

Vektorizacija Osnovne geološke karte na području Opuzena korištenjem QGIS sustava

Salacan, Jure

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:169:577966>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-04**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Preddiplomski studij geološkog inženjerstva

**VEKTORIZACIJA OSNOVNE GEOLOŠKE KARTE NA PODRUČJU OPUZENA
KORIŠTENJEM QGIS SUSTAVA**

Završni rad

Jure Salacan

G-4647

Zagreb, 2024.

VEKTORIZACIJA OSNOVNE GEOLOŠKE KARTE NA PODRUČJU OPUZENA KORIŠTENJEM QGIS SUSTAVA

Jure Salacan

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

Sažetak

Ovaj završni rad bavi se vektorizacijom Osnovne geološke karte lista Metković korištenjem računalnog programa QGIS. Vektorizacija je važna metoda u digitalizaciji kartografskih podataka. Ona omogućava pretvaranje rasterskog tipa podatka u vektorski koji je jednostavniji za pohranu, analizu te dijeljenje. U radu je objašnjen proces georeferenciranja, pripreme karte za vektorizaciju, stvaranje vektorskih layera koji prikazuju razne geološke jedinice, rasjede, položaje slojeva i druge elemente. Navedeni su i izazovi s kojima se suočilo prilikom izrade rada. Rezultat rada obuhvaća vektoriziranu kartu koju je moguće dalje analizirati i koristiti u raznim istraživanjima. Završni rad nastoji naglasiti važnost GIS tehnologije u modernoj geologiji.

Ključne riječi: GIS, QGIS, OGK, AI Vectorizer Plugin, vektorizacija, digitalizacija, Opuzen

Završni rad sadrži: 20 stranica, 11 slika i 13 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

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

Mentor: Dr.sc. Ivan Medved, docent RGNF

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



Sveučilište u Zagrebu
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
HR-10002 Zagreb, Pločejeva 6, p. 200

OBRAZAC SUSTAVA UPRAVLJANJA KVALITETOM

KLASA: 602-01-24-01/54
URBROJ: 251-70-14-24-2
U Zagrebu, 10.09.2024.

Jure Salacan, student

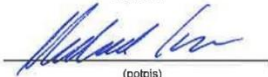
RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01-24-01/54, URBROJ: 251-70-14-24-1 od 18.04.2024. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

VEKTORIZACIJA OSNOVNE GEOLOŠKE KARTE NA PODRUČJU OPUZENA KORIŠTENJEM QGIS SUSTAVA

Za mentora ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog 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

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. GEOLOŠKA GRAĐA.....	2
3. METODE.....	4
3.1 QGIS.....	4
3.2 OSNOVNA GEOLOŠKA KARTA.....	5
3.2. RASTERI I VEKTORI.....	5
3.3. QGIS PLUGINOVI.....	7
3.4. TIN INTERPOLACIJA.....	8
4. IZRADA KARTE.....	10
4.1 GEOREFERENCIRANJE.....	10
4.2. VEKTORIZACIJA GEOLOŠKIH JEDINICA.....	11
4.3 VEKTORIZACIJA POLOŽAJA SLOJEVA, RASJEDA, OSI SINKLINALA I ANTIKLINALA.....	12
4.4. VEKTORIZACIJA SLOJNICA TERENA I DIGITALNI MODEL RELJEFA.....	13
5. REZULTATI.....	16
6. ZAKLJUČAK.....	18
7. LITERATURA.....	19

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Osnovna geološka karta lista Metković (Raić i dr., 1975.).....	2
Slika 3-1. Komponente GIS-a (GISGeography, 2024.).....	5
Slika 3-2. Rasterski crtež (u normalnoj veličini i uvećan) (Lemeš, 1997.)	6
Slika 3-3. Vektorski crtež (u normalnoj veličini i uvećan) (Lemeš, 1997.)	7
Slika 3-4. Buntin Labs AI Vectorizer sučelje proširenja.....	8
Slika 3-5. Delaunayeva triangulacija (QGIS Spatial Analysis, 2024.).....	9
Slika 4-1. Nejednake oznake za položaj sloja.....	12
Slika 4-2. Ručno vektorizirane slojnice (krivulje crne boje).....	14
Slika 4-3. Digitalni model reljefa s legendom	15
Slika 5-1. Karta prije vektorizacije.....	16
Slika 5-2. Potpuno vektorizirana karta s legendom i ostalim elementima.....	17

1. UVOD

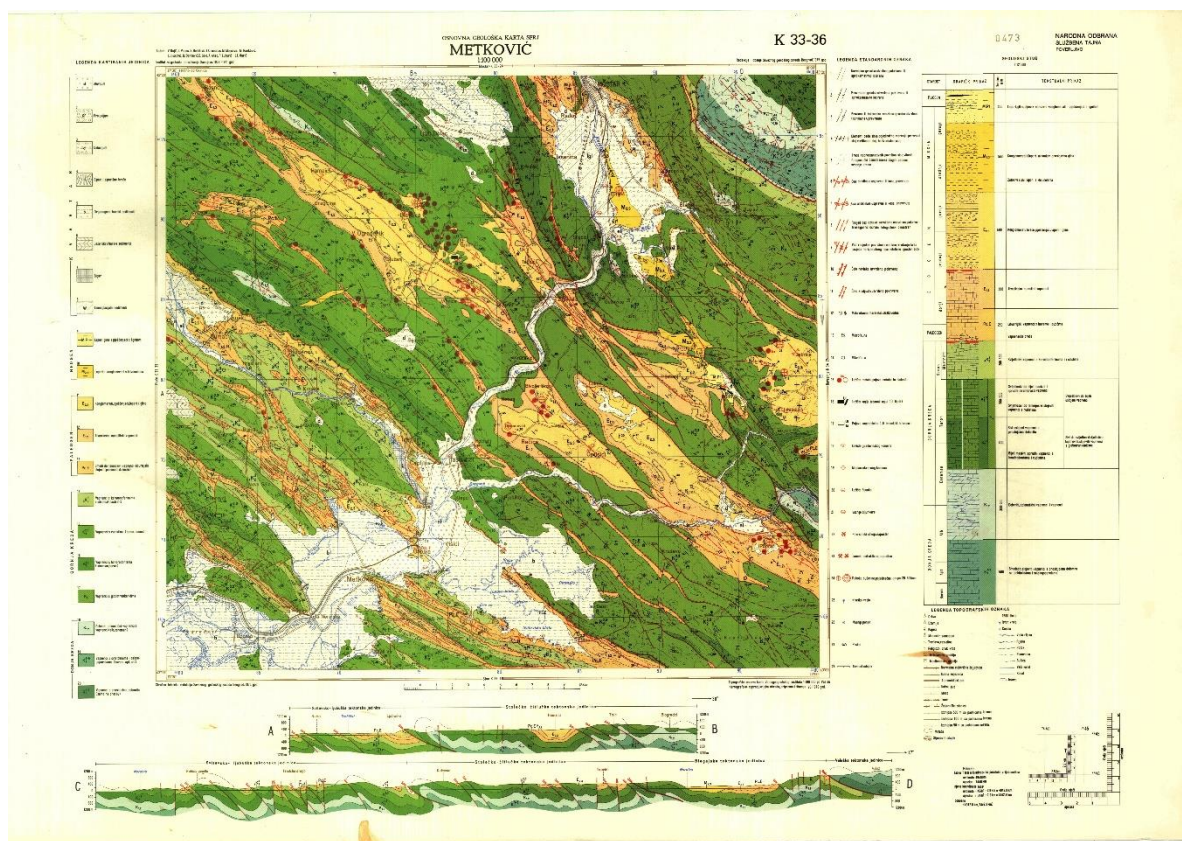
Geološke karte je temeljni alat kojim se geolozi služe u geološkim istraživanjima. Karte geolozima omogućuju prikaz i analizu Zemljine kore, razumijevanje geoloških procesa i odnosa u prirodi. Tradicionalan način izrade karata je u papirnatom obliku, no napretkom tehnologije geološke karte u digitalnom obliku postaju sve popularnije. Digitalizacija karte omogućuje preciznije analize, jednostavnije rukovanje, lakše ispravljanje eventualno nastalih pogrešaka, lakše umnožavanje i brojne druge prednosti koje su danas neophodne. Stoga je brza i pouzdana digitalizacija geoloških karata i karata općenito nikad bitnija.

