

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Studij geologije

**IZRADA BAZE PODATAKA O
SEIZMOTEKTONSKOJ AKTIVNOSTI U HRVATSKOJ**

Diplomski rad

Tihomir Frangen
G-1128

Zagreb, 2006.

IZRADA BAZE PODATAKA O SEIZMOTEKTONSKOJ AKTIVNOSTI U
HRVATSKOJ

TIHOMIR FRANGEN

Diplomski rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

U diplomskom radu je opisana struktura baze podataka o seizmotektonskoj aktivnosti u Hrvatskoj. Baza podataka je izrađena pomoću GIS tehnologije. U radu su opisane metode digitalizacije analognih podataka i načini unosa podataka u bazu. U bazu podataka su uključeni podaci o rasjedima, potresima, žarišnim mehanizmima potresa, geofizički i geološki profili, Osnovne geološke karte, topografske karte, LANDSAT satelitske snimke, Digitalni modeli terena i fotografije. Zbog potrebe za izradom relacijske baze podataka, dio baze je izrađen u Microsoft Access softveru (podaci o rasjedima). Taj dio baze podataka je povezan s ArcGIS softverom u kojemu se nalazi najveći dio baze. U njemu također vršimo pregledavanje, manipulaciju i analizu podataka. Primjenom baze podataka o seizmotektonskoj aktivnosti u Hrvatskoj omogućeno je brzo pretraživanje podataka i njihova analiza. Pomoću GIS tehnologije podaci su prostorno prikazani s proizvoljnom simbolikom. Omogućeno je jednostavno kreiranje tematskih karata s raznim podlogama (topografske i geološke karte, satelitske snimke, digitalne modele terena, i dr.).

Ključne riječi: baza podataka, tektonika, rasjedi, potresi, GIS, Hrvatska, ArcGIS, Access

Diplomski rad sadrži: 36 stranica, 16 slika, 2 priloga i 8 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr.sc. Bruno Tomljenović

Sumentor: Dr.sc. Dario Perković

Ocijenjivači: Dr.sc. Bruno Tomljenović, docent RGNF

Dr. sc. Dario Perković, docent RGNF

Dr.sc. Marijan Herak, redoviti profesor PMF

Diplomski rad prihvaćen: 17. srpnja 2006., Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilište u Zagrebu

CONSTRUCTION OF SEIZMOTECTONICAL ACTIVITY DATA BASE FOR CROATIA

TIHOMIR FRANGEN

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering
Department of Geology and Geological Engineering
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

The aim of this thesis was to define the model of seizmotectonical activity data base for Croatia. The data base was devoleped in GIS. Methods of analog data digitalizatoion and data input into the data base is described in the thesis. Data base includes data for faults, earthquakes, focal mechanisams solutions, geophysical and geologycal profiles, geological and topographical maps, LANDSAT satellite imagery, digital terrein models and photographs. Because of a need for a relational data base, part of it was devoleped in Microsoft Access softver (fault data). That part of the data base was connected to the ArcGIS softver which contains majority of the data base. Viewing, manipulation and analisis of data is also performed in ArcGIS softver. Whith application of seizmotectonical activity data base for Croatia quick data search and their analisis becomes possible. In GIS data is spatially represented whith arbitrarily symobology, so simple thematic map creation with different base maps (topographic and geological maps, satellite imagery, digital terein model, etc.) is possible.

Keywords: data base, tectonic, faults, earthquakes, GIS, Croatia, ArcGIS, Access

Thesis contains: 36 pages, 16 figures, 2 enclosures and 8 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Mining, Geology and Petroleum engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Dr.sc. Bruno Tomljenović

Cosupervisor: Dr.sc. Dario Perković

Reviewers: Dr.sc. Bruno Tomljenović, Assistant Profesor

Dr. sc. Dario Perković, Assistant Profesor

Dr.sc. Marijan Herak, Full Profesor

Thesis accepted: July 17, 2006. Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OSNOVE BAZA PODATAKA	3
3. OBRADA PODATAKA I UNOS U GIS.....	5
3.1. DIGITALIZACIJA PODATAKA	5
3.2. GEOREFERENCIRANJE.....	6
3.3. GEODETSKE OSNOVE GIS-A	6
3.4. UNOS OPISNIH PODATAKA	10
3.5. UNOS GRAFIČKIH PODATAKA	11
4. STRUKTURA BAZE PODATAKA O SEIZMOTEKTONSKOJ AKTIVNOSTI U HRVATSKOJ	12
4.1. OPIS PODATAKA KOJI ULAZE U BAZU SEIZMOTEKTONSKE AKTIVNOSTI U RH	13
4.1.1. Podaci o rasjedima.....	13
4.1.2. Podaci o potresima.....	15
4.1.3. Podaci o žarišnim mehanizmima.....	15
4.1.4. Profili	16
4.1.5. Geološke karte.....	17
4.1.6. Topografske karte.....	17
4.1.7. Topografski elementi u vektorskom obliku	18
4.1.8. Satelitske i aerofoto snimke	19
4.1.9. Digitalni model terena.....	19
4.1.10. Fotografije.....	20
4.2. STRUKTURA BAZE PODATAKA O SEIZMOTEKTONSKOJ AKTIVNOSTI UNUTAR ACCESS SOFTVERA.....	20
4.3. STRUKTURA BAZE PODATAKA O SEIZMOTEKTONSKOJ AKTIVNOSTI UNUTAR ARCGIS SOFTVERA.....	22
4.4. VEZA ARCGIS-A I ACCESS-A	23
4.5. ORGANIZACIJA DATOTEKA I DIREKTORIJA.....	24
5. PRIMJENA BAZE PODATAKA	26
5.1. PRETRAŽIVANJE BAZE	27
5.1.1. Pretraživanje po atributnim obilježjima	27
5.1.2. Pretraživanje po lokaciji	29
5.2. KREIRANJE KARATA	29
6. IZLAZNI PODACI	32
6.1. PLOTANJE KARATA.....	32
6.2. TRANSFER GRAFIČKIH I NEGRAFIČKIH PODATAKA	33
7. ZAKLJUČAK.....	35
8. LITERATURA	37

SLIKE

Slika 3-1. Elipsoid (FRANČULA, 2000)	7
Slika 3-2. Poprečna cilindrična projekcija (FRANČULA, 2000).....	8
Slika 3-3. Slika Hrvatske s označenim zonama (FRANČULA, 2000).....	9
Slika 3-4. Obrazac za unos podataka o segmentima rasjeda u Microsoft Access softveru.	11
Slika 4-1. Prikaz radnog sučelja u ArcGIS softveru.	12
Slika 4-2. Relacijski odnosi među tablicama u Microsoft Access-u.	21
Slika 4-3. Prikaz <i>query-a</i> u <i>design view-u</i>	22
Slika 4-4. Ilustracija veze između Access-a i ArcGIS-a.....	24
Slika 4-5. ArcCatalog s hijerarhijom direktorija.....	25
Slika 5-1. Prikaz kalkulatora za izradu upita.	28
Slika 5-2. Karta epicentara potresa i žarišnih mehanizama prikaza na <i>grid-u</i>	30
Slika 5-3. Karta rasjeda prikazana na LANDSAT satelitskom snimku.....	30
Slika 5-4. Karta rasjeda i epicentara potresa.....	31
Slika 5-5. Karta rasjeda i žarišnih mehanizama prikazana na TIN-u.	31
Slika 6-1. <i>Layout view</i> unutar ArcGIS-a namijenjen za pripremu karata za ispis.	33
Slika 6-2. Izbornik s opcijom <i>Store relative path names</i>	34

PRILOZI

- PRILOG 1.** Karta epicentara potresa s izdvojenim zonama seizmičke aktivnosti s radiusima 5, 25 i 100 km u odnosu na grad Zagreb
- PRILOG 2.** Seizmotektonska karta za područje južne Dalmacije izrađena u ArcGIS softveru

Zahvaljujem se mentoru dr.sc. Bruni Tomljenoviću na predloženoj temi, ukazanom povjerenju, pomoći i strpljenju prilikom izrade diplomskog rada.

Zahvaljujem se dr.sc. Dariu Perkoviću na korisnim sugestijama i pomoći prilikom izrade diplomskog rada.

Također zahvaljujem dr.sc. Marijanu Heraku na korisnim sugestijama i podacima o potresima u Hrvatskoj.

Posebno zahvaljujem mr.sc. Kristijanu Posavecu koji mi je ukazao na mogućnosti GIS tehnologije i Iris Bostjančić na podršci i pomoći prilikom izrade diplomskog rada, ali i tijekom studiranja.

Hvala ocu na pomoći i povjerenju tijekom studiranja.

1. UVOD

Cilj ovog rada je izrada baze podataka o seizmotektonskoj aktivnosti na području Hrvatske koja će omogućiti arhiviranje geofizičkih i geoloških podataka, jednostavno pretraživanje baze po željenim parametrima, usporedbu podataka i njihovu analizu.

Hrvatska predstavlja seizmotektonski aktivno područje koje pripada sjeveroistočnom dijelu cirkum-mediteranskog pojasa u kojem se godišnje oslobodi oko 15% globalne seizmičke energije (Lowrie, 1997). Interpretacija tektonske građe tog područja traži velike količine multidisciplinarnih podataka raznih oblika, od terenskih mjerenja na izdancima do satelitskih snimaka visoke rezolucije. Klasični načini prikupljanja podataka se sve više nadopunjuju ili zamjenjuju digitalnim načinima (npr. korištenjem GPS uređaja, prijenosnih računala, satelita itd.). Kvalitetna, multidisciplinarna analiza takvih podataka bila bi nemoguća bez dobro strukturirane baze podataka.

Da bi se postigla funkcionalnost baze, ulazni podaci su sistematizirani. Budući da su podaci vezani za geografske koordinate, bilo je potrebno omogućiti prostorni prikaz podataka u kojemu možemo vidjeti položaj i oblik objekta (npr. rasjeda) i istovremeno njegova svojstva (npr. brzinu pomaka i vrijeme aktivnosti). Radi toga je baza izrađena GIS (Geografski informacijski sustav) tehnologijom.

GIS omogućava prikaz objekata (rasjedi, potresi, ceste, itd.) u prostoru i pridruživanje tabličnih podataka tim objektima. Možemo koristiti podatke u raznim strukturama (vektorske, rasterske) i formatima. Seizmotektonske podatke možemo preklopiti na topografske karte u različitim mjerilima (1:25000, 1:100000, 1:200000 itd.), ali i na geološke karte, satelitske snimke, digitalne elevacijske modele itd. Na taj način možemo preklapati raznovrsne podloge u cilju postizanja najoptimalnije analize i prikaza podataka.

Ovaj rad predlaže strukturu baze podataka o seizmotektonskoj aktivnosti u Hrvatskoj, te prikazuje tek neke mogućnosti njezinog korištenja. Popunjavanje baze s podacima je dugotrajan proces koji prelazi obim ovog rada. Struktura baze nije vezana za neko posebno područje, ali je prilagođena regionalnim mjerilima.

Baza podataka o seizmotektonskoj aktivnosti u Hrvatskoj izrađena je u programskom paketu ESRI ArcGIS 9.1 (ArcView licenca) s ekstenzijom 3D Analyst i programskom paketu Microsoft Access 2003.

2. OSNOVE BAZA PODATAKA

Baza podataka je realizacija podataka koji predstavljaju (opisuju) stanje sustava u jednom trenutku vremena, odnosno realizacija modela podataka koji opisuje stanje entiteta, njihovih veza i atributa entiteta. Entitet je objekt stvarnog svijeta o kojemu se informacije skupljaju i obrađuju. Atribut (osobina entiteta) je neko značajno (kvalitativno ili kvantitativno) svojstvo entiteta. U strukturi baze atribut je predstavljen poljem (PAVLIĆ, 1996).

Budući da su podaci koji ulaze u bazu podataka o seizmotektonskoj aktivnosti vezani za prostor, tj. za geografske koordinate (npr. svaki potres ima koordinate epicentra koje mu određuju položaj), najveći dio baze je izrađen u GIS-u. GIS softver se koristi i kao korisničko sučelje prilikom korištenja baze.

Podaci koji ulaze u bazu se pojavljuju u geometrijskom, grafičkom i opisnom obliku (PERKOVIĆ, 1998). Geometrijski podaci su temeljni prostorni podaci u GIS-u. Mogu biti u vektorskom i rasterskom obliku. Vektorskim podacima opisujemo prostorne objekte točkama zadanim pomoću zadanih koordinata u koordinatnom sustavu. Točka je nositelj geometrijske informacije. Linije i poligoni se promatraju kao nizovi karakterističnih točaka. Linija je definirana s dvije ili više točke s pripadnim koordinatama na čijim su krajevima čvorovi. Linije dobivamo spajanjem točaka vektorima, pa od tuda i naziv vektorski podaci. Poligon je sačinjen od jedne ili više linija koje zatvaraju određenu površinu.

