

## KLASIFIKACIJA I OPIS FIZIČKIH SVOJSTAVA STIJENA

### UVOD

Jedinstveni opisni termini i standardni klasifikacijski sustavi stijena i stijenskih masa ključni su za razumijevanje inženjerskogeoloških izvještaja, karata, logova bušotina i sl. U ovom tekstu opisan je postupak identifikacije i klasifikacije stijena, dana je standardna terminologiju i opisni kriteriji za fizička svojstva koja imaju inženjersko značenje.

### KLASIFIKACIJA STIJENA

*The Bureau of Reclamation* je usvojio klasifikacijski sustav modificiran prema *Travis [1]*. Iako ovaj klasifikacijski sustav za identifikaciju koristi i petrografske analize, većina stijena mogu se klasificirati na temelju terenskih opažanja. Klasifikacija magmatskih (slika 1) stijena zasniva se na mineralnom sastavu, teksturi i načinu pojavljivanja; sedimentnih stijena (slika 2) na granulometrijskom sastavu, tipu cementa i mineralnom sastavu; dok se metamorfne stijene klasificiraju (slika 3) na temelju veličine zrna, mineralnom sastavu i teksturi. Slika 4 predstavlja klasifikaciju piroklastičnih stijena, a slika 5 služi za procjenu sadržaja zrna i minerala u stijenama.

Vrlo je važno napomenuti da eventualni uzorci za petrografska ispitivanja moraju biti reprezentativni za cijelu stijenu.

COLOR	LIGHT				DARK				SPECIAL TYPES
	QUARTZ > 10 %	POTASSIUM FELDSPAR > 2/3 TOTAL FELDSPAR	POTASSIUM FELDSPAR 1/3-2/3 TOTAL FELDSPAR	PLAGIOCLASE > 2/3 TOTAL FELDSPAR	PLAGIOCLASE > 10 % TOTAL	SODIC PLAGIOCLASE	CALCIC PLAGIOCLASE	CHIEFLY PYROXENE AND/OR OLIVINE	
CHIEF ACCESSORY MINERALS	HORNBLLENDE BIOTITE MUSCOVITE		HORNBLLENDE BIOTITE PYROXENE		HORNBLLENDE, BIOTITE, PYROXENE			PYROXENE OLIVINE	SERPENTINE IRON ORE
EQUIGRANULAR Basalts, gabbros, stocks, large laccoliths, thick dikes and sills.	GRANITE	SYENITE	QUARTZ MONZONITE	MONZONITE	GRANODIORITE	QUARTZ DIORITE	DIORITE	GABBRD	PERIDOTITE
FINE TO COARSE GRAIN GROUND MASS Laccoliths, dikes, sills, plugs, small stocks, margins, of larger masses.	GRANITE PORPHYRY	SYENITE PORPHYRY	QUARTZ MONZONITE PORPHYRY	MONZONITE PORPHYRY	GRANODIORITE PORPHYRY	QUARTZ DIORITE PORPHYRY	DIORITE PORPHYRY	GABBRD PORPHYRY	PERIDOTITE PORPHYRY
APHANITIC GROUND MASS Dikes, sills, laccoliths, surface flows, margins of larger masses, welded tuffs.	RHYOLITE PORPHYRY	TRACHYTE PORPHYRY	QUARTZ LATITE PORPHYRY	LATITE PORPHYRY	DACITE PORPHYRY		ANDESITE PORPHYRY	BASALT PORPHYRY	RARE
MICROCRYSTALLINE Dikes, sills, surface flows, margins of larger masses, welded tuffs.	RHYOLITE	TRACHYTE	QUARTZ LATITE	LATITE	DACITE		ANDESITE	BASALT	
GLASSY Surface flows, margins of dikes and sills, welded tuffs.	OBSIDIAN - dark colored PITCHSTONE - resinous VITROPHYRE - porphyritic PERLITE - concentric fractures PUMICE - light colored, finely vesicular SCORIA - dark colored, coarsely vesicular								

Normally it is not possible to determine the composition of these rocks. They are customarily designated by the names at the left. Basic glass is rare so rocks named, except scoria, will normally be silicic. If the approximate composition (by close association) can be determined, the name may be prefixed by the name of the appropriate aphanitic rock, for example, "trachyte obsidian" or "latite vitrophyre". In general, scoria is basic; basic obsidian is called "tachylite"; and spherulite tachylite is "variolite".

\* The names in these rows should be used if there are >50% phenocrysts. If there are < 50% phenocrysts, the adjective "porphyritic" should be used, for example, "porphyritic granite".

\* TRAP - dark-colored aphanitic rock.  
 \* FELSITE - light-colored aphanitic rock.  
 \* These are somewhat vague terms and generally should not be used.

Slika 1: Terenska klasifikacija magmatskih stijena (modificirano prema Travis, 1955).

Martin KRKAČ i Snježana MIHALIĆ: Klasifikacija i opis fizičkih svojstava stijena  
Diplomski studij Rudarstva; ak. god. 2008/2009; 16. prosinac 2008.

TEXTURE	GRAIN SIZE <0.0625 mm			GRAIN SIZE 0.0625 - 2 mm					GRAIN SIZE >2 mm		
	CRYSTALLINE, CLASTIC, AMORPHOUS, BIOCLASTIC, ETC.			CLASTIC					CLASTIC		
COMPOSITION OF MAJOR FRACTION	CLAY MINERALS or Clay-size Materials	Composition as indicated in left column	CHIEFLY CALCITE OR DOLOMITE	CHIEFLY QUARTZ	QUARTZ with 10-25% FELDSPAR	QUARTZ with >10% ROCK FRAGMENTS	QUARTZ with > 25% FELDSPAR	QUARTZ FELDSPAR ROCK FRAGMENTS	PYROCLASTICS	CHIEFLY ONE CONSTITUENT Homogeneous breccias and conglomerates	SEVERAL CONSTITUENTS Mixed breccias and conglomerates
COMPOSITION OF MINOR FRACTION	<10% MINOR FRACTION		LIMESTONE, DOLOMITE, ETC.	QUARTZOSE SANDSTONE	FELDSPATHIC SANDSTONE	LITHIC SANDSTONE	ARKOSE	GRAYWACKE	Refer to Figure 11-4 for classification of Pyroclastics	Name consists of chief constituent and size, as QUARTZ COBBLE CONGLOMERATE, LIMESTONE PEBBLE BRECCIA, ETC.	Name consists of "mixed" and size, as MIXED BOULDER BRECCIA. Name may include composition as ANDESITE-CHERT-ARKOSE CONGLOMERATE
	CLAY MINERALS or Clay-size materials	CLAYSTONE, SILTSTONE - nonfissile SHALE - fissile ARGILLITE - highly indurated BENTONITE - sodium montmorillonite	ARGILLACEOUS LIMESTONE, MARL, ETC.	ARGILLACEOUS SANDSTONE	ARGILLACEOUS FELDSPATHIC SANDSTONE	ARGILLACEOUS LITHIC SANDSTONE	ARGILLACEOUS ARKOSE	ARGILLACEOUS GRAYWACKE		ARGILLACEOUS (SIZE) CONGLOMERATE	ARGILLACEOUS MIXED CONGLOMERATE, GLACIAL TILL, FANGLOMERATE
	SILICA ORAL, CHALCEDONY, QUARTZ, CHERT	SILICEOUS SHALE, SILICEOUS CLAYSTONE, ETC.	DIATOMITE, RADIOLARITE, SILICEOUS OOLITE, OOLITE CHERT, SILICEOUS LIMESTONE, CHERTY LIMESTONE, ETC.	SILICEOUS QUARTZOSE SANDSTONE	SILICEOUS FELDSPATHIC SANDSTONE	SILICEOUS LITHIC SANDSTONE	SILICEOUS ARKOSE	SILICEOUS GRAYWACKE		SILICEOUS (SIZE) CONGLOMERATE	SILICEOUS MIXED (SIZE) CONGLOMERATE
	CALCITE OR DOLOMITE	CALCAREOUS SHALE, ETC.	LIMESTONE DOLOMITE CLASTIC LIMESTONE CALCICHE - lime-rich deposit formed near surface OOLITE LIMESTONE FOSSILIFEROUS LIMESTONE CHALK	CALCAREOUS QUARTZOSE SANDSTONE	CALCAREOUS FELDSPATHIC SANDSTONE	CALCAREOUS LITHIC SANDSTONE	CALCAREOUS ARKOSE	CALCAREOUS GRAYWACKE		CALCAREOUS (SIZE) CONGLOMERATE	CALCAREOUS MIXED (SIZE) CONGLOMERATE