Postoje dva formata korištena u digitalizaciji, a to su rasterski i vektorski formati. Rasterski podaci sastoje se od piksela (picture element). Svaki piksel nosi određenu vrijednost u obliku odgovarajuće boje koja npr. nosi informaciju o vrsti stijene ili nadmorskoj visini. Mana rasterski podataka jest da njihova rezolucija utječe na kvalitetu i preciznost izrade karata. Za razliku od rasterskih, vektorski podaci su geografski objekti prikazani u obliku točaka, linija i poligona. Svaka geometrijska figura ima precizno definiran položaj unutar koordinatnog sustava. Prednost vektorskih podataka jest jednostavna i precizna manipulacija podacima, precizno definiranje granica i oblika objekata s kojima se upravlja.

Cilj ovog završnog rada je istražiti metode vektorizacije geoloških karata koristeći QGIS softver i njegova proširenja. Na temelju praktičnog primjera na Osnovnoj geološkoj karti lista Metković, rad će pružiti smjernice za učinkovitu primjenu ovih tehnologija u praksi. Metode će se evaluirati, navesti izazovi i prednosti na koje se naišlo prilikom izrade rada te dati osvrt na moguće buduće poboljšanja i nadogradnje.

2. GEOLOŠKA GRADA

U ovom će se poglavlju objasniti geologija i geografija OGK lista Metković (Slika 2-1.), odnosno njegovog jugoistočnog dijela. Geografski gledano, područje karte obuhvaća južnu Dalmaciju odnosno sjever Dubrovačko – neretvanske županije. Karta se prostire i dijelom Bosne i Hercegovine do Čapljine kao najsjevernijeg grada.



Slika 2-1. Osnovna geološka karta lista Metković (Raić i dr., 1975.)

Prostorom karte prevladavaju naslage gornjokredne, eocenske i kvartarne starosti. Gornja kreda trajala je prije 100 - 66 milijuna godina, eocen prije 56 - 38.9 milijuna godina, a kvartar prije 2.58 milijuna godina - danas. Kartiran je relativno malen broj jedinica. Područje pripada krškom reljefu. To znači da su dominantne stijene karbonatne. Njihova glavna specifičnost jest izrazita kemijska trošnost, tj. topivost. Zbog nje nastaju karakteristični krški reljefni oblici poput jama, vrtača, špilja, ponora i dr. Na promatranoj karti od karbonatnih stijena utvrđeni su samo vapnenici, dolomita nema. Oznake u zagradama poput ($K_2^{2,3}$) ili (j) označavaju starosti i prikazane su na OGK

U krednim najstarijim naslagama prisutni su vapnenci sa hondodontama ($K_2^{1,2}$), vapnenci s rudistima ($K_2^{2,3}$) te vapnenci s keramosferinama i rudistima ($4K_2^3$). Ove naslage su rasprostranjene na rubovima karte, tj. na jugoistočnim, sjeverozapadnim, sjeveroistočnim i sjevernim dijelovima. Prisutne su na višim nadmorskim visinama u odnosu na ostale slojeve.

Utvrđene naslage paleogenske starosti su smeđi do tamnosivi vapnenci – liburnijski slojevi (Pc, E), alveolinsko – numulitni vapnenci ($E_{1,2}$) te konglomerati, pješčenjaci, lapori i gline ($E_{2,3}$). Ove naslage nalaze se u asocijaciji sa naslagama kredne starosti.

Slijedeće u nizu u naslaga su one kvartarne starosti kao najmlađe na promatranj karti. Važno je napomenuti da naslage neogenske starosti na promatranom području izostaju. Utvrđene naslage kvartarne starosti su bigar (i), jezerski barski sedimenti (j), organogeni – barski sedimenti (b), deluvij (d) i aluvij (a). Ove naslage se nalaze uz korito rijeke Neretve koja je najvećim dijelom u središnjem dijelu karte, a pruža se od sjeveroistoka prema jugozapadu.

Hidrografski gledano, teren je izrazito bogat vodnim tokovima. Dominira rijeka Neretva zajedno sa svojim pritocima Norinom i Bregavom. U široj okolici Čapljine, Metkovića i Opuzena nalaze se veće površine koje su često plavljene, a pojedini dijelovi su stalno pod vodom, pa su tu formirana manja jezera i močvare (Raić i dr., 1977.).

3. METODE

U ovom poglavlju opisat će se softver koji je korišten, njegov način rada i alati korišteni u svrhu izrade završnog rada.

3.1 QGIS

QGIS je besplatan geografski informacijski sustav otvorenog koda (free and open-source software). Sustav korisnicima omogućava vizualizaciju, uređivanje, upravljanje te analizu prostorno referenciranih podataka. Pojavom računala postao je norma u svim strukama koje se bave prostornim podacima.

Velika prednost QGIS-a krije se u zajednici ljudi koja ga konstantno unaprjeđuje brojnim dodatcima i ažuriranjima u vidu proširenja (plugin-ova). Većina QGIS proširenja su besplatni i lako dostupni kroz službeni QGIS Plugin Repository. Proširenja omogućavaju korisnicima da dodaju nove alate i funkcije koje nisu dostupne u osnovnoj instalaciji QGIS-a. To može uključivati sve od napredne analize podataka, sustav za prikupljanje prilagođenih vizualizacija pa do specijaliziranih alata.

