



REPUBLIKA SLOVENIJA

**MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO**

**TEHNIČNA SPECIFIKACIJA TSG-211-004: 2023**  
**TSG-212-004: 2023**

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

## **ZEMELJSKA DELA**

### **RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH**

#### **RAZVRŠČANJE ZEMLJIN**

### **TSPI PG.05.201: 2023**

Ministrica za infrastrukturo  
**mag. Alenka Bratušek**

Številka: 007-192/2021/27-02112049

V Ljubljani, 17. 11. 2023

**RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN****Vsebina**

<b>1</b>	<b>Predmet tehnične specifikacije .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Pomen izrazov .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Prepoznavanje (identifikacija) in opisovanje zemljin .....</b>	<b>6</b>
3.1	Prepoznavanje (identifikacija) zemljin – splošna načela .....	6
3.2	Prepoznavanje (identifikacija) sestavljenih zemljin .....	6
<b>4</b>	<b>Načela razvrščanja .....</b>	<b>7</b>
4.1	Splošna načela razvrščanja .....	7
4.2	Razvrščanje na osnovi zrnave sestave .....	8
4.2.1	Razvrščanje po frakcijah .....	8
4.2.2	Razvrščanje debelozrnatih zemljin z $\leq 5$ % finih zrn na osnovi koeficientov zrnave	8
4.2.3	Razvrščanje zemljin z $> 5$ % in $\leq 50$ % finih zrn .....	9
4.3	Razvrščanje na osnovi plastičnosti .....	10
4.4	Razvrščanje organskih zemljin .....	12
4.4.1	Splošno .....	12
4.4.2	Drobnozrnate mineralne zemljine z organskimi primesmi .....	12
4.4.3	Debelozrnate in sestavljene mineralne zemljine z organskimi primesmi .....	13
4.4.4	Organske zemljine .....	14
4.5	Razvrščanje zemljin glede na vsebnost karbonatov .....	14
4.6	Razvrščanje antropogenih materialov .....	14
4.7	Simboli za označevanje skupin in vrst zemljin pri razvrščanju - povzetek .....	15
4.8	Razvrščanje in opisovanje značilnih vrst zemljin glede na sekundarne frakcije .....	15
<b>5</b>	<b>Vzporedni kazalniki lastnosti pri razvrščanju .....</b>	<b>24</b>
5.1	Splošno .....	24
5.2	Relativna gostota .....	24
5.3	Nedrenirana strižna trdnost .....	24
5.4	Konsistenčno stanje drobnozrnatih zemljin .....	25
5.5	Občutljivost drobnozrnatih zemljin, $S_c$ .....	26
5.6	Ocena stopnje prekonsolidacije, OCR .....	26
5.7	Ostali kazalniki .....	26
<b>6</b>	<b>Referenčna dokumentacija .....</b>	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>29</b>
	<b>DODATEK 1: Primerjava načel razvrščanja zemljin v pretekli slovenski praksi z novimi načeli po SIST EN ISO 14688-2 .....</b>	<b>30</b>
	<b>DODATEK 2: Zaporedje korakov v procesu razvrščanja zemljin za inženirske namene rabe .....</b>	<b>32</b>
	<b>DODATEK 3: Informativni pregled povezave med SIST EN ISO 14688–1 in SIST EN ISO 14688-2 pri opisovanju in razvrščanju zemljin .....</b>	<b>34</b>

**RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN****1 Predmet tehnične specifikacije**

Tehnična specifikacija TSPI – PG.05.201 je smernica za razvrščanje zemljin in zdrobljenih kamnin v skupine materialov s podobnimi lastnostmi za inženirsko rabo pri zemeljskih delih pri gradnji cestne in železniške infrastrukture v Republiki Sloveniji.

Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih obravnavata dva dokumenta:

- TSPI – PG.05.201 Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih:– Razvrščanje zemljin
- TSPI – PG.05.202 Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih:– Smernice za presojo uporabnosti zemljin pri zemeljskih delih na osnovi razvrščanja.

Opomba 1: Splošna načela za razvrščanje zemljin so podana v SIST EN ISO 14688–2. TSPI – PG.05.201 dopolnjuje splošna načela z nacionalnimi izkušnjami in določa enotna merila za razvrščanje. Opozarja na posebnosti pri razvrščanju zemljin in zdrobljenih kamnin v slovenskem geološkem okolju. V dodatku 1 analizira razlike med starejšimi AC in USCS načeli razvrščanja s tistimi po SIST EN ISO 14688–2.

Opomba 2: TSPI – PG.05.201 je namenjena za rabo pri načrtovanju in izvajanju zemeljskih del pri gradnji prometne infrastrukture (cest, železnic in drugih prometno obremenjenih površin, npr. letališč in parkirišč) ter drugih zemeljskih objektov, kot so športna igrišča, nasute pregrade, ponikovalnice ipd.

Opomba 3: TSPI – PG.05.201 je samostojen dokument, TSPI – PG.05.202 se uporablja v povezavi s TSPI – PG.05.201.

Opomba 4: Načela prepoznavanja (identifikacije) in opisovanja zemljin določa SIST EN ISO 14688-1, načela prepoznavanja, opisovanja in razvrščanja kamnin pa SIST EN ISO 14689. Razvrščanje materialov za zemeljska dela določa SIST EN 16907-2. Merila za razvrščanje ter poimenovanja značilnih vrst zemljin v navedenih SIST EN standardih niso medsebojno usklajena. Pregled razlik in korelacija meril za razvrščanje so podani v TSPI – PG.05.202.

Opomba 5: Pedološka (plodna) tla ter meritve za namene ocenjevanja okoljskega stanja ter zaščite tal ureja SIST EN ISO 25177. Pedološka tla ne sodijo med zemljine, primerne za inženirsko rabo v zemeljskih objektih in niso vključena v TSPI – PG.05.201. V tej opombi so plodna tla omenjena zato, ker so nekateri postopki za ugotavljanje prisotnih organskih snovi v plodnih tleh primerni tudi za ugotavljanje prisotnih organskih snovi v zemljinah za inženirsko rabo.

**2 Pomen izrazov**

**Alternativni material** (alternative material, alternatives Material) je vsak material, ki ni v običajni rabi v zemeljskih delih.

**Antropogeni material** (anthropogenic material, anthropogenes Material) je naravni geološki material, predelan z drobljenjem, pranjem; proizvedeni material, kot npr. lahki agregat ali druge vrste alternativni in reciklirani material, katerega lastnosti je moč opisati s parametri zrnivosti in plastičnosti finih zrn.

**Debelozrnata zemljina** (coarse grained soil, grobkörnige Böden) je zemljina, v kateri prevladujejo zrna velikosti nad 0,063 mm.

**Degradirana tla** (brownfield site, Altlast) so tla, katerih vrednost je bistveno zmanjšana zaradi pretekle industrijske, vojaške ali druge aktivnosti in so lahko onesnažena – kontaminirana.

**Diagram plastičnosti** (plasticity chart, Plastizitätsdiagramm) je osnova za razvrščanje drobnozrnatih zemljin na osnovi meje židkosti ( $w_L$ ) in indeksa plastičnosti ( $I_P$ ). Temelji na AC klasifikaciji - airfield classification, ki jo je utemeljil Arthur Casagrande, zato je v tradicionalni rabi znan tudi kot AC diagram.

**Drobnozrnata zemljina** (fine grained soil, feinkörnige Böden) je zemljina, v kateri prevladujejo zrna velikosti pod 0,063 mm.

**Fina zrna** (fines, fein) so zrna velikosti pod 0,063 mm.

**Indeks plastičnosti ( $I_P$ )** (plasticity index, Plastizitätszahl) je računsko določena razlika med mejo židkosti in mejo plastičnosti: ( $I_P = w_L - w_P$ ).

**RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN**

**Indeks konsistence ( $I_C$ )** (consistency index, Konsistenzzahl) je brezdimenzijska vrednost, ki izraža konsistenčno stanje zemljine. Računsko je določena kot kvocient med razliko meje židkosti ( $w_L$ ) in naravne vlage ( $w_0$ ) ter indeksom plastičnosti ( $I_P$ ): ( $I_C = (w_L - w_0)/I_P$ ).

**Gostotni indeks ( $I_D$ )** (density index, bezogene Lagerungsdichte) je brezdimenzijski kazalnik gostotnega stanja debelozrnatih zemljin, odvisen od količnikov por v rahlo nasutem ( $e_{max}$ ), gosto zbitem ( $e_{min}$ ) in naravnem stanju ( $e_0$ ). V operativni rabi je prepoznan tudi kot indeks relativne gostote. Enačba za izračun  $I_D$  je v tč. 5.2.

**Indeksne lastnosti** (intrinsic properties, intrinsische Eigenschaften) so zemljini vrojene fizikalne lastnosti, ki niso odvisne od vlage in gostote (to so: gostota zrn, zrnavost, meje plastičnosti, adsorpcija mineralnih zrn za vodo, adsorpcija zrn za organsko barvilo metilen modro, vsebnost organskih snovi). Pri obravnavi zemljin je zrnavostna sestava indeksna lastnost, pri obravnavi zdrobljenih kamnin pa je pri obravnavi zrnivosti le-to treba povezati tudi s trdnostjo in obstojnostjo kamnitih zrn, zato mora biti le-ta posebej opredeljena.

**Kamnina** (rock, Gestein) je trdni sestavni del zemeljske skorje, zgrajen iz v naravi nastopajočih mineralnih zrn, ki so med seboj različno močno vezana oz. cementirana.

**Karakteristika** (property, Eigenschaft) je lastnost materiala, relevantna za načrtovano rabo.

**Klasifikacija zemljin** (soil classification, Bodenklassifikation) je sistematično razvrščanje množice zemljin, zdrobljenih kamnin in materialov iz umetnih nasutij v manjše skupine zemljin s podobnimi kazalniki indeksnih lastnosti (glej tudi razvrščanje).

**Klasifikacijski parametri za zemljine** (soil classification parameters, Bödenklassifikationsparameter) so vrednosti, določene s terenskimi in laboratorijskimi preiskavami, na osnovi katerih se razvrščajo (klasificirajo) zemljine v skupine ali grupe z enotnim simbolom.

**Koeficient enakomernosti ( $C_U$ )** (coefficient of uniformity, Ungleichförmigkeitszahl) je razmerje med velikostjo zrn pri 60 % in 10 % presejku, podano kot brezdimenzijski parameter.

**Koeficient (ukrivljenosti) zrnivosti ( $C_C$ )** (coefficient of curvature, Krümmungszahl) je razmerje med kvadratom velikosti zrn pri 30 % presejku in produktom velikosti zrn pri 10 % in 60 % presejku, podan kot brezdimenzijski parameter.

**Kompozitna zemljina** (composite soil, gemischtkörnige Böden) je v klasifikaciji zemljin za zemeljska dela debelozrnata zemljina, ki vsebuje 5 % – 12 % finih zrn.

**Meja plastičnosti ( $w_P$ )** (plastic limit, Ausrollgrenze) je vsebnost vode v zemljini, pri kateri ta prehaja iz gnetnega v poltrdno stanje.

**Meja židkosti ( $w_L$ )** (liquid limit, Fließgrenze) je vsebnost vode v zemljini, pri kateri ta prehaja iz tekočega (židkega) v gnetno stanje.

**Opis** (description, Beschreibung) je opis in poimenovanje geološkega materiala in fizikalnih ter mehanskih lastnosti zemljin, relevantnih za namene rabe pri zemeljskih delih.

**Parametri stanja zemljine** (soil state parameters, Bödenzustandparameters) so fizikalni in mehanski parametri zemljin, ki se lahko spreminjajo med zemeljskimi deli (vlažnost, gostota, indeks konsistence). Značilni parametri stanja so, npr. indeks konsistence ( $I_C$ ), CBR indeks nosilnosti, naravna vlaga ( $w_0$ ), togost plasti zgoščene zemljine ( $E_v$ ).

**Plodna tla** (fertile soil, fruchtbare Böden) so zemljine, ki so osnova za rast rastlin.

**Presejek ( $f_n$ )** (mass percent passing »n« sieve, Siebdurchgang) je količina zrn, manjših od nazivnega sita (»n«).

**Razvrščanje zemljin** (soil classification, Bödenklassifizierung) je razvrščanje množice zemljin, zdrobljenih kamnin in materialov iz umetnih nasutij v manjše skupine zemljin s podobnimi kazalniki indeksnih lastnosti (glej tudi klasifikacija).

**Sestavljene zemljine** (combined soil, zusammengesetzte Böden) so zemljine, sestavljene iz mešanice različnih frakcij, v katerih je delež finih zrn večji od 5 % in enak ali manjši od 50 % in vključujejo kompozitne in vmesne zemljine.

**RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN**

**Skupina zemljin** (soil group, Bödenegruppe) združuje zemljine s podobnimi indeksnimi lastnostmi (zrnavost, plastičnost, vsebnost organskih snovi) in podobnimi geotehničnimi lastnostmi.

**Suha gostota ( $\rho_d$ )** (dry density, Trockendichte) je masa v sušilniku sušenega materiala, izražena na enoto volumna materiala pred sušenjem pri izbrani temperaturi sušenja. Temperaturo sušenja določajo relevantni standardi; prilagojena mora biti mineralni sestavi zemljine.

**Vlaga ( $w_0$ )** (water content, Wassergehalt) je masa vode, ki jo je moč odstraniti iz zemljine s sušenjem, izražena v % glede na maso suhe zemljine. Temperaturo sušenja določajo standardi in priročniki in je vezana na mineralno sestavo za različne vrste zemljin.

