

Smernice za Projektovanje Lokalnih Puteva (SPLP)

6. GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA

[COMPANY NAME] | [Company address]

S a d r Ź a j

1	UVOD	1
	1.1 Opšte	1
2	Faznost Geotehničkih istraživanja	1
3	Izvođenje geotehničkih istraživanja	2
	3.1.1 Priprema geotehničkih istraživanja	2
	3.1.2 Prikupljanje postojećih podataka (istorijska građa)	3
	3.1.3 Terenski istražni radovi	3
4	Laboratorijska ispitivanja	4
5	Postupak geotehničkih istraživanja	5
6	Sadržaj geotehničkog elaborata	7
	6.1 Elaborat o rezultatima geotehničkih istraživanja	7
	6.1.1 Prikaz geotehničkih podataka	7
	6.1.2 Analiza i ocena geotehničkih podataka	8
	6.2 Geotehnički elaborat sa uslovima izgradnje puta i objekata u funkciji puta	8
7	Vrste istraživanja	9
	7.1 Predviđeni obim glavnih geomehaničkih istraživanja	9
	7.1.1 Terenska istraživanja	9
	7.1.2 Laboratorijska ispitivanja	9
	7.1.3 Geološka istraživanja.....	10
	7.1.4 Hidrogeološka istraživanja	11
	7.1.5 Geofizička istraživanja	11
	7.1.6 Geomehnička istraživanja.....	12
	7.1.7 Kvalitet izvođenja geotehničkih istraživanja	14
8	Aneks	16
	8.1 Sadržaj izveštaja	16
	8.1.1 Geotehnički elaborat za trasu	16
	8.1.2 Geotehnički elaborat za objekat.....	17
	8.2 Informativni obim terenskih istražnih radova (izvod iz SRPS EN 1997-2:2014)	18
	8.2.1 Razmak između istražnih radova	18
	8.2.2 Dubina istražnih radova	19
	8.3 Standardi	22
	8.3.1 Standardi za terenske istražne radove.....	22
	8.3.2 Standardi za laboratorijske istražne radove	23
	8.3.3 Standardi za rad u birou i projektovanje.....	26

Spisak tabela

Tabela 1 Istražne faze	1
Tabela 2 Faze projektovanja i odgovarajuće faze geotehničkih istraživanja	2
Tabela 3 Vrste i tipovi laboratorijskih ispitivanja i vrste uzoraka	4
Tabela 4 Proces izrade elaborata geotehničkih istraživanja	5
Tabela 5 Preporuke o obimu laboratorijskih ispitivanja za svaki sloj tla	9
Tabela 6 Pregled terenskih ispitivanja	12
Tabela 7 Laboratorijska ispitivanja za klasifikaciju tla (prema SRPS EN 1997-2:2014)	13
Tabela 8 Laboratorijska ispitivanja za određivanje fizičkih i mehaničkih svojstva tla (prema SRPS EN 1997-2:2014)	13

1 UVOD

1.1 Opšte

Smernice za sprovođenje geotehničkih istraživanja su sastavni deo smernica za projektovanje lokalnih puteva (Guidance for Local Road Design - GLRD). Preduslov za izradu pouzdane tehničke dokumentacije su prethodno obavljena geotehnička istraživanja, koja su potrebna za pripremu odgovarajuće faze projekta lokalnog puta.

Vrsta, obim i način izvođenja istražnih radova, pre svega zavisi od:

- Terenskih uslova pri kojima će se istražni radovi obaviti.
- Obima istraživanja u skladu sa nivoom projektne dokumentacije (idejni projekat, projekat za izvođenje radova, projekat rehabilitacije itd.)
- Vrste objekta i očekivanih opterećenja na tlo.

Smernice se pre svega pozivaju na Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji, 2 Geotehnička i hidrološka istraživanja i ispitivanja, Beograd 2012, pa samim tim i na pripadajuću tehničku regulative koja uređuje i uslovljava ovu oblast kroz primenu odgovarajućih SRPS EN i SRPS EN ISO standarda (videti SRDM 2, tačku 2.1.1.2).

2 Faznost Geotehničkih istraživanja

Geotehnička istraživanja za projektovanje trase puta se pre svega se odnose i zavise od;

- Izabranog koridora za postavljanje trase
- Tehnologije iskopa i kategorije I vrste tla
- Stabilnosti tla na kosinama u zoni nasipa i useka, kao i potrebnih mera zaštite
- Tehnologije izrade nasipa i odgovarajućih mera zaštite nagiba kosina
- Eventualne potrebe za poboljšanja karakteristika tla (zamena, mere poboljšanja...)
- Eventualnog prisustva podzemnih voda i vrste zaštita od voda.
- Vrste materijala za izgradnju puta i planiranih pozajmišta
- Izboru lokacije za deponovanje viška materijala
- Uticaja na životnu okolinu

Kada su u pitanju istraživanja za potrebe izgradnje objekata (mostovi, potporne konstrukcije, tuneli), obim i vrsta istraživanja zavisi od:

- Uslova, vrste i dubine fundiranja
- Nosivosti tla i sleganja
- Tehnologije iskopa
- Poboljšanja tla
- Deponovanja viška materijala
- Uticaja na životnu okolinu

Istražni radovi se obavljaju prema sledećoj tabeli:

Tabela 1 Istražne faze

Faza istraživanja	Svrha
Prethodna istraživanja	Utvrđivanje opštih karakteristika geologije terena u cilju: <ul style="list-style-type: none">• izbora adekvatne vrste gradnje• donošenja odluke o adekvatnosti lokacije planirane gradnje• određivanja prethodnog plana za temeljenje objekta odnosno načina izgradnje geotehničkih zahvata• određivanja vrste i obima istraživanja u sledećoj fazi uz poštovanje generalnog projekta
Glavna istraživanja	Dobijanje svih potrebnih geotehničkih podataka za celovito projektovanje trase puta i temeljenja objekata na trasi

Dopunska istraživanja	<p>Dopunska istraživanja prema naknadno utvrđenoj potrebi npr. u sledećim slučajevima:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Na osnovu analiza prethodno prikupljenih podataka utvrđeno je da su nedovoljno pouzdani ili da imaju nedostatke • Izmena u planu ili lokacije puta ili objekta • Izmena uslova i odnosa na terenu • druge bitne izmene na projektu (opterećenja, tehnološki postupci, faznost izvođenja radova, ...), koje zahtevaju dodatne geotehničke podatke • usled nepristupačnosti terena na mikrolokaciji prethodno planiranih istražnih radova
-----------------------	--

U toku izvođenja radova na izgradnji lokalnog puta i pripadajućih objekata sprovode se sledeća ispitivanja:

- Tekuća istraživanja
- Kontrolna istraživanja

Prema fazi izrade projektne dokumentacije za lokalni put, opredeljuju se i faze geotehničkih istražnih radova.

Tabela 2 Faze projektovanja i odgovarajuće faze geotehničkih istraživanja

Faza projektovanja	Faza geotehničkih istraživanja
generalni projekat	prethodna istraživanja
idejni projekat	glavna istraživanja
Projekat za građevinsku dozvolu, Projekat za izvođenje	glavna (i dopunska) istraživanja
projekat izvedenog objekta	tekuća i kontrolna istraživanja

3 Izvođenje geotehničkih istraživanja

3.1.1 Priprema geotehničkih istraživanja

Izvođenje geotehničkih istraživanja podrazumeva sledeće:

- Geotehnička Istraživanja planira i izvodi ovlašćena i licencirana institucija i stručno lice iz oblasti geotehničkih istraživanja
- Oprema kojom se vrše istraživanja mora biti verifikovana i kalibrisana od strane sertifikacionog tela.
- Istražni radovi se obavljaju u skladu sa postupcima koji garantuju kvalitet izvršenih radova
- Istraživanjem se obuhvataju i postojeći istorijski geotehnički podaci za predmetnu lokaciju
- Vodi se evidencija o postupcima geotehničkih istraživanja
- Program istraživanja obuhvata prikupljanje relevantnih geotehničkih podataka za susedne objekte
- Geotehnička istraživanja pretpostavljaju analizu tehnologije za izvođenje radova na izgradnji lokalnog puta, kao i terenske uslove za izvođenje istražnih radova.

- Sva terenska i laboratorijska istraživanja i interpretacija rezultata se izvodi na osnovu važećih propisa i standarda za tu oblast
- geotehnička istraživanja moraju u svakoj fazi u vezi sa projektovanim lokalnim putem i/ili objektom pružiti odgovarajuće informacije o tlu i podzemnoj vodi u uticajnoj zoni gradnje i omogućiti interpretaciju sastava tla kao i izbor karakterističnih vrednosti materijalnih parametara, koji su osnova za geotehničke proračune. Za kompleksne objekte ili za trase saobraćajnica koje prolaze kroz kompleksne geološke uslove se od samog početka istraživanja tla vrši praćenje relevantnih geotehničkih pojava, kao što su to pomeranja tla, varijacije nivoa podzemne vode, varijacije porednih pritisaka ili drugo,

3.1.2 Prikupljanje postojećih podataka (istorijska građa)

Prikupljanje postojećih podataka se obavlja u birou i podrazumeva sledeće:

- Pregled područja trase puta ili objekta
- Pregled postojećih geodetskih, geoloških i morfoloških karata
- Pregled rezultata prethodnih faza istraživanja
- Pregled rezultata istražnih radova na susednim objektima
- Pregled izveštaja o oskultacijama susednih objekata
- Prikupljanje satelitskih, aero i drugih snimaka područja objekta
- Izrada detaljnog plana terenskih istražnih radova
- Priprema detaljnog programa laboratorijskih istražnih radova

3.1.3 Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi podrazumevaju sledeće:

- Pregled i analiza terena sa uočavanjem karakterističnih morfološko - geoloških, hidroloških i ostalih elementarnih pojava.
- Geološko, inženjersko, hidrološko kartiranje lokaliteta uzduž i popreko u odnosu na trasu puta
- Istražni iskopi (iskopi, uzorkovanja, merenja, vođenje zapisnika).
- Istražna bušenja (bušenja, jezgrovanje, popis, merenja). Izvršenje geotehničkih mera u bušotinama (penetracioni test, geofizički test i dr.) Postavljanje inklinometara, pijezometara i druge merne opreme.
- Obavljanje geomehaničkih ispitivanja i uzimanje rezultata:
 - Standardni penetracioni opit SPT
 - Terenski opit krilnom sondom
 - Opit dinamičke penetracije DPL, DPM, DPH, DPHS
 - Opit statičke penetracije CPT (CPTU, SCPT)
 - Presometar PMT
 - Dilatometar DMT, SDMT, RDT
 - Merenje stišljivosti modula kompresije (kružna ploča PLT)
- Hidrogeološka ispitivanja
 - Merenje pijezometarskog nivoa, porednog pritiska u tlu
 - Merenja vodopropusnosti
 - Uzorkovanje podzemnih voda za hemijsku i bakteriološku analizu
 - Hidrološka kategorizacija i zaštita podzemnih voda
 - Geofizička ispitivanja
 - Ostala ispitivanja po potrebi i tumačenje prikupljenih podataka (geoelektrika, georadar, geoseizmika itd).
- Druga terenska ispitivanja (merenja, obrada podataka, analiza rezultata)
 - Geodetska merenja
 - Oskultacije inklinometara
 - Ekstenziometarska oskultacija
 - Statička i dinamička probna opterećenja šipova

- Ispitivanja geotehničkih ankera
- Postavljanje testnih sonde pre izrade nasipa
- Druga posebna geotehnička merenja, mehaničke i hemijske oskultacije.

4 Laboratorijska ispitivanja

Laboratorijska ispitivanja se obavljaju na uzorcima koji su prikupljeni na terenu postupcima koji su dati u Tabela 3

Tabela 3 Vrste i tipovi laboratorijskih ispitivanja i vrste uzoraka

Karakteristika tla / klasa kvaliteta uzorka	Neporemećeni	Poremećeni			
	1	2	3	4	5
Nepromenjene karakteristike zemljanih materijala					
Veličina zrna	+	+	+	+	
Vlažnost	+	+	+		
Zapreminska težina, relativna zbijenost, vodopropusnost	+	+			
Stišljivost, smičuća čvrstoća	+				
Karakteristike koje možemo odrediti					
Redosled slojeva	+	+	+	+	+
Granice između slojeva, grubo	+	+	+	+	
Granice između slojeva, detaljno	+	+			
Atterberg. gran., spec.težina zrna, sadr. organskih mat.	+	+	+	+	
Vlažnost	+	+	+		
Zapreminska težina, relativna zbijenost, vodopropusnost	+	+			
Stišljivost, smičuća čvrstoća	+				
Kategorija uzimanja uzoraka (bušenja) prema EN ISO 22475-1*	A				
				B	
					□

Metode uzimanja uzoraka za kategorije uzoraka A, B i C su definisane standardom SRPS EN ISO 22475-1 / 6 i korespondiraju vrsti tla u kojoj se uzorkovanje vrši. Uzorci klase 1 i 2 (kategorija uzorkovanja A), su referentni za geotehnička ispitivanja.

Postupci i metode laboratorijskih ispitivanja:

- Analiza preuzetih uzoraka sa terena prema programu geomehaničkih laboratorijskih ispitivanja
- Laboratorijska ispitivanja uzoraka zemljanog materijala
 - Klasifikacija
 - Određivanje zapreminske težine
 - Utvrđivanje čvrstoće materijala
 - Ispitivanje krutosti
 - Opit vodonepropusnosti
 - Utvrđivanje hemijskog sastava
 - Podobnost materijala za izradu nasipa / posteljice
- Laboratorijska ispitivanja uzoraka stenskog materijala
 - Priprema uzoraka

- Petrografsko mineralološka ispitivanja
- Utvrđivanje čvrstoće materijala
- Ispitivanje krutosti
- Podobnost materijala za izradu nasipa / posteljice
- Podobnost materijala za dalju preradu i izradu agregata
- Laboratorijska geološka ispitivanja
- Laboratorijska istraživanja i utvrđivanje parametara koji utiču na životnu sredinu
 - Organski sastav
 - Hloridi
 - Sulfati
 - Karbonati
 - Teški metali
 - PH vrednost

5 Postupak geotehničkih istraživanja

Geotehnička istraživanja obavlja ovlašćena i licencirana organizacija, na osnovu programa koji je sastavni deo projektnog zadatka za izradu projekta infrastrukturnog objekta.

Geotehnička istraživanja se obavljaju pre procesa projektovanja u cilju pravilne orijentacije projekatana u toku projektovanja. U tom cilju se pripremaju odgovarajući elaborati i to:

- Elaborat o rezultatima geotehničkih istraživanja
- Elaborat o uslovima izgradnje puta i objekata u funkciji puta, kao analiza prethodno prikupljenih rezultata.

Oba elaborate su sastavni deo projekta i process njihove izrade je prikazan u Tabela 4

Tabela 4 Proces izrade elaborata geotehničkih istraživanja

Faza	Svrha	Izvođač	Potrebne podloge	Metode istraživanja	Završni dokument	Tehnička kontrola
Prethodna priprema istraživanja	Prethodna analiza tehničke dokumentacije i geotehničkih uslova sa stajališta planiranih istraživanja. Cilj ove faze je priprema poziva za ponude za prethodna geotehnička istraživanja.	Stručna služba naručioca ili na njegov poziv određena konsultantska firma.	Prethodna verzija tehničke dokumentacije (situacija, uzdužni presek, poprečni preseki). Arhivski geotehnički podaci (ako postoje).	Izbor metoda rada u birou (vidi 3.1.2). Pregled i rekognosciranje terena (vidi 3.1.3)	Program geotehničkih istraživanja.	Preporučljivo kod kompleksnih geotehničkih uslova trase.
Prethodna istraživanja	Dobijanje osnovnih podataka o sastavu i karakteristikama tla (vidi Tabela 1). Dobijanje odgovarajućih podataka za izradu programa glavnih istraživanja.	Istraživačka institucija sa odgovarajućim referencama iz oblasti geotehničkih istraživanja.	Poslednja verzija tehničke dokumentacije (situacija, uzdužni presek). Arhivski geotehnički podaci (ako postoje)	Izbor metoda rada u birou (vidi 3.1.2). Geološko kartiranje (vidi 3.1.3). [Izbor ostalih terenskih istraživačkih radova, laboratorijskih ispitivanja i računskih analiza].	Elaborat o rezultatima prethodnih geotehničkih istraživanja za trasu ili objekte i geotehnički elaborat o uslovima izgradnje trase puta ili objekta.	Završni izveštaj je predmet interne tehničke kontrole. Način kontrole određuje stručna služba naručioca.
Glavna	Dobijanje svih potrebnih	Istraživačka institucija sa	Poslednja verzija	Izbor metoda rada u birou	Elaborat o rezultatima	Završni elaborati su predmet

istraživanja	podataka o karakteristikama tla na trasi puta i na lokacijama objekata (vidi Tabela 1).	potvrđenim referencama u pozivu za ponudu.	tehničke dokumentacije (situacija, uzdužni presek, poprečni preseci, puta i/ili objekta). Prethodni elaborati o rezultatima geotehničkih istraživanja. Drugi relevantni podaci (opterećenja temelja, raspoloživo vreme za konsolidaciju, ...)	(vidi 3.1.2), detaljno geološko kartiranje (vidi 3.1.3), izbor ostalih terenskih istraživačkih radova, laboratorijskih ispitivanja (vidi 4),	glavnih geotehničkih istraživanja za trasu ili objekte i geotehnički elaborat o uslovima izgradnje trase puta ili objekta.	interne tehničke kontrole. Način kontrole određuje stručna služba naručioca.
Dopunska istraživanja	Dopuniti fond podataka iz prethodnih faza istraživanja (vidi Tabela 1).	Istraživačka institucija sa odgovarajućim referencama (prema mogućnosti ista institucija koja je vršila glavna istraživanja).	Poslednja verzija tehničke dokumentacije (situacija, uzdužni i poprečni presek), elaborati o rezultatima prethodnih i glavnih geotehničkih istraživanja, geotehnički elaborat o uslovima izgradnje trase puta ili objekta. Podaci o promenama tehničke dokumentacije i ostali razlozi zbog kojih se izvode dopunska istraživanja. Posebni zahtevi odgovornog projektanta.	Izbor metoda rada u birou (vidi 3.1.2), detaljno geološko kartiranje (vidi 3.1.3), izbor ostalih terenskih istraživačkih radova, laboratorijskih ispitivanja (vidi 4),	Elaborat o rezultatima dopunskih geotehničkih istraživanja. Geotehnički elaborat o uslovima izgradnje trase puta ili objekta.	Završni elaborati su predmet interne tehničke kontrole. Način kontrole određuje stručna služba naručioca.
Geotehničko praćenje stanja puta ili objekta nakon izgradnje	Osnovna svrha geotehničkog praćenja je proveravanje funkcionalnih sposobnosti trase puta i/ili pojedinih objekata i proveravanje	Izvođač sa referencama u oblasti geotehničkih, geodetskih i/ili ostalih potrebnih vrsta merenja i	Glavni i izvođački projekat, projekat izvedenog objekta. Elaborati o rezultatima	Pregled postojeće tehničke dokumentacije. Projektovanje i uspostavljanje sistema	Periodični izveštaj o rezultatima geotehničkog praćenja trase puta i/ili objekta. Završni	Završni izveštaj o geotehničkom praćenju stanja puta i objekata nakon izgradnje predmet je interne tehničke kontrole.

	saglasnosti sa projektovanim ponašanjem. Rezultati praćenja omogućavaju racionalan pristup sanaciji, u slučaju da je to potrebno.	interpretacije geotehničkog g praćenja.	glavnih (i dopunskih) geotehničkih istraživanja. Geotehnički elaborat o uslovima izgradnje trase puta ili objekta. Projektni zadatak za izvođenje geotehničkog g praćenja.	tehničkog praćenja. Periodično izvođenje merenja na objektu. Interpretacija rezultata merenja. Izrada izveštaja sa predlogom mera i/ili nastavljanja praćenja.	izveštaj o geotehničkom praćenju objekta u periodu (od ... do...) sa predlogom mera i nastavljanjem merenja.	Način pregleda određuje stručna služba naručioca.
--	--	---	--	---	--	---

6 Sadržaj geotehničkog elaborata

Izrada geotehničkog elaborata je završna faza procesa geotehničkih istraživanja. Geotehnički elaborat je od suštinskog značaja za sve dalje faze izrade projektne tehničke dokumentacije, faze izgradnje i vršenja nadzora.

