

# Transformacija geoloških karata iz Gauss-Krügerove projekcije u HTRS96/TM projekciju

---

**Petrinec, Sara**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:433888>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-25**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Diplomski studij geološkog inženjerstva  
Hidrogeologija i inženjerska geologija

**TRANSFORMACIJA GEOLOŠKIH KARATA IZ GAUSS-KRÜGEROVE  
PROJEKCIJE U HTRS96/TM PROJEKCIJU**

Diplomski rad

Sara Petrinec

GI 468

Zagreb, 2023.



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
HR-10002 Zagreb, Peremysva 6, p.p. 350

OBRAZAC SUSTAVA UPRAVLJANJA KVALITETOM

KLASA: 602-01/23-01/204  
URBROJ: 251-70-15-232  
U Zagrebu, 8.12.2023.

Sara Petrinec, studentica

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/23-01/204, URBROJ: 251-70-15-231 od 22.11.2023. priopćujemo vam temu diplomskog rada koja glasi:

### TRANSFORMACIJA GEOLOŠKIH KARATA IZ GAUSS KRÜGEROVE PROJEKCIJE U HTRS96/TM PROJEKCIJU

Za mentora ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada Doc.dr.sc. Ivan Medved nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.


Mentor:

  
(potpis)

Doc.dr.sc. Ivan Medved

(titula, ime i prezime)

Predsjednica povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:

  
(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Ana Maričić

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

  
(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje  
Pašić

(titula, ime i prezime)

Oznaka: OB 8.5.-1 SRF-1-13/0

Stranica: 1/1

Čuvanje (godina) Trajno

*Zahvaljujem mentoru doc.dr.sc. Ivanu Medvedu na podršci, stručnosti i predanosti prilikom izrade mog diplomskog rada. Vaša posvećenost i znanje ostavili su dubok trag u mojem akademskom obrazovanju.*

*Zahvaljujem i prijateljima na svakoj riječi ohrabrenja, motivaciji i podršci koju su mi pružili kad je bilo najpotrebnije. Bez vas, ništa ne bi bilo isto.*

*Najveća zahvala mojoj obitelji, roditeljima i sestrama, bez čije ljubavi i razumijevanja ovaj put ne bi bio moguć. Hvala što ste uvijek uz mene!*

*I na kraju hvala dragom Bogu, izvoru snage i svjetlosti u mom životu, čija ruka me vodila kroz sve izazove tijekom studiranja.*

*Hvala i svima onima koji su sa mnom prilikom ovog posebnog trenutka.*

## **Transformacija geoloških karata iz Gauss Krügerove projekcije u HTRS96/TM projekciju**

Sara Petrinec

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za geofizička istraživanja i rudarska mjerenja  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

### Sažetak

Izrađena je transformacija osnovnih geoloških karata lista Zagreb i Ivanić Grad. Te karte se nalaze u Gauss-Krügerovoj projekciji te se ne poklapaju sa službenom projekcijom republike Hrvatska, a to je HTRS96/TM. Karte su uređivane u programu QGIS 3.24.2. Također, u tom programu je kreirana vlastita Helmertova 7-parametarska transformacija i vlastita projekcija s određenim parametrima. Nakon transformacije karata, vjerodostojnost transformacija provjerena je i uspoređena s podacima koji su preuzeti s Državne geodetske uprave. Ovakve vrste transformacija i rada u QGIS-u velika su pomoć za razne zadatke s kojima se susreću geolozi te im omogućuju jednostavnu upotrebu.

Ključne riječi: Helmertova 7-parametarska transformacija, Gauss-Krügerova projekcija, HTRS96/TM, QGIS, Osnovna geološka karta

Diplomski rad sadrži: 48 stranica, 1 tablica, 43 slika, 2 priloga, i 21 reference.

Jezik izvornika: hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: Dr.sc. Ivan Medved, docent RGNF

Ocjenjivači: Dr.sc. Ivan Medved, docent RGNF  
Dr.sc. Jasna Orešković, izvanredni profesor RGNF  
Dr.sc. Tomislav Korman, izvanredni profesor RGNF

## **Transformation of Geological Maps from Gauss-Krüger Projection to HTRS96/TM Projection**

Sara Petrinec

Thesis completed at: University of Zagreb

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering  
Department of Geophysical Exploration and Mine Surveying  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

### Abstract

A transformation of basic geological maps for the Zagreb and Ivanić Grad sheets has been carried out. These maps were in the Gauss-Krüger projection and did not match the official projection of the Republic of Croatia, HTRS96/TM. The maps were edited using QGIS 3.24.2 software. Additionally, a custom Helmert's 7-parameter transformation and a custom projection with specific parameters were created in the program. After the transformation of the maps, the credibility of the transformations was checked and compared with data obtained from the State Geodetic Administration. Such types of transformations and work in QGIS greatly assist various tasks encountered by geologists, enabling them to work with ease.

**Keywords:** Helmert' 7-Parameter Transformation, Gauss-Krüger Projekction, HTRS96/TM, QGIS, Basic Geological Map

**Thesis contains:** 48 pages, 1 table, 43 figures, 2 appendixes, i 21 references.

**Original in:** Croatian

**Archived in:** Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

**Supervisors:** PhD Ivan Medved, assistant professor

**Reviewers:** PhD Ivan Medved, assistant professor  
PhD Jasna Orešković, associate professor  
PhD Tomislav Korman, associate professor

**Defence date:** December 21, 2023, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBLIK, VELIČINA ZEMLJE I KOORDINATNI SUSTAVI</b> .....	<b>2</b>
2.1. Zemljin elipsoid .....	2
2.2. Geodetski koordinatni sustavi.....	3
<b>3. KARTOGRAFSKE PROJEKCIJE I TRANSFORMACIJE</b> .....	<b>7</b>
3.1. Osnovni kartografski pojmovi .....	7
3.2. Vrste kartografskih projekcija .....	10
3.2.1. Projekcije prema vrstama deformacije .....	10
3.2.2. Projekcije prema položaju pola normale kartografske mreže .....	12
3.2.3. Projekcije prema obliku normalne kartografske mreže (prema obliku mreže meridijana i paralela uspravnih projekcija) .....	14
3.2.4. Geodetske projekcije.....	19
3.3. Transformacije .....	21
<b>4. TEORIJSKE OSNOVE RADA</b> .....	<b>24</b>
4.1. GIS sustavi .....	24
4.1.1. QGIS .....	25
4.2. Osnovne geološke karte.....	26
4.2.1. List Zagreb .....	26
4.2.2. List Ivanić Grad.....	28
<b>5. METODOLOGIJA</b> .....	<b>30</b>
5.1. Kreiranje projekcije .....	30
5.2. Georeferenciranje i transformacijski parametri .....	31
5.3. Izdvajanje dijela karte .....	34
5.4. Prebacivanje karata iz GK5_sara u HTRS96/TM .....	38
5.5. Rezultati.....	40
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>41</b>
<b>7. LITERATURA</b> .....	<b>42</b>
<b>8. PRILOZI</b> .....	<b>45</b>

## POPIS SLIKA

Slika 2-1. Prikaz Zemljinog elipsoida (Šurina, 2023).....	2
Slika 2-2. Elipsa (Frančula, 2004).....	2
Slika 2-3. 3D kartezijev i elipsoidni koordinatni sustavi (Šimić, 2012).....	4
Slika 2-4. Elipsoidne i polarne koordinate (Šimić, 2012) .....	5
Slika 2-5. Geodetski pravokutni koordinatni sustav u ravnini (Šimić, 2012) .....	5
Slika 2-6. Gauss-Krügerovi koordinatni sustavi (Šimić, 2012) .....	6
Slika 2-7. Koordinatni sustav HTRS96/TM (Šimić, 2012) .....	6
Slika 3-1. Izgled paralela, meridijana i osnovna kartografska mreža (Tomić, 2017).....	8
Slika 3-2. Zemljina sfera, globus, karta, glavno i mjestimično mjerilo (Frančula, 2004).....	9
Slika 3-3. Podjela projekcija prema vrstama deformacija (Šurina, 2012) .....	11
Slika 3-4. Prikaz uspravne, poprečne i kose projekcije (Tomić, 2017) .....	12
Slika 3-5. Uspravna ortografska projekcija (Lapaine, 2012).....	12
Slika 3-6. Poprečna ortografska projekcija (Lapaine, 2012) .....	13
Slika 3-7. Kosa ortografska projekcija (Lapaine, 2012) .....	13
Slika 3-8. Prikaz triju površina za projekciju: cilindar, stožac i ravnina (Preppernau et al., 2017) .....	14
Slika 3-9. Uspravna konusna projekcija (Frančula, 2004) .....	15
Slika 3-10. Uspravna cilindrična projekcija (Frančula, 2004) .....	15
Slika 3-11. Uspravna azimutalna projekcija (Frančula, 2004) .....	16
Slika 3-12. Različiti prikazi azimutalnih projekcija (Robinson et al., 1995) .....	16
Slika 3-13. Pseudokonusna kartografska projekcija (Lapaine et al., 2022) .....	17
Slika 3-14. Pseudocilindrična projekcija (Frančula, 2004) .....	17
Slika 3-15. Polikonusna projekcija (Frančula, 2004).....	18
Slika 3-16. Kružna kartografska projekcija (Frančula, 2004) .....	18
Slika 3-17. Gauss-Krügerova projekcija (Šurina, 2012).....	20
Slika 3-18. Mercatorova projekcija Zemlje (Frančula, 2004) .....	20
Slika 3-19. Transformacija i konverzija koordinata (Liker et al., 2010) .....	21
Slika 3-20. Smjer Helmertove transformacije (ASOO, 2020) .....	22
Slika-4-1. Komponente GIS-a (Tutić et al., 2002).....	25
Slika 4-2. Ikona učitavanja QGIS-a (QGIS, 23.11.2023.).....	25
Slika 4-3. Osnovna geološka karta, list Zagreb (Šikić et al., 1972).....	29



Slika 4-4. Osnovna geološka karta, list Ivanić Grad (Basch, 1980) .....	29
Slika 5-1. Prozor unutar QGIS-a za izradu vlastite projekcije projekcije .....	30
Slika 5-2. Parametri projekcije .....	31
Slika 5-3. Prozor unutar QGIS-a za georeferenciranje .....	31
Slika 5-4. Prozor unutar QGIS-a za postavke transformacije .....	32
Slika 5-5. Prikaz karte Zagreb i koordinata .....	33
Slika 5-6. Prikaz karte Ivanić Grad i koordinata .....	34
Slika 5-7. Prozor za izradu shapefile-a .....	35
Slika 5-8. Prozor za izdvajanje dijela osnovne geološke karte .....	36
Slika 5-9. Princip rada alata Clip raster by extent.....	37
Slika 5-10. Izgled prozora <i>Save Raster Layer as</i> .....	38
Slika 5-11. Prikaz karata u HTRS projekciji u softveru QGIS .....	39
Slika 5-12. Uporedba geološke karte i DOF-a .....	40

## POPIS TABLICA

Tablica 2-1. Dimenzije Zemljina elipsoida (Frančula, 2004).....	3
---	---

## **POPIS PRILOGA**

Prilog 1. Osnovne geološke karte u HTRS96 projekciji.....	46
Prilog 2. Usporedba OGK i DOF-a.....	48

## 1. UVOD

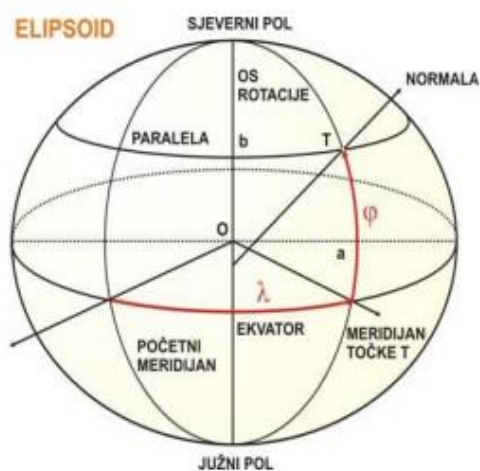
Transformacije karata su sve zastupljenije zbog uvođenja novog referentnog sustava u republici Hrvatskoj, a to je HTRS96/TM. U zadnje vrijeme sve su potrebnije transformacije zbog izrade različitih zadataka unutar računalnih programa za potrebe rješavanja geoloških problema. Kako bi geolozi lakše mogli raspoznati ovaj dio problema, prvo bi trebali znati osnove o projekcijama i elipsoidima, pa je zato prvo poglavlje upravo posvećeno tome. Osnovne geološke karte napravljene su u staroj Gauss-Krügerovoj projekciji. Unutar programa QGIS može se stvoriti vlastita transformacija koja omogućava transformaciju karte iz starog Gauss-Krügerovog sustava u novi HTRS96/TM.

Cilj ovog rada je upoznavanje s kartografskim projekcijama, upoznavanje s osnovnim matematičkim funkcijama Helmertove 7-parametarske transformacije te stvaranje vlastite transformacije unutar QGIS programa koja će geološke karte prebaciti u službeni referentni sustav republike Hrvatske.

U radu će prvo biti opisan Zemljin elipsoid, zatim geodetski koordinatni sustavi. Sljedeće poglavlje je posvećeno kartografskim projekcijama i transformacijama. Nakon kratkog opisa GIS-a i softvera QGIS, opisana je geološka građa istraživanog područja. Detaljno će biti i objašnjeni koraci izrade georeferenciranja karata te postupak izrade vlastite transformacije. Na kraju će karte biti uspoređene s podacima koji su preuzeti s Državne geodetske uprave.

## 2. OBLIK, VELIČINA ZEMLJE I KOORDINATNI SISTAVI

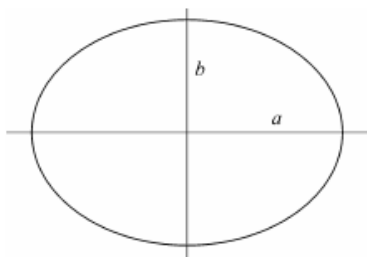
Kako bi se lakše mogle objasniti kartografske projekcije i transformacije, prvo je potrebno objasniti osnovne elemente Zemljina elipsoida i sfere te koordinatne sustave kojima je prikazan Zemljin elipsoid. U daljnjem tekstu bit će objašnjeno kako se elipsoid preslikava na drugi elipsoid. Općenito, u kartografiji se smatra da je oblik Zemlje aproksimiran s rotacijskim elipsoidom ili sferom. Na slici 2-1. prikazan je elipsoid i njegovi osnovni dijelovi.



Slika 2-1. Prikaz Zemljinog elipsoida (Šurina, 2023)

### 2.1. Zemljin elipsoid

Zemljin elipsoid nastaje rotacijom elipse (slika 2-2.) oko njene kraće osi, koja se podudara s osi rotacije Zemlje (Frančula, 2004). Oko male poluosi elipse koja se označava s  $b$ , rotacijom nastaje Zemljin elipsoid, dok je slovom  $a$  označena velika poluos.



Slika 2-2. Elipsa (Frančula, 2004)

Pomoću male i velike poluosi, može se definirati spljoštenost elipsoida ( $f$ ,  $1/f$ ), zatim polumjer zakrivljenosti. „U geodeziji se Zemljin elipsoid obično identificira sa Zemljinim sferoidom, a sferoid je geometrijsko tijelo blisko po obliku sferi ili kugli. Zbog toga se Zemljin sferoid razmatra kao rotacijski elipsoid s malom spljoštenosti“ (Frančula, 2004). Na tablici koja je prikazana dalje u tekstu (Tablica 2-1.), prikazani su najpoznatiji nazivi dimenzija Zemljinog elipsoida, kao i godina kreiranja, te iznos duljine osi i spljoštenosti. Za potrebe ovog rada koristit će se dva prikaza (dimenzije) Zemljina elipsoida, a to su Bessel i WGS 84.

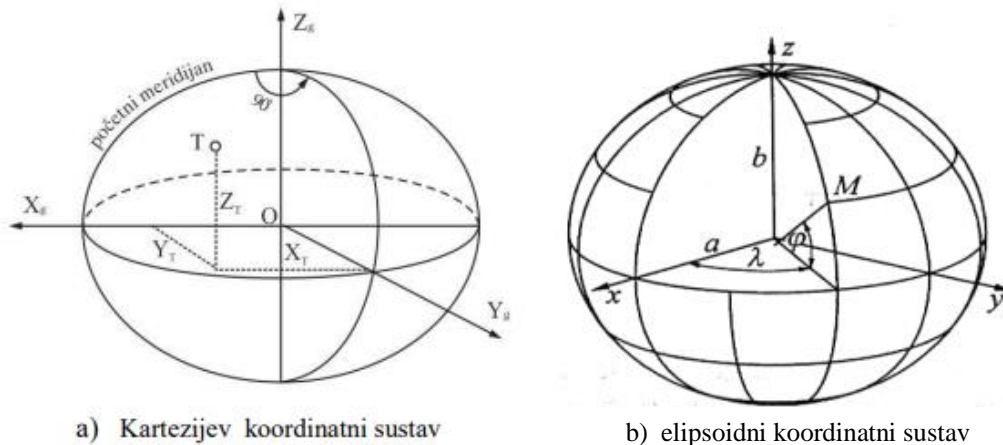
**Tablica 2-1.** Dimenzije Zemljina elipsoida (Frančula, 2004)

Naziv	Godina	a	b	1/f
Everest	1830	6377276.345	6356075.415	300.801726
Bessel	1841	6377397.155	6356078.963	299.152813
Clarke	1866	6378206.400	6356583.800	294.978698
Clarke	1880	6378249.145	6356514.967	293.466308
Hayford Internacionalni	1909 1924	6378388	6356911.946	297
Krasovskij	1940	6378245	6356863.019	298.3
GRS 1967	1967	6378160	6356774.516	298.247166
GRS 1980	1980	6378137	6356752.3141	298.257222
WGS 72		6378135	6356750.520	298.26
WGS 84	1987	6378137	6356752.314	298.257223563

## 2.2. Geodetski koordinatni sustavi

Koordinatni sustav je skup matematičkih zakonitosti koje definiraju kako će određenim točkama biti pridružene koordinate (Šimić, 2012). Koordinatni sustavi za prikaz Zemlje mogu se podijeliti u 3D prostorne koordinatne sustave, zatim 2D koordinatne sustave u ravnini te 1D visinski koordinatni sustav.

