



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - GEODETSKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB - FACULTY OF GEODESY
Zavod za primijenjenu geodeziju; Katedra za upravljanje prostornim informacijama
Institute of Applied Geodesy; Chair of Spatial Information Management
Kačićeva 26; HR-10000 Zagreb, CROATIA
Web: www.upi.geof.hr; Tel.: (+385 1) 46 39 222; Fax.: (+385 1) 48 28 081



Diplomski studij geodezije i geoinformatike

Usmjerenje: Geoinformatika

DIPLOMSKI RAD

GIS u upravljanju poplavama

Izradila:

Iva Basuga

Čičkovina 1

Zagreb

ibasuga@geof.hr

Mentor: doc. dr. sc. Vlado Cetl

Zagreb, lipanj 2011.

**Zahvala:**

Na samom početku, željela bih zahvaliti tvrtki GISDATA d.o.o. na ustupljenom softveru te Uredu za upravljanje u hitnim situacijama Grada Zagreba na ustupljenim podacima, bez kojih izrada ovog rada ne bi bila moguća.

Zahvaljujem i svojim mentorima, doc.dr.sc. Vladi Cetlu te gospodi Davorinu Singeru i Tomislavu Godleru, na neizmjernom strpljenju, pomoći i usmjeravanju tokom izrade ovog rada.

Hvala i mojim prijateljima i prijateljicama, bez kojih studij ne bi prošao tako lako i zabavno.

Hvala i vama, mama i tata, Igore i Marko, na bezuvjetnoj podršci tokom studija.

Hvala Ti, Toc, što si bio tu, every step of the way.



I. Autor
Ime i prezime: Iva Basuga
Datum i mjesto rođenja: 18. 12. 1986., Zagreb
II. Diplomski rad
Predmet: Upravljanje rizikom
Naslov: GIS u upravljanju poplavama
Mentor i voditelj: doc. dr. sc. Vlado Cetl
III. Ocjena i obrana
Datum zadavanja zadatka: 01. 03. 2011.
Datum obrane: 17. 06. 2011.
Sastav povjerenstva pred kojim je branjen diplomski rad:
doc. dr. sc. Vlado Cetl
prof. dr. sc. Siniša Mastelić Ivić
prof. dr. sc. Miodrag Roić



Predložak za izradu diplomskog rada

Iva Basuga

Sažetak: Tema rada bila je uloga geoinformacijskih sustava u upravljanju poplavama, s posebnim osvrtom na poplave u urbanim područjima. Obrana od poplava u Republici Hrvatskoj definirana je zakonskom regulativom koja se sastoji od zakona, odluka te strategija o vodama. U sklopu rada izrađen je i model kojim se dobivaju potencijalno ugrožena područja u slučaju poplava. Rad je izrađen u ArcGIS softveru.

Ključne riječi: GIS, poplave, upravljanje poplavama, ArcGIS

GIS in Flood Management

Abstract: Topic of this thesis was the role of GIS in Flood Management, with special interest on flooding in urban areas. Flood Management in Croatia is defined through laws, resolutions and strategies considering water resources. Within this paper, several models were made, through which potentially flood threatened areas were created. This thesis was made in ESRI ArcGIS software.

Keywords: GIS, Floods, Flood Management, ArcGIS



Predložak za izradu diplomskog rada

Iva Basuga

S A D R Ž A J

1.	UVOD	1
2.	GEOINFORMACIJSKI SUSTAVI	2
2.1.	POVIJEST GEOINFORMACIJSKIH SUSTAVA.....	2
2.2.	ARHITEKTURA GEOINFORMACIJSKIH SUSTAVA	4
2.3.	TIPOVI SOFTVERA	7
2.3.1.	<i>Desktop GIS</i>	7
2.3.2.	<i>Serverski GIS</i>	8
2.3.3.	<i>Razvojni GIS</i>	8
2.3.4.	<i>Mobilni GIS</i>	8
2.3.5.	<i>Ostali GIS softver</i>	8
2.4.	KOMPONENTE GEOINFORMACIJSKIH SUSTAVA	9
2.5.	PODACI U GEOINFORMACIJSKIM SUSTAVIMA.....	9
2.5.1.	<i>Rasterski podaci</i>	10
2.5.2.	<i>Vektorski podaci</i>	12
3.	ESRI	13
3.1.	POVIJEST ESRI.....	14
3.2.	RAZVOJ SOFTVERA	15
4.	POPLAVE	17
4.1.	POPLAVE U URBANIM PODRUČJIMA	17
4.2.	ZAKONSKA REGULATIVA ZAŠTITE OD POPLAVA U HRVATSKOJ	19
4.3.	ZAŠTITA OD POPLAVA U HRVATSKOJ	20
4.3.1.	<i>Izgrađenost zaštitnih sustava</i>	20
4.3.2.	<i>Zaštita od poplava – rijeka Sava</i>	21
4.3.3.	<i>Poplave rijeke Save</i>	22
4.3.3.1	Poplava rijeke Save 1964. godine	22
4.3.3.2	Poplava Save 2010. godine	23
5.	PROGRAMSKA PODRŠKA	25
5.1.	MODEL BUILDER APLIKACIJA	28
6.	DIPLOMSKI ZADATAK	32
6.1.	PODACI I PODLOGE	32
6.2.	MODEL PODATAKA I DIZAJN BAZE PODATAKA	33
6.3.	POSTUPCI PRIPREME PODATAKA ZA ANALIZE	33
6.3.1.	<i>Izrada HOK, DOF te TK25 mozaika</i>	33
6.3.2.	<i>Izrada digitalnog modela reljefa</i>	34
6.3.3.	<i>Vektorizacija podataka</i>	37
6.3.3.1	Katastarski podaci	38
6.3.3.2	Promet.....	39
6.3.3.3	Objekti	40
6.3.3.4	Pokrov zemljišta	40
6.3.3.5	Vodna dobra	40
6.4.	ANALIZE NA PODACIMA	41
6.4.1.	<i>Pripreme za kreiranje i provođenje modela</i>	41
6.4.2.	<i>Priprema digitalnog modela reljefa</i>	43



6.4.3.	<i>Model za analize poplavnih područja – porast vodostaja</i>	44
6.4.3.1	Objašnjenje modela.....	45
6.4.4.	<i>Model za analize poplavnih područja – proboj nasipa</i>	53
6.5.	REZULTATI ANALIZA.....	54
7.	ZAKLJUČAK	58
	LITERATURA	59
	PRILOZI	65
	ŽIVOTOPIS	87

1. Uvod

Poplave svake godine, zbog neadekvatnog sustava upozorenja, odnose sve više i više života i uzrokuju goleme materijalne štete, pogotovo kada je riječ o siromašnijim zemljama svijeta. Upravo iz tog razloga, bitno je izraditi sustave koji će služiti ranom upozoravanju te omogućiti evakuaciju stanovništva prije negoli poplavne vode dođu do kuća.

Kao primjer funkcionalnog sustava za obranu od poplava, moglo bi se spomenuti GISDATA sustav pod nazivom AKIR koji je izrađen za područje Mađarske. To je sustav koji omogućuje kartiranje, modeliranje i predviđanje ponašanja voda i vodnih valova, te predviđanje eventualnih poplava u Mađarskoj (URL 1.).

Zadatak ovog rada jest izraditi sustav koji će, uz zadane parametre, prikazati područja pod vodom ili u slučaju iznimno velikog rasta vodostaja rijeke Save ili u slučaju proboja nasipa. Za izradu sustava (vektorizacija podataka te izrada modela) korišten je ESRI programski paket ArcGIS, inačica 10, Editor licenca te aplikacija ModelBuilder koja je sastavni dio ArcGIS softvera. Od podloga koje su služile za vektorizaciju podataka, korištene su topografske karte mjerila 1:25 000, hrvatske osnovne karte, te digitalni ortofoto. Izrađen je i digitalni model reljefa. Neki podaci preuzeti su sa OpenStreetMap stranica, odnosno stranica njihovih partnera.

Softver je ustupila tvrtka GISDATA d.o.o., dok je podloge i podatke za izradu modela reljefa ustupio Ured za upravljanje u hitnim situacijama Grada Zagreba.

2. Geoinformacijski sustavi

Postoje različite definicije geoinformacijskih sustava, koje uglavnom ovise o tome tko ih koristi. Tako Longley i dr. u knjizi *Geographic Information Systems And Science* (2005) navode neke od GIS definicija s obzirom na to tko ih koristi. Za generalnu upotrebu, definicija bi bila „spremnik (Engl. Container) karata u digitalnom obliku“, kod planera te društvenih grupa GIS se definira kao „kompjuteriziran alat za obradu geografskih podataka“. Kod znanstvenih menadžera te istraživača, GIS bi bio „sustav prostorne potpore kod donošenja odluka“, za komunalne menadžere, promet ili raspodjelu resursa, GIS je „mehaniziran inventarij geografski raspodijeljenih značajki i postrojenja“, za istraživače i znanstvenike „alat za otkrivanje nevidljivih pojmova u geografskim informacijama“, dok je za menadžere za upravljanje resursima GIS „alat za izvršavanje operacija na geografskim podacima koje su preskupe ili previše netočne ako bi se obavljale ručno“ (Longley i dr. 2005).

Kako postoje razne definicije s obzirom na korisnike, tako i svaki autor te proizvođač softvera nudi svoju definiciju. Neka općenita definicija GIS sustava bila bi da je to sustav softvera, hardvera i podataka te osoblja koji pomaže manipulaciji, analizi i prezentiranju informacija povezanih s prostornim podacima (ESRI definicija, Gajski 2010).

Kada je riječ o proizvođačima softvera, može se naći mnoštvo programa. Bitno je spomenuti kako neki programi spadaju u „open-source¹“ programe, te ih je, u velikoj mjeri, moguće dobiti putem interneta, te softver koji zahtjeva licence, za koji pak postoje ovlaštene (ekskluzivni) distributeri za neko područje kao što je slučaj sa tvrtkama GISDATA (ESRI) te GEOFOTO (Intergraph) u Zagrebu.

Izvorno je GIS predstavljao geografski informacijski sustav, međutim u današnje vrijeme GIS označava geoinformacijski sustav jer podaci i informacije koje su danas sadržane u GIS sustavu nisu samo geografske već puno šire. Nazivamo ih geoinformacije kao bilo koju vrstu informacije koja je povezana s položajem tj. lokacijom na Zemlji.

2.1. Povijest geoinformacijskih sustava

Prema Longleyu i dr. (2005), postoje problemi u određivanju točne povijesti GIS sustava pošto se sam razvoj odvijao paralelno u Sjevernoj Americi, Australiji te Europi. Većina povijesnih pregleda se bazira na razvoju geoinformacijskih sustava u Americi, te zbog toga ne postoji objedinjeni povijesni pregled. Ipak, potrebno je reći o razvoju ono što se zna.

¹ Programi za koje nije potrebno plaćati licence

Razvoj geoinformacijskih sustava počinje 1962. godine kada Roger Tomlinson razvija Kanadski geoinformacijski sustav². To je bio prvi sustav koji je ikada nazvan „geoinformacijskim sustavom“. Ovaj sustav napravljen je na Canada Land Inventory te je prvenstveno bio zamišljen kao alat kojim bi se lako odredili američki prirodni resursi (njihovo postojanje, ako ih je bilo), te potencijalno iskorištavanje. To je bio alat za mjerenje, te više za kreiranje tabelarnih nego li kartografskih prikaza (Longley i dr. 2005). Nakon CGIS, novi korak u razvoju tehnologije bilo je uspostavljanje URISA³ 1963. godine. 1964. godine osnovan je Harvard Lab for Computer Graphics koji je 1966. godine proizveo prvi rasterski GIS. Nedugo nakon toga, 1967. godine, američki Ured za popis stanovništva proizvodi prvi adresni model, DIME⁴, geografsku bazu podataka sa nazivima ulica i kućnim brojevima, kako bi se olakšalo provođenje popisa stanovništva 1970. godine, a te iste, 1967. godine, osnovan je britanski ECU⁵ koji je bio pionir na raznim područjima računalne kartografije i GIS sustava. 1969. godine osnivaju se prve tvrtke koje su se bavile dizajnom GIS softvera. Tako te godine Jack Dangermond, harvardski student, sa svojom suprugom osniva ESRI, dok Jim Meadlock sa četvoro kolega osniva tvrtku M&S Computing, kojoj kasnije mijenja ime u Intergraph. Tri godine kasnije, točnije 1972., lansiran je prvi Landsat1 satelit, dok su prva četiri GPS⁶ satelita lansirana šest godina kasnije. Prvi vektorski GIS razvijen je od strane harvardskog laboratorija 1979. godine (ODYSSEY GIS), dok je Dana Tomlinson samo godinu dana kasnije razvila MAP, popularni rasterski GIS (Gajski 2010).

1981. godine, ESRI je proizveo ARC/INFO programski paket i on se smatra prvim komercijalnim GIS softverom (Longley i dr. 2005). 1986. godine osnovana je tvrtka MapInfo, a godinu dana kasnije počinje izlaziti časopis International Journal of Geographical Information Systems (IJGIS). Prva digitalna internetska karta svijeta objavljena je 1992. godine i taj događaj smatra se početkom web GIS-a.

Još jedna vrlo važna godina bila je 1994., kada je osnovan OGC⁷ kao konzorcij vladinih agencija, proizvođača te GIS korisnika, a osnovan je u svrhu poboljšanja interoperabilnosti samog softvera. U sklopu konzorcija, definiran je i standard metapodataka, takozvani „OGC standard“ kojim se definira format podataka koji se nalaze u GIS sustavima. 1999. godine bila je proslava prvog GIS dana koji se obilježava svake godine diljem svijeta, u srijedu trećeg tjedna mjeseca studenog.

² Canada Geographic Information System - CGIG

³ Urban and Regional Information Systems Association

⁴ Dual Independent Map Encoding

⁵ Experimental Cartographic Unit

⁶ Global Positioning System

⁷ Open Geospatial Consortium

2.2. Arhitektura geoinformacijskih sustava

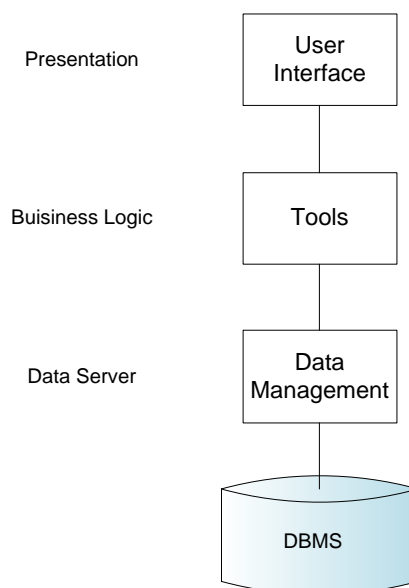
Kada je riječ o arhitekturi, govori se o takozvanoj „trojnoj“⁸ ili troslojnoj arhitekturi. U GIS-u se spominju tri ključna dijela:

- Korisničko sučelje,
- Alati, te
- Menadžment podataka (Slika 1).

Korisnik programu pristupa preko grafičkog sučelja (GUI⁹) koje predstavlja skup integriranih izbornika, alatnih traka, te ostalih kontrola. Upravo spomenuti GUI omogućava pristup alatima. Alati definiraju sposobnosti, odnosno funkcije koje sam softver može koristiti kod manipulacije podacima koji su, pomoću menadžmenta podataka, spremjeni u baze podataka.

U standardnoj terminologiji informacijskih sustava, gore navedena trojna arhitektura sastoji se od:

- Prezentacije,
- Poslovne logike, te
- Servera podataka (*Data Server*) (Slika 1).



Slika 1. Trojna struktura GIS softvera

Kada je riječ o konfiguracijama arhitekture sustava računala, govori se o četiri tipa konfiguracija koje se koriste kod optimalne implementacije geoinformacijskih sustava:

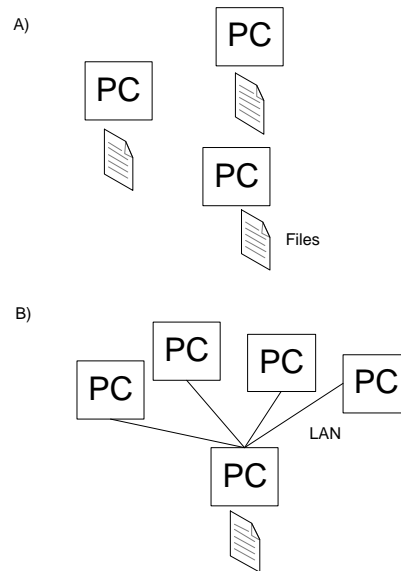
- Desktop GIS (Slika 2),
- Klijent-poslužitelj¹⁰ GIS (Slika 3),
- Centralizirani desktop GIS (Slika 4), te
- Centralizirani serverski GIS (Slika 5).

⁸ Engl. Three-tier architecture

⁹ Engl. Graphical User Interface

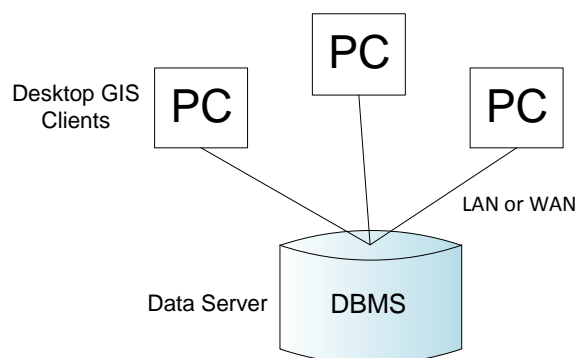
¹⁰ Engl. Client-server

Kod najjednostavnije konfiguracije od svih navedenih, desktop GIS, u jednom su slučaju sve tri komponente trojne arhitekture instalirane na stolnom računalu u sklopu instalacije GIS softvera (Slika 2A). U drugom slučaju (Slika 2B), komponente se nalaze na centraliziranom računalu koje ima ulogu servera (iako to u samoj biti nije), a koje je još uvijek dio desktop GIS sustava. U ovom slučaju, korisnici dolaze do podataka preko LAN¹¹ mreže. Kod ove konfiguracije, svi podaci nalaze se lokalno na računalu.



Slika 2. Desktop GIS

Kada je riječ o naprednim korisnicima, pa i o radnim skupinama sa više korisnika¹², riječ je o klijent-poslužitelj GIS sustavu (Slika 3). U ovom se slučaju tri komponente mogu instalirati na više računala kako bi se povećale performanse i funkcionalnosti samog sustava. Podaci se, kao i sam menadžment baze, u ovom slučaju, nalaze na serveru. Do njih se dolazi putem mreže, najčešće brzom LAN mrežom, no moguće i WAN¹³ mrežom ili Internetom.



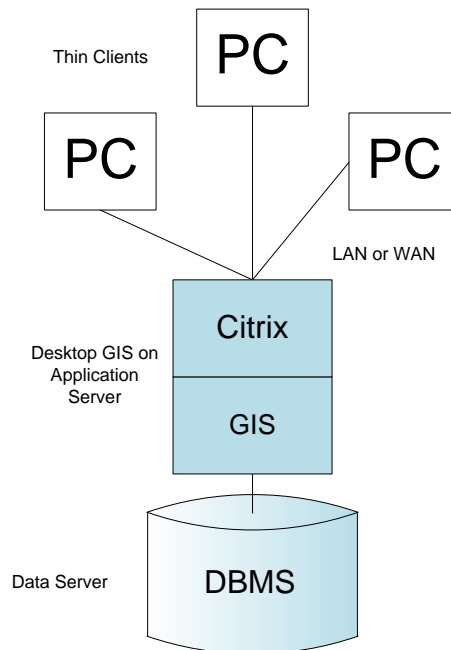
Slika 3. Klijent-poslužitelj GIS

¹¹ Engl. Local Area Network

¹² Engl. Multiuser workgroup

¹³ Engl. Wide Area Network

Konfiguracije desktop i klijent-poslužitelj arhitekture sadrže veliku količinu funkcionalnosti te ih se naziva „teškim“ klijentima¹⁴. S druge strane, osobna računala na kojima se vrte aplikacije i koja su povezana određenom vrstom konekcije (LAN ili WAN) sa aplikacijskim serverom se nazivaju „laki“ klijenti¹⁵. Kod centraliziranog desktop GIS sustava (Slika 4), sve što je potrebno za funkcioniranje samog sustava nalazi se na središnjem nivou arhitekture, na takozvanom aplikacijskom serveru. Uz sam aplikacijski server, potrebno je instalirati i dodatan softver (Citrix ili Windows Terminal Server) koji omogućava korisnicima spajanje ne udaljena računala preko LAN odnosno WAN mreže, te korištenje softvera koji se nalazi na njima kao da je instaliran lokalno na računalu.

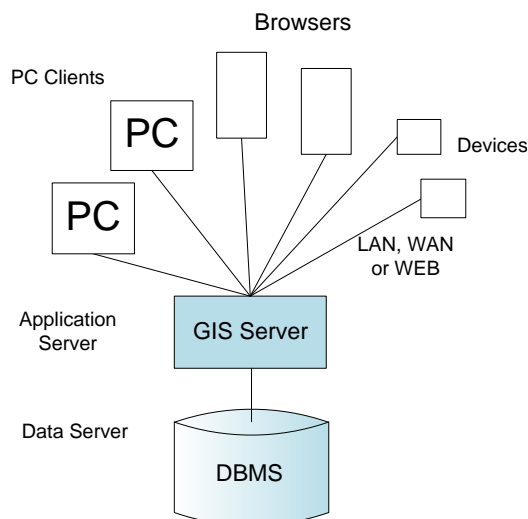


Slika 4. Centralizirani desktop GIS

Kod centraliziranog serverskog GIS sustava, aplikacijski server je implementiran kao pravi server, odnosno funkcionira na zasebnom serverskom računalu na središnjoj razini sustava (Slika 5). Server je sa klijentima spojen LAN mrežom, no sve više se koristi i internetska konekcija zbog spajanja više servera koji se nalaze na različitim mjestima. Ovaj tip implementacije specifičan je kod velikih korporacija gdje u jednu mrežu može biti spojeno više od deset servera kojima se koriste mnogobrojni klijenti.

¹⁴ Engl. Thick clients

¹⁵ Engl. Thin clients



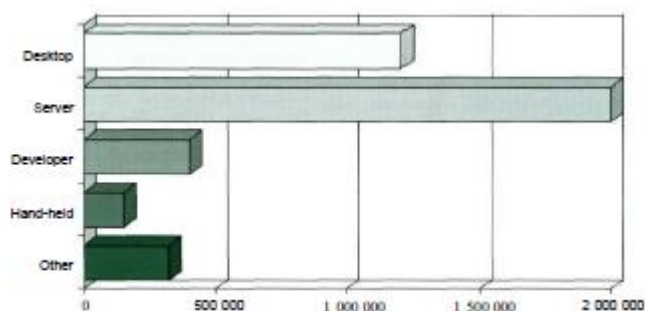
Slika 5. Centralizirani serverski GIS

2.3. Tipovi softvera

Kada je riječ o tipovima softvera, može se reći da postoje četiri glavna tipa GIS softvera:

- Desktop GIS,
- Serverski GIS,
- Razvojni GIS, te
- Mobilni GIS (Longley i dr. 2005).

Slika 6 prikazuje korištenje GIS sustava prema tipu softvera. Iz nje je jasno vidljivo kako se najviše koristi serverski GIS čiji broj korisnika dostiže vrtoglavu brojku od 2 milijuna (s obzirom na starost podataka, danas je ta brojka sigurno mnogo veća).



Slika 6. Korištenje geoinformacijskih sustava prema tipu softvera

2.3.1. Desktop GIS

Desktop GIS je jedan od najčešće korištenih tipova GIS. To je softver koji u svojoj ponudi uključuje raznolike opcije korištenja – od sasvim jednostavnih preglednika (kao na primjer ESRI ArcReader ili Intergraph GeoMedia Viewer), preko softvera sa osnovnim funkcijama (kao na primjer ESRI ArcView), pa sve do profesionalnog softvera u kojem je sadržana potpuna funkcionalnost (ESRI ArcInfo, te Intergraph GeoMedia Professional). Cijena desktop softvera kreće se od 1000 do 2000 dolara

za osnovnu funkcionalnost, znači za obični desktop GIS, dok je cijena za profesionalni GIS znatno veća – od 7000 do 20 000 dolara (Longley i dr. 2005).

2.3.2. Serverski GIS

Serverski GIS je, jednostavno rečeno, GIS koji je instaliran na serveru te koji može manipulirati istovremene zahtjeve i procese više umreženih klijenata. Primjeri serverskog GIS su ESRI ArcGIS Server, te Intergraph GeoMedia WebMap, a cijene im se kreću od 5000 do 25 000 dolara (Longley i dr. 2005).

2.3.3. Razvojni GIS

Razvojni (Developer) GIS predstavlja skup komponenata koje razvojni programeri koriste kako bi izradili aplikacije s točno određenom svrhom. Ovaj GIS se bazira uglavnom na Microsoftovoj .NET tehnologiji. Primjer komponenti je recimo ESRI ArcGIS Engine, a cijena razvojnog sustava iznosi od 1000 do 5000 dolara za razvojne alate, te od 100 do 500 dolara za implementaciju aplikacija (Longley i dr. 2005).

2.3.4. Mobilni GIS

Mobilni, odnosno Hand-held, GIS omogućuje upravo ono što mu ime govori – primjenu na terenu. Zbog nedostatka tvrdog diska na uređajima na kojima se mobilni GIS nalazi (zbog veličine uređaja nema dovoljno mjesta za njega), svi podaci te programi spremljeni su unutar memorije samog uređaja. Primjer mobilnog GIS softvera su ESRI ArcPad te Intergraph Intelliwhere, a cijena im se kreće između 400 i 600 dolara.

2.3.5. Ostali GIS softver

Kada je riječ o ostalim vrstama GIS softvera, potrebno je spomenuti rasterski GIS koji se fokusira na, kao što mu to ime i govori, rastere (možemo ih nazvati i slikama), odnosno manipulaciju i njihovu obradu. Kroz godine razvoja, granica između isključivo rasterskih, odnosno isključivo vektorskih, programa više nije tako striktno određena pa samim time mnogi programi koji su prvenstveno bili vektorski orijentirani sada, kao jednu od funkcija, nude i manipulaciju rasterima (npr. ArcGIS sa svojom Spatial Analyst ekstenzijom koja je prvenstveno namijenjena radu s rasterskim tipom podataka), i obrnuto. Cijene vektorskih GIS programa kreću se između 500 i 10 000 dolara (Longley i dr. 2005).

GIS programi bazirani na CAD¹⁶ tehnologiji su u biti programi koji su svoj razvoj započeli isključivo kao CAD programi, da bi im se kroz razvoj pridodale i mogućnosti GIS softvera (baze podataka, alati za prostornu analizu te kartografiju). Najpoznatiji od spomenutih programa su AutoDesk Map3D, te Bentley GeoGraphics. Cijene im se kreću od 3000 do 5000 dolara (Longley i dr. 2005).

Uz softver, valja spomenuti i takozvani međusoftver¹⁷ te aplikacijske poslužitelje¹⁸ čija je glavna svrha administracija višestrukih korisnika koji pristupaju bazama podataka,

¹⁶ Engl. Computer-Aided-Design

¹⁷ Engl. Middleware

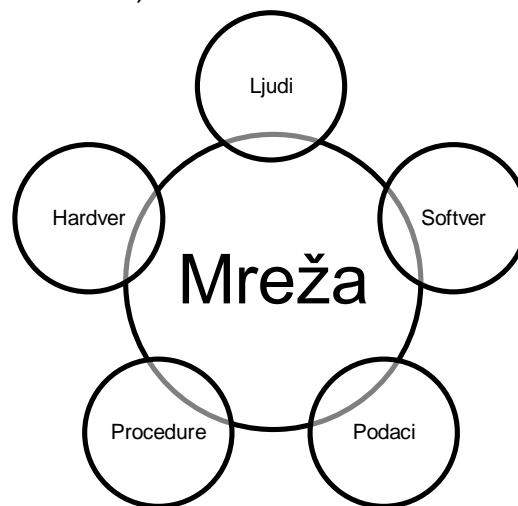
¹⁸ Engl. Application Server

koje su spremljene i administrirane u COTS¹⁹ menadžmentu baze (Longley i dr. 2005). Generalno gledano, ti međusoftveri nude centralizirani menadžment podataka, odnosno omogućuju obradu podataka te pristup bazi na serveru. Primjer takvog međusoftvera je ESRI ArcSDE te Autodesk GIS Design Server, a njihova cijena kreće se od 10 000 do 25 000 dolara, ovisno o broju korisnika koji se istovremeno žele služiti serverom i podacima na njemu.

2.4. Komponente geoinformacijskih sustava

GIS se sastoji od 6 glavnih komponenti (Slika 7):

- Mreže,
- Ljudi,
- Softvera,
- Hardvera,
- Podataka, te
- Procedura (Longley i dr. 2005).