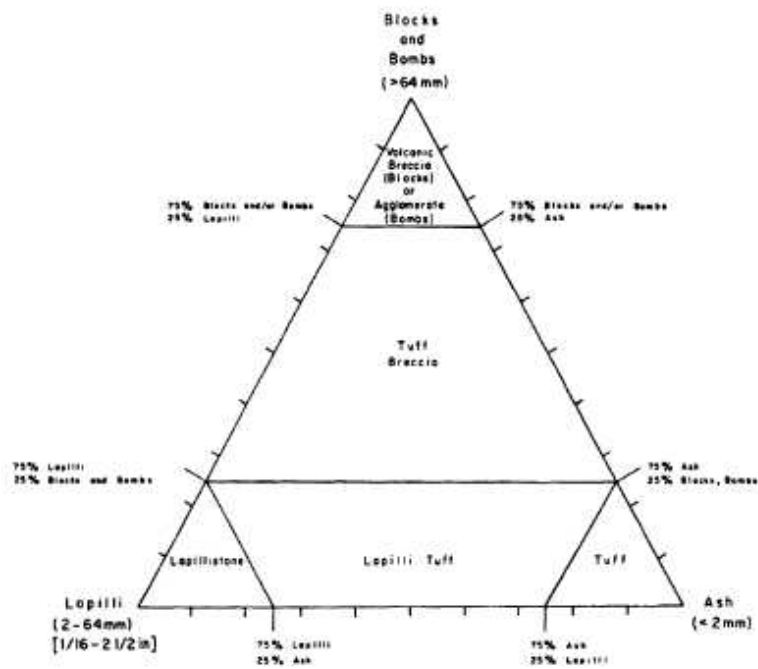
Rocks including significant quantities of iron, carbon, or miscellaneous salts follow the above format. For example: ferruginous quartzose sandstone, coal, carbonaceous shale, gypsum, phosphatic limestone.

Slika 2: Terenska klasifikacija sedimentnih stijena (modificirano prema Travis, 1955).

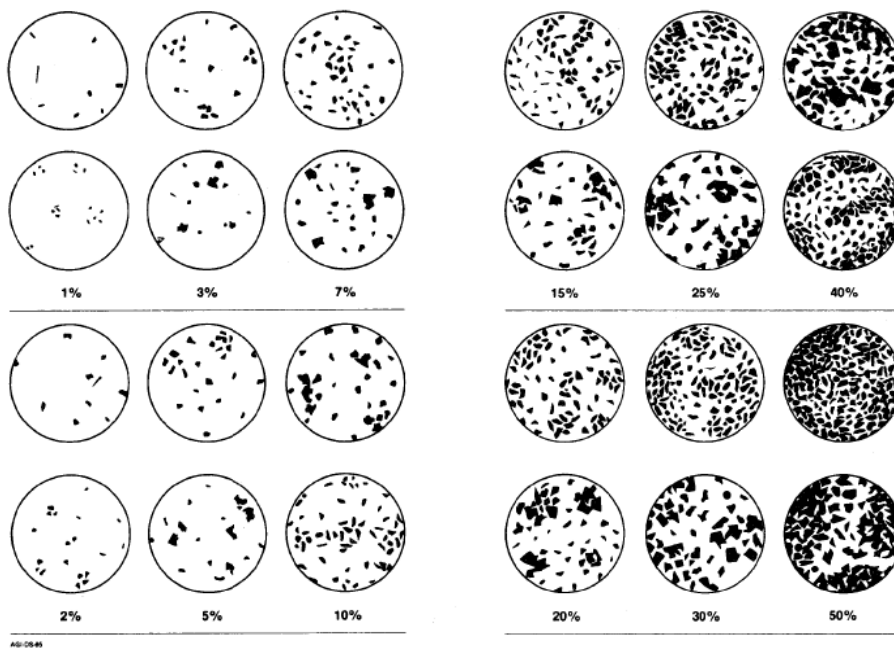
COLOR	CHIEF MINERALS	ACCESSORY MINERALS	NONDIRECTIONAL STRUCTURE (MASSIVE OR GRANULOS)		DIRECTIONAL STRUCTURE (LINEATED OR FOLIATED)					
			CONTACT METAMORPHISM		MECHANICAL METAMORPHISM	REGIONAL METAMORPHISM			PLUTONIC METAMORPHISM	
			FINE	FINE TO COARSE	CATACLASTIC	HIGHLY FOLIATED	LESS FOLIATED	MIGMATITIC		
LIGHTER	FELDSPAR	ACTINOLITE ALBITE ANALCITE ANTHOPHYLLITE BIOTITE CHLORITOLITE CHLORITE CHLORITOID CORDIERITE DIOPSIDE ENSTATITE EPIDOTE GARNET GLAUCOPHANE GRAPHITE KYANITE MUSCOVITE OLIVINE PYROPHYLLITE PHLOGOPITE SCAPOLITE SERICITE SERPENTINE SILLIMANITE STAUROLITE TREMOLITE TRENOLITE MOLLASTONITE								
	QUARTZ		METAGUANTZITE	These rocks are formed by crushing with only minor recrystallization	SLATE	PHYLLITE				
MICA			CATACLASTIC (Nondirectional)	SLATE	PHYLLITE					
HORNBLende			MYLONITE Foliated, aphanitic							
CHLORITE			PHYLLONITE Foliated, fine grain, resembles a phyllite.							
ACTINOLITE			FLASER GRANITE, FLASER DIORITE, FLASER CONGLOMERATE, ETC. - Flaser structure, lenses and layers of original or relatively unaltered granular minerals surrounded by matrix of highly sheared and crushed material.							
TREMOLITE										
TALC			SOAPSTONE							
CALCITE AND/OR DOLOMITE			MARBLE							
CALC-SILICATES			SKARN							
DARKER	SERPENTINE		AUGEN GNEISS - Augen structure							

Naming a metamorphic rock consists chiefly of prefixing the structural term with mineral names or an appropriate rock name. The rock name indicates either the original rock, if recognizable, or the new mineral composition. The prefix "meta", as "Metagabbro", "metasandstone", "metatuff", etc., is applied to rocks that have undergone considerable recrystallization but have largely retained their original fabric. Most of the minerals listed as accessories are genetically important and if present should be included in the rock name regardless of their quantity.

Slika 3: Terenska klasifikacija metamorfih (modificirano prema Travis, 1955).



Slika 4. Terenska klasifikacija piroklastičnih stijena (modificirano prema Fisher, 1966 and Williams & McBirney, 1979).



Slika 5: Terenska procjena udjela sadržaja mineralnih zrna i klasta u stijeni [4].

## **OPIS STIJENA**

U inženjerskogeološkim istraživanjima stijene se moraju opisivati standardnom terminologijom. Svi opisni termini, odnosno njihove definicije trebaju biti uključeni u deskriptivnom izvještaju i legendama grafičkih priloga, kako bi nedvosmisleno poslužili u projektantske svrhe.

