

# **Kartografske projekcije na internetu**

## **Nedjeljko Frančula, Nada Vučetić, Dražen Tutić - Zagreb**

*SAŽETAK.* Napravljena je analiza web-stranica na engleskome jeziku posvećenih kartografskim projekcijama na internetu. Sve stranice svrstane su u sedam skupina: portali, udžbenici i srodni tekstovi, albumi, animirani prikazi, jednadžbe, programi za crtanje i bibliografije.

*Ključne riječi:* kartografske projekcije, internet.

### **1. Uvod**

Na internetu, preciznije na World Wide Webu (web), postoje mnoge stranice posvećene kartografskim projekcijama. Sve te stranice možemo svrstati u nekoliko skupina: portali, udžbenici i srodni tekstovi, albumi, animirani prikazi, jednadžbe, programi za crtanje, bibliografije. Analizirat ćemo što se od tih sadržaja nudi na internetu na engleskom jeziku.

### **2. Portali**

Prema našem saznanju na internetu ne postoji portal iz kojeg bi postojale veze na sve važnije stranice o kartografskim projekcijama. Ipak postoje portali koji tu ulogu više ili manje uspješno ispunjavaju. Na prvom mjestu ističemo *Map Projection Home Page* (URL 1). S tih stranica postoje veze na tekstove i softver iz područja kartografskih projekcija te veze na mnoge druge kartografske i srodne stranice. Ideja za te stranice nastala je na seminaru o kartografskim projekcijama u Odjelu za geografiju Hunter Collegea na City University of New York. Seminar je vodio dr. Keith C. Clarke, a stranice je uredila Karen Mulcahy. Posljednji su put osuvremenjene još 26. 9. 1997. pa danas, nažalost, neke veze više nisu aktivne. Portal *Map Projections – Guide picks* (URL 2) ima veze na udžbenike i albume kartografskih projekcija. Portal *Coordinates, Datums and Transformations* (URL 3) sadrži veze na koordinatne sustave pojedinih država, datume i softver za transformacije, ali i na stranice o kartografskim projekcijama. I portal *Cartography Links* (URL 4) upućuje na vrijedne stranice o kartografskim projekcijama.

### **3. Udžbenici i srodni tekstovi**

Izaberemo li na URL 1 *The Basics* upućeni smo na stranice s osnovnim povijesnim podacima o određivanju oblika i veličine Zemlje i Ptolomejevim projekcijama. Slijede savjeti o izboru projekcija i pregled konusnih (uključujući polikonusne i pseudokonusne), cilindričnih i azimutalnih projekcija. Za svaku projekciju ukratko su navedena svojstva i može se dobiti slika mreže meridijana, paralela i kontura kontinenata. Na samo jednoj stranici o deformacijama u kartografskim projekcijama objašnjena je Tissotova indikatrisa. Veze na *Map Projections* i *Datum and Coordinate Systems Overview* Petera H. Danae nisu više aktivne.

Po našoj ocjeni najbolji udžbenik o kartografskim projekcijama na internetu je *Cartographical Map Projections* Carlosa A. Furutia iz Brazila (URL 5). Udžbenik je nastao 1996. i 1997., a neke dopune unesene su 2001. Nakon uvoda i osnovnih definicija slijedi opis bitnih svojstava kartografskih projekcija ilustriran zornim slikama. Prikazane su deformacije

dužina, kutova (oblika) i površina te preslikavanje geodetske linije i loksodrome u različitim projekcijama. Poglavlje završava prikazom deformacija u šest različitih projekcija pomoću elipsi deformacija. U posebnom poglavlju dani su izvodi formula za desetak projekcija: azimutalnu ortografsku, stereografsku cilindričnu, Sansonovu, Mollweideovu, azimutalne projekcije, Winkelove I/II, Eckertovu V., Aitovljevu, Hammerovu i Winkelovu trostruku projekciju. Slijede poglavlja o azimutalnim, cilindričnim, pseudocilindričnim, konusnim, pseudokonusnim, modificiranim azimutalnim i ostalim projekcijama. U posebnim poglavljima obrađene su projekcije pogodne za navigaciju, kose projekcije, prekinute i zvjezdolike projekcije te poliedarske projekcije. Slijede osnovni povijesni podaci o kartografskim projekcijama i izbor projekcije za nekoliko različitih namjena. Udžbenik završava sumarnim pregledom svih obrađenih projekcija, popisom literature i vezama na neke srodne stranice.