Slika 7. Komponente GIS-a

Kao što je vidljivo iz same sheme, mreža je, moglo bi se reći, glavna komponenta. To je tako zato što upravo mreža omogućava brzu komunikaciju i razmjenu informacija. Ostali segmenti su ljudi, softver, hardver, podaci, te procedure. Ljudi su generalno gledano najaktivnija „komponenta“. Oni se bave programiranjem, dizajnom, posluživanjem te upravljanjem GIS sustava. Softver i hardver predstavljaju skup naredbi za izvršavanje operacija, te fizički uređaj koji te operacije izvodi. Podaci su ključni u cijeloj shemi, iz razloga što sadrže koordinate te adrese i time se provodi prostorni smještaj određenih podataka unutar nekog sustava. Procedure, kao zadnji element, su vezane uz upravljački aspekt. One osiguravaju kontrolu kvalitete samog sustava.

2.5. Podaci u geoinformacijskim sustavima

Podatke općenito razlikujemo s obzirom na njihovu vrstu i oblik (Tablica 1). Kada je riječ o vrsti podataka, razlikuju se:

¹⁹ Engl. Commercial-off-the-shelf

- Točke,
- Linije, te
- Poligoni,

dok se s obzirom na oblik podataka razlikuju:

- Geometrijski (rasterski odnosno vektorski podaci),
- Grafički (siva tonska vrijednost, šrafure, boja, simbol, itd.), te
- Opisni podaci, odnosno atributi.

Tablica 1. Podaci u GIS-u

Podaci												
Vrsta podataka						Oblik podataka						
Točka	Linija		Poligon			Geometrijski podaci		Grafički podaci			Opisni podaci	
Izolirane linije	Linije poput stabla	Mrežna struktura	Izolirani poligoni	Ugniježdjeni poligoni	Susjedni poligoni	Rasterski podaci	Vektorski podaci	Siva tonska vrijednost	Boje	Šrafure	Simboli	...

Za GIS su najvažniji vrsta podataka, te geometrijski oblik podataka.

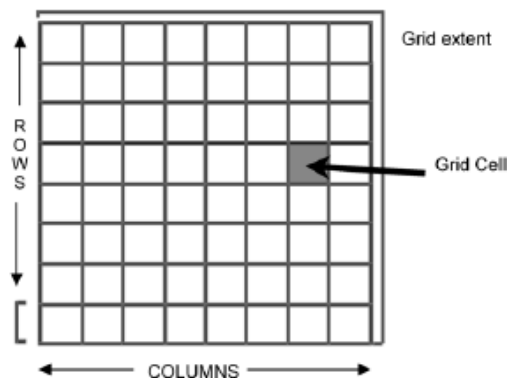
Kada je riječ o vrsti podataka govorimo o točkama, linijama (odnosno polilinijama), te poligonima. Prema tipu linije se dijele na izolirane linije, linije koje imaju izgled poput stabla, te linije koje su mrežne strukture. Izolirane linije koriste se za prikaz onih pojava koje nisu povezane, kao recimo rijeke ponornice. Linije izgleda poput stabla koriste se kod prikaza na primjer riječne mreže, dok linije mrežne strukture koristimo kod prikaza prometnica. Poligoni po svom tipu mogu biti izolirani, susjedni ili ugniježdjeni. Izolirane poligone koristimo kod prikaza površinskih objekata koji nisu međusobno povezani (na primjer kuće, ili jezera), susjedne poligone koristimo u onom slučaju gdje luk jednog poligona graniči (ili se dodiruje) s lukom drugog poligona (na primjer granice država), dok ugniježdjene poligone koristimo u slučaju gdje jedan poligon (ili više njih) leži unutar nekog drugog poligona (Frančula 2004.).

Pod geometrijskim oblikom podataka, podrazumijevaju se vektorski te rasterski podaci. Longley (2005) kaže kako su rasteri i vektori „dvije metode koje predstavljaju geografske podatke u računalnom svijetu“.

2.5.1. Rasterski podaci

Metoda prikaza geografskih značajki pikselima odnosno ćelijama naziva se rasterskim modelom podataka, a podaci korišteni u tom modelu rasterskim

podacima. Ti su podaci definirani položajem ćelije (piksela) unutar matrice koja je podijeljena na stupce i redove (Slika 8).

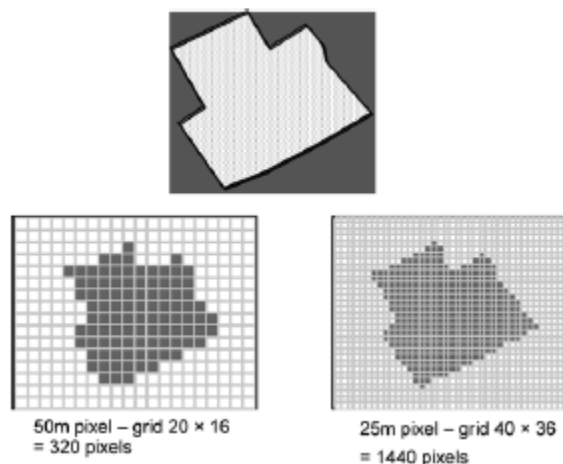


Slika 8. Struktura matrice

Rasteri se najčešće koriste:

- Kod digitalnog prikaza aerofotogrametrijskih odnosno satelitskih snimaka, skeniranih karata te drugih aplikacija koje zahtijevaju detaljan prikaz,
- U slučajevima kada je potrebno smanjenje troškova,
- U slučajevima kada nisu potrebne detaljnije analize nad individualnim značajkama neke karte
- U slučajevima koji zahtijevaju postojanje „backdrop“ karata (Fazal 2008).

Odnos između veličine ćelije te njihovog broja naziva se rezolucijom rastera – što je ona veća, snimci su veće kvalitete (Slika 9).



Slika 9. Razlika u rezoluciji rastera i kvaliteti rastera

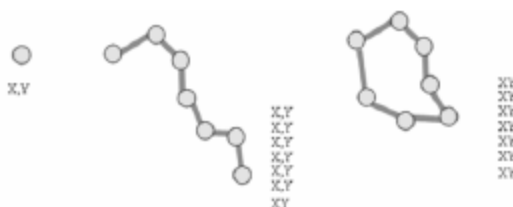
Tablica 2 prikazuje prednosti i nedostaci rasterskih podataka.

Tablica 2. Prednosti i nedostaci rasterskih podataka

Rasteri	
Prednosti	Nedostaci
Jednostavna struktura podataka	Neefikasna iskoristivost računalnog prostora
Jednostavno i efikasno preklapanje	Moguće greške u opsegu i obliku podataka
Kompatibilni sa snimcima daljinskih istraživanja	Teško izvedive mrežne analize
Prostorna varijabilnost je efikasno prezentirana	Neefikasne transformacije projekcija
Jednostavni za vlastito programiranje	Gubitak informacija kod korištenja velikih ćelija
Iste veličine ćelija za više atributa	Manje točne karte

2.5.2. Vektorski podaci

Metoda prikaza geografskih značajki točkama, linijama odnosno poligonima naziva se vektorski model podataka, a podaci koji se koriste u tom modelu vektorskim podacima. To su oni podaci koji imaju pridružen smjer i koordinate (X i Y ako je riječ o 2D podacima, odnosno X, Y i Z ako je riječ o 3D podacima) (Slika 10).



Slika 10. Vektorski podaci

Ovaj oblik podataka se najviše koristi:

- Kod aplikacija koje zahtijevaju visoku preciznost.
- U slučajevima kada je veličina podataka bitna.
- U slučajevima kada je potrebna detaljnija analiza značajki neke karte.
- U slučajevima kada je bitno da se sačuvaju opisne informacije (Fazal 2008).

Tablica 3 prikazuje prednosti i nedostatke vektorskih podataka.

Tablica 3. Prednosti i nedostaci vektorskih podataka

Vektori	
Prednosti	Nedostaci
Kompaktna struktura podataka	Kompleksna struktura podataka
Efikasne mrežne analize	Problem kod operacija preklapanja
Efikasna transformacija projekcije	Prostorna varijabilnost je neefikasno prezentirana
Točnije karte	Nisu kompatibilni sa snimcima daljinskih istraživanja

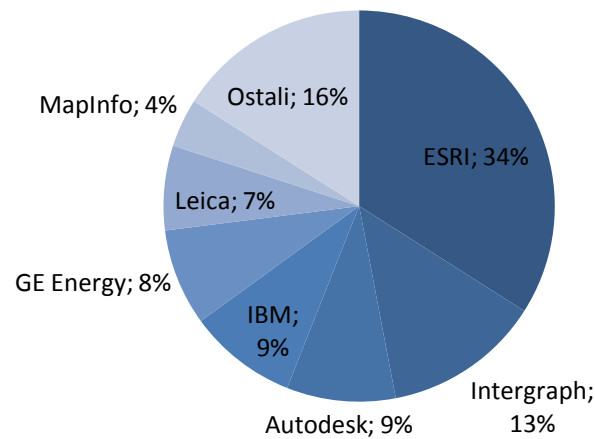
3. ESRI

ESRI²⁰ je vodeća tvrtka kada je riječ o geoinformacijskim sustavima te prodaji softvera (Slika 11). Pošto je ovaj rad izveden na ESRI softveru, u ovom poglavlju dan je kratak pregled povijesti same tvrtke, te razvoja softvera.

Slika 12 prikazuje udio na tržištu različitih proizvođača softvera. Vidljivo je kako ESRI drži najveći udio. Iza slijedi Intergraph kao drugi najveći, dok treće mjesto dijele IBM i Autodesk.



Slika 11. ESRI logo



Slika 12. Proizvođači GIS softvera prema zastupljenosti na tržištu

²⁰ Engl. Environmental Systems Research Institute

3.1. Povijest ESRI

1969. godine harvardski student Jack Dangermond sa svojom ženom osnovao je Environmental Systems Research Institute, Inc. (skraćeno ESRI) sa središtem u Redlandsu u Kaliforniji.

Rani cilj tvrtke bio je organizacija i analiza geografskih podataka u svrhu pružanja podrške prostornim planerima i menadžerima prostornih resursa. ESRI je tako je utemeljio principe integrirane analize krajolika koristeći tehnike ručnog preklapanja te preklapanja karata.

Najranija analiza pomoću karata koristila se topografskim kartama Američkog geološkog zavoda²¹ koje su služile kao podloga koja se preklapala sa Mylarovim folijama²². Svaka Mylarova folija predstavljala je drugi geografski sadržaj (npr. tla, geološka podloga, topografija itd.) te je nakon prenošenja sadržaja svaka folija bila iscrtana ploterom.

Sredinom 1970-ih, okrug San Diego odabrao je ESRI za razvoj PIOS²³ sustava. Razvoj te tehnologije predstavio je veliki odmak od pristupa preklapanja informacija pomoću GRID. ESRI se u to vrijeme bavio i dizajnom sustava za prostorno planiranje i upravljanje Los Angelesom, te razvojem Maryland Automated Geographic Information System – prvog komercijalnog GIS sustava na području američkih federalnih država.

Ubrzo je ESRI počeo uspostavljati veze sa drugim geoinformatičkim tvrtkama iz Njemačke, Japana, Australije te Kanade. Upravo te tvrtke, zajedno sa ESRI, danas predstavljaju međunarodnu mrežu distributera GIS softvera, podrške te usluga.

Rast tvrtke doveo je do formiranja nekoliko područnih ureda na području Sjedinjenih Američkih Država u svrhu pružanja podrške korisnicima. Prvi uredi osnovani su u saveznom državama Washington te Sjevernoj Karolini, a nakon toga je uslijedilo još 8 novih podružnica.

U 1990-ima, tvrtka je zabilježila iznimno visok porast koji je bio potaknut bržim, ali i jeftinijim računalima, elektronskim objavljivanjem podataka, te novim metodama prikupljanja podataka (kao što su daljinska istraživanja, te GPS²⁴). ESRI je također u to vrijeme proširio svoj softver te tečajeve i na sveučilišta. Danas je moguće pohađati stotine tečajeva diljem svijeta, te online tečajeve putem Interneta. Također, osnovan je ESRI Press, ESRI izdavačka kuća koja danas broji preko 100 naslova (URL 2).

1999. godine, ESRI je, pomoću Nacionalnog geografskog društva, započeo tradiciju GIS dana, koji se otad obilježava svake godine diljem svijeta u studenom.

Prva međunarodna ESRI korisnička konferencija²⁵ održana je 1981. godine sa samo 16 sudionika. Kako je tvrtka rasla, tako se i korisnički krug sve više i više širio. Tako danas ESRI konferencije privlače i preko nekoliko tisuća sudionika.

²¹ Engl. U.S. Geological Survey (USGS)

²² Engl. Mylar Sheets – poliesterske folije koje se koriste kod projektiranja, crtanja te arhitektonskih aplikacija

²³ Engl. Polygon Information Overlay System

²⁴ Engl. Global Positioning System

²⁵ Engl. ESRI User Conference (ESRI UC)

3.2. Razvoj softvera

Razvoj softvera počeo je davne 1981. godine izlaskom ARC/INFO platforme koja je predstavljala prvi moderni GIS sustav. Ova platforma je funkcionirala pomoću komandne linije kojom se pristupalo podacima te alatima koji su služili za razvoj baze podataka, pristup podacima te geoproceniranje i izlaz podataka. Sadržavao je podsustave za analize terena (TIN), mreža (Network) te procesiranje topografije (Cogo). U kasnijoj inačici, ARC/INFO 6.0, ESRI je platformi dodao i podsustav koji je omogućavao obradu rasterskih podataka pod imenom GRID (URL 3).

Sve do 1995. godine nije bilo novog softvera, kada ESRI na tržište izbacuje ArcView. To je u početku bio program za analize prostornih podataka te izradu karata, no s vremenom se razvija u pravi GIS sustav sa mogućnošću kompleksnih prostornih analiza te upravljanja podacima. Upravo te, 1995. godine, izlazi prva inačica, ArcView 1.0. To je bio softver koji je također pristup podacima pružao kroz komandnu liniju i, u to vrijeme, nije podržavao shapefile. ArcView 2.x je, kad je izašao na tržište, predstavljao prekretnicu – to je bio prvi ESRI produkt koji je podržavao Windows, MAC te UNIX platforme. ArcView 3.x (kasnije nazvan ArcView GIS) je bio slijedeća (i zadnja) ArcView inačica koja je nudila potpunu GIS funkcionalnost – uz prije navedene mogućnosti, nudila je i alate za geoproceniranje, ekstenzije za obradu rastera te 3D analize. Zadnja inačica (ArcView GIS 3.3) izašla je krajem svibnja 2002. godine (URL 4).

Krajem 1999. godine, ESRI je na tržište izbacio novi softver nazvan ArcGIS 8.x. Prva inačica koja je izašla bio je ArcGIS 8.0. Novosti unutar ove inačice bili su ArcMap i ArcCatalog (aplikacije za obradu i manipulaciju podacima), pojam geodatabase (baza podataka) te on-the-fly projekcije i anotacije u bazi podataka. Ekstenzije Spatial, Geostatistical i 3D Analyst izašle su u sklopu ArcGIS 8.1, a još jedna od novosti bila je uvođenje ArcIMS softvera koji je omogućavao online pristup podacima. Zadnja novost u ArcGIS 8.x bila je dodavanje mogućnosti kreiranja topologije u inačici 8.3. Također, javljaju se licence za ArcGIS – licenca s najmanje funkcionalnosti ArcView, licenca sa srednjom funkcionalnosti ArcEditor, te u potpunosti profesionalni GIS sa najvišim stupnjem funkcionalnosti ArcInfo (URL 5).

U svibnju 2004. godine izlazi još jedna inačica ArcGIS softvera, ArcGIS 9.x, koja se sastojala od četiri podinačica – 9.0, 9.1, 9.2, 9.3 te 9.3.1. Ova inačica uključivala je u potpunosti novo okruženje za geoproceniranje, modeliranje te skriptiranje²⁶, nove, poboljšane alate za labele te stvaranje i editiranje anotacija. Rasterski podaci se u inačici 9.1 mogu u potpunosti obrađivati te je njima moguće manipulirati kroz ArcCatalog. Također, kada je riječ o bazi podataka (geodatabase), uvedena je mogućnost eksportiranja podataka koristeći XML²⁷. Govori li se o ekstenzijama, novost je Maplex koji omogućava stvaranje kartografskih labela, ArcGlobe aplikacija unutar 3D Analyst ekstenzije, preko 100 novih alata unutar Spatial Analyst ekstenzije, StreetMap ekstenzija, te ArcGIS Engine koji služi za stvaranje novih aplikacija, i ArcGIS Server kojim se omogućava razvoj aplikacija putem Interneta. Inačica 9.1 nudila je mnoštvo novih alata i mogućnosti – od povećane funkcionalnosti za ArcView i ArcEditor korisnike, preko novih alata za geoproceniranje pa sve do novih ekstenzija (Network Analyst, ArcScan) i mogućnosti spremanja podataka u raniju inačicu

²⁶ Engl. Scripting

²⁷ Engl. Extensible Markup Language

softvera (na primjer spremanje u verziju koju je moguće učitati u ArcGIS 8.x), i spremanja cijelih dokumenata (*.mxd za ArcMap dokumente, *.lyr za slojeve, *.scn za ArcScene dokumente te *.3dd za ArcGlobe dokumente). Inačica 9.2 poboljšana je posebno kada je riječ o geodatabase te ArcGIS Serveru, dok 9.3.1 najviše promjena uvodi kada je riječ o ArcGIS Serveru (Microsoft Silverlight koji omogućava kreiranje web aplikacija, nove Java mogućnosti za programere koji rade sa ArcGIS Serverom, te podrška za Microsoft Virtual Earth), a uveli su i ArcGIS Online Sharing and Search koji omogućuje razmjenu podataka sa drugim korisnicima putem Interneta.

Najnovija verzija, ArcGIS 10, izašla je 2010. godine. Najveća promjena u odnosu na prijašnje verzije je redizajn sučelja. Također, uvedene su promjene kad je riječ o bazama podataka (dodane nove ključne riječi, novi alat za unaprjeđenje same baze, dodana su nova topološka pravila i mnoge druge novosti), rasterskim podacima (moguće je napraviti Raster Dataset, Raster Catalog, Raster Layer te Mosaic Dataset, moguće je on-the-fly procesiranje rastera itd.), dodane su nove funkcionalnosti kod rada sa tablicama i atributima te metapodacima, preko 50 novih alata za geoprociranje je dodano i još mnoge druge promjene. Generalno gledano, ovo je verzija koja nudi najviše promjena i novosti u odnosu na prijašnje verzije.

4. Poplave

Definicija poplave bi bila da je to pojava neuobičajeno velike količine vode na određenom mjestu zbog djelovanja prirodnih sila ili drugih uzroka.

Prema uzrocima njihovog nastanka poplave se dijele na poplave nastale zbog:

- Jakih oborina
- Nagomilavanja leda u potocima
- Kliženja tla ili potresa
- Rušenja brana ili ratnih razaranja,

dok te iste poplave s obzirom na vrijeme formiranje vodnog vala mogu biti:

- Mirne,
- Bujične, te
- Akcidentne.

Mirne poplave su one poplave na velikim rijekama gdje je potrebno deset ili više sati za formiranje vodnog vala. Bujične su poplave na brdskim vodotocima gdje se vodni val formira za manje od deset sati, dok akcidentne poplave nastaju uglavnom rušenjem vodoprivrednih odnosno hidroenergetskih objekata, a karakterizira ih trenutno formiranje velikog vodnog vala (Cetl 2010).

4.1. Poplave u urbanim područjima

Govori li se o poplavama u urbanom području, faktori koji utječu na njihov nastanak mogu se razvrstati u tri kategorije. To su:

- Meteorološki,
- Hidrološki, te
- Faktori nastali djelovanjem čovjeka.

Tablica 4 daje detaljan opis faktora koji utječu na poplave.

Tablica 4. Faktori koji utječu na poplave

Meteorološki faktori	Hidrološki faktori	Faktori nastali ljudskim djelovanjem
Oborine	Vlažnost tla	Promjene korištenja zemljišta
Ciklonske oluje	Razina podzemnih voda prije oluja	Neefikasna, odnosno neodržavana, infrastruktura
Oluje malih razmjera	Srednja vrijednost propusnosti tla	Klimatske promjene koje utječu na učestalost i razmjere poplava
Temperatura	Postojanje nepropusnog tla	Urbana mikroklima
Količine snijega (topljenje i padaline)	Oblik i gruboća poprečnog presjeka kanala	Zauzimanje naplavne ravni čime se utječe na protok
	Sinkronizacija dotoka vode iz različitih dijelova riječnog sliva	Previše efikasna drenaža područja gornjeg toka
	Prisutnost, odnosno nedostatak, mreže kanala	

S obzirom na kombinaciju uzroka, poplave u urbanim područjima dijele se na:

- Lokalne,
- Riječne²⁸,
- Iznenadne²⁹, te
- Obalne³⁰ poplave (WMO/GWP 2008).

Kada je riječ o lokalnim urbanim poplavama, one nastaju u slučaju kada količina padalina premašuje kapacitet odvodnog sustava nekog grada, a tlo je ili već zasićeno kišnicom ili je podloga od nepropusne vrste tla. Trajanje lokalnih poplava je, u većini slučajeva, kratko, no u područjima koja se nalaze u kišnim predjelima (pogotovo ako je riječ o područjima koje pogađaju monsuni) one mogu trajati tjednima i prouzrokovati goleme štete.

Riječne poplave u urbanim područjima uglavnom su uzrokovane velikom količinom kiše ili topljenjem snijega u područjima gornjeg toka, odnosno plimnim utjecajem (ako je riječ o rijeci koja utječe u more) iz područja donjeg toka. Vodni val se formira polako, a period porasta i pada vodostaja je iznimno dug – može trajati i do nekoliko tjedana, pogotovo u područjima sa malim nagibom terena. Riječne poplave, osim prirodnim faktorima, mogu biti uzrokovane i ljudskim faktorima, pogotovo lošim upravljanjem sustava za obranu od poplava.

Iznenadne poplave nastaju kao rezultat iznimno brze akumulacije i oslobađanja vode, koji mogu biti posljedica više uzroka (velike količine padalina u kratkom vremenu, klizišta, zakazivanje mehanizma obrane od poplava, itd.). Karakterizira ih gotovo trenutni porast vodostaja do njegovog maksimuma, koji se isto tako brzo smanjuje. Ova vrsta poplava predstavlja jedan od najrazornijih tipova poplava u urbanim područjima zbog njihove nepredvidljive prirode, te jakih struja koje mogu nositi velike količine mulja i ostalog otpada uzrokujući time iznimno velike štete infrastrukturi i stanovništvu pogođenog područja. Upravo ta nepredvidljiva priroda daje malo (ponekad i nimalo) vremena stanovništvu za pripremu ili evakuaciju. Osim

²⁸ Engl. Riverine floods

²⁹ Engl. Flash floods

³⁰ Engl. Coastal floods

većih rijeka i manji potoci unutar urbaniziranog područja mogu također predstavljati svojevrsan rizik od poplava pošto razina vode može narasti uslijed velike količine padalina ili pojačanog dotoka vode (pogotovo ako izvire u brdskim ili planinskim predjelima).

Obalne poplave se uglavnom odnose na one gradove koji se nalaze na riječnim ušćima, odnosno gradove na obalama mora generalno. One nastaju uglavnom uslijed visokog plimnog vala (višeg od uobičajenog za neko područje), tropskim ciklonima, odnosno uraganima, te također, doduše rijetko, tsunamijima.

Bitno je spomenuti i utjecaj poplava na lokalno stanovništvo. Taj utjecaj može biti:

- Fizički (tjelesni),
- Ekonomski, te
- Okolišni, odnosno utjecaj na okoliš (WMO/GWP 2008).

Štete od poplava se, s druge strane, diferenciraju na:

- Direktne (materijalne i nematerijalne), te
- Indirektne (materijalne i nematerijalne).

Pod direktnim štetama od poplave podrazumijeva se šteta na urbanoj infrastrukturi od direktnog kontakta s poplavom, dok su indirektne štete one štete koje su nastale zbog same činjenice da je došlo do poplave, a ne zbog same poplave (na primjer, poslovni gubici, prekid u prometu itd.). Materijalnim gubicima se podrazumijeva gubitak nečeg što ima novčanu vrijednost (na primjer, zgrade, stoka, infrastruktura itd.), dok se nematerijalnim gubicima smatra gubitak nečeg što nema materijalnu vrijednost (na primjer, gubitak života ili tjelesne ozljede, naslijeđe itd.) (WMO/GWP 2008).

4.2. Zakonska regulativa zaštite od poplava u Hrvatskoj

Zaštita od poplava u Hrvatskoj zakonski je definirana kroz Zakon o vodama u kojem se govori o zaštiti od štetnog djelovanja voda (spominju se i poplave), Državni plan obrane od poplava te Strategiju o upravljanju vodama.

Poplava je Zakonom o vodama definirana kao „privremena pokrivenost vodom zemljišta, koje obično nije prekriveno vodom, uzrokovana izlivanjem rijeka, bujica, privremenih vodotoka, jezera i nakupljanja leda, kao i morske vode u priobalnim područjima i suvišnim podzemnim vodama“ (NN 2009), dok je tim istim zakonom rizik od poplava opisan kao „kombinacija vjerojatnosti poplavnog događaja i potencijalnih štetnih posljedica poplavnog događaja za život, zdravlje i imovinu ljudi, okoliš, kulturno naslijeđe i gospodarsku aktivnost“ (NN 2009). U članku 112., spominju se planovi upravljanja rizicima od poplava koji sadrže:

- Ciljeve za upravljanje rizicima od poplava,
- Mjere za ostvarenje tih ciljeva (uključujući i preventivne mjere),
- Zaštitu, pripravnost i prognozu poplava te
- Sustave za obavješćavanje i upozoravanje.

Državni plan obrane od poplava uređuje:

- Teritorijalne jedinice za obranu od poplava,
- Stadije obrane od poplava,
- Mjere obrane od poplava (uključujući i preventivne mjere),
- Nositelje obrana od poplava,
- Upravljanje obranom od poplava,
- Sadržaj provedbenih planova obrane od poplava,
- Donositelja i sadržaj logističkih planova u slučaju poplava, te
- Sustav za obavještanje i upozoravanje te sustav veza (NN 2010).

Također, spominje se i Glavni centar obrane od poplava kao središnja jedinica Hrvatskih voda (koje su nositelj obrane od poplava) za upravljanje redovitom i izvanrednom obranom od poplava, te Državna uprava za zaštitu i spašavanje (DUZS) kao temeljni nositelj ovlasti na području zaštite od katastrofa i velikih nesreća.

4.3. Zaštita od poplava u Hrvatskoj

S obzirom na činjenicu da je Hrvatska smještena unutar velikog dunavskog bazena, te da je pod velikim utjecajem rijeka Drave i Save te njihovih pritoka, a i samom činjenicom da je više od 50% teritorija Hrvatske niže od 200 metara nadmorske visine, poplave predstavljaju veliki rizik (DUZS 2009).

Poplave u Hrvatskoj se mogu svrstati u pet osnovnih skupina:

- Riječne poplave zbog obilnih kiša i/ili naglog topljenja snijega,
- Bujične poplave manjih vodotoka zbog kratkotrajnih kiša visokog intenziteta,
- Poplave na krškim poljima zbog obilnih kiša i/ili naglog topljenja snijega, te nedovoljnih propusnih kapaciteta prirodnih ponora,
- Poplave unutarnjih voda na ravničarskim područjima,
- Ledene poplave, te
- Akcidentne poplave zbog eventualnih proboja brana i nasipa, aktiviranja klizišta, neprimjerenih gradnji i slično (NN 2008).

4.3.1. Izgrađenost zaštitnih sustava

Postojeći zaštitni sustavi i sustavi melioracijske odvodnje sastoje se od velikog broja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina te vodnih građevina za melioracijsku odvodnju. Na vodotocima I. reda³¹, zaštitni su sustavi u potpunosti izgrađeni na 73% vodotoka, djelomično na oko 24%, dok na 3% vodotoka nisu uopće izgrađeni, iako je tim područjima potrebna obrana od poplava. Na vodotocima II. reda, sustav je izgrađen na približno 75% vodotoka, dok je na ostalih 25% sustav ili nije uopće, ili je izgrađen manjim dijelom.

Do sad je unutar sustava za obranu od poplava Hrvatske izgrađeno:

³¹ Sustav voda I. reda prema Odluci o popisu voda I. reda (NN 2010) čine međudržavne vode (83 prirodna vodotoka, 12 kanala, jedno prirodno jezero i dvije akumulacije), priobalne vode, drugi veći vodotoci (61 prirodni vodotok, 22 ponornice, pet prirodnih jezera, 33 kanala, 15 tunela, 35 akumulacija i 32 retenncije), te 67 bujičnih voda veće snage. Sveukupno u sustav voda I. reda ulazi 10203 kilometara rijeka, vodotoka, kanala i bujica s pripadnim regulacijskim i zaštitnim vodnim građevinama te 63 crpne stanice (NN 2008).