Rasterski podaci u GIS-u se prikazuju kao površine koje se sastoje od točaka, pa linije npr. imaju određenu širinu. Površine izgledaju kao poligonalne mreže različitih oblika i veličina. Osnovni geometrijski element je piksel (*pixel* – skraćenica od *Picture Element*), pa se te mreže još nazivaju slikovnim matricama. Svaka točka ili piksel ima svoje lokalne koordinate (redak i stupac). Sadržaj svakog piksela je jednoznačan, npr. kopno ili voda.

Vektorski GIS je složeniji zbog potrebe za vrlo složenim prostornim operacijama, ali je zato precizniji od rasterskog GIS-a. Rasterski GIS je pogodan za statističke obrade, te za obradu satelitskih i zračnih snimaka.

Vektorski i rasterski model podataka se međusobno nadopunjuju, a današnja programska podrška omogućuje pretvaranje jednog oblika u drugi (FRANČULA, 1994).

Grafički podaci su: tonska vrijednost, boja, šrafura, simbol, vrsta linije itd. Ovi podaci nastaju iz geometrijskih podataka dodavanjem grafičkih elemenata. Geometrijski i grafički elementi čine vektorsku grafiku. Grafičko oblikovanje rasterskih podataka naziva se rasterska grafika.

Opisni podaci (tematski podaci ili atributi) su svi negeometrijski podaci: tekst, brojevi, nazivi, svojstva. Primjer za to su kućni brojevi, brojevi parcela, vlasnici. Ovaj tip podataka je također dodatak uz geometrijske podatke i uglavnom je manjeg sadržaja. Po tome se i razlikuje od opisnih podataka koji se nalaze u bazi podataka, a koji se prikazuju uz podatke zahvaljujući relacijskom sustavu za upravljanje bazom podataka (RDBMS) kao dijelu GIS-a. Podaci iz baze podataka se ne nalaze na kartama uz geometrijske podatke, već služe kao dodatna informacija o nekom elementu (PERKOVIĆ, 1998).

Opisni dio baze podataka je izrađen u Accessu. U njemu je izrađena relacijska baza podataka koja je povezana s ArcGIS-om u jednu cjelinu.

3. OBRADA PODATAKA I UNOS U GIS

Budući da su podaci najvažniji dio GIS-a, cijela struktura i prikaz baze podataka upravo je prilagođena podacima. Prikupljanje podataka predstavlja najdugotrajniji proces pri izradi neke baze podataka. Podaci mogu biti:

- Prostorni ili grafički (objekti s definiranim geografskim koordinatama)
- Opisni ili negrafički podaci (atributi objekata)

Metode prikupljanja prostornih podataka su (BRUKNER, 1994):

- Preuzimanje koordinata (od objekata za koje postoje javno dostupne koordinate)
- Terenska izmjera (GPS, geodetske stanice)
- Fotogrametrijska izmjera (terestrička fotogrametrija, aero-fotogrametrija)
- Satelitski snimci (fotografskih sustava, specijalnih skenera i radarskih sustava)
- Digitalizacija karata (vektorska i rasterska)

Ulazni podaci najčešće nisu u obliku prikladnom za direktan unos u bazu podataka. Ako podatke dobivamo iz starijih izvora, redovito će biti u analognom obliku. Najčešće su to razne tematske karte (npr. topografske, geološke, strukturne, karte epicentara potresa, itd.) koje su u različitim mjerilima i na različitim formatima papira. Prvi korak za unos ovakvih podataka u bazu je pretvaranje iz analognog u digitalni oblik tj. digitalizacija podataka.

3.1. Digitalizacija podataka

Negrafički (opisni) podaci prikupljaju se i unose u bazu podataka na uobičajene načine kao i kod drugih informacijskih sustava (PERKOVIĆ, 1998):

- Neposredno preko tipkovnice računala
- Preko čitača za optičko prepoznavanje znakova (tzv. OCR programi)
- Čitanjem datoteke spremljene u bilo kojem standardnom formatu
- Neposrednim prijenosom s drugog računala putem komunikacijske veze

Digitalizacija podataka je postupak pretvaranja podataka iz analognog u digitalni oblik koji ujedno predstavlja i najčešći oblik prikupljanja podataka. Provodi se na više načina i

metoda, pri čemu izbor metode ovisi o tipu izvornih podataka (npr. karta, tekst, slika, itd.), tipu podataka koje želimo pohraniti u bazu podataka (npr. raster, vektor, itd.) i raspoloživom hardveru. U skladu s tim razlikuju se rasterska i vektorska digitalizacija.

Rasterska digitalizacija je postupak digitalizacije grafičkih podataka, a najčešće se provodi skeniranjem.

Vektorskom digitalizacijom digitalizira se točka po točka, pa se nakon transformacije koordinata točaka u zemaljski koordinatni sustav dobiva vektorski model podataka. Npr. želimo li dobiti vektorske podatke iz neke postojeće karte, možemo to učiniti pomoću digitalizatora. Međutim, u današnje vrijeme vektorska digitalizacija provodi se najčešće pomoću skenera kojima možemo skenirati velike formate papira, a zatim vektore izvlačiti na računalu direktno sa skenirane karte.

Da bi skeniranu kartu mogli koristiti u GIS-u, moramo je „postaviti“ u prostor, tj. georeferencirati.

3.2. Georeferenciranje

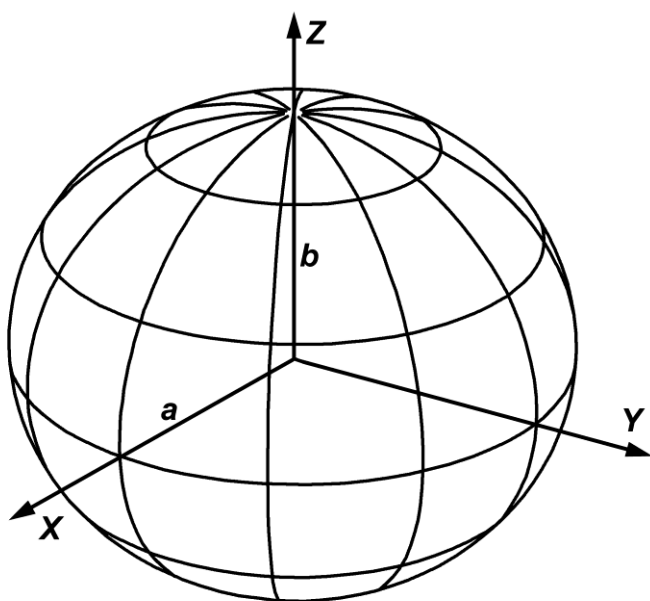
Georeferenciranje je postupak kojim se nekom rasteru određuje položaj u prostoru. Da bismo georeferencirali neku skeniranu kartu, najprije je potrebno odabrati koordinatni sustav u koji ćemo tu kartu projicirati. Sljedeći korak je odabiranje referentnih točaka na karti čije su geografske koordinate poznate. Referentne točke mogu biti odabrane s koordinatne mreže ako ona postoji na karti ili s bilo koje točke kojoj možemo dovoljno precizno odrediti koordinate. Postoji više aplikacija koje se koriste za georeferenciranje (npr. ArcGIS, Geographic Transformer, itd.).

3.3. Geodetske osnove GIS-a

Da bi se podaci mogli prikazivati u prostoru, potrebno ih je staviti u koordinatni sustav. Budući da je Zemlja nepravilnog oblika koji se ne može matematički jednostavno opisati, njezin oblik moramo pojednostaviti. Najjednostavnije je poistovjetiti ga s kuglom, no u tom slučaju ćemo dobiti preveliku grešku za mjerila krupnija od 1:5 000 000. Precizniji opis Zemljinog oblika je pomoću geoida, koji možemo zamisliti kao površinu mirnog mora i oceana protegnutu kroz kontinente (FRANČULA, 2000). Međutim, takva ploha je

nepravilna i nepogodna kao osnova za matematičke operacije. Zbog toga se oblik Zemlje opisuje pomoću rotacijskog elipsoida (Slika 3-1), koji se opisuje duljinom njegovih dviju poluosi (a , b) ili duljinom duže poluosi (a) i koeficijentom spljoštenosti (f). Budući da je koeficijent spljoštenosti mala veličina, u praksi se obično koristi $1/f$.

$$f = \frac{(a-b)}{a}$$



Slika 3-1. Elipsoid (FRANČULA, 2000)

Veličina koja definira poziciju elipsoida u odnosu na središte Zemlje naziva se datum.

Globalni elipsoid koji je najčešće u upotrebi je WGS 1984, a njegovi parametri su:
 $a=6\,378\,137.0\text{ m}$ i $1/f=298.257223563$

Međutim, elipsoid koji je pogodan za globalnu upotrebu najčešće nije dovoljno precizan za neko manje područje, pa stoga postoje lokalni elipsoidi kojima se preciznije opisuje neko odgovarajuće područje.

Za područje Hrvatske u upotrebi je Besselov elipsoid s dimenzijama poluosi:

$a=6\,377\,397.155\text{ m}$ i $b=6\,356\,078.963\text{ m}$.

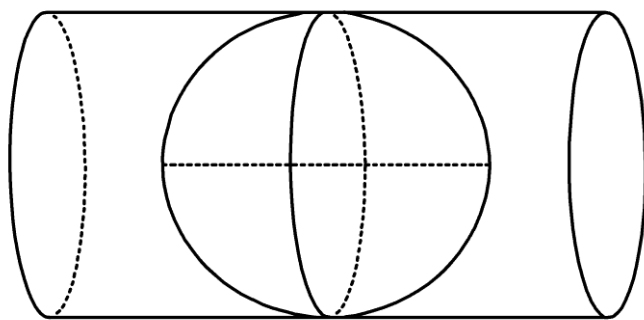
Globalni datum koji je najviše u primjeni je WGS 1984. Njegovo je ishodište smješteno u središte Zemlje. Lokalni datum je izračunat tako da se površina elipsoida podudara s površinom Zemlje na dijelu za koji se koristi.

U Hrvatskoj za sada ne postoji službeni datum (www.kartografija.hr).

Budući da je elipsoid zakrivljena ploha, da bismo ga mogli prikazivati u ravnini, moramo ga projicirati. U tu svrhu služe nam kartografske projekcije. Prilikom projiciranja elipsoida na ravninu neizbježne su deformacije. Deformacije mogu biti različitog tipa. Kartografske projekcije prema vrstama deformacija dijelimo na (FRANČULA, 2000):

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

U Hrvatskoj se upotrebljava Gauss-Krügerova projekcija (engl. *Transverse Mercator Projection*). To je konformna poprečna cilindrična projekcija elipsoida na ravninu (Slika 3-2).



Slika 3-2. Poprečna cilindrična projekcija (FRANČULA, 2000).

Kod poprečne cilindrične projekcije središnji meridijan se projicira u pravu duljinu. Što se više udaljavamo od središnjeg meridijana, deformacija se povećava. Zbog toga je područje upotrebljivosti projekcije ograničeno. Da bismo to područje proširili, uvodi se negativna deformacija na središnjem meridijanu. S takvom deformacijom područje preslikavanja je prošireno i iznosi 127 km istočno i zapadno od središnjeg meridijana tj. 254 km. U stupanjskoj mjeri to iznosi 3° .

Sa širinom zone od 3° Hrvatsku pokrivaju dvije zone: 5. zona sa središnjim meridijanom 15° E i 6. zona sa središnjim meridijanom 18° E (Slika 3-3).

Ishodište koordinatnog sustava je presjecište ekvatora i središnjeg meridijana. Projekcija ekvatora predstavlja os y , tako da apscisu x računamo od ekvatora. Zahvaljujući tome os x će za točke koji su sjeverno od ekvatora uvijek biti pozitivna.