3D prostorni koordinatni sustavi temelje se na tome da im je položaj točke određen na površini rotacijskog elipsoida, a dijele se na Kartezijev ili globalni pravokutni koordinatni sustav te geodetski koordinatni sustav. Kartezijev koordinatni sustav određen je pravokutnim ili geocentričnim koordinatama, a to su X,Y i Z. Elipsoidni koordinatni sustav određen je geografskom širinom, duljinom te vertikalnom udaljenošću od elipsoida. Na slici 2-3. prikazani su ta dva tipa 3D koordinatnih sustava.



**Slika 2-3.** 3D kartezijski i elipsoidni koordinatni sustavi (Šimić, 2012)

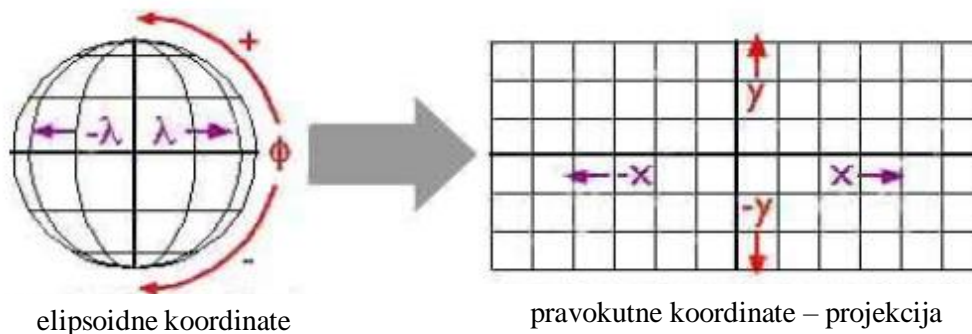
WGS 84 (World Geodetic System 1984) primjer je Kartezijskog koordinatnog sustava, a razvijen je 1980-tih godina u SAD-u na temelju poznatih GRS80 parametara. WGS 84 je geocentričan, a za cijelu Zemlju je definirano središte mase, uključujući oceane i atmosferu (Tehnički leksikon, 2007). Ishodište koordinatnog sustava WGS 84 nalazi se u središtu mase Zemlje, Z os prolazi središtem sjevernog pola, X os prolazi nultim (Greenwich) meridijanom, a Y os je okomita na osi X i Z, te je usmjerena prema istoku. WGS 84 je referentni sustav za GPS.

Vrijednosti poluosi Besselovog elipsoida nalaze se u Tablici 2-1. U literaturi je Besselov elipsoid zadan redovito pomoću numeričkih vrijednosti za poluosi  $a$  i  $b$  koje su izraženi u metrima (Frančula, 2004). U našoj Zemlji se danas računanja vrše na Besselovom elipsoidu, te postoje dva pristupa, upravo zbog neusklađenih vrijednosti koje je nešto manje od milimetra (Frančula, 2004).

Opći Zemljin elipsoid najbolje prikazuje Zemlju kao planet, dok je referentni elipsoid onaj na kojem se rade geodetska mjerenja i na kojem se obrađuju podaci. Takav elipsoid je u prostoru apsolutno orijentiran, njegova ravnina ekvatora se podudara s ravninom ekvatora, a mala os se podudara sa srednjim položajem rotacijske osi (Frančula, 2004).

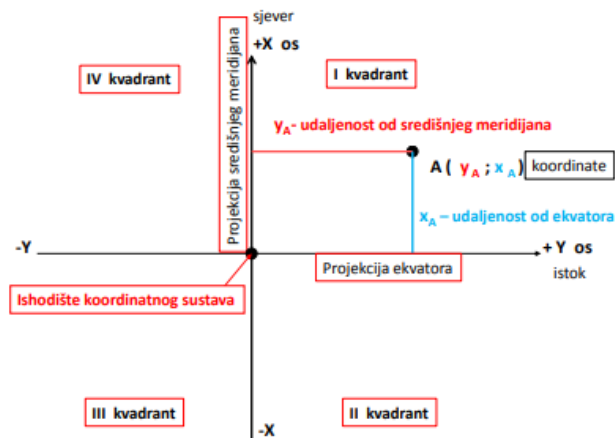
2D koordinatni sustav u ravnini određen je položajem točaka u ravnini projekcija. Postoje dvije vrste takvih koordinatnih sustava, pravokutni koordinatni sustav te polarni koordinatni sustav. Za potrebe ovog rada, koristit će se pravokutni koordinatni sustav i to Gauss-Krügerov koordinatni sustav te HTRS96/TM koordinatni sustav. Oba sustava su određena posebnim pravokutnim koordinatama koje su prikane na slici 2-4., a i prikazan je princip kako iz elipsoidnih koordinata nastaju pravokutne koordinate.

Postoji i 1D koordinatni sustavi, a to su visinski koordinatni sustavi koji su u vertikalnoj ravnini, a položaj točke im je određen apsolutnom ili nadmorskom visinom, a mjerenje se vrši od geoida.



**Slika 2-4.** Elipsoidne i polarne koordinate (Šimić, 2012)

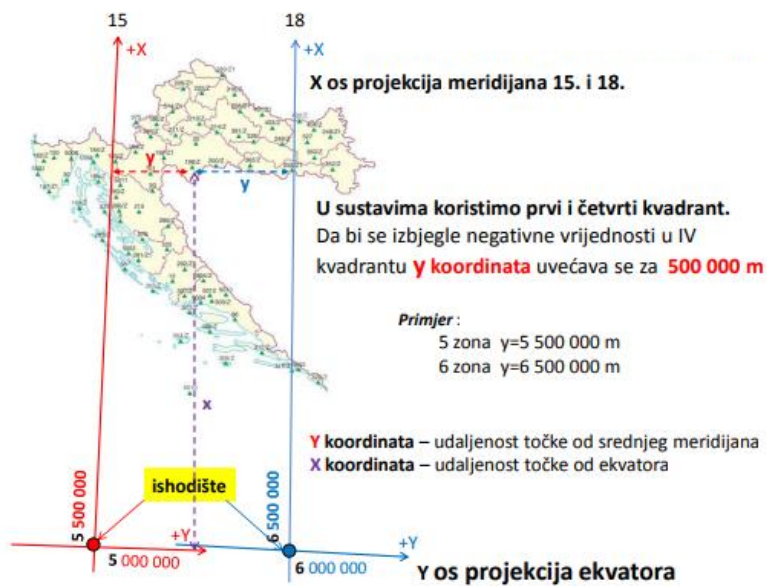
Na slici 2.5. prikazan je geodetski pravokutni koordinatni sustav u ravnini (2D). Takav koordinatni sustav sastoji se od četiri kvadranta, te prikazuje udaljenost od ekvatora te projekciju središnjeg meridijana, kao i ishodište koordinatnog sustava. Dva primjera ovakvog koordinatnog sustava su Gauss-Krügerov koordinatni sustav te HTRS96/TM.



**Slika 2-5.** Geodetski pravokutni koordinatni sustav u ravnini (Šimić, 2012)

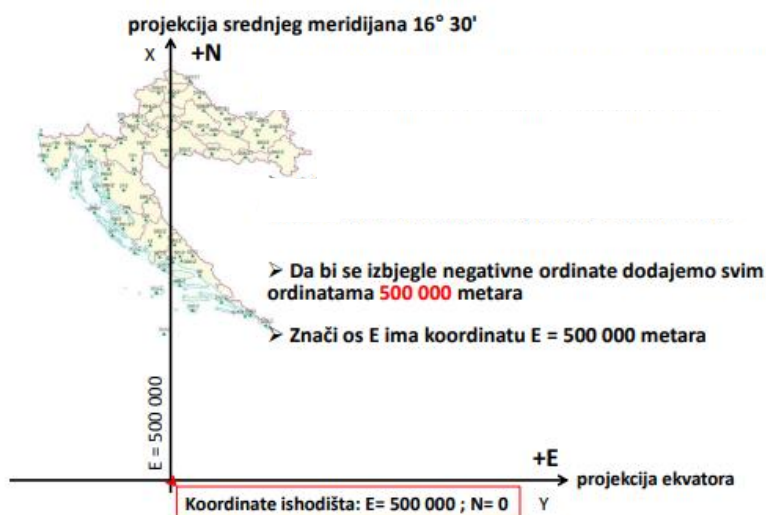
U Hrvatskoj su zastupljena dva pravokutna koordinatna sustava Gauss-Krügerove projekcije, a opisuju se kao 5. i 6. zona. X os je projekcija 15. i 18. meridijana. Na slici 2-6. je prikazano gdje je ishodište tog koordinatnog sustava, i koja područja zauzimaju 5. i 6. zona.





Slika 2-6. Gauss-Krügerovi koordinatni sustavi (Šimić, 2012)

Koordinatni sustav HTRS96/TM prikazuje projekciju središnjeg meridijana, koji je  $16^{\circ}30'$ . Projekcija ekvatora predstavlja ordinatnu os  $E$ , dok projekcija srednjeg meridijana apscisnu os  $N$  (Šimić, 2012). HTRS96 je službeni položajni koordinatni sustav Republike Hrvatske, dok je za potrebe detaljne državne kartografije usvojen koordinatni sustav poprečne Mercatorove projekcije (eng. Transverse Mercator Projection), a skraćeni naziv je HTRS96/TM (DGU, 2023). Na slici 2-7. prikazan je koordinatni sustav HTRS96/TM.



Slika 2-7. Koordinatni sustav HTRS96/TM (Šimić, 2012)

### **3. KARTOGRAFSKE PROJEKCIJE I TRANSFORMACIJE**

Kartografija je disciplina koja se bavi izradom, promicanjem i proučavanjem karata (Šimić, 2012). Kartografija se dijeli na matematičku kartografiju koja proučava teoriju kartografskih projekcija te praktičnu kartografiju koja se bavi oblikovanjem, sastavljanjem i izdavanjem karata. Za potrebe ovog diplomskog rada, bavit ćemo se matematičkom kartografijom, te opisati geodetske koordinatne sustave te dvodimenzionalne transformacije između takva dva koordinatna sustava.

Fizička površina Zemlje je veoma složena i nepravilna. Kada bi zamislili površinu mirnog mora i oceana protegnutu kroz kontinente, dobili bi idealiziranu plohu koja se naziva geoidom (Frančula, 2004). Pravilna matematička ploha koja je najsličnija plohi geoida je rotacijski elipsoid, a za sva geodetska mjerenja koristi se elipsoid kojeg nazivamo referentni. Kako bi izradili određenu vrstu karte, prvo je potrebno točke s fizičke površine Zemlje prenijeti na plohu elipsoida, a zatim se taj elipsoid preslikava u ravninu po određenim pravilima. Upravo je to zadaća kartografske projekcije, preslikavanje elipsoida u ravninu.

Opća svrha izučavanja kartografskih projekcija je stvaranje matematičke osnove za izradu karata i rješavanje teorijskih i praktičnih zadataka u kartografiji, geodeziji, geografiji, astronomiji, navigaciji i ostalim srodnim znanostima (Tomić, 2017). U izradi matematičke osnove neke karte potrebno je konstruirati u izabranoj projekciji mrežu meridijana i paralela ili nekih drugih koordinatnih linija. Pojavom triangulacije kod kartografskih projekcija i izradom karata na temelju topografskih snimaka javlja se potreba za točnijim sastavljanjem kartografskih mreža, a koordinatne točke se izražavaju matematičkim formulama odnosno u analitičkom obliku. Upravo zbog toga se uspostavlja funkcionalna veza između točaka na plohi elipsoida i u ravnini projekcije, a to se izražava kartografskim jednadžbama.

#### **3.1. Osnovni kartografski pojmovi**

U geološkoj struci često nisu poznati geodetski i kartografski pojmovi koji su vezani uz kartografske projekcije, pa će u nastavku biti ukratko objašnjeni. Kako bi se utvrdio položaj točaka na Zemlji, uvode se geografski koordinatni sustavi na sferi ili elipsoidu koji su opisani u prethodnom poglavlju. Upravo zbog toga se na površinu Zemlje postavlja mreža meridijana i paralela. Slika mreže meridijana i paralela u ravnini projekcije naziva se osnovnom kartografskom mrežom.

Geodetski datum se može definirati kao skup podataka koji definiraju veličinu i oblik Zemljinog elipsoida, koordinatni sustav te orijentaciju u odnosu na Zemlju.

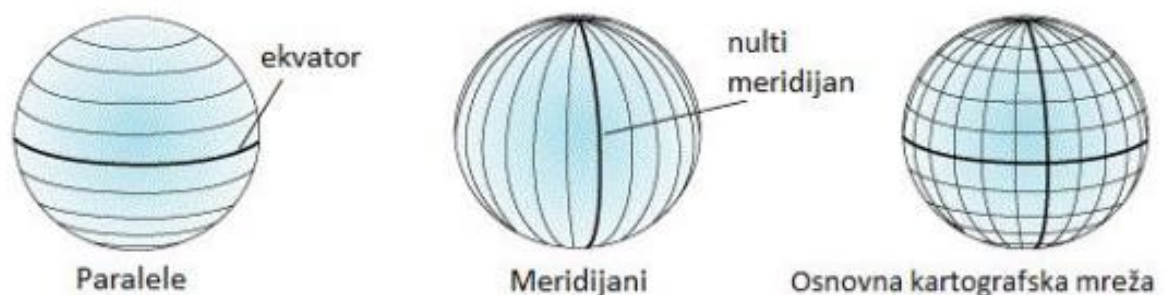
Meridijan je polukružnica na Zemljinoj sferi koja spaja Sjeverni i Južni pol (Frančula, 2004). Tomić (2017) navodi da je meridijan linija na Zemljanoj sferi koja je dobivena presjekom te sfere poluravninom čiji se rubni pravac podudara s osi rotacije te sfere, odnosno s pravcem koji prolazi polovima Zemlje. Glavni meridijan nalazi se u Greenwichu u Engleskoj, a najčešće ga zovemo nulti ili početni meridijan. Upravo prema početnom meridijanu se određuje geografska duljina.

Geografska duljina ili dužina je kut između ravnine početnog meridijana i ravnine meridijana zadane točke. Razlikuju se istočna i zapadna geografska duljina, a vrijednost kuta u smjeru istoka smatra se pozitivnom, a u smjeru zapada negativnom. Mjeri se od početnog meridijana od  $0^\circ$  do  $180^\circ$  prema istoku te od  $0^\circ$  do  $180^\circ$  prema zapadu (Tomić, 2017).

Paralela je kružnica koja se dobije presjekom elipsoida ravninama okomitima na malu os. Ekvator je najveća paralela, a on je jednako udaljen od polova. Ekvator dijeli Zemlju na sjevernu i južnu polutku. Pomoću ekvatora i paralela se određuje geografska širina.

Geografska širina je kut od ekvatora do smjera normale na Zemljinu sferu kroz zadanu točku. Geografska širina može biti sjeverna ili pozitivna i južna ili negativna (Tomić, 2017).

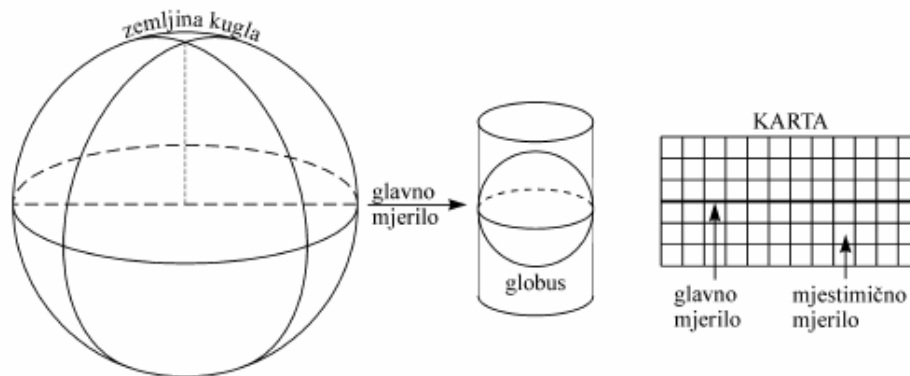
Kako bi se opisala osnovna kartografska mreža, na slici 3-1. je prikazan izgled paralela i meridijana i kako se oni sijeku na Zemljinoj sferi te čine osnovnu kartografsku mrežu. Slika mreže meridijana i paralela u ravnini projekcije naziva se osnovnom kartografskom mrežom, a normalna kartografska mreža je ona čiji je oblik u promatranoj kartografskoj projekciji najjednostavniji (Lapaine, 2016).



**Slika 3-1.** Izgled paralela, meridijana i osnovna kartografska mreža (Tomić, 2017)

Kako bi se lakše objasnio pojam deformacije, potrebno je objasniti pojam mjerila. Mjerilom nazivamo odnos između dvije veličine izraženih istim mjernim jedinicama (Frančula, 2004). Vrijednost mjerila ne može biti jednako u svakoj točki karte, pa se zbog toga razlikuje glavno i mjestimično mjerilo. Upravo se javlja razlika u vrijednosti zbog toga što elipsoid i sferu nije moguće preslikati u ravninu bez deformacija.

Glavno mjerilo je ispisano na karti, a može se zamisliti kao mjerilo u kojem se Zemljina ploha prvo smanji u neko mjerilo, a zatim preslika u ravninu. Drugi naziv za glavno mjerilo je opće mjerilo. Na slici 3-2. prikazano je glavno i mjestimično mjerilo i gdje se oni nalaze na karti. Glavno mjerilo je uzeto duž ekvatora, dok je mjestimično duž neke druge paralele. primjerice, ako je glavno mjerilo 1:1000000, mjestimična mjerila mogu biti 1:998000, 1:1010000 i slično (Tomić, 2017).



**Slika 3-2.** Zemljina sfera, globus, karta, glavno i mjestimično mjerilo (Frančula, 2004)

### 3.2. Vrste kartografskih projekcija

Kartografske projekcije su matematički postupci koji omogućuju preslikavanja zakrivljene plohe (sfere ili rotacijskog elipsoida) Zemlje i drugih nebeskih tijela u ravninu (Šimić, 2012). Sam postupak kartografskog preslikavanja je ustanoviti vezu između koordinata točaka na Zemljinom elipsoidu i koordinata u projekciji. „Preslikavanje plohe rotacijskog elipsoida (ili sfere) u ravninu izražava se osnovnim kartografskim jednadžbama:  $x = f_1(\varphi, \lambda)$  ;  $y = f_2(\varphi, \lambda)$ “ (Šimić, 2012). Geografske koordinate su označene s  $\varphi$  i  $\lambda$ ,  $x$  i  $y$  se nazivaju osnovnim jednadžbama kartografskih projekcija, dok  $f$  je oznaka za funkciju koja određuje svojstva kartografskih projekcija i može ih biti beskonačno mnogo.

