

## INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA FLIŠA U ISTOČNIM STAMBENIM NASELJIMA SPLITA

Slobodan ŠESTANOVIĆ

*Građevinski institut, Fakultet građevinskih znanosti Sveučilišta u Splitu, V. Masleše bb, YU — 58000 Split*

**Ključne riječi:** Inženjerskogeološka istraživanja, Fliš, Stabilnost, Zoniranje

**Key-words:** Engineering geological research, Flysch Stability, Zoning

Opisuju se rezultati inženjerskogeoloških istraživanja za potrebe građenja u naslagama eocenskog fliša. Naznačene su osnovne litostratigrafske, tektonske, inženjerskogeološke i hidrogeološke značajke istraženih područja. Izdvojene su zone različitih inženjerskogeoloških karakteristika sa stanovišta stabilnosti u prirodnom uvjetima i u uvjetima inženjerskih radova.

This paper present the results of engineering geological research carried out for the construction in the eocene flysch layer of the housing settlements in the eastern part of Split, Yugoslavia. They are marked on the basis of lithostratigraphical, tectonic, engineering geological and hydrogeological characteristics of the researched areas. The separate engineering geological zones have been distinguished under the natural and building conditions.

### Uvod

Intenzivna graditeljska aktivnost u istočnom dijelu Splita započeta je sredinom šezdesetih i završena sredinom sedamdesetih godina realizacijom velikog stambenog naselja Split III. Nakon toga, tek je početkom osamdesetih godina nastavljen izgradnja u istočnom dijelu Splita realizacijom stambenog naselja Mertojak. U međuvremenu, pripremljena je tehnička dokumentacija za stambeno naselje Pujanke a potom se prišlo pripremi dokumentacije za stambena naselja Žnjan, Pazdigrad i Visoka. Istraženo područje omeđeno je sa sjeverozapada Zagorskim putem, a sa sjevera ulicom Žrtava fašizma. Sjeveroistočna granica se proteže ulicama Narodnih heroja i Rade Končara, a istočna Putem Duilova. S juga je to područje omeđeno morskom obalom, a jugozapadni rub markiraju ulice II dalmatinske proleterske brigade i Sutjeska (slika 1). Na tim, do tada neurbaniziranim, ali prostorno riješenim područjima, provedena su inženjerskogeološka istraživanja i geofizička ispitivanja (Šikić et al., 1970), koja su rezultirala osnovnim podacima o sastavu i karakteristikama terena. Do početka izgradnje, prostorna rješenja na Mertojaku su mijenjana, te su zatražena dodatna istraživanja u cilju dobivanja podataka nužnih za temeljenje objekata. Budući da je prostorno rješenje lokacije bilo definitivno utvrđeno, nije bilo moguće mijenjati položaj nekih objekata za koje se, dodatnim istraživanjima, utvrdilo da se nalaze u području problema-

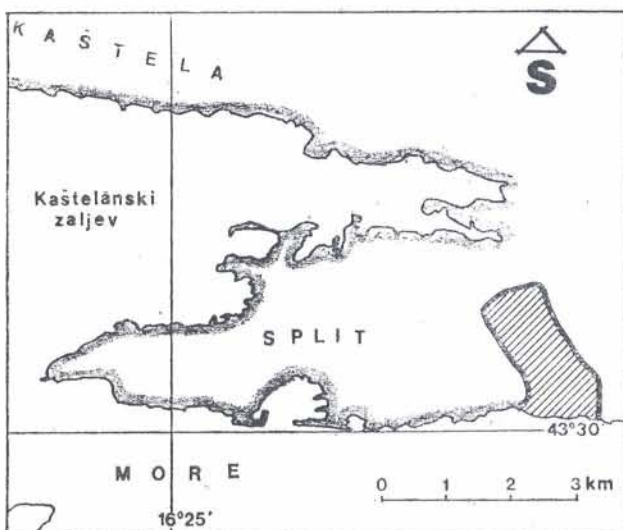
tičnom za temeljenje. Da bi se objekti ipak izveli prema prostornim rješenjima, trebalo je obaviti određene zahvate u terenu, u konstrukciji ili u terenu i u konstrukciji. To je pokušalo i odužilo izgradnju, pa su, s tim u vezi, Čagalj et al. (1980) i Šestanović et al. (1982) ukazali na potrebu provedbe cjelovitih i detaljnih geotehničkih istraživanja prije prostornog rješenja lokacija. Stambeno naselje Pujanke prostorno je riješeno također prije izvedenih detaljnih geotehničkih istraživanja, te je i na toj lokaciji bilo problema s temeljenjem (Šestanović et al., 1984). Kako uloga, sadržaj i značenje inženjerskogeoloških i hidrogeoloških istraživanja u prostornom planiranju još uvijek nisu jednoznačno niti jedinstveno regulirani, to su Lokin et al. (1982) predložili osnovne principe metodologije istraživanja, a Komatina i Lokin (1986) ukazali na posebno značenje inženjerskogeoloških istraživanja i poboljšanu suradnju s nosiocima prostornog planiranja. Nakon uočenih problema u izgradnji naselja Mertojak i Pujanke, za nova stambena naselja Žnjan i Pazdigrad zatražena su geotehnička istraživanja lokacija prije prostornog rješenja, što se naročito korisnim pokazalo za naselje Žnjan koje je pred realizacijom i u čijem prostornom rješenju su uzete u obzir sve relevantne značajke terena (Šestanović et al., 1987). Rezultat takvog pristupa vjerojatno se nalazi dijelom u Pravilniku o sadržaju i načinu izrade prostornih planova iz 1985. godine, ali dijelom i u dokazanoj korisnosti pristupu geotehničkih istraživa-



nja prije prostornog rješenja lokacije na primjeru stambenog naselja Krvavice u Šibeniku (Čagalj et al., 1982).