Inženjerskogeološki opis stijena mora uključivati litološke značajke stijena i fizička svojstva, opisana bilo kvalitativno bilo kvantitativno. Standardni ili opći format/predložak opisa stijena kakav se upisuje u logove bušotina i terenske dnevničke, te se koristi u elaboratima sadrži:

- naziv stijenske jedinice (člana ili formacije)
- litološki opis: sastav (mineralni), veličina zrna, tekstura i boja
- slojevitost/folijacija/primarna struktura
- stupanj trošnosti
- čvrstoća
- tip kontakta s drugim stijenskim jedinicama
- diskontinuiteti (uključujući indekse frakturiranosti)
- podaci o vodopropusnosti (ukoliko su raspoloživi)
- vlažnost

### **Jedinice stijena**

Nazivi jedinica stijena mogu biti stratigrafski, litološki, genetski ili njihove kombinacije. Unutar jedinice stijene treba razlikovati stijene s obzirom na njihovo inženjersko ponašanje, odnosno inženjerske značajke, kao što su:

- osjetljivost na trošenje ili prisutnost alteracija
- značajke diskontinuiteta
- čvrstoća
- deformabilnost
- prisutnost nepovoljnih minerala ili slojeva (kao na primjer minerali sulfida, ili proslojci bujajućih glina)

*Na primjer, jedinica terciarnog šejla (Tsh) može se podijeliti na  $Tsh_1$  ili  $Tsh_2$ , ukoliko jedinica  $Tsh_2$  sadrži bentonitne proslojke, a jedinica  $Tsh_1$  ne.*

*Osnovni nazivi i simboli jedinica stijena, te njihovi litološki, stratigrafski i genetski opisi nalaze se u Tumaču osnovne geološke karte Hrvatske.*

## **TERMINOLOGIJA I OPIS FIZIČKIH ZNAČAJKI STIJENE**

### **Litološki opis**

Obuhvaća mineralni sastav stijene, cement, veličinu i oblik zrna i minerala, teksturu, boju i osobito je važan u inženjerskoj geologiji, prilikom opisivanja podjedinica stijena, koje se međusobno razlikuju, ali nemaju specifične nazive.

### 1. Sastav

Detaljan mineralni sastav općenito nije nužan, osim ukoliko je značajan za korelaciju ili ukazuje na određena inženjerska svojstva. Često se koriste standardni pridjevi kao na primjer pjeskovit, prašinst, kalcitni i sl. Također je potrebno zabilježiti prisutnost fosila, velikih kristala, uklopaka, konkrecija i nodula koje se također mogu dobro koristiti u korelacijske i interpretacijske svrhe.

### 2. Oblik i veličina kristala i čestica - opisuje se prema slijedećim standardima:

- Magmatske i metamorfne stijene
- Sedimentne i piroklastične stijene

**Tablica 1:** Opis veličina mineralnih zrna za magmatske i metamorfne stijene.

termin	prosječna veličina minerala
vrlo krupnozrnat ili pegmatitski	> 10 mm
krupnozrnat	5-10 mm
srednjezrnat	1-5 mm
sitnozrnat	0.1-1 mm
afnitski (ne može se vidjeti okom)	<0.1 mm

**Tablica 2:** Opis veličina čestica za sedimentne i piroklastične stijene (AGI Glossary)

USGS (soils only) Particle size	Size in mm (inches)	Sedimentary (epiclastic) Rounded, subrounded, subangular		Volcanic (pyroclastic)	
		Particle or fragment	Lithified product	Frag-ment	Lithified product*
Boulder	300 (12)	Boulder	Boulder conglomerate	Block+	Volcanic breccia+
Cobble	256 (10)	Cobble	Cobble conglomerate	Bomb	Agglo-merate
	75 (3) 64 (2.5)				
Coarse gravel	32 (1.3)	Pebble	Pebble conglomerate	Lapilli	Lapilli tuff
	20 (0.8)				
Fine gravel	4.75 (0.19)	Granule	Granule conglomerate	Coarse ash	Coarse tuff
	4 (0.16)				
Coarse sand	2 (0.08)	Very coarse sand	Sandstone (Very coarse, coarse, medium fine, or very fine)	Fine ash	Fine tuff
	1 (0.04)				
Medium sand	0.5 (0.02)	Coarse sand	Medium sand	Siltstone	Shale
	0.42				
Fine sand	0.25	Fine sand	Very fine sand	Claystone	Shale
	0.125				
Fines Non-plastic Silt	0.074	Silt	Clay	Claystone	Shale
	0.0625				
Plastic Clay	0.00391	Clay	Claystone	Shale	Shale

+ Broken from previous igneous rock block shaped (angular to subangular).  
Solidified from plastic material while in flight, rounded clasts.  
\* Refer to figure 4-4.

Veličine zrna prihvaćene u geološkoj literaturi, koriste se u petrografskim istraživanjima, ali ne odgovaraju USCS klasifikaciji.

### 3. Tekstura

Odnosi se na položaj koji minerali, zrna i šupljine zauzimaju u stijeni. Koriste se standardni izrazi kao što je npr. porfirna, vezikularna (šupljikava), pegmatitska, zrnata, homogena, raspucana, škriljava, ili amorfna tekstura.

Termini koji se odnose na otapanje ili šupljine u stijeni koriste se, osim za opis primarne teksture, i za opis trošnosti, alteracije, propusnosti i gustoće. Opis šupljine uključuje tipičan promjer i maksimalnu veličinu, npr: „... nasumično orijentirane, eliptične šupljine prosječne veličine od 10 do 20 mm u promjeru, maksimalne veličine 60 mm, smanjuje im se veličina udaljavajući se od kvarcno-kalcitnih žila...” ili „... kaverna, 1 m široka, 5 m duga i 0.7 m široka, položaja 45/85...”

Termini kojima se opisuje veličina šupljine u stijeni, te odgovarajuća tekstura su sljedeći:

- **pit (pitted)** - šupljina veličine < 10 mm
- **vug (vuggy)** - šupljina promjera 10 do 100 mm
- kaverne - šupljina veće od 100 mm
- **saćasta struktura** - mnogobrojne šupljine međusobno odvojene tankim stijenkama, nalikuju na pčelinje saće
- vezikule (vezikularna) - malene šupljine u vulkanskoj stijeni, promjenjivog oblika, nastale zarobljavanjem mjehurića plina prilikom hlađenja lave

#### 4. Boja

Preporuča se opisati boju za suhi i mokri uzorak, budući da boja suhog i mokrog uzorka mogu varirati značajno. Munsellova ljestvica boja služi za standardan i jednoznačan opis boje. Dodatno se boja može opisati izrazima kao što su trakasto, šareno, pjegavo i sl. U tom slučaju se bilježi boja svih mrlja i šara.

#### **Slojevitost, folijacija, tekstura tečenja**

Za opis debljine slojevitosti i folijacije koristi se sljedeća tablica.

*Tablica 3: opisi slojevitosti i folijacije*

termin	debljina/razmak
masivno	> 3 m
vrlo debelo	1-3 m
debelo	300-1000 mm
srednje debelo	100-300 mm
tanko	30-100 mm
vrlo tanko	10-30 mm
laminirano	> 10 mm

#### **Trošenje i alteracija**

##### 1. Trošenje

Klasifikacije trošnosti napravljene su za kristalinske stijene, pa su teže primjenjive na sedimentne stijene, pogotovo na karbonate. Trošnost se opisuje prema tablici 4.

##### 2. Alteracije

Alteracije se opisuju kao i trošenje, odnosno prema tablici 4. Ukoliko alteracijske značajke stijene ne odgovaraju niti jednoj kategoriji iz opisa trošnosti nužna je prilagodba jednoj od kategorija trošnosti. Produkti alteracije, dubina alteracije i alteracijski minerali moraju biti opisani.