Elaborat se deli na dva dela:

- Elaborat o rezultatima geotehničkih istraživanja
- Geotehnički elaborat o uslovima izgradnje puta i objekata u funkciji puta.

Elaborat mora da bude razumljiv za projektanta.

6.1 Elaborat o rezultatima geotehničkih istraživanja

Geotehnički elaborati se izrađuju za potrebe projektovanja i izgradnje:

- Trase puta
- Mostova i drugih objekata u funkciji puta
- Pozajmišta i deponija
- Posebnih delova puta koji odstupaju od standardnih postupaka gradnje (klizišta, primena geosintetičkih mera, i slično)

Elaborat sadrži:

- Prikaz svih geotehničkih podataka, geoloških karakteristika i merodavnih podataka
- Analize geotehničkih podataka

6.1.1 Prikaz geotehničkih podataka

Prikaz geotehničkih podataka sadrži:

- Izveštaj koji sadrži niz činjeničnih podataka o svim terenskim i laboratorijskim istraživanjima
- Izveštaj sa podacima o primenjenim metodama i postupcima istraživanja na terenu i u laboratoriji

Izveštaj sa činjeničnim podacima sadrži:

- Spisak svih učesnika na geotehničkom istraživačkom poslu
- Svrhu i obim geotehničkih istraživanja
- Podatke o vremenskom periodu u kome su se istraživanja obavila.
- Podatke o širem terenskom pregledu sa posebnim osvrtom na prisustvo podzemnih voda, stabilnost terena i susednih objekata, nestabilnost kosina itd.

- Istorijski podaci
- Geološku strukturu okolnog prostora i linije podele celina
- Geodetske podatke
- Dostupne aero snimke
- Dostupne seizmičke podatke
- Postupke uzorkovanja, skladištenja i transport uzoraka
- Podatke o upotrebljenoj terenskoj opremi
- Tabelarni prikaz vrste i količine izvedenih terenskih i laboratorijskih istraživanja, sa upisom nadzornog organa
- Podatke o kretanju nivoa podzemnih voda pre i posle istražnih radova
- Grafički podaci sa profilima bušotina i foto-dokumentacijom jezgara i odgovarajućim opisima slojeva tla
- Podatke o radioaktivnosti ako je prisutna
- Osetljivost tla na zamrzavanje

6.1.2 Analiza i ocena geotehničkih podataka

Analiza i ocena geotehničkih podataka treba da sadrži:

- Detaljan pregled terenskog i laboratorijskog ispitivanja, u cilju uočavanja grešaka i neispravnih postupaka, kao i njihovo izuzimanje iz postupka ocene.
- Pregled dobijenih rezultata geotehničkih parametara.
- Utvrđivanje programa i liste dodatnih terenskih i laboratorijskih ispitivanja u narednim fazama projekta, sa odgovarajućim obrazloženjima za njihovo sprovođenje
- Izrada tabelarnih i grafičkih prikaza rezultata terenskih i laboratorijskih istraživanja
- Izrada grafikona koji prikazuju područja vrednosti dobijenih podataka, kao i njihovu raspodelu.
- Dubine podzemnih voda i njihova sezonska kretanja.
- Profile temeljnog tla, sa jasno naznačenim slojevima
- Detaljan opis slojeva tla sa klasifikacijom, fizičkim osobinama, karakteristikama krutosti, čvrstoće, vodopropusnosti
- Specifikacija uočenih nepravilnosti u smislu prisustva sočiva drugih materijala ili kaverni.

6.2 Geotehnički elaborat sa uslovima izgradnje puta i objekata u funkciji puta

Geotehnički elaborat sa uslovima izgradnje puta i objekata u funkciji puta, sadrži podatke, metode računске provere i rezultate tih provera i preporuke za upotrebu materijala i faktora sigurnosti.

Preciznost obrade podataka se usklađuje sa vrstom istražnog zahvata.

Geotehnički elaborat sa uslovima izgradnje se pre svega poziva na elaborat geotehničkih istraživanja (tačka 6.1) i sadrži:

- Opis lokacije i okruženja
- Opis uslova tla
- Opis projektovanog objekta i zadata opterećenja
- Projektne vrednosti osobina tla i stenske mase, sa potrebnim komentarima i pojašnjenjima
- Izjavu o upotrebljenim standardima i propisima
- Komentar o podobnosti lokacije za izgradnju predmetnog objekta i nivo prihvatljivih rizika
- Geotehničke proračune i crteže
- Predlog fundiranja objekata
- Spisak objekata koji zahtevaju posebno tehničko praćenje i nadzor za vreme gradnje, kao i lokacija (deonica) trase puta i vrstu kontrole
- Program nadzora i tehničkog praćenja za vreme izgradnje kao i način dokumentovanja kontrole.

U vezi sa vršenjem nadzora i tehničkog praćenja geotehnički elaborat sa uslovima izgradnje treba da definiše sledeće:

- Svrhu i namenu svake serije praćenja i merenja
- Delove konstrukcije koji se prate i lokacije gde se merenja vrše
- Frekvenciju merenja
- Način analize i ocene vrednosti dobijenih rezultata
- Obim zahtevanih vrednosti dobijenih rezultata merenja
- Vremensko praćenje nakon završetka izgradnje puta i objekata u funkciji puta
- Spisak osoba koje su odgovorne za vršenje i sprovođenje merenja, praćenje, interpretaciju rezultata i održavanje merne opreme.

7 Vrste istraživanja

7.1 Predviđeni obim glavnih geomehaničkih istraživanja

7.1.1 Terenska istraživanja

Na osnovu prethodnih vrsta i rezultata istraživanja, priprema se program glavnih istraživanja.

Obim ovih istraživanja zavisi od:

- Količine prethodno obavljenih istraživanja
- Vrste tla
- Važnosti i obima projekta
- Predviđenih opterećenja na tlo

Kod pripreme plana istraživanja treba imati u vidu važeće tehničke standarde i iskustvo i prethodno poznavanje problema, pa prema tome treba prilagoditi obim posla. Predlog za obim terenskih istraživanja je dat u tački 8.2

U izuzetno kompleksnim morfološko geološkim područjima se preporučuje u fazi prethodnih istraživanja na duži rok izrada dubokih bušotina sa postavljanjem inklinometara i piježometrima i oskultaciona merenja kroz sve faze realizacije projekta, i nakon izgradnje u toku eksploatacije. Rezultati ovih merenja su od posebnog značaja za eventualne korekcije koje mogu nastupiti usled pomeranja tla.

7.1.2 Laboratorijska ispitivanja

Laboratorijska istraživanja se planiraju u skladu sa vrstom konstrukcije, opterećenja na tlo, prirodnim sastavom tla i karakteristikama tla.

Laboratorijska ispitivanja se usklađuju sa zaključcima terenskih istraživanja, tako da se nadopunjuju. Pre početka laboratorijskih ispitivanja, potrebno je znati profil tla, oblik terena i koji su slojevi tla relevantni za fundiranje puta.

Obim laboratorijskih ispitivanja mora da obezbedi pouzdano određivanje karakteristika svih slojeva koji su ispod putne konstrukcije i objekata u funkciji puta.

Preporuka obima laboratorijskih ispitivanja je data u tabeli Tabela 5

Tabela 5 Preporuke o obimu laboratorijskih ispitivanja za svaki sloj tla

Vrste ispitivanja Tlo	Postoje prethodno pribavljeni podaci o materijalu	
	ne	da
Granulometrija	4-6	2-4
Vlažnost	na svim uzorcima klase 1 do 3	
Indeks čvrstoće	na svim uzorcima klase 1	
Atterbergove granice	3-5	1-3

Sadržaj organskih materijala	3-5	1-3
Zapreminska težina	kod svakog testa	
Relativna zbijenost	prema potrebi	
Specifična težina zrna	2	1
Stišljivost	2-4	1-3
Smičuća čvrstoća	2-4	1-3
Nedrenirana čvrstoća	3-6	1-4
Proctor	3	
CBR	3	
Vodopropusnost	3-5	1-4

Vrste ispitivanja	Postoje prethodno pribavljeni podaci o materijalu	
	ne	da
Stena		
Vlažnost	1 test/metar bušotine	
Zapreminska težina i poroznost	1 test/2 m bušotine, barem 1 test za svaki tip stene	
Bubrenje	3	
Monoaksijalna čvrstoća	2-6	1-4
Indeks tačkastog opterećenja	5-10	
Opit direktnog smicanja	5	

7.1.3 Geološka istraživanja

7.1.3.1 Strukturna geološka istraživanja

Strukturnim geološkim istraživanjima se dobijaju geološke strukture terena ispod trupa puta i objekata u funkciji puta. Pri tome je potrebno razvrstati geologiju puta prema litološkim grupama i podelama u cilju interpretacije terena prema hidrološkim i inženjersko geološkim svojstvima.