S tim u vezi, mogući model definiranja geoloških odnosa u sklopu prirodnih sustava za potrebe prostornih planova dala je Velić (1987) na primjeru općine Buje.

Geotehnička istraživanja na lokacijama stambenih naselja istočnog dijela Splita rezultirala su brojnim saznanjima o inženjerskogeološkim značajkama naslaga i omogućila građevinarima da u timskom radu rješavaju složene probleme temeljenja, stabilnosti kosina i njihove zaštite u flišu. Stoga su u ovom radu i prikazane značajke relevantne za graditeljsku praksu, prikupljene od 1979. do 1988. godine.



Sl. 1 Položaj istraženog područja  
Fig. 1 The site of the researched area

### Geotehnička osnova

Za cjelovito utvrđivanje geotehničke osnove lokacije stambenih naselja u istočnom dijelu Splita programirani su istražni radovi prema vrsti i obimu tako, da građevinari dobiju pouzdane podatke o terenu do dubine do koje objekt ima utjecaja. Pri tome su uzete u obzir karakteristike objekta i fizikalno-mehaničke karakteristike stijenske mase u podlozi. Programiranju se prišlo timski, što je rezultiralo razradom postupnog pristupa u ovisnosti o vrsti istražnih radova i njihovoj svrsi (Šestamović et al., 1982).

U prvoj fazi predviđena je geološka prospekcija terena sa zadatkom upoznavanja površinskih odnosa i pretpostavljanja odnosa stijenskih masa po dubini. U drugoj se fazi geofizičkim ispitivanjima trebalo utvrditi, odnosno potvrditi eventualno postojanje anomalnih i nepovoljnih zona i njihove karakteristike u dijelu koji je geološkom prospekcijom označen kao

nepovoljan za gradnju. Ako geološkim istraživanjima mikrolokacija takve zone nisu utvrđene, a niti pretpostavljene, ovu fazu nije nužno provesti. Nakon toga, u trećoj se fazi programira shema istražnog bušenja i izvode se istražne bušotine u cilju detaljnog upoznavanja odnosa naslaga po dubini i uzimanja uzoraka za laboratorijska ispitivanja. Četvrta faza obuhvaća mjerenja u bušotinama u cilju utvrđivanja fizikalno-mehaničkih karakteristika stijene »in situ« te za korelaciju s rezultatima laboratorijskih ispitivanja da bi se uočio efekt mjerenja promatranja. Slijede u petoj fazi laboratorijska ispitivanja kojima se utvrđuju fizikalno-mehanička i kemijska svojstva stijenske mase po dubini, nakon čega se, u šestoj fazi, interpretiraju rezultati svih provedenih istraživanja i ispitavanja u cilju davanja podataka investitoru o podobnosti lokacije za izgradnju predviđenih objekata.

Očiti nedostatak ovako programiranih istraživanja i ispitivanja sadržan je u činjenici nepostojanja seizmotektonske analize područja. Razlog je u tome što su u to doba (početkom osamdesetih godina) vođene intenzivne aktivnosti oko izrade geotehničke i seizmičke mikrozonizacije cjelokupnog područja Splita kojim bi bila obuhvaćena i istočna područja predviđena za stambenu izgradnju, no to ni do danas nije realizirano.

