

HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE SJEVERNE HRVATSKE

S tri priloga

Prikazana je hidrogeološka rajonizacija s izdvojenim hidrogeološkim jedinicama, hidrokemijskim jedinicama i arteškim bazenskim područjima. Za svaku jedinicu i arteški bazen dane su medijanske vrijednosti hidrogeoloških parametara. Posebno je prikazana i genetska pripadnost važnijih mineralnih i termalnih izvora sjeverne Hrvatske.

UVOD

Teritorij sjeverne Hrvatske obuhvaćen ovim radom prostire se približno između 15°-19° istočne geografske dužine i 47°-45° sjeverne geografske širine. Na zapadu graniči sa SR Slovenijom, na istoku sa SR Srbijom, na sjeveru sa SR Mađarskom, a na jugu površinskim tokom rijeke Save. Od Podsuseda do Siska zahvaćena je i desna obala savske doline. Čitavo područje pripada slivovima Save i Drave. Dio koji pripada slivu Save iznosi približno 18.000 km², a onaj sliva Drave oko 7.000 km². Razvodnica između oba sliva proteže se vrhovima sjevernih planina Hrvatskog Zagorja, zatim hrptom Bilo-gore, pa se preko Papuka i Krndije spušta na blago zatalasani Đakovačko-vinkovački plato.

Morfološki izgled ovog terena u osnovnim crtama slijedi njegovu geološku građu. Uočavaju se tri naročito izražene cjeline: dolina Save, dolina Drave i uzdignuti međuprostor. U međuprostoru posebno se ističu stare otočne planine koje zatvaraju kotlinu Hrvatskog zagorja i Požešku kotlinu.

Na zapadnom dijelu najviše planine su: Medvednica (1035 m), Ivanščica (1061 m), Kalnik (643 m) i Kuna-gora (520 m). Dalje prema istoku pojavljuje se usamljena Moslavačka gora (489 m), od koje se na sjeveru proteže brežuljkasto područje Bilo-gore (288 m). Oko Požeške kotline grupirane su: Požeška gora (616 m), Dilj-gora (471 m), Papuk (953 m), Psunj (984 m) i Krndija (722 m). Istočno od Krndije i Dilj-gore proteže se zaravnjeno područje čije visine ne prelaze 240 m a kod Đakova i Vinkovaca visine se kreću oko 120 m. Prema prigorju Fruške gore teren se uzdiže na 200 do 300 m.

Klima je kontinentalna s uticajem mediteranske - naročito u zapadnom dijelu. Smatra se da granično područje uticaja mediteranske klime prolazi približno linijom Krapina - Zagreb - Banja Luka. Srednje godišnje temperature zraka za razdoblje od 1925. do 1940. približno su izjednačene i iznose za Zagreb 11,6° C, Slavonsku Požegu 10,4° C i Osijek 11,0° C.

Visina srednjih godišnjih oborina kreće se od 700 mm do 1200 mm. Najviše srednje godišnje oborine registrirane su u zapadnom dijelu - na Ivanščici i Zagrebačkoj gori (1200 mm) - dok je znatno niže visina registrirana u istočnim ravničarskim područjima (700 mm i manje). Prema mjernim stanicama na značajnijim lokalitetima za period od 1925. do 1940. registrirane su ove visine srednjih padavina: Osijek 721 mm, Slavonska Požega 772 mm, Sisak 964 mm i Zagreb 925 mm.

Sistematska regionalna hidrogeološka istraživanja na ovom području započela su 1963. uz pomoć Savjeta za naučni rad i Instituta za geološka istraživanja, no tek krajem 1964. dolazi do veće zainteresiranosti ostalih ustanova pa i do intenzivnijih hidrogeoloških istraživanja većih površina sjeverne Hrvatske.

Njima su bili obuhvaćeni sliv Krapine, Lonje, Orljave, Zagrebačkog Posavlja (do Nove Gradiške) i Medvednice. Istovremeno dolazi i do većeg angažiranja Savjeta za naučni rad, Direkcije za Savu, Općeg vodoprivrednog poduzeća Osijek i Elektroprivredne zajednice čija ujedinjena sredstva omogućuju intenzivniji rad i završetak hidrogeološke studije sjevernog dijela SR Hrvatske – sjeverno od Save.

Na temelju geoloških i hidrogeoloških podataka u okviru ove studije izvršena je regionalno hidrogeološka obrada i rajonizacija terena sjeverne Hrvatske – sjeverno od Save. Kako su u pitanju prirodni uvjeti za koje se ne mogu upotrebljavati shematizirani predloži to je i obrada i rajonizacija bila prilagođena konkretnim uvjetima ovog – u našoj republici jedinstvenog i zanimljivog – hidrogeološkog rajona.

Teren sjeverne Hrvatske podijeljen je na tri osnovne hidrogeološke jedinice i šest velikih hidrokemijskih jedinica. Posebno su izdvojena i tri duboka arteška bazenska područja. Unutar svake jedinice razlikovana su područja sa specifičnim hidrogeološkim karakteristikama. Za svaku jedinicu ili područje dani su osnovni hidrogeološki parametri na osnovu kojih su bile definirane. Kao najmerodavnije veličine smatrane su litološko-tektonska građa i medijske vrijednosti svakog hidrogeološkog parametra posebno. Prilog hidrogeološkoj studiji predstavlja usporedna analiza podataka mineralnih i termalnih vrela s analizama iz plitkih vodonosnih horizonata i voda dubokih arteških horizonata da bi se ustanovila njihova međusobna povezanost.

Tako izvršeni rad treba shvatiti kao napor u cilju stvaranja podloge za daljnje detaljnije proučavanje pojedinih rajona i hidrogeoloških jedinica – dakle kao prvu fazu nužnog i dinamičkog procesa naučne obrade hidrogeoloških prilika, njihove veze s ostalim prirodnim zbivanjima i njihovog značenja za daljnji razvoj života i djelatnosti na ovom području.

Imajući u vidu ovaj neposredni cilj rada želio sam izbjeći pretjerano shematiziranje, pa sam nastojao da on bude temeljen na faktografskom materijalu i da njegova tačnost i detaljnost bude u razmjeru sa stanjem poznavanja hidrogeologije naše zemlje, odnosno pojedinih područja i hidrogeoloških jedinica kao i broja i vrsta podataka za svako to područje.

Rasprava u originalu (Miletić, 1968) obuhvaća opsežan dokumentacioni materijal, kao i njegovu obradu, pa ju je nemoguće publicirati kao cjelinu u postojećim prilikama. Zbog toga je odlučeno da se u ovom prikazu iznesu samo sažeti zaključci rada. Iz istog razloga je i izvorno velik broj priloga sveden na tri pregledne regionalne ilustracije: preglednu kartu arteških bazenskih područja (tabla I), preglednu hidrokemijsku kartu (tabla II) i preglednu hidrogeološku kartu (tabla III).

Ovdje je također potrebno istaknuti da je istraživanje bazirano – osim na postojećoj geološkoj dokumentaciji – na cca 5000 raznih statistički obrađenih hidrogeoloških podataka.

Na kraju se želim zahvaliti nizu kolega koji su mi tokom izrade ove rasprave pružili nesebičnu pomoć. Među njima se posebno ističu V. Kranjec, I. Blašković, B. Crnković, A. Magud, M. Habeković, I. Čakarun, K. Kostović, I. Lučin, A. Capar, N. i A. Nowinski, D. Borčić, K. Terzić i V. Goatti te A. Sokač koja je sredila bibliografski materijal.

Zahvaljujem se i svojim nastavnici M. Heraku, F. Ožegoviću, L. Mariću kao i prof. N. Milojeviću iz Beograda na pomoći i savjetima koje su mi pružili od prvih ideja za realizaciju rada pa do njegovog izvršenja.