**Vgradljivost** (willingness to compaction, Verdichtbarkeit) je sposobnost zemljine, razgrnjene v plast, da pri rabi mehanske energije zgoščanja s statičnimi in vibracijskimi valjarji pridobiva na suhi gostoti in togosti vgrajene plasti.

**Vmesna zemljina** (intermediate soil, gemischtkörnige Böden) je v klasifikaciji zemljin za zemeljska dela debelozrnata zemljina, ki vsebuje več kot 12 % in manj kot 35 % finih zrn. Termin »vmesna zemljina« je vpeljan s standardom za zemeljska dela SIST EN 16907–2 in ni ekvivalent za izraz debelozrnate sestavljene zemljine, ki pri razvrščanju zemljin v geotehniko vsebujejo več kot 12 % in manj kot 50 % finih zrn.

**Volumska stabilnost** (volume stability, Raumbeständigkeit) je lastnost zemljine, da pri spremembi vlage, pri konstantni vertikalni normalni napetosti, ne spreminja svojega volumna.

**Zemeljska dela** (earthworks, Erdbau) so inženirski postopki, ki spreminjajo geometrijo zemeljskega površja in ustvarjajo stabilne in trajne zemeljske objekte.

**Zemeljski objekti** (earth-structures, Erdbauwerke) so inženirske zgradbe iz zemljin, zdrobljenih kamnin, stranskih produktov ali recikliranih in drugih alternativnih materialov. Med najbolj značilnimi zemeljskimi objekti so nasipi, zasipi in klini.

**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. Termin zemljina ima v različnih strokah (geologija, pedologija, gradbeništvo) različen pomen. V zemeljskih delih je zemljina material, na katerem se gradijo objekti (temeljna tla za stavbe, mostove), v katerih se gradijo objekti (npr. predori, podzemne garaže, vkopani rezervoarji), s katerimi se gradijo objekti (npr. nasipi, hidrotehnične zemeljske pregrade) ali pa se nahajajo v zaledju podpornih konstrukcij.

**Kratice in simboli**

Kratice	Enota	Pomen oznake kratice
AC		AC klasifikacijski sistem, uveljavljen najprej v ZDA, kot Airfield Classification. Pogosto se opredeljuje tudi po začetnicah avtorja, Arthurja Casagrandeja
CBR		Kalifornijski indeks nosilnosti (California Bearing Ratio)
CEC		Kationska izmenjalna kapaciteta (Cation exchange capacity)
CPT		Statični penetracijski test (Cone penetration test)
MB		Metilen modro test. Krovna oznaka-kratica za različne načine izvajanja testa z uporabo organskega barvila metilen modro (Methylene blue test)
PMT		Presiometriški test (Pressuremeter test)

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

OCR		Stopnja prekonsolidacije (Overconsolidation ratio)
SPT		Standardni penetracijski test (Standard penetration test)
SWRC		Retencijska krivulja (Soil Water Retention Curve). Kratica za temeljno zvezo med vlago (stopnjo saturacije) in negativnim pornim tlakom (sukcijo) v zemljini
USCS		Klasifikacija zemljin, izpeljana iz AC klasifikacije (Unified Soil Classification System)
Simbol		Materialni parameter
$c_u$	(kPa)	nedrenirana strižna trdnost
$C_c$	(-)	koeficient (ukrivljenosti) zrnivosti
$C_u$	(-)	koeficient enakomernosti
$D_n$	(mm)	velikost zrna, pri presejku »n« (vrednost »n« v %)
$e$	(-)	količnik por
$e_0$	(-)	količnik por v naravnem stanju zemljine
$e_{max}$	(-)	maksimalni količnik por
$e_{min}$	(-)	minimalni količnik por
$f_n$	(%)	presejek pri podani nazivni velikosti sita »n« (vrednost »n« v mm, preiskava s sejanjem)
$I_c$	(-)	indeks konsistence
$I_D$	(%)	gostotni indeks
$I_P$	(%)	indeks plastičnosti
$I_{PA}$	(%)	indeks plastičnosti na premici A v diagramu plastičnosti
$(N_1)_{60}$	(-)	vrednost SPT testa, korigirana po zahtevah relevantnega standarda
$p_L$	(MPa)	mejni tlak, izmerjen z Ménardovim presiometrom
$q_c$	(MPa)	izmerjena odpornost pod konico CPT sonde
$S_c$	(-)	občutljivost zemljine
$w$	(%)	vlaga
$w_0$	(%)	začetna (naravna) vlaga
$w_P$	(%)	meja plastičnosti
$w_L$	(%)	meja židkosti
Grške črke		
$\rho_d$	Mg/m <sup>3</sup>	suha gostota
$\rho_s$	Mg/m <sup>3</sup>	gostota zrn
$\sigma'_p$	kPa	efektivni prekonsolidacijski tlak
$\sigma'_{v0}$	kPa	efektivni vertikalni tlak v naravi



**RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN****3 Prepoznavanje (identifikacija) in opisovanje zemljin****3.1 Prepoznavanje (identifikacija) zemljin – splošna načela**

Pred začetkom razvrščanja je treba zemljine prepoznati (identificirati) in opisati po načelih SIST EN ISO 14688-1.

Za razliko od razvrščanja, ki temelji na rezultatih laboratorijskih preiskav, poteka prepoznavanje (identifikacija) zemljin najprej na terenu, z makroskopskim pregledom zemljine, uporabo geoloških znanj in hitrih terenskih testov za prepoznavanje.

Zelo debelozrnate in debelozrnate mineralne zemljine se identificirajo glede na velikost nazivnih frakcij zrn, drobnozrnate pa glede na plastičnost, čeprav je moč le te identificirati tudi z zrnastostno sestavo. Identifikacija drobnozrnatih zemljin na osnovi izkustvene ocene plastičnosti in/ali z uporabo diagrama plastičnosti ima prednost pred identifikacijo na osnovi zrnastostne sestave.

Zemljine, v katerih je identificirana prisotnost organskih snovi, se delijo na

- mineralne zemljine, ki vsebujejo organske primesi in
- organske zemljine, kot so npr. šota, šoti podobne zemljine in humus.

Antropogeni materiali se identificirajo glede na

- način vgradnje (nadzorovana in nenadzorovana nasutja) ter
- glede na poreklo materialov v nasutjih (materiali geološkega izvora; materiali - stranski produkti iz industrije, npr. elektrofiltrski pepeli, žindre, livarski peski; sintetični materiali, npr. sadre iz kemičnih procesov nevtralizacije kislin; sekanci iz gume, rdeča blata ipd.).

Za identifikacijo antropogenih materialov so poleg geoloških potrebna tudi dodatna znanja s področja terminologije odpadkov, alternativnih materialov, stranskih produktov in reciklatov. Raba izrazov, kot so »umetni nasip, nasutje«, brez dodatnega opisa pri identifikaciji antropogenih materialov ni zadostna.

Koraki pri identifikaciji zemljin za namene razvrščanja so opisani v **dodatku 2**. V preglednici v **dodatku 3** - stolpci 1, 2, 3 in 4 so podani termini, ki se uporabljajo pri identifikaciji zemljin po SIST EN ISO 14688-1.

**3.2 Prepoznavanje (identifikacija) sestavljenih zemljin**

Naravne (geološke) zemljine so z redkimi izjemami sestavljene iz zmesi zrn različnih velikosti. Glede na zastopanost se posamezne frakcije v zemljini delijo na

- primarne,
- sekundarne in
- terciarne.

Primarne frakcije določajo inženirske lastnosti zemljin. Identificirajo se na osnovi masnega deleža debelih zrn (zelo debelozrnate in debelozrnate zemljine), plastičnosti (drobnozrnate zemljine) in organskih primesi. Dogovorno se privzema, da fine frakcije (melji in gline) določajo inženirske lastnosti zemljine v primerih, ko se zrna mokre zemljine, ko jih stisnemo v pest, držijo skupaj in so gnetna.

Sekundarne frakcije modificirajo inženirske lastnosti, določene s primarnimi frakcijami.

Terciarne frakcije se opišejo v primerih, če so pomembne za identifikacijo sedimentacijskega okolja zemljine, vendar pa se domneva, da ne vplivajo na inženirske lastnosti zemljine (npr. ostanke školjk, kalcitne konkrecije, framoidalni pirit).

Identifikacija mešanice zrn se sestoji iz samostalnika, ki opiše primarno frakcijo in pridevnika ali več pridevnikov, ki identificirajo sekundarno frakcijo. Zapis sekundarnih frakcij poteka v smeri naraščajočega deleža, na primer:

- peščen GRAMAZ
- meljastopeščen GRAMAZ
- zelo meljast droben PESEK
- meljnopeščena GLINA.

**RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN**

Kadar sta v zemljini prisotni dve različni frakciji v približno enakih deležih mas se opišeta z uporabo poševnice, npr. »GRAMOZ/PESEK«.

Način rabe pridevnika pri identifikaciji je opcijski (npr. »GRAMOZ peščen« ali »peščen GRAMOZ«). Za razliko od opcijskega pristopa pri identifikaciji je pri razvrščanju (klasificiranju) zaporedje pridevnikov določeno glede na izmerjeno količino oz. plastičnost sekundarne frakcije (**preglednice 4.7a – 4.7f**).

Opomba 1: Načela identifikacije zemljin po SIST EN ISO 14688-1 in razvrščanja zemljin po SIST EN ISO 14688-2 niso istovetna. V prvem primeru se osredotočajo na ugotovitve makroskopskega pregleda, v drugem primeru pa na rezultate laboratorijskih preiskav. V **dodatku 3** je informativni prikaz povezave med SIST EN ISO 14688-1 in SIST EN ISO 14688-2 pri identifikaciji zemljin za namene razvrščanja.

## 4 Načela razvrščanja

### 4.1 Splošna načela razvrščanja

Zemljine in zdrobljene kamnine, namenjene za rabo v zemeljskih delih, se razvrščajo (klasificirajo) v skupine s podobnimi inženirskimi lastnostmi, kot so: prepustnost, strižna trdnost, vgradljivost, odpornost na vremenske vplive, volumska stabilnost in druge.

Osnova za razvrščanje so rezultati laboratorijskih preiskav indeksnih lastnosti, in sicer:

- zrnavostna sestava (po SIST EN ISO 17892-4; SIST EN 933-1)
- Atterbergove meje plastičnosti (po SIST EN ISO 17892-12) z uporabo diagrama plastičnosti
- vsebnost organskih snovi (po SIST EN 1744-1) ali z uporabo drugih metod, opisanih v **tč. 4.4**).

Razvrščanje zelo debelozrnatih in debelozrnatih zemljin temelji na zrnavostni sestavi. V preiskavo mora biti vključena reprezentativna količina materiala (SIST EN 1997-2, aneks L).

Razvrščanje debelozrnatih, sestavljenih in drobnozrnatih zemljin temelji na zrnavostni sestavi in plastičnosti, razen v primerih, ko preiskave plastičnosti ni moč izvesti oz. takrat, ko je vsebnost finih zrn < 5 %.

Razvrščanje drobnozrnatih zemljin temelji na rezultatih zrnivosti in/ali plastičnosti. Pri deležu finih zrn (< 0,063 mm) > 50 %, fina zrna pa so plastična, je merilo za razvrščanje diagram plastičnosti, podatki zrnavostne sestave pa vplivajo na poimenovanje vrste zemljine.

Nekaterih vrst zemljin (npr. diatomejske zemlje, bentonitne in zeolitne glin, kraške ilovice - terra rosa, zemljine, ki vsebujejo soli) z uporabo navedenih postopkov včasih ni moč zanesljivo razvrstiti. V takih primerih so za razvrščanje potrebne dodatne laboratorijske preiskave, s katerimi se dodatno opredelijo:

- kemična in/ali mineralna sestava
- aktivnost/specifična površina zrn
- suha gostota
- sedimentacijsko okolje in druge.

Opomba 1: Postopke ugotavljanja zrnavostne sestave zemljin določa SIST EN ISO 17892-4, postopke ugotavljanja zrnavostne sestave kamenega agregata pa SIST EN 933-1. Pri razvrščanju zemljin ima prednost raba SIST EN ISO 17892-4. Enakovredna je kombinacija rabe SIST EN 933-1 za ugotavljanje zrnivosti s sejanjem na sitih in SIST EN ISO 17892-4 za ugotavljanje sestave finih zrn velikosti pod 0,063 mm s sedimentacijo. Na splošno velja, da je moč postopke, namenjene za preiskovanje kamenega agregata uporabiti tudi pri preiskavah zemljin in ostalih geoloških materialov, če je z njimi moč z ustrežno zanesljivostjo prepoznati bistvene lastnosti in obnašanje materiala pri zemeljskih delih.

Opomba 2: Vodotopne soli, kloridi in sulfati ter organske snovi vplivajo na položaj zemljine v diagramu plastičnosti. Soli običajno premaknejo zemljino v diagramu plastičnosti v levo, organske snovi pa v desno. V diatomejskih zemljah ter v kraški glini (ilovici) položaj zemljine v diagramu plastičnosti ni odvisen od vrste prisotnih mineralov glin, temveč od vrste in vsebnosti aktivne kremenice oz. železovih, aluminijevih in manganovih hidroksidov v zemljini. V visoko aktivnih bentonitnih in zeolitnih glinah je ugotavljanje Atterbergovih meja plastičnosti težavno, zato je primerneje uporabiti druge kazalnike indeksnih lastnosti, npr. metilen modro (MB) vrednost, vrednost adsorpcije vode z uporabo Enslin Neff testa, določitev poteka retencijske krivulje (SWRC) in druge.



**RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN**

Opomba 3: SIST EN 16907-2 opozarja, da so zemljine iz skupine »zelo visoko plastičen melj« v naravi malo verjetne oz. zelo redke. »Polžarica« je razširjen karbonatni sediment na ljubljanskem barju, ki pripada tej redki in edinstveni skupini zelo visoko plastičnih meljev. Uporaba lokalnega imena pojasnjuje sedimentacijsko okolje in veljavnost izmerjenih lastnosti polžarice, katere lokalno ime izvira iz terciarne frakcije. V tem in podobnih primerih (kraška glina, ilovica) je raba lokalnega imena enako pomembna kot razvrstitev na osnovi indeksnih kazalnikov. Priporočljivo je, da se lokalno ime zemljine (»kraška glina«, »polžarica«, »sivica«) zapiše pri poročanju o laboratorijskih preiskavah in razvrščanju na osnovi le teh, tako v stratigrafskem stolpcu - opisih zemljin kot v značilnih geoloških prerezhih tal.

Opomba 4: Obseg dodatnih preiskav za razvrščanje posebnih zemljin je treba oceniti glede na značaj zemljine in namen njene rabe. Primer 1: Polžarica se zaradi visoke vlage, ki pogosto preseže 100 %, ne uporablja kot nasipni material, pojavlja pa se v izkopih jarkov in kanalov ter v temeljnih tleh prometnic na ljubljanskem barju. V do srednje globokih jarkih so brežine izkopov v sicer židki polžarici stabilne tudi pod strmimi nagibi > 1:2. Identifikacija polžarice v geološkem prerezu temeljnih tal je pomembna za pravilno načrtovanje globine odzivov travne ruše in krovne gline, t.i. »suhe skorje«, ki tvori bolj nosilno plast nad polžarico. Primer 2: »Kraška glina (ilovica)« se po diagramu plastičnosti uvršča v skupino visoko in zelo visoko plastičnih glin in meljev, vendar pa v primerjavi z glinami s podobno lego v diagramu plastičnosti manj nabreka in ima neprimerljivo manjšo kationsko izmenjalno kapaciteto (CEC), kar je pomembno pri ocenjevanju rabe kraške gline (ilovice) za tesnilne sloje.

**4.2 Razvrščanje na osnovi zrnastostne sestave****4.2.1 Razvrščanje po frakcijah**

Na osnovi zrnastostne sestave se zemljine razvrščajo na

- zelo debelozrnate, ko prevladujejo zrna > 63 mm,
- debelozrnate, ko prevladujejo zrna velikosti med 0,063 mm in 63 mm, delež finih zrn < 0,063 mm pa je < 50 % in
- drobnozrnate, ko prevladujejo zrna ≤ 0,063 mm.

Zelo debelozrnate zemljine se razvrščajo v tri (3) skupine, praviloma na osnovi makroskopskega pregleda

- velike skale, ko prevladujejo zrna > 630 mm (simbol IBo),
- skale, ko prevladujejo zrna med 200 – 630 mm (simbol Bo),
- kamenje, ko prevladujejo zrna med 63 – 200 mm (simbol Co).

Debelozrnate zemljine se razvrščajo na osnovi preiskave zrnastostne sestave na:

- gramoze (Gr), ko je več kot 50 % zrn ≥ 2 mm in < 63 mm ter
- peske (Sa), ko je več kot 50 % zrn ≥ 0,063 mm in < 2 mm.

**4.2.2 Razvrščanje debelozrnatih zemljin z ≤ 5 % finih zrn na osnovi koeficientov zrnastosti**

Debelozrnate zemljine z ≤ 5 % finih zrn se razvrščajo v značilne vrste na osnovi koeficienta enakomernosti ( $C_U$ ) in koeficienta ukrivljenosti ( $C_C$ ). Koeficienta  $C_U$  in  $C_C$  določata obliko krivulje zrnastosti po **preglednicah 4.1a** in **4.1b** in **sliki 4.1**.

**Preglednica 4.1a:** Opis oblike krivulje zrnastosti.

Opis po EN ISO 14688 – 2*	$C_U$	$C_C$
dobro zrnata (W)	>15	1 do 3
srednje zrnata (M)	6 do 15	<1
vrzelno zrnata (G)	>15	<0,5
slabo zrnata (P)	3 do 6	<1
enovito zrnata (U)	<3	<1

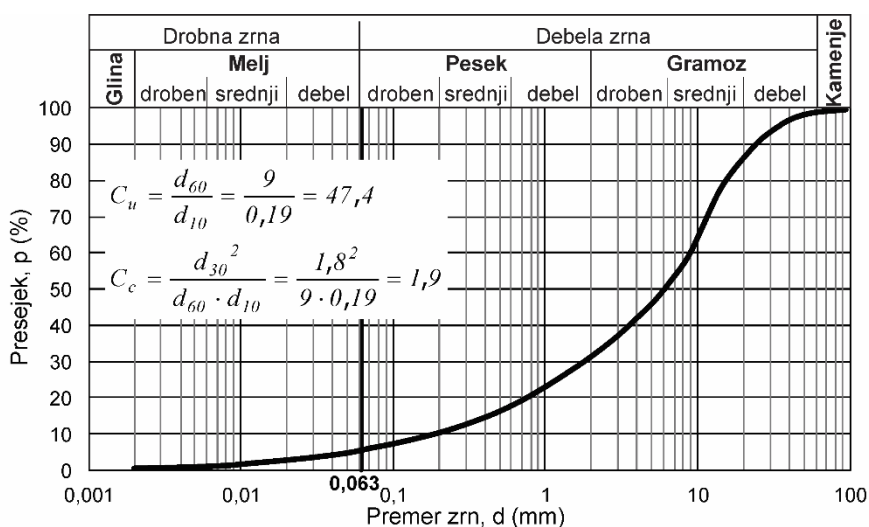
\*Zaradi preglednosti tabele izraz zrnata nadomešča izraz porazdelitev zrn. Torej: dobro zrnata (W) pomeni dobro porazdelitev zrn; vrzelno zrnata (G) pomeni zrnastost z vrzeljo v sestavi zrn, oz. primer, ko določene frakcije zrn v sestavi zmesi zrn ni in se na krivulji pojavi »sedlo«, ipd.

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

Glede na potek krivulje zrnivosti in kombinacijo parametrov zrnivosti ( $C_u$  in  $C_c$ ) se v skupini debelozrnatih zemljin nahaja deset (10) vrst zemljin (**preglednica 4.1b**):

**Preglednica 4.1b:** Vrste debelozrnatih zemljin z  $\leq 5\%$  finih zrn.

Opis po EN ISO 14688 - 2	Gramoz	Simbol	Pesek	Simbol
dobro zrnata (W)	dobro zrnat gramoz	GrW	dobro zrnat pesek	SaW
srednje zrnata (M)	srednje zrnat gramoz	GrM	srednje zrnat pesek	SaM
vrzelno zrnata (G)	vrzelno zrnat gramoz	GrG	vrzelno zrnat pesek	SaG
slabo zrnata (P)	slabo zrnat gramoz	GrP	slabo zrnat pesek	SaP
enovito zrnata (U)	enovito zrnat gramoz	GrU	enovito zrnat pesek	SaU



**Slika 4.1:** Krivulja zrnivosti zemljine s prikazom izračuna koeficientov zrnivosti  $C_u$  in  $C_c$ .

#### 4.2.3 Razvrščanje zemljin z $> 5\%$ in $\leq 50\%$ finih zrn

Zemljine z  $> 5\%$  in  $\leq 50\%$  finih zrn so t.i. sestavljene zemljine in se dodatno razvrščajo na

- kompozitne zemljine (angl. composite soils): debelozrnathe zemljine, ki vsebujejo  $\geq 5\%$  do  $\leq 12\%$  finih zrn. Njihov značaj se opiše s kombinacijo opisa za debelozrnathe in vmesne zemljine, za oznako pa se uporablja dvojni simbol, sestavljen iz simbola za debelozrnathe in simbola za sestavljene zemljine (npr. GrW - siGr; GrP - siGr) in
- vmesne zemljine (angl. intermediate soils): sestavljene so iz zmesi debelih in finih zrn in vsebujejo  $\geq 12\%$  in  $\leq 35\%$  zrn velikosti  $< 0,063$  mm. Razporejene so v štiri (4) vrste:
  - meljasti gramoz in meljasti peski. Fina zrna ležijo pod premico A v diagramu plastičnosti (**sl. 4.3**). Simbola sta siGr in siSa,
  - glinasti gramoz in glinasti peski. Fina zrna ležijo nad premico A v diagramu plastičnosti (**sl. 4.3**). Simbola teh skupin sta clGr in clSa.

Po USCS razvrščanju zemljin se zemljine z vsebnostjo  $\leq 50\%$  finih zrn razvrščajo med debelozrnathe zemljine.

Po SIST EN 16907-2 se zemljine, sestavljene iz zmesi debelih in finih zrn, ki vsebujejo  $\geq 35\%$  in  $\leq 50\%$  finih zrn razvrščajo med drobnozrnathe zemljine zato, ker njihovo obnašanje določajo lastnosti finih zrn.

To pomeni, da je treba razlikovati med indeksnimi kazalniki lastnosti za razvrščanje in kazalniki lastnosti za namene presoje obnašanja zemljin v zemeljskih delih.

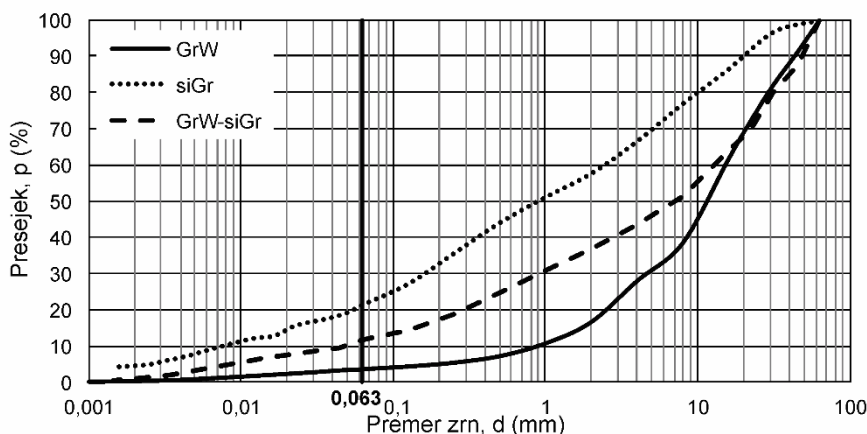
## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

Teoretično je možnih dvajset (20) vrst kompozitnih zemljin, vendar nekatere kombinacije v naravi niso verjetne. V preglednico za razvrščanje (**preglednica 4.6a**) so vključene štiri (4) vrste kompozitnih zemljin:

- kompozitni meljasti gramoz in meljasti peski. Fina zrna ležijo pod premico A v diagramu plastičnosti. Simbola sta siGr\* in siSa\*,
- kompozitni glinasti gramoz in glinasti peski. Fina zrna ležijo nad premico A v diagramu plastičnosti. Simbola teh skupin sta clGr\* in clSa\*.

Opomba 1: Zvezdica v simbolih siGr\*, siSa\*, clGr\*, clSa\* in v preglednici 4.6a pomeni, da je v operativni rabi treba uporabiti dvojni simbol na osnovi rezultatov laboratorijske preiskave: npr. GrW – siGr; GrW – clGr; saGr – clSa ipd. V kolikor bi v preglednici 4.6a uporabili vse verjetne kombinacije zemljin z dvojnimi simboli, bi le - ta postala nepregledna.

Na **sliki 4.2** je informativna primerjava treh krivulj zrnivosti gramozov z razvrstitvijo.

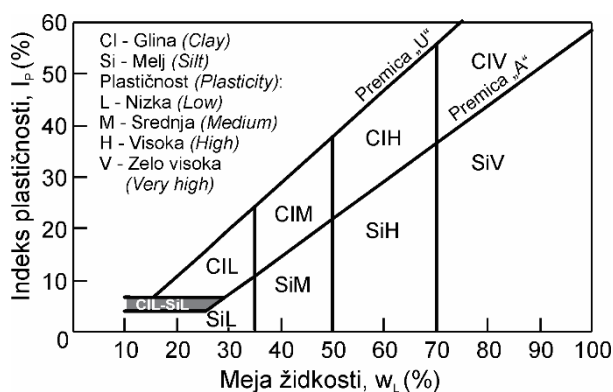


**Slika 4.2:** Informativna primerjava krivulj zrnivosti treh gramozov: dobro zrnat gramoz (GrW, polna krivulja), meljast gramoz (GrW - siGr oz. siGr\*, črtkana krivulja) in meljast gramoz (siGr, pikčasta krivulja). Za razvrstitev zemljine s prekinjeno in pikčasto krivuljo mora biti poleg preiskave zrnivosti izvedena tudi preiskava plastičnosti finih zrn. Za podano razvrstitev mora biti vrednost  $I_P$  finih zrn nižja od vrednosti  $I_{PA}$ .

### 4.3 Razvrščanje na osnovi plastičnosti

Parametra plastičnosti, meja židkosti ( $w_L$ ) in indeks plastičnosti ( $I_P$ ), prikazana v diagramu plastičnosti (**slika 4.3**), se uporabljata za razvrščanje drobnozrnatih in sestavljenih (vmesnih ter kompozitnih) zemljin.

