

# SUVREMENA VODOOPSKRBA RIJEČKOG PODRUČJA

## WATER SUPPLY SYSTEM OF THE AREA OF RIJEKA – CONTEMPORARY ISSUES

RENATA GRBAC ŽIKOVIĆ<sup>1</sup>, DANIJEL OREŠIĆ<sup>2</sup>, IVAN ČANJEVAC<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gimnazija Andrije Mohorovičića Rijeka / *Andrije Mohorovičića Gymnasium, Rijeka*

<sup>2</sup> Geografski odsjek, PMF, Zagreb / *Department of Geography, Faculty of Science, Zagreb*

Primljeno / *Received*: 2009-09-29

UDK 628.1(497.561)

Prethodno priopćenje

*Preliminary communication*

Područje riječkoga vodoopskrbnog sustava pripada kršu za koji je značajno podzemno cirkuliranje vode, ali i velika osjetljivost na vanjske utjecaje, odnosno mogućnosti onečišćenja vode. Izdašni izvori temelj su vodoopskrbe. Minimalna izdašnost izvora višestruko premašuje potrošnju. Voda je dobre kvalitete i opskrbljuje gotovo 200 000 stanovnika riječkog područja te u najnovije vrijeme sjeverni dio otoka Krka. Razmatra se razvoj riječkog vodovoda s naglaskom na potrošnju vode i razvijenost vodoopskrbnog sustava u posljednjih petnaestak godina. Podatci o razvijenosti vodoopskrbnog sustava pokazuju visok standard. Na istraživanom području u novije doba došlo je do smanjenja potrošnje, posebno u gospodarstvu zbog zatvaranja brojnih industrijskih pogona. Danas 2/3 potrošnje otpada na domaćinstva. Unatoč redistribuciji stanovništva unutar istraživanog područja (proces suburbanizacije) nije došlo do značajnijeg pada vodoopskrbnog standarda. U posljednje vrijeme došlo je do značajnog napretka u smanjenju gubitaka u vodovodnoj mreži.

**Ključne riječi:** hidrogeografija, vodoopskrba, Rijeka, vode, hidrologija

The area of Rijeka's water supply system belongs to karst which is featured with a significant underground water circulation, as well as with a high sensitivity to external influences such as water pollution. Abundant springs are the basis of water supply. The minimal spring abundance exceeds the water consumption for several times. The quality of water is good, supplying more than 200.000 residents of the Rijeka area, and since lately the northern part of Krk Island. The article studies the development of Rijeka's water supply system, with an emphasis on the water consumption and the level of water supply system's development in the last fifteen years. The data shows a high level of development of the water supply system. Lately there has been a decrease in water consumption in the researched area, particularly in economic sector due to many industries being shut down. Today approximately 2/3 of consumption accounts for households. In spite of redistribution of population within the researched area (the process of suburbanization) there was no significant decrease in water supply standard. Moreover, lately there have been considerable advances in reducing the losses in the water supply network.

**Key words:** hydrogeography, water supply, Rijeka, waters, hydrology

### Uvod

Suvremena vodoopskrba riječkog prostora zasniva se na vodoopskrbnom sustavu Komunalnog društva Vodovod i kanalizacija d.o.o. Rijeka. Vodovodna mreža rasprostranjena je na prostoru gradova Rijeke, Bakra, Kraljevice i Kastva, te općina Kostrene, Jelenja, Viškova i Čavla (Sl. 1.). Općina Klana organizacijski pripada komunalnom sustavu grada Rijeke, ali se vodom opskrbljuje iz vodoopskrbnog sustava Ilirske Bistrice u susjednoj Republici Sloveniji. Riječkom vodom

### Introduction

Contemporary water supply of the Rijeka area is based on the water supply system run by companies Komunalno društvo Vodovod and Kanalizacija d.o.o. Rijeka. The water supply network extends through the areas of Rijeka, Bakar, Kraljevica and Kastav, as well as the municipalities of Kostrena, Jelenje, Viškovo and Čavle (Fig. 1). The municipality of Klana is also a part of Rijeka's communal system, but it supplies with water through the system of Ilirska Bistrica in the neighboring Republic



Slika 1. Primorsko-goranska županija s vodoopskrbnim područjem riječkog vodovoda  
 Figure 1 The Primorsko-goranska County with the water supply area of Rijeka's aqueduct

opskrbljuju se i naselja izvan područja bivše općine Rijeka: Jadranovo i Drivenik, koja pripadaju vodoopskrbnom sustavu Žrnovica – Novi Vinodolski, te Opatija, koju vodom opskrbljuje KD Komunalac (IZVOR 3).

Prostor obuhvaćen ovim vodoopskrbnim sustavom dio je krškoga slijevnog područja iznimno bogatog vodom u podzemnim vodonosnicima. Pojednostavnjeno ga možemo podijeliti na slijevno područje izvora u gradu Rijeci i slijevno područje izvora u Bakarskom zaljevu (BIONDIĆ, 2003.).

Tematiku vodoopskrbe riječkog prostora dotaknuli su brojni autori iz različitih sfera. U svojim radovima problematikom hidrogeoloških istraživanja krša u zaleđu Rijeke bavili su se R. Biondić (2001.), B. Biondić (2003.), Benac, Rubinić, Ožanić (2003.), te brojni drugi autori. Hidrologijom riječkog područja bavili su se u svom radu Rubinić i Sarić (2003.), Biondić (2004.), te Knežević (2001.), koji je u svom

of Slovenia. On the other hand, there are several districts outside of the former municipality of Rijeka which use the water from Rijeka's supply system: Jadranovo and Drivenik belong to the water supply system of Žrnovica – Novi Vinodolski and Opatija is supplied by utility service *Komunalac* (SOURCE 3).

The area falling into the scope of the mentioned water supply system is a part of the karst confluence area extremely rich with water in the underground aquifers. It can roughly be divided into the catchment area of springs in the District of Rijeka and the catchment area of springs in the Bakar bay (BIONDIĆ, 2003.).

The subject of water supply of the Rijeka area has been dealt with by numerous authors from various points of view. In their papers, R. Biondić (2001), B. Biondić (2003), Benac, Rubinić, Ožanić (2003) and many others dealt with the issues of hydrogeological research in Rijeka's hinterland. Rubinić and Sarić (2003), Biondić (2004) wrote about the hydrology of the area of Rijeka, while Knežević (2001) gave a

radu dao hidrološku sliku Rječine kao najveće tekućice ovog prostora. Današnja glavna izvorišta u riječkom vodoopskrbnom sustavu proučavao je Biondić (2001.), koji je obradio bakarska izvorišta, te izvorište Martinšćicu. Izvor Rječine i izvori Zvir I i Zvir II obrađeni su u zborniku radova "Prošlost, sadašnjost i budućnost vodoopskrbe i odvodnje" (2005.) u radovima nekoliko autora. O samom vodoopskrbnom sustavu i gubitcima vode pisali su različiti autori u zborniku radova "Gubici vode u vodoopskrbnim sustavima" (1998.).

Cilj ovoga rada jest utvrditi dinamiku suvremenoga razvoja i stupanj razvijenosti vodoopskrbnog sustava riječkoga područja primjenjujući hidrogeografsku metodologiju razmatranja vodoopskrbe gradskih naselja (RIBANOVIĆ, 1971; 1993.). Nakon razmatranja vodnih resursa riječkoga područja te razine njihove valorizacije, obrađeni su dostupni karakteristični pokazatelji nakon 1990. godine.

### Vodni resursi riječkog područja

Riječko područje obiluje vodom, što je uvjetovano ponajprije klimatskim i hidrogeološkim obilježjima prostora. Na klimatska obilježja riječkog područja velik utjecaj imaju Jadransko more i Alpe. Utjecaj mora očituje se navlastito putem ublažavanja temperaturnih razlika između dana i noći, ljeta i zime. Alpe utječu na gibanje zraka, odnosno ciklogenezu na širem prostoru, što izravno utječe na naoblaku i padaline u riječkom području (PENZAR, PENZAR, 1990.). Padaline su jedan od osnovnih klimatoloških parametara koji utječu na režim otjecanja površinskih i podzemnih voda. Zahvaljujući činjenici da se reljef na svega desetak kilometara od priobalja penje i do iznad 1500 metara te da su primorske padine eksponirane vlažnim strujanjima, padaline su obilne. Prosječna godišnja količina padalina za ovo područje iznosi oko 1530 mm, a najveća količina padalina padne u hladnom dijelu godine (IZVOR 1). Na režim otjecanja utječu kratkotrajne jake padaline, po čemu je ovaj prostor jedan od najekstremnijih u Hrvatskoj. Razmjerno su česte dnevne padaline u količini od stotinjak, pa i više milimetara, registrirane u vrlo kratkom trajanju. Upravo zbog toga površinski vodotoci imaju bujični karakter (RUBINIĆ I DR., 2004.). Uz količinu padalina izravno je vezano istjecanje na izvorima u priobalju, jer je i vodna bilanca

hydrological view in which he recognized Rječina as the largest flow in the area. The main contemporary water sources included in Rijeka's water supply system were researched by Biondić (2001) who wrote about the springs near Bakar and the spring Martinšćica. The source of Rječina and the springs Zvir I and Zvir II were elaborated in the research paper almanac "The Past, the Present and the Future of Water Supply and Drainage" (2005), in papers of several authors. Also, various authors wrote about the water supply system and the water losses in another almanac "Water Losses in Water Supply Systems" (1998).

The aim of this paper is to identify the dynamics of the contemporary development and the level of development of water supply system of Rijeka's area by applying the hydrogeographic methodology of analyzing the water supply of urban settlements (RIBANOVIĆ, 1971, 1993). After discussing the water resources of the area of Rijeka, as well as the level of their valorization, the paper elaborates the accessible characteristic indicators after 1990.