Web-stranice *Map Projections* (URL 6) sastavio je Antal Guszlev student na Odsjeku za kartografiju Sveučilišta Eötvös Loránt u Budimpešti. Stranice su sastavljene za Komisiju za izobrazbu Međunarodnoga kartografskog društva (*ICA Commission on Education and Training*) i to kao uzorne stranice kartografskog obrazovnog programa na Internetu koji sponzorira Međunarodno kartografsko društvo (*ICA sponsored Internet cartography teaching program*). Nakon uvoda objašnjeni su načini klasifikacije kartografskih projekcija i potom deformacije. Obrađene su azimutalne, cilindrične, konusne, polikonusne, pseudokonusne, pseudocilindrične i mješovite projekcije. Za većinu projekcija dane su i osnovne kartografske jednadžbe. Stranice sadrže i neke animirane prikaze.

*Map Projections* (URL 7) s web-stranica U. S. Geological Surveya sadrži opise 17 projekcija koje se, uz tri izuzetka, primjenjuju na njihovim kartama. Za svaku projekciju dani su podaci o deformacijama dužina, površina i kutova. Naveden je autor projekcije i kada je izumljena. Priložena je slika mreže meridijana, paralela i kontura kontinenata te način preslikavanja na pomoćnu plohu.

Monografija *Matching the Map Projection to the Need* što ju je pripremio Odbor za kartografske projekcije Američkog kartografskog društva, objavljena 1991. (Frančula, 1993), danas je dostupna i na internetu (URL 8). Obrađene su ove teme: okretanje Zemlje, prekinute karte svijeta, okvir karte, preslikavanje polusfere, smještaj središta karte u bilo koju točku, povećanje središnjeg dijela karte, promatranje Zemlje iz svemira, prikaz putovanja oko svijeta, prikaz najkraćih udaljenosti, loksodroma, mjerenje smjera i najkraće udaljenosti, prikaz područja i krugova djelatnosti.

*Map Projections Overview* Petera H. Danae s Odjela za geografiju Teksaškog sveučilišta u Austinu, sastavljen 1995. i osuvremenjen u listopadu 2000., sadrži dvadesetak projekcija svrstanih u skupine cilindrične, pseudocilindrične, konusne, azimutalne i ostale projekcije. Za svaku projekciju dan je kratak opis, u prosjeku jedna do tri rečenice, i veza na sliku mreže meridijana, paralela, kontura kontinenata i granica država (URL 9). Slike s tih stranica upotrebljene su i u *Map Projections* (URL 10) nastale u Odjelu za virtualnu geografiju istog sveučilišta. Tu je s nešto više teksta objašnjena klasifikacija projekcija u prethodno navedene četiri skupine, potom podjela na uspravne, poprečne i kose projekcije te objašnjena svojstva konformnosti, ekvivalentnosti i ekvidistantnosti.

U tekstu *Map Projection Essentials* (URL 11) detaljno su objašnjeni pojmovi vezani uz koordinate, mrežu meridijana i paralela, pomoćne plohe, matematički pristup, deformacije, podjelu projekcija na uspravne, poprečne i kose. Posebno nije obrađena ni jedna projekcija.

Tvrtka MathWorks vodeći je svjetski proizvođač tehničkog računalnog softvera čije proizvode upotrebljavaju stručnjaci u više od 100 država na svim kontinentima. Glavni proizvod tvrtke je MATLAB – jezik tehničkog računalstva, koji uključuje i *Mapping Toolbox* – alat za izradu geografskih karata u više od 60 kartografskih projekcija. Za svaku projekciju navedeni su klasa, oblik mreže meridijana i paralela, svojstva, deformacije, standardne paralele, povijesni podaci, veze s ostalim projekcijama i restrikcije u upotrebi. Priložena je slika mreže meridijana, paralela i kontura kontinenata i na posebnoj slici elipse deformacija. Do indeksa u kojem se pod natuknicom *Projections Reference* nalazi i abecedni popis projekcija dolazimo biramo li iz ponuđenih abecednih popisa *Documantation* i potom *Mapping Toolbox* (URL 12).