Cilj strukturno geoloških istraživanja je ustanovljenje rizika mogućih uticaja na kompleksnost gradnje, usled pojave nestabilnosti na tektonskom kontaktu, mogućih klizanja tla i slično.

7.1.3.2 Inženjersko geološka istraživanja

Inženjersko geološkim istraživanjima se utvrđuje sledeće:

- Na osnovu geološke strukture tla se određuju uslovi građenja puta i objekata u funkciji puta u različitim fazama istraživanja
- Na osnovu geomehaničkih i geofizičkih karakteristika se utvrđuju prosečne vrednosti za litološki sastav u okviru jedne grupe.

Inženjersko geološkim istraživanjima se dobijaju sledeći podaci:

- Inženjersko geološke karakteristike (kartiranje)
 - Oblik terena
 - Morfološke karakteristike oblasti oko puta
 - Nagib prirodnih padina
 - Vegetacija na terenu
 - Osetljivost na spoljne uticaje (raspadanje, ispućalost, erozija klizanje)
 - Karakter pukotina
 - Prosečne debljine slojeva degradiranih materijala
 - Vrste slojeva od degradiranog materijala

- Način degradiranja i raspadanja
- Ocena stabilnosti terena
- Vrste mogućih pojava koje narušavaju prirodnu ravnotežu
- Ocena geotehničkih karakteristika
 - Klasifikovanje stenskih masa (opisno i numerički)
- Seizmičke karakteristike
 - Kategorizacija tla prema Evrokodu 8

7.1.4 Hidrogeološka istraživanja

7.1.4.1 Svrha hidrogeoloških istraživanja

Hidrogeološka istraživanja su usmerena na:

- Zaštita puta od podzemnih voda:

Potrebno je utvrditi prognozu hidrogeoloških uslova u cilju donošenja ispravnih tehničkih rešenja za izgradnju puta u uslovima uticaja nivoa podzemnih voda na trup puta i kolovoznu konstrukciju
- Zaštita podzemnih voda od uticaja vode koja se sliva sa kolovoza puta.

Podzemne vode se štite od direktnih ili indirektnih štetnih uticaja puta u cilju zaštite životne sredine. Nivo zaštite od uticaja se propisuje u zavisnosti od kvaliteta podzemnih voda koji treba održati. Istraživanja se vrše za ocenu stanja i zaštitu za duži hidrološki period.

7.1.4.2 Program hidrogeoloških istraživanja i sadržaj HG elaborata

Program hidrogeoloških istraživanja sadrži:

- Regionalni pregled geoloških uslova
- Regionalni hidrološki pregled (pravac kretanja podzemnih voda, debljine zasićenih i nezasićenih slojeva, propusnost tla itd.)
- Hidrološka merenja (vodopropusnost crpljenjem, vodopropusnost nalivanjem, pijezometarska merenja)
- Pregled zaštićenih oblasti i vodozahvata iz podzemne vode.
- Prognoza hidroloških uslova uzdužno uz trasu puta.
- Klasifikacija hidroloških uslova duž trase u cilju projektovanja odgovarajućih mera za zaštitu podzemnih voda

Detaljnije o metodama hidrogeoloških istraživanja obrađeno je u poglavlju Odvodnjavanje.

7.1.5 Geofizička istraživanja

7.1.5.1 Svrha geofizičkih istraživanja

Svrha geofizičkih istraživanja je sledeća:

- Prikupljanje informacija o geološkom prostoru izgradnje puta
- Izrada geoloških profila kao dopuna podacima dobijenih iz bušotina
- Prikupljanje obimnijih podataka o mehaničkim karakteristikama tla i stenske mase upotrebom geoseizmičkih metoda
- Određivanje mikro lokacija za bušenje (geotehnički radovi)
- Određivanje lokacije bušotina u cilju proveravanja uočenih anomalija.

7.1.5.2 Geofizičke metode

- Geoelektrične metode
- Seizmičke metode
- Elektromagnetne metode (georadar)

- Karotažna merenja
- Utvrđivanje tehničkog stanja bušotina

7.1.6 Geomehanička istraživanja

7.1.6.1 Terenska ispitivanja

Pregled terenskih ispitivanja za određivanje karakteristika tla dat je u Tabela 6

7.1.6.2 Laboratorijska ispitivanja

Pregled laboratorijskih ispitivanja za određivanje klasifikacije tla dat je u Tabela 67

Pregled laboratorijskih ispitivanja za ispitivanje mehaničkih i fizičkih svojstava dat je u Tabela 68

Tabela 6 Pregled terenskih ispitivanja

Metod terenskog istraživanja ^{a)}	Mogućnost dobijanja kvalitetnih rezultata														
	Uzimanje uzoraka														
	Tlo i stena														
	Kategorija A	Kategorija B	Kategorija C	CPT i CPTU	PMT ^{c)}	RDT	Dilatometar	SPT ^{d)}	DPL/DPM	DPH/DPSH	FVT	DMT	PLT	Otvoren sistem	Zatvoren sistem
Osnovne informacije															
Vrsta tla	K1 S1	K1 S1	K2 S2	K2 S2	K3 S3	-	K3 S3	K2 S1	K3 S3	K3 S3	-	K2 S2	-	-	-
Vrsta stene	R1	R1	R2	R3 ^{e)}	R3	R2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pozicija slojeva ^{b)}	K1 S1 R1	K1 S1 R1	K3 S3 R2	K1 S1	K3 S3 R3	R3	K3 S3	K2 S2	K1 S2	K1 S2	-	K2 S1	-	-	-
Nivo podzemne vode	-	-	-	K2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	K1 S2 R2	K1 S1 R1
Porni pritisak	-	-	-	K2 S2	S3	-	-	-	-	-	-	-	-	K1 S2 R2	K1 S1 R1
Karakteristike tla															
Veličina zrna	K1 S1 R1	K1 S1 R1	R2	-	-	-	-	K2 S1	-	-	-	-	-	-	-
Vlažnost	K1 S1 R1	K2 S1 R1	K3 S3	-	-	-	-	K2 S2	-	-	-	-	-	-	-
Atterbergove granice	S1	S1	-	-	-	-	-	S2	-	-	-	-	-	-	-
Zapreminska masa	K2 S1 R1	K3 S3 R1	-	K2 S2	-	-	-	K2 S2	K2	K2	-	K2 S2	-	-	-
Čvrstoća na smicanje	K2 S1 R1	-	-	K2 S1	K1 S1	-	-	K2 S3	K2 S3	K2 S3	S1	K2 S1	K1 S1 R2	-	-
Deformabilnost	K2 S1 R1	-	-	K1 S2	K1 S1	R1	S1	K2 S2	K2 S2	K2 S2	-	K2 S1	K1 S1	-	-
Propusnost	K2 S1 R1	-	-	K3 S2	S3	-	-	-	-	-	-	-	-	K2 S3	K2 S2
Hemijska ispitivanja	K1 S1 R1	K1 S1 R1	-	-	-	-	-	K2 S2	-	-	-	-	-	-	-

a) Terminologija i skraćenice: vidi 2.1.1	Oznake za upotrebljivost pojedinih metoda: R1 visoka za stenu (R=rock) K1 visoka za krupnozrna tla R2 srednja za stenu K2 srednja za krupnozrna tla R3 niska za stenu K3 niska za krupnozrna tla S1 visoka za sitnozrna tla S2 srednja za sitnozrna tla S3 niska za sitnozrna tla
b) U horizontalnom i vertikalnom smeru	
c) Zavisi od tipa presiometra	
d) Uz pretpostavku da se izvadi uzorak	
e) Samo za meku stenu	
	1) Važi za definiciju krupnozrnih i sitnozrnih tla prema ISO 14688-1. 2) U zavisnosti od uslova tla (vrsta tla, uslovi podzemne vode) i planiranog zahvata izbor metoda istraživanja će varirati i može da bude drugačiji od predloga u datoj tabeli.

Tabela 7 Laboratorijska ispitivanja za klasifikaciju tla (prema SRPS EN 1997-2:2014)

Parametar	Vrsta tla							
	Glina			Prašina			Pesak, šljunak	
	Vrsta uzorka			Vrsta uzorka			Vrsta uzorka	
	Neporemeće	Poremeće	Pregnečen	Neporemeće	Poremeć	Pregnečen	Poremečen	Pregnečen
Geološki opis i klasifikacija tla	+	+	+	+	+	+	+	+
Vlažnost	+		o	+	o	o	o	o
Zapreminska masa	+	o		+	o	-	-	-
Minimalna i maksimalna zapreminska masa	-	-	-	o	o	o	+	+
Atterbergove granice	+	+	+	+	+	+	-	-
Granulometrijski sastav	+	+	+	+	+	+	+	+
Nedrenirana čvrstoća	+	-	-	o	-	-	-	
Vodopropusnost	+	-	-	+	o	o	o	o
Osetljivost	+	-	-	-	-	-	-	-

+ normalno se upotrebljava
o može da se upotrebi ali ne mora da bude reprezentativno
- nije upotrebljivo

NAPOMENA: za pojedine vrste tla biće potrebni i drugi opiti kao na primer određivanje organskih svojstava, specifične težine i aktivnosti.