Definiciju GIS-a teško je reći jer ima različitih mišljenja i shvaćanja. Definicija GIS-a preuzeta sa mrežnog izdanja Hrvatske enciklopedije glasi: „Informatički i računalni sustav za prikupljanje, pohranu, pretraživanje, analiziranje i prikazivanje podataka koji se odnose na određeno geografsko područje“ (Hrvatska enciklopedija, 2024).

Jedna od najvećih snaga GIS-a leži u tome što se on bavi prostornim podacima. Prostorni podaci su informacije povezane s prostornim položajem. Dakle, GIS omogućuje povezivanje aktivnosti koje su prostorno povezane. Osim toga, GIS integrira prostorne i druge vrste informacija unutar jednog sustava te na taj način nudi konzistentni okvir za analizu prostora (Tutić i dr., 2002.). Njegove mnogobrojne komponente i interdisciplinarnost čine GIS alatom koje sve više lokalne vlasti koriste za donošenje odluka i traženje rješenja vezanih za prostor (Slika 3-1.).



Slika 3-1. Komponente GIS-a (GISGeography, 2024.)

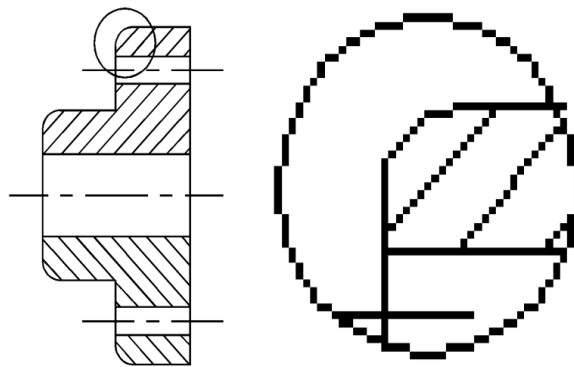
3.2 OSNOVNA GEOLOŠKA KARTA

Za potrebe izrade ovog završnog rada korišten je list Osnovne geološke karte Metković, odnosno njegovog jugoistočnog dijela. Kartu je izradio Institut za geološka istraživanja Sarajevo između 1958. i 1971. godine. List je izdan 1975. godine od strane Saveznog geološkog zavoda Beograd. Karta je rađena u mjerilu 1:100 000 u Gauss - Krügerovoj projekciji. Karta je besplatna i lako dostupna na internetskoj stranici Hrvatskog geološkog instituta kao i njezin tumač koji dolazi uz nju.

3.2. RASTERI I VEKTORI

Rasterska grafika se temelji na pikselu. Raster je mreža horizontalnih i vertikalnih linija koje zatvaraju polja koja zovemo pikselima. Svaki od tih piksela može prikazati samo jednu boju određene svjetline. Znači rasterska slika se sastoji od piksela, različitih boja i svjetline. Svaka rasterska grafika ovisi o gustoći polja, te ju ne možemo u beskonačnost povećavati. Povećavanjem grafike dolazi do gubitka kvalitete, vidjet će se pikseli golim okom, slika će postati “kvadratičasta” (Slika 3-2.). Naravno ako otisnute grafike pogledamo pod povećalom vidjet ćemo točkice od kojih je sastavljen piksel, postat će “točkasta” (Raos Melis, 2024.).

Još jedan od nedostataka rasterske grafike uz gubitak kvalitete povećanjem slike jest to što ona zauzima izrazito mnogo memorije. Taj problem se upotrebom kompresije tek djelomično da riješiti. Kao bitna stavka svakog rasterskog podatka je rezolucija, za razliku od vektorskog kod kojeg ni ne postoji. Rezolucija je točno definirana gustoća piksela ili točaka na točno definiranoj površini, tj. gustoća rastera. Rezolucija se dijeli na ekransku rezoluciju, PPI piksel po inču (eng. pixel per inch) i rezoluciju piksela, DPI točka po inču (engl. dot per inch) (Raos Melis, 2024.).



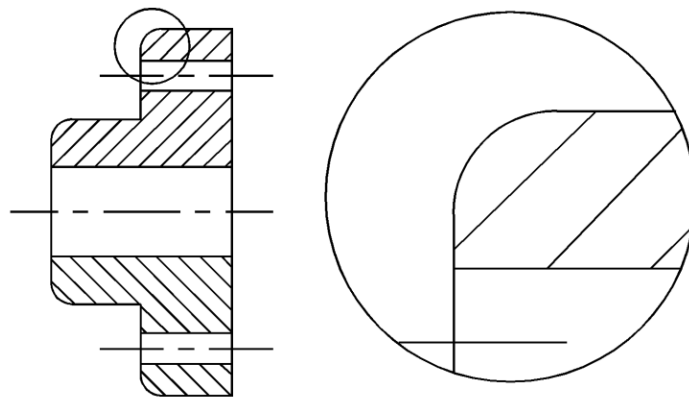
Slika 3-2. Rasterski crtež (u normalnoj veličini i uvećan) (Lemeš, 1997.)

Vektorska grafika se temelji na principu geometrije odnosno vektora. Svaki vektor ima svoju početnu točku, smjer i završnu točku, duljinu, ako je zakrivljen onda sadrži i točke koje definiraju krivulju ili kutove. Vektorskom grafikom tvorimo geometrijske oblike krug, kvadrat, trokut ili amorfno-krivuljaste oblike... Kako se vektorska grafika ne bazira na rasteru možemo je u beskonačnost povećati ili smanjiti bez da izgubi na kvaliteti (Slika 3-3.). To je zato što se bazira na matematičkim funkcijama, tj. o apsolutnoj udaljenosti između točaka (Raos Melis, 2024.). Sva vektorska grafika sastoji se od 3 tipa podataka: točka, linija i poligon.

U radu je odabrani tip vektorskog podatka za korištenje Shapefile. ESRI Shapefile ili jednostavnije shapefile je popularni vektorski format prostornih podataka za GIS softver. ESRI ga je razvio kao otvorenu specifikaciju za interoperabilnost podataka između ESRI i softverskih proizvoda. Shapefile prvenstveno opisuje geometriju koja se sastoji od osnovnih geometrijskih objekata kao što su točka, linija i poligon. Svaki od navedenih objekata sadržava neke od

atributa koji ga opisuju bilo da se radilo o rednom broju, duljini, površini ili nekom drugom svojstvu koje je vezano za objekt. (Čuljat, 2010.)