#### 4. Albumi

Album *Geocart projections list* (URL 13) sadrži 143 projekcije svrstane u ove skupine (u zagradi je broj projekcija): cilindrične (14), pseudocilindrične (55), konusne (13), azimutalne (22), lentikularne (u obliku leće, npr. Aitovljeva) (15) i ostale (24). Kad se klikne na bilo koju projekciju dobije se mreža meridijana, paralela i konture kontinenata u uspravnim projekcijama. Jedina iznimka su azimutalne projekcije u kojima se dobije prikaz najčešće u poprečnim pojkcijama.

U album *Picture Gallery of Map Projections* (URL 14) uvršteno je 36 projekcija. Za svaku projekciju može se dobiti slika mreže meridijana, paralela i kontura kontinenata u uspravnim, poprečnim i kosim projekcijama. Za 19 projekcija može se dobiti i tzv. *normal-wide* položaj. To je u npr. uspravnim azimutalnim projekcijama karta čitavog svijeta umjesto karte polukugle. Treba ukazati i na jednu pogrešku. U uvodnom objašnjenju (*Description*), gdje se objašnjava što su to uspravne, poprečne i kose projekcije (normal, transverse, oblique), poprečna projekcija je označena kao *normal*, a uspravna kao *transverse*.

#### 5. Animirani prikazi

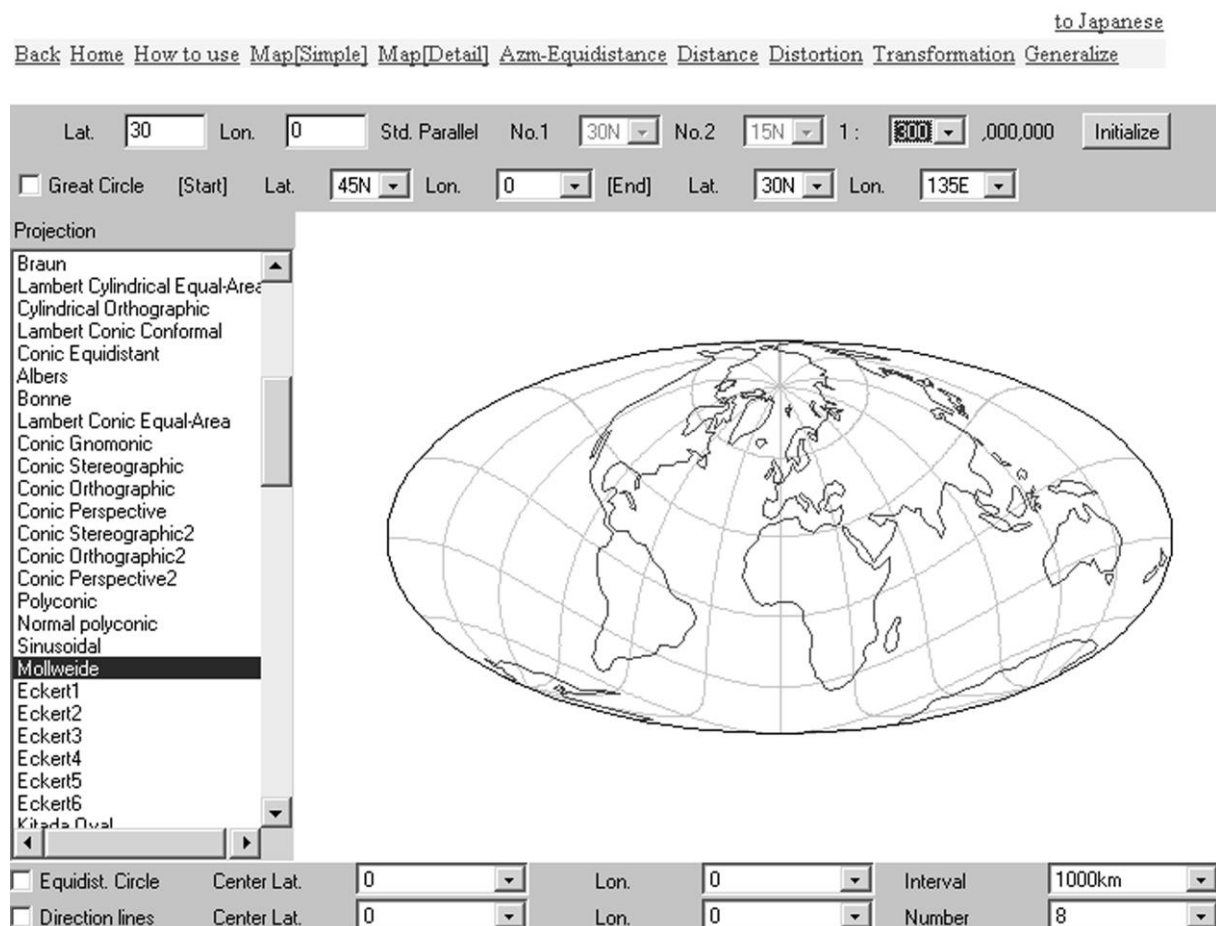
URL 15 sadrži vrlo ilustrativan animirani prikaz promjene veličine i oblika Grenlanda i Afrike u četiri projekcije. Na uvodnom ekranu dane su karte svijeta u Robinsonovoj, Mercatorovoj i Petersovoj projekciji i karta polusfere u ortografskoj. Za usporedbu su izabrani Grenland i Afrika koji su potom prikazani u pravoj veličini i obliku kao na globusu. Spomenimo da je Grenland približno petnaest puta manji od Afrike. Zatim su redom prikazani Grenland i Afrika u navedene četiri projekcije. U Mercatorovoj projekciji Grenland je veći od Afrike, a u Petersovoj projekciji ekstremno su im deformirani oblici. Na kraju u animiranom prikazu mreža meridijana i paralela te konture Grenlanda i Afrike pretvaraju se iz ortografske projekcije redom u ostale tri.