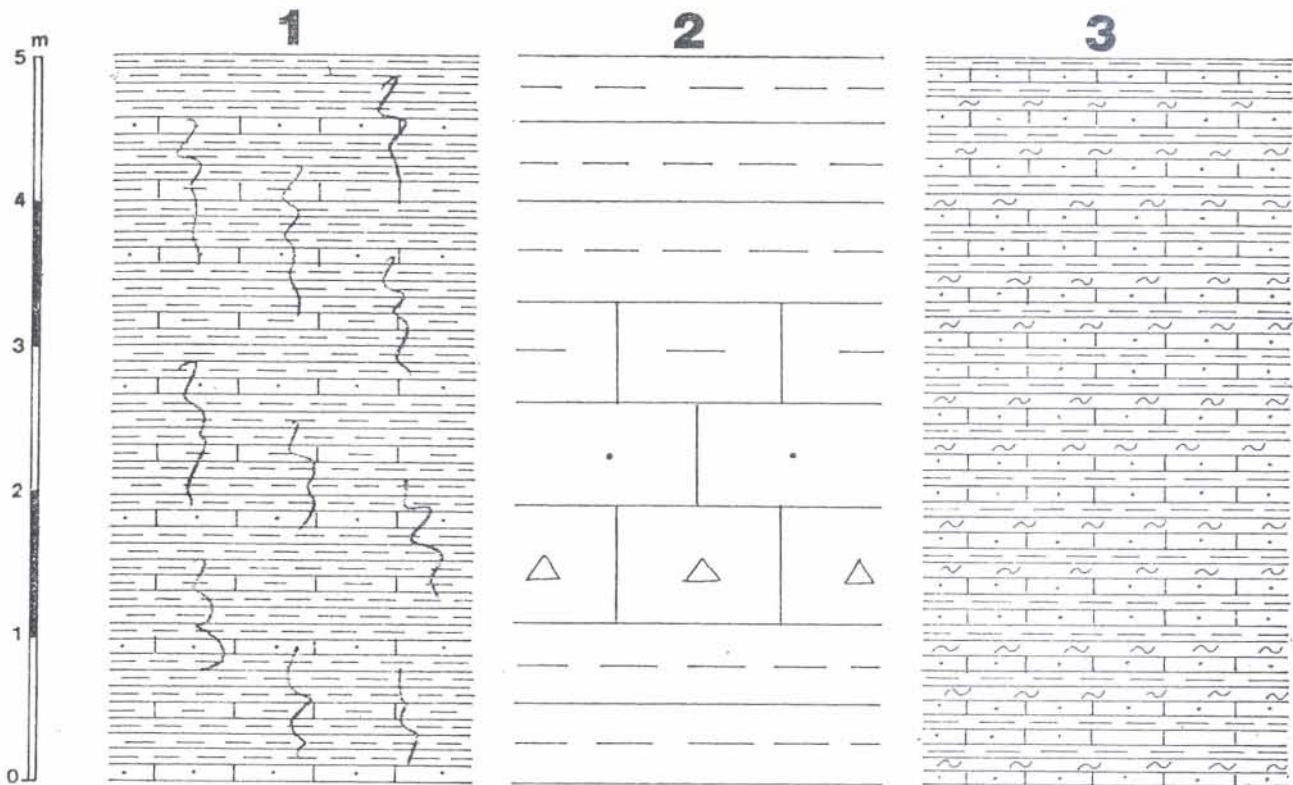
### Litostratigrafske značajke

Područje Splita izgrađuju naslage eocenskog fliša — E<sub>2,3</sub> (Marinčić et al., 1971; Magaš et al., 1973; Marinčić, 1981). One su prekrivene eluvijalnim sedimentima zastupljenim nisko do srednjeplastičnim glinama s kršjem stijena iz podloge. Debljina pokrova je različita, ali rijetko prelazi 4 metra. Zbog njihove heterogenosti, stišljivosti i različite debljine, ti sedimenti nemaju povoljne karakteristike sa stanovišta temeljenja, te je predloženo da se u cijelosti odstrane, a temeljenje izvede na naslagama fliša.

Flišne su naslage zastupljene brečokonglomeratima i brečama, pješčenjacima, laporovitim vapnencima i laporima s različitim sadržajem CaCO<sub>3</sub> komponente. Lapor na čitavom istraženom prostoru dominiraju i najčešće se izmjenjuju s pješčenjacima i laporovitim vapnencima. Brečokonglomerati i breče su u podređenom odnosu.

Debljina slojeva lapora je veoma različita. Najčešće su tankoslojeviti, ali se u terenu nalaze i u slojevima debljine od 1 do 1,5 metar. Pješčenjake nalazimo u debljim slojevima na kontaktu s brečokonglomeratima i brečama, a ako se izmjenjuju s laporima, onda su tankoslojeviti (do 10 cm) i razlomljeni u prizmatične komade.





Sl. 2 Zone različitih inženjerskogeoloških karakteristika sa stanovišta stabilnosti:

- 1 — trošni tankoslojeviti lapori u izmjeni s rijetkim isto tako tankoslojevitim pješčenjacima i laporovitim vapnencima. Naslage su stabilne u prirodnim uvjetima, a nestabilne u slučaju zasijecanja.
- 2 — lapori u mjestimičnoj izmjeni s debljim slojevima pješčenjaka, laporovitog vapnenca, brečokonglomerata i breča. Naslage su povoljnih karakteristika sa stanovišta stabilnosti i nosivosti.
- 3 — tankoslojeviti lapori u često izmjeni s isto tako tankoslojevitim pješčenjacima i glinama u međuslojnim pukotinama. Naslage su stabilne u prirodnim uvjetima, a nestabilne u slučaju zasijecanja.

Fig. 2 The different engineering geological zone characteristics concerning their stability:

- 1 — crumble, thin - layered marls in combination with rare thin - layered sandstones and marl limestones. These layers are stable under the natural conditions, but can become unstable if cut any deeper.
- 2 — marls, occasionally, in combination with thick layers of marl limestones, sandstones and breccia — conglomerates and breccias. These layers are stable under natural conditions and stable if cut any deeper.
- 3 — thin layered marls in frequent combination with also thin - layered sandstones and clay in inter - layer fissures. These layers are stable under the natural conditions, but can become unstable if cut any deeper.

Laporoviti vapnenci su razvijeni u slojevima debljine oko 1 metar, ali ih nalazimo i tankoslojevite u izmjeni s isto tako tankoslojevitim laporima.

Brečokonglomerati, breče i laporoviti vapnenci su razvijeni u slojevima debljine do 1,5 m. Fragmenti brečokonglomerata i breča su dimenzija do 5 cm, a u zoni postupnog prijelaza tih naslaga u pješčenjake nalaze s breče s fragmentima koji ne prelaze 5 mm i bogatom faunom foraminifera. Vezivo im je kalcitično i laporovito. Mjestimično su, u dijelu gdje je vezivo laporovito, te breče trošne i slabo vezane.

Istražni radovi na lokacijama novih stambenih naselja u istočnom dijelu Splita rezultirali su mogućnošću izdvajanja triju osnovnih zona

flišnih naslaga (slika 2). Prvu zonu izgrađuju trošni tankoslojeviti lapori u izmjeni s rijetkim slojevima pješčenjaka i laporovitim vapnencima, također tankoslojevitih.