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN



**Slika 4.3:** Diagram plastičnosti z načeli razvrščanja drobnozrnatih zemljin.

- Opomba 1: U premica v diagramu plastičnosti je empirično ocenjena maksimalna zgornja meja za naravne zemljine. Vsak eksperimentalno določen položaj zemljine nad premico U ali levo od nje je treba skrbno preveriti.
- Opomba 2: Organske snovi vplivajo na mejo židkosti bolj kot na indeks plastičnosti. Večje vsebnosti organske snovi premaknejo zemljino v diagramu plastičnosti v desno, prisotne vodotopne soli pa v levo.
- Opomba 3: Za razvrstitev nekaterih posebnih tipov zemljin je treba Atterbergove meje plastičnosti dopolniti z uporabo drugih metod preiskovanja, npr. metilen modro testa (MB), Enslin Neff testa (EN), meritvijo retencijske krivulje (SWRC), določitev kationske izmenjalne kapacitete (CEC) ipd. Pri zelo visoki plastičnosti zemljinah, npr. zeolitnih in bentonitnih glinah, diatomejskih zemljah je uporaba dodatnih kazalnikov v povezavi s preteklimi izkušnjami največkrat nujno potrebna.
- Opomba 4: Enačba premice A je  $I_p = 0,73 (w_L - 20)$ , enačba premice U je  $I_p = 0,9 (w_L - 8)$ .

Glede na položaj v diagramu plastičnosti, so drobnozrnate zemljine razvrščene v tri (3) skupine:

- gline, ko se nahajajo nad premico A, simbol CI (angl. clay)
- melje, ko se nahajajo pod premico A, simbol Si (angl. silt)
- meljne glinice, CIL- SiL, ko se nahajajo levo od premice A in je indeks plastičnosti med 4 % in 7 %.

Glede na vrednost meje židkosti ( $w_L$ ) so drobnozrnate zemljine razvrščene v devet (9) vrst (**preglednica 4.2b**):

**Preglednica 4.2a:** Razvrščanje drobnozrnatih zemljin glede na položaj v diagramu plastičnosti.

Skupina zemljine	Vrsta zemljine	Simbol	Meja židkosti (%)	Opomba
drobnozrnata, mineralna zemljina	nizko plastična	L	< 35	
	srednje plastična	M	35 do 50	
	visoko plastična	H	50 do 70	
	zelo visoko plastična	V	> 70	
mineralna zemljina z organskimi snovmi		(O)		posebni kriteriji, glej tč. 4.4
organska zemljina	šota, gitja, dy, humus			praviloma izguba mase pri žarjenju > 20 %

- Opomba 5: Zelo visoko plastične zemljine se v posebnih primerih razvrstijo še na ekstremno visoko plastične (E – angl. extremely high), ko je meja židkosti > 90 %.

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

Preglednica 4.2b: Vrste drobnozrnatih zemljin.

1	2	3	4
Opis po EN ISO 14688 - 2	Vrsta zemljine	Simbol	Glej opombo 6
<b>melj</b>		<b>Si</b>	
$I_P < I_{PA}$ OZ. $I_P < 4\%$ in $W_L < 35\%$	nizko plastičen	SiL	
$I_P < I_{PA}$ in $35\% < W_L < 50\%$	srednje plastičen	SiM	
$I_P < I_{PA}$ in $50\% < W_L < 70\%$	visoko plastičen	SiH	
$I_P < I_{PA}$ in $W_L > 70\%$	zelo visoko plastičen	SiV	polžarica
<b>glina</b>		<b>CI</b>	
$I_P > I_{PA}$ OZ. $I_P > 7\%$ in $W_L < 35\%$	nizko plastična	CIL	meljna glina
$I_P > I_{PA}$ in $35\% < W_L < 50\%$	srednje plastična	CIM	pusta glina
$I_P > I_{PA}$ in $50\% < W_L < 70\%$	visoko plastična	CIH	mastna glina
$I_P > I_{PA}$ in $W_L > 70\%$	zelo visoko plastična	CIV	zelo mastna glina
<b>meljna glina</b> $4\% < I_P < 7\%$ in $W_L$ levo od premice A	meljna glina	<b>CIL-SiL</b>	

Opomba 6: V Sloveniji so se v praksi v preteklosti uveljavljali izrazi, zapisani v stolpcu 4. Izvirali so iz nemške terminologije (siltiger ton – meljna glina; magere ton – pusta glina; fetter ton – mastna glina). TSPI – PG.05.201 dopušča tudi rabo izrazov v stolpcu 4, vendar mora biti taka raba najprej pojasnjena v korelaciji z razvrščanjem v stolpcu 2.

Opomba 7: Pri razvrščanju mineralnih zemljin z organskimi primesmi se uporabi preglednica 4.2b, pri čemer se v opisu doda oznaka »organski, organska«, v simbolu pa oznaka »O«. Primer: visoko plastična organska glina (CIHO), srednje plastični organski melj (SiMO). **Glej tudi tč. 4.4.**

## 4.4 Razvrščanje organskih zemljin

### 4.4.1 Splošno

Zemljine z organskimi snovmi se razvrščajo v

- anorganske (mineralne) zemljine z organskimi primesmi in
- organske zemljine (šota, humus, gitja, dy).

Za razvrščanje zemljin z organskimi primesmi ni enoznačnih meril. Pri razvrstitvi je zato treba navesti uporabljene postopke za identificiranje prisotnosti in določitev količine organskih primesi in merila, uporabljena pri razvrščanju.

### 4.4.2 Drobnozrnatne mineralne zemljine z organskimi primesmi

Za razvrščanje drobnozrnatih mineralnih zemljin z organskimi primesmi se uporablja kombinacija kazalnikov lastnosti. Ti so v nadaljevanju navedeni po hierarhiji pomembnosti od zgoraj navzdol:

- položaj zemljine v diagramu plastičnosti v povezavi z vonjem in barvo,
- primerjava vrednosti meje židkosti po in pred sušenjem pri  $110 \pm 5\text{ °C}$  (merilo: razmerje meje židkosti za material, sušen v sušilniku in nesušen material  $\frac{w_{,sušen}}{w_{L,nesušen}} < 0,75$ ),
- hitri indikatorski testi z uporabo reagentov, ki se obarvajo v stiku s preiskovano zemljino (merilo: barva raztopine je temnejša od standardne) ali sprožijo druge vidne reakcije (npr. penjenje) pri uporabi določenih reagentov, kot je npr. vodikov peroksid,

**RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN**

- suha gostota v raščenem stanju v povezavi z barvo, vonjem in teksturo (orientacijsko merilo: suha gostota < 1,45 Mg/m<sup>3</sup>, pri šotah suha gostota < 1,00 Mg/m<sup>3</sup>),
- barva (modrikasti, sivi in črni odtenki),
- vonj naravno vlažne zemljine po zatohlem, vonj po razpadajoči organski snovi, neprijeten vonj pri sušenju, neprijeten vonj pri močenju, včasih vonj po žveplu oz. gnilih jajcih,
- strukturne in teksturne značilnosti - slednje zlasti pri šotnih zemljinah in gitjah in
- kemijske analitske metode (merilo: zemljina je organska, ko je > 2 % organskih snovi).

V pomoč pri razvrščanju so poleg kolorimetrijske metode (po SIST EN 1744-1, tč. 15.1) še kazalniki izgube pri žarjenju (SIST EN 1744-1, tč. 17), kvantitativne hitre kemijske analize, npr. analiza po Walkley Black (glej referenčne vire), vsebnost lahkih delcev (SIST EN 1744-1, tč. 14.2) in druge v nacionalni tradiciji uveljavljene metode.

Postopki po standardu iz skupine SIST EN 1744-1 so namenjeni za preiskovanje kamenega agregata in ne za zemljine. Zato so dokumentirane izkušnje in na lokalni rabi uveljavljeni postopki pri razvrščanju najmanj enakovredni rezultatom preiskav po SIST EN 1744-1.

Organske drobnozrnate mineralne zemljine se razvrščajo po načelih, kot so podana v preglednici 4.2b, s tem da se k oznaki za mineralno zemljino doda oznaka »O«.

Opomba 1: Izguba pri žarjenju je lahko tudi posledica izgube kemijsko vezane vode ali delne izgube kemijsko vezane vode zaradi prehoda mineralov s kemijsko vezano vodo iz ene v drugo mineralno fazo. Zato je pri uporabi kriterija žarizgube za razvrščanje zemljin za inženirsko rabo potrebna previdnost.

Opomba 2: Za šote kriteriji plastičnosti niso relevantni. Šote je moč prepoznati po vlaknati, psevdovlaknati ali amorfnosti strukturi, zelo nizki suhi gostoti (< 1,00 Mg/m<sup>3</sup>) ter visoki izgubi mase pri žarjenju, ki je praviloma > 20 %, še pogosteje > 30 %.

Opomba 3: Gitja in Dy (izgovorjava »de«) sta sladkovodna mulja z organsko snovjo, nastala v anaerobnih pogojih. Obe imeni sta skandinavskega izvora. Dy je gitja, pomešana z nesaturiranimi humusnimi koloidi. Pri zemeljskih delih na kopnem se v Sloveniji gitja v dosednji praksi ni identificirala kot posebna skupina. Možne pojave gitje je pričakovati v dnu starih zaprtih akumulacij (npr. v z vodo zalitih gramoznicah in drugih ojezeritvah na kopnem).

#### 4.4.3 Debelozrnate in sestavljene mineralne zemljine z organskimi primesmi

Za identifikacijo morebitnih organskih primesi v debelozrnatih in sestavljenih zemljinah se najprej uporabijo hitri indikatorski testi z uporabo reagentov, ki se obarvajo v stiku s preiskovano zemljino (merilo: barva raztopine je temnejša od standardne). Metodo, uveljavljeno v rabi v Sloveniji, opredeljuje SIST EN 1744-1, tč. 15.1. Rezultat preiskave je

- negativen test (barva raztopine je svetlejša od standardne, ni prisotnih oz. minimalno prisotne organske primesi)
- pozitiven test (barva raztopine je temnejša od standardne, prisotne organske primesi, kar je lahko problematično in je potrebna nadaljnja presoja).

Zemljine z velikostjo zrn < 2 mm se glede na analitsko določeno vsebnost organskih snovi skladno s SIST EN ISO 14688-2 razvrščajo po **Preglednici 4.3**.

**Preglednica 4.3:** Razvrščanje zemljin z velikostjo zrn < 2 mm z organskimi primesmi in šote na osnovi določitve s preiskavo izgube mase po žarjenju po SIST EN 1744-1, poglavje 17.

Oznaka zemljine	Vsebnost organskih snovi (% suhe mase)
nizko organska	2 do 6
srednje organska	6 do 20
visoko organska	> 20
šota	

Razvrščanje organskih zemljin z velikostjo zrn > 2 mm temelji na prepoznavanju vrste organskih primesi (npr. korenine, organski drobir), stopnji razkroja le - teh ter uporabi kolorimetrične kvalitativne ocene z uporabo standardne raztopine po SIST EN 1744-1, tč. 15.1.



**RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN**

Opomba 1: V debelozrnatih anorganskih zemljinah je pravilna identifikacija količine organskih snovi ter ocenitev vplivov le - teh na razvrstitev zelo pomembna v temeljnih tleh prometnic, ko so temeljna tla z organskimi primesmi neposredno pod voziščno konstrukcijo ali pod nizkimi nasipi višine < 2 m. V temeljnih tleh pod nasipi višine > 2 m morebitna prisotnost organskih snovi v anorganski debelozrnati zemljini praviloma ni izločitveni dejavnik. Končno oceno mora podati strokovnjak, upošteva merila usklajene rabe materialov, ne glede na načela klasifikacije po indeksnih parametrih. Glej tudi TSPI – PG.05.202.

Opomba 2: V poplavnih sedimentih kvartarne starosti, zlasti ob srednjem in spodnjem toku Save, so pogosto prisotni delci premoga iz separacij v zasavskih premogovnikih. Kolorimetrijske in analitske metode bodo prepoznale organski značaj zemljine, vendar pa drobci premoga v temeljnih tleh ali v nasipnem materialu praviloma ne škodijo zemeljskim objektom v času načrtovane življenjske dobe.

**4.4.4 Organske zemljine**

V to skupino spadajo šote, gitja, dy in humus. Razvrstiti jih je moč na osnovi makroskopskega pregleda.

Za potrditev razvrstitve se lahko dodatno uporabijo naslednji kazalniki:

- izguba mase pri žarjenju po SIST EN 1744-1, tč. 17
- suha gostota, določena po SIST EN 17892-2
- kemijske analitske metode, kot jih določajo standardi za npr. plodna tla, in katerih rabo in merila za razvrščanje je treba posebej navesti.

**4.5 Razvrščanje zemljin glede na vsebnost karbonatov**

Zemljine se v posebnih primerih razvrščajo tudi glede na vsebnost karbonatov. Glede na določila SIST EN ISO 14688-2 se pri razvrščanju uporabljajo naslednje oznake (**preglednica 4.4**):

**Preglednica 4.4:** Razvrščanje zemljin po količini karbonata.

Oznaka	Vsebnost karbonatov (kot % CaCO <sub>3</sub> )
ne - apnenčasta	< 1
malo apnenčasta	1 do 5
apnenčasta	5 do 25
visoko apnenčasta	25 do 50
zelo visoko apnenčasta	> 50

Opomba 1: Pri razvrščanju kvartarnih zemljin za inženirske namene rabe v Sloveniji se ugotavljanje karbonatov v zemljini po tradiciji praviloma ne uporablja v običajnih zemljinah. Pomembno pa je pri razvrščanju »polžarice« na ljubljanskem barju, »jezerske krede« na območju pleistocenskih poledenitev ter v predkvartarnih sedimentih, slednje zlasti v primerih, ko se preverja verjetnost cementacije le teh. Določitev karbonatov v zemljinah se izvaja po SIST EN ISO 10693.