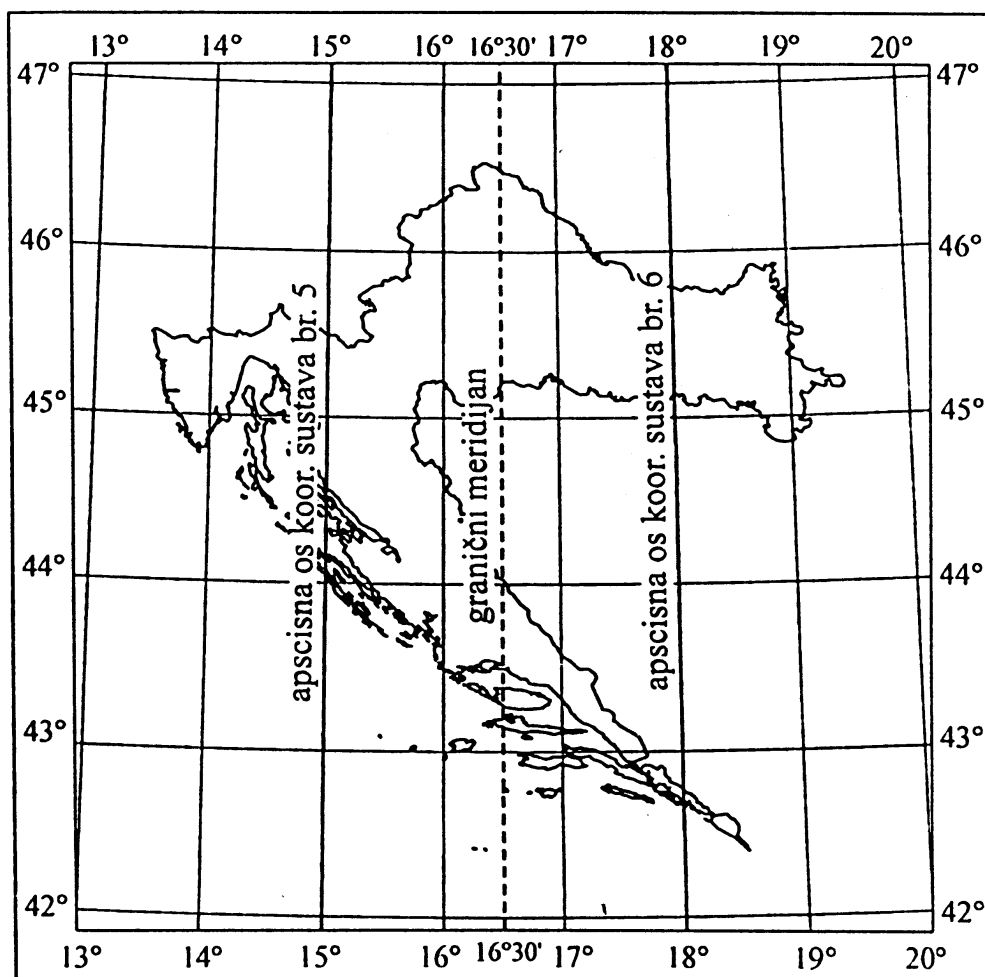
Ordinata počinje od središnjeg meridijana što znači da bi zapadno od meridijana imali negativne koordinate. Da bismo to izbjegli, svim ordinatama dodajemo 500 000 metara. Na taj način ordinate zapadno od središnjeg meridijana imaju ordinatu manju od 500 000 m, ali uvijek pozitivnu.

Da bismo znali u kojoj su zoni koordinate, ispred ordinate dodajemo broj koordinatnog sustava. Npr. točka s koordinatama

$$Y=5\ 575\ 299$$

$$X=5\ 074\ 074$$

nalazi se u 5. zoni i to 75 299 metara istočno od središnjeg meridijana (15° E) i 5 074 074 metara sjeverno od ekvatora.



Slika 3-3. Slika Hrvatske s označenim zonama (FRANČULA, 2000).

Osim 5. i 6. zone, u upotrebi je i zona 16°30' kojoj je središnji meridijan 16°30" E. Za razliku od 5. i 6. zone, zona 16°30' je široka 6° tako da u potpunosti pokriva Hrvatsku. Zona 16°30' bi u budućnosti trebala postati standardna zona za Hrvatsku.

Svi prostorni podaci u GIS-u moraju imati određen koordinatni sustav. U ArcGIS softveru koji je korišten u ovom radu svaki tematski sloj ima vlastiti koordinatni sustav dok cjelokupni prikaz (*Data frame*) ima vlastiti koordinatni sustav. Bez obzira u kojem koordinatnom sustavu je tematski sloj, prikazati će se u koordinatnom sustavu *data frame-a* što znači da se može istovremeno prikazivati podatke koji su u različitim projekcijama. Pri tome moramo paziti da su parametri koordinatnog sustava ispravno zadani (npr. datum kod podataka koji su u Gauss-Krügerovoj projekciji), jer će u suprotnom doći do grešaka u projiciranju. Tematske slojeve također možemo trajno konvertirati iz jednog koordinatnog sustava u drugi.

3.4. Unos opisnih podataka

Opisni ili negrafički podaci nalaze se u atributnim tablicama objekata koje opisuju. U atributne tablice podaci se najčešće upisuju direktno pomoću tipkovnice u ArcGIS softveru. Ukoliko je količina opisnih podataka u digitalnom obliku velika (npr. Katalog potresa Hrvatske Geofizičkog zavoda PMF-a u Zagrebu dolazi u ASCII datoteci) podaci se mogu konvertirati u jedan od formata koji ArcGIS prepoznaje (npr. dBASE) i tada direktno uvesti u atributnu tablicu.

Tablice koje su izrađene u Access softveru popunjavaju se pomoću posebno konstruiranog obrasca (*forms*) za unos podataka (Slika 3-4).

The screenshot shows a Microsoft Access form titled "Segmenti". It contains several input fields and subforms for data entry.

Main Fields:

- Id_segmenta:** HR0152
- ime_rasjeda:** Dugopoljski rasjed
- vrijeme_pocetka_aktivnosti:** 1000000
- vrijeme_zavrsetka_aktivnosti:** 0
- napomena:** (empty text box)
- karakter_pom:** reversni
- max_hod:** 100
- max_skok:** 150
- brzina_pomaka:** 0,15
- preciznost:** 500000
- smjer_pada:** 15
- Strije_smjer_nagiba:** 24
- kut_pada:** 63
- Strije_kut_nagiba:** 56
- monitoring:** ne
- odraz_na_povrsini:** dolina
- instrumentalna_seizmicnost:** 4,7
- historijska_seizmicnost:** (empty)
- odraz_u_podzemlju:** (empty)

Reference_query subform:

- Id_segmenta:** HR0152
- Id_reference:** 5
- autori:** Prelogović, E., Pribičević, B., Ivković, Ž., Dragičević, I., Buljan, R., Tomljenović, B.
- naslov:** Recent structural fabric of the Dinarides and tectonically active zones important for petroleum-geological
- reference:** Nafta 55 (4) 155-161
- godina:** 2003

Faze_aktivnosti_subform:

- Id_segmenta:** HR0152
- Id_faze:** 1
- karakter_pomaka:** reversni_desni
- max_hod:** (empty)
- max_skok:** (empty)
- vrijeme_pocetka_aktivnosti:** 1000000000
- vrijeme_zavrsetka_aktivnosti:** 650000000

Record Navigation:

- Record: 1 of 1
- Record: 4 of 4

Slika 3-4. Obrazac za unos podataka o segmentima rasjeda u Microsoft Access softveru.

3.5. Unos grafičkih podataka

S grafičkim podacima radi se unutar ArcGIS softvera. Georeferencirani rasterski podaci u ArcGIS se unose direktno.

Vektorski podaci se prije uklapanja u GIS moraju konvertirati u *shp* (eng. *Shapefile*) format koji je standardni vektorski format unutar ArcGIS softvera. Pretvaranje podataka može se izvršiti pomoću aplikacije ArcCatalog unutar ArcGIS softvera.

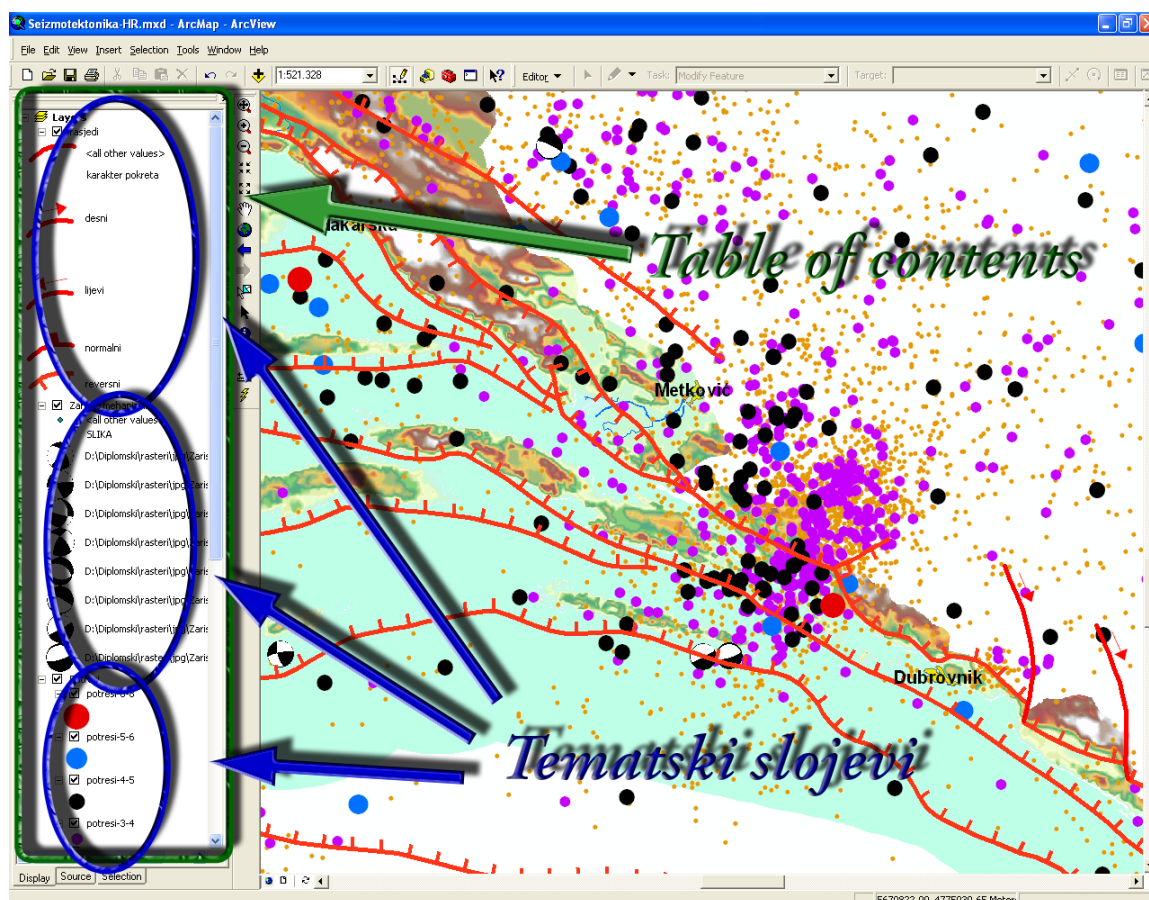
U bazu podataka se mogu uklopiti vektorski podaci dobiveni pomoću GPS (*Global Positioning System*) uređaja koji postaju sve češće pomagalo na terenu. GPS uređaj se može spojiti direktno s ArcGIS softverom ili sa softverom namijenjenim za komunikaciju računala s GPS-om. Dobiveni vektorski podaci također se moraju konvertirati u *shp* format.

4. STRUKTURA BAZE PODATAKA O SEIZMOTEKTONSKOJ AKTIVNOSTI U HRVATSKOJ

Baza podataka je najvećim dijelom izrađena u ArcGIS softveru. Jedino su tablice u kojima su opisni podaci o rasjedima izrađene u Microsoft Access softveru zbog potrebe za relacijskim vezama među tablicama i lakšeg unosa podataka.

Svi vektorski podaci u ArcGIS-u se nalaze u shp datotekama (*shapefile*, npr. datoteka s podacima o rasjedima – *rasjedi.shp*) koje sadrže vektore i pripadajuće atributne tablice. Rasterski podaci mogu biti u različitim formatima, ali najčešće su u tif formatu (npr. list Zagreb topografske karte u mjerilu 1:100000 – *Zagreb.tif*).

Sve podatke u ArcGIS-u vidimo u obliku tematskih slojeva (*layer-a*), a njihov popis vidimo u *Table of contents* (Slika 4-1).



Slika 4-1. Prikaz radnog sučelja u ArcGIS softveru.

Baza podataka o seizmotektonskoj aktivnosti u RH je snimljena kao GIS projekt u ArcGIS-u, čime je kreirana datoteka s *mx*d ekstenzijom (Seizmotektonika-RH.mxd). Pokretanjem te datoteke pokreće se ArcGIS zajedno sa svim tematskim slojevima koji su uključeni u projekt.

4.1. Opis podataka koji ulaze u bazu seizmotektonske aktivnosti u RH

Glavnina podataka u bazi o seizmotektonici su podaci o rasjedima i potresima. Osim toga sastavni dio baze čine i podloge (topografske, geološke, itd.) koje su neophodne pri izradi tematskih karata. Pomoću satelitskih snimaka i DTM-ova (*Digital Terrain Model* – Digitalni elevacijski modeli) možemo vidjeti morfološke značajke terena i pomoću toga interpretirati položaj i aktivnost rasjeda.

U bazi podataka se nalazi poseban tematski sloj s fotografijama koje su značajne, jer dokumentiraju zapažene, opisane i izmjerene podatke na terenu u određenom vremenu (fotografije izdanaka, rasjeda, morfoloških oblika prije i nakon potresa, itd.)

4.1.1. Podaci o rasjedima

Rasjedi su prikazani u GIS-u pomoću vektora (linija). Svaka linija predstavlja jedan segment rasjeda. Svaki segment sadrži ime rasjeda kojemu pripada. Svakom segmentu je pridružena tablica u kojoj se nalaze pripadajući atributi. Tablice su izrađene u Accessu.