Preslikavanja plohe rotacijskog elipsoida ili sfere ima velik broj, a danas se uglavnom koristi desetak kartografskih projekcija. Ploha rotacijskog elipsoida može se preslikati na ravninu ili plašt. Na ravninu se preslikava na način da dodiruje Zemlju u nekoj točki, a na plašt geometrijskog tijela na način da dodiruje Zemlju u liniji. Uglavnom se preslikava na plašt valjka ili stošca.

Kako bismo lakše odredili koja je projekcija najbolja za primjenu, svrstavamo ih u grupe. Kao osnova za podjelu kartografskih projekcija uzimaju se 3 glavne grupe:

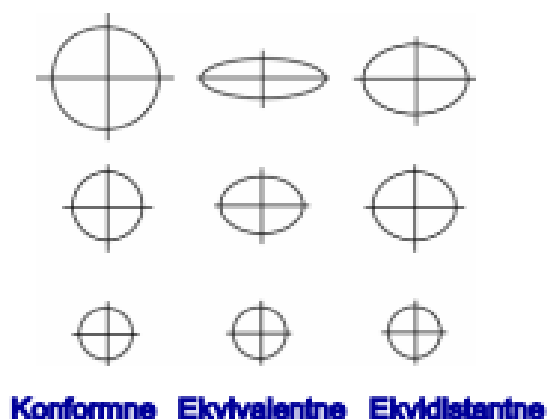
1. projekcije prema vrstama deformacije odnosno osobine preslikavanja
2. projekcije prema položaju pola normale kartografske mreže
3. projekcije prema obliku normalne kartografske mreže ( prema obliku mreže meridijana i paralela uspravnih projekcija)

#### 3.2.1. Projekcije prema vrstama deformacije

Projekcije prema vrstama deformacije, dijele se dalje na 4 grupe, a to su:

1. konformne ili istokutne
2. ekvivalentne ili istopovršinske
3. ekvidistalne ili istodužinske, ali samo u određenom smjeru i
4. uvjetne

Slika 3-3. prikazuje vrste deformacija i prikaz Zemlje u tim deformacijama.



**Slika 3-3.** Podjela projekcija prema vrstama deformacija (Šurina, 2012)

Konformne ili istokutne kartografske projekcije su projekcije kod kojih nema deformacije kutova, a to znači da se meridijani i paralele sijeku pod pravim kutom. Kod konformnih projekcija mjerilo duljina u svakoj je točki jednako u svim smjerovima, pa je zbog toga u tim projekcijama sačuvana sličnost beskonačno malih likova (Tomić, 2017). Kod ove projekcije veoma je teško održavanje pravih kutova na velikim površinama, pa se više koristi za manja područja. Konformni tip projekcije rezultira iskrivljenjem područja, zbog čega dolazi do netočnih podataka kod mjerenja nekog područja.

Ekvivalentne ili istopovršinske su projekcije koje čuvaju površine. U svakoj točki mjerilo površina projekcije jednako jedinici, niti u jednoj točki nije prisutna deformacija površina (Tomić, 2017). Kod ove vrste projekcije očuvana je jednakost površina likova na elipsoidu, kao i u projekciji. Nemoguće je da jedna projekcija istovremeno bude konformna i ekvivalentna (Frančula, 2004).

Ekvidistalne ili istodužinske projekcije čuvaju duljine u određenom smjeru. Kod ove vrste projekcija je uzduž jednog glavnog pravca u svakoj točki mjerilo duljina jednako jedinici, odnosno u svakoj točki postoji smjer uzduž kojega nema deformacija dužina (Tomić, 2017).

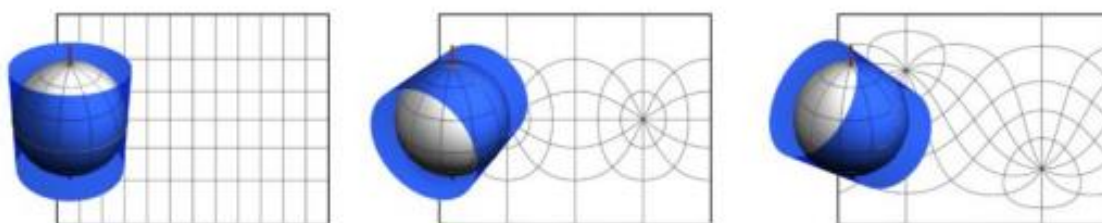
Uvjetne kartografske projekcije su one projekcije koje nisu ni konformne, ni ekvidistalne ni ekvivalentne, nisu im sačuvani niti kutovi, niti udaljenosti, niti površine.

### 3.2.2. Projekcije prema položaju pola normale kartografske mreže

Projekcije prema položaju pola normale kartografske mreže dijele se u 3 grupe:

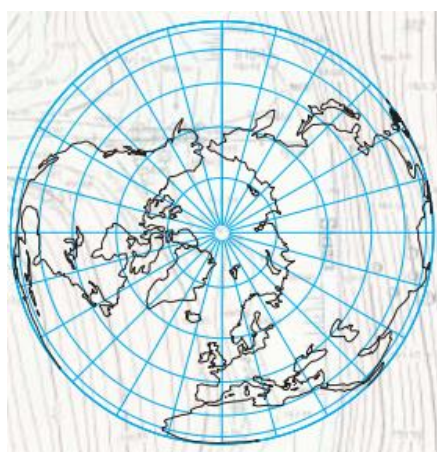
1. uspravne
2. poprečne
3. kose

Mnoge kartografske projekcije mogu se zadati tako da se promatrana ploha, sfera ili površina elipsoida, najprije preslika na neku plohu, a ploha može biti cilindrična ili konusna (stožasta), zatim se ta ploha preslika na ravninu i dobije se konačna slika (Tomić, 2017). Prikaz tih projekcija nalazi se na slici 3-4.



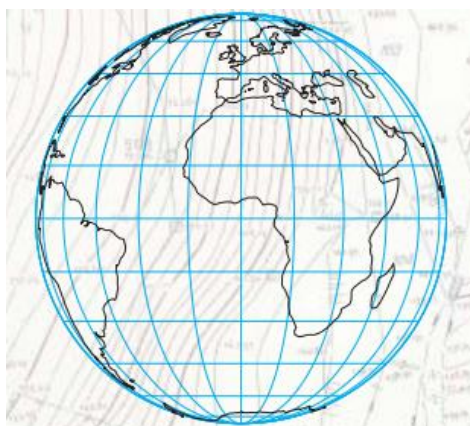
**Slika 3-4.** Prikaz uspravne, poprečne i kose projekcije (Tomić, 2017)

Uspravna projekcija se još naziva i normalna, a kod te projekcije se os simetrije pomoćne plohe podudara s obrtnom osi sfere ili elipsoida (Tomić, 2017). Kod uspravnih projekcija se pol normalne mreže podudara s geografskim polom, pa je mreža meridijana i paralela ujedno i normalna mreža (Frančula, 2004). Na slici 3-5. prikazana je uspravna ortografska projekcija.



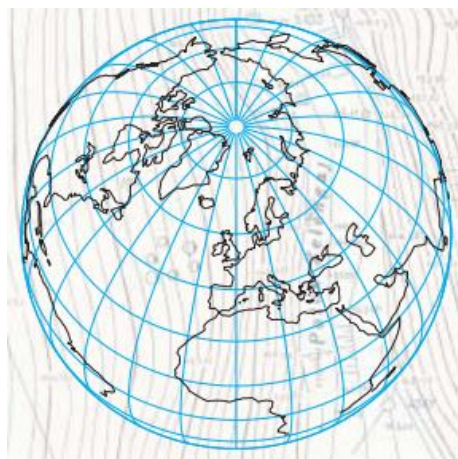
**Slika 3-5.** Uspravna ortografska projekcija (Lapaine, 2012)

Poprečna kartografska projekcija je ona kod koje os simetrije pomoćne plohe je okomita na obrtnu os sfere ili elipsoida (Tomić, 2017). Drugo ime za ovu projekciju je transversalna projekcija. Kod poprečnih kartografskih projekcija, pol normale mreže nalazi se na ekvatoru. Na slici 3-6. je prikazana poprečna ortogonalna projekcija.



**Slika 3-6.** Poprečna ortografska projekcija (Lapaine, 2012)

Kosa kartografska projekcija je ona kod koje je kut među navedenim osima bilo koji kut koji iznosi od  $0^\circ$  do  $90^\circ$  (Tomić, 2017). Kod kosih projekcija pol normalne mreže uvijek se nalazi u bilo kojoj točki između pola i ekvatora (Frančula, 2004). Na slici 3-7. prikazana je kosa ortografska projekcija.



**Slika 3-7.** Kosa ortografska projekcija (Lapaine, 2012)



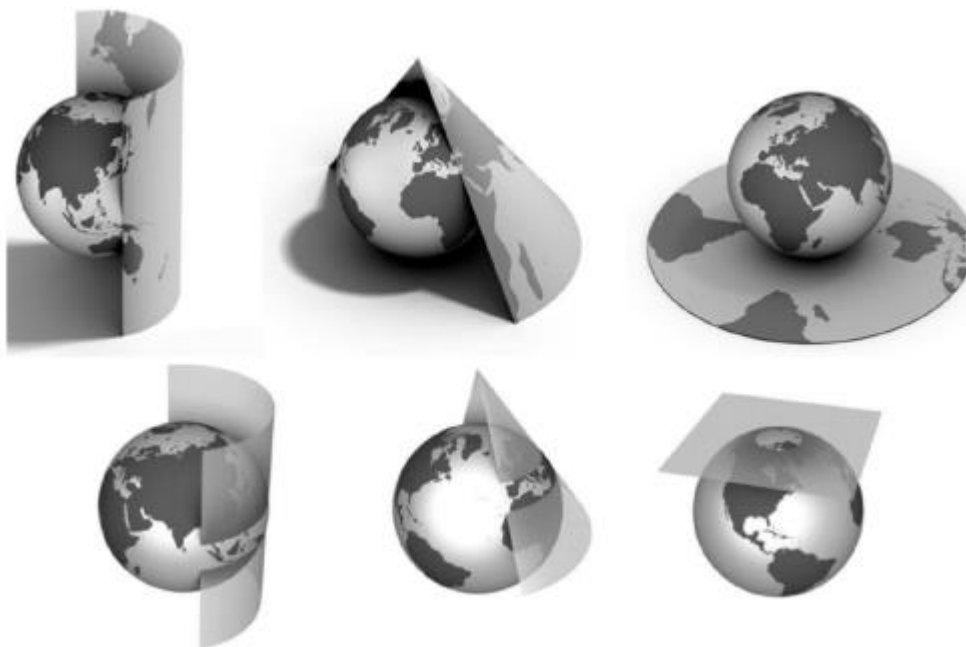
### 3.2.3. Projektije prema obliku normalne kartografske mreže (prema obliku mreže meridijana i paralela uspravnih projekcija)

Normalna kartografska mreža podudara se s mrežom meridijana i paralela u uspravnim projekcijama, te upravo zbog toga ova podjela ima naziv kartografske projekcije prema obliku mreže meridijana i paralela uspravnih projekcija (Frančula, 2004).

Tako se prema obliku mreže meridijana i paralela uspravnih projekcija dijele na:

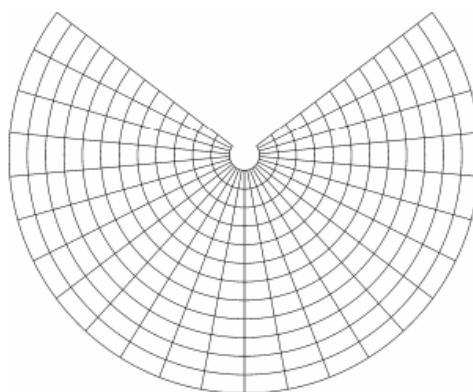
1. konusne
2. cilindrične
3. azimutalne
4. pseudokonusne
5. pseudocilindrične
6. polikonusne
7. kružne projekcije.

Ove vrste projekcija, uglavnom su zasnovane na klasifikaciji prema kojoj se površina stošca i površina cilindra ili ravnine dodiruje ili siječe sa sferom Zemlje (Lapaine et al, 2022). Na sljedećoj slici bit će prikazano na koji način su te projekcije preslikane na ravninu.



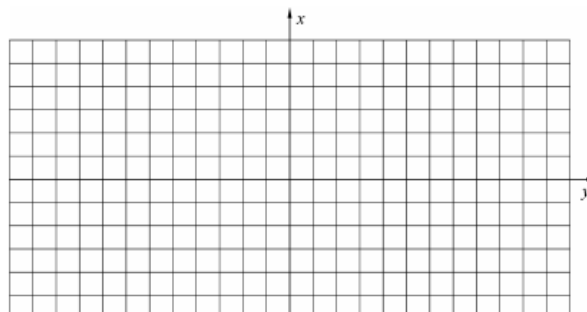
**Slika 3-8.** Prikaz triju površina za projekciju: cilindar, stožac i ravnina (Preppernau et al., 2017)

Konusne projekcije se još nazivaju i stožaste. Konusna projekcija je ona kod koje se meridijani uspravne projekcije preslikavaju kao pravci koji se sijeku u jednoj točki i to pod kutovima proporcionalnim odgovarajućim razlikama geografskih duljina, a paralele kao lukovi koncentričnih kružnica sa središtem u presjeku slika meridijana (Frančula, 2004). Ukratko, meridijani su prikazani kao pravci, a paralele kao lukovi koncentričnih kružnica. Konusne projekcije se dijele na uspravne, poprečne i kose. Najčešće konusne projekcije su uspravne ili poprečne, kod uspravne se os stošca preklapa s osi rotacijskog elipsoida, dok kod poprečne os stošca leži u ravnini ekvatora. Na slici 3-9. prikazana je konusna projekcija.



**Slika 3-9.** Uspravna konusna projekcija (Frančula, 2004)

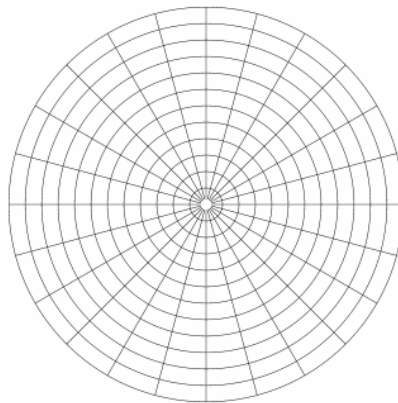
Cilindrične kartografske projekcije se još nazivaju i valjkaste. Cilindrična projekcija je ona kod koje su meridijani uspravnih projekcija preslikani kao pravci koji su međusobno paralelni i imaju razmak proporcionalan odgovarajućim razlikama duljina, a paralele se preslikavaju kao pravci koji su okomiti na meridijane (Frančula, 2004). Cilindrične projekcije se dijele na uspravne, kose, poprečne i kose. Na slici 3-10. je prikazan uspravna cilindrična kartografska projekcija.



**Slika 3-10.** Uspravna cilindrična projekcija (Frančula, 2004)

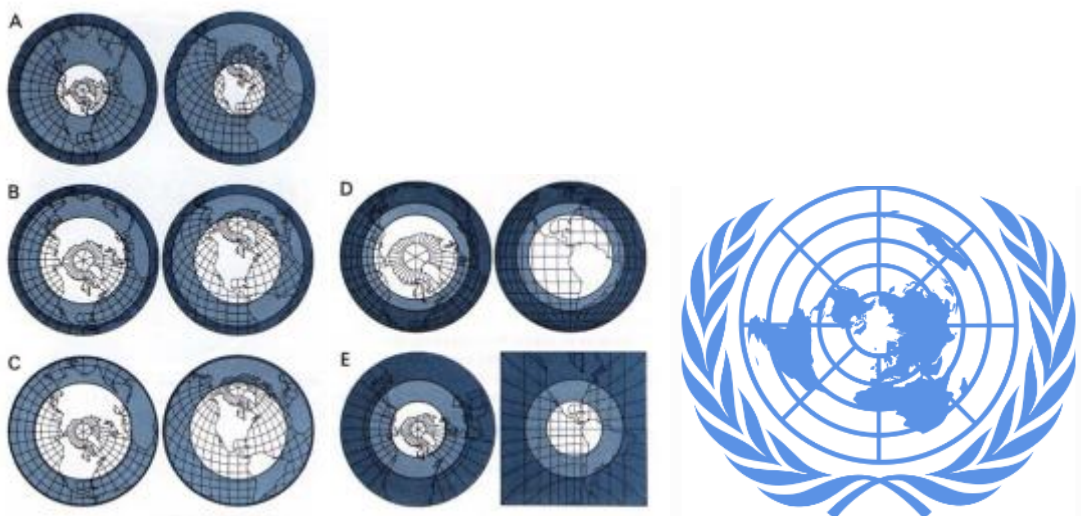
Azimutalne projekcije u kojima su meridijani prikazani kao ravne linije koje se sijeku u jednoj točki, a paralele su prikazane kao koncentrični krugovi, pri čemu je kut između bilo

koja dva meridijana jednak razlici odgovarajućih geografskih dužina (Lapaine et.al., 2022). Azimutalne projekcije se najčešće upotrebljavaju za karte sitnih mjerila, Zemlja se aproksimira kao sfera. Azimutalne projekcije se poput cilindričnih dijele na uspravne, poprečne i kose. Poprečne azimutalne projekcije često se upotrebljavaju za izradu karata istočne i zapadne hemisfere, a kose za izradu karata kontinenta. Na slici 3-11. prikazana je uspravna azimutalna projekcija.



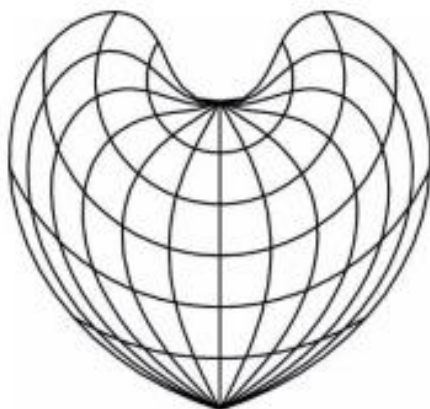
**Slika 3-11.** Uspravna azimutalna projekcija (Frančula, 2004)

Na sljedećoj slici su prikazi različitih vrsta azimutalnih projekcija. Pod A je prikazana stereografska (uspravna i kosa), pod B Lambertova ekvivalentna azimutalna projekcija, pod C ekvidistantna azimutalna (uspravna i kosa), zatim pod D ortografska (uspravna i poprečna) i pod E centralna azimutalna (gnomska), i to uspravna i poprečna. Na desnom dijelu slike prikazana je najpoznatija azimutalna ekvidistalna projekcija, koja je ujedno i logo organizacije UN-a.