Tablica 4: Opis trošnosti

Alpha-numeric descriptor	Descriptors	Diagnostic features					General characteristics (strength, excavation, etc.)§	
		Chemical weathering—Discoloration and/or oxidation		Fracture surfaces†	Mechanical weathering - Grain boundary conditions (disaggregation) primarily for granitics and some coarse-grained sediments	Texture and solutioning		
		Body of rock	Texture			Solutioning		
W1	Fresh.	No discoloration, not oxidized.	No discoloration or oxidation.	No separation, intact (tight).	No change.	No solutioning.	Hammer rings when crystalline rocks are struck. Almost always rock excavation except for naturally weak or weakly cemented rocks such as siltstones or shales.	
W2	Slightly weathered to fresh.*							
W3	Slightly weathered.	Discoloration or oxidation is limited to surface of or short distance from fractures; some feldspar crystals are dull.	Minor to complete discoloration or oxidation of most surfaces.	No visible separation, intact (tight).	Preserved.	Minor leaching of some soluble minerals may be noted.	Hammer rings when crystalline rocks are struck. Body of rock not weakened. With few exceptions, such as siltstones or shales, classified as rock excavation.	
W4	Moderately to slightly weathered.*							
W5	Moderately weathered.	Discoloration or oxidation extends from fractures, usually throughout; Fe-Mg minerals are "rusty," feldspar crystals are "cloudy."	All fracture surfaces are discolored or oxidized.	Partial separation of boundaries visible.	Generally preserved.	Soluble minerals may be mostly leached.	Hammer does not ring when rock is struck. Body of rock is slightly weakened. Depending on fracturing, usually is rock excavation except in naturally weak rocks such as siltstone or shales.	
W6	Intensely to moderately weathered*							
W7	Intensely weathered.	Discoloration or oxidation throughout; all feldspars and Fe-Mg minerals are altered to clay to some extent; or chemical alteration produces in situ disaggregation, see grain boundary conditions.	All fracture surfaces are discolored or oxidized, surfaces friable.	Partial separation, rock is friable; in semiarid conditions granitics are disaggregated.	Texture altered by chemical disintegration (hydration, argillation).	Leaching of soluble minerals may be complete.	Dull sound when struck with hammer; usually can be broken with moderate to heavy manual pressure or by light hammer blow without reference to planes of weakness such as incipient or latent fractures, or veinlets. Rock is significantly weakened. Usually common excavation.	
W8	Very intensely weathered.							
W9	Decomposed.	Discolored or oxidized throughout, but resistant minerals such as quartz may be unaltered; all feldspars and Fe-Mg minerals are completely altered to clay.		Complete separation of grain boundaries (disaggregated).	Resembles a soil, partial or complete remnant rock structure may be preserved; leaching of soluble minerals usually complete.		Can be granulated by hand. Always common excavation. Resistant minerals such as quartz may be present as "stringers" or "dikes."	

Note: This chart and its horizontal categories are more readily applied to rocks with feldspars and mafic minerals. Weathering in various sedimentary rocks, particularly limestones and poorly indurated sediments, will not always fit the categories established. This chart and weathering categories may have to be modified for particular site conditions or alteration such as hydrothermal effects; however, the basic framework and similar descriptors are to be used.

\* Combination descriptors are permissible where equal distribution of both weathering characteristics are present over significant intervals or where characteristics present are "in between" the diagnostic feature. However, dual descriptors should not be used where significant, identifiable zones can be delineated. When given as a range, only two adjacent terms may be combined (i.e., decomposed to lightly weathered or moderately weathered to fresh) are not acceptable.

† Does not include directional weathering along shears or faults and their associated features. For example, a shear zone that carried weathering to great depths into a fresh rock mass would not require the rock mass to be classified as weathered.

§ These are generalizations and should not be used as diagnostic features for weathering or excavation classification. These characteristics vary to a large extent based on naturally weak materials or cementation and type of excavation.

### 3. Cjepljivost

Opisuje se pomoću The Durability Index (DI) koji se odnosi na vrijeme u kojem je uzorak bio izložen ispitivanju u laboratoriju. Pri opisivanju cjepljivosti ili postojanosti, osim vremena ispitivanja, nužno je opisati postupak kojem je uzorak bio podvrgnut, budući da se uzorci mogu raspadati i na zraku, i u vodi, ili samo ako se podvrgnu opetovanom vlaženju i sušenju. Na primjer, materijal se može klasificirati kao DI3 - pri opetovanom vlaženju i sušenju.

Tablica 5: Indeks postojanosti (Durability Index)

oznaka	kriterij
DI0	uzorak stijene ostaje intaktan i bez „pogubnih“ pukotina nakon više od 1 godine izloženosti ispitivanju
DI1	razvoj pukotina tijekom 1 mjeseca, ali nema raspadanja unutar 1 godine
DI2	razvoj pukotina tijekom 1 tjedna i raspadanje unutar 1 mjeseca
DI3	razvoj pukotina tijekom 1 dana i odvajanje slojeva, ili raspadanje unutar 1 tjedna
DI4	ubrzan razvoj pukotina i raspadanje tijekom 24 sata, obično na sitnije fragmente

Terensko određivanje cjepljivosti obično se primjenjuje na glinovitim i alteriranim vulkanskim stijenama. Koriste se dva uzorka veličine oko 10 cm<sup>3</sup>, koji se stavljaju u vodu, jedan prirodno vlažan, a drugi osušen na zraku. Označeni uzorci trebaju se fotografirati, te se obavezno bilježi vrijeme ispitivanja, te se opisuje se ponašanje oba uzorka:

a) volumne promjene i raspad materijala – volumen materijala degradiran na veličinu individualnih čestica uspoređen s početnim volumenom materijala

Tablica 6.1

nema	nema vidljive degradacije
blago	> 5 vol% degradirano
srednje	5-25 vol% degradirano
intezivno	> 25 vol% degradirano
kompletno	nema ostataka intaktnog materijala

b) brzina cijepanja

Tablica 6.2

sporo cijepanje	reakcija se odvija nekoliko sati
srednje cijepanje	reakcija se završava unutar 1 sata
brzo cijepanje	reakcija se završava unutar 2 minute
trenutno cijepanje	reakcija se zbiva trenutno

c) značajke materijala – opisuje se nakon završetka testa

Tablica 6.2

nema promjena	materijal ostao netaknut
pločasti ostaci	preostali materijal predstavlja pločaste fragmente jednolike debljine
nepravilni sitni ostaci	preostali materijal predstavlja sitne ljuškave i klinaste fragmenta
blokoviti ostaci	materijal blokovit
zrnati ostaci	materijal uglavnom predstavlja zrna veličine pijeska
nema fragmenata	materijal u potpunosti degradiran na čestice veličine gline

### Tvrdoća – čvrstoća

Prilikom ispitivanja čvrstoće važno je zabilježiti da li se jezgra ili uzorak stijene lome kroz zrna ili duž ploha slojevitosti, škrljavosti ili pukotina. Obično se koriste dva ispitivanja: jedan je otpornost na grebanje uzorka nožem; a drugi otpornost stijene na udarce čekićem. Rezultate oba ispitivanja treba zabilježiti. Promjer i duljina jezgre utječe na procjenu čvrstoće, što treba imati na umu pri korelaciji čvrstoće. Obično se koristi uzorak veličine, odnosno jezgre duljine, od 130 do 200 mm. Standardne izraze (snažan, srednji, ili lagan udarac čekićem) treba usporediti (kalibrirati) s drugim geolozima.

Tablica 7: Tvrdoća/čvrstoća stijene.

oznaka	termin	kriterij
H1	ekstremno čvrsto	Jezgra, fragment, ili izdanak ne može se grebati nožem, ili šiljkom; može se tek okrhnuti s ponavljajućim snažnim udarcima čekićem
H2	vrlo čvrsto	Ne može se grebati nožem, ili šiljkom čekića. Jezgra ili fragment lomi se snažnim, ponavljajućim udarcima čekićem.
H3	čvrsto	Može se grebati nožem i šiljkom, vrlo snažnim pritiskom. Snažan udarac čekićem može slomiti uzorak.
H4	srednje čvrsto	Može se grebati nožem i šiljkom, laganim ili srednjim pritiskom. Uzorak se lomi srednje snažnim udarcem čekića.
H5	srednje meko	Može se nožem napraviti brazda duboka 2 mm, sa srednjim ili snažnim pritiskom. Uzorak se lomi laganim udarcem čekića ili snažnim pritiskom ruke.
H6	meko	Može se nožem napraviti brazda laganim pritiskom, može se grebati noktom. Uzorak se lomi laganim i srednje snažnim pritiskom ruke.
H7	vrlo meko	Uzorak se može lagano brazdati noktom, te se može napraviti otisak prstom. Slama se laganim pritiskom ruke.

Stijena mekša od H7 opisuje se konzistencijom.