Drugu zonu izgrađuju lapori koji se mjestimično izmjenjuju s debljim slojevima pješčenjaka, laporovitim vapnencima i brečokonglomerata i breča.

Treću zonu izgrađuju tankoslojeviti lapori u često izmjeni s isto tako tankoslojevitim pješčenjacima i glinama u međuslojnim pukotinama. Debljina slojeva ne prelazi 10 cm. Krti litološki članovi su razlomljeni u prizmatične komade, a mekši su zgnječeni i deformirani djelovanjem tektonike. Debljina eluvija u tom dijelu je najveća.



U naseljima Pujanke i Visoka nađeni su manji zaobljeni olistoliti (do 15 m<sup>3</sup>), zastupljeni foraminiferskim vapnencima, a uz morsku obalu (naselja Mertojak i Žnjan) se na rijetkim slojevima pješčenjaka zapažaju tragovi valova. O pojavi olistolita u širem području Splita pisao je Marjanac (1987). Zanimljivo je da se u područjima s olistolitima, u njihovoj podini često nalaze veće pukotine ispunjene glinom (ako se radi o kontaktu s trošnim laporima) ili prazne manje kaverne (na kontaktu s laporovitim vapnencima i čvrstim laporima).

Debljina flišnih naslaga, prema Magaš et al. (1973), iznosi oko 800 m.

### Tektonski odnosi

Tektonski su odnosi na istraženim lokacijama veoma složeni, a manifestirani su pojavama niza uzdužnih i poprečnih rasjeda, borama (normalnim i izoklinalnim), strmo nagnutim i prebačenim slojevima.

Generalni pravac pružanja naslaga je zapad-sjeverozapad—istokjugoistok s nagibima prema sjeverosjeveroistoku i jugjugozapadu. Rasjedi su na terenu utvrđeni ili pretpostavljeni na temelju analize slojevitosti i morfoloških karakteristika. U otvorenim širokim iskopima za temeljenje objekata oni su mjestimično veoma dobro vidljivi i mogu se većim dijelom pratiti. Uzdužni rasjedi su rezultirali relativnim spuštanjem blokova, što je dijelovima terena dalo kaskadne karakteristike. Oni su naročito markirani na kontaktima debeloslojevitih brečokonglomerata, breča, pješčenjaka i laporovitih vapnenaca s laporima. U tim su zonama lapori zgnječeni i deformirani, a na krtnim članovima flišne serije primjetne su strije. Poprečni rasjedi su pretežnog pravca pružanja sjeverosjeveroistok—jugjugozapad, morfološki su izraženiji u terenu i često markirani vododerinama. Te rasjede prate pukotine identičnog pravca pružanja.

### Inženjerskogeološke i hidrogeološke karakteristike

U inženjerskogeološkom smislu analizirane su pojave abrazije, erozije i klizanja masa, te fizikalno-mehaničke karakteristike uzoraka iz jezgre istražnih bušotina.

Abrazija je zastupljena u obalnom dijelu naselja Mertojak i Žnjan. Njome su potkopani slojevi lapora i pješčenjaka, tako da je dio tih naslaga izgubio oslonac i obrušio se u more. Izvedbom nasipa širine i do 80 metara, proces abrazije je u obalnom dijelu tih naselja zaustavljen.

Erozija je izražena u neuređenim vododerinama povremenih vodotoka koji su korita usjekli duž poprečnih i uzdužnih rasjeda u naseljima

Mertojak, Žnjan i Pujanke. Nakon uređenja dijela korita potoka Radoševac u naselju Mertojak, erozija je zaustavljena, a planira se i uređenje vododerina u naselju Žnjan. Oborinske vode erodiraju eluvijalne i laporovite naslage na strmim neuređenim padinama Žnjana, Pazdigrada i Visoke, ali će i te padine biti uređene i voda kontrolirano odvedena kad se počne sa stambenom izgradnjom i uređenjem terena, kao što je to bio slučaj na Mertojaku i Pujanjkama.

Zaštiti kosina u flišnim naslagama treba prići s odgovarajućom pažnjom, o čemu su pisali Samardžija et al., (1987). Pri tome treba posebno zadovoljiti ove kriterije:

- funkcionalnost i ispravnost tehničkog rješenja u cilju ostvarenja trajne zaštite,
- ekonomsku opravdanost odabranog tipa zaštite,
- estetske zahtjeve i potrebe.

S tim u vezi, mogući tipovi zaštite kosina su:

- potporne konstrukcije,
- obložne konstrukcije,
- zaštita sidrenjem u stijensku masu,
- žičane, aluminijske i plastične mreže, zatravnjivanje, oblaganje travnatim rešetkama i sl.

Ovisno o usvojenim kriterijima, u zaštiti kosina flišnih naslaga primijenjeni su svi opisani tipovi zaštite i pokazali su veoma dobre rezultate.

Klizanje masa evidentirano je samo u jugozapadnom dijelu naselja Žnjan, i to kao smireno klizište. Radovima na izgradnji naselja u ovoj fazi ono se neće dirati.

