

## POTREBA ZA GEODETSKIM OPAŽANJIMA KOD VREDNOVANJA ZEMLJIŠTA SKLONOG KLIZANJU

Božidar KANAJET — Zagreb\*

### 1. UVOD

Padinska kretanja nastaju narušavanjem stabilnovosti padine; prije svega utjecanjem gravitacije, a terene na kojima se zbivaju nazivamo općim nazivom *klizišta* (zemljište odnosno tlo sklono klizanju). Pokreti niz padinu i kosinu (usjek, nasip) su različiti, a u literaturi su poznati pod slijedećim nazivima: puzanje, klizanje, tečenje, odronjavanje. Lokalitete na kojima se zbivaju navedeni pokreti nazivamo pužišta, klizišta, tečišta i odron (urvina) [6], [7].

Značenje stabilnosti kosina i padina u »intravilanu« i »ekstravilanu« s *gospodarskog* gledišta je veliko te mu društvena zajednica treba poklanjati više pažnje da bi se predusrela ekonomska i materijalna šteta. Tim pitanjem potrebno se je ozbiljno baviti već kod projektiranja objekata, komunikacija, vodotoka i slično ako je u području ugroženom klizištem.

Radi ilustracije tu su prikazi nekih interesantnih slučajeva:

- Na lokalitetu »Bila glavica« kod Trilja zapaža se pluvijalna erozija padine u neogenskim naslagama Sinjskog polja. Deficit stijenske mase u desetgodišnjem razdoblju (1971—1981) unutar obračunske površine od 2113 m<sup>2</sup> iznosi 229 m<sup>3</sup> (cca 100 kamiona), što predstavlja godišnji intenzitet erozije od 10.840 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> [1].
- Odronjavanje 250 milijuna m<sup>3</sup> materijala u akumulacijsko jezero doline Vaiont (Italija) 1963. godine izazvalo je katastrofalne posljedice po okolicu i stanovništvo [2].
- Kod izgradnje hidroakumulacija javljaju se i antropogeni procesi. Formiranje sedimenata u većini slučajeva može ograničiti tj. smanjiti vijek trajanja i ekonomičnost eksploatacije hidroakumulacijskog jezera. Takav je slučaj akumulacije Zvornik, gdje je za 9 godina uslijed taloženja bujičnog nanosa akumulacija smanjena za 48%. Akumulacija Ovčar Banja samo za 3 godine smanjena je za 50%, a u Međuvršju, također za 3 godine, akumulacija je smanjena za 20% [2].
- Nakon čiste sječe 4700 stabala za potrebe skijaških pista na padinama Valtellina (Italija) bujice gomilaju enormne količine oborenog drveća i mulja,

\* Adresa autora: Doc. dr. Božidar Kanajet, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 41000 Zagreb, Pierottijeva 6.

pa 18. srpnja 1987. godine izazivaju poplavu, a 10 dana kasnije i odron brzinom od 100 km/sat između Sasso Terraccio i Passo Zaudilla u dolini Val Pola. Formira se nekoliko kilometara dugačka barijera od 10 milijuna m<sup>3</sup> zemlje. Spomenimo samo da je u toj provinciji registrirano 1300 klizišta [5].

Već iz ovih nekoliko primjera možemo vidjeti kakvu štetu izaziva pomicanje kosina i padina.

Inženjerskogeološka istraživanja neizbježno prethode zahvatu u teren, a sinteza su geoloških, fizičko-mehaničkih i kemijskih proučavanja stijena i terena. S obzirom na građevinarstvo (nova naselja, industrijske zone, prometnice itd.) i rudarstvo (podzemni i površinski kopovi, njihova ekspanzija, vrsta i ekonomičnost proizvodnje), neophodno je uvoditi nova geodetska znanstveno-istraživačka saznanja i instrumente (tehnička i računska pomagala, tehniku kompjutora) na svim radilištima i u uredima. Brojne pojave razvoja sve više angažiraju *prostor* u cjelini i on danas postaje integralni temelj cjelokupnog ljudskog i privrednog razvitka. Kako smo danas više mobilni, razmjenjujemo dobra i znanja, to se istraživanja prostora koje je do nedavno bilo karakteristično samo za gradove proširilo i na ruralna područja. Tako se planiranje i uređenje gradova sve više proširuje i na one dijelove koje smo godinama smatrali *opasnim, lošim, štetnim i neprikladnim*, te ih planski uređujemo provodeći *složene geotehničke* melioracije s ciljem poboljšanja svojstva stijena i terena [4].

