



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO

TEHNIČNA SPECIFIKACIJA TSG-211-015: 2025 212-015: 2025

Ministrica za infrastrukturo na podlagi 13. člena Zakona o cestah (Uradni list RS, št. 132/2022, 140/22 – ZSDH-1A, 29/23 in 78/23 - ZUNPEOVE) in šestega odstavka 50. člena Zakona o varnosti v železniškem prometu (Uradni list RS, št. 30/18 in 54/21) izdaja tehnično specifikacijo

GEOTEHNIKA

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

TSPI – P.14.101: 2025

Ministrica za infrastrukturo
mag. Alenka Bratušek

Številka: 007-137/2025/2-02112152

Ljubljana, 12. 5. 2025

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**Vsebina**

1	Predmet Tehnične specifikacije	3
2	Pomen izrazov	3
3	Simboli in kratice.....	4
4	Osnovna načela preiskav tal in podzemne vode.....	7
4.1	Minimalne zahteve za obseg preiskav tal glede na geotehnično kategorijo	9
4.1.1	Kategorije objektov	9
4.1.2	Kategorije tal.....	10
4.1.3	Minimalni obseg aktivnosti glede na geotehnično kategorijo	10
4.2	Minimalne zahteve glede kakovosti preiskav tal	11
5	Faze preiskav.....	11
6	Metode preiskav tal	14
6.1	Kabinetna študija	14
6.2	Preiskovanje tal na terenu.....	15
6.2.1	Kartiranje	15
6.2.2	Sondažni razkopi in brazde.....	16
6.2.3	Vrtanje	16
6.2.4	Geotehnične meritve.....	16
6.2.5	Geofizikalne preiskave.....	17
6.2.6	Obremenilni testi temeljev, pilotov in sider	19
6.2.7	Tehnično opazovanje tal za potrebe načrtovanja gradnje in sanacijskih ukrepov.....	20
6.3	Preskušanje vzorcev tal v laboratoriju glede mehanskih in hidravličnih lastnosti	21
6.3.1	Kakovost vzorcev tal za geomehanske laboratorijske preiskave	21
6.3.2	Zaščita, označevanje, transport in hranjenje vzorcev za laboratorijske preiskave	22
6.3.3	Količina vzorcev tal za geomehanske laboratorijske preiskave in priporočeno število istovrstnih laboratorijskih preiskav značilnega sloja tal.....	23
6.3.4	Parametri, pridobljeni i z laboratorijskimi preiskavami zemljin in kamnin.....	27
6.3.5	Priporočen obseg laboratorijskih preiskav.....	29
7	Metode preiskav podzemne vode.....	31
7.1	Kabinetno delo	31
7.2	Preiskovanje podzemne vode na terenu	32
7.2.1	Izhodišča	32
7.2.2	Hidrogeološko kartiranje	32
7.2.3	Količinsko stanje podzemne vode.....	33
7.2.4	Kemijsko stanje podzemne vode	35
8	Metode preiskav okoljskih parametrov stanja tal.....	35
9	Minimalni obseg preiskav tal in podzemne vode za posamezne vrste objektov	38
9.1	Trasa prometnice	39
9.1.1	Trasa v nasipu	39
9.1.2	Trasa v vkopu	40
9.2	Podvozi in prepusti.....	41

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

9.3	Viadukti in nadvozi	46
9.4	Mostovi	47
9.5	Predori, pokriti vkopi in galerije	47
9.5.1	Predori.....	47
9.5.2	Pokriti vkopi in galerije	50
9.6	Oporne in podporne konstrukcije.....	51
9.7	Preiskave materialov za vgradnjo v nasipe in zasipe.....	52
9.8	Portali nad voziščem	53
9.9	Protihrupni nasipi in ograje.....	54
9.10	Drugo (stavbe, prestatitve vodov ipd.)	55
10	Projektna naloga za preiskave tal in podzemne vode.....	55
10.1	Vsebinski list	56
11	Vsebina poročil o preiskavah tal in podzemne vode	58
11.1	Trasa prometnice	58
11.2	Objekti.....	59
12	Literatura in viri	61
	PRILOGA A: Predlagana vsebina Poročila o preiskavah tal za traso prometnice.....	66
	P Priloge z rezultati preiskav	71
	G Grafični prikazi	71
	PRILOGA B: Predlagana vsebina Poročila o preiskavah tal za objekte.....	73
	P Priloge z rezultati preiskav	75
	G Grafični prikazi	75

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**1 Predmet Tehnične specifikacije**

Tehnična specifikacija za prometno infrastrukturo TSPI P.14.101 določa osnovna načela, minimalni obseg in zahteve glede kakovosti preiskovanja tal in podzemne vode za potrebe načrtovanja gradnje in sanacije objektov prometne infrastrukture. Definira tudi vsebino poročil o preiskavah tal za različne vrste objektov ter vsebino projektnih nalog za preiskave tal vključno s postavkami za popis del.

2 Pomen izrazov

Izrazi, uporabljeni v tej Tehnični specifikaciji, imajo naslednji pomen:

Antropogena tla (anthropogenic ground, anthropogener Boden) tla, ki so nastala kot produkt človekove dejavnosti. Tudi umetna nasutja.

Geotehnična enota (geotechnical unit, geotechnische Einheit) sloj zemljine ali kamnine ali del tal, ki je v modelu tal opredeljen kot enovit material z definiranimi mehanskimi in drugimi lastnostmi. Tehnična specifikacija enakovredno uporablja pojma »sloj tal« in »geotehnična enota«.

Iztisljiva kamnina (squeezing rock, druckhaftes Gebirge) Mehka kamnina, ki se ob prerazporejanju napetosti zaradi izkopa predora obnaša plastično in povzroča zmanjševanje prečnega prereza predora s časom.

Kamnina (rock, Fels) trdni sestavni del zemeljske skorje / v naravi nastala, med seboj različno močno povezana zmes enakih ali več vrst mineralov ali kosov kamna

Kartiranje (mapping, Kartierung) zbiranje in dokumentiranje podatkov o tleh na podlagi terenskega ogleda vplivnega območja načrtovane gradnje

Likvifikacija (liquefaction, Bodenverflüssigung) utekočinjenje tal oziroma izguba strižne trdnosti zemljine zaradi povečanih pornih tlakov, najpogosteje kot posledica delovanja potresne obtežbe na rahle zasičene peščene zemljine

Model tal (ground model, Bodenmodell) na podlagi preiskav tal interpretirana sestava tal vključno s potrebnimi mehanskimi in drugimi parametri posameznih slojev ter značilnostmi podzemne vode za računske analize

Nesprejemljivo tveganje (unacceptable risk, inakzeptables Risiko) tveganje (finančno, časovno ali z vidika odgovornosti do tretjih oseb), ki je za Naročnika preveliko in ga ne more sprejeti. Potrebni so dodatni ukrepi (dodatne preiskave in analize, spremembe projekta ...) za zmanjšanje tveganj

Nespremenljive lastnosti (intrinsic intrinsische Bodeneigenschaften) – lastnosti zemljin in kamnin, ki so stalne in se zaradi spremembe napetostnega stanja, vlažnosti, izvedbe zemeljskih del ne spreminjajo (npr. meja židkosti, meja plastičnosti, zrnavostna sestava)

Onesnaženo območje (poluted area, Altlastengebiet) prostorsko natančno opredeljeno območje, kjer je bila v tleh potrjena prisotnost onesnažil, ki predstavljajo potencialno tveganje za okolje

Poročilo o preiskavah tal (ground investigation report, Baugrunduntersuchungsbericht) faktofsko poročilo z rezultati preiskav tal

Potencialno onesnaženo območje (potentially poluted area, potenziell belastetes Gebiet) prostor, za katerega obstaja domneva, da je zaradi pretekle rabe (dejavnosti, antropogenih vplivov) možno onesnaženje tal. Morebitne negativne vplive tal na okolje je treba preveriti s preiskavami.

Preiskave tal (ground investigation, Baugrunduntersuchung) uporaba destruktivnih in nedestruktivnih metod za pridobivanje podatkov o tleh in podzemni vodi v vplivnem območju načrtovanega gradbenega posega

Preizkušane (specimen, Prüfkörper) del vzorca (kamnina, zemljine ali podzemne vode), odvzet/pripravljen za preskušanje v laboratoriju

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Razred kakovosti vzorca (sample quality class, Probenqualitätsklasse) ocena razreda kakovosti vzorca temelji na stopnji poškodovanosti oziroma spremenjenih lastnostih in je odvisna od tehnike odvzema vzorca

Rekonstruiran preizkušaneec (reconstituted specimen, rekonstituierter Prüfkörper) v laboratoriju pripravljen preizkušaneec v obliki paste na meji židkosti in nato konsolidiran (drobnozrnate zemljine) ali preizkušaneec v mokrem/suhem razsutem stanju, ki je nato zgoščen oz. konsolidiran (grobozrnate zemljine)

Spremenljive lastnosti (state properties, Zustand der Bodeneigenschaften) – lastnosti zemljin in kamnin, ki so odvisne od stanja zemljine oziroma kamnine in se spreminjajo z napetostnim stanjem, vlažnostjo, pa tudi kot posledica izvedbe zemeljskih del (npr. konsistenca, gostota, togost, trdnost)

Tla (ground, Boden) zemljina, kamnina ali umetna nasutja, ki se nahajajo na lokaciji preiskav tal pred gradnjo

Umetno nasutje (fill or anthropogenic ground, künstlich aufgeschütteter Boden) sloji tal, odloženi ali vgrajeni kot rezultat človekove dejavnosti

Vplivno območje (zone of influence, Einflusszone) območje v okolici načrtovane gradnje, na katerem lahko pričakujemo mehanske vplive (premiki, nestabilnosti, nevarnost padajočega kamena ...) ali vplive na spremembo toka podzemne vode

Vzorec (sample, Probe) količina kamnine, zemljine ali podzemne vode, odvzeta iz dokumentirane lokacije in globine, za potrebe preiskovanja v laboratoriju

Zemljina (soil, Boden) je vrhnji del zemeljske skorje, sestavljen iz produktov preperevanja kamnin in/ali sedimentov iz različno velikih mineralnih ter organskih delcev in koloidov, ki med seboj niso vezani/cementirani.

3 Simboli in kratice

Kratika	Pomen oznake kratice
BIM	Informacijsko modeliranje gradenj
CERCHAR	Centre d'Etudes et Recherches des Charbonages
CID	Oznaka za izotropno konsolidiran dreniran triosni preizkus
CIU	Oznaka za izotropno konsolidiran nedreniran triosni preizkus
CPT	Konusni penetracijski preizkus (Cone Penetration Test)
CPTU	Konusni penetracijski preizkus z meritvijo pornega tlaka
DGD	Projektna dokumentacija za pridobitev mnenj in gradbenega dovoljenja
DMT	Preizkus s ploskim dilatometrom
DMR	Digitalni model reliefa
DP	Dinamični penetracijski preizkus
DPN	Državni prostorski načrt
FDT	Podajni dilatometer (Flexible Dilatometer Test)
GK	Geotehnična kategorija (GK1, GK2, GK3)
GIS	Geografski informacijski sistem
GJI	Gospodarska javna infrastruktura
GSI	Geološki trdnostni indeks

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Kratika	Pomen oznake kratice
GTE	Gradbeno tehnični elaborat
IZN	Izvedbeni načrt
INID	Izvedbeni načrt izvedenih del
KO	Kategorija objekta (KO1, KO2, KO3)
KS	Krilna sonda
KT	Kategorija tal (KT1, KT2, KT3)
MASW	Multichannel Analysis of Surface Waves (večkanalna analiza površinskih valov)
MKE	Metoda končnih elementov
MSN	Mejno stanje nosilnosti
MSU	Mejno stanje uporabnosti
OK	Oporna konstrukcija
OP	Okoljsko poročilo
OPPN	Občinski podrobni prostorski načrt
PID	Projekt izvedenih del
PK	Podporna konstrukcija
PMT	Preskus z Menardovim presiometrom
PVO	Presoja vplivov na okolje
PZI	Projektna dokumentacija za izvedbo gradnje
ReMi	Refraction microtremor (refrakcijski mikrotremorji – analiza naključnega šuma)
SASW	Spectral Analysis of Surface Waves (spektralna analiza površinskih valov)
SPT	Standardni penetracijski preizkus
SCPT	Konusni penetracijski preizkus z meritvijo hitrosti strižnega valovanja
SDMT	Preizkus s ploskim dilatometrom z meritvijo hitrosti strižnega valovanja
ŠV	Študija variant
USCS	Sistem za klasifikacijo zemljin (Unified Soil Classification System)
UU	Oznaka za nekonsolidiran nedreniran triosni preizkus
VLF	Very Low Frequency – elektromagnetna geofizikalna metoda preiskav tal

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Simboli	Enota	Pomen simbola
c'	(kPa)	Kohezija, izražena z efektivnimi napetostmi
C_c		Indeks obremenitve
C_C		Koeficient ukrivljenosti zrnivosti
C_s		Indeks razbremenitve
C_v	(m ² /s)	Koeficient vertikalne konsolidacije
c_u	(kPa)	Nedrenirana strižna trdnost
c_{ur}	(kPa)	Nedrenirana strižna trdnost pregnetene zemljine
C_U		Koeficient enakomernosti
C_α		Koeficient sekundarne konsolidacije
d	(mm)	Premier vzorca ali preizkušanca
D_{avg}	(mm)	Povprečna velikost zrn v vzorcu
D_{max}	(mm)	Premier največjega zrna (v vzorcu tal)
E	(MPa)	Elastični modul
E_{oed}	(MPa)	Modul stisljivosti / edometriški modul
E_{vd}	(MPa)	Togost tal merjena s ploščo z lahko padajočo utežjo (dinamični deformacijski modul)
G	(MPa)	Strižni modul
h	(mm)	Višina vzorca ali preizkušanca
h_{min}	(mm)	Najmanjša potrebna višina preizkušanca
k	(m/s)	Količnik vodoprepustnosti
l	(mm)	Dolžina vzorca ali preizkušanca
N_{min}		Minimalno število preiskav
OCR		Koeficient prekonsolidacije
q_u	(kPa)	Enoosna tlačna trdnost zemljin
R^2		Korelacijski koeficient
w	%	Vlaga
w_L	%	Meja židkosti
w_P	%	Meja plastičnosti
z_{min}	(m)	Najmanjša potrebna globina preiskav tal
φ'	(°)	Strižni kot, izražen z efektivnimi napetostmi
ρ	(kg/m ³)	Gostota
ρ_d	(kg/m ³)	Suha gostota
ρ_s	(kg/m ³)	Gostota zrn
σ_c	(MPa)	Enoosna tlačna trdnost kamnin
σ'_p	(kPa)	Prekonsolidacijski tlak

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**4 Osnovna načela preiskav tal in podzemne vode**

Tehnična specifikacija predpisuje načela preiskovanja tal in podzemne vode pri gradnji objektov prometne infrastrukture. Kjer ni posebej poudarjeno, uporaba krajšega izraza »preiskave tal« pomeni »preiskave tal in podzemne vode«.

Osnovno načelo preiskovanja tal je, da preiskave načrtuje, vodi in interpretira ustrezno usposobljena in opremljena oseba oziroma podjetje z izkušnjami v podobnih geoloških okoljih in za podobno zahtevnost projektirane prometnice.

Pri interpretaciji rezultatov preiskav in izbiri reprezentativnih vrednosti lastnosti tal in podzemne vode sodeluje izkušeni geotehnični projektant, pri čemer mora poleg rezultatov preiskav upoštevati tudi tip konstrukcije, merodajna mejna stanja in pričakovane računske metode za načrtovanje konkretne geotehnične konstrukcije. Zato se pri izdelavi programa preiskav tal in interpretaciji rezultatov izvedenih preiskav pričakuje sodelovanje med vodjo preiskovanja tal in projektantom načrtovane konstrukcije.

V kolikor ta Tehnična specifikacija ne navaja bolj podrobnih ali strogih zahtev, se preiskave tal načrtujejo in interpretirajo skladno z določili Evrokoda 7 – Geotehnično projektiranje (vsi deli) ter standardov za izvedbo in interpretacijo posameznih preiskav, na katere se sklicujeta Evrokod 7 in ta Tehnična specifikacija. V tej Tehnični specifikaciji se sklicujemo na standarde in tehnične specifikacije praviloma brez navajanja letnice, s čimer se spodbuja uporaba zadnje posodobljene verzije. Le v primeru, ko se Tehnična specifikacija sklicuje na posamezno poglavje standarda ali tehnične specifikacije, je dodana tudi letnica. Tudi v takem primeru lahko uporabnik uporabi ustrezna določila morebitne kasnejše verzije standarda.

Preiskave tal je treba načrtovati tako, da bodo pričakovani rezultati omogočili zanesljivo interpretacijo slojev tal (geotehničnih enot) in vseh njihovih relevantnih lastnosti za kakovostno obravnavo vseh pričakovanih projektnih stanj.

Do potrebnih podatkov lahko pridemo z različnim naborom metod preiskav tal. Dolžnost osebja, ki načrtuje preiskave, je, da stremi k čim višji kakovosti rezultatov preiskav, ob kar se da racionalni rabi sredstev in časa.

Preiskave tal in podzemne vode se izvajajo po standardiziranih metodah z ustrezno kalibrirano opremo. Dokumentacija o veljavni kalibraciji merske opreme na dan izvedbe preiskave mora biti na zahtevo dostopna Naročniku še najmanj 5 let po izvedbi objekta. Da so preiskave izvedene v skladu s standardi, se zagotavlja z izjavo izvajalca preiskav v Poročilu o preiskavah tal in z izjavo o skladnosti, ki jo poda Naročnik skladno s skupino standardov CEN ISO 24283 (glej 4.2).

Obseg in kakovost izvedenih preiskav tal morata v vsaki fazi projektiranja omogočiti, da se definira območje vpliva načrtovanih gradbenih posegov in brez nesprejemljivih tveganj izdela načrte gradbenih konstrukcij.

Obseg preiskav je odvisen od stopnje zahtevnosti načrtovane gradnje (objekta) oziroma z gradnjo povzročenih tveganj (Kategorija objekta – KO) ter od zahtevnosti tal (Kategorija tal – KT). Kategorija objekta in Kategorija tal skupaj določata Geotehnično kategorijo (GK). Za zahtevnejše geotehnične kategorije bo obseg preiskav večji, za manj zahtevne pa manjši (glej 4.1). Zavedati se je treba, da je kakovost in ciljna usmerjenost izvedenih preiskav lahko bolj pomembna od njihovega obsega.

Za višje geotehnične kategorije je potrebna tudi večja skrbnost pri interpretaciji modela tal vključno z nadzorom nad izvedbo preiskav, validacijo vseh interpretiranih podatkov o tleh in podzemni vodi, validacijo računskega modela tal, recenzijo izdelanih poročil in projektne dokumentacije ter ravno sistema za zagotavljanje kakovosti pri Izvajalcu preiskav.

Preiskave tal smiselno vključujejo tudi metode tehničnega opazovanja (npr. inklinometri, piezometri, geodetska spremljava premikov površine tal in obstoječih objektov) za potrebe spremljanja obnašanja tal in podzemne vode že v primerno dolgem obdobju pred gradnjo.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preiskave tal lahko vključujejo tudi preskuse obnašanja nosilnih elementov (npr. sidra, piloti, točkovni temelji) na lokaciji načrtovane gradnje.

Vse bolj se za shranjevanje in interpretacijo podatkov o tleh ter za geotehnične presoje načrtovanih objektov uporabljajo sodobna orodja, ki temeljijo na informacijski tehnologiji (GIS, BIM, MKE z nelinearnimi materialnimi modeli ...). Pri razpisih in izvedbi preiskav tal je treba upoštevati potrebo po ustreznih podatkih za korektno uporabo nelinearnih materialnih modelov pri računski analizi objektov.

Vse lokacije izvedenih preiskav tal in podzemne vode je treba geodetsko posneti bodisi kot točke (vrtine, CPT ...) ali linije (geofizikalni profili, brazde ...).

Po končanih preiskavah tal se o poteku in rezultatih preiskav izdela Poročilo o preiskavah tal (glej poglavje 11).

Izvajalec preiskav tal je dolžan priskrbeti ustrezna dovoljenja za dostope do lokacij preiskav, zapore cest, in kjer je to potrebno, podatke o poteku komunalnih in drugih vodov v tleh. Pri pridobivanju te dokumentacije mu potrebno podpora zagotavlja Naročnik. Podatke o poteku komunalnih, energetskih, telekomunikacijskih in drugih vodov mora Izvajalec pridobiti neposredno od upravljalcev v pisni obliki s podpisom odgovorne osebe.

Po končanih terenskih delih je Izvajalec dolžan vse lokacije terenskih preiskovalnih del povrniti v prvotno stanje in vrtine zapolniti skladno s SIST EN ISO 22475-1:2022 (točka 5.8), razen če niso spremenjene v opazovalne objekte. Med in po končanih delih je treba preprečiti možnost vsakršnega škodljivega posega v podzemno vodo vključno z dalj časa trajajočim iztekanjem arteške podzemne vode na površino.

Pri projektih sanacij in rekonstrukcij prometnic in/ali objektov na njih je treba priporočila iz te Tehnične specifikacije smiselno prilagoditi stopnji poznavanja tal iz vseh predhodnih preiskav tal, izkušenj pri gradnji ter razlogom, zaradi katerih se izvaja rekonstrukcija oziroma sanacija prometnice in/ali objekta. Skupen obseg vseh predhodnih in na novo načrtovanih preiskav tal mora biti najmanj takšen, kot ga predvideva ta Tehnična specifikacija. Novo izvedene preiskave tal morajo omogočiti razjasnitev vzrokov za morebitno nezaželeno obnašanje tal in objekta ter kakovostno načrtovanje predvidenih gradbenih del.

Vsa poročila vključno s prilogami morajo biti Naročniku predana v elektronski obliki, v tiskani obliki pa le, če je to posebej zahtevano s projektno nalogo Naročnika. Izvajalec preiskav tal je dolžan hraniti originalen arhivski izvod v tiskani in elektronski obliki. Vsi številčni rezultati posameznih preiskav in meritev ter grafične interpretacije sestave tal v profilih morajo biti predani tudi v aktivni obliki, da je mogoča neposredna uporaba podatkov s strani nadaljnjih uporabnikov meritev (projektanti, recenzenti ...). Dodatne zahteve v zvezi s predajo poročil in rezultatov izvedenih preiskav definira Naročnik s projektno nalogo.

Ta Tehnična specifikacija vključuje tudi poglavje o preiskavah okoljskih parametrov stanja tal s ciljem, da poteka vzorčenje tal za vse namene usklajeno in s tem čim bolj racionalno. Odvzem vzorcev tal in podzemne vode ter preiskave kakovosti odvzetih vzorcev z vidika okoljskega stanja tal lahko izvajajo le za to pooblašene institucije, ki rezultate preiskav interpretirajo skladno s trenutno veljavnimi področnimi uredbami in pravilniki.

Ta Tehnična specifikacija navaja pretežno ustaljene postopke preiskav tal in podzemne vode. To ne pomeni, da je možno preiskave tal izvajati zgolj po teh postopkih. Spodbuja se spremljanje znanj ter razvoja novih metod in kreativnost pri preiskovanju tal in podzemne vode ob upoštevanju osnovnih načel, opisanih v tej Tehnični specifikaciji. Ob uporabi nestandardnih metod preiskav ali v primerih, ko izvedba preiskave odstopa od standardiziranega postopka, je treba uporabo alternativnih postopkov utemeljiti ter podrobno opisati (opis naj omogoča ponovljivost postopka s strani druge ustanove).

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**4.1 Minimalne zahteve za obseg preiskav tal glede na geotehnično kategorijo**

V geotehničnem smislu je zahtevnost projekta pogojena z zahtevnostjo tal in zahtevnostjo objekta. Zahtevnost tal in objekta definiramo z geotehnično kategorijo (GK, glej preglednico 4.1), ki opredeljuje potencialna tveganja, do katerih lahko pride bodisi med gradnjo ali med uporabo objektov. Minimalne zahteve glede obsega preiskav tal so navedene v poglavju 9.

Preglednica 4.1: Geotehnične kategorije (GK) v odvisnosti od Kategorije tal (KT) in Kategorije objekta (KO)

Kategorija tal / objekta	KO1	KO2	KO3
KT1	GK1	GK2	GK2
KT2	GK2	GK2	GK3
KT3	GK2	GK3	GK3

4.1.1 Kategorije objektov

Prometna infrastruktura ima v primeru odpovedi v splošnem visoko stopnjo posledic za okolje in gospodarstvo. Zato le redke objekte prometne infrastrukture uvrščamo v kategorijo nizkega tveganja (KO1). Pri razvrščanju objektov (trase prometnic in premostitveni ter drugi objekti na njih) je treba upoštevati tako tveganja, ki lahko nastanejo med gradnjo, kakor tudi tveganja v času uporabe prometnice. Upoštevati moramo tveganja za načrtovane objekte, za obstoječe objekte, infrastrukturo in druge vrednote v vplivnem območju gradnje.

KO1: (objekti, ki v slučaju odpovedi med gradnjo ali kasneje ne predstavljajo večjega tveganja)

- trase deviacij lokalnih, poljskih, gozdnih cest in gradbiščne ceste brez tveganjih vplivov novogradnje na obstoječe objekte in infrastrukturo.

KO2: (večina objektov avtocest, državnih cest in železnic)

- trase avtocest in državnih cest ter železnic zunaj območij morebitnih negativnih vplivov na obstoječo kritično infrastrukturo in objekte;
- trase deviacij lokalnih, poljskih, gozdnih cest in gradbiščne ceste s potencialno tveganimi vplivi na obstoječe objekte in infrastrukturo;
- objekti na trasah avtocest, državnih cest in železnic (razen objektov, ki se uvrščajo v KO3);
- objekti na trasah deviacij lokalnih, poljskih in gozdnih cest.

KO3: (objekti, ki za okolje in gospodarstvo v slučaju odpovedi med gradnjo ali kasneje predstavljajo povečano tveganje)

- trase avtocest in državnih cest ter železnic na območjih morebitnih negativnih vplivov na obstoječo kritično infrastrukturo in objekte;

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

- objekti na trasah avtocest, državnih cest in železnic, zaradi katerih lahko med gradnjo ali v času obratovanja pride do nesorazmerno velikih tveganj za Naročnika ali posledic za okolje in gospodarstvo.

4.1.2 Kategorije tal

Tla po zahtevnosti uvrščamo v tri kategorije od najmanj zahtevnih (KT1) do najbolj zahtevnih (KT3):

KT1: V najnižjo kategorijo zahtevnosti tal uvrščamo tla, za katera hkrati velja, da so mehansko dobra, homogena, podzemna voda ne povzroča težav pri gradnji, nagib terena pa znaša največ 10°.

- Vsaj srednje gost pesek ali gramoz, težko gnetna do trdna glina ali melj ali kamnina (izjema so kraška tla ali skrilave/plastovite kamnine z neugodno orientacijo diskontinuitet). Podzemna voda ne povzroča težav med gradnjo.

KT2: V srednjo kategorijo uvrščamo tla, ki po vsaj enem od zgornjih kriterijev ne sodijo v KT1. Bodisi njihove mehanske lastnosti niso dovolj dobre ali so heterogena ali podzemna voda lahko povzroča zmerne težave. Primeri:

- relativno homogena zgradba tal iz slabše nosilnih zemljin (rahal pesek ali gramoz, srednje gnetna glina ali melj) in mehkih kamnin, kjer podzemna voda povzroča kvečjemu zmerne težave;
- nehomogena zgradba tal iz dobro nosilnih zemljin (vsaj srednje gost pesek, prod/gramoz, težkognetna do trdna glina ali melj) in kamnin, kjer podzemna voda povzroča kvečjemu zmerne težave.

KT3: V kategorijo zahtevnih tal uvrščamo tla, ko za njih velja ena od naslednjih značilnosti:

- zelo mehka tla, volumensko nestabilna tla (nabrekanje, kolaps);
- kraška tla;
- antropogena tla (neutrjena umetna nasutja, onesnažena tla, rudarska območja);
- labilna pobočja;
- območja, kjer podzemna voda lahko povzroča velike težave (arteški tlaki, raven vode visoko nad dnom gradbenega posega, potencialno likvifabilna tla).

4.1.3 Minimalni obseg aktivnosti glede na geotehnično kategorijo

Za objekte in dele tras, ki jih uvrščamo v GK1, bo pogosto zadoščala izvedba:

- kabinetne študije;
- terenskega kartiranja tal v vplivnem območju načrtovane gradnje;
- sondažnih razkopov;
- druge preiskave se izvedejo, če z navedenimi ni mogoče dovolj zanesljivo ugotoviti sestave in lastnosti tal. V tem primeru naj se ponovno pretehta uvrstitev v GK1.

