastner-Newman contiguous cartograms was made depicting annual numbers of migrants from North Africa and the Middle East via certain migratory routes from 2006 to 2016 (according to FRONTEX classification) (Fig. 8). For example, the Western African route was predominant during 2006 and 2007, while later, the nexus moved to the Central and Eastern Mediterranean route, as is clear from observing expansions and contractions of

country shapes on each map. Since there were extremely noticeable differences in the numbers and distribution of migrants, any hypothetical overlapping of these maps would fail to provide a complete insight into the time-lapse factor of each particular event.

Thematic maps may also be used to depict time, that is, duration of travel. Isarithmic maps may feature isochrones – lines that connect places with the same or similar duration of travel measured from a certain point of origin. Some of the earliest maps of this kind were the *Isochronic Postal Charts* and *Isochronic Passage Charts* made by the English multidisciplinary scientist Sir Francis Galton in 1881 and 1882, representing duration of travel from London to the rest of the world (Galton 1881) and the 1900 *Isochronenkarte von Österreich-Ungarn*, by the Austrian geographer Franz Heidrich, which represents duration of travel from Vienna to the rest of the Habsburg Monarchy by train (Heidrich 1900) (Fig. 9).

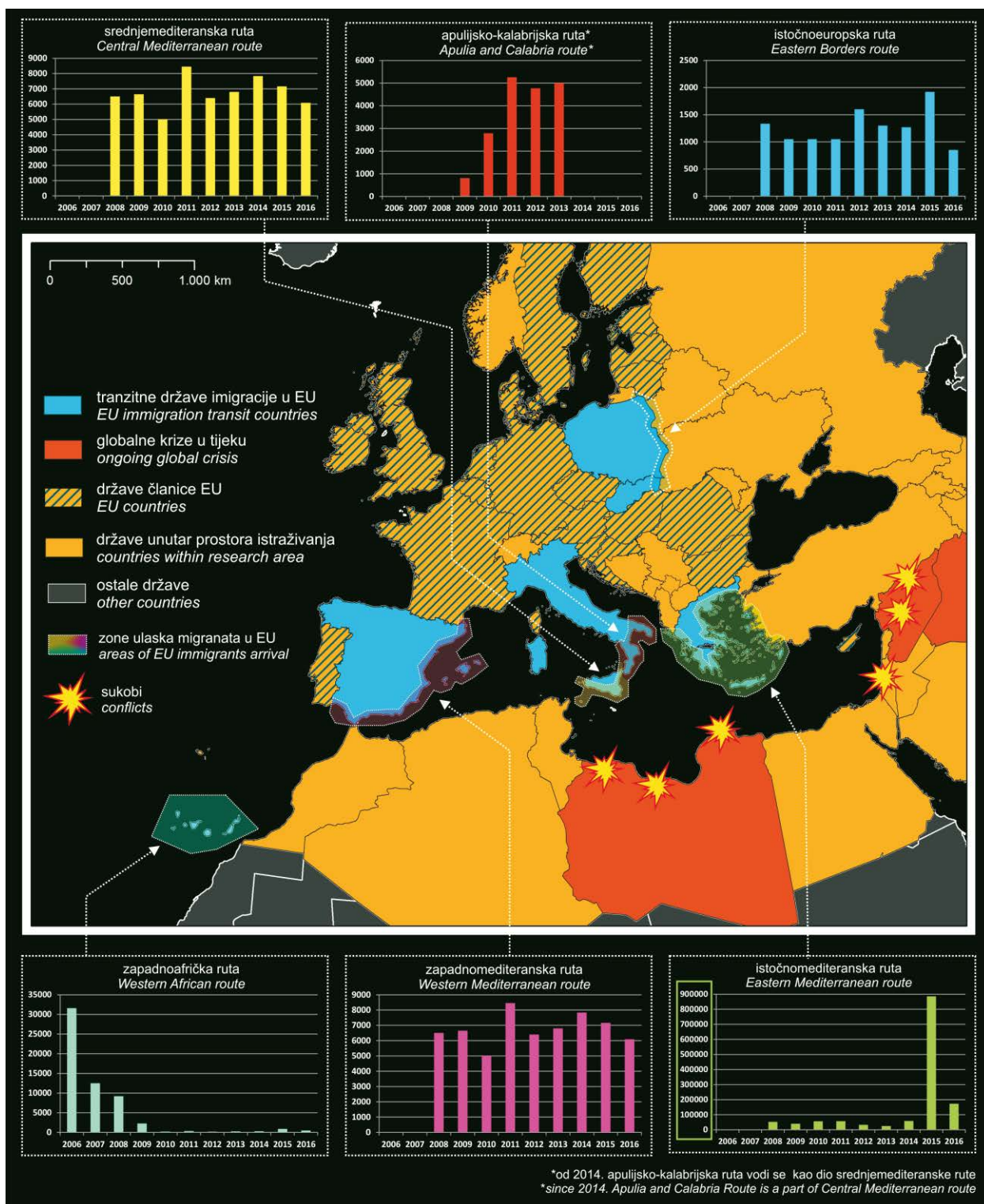


Fig. 10 Variations in numbers of migrants from North Africa and the Middle East to EU countries via migrant routes during a 10-year period (2006–2016), displayed on a map diagram

Slika 10. Prikaz broja imigranata iz sjeverne Afrike i Bliskog istoka prema EU kroz tzv. migrantske rute tijekom deset godina (2006–2016) uz pomoć kartodijagrama (izvor podataka URL 2)

do kojih je moguće doputovati u određenom vremenu iz neke odabrane polazišne točke. U prve takve karte ubrajaju se karte *Isochronic Postal Charts* i *Isochronic Passage Charts* engleskog multidisciplinarnog znanstvenika Sir Francisa Galtona iz 1881. i 1882. koje prikazuju

trajanje putovanja iz Londona po ostatku Zemlje (Galton 1881) te *Isochronenkarte von Österreich-Ungarn*, karta austrijskog geografa Franza Heidericha iz 1900. na kojoj je prikazana duljina trajanja puta željeznicom iz Beča po ostatku Habsburške Monarhije (Heidrich 1900, slika 9).

Isochrone maps are very suitable for displaying duration of migration (especially if uninterrupted), but difficulties may appear when attempting to map comparisons of travel duration in several time periods according to developments in transportation technology. Overlapping older value fields with more recent ones would then occur<sup>6</sup>, so using multiple maps or series of maps is again a more appropriate solution.