Opomba 2: Karbonatni prodi iz savskih prodnih nanosov sodijo med zelo visoko apnenčaste prode, prodi na murskem polju pa med ne-apnenčaste prode. Polžarica, visoko plastični melj, ki nastopa na ljubljanskem barju v do 7 m debelih plasteh, je visoko do zelo visoko apnenčasta drobnozrnata zemljina.

Opomba 3: Za identifikacijo predkvartarnih zemljin, npr. oligocenske sivice, miocenskih meljev ipd., je ugotavljanje vsebnosti karbonatov pomemben kazalnik morebitne cementacije in dodatnega poimenovanja zemljine, npr. »laporna glina, glinast lapor«.

**4.6 Razvrščanje antropogenih materialov**

Antropogeni materiali so pri zemeljskih delih prisotni v starejših nasutjih in na degradiranih tleh na območju opuščenih industrijskih, rudarskih in vojaških dejavnosti.

Pri razvrščanju je treba najprej opisati vrsto umetnega nasutja oz. antropogenih tal kot

- inženirska nasutja, to so nasutja, v katera so bili materiali vgrajeni pod kontroliranimi pogoji,
- neinženirska nasutja, to so nasutja, v katera so bili materiali narinjeni brez kontrole homogenosti in zgoščenosti in
- degradirana tla.

**RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN**

Nadaljnje razvrščanje zemljin (geoloških materialov) iz umetnih nasutij poteka po enakih principih, kot so opisani v tč. 4.1 – 4.5.

Kadar so v umetnih nasutjih prisotni ne-geološki materiali (iz alternativnih virov oz. reciklirani odpadki), se le – ti razvrstijo po TSPI – PG.06.800 (v izdelavi).

Pri razvrščanju materialov na degradiranih tleh se zemljine in ostala geološka tla opišejo po postopkih iz tč. 4.2 – 4.5, doda pa se opis onesnaženja, kot so ga identificirale okoljske analize.

Za okoljsko oceno stanja materialov na degradiranih tleh se uporabljajo postopki in merila, vezana na analize vsebnosti merodajnih parametrov v izlužkih, kot jih določa veljavna regulativa (trenutno: Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 37/15, 69/15 in 129/20) oz. TSPI – PG.06.800 (v izdelavi)).

**4.7 Simboli za označevanje skupin in vrst zemljin pri razvrščanju - povzetek**

Pri razvrščanju se skupine in vrste zemljin označujejo s simboli, ki so sestavljeni iz dveh ali treh črk. Prvi črki označujeta skupino zemljine, zadnja črka pa potek krivulje zrnivosti ali položaj zemljine v diagramu plastičnosti (**preglednica 4.5**).

**Preglednica 4.5:** Simboli za označevanje skupin in vrst zemljin.

Skupina zemljine			Porazdelitev zrn			Plastičnost		
simbol	slovensko	angleško	simbol	slovensko	angleško	simbol	slovensko	angleško
<b>Gr</b>	gramoz	gravel	<b>W</b>	dobra	well	<b>L</b>	nizka	low
<b>Sa</b>	pesek	sand	<b>M</b>	srednja	medium	<b>M</b>	srednja	medium
<b>Si</b>	melj	silt	<b>G</b>	vrzelna	gap	<b>H</b>	visoka	high
<b>Cl</b>	glina	clay	<b>P</b>	slaba	poorly	<b>V</b>	zelo visoka	very high
<b>O</b>	organsko	organic	<b>U</b>	enovita	uniformly			
<b>Pt</b>	šota	peat						

**4.8 Razvrščanje in opisovanje značilnih vrst zemljin glede na sekundarne frakcije**

Razvrščanje zemljin po hierarhiji razvrščanja (glavna skupina, skupina, vrsta) s poimenovanji in simboli je prikazano v **preglednicah 4.6a** in **4.6b**. Primerjava kriterijev razvrščanja po opuščeni JUS/USCS in kriterijih, ki jih uvaja TSPI – PG.05.201 skladno s SIST EN 14688-2, je v **Dodatku 1**. Vpliv sekundarnih frakcij na opredelitev zemljine pri razvrščanju se prepoznava v poimenovanju vrste zemljine. Postopki za pravilno poimenovanje so opisani v **preglednicah 4.7a** do **4.7f**.

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

**Preglednica 4.6a:** Razvrščanje debelozrnatih zemljin in sestavljenih zemljin na osnovi indeksnih kazalnikov. Velja za zemljine z velikostjo zrn  $< 63$  mm, pri katerih je delež zrn  $< 0,063$  mm  $< 50$  %.

	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Glavna skupina	Delež zrn $\leq 0,063$ mm	Kriterij zrn $\leq 2$ mm	Položaj v diagramu plastičnosti	Skupina	Vrsta zemljine	Simbol	Kriterij	
1	Debelozrnat zemljine	$\leq 5$ %	$f_{0,063-2,0\text{ mm}} < f_{2,0-63\text{ mm}}$	ni merodajen	gramoz	dobro zrnat gramoz	GrW	$C_U > 15$ in $1 \leq C_C \leq 3$	
2						srednje zrnat gramoz	GrM	$6 < C_U < 15$ in $C_C < 1$	
3						gramoz z vrzeljo zrnivosti	GrG	$C_U > 15$ in $C_C < 0,5$	
4						slabo zrnat gramoz	GrP	$3 < C_U < 6$ in $C_C < 1$	
5						enovito zrnat gramoz	GrU	$C_U < 3$ in $C_C < 1$	
6			ni merodajen	$f_{0,063-2,0\text{ mm}} > f_{2,0-63\text{ mm}}$	ni merodajen	pesek	dobro zrnat pesek	SaW	$C_U > 15$ in $1 \leq C_C \leq 3$
7							srednje zrnat pesek	SaM	$6 < C_U < 15$ in $C_C < 1$
8							pesek z vrzeljo zrnivosti	SaG	$C_U > 15$ in $C_C < 0,5$
9							slabo zrnat pesek	SaP	$3 < C_U < 6$ in $C_C < 1$
10							enovito zrnat pesek	SaU	$C_U < 3$ in $C_C < 1$
11	Sestavljene zemljine, zmes debelih in finih zrn	12 % do 50 %	$f_{0,063-2,0\text{ mm}} < f_{2,0-63\text{ mm}}$	$I_P < I_{PA}$	gramoz	meljast gramoz	siGr	fina zrna se nahajajo pod premico A	
12				$I_P > I_{PA}$		glinast gramoz	clGr	fina zrna se nahajajo nad premico A	
13			$f_{0,063-2,0\text{ mm}} > f_{2,0-63\text{ mm}}$	$I_P < I_{PA}$	pesek	meljast pesek	siSa	fina zrna se nahajajo pod premico A	
14				$I_P > I_{PA}$		glinast pesek	clSa	fina zrna se nahajajo nad premico A	
15	Kompozitne zemljine*	5 % do 12 %	$f_{0,063-2,0\text{ mm}} < f_{2,0-63\text{ mm}}$	$I_P < I_{PA}$	gramoz	meljast gramoz*	siGr*	fina zrna se nahajajo pod premico A	
16				$I_P > I_{PA}$		glinast gramoz*	clGr*	fina zrna se nahajajo nad premico A	
17			$f_{0,063-2,0\text{ mm}} > f_{2,0-63\text{ mm}}$	$I_P < I_{PA}$	pesek	meljast pesek*	siSa*	fina zrna se nahajajo pod premico A	
18				$I_P > I_{PA}$		glinast pesek*	clSa*	fina zrna se nahajajo nad premico A	

Opomba 1: Gramoz se pri razvrščanju opišejo kot prodi, ko imajo zaobljena zrna, ter kot grušči, ko imajo oglasta in hrapava zrna.

Opomba 2: Razvrstitev zemljin v glavne skupine kot velike skale, skale in kamenje (**dodatek 3**) se praviloma opravi na osnovi makroskopskega pregleda. Ko naročnik oceni, da je treba opraviti laboratorijske preiskave zelo debelozrnatih zemljin, se načine izvedbe le - teh določi v okviru projekta.

Opomba 3: Gramoz z vsebnostjo finih zrn 5 % – 12 %, ki so v preglednici označeni s simbolom z zvezdico (siGr\* in clGr\*), se opišejo z »dvojnimi« simbolom: GrW-siGr, GrW-clGr; GrP-siGr, GrP-clGr; GrM-siGr, GrM-clGr; GrU-siGr, GrU-clGr; GrG-siGr, GrG-clGr.

Peski z vsebnostjo finih zrn 5 % – 12 %, ki so v preglednici označeni s simbolom z zvezdico (siSa\*, clSa\*), se opišejo z »dvojnimi« simbolom (SaW-siSa, SaW-clSa; SaP-siSa, SaP-clSa; SaM-siSa, SaM-clSa; SaU-siSa, SaU-clSa; SaG-siSa, SaG-clSa).

Opomba 4: Če zemljina iz glavne skupine (gramoz, pesek, melj ali glina) vsebuje  $\geq 15$  % sekundarnih frakcij, se opis vrste zemljine v stolpcu 6 izvede skladno z navodili v **preglednicah 4.7a – 4.7d**.

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

**Preglednica 4.6b:** Razvrščanje drobnozrnatih zemljin na osnovi indeksnih kazalnikov. Velja za zemljine z velikostjo zrn  $< 63$  mm, pri katerih je delež zrn  $< 0,063$  mm  $\geq 50$  %.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Glavna skupina	Delež zrn $\leq 0,063$ mm	Zrna $\leq 2$ mm	Položaj v diagramu plastičnosti	Skupina	Vrsta zemljine	Simbol	Dodatni kriterij
1	Drobnozrnate zemljine	$\geq 50$ %	ni merodajno	pod premico A $I_P < I_{PA}$	melji	nizko plastičen melj	<b>SiL</b>	$W_L < 35$ % oz. $W_L < 35$ % in $I_P < 4$ %
2						srednje plastičen melj	<b>SiM</b>	$35$ % $< W_L < 50$ %
3						visoko plastičen melj	<b>SiH</b>	$50$ % $< W_L < 70$ %
4						zelo visoko plastičen melj	<b>SiV</b>	$W_L > 70$ %
6				nad premico A $I_P > I_{PA}$	gline	nizko plastična glina	<b>CiL</b>	$W_L < 35$ % oz. $W_L < 35$ % in $I_P > 7$ %
7						srednje plastična glina	<b>CiM</b>	$35$ % $< W_L < 50$ %
8						visoko plastična glina	<b>CiH</b>	$50$ % $< W_L < 70$ %
9						zelo visoko plastična glina	<b>CiV</b>	$W_L > 70$ %
10				nad premico A	meljna glina	meljna glina nizke plastičnosti	<b>CiL-SiL</b>	$W_L$ levo od premice A $4$ % $< I_P < 7$ %
11				Organske zemljine	$\geq 50$ %	prevladujejo	pod ali nad premico A	stopnja vsebnosti organskih snovi se oceni po preglednici 4.3
12	srednje plastična organska zemljina (melj ali glina)	<b>CiMO</b> <b>SiMO</b>	fina zrna se nahajajo nad ali pod premico A					
13	visoko plastična organska zemljina (melj ali glina)	<b>CiHO</b> <b>SiHO</b>	fina zrna se nahajajo nad ali pod premico A					
14	zelo visoko plastična organska zemljina (melj ali glina)	<b>CiVO</b> <b>SiVO</b>	fina zrna se nahajajo pod ali nad premico A					
15	Šota in šoti podobne zemljine						<b>Pt</b>	izguba mase pri žarjenju $> 20$ %. Tekstura in druge značilnosti, ki identificirajo organsko zemljino

Opomba 1: Položaj zemljine v diagramu plastičnosti ne identificira samodejno mineralnega značaja finih zrn. Zato je v posebnih primerih, ko se zemljina nahaja v diagramu plastičnosti nad ali pod premico A, treba dodati tudi značaj zemljine, npr. »kraška glina«, »diatomejska oz. opalska zemlja«, »polžarica«, »morska glina« ipd., da se s tem poudari, da na identifikacijo plastičnosti ne vplivajo le glineni, temveč tudi drugi minerali, soli oz. koloidi.

Opomba 2: Antropogeni materiali se razvrščajo skladno z razvrščanjem zemljin (vrstice 1 - 14) v primeru, če so v umetnih nasutjih identificirani geološki materiali, sicer se uporabijo načela razvrščanja po TSPI PG.06.800 (v izdelavi).

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

Preglednica 4.7a: Poimenovanje debelozrnatih zemljin glede na prisotnost sekundarnih frakcij – GRAMOZI.