Za objekte in dele tras, ki jih uvrščamo v GK2, je treba aktivnosti za GK1 nadgraditi:

- z opredelitvijo spremenljivosti sestave in lastnosti tal po globini ter v vzdolžni in bočni smeri glede na potek prometnice;
- s terenskimi in laboratorijskimi preiskavami sestave in lastnosti tal ter podzemne vode v takšnem obsegu, da bo mogoče identificirati in s potrebnimi podatki karakterizirati vse relevantne sloje tal v vplivnem območju načrtovane gradnje.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Za objekte in dele tras, ki jih uvrščamo v GK3, je treba obseg aktivnosti za GK1 in GK2 razširiti tako, da bo mogoče:

- lastnosti tal interpretirati z več kot eno samo metodo preiskav tal;
- ugotoviti raztros rezultatov glede mehanskih in fizikalnih lastnosti posameznih slojev tal;
- z metodami tehničnega opazovanja ugotoviti spremembe v legi podzemne vode in spoznati obseg in intenziteto morebitnega premikanja tal.

4.2 Minimalne zahteve glede kakovosti preiskav tal

Vsaj tako pomembna kot obseg preiskav tal, je tudi njihova kakovost ter kontrola skladnosti dobljenih rezultatov s predhodnimi izkušnjami.

Kakovost preiskovanja tal na projektih kategoriziranih prometnic zagotavljamo z naslednjimi načeli in aktivnostmi:

- Preiskave tal lahko izvajajo le za to usposobljena podjetja z ustreznimi referencami, ki svoje dejavnosti glede kakovosti preiskav tal upravljajo skladno s standardi skupine CEN ISO 24283. Izpolnjevanje tehničnih kriterijev za izvajalska podjetja se izkazuje z izjavo o skladnosti, ki jo poda Naročnik (second party control).
- Preiskave tal na terenu in v laboratoriju se izvajajo po veljavnih standardih (sezname najbolj pogostih preiskav so navedeni v poglavjih 6 do 8 in v seznamu literature v poglavju 12).
- Laboratorijska in terenska oprema je veljavno kalibrirana.
- Nad izvajanjem preiskav tal se izvaja zunanji nadzor, ki ga zagotavlja Naročnik z lastnimi kadri ali preko pooblaščenega Inženirja.
- Pri interpretaciji sestave in lastnosti tal ter podzemne vode je treba validirati rezultate preiskav z medsebojno primerjavo dobljenih vrednosti mehanskih in drugih merjenih parametrov, ter preko računskih analiz (npr. povratne analize) potrditi skladnost predlaganega modela tal s stanjem v naravi in s preteklimi izkušnjami. V kolikor postopki validacije predlaganega modela tal pokažejo, da obstajajo dvomi v interpretirano sestavo in/ali lastnosti tal, je treba izvesti dopolnilne preiskave tal.
- Za Poročila o preiskavah tal za projekte geotehnične kategorije GK2 in GK3 je treba pridobiti neodvisno recenzijsko mnenje in po potrebi Poročilo dopolniti. V primerih nestrinjanja med avtorji Poročila in Recenzentom odloča predstavnik Naročnika.

5 Faze preiskav

Preiskave tal in podzemne vode praviloma izvajamo po fazah (preglednica 5.1, preglednica 5.2). V primerih projektiranja manjših gradbenih posegov, sanacij in rekonstrukcij, ko bi bilo izvajanje preiskav tal v fazah neracionalno, se vse preiskave izvede v eni fazi. Obseg, metode in kakovost preiskav v vsaki fazi morajo biti takšni, da je dosežen namen preiskav za konkretno fazo, to pomeni, da bo na podlagi pridobljenih podatkov mogoče brez nesprijemljivih tveganj izdelati načrte gradbenih konstrukcij za naslednjo fazo projektne dokumentacije.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 5.1: Faze preiskav tal

Faza preiskav	Kdaj	Namen
Preliminarna	Zasnova	Pridobivanje osnovnih podatkov o značilnostih lokacij, ocena primernosti lokacije za načrtovano gradnjo, preliminarna ocena načina temeljenja objektov.
Glavna	Načrtovanje	Pridobivanje vseh potrebnih podatkov o tleh za potrebe načrtovanja tras prometnic in objektov, določitev območja DPN in izdelave načrtov.
Dopolnilna	Načrtovanje	Pridobivanje dodatnih podatkov, ko se pri izdelavi načrtov to pokaže za potrebno (sprememba poteka trase, zasnove objekta, premalo podatkov na nekem območju ali premalo zanesljivi podatki).
Kontrolna	Gradnja	Kontrola skladnosti dejanskega stanja tal s prognozo iz projektne dokumentacije.
Sanacija, rekonstrukcija/obnova, forenzika	Načrtovanje sanacije, rekonstrukcije ali obnove	Za potrebe načrtovanja rekonstrukcij in sanacijskih ukrepov na objektih prometne infrastrukture ali za ugotavljanje vzrokov poškodb in nepričakovanega obnašanja.

Preglednica 5.2: Faze preiskav tal v povezavi s fazami izdelave projektne, prostorske in okoljske dokumentacije

Aktivnost	Podlaga	Dokument	Izvajalec
<i>Faza projekta:</i>	<i>Umeščanje v prostor, faza študije variant (ŠV) – strokovne podlage za študijo variant (gradbeno tehnični elaborat – GTE) in okoljsko poročilo (OP)</i>		
<i>Faza preiskav tal:</i>	Preliminarne preiskave tal ^{a)} za traso		
Projektna naloga za preliminarne preiskave tal	Kabinetna študija o sestavi tal, Terenski ogled, Idejne rešitve variant iz Pobude za DPN	Projektna naloga, razpisna dokumentacija za izvedbo preliminarne preiskav tal	Naročnik, Inženir
Izvedba preliminarne preiskav tal	Projektna naloga, Območje variant iz pobude za DPN	Poročilo o preliminarne preiskavah tal	Ustrezno usposobljeno podjetje
<i>Faza projekta:</i>	<i>Umeščanje v prostor, faza DPN – strokovne podlage za DPN (idejni projekt) in OP ^{b)}</i>		
<i>Faza preiskav tal:</i>	Glavne preiskave tal ^{a)} za traso z OK in PK Preliminarne preiskave tal ^{a)} za premostitvene objekte in predore		
Projektna naloga za glavne preiskave tal za traso z OK in PK ter preliminarne preiskave tal za premostitvene objekte in predore	Poročilo o preliminarne preiskavah tal, Terenski ogled, Idejna zasnova (GTE) izbrane variante nove prometnice	Projektna naloga, razpisna dokumentacija za izvedbo glavnih preiskav tal	Naročnik, Inženir
Izvedba glavnih preiskav tal za traso prometnice z OK in PK	Projektna naloga, Poročilo o preliminarne preiskavah tal, Idejna zasnova (GTE) nove prometnice	Poročilo o glavnih preiskavah tal za traso, Poročila o glavnih preiskavah tal za posamezne OK in PK	Ustrezno usposobljeno podjetje
Izvedba preliminarne preiskav tal za premostitvene objekte in predore na prometnici	Projektna naloga, Poročilo o preliminarne preiskavah tal za traso, Idejna zasnova (GTE) izbrane variante nove prometnice	Poročila o preliminarne preiskavah tal za posamezen objekt	Ustrezno usposobljeno podjetje

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 5.2: Faze preiskav tal v povezavi s fazami izdelave projektne, prostorske in okoljske dokumentacije (nadaljevanje)

<i>Faza projekta:</i>	<i>Izdelava projektne dokumentacije za pridobitev dovoljenj za gradnjo in za izvedbo gradnje (DGD, PVO, PZI, IZN)^{c)}</i>		
Faza preiskav tal:	Dopolnilne preiskave tal^{a)} za traso z OK in PK Glavne preiskave tal^{a)} za premostitvene objekte in predore		
Projektna naloga za dopolnilne preiskave tal za traso z OK in PK ter glavne preiskave tal za objekte	Poročila o preiskavah tal v predhodnih fazah, Terenski ogled, Idejni projekt ali podrobnejši prostorsko izvedbeni akt (npr. OPPN, DPN)	Projektna naloga, razpisna dokumentacija za izvedbo preiskav tal	Naročnik, Inženir
Izvedba dopolnilnih preiskav tal za traso prometnice z OK in PK	Projektna naloga, Poročila o preiskavah tal v predhodnih fazah, Idejni projekt ali podrobnejši prostorsko izvedbeni akt (npr. OPPN, DPN)	Poročilo o dopolnilnih preiskavah tal za traso, Poročila o dopolnilnih preiskavah tal za posamezne OK in PK	Ustrezno usposobljeno podjetje
Izvedba glavnih preiskav tal za premostitvene objekte in predore na prometnici	Projektna naloga, Poročila o preiskavah tal v predhodnih fazah, Idejni projekt ali podrobnejši prostorsko izvedbeni akt (npr. OPPN, DPN)	Poročilo o glavnih preiskavah tal za objekt	Ustrezno usposobljeno podjetje
Izvedba dopolnilnih preiskav tal za premostitvene objekte in predore na prometnici ^{d)}	Utemeljena pobuda Projektanta, Recenzenta, Revidenta, Recenzijske komisije ali Inženirja potrjena s strani Naročnika. Projektant pripravi predlog dopolnilnih preiskav.	Poročilo o dopolnilnih preiskavah tal za objekt	Ustrezno usposobljeno podjetje
<i>Faza projekta:</i>	<i>Gradnja</i>		
Faza preiskav tal:	Kontrolne preiskave tal^{a), d)}		
Izvedba kontrolnih preiskav tal za traso ali objekte na prometnici ^{d)}	Utemeljena pobuda Izvajalca, Projektanta, Nadzora ter soglasje Naročnika. Pobudnik izdelava program kontrolnih preiskav.	Poročilo o kontrolnih preiskavah tal	Ustrezno usposobljeno podjetje

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 5.2: Faze preiskav tal v povezavi s fazami izdelave projektne, prostorske in okoljske dokumentacije (nadaljevanje)

Faza projekta:	Sanacija, rekonstrukcija/obnova ^{e)}		
Faza preiskav tal:	Preiskave tal ^{a)} za potrebe sanacije/rekonstrukcije/obnove in forenziko		
Projektna naloga za preiskave tal za potrebe sanacije/rekonstrukcije prometnice in/ali objekta	Pobuda Naročnika (vzdrževalna služba) ali Inženirja, Poročila o stanju in vzdrževanju objekta, Poročila o preiskavah tal v predhodnih fazah, Terenski ogled, Načrt prometnice in objektov (PID, INID)	Projektna naloga, razpisna dokumentacija za izvedbo preiskav tal	Naročnik, Inženir
Izvedba preiskav tal za potrebe sanacije/rekonstrukcije prometnice ali objekta	Projektna naloga, Poročila o preiskavah tal v predhodnih fazah, Projektne rešitve za izvedbo del	Poročilo o preiskavah tal za potrebe sanacije ali rekonstrukcije	Ustrezno usposobljeno podjetje

a) Izraz »Preiskave tal« vključuje tudi preiskave podzemne vode ter preiskave okoljskih parametrov stanja tal, kjer je to potrebno.

b) Smiselno se uporablja tudi pri pripravi OPPN.

c) Smiselno se uporablja tudi za pripravo Izvedbenih načrtov.

d) Po potrebi.

e) Sanacija ali rekonstrukcija dotrajane ali poškodovane trase prometnice, dotrajanih ali poškodovanih objektov na prometnicah, pa tudi sanacija plazov, ki ogrožajo prometnice in/ali pripadajoče objekte.

6 Metode preiskav tal

V tem poglavju so primarno navedeni postopki, ki se rutinsko uporabljajo v slovenski geotehnični praksi. Podrobnejše informacije o ustreznosti navedenih metod preiskav ter o drugih metodah preiskav so na voljo v standardu SIST EN 1997-2 (Evrokod 7-2).

6.1 Kabinetna študija

Kabinetna študija se izvede praviloma pred začetkom preiskovanja tal na terenu z namenom zbiranja in analiziranja vseh obstoječih podatkov in izkušenj iz obravnavanega območja. Je tudi podlaga za kakovostno pripravo podrobnega programa preiskav tal na podlagi seznanitve z obstoječimi informacijami o tleh oziroma z izkušnjami iz preteklih gradenj na območju.

Del kabinetne študije je tudi identifikacija pretekle rabe tal, obstoječih objektov v vplivnem območju načrtovane gradnje in morebitnih nevarnosti, ki jih tla lahko predstavljajo za izvedbo preiskav in načrtovanega objekta (npr. agresivno okolje za načrtovan objekt in/ali preiskovalno opremo, kraški pojavi, prisotnost nevarnih plinov ...).

Kabinetna študija obravnavanega območja značilno vključuje naslednje aktivnosti:

- pregled geoloških kart;
- pregled kart erozijske, potresne in poplavne ogroženosti ter ogroženosti zaradi plazov oziroma procesov pobočnega premikanja;
- zbiranje podatkov o prisotnosti in značilnostih morebitnih podzemnih prostorov in aktivnosti (kraški pojavi, rudarjenje);

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

- pregled arhivskih poročil o preiskavah tal iz bližnje okolice;
- pregled aktualnih in arhivskih topografskih kart, satelitskih in letalskih posnetkov območja;
- pregled in primerjava dostopnih arhivskih kart območja s trenutnim stanjem na terenu za identifikacijo umetnih nasutij oziroma pretekle rabe prostora;
- pregled podatkov o varstvenih režimih (Natura 2000, vodovarstveni režim, arheološko najdišče ...);
- pregled tras komunalnih, energetskih, telekomunikacijskih vodov in prometnic na območju;
- pregled možnosti dostopa do lokacij preiskav;
- zbiranje podatkov o preteklih izkušnjah pri gradnjah v vplivnem območju in o obnašanju obstoječih objektov v vplivnem območju.

6.2 Preiskovanje tal na terenu**6.2.1 Kartiranje**

Kartiranje tal na terenu mora zajeti celotno vplivno območje gradnje. Kartiranje je treba izvesti pred začetkom drugih preiskav tal na terenu.

Rezultate kartiranja je treba primerjati in kritično analizirati glede na rezultate kabinetne študije in zbranih izkušenj iz vplivnega območja.

Podlaga za terensko kartiranje je geodetski posnetek trenutnega stanja v vplivnem območju gradnje. Rezultate kartiranja se vnaša v geodetski posnetek terena praviloma s pomočjo terenskih geodetskih meritev ali metod daljinskega zaznavanja. Dodatno je treba rezultate kartiranja dokumentirati s fotografijami.

Kartiranje tal na terenu značilno obsega:

- pregled morfoloških, geoloških, okoljskih in geotehničnih značilnosti terena;
- identifikacijo površinskih slojev tal;
- identifikacijo površinskih vodotokov, izvirov, stoječih voda, vlažnih območij, vodnjakov, vključno z meritvami pretokov površinskih vodotokov in nivojev stoječih voda (podrobno je hidrogeološko kartiranje opisano v 7.2.2);
- značilnosti vegetacije na analiziranem območju (identifikacija vlagoljubnih in invazivnih rastlin; identifikacija nagnjenih dreves zaradi premikov tal, odsotnost vegetacije zaradi onesnaženosti tal ...);
- pregled izdankov kamnin vključno s fotografiranjem, opisom in terensko klasifikacijo materiala ter dokumentiranje smeri, vpada in lastnosti diskontinuitet;
- identifikacijo morebitnih znakov nestabilnosti (odlomni ali narivni robovi, strižne razpoke, posedki cest ...) in erozijskih procesov;
- identifikacijo znakov pretekle rabe prostora (objekti ali ostanki nekdanjih objektov, umetna nasutja, zasuti glinokopi ali gramoznice, vhodi v podzemne prostore, obstoječi drenažni sistemi, znaki onesnaženja tal ...);
- identifikacijo na površini prepoznavnih kraških pojavov;
- identifikacijo elementov trenutne rabe prostora (obstoječi objekti, komunalni, energetski ali telekomunikacijski vodi, prometnice ...), ki so vidni na terenu;
- identifikacijo možnih dostopnih poti do predvidenih lokacij terenskih preiskav tal in možnosti preskrbe z vodo;

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

- presojo možnih vplivov načrtovane gradnje na objekte in dejavnosti v vplivnem območju (neposredni mehanski vplivi zaradi morebitne nestabilnosti ali premikov tal, vibracije pri izvedbi del, presahnitev vodnih virov ...);
- identifikacijo razlik med stanjem na terenu, aktualnimi kartami in drugimi (npr. arhivskimi) uporabljenimi kartografskimi ali pisnimi viri;
- identifikacijo morebitnih naravnih pojavov, pomembnih za naravno dediščino.

6.2.2 Sondažni razkopi in brazde

Sondažni razkopi in brazde so učinkoviti postopki za zbiranje podatkov o sestavi in lastnostih tal do nekaj metrov pod površino. Praviloma se izvedejo s strojnim izkopom, na težko dostopnih mestih lahko tudi ročno.

Rezultat je podroben popis sestave tal na ustreznem obrazcu in fotografija izkopa ter opis opaženih značilnosti podzemne vode. Izkop omogoča odvzem vzorcev tal iz izbranih globin (glej SIST EN ISO 22475-1) ali izvedbo terenskih meritev togosti tal (npr. krožna plošča) in trdnosti tal (npr. terenska krilna sonda) na izbranih globinah. Za opisovanje zemljin in kamnin na terenu se uporabljajo standardi SIST EN ISO 14688-1, EN ISO 14688-2 in EN ISO 14689 oziroma TSPI PG.05.201.

Sondažni razkopi in brazde so izrazito priporočljivi na območjih nekontroliranih umetnih nasutij, ker večji volumen izkopanega materiala daje boljši vpogled v sestavo takega nasutja kot jedro vrtine.

Učinkoviti so tudi tam, kjer kamninsko osnovo prekrivajo relativno tanki sloji zemljin in v primerih, ko so za izvedbo laboratorijskih preiskav (npr. vgradljivosti zemljin) potrebne večje količine materiala.

6.2.3 Vrtanje

Namen geotehničnega vrtanja je pridobiti popis sestave (slojev) tal na mestu vrtanja in možnost odvzema vzorcev za nadaljnje preiskovanje v laboratoriju, pogosto pa tudi izvedba terenskih meritev v vrtini ali/in naknadna vgradnja instrumentov za tehnično opazovanje (npr. piezometer ali inklinometer). Kadar je namen vrtanja tudi odvzem vzorcev tal, je treba izbrati ustrezen način in opremo za delo skladno s standardom SIST EN ISO 22475-1, da bo mogoče pridobiti vzorce ustrezne kakovosti. Vzorci, na katerih želimo ugotavljati trdnost in togost sloja tal, morajo ustrezati najvišjemu razredu kakovosti A.

Neposreden rezultat geotehničnega vrtanja je popis vrtine na ustreznem obrazcu ter fotografija jedra vrtine in zapis ugotovitev o podzemni vodi. Na popisnem listu vrtine je treba zabeležiti tudi podatke o globini in načinu odvzema vzorcev za laboratorijske preiskave ter dokumentirati globine in vrste izvedenih meritev v vrtini. Dokumentacija o izvedbi vrtin in odvzemu vzorcev naj sledi standardu SIST EN ISO 22475-1. Za opisovanje zemljin in kamnin na terenu se uporabljajo standardi SIST EN ISO 14688-1, EN ISO 14688-2 in EN ISO 14689 oziroma TSPI PG.05.201.

Kadar je vrtina opremljena za dolgoročno spremljanje premikov tal, tlakov podzemne vode ali totalnih napetosti v tleh, je treba dokumentirati tudi podatke o vgrajenem sistemu za tehnično opazovanje.

Izvedbo in opremo vrtin je treba prilagoditi tudi izvedbi nadaljnjih meritev v njej (karotažne meritve, geoseizmične meritve, dolgoročno spremljanje premikov tal ali tlakov podzemne vode ...).

6.2.4 Geotehnične meritve

Geotehnične meritve se izvajajo bodisi v vrtinah (npr. SPT, PMT, meritve vodoprepustnosti ...) ali samostojno z vtiskovanjem izbrane sonde v tla (npr. DP, CPTU, DMT). Njihov namen je pridobiti kvantitativne podatke o lastnostih tal na lokaciji meritve. V preglednici 6.1 so navedene geotehnične terenske meritve, ki so v pogosti rabi, skupaj z navedbo standarda za izvedbo ter parametri, ki jih

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

lahko določimo z interpretacijo meritev. Za vse standardizirane metode je raba navedenih standardov za izvedbo in interpretacijo meritev obvezna. Izjema so lahko posebni primeri (npr. hidravlično transportirani umetni sedimenti, nastali kot stranski produkti industrijskih postopkov), ko standardni postopki ne dajejo realnih rezultatov. V takih primerih je treba postopke vrednotenja podrobno opisati in utemeljiti odstopanje od standardov.

Terenske geotehnične meritve so lahko primerne tudi za ugotavljanje uspešnosti (kontrola kakovosti) izvedene izboljšave tal.

6.2.5 Geofizikalne preiskave

Pri preiskovanju tal za potrebe projektiranja prometnic je pogosto ustrezna uporaba geofizikalnih metod preiskav tal. Njihova dobra lastnost je, da so praviloma nedestruktivne. Za razliko od geotehničnih meritev, ki se izvajajo v eni navpičnici (1D), geofizikalne preiskave omogočajo ugotavljanje sprememb sestave tal in njihovih lastnosti v profilih (2D), po površini (3D). Na ta način torej lahko zaznamo spremembe/anomalije, ki jih točkovne geotehnične preiskave ne bi odkrile. Izmed množice geofizikalnih metod se za namene preiskav tal za načrtovanje gradbenih objektov večinoma uporabljajo geoseizmične, geoelektrične in georadarske (elektromagnetne) metode. Interpretacija meritev sloni na ugotavljanju fizikalnega kontrasta merjenih količin, ki se tolmači kot sprememba v lastnostih tal, npr. kot stik med različnimi sloji tal. Slabost geofizikalnih meritev v primerjavi z vrtinami je manjša natančnost. Zato se za preiskovanje strukture tal priporoča kombinacija geotehničnih in geofizikalnih preiskav. Pri tem sta možna dva pristopa: (i) najprej izvedba geofizikalne meritve v profilu ustrezne dolžine in zatem lociranje vrtin na mestih, ki se jih določi s pomočjo interpretacije geofizikalne meritve ali (ii) najprej izvedba vrtin in v slučaju, ko je interpretacija sestave tal težavna, še izvedba ustrezne geofizikalne preiskave v profilu, ki ga želimo interpretirati.

Za potrebe projektiranja inženirskih objektov so pogosto potrebni tudi podatki o hitrostih strižnih valovanj v tleh, ki jih lahko dobimo z metodami geoseizmičnega profiliranja (refrakcija, metode površinskih seizmičnih valov ipd.), pa tudi z geoseizmičnimi meritvami v vrtini (up-hole, down-hole, karotažne meritve) oziroma med dvema vrtinama (cross-hole) ali s posebnimi terenskimi meritvami (SDMT, SCPT).

Pri načrtovanju geofizikalnih preiskav tal (izbor metode, lokacije, obsega in načina izvedbe) mora sodelovati specialist geofizik. Vodja preiskav tal mora jasno določiti namen oziroma cilj izvedbe geofizikalnih preiskav. Pogosto se za doseganje cilja uporabi dve ali več geofizikalnih metod, saj je optimalna interpretacija podatkov pogosto možna le s križno korelacijo geofizikalnih parametrov.

Interpretacija sestave in lastnosti tal mora poleg rezultatov samih geofizikalnih meritev upoštevati tudi vse druge razpoložljive podatke (vrtine, kartiranje ...). Kadar v času izdelave poročila o geofizikalnih meritvah še niso na voljo drugi podatki (npr. vrtine), mora Poročilo jasno zapisati, da gre le za interpretacijo na podlagi geofizikalnih meritev. V takem primeru mora krovno Poročilo o rezultatih preiskav tal pojasniti kako so bili rezultati geofizikalnih (in drugih) meritev upoštevani pri interpretaciji modela tal.

Preglednica 6.2 navaja primernost geofizikalnih metod, ki se pogosto uporabljajo za posamezne namene in lahko služi za preliminarni izbor geofizikalnih metod preiskav tal v konkretnih primerih. Za pomoč pri izbiri ustrezne geofizikalne metode lahko služi tudi standard ASTM D6429.

V pomoč pri interpretaciji lastnosti tal so lahko tudi karotažne meritve v predhodno izvedenih vrtinah (glej Mozetič, Matoz, Lapanje, Rman, 2020).

Geofizikalne metode so lahko primerne tudi za ugotavljanje uspešnosti (kontrola kakovosti) izvedene izboljšave tal tako, da primerjamo merjene lastnosti tal pred in po izvedbi izboljšave tal.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 6.1: Poenostavljen prikaz uporabnosti terenskih preiskav tal

Preiskava	Vrtanje ^{a)}	SPT	DP	KS	CPT(U)	DMT	PMT Menard	FDT	SCPT/ SDMT	Samovrtani PMT	Vtiskovani PMT
Standard	SIST EN ISO 22475-1	SIST EN ISO 22476-3	SIST EN ISO 22476-2	SIST EN ISO 22476-9	SIST EN ISO 22476-1	SIST EN ISO 22476-11	SIST EN ISO 22476-4	SIST EN ISO 22476-5		SIST EN ISO 22476-6	SIST EN ISO 22476-8
Identifikacija zemljin/kamnin	GFK3 ^{b)}	G2F3 ^{c)}	GF1		GF2	GF2	GFK1	GF1K2			
Sloji tal	GFK3 ^{d)}		G3F2		GF3	G2F3					
Gostota					GF2	GF2					
Relativna gostota		G1	G1		G2		G2				
Togost		GF1	GF1		GF2	GF3	GF3	GFK3		GF3	GF3
Drenirana strižna trdnost		G2	G2		GF2	G2	G2				
Nedrenirana strižna trdnost				F3	F3	F3	F2			F2	F2
Tlak vode	G3FK2 ^{e)}				G3	G3					
Prepustnost, koeficient horiz. kons.	G2F1 ^{f)}				F3 ^{g)}	F2 ^{g)}		F2 ^{g)}		F2 ^{g)}	
Strižna hitrost	GFK3 ^{h)}								GFK3 ⁱ⁾		
Nosilnost temelja		G2	GF2	F2	GF3	GF2	GF3			GF3	GF3
Posedek temelja		G3	GF2		G3	GF3	GF3	GF2		GF3	GF3
Drugo	Odvzem vzorcev za laboratorij	Likvifikacija	Likvifikacija	Rezidualna trdnost	Likvifikacija	Horiz. napetosti; likvifikacija	Horiz. napetosti	Horiz. napetosti		Horiz. napetosti	Horiz. napetosti
Opomba	Ustrezna kakovost!	Primarno za nekoherentne zemljine	4 tipi preiskav; zvezen zapis rezultatov z globino	Za koherentne zemljine	Zvezen zapis rezultatov z globino	Ni primeren za gramoze; zvezen zapis rezultatov z globino			Togost pri majhnih deformacijah		

3 visoka stopnja zaupanja v rezultate

2 srednja stopnja zaupanja v rezultate (praviloma gre za posredno določanje preko empiričnih korelacij)

1 nizka stopnja zaupanja v rezultate

G za debeložrnate zemljine (gramoz, pesek)

F za drobnožrnate zemljine (melj, glina)

K kamnine

v kolikor ni oznake zemljine ali kamnine: ni primerno

a) brez odvzema vzorcev za laboratorijske preiskave

b) v primeru kvalitete vzorčenja C v kamninah GF3K2

c) če se odvzame vzorec

d) v primeru kvalitete vzorčenja E v zemljinah in C v kamninah GFK2

e) če je vrtina opremljena kot piezometer; če se uporabi zaprti tip piezometra GFK3

f) če je vrtina opremljena kot piezometer; če se uporabi zaprti tip piezometra GF2

g) če se izvede disipacijski test

h) z izvedbo geoseizmičnih meritev v vrtini

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 6.2: Primernost posameznih geofizikalnih metod glede na namen (vir: IZS, 2018)

Metoda	Geoseizmika			Geoelektrika		Elektromagnetne metode			
Aplikacija	Refrakcija	Refleksija	Metode površinskih seizmičnih valov (SASW, MASW, ReMi)	Upornostno sondiranje	Upornostna tomografija	Frekvenčna domena	Časovna domena	VLF	Georadar
Litološka zgradba	+	○		+	+		○		○
Geološka struktura (lega plasti, izklinjanje, tektonika)	+	+		○	○		○		○
Globina do podlage sedimentov	+	○	○	○	○				+ / ○
Debelina nevezanih sedimentov	+		○	+	+	○	○		○
Globina do podzemne vode	+	○		○	○	○	○		○
Razpakanost in prelomne cone	+	○			○			+	○
Podzemne praznine	○	○		○	○				+
Zapolnjeni kraški pojavi (kanali, brezna, jame ...)					+				+
Geofizikalne lastnosti slojev tal	+		+	+	+	○			
Hitrosti elastičnih valovanj (togost tal pri zelo majhnih deformacijah)	+		+						
Spremembe v prepustnosti tal				○	○	+	+		
Iztekanje iz odlagališča					+	+	+		○
Strujanje pod pregradami ali nasipi			○		+	○			+
Zgoščenost nasipov	○		+	○	○				○
Ugotavljanje zasutih jarkov, starih strug	○		○		○	+	○		+
Meja med sladko in slano vodo					○	+	+		
Iskanje podzemnih instalacij					○	○	○		+
Iskanje zakopanih kovinskih predmetov					+	○	○		+
Ocena možnosti ripanja kamnine	+	○							

+ predlagana metoda za namen rabe (uspešna v večini materialov)

○ pomožna metoda za namen rabe (uspešna v določenih pogojih)

6.2.6 Obremenilni testi temeljev, pilotov in sider

Najpogostejše se obremenilni testi nosilnih elementov v stiku s tlemi (plitvi in globoki temelji ali sidra) izvajajo v sklopu zagotavljanja in kontrole kakovosti izvedenih del med gradnjo. Pri objektih visoke zahtevnosti ali obsega (npr. veliko število pilotov ali sider) pa je včasih smiselno izvesti preiskavo obnašanja ključnih nosilnih elementov že v času projektiranja in s tem omogočiti kar se da racionalno in še vedno varno temeljenje/sidranje objektov. Preglednica 6.3 navaja nekatere preiskave in pripadajoče standarde za izvedbo preiskav obnašanja pilotov in sider.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 6.3: Standardizirani postopki preiskav obnašanja pilotov in geotehničnih sider

Preiskava	Standard
Preskušanje pilotov – statični tlačni preskus	SIST EN ISO 22477-1
Preskušanje pilotov – statični natezni preskus	SIST EN ISO 22477-2
Preskušanje pilotov – dinamični obremenilni preskus	SIST EN ISO 22477-4
Preskušanje injektiranih sider	SIST EN ISO 22477-5
Preskušanje pilotov – hitri obremenilni preskus	SIST EN ISO 22477-10

6.2.7 Tehnično opazovanje tal za potrebe načrtovanja gradnje in sanacijskih ukrepov

Pogosto se zastavlja vprašanje o nihanju nivoja podzemne vode in stabilnosti tal že v naravnih pogojih pred gradbenim posegom, kasneje pa tudi vprašanje glede vpliva gradnje na premike tal in/ali spremembe tlakov porne vode ali napetosti v tleh v vplivnem območju gradnje. V mnogih primerih je smiselno ustrezne meritve (zlasti spremljanje tlakov podzemne vode, pa tudi premike tal) začeti sistematično izvajati že v fazi preiskav tal in jih načrtovati tako, da bodo instrumenti nemoteno delovali tudi med gradnjo objekta in s tem omogočali neprekinjen niz meritev od preiskav do konca izvedbe in po potrebi še v času uporabe objekta.