Pod općim teritorijem naselja podrazumijevamo postojeće i potencijalno građevinsko zemljište (uključujući i neplodno zemljište), poljoprivredno i šumsko zemljište, rijeke, jezera itd. Jedan od preduvjeta je evidentiranje »slobodnog zemljišta« s inženjerskogeološkog i *geodetskog* gledišta, tj. zemljište kojem se *može* promijeniti namjena u okviru zakona. U današnje vrijeme ne samo da ima malo slobodnih površina, već su se i *bitno* promijenili faktori *okoline* koji indirektno i direktno utječu na parcelu odnosno *zemljište* [2].

Osim za *informiranje i orijentiranje*, geodetski planovi i karte služe i kao topografski *temelj* pri *otkrivanju, istraživanju i lociranju* terenskih *pojava i stanja* te prikazuju i raskorak između stvarnog stanja i projektne zamisli i *komunalno* propisanih *uvjeta*.

Površinski pokrivač koji je nastao raspadanjem stijena, zadržava izvjesne karakteristike na temelju kojih možemo, posredno ili neposredno, odrediti njegovo porijeklo, tj. matičnu stijenu, a također možemo procijeniti *vrstu i tip* njegova pomicanja. U tom slučaju su nam potrebni još neki elementi pomoću kojih ćemo *preklapanjem* dobiti *nužne kriterije* potrebne sudionicima sanacije klizišta, a koji su *dovoljni* da se neka padina proglasi klizištem i da se *terminološki* ispravno u elaboratima opiše te da se kartira na geodetskim nacrtima (planovima i kartama) dopunskim kartografskim znakovima [3].

## 2. VREDNOVANJE ZEMLJIŠTA

Kod bilo koje izgradnje temelji objekta stvaraju deformaciju u okolišu, pa treba dodatno dotjerivati zemljište. Deformacije terena su posljedica pomicanja dijelova padine iz prvobitnog položaja, čime dolazi do pomicanja gra-



devinskih cjelina ili njezinih dijelova, umjetnih padina (kosina), kao i cijelog okoliša zbog poremećaja stabilnosti dodatnom masom (težinom objekta, smjerom, dubinom i slično). Zato se, ne samo za vrijeme izgradnje nego i nakon njenog dovršenja, traži praćenje i mjerenje sve do smirivanja, tj. do konsolidacije cijele građevine. Mjerenja i oskultacije pokreta neizbježni su, a vrši ih geodeta koji ima značajnu ulogu u saniranju klizišta. Geodetsko praćenje klizišta nema kod nas veliku tradiciju i problemi se rješavaju od slučaja do slučaja bez *jednoznačno* danih, tj. propisanih i verificiranih postupaka mjerenja, interpretacije i kartografske obrade [3], [4]. Stalno pojavljivanje i obnavljanje geoloških procesa u prirodi nameće potrebu za njihovim sistematskim proučavanjem i instrumentalnim praćenjem [3].

Općenito se može reći da se poremećaj ravnoteže zemljišta na nekoj strmini pojavljuje promjenom prostornog položaja, odnosno nagomilavanjem točaka koje čine topografsku površinu. Tako nastalu zemljišnu promjenu, odnosno poremećaj stabilnosti tla obilježavamo općim terminom *klizište*. Iz osnovne koncepcije klasifikacije kretanja tla niz strminu i rezultata deformacije od skoro horizontalnih, blago nagnutih do strmih navedeni su samo oni tipovi koji se mogu pratiti *geodetskim* metodama mjerenja.

Pod terminom *pokreti* na padini podrazumijevamo sva gravitacijska kretanja, tj. premještanja od blago nagnutih do strmih masa bez prirodnih transportnih medija koji odnose materijal (vjetar, snijeg, voda i led).