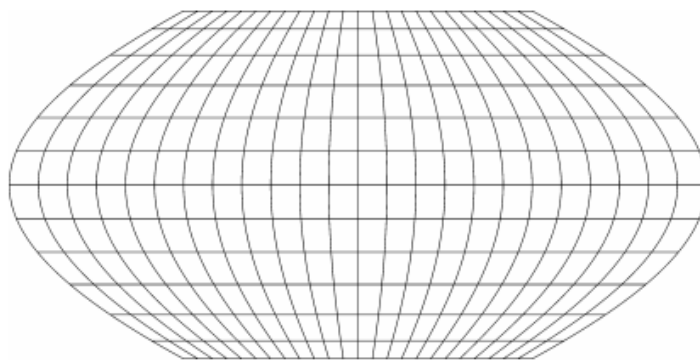
**Slika 3-12.** Različiti prikazi azimutalnih projekcija (Robinson et al., 1995)

Pseudokonusna projekcija je projekcija kod koje su meridijani uspravne projekcije preslikavaju kao krivulje simetrične u odnosu na srednji meridijan koji se preslikava kao pravac, a paralele se preslikavaju kao lukovi koncentričnih kružnica sa središtem na srednji meridijan (Tomić, 2017). Jedan primjer ovakve vrste projekcije je Bonneova projekcija koja je pseudokonusna ekvivalentna i kod nje se sve paralele i srednji meridijan preslikavaju bez deformacija. Na slici 3-13. prikaz je pseudokonusne projekcije.



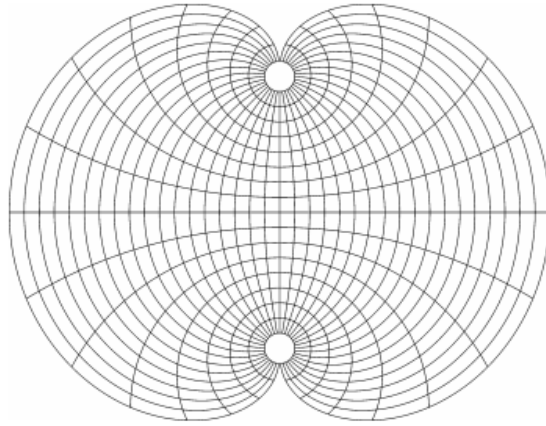
**Slika 3-13.** Pseudokonusna kartografska projekcija (Lapaine et al., 2022)

Pseudocilindrična projekcija je projekcija kod koje se paralele uspravnih projekcija preslikavaju kao paralelni pravci, a meridijani kao krivulje simetrične u odnosu na srednji meridijan koji se preslikava kao pravac okomit na paralele (Frančula, 2004). Na slici 3-14 je prikazana pseudocilindrična kartografska projekcija.



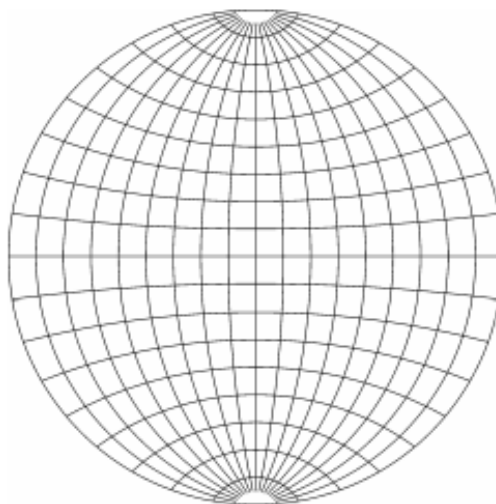
**Slika 3-14.** Pseudocilindrična projekcija (Frančula, 2004)

Polikonusna projekcija je ona projekcija kod koje se meridijani uspravne projekcije preslikavaju kao krivulje simetrične u odnosu na srednji meridijan koji se preslikava kao pravac, a paralele kao lukovi ekscentričnih kružnica koji ima središte na srednjem meridijanu (Tomić, 2017). Na slici 3-15. je prikaz polikonusne projekcije.



**Slika 3-15.** Polikonusna projekcija (Frančula, 2004)

Zadnja od ovih vrsta projekcija je kružna projekcija. U ovim vrstama projekcije se meridijani i paralele preslikavaju kao kružnice. Najpoznatija kružna projekcija je Van der Grintenova projekcija koja se upotrebljava za izradu političkih karata svijeta, iako za tu svrhu zbog velikih deformacija površina nije prikladna (Frančula, 2004). Na slici 3.16. je prikazana kružna projekcija.



**Slika 3-16.** Kružna kartografska projekcija (Frančula, 2004)

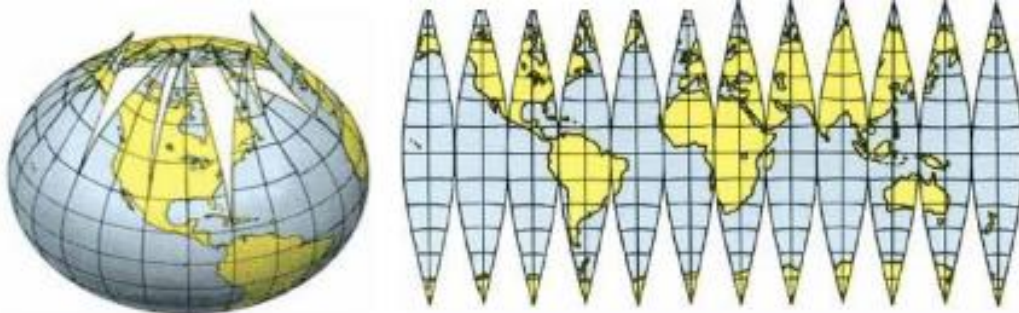
### 3.2.4. Geodetske projekcije

Posebnu vrstu projekcija čine geodetske projekcije, a to su projekcije za potrebe državne izmjere i izradu službenih topografskih karata (Lapaine, 2002). Projekcija za potrebe državne izmjere je projekcija koja će poslužiti za preračunavanje koordinata trigonometrijskih točaka u ravninu (Frančula, 2004). Jedne od najpoznatijih geodetskih projekcija su univerzalna poprečna Mercatorova projekcija (UTM), zatim poprečna Mercatorova ili Gauss-Krügerova projekcija, polikonusna i Lambertova konformna konusna projekcija.

Prema odluci o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske (NN 110/2004) utvrđeno je da koordinatni sustav poprečne Mercatorove projekcije HTRS96/TM bude projekcijski koordinatni sustav republike Hrvatske za područje katastra i detaljne državne topografske izmjere. Središnji meridijan te projekcije je meridijan koji iznosi  $16^{\circ}30'$ . Koordinatni sustav uspravne Lambertove konformne konusne projekcije (skraćeno HTRS96/LCC) određuje se projekcijskim koordinatnim sustavom republike Hrvatske za područje pregledne državne kartografije. Trenutno u Hrvatskoj je u službenoj upotrebi HTRS96/TM. Kako se još uvijek upotrebljavaju i karte u Gauss-Krügerovim projekcijskim koordinatnim sustavima, u ovom radu će se prikazati kako transformirati geološke karte iz jednog sustava u drugi.

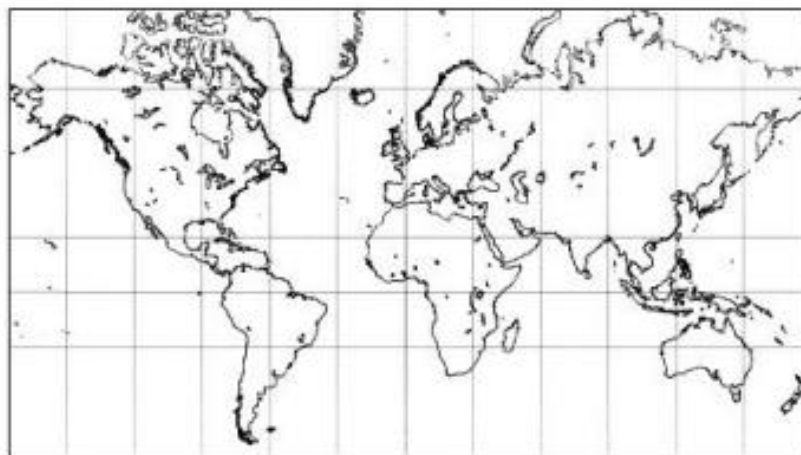
Gauss-Krügerova projekcija je preslikana na niz valjaka, a svaki iznosi po  $3^{\circ}$ . Dodirni je svaki treći meridijan računajući od Greenwich-kog meridijana (Šimić, 2012). Gauss-Krügerova projekcija je transverzalna ili poprečno cilindrična projekcija, a gledajući obzirom na deformaciju, ova projekcija je konformna, čuva kutove. Srednji meridijan kod ove projekcije se preslikava u pravoj veličini, a ishodište sustava se može postaviti u bilo kojoj točki srednjeg meridijana (Šurina, 2012). Kako bi se lakše moglo vizualizirati, može se zamisliti da se ova projekcija preslika na eliptični valjak koji dira elipsoid duž srednjeg meridijana ili na plašt valjka koji siječe elipsoid (Frančula, 2004). Elipsoid s kojeg se preslikava ova projekcije je Bessel 1841, a geodetski datum Hermannskogel. Teritorij republike Hrvatske obuhvaća dva valjka tj. cilindra koji diraju elipsoid po 15. i 18. meridijanu. Hrvatska ima dvije zone, a te zone se nazivaju 5. i 6. Širina zone iznosi  $3^{\circ}$ , i to  $1,5^{\circ}$  istočno i zapadno od središnjeg meridijana koji je  $15^{\circ}$  odnosno  $18^{\circ}$  meridijan (Šimić, 2012). Kako se više udaljava od središnjeg meridijana deformacija projekcije se povećava, tako da je preporučeno korištenje ove projekcije za uska područja uz zadani meridijan ili zone. Na rubovima zona u republici Hrvatskoj je deformacija 0,2 dm po km preslikane

dužine, a ta deformacija je prevelika za mjerila poput 1:500 (Šimić, 2012). Na slici 3-17. je prikazana Gauss-Krügerova projekcija i kako se ona preslikava iz 3D elipsoida na 2D ravninu.



**Slika 3-17.** Gauss-Krügerova projekcija (Šurina, 2012)

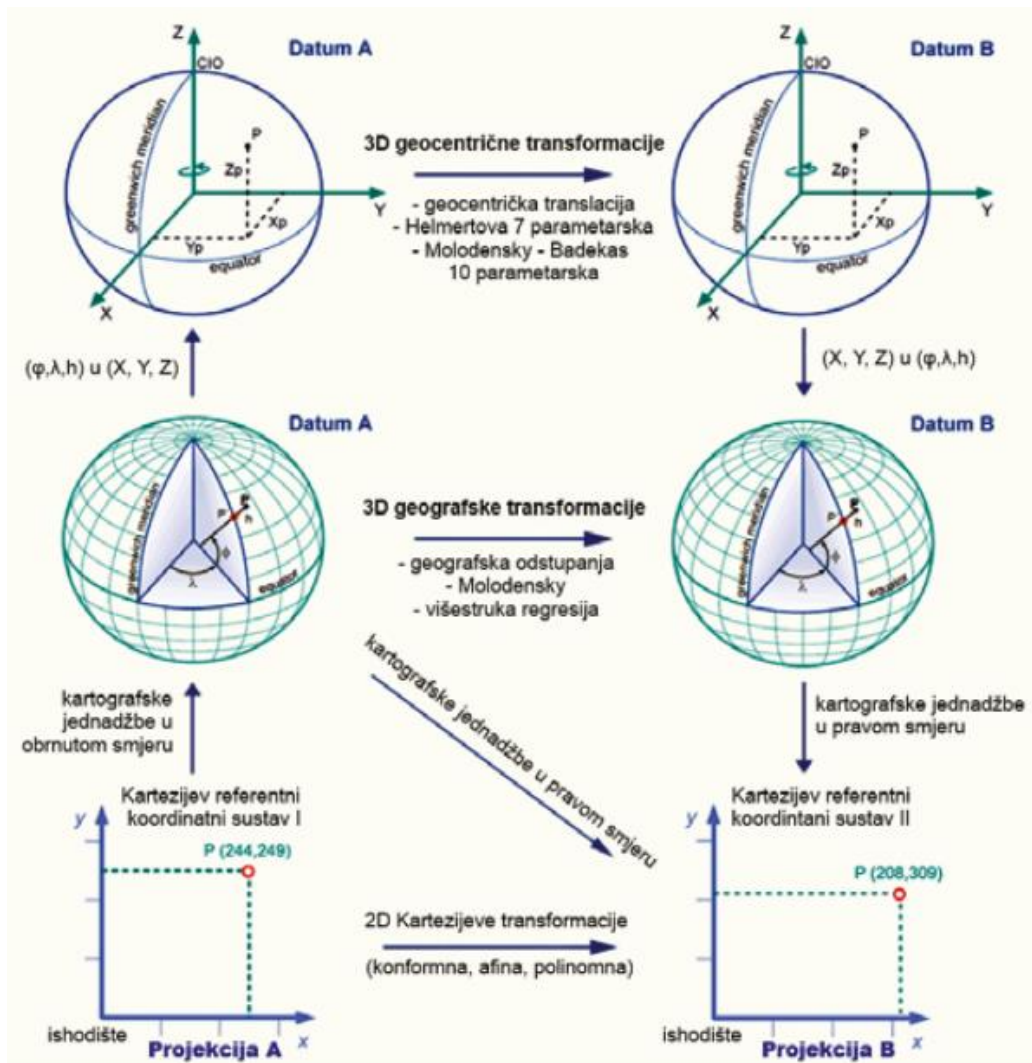
Poprečna Mercatorova (TM) projekcija za Hrvatsku je preslikana na jedan valjak, a taj valjak dodiruje elipsoid po meridijanu  $16^{\circ}30'$  (Šimić, 2012). Ta projekcija je transverzalna, poprečno cilindrična, konformna i preslikava se u pravoj veličini. Hrvatska ima jedan pravokutni koordinatni sustav Mercatorove projekcije HTRS96/TM skraćeno od hrvatski terestički referentni sustav 96/ transverze Mercator. Geodetski datum kod ove projekcije je ETRS89, skraćeno od European Terrestrial Reference System, a elipsoid je GRS80. Kako bi se u ovoj projekciji izbjegle negativne ordinate, na te ordinate se dodaje 500 000 metara (Šimić, 2012). Na slici 3-18. je prikazana Mercatorova projekcija cijele Zemlje.



**Slika 3-18.** Mercatorova projekcija Zemlje (Frančula, 2004)

### 3.3. Transformacije

Transformacija različitih geometrijskih podataka, dobila je u zadnje vrijeme vrlo važnu ulogu, gotovo se svakodnevno koristi u računalnim programima u geologiji. Ovisno o tome jesu li parametri transformacije unaprijed definirani i poznati, razlikuju se dvije vrste transformacija, a to su konverzija i transformacija (Herent et al., 2013). Te dvije vrste transformacija prikazane su na slici 3-19. Četiri su osnovna tipa transformacije u 2D koordinatnom sustavu, a to su translacija, promjena mjerila, rotacija i smicanje. Sve su složene transformacije u ravnini rezultat kombinacije osnovnih tipova transformacije (Herent et al., 2013).



Slika 3-19. Transformacija i konverzija koordinata (Liker et al., 2010)

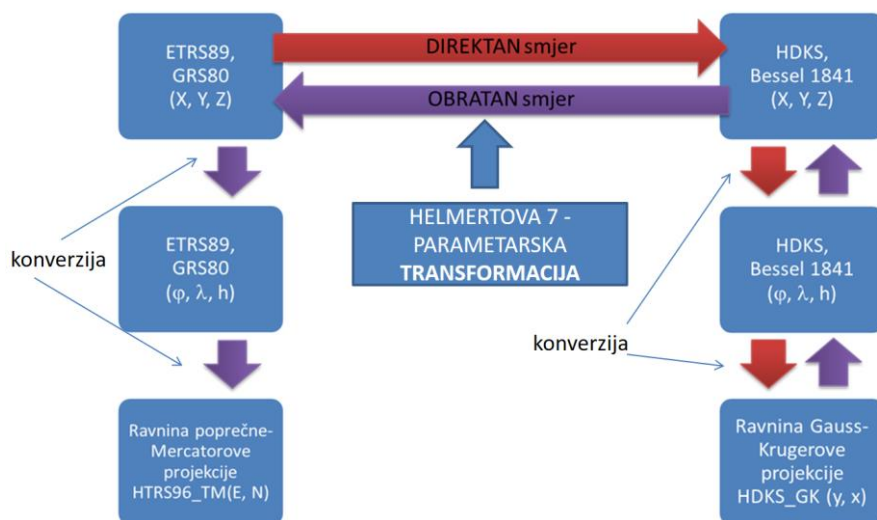
Za potrebe ovog rada bit će korištena 3D Helmertova transformacija. U 2D slučaju Helmertove transformacije mijenjaju se samo horizontalne koordinate, a koordinate se mogu



translatirati, rotirati i skalirati. Prelaskom na novi referentni koordinatni sustav kartografske projekcije HTRS96/TM postalo je nužno koristiti metodu među datumske transformacije.

Helmertova 7- parametarska transformacija je transformacija između dva datuma koja se provodi preko 3D Kartezijevih koordinata, a to su X, Y i Z. Ova transformacija se u literaturi još naziva 3D slična (konformna) transformacija. Važno je napomenuti kako prilikom transformacije, kao i pri preslikavanju s plohe elipsoida u ravninu kartografske projekcije, prostorni podatak zadržava svoj oblik (Herent et al., 2013).

Helmertova 7- parametarska transformacija sastoji se od tri rotacije, tri translacije i jedne promjene mjerila. Translacija i rotacija rade na principu da prostorni objekt transformiraju u njemu sukladan ili sličan, a to znači da se 3D transformacijom čuvaju kutovi, a duljine se mijenjaju ovisno o omjeru (Herent et al., 2013). Smjer transformacije je ovisan o predznaku transformacijskih parametara, a to znači da transformacija može ići u bilo kojem smjeru, ali postoji jedan uvjet, a taj je Eulerovi kutovi budu manji. Postoje dva osnovna podtipa Helmertove transformacije, a to su transformacija vektora položaja te transformacija koordinatnog okvira. Helmertova 7-parametarska transformacija koristi se za računanje transformacijskih parametara homogenog polja. Na temelju izmjerenih identičnih točaka u novom HTRS96/TM i u starom Gauss-Krügerovom sustavu, računaju se transformacijski parametri za svako homogeno polje te preko tih parametara se provodi datumska transformacija, transformacija između dva geodetska datuma. U republici Hrvatskoj trenutno postoji 199 homogenih polja nove izmjere (Herent et al., 2013). Slika 3-20- prikazuje smjer izvedbe Helmertove transformacije jer nije isto ako se transformacija provodi direktnim ili obrnutim smjerom.