Pri načrtovanju tovrstnih preiskav je treba imeti v mislih poleg instalacije opreme in izvedbe meritev tudi dolgoročno vzdrževanje opreme, dostopnost do podatkov in interpretacijo rezultatov.

Premike izbranih točk na površini tal najpogosteje spremljamo z geodetskimi metodami (terestrična ali satelitska geodezija). Tovrstne metode dajejo natančne rezultate, njihova slabost je lahko v tem, da se sčasoma pokaže, da so (nekatero) opazovane točke slabo izbrane. Ko je vnaprej težko predvideti kje bo prišlo do premikov in katera območja so/bodo stabilna, je primerno začetno stanje posneti z eno od metod daljinskega zaznavanja (npr. lidar, fotogrametrija). Pri izbiri metode je treba upoštevati natančnost določanja položajev točk in značilnosti terena (poraščenost, topografija ...). Posnetke lahko kasneje periodično ponavljamo in poleg spremljave premikov s tem spremljamo tudi gradnjo – količine izkopanih ali vgrajenih materialov. Kadar potrebujemo podatke o premikih površja za obdobje pred vzpostavitvijo lokalnih meritev, a po letu 2014, lahko uporabimo metodo satelitske radarske interferometrije (InSAR).

Pri načrtovanju geodetskih meritev je potrebno sodelovanje geodeta, da se izbere ustrezen način dela in oprema, ki bo zagotavljala doseganje zahtevane natančnosti podatkov. Pri poročanju o rezultatih geodetskih meritev je treba vselej poleg izmerjenih koordinat točk poročati tudi o natančnosti določitve položaja vseh merjenih točk.

Premike in spremembe napetosti v tleh lahko merimo z metodami, navedenimi v preglednici 6.4. Metode so standardizirane. Zato je treba pri vgradnji opreme in postopkih izvedbe ter interpretacije meritev upoštevati navedene standarde.

Preglednica 6.4 navaja standardizirane postopke za izvedbo tehničnega opazovanja tal in podzemne vode z navedbo pripadajočih standardov.

Preglednica 6.4: Standardizirani postopki tehničnega opazovanja tal in podzemne vode

Preiskava	Standard
Geotehnične meritve: Splošna pravila	SIST EN ISO 18674-1
Meritve premikov vzdolž osi: ekstenzometer	SIST EN ISO 18674-2
Meritve premikov prečno na os: inklinometri	SIST EN ISO 18674-3
Meritve tlaka porne vode: piezometri	SIST EN ISO 18674-4
Merjenje sprememb napetosti s tlačnimi merskimi celicami	SIST EN ISO 18674-5
Merjenje sil: obremenilne celice	SIST EN ISO 18674-8

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**6.3 Preskušanje vzorcev tal v laboratoriju glede mehanskih in hidravličnih lastnosti**

Laboratorijske preiskave vzorcev zemljin se izvedejo po veljavnih standardih iz skupine EN ISO 17892 – Geotehnično preiskovanje in preskušanje – Laboratorijsko preskušanje zemljin (vsi deli), laboratorijske preiskave vzorcev kamnin pa po metodah, predlaganih s strani Mednarodnega združenja za mehaniko kamnin – ISRM Suggested Methods. Vsakršno odstopanje od standardnega postopka je treba v Poročilu o laboratorijskih preiskavah opisati tako, da je zagotovljena ponovljivost izvedbe preiskave. Enako velja za laboratorijske preiskave zemljin in kamnin, ki se izvedejo po drugih standardnih postopkih (npr. ASTM, DIN, BS, NF...) ali z uporabo nestandardnih metod (navodila proizvajalcev naprav, metode, razvite na nacionalni ravni, postopki opisani v literaturi ...). Sklici na spletne strani z opisanimi metodami oz. literaturo ne nadomeščajo opisa preiskave v Poročilu, saj ni nujno, da so viri vsem in stalno dostopni.

6.3.1 Kakovost vzorcev tal za geomehanske laboratorijske preiskave

Vzorci tal za laboratorijske preiskave je treba odvzeti upoštevaje standarda SIST EN 1997-2 in SIST EN ISO 22475-1.

Za izvedbo laboratorijskih preiskav je treba zagotoviti vzorce zemljin in kamnin ustrezne kakovosti. Razredi kakovosti vzorcev zemljin in kamnin za laboratorijske preiskave se določijo s projektno nalogo glede na pričakovano vrsto zemljine oziroma kamnine, ki je predmet vzorčenja in predvidene laboratorijske preiskave (zahtevani minimalni premer in dolžina vzorca oz. minimalna masa vzorca).

V preglednici 6.5 so povzeti razredi kakovosti vzorcev zemljin (1, 2, 3, 4, 5), v povezavi z lastnostmi zemljin, ki jih je na posameznem razredu kakovosti vzorcev možno izmeriti, ter s kategorijo vzorčenja (A, B, C, D, E). V preglednici 6.6 je podobna shema prikazana za vzorce kamnin.

Za laboratorijske preiskave, ki niso pokrite s standardi iz skupine EN ISO 17892 ali z metodami, predlaganimi s strani Mednarodnega združenja za mehaniko kamnin - ISRM Suggested Methods, je treba zahtevano kakovost vzorcev zemljin ali kamnin določiti z Izvajalci preiskav in v povezavi z uporabljenimi preiskovalnimi metodami.

Kakovost oz. poškodovanost odvzetih vzorcev je možno oceniti po metodah, opisanih v standardu SIST EN ISO 22475-1:2022, dodatek H.

V primeru mehkih kamnin oziroma trdnih zemljin (laporji/laporovci, sivica, piroklastične kamnine ...) je treba posebno pozornost posvetiti morebitnim znakom navlažitve ali razsušitve vzorcev, saj to vpliva na nedrenirano strižno trdnost, togost in nabrekalni potencial.

Preglednica 6.5: Razredi kakovosti vzorcev zemljin v povezavi s kategorijo vzorčenja in s standardnimi preiskavami, ki jih je na vzorcih zemljin možno izvesti (SIST EN ISO 22475-1)

Razred kakovosti vzorca zemljine za laboratorijske preiskave	1	2	3	4	5
<i>Lastnosti, ki jih lahko ugotavljamo (merimo)</i>					
groba identifikacija zemljin in slojevitosti tal	✓	✓	✓	✓	✓
Atterbergove meje plastičnosti, gostota zrn, vsebnost organske snovi, zrnastostna sestava	✓	✓	✓	✓	
vlaga	✓	✓	✓		
gostota, indeks gostote, poroznost, prepustnost, detajlna analiza slojevitosti tal	✓	✓			
stisljivost, strižna trdnost, togost	✓				
Kategorija vzorčenja	A				
	B				
	C				
	D				
	E				

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 6.6: Razredi kakovosti vzorcev kamnin v povezavi s kategorijo vzorčenja in s standardnimi preiskavami, ki jih je na vzorcih kamnin možno izvesti (SIST EN ISO 22475-1)

Razred kakovosti vzorca kamnine za laboratorijske preiskave	1	2	3	4	5
<i>Lastnosti, ki jih lahko ugotavljamo (merimo)</i>					
Groba identifikacija kamnin in slojevitosti tal	✓	✓	✓	✓	✓
gostota zrn, vsebnost organske snovi, Atterbergove meje plastičnosti (kamnine, ki niso obstojne v stiku z vodo) ^{a)}	✓	✓	✓	✓	
vлага, opis diskontinuitet, preperelost, abrazivnost	✓	✓	✓		
gostota, poroznost, prepustnost, indeks točkovne trdnosti, detajlna analiza slojevitosti tal, običajno tudi natančna določitev lastnosti diskontinuitet in RQD	✓	✓			
trdnost, deformabilnost, natančna določitev diskontinuitet in RQD	✓				
Kategorija vzorčenja	A				
	B				
	C				
	D				
	E				

^{a)} za kamnine, ki v stiku z vodo razpadejo v drobnozrnato zemljino (glino, melj)

6.3.2 Zaščita, označevanje, transport in hranjenje vzorcev za laboratorijske preiskave

Zahteve glede zaščite (pakiranja), označevanja, transporta in hranjenja vzorcev za laboratorijske preiskave so podrobno opisane v standardu SIST EN ISO 22475-1.

Zaščito vzorcev (npr. prekrivanje s parafinom, plastične cevi s pokrovi, ovojna folija, PVC vreče, zaščita pred vibracijami ali temperaturnimi spremembami ...) je treba izbrati glede na kategorijo vzorčenja in razred kakovosti pridobljenih vzorcev zemljin in kamnin. Vsi vzorci zemljin in kamnin morajo biti odvzeti takoj po izvleku iz vrtine in ves čas zaščiteni pred neposredno sončno svetlobo, vročino, zmrzaljo in dežjem. V kolikor se izvrtana jedra zlagajo v lesene zaboje, je treba le te zaščititi z neprepustno in nevpojno membrano (npr. PVC folija) in na ta način preprečiti izgubo vlage vzorcev zaradi navlaževanja lesenega zabojnika (les srka vlago iz vzorca). Zaboji za jedra morajo biti izbrani tako, da se jedra pri zlaganju zabojev ne deformirajo (višina zaboja večja od premera jedra).

Vse odvzete vzorce zemljin in kamnin za laboratorijske preiskave je treba označiti z:

- lokacijo oz. nazivom projekta,
- oznako vzorčnega mesta (vrtina, razkop ...),
- globino odvzema vzorca,
- oznako vrha in dna vzorca,
- datumom odvzema vzorca,
- identifikacijskim opisom vzorca,
- opozorilom glede vsebnosti morebitnih onesnaževal.

Vzorci morajo biti označeni tako, da se podatki med rokovanjem z vzorcem, transportom vzorca ali v času hranjenja vzorca do izvedbe laboratorijske preiskave ne morejo izbrisati.

Transport in hranjenje vzorcev zemljin in kamnin za laboratorijske preiskave mora biti prilagojeno razredu kakovosti odvzetih vzorcev. Posebno pozornost je treba nameniti rokovanju, transportu in hranjenju visoko vlažnih drobno zrnatih zemljin, katerih vzorce s prevračanjem (obračanjem) lahko poškodujemo. Tovrstne vzorce običajno transportiramo in hranimo postavljene vertikalno, že v fazi vzorčenja pa se jasno označi »zgornji« in »spodnji« rob vzorca glede na orientacijo v profilu tal.

Zaželeno je, da se laboratorijske preiskave izvedejo čim prej po odvzemu, da ne pride do sprememb lastnosti vzorcev zaradi dolgotrajne hrambe.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**6.3.3 Količina vzorcev tal za geomehanske laboratorijske preiskave in priporočeno število istovrstnih laboratorijskih preiskav značilnega sloja tal**

Vzorci zemljin in kamnin za geomehanske laboratorijske preiskave je treba odvzeti iz vseh slojev tal, katerih lastnosti so pomembne za načrtovanje objekta. Globine odvzema vzorcev je treba določiti glede na sestavo tal, morebitne arhivske rezultate terenskih in laboratorijskih preiskav na lokaciji, pretekle izkušnje in zahteve projekta, pri čemer pa naj bo vertikalna razdalja (po globini) med odvzetimi vzorci največ 3 m. V tleh z nehomogeno sestavo ali ko je izkazana potreba po detajlni karakterizaciji slojev tal, je treba vzorčiti celotno jedro vrtine ali pa vzorce odvzeti na razmeroma majhnih razdaljah po globini.

Količino in dimenzije odvzetih vzorcev je treba določiti tako, da bo na voljo dovolj vzorca za izvedbo vseh predvidenih laboratorijskih preiskav. Osnovne usmeritve glede dimenzij preizkušancev ali potrebne mase vzorca za izvedbo posamezne laboratorijske preiskave so podane v standardih za izvedbo laboratorijskih preiskav oz. v opisih preiskovalnih metod, za preiskave, ki se ne izvajajo po standardiziranih postopkih.

V preglednici 6.7 so povzete količine vzorca zemljine za izvedbo ene (1) preiskave oz. pripravo enega (1) preizkušanca in priporočeno število istovrstnih laboratorijskih preiskav značilnega sloja tal, ki jih izvajamo po evropskih standardih za Laboratorijsko preskušanje zemljin (17892 – 1 do 12) in se v slovenski praksi najpogosteje uporabljajo. Preglednica 6.8 navaja potrebno število in dimenzije vzorcev kamnin ter njihovo maso na podlagi priporočil Mednarodnega združenja za mehaniko kamnin (ISRM Suggested Methods).

Dimenzije oziroma količino preizkušancev za (napredne) preiskave (npr. disperzivnost, vgradljivost, nabrekljivost, dinamične lastnosti, geotermične lastnosti ...), izvedene po drugih standardih (ASTM, BS, DIN...) ali z uporabo nestandardnih metod, je treba dogovoriti z usposobljenim strokovnim kadrom Izvajalca laboratorijskih preiskav.

Dimenzija vzorca mora biti večja od dimenzije preizkušanca, saj mora biti omogočeno ustrezno oblikovanje preizkušanca (obrezovanje vzorca), pri čemer se odstrani zemljina oz. kamnina, ki je vidno poškodovana zaradi vrtanja oz. kaže vplive odvzema vzorca in rokovanja.

Pri zagotavljanju zadostnih dimenzij in količine vzorca je treba posebno pozornost nameniti **maksimalnemu zrnu (D_{max}) v vzorcu zemljin**. Ta neposredno določa potrebno maso vzorca za izvedbo preiskave in vpliva na presojo možnosti izvedbe vseh laboratorijskih preiskav, kjer je zaradi dimenzij preizkušancev s standardi omejeno največje dovoljeno zrno v preizkušancih. V primerih, ko je maksimalno zrno večje od največjega dovoljenega zrna v preizkušancih za izvedbo preiskave, je možno preiskavo izvesti na:

- preizkušancih, iz katerih so ročno odstranjena posamezna nadmerna zrna, nastale praznine pa so zapolnjene z vezivom (ustrezno frakcijo iz istega vzorca),
- na pregnetem vezivu ustrezne zrnivosti (odstranjena zrna nad izbrano velikostjo) ali
- na odsejanih finih zrnih ($< 0,063$ mm).

Uporabljen postopek priprave preizkušancev mora biti opisan v Poročilu o laboratorijskih preiskavah, glede na zahteve projekta pa morajo biti ustrezno interpretirani tudi rezultati (npr.: V debelozrnatih zemljinah z znatnim deležem finih zrn, debela zrna niso nujno v medsebojnem kontaktu, zato je izmerjena strižna trdnost veziva ali fine frakcije lahko veljavna za opis strižne trdnosti takšne zemljine.).

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 6.7: Okvirna masa in dimenzije vzorca zemljine za izvedbo ene (1) laboratorijske preiskave oz. pripravo enega (1) preizkušanca in priporočeno najmanjše število odvzetih vzorcev istega tipa zemljine

Preiskava (standard)	Okvirna masa vlažne zemljine ustrezne zrnivosti za izvedbo ene (1) preiskave oz. pripravo enega (1) preizkušanca	Priporočeno (najmanjše) število odvzetih vzorcev istega tipa zemljine	Dimenzija preizkušanca
Ugotavljanje vlažnosti (SIST EN ISO 17892-1)	glina, melj: 30 g pesek: 100 g gramoz: $D_{\max} = 10 \text{ mm} \rightarrow 500 \text{ g}$ $D_{\max} = 31,5 \text{ mm} \rightarrow 3000 \text{ g}$ $D_{\max} = 63 \text{ mm} \rightarrow 21000 \text{ g}$	6	-
Ugotavljanje gostote (SIST EN ISO 17892-2)	odvisno od zrnavostne sestave $D_{\max} < 10 \text{ mm} \rightarrow 500 \text{ g}$ (prvenstveno za drobnozrnate zemljine)	4	-
Ugotavljanje gostote zrn (SIST EN ISO 17892-3)	100 g ^{a)}	2	-
Ugotavljanje gostote zrn (SIST EN 1097-6)	$D_{\max} = 8 \text{ mm} \rightarrow 1 \text{ kg}^{\text{b)}$ $D_{\max} = 16 \text{ mm} \rightarrow 2 \text{ kg}^{\text{b)}$ $D_{\max} = 31,5 \text{ mm} \rightarrow 5 \text{ kg}^{\text{b)}$ $D_{\max} = 64 \text{ mm} \rightarrow 15 \text{ kg}^{\text{b)}$	2	-
Ugotavljanje zrnavostne sestave (SIST EN ISO 17892-4)	$D_{\max} \leq 2,0 \text{ mm} \rightarrow 2 \times 100 \text{ g}^{\text{c)}$ $D_{\max} = 6,3 \text{ mm} \rightarrow 2 \times 300 \text{ g}^{\text{c)}$ $D_{\max} = 10 \text{ mm} \rightarrow 2 \times 500 \text{ g}^{\text{c)}$ $D_{\max} = 20 \text{ mm} \rightarrow 2 \times 2000 \text{ g}^{\text{c)}$ $D_{\max} = 63 \text{ mm} \rightarrow 2 \times 40000 \text{ g}^{\text{c)}$	6	-
Edometrski preskus s postopnim obremenjevanjem (SIST EN ISO 17892-5)	300 g ($D_{\max} \leq h/5$) ^{d),e)}	4	premer, $d \geq 35 \text{ mm}$ (običajno $d = 70 - 75 \text{ mm}$) višina, $h \geq 12 \text{ mm}$ (običajno $h = 20 \text{ mm}$) $d/h \geq 2,5$
Preskus s konusom (SIST EN ISO 17892-6)	300 g (brez leč in zrn peska in gramoza) ^{d)}	6	min 5 mm višji preizkušanec od pričakovanega največjega pogreza konusa
Enoosni tlačni preskus (SIST EN ISO 17892-7)	1200 g ($d = 70 \text{ mm}$) 3500 g ($d = 100 \text{ mm}$) 12000 g ($d = 150 \text{ mm}$) ($D_{\max} \leq d/6$) ^{d)}	6	valjasti vzorci $h / d = 1,8 - 2,5$ $d \geq 35 \text{ mm}$
Nekonsolidirani nedrenirani triosni preskus (UU test) (SIST EN ISO 17892-8)		6	
Konsolidiran triosni tlačni preskus na z vodo zasičenih zemljinah (CIU, CID test) (SIST EN ISO 17892-9)		4	

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 6.7: Okvirna masa in dimenzije vzorca zemljine za izvedbo ene (1) laboratorijske preiskave oz. pripravo enega (1) preizkušanca in priporočeno najmanjše število odvzetih vzorcev istega tipa zemljine (nadaljevanje)

Preiskava (standard)	Okvirna masa vlažne zemljine ustrezne zrnivosti za izvedbo ene (1) preiskave oz. pripravo enega (1) preizkušanca	Priporočeno (najmanjše) število odvzetih vzorcev istega tipa zemljine	Dimenzija preizkušanca
Neposredni strižni preskus (SIST EN ISO 17892-10)	150 g (min. 3 preizkušanci) ^{e)} ($D_{\max} \leq h/6$) ^{d)}	4	a = 60 mm, b = 60 mm, h = 20 mm
Ugotavljanje prepustnosti (SIST EN ISO 17892-11)	250 g (d = 38 mm) 500 g (d = 50 mm) 3000 g (d = 75 mm) 4000 g (d = 100 mm) 110 kg (d = 300 mm) ($D_{\max} \leq d/6$ ali $h/6$) ^{d),f)}	5	okvirne navedene mase so za preizkušance dimenzij h / d = 2 ^{g)}
Ugotavljanje meje židkosti in meje plastičnosti (SIST EN ISO 17892-12)	250 g ($D_{\max} < 0,4$ mm) ^{d)}	5	-

a) za drobno zrnate zemljine in peske. V primeru gramoza se lahko predhodno drobi zrna.

b) za gramoze

c) okvirna masa vlažne zemljine je skladno s priporočilom SIST EN 1997-2:2007 Annex L, podana kot dvakratnik s standardom priporočene mase suhe zemljine za izvedbo preiskave ugotavljanja zrnavostne sestave.

d) v kolikor vsebuje vzorec zemljine zrna večjega premera (nadmerna zrna) in je predvidena preiskava rekonstruiranega vzorca, pregnetenega veziva ali finih zrn, je treba odvzeti ustrezno večjo količino vzorca.

e) preiskave strižne trdnosti v večji strižni celici ali togosti v večjem edometriskem aparatu – potrebno maso vzorca je treba, glede na opis materiala, določiti s strokovnim kadrom v laboratoriju.

f) za preiskave vodoprepustnosti je treba uporabiti najmanj poškodovane vzorce. Poškodovanost vzorcev lahko znatno vpliva na rezultat preiskave. Prednost pred izvedbo laboratorijskih preiskav prepustnosti debelozrnatih zemljin imajo terenske preiskave, saj so rezultati bolj reprezentativni.

g) dimenzija preizkušanca se oceni glede na maksimalno zrno v zemljini in v povezavi z razpoložljivo laboratorijsko opremo.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 6.8: Okvirna masa in dimenzije vzorca kamnine za izvedbo ene (1) laboratorijske preiskave in priporočeno najmanjše število odvzetih vzorcev istega tipa kamnine

Preiskava (metoda)	Okvirna masa kamnine za izvedbo ene (1) preiskave oz. pripravo enega (1) preizkušanca	Priporočeno (najmanjše) število odvzetih vzorcev istega tipa kamnine ^{d)}	Dimenzija preizkušanca
Ugotavljanje vlažnosti (ISRM 1974-2006, Modra knjiga)	max (50 g / kos; 10 x D _{max}) → 10 kosov	6	-
Ugotavljanje gostote / poroznosti (ISRM 1974-2006, Modra knjiga)	max (50 g / kos; 10 x D _{max}) → 10 kosov ^{a)}	4	-
Ugotavljanje absorpcije (ISRM 1974-2006, Modra knjiga)	max (50 g / kos; 10 x D _{max}) → 10 kosov	4	-
Ugotavljanje nabrekliivosti (ISRM 1974-2006, Modra knjiga)	odvisna od dimenzije preizkušanca	2	valjast preizkušanec, d ≥ 4 x h, h _{min} = max (20 mm; 10 x D _{max}) ^{a)}
Ugotavljanje deformabilnosti (ISRM 1974-2006, Modra knjiga)	odvisno od dimenzije preizkušanca	5	valjast preizkušanec, h / d = 2,5-3,0, d ≥ 54 mm, premer je treba izbrati glede na D _{max} , tako da velja razmerje 10 : 1
Ugotavljanje deformabilnosti in pogojev porušitve pri triosni tlačni obremenitvi (Feng et al, 2019)	odvisno od dimenzije preizkušanca	3	pravokotna prizma; min 15 x 15 x 30 mm max 76 x 76 x 178 mm ^{b)}
Ugotavljanje odpornosti kamnine, slake durability (ISRM 1974-2006, Modra knjiga)	40-60 g / kos, 10 kos → 450-550 g D _{max} ≤ 3 mm	3	-
Ugotavljanje abrazivnosti kamnine – CERCHAR abrasivity test (ISRM 2007-2014, Oranžna knjiga)	odvisna od dimenzije preizkušanca	2 (D _{max} ≤ 2 mm) 4 (D _{max} > 2 mm)	zadostna, da omogoča izvedbo 5 testov na razdalji ≥ 5 mm in vsaj 5 mm od roba preizkušanca
Ugotavljanje indeksa točkovne trdnosti (point load strength) (ISRM 1974-2006, Modra knjiga)	odvisna od dimenzije kosa kamnine, za 1 preiskavo je potrebnih najmanj 10 kosov kamnin	3	odvisna od merskega območja naprave, pri preizkušanecih z D < 25 mm je potrebno preveriti zadostno mersko natančnost naprave
Ugotavljanje trdote – meritev s Schmidtovim kladivom (ISRM 2007-2014, Oranžna knjiga)	odvisno od dimenzije preizkušanca	3	valjasti preizkušanci: d ≥ 54,7 mm, l ≥ 43,5 cm blok (kos) kamnine: debelina min 100 mm, A ≥ 268 cm ²
Ugotavljanje tlačne trdnosti kamnine (ISRM 1974-2006, Modra knjiga)	odvisno od dimenzije preizkušanca	5	valjast preizkušanec, h / d = 2,5-3,0, d ≥ 54 mm, premer je treba izbrati glede na D _{max} , tako da velja razmerje 10 : 1

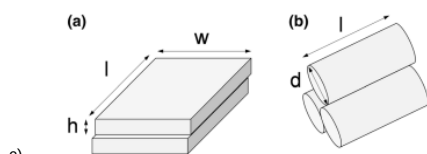
MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 6.8: Okvirna masa in dimenzije vzorca kamnine za izvedbo ene (1) laboratorijske preiskave in priporočeno najmanjše število odvzetih vzorcev istega tipa kamnine (nadaljevanje)

Preiskava (metoda)	Okvirna masa kamnine za izvedbo ene (1) preiskave oz. pripravo enega (1) preizkušanca	Priporočeno (najmanjše) število odvzetih vzorcev istega tipa kamnine d)	Dimenzija preizkušanca
Ugotavljanje strižne trdnosti diskontinuitet (ISRM 2007-2014, Oranžna knjiga)	odvisno od dimenzije preizkušanca, min 3 preizkušanci / vzorec	3	$h >$ od debeline strižne cone in zadostna da je možno pripraviti preizkušane širina preskusne ravnine min 48 mm ^{b)}
Ugotavljanje strižne trdnosti ravnih ploskev kamnin (metoda z nagibom; »Tilt test«) (Alejano et al, 2018)	odvisno od dimenzije preizkušanca	3	preizkušanci oblike kvadra ^{c)} : $l / h > 4$ oz. 6, $d / h > 4$, kontaktna ploskev $l \times d > 50 \text{ cm}^2$, $d > \max(50 \text{ mm}, 10 \times D_{\max})$ valjasti preizkušanci ^{c)} : $d \geq 50 \text{ mm}$, $l/d \geq 2,5$
Ugotavljanje natezne trdnosti kamnine (ISRM 1974-2006, Modra knjiga)	odvisno od dimenzije preizkušanca	5	valjast preizkušane, $h / d = 2,5-3,0$, $d \geq 54 \text{ mm}$, premer je treba izbrati glede na $D_{\max}$, tako da velja razmerje 10 : 1
Ugotavljanje lomne žilavosti kamnine (ISRM 2007-2014, Oranžna knjiga)	odvisno od dimenzije preizkušanca	5	valjast preizkušane, $d = 50 \text{ mm}^*$, $h / d = 1$, *premer je treba izbrati glede na $D_{\max}$, tako da velja razmerje 10 : 1

a) odvisno od preiskovalne metode. V preglednici je podano maksimalno potrebno število kosov oz. minimalna dimenzija.

b) glede dimenzije preizkušanca se je treba pred odvzemom vzorcev posvetovati z laboratorijem, ki izvaja preiskavo.



c)

d) Glede števila odvzetih vzorcev se je treba dogovoriti z laboratorijem, ki izvaja naročene preiskave.