Mjerenjima »in situ« u istražnim bušotinama i laboratorijskim istraživanjima na više od 300 uzoraka jezgre, utvrđene su ove prosječne fizikalno-mehaničke karakteristike flišnih naslaga:

- $v_p = 500$  m/s za eluvijalne sedimente, 2000 m/s za lapore i 2600 do 4000 m/s za laporovite vapnence, brečokonglomerate, breče i pješčenjake
- Poissonov koeficijent 0,33 do 0,39
- dinamički modul elastičnosti 0,3 do  $0,5 \times 10^4$  MN/m<sup>2</sup>
- modul na smik 0,04 do  $0,25 \times 10^4$  MN/m<sup>2</sup>
- čvrstoća na tlak 6,2 do 79,5 MPa
- čvrstoća na vlak 0,8 do 6,5 MPa
- kohezija 1000 do 2800 kN/m<sup>2</sup>
- kut unutrašnjeg trenja 38° do 57°
- gustoća 2,4 do 2,8 g/cm<sup>3</sup>.

Posebna pažnja posvećena je utvrđivanju količine CaCO<sub>3</sub> u laporima i traženju korelacije između te karakteristike i čvrstoće na tlak (Šestanović et al., 1984, Roje-Bonacci et al., 1985, Šestanović et al., 1986). Funkcionalna veza između tih dviju karakteristika



nije utvrđena, što se objasnilo postojanjem prslina i defekata u građi lapora utvrđenih mikroskopskim i makroskopskim analizama uzoraka. Količina  $\text{CaCO}_3$  komponente u laporima je promjenljiva i iznosi prosječno od 50 % do 75 %.

U analiziranim uzorcima vapnenaca i pješčenjaka mjestimično je utvrđena silicificiranost tih naslaga, a količina  $\text{CaCO}_3$  u takvim je uzorcima iznosila oko 80 %.

Flišne naslage u istraženim područjima stambenih naselja predstavljaju kompleks s promjenljivim inženjerskogeološkim značajkama. Stoga ih možemo dijelom kategorizirati kao naslage koje su stabilne u prirodnim uvjetima, a kod izvođenja inženjerskih radova mogu postati nestabilnim, te dijelom kao naslage povoljnih karakteristika u pogledu stabilnosti i nosivosti. Strmo nagnute flišne naslage u kojima dominiraju trošni tankoslojeviti lapori u izmjeni s rijetkim slojevima pješčenjaka i laporovitih vapnenaca, također tankoslojevitih (zona 1), te tankoslojeviti lapori u čestoj izmjeni s isto tako tankoslojevitim pješčenjacima i glinama u međuslojnim pukotinama (zona 3) su stabilne u prirodnim uvjetima, a svako veće zasijecanje i usijecanje ih čini nestabilnim, naročito ako su slojevi nagnuti u smjeru padine, a nagib padine je strmiji od nagiba slojeva.

Lapori koji se mjestimično izmjenjuju s debljim slojevima pješčenjaka, laporovitih vapnenaca i brečokonglomerata i breča (zona 2) su naslage povoljnih karakteristika sa stanovišta stabilnosti i nosivosti.

Zona smirenog klizišta kategorizirana je kao područje djelomično nestabilno u prirodnim uvjetima, a nestabilno u slučaju bilo kakvih inženjerskih zahvata. Sve ove zone prikazane su na slici 3.

Stalnih površinskih tokova na istraženom području nema. Povremeni potok Radoševac koji prolazi Mertojakom i gubi se u izvedenom nasipu u obalnom dijelu naselja ljeti presuši, a u zimskom razdoblju je veoma izdašan. Njegovo korito je uređeno u dijelu kroz naselje Mertojak. Ostali tokovi se povremeno formiraju u vododerinama naselja Žnjan, a bit će regulirani uređenjem naselja.

S obzirom na hidrogeološke značajke, izdvojene su:

- naslage s vertikalnim i bočnim promjenama propusnosti
- vodonepropusne naslage.

U prvu grupu pripadaju eluvijalni sedimenti čija je propusnost ovisna o količini glinovite komponente. Oborinske vode otječu po ovim naslagama ili se (manjim dijelom) infiltriraju u pliće podzemlje do vodonepropusne podloge.

Drugu grupu čine naslage fliša. Lapori mogu propuštati vodu kroz tanje nekolmirane pukotine, a laporoviti vapnenci, pješčenjaci, brečo-

konglomerati i breče, iako u suštini vodopropusne (pukotinska poroznost), zbog svog položaja u prostoru u sklopu ostalih članova fliša tretiraju se također kao vodonepropusni. Suvisli nivoi podzemne vode u flišnim naslagama nisu utvrđeni. Ali, nekoliko manjih bunara u istraženim područjima s vodnim licem na dubinama između 3 i 8 metara upućuju na izolirane pojave podzemne vode, sakupljene na kontaktima vodopropusnih i vodonepropusnih naslaga. S tim u vezi, pri koncipiranju temeljenja, trebat će predvidjeti efikasnu odvodnju kako bi se izbjeglo kvašenje i degradiranje kontaktne zone temelj-stijena, a u fazi izvedbe širokog iskopa treba spriječiti mogućnost duljeg zadržavanja vode na koti temeljenja jer voda veoma brzo degradira otvorenu flišnu podlogu koju izgrađuju lapori i izaziva potrebu za dodatnim produblivanjem iskopa.

### Zaključak

U istočnom dijelu Splita kojeg izgrađuju naslage fliša ( $E_{2,3}$ ) izvedena su stambena naselja Mertojak i Pujanke, u fazi izvedbe je stambeno naselje Visoka, a priprema se izgradnja stambenih naselja Žnjan i Pazdigrad. U sklopu geotehničkih istraživanja tih lokacija za potrebe stanogradnje, obavljena su inženjerskogeološka istraživanja sa ciljem dobivanja što realnije slike o sastavu i fizikalno-mehaničkim karakteristikama naslaga.