1	2	3	4	5	6	
Skupina	Koeficient zrnivosti	Plastičnost finih zrn	Simbol vrste	% peska	Poimenovanje	
Gramoz ≤ 5 % finih zrn ali »čisti gramoz«	$C_U > 15$ in $1 \leq C_C \leq 3$	ni relevantna	GrW	< 15 %	dobro zrnat gramoz	
				≥ 15 %	dobro zrnat peščen gramoz	
	$6 < C_U < 15$ in $C_C < 1$		GrM	< 15 %	srednje zrnat gramoz	
				≥ 15 %	srednje zrnat peščen gramoz	
	$C_U > 15$ in $C_C < 0,5$		GrG	< 15 %	vrzelno zrnat gramoz	
				≥ 15 %	vrzelno zrnat peščen gramoz	
	$3 < C_U < 6$ in $C_C < 1$		GrP	< 15 %	slabo zrnat gramoz	
				≥ 15 %	slabo zrnat peščen gramoz	
	$C_U < 3$ in $C_C < 1$		GrU	< 15 %	enovito zrnat gramoz	
				≥ 15 %	enovito zrnat peščen gramoz	
Gramoz 12 % do 50 % finih zrn	ni relevanten	$I_P < I_{PA}$	siGr	< 15 %	meljast gramoz	
				≥ 15 %	meljast gramoz s peskom	
		$I_P > I_{PA}$	clGr	< 15 %	glinast gramoz	
				≥ 15 %	glinast gramoz s peskom	
		Fina zrna: CIL – SiL	clGr - siGr	< 15 %	meljasto glinast gramoz	
				≥ 15 %	meljasto glinast gramoz s peskom	
Gramoz 5 % do 12 % finih zrn ali »kompozitni gramoz«	katerakoli od kombinacij za čiste gramoze	$I_P < I_{PA}$	siGr*	< 15 %	Opomba 1, glej naslednja primera	
				≥ 15 %		
		$I_P > I_{PA}$	clGr*	< 15 %		
				≥ 15 %		
	$C_U > 15$ in $1 \leq C_C \leq 3$	$I_P < I_{PA}$	GrW - clGr	< 15 %		dobro zrnat gramoz z glino
				≥ 15 %		dobro zrnat gramoz z glino in peskom
	$3 < C_U < 6$ in $C_C < 1$	$I_P > I_{PA}$	GrP - siGr	< 15 %		slabo zrnat gramoz z meljem
				≥ 15 %		slabo zrnat gramoz z meljem in peskom

Opomba 1: Pri poimenovanju zemljin s simbolom z zvezdico se uporabi kombinacija simbolov in s kombinacijo simbolov povezan zapis.

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

Preglednica 4.7b: Poimenovanje debelozrnatih zemljin glede na prisotnost sekundarnih frakcij – PESKI.

1	2	3	4	5	6	
Skupina	Koeficient zrnivosti	Plastičnost finih zrn	Simbol vrste	% gramoza	Poimenovanje	
Pesek ≤ 5 % finih zrn ali »čisti pesek«	$C_U > 15$ in $1 \leq C_C \leq 3$	ni relevantna	SaW	< 15 %	dobro zrnat pesek	
				≥ 15 %	dobro zrnat gramozni pesek	
	$6 < C_U < 15$ in $C_C < 1$		SaM	< 15 %	srednje zrnat pesek	
				≥ 15 %	srednje zrnat gramozni pesek	
	$C_U > 15$ in $C_C < 0,5$		SaG	< 15 %	vrzelno zrnat pesek	
				≥ 15 %	vrzelno zrnat gramozni pesek	
	$3 < C_U < 6$ in $C_C < 1$		SaP	< 15 %	slabo zrnat pesek	
				≥ 15 %	slabo zrnat gramozni pesek	
	$C_U < 3$ in $C_C < 1$		SaU	< 15 %	enovito zrnat pesek	
				≥ 15 %	enovito zrnat gramozni pesek	
Pesek z 12 % do 50 % finih zrn	ni relevanten	$I_P < I_{PA}$	siSa	< 15 %	meljast pesek	
				≥ 15 %	meljast pesek z gramozom	
		$I_P > I_{PA}$	clSa	< 15 %	glinast pesek	
				≥ 15 %	glinast pesek z gramozom	
		Fina zrna: CIL – SiL	clSa - siSa	< 15 %	meljasto glinast pesek	
				≥ 15 %	meljasto glinast pesek z gramozom	
Pesek s 5 % do 12 % finih zrn ali »kompozitni pesek«	katerakoli od kombinacij za čisti pesek	$I_P < I_{PA}$	siSa*	< 15 %	Opomba 1, glej naslednja primera	
				≥ 15 %		
		$I_P > I_{PA}$	clSa*	< 15 %		
				≥ 15 %		
	$C_U > 15$ in $1 \leq C_C \leq 3$	$I_P < I_{PA}$	SaW - clSa	< 15 %		dobro zrnat pesek z glino
				≥ 15 %		dobro zrnat pesek z glino in gramozom
	$3 < C_U < 6$ in $C_C < 1$	$I_P > I_{PA}$	SaP- siSa	< 15 %		slabo zrnat pesek z meljem
				≥ 15 %		slabo zrnat pesek z meljem in gramozom

Opomba 1: Pri poimenovanju zemljin s simbolom z zvezdico se uporabi kombinacija simbolov in s kombinacijo simbolov povezan zapis, npr. SaW - siSa, SaM – clSa.



## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

Preglednica 4.7c: Poimenovanje drobnozrnatih zemljin glede na prisotnost sekundarnih frakcij – MELJI.

1	2	3	4	5	
Simbol vrste	Vsebnost finih zrn		Delež pesek/gramoz	Poimenovanje	
<b>SiL</b> $I_P < I_{PA}$ in $W_L < 35\%$ oz. $I_P < 4\%$ in $W_L < 35\%$	< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm		nizko plastičen melj	
		15 – 30 % > 0,063 mm	% peska > % gramoza % peska < % gramoza	nizko plastičen melj s peskom nizko plastičen melj z gramozom	
	≥ 30 % zrn > 0,063 mm	% peska ≥ % gramoza	< 15 % gramoza ≥ 15 % gramoza	peščen nizko plastičen melj peščen nizko plastičen melj z gramozom	
		% peska < % gramoza	< 15 % peska ≥ 15 % peska	gramozen nizko plastičen melj gramozen nizko plastičen melj s peskom	
	<b>SiM</b> $I_P < I_{PA}$ in $35\% < W_L < 50\%$	< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm		srednje plastičen melj
			15 – 30 % > 0,063 mm	% peska > % gramoza % peska < % gramoza	srednje plastičen melj s peskom srednje plastičen melj z gramozom
≥ 30 % zrn > 0,063 mm		% peska ≥ % gramoza	< 15 % gramoza ≥ 15 % gramoza	peščen srednje plastičen melj peščen srednje plastičen melj z gramozom	
		% peska < % gramoza	< 15 % peska ≥ 15 % peska	gramozen srednje plastičen melj gramozen srednje plastičen melj s peskom	
<b>SiH</b> $I_P < I_{PA}$ in $50\% < W_L < 70\%$		< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm		visoko plastičen melj
			15 – 30 % > 0,063 mm	% peska > % gramoza % peska < % gramoza	visoko plastičen melj s peskom visoko plastičen melj z gramozom
	≥ 30 % zrn > 0,063 mm	% peska ≥ % gramoza	< 15 % gramoza ≥ 15 % gramoza	peščen visokoplastičen melj peščen visoko plastičen melj z gramozom	
		% peska < % gramoza	< 15 % peska ≥ 15 % peska	gramozen visokoplastičen melj gramozen visoko plastičen melj s peskom	
	<b>SiV</b> $I_P < I_{PA}$ $W_L > 70\%$	< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm		zelo visoko plastičen melj
			15 – 30 % > 0,063 mm	% peska > % gramoza % peska < % gramoza	zelo visoko plastičen melj s peskom zelo visoko plastičen melj z gramozom
≥ 30 % zrn > 0,063 mm		% peska ≥ % gramoza	< 15 % gramoza ≥ 15 % gramoza	peščen zelo visoko plastičen melj peščen zelo visoko plastičen melj z gramozom	
		% peska < % gramoza	< 15 % peska ≥ 15 % peska	gramozen zelo visoko plastičen melj gramozen zelo visoko plastičen melj s peskom	
<b>CIL-SiL</b> $4\% < I_P < 7\%$ $W_L$ levo od premice A		< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm		meljna glina
			15 – 30 % > 0,063 mm	% peska > % gramoza % peska < % gramoza	meljna glina s peskom meljna glina z gramozom
	≥ 30 % zrn > 0,063 mm	% peska ≥ % gramoza	< 15 % gramoza ≥ 15 % gramoza	peščena meljna glina peščena meljna glina z gramozom	
		% peska < % gramoza	< 15 % peska ≥ 15 % peska	gramozna meljna glina gramozna meljna glina s peskom	

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

Preglednica 4.7d: Poimenovanje drobnozrnatih zemljin glede na prisotnost sekundarnih frakcij – GLINE.

1	2	3	4	5	
Simbol vrste	Vsebnost finih zrn		Delež pesek/gramoz	Poimenovanje	
<b>CIL</b> $I_P > I_{PA}$ in $W_L < 35\%$ oz. $I_P > 7\%$ in $W_L < 35\%$	< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm		nizko plastična glina	
		15 – 30 % > 0,063 mm	% peska > % gramoza % peska < % gramoza	nizko plastična glina s peskom nizko plastična glina z gramozom	
	≥ 30 % zrn > 0,063 mm	% peska ≥ % gramoza	< 15 % gramoza		peščena nizko plastična glina
			≥ 15 % gramoza		peščena nizko plastična glina z gramozom
		% peska < % gramoza	< 15 % peska		gramozna nizko plastična glina
			≥ 15 % peska		gramozna nizko plastična glina s peskom
<b>CIM</b> $I_P > I_{PA}$ in $35\% < W_L < 50\%$	< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm		srednje plastična glina	
		15 – 30 % > 0,063 mm	% peska > % gramoza % peska < % gramoza	srednje plastična glina s peskom srednje plastična glina z gramozom	
	≥ 30 % zrn > 0,063 mm	% peska ≥ % gramoza	< 15 % gramoza		peščena srednje plastična glina
			≥ 15 % gramoza		peščena srednje plastična glina z gramozom
		% peska < % gramoza	< 15 % peska		gramozna srednje plastična glina
			≥ 15 % peska		gramozna srednje plastična glina s peskom
	<b>CIH</b> $I_P > I_{PA}$ in $50\% < W_L < 70\%$	< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm		visoko plastična glina
			15 – 30 % > 0,063 mm	% peska > % gramoza % peska < % gramoza	visoko plastična glina s peskom visoko plastična glina z gramozom
≥ 30 % zrn > 0,063 mm		% peska ≥ % gramoza	< 15 % gramoza		peščena visoko plastična glina
			≥ 15 % gramoza		peščena visoko plastična glina z gramozom
		% peska < % gramoza	< 15 % peska		gramozna visoko plastična glina
			≥ 15 % peska		gramozna visoko plastična glina s peskom
<b>CIV</b> $I_P > I_{PA}$ $W_L > 70\%$	< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm		zelo visoko plastična glina	
		15 – 30 % > 0,063 mm	% peska > % gramoza % peska < % gramoza	zelo visoko plastična glina s peskom zelo visoko plastična glina z gramozom	
	≥ 30 % zrn > 0,063 mm	% peska ≥ % gramoza	< 15 % gramoza		peščena zelo visoko plastična glina
			≥ 15 % gramoza		peščena zelo visoko plastična glina z gramozom
		% peska < % gramoza	< 15 % peska		gramozna zelo visoko plastična glina
			≥ 15 % peska		gramozna zelo visoko plastična glina s peskom

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

Preglednica 4.7e: Poimenovanje drobnozrnatih zemljin glede na prisotnost sekundarnih frakcij – ORGANSKI MELJI.

1	2	3	4	5	
Simbol vrste	Vsebnost finih zrn		Delež pesek/gramoz	Poimenovanje	
<b>SiLO</b> I <sub>P</sub> < I <sub>PA</sub> in W <sub>L</sub> < 35 % oz. I <sub>P</sub> < 4 % in W <sub>L</sub> < 35 %	<30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm		organski nizko plastičen melj	
		15 – 30 % > 0,063 mm	% peska ≥ % gramoza	organski nizko plastičen melj s peskom	
	≥ 30 % zrn > 0,063 mm	% peska ≥ % gramoza	% peska < % gramoza	< 15 % gramoza	organski nizko plastičen melj z gramozom
			% peska < % gramoza	≥ 15 % gramoza	peščen nizko plastičen organski melj
		% peska < % gramoza	< 15 % peska	peščen nizko plastičen organski melj z gramozom	
			≥ 15 % peska	gramozen nizko plastičen organski melj	
	<b>SiMO</b> I <sub>P</sub> < I <sub>PA</sub> in 35 % < W <sub>L</sub> < 50 %	< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm		organski srednje plastičen melj
			15 – 30 % > 0,063 mm	% peska > % gramoza	organski srednje plastičen melj s peskom
≥ 30 % zrn > 0,063 mm		% peska ≥ % gramoza	% peska < % gramoza	< 15 % gramoza	srednje plastičen organski melj z gramozom
			% peska < % gramoza	≥ 15 % gramoza	peščen srednje plastičen organski melj
		% peska < % gramoza	< 15 % peska	peščen srednje plastičen organski melj z gramozom	
			≥ 15 % peska	gramozen srednje plastičen organski melj	
<b>SiHO</b> I <sub>P</sub> < I <sub>PA</sub> in 50 % < W <sub>L</sub> < 70 %		< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm		organski visoko plastičen melj
			15 – 30 % > 0,063 mm	% peska > % gramoza	organski visoko plastičen melj s peskom
	≥ 30 % zrn > 0,063 mm	% peska ≥ % gramoza	% peska < % gramoza	< 15 % gramoza	visoko plastičen organski melj z gramozom
			% peska < % gramoza	≥ 15 % gramoza	peščen visoko plastičen organski melj
		% peska < % gramoza	< 15 % peska	peščen visoko plastičen organski melj z gramozom	
			≥ 15 % peska	gramozen visoko plastičen organski melj	
	<b>SiVO</b> I <sub>P</sub> < I <sub>PA</sub> W <sub>L</sub> > 70 %	< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm		organski zelo visoko plastičen melj
			15 – 30 % > 0,063 mm	% peska > % gramoza	organski zelo visoko plastičen melj s peskom
≥ 30 % zrn > 0,063 mm		% peska ≥ % gramoza	% peska < % gramoza	< 15 % gramoza	zelo visoko plastičen organski melj z gramozom
			% peska < % gramoza	≥ 15 % gramoza	peščen zelo visoko plastičen organski melj
		% peska < % gramoza	< 15 % peska	peščen zelo visoko plastičen organski melj z gramozom	
			≥ 15 % peska	gramozen zelo visoko plastičen organski melj	
% peska < % gramoza		< 15 % peska	gramozen zelo visoko plastičen organski melj s peskom		
		≥ 15 % peska	gramozen zelo visoko plastičen organski melj s peskom		

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

Preglednica 4.7f: Poimenovanje drobnozrnatih zemljin glede na prisotnost sekundarnih frakcij – ORGANSKE GLINE.