6.3.4 Parametri, pridobljeni z laboratorijskimi preiskavami zemljin in kamnin

V preglednicah 6.7 in 6.9 so povzeti parametri, ki jih lahko pridobimo z laboratorijskimi preiskavami zemljin, izvedenimi po evropskih standardih za Laboratorijsko preskušanje zemljin (17892 – 1 do 12), medtem ko so parametri, ki jih lahko pridobimo z laboratorijskimi preiskavami kamnin, izvedenimi po metodah, predlaganih s strani Mednarodnega združenja za mehaniko kamnin – ISRM Suggested Methods, razvidni iz preglednice 6.8.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Vsi parametri stanja in nespremenljive lastnosti zemljin in kamnin, ki jih lahko pridobimo iz rezultatov laboratorijskih preiskav, so, z navedbo preiskovalnih metod in komentarji glede ustreznosti preiskave in interpretacije rezultatov, podani v SIST EN 1997-2.

Za razvrščanje zemljin in kamnin se uporabljajo standardi ASTM D2487 (USCS) ali EN ISO 14688-2 in EN ISO 14689 oziroma TSPI PG.05.201.

Preglednica 6.9: Osnovni parametri, ki jih lahko pridobimo z laboratorijskimi preiskavami zemljin, izvedenimi po evropskih standardih iz skupine 17892 – 1 do 12.

Parameter	Standard	Komentar
Vlaga, w	SIST EN ISO 17892-1	Pomembno je ohranjanje vlage zemljine do izvedbe preiskave (ustrezna zaščita vzorcev)
Gostota, ρ	SIST EN ISO 17892-2	Na rezultat lahko vpliva poškodovanost vzorca, ob upoštevanju vlage je možen izračun suhe gostote, ρ _d (Mg/m ³)
Gostota zrn, ρ _s	SIST EN ISO 17892-3	Potrebno je poznavanje mineraloške in kemijske sestave zemljine. Za zemljine, ki vsebujejo v vodi topne snovi, je treba prilagoditi postopek preiskave (npr. vodo nadomestiti s petrolejem)
Krivulja zrnivosti	SIST EN ISO 17892-4	Za preiskavo je treba zagotoviti homogen reprezentativen vzorec. Posebno pozornost je treba nameniti oceni količine prisotnih primesi, ki niso naravnega geološkega izvora (npr. opeka, les, steklo...). V primeru zemljin, ki vsebujejo sol ali druge topne minerale (npr. sadra), je treba to posebej navesti, saj lahko pride do odstopanja zaradi spiranja raztopljenih snovi pri mokri sejalni preiskavi.
Delež finih zrn (< 0,063 mm)		
Zastopanost posameznih frakcij (glina, melj, pesek, gramoz)		
Koeficient enakomernosti, C _u		
Koeficient (ukrivljenosti) zrnivosti (C _c)		
Edometrski modul stisljivosti, E _{oed}	SIST EN ISO 17892-5	Za ugotavljanje nabrekalnega potenciala zemljin (nabrekalni tlak, nabrekalna deformacija) ni veljavnega standarda iz skupine 17892. Uporabljeni postopek za identifikacijo nabrekalnega potenciala zemljin (npr. ASTM D4546 - Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Collapse of Soils) je treba zato opisati v Poročilu z rezultati laboratorijskih preiskav in podati številčne vrednosti interpretiranih parametrov.
Koeficient vertikalne konsolidacije, C _v		
Indeks obremenitve, C _c		
Indeks razbremenitve, C _s		
Koeficient sekundarne konsolidacije, C _α		
Prekonsolidacijski tlak, σ' _p		
Ocena vrhunske nedrenirane strižne trdnosti s padajočim konusom, c _u	SIST EN ISO 17892-6	Pri ugotavljanju lastnosti sloja tal v raščenem stanju je treba posebno pozornost nameniti identifikaciji morebitne poškodovanosti vzorca in o stanju vzorca tudi poročati. Vsebnost zrn, ki so večja od d _{preizkušanca} /10, lahko vpliva na rezultat preiskave.
Ocena nedrenirane strižne trdnosti pregnetene zemljine s padajočim konusom, c _{ur}	SIST EN ISO 17892-7	
Enoosna tlačna trdnost zemljin, q _u		
Nedrenirana strižna trdnost (vrhunska) (UU test), c _u	SIST EN ISO 17892-8	

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 6.9: Osnovni parametri, ki jih lahko pridobimo z laboratorijskimi preiskavami zemljin, izvedenimi po evropskih standardih iz skupine 17892 – 1 do 12 (nadaljevanje)

Parameter	Standard	Komentar
Efektivna kohezija in strižni kot (vrhunska vrednost), c' , φ'	SIST EN ISO 17892-9	Pri ugotavljanju lastnosti sloja tal v raščenem stanju je treba posebno pozornost nameniti identifikaciji morebitne poškodovanosti vzorca in o stanju vzorca tudi poročati. Vsebnost zrn, ki so večja od $d_{\text{preizkušanca}}/10$, lahko vpliva na rezultat preiskave. Za pridobitev ciljanih parametrov, je treba izbrati ustrezen tip preiskave (CIU, CID, CAU, CAD). Kakovostno merjenje nekaterih parametrov zahteva posebno mersko opremo (npr. G, E – merilniki lokalnih deformacij).
Strižni modul, G		
Elastični modul, E		
Indeks obremenitve, C_c		
Prekonsolidacijski tlak, σ'_p		
Efektivna kohezija in strižni kot (vrhunska vrednost), c' , φ'	SIST EN ISO 17892-10	Poleg klasifikacije zemljine je priporočljiva tudi ugotovitev količine debelih zrn v drobnozrnati zemljini in obratno. Pomembno je navesti postopek priprave preizkušancev (npr. intakten, odstranjena posamezna nadmerna zrna in praznine zapolnjene z vezivom, fina zrna ...)
Rezidualna vrednost efektivne kohezije in strižnega kota, c'_r , φ'_r		
Količnik vodoprepustnosti, k	SIST EN ISO 17892-11	Na rezultat lahko vpliva poškodovanost vzorca. Rezultati laboratorijskih in terenskih raziskav se lahko razlikujejo. Predvsem na debelozrnatih zemljinah je priporočljiva izvedba terenskih raziskav.
Meja židkosti, w_L	SIST EN ISO 17892-12	Pomembno je navesti postopek priprave preizkušancev (npr. pregneten intakten vzorec, predhodno odstranjena posamezna nadmerna zrna, preiskana odsejana fina zrna ...). Evidentirati je treba tudi posebnosti, opazene med preiskavo (npr. vzorec se utekočinja ...).
Meja plastičnosti, w_P		

6.3.5 Priporočen obseg laboratorijskih preiskav

Preglednici 6.10 in 6.11 navajata minimalno potrebno število laboratorijskih preiskav vzorcev zemljin in kamnin za vsak posamezen sloj tal.

Nekatere lastnosti zemljin in kamnin lahko merimo z različnimi laboratorijskimi metodami. V takih primerih mora skupno število izvedenih meritev istega parametra z vsemi uporabljenimi metodami smiselno ustrezati zahtevam preglednic 6.10 in 6.11.

V primeru preteklih izkušenj in/ali izvedenih terenskih preiskav je treba laboratorijske preiskave izvesti za validacijo pridobljenih podatkov. Če novo pridobljeni podatki niso skladni z arhivskimi podatki laboratorijskih oziroma terenskih preiskav, je treba število laboratorijskih preiskav povečati ali uporabiti za pridobitev istovrstnega parametra drugo preiskovalno metodo, če je možno. Vsa odstopanja je treba ustrezno argumentirati.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 6.10: Priporočeno število izvedenih laboratorijskih preiskav enega sloja oz. tipa zemljine, v povezavi s poznavanjem lastnosti iste zemljine na podlagi preteklih izkušenj in/ali rezultatov terenskih preiskav. (Sivo zapisane vrednosti se določajo opsijsko – glede na zahteve projekta.)

Pretekle izkušnje	DA		NE	
Terenske preiskave, iz katerih so pridobljeni veljavni istovrstni parametri	DA	NE	DA	NE
Parameter				
Naravna vlaga, w	Vsi vzorci ustrezne kakovosti (minimalno pa vsi vzorci, na katerih so bile izvedene preiskave stisljivosti, trdnosti, prepustnosti...)			
Gostota, ρ	1	1-2 ^{a)}	1	3-4 ^{a)}
Gostota zrn, ρ_s	1		2	
Zrnavostna sestava (delež finih zrn, C_U, C_C)	2-4		4-6	
Edometrični modul stisljivosti, E_{oed}	0	1 - razlika v $E_{oed} \leq 20\%$ ^{b)} 2 - razlika v $E_{oed} \geq 50\%$	1	2 - razlika v $E_{oed} \leq 20\%$ ^{b)} 4 - razlika v $E_{oed} \geq 50\%$
Koeficient vertikalne konsolidacije, c_v				
Indeks obremenitve, C_c				
Indeks razbremenitve, C_s				
Koeficient sekundarne konsolidacije, C_α				
Prekonsolidacijski tlak, σ'_p				
Nedrenirana strižna trdnost (vrhunska in rezidualna), c_u, c_{ur} (velja tudi za meritve enosne tlačne trdnosti zemljin, q_u)	0	1 - $c_{umax}/c_{umin} \leq 1,25$ ^{c)} 3 - $c_{umax}/c_{umin} > 2$ ^{c)}	2	3 - $c_{umax}/c_{umin} \leq 1,25$ ^{c)} 6 - $c_{umax}/c_{umin} > 2$ ^{c)}
Efektivna kohezija in strižni kot (vrhunska ali rezidualna vrednost), c', φ'	0	1 - $R^2 \geq 0,98$ 2 - $R^2 < 0,95$	1	2 - $R^2 \geq 0,98$ 4 - $R^2 < 0,95$
Strižni modul, G	Glede na projekt po presoji Inženirja			
Elastični modul, E				
Količnik vodoprepustnosti, k ^{d)}	0 ^{d)}	1 - $k_{max}/k_{min} \leq 10$ 3 - $k_{max}/k_{min} > 100$	1 ^{d)}	3 - $k_{max}/k_{min} \leq 10$ 5 - $k_{max}/k_{min} > 100$
Meja židkosti, w_L in meja plastičnosti, w_p	1-3		3-5	

^{a)} v vsakem primeru je treba gostoto izmeriti vzorcem, na katerih so bile izvedene preiskave stisljivosti, trdnosti, prepustnosti ...

^{b)} kjer obstajajo pretekle izkušnje in je predvidena le ena istovrstna preiskava, se odstopanje oceni s primerjavo novo pridobljenih podatkov z arhivskimi.

^{c)} če se preiskave izvajajo s padajočim konusom ali krilno sondo, ena preiskava vključuje merjene vrednosti nedrenirane strižne trdnosti treh (3) preizkušancev.

^{d)} za preiskave vodoprepustnosti je treba uporabiti najmanj poškodovane vzorce. Poškodovanost vzorcev lahko znatno vpliva na rezultat preiskave. Prednost pred izvedbo laboratorijskih preiskav vodoprepustnosti zemljin imajo kakovostno izvedene terenske preiskave, saj so rezultati bolj reprezentativni.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 6.11: Priporočeno število izvedenih laboratorijskih preiskav enega sloja oz. tipa kamnine v povezavi s poznavanjem lastnosti iste kamnine na podlagi preteklih izkušenj in / ali rezultatov terenskih preiskav.

Pretekle izkušnje	DA		NE	
Terenske preiskave, iz katerih so pridobljeni veljavni istovrstni parametri	DA	NE	DA	NE
Parameter				
Naravna vlaga, w	Vsi vzorci ustrezne kakovosti (minimalno pa vsi vzorci, na katerih so bile izvedene preiskave trdnosti, prepustnosti ...)			
Gostota, ρ , poroznost, n	1	1-2 ^{a)}	1	3-4 ^{a)}
Absorpcija, indeks por, I_v	1	1-2	1	2-3
Nabrekalni tlak, nabrekalna deformacija	1	2	1	3
Elastični modul, E , E_t , Poissonovo število, ν	1	2	1	3
Indeks odpornosti (slake durability index), I_{d2}	1	2	1	3
Abrazivnost, CAI	0	1	0	2
Indeks točkovne trdnosti, $I_{s(50)}$	1	2	1	2-3
Trdota – (Rebound Hardness, Schmidt)	0	1	0	2
Tlačna trdnost, σ_c	1	2-3	1	4-5
Strižna trdnost diskontinuitet, (σ_n, τ) , c' , ϕ'	0	2	1	3
Strižna trdnost ravnih ploskev kamnin, Φ_b	0	2	1	3
Natezna trdnost, σ_t	1	2-3	1	4-5
Lomna žilavost, zapis meritev, K_{IIC}	1	2-3	1	4-5

^{a)} v vsakem primeru je treba gostoto izmeriti vzorcem, na katerih so bile izvedene preiskave trdnosti, togosti ...

V primeru močno preperelih in pretrtih kamnin je treba lastnosti določiti z ustreznimi laboratorijskimi metodami, razvitimi za zemljine. Podobno velja v primeru visoko prekonsolidiranih zemljin in slabo vezanih kamnin.

7 Metode preiskav podzemne vode

7.1 Kabinetno delo

Kabinetno delo v okviru preiskav podzemne vode razdelimo v dva segmenta. Preliminarno fazo, pred začetkom terenskih del in interpretativno fazo, ko so pridobljeni vsi terenski podatki, ki jih je potrebno interpretirati ter združiti v enoten konceptualni hidrogeološki model obravnavanih geotehničnih enot.

V preliminarni fazi se zberejo vsi obstoječi podatki in vse dosedanje izkušnje iz obravnavanega območja.

Pri pridobivanju obstoječih podatkov se usmeri v javno dostopne zbirke podatkov (baze Agencije RS za okolje, e-vode, vodna knjiga, ...).

Zberejo se naslednji podatki:

- dosedanja opazovanja gladin podzemne vode,
- podatki o meritvah volumskih pretokov – zlasti na območju krasa,
- karte gladin podzemne vode, kjer je to smiselno,
- podatki o kemijskem stanju podzemne vode,
- podatki o vodovarstvenih območjih.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Namen kabinetnega dela v preliminarni fazi preiskav je tudi priprava natančnega programa terenskih preiskav podzemne vode. Te naj bodo smiselno integrirane v ostale preiskave. Smiselno je, da se ta faza kombinira s hidrogeološkim kartiranjem, katerega rezultati naj podajajo smernice za terenske raziskave s sondažnimi razkopi, vrtanjem in geofizikalnimi preiskavami.

V interpretativni fazi je potrebno izdelati celovito interpretacijo hidrogeoloških razmer na obravnavanem območju. To interpretacijo se poda v besedilu in z grafičnimi prilogami. V tlorisne situacije se vnaša podatke o porazdelitvi podzemne vode v prostoru. Priporočeno je prikazati porazdelitev podzemne vode na ustreznih profilih, pri čemer je potrebno pozornost posvetiti tlačnim razmeram in upoštevati dejstvo, da v heterogenih hidrogeoloških razmerah običajno ni prisotna le ena tlačna črta.

7.2 Preiskovanje podzemne vode na terenu

7.2.1 Izhodišča

Preiskovanje podzemne vode na terenu v grobem razdelimo v dve skupini preiskav, ki pa sta med seboj povezani in jih je potrebno izvajati hkrati in koordinirano. Koordinirano izvajanje in interpretacijo rezultatov med obema skupinama se izvaja na podlagi terenskega hidrogeološkega kartiranja. Prvo skupino terenskih preiskav predstavljajo analize hidravličnih pogojev – opredelitev količinskega stanja podzemne vode. V drugo skupino terenskih preiskav sodijo analize kemizma podzemne vode – opredelitev kemijskega stanja podzemne vode.

Preiskovanje podzemne vode na terenu je usmerjeno v opredelitev njene pojavnosti v odnosu do geotehničnega objekta. Porazdelitev podzemne vode vpliva na projektiranje in izvajanje geotehničnih objektov, poleg tega je pri tem potrebno upoštevati še dva vidika podzemne vode. Prvi vidik je zaščita pred negativnimi vplivi podzemne vode (npr. vdori podzemne vode v gradbene jame) in zaščita podzemne vode pred negativnimi vplivi gradbenega posega.

Preiskave podzemne vode so integralni del preiskav tal. Zlasti pri zahtevnejših projektih in posegih naj terenske preiskave podzemne vode izvede hidrogeolog.

Za izvajanje preiskav podzemnih voda je treba pridobiti dovoljenja v skladu z zahtevami zakonodaje.

7.2.2 Hidrogeološko kartiranje

Hidrogeološko kartiranje je osnovno in obvezno izhodišče za opredelitev značilnosti podzemne vode na terenu. Izvede se ga pred začetkom katerih koli drugih terenskih preiskav podzemne vode.

Obseg hidrogeološkega kartiranja je definiran z vplivnim območjem objekta na podzemno vodo, to je z napajalnim območjem podzemne vode, ki bo dotekala na območje objekta.

Za kartiranje na neposrednem območju objekta se uporabljajo kakovostni geodetski posnetki na katere se vnašajo rezultati kartiranja. Širše vplivno območje se zajame s temeljnim topografskim načrtom in orto-foto ali satelitskimi posnetki.

Rezultate hidrogeološkega kartiranja je potrebno temeljiti in uskladiti na podlagi rezultatov geološkega kartiranja. To je pomembno zlasti pri določanju hidrogeoloških lastnosti posameznih geotehničnih enot.

Hidrogeološko kartiranje obsega:

- identifikacijo pojavov vode na površini: vodotoki, stoječa območja, vlažna območja;
- identifikacijo pojavov objektov, ki omogočajo neposreden dostop do podzemne vode; izviri, vodokazna brezna na krasu, (starejši) kopani vodnjaki, že obstoječe opazovalne vrtine (piezometre), objekti za zajem podzemne vode, drenažni sistemi ...;

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

- izvedbo meritev: točkovna meritev temperature vode, elektroprevodnosti z uporabo kombiniranih inštrumentov;
- meritve volumskega pretoka; po oceni se izvede meritve volumskih pretokov z metodo, ki ustreza naravi pretočnega profila (volumetrična metoda, meritev s kemijsko integrirano metodo, hidrometrično krilo, meritev z dopplerjevim oddajnikom);
- oceno volumskega pretoka med kartiranjem na podlagi ekspertne ocene – izvaja se tam, kjer se sistematično pregleduje območje po »metodi vseh izdankov«;
- merjenje višinskih vrednosti proste gladine, tlačnih višin in meritev, izvedenih v indikatorskih objektih podzemne vode;
- identifikacijo vlagoljubnih rastlin;
- identifikacijo geomorfoloških značilnosti površja, ki nakazujejo na pojave površinske in podzemne vode;
- identifikacijo umetnih – antropogenih objektov vezanih na vodo;
- identifikacijo vodooskrbnih objektov (vodnjaki, zajetja, površinske drenaže).

Hidrogeološko kartiranje za potrebe terenskih preiskav se izvaja po »metodi vseh izdankov«. Ker gre za relativno omejena območja, se registrirajo vsi hidrološki in hidrogeološki pojavi. Tam, kjer so prisotni tekoči vodotoki, se kartiranje izvaja vzdolž toka vodotoka, od spodaj navzgor (nizvodno – vzvodno). Kartiranje se izvaja z beleženjem značilnosti. Vse točke, ki se opisujejo, morajo biti georeferencirane. Med hidrogeološkim kartiranjem se izvaja dokumentiranje s pomočjo fotografij in po potrebi z video posnetki. Pomembnejše podrobnosti se prikažejo s skicami ter profili.

Rezultat hidrogeološkega kartiranja je hidrogeološka karta območja s poročilom (tolmačem), ki vsebuje opis, tabelarične preglede in slikovno grafično dokumentacijo. Sestavni del poročila o hidrogeološkem profilu je hidrogeološka interpretacija geotehničnih enot.

7.2.3 Količinsko stanje podzemne vode

V opredelitev količinskega stanja podzemne vode sodijo vse vrste preiskav, ki opredeljujejo pogoje pojavljanja podzemne vode na obravnavanem območju. Glavni elementi določanja tega stanja so predvsem: opredelitev fizikalnih – hidrogeoloških lastnosti zemljin in kamnin (količniki prepustnosti, prevodnosti, elastičnega uskladiščenja, poroznosti), prostorska porazdelitev podzemne vode (pojavljanje podzemne vode v geotehničnih enotah, smer toka podzemne vode, robni pogoji in tlačne razmere v podzemni vodi – hidrodinamska opredelitev vodonosnikov, gradienti, porazdelitev tlačne višine, tokovni potencial).

Pri teh raziskavah je potrebno upoštevati (oSIST prEN 1997-1:2024, poglavje 6: Groundwater).

Sondažni izkopi

Sondažni izkopi se pri preiskavah podzemne vode uporabljajo izjemoma, predvsem na območjih, kjer so prisotne zemljine. Uporabljajo se v redkih primerih, kadar je podzemna voda relativno plitvo pod površino in kadar želimo testirati plitvo območje tal, slednje predvsem v primerih, ko določamo prepustnost tal za potrebe dimenzioniranja ponikanja.

Za hidrogeološka testiranja zemljin z izkopi je pomembno, da natančno poznamo dimenzijo izkopa in da ima izkop čim bolj pravilno in enakomerno obliko.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODEVrtanje

Sondažno vrtanje za potrebe preiskav podzemne vode razdelimo v dve skupini. V prvo skupino sodijo vrtanja, kjer se lahko sondažne vrtine uporabljajo za več namenov (geotehnično sondažno vrtanje), v drugo skupino sodijo vrtanja, ki so namenjena samo hidrogeološkim preiskavam. Pri geotehničnem vrtanju se upoštevajo zahteve standarda SIST EN ISO 22475-1.

Pri hidrogeološko usmerjenem vrtanju za potrebe izvedbe piezometrov je pomembna izbira izplačnega fluida, v primeru pridobivanja jeder je priporočljivo vrtanje s čisto vodo. V kolikor to ni mogoče, naj se uporablja izplake z možnostjo obrata viskoznosti. Tam, kjer ni potrebno pridobivanje jedra, naj se za potrebe hidrogeoloških preiskav uporablja vrtanje s stisnjenim zrakom (sistem overburden ali podobno). Za kvalitetno vgradnjo piezometrov je nujno predhodno poznavanje sestave tal na mestu piezometra. Predvsem pri drobnozrnatih zemljinah se izvede filtrski zasip. Po izvedbi opazovalne vrtine (po cevitvi) je nujno izvesti čiščenje s stisnjenim zrakom (t.i. dvojni air lift). Kjer nizke prepustnosti tega ne omogočajo, je potrebno izvajati čiščenje s sprotnim dodajanjem čiste vode.

Opazovalne vrtine (piezometri)

Kvalitetna izvedba opazovalnih vrtin za opazovanje značilnosti podzemne vode je ključna za pridobitev kvalitetnih in zanesljivih podatkov. Način izvedbe je odvisen od pojavljanja podzemne vode znotraj geotehničnih enot, predvsem pa hidrodinamskih pogojev, ki vladajo v njih (odprte ali zaprte vodonosne strukture).

Osnovni konstrukcijski elementi opazovalne vrtine so: uvodna kolona s cementacijo, polne cevi, filtrske cevi, usedalnik, filtrski zasip, tesnilni čep in zalivna masa. Izbira in način vgradnje elementov se prilagaja hidrodinamskim razmeram. V nekaterih primerih je možno izvesti odprto cev (npr. odprte vodonosne strukture, le ena vodonosna plast v zaprtih vodonosnih strukturah) v razmerah zaprtih vodonosnih struktur se plasti ločujejo med seboj. Za to so na voljo različne tehnološke rešitve. Položaj filtra in tesnilnega čepa je treba prilagoditi razmeram na terenu. Zrnavosti filtrnega zasipa se prilagodi zrnavosti zemljine na intervalu, na katerem se vgradijo filtrske cevi.

V piezometrih, ki praviloma služijo za dolgoročno spremljanje nihanja gladine podzemne vode, se meritve izvajajo z avtomatskimi elektronskimi limnigrafi, ki beležijo podatke. Interval meritev se določi na podlagi preliminarne ocene dinamike nihanja podzemne vode.

Aktivnosti v povezavi z izvedbo opazovalnih vrtin se izvajajo v skladu s standardi EN ISO 22475-1, EN ISO/TS 22475-2, EN ISO/TS 22475-3, SIST EN ISO 18674-4.

Meritve prisotnosti podzemne vode v opazovalnih vrtinah se izvajajo z elektronskimi inštrumenti (v skladu s standardom ISO/TR 23211), le izjemoma ročno z občasno meritvijo (v skladu s standardom ISO 21413).

Kadar projekti vključujejo presojo možnosti izkoriščanja toplotne energije tal, se v vrtinah spremlja tudi temperatura podzemne vode.

V kolikor je potrebno opazovalno vrtino izvesti v okviru predpisanih obratovalnih monitoringov podzemne vode ali zakonodaje vezane na pitno vodo, se pri tem upošteva standard EN ISO 5667-22.

Hidrogeološki in situ preizkusi

Hidrogeološke in situ preizkuse v grobem razdelimo v dve skupini. V prvo skupino sodijo testiranja nezasičenega območja nad gladino podzemne vode in v drugo skupino testiranja zasičenega območja pod gladino podzemne vode. Nekateri testi se med seboj metodološko in izvedbeno prekrivajo.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Hidrogeološke preiskave se izvajajo v skladu s splošnimi načeli določenimi v standardu EN ISO 22282-1 (preglednica 7.1).

Preglednica 7.1: Pregled in-situ preiskav podzemne vode.

Vrsta <i>in-situ</i> preiskave	Standard	Območje
Črpalni preskus – krajši geotehnično pogojeni	SIST EN ISO 22282-4	Zasičeno območje
Črpalni preskus – daljši	ISO 14686	Zasičeno območje
Infiltrometriški poizkus	SIST EN ISO 22282-5	Nezasičeno območje
Tlačni poizkus – VDP	SIST EN ISO 22282-3	Nezasičeno/zasičeno območje
Nalivalni poizkus	SIST EN ISO 22282-2 SIST EN ISO 22282-6	Nezasičeno/zasičeno območje
Merjenje pornega tlaka ali piezometrične gladine	SIST EN ISO 18674-4	Zasičeno območje

7.2.4 Kemijsko stanje podzemne vode

V okviru geotehničnih preiskav pri preiskavah kemijskega stanja podzemne vode te usmerjamo v ugotavljanje:

- korozivnosti podzemne vode na beton in druge gradbeno tehnične materiale, ki lahko pridejo v stik s podzemno vodo;
- določanje naravnega kemijskega stanja podzemne vode;
- opredelitev podzemne vode kot vira pitne vode ali potencialnih vplivov nanje.

Pomemben element preiskav kemijskega stanja podzemne vode je vzorčenje. V večini primerov vzorčenja podzemne vode za ugotovitev kemijskega stanja podzemne vode predlagamo, da vzorčenje izvede za to pooblaščen in akreditirana organizacija. Vzorčenja, ki jih izvaja Izvajalec geotehničnih preiskav sam, naj bodo prej izjema, kot pravilo. V kolikor Izvajalec preiskav podzemne vode izvaja vzorčenje sam, naj pridobi smernice za to od ustrezne akreditirane in usposobljene ustanove.

Korozivnost podzemne vode na beton naj se opredeli v skladu s standardi EN ISO 206-1 in EN ISO 1026. Pri tem je potrebno upoštevati tudi (oSIST prEN 1997-1:2022, poglavje 6.2).