- 58 višenamjenskih akumulacija,
- 43 brdske retencije,
- Dijelom je formirano 5 velikih nizinskih retencija u slivu Save (Lonjsko polje, Mokro polje, Kupčina, Zelenik i Jantak),
- 3 velika oteretna kanala (kanal Odra, kanal Lonja – Strug te kanal Kupa – Kupa),
- Spojni kanali Zelina – Lonja – Glogovnica – Česma te Ilova – Pakra, te
- Približno 900 kilometara lateralnih kanala za prikupljanje brdskih voda uz branjena područja. (NN 2008).

Od osnovnih melioracijskih objekata za odvodnju izgrađeno je:

- Oko 6600 kilometara melioracijskih kanala, te
- 74 crpne stanice od kojih je najveća CS Bosut³² na ušću Bosuta u Savu.

Izgrađen je i velik broj manjih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina, te devet odvodnih tunela za potrebe odvodnje krških polja na jadranskim slivovima.

4.3.2. Zaštita od poplava – rijeka Sava

Za rijeku Savu osnovana je posebna komisija – Međunarodna komisija za sliv rijeke Save (poznata i pod imenom Savska komisija) koju su osnovale Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Srbija i Slovenija radi usklađivanja aktivnosti u slivu usmjerenih ka ostvarivanju slijedećih ciljeva (definiranih Okvirnim sporazumom o slivu rijeke Save):

- Uspostavljanje međunarodnog režima plovidbe na Savi i njenim plovnim pritocima,
- Uspostavljanje održivog upravljanja vodama, te
- Poduzimanje mjera radi sprječavanja opasnosti kao što su poplave, led, suše ili akcidenti u vezi s ispuštanjem opasnih tvari u vodu, kao i mjera otklanjanja odnosno smanjivanja njihovih posljedica (NN-MU 2003).

Aktivnosti Savske komisije u području upravljanja poplavama odnose se na pitanja kao što su:

- Procjena rizika od poplava i kartiranje opasnosti i rizika od poplava,
- Planiranje upravljanja rizikom od poplava, te
- Priprema zajedničkog sustava obavještanja i prognoziranja poplava (URL 6).

Kada je riječ o zaštićenosti područja od poplava u Hrvatskoj, spomenut ćemo sliv Save pošto je diplomski rad orijentiran ka toj rijeci. Od velikih voda Save, primjereno je zaštićen samo grad Zagreb i to sustavom Srednje Posavlje, dok su ostala područja nedovoljno zaštićena. Uzvodno uz Savu prema granici sa Slovenijom, obrambeni su nasipi samo djelomično izgrađeni, pa su niži dijelovi zaprešićke i samoborske regije često plavljeni. Srednje Posavlje je, dakle, sustav obrane od poplava gradova Zagreba, Karlovca te Siska unutar kojeg se nabrojani gradovi od poplava brane

³² Iako se ova crpna stanica ne nalazi na području Republike Hrvatske, njezino je građenje u Jugoslaviji većim dijelom financirala Hrvatska no zbog nepostojanja bilateralnog ugovora o vodno-gospodarskoj suradnji, Hrvatska za sad nema mogućnosti utjecati na usklađivanje rada te crpne stanice za vlastite potrebe.

nasipima i oteretnim kanalima. Jedan od tih kanala je i kanal Odra u koji je glavni obrambeni mehanizam od poplava grada Zagreba. Osim rijeke Save, gradu Zagrebu prijete i medvednički potoci od kojih je, sustavom od 19 brdskih retencija, samo djelomično zaštićen.

4.3.3. Poplave rijeke Save

Rijeka Sava se tokom povijesti nekoliko puta izlivala iz svog korita i time nanosila materijalne štete te odnosila ljudske živote. U ovom poglavlju spomenut će se dvije poplave rijeke Save – ona iz listopada 1964. godine te nedavna iz rujna 2010. godine. Te dvije poplave izabrane su iz razloga što je prva bila najveća, a druga zadnja u nizu poplava kada je čak i Zagreb bio ugrožen.

4.3.3.1 Poplava rijeke Save 1964. godine

Ova poplava zabilježena je dosad kao jedna od najvećih elementarnih nepogoda te vrste i po broju ljudskih žrtava i po velikoj materijalnoj šteti koju je prouzročila. Sve je počelo u noći sa 25. na 26. listopada 1964. godine. Tada je nabujala Sava probila nasipe i poplavila trećinu Zagreba, kada je poharala više od šest tisuća hektara užeg gradskog područja na kojem je živjelo više od 180 tisuća Zagrepčana. Najviši zabilježeni vodostaj bio je 514 centimetara. Štete od te poplave bile su goleme, a navode se samo sljedeće: 17 ljudskih žrtava, 40 000 ljudi ostalo je bez krova nad glavom, 10 000 potpuno uništenih stanova i 3297 gospodarskih zgrada, 120 oštećenih poduzeća, dva kilometra autoputa, zauvijek je izgubljeno 65 posto građevinskog materijala iz skladišta, uništena je 61 trafostanica i još mnogo drugih dobara (Gereš 2004). Slika 13 prikazuje pogled na Savski most. Slika 14 prikazuje pogled na Savsku cestu s, tada još nezavršenog, Vjesnikovog nebodera.



Slika 13. Savski most za vrijeme poplave 1964. godine



Slika 14. Pogled na Savsku cestu za vrijeme poplave 1964. godine

4.3.3.2 Poplava Save 2010. godine

Poplava rijeke Save 2010. godine počela je sredinom rujna, kada je, zbog velike količine padalina, prvo zabilježen znatan rast vodostaja rijeke Istarske županije, a kasnije i rijeke Save. Dana 19. rujna 2010. godine Vodnogospodarski odjel za vodno područje sliva Save donio je odluku o uspostavi izvanrednog stanja za slivno područje Grada Zagreba. Zabilježen vodostaj na vodomjeru Jesenice II iznosio je 552 centimetara (URL 7). Voda je u to vrijeme počela plaviti naselje Javorje kod Brdovca, dok su zaobalne vode ugrozile i naselja Drenje, Zdenci, te Ključ Brdovečki. Nedugo nakon toga, poplavljena su i područja nizvodno od prije poplavljenih područja (Čička Poljana, itd.).

Iako je vodni val bio jedan od najviših u zadnjih 100 godina, niti jedan ljudski život nije izgubljen, unatoč iznimno velikim materijalnim štetama. Slika 15 prikazuje rijeku Savu u rujnu 2010. na području Grada Zagreba. Slika 16 prikazuje Čičku Poljanu za vrijeme poplave.



Slika 15. Rijeka Sava u rujnu 2010. godine kod jezera Jarun



Slika 16. Poplavljeno područje Čičke Poljane u rujnu 2010. godine

5. Programska podrška

Diplomski rad izrađen je u softveru ArcGIS 10 (ArcEditor licenca) koji je, u svrhu izrade ovog diplomskog rada, ustupila tvrtka GISDATA d.o.o. iz Zagreba.

ArcGIS je softver koji se nudi u tri stupnja funkcionalnosti (moglo bi se reći i da postoje tri vrste licenci) – ArcView, ArcEditor te ArcInfo (Slika 17). ArcView je osnovni stupanj funkcionalnosti namijenjen „neprofesionalnoj“ upotrebi koji nudi alate za vizualizaciju podataka i izradu karata, ArcEditor uz ArcView alate nudi i alate za višekorisničko uređivanje podataka te napredne manipulacije podacima i generalno uključuje skoro potpunu funkcionalnost. Studentske i evaluacijske verzije ArcGIS softvera dostupne su upravo s ovom licencom (Hiller 2011). ArcInfo uz alate ArcEditora nudi i alate za napredne analize, alate za naprednu kartografiju te širok spektar alata za upravljanje bazama podataka. To je u potpunosti profesionalni GIS kojim se koriste stručnjaci i GIS specijalisti.



Slika 17. Dostupne licence za ArcGIS

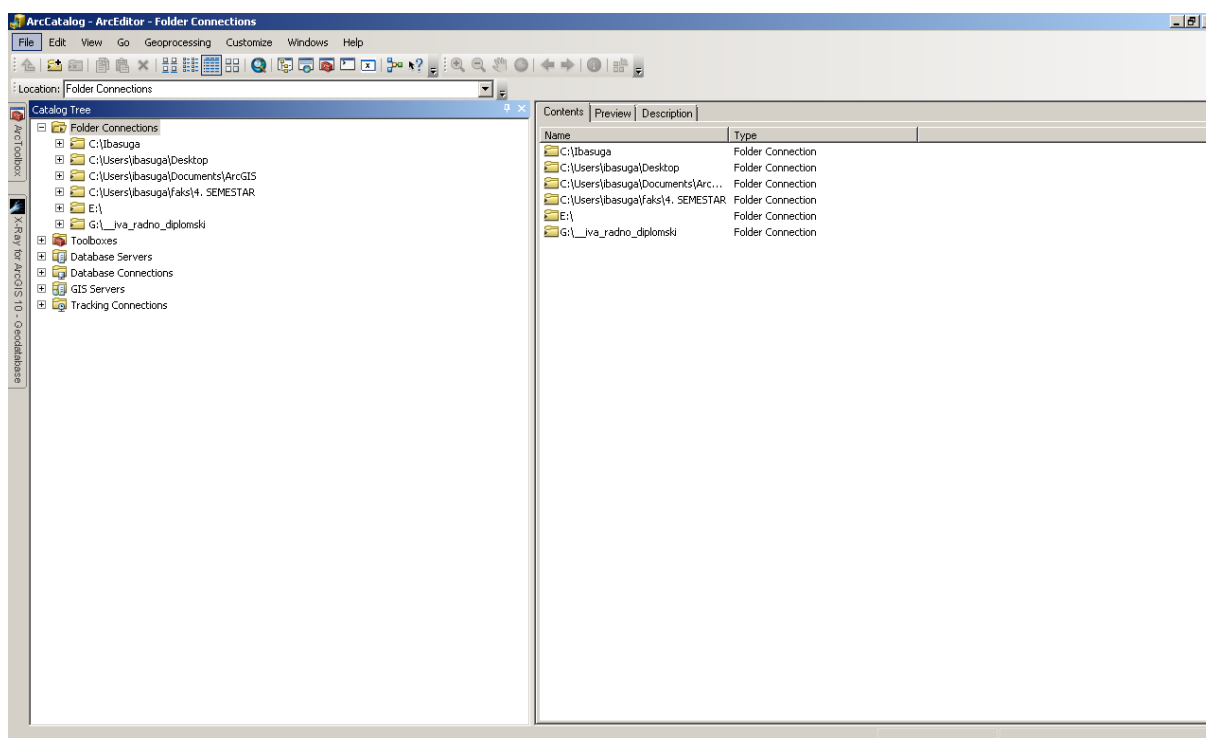
Uz ArcEditor licencu, korištene su i Spatial te 3D Analyst ekstenzije. Spatial Analyst je ekstenzija koja se koristi kod analize rasterskih podataka. 3D Analyst je ekstenzija s koja omogućuje korisnicima pregled i analize prostornih podataka koji se nalaze u tri dimenzije (3D). S ovom ekstenzijom dolazi još jedna aplikacija za vizualizaciju podataka – ArcGlobe. Kada je riječ o ArcGIS aplikacijama, potrebno je spomenuti tri aplikacije korištene u ovom radu:

- ArcCatalog koji je služio za kreiranje same baze podataka,
- ArcMap koji je korišten u svrhu izrade (vektORIZACIJE) podataka i manipulacije podacima te za analize koje je bilo potrebno provesti na podacima, te
- ArcScene koji je služio za vizualizaciju 3D podataka.

ArcCatalog (Slika 18 i Slika 19) je dio ArcGIS paketa koji služi za administraciju podataka koji je u najnovijoj verziji integriran u sučelje ArcMap aplikacije.







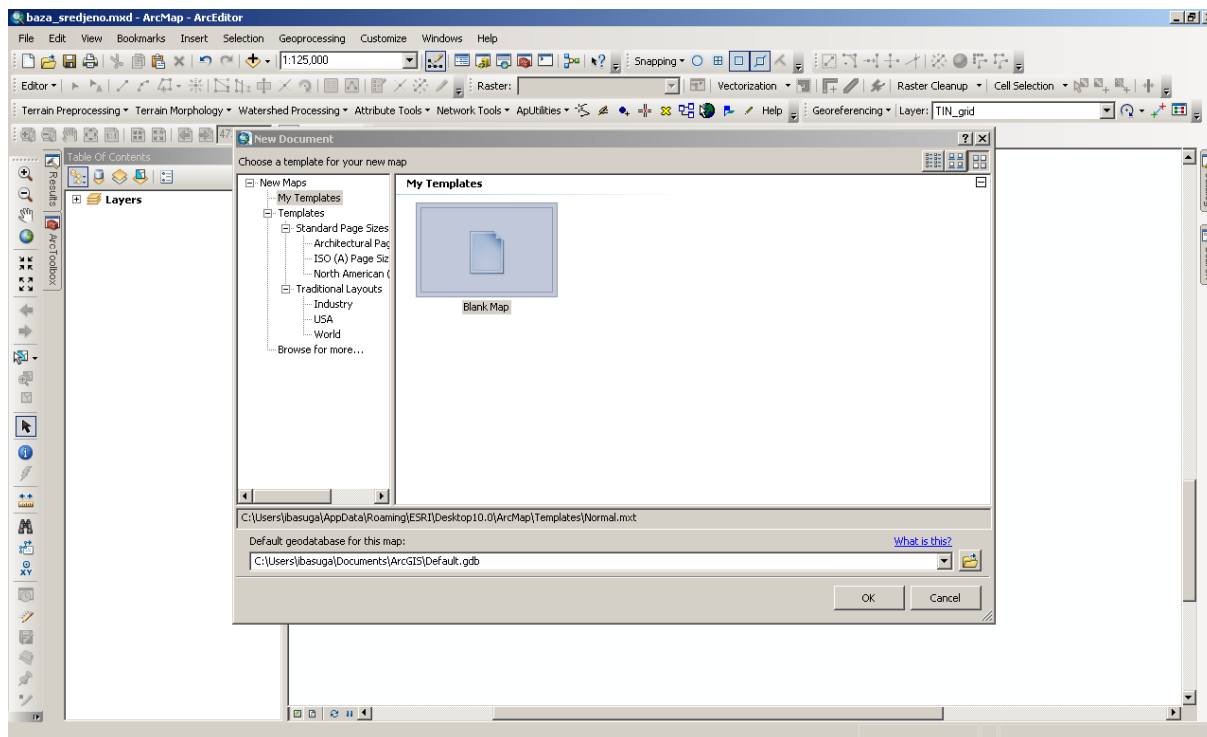
Slika 18. Početni logo ArcCataloga



Slika 19. ArcCatalog sučelje

ArcMap je centralna aplikacija koja služi za obradu, manipulaciju i prikaz podataka (Slika 20). Na samom pokretanju aplikacije, može se birati hoće li se otvoriti novi ili prije spremljeni dokument. Sučelje se sastoji od Table of Contents (TOC), te alatnih traka. Table of Contents prikazuje koji se slojevi sve nalaze u dokumentu i omogućuje promjenu simbologije, pristup atributima, te opcijama pojedinih slojeva. Također, omogućuje i pregled slojeva po:

- redu crtanja (List By Drawing Order ikona ) ,
- datotekama iz kojih se određeni slojevi učitavaju (List By Source ikona ) ,
- vidljivosti (List By Visibility ikona ) , te po
- mogućnosti selektiranja (List By Selection ikona ) .



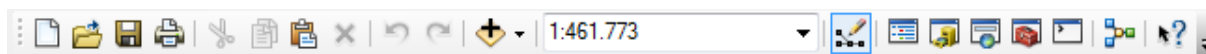
Slika 20. ArcMap sučelje

Neke od važnijih alatnih traka unutar ArcMap sučelja su sljedeće:

- „Standard“,
- „Editor“,
- „Snapping“, te
- „Tools“ alatna traka.

„Standard“ alatna traka služi redom za:

- stvaranje novog, otvaranje prije spremljenog, te spremanje postojećeg ArcMap (*.mxd) dokumenta,
- Standardne „Undo“ te „Redo“ opcije,
- Dodavanje slojeva te rastera,
- Određivanje mjerila,
- Otvaranje „Editor“ alatne trake,
- Prikaz (ili skrivanje) tablice sadržaja (Table of Contents – TOC),
- Otvaranje ArcCatalog prozora,
- Otvaranje prozora za pretragu alata,
- Otvaranje prozora sa svim dostupnim alatima (takozvani ArcToolbox),
- Otvaranje Python prozora za programere, te
- Otvaranje ModelBuilder opcije koja služi za izradu modela prema kojim će se provoditi određeni algoritmi (Slika 21).



Slika 21. „Standard“ alatna traka

„Editor“ alatna traka služi za uređivanje postojećih te stvaranje novih podataka (Slika 22).



Slika 22. „Editor“ alatna traka

„Snapping“ alatna traka služi za određivanje mjesta gdje će se nova značajka „zalijepiti“ za već postojeću značajku. Značajku je moguće „zalijepiti“ za neku točku, kraj, vetreks ili rub linije ili poligona. Zadnja opcija je takozvani „perpendicular“ koji služi za vektorizacije okomice na određenu liniju ili segment poligona (Slika 23).



Slika 23. „Snapping“ alatna traka

„Tools“ alatna traka (Slika 24) je općenita traka koja služi za navigaciju, mjerenje, selektiranje te mnoge druge funkcije. Neki od važnijih alata bili bi:

- Zoom In/Zoom Out, Pan, Full Extent, Fixed Zoom In/Fixed Zoom Out, te Go To Previous/Next Extent za pomicanje po karti i mjenjanje mjerila,
- Select Features/Zoom To Selected Features, te Clear Selected features za selektiranje određenih značajki,
- Measure za mjerenje površina i linija,
- Go To XY za pomicanje na točno određene koordinate, te
- „Editor“ opcije za početak, spremanje i prestanak editiranja podataka.



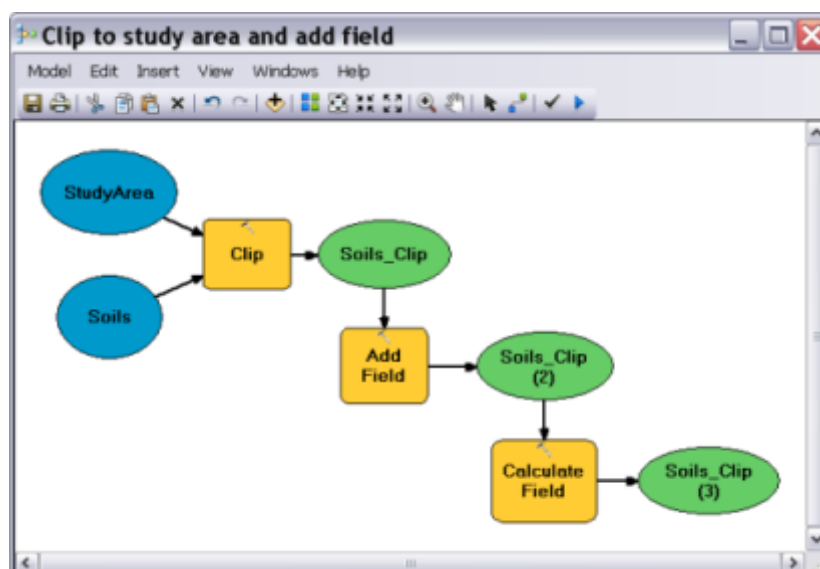
Slika 24. „Tools“ alatna traka

Važno je napomenuti da se svaka alatna traka može prilagoditi potrebama korisnika opcijom „Customize“ kojom je moguće dodati nove odnosno maknuti nepotrebne alate.

ArcScene je aplikacija koja omogućava pregled podataka u 3D okruženju.

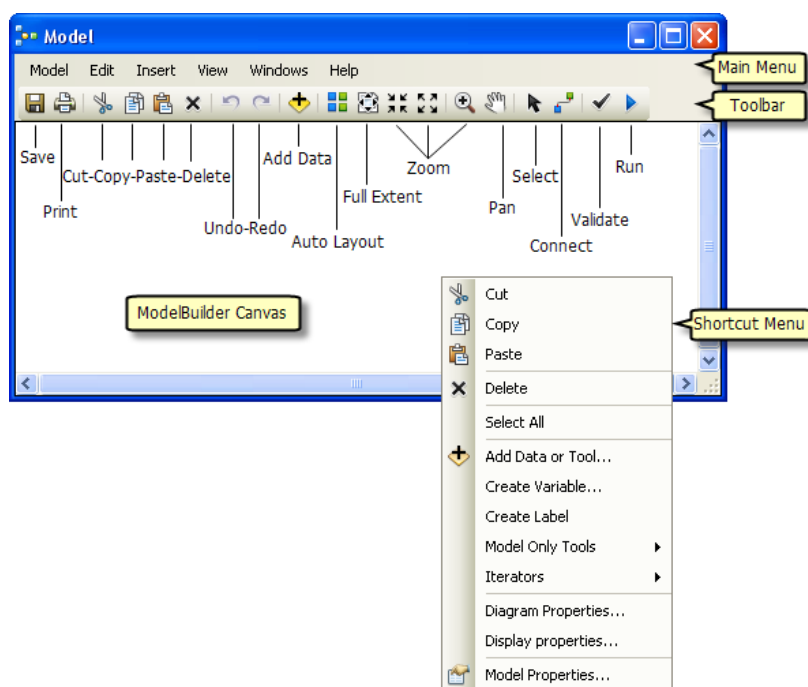
5.1. ModelBuilder aplikacija

ModelBuilder je aplikacija koja se koristi kod izrade modela koji su u biti radni sljedovi kojima se pomoću alata automatski provode analize podataka. Kod analiza podataka, izlazni podaci jednog alata su ulazni podaci drugog alata. Slika 25 to najbolje demonstrira – izlazni podaci na kojima je proveden alat „Clip“ su ulazni podaci alata „Add Field“ i tako sve dok svi alati dodani u model ne budu izvršeni (URL 8).



Slika 25. Primjer modela podataka

ModelBuilder koristi jednostavno sučelje sa padajućim izbornicima, alatima na alatnoj traci te izbornikom prečaca (Shortcut Menu) (Slika 26).



Slika 26. ModelBuilder sučelje

Osnovni pojmovi kod ModelBuilder aplikaciji su:

- Radna površina modela,
- Dijagram modela,
- Elementi modela,
- Proces modela,
- Prijelazni podaci³³, te

³³ Engl. Intermediate data

- Validacija modela (URL 9).

Radna površina modela je prozor u kojem se kreira model. Dijagram modela je skup alata i varijabli povezanih tako da čine model.

Elementi modela su temeljni gradbeni blokovi nekog modela. Postoje tri glavne skupine elemenata:

- Alati,
- Varijable, te
- Konektori.

Alati su temeljni gradbeni blokovi radnog slijeda nekog procesa.

Varijable su elementi modela u kojima se nalaze vrijednosti odnosno veza s podacima spremljenim na računalu. Postoje dva tipa varijabli:

- „Data“, te
- „Values“ varijable.

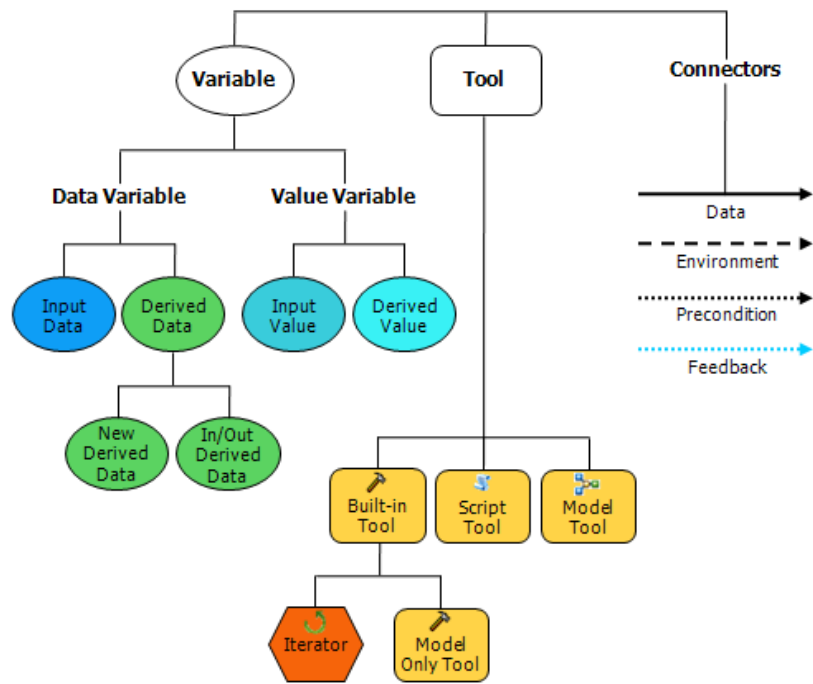
„Data“ varijable su one varijable koje sadrže opisne informacije o podacima, dok „Values“ varijable sadrže vrijednosti tipa string, brojev, Boolean vrijednosti (true/false vrijednosti), prostorne reference, linearne vrijednosti, te veličine.

Konektori su elementi koji povezuju varijable sa alatima te pokazuju smjer provođenja nekog procesa. Postoje četiri vrste konektora:

- „Data“,
- „Environment“,
- „Precondition“, te
- „Feedback“ konektori.

„Data“ konektori povezuju varijable s alatima, „Environment“ konektori povezuju one podatke koji imaju prostornu vrijednost s alatima, „Precondition“ konektori povezuju varijable s alatima koji će se izvršiti tek kad je određen uvjet ispunjen, dok „Feedback“ konektori spajaju izlazne podatke sa istim alatom kojim su ti izlazni podaci dobiveni (URL 10).

Proces modela je skup alata i varijabli međusobno povezanih konektorima. Prijelazni podaci nastaju tokom procesa kao izlazni podaci, a predstavljaju međukorak potreban za izvršavanje sljedećih procesa i najčešće su, nakon završetka izvršavanja modela beskorisni. Validacija modela je zadnji postupak kojim se potvrđuje valjanost svih varijabli te alata. Slika 27 prikazuje klasifikacija elemenata modela. Varijable su, dakle, generalno prikazane elipsom koja ima različite boje, ovisno o tome je li riječ o ulaznim ili izlaznim podacima. Alati su prikazani pravokutnicima, odnosno šesterokutom ako je riječ o iteratoru, dok su konektori prikazani strelicama koje mogu biti crne i plave, te prikazane punom, crtanom ili točkastom linijom, ovisno o njihovoj vrsti (URL 10).



Slika 27. Elementi modela u ModelBuilder aplikaciji

6. Diplomski zadatak

Glavni cilj ovog rada bio je primijeniti GIS alate kod analiza vezanih uz poplave. Za provedbu analiza mogućeg poplavljenog područja korišteni su digitalni model reljefa (DMR, odnosno DEM³⁴) i vektorizirani podaci o vodama, dok su za analizu obuhvaćenih objekata eventualnim poplavama korišteni slojevi cesti, objekata, pokrova zemljišta, te katastarskih podataka.

Područje provedbe analiza trebalo je prvenstveno obuhvatiti cijeli tok rijeke Save kroz Grad Zagreb, no zbog nedostatka hardverskih mogućnosti za provedbu potrebnih analiza (nedovoljno „jako“ računalo), taj obuhvat je smanjen na gusto urbanizirano područje površine 12 četvornih kilometara (4 kilometara dugo i 3 kilometara široko područje) uz rijeku Savu na području Novog Zagreba (Slika 28).



Slika 28. Područje za provođenje analiza

Ideja samog rada bilo je dobivanje mogućih ugroženih područja (objekata, katastarskih čestica, prometnica te vegetacije) ukoliko vodostaj rijeke Save naraste za određenu vrijednost, te što bi se dogodilo, odnosno koja bi područja bila ugrožena, ukoliko bi došlo do hipotetske situacije popuštanja odnosno loma nasipa na nekom mjestu.

6.1. Podaci i podloge

Podloge korištene u ovom radu su digitalni ortofo (DOF), hrvatska osnovna karta (HOK), topografska karta u mjerilu 1:25 000 (TK25), te podaci za digitalni model

³⁴ Engl. Digital Elevation Model

reljefa koji su dobiveni od strane Ureda za upravljanje u hitnim situacijama Grada Zagreba.

Određeni podaci (*shapefile*) su preuzeti sa *OpetStreetMap* stranice te transformirani u GK5 kako bi se smanjio obujam vektorizacije.

6.2. Model podataka i dizajn baze podataka

Prvi postupak kod izrade sustava je definiranje modela podataka koji predstavlja shemu same baze koja je zapravo organizirana zbirka podataka pohranjenih u računalu na sustavni način. U ArcGIS softveru postoje tri vrste baze podataka:

- File Geodatabase,
- Personal Geodatabase, te
- ArcSDE geodatabase.

File Geodatabase baza je u računalu spremljena kao skupina direktorija. Svaka skupina podataka je jedan uređeni skup podataka koji veličinom može dosezati i do 1 TB³⁵. Kod Personal Geodatabase baze, sve skupine podataka su spremljene unutar Microsoft Access datoteke koja je veličinom ograničena na 2 GB. Kada je riječ o odabiru vrste baze podataka, File Geodatabase je uvijek bolji izbor od Personal Geodatabase. ArcSDE baza je višekorisnička³⁶ baza podataka koja je spremljena unutar relacijske baze podataka koju koriste Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2, PostgreSQL ili IBM Informix. Prednost ove baze podataka je u tome što može imati neograničenu količinu podataka te neograničen broj korisnika koji joj mogu pristupiti, ali zahtjeva ArcSDE tehnologiju koja je dio ArcGIS Servera, pa samim time nije dostupna svim korisnicima (URL 11).