Tabela 8 Laboratorijska ispitivanja za određivanje fizičkih i mehaničkih svojstva tla (prema SRPS EN 1997-2:2014)

Geotehnički parametar	Vrsta tla					
	Šljunak	Pesak	Prašina	Norm. kons. glina	Prekons. glina	Treset, organska tla
Edometarski modul (E_{sed}), indeks stišljivosti (C_c) (jednodimenzion. kompresija)	(OED) (TX)	(OED) (TX)	OED (TX)	OED (TX)	OED (TX)	OED (TX)
Modul elastičnosti (E), modul smicanja (G)	TX	TX	TX	TX	TX	TX
Drenirana (efektivna) čvrstoća na smicanje (c' , ϕ')	TX SB	TX SB	TX SB	TX SB	TX SB	TX SB
Rezidualna čvrstoća na smicanje (c'_R , ϕ'_R)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)
Nedrenirana čvrstoća na smicanje (c_u)	-	-	TX DSS	TX DSS	TX DSS	TX DSS

			SIT	(SB) SIT	(SB) SIT	(SB) SIT
Zapreminska masa (ρ)	BDD	BDD	BDD	BDD	BDD	BDD
Koeficijent konsolidacije (c_v)			OED TX	OED TX	OED TX	OED TX
Vodopropusnost (k)	TXCH PSA	TXCH PSA	PTC TXCH (PTF)	TXCH (PTF) (OED)	TXCH (PTF) (OED)	TXCH (PTF) (OED)
- ne određuje se						
() ograničeno upotrebljivo						

Skraćenice:

BDD ... određivanje zapreminske mase (Bulk density determination)

DSS ... opit čistog direktnog smicanja (Direct simple shear test)

OED ... edometarski opit (Oedometer test)

PTF ... vodopropusnost u permeamtru sa opadajućim pritiskom (Permeability test in the falling head permeameter)

PTC ... vodopropusnost u permeamtru sa konstantnim pritiskom (Permeability test in the constant head permeameter)

RS ... opit rotacionog smicanja (Ring shear)

SB ... opit direktnog smicanja (Translational shear box test)

SIT ... merenje indeksa čvrstoće (Strength index tests) (samo u preliminarnoj fazi)

PSA ... određivanje granulometrijskog sastava (Particle size analysis)

TX ... triaksijalni opit (Triaxial test)

TXCH ... vodopropusnost u triaksijalnom aparatu sa konstantnim pritiskom (Permeability constant head test in the triaxial cell)

7.1.7 Kvalitet izvođenja geotehničkih istraživanja

Prilikom izvođenja terenskih i laboratorijskih ispitivanja, potrebno je da se obezbede sledeći uslovi za ispunjenje kontrole kvaliteta:

- Prethodno ustanovljen postupak i redosled svih geotehničkih istraživanja i pojedinačna odgovornost izvođača na istraživanjima.
- Odgovarajuća kvalifikaciona struktura vršioca istraživanja
- Upotreba tehnički ispravne i standardizovane opreme za vršenje istraživanja.
- Obezbeđenje redovne kontrole i kalibracije opreme od strane odgovarajućih sertifikacionih i kontrolnih tela.
- Obezbeđenje odgovarajuće dokumentacije na uvid prema potrebi o tehničkim karakteristikama opreme, kalibraciji, kao i uputstva za upotrebu,
- Vođenje zapisnika o istražnim radovima prema pravilniku koji je propisan odgovarajućim standardom i uputstvom za rad. Zapisnici se propisno popunjavaju, overavaju i čuvaju u originalu u okviru dokumentacije o istražnim radovima.
- Zapisi o istraživanjima se čuvaju na takav način da je u svakom momentu moguće preuzeti podatke o toku postupka istraživanja, o vršiocu istražnih radnji, kao i o svim uslovima koji mogu uticati na tok radova u skladu sa propisanim standardom.

- Istražni radovi se vrše u vremenskim uslovima na terenu i u laboratorijskim uslovima koji su optimalni za rad i ne utiču na dobijanje rezultata. Uslovi pod kojima se vrše istražni radovi se unose u zapisnik (temperatura, vlaga itd.)
- Svaki postupak se vodi pod određenim identifikacionim brojem.
- Svi uzorci se markiraju šifrom i oznakom
- Postupak istražnih radova podleže kontroli nadzornog organa

8 Aneks

8.1 Sadržaj izveštaja

Generalni zahtevi u pogledu sadržaja pojedinih elaborata definisani su u tačkama 6.1 i 6.2. U nastavku su prikazani primeri sadržaja pojedinih elaborata:

geotehnički elaborat za trasu (8.1.1):

- Elaborat o rezultatima geotehničkih istraživanja za trasu
- Geotehnički elaborat o uslovima izgradnje trase

geotehnički elaborat za objekat (most) (8.1.2):

- Elaborat o rezultatima geotehničkih istraživanja za most
- Geotehnički elaborat o uslovima izgradnje mosta

8.1.1 Geotehnički elaborat za trasu

Sveska 1: Elaborat o rezultatima geotehničkih istraživanja

1. UVOD
 - 1.1. Svrha i obim istraživanja
 - 1.2. Vremenski period izvođenja istraživanja
 - 1.3. Stručni saradnici
 - 1.4. Važeći standardi i propisi
2. VRSTE I OBIM ISTRAŽNIH RADOVA
 - 2.1. Pregled ranije izvedenih istraživanja
 - 2.2. Generalna geotehnička iskustva sa lokacije
 - 2.3. Istraživanja za projekat puta
 - 2.3.1. Terenski istražni radovi
 - 2.3.2. Laboratorijska ispitivanja
3. PRIKAZ OSNOVNIH REZULTATA ISTRAŽIVANJA
 - 3.1. Geomorfološke karakteristike terena
 - 3.2. Geološka građa terena
 - 3.2.1. Litostratigrafski sastav
 - 3.2.2. Tektonski sklop
 - 3.3. Hidrogeološke karakteristike terena
 - 3.4. Savremeni geološki procesi i pojave (klizišta, odroni, erozija i dr.)
 - 3.5. Seizmičnost terena
4. OCENJIVANJE GEOTEHNIČKIH PARAMETARA NA OSNOVU REZULTATA ISTRAŽIVANJA
 - 4.1. Pregled rezultata laboratorijskih i terenskih ispitivanja sa komentarima
 - 4.2. Analiza rezultata ispitivanja fizičko-mehaničkih karakteristika tla i stena sa predlogom karakterističnih vrednosti
5. ZAKLJUČCI
6. OSNOVNI GRAFIČKI PRILOZI
 - 6.1. Geološka i inženjersko-geološka karta
 - 6.2. Uzdužni inženjersko-geološki profil duž trase
 - 6.3. Karakteristični poprečni profili (obavezno na lokacijama svih useka i nasipa, svih klizišta i slabo nosivih tla)
7. OSTALI PRILOZI
 - 7.1. Izveštaji o pojedinim istražnim radovima (bušenje, laboratorijska ispitivanja, terenska merenja, geofizička merenja, ...)

Sveska 2: Elaborat o uslovima izgradnje trase puta

1. UVOD
2. ANALIZA GEOTEHNIČKIH PARAMETARA
 - 2.1. Rejoniranje trase
 - 2.2. Geotehnički model za svaki rejon sa izborom karakterističnih i projektnih vrednosti parametara za geotehničke proračune
3. GEOTEHNIČKE ANALIZE I PRORAČUNI
 - 3.1. Proračuni sleganja i konsolidacije
 - 3.2. Analize stabilnosti nasipa
 - 3.3. Analize stabilnosti useka
4. GEOTEHNIČKI USLOVI I PREPORUKE ZA IZVOĐENJE RADOVA
 - 4.1. Uslovi izvođenja useka i zaseka
 - 4.2. Uslovi izvođenja nasipa
 - 4.3. Specifični problemi trase (zaštita od površinske i podzemne vode, odseci na slabo nosivom tlu, odseci na nestabilnom terenu)
 - 4.4. Upotrebljivost lokalnih materijala
5. PREPORUKE ZA NADZOR, MONITORING I ODRŽAVANJE
 - 5.1. Identifikacija geotehničkih rizika i rizičnih lokacija
 - 5.2. Projekat geotehničkog praćenja
 - 5.3. Preporuke za nadzornog inženjera
 - 5.4. Preporuke za održavanje
6. PREDLOG PROGRAMA ISTRAŽIVANJA U SLEDEĆOJ FAZI
7. ZAKLJUČCI
8. OSNOVNI GRAFIČKI PRILOZI
 - 8.1. Situacija trase na inženjersko-geološkoj karti
 - 8.2. Uzdužni geotehnički profil duž trase
 - 8.3. Karakteristični geotehnički poprečni profili
9. OSTALI PRILOZI
 - 9.1. Rezultati računskih analiza (stabilnost kosina, proračuni sleganja, konsolidacije, itd.)
 - 9.2. Sažetak geotehničkog projekta za naručioca (vidi tačku 6.2)

8.1.2 Geotehnički elaborat za objekat

Sveska 1: Elaborat o rezultatima geotehničkih istraživanja

1. UVOD
 - 1.1. Svrha i obim istraživanja
 - 1.2. Vremenski period izvođenja istraživanja
 - 1.3. Stručni saradnici
 - 1.4. Važeći standardi i propisi
2. VRSTE I OBIM ISTRAŽNIH RADOVA
 - 2.1. Pregled ranije izvedenih istraživanja
 - 2.2. Generalna geotehnička iskustva sa lokacije
 - 2.3. Istraživanja za projekat objekta
 - 2.3.1. Terenski istražni radovi
 - 2.3.2. Laboratorijska ispitivanja
3. PRIKAZ OSNOVNIH REZULTATA ISTRAŽIVANJA
 - 3.1. Geomorfološke karakteristike terena
 - 3.2. Geološka građa terena
 - 3.3. Hidrogeološke karakteristike terena
 - 3.4. Savremeni geološki procesi i pojave (klizišta, odroni, erozija i dr.)
 - 3.5. Seizmičnost terena
4. OCENJIVANJE GEOTEHNIČKIH PARAMETARA NA OSNOVU REZULTATA ISTRAŽIVANJA
 - 4.1. Pregled rezultata laboratorijskih i terenskih ispitivanja sa komentarima

- 4.2. Analiza rezultata ispitivanja fizičko-mehaničkih karakteristika tla i stena sa predlogom karakterističnih vrednosti
5. ZAKLJUČCI
6. OSNOVNI GRAFIČKI PRILOZI
 - 6.1. Geološka i inženjersko-geološka karta
 - 6.2. Uzdužni i poprečni inženjersko-geološki profil(i) tla na lokaciji objekta
7. OSTALI PRILOZI
 - 7.1. Izveštaji o pojedinim istražnim radovima (bušenje, laboratorijska ispitivanja, terenska merenja, geofizička merenja, izveštaj o probnom opterećenju šipova, ...)

