

Cartographic-Historical Analyses of the Medveščak Stream Regulation and Quantum GIS

Ivka KLJAJIĆ¹ and San MIKULEC²

¹ Faculty of Geodesy, University of Zagreb, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, ikljajic@geof.hr

² Ministry of Agriculture, Ulica grada Vukovara 78, HR-10000 Zagreb

Abstract: The Medveščak Stream used to be very important for the economic development of Zagreb. Water from the stream and its confluent, the artificial mill canal of Pretoka (Melinski potok) was used for centuries to power mills, bathing areas, manufacture and industrial objects. Due to frequent floods and summer droughts, the stream's unregulated course was problematic, resulting in a need to move it to a new and partly covered basin. Stream regulation caused many objects to close down and change the environment and development of the modern city of Zagreb. By applying Quantum GIS to written historical sources and cadastral plans from different periods (plan sheets of the 1st cadastral survey from 1862 to 1864 on which the entire course of the stream is visible and plan sheets of the 2nd cadastral survey from 1909 to 1913, representing the situation after stream regulation), analyses were done of changes resulting from stream regulation and represented as thematic maps and attribute tables.

Keywords: map, Medveščak Stream, GIS, analysis

1 Introduction

The Medveščak Stream once separated two cities on neighbouring hills – Gradec and Kaptol. After they united, it became the center of manufacture, social and recreational life. It caused various changes in its surroundings, from establishment of mills and crafts to arrangement of parks, when it used to flow only through the city's center. The stream's course was changed on several occasions. Of special note was its regulation in 1898. After it, parts of the stream were gradually covered until it was almost completely covered, as it remains nowadays, practically in the entirety of its course through the center of Zagreb (Premierl 2005).

Collecting spatial and attribute data and analyses with Quantum GIS-a (QGIS) and visualized results was described in the diploma thesis by San Mikulec (Mikulec 2012), mentor Assist. Prof. Dr. Ivka Kljajić.

2 Old Maps and GIS

By comparing several maps representing the same area, it is possible to find out useful information on changes over time. Nevertheless, by applying modern technology it is possible to extract new exact information from old paper maps. A paper map can be digitized and stored in a computer, enabling various analyses using various computer systems, most often GIS. Integration of old maps using computer was very simple at first. After storing in a computer, maps could be transformed, presented or reproduced quicker in comparison to traditional methods. Subsequently, development of sophisticated software enabled dynamic representations, overlays and various analyses (Knowles 2002).

In addition to map overlays, GIS software is capable of numerous useful functions. It is possible to overlay a map with newer data and compare differences in space.

Kartografsko-povijesne analize regulacije potoka Medveščaka i Quantum GIS

Ivka KLJAJIĆ¹ i San MIKULEC²

¹ Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, ikljajic@geof.hr

² Ministarstvo poljoprivrede, Ulica grada Vukovara 78, 10000 Zagreb

Sažetak: Potok Medveščak imao je u prošlosti veliku ulogu u gospodarskom razvoju grada Zagreba. Voda iz potoka i njegova pritoka, umjetnoga mlinskoga kanala Pretoke (Melinski potok), stoljećima je služila za pogon mlinova, kupališta, manufakturnih i industrijskih objekata. Neregulirani tok potoka zbog učestalih poplava i ljetnih suša bio je problem u radu tih objekata te se nametnula potreba za njegovim premještanjem u novo, dijelom nadsvedeno korito. Regulacija potoka utjecala je na zatvaranje mnogih objekata i promjenu okoliša te razvoj modernoga grada Zagreba. Primjenom Quantum GIS-a, a na osnovi pisanih povijesnih izvora i katastarskih planova iz različitih razdoblja (listovi planova 1. katastarske izmjere od 1862. do 1864. na kojima je potok još vidljiv u cijelom toku i listovi planova 2. katastarske izmjere od 1909. do 1913. s prikazanim stanjem nakon prelaganja potoka), provedene su analize promjena nastalih regulacijom potoka te prikazane u obliku tematskih karata i atributnih tablica.

Ključne riječi: karta, potok Medveščak, GIS, analiza

1. Uvod

Potok je nekada razdvajao dva grada na susjednim brežuljcima, Gradec i Kaptol, a nakon njihova ujedinjenja postao glavno središte proizvodnog, društvenog i rekreacijskog života. Bio je uzrok raznim promjenama u njegovoj blizini, od otvaranja mlinova i obrta do uređenja parkova, a nekada je tekao kroz samo središte grada. Sam tok potoka mijenjan je više puta. Posebno se izdvaja njegovo prelaganje, koje je realizirano 1898. godine. Nakon toga, dijelovi potoka postepeno su nadsvođivani sve do njegova gotovo potpunog skrivanja pod zemlju, u kakvom je stanju i danas gotovo cijelim svojim tokom kroz središte Zagreba (Premierl 2005).

Prikupljanje prostornih i atributnih podataka, provođenje analiza s pomoću Quantum GIS-a (QGIS) i vizualizacija rezultata opisani su u diplomskom radu Sana Mikulca (Mikulec 2012), kojem je mentorica bila doc. dr. sc. Ivka Kljajić.

2. Stare karte i GIS

Usporedbom više karata koje prikazuju isto područje, mogu se saznati korisne informacije o promjenama tijekom vremena. Međutim, upotrebom današnjih tehnologija moguće je iz starih karata na papiru izvući nove egzaktnije informacije. Karta s papira može se digitalizirati i pohraniti u računalo, čime se otvaraju mogućnosti raznih analiza, pri čemu se mogu koristiti razni računalni sustavi, najčešće GIS. U početku je integracija starih karata s pomoću računala bila vrlo jednostavna. Karte su se nakon unosa u računalo mogle transformirati, prezentirati ili brže reproducirati s obzirom na tradicionalne metode. Poslije su, s razvojem mnogih sofisticiranih softvera, omogućeni dinamički prikazi, prekrivanja kao i provedba raznih analiza (Knowles 2002).

Softveri za GIS osim prekrivanja više karata nude razne korisne funkcije. Moguće je kartu prekriti s

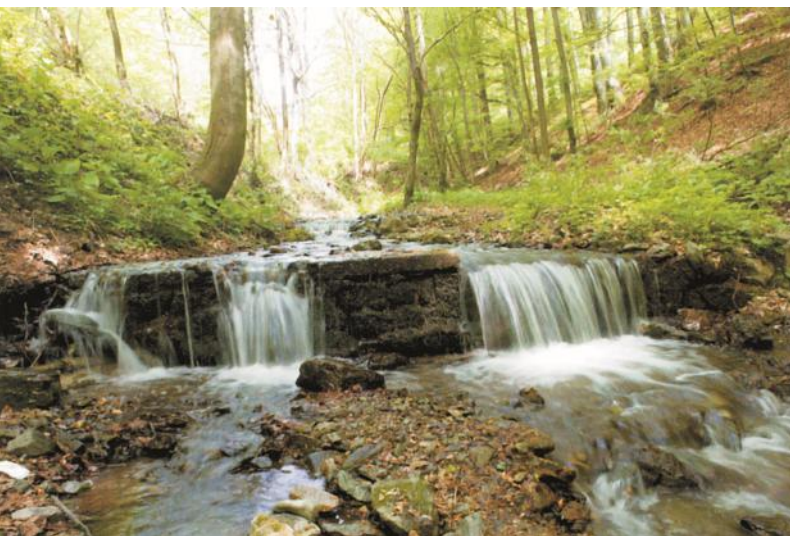


Figure 1 Natural course of the Medveščak Stream (Premerl 2005)
Slika 1. Prirodni tok potoka Medveščaka (Premerl 2005)

In addition, old maps can be improved by combining them with a digital relief model in order to obtain a new representation, which is improved with new information (Rumsey and Williams 2002).