Slika 3-20. Smjer Helmertove transformacije (ASOO, 2020)

U ovom poglavlju bit će objašnjene formule preko kojih se izvodi Helmertova 7-parametarska transformacija (Proj, 2023). Glavna formula 3D Helmertove transformacije je:

$$V^B = T + (1 + s * 10^{-6})RV^A \quad (1)$$

gdje je: T - vektor koji se sastoji od tri translacijska parametra

s - faktor skaliranja

R – matrica rotacije

$V^A, V^B$  – vektori koordinata

$V^A$  – ulazna koordinata

$V^B$  – izlazna koordinata

Kinematička verzija 3D Helmertove transformacije je:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}^B = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + (1 + s \times 10^{-6}) \begin{bmatrix} 1 & -R_z & R_y \\ R_z & 1 & -R_x \\ -R_y & R_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}^A \quad (2)$$

gdje je: X, Y, Z – translacijski parametri

X, Y i Z koji predstavljaju translacijske parametre, ustvari su koordinate u tri smjera. Koordinate u ovom radu će biti transportirane iz Besselovog elipsoida na WGS84.

## 4. TEORIJSKE OSNOVE RADA

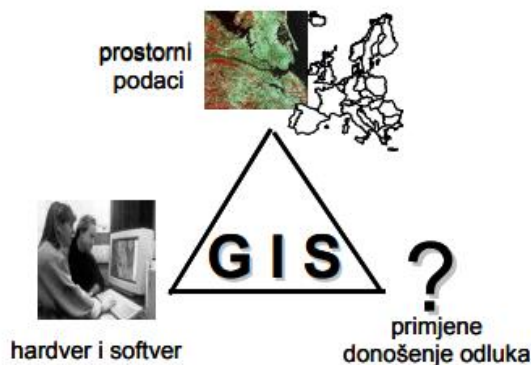
### 4.1. GIS sustavi

Geografski informacijski sustav (GIS) (eng. geographic information system) pojavio se pojavom računala. Općenito, GIS je skup povezanih objekata i aktivnosti koji svojim međuodnosima služe zajedničkoj namjeni (Tutić et al., 2002.). Pomoću geografsko-informatičkog sustava moguće je identificirati i analizirati zemljišne značajke, klimu, granice, stanovništvo i dr.. Na taj način omogućuju izrađivanje sofisticirane analize, mapiranje rezultata te pohranjivanje te dijeljenje digitalnih podataka. Danas GIS sustavi objedinjuju karte, podatke, globuse i alate za analizu. Jedna od najčešće citiranih definicija GIS-a je iz izvještaja Handling Geographic Information: „Sustav za prikupljanje, spremanje, provjeru, integraciju, upravljanje, analiziranje i prikaz podataka koji su prostorno povezani sa Zemljom. U taj sustav obično je uključena baza prostornih podataka i odgovarajući programi“ (HMSO, 1987). Dueker je 1979. godine definirao GIS kao posebnu vrstu informacijskog sustava u kojem računalna baza podataka obuhvaća točno definirane odnose između prostorno distribuiranih objekata, djelatnosti i događaja, koji su u prostoru definirani kao točke, linije i površine (poligoni). U GIS-u su podaci vezani uz točke, linije i poligone i tako su pohranjeni za istraživanja i analize.

GIS je danas veoma potreban jer obrađuje prostorne podatke, a prostorni podaci su informacije povezane s prostornim položajem (Tutić et al., 2002). Tehnologija za GIS se razvila iz dva neovisna područja, a to su digitalna kartografija i CAD (eng. Computer Aided Design, hrv. računalom podržano oblikovanje) te iz sustava za upravljanje baze podataka. Ključ za uspostavljanje tehnologije za potrebe donošenja odluke je integracija: povezivanje tehnologije, podataka i strategija donošenja odluka. Ono što je GIS danas, je objedinjavanje tehnika prostornih analiza i digitalnih prostornih podataka s računalnom tehnologijom (Tutić et al., 2002). Na slici 4-1. je prikazano što je sve dio GIS-a. Najčešći postupci u GIS-u su unos podataka, spremanje podataka, upravljanje podacima, analize podataka te ispis rezultata. Svakako prednosti GIS-a su lakoća upotrebe programa za GIS, razumijevanje problema kojeg treba riješiti, vremenski rokovi (Tutić et al., 2002.).

Sada će biti objašnjene određene komponente unutar GIS sustava. Geografski sustav je zbog toga što se podaci mogu prikazati u geografskim koordinatama, uglavnom sustav ograničen na dvije dimenzije, a to su geografska dužina i širina. U geološke svrhe, ponekad je potrebno uključiti i treću dimenziju, koja postoji unutar GIS-a, a najčešće se koriste 2.5D GIS sustavi. 2.5D sustavi nazivaju se i kvazi 3D sustavi, a oni mogu prihvatiti samo jednu

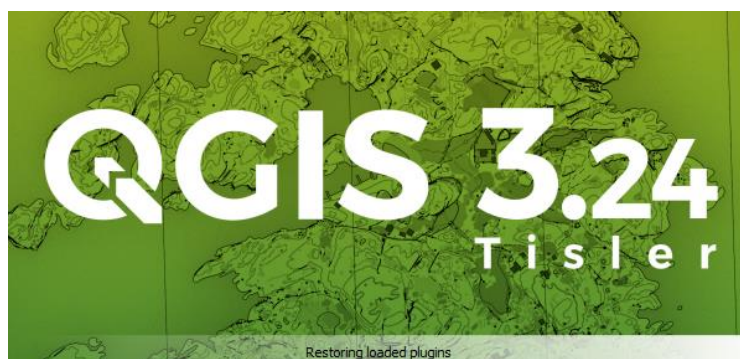
vrijednost nadmorske visine za bilo koju površinu na bilo kojoj lokaciji (Oregon State University, 1997). Sustav znači da je GIS sastavljen od više međusobnih povezanih komponenata, a to su: podaci, hardver, softver, ljudi, metode...



**Slika-4-1.** Komponente GIS-a (Tutić et al., 2002)

#### 4.1.1. QGIS

QGIS koji se ranije nazivao Quantum Gis je GIS aplikacija otvorenog koda koja služi za vizualizaciju, upravljanje, uređivanje i analizu geoprostronih podataka. Aplikacija je dostupna na gotovo svim platformama, a upravo se zbog besplatne instalacije sve više koristi u razne svrhe. QGIS se može modificirati za izvođenje različitih zadataka, a pomoću proširenja (eng. plugin) osnovnih funkcija, dobiju se specijalizirane funkcije unutar softvera. QGIS proširenja su najčešće napisana u Pyton programskom jeziku. QGIS podržava razne ekstenzije datoteka prostornih podataka kao što su .shp, .tif, .csv, .img (Iowa State University, 2023). Za potrebe ovog rada koristio se softver QGIS verzije 3.24.2. Besplatno se može preuzeti softver preko interneta i instalirati na željeno računalo. Na slici 4-2. je prikazana ikona tog softvera.



**Slika 4-2.** Ikona učitavanja QGIS-a (QGIS, 23.11.2023.)

Već je prije u tekstu navedena jedna od osnovnih prednosti QGIS softvera, a to je besplatna instalacija i upotreba različitih funkcija. Zatim preklapanje dviju različitih vrsta podataka, a to su vektorski i rasterski podaci u različitim koordinatnim sustavima. Prednost je i jednostavan pristup osnovnim alatima. QGIS također nudi rješenja digitalizacije za vektorske slojeve te podržava razne formate. QGIS je veoma funkcionalan jer ima mogućnost proširenja korištenjem raznih dodataka u program. Mali nedostatak je razvoj proširenja u QGIS jer ovise o pojedincima koji ih razvijaju za svoje potrebe. To znači da su ponekad nestabilni u radu i korisnik mora čekati da ih autor ispravi ili ih sam ispravljati ako se ne održavaju.

## **4.2. Osnovne geološke karte**

Za potrebe ovog rada korištene su geološke karte, dva lista, a to su list Zagreb i list Ivanić Grad. Geologija tog područja bit će objašnjena kasnije u tekstu. Karte je moguće dobiti preko obrasca koji se šalje na mrežnu stranicu Hrvatskog geološkog instituta. Osnovne geološke karte Republike Hrvatske tiskane su u mjerilu 1:100 000. Karte su napravljene u Gauss-Krügerovoj projekciji. Oba lista, i Zagreb i Ivanić Grad nalaze se u 5. zoni Gauss-Krügerovoj projekciji. Karta i tumač su napravljeni na Institutu za geološka istraživanja u Zagrebu 1972. i 1980. godine.

### **4.2.1. List Zagreb**

List Zagreb zahvaća područje između 45°40' i 46°00' sjeverne širine te 15°30' do 16°00' istočne dužine po Greenwichu (Šikić et al., 1978). Ovaj list obuhvaća veliki geološki raspon i razne facijese, neki od njih će biti ukratko objašnjeni.

Najstarije stijene na području lista su paleozojski metamorfiti Medvednice, a oni su ishodišne stijene koje su nastale u uvjetima sedimentacije i dijelom imaju obilježja vulkano-sedimentnog kompleksa (Šikić et al., 1978). Paleozojski metamorfiti se dijele na ortometamorfite i parametamorfite. Ortometamorfiti su zeleni škriljavci koji su jako karakteristični za područje Medvednice, a parametamorfitima pripadaju grauvarke, siliti, slejtovi, filiti i razni niskometamorfni škriljavci. Sedimenti srednjeg i gornjeg perma, taloženi su u završnici hercinsko orogenetskog ciklusa, a najčešće stijene su šejlovi, filiti, pješčenjaci, breče, konglomerati...

Na prijelazu perma u donji trijas nastavlja se kontinuirana sedimentacija, a talože se šejlovi, siltiti, pješčenjaci i gips. Za vrijeme donjeg trijasa obnovljena je plitkovodna sedimentacija. U aniziku se nastavlja kontinuirana sedimentacija te uglavnom vlada dolomitni razvoj, uz fosilne ostatke. U ladiniku je bila mirna karbonatna sedimentacija, a najviše se talože dolomiti koji su najkarakterističniji za srednji trijas. U ladiniku dolazi do tektonskih pokreta te eksplozivnog vulkanizma te nakupljanje piroklastičnog materijala. U gornjem trijasu dolomiti su stromatolitnog tipa, zatim karbonati i klastiti.

U juri se talože vapnenci, a najviše na prijelazu iz trijasa u juru, zato se ponekad taj period naziva i retolijas. Na ove naslaže naliježu karbonati, karbonatni klastiti te rožnjaci. Slijedeće razdoblje je kreda, za vrijeme apta-turona dolazi opet do magmatizma te nastaju stijene dijabazi i cijeli taj kompleks se naziva vulkanogeno-sedimentni kompleks. U gornjoj kredi dolazi do transgresije te se u bazenu talože breče i konglomerati, a zatim šejlovi, lapori, turbiditi, pelagički vapnenci i rožnjaci. Tipične stijene gornjeg senona su klastiti i vapnenci. Nakon senona slijedi miocen u kojem se talože klastiti, vapnenci i ugljen. Tipični vapnenci miocena na području Medvednice su litotamnijski vapnenci.

U razdoblju levanta koji spada u donji pleistocen, nastavlja se taloženje klastita. U pleistocenu se taloži i barski les te kopneneni beskarbonatni les. Bitno je napomenuti i spomenuti taloženje aluvijalne naslage terase rijeke Save. Za vrijeme kvartara, koje obuhvaća razdoblje pleistocena i holocena, u razdoblju holocena dolazi do taloženja aluvijalnog nanosa druge savske terase, a nakon toga i prve aluvijalne terase. Na zapadnim padinama Medvednice nalaze se proluvijalne naslage koje se sastoje uglavnom od šljunaka, koji su pomiješani s pijeskom i glinom. Najmlađe naslage ovog područja su aluvijalni nanosi recentnih tokova Save, zatim aluvij Krke, aluvij Sutle i Krapine te potočni aluviji.

Na sljedećim stranicama je prikazan list Zagreb osnovne geološke karte.

#### 4.2.2. List Ivanić Grad

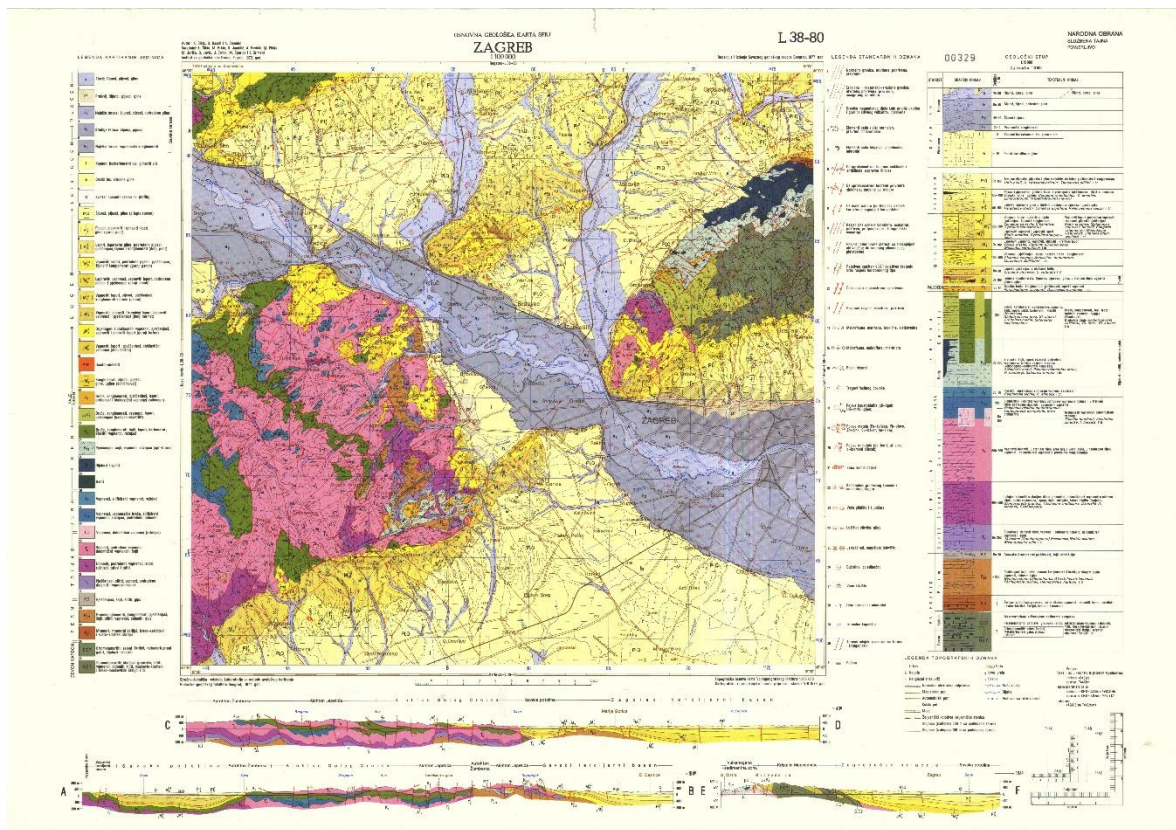
List Ivanić Grad zahvaća područje između 45°40' i 46°00' sjeverne širine te 16°00' do 16°30' istočne dužine po Greenwichu (Basch, 1983). Geologija ovog područja kojeg obuhvaća ovaj list je veoma slična geologiji s lista Zagreb, jer se nalaze jedan pokraj drugoga unutar mreže karata.

Područje Ivanić-Grada pripada sjeverozapadnom dijelu zone Unutrašnjih Dinarida. Najstarije stijene na ovom listu smatraju se graniti i gnajsevi koji izgrađuju podlogu sedimentima, a oni se nalaze na istočnom dijelu lista (Basch, 1983). Karakteristično za ovaj list su horstovi Medvednice i Šagudovca, uz koje su prisutni rasjedi. Centralni dijelovi tih horstova Medvednice izgrađeni su od metamornih stijena, a najzastupljeniji je facijes zelenih škriljavaca, koji je već spomenut kod geološke karte lista Zagreb.

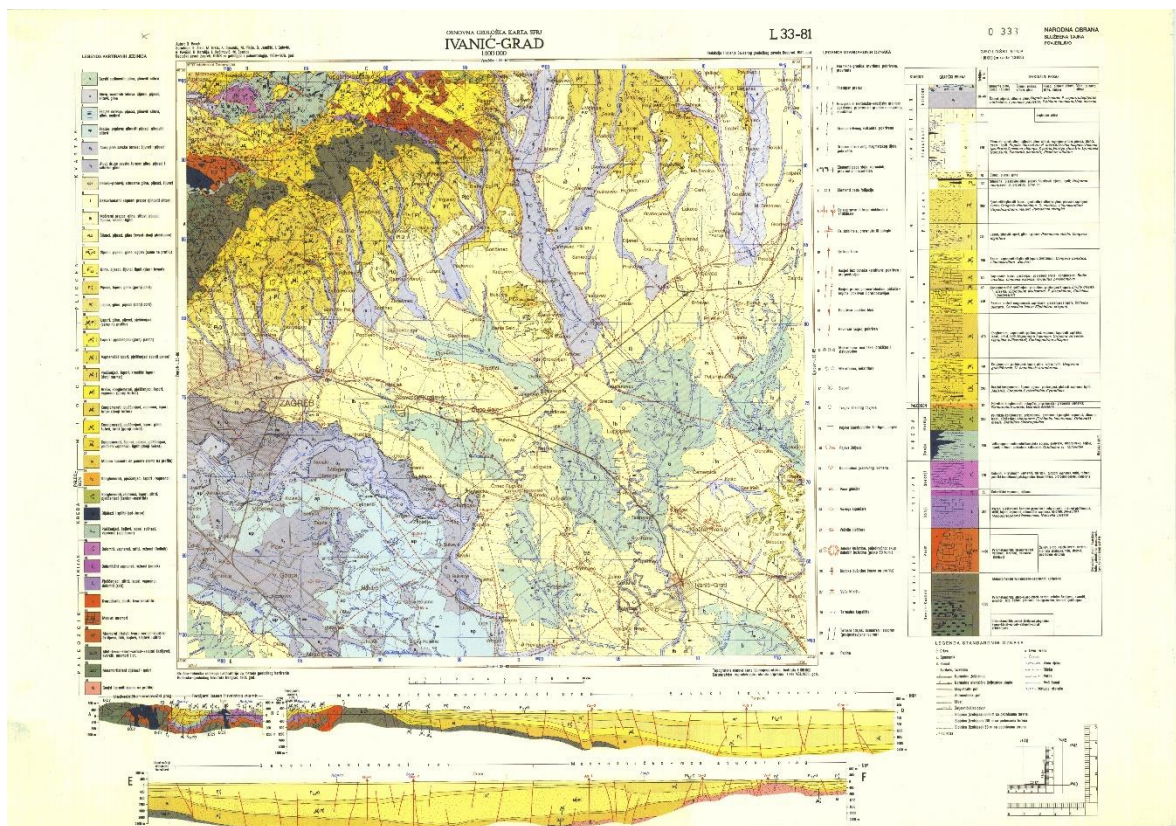
Znanstvenici pretpostavljaju da je starost parametamorfita i ortometamorfita devon ili karbon. U donjem permu su također karakteristični parametamorfiti. U trijasu se mijenja geologija, pa u donjem trijasu dolazi do taloženja klastita i karbonata, u srednjem trijasu se također odvija taloženje karbonata i klastita, ali i rožnjaka.