Atributi koji opisuju rasjede su sljedeći (imena polja su napisana bez znakova koji nisu dopušteni u SQL-u (str. 27, poglavlje 5.1.1.), npr. Hrvatskih fontovi, povlaka, itd.):

- Ime_rasjeda – Ime rasjeda.
- Id_segmenta – Jedinstveni broj za svaki segment rasjeda. Pomoću njega se vrši spajanje relacijskih tablica.
- Smjer_nagiba – Broj koji predstavlja prosječni smjer nagiba paraklaze za određeni segment. Predstavlja azimut smjera pada i izražava se u stupnjevima.
- Kut_nagiba – Broj koji predstavlja prosječni kut nagiba paraklaze za određeni segment. Izražava se u stupnjevima.
- Strije – Orijentacija strija na danom segmentu rasjeda. Izražava se u stupnjevima smjera i kuta nagiba.

- Odras_u_podzemlju – Referenca na seizmički profil ili neki drugi geofizički istraživački rad na kojem je identificiran rasjed ispod površine.
- Odras_na_povrsini – Opis geoloških i/ili geomorfoloških oblika koji ukazuju na postojanje rasjeda na površini.
- Instrumentalna_seizmicnost – Magnituda najjačeg potresa koji se dogodio na rasjedu nakon 1908. godine.
- Povijesna_seizmicnost – Magnituda najjačeg potresa koji se dogodio na rasjedu prije 1908. godine.
- Monitoring – Podaci o geodetskom monitoringu pomaka po rasjedu ukoliko se provodi.
- Brzina_pomaka – Najveća brzina pomaka duž rasjeda dobivena geodetski ili geološki. Izražava se u milimetrima na godinu (mm/god.).
- Preciznost – preciznost lokacije rasjeda izražena pomoću mjerila izvorne karte.
- Karakter_pomaka – Karakter pomaka krila duž rasjedne plohe. Ako je rasjed bio aktivan u više faza, karakter pomaka se navodi za svaku fazu. Karakter pomaka biramo između ponuđenih u tablici.
- Max_hod – Najveća horizontalna komponenta pomaka krila duž rasjedne plohe. Ako je rasjed bio aktivan u više faza, hod se navodi za svaku fazu. Izražava se u metrima.
- Max_skok – Najveća vertikalna komponenta pomaka krila duž rasjedne plohe. Ako je rasjed bio aktivan u više faza, skok se navodi za svaku fazu. Izražava se u metrima.
- Vrijeme_pocetka_aktivnosti – Apsolutno vrijeme početka aktivne faze rasjeda. Ako je rasjed bio aktivan u više faza, vrijeme se navodi za svaku fazu. Izražava se u godinama.
- Vrijeme_zavrsetka_aktivnosti – Apsolutno vrijeme završetka aktivne faze rasjeda. Ako je rasjed bio aktivan u više faza, vrijeme se navodi za svaku fazu. Izražava se u godinama.
- Napomena – Dodatne bilješke ukoliko su potrebne.
- Prikupio – Osoba koja je podatke unijela u bazu.
- Reference – Sadrže literaturni popis radova ili izvora podataka o rasjedu. Sastoje se od imena autora, godine izdavanja, naslova rada i naziva izvora rada.

4.1.2. Podaci o potresima

Potresi su prikazani u GIS-u pomoću vektora (točaka). Svaka točka predstavlja jedan epicentar potresa. Svakom potresu je pridružena tablica u kojoj se nalaze pripadajući atributi, koji opisuju potrese i to (imena polja su napisana bez znakova koji nisu dopušteni u SQL-u, npr. Hrvatski fontovi, povlaka, itd.):

- Datum – Datum i vrijeme u kojem se dogodio potres. Sastoji se od godine, mjeseca, dana, sata, minute i sekunde.
- Desetinka_sekunde – Desetinka sekunde u kojoj se dogodio potres.
- Sirina – Geografska širina epicentra potresa izražena u decimalnim stupnjevima.
- Duzina – Geografska dužina epicentra potresa izražena u decimalnim stupnjevima.
- Dubina – Dubina hipocentra potresa.
- Magnituda – Srednja magnituda potresa.
- Mag_Zagreb – Magnituda potresa iz stanice Zagreb.
- Mag_postaja – Magnituda potresa izmjerena u najbližoj postaji.
- Intezitet – Intezitet potresa.
- Pouzdanost – Horizontalna pouzdanost lokacije epicentra potresa izražena u kilometrima.
- Faze – Broj faza s kojima je lociran potres.
- Ref_epicentar – Referenca epicentra.
- Ref_magnituda – Referenca magnitude.
- Ref_inteziteta – Referenca inteziteta.

4.1.3. Podaci o žarišnim mehanizmima

Žarišni mehanizmi dobiveni iz potresa su prikazani u GIS-u pomoću vektora (točaka). Svaka točka predstavlja jedan žarišni mehanizam. Svakom žarišnom mehanizmu je pridružena tablica u kojoj se nalaze pripadajući atributi.

Atributi koji opisuju žarišne mehanizme su sljedeći (imena polja su napisana bez znakova koji nisu dopušteni u SQL-u, npr. Hrvatski fontovi, povlaka, itd.):

- Sirina – Geografska širina potresa na temelju kojeg je određen žarišni mehanizam.
- Duzina – Geografska dužina potresa na temelju kojeg je određen žarišni mehanizam.

- Dubina – Dubina potresa na temelju kojeg je određen žarišni mehanizam.
- Magnituda – Magnituda potresa na temelju kojeg je određen žarišni mehanizam.
- Datum – Datum potresa na temelju kojeg je određen žarišni mehanizam.
- P – Orijentacija P (pressure) osi određene pomoću žarišnog mehanizma.
- T – Orijentacija T (tension) os određena pomoću žarišnog mehanizma.
- A_ploha_azimut – Azimut nodalne plohe (potencijalne rasjedne plohe) dobivene pomoću žarišnog mehanizma.
- A_ploha_nagib – Kut pada nodalne plohe (potencijalne rasjedne plohe) dobivene pomoću žarišnog mehanizma.
- A_ploha_kut_otklona – Kut otklona strija od pružanja za plohu A (eng. *rake*).
- B_ploha_azimut – Azimut potencijalne rasjedne plohe dobivene pomoću žarišnog mehanizma.
- B_ploha_nagib – Kut pada potencijalne rasjedne plohe dobivene pomoću žarišnog mehanizma.
- B_ploha_kut_otklona – Kut otklona strija od pružanja za plohu B (eng. *rake*).
- Slika – Putanja slike žarišnog mehanizma na tvrdom disku. Pomoću tog polja s alatom *Hyperlink* u ArcGIS softveru možemo jednostavno vidjeti sliku žarišnog mehanizma.
- Napomena – Dodatne bilješke ukoliko su potrebne.

4.1.4. Profili

Sve profile (geofizičke, strukturne, geološke, seizmotektonske) koje imamo na raspolaganju možemo vidjeti u layeru koji se zove Profili. Layer Profili predstavlja vektorsku temu (linijsku). Svaka linija predstavlja jedan profil. Svakoj liniji, tj. profilu pridružena je atributna tablica sa sljedećim poljima:

- Naziv – Naziv profila.
- Vrsta – Vrsta profila (refleksijski, refrakcijski, interpretirani, neinterpretirani itd.)
- Izvor – Izvor od kuda smo dobili profil.
- Slika – Polje u kojem je putanja do slike s profilom na tvrdom disku. Pomoću ovog polja s alatom *hyperlink* u ArcGIS softveru prikazujemo željeni profil.

4.1.5. Geološke karte

Geološke karte koje prikazujemo u ArcGIS-u predstavljaju skenirane i georeferencirane listove Osnovne geološke karte (rasteri) u mjerilu 1:100 000. Područje Hrvatske pokrivaju 74 lista. Potrebne listove po potrebi ubacujemo u prikaz. Ukoliko imamo geološke karte drugog porijekla, možemo ih koristiti, ali samo ako su georeferencirane.

4.1.6. Topografske karte

Topografska podloga predstavlja bazu za pregledavanje seizmotektonskih podataka, ali i za kreiranje karata. Možemo koristiti bilo koje topografske karte koje su georeferencirane. U ovoj bazi na raspolaganju imamo rasterske topografske karte u mjerilu 1:25 000 i u mjerilu 1:100 000. Karte stoje na tvrdom disku zbor brzog učitavanja u *tif* formatu, a po potrebi stavljamo jedan ili više listova u ArcGIS.

Budući da je teritorij Republike Hrvatske prikazan na 603 lista karata u mjerilu 1:25 000, tj. na 56 listova u mjerilu 1:100 000, dodane su i vektorske poligonske teme koje nam olakšavaju pronalaženje željenog lista. Za listove u mjerilu 1:25 000 koristimo temu pod nazivom TK25000, a za listove u mjerilu 1:100 000 koristimo temu pod nazivom TK100000. Teme prikazane u ArcGIS softveru pokazuju mrežu listova topografskih karata. Alatom *Identify* klikom miša na željeni poligon dobivamo oznaku željenog lista.

4.1.7. Topografski elementi u vektorskom obliku

Topografske karte opisane u poglavlju 3.1.6 su u rasterskom obliku što znači da nam je manipuliranje njima ograničeno. Možemo mijenjati pojedine boje i mijenjati njihovu prozirnost. U slučaju da želimo pregledavati grafičku bazu u mjerilu koje je znatno veće ili manje od mjerila topografske karte koja nam služi kao podloga, karta nam neće biti pregledna. U tu svrhu možemo koristiti vektorske teme (točke, linije i poligone) koje predstavljaju pojedine topografske elemente. S njima imamo puno veću autonomiju rada i mogućnosti prikaza. Vektori koji su dio baze su sljedeći (imena polja su napisana bez znakova koji nisu dopušteni u SQL-u, npr. Hr fontovi, povlaka, itd.):

- Ceste – Linije koje predstavljaju ceste. Podijeljene su u 7 kategorija (autoceste, nove autoceste, glavne ceste, asfaltirane ceste, lokalne ceste, sporedne ceste, ceste za daljinski promet).
- Aerodromi – Točke koje predstavljaju aerodrome. Odijeljeni su u dvije kategorije (međunarodni, poljoprivredni – sportski).
- Trajektna_pristanista – Točke koje predstavljaju trajektna pristaništa.
- Trajektne_veze – Linije koje predstavljaju trajektne veze.
- Vodeni_tokovi – Linije koje predstavljaju vodene tokove. Odijeljeni su u pet kategorija (velike rijeke, male rijeke, potoci, kanali, povremeni tokovi).
- Mostovi – Linije koje predstavljaju mostove.
- Naselja – Poligoni koji predstavljaju naselja.
- Granice_drzave – Linije koje predstavljaju kopnene granice Republike Hrvatske.
- Obalna_linija – Linije koje predstavljaju obalnu liniju.
- Zupanije – Poligoni koji predstavljaju županije.
- Izohipse – Linije koje predstavljaju izohipse u ekvidistanciji od 100 m.
- Zeljeznicke_pruge – Linije koje predstavljaju željezničke pruge.
- Jezera_ribnjaci – Poligoni koji predstavljaju jezera i ribnjake.
- Otoci – Poligoni koji predstavljaju otoke. Odijeljeni su u riječne i morske.
- Jadransko_more – Poligon koji predstavlja dio Jadranskog mora koje pripada Republici Hrvatskoj.
- Kopno – Poligon koji predstavlja kopneni teritorij Republike Hrvatske.
- Općine – Poligoni koji predstavljaju općine.

4.1.8. Satelitske i aerofoto snimke

Zračne snimke mogu biti korisne kao prostorna podloga, ali i za interpretaciju tektonike na nekom području. U bazi se nalaze u obliku rastera koji obavezno moraju biti georeferencirani da bi se mogli pravilno smjestiti u prostoru.

U ovaj rad su uklopljeni LANDSAT satelitski snimci u *tif* formatu.

4.1.9. Digitalni model terena

Digitalni model terena (eng. *Digital Terrain Model*, DTM) predstavlja Zemljinu površinu koja je numerički definirana nizom točaka s tri koordinate (X,Y,Z) u digitalnom obliku. Točke mogu biti (BRUKNER, 1994):

- nepravilno rasute na cijeloj površini (TIN),
- na pravilnoj mreži kvadrata ili pravokutnika (grid),
- na profilima.

Točke se dobivaju neposrednom izmjerom na terenu, fotogrametrijskom izmjerom, geokodiranjem satelitskih podataka i digitalizacijom topografskih karata (kota i izohipsa).

DTM nam koristi za prikaz terena u tri dimenzije. Pomoću njega možemo napraviti profile. Na DTM isto tako možemo staviti raster (*draping*) i na taj način prikazati realan izgled terena (npr. stavljanjem aerofoto snimke preko DTM-a vidimo snimku terena koja prati reljef u tri dimenzije).

U sklopu ove baze dolazi DTM 90 metarske rezolucije koji je nastao na osnovu satelitskih radarskih snimaka (*Shuttle Radar Topography Mission*) (www.hengl.pfos.hr).