Among the most suitable methods of simultaneously representing time and space on static thematic maps are map diagrams. As an example for mapping several periods of migrations (again, migrants from North Africa and the Middle East to EU countries), a map diagram with column diagrams assigned to certain migration routes was created (Fig. 10). Map diagrams allow cartographers to 'relieve' the map field of information about time-lapse migrant numbers. Instead, diagrams are positioned around the map, making it easier to observe and understand changes in migration numbers over time for each migration route. If necessary, the map field can be filled in with additional content to provide more information about these migrations – in this case, countries where there is ongoing armed conflict as one of the major causes of migration, the spatial extent of certain migration routes, and the territorial extent of the EU representing the destination area of such migrations.

### 3 Conclusion

Examples of migrations in the demographic and other literature are also often depicted on flow maps and diagrams. However, selected components can also be displayed using several other types of thematic map, especially if time is not included as a variable. Proportional symbol maps are suitable for mapping relatively stationary components of migration, such as numbers of migrants per country, or border crossings. Symbol sizes must be determined carefully in order to avoid smaller territorial units being completely overlapped by

map symbols. Dot density maps are suitable for displaying numbers of migrants per country, their spatial distribution within particular territorial units, and densities, to some extent, by concentrating dots in and around areas actually populated by migrants. Flow maps are very practical for representing migration flows and their points of origin and destination, and also to represent numbers of migrants by adjusting arrow thicknesses. However, if not carefully scaled, arrows may overlap some of the map area.

Most users find coropleth maps easy to understand, and they allow several components of migrations to be depicted, but one of their greatest disadvantages is equalization of the z value across whole territorial units. So, if more detailed data is to be mapped, giving a better insight into density and distribution of a displayed variable (a certain component of migration), dasymetric or isarithm maps should be used instead.