#### 6. Jednadžbe

Za jednadžbe kartografskih projekcija prava adresa na internetu je URL 16. To su stranice tvrtke Wolfram Research *Stephena Wolframa* tvorca poznatog softvera *Mathematica*. Uključeno je 46 projekcija. Za većinu projekcija dane su osnovne i inverzne jednadžbe i slika mreže meridijana, paralela i kontura kontinenata.

## 7. Programi za crtanje

Najbolji program za crtanje mreže meridijana, paralela i kontura kontinenata koji smo pronašli na internetu je japanski program (URL 17). Sučelje programa je izvanredno oblikovano. Na vrhu je traka s alatima, ispod nje i pri dnu ekrana su prozori za upisivanje parametara, a s lijeve strane je izbornik s ukupno 113 projekcija. U sredini je karta svijeta u pseudocilindričnoj projekciji. Na traci s alatima uključena je opcija *Map[Simple]*, što znači da se svi kutni parametri mogu zadavati samo u stupnjevima. S obzirom na točku promatranja Zemljine kugle, ili preciznije rečeno na geografske koordinate središnje točke projekcije, svaka projekcija može biti ekvatorska, polarna i kosa. Ako središnja točka projekcije ima geografsku širinu (prema oznakama na ekranu)  $Lat = 0^\circ$  uz bilo koju geografsku duljinu (Lon) radi se o ekvatorskoj projekciji. Za  $Lat = \pm 90^\circ$  dobiva se polarna projekcija, a za bilo koje druge vrijednosti kosa projekcija. Međutim, posebni oblici kosih projekcija mogu se dobiti ako se uključi i treća rotacija globusa prije preslikavanja (vidi URL 11, *Aspect* i *Transversal rotation*). Ta mogućnost nije uključena u program. Položaj središnje točke može se mijenjati i interaktivno na ekranu. Sa stisnutom lijevom tipkom miša unutar karte pomičemo točku, a mreža meridijana i paralela te konture kontinenata trenutno se mijenjaju. Tako možemo vrlo brzo izabrati optimalnu varijantu i u odgovarajućim prozorima očitati koordinate točke.



Slika1. Sučelje programa za crtanje (URL 17)

Program omogućuje i promjenu mjerila. U odgovarajućim projekcijama mogu se zadati geografske širine jedne ili dviju standardnih paralela. Može se crtati luk velike kružnice (najkraća udaljenost) između točaka zadanih geografskim koordinatama. Oko točke zadane

geografskim koordinatama mogu se na zadanim intervalima crtati krivulje jednakih udaljenosti. Na sl. 1 je sučelje tog programa s nacrtanom mrežom meridijana, paralela i kontura kontinenata u kosoj Mollweideovoj projekciji, a ostale opcije su isključene.