Tijekom apta-turona dolazi do vulkanske aktivnosti, pa su upravo karakteristične stijene za to razdoblje bazični eruptivi. U aptu-turonu prisutno je i miješanje facijesa, te se razvija i vulkanogeno-sedimentni kompleks. U senonu i paleocenu opet dolazi do transgresije te nastaju klastiti i vapnenci. Tijekom miocena dolazi do promjene uvjeta sedimentacije, nastaju slatkovodni sedimenti klastiti. Zatim opet dolazi do morske transgresije i taloženja morskih klastita, ali onda dolazi još jednom do promjene kada nastaju brakični uvjeti i taloženje brakičnih sedimenata.

Tijekom srednjeg i gornjeg pliocena nastavlja se trend taloženja slatkovodnih sedimenata. Taloženje na kopnu prisutno je u obliku kopnenog prapora, čija je starost pleistocen. Za pleistocen i holocen su karakteristični eolsko-močvarni i barski sedimenti. Tijekom holocena talože se aluvijalni sedimenti rijeke Save. I tijekom najmlađeg razdoblja, unutar kvartara, također tijekom holocena dolazi do taloženja aluvijalnih sedimenata manjih vodenih tokova i prisutni su deluvijalno-proluvijalni sedimenti.



Slika 4-3. Osnovna geološka karta, list Zagreb (Šikić et al., 1978)



Slika 4-4. Osnovna geološka karta, list Ivančić Grad (Basch, 1983)

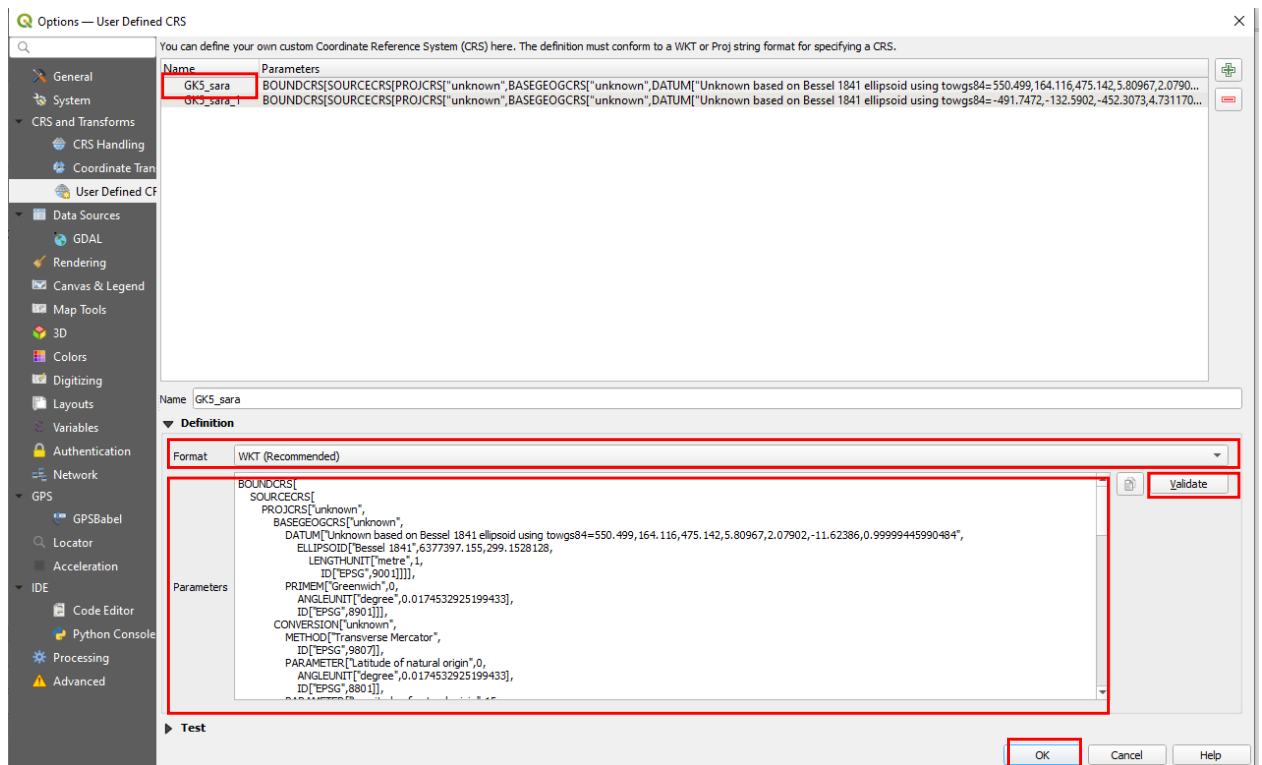


## 5. METODOLOGIJA

U ovom poglavlju bit će detaljno opisani koraci koji su napravljeni unutar programa QGIS 3.24.2. Prije nego što se projekt počne raditi, veoma bitno za GIS softvere je napraviti mapu s datotekama s odgovarajućim ekstenzijama jer na taj način dolazi do lakšeg snalaženja u projektu, a i QGIS na taj način lakše funkcionira i radi. Za potrebe ovog diplomskog rada napravljena je mapa na Desktop-u koja se naziva *diplomski\_SARA*, podmapa je *diplomski\_QGIS*, a unutar te mape nalaze se četiri nove mape: mapa *jpg*, mapa *mxr*, mapa *shp* te mapa *tiff*.

### 5.1. Kreiranje projekcije

Prvi zadatak, prije obrade i georeferenciranja karata, treba kreirati vlastitu kartografsku projekciju. U QGIS programu unutar alatne trake odabere se opcija *Settings* te zatim *Custom Projections*. Nakon čega se otvara prozor u kojem se kreira vlastita projekcija.



Slika 5-1. Prozor unutar QGIS-a za izradu vlastite projekcije

Projekcija je nazvana *GK\_sara*, format projekcije je *WKT*, a parametri koji su uneseni prikazani su na slici dolje.

```
+proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=15 +k=0.9999  
+x_0=5500000 +y_0=0 +ellps=bessel  
+towgs84=550.499,164.116,475.142,5.80967,2.07  
902,-11.62386,0.99999445990484 +units=m  
+no_defs +type=crs
```

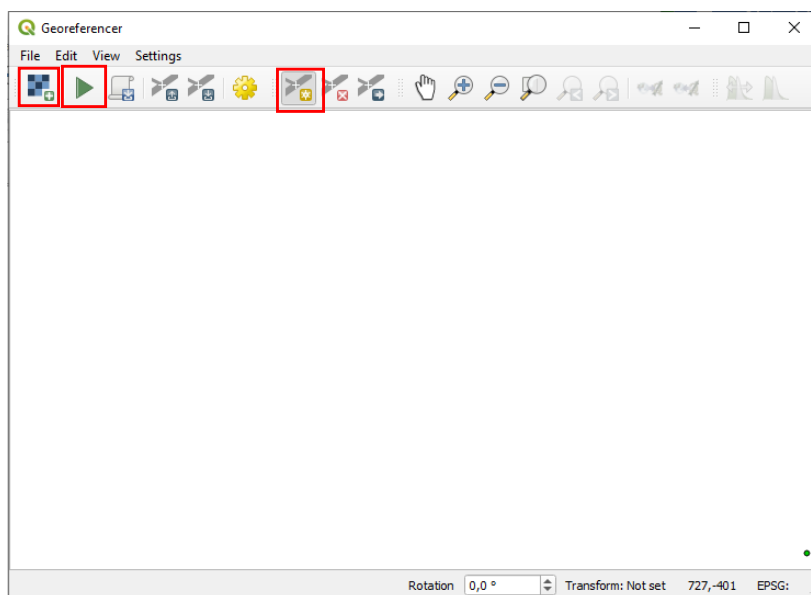
**Slika 5-2.** Parametri projekcije

Nakon unosa podataka pod *Parameters*, potrebno je odabrati funkciju *Validate* kako bi se provjerila ispravnost transformacijskih parametara. Na taj način je kreirana nova projekcija iz koje će dalje biti izvedena transformacija. U kodu možemo pročitati da piše kako se će se s Besselovog elipsoida pomoću 3D Helmertove transformacije prebaciti u WGS84 elipsoid.

## 5.2. Georeferenciranje i transformacijski parametri

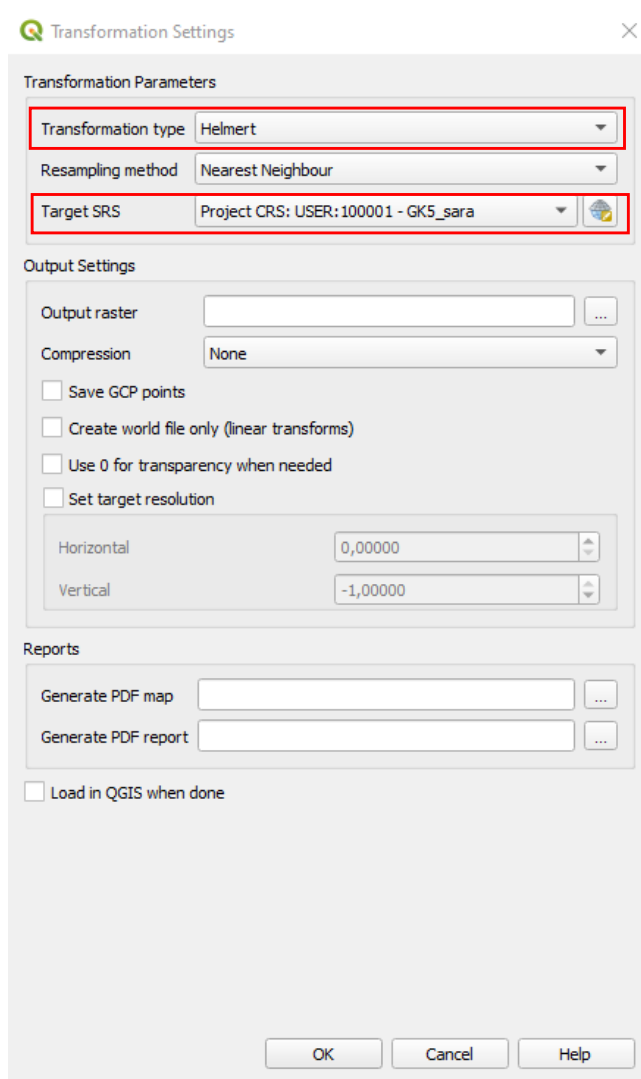
Osnovne geološke karte preuzete su s mrežne stranice Hrvatskog geološkog instituta. Dobiveni podaci, geološke karte su u .jpg formatu, a iz tog formata je potrebno napraviti .tiff koji je potreban za daljnu obradu podataka. Sljedeći korak je georeferenciranje karata i izdvajanje samo onog dijela karte koji je potreban za transformaciju.

U QGIS sustavu odabere se funkcije za georeferenciranje (*Raster* → *Georeferencer*) Otvara se prozor u kojem se radi georeferenciranje karata. Izgled prozora je prikazan na sljedećoj slici.



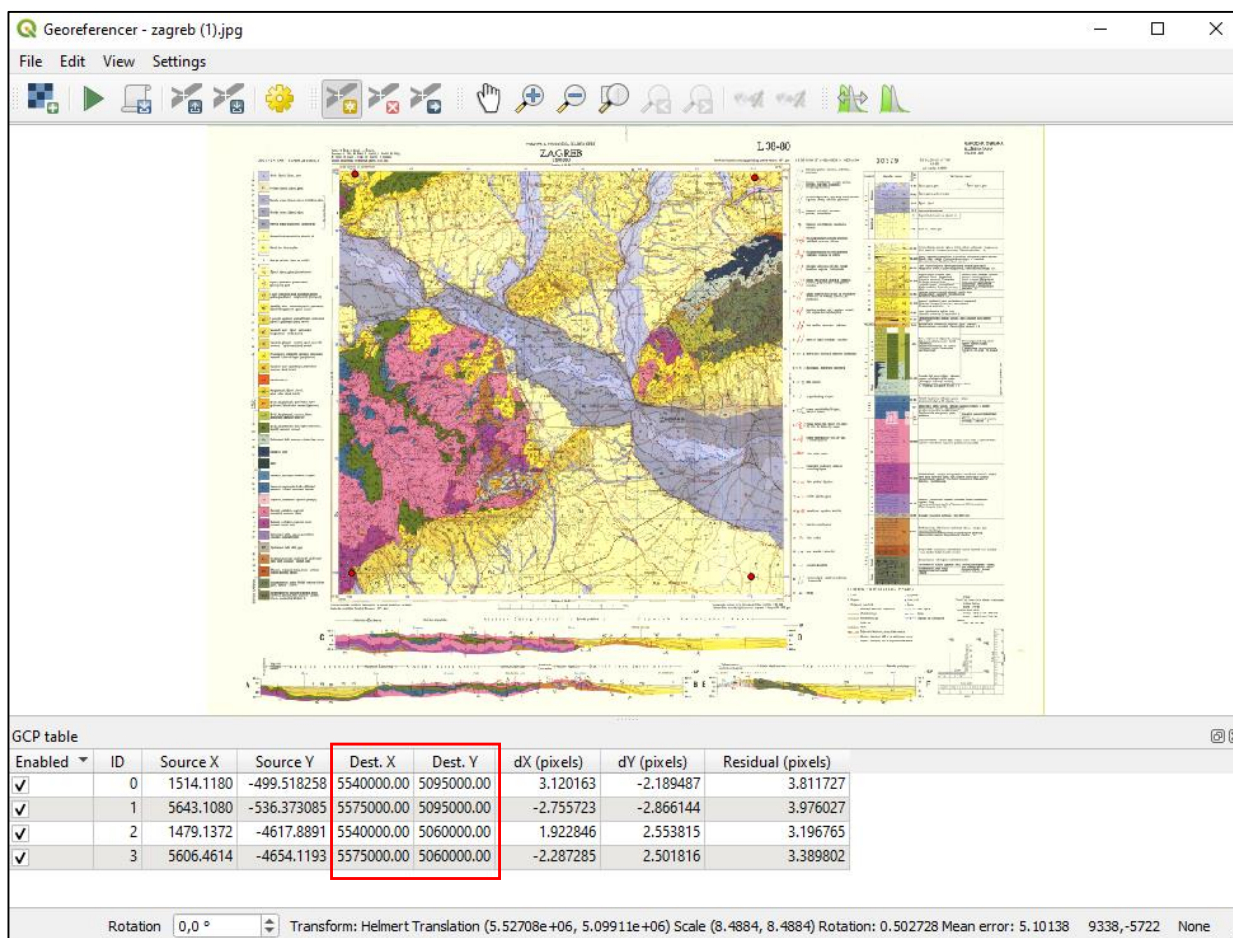
**Slika 5-3.** Prozor unutar QGIS-a za georeferenciranje

Prije uvođenja rastera u prozor za georeferenciranje, potrebno je definirati u kojoj projekciji je karta kako ne bi došlo do pogreške prilikom unosa koordinata. Također se na početku mogu definirati i parametri transformacije, a to je moguće odabirom opcije *Settings*. Zatim se otvara prozor unutar *Georeferencer-a*, koji se naziva *Transformation Settings*. Biraju se transformacijski parametri koji su prikazani na sljedećoj slici, a najbitnije je na početku odabrati Helmertovu transformaciju (*Transformation type Helmert*). Pod *Target SRS* bira se novokreirana projekcija, a to je *GK5\_sara*.