Za određivanje čvrstoće također se koriste terenski postupci *Point load test* te *Schmidt-ov čekić*. Oba ispitivanja se mogu koristiti, za kalibraciju sa empirijskim svojstvima opisanim u tablici.



## Diskontinuiteti

Potrebno je opisati sve diskontinuitete kao što su prsline, pukotine, rasjedi, rasjedne zone i značajni kontakti. Opisi moraju uključivati sve vidljive značajke kao što su orijentacija, razmak, rasprostiranje, zijev, značajke stijenke diskontinuiteta i ispunu.

### Tip kontakta s drugim stijenskim jedinicama

Kontakti između raznih stijenskih jedinica ili stijena i tla moraju biti opisani. Termini koji klasificiraju geološke granice/kontakte su:

- konkordantni, odnosno normalni taložni kontakt
- diskordantni:
  - prividno konkordantni
  - kutna diskordancija
  - erozijska diskordancija
- intruzivni kontakt
- rasjedni kontakt

Termini pogodni za inženjerske klasifikacije su:

- raspucani, intaktni, zacijeljeni (sekundarnim procesima), oštar, građuiran, zona smicanja, alteriran, otopljen

Ukoliko je kontakt raspucan ili smični, treba ga opisati kao i ostale diskontinuitete.

## Propusnost

Predložene metode za ispitivanje, terminologiju, i opis vodopropusnosti dostupne su u različitoj literaturi (*Earth manual, Groundwater manual*). Važno je napomenuti je li propusnost primarna i sekundarna. Termini koji se koriste za opis vodopropusnosti prikazani su u tablici 8.

## Primjeri opisa

1. Primjeri terenskog opisa jezgre. Ovi primjeri ilustriraju format i upotrebu litoloških termina, ali ne uključuju opis diskontinuiteta.

### Opisi s vrijednostima brojčanih i numeričkih parametara

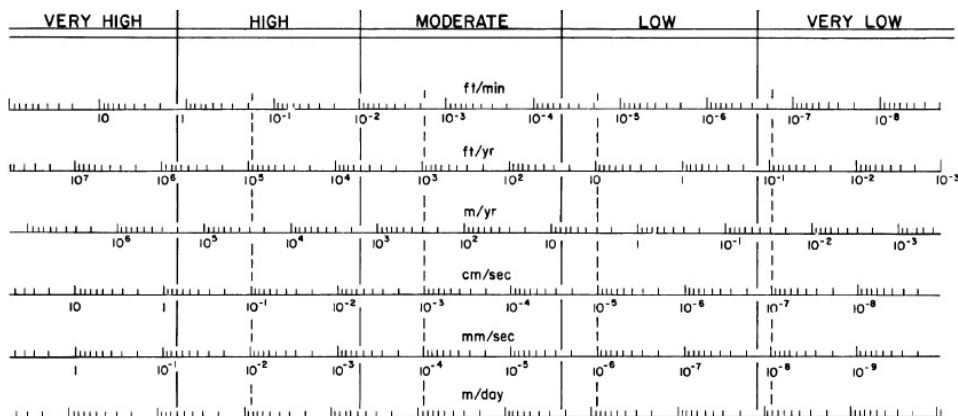
„... 12.6 do 42.5 m: Amfibolitni škriljavac (P). Sitnozmat (0.5 do 1 mm) škriljav do masivan; zelenkasto-crni (5G 2/1) s mnogobrojnim žicama kalcita debljine do 6 mm, sa šupljinama otapanja veličine do 9 mm, prosječno 3 mm, položenim paralelno folijaciji; folijacija je nagiba 65 do 85°, strmija s dubinom. Srednje do blago trošan (W4), svi diskontinuiteti prevučeni su željeznom oksidom. Čvrsto (H3), može se grebati s nožem, vrlo jakim pritiskom, jezgra se lomi paralelno škriljavosti snažnim udarcima čekića. Blago raspucano (FD3),...“

„... 42.5 do 86.7 m: Pješčenjak (P). Željezovito kvarcni pješčenjak. Srednje zrnat (0.25 do 0.5 mm), dobro sortiran, poluzaobljena do zaobljena kvarcna zrna su dobro cementirana kvarcnim vezivom, unutar veziva pojavljuje se malo hematita kao prevlaka na zrnima. Srednje crvenkasto smeđe boje (10R 6/6). Srednje slojevito, debljina slojeva 250 do 310 mm, nagiba 15 do 29°, prosječno 18°. Blago trošan. Čvrst, ne može se grebati nožem, jezgra se lomi snažnim udarcem čekića kroz zrna. Srednje raspucan...“

„...86.7 do 100.0 m: Glinjak (P). Kalcitno montmorilonitska glina s oko 20% poluuglatih kvarcnih zrna veličine sitnog pijeska. Snažna reakcija sa HCl, sivkasto ružičaste boje (5R 8/2). Srednje do trenutno cijepanje/raspadanje kada se stavi u vodu. Vrlo tanko slojevito sa slojevima debljine 8 do 20 mm. Vrlo intenzivno trošno. Vrlo meko, može se grebati s noktom, jezgra se pritiskom ruke lomi, manji fragmenti mogu se drobiti prstima. Gornji kontakt paralelan je slojevitošću, konkordantan, gradacijski, intaktni, donji kontakt je diskordantan, oštar i raspucan, ali zatvoren, stisnut, pod kutom 35°...“

**2. Opis stijene kakav se koristi u tekstualnom dijelu inženjerske interpretacije terenskih istraživanja, odnosno objašnjenja inženjerskogeološke karte ili profila.** Opis mora biti nadopunjen sa što više fizičkih i mehaničkih parametara koji se odnose na cijelu jedinicu stijene. Unutar nje se mogu izdvojiti podjedinice, te im se može dodijeliti zaseban simbol. Podjedinice se opisuju ispod osnovnog opisa, one značajke koje su zajedničke jedinici stijene i podjedinici nije potrebno ponavljati.

„Amfiboliti škrljavec – neizdiferenciran – varijabilnog mineralnog sastava, generalno sadrži više od 30% amfibola. Sadrži različite udjele feldspata, kvarca, i epidota u mnogobrojnim, tankim, bijelim i svijetlo zelenim (5G 7/4) diskontinuiranim ljuskicama i mrljama. Tekstura varira od sitnozrnate do škrljave i srednjzrnate. Općenito, boja varira od zelenkasto crne (5G 2/1) do maslinasto crne (5Y 2/1). Tanka folijacija, pod kutem od 75 do 85°. Trošenje je raznoliko, generalno srednje trošno do dubine 22 m, slabo trošno do dubine 40 m i svježije ispod. Na mjestima gdje je oksidirana, stijena je crvenkasto smeđe boje (10R 4/6), često s dendritičnim tvorevinama na diskontinuitetima. Čvrsta, svježija stijena može se slabo grebati snažnim pritiskom noža, svježija jezgra lomi se duž folijacije snažnim udarcem čekića. Pukotine folijacije različito razmaknute i ograničene/diskontinuirane, manjeg razmaka gdje je više trošno. Setovi pukotine su istaknuti, ali ograničeni (opisani u zasebnom odlomku). Uobičajena alteracija 30 do 1800 mm duž kontakta sa žilama i većim zonama smicanja, s epidotom i kvarcom („alterirani amfibolit“ u logovima). Alterirane zone čvršće su od amfibolita. Temeljeno na in-situ testovima u bušotini, hidraulička provodljivost je vrlo niska do niska, s vrijednostima od 0.03 do 30 metara godišnje, prosječno 0.05 m/god u slabo trošnoj i svježoj stijeni.



Slika 6: Propusnost.

## LITERATURA

- [1] Travis, Russell B., "Classification of Rocks," v. 50, No. 1, Quarterly of the Colorado School of Mines, Golden, CO, January 1955.
- [2] Fisher, R.V., "Rocks Composed of Volcanic Fragments: Earth Science Review, v. I, pp. 287-298, 1966.
- [3] Williams, H., and McBirney, A., Volcanology, published by Freeman, Cooper and Company, San Francisco, CA. 391 pp., 1979.
- [4] Compton, Robert R., Geology in the Field, published by John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 1985.
- [5] Geological Society of America Rock Color Chart, 8th printing, 1995.

