

Geol. vjesnik	Vol. 40	Str. 291—312	Zagreb 1987.
---------------	---------	--------------	--------------

UDK 550.8:551:556.3:912:711

Izvorni znanstveni rad

Geološki odnosi u sklopu prirodnih sustava za potrebe prostornih planova

Josipa VELIC

*Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
OOUR Institut za geologiju i mineralne sirovine, Pierottijeva 6, YU—41000 Zagreb*

U nekoliko zadnjih godina prigodom izrada prostornih planova različitih razina u Hrvatskoj, na specifičan su način korišteni rezultati geološke obrade. Ona predstavlja jednu od komponenata prirodnog sustava uz pedologiju, klimatologiju, geomorfologiju, fitocenologiju, zoocenologiju, tipologiju šuma i klasifikaciju krajolika. U članku se opisuje originalna metodologija po kojoj je potrebna interakcija spomenutih prirodnoznanstvenih disciplina uz određeni grafički prikaz. On je uvijek koncipiran tako da ga planeri mogu razumjeti i spoznaje prirodnoga sustava respektirati kod namjena površina.

Na primjeru općine Buje prikazuje se oblikovanje i izbor sadržaja više geoloških karata koje su korištene u prostornom planu. To su: litološka, inženjersko-geološka, hidrogeološka, seizmotektonska i sintetska geološka karta.

In the recent years, results of geological research have increasingly gained in importance for physical planning in the S. R. Croatia, at different levels. They represent a component of the natural system, in addition to soil science (pedology), climatology, geomorphology, phytocoenology, zoocoenology, typology of woods and landscape classification. In the paper, the original methodical approach, requiring the interplay of the above mentioned scientific disciplines, is described, including a specifically designed graphic presentation. The latter should be designed in such a manner to be easily understood by the planners and the cognition of the natural system be incorporated into the physical planning.

The Buje county district in Istria is chosen as an example to show the make-up and the contents selectivity of several geologic maps that had been used in the physical planning. These are: lithological, engineering-geological, hydrogeological, seizmotectonical, and synthetic geological map.

UVOD

Tijekom nekoliko zadnjih godina prigodom izrada prostornih planova pojedinih područja u Hrvatskoj koristile su se i spoznaje geoloških istraživanja. Od 1983. god. u suradnji s Urbanističkim institutom SR Hrvatske i Arhitektonskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu obrađena je bogata geološka dokumentacija, prikazana na kartama različitog mjerila, koje pokrivaju područje cijele Hrvatske (mjerilo 1:300.000), nekoliko zajednica općina (Sisak, Zagreb; mjerilo 1:100.000), općina (Duga Resa, Nikšić, Buje, Vrbovec; mjerilo 1:50.000), mjesnih zajednica (Kutina — 1:10.000; Nin — 1:5.000), nacionalnog parka Mljet i parka pri-

rode Miruša (SAP Kosovo). Za većinu spomenutih područja geološka obrada bila je sastavni dio prirodnoga sustava čiji su se rezultati neposredno ugrađivali u prostorne planove. Stečeno iskustvo i originalna metodologija suradnje u timu stručnjaka različitih prirodoslovnih profila, prva takve vrste u našoj Republici, tema su ovoga članka.

Potrebno je, međutim, spomenuti da je više raznovrsnih geoloških karata i ranije uključivano u prostorne planove (Kiš et al., 1972; Planerski atlas Hrvatske), ali bez onog potrebnog prožimanja s klimatologijom, pedologijom i fitocenologijom, kao i bez završne sintetske karte. Na taj je način geološka grafika manje-više ostala na razini neiskorištenih, formalnih priloga.

Prvi koraci ozbiljnijeg korištenja geologije za planiranje i projektiranje u Jugoslaviji datiraju od prije više od deset godina, kad su u Beogradu obavljena inženjerskogeološka istraživanja za različite razine prostornih planova. Tamo se mnogobrojni i raznovrsni geološki radovi izvode u 27 organizacija, pa je već i sazrela spoznaja o potrebi planskog vođenja katastra klizišta te drugih sustavnih, kompleksnih i suvremenih geoloških, osobito inženjerskogeoloških istraživanja na kartama mjera od 1:50.000 do 1:1.000. Slična inicijativa potekla je i u Zagrebu (Grupa autora, 1981) nakon geotehničkih istraživanja na području nekoliko općina.

Prostorno planiranje postaje sve važnije u skladu s općim trendom porasta broja stanovnika, naseljenih predjela, gospodarskih djelatnosti i sve gušćom infrastrukturom na površini Zemlje koja je višestruko ograničena. Da bi se uskladili svi interesi neophodna je racionalna i pravovremena raspodjela i iskorištavanje prostora kao i njegova zaštita. U tom su smislu utemeljene i postavke Zakona o prostornom uređenju i korištenju građevinskog zemljišta iz 1973. godine i Zakona o prostornom planiranju i uređivanju prostora iz 1980. godine. Zanimljivo je pratiti kako zahtjevi u pogledu sadržaja dokumentacije svih razina planova i projekata postaju sve skromniji, naravno, ako se promatra sa stajališta geologije. Od 1973. do 1980. godine prostorni planovi republika, regija ili općina, morali su sadržavati dokumentaciju i analizu i o prirodnim komponentama prostora, a urbanistički i provedbeni planovi naročito »seizmičke karte« i druge potrebne podatke o zemljištu. U dokumentaciji prostora Republike osobito se zahtijevaju, između ostaloga, geološke i seizmološke podloge, međutim bez detaljnijeg objašnjenja koje i kakve geološke podloge. Nešto više pojedinosti nalazi se u nabrajanju dokumentacije o prostoru općine. Ona, uz druge, obuhvaća inženjerskogeološku kartu s rezultatima ispitivanja tla i mikroseizmičke podatke. Stanovite aluzije na hidrogeologiju mogu se naći u dijelu koji govori o potrebi zaštite od onečišćenja izvorišta voda za piće kao i podzemnih voda uopće.

U Zakonu iz 1980. godine jedino se u poglavlju o zaštiti i unapređivanju čovjekove okolice posredno spominju neki pojmovi koji spadaju u geologiju. To je svrstavanje voda i nalazišta ruda u osobito vrijedna područja te određivanje mjera prostornim planom u cilju njihove zaštite od zagađivanja i neracionalnog korištenja.

Prema Pravilniku o sadržaju i načinu izrade prostornih planova (1985) određeni elementi inženjerske geologije, hidrogeologije i djelornice se-

izmotektonike smatraju se obveznim dijelovima prigodom izrade planova različitih razina. Tako npr. osnove provedbenog urbanističkog plana i provedbeni urbanistički plan uključuju analizu sastava tla, nosivosti i »klizivosti«. S druge strane, prostorni plan općine morao bi imati »plan osobito vrijednih područja te zaštićenih i ugroženih dijelova čovjekove okolice«. Pri tomu se misli, između ostaloga, na »osobito vrijedne nadzemne i podzemne vode s granicama vodozaštitnog područja i nalazišta ruda«, dok se kao »ugroženi dijelovi okolice« vjerojatno podrazumijevaju »negradivi pojasovi« i »zone na kojima se ne može širiti građevinsko područje«. Isto tako, treba odrediti »stupanj seizmičnosti«.

Proizlazi da su autori Zakona i Pravilnika uočili potrebu uključivanja rezultata geoloških istraživanja u prostorne planove, ali je ono više simbolično, ili bolje rečeno, parcijalno. Naime, navedeno je samo nekoliko parametara iz inženjerske- i hidrogeologije koji su i inače najpoznatiji širem krugu građevinara, arhitekata i pedologa. Svjesni te činjenice Lokin et al. (1984) smatraju neophodnim donošenje zakonske i tehničke regulative iz kojih bi se nametnule obveze kompleksnih geoloških istraživanja kako bi se utvrdile mogućnosti narušavanja prirodne sredine i uvjeti zaštite i revitalizacije. Ista ideja spominje se i kasnije (Komatina & Lokin, 1986), ali sada potkrijepljena činjenicom da je geološka struka, osobito inženjerska geologija i hidrogeologija, snažno prodrla u prostorno i urbanističko planiranje i da je njezina primjena sve kompleksnija. Predlaže se poboljšanje uputa i tehničkih propisa za inženjerskogeološke analize u oblasti prostornog planiranja te organizirani i odgovorniji stručni pristup.

Zahvale

Ovom prigodom želim zahvaliti D. Kišu, dipl. inž. i prof. dr S. Bertoviću na uključivanju u ekipu koja je i ranije izradila niz studija za potrebe prostornog planiranja, kao i znanstvenom savjetniku dr J. Martinoviću na suradnji. Zahvaljujem prof. dr E. Prelogoviću i znan. savjetniku dr F. Fritzu na dopuštenju da se dio rezultata njihovih istraživanja za općinu Buje obradi i prikaže u ovom članku. Isto tako dužna sam zahvaliti doc. dr V. Juraku na sugestijama i savjetima, a prof. dr S. Bertoviću na korisnim primjedbama koje su doprinijele poboljošanju rada. Nadalje, izražavam zahvalnost znan. savjetniku dr I. Gušiću, znan. savjetniku dr I. Veliću i doc. dr D. Mayeru na engleskim prijevodima kompleksnih tekstova iz više geoloških specijalnosti, kao i dugogodišnjem suradniku S. Košćalu na izuzetnom zalaganju u izradi grafičkih priloga. Konačno, zahvaljujem Urbanističkom institutu SR Hrvatske, Zavodu za urbanizam Arhitektonskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i SIZ-u III za znanost koji su iskazali potrebnu uvažavanja rezultata geoloških istraživanja u procesu prostornog planiranja svih razina, odnosno za financijsku pomoć kod izrade ovoga članka.

PRIRODNI SUSTAV U SKLOPU PROSTORNOG PLANIRANJA

Uključivanje geologije u proces prostornog i urbanističkog planiranja iskazan je kao jedan od bitnih segmenata obrade prirodnog sustava nekog područja.

Što se podrazumijeva pod prirodnim sustavom?

O tome je pisano u nekoliko navrata (Kiš, 1981, 1984a; Kiš & Velić, 1983), ali uglavnom u obliku stručnih izvještaja deponiranih u fondovima dokumenata. Najpotpunije objašnjenje sadržano je u radu Kiša (1984b) gdje se prirodni sustav izjednačava s ekosistemom određenog područja. Analizira li se definicija ekosistema, može se uočiti da on samo dijelom odgovara sadržaju prirodnog sustava, onakvog kakav je zamišljen kao element prostornog planiranja. Da se izbjegnju mogući prigovori treba napomenuti da naziv »prirodni sustav« irna za sada više radni karakter, ali je bez obzira na to našao svoje mjesto u terminologiji većine stručnjaka koji su izravno ili posredno angažirani u planiranju.

Prirodni sustav u sklopu prostornog planiranja nekog područja predstavlja skup spoznaja o prostoru do kojih se dolazi istraživanjima u okviru nekoliko prirodnoznanstvenih disciplina. To su geologija, geomorfologija, klimatologija, pedologija, fitocenologija, zoocenologija, tipologija šuma i klasifikacija krajolika. Ova posljednja specifično povezuje bio-ekološke i fizionomsko-estetske komponente pejzaža. Obradom prirodnog sustava oblikuje se sistematizirani fond znanja, koji se mora nadopunjavati paralelno s napredovanjem daljih istraživanja, bez obzira na njihovu namjenu.

Inventar spoznaja unutar prirodnoznanstvenog definiranja prostora prvenstveno ima za cilj da se omogući njegovo potpunije i usklađenije korištenje, racionalna eksploatacija prirodnih izvora, te zaštita i obnavljanje kvalitete čovjekovog okoliša. Da bi se ostvarili navedeni ciljevi svaku od komponenata prirodnog sustava mora cjelovito i znanstveno obraditi i interpretirati pojedini specijalist struke. Postignuti rezultati prikazuju se prvenstveno kartografski s inzistiranjem na izboru »indikatora« podobnih i potrebnih u procesu planerskih odlučivanja te onih koji su najznačajniji kod studiranja međuutjecaja, tj. izrade sinteze.

U ovoj zadnjoj fazi naglasak je da se u prostornom planu i kasnije tijekom njegove realizacije, postigne ravnoteža između potreba društveno-ekonomskog razvitka i prirodnih mogućnosti tj. onoga što priroda može dati. To ujedno znači da se nebi smjelo dopustiti iskorištavanje jednog izvora na štetu drugoga, odnosno isticanje određenih prirodnih pogodnosti na štetu drugih. Primjerice, u nekoliko navrata do sada »preklopila« su se područja s velikim rezervama podzemne vode i površine tla I kategorije podobnosti u ratarstvu. Zbog tankog, nepropusnog krovinskog sloja vodonosni horizont treba štititi od utjecaja kemijskih sredstava koja se koriste u poljodjelstvu pa se zato odmah nameće stanovito ograničenje u kategorizaciji uporabljivosti tla. Drugi je primjer vezan za odnos inženjerska geologija — vegetacijski, osobito šumski pokrivač. Tereni podložni eroziji i klizanju još će više to postati prekomjernom sječom šume.

Da bi se bolje objasnio smisao rada na prirodnom sustavu potrebno je поблиže upoznati se sa sadržajem svake od disciplina. U tom će kontekstu važnost geologije postati jasnija.