Dužnost mi je također da istaknem značajnu ulogu koju je u izvršenju rada odigrala velika finansijska pomoć Direkcije za Savu, Savjeta za naučni rad, Instituta za geološka istraživanja, RGN-fakulteta. Zajednice elektroprivrednih poduzeća, OVP-Osijek, te izvađačkih poduzeća i ustanova s područja SR Hrvatske koja su ustupila na besplatno korištenje svoju dokumentaciju. Potrebno je i posebno naglasiti ulogu S. Reštarevića, Z. Selanca, D. Sikića i D. Boškovića, koji su me uvijek hrabрили da ustrajem na započetom radu.

HIDROGEOLOŠKI PRIKAZ

Kao podloga hidrogeološkoj studiji čiji rezultati su sažeto iznijeti u ovoj raspravi, izrađena je kompilaciona geološka karta sjeverne Hrvatske u mjerilu 1 : 200.00 gdje su izdvojeni slijedeći stratigrafski i litološki članovi: stariji paleozoik, mlađi paleozoik, donji, srednji i gornji trijas, gornja kreda, gornji oligocen, oligomiocen, donji miocen, srednji miocen, donji i gornji sarmat, čitav slijed pliocena, kvartar i magmatske i metamorfne stijene.

Na osnovu litološkog sastava i uvjete sedimentacije ovih stratigrafskih jedinica stijene su svrstane u pet velikih skupina od kojih svaka ima specifične karakteristike za interpretaciju njihove hidrogeološke uloge u postojećim geološkim, morfološkim i hidrogeografskim uvjetima.

U prvoj skupini izdvojene su najstarije metamorfne i magmatske stijene do uključivo donje karbonske starosti. U drugoj izdvojen je regresivno-transgresivan slijed klastičnih i niskometamorfoziranih stijena mladeg paleozoika i donjeg trijasa. Na ovim stijenama dolazi pretežno karbonatni razvoj srednjeg i gornjeg trijasa kao treća izdvojena skupina. Četvrtu skupinu čine pretežno klastične kredne naslage koje su taložene transgresivno, a zatvoreni transgresivno-regresivni slijed kenozojskih pretežno klastičnih taložina sačinjava petu skupinu stijena.

Uvako interpretiran litostratigrafski slijed poslužio je za konačno sažimanje litostratigrafske podloge priložene hidrogeološke karte gdje su izdvojene samo aluvijalne i eolske naslage kvartara u ravničarskom području, tercijarne i kvartarne taložine brdovitog i brežuljkastog područja i »temeljne stijene« – stijene starije od tercijske.

Na temelju podataka seizmičkog istraživanja teritorij između Save i Drave podijeljen je u nekoliko velikih tektonskih jedinica prvog i drugog reda. Kod te podjele zadržani su uvriježeni nazivi za pojedine jedinice, ali njihova geografska rasprostranjenost i stupnjevanje po značenju je nešto drugačija nego što je prikazano u naftološkoj literaturi. U našem slučaju je ono prilagođeno hidrogeološkoj i geografsko-morfološkoj situaciji a to zajedno olakšava regionalnu interpretaciju hidrogeoloških karakteristika sjeverne Hrvatske. Razlikovane su tri tektonske jedinice prvog reda: Dravska potolina, Savska potolina i centralno uzdignuto područje. Dravska potolina podijeljena je u jedinice drugog reda: zapadni dio, centralni dio i istočni dio. U Savskoj potolini se razlikuje zapadni dio u koji je uključeno i područje do Vrbovečkog masiva i istočni dio – istočno od Lipovljana. Centralno uzdignuto područje karakterizirano je nizom horstova i međudepresija drugog reda: depresije Hrvatskog zagorja, Bjelovarsko-bilogorske, Požeške kotline i Đakovačko-vinkovačkog platoa.

Na temelju obrade hidrogeoloških podataka i izvršenog litološkog grupiranja stijena na teritoriju sjeverne Hrvatske – sjeverno od Save – razlikuju se dva velika hidrogeološka rajona: Rajon temeljnog gorja i rajon

tercijarnog i kvartarnog sedimentnog kompleksa. Posljednji je razrađen u hidrogeološke jedinice: a) duboki arteški bazeni, b) plići vodonosni horizonti brežuljkastog i brdovitog područja pokrivenog tercijarom i kvar-tarom, i c) kvartarni vodonosni horizonti ravničarskog područja zajedno s plitkim arteškim horizontima pliocensko-pleistocenske starosti.

Hidrogeološka jedinica temeljnog gorja izdvojena je kao prva.

Njene bitne regionalne hidrogeološke karakteristike sumirane su u dvije grupe:

a) Retardacija i polagano otpuštanje oborinskih voda kroz razlomljene i trošne površine a s tim u vezi hranjenje gorskih potoka i vlaženje pla-ninskih područja.

b) Stvaranje strogo definiranih barijera koje zatvaraju ili djelomično razgraničavaju arteške bazene prvog i drugog reda.

Sve stijene temeljnog gorja su u praktičnom smislu sekundarno po-rozne.

U njima na površini ne postoji veći suvisli rezervoar podzemnih voda iz geoloških i morfoloških razloga. Zbog toga u područjima izgrađenim od temeljnog gorja dominiraju izvori malog kapaciteta silaznog tipa i razbijenog izvorišta. Manji broj izvora kapaciteta većeg ili jednakog od 1 lit/sek. pripada uglavnom karbonatnim sedimentima. Izvori u karbo-natnim stijenama čiji kapacitet prelazi 10 lit/sek. a maksimalno cca 20 lit/sek. su sasvim izuzetna pojava.

Karbonatne stijene predstavljaju najpozitivniji hidrogeološki element u kompleksu temeljnog gorja, a to se objašnjava postojanjem mogućnosti njihovog okršavanja sticajem događaja u geološkoj prošlosti. Na njih su direktno ili indirektno vezane mnoge pojave termalnih vrela s vodom vadoznog porijekla, a bušeni bunari u Slavonskoj Orahovici pokazali su i mogućnost formiranja arteških rezervoara u ovim stijenama.

Podzemne vode temeljnog gorja su niske mineralizacije i pretežno su hidrokarbonatnog tipa.

Možemo zaključiti da u postojećim klimatskim, hidrogeološkim i geo-loškim uvjetima temeljno gorje ne predstavlja hidrogeološku sredinu u kojoj bi se mogle kaptirati veće količine vode. Iz ovog zaključka je po-trebno izuzeti karbonatne stijene čije značenje je podcrtano pojavama termalnih voda i arteških rezervoara i koje zbog toga zaslužuju posebni postupak kod daljnjeg istraživanja.

Taložine tercijara i kvartara predstavljaju najvrednije nosioce pod-zemne vode na teritoriju sjeverne Hrvatske. Pripada im niz arteških ba-zena i horizonata sa slobodnom ili subarteškom razinom podzemne vode. Posljednji su na površini podijeljeni u dvije hidrogeološke jedinice.

U prvu od njih uvršteni su **kvartarni vodonosni horizonti ravniča rskog područja Save i Drave, Đakovačko-vinkovački plato i plitki arteški horizonti pliocensko pleistocenske starosti u Slavoniji**. Zbog svojih geoloških, hidrogeoloških i geografskih specifičnosti ova velika hidrogeološka jedinica je podijeljena na:

1. Podravinu s Baranjom
2. Posavinu i
3. Đakovačko-vinkovački plato.

Za *Podravinu* je karakterističan kopneni razvoj i kontinuirano nasipavanje doline Drave krupno-klastičnim materijalom naročito u uzvodnom dijelu, koji se je javio ranije nego u Posavini.

Razvijene su tri riječne terase, a od ostalih hidrogeoloških elemenata značajni su »podravski peski«, zatim najmlađe aluvijalne taložine u koritima Drave, Mure i Dunava, te močvarna i povremeno plavljena područja u istočnoj Podravini.

