

Hydrographic Atlas of the Drava River

1 Introduction

The *Hydrographic Atlas of the Drava River* was presented in Osijek on March 21, 2005, on the occasion of the International Water Day. The atlas is a product of long-time cooperation and effort of Croatian and Hungarian professionals. It is a thematic extension of the previously produced Hydrographic Atlas from 1972, but is in digital form, which does not exclude the possibility of producing analogous copies.

survey of the Drava River has been executed from 1842 to 1846, and the second one from 1886 to 1887. Hydrographic surveys of the Drava River were executed before, but only certain sections, so for example, there are hydrographic maps from 1780 and 1784. During the first half of the 20th century, due to two world wars in Europe, there were no regulation works on the Drava River, and there were therefore no hydrographic surveys as well. During the 50's of the 20th century, regulation works were started again and the need for hydrographic surveys of the Drava River also rose.

2 History

Throughout the history, the work on regulations has always been followed by hydrographic survey. Therefore, within the scope of regulation work, the first hydrographic

During the period between 1966 and 1970, on the basis of the conclusion from the 12th session of Yugoslav-Hungarian Committee for Water Resources Management, a joint hydrographic survey of the Drava river bed was carried out, from rkm 0+0 to rkm 237+0, that is

from the mouth of Drava into Danube to the mouth of Mura into Drava. Yugoslav institutions that participated were: the Republic Hydrometeorology Institute from Zagreb, Company for Photogrammetry from Zagreb and the Basic Water Resources Management Company, and the Hungarian institution that carried out the survey was the Water Resources Management Scientific Research Institute from Budapest – Vituki. The recorded data were gathered and published as *Hydrographic Atlas of the Drava River* in 1972.

Work on the new hydrographic atlas of the Drava River started in 1998 by surveying the bed, the aerophotogrammetric survey of the terrain was carried out in 2000, and the new *Hydrographic Atlas of the Drava River* was finished in 2005.



Fig. 1 The 1972 situation from the *Hydrographic Atlas of the Drava River*
Sl. 1. Situacija iz Hidrografskog atlasa rijeke Drave iz 1972. godine

Hidrografski atlas rijeke Drave

1. Uvod

Prigodom svjetskog dana voda, 21. ožujka 2005. u Osijeku je prezentiran *Hidrografski atlas rijeke Drave*. Taj atlas plod je dugogodišnje suradnje i napora hrvatskih i mađarskih stručnjaka. Tematski se nastavlja na prethodno izrađen *Hidrografski atlas* iz 1972. godine, ali je izrađen u digitalnoj formi, što ne isključuje mogućnost izrade i analognih primjeraka.

2. Povijest

Tijekom povijesti uvijek su hidrografska snimanja pratila izvođenje regulacijskih radova. Tako je i u sklopu regulacijskih radova prva hidrografska izmjera rijeke Drave obavljena u razdoblju od 1842. do 1846. godine, a druga od 1886. do 1887. Hidrografske izmjere rijeke Drave obavljane su i prije, ali samo po pojedinim dionicama, pa primjerice postoje hidrografske karte iz 1780. i 1784. godine. U prvoj polovici XX. stoljeća, zbog dva svjetska rata u Europi, dolazi do zatišja regulacijskih radova na rijeci Dravi, pa zbog toga nije bilo ni hidrografskih izmjera. Radovi se značajnije pokreću 50-tih godina XX. stoljeća i tada se javlja i potreba za hidrografskim izmjerama rijeke Drave.

U razdoblju od 1966. do 1970., na temelju Zaključka sa XII. zasjedanja jugoslavensko-mađarske Komisije za vodoprivredu, obavljeno je zajedničko hidrografsko snimanje korita rijeke Drave od rkm 0+0 pa do rkm 237+0, tj. od ušća Drave u Dunav pa do ušća rijeke Mure u Dravu. S jugoslavenske strane u radovima su sudjelovali: Republički hidrometeorološki zavod iz Zagreba, Zavod za fotogrametriju iz Zagreba i Opće vodoprivredno poduzeće za slivno područje Drave i Dunava iz Osijeka, a s mađarske

strane snimanje je obavio Vodoprivredno znanstveno istraživački institut iz Budimpešte – Vituki. Snimljeni podaci su skupljeni i izdani 1972. godine kao *Hidrografski atlas rijeke Drave*.

Radovi na novom hidrografskom atlasu rijeke Drave počinju 1998. snimanjem korita, 2000. godine obavljeno je aerofotogrametrijsko snimanje terena, a 2005. godine novi *Hidrografski atlas rijeke Drave* je i završen.

3. Hidrografski atlas rijeke Drave iz 1972.

Hidrografski atlas rijeke Drave iz 1972. godine izrađen je u analognom obliku i u Gauss-Krügerovom projekcijskom sustavu, a sastoji se od tri cjeline, odnosno dijela:

- situacije terena u mjerilu 1:10 000
- crtanih glavnih evidencijskih profila i međuprofila
- uzdužnog profila.

Na situacijama iz starog atlasa (slika 1) prikazana su: mjesta i oznake glavnih evidencijskih profila kao i međuprofila, obale i stacionaža korita, rubovi korita kartirani iz podataka snimljenih 1886. godine, mostovi, regulacioni objekti, linije obrambenih nasipa te nazivi mjesta ovisno o teritoriju na hrvatskom ili mađarskom jeziku. Pri izradi tog atlasa nisu rađene nove topografske karte područja uz Dravu nego su kao podloga upotrijebljene