Adding new cartographic elements onto an old map is also one of the possibilities offered by GIS. However, in order to conduct analyses or queries which provide exact answers, it is necessary to transform the map or some of its elements from raster to vector format.

Analyses can be based on attribute or spatial queries. GIS based on those analyses enables simple and quick production of maps, which are adjusted to user's needs. It is certainly a great advantage over traditional map production, which was time-consuming and tedious (Knowles 2002). This makes it possible for people without expert knowledge to be able produce maps, even though their quality is generally going to be questionable. In addition to map production, analyses can be employed to find out about other issues (such as integration of old maps into GIS) which contribute to understanding of historical events.

3 Medveščak Stream

3.1 General Information on the Medveščak Stream and the Melinski Stream

There used to be a time when arable lands and pastures in the Sava Valley, beneath the fortified double city of Gradec and Kaptol, were rugged with numerous streams descending from Medvednica, inundating fields

and ensuring existence of the city. The Medveščak Stream was the most significant one, the centennial boundary between two neighbouring cities and the cause of their frequent conflicts.

The Medveščak Stream was first mentioned as *Circuniza* in a 1201 decree by King Emerik which confirmed boundaries of the episcopal Kaptol. In addition, the stream is mentioned in the *Golden Bull* of 1242 by King Bela IV. Considering the Medveščak Stream separated the episcopal settlement of Kaptol from the royal city of Gradec, it is assumed it was initially named *Circuniza* after the Hungarian term for an episcopal stream. However, after the construction of Medvedgrad in the middle of the 13th century, the stream was renamed to *Medvednica*, *Medveščak* and similar names, with the name Medveščak still being preserved.

The Medveščak Stream is a hill torrent stream which still flows down the Mrcina Trail to Kraljičin zdenac after rising from the Bažulovka Spring (Fig. 1). It flows further to the Šestinski lagvić restaurant, where there is a great dam which saves Zagreb from floods. It continues flowing through the valley in a regulated concrete basin to Okrugljak, where the Gračanec Stream flows into it. The Gračanec Stream used to provide Medveščak with energy to power mills. Nowadays, the Medveščak Stream flows in an open basin up to Mihaljevac, where it descends into the city sewage system.

In the past, it continued its course through the Ksaver Valley and the Medvedgrad Street, the Western side of the Potok Street (Street of John the Baptist Tkalčić since 1913) (Fig. 2) and the Pod zidom Street, behind a series of houses on the Northern side of the Jelačić Square, toward South, passing the Bakač Street, between houses in the upper Vlaška Street to the Jurišić Street. It flowed through the Northern side of the Jurišić Street and between the Palmotić and Drašković Street, turning toward Southeast over the Krešimir Square and the Držić Street to the Radnička Street, continuing between fields and gardens and flowing into the Sava River (at Žitnjak).

First work on the stream was done in the 13th century, when canals and culverts were dug because of low basin. The most famous among them is the artificial mill canal *Pretoka* or *Prekopa*, called the *Melinski Stream* since the 19th century. The stream flowed parallel to Medveščak up to Okrugljak and Gupčeva zvijezda along its Western side; it continued past Medveščak from the Eastern side to Gliptoteka in the Medvedgrad Street, where it turned west from Medveščak, continuing up to the Bloody Bridge, under which it poured into Medveščak.

novijim podacima te na temelju usporedbe analizirati razliku nekadašnjeg i sadašnjeg stanja prostora. Također, stare karte se mogu poboljšati kombinacijom s digitalnim modelom reljefa, kako bi se dobio novi prikaz koji je oplemenjen novim informacijama (Rumsey and Williams 2002).

Dodavanje novih kartografskih elemenata na staru kartu također je jedna od mnogih mogućnosti koje pruža GIS. Međutim, za provedbu analiza i upita koji daju egzaktno odgovore na postavljena pitanja, potrebno je kartu ili neke njezine dijelove pretvoriti iz rasterskog u vektorski format.

Analize se dijele na analize temeljene na atributnim i analize temeljene na prostornim upitima. GIS na temelju tih analiza pruža mogućnost jednostavne i brze izrade karata koje su provedbom analiza prilagođene specifičnim potrebama korisnika. To je svakako velika prednost nad tradicionalnom izradom karata, koja je bila duga i zamorna (Knowles 2002). To daje mogućnost i osobama bez većega stručnog znanja da mogu izraditi karte, ali naravno one će općenito biti upitne kvalitete. Osim izrade karata, analizama se mogu dobiti i odgovori na razna druga pitanja koja, konkretno u slučaju integracije starih karata u GIS-u, pridonose boljem shvaćanju i razumijevanju povijesnih događaja.

3. Potok Medveščak

3.1. Općenito o potoku Medveščaku i Melinskom potoku

Nekada su oranice i pašnjaci u Savskoj nizini, ispod utvrđenog dvojnoga grada, Gradeca i Kaptola, bili isprisijecani mnogobrojnim potocima koji su se spuštali s Medvednice i navodnjavali polja u nizini, osiguravajući osnovnu egzistenciju gradu. Najznačajniji među njima bio je potok Medveščak, koji je ujedno bio stoljetna granica između dva susjedna grada te razlog njihovih čestih sukoba.

Potok Medveščak se prvi put spominje kao *Circuniza* 1201. godine u ispravi kralja Emerika u kojoj se potvrđuju međe biskupskoga Kaptola. Također, potok se spominje i u *Zlatnoj buli* kralja Bele IV. iz 1242. godine. Budući da je potok Medveščak od osnutka Zagrebačke biskupije dijelio crkveno naselje Kaptol od kraljevskoga grada Gradeca, pretpostavlja se da je upravo njegovo prvo ime *Circuniza* dano prema mađarskom izrazu za crkveni potok. Međutim, nakon što je sredinom 13. stoljeća sagrađen Medvedgrad, potok je ime promijenio u *Medvednica*, *Medveščak* i druge slične inačice, a ime Medveščak sačuvao je do danas.



Figure 2 Medveščak Stream along the former Potok Street (Premerl 2005)

Slika 2. Potok Medveščak uz nekadašnju ulicu Potok (Premerl 2005)

Potok Medveščak je gorski bujični potok koji se još i danas (slika 1), nakon izviranja iz vrela Bažulovka, slijeva niz strminu Mrcina do Kraljičina zdenca. Dalje teče do restorana Šestinski lagvić, gdje je izgrađena velika retencija koja spašava Zagreb od poplava. Potom nastavlja mirnije teći šestinskom dolinom u reguliranom betonskom koritu do Okrugljaka, gdje u njega utječe potok Gračanec, koji je nekada Medveščaku davao potrebnu snagu za pogon mlinova. Danas potok Medveščak u otvorenom koritu teče do Mihaljevca, gdje kraj tramvajskog okretišta ponire u gradski odvodni sustav.

U prošlosti, nastavljao je svoj tok kroz Ksaversku dolinu, pa današnjom Medvedgradskom ulicom, zapadnom stranom ulice Potok (od 1913. Ulica Ivana Krstitelja Tkalčića) (slika 2) i ulicom Pod zidom, iza niza kuća sjeverne strane Jelačićeva trga, prema istoku, prelazeći Bakačevu ulicu, između kuća u gornjoj Vlaškoj ulici do današnje Jurišićeve. Tekao je sjevernom stranom Jurišićeve te između današnje Palmotićeve i Draškovićeve ulice skretao prema jugoistoku današnjom ulicom Franje Račkoga preko Krešimirova trga i Držićeve do današnje Radničke ceste, nastavljajući svoj put ravnicom, između polja i vrtova do ulijevanja u rijeku Savu, na današnjem Žitnjaku.