### Water resources of the area of Rijeka

The area of Rijeka is rich with water, and this abundance exists primarily due to the climatic and the hydro geological features of the area. The Adriatic Sea and the Alps have a great influence on the climatic features. The influence of the sea is primarily manifested by mitigation of temperature amplitudes between day and night and between summer and winter. The Alps influence the air movements, i.e. the cyclogenesis in a wider area, which makes a direct influence on clouding and precipitation in the area of Rijeka (PENZAR, PENZAR, 1990). The precipitation is one of the basic climatologic parameters influencing the regimen of surface and underground water drainage. Due to the fact that the altitudes of relief rise above 1,500 meters on a merely 10 kilometers from the coast, as well as the fact that the maritime slopes are exposed to humid air, the precipitations are abundant. The annual mean precipitation in the area is around 1,530 mm, with its largest amounts in the colder part of the year (SOURCE 1). A short-time intense rainfall in the area, which is known to be the most extreme in Croatia, influences the drainage regimen severely. The daily precipitations measured in hundreds of millimeters have been known to occur quite often and were registered to be short-timed. That is the reason why the surface flows appear as torrents (RUBINIĆ ET AL., 2004).

ovisna o režimu padalina. Smanjena istjecanja na tim izvorima zabilježena su tijekom ljetnih sušnih i zimskih vrlo hladnih razdoblja, što se dovodi u vezu s manjim dotocima iz zaleđa. Vodoopskrbnom sustavu zimski minimum ne predstavlja veliki problem, jer je tada smanjena potrošnja vode, ali ljetna suša zbog povećane potrošnje vode može biti uzrokom problema (GRBAC, 2007.). Zato za prihranjivanje izvora tijekom ljetnoga sušnog razdoblja važnost ima snježnica. Povoljna je okolnost da, zahvaljujući hidrogeološkim obilježjima prostora, slijevna područja sežu u planinsko zaleđe što im omogućuje obnavljanje rezervi slatke vode. Na to se nadovezuje činjenica da planinsko zaleđe u kojem visoke planine poput Snježnika i Risnjaka pripada području sa snježnim pokrivačem koji prosječno traje i više od 60 dana.

Činjenica da riječko područje pripada kršu drugi je važan element koji utječe na hidrogeološku sliku ovog prostora. Najveći dio riječkog područja i njegova zaleđa izgrađuju dolomiti i vapnenci koji su glavni vodonosnici. U prostoru karbonatnih stijena nalaze se slijevna područja izvora koji se koriste u vodoopskrbnom sustavu riječkog područja i koji obuhvaćaju obalno područje od Preluke do Bakarskog zaljeva (BIONDIĆ, 2003.), a u zaleđu dio planinskog područja Gorskoga kotara i Republike Slovenije (Sl. 2.). Najveća barijera cirkulaciji vode u podzemlju jest vodonepropusno flišno područje Vinodolske udoline (BENAC I DR., 2003.).

Rječina je jedini veći površinski vodotok na riječkom području, a i ona je sezonskog karaktera. No, ovo područje karakterizira postojanje velikog broja izdašnih izvora. Izvori su uglavnom uzlaznog karaktera na kontaktu fliša i vapnenca (Rječina i izvori u Bakarskom zaljevu) ili su formirani na mjestima gdje je flišna barijera viseća i dezintegrirana pa podzemne vode prodiru do priobalja (Zvir i Martinšćica) (BIONDIĆ, 2001.). Krško zaleđe, koje godišnje primi i više od 3000 mm padalina, uzrok je tako velikom vodnom bogatstvu (RUBINIĆ I SURADNICI, 2004). Slijevno područje navedenih izvora zauzima površinu od oko 730 km<sup>2</sup>, te je najproduktivnije u sjevernojadranskom području (BIONDIĆ I DR., 1984.). Od toga 465 km<sup>2</sup> otpada na slijevno područje izvora u gradu Rijeci, a 264 km<sup>2</sup> na slijevno područje izvora u Bakarskom zaljevu (BIONDIĆ, 2004.).

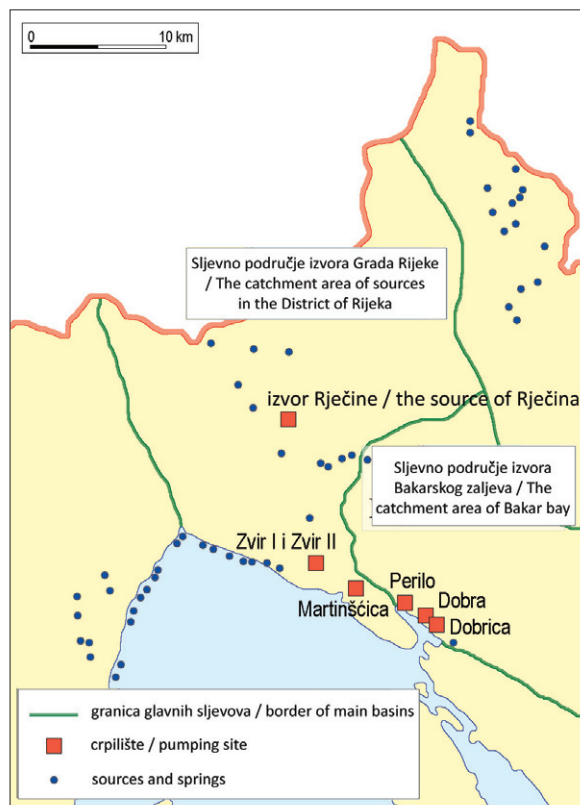
The discharge of springs in the coastal areas is also directly connected to the amount of precipitations since the water balance depends on the rainfall regimen. A reduced discharge of these springs have been registered during dry summers and extremely cold winter periods, which is connected to the smaller inflows from the hinterland. The winter minimum does not represent a problem for the water supply system because the overall consumption of water is reduced in that period as well. However, the summer draughts can cause problems since the consumption is usually increased (GRBAC, 2007).

That is why the water from snowmelt is of great importance for the springs' water input. Due to the hydro geological features of the area, a favorable circumstance is that the confluence zones extend into the mountainous hinterland, and enable the renewing of the supply of fresh water. Also, another favorable fact is that the mountainous hinterland with high mountains such as Snježnik and Risnjak belongs to an area with snow cover lasting over 60 days.

Another important element influencing the hydro geological situation is the fact that the area of Rijeka is a karst area. Most of the area of Rijeka and its hinterland is made of dolomites and limestone which are the main aquifers. In the area made of carbonate rocks there are the drainage zones of flows included in the water supply of the area of Rijeka, encompassing the coastal area from Preluka to the Bakar bay (BIONDIĆ, 2003), as well as a part of the mountainous zones of Gorski Kotar and the Republic of Slovenia (Fig. 2). The largest barrier in the underground water circulation is the fliš area of the Vinodol valley (BENAC ET AL., 2003).

Rječina is the only larger surface flow in the area of Rijeka, and it is a seasonal flow. However, this area is characterized by many abundant springs. The springs are mostly ascending, in the contact of fliš and limestone (Rječina and the springs in the Bakar Bay) or have occurred in places where the fliš barrier is hanging and/or disintegrated, causing the underground water to penetrate into coastal zones (Zvir and Martinšćica) (BIONDIĆ, 2001). The karst hinterland has an annual amount of precipitation higher than 3.000 mm, and thus represents an abundant source of water (RUBINIĆ ET AL., 2004). The catchment area of the mentioned springs has an area of around 730 sq km, and is the most productive one in the North Adriatic region (BIONDIĆ ET AL., 1984). Approximately 465 sq km of the area belongs to the catchment area of Rijeka, while 264 sq km is the catchment area of the Bakar Bay (BIONDIĆ, 2004).





Slika 2. Pregledna karta sljevova s položajem glavnih crpilišta riječkoga vodoopskrbnog sustava  
 Prema: BIONDIĆ I DR., 2005.

Figure 2 An overview map of the catchment areas with positions of the main pumping sites of the Rijeka's water supply system.

According to: BIONDIĆ ET AL., 2005.

Najvažniji izvor na području grada Rijeke je izvor Rječine, koji se nalazi približno 2,5 km sjeverno od naselja Kukuljani na Grobniku. Kada podzemna retencija naraste do razine izlazne jame, voda se prelijeva preko izvora na nadmorskoj visini 325 m (KNEŽEVIĆ, 2001.). Izdašnost ovog izvora vrlo varira, od 0 do 120 m<sup>3</sup>/s, srednji godišnji protok iznosi 7,38 m<sup>3</sup>/s, a najčešće su njegove vrijednosti između 40 i 50 m<sup>3</sup>/s (BIONDIĆ, 2004.). Izvor Rječine je zbog povoljnoga visinskog položaja gravitacijski povezan cjevovodom kapaciteta 110 l/s s vodoopskrbnim sustavom grada. Posljedica sve većeg korištenja vode tijekom ljetnih sušnih mjeseci su dugotrajnija presušivanja preljeva izvora Rječine. U razdoblju od 1945. god. do 2005. god. izvor Rječine prosječno je presušivao 42 dana godišnje, varirajući između 0 i 157 dana godišnje, uz trend porasta broja dana bez

The most important source in the area of Rijeka is the spring of Rječina which is approximately 2.5 km on the north of Grobnik's settlement Kukuljani. When the levels of underground water retention rise up to the exit pit point, the water flows over through a spring at an altitude of 325 meters above the sea level (KNEŽEVIĆ, 2001). The abundance of this spring varies from 0 to 120 cubic meters per sec; the annual mean flow is 7.38 m<sup>3</sup>/s and the most common values vary between 40 and 50 m<sup>3</sup> per sec (BIONDIĆ, 2004). Due to a favorable altitude position, the source of Rječina is connected to the city's water supply system by pipelines with a capacity of 110 l/s. The consequence of growing water consumption during the arid summer months is the lasting droughts of the Rječina source. In the period from 1945 to 2005 the source of Rječina overdries a naverage 42 days in a year, varying from 0 to 157 days per year, with an increase of the number of days without the overflow<sup>1</sup>

<sup>1</sup> U istom razdoblju (1945.-2005.) bilježi se i trend opadanja protoka na izvoru Rječine iako je na postaji Rijeka istodobno zabilježen blagi trend porasta količine padalina (RUBINIĆ, SARIĆ, 2005).

<sup>1</sup> The decrease of flow at the source of Rječina was also registered in the mentioned period (1945-2005), regardless of the fact that there was an increase in precipitation in the station of Rijeka (RUBINIĆ, SARIĆ, 2005).

prelijevanja<sup>1</sup> (RUBINIĆ, SARIĆ, 2005.). U vrijeme presušivanja izvor ostaje bez aktivne cirkulacije odnosno gubi vezu sa stalno aktivnim krškim vodonosnicima, a u kavernožnim prostorima tada se nalazi zaostala podzemna voda (BIONDIĆ, 2003.). Ovaj izvor korišten je prvi put u javnoj vodoopskrbi 1913. god., kada je priključen na sušački vodovod kapaciteta 110 l/s (STRAŽIČIĆ, 1999.). Godine 1921. izvor Rječine presušio je na pet mjeseci i tada su se počela primjenjivati alternativna rješenja poput kopanja bunara u Martinšćici (BIONDIĆ, 2004.).