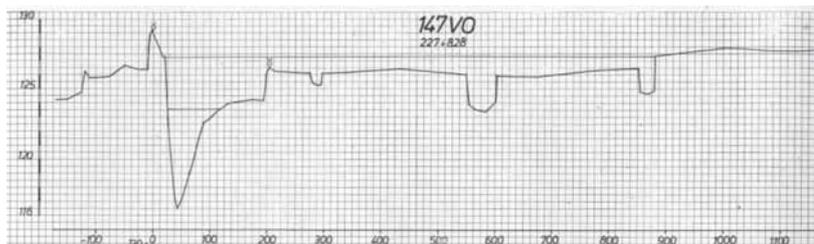


Fig. 2 EP/VO 147 valley profile

Sl. 2. Dolinski profil EP/VO 147

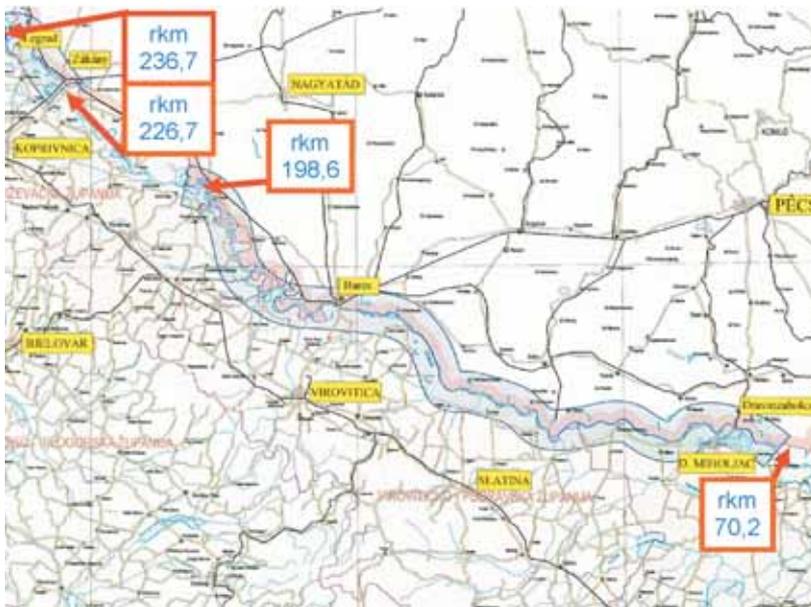


Fig. 3 The Hydrographic Atlas of the Drava River production area,
M 1:300 000

Sl. 3. Područje izrade Hidrografskog atlasa rijeke Drave,
M 1:300 000

100

3 Hydrographic Atlas of the Drava River from 1972

The *Hydrographic Atlas of the Drava River* from 1972 was produced in analogous form and using the Gauss-Krüger projection system, and consists of three sections:

- Terrain situation at 1:10 000
- Drawn main registry profiles and other profiles
- Longitudinal profile.

The situations from the old atlas (Fig. 1) show: locations and markings of main registry profiles, as well as other profiles, coasts and bed chainages, edges of the bed mapped in 1886, bridges, regulation objects, defence dike lines and names of places in Croatian or Hungarian, depending on territory. During the production of the atlas, new topographic maps of the area near Drava were not produced; existing maps were used as a basis, and on them the data on bed, dikes, river mouths etc. were mapped.

The main registry profile and valley profiles were mapped at intervals of about 1,5 rkm. 3-5 river profiles were surveyed between them. Fig. 2 shows the EP/VO 147 valley profile, which consists of bed profile and inundation profile on the left and right coast, while the river profile only contains the bed profile. The drawing shows the designed flood wave and the basic water level. The designed flood wave was accepted by Croatian and Hungarian experts and was taken from the Vituki report "Determination of Water Levels and Flow of Drava and Mura with various probabilities" from 1968. The basic water level is the water surface slope curve surveyed on November 11, 1968, reduced to the absolute zero "0" of water-gauge at Donji Miholjac.

Longitudinal profile of the Drava River contains altitude data on deepest points of the bed, that is thalweg, bed coasts, defence dikes, water-gauges, dams and confluences and the basic "0" and the flood level of water.

4 New Hydrographic Atlas of the Drava River

There were significant changes in the flow of the Drava River in the last 30 years. Due to absence of current data on the terrain state (existing topographic maps of the area by the Drava River were from the end of the 70's and the beginning of 80's of the previous century), there was a need to repeat the survey of the bank and the area by the bank of Drava for required work in water economy, and also for the needs of other activities: forestry,

agriculture, environment protection, energetic... Therefore, the Permanent Croatian-Hungarian Committee for Water Economy decided on a joint production of the *Hydrographic Atlas of the Drava River* at its third meeting in 1997.

The Hydrographic Atlas was produced for the area from Donji Miholjac (rkm 70.2) to the mouth of the stream Dombó into Drava River (rkm 198.6), and from the bridge in Botovo (rkm 226.7) to the mouth of the river Mura into Drava (rkm 236.7), that is for the flow length of 138.4 km (Fig. 3). Those two sections encompass areas where the Drava River flows along the state border between the Republic of Croatia and the Republic of Hungary.

The width of the mapped area is 50 to 100 m from the dike base to the flood protected area in sections where there are dams, and in sections where there are no dams, the area was determined by the Republic of Croatia and the Republic of Hungary, each in its territory. The area encompassed by the *Hydrographic Atlas of the Drava River* is 23 000 ha.

Since the *Hydrographic Atlas of the Drava River* was mutually produced by the Republic of Croatia and the Republic of Hungary, distribution of work was executed according to technological units of atlas production and under condition that expenses of both countries are about equal. The difference in expenses could only be equalized in work, and not in money.

According to the adopted Detailed Program, the work was distributed between the Republic of Croatian and the Republic of Hungary as follows:

- The work started with preparatory work for measuring deposits, published by the Republic of Hungary

postojeće karte i na njih su kartirani snimljeni podaci o koritu, nasipima, ušćima sporednih vodotoka itd.

Glavni evidencijski profili su i dolinski profili i snimani su na razmacima oko 1,5 rkm. Između njih snimljeno je 3-5 riječnih profila. Na slici 2 je prikaz dolinskog profila EP/VO 147 koji se sastoji od profila korita i profila inundacije na lijevoj i desnoj obali, dok se riječni profil sastoji samo od profila korita. Na crtežu su prikazani mjerodavni poplavni nivo i osnovni nivo vode. Mjerodavni poplavni nivo je prihvaćen nivo od hrvatskih i mađarskih stručnjaka, a uzet je iz izvještaja Vitukija "Određivanje vodostaja i protoka Drave i Mure različitih vjerojatnosti" iz 1968. godine. Osnovni nivo vode je krivulja pada vodnog lica snimljenog 11. studenoga 1968., reducirana na apsolutnu kotu "0" vodomjera kod Donjeg Miholjca.

Uzdužni profil rijeke Drave sadrži visinske podatke o najdubljim točkama korita odnosno talvegu, obalama korita, obrambenim nasipima, vodokazima, ustavama i utocima te o osnovnoj "0" i poplavnoj razini vode.