**Slika 5-4.** Prozor unutar QGIS-a za postavke transformacije

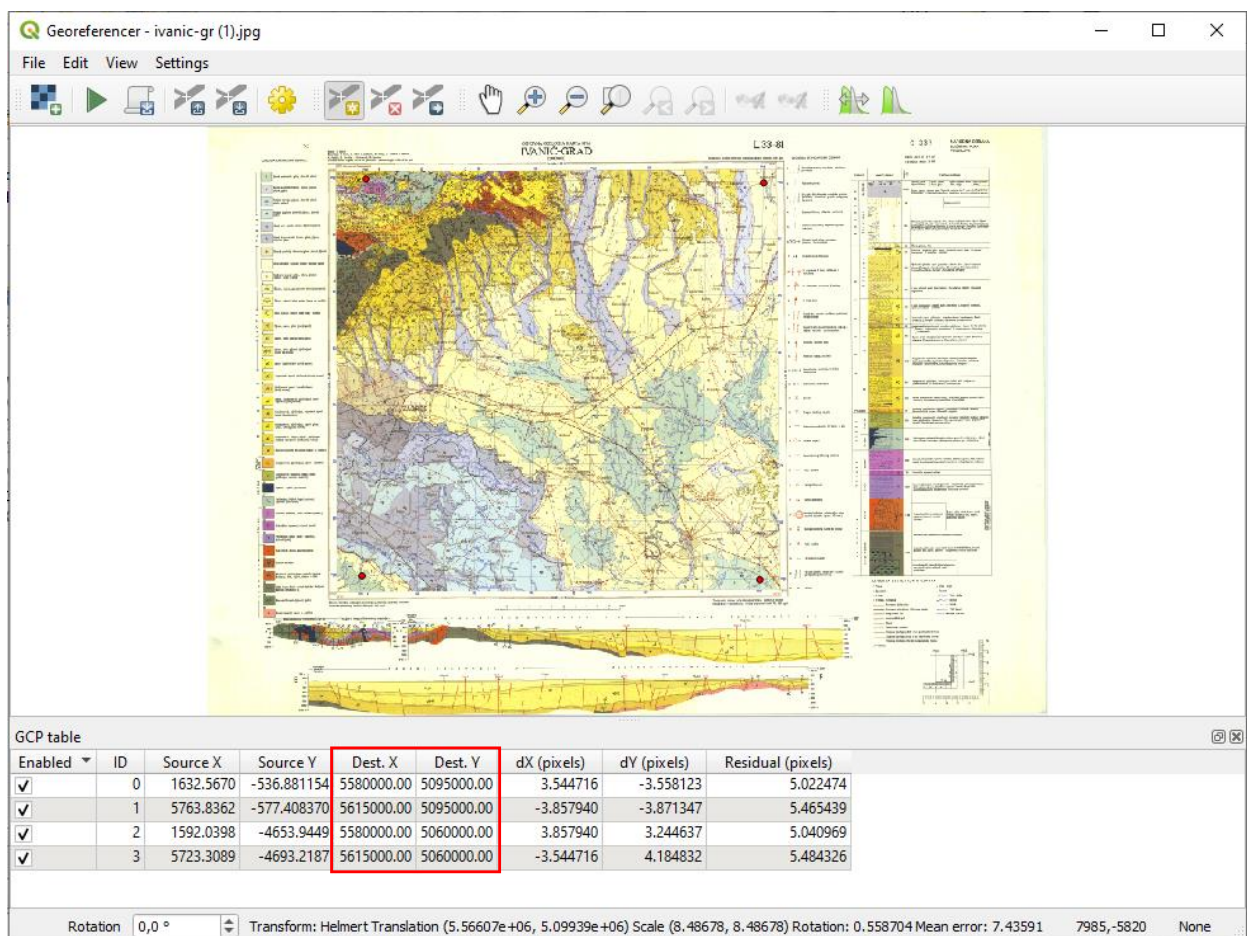
Sljedeći korak je georeferenciranje koje započinje učitavanjem rastera. Prvi raster koji je odabran je *zagreb(1).jpg*. Nakon uvođenja rastera u prozor, unose se 4 koordinate na kartu. Prikaz koordinata i karte nalazi se na sljedećoj slici.



**Slika 5-5.** Prikaz karte Zagreb i koordinata

Bitno je napomenuti da su ručno unesene koordinate koje se u tablici nalaze pod *Dest. X* i *Dest. Y*. Prilikom unosa koordinata, također je bitno paziti na geodetske koordinate, a to znači da su *x* i *y* zamijenjeni u odnosu na matematički Kartezijev koordinatni sustav. Odabirom opcije *Start*, pokreće se georeferenciranje. *Output file* se može birati unutar transformacijskih parametara i odabrana je nova datoteka pod nazivom *zagreb\_GK5.tiff*.

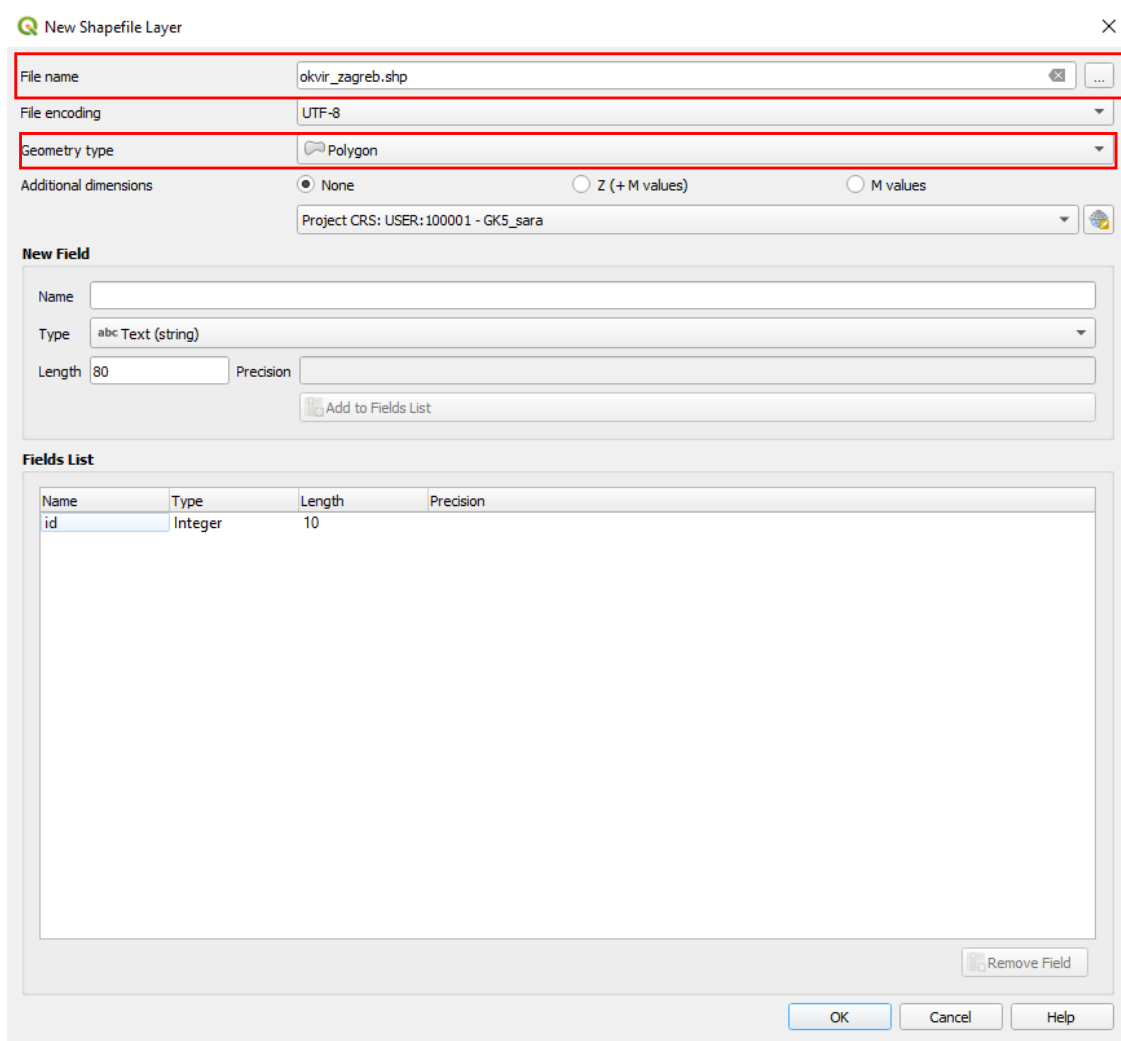
Za drugi list Ivanić Grad osnovne geološke karte, također je potrebno napraviti isti postupak, unijeti raster i koordinate te pokrenuti georeferenciranje te spremiti datoteku u mapu u kojoj se radio projekt. Kao rezultat tog georeferenciranja je datoteka pod nazivom *ivanic\_GK5.tiff*. Na sljedećoj slici prikazan je prozor u kojem se radi georeferenciranje i prikaz ručno unesenih koordinata.





Slika 5-6. Prikaz karte Ivanić Grad i koordinata

### 5.3. Izdvajanje dijela karte

Sljedeći korak u programu QGIS je izdvajanje sadržajnog dijela od opisnog dijela karte. Prvo je potrebno kreirati *shapefile* za svaku pojedinu kartu. Za kartu list Zagreb, kreiran je shapefile *okvir\_zagreb.shp*. Kreiranje novog sloja se izvodi opcijom *New Shapefile Layer (Layer → Create Layer)*, gdje je potrebno definirati koja se geometrija stvara, kojem koordinatnom sustavu pripada te naziv datoteke. Na sljedećoj slici prikazan je izgled prozora za kreiranje shapefile-a.

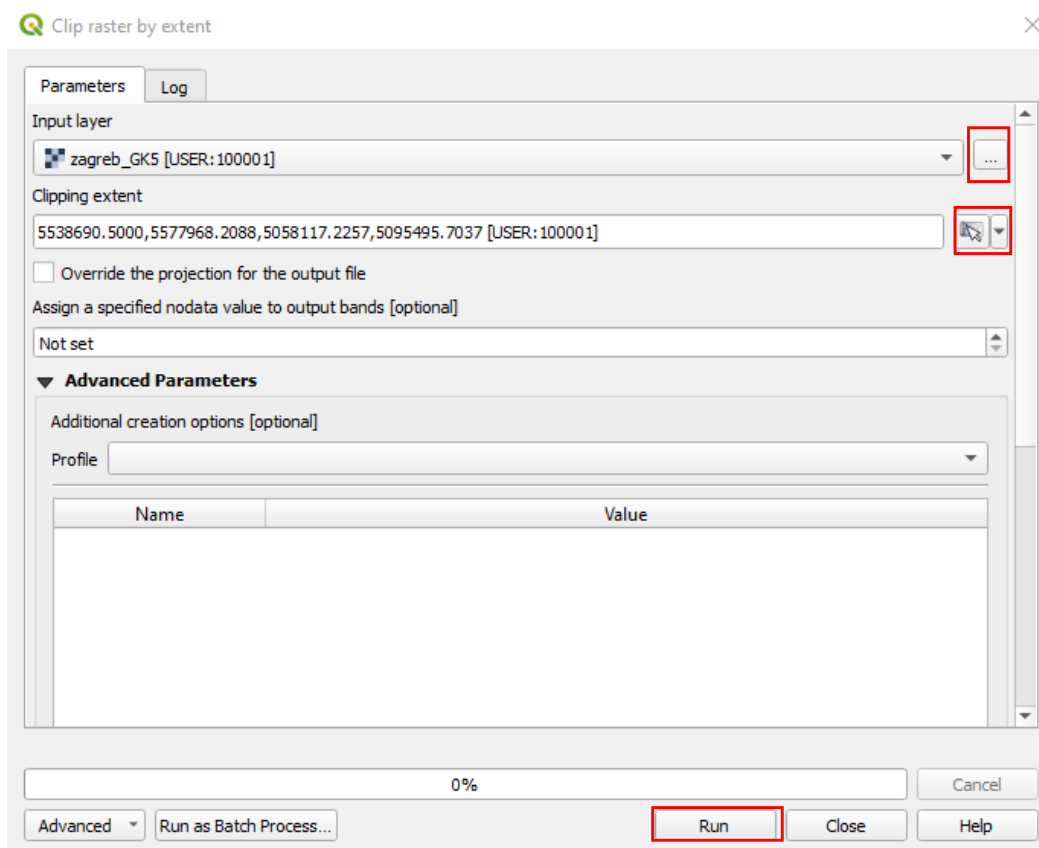


**Slika 5-7.** Prozor za izradu shapefile-a

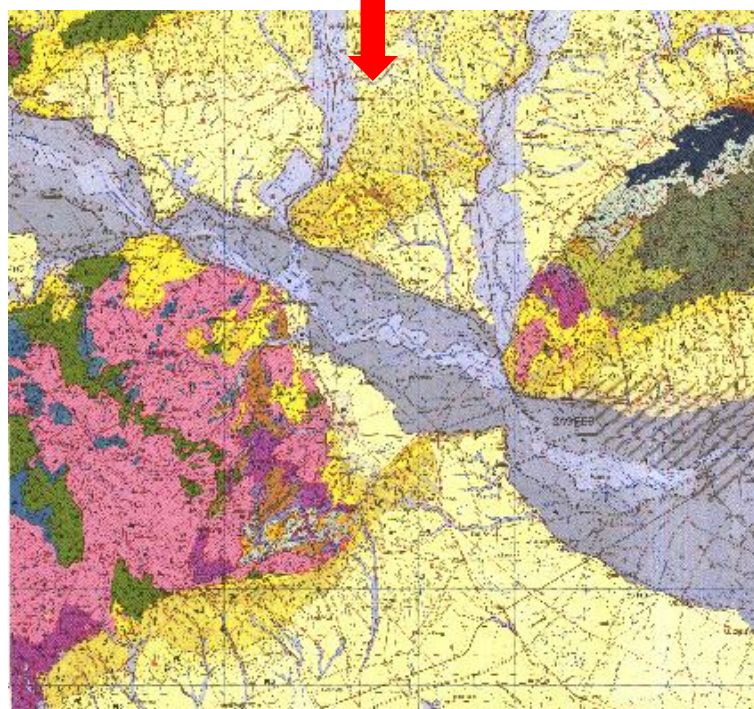
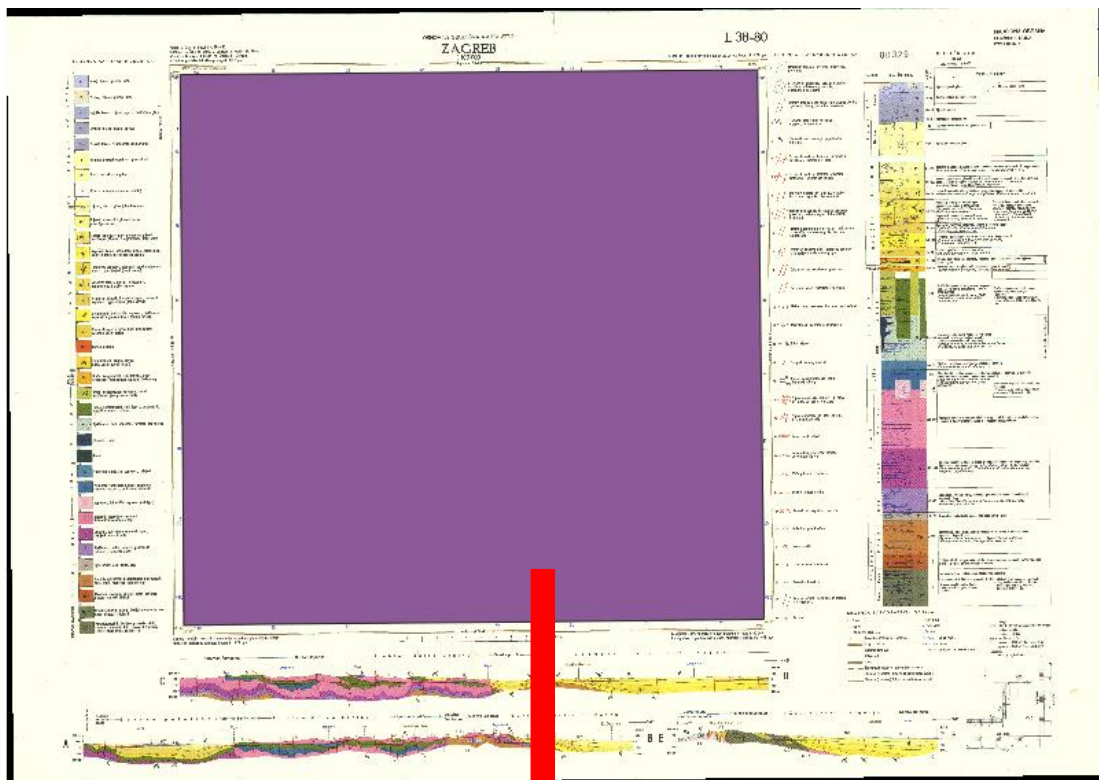
Sljedeći korak je uključiti *Edit*  kako bi se shapefile mogao uređivati. Pomoću ikone *Add Polygon Feature*  kreira se poligon koji zahvaća slikovni dio karte. Nakon što se poligon nacrtava, obavezno se spremi i isključi editiranje.

Cijeli ovaj postupak primjenjuje se i za list geološke karte Ivanić Grad, kreiran shapefile se naziva *okvir\_ivanic.shp*. Nakon ovog postupka kreirana su dva shapefile-a koji su nam potrebni kako bi se taj dio karte odrezao i kako se u programu ne bi prikazao tumač, geološki stupovi, geološki profili...

Daljnji postupak je ustvari da to područje koje prekrivaju nacrtani poligoni zamijeni slikovni dio karte. Za to je potrebno odabrati na alatnoj traci pod *Raster* → *Extraction* opciju *Clip raster by extent*. Otvara se poseban prozor. U prvom slučaju za list Zagreb, *Input Layer* je *zagreb\_GK5*, a *Clipping extent* je *okvir\_zagreb*. Odabirom opcije *Run* pokreće se proces izdvajanja sadržaja karte. Rezultat se može vidjeti na slici 5-9. Na istoj slici je prikazan i preklap sa poligonom za izdvajanje sadržaja.