Prvi radovi na potoku datiraju već u 13. stoljeće, kada su, zbog niskoga korita, iskopani vodeni kanali i prekopli. Najpoznatiji među njima je umjetni mlinski kanal *Pre-*



Figure 3 Mill on the Melinski Stream (Premerl 2005)

Slika 3. Zidani mlin na Melinskom potoku (Premerl 2005)

3.2 Life by the Medveščak Stream and the Melinski Stream

Melinski Stream was named after a large number of mills (*mlin*) along it (Fig. 3). The oldest mills by the Medveščak Stream and its canals are those by the Bloody Bridge, mentioned in the 13th century, and grain mills led to frequent conflicts, due to their great economic value. This is the reason Gradec and Kaptol agreed on the ownership of mills by Medveščak at the end of the 14th century.

Milling was developed at the end of the 18th century, with streets named after mills by the stream. For example, the area between Šestine and Ksaver was called Mlinovi (Mills), and the area between Ksaver and Gupčeva zvijezda was called Mlinska cesta (Mill Road). Most mills stopped working at the end of the 19th century, when city administration bought rights for Medveščak regulation. Nevertheless, some mills on Ksaver continued working, even to the 1950s.

Bathing areas and treatment centers were established by Medveščak as early as the 13th century. The first public bathing area was opened by Cistercians by

the Church of St. Mary in 1291, and city steam baths were constructed in the Kožarska Street, Medvedgrad Street and Nova Ves at the beginning of the 19th century. The most famous bathing area was Mrzlice in Ksaver, famous as a cold water treatment center and owned by Josip Rempfl. Due to regulation of Medveščak at the end of the 19th century, some bathing areas were changed to brothels, much to chagrin of citizens living in the neighborhood.

Various crafts, manufactures and industries were established on the lower valley by Medveščak. Some of the oldest manufactures in Zagreb are the ones by Medveščak. One of them is the textile manufacture (*suknara*) owned by Franjo Kušević which was one of the largest textile manufactures in Northern Croatia at the time. The paper manufacture in Nova Ves is also one of the oldest manufactures, and its grain mill was later used in the new porcelain (*kamenina*) manufacture. There is also a long tradition of leather craft, e.g. the Leather Factory was built in 1869 and expanded to a great industry.

3.3 Regulation of Medveščak

Although the Medveščak Stream was the center of production, amusement and culture of Zagreb at the time, it was occasionally troublesome for citizens. The first catastrophic flood, which took 52 lives, happened in 1651. Clergyman Krčelić described the 1750 flood, when the stream broke through in Harmica and produced a new basin while destroying many houses. A catastrophic flood also happened after cold winter in 1846. Snow melted so rapidly that the Medveščak Stream poured out of its basin and flooded much of the city. Floods were one of the main reasons for the upcoming stream regulation.

Regulation of the Medveščak Stream at the end of the 19th century (Fig. 4) was an important communal program and the beginning of city sewage construction, something the City Magistrate had thought about from the end of the 18th century. Despite the stream's great economic and ecological value, city authorities found it troublesome because it frequently caused floods, required repairs of bridges and houses, led to disputes among millers and had bad sanitary conditions during summer. At the end of the 19th century, when industry disturbed the ecological balance of the stream, its regulation into a new covered basin was initiated in 1898 in order to be able to start planning the modern Zagreb. The new basin was located to the east and extended over Gupčeva zvijezda and the Medveščak Street to Ribnjak. After the regulation, that part of the basin was opened

toka ili *Prekopa*, od 19. stoljeća prozvan *Melinski potok*. Melinski potok tekao je usporedno s Medveščakom od Okrugljaka do današnje Gupčeve zvijezde uz njegovu zapadnu stranu; dalje je prelazio matični potok s istočne strane sve do današnje Gliptoteke u Medvedgradskoj ulici, gdje je opet prešao zapadno od Medveščaka nastavljajući dalje teći do Krvavog mosta, ispod kojeg se ulijevao u Medveščak.

3.2. Život uz potok Medveščak i Melinski potok

Melinski potok dobio je ime po velikom broju mlinova koji su se nalazili uz njega (slika 3). Najstariji mlinovi uz potok Medveščak i njegove kanale spominju se kraj Krvavog mosta u 13. stoljeću, a žitni mlinovi su, zbog svoje velike gospodarske vrijednosti, bili česti razlozi sukoba. Upravo stoga su se, potkraj 14. stoljeća, Gradec i Kaptol sporazumno dogovorili o vlasništvu mlinova uz potok Medveščak.

Mlinarstvo je bilo u punom cvatu potkraj 18. stoljeća, a po mlinovima uz potok nazvane su i ulice. Primjerice, predio ispod Šestina do Ksavera zvao se Mlinovi, a onaj od Ksavera do Gupčeve zvijezde Mlinska cesta. Većina je mlinova prestala raditi potkraj 19. stoljeća, kada je gradska općina otkupljivala prava radi prelaganja potoka Medveščaka. Ipak, neki mlinovi na Ksaveru mlinarili su i poslije, neki sve do sredine 20. stoljeća.

Već od 13. stoljeća uz potok Medveščak otvarana su kupališta i lječilišta koja su omogućavala kupanje u grijanoj vodi iz potoka. Prvo javno kupalište otvorili su 1291. godine cisterciti podno crkve sv. Marije, a početkom 19. stoljeća grade se u današnjoj Kožarskoj i Medvedgradskoj ulici te na Novoj Vesi gradska parna kupališta. Najpoznatije je bilo kupalište Mrzlice na posjedu poduzetnika Josipa Rempfla na Ksaveru, koje je bilo poznato i kao lječilište hladnom vodom. Potkraj 19. stoljeća, zbog prelaganja potoka Medveščaka, neka kupališta se preuređuju u tzv. *bludilišta*, na koja negoduju građani koji žive u njihovom susjedstvu.

Na donjoj, ravničarskoj dolini uz potok Medveščak, otvarani su tijekom vremena razni obrti, manufakture i industrije. Neke od najstarijih zagrebačkih manufakture nastale su upravo uz potok Medveščak. Jedna od njih, suknara Franje Kuševića bila je jedna od najvećih manufakture tekstila u tadašnjoj sjevernoj Hrvatskoj. Kaptolska manufaktura papira na Novoj Vesi također je jedna od najstarijih, a njezin žitni mlin poslije se koristio u novonastaloj manufakturi kamenine. Poznata je i duga tradicija kožarstva uz potok, te je tako 1869. izgrađena Tvornica kože, koja se proširila do veleindustrijskog pogona.



Figure 4 Medveščak Stream regulation (Premerl 2005)

Slika 4. Regulacija potoka Medveščaka (Premerl 2005)

3.3. Regulacija potoka Medveščaka

Iako je potok Medveščak bio središte proizvodnog, zabavnog i kulturnog života tadašnjeg Zagreba, katkad je zadavao velike brige građanima. Prva katastrofalna poplava, koja je odnijela čak 52 života, zabilježena je 1651. Kanonik Krčelić opisuje vrlo slikovito poplavu 1750., kada je potok na Harmici probio sebi novo korito, a usput razorio mnoge kuće. Katastrofalna je poplava zabilježena i 1846., kada je nakon hladne zime nastupila južina. Snijeg se tako naglo topio da se potok Medveščak prelio iz korita te poplavio mnoge dijelove grada. Upravo su poplave bile jedan od glavnih razloga buduće regulacije potoka.