4. Novi hidrografski atlas rijeke Drave

U posljednjih 30 godina dogodile su se značajne promjene u toku rijeke Drave. Za potrebne radove u vodnom gospodarstvu, ali također i za potrebe drugih djelatnosti: šumarstvo, poljoprivreda, zaštita okoliša, energetika ..., a zbog nepostojanja aktualnih podataka o stanju na terenu (postojeće topografske karte područja uz rijeku Dravu datiraju iz kraja sedamdesetih i početka osamdesetih godina prošlog stoljeća), ukazala se potreba za ponovnim snimanjem korita i područja uz korito rijeke Drave. Zato je Stalna hrvatsko-mađarska komisija za vodno gospodarstvo na svom III. zasjedanju 1997. godine donijela odluku o zajedničkoj izradi *Hidrografskog atlasa rijeke Drave*.

Hidrografski atlas izrađen je za područje od Donjeg Miholjca (rkm 70,2) pa do ušća potoka Dombo u rijeku Dravu (rkm 198,6) te od mosta u Botovu (rkm 226,7) pa do ušća rijeke Mure u Dravu (rkm 236,7), odnosno za duljinu toka od 138,4 km (slika 3). Te dvije dionice obuhvaćaju ona područja gdje rijeka Drava teče uz državnu granicu između Republike Hrvatske i Republike Mađarske.

Širina područja koje je kartirano je na dionicama gdje postoje nasipi od 50 do 100 m od nožice nasipa prema branjenoj strani, a na dionicama gdje nema nasipa, područje su odredile Republika Hrvatska i Republika Mađarska, svaka na svojem teritoriju. Površina područja koja je obuhvaćena *Hidrografskim atlasom rijeke Drave* je 23 000 ha.



Fig. 4 Analogous topographic representation M 1:10 000

Sl. 4. Analogni topografski prikaz M 1:10 000

Budući da su *Hidrografski atlas rijeke Drave* izradile zajedno Republika Hrvatska i Republika Mađarska, podjela radova učinjena je prema tehnološkim cjelinama izrade atlasa i uz uvjet da troškovi jedne i druge države budu podjednaki. Razlika u troškovima mogla se izjednačiti samo u radovima, a ne i u novcu.

Prema usvojenom Detaljnom programu radovi između Republike Hrvatske i Republike Mađarske podijeljeni su na sljedeći način:

- ❑ Radovi su počeli pripremnim radovima za mjerenje nanosa koje je obavila Republika Mađarska
- ❑ Terenske radove za fotogrametrijsko snimanje obavile su svaka država na svom teritoriju
- ❑ Aerofotogrametrijsko snimanje obavila je Republika Hrvatska, kao i aerotriangulaciju, stereofotogrametrijsku izmjeru i kartografsku obradu
- ❑ Snimanje korita obavila je Republika Mađarska kao i mjerenje nanosa i analizu rezultata mjerenja nanosa
- ❑ Usklađivanje i kompletiranje atlasa obavile su zajednički Republika Hrvatska i Republika Mađarska.

Prema obavljenim radovima u grubo se može reći da je Republika Mađarska obavila hidrografske radove, tj. snimanje poprečnih profila korita i obradu nanosa, dok je Republika Hrvatska obavila fotogrametrijske radove i kartografsku obradu.

U radovima Republike Mađarske sudjelovali su:

- ❑ Direkcija za zaštitu okoliša i vode Južnog Prekodunavlja (Dél-dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság, a od početka izrade do 31. prosinca 2003. godine Direkcija za vode Južnog Prekodunavlja, tj. Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság) u Pečuhu
- ❑ Srednja škola Dolina Drave u Barču (Dráva-völgye középiskola, Barcs)

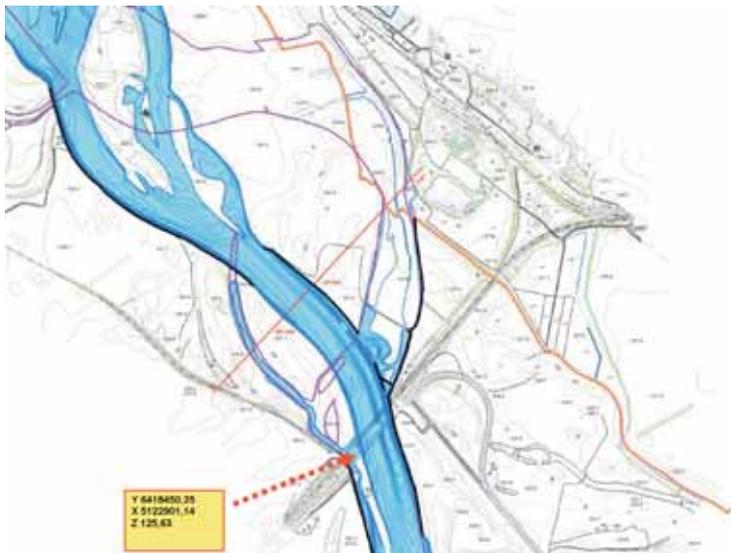


Fig. 5 Digital topographic representation
Sl. 5. Digitalni topografski prikaz

102

- Field work for photogrammetric survey was carried out by each country in its territory
- Aerophotogrammetric survey was executed by the Republic of Croatia, as well as aerotriangulation, stereophotogrammetric survey and cartographic editing
- Survey of the river bed was done by the Republic of Hungary, as well as deposit survey and deposit survey results analysis
- Harmonization and completion of the atlas was done by both countries.

According to the published work, one can roughly state that the Republic of Hungary executed hydrographic work, i.e. survey of transversal bank profiles and deposit editing, while the Republic of Croatia carried out photogrammetric work and cartographic editing.

The Hungarian side of work included:

- Dél-dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság (Board for Environment Protection and Waters of Southern Transdanube, and from start of production to December 31, 2003, Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, i.e. Board for Waters of Southern Transdanube) in Pécs
- Dráva-völgye középiskola, Barcs (High School Drava Valley in Barcs)
- Vízügyi Tudományos Kutató Rt. Hidrológiai Intézet, Budapest (Hydrological Institute of the Scientific-Research Institute for Waters Ltd. in Budapest)
- Geodetic Company Ltd. in Osijek.

The Croatian side of work included:

- Croatian Waters VGO Osijek and VG Depratment Varaždin
- Company for Photogrammetry Ltd. in Zagreb
- Geodetic Company Ltd. in Osijek.