Nedostatak vektorske grafike je potreba za stalnim proračunima, što opterećuje resurse računala, te nedostatak univerzalnog vektorskog formata datoteke. Naime, za razliku od rasterskih formata koji su univerzalni (JPG, PNG, GIF), još uvijek ne postoji univerzalni vektorski format datoteke koji bi mogao otvarati svaki softver za obradu slike. (Lemeš i Hamidović, 2023.)



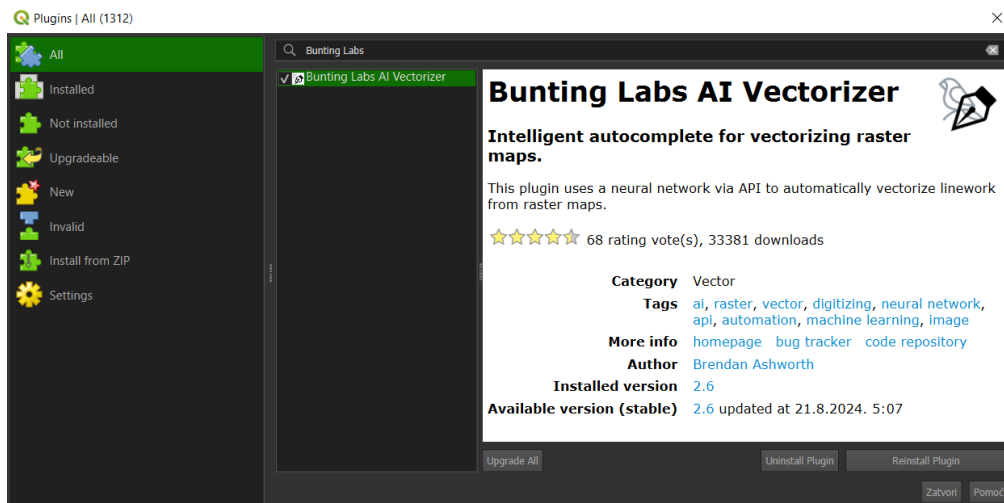
Slika 3-3. Vektorski crtež (u normalnoj veličini i uvećan) (Lemeš, 1997.)

3.3 QGIS PROŠIRENJA (PLUGINOVİ)

U ovom radu biti će korišten AI Vectorizer proširenje razvijeno od strane tvrtke Buntin Labs-a. Ovo proširenje predstavljeno je kao prvi AI (artificial intelligence) koplilot za vektoriziranje unutar QGIS-a. Umjetna inteligencija automatski završava linije i poligone koje korisnik započne vektorizirati. Proširenje može ubrzati rad GIS profesionalaca i do 8 puta (Buntin Labs, 2024.).

Plugin radi na principu strojnog učenje (machine learninga) gdje su umjetnoj inteligenciji dane velike količine podataka na kojima je trenirana. Kao rezultat umjetna inteligencija sama prepoznaje i nastavlja vektorizirati ravne, kose i zakrivljene linije. Plugin također podržava rad s iscrtkanim, točkastim i točkasto-isctrkanim linijama. Za rad je potrebna povezanost sa internetom budući da se umjetna inteligencija pokreće na serverima Buntin Labsa a ne lokalno

na računalu. AI Vectorizer može se koristiti na Windows, Mac i Linux uređajima. Kompatibilan je sa svim novijim verzijama QGIS-a i hardverski nije zahtjevan. Plugin je besplatan za korištenje, no besplatna verzija je ograničene brzine i vijeka korištenja. Plugin je jedonstavan za preuzimanje i korištenje. Sve što je potrebno je u traci Plugins pronaći plugin i odabrati na instalaciju (slika 3-4.). Nakon toga potrebno je stvoriti korisnički račun s kojim će se povezati serveri.

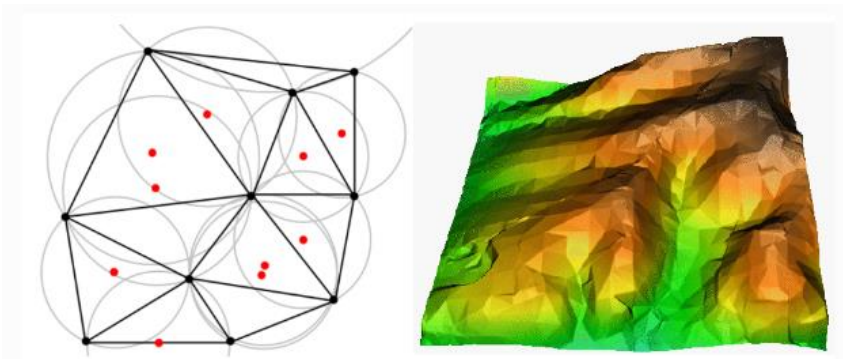


Slika 3-4. Buntin Labs AI Vectorizer sučelje proširenja

3.4. TIN INTERPOLACIJA

TIN interpolacija (Triangulated Irregular Network) nastoji formirati površinu stvorenu po principu trokuta najbližih susjednih točaka. Prilikom ovog postupka stvaraju se kružnice oko odabranih uzoraka točaka, a njihove se sjecišta povezuju u mrežu trokuta koji se ne preklapaju i što je moguće kompaktniji su. Rezultirajuće površine nisu glatke. Algoritam stvara i raster sloj interpoliranih vrijednosti i vektorski linijski sloj s granicama triangulacije (QGIS Interpolation, 2024.) Jedan od najpopularnijih algoritama TIN interpolacije je Delaunayeva triangulacija (Slika 3-5.).

Kao alat TIN interpolacija postoji u QGIS-u. U ovom radu koristeći TIN interpolaciju generirat će se digitalni model reljefa (DMR) na temelju vektoriziranih slojnica karte.



Slika 3-5. Delaunayeva triangulacija (QGIS Spatial Analysis, 2024.)

4. IZRADA KARTE

U ovom poglavlju bit će detaljno objašnjene metode izrade karte, procesi vektorizacije rasterskih podataka te izazovi na koje se naišlo.

4.1 GEOREFERENCIRANJE

Početni korak u digitalizaciji svake karte jest njeno georeferenciranje. Georeferenciranje nije ništa drugo nego smještanje skenirane rasterske karte u realni prostor, tj. pridodavanje koordinatnog sustava stvarnog svijeta. Negeoreferencirana karta ili slika već ima koordinatni sustav u obliku mreže piksela, odnosno slikovnih koordinata, ali one nisu od velike koristi. Georeferencirana karta omogućuje jednostavno i precizno izračunavanje udaljenosti, površina i drugih svojstava na kartama. Također je omogućena usporedba sa drugim kartama i općenito drugim prostornim podacima.