Za *Posavinu*, naročito u nizvodnom dijelu, je karakterističan jezerski razvoj i poslije donjeg pliocena, pa je u vezi s time najrazvijeniji močvarni facijes, ali ima mjestimično i fluvijatilnog, a i danas postoje prostrane močvarne i vodoplavne površine.

U uzvodnom dijelu Posavine imamo nešto raznolikiji razvoj. Sjeverni rub područja uvjetovan je pojavom tektonske zagrebačke terase, a južni terasom kod Sv. Nedjelje i Brezovice. Između ovih terasa javljaju se gruboklastični šljunci i pijesci, koji u području Rugvice prema Sisku prelaze postepeno u fine pijeske i prašine. Karakteristični su česti proslojci gline i prašine manje ili veće debljine.

Glavna litološka karakteristika *Đakovačko-vinkovačkog platoa* je pravi kontinentalni prapor debljine do cca 20 m (Đakovo), koji prema Podravini i Posavini postepeno prelazi u močvarni prapor. Đakovačko-vinkovački plato uzdiže se najviše za cca 20 m u odnosu na okolni teren.

Ako u ovoj hidrogeološkoj jedinici gledamo *dubine do vodonosnih horizonata* prema rezultatima dobivenim iz podataka bušenih bunara vidimo, da se one općenito povećavaju od zapada prema istoku. Dok su na području Varaždina i Novigrada od 15 registriranih pojava 12 unutar granica 0–20 m, kod Osijeka od 85 ima ih samo 35 u tom intervalu, 28 ih je između 20 i 40 m, a daljnjih 16 između 40 i 60 m.

U Posavini je taj slučaj još izrazitiji. Kod Zagreba od 57 pojava 53 su od 0–20 m, kod Slavenskog Broda od 26 ih je 12 između 20–40 m, a kod Županje od 9 samo ih je 4 do dubine od 60 m.

Za Đakovačko-vinkovački plato najčešće se prvi vodonosni horizont koji je u eksploataciji, nalazi unutar granice 20 i 40 m, pa prema statističkim podacima na tim dubinama trebamo tražiti i najizdašnije vodonosne slojeve.

Idući od zapada prema istoku u ovoj hidrogeološkoj jedinici povećava se i broj vodonosnih slojeva. U području Varaždin–Novigrad i Zagreb–Sisak rijetko imamo nabušena dva vodonosna horizonta, dok ih kod Đakova ima pet, a kod Borova čak 7. No to ne znači da ih na zapadnom dijelu područja nema više, ali zbog povoljnih uvjeta koje za vodoopskrbu daju gornji slojevi, ostali nisu istraživani.

Daljnja karakteristika je povećanje pritiska u vodonosnim horizontima također od zapada prema istoku. U području Varaždin–Novigrad broj bunara s vodom pod subarteškim pritiskom približno je jednak broju bunara sa slobodnom površinom, dok kod Borova svi bunari imaju vodu pod pritiskom. Kod Zagreba je voda pod pritiskom samo iznimno, a kod Slavonskog Broda i Zupanje imamo vodu i pod arteškim pritiskom. Na području Đakovačko–vinkovačkog platoa voda je redovito pod pritiskom, često i pod arteškim.

U pogledu izdašnosti bunara situacija se mijenja na malim razmacima, jer promatrani bušeni bunari zahvaćaju različite horizonte. Jedino možemo zaključiti da najgornji vodonosni horizont ima najveće kapacitete, posebno na području Zagreba (do 65 l/sek.) i Varaždin–Novigrad Podravski (do 60 l/sek.). Obično su to bunari u aluvionu Đrave i Save. Kapaciteti preko 8 l/sek. izmjereni su u istočnoj Slavoniji, iz dubina od cca 120 m i više, dok je za ostale horizonte maksimalni kapacitet između 4 i 7 l/sek.

Idući od zapada prema istoku sjeverne Hrvatske kapaciteti se smanjuju, a u istom smjeru i vodopropusnost.

Dubine do prve podzemne vode – koje se mjere u plitkim pijezometri- ma i seoskim bunarima, i koje zbog toga ne pokazuju stanje u eksploati- ranim horizontima čije karakteristike su iznijete u gornjim odlomcima – pokazuju velika kolebanja na malim razmacima. Često na veličinu kole- banja, kao i na dubinu do vode utječe i topografija terena. Za zapadni dio (u Podravini do Koprivnice, u Posavini do Rugvice) dubina do vode ovisi o dubini na kojoj se javlja šljunak, a dalje na istoku opažene su pretežno procjedne vode, koje se javljaju iznad prvih nepropusnih na- slaga.

Ove dubine u Podravini su najčešće između 3–6 m (do 8 m), u Posavi- vini 1–3 m (do 10 m), a na Đakovačko–vinkovačkom platou 4–6 m (često do 8 m) – (vidi hidrogeološku kartu).

Oscilacije podzemne vode su veće uz veće vodotoke, naročito u blizini Đrave i Save (1,5–3,5 m), a manje u zaleđu. Često dolazi do povremenog plavljenja pojedinih depresija, bilo uslijed slijevanja oborinskih voda, uslijed poplave ili ugroženosti podzemnim vodama. Najugroženije su Lonjsko, Udransko i Jelas polje, područje Spačve i Bosuta i inundacije u Baranji.

Kvaliteta vode zadovoljava uvjete za piće u zapadnom dijelu sjeverne Hrvatske, dok je to u istočnom dijelu veliki problem, pogotovu na selu, jer se vodom iz dubokih bušenih bunara snabdjevaju uglavnom gradovi

i industrija. Seosko se stanovništvo snabdijeva vodom iz plitkih bunara, koji zahvaćaju procjedne vode koje su redovito zagađene (mutež, organska tvar), imaju mnogo željeza (više od 0,3 mg/l), a visoka im je i opća mineralizacija.

Drugu veliku hidrogeološku jedinicu tercijarnog i kvartarnog kompleksa sačinjavaju **plitki vodonosni horizonti brežuljkastog i brdovitog područja pokrivenog tercijarom i kvartarom**. To je hidrogeološka jedinica u kojoj vodno lice vode temeljnice slijedi morfologiju terena, a razbijeno je sukcesivnim izmjenama propusnih i nepropusnih stijena. Prema veličini propusnosti zastupljene su sve stijene od relativno nepropusnih do dobro propusnih, a prema karakteru poroznosti prevladavaju primarno porozne stijene, dok se sekundarno porozne nalaze u sasvim određenoj mjeri. Iz prikupljenih podataka koeficijenta filtracije prevladavaju nepropusne i slabo propusne stijene, a učestće propusnijih stijena na površini raste sa njihovom starošću. Iznimku čine izdvojeni lokaliteti aluvijalnih taložina uz površinske vodotoke, gdje postoji nekoliko cpi lišta u taložinama dobre propusnosti.

U vezi s ovim hidrogeološkim osobinama stijena stoje pojave i karakteristike izvora, kapaciteti bunara i dubina do vode.

Kapaciteti bušenih bunara su ograničeni i kreću se do maksimalno 10 lit/sek. Razlikuju se dvije skupine bunara: u aluvionima površinskih vodotoka sa dubinom do 20 m i kapacitetom do 10 lit/sek. i bunari u starijim stijenama sa dubinama od 20–180 m i maksimalnim kapacitetom do 7 lit/sek. Medijanske vrijednosti posljednjih kreću se od 0,3–3 lit/sek, a pojave bunara s kapacitetom manjim od 1 lit/sek. predstavljaju 80% svih na bušenih bunara. U ovoj skupini bunara ustanovljen je porast izdašnosti s povećanjem dubine bunara.

Izvorišta su često razbijenog tipa i predstavljaju procjeđivanje vode iz površinskog pokrivača ili kroz njega na morfološki i geološki najpovoljnijim lokalitetima.