The Republic of Croatia and the Republic of Hungary employ different projection and height systems. The Republic of Croatia uses the Gauss-Krüger coordinate system with heights above the Adriatic Sea, while the Republic of Hungary uses the EOV coordinate system with heights above the Baltic Sea. These systems cannot be linked directly. The transformation between them can only be realized experimentally, on the basis of surveying same points in both systems. Considering that each country conducted field surveys only in its territory, the solution was found in the UTM coordinate system from which data transformation to both the Gauss-Krüger coordinate system and the EOV coordinate system can be done. Therefore, the *Hydrographic Atlas of the Drava River* was produced in the UTM coordinate system with the Baltic height system, and that is the basic variant containing all original data. Each

country possesses the basic variant in its projection and height system, i.e. the Republic of Hungary in EOV coordinate system with heights above the Baltic Sea, and the Republic of Croatia in Gauss-Krüger coordinate system with heights above the Adriatic Sea.

The content of the new Hydrographic Atlas can be divided into four parts:

- Topographic Representation
- Transversal Profiles
- Longitudinal Profiles
- Deposit regime.

The atlas was conceived as a sequel to the Hydrographic Atlas of the Drava River from 1972 and is almost identical to it, except for an added chapter on deposit regime. The main difference is the way of production. The 1972 atlas is in analogous form, and the new one in digital. The basic difference between analogous and digital editing is that all content are in one representation - image in analogous processing, while in digital processing, various content is in different independent layers which are easily put one over another, forming reference images resulting in wanted representation. Each of those images, it means layers, has a database.

4.1 Topographic Representation

Data for the production of the topographic representation were acquired using contemporary GPS-devices, automatized surveying of bed depths and photogrammetric field survey. The topographic representation was made in a digital form by stereophotogrammetric survey. However, several copies in digital form were also produced.

Stereophotogrammetric horizontal and height field and detail survey from aeroimages are produced using

- Hidrološki zavod Znanstveno-istraživačkog instituta za vode d.d. u Budimpešti (Vízügyi Tudományos Kutató Rt. Hidrológiai Intézet, Budapest)
- Geodetski zavod d.d. u Osijeku.

U radovima Republike Hrvatske sudjelovali su:

- Hrvatske vode VGO Osijek i VG odsjek Varaždin
- Zavod za fotogrametriju d.d. u Zagrebu
- Geodetski zavod d.d. u Osijeku.

Republika Hrvatska i Republika Mađarska koriste različite projekcijske i visinske sustave. Republika Hrvatska Gauss-Krügerov koordinatni sustav s visinama nad Jadranskim morem, a Republika Mađarska koordinatni sustav EOVS s visinama nad Baltičkim morem. Ti sustavi ne mogu se direktno povezati nego se transformacija između tih sustava može realizirati samo eksperimentalno, na temelju mjerenja istih točaka u oba sustava. Budući da je svaka država obavljala terenska mjerenja samo na svojem teritoriju, rješenje je pronađeno u koordinatnom sustavu UTM-a iz kojeg se može obaviti transformacija podataka i u Gauss-Krügerov koordinatni sustav i u koordinatni sustav EOVS. Zato je *Hidrografski atlas rijeke Drave* izrađen u koordinatnom sustavu UTM-a s Baltičkim visinskim sustavom, te je to osnovna varijanta koja sadržava sve izvorne podatke. Svaka država posjeduje osnovnu varijantu i u svom projekcijskom i visinskom sustavu, tj. Republika Mađarska u koordinatnom sustavu EOVS s visinama nad Baltičkim morem, a Republika Hrvatska u Gauss-Krügerovom koordinatnom sustavu s visinama nad Jadranskim morem.

Sadržaj novog Hidrografskog atlasa može se podijeliti na 4 dijela, odnosno cjeline:

- Topografski prikaz
- Poprečni profili
- Uzdužni profil
- Režim nanosa.

Taj je atlas izrađen kao nastavak Hidrografskog atlasa rijeke Drave iz 1972. te mu je po sadržaju gotovo identičan, osim što je dodano poglavlje o režimu nanosa. Ali glavna razlika je u načinu izrade. Atlas iz 1972. godine je u analognom obliku, a ovaj novi u digitalnom. Osnovna razlika između analogne i digitalne obrade je u tome, da su kod analogne obrade svi sadržaji u jednom prikazu-slici, dok su kod digitalne obrade, različiti sadržaji u različitim samostalnim slojevima koji se lako slažu jedni preko drugih kao referentne slike dajući željeni prikaz. Svaka ta slika, odnosno sloj ima formiranu bazu podataka.

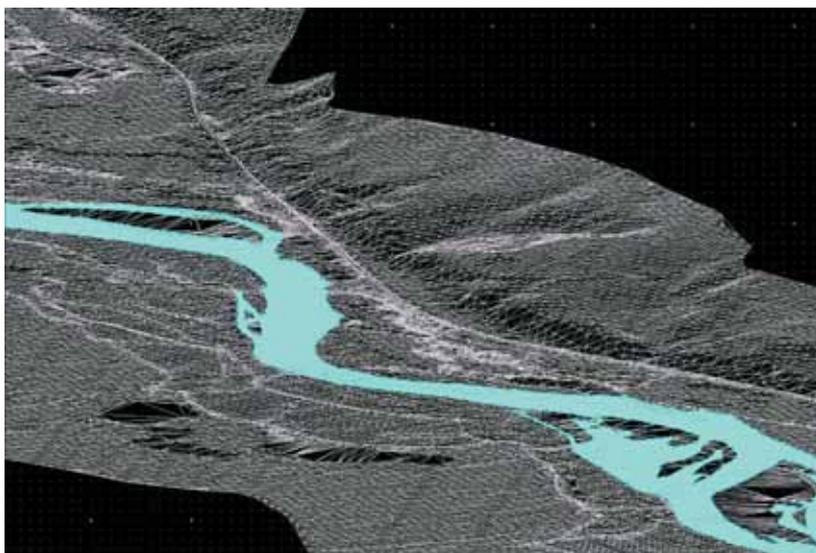


Fig. 6 Digital terrain model and digital bed model in perspective, represented by a triangle scheme (TIN – triangular irregular network)

Sl. 6. Digitalni model terena i digitalni model korita prikazani u perspektivi, shemom trokuta

4.1. Topografski prikaz

Podaci za izradu topografskog prikaza dobiveni su upotrebom suvremenih GPS-uređaja, automatiziranim mjerenjem dubina korita i fotogrametrijskom izmjerom terena. Topografski prikaz izrađen je u digitalnom obliku stereofotogrametrijskom izmjerom. Međutim, načinjeno je i par primjeraka u analognom obliku.

Stereofotogrametrijska horizontalna i visinska izmjera terena i detalja iz aerosnimaka izvršena je na stereo-instrumentima. Točnost stereofotogrametrijske izmjere terena koja je bila zahtjevana za atlas, u visinskom smislu je ± 20 cm, a u horizontalnom ± 10 cm.