U ovom radu georeferenciran je dio lista OGK Metković. Za georeferenciranje korišten je program QGIS. Prvo je bilo potrebno izrezati kartu na željenoj lokaciji. Sljedeći korak je odabir točaka na karti kojima su poznate stvarne koordinate. Najlakše je ovaj korak napraviti koristeći koordinatnu mrežu same karte, na kojima su koordinate naznačene. Odabire se središte koordinatnog „križa“, tj. sjecišta poznatih meridijana i paralela. Karta u ovom radu georeferencirana je upravo na ovakav način. Ukoliko karta nema već ucrtanu koordinatnu mrežu, mogu se koristiti orijentirni objekti poput crkva, sjecišta cesta, vrhovi brda i sl. Otvori se druga referentna karta npr. poput Open street mape (OSM) i sa njoj se nađu ti isti označeni objekti. QGIS automatski preuzme njihove koordinate i na taj način se omogućava georeferenciranje bez već postojeće koordinatne mreže. Potrebno je dodati minimalno 4 točke na rubovima karte, no više točaka značit će bolje georeferenciranje. Ovo se događa jer transformacijske metode nisu linearne već su bazirane na kompleksnim matematičkim modelima. Pridodavanje većeg broja točaka eliminira se deformacija i moguća pogreška metode. Sjedeći korak je odabrati transformacijsku metodu. U QGIS-u postoji izbor od nekoliko metoda, najpopularnije su polinomske transformacije koje su složenijeg tipa. U ovom koraku odabire se željeni izlazni koordinatni sustav. OGK prvotno je kartirana u Gauss - Krügerovoj projekciji koja je onda bila standard. Kao izlazni koordinatni sustav u ovom radu odabran je HTRS96. Softveru je potrebno određeno vrijeme da izračuna odabranu transformacijsku funkciju. Nakon izračuna,

transformacija se provodi na svaku točku karte i generira se nova rasterska karta. Zadnji korak je provjera. Ona se može provesti preklapanjem sa drugom referentnom kartom npr. Online street map-om, provjerom reziduala i drugim načinima.

4.2. VEKTORIZACIJA GEOLOŠKIH JEDINICA

Prvi korak pri vektorizaciji geoloških jedinica jest stvaranje shapefile layer-a i definiranje poligona. Svaka geološka jedinica podijeljena je u svoj zasebni poligon obojen karakterističnom bojom za lakšu identifikaciju. Boje su u geologiji izrazito bitne i točno su određene. Određuju starost naslaga i najčešće se koriste one propisane od Američkog društva geologa.

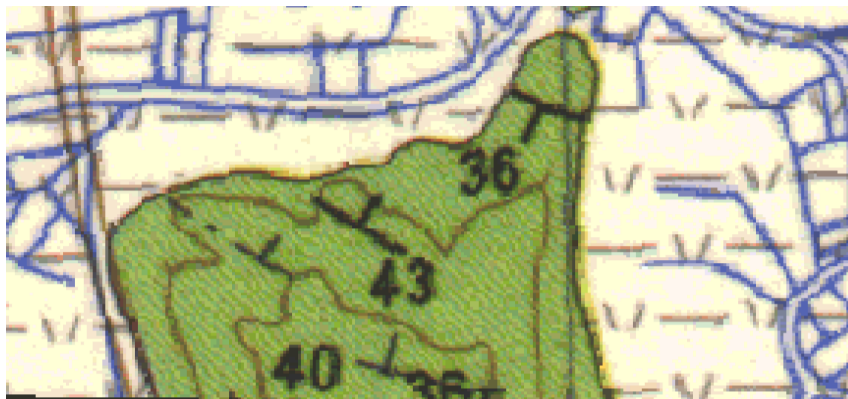
Započelo se tako što je svakoj jedinici dodijeljen zaseban layer i potom se započela vektorizacija prateći granice geoloških slojeva. Međutim, ustanovljeno je da ova metoda nije optimalna budući da dolazi do „preklapanja“ različitih slojeva. Nastaju i „rupe“ između layera koje je vremenski zahtjevno popunjavati. Optimalnija metoda je stvoriti jedan layer u kojem će se vektorizirati svi slojevi. Svakoj jedinici dodijeljena je posebna oznaka u atributnoj tablici. Ovo je važno jer su se na ovaj način jedinice odvojile jedne od drugih i svakoj je dodijeljena boja i oznaka. Zajednički layer se dalje odvaja naredbom „Split features“. Na taj način proces vektorizacije je ubrzan jer nema više „preklapanja“ i „rupa“ između layera. Također, dovoljno je jednom pratiti granice slojeva i tako razdvojiti slojeve, što u prethodnoj metodi nije bio slučaj.

Korištenje AI Vectoriser plugina bilo je ograničeno. Praćenjem granica slojeva zna „zalutati“ i potrebno ga je ispravljati kada se više linija siječe. Također, njegovo korištenje je vezano za latenciju internetske veze i ako je ona slabija dolazi do usporavanja rada. Plugin podijeli kartu u nekoliko kvadrata i kada se prelazi iz jednog dijela karte u drugi, odnosno iz jednog kvadrata u drugi potrebno je ponovno učitavanje. No, treba napomenuti da je za potrebe izrade rada korištena besplatna verzija plugina. Ovi problemi se najvjerojatnije mogu izbjeći ako se koristi verzija za koju je potrebno platiti.

U ovom radu sve su granice geoloških slojeva označene punom linijom, odnosno nije napravljena distinkcija između utvrđene i pokriveno granice. Transgresivna granica označena je točkicama koje su orjentirane u mlađem sloju. Za njeno generiranje stvoren je zaseban linijski shapefile.

4.3 VEKTORIZACIJA POLOŽAJA SLOJEVA, RASJEDA, OSI SINKLINALA I OSI ANTIKLINALA

Ideja završnog rada je bila što vjernije vektorizirati OGK. Ona je rađena u 60-tim i 70-tim godinama i neke oznake elementa karte nisu potpuno jednake današnjima. Na primjer, oznake položaja sloja nisu uniforme, već su međusobno neujednačene (Slika 4-1.). Zbog toga se nisu dodavale danas standardizirane oznake poput onih propisanih od USGS-a.



Slika 4-1. Nejednake oznake za položaj sloja

Za vektorizaciju položaja slojeva, rasjeda, osi sinklinala, osi antiklinala te osi prebačenih sinklinala i antiklinala stvoreni su linijski shapefile layeri. Svaki element karte u zasebnom je layeru. Za vektoriziranje koristio se QGIS-ov snapping alat. On omogućava precizno crtanje te uređivanje geometrijskih oblika (točka, linija, poligon). Krajnji ili rubni dijelovi tih elemenata se „priljepe“ na određene značajke čime se eliminira nastanak potencijalnih praznina ili slučajna preklapanja. Bez ovog nemoguće je dobro vektorizirati kartu.