Raspadanjem stijena nastaju tla — nezamjenjiv faktor biljne proizvodnje. Znanost o klimi, tloznanstvo — pedologija, polazi od činjenice da je pedosfera važan energetski blok ukupne biosfere, hidrološki faktor te univerzalni biološki apsorber, purifikator i neutralizator one-

čišćenja prirode (Martinović, 1983). Obrada područja s pedoekološkog i pedotehničkog stajališta uključuje kao najvažnije procjenu kvalitete tla za biljnu proizvodnju i druge namjene. U obzir se uzimaju npr. položaj u reljefu, matični substrat, dubina i mehanički sastav tla, propusnost, dreniranost i dr. Izravna veza s geologijom uspostavlja se prigodom korelacije litološkog sastava i tipa tla, kod proučavanja debljine i rasprostranjenosti tla (osobito zanimljivo ako ono pokriva ležišta sirovina koja se želi zaštititi od prodora zagađivača), a isto tako i kod analize ugroženosti tla od erozije, nezaobilaznog parametra strukturno-geomorfoloških i inženjerskogeoloških istraživanja. Na osnovi pedološke obrade i primjenom odgovarajućih standarda sprovodi se stupnjevanje pogodnosti tala za različita iskorištavanja. Uobičajena su tri stupnja, a svaki se od stupnjeva, prigodom studiranja međutjecaja u višoj fazi izrade prirodnog sustava, može upotpuniti karakteristikama koje proizlaze iz geoloških odnosa.

Daljnja komponenta prirodnog sustava je podneblje — klima. Ona svuda istaknuto obilježava ekološke uvjete, faunu i floru. Bertović (1984) naglašava da klima jako utječe na reljef, hidrografiju, dinamiku i tvorbu tipova tala te posredno ili izravno na značajke i rasprostranjenost autohtone i ostale vegetacije i životinjski svijet. Uz dobro poznavanje klimatskih prilika predstavljeno odgovarajućom dokumentacijom i ilustracijama, uz ostalo, se s većom vjerojatnošću i preciznošću može govoriti o mogućnosti pojavljivanja nekih fizičko-geoloških procesa, npr. erozije, odronjavanja ili klizanja, kao i o hidrogeološkim značajkama, osobito o odnosu padaline — nivo podzemne vode — prihranjivanje vodonosnog horizonta.

Tretman vegetacijskog pokrivača dobio je svoje mjesto u nizu do sada izrađenih prostornih planova tijekom proteklih dvadesetak godina. Određena pojedinim fitocenoza vegetacija je najbolji indikator stanja i promjena ekoloških prilika, odnosno prirodnih životnih zajednica nekog predjela (Bertović, 1978). Kao sastavni dio ekosustava vegetacijski pokrivač je posebno zanimljiv jer je pojava pojedinih njegovih članova podložna izrazitoj pravilnosti koja je povezana s djelovanjem niza faktora. Ovom se prigodom moraju spomenuti, uz ostale, geografski položaj, litološka podloga, reljef i vodni režim. Osim toga, raslinstvo ima nezamjenjivu ulogu u očuvanju kvalitete životne stajbine — tla, vode i zraka, pri čemu prednjači šumski pokrivač (Bertović, 1984).

Na osnovi netom konstatiranog proizlazi da je geološka građa i u izravnoj povezanosti s vegetacijom (a samim tim i s faunom). Naime, poznat je pojam »ekološki aciditet« i pufersko djelovanje raznih petrografskih podloga. Tako npr. stijene koje su na teritoriju Hrvatske najrasprostranjenije predstavljaju slabo lužnate, uglavnom neutralne i umjereno kisele podloge. U prvoj skupini (slabo lužnate podloge) nalaze se vapnenci, bazalti i dijabazi, u drugoj (pretežno neutralne podloge) lapori, prapori, andeziti i zeleni škrljavci, a u trećoj (umjereno kisele podloge) pješčenjaci, gline, graniti i gnajsi. Za svaku od ovih skupina karakteristične su određene šumske ili druge fitocenoze.

Njegujući vegetacijski pokrivač — osobito šumski, ne samo da se štiti kvaliteta podzemnih voda već se neposredno djeluje i na fizičko-geološke

procesu. Primjerice, kvalitetno raslinstvo doprinosi očuvanju voda te smanjuje eroziju i pospješuje stabilnost padina.

Reljef se obrađuje s nekoliko stajališta: unutar geologije kao odraz litologije i struktura, te unutar klimatologije, fitocenologije i pedologije. On je »jedan između najvažnijih čimbenika i modifikatora ekoloških prilika« (Bertović, 1984).

Jedna od komponenata sinteze prirodnog sustava je i klasifikacija krajolika. Određeni pejzaž oblikovan je ne samo prirodnim silama tijekom milijuna godina, već je podložan i utjecaju čovjeka. U širokom rasponu primarnih osobitosti i ljudske nadgradnje ostvaruju se nove vrijednosti s tim da su mogući, kao ekstremni, puna usuglašenost (akropolni gradići u Istri) ili gotovo potpuna degradacija kao posljedica jednostranog korištenja prirodnih izvora (»mjesječev krajolik« uz bivšu tvornicu glinice u Obrovcu, Kiš, 1983).

GEOLOŠKA OBRADA KAO DIO PRIRODNOG SUSTAVA

Ovim se poglavljem želi iscrpnije opisati sadržaj niza geoloških karata s tumačima koje su potrebne da bi prirodni sustav postao cjelovit i da bi se omogućilo studiranje interakcije svih relevantnih rezultata preostalih prirodnoznanstvenih područja. U prethodnom poglavlju s nekoliko primjera razjašnjena je uzročno-posljedična veza informacija na relaciji geologija — pedologija — klimatologija — fitocenologija — oblikovanje pejzaža. Da bi ovako zamišljen model dobro funkcionirao geološka obrada mora rezultirati specijalističkim kartama, zatim profilima, stupovima, tablicama i tekstualno. Sve to je pretežno rezultat geoloških kartiranja na podlogama različitih mjerila, geofizičkih mjerenja, bušenja, te analiza avio- i satelitskih snimaka.

Nekolicina autora zadnjih je godina pisala o kartama koje su nužne da bi se osigurao suvremeni pristup prostornom planiranju na svim nivoima. Dok jedni zastupaju potrebu izrade većeg broja specijalističkih priloga, a u finalnoj fazi njihovo superponiranje i geološku sintezu (Popović, 1982; Jevremović, 1984), drugi smatraju da se geološki prikaz u praksi svodi na samo dvije vrste karata (Lokinet al., 1982). Drugim riječima, prema prvom pristupu, koji se iznosi s puno detalja (grafički izgled karata, upotreba boja, šrafura i simbola) u obzir dolaze slijedeći sadržaji, predočeni odvojeno:

1. karta lokacija svih vrsta istražnih radova,
2. geološka karta, odnosno karta litogenetskih sredina koja se temelji na shvaćanju recentnih osobitosti stijena kao posljedica uvjeta njihova nastanka i procesa tijekom geneze i kasnije,
3. hidrogeološke i hidrološke pojave,
4. geomorfološke karakteristike,
5. inženjerskogeološka svojstva s rajonizacijom i fizičko-mehaničkim parametrima,
6. seizmotektonsko-seizmička mikrorajonizacija,
7. metalogenetska karta,
8. geotermalna karta, te
9. sintetska geološka karta.

Autori iz druge skupine zalažu se za izradu dva vrlo racionalno koncipirana priloga. To su geološka karta s prikazom građe terena, mineralnim i energetskim izvorima i s podacima o podzemnoj vodi, te inženjerskegeološka karta u koju treba ucrtati smještaj naselja, industrije, prometnica, osnovne infrastrukture i sl. uz naznaku geoloških okolnosti očuvanja okolice i s osnovama seizmičnosti terena.

S obzirom na geološke značajke područja Hrvatske u cjelini ili pojedinih njezinih predjela, u dosadašnjoj izradi prostornih planova geološka je komponenta bila prisutna najčešće pomoću pet karata uz male varijacije (Velić et al., 1983a, 1983b; Velić et al., 1984a, 1984b, 1984c; Velić et al., 1985). Obvezno su konstruirane litološka, inženjerskegeološka, hidrogeološka, seizmotektonsko-seizmološka i sintetska karta, a u ponekim rjeđim prilikama i geomorfološka karta. Podaci o mineralnim sirovinama sporadično su uključivani u litološku kartu. U daljnjem se tekstu detaljnije iznose sadržaji svake od imenovanih karata koji su uvijek strogo prilagođeni jednom cilju — prezentirati one elemente koji su važni kod vrednovanja i racionalnog korištenja prostora.

Litološki sastav

Na određeni način litološka karta se smatra osnovnom i polaznom za izradu ostalih dokumenata. Njome se prikazuju sastav i međusobni odnosi stijenskih kompleksa prema fizičko-kemijskim osobitostima bez obzira na njihovu starost, ili, drugim riječima, na njoj se izdvajaju vrste stijena. Do koje mjere će se grupirati slične ili srodne stijene ovisi svakako i o mjerilu karte. Tako se, primjerice, fliševi različite starosti — paleozojski, jurski, kredni ili paleogenski — prikazuju samo jednom bojom, jer su to sa stajališta pedologije, inženjerske geologije i hidrogeologije gotovo istovrsne stijene. Međutim, odnosi između istovrsnih litoloških članova različite kronostratigrafske pripadnosti nisu uvijek normalni, konkordanti, već nerijetko markirani tektonskim elementima što osobito dolazi do izražaja u seizmotektonskom prikazu pa se stoga jedino nalaze prvenstveno u tom prikazu.

Na sl. 1 dat je primjer pristupa izrade litološke karte za teren općine Buje. On je izabran jer se sastoji od relativno heterogene skupine stijena starosti raspona od alba do holocena (Pleničar et al., 1969; Polšak et Šikić, 1969) koje su detaljnije upoznate na osnovi terenskog pregleda i interpretacije aerofotosnimaka. Na temelju utvrđenih značajki grupirane su u šest skupina. Evo ukratko njihovog opisa.

Aluvijalne tvorevine — riječni nanosi znatnije su razvijeni u dolinama Mirne i Dragonje. Njima pripadaju nevezane holocenske taložine heterogenog sastava: najčešće su gline, a podređeno su prisutni pijesci i šljunci. Izvorne stijene su okolne starije naslage — eocenski fliš te paleogenski i kredni karbonati.

Kao deluvijalno-proluvijalne taložine izdvojeni su padinski i bujični sedimenti mlađe pleistocenske i holocenske starosti, uglavnom u potočnim i riječnim dolinama unutar fliša. To su nesortirane, kaotične naslage od valutica i kršja flišnih pješčenjaka, lapora, breča, zatim krednih i paleogenskih vapnenaca pomiješanih međusobno i s glinom. Čine vrlo blagi ili zaravnjeni reljef, najčešće poljodjelski kultiviran.

Poznato ležište kvarcnog pijeska pokriva veći dio poluotoka Savudrije, odakle se proteže u sve užem pojasu (širine 50 do 100 m) do kamenoloma Kanegra. To je crvenkastosivi i smeđi nevezani do slabo vezani stariji kvartarni sediment debljine 1 do 9 metara. Leži na okršenoj krednoj karbonatnoj podlozi ili crvenici, a mjestimice se i miješa sa crvenicom. Premda se govori o pijesku ovaj sediment sadrži i do 20% glinovite tvari i silta. Nerijetko se u njemu nađu i vapnenačke konkrecije. Danas ga se poput sličnih tvorevina u južnoj Istri i na otocima (Susak, Unije, Lastovo, Korčula, Mljet) smatra eolskim sedimentom.

Blagi, zaravnjeni, ali okršeni reljef zapadnog dijela općine, od granice s flišom do mora domicilni je teren crvenice. Ona ispunjava gotovo svaku ponikvu, uvalu i veće doline u krednim i paleogenskim karbonatima. Debljine je mjestimice i do desetak metara. Na litološkoj karti (sl. 1) izdvojene su i pojave u rasponu debljine od 1 do 2 m. Osim toga, primijenjen je i kriterij površinske rasprostranjenosti, diktiran mjerilom karte, pa su tako otpale mnogobrojne ponikve (osobito one na bujskoj antiklinali) ispunjene crvenicom.

Klastične, flišne naslage pojavljuju se u dva područja općine: sjeverno i južno od karbonatnog pojasa bujske antiklinale. Transgresivno leže na paleogenskim foraminiferskim vapnencima osim na potezu Buje — Sv. Lucija — Sv. Stjepan gdje karbonatne stijene krede i paleogena bujske antiklinale tektonski-reversno naliježu na fliš. U sastav ovih naslaga ulaze klastično-karbonatne stijene: lapori, pješčenjaci, glinoviti vapnenci, vapnenačke i foraminiferske breče te konglomerati. Slojevitost je izvanredno dobro izražena, a debljine slojeva su različite, pa kod svih članova može biti par milimetara i centimetara do preko jedan metar, mjestimice i 2 do 3 m (slojevi konglomerata i breča). Boja fliša je karakteristična od sivo-plavo-zelene prema, kod trošenja, smeđastim tonovima. Prevladavajuća prisutnost lapora odlučujuća je za morfologiju — dominiraju duboke potočne ili riječne doline strmih bokova s čestim pojavama jaružanja, odrona i bujičnjaka.

Vapnenci i dolomiti alba izgrađuju jezgru bujske antiklinale, a prostiru se od Savudrije jugoistočno-istočno do Boskara i Mestra. Otkriveni su i na manjoj površini u istočnom dijelu općine kod Škofa. U obalnom pojasu od Dalja do ušća Mirne i na sjevernim padinama doline Mirne kod Serbana najvećim su dijelom pokriveni kvartarnim taložinama. Litološki, ove su naslage zastupane uslojenim vapnencima s debljinom slojeva do 40 cm, iznimno i do 1 m. Među različitim tipovima prevladavaju vapnenci muljevite osnove — mikriti. Boje su svijetlosive, smeđe, ponegdje su bituminozni i zbog toga tamniji. Pojave kasnodijagenetskih dolomita u obliku leća i proslojaka mjestimice su toliko učestale da se može govoriti o izmjeni vapnenaca i dolomita. Njima se u vršnim nivoima pridružuju i ulošci te slojevi vapnenačkih breča, a zapaženi su, premda rijetko, i tanki proslojci kvarcnog pijeska.