U vrijeme kada izvor Rječine nema dovoljne količine vode, osnova vodoopskrbe riječkog područja je izvor Zvir. Ovaj se izvor vodom opskrbljuje s područja Grobničkog polja i Gomanca, a bitno je istaknuti da nikada ne presušuje. Hidrogeološko objašnjenje toga nije jednostavno ako se uzme u obzir da je u neposrednom zaleđu Zvira rasprostranjena zona flišnih naslaga koje bi trebale predstavljati barijeru dotoku podzemne vode iz karbonatnog zaleđa. No, budući da je ta flišna zona istanjena i dezintegrirana upravo u zaleđu Zvira omogućena je podzemna cirkulacija vode i dotok vode iz zaleđa (BIONDIĆ, 2003.). Zbog toga je Zvir osnovni vodni resurs slijevnog područja izvora grada Rijeke. On je stalan izvor koji istječe iz potopljenog sustava špiljskih kanala formiranih duž izrazitih tektonskih pukotina u vapnencima uz desnu obalu Rječine. Nalazi se ispod brijega Sv. Katarina na udaljenosti od samo 1700 m od mora. Koristi se isključivo za vodoopskrbu, i to još od samih početaka formiranja vodoopskrbnog sustava grada Rijeke 1894. god. To i nije čudno jer minimalna izdašnost Zvira iznosi od 1000 do 1500 l/s, a ljeti u vrijeme suše u ovaj se izvor prepumpava voda iz kaptaze Zvir II pa ukupna izdašnost iznosi oko 2000 l/s što predstavlja oko 80% ukupno raspoloživih minimalnih resursa vode za piće u riječkom vodoopskrbnom sustavu (RUBINIĆ, SARIĆ, 2005.).

Kaptažni objekt Zvir II izveden je krajem sedamdesetih godina 20. st. U dubini masiva Kozale iskopana je pristupna galerija u dužini od 400 m koja presijeca glavne rasjede i šest bunara dubine 12 m na lokacijama uočenih kaverni. Ukupan eksploatacijski kapacitet ove kaptaze iznosi 500 l/s (BIONDIĆ, 2004.). Kopani zdenci omogućuju crpljenje vode ispod razine mora (BIONDIĆ I DR. 2005.). Ovo se izvorište rijetko stavlja u funkciju, a od osobitog je značenja ljeti u vrijeme suše kada izvor Rječine presuši pa Zvir

(RUBINIĆ, SARIĆ, 2005). In periods of drying, the source is not involved with the active circulation, i.e. it loses the connection to permanently active karst aquifers, while the water remains stale in the cavernous zones of the underground (BIONDIĆ, 2003). It was in 1913 that this source was used for public water supply for the first time, when it was included into the aqueduct of Sušak having a capacity of 110 l/s (STRAŽIČIĆ, 1999). In the year 1921 the source of Rječina was dry for five months which was the reason to apply alternative solutions such as digging of wells in Martinšćica (BIONDIĆ, 2004).

During the periods when the water amounts of the source of Rječina are insufficient, the water supply system shifts to the spring Zvir. This source feeds on the water from the Grobnik field and Gomanac, and the important fact is that it never dries out. The hydrogeological explanation for that is simple considering that Zvir is in the vicinity of a wide zone of flysch deposits which represent a barrier in the flow of underground water from the carbonate hinterland. However, since this flysch zone is thinned and disintegrated in the very hinterland of Zvir, the underground circulation of water is ensured, as well as the inflow from the hinterland (BIONDIĆ, 2003). That is why Zvir represents the main water resource of the District of Rijeka's catchment area. It is a permanent spring flowing out of the submerged system of cave channels formed along the prominent tectonic fissures in the limestone by the right bank of Rječina. It is positioned beneath the hill of Sv. Katarina, only 1,700 meters from the seashore. It is used for water supply exclusively, since the very beginning of the establishment of the water supply system of Rijeka in 1894. This is hardly surprising since the minimal abundance of Zvir is between 1,000 and 1,500 l/s. During the summer droughts, the water from the pumping well Zvir II is pumped into the source, increasing its abundance to 2,000 l/s which represents 80% of minimal accessible drinking water resources in the water supply system of Rijeka (RUBINIĆ, SARIĆ, 2005).

The pumping well Zvir II was built in the late 1970s. In the depths of the Kozala massive an access gallery has been carved, 400 meters in length, intersecting the main faults, as well as six wells (12 meters deep) in the locations of the spotted caverns. The overall exploitation capacity of this pumping well is 500 l/s (BIONDIĆ, 2004). The dug wells provide the exploiting of water from beneath the sea level (BIONDIĆ ET AL., 2005). This source is seldom used, and it is significant during the summer droughts when the source of Rječina dries out and,

II uz Zvir I predstavlja okosnicu vodoopskrbnog sustava Rijeke i riječkog područja.

U slijevno područje izvora u gradu Rijeci ubraja se i izvorište Martinšćica, koje se vodom opskrbljuje s područja Grobničkog polja iz smjera Čavla (BIONDIĆ, 2003.). Izvorište se nalazi u uvali Martinšćica između Sušaka i Kostrene, a danas ga čini deset bunara koji su se postupno kopali i uključivali u vodoopskrbni sustav grada. Minimalna izdašnost ovih bunara iznosi 300 l/s. Ovo izvorište nadopunjuje sustav vodoopskrbe riječkog područja u ljetnim razdobljima. Nakon suše 1921. god. započela su prva istraživanja u Martinšćici, a dvije godine kasnije stavljen je u funkciju prvi bunar. Usporedno sa širenjem grada i povećanjem potreba za vodom kopali su se novi bunari. Bunari su zapravo desetak metara duboke bušotine do podzemne vode, koja pod vlastitim uzgonom izlazi na površinu, pa ti bunari zapravo imaju obilježja krških izvora. U doba visokih voda osobito su izdašni (BIONDIĆ, 2001.).

Iz planinskog zaleđa vodom se opskrbljuju izvori u Bakarskom zaljevu čija je zona istjecanja vezana uz rasjedni kontakt vodopropusnih karbonatnih stijena i nepropusnih flišnih naslaga. U kišnim razdobljima količina vode koja istječe vrlo je velika, dok je ljeti istjecanje koncentrirano na nekoliko točaka izviranja. Izvori u Bakarskom zaljevu relativno su rano uključeni u vodoopskrbni sustav bakarskog područja, a s riječkim vodoopskrbnim sustavom bakarski se sustav povezao 1961. god. (BIONDIĆ, 2001.). Izvori Bakarskog zaljeva koji su uključeni u vodoopskrbni sustav su Perilo, minimalne izdašnosti 100 l/s, zatim Dobra, čija je minimalna izdašnost 30 l/s, te Dobrica minimalne izdašnosti 90 l/s (BIONDIĆ, 2003.).

Iz svega navedenog zaključuje se da riječko područje obiluje vodnim resursima koji su dostatni za njegove potrebe jer kada zbrojimo vrijednosti minimalnih izdašnosti svih izvorišta koja se koriste u vodoopskrbne svrhe dobijemo količinu od 4250 l/s, što višestruko premašuje potrošnju i u doba gospodarskoga procvata Rijeke (IZVOR 2). Tome treba pridodati i činjenicu da je voda ovih izvorišta vrlo visoke kvalitete (HINIĆ, MARGETA, 2005.). Nema bitne razlike u kemijskom sastavu vode pojedinih izvorišta, a sva izvorišta imaju i vrlo sličan mineralni sastav. Voda je izvrsnih fizikalno-kemijskih karakteristika tipično krške vode, tvrdoće između 7 i 8° dH i prosječne temperature od 7 do 7,5 °C. Male je do srednje bakteriološke onečišćenosti te se zbog toga dezinficira samo klordioksidom na

besides Zvir I, Zvir II, becomes the backbone of the water supply system of Rijeka and its area.

Martinšćica is another water source belonging to the catchment area of Rijeka, acquiring water from the area of the Grobnik polje, from the direction of Čavle (BIONDIĆ, 2003). The source is situated in the valley of Martinšćica, between Sušak and Kostrena, and today it consists of ten wells which were gradually dug and included into the city's water supply system. The minimal abundance of these wells is 300 l/s. This source complements the water supply system of the area of Rijeka during the summer periods. Following the 1921 draught, the first researches took place in Martinšćica, and the first of wells became functional two years after. Parallel to the expansion of the city and the increase in water consumption, additional wells were dug. The wells actually represent ten meters deep boreholes reaching the ground water which pours out onto the surface due to its own pressure. Thus, the wells actually have features of karst springs. During high waters they are exceptionally abundant (BIONDIĆ, 2001).

The mountainous hinterland also provides the water for the sources in the Bakar bay. Their discharge zone is connected to the fault contact of the permeable carbonate rocks and the impermeable flysch deposits. During the rainfall periods the amount of water discharge is very large, while during summer, the discharge is limited to several source points. The sources in the Bakar bay were included into the water supply system of Bakar area relatively early, and this system was connected to the one of Rijeka in 1961 (BIONDIĆ, 2001). The sources of the Bakar bay included in the water supply system are Perilo with minimal abundance of 100 l/s, Dobra with 30 l/s and Dobrica with the minimum of 90 l/s (BIONDIĆ, 2003).

It can be concluded that the area of Rijeka is rich with water resources which are sufficient for its needs. When all the actual values of the minimal abundances of all the sources used in water supply are added together, the overall amount is 4,250 l/s. This number exceeds the consumption several times, even in comparison with the values of consumption during the economic boom of Rijeka (SOURCE 2). Also, the significant fact is that the water quality of these sources is very high (HINIĆ, MARGETA, 2005). There are no substantial distinctions in the chemical composition of the water in any of the sources, and the mineral composition is very similar in all of them. Also, the water has excellent physical and chemical features, typical for karst water, with hardness

klorinatorskoj stanici na Zviru. Drugih zagađenja nema jer su izvorišta u planinskom zaleđu, koje nije gusto naseljeno. Čak i za vrijeme velikih kiša vodu je dovoljno klorirati jer se radi isključivo o mogućim kratkotrajnim zamućenjima. O kvaliteti i zdravstvenoj ispravnosti vode za piće riječkih izvorišta brinu se Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije i Laboratorij koji djeluje u sklopu KD Vodovod i kanalizacije<sup>2</sup>. Sve navedeno zajedno osigurava stanovnicima riječkog područja dostatne količine vrlo kvalitetne pitke vode, a voda s izvorišta Zvir koristi se i u punionici flaširane vode.