Sveska 2: Elaborat o uslovima izgradnje objekta

1. UVOD
2. ANALIZA GEOTEHNIČKIH PARAMETARA
 - 2.1. Geotehnički model tla na lokaciji objekta
 - 2.2. Izbor karakterističnih i projektnih vrednosti fizičkih i mehaničkih parametara za geotehničke proračune
3. GEOTEHNIČKE ANALIZE I PRORAČUNI
 - 3.1. Proračuni sleganja i konsolidacije objekta
 - 3.2. Proračuni nosivosti temelja (šipova)
 - 3.3. Proračuni sleganja i konsolidacije priključnog nasipa
 - 3.4. Analize stabilnosti nasipa
 - 3.5. Analiza interakcije objekta i tla (primer: uticaj redosleda izvođenja radova - nasip, objekat)
4. GEOTEHNIČKI USLOVI I PREPORUKE ZA IZVOĐENJE RADOVA
 - 4.1. Predlog temeljenja objekta
 - 4.2. Uslovi izvođenja radova
5. PREPORUKE ZA NADZOR, MONITORING I ODRŽAVANJE
 - 5.1. Identifikacija geotehničkih rizika i rizičnih lokacija, faza
 - 5.2. Projekat geotehničkog praćenja
 - 5.3. Preporuke za nadzornog inženjera
 - 5.4. Preporuke za održavanje
6. PREDLOG PROGRAMA ISTRAŽIVANJA U SLEDEĆOJ FAZI
7. ZAKLJUČCI
8. OSNOVNI GRAFIČKI PRILOZI
 - 8.1. Situacija objekta na inženjersko-geološkoj karti
 - 8.2. Uzdužni i poprečni geotehnički profil tla na lokaciji objekta
9. OSTALI PRILOZI
 - 9.1. Rezultati računskih analiza (nosivost, sleganje, konsolidacija, generalna stabilnost)
 - 9.2. Sažetak geotehničkog projekta za naručioca (Vidi tačku 6.2)

8.2 Informativni obim terenskih istražnih radova (izvod iz SRPS EN 1997-2:2014)

Za geotehničke istražne radove na putevima i objektima u funkciji puta (mostovi, tuneli) Evrokod 7-2 u svom dodatku B predlaže sledeći obim istraživanja:

8.2.1 Razmak između istražnih radova

Međusobni razmak istražnih bušotina ili drugih adekvatnih metoda istražnih radova:

- duž linijskih objekata (putevi, cevovodi, kanali, tuneli, potporne konstrukcije) na svakih 20 do 200 m,
- mostovi: od 2 do 6 na svakom temelju,
- objekti velike osnove: na razmaku koji nije veći od 60 m.

8.2.2 Dubina istražnih radova

Za pojedine vrste zahvata predlažu se sledeće dubine istraživanja za (mereno od najniže tačke temelja ili od dna iskopa). U slučajevima sa više kriterijuma primenjuje se kriterijum koji daje najveću dubinu.

Za izuzetno visoke ili kompleksne konstrukcije barem nekoliko istražnih radova treba izvesti do većih dubina. Isto važi za slučajeve nepovoljnih geotehničkih uslova (primer: sloj niske krutosti i čvrstoće ispod dobro nosivog sloja tla).

Za zahvate na dobro nosivom i krutom tlu dubina istražnih radova može da se redukuje na $Z_a = 2$ m, ali za određeni broj istraživanja treba dostići dubinu $Z_a = 5$ m.

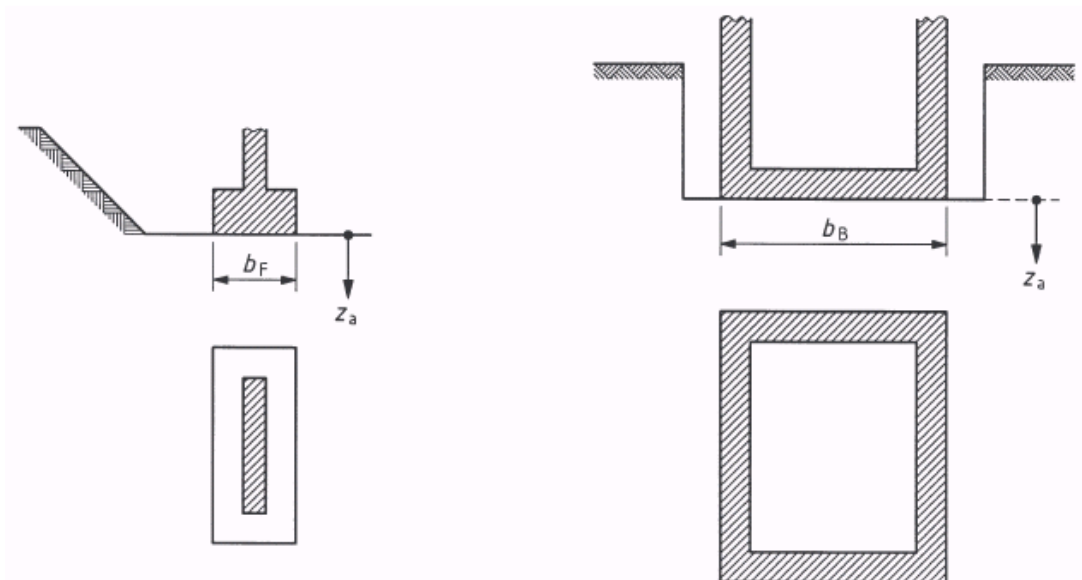
Za temelje konstrukcija:

$$Z_a \geq 6 \text{ m}$$

$$Z_a \geq 3,0 b_F \quad (b_F \text{ je kraća dimenzija temelja}).$$

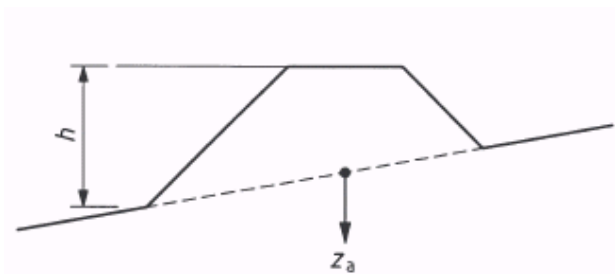
Za temeljne ploče i za konstrukcije sa više temelja kod kojih dolazi do međusobnih uticaja u većim dubinama:

$$Z_a \geq 1,5 b_B \quad (b_B \text{ je kraća dimenzija temeljne ploče})$$



Za nasipe:

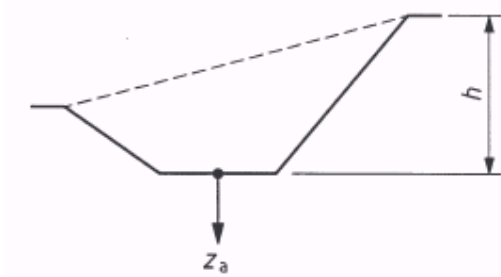
$$0,8 h < Z_a < 1,2 h \quad (h \text{ je visina nasipa})$$



Za iskope:

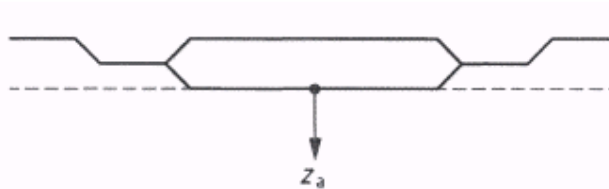
$$Z_a \geq 0,4 h \quad (h \text{ je dubina iskopa})$$

$$Z_a \geq 2 \text{ m}$$



Za puteve:

$$Z_a \geq 2 \text{ m}$$



Za iskope sa potpornim konstrukcijama kod kojih je podzemna voda ispod dna iskopa:

$$Z_a \geq 0,4 h \quad (h \text{ je dubina iskopa, } t \text{ dubina potporne konstrukcije ispod iskopa)}$$