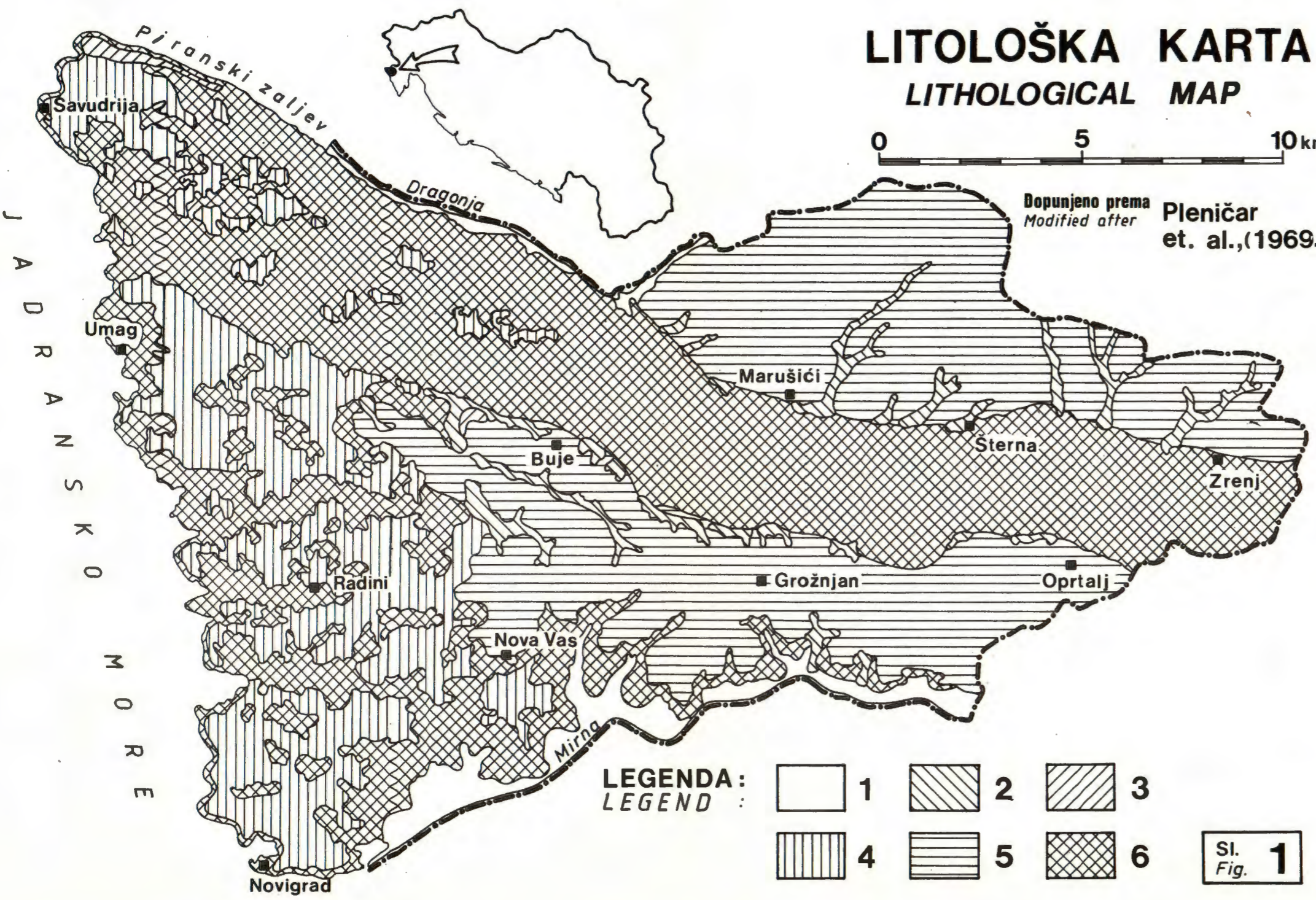
Isključivo karbonatni sastav opisanih naslaga uzrokom je njihove tipične krške morfologije. Susreću se različiti oblici od pukotina preko škrapa, kaverna, ponora i ponikava do uvala i manjih polja. Okršenost i rascupanost izrazitiji su u zonama jače tektonizacije, a to je južna granica ovog člana s vapnencima gornje krede i fliša na potezu od Bašane do sjeverno od Završja.

LITOLOŠKA KARTA

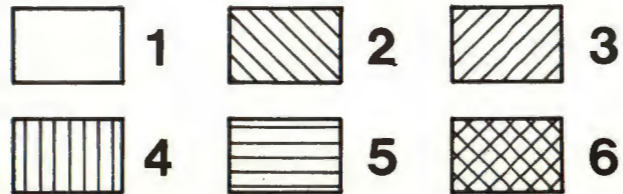
LITHOLOGICAL MAP

0 5 10 km

Dopunjeno prema
Modified after
Pleničar
et. al., (1969.)



LEGENDA:
LEGEND:



Sl. Fig. 1

Sl. 1. Litološka karta

Legenda:

- 1 — aluvijalne gline, siltovi, pijesci i šljunci;
- 2 — deluvijalno-proluvijalne taložine heterogenog granulometrijskog i petrografskog sastava;
- 3 — kvarcni pijesak;
- 4 — crvenica i tanki pokrov crvenice na karbonatima;
- 5 — fliš — uslojeni lapori, pješčenjaci, vapnenačke i foraminiferske breče, konglomerati, glinčviti vapnenci i vapnenci;
- 6 — vapnenci i dolomiti, uslojeni, raspucani i okršeni.

Fig. 1. Lithological map

Legend:

- 1 — alluvial clays, silts, sands, and gravels;
- 2 — deluvial-proluvial deposits of heterogeneous composition;
- 3 — quartz sand;
- 4 — terra rossa;
- 5 — flysh — alternation marls and sandstones with intercalations of calcareous and foraminiferal breccia, clayey limestones, and limestone;
- 6 — limestone and dolomite, bedded, fissured and karstified.

Litološke osobitosti gornjokrednih i paleogenskih vapnenaca (rudistni i alveolinsko-numulitni) prilično su ujednačene. Njihova rasprostranjenost u općini Buje je znatna. Kontinuirano slijede na prethodno opisanim naslagama u sjeveroistočnom krilu bujske antiklinale protežući se od Savudrije u uskom pojasu prema Marušićima, a odatle u širokoj zoni do istočne granice općine (dolina Mirne uzvodno od Sv. Stjepana). Južna zona prostire se od Bašanije do Dalja, a u unutrašnjost do granice s flišom. Izgrađuju i dio sjevernih padina doline Mirne od ušća uzvodno do Burečana.

Gornjokredni, rudistni vapnenci su svijetlih tonova smeđe i sive boje s rijetkim ulošcima dolomita, a mjestimice i tankoslojevitim proslojcima rožnjaka. Dobro su uslojeni. Debljine slojeva variraju od pločastih 5—10 cm, do preko jednog metra, najčešće od 40 do 60 cm. Susreću se različiti tipovi vapnenaca od muljevite do zrnaste osnove. Karakterizira ih učestala prisutnost fosilnih školjkaša — rudista i hondrodonta. Mjestimice su prisutni i bituminozni varijeteti, sivi ili tamnije sivi, iz kojih se kod Sv. Lucije eksploatira arhitektonsko-građevinski kamen »Lucija«.

Paleogeni foraminiferski, alveolinsko-numulitni vapnenci smješteni su u užem pojasu između gornjokrednih vapnenaca i fliša. Od rudistnih vapnenaca razlikuju se slabije izraženom slojevitošću, bojom koja varira od svijetlih tonova smeđe, preko smeđe do crvenkastosmeđe i prisutnošću mnogobrojnih kućica fosilnih foraminifera (praživi) — alveolina i numulita, premda sitnih, ipak uočljivih i prostim okom.

Morfologija opisanih gornjokrednih i paleogenskih vapnenaca slična je onoj u vapnencima i dolomitima alba. Ona se, međutim, doima posve drukčijom zbog velike pokrivenosti crvenicom u zapadnom priobalnom dijelu općine. Pa ipak, unutar ovog člana nerijetko se nalaze pukotine, škrape, ponikve, ponori, uvale i manja polja.

Inženjerskogeološke značajke

Metode i svrha inženjerskogeološke obrade u literaturi su dovoljno poznati, Ali, ipak treba navesti jednu od definicija po kojoj je zadatak ove specijalističke grane geologije (Gojgić, 1982) dati prognozu ponašanja terena tijekom građenja i eksploatacije objekata kao i davanje preporuka za očuvanje i prilagođavanje prirodnim uvjetima. Otuda i njezina prisna povezanost s prostornim planiranjem. Da bi se, pak, izbjegle poteškoće i nepotrebni izdaci nužno je uskladiti suradnju s urbanistima (Petrović & Isaković, 1984) tako da se prvo istraže inženjerskogeološke karakteristike terena, a zatim pristupi planiranju i projektiranju.

Najčešća svojstva terena kojima se bavi geolog inženjerac su stabilnost i nosivost. Dapače, Sunarić (1984) smatra da je stabilnost jedna od osnovnih geotehničkih značajki. S tog stanovišta moguće je razlikovati stabilnost terena u prirodnim uvjetima od one kod građevinske djelatnosti i na toj se osnovi uvijek rade zaključna razmatranja za prostorne planove u Hrvatskoj. Međutim, sadržaj karata se isto tako odnosi na:

- inženjerskogeološku klasifikaciju stijena,
- izdvajanje zona s većim klizištima,

- naznaku pojasa s potencijalnim klizištima,
- stupanj tektonske oštećenosti stijena,
- stupanj i dubinu raspadanja stijena pod utjecajem atmosferilija i drugih vanjskih čimbenika,
- podložnost eroziji ili kvantitativno određivanje intenziteta erozije,
- pojave odronjavanja, otkidanja i tečenja,
- utvrđivanje područja jaružanja, te
- procjenu nosivosti i slijeganja ili stupnja deformacije pod opterećenjima.

Svaki od ovih desetak parametara u kombinaciji s određenim hidrogeološkim i drugim svojstvima utječu različitom težinom na klasifikaciju terena prema podobnosti za raznovrsne namjene. Prema dosadašnjim iskustvima u Hrvatskoj potpuno je zadovoljavajuće bilo zoniranje za potrebe prostornih planera na:

- terene stabilne u prirodnim okolnostima,
- terene stabilne u prirodnim uvjetima koji mogu postati nestabilni prigodom građevinskih zahvata (ili ljudske djelatnosti općenito) i
- terene nestabilne u prirodnom stanju i kod građenja.

Mogući su, međutim, i nešto drukčiji pristupi, posebice ako se neko područje analizira sa stajališta izgradnje naselja, industrije i dr. Tako npr. Nikolić & Lazić (1984) predlažu rajonizaciju na: I — terene bez ograničenja za urbanizaciju, II — terene s neznatnim ograničenjem, III — terene sa znatnim ograničenjem i IV — terene nepogodne za urbanizaciju.

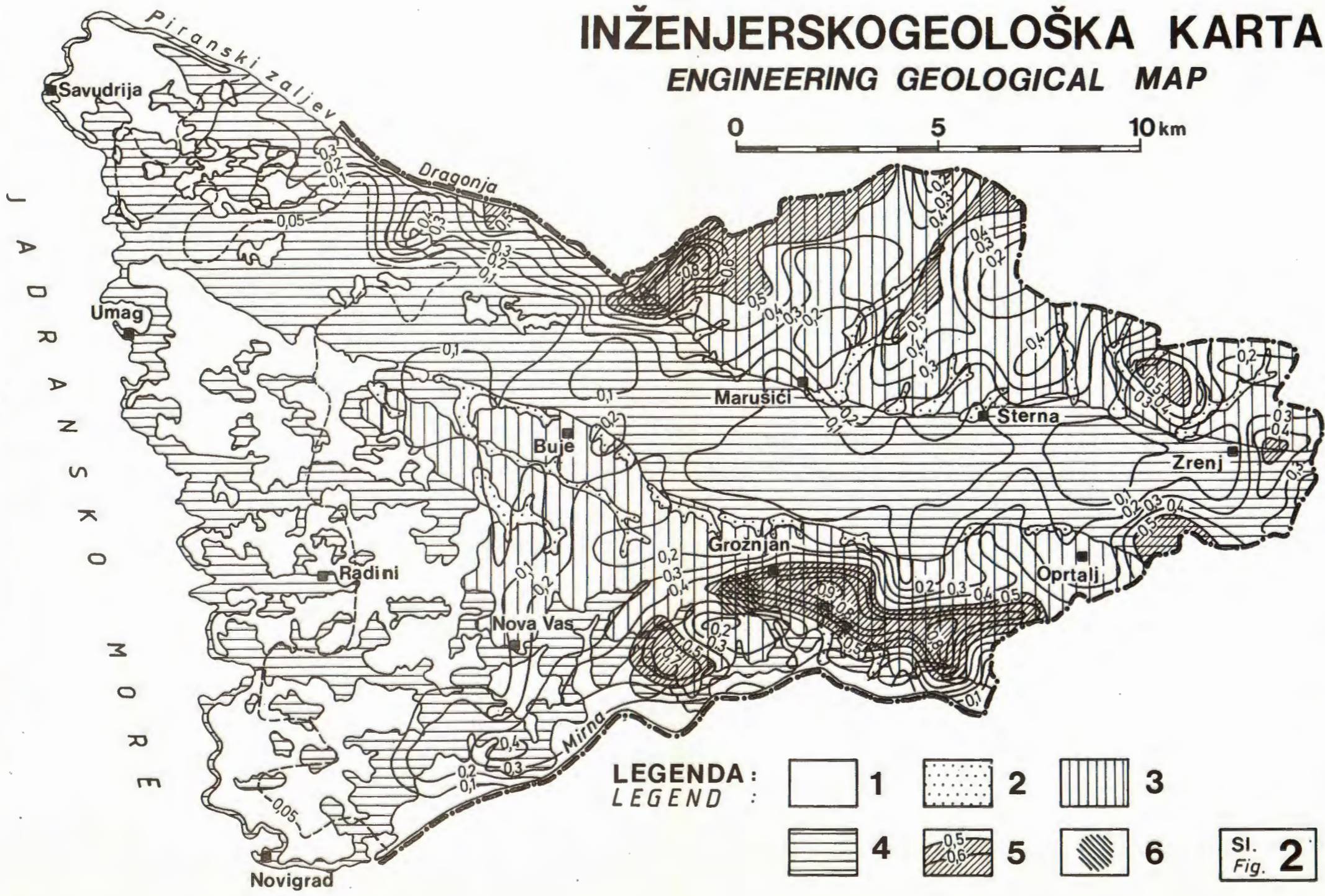
Ovom je prigodom zanimljivo spomenuti i najnovija nastojanja u inženjerskoj geologiji koja se poklapaju sa sve većim interesom planera i urbanista za Jadransko podmorje. Radi se o inženjerskogeološkom kartiranju morskog dna (Benac, 1984) kada treba obaviti temeljenje pomorskih građevina kao što su obale, lukobrani, gatovi, marine, valobrani, mostovi, cjevovodi, dokovi ili platforme za naftu i plin. Npr. velika je razlika u projektu i troškovima ako se temelji na stjenovitom dnu ili dnu pokrivenom morskim talogom ili na aktivnom nevezanom siparu. Ove i druge pojedinosti mogu se utvrditi podmorskim radovima koje obavlja odgovarajuće educirani ronilac. Kod budućeg programiranja inženjerskogeoloških istraživanja za potrebe građenja mogu se, dakle, predvidjeti ovakve ili slične aktivnosti.