### Suvremeni razvoj vodoopskrbe

Prvi vodoopskrbni sustav na riječkom području počeo se formirati 1885. god. za predio Sušaka, a sam grad Rijeka prvi je vodovod dobio 1894. god. (LINIĆ, 2005.). Od tada do nakon II. svjetskog rata vodovod se polako širio iz centra grada prema okolnim naseljima na višim nadmorskim visinama. Nakon 1970. god. nizom planova vodovodna mreža proširena je pod motom: "Voda u svaku kuću" u svih dvadeset mjesnih zajednica tadašnje Općine Rijeka. U periodu od 1970. do 1985. god. sagrađena je većina današnjih kapaciteta (vodovodnih cijevi, vodosprema i crpnih stanica) jer su planovi u potpunosti realizirani u jedanaest mjesnih zajednica, gotovo u potpunosti u šest mjesnih zajednica, a jedino u tri mjesne zajednice nisu ni započeli. Danas riječko područje, kao što je ranije spomenuto, vodom opskrbljuje KD Vodovod i kanalizacija d.o.o. Rijeka. Ovo Komunalno društvo raspolaže sa sedam navedenih izvorišta: izvor Rječine, Zvir I, Zvir II, Martinščica, Perilo, Dobra i Dobrica. KD Vodovod i kanalizacija d.o.o. Rijeka ima koncesiju do 20 500 000 m<sup>3</sup>/god. vode na izvoru Rječine (maks. crpljenje 1800 l/s), do 31 000 000 m<sup>3</sup>/god. vode na izvoru Zvir I (maks. crpljenje 2000 l/s), do 7 100 000 m<sup>3</sup>/god. na izvoru Zvir II (maks. crpljenje 450 l/s), do 6 500 000 m<sup>3</sup>/god. na izvorištu Martinščica (maks. crpljenje 410 l/s), do 3 000 000 m<sup>3</sup>/god. na izvoru Perilo (maks. crpljenje 230 l/s), do 1 324 000 m<sup>3</sup>/god. na izvoru Dobra (maks. crpljenje 42 l/s) i do 4 000 000 m<sup>3</sup>/god. na izvoru Dobrica (maks. crpljenje 250 l/s) (IZVOR 3). Voda s ovih izvorišta prepumpava se u ukupno 28 crpnih stanica

<sup>2</sup> Laboratorij jednom tjedno analizira vodu sa svih izvorišta, jednom mjesečno analizira vodu iz vodosprema i jednom tjedno vodu kompletne mreže uz pomoć uzoraka koji se uzimaju na određenim mjestima uzorkovanja (IZVOR 3).

between 7 and 8° dH and an average temperature varying between 7 and 7.5 °C. The share of bacteria in the water is small to medium, requiring only disinfection with chlorine dioxide which is conducted in the chlorinating station on Zvir. There is no other pollution because the sources are in the mountainous hinterland with a low population density. Even during heavy rainfalls it is sufficient to chlorinate the water because the only possible problems refer to the occasional short-term muddiness. The Educative Institute for Public Health of Primorje-Gorski Kotar County and the laboratory belonging to the utility service *Vodovod* and sewer system take care of the quality and the drinkability of water in the sources of Rijeka<sup>2</sup>. All of the abovementioned provides a guarantee for sufficient amounts of high-quality fresh water for the population of the area of Rijeka. Furthermore, the water from the source Zvir is bottled for commercial purpose.

### The contemporary development of water supply

The first water supply system in the area of Rijeka began to form in 1885 for Sušak zone, and the city of Rijeka gained its first aqueduct in 1894 (LINIĆ, 2005). Since then and until the end of the World War II the aqueduct slowly spread from the town's center towards the surrounding settlements on higher altitudes. Following the year 1970, the water supply network was extended through a series of plans, and under the motto "Water in every house", into all of the 20 local communities of the existing Municipality of Rijeka. In the period from 1970 to 1985 most of today's facilities (pipes, reservoirs and pumping stations) were built due to the fact that the existing plans were completely carried out in eleven local communities and almost completely in six of them, while in the three of them they had not even begun. As mentioned earlier, today the area of Rijeka is supplied with water by the utility service *Vodovod i Kanalizacija d.o.o. Rijeka*. This communal society manages seven mentioned sources: the spring of Rječina, Zvir I, Zvir II, Martinščica, Perilo, Dobra and Dobrica. Utility service *Vodovod i kanalizacija d.o.o. Rijeka* has a concession which includes up to 20,500,000 m<sup>3</sup> of water per year at the spring of Rječina (1,800 l/s of maximal bailing), up to 31,000,000 m<sup>3</sup> per year at Zvir I (2,000 l/s of maximal bailing), up to 7,100,000 m<sup>3</sup> per year at Zvir II (450 l/s maximal bailing), up to 6,500,000

<sup>2</sup> The laboratory analyzes the water from all the sources once a week, the one from the reservoirs is analyzed once a month, and the samples of water from defined locations in the complete water supply network are analyzed weekly (IZVOR 3).



ukupnoga kapaciteta 8735 l/s, u 56 vodosprema koje se nalaze na različitim nadmorskim visinama, a ukupna su obujma 118 490 m<sup>3</sup> (Tab. 1.). Ovaj vodoopskrbni sustav od 2001. god. ima jednu od najvećih vodosprema u Republici Hrvatskoj, Streljanu II obujma 20 000 m<sup>3</sup> (jedino zagrebački vodoopskrbni sustav ima vodospremu istog obujma, dok su sve ostale vodospreme u Republici Hrvatskoj manjih obujmova). Od 2008. god. ova je vodosprema povezana s 2500 m dugačkim tlačnim cjevovodom s crpnom stanicom Kozala I, koja je izgrađena 2006. god., a kapaciteta je 500 l/s (IZVOR 3). Značenje izgradnje i puštanja u funkciju ovih objekata bilo je od iznimne važnosti za riječki vodoopskrbni sustav. Njime je omogućena sigurna i kontinuirana vodoopskrba svih područja na kojima riječko Komunalno društvo pruža uslugu, a osobito viših visinskih zona te sjevernog dijela otoka Krka. Ovo je od osobitog značenja kada izvor Rječine presuši pa se više voda ne može gravitacijski transportirati s izvora Rječine, nego se tlačnim cjevovodima iz izvorišta i crpne stanice Zvir I preko prepumpne stanice Kozala I, uz pomoć crpki prepumpava do vodospreme Streljana II na koti od 283/276 m nad morem. Na taj se način omogućuje lakša

m<sup>3</sup> per year at Martinšćica (410 l/s of maximal bailing), up to 3,000,000 m<sup>3</sup> per year at Perilo (230 l/s of maximal bailing), up to 1,324,000 m<sup>3</sup> per year at Dobra (42 l/s of maximal bailing), and up to 4,000,000 m<sup>3</sup> per year at Dobrica (250 l/s of maximal bailing) (SOURCE 3). The water from these sources is pumped by a total of 28 pumping stations with an overall capacity of 8,735 l/s, and into 56 reservoirs with an overall volume of 118,490 m<sup>3</sup> which are positioned at different altitudes above the sea level (Tab. 1). Since 2001, this water supply system includes one of the largest reservoirs in the Republic of Croatia, Streljana II, with a capacity of 20,000 m<sup>3</sup> (the only reservoir with such capacity is the one in Zagreb's water supply system; all other reservoirs in Croatia are smaller). Since the year 2008 this reservoir has been connected to a pumping station Kozala I, built in 2006 (with a capacity of 500 l/s), by a system of long pressurized delivery pipelines (SOURCE 3). The significance of the construction and the putting of these objects into operation were of extreme importance for the Rijeka's water supply system. Thus, safe and continuous water supply of all the areas covered by Rijeka's communal society was ensured, which holds a special importance for higher altitude zones and the north part of Krk

Tablica 1. Osnovni tehnički pokazatelji razvoja vodoopskrbnog sustava riječkog područja 1990. - 2008. godine  
Table 1 Basic technical development indicators of the water supply system of the area of Rijeka 1990-2008.

Godina / Pokazatelj Year / Indicator		1990	1995	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Crpne stanice / Pumping stations	broj	31	34	32	32	30	32	32	30	28
Crpke / Pumps	broj	108	127	131	131	131	131	131	128	123
Ukupni kapacitet crpnih stanica / Total capacity of pumping stations	l/s	6912	7843	8867	8867	8867	8867	8867	9548	735
Instalirana snaga / Installed power	kW	12380	12729	15383	15383	15383	15383	15383	16804	15298
Vodospreme / Reservoirs	broj	64	65	67	68	68	68	68	57	56
Ukupna zapremina vodosprema / Total volume of reservoirs	m <sup>3</sup>	100655	101951	122211	122211	122211	122211	122211	117230	118490
Vodovodna mreža bez priklučaka / Water supply network without connections	km	630,5	662,5	683,5	697	702	713	721	747	783
Vodovodna mreža s priklučcima* / Water supply network with connections*	km	705,5	742	771,3	791	800	814	824	853	895
Kućni priključci / Home connections	broj	24986	26503	29280	31391	32640	33073	34268	35311	36719

Izvor: Interni podatci KD Vodovod i kanalizacija d.o.o., Rijeka

Source: Internal data from *Vodovod i kanalizacija d.o.o.*, Rijeka

\* uključuje duljinu cijevi od glavnog voda do mjernog uređaja potrošača / includes the length of pipes from the water main to the consumer's water-gauge

raspodjela raspoloživih količina vode u sva tri vodoopskrbna sustava: Rijeka, Sušak i Bakar (LINIĆ, 2005.).

Budući da je vodoopskrbni sustav rasprostranjen u centru grada, koji se pruža u pravcu istok-zapad, te u gradskoj bližoj i široj okolini, koja se zbog konfiguracije terena između mora s jedne i padina brežuljaka i planina s druge strane, pruža na prilično velikim visinskim razlikama od nekoliko stotina metara (do 500

Island. This is very important during periods when the spring of Rječina dries out and the water cannot be gravitationally transported from it, but has to be pumped into the reservoir Streljana II at 283/276 meters above the sea level through the delivery pipelines from the source and pumping station Zvir I and through the transit pumping station Kozala I. This way provides an easier distribution of the available water amounts in all three water supply systems – Rijeka, Sušak and Bakar (LINIĆ, 2005.).