Regulacija potoka Medveščaka potkraj 19. stoljeća (slika 4) bila je važan komunalni program, te početak izgradnje gradske kanalizacije, o čemu je Gradski magistrat razmišljao već od kraja 18. stoljeća. Unatoč velikoj gospodarskoj i ekološkoj vrijednosti, zbog redovitih poplava, popravaka mostova i kuća, svađa mlinara te loših sanitarnih uvjeta tijekom ljetnih mjeseci, potok se nametnuo kao najveći problem gradskim vlastima. Kada je i industrija potkraj 19. stoljeća poremetila ekološku ravnotežu potoka, inicirano je 1898. godine njegovo prelaganje u novo natkriveno korito kako bi se moglo pristupiti planiranju modernog Zagreba. Novo korito nalazilo se nešto istočnije, a protezalo se preko Gupčeve zvijezde ulicom Medveščak do Ribnjaka. Taj je dio korita neposredno nakon prelaganja bio otvoren sve do 30-ih godina 20. stoljeća, kada ga je o svom trošku nadsvodio Zagrebački električni tramvaj (Premerl 2005).

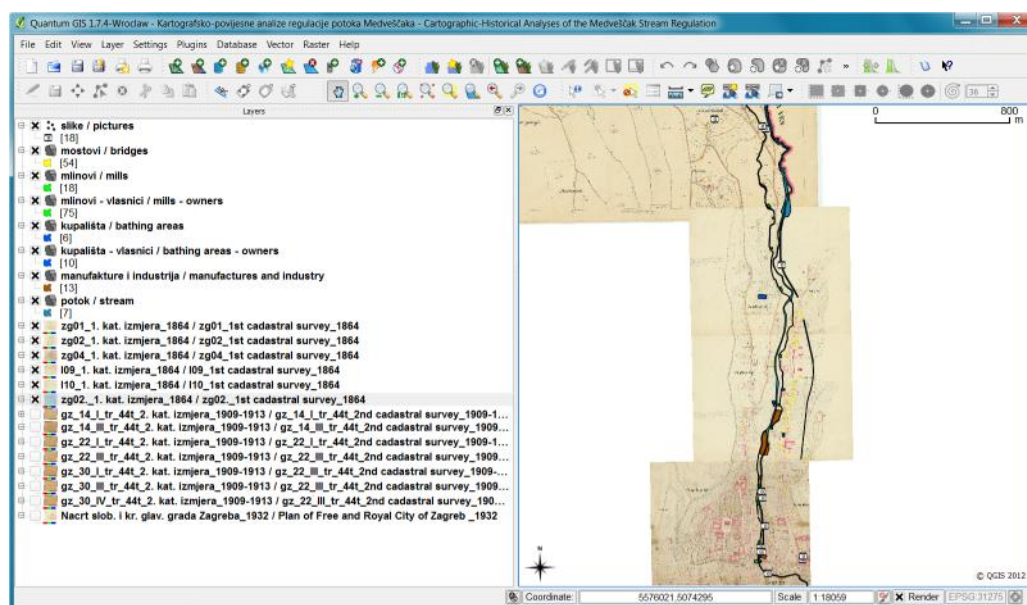


Figure 5 QGIS user interface

Slika 5. Korisničko sučelje QGIS-a

up to the 1930s, when it was covered by Zagreb Electric Tram (Premerl 2005).

4 Application of QGIS in Cartographic-Historical Analyses of Medveščak Stream Regulation

In making the diploma thesis (Mikulec 2012), open-source geoinformation system Quantum GIS (QGIS) was used. Development of QGIS started in 2002 and it became an official project of the Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) in 2007.

QGIS can be used in Linux, Unix, Mac and Windows operating systems and supports a number of vector and raster formats, as well as numerous database formats. QGIS offers an ever increasing number of functions. It enables visualization, management, editing and analysing data, as well as map production (URL 1). QGIS version 1.7.4 was used. Figure 5 represents QGIS user interface.

QGIS was chosen for several reasons. One of them was certainly its availability, which makes it easier to use by not requiring authorization. Although free software is still not being acknowledged by users used to software developed by specialized companies, it develops rapidly and can sometimes compete with commercial software. QGIS offers many of the same capabilities as commercial software, which is a great advantage, considering possible issues of software or data formats compatibilities.

QGIS's assets also include simplicity and an increasing number of plugins. Plugins *Georeferencer* and *Spatial Query* were used for this paper. *Georeferencer* is used for simple and quick map georeferencing. Users are able to

do seven types of transformations, several sampling methods and a number of reference coordinate systems. *Spatial Query* enables quick and simple spatial queries based on topological object relations. User can choose between seven operators in making queries.

Fundamental components of every GIS are spatial data, which were obtained for this paper from maps in the Zagreb City Museum and the City Office for Cadastre and Geodetic Activities. Spatial data of the situation prior to the Medveščak Stream regulation in 1898 were obtained from 5 sheets (1, 2, 4, 9 and 10) of the cadastral plan of the *Free and Royal Capital of Zagreb*. Sheets were produced in 1864 by graphic survey method in the scale of 1:1440 within the 1st cadastral survey. As a supplement to those sheets, sheet no. 2 was used of the cadastral plan of the *City of Upper Zagreb with Sv. Duh* at the scale of 1:2880. Spatial data of the situation after stream regulation were obtained from 5 sheets (14-I, 14-III, 22-I, 22-III, 30-I, 30-III, 30-IV) from the 2nd cadastral survey of Zagreb. Those sheets were produced in the scale of 1:1000 between 1909 and 1913. The *Plan of Free and Royal City of Zagreb* in 1:10 000 from 1932 was used as a supplement to those sheets.

All used attribute data were obtained from the catalog *Stream in the Heart of Zagreb - alongside the Medveščak Stream from the Spring to the Mouth* by Nada Premerl (2005). Attribute data were divided according to used object groups, i.e.: stream, mills, bridges, bathing areas, manufactures and industry, mills – owners, bathing areas – owners and pictures. These object groups are also layers in QGIS and attributes are assigned to them

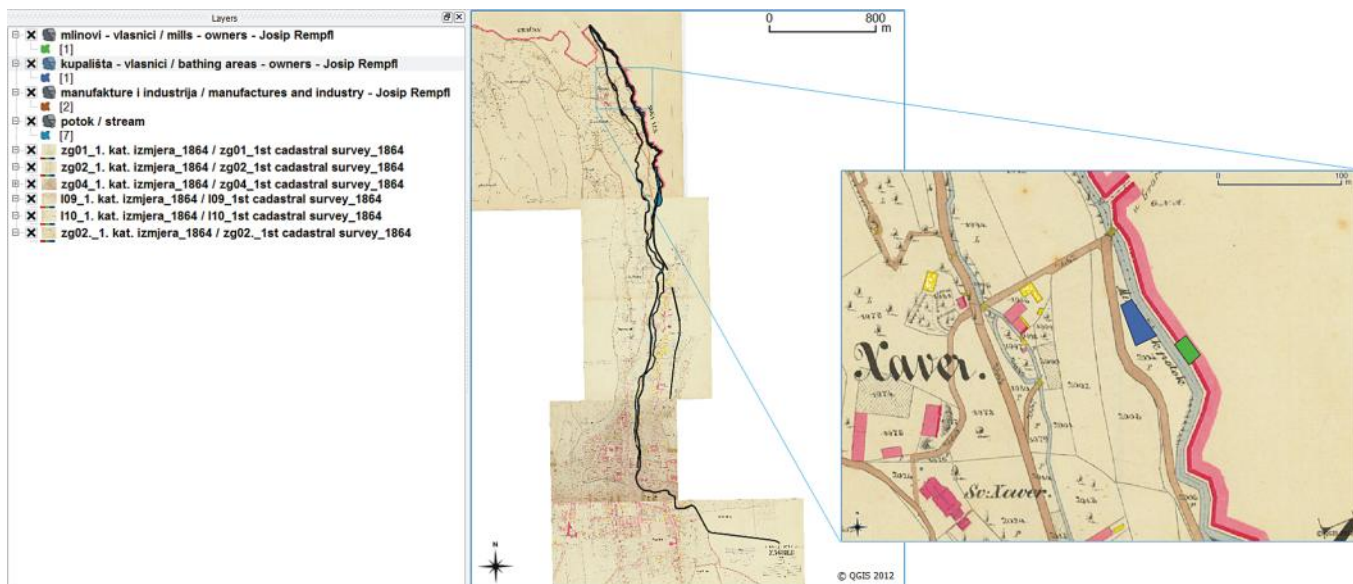


Figure 6 Result of query for objects owned by Josip Rempfl
Slika 6. Rezultat upita za objekte u vlasništvu Josipa Rempfla