Položaji slojeva generirani su kao dvije linije, a kutovi nagiba kao točke kojima su pridodane vrijednosti u atributnoj tablici. Rasjedi su generirani kao linije, a u njihovim postavkama izgleda odabrani su već postojeći geometrijski elementi (trokuti, pravokutnici) te su se modificirali prema simbologiji na OGK.

Jedan od problema na koji se naišlo prilikom vektrozicaje u QGIS-u je dinamičko povećanje SVG i drugih podataka. Naime, pridodavanjem oblika linijskim shapefile-ovima ti linijski elementi nisu fiksne veličine nego se mijenjaju ovisno o povećanju (zoom-u) same karte.

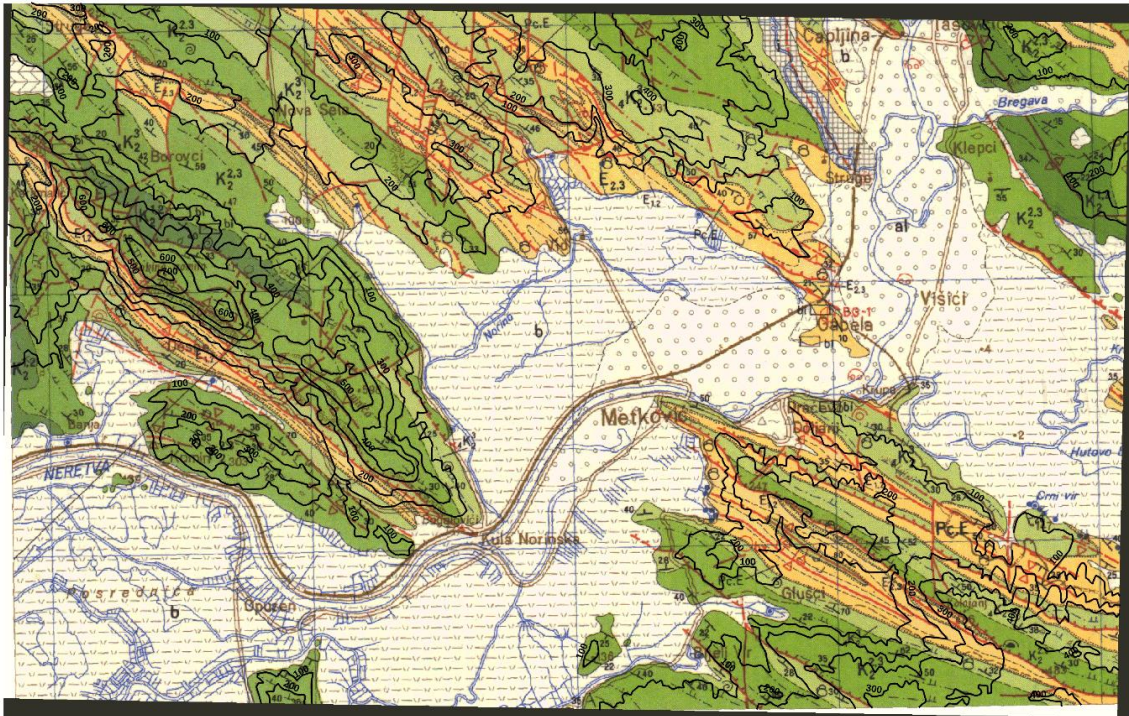
Ovaj se problem riješio u layout manageru odabirom odgovarajućeg mjerila. Na taj način spomenuti elementi ostaju fiksne veličine bez obzira na povećanje ili smanjenje karte.

4.4. VEKTORIZACIJA SLOJNICA TERENA I DIGITALNI MODEL RELJEFA

Osnovna geološka karta lista Metković koja je korištena kao podloga je kartirana u mjerilu 1:100 000 što znači da je ekvidistanca relativno velika. Ekvidistanca predstavlja razliku između dvije susjedne slojnice. Ona iznosi 100 m što je značajno ubrzalo proces vektorizacije. Izohipse (slojnice) su zamišljene krivulje koje na kartama povezuju mjesta iste nadmorske visine. Njih mjere geodeti i one služe kao podloga za izradu svake geološke karte. Bez dobro napravljene topografske podloge, tj. precizno određenih slojnica ni geološka karta ne može biti visoke kvalitete. Zato je ovaj posao od velikog značaja.

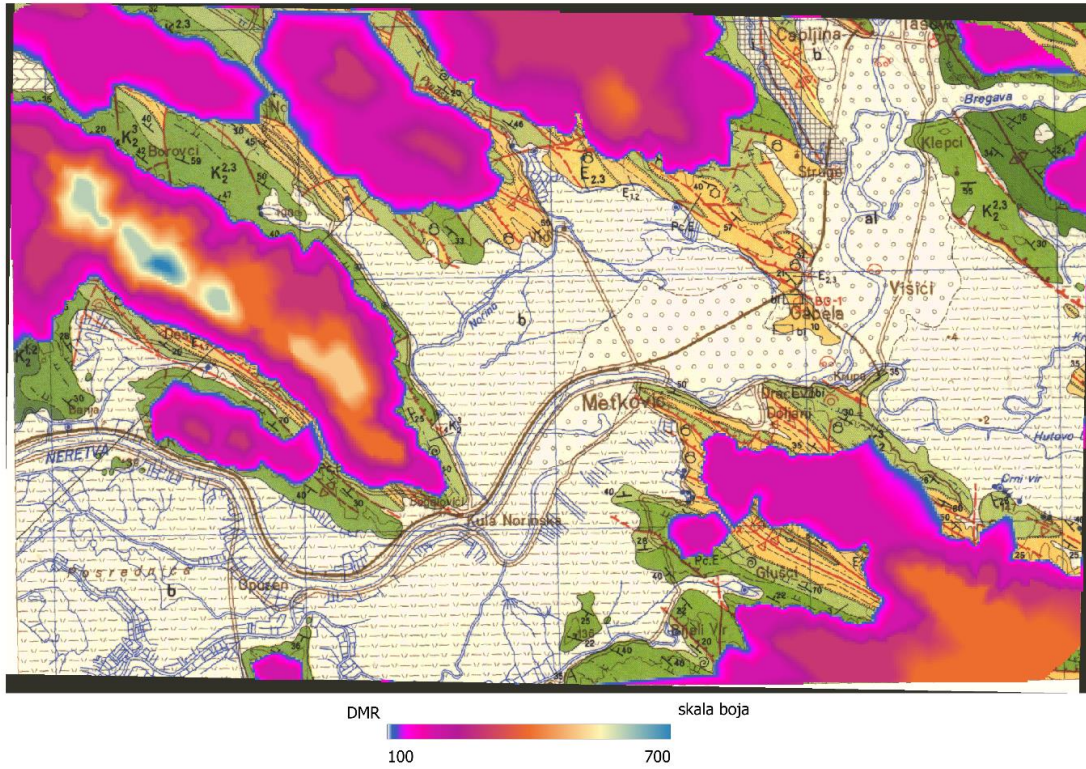
Na karti nisu označene visine slojnica kao što se to često radi na novijim kartama. Visina slojnica se zato određivala koristeći padnice terena koje jesu bile naznačene kao i vrhovima brda koji su kartirani.