Cartograms are a special type of thematic map which can also be used to represent migration. In most cases, value-by-area cartograms (for example Gastner-Newman cartograms), are used. It is also possible to simplify territorial units and turn them into geometric shapes, for example the circles used in Dorling cartograms. However, cartograms actually distort maps and cartographic projections, though they are suitable for creating a visual impression of the spatial importance of the displayed variable. By assigning diagrams to certain map symbols (using map diagrams) it is possible to increase the number of mapped components of migration and some of their interconnections. Map diagrams are very appropriate when time must be mapped, especially when several years or time periods must be represented on a single static map. In fact, by adding diagrams, the map field is relieved of some content, so time can be displayed on an abscissa and numbers of migrants on the ordinate of column or line diagrams (for example, when mapping variations in numbers of migrants). Using other types of static thematic maps to represent multiple years and time periods often leads to the need for multiple maps, one for each year or time period. One reason for such a course of action is that map symbols assigned to the most recent years or time periods often overlap with those which represent previous years and time periods, which makes it extremely difficult, or even completely impossible, for the map user to distinguish all the time periods displayed on the map.

<sup>6</sup> Due to continuous technological increases in traffic speed, it is possible to travel longer distances in a certain period of time today than it was 50 years ago. If we map this comparison using isochrones, contemporary travel distances would be longer, and areas of travel wider than 50 years ago, which means they would overlap. The solution may be to map layers in reverse chronological order, with the most recent layers mapped first, and older layers on top of them.

Karte s izokronama izuzetno su pogodne za prikazivanje trajanja puta migracija (naročito kada su ta putovanja neprekinuta), no poteškoće mogu nastati kada bi se, na primjer, željelo prikazati usporedbu trajanja puta u različitim razdobljima s obzirom na razvoj tehnologije (brzinu puta). Tada bi opet dolazilo do preklapanja polja vezanih uz starija razdoblja onima koji predstavljaju recentna trajanja putovanja<sup>8</sup> pa bi se također moralo posezati za prikazom situacija upotrebom više različitih karata.

Jedan od najpovoljnijih načina istodobnog prikaza prostora i vremena na statičnim tematskim kartama je upotreba kartodijagrama. Kao primjer primjene kartodijagrama u svrhu prikaza više razdoblja migracija (također migranata u EU iz Sjeverne Afrike i Bliskog istoka) izrađen je kartodijagram na kojem su stupčani dijagrami pridruženi pojedinim migracijskim rutama (slika 10). Pritom je polje karte „rasterećeno“ od informacija o vremenskom slijedu broja migranata, koje se postavljaju na dijagrame, a iz kojih se jasno može iščitati promjena broja migranata kroz godine na pojedinim rutama. Na polje karte se mogu dodavati sadržaji u svrhu upotpunjavanja šire slike o migracijama – u ovom slučaju države u kojima postoje oružani sukobi, što je jedan od glavnih uzroka migracija, areali pojedinih migracijskih ruta te teritorijalni obuhvat EU kao prostor koji predstavlja određite migracija.

### 3. Zaključak

Primjeri migracija u demografskoj i sličnoj literaturi se, osim uz pomoć dijagrama, najčešće ilustriraju uporabom karata toka. Ipak, migracije, odnosno odabrane sastavnice migracija, moguće je prikazati i s pomoću mnogih drugih vrsta tematskih karata, pri čemu je prikaz umnogome jednostavniji ako ne uključuje dimenziju vremena. Karte s točkastim kartografskim znakovima koji se (proporcionalno) povećavaju pogodne su za prikaz relativno stacionarnih sastavnica migracija, primjerice broja migranata u određenoj državi, graničnih prijelaza i slično, pri čemu treba voditi računa o veličinama signatura kako ne bi prekrivale prostornu jedinicu kojoj su pridružene. Karte gustoće točaka, osim što su

pogodne za prikaz broja migranata u državi, omogućuju prikaz distribucije, a donekle i prostorne gustoće migranata u teritorijalnim jedinicama tako da se točke koncentriraju na područja s njihovom stvarnom naseljenošću. Na kartama toka jasno se mogu prikazati tokovi migracija te ishodišne i odredišne točke, kao i razlike u broju migranata promjenom širine strelice, no slično kao što je to slučaj i na kartama s točkastim signaturama promjenjive veličine, ukoliko im se širina pažljivo ne skalira, mogu prekriti određeni dio prostora.