1	2	3	4	5
Simbol vrste	Vsebnost finih zrn		Delež pesek/gramoz	Poimenovanje
<b>CILO</b> $I_P > I_{PA}$ in $W_L < 35\%$ oz. $I_P > 7\%$ in $W_L < 35\%$	< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm		organska nizko plastična glina
		15 – 30 % > 0,063 mm	% peska $\geq$ % gramoza	organska nizko plastična glina s peskom
	% peska < % gramoza		organska nizko plastična glina z gramozom	
	$\geq 30\%$ zrn > 0,063 mm	% peska $\geq$ % gramoza	< 15 % gramoza	peščena nizko plastična organska glina
			$\geq 15\%$ gramoza	peščena nizko plastična organska glina z gramozom
		% peska < % gramoza	< 15 % peska	gramozna nizko plastična organska glina
			$\geq 15\%$ peska	gramozna nizko plastična organska glina s peskom
	<b>CIMO</b> $I_P > I_{PA}$ in $35\% < W_L$ < 50 %	< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm	
15 – 30 % > 0,063 mm			% peska > % gramoza	organska srednje plastična glina s peskom
		% peska < % gramoza	organska srednje plastična glina z gramozom	
$\geq 30\%$ zrn > 0,063 mm		% peska $\geq$ % gramoza	< 15 % gramoza	peščena srednje plastična organska glina
			$\geq 15\%$ gramoza	peščena srednje plastična organska glina z gramozom
		% peska < % gramoza	< 15 % peska	gramozna srednje plastična organska glina
			$\geq 15\%$ peska	gramozna srednje plastična organska glina s peskom
<b>CIHO</b> $I_P > I_{PA}$ in $50\% < W_L$ < 70 %		< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm	
	15 – 30 % > 0,063 mm		% peska > % gramoza	organska visoko plastična glina s peskom
		% peska < % gramoza	organska visoko plastična glina z gramozom	
	$\geq 30\%$ zrn > 0,063 mm	% peska $\geq$ % gramoza	< 15 % gramoza	peščena visoko plastična organska glina
			$\geq 15\%$ gramoza	peščena visoko plastična organska glina z gramozom
		% peska < % gramoza	< 15 % peska	gramozna visoko plastična organska glina
			$\geq 15\%$ peska	gramozna visoko plastična organska glina s peskom
	<b>CIVO</b> $I_P > I_{PA}$ $W_L > 70\%$	< 30 % zrn > 0,063 mm	0 – 15 % > 0,063 mm	
15 – 30 % > 0,063 mm			% peska > % gramoza	organska zelo visoko plastična glina s peskom
		% peska < % gramoza	organska zelo visoko plastična glina z gramozom	
$\geq 30\%$ zrn > 0,063 mm		% peska $\geq$ % gramoza	< 15 % gramoza	peščena zelo visoko plastična organska glina
			$\geq 15\%$ gramoza	peščena zelo visoko plastična organska glina z gramozom
		% peska < % gramoza	< 15 % peska	gramozna zelo visoko plastična organska glina
			$\geq 15\%$ peska	gramozna zelo visoko plastična organska glina s peskom

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

## 5 Vzoredni kazalniki lastnosti pri razvrščanju

### 5.1 Splošno

Vzporedno s preiskavami za namene razvrščanja se za inženirske namene rabe zemljin v zemeljskih delih praviloma opravijo tudi preiskave za ugotavljanje enostavnih kazalnikov stanja zemljine, ki vključujejo naslednje določitve:

- gostotnega indeksa ( $I_D$ )
- nedrenirane strižne trdnosti ( $c_U$ )
- indeksa konsistence ( $I_C$ )
- občutljivosti ( $S_C$ )
- druge kazalnike, primerne za razvrščanje posebnih zemljin.

Na osnovi kazalnikov se opiše stanje zemljine s standardnimi termini, kot so podani v tej točki, opis stanja pa se doda k poimenovanju zemljine ob razvrstitvi.

Indeksni kazalniki stanja ne vplivajo na načela razvrščanja zemljin, opisana v tč. 4, vplivajo pa na oceno pričakovanega obnašanja zemljine v zemeljskih delih, npr. pri gradnji nasipov, v vkopih ipd.

### 5.2 Relativna gostota

Relativna gostota se praviloma določi na osnovi gostotnega indeksa ( $I_D$ ), izračunanega iz rezultatov laboratorijskih preiskav, s primerjavo količnika por v naravnem stanju ( $e_0$ ) s količniki por v rahlem in zgoščenem stanju ( $e_{max}$  in  $e_{min}$ ).

Možna je tudi uporaba empiričnih korelacij za rezultate, dobljene pri terenskih preiskavah (glej SIST EN 1997-2).

Izračun gostotnega indeksa  $I_D$  se izvede po enačbi:

$$I_D = \frac{e_{max} - e_0}{e_{max} - e_{min}}$$

kjer je:

$I_D$  ... gostotni indeks

$e_0$  ... količnik por zemljine v raščnem stanju

$e_{min}$  ... minimalni količnik por zemljine v gosto zbitem stanju

$e_{max}$  ... maksimalni količnik por zemljine v rahlo nasutem stanju.

V **preglednici 5.1** so podani opisi za poimenovanje stanja relativne gostote glede na podatke meritev v laboratoriju ter informativno za parametre, določene na terenu s sondiranjem.

**Preglednica 5.1:** Termini za standardni opis relativne gostote.

Relativna gostota – opis stanja	$I_D$ (%)	SPT ( $N_{i60}$ )	CPT $q_c$ (MPa)	PMT $p_L$ (MPa)
zelo rahlo	0 – 15	< 4	< 2,5	< 0,3
rahlo	15 – 35	4 – 7	2,5 – 5,0	0,3 – 0,5
srednje gosto	35 – 65	7 – 15	5,0 – 10	0,5 – 1
gosto	65 – 85	15 – 30	10 – 20	1 – 2
zelo gosto	85 – 100	> 30	> 20	> 2

### 5.3 Nedrenirana strižna trdnost

Standardni termini za opisovanje nedrenirane strižne trdnosti so v **Preglednici 5.2**. Nedrenirano strižno trdnost je treba izmeriti v laboratoriju, npr. po postopkih SIST EN ISO 17892-7, SIST EN ISO

**RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN**

17892-8 ali kot indeksni test po SIST EN ISO 17892-6. Uporabijo se lahko tudi neposredne terenske meritve, npr. hitri test s krilno sondo ali drugi neposredni testi, opisani v SIST EN 1997-2. Izpeljane vrednosti iz drugih tipov sondiranja na terenu (npr. SPT) se ne uporabljajo za ocenitev nedrenirane strižne trdnosti.

**Preglednica 5.2:** Termini za standardni opis nedrenirane strižne trdnosti.

Ocena nedrenirane strižne trdnosti	$c_u$ (kPa)
izjemno nizka	0 – 10
zelo nizka	10 – 20
nizka	20 – 40
srednja	40 – 75
visoka	75 – 150
zelo visoka	150 – 300
izjemno visoka	$\geq 300$

Opomba 1: Zemljine z nedrenirano trdnostjo  $\geq 300$  kPa se opišejo kot kamnine, skladno z načeli SIST EN ISO 14689.

#### 5.4 Konsistenčno stanje drobnozrnatih zemljin

Konsistenčno stanje drobnozrnatih zemljin se določi na osnovi laboratorijskih preiskav plastičnosti po SIST EN ISO 17892-12 in z izračunom indeksa konsistence. V primeru, ko ni na voljo laboratorijskih preiskav, se konsistenčno stanje oceni po opisu v **Preglednici 5.3**.

Indeks konsistence se izračuna po enačbi:

$$I_c = \frac{w_L - w_0}{I_p}$$

kjer je:

$I_c$  ... indeks konsistence

$w_L$  ... meja židkosti

$w_0$  ... naravna vlaga

$I_p$  ... indeks plastičnosti

Načela opisovanja konsistenčnega stanja zemljin se v slovenski tradiciji rabe razlikujejo od tistih, ki jih uveljavlja SIST EN ISO 14688–2.

V **Preglednici 5.3** so podana načela opisovanja konsistenčnih stanj po TSPI – PG.05.201.

**Preglednica 5.3:** Termini za opis konsistenčnega stanja.

Konsistenca	Indeks konsistence ( $I_c$ )	Opis
židka	$< 0$	zemljina se obnaša kot tekočina
lahko gnetna	0 – 0,25	ko stisneš pest, se iztisne med prsti
srednje gnetna	0,25 – 0,50	lahko se gnete med prsti
zmerno gnetna	0,50 – 0,75	lahko se svaljka, a se ne more gnesti med prsti
težko gnetna	0,75 – 1,00	med svaljkanjem se drobi, a jo je moč ponovno zgnesti v kepo
poltrdna, trdna	$> 1,00$	ne da se svaljkati



## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

### 5.5 Občutljivost drobnozrnatih zemljin, $S_c$

Občutljivost drobnozrnatih zemljin ( $S_c$ ) je določena kot razmerje med nedrenirano strižno trdnostjo neporušenega in nedrenirano strižno trdnostjo pregnetenega vzorca (**Preglednica 5.4**):

$$S_c = \frac{c_{U_{int}}}{c_{U_{rem}}}$$

kjer je:

$S_c$  ... občutljivost

$c_{U_{int}}$  ... nedrenirana strižna trdnost intaktnega vzorca

$c_{U_{rem}}$  ... nedrenirana strižna trdnost pregnetenega vzorca

**Preglednica 5.4:** Termini za standardni opis občutljivosti.

Opis	Občutljivost
nizka	< 8
srednja	8 do 30
visoka	> 30

Opomba1: Visoko občutljive zemljine se nadalje klasificirajo kot »quick clay«. V Sloveniji doslej niso bile zaznane glinice tipa »quick clay« v geološkem okolju; med alternativnimi materiali pa so ti pojavi prisotni, npr. pri steklarski kemični sadri in drugih industrijskih blatih.

### 5.6 Ocena stopnje prekonsolidacije, OCR

Za oceno stopnje prekonsolidacije (OCR) se uporablja edometrska preiskava po SIST EN 17892-5. Stopnja prekonsolidacije OCR je določena kot razmerje med maksimalno vertikalno efektivno napetostjo, ki ji je bila zemljina izpostavljena, in trenutno efektivno vertikalno napetostjo (**Preglednica 5.5**).

Stopnja prekonsolidacije OCR je določena po enačbi:

$$OCR = \frac{\sigma'_p}{\sigma'_{v0}}$$

kjer je:

$\sigma'_p$  ... maksimalna pretekla efektivna normalna napetost (prekonsolidacijski tlak)

$\sigma'_{v0}$  ... efektivna vertikalna napetost v obstoječem stanju

**Preglednica 5.5:** Ocena prekonsolidacije OCR.

Opis	OCR
podkonsolidirana	< 0,9
normalno konsolidirana	0,9 do 1,1
prekonsolidirana	> 1,1

Opomba 1 Nekatere visoko prekonsolidirane zemljine, kot je npr. oligocenska morska glina – sivica, so tako visoko prekonsolidirane, da v naravnem stanju delujejo kot kamnine, v stiku z vodo pa se mehčajo in v primerih, ko so preprečene deformacije, lahko med vlaženjem razvijejo zelo visoke nabrekalne tlake. Zato je pri razvrščanju zemljin, kot so sivica in sivici podobne zemljine, ocena stopnje prekonsolidacije pomemben kazalnik bodočega obnašanja zemljine v zemeljskem objektu.

### 5.7 Ostali kazalniki

V posebnih zemljinah ali za posebne namene rabe zemljin (glej opombe v **tč. 4.1**) je treba za pravilno razvrščanje določiti tudi druge parametre, kot so:

- mineralna in kemična sestava
- aktivnost gline
- stopnja zasičenja

**RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN**

- retencijska krivulja
- obremenilni indeks
- razbremenilni indeks
- potencial kolapsa.