## TERMINOLOGIJA ZA OPIS DISKONTINUITETA

### Uvod

Diskontinuitete je potrebno opisati oprezno, na odgovarajući način. U tekstu se daje terminologija opisa, indeksi, kvalitativni i kvantitativni opisni kriteriji, te format za opis diskontinuiteta. Kriteriji opisani u ovom tekstu slični su kriterijima iz raznih međunarodnih izvora prihvaćenih kao međunarodni standardi (npr. *International journal of rock mechanics* 1978 [1]). Terminologija za opis diskontinuiteta predstavljena ovim tekstom trebala bi se koristiti jednako za sve geološke zadatke i discipline.

Diskontinuitet predstavlja zajednički naziv za sve prekide u strukturi stijene čija je vlačna čvrstoća mala, ili jednaka nuli, a fraktura termin kojim se opisuje bilo koji prirodni slom u geološkom materijalu, izuzev rasjeda i rasjednih zona. Najčešće pukotine jesu:

1. Pukotina - Relativno ravna pukotina duž koje nije bilo očitog pomaka paralelnog samoj pukotini. Serija pukotina slične orijentacije čini set. Pukotine mogu biti zacijeljene, ispunjene, otvorene, ili sa strijama zbog manjih pomaka. Pukotine paralelne slojevitošću nazivaju se plohe slojevitosti, a one paralelne folijaciji, plohe folijacije.
2. Ploha slojevitosti – diskontinuitet duž kojeg su mehanički odvajaju slojevi nakon prestanka izloženosti tlaku.
3. Pojedinačna pukotina – pukotina koja ne pripada niti jednom setu, često s grubim, nepravilnim i neravnim plohama duž kojih nije bilo vidljivog pomaka.
4. Smicanje – strukturni prekid duž kojeg se dogodio pomak uz plohu ili zonu pukotina; karakteriziran je ugladenim površinama, brečom, milonitom, ili njihovim kombinacijama.
5. Rasjed – smicanje značajnog prostiranja koje se može korelirati između više lokacija.
6. Zona smicanja/rasjedna zona – područje paralelnih ili subparalelnih rasjeda.
8. Rasjedna breča – može biti cementirana i necementirana, uobičajeno je uglata. Fragmanti breče variraju od veličine pijeska do veličine blokova.

### Gustoća diskontinuiteta

Gustoća diskontinuiteta temelji se na mjerenju razmaka između svih prirodnih pukotina na izdanku ili jezgri, ne uključujući mehaničke pukotine i rasjede. Opis gustoće diskontinuiteta nalazi se u tablici 7, a temelji se na mjerenjima jezgre bušotine.

Kada se opisuje gustoća diskontinuiteta, treba navesti udio tipova pukotina. Primjer opisa gustoće diskontinuiteta: *blago raspucano (FD3), dobivene jezgra su duljine od 0.2 do 1.4 m, prosječno 520 mm, 25% diskontinuiteta predstavlja plohe slojevitost, 75% pukotine.*

Tablica 7: Gustoća diskontinuiteta

FD0	Unfractured	No observed fractures.
FD1	Very slightly fractured	Core recovered mostly in lengths greater than 1 m.
FD2	Slightly to very slightly fractured	
FD3	Slightly fractured	Core recovered mostly in lengths from 300 to 1,000 mm with few scattered lengths less than 300 mm or greater than 1,000 mm.
FD4	Moderately to slightly fractured <sup>1</sup>	
FD5	Moderately fractured	Core recovered mostly in lengths from 100 to 300 mm with most lengths about 200 mm.
FD6	Intensely to moderately fractured <sup>1</sup>	
FD7	Intensely fractured	Lengths average from 30 to 100 mm with fragmented intervals. Core recovered mostly in lengths less than 100 mm.
FD8	Very intensely to intensely fractured <sup>1</sup>	
FD9	Very intensely fractured	Core recovered mostly as chips and fragments with a few scattered short core lengths.

<sup>1</sup> Combinations of fracture densities are permissible where equal distribution of both fracture density characteristics are present over a significant core interval or exposure, or where characteristics are "in between" the descriptor definitions.

### Učestalost pukotina

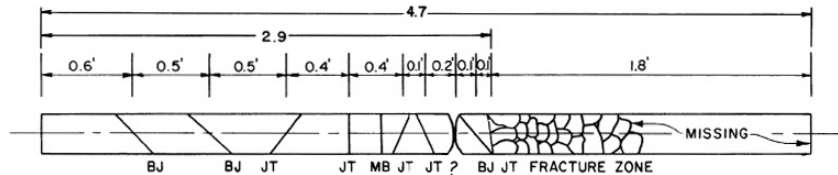
Učestalost pukotina predstavlja broj pukotina po jedinici duljine. Broj prirodnih pukotina se dijeli s duljinom dobivene jezgre, te se učestalost pukotina izražava kao broj pukotina po metru.

### Rock Quality Designation

Rock Quality Designation (RQD) [2] je indeks frakturiranosti koji se koristi u mnogim klasifikacijskim sustavima. Za određivanje RQD vrijednosti potrebno je zbrojiti sve komade jezgre dulje od 100 mm. Komadi jezgre kraći od 100 mm, ali slomljeni kao posljedica bušenja, spajaju se zajedno i mjere se kao jedan komad. Duljina se mjeri centralnom linijom jezgre. Zbroj svih komada jezgre duljih od 100 mm dijeli se sa duljinom bušenog intervala, te se unosi u log bušotine kao postotak za svaki manevar bušenja. Slika 8 ilustrira proceduru RQD mjerenja.

RQD se može procijeniti i sa izdanaka.  $RQD=115-3.3J_v$ , gdje je  $J_v$  jednak ukupnom broju pukotina po kubičnom metru. RQD se također može procijeniti zbrajanjem duljine cjelovitih komada stijene duž linije nacrtane na izdanku, a koja simulira bušači manevar duljine 1.5, ili 3.0 m. Ovakav način mjerenja RQD-a omogućava njegovo određivanje u različitim smjerovima, za razliku od mjerenja u bušotini gdje se mjeri samo u jednom smjeru.

1. PERCENTAGE OF SOLID CORE SEGMENTS LONGER THAN 0.33 ft (100mm) RELATIVE TO CORE RUN LENGTH, EXCLUDING MECHANICAL BREAKS.
2. RECORDED AS CALCULATED PERCENTAGE FOR EACH RUN.
3. BEST FOR N-SIZE OR LARGER SIZE CORE.
4. MAY NOT BE APPLICABLE FOR VERY LOW STRENGTH, FISSILE OR FOLIATED ROCKS WHICH BREAK OR PART EASILY.



$$RQD = \frac{\text{Sum of length of pieces } \geq 0.33 \text{ ft (4in)}}{\text{(total length of core run)}} \times 100 = \frac{2.4}{4.7} \times 100 = 51\%$$

Slika 8: Izračun RQD

### Opis pukotina

Prilikom prikupljanja podataka za geološke izvještaje može se koristiti uputa prikazana na slici 9.