Določanje naravnega kemijskega stanja podzemne vode naj se določi na podlagi presoje, ki izhaja iz hidrogeoloških razmer. V okviru programa raziskav se določi kemijske zvrsti, ki jih je potrebno analizirati.

Vzorčenja, ki jih je potrebno izvesti v okviru zahtev zakonodaje o obratovalnih monitoringih podzemne vode in v okviru pitne vode, se izvede v skladu s standardom EN ISO 5667-11. V tem primeru izvaja vzorčenje organizacija, ki ima akreditacijo v zvezi s tem standardom.

Laboratorijske meritve kemijskega stanja podzemne vode izvaja za to usposobljena in akreditirana organizacija, ki ima akreditacijo za posamezne določitve kemijskih zvrsti.

8 Metode preiskav okoljskih parametrov stanja tal

Preiskave morebitnih prisotnih onesnaževal v tleh je treba izvesti na lokacijah, kjer je znano, da so tla onesnažena (onesnaženo območje), na lokacijah, kjer zaradi pretekle rabe lahko pričakujemo onesnaženje (potencialno onesnaženo območje) ter na lokacijah, kjer onesnaženost tal ni

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

pričakovana, je pa treba določiti kakovost tal (npr. potrditev, da tla niso onesnažena v postopku prenosa lastništva, preiskave zaradi nadaljnje rabe izkopnih materialov...).

Odvzem vzorcev tal in podzemne vode ter preiskave kakovosti odvzetih vzorcev lahko izvajajo le za to pooblašene institucije, ki rezultate preiskav interpretirajo skladno s trenutno veljavnimi področnimi uredbami in pravilniki.

Poročilo o kakovosti tal s strani akreditiranega laboratorija je ločen dokument, ki je priloga Poročila o preiskavah tal.

Preiskave kakovosti tal se skladno s SIST ISO 18400-104 in SIST ISO 18400-203 izvajajo v štirih fazah (dodani so angleški nazivi faz, kot jih uporabljata citirana SIST ISO standarda):

- 1) Preliminarne preiskave – obvezna izvedba (angl. *preliminary investigation*)
- 2) Identifikacijske preiskave – obvezna izvedba, razen v primeru, če potrebo ovržejo preliminarne preiskave (angl. *exploratory investigation*)
- 3) Glavne preiskave – obvezna izvedba, razen v primeru, če potrebo ovržejo preliminarne in/ali identifikacijske preiskave (angl. *main or detailed investigation*)
- 4) Dopolnilne preiskave – izvedba po presoji glede na rezultate ostalih preiskav in zahtev projekta – (angl. *supplementary investigation*)

Preliminarne preiskave

Preliminarne preiskave obsegajo kabinetno delo in ogled lokacije. V sklopu kabinetnega dela je treba preveriti arhivske podatke (zapise, karte, (letalske) posnetke, fotografije ...) s posebnim poudarkom na identifikaciji pretekle in trenutne rabe obravnavanega prostora in zasledovanju sprememb na lokaciji v različnih časovnih obdobjih (npr. identifikacija spremembe stanja objektov in/ali površine terena na lokaciji – rušenje, nasipavanja, izkopavanja, premiki materiala ...).

Preliminarne preiskave okoljskega stanja tal se izvajajo sočasno s preliminarno fazo preiskav tal (preglednica 5.1).

Na podlagi izsledkov preliminarne preiskave mora biti možno:

- izdelati začetni konceptualni model tal, na podlagi katerega je možna formulacija hipoteze glede stanja kakovosti tal,
- podati prve zaključke o možnih dejanskih ali potencialnih tveganjih za ljudi in ostale receptorje in
- ugotoviti, ali so potrebne nadaljnje faze preiskav.

Obseg dela in potrebni podatki so odvisni od lokacije in predvidenega namena rabe prostora. Delo, izvedeno v sklopu preliminarne preiskave, mora biti dokumentirano in interpretirano v Poročilu o preliminarne preiskavah kakovosti tal, katerega obvezni sestavni del so tudi grafične priloge, konceptualni model tal, hipoteze in prvi zaključki glede kakovosti tal.

Zasnova in izvedba preliminarne preiskave je podrobno opisana v standardu SIST ISO 18400-202:2019, ki v dodatku A podaja tudi receptorje potencialnih onesnaževal v tleh ter okvirni seznam pričakovanih onesnaževal v tleh glede na dejavnost oz. (preteklo) rabo prostora.

Identifikacijske preiskave

Identifikacijske preiskave obsegajo relativno skromen nabor dejavnosti na lokaciji, vključno z odvzemom vzorcev značilnih slojev (potencialno) onesnaženih tal za nadaljnje analize in raziskave. Vzorci za nadaljnje analize in raziskave se v tej fazi odvzamejo iz vrtin in/ali razkopov na naključno

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

izbranih mestih, če se izkaže za potrebno, pa se shema vzorčenja razširi s sistematično razporejenimi vzorčnimi mesti, na relativno velikih razdaljah.

Razdalja med vzorčnimi mesti in globina vzorčenja je odvisna od lokacije, razporeditve onesnaženih tal, heterogenosti in predvidenega namena rabe prostora. Vzorčna mesta morajo biti geodetsko evidentirana (koordinate x , y , z), odvzeti vzorci pa obvezno označeni z oznako vzorčnega mesta in globino odvzema. Odvzem, pakiranje in hranjenje vzorcev (potencialno) onesnaženih slojev tal izvaja pooblaščen (akreditirana) ustanova za vzorčenje za namene analiz kakovosti tal.

Analize kakovosti (potencialno) onesnaženih slojev tal je treba izvesti skladno z veljavnimi uredbami in pravilniki, ki določajo mejne (opozorilne, kritične) vrednosti nevarnih snovi v tleh. V primeru načrtovane rabe (potencialno) onesnaženih slojev tal, pridobljenih z izkopom na lokaciji, je treba izvesti analize kakovosti pridobljenih materialov skladno z veljavno zakonodajo. Glede na identificirano preteklo rabo prostora je treba seznam obveznih parametrov razširiti tako, da so določeni tudi za lokacijo pričakovani specifični parametri (npr. kancerogene snovi, motilci endokrinega sistema), ki v uredbah in pravilnikih niso predpisani.

Identifikacijske preiskave okoljskega stanja tal se izvajajo v sklopu preliminarne faze preiskav tal iz preglednice 5.1 glede na izsledke preliminarnih preiskav okoljskega stanja tal.

Na podlagi izsledkov identifikacijskih preiskav mora biti možno:

- potrditi ali ovreči hipoteze, podane v fazi preliminarnih preiskav in podati nove hipoteze;
- posodobiti začetni konceptualni model tal;
- identificirati (potencialno) onesnažene sloje tal (žarišča onesnaženja) in morebitne receptorje;
- podati parametre onesnaženja, ki presegajo mejne vrednosti, podane v veljavnih področnih uredbah in pravilnikih;
- načrtovati ustrezno ravnanje z morebitnimi izkopanimi materiali (tudi v povezavi z zdravjem delavcev);
- ugotoviti, ali so potrebne nadaljnje faze preiskav.

Obseg identifikacijskih preiskav načeloma ni zadosten, da bi bilo možno dovolj natančno ugotoviti prostorsko razporeditev in variabilnost onesnaženja tal – to se določa v sklopu glavnih preiskav.

Na lokacijah, kjer onesnaženost tal ni pričakovana, je treba v okviru identifikacijskih preiskav ugotoviti kakovost tal (npr. potrditev, da tla niso onesnažena v postopku prenosa lastništva, preiskave zaradi nadaljnje rabe izkopnih materialov ...). Identifikacijske preiskave je treba načrtovati tako, da je možno podati vse parametre kakovosti tal, ki so predpisani s projektom, z uredbami in s pravilniki oz. so merodajni za predvideni namen rabe pridobljenih materialov.

Postopek in izsledki identifikacijskih preiskav morajo biti dokumentirani in interpretirani v Poročilu o identifikacijskih preiskavah kakovosti tal, katerega obvezni sestavni del so tudi grafične priloge, izboljšan konceptualni model tal, hipoteze in zaključki glede stanja kakovosti tal. V Poročilu je treba ugotovitve podati smiselno, glede na vsebino poročila o preliminarnih preiskavah kakovosti tal.

Glavne preiskave

Glavne preiskave služijo za ugotovitev količine in prostorske porazdelitve onesnaženih tal ter za ugotavljanje možnosti širjenja onesnaževal v okolico (do receptorjev). Strategijo vzorčenja je treba izdelati glede na podatke, pridobljene v predhodnih fazah preiskav, in predvideni namen rabe prostora. V fazi glavnih preiskav je treba predvideti večjo gostoto vzorčnih mest (npr. po profilih) na območjih, kjer potrebujemo več informacij oz. so podatki iz preteklih faz preiskav negotovi. Globino

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

odvzema vzorcev in značilne tipe slojev tal je treba določiti glede na izsledke predhodnih faz preiskav, pretekle in predvidene rabe prostora.

Odvzem vzorcev in preiskave kakovosti odvzetih vzorcev je treba izvesti enako kot v sklopu identifikacijskih preiskav kakovosti tal. Minimalni nabor parametrov za ugotavljanje kakovosti tal, predpisan z uredbami in/ali pravilniki, je treba razširiti tako, da vključuje tudi ugotovitev vseh parametrov, ki v uredbah in pravilnikih niso predpisani in katerih presežene vrednosti so bile identificirane v predhodnih fazah preiskav.

Glavne preiskave okoljskega stanja tal se izvajajo v sklopu glavne faze preiskav tal iz preglednice 5.1 glede na izsledke preliminarne in identifikacijskih preiskav okoljskega stanja tal.

Na podlagi izsledkov glavnih preiskav mora biti možno:

- potrditi ali ovreči hipoteze, podane v predhodnih fazah preiskav;
- podati vrsto in prostorsko razporeditev (obseg) onesnaženja, tip porazdelitve onesnaženja (homogena ali heterogena) ter stopnjo onesnaženosti;
- pripraviti model onesnaženih tal z vključenim modelom širjenja onesnaževal v okolico (pot prenosa onesnaževal in dolgoročni vplivi) upošteva informacije o slojih tal in podzemni vodi;
- interpretirati ustrezne podatke za izdelavo ocene tveganja za ljudi in druge receptorje;
- prepoznati in oceniti možne škodljive vplive na gradbene materiale;
- podati tehnični in ekonomski vidik možnosti rabe prostora ter morebitne omejitve in
- načrtovati morebitne potrebne ukrepe remediacije in/ali sanacije ter po potrebi tudi monitoringa za kasnejšo presojo učinkovitosti remediacije in/ali sanacije.

Postopki in izsledki glavnih preiskav morajo biti dokumentirani in interpretirani v Poročilu o glavnih preiskavah kakovosti tal, katerega obvezni sestavni del so tudi grafične priloge, posodobljen/izboljšan konceptualni model tal, izračuni širjenja onesnaževal, zaključki glede stanja kakovosti tal in vpliva onesnaženja na ljudi in ostale receptorje, smernice glede tehničnega in ekonomskega vidika možnosti in omejitev rabe prostora ter predlogi glede morebitne potrebne remediacije, sanacije in tehničnega opazovanja. V poročilu je treba ugotovitve podati smiselno glede na vsebino in ugotovitve predhodnih poročil o preiskavah kakovosti tal. Poročilo o glavnih preiskavah kakovosti tal služi kot podlaga za izdelavo ocene tveganja in presoje vplivov na okolje.

Dopolnilne preiskave

Dopolnilne preiskave se izvedejo po potrebi in presoji glede na rezultate predhodnih preiskav in predvidene namene rabe prostora. Običajno so dopolnilne preiskave potrebne za načrtovanje remediacije in/ali sanacije tal, zlasti v primerih, ko so med izvedbo gradbenih del prepoznana odstopanja glede na spoznanja glavnih preiskav, ki pomembno vplivajo na izvedbo projekta.

Dopolnilne preiskave okoljskega stanja tal se izvajajo v sklopu dopolnilne faze preiskav tal iz preglednice 5.1 glede na izsledke predhodnih preiskav okoljskega stanja tal.

9 Minimalni obseg preiskav tal in podzemne vode za posamezne vrste objektov

Primernost posameznih vrst preiskav tal in podzemne vode za različne tipe objektov definira SIST EN 1997-2. V nadaljevanju so navedeni značilni geotehnični problemi glede na vrsto objekta. Podatki, potrebni za projektno obravnavo teh problemov in minimalni obseg preiskav tal in podzemne vode so navedeni v preglednicah ob koncu vsakega poglavja.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

V nadaljnjih poglavjih naveden minimalni obseg preiskav tal mora biti dosežen po izvedenih glavnih preiskavah tal in podzemne vode. Del teh preiskav bo izveden v fazi preliminarnih preiskav. Delež preiskav, ki bodo izvedene v fazi preliminarnih preiskav, je odvisen od geološke zgradbe prostora, morfologije in zahtevnosti načrtovanega gradbenega posega ter morebitnih obstoječih podatkov o tleh na obravnavani lokaciji. Obseg preiskav v preliminarni fazi naj sledi namenu preiskav (preglednica 5.1) in bo definiran s projektno nalogo. V večini primerov naj kot usmeritev velja, da se na trasah in objektih prometnic, ki sodijo v GK1, v preliminarni fazi izvede 10 do 15 % vseh preiskav, pri trasah in objektih, ki sodijo v GK2, 20 do 25 % vseh preiskav, pri najzahtevnejših (GK3) pa 30 do 40 %. V vsakem primeru mora biti na posameznem objektu, ki sodi v GK2 ali GK3, izvedena vsaj 1 vrtina ali druga ustrezna preiskava tal.

V primerih, ko na lokaciji načrtovane prometnice ali objekta obstajajo dobro dokumentirane pretekle izkušnje in arhivski podatki o preiskavah tal in podzemne vode, se lahko nekoliko zmanjša obseg preiskav, naveden v nadaljevanju. Arhivski podatki lahko deloma ali v celoti nadomestijo preliminarne preiskave tal, medtem ko bo treba glavne preiskave tal izvesti praviloma v celoti skladno s to Tehnično specifikacijo.

9.1 Trasa prometnice

Pretežni del trase prometnice poteka v vkopih in nasipih. Vsak vkop in vsak nasip je treba v duhu te Tehnične specifikacije obravnavati kot ločen objekt, ki preči specifično geološko okolje. Kadar posamezen vkop ali nasip poteka preko več vrst tal, ki se med seboj znatno razlikujejo (npr. del vkopa poteka v apnencu, del pa v flišu), je treba kot en objekt razumeti del vkopa ali nasipa, katerega bomo lahko obravnavali z enim modelom tal. V hitro menjajočih pogojih tal bo zato potreben večji obseg preiskav, kot jih navajajo minimalni pogoji iz preglednic 9.1 in 9.2.

9.1.1 Trasa v nasipu

Za načrtovanje nasipov je pomembno pridobiti podatke o tleh za naslednje analize in presoje:

- stabilnost tal pod nasipi v začetnem (nedreniranem) in končnem (dreniranem) stanju;
- velikost posedka tal pod nasipi po potrebi vključno s sekundarnim posedanjem in pričakovanimi trajnimi premiki zaradi potresa;
- trajanje posedanja tal pod nasipom;
- načrtovanje ukrepov za izboljšanje tal (povečanje varnosti, zmanjšanje posedkov, pospeševanje konsolidacije);
- nabor možnih virov materialov iz trase načrtovane prometnice, njihova vgradljivost, izboljšanje ali stabilizacija materialov. Ta vsebina je podrobneje obravnavana v poglavju 9.7 te Tehnične specifikacije;
- pogoji vgrajevanja nasipnega materiala pri niveletni prometnici nizko nad terenom;
- obnašanje morebitnih antropogenih tal v območju nasipa;
- izvori tveganj (kras, onesnažena tla ali podzemna voda, zelo mehka tla, težko dostopna mesta za preiskave, vplivi na podzemno vodo, erozija zaradi padavin in vodotokov, nasipi na pobočjih ...).

Za načrtovanje preiskav zemljin in kamnin za potencialno vgradnjo v nasipe glej tudi SIST EN 16907-2.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 9.1: Minimalni obseg preiskav tal za načrtovanje nasipov prometnic. Pomen geometrijskih količin definira slika 9.1.

	Tipične preiskave ^{a)}	Medsebojna razdalja ^{d)}	Globina ^{b)}
GK1	Razkopi ^{c)} , CPT, DMT, vrtine, laboratorij	H < 3 m: 200-400 m H ≥ 3 m: 150-300 m	Nasip višine H: $Z_{min} = \max(2,0 \text{ m}; 1 \text{ H})$
GK2	Vrtine, laboratorij, CPT, DMT, In-situ preiskave podzemne vode, razkopi	H < 3 m: 100-250 m H ≥ 3 m: 50-200 m	Nasip višine H: $Z_{min} = \max(6,0 \text{ m}; 1,2 \text{ H})$ (zajeti vse sloje tal, ki prispevajo > 90 % posedka)
GK3	Vrtine, laboratorij, CPT, DMT, In-situ preiskave podzemne vode, inklinometer, razkopi	H < 3 m: 75-150 m H ≥ 3 m: do 75 m	Nasip višine H: $Z_{min} = \max(6,0 \text{ m}; 1,2 \text{ H})$ (zajeti vse sloje tal, ki prispevajo > 90 % posedka)

a) Zapisane so le značilne preiskave, nabor je lahko širši. Odebeljeno so zapisane najbolj priporočene vrste preiskav glede na geotehnično kategorijo.

b) Globina preiskav je lahko manjša, če se kamninska osnova pojavi na globini $z < Z_{min}$.

c) Povsod, kjer so omenjeni razkopi, se po potrebi lahko izvedejo brazde.

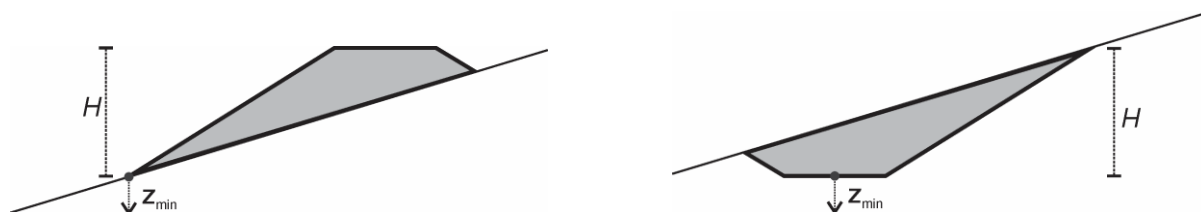
d) Izbrana razdalja med sondiranjmi je odvisna od kategorije tal. Največje razdalje veljajo za KT1, najmanjše za KT3.

9.1.2 Trasa v vkopu

Za načrtovanje vkopov je pomembno pridobiti podatke o tleh z naslednje analize in presoje:

- stabilnost vkopnih brežin v zemljinah v končnem (dreniranem) stanju;
- stabilnost vkopnih brežin v kamninah (strukturno pogojene nestabilnosti: stabilnost blokov ali klinov kamnine, zvrščanje blokov z uporabo Bartonovega in Bandisovega strižnega zakona za trdnost vzdolž diskontinuitet; stabilnost zelo razpokane ali pregnetene kvazi homogene kamninske gmote z uporabo Hoekovega in Brownovega porušnega kriterija);
- načrtovanje ukrepov za povečanje varnosti vkopnih brežin (dreniranje, sidranje, povečanje erozijske odpornosti, opiranje);
- presoja varnosti prometnice pred padajočim kamenjem tudi v povezavi s pričakovanim preperevanjem kamnin;
- vpliv abrazivnih kamnin na obrabo gradbene mehanizacije;
- razvrstitev materialov v izkopne kategorije skladno s TSPI PG.05.100;
- vplivi gradnje vkopa na tok podzemne vode;
- izvori tveganj (kras, onesnažena tla ali podzemna voda, zelo mehka tla, nabrekli tla, težko dostopna mesta za preiskave, vplivi na podzemno vodo, erozija, menjavanje neprepustnih in vodonosnih slojev ...).

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE



Slika 9.1: Minimalne globine preiskav ($z_{\min}$) za načrtovanje nasipov (levo) in vkopov (desno) na trasah prometnic skladno z definicijami iz preglednic 9.1 in 9.2.

Preglednica 9.2: Minimalni obseg preiskav za načrtovanje vkopnih brežin na prometnicah. Pomen geometrijskih količin definira slika 9.1.

	Tipične preiskave ^{a)}	Medsebojna razdalja ^{c)}	Globina
GK1	Razkopi, laboratorij, vrtine	$H < 3$ m: 200-400 m $H \geq 3$ m: 100-300 m	Vkop globine H: $z_{\min} = \max(2,0 \text{ m}; 0,4 H)$
GK2	Vrtine, laboratorij, SPT, DP, In-situ preiskave podzemne vode, razkopi, geofizika	$H < 3$ m: 100-150 m $H \geq 3$ m: 50-75 m	Vkop globine H: $z_{\min} = \max(3,0 \text{ m}; 0,4 H)$ vsaj 1 vrtina do kamnine ^{b)}
GK3	Vrtine, laboratorij, SPT, DP, In-situ preiskave podzemne vode, geofizika, inklinometer, razkopi	$H < 3$ m: 50-75 m $H \geq 3$ m: 30-50 m	Vkop globine H: $z_{\min} = \max(4,0 \text{ m}; 0,4 H)$ vsaj 2 vrtini do kamnine ^{b)}

^{a)} Zapisane so le značilne preiskave, nabor je lahko širši. Odebeljeno so zapisane najbolj priporočene vrste preiskav glede na geotehnično kategorijo.

^{b)} Če z navedeno globino ne dosežemo kamninske podlage, pa se jo glede na geološko prognozo pričakuje v vplivni globini gradnje, naj se vsaj 1 (GK2) oziroma 2 (GK3) vrtini za vsak vkop izvede do kamninske podlage, a ne globlje kot $z_{\min} = H$.

^{c)} Izbrana razdalja med sondiranjem je odvisna od kategorije tal. Največje razdalje veljajo za KT1, najmanjše za KT3.

9.2 Podvozi in prepusti

Podvozi in prepusti vselej potekajo pod glavno traso prometnice, a so po geotehnični problematiki lahko zelo raznovrstni: temeljeni so lahko v gradbeni jami, na površini tal oziroma plitvo pod njo ali celo v telesu cestnega nasipa. Zato je treba preiskave tal smiselno prilagoditi legi konkretnega objekta glede na trenutno geometrijo tal in geometrijo načrtovane prometnice.

Za geotehnično načrtovanje podvozov in prepustov je pomembno pridobiti podatke o tleh za naslednje analize in presoje:

- globalna stabilnost začasnega vkopa za gradnjo objekta;
- globalna stabilnost tal v končnem stanju prometnice vključno z objektom;
- obremenitev sten in plošč objekta zaradi zasipa;
- nosilnost temeljev (praviloma plitvo temeljenje, redkeje globoko);
- posedki objekta vključno z oceno diferenčnih posedkov vzdolž objektov;
- diferenčni posedki vzdolž trase prometnice na mestu objekta in zasipa ob njem (presoja stabilnosti in posedkov priključnih nasipov);
- trajanje posedanja tal pod objektom;
- odpornost tal na vodoravne obremenitve temeljev;
- potresne obremenitve (tip tal);

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

- hidravlične porušitve (npr. hidravlični lom tal pri izvedbi gradbene jame);
- pogoji odvodnjavanja gradbene jame ali črpanja vode;
- začasni in trajni vplivi objekta na tok podzemne vode;
- interakcija tal in objekta;
- načrtovanje ukrepov za izboljšanje tal (povečanje nosilnosti, zmanjšanje posedkov, pospeševanje konsolidacije);
- izvori tveganj (kras, onesnažena tla in podzemna voda, zelo mehka tla, težko dostopna mesta za preiskave, vplivi na podzemno vodo, erozija tal pod temelji, izrazito heterogena temeljna tla v tlorisu objekta na predvideni koti temeljenja ...);
- presoja potenciala izkoriščanja toplotne energije tal kot obnovljivega vira energije.

Navedene računske presoje temeljenja objektov se lahko v večini primerov izvede na več načinov (po različnih analitičnih ali numeričnih postopkih, ki temeljijo na različnih virih podatkov, npr. CPT, PMT ...). Za objekte GK2 bo zadoščalo, da pridobljeni podatki omogočajo analize temeljenja objekta po eni metodi. Za objekte GK3 je treba pridobiti podatke o tleh tako, da bo mogoč kontrolni račun obnašanja temeljenja po dveh neodvisnih metodah.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 9.3: Potrebni podatki o tleh za projektiranje trase prometnice v vkopih ali nasipih ter za začasne vkope

Potrebni podatki	Nasipi	Trajni vkopi	Začasni vkopi
Tla kot celota			
Sloji tal do vplivne globine ^{a)}	+	+	+
Razpored tlakov podzemne vode	+	+	+
Prisotnost plazovitih tal	+	+	+
Prisotnost antropogenih tal	+	+	+
Profil strižnih hitrosti	(+)	(+)	-
Prisotnost kraških pojavov	(+)	(+)	(+)
Prisotnost prelomov in območij preperete kamnine	-	(+)	(-)
Kemijske lastnosti podzemne vode	(-)	(+)	(-)
Za vsak sloj			
Klasifikacija oziroma razvrščanje sloja zemljin ali kamnin	+	+	+
Naravna vlažnost	+	+	+
Gostota	+	+	+
Gostota zrn	+	+	+
Nedrenirana strižna trdnost koherentnih slojev tal (c_u)	+	-	+
Drenirana strižna trdnost koherentnih slojev tal (φ' , c')	+	+	(-)
Drenirana strižna trdnost nekoherentnih slojev tal (φ' , c')	+	+	+
Strižna trdnost zelo razpokanih ali pregnetenih kamnin (Hoek-Brown)	-	+	(-)
Strižna trdnost vzdolž diskontinuitet v kamninah (Barton-Bandis)	-	+	(-)
Togost (npr. E_{oed} ali E in ν , ali C_c , C_s , tudi G_0)	+	+	(-)
Koeficient prekonsolidacije OCR	+	(+)	(-)
Količnik sekundarne konsolidacije (C_α)	(+)	-	-
Količnik vodoprepustnosti (k) ali količnik konsolidacije (c_v)	+	(+)	-
CBR ali dinamični deformacijski modul (E_{vd})	+	-	-
Vsebnost organskih snovi	(+)	(-)	-
Nabreklijivost (nabrekalni tlak ali deformacija)	(-)	(+)	-
Sukcija	(-)	(+)	(-)
Mineraloška sestava	(-)	(+)	-

+ priporočeno

(+) po presoji vodje preiskav ali na zahtevo projektne naloge

(-) praviloma ni potrebno, razen v posebnih primerih po presoji vodje preiskav

- ni potrebno

- a) Vplivna globina pri nasipih je tista, ki prispeva > 90 % celotnih posedkov tal pod nasipom. Pri dvostranskih vkopih je dobra ocena za vplivno globino 40 % globine višje vkopne brežine pod dnom vkopa. Pri enostranskih vkopih (zaseki na pobočjih) je 40 % globine vkopne brežine pod dnom vkopa spodnja ocena za vplivno globino. Vplivna globina bo pogosto do kamninske osnove oziroma do stabilne podlage (globine kritične drsine).

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

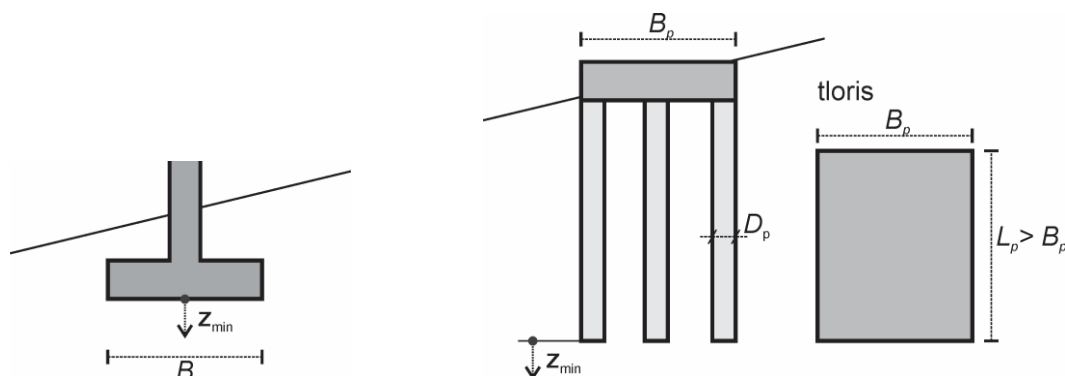
Preglednica 9.4: Minimalni obseg preiskav za načrtovanje podvozov in prepustov na prometnicah. Pomen geometrijskih količin definira slika 9.2.