Pod terminom *deformacije* na kosini podrazumijevamo rezultat *dogadaja* koji je sposoban da premiješta (izmiješa) tlo (pokos, usjek i nasip).

*Napone* na smicanje na strmini (padini) zbog djelovanja gravitacijskih i hidrodinamičkih sila smatramo glavnim uzrocima svih pokreta *kliznog tijela*.

Glavni elementi u tlu s inženjerskog gledišta su *mehanizam* pokreta i *brzina* kretanja kliznog tijela.

Mehanizam pokreta u površinskoj zoni nije još potpuno istražen kao kod građevinskih objekata (simuliranje na maketama) i zato *ga* za sada definiramo općim karakteristikama. Između mehanizma pokreta i brzine kretanja ne postoji stalan odnos. Razlog je jednostavan: u raznim razvojnim stadijima klizišta *brzina* se *mijenja* [8]. Zato se kod klasifikacije klizišta odnosno njegovog pokreta i nastale deformacije mora uzeti u obzir samo ona vrsta pokreta kojom se može *objasniti* ishod tako nastalog novog morfološkog oblika.

Klasifikacijska shema za pojedine vrste i tipove klizišta izrađena je na temelju dosadašnje spoznaje o deformaciji na strmini i predstavlja koncepciju koju bi trebalo prihvatiti u daljnjim znanstveno-istraživačkim radovima [6], [7].

Zbog velikih materijalnih šteta koje nastaju pojavom klizišta bilo bi po uzoru na druge države svrsishodno osnivanje jednog odjela u okviru kojeg bi se izradio popis (katastar klizišta) svih značajnih klizišta i krajolika sklonih klizanju te kartografski obradilo klizišta na kartama 1:5000 (osnovna državna karta). Na taj način bi se umanjile ekonomske štete.

*Puzanje* tla je polagani tok zemljišta niz strminu. Vremenski se odvija relativno sporo, a s inženjerskogeološkog stajališta je dugotrajno. Radi se dakle o dugotrajnom pomicanju (koje se ne ubrzava posredstvom) površinskog sloja, pri čemu je granicu sa čvrstom podlogom teško odrediti, odnosno nejasan je dubinski doseg pojave. Veličina puzanja zanemariva je u odnosu na površinu promatranog krajolika.

Za razvoj deformacije na strmini karakteristično je *plastično puzanje* zemljišta. Kad se proces ubrzava, klizno tijelo prelazi iz puzanja u *pomicanje*, a zatim i *tečenje*.

*Pomicanje* je relativno brz i kratkotrajan pokret površinskog sloja na strmini preko jedne ili više kliznih ploha (zona smicanja). Konačni rezultat pomicanja kliznog tijela nazivamo općim nazivom *klizište*. Karakteristično je da se pri toj pojavi dio kliznog tijela obično kličući natisne na dio terena u podnožju, tvoreći tzv. nožicu (stopu) klizišta. Kod ove vrste klizišta istovremeno se mogu pojaviti u dubljim partijama kliznog tijela i deformacije tipa puzanja, a u površinskim dijelovima *tečenje* i *rušenje* (pojave kidanja i rušenja, odronjavanje).

*Tečenje* je spor dugotrajan pokret površinskog kliznog tijela koje je u viskoznom stanju. Žitki je dio mase oštro odijeljen od kontaktnog netaknutog čvrstog sloja (stijene). U tom slučaju se radi o brzom tečenju za razliku od polaganog tečenja kod puzanja. Konačni oblik je struja (blatni tok). U završnoj fazi tečenje može prijeći u puzanje, tj. u relativno smirivanje.

*Odron* (rušenje) odnosno kidanje, odronjavanje je nagli, kratkotrajni pokret stijena na padini. Pri ovakvom pokretu kliznog tijela dolazi do izražaja i *slobodni pad*, ali istovremeno i ostale vrste pokreta. Prije nego što se stijena otkine od podloge može doći do *puzanja* i *pomicanja* kliznog tijela. Također, nakon odronjavanja u podnožju padine klizno se tijelo nastavlja pomicati ili puzati zavisno o materijalu podloge, kao na primjer blok vapnenca na flišu (pojave u našem priobalju).