Inženjerskogeološka karta bujske općine (sl. 2) djelomice ilustrira prethodne navode. Osim što prikazuje rasprostranjenost stijena izdvojenih u četiri skupine, približno sličnih svojstava u odnosu na stabilnost i nosivost, ucrtani su i rezultati kvantitativne analize erozije predočeni linijama jednakog intenziteta, te zone klizišta.





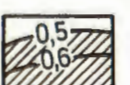

Aluvijalne gline, siltovi, pijesci i šljunci, kvarcni pijesci rta Savudrije te crvenica različite debljine predstavljaju stijene s varirajućim inženjerskogeološkim karakteristikama u skladu s heterogenim sastavom, koji se može naglo mijenjati kako vertikalno tako i lateralno. Deluvijalno-proluvijalni sedimenti, utvrđeni kao manje pojave od Berulića do Sv. Lucije i približno od Kremenja do Sv. Kocijana, stabilni su u prirodnim uvjetima. Prigodom raznovrsnih građenja, međutim, mogu postati nestabilni.

INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA

ENGINEERING GEOLOGICAL MAP



LEGENDA :
LEGEND :

	1		2		3
	4		5		6

Sl. 2. Inženjerskogeološka karta

- Legenda:**
- 1 — stijene s varirajućim inženjerskogeološkim svojstvima u skladu s heterogenim sastavom;
 - 2 — stijene stabilne u prirodnim uvjetima, a kod različitih građevinskih zahvata mogu postati nestabilne;
 - 3 — stijene mjestimice nestabilne u prirodnim uvjetima, a također kod različitih građevinskih zahvata;
 - 4 — stijene povoljne nosivosti i stabilnosti;
 - 5 — linije jednakog intenziteta erozije i područje s osobito povećanom erozijom;
 - 6 — zona klizišta.

Fig. 2. Engineering-geological map

- Legend:**
- 1 — rocks of changeable engineering-geological characteristics, due to their heterogeneous composition;
 - 2 — prevailingly stable areas under natural conditions, but under the human activity could be prevailingly unstable;
 - 3 — prevailingly unstable areas under natural conditions, under the human activity mostly unstable;
 - 4 — rocks of suitable carrying capacity and stability;
 - 5 — lines of equal erosion intensity and area with greatly increased erosion;
 - 6 — landslide zone.

Sl. 2
Fig. 2

Kompleks fliša je mjestimice nestabilan u prirodnim uvjetima, a također i kod građevinskih zahvata. Proteže se središnjim i sjeveroistočnim dijelom općine. Vrlo je podložan površinskom trošenju, eroziji i jaružanju. Produkti raspadanja pokazuju sklonost odronjavanju i klizanju. Svi ovi procesi najviše dolaze do izražaja kad su slojne plohe i padina paralelni ili subparalelni i kad se padina potkopava. Područja s osobito povećanom erozijom (Vuki — Labor, Kuberton — Kućibreg, Lozari — Sažoni, Bućaji — Oprtalj) nalaze se isključivo unutar fliša, a velika količina materijala koja se s njih spire zasipava sve na hipsometrijski nižem položaju. Određeni vegetacijski pokrov i druge mjere zasigurno mogu doprinijeti umanjivanju erozijskog učinka.

Stijene povoljne nosivosti i stabilnosti izgrađuju veći dio površine općine. Predstavljaju ih uslojeni vapnenci i dolomiti, mjestimice jače raspucani i okršeni. Takve pojave umanjuju podobnost izvođenja građevinskih zahvata i treba ih posebno proučavati na kartama krupnijih mjera (1:25.000, 1:10.000 i dr.).

Jugozapadno od Grožnjana locirana je manja zona klizišta. Ona je indikativna jer se nalazi unutar fliša i time potvrđuje jednu njegovu opću prethodno navedenu značajku.

Hidrogeološki odnosi

Značaj hidrogeoloških istraživanja raste s isticanjem važnosti vode, pitke, industrijske i u poljodjelstvu. U zadnje vrijeme svjedoci smo relativno čestih manjkova vode u opskrbi većih gradova pa je i to jedan od razloga sve veće pozornosti tom problemu koji se pridaje prigodom prostornog planiranja, odnosno kod izrade prirodnog sustava. Odgovarajuća hidrogeološka karta i prateći tekst obvezni su dijelovi geološke komponente, čapače, načinjen je i korak dalje te se izrađuju i oleate uz karte s naglaskom na slivove i hidrogeološku funkciju stijena u odnosu na onečišćenja podzemne vode.

Uz dobro poznati sadržaj hidrogeoloških karata uopće, za potrebe prostornog plana posebice se ističu neki elementi da bi se postigla dva glavna cilja. Prvi je dati osnovne informacije o eventualnoj vodoopskrbi, a drugi se odnosi na mogućnost zagađenja i zaštite od njega. Stoga se naznačuju područja podzemlja saturirana većim količinama kvalitetne vode, a u tekstu se opisuju hidrauličke značajke i režim podzemne vode. Nadalje, ucrtavaju se utvrđeni ili pretpostavljeni smjerovi tečenja podzemnih voda koji su važni kod razmatranja mogućih uvjeta onečišćenja. Isto tako, bitne su lokacije hidrogeoloških objekata kao što su izvori, ponori, estavele, kaptaze, bunari i sl. te njihova podzemna povezanost. Ako su hidrogeološka istraživanja unapredovala iz njihovih se rezultata mogu interpretirati vrijednosti debljina površinskih, nepropusnih naslaga, a odnosne izopahe izvrstan su i važan parametar pri superponiranju s pedološkim, klimatološkim ili vegetacijskim kartama.

Jedan od najvećih zadataka koji se nameće u hidrogeološkom dijelu razmatranja nekog prostora je svakako upozoriti planere i urbaniste na opasnost od onečišćenja podzemne vode. Problem je posebno akutan u krškim terenima koji su skoro potpuno nezaštićeni od prodora tvari-onečišćivača u podzemlje. U takvim područjima istražuju se, između

ostaloga, razvodnice (površinske i podzemne), slivne površine te veze između ponora i izvora za različita hidrološka stanja (uglavnom ekstremna). Tamo gdje prevladavaju klastične taložine s izmjenama propusnih i nepropusnih intervala važni elementi hidrogeoloških karata sa stajališta zaštite su hidroizohipse minimalnih i maksimalnih razina podzemne vode. One ukazuju na odnose površinskih i podzemnih voda, definiraju smjer tečenja te služe za prognozu uvjeta temeljenja, mogućnosti eksploatacije vode i sl.

Izvori tvari koje mogu prouzročiti fizičko, biološko, anorgansko- i organsko-kemijsko te radiološko zagađenje su mnogobrojni. Evo nekih najčešćih: otpadne vode naselja i industrije, kanalizacijski mulj, deponiji različitih otpadaka — kemijskih, radioaktivnih i drugih, rudničke vode, odlagališta stajskog gnoja, pesticidi, groblja, rafinerije i skladišta naftnih derivata itd. Mnogi od izvora rijetko će kada zaista i prouzročiti onečišćenje ako se kod prostornog planiranja uključe određene preventivne mjere. Filipović et al. (1984) te Komatina et al. (1984) formulirali su ih u šest točaka: regulirati otjecanje otpadnih voda zatvorenim sustavima, ograničeno i kontrolirano koristiti otrovne preparate i umjetna gnojiva na poljoprivrednim zemljištima, odrediti i održavati kvalitetu rijeka, spriječiti izgradnju industrije koja producira velike količine otpadnih voda u zonama crpilišta ili tamo gdje su okontureni predjeli s vodonosnim naslagama, odrediti zaštitne zone prema zakonskim propisima i najzad, pratiti kvalitetu površinskih i podzemnih voda kako bi se u slučaju potrebe mogle poduzeti određene mjere.

Hidrogeološka istraživanja imaju svoju primjenu i kod projektiranja pojedinačnih objekata. O tome su pisali u novije vrijeme Petrović & Isaković (1984), Todorović & Petrović (1984) i Spigelski (1984). Njihovi radovi tretiraju probleme koji se pojavljuju kod izgradnje duboko ukopanih objekata i kod sanacije zgrada od vlage u temeljima i zidovima. Naime, osim što podzemna voda može izazvati nestabilnost iskopa i kosina u toku građenja, moguć je i njezin prodor u objekt prigodom njegove upotrebe. Takve ili slične neprilike mogu se ili predvidjeti hidrogeološkim istraživanjima i sukladno rezultatima usmjeriti projekte ili ih izbjeći premještanjem lokacije.

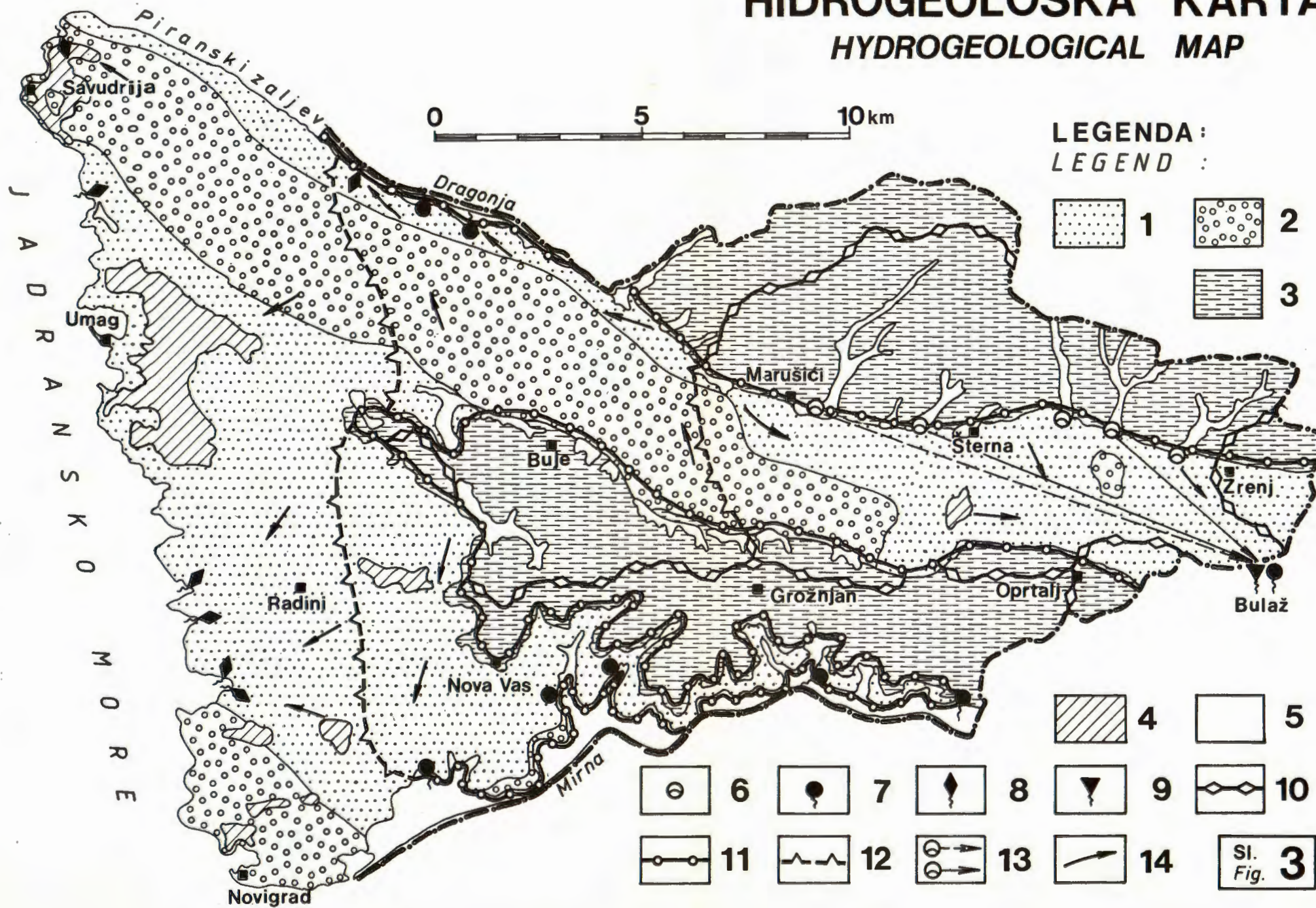
Na kraju ovog općeg prikaza podataka koji potječu iz hidrogeologije i na stanovit se način uključuju u prostorni plan, želi se ukazati na još jedno gledište. Radi se o potrebi predviđanja separatne vodoopskrbe u posebnim uvjetima, npr. ratnim (Čubrilović, 1984), uz primjenu adekvatne metodologije. Primjerice, izdašnost i kvaliteta podzemne vode moraju biti određeni s najnepovoljnijim parametrima.