	Tipične preiskave ^{a)}	Min. število sondiranj (N_{min}) ^{b)}	Globina ^{c)}
GK2	Vrtine, laboratorij, PMT, (S)CPT, (S)DMT, in-situ preiskave podzemne vode, SPT, razkopi, geofizika	Objekt dolžine $L \leq 25$ m: $N_{min} = 2$ Objekt dolžine $L > 25$ m: $N_{min} = 2 + L/25$	pasovni temelji širine B: $z_{min} = \max(3,0 \text{ m}; 3 B)$ temeljna plošča širine B: $z_{min} = \max(3,0 \text{ m}; 1 B)$ piloti premera D_p : $z_{min} = \max(5,0 \text{ m}; 3 D_p)$
GK3	Vrtine, laboratorij, PMT, (S)CPT, (S)DMT, in-situ preiskave podzemne vode, SPT, razkopi, geofizika	Objekt dolžine $L \leq 20$ m: $N_{min} = 2$ Objekt dolžine $L > 20$ m: $N_{min} = 2 + L/20$	pasovni temelji širine B: $z_{min} = \max(3,0 \text{ m}; 3 B)$ temeljna plošča širine B: $z_{min} = \max(3,0 \text{ m}; 1 B)$ piloti premera D_p : $z_{min} = \max(5,0 \text{ m}; 3 D_p)$

a) Zapisane so le značilne preiskave, nabor je lahko širši. Odebeljeno so zapisane najbolj priporočene vrste preiskav glede na geotehnično kategorijo.

b) Zapisano je minimalno število lokacij preiskav. Pri tem je možno del sondiranja izvesti z razkopi in vrtinami, del pa s terenskimi geotehničnimi meritvami (npr. CPT ali DMT).

c) Navedena je globina pod predvideno koto temeljenja. Predlagana minimalna globina preiskav je zapisana glede na kriterij dimenzioniranja temelja. V mehkih tleh in ko se tla zaradi prometnice dodatno obremenjujejo (objekt v nasipu), je treba smiselno upoštevati tudi kriterije za preiskovanje tal pod nasipi. Ko je objekt v (začasnem) vkopu, je treba upoštevati dodatno tudi kriterij za projektiranje vkopa.



Slika 9.2: Minimalne globine preiskav (z_{min}) za načrtovanje plitvo (levo) in globoko (desno) temeljenih objektov skladno z definicijami iz preglednic 9.4, 9.6, 9.12 in 9.13.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 9.5: Potrebni podatki o tleh za projektiranje premostitvenih objektov. (Navedeni so le podatki za potrebe projektiranja temeljenja in začasnih stanj med gradnjo objektov. Za presojo obnašanja priključnih nasipov in zasipnih klinov ob objektih se smiselno upoštevajo zahteve za preiskave nasipov.)

Potrebni podatki	Podvozi, prepusti	Viadukti, nadvozi	Mostovi
Tla kot celota			
Sloji tal do vplivne globine ^{a)}	+	+	+
Razpored tlakov podzemne vode	+	+	+
Prisotnost plazovitih tal	+	+	+
Prisotnost antropogenih tal	+	+	+
Profil strižnih hitrosti	(+)	+	+
Hidrološki pogoji (značilnosti vodotoka)	+	(-)	+
Kemijske lastnosti podzemne vode	(+)	(+)	(+)
Prisotnost kraških pojavov	(+)	(+)	(+)
Prisotnost prelomov in območij preperele kamnine	(+)	(+)	(+)
Za vsak sloj			
Klasifikacija oziroma razvrščanje sloja zemljin ali kamnin	+	+	+
Naravna vlažnost	+	+	+
Gostota	+	+	+
Profil CPT sondiranja ^{b)}	(+)	(+)	(+)
Profil PMT sondiranja ^{b)}	(+)	(+)	(+)
Nedrenirana strižna trdnost koherentnih slojev tal (c_u) ^{b)}	(+)	(+)	(+)
Drenirana strižna trdnost vseh slojev tal (ϕ' , c') ^{b)}	(+)	(+)	(+)
Strižna trdnost zelo razpokanih ali pregnetenih kamnin (Hoek-Brown) ^{b)}	(+)	(+)	(+)
Togost (npr. E_{oed} ali E in ν , ali C_c , C_s , tudi G_0) ^{b)}	(+)	(+)	(+)
Koeficient prekonsolidacije OCR ^{b)}	(+)	(+)	(+)
Količnik sekundarne konsolidacije (C_α)	(+)	(-)	(-)
Količnik vodoprepustnosti (k) ali količnik konsolidacije (c_v)	+	(+)	(+)
Vsebnost organskih snovi	(-)	-	-
Nabreklijivost (nabrekalni tlak ali deformacija)	(-)	-	-
Mineraloška sestava	(-)	(-)	(-)
Toplotne lastnosti tal	(-)	(-)	(-)

+ priporočeno

(+) po presoji vodje preiskav ali na zahtevo projektne naloge

(-) praviloma ni potrebno, razen v posebnih primerih po presoji vodje preiskav

- ni potrebno

^{a)} Minimalna globina preiskav je podana v preglednicah z minimalnimi zahtevami glede preiskav tal za posamezen tip objekta. Vplivna globina je po presoji vodje preiskav lahko izbrana tudi globlje.

^{b)} Podatki so potrebni za presojo mejnih stanj nosilnosti in uporabnosti (MSN in MSU) temeljev. Za načrtovanje plitvega in globokega temeljenja obstajajo zanesljive metode preverjanja mejnih stanj na podlagi terenskih geotehničnih meritev, zlasti PMT in CPT. Izbira metod za dimenzioniranje temeljev je lahko predvidena s projektno nalogo, praviloma pa v domeni vodje preiskav v soglasju z geotehničnim projektantom.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**9.3 Viadukti in nadvozi**

Pri projektiranju viaduktov in nadvozov je poleg njihovega temeljenja treba v zgodnjih fazah določiti optimalno dolžino, ki je lahko pogojena tudi s pogoji gradnje, stabilnostjo in posedki priključnih nasipov. Včasih so lahko geotehnično zahtevne tudi dostopne poti do posameznih podpor in/ali temeljenje opažev. Za načrtovanje viaduktov in nadvozov je pomembno pridobiti podatke o tleh za naslednje analize in presoje:

- optimalna dolžina konstrukcij (lokacija prehoda objekt – nasip/vkop);
- izbira lokacij in globalna stabilnost podpornih mest;
- nosilnost in posedanje tal na lokacijah podpor za plitvo ali globoko temeljenje;
- odpornost tal na vodoravne obremenitve temeljev;
- odločitev o načinu temeljenja (plitvo, globoko: vodnjaki ali piloti);
- obnašanje priključnih nasipov (stabilnost, velikost in trajanje posedanja);
- potresne obremenitve (tip tal);
- stabilnost začasnih posegov med gradnjo (na podpornih mestih, začasnih dostopnih cestah);
- hidravlične porušitve (hidravlični lom tal pri izvedbi gradbenih jam, vodnjakov, pilotov, erozija pri prečkanju vodotokov);
- pogoji črpanja vode v primeru izkopov za temelje ali temeljenja na vodnjakih;
- začasni in trajni vplivi objekta na tok podzemne vode;
- interakcija tal in objekta;
- načrtovanje morebitnih ukrepov za izboljšanje tal (povečanje nosilnosti, zmanjšanje posedkov, pospeševanje konsolidacije);
- izvori tveganj (kras, onesnažena tla ali podzemna voda, zelo mehka tla, težko dostopna mesta za preiskave in/ali izvedbo temeljev, vplivi na podzemno vodo, erozija tal pod temelji ...);
- presoja potenciala izkoriščanja toplotne energije tal kot obnovljivega vira energije.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 9.6: Minimalni obseg preiskav za načrtovanje viaduktov, nadvozo in mostov na prometnicah. Pomen geometrijskih količin definira slika 9.2.

	Tipične preiskave ^{a)}	Min. število sondiranj ^{b)}	Globina ^{c)}
GK2	Vrtine, laboratorij, PMT, (S)CPT, in-situ preiskave podzemne vode, (S)DMT, SPT, razkopi, geofizika	1/podporo	Plitev temelj širine B: $Z_{min} = \max(3,0 \text{ m}; 4 B)$ Pilotna blazina širine B_p s piloti premera D_p : $Z_{min} = \max(5,0 \text{ m}; 3 D_p; 1 B_p)$ Vodnjak premera D: $Z_{min} = \max(5,0 \text{ m}; 1 D)$
GK3	Vrtine, laboratorij, PMT, (S)CPT, in-situ preiskave podzemne vode, (S)DMT, SPT, razkopi, geofizika, inklinometer	1/podporo ^{d)} (analiza po dveh neodvisnih metodah)	Plitev temelj širine B: $Z_{min} = \max(3,0 \text{ m}; 4 B)$ Pilotna blazina širine B_p s piloti premera D_p : $Z_{min} = \max(5,0 \text{ m}; 3 D_p; 1 B_p)$ Vodnjak premera D: $Z_{min} = \max(5,0 \text{ m}; 1 D)$

^{a)} Zapisane so le značilne preiskave, nabor je lahko širši. Odebeljeno so zapisane najbolj priporočene vrste preiskav glede na geotehnično kategorijo.

^{b)} Zapisano je minimalno število lokacij preiskav za projektiranje temeljenja objekta. Po presoji vodje preiskav je možno na delu podpor namesto vrtine izbrati tudi ustrezno terensko sondiranje (npr. CPT)

^{c)} Navedena je globina pod predvideno koto temeljenja. Predlagana minimalna globina preiskav je zapisana glede na kriterije dimenzioniranja temelja. Za projektiranje priključnih nasipov ali opornih konstrukcij ob zaključkih objektov je treba smiselno upoštevati še zahteve za te objekte.

^{d)} Za objekte GK3 je treba preiskave načrtovati tako, da bo mogoče dimenzionirati temelje po dveh neodvisnih metodah (npr. laboratorijski podatki in PMT ali PMT in CPT).

9.4 Mostovi

Mostovi so v mnogočem podobni viaduktom, nadvozom in podvozom. Bistvena razlika je v tem, da prečijo vodotoke in so s tem izpostavljeni potencialni eroziji tal pod temelji in ob njih. Dodaten izziv je tudi izvedba morebitnih trajnih in/ali začasnih podpor v strugah rek. Minimalni obseg preiskav za mostove je definiran na enak način kot za viadukte in nadvoze – glej preglednico 9.6.

Poleg geotehničnih presoj, ki so navedene v poglavjih o podvozi, viaduktih in nadvozi, bo treba za mostove dodatno pridobiti tudi podatke za naslednje analize in presoje:

- načrtovanje izvedbe temeljev v in neposredno ob vodotoku,
- zaščita temeljev pred erozijo.

9.5 Predori, pokriti vkopi in galerije

Posamezen predor, pokriti vkop ali galerija lahko poteka skozi značilno različna tla. V takih primerih je treba pridobiti dovolj podatkov za načrtovanje objekta v vsakem od identificiranih pogojev tal, kar lahko pogojuje večji obseg preiskav tal od minimalnih zahtev iz preglednic 9.7 in 9.9.

9.5.1 Predori

Pri načrtovanju predorov ločimo preiskave portalnih območij in območja predora. Za portalna območja se smiselno uporabljajo zahteve za preiskave na območju trase prometnic v vkopih, in kjer je to smiselno, zahteve za načrtovanje opornih konstrukcij. Za traso predora je pomembno pridobiti podatke o tleh za naslednje analize in presoje:

- izbira poteka trase predora in lokacija začasnih in končnih portalov;

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

- razvrščanje vseh vrst hribine, skozi katere poteka predor, v tipe obnašanja za kasnejše projektiranje načinov podpiranja predora vzdolž celotne trase;
- analize stabilnosti blokov/klinov kamnine;
- numerične in/ali analitične analize obnašanja prereza predora;
- analize stabilnosti izkopnega čela predora;
- načrtovanje ukrepov za izboljšanje/utrjevanje/dreniranje tal v vplivnem območju izkopa predora;
- izbira tehnologije gradnje predora;
- presoja uporabnosti izkopanih materialov za vgradnjo v nasipe in druge možne rabe;
- presoja vplivov gradnje na okolico in okolje (posedanje površja, dreniranje vodonosnih slojev tal, vibracije, hrup, prah, začasno in trajno deponiranje izkopanih materialov ...);
- presoja začasnih in trajnih vplivov objekta na tok podzemne vode;
- presoja potenciala izkoriščanja toplotne energije tal kot obnovljivega vira energije;
- izvori tveganj (nestabilna tla na portalnih območjih, kras, onesnažena tla ali podzemna voda, prisotnost plinov v tleh, mehke, iztisljive kamnine, zelo heterogena tla, nabrekli tla, težko dostopna mesta za preiskave (visoko nadkritje), visoki tlaki podzemne vode in vplivi na podzemno vodo ...).

Lociranje vrtin naj omogoča interpretacijo strukture tal tudi v smeri prečno na os predora. To je še posebej pomembno pri dvocevni predorih.

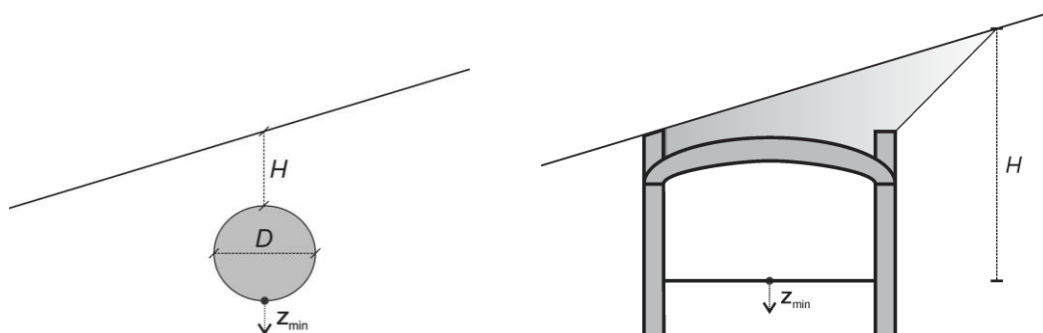
Preglednica 9.7: Minimalni obseg preiskav za načrtovanje predorov na trasah prometnic. (Niso upoštevane preiskave na portalnih območjih. Zanje glej poglavje o vkopih.). Pomen geometrijskih količin definira slika 9.3, levo.

	Tipične preiskave ^{a)}	Medsebojna razdalja oz. Minimalno št. sondiranj ^{b)}	Globina
GK2	Vrtine, laboratorij, FDT, geofizika, in-situ preiskave podzemne vode, inklinometri, razkopi	H < 150 m: 100-200 m H ≥ 150 m: 200-300 m Enocevni predor: N _{min} = 3 Dvocevni predor: N _{min} = 4	Predor premera D: Z _{min} = max(5,0 m; 1 D)
GK3	Vrtine, laboratorij, FDT, geofizika, in-situ preiskave podzemne vode, inklinometri, razkopi, sondažni rovi	H < 150 m: 50-100 m H ≥ 150 m: 100-200 m Enocevni predor: N _{min} = 4 Dvocevni predor: N _{min} = 6	Predor premera D: Z _{min} = max(10,0 m; 2 D)

^{a)} zapisane so le značilne preiskave, nabor je lahko širši. Odebeljeno so zapisane najbolj priporočene vrste preiskav glede na geotehnično kategorijo.

^{b)} H pomeni višino nadkritja. Na odseku predora z nižjim nadkritjem je smiselno izvesti bolj gosto mrežo preiskav. Na območju z višjim nadkritjem so zaradi višje stopnje zahtevnosti in stroškov predvidena sondiranja na večjih medsebojnih razdaljah. Zapisane vrednosti se lahko zmanjšajo v primerih razmeroma homogene zgradbe tal ali če raziskovalno vrtanje delno nadomestimo z drugimi metodami (npr. z geofizikalnimi metodami preiskav tal). V primerih zelo heterogene zgradbe tal in visokega nadkritja bo morda namesto večjega števila vrtin racionalno izvesti raziskovalni rov ali izvajati dodatne preiskave tal med gradnjo pred čelom predora. Pri odločanju o alternativnih možnostih je treba imeti v mislih tudi tveganja, ki jih prinaša nižja stopnja poznavanja zgradbe in lastnosti tal pred pričetkom izvedbe predora. Razdalja med vrtinami je pogojena s kategorijo tal. Manjša razdalja naj se predvidi za KT3, večja pa za KT1.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE



Slika 9.3: Minimalne globine preiskav ($z_{\min}$) za načrtovanje predorov (levo) in pokritih vkopov (desno) skladno z definicijami iz preglednic 9.7 in 9.9.

Preglednica 9.8: Potrebni podatki o tleh za projektiranje predorov in pokritih vkopov

Potrebni podatki	Predori	Pokriti vkopi	Portalni predvkopi
Tla kot celota			
3D zgradba tal v vplivnem območju gradnje objekta (litologija, tektonika)	+	+	+
Značilnosti podzemne vode in vodonosnih slojev tal (razpored tlakov podzemne vode)	+	+	+
Prisotnost plazovitih tal zlasti na portalnih območjih	+	+	+
Prisotnost antropogenih tal zlasti na portalnih območjih	+	+	+
Profil strižnih hitrosti	(+)	(+)	(+)
Prvotno napetostno stanje v tleh	(+)	(-)	-
Kemijske lastnosti podzemne vode	(+)	(+)	(+)
Za vsako vrsto/tip hribine			
Klasifikacija oziroma razvrščanje vrste hribine	+	+	+
Naravna vlažnost	+	+	+
Gostota	+	+	+
Nedrenirana strižna trdnost koherentnih zemljin (c_u)	+	+	+
Drenirana strižna trdnost slojev zemljin (φ' , c')	+	+	+
Strižna trdnost zelo razpokanih ali pregnetenih kamnin (Hoek-Brown)	+	+	+
Strižna trdnost vzdolž diskontinuitet v kamninah (Barton-Bandis)	+	+	+
Smeri in vpadi diskontinuitet	+	+	+
Togost (npr. E in ν , presiometrijski modul, E_{oed} , tudi G_0)	+	+	+
Koeficient prekonsolidacije OCR	+	(+)	(+)
Količnik vodoprepustnosti (k)	+	(+)	(+)
Nabreklijivost (nabrekalni tlak ali deformacija)	+	(+)	(+)
Mineraloška sestava	+	(+)	(+)
Retencijska krivulja	(+)	(+)	(-)
Abrazivnost	(+)	(+)	(+)
Prisotnost škodljivih plinov	+	(-)	-
Kraški pojavi v karbonatnih kamninah	+	(+)	(+)
Toplotne lastnosti tal	(+)	(+)	(+)

+ priporočeno

(+) po presoji vodje preiskav ali na zahtevo projektne naloge

(-) praviloma ni potrebno, razen v posebnih primerih po presoji vodje preiskav

- ni potrebno

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**9.5.2 Pokriti vkopi in galerije**

Pokriti vkopi so po svojem značaju začasni vkopi, v katerih se gradi armiranobetonska konstrukcija. Gradnja praviloma poteka dalj časa, zato bo v večini primerov treba začasne vkope ali varovanje gradbene jame dimenzionirati kot trajne posege. Možnih načinov gradnje je več, zato je treba tudi načrtovanje preiskav tal prilagoditi morfologiji, predvideni geometriji konstrukcije in zgradbi tal. Za projektiranje pokritega vkopa in galerij je pomembno pridobiti podatke o tleh za naslednje analize in presoje:

- izbira dolžine pokritega vkopa – lokacija portalov;
- analiza stabilnosti (v zemljinah in kamninah) začasnih in trajnih vkopov vključno z ojačitvenimi ukrepi (npr. sidranje);
- dimenzioniranje začasnih opornih konstrukcij oziroma vmesnih faz gradnje pokritega vkopa;
- hidravlične porušitve (hidravlični lom tal pri izkopu gradbene jame, vzgon);
- začasnih in trajnih vplivov objekta na tok podzemne vode;
- izbira tehnologije gradnje pokritega vkopa;
- presoja uporabnosti izkopanih materialov za vgradnjo v nasipe in druge možne rabe;
- presoja vplivov gradnje na okolico in okolje (premiki, dreniranje vodonosnih slojev tal, vibracije, hrup, prah, začasno in trajno deponiranje izkopanih materialov ...);
- izvori tveganj (nestabilna tla v trasi objekta, kras, zelo heterogena tla, onesnažena tla ali podzemna voda, težko dostopna mesta za preiskave, visoki tlaki podzemne vode in vplivi na podzemno vodo ...).

Preglednica 9.9: Minimalni obseg preiskav za načrtovanje pokritih vkopov na trasah prometnic. Pomen geometrijskih količin definira slika 9.3, desno. (Če je predvkop daljši od 30 m, je treba predvideti dodatne preiskave na tem območju, skladno s poglavjem o vkopih.)

	Tipične preiskave ^{a)}	Medsebojna razdalja oz. Min. št. sondiranj ^{b)}	Globina
GK2	Vrtine, laboratorij, SPT, PMT, geofizika, in-situ preiskave podzemne vode, inklinometri, razkopi	50-75 m Eno cevni objekt: $N_{min} = 3$ Dvo cevni objekt: $N_{min} = 4$	Vkop globine H: $Z_{min} = \max(3,0 \text{ m}; 0,4 H)$ vsaj 1 vrtina do kamnine ^{c)}
GK3	Vrtine, laboratorij, SPT, PMT, geofizika, in-situ preiskave podzemne vode, inklinometri, razkopi, sondažni rovi	30-50 m Eno cevni objekt: $N_{min} = 4$ Dvo cevni objekt: $N_{min} = 6$	Vkop globine H: $Z_{min} = \max(4,0 \text{ m}; 0,4 H)$ vsaj 2 vrtini do kamnine ^{c)}

^{a)} Zapisane so le značilne preiskave, nabor je lahko širši. Odebeljeno so zapisane najbolj priporočene vrste preiskav glede na geotehnično kategorijo.

^{b)} Zapisane razdalje med vrtinami se lahko povečajo v primerih razmeroma homogene zgradbe tal ali če raziskovalno vrtanje delno nadomestimo z drugimi metodami (npr. geofizikalne metode preiskav tal).

^{c)} Če z navedeno globino ne dosežemo kamninske podlage, pa se jo glede na geološko prognozo pričakuje v vplivni globini gradnje, naj se vsaj 1 (GK2) oziroma 2 (GK3) vrtini za vsak vkop izvede do kamninske podlage.

Lociranje vrtin naj omogoča interpretacijo strukture tal tudi v smeri prečno na os objekta.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**9.6 Oporne in podporne konstrukcije**

Oporne konstrukcije varujejo vkopne brežine, podporne pa podpirajo nasip v zaledju. Zato bodo oporne konstrukcije obremenjene z raščenim materialom, podporne pa z umetnim zasipom. Praviloma je pri opornih konstrukcijah kritična vmesna faza gradnje začasnega vkopa (gradbene jame), medtem ko je pri podporni konstrukciji vmesna faza pogosto neproblematična. Kadar se vzdolž načrtovane oporne ali podporne konstrukcije pojavlja več značilno različnih pogojev tal, je treba s preiskavami pridobiti podatke za dimenzioniranje konstrukcij v vseh pogojih, kar lahko pomeni, da bo potreben obseg preiskav večji od podanih minimalnih pogojev iz preglednice 9.10.

Za projektiranje opornih in podpornih konstrukcij je pomembno pridobiti podatke o tleh za naslednje analize in presoje:

- izbira dolžine konstrukcije;
- analiza stabilnosti (v zemljinah in kamninah) začasnih in trajnih vkopov vključno z ojačitvenimi ukrepi (npr. sidranje, armiranje);
- dimenzioniranje ukrepov za zagotavljanje stabilnosti začasnih vkopov oziroma vmesnih faz gradnje;
- izbira vrste konstrukcije in tehnologije gradnje;
- dimenzioniranje konstrukcij (računi zemeljskih pritiskov, hidrostatskih pritiskov, nosilnosti tal, odpornosti konstrukcije v vodoravni smeri ...);
- presoja vplivov gradnje na okolico in okolje (premiki, dreniranje vodonosnih slojev tal, vibracije, hrup, prah ...);
- presoja začasnih in trajnih vplivov objekta na tok podzemne vode;
- izvori tveganj (nestabilna tla v trasi objekta, kras, zelo heterogena tla, onesnažena tla ali podzemna voda, težko dostopna mesta za preiskave, visoki tlaki podzemne vode in vplivi na podzemno vodo ...).

Preglednica 9.10: Minimalni obseg preiskav za načrtovanje opornih in podpornih konstrukcij

	Tipične preiskave ^{a)}	Medsebojna razdalja ^{b)}	Globina
GK2	Vrtine, laboratorij, SPT, in-situ preiskave podzemne vode, PMT, geofizika, inklinometri, razkopi	50-75 m $N_{min} = 2$	OK: glej kriterije za vkope ^{c)} PK: glej kriterije za nasipe
GK3	Vrtine, laboratorij, SPT, in-situ preiskave podzemne vode, inklinometri, PMT, geofizika, razkopi	30-50 m $N_{min} = 3$	OK: glej kriterije za vkope ^{c)} PK: glej kriterije za nasipe

^{a)} Zapisane so le značilne preiskave, nabor je lahko širši. Odebeljeno so zapisane najbolj priporočene vrste preiskav glede na geotehnično kategorijo.

^{b)} Zapisane razdalje med vrtinami in razkopi se lahko povečajo oziroma minimalno število vrtin zmanjša v primerih razmeroma homogene zgradbe tal ali če raziskovalno vrtanje delno nadomestimo z drugimi metodami (npr. geofizikalne metode preiskav tal).

^{c)} Če z navedeno globino ne dosežemo kamninske podlage, pa se jo glede na geološko prognozo pričakuje v vplivni globini gradnje, naj se vsaj 1 vrtina (GK2) oziroma 2 vrtini (GK3) za vsako oporno konstrukcijo izvede do kamninske podlage.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**9.7 Preiskave materialov za vgradnjo v nasipe in zasipe**

Gradnja prometnic praviloma vključuje obsežna zemeljska dela. Eden od ciljev pri trajnostnem načrtovanju prometnic je tudi čim bolj izravnana bilanca zemeljskih mas (nasipe v čim večji meri gradimo z materiali, pridobljenimi v vkopih in predorih). Zato je v sklopu preiskav tal treba odvzeti tudi vzorce materialov iz razkopov, brazd in vrtin iz območij, kjer trasa prometnice poteka v vkopu, za preiskave njihove vgradljivosti oziroma uporabnosti za različne funkcije v prečnem profilu nasipov, kakor tudi za preiskave okoljskih lastnosti ter njihovih končnih mehanskih lastnosti po vgradnji. Pomembno je tudi pridobiti podatke za razvrščanje zemljin kot podlaga za presojo uporabnosti pri zemeljskih delih (TSPI PG.05.201 in TSPI PG.05.202 ali ASTM D-2487 (USCS)) in za kategorizacijo izkopov v zemljinah in kamninah (TSPI PG.05.100).

Materiali, ki v svojem naravnem stanju ne izkažejo ustreznih geomehanskih lastnosti za vgradnjo v nasipe, so lahko kljub temu uporabni, če jih predhodno tretiramo npr. z dodajanjem veziv. V takih primerih je predmet preiskav materialov za vgradnjo v nasipe in zasipe tudi določanje ustreznih receptur za mešanje osnovnega materiala z vezivi in preiskovanje njihovih mehanskih lastnosti po vezanju.

Podrobno so postopki za vzorčenje in metode preiskav zemeljskih materialov za vgradnjo v nasipe podani v TSPI PG.05.000 (Posebni tehnični pogoji za zemeljska dela pri gradnji prometne infrastrukture), TSPI PG.05.300 (Tretiranje zemljin z apnom in/ali hidravličnimi vezivi pri gradnji prometnic) in SIST EN ISO 16907-4 (Tretiranje zemljin z apnom in/ali hidravličnimi vezivi).