Opcija *Map[Detail]* pruža slične mogućnosti kao *Map[Simple]*, ali omogućuje da se sve kutne veličine zadaju u stupnjevima i minutama. Može se zadati bilo koje mjerilo u milijunima, a ne samo ona ponuđena u izborniku kao u *Map[Simple]*.

Izaberemo li na traci s alatima *Azm-Equidistance* pojavljuje se novo sučelje. Na ekranu je karta svijeta u azimutalnoj ekvidistantnoj projekciji s Tokijom kao središnjom točkom. S lijeve strane ekrana je izbornik s 30 gradova širom svijeta od kojih svaki može postati središnja točka karte. No i više od toga, središte karte možemo postaviti u bilo koju točku na Zemlji, ako geografske koordinate te točke u stupnjevima i minutama upišemo u odgovarajuće prozore. Oko središnje točke mogu se nacrtati kružnice na zadanim udaljenostima npr. 500, 1000, 2000 pa do 5000 km. Karta se može nacrtati u tri mjerila 1:100, 1:200 i 1:400 milijuna.

Novo sučelje pojavljuje se i kada iz trake s alatima izaberemo *Distance*. Na ekranu je karta svijeta u Millerovoj cilindričnoj projekciji s ucrtanim lukom velike kružnice između Tokija i Pariza i linijama jednakih udaljenosti od Tokija (prvoga grada) s intervalom od 2000 km. U posebnom prozoru upisana je udaljenost u kilometrima između ta dva grada. Gradove možemo mijenjati u odgovarajućim prozorima ili upisom njihovih koordinata. Osim Millerove na raspolaganju je i azimutalna ekvidistantna projekcija.

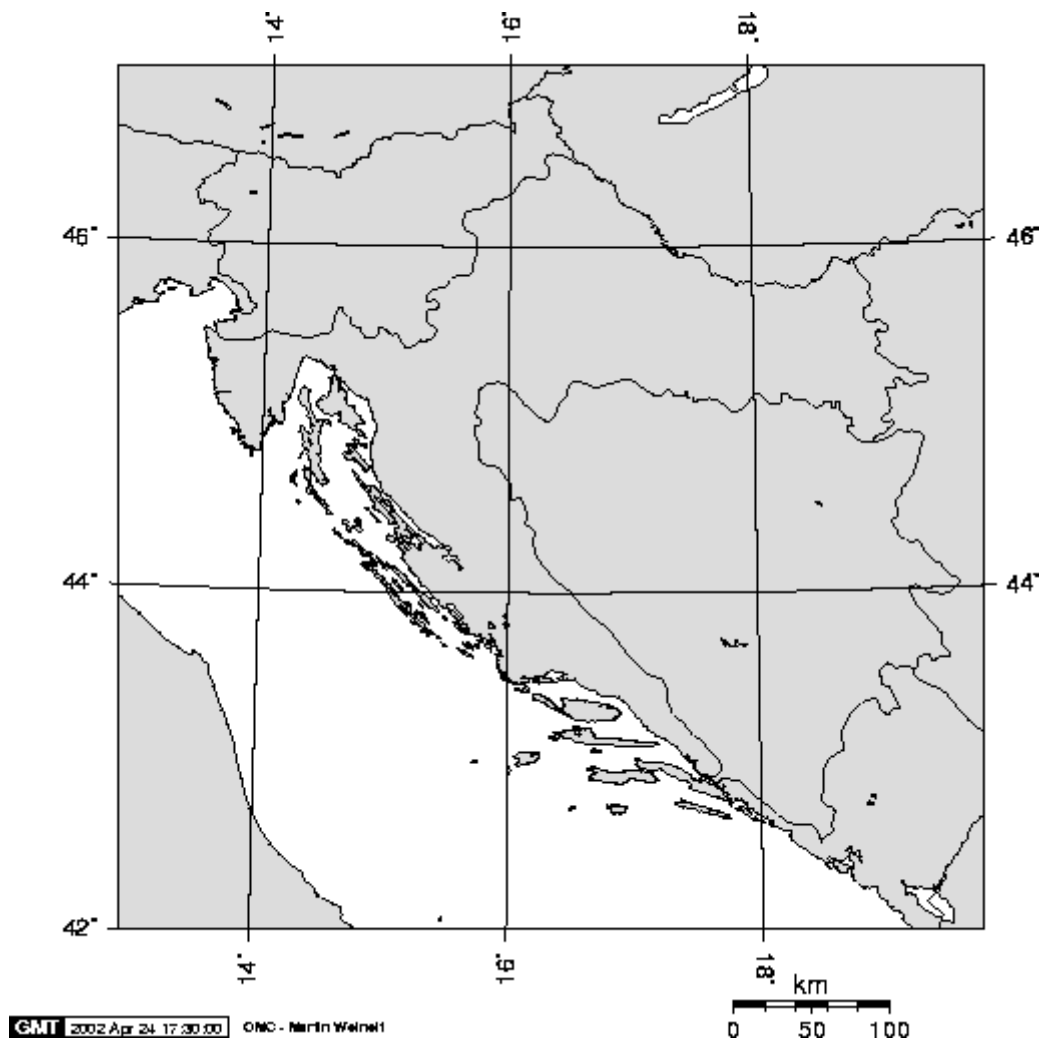
Opcija *Transformation* na traci s alatima omogućuje interaktivno preoblikovanje dviju pseudocilindričnih projekcija (*Transformation Sample 1* i *Transformation Sample 2*). Pritiskom na odgovarajuće strelice karta se može kontinuirano razvlačiti u smjeru osi y i osi x, tj. mogu se mijenjati odnos duljine ekvatora prema duljini pola i odnos duljine ekvatora prema duljini srednjeg meridijana. Može se, također, pratiti utjecaj promjene širine standardne paralele i deformacija površina na oblik mreže meridijana i paralela te kontura kontinenata. Pri svim navedenim preoblikovanjima mogu biti uključene i elipse deformacija.