Područje općine Buje hidrogeološki je vrlo zanimljivo (Magdalenić et al., 1986). Prisutne se stijene mogu graduirati prema vodopropusnosti u šest grupa: od dobro propusnih, preko stijena kombiniranih svojstava do nepopusnih (sl. 3). Registrirani su krški izvori, bočati izvori uz more, termalni izvori i ponori.

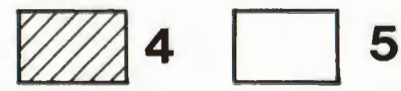
Osnovna je karakteristika propusnih karbonatnih stijena nedostatak površinskih tokova i razvitak krške podzemne hidrografije. Nivo podzemnih voda u priobalnom je području praktično u razini mora, a u bujskom kršu i uz dolinu Mirne je nešto iznad najbližih krških izvora. Tamo gdje u blizini nema izvora (bujski krš) dubina do podzemnih voda

HIDROGEOLOŠKA KARTA

HYDROGEOLOGICAL MAP



LEGENDA:
LEGEND:



Sl. Fig. 3

Sl. 3. Hidrogeološka karta

Legenda:

- 1 — dobro propusne stijene (vapnenci, dolomitični vapnenci, dolomiti, kvartarni pijesci kod Savudrije);
- 2 — slabije propusne stijene (pločasti i tanko uslojeni vapnenci u izmjeni s dolomitima);
- 3 — nepropusne stijene (fliš — lapori i pješčenjaci u izmjeni s uložcima konglomerata i breča);
- 4 — slabo propusne do nepropusne stijene (crvenica);
- 5 — stijene kombiniranih osobina (gline, pijesci);
- 6 — ponor;
- 7 — važan krški izvor;
- 8 — bočati izvor;
- 9 — termalni izvor;
- 10 — površinska razvodnica;
- 11 — podzemna razvodnica, linijska;
- 12 — podzemna razvodnica, pretpostavljena zonarna;
- 13 — ustanovljeni smjer kretanja krških podzemnih voda (relacija ponor — izvor);
- 14 — pretpostavljeni smjer kretanja krških podzemnih voda.

Fig. 3. Hydrogeological map

Legend:

- 1 — high permeable rocks (limestones, dolomitic limestone, dolomites and Quaternary sands of Savudrija);
- 2 — low permeable rocks (alternating plated and thin bedded limestones and dolomites);
- 3 — impermeable rocks (flysh — alternating marls and sandstones interbedded by conglomerates and breccias);
- 4 — low permeable to impermeable rocks (terra rossa);
- 5 — rocks of different hydrogeological characteristics (clays, sands);
- 6 — ponor (swallow hole);
- 7 — karst spring of significant yield;
- 8 — brackish spring;
- 9 — thermal spring;
- 10 — surface watershed;
- 11 — ground watershed;
- 12 — ground watershed — supposed;
- 13 — direction of ground water flow (proved connection between ponor and spring);
- 14 — supposed direction of ground water flow.

je znatna i najvjerojatnije se nalazi na nekoliko desetaka metara iznad razine mora. Na to ukazuju i do sada istraženi speleološki objekti — jame, u kojima i na dubinama blizu 100 m nije registrirana voda.

Nepropusne stijene su zastupljene eocenskim flišom. Tereni s prevlašću lapora zapravo su nepropusni i nemaju podzemne vode. Područja, pak, s proslojcima i lećama ostalih litoloških članova slabo su propusna do stanovite dubine (niže su nepropusna) i sadrže određene male rezerve vode na dubinama do par metara, rijetko na desetak ili više metara. U tim dijelovima terena ili u terenu gdje je fliš prekriven s malo transportiranim glinovitim produktom vlastitog trošenja (debljine 2 do 3 m) nalaze se izvori. Izvora u flišu ima na području općine mnogo, oko stotinu. Pošto su rezerve podzemnih voda lokalne i neznatne, veći dio izvora ljeti presuši, a ostalima izdašnost spadne na par litara u minuti. Izvori kapaciteta do oko 1 l/s su izuzetna pojava. Posljedica male infiltracije oborinskih voda u podzemlje fliša je naglo otjecanje voda površinom, gusta mreža vodotokova bujičnog karaktera što dovodi do velike erozije na padinama i do poplava u nizinama. Tamo gdje površinski tokovi s nepropusnog fliša dotječu do propusnih stijena (bujski krš) voda se gubi u ponorima uzduž granične zone nepropusnih i propusnih stijena. Da li će i ovdje doći do poplava ovisi o kapacitetu gutanja ponora.

Slabopropusne do nepropusne stijene zastupljene su poluzezanom do nevezanom crvenicom, rasprostranjenom po cijelom terenu izgrađenom od propusnih karbonatnih stijena u nizu ponikava i uvala. Hidrogeološki su donekle interesantne samo naslage crvenice debljine od 1—2 m na više. U debljinama većim od 1 m crvenica je praktično nepropusna pa može omogućiti pojave lokava i bunara. Međutim, ti vodni objekti gotovo nemaju važnosti za sadašnju vodoopskrbu. U podini crvenice su propusne karbonatne stijene.

Kvartarni sedimenti u naplavnim dolinama Mirne i Dragonje kao i nanosi u većim dolinama unutar nepropusnih stijena fliša kombiniranih su značajki. Te se taložine sastoje pretežno od glina, rijeđe od zaglinjenih pijesaka i šljunaka, pa ih se u cjelini može tretirati kao nepropusne stijene. To potvrđuju i izvori u dolinama Mirne i Dragonje koji se nalaze u kontaktnoj zoni ovih naslaga i propusnih stijena.

Vode perspektivne za vodoopskrbu pojedinih mjesta ili industrije nalaze se u sekundarno propusnim karbonatnim stijenama (većinom vapnencima) bilo kao krški izvori, bilo kao krške podzemne vode. Limitirajući faktor tih voda je zaslanjujući utjecaj mora i velika dubina. Stoga se najprije privode eksploataciji vode na slatkim izvorima, zatim u zaleđu tih ili boćatih izvora. Najizdašniji izvori (u sušnom razdoblju) uglavnom se već koriste za konvencionalne vodovode.

Seizmotektonski podaci

Prigodom planiranja, projektiranja i izgradnje većih investicijskih objekata treba procijeniti djelovanje seizmičkih sila, odnosno definirati parametre učinka potresa na predviđenim lokacijama. Istraživanja u tu svrhu imaju u prvoj fazi regionalni, a u drugoj lokalni karakter.

Za izradu seizmotektonske karte neophodno je usmjerenim geološkim i geofizičkim istraživanjima sprovesti prvo geotektonsku i neotek-

tonsku rajonizaciju, a zatim ustanoviti tektonsku evoluciju. Pri tomu je važno što detaljnije rekonstruirati geološki razvitak ili, drugim riječima, proučiti litološke, stratigrafske, strukturne i paleostrukturne odnose. Postignutim rezultatima mora se prvenstveno odgovoriti na pitanje da li postoji uzajamna veza tektonskih procesa i pojava potresa i u kojoj mjeri se uočena veza može realizirati potresima pretpostavljenog maksimalnog intenziteta. Osim rajonizacije područja u spomenutom smislu, seizmotektonskom kartom prikazuju se i druge pojedinosti koje su važne za izbor lokacija budućih naselja, industrije ili prometnica i sl. Tako je potrebno ustanoviti još i zone protezanja seizmotektonski aktivnih rasjeda ili rasjednih sustava te označiti epicentralna područja.

U suradnji sa seizmolozima karta se dopunjava rezultatima analiza prostornih, energetske i vremenske karakteristika pojedinih epicentralnih područja. Jakost seizmičkih sila, koja potječe samo od oscilacija tla izražava se najvećim iznosima intenziteta I_{max} , akceleracije a_{max} i brzine v_{max} .

Tijekom izrade seizmotektonske karte obvezno se uzimaju u obzir zaključci geomorfološkog promatranja terena. Naročita se pozornost posvećuje morfološkim fenomenima koji ukazuju na odražavanje dubinskih geoloških odnosa na površini i na recentne, suvremene tendencije tektonskih procesa. Isto tako izdvajaju se određene pojave u reljefu koje mogu otežati realizaciju prostornog plana, a po svojim značajkama spadaju u inženjersku geologiju. Preporučljivo je sprovesti kvantitativne geomorfološke obrade (Marković, 1984) kao što su analiza nagiba padina, analiza energije reljefa ili orijentacije. Njima će se otkriti zone najveće erozije ili akumulacije, utjecaj endogenih faktora ili dubinske strukture.

Takav pristup predložen je na sl. 4 (Prelogović u Velić i dr., 1985). Uz neotektonske, strukturne i seizmotektonske podatke ucrtani su i brojni geomorfološki indikatori struktura i rasjeda, kao što su pravocrtne doline, zone kontrastnog reljefa — strmih padina, razvodnice i njihove deformacije, kanjoni i klanci.

U strukturnom sklopu općine Buje dominira antiklinala Savudrija — Zrenj — Buzet. Razlikuju se dvije osi: jedna u predjelu Savudrije, Sv. Marije na Krasu i Kaldanije i druga u istočnom dijelu kod Zrenja. Karakteristično je da se uzduž antiklinale, po njezinim krilima, protežu rasjedi i to reversni uz južni i normalni uz sjeverni rub. Sjeverno od Sečovja i Zrenja, u porječju rijeke Dragonje proteže se Tržaški flišni sinklinorij u kojemu su klastične paleogenske naslage debele preko 500 m. U predjelu Oprtalj — Grožnjan — Buje nalazi se plitka sinklinala krednih i paleogenskih vapnenaca i fliša, koja se istočno nastavlja u Pazinski sinklinorij.

Rasjedi pripadaju dvama sustavima. U strukturnom sklopu najvažniji su uzdužni rasjedi pružanja ZSZ-IJI i to: rasjed Sečovje — Buzet i Umag — Buje — Istarske toplice. Drugi sustav čine dijagonalni rasjedi pružanja ISI-ZJZ oko Buja, Istarskih toplica, Zrenja do onih pružanja I-Z između Umaga i Kaldanije. Na satelitskim snimcima najuočljiviji je rasjed na potezu Zrenj — Makovci — ušće Mirne. Rasjed Sečovje — Buzet je normalan sa strmo nagnutom paraklazom. Osobito je izražen oko Zrenja i uz Dragonju kod Kaštela. Kod Marušića od glavnog rasjeda

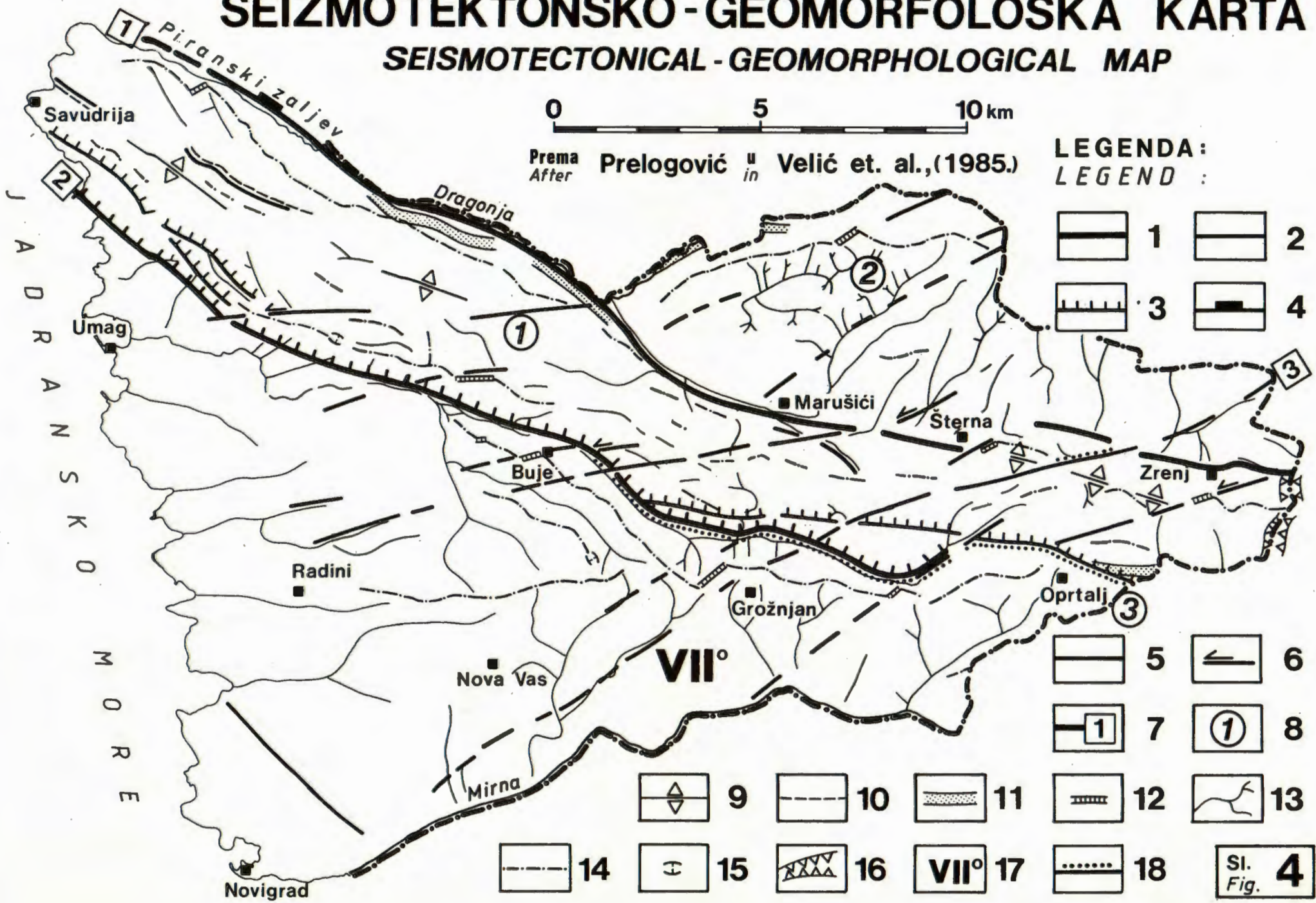
SEIZMOTEKTONSKO - GEOMORFOLOŠKA KARTA

SEISMOTECTONICAL - GEOMORPHOLOGICAL MAP

0 5 10 km

Prema Prelogović u Velić et al., (1985.)
After in

LEGENDA:
LEGEND:



Sl. 4. Seizmotektonsko-geomorfološka karta

Legenda:

A. Neotektonski aktivni rasjedi:

- 1 — najvažniji rasjedi strukturnog sklopa;
- 2 — sekundarni rasjedi.