Kapaciteti izvora su u prosjeku mali, ali velike površine procjeđivanja ili veliki broj manjih izvorišta hrani stalne površinske vodotoke. Od gornjih zaključaka odstupaju karbonatni ulošci tortonina i sarmata gdje su registrirani izvori većeg kapaciteta i koncentriranih izvorišta.

Dubina do vode u ovoj hidrogeološkoj jedinici kreće se od 0–30 m bez većih kontinuiranih ploha iste dubine, ovisno o morfološkoj i geološkoj građi terena.

Duboki arteški bazeni sadrže uglavnom vode visoke mineralizacije (saliniteta) i visoke temperature i danas se praktički ne eksploatiraju u smislu korištenja podzemnih voda.

Na osnovu pretežno geoloških podataka čitavo promatrano područje podijeljeno je na *tri arteška bazenska područja I reda: Dravsko bazensko područje, Savsko bazensko područje i centralno uzdignuto bazensko područje*.

Ova područja su zbog lakše obrade dalje podijeljena na bazene drugog reda i to:

Dravsko područje na: zapadni dio, centralni dio i istočni dio.

Savsko područje na: zapadni dio sa zelinskom (lonjskom) depresijom i istočni dio.

Centralno uzdignuto područje na: depresiju Hrvatskog zagorja, Bjelovarsko-bilogorsku depresiju, Požešku kotlinu i Đakovačko-vinkovački plato.

Za međusobnu usporedbu nabrojanih područja korišćene su vrijednosti medijana hidrogeoloških karakteristika među koje su izabrane: odnos debljine pijeska prema ukupnoj debljini horizonata, porozitet, koeficijent filtracije i salinitet vode iz 47 dubokih strukturnih bušotina.

Na osnovu analize EK-dijagrama iz ovih bušotina može se izvući nekoliko vrlo zanimljivih podataka koji svi zajedno opravdavaju izvršenu rajonizaciju arteških bazena i pružaju uvid u njihove regionalne hidrogeološke karakteristike.

Udio poroznih stijena najpravnomjerniji je u centralnom području (Bjelovarsko-bilogorski bazen), dok u Savskom i Dravskom bazenu znatno varira, dokazujući veću stabilnost centralnog područja tokom njegove geološke prošlosti. Udio pijeska znatno je, osim toga, veći u Dravskom bazenu, gdje je opet najveći u mlađim naslagama. S druge strane, Savski bazen imade znatno ujednačeniji odnos debljine pijeska prema debljini horizonta uzduž profila od Dravskog, gdje taj odnos više varira i prema naslagama i prema područjima. Što se tiče ustanovljene propusnosti, *koeficijent filtracije* grublje klastičnih stijena se kreće između $k = 10^{-1}$ cm sek⁻¹ do $k = 10^{-4}$ cm sek⁻¹, ali su u stijenama starijim od Abichi naslaga češće vrijednosti $k = 10^{-3}$ cm sek⁻¹, dok je u Abichi naslagama najčešća medijanska vrijednost $k = 10^{-2}$ cm sek⁻¹, što pokazuje, da su pjeskovite stijene na granici dobro propusnih stijena i da im propusnost opada prema podini.

Interesantan je i podatak koji pokazuje *odnos poroziteta grublje klastičnih stijena i njihove dubine* u bazenima. Smanjenje poroziteta s dubinom manje-više je jednolično za sva tri velika arteška područja s tim da je smanjenje najjednoličnije u Savskom bazenu. Porozitet se kreće u granicama od 30-35% u pokrovnim taloženama i pada na 15-20% na dubini oko 2500 m.

Svakako da su najilustrativniji podaci koji se odnose na salinitet vode prema stratigrafskim horizontima i temperaturu u odnosu na dubinu.

Salinitet pokazuje za sva tri arteška područja približno istu vrijednost medijana u miocenu i paludinskim naslagama. Između te dvije krajnje vrijednosti međutim postoje zanimljive razlike. Od miocena salinitet pada. U Savskom području do Croatica slojeva, a u centralnom i dravskom do Banatica naslaga. Od te dvije tačke salinitet raste u Abichi naslagama, a u Savskom je najviši u banatica naslagama. Od ovih maksimuma pre-

ma paludinskim slojevima salinitet postepeno pada. Ovakav ritarn promjena saliniteta također potvrđuje pretpostavku o relativno najstabilnijem centralnom području koje je bilo najkasnije suočeno s promjenama sedimentacionog medija.

Izračunate vrijednosti porasta temperature s dubinom dobivene grafički pomoću linija srednje temperature pokazale su da se *geotermičke stepenice* za duboke arteške bazene kreću između 25 m/°C i 38 m/°C.

Iz dubokih arteških horizonata postojalo je također 130 skraćenih *kemijskih analiza* uzoraka podzemne vode. Obradom ovih analiza utvrđeno je da kod svih voda, bez obzira kojem stratigrafskom horizontu pripadaju, prevladava natrijsko-kloridni tip. Kao više-manje pojedinačni slučajevi zastupljeni su natrijsko-sulfatni tip vode u mioplIOCenu (1 uzorak), natrijsko-hidrokarbonatni tip vode u miocenu (1 uzorak).

Iznimku čine Abichi naslage u kojima je zastupljeno više tipova vode. Tako je uz dominantan Na-Cl tip vode koji je zastupan u 81,43% slučajeva javlja i Na-HCO₃ tip (14,29%) te Na-SO₄ tip (1 uzorak), dok su dvije vode Na-miješane.

Treba međutim naglasiti da je najveći broj voda razmatran u Abichi slojevima i mioplIOCenu, tako da se ne može s dovoljnom sigurnošću u tvrditi da bi i konačni zaključak ostao isti kada bi za ostale horizonte postojalo više podataka.

Najveću *mineralizaciju* pokazuju vode miocena i oligocena. Drugu grupu čine vode mioplIOCena i oligomiocena, te Na-SO₄ tip vode Abichi naslaga. Najnižu mineralizaciju imaju vode Rhomboidea naslaga i Abichi naslaga (Na-Cl, Na-HCO₃ i Na-miješani tip vode).

Gotovo analogno tome najveći *salinitet* imaju vode oligomiocena, oligocena, miocena (Na-Cl tip) i Na-SO₄ tip vode Abichi naslaga. Srednji salinitet imaju vode bazalta, mioplIOCena (Na-Cl tip). Najniži salinitet imaju vode Rhomboidea naslaga, zatim Na-Cl, Na-HCO₃ i Na-miješani tip vode Abichi slojeva, pa Na-SO₄ tip vode mioplIOCena i Na-HCO₃ tip miocena. Sve vode su pretežno slabo alkalne bez obzira na horizont kojemu pripadaju (pH = 7-9). U iznimnim slučajevima registrirane su slabo kisele vode (u M, Pl, M.Ol) dok je u jednom slučaju registrirana jako kisela voda sa pH = 4 (mioplIOCen).

Kod gotovo svih horizonata karbonatne *tvrdće* su znatno više od ukupnih tvrdća. Iznimku čine vode iz bazalta, miocena i oligomiocena. Izrazito malu ukupnu tvrdću pokazuju vode iz Abichi slojeva, specijalno Na-HCO₃ i Na-miješani tip. Najveće karbonatne tvrdće imaju vode iz Abichi slojeva (tip Na-HCO₃ i Na-miješani tip), mioplIOCena (Na-SO₄ tip) i miocena (Na-HCO₃ tip vode).

Hidrokemijskom rajonizacijom teritorij sjeverne Hrvatske podijeljen je u pet hidrokemijskih jedinica. Za hidrokemijsku obradu poslužile su skraćene kemijske analize uzoraka vode izvora, kopanih i bušenih bunara tj. podzemne vode slobodne površine ili u manjoj mjeri pod pritiskom iz plićih subarteških i arteških horizonata.