4. Primjena QGIS-a pri kartografsko-povijesnim analizama regulacije potoka Medveščaka

Pri izradi diplomskog rada (Mikulec 2012) korišten je geoinformacijski sustav otvorenoga koda Quantum GIS (QGIS). Razvoj QGIS-a počeo je početkom 2002., a 2007. postao je službenim projektom Open Source Geospatial Foundationa (OSGeo).

Može se primjenjivati na Linux, Unix, Mac i Windows operativnim sustavima i podržava veliki broj vektorskih i rasterskih formata te i mnoge formate baza podataka. QGIS pruža veliki broj funkcija i dodataka, čiji broj neprestano raste. Omogućuje vizualizaciju, upravljanje, uređivanje i analiziranje podataka te izradu karata (URL 1). Verzija upotrijebljenog softvera je QGIS 1.7.4. Slika 5 prikazuje korisničko sučelje QGIS-a.

Nekoliko je razloga zbog kojih je izabran upravo QGIS. Jedan od njih je svakako njegova dostupnost za slobodnu upotrebu što pojednostavljuje njegovo korištenje, jer se ne javljaju problemi s autorizacijom. Iako slobodni softveri još uvijek ne dobivaju povjerenje korisnika naviknutih na softvere razvijene od specijaliziranih tvrtki, njihov je razvoj sve intenzivniji te u nekim situacijama već sada mogu parirati komercijalnim softverima. Tako QGIS nudi mnoge mogućnosti kao i većina komercijalnih softvera, što je velika prednost s obzirom na moguće probleme neusklađenosti pojedinih softvera ili formata podataka koje koriste.

Također, QGIS plijeni pozornost svojom jednostavnošću i mogućnostima poboljšanja i nadogradnje raznim dodacima (*plugins*) kojih broj neprestano raste.

Za potrebe ovoga rada korišteni su i njegovi dodaci *Georeferencer* i *Spatial Query*. Dodatak *Georeferencer* služi za jednostavno i brzo georeferenciranje karata. Korisnicima je na raspolaganju sedam vrsta transformacija, nekoliko metoda preuzorkovanja te veliki broj referentnih koordinatnih sustava. Dodatak *Spatial Query* omogućuje brzu i jednostavnu provedbu prostornih upita temeljenih na topološkim odnosima objekata. Korisnik može birati između sedam operatora za postavljanje željenih upita.

Temeljna su komponenta svakoga GIS-a prostorni podaci koji su za ovu prigodu prikupljeni s karata dobivenih iz Muzeja grada Zagreba i Gradskog ureda za katastar i geodetske poslove grada Zagreba. Za prikupljanje prostornih podataka prije prelaganja potoka Medveščaka 1898. godine, upotrijebljeno je 5 listova (1, 2, 4, 9 i 10) katastarskoga plana *Slobodnog i kraljevskog glavnoga grada Zagreba*. Listovi su izrađeni 1864. grafičkom metodom izmjere u mjerilu 1:1440 u okviru 1. katastarske izmjere. Kao dopuna tim listovima upotrijebljen je i list broj 2 katastarskog plana *Grada Zagreba gornjega sa miestom Sv. Duh* u mjerilu 1:2880. Za prikupljanje prostornih podataka nakon prelaganja potoka, upotrijebljeno je 5 listova (14-I, 14-III, 22-I, 22-III, 30-I, 30-III, 30-IV) iz 2. katastarske izmjere Zagreba. Listovi su izrađeni između 1909. i 1913. godine u mjerilu 1:1000. Kao nadopuna tim listovima upotrijebljen je *Nacr slobodnog i kraljevskog glavnoga grada Zagreba* iz 1932. godine u mjerilu 1:10 000.

Svi upotrijebljeni atributni podaci prikupljeni su iz kataloga *Potok u srcu Zagreba, Uz potok Medveščak – od izvora do ušća*, autorice Nade Premerl (2005). Atributni

Attribute table - mlinovi - vlasnici / mills - owners - Josip Rempfl :: 0 / 1 feature(s) selected

id	vlasnik	od	do	mlin	zanimljivo
11	Josip Rempfl	1830-01-01	1857-12-31	Mlin Josipa Rempfla	Sačuvana je žalba mlinara koji su se žalili magistratu zbog kupališta koje je

Attribute table - kupališta - vlasnici / bathing areas - owners - Josip Rempfl :: 0 / 1 feature(s) selected

id	vlasnik	od	do	kupaliste
1	Josip Rempfl	1843-01-01	1857-12-31	Kupalište Mrzlice

Attribute table - manufakture i industrija / manufactures and industry - Josip Rempfl :: 0 / 2 feature(s) selected

id	ime	od	do	vlasnik	proizvodi	zanimljivo
1	Uljara	1833-01-01	1833-12-31	Josip Rempfl	ulje	Uljara se jedino spominje 1833. godine, a već 1834. godine
2	Proizvodnja opeke	1834-01-01	1857-12-31	Josip Rempfl	opeka	NULL

Figure 7 Attribute tables of objects owned by Josip Rempfl
Slika 7. Atributne tablice objekata u vlasništvu Josipa Rempfla

according to their characteristics. A feature of QGIS is its capability to represent spatial data in various intervals, thus it was necessary to define two time attributes (*from* and *to*) in order to define the interval of each object's activity.

After obtaining data, it was necessary to georeference maps from which spatial data originated. Since sheets of the 2nd cadastral survey were georeferenced in the 5th zone of the Gauss-Krüger projection, they were used to georeference other maps.

Georeferencing laid the foundation for object vectorization. Vectorized objects are necessary to conduct complex analyses and queries. In this case, most objects were vectorized as polygons and their attribute values were assigned to them. Various analyses were enabled after the input of required data into QGIS.

4.1 Analyses based on attribute queries

Analyses based on attribute queries employ various attribute values as a condition. For example, such an analysis can be used to only indicate mills owned by a particular individual. An example of an analysis based on attribute queries is a representation of objects owned by Josip Rempfl. Since owners are known for mills, bathing areas and manufacture and industrial objects, it is necessary to make an attribute query only on layers containing those objects, i.e. *mills - owners*, *bathing areas -*

owners and *manufactures and industry*. The reason why layers based on owners are used instead of *mills* and *bathing areas* is due to character of the attribute query concerning owners. The condition which needs to be fulfilled for each of the three layers is "*owner*" = "*Josip Rempfl*". In such a way, only objects owned by Josip Rempfl are represented. Figure 6 represents those objects on a raster base, sheets of the 1st cadastral survey, in order to gain additional insight into characteristics of space around those objects. It should be noted the plans do not necessarily represent space as it was while Josip Rempfl was the owner of those objects.