4.1.10. Fotografije

Fotografije predstavljaju zaseban tematski sloj koji je predstavljen vektorskom (točkastom) temom. Svaka točka predstavlja lokaciju na kojoj je fotografija snimljena. Samu fotografiju možemo vidjeti upotrebom alata *Hyperlink*. Svakoj točki, tj. fotografiji pridružena je atributna tablica s sljedećim poljima:

- Datum – Datum nastanka fotografije.
- Fotograf – Ime i prezime fotografa.
- Opis – Tekstualni opis o tome što fotografija prikazuje.
- Slika – Polje u kojem je putanja do datoteke s fotografijom na tvrdom disku. Pomoću ovog polja s alatom *hyperlink* u ArcGIS softveru prikazujemo željenu fotografiju.

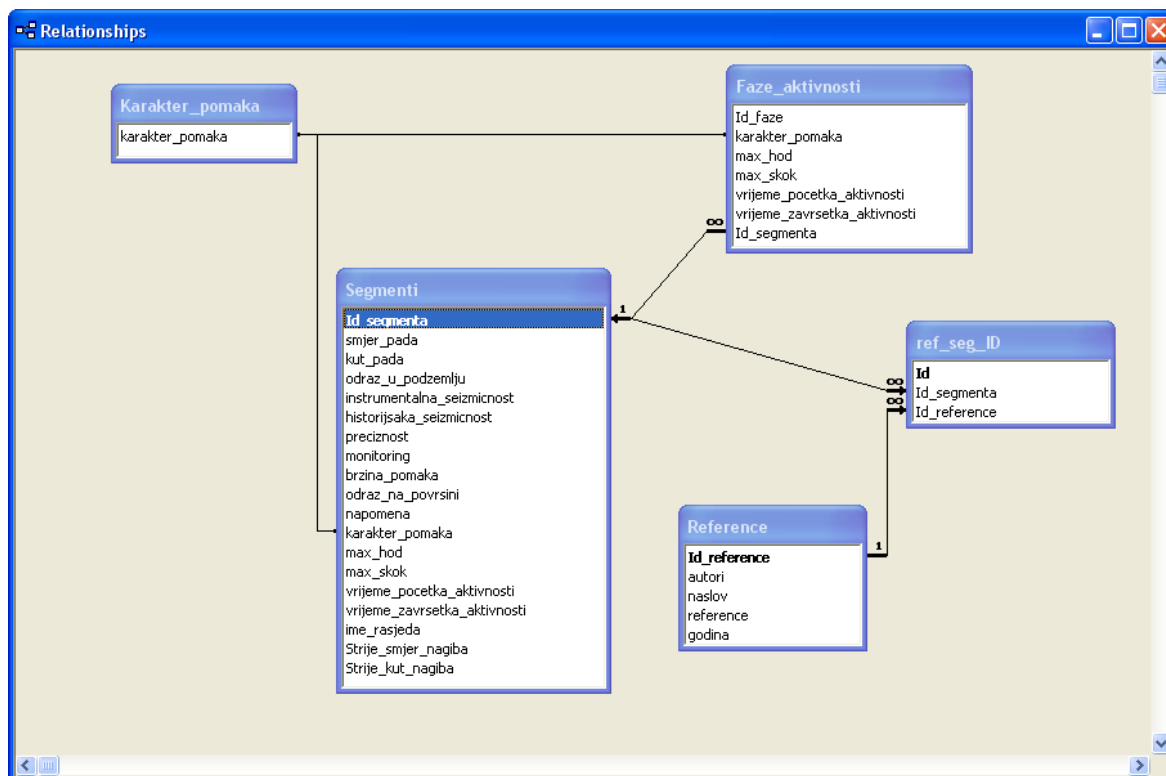
Fotografija može biti u bilo kojem grafičkom formatu (*jpg, tif, gif, png...*). Zbog uštede prostora na tvrdom disku i brzine rada preporuča se *jpg* format.

4.2. Struktura baze podataka o seizmotektonskoj aktivnosti unutar Access softvera

Access baza podataka služi za pohranjivanje tabličnih podataka. Podatke spremamo u tablice koje su međusobno povezane relacijskim vezama. Veze između dviju tablica se ostvaruju preko zajedničkog polja. U Access-u postoje tri vrste relacijskih veza:

- 1) 1:1 jedan prema jedan (*one to one*) – Dva entiteta se nalaze u odnosu 1:1 ako je jedan entitet iz jedne tablice povezan s najviše jednim entitetom iz druge tablice.
- 2) 1:M jedan prema više (*one to many*) – Dva entiteta se nalaze u odnosu 1:M (ili M:1, gledano iz smjera druge tablice) ako je jedan entitet iz jedne tablice povezan s više entiteta iz druge tablice. Tablica koja je u podređenom odnosu na drugu se zove *Child*, a tablica koja ima podređenu tablicu zove se *Parent*.
- 3) M:M više prema više (*many to many*) – dva entiteta se nalaze u odnosu M:M ako je jedan događaj prvog entiteta povezan s više događaja drugog, ali i svaki događaj drugog entiteta može biti povezan s više događaja prvog entiteta. Kreiranje takve veze zahtijeva izradu treće tablice. Ponekad se ovaj tip veze naziva M:N.

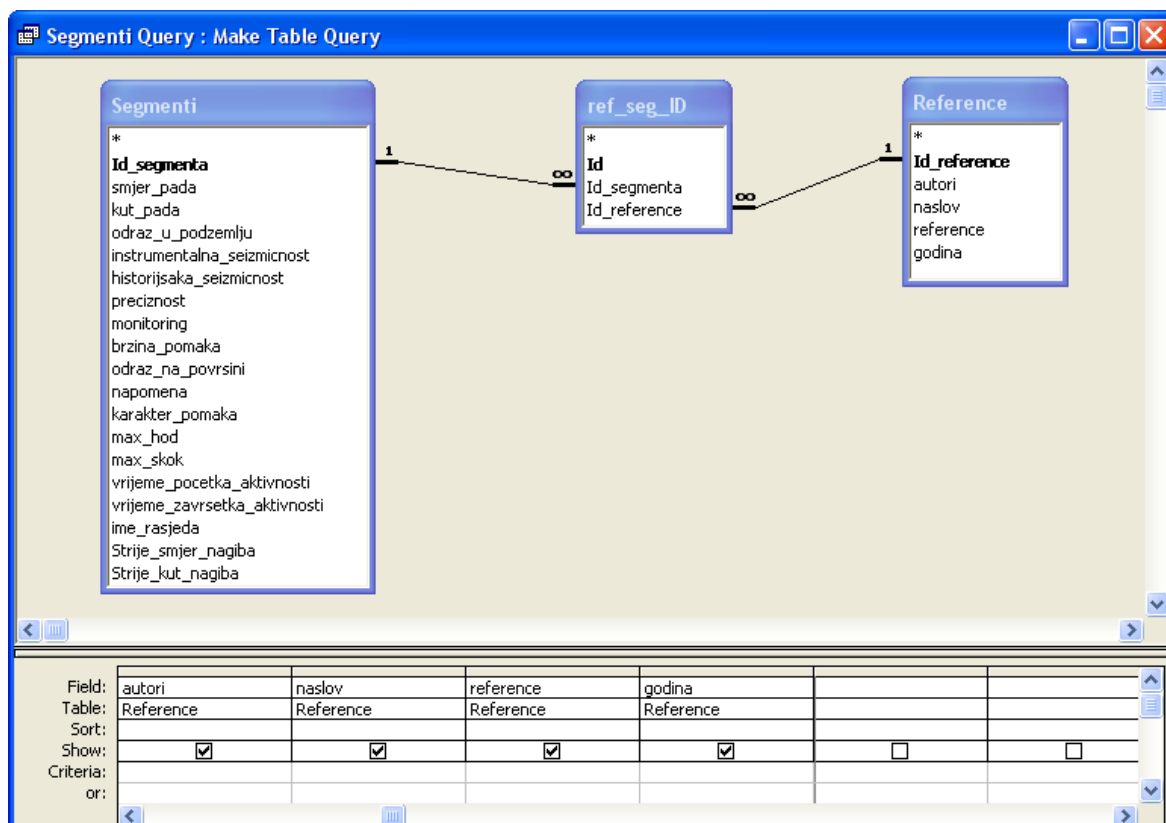
Opisni podaci vezani uz rasjede se pohranjuju u relacijskoj bazi izrađenoj u Accessu, a naknadno se povezuju s geometrijskim podacima koji se pohranjuju u ArcGIS sofveru. Podaci se nalaze u pet tablica. Tablice su povezane relacijskim vezama (slika 4-2).



Slika 4-2. Relacijski odnosi među tablicama u Microsoft Access-u.

Veza između tablica segmenata i tablice referenci je tipa M:M (jedan segment može imati više referenci dok istodobno jedna referenca može biti za više segmenata). Da bi se konstruirala takva relacija, mora se napraviti nova tablica – `ref_seg_ID`. Da bismo iskoristili tu vezu u vidu tablice koju možemo spojiti s ArcGIS softverom i tamo je pregledavati, moramo napraviti pretragu (*query*) i snimiti je kao novu tablicu (slika 4-3). Na taj način smo pripremili bazu podataka u Access-u za spajanje s bazom podataka u ArcGIS softveru.

U ovom radu baza u Accessu je izrađena za podatke o rasjedima.



Slika 4-3. Prikaz query-a u design view-u.

4.3. Struktura baze podataka o seizmotektonskoj aktivnosti unutar ArcGIS softvera

ArcGIS softver koristi se za pohranjivanje, pregledavanje, analizu i manipuliranje s prostornim podacima. Većina podataka je u geometrijskom obliku. Opisni podaci koji se nalaze u atributnim tablicama su u tzv. *flat-file* obliku, tj. nema relacijskih veza.

Podaci se ovisno o tipu (vektorski, rasterski) nalaze u određenom tipu datoteke (*shp*, *tif* i dr.). Prema potrebi pojedine datoteke ubacujemo u ArcGIS. Svaka datoteka koju ubacimo se prikazuje u *Table of contents* s lijeve strane zaslona u obliku tema. Raspored tema u *Table of contents* određuje koja tema će biti vidljiva u slučaju da se prostorno preklapaju (vidljiva je ona koja je iznad). Prilikom ubacivanja tema ArcGIS automatski stavlja rastere i poligone na nižu poziciju da bi omogućio prikazivanje linijskih i točkastih tema. Bilo koju temu možemo po volji premjestiti na bilo koje mjesto u *Table of contents*.

Opisne podatke za određenu geometrijsku temu možemo vidjeti u njenoj atributnoj tablici ili pomoću alata *Identify*. Na taj način dolazimo i do podataka koji su vezani na Access.

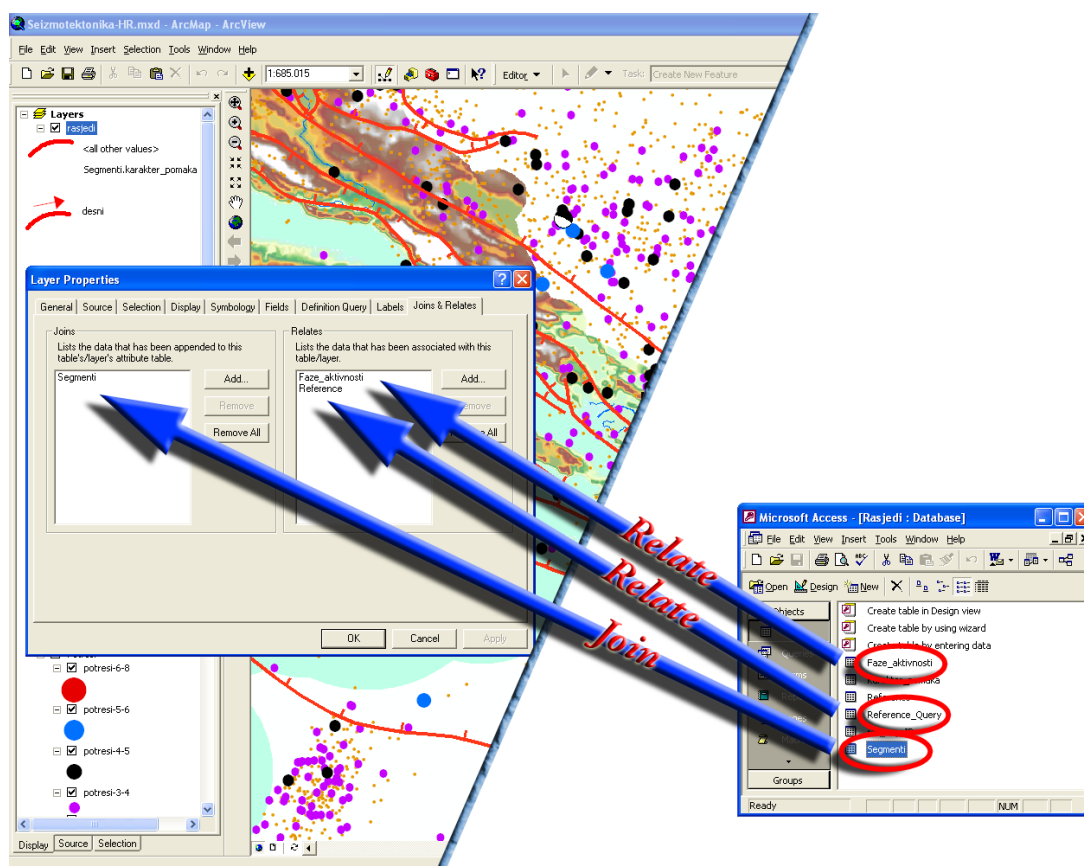
4.4. Veza ArcGIS-a i Access-a

Na vektorske podatke u GIS-u vezani su opisni podaci putem atributnih tablica. Svaka vektorska tema ima odgovarajuću atributnu tablicu u kojoj možemo dodavati polja po potrebi. Tablice izrađene u Access-u vežu se na atributne tablice u ArcGIS-u pomoću zajedničkih polja. Ta polja moraju biti u obje tablice istog formata (npr. broj).