Koropletnje karte vrlo su razumljive širokom broju korisnika i s pomoću njih moguće je prikazati mnoge sastavnice migracija. Njihov je veliki nedostatak, s obzirom na to da je riječ o kartama s prostornim signaturama, svodenje z vrijednosti na čitavu prostornu jedinicu pa je, ukoliko se raspolaže s preciznijim podatcima, umjesto njih potrebno primijeniti dasimetrijske karte ili karte vrijednosnih polja kako bi se stekao bolji uvid u distribuciju i gustoću prikazane pojave (sastavnice migracija).

Posebna vrsta tematskih karata koje je također moguće upotrijebiti za prikaz migracija su kartogrami. Najčešće su to vrijednosno-površinski kontaktni kartogrami (npr. izvedeni prema Gastner-Newmanovu algoritmu), no koriste se i kartogrami kod kojih se prostorne jedinice svode na jednostavne geometrijske likove, npr. krugove kao što je to slučaj kod Dorlingovih kartograma. Kartogrami iskrivljuju prikaz prostora, kao i kartografsku projekciju iz koje su izvedeni, no koriste se kada je potrebno vizualno stvoriti dojam izrazite važnosti prikazane pojave u prostoru. Također, pridruživanjem dijagrama pojedinim signaturama na karti (upotrebom kartodijagrama) moguće je dodatno povećati broj prikazanih sastavnica migracija, kao i neke njihove međudnose. Kartodijagrami su ujedno i jedan od najprikladnijih tematskih kartografskih prikaza kada se migracije trebaju prikazati i vremenski, pogotovo kada se želi na jednoj statičnoj karti prikazati nekoliko godina ili razdoblja migracija ili migracijskih valova. Naime, dodavanjem dijagrama polje karte rasterećuje se od sadržaja, pri čemu se (primjerice kada je riječ o prikazu promjene broja migranata) vrijeme može prikazati na apscisi, a broj migranata na ordinati stupčanih ili linijskih dijagrama. Upotrebom drugih vrsta statičnih tematskih karata za prikaz više godina ili razdoblja često se javlja potreba za upotrebom više karata, svaka za određenu godinu ili razdoblje. Razlog tomu je što kartografski znakovi koji se odnose na kronološki najsvježije godine i razdoblja nerijetko prekrivaju znakove koji simboliziraju starije godine i razdoblja, čime je teško ili čak nemoguće percipirati sva prikazana razdoblja u cjelosti.

<sup>8</sup> Zbog kontinuiranog tehnološkog napretka u brzini prijevoza, danas je moguće prijeći veće udaljenosti u određenom razdoblju nego što je to bilo moguće prije 50 godina. Ako tu usporedbu želimo prikazati na karti s izokronama, suvremeni bi krakovi prijednog puta bili dulji, a površina koju je moguće proputovati veća nego prije 50 godina, što znači da bismo ih preklapili, ako bismo ih ucrtali iznad. Rješenje tog problema je kartiranje slojeva kronološki unatrag: recentni se slojevi ucrtaju kao najdonji, a stariji potom dodaju na njih od mlađih prema starijima.