Although Figure 6 leads us to believe Josip Rempfl owned two objects, a mill and a bathing area, it is not necessarily true. Namely, historical sources frequently note objects changing their function. For example, a mill could have been changed to a craft. In order to be sure, the function *Show feature count* can be applied to a layer. The function provides information on the number of objects in a layer and can be used to correct conclusions made based on visual overview of map results. The list of layers on the left make it clear that Josip Rempfl owned not only a mill and a bathing area, but also two objects associated with manufacture and industry. The attribute table of the *manufactures and industry* layer (Fig. 7) contains their attribute values, and by excluding the *mills - owners*, one can conclude that both manufactures were located within the mill.



Figure 8 Result of query for courses of Medveščak and Melinski Stream and objects in 1864

Slika 8. Rezultat upita za izgled tokova potoka Medveščaka i Melinskog potoka te postojanje objekata 1864. godine

podaci podijeljeni su prema upotrijebljenim objektnim grupama, a to su: potok, mlinovi, mostovi, kupališta, manufakture i industrija, mlinovi – vlasnici, kupališta – vlasnici i slike. Takve objektno grupe su ujedno i slojevi u QGIS-u, te su im, prema njihovim svojstvima, pridruženi atributi. S pomoću QGIS-a mogu se prikazati prostorni podatci u različitim vremenskim razdobljima, te je bilo potrebno definirati dva vremenska atributa (*od* i *do*) za svaki objekt kojem će se definirati vrijeme njegovog trajanja.

Nakon prikupljanja podataka bilo je potrebno georeferencirati karte koje su izvornici prostornih podataka. Kako su listovi 2. katastarske izmjere bili georeferencirani u 5. zoni Gauss-Krügerove projekcije, uzeti su kao referentni i služili su za georeferenciranje ostalih prikaza.

Georeferenciranjem se postigao temelj za vektorizaciju objekata. Vektorizirani objekti nužni su za provedbu kompleksnijih analiza i upita kojima se nastoji odgovoriti na postavljeno pitanje. U ovom slučaju, većina je objekata vektorizirana kao poligoni te su im pridružene njihove atributne vrijednosti. Nakon što su u QGIS uneseni svi potrebni podaci, bila je omogućena provedba raznih analiza.

4.1. Analize na temelju atributnih upita

Analize na temelju atributnih upita upotrebljavaju atributne vrijednosti kao uvjet. Takvom se analizom, primjerice, mogu izdvojiti samo oni mlinovi koji su bili u vlasništvu određene osobe. Za primjer analiza na temelju atributnih upita izabran je prikaz objekata

kojima je vlasnik bio Josip Rempfl. Kako su vlasnici poznati za mlinove, kupališta te manufakturne i industrijske objekte, potrebno je provesti atributni upit samo na slojevima koji sadrže te objekte, a to su slojevi *mlinovi – vlasnici*, *kupališta – vlasnici* te *manufakture i industrija*. Razlog zbog kojeg se upotrebljavaju slojevi temeljeni na vlasnicima, a ne slojevi *mlinovi* i *kupališta*, je karakter atributnog upita koji se odnosi na vlasnika. Uvjet koji mora biti postavljen za svaki od tri sloja glasi "*vlasnik*" = "*Josip Rempfl*". Na taj način na prikazu ostaju samo oni objekti kojima je vlasnik bio Josip Rempfl. Slika 6 prikazuje te objekte na rasterskoj podlozi, listovima plana iz 1. katastarske izmjere kako bi se dobio dodatni uvid u karakteristike prostora oko tih objekata. Treba napomenuti da ti planovi ne predstavljaju nužno prostor kakav je bio u doba kada je Josip Rempfl bio vlasnik tih objekata.

Iako se iz slike 6 može zaključiti da je Josip Rempfl bio vlasnik dvaju objekata, mlina i kupališta, to ne mora biti istina. Naime, nerijetko je u povijesnim izvorima zabilježeno da su objekti mijenjali svoju namjenu. Tako je, primjerice, mlin mogao biti prenamijenjen u obrt. Kako bi se otklonile eventualne nedoumice, postoji funkcija *Show feature count*, koja se može dodijeliti pojedinom sloju. Ta funkcija daje informaciju o broju objekata u sloju, te se s pomoću nje mogu otkloniti eventualni pogrešni zaključci doneseni na temelju vizualnog pregleda rezultata na karti. Iz popisa slojeva na lijevoj strani, vidljivo je da je Josip Rempfl, osim mlina i kupališta, također bio vlasnik dvaju objekata koji spadaju u objekte manufakture ili industrije. U atributnoj tablici sloja *manufakture i industrija* (slika 7) moguće je vidjeti njihove

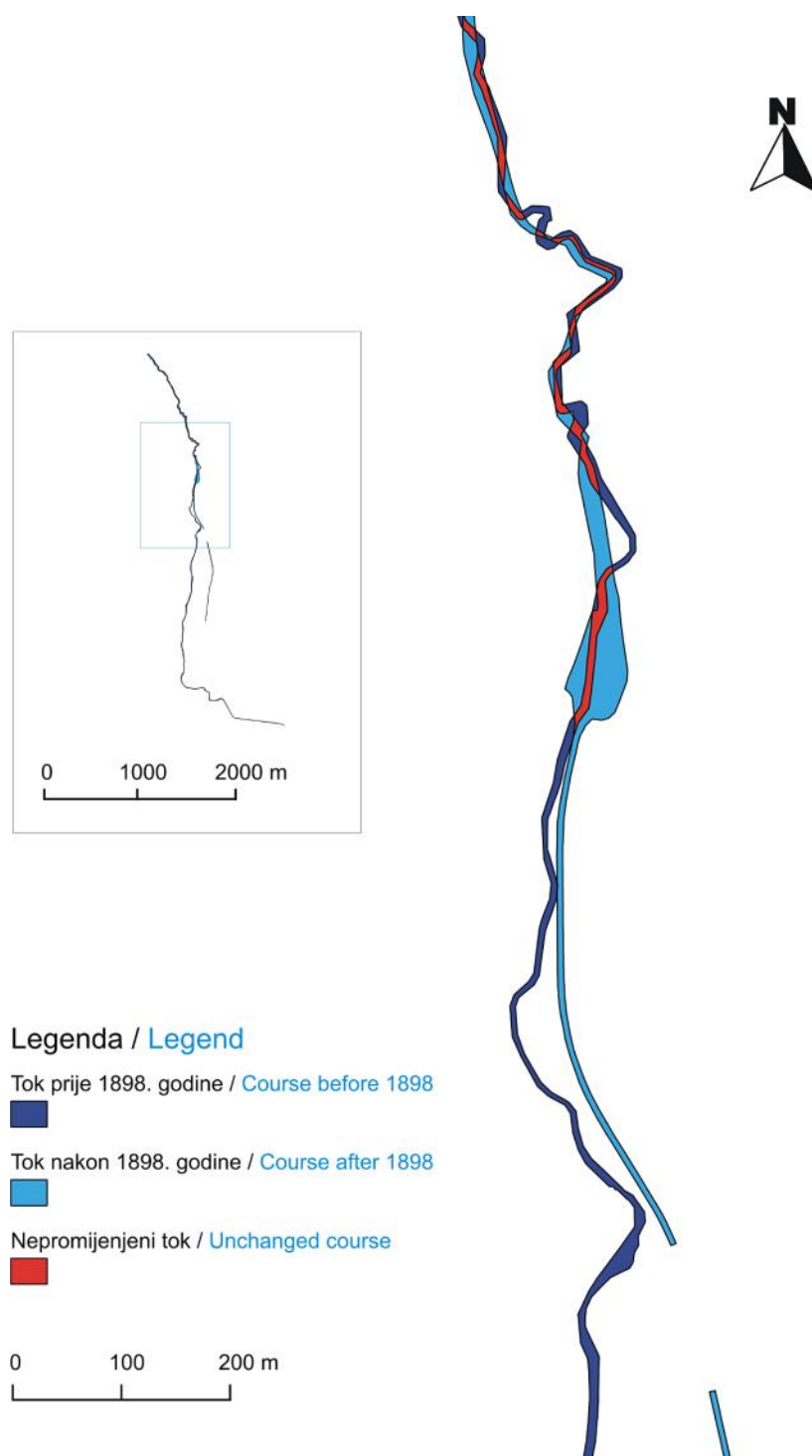


Figure 9 Map of unchanged parts of the Medveščak Stream after its regulation in 1898

Slika 9. Karta nepromijenjenih dijelova toka potoka Medveščaka nakon prelaganja 1898. godine

4.2 Analyses based on time

Analyses based on time are described in this section because of the importance of their application, although they are considered attribute queries due to representation of time in this GIS.