Istraživanja su obavljena na već prostorno riješenim lokacijama (osim Žnjana i Pazdigrada), što je rezultiralo nemogućnošću prelokacija objekata koji su ucrtani na markicama za koje je istražnim radovima utvrđeno da su nepovoljne za izgradnju. Stoga se moralo prići rješavanju problema temeljenja na način, da se zahvati obave u terenu, u konstrukciji ili i u terenu i u konstrukciji objekta. Takvo stanje rezultiralo je produžavanjem roka izgradnje i povećanjem troškova, ali je rezultiralo zaključkom da se geotehnički istražni radovi moraju provoditi prije prostornog rješenja lokacija.

Tektonski odnosi na istraženom području su veoma složeni, manifestirani pojavama brojnih uzdužnih i poprečnih rasjeda, normalnim i izoklinalnim borama, strmonagnutim i prebačnim slojevima.

Inženjerskogeološkim istraživanjima izdvojene su tri zone bitne za koncipiranje temeljenja objekata. Prvu zonu izgrađuju trošni tankoslojeviti lapori u izmjeni s rijetkim isto tako tankim slojevima pješčenjaka i laporovitih vapnenaca. S inženjerskogeološkog stanovišta, te su naslage stabilne u prirodnim uvjetima, a svako veće zasijecanje i usijecanje ih čini nestabilnim.

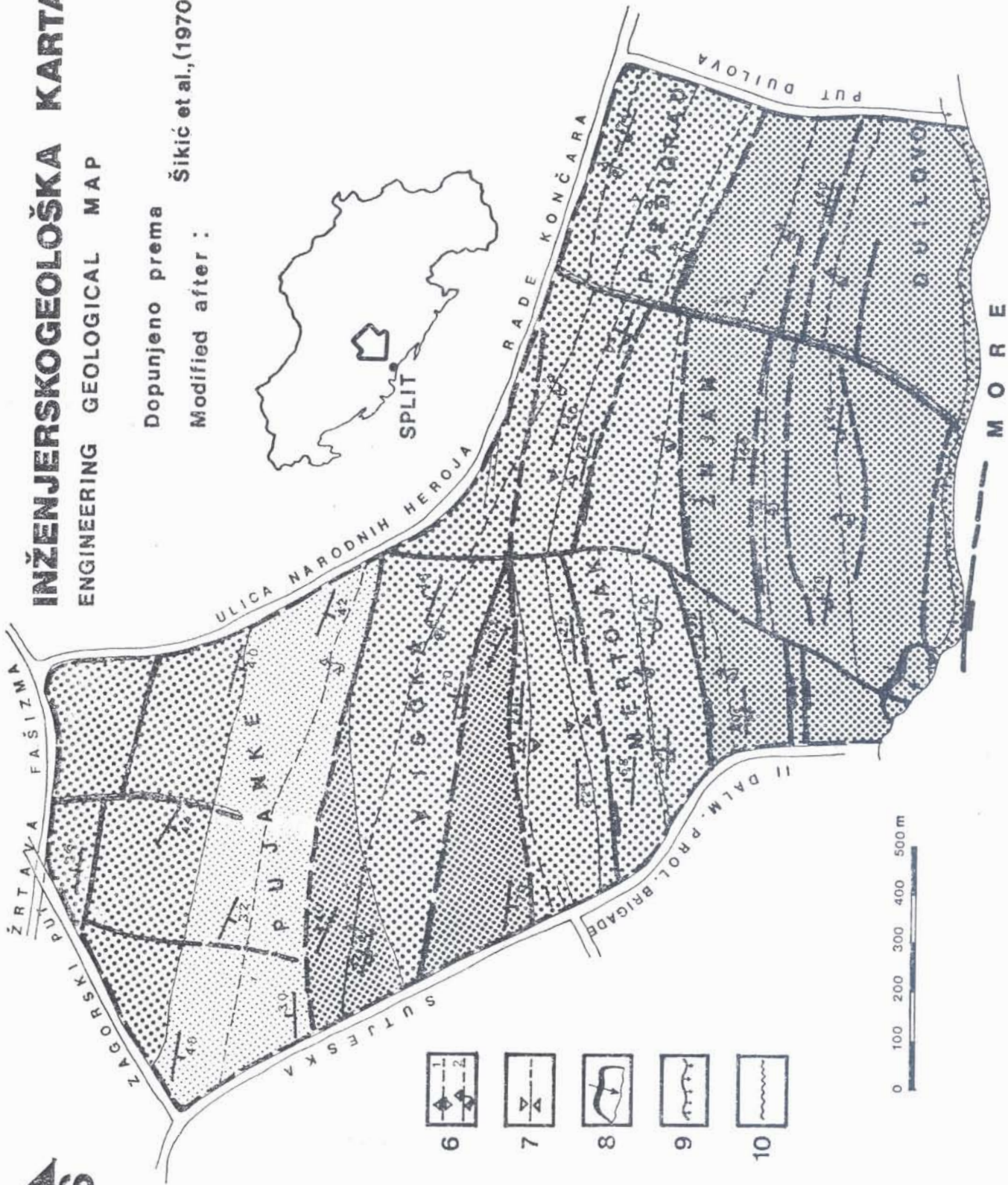
Drugu zonu izgrađuju lapori koji se mjestimično izmjenjuju s debljim slojevima pješče-



# INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA

## ENGINEERING GEOLOGICAL MAP

Dopunjeno prema  
Modified after:  
Šikić et al., (1970)



LEGENDA:  
LEGEND:

- |   |   |   |   |    |
|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5  |
|   |   |   |   |    |
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|   |   |   |   |    |





njaka, laporovitih vapnenaca, brečokonglomerata i breča. To su naslage povoljnih karakteristika sa stanovišta stabilnosti i nosivosti.