## References / Literatura

- Castles S, Miller M J (2003) *The Age of Migration*, The Guilford Press, New York
- Cohen M (2010) *Changing Cultural Landscapes*, Crabtree Publishing Company, St. Catharines, Canada
- Crawford MH, Campbell BC (2012) *Causes and Consequences of Human Migration*, Cambridge University Press, UK
- Dent BD, Torguson JS, Holder TW (2009) *Cartography: Thematic Map Design*, McGraw-Hill, New York
- Dorling D (1992) Visualizing People in Time and Space, *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 19, 613–637
- Dougenik JA, Chrisman NR, Niemeyer DR (1985) An Algorithm to Construct Continuous Area Cartograms, *Professional Geographer*, 37(1), 75–81
- Eicher CL, Brewer CA (2001) Dasymetric Mapping and Areal Interpolation: Implementation and Evaluation, *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 28, no. 2, 125–138
- Friendly M, Denis DJ (2001) Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization, URL: <http://euclid.psych.yorku.ca/SCS/Gallery/milestone/milestone.pdf>
- Friendly M (2002) Visions and Re-Visions of Charles Joseph Minard, *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, vol. 27, no. 1, 31–51
- Galton F (1881) On the Construction of Isochronic Passage Charts, *Proceedings of the Royal Geographical Society*, Royal Geographical Society
- Gastner MT, Newman MEJ (2004) Diffusion-based method for producing density-equalizing maps, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 10, no. 20, 7499–7504
- Heiderich F (1900) *Isochronenkarte von Österreich-Ungarn*, Wien: G. Freytag & Berndt, URL: [http://digitool.is.cuni.cz/R/?func=dbin-jump-full&object\\_id=1141424](http://digitool.is.cuni.cz/R/?func=dbin-jump-full&object_id=1141424)
- MacEachren AM (1979) *The Evolution of Thematic Cartography / A Research Methodology and Historical Review*, *The Canadian Cartographer*, vol. 16 no. 1, 17–33
- Lovrić P (1988) *Opća kartografija*, SNL, Zagreb
- Nejašmić I (2006) *Demogeografija: stanovništvo u prostornim odnosima i procesima*, Školska knjiga, Zagreb
- Robinson AH (1955) The 1837 Maps of Henry Drury Harness, *The Geographical Journal*, 121, 440–450
- Robinson AH, Morrison JL, Muehrcke PC, Kimerling AJ, Guptill SC (1995) *Elements of Cartography*, John Wiley & Sons Inc., New York
- Robinson MC (1996) Harold N. Fisk: A Luminescent Man, *Engineering Geology*, vol. 45, 37–44
- Roglić J (2005) *Uvod u geografsko poznavanje karata, Sabrana djela, Knjiga III.*, Školska knjiga, Zagreb
- Rowland DT (2014) *Demographic Methods and Concepts*, Oxford University Press, New York
- Tobler W (1973) A Continuous Transformation Useful for Districting, *Annals, New York Academy of Sciences*, vol. 219, 215–220
- Tobler W (1981) A Model of Geographical Movement, *Geographical Analysis*, vol. 13, no. 1, 1–20
- Tobler W (1986) Pseudo-Cartograms, *The American Cartographer*, 13(1), 43–50
- Tobler W (1987) Experiments in Migration Mapping by Computer, *The American Cartographer*, 14(2), 155–163
- Tobler W (2004) Thirty-Five Years of Computer Cartograms, *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 94. no. 1, 58–73
- Tyner JA (2010) *Principles of Map Design*, The Guilford Press, New York, London
- Wertheimer-Baletić A (1999) *Stanovništvo i razvoj*, MATE d.o.o., Zagreb
- URL 1: Ministry of Foreign and European Affairs of the Republic of Croatia (Ministarstvo vanjskih i europskih poslova RH), State Office for Croats Outside the Republic of Croatia (Državni ured za Hrvate izvan Republike Hrvatske), [www.mvep.hrv](http://www.mvep.hrv) (6. 6. 2016)
- URL 2: FRONTEX, agencija za nadzor kopnenih i morskih granica EU, <http://frontex.europa.eu/trends-and-routes/migratory-routes-map/> (10. 6. 2016)
- URL 3: CSISS (Center for Spatially Integrated Social Science), <http://www.csiss.org/clearinghouse/FlowMapper/> (8. 9. 2016)
- URL 4: Minard, <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Minard.png> (12. 9. 2016)
- URL 5: Radical Cartography, <http://www.radicalcartography.net/index.html?fisk> (14. 9. 2016)
- URL 6: Alternative Transport, [alternativetransport.worldpress.com](http://alternativetransport.worldpress.com) (14. 9. 2016)