Tablica 2. Ostvarena prodaja vode u vodoopskrbnom sustavu riječkog područja te isporuke susjednim vodoopskrbnim područjima 1990. – 2008. godine u m<sup>3</sup>

Table 2 The achieved sales of water in the supply system of the area of Rijeka and the delivery to the neighbouring water supply areas 1990-2008 (in m<sup>3</sup>)

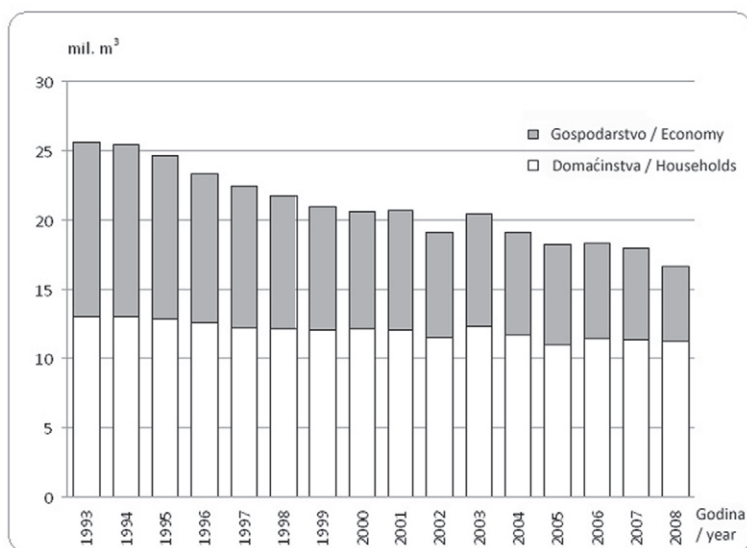
Godina/year	Vodoopskrbni sustav Rijeka / Water supply system Rijeka					Isporučeno susjednim sustavima/ Delivery to the neighbouring systems				Sveukupno / Total
	Domaćinstva / Households	Procjena broja stan / estimated population	l/dan/stan.* / l/day/pop*	%	Gospodarstvo/ economy	%	V. S. Opatija / W. S. Opatija	V. S. Jadransko / W. S. Jadransko	V. S. Krk / W. S. Krk	
1990										28225222
1991		206229								26894178
1992		204745								27200604
1993	13078279	203261	176,2	51,0	12574324	49,0	2144221	364220		28161044
1994	13023010	201776	176,7	51,1	12457016	48,9	1780723	268977		27529726
1995	12909639	200292	176,5	52,2	11835131	47,8	1220257	358032		26323059
1996	12603199	198808	173,6	54,0	10730503	46,0	1275403	283577		24892682
1997	12291777	197324	170,5	54,8	10130960	45,2	1475305	325196		24223238
1998	12167209	195840	170,1	56,0	9569546	44,0	1412779	336332		23485866
1999	12073601	194355	170,1	57,5	8932674	42,5	1414138	270429		22690842
2000	12247005	192871	173,8	59,4	8363523	40,6	1735496	259556		22605580
2001	12139655	191387	173,7	58,6	8574685	41,4	1869963	246542		22830845
2002	11578287	189903	166,9	60,4	7578715	39,6	1479403	213204		20849609
2003	12391812	188419	180,1	60,6	8042963	39,4	2210448	232918		22878141
2004	11771215	186934	172,4	61,6	7334325	38,4	1037707	237652		20380899
2005	11073656	185450	163,5	60,6	7185233	39,4	772796	244374		19276059
2006	11441997	183966	170,3	62,4	6895041	37,6	844359	284946		19466343
2007	11356940	182482	170,4	63,1	6633826	36,9	1214433	336623		19541822
2008	11217830	180998	169,7	67,3	5439241	32,7	1380075	252507	220109	18609762

Izvor: Godišnja izvješća KD Vodovod i kanalizacija d.o.o., Rijeka

\*proračun temeljen na procijenjenom broju stanovnika za svaku godinu uz pretpostavku linearnog smanjenja stanovništva prema međupopisnoj promjeni 1991.-2001.

Source: Annual reports of the utility service *Vodovod i kanalizacija d.o.o.*, Rijeka

\*the assessment based upon the estimated population number for every year, with the assumption of linear decrease of population according to the inter-census change (1991-2001)



Slika 3. Prodana voda domaćinstvima i gospodarstvu u vodoopskrbnom sustavu riječkog područja 1993.-2008. godine

Izvor: Godišnja izvješća KD Vodovod i kanalizacija d.o.o., Rijeka

Figure 3 Water sold to households and economical subjects in the water supply system of the area of Rijeka (1993-2008)

Source: Annual reports of *Vodovod i kanalizacija d.o.o.*, Rijeka

metara razlike), sustav iziskuje kvalitetnu organizaciju<sup>3</sup>. Takva lokacija naselja otežava opskrbu vodom stanovništva tih viših gradskih zona zato što je većina izvorišta (osim izvora Rječine) ovoga vodoopskrbnog sustava locirana gotovo na razini mora.

Na spomenutom prostoru u posljednjih je petnaestak godina došlo do smanjenja ukupnih količina prodane vode, ali i do smanjenja broja potrošača, i to kako u gospodarstvu tako i u domaćinstvima. No, pad prodane vode za gospodarstvo mnogo je značajniji (Tab. 2.; Sl. 3.).

Ukupna količina prodane vode 1991. godine iznosila je 28,2 mil. m<sup>3</sup>. U općinama i gradovima koji pripadaju riječkom komunalnom društvu, tada je živjelo 206 229 stanovnika prema popisu

<sup>3</sup> Voda se, kao što je već objašnjeno na primjeru crpne stanice Kozala I i vodospreme Streljana II, distribuira do potrošača na način da se crpne stanice i vodospreme nalaze na nekoliko visinskih razina i da se voda od izvorišta u nekoliko etapa (i četverostruko i peterostruko) prepumpava do najviših zona vodoopskrbnog područja. Iz navedenih tehničkih karakteristika proizlazi složenost izvedbe i organizacije vodoopskrbnog sustava na riječkom području. Da bi sustav što kvalitetnije funkcionirao, ustrojen je komandni centar na izvorištu Zvir I na kojem se nadzire vodoopskrbni sustav koji je automatiziran i povezan s ovim centrom pa je moguć daljinski nadzor i upravljanje objektima vodoopskrbnog sustava na riječkom području (LINIĆ, 2005.).

Since the water supply system spreads through the city which extends in E-W direction, as well as through the outskirts which include a wide area covering a range of altitudes (within terrains varying up to 500 meters in height), the system requires a high-quality organization<sup>3</sup>. Such location of settlements complicates the water supply for the population in higher city zones because most of the sources (except Rječina) are located almost at the sea level.

In the last fifteen years there was a decrease in the total amounts of sold water in the researched area, as well as in the number of household and economical consumers. However, the decrease had a much more significant impact on the economy (Tab. 2, Fig. 3).

The total amount of water sold in 1991 was 28.2 million of m<sup>3</sup>. According to the 1991 population

<sup>3</sup> As it has already been explained through the example of the pumping station Kozala I and the reservoir Streljana II, the water is distributed to the consumer by pumping stations and reservoirs being positioned in several different altitudes, as well as by the further pumping to the highest zones of the area in several (four or five) phases. The above mentioned technical characteristics imply the complexity of implementation and organization of the area of Rijeka's water supply system. In order to attain a high quality of functionality, a command center has been founded near the source Zvir I. This center monitors the automated water supply system and is linked with it in order to ensure remote control and management of the water supply system of the area of Rijeka (LINIĆ, 2005.).

iz 1991. god. (ako se oduzme općina Klana, koja se opskrbljuje iz Slovenije, tada je ukupan broj stanovnika 204 231). Podatci iz 2001. god. pokazuju da je na istom području zabilježen pad broja stanovnika pa je popisom 2001. god. utvrđen broj od 191 387 stanovnika (bez Klane 189 457 stan.), a količina prodane vode smanjena je na 22,8 mil. m<sup>3</sup>. Ako promatramo smanjenje ukupnih količina prodane vode za razdoblje 1993.-2008. god., onda ono iznosi 9 551 282 m<sup>3</sup>.

Najveći dio smanjenja prodaje vode odnosi se na gospodarstvo. Godine 1993. gospodarstvo je trošilo 12,5 mil. m<sup>3</sup> vode ili 49% ukupno prodane vode. Godine 2008. gospodarstvo je trošilo samo 2/5 količine iz 1993. god. tj. 5,4 mil. m<sup>3</sup> vode. U istom razdoblju smanjio se udio gospodarstva u ukupno prodanoj vodi na 32,7%. Glavni je razlog tako drastičnom smanjenju prodaje zatvaranje brojnih industrijskih pogona na riječkom području u razdoblju 1990.-2006. godine. Prema podatcima Odsjeka za statistiku, Ureda državne uprave Primorsko-goranske županije iz 2007. god. u promatranom razdoblju zatvoreno je 14 velikih poduzeća, poput tvornica "Vulkan", "Rikard Benčić", "Torpedo", Tvornice papira, Tvornice konopa (SLAVUJ, 2007.). Stoga i nije čudno takvih smanjenje prodaje vode u gospodarstvu u proteklih petnaestak godina.

Potrošnja u domaćinstvima apsolutno se smanjila s 13,1 mil. m<sup>3</sup> 1993. god. na 11,2 mil. m<sup>3</sup> 2008. godine, međutim, promatrano relativno, radi se o stagnaciji. Naime, u promatranom razdoblju došlo je i do smanjenja broja stanovnika, pa je potrošnja u litrama na dan po stanovniku ostala gotovo nepromijenjena. Točnije rečeno, kreće se uglavnom od 170 do 175 l/dan/stan., kada se procijeni broj stanovnika za svaku godinu na temelju srednje godišnje međupopisne promjene 1991.-2001.<sup>4</sup> Takva potrošnja usporediva je s potrošnjom u razvijenim europskim zemljama, odnosno govori o dostignutom visokom standardu potrošnje, pa nisu bile ni očekivane značajnije promjene u potrošnji, to više što je Rijeka za sada uglavnom tranzitno turističko područje. Promatramo li udio prodaje vode domaćinstvima ono je s 51% 1993. god. poraslo na 67,3% 2008. godine.

<sup>4</sup> Promjenom popisne metodologije usporedba rezultata popisa 2001. godine s ranijim popisima stanovništva znatno je otežana. Ipak broj "stalnih stanovnika naselja popisa" 2001. usporediv je s kategorijom "ukupni broj stanovnika" 1991., kao metodološki najmanje pogrešan način usporedbe (POKOS, 2001.).

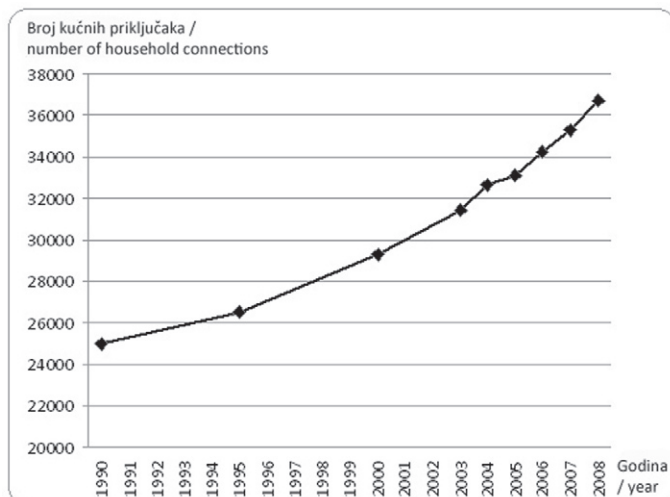
census, the municipalities included in the Rijeka's communal society had 206,229 residents (without the municipality of Klana which supplies itself from Slovenia this number is 204,231). The data from the 2001 census show a decrease in population in the same area – it was 191,387 (or 189,457 without Klana) – and the amount of water sold was reduced to 22.8 million of m<sup>3</sup>. The decrease of overall amounts of water sold in the period 1993-2008 was 9,551,282 m<sup>3</sup>.