Tip rasjeda:

- 3 — reversni rasjed;
- 4 — normalni rasjed s naznakom spuštenog bloka;
- 5 — vjerojatno vertikalni i subvertikalni rasjed;
- 6 — rasjed s naznakom horizontalnog pomaka;
- 7 — važniji rasjedi: (1) Sečovje—Buzet, (2) Umag—Buje—Istarske toplice, (3) Zrenj—Makovci—ušće Mirne.

B. Strukture:

- 8 — antiklinala Savudrija—Zrenj—Buzet (1), Tržaški sinklinorij (2), Pazinski sinklinorij (3);
- 9 — os antiklinale.

C. Geomorfološki pokazatelj rasjeda i struktura:

- 10 — pravocrtne i usječene doline;
- 11 — strme padine;
- 12 — kanjoni;
- 13 — veće doline, jaruge, niz dubokih ponikava;
- 14 — razvodnice;
- 15 — deformacije razvodnica;
- 16 — klanac.

D. Seizmotektonski podaci:

- 17 — područje u kojem je intenzitet potresa VII° MCS ljestvice;
- 18 — dionice rasjeda uzduž kojih se mogu javiti slabiji potresi.

Fig. 4. Seismotectonical-geomorphological map

Legend:

A. Neotectonic active faults:

- 1 — the main faults;
- 2 — secondary faults;

Types of faults:

- 3 — reverse fault;
- 4 — normal fault with marked downthrown block;
- 5 — vertical or subvertical fault;
- 6 — horizontal fault;
- 7 — significant faults: (1) Sečovje—Buzet, (2) Umag—Buje—Istarske toplice, (3) Zrenj—Makovci—mouth of Mirna river.

B. Structures:

- 8 — Savudrija—Zrenj—Buzet anticline (1), Tržac synclinorium (2), Pazin synclinorium (3);
- 9 — ancline axis.

C. Geomorphological indicators of faults and structures:

- 10 — linear valleys;
- 11 — steep slopes;
- 12 — canyons;
- 13 — rather big valley, gullies, series of deep dolinas;
- 14 — watersheds;
- 15 — deformation of watershed;
- 16 — ravine.

D. Seismotectonic data:

- 17 — area of earthquake intensity of VII° MCS scale;
- 18 — parts of faults with possibility of weak earthquake.

Sl. Fig. 4

odvaja se rasjed — ogranak prema JI. Rasjed Umag — Buje — Istarske toplice je reversan i s također strmom paraklazom, nagnutom prema sjeveru. Taj rasjed je predstavljen nešto širom zonom, jer se na nekoliko mjesta zapažaju ogranci i prateći rasjedi npr. oko Umaga, zatim između Buja, Tribena i Sv. Ivana i oko Istarskih toplica. Na ove dvije zadnje dionice, čini se, reversije su naglašenije. Dijagonalni rasjedi su mlađi od uzdužnih. Vjerojatno se radi o vertikalnim ili subvertikalnim rasjedima. Izdvajaju se tri skupine s jednim, dva ili tri paralelna rasjeda. To su Umag — Kaldanija, Gomila (Marušići) — Buje i Zrenj — Makovci — ušće Mirne. Uz te rasjede zapaža se i relativno mali horizontalni pomak sjeverozapadnog krila.

Sumarne amplitude neotektonskih pokreta ukazuju na vrlo male promjene u neotektonskom razdoblju. Te promjene se očituju u sporim vertikalnim pokretima i rasjedanju krednih i paleogenskih naslaga. Skokovi su najveći uz reversni kontakt Umag — Buje — Istarske toplice i približnih su amplituda između 100 i 400 m. Iako je najmlađa tektonska aktivnost slaba, na njezinu prisutnost ukazuje pojava termalnih izvora.

Od početka ovoga stoljeća na području općine Buje nije zabilježen niti jedan jači potres. O slabim potresima (do IV^o MCS ljestvice) nema podataka. Na intenzitet djelovanja potresa na površini glavni utjecaj imaju potresi koji su se dogodili u Furlaniji i u manjoj mjeri u Cičariji. S obzirom na intenzitet furlanijskih potresa (IX^o MCS) cijelo područje općine Buje nalazi se u zoni VII^o MCS ljestvice. Granica između VII^o i VIII^o MCS prostire se preko Pirana, Portoroža i Izole prema istoku-sjeveroistoku.

Potencijalne zone mogućih potresa jesu rasjedi, osobito opisani reversni rasjed Umag — Buje — Istarske toplice, posebice potez Buje — Istarske toplice, kao i neke u sl. 4 označene dionice dijagonalnog rasjeda Zrenj — Makovci — ušće Mirne.

Geološka sinteza

Iz obilja podataka koji su sadržani na nekoliko raznovrsnih geoloških karata, u završnoj se fazi planiranja pristupa izradi sintetske karte. Ona mora biti koncipirana tako da je moguće studiranje međutjecaja sa zaključnim kartama pedoloških, klimatoloških i fitocenoloških obrada te da sadrži najbitnije spoznaje koje se izravno uključuju u prostorni plan. Potrebno je dosta umješnosti da se ostvare oba cilja. Ako treba, određeni detalji se mogu preuzeti i iz svake geološke karte pojedinačno, što ovisi o eventualnim specifičnim zahtjevima prostornog planera. Isto tako, često se ukazuje potreba za naknadnim konzultacijama i to onda kad već postoje stanovite ideje o namjeni površina. Takva praksa se pokazala vrlo korisnom i treba ju i dalje provoditi. Zahvaljujući sličnom načinu suradnje korigirane su lokacije nekih objekata te su premješteni na geološki pogodnija mjesta.

Primijećeno je da se geološka sinteza većinom odnosi na različita ograničenja i upozorenja. Evo nekih najčešćih. Na osnovi inženjersko-geološke ocjene stijena određuju se nestabilne ili potencijalno nestabilne zone, bilo u prirodnim uvjetima, bilo u tijeku građenja ili eksploatacije objekata. Seizmotektonska se analiza svodi na ucrtavanje zona

ili dionica rasjeda s izraženom seizmičkom aktivnošću, označavaju epi-centralnih područja ili terena unutar kojeg je moguć potres određene maksimalne magnitute te zoniranje prema osnovnom stupnju.

Predjeli s povećanim intenzitetom erozije mogu biti istaknuti ili na osnovi kvantitativnih analiza ili prema spoznaji iz dubinske geologije i geomorfologije da se radi o području u izdizanju.

Iz hidrogeološke karte preuzimaju se granice rasprostiranja vodonosnih naslaga, a ako je njihov krovinski nepropusni sloj tanak, ili ga nema, potrebno je upozoriti na opasnost od onečišćenja. Oko postojećih crpilišta označava se zona ograničenja i strogog režima. Na osnovi podataka o maksimalnim vodostajima mogu se izdiferencirati tereni u kojima postoji opasnost od prodora vode u ukopane objekte.

Prema opisanom principu koncipirana je i sintetska geološka karta općine Buje (sl. 5).

Na kraju, treba upozoriti na još dvije mogućnosti primjene geologije u prostornom planiranju. O jednoj od njih vrlo su opširno pisali A k s i n e t a l. (1984). Radi se o pojavljivanju geotermalnih voda, njihovom proučavanju i prijedlozima eksploatacije. S obzirom na široki raspon upotrebe (zagrijavanje prostorija i staklenika, sanitarna i tehnološka voda, sportsko-rekreacijski i terapijski objekti i dr.) i neospornu ekonomsku opravdanost, u budućnosti svakako treba ozbiljno računati i na geotermalne izvore energije.

Drugi je aspekt obrazložen u radu J e v r e m o v i ć a (1984). Odnos geologija-urbanizacija promatran je u obratnom smjeru za razliku od svih dosadašnjih napisa o toj temi. Naime, napredovanjem urbanizacije mijenjaju se neke od osnovnih komponenti geološke sredine kao što su način otjecanja površinskih voda i režim podzemnih voda, izgled reljefa ili utjecaj na suvremene geodinamičke procese. Sve su to manje-više negativne pojave koje treba suzbijati jer je očuvanje prirodnih uvjeta za buduće generacije osnovna namjena prostornog plana.

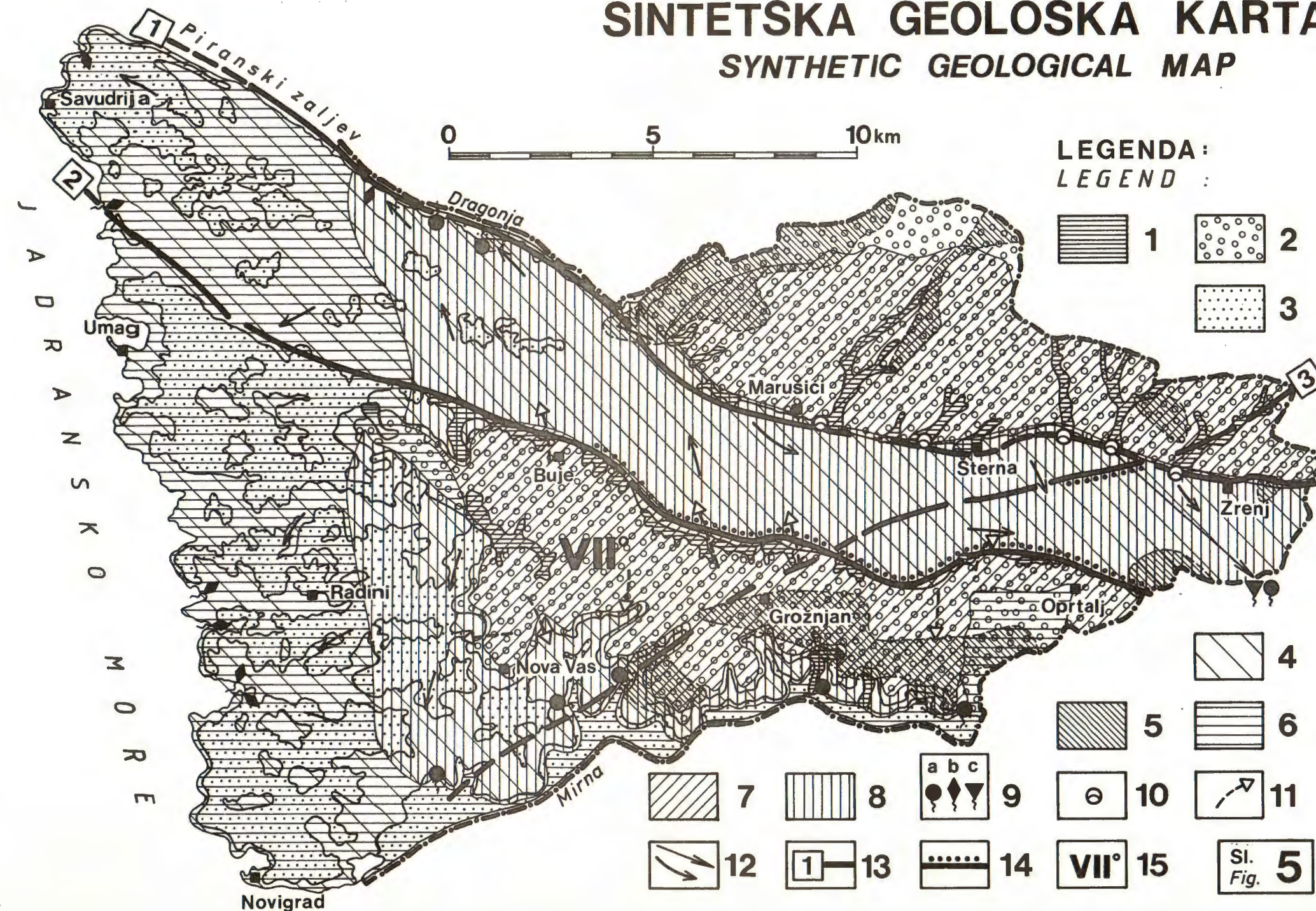
SAŽETAK

U suradnji s Urbanističkim institutom SR Hrvatske i Arhitektonskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu načinjena je bogata geološka dokumentacija za potrebe izrade prostornih planova različitih razina — od republičke, preko općinske do mjesnih zajednica. Prostorno planiranje je sve važnija djelatnost u skladu s povećanjem stanovništva, broja naselja i sve gušće infrastrukture. Da bi se uskladili svi interesi potrebna je racionalna i pravovremena raspodjela i uporaba prostora kao i njegova zaštita. Za ostvarivanje ovako definiranog cilja spoznala se važnost uključivanja rezultata geoloških istraživanja u proces prostornog i urbanističkog planiranja kao jednog od segmenata obrade prirodnog sustava stanovitog područja.