Analogni prikazi dobiveni su kartografskom obradom crteža, programom MicroStation. Kartografska obrada je izvršena u skladu s općenitim Kartografskim ključem koji je dopunjen znakovima za označavanje u hidrografiji.

Analogni topografski prikaz izrađen je u mjerilu 1:10 000 (slika 4). Svi sadržaji koji su na njemu prikazani kao što su: korito, slojnice, vodograđevine, položaj poprečnih profila, državna granica itd. su u jednom prikazu (slici) i on je nepromjenljiv.

Kod digitalne obrade podaci su tematski grupirani u slojeve, a svakom sloju se pridružuje baza podataka koja se može proširivati i dopunjavati različitim informacijama. Oformljen je veći broj samostalnih slojeva koji su raspoređeni u 12 datoteka:

- drava situacija
- profili situacija
- toponimi-situacija
- državna-granica
- šrafura-vode
- geodetske točke

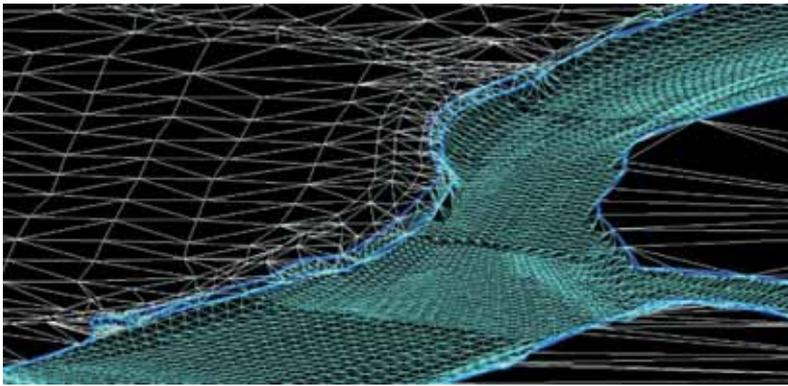


Fig. 7 Digital bed model in perspective, represented by a triangle scheme (TIN – triangular irregular network)

Sl. 7. Digitalni model korita prikazan u perspektivi, shemom trokuta

stereoinstruments. The accuracy of stereophotogrammetric survey that was required for the atlas is ± 20 cm in the height direction, and ± 10 cm in horizontal sense.

Analogous representations were done using cartographic image editing, with the Microstation program. The cartographic editing was carried out according to the general Cartographic key, which was supplemented by symbols for marking in hydrography.

The analogous topographic representation was produced at the scale of 1:10 000 (Fig. 4). All content represented on it, such as: bed, contour lines, water structures, position of transversal profiles, state border, etc. are in one representation (image), which is invariable.

In digital editing, data are thematically grouped into layers, with each layer getting a database that can be extended and supplemented by various information. A number of independent layers were established, grouped into 12 files:

- drava situacija
- profili situacija
- toponimi-situacija
- državna-granica
- šrafura-vode
- geodetske točke
- staro-korito
- legenda
- dmr-kopno
- dmr-korito
- profili-nacr
- drava izohipse.

Such a way of saving data allows a combination of representation of various data layers, which enables the production of various spatial analyses, that is the interaction of heterogeneous data. Every detail is in 3D-format, which means that every line and point in the image has its coordinates X, Y and Z (Fig. 5).

Heights data can be represented by contour lines and by a scheme of triangles in perspective representation. Data for the digital

terrain model were acquired by stereophotogrammetric survey using a regular network of height points at every 25 m. The digital terrain model can be linked with a digital bed model (Fig. 6).

4.2 Transversal profiles

The bed of the Drava River was surveyed using the profile system (every 50 m) and in places of main registry profiles according to data from the previous atlas. Surveying the bottom of the bed was conducted using hydrographic acoustic echo-sounder mounted to a surveying boat, with the density of surveyed points of 2-5 m.

Orientation of the ship was done using GPS-devices, and measured data were edited by the Marimatech Masterchart software. A total of 2850 profiles were surveyed. A digital bed model was produced from data acquired in such a way. It is presented in perspective by a scheme of triangles (Fig. 7).

River sections of registry profiles were drawn from the digital bed model. These registry profiles are at positions identical to those in the old *Hydrographic Atlas of the Drava River*, although the existence of a digital model enables the production of a profile at an arbitrary location.

River sections of registry (EP/VO) profiles (Fig. 8) were drawn at the scale of 1:2000 for distances and 1:200 for heights, and the image also contains:

- Mark and position of the profile
- Bed in profile
- Standard flood water level and
- "0" water level from 1968.

PROFIL 147 rkm 227+828



Fig. 8 River part of the registry (EP/VO) 147 profile at the scale of 1:2000 for lengths and 1:200 for heights

Sl. 8. Riječni dio evidencijskog (EP/VO) 147 profila izrađen u mjerilu 1:2000 za duljine i 1:200 za visine

- staro-korito
- legenda
- dmr-kopno
- dmr-korito
- profili-nacrt
- drava izohipse.

Takav način spremanja podataka dozvoljava kombiniranje prikaza raznih slojeva podataka, što omogućava izradu različitih prostornih analiza, odnosno interakciju raznorodnih podataka. Svaki detalj je u 3D-formatu, što znači da svaka linija i točka na slici ima izvorne koordinate X, Y i Z (slika 5).

Visinski podatci o terenu mogu se prikazati osim izolinijama i u perspektivnom prikazu shemom trokuta. Podaci za digitalni model terena prikupljeni su stereofotogrametrijskom izmjerom terena, pravilnom mrežom visinskih točaka svakih 25 m. Digitalnom modelu terena možemo pridružiti digitalni model korita (slika 6).

4.2. Poprečni profili

Korito rijeke Drave snimano je sistemom profila svakih 50 m i na mjestima glavnih evidencijskih profila prema podacima iz prijašnjeg atlasa. Snimanje dna korita obavljeno je s pomoću hidrografskog akustičkog dubinomjera montiranog na brod za mjerenje, s gustoćom mjerenih točaka 2-5 m.

Orijentacija broda obavljena je GPS-uređajima, a izmjereni podatci obrađeni su softverom Marimatech Masterchart. Snimljeno je ukupno 2850 profila. Iz tako dobivenih podataka izrađen je digitalni model korita, prikazan u perspektivi shemom trokuta (slika 7).