ArcGIS može raditi dvije vrste veza:

- 1) *Join* – Spaja dvije tablice na temelju zajedničkog polja. Pomoću alata *join* moguće je ostvariti veze tipa 1:1 i M:1. Prilikom vezanja stvara se aktivna veza između Access-a i ArcGIS-a. Polja koja pripadaju Accessu ne možemo editirati u ArcGIS-u, ali ih možemo pregledavati, pretraživati i birati (*select*).
- 2) *Relate* – Spaja dvije tablice na temelju zajedničkog polja. Pomoću alata *relate* moguće je ostvariti veze tipa 1:M i M:M. Kod ove veze tablica koja se veže (*Child*) nije ubačena u tablicu na koju se veže (*Parent*). Stvara se samo veza koja definira odnos dviju tablica. Kod takve veze podatke iz podređene tablice (*Child*) možemo samo pregledavati.

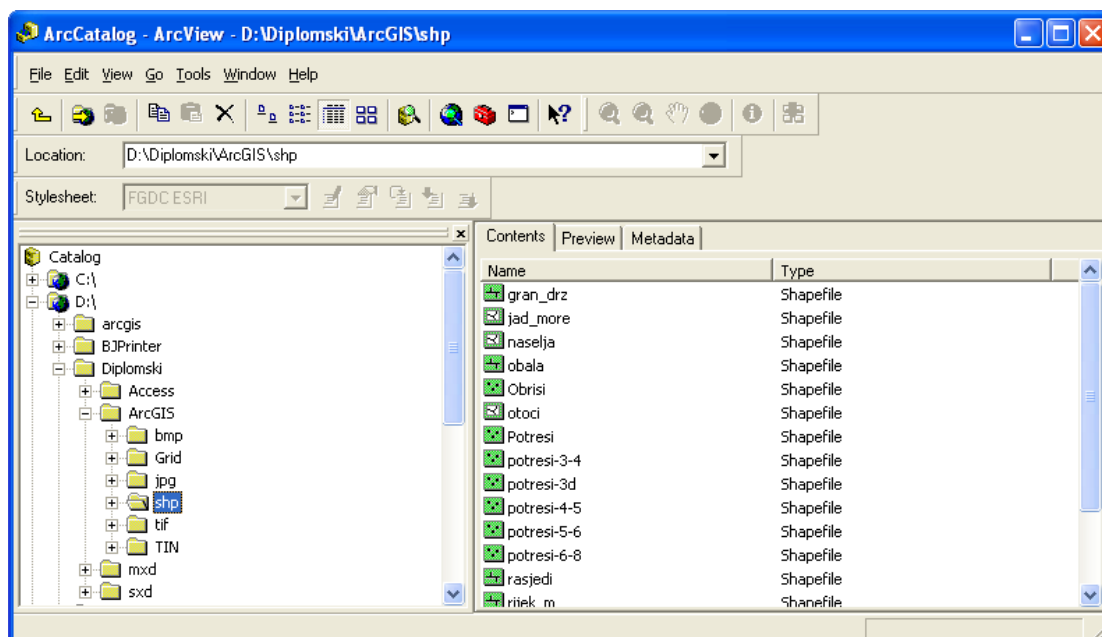
Bazu u Access-u u ovom diplomskom radu je bilo potrebno izraditi samo za podatke o rasjedima jer je samo za ove podatke bilo potrebno napraviti relacijsku bazu podataka. Da bismo mogli ostvariti vezu između tablica u Accessu i vektorske teme s ucrtanim rasjedima u ArcGIS-u, moramo u ArcGIS-u u pripadajućoj atributnoj tablici kreirati polje pomoću kojeg će se ostvariti veza. To polje mora biti istog formata kao i odgovarajuće polje u Access-u i mora jedinstveno određivati svaki red u tablici (segment rasjeda). U ovom radu veza je ostvarena preko polja *Id_segmenta* (slika 4-4).



Slika 4-4. Ilustracija veze između Access-a i ArcGIS-a.

4.5. Organizacija datoteka i direktorija

Baza podataka se sastoji od mnogo datoteka različitih formata. Svaki tip podatka zahtijeva svoj format datoteke u kojem će biti pohranjen (rasterski, vektorski, tablični, itd.). Isto tako možemo razlikovati i datoteke istog formata koje sadrže podatke vezane za različite objekte (npr. *shp* datoteka koja sadrži podatke o rasjedima i *shp* datoteka koja sadrži podatke o potresima). Da bi se omogućio rad s bazom podataka, svi ti podaci moraju biti na disku strukturirani. U ovom radu datoteke na najvišoj razini su sistematizirane na temelju softvera kojem su nastale (Access, ArcGIS). Zatim su raspodijeljene po tipu datoteke (*shp*, *xls*, *tif*, itd.) (slika 4-5).



Slika 4-5. ArcCatalog s hijerarhijom direktorija.

Baza podataka se pohranjuje kao GIS projekt u ArcGIS softveru. U njemu snimimo datoteku s ekstenzijom *mxd*. *Mxd* datoteka sadrži strukturu cijelog projekta u ArcGIS-u. Pokretanjem te datoteke pokreće se ArcGIS koji otvara sve teme koje su bile prisutne kad smo snimili projekt. Također pamti grafičke elemente svake teme i uspostavlja sve veze s Access-om. Važno je napomenuti da *mxd* datoteka ne sadrži same podatke koji su prisutni u projektu nego samo ime datoteke s podacima i direktorij u kojemu se nalazi zajedno s putanjom (npr. C:\Seizmotehtonika\ArcGIS\shp\rasjedi.shp). Zbog toga ukoliko premjestimo neku datoteku iz direktorija u kojemu je bila u trenutku kad smo snimili projekt, izgubiti će se veza s projektom. Pokretanjem projekta s *mxd* datotekom uočiti će se nedostajanje datoteke i morat ćemo odrediti direktorij u kojemu se nalazi. Ponovnim snimanjem projekta (*mxd* datoteke) veza će opet biti uspostavljena.

Prikaz u tri dimenzije se izrađuje u aplikaciji ArcScene koja dolazi s ekstenzijom 3D-Analyst za ArcGIS softver. 3D GIS projekt snimamo u obliku *sxd* datoteke koja funkcionira na isti način kao i *mxd* datoteka.

5. PRIMJENA BAZE PODATAKA

Baza podataka izrađena u ovom radu izrađena je u cilju pohranjivanja seizmotektonskih podataka. Parametri rasjeda i potresa su velikim dijelom shematizirani i pojednostavljeni u svrhu lakšeg pretraživanja i usporedbe. Prilikom prikaza podataka sami biramo podatke i način na koji će ti podaci biti prikazani. Pri tome imamo na raspolaganju široku paletu simbola pomoću kojih možemo kreirati kartu ovisno o trenutnim potrebama. Objektima koji su prikazani možemo pridodati oznake na temelju bilo kojeg atributa.

Kada kreiramo kartu na kojoj se nalaze svi objekti koje želimo analizirati odabirom naredbe „*identify*“ i klikom miša na željeni objekt, dobivamo sve podatke o izabranom objektu iz njegove atributne tablice.

Ako tražimo objekt pomoću njegovog atributa, imamo na raspolaganju naredbu „*Find*“. Izborom ove naredbe otvara se prozor u koji upisujemo vrijednost atributa i po potrebi tematskog sloja u kojem se nalazi. Izvršenjem naredbe dobivamo popis svih objekata koji imaju traženu vrijednost atributa.

Prilikom pregledavanja i analize seizmotektonskih elemenata možemo izabrati optimalnu topografsku podlogu za svoje potrebe ili kombinirati više podloga u istom prikazu.

S ekstenzijom 3D Analyst za ArcGIS geometrijske podatke možemo pregledavati u tri dimenzije. Takav prikaz u kombinaciji s DTM-om preko kojeg je stavljen aerofoto snimak daje realni prikaz terena. Sve objekte koji imaju zadanu visinu možemo prikazati u stvarnoj poziciji. Naročito koristan može biti 3D prikaz rasporeda žarišta potresa u kojem im Z koordinatu zadamo pomoću dubine hipocentra.

5.1. Pretraživanje baze

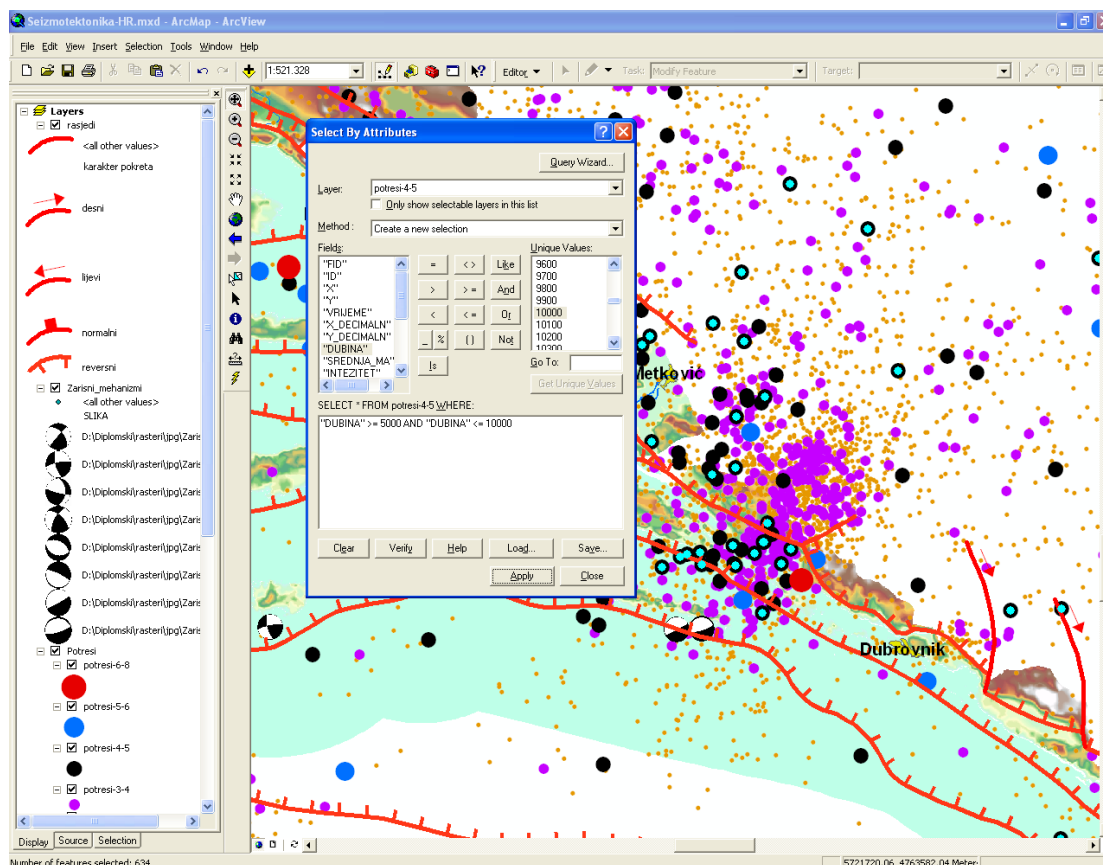
Pretraživanjem baze podataka od svih raspoloživih podataka biramo samo one koji imaju neka određena svojstva. Pošto je baza izrađena u GIS sučelju možemo je pretraživati po atributima i po lokaciji.

5.1.1. Pretraživanje po atributnim obilježjima

Osim „ručnog“ pretraživanja imamo opciju automatskog pretraživanja pomoću izrade upita (*querie*). Upite radimo u ArcGIS softveru pomoću SQL upitnog jezika (*Structured Query Language*). SQL je standardni programski jezik koji je razvijen za upravljanje relacijskim bazama podataka. To je danas ujedno i najrašireniji podjezik baza podataka.

Pretraživanje po atributima se može vršiti u Access-u, pa se dobivena tablica povezati s ArcGIS-om, ali jednostavniji način je izrada upita direktno u ArcGIS-u. U ArcGIS-u sa SQL-om možemo samo birati podatke (*Select*). Podatke ne možemo dodavati, mijenjati ili brisati.