Izborom *Distortion* na traci s alatima otvara se tablica u kojoj se za bilo koju od 113 projekcija uz odgovarajući izbor središnje točke i standardnih paralela ispisuje mjerilo površina za područje Greenlanda.

Još jedna mogućnost pruža se izborom opcije *Generalize*. Na ekranu se pojavljuje karta svijeta u konusnoj projekciji. Karta se može interaktivno mijenjati pomoću dvije klizne skale. Na donjoj skali možemo mijenjati širinu standardne paralele ( $\varphi_0$ ) od  $0^\circ$  do  $90^\circ$  i pratiti kako se konusna projekcija pretvara u cilindričnu za  $\varphi_0 = 0$  i potom, kako se širina povećava, u razne oblike konusnih projekcija i na kraju za  $\varphi_0 = 90^\circ$  u azimutalnu. Na gornjoj skali može se pomicati točka promatranja u perspektivnim projekcijama. Točka se može pomicati u dva smjera: paralelno ekvatoru i okomito na ekvator. Točka promatranja u središtu sfere daje gnomonsku projekciju, na samoj sferi stereografsku i u beskonačnosti ortografsku. Klizna skala omogućuje kontinuirani prijelaz od središta kugle do beskonačnosti. I ovdje imamo mogućnost uključiti elipse deformacija.

GMT (The Generic Mapping Tools) je softverski paket za kreiranje visoko kvalitetnih karata u različitim projekcijama. GMT uključuje više od 50 programa i alata, a u *Online Map*

*Creation* (URL 18) uključeno ih je pet. Na traci s alatima biramo *Make Map* i otvara se sučelje *The OMC input form*. Na raspolaganju je šest projekcija: ekvidistantna cilindrična, Mercatorova, polarna stereografska, Lambertova ekvivalentna azimutalna, azimutalna ekvidistantna i ortografska. Područje preslikavanja zadaje se geografskim koordinatama sjevernog, južnog, zapadnog i istočnog okvira karte. Mjerilo se automatski podešava prema formatu stranice A4. Automatski se podešava i razmak između susjednih meridijana i paralela, pa je na karti svijeta 30°, a na karti Hrvatske 2°. Geografske koordinate iscrtanih meridijana i paralela ispisuju se uz okvir karte. Na izbor su još granice država, rijeke, izohipse, naselja i vlastiti sadržaji definirani geografskim koordinatama. Karta se crta u boji (kopno – žutosmeđa, vode – plava, granice – crvena), ali se izborom *b/w map* može dobiti i crno-bijela varijanta (sl. 2).