Prirodni sustav nekog predjela predstavlja objektivnu istinu o njemu do koje se dolazi istraživanjima u okviru slijedećih prirodnoznanstvenih disciplina: geologije, klimatologije, pedologije, fitocenologije, zoocenologije, tipologije šuma i klasifikacije krajolika. Njime se omogućuje potpunije i usklađenije korištenje prostora, racionalna eksploatacija prirodnih izvora kao i zaštita i obnavljanje kvalitete čovjekove životne

SINTETSKA GEOLOŠKA KARTA

SYNTHETIC GEOLOGICAL MAP



Sl. 5. Sintetska geološka karta

Legenda:

A. Inženjerskogeološki podaci:

- 1 — stijene stabilne u prirodnim uvjetima, a kod različitih građevinskih zahvata mogu postati nestabilne;
- 2 — stijene mjestimice nestabilne u prirodnim uvjetima, a također i kod različitih građevinskih zahvata;
- 3 — stijene s varirajućim inženjerskogeološkim osobitostima u skladu s heterogenim sastavom;
- 4 — stijene povoljne nosivosti i stabilnosti;
- 5 — područje s osobito povećanom erozijom.

B. Hidrogeološki podaci:

- 6 — područje bez opasnosti od onečišćenja podzemnih voda;
- 7 — područje s ograničenom opasnošću od onečišćenja podzemnih voda;
- 8 — područje s velikom opasnošću od onečišćenja podzemnih voda;
- 9a — važan krški izvor;
- 9b — bočati izvor;
- 9c — termalni izvor;
- 10 — ponor;
- 11 — generalni smjer otjecanja i poniranja površinskih tokova;
- 12 — ustanovljeni odnosno pretpostavljeni smjer kretanja krških podzemnih voda.

C. Seizmotektonski podaci:

- 13 — važniji rasjedi: Sečovje—Buzet (1), Umag—Buje—Istarske toplice (2), Zrenj—Makovci—ušće Mirne (3);
- 14 — dionice rasjeda uzduž kojih se mogu javiti slabiji potresi;
- 15 — područje u kojem je intenzitet potresa VII° MCS ljestvice (vrlo jak potres — oštećuje veći broj dobro građenih kuća).

Fig. 5. Synthetic geological map

Legend:

A. Engineering-geological data:

- 1 — prevailing stable areas under natural conditions, could become unstable under the human activity;
- 2 — prevailing unstable areas under natural conditions, and mostly unstable under the human activity;
- 3 — rocks of changeable engineering-geological characteristics due to their heterogeneous composition;
- 4 — rocks of suitable carrying capacity and stability;
- 5 — area with greatly increased erosion.

B. Hydrogeological data:

- 6 — well protected area of water contamination;
- 7 — partially protected area of water contamination;
- 8 — area of great possibilities of water contamination;
- 9a — karst spring of significant yield;
- 9b — brackish spring;
- 9c — thermal spring;
- 10 — ponor (swallow hole);
- 11 — general direction of surface water flow and its sinking;
- 12 — general direction of ground water movement (established and supposed).

C. Seismotectonical data:

- 13 — significant faults: Sečovje—Buzet (1), Umag—Buje—Istarske toplice (2), Zrenj—Makovci—mouth of Mirna river (3);
- 14 — Parts of faults with possibility of weak earthquakes;
- 15 — earthquake intensity of VII° MCS scale.

okolice. Postignuti rezultati svake od spomenutih disciplina prikazuju se prvenstveno kartografski s time da se izaberu »indikatori« koji su najvažniji kod studiranja međuutjecaja, tj. izrade završnog dokumenta prirodnog sustava.

S nekoliko se primjera može ilustrirati odnos geologije prema već spomenutim znanstvenim disciplinama. Tako se, primjerice, mijenja kategorizacija tla prema pedoekološkim kriterijima ako se ispod njega rasprostire vodonosni horizont s tankom nepropusnom krovinom kojeg treba štiti od poljoprivrednih kemijskih sredstava. Ili, drugi primjer: uklanjanjem ili promjenom vrste vegetacijskog pokrivača povećat će se podložnost terena eroziji i klizanju, a osobito tamo gdje se klimatskim analizama ustanovi određeni režim padalina.

Da bi zamišljeni model prirodnog sustava dobro funkcionirao geološka obrada rezultira nizom specijalističkih karata. Prema dosadašnjoj praksi u više od pet godina u Hrvatskoj, pokazalo se dostatnim izraditi pet karata uz male varijacije. To su litološka, inženjerskogeološka, hidrogeološka, seizmotektonsko-seizmološka i sintetska. Podaci o mineralnim sirovinama sporadično su uključivani u litološku, a geomorfološka analiza u seizmotektonsku kartu.

Litološka karta je osnovna i predstavlja polazište u konstrukciji ostalih geoloških karata. Ona prikazuje sastav i međusobne odnose stijenskih kompleksa prema fizičko-kemijskim osobitostima, bez obzira na njihovu starost. U legendi se ukazuje na ekološki aciditet izdvojenih grupa stijena jer je on odlučujući faktor rasta određene fitocenoze (veza s proučavanjem vegetacije). Ponekad, na osnovi geologije treba zaključivati i o vrstama tala — osobito ako nisu sprovedena odgovarajuća pedološka kartiranja.

Prognoza ponašanja terena tijekom izgradnje i uporabe objekata, odnosno prilagođavanje građevinskih zahvata, na ili u stijeni, prirodnim okolnostima bitna je svrha inženjerskogeoloških proučavanja. Da bi se zonirala područja prema stabilnosti i nosivosti, potrebno je prethodno istražiti niz detalja i prikazati ih kartografski. Pri tome se prvenstveno misli na inženjerskogeološku klasifikaciju stijena, izdvajanje zona s većim klizištima i zona potencijalnih klizišta, utvrđivanje stupnja i dubine rastrožbe stijena pod utjecajem atmosferilija, podložnost eroziji, pojave odrona, jaružanja te procjenu nosivosti i stupnja mogućih deformacija pod opterećenjem. Zaključno zoniranje s inženjerskogeološkog stajališta izražava se u sintetskoj geološkoj karti. Ovdje je zanimljivo spomenuti i najnovija nastojanja prema kojima se pristupa i inženjerskogeološkom kartiranju morskog dna kad treba obaviti temeljnije pomorskih građevina — obala, lukobrana, gatova, marina, mostova, cjevovoda ili platformi za naftu i plin.

Za potrebe prostornog plana, hidrogeološkom se kartom iz uobičajenog sadržaja biraju oni elementi kojima se postižu dva cilja. Prvi je dati osnovne informacije o eventualnoj vodoopskrbi, dok se drugi odnosi na problematiku mogućeg onečišćenja podzemne vode i njezinu zaštitu. Da bi se to postiglo na uočljiv način se okonturuju predjeli čije je podzemlje saturirano većim količinama kvalitetne vode. Da li je ono podložno zagađenju s površine bilo zato što nemaju nepropusnu krovinu (krš) ili je ona tanka, također je neophodno naglasiti na pri-

kladan grafički način (izopahama krovinskog sloja). Izvori fizičkog, biološkog, anorgansko- i organsko-kemijskog te radiološkog onečišćenja su mnogobrojni. Preporučljivo ih je utvrditi i proanalizirati s prstornim plenerima, a dio, ako je moguće s obzirom na njihovu prirodu, premjestiti tamo gdje će savjetovati hidrogeolog. Prigodom projektiranja pojedinačnih objekata, hidrogeologija također ima svoju primjenu — osobito u slučajevima kada podzemna voda može izazvati nestabilnosti iskopa i kosina u tijeku građenja i kada je moguć njezin prodor u objekte.

Za izradu seizmotektonske karte neophodno je usmjerenim geološkim i geofizičkim istraživanjima utvrditi tektonsku evoluciju i zatim sprovesti neotektonsku rajonizaciju. Na toj se osnovi utvrđuje uzajamna veza tektonskih procesa i pojava potresa i u kojoj se mjeri uočena veza može realizirati potresima pretpostavljenog maksimalnog intenziteta. Kartom se prikazuju i druge pojedinosti važne za izbor lokacije naselja, industrije ili prometnica.

Tijekom izrade seizmotektonske karte posvećuje se pozornost i morfološkim fenomenima koji odražavaju dubinske geološke odnose i recentne tendencije tektonskih procesa.

Sadržaj geološke sintetske karte najčešće upućuje planere na različita ograničenja i upozorenja. To su, primjerice, rasprostranjenost stijena nestabilnih bilo u prirodnim uvjetima, bilo tijekom građenja, zone ili dionice rasjeda s izraženom seizmičkom aktivnošću, područja prema osnovnom seizmičkom stupnju, predjeli s povećanim intenzitetom erozije i tereni s podzemnom vodom koja je u opasnosti od zagađenja. Naravno, postoji još čitav niz parametara, a njihov karakter i broj ovisi o stupnju istraženosti i geološkim značajkama svakog konkretnog područja.

Primljeno: 22. 12. 1986.

LITERATURA

Objavljeni radovi

- Aksin, V., Milošavljević, S., Čeman, J. & Jovanović, M. (1984): Neki vidovi korišćenja geotermalne energije u SAP Vojvodini. *Zbornik referata VIII Jugosl. simp. o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, knj. 1*, 127—141, Beograd.
- Benac, Č. (1984): Inženjersko-geološko kartiranje morskog dna za potrebe građenja pomorskih objekata. *Zbornik referata VIII Jugosl. simp. o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, knj. 2*, 267—275, Beograd.
- Bertović, S. (1978): Vegetacija i njena važnost za uređenje i korištenje prostora u Hrvatskoj. *Hortikultura, 2*, 1—6, Split.
- Bertović, S. (1984): Reljef kao ekološki čimbenik u planiranju prostora. Vrijeme i podneblje u prostornom planiranju. Vegetacijski pokrov u planovima uređenja prostora. Prostor i čovjekova okolina u dugoročnom razvoju SR Hrvatske. Urbanistički institut SR Hrvatske, parcijalna studija, knj. II, 30—51, 62—75, Zagreb.
- Čubrilović, P. (1984): Mogućnost separatnog vodosnabdevanja u posebnim uslovima na užoj gradskoj teritoriji Beograda. *Geološka istraživanja u privrednom i prostornom razvoju Beograda, knj. 2*, 435—444, Savez inženjera i tehničara Beograda i SIZ za geološka istraživanja na teritoriji grada Beograda. Beograd.