Most of this decrease occurred in the economic sector. In 1993 the economy consumed 12.5 million of m<sup>3</sup> of water, or 49 % of the total water sold. In 2008 the economy spent only 2/5 of the amount of water recorded in 1993, i.e. approximately 5.4 million of m<sup>3</sup>. In the same period the economy's share in the total of water sold decreased to 32.7 %. The main reason for such a drastic decrease was the shutting down of many industrial facilities in the area of Rijeka in the period from 1991 until 2006. According to the data of the Statistical department of the State Office in Primorje-Gorski Kotar County from 2007, a total of 14 big companies (such as factories "Vulkan", "Rikard Benčić", "Torpedo", the Paper Factory, and the Rope Factory) were shut down in the abovementioned period (SLAVUJ, 2007). Thus, it is clear why the decrease of water sold to the economy was so radical in the last fifteen years.

The consumption of households decreased from 13.1 million m<sup>3</sup> in 1993 to 11.2 million m<sup>3</sup> in 2008. However, it can relatively be considered stagnation. Namely, in the observed period there was a decrease in population – meaning that the consumption in litres has remained almost unchanged. More accurately, it is between 170 and 175 l/day/resident, estimated for each year within the intercensus period of 1991-2001 based on the annual mean population change.<sup>4</sup> Such consumption can be compared to the one in the developed European countries, which means that a high level of standard of consumption has been reached. Therefore, significant changes in consumption were not to be expected. One of the reasons for that is the fact that Rijeka has only been a transit tourist area so far. If we observe the share of water sale to the households, it was increased from 51 % in 1993 to 67.3 % in 2008.

<sup>4</sup> The comparison of the data acquired in the 2001 census to the earlier censuses is difficult because of the change in census methodology. Still, the number of "permanent residents in settlements" in 2001 census can be compared to the category "total population" from 1991 census, as the least incorrect means of comparison (POKOS, 2001.).





Slika 4. Broj priključaka na vodovodnoj mreži vodoopskrbnog sustava riječkog područja 1990.-2008. godine

Izvor: Interni podaci KD Vodovod i kanalizacija d.o.o., Rijeka

Figure 4 The number of connections to the water supply network of the area of Rijeka 1990 – 2008

Source: Internal data of *Vodovod i kanalizacija d.o.o.* Rijeka

Slijedeći hidrogeografska načela razmatranja vodoopskrbe (RĐANOVIĆ, 1993.), potrebno je razmotriti i druga obilježja razvijenosti vodoopskrbe. Na riječkom vodoopskrbnom području dostupni su podaci o broju kućnih priključaka i duljini vodovodne mreže, a kao pokazatelj kvalitete vodoopskrbnog sustava dostupni su podaci o gubitcima vode. Kao i kod prodane vode, i u obradi ovih podataka osnovni je problem što nisu vođeni na razini administrativnih jedinica.

Podaci o broju kućnih priključaka u cijelom vodoopskrbnom sustavu (Tab. 1.) upućuju na znatan razvoj. Unatoč stagnaciji potrošnje vode u domaćinstvima, u razdoblju 1990.-2008. broj priključaka porastao je s 24 986 na 36 719 (Sl. 4.). Za razmatranje na razini gradova i općina bilo je potrebno preračunavanje podataka s razine vodoopskrbnih područja, pa su odabrane samo dvije godine, 2008. i 2004. godina (Tab. 3.). Promatra li se broj stanovnika na priključak, tada se očituje relativan napredak, tj. došlo je do smanjenja broja stanovnika na priključak s 5,98 stan/priključku na 5,22 stan/priključku. Međutim, taj napredak nije rezultat pada stanovnika, jer je u istom razdoblju došlo do apsolutnog povećanja broja priključaka kako na cijelom području tako i u svim općinama i gradovima riječkog vodoopskrbnog sustava.

Promatramo li promjene u broju stanovnika, već je istaknuto da je od 1991. do 2001. u riječkom vodoopskrbnom području u cjelini došlo

According to the hydrogeographic principles of studying water supply (RĐANOVIĆ, 1993), it is necessary to consider other features of water supply development. In the water supply area of Rijeka it is possible to gain insight into the data on the number of household water connections and the length of water supply network; there is also water losses data which serve as an indicator of the water supply system's quality. The problem with processing this data is the same one as with processing the data on sold water, that is, they were not recorded on the level of administrative units.

Data on the number of household water connections in the supply system (Tab. 1) shows a substantial development. In spite of stagnation in household water consumption in the period 1990-2008, the number of connections increased from 24,986 to 36,719 (Fig. 4). Analysis on the level of Districts and municipalities required a calculation based upon the water supply areas. Thus, the data from two years (2008 and 2004) was taken into consideration (Tab. 3). If the number of residents per water connection is observed, a relative advancement can be noticed, i.e. there is a decrease of the number of residents per water connection, from 5.98 residents/connection to 5.22 residents/connection. However this advancement is not a result of population decrease since there was an overall increase of the number of water connections in the whole water supply area (in every municipality and district) of Rijeka.

Tablica 3. Broj stanovnika 1991. i 2001. godine te broj priključaka na vodovodnoj mreži po gradovima i općinama u riječkom vodoopskrbnom području 2004. god. i 2008. god.

Table 3 Population numbers in 1991 and 2001, and the number of connections to the water supply network in districts and municipalities of the water supply area of Rijeka in 2004 and 2008

Područje/Area	Broj stanovnika/ population number 1991.	Broj stanovnika/ population number 2001.*	2004. godina		2008. godina	
			Broj priključaka/ number of connections	Br. stan.**/ priklj. Residents per connection	Broj priključaka/ number of connections	Br. stan.**/ priklj. Residents per connection
Grad Rijeka / District of Rijeka	165904	143851	16428	8,76	18742	7,68
Grad Bakar / District of Bakar	7577	7769	2837	2,74	2932	2,65
Grad Kastav / District of Kastav	5995	8870	2645	3,35	3107	2,85
Grad Kraljevica / District of Kraljevica	4513	4568	1636	2,79	1736	2,63
Općina Viškovo/ Municipality of Viškovo	6918	8886	3146	2,82	4305	2,06
Općina Kostrena / Municipality of Kostrena	2271	3895	1098	3,55	1258	3,10
Općina Čavle / Municipality of Čavle	6469	6743	1941	3,47	2133	3,16
Općina Jelenje / Municipality of Jelenje	4584	4875	1645	2,96	1769	2,76
Općina Klana / Municipality of Klana	1998	1930	620	3,11	675	2,86
Riječko vodoopskrbno područje (ukupno) / The water supply area of Rijeka (total)	206229	191387	31996	5,98	36657	5,22

Izvor: Popis stanovništva 1991. i 2001. godine, DZS RH i Interni podatci KD Vodovod i kanalizacija d.o.o., Rijeka

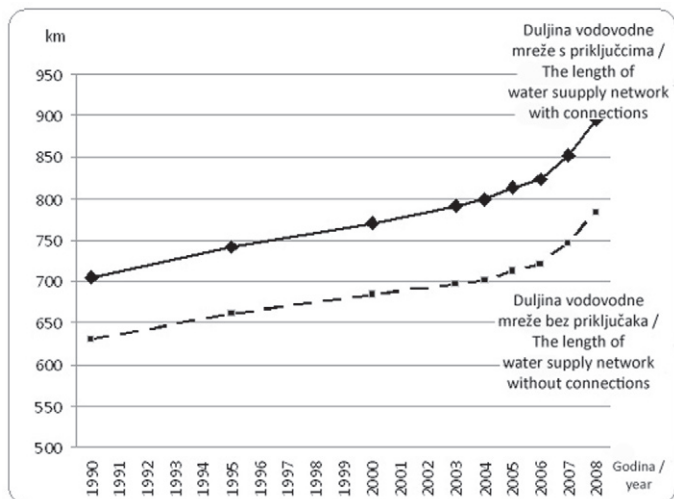
\* podatak o stalnom stanovništvu; \*\* na bazi stalnog stanovništva 2001. godine

Source: Population censuses of 1991 and 2001; State Institute for Statistical Data of the Republic of Croatia (DZS RH) and the Internal data of the utility service *Vodovod i kanalizacija d.o.o.* Rijeka

\*permanent residents data; \*\*based on the number of permanent residents in 2001

do smanjenja, i to za oko 14 800 stanovnika. Međutim, na razini pojedinih gradova i općina postoje razlike i može se primijetiti da je u tijeku proces suburbanizacije. Grad Rijeka u zadnjem međupopisu gubi stanovništvo, dok svi ostali gradovi i općine (osim Klane) bilježe porast broja stanovnika. Porast broja stanovnika posebno je brz u Gradu Kastvu i općinama Viškovo i Kostrena. Razvoj vodoopskrbnog sustava prati suburbanizaciju, pa i u općinama i gradovima s brzim rastom stanovništva pada broj stanovnika po priključku, što svjedoči o velikom udjelu novogradnje. Grad Rijeka ima razmjerno najnepovoljniji odnos broja stanovnika i broja priključaka. Naime, to je posljedica činjenice da je pri izgradnji visokih višestambenih zgrada bila uobičajena ugradnja samo jednog priključka za cijelu zgradu. Izgradnja nebodera u Rijeci

If we observe the changes in population numbers, it has already been said that in the period 1991-2001 there was a population decrease for around 14,800 inhabitants in the water supply area of Rijeka. However, there are distinctions on the level of districts and municipalities, and it can be noticed that there is an active process of suburbanization going on. In the last inter-census period, the District of Rijeka has decreased in population, while the population in all of the other districts and municipalities (except Klana) has increased. The increase in population is particularly fast in the District of Kastav and in the municipalities of Viškovo and Kostrena. The suburbanization is followed by the development of the water supply system; thus, the number of residents per water connection is decreased in the municipalities and districts with faster population increase. Namely, it is due to the fact that during a



Slika 5. Duljina vodovodne mreže vodoopskrbnog sustava riječkog područja 1990.-2008. godine

Izvor: Interni podaci KD Vodovod i kanalizacija d.o.o., Rijeka

Figure 5 The water supply network's length in the area of Rijeka 1990-2008

Source: Internal data of municipal service *Vodovod i kanalizacija d.o.o., Rijeka*

značajna je za drugu polovicu XX. stoljeća. Novija izgradnja višestambenih zgrada u Hrvatskoj općenito podrazumijeva ugradnju zasebnog priključka za svaki stan, čime se broj stanovnika na priključak znatno smanjuje. Upravo je takva novogradnja u prigradskom prostoru glavni razlog da u Rijeci raste broj priključaka i pada broj stanovnika po priključku, premda Grad Rijeka gubi stanovništvo.