U ovom radu, korištena je File Geodatabase baza podataka. Podaci unutar baze podataka raspodijeljeni su unutar pet zasebnih skupina slojeva u kojima se nalazi 15 slojeva, te pet mozaika rastera, dok su atributi određenih slojeva definirani pomoću 11 domena. Dokumentacija baze nalazi se u prilogu rada.

6.3. Postupci pripreme podataka za analize

Prije samog početka manipulacije podacima, bilo je potrebno napraviti određene radnje koje su bile neophodne za početak rada. Te su radnje bila izrada HOK i DOF mozaika, izrada digitalnog modela terena, te dizajn baze podataka.

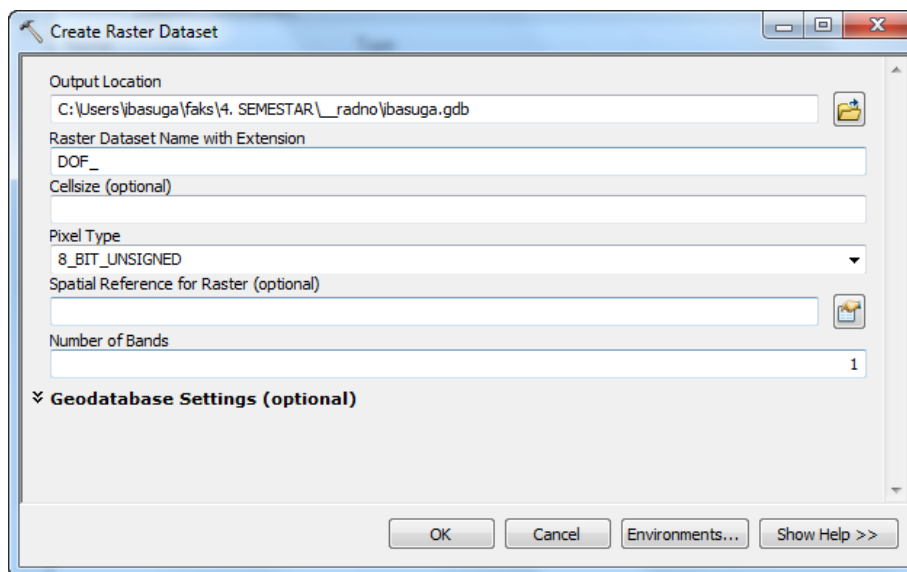
6.3.1. Izrada HOK, DOF te TK25 mozaika

Prije ikakvih početaka manipulacije podacima, napravljeni su HOK i DOF mozaici. To je napravljeno zato što bi učitavanje pojedine datoteke trajalo predugo. Prvi postupak bio je napraviti prazni mozaik u koji će se puniti podaci. To je napravljeno alatom Create Raster Dataset (ArcToolbox – Data Management – Raster – Raster Dataset – Create Raster Dataset) (Slika 29). Nakon što je napravljen prazan Raster Dataset, bilo ga je potrebno „napuniti“ – se napravilo na način da se na prazan dataset kliknulo desnim gumbom miša, otišlo se na opciju Load, te na Load Data (Slika 30). Isti postupak je ponovljen i za DOF, HOK te TK25 podloge. Nakon „punjenja“

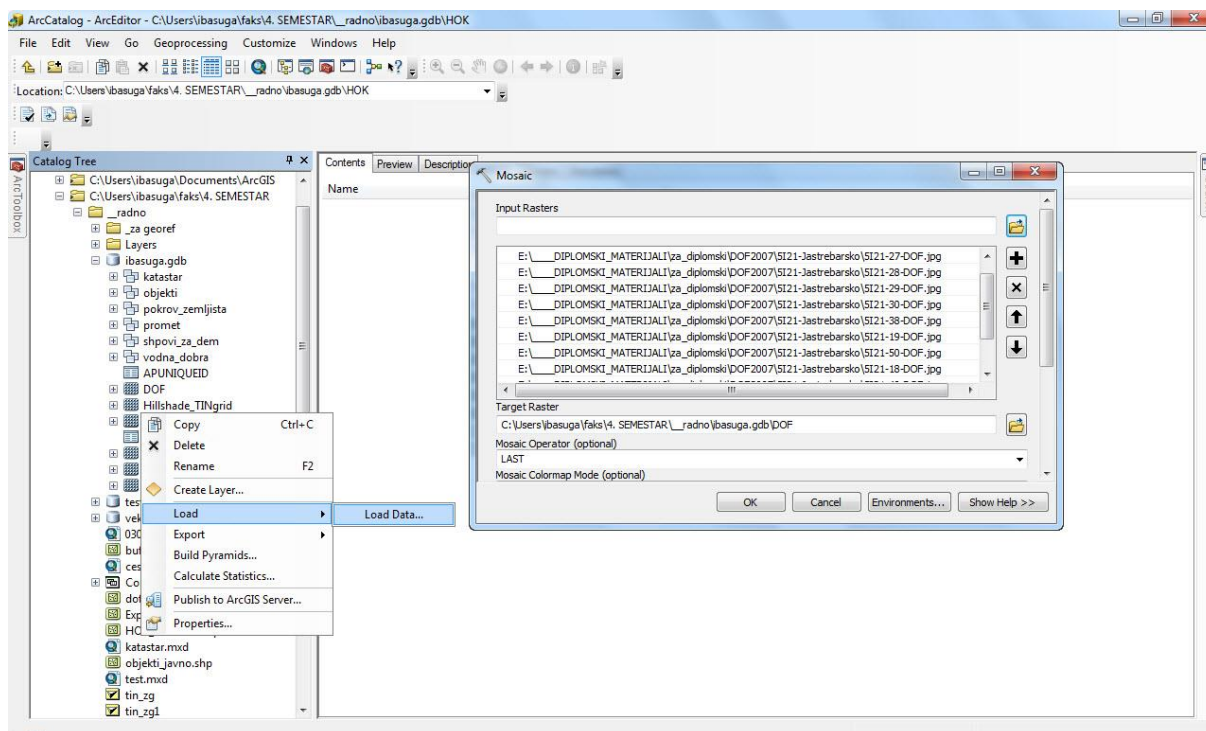
³⁵ Terabyte, 1TB = 1000 GB

³⁶ Engl. Multiuser

podataka, zadnji postupak bio je napraviti piramide (Build Pyramids) kako bi se ubrzalo prikazivanje mozaika.



Slika 29. Create Raster Dataset prozor



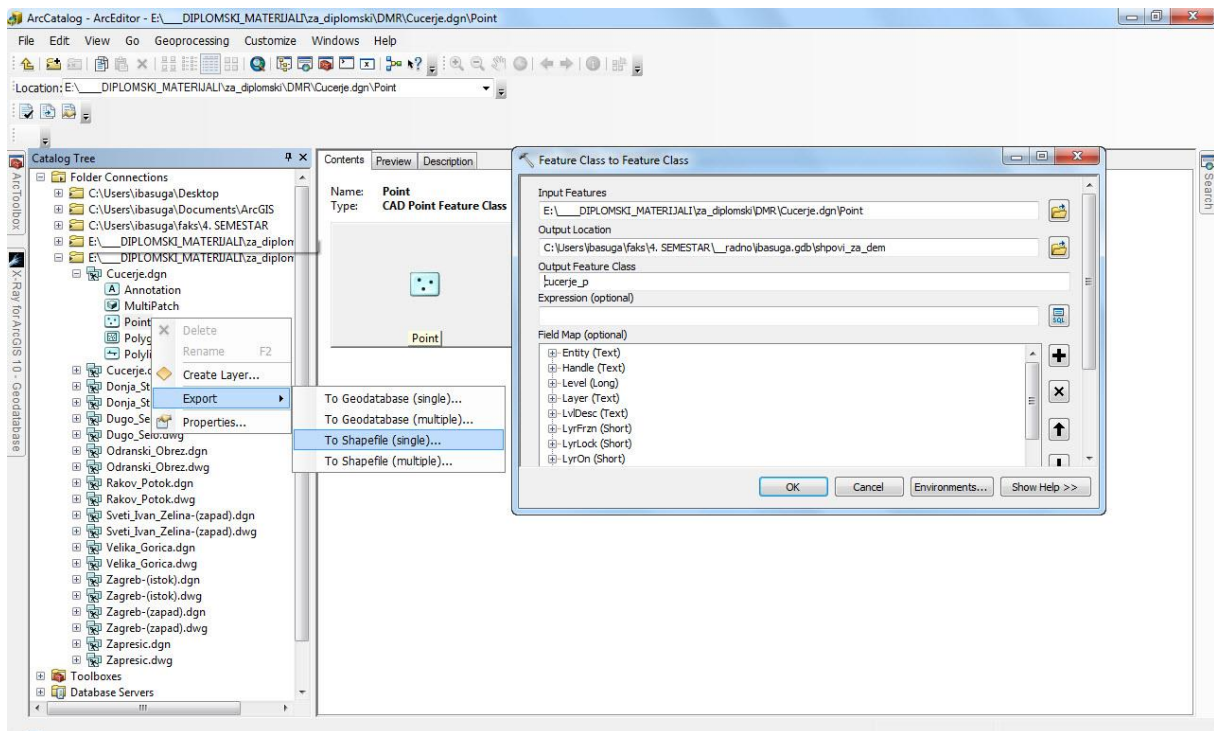
Slika 30. Učitavanje podataka u Raster Dataset

6.3.2. Izrada digitalnog modela reljefa

Slijedeći postupak bila je izrada digitalnog modela reljefa (DMR). Pošto su podaci bili u .dwg formatu, bilo ih je potrebno pretvoriti u format podataka kojim je moguće napraviti digitalni model.

Prvi postupak je bilo konvertiranje .dwg u shapefile (.shp) formata. Slika 31 pokazuje kako je to napravljeno (desni klik mišem na datoteku koju želimo konvertirati u

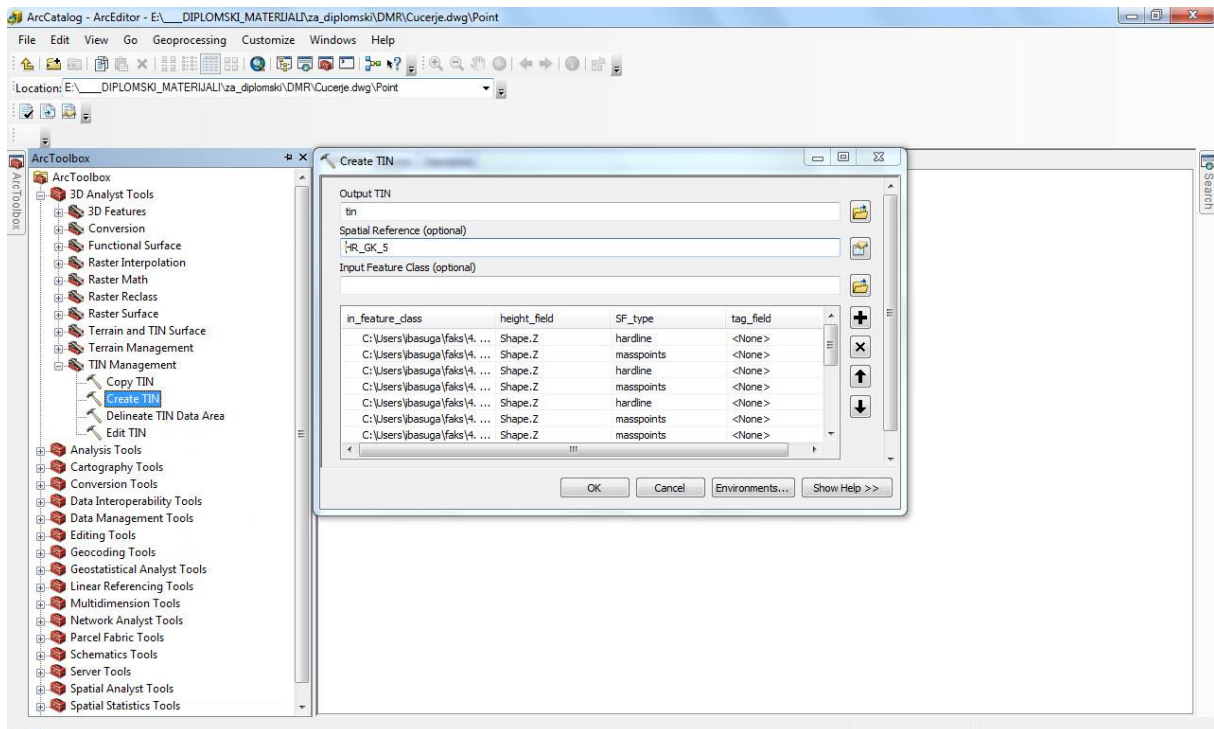
shapefile – export – to shapefile (single), nakon čega se otvara prozor kojim se definira lokacija gdje će određena datoteka biti spremljena, te naziv same datoteke). Ovaj postupak ponovljen je za sve datoteke koje su povezane s digitalnim modelom reljefa (u ovom slučaju, odabrane su linijske i točkaste datoteke).



Slika 31. Eksportiranje podataka iz .dwg formata u shapefile

Nakon ovog postupka, moglo se pristupiti izradi samog digitalnog modela reljefa. Prvi korak bila je izrada nepravilne mreže trokuta (TIN³⁷) (Slika 32). Za ovu radnju, potrebno je imati 3D Analyst ekstenziju koja omogućuje manipulaciju 3D podacima. U ovom postupku se definira koje sve značajke ulaze u izradu TIN mreže, te koordinatni sustav.

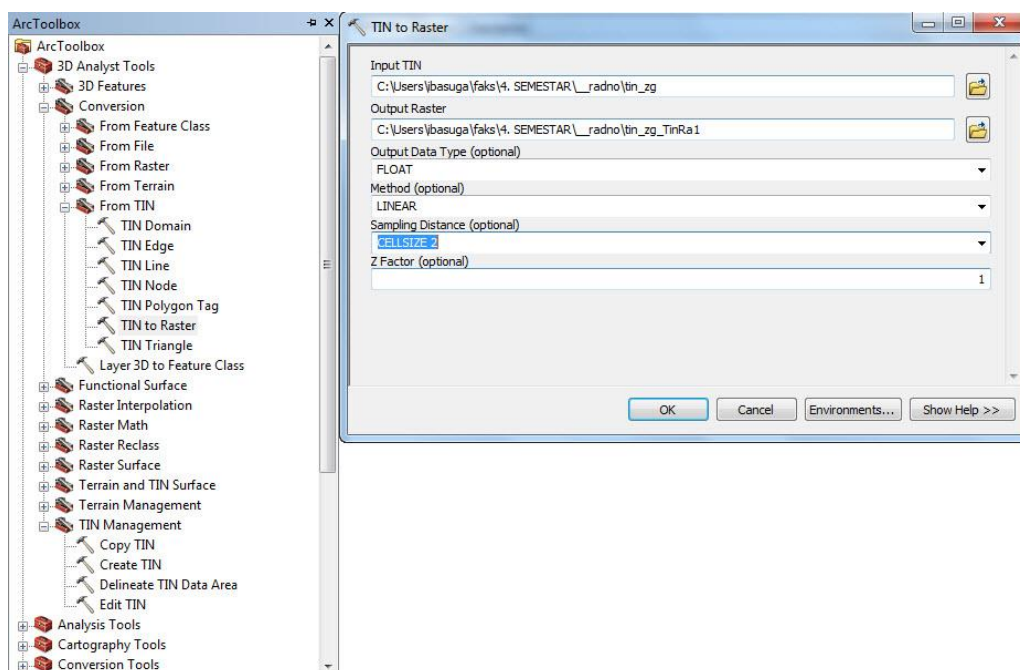
³⁷ Engl. Triangulated Irregular Network



Slika 32. Kreiranje nepravilne mreže trokuta

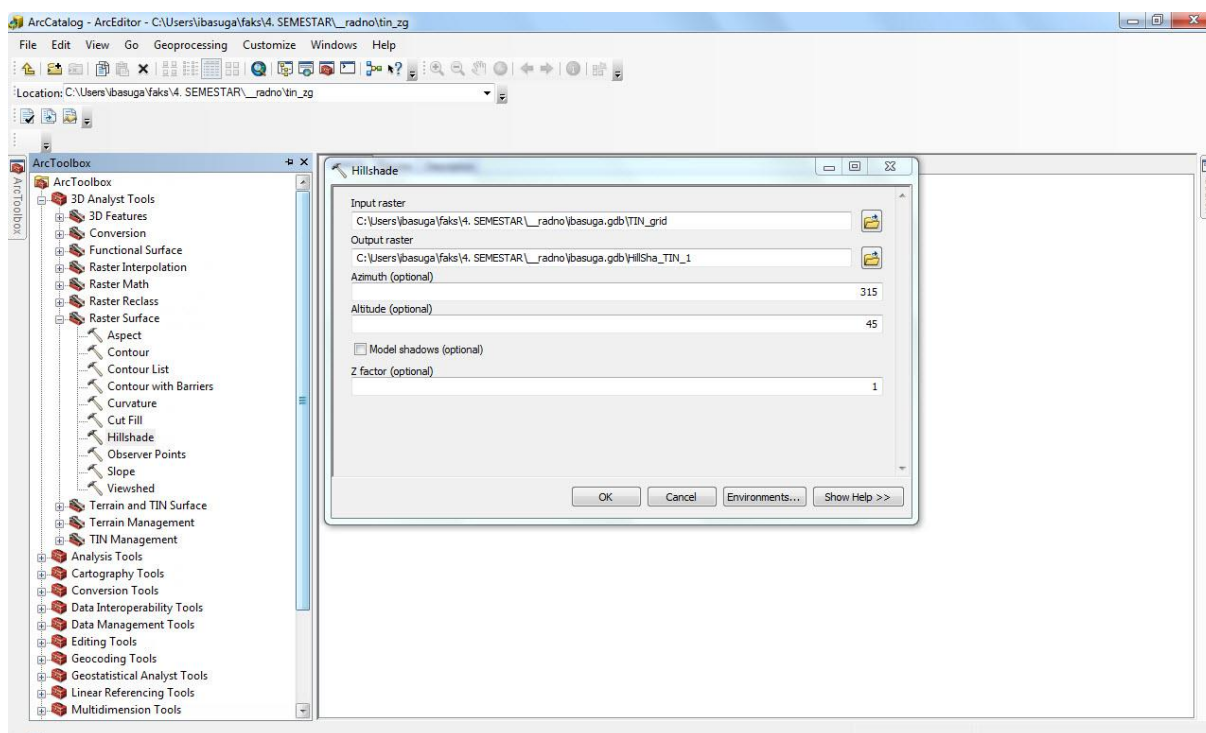
Slijedeći korak bio je transformiranje TIN mreže u rasterski format podataka naredbom TIN to Raster (Slika 33), nakon čega je tom rasteru izračunat Hillshade (Slika 34).

Alat TIN to Raster interpolira Z-vrijednosti TIN mreže (drugim riječima, visinske vrijednosti) i kreira raster kao izlazni podatak. Kod konvertiranja, pod poljem Sampling Distance odabrana je opcija CELLSIZE sa vrijednošću 2. Ova opcija definira koliko će biti velika ćelija (piksel) unutar određenog rastera.



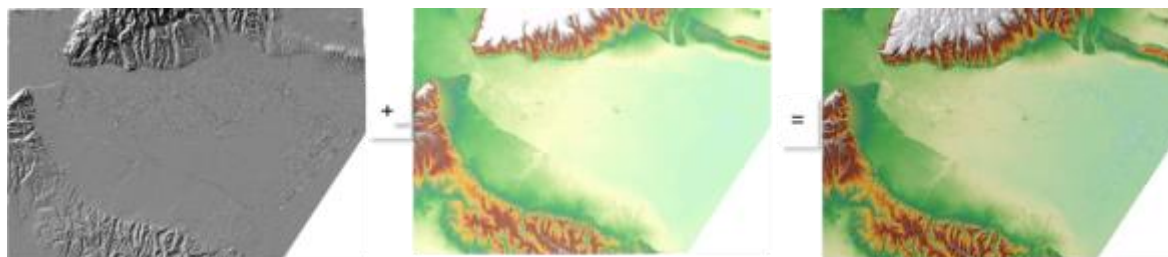
Slika 33. Transformacija TIN mreže u raster

Hillshade alate stvara sjene reljefa čime se stvara plastičan prikaz reljefa.



Slika 34. Kreiranje Hillshade

Slika 35 daje prikaz konačnog rezultata preklapanja rastera sa Hillshade.



Slika 35. Hillshade u kombinaciji s rasterom

6.3.3. Vektorizacija podataka


Vektorizacija podataka izvodi se u nekoliko faza:

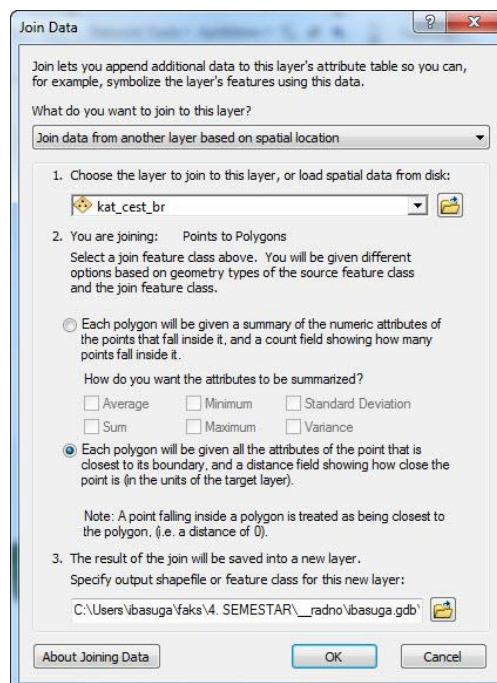
- Kreiranje katastarskih podataka iz listova katastarskih planova,
- Vektorizacija i klasifikacija prometnica te dodjeljivanje naziva,
- Vektorizacija i klasifikacija objekata, te dodjeljivanje naziva onim objektima koji su to zahtijevali,
- Vektorizacija i klasifikacija pokrova zemljišta, te
- Vektorizacija i klasifikacija vodnih dobra, automatska vektorizacija središnje linije poligonskog prikaza rijeke.

Karte sa svim vektoriziranim podacima nalaze se u prilogu rada.

6.3.3.1 Katastarski podaci

Pošto su katastarski podaci bili u .dwg datoteci, bilo ih je potrebno pretvoriti u shapefile kako bi se olakšao i ubrzao rad. Nakon pretvorbe, trebalo je dobiti poligonski sloj, a kako su podaci bili linijski, i to je bilo potrebno napraviti.

Prvo je pomoću Definition Query opcije definirano prikazivanje samo linije čiji su atributi čestice. Zatim je kreiran poligonski shapefile kako bi se stvoreni poligoni imali gdje učitati. Nakon toga su opcijom Construct Polygons (ikona ) kreirani poligoni. Ovom opcijom se prenosi samo geometrija, pa je bilo potrebno stvoriti i attribute (u ovom slučaju brojeve čestica). Iz .dwg datoteke, anotacije su pretvorene u anotacijski shapefile te je isto pomoću Definition Query definirano prikazivanje samo anotacija čestica. Zatim su atributi iz anotacija pomoću Spatial Join (Slika 36) opcije pridruženi poligonima čime se dobio novi sloj sa svim podacima koji su bili potrebni. Tablicu je poslije bilo potrebno pročitati od nepotrebnih podataka kako bi se dobila konačna verzija (Slika 37).



Slika 36. Spatial Join poligonskog sloja katastarskih čestica sa točkastim slojem anotacija

OBJECTID	SHAPE	Broj	SHAPE_Length	SHAPE_Area
1	Polygon	4418	426,288572	1602,354805
2	Polygon	4419	423,514429	2829,691681
3	Polygon	4420	416,611661	2637,219531
4	Polygon	4421	357,335205	2635,772556
5	Polygon	4422	360,321338	2618,414579
6	Polygon	4423	368,569533	3818,609157
7	Polygon	4447/1	236,140546	1795,253067
8	Polygon	4417	420,373272	1486,170278
9	Polygon	4416	426,297547	2903,312948
10	Polygon	4415	443,412174	6059,445702
11	Polygon	4468	369,334084	2972,476212
12	Polygon	4467/1	48,248447	78,121904
13	Polygon	4467/1	508,806031	830,219461
14	Polygon	4466	98,539022	293,89421
15	Polygon	4465	149,285033	493,03195
16	Polygon	4464	309,225528	1817,267251
17	Polygon	4447/2	22,171091	20,327266
18	Polygon	4447/2	242,882506	3041,810449
19	Polygon	4582/2	1234,741301	58147,502955
20	Polygon	4463	450,295598	3048,943965
21	Polygon	4462	460,66328	5975,102812
22	Polygon	4461	431,745912	5544,483021
23	Polygon	4460	380,7363	2482,50833
24	Polygon	4459	367,409284	2434,434255
25	Polygon	4458	343,069899	995,956143
26	Polygon	4457	336,074764	1087,123924
27	Polygon	4455	369,928148	4357,356111

Slika 37. Izgled uređene tablice katastarskih čestica nakon dodjeljivanja broja čestice

6.3.3.2 Promet

Ovaj Feature Dataset obuhvaća cestovni i željeznički promet, te mostove. Sve klase imaju svoje atribute čiji će pregled biti dan u ovom poglavlju, a moguće ga je vidjeti i u dokumentaciji baze podataka u prilogu.

Podaci na kojima će se vršiti analiza se nalaze unutar zone (buffer) jednog kilometra od središnje linije rijeke, no zbog kompleksnosti prometne mreže, podaci su vektorizirani unutar zone od 1500 metara od središnje linije rijeke.

Prometnice su klasificirane prema Zakonu o javnim cestama, te su razvrstane u slijedeće kategorije:

- Autoceste,
- Državne,
- Županijske, te
- Lokalne ceste (NN 2004).

Osim ovih kategorija, dodane su i tri druge kategorije:

- Glavne,
- Sporedne, te
- Neklasificirane ceste.

Zadnje tri kategorije su dodane kako bi se moglo diferencirati mrežu prometnica u gradu, te iz razloga što sve prometnice nije bilo moguće razvrstati u autoceste, odnosno državne, županijske ili lokalne ceste.

Svim prometnicama kojima je to bilo moguće je dodijeljen naziv, prema nazivima prometnica na Mireovim stranicama (URL 12) te stranicama imenika T-portala (URL 13).

Željeznički promet svrstan je u četiri kategorije:

- Tramvajski promet,
- Objekti tramvajskog prometa,
- Željeznički promet, te
- Objekti željezničkog prometa.

Geometrija podataka za željeznički promet preuzeta je sa stranica partnera OpenStreet Map – Geofabrik (URL 14) te CloudMade (URL 15).

Mostovi su u ovom radu s obzirom na vrstu definirani na mostove:

- Cestovnog,
- Željezničkog, te
- Pješačke mostove.

Vektorizirani su prema podlogama (DOF, HOK te TK25), te prema katastarskim podacima. Karta mostova nalazi se u prilogu rada.

6.3.3.3 Objekti

Objekti su unutar Dataseta „objekti“ podijeljeni na:

- Javne,
- Stambene, te
- Ostale objekte.

Atributi unutar „objekti“ Dataseta definirani su domenama koje nose nazive sloja za koji su kreirani. Objekti su vektorizirani prema podlogama (DOF i HOK), dok je geometrija djelomično preuzeta sa Geofabrik te Cloudmade stranica.

6.3.3.4 Pokrov zemljišta

Pokrov zemljište klasificiran je u nekoliko skupina:

- Intenzivna namjena,
- Izgrađeno, te
- Plodno zemljište.

Vektorizacija je provedena prema subjektivnoj procjeni na DOF, a djelomično i prema HOK podlozi.

6.3.3.5 Vodna dobra

Pod vodna dobra spadaju:

- Linijski prikaz vodotoka,
- Poligonski prikaz vodotoka (rijeke i jezera),
- Vodni objekti (nasipi), te
- Mjerne postaje.

Položaj (koordinate) mjernih postaja preuzet je sa Zemljopisnog obavijesnog sustava Državne uprave za zaštitu i spašavanje.

Linijski prikaz vodotoka je djelomično izveden kao središnja linija poligonskog prikaza (rijeka Sava i Krapina), dok su manji vodotoci vektorizirani sa podloga.