Slika 2. Karta izrađena programom *Online Map Creation* (URL 18)

## 8. Bibliografije

John P. Snyder i Harry Steward objavili su 1988. godine u periodičkoj publikaciji U. S. Geological Survey Bulletin 1856 publikaciju *Bibliography of Map Projections* (Frančula 1990). Danas se osuvremenjena verzija te bibliografije nalazi na internetu (URL 19). Sadrži bibliografske podatke o 2765 radova o kartografskim projekcijama od najranijih objavljenih

radova do 1995. godine. To je 214 naslova više nego u tiskanoj verziji te bibliografije. Glavna prednost internetske verzije bibliografije u odnosu na tiskanu je brzina i lakoća pretraživanja.

## Literatura:

Frančula, N. (1990): J. P. Snyder, H. Steward, Bibliography of Map Projections. Geodetski list 4, 380-381.

Frančula, N. (1993): Tri knjižice o kartografskim projekcijama. Geodetski list 4, 377-378.

URL-adrese:

URL 1: Map Projection Home Page (portal)

<http://everest.hunter.cuny.edu/mp/>

URL 2: Map Projections – Guide picks (portal)

<http://geography.miningco.com/cs/mapprojections/>

URL 3: Coordinates, Datums and Transformations (portal)

<http://users.netonecom.net/~rburtch/geodesy/datums.html>

URL 4: Cartography Links (portal)

<http://www.geography.wisc.edu/sco/references/weblinks/cartography.html>

URL 5: Cartographical Map Projections, Carlos A. Furuti (udžbenik)

<http://www.ahand.unicamp.br/~furuti/ST/Cart/CartIndex/cartIndex.html>

URL 6 : Map Projections, Antal Guszlev (tekst)

<http://lazarus.elte.hu/~guszlev/vet/>

URL 7: USGS Map Projections (tekst)

<http://mac.usgs.gov/mac/isb/pubs/MapProjections/projections.html>

URL 8: Matching the Map Projection to the Need (monografija)

<http://www3.deasy.psu.edu/projection/banner.html>

URL 9: Map Projections Overview, Peter H. Dana (tekst)

[http://colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj\\_f.html](http://colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html)

URL 10: MapProjections, Laurie A. B. Garo (tekst)

<http://www.uncc.edu/~lagaro/cwg/mapproj/>

URL 11: Map Projection Essentials, By daan Strebe (tekst)

<http://www.mapthematics.com/Essentials/Essentials.html>

URL 12: MathWorks, Index (tekst)

<http://www.mathworks.com/siteindex.shtml>

URL 13: Geocart projections list (album)

<http://www.mapthematics.com/Projections.html>

URL 14: Picture Gallery of Map Projections, Hans Havlicek (album)

<http://www.geometrie.tuwien.ac.at/karto/>

URL 15: Map Projections, Changes in the size and shape of land masses on various map projections (animirani prikaz)

<http://www3.uakron.edu/geography/projections/ShpChng.html>

URL 16: Map Projections, Wolfram Research (jednadžbe)

<http://mathworld.wolfram.com/topics/MapProjections.html>

URL 17: Map Projection (Program za crtanje)

[http://hp.vector.co.jp/authors/VA011609/pj\\_e/pj\\_e.html](http://hp.vector.co.jp/authors/VA011609/pj_e/pj_e.html)

URL 18: Online Map Creation (program za crtanje)

[http://www.aquarius.geomar.de/omc/omc\\_intro.html](http://www.aquarius.geomar.de/omc/omc_intro.html)

URL 19: Bibliography of Map Projections (bibliografija)

<http://www.cs.albany.edu/~amit/bib/mapproj.txt>

## **MAP PROJECTIONS ON INTERNET**

*ABSTRACT. Web pages in English that are dedicated to map projections on Internet have been analysed. All pages are classified into seven groups: portals, textbooks and related texts, albums, animated presentations, equations, drawing programs and bibliographies.*

*Keywords: map projections, Internet.*



Afrike, 3  
*Generalize*, 5  
Grenlanda, 3  
Izaberemo li na traci s alatima, 5  
John P. Snyder i Harry Steward, 7  
kartografskih projekcija ilustriran zornim, 2  
*Map Projections*, 2  
*Mapping Toolbox*, 3  
MathWorks, 3  
*Picture Gallery of Map Projections*, 3  
Programi za crtanje, 4  
Ptolomejevim projekcijama, 1  
The Generic Mapping Tools, 6  
Transformation, 5  
Winkelovu trostruku projekciju, 2  
World Wide Webu, 1