U razmatranju kvalitete vodoopskrbnog sustava valja se osvrnuti na izgrađenost vodovodne mreže (Sl. 5.). Broj stanovnika na kilometar vodovodne mreže smanjen je s 240 stan./km 2004. god. na 214 stan./km u 2008. godine. U istom je razdoblju izgrađenost vodovodne mreže s priključcima porasla s 800 km 2004. god. na 895 km 2008. godine. Na žalost podatke nije moguće izraziti na razini gradova i općina.

Naposljetku, razmotri li se kretanje gubitaka u vodoopskrbnom sustavu riječkog područja (Tab. 4.; Sl. 6.), u razdoblju od 1990. do 2008. godine došlo je do značajnog smanjenja gubitaka, posebice do 1998. godine. U navedenom razdoblju gubitci su pali sa 40,8% 1990. godine na svega 18,7% 2008. godine. Smanjivanje gubitaka u vodoopskrbnom sustavu razmjerno je ulaganju financijskih sredstava u suvremenu opremu. Tek nakon pripremnih radova (1988.-1990.), te većih ulaganja i aktivnosti (1990.-1994.), od 1992. god. pokazuju se rezultati na smanjivanju gubitaka vode. Također je vrijedno istaknuti da je

construction of large residential buildings only one connection was built per building. The construction of skyscrapers in Rijeka is common in the second half of the 20<sup>th</sup> century. The latest construction of residential buildings in Croatia usually implies the installment of individual connections per each apartment, which reduces the number of residents per connection substantially. Such construction in the suburban areas is the very reason for the increased number of water connections and the decrease in numbers of residents per connection, in spite of the District of Rijeka's overall population losses.

When considering the quality of the water supply system, one should review the data on constructed water supply network (Fig. 5). The number of residents per kilometre of network was reduced from 240 res./km in 2004 to 214 res./km in 2008. In the same period the length of constructed water supply network with connections has increased from 800 kilometres in 2004 to 895 kilometres in 2008. Unfortunately, it is not possible to review and convey the data on the levels of towns and municipalities.

Finally, if the rate of losses in the water supply system is considered (Tab. 4, Fig. 6), it can be noted that there was a substantial decrease of water losses in the period 1990-2008, especially in 1998. During the mentioned period, the losses decreased from 40.8 % in 1990 to merely 18.7 % in 2008. The decrease in losses in the water supply system is proportional to the financial investments in modern equipment. The results in reducing the water losses were starting to

Tablica 4. Pregled kretanja gubitaka u vodoopskrbnom sustavu riječkog područja 1990.- 2008. godine  
 Table 4 An overview of rates of losses in the water supply system of the area of Rijeka 1990-2008

Godina / year	Gubitci / losses		Godina / year	Gubitci / losses	
	tis. m <sup>3</sup> / thousands of sq m	%		tis. m <sup>3</sup> / thousands of sq m	%
1990	22030	40,8	2000	5633	19,2
1991	21480	39,8	2001	5558	18,7
1992	20180	38,3	2002	5110	18,9
1993	14460	30,9	2003	5930	19,8
1994	11630	27,5	2004	5296	19,7
1995	10880	27,0	2005	4842	19,1
1996	9441	25,4	2006	4591	18,3
1997	7756	22,8	2007	5168	19,9
1998	6054	19,6	2008	4766	18,7
1999	5613	19,3			

Izvor: Interni podaci KD Vodovod i kanalizacija d.o.o., Rijeka

Source: Internal data of the utility company *Vodovod i kanalizacija d.o.o.*, Rijeka

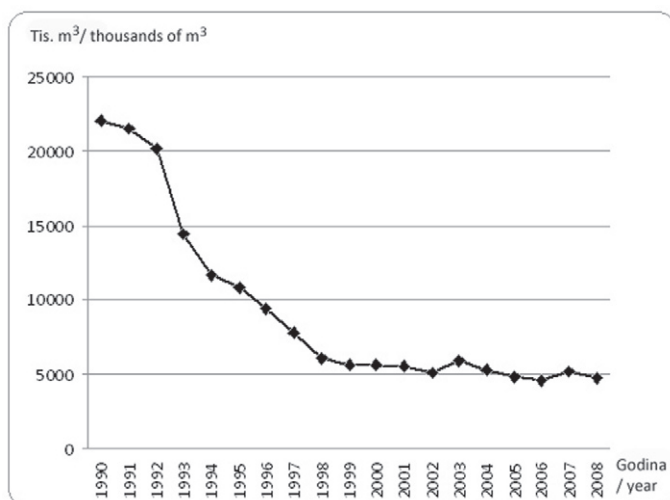
smanjenje gubitaka vode utjecalo i na smanjenu potrošnju električne energije te na razmjerno malo poskupljenje prodajne cijene vode unatoč ulaganjima (IZVOR 2). Naime, u razdoblju 2000.-2004. cijena je iznosila 5,21 kn/m<sup>3</sup> dok je nakon 2004. godine povećana na svega 5,61 kn/m<sup>3</sup>. Tek je 1. srpnja 2009. cijena znatnije porasla, na 7,51 kn/m<sup>3</sup> ili 34%.

Prema statističkim pokazateljima 2007. god. u Republici Hrvatskoj gubitci su prosječno iznosili 40%, a u Europskoj uniji 15-20% što znači da je vodoopskrbni sustav riječkog područja dosegao standarde Unije (LINIĆ, 2005.). To je postignuto dobrom organizacijom i kvalitetom rada jer je ovaj sustav vrlo specifičan zbog konfiguracije terena na kojem je sagrađen i vrlo zahtjevan za održavanje, ali i vrlo star. Sve navedeno utječe na moguće gubitke. Otežane okolnosti pri njihovu smanjivanju bile su: brza izgradnja vodovoda nakon 1970. god. koja je bila relativno loše kvalitete pa je često dolazilo do puknuća cjevovoda, krški teren koji omogućava brže spiranje pješčane podloge cjevovoda (što izaziva češće lomove i oštećenja cjevovoda te teže otkrivanje gubitaka vode zbog velike propusnosti terena), velika starost mreže u centru grada i do 110 godina, vodospreme su u pravilu postavljene na visinskoj razlici od 80 m, što uvjetuje prevelike tlakove u vodovodnoj mreži (i do 10 bara koji pri punjenju mogu izazvati hidraulične udare koji oštećuju cjevovod

show only after 1992, following the preliminary works (1988-1990) as well as the substantial investments and activities (1990-1994). It is also worth mentioning that the overall decrease in water losses has made an influence on the reduction of energy consumption and the relatively slow growth in water prices in spite of investments (SOURCE 2). Namely, in the period 2000-2004 the price was 5.21 HRK per m<sup>3</sup>. It was not until the 1<sup>st</sup> of July of 2009 that the price has grown significantly, up to 7.51 HRK per m<sup>3</sup>, or in other words, the price has increased 34 %.

According to the statistical indicators, the average losses in the Republic of Croatia were around 40%, and in the EU they varied from 15 to 20%, which means that the water supply system of the area of Rijeka has reached the European standards (LINIĆ, 2005). It was achieved by a high quality of organization and work, in spite of the fact that the system is old and constructed on the unfavorable terrain which demands a lot of careful maintenance. All of the above affects the possible losses. Somewhat difficult circumstances during the reduction of losses were: rapid and low-quality construction of water pipes after 1970, which often caused the ruptures in pipes; karst terrain which allows faster erosion of pipes' sand base (causing frequent damages and fractures in pipes, and complicating the detection of water losses due to a high permeability of terrain); old age of network in the city center (up to 110 years); the water containers were built on amplitudes of 80 meters, causing increased water pressure in the





Slika 6. Gubitci vode u vodoopskrbnom sustavu riječkog područja 1990 -2008. godine

Izvor: Interni podaci KD Vodovod i kanalizacija d.o.o., Rijeka

Figure 6 Water losses in the water supply system of the area of Rijeka 1990-2008

Source: Internal data of the utility company *Vodovod i kanalizacija d.o.o., Rijeka*

i armature te uzrokuju gubitke) i drugo. Prouzročeni gubitci smanjeni su procesima usavršavanja u nekoliko faza od početka 1980-ih godina (LINIĆ, 2005). Na temelju ugrađenih kontrolnih mjerača protoka i vodomjera (oko 250 uređaja), prišlo se izradi Programa za automatsku obradu podataka u sklopu Integralnog informacijskog sustava (VIKING). Pišu se mjesečna, kvartalna i godišnja izvješća o gubitcima vode po vodoopskrbnim područjima. Na temelju tih izvješća planiraju se i realiziraju aktivnosti pronalazačenja i otklanjanja oštećenja.

S obzirom na osjetljivost sustava vodoopskrbe od izvora do potrošača, vodi se posebna briga o zaštiti izvorišta ovoga vodoopskrbnog sustava. Krška sredina čini ga iznimno osjetljivim na onečišćenja. Za te su potrebe u Županiji određene četiri zaštitne zone na temelju prividnih brzina tečenja podzemne vode i vremena toka vode do objekta. Uz četiri osnovna stupnja zaštite predviđeni su i rezervati zaštite vode, a oni uključuju planinska područja koja predstavljaju područja napajanja i zadržavanja podzemne vode u dubokom krškom podzemlju. Mjere zaštite ulaze kako u gradsko tako i u šire prigradsko područje grada Rijeke i utječu na njegov daljnji razvoj. No, taj razvoj ne će biti moguć ako se ugrozi osnovni preduvjet egzistencije ovoga grada, ali i svakoga drugog ljudskog naselja – a to su dovoljne količine pitke vode. Rijeka je to rano shvatila,

water supply network (up to 10 bars which, during the filling of pipes, can cause hydraulic impacts causing damage to pipes and armature which leads to losses); etc. Such losses were decreased through several phases of improvement since the beginning of the 1980s (LINIĆ, 2005). Based on the in-built control flow meters and water-gauges (around 250 of them), a Program for automated data processing within the Integral information system (VIKING) was applied). Monthly, quarterly and annual reports on water losses in water supply areas are written and submitted. These reports provide a base for planning and realization of activities directed towards finding and removing damages.