Stvoren je linijski shapefile layer naziva slojnice. Vektorizacija se provodila praćenjem slojnica na karti i njihovom manualnom vektorizacijom. Naime, ovaj proces je bio veoma zahtjevan jer se slojnice veoma često sijeku sa drugim elementima karte. Zbog toga nije mogao biti korištena poluautomatska vektorizacija kao pomoć niti bilo kakav drugi alat. Vektorizacija se provodila ručno što je oduzelo mnogo vremena, ali jedino tako se mogao dobiti dobar izlazni rezultat (Slika 4-2.). Visine slojnica kreću se između 100 m i 700 m, a na karti ih je 59. Područje karte uz rijeku Neretvu ima male oscilacije u nadmorskoj visini i zbog toga na njemu nisu vidljive slojnice.



Slika 4-2. Ručno vektorizirane slojnice (krivulje crne boje)

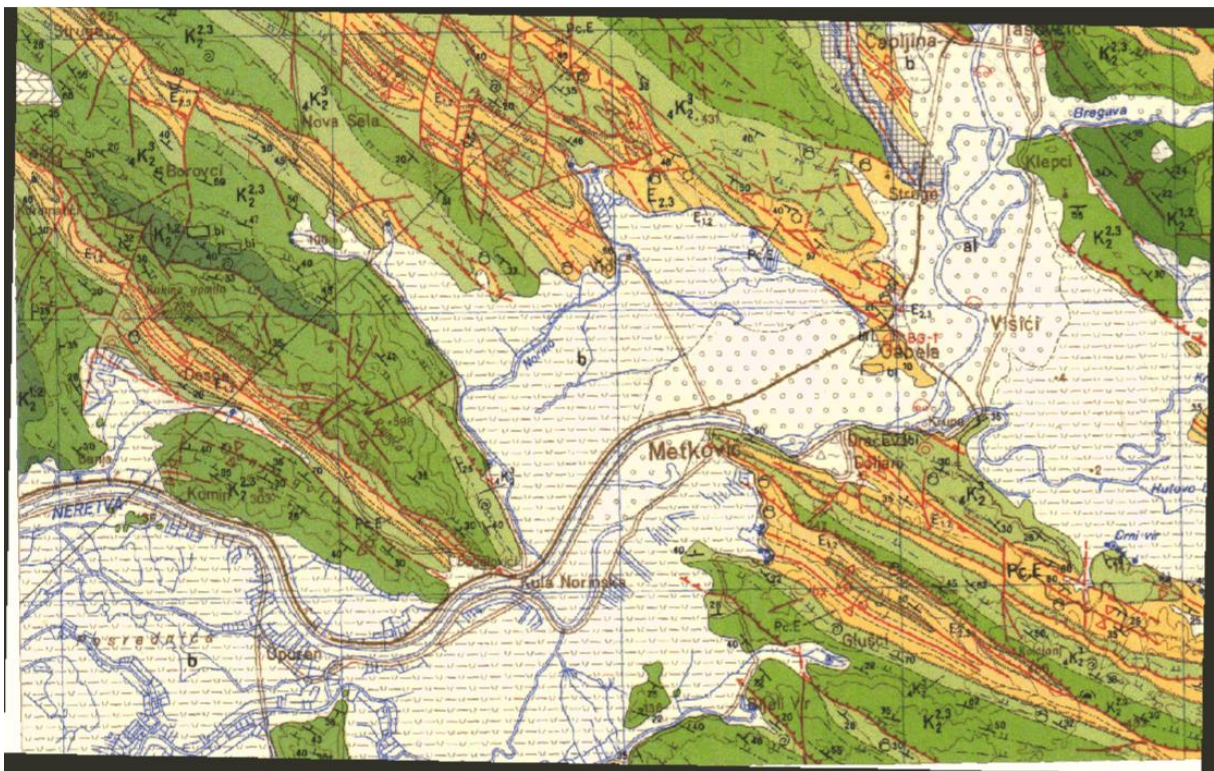
Digitalni model reljefa (DMR) je izrađen koristeći TIN interpolaciju koji je kao alat dostupna u QGIS-u. Već je ugrađena u softver tako da nisu potrebne nikakve dodatne instalacije. DMR je skup položajno (i visinski) određenih točaka i geometrijskih elemenata (prijelomnica, linija oblika i površina isključenja) potrebnih za prikaz Zemljine površine (DGU, 2024.). TIN interpolacijom QGIS automatski odabere boje i nadmorske visine kojima se one pridodaju. Potrebno je bilo dodati visine u model između 100 m i 200 m kako bi se što bolje podatci vizualizirali (Slika 4-3.).