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 9.11: Potrebni podatki o tleh za projektiranje opornih in podpornih konstrukcij

Potrebni podatki	Oporne konstrukcije	Podporne konstrukcije
Tla kot celota		
Sloji tal do vplivne globine ^{a)}	+	+
Značilnosti podzemne vode in vodonosnih slojev tal	+	+
Prisotnost plazovitih tal	+	+
Prisotnost antropogenih tal	+	+
Profil strižnih hitrosti	(+)	(+)
Kemijske lastnosti podzemne vode	(+)	(+)
Za vsak sloj tal		
Klasifikacija oziroma razvrščanje sloja zemljin ali kamnin	+	+
Naravna vlažnost	+	+
Gostota	+	+
Nedrenirana strižna trdnost koherentnih zemljin (c_u)	(-)	+
Drenirana strižna trdnost slojev zemljin (φ' , c')	+	+
Strižna trdnost zelo razpokanih ali pregnetenih kamnin (Hoek-Brown)	(+)	(-)
Strižna trdnost vzdolž diskontinuitet v kamninah (Barton-Bandis)	(-)	-
Smeri in vpadi diskontinuitet	(+)	-
Togost (npr. E in ν , presiometrski modul, E_{oed} , tudi G_0)	+	+
Koeficient prekonsolidacije OCR	(-)	(+)
Količnik vodoprepustnosti (k)	(+)	(+)
Nabreklijivost (nabrekalni tlak ali deformacija)	(+)	-
Mineraloška sestava	(-)	-
Retencijska krivulja	(-)	-
Abrazivnost	(+)	(-)
Kraški pojavi v karbonatnih kamninah	(+)	(-)

+ priporočeno

(+) po presoji vodje preiskav ali na zahtevo projektne naloge

(-) praviloma ni potrebno, razen v posebnih primerih po presoji vodje preiskav

- ni potrebno

^{a)} Vplivna globina pri opornih konstrukcijah se oceni enako kot pri vkopih, pri podpornih pa podobno kot pri nasipih, razen ko večje globine izhajajo iz predvidenega načina temeljenja PK (npr. globoko temeljenje na pilotih).

9.8 Portali nad voziščem

Portali nad vozišči so lahko temeljeni neposredno na površje naravnih tal, na vrhu nasipa ali v vkopu. Pogosto bodo za načrtovanje temeljenja portalov zadoščali podatki, pridobljeni za traso ceste in/ali bližnje objekte. Taki so primeri portalov v vkopih, ki sežejo v trdnejše plasti zemljin ali kamnin, portali na vrhu nasipov in na naravnih dobro nosilnih tleh. V primerih, ko so portali predvideni na mehkejših tleh, pa je treba predvideti namenske preiskave za načrtovanje temeljev portala.

Za načrtovanje temeljenja portalov je pomembno pridobiti podatke o tleh za naslednje analize in presoje:

- optimalna izbira lokacije in globalna stabilnost prostora;
- odločitev o načinu temeljenja (plitvo, globoko);
- nosilnost in posedki/zasuki tal pod temeljem;
- odpornost tal na vodoravne obremenitve temeljev;
- načrtovanje morebitnih ukrepov za izboljšanje tal (povečanje nosilnosti, zmanjšanje posedkov, pospeševanje konsolidacije);

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

- izvori tveganj (kras, onesnažena tla, zelo mehka tla, težko dostopna mesta za preiskave in/ali izvedbo temeljev, vplivi na podzemno vodo, erozija tal pod temelji ...).

Preglednica 9.12: Minimalni obseg preiskav za načrtovanje portalov nad voziščem. Pomen geometrijskih količin definira slika 9.2.

	Tipične preiskave ^{a)}	Min. število sondiranj ^{b)}	Globina ^{c)}
GK2	Vrtine, laboratorij, PMT, (S)CPT, (S)DMT, SPT, razkop, In-situ preiskave podzemne vode	1/podporo	Plitev temelj širine B: $Z_{min} = \max(3,0 \text{ m}; 3 B)$ Pilot premera D_p : $Z_{min} = \max(3,0 \text{ m}; 3 D_p)$

a) Zapisane so le značilne preiskave, nabor je lahko širši. Odebeljeno so zapisane najbolj priporočene vrste preiskav.

b) Če je dvostranski portal grajen v prostoru z ugotovljeno homogeno zgradbo tal ali je en temelj zanesljivo predviden v dobro nosilnih tleh (n.pr. cesta v vkopu), zadošča ena preiskava za celoten portal. Glede na druge izvedene preiskave tal v bližini portala in glede na stopnjo poznavanja tal v okolici je po presoji izdelovalca projektne naloge ali vodje preiskav možno namesto vrtnice izbrati tudi ustrezno terensko sondiranje (npr. CPT).

c) Navedena je globina pod predvideno koto temeljenja (glej sliko 9.2). Predlagana minimalna globina preiskav je zapisana glede na kriterije dimenzioniranja temelja. Če je s preiskavami ugotovljena kamninska osnova na manjši globini od Z_{min} , se globino preiskav lahko ustrezno zmanjša.

9.9 Protihrupni nasipi in ograje

Za geotehnično načrtovanje protihrupnih nasipov se smiselno uporabljajo usmeritve iz poglavja 9.1.1 za trase prometnic v nasipu. Upoštevati je treba lego protihrupnega nasipa v prečnem profilu (na vrhu nasipa ali na naravnih tleh).

Protihrupne ograje so linijski objekti, ki so praviloma temeljeni na nizu točkovnih plitvih temeljev ali nizu pilotov. Zanje je značilna relativno visoka horizontalna obremenitev (veter) ob majhni lastni teži.

Podobno kot portali nad vozišči so lahko tudi protihrupne ograje temeljene neposredno na površju naravnih tal, na vrhu nasipa ali v vkopu. Legi protihrupne ograje in stopnji siceršnjega poznavanja tal je treba prilagoditi obseg in način preiskav tal. Pogosto bodo za načrtovanje temeljenja protihrupnih ograj zadoščali podatki, pridobljeni za traso ceste in/ali bližnje objekte. Taki so primeri protihrupnih ograj, ki bodo temeljene v trdnjših plasteh zemljin ali kamnin ter protihrupne ograje na vrhu novo grajenih nasipov, pa tudi na naravnih dobro nosilnih tleh. V primerih, ko so protihrupne ograje predvidene na mehkejših ali heterogenih tleh ali na starejših umetnih nasutjih, pa je treba zanje predvideti namenske preiskave tal.

Za načrtovanje temeljenja protihrupnih ograj je pomembno pridobiti podatke o tleh za naslednje analize in presoje:

- globalna stabilnost prostora;
- odločitev o načinu temeljenja (plitvo, globoko);
- nosilnost in posedki/zasuki tal pod temeljem;
- odpornost tal na vodoravne obremenitve temeljev;
- načrtovanje morebitnih ukrepov za izboljšanje tal (povečanje nosilnosti, zmanjšanje posedkov, pospeševanje konsolidacije);
- izvori tveganj (kras, onesnažena tla ali podzemna voda, zelo mehka tla, težko dostopna mesta za preiskave in/ali izvedbo temeljev, vplivi na podzemno vodo, erozija tal pod temelji ...).

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Preglednica 9.13: Minimalni obseg preiskav za načrtovanje protihrupnih ograj in nasipov. Pomen geometrijskih količin definira slika 9.2.

	Tipične preiskave ^{a)}	Medsebojna razdalja ^{b)}	Globina ^{c)}
GK2	Vrtine, laboratorij, PMT, (S)CPT, (S)DMT, SPT, razkop, in-situ preiskave podzemne vode	KT1: 250 m KT2: 100 m KT3: 50 m $N_{min} = 2$	Plitev temelj širine B: $Z_{min} = \max(3,0 \text{ m}; 3 B)$ Pilot premera D_p : $Z_{min} = \max(3,0 \text{ m}; 5 D_p)$

^{a)} Zapisane so le značilne preiskave, nabor je lahko širši. Odebeljeno so zapisane najbolj priporočene vrste preiskav.

^{b)} Upoštevajo se tudi vse predhodno izvedene preiskave ustrezne kakovosti v neposredni bližini poteka protihrupne ograje. Po presoji izdelovalca projektne naloge ali vodje preiskav je možno namesto vrtine izbrati tudi ustrezno terensko sondiranje (npr. CPT).

^{c)} Navedena je globina pod predvideno koto temeljenja (glej sliko 9.2). Predlagana minimalna globina preiskav je zapisana glede na kriterije dimenzioniranja temelja. Če je s preiskavami ugotovljena kamninska osnova na manjši globini od Z_{min} , se globino preiskav ustrezno zmanjša.

9.10 Drugo (stavbe, prestavitve vodov ipd.)

Na prometnicah se poleg že omenjenih objektov pojavljajo tudi stavbe (npr. pogonske centrale pri predorih, stavbe za nadzor prometa, vzdrževalce ...), prestavitve nadzemnih in podzemnih vodov in drugi gradbeni posegi. Za te objekte se smiselno uporabljajo zahteve iz prejšnjih poglavij glede na to ali gradnja objekta vsebuje plitvo oziroma globoko temeljenje, začasne ali trajne vkope, nasipe ...

10 Projektna naloga za preiskave tal in podzemne vode

Projektna naloga za preiskave tal na trasi načrtovane prometnice ali za njihove sanacije oziroma rekonstrukcije je v pogojih razgibane morfologije terena in geološke zgradbe tal ter hidrogeoloških pogojev v Sloveniji zahtevno delo. Zato mora projektno nalogo pripraviti strokovnjak s predhodnimi izkušnjami iz načrtovanja in/ali izvajanja preiskav tal v podobnih geoloških razmerah.

V začetnih fazah (preliminarne preiskave tal) si mora pripravljavec projektne naloge pomagati pretežno z javno dostopnimi podatki in lastnim ogledom terena, kasneje pa se poleg tega opira tudi na vso dokumentacijo, izdelano v predhodnih fazah. Razpolagati mora tudi z najnovejšo različico projektne dokumentacije, saj so lokacije preiskav, njihova globina in vrsta, predvsem pa namen, pogojeni z načrtovanim gradbenim posegom.

Pri pripravi projektne naloge je treba upoštevati:

- vse javno dostopne in predhodno pridobljene podatke o tleh na lokaciji prometnice;
- velikost, vrsto in zahtevnost načrtovanega gradbenega posega ali objekta;
- predviden način temeljenja objekta;
- pogoje iz veljavnih prostorskih načrtov (OPPN, DPN);
- zahtevnost gradnje v povezavi z zahtevnostjo tal (geotehnična kategorija).

Obseg in metode preiskav tal morajo slediti minimalnim kriterijem iz predhodnih poglavij te Tehnične specifikacije. Kljub temu je treba dopustiti določen prostor pripravljavcu, da pri pripravi projektne naloge za preiskave tal za konkreten primer prometnice upošteva svojo strokovno presojo in obseg ter metode preiskav prilagodi vsakokratnim specifičnim pogojem. Zato je pomembno, da projektne naloge pripravljajo ustrezno usposobljeni in izkušeni strokovnjaki.

Projektna naloga mora poleg predvidenega obsega in metod preiskav tal podati tudi utemeljitev predloga, tako da opiše namen posameznih preiskav oziroma cilje celotnega predvidenega obsega preiskav tal v povezavi z načrtovano gradnjo. Le na ta način bo Izvajalec preiskav lahko vso dolžno

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

pozornost posvetil specifičnim pogojem projekta in v delo vključil tudi svoje strokovno znanje in izkušnje.

Zlasti pri obsežnejših projektih je dobra praksa ta, da se že izvedene preiskave sproti interpretirajo in se na podlagi sprotnih spoznanj preostala še predvidena dela po potrebi v dogovoru z Naročnikom prilagodijo tako, da bodo v čim večji meri doseženi vsi zastavljeni cilji preiskav tal. Način sodelovanja med Naročnikom in Izvajalcem preiskav tal v času trajanja preiskav naj se opiše v Projektni nalogi.

Pri obsežnih in zahtevnih preiskovalnih delih lahko projektna naloga od Izvajalca preiskav zahteva izdelavo tehnološkega elaborata, s katerim opredeli opremo, dostope do posameznih lokacij preiskav in podrobne postopke za izvedbo preiskav.

Projektna naloga naj v primerih, kjer je to smiselno (praviloma na objektih, ki sodijo v GK3), uvaja tudi napredne, čeprav ne nujno standardizirane metode preiskav tal in vzorcev odvzetih zemljin in kamnin (npr. analiza preteklih premikov tal s satelitsko radarsko interferometrijo – INSar – nabrekljivost, sukcija, preiskave dinamičnih lastnosti zemljin v laboratoriju).

S projektno nalogo je treba predpisati tudi način predaje Poročila (število tiskanih izvodov, pasivna elektronska oblika, aktivna elektronska oblika vključno z zahtevanimi formati). S projektno nalogo ni dovoljeno opustiti obveze predaje vseh merjenih podatkov preiskav v aktivni elektronski obliki.

10.1 Vsebinski list

Priporočena vsebina projektne naloge za preiskave tal in podzemne vode za trase prometnic in/ali objektov na prometni infrastrukturi je navedena v nadaljevanju v obliki predloga kazala. Z ležečo pisavo so ponekod na kratko pripisane predlagane vsebine poglavja. Kadar je to smiselno, naj avtor projektne naloge določena poglavja doda ali izpusti oziroma jih razvrsti po svoji presoji.

UVOD

Izhodišča

Faza in namen/cilj preiskav

Obseg preiskav

Predpisi in standardi (*s področij urejanja prostora, varovanja okolja in narave, graditve objektov, gradnje predorov, rudarstva, geotehnike ...*)

OSNOVNE ZNAČILNOSTI TRASE / OBJEKTA

Opis lokacije

Opis trase prometnice in/ali objektov

Opis stanja prometnice (ko gre za sanacije ali rekonstrukcije)

OSNOVNE MORFOLOŠKE, GEOLOŠKE, HIDROGEOLOŠKE, GEOTEHNIČNE IN OKOLJSKE ZNAČILNOSTI PROSTORA

Predstavitev območja preiskav tal na podlagi javno dostopnih podatkov (*geološke karte, lidar ...*)

Pregled predhodno izvedenih preiskav tal (*navedba vseh relevantnih arhivskih dokumentov*)

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**PROGRAM PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**

Izhodišča

Geodetske podlage (*navesti ali obstajajo ali so obveznost Izvajalca preiskav tal*)

Preiskave za traso (*priporočljivo po smiselnih segmentih: za vsak posamezen vkop, nasip ali po geološko in/ali morfološko sorodnih enotah; namen, metode, obseg, lokacije ... skladno z minimalnimi zahtevami iz te Tehnične specifikacije*)

Preiskave za (posamezne) objekte

Terminski potek del

Sodelovanje z Naročnikom

IZDELAVA POROČIL

Roki

Posebne zahteve glede vsebine Poročila

Posebne zahteve glede načina oddaje Poročila in podatkov

Informacija o recenziranju

POSEBNE ZAHTEVE

Prometne zapore

Soglasja lastnikov komunalne infrastrukture

Soglasja lastnikov zemljišč

Posebne zahteve glede preiskav degradiranih območij (če so prisotna)

Usklajevanje del z drugimi aktivnostmi v prostoru

Zahteva po akreditaciji (npr. za Izvajalca okoljskih analiz)

Prisotnost odgovorne osebe Izvajalca preiskav

Obveznost informiranja Naročnika in drugih deležnikov (npr. Projektant)

Zahteve glede časovnega in prostorskega zaporedja del in zaporednosti/vzporednosti del

Obveznost izdelave terminskega plana

Zahteve glede uporabe standardnih/nestandardnih postopkov preiskav in morebitne dodatne zahteve glede odvzema, rokovanja z vzorci in izvedbo posameznega tipa meritve

Druge zahteve do Izvajalca preiskav

PONUDBA

Dokazila o kadrih in opremi

Reference Izvajalca preiskav

Rok in terminski plan

Ponudbeni predračun

Podroben načrt izvedbe del

PRILOGE

Situacija območja z vrisano traso prometnice in /ali objekti ter predvidene lokacije preiskav tal

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Načrti

Profili tal iz predhodnih faz preiskav tal in podzemne vode

Popis del

...

11 Vsebina poročil o preiskavah tal in podzemne vode

Vsebino poročil o preiskavah tal navaja standard oSIST prEN 1997-2:2022 v svojem normativnem dodatku A. Ta Tehnična specifikacija podaja vsebinski list poročil s predvidenim zaporedjem poglavij in v prilogah A in B za posamezno poglavje navede priporočeno vsebino.

Vsebina Poročila o preiskavah tal za potrebe načrtovanja prometnic mora biti prilagojena naravi in zahtevnosti projekta, fazi preiskav, vrstam in obsegu izvedenih preiskav ter stopnji predhodnega poznavanja terena in izkušenj iz preteklih gradenj v obravnavanem prostoru. Poročilo lahko vsebuje vsa ali le del v nadaljevanju navedenih poglavij, lahko pa avtorji kakšno poglavje tudi dodajo.

11.1 Trasa prometnice

Vsebinski list Poročila o preiskavah tal in podzemne vode za traso prometnice je naveden spodaj, podrobnejša vsebina posameznih poglavij je definirana v prilogi A.

I TEKSTUALNI DEL**1 UVOD****2 PREGLED OPRAVLJENIH PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE****2.1 PROJEKTANTSKE PODLAGE****2.2 PREGLED PREDHODNO OPRAVLJENIH PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE****2.3 NAČRT PREISKAV TAL****2.3.1 Odstopanja od načrta preiskav tal****2.4 OPIS IZVEDENIH PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE****2.4.1 Geodetske podlage****2.4.2 Kabinetna študija****2.4.3 Inženirsko geološki in geotehnični pregled terena****2.4.4 Hidrogeološki pregled terena****2.4.5 Okoljski pregled tal in objektov****2.4.6 Seizmičnost področja****2.4.7 Izvedene terenske geotehnične preiskave****2.4.8 Izvedene hidrogeološke preiskave****2.4.9 Izvedene laboratorijske preiskave****2.4.10 Tehnično opazovanje tal****2.4.11 Druge izvedene meritve, opažanja in dokumentirane izkušnje****3 INTERPRETACIJA IN VERIFIKACIJA PODATKOV O TLEH****3.1 KRATEK OPIS GEOLOŠKEGA RAZVOJA ZGRADBE TAL****3.2 KRATEK OPIS KONCEPTA DELITVE TRASE NA GEOTEHNIČNO ZNAČILNE ODSEKE**

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**3.3 ODSEK od km xx.xx do km yy.yy:**

3.3.1 Podroben opis geoloških, hidrogeoloških, geotehničnih in okoljskih značilnosti prostora

3.3.2 Pregled in analiza dobljenih vrednosti za lastnosti tal in podzemne vode

3.3.3 Opis posameznih slojev tal

3.3.4 Model tal

3.3.5 Priporočila za geotehnično projektiranje

3.3.6 Priporočila za preiskave v naslednji fazi

3.4 ODSEK od km yy.yy do km zz.zz:

...

4 VIRI**II PRILOGE**

P PRILOGE Z REZULTATI PREISKAV

G GRAFIČNI PRIKAZI

11.2 Objekti

Vsebinski list Poročila o preiskavah tal in podzemne vode za objekt(e) je naveden spodaj, podrobnejša vsebina posameznih poglavij pa je definirana v prilogi B.

I TEKSTUALNI DEL**1 UVOD****2 PREGLED OPRAVLJENIH PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE****2.1 PROJEKTANTSKE PODLAGE****2.2 PREGLED PREDHODNO OPRAVLJENIH PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE****2.3 NAČRT PREISKAV TAL****2.4 OPIS IZVEDENIH PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE****2.4.1 Geodetske podlage****2.4.2 Kabinetna študija****2.4.3 Inženirsko geološki in geotehnični pregled terena****2.4.4 Hidrogeološki pregled terena****2.4.5 Okoljski pregled tal****2.4.6 Seizmičnost področja****2.4.7 Izvedene terenske geotehnične preiskave****2.4.8 Izvedene hidrogeološke preiskave****2.4.9 Izvedene laboratorijske preiskave****2.4.10 Tehnično opazovanje tal****2.4.11 Druge izvedene meritve, opažanja in dokumentirane izkušnje****3 INTERPRETACIJA IN VERIFIKACIJA PODATKOV O TLEH****3.1 KRATEK OPIS GEOLOŠKEGA RAZVOJA ZGRADBE TAL**

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

3.2 KRATEK OPIS KONCEPTA DELITVE TRASE OBJEKTA NA GEOTEHNIČNO ZNAČILNE ODSEKE (SAMO ZA DALJŠE OBJEKTE NPR. PREDORI, VIADUKTI)

3.3 ZNAČILNOSTI TAL NA OBMOČJU OBJEKTA

3.3.1 Podroben opis geoloških, hidrogeoloških, geotehničnih in okoljskih značilnosti prostora

3.3.2 Pregled in analiza dobljenih vrednosti za lastnosti tal in podzemne vode

3.3.3 Opis posameznih slojev tal

3.3.4 Model tal

3.3.5 Priporočila za geotehnično projektiranje

3.3.6 Priporočila za preiskave v naslednji fazi

4 VIRI

II PRILOGE

P PRILOGE Z REZULTATI PREISKAV

G GRAFIČNI PRIKAZI

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**12 Literatura in viri**

Evrokod

oSIST prEN 1997-1:2022: Geotehnično projektiranje – Splošna pravila

oSIST prEN 1997-2:2022: Geotehnično projektiranje – Lastnosti tal

oSIST prEN 1997-3:2022: Geotehnično projektiranje – Geotehnične konstrukcije

Prepoznavanje in razvrščanje zemljin

SIST EN ISO 14688-1:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Prepoznavanje in razvrščanje zemljin - 1. del: Prepoznavanje in opisovanje

SIST EN ISO 14688-2:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Prepoznavanje in razvrščanje zemljin - 2. del: Načela za razvrščanje

Prepoznavanje, opisovanje in razvrščanje kamnin

SIST EN ISO 14689:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje – Prepoznavanje, opisovanje in razvrščanje kamnin

Zemeljska dela

SIST EN 16907-2:2019 Zemeljska dela – 2. del: Klasifikacija materialov

Geotermalno preskušanje

SIST EN ISO 17628:2022 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Geotermalno preskušanje - Ugotavljanje toplotne prevodnosti zemlje in skal z uporabo vrtine toplote

Laboratorijsko preskušanje zemljin

SIST EN ISO 17892-1:2015 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 1. del: Ugotavljanje vlažnosti

SIST EN ISO 17892-2:2015 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 2. del: Ugotavljanje prostorninske gostote

SIST EN ISO 17892-3:2016 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 3. del: Ugotavljanje gostote zrn

SIST EN ISO 17892-4:2017 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 4. del: Ugotavljanje zrnastostne sestave

SIST EN ISO 17892-5:2017 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 5. del: Edometriški preskus s postopnim obremenjevanjem

SIST EN ISO 17892-6:2017 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 6. del: Preskus s konusom

SIST EN ISO 17892-7:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 7. del: Enosni tlačni preskus

SIST EN ISO 17892-8:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 8. del: Nekonsolidirani nedrenirani triosni preskus

SIST EN ISO 17892-9:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 9. del: Konsolidiran triosni tlačni preskus na z vodo zasičenih zemljinah

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

SIST EN ISO 17892-10:2019 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 10. del: Neposredni strižni preskus

SIST EN ISO 17892-11:2019 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 11. del: Ugotavljanje prepustnosti

SIST EN ISO 17892-12:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 12. del: Ugotavljanje meje tekočine in plastičnosti

SIST EN ISO 17892-12:2018/A 2:2022 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 12. del: Ugotavljanje meje tekočine in plastičnosti - Dopolnilo A2

SIST EN ISO 17892-12:2018/A 1:2021 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 12. del: Ugotavljanje meje židkosti in plastičnosti - Dopolnilo A1

Laboratorijsko preskušanje kamnin:

Alejandro, L.R., Muralha, J., Ulusay, R. et al. ISRM Suggested Method for Determining the Basic Friction Angle of Planar Rock Surfaces by Means of Tilt Tests. *Rock Mech Rock Eng* 51, 3853–3859 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00603-018-1627-6>

Feng, XT., Haimson, B., Li, X. et al. ISRM Suggested Method: Determining Deformation and Failure Characteristics of Rocks Subjected to True Triaxial Compression. *Rock Mech Rock Eng* 52, 2011–2020 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00603-019-01782-z>

The complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterisation, Testing and Monitoring: 1974-2006, Editors: Resat Ulusay, John Hudson, ISRM, 2007 (The Blue Book)

The ISRM Suggested Methods for Rock Characterisation, Testing and Monitoring: 2007-2014, Editor: Resat Ulusay, ISRM, 2014 (The Orange Book)

Kakovost tal - vzorčenje

SIST ISO 18400-100:2018 Kakovost tal - Vzorčenje - 100. del: Navodilo za izbiro standardov za vzorčenje

SIST ISO 18400-101:2018 Kakovost tal - Vzorčenje - 101. del: Okvirno navodilo za pripravo in uporabo načrta vzorčenja

SIST ISO 18400-102:2018 Kakovost tal - Vzorčenje - 102. del: Izbira in uporaba tehnik vzorčenja

SIST ISO 18400-103:2018 Kakovost tal - Vzorčenje - 103. del: Varnost

SIST ISO 18400-104:2019 Kakovost tal - Vzorčenje - 104. del: Strategije

SIST ISO 18400-105:2018 Kakovost tal - Vzorčenje - 105. del: Pakiranje, prenos, shranjevanje in konzerviranje vzorcev

SIST ISO 18400-106:2018 Kakovost tal - Vzorčenje - 106. del: Kontrola in zagotavljanje kakovosti

SIST ISO 18400-107:2018 Kakovost tal - Vzorčenje - 107. del: Zapisovanje in poročanje

SIST ISO 18400-201:2018 Kakovost tal - Vzorčenje - 201. del: Fizikalna priprava vzorca na terenu

SIST ISO 18400-202:2019 Kakovost tal - Vzorčenje - 202. del: Predhodne preiskave

SIST ISO 18400-203:2019 Kakovost tal - Vzorčenje - 203. del: Preiskava domnevno onesnaženih območij

SIST ISO 18400-204:2018 Kakovost tal - Vzorčenje - 204. del: Navodilo za vzorčenje plinov iz tal

SIST ISO 18400-205:2019 Kakovost tal - Vzorčenje - 205. del: Navodilo za postopek preiskave naravnih, delno naravnih in obdelanih območij

SIST ISO 18400-206:2019 Kakovost tal - Vzorčenje - 206. del: Zbiranje, ravnanje in shranjevanje vzorcev tal pri aerobnih pogojih za oceno mikrobioloških procesov, biomase in raznolikosti v laboratoriju

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Geotehnične meritve

SIST EN ISO 18674-1:2015 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Geotehnične meritve - 1. del: Splošna pravila

SIST EN ISO 18674-2:2017 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Geotehnične meritve - 2. del: Meritve pomikov vzdolž merilne linije: ekstenzometer

SIST EN ISO 18674-3:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Geotehnične meritve - 3. del: Meritve pomikov pravokotno na merilno os z inklinometri

SIST EN ISO 18674-3:2018/A 1:2020 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Geotehnične meritve - 3. del: Meritve pomikov pravokotno na merilno os z inklinometri - Dopolnilo A1

SIST EN ISO 18674-4:2020 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Geotehnične meritve - 4. del: Meritve tlaka porne vode: piezometri

SIST EN ISO 18674-5:2019 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Geotehnične meritve - 5. del: Merjenje sprememb napetosti s tlačnimi merskimi celicami

oSIST prEN ISO 18674-7:2024 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Geotehnične meritve - 7. del: Merjenje deformacij

SIST EN ISO 18674-8:2024 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Geotehnične meritve - 8. del: Merjenje sil: obremenilne celice

Hidrogeološke preiskave

SIST EN ISO 22282-1:2012 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Hidrogeološke preiskave - 1. del: Splošna pravila

SIST EN ISO 22282-2:2012 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Hidrogeološke preiskave - 2. del: Ugotavljanje vodoprepustnosti v vrtini z uporabo odprtih sistemov

SIST EN ISO 22282-3:2012 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Hidrogeološke preiskave - 3. del: Tlačni preskus v kamninah (VDP)

SIST EN ISO 22282-4:2021 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Hidrogeološke preiskave - 4. del: Črpalni preskus

SIST EN ISO 22282-5:2012 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Hidrogeološke preiskave - 5. del: Infilometrski preskus

SIST EN ISO 22282-6:2012 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Hidrogeološke preiskave - 6. del: Ugotavljanje vodoprepustnosti v vrtini z uporabo zaprtih sistemov

Metode vzorčenja in merjenje podzemne vode

SIST EN ISO 22475-1:2022 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Metode vzorčenja in merjenje podzemne vode - 1. del: Tehnična načela za vzorčenje zemlje, skal in podzemne vode

SIST EN ISO/TS 22475-2:2008 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Metode vzorčenja in preiskav podzemne vode - 2. del: Kvalifikacijska merila za vodstvo in osebje

SIST EN ISO/TS 22475-3:2008 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Metode vzorčenja in preiskav podzemne vode - 3. del: Ugotavljanje skladnosti za vodstvo in osebje tretje stranke

Meritve prisotnosti podzemne vode v opazovalnih vrtinah

ISO/TR 23211:2009 Hydrometry – measuring the water level in a well using automated pressure transducer methods

ISO 21413:2005 Manual methods for the measurement of a groundwater level in a well

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Meritve kakovosti vode

SIST ISO 5667-22:2011 Kakovost vode – Vzorčenje – 22. del: Navodilo za načrtovanje in namestitve vzorčevalnih mest za monitoring podzemne vode

Preskušanje na terenu

ASTM D6429-20: Standard guide for selecting surface geophysical methods.