Izdvojene *hidrokemijske jedinice* razlikuju se prema ukupnoj mineralizaciji, te stupnju ukupne i karbonatne tvrdoće, kako slijedi:

- jedinica 1 obuhvaća područje srednje Drave i srednje Save.

medijan mineralizacije iznosi	546 mg/l
medijan ukupne tvrdoće iznosi	17,4° nj
medijan karbonatne tvrdoće iznosi	15,3° nj
- jedinica 2 obuhvaća područje donje Drave i donje Save.

medijan mineralizacije iznosi	778 mg/l
medijan ukupne tvrdoće iznosi	23,1° nj
medijan karbonatne tvrdoće iznosi	16,7° nj
- jedinica 3 obuhvaća slivove Sutle, Krapine, Lonje, Česme, Ilove, južno pobočje Medvednice, sliv Orljave i područje istočne Slavonije.

medijan mineralizacije iznosi	676 mg/l
medijan ukupne tvrdoće iznosi	22,9° nj
medijan karbonatne tvrdoće iznosi	19,3° nj
- jedinica 4 obuhvaća područje Moslavačke Posavine.

medijan mineralizacije iznosi	821 mg/l
medijan ukupne tvrdoće iznosi	23,2° nj
medijan karbonatne tvrdoće iznosi	9,2° nj
- jedinica 5 obuhvaća mezozojska i paleozojska područja temeljnog gorja, Ivančičice, Kalnika, Medvednice, Moslavačke gore, Psunja, Papuka i Krndije, a u njoj se daju razlikovati zone paleozoika od onih mezozoika.
 - mezozojska područja

medijan mineralizacije iznosi	508 mg/l
medijan ukupne tvrdoće iznosi	17,5° nj
medijan karbonatne tvrdoće iznosi	13,9° nj
 - paleozojska područja

medijan mineralizacije iznosi	288 mg/l
medijan ukupne tvrdoće iznosi	11,2° nj
medijan karbonatne tvrdoće iznosi	7,7° nj

Iz navedenih medijanskih vrijednosti mineralizacije i tvrdoće vidi se da one općenito pokazuju porast od temeljnog gorja prema mlađim naslagama, što zavisi o litološkom sastavu i kraćem odnosno dužem zadržavanju voda u podzemlju.

Vode aluvija rijeka Drave i Save – koji se sastoji iz krupnoklastičnih nevezanih sedimenata: šljunka i manje pijesaka – pokazuju niže vrijednosti mineralizacije i tvrdoće, dok vode aluvija izgrađenog iz sitnog granulata (pretežno praha, gline i manje pijeska) pokazuju izrazito visoke vrijednosti mineralizacije i tvrdoće.

Vode obrađenog područja, prema izvršenoj klasifikaciji su pretežno hidrokarbonatne po sadržaju aniona, odnosno kalcijske i miješane po sa-

držaju kationa. Vode u kojima prevladavaju anioni SO_4^{--} i Cl^- i kationi Mg^{++} i $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ javljaju se rjeđe, a njihov sadržaj varira ovisno o litološkom sastavu naslaga.

Iznimku čini hidrokemijska jedinica 4 (područje Moslavačke Posavine), gdje su zastupljene vode hidrokarbonatnog i miješanog tipa prema sadržaju aniona i miješane prema sadržaju kationa. U ovoj jedinici iznimno se javljaju visoke mineralizacije i porast alkalija, što se dovodi u vezu sa infiltracijom voda iz dubljih horizonata zbog jake tektonske razlomljenosti ovog područja. Zbog sadržaja alkalija karbonatna tvrdoća je znatno niža nego u ostalim jedinicama.

Pojave mineralnih i termalnih vrela su posebno razmatrane. Načinjena je usporedba rezultata kemijskih analiza izraženih u ‰ mekv s istim pokazateljima analiza podzemnih voda iz dubokih arteških horizonata i plićih vodonosnih horizonata. Načinjeno je to sa željom da se izdvoje skupine izvora koji dijelom vuku porijeklo iz dubokih arteških horizonata od one čija je komunikacija sa oborinskim vodama direktnija. Ovom analizom ustanovljeno je da su:

1. Vode *Apatovca, Vučkovca, Lipika, Siska* i *Prečeca* sličnog kemijskog sastava s vodama dubokih arteških bazena.

2. Sva preostala razmatrana mineralna i termalna vrela (*vrela Hrvatskog zagorja, D. Breznica, Daruvar, Velika, Sutinska vrela, Zelina*) imaju kemijski sastav koji isključuje mogućnost djelimičnog hranjenja konatnim vodama iz dubokih arteških bazena.

3. Posebno treba naglasiti da je opažena velika sličnost sastava vode *Velike* i *Sutinskih vrela*. *Sutinska vrela* imaju Mg-hidrokarbonatni tip vode koji odgovara po sastavu površinskim vodama dolomitnog kompleksa *Medvednice*, pa je očito njihovo napajanje površinskim vodama koje se procjeđuju kroz te stijene. Analogno *Sutinskim vrelima* smatra se da i vode *Velike* imaju direktnu vezu sa dolomitnim taložinama svoje neposredne okoline.

Iznijeta hidrogeološka problematika sjeverne Hrvatske gledana regionalno, predstavlja bazu za daljnja istraživanja, pred njenom daljnjom razradom stoje naponi koji će angažirati ogromna sredstva i mnogo stručnjaka raznih fizionomija. Sve to u cilju – danas jednog od najaktuelnijih problema – racionalnog korištenja voda odnosno regije.

ZAKLJUČAK

Na području sjeverne Hrvatske izvršena je hidrogeološka i hidrokemijska rajonizacija, izdvojeni su i hidrogeološki određeni arteški bazeni te načinjena genetska analiza termomineralnih izvora.

Izdvojena su tri duboka arteška bazenska područja: *Savsko arteško područje*, *Dravsko arteško područje* i *Centralno uzdignuto područje*. Ustanovljene su geotermijske stepenice od 25 m/°C do 38 m/°C. U arteškim bazenskim područjima utvrđeno je i smanjenje poroziteta od cca 30–35% na površini do cca 15% na dubinama od 2.500 m. Utvrđen je također pretežno Na-Cl tip podzemnih voda s mineralizacijom do 34 g/l, i ritmičkom izmjenom koncentracije Na-Cl u otopini koja odgovara paleografskim uvjetima sedimentacije.

Arteška bazenska područja podijeljena su dalje na arteške bazene II reda u skladu s tektonskim pokazateljima.

Izdvojene su također tri hidrogeološke jedinice na površini:

a) *hidrogeološka jedinica temeljnog gorja* – stijena starijih od terciara – s prevladavajućom sekundarnom poroznošću, nedefiniranim dubinama do podzemne vode, izvorima pretežno malog kapaciteta. U ovoj jedinici jedini pozitivni hidrogeološki element predstavljaju karbonatne stijene mlađeg paleozoika i trijasa, s izvorima većeg kapaciteta i pojavama arteških voda u taložinama trijasa. U smislu opskrbe vodom ova jedinica nema perspektivu za veći razvoj.

b) *hidrogeološka jedinica brdovitog i brežuljkastog područja* izgrađena od terciarnih i kvartarnih sedimenata – s vodonosnim stijenama pretežno primarne poroznosti – gdje je prvi vodonosni horizont iz morfoloških i geoloških razloga nekontinuiran, gdje se dubina do vode skokovito mijenja od 0–30 m, koeficijenti filtracije u ovoj jedinici su pretežno maleni do 10^{-3} cm sek⁻¹ s izuzecima u transgresivnim facijelnim razvojem i aluvionima većih vodotoka.

Maksimalne dubine cijevnih bunara kreću se do 180 m a maksimalni kapaciteti bunara do 10 l/sek. Izvori su pretežno malog kapaciteta do 1 l/sek. silazni, razbijenog izvorišta.

c) *hidrogeološka jedinica ravničarskih područja* s plitkim arteškim horizontima istočne Slavonije. Vodonosni slojevi ove hidrogeološke jedinice isključivo su primarno porozni, koeficijenti filtracije pretežno su visoki od 10^{-2} cm sek⁻¹ na zapadu do 10^{-3} cm sek⁻¹ na istoku, kapaciteti bunara od 20–60 l/sek. na zapadu do 4–8 l/sek. na istoku.