Treću zonu, koja je poput prve, stabilna u prirodnim uvjetima, a svako veće zasijecanje i usijecanje čini je nestabilnom, izgrađuju tankoslojeviti lapori u čestoj izmjeni s isto tako tankoslojevitim pješčenjacima i glinama u međuslojnim pukotinama.

Zona smirenog klizišta u jugozapadnom području naselja Žnjan kategorizirana je kao područje djelomično nestabilno u prirodnim uvjetima, a nestabilno u slučaju bilo kakvih inženjerskih radova.

Primljeno: 2. XII. 1988.

Prihvaćeno: 6. II. 1989.

#### LITERATURA

##### a) Objavljeni radovi

- Čagalj, M., Sestanović, S. & Gotovac, B. (1980): Temeljenje stambenog tornja u flišnoj sredini. 5. simp. jug. društva za meh. stij. i podz. rad., knjiga 1, 317—323, Split.
- Komatina, M. & Lokin, P. (1986): Hidrogeološka i inženjerskogeološka istraživanja u SFRJ — osnovni problemi i dugoročni zadaci. XI kongres geologa Jugoslavije, knjiga 5, 1—9, Tara.
- Lokin, P., Jevremović, M., Gojgić, D., Isaković, O. & Livada, N. (1982): Osnovni principi metodologije inženjerskogeoloških istraživanja za potrebe planiranja, projektiranja i izgradnje. Zbornik ref. VII jug. simp. o hidrogeol. i inž. geol., knjiga 2, 53—70, Novi Sad.
- Magaš, N., Marinčić, S. & Borović, I. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100.000. Tumač za listove Split i Primošten. Savezni geol. zavod, 47 str., Beograd.

U hidrogeološkom smislu istraženi teren izgrađuju naslage s vertikalnim i bočnim promjenama propusnosti (eluvijalni sedimenti) i vodonepropusne naslage (fliš promatran kao cjelina). Stalnih površinskih tokova nema, a povremeni su uređeni u završenim stambenim naseljima, odnosno predviđeni za uređenje u naseljima čija je gradnja u planu. Utvrđene su izolirane pojave podzemne vode, na temelju kojih su izvođači upućeni na potrebu projektiranja efikasne odvodnje i sprečavanja duljeg zadržavanja vode u građevinskim jamama koja bi ubrzano degradirala laporovitu podlogu.

- Marinčić, S. (1981): Eocenski fliš Jadranskog pojasa. *Geol. vjesnik*, 34, 27—38, Zagreb.
- Marinčić, S., Magaš, N., Borović, I., Blašković, I., Majcen, Z., Raffaelli, P. & Magdalenić, Z. (1971): Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100.000. List Split. Svezni geol. zavod, Beograd.
- Marjanac, T. (1987): Sedimentacija Kernerove »srednje flišne zone« (paleogen, okolica Splita). *Geol. vjesnik*, 40, 177—194, Zagreb.
- Pravilnik o sadržaju i načinu izrade prostornih planova. Narodne novine 1/1985, Zagreb.
- Roje-Bonacci, T., Sestanović, S. & Čagalj, M. (1985): Analiza odnosa jednoosne čvrstoće i postotka CaCO<sub>3</sub> u flišnim naslagama. 6. simp. jug. društva za meh. stij. i podz. rad., knjiga 1, 104—107, Titovo Velenje.
- Samardžija, I., Čagalj, M., Sestanović, S. & Barčot, D. (1987): Inženjerskogeološka is-

Sl. 3

Fig. 3

#### LEGENDA

1. Trošni tankoslojeviti lapori u izmjeni s rijetkim također tankoslojevitim pješčenjacima i laporovitim vapnencima. Naslage su stabilne u prirodnim uvjetima, nestabilne u slučaju zasijecanja.
2. Lapori u mjestimičnoj izmjeni s debljim slojevima pješčenjaka, laporovitog vapnenca, brečokonglomerata i breča. Naslage su povoljnih karakteristika sa stanovišta stabilnosti i nosivosti.
3. Tankoslojeviti lapori u čestoj izmjeni s isto tako tankoslojevitim pješčenjacima i glinama u međuslojnim pukotinama. Naslage su stabilne u prirodnim uvjetima, a nestabilne u slučaju zasijecanja.
4. Položaj sloja: 1 — nagnut; 2 — prebačen.
5. 1 — Rasjed s relativno spuštenim blokom utvrđen i pretpostavljen;  
2 — Rasjed sa subvertikalnom i vertikalnom paraklazom, utvrđen i pretpostavljen.
6. Os antiklinale:  
1 — normalna, utvrđena i pretpostavljena;  
2 — prebačena, utvrđena i pretpostavljena.
7. Os sinklinale, utvrđena i pretpostavljena.
8. Klizište.
9. Granica abrazije.
10. Povremeni vodotoci ili jaruge.