Iz digitalnog modela korita nacrtani su riječni dijelovi evidencijskih profila. Ti evidencijski profili nalaze se na identičnim mjestima kao i u starom *Hidrografskom atlasu rijeke Drave* iako postojanje digitalnog modela omogućava da se izradi presjek (profil) na proizvoljnoj lokaciji.

Riječni dijelovi evidencijskih (EP/VO) profila (slika 8) nacrtani su u mjerilu 1:2000 za dužine i 1:200 za visine, a crtež još sadržava:

- Oznaku i stacionažu profila
- Korito u profilu
- Razinu mjerodavne poplavne vode i
- "0" razinu vode iz 1968. godine.

Riječnim dijelovima evidencijskih profila dodane su točke evidencijskih profila na kopnu, izravno fotogrametrijski očitane u modelu, na približnom razmacima od 10 m, i protežu se od ruba snimljenog područja na lijevoj obali do ruba snimljenog područja na desnoj obali. Također su prikazane "0" razina vode i razina mjerodavne poplavne vode (slika 8).

Upravo zbog točaka evidencijskih profila koje su se očitavale izravno u modelu zahtjevana je spomenuta točnost izrade atlasa. Aerofotogrametrijsko snimanje za tu točnost omogućuje izradu topografskog prikaza u

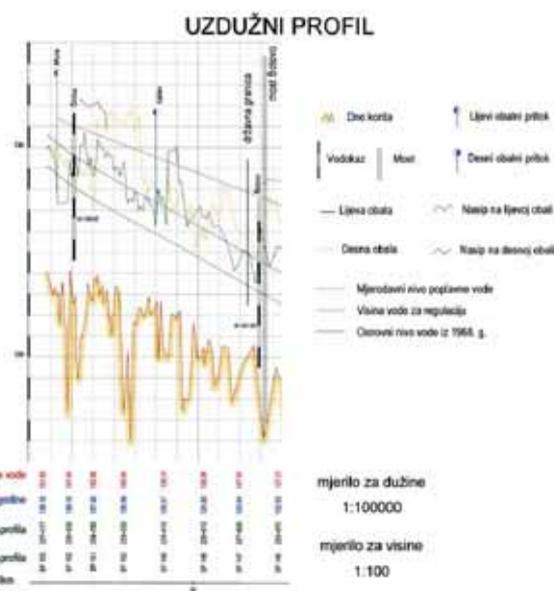


Fig. 9 Longitudinal profile of the Drava River at the scale of 1:100 000 for lengths and 1:100 for heights

Sl. 9. Uzdužni profil rijeke Drave izrađen u mjerilu 1:100 000 za dužine i 1:100 za visine

mjerilu 1:2500, ali bi to znatno poskupjelo izradu atlasa, pa se od toga odustalo.

4.3. Uzdužni profil

Uzdužni profil izrađen je iz digitalnog modela korita. Kao osnova poslužio je uzdužni profil iz starog Hidrografskog atlasa i iz kojega je preuzeta stacionaža. Budući da je uzdužni profil iz ovoga novog atlasa, dužinski vezan na stacionažu iz starog atlasa, a sadašnje korito ne odgovara toj stacionaži, kod obrade uzdužnog profila morale su se napraviti linearne korekcije svih duljina. To vrijedi i za uzdužni profil dna korita koji spaja najdublje točke korita (talveg) kao i za uzdužne profile obala i nasipa.

Uzdužni profil rijeke Drave izrađen u mjerilu 1:100 000 za duljine i 1:100 za visine (slika 9).

Na uzdužnom profilu prikazani su:

- stacionaža
- mjesta evidencijskih profila
- lijeva i desna obala
- dno korita u matici rijeke (talveg)
- pritoci na lijevoj i desnoj obali
- nasipi za obranu od poplave na lijevoj i desnoj obali
- mostovi i vodomjeri
- osnovna razina vode iz 1968. godine
- razina vode za regulaciju koja je za 1,5 m viša od osnovne i
- mjerodavna poplavna razina vode.

4.4. Režim nanosa

Pronošenje nanosa jedna je od osnovnih svojstava prirodnih vodotoka. Kod aluvijalnih vodotoka kao što je rijeka Drava, pronos nanosa je u izravnoj vezi s morfološkim procesom formiranja korita. Izučavanje

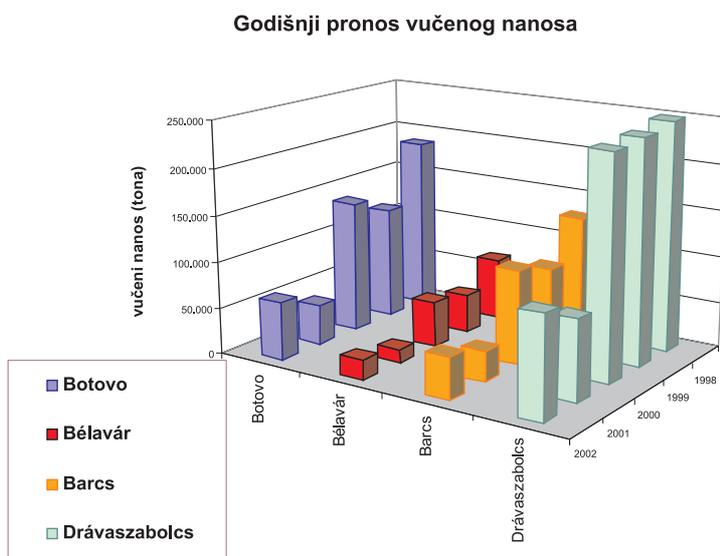


Fig. 10 Graphic representation of annual bed load transport
Sl. 10. Grafički prikaz pronosa godišnje mase vučenog nanosa

4.3 Longitudinal profile

The longitudinal profile was made from the digital bed model. The longitudinal profile from the old Hydrographic Atlas was used as a basis, and the chainages were also taken from it. Considering the facts that the longitudinal profile from this new atlas is linked to the chainages of the old atlas, and that the current bed does not correspond to those chainages, linear corrections of all distances had to be made during the editing of the longitudinal profile. This is also true for the longitudinal profile of the bed bottom that connects the deepest points of the bed (thalweg), and for longitudinal profiles of coasts and the dam.

The longitudinal profile of the Drava River produced at the scale of 1:100 000 for distances and 1:100 for heights (Fig. 9).

The longitudinal profile represents:

- chainages
- positions of registry profiles
- left and right coast
- bed bottom in the main flow (thalweg)
- affluents on the left and right coast
- flood defence dams on left and right coast
- bridges and water-gauges
- basic water level from 1968
- water level for regulation, which is 1,5 m higher than the basic water level and
- standard flood water level.