Dubine eksploatabilnih vodonosnih horizonata kreću se od 0 m na istoku do 60 m na zapadu. Postoji kontinuirani vodonosni horizont vode sa slobodnim licem čije su minimalne i maksimalne izobate prikazane za 1966. godinu na hidrogeološkoj karti.

Na temelju skraćenih kemijskih analiza podzemne vode izvršena je hidro-kemijska rajonizacija. Rajonizacija se temelji na statistički prevladavajućem kemijskom tipu podzemnih voda, mineralizaciji te ukupnoj i karbonatnoj tvrdoći. *Izdvojeno je pet hidro-kemijskih jedinica* čije rasprostranjenje je shematski prikazano na priloženoj karti, gdje su tabelarno prikazani i neki kemijski podaci.

Usporednom statističkom obradom podataka kemijskih analiza podzemnih voda dubokih arteških horizonata, plitkih horizonata podzemne vode i termomineralnih izvora ustanovljena je veza izvora *Apatovca, Uučkovca, Prečeca, Siska i Lipika* s konatnim vodama dubokih arteških horizonata. Svi ostali termomineralni izvori pokazuju hidrokemijski sastav koji takvu vezu isključuje. Za vode izvora *Velike i Sutin-skih vrela* utvrđena je veza s okolnim dolomitnim kompleksima trijaskе starosti.

Ovaj hidrogeološki prikaz predstavlja prvu regionalnu obradu područja sjeverne Hrvatske i kao takav osnovu za daljnju hidrogeološku razradu koja se nužno nameće kada se uoči sva kompleksnost situacije s podzemnim vodama. To tim više, ako se uzmu u obzir neposredno potrebni irigacioni i melioracioni radovi, te manjak vode za opskrbu naselja i industrije. Poseban problem u ovom industrijski razvijenom području nameću i otpadne vode koje danas slobodno zagađuju površinske i podzemne rezerve vode.

Primljeno 8. 1. 1969.

Zavod za opću i primijenjenu geologiju,
Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Sveučilišta, Zagreb,
Pierottijeva 6.

LITERATURA

Miletić, P.: Hidrogeologija sjevernog dijela SR Hrvatske. VI + 101 str., + 49 str. liter. 23 tabela i grafikona, 20 priloga. Disertacija. Rud. geol. naftni fakultet Sveuč. u Zagrebu. Zagreb 1968. (Ondje je navedena upotrebljena literatura i dokumentacija).

P. MILETIĆ

HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF NORTH CROATIA

This condensed paper presents the conclusions of the report »The hydrogeologic characteristic of northern Croatia«, where the lithostratigraphic and tectonic basis necessary for the hydrogeological interpretation of the studied area has been elaborated. Also, some 5000 hydrogeologic pieces of data have been collected and statistically treated. On the basis of these data and the completed studies, a hydrogeological and hydrochemical classification of regions has been carried out, artesian basins have been singled out and hydrogeologically determined, and a genetic analysis of thermal and mineral springs has been made.

Three regions of deep artesian basins have been singled out. The Sava river artesian area, the Drava river artesian area and the Central uplifted area. Geothermal gradients of 25 m⁰C to 38 m⁰C have been determined. A decrease of porosity from about 30-35% on the surface to about 15% at a depth of 2500 m in the artesian basins areas has been established. Also a predominantly NaCl type of deep artesian water has been established.

with a mineralization up to 34 g/l, and a rhythmic change of NaCl concentration in the solution which corresponds to the paleogeographical conditions of sedimentation.

Moreover, artesian basins have been subdivided according to the tectonic indications into second order artesian basins.

Three hydrogeological units have been singled out on the surface:

a) Hydrogeological unit of the bedrock area (area of Pretertiary rocks) with predominantly secondary porosity, no defined depth of the groundwater level, and with springs of mostly limited yields. In this unit the only favourable hydrogeologic element is represented by limestones of the Upper Paleozoic and Triassic with springs of substantial yields, and the occurrence of artesian water in Triassic deposits. Considering water supply possibilities, this unit has no possibilities for important development.

b) Hydrogeological unit of the mountainous and hilly areas consisting of Tertiary and Quaternary rocks - with aquifers of mostly primary porosity - where the first waterbearing horizon is discontinuous because of morphological and geological reasons, and the water depth changes rapidly from 0-30 m. Filtration coefficients are predominantly small in this unit, up to 10^{-3} cm sec⁻¹ with the exception of a series with transgressive facies characteristics and of alluvions of large waterflows. The maximum depths of drilled wells reach about 180 m. and their maximum yields about 10 l/sec. Springs are predominantly of limited yield about 1 l/sec, gravitative with the fractured spring sites.

c) Hydrogeological unit of the plain area with shallow artesian horizons of East Slavonia. The waterbearing strata of this hydrogeologic unit are all of primary porosity, filtration coefficients are mostly high; from 10^0 cm sec⁻¹ in the West to 10^{-3} cm sec⁻¹ in the East; yields of the wells amount to 20-60 l/sec in the West and 4-8 l/sec in the East and depths of exploitable waterbearing horizons range from 0 m in the East to 60 m in the West. There is a continuous waterbearing horizon with a free water surface. Its minimum and maximum isobaths for the year 1966 are presented on the hydrogeologic map.

On the basis of basic chemical analyses of groundwater a hydrochemical regional classification has been carried out. The regions have been delineated on the basis of the statistically predominant chemical type of groundwater, mineralization as well as total and carbonate hardness. Five hydrochemical units have been singled out. Their extension has been schematically shown on the enclosed map where some chemical data have been also given in tables.

By means of a correlative statistical study of chemical analyses of the water from deep artesian horizons, from shallow aquifers, as well as from thermal and mineral springs, a connection has been established among springs of Apatovac, Vučkovac, Prečec, Sisak and Lipik with connate waters from deep artesian horizons. All other thermal and mineral springs show a hydrochemical contents which excludes the possibility of such a connection. A connection with adjacent dolomite complex of triassic age has been established for water from springs Velika and Sutinska vrela.

This hydrogeologic review presents the first regional elaboration of the area of North Croatia and forms a basis for a further hydrogeologic study which should be definitely carried out. A need for such a study can be fully understood after realizing the full complexity of the groundwater situation. Even more so, when we take into consideration the forthcoming necessary irrigation and land reclamation works, as well as the shortage of water needed to supply towns and industries.