Considering the sensitivity of the water supply system on its path from the source to the consumer, the protection of water supply sources is particularly cared about. The karst environment makes it especially sensitive to pollution. Thus, the County has been divided into four zones of protection based on the apparent underground flow speeds, as well as the time it takes for the water to reach the object. Besides the four basic degrees of protection, there are also water protection reservations which include the mountainous catchment and retention areas in the deep karst underground. The measurements of protection enter the urban and the suburban areas of Rijeka, thus influencing its further development. However, the development will be improbable if the main condition of this city's existence (as well as of any other town) is endangered – sufficient amounts

zato i danas raspolaže dovoljnim količinama pitke vode zavidne kakvoće.

## Zaključak

Suvremena vodoopskrba riječkog prostora zasniva se na vodoopskrbnom sustavu Komunalnog društva Vodovod i kanalizacija d.o.o. Rijeka. Vodovodna mreža rasprostranjena je na prostoru gradova Rijeke, Bakra, Kraljevice i Kastva, te općina Kostrene, Jelenja, Viškova i Čavla. U prostoru karbonatnih stijena nalaze se slijevna područja izvora koji se koriste u vodoopskrbnom sustavu, a koji obuhvaćaju obalno područje od Preluke do Bakarskog zaljeva, a u zaleđu dio planinskog područja Gorskoga kotara i Republike Slovenije. Najvažniji izvori u vodoopskrbi su izvor Rječine, izvori Zvir I i Zvir II, Martinščica te Perilo, Dobra i Dobrica u Bakarskom zaljevu. Zbrojimo li vrijednosti minimalnih izdašnosti svih izvorišta koja se koriste u vodoopskrbne svrhe, dobijemo količinu od 4250 l/s, što višestruko premašuje potrošnju i u doba gospodarskoga procvata Rijeke. Voda ovih izvorišta vrlo je visoke kvalitete.

Prvi vodoopskrbni sustav na riječkom području počeo se formirati 1885. god. za predio Sušaka, a sam grad Rijeka prvi je vodovod dobio 1894. godine. Od 1970. do 1985. god. sagrađena je većina današnjih kapaciteta (vodovodnih cijevi, vodosprema i crpni stanica). Vodospreme i crpne stanice povezane su vodovodnom mrežom dužine 783 km s potrošačima.

Na spomenutom prostoru u posljednjih je petnaestak godina došlo do smanjenja ukupnih količina prodane vode, ali i do smanjenja broja potrošača, i to kako u gospodarstvu tako i u domaćinstvima. No, pad prodane vode za gospodarstvo mnogo je značajniji. Glavni je razlog drastičnom smanjenju prodaje zatvaranje brojnih industrijskih pogona na riječkom području u razdoblju 1990.-2006. godine. Potrošnja u domaćinstvima apsolutno se smanjila, međutim, potrošnja u litrama na dan po stanovniku ostala je gotovo nepromijenjena, oko 170 do 175 l/dan/stan., što je potrošnja usporediva s onom u razvijenim europskim zemljama. Promatramo li udio prodaje vode domaćinstvima on je s 51% 1993. god. porastao na 67,3% 2008. godine.

Dostupni podatci o razvijenosti vodoopskrbnog sustava, a to su broj priključaka, duljina vodovodne mreže i gubitci u mreži, svi upućuju na

of potable water. The authorities in Rijeka realized it soon enough, which is why today the city has sufficient amount of high-quality fresh water.

## Conclusion

The contemporary water supply of the area of Rijeka is based on the water supply system of the utility company *Vodovod i kanalizacija d.o.o. Rijeka*. The water supply network stretches through the districts of Rijeka, Bakar, Kraljevica and Kastav, as well as through the municipalities of Kostrena, Jelenje, Viškovo and Čavle. The area with carbonate rocks contains drainage areas of sources used in the water supply system which include the coastal zone from Preluka to the Bakar bay, and the hinterland areas including mountainous parts of Gorski Kotar and the Republic of Slovenia. The most significant sources in the water supply are the spring of Rječina, springs Zvir I and Zvir II, Martinščica and Perilo, Dobra and Dobrica in the Bakar bay. If we sum up the values of minimal abundances of all the sources used in water supply, we get the amount of 4,250 l/s, which multiply exceeds the consumption even during the economic boom of Rijeka. The water of these sources has high quality.

The first water supply system in the area of Rijeka began to form in 1885 for the Sušak neighbourhood, while Rijeka got its first aqueduct in 1894. From 1970 to 1985 most of today's capacities (water pipes, water reservoirs and pumping stations) were built. Water reservoirs and pumping stations are linked with consumers through a 783 km long pipe system.

In the last 15 years there has been a reduction in the totals of sold water in the mentioned area, but also a decrease in number of consumers in economic and household levels. Still, the decrease in sold water is much more significant when it comes to economy. The main reason for such a drastic fall of sales is the shutdown of many industries in the area of Rijeka during the 1990-2006 period. The consumption by households definitely decreased, but the consumption measured in liters per day per resident remained almost unchanged (around 170-175 l/day/res.), which is comparable to the one in the developed European countries. If we observe the share of water sales in households it increased from 51% in 1993 to 67.3% in 2008.

The available data on development of the water supply system (number of connections, length of water network and losses within network) indicate a

dobro razvijen sustav. Iz podataka o priključcima po stanovniku razvidno je da sustav prati procese suburbanizacije. Osobito je riječki vodoopskrbni sustav napredan u pogledu gubitaka vode u mreži, koji su značajno smanjeni, sa 40,8% 1990. godine na svega 18,7% 2008. godine, što je usporedivo sa standardima Europske unije. To je postignuto dobrom organizacijom i kvalitetom rada jer je ovaj sustav vrlo specifičan zbog konfiguracije terena na kojem je sagrađen i vrlo zahtjevan za održavanje.

Uz održavanje visokih standarda u zaštiti vodnih resursa, kao i daljnjem održavanju kvalitete infrastrukture, može se zaključiti da Rijeka ima dovoljne količine vode za budući razvoj, posebno s obzirom na očekivani gospodarski rast.

well developed system. The data on connections per inhabitant show that the system follows the process of suburbanization. When it comes to water losses in the network, the water supply system of Rijeka has shown to be very efficient since the losses were reduced from 40.8% in 1990 to a merely 18.7% in 2008, which is comparable to the standards of the EU. It has been achieved by a good organization and a high quality of work, in spite of the fact that the configuration of terrain is very specific and difficult to maintain.

Considering the high standards in the protection of water resources, as well as the further maintenance of infrastructural quality, one can conclude that the amounts of water in Rijeka are sufficient to sustain any future development, especially if the expected economic development is taken into consideration.

## IZVORI / SOURCES

IZVOR 1: <http://klima.hr/> 20. svibnja 2009.

IZVOR 2: Interni podatci KD Vodovod i kanalizacija d.o.o.

IZVOR 3: [www.kd vik-rijeka.hr/](http://www.kd vik-rijeka.hr/) 20. svibnja 2009.

## LITERATURA / LITERATURE

BENAC, Č., RUBINIĆ, J., OŽANIĆ, N. (2003): *The origine and evolution of coastal and submarine springs in Bakar bay*, Acta Carsologica, 32, 157-171.

BIONDIĆ, B., BIONDIĆ, R., DUKARIĆ, F., MEAŠKI, H. (2005): *Hidrogeološka istraživanja u funkciji razvoja Vodovoda Rijeka*, u Zbornik radova stručno poslovnog skupa Prošlost, sadašnjost i budućnost vodoopskrbe i odvodnje, Linić, A. (ur.), Rijeka, 149-160.

BIONDIĆ, B., GOATTI, V., VALIĆ, Ž. (1984): *Hidrološka istraživanja u slivu izvora Rječine, Grobničkog polja, Zvira i Martinšćice*. Zbornik radova Jugoslavenskog simpozija za inženjersku geologiju i hidrologiju, knj. 1, Budva, 61-69.

BIONDIĆ, B. (2003): *Istraživanja zaštite izvorišta vodoopskrbe na području Primorsko-goranske županije*, Geotehnički fakultet u Varaždinu, interna dokumentacija.

BIONDIĆ, R. (2001): *Gospodarenje podzemnim vodama i zaštita priobalnih krških vodonosnika na primjeru sjevernog dijela Hrvatskog primorja*, magistarski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

BIONDIĆ, R. (2004): *Granični vodonosnici Hrvatske i Slovenije između Kvarnerskog i Tršćanskog zaljeva*, Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

GRBAC, R. (2007): *Geografske osnove vodoopskrbe riječkog područja*, diplomski rad, Geografski odsjek PMF, Zagreb.

HINIĆ, V., MARGETA, K. (2005): *Specifičan pristup monitoringu kakvoće vode krških izvorišta kao preduvjet za upravljanje kakvoćom vode u riječkom vodoopskrbnom sustavu*, u Zbornik radova stručno poslovnog skupa Prošlost, sadašnjost i budućnost vodoopskrbe i odvodnje, Linić, A. (ur.), Rijeka, 187-194.

KNEŽEVIĆ, R. (2001): *Osnovne značajke režima poriječja Rječine*, Acta Geographica Croatica, 34/1, 73-88.

- LINIĆ, A. (2005): *Vodoopskrba Rijeke i okolice*, u Zbornik radova stručno poslovnog skupa Prošlost, sadašnjost i budućnost vodoopskrbe i odvodnje, Linić, A. (ur.), Rijeka, 1-88.
- POKOS, N. (2001): *Međupopisna promjena broja stanovnika Hrvatske 1991-2001. po gradovima i općinama*, Hrvatski geografski glasnik, 63, 67-85.
- RIBANOVIĆ, J. (1971): *Geografske osnove vodoopskrbe gradova*, zbornik radova: Jugoslavanski simpozij o urbani geografiji, Vrišer, I. (ur.), Ljubljana, 253-264.
- RIBANOVIĆ, J. (1993): *Hidrogeografija*, Školska knjiga, Zagreb.
- RUBINIĆ, J. I SURADNICI (2004): *Istraživanja međugraničnih vodonosnika s područja Jadranskog sliva Hrvatske i Slovenije – hidrološka obrada*, Građevinski fakultet u Rijeci, interna dokumentacija.
- RUBINIĆ, J., SARIĆ, M. (2005): *Hidrologija vodnih resursa u slivu Rječine*, Zbornik radova stručno poslovnoga skupa Prošlost, sadašnjost i budućnost vodoopskrbe i odvodnje, Linić, A. (ur.), Rijeka, 199-208.
- SLAVUJ, L. (2007): *Valorizacija i revitalizacija riječke industrijske baštine*, Diplomski rad, Geografski odsjek PMF-a, Zagreb.
- STRAŽIČIĆ, N. (1999): *Riječki izvori i vodotoci*, Izdavački centar Rijeka, Rijeka.