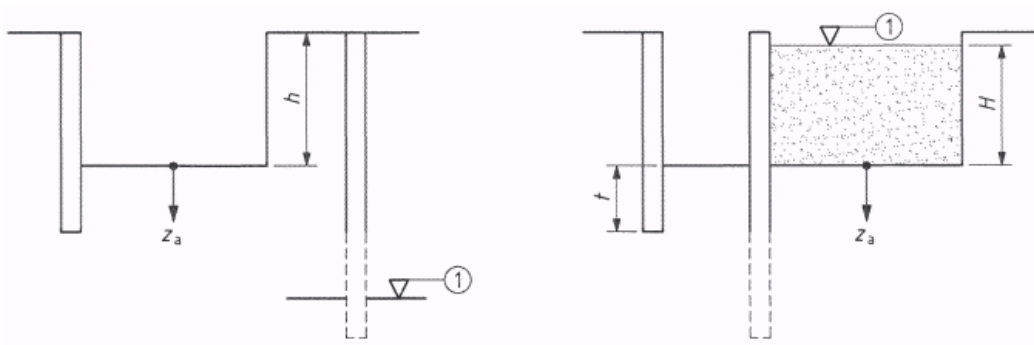
$$Z_a \geq (t+2,0) \text{ m.}$$

Za iskope sa potpornim konstrukcijama kod kojih je podzemna voda iznad dna iskopa:

$$Z_a \geq (H+2,0) \quad (h \text{ je dubina iskopa, } t \text{ dubina potporne konstrukcije ispod iskopa)}$$

$$Z_a \geq (t+2,0) \text{ m (ako su do dubine zahvata prisutni propusni slojevi)}$$

$$Z_a \geq (t+5,0) \text{ m (ako do dubine zahvata nema propusnih slojeva).}$$

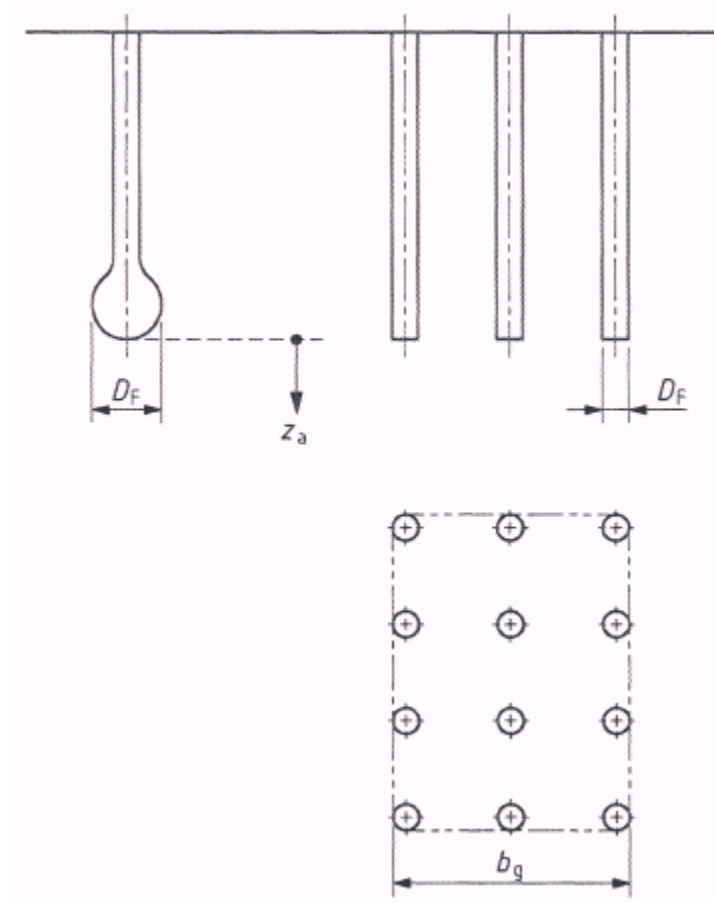


Za šipove:

$$Z_a \geq 5 \text{ m}$$

$$Z_a \geq 1,0 \text{ bg} \quad (\text{bg je kraća dimenzija osnove temelja na šipovima})$$

$$Z_a \geq 3,0 \text{ DF} \quad (\text{DF dimenzija noge šipa}).$$



8.3 Standardi

8.3.1 Standardi za terenske istražne radove

Identifikacija i klasifikacija tla i stena	
SRPS EN ISO 14688-1:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Identifikacija i klasifikacija tla - Deo 1: Identifikacija i opis
SRPS EN ISO 14688-2:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Identifikacija i klasifikacija tla - Deo 2: Principi klasifikacije
SRPS EN ISO 14689-1:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Identifikacija i klasifikacija stena - Deo 1: Identifikacija i opis

Hidrogeološka istraživanja	
SRPS EN ISO 22282-1:2015	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Geohidraulička ispitivanja - Deo 1: Opšta pravila
SRPS EN ISO 22282-2:2015	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Geohidraulička ispitivanja - Deo 2: Ispitivanja vodopropusnosti u bušotini korišćenjem otvorenih sistema
SRPS EN ISO 22282-3:2015	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Geohidraulička ispitivanja - Deo 3: Ispitivanja stena primenom pritiska vode
SRPS EN ISO 22282-4:2022	Геотехничко истраживање и испитивање - Геохидрауличка испитивања - Део 4: Испитивања црпљењем
SRPS EN ISO 22282-5:2015	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Geohidraulička ispitivanja - Deo 5: Ispitivanja infiltrometrom
SRPS EN ISO 22282-6:2015	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Geohidraulička ispitivanja - Deo 6: Ispitivanja vodopropusnosti u bušotini korišćenjem zatvorenih sistema

Uzimanje uzoraka tla i podzemne vode	
SRPS EN ISO 22475-1:2022	Геотехничко истраживање и испитивање - Методе узорковања и мерења подземних вода - Део 1: Технички принципи узорковања тла, стена и подземних вода
SRPS CEN ISO/TS 22475-2:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Metode uzorkovanja i merenja podzemnih voda - Deo 2: Kriterijumi kvalifikovanosti preduzeća i osoblja
SRPS CEN ISO/TS 22475-3:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Metode uzorkovanja i merenja podzemnih voda - Deo 3: Ocenjivanje usaglašenosti preduzeća i osoblja koje obavlja treća strana

Izvođenje terenskih ispitivanja	
SRPS EN ISO 22476-1:2014	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Terensko ispitivanje - Deo 1: Penetraciono ispitivanje električnim konusom i pjezokonusom
SRPS EN ISO 22476-2:2012	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Terensko ispitivanje - Deo 2: Dinamičko penetraciono ispitivanje
SRPS EN ISO 22476-3: 2011 / A1 :2014	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Terensko ispitivanje - Deo 3: Standardno penetraciono ispitivanje - Izmena 1
SRPS EN ISO 22476-4:2014	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Terensko ispitivanje - Deo 4: Ispitivanje Menarovim presiometrom
SRPS EN ISO 22476-9:2020	Геотехничко истраживање и испитивање - Теренско испитивање - Део 9: Испитивање теренском крилном сондом (FVT и FVT-F)
SRPS EN ISO 22476-10: 2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Terensko ispitivanje - Deo 10: Ispitivanje spiralnim konusnim penetrometrom
SRPS CEN ISO/TS 22476-	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Terensko ispitivanje - Deo 11:

11:2011	Ispitivanje pljosnatim dilatometrom
SRPS EN ISO 22476-12:2011	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - terensko ispitivanje - Deo 12: Ispitivanje mehaničkim penetracionim konusom (CPTM)

Testiranje elemenata geotehničkih konstrukcija	
SRPS EN ISO 22477-1:2019	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Ispitivanje geotehničkih konstrukcija - Deo 1: Ispitivanje šipova nanošenjem statičkog aksijalnog opterećenja
SRPS EN ISO 22477-5:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Ispitivanje geotehničkih konstrukcija - Deo 5: Ispitivanje injektiranih ankera

8.3.2 Standardi za laboratorijske istražne radove

Izvođenje laboratorijskih ispitivanja	
SRPS EN ISO 17892-1:2015	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Laboratorijsko ispitivanje tla - Deo 1: Određivanje vlažnosti
SRPS EN ISO 17892-2:2015	Геотехничко истраживање и испитивање - Лабораторијско испитивање тла - Део 2: Одређивање запреминске масе
SRPS EN ISO 17892-3:2016	Геотехничко истраживање и испитивање - Лабораторијско испитивање тла - Део 3: Одређивање запреминске масе чврстих честица
SRPS EN ISO 17892-4:2017	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Laboratorijsko ispitivanje tla - Deo 4: Određivanje granulometrijskog sastava
SRPS EN ISO 17892-5:2017	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Laboratorijsko ispitivanje tla - Deo 5: Edometarsko ispitivanje stepenastim opterećenjem
SRPS EN ISO 17892-6:2017	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Laboratorijsko ispitivanje tla - Deo 6: Ispitivanje padajućim konusom
SRPS EN ISO 17892-7:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Laboratorijsko ispitivanje tla - Deo 7: Ispitivanje jednoaksijalne čvrstoće pri pritisku
SRPS EN ISO 17892-8:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Laboratorijsko ispitivanje tla - Deo 8: Ispitivanje tla u triaksijalnim, nekonsolidovanim i nedreniranim uslovima
SRPS EN ISO 17892-9:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Laboratorijsko ispitivanje tla - Deo 9: Triaksijalno kompresiono ispitivanje konsolidovanog tla zasićenog vodom
SRPS EN ISO 17892-10:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Laboratorijsko ispitivanje tla - Deo 10: Ispitivanje direktnog smicanja
SRPS EN ISO 17892-11:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Laboratorijsko ispitivanje tla - Deo 11: Ispitivanja propustljivosti
SRPS EN ISO 17892-12:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Laboratorijsko ispitivanje tla - Deo 12: Određivanje tečenja i plastičnosti tla

Ispitivanja agregata	
SRPS EN 932-1:2008	Ispitivanja opštih svojstava agregata - Deo 1: Metode uzimanja uzoraka
SRPS EN 932-2:2008	Ispitivanja opštih svojstava agregata - Deo 2: Metode smanjivanja laboratorijskih uzoraka
SRPS EN 932-3:2008	Ispitivanja opštih svojstava agregata - Deo 3: Postupak i terminologija za pojednostavljeni petrografski opis
SRPS EN 932-5:2016	Ispitivanja opštih svojstava agregata - Deo 5: Uobičajena oprema i kalibracija
SRPS EN 932-3:2007	Ispitivanje opštih svojstava agregata - Deo 6: Definicije ponovljivosti i reproduktivnosti
SRPS EN 933-1:2013	Ispitivanje geometrijskih svojstava agregata - Deo 1: Određivanje granulometrijskog sastava - Metoda prosejavanja
SRPS EN 933-2:2021	Испитивање геометријских својстава агрегата - Део 2: Одређивање