#### LEGEND

1. Crumble, thin — layered marls in combination with rare, also thin — layered sandstones and marl limestones. These layers are stable under the natural conditions, but can become unstable if cut any deeper.
2. Marls, occasionally, in combination with thick layers of marl limestones, sandstones and breccia — conglomerates and breccias. These layers are stable under natural conditions and stable if cut any deeper.
3. Thin layer marls in frequent combination with also thin — layered sandstones and clay in inter — layer fissures. These layers are stable under the natural conditions, but can become unstable if cut any deeper.
4. Dip of bed: 1 — tilted; 2 — overthruened.
5. 1 — Fault with relatively downthrown block, determined and supposed;  
2 — subvertical or vertical fault, determined and supposed.
6. Anticline axis:  
1 — normal, determined and supposed;  
2 — overturned, determined and supposed.
7. Syncline axis, determined and supposed.
8. Landslide zone.
9. Boundary of abrasion.
10. Periodical currents and gullies.



- traživanja i zaštita kosina u flišnim naslagama. Zbornik ref. IX jug. simp. o hidrogeol. i inž. geol., knjiga 2, 171—173, Priština.
- Šestanović, S., Andrić, M. & Čagalj, M. (1982): O dodatnim inženjerskogeološkim i geofizičkim istražnim radovima na lokaciji Mertojak — Split III. Zbornik ref. VII jug. simp. o hidrogeol. i inž. geol., knjiga 2, 273—282, Novi Sad.
- Šestanović, S., Čagalj, M., Barčot, D. & Urli, M. (1984): Geotehnički radovi za temeljenje naselja Pujanke u Splitu. *Građevinar*, 9, 371—376, Zagreb.
- Šestanović, S., Roje-Bonacci, T., Čagalj, M., Dešković, Z. & Samardžija, I. (1986): Geotehnička analiza prometnica u širem području grada Splita. *Ceste i mostovi*, 9, 337—341, Zagreb.
- Šestanović, S., Čagalj, M., Rehak-Korlaet, N. & Barčot, D. (1987): Prikaz prve faze geotehničkih istraživanja za potrebe temeljenja stambenog naselja Žnjan u Splitu. Zbornik ref. IX jug. simp. o hidrogeol. i inž. geol., knjiga 2, 183—187, Priština.
- Velić, J. (1987): Geološki odnosi u sklopu prirodnih sustava za potrebe prostornih planova. *Geol. vjesnik*, 40, 291—312, Zagreb.
- b) Iz fonda stručnih dokumenata
- Čagalj, M., Roje-Bonacci, T., Šestanović, S., Čulin, A., Barčot, D., Skrapić, M. & Jakovljević, S. (1982): Geotehnički istražni radovi za prostorno rješenje stambenog naselja Klobučci (Krvavice) u Šibeniku, RN 3320/14-1982, Fakultet građ. znan. Sveuč. u Splitu, Split.
- Šikić, V., Biondić, B., Čakarun, I., Kalandar, T. & Dujić, J. (1970): Inženjerskogeološko i geofizičko istraživanje područja Split 3 i Kman, knjige 1, 2 i 3, broj 256/1970. Institut za geološka istraživanja Zagreb. Arhiva Fakulteta građ. znan. Sveuč. u Splitu, Split.

### Engineering Geological Research of Flysch in the Eastern Housing Developments in Split, Yugoslavia

S. Šestanović

Two recent housing developments Mertojak and Pujanke have been built in the eastern part of Split — resting on the strata of flysch ( $E_{2,3}$ ). The housing development Visoka is being built, and all the necessary preparations have been made for two prospective housing developments Žnjan and Pazdigrad.

All the necessary engineering geological research activities were undertaken to get the clear picture of the subbase and the strata and the substrata.

The results of the research done on the designed localities have proved the inability of removing the position of the building units from the previously marked spots as unfit for building.

Thus the foundations had to be made in situ: whether by supporting the structure (footing) or by making foundation beds (sheet piling) or by both.

Therefore it was necessary to prolong the deadline which caused the increase of the costs and brought out the fact that all engineering geological research activities had to be done prior to the designing of the localities.

Tectonic relations on the researched area are rather complex due to numerous subvertical and vertical faults, normal and isoclinal folds, or tilted and overturned beds.

Three distinct soil zones essential for the conception of the foundations have been brought forward.

The first zone is a crumbly thin — layered marls in combination with rare, also thin — layered sandstones and marl limestones.

Engineering geologically speaking these layers are stable under the natural conditions, but can become unstable if cut any deeper.

The second zone is marls, occasionally, in combination with thick layers of marl limestones, sandstones and breccia — conglomerates and breccias. These layers are stable under natural conditions and stable if cut any deeper.

The third zone, also stable under the natural conditions, but can become unstable if cut any deeper is a soil consisting of thin — layered marls in frequent combination with also thin — layered sandstones and clay in inter — layer fissures.

The zone of the calm landslide in the southwestern part of the housing development Žnjan has been pronounced as partly unstable under the natural conditions, and definitely unstable under the building conditions.

Hydro-geologically speaking the layer under the pressure in consisting of various permeability (eluvial sediments) and impermeable layers (flysch — taken as a whole).

No surface currents have been noticed, while the periodical ones had already been adapted in the completed housing developments, or at least had been planned in the prospective building sites.

The underground currents have been found here and there, thus the contractors have been instructed to design the spillways.