Pretraživanje po atributima se izvršava odabirom naredbe „*Select By Attributes*“. Pri tome se otvara prozor gdje upisujemo SQL izraz. Ako poznajemo sintaksu i naredbe SQL-a izraz možemo direktno upisati i izvršiti. Prilikom upisivanja za pomoć nam može poslužiti kalkulator s upisanim izrazima pomoću kojeg možemo izvršiti upit. Ukoliko ne poznajemo SQL na raspolaganju nam je „čarobnjak za upite“ (*Query Wizard*) koji nas korak po korak vodi kroz proces izrade upita i to bez potrebe za poznavanjem SQL-a (Slika 5-1).



Slika 5-1. Prikaz kalkulatora za izradu upita.

Svaki SQL izraz sastoji se od jednog ili više redaka (rečenica), a SQL izrazi se odjeljuju točka-zarezom. Svaki redak počinje glagolom ili ključnom riječi (SELECT, FROM, WHERE...). Te ključne riječi su ujedno rezervirane riječi u jeziku. SELECT izraz je najšire korišten izraz i njime se izdvajaju podaci iz baze podataka. Mora se sastojati od najmanje dviju ključnih riječi i kao minimum mora biti određeno polje za izbor (KROHN, 1993).

Primjer SQL izraza može biti:

```
SELECT * FROM rasjedi WHERE kar_pomaka = 'reversni' AND max_skok >= 500
```

Kao rezultat tog upita biti će odabrani svi reversni rasjedi koji imaju maksimalni skok jednak ili veći od 500 m.

5.1.2. Pretraživanje po lokaciji

Najveća prednost GIS baze podataka nad klasičnim tabličnim bazama podataka je prostorni prikaz objekata. Zahvaljujući tome objekte možemo birati direktno s ekrana jer vidimo njihovo mjesto na karti, odnosno u prostoru. U slučaju da su nam potrebne složenije prostorne analize, kod kojih bi „ručno“ biranje bilo komplicirano ili neprecizno, na raspolaganju imamo tzv. „buffer“ analize. „Buffer“ analizu pokrećemo odabirom naredbe „*Select By Location*“, pri čemu se pokreće prozor za odabir po lokaciji pomoću kojeg na jednostavan način možemo izvršavati komplicirane prostorne analize. Primjer takve analize prikazan je u Prilogu 1.

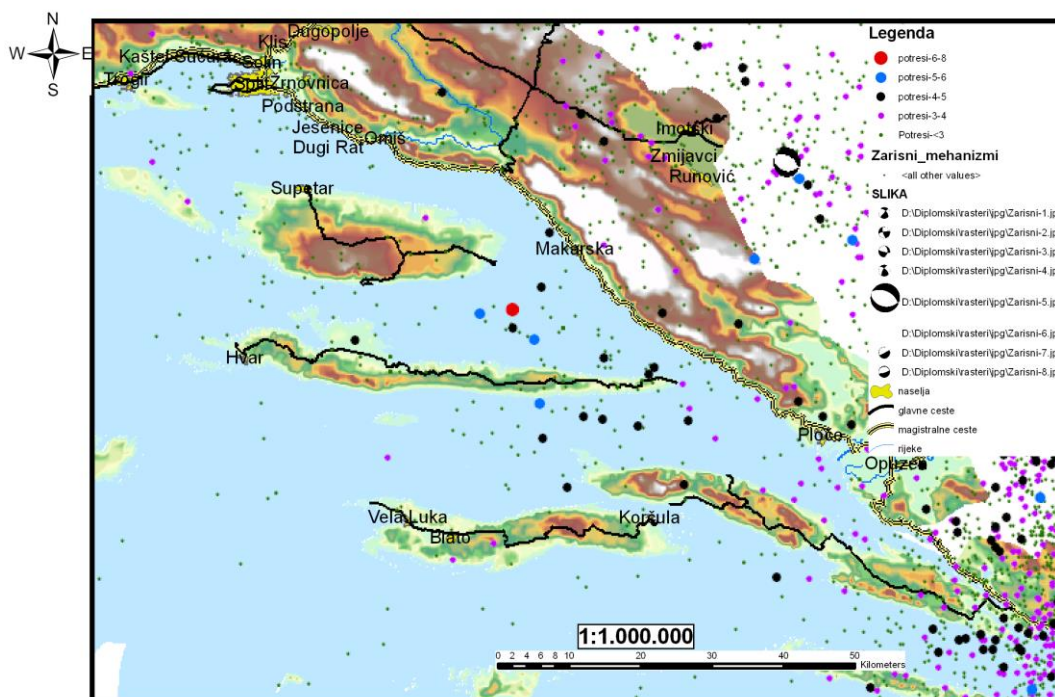
5.2. Kreiranje karata

Osnovni prikaz seizmotektonskih podataka su tematske karte. Da bismo kreirali kartu, osim seizmotektonskih podataka potrebna nam je podloga. Za podlogu se najčešće koriste topografske karte u raznim mjerilima. Osim topografskih karata možemo koristiti i razne druge rasterske (satelitski i aero snimci, grid, itd.) i vektorske (vektori cesta, rijeka, granica županija itd.) teme.

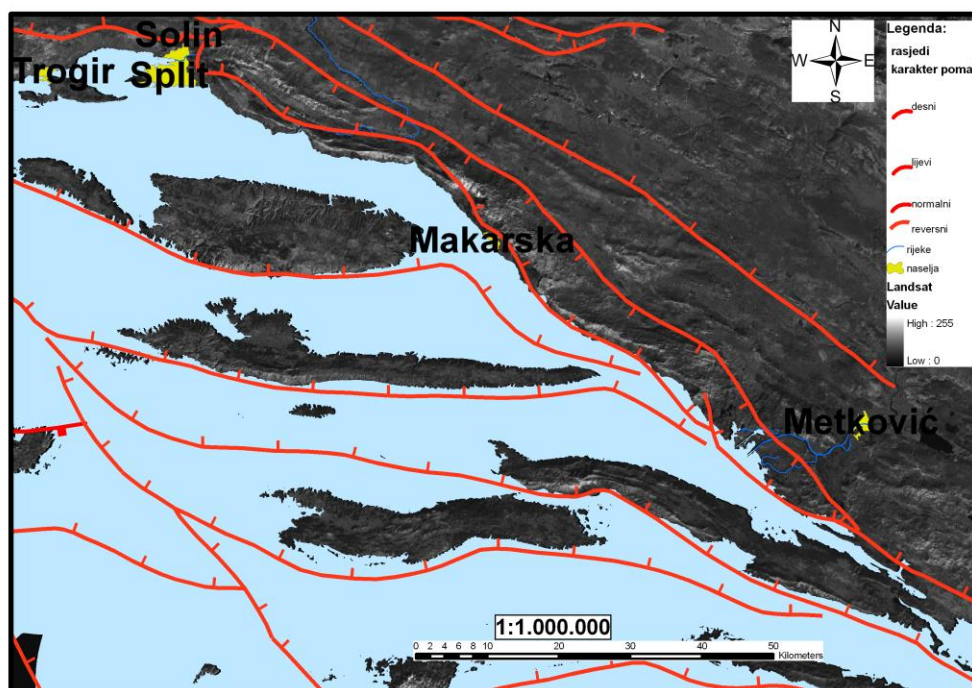
Podloge možemo kombinirati slažući ih jednu na drugu. Ako je potrebno, cijeli tematski sloj možemo napraviti prozirnim u željenom postotku. Na taj način možemo naslagati i više rasterskih tema.

Svim temama možemo mijenjati simbole i boje kojima su prikazani na karti. Za to postoje gotovi simboli, a u slučaju potrebe može se kreirati i novi simbol.

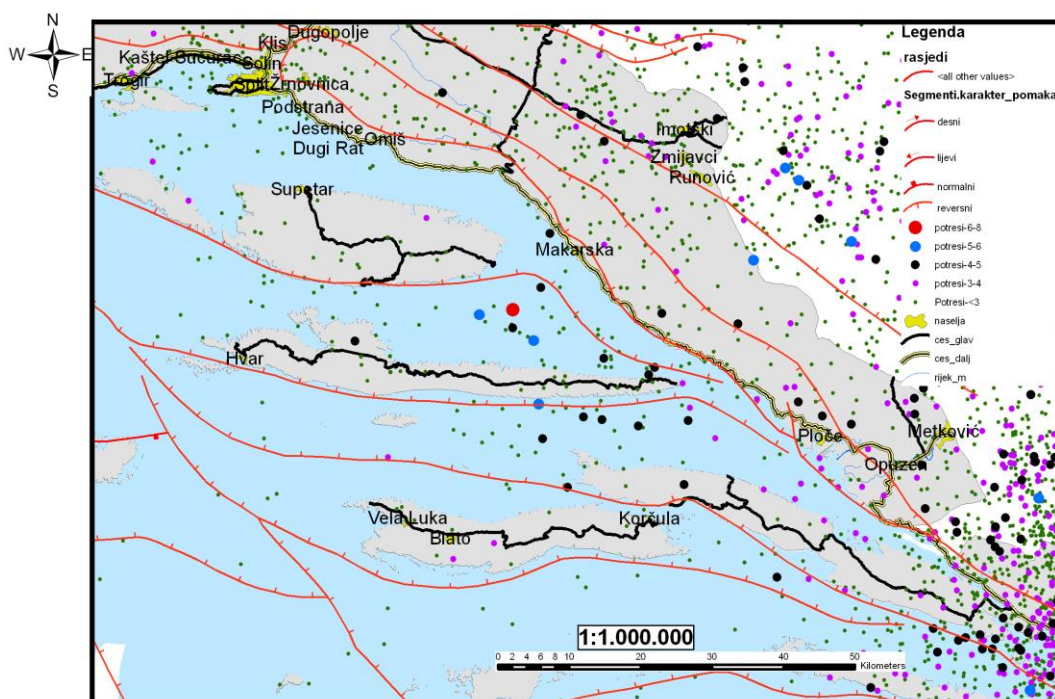
Karta se može načiniti u bilo kojem mjerilu. Mjerilo možemo postaviti mijenjanjem veličine karte (zumiranjem) ili direktno upisati željeno mjerilo. Pri tome treba paziti na mjerilo ulaznih podataka (Slike 5-2 do 5-5).



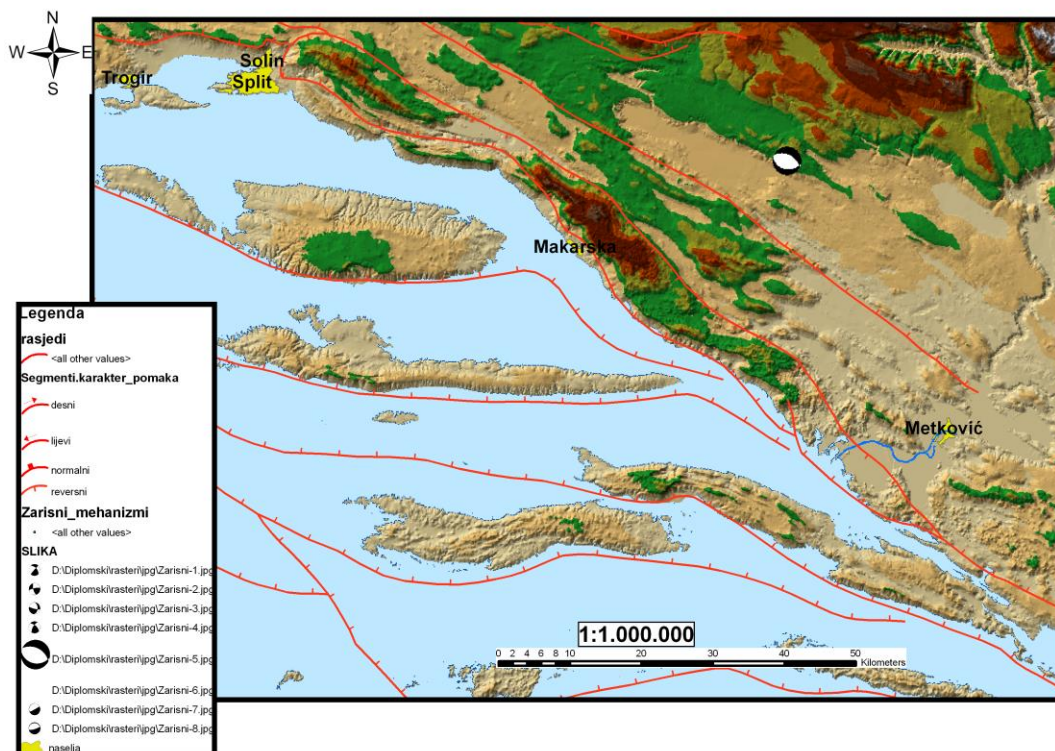
Slika 5-2. Karta epicentara potresa i žarišnih mehanizama prikaza na *grid-u*.



Slika 5-3. Karta rasjeda prikazana na LANDSAT satelitskom snimku.



Slika 5-4. Karta rasjeda i epicentara potresa.



Slika 5-5. Karta rasjeda i žarišnih mehanizama prikazana na TIN-u.