4.4 Deposit regime

Deposit spreading is one of the basic characteristics of natural waterflows. Alluvial waterflows such as the Drava River, deposit spreading is directly related to the morphological process of bed forming. Researching the deposit regime is mostly based on surveying of suspended load and bed load transport.

For the analysis of suspended load and bed load deposit, alongside two survey profiles established earlier, Drava-Barcs, i.e. Terezino Polje rkm 152,7 and Drava-Drávaszabolcs, i.e. Donji Miholjac rkm 77,7, two more were established: Drava-Botovo rkm 227,2 and Drava-Bélavár, i.e. Novo Virje rkm 198,7; therefore, surveys were done using four listed profiles, precisely:

- In 1998, 3 survey series
- In 1999, 1 survey series
- In 2000, 3 survey series and
- In 2003, 3 survey series.

106

Points of registry profiles on land were added to river sections of registry profiles, read off directly photogrammetrically in the model, at intervals of approximately 10 m, and they extend from the edge of surveyed area on the left coast to the edge of the surveyed area on the right coast. Also represented are the "0" water level and the standard flood water level (Fig. 8).

Due to profile registry points, which were read off directly in the model, the mentioned accuracy of atlas production was required. Aerophotogrammetric survey for that accuracy enables the production of a topographic representation at the scale of 1:2500, but that would make the atlas production significantly more expensive, so it was decided against.



Fig. 11 Topographic representation on the basis of digital orthophoto

Sl. 11. Topografski prikaz na podlozi digitalnog ortofota

režima nanosa temelji se uglavnom na mjerenjima pronosa lebdećeg i vučenog nanosa.

Za analizu vučenog i lebdećeg nanosa uz dva ranije uspostavljena mjerna profila Drava-Barcs, tj. Terezimo Polje rkm 152,7 i Drava-Drávaszabolcs, tj. Donji Miholjac rkm 77,7, uspostavljena su još dva: Drava-Botovo rkm 227,2 i Drava-Bélavár, tj. Novo Virje rkm 198,7, tako da su mjerenja rađena u četiri navedena profila i to:

- 1998. godine 3 serije mjerenja
- 1999. godine 1 serija mjerenja
- 2000. godine 3 serije mjerenja i
- 2003. godine 3 serije mjerenja.

Za svaki mjerni profil grafički je prikazana ovisnost lebdećeg i vučenog nanosa o protoci uzetvi u obzir i hrvatska i mađarska mjerenja od 1991. do 2003. godine.

Godišnja masa nanosa kako lebdećeg tako i vučenog dobije se na temelju količine nanosa utvrđene serijom mjerenja tokom godine i veličine godišnje protoke (slika 10).

Pri snimanju poprečnih profila cijele dionice rijeke Drave koja je obuhvaćena Hidrografskim atlasom u profilima sa stacionažom cijelog riječnog kilometra, uziman je uzorak materijala korita na pet mjesta pomoću zvona za vađenje. Na temelju obrade uzoraka izrađen je dijagram prosječnih promjera zrnaca uzduž rijeke Drave.

5. Mogućnosti upotrebe digitalnih podataka Hidrografskog atlasa rijeke Drave

Budući da je novi *Hidrografski atlas rijeke Drave* u digitalnom obliku, uvijek će se moći mijenjati i nadopunjavati, te na različite načine prikazivati i upotrebljavati. Obrada i mogućnosti upotrebe njegovih digitalnih podataka zapravo su neslućene i ovise o vrstama programskih paketa kojima trenutačno raspolažemo, a danas ne možemo ni slutiti kakve će biti mogućnosti za par godina.

Republika Hrvatska samostalno je izradila dio Hidrografskog atlasa za dionicu rijeke Drave koja nije bila obuhvaćena zajedničkim radovima i uklopila ga u zajednički atlas. To je dionica koja obuhvaća područje na kojem rijeka Drava teče samo kroz teritorij Republike Hrvatske, tako da atlas sada pokriva cijeli tok rijeke Drave od Donjeg Miholjca do ušća rijeke Mure

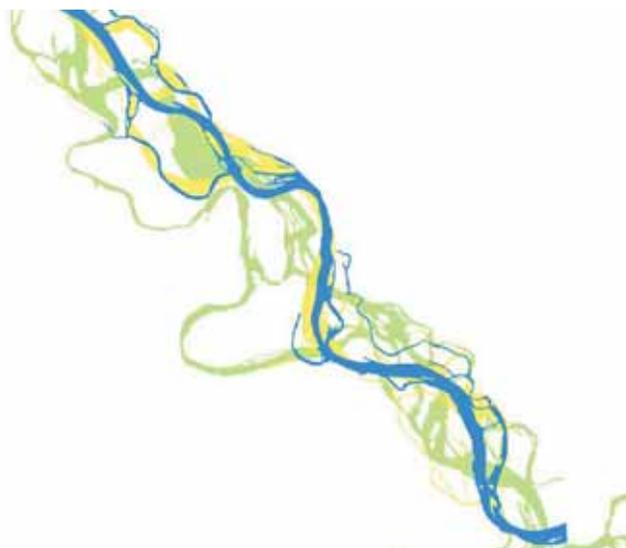


Fig. 12 Representation of the Drava River flow charge, 1886, 1970, 2000

Sl.12. Prikaz promjene toka rijeke Drave, 1886. god. 1970. god. 2000. god.

u Dravu, odnosno duljinu toka od 166,5 rkm i pokriva površinu od 27 000 ha.

Za potpuniju informaciju o prostoru, hrvatska strana je samostalno izradila za cijelu dionicu atlasa i DOF – digitalni ortofoto. DOF je izrađen u crno-bijeloj tehnici i u mjerilu 1:10 000 i daje iznimno mnogo slikovnih podataka o smještaju različitih sadržaja (šume, polja, vode, ...) u prostoru, a posebno u kombinaciji s topografskim prikazom (slika 11).



Fig. 13 Representation of the Drava riverbed on the basis of digital orthophoto

Sl. 13. Prikaz korita rijeke Drave s vodograđevinama na podlozi digitalnog ortofota



Fig. 14 Topologically processed data

Sl. 14. Topološki obrađeni podaci

For each survey profile, there is a graphical representation of the relation between suspended load and bed load and flow discharge, taking into consideration Croatian and Hungarian surveys from 1991 to 2003.