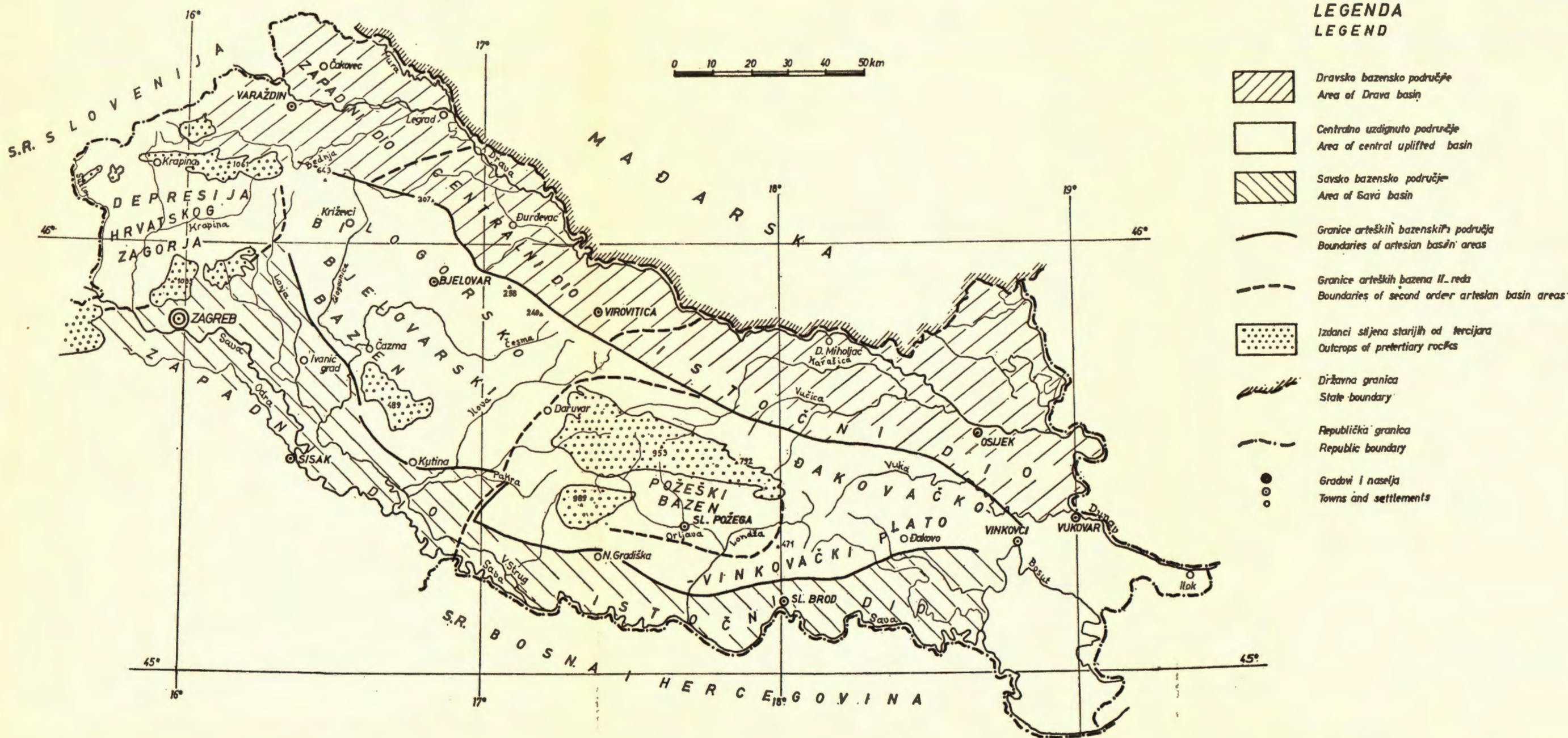
A particular problem in this industrially developed area is imposed by waste water which today freely contaminates the surface and groundwater reserves.

Received 8th January 1969.

*Department of physical and applied
geology. Faculty of mining, geology and
petroleum engineering, University
of Zagreb, Zagreb, Pierottijeva 6*

SHEMATSKI PRIKAZ ARTEŠKIH BAZENSKIH PODRUČJA SJEVERNE HRVATSKE

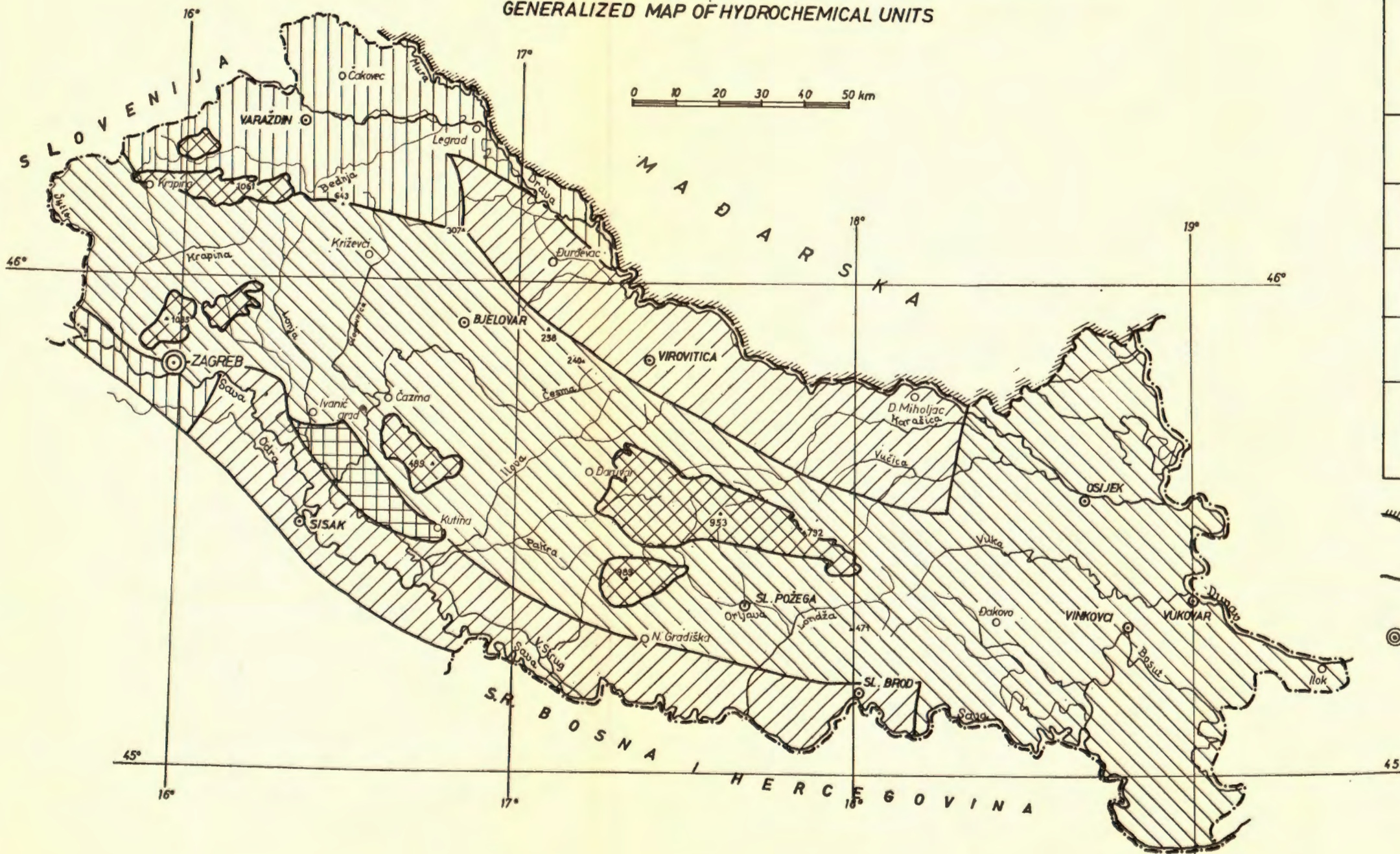
SCHEMATIC REVIEW OF ARTESIAN BASIN AREAS OF NORTH CROATIA



LEGENDA
LEGEND

-  Dravsko bazensko područje
Area of Drava basin
-  Centralno uzdignuto područje
Area of central uplifted basin
-  Savsko bazensko područje
Area of Sava basin
-  Granice arteških bazenskih područja
Boundaries of artesian basin areas
-  Granice arteških bazena II. reda
Boundaries of second order artesian basin areas
-  Izdanci stijena starijih od tercijara
Outcrops of pretertiary rocks
-  Državna granica
State boundary
-  Republička granica
Republic boundary
-  Gradovi i naselja
Towns and settlements