*Urušavanje* je pojava u obliku uleknuća, zapravo slijeganje tla. Uzroci nastanka urušavanja mogu biti rudarski radovi, snižavanje razine podzemne vode dugotrajnim crpljenjem i eksploatacija nafte i plina.

Puzanje kliznog tijela zahtijeva dugoročnije motrenje i srazmjerno velike *investicije* za stabiliziranje geodetskih opservacijskih (klizišnih i baznih) točaka. Pomicanje i rušenje zahtijevaju posebnu i osobitu organizaciju praćenja potencijalno ugroženih predjela s *moogućom prognozom* pojave pokreta. No, u praksi se takvo praćenje većinom ne provodi iz više razloga. Pomicanje i odronjavanje su nagle i kratkotrajne pojave, kod kojih uspijevamo, eventualno vizuelnim utvrđivanjem na postojeće planove ili karte obrisom *kartirati* zonu događaja. Međutim, ako je još koji od slojeva zasićen vodom, tada se pomicanje pospješuje. Takvo zemljište je pogodno za geodetska opažanja *veličine* pomicanja. Uzastopnim, vremenski dovoljno odvojenim geodetskim mjerenjima možemo odrediti *brzinu* pomicanja kliznog tijela.

### 3. VRSTE I TIPOVI KLIZIŠTA

Prema odnosu između klizne plohe i građe padine Savarenski [8] razlikuje:

1. *asekventna* klizišta (u padini homogene geološke građe);
2. *konsekventna* klizišta (klizna ploha na granici različitih vrsta stijena);
3. *insekventna* klizišta (klizna ploha siječe različite slojeve).



Prema starosti razlikujemo:

1. *recentna* (nova) klizišta (pokret povezan s klimatskim ili morfološkim uvjetima);
2. *fossilna* klizišta su ona, koja su pokrivena mlađim naslagama (na primjer praporom).

Prema mjestu nastajanja razlikujemo:

1. *detruzivna* klizišta kod kojih otkidanje i pomicanje klizišnog tijela počinje u višim dijelovima padine, pa klizišno tijelo, krećući se nizbrdo, svojom masom tlači i istiskuje nove mase u donjim dijelovima padine, tvoreći u podnožju kaos nagomilanog skliznutog materijala;
2. *deplativna* klizišta kod kojih pomicanje klizišnog tijela počinje u osnovici (stopi, nožici), najnižem dijelu nestabilnog obronka. Proces postepenog klizanja dijelova nestabilnog obronka počinje odozdo i napreduje prema višim dijelovima, dok cijeli obronak ne počne kliziti.

Prema genezi razlikujemo:

1. *prirodna* klizišta — nastala bez čovjekove intervencije u okolišu;
2. *antropogena* klizišta — umjetno izazvana ljudskom aktivnošću u tlu (najčešće nemarnošću).

Prema razvoju zbivanja razlikujemo:

1. *početni* stadij;
2. *uznapredovali* stadij;
3. *završni* stadij.

Prema stupnju aktivnosti klizišta razlikujemo:

1. *aktivna* (živa) — trenutačno u pokretu,
2. *potencijalna* (privremeno umirena) — ali uzroci reaktiviranja mogu se uz pogodne uvjete obnoviti;
3. *stabilizirana* (trajno umirena) — uzroci pokreta su nestali ili su bili ljudskim zahvatom odstranjeni.

Prema ponovljivosti razlikujemo:

1. *jednokratni* pokret do kojeg je došlo na određenom mjestu samo jedanput;
2. *periodičan* pokret koji se na određenom mjestu od vremena do vremena ponavlja utjecajem periodiciteta glavnog kliznog faktora.

Prema smjeru (napredovanja) razlikujemo:

1. *progresivan* pokret — kad se zahvaćeni dio proteže u smjeru pokreta (uzdužna elipsa);
2. *retrogresivan* pokret — kad se zahvaćeni dio širi uz obronak.

Prema tlocrtu klizišta razlikujemo:

1. »*riječni tok*« oblik kod kojeg je duljina mnogostruko veća od širine;
2. »*jezerski*« (arealan) oblik kod kojeg je duljina približno jednaka širini;
3. »*valni*« oblik — kod kojeg je širina mnogostruko veća od duljine.