6. IZLAZNI PODACI

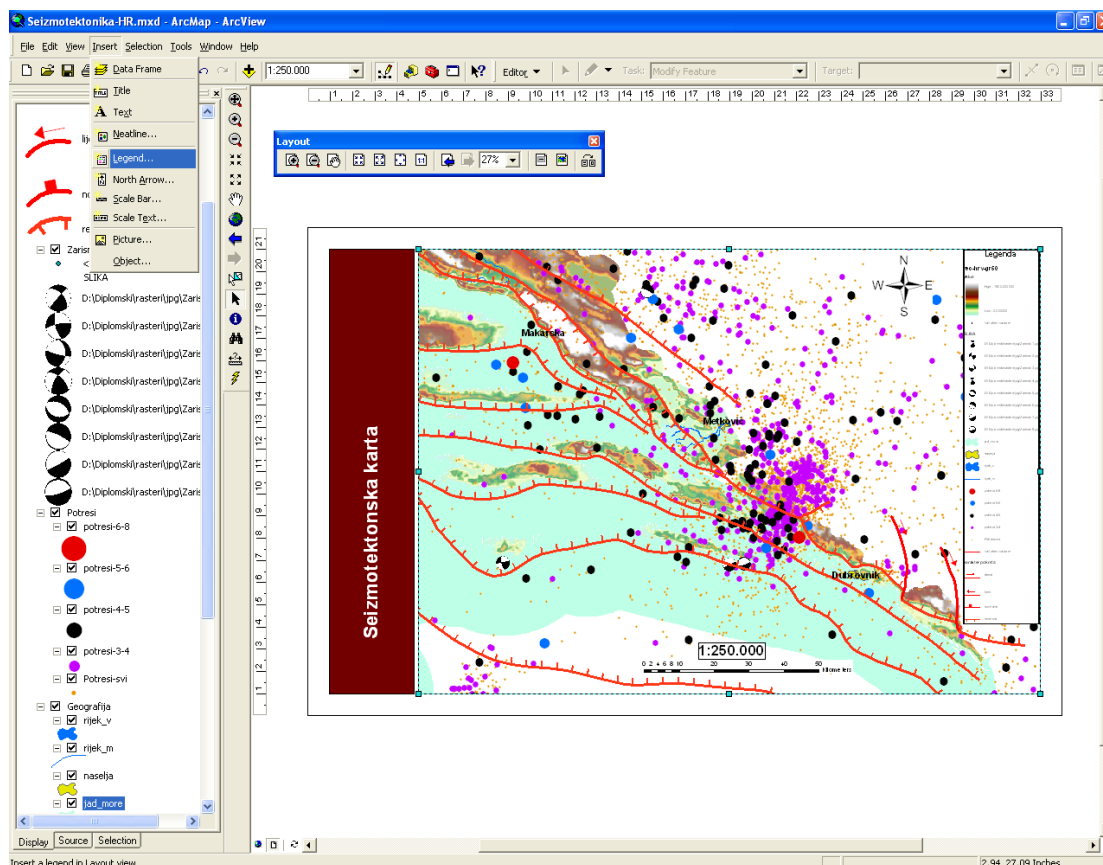
Baza podataka ima više namjena. Služi za pohranjivanje, pregledavanje, analizu podataka, ali osim toga mora omogućiti jednostavnu izmjenu podataka s drugim korisnicima. Baza podataka nam mora omogućiti izdvajanje određenih podataka u obliku pogodnom za razmjenu. Oblik pogodan za razmjenu može biti u nekom od standardnih informatičkih formata, ali često i otisnut na papiru.

6.1. Plotanje karata

U poglavlju 5.2. su opisane mogućnosti kreiranja tematskih karata. Tematske karte predstavljaju jedan od osnovnih načina prikaza seizmotektonskih podataka (npr. karte aktivnih rasjeda, karte epicentara potresa magnitude veće od 4 stupnja i dr.). Pri tome su nam često potrebne otisnute na papiru.

Nakon odabira elemenata koji će se prikazati budućom kartom (topografska podloga, rasjedi, potresi, itd.) i prilagodbe njihovih grafičkih elemenata (simboli kojima su predstavljeni) prelazimo u „*Layout view*“ (prikaz namijenjen pripremi karata za ispis).

Layout view nam omogućava jednostavnu izradu karata. Nakon što smo pripremili osnovni prikaz naše karte u *layout-u*, možemo odabrati veličinu papira na koji ćemo ispisati kartu i mjerilo karte. Mjerilo možemo mijenjati dinamički koristeći *zoom* alate ili jednostavno možemo upisati željeno mjerilo (slika 6-1).



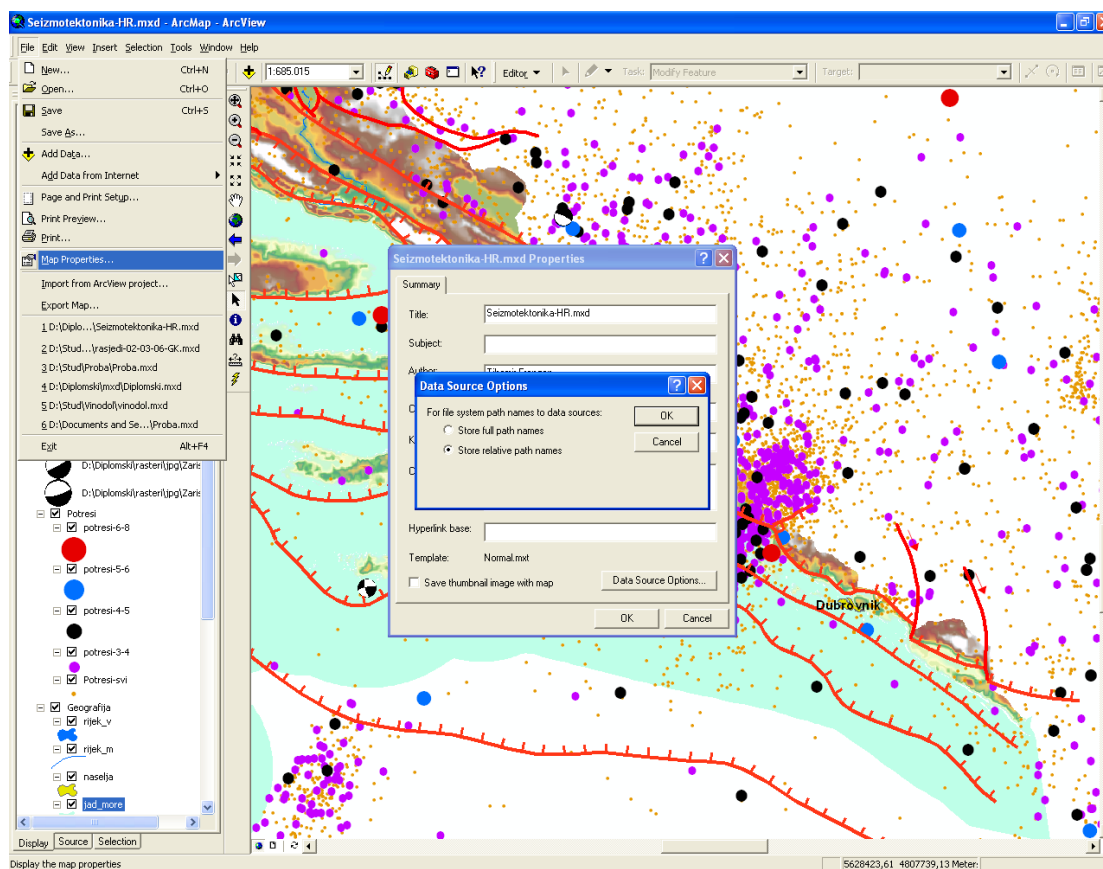
Slika 6-1. *Layout view* unutar ArcGIS-a namijenjen za pripremu karata za ispis.

Izbornik „*Insert*“ daje nam moguće opcije za kreiranje osnovnih elemenata karte. Tamo se nalaze alati za umetanje naslova ili teksta. Isto tako možemo kreirati legendu, oznaku sjevera i oznaku mjerila (grafičku i numeričku). Prema potrebi na kartu možemo staviti sliku ili tablicu s podacima. U prilogu 2 je primjer ispisane seizmotektonske karte za područje južne Dalmacije.

6.2. Transfer grafičkih i negrafičkih podataka

Bazu podataka ponekad ćemo trebati prenijeti na drugo računalo u cijelosti ili djelomično u digitalnom obliku. U slučaju da prenosimo cijelu bazu potrebno je cijelu strukturu s podacima snimiti na digitalni medij (prenosni *hard disk*, DVD, itd.) zajedno s *mxd* datotekom. Prilikom toga je poželjno da GIS projekt u kojem je baza podataka snimimo na način da se u *mxd* datoteci nalaze relativne putanje datoteka i direktorija. To možemo napraviti u *Map properties* u *Data Source Options*. Tamo odaberemo opciju *Store relative path names* (slika 6-2, slika izbornika). Na taj način projekt se može podići bez

potrebe da se podaci snime na istoj hijerarhijskoj poziciji kao što su bili na izvornom računalu. Tako snimljen projekt možemo pokrenuti direktno npr. s DVD medija.



Slika 6-2. Izbornik s opcijom *Store relative path names*.

U slučaju da prenosimo samo dio baze, najbolje je prethodno izdvojiti potrebne podatke i snimiti ih odvojeno u zasebni direktorij. Zatim snimimo novi projekt (datoteka s ekstenzijom *mxd*) i s tim podacima postupimo kao u slučaju da prenosimo cijelu bazu.

Prema potrebi možemo eksportirati grafičke dijelove baze u raznim grafičkim formatima (*tif*, *jpg*, *pdf*, *eps*, *emf*, itd.), kao i tablične podatke u *dbf* formatu.

7. ZAKLJUČAK

Informatička tehnologija ubrzano se razvija i pruža sve veće mogućnosti primjene u geologiji. Pogotovo GIS pruža veliki potencijal koji je već u velikoj mjeri prisutan kod nas, ali je sigurno još nedovoljno iskorišten.

Baza podataka o seizmotektonskoj aktivnosti u RH opisana i izrađena u ovom radu temelji se na aplikacijama Microsoft Access i ESRI ArcGIS 9.1 (ArcView licenca). Budući da ArcView softver ne omogućava stvaranje relacijskih veza, u ovom radu sam koristio i aplikaciju Microsoft Access. Za buduće potrebe bilo bi poželjno bazu podataka napraviti u ArcEditor-u ili ArcInfo-u koji su GIS softveri s mogućnosti izrade relacijskih veza. Time bismo olakšali rad jer bismo sve radili u istom softveru. Razlog zašto sam se ja odlučio za ArcView i Access je raspoloživost softvera. ArcEditor i ArcInfo su skuplji tako da ih nisam imao na raspolaganju.

Seizmotektonska baza podataka u GIS-u nam pruža funkcionalnost baze podataka spojenu s prostornim prikazom. Pomoću takve baze znatno nam je olakšan i ubrzan pristup podacima. Veliku pomoć u radu predstavlja mogućnost brzog i jednostavnog kreiranja karte s odgovarajućom podlogom. Na taj način možemo npr. rasjede određene na terenu ubaciti u bazu i pogledati njihov položaj na DTM-u i aero snimku te provjeriti ima li epicentara potresa u toj zoni. Sve to možemo napraviti u nekoliko minuta. Sposobnost manipulacije s velikom količinom podataka koju ova baza podataka posjeduje omogućava multidisciplinarni pristup i analizu seizmotektonskih podataka.

Baza podataka izrađena u ovom diplomskom radu predstavlja primjenu GIS-a u geoznanostima. Svoju primjenu može naći u znanstvenom radu, edukaciji, ali i u praktičnoj primjeni kao podloga za:

1. urbanističko planiranje i planiranje prometne infrastrukture radi procjene seizmičkog hazarda i ublažavanja seizmičkog rizika na području Hrvatske.
2. buduće aktivnosti na istraživanju i pronalaženju novih i/ili razradi postojećih ležišta ugljikovodika u Hrvatskoj.

Informatička tehnologija pruža nam sve više hardverskih i softverskih alata primjenjivih u geologiji, a paralelno s time rastu i naše spoznaje o geološkoj građi Zemlje.

Izrada baze podataka o seizmotektonskoj aktivnosti u H je proces koji ne završava obranom ovog diplomskog rada nego traje koliko i njena primjena jer se baza podataka mora prilagođavati novim podacima i tehnologijama da bi ostvarila svoju namjenu.

LITERATURA

BRUKNER, M. (1994): Gdje živimo?.- Infotrend, 23, 41-43, Zagreb.

FRANČULA, N. (2000): Kartografske projekcije.- Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.

KROHN, M. (1993): Using the Oracle Toolset.- Addison-Wesley, Wokingham, 327 p.

LOWRIE, W. (1997): Fundamentals of Geophysics.- Cambridge University Press, 354 p.

PAVLIĆ, M. (1996): Razvoj informacijskih sustava.- Znak, Zagreb, 362 p.

PERKOVIĆ, D. (1998): Hidrogeološki katastar kao dio geografskog informacijskog sustava.- Magistarski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 106 p., Zagreb.

INTERNET ADRESE:

www.hengl.pfos.hr

www.kartografija.hr