The method of defining time and changes in time in GIS used here is defining time using attribute values. Although it is a very simple method, data type and way of

use determine whether it will provide satisfactory results. Considering historical maps and events which need to have a defined time component, time attributes *from* and *to* can be considered the basis of this GIS. In addition, these time attributes enable production of thematic maps of a certain year or period.

An example of analysis based on time is the production of a thematic map representing the situation from a given year. For example, if we are interested in courses

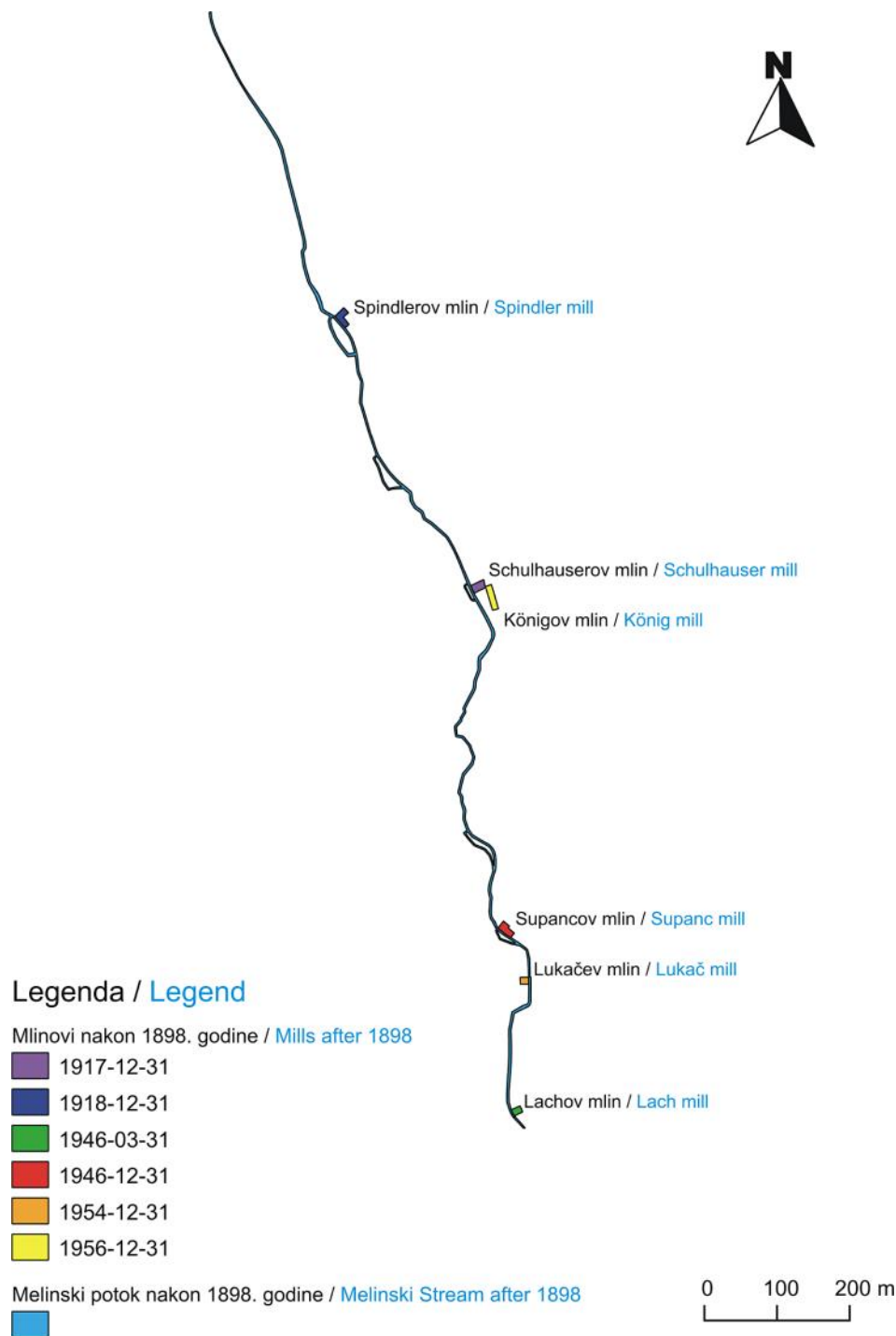


Figure 10 Map of the trend of closing down of mills on the Melinski Stream after 1898

Slika 10. Karta trenda prestanka rada mlinova na Melinskom potoku nakon 1898. godine

atributne vrijednosti, a isključivanjem sloja *mlinovi - vlasnici* zaključuje se da su obje manufakture bile smještene u mlinu.

4.2. Analize na temelju vremenske komponente

Iako se analiza na temelju vremenske komponente, zbog načina prikazivanja vremena u ovom GIS-u, ubraja

u atributne upite, zbog važnosti njezine primjene posebno je opisana u ovom poglavlju.

Ovdje je upotrijebljena metoda za definiranje vremena i vremenskih promjena u GIS-u kojom se vremensko razdoblje definira s pomoću atributnih vrijednosti. Iako je ta metoda vrlo jednostavna, o vrsti podataka i načinu upotrebe ovisi hoće li dati zadovoljavajuće rezultate. Budući da se obrađuje tema s povijesnim

of Medveščak and Melinski Stream and objects which existed in 1864, it is necessary to set an attribute condition for all layers except *mills – owners* and *bathing areas – owners*, because information on owners is not important in this case. The representation of the situation from 1864. The function *Show feature count* assigned numbers of objects fulfilling the condition to new layers in the list on the left (Fig. 8).

4.3 Analyses based on spatial queries

Unlike attribute analysed, those based on spatial queries are based on spatial relations between vectorized objects. Analyses based on spatial queries can provide new objects. For example, parts of Medveščak can be indicated which did not change after its regulation in 1898 (Fig. 9).

4.4 Combined analyses

Used separately, attribute and spatial queries can provide answers to various questions. Nevertheless, it is sometimes necessary to combine them into a more complex analysis in order to find the answer. Such combined analyses are often used to gain insight into spatial changes and relations.

The Melinski Stream is known to have been shortened to Gupčeva zvijezda, which resulted in many mills closing down. However, several mills continued working and using water from it after 1898. Let us suppose we are interested in the trend of the closing down of the mills. In other words, it is necessary to determine which mills they are and represent information on their activities. We employed such an analysis to produce a thematic map representing that trend after 1898 (Fig. 10).

5 Instead of a Conclusion

QGIS was employed to produce a GIS of the Medveščak Stream, including objects related to it before and after its regulation. The GIS does not represent the

entire course of Medveščak from its spring in Medvednica to its mouth into the River Sava. Course of the stream from the spring to Mihaljevac has never been changed, while maps representing the course of Medveščak from the city center to the stream's mouth were not available. Nevertheless, the most important parts of the streams course, which were changed over the years, are represented in this GIS. A combination was achieved of old maps and other historical sources with new computer technologies, including GIS. Production of this GIS enabled further research of historical events by conducting various analyses and visualizing their results.