Ovom se klasifikacijom na temelju 9 glavnih skupina i 22 podvrste može za jedan lokalitet jednoznačno utvrditi i prognozirati približna veličina pokreta s inženjerskogeološkog gledišta, a geodetskim *mjerenjima* i računanjima i kartografski prikazati, kao i dokazati predviđenu pojavu [3], [4].

#### 4. UZROCI KLIZIŠNIH POJAVA

Glavnim uzrocima nastanka klizišnih pojava smatraju se:

- raznovrsne geološke prilike i svojstva kao i njihova mogućnost da preuzmu izazvano opterećenje,
- hidrotermički uvjeti izazvani sezonskim ili nekoliko godina uzastopnim opadanjem temperature, a s tim uvezi variranjem nivoa podzemne vode,
- fizičko-mehanička svojstva stijena i površinskog biljnog pokrivača,
- meteorološki uvjeti, tj. vanjski utjecaji kao što su: temperatura i vlažnost zraka, jačina vjetra, snijeg i slično (čak i urbane promjene tj. mikroklima),
- položaj slojeva prema glavnom obronku,
- obujam (volumen) i dubina stijena (debljina slojeva),
- djelovanje površinske i podzemne vode,
- neadekvatna građevinska intervencija u tlu i dr. (1)

Uvjeti razvoja pokreta stijena mogu biti: geomorfološki, geološki, hidrogeološki, klimatski, građevinski, rudarski, ratarski, stočarski.

Geomorfološki odnosi — tlo pogodno za razvoj klizišta je ono na kojem su uzdužni ili poprečni profili obronka s prmjennjivim nagibom i velikim račvanjem (grananjem) prema dolini. Što je kosa (gorska uzvisina između duboko urezanih dolina) ili obronak strmiji, tj. viši, to je veća pogodnost i mogućnost kretanja manjih i većih dijelova tla.

Geološki odnosi pogodni za razvoj klizišta su prije svega svojstva stijena, njihovo stanje i međusobni odnosi u masivu.

Hidrogeološki odnosi koji pogoduju razvoju kretanja na strmini su oni koji otežavaju gravitacijsko otjecanje površinske i podzemne vode, odnosno kad je tlo zasićeno vodom ili kad postoji strujanje podzemne vode paralelno s padinom.

Klimatske značajke pridonose razvoju klizišta svojim lokalnim anomalijama, tj. odstupanjem od normalnog režima atmosferskih prilika, kao što je naglo zatopljenje, naglo otapanje, odmrazavanje i topljenje snijega i nailazak vodnog vala.

Građevinski zahvati isto tako svojom konstrukcijom utječu bilo pozitivno bilo negativno na razvoj klizišta. Razni cjevovodi kanaliziraju podzemnu vodu oko sebe ili povećavaju temperaturu zbog vlastite temperature (kanalizacija, vodovod, vrelovod i slično) i na taj način mijenjaju mikroklimatske odnose u okolišu. Cestovna mreža svojim kanalima, propustima, podzidom i drugim tehničkim detaljima koji duboko zadiru u tlo stvaraju zone pogodne za postanak klizišta.

Rudarska aktivnost vezana je na podzemnu ili površinsku eksploataciju mineralnih i energetskih sirovina kao i na stvaranje odlagališta (jalovišta-halde) koji »pozitivno« utječu na pojedine spomenute faktore. Takve rudarske štete mogu se izbjeći ako se odabere prikladna metoda otkopavanja, a ležište rudarski pravilno otkopa i odvođnja.

Svaki navedeni faktor pridonosi pogoršanju već narušene ravnoteže tla, i može biti: *aktivni* faktor koji povećava naprezanje u padini, i *pasivni* faktor s kojim se smanjuje čvrstoća u stijeni. Međutim, te faktore možemo podijeliti i prema intenzitetu, toku i trajanju na: *permanentne* koji su djelujući na okolinu polagani i s geološkog gledišta dugotrajni, *epizodni* koji zahvaćaju padinu



vrlo brzo, zapravo stvaraju kratkotrajne deformacije, a variraju u intenzitetu od neznatnih do katastrofalnih.