The annual deposit mass of suspended load or bed load is determined on the basis of deposit size determined by a series of surveys during the year and the size of annual flow discharge (Fig. 10).

A sample of bed materials was taken in five places with the help of a sampling bell for the purposes of surveying transversal profiles of the whole section of the Drava River encompassed by the Hydrographic Atlas in profiles with the chainages of a whole river kilometre. A diagram of average granule diameters alongside the Drava River was produced on the basis of sample analyses.

5 Possibilities of using digital data of the Hydrographic Atlas of the Drava River

Considering that the new *Hydrographic Atlas of the Drava River* is in digital form, it will always be possible to change and supplement it, as well as represent it and

use it in different ways. Editing and the possibilities of using its digital data are actually undreamed-of and are related to types of program packages currently at our disposal, and today we cannot even imagine what its possibilities are going to be in several years.

The Republic of Croatia independently produced part of the Hydrographic Atlas for the section of the Drava River that was not encompassed by mutual work and incorporated it into the atlas. This is the section that encompasses the area where Drava flows only through the territory of the Republic of Croatia. Therefore, the atlas now covers the whole flow of the Drava River from Donji Miholjac to the mouth of Mura into Drava, in other words, flow length of 166,5 rkm and covers an area of 27 000 ha.

For more complete information about the area, the Croatian side independently produced DOF – digital orthophoto, for the whole section of the atlas. The DOF was produced in black and white and at the scale of 1:10 000 and provides many image data about the position of various content in space (forests, plains, waters, ...), and especially in combination with topographic representation (Fig. 11).

Certain content, e.g. the bed, water structures, forests, etc. can be singled out and represented independ-



Fig. 15 Water level in the bed at water level at the Botovo +50 water-gauge

Sl. 15. Razina vode u koritu kod nivoa vode na vodomjeru Botovo +50

Određeni sadržaji, npr. korito, vodograđevine, šume itd. mogu se posebno izdvojiti i samostalno prikazati uključivanjem ili isključivanjem pojedinih samostalnih slika, odnosno slojeva, a njihovim preklapanjem mogu se uočiti nastale promjene i obavljati različite analize prostora. Npr. preklapanjem korita rijeke Drave iz 1886., 1970. i 2000. godine uočava se promjena toka rijeke u tom razdoblju (slika 12).

Za isto područje, a u svrhu katastra vodograđevina prikazani su korito i vodograđevine te ako tu sliku nadopunimo DOF-om, dobijemo vrlo točnu i pouzdanu informaciju o mjestu i položaju vodograđevina u prostoru (slika 13).

Digitalni podaci mogu se topološki obraditi. Topološka obrada u našem slučaju je dodavanje kodova zatvorenim površinama poligona istog sadržaja. Ti se poligoni mogu prikazati raznim bojama. U lijevom donjem kutu nalaze se tumač znakova i opis kultura. Svaki znak i kultura prikazani su kao poligon različitom bojom (slika 14).

Digitalni podaci mogu se obraditi tako da se prikaže punjenje korita i inundacije vodom za svaki željeni nivo, npr. vodomjer Botovo +50 i +460 (slika 15 i 16).

6. Zaključak

Novi *Hidrografski atlas rijeke Drave* izrađen je kao nastavak *Hidrografskog atlasa rijeke Drave* iz 1972. godine te mu je po sadržaju gotovo identičan, osim što su mu dodani poglavlje o režimu nanosa i digitalni ortofoto. Izrađen je najnovijom tehnologijom i u digitalnom obliku te koncipiran na takav način nikad nije dovršen – uvijek će se moći mijenjati i nadopunjavati, te na različite načine prikazivati i upotrebljavati. Obrada i mogućnosti upotrebe digitalnih podataka atlasa ovise o vrstama programskih paketa kojima raspolažemo, a vrlo je vjerojatno da će se razvoj nastaviti i da će uskoro biti moguća upotreba tih podataka na načine koji danas još nisu mogući.

Odatle slijedi da nam predstoji ponajprije prikupljanje različitih podataka i popunjavanje predviđenih baza podataka. Istodobno, potrebno je stalno pratiti sve vrste promjena u prostoru koji obuhvaća izrađeni atlas, registrirati ih i odgovarajuće ažurirati prostorne podatke u slojevima, kao i atributne podatke u bazama podataka.

*Franjo Prevedan, dipl. ing. geod.
Hrvatske vode Zagreb, Vodnogospodarski odsjek Varaždin
koordinatorska Republike Hrvatske za izradu Hidrografskog atlasa rijeke Drave*



Fig. 16 Water level in the bed and inundation at water level at the Botovo +460 water-gauge
Sl. 16. Razina vode u koritu i inundaciji kod nivoa vode na vodomjeru Botovo +460

ently or by excluding certain independent layers, and by their overlapping, changes that happened can be observed and various spatial analyses done. For example, by overlapping Drava's beds from 1886, 1970 and 2000, one can observe changes in its flow during that period (Fig. 12).

For the same area, and for the purposes of water structures cadastre, the bed and the water structures are represented. If we supplement this image by a DOF, we are going to get very accurate and reliable information about the position of water structures in space (Fig. 13).

Digital data can be processed topologically. In our case, topological processing is adding codes to closed areas bounded by a polygon. These polygons can be represented by various colours. In the bottom left hand-corner, there is a legend and agricultural plants. Each symbol and plant is represented by a polygon of different colour (Fig. 14).

Digital data can be processed by representing the filling of the bed and inundation for any given level, e.g. water-gauge Botovo +50 and +460 (Fig. 15 and 16).

6 Conclusion

The new *Hydrographic Atlas of the Drava River* was conceived as a sequel to the *Hydrographic Atlas of the Drava River* from 1972, and is almost identical to it, with the exception of added chapter about deposit regime and digital orthophotos. It was produced employing latest technology, is in digital form, and was meant never to be completed, but always be able to being changed and supplemented, and represented and applied in various ways. Processing and the possibilities of using digital atlas data depend on types of program packages at our disposal, and it is very likely that development will continue and that new uses of those data are going to be possible.

The logical extension to this is that we are first to gather various data and supplement corresponding databases. At the same time, it is necessary to consistently monitor all types of changes in the area encompassed by the atlas, register them and update layer spatial data, as well as attribute data in databases.

Franjo Prevedan, Dipl. Eng. in Geodesy
Hrvatske vode Zagreb, Vodnogospodarski odsjek Varaždin
Coordinator of the Republic of Croatia for the Production of Hydrographic Atlas of the Drava River