6.4. Analize na podacima

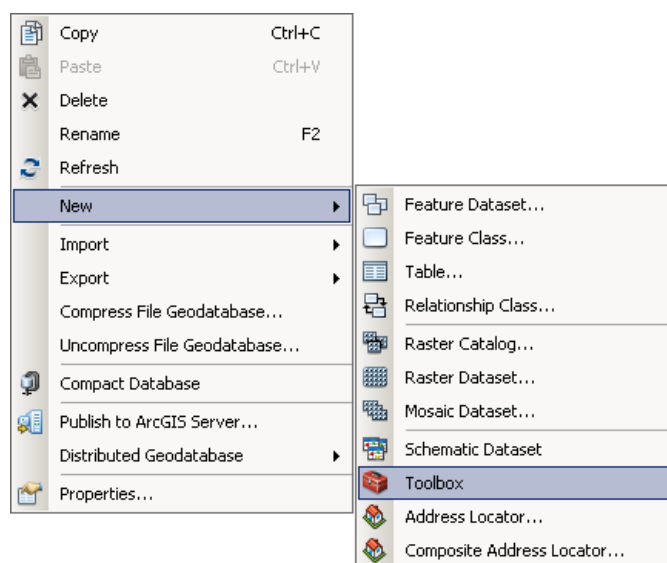
Nakon vektorizacije podataka te izrade DMR, bilo je potrebno provesti analize potencijalnih poplavljenih područja. Analize se mogu provesti na dva načina:

- Ručno i
- Automatizirano, pomoću modela napravljenog u ModelBuilder aplikaciji.

Pošto ArcGIS nudi automatizirano provođenje analiza, u ovom radu je ta opcija korištena.

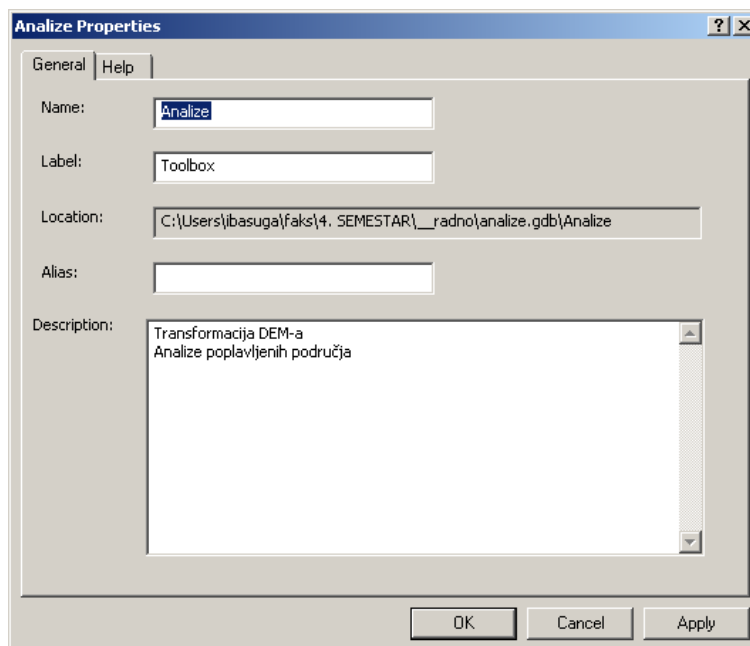
6.4.1. Pripreme za kreiranje i provođenje modela

Prije izrade i provođenja modela, potrebno je napraviti takozvani *Toolbox* u kojem će se modeli nalaziti. To se radi na način da se odredi mjesto u kojem se želi kreirati određeni *Toolbox*, klikne na to mjesto desnim gumbom miša, ode na opciju New te na opciju *Toolbox* u padajućem izborniku (Slika 38).




Slika 38. Kreiranje Toolbox

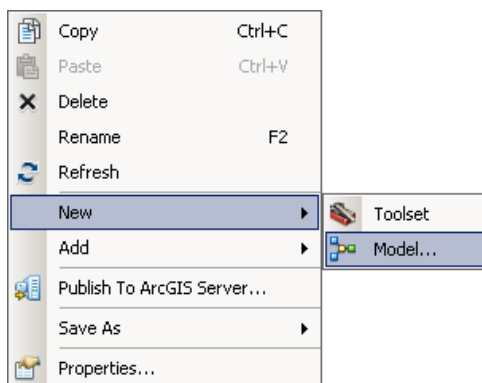
Nakon kreiranja Toolbox, moguće je promijeniti neke od svojstava same skupine alata (u ovom slučaju modela) – ime, labelu, lokaciju u kojoj se ta skupina modela nalazi, staviti Alias ili opisati sam Toolbox (Slika 39).



Slika 39. Svojstva skupine alata „Analyze“

Modeli se kreiraju na dva načina:

- Klikom na ikonu  otvara se automatski novi prozor sa praznim radnim prostorom ModelBuilder aplikacije, nakon čega se taj model spremi opcijom Save na željeno mjesto, ili
- Desnim klikom miša na željeni Toolbox, zatim opcija New te opcija Model u padajućem izborniku (Slika 40) kojom se kreira prazan radni prostor, koji se automatski i otvara i sprema u željeni Toolbox.



Slika 40. Kreiranje novog modela

U ovom radu, kreirana su tri modela:

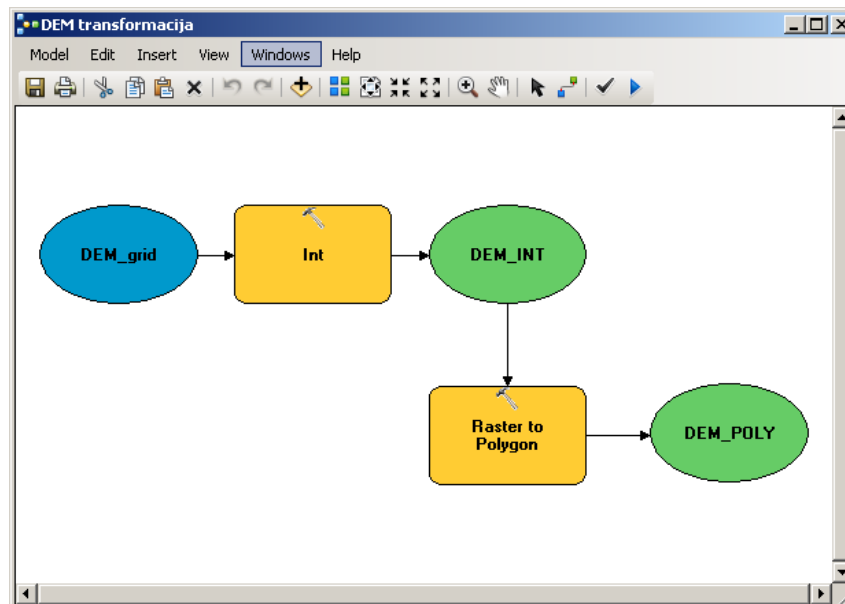
- Jedan za transformaciju rastera digitalnog modela reljefa, te
- dva za provođenje analiza poplavljenih područja.

6.4.2. Priprema digitalnog modela reljefa

Kako bi se dobili poligoni iz postojećeg modela reljefa, bilo je potrebno provesti konverziju iz *floating point* rastera u *integer* raster pošto alat Raster to Polygon funkcioniра samo sa rasterima *integer* tipa.

Tu je radnju (Raster to Polygon) moguće provesti ručno, no kako ArcGISa aplikacija *ModelBuilder* omogućava automatizirane procese, napravljen je model podataka kojim će se konverzija provesti. Slika 41 prikazuje model podataka.

Raster pod imenom „*DEM_grid*“ služi kao ulazni podatak na kojem se vrši transformacija alatom *Int*. *Int* je alat ekstenzije Spatial Analyst koji vrši transformaciju vrijednosti nekog piksela iz *floating point* u *integer* vrijednosti skraćivanjem, odnosno micanjem decimala i zaokruživanjem vrijednosti. Nakon provođena ove operacije, na izlaznom rasteru se provodi alati *Raster to Polygon* kojim se rasterski podatak pretvara u vektorski te se, osim standardnih atributnih polja (OBJECTID, Shape, Shape_Length te Shape_Area), dodaju dva nova polja – ID koji je u biti isti kao i OBJECTID te *grid_code* koji predstavlja visinu (Slika 42).



Slika 41. Shematski prikaz modela za transformaciju modela reljefa

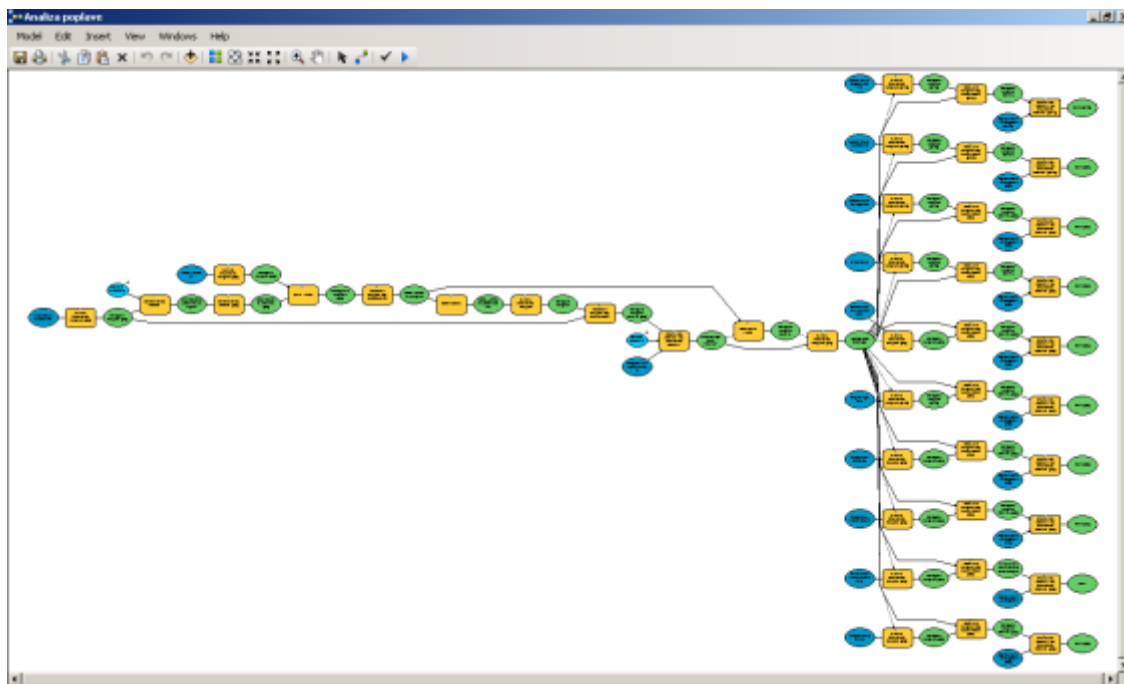
OBJECTID *	Shape *	Id	grid_code	Shape_Length	Shape_Area
1	Polygon	1	116	24	20
2	Polygon	2	120	8	4
3	Polygon	3	116	8	4
4	Polygon	4	115	40	36
5	Polygon	5	115	8	4
6	Polygon	6	114	12	8
7	Polygon	7	111	8	4
8	Polygon	8	117	12	8
9	Polygon	9	118	12	8
10	Polygon	10	119	16	12
11	Polygon	11	117	16	12
12	Polygon	12	111	24	20
13	Polygon	13	120	12	8
14	Polygon	14	120	20	16
15	Polygon	15	117	12	8
16	Polygon	16	117	12	8
17	Polygon	17	118	12	8
18	Polygon	18	118	28	24
19	Polygon	19	116	20	16
20	Polygon	20	120	12	8
21	Polygon	21	119	20	16
22	Polygon	22	116	8	4
23	Polygon	23	117	8	4
24	Polygon	24	118	12	8

Slika 42. Atributna tablica sloja DEM_POLY

6.4.3. Model za analize poplavnih područja – porast vodostaja

Prije samog dizajna modela za analize, bilo je potrebno definirati što bi trebao taj model izvršiti. Krenulo se od pretpostavke da u nekoj točki razina rijeke Save poraste za određenu vrijednost. Zatim je bilo potrebno vidjeti koja bi područja bila pod vodom nakon porasta vodostaja. Treba napomenuti da rezultati nisu u potpunosti točni pošto su visine cijeli brojevi, nije uzet u obzir nagib rijeke Save, volumen vode i mnoge druge vrijednosti koje bi, za izradu u potpunosti funkcionalnog sustava, trebalo uzeti u obzir.

Slika 43 daje na uvid dizajn cijelog modela koji vrši analizu potencijalnih poplavljenih područja, te označava i pretvara u novi sloj sve slojeve koji se presijecaju sa mogućim poplavljenim područjima (objekte, prometnice, pokrov zemljišta te katastarske čestice). Čitljiviji prikaz modela nalazi se na priloženom mediju.



Slika 43. Model za analizu poplava

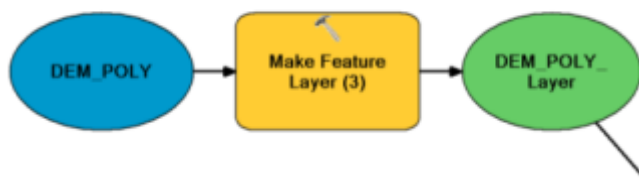
6.4.3.1 Objašnjenje modela

Prva stvar koju model izvršava je kreiranje privremenog sloja *DEM_POLY_Layer* iz sloja *DEM_POLY*. Atributna tablica (Slika 44) sloja *DEM_POLY* sastoji se od standardnih atributnih polja (*OBJECTID*, *Shape*, te *Shape_Length* i *Shape_Area*), polja *grid_code* koji predstavlja visinu određenog poligona (mogli bismo reći i da je to Z vrijednost poligona) te polja *Join* prema kojem je u slijedećim postupcima provedeno pridruživanje sloja *DEM_POLY_Layer* sa slojem *kontrolne_točke_Layer*.

OBJECTID *	Shape *	Id	grid_code	Join	Shape_Length	Shape_Area
1	Polygon	1	116	1	24	20
2	Polygon	2	120	1	8	4
3	Polygon	3	116	1	8	4
4	Polygon	4	115	1	40	36

Slika 44. Atributna tablica sloja *DEM_POLY*

Kako u ArcMap ne bi trebali biti dodani svi slojevi za analize, koristi se *Make Feature Layer* alat. To je alat koji od ulaznih podataka privremeno stvara novi sloj (*Intermediate Data*) koji nakon provođenja analiza neće postojati ukoliko se ne sprema lokalno na računalo (Slika 45).



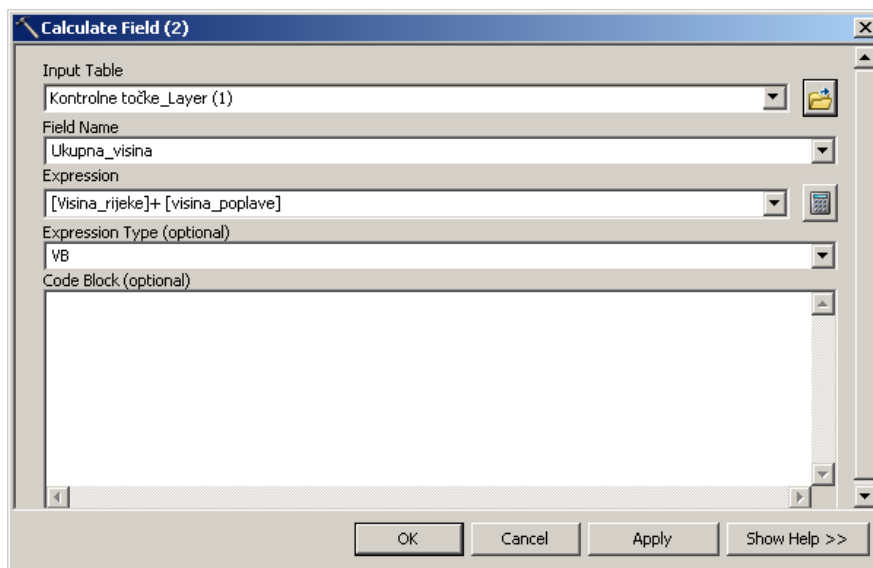
Slika 45. Kreiranje sloja DEM_POLY_Layer

Nakon toga se model, iz razloga jer mu nedostaje podataka za daljnje provođenje, vraća na početak kako bi pribavio podatke – u ovom se postupku iz sloja kontrolne točke radi privremeni sloj (*kontrolne_točke_Layer*). To su u biti točke koje mogu biti mjerne postaje pošto je za njih poznata razina vodostaja, a mogu biti i proizvoljne točke – kao što su u ovom slučaju. Atributna tablica sadrži (Slika 46), osim standardnih polja (*Shape*, *OBJECTID*) i polja *Visina rijeke*, *Visina poplave*, *Ukupna visina* te *Join*. *Visina rijeke* je visina prije nego je porastao vodostaj. To je vrijednost koja je, u ovom slučaju, očitana sa digitalnog modela reljefa. *Visina poplave* predstavlja vrijednost za koju je neki vodostaj narastao (u metrima), dok ukupna visina predstavlja zbroj visine rijeke i visine poplave. *Join* polje je polje po kojem je provedeno pridruživanje sloja kontrolnih točaka sa slojem *DEM_POLY*.

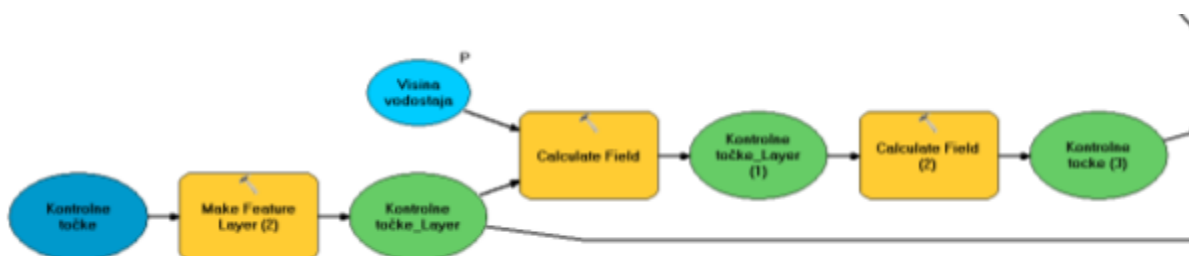
OBJECTID *	SHAPE *	Visina rijeke	Visina poplave	Ukupna visina	Join
1	Point	109	3	112	1

Slika 46. Atributna tablica sloja Kontrolne točke

Nakon što se provede kreiranje privremenog sloja kontrolnih točaka, potrebno je unijeti vrijednost razine promjene vodostaja kako bi se znala vrijednost za koliko je razina rijeke narasla. To se unosi parametrom *Visina vodostaja* koji se alatom *Calculate Field* (koji služi za računanje vrijednosti nekog polja) automatski unosi u tablicu pod polje *Visina poplave*. Zatim se istim tim, *Calculate field*, alatom provodi računanje stvarnog vodostaja prema izrazu $Ukupna\ visina = visina\ rijeke + visina\ poplave$ (Slika 47). Slika 48 prikazuje dio modela koji provodi opisane postupke.

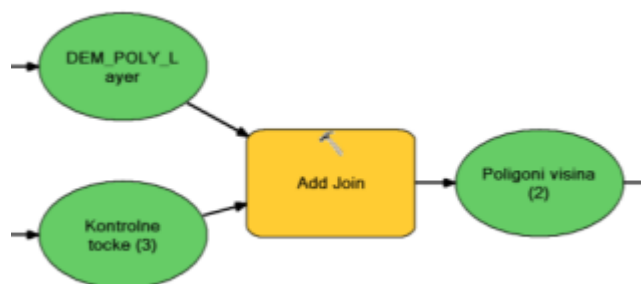


Slika 47. Calculate Field alat za računanje ukupne visine vodostaja




Slika 48. Analize na sloju Kontrolne točke

Kad su sve gore navedene operacije gotove, provodi se *Join* slojeva *DEM_POLY_Layer* sa slojem kontrolnih točaka (Slika 49) kako bi se moglo provesti selektiranje svih poligona koji su niži od dobivene vrijednosti ukupnog vodostaja iz atributne tablice sloja kontrolnih točaka.



Slika 49. Provođenje *Join* alata na slojevima kontrolnih točaka i poligona digitalnog modela reljefa

Kada se atributne tablice prije navedenih slojeva spoje, provodi se selektiranje poligona prema atributima izrazom (Slika 50), kako bi se dobili poligoni čija je visina manja ili jednaka visini vodostaja (odnosno ukupnoj visini rijeke nakon porasta vodostaja). Slika 51 prikazuje ovaj dio modela.

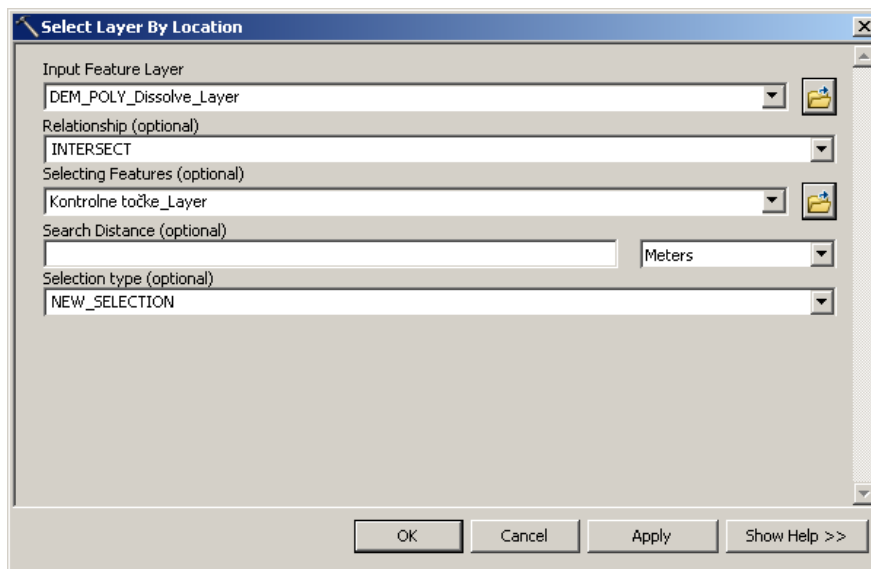
"DEM_POLY.grid_code" <= "kontrolne_tocke.Ukupna_visina" 

Slika 50. Izraz prema kojem se provodi Select Layer By Attribute

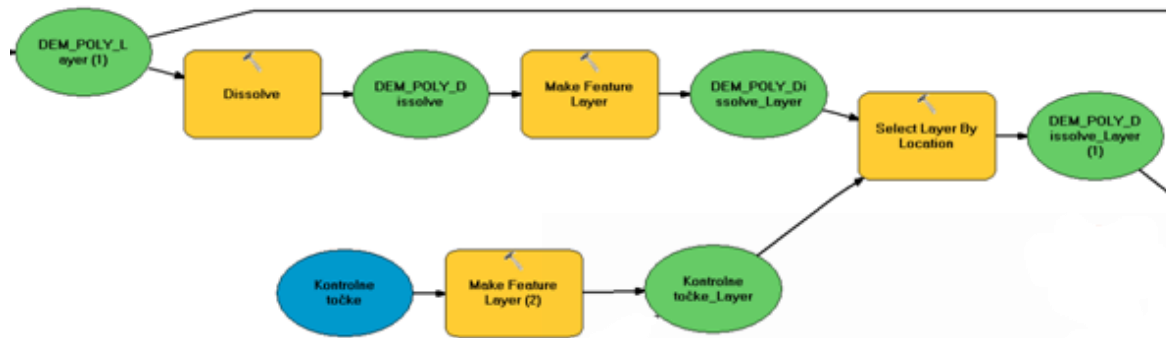


Slika 51. Selekcija poligona prema atributima

Nakon provođenja selekcije prema atributima, potrebno je izvršiti spajanje poligona kako bi se dobilo jedinstveno poplavno područje. Alat kojim se vrši spajanje poligona je *Dissolve*. To je alat koji spaja sve poligone sa istim atributima. U ovom slučaju je to izvršeno sa atributima polja *Join* (svi imaju vrijednost 1). Nakon provođenja *Dissolve* alata, dobiva se sloj *DEM_POLY_Dissolve* koji se onda pretvara u privremeni sloj *DEM_POLY_DISSOLVE_Layer* alatom *Make Feature Layer*. Zatim se opcijom *Select By Location* (Slika 52) selektiraju oni poligoni koji se presijecaju sa slojem kontrolnih točaka iz drugog koraka. Slika 53 prikazuje cijeli opisani postupak.

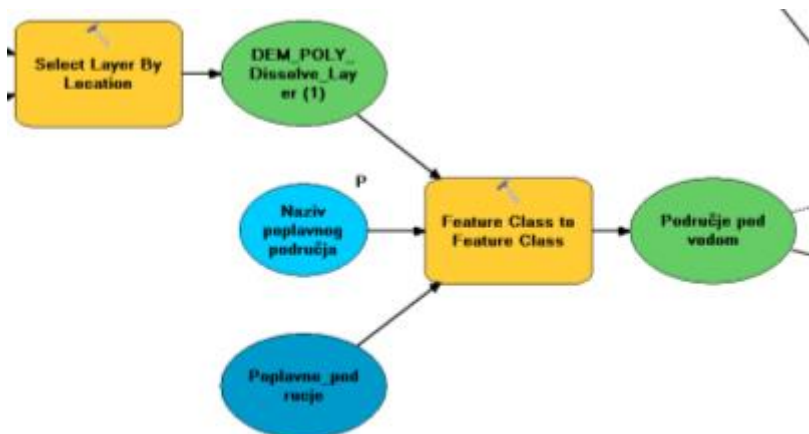


Slika 52. Select By Location

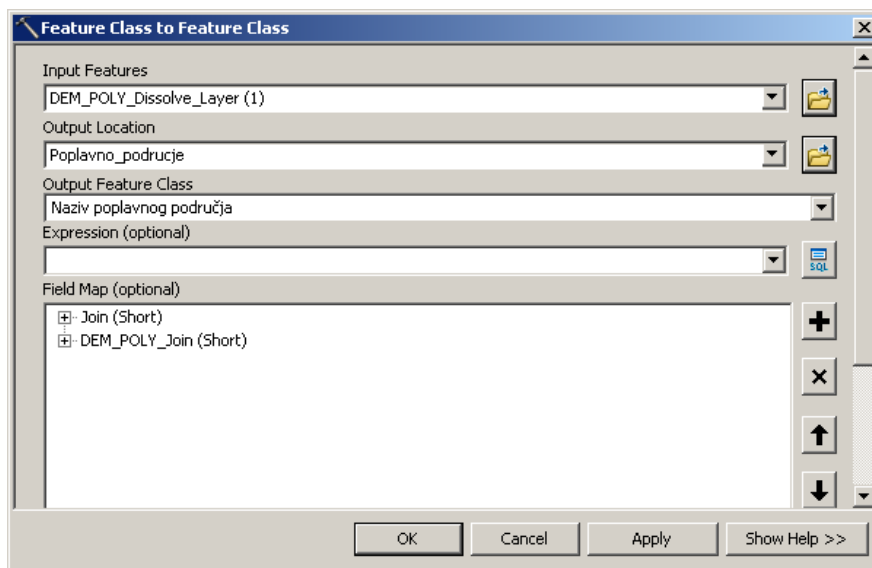


Slika 53. Analize na sloju DEM_POLY_Layer

Zadnji postupak, kada je riječ o dobivanju područja prekrivenih vodom (Slika 54), je pretvaranje poligona iz prethodno navedenog postupka u zaseban sloj. Kako bi se to dogodilo, u ručno kreiran skup slojeva (*Feature Dataset*) pod nazivom *Poplavno_podrucje* proizvoljno se dodjeljuje naziv sloja poplavnog područja (parametar *Naziv poplavnog područja*) te se alatom *Feature Class to Feature Class* (Slika 55) provodi transformacija ulaznih podataka (*DEM_POLY_Layer*) u trajno zapisan sloj (proizvoljnog naziva) u zadanoj bazi podataka.

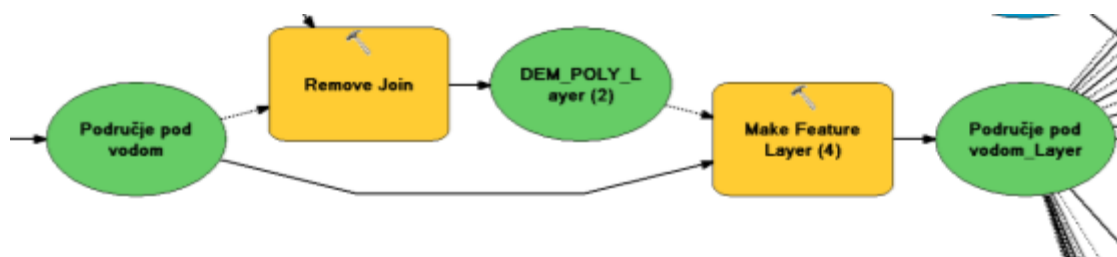


Slika 54. Dobivanje sloja područja prekrivenog vodom



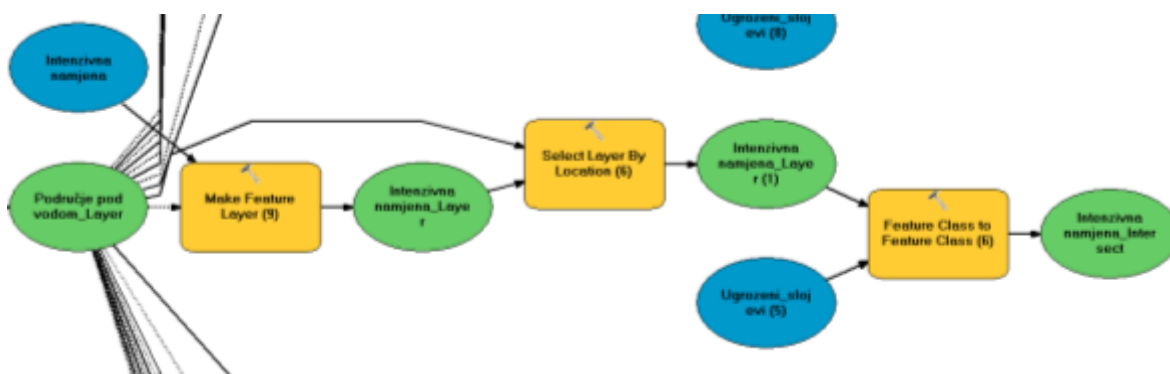
Slika 55. Feature Class to Feature Class alat

Prije zadnjeg koraka, selektiranja objekata, pokriva zemljišta, prometnica te katastarskih općina koje se presijecaju sa poplavnim područjem, postavljen je uvjet za kreiranje privremenog sloja područja pod vodom (Slika 56). Taj preduvjet je micanje *Join* između kontrolnih točaka i *DEM_POLY_Layer* koji je bio kreiran u jednom od prethodnih postupak.