	гранулометријског састава - Испитна сита, називне величине отвора
SRPS EN 933-3:2013	Ispitivanje geometrijskih svojstava agregata - Deo 3: Određivanje oblika zrna - Indeks pljosnatosti
SRPS EN 933-4:2010	Ispitivanja geometrijskih svojstava agregata - Deo 4: Određivanje oblika zrna - Indeks oblika
SRPS EN 933-5:2010	Ispitivanje geometrijskih svojstava agregata - Deo 5: Određivanje procenta drobljenih i lomljenih površina u krupnozrnom agregatu
SRPS EN 933-6:2016	Ispitivanje geometrijskih svojstava agregata - Deo 6: Ocena karakteristika površine - Koeficijent tečenja agregata
SRPS EN 933-7:2007	Ispitivanje geometrijskih svojstava agregata - Deo 7: Određivanje udela ljuštura - Udeo ljuštura u krupnozrnim agregatima
SRPS EN 933-8:2016	Ispitivanja geometrijskih svojstava agregata - Deo 8: Ocena sadržaja sitnih čestica - Ispitivanje ekvivalenta peska
SRPS EN 933-9:2014	Ispitivanja geometrijskih svojstava agregata - Deo 9: Ocena sadržaja sitnih čestica - Ispitivanje na metilen-plavo
SRPS EN 933-10:2009	Ispitivanje geometrijskih svojstava agregata - Deo 10: Ocena sitnih čestica - Granulometrijski sastav kamenog brašna (prosejavanje strujanjem vazduha)
naSRPS EN 933-11:2020	Испитивање геометријских својстава агрегата - Део 11: Класификација састојака крупног рециклираног агрегата
SRPS EN 1097-1:2013	Ispitivanje mehaničkih i fizičkih svojstava agregata - Deo 1: Određivanje otpornosti na habanje (mikro-Deval)
SRPS EN 1097-2:2020	Испитивање механичких и физичких својстава агрегата - Део 2: Методе одређивања отпорности на дробљење
SRPS EN 1097-3:2009	Ispitivanja mehaničkih i fizičkih svojstava agregata - Deo 3: Određivanje šupljina i zapreminske mase u rastresitom stanju
SRPS EN 1097-4:2008	Ispitivanja mehaničkih i fizičkih svojstava agregata - Deo 4: Određivanje šupljina u suvom sabijenom kamenom brašnu
SRPS EN 1097-5:2009	Ispitivanje mehaničkih i fizičkih svojstava agregata - Deo 5: Određivanje sadržaja vode sušenjem u ventilisanoj sušnici
SRPS EN 1097-6:2016	Ispitivanje mehaničkih i fizičkih svojstava agregata - Deo 6: Određivanje stvarne zapreminske mase i upijanja vode
SRPS EN 1097-7:2008	Ispitivanja mehaničkih i fizičkih svojstava agregata - Deo 7: Određivanje stvarne zapreminske mase kamenog brašna - Piknometarska metoda
SRPS EN 1097-8:2020	Испитивање механичких и физичких својстава агрегата - Део 8: Одређивање коефицијента полирања камена
SRPS EN 1097-9:2014	Ispitivanja mehaničkih i fizičkih svojstava agregata - Deo 9: Određivanje otpornosti na habanje abrazijom usled dejstva zimskih guma - Nordijsko ispitivanje
SRPS EN 1097-10:2016	Ispitivanje mehaničkih i fizičkih svojstava agregata - Deo 10: Određivanje visine kapilarnog penjanja vode
SRPS EN 1367-1:2010	Ispitivanja toplotnih i vremenskih uticaja na svojstva agregata - Deo 1: Određivanje otpornosti prema zamrzavanju i odmrzavanju
SRPS EN 1367-2:2010	Ispitivanja toplotnih i vremenskih uticaja na svojstva agregata - Deo 2: Ispitivanje magnezijum-sulfatom
SRPS EN 1367-3:2008	Ispitivanja toplotnih svojstava agregata i otpornosti prema raspadanju - Deo 3: Ispitivanje bazalta iskuvavanjem na znake zonenbrand procesa
SRPS EN 1367-4:2009	Ispitivanja toplotnog i vremenskog uticaja na svojstva agregata - Deo 4: Određivanje skupljanja pri sušenju
SRPS EN 1367-5:2014	Ispitivanja toplotnih svojstava agregata i otpornosti na raspadanje - Deo 5: Određivanje otpornosti na toplotni šok

SRPS EN 1367-6:2010	Ispitivanja toplotnih i vremenskih uticaja na svojstva agregata - Deo 6: Određivanje otpornosti prema zamrzavanju i odmrzavanju u prisustvu soli (NaCl)
---------------------	---

Istraživanja nevezanih i hidraulično vezanih mešavina	
SRPS EN 13286-1:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine — Deo 1: Metode ispitivanja za laboratorijsku referentnu zapreminsku masu i sadržaj vode — Uvod, opšti zahtevi i uzorkovanje
SRPS EN 13286-2:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine — Deo 2: Metode ispitivanja za laboratorijsku referentnu zapreminsku masu i sadržaj vode — Zbijanje po Proktoru
SRPS EN 13286-3:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine — Deo 3: Metode ispitivanja za laboratorijsku referentnu zapreminsku masu i sadržaj vode — Vibrozbijanje sa kontrolisanim parametrima
SRPS EN 13286-4:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine — Deo 4: Metode ispitivanja za laboratorijsku referentnu zapreminsku masu i sadržaj vode — Vibro-čekić
SRPS EN 13286-5:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine — Deo 5: Metode ispitivanja za laboratorijsku referentnu zapreminsku masu i sadržaj vode — Vibro-sto
SRPS EN 13286-7:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine — Deo 7: Triaksijalno ispitivanje za nevezane mešavine sa cikličnim opterećenjem
SRPS EN 13286-40:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine – Deo 40: Metoda ispitivanja za određivanje čvrstoće pri direktnom zatezanju mešavina vezanih hidrauličkim vezivom
SRPS EN 13286-41:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine – Deo 41: Metoda ispitivanja za određivanje čvrstoće pri pritisku mešavina vezanih hidrauličkim vezivom
SRPS EN 13286-42:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine – Deo 42: Metoda ispitivanja za određivanje čvrstoće pri indirektnom zatezanju mešavina vezanih hidrauličkim vezivom
SRPS EN 13286-43:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine – Deo 43: Metoda ispitivanja za određivanje modula elastičnosti mešavina vezanih hidrauličkim vezivom
SRPS EN 13286-44:2012 (povučen)	Nevezane i hidrauličnim vezivom vezane mešavine – Deo 44: Metoda ispitivanja za određivanje alfa koeficijenta staklaste zgure iz visokih peći
SRPS EN 13286-45:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine – Deo 45: Metoda ispitivanja za određivanje perioda ugradljivosti mešavina vezanih hidrauličkim vezivom
SRPS EN 13286-46:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine – Deo 46: Metoda ispitivanja za određivanje indikatora stanja vlažnosti
SRPS EN 13286-47:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine – Deo 47: Metode ispitivanja za određivanje kalifornijskog indeksa nosivosti, neposrednog indeksa nosivosti i linearnog bubrenja
SRPS EN 13286-48:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine – Deo 48: Metode ispitivanja za određivanje stepena pulverizacije
SRPS EN 13286-49:2012 (povučen)	Nevezane i hidrauličnim vezivom vezane mešavine – Deo 49: Ubrzani opit bubrenja tla tretiranog krečom i/ili hidrauličnim vezivom
SRPS EN 13286-50:2012	Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 50: Method for the manufacture of test specimens of hydraulically bound mixtures using Proctor equipment or vibrating table compaction
SRPS EN 13286-51:2012	Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 51: Method for the manufacture of test specimens of hydraulically bound mixtures using vibrating

	hammer compaction
SRPS EN 13286-52:2012 (povučen)	Nevezane i hidrauličnim vezivom vezane mešavine – Deo 52: Metoda za izradu uzoraka za ispitivanje mešavina vezanih hidrauličnim vezivom zbijanjem vibro-kompresorom
SRPS EN 13286-53:2012	Nevezane i hidrauličkim vezivom vezane mešavine – Deo 53: Metode za izradu uzoraka za ispitivanje mešavina vezanih hidrauličkim vezivom jednoaksijalnim zbijanjem

Abrazivnost prirodne stene	
SRPS EN 14157:2017	Metode ispitivanja prirodnog kamena – Određivanje otpornosti na habanje

Određivanje vrednosti pH i gubitka zapaljivosti	
SRPS EN 15933:2013	Mulj, tretirani biootpad i zemljište – Određivanje pH-vrednosti
SRPS EN 15935:2013	Mulj, tretirani biootpad, zemljište i otpad – Određivanje gubitka žarenjem

8.3.3 Standardi za rad u birou i projektovanje

Grafički simboli na geološkim kartama i profilima (nema obaveznu primenu prema SRPS)	
ISO 710-1	Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections -- Part 1: General rules of representation
ISO 710-2	Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections -- Part 2: Representation of sedimentary rocks
ISO 710-3	Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections -- Part 3: Representation of magmatic rocks
ISO 710-4	Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections -- Part 4: Representation of metamorphic rocks
ISO 710-5	Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections -- Part 5: Representation of minerals
ISO 710-6	Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections -- Part 6: Representation of contact rocks and rocks which have undergone metasomatic, pneumatolytic or hydrothermal transformation or transformation by weathering
ISO 710-7	Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections -- Part 7: Tectonic symbols