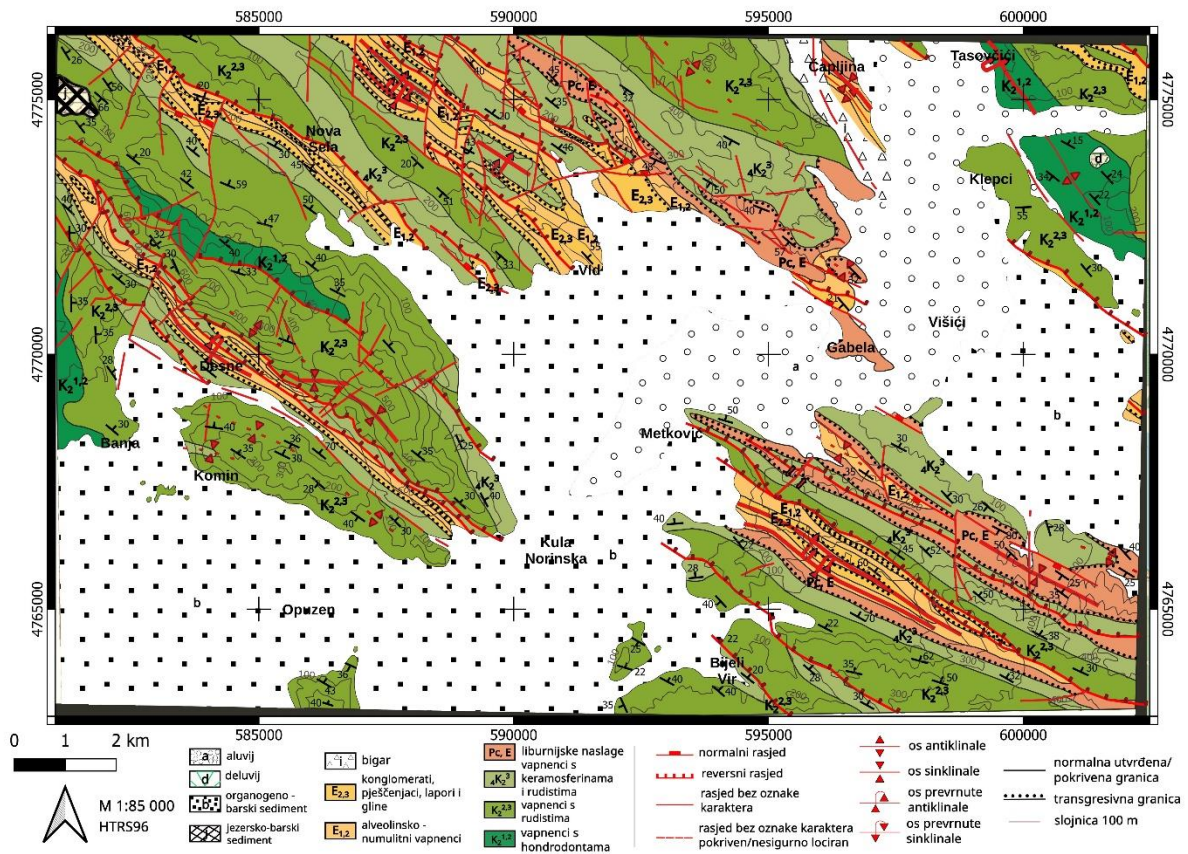
Slika 4-3. Digitalni model reljefa s legendom

5. REZULTATI

Kao rezultat završnog rada dobivena je potpuno vektorizirana geološka karta (Slika 5-2.), točnije jugoistočni dio OGK lista Metković (Slika 5-1.). Završnoj karti dodano je grafičko mjerilo u kilometrima, brojčano koje iznosi 1:85 000, položaj sjevera, koordinatni sustav unutar HTRS96, nazivi mjesta i gradova te pripadajuća legenda. Budući da je su se neki elementi karte poput osi prevrnutih antiklinala vektorizirali linijama, a ne simbolom, legendu u QGIS-u je bilo teško podesiti da ih vjerno prikazuje. Posebno je problematično bilo dodati oznake starosti pojedinih geoloških jedinica. One sadržavaju brojeve u indeksu i eksponentu što je u QGIS-u nije lako za provesti. Zato se legenda završne karte napravila u besplatnom programu otvorenog koda (free open source) za vektorsko crtanje Inkscape-u. Inkscape je prvenstveno softver za grafičko crtanje i kao takav pruža bolju kontrolu i više mogućnosti za završno uređivanje karte.



Slika 5-1. Karta prije vektorizacije



Slika 5-2. Potpuno vektorizirana karta s legendom i ostalim elementima

6. ZAKLJUČAK

Vektorizacija dijela Osnovne geološke karte lista Metković demonstrirala je prednosti i važnost digitalnih karata u geoznanostima. Rezultat ovog rada pokazuje neophodnost GIS sustava u modernoj geologiji i drugim geoznanostima općenito. Tradicionalni kartografski podaci su uspješno digitalizirani čime je omogućena lakša analiza podataka, pohrana, dijeljenje te eventualno ispravljanje nastalih grešaka.

Tijekom rada na karti došlo se do zaključka da je manualna vektorizacija rasterskih podataka u nekim dijelovima procesa i dalje nužna. Alati koji rade na principu poluatomatizacije i uz pomoć umjetne inteligencije, poput AI Vectorizer Plugin-a, i dalje imaju svoje manjkavosti koje se mogu odstraniti jedino ručnim metodama. Za očekivati je da će se u budućnosti ove tehnologije usavršiti, no kada i hoće li potpuna automatizirana vektorizacija biti moguća ostaje pitanje.

Buduće nadogradnje ovog rada, odnosno poboljšanja postojećih sustava mogu biti mnogobrojne. Moguće je integrirati napravljenu kartu u mobilne aplikaciju poput Avense koja se često koristi na geološkim terenima. Ondje bi služila kao podloga za lakša terenska istraživanja gdje bi korisnik mogao vidjeti svoju trenutnu GPS lokaciju na napravljenoj karti. Također je moguće dodavati druge korisne elemente karte koji nisu dodani, poput vodotoka, špilja, jama, računati površine koje zahvaćaju određeni geološki slojevi, crtati geološke profile i slično.

7. LITERATURA

BUNTIN LABS, 2024. Solutions

URL: <https://buntinglabs.com/solutions/ai-vectorizer-qgis-plugin> (27.8.2024.)

ČULJAT, M., (2010). Obrada prostornih podataka pomoću programskog jezika Python

DGU, 2024, Digitalni model reljefa

URL: <https://dgu.gov.hr/proizvodi-i-usluge/podaci-topografske-izmjerne/digitalni-model-reljefa/180> (31.8.2024.)

GISGEOGRAPHY, (2024)., What is GIS

URL: <https://gisgeography.com/what-is-gis/> (4.9.2024.)

HRVATSKA ENCIKLOPEDIJA, (2024)., Geoinformacijski sustav

URL: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/geoinformacijski-sustav> (4.9.2024.)

LEMEŠ, S, HAMIDOVIĆ, S, (2023.), Uvod u informacijske tehnologije, Univerzitet u Zenici

LEMEŠ, S., (1997.), Upotreba klasičnih crteža u CAD procesu uz pomoć vektorizacije, Univerzitet u Zenici

QGIS, (2024.), Interpolation

URL: https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/interpolation.html (30.8.2024.)

QGIS, (2024.), Spatial Analysis

URL: https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html (30.9.2024.)

RAIĆ, V., PAPEŠ, J., (1977). Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000, Tumač za list Metković, K33–36. Institut za geološka istraživanja Sarajevo, Savezni geološki zavod, Beograd.

RAIĆ, V., PAPEŠ, J., BEHILOVIĆ, S., CRNOLATAC, I., MOJIĆEVIĆ, M., RANKOVIĆ, M. S., MARIĆ, L. (1975). Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100000. List Metković K33-3

RAOS MELIS, M., (2024.), Rasterska i vektorska grafika

URL: <https://hudu.hr/razlika-izmedu-rasterirane-i-vektorske-grafike/929> (25.8.2024.)

TUTIĆ, D., VUČETIĆ, N., LAPAINE, M., 2002., Uvod u GIS, Sveučilište u Zagrebu