SJEVERNA HRVATSKA
PREGLEDNA KARTA HIDROKEMIJSKIH JEDINICA
 NORTH CROATIA
 GENERALIZED MAP OF HYDROCHEMICAL UNITS



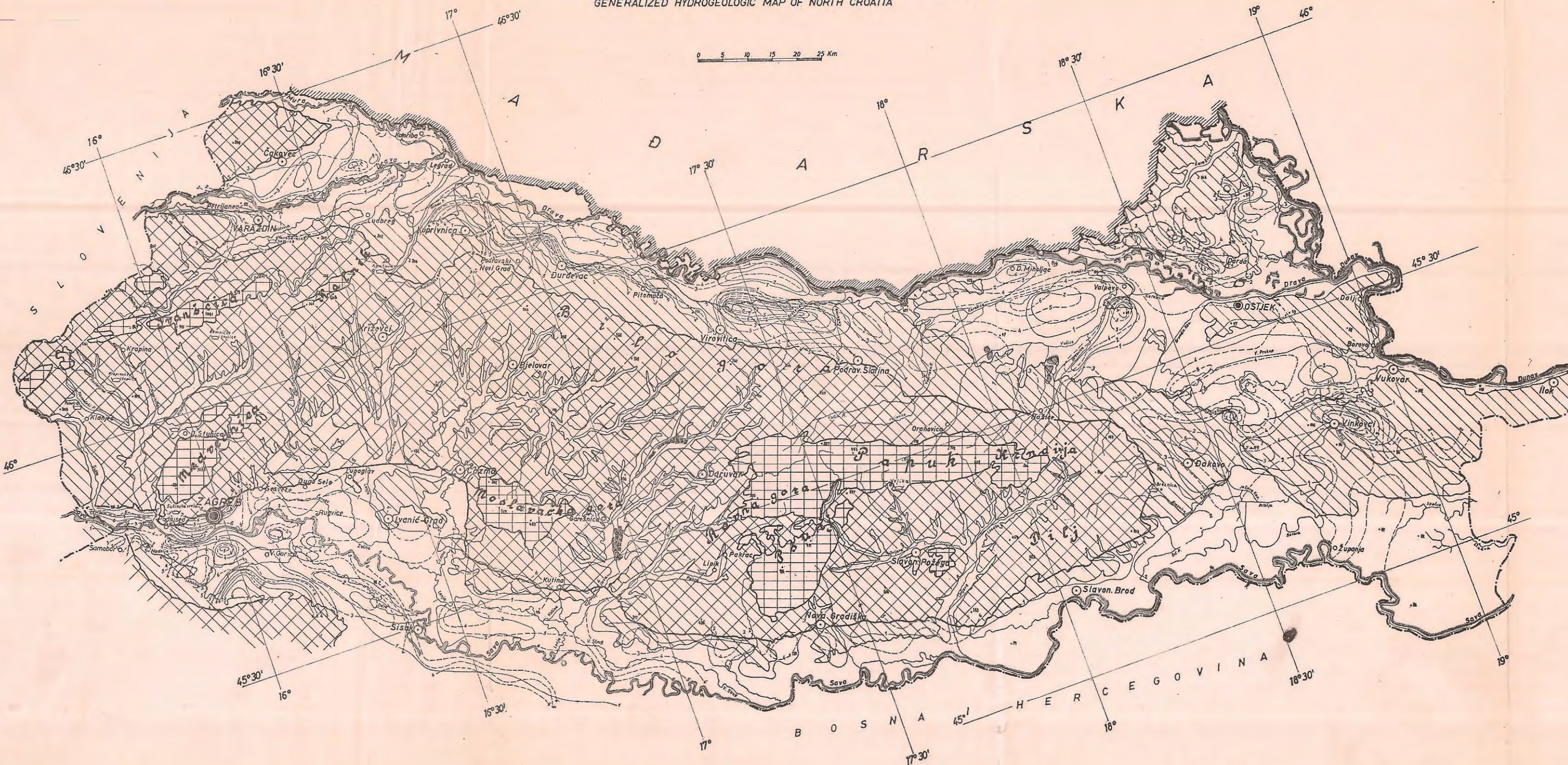
LEGENDA
LEGEND

Hidrokemijska jedinica Hydrochemical unit	HIDROKEMIJSKE KARAKTERISTIKE HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS			Hidrokemijski tip vode koji prevladava (u% od broja analiza) Predominant hydrochemical type of water (% of analyses)
	Medijan mineralizacije Median of mineralization mg/l	Medijan ukupne tvrdoće Median of total hardness °nj	Medijan karbonatne tvrdoće Median of carbonate hardness °nj	
	546	17,4	15,3	Ca-HCO ₃ 64,91%
	778	23,1	16,7	mj.-HCO ₃ 43,65%
	678	22,9	19,3	Ca-HCO ₃ 69,32%
	821	23,2	9,2	Ca-HCO ₃ 26,75%
	a) Meozoik Mesozoic 508	a) Meozoik Mesozoic 17,5	a) Meozoik Mesozoic 13,9	a) Meozoik Mesozoic Ca-HCO ₃ 70,97%
	b) Paleozoik Paleozoic 288	b) Paleozoik Paleozoic 11,2	b) Paleozoik Paleozoic 7,7	b) Paleozoik Paleozoic Ca-HCO ₃ 70,80%



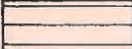





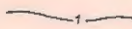
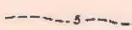



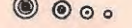




- Državna granica
State boundary
- Republička granica
Republic boundary
- Gradovi i naselja
Towns and settlements

PREGLJEDNA HIDROGEOLOŠKA KARTA SJEVERNE HRVATSKE

GENERALIZED HYDROGEOLOGIC MAP OF NORTH CROATIA



LEGENDA
LEGEND

-  Aluvijalni nanosi i eolski živi pijesci (šljunci, pijesci, praš, gline)
Alluvial deposits and aeolian moving sands (gravels, sands, silt, clays)
-  Tercijarni i kvartarni sedimenti (šljunci, pijesci, praš, gline, lapori, vapnenci u ritmičkoj izmjeni - pretežu: gline, lapori, pijesci, les)
Tertiary and Quaternary sediments (gravels, sand, silt, clays, shales, limestones in rhythmical change - mostly: clays, shales, sands, loess)
-  Stijene starije od tercijara (eruptivne, metamorfne i sedimentne stijene - pretežu: granit, gnajs, dijabaz, zeleni škriljci, vapnenci i dolomiti; paleozojski škriljavci raznog stupnja metamorfizma)
Pretertiary rocks (igneous, metamorphic and sedimentary rocks - mostly: granite, gneiss, diabase, greenschists, limestones and dolomites; paleozoic schists of various degree of metamorphism)
-  Geološka granica
Geological boundary
-  Hidrogeološka jedinica I. (stijene starije od tercijara - pretežno sekundarno porazne - dubina do podzemne vode nedefinirana)
Hydrogeologic unit I. (Pretertiary rocks - mostly of secondary porosity - no defined depth to groundwater)
-  Hidrogeološka jedinica II. (sedimenti tercijara i kvartara brežuljkastog i brdovitog područja - vodonosne stijene pretežno primarno porazne - dubina do podzemne vode 0-30 m)
Hydrogeologic unit II. (Tertiary and Quaternary sediments in hilly and mountainous areas - aquifers mostly of primary porosity - depth to groundwater 0-30 m)
-  Hidrogeološka jedinica III. (ravničarsko područje s kontinuiranim nivoom podzemne vode - vodonosne stijene primarno porazne - dubine do prvog vodonosnog horizonta prikazane izobatama)
Hydrogeologic unit III. (plains with a continuous groundwater level - aquifers of primary porosity - depths to first waterheaving horizon indicated with isobaths)
-  Granica između hidrogeoloških jedinica
Boundary between the hydrogeologic units
-  Izobate maksimuma (1966)
Isobaths max.
-  Izobate minimuma (1966)
Isobaths min.
-  Termalna i mineralna vrela
Thermal and mineral springs
-  Veće rijeke
Large rivers
-  Manji vodotoci
Small water flows
-  Gradovi i naselja
Towns and settlements
-  Imena planina
Mountain names
-  Kota terena
Elevation point
-  Državna granica
State boundary
-  Republička granica
Boundary of republic