Development of such a GIS greatly depends on available originals. Poor quality of some maps resulted in (excluding the *Plan of Free and Royal Capital of Zagreb*, which was used as a supplement) the use of cadastral plans of the 1st and 2nd cadastral survey of Zagreb. Although the quality of those sheets and their level of detail significantly contributed to the quality of this GIS, this quality meant high criteria of selecting other suitable maps for comparison. Namely, the quality of other maps is not even close to the mentioned sheets, so using them would have undermined spatial data reliability.

A slight shortcoming of the Medveščak Stream GIS realization was obtaining attribute data from only one original, the catalog of the exhibition *Stream in the Heart of Zagreb – alongside the Medveščak Stream from the Spring to the Mouth*. Even though using one original does not allow verification of reliability, in this case it is an exhibition catalog in which much effort was put into, including research of various historical documents, which makes us consider them reliable data.

As a software, QGIS proved very valuable and capable of realizing all phases of GIS development, as well as additional analyses. Modelling time within GIS is still a challenging issue for scientists interested in GIS and computer technology. Although this paper deals with a specific theme analyzed using a combination of old maps and GIS, such an approach could also be applied to themes analyzing various past events and thus contribute to their better understanding.

Literatura / References

- Knowles, A. K. (2002): *Introducing Historical GIS*, In: A. K. Knowles (ed.): *Past Time, Past Place: GIS for History*, ESRI Press, Redlands, California, xi–xx.
- Mikulec, S. (2012): *Primjena GIS-a u kartografsko-povijesnim analizama regulacije potoka Medveščaka*, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.
- Premerl, N. (2005): *Potok u srcu Zagreba*, u: N. Premerl: *Potok u srcu Zagreba, Uz potok Medveščak – od izvora do ušća*, katalog izložbe, Muzej grada Zagreba, Zagreb, 9–58.
- Rumsey, D., Williams, M. (2002): *Historical maps in GIS*, In: A. K. Knowles (ed.): *Past Time, Past Place: GIS for History*, ESRI Press, Redlands, California, 1-18.
- URL 1: QGIS <http://www.qgis.org/> (12. 3. 2012.)

kartama i povijesnim događajima koji moraju imati definiranu vremensku komponentu, može se reći da su vremenski atributi od i do osnova ovoga GIS-a. Također, ti vremenski atributi, vrijednosti kojih su definirane za svaki objekt, omogućuju izrade tematskih karata određenog stanja za željenu godinu ili razdoblje.

Kao primjer analize na temelju vremenske komponente, opisan je postupak izrade tematske karte koja prikazuje stanje za određenu godinu. Ako nas, na primjer, zanima izgled tokova potoka Medveščaka i Melinskog potoka te objekti koji su postojali 1864., potrebno je postaviti atributni uvjet za sve slojeve osim za slojeve *mlinovi - vlasnici* i *kupališta - vlasnici*, jer informacije o vlasnicima u ovom slučaju nisu bitne. Nakon provedbe upita za sve slojeve, dobiven je prikaz stanja za 1864. godinu. Funkcijom *Show feature count*, brojevi objekata koji zadovoljavaju uvjet u pojedinim slojevima pridruženi su novim slojevima u popisu s lijeve strane (slika 8).

4.3. Analize na temelju prostornih upita

Za razliku od atributnih analiza, analize na temelju prostornih upita osnivaju se na prostornim odnosima među vektoriziranim objektima. Analizama na temelju prostornih upita mogu se dobiti potpuno novi objekti. Tako se, na primjer, mogu izdvojiti oni dijelovi toka potoka Medveščaka koji su ostali nepromijenjeni nakon njegova prelaganja 1898. godine (slika 9).

4.4. Kombinirane analize

Atributni i prostorni upiti zasebno mogu davati odgovore na različita pitanja. Ipak, ponekad ih je potrebno upotrebljavati kombinirano za neke složenije analize koje spajaju nekoliko koraka kako bi se dobio odgovor na postavljeno pitanje. Upravo takve kombinirane analize često služe za dobivanje novih saznanja o prostornim promjenama i međusobnim odnosima.

Poznato je kako je Melinski potok, zajedno s prelaganjem potoka Medveščaka 1898. godine, skraćen do Gupčeve zvijezde, što je rezultiralo zatvaranjem mnogih mlinova. Ipak, nekoliko mlinova nastavilo je s radom i nakon 1898. koristeći se vodom iz Melinskog potoka. Recimo da nas zanima trend njihova prestanka s radom. Drugim riječima, potrebno je odrediti koji su to mlinovi, te prikazati informacije o njihovom daljnjem radnom vijeku. Jednom takvom analizom izradili smo tematsku kartu koja prikazuje trend prestanka rada mlinova na Melinskom potoku nakon 1898. godine (slika 10).

5. Umjesto zaključka

S pomoću QGIS-a izrađen je GIS potoka Medveščaka zajedno s objektima koji su s njim bili neposredno povezani prije i nakon njegove regulacije. Tim GIS-om nije prikazan cijeli tok potoka Medveščaka od njegova izvora na Medvednici do ušća u rijeku Savu. Tok potoka od izvora do Mihaljevca nikada nije mijenjan, dok karte koje prikazuju tok Medveščaka od centra grada do njegova ušća nisu bile dostupne. Ipak, najvažniji dijelovi njegova toka, koji su mijenjani tijekom godina, prikazani su ovim GIS-om. Time je postignuta kombinacija starih karata te drugih povijesnih izvora s novim računalnim tehnologijama kojima pripada i GIS. Izrada ovoga GIS-a omogućila je daljnje istraživanje povijesnih događaja provedbom raznih analiza te vizualizacijom njihovih rezultata.

Razvoj ovakvoga GIS-a uvelike ovisi o izvornicima koji su dostupni. Lošija kvaliteta nekih dobivenih karata rezultirala je, ne računajući *Nacrt slobodnog i kraljevskog glavnoga grada Zagreba* koji je upotrijebljen samo kao dopuna, upotrebom samo listova katastarskih planova iz 1. i 2. katastarske izmjere Zagreba. Iako su ti listovi zbog svoje iznimno kvalitetne izrade te velike razine prikazanih detalja znatno pridonijeli kvaliteti izrade GIS-a, tom istom kvalitetom postavili su visoke kriterije izbora drugih pogodnih karata za upotrebu. Naime, ostale dobivene karte nisu bile ni približne kvalitete spomenutih listova te bi se njihovom upotrebom narušila pouzdanost prostornih podataka.

Manji nedostatak realizacije GIS-a potoka Medveščaka bio je prikupljanje atributnih podataka iz samo jednog izvornika, kataloga izložbe *Potok u srcu Zagreba, Uz potok Medveščak - od izvora do ušća*. Iako korištenje jednog izvornika ne omogućava provjeru pouzdanosti podataka, u ovom slučaju to je katalog izložbe u koji je uloženo puno truda i istraživanja raznih povijesnih dokumenata te stoga možemo smatrati da je riječ o pouzdanim podacima.

QGIS se kao softver pokazao vrlo korisnim, s mogućnošću realizacije svih faza razvoja GIS-a i daljnje provedbe analiza. Modeliranje vremena u sklopu GIS-a posebno je pitanje koje je još uvijek izazovno za znanstvenike koji se bave GIS-om i računalnim tehnologijama. Iako se ovaj rad bavi specifičnom temom koja je obrađena s pomoću kombinacije starih karata i GIS-a, taj bi se princip također mogao primijeniti na teme koje obrađuju razne događaje iz prošlosti te na taj način pridonijeti njihovu boljem shvaćanju.