Ovi faktori često bivaju umjetno uvjetovani bilo da se radi o građevinskim ili rudarskim odnosima prema okolini, bilo o intervenciji odnosno promjeni režima podzemne vode, urbanizaciji i zanemarivanju slobodnih zelenih površina, stvaranju vodnih objekata, poremećaju u riječnoj, kanalskoj ili kanalizacijskoj mreži, nezgodnom ili lošem vođenju otpadnih voda, zanemarivanju drenažnih sistema oko objekta ili prometnica i slično [3].

Nije teško prognozirati pomicanje kad već unaprijed iz »iskustva« poznajemo približne promjene. Zahtijevanu točnost prilagođujemo ekonomskom poslovanju, godišnjem dobu, instrumentariju, priboru i stručnjaku, kako bi ostali sudionici u registriranju i sanaciji klizišta mogli pravodobno izvršiti dio svog zadatka i otkloniti opasnost bez rasipavanja društvene imovine odnosno bez nepotrebnih troškova [5]. Pomoću geodetskih i fotogrametrijskih metoda objašnjava se kinematika promatranog klizišta na temelju utvrđenih prostornih promjena površinskog niza točaka. Da bi se postigli optimalni rezultati s raspoloživim novčanim sredstvima, pretpostavlja se bliska i stručna suradnja inženjera geologa i geodeta.

#### LITERATURA:

- [1] Jurak, V., Kanajet, B., Golijanin, G.: Fotogrametrijsko dokazivanje erozije u neogenskim naslagama Sinjskog polja. Zbornik referata VII. jugoslavenskog simpozija o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, knjiga 2, 205—212, Novi Sad, 1982.
- [2] Jevremović, D.: Geološki aspekti izmjene prirodne sredine formiranjem akumulacije. Zbornik referata VIII. jugoslavenskog simpozija o hidrologiji i inženjerskoj geologiji, knjiga 2, 49—54, Budva, 1984.
- [3] Tonejec, M., Megla, T., Jurak, V., Kanajet, B.: Prijedlog uputa za registriranje i istraživanja nestabilnih padina i klizišta SFRJ. Zbornik referata VIII. jugoslavenskog simpozija o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, knjiga 2, 227—251, 1984.
- [4] Kanajet, B.: Inženjersko-geološke karte s posebnim osvrtom na karte klizišta. Zbornik radova Petog jugoslavenskog savjetovanja o kartografiji, knjiga II, 117—122, Novi Sad 1986.
- [5] Filosa, F.: Morte di una valle e Licenza di uccidere. Europeo No 32, 8—15, Milano 1986.
- [6] Zachar, D. Erozia pody, Slavskeje Akademie, Bratislava 1970.
- [7] Zaruba, Q.: Engineering geology, Elsevier, Amsterdam 1976.
- [8] Terzaghi, K.: Mechanism of Landslides, Geol. Soc. of America, Harvard soil mechanics series 36. New York, 1950.

#### SAŽETAK

Geodetska mjerenja padinskih procesa ne ograničavaju se samo na potrebe inženjera-geologa, već su potrebna kao grafička podloga i stručnjaku iz mehanike tla za vrijeme sanacije, zatim za utvrđivanje parametara neophodnih geotehničaru i građevinskom stručnjaku tijekom sanacijskih radova, a također još dugo vremena nakon završetka građevinskih radova da bi se spriječila eventualna ljudska i materijalna šteta. Geodet mora dobro poznavati klizišnu problematiku, jer u svakom pojedinom slučaju treba sagledati i uskladiti na-

mjenu saniranog klizišta, ekonomsku stranu i vrijeme potrebno za praćenje pomicanja.

#### ABSTRACT

Geodetic surveying of landslides is confined not only to the needs of the geologist, but is also necessary as a graphic groundwork for soils-mechanics experts during correction, also for determining the indispensable parameters for soil technicians and civil engineers during correction work, and also for a long time after the completion of construction work in order to prevent possible further damage to life and property. A surveyor must be familiar with landslide problems, because in each individual case he must perceive and adjust the purpose of a corrected landslide, its economic aspect, and the time necessary to monitor soil movements.

Priljeno: 1988-06-01