<p><b>DISCONTINUITY TERMINOLOGY</b></p> <p><b>DISCONTINUITY</b> - A surface or zone over which all structural breaks in geologic materials occur. It may consist of one or more discontinuity surfaces, including joints, planes of weakness, schistosity, and cleavage, and may be composed of one or more of these surfaces. It is a discontinuity surface that may be discontinuous.</p> <p><b>FAULT</b> - A structural break along which movement has taken place. It may be a surface or zone of rupture, or a zone of rupture and shear. It is a discontinuity surface that may be discontinuous.</p> <p><b>JOINT</b> - A clear, well-defined discontinuity which may be a fracture surface or a zone of rupture. It is a discontinuity surface that may be discontinuous.</p> <p><b>DISCONTINUITY SURFACE</b> - A surface or zone of rupture, or a zone of rupture and shear. It is a discontinuity surface that may be discontinuous.</p> <p><b>DISCONTINUITY SURFACE</b> - A surface or zone of rupture, or a zone of rupture and shear. It is a discontinuity surface that may be discontinuous.</p>	<p><b>METHOD OF MEASURING DIP OF PLANAR DISCONTINUITIES, FOLIATION, AND BEDDING IN CORE</b></p> <p><b>ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD)</b></p> <p>Length of the run in feet (m)</p> <p>Expressed as percent (%)</p> <p><b>FRACTURE FREQUENCY</b></p> <p><b>FRACTURE DENSITY</b></p> <p><b>FRACTURE SPACING</b></p>	<p><b>FRACTURE CONTINUITY</b></p> <p><b>FRACTURE ENDS (JOINT SURVEYS)</b></p> <p><b>FRACTURE OPENNESS OR FILLING THICKNESS</b></p> <p><b>FRACTURE MOISTURE CONDITIONS</b></p> <p><b>FRACTURE ROUGHNESS</b></p>	<p><b>FRACTURE SURFACE AND / OR FILLING ALTERATION AND HARDNESS</b></p> <p><b>DISCONTINUITY HEALING</b></p> <p><b>SHEAR / FAULT DESCRIPTORS</b></p> <p><b>SHEAR / FAULT GOUGE CONSISTENCY</b></p> <p><b>SHEAR / FAULT MOISTURE CONDITIONS</b></p> <p><b>BRECCIA SHAPES</b></p>
--	--	--	--

Slika 9: Standardni kriteriji za opis diskontinuiteta.

### Predložak za opis diskontinuiteta

Potrebno je opisati što više značajki koje je moguće odrediti. Opći format za opisivanje pukotina treba sadržavati:

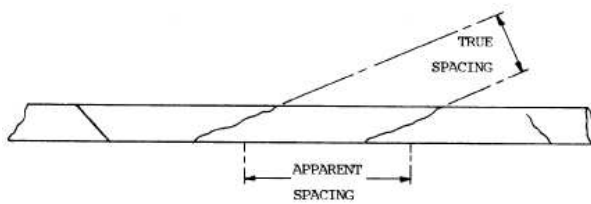
<ul style="list-style-type: none"> <li>• orijentacija</li> <li>• razmak</li> <li>• rasprostiranje</li> <li>• otvorenost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ispuna             <ul style="list-style-type: none"> <li>• debljina</li> <li>• sastav</li> <li>• trošnost/alteracije</li> <li>• čvrstoća</li> </ul> </li> <li>• zacjeljenje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• površina pukotine             <ul style="list-style-type: none"> <li>• hrapavost</li> <li>• valovitost</li> <li>• trošnost/alteracije</li> <li>• čvrstoća</li> </ul> </li> <li>• rezultati terenskih pokusa</li> <li>• vlaga</li> </ul>
--	--	--

### Orijentacija

Metoda mjerenja nagiba planarnih diskontinuiteta, folijacije i slojevitosti na jezgrama prikazana je na slici 9. Kod bušotina pod kutom, gdje se ne zna pravi nagib pukotine, kut nagiba se mjeri od osi jezgre i zapisuje se kao inklinacija, npr. „*inklinacija ploha slojevitosti pod kutom 65° od osi jezgre*“.

### Razmak

Može se mjeriti stvaran i prividan razmak između diskontinuiteta kao što se vidi na slici 10. Ukoliko je izmjeren prividan razmak, to mora biti naznačeno (tablica 8).



Slika 10: Razlika između stvarnog i prividnog razmaka.

Tablica 8: Razmak diskontinuiteta.

SP1	ekstremno široko razmaknute	<3 m
SP2	vrlo široko razmaknute	1 to 3 m
SP3	široko razmaknute	300 mm to 1 m
SP4	srednje razmaknute	100 to 300 mm
SP5	malo razmaknute	30 to 100 mm
SP5	vrlo malo razmaknute	<30 mm

### Postojanost

Sama informacija o postojanosti diskontinuiteta nije dovoljna za potpuni opis. Kada se opisuju pukotine nužno je zabilježiti i broj završetaka pukotine vidljivih na izdanku. Također treba biti zabilježena i veličina izdanka.

Tablica 9: Opis postojanosti diskontinuiteta.

C1	Discontinuous	<1 m
C2	Slightly continuous	1 to 3 m
C3	Moderately continuous	3 to 10 m
C4	Highly continuous	10 to 30 m
C5	Very continuous	>30 m

Tablica 10: Opis broja krajeva pukotine vidljivih na izdanku.

E0	Zero ends leave the exposure (both ends of the fracture can be seen in the exposure).
E1	One end can be seen (one end of the fracture terminates in the exposure).
E2	Both ends cannot be observed (two fracture ends do not terminate in the exposure).

### **Zijev**

Predstavlja širinu otvora pukotini, koji se mjeri okomito na površinu pukotine. Zijev se svrstava u kategorije prema tablici 11. Ako se u jezgri bušotine ne može procijeniti ili izmjeriti zijev, dozvoljeno je koristiti izraze kao što je otvoreno ili stisnuto, te se ne upotrebljavaju opisni i brojčani termini.

<i>Tablica 11: Opis zijeva pukotine.</i>			<i>Tablica 12: Opis debljine ispune.</i>		
O0	Tight	No visible separation	T0	Clean	No film coating
O1	Slightly open	<1 mm	T1	Very thin	<1 mm
O2	Moderately open	1 to 3 mm	T2	Moderately thin	1 to 3 mm
O3	Open	3 to 10 mm	T3	Thin	3 to 10 mm
O4	Moderately wide	10 to 30 mm	T4	Moderately thick	10 to 30 mm
O5	Wide	>30 mm (record actual openness)	T5	Thick	>30 mm (record actual thickness)

### **Karakteristike pukotinske ispune**

Opis pukotinske ispune mora sadržavati:

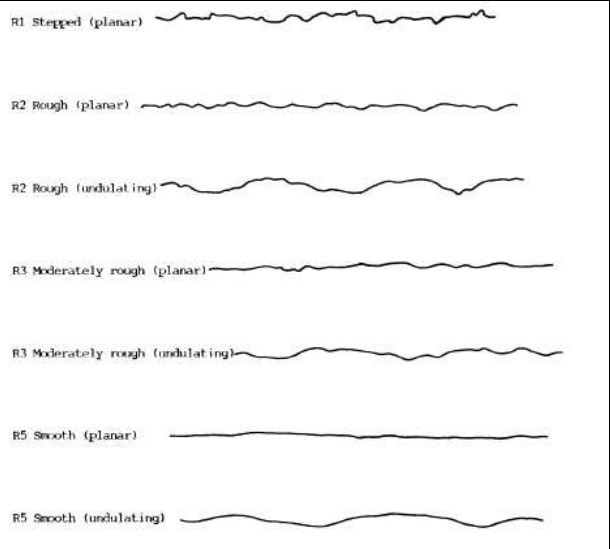
1. Debljina ispune – tablica 12
2. Sastav ispune – opisuje se mineralni sastav, a ukoliko predstavlja tlo, mora se opisati prema postojećim standardima za tlo (USCS). Također je potrebno zapisati da li je pukotina u potpunosti ispunjena mineralnom tvari/tlom, ili nije.
3. Trošnost i alteracija diskontinuiteta – opisi u skladu sa spomenutom tablicom za trošnost i alteraciju stijena, (tablica 4)
4. Tvrdoća/čvrstoća – opisi identični kao i za čvrstoću stijene i konzistenciju tla
5. Zacijeljenje – opis zacijeljena pukotine mora sadržavati tip zacijeljenja ili cementa i stupanj zacjeljenja/cementacije. Subjektivni kriteriji za opis zacjeljenja dani su u tablici 12.

*Tablica 12: Opis zacijeljena pukotine.*

HL0	Totally healed	Fracture is completely healed or recemented to a degree at least as hard as surrounding rock.
HL2	Moderately	Greater than 50 percent of fracture material, fracture surfaces, or healed filling is healed or recemented; and/or strength of the healing agent is less hard than surrounding rock.
HL3	Partly healed	Less than 50 percent of fractured material, filling, or fracture surface is healed or recemented.
HL5	Not healed	Fracture surface, fracture zone, or filling is not healed or recemented; rock fragments or filling (if present) is held in place by its own angularity and/or cohesiveness.