**Slika 5-8.** Prozor za izdvajanje dijela osnovne geološke karte



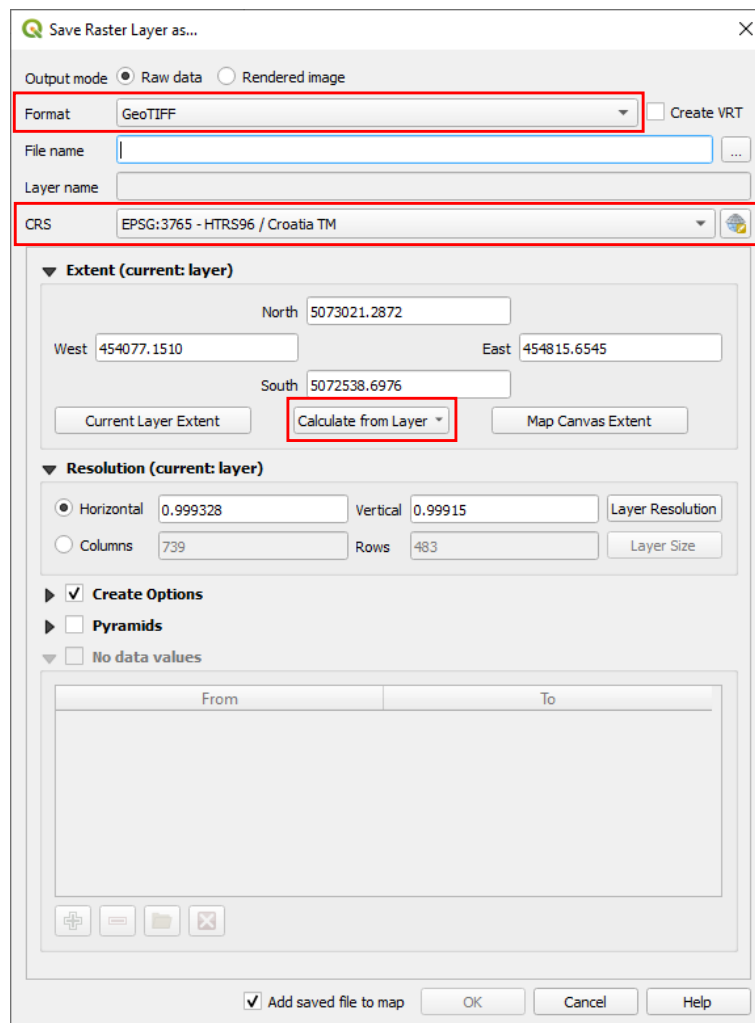
Slika 5-9. Princip rada alata Clip raster by extent



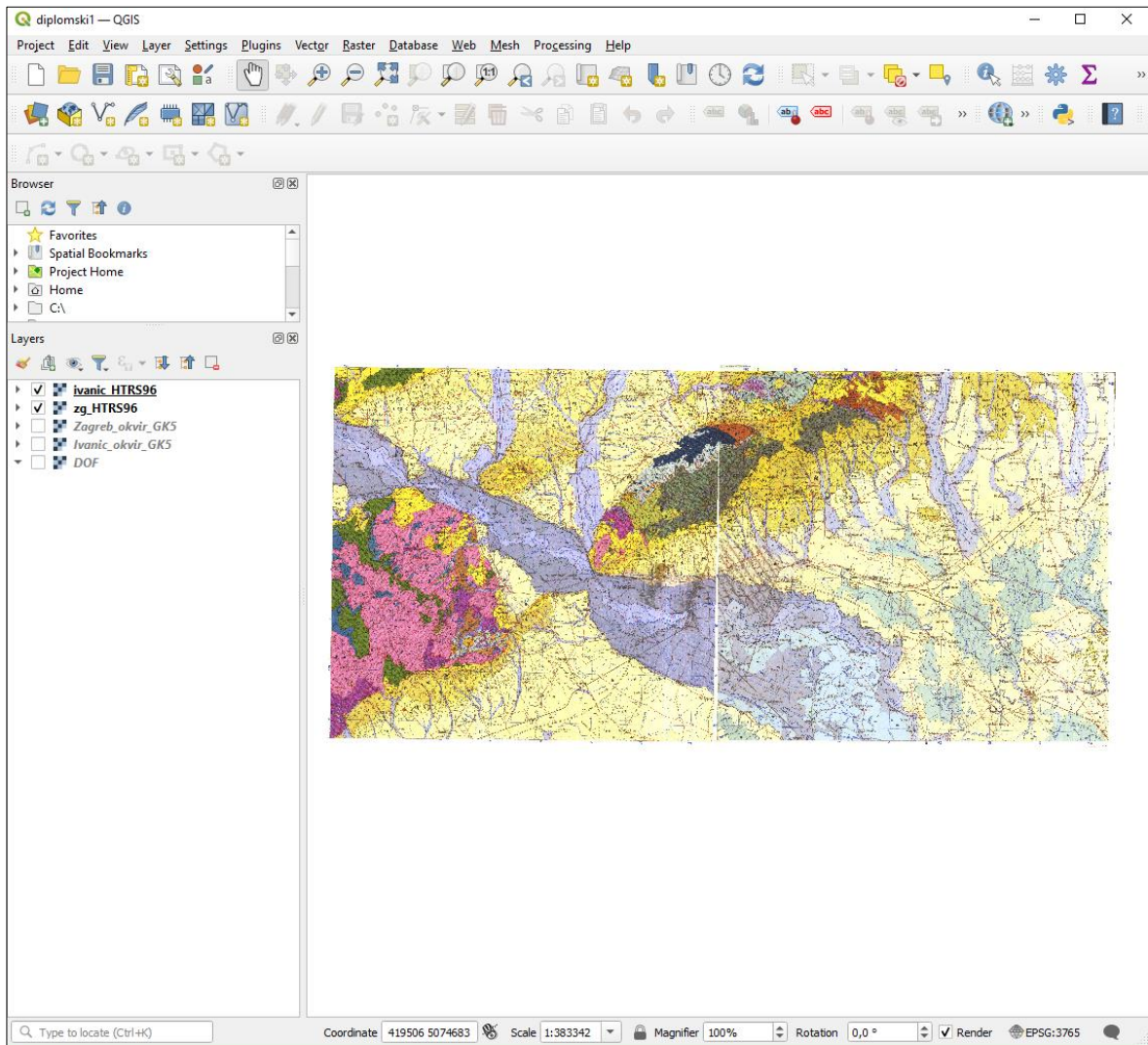
#### 5.4. Prebacivanje karata iz GK5\_sara u HTRS96/TM

Nakon odrađenih svih ovih zadataka, geološke karte se nalaze jedna pokraj druge te se nalaze u projekciji GK5\_sara, Gauss-Krügerovoj projekciji. Te je karte potrebno transformirati u HTRS96/TM projekciju.

Kako bi se karte prebacile u željenu projekciju, potrebno je korištenje opcije *Export* i *Save As*. Odabirom opcije *Save As*, otvara se prozor *Save Raster Layer as* u kojem se spremaju posebne *tiff* datoteke u HTRS96/TM projekciji. U prozoru se pod *Format* bira *GeoTIFF*, zatim se datoteka spremi pod određenim imenom, *CRS* obavezno mora biti *EPSG:3765-HTRS96/TM*. Odabirom opcije *Calculate from Layer*, bira se iz koje se tiff datoteke transformirati nova karta. Na slici dalje u tekstu bit će prikazan izgled prozora *Save Raster Layer as* i sučelje programa u kojem se nalazi karta u HTRS96/TM projekciji. Kreirane su datoteke *zg\_htrs96.tiff* te *ivanic\_htrs96.tiff*.



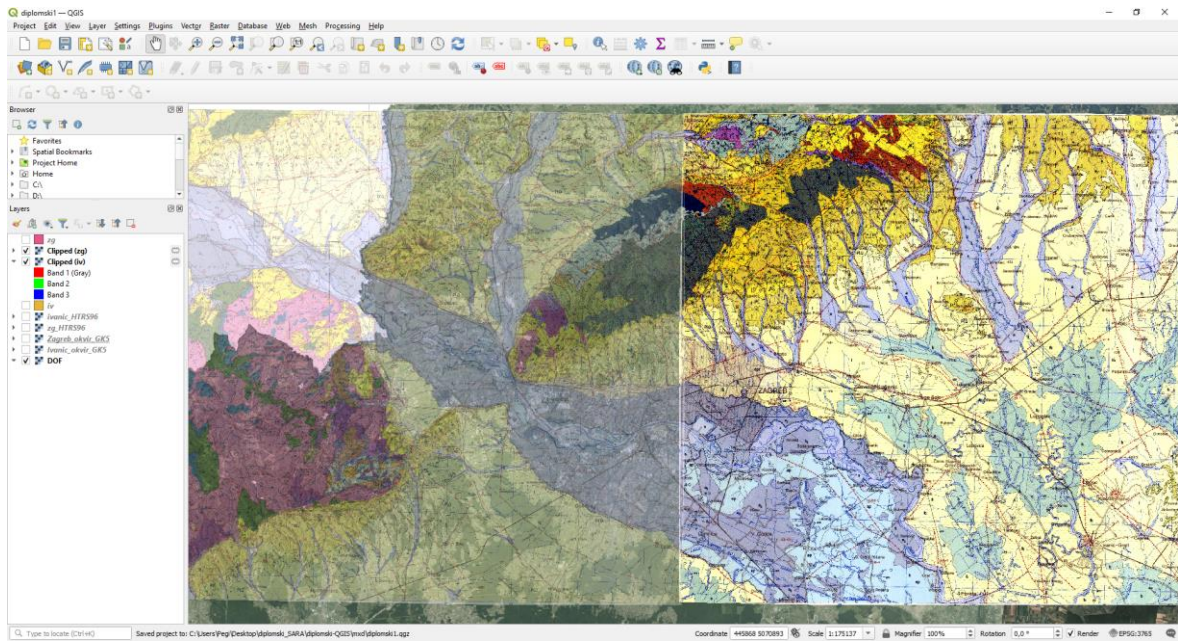
Slika 5-10. Izgled prozora *Save Raster Layer as*



Slika 5-11. Prikaz karata u HTRS projekciji u softveru QGIS

## 5.5. Rezultati

Na veoma lak način se u softveru QGIS dobila transformacija iz određene projekcije u službenu. Kako bi podaci i karte bili vjerodostojni, geološke karte će se usporediti s podlogom iz Geoportala ili nekom drugom osnovom koja je Državna geodetska uprava Republike Hrvatske objavila na svojim stranicama. Na sljedećoj slici prikazana je usporedba, gledajući rijeku Savu, može se zaključiti da se oba dvije karte preklapaju. U poglavlju prilozi bit će prikazana detaljnija i preglednija karta.



Slika 5-12. Usporedba geološke karte i DOF-a

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je prikazati način na koji se može dobiti transformacija geoloških karata u softverima poput QGIS-a. Ovakav tip softvera lako riješava zadatke vezane uz geologiju te razne geološke probleme.

Osnovne geološke karte dobivene su preko obrasca na mrežnim stranicama Hrvatskog geološkog instituta, a program QGIS besplatno je preuzet preko interneta i vrlo je lak za korištenje. Pomoću raznih alata u QGIS-u uvedeni su rasteri u softver, izrezani su željeni dijelovi karte, izrađeni su određeni shapefile-ovi, kreirana je vlastita projekcija preko koje se odvija sama transformacija te su na kraju kreirani rasteri koji se nalaze u službenoj projekciji Republike Hrvatske. Na kraju, kako bi se provjerila vjerodostojnost karata koje su u HTRS projekciji, projekcija se usporedila s podacima koji su preuzeti s Državne geodetske uprave.

Kao rezultat ovog istraživanja, može se zaključiti kako se na vrlo lak način može u QGIS-u dobiti karta koja je u željenoj projekciji. Može se zaključiti da su projekcijski i transformacijski parametri u ovom slučaju odgovarajući i točni. Helmertova transformacija veoma je precizna i laka za rukovanje u ovom programu.

Softveri poput QGIS-a u posljednje vrijeme su sve korišteniji u strukama poput geologije, ali se javljaju problemi s podacima. Puno podataka nalazi se u staroj Gauss-Krügerovoj projekciji. Kako bi se izbjegle te pogreške, ovakva vrsta transformacija velika su pomoć za geologe te zbog toga ne dolaze do pogrešaka prilikom izvođenja nekih preciznih radova, poput bušenja na točno određenim koordinatama. Velika prednost je svakako preciznost, ali je i prednost što se svi podaci nalaze u službenoj projekciji republike Hrvatske HTRS96/TM.

## **7. LITERATURA**

**BASCH, M., 1983.**, Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100.000. List Ivanić-Grad. Geološki zavod Zagreb, OOUR za geologiju i paleontologiju. (1969-1976), Savezni geološki zavod Beograd

**FRANČULA, N., 2004.**, Kartografske projekcije, Geodetski fakultet, Zagreb

**HERENT, M., HORVAT, H., KRISTE, I., 2013.**, Transformacija koordinata homogenih polja u HDKS, Ekscentar Vol., No.16, str. 43-45

**LAPAINÉ, M., 2016.**, Kartografske projekcije, Kartografija i geoinformacije, str. 25

**LAPAINÉ, M., 2002.**, Kartografske projekcije, Kartografija i geoinformacije, str. 188-189

**LAPAINÉ, M., FRANČULA, M., 2022.**, Map Projections Classification, Geographies, 2, 274-285.

**LIKER, M., BARIŠIĆ, B., KATIĆ, J., BAŠIĆ, T., 2010.**, Transformacija DKP-a u HTRS96/TM pomoću jedinstvenog transformacijskog modela, Geodetski fakultet, Zagreb

**LIKER, M., BARIŠIĆ, B., VOREL, B., BAŠIĆ, T., 2010.**, Problematika vezana uz Helmertovu sedam parametarsku transformaciju, Geodetski fakultet Zagreb

**PREPPERNAU, C.A., BERNHARD, J., ŠAVRIČ, B., ARNOLD, N.D., MARSTON, B.E., 2017.**, A Guide to Selecting Map Projections for World and Hemisphere Maps, Springer International Publishing, Washington, USA

**ROBINSON, A. H., MORRISON, J. L., MUEHRCKE, P. C., KIMERLING, A. J., GUPTILL, S. C., 1995.**, Elements of Cartography, John Wiley & Sons, New York

**ŠIKIĆ, K., BASCH O., ŠIMUNIĆ, A., 1978.**, Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100.000. List Zagreb. Geološki zavod Zagreb, OOUR za geologiju i paleontologiju. (1969-1976), Savezni geološki zavod Beograd

**ŠIMIĆ, Z., 2012.**, Geodezija 1, Interna skripta, Geodetska tehnička škola Zagreb

**TOMIĆ, N., 2017.**, Mercatorova i srodne kartografske projekcije, Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Matematički odsjek, Zagreb

**TUTIĆ, D., VUČETIĆ, N., LAPAINE, M., 2002.**, Uvod u GIS, Geodetski fakultet, Zagreb

## Online sadržaji

WGS 84. Tehnički leksikon - 2007. (mrežno izdanje), Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2023.

URL: <https://tl.lzmk.hr/clanak/7891> (pristupljeno 27. 10. 2023.)

Državna geodetska uprava 2023.

URL: <https://dgu.gov.hr/novi-projekcijski-koordinatni-referentni-sustav-republike-hrvatske-htrs96-tm/5245> (pristupljeno 28.10.2023.)

Iowa State University, 2023.

URL: <https://www.gis.iastate.edu/> (pristupljeno 23.11.2023.)

PROJ, 2023.

URL: <https://proj.org/en/9.2/operations/transformations/helmert.html>

(pristupljeno 24.11.2023.)

Oregon State University, 1997

URL: [https://dusk.geo.orst.edu/gis/gis\\_world\\_article.pdf](https://dusk.geo.orst.edu/gis/gis_world_article.pdf) (pristupljeno 1.12.2023.)

Šurina, 2023

URL: <https://www.geoskola.hr/~gsurina/> (pristupljeno 2.12.2023.)

ASOO, 2023

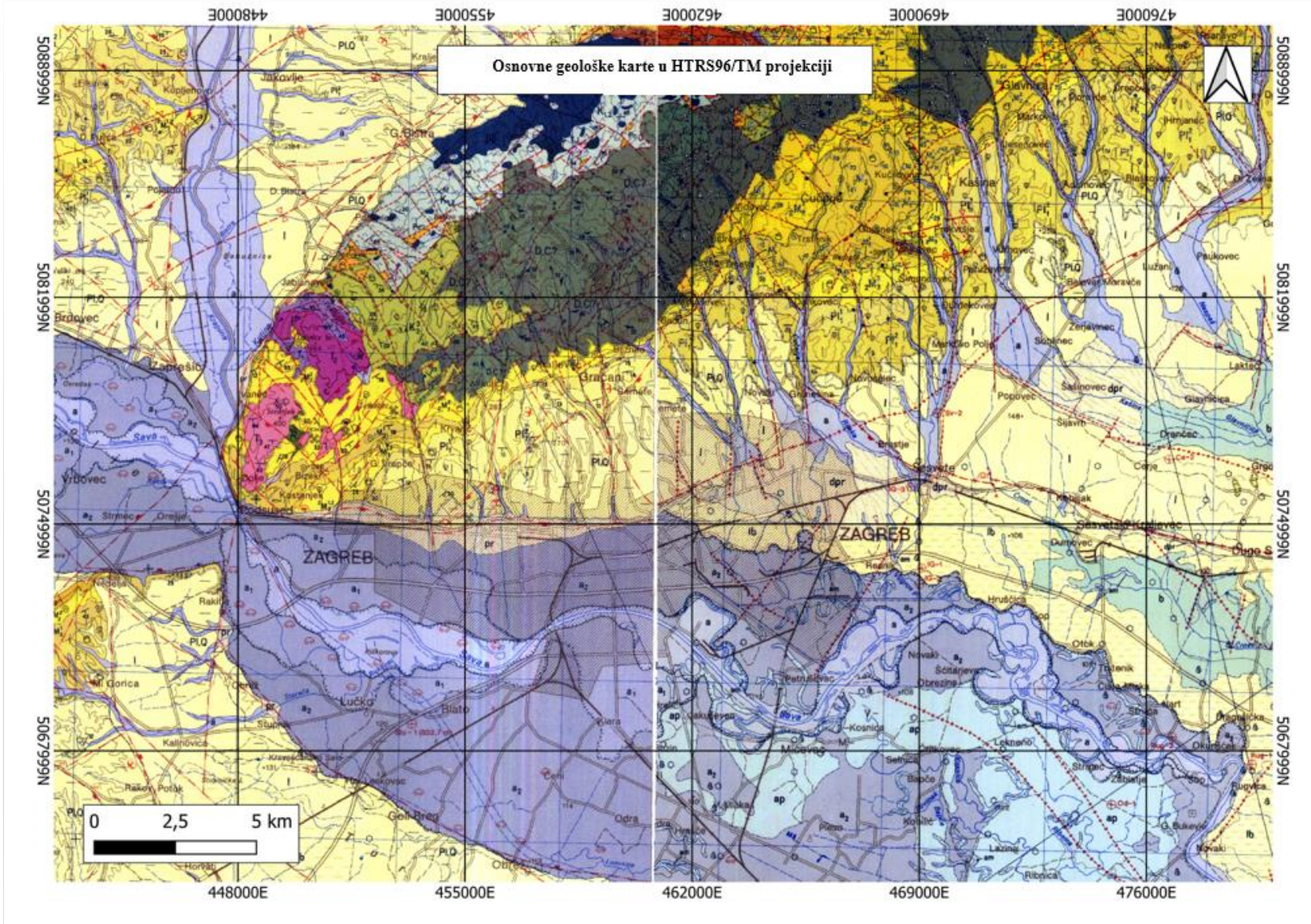
URL: [https://nastava.asoo.hr/wp-content/uploads/2020/03/8\\_Transformacija\\_koordinata.ppsx](https://nastava.asoo.hr/wp-content/uploads/2020/03/8_Transformacija_koordinata.ppsx) (pristupljeno 2.12.2023.)

## **8. PRILOZI**

### **Prilog 1.**

Osnovne geološke karte u HTRS96/TM projekciji





Prilog 2.  
Usporedba OGK I DOF-a