- Filipović, B., Igrutinović, D., Dimitrijević, N. & Vujasinović, S. (1984): Stepen ugroženosti i potrebne mere zaštite podzemnih voda. *Geološka istraživanja u privrednom i prostornom razvoju Beograda, knj. 2*, 382—388, Savez inženjera i tehničara Beograda i SIZ za geološka istraživanja na teritoriji grada Beograda. Beograd.
- Geološka karta, inženjerskogeološka karta, hidrogeološka karta, ležišta i pojave mineralnih sirovina, sve u mjerilu 1:1 350 000. Planerski atlas SR Hrvatske. Izd. Rep. sekretarijata za urbanizam, građevinarstvo, stambene i komunalne poslove, Zagreb.
- Gojgić, D. (1982): Načelna razmišljanja o principima inženjerskogeološke reonizacije terena kao osnove za vrednovanje prostora. *Zbornik referata VII Jugosl. simp. o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, knj. 2*, 41—43, Beograd.
- Jevremović, D. (1984): Neka razmatranja izmena geološke sredine u uslovima urbanizacije. *Geološka istraživanja u privrednom i prostornom razvoju Beograda, knj. 2*, 621—628, Savez inženjera i tehničara Beograda i SIZ za geološka istraživanja na teritoriji grada Beograda. Beograd.
- Jevremović, M. (1984): Osnovni sadržaj inženjerskogeoloških karata razmere 1:10 000, 1:2 500 i 1:1 000. *Geološka istraživanja u privrednom i prostornom razvoju Beograda, knj. 2*, 26—31, Savez inženjera i tehničara Beograda i SIZ za geološka istraživanja na teritoriji grada Beograda. Beograd.
- Kiš, D. (1984b): Prirodni sustavi. Prostor i čovjekova okolina u dugoročnom razvoju SR Hrvatske. Urbanistički institut SR Hrvatske, parcijalna studija, knj. II, 16—20, Zagreb.
- Kiš, D., Bertović, S., Jurčić, V., Martinović, J. & Ricov, S. (1972): Pejzaž i biološko-ekološka ravnoteža zagrebačke regije. *Čovjek i njegova okolina*, 1—35. Izd. Urbanistički institut SR Hrvatske, Zagreb.
- Kiš, D. & Velić, J. (1983): Ovisnost kvalitete prostornih i urbanističkih planova o korištenju rezultata istraživanja iz područja geoznanosti. *Zbornik savjetovanja: Jedinstvena geotehnička istraživanja urbanih cjelina u svrhu geotehničke i seizmičke mikrorajonizacije, knj. 1*, 41—44, Zadar.
- Komatina, M., Filipović, B. & Igrutinović, D. (1984): Hidrogeološki uslovi i pravci daljih istraživanja za potrebe vodosnabdevanja i zaštite podzemnih voda. *Geološka istraživanja u privrednom i prostornom razvoju Beograda, knj. 2*, 301—323, Savez inženjera i tehničara Beograda i SIZ za geološka istraživanja na teritoriji grada Beograda. Beograd.
- Komatina, M. & Lokin, P. (1986): Hidrogeološka i inženjerskogeološka istraživanja u SFRJ — osnovni problemi i dugoročni zadaci. *XI kongres geologa Jugoslavije, knj. 1*, 115—124, Tara.
- Magdalenić, A., Bonacci, O. & Jurak, V. (1986): Sliv izvora Bulaž u središnjoj Istri. *Krš Jugoslavije*, u tisku, Zagreb.
- Marković, M. (1984): Kvantitativna geomorfološka analiza u inženjerskogeološkim i hidrogeološkim istraživanjima. *Zbornik referata VIII Jugosl. simp. o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, knj. 2*, 55—63, Beograd.
- Lokin, P., Jevremović, M., Gojgić, D., Isaković, O. & Livada, N. (1982): Osnovni princip metodologije inženjerskogeoloških istraživanja za potrebe planiranja, projektiranja i izgradnje. *Zbornik referata VII Jugosl. simp. o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, knj. 2*, 53—70, Beograd.
- Lokin, P., Filipović, B., Vujasinović, S. & Isaković, O. (1984): Geološki aspekti narušavanja, zaštite i revitalizacije prirodne sredine u širem području Beograda. *Geološka istraživanja u privrednom i prostornom razvoju Beograda, knj. 2*, 505—525, Savez inženjera i tehničara Beograda i SIZ za geološka istraživanja na teritoriji grada Beograda. Beograd.
- Nikolić, T. & Lazić, M. (1984): Inženjerskogeološka rejonizacija terena Bariča i Mislodjina za potrebe urbanističkog planiranja. *Geološka istraživanja u privrednom i prostornom razvoju Beograda, knj. 2*, 117—123, Savez inženjera i tehničara Beograda i SIZ za geološka istraživanja na teritoriji grada Beograda. Beograd.
- Petrović, R. & Isaković, O. (1984): Značaj regionalnih inženjerskogeoloških istraživanja za prostorno planiranje. *Geološka istraživanja u privrednom i prostornom razvoju Beograda, knj. 2*, 99—103, Savez inženjera i tehničara Beograda i SIZ za geološka istraživanja na teritoriji grada Beograda. Beograd.

- Pleničar, M., Polšak, A. & Šikić, D. (1969): Osnovna geološka karta SFRJ, list Trst 1:100 000. Geol. zavod Ljubljana i Inst. geol. istraž. Zagreb, 1951—1964, Savezni geol. zavod, Beograd.
- Polšak, A. & Šikić, D. (1969): Osnovna geološka karta SFRJ, list Rovinj 1:100 000. Inst. geol. istraž. Zagreb, 1957—1963, Savezni geol. zavod, Beograd.
- Popović, S. (1982): Princip izrade hidrogeološke karte za potrebe prostornog planiranja. *Zbornik referata VII Jugosl. simp. o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, knj. 1*, 331—334, Beograd.
- Pravilnik o sadržaju i načinu izrade prostornih planova. Narodne novine, 1/1985, Zagreb.
- Sunarić, D. (1984): Osnovna pitanja metodologije izučavanja stabilnosti terena za potrebe izrade GUP-a. *Geološka istraživanja u privrednom i prostornom razvoju Beograda, knj. 2*, 79—87, Savez inženjera i tehničara Beograda i SIZ za geološka istraživanja na teritoriji grada Beograda, Beograd.
- Spigelski, M. (1984): Geološki uvjeti provedbenog urbanističkog plana Gornjeg grada i Kaptola. *Zbornik referata VIII Jugosl. simp. o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, knj. 2*, 377—385, Beograd.
- Todorović, T. & Petrović, R. (1984): Značaj hidrogeoloških istraživanja pri izgradnji građevinskih objekata sa posebnim osvrtom na duboko ukopane objekte. *Geološka istraživanja u privrednom i prostornom razvoju Beograda, knj. 2*, 246—248, Savez inženjera i tehničara Beograda i SIZ za geološka istraživanja na teritoriji grada Beograda, Beograd.
- Zakon o prostornom planiranju i uređenju prostora. Narodne novine, 54/1980, Zagreb.
- Zakon o prostornom uređenju i korištenju građevinskog zemljišta. Narodne novine, 14/1973, Zagreb.

Neobjavljeni radovi

- Grupa autora (1981): Geotehnička istraživanja za kategorizaciju tla područja općine Zaprešić, Novi Zagreb i Velika Gorica, knj. 1 tekst, knj. 2 i 3 katastri klizišta. Fond struč. dokum. izvođača: Geotehnika — Zagreb, OOUR Geoexpert i Geološki zavod — Zagreb, OOUR za kompleksna geološka istraživanja, Zagreb.
- Kiš, D. (1981): Zagrebački prostorni plan. Prirodni uvjeti (sistemi). Fond struč. dokum. Urbanistički institut SR Hrvatske, Zagreb.
- Kiš, D. (1983): Krajoлик. Prostor i čovjekova okolina u dugoročnom razvoju SR Hrvatske. Parcijalna studija, 31—33, Fond struč. dokum. Urbanistički institut SR Hrvatske, Zagreb.
- Kiš, D. (1984): Prirodni sistemi u prostornom planiranju. Ciljevi i mogućnost primjene. Fond struč. dokum. Urbanistički institut SR Hrvatske, Zagreb.
- Martinović, J. (1983): Pedološka obrada. Prostor i čovjekova okolina u dugoročnom razvoju SR Hrvatske. Parcijalna studija, 28—29, Fond struč. dokum. Urbanistički institut SR Hrvatske, Zagreb.
- Velić, J., Prelogović, E. & Mayer, D. (1983a): Prostorni plan općine Duga Resa. Bonifikacija područja na osnovi raznovrsnih geoloških karata. Fond struč. dokum. Urbanistički institut SR Hrvatske, Zagreb.
- Velić, J., Prelogović, E., Mayer, D. & Cvijanović, D. (1983b): Studija: Geološke značajke zagrebačke regije u sklopu prirodnog sustava za potrebe prostornog planiranja. Fond struč. dokum. Urbanistički institut SR Hrvatske, Zagreb.
- Velić, J., Prelogović, E. & Kuk, V. (1984a): Studija: Prirodni sustavi za potrebe prostornog plana općine Nikšić. Fond struč. dokum. Urbanistički institut SR Hrvatske, Zagreb.
- Velić, J., Prelogović, E., Mayer, D. & Grgas, T. (1984b): Studija: Prirodni sustavi za prostorni plan zajednica općina Sisak. Geološka obrada. Fond struč. dokum. Urbanistički institut SR Hrvatske, Zagreb.
- Velić, J., Kranjec, V., Prelogović, E., Mayer, D., Kuk, V. & Marić, K. (1984c): Studija obrade prirodnih sustava za potrebe prostornog plana SR Hrvatske. Fond struč. dokum. Urbanistički institut SR Hrvatske, Zagreb.
- Velić, J., Prelogović, E. & Fritz, F. (1985): Studija: Geološka obrada za potrebe prostornog plana općine Buje. Fond struč. dokum. Urbanistički institut SR Hrvatske, Zagreb.

Geological relations within natural systems as a basis for physical planning

J. Velić

An extensive geological documentation meeting the needs of elaborating of physical planning has been made for the past several years. The physical plans extend over all scales and magnitudes: from those from state or country level to city and to settlement level. The physical planning gains rapidly in importance due to the general trend of the population increase, the increase of the number of settlements, and the steadily growing infrastructure. In order to coordinate all interests, a rational and timely distribution and appropriate usage of available space is indispensable. The protection measures shouldn't also be overlooked. To obtain this object the results of geological research must be included within the process of the physical and urbane planning as a part of studying the natural system of a given area.

The ecosystem of an area represents the objective truth, that should be reached through researches by the following scientific disciplines: geology, pedology, climatology, study of flora and fauna, and typology of the landscape. It enables a more complete and more harmonical use of the available space, a rational exploitation of the natural resources, and protection and rejuvenation of the quality of the human environment. The results obtained by each discipline are »mapped« and primarily represented by cartographic means, selecting those »indicators« that are of prime importance in studying the mutual interrelationships, i. e. in elaborating the final report of the ecosystem.

The relation of geology forward the above mentioned scientific disciplines can be illustrated by several examples. So, for instance, the classification of soils is adjusted according to pedoecological criteria if underneath there is the ground water-bearing horizon covered by a thin impermeable layer and which should be protected from the influence of agricultural chemical stuff. Or another example: the destruction of the plant cover will greatly increase the sensitivity of the ground to erosion and landsliding particularly on those places where the climatologic analyses show the existence of a certain amount of rainfall.

In order to improve the functioning of the model, the geological results are presented in a number of specialistic maps. According to the experience gained during the last five years, the number of five maps proved to be sufficient, allowing for small variations. These are: lithologic map, engineering geological map, hydrogeological map, seismotectonic-seismologic map, and synthetic geological map. The data on mineral resources are sporadically included into the lithologic, and the geomorphologica analyses into the seismotectonic map.

Lithologic map is the basic one and it represents the starting point in the construction of other geologic maps. It shows the composition and mutual relationships of the rock complexes according to their physical and chemical properties and regardless of their age. In the explanation of symbols, the ecologic acidity of the mapped rock complexes is clearly put forth, because it is the decisive agent influencing the growth of a given phytocoenosis (connection to the vegetation studies!). Sometimes we are forced to draw conclusions concerning the types of soil present on the basis of lithology, particularly in the cases where appropriate pedologic survey has not been carried out.

The prediction of how the terrain will behave during building and usage of the objects, i. e. adaptation of the constructive building actions on, or in rock to the natural circumstances is the primary goal of the engineering geological investigations. In order to produce the zonation of a given area according to the stability and carrying capacity, it should be preceded by a number of detailed researches which are then presented on the map. These are, first of all, the engineering geological classification of rocks, the mapping of landslide zones and possible landslides, the establishing of degree and depth of the zone of weathering subjected to the destructive agents of the atmosphere, the susceptibility to erosion, soil creeping, gullying, and rocksliding, as well as the estimate of the carrying capacity and the degree of possible deformations under burden. The final zonation from the engineering geological viewpoints is presented in the synthetical geologic map. Here the recent trends should be mentioned, advocating

the underwater engineering geological mapping applied to the construction of piers, jettys, breakwaters, marinas, off-shore oil and gas platforms, bridges, pipelines etc.

In order to meet the needs of the physical planning, two groups of elements on the hydrogeologic map should be emphasized according to the following two goals: (1) to present the data relevant for water supply, and (2) to stress the problems concerning the possible pollution of ground-water and its protection. This is made by clear visual outlining of those areas that bear large amounts of qualitatively good ground water in the zone of saturation. Further on it should be clearly shown is it affected by the pollution from the surface, and if it is, then it should be distinguished whether it is because it lacks the impermeable cover (as in the karst regions), or the cover is too thin and permeable. This can be done, for instance, by outlining the isopachous of the overlying cover layers. The sources of physical, biological, chemical (anorganic and organic), and radioactive pollution are manifold. It is recommended that they should be established and discussed with physical planner, and, if possible, be moved (or at least a part of them) to where the hydrogeologist would recommend. The hydrogeology should not be neglected in the designing of single object either, particularly in the case when ground water might cause instability of the excavations and slopes and penetrate the object.

In order to set up seismotectonic map, it is necessary to establish by well aimed geological and geophysical research the tectonic evolution followed by neotectonic zonation. On that basis, the mutual connection of tectonic processes and earthquakes is established and, moreover to what degree can the observe connection be achieved by earthquakes of the supposed maximum intensity. Also, other details of importance for the choice of location of settlements, industrial objects, or communication lines are shown.

Within the framework of the seismotectonic map particular attentions should be paid also to morphologic phenomena that reflect subsurface geologic relations and recent trends of tectonic processes.

As for the synthetic geologic map, the prime goal of its contents is to caution the planner to take care of various restrictions and warnings. These are, for instance, the distribution of instable rocks, both in primary circumstances or during the building processes, further on, the delineation of fault zones or their parts with pronounced seismic activity, zonation of areas according to the basic seismic degree, the outstanding of areas with increased intensity of erosion, and the separation of areas with ground water in danger of being polluted. Of course, there is also a number of other parameters, whose properties and number depend on the degree of exploration and geologic characteristics of a given area.

TABLA — PLATE I

Sl. 1, 2. Brazdasta i jaružasta erozija — posljedica djelovanja prvenstveno kiše (pluvijalna erozija). Sjeveroistočno od Šterne.

Figs. 1, 2. Furrowed erosion and gullyng caused by rain (pluvial erosion). NE of Šterna.



1



2

TABLA — PLATE II

- Sl. 1.** Spiranje kišom i stvaranje brazdi u zasjeku česte Buje—Pula.
Fig. 1. Erosion caused by rain and furrowing in the road-cut of the Buje—Pula road.
- Sl. 2.** Vododerina s akumulacijom kršja. Sjeveroistočno od Šterne.
Fig. 2. Gully with accumulated rock debris. NE of Šterna.



1



2

TABLA — PLATE III

Sl. 1, 2. Lokalno odronjavanje i rušenje zidova. Grožnjan.
Figs. 1, 2. Local sliding-down and destroying of stone walls. Grožnjajan.



1



2