### Značajke površine pukotine

Ove značajke su manje važne ukoliko se radi o slabom stijenskom materijalu. Opis pukotinskih nepravilnosti dijeli se u dvije kategorije: nepravilnosti sitnog mjerila ili hrapavost, i nepravilnosti krupnog mjerila ili valovitost. Slika 11 prikazuje primjere ovih nepravilnosti.



**Slika 11:** Tipični profili hrapavosti i valovitosti diskontinuiteta i terminologija. Duljina prikazanih profila iznosi od 1 do 5 m (horizontalno i vertikalno mjerilo su jednaki).

1. Hrapavost – osim termina navedenih na slici 11, potrebno je navesti i hrapavost koje su nastale kao posljedica smicanja. Za orijentiranu jezgru ili izdanke, mora se zabilježiti i orijentacija strija. Veličina smicanja (pomaka) treba biti zabilježena i za jezgru iz vertikalne bušotine koja nije orijentirana.
2. Valovitost – potrebno je zabilježiti amplitudu i duljinu valova gibanje, ili barem, da li su plohe valova ugate ili zaobljene.
3. Trošnost/alteracija – mora se zabilježiti zajedno s eventualnim smanjenjem čvrstoće oko pukotine. Dubina penetracije trošnosti i alteracije također se bilježi.

### Vlažnost

Stanja vlažnosti pukotina potrebno je opisati prema tablici 13. Prisutnost ili odsutnost vlage nije moguće odrediti na jezgri bušotine, ali dokazi dugoročnog prisustva vode i toka mogu se uočiti u obliku promjena boje, oksidacije, ispiranja, otapanja...

**Tablica 13:** Opis uvjeta vlažnosti.

M1	The fracture is dry, tight, or filling (where present) is of sufficient density or composition to impede water flow. Water flow along the fracture does not appear possible.
M2	The fracture is dry with no evidence of previous water flow. Water flow appears possible.
M3	The fracture is dry but shows evidence of water flow such as staining, leaching, and vegetation.
M4	The fracture filling (where present) is damp, but no free water is present.
M5	The fracture shows seepage and is wet with occasional drops of water.
M6	The fracture emits a continuous flow (estimate flow rate) under low pressure. Filling materials (where present) may show signs of leaching or piping.
M7	The fracture emits a continuous flow (estimate flow rate) under moderate to high pressure. Water is squirting, and/or filling material (where present) may be substantially washed out.



### **Terenska ispitivanja za određivanje indeksnih svojstava (ispitivanja fizičko mehaničkih svojstava)**

Pokus Schmidtovim čekićem se koristi za određivanje čvrstoće površine diskontinuiteta. Uzorak mora biti dovoljno velik, intaktan, ili dobro učvršćen na npr. betonskom postolju, da se ne može micati tijekom testa. Pričvršćeni uzorci trebaju biti veličine barem 200x200 mm u sva tri smjera. Direktno ispitivanje na izdanku obično je najbolja metoda. Rezultati se prikazuju za suhu i mokru površinu. Potrebno je obaviti deset mjerenja na različitim mjestima za svaku pukotinu. Pet najnižih vrijednosti se odbacuje, a za pet najviših se određuje srednja vrijednost (Schmidtova čvrstoća). Čekić mora biti uvijek orijentiran okomito na testiranu površinu. Također je potrebno odrediti jediničnu težinu suhog uzorka. Koristeći jediničnu težinu suhog uzorka i Schmidtovu čvrstoću može se procijeniti jednoosna tlačna čvrstoća.

Tilt type sliding friction se koristi za procjenu posmične čvrstoće pukotina. Uzorci se uzimaju sa izdanaka ili iz jezgre. Uzorak se sastoji od dva reprezentativna dijela. Donji dio uzorka se naginje sve dok se gornji dio ne počne klizati po donjem uzorku. U trenutku kad počinje klizanje mjeri se kut relativno prema horizontali. Ovaj kut predstavlja aproksimaciju kuta trenja. Ispitivanje provodi za suhi i za mokri uzorak. Također se bilježi težina uzorka, debljina i aproksimativne dimenzije.

Džepni penetrometar se koristi da bi se procijenila čvrstoća pukotinske ispuna koja ima svojstva tla

### **Primjeri opisa diskontinuiteta**

Jezgra – prilikom opisa jezgre koja je izvađena iz bušotine pod kutom različitim od 90°, orijentacija pukotina se bilježi kao kut u odnosu na os jezgre.

*„... Umjereno do slabo raspucano (35% plohe slojevitosti, 65% pukotine). Jezgra se sastoji od komada duljine 210 do 730 mm, uglavnom 300 mm. Plohe slojevitosti nagnute su pod kutom 30 do 35°, široko razmaknute (SP3), od 370 do 790 mm, prosječno 580 mm; 29 ploha su zatvorene, 6 su otvorene, sve su čiste; 20 ploha slojevitosti je srednje hrapavo (R3), 15 blago hrapavo (R4); oksidacija penetrira 30 mm od površine diskontinuiteta; sve površine se mogu grebati srednje snažnim pritiskom noža (H4). Set pukotina A nagnut je pod kutom od 50 do 75°, prosječno 60 do 65°, okomito na slojevitost; vrlo široko razmaknute pukotine (SP2), od 0.9 do 1.2 m, prosječno 1 m; 3 pukotine su otvorene, 1 je zatvorena, 9 su zatvorene i zacijeljene sa 3 do 30 mm debelom, svježom (W1), vrlo čvrstom (H2), kvarcno kalcitom ispunom; 3 otvorene pukotine su čiste, blago hrapave (R4), oksidacija penetrira 60 mm od površine pukotine (W4) koje se mogu grebati laganim do srednjim pritiskom noža, sve 3 pukotine ukazuju na tok vode (W6)...“*

### **Opisivanje na izdanku (kartiranje)**

*“Set pukotina A-1 pružanja N. 20-38° W., uglavnom N. 20- 25° W.; pod kutom 50-65° NE, prosječno 54° NE. Vrlo široko razmaknute (SP2), 1.15 do 2.2 m, prosječno 1.5 m; većina ima srednje do veliko rasprostiranje (C3 do C4) s duljinom pukotina na površini stijene od 7.6 do 16.7 m. Oko 60% su otvorene do srednje široke (O3 do O4), otvorenost varira od 0.3 do 1 m, ostale pukotine su tijesne do blago otvorene (O0 do O1). Oko 10% pukotina sadrži tanku, čvrstu kvarcnu ispunu, 25% su čiste, 65% sadrže ispunu visokoplastične gline, krute konzistencije, u koju se može utisnuti nokat. Sve stijenske površine su srednje trošne sa dendritičnim tvorevinama željeznog oksida koji se može grebati laganim do srednjim pritiskom noža. Većina površina je blago hrapava (R4) i valovita, oko 20% su hrapave (R2) i ravne. Valovite pukotine imaju valnu duljinu 3 do 6 m, prosječno 4.5 m i*

*amplitudu 60 do 150 mm. Čiste pukotine su suhe, ali pokazuju dokaze vlažnog toka (M3), većina pukotina ispunjenih glino su mokre, ali ne pokazuju dokaze toka (M4).“*

#### LITERATURA

- [1] *International Journal of Rock Mechanics Mining Science and Geomechanics Abstracts*, v. 15, pp. 319-368, 1978.
- [2] *The Glossary of Geology*, 4th edition, American Geologic Institute, Alexandria, Virginia, 1997.
- [3] Deere, D.U., and D.W. Deere, "RQD After Twenty Years," U.S. Army Corps of Engineers, 1989.
- [4] Davis, George H., *Structural Geology of Rocks and Regions*, John Wiley & Sons, 1984.
- [5] *Earth Manual*, Part II, Third Edition, Bureau of Reclamation, U.S. Department of the Interior, 1990.