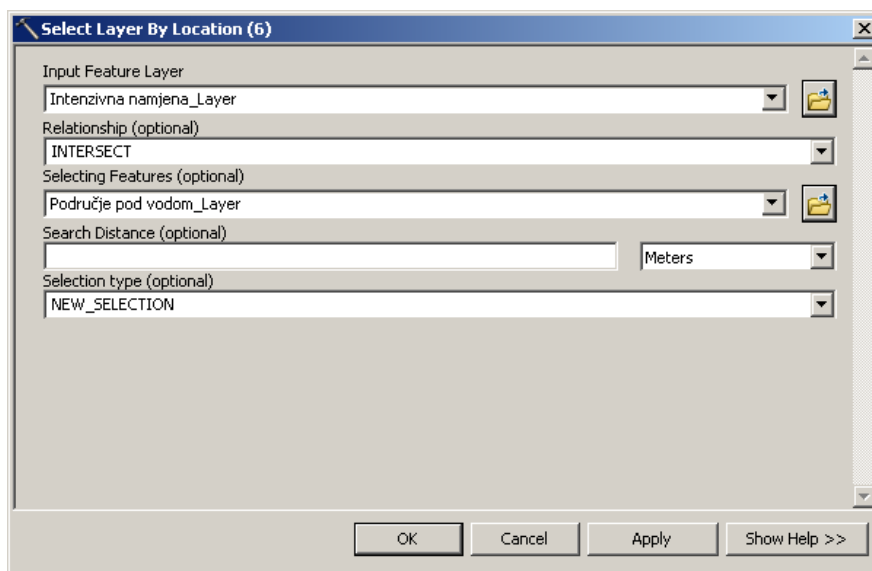
Slika 56. Preduvjet (precondition) Remove Join

Zadnji korak je provođenje lokacijskog upita kojim se želi saznati koji su od prije navedenih slojeva eventualno pod vodom. U ovom slučaju su također postavljeni preduvjeti za provođenje operacija (Slika 57). Naime, niti jedan od zadnjih lokacijskih upita ne može se provesti ukoliko nisu svi prije spomenuti koraci provedeni. To je napravljeno u svrhu osiguravanja najbržeg mogućeg provođenja modela, jer, iako bi model i bez tih preduvjeta bio proveden, postoji mogućnost da bi računalo uzelo jedan od zadnjih koraka kao početni, pa bi cijeli model bio proveden retrogradno, a i samo provođenje modela bi moglo trajati znatno duže.



Slika 57. Preduvjet za provođenje i provođenje zadnjeg koraka analize

Kod zadnjeg koraka prvo je potrebno kreirati privremeni sloj imena *Feature_class_Layer* gdje je *Feature_class* ime sloja za koji se provodi analiza. Zatim se provodi lokacijski upit (Slika 58) kojim se dobiva selekcija onih objekata koji su pod vodom (ako takvi postoje). Nakon toga, svaki sloj sprema se u skup slojeva *Ugrozeni_slojevi* alatom *Feature Class to Feature Class*. Izlazni podatak ovog alata spremljen je pod nazivom *Feature_Class_Int*, gdje *Feature_Class* predstavlja originalni naziv sloja, a *Int*³⁸ dio kratica operacije kojom se došlo do konačnih rezultata. Ovaj proces provodi se za svih deset slojeva (cestovni i željeznički promet, te mostovi, javni, stambeni i ostali objekti, urbano, plodno i zemljište posebne namjene te katastarske čestice) za koje je smatrano da je bitno utvrditi nalaze li se pod vodom ili ne. Ako niti jedan objekt u određenom sloju nije pod vodom, u rezultatima provođenja modela pojavit će se poruka „Warning empty output generated“ (Slika 59).



Slika 58. Lokacijski upit za analize područja pod vodom

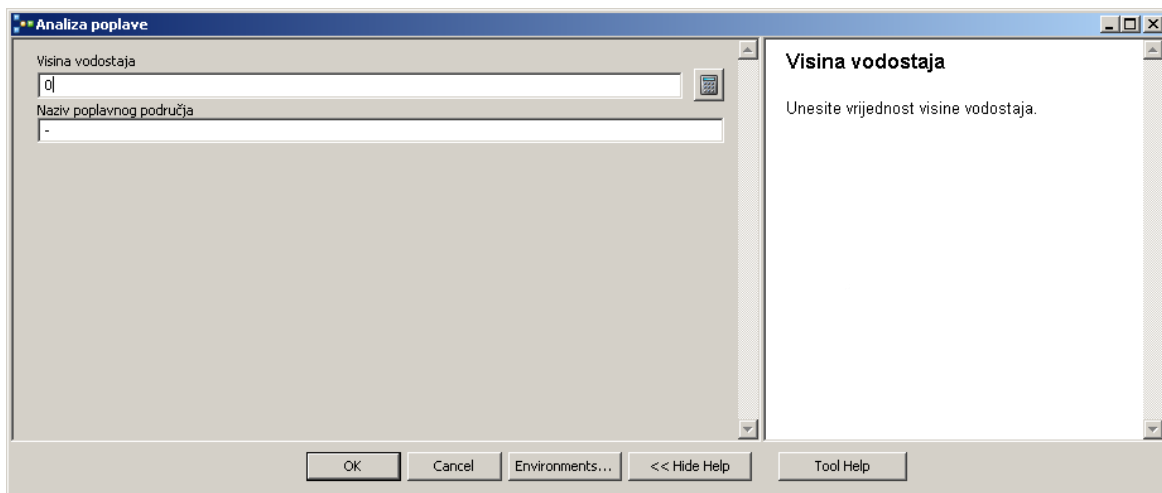
³⁸ Int kratica u ovom slučaju označava Intersect

```
\Users\ibasuga\faks\4. SEMESTAR\_radno\analize.gdb
\objekti\objekti_ostalo,SHAPE_Area,-1,-1" #
Start Time: Sat May 28 00:03:46 2011
WARNING 000117: Warning empty output generated.
Succeeded at Sat May 28 00:03:49 2011 (Elapsed Time:
3.00 seconds)
Executing (Make Feature Layer (8)): MakeFeatureLayer "C:
```

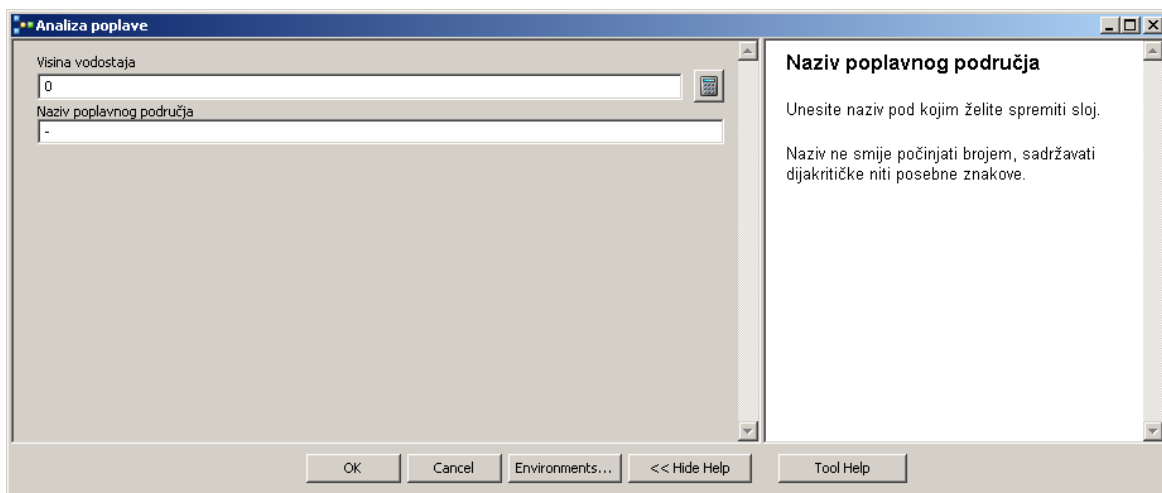
Slika 59. Poruka kod kreiranja praznog sloja

Slika 60 (i Slika 61) prikazuje samo pokretanje alata. U prvo se polje upisuje visina vodostaja, dok drugo polje služi upisivanje naziva sloja pod kojim će se rezultati analize spremiti. Naziv sloja je proizvoljan, no postoje pravila kod kreiranja samog imena. Naziv sloja:

- Ne smije počinjati brojem.
- Ne smije sadržavati dijakritičke znakove.
- Ne smije sadržavati posebne znakove (kao npr. +, -, /, <, >, :, ~, [], (), { }, itd.).



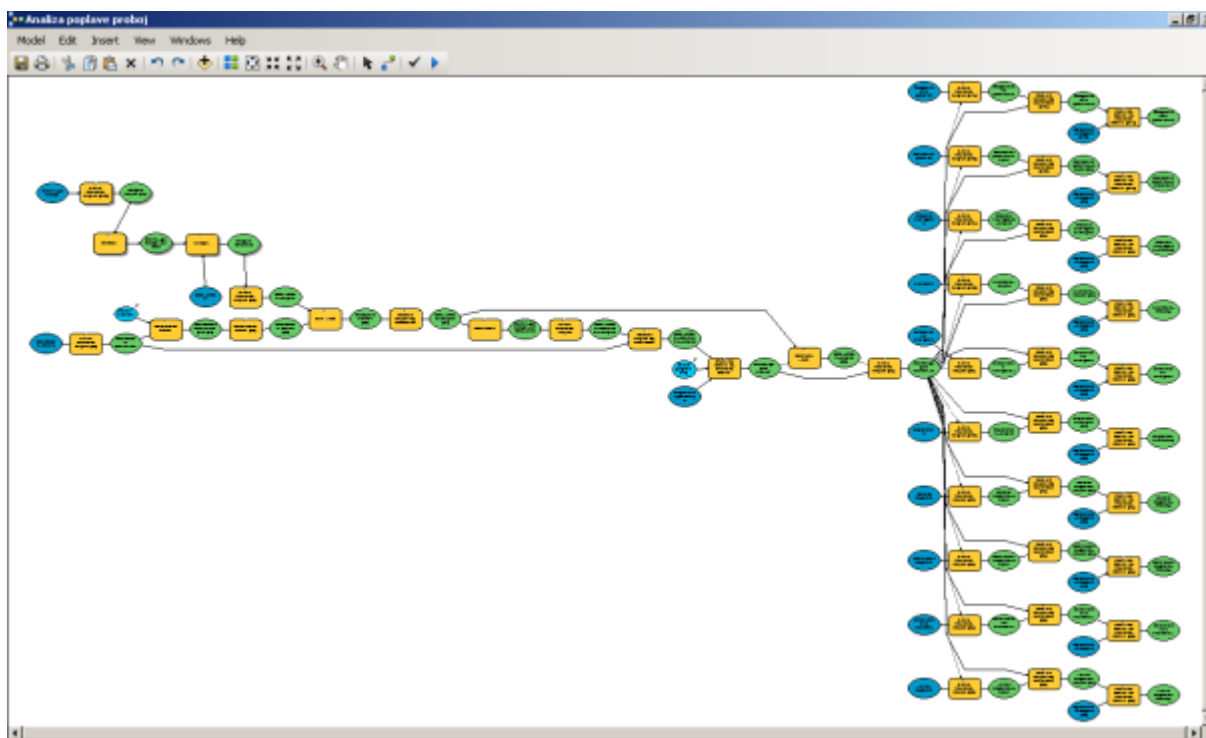
Slika 60. Izgled prozora za analize (1)



Slika 61. Izgled prozora za analize (2)

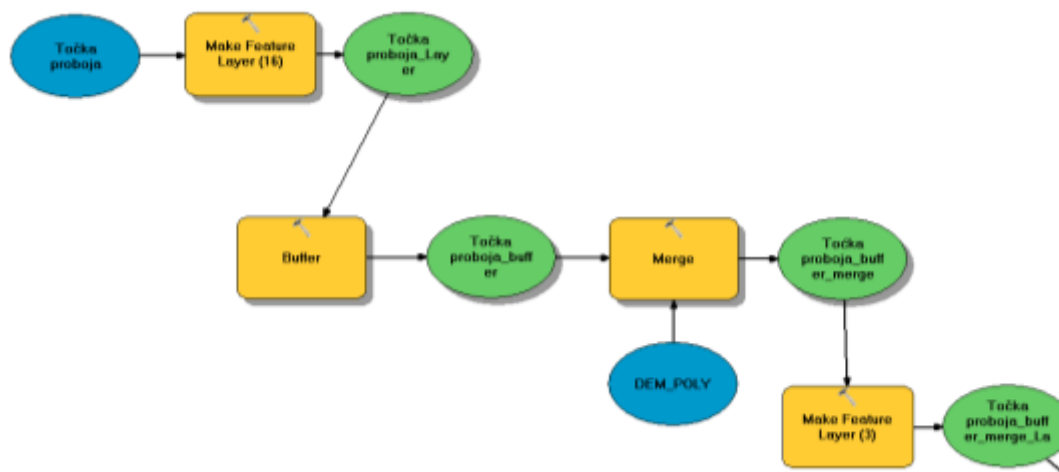
6.4.4. Model za analize poplavnih područja – proboj nasipa

Svrha ovog modela je bilo saznati što bi se dogodilo u hipotetskoj situaciji proboja nasipa. U ovom slučaju, uzeta je također točka, koja predstavlja mjesto proboja te je oko nje kreirana *buffer* zona radijusa 30 metara. Model se generalno ne razlikuje od prošlog modela, jedino su dodane neke nove funkcije (kreiranje *buffer* zone, spajanje *buffer* zone sa poligonima), no o tome više u nastavku. Slika 62 prikazuje strukturu modela za analize poplavnih područja u hipotetskom slučaju proboja nasipa. Čitljivi prikaz modela nalazi se na priloženom mediju.



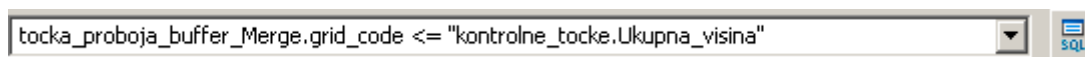
Slika 62. Model analize poplavnih područja u slučaju proboja nasipa

Glavna razlika između modela koji računa površinu pod vodom u slučaju proboja nasipa i modela koji računa površinu pod vodom u slučaju povišenog vodostaja jest kritična točka nazvana točkom proboja. To je točka koju korisnik mora sam unijeti, a može se nalaziti na bilo kojem mjestu gdje se nalazi nasip. Slika 63 prikazuje dio modela kojim se provode analize pomoću točke proboja.



Slika 63. Točka proboja – model

Cijeli dio modela počinje sa kreiranjem privremenog sloja *tocka_proboja_Layer* oko kojeg se kreira *buffer* zona od 30 metara (predefinirana vrijednost, nju je moguće promijeniti u opcijama samog alata ukoliko za to postoji potreba). Zatim se na sloju *buffer* zone provodi *Merge* alat sa poligonima. *Merge* je alat koji više slojeva spaja u jedan pri tom zadržavajući geometriju oba sloja (pa čak i u slučaju preklapanja slojeva). Nakon kreiranja privremenog sloja iz sloja *tocka_proboja_buffer_merge*, provodi se daljnja analiza koja je do postupka selektiranja slojeva koji se preklapaju sa poplavnim područjem identična koracima u analizi poplavnih područja u slučaju porasta vodostaja. Za razliku od prijašnjeg modela, selekcija prema atributima povodi se sa poligonskim slojem *tocka_proboja_buffer_Merge* (Slika 64), a ne sa *DEM_POLY_Layer*, kao u prijašnjem modelu.



Slika 64. Izraz za selektiranje slojeva prema atributu

Jedina razlika u zadnjem koraku (selekcija slojeva preklopa) jest u tome što je ime novih stvorenih slojeva pod poplavom promijenjeno (*feature_class_proboj* gdje dio naziva *feature_class* opet predstavlja ime sloja za koji se analiza provodi) kako bi se izbjegao gubitak slojeva kreiranih u prethodnoj analizi. Izgled prozora za provođenje analize isti je kao i kod prijašnje analize (Slika 60 i Slika 61).

6.5. Rezultati analiza

Kod analiziranja poplavljenih područja, krenulo se od pretpostavke da vodostaj raste za pune vrijednosti (1, 2, 3 te 4 metra), pošto su visinske vrijednosti modela reljefa bez decimala. Oba modela provedena su za iste vrijednosti, te su dobiveni sljedeći rezultati.

Kada je riječ o samom porastu vodostaja, bez proboja nasipa, prema provedenim analizama (Slika 65, Slika 66, Slika 67 te Slika 68) nije došlo do prelijevanja rijeke Save preko nasipa, te samim time niti naseljeno područje nije ugroženo.



Slika 65. Područje pod vodom – porast vodostaja za 1 metar



Slika 66. Područje pod vodom – porast vodostaja za 2 metra

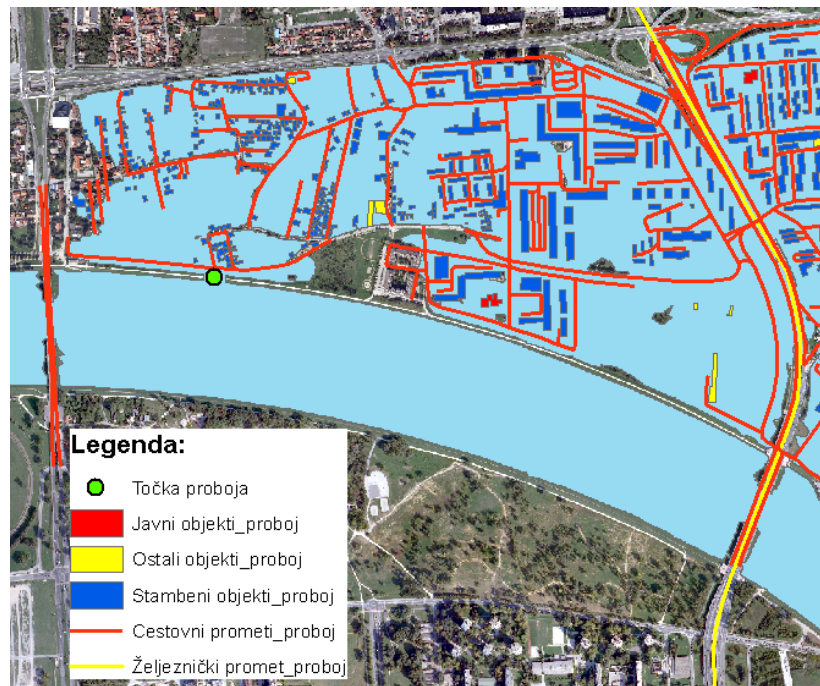


Slika 67. Područje pod vodom – porast vodostaja za 3 metra



Slika 68. Područje pod vodom – porast vodostaja za 4 metra

Područje pod vodom u slučaju proboja nasipa, te porasta vodostaja rijeke Save za 1, 2 odnosno 3 metra je isto kao i područje pod vodom u slučaju samo porasta vodostaja. Ipak, u slučaju porasta vodostaja od 4 metra, situacija se mijenja. Slika 69 prikazuje kako u slučaju proboja nasipa pri porastu vodostaju od 4 metra, dolazi do plavljenja urbaniziranog područja površine oko 1 četvorni kilometar.



Slika 69. Područje pod vodom i pogođeni objekti u slučaju proboja nasipa te porasta vodostaja za 4 metra

7. Zaključak

Cilj ovog rada bio je izraditi sustav kojim bi se mogle predvidjeti eventualne poplave (odnosno poplavljena područja) na području Grada Zagreba. Iako je plan bio izraditi sustav duž cijelog toka rijeke Save unutar spomenutog područja, zbog tehničkih ograničenja je uzeto testno područje površine 12 četvornih kilometara koje je obuhvaćalo visoko urbanizirano područje Novog Zagreba. Pošto je Zagreb svojim nasipima vrlo dobro branjen od visokih vodostaja, izrađena je i analiza plavljenih područja u slučaju proboja nasipa.

Programski paket ArcGIS se pokazao iznimno učinkovitim kod izrade ovog rada. Iako je sve analize bilo moguće provesti i ručno, korak po korak, aplikacija ModelBuilder je omogućila automatizaciju provođenja analiza, tako da jedino što korisnik mora napraviti jest unijeti visinu vodostaja te ime sloja pod kojim želi spremiti poplavljena područja.

S obzirom na činjenicu kako rijeka Sava protječe kroz prostor različitih nadmorskih visina (od 122 metra nadmorske visine kod Zaprešića, pa sve do 97 metara nadmorske visine kod Ivanje Reke), kod izrade detaljnog sustava potrebno je „razlomiti“ cijelo područje toka na nekoliko manjih područja kako bi se dobili točniji rezultati.

Iako kod analize nisu uzeti neki faktori (vrsta vodostaja, nagib terena, volumen samog područja između nasipa te protok rijeke Save), smatram kako je izrađeni sustav i više nego dovoljan za procjenu rizika kod poplava na užem gradskom području.

Literatura

- Cetl, V. (2010): Upravljanje rizikom, predavanja, Geodetski fakultet, Zagreb.
- DUZS (2009): Procjena ugroženosti Republike Hrvatske od prirodnih i tehničko tehnoloških katastrofa i velikih nesreća, Zagreb, (<http://www.duzs.hr/download.aspx?f=dokumenti/Stranice/PROCJENAugrozenostiRepublikeHrvatske.pdf>).
- Fazal, S. (2008): GIS Basics, New Age International (P) Ltd. Publishers, New Delhi
- Frančula, N. (2004), *Digitalna kartografija*, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Gajski, D. (2010): Geoinformacijski sustavi, predavanja. Geodetski fakultet, Zagreb.
- Gereš, D. (2004): Voda i katastrofe, (http://www.avia.croatia.com/04_04/voda_i_katastrofe.htm).
- Hiller, A. (2011): Manual for working with ArcGIS 10, University of Pennsylvania, Philadelphia, (http://works.bepress.com/amy_hillier/24/).
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W. (2005): Geographic Information Systems and Science, John Wiley & Sons Inc., West Sussex.
- Narodne novine (2004): Zakon o javnim cestama, 180.
- Narodne novine (2008): Strategija o upravljanju vodama, 91.
- Narodne novine (2009): Zakon o vodama, 153.
- Narodne novine (2010): Odluka o popisu voda I. reda, 79.
- Narodne novine (2010): Državni plan obrane od poplava, 84.
- Narodne novine – međunarodni ugovori (2003): Okvirni sporazum o slivu rijeke Save, 14.
- WMO/GWP Associated Programme on Flood Management (2008): Urban Flood Risk Management, (http://www.apfm.info/pdf/ifm_tools/Tools_Urban_Flood_Risk_Management.pdf).
- POPIS URLa:**
- URL 1. GISDATA Group Web Sites, <http://www.gisdata.com/Default.aspx?sec=1503>, (19. 05. 2011.)
- URL 2. ESRI Info – Company History, <http://www.esri.com/about-esri/about/history.html>, (16. 03. 2011.)
- URL 3. ArcInfo – Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/ArcInfo>, (01. 04. 2011.)



- URL 4. ArcView 3.x – Wikipedia, the free encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/ArcView_3.x, (01. 04. 2011.)
- URL 5. ArcGIS – Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/ArcGIS>, (01. 04. 2011.)
- URL 6. Savska komisija – prospekt II, http://www.savacommission.org/dms/docs/dokumenti/documents_publications/publications/leaflets/leaflet_ii/prospekt_ii_hrv.pdf, (01. 06. 2011.)
- URL 7. DUZS, <http://www.duzs.hr/news.aspx?newsID=13053&pageID=50> , (01. 06. 2011.)
- URL 8. Desktop Help 10.0, What is ModelBuilder, <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/002w00000001000000.htm>, (01. 06. 2011.)
- URL 9. Desktop Help 10.0, Essential ModelBuilder vocabulary, http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Essential_ModelBuilder_vocabulary/002w00000026000000/, (01. 06. 2011.)
- URL 10. Desktop Help 10.0, Model Elements, http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Model_elements/002w00000030000000/, (01. 06. 2011.)
- URL 11. Desktop Help 10.0, Types of Geodatabases, http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Types_of_geodatabases/003n00000007000000/, (01. 06. 2011.)
- URL 12. GElin – Showroom, <http://maps.mireo.hr/gelin2/>, (01. 04. 2011.)
- URL 13. Karta T-portal, interaktivna karta Hrvatske, <http://imenik.tportal.hr/show?traziPoKarti=%28npr.+Ilica%2C+Zagreb+ili+Knin%29&action=karta>, (01. 04. 2011.)
- URL 14. GEOFABRIK Downloadbereich, <http://download.geofabrik.de/osm/europe/>, (01. 04. 2011.)
- URL 15. CloudMade Downloads, http://downloads.cloudmade.com/europe/southern_europe/croatia#downloads_breadcrumbs, (01. 04. 2011.)