SIST EN ISO 22476-1:2023 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 1. del: Konusni penetracijski preskus z ali brez merjenja površinskih tlakov

SIST EN ISO 22476-2:2016 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 2. del: Dinamični penetracijski preskus

SIST EN ISO 22476-2:2005/A1:2012 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 2. del: Dinamični penetracijski poskus - Dopolnilo 1

SIST EN ISO 22476-3:2005 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 3. del: Standardni penetracijski preskus

SIST EN ISO 22476-3:2005/A1:2012 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 3. del: Standardni penetracijski preskus - Dopolnilo 1

SIST EN ISO 22476-4:2021 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 4. del: Preskus z Ménardovim presiometrom

SIST EN ISO 22476-5:2012 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 5. del: Preskus v vrtini s presiometrom

SIST EN ISO 22476-6:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 6. del: Preskus s samouvrtanim presiometrom

SIST EN ISO 22476-7:2013 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 7. del: Preskus z bočnim tlakom v vrtini

SIST EN ISO 22476-8:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 8. del: Preskus z vtiskovanim presiometrom

SIST EN ISO 22476-9:2020 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 9. del: Preskus s terensko krilno sondo (FVT in FVT-F)

SIST EN ISO 22476-10:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 10. del: Težnostni sondirni preskus

SIST EN ISO 22476-11:2017 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 11. del: Ploskovni dilatometrski preskus

SIST EN ISO 22476-12:2009 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 12. del: Mehanski penetracijski preskus

SIST EN ISO 22476-14:2020 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 14. del: Dinamični preskus vrtin

SIST EN ISO 22476-15:2016 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje na terenu - 15. del: Meritve ob vrtnanju

Preskušanje geotehničnih konstrukcij

SIST EN ISO 22477-1:2019 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje geotehničnih konstrukcij - 1. del: Preskušanje nosilnih pilotov s statično osno stiskalno obremenitvijo

SIST EN ISO 22477-2:2023 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje geotehničnih konstrukcij - 2. del: Preskušanje pilotov: statični natezni preskus

SIST EN ISO 22477-4:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje geotehničnih konstrukcij - 4. del: Preskušanje pilotov: dinamični obremenilni preskus

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

SIST EN ISO 22477-5:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje geotehničnih konstrukcij - 5. del: Preskušanje injektiranih sider

SIST EN ISO 22477-10:2017 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Preskušanje geotehničnih konstrukcij - 10. del: Preskušanje pilotov: hitri obremenilni preskus

Kvalifikacijska merila in ocenjevanje

SIST EN ISO/TS 24283-1:2022 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Kvalifikacijska merila in ocenjevanje - 1. del: Usposobljen tehnik in usposobljen upravljavec

SIST EN ISO/TS 24283-2:2022 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Kvalifikacijska merila in ocenjevanje - 2. del: Odgovorni strokovnjak

SIST EN ISO/TS 24283-3:2022 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Kvalifikacijska merila in ocenjevanje - 3. del: Usposobljeno podjetje

Drugo

Ocepek, Škrabl, Jerman, Car Priročnik za izvedbo geotehničnih preiskav, IZS, 2018

Mozetič, Matoz, Lapanje, Rman, Geofizikalne meritve v vrtinah, Karotažne meritve. Geološki zavod Slovenije, 2020.

TSPI PG.05.100:2021 Kategorizacija izkopov v zemljinah in kamninah

TSPI PG.05.201:2023 Zemeljska dela – Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih: razvrščanje zemljin

TSPI PG.05.202:2023 Zemeljska dela – Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih: smernice za presojo uporabnosti zemljin pri zemeljski delih na osnovi razvrščanja

TSPI – PG.05.300:2024 Zemeljska dela – Tretiranje zemljin z apnom in/ali hidravličnimi vezivi pri gradnji prometnic

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**PRILOGA A: Predlagana vsebina Poročila o preiskavah tal za traso prometnice****I TEKSTUALNI DEL****1 UVOD****2 PREGLED OPRAVLJENIH PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**

Uvod predvsem predstavi lokacijo ter kratek opis gabaritov in značilnosti načrtovane prometnice, fazo, namen ter obseg preiskav tal, časovno obdobje, v katerem so se izvajale terenske in laboratorijske preiskave.

2.1 PROJEKTANTSKE PODLAGE

Opis in navedba (naslov in št. dokumenta, datum, avtorji) prejetih projektantskih podlog (stopnja obdelave, faza ...), ki predstavljajo podlago za izvedbo preiskav tal in za pripravo Poročila.

2.2 PREGLED PREDHODNO OPRAVLJENIH PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Navedba vseh dostopnih virov o preiskavah tal iz predhodnih faz preiskav za obravnavano traso prometnice ter morebitnih drugih virov podatkov o tleh v obravnavanem prostoru.

Povzetek rezultatov iz navedenih virov v povezavi z drugimi javno dostopnimi podatki o tleh se poda v točki 1.5.2 (Kabinetna študija)

2.3 NAČRT PREISKAV TAL

Navesti je treba preliminarno ocenjene geotehnične kategorije po odsekih trase in opisati ter utemeljiti podroben načrt preiskav tal.

2.3.1 Odstopanja od načrta preiskav tal

Navesti je treba odstopanja med načrtovanim obsegom in metodami preiskav ter dejansko izvedenimi preiskavami. Razložiti je treba razloge in pojasniti kako so kljub odstopanjem (ali pa ravno zaradi njih) doseženi vsi cilji načrtovanih preiskav.

2.4 OPIS IZVEDENIH PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**2.4.1 Geodetske podlage**

Opis opravljenih geodetskih del na lokaciji oziroma sklic na geodetski načrt. Navesti je treba ali obstaja podroben geodetski načrt ali so vsi prikazi in analize narejeni na podlagi manj natančnega DMR. Navesti je treba uporabljeni koordinatni sistem. Kako so določeni položaji geotehničnih preiskav (vrtine, razkopi, terenske geotehnične meritve...)?

Opis morebitnih dolgotrajnih geodetskih opazovanj nestabilnih območij se opiše v točki 2.4.10.

2.4.2 Kabinetna študija

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Povzetek podatkov in spoznanj iz obstoječe geološke, hidrogeološke in geotehnične dokumentacije na podlagi aktivnosti iz točke 6.1 te TSPI. Utemeljitev podrobnega programa preiskav tal na podlagi kabinetne študije in predvsem morebitnih odstopanj od projektne naloge na podlagi spoznanj kabinetne študije. Opis naj vsebuje:

- morfologijo terena, ki izhaja iz historičnih in sodobnih kart območja;
- geološke značilnosti prostora na podlagi geološke karte in drugih dostopnih virov;
- identifikacijo vodotokov, izvirov, vodovarstvenih območij;
- lokacije znanih nestabilnih območij (plazov);
- ugotovljena umetna nasutja;
- značilnosti in obnašanje sosednjih objektov ter druge izkušnje, pridobljene med gradnjami v okolici (npr. način izvedbe zemeljskih del ali temeljenja bližnjih objektov);
- preteklost lokacije (geološka preteklost in pretekla raba parcele, ki vpliva na mehansko obnašanje – npr. obremenitve, ali potencialno onesnaženje tal);
- druge dostopne informacije (npr. posnetki z metodami daljinskega zaznavanja).

2.4.3 Inženirsko geološki in geotehnični pregled terena

Opis rezultatov kartiranja širšega območja predvidenega gradbenega posega. Pri opisu naj se nadgradi rezultate kabinetne študije z neposrednimi opažanji trenutnega stanja na terenu. Posebej pozorno naj se opiše:

- morfologijo terena;
- geološke značilnosti prostora, ki so rezultat kartiranja;
- izdanke (golice) v kamnolomih, cestnih vkopih ipd.;
- opis površinskih voda, vodnih virov in vlažnih območij na terenu;
- nestabilna območja in erozijske pojave;
- na terenu identificirana umetna nasutja;
- morebitne posebnosti/težave pri izvajanju izkopov;
- relevantne informacije o stanju in obnašanju tal med preteklimi gradnjami, ki smo jih ugotovili med terenskim pregledom in v pogovorih z domačini
- druge relevantne podatke oz. pojave.

2.4.4 Hidrogeološki pregled terena

Opis rezultatov hidrogeološkega kartiranja z opredelitvijo pojavov vode na površini, prisotnosti virov pitne vode, količinskega stanja podzemne vode in kemijskega stanja podzemne vode, oboje predvsem v odnosu do načrtovane trase prometnice ali objekta (npr. porazdelitev tlakov vode v polprostoru, vpliv vzgona na konstrukcije, prisotnost tokovnega potenciala, ocena dotokov podzemne vode v gradbene jame in potreba po dreniranju, agresivnost vode za gradbene konstrukcije ... kakor tudi potencialno negativni vplivi gradnje na podzemno vodo in vire pitne vode na vplivnem območju).

2.4.5 Okoljski pregled tal in objektov

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Opis in foto dokumentacija pregleda širšega območja predvidenega gradbenega posega. Opredelitev glede informacij, pridobljenih v kabinetni študiji in navedbe dodatno (novo) pridobljenih informacij o lokaciji, stanju tal in objektov, morebitnih identificiranih virih onesnaženja, poti in receptorjev, s poudarkom na posebnostih lokacije (npr. obarvanost površinskih in izcednih voda, vonj, invazivne rastlinske vrste, območja brez rastja...). Navesti je treba tudi morebitne omejitve dostopa in druge informacije, ki lahko pomembno vplivajo na načrtovanje in izvedbo naslednjih faz preiskav.

2.4.6 Seizmičnost področja

Na podlagi veljavne karte potresne nevarnosti Slovenije se za lokacijo določi projektni pospešek tal.

Na podlagi sestave tal in merjenih hitrosti strižnega valovanja po globini profila tal je treba za potrebe določanja kategorije tal vsaj za objekte, uvrščene v GK3, in vse objekte kategorije KO3 definirati naslednja dva podatka skladno z Evrokodom 1998-1:2023:

H_{800} ... globina do seizmične podlage, to je do sloja s hitrostjo strižnega valovanja $v_s > 800$ m/s

$v_{s,H}$... povprečna vrednost hitrosti strižnega valovanja ($v_{s,H} = \frac{H}{\sum_{j=1}^N \frac{h_j}{v_j}}$) od površja tal

do kote seizmične podlage oziroma do globine 30 m (H je manjša izmed vrednosti H_{800} in 30 m). V enačbi nadalje pomenijo oznake: N število slojev, h_j debelina sloja j in v_j hitrost strižnega valovanja v sloju j .

Kategorijo tal A do F se na podlagi teh dveh količin določi po preglednici 5.1 iz Evrokoda 1998-1:2022 (Javna obravnava).

Za objekte geotehničnih kategorij GK1 in GK2 razen objektov KO3 se lahko uporabi alternativni postopek iz dodatka B k Evrokodu 1998-1:2023. Ta temelji na opisu profila tal in rezultatih terenskih geotehničnih meritev s SPT, CPT, KS ali PMT sondiranj.

2.4.7 Izvedene terenske geotehnične preiskave

Sistematično (kolikor mogoče v obliki preglednic) se navede vse izvedene terenske preiskave tal (vrtine, sondažni razkopi, SPT, CPT ...). Po presoji avtorjev se pri večjem obsegu preiskav detaljne rezultate predstavi v prilogah k Poročilu, v besedilu pa se navede lokacije in globine posameznih preiskav ter sklice na ustrezne priloge z rezultati. Zapisati je treba standarde, po katerih so preiskave izvedene ter navesti vsa odstopanja od standardov in pojasnila zanje. Lokacije izvedenih preiskav morajo biti označene tudi na grafičnih prikazih (situacija, profili).

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**2.4.8 Izvedene hidrogeološke preiskave**

Navesti lokacije piezometrov in kaj vse je bilo merjeno (gladina podzemne vode, porni tlaki, temperatura, elektroprevodnost ...), tabelarično in/ali grafično predstaviti rezultate meritev vodoprepustnosti s kotami ali tlaki ter prikazati osnovne statistične značilnosti nihanja gladin/tlakov podzemne vode, predstaviti rezultate meritev infiltracijske kapacitete, ponikalne sposobnosti ...

Če gre za dolgoročno opazovanje nihanja podzemne vode v piezometrih, lahko avtorji te podatke po presoji vključijo v točko 2.4.10.

2.4.9 Izvedene laboratorijske preiskave

Uvodoma je treba podati utemeljitev programa laboratorijskih preiskav: kateri sloji tal so bili identificirani in kako so bili izbrani vzorci za laboratorijske preiskave, da bodo rezultati dali čim bolj ustrezno/relevantno podlago za projektiranje.

Sledi preglednica z rezultati vseh izvedenih preiskav. V primerih, ko je izvedenih preiskav veliko, se lahko avtorji odločijo, da se podrobnejše preglednice z rezultati preiskav predstavijo v prilogi, kjer bodo zbrani tudi vsi interpretirani izpisi posameznih preiskav. V vsakem primeru se v besedilu Poročila povzame obseg izvedenih laboratorijskih preiskav z navedbami standardov, po katerih so bile izvedene posamezne vrste preiskav.

Pri Poročilih za objekte z enim značilnim profilom tal se lahko pregled laboratorijskih preiskav prikaže v eni preglednici, kjer so v vrsticah navedene vrste preiskav, v stolpcih pa navede število preiskanih vzorcev za vsak sloj tal.

V Poročilih za trase prometnic ali pri daljših premostitvenih objektih ali predorih, ker trasa prečka več različnih karakterističnih profilov tal, se podobna preglednica pripravi za vsak značilen odsek s približno homogenim prerezom tal.

2.4.10 Tehnično opazovanje tal

V primerih, ko se že v sklopu preiskav tal vgradijo instrumenti za dolgotrajno opazovanje obnašanja tal (npr. inklinometri, ekstenzometri, geodetske meritve premikov tal ...), je treba navesti seznam vseh opazovalnih mest vključno s koordinatami ustja, njihov namen ter rezultate. Opišejo naj se metode vgradnje opreme ter vsa za interpretacijo pomembna opažanja ob vgradnji.

Podrobni zapisi rezultatov naj bodo vloženi med prilogami k Poročilu.

2.4.11 Druge izvedene meritve, opažanja in dokumentirane izkušnje

V tem razdelku se navedejo vsi podatki in spoznanja, ki niso bili navedeni v predhodnih točkah.

V sklopu preiskav tal bodo v nekaterih primerih izvedene meritve obnašanja konstrukcijskih elementov (npr. piloti, sidra) oziroma zbrane relevantne dokumentirane izkušnje, če niso bile dokumentirane v poglavjih o kabinetni študiji in terenskem kartiranju.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**3 INTERPRETACIJA IN VERIFIKACIJA PODATKOV O TLEH****3.1 KRATEK OPIS GEOLOŠKEGA RAZVOJA ZGRADBE TAL**

Opis naj vsebuje informacije, ki so ključne za razumevanje zgradbe tal na lokaciji načrtovane gradnje. Ta opis naj vzpostavi vsebinsko povezavo med splošnim poznavanjem geološke zgradbe prostora in pričakovanim obnašanjem tal med gradnjo.

3.2 KRATEK OPIS KONCEPTA DELITVE TRASE NA GEOTEHNIČNO ZNAČILNE ODSEKE

Uvodoma se opiše koncept razdelitve trase na posamezne odseke. V naslednjih poglavjih sledi podroben opis geoloških, hidrogeoloških in geotehničnih pogojev po posameznih odsekih z analizo vseh dobljenih podatkov in predlogom modela tal z vsemi karakterističnimi vrednostmi mehanskih parametrov.

3.3 ODSEK od km xx.xx do km yy.yy:**3.3.1 Podroben opis geoloških, hidrogeoloških, geotehničnih in okoljskih značilnosti prostora****3.3.2 Pregled in analiza dobljenih vrednosti za lastnosti tal in podzemne vode**

V tej točki se poleg pregleda in po potrebi statističnega vrednotenja dobljenih vrednosti opravi tudi verifikacija podatkov. Verifikacijo podatkov lahko opravimo s povratnimi analizami opazovanega obnašanja, kjer je to mogoče, ali s primerjavo s preteklimi dokumentiranimi izkušnjami ali z medsebojno primerjavo vrednosti, ki jih dobimo z različnimi metodami preiskav.

3.3.3 Opis posameznih slojev tal

Splošen kratek opis ključnih značilnosti posameznega sloja tal s poudarkom na njegovih mehanskih lastnostih. Skrbno naj se obravnavajo in izpostavijo ključne značilnosti posameznega sloja glede na načrtovan gradbeni poseg, še posebej če medsebojna interakcija gradbenega posega in lastnosti posameznega sloja tal lahko predstavlja povečano tveganje.

3.3.4 Model tal

Model tal je lahko podan v grafični obliki (v primerih, ko sloji tal v prostoru ne ležijo vodoravno) ali v obliki preglednice (ko lahko za model tal predpostavimo vodoravne sloje tal). Podati mora zaporedje interpretiranih slojev tal z njihovimi debelinami, profil tlakov podzemne vode in vse za projektiranje relevantne mehanske in druge lastnosti tal.

3.3.5 Priporočila za geotehnično projektiranje

Poročilo naj na tem mestu poda preliminarne priporočila in usmeritve projektantu prometnice glede poteka in nivelete prometnice, morebitne preliminarne usmeritve glede možnih nagibov vkopnih brežin, načinu temeljenja ključnih objektov in ga opozorijo na geotehnično pogojene dejavnike povečanega tveganja.

3.3.6 Priporočila za preiskave v naslednji fazi

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Avtorji Poročila o preiskavah tal ob zaključku vseh del najbolj poznajo tla v prostoru načrtovane prometnice, hkrati pa tudi vedo, katere podatke so najbolj pogrešali pri interpretaciji sestave in lastnosti tal ob pisanju Poročila oziroma kateri podatki so se pri interpretaciji izkazali za manj zanesljive. V tem poglavju naj podajo svoja priporočila za cilje, obseg in metode preiskav tal v naslednji fazi.

3.4 ODSEK od km yy.yy do km zz.zz:

...

4. VIRI**PRILOGE****P Priloge z rezultati preiskav**

Priloge k Poročilu značilno vključujejo:

- profile vrtin, sondažnih razkopov, naravnih izdankov, fotodokumentacijo jeder oziroma vidnih površin tal v razkopih in izdankih;
- poročila o rezultatih vseh opravljenih terenskih meritev in preiskav (geološke, geotehnične, hidrogeološke, geofizikalne, okoljske meritve ipd);
- poročila o laboratorijskih preiskavah vzorcev tal;
- hidrogeološko poročilo;
- poročilo o strukturno-geoloških razmerah (meritvah smeri in vpadov diskontinuitet v kamninah itd.);
- poročila o izvedenih mineraloških, kemijskih, okoljskih preiskavah vzorcev tal in podzemne vode;
- poročila o meritvah premikov tal (geodetske meritve, meritve z inklinometri ...);
- poročila o okoljskem stanju tal in objektov;
- 3D geološko-geotehnični model;
- poročilo o poteku izvedenih hidrogeoloških poizkusov in rezultatih obdelav;
- 3D hidrogeološki model;
- poročilo o vgradljivosti zemljin v nasipe;
- druga poročila.

G Grafični prikazi

Značilno bodo grafične priloge k Poročilu o preiskavah tal vsebovale:

- pregledno situacijo s širšo okolico objekta;
- legendo k inženirsko geološki karti in profilom tal;
- inženirsko geološko karto površja tal z vrisanimi lokacijami preiskav tal in ključnimi rezultati kartiranja;
- hidrogeološka karta;
- geotehnične vzdolžne in prečne prereze tal vključno s hidrogeološko interpretacijo;
- druge potrebne grafične prikaze.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Inženirsko geološka karta in geotehnični prerezi tal morajo imeti za osnovo kakovosten geodetski posnetek. Ta mora segati dovolj daleč od roba gradbenega posega, da bo možno v sklopu geotehničnega načrta strokovno korektno izvesti vse relevantne računske analize. V vplivnem območju načrtovane gradnje morajo grafični prikazi vsebovati tudi vse obstoječe objekte in infrastrukturo (lokacija in globina temeljev obstoječih objektov in komunalnih vodov). Upoštevati je treba, da je vplivno območje v primeru gradnje na območju strmih pobočij lahko zelo obsežno.

Vsi grafični prikazi morajo biti izdelani na tak način, da so jasno berljive vse informacije (grafične in pisne). Avtorji naj bodo pozorni na prekrivanje informacij, izbiro barv, velikost pisav, vidnost vseh informacij na robovih načrtov ...

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**PRILOGA B: Predlagana vsebina Poročila o preiskavah tal za objekte***I TEKSTUALNI DEL**1 UVOD**2 PREGLED OPRAVLJENIH PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**2.1 PROJEKTANTSKE PODLAGE**2.2 PREGLED PREDHODNO OPRAVLJENIH PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**2.3 NAČRT PREISKAV TAL**2.4 OPIS IZVEDENIH PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**2.4.1 Geodetske podlage**2.4.2 Kabinetna študija**2.4.3 Inženirsko geološki in geotehnični pregled terena**2.4.4 Hidrogeološki pregled terena**2.4.5 Okoljski pregled tal**2.4.6 Seizmičnost področja**2.4.7 Izvedene terenske geotehnične preiskave**2.4.8 Izvedene hidrogeološke preiskave**2.4.9 Izvedene laboratorijske preiskave**2.4.10 Tehnično opazovanje tal**2.4.11 Druge izvedene meritve, opažanja in dokumentirane izkušnje*

Posamezna (pod)poglavja Poročila o preiskavah tal za objekt so formalno in vsebinsko enaka kot za traso prometnice (glej prilogo A). Ključna razlika je v tem, da Poročilo za posamezen objekt podrobno obravnava ožje področje objekta in njegovo vplivno območje. V večini primerov je tlorisni gabarit objekta omejen in bodo zato lahko pogosto sestava ter lastnosti posameznih slojev tal opisane z enim samim modelom tal. Izjema so lahko predori in daljši pokriti vkopi ter viadukti. Pri daljših objektih se lahko tla vzdolž objekta razdelijo na smiselne relativno homogene odseke in se sestavo ter lastnosti tal analizira ločeno po posameznih odsekih, podobno kot za traso prometnice.

*3 INTERPRETACIJA IN VERIFIKACIJA PODATKOV O TLEH**3.1 KRATEK OPIS GEOLOŠKEGA RAZVOJA ZGRADBE TAL*

Opis naj vsebuje informacije, ki so ključne za razumevanje zgradbe tal na neposredni lokaciji objekta. Ta opis naj vzpostavi vsebinsko povezavo med splošnim poznavanjem geološke zgradbe prostora in pričakovanim obnašanjem tal med gradnjo in uporabo objekta.

3.2 KRATEK OPIS KONCEPTA DELITVE TRASE OBJEKTA NA GEOTEHNIČNO ZNAČILNE ODSEKE (SAMO ZA DALJŠE OBJEKTE NPR. PREDORI, VIADUKTI)

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE

Samo ko gre za (daljše) objekte, pri katerih se sestava tal vzdolž objekta spreminja do te mere, da tal ne moremo korektno opisati z enim samim modelom tal.

Uvodoma se opiše koncept razdelitve trase vzdolž objekta. Sledi podroben opis geoloških, hidrogeoloških in geotehničnih pogojev po posameznih odsekih z analizo vseh dobljenih podatkov in predlogom modela tal z vsemi karakterističnimi vrednostmi mehanskih parametrov.

3.3 ZNAČILNOSTI TAL NA OBMOČJU OBJEKTA**3.3.1 Podroben opis geoloških, hidrogeoloških, geotehničnih in okoljskih značilnosti prostora****3.3.2 Pregled in analiza dobljenih vrednosti za lastnosti tal in podzemne vode**

V tej točki se poleg pregleda in po potrebi statističnega vrednotenja dobljenih vrednosti opravi tudi verifikacija podatkov. Verifikacijo podatkov lahko opravimo s povratnimi analizami opazovanega obnašanja, kjer je to mogoče, ali s primerjavo s preteklimi dokumentiranimi izkušnjami ali z medsebojno primerjavo vrednosti, ki jih dobimo z različnimi metodami preiskav.

3.3.2 Pregled in analiza dobljenih vrednosti za lastnosti tal in podzemne vode

V tej točki se poleg pregleda in po potrebi statističnega vrednotenja dobljenih vrednosti opravi tudi verifikacija podatkov. Verifikacijo podatkov lahko opravimo s povratnimi analizami opazovanega obnašanja, kjer je to mogoče, ali s primerjavo s preteklimi dokumentiranimi izkušnjami ali z medsebojno primerjavo vrednosti, ki jih dobimo z različnimi metodami preiskav.

3.3.3 Opis posameznih slojev tal

Splošen kratek opis ključnih značilnosti posameznega sloja tal s poudarkom na njegovih mehanskih lastnostih. Skrbno naj se obravnavajo in izpostavijo ključne značilnosti posameznega sloja glede na načrtovan gradbeni poseg, še posebej če medsebojna interakcija gradbenega posega in lastnosti posameznega sloja tal lahko predstavlja povečano tveganje.

3.3.4 Model tal

Model tal je lahko podan v grafični obliki (v primerih, ko sloji tal v prostoru ne ležijo vodoravno) ali v obliki preglednice (ko lahko za model tal predpostavimo vodoravne sloje tal). Podati mora zaporedje interpretiranih slojev tal z njihovimi debelinami, profil tlakov podzemne vode in vse za projektiranje relevantne mehanske in druge lastnosti tal.

3.3.5 Priporočila za geotehnično projektiranje

Avtorji Poročila o preiskavah tal ob zaključku vseh del najbolj poznajo tla v prostoru načrtovanega objekta, hkrati pa tudi vedo, katere podatke so najbolj pogrešali pri interpretaciji sestave in lastnosti tal ob pisanju Poročila oziroma kateri podatki so se pri interpretaciji izkazali za manj zanesljive. V tem poglavju naj podajo svoja priporočila za cilje, obseg in metode preiskav tal v naslednji fazi.

3.3.6 Priporočila za preiskave v naslednji fazi

Poročilo naj na tem mestu poda preliminarne priporočila in usmeritve projektantu objekta glede načina in globine temeljenja, smiselnosti izboljšanja tal ... in ga opozori na geotehnično pogojene dejavnike povečanega tveganja.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA NAČRTOVANJE IN IZVEDBO PREISKAV TAL IN PODZEMNE VODE**II PRILOGE****P Priloge z rezultati preiskav**

Priloge k Poročilu o preiskavah tal za objekte značilno vključujejo:

- profile vrtin, sondažnih razkopov, naravnih izdankov, fotodokumentacijo jeder oziroma vidnih površin tal v razkopih in izdankih;
- poročila o rezultatih vseh opravljenih terenskih meritev in preiskav (geološke, geotehnične, hidrogeološke, geofizikalne, okoljske meritve, ipd.);
- poročila o laboratorijskih preiskavah vzorcev tal;
- poročilo o hidrogeoloških meritvah in analizah;
- poročilo o strukturno-geoloških razmerah (meritvah smeri in vpadov plasti/razpok v kamninah ...);
- poročila o izvedenih mineraloških, kemijskih, okoljskih preiskavah vzorcev tal in podzemne vode;
- poročila o meritvah premikov tal (geodetske meritve, meritve z inklinometri ...);
- poročila o okoljskem stanju tal in objektov;
- geološko-geotehnični model (1D, 2D ali 3D);
- hidrogeološki model (1D, 2D ali 3D);
- druga poročila.

G Grafični prikazi

Značilno bodo Poročilu priloženi naslednji grafični prikazi:

- pregledna situacija s širšo okolico objekta;
- legenda k inženirsko geološki karti in profilom tal;
- inženirska geološka karta površja tal z vrisanimi lokacijami preiskav tal in ključnimi rezultati kartiranja;
- geotehnični vzdolžni in prečni prerezi tal;
- drugi potrebni grafični prikazi.

Inženirsko geološka karta in geotehnični prerezi tal morajo imeti za osnovo kakovosten geodetski posnetek. Ta mora segati dovolj daleč od roba gradbenega posega, da bo možno v sklopu geotehničnega načrta strokovno korektno izvesti vse relevantne računske analize vključno z analizami vpliva na bližnje objekte. Zato morajo grafični prikazi vsebovati tudi vse obstoječe objekte in infrastrukturo (položajno in globina temeljev obstoječih objektov in komunalnih vodov) v vplivnem območju načrtovane gradnje. Upoštevati je treba, da je vplivno območje v primeru gradnje na strmih pobočjih lahko zelo obsežno.