Popis slika:

Slika 1. Trojna struktura GIS softvera.....	4
Slika 2. Desktop GIS.....	5
Slika 3. Klijent-poslužitelj GIS	5
Slika 4. Centralizirani desktop GIS	6
Slika 5. Centralizirani serverski GIS.....	7
Slika 6. Korištenje geoinformacijskih sustava prema tipu softvera	7
Slika 7. Komponente GIS-a	9
Slika 8. Struktura matrice.....	11
Slika 9. Razlika u rezoluciji rastera i kvaliteti rastera	11
Slika 10. Vektorski podaci.....	12
Slika 11. ESRI logo.....	13
Slika 12. Proizvođači GIS softvera prema zastupljenosti na tržištu	13
Slika 13. Savski most za vrijeme poplave 1964. godine	22
Slika 14. Pogled na Savsku cestu za vrijeme poplave 1964. godine	23
Slika 15. Rijeka Sava u rujnu 2010. godine kod jezera Jarun.....	23
Slika 16. Poplavljeno područje Čičke Poljane u rujnu 2010. godine	24
Slika 17. Dostupne licence za ArcGIS	25
Slika 18. Početni logo ArcCataloga	26
Slika 19. ArcCatalog sučelje	26
Slika 20. ArcMap sučelje	27
Slika 21. „Standard“ alatna traka	27
slika 22. „Editor“ alatna traka	28
Slika 23. „Snapping“ alatna traka.....	28
Slika 24. „Tools“ alatna traka	28
Slika 25. Primjer modela podataka	29
Slika 26. ModelBuilder sučelje.....	29



Slika 27. Elementi modela u ModelBuilder aplikaciji	31
Slika 28. Područje za provođenje analiza	32
Slika 29. Create Raster Dataset prozor	34
Slika 30. Učitavanje podataka u Raster Dataset.....	34
Slika 31. Eksportiranje podataka iz .dwg formata u shapefile	35
Slika 32. Kreiranje nepravilne mreže trokuta	36
Slika 33. Transformacija TIN mreže u raster	36
Slika 34. Kreiranje Hillshade	37
Slika 35. Hillshade u kombinaciji s rasterom.....	37
Slika 36. Spatial Join poligonskog sloja katastarskih čestica sa točkastim slojem anotacija	38
Slika 37. Izgled uređene tablice katastarskih čestica nakon dodjeljivanja broja čestice	39
Slika 38. Kreiranje Toolbox-a.....	41
Slika 39. Svojstva skupine alata „Analize“	42
Slika 40. Kreiranje novog modela	42
Slika 41. Shematski prikaz modela za transformaciju DMR-a	43
Slika 42. Atributna tablica sloja DEM_POLY	44
Slika 43. Model za analizu poplava	45
Slika 44. Atributna tablica sloja DEM_POLY	45
Slika 45. Kreiranje sloja DEM_POLY_Layer	46
Slika 46. Atributna tablica sloja Kontrolne točke	46
Slika 47. Calculate Field alat za računanje ukupne visine vodostaja	47
Slika 48. Analize na sloju Kontrolne točke	47
Slika 49. Provođenje Join alata na slojevima kontrolnih točaka i poligona digitalnog modela reljefa	47
Slika 50. Izraz prema kojem se provodi Select Layer By Attribute.....	48
Slika 51. Selekcija poligona prema atributima	48
Slika 52. Select By Location	48



Slika 53. Analize na sloju DEM_POLY_Layer	49
Slika 54. Dobivanje sloja područja prekrivenog vodom	49
Slika 55. Feature Class to Feature Class alat.....	50
Slika 56. Preduvjet (precondition) Remove Join	50
Slika 57. Preduvjet za provođenje i provođenje zadnjeg koraka analize	51
Slika 58. Lokacijski upit za analize područja pod vodom	51
Slika 59. Poruka kod kreiranja praznog sloja.....	52
Slika 60. Izgled prozora za analize (1).....	52
Slika 61. Izgled prozora za analize (2).....	52
Slika 62. Model analize poplavnih područja u slučaju proboja nasipa	53
Slika 63. Točka proboja – model	54
Slika 64. Izraz za selektiranje slojeva prema atributu	54
Slika 65. Područje pod vodom – porast vodostaja za 1 metar	55
Slika 66. Područje pod vodom – porast vodostaja za 2 metra	55
Slika 67. Područje pod vodom – porast vodostaja za 3 metra	56
Slika 68. Područje pod vodom – porast vodostaja za 4 metra	56
Slika 69. Područje pod vodom i pogođeni objekti u slučaju proboja nasipa te porasta vodostaja za 4 metra	57

Popis tablica:

Tablica 1. Podaci u GIS-u.....	10
Tablica 2. Prednosti i nedostaci rasterskih podataka.....	12
Tablica 3. Prednosti i nedostaci vektorskih podataka	12
Tablica 4. Faktori koji utječu na poplave.....	18
Tablica 5. Sadržaj priloženog medija	86

Popis priloga:

Prilog 1. Dokumentacija baze podataka	65
---	----



Prilog 2. Katastarski podaci	76
Prilog 3. Vektorizirane prometnice	77
Prilog 4. Željeznički promet.....	78
Prilog 5. Mostovi	79
Prilog 6. Stambeni objekti	80
Prilog 7. Javni objekti.....	81
Prilog 8. Ostali objekti	82
Prilog 9. Pokrov zemljišta	83
Prilog 10. Plodno zemljište	84
Prilog 11. Vodna dobra	85
Prilog 12. Sadržaj CD-a	86



Prilozi

Prilog 1. Dokumentacija baze podataka

Geodatabase Documentation

Summary Information and Links

[5 Feature Datasets and 15 Feature Classes](#)

No Topology Datasets

No Geometric Networks

[5 Rasters](#)

No Tables (Object Classes)

No Relationship Classes

[11 Domains](#)

Feature Datasets and Child Classes

[katastar - Feature Dataset](#)

[katastarska_opcina - Simple](#)

[katastarske_cestice - Simple](#)

[objekti - Feature Dataset](#)

[objekti_javni - Simple](#)

[objekti_ostalo - Simple](#)

[objekti_stambeni - Simple](#)

[pokrov_zemljista - Feature Dataset](#)

[intenzivna_namjena - Simple](#)

[izgradjeno - Simple](#)

[plodno_zemljiste - Simple](#)

[promet - Feature Dataset](#)

[mostovi - Simple](#)

[promet_cestovni - Simple](#)

[promet_zeljeznicki - Simple](#)

[vodna_dobra - Feature Dataset](#)

[mjerne_postaje - Simple](#)

[vodni_objekti - Simple](#)

[vodotoci_linijski - Simple](#)

[vodotoci_polygon - Simple](#)

Rasters

[DOF - Raster RasterDataset](#)

[Hillshade_TINgrid - Raster RasterDataset](#)

[HOK - Raster RasterDataset](#)

[TIN_grid - Raster RasterDataset](#)

[TK25 - Raster RasterDataset](#)



Workspace-Level Tables and Feature Classes

Relationship Classes

Domains

[Cestovni promet](#)

[Izgrađeno](#)

[Javni objekti](#)

[Jezero](#)

[Mostovi](#)

[Ostali objekti](#)

[Plodno zemljište](#)

[Stambeni objekti](#)

[Vodotoci line](#)

[Vodotoci polygon](#)

[Željeznički promet](#)

katastar - FeatureDataset

Name katastar

Description katastar

Tags null

katastarska_opcina - FeatureClass

Name katastarska_opcina

ShapeType Polygon

FeatureType Simple

AliasName Katastarska općina

HasM false

HasZ false

Description katastarska_opcina

Field	DataType	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultValue	IsNullable
Naziv	String	50	Naziv	Naziv			true

katastarske_cestice - FeatureClass

Name katastarske_cestice

ShapeType Polygon

FeatureType Simple

AliasName Katastarske čestice

HasM false

HasZ false

Description katastarske_cestice

Field	DataType	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultValue	IsNullable
Broj	String	50	Broj	Broj			true

**objekti - FeatureDataset****Name** objekti**Description** objekti**Tags** null**objekti_javni - FeatureClass****Name** objekti_javni**ShapeType** Polygon**FeatureType** Simple**AliasName** Javni objekti**HasM** false**HasZ** false**Description** objekti_javni

Field	Data Type	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultValue	IsNullable
Tip	SmallInteger	2	Tip	Tip	Javni objekti		true
Naziv	String	50	Naziv	Naziv			true

objekti_ostalo - FeatureClass**Name** objekti_ostalo**ShapeType** Polygon**FeatureType** Simple**AliasName** Ostali objekti**HasM** false**HasZ** false**Description** objekti_ostalo

Field	Data Type	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultValue	IsNullable
Tip	SmallInteger	2	Tip	Tip	Ostali objekti		true
Naziv	String	50	Naziv	Naziv			true

objekti_stambeni - FeatureClass**Name** objekti_stambeni**ShapeType** Polygon**FeatureType** Simple**AliasName** Stambeni objekti**HasM** false**HasZ** false**Description** objekti_stambeni

Field	Data Type	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultValue	IsNullable
Tip	SmallInteger	2	Tip	Tip	Stambeni objekti		true

**pokrov_zemljista - FeatureDataset****Name** pokrov_zemljista**Description** pokrov_zemljista**Tags** null**intenzivna_namjena - FeatureClass****Name** intenzivna_namjena**ShapeType** Polygon**FeatureType** Simple**AliasName** Površine intenzivne gospodarske namjene**HasM** false**HasZ** false**Description** intenzivna_namjena

Field	DataType	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultValue	IsNullable
-------	----------	--------	-----------	-------------	--------	--------------	------------

izgradjeno - FeatureClass**Name** izgradjeno**ShapeType** Polygon**FeatureType** Simple**AliasName** Urbana područja**HasM** false**HasZ** false**Description** izgradjeno

Field	DataType	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultValue	IsNullable
Tip	SmallInteger	2	Tip	Tip	Izgrađeno		true

plodno_zemljiste - FeatureClass**Name** plodno_zemljiste**ShapeType** Polygon**FeatureType** Simple**AliasName** Plodno zemljište**HasM** false**HasZ** false**Description** plodno_zemljiste

Field	DataType	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultValue	IsNullable
Tip	SmallInteger	2	Tip	Tip	Plodno zemljište		true

**promet - FeatureDataset****Name** promet**Description** promet**Tags** null**mostovi - FeatureClass****Name** mostovi**ShapeType** Polyline**FeatureType** Simple**AliasName** Most**HasM** false**HasZ** false**Description** mostovi

Field	DataType	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultValue	IsNullable
Tip	SmallInteger	2	Tip	Tip	Mostovi		false

promet_cestovni - FeatureClass**Name** promet_cestovni**ShapeType** Polyline**FeatureType** Simple**AliasName** Cestovni promet**HasM** false**HasZ** false**Description** promet_cestovni

Field	DataType	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultValue	IsNullable
Tip	Integer	4	Tip	Tip	Cestovni promet		true
Naziv	String	100	Ime ulice	Naziv			true

promet_zeljeznicki - FeatureClass**Name** promet_zeljeznicki**ShapeType** Polyline**FeatureType** Simple**AliasName** Željeznički promet**HasM** false**HasZ** false**Description** promet_zeljeznicki

Field	DataType	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultV alue	IsNullable
Vrsta	SmallInteger	2	Vrsta	Vrsta	Željeznički promet		true

**vodna_dobra - FeatureDataset****Name** vodna_dobra**Description** vodna_dobra**Tags** null**mjerne_postaje - FeatureClass****Name** mjerne_postaje**ShapeType** Point**FeatureType** Simple**AliasName** Mjerne postaje**HasM** false**HasZ** false**Description** mjerne_postaje

Field	DataType	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultValue	IsNullable
Naziv_postaje	String	50	Naziv_postaje	Naziv_postaje			true
Vodno_podrucje	String	50	Vodno podrucje	Vodno_podrucje			true

vodni_objekti - FeatureClass**Name** vodni_objekti**ShapeType** Polyline**FeatureType** Simple**AliasName** Nasip**HasM** false**HasZ** false**Description** vodni_objekti

Field	DataType	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultValue	IsNullable
-------	----------	--------	-----------	-------------	--------	--------------	------------

vodotoci_linijski - FeatureClass**Name** vodotoci_linijski**ShapeType** Polyline**FeatureType** Simple**AliasName** Vodotoci - linijski prikaz**HasM** false**HasZ** false**Description** vodotoci_linijski

Field	DataType	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultValue	IsNullable
Naziv	String	50	Naziv	Naziv			true
Tip	SmallInteger	2	Tip	Tip	Vodotoci_line		true

vodotoci_polygon - FeatureClass**Name** vodotoci_polygon**ShapeType** Polygon



FeatureType Simple

AliasName Vodotoci - poligonski prikaz

HasM false

HasZ false

Description vodotoci_polygon

Field	DataType	Length	AliasName	Description	Domain	DefaultValue	IsNullable
Naziv	String	50	Naziv	Naziv			true
Tip	SmallInteger	2	Tip	Tip	Vodotoci_polygon		true

DOF - RasterDataset

Name DOF

Format FGDBR

CompressionType LZ77

BandCount 3

Description DOF

Band Name	Pixel Type	Mean Cell Height	Mean Cell Width
Band_1	U8	0.5	0.5
Band_2	U8	0.5	0.5
Band_3	U8	0.5	0.5

Hillshade_TINgrid - RasterDataset

Name Hillshade_TINgrid

Format FGDBR

CompressionType LZ77

BandCount 1

Description Hillshade_TINgrid

Band Name	Pixel Type	Mean Cell Height	Mean Cell Width
Band_1	U8	2	2

HOK - RasterDataset

Name HOK

Format FGDBR

CompressionType LZ77

BandCount 1

Description HOK

Band Name	Pixel Type	Mean Cell Height	Mean Cell Width
Band_1	U8	0.4233385018461131	0.42333850184611466

**TIN_grid - RasterDataset****Name** TIN_grid**Format** FGDBR**CompressionType** LZ77**BandCount** 1**Description** TIN_grid

Band Name	Pixel Type	Mean Cell Height	Mean Cell Width
Band_1	F32	2	2

TK25 - RasterDataset**Name** TK25**Format** FGDBR**CompressionType** LZ77**BandCount** 1**Description** TK25

Band Name	Pixel Type	Mean Cell Height	Mean Cell Width
Band_1	U8	2	2

Cestovni promet - Domain**DomainName** Cestovni promet**Description** Cestovni promet**FieldType** Integer**Domain Type** CodedValue

Code	Name
2	Državna cesta
3	Županijska cesta
4	Lokalna cesta
5	Glavna cesta
6	Sporedna cesta
7	Parkiralište
8	Objekti cestovnog prometa
1	Autocesta
9	Neklasificirana cesta

Izgrađeno - Domain**DomainName** Izgrađeno**Description** Izgrađeno**FieldType** SmallInteger**Domain Type** CodedValue

Code	Name
1	Urbano
2	Javne i gospodarske površine
3	Odlagalište otpada



4	Groblje
5	Sportsko-rekreacijske površine
6	Površine cestovnog prometa
7	Površine željezničkog prometa

Javni objekti - Domain**DomainName** Javni objekti**Description** Javni objekti**FieldType** SmallInteger**Domain Type** CodedValue

Code	Name
1	Objekti zdravstva
2	Objekti obrazovanja
3	Vjerski objekti
4	Administrativni objekti
5	Objekti kulture

Jezero - Domain**DomainName** Jezero**Description** Jezera prema valorizaciji**FieldType** SmallInteger**Domain Type** CodedValue

Code	Name
1	Turistička valorizacija
2	Sportsko-rekreativna valorizacija
3	Akumulacijsko jezero
4	Šljunčara
5	Ostalo

Mostovi - Domain**DomainName** Mostovi**Description** Mostovi**FieldType** SmallInteger**Domain Type** CodedValue

Code	Name
1	Cestovni most
2	Željeznički most
3	Pješački most

**Ostali objekti - Domain**

DomainName Ostali objekti
Description Ostali objekti
FieldType SmallInteger
Domain Type CodedValue

Code	Name
1	Objekti trgovine
2	Objekti industrije
3	Hoteli
4	Sportski objekti
6	Benzinske postaje
5	Ostali objekti

Plodno zemljište - Domain

DomainName Plodno zemljište
Description Plodno zemljište
FieldType SmallInteger
Domain Type CodedValue

Code	Name
3	Šumske površine
4	Linijski vegetacijski oblici
1	Obrađene površine
2	Neobrađene površine
5	Poluotvorena područja
6	Otvorena područja

Stambeni objekti - Domain

DomainName Stambeni objekti
Description Stambeni objekti
FieldType SmallInteger
Domain Type CodedValue

Code	Name
1	Kuća
2	Zgrada

Vodotoci_line - Domain

DomainName Vodotoci_line
Description Vodotoci - linije
FieldType SmallInteger
Domain Type CodedValue

Code	Name
1	Rijeka
2	Potok
3	Kanal



Vodotoci_polygon - Domain

DomainName Vodotoci_polygon
Description Vodotoci - poligoni
FieldType SmallInteger
Domain Type CodedValue

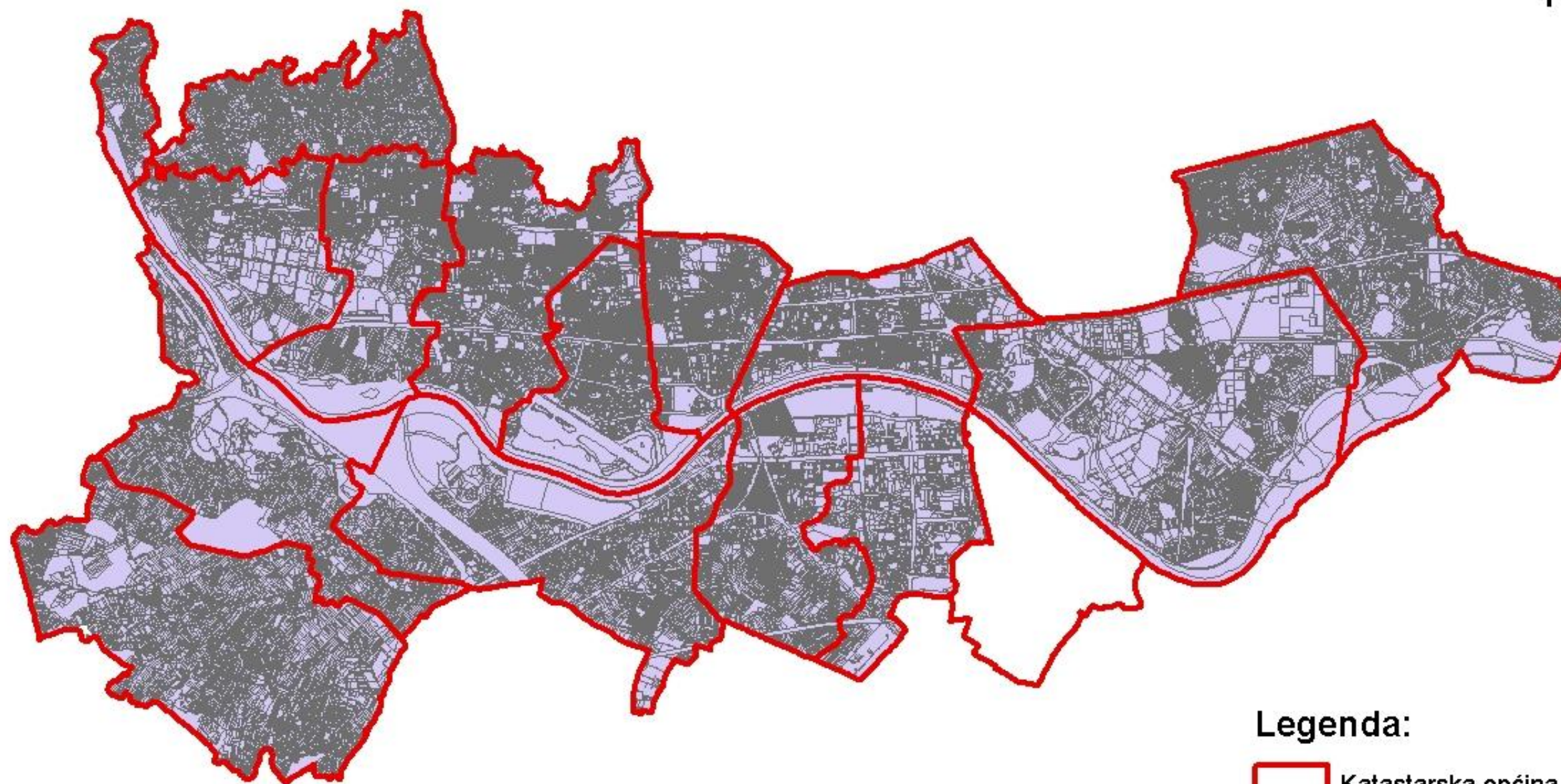
Code	Name
1	Rijeka
2	Potok
3	Rukavac
4	Retencija
5	Jezero - turizam
6	Jezero - sport
7	Jezero - akumulacija
8	Jezero - šljunak
9	Jezero - ostalo

Željeznički promet - Domain

DomainName Željeznički promet
Description Željeznički promet
FieldType SmallInteger
Domain Type CodedValue

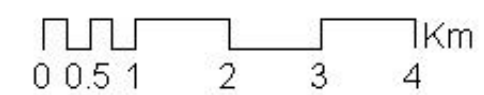
Code	Name
1	Željeznička pruga
2	Objekti željezničkog prometa
3	Tramvajska pruga
4	Objekti tramvajskog prometa

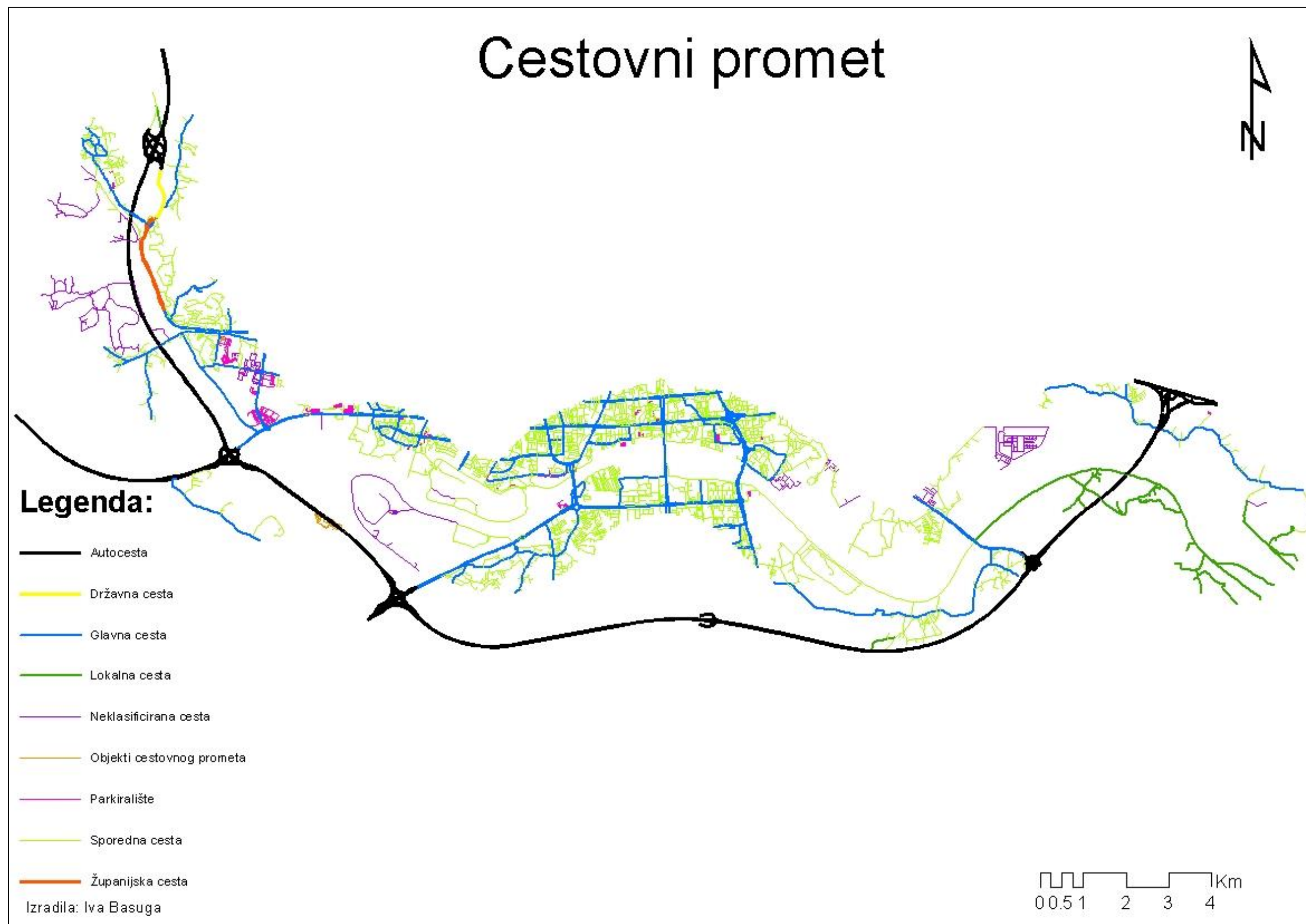
Katastarski podaci

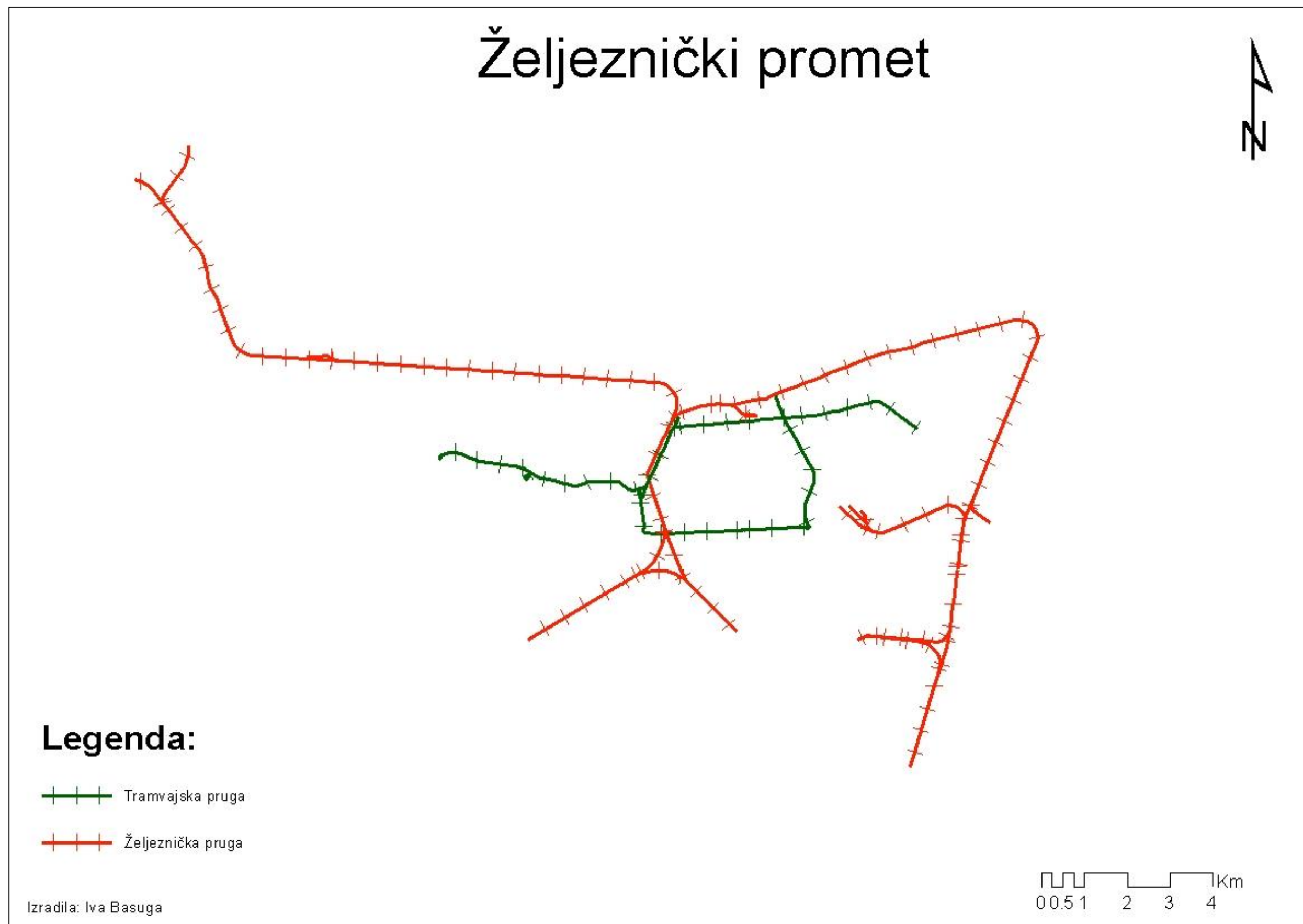


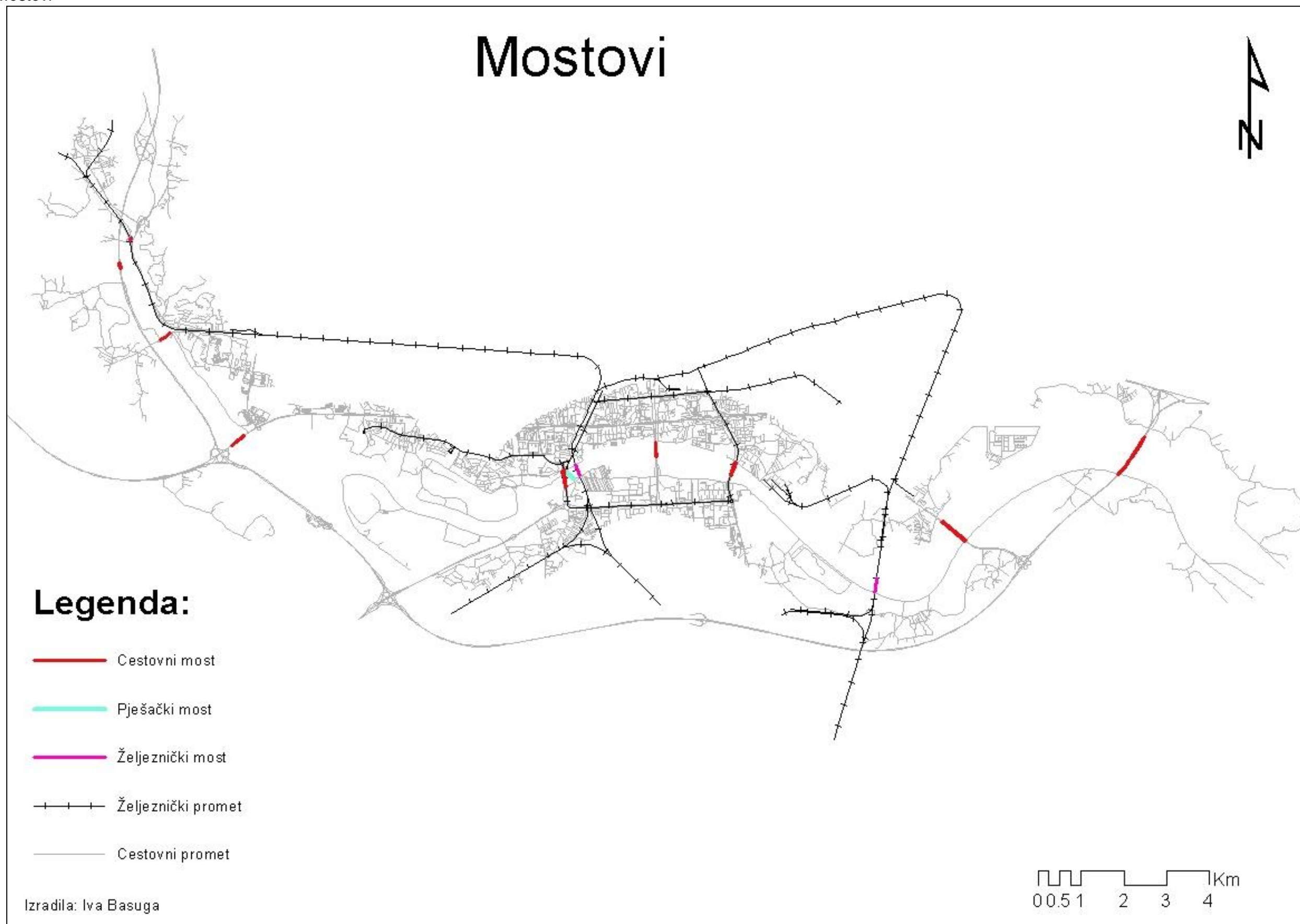
Legenda:

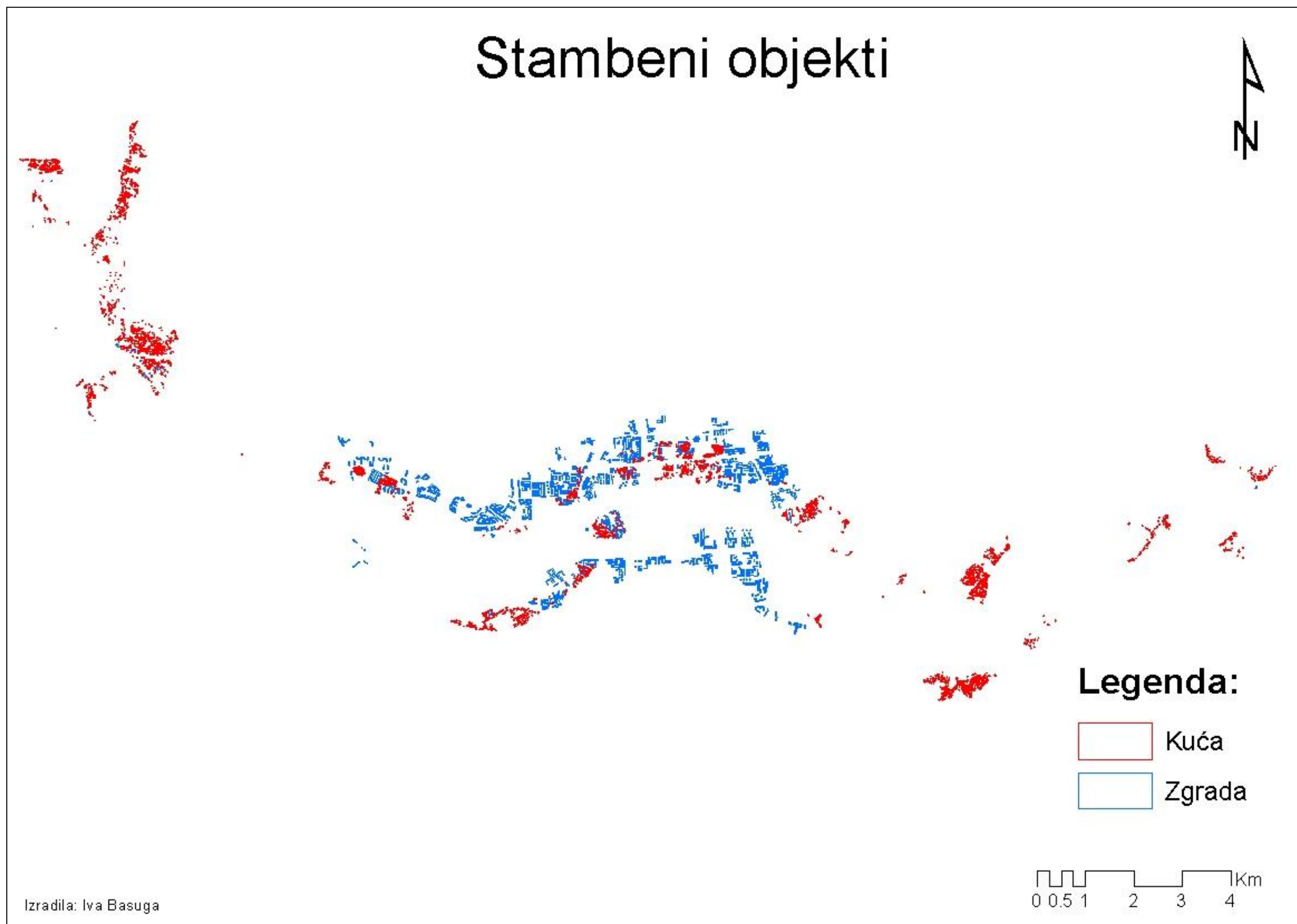
-  Katastarska općina
-  Katastarske čestice

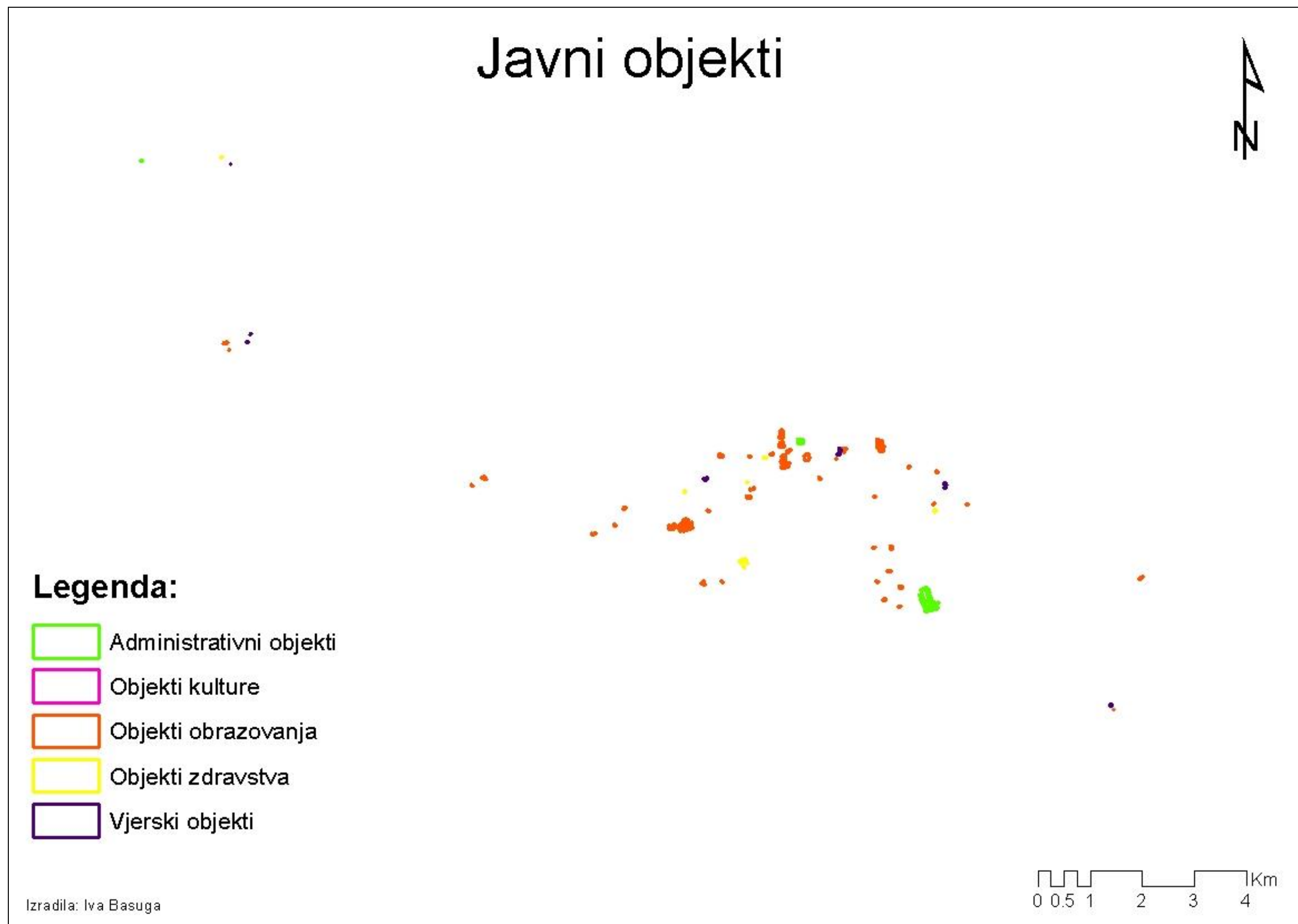


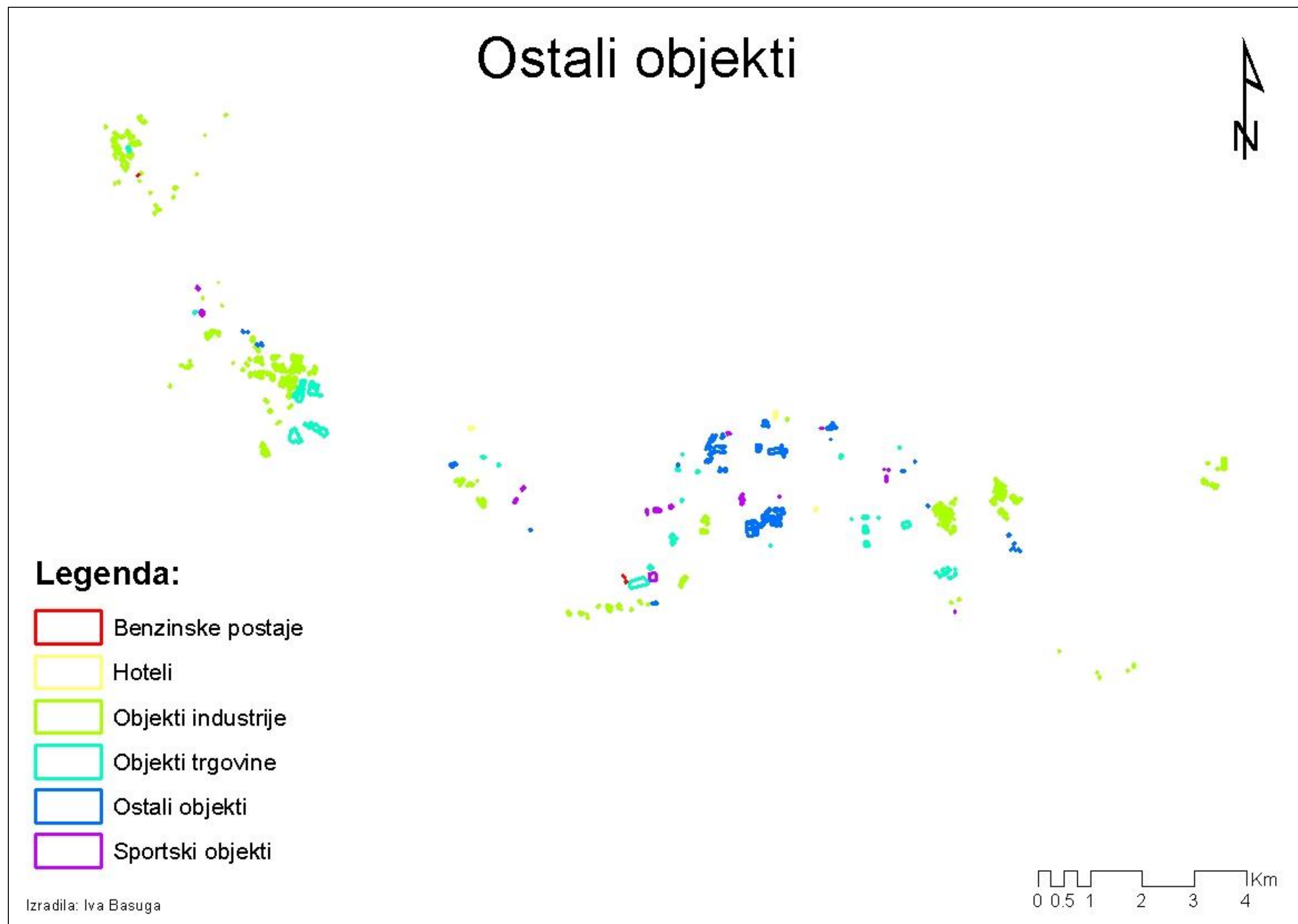


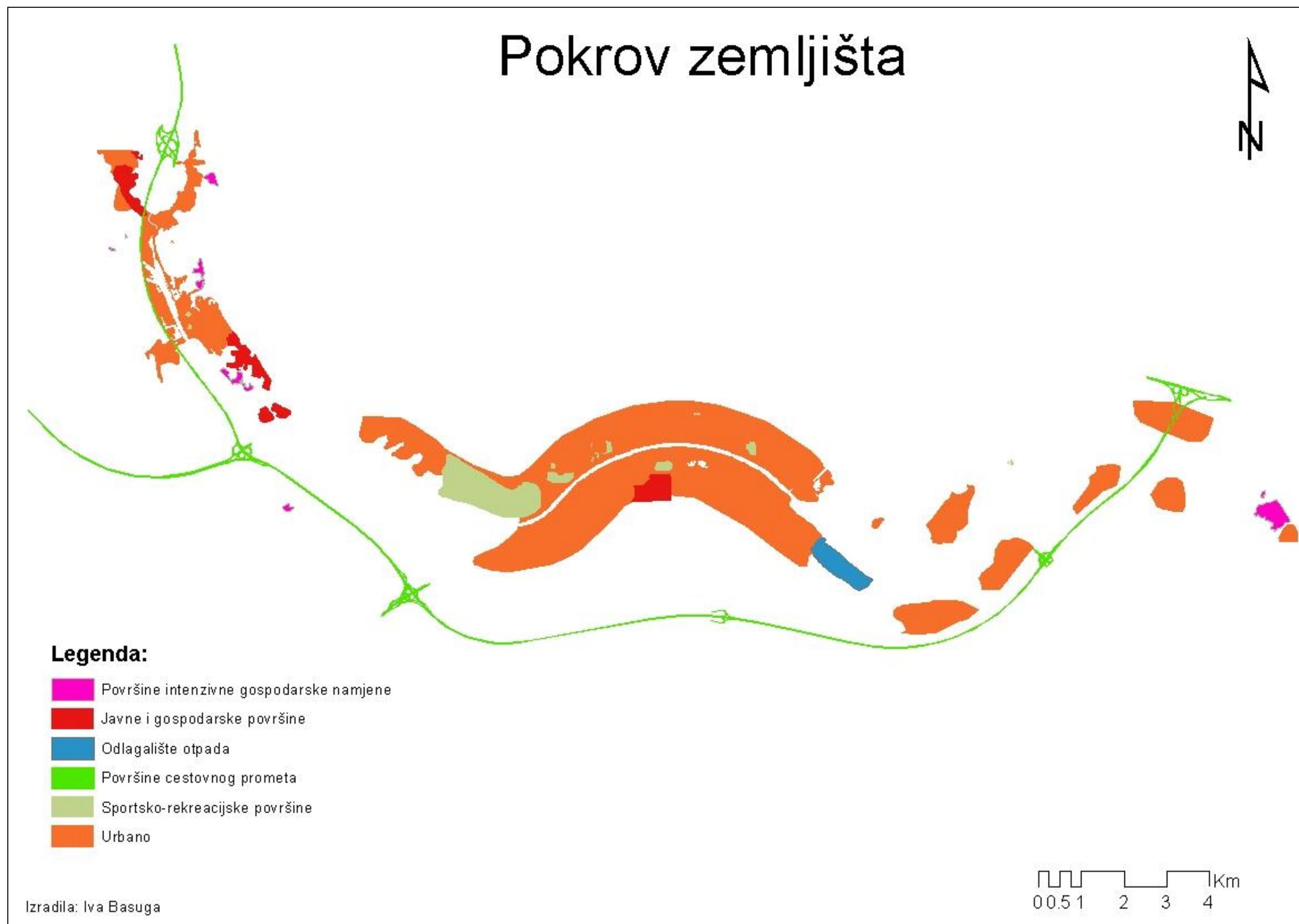


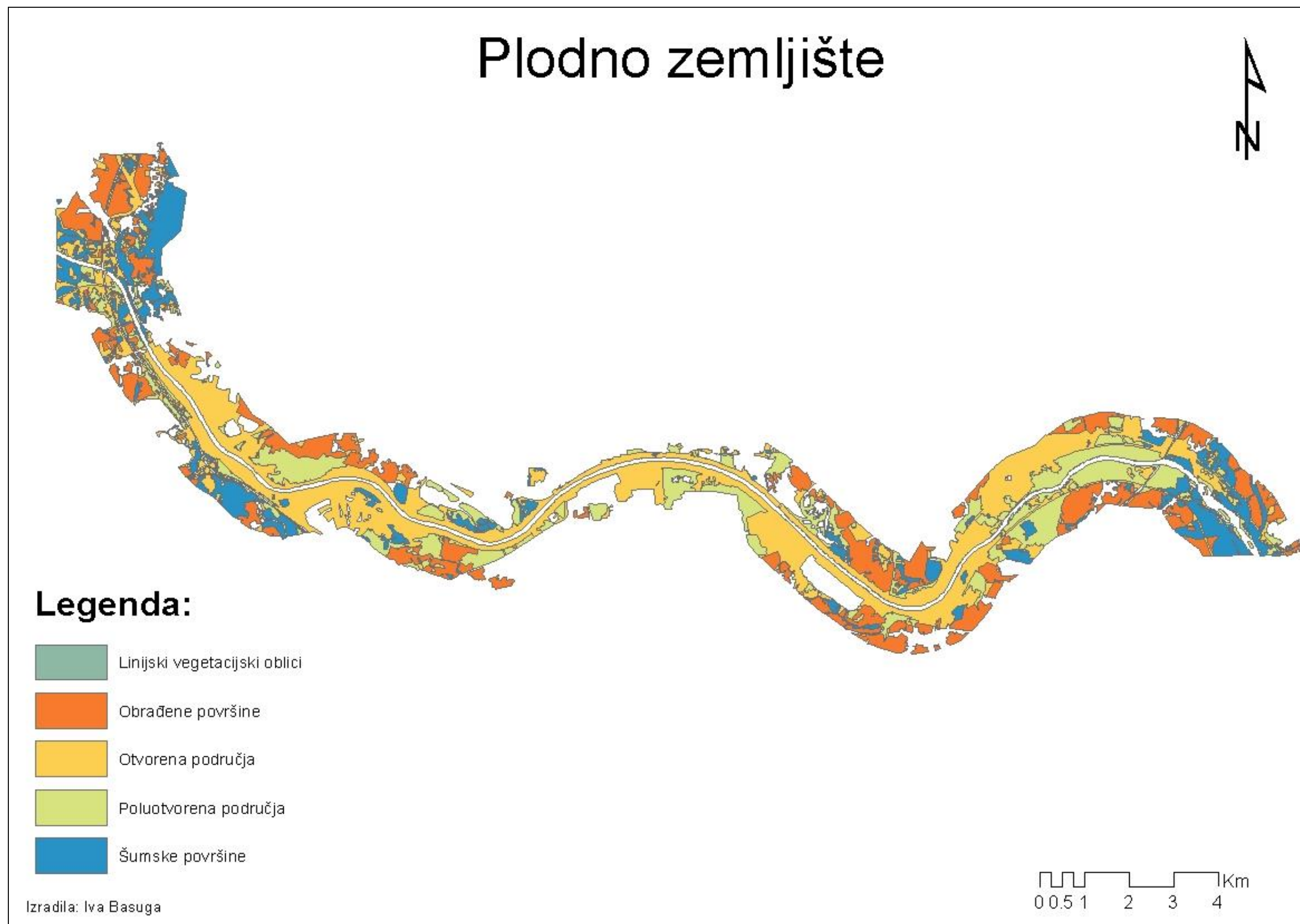


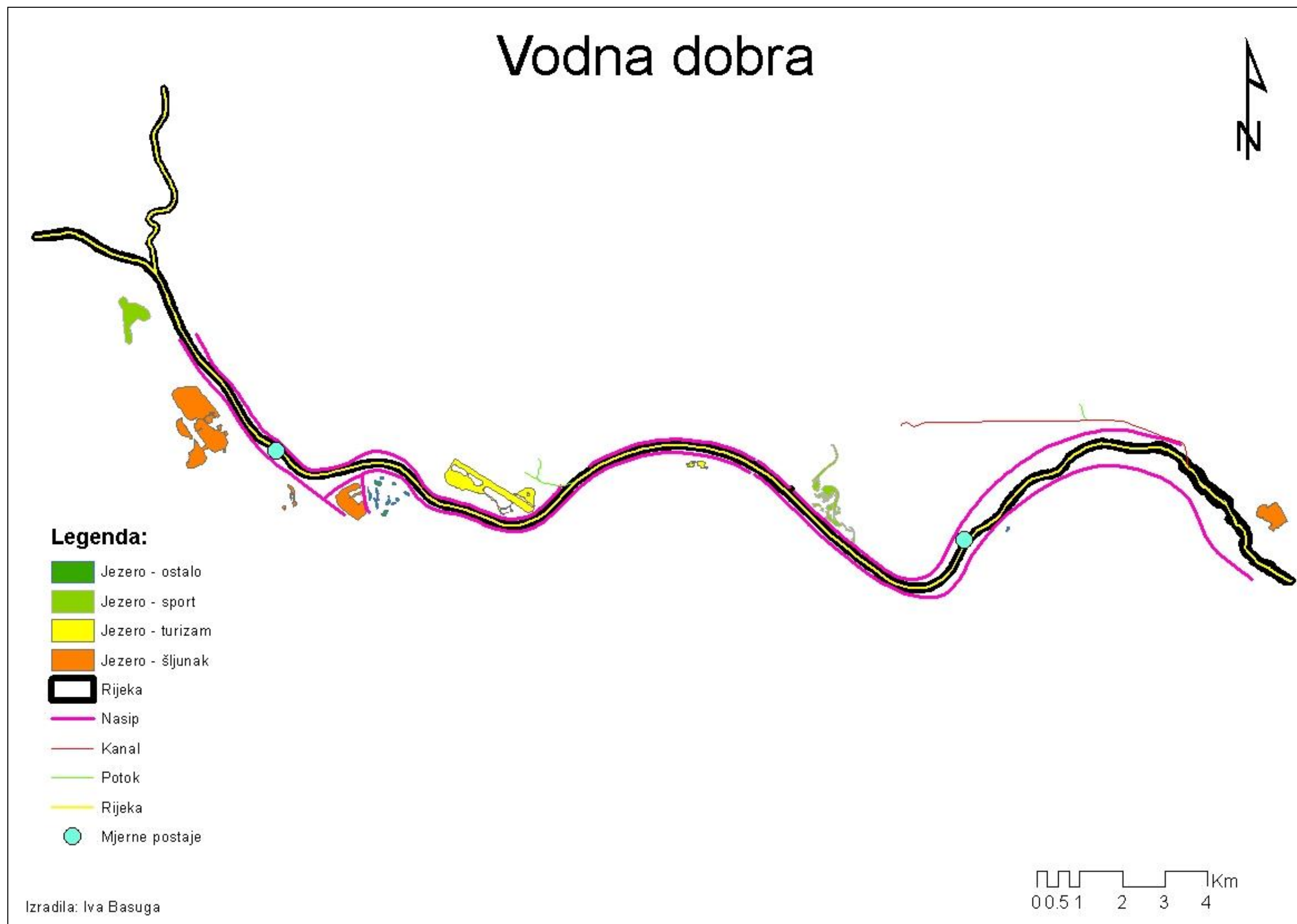












Prilog 12. Sadržaj CD-a

Na priloženom mediju pohranjeni su podaci korišteni pri izradi diplomskog rada i svi postignuti rezultati. Logički su organizirani prema smislu (Tablica 5).

Tablica 5. Sadržaj priloženog medija

RB.	Mapa/ Datoteka	Sadržaj
1.	ibasuga_diplomski.docx	Tekst diplomskog rada
2.	ibasuga.gdb	Baza podataka (File Geodatabase) sa vektoriziranim podacima i rasterima
3.	analize.gdb	Baza podataka (File Geodatabase) sa modelima za analize te podacima i rasterima na kojima se vrše analize
4.	ibasuga_diplomski.pptx	PowerPoint prezentacija diplomskog rada
5.	Poplava.jpg	Slika modela za analizu
6.	Poplava_proboj.jpg	Slika modela za analizu

Životopis

EUROPEAN
CURRICULUM VITAE
FORMAT



OSOBNJE OBAVIJESTI

Ime **BASUGA, IVA**
Adresa **ČIČKOVINA 1, 10 000 ZAGREB, HRVATSKA**
Telefon **098 593 808**
Faks
E-pošta **ibasuga@geof.hr, ivabasuga@yahoo.com**

Državljanstvo Hrvatsko
Datum rođenja 18. 12. 1986.

RADNO ISKUSTVO

- Datum (od – do) Lipanj 2010. – kolovoz 2010.
- Naziv i sjedište tvrtke GISDATA d.o.o., Zagreb
zaposlenja
- Vrsta posla ili područje Geoinformatika
- Zanimanje i položaj koji Student zaposlenik
obnaša
- Osnovne aktivnosti i Vektorizacija podataka
odgovornosti
- Datum (od – do) Kolovoz 2008. – kolovoz 2009.
- Naziv i sjedište tvrtke GISDATA d.o.o., Zagreb
zaposlenja
- Vrsta posla ili područje Geoinformatika
- Zanimanje i položaj koji Student zaposlenik
obnaša
- Osnovne aktivnosti i Vektorizacija podataka
odgovornosti

ŠKOLOVANJE I IZOBRAZBA

- Datum (od – do) Rujan 2009. –
- Naziv i vrsta obrazovne Geodetski fakultet, Zagreb
ustanove
- Osnovni predmet /zanimanje Geoinformatika
- Naslov postignut

- obrazovanjem
- Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji)
- Datum (od – do) Srpanj 2005. – Srpanj 2009.
 - Naziv i vrsta obrazovne ustanove Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek
- Osnovni predmet /zanimanje Geografija
 - Naslov postignut obrazovanjem Prvostupnik geografije
 - Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji)
- Datum (od – do) Srpanj 2001. – lipanj 2005.
 - Naziv i vrsta obrazovne ustanove II. gimnazija, Zagreb
- Osnovni predmet /zanimanje Opća gimnazija
 - Naslov postignut obrazovanjem Srednješkolska stručna sprema
 - Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji)
- Datum (od – do) Rujan 1993. – lipanj 2001.
 - Naziv i vrsta obrazovne ustanove Osnovna škola Pavlek Miškine
- Osnovni predmet /zanimanje
 - Naslov postignut obrazovanjem
 - Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji)

OSOBNNE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI

*Stečene radom/životom,
karijerom, a koje nisu
potkrijepljene potvrdama i
diplomama.*

MATERINSKI JEZIK

HRVATSKI

DRUGI JEZICI

- sposobnost čitanja
- sposobnost pisanja
- sposobnost usmenog izražavanja

ENGLESKI

IZVRSNO

IZVRSNO

IZVRSNO

- sposobnost čitanja
- sposobnost pisanja
- sposobnost usmenog izražavanja

NJEMAČKI

OSNOVNO

OSNOVNO

OSNOVNO

**SOCIJALNE VJEŠTINE I
SPOSOBNOSTI**

*Življenje i rad s drugim ljudima u
više kulturnim okolinama gdje je
značajna komunikacija, gdje je
timski rad osnova (npr. u
kulturnim ili sportskim
aktivnostima).*

SPREMNOST NA TIMSKI RAD, KOMUNIKATIVNOST, SPREMNOST NA UČENJE

**ORGANIZACIJSKE VJEŠTINE
I SPOSOBNOSTI**

*Npr. koordinacija i upravljanje
osobljem, projektima,
financijama; na poslu, u
dragovoljnom radu (npr. u kulturi i
športu) i kod kuće, itd.*

KREATIVNOST, ORGANIZIRANOST

**TEHNIČKE VJEŠTINE I
SPOSOBNOSTI**

*S računalima, posebnim vrstama
opreme, strojeva, itd.*

OSNOVNO POZNAVANJE PROGRAMA ARCGIS

OSNOVNO POZNAVANJE PROGRAMA GEOMEDIA

VJEŠTO BARATANJE MICROSOFT OFFICE ALATIMA – MS WORD, MS EXCEL, MS
POWERPOINT

OSNOVNO POZNAVANJE PROGRAMA AUTOCAD

OSNOVNO POZNAVANJE PROGRAMA GOOGLE SKETCHUP

OSNOVNO POZNAVANJE SQL JEZIKA

**UMJETNIČKE VJEŠTINE I
SPOSOBNOSTI**

Glazba, pisanje, dizajn, itd.

STANDARDNI I LATINOAMERIČKI PLESovi
SALSA

**DRUGE VJEŠTINE I
SPOSOBNOSTI**

*Sposobnosti koje nisu gore
navedene.*

IZRADA NAKITA



VOZAČKA DOZVOLA

B kategorija

DODATNE OBAVIJESTI

OSOBA ZA PREPORUKE:

SANJA LUDAŠ, VODITELJICA DATA ENGINEERING AND MAPPING SERVICES (DEMS)
TIMA, GISDATA D.O.O., BAŠTIJANOVA 52A, ZAGREB
SANJA.LUDAS@GISDATA.COM