Vsebinsko in obseg preiskav se v posebnih primerih določi v okviru projektne naloge za specifični projekt, na katerem se pričakujejo pojavi zemljin s posebnimi lastnostmi. Postopki preiskav se v teh primerih predpišejo/dogovorijo v povezavi z možnostmi prilagoditve standardnih postopkov ali rabo postopkov – standardov z drugih področij, npr. kamenega agregata. Prednost imajo metode po standardih, ki jih navaja SIST EN 1997–2 ali napredni, v literaturi opisani in v primerljivih okoliščinah preverjeni postopki.

## 6 Referenčna dokumentacija

ASTM D 2487 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

BS 5930 Code of practice for ground investigations

DIN 18132 Soil, testing procedures and testing equipment - Determination of water absorption

DIN 18196 Erd - und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

JUS U.B1.001 Geomehantička ispitivanja - Opšta klasifikacija tla (opuščen)

JUS U.B1.003 Geomehantička ispitivanja - Terenska identifikacija uzoraka tla (opuščen)

JUS U.B1.018 Geomehantička ispitivanja - Određivanje granulometrijskog sastava (opuščen)

JUS U.B1.026 Geomehantička ispitivanja - Određivanje sadržaja karbonata (opuščen)

SIST EN 933-1 Preskusi geometričnih lastnosti agregatov - 1 del: Ugotavljanje zrnivosti – metoda sejanja

SIST EN 933-9 Preskusi geometričnih lastnosti agregatov - 9. del: Ugotavljanje finih delcev - Preskus z metilen modrim (vključno z dopolnilom A1)

SIST EN 1744-1 Preskusi kemičnih lastnosti agregatov - 1. del: Kemijska analiza

SIST EN 1744-3 Preskusi kemičnih lastnosti agregatov - 3. del: Priprava izlužkov agregatov

SIST EN 1744-5 Preskusi kemičnih lastnosti agregatov – 5. del: Določevanje kloridnih soli, topnih v kislini

SIST EN 1997-1 Evrokod 7: Geotehnično projektiranje - 1. del: Splošna pravila

SIST EN 1997-2 Evrokod 7: Geotehnično projektiranje - 2. del: Preiskovanje in preskušanje tal

SIST EN ISO 10693 Kakovost tal - Določevanje karbonatov - Volumetrijska metoda

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

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

SIST EN ISO 14689 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Prepoznavanje, opisovanje in razvrščanje kamnin

SIST EN 16907-1 Zemeljska dela - 1. del: Načela in splošna pravila

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

**RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN**

SIST EN ISO 17892-1 do SIST EN ISO 17892-12 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

SIST EN ISO 17892-12 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 12. del: Ugotavljanje Atterbergovih meja plastičnosti

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

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

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

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

SN 670 008a Identifikation der Lockergesteine. Labormethode mit Klasifikation nach USCS

Posebni tehnični pogoji za ceste, knjiga 3, Zemeljska dela, SCS, 1989, z dopolnili

TSC 06.512: Projektiranje, klimatski in hidrološki pogoji

TSPI PG.06.800: Reciklirani in ostali alternativni materiali (v izdelavi)

Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 37/15, 69/15 in 129/20)

**RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN****7 Literatura**

ISSMFE (International society of soil mechanics and foundation engineering), 1979. Subcommittee report on symbols, units, definitions. Proc., 9<sup>th</sup> Int. Conf on Soil Mechanics and Foundation Engineering, str. 153 -170 (in French)

Maček, M., Smolar, J., Petkovšek, A., 2018. Klasifikacija zemljin za inženirske namene v Sloveniji - kako naprej? *Geologija* 61, str. 33–48. <https://doi.org/10.5474/geologija.2018.003>

Maček, M., Mauko, A., Mladenovič, A., Majes, B., Petkovšek, A., Smolar, J., Petkovšek, A., 2013. A comparison of methods used to characterize the soil specific surface area of clays. *Applied Clay Science* 83–84, str. 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2013.08.026>

Pleničar, M., Strmole, D., Leder, Z., Pavšič, J., Kralj, P., Grm, M., 2006. Geološki terminološki slovar, Zbirka Slovarji / Založba ZRC, ZRC SAZU

Skaberne, D., 1980. Predlog klasifikacije in nomenklature klastičnih sedimentnih kamnin, 1. del: Predlog granulometrijske klasifikacije in nomenklature. *Rudarsko-metalurški zbornik* 27/1, str. 21-46

Šuklje, L., 1967. *Mehanika tal*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 480 str.

Šuklje, L., 1979. Objašnjenje pravilnika o tehničkim normativima za projektovanje i izvođenje radova kod temeljenja građevinskih objekata. *Časopis »Izgradnja«*, Beograd, 227 str.

Šuklje, L., 1984. *Mehanika tal*. Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 359 str.

Walkley, A., 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils—effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.*, Volume 63 - Issue 4 – str. 251-264

Walkley, A., Black, I. A., 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, Volume 37 - Issue 1 – str. 29-38

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

**DODATEK 1: Primerjava načel razvrščanja zemljin v pretekli slovenski praksi z novimi načeli po SIST EN ISO 14688-2**

Načela razvrščanja zemljin, ki jih uvaja SIST EN ISO 14688-2, se razlikujejo od načel, ki so bila v uporabi v Sloveniji po letu 1950 oz. do ukinitve JUS U.B1.001. Posebnost SIST EN ISO 14688-2 v primerjavi s starejšimi načeli razvrščanja je, da odločitve glede podrobnega razvrščanja posameznih skupin zemljin na podskupine in vrste prepušča nacionalnim izkušnjam.

Ker SIST EN ISO 14688-2 nima nacionalnega dodatka, je glavni namen TSPI – PG.05.201, da poda nedvoumna načela razvrščanja zemljin na osnovi laboratorijskih preiskav indeksnih lastnosti.

V preglednici D1 je podana primerjava razvrstitve zemljin v skupine pred in po uveljavitvi SIST EN ISO 14688-2.

Med pomembnimi razlikami so naslednje:

1. SIST EN ISO 14688-2 spreminja simbole za zemljine glede na AC/USCS klasifikacijo:

Gramoz	simbol Gr namesto G
Pesek	simbol Sa namesto S
Melj	simbol Si namesto M
Glina	simbol Cl namesto C
Organska mineralna zemljina	oznaka O (organic) kot priponka k simbolu za mineralno zemljino. Npr. SiLO namesto OL.

2. SIST EN ISO 14688-2 spreminja kriterije za razvrščanje debelozrnatih zemljin v značilne skupine glede na kriterije koeficientov zrnivosti  $C_U$  in  $C_C$ . Uvaja tudi dodatne oznake, kot sledi v zapisu spodaj za gramoze. Slične razlike veljajo za peske. Z uvedbo dodatnih skupin GrM, GrG, GrU in SaM, SaG in SaU se ustrezno poveča tudi število kombinacij za kompozitne zemljine:

USCS razvrščanje	Kriterij koeficientov zrnivosti po USCS	SIST EN ISO 14688-2 razvrščanje	Kriterij koeficientov zrnivosti po SIST EN ISO 14688-2
GW	$C_U \geq 4$ $C_C$ 1 do 3	GrW	$C_U > 15$ $C_C$ 1 do 3
GP	eden od kriterijev za GW ni izpolnjen	GrM	$C_U$ 6 - 15 $C_C < 1$
		GrG	$C_U > 15$ $C_C < 0,5$
		GrP	$C_U$ 3 do 6 $C_C < 1$
		GrU	$C_U < 3$ $C_C < 1$

3. SIST EN ISO 14688-2 uporablja za razvrščanje drobnozrnatih zemljin diagram plastičnosti, tako kot AC/USCS. Razlika je v podrobnejši razvrstitvi zemljin glede na vrednost meje židkosti ( $w_L$ ). Uveljavlja se skupina zemljin srednje plastičnosti (SiM in CIM), kadar je meja židkosti med 35 in 50 % ter zemljin zelo visoke plastičnosti (SiV in CIV), kadar je meja židkosti  $> 70$  %.
4. SIST EN ISO 14688-2 spreminja način označevanja drobnozrnatih mineralnih zemljin z organskimi primesmi. Namesto oznak OL in OH, uveljavljenih po USCS, se uvaja razvrščanje drobnozrnatih zemljin z organskimi primesmi v 8 skupin, kot je podano v preglednici D1, stolpec 5, vrstica 23.

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

Preglednica D.1: Primerjava razvrstitve zemljin pred in po uveljavitvi SIST EN ISO 14688-2.

	1	2	3	4	5				
1	Skupina	AC (Šuklje, 1979)	ASTM D 2487/USCS	SIST EN ISO 14688-2	Izpeljava razvrščanja v povezavi s SIST EN ISO 14688-2				
2	Zelo debelo zrnata			velike skale	<b>LBo</b>				
3			skale	skale	<b>Bo</b>				
4		kamenje	kamenje	kamenje	<b>Co</b>				
5	Debelozrnata	dobro zrnat gramoz	<b>GW</b>	dobro zrnat gramoz	<b>GW</b>	gramoz	<b>Gr</b>	GrW (dobro zrnat)	
6		slabo zrnat gramoz	<b>GP</b>	slabo zrnat gramoz	<b>GP</b>			GrM (srednje zrnat)	
7		enovito zrnat gramoz	<b>GU</b>					GrG (vrzelno zrnat)	
8		glinast gramoz	<b>GC</b>	glinast gramoz	<b>GC</b>	glinast gramoz	<b>clGr</b>	clGr (glinast gramoz)	
9				meljast gramoz	<b>GM</b>	meljast gramoz	<b>siGr</b>	siGr (meljast gramoz)	
10			<b>GF</b> (GF <sub>s</sub> , GF <sub>c</sub> )			vmesne in kompozitne gramozne zemljine	<b>clGr*</b> <b>siGr*</b>	uporabi se dvojni simbol. Teoretično je možnih 10 kombinacij.	
11			dobro zrnat pesek	<b>SW</b>	dobro zrnat pesek	<b>SW</b>	pesek	<b>Sa</b>	SaW (dobro zrnat)
12			slabo zrnat pesek	<b>SP</b>	slabo zrnat pesek	<b>SP</b>			SaM (srednje zrnat)
13			enovito zrnat pesek	<b>SU</b>					SaG (vrzelno zrnat)
14			glinast pesek	<b>SC</b>	glinast pesek	<b>SC</b>	glinast pesek	<b>clSa</b>	clSa (glinast pesek)
15				meljast pesek	<b>SM</b>	meljast pesek	<b>siSa</b>	siSa (meljast pesek)	
16			<b>SF</b> (SF <sub>s</sub> , SF <sub>c</sub> )			vmesne in kompozitne peščene zemljine	<b>clSa*</b> <b>siSa*</b>	uporabi se dvojni simbol. Teoretično je možnih 10 kombinacij.	
17	Drobnozrnata	nizko, srednje in visoko plastičen melj	<b>ML</b>	nizkoplastičen melj in visokoplastičen melj	<b>ML</b>	melj	<b>Si</b>	SiL (nizko plastičen melj)	
18			<b>MI</b>					SiM (srednje plastičen melj)	
19			<b>MH</b>					SiH (visoko plastičen melj)	
20		nizko, srednje in visoko plastična glina	<b>CL</b>	nizkoplastična in visokoplastična glina	<b>CL</b>	glina	<b>CI</b>	CIL (nizko plastična glina)	
21			<b>CI</b>					CIM (srednje plastična glina)	
22		<b>CH</b>					CIH (visoko plastična glina)		
								CIV (zelo visoko plastična glina)	
23	Organska	organske zemljine in šota	<b>OL, OI, OH, Pt</b>	organske zemljine in šota	<b>OL, OH, PT</b>	mineralne zemljine z organsko snovjo	<b>O</b>	razvrščajo se kot mineralne zemljine z dodatkom »O«	
24									
25	Grajena tla					antropogeni materiali: umetni (sintetični) in naravni materiali v nasipih, ki so inženirska kontrolirana nasutja ali nekontrolirana nasutja		Kadar so v nasutih geološki materiali, se razvrstijo po načelih za zemljine. Kadar so v nasutih umetni (sintetični) materiali, se razvrstijo po načelih v TSPI – PG.06.800 (v izdelavi). Anorganski umetni materiali se nadalje lahko razvrščajo po načelih za zemljine. Dodatno je treba preveriti pucolanske in hidravlične lastnosti, sekundarno poroznost zrn ipd.	



## DODATEK 2: Zaporedje korakov v procesu razvrščanja zemljin za inženirske namene rabe

Zemljine, zdrobljene kamnine in geološki materiali iz starejših nasutij, namenjeni za rabo v zemeljskih delih, se razvrščajo v skupine, ki imajo podobne indeksne lastnosti (zrnavost, plastičnost, vsebnost organskih snovi), podobno sposobnost zgoščanja in podobne mehanske in hidravlične lastnosti v zgoščenem stanju. Pri tem je potrebno razlikovati med razvrščanjem, ki temelji na določitvi indeksnih lastnosti z laboratorijskimi preiskavami po načelih SIST EN ISO 14688-2, ter postopki prepoznavanja in opisovanja, kot jih določa SIST EN ISO 14688-1.

Pred razvrščanjem je potrebno izpeljati postopek prepoznavanja in opisovanja po SIST EN ISO 14688-1.

Razvrstitev zemljin na osnovi indeksnih lastnosti v značilne skupine **še ne pomeni**, da je zemljina primerna za rabo v zemeljskih objektih, npr. v nasipih, zasipih, drenažnih plasteh ipd., saj je vgradljivost zemljin odvisna tudi od parametrov stanja zemljine, kot so vlaga, konsistenčno stanje, nedrenirana trdnost ipd.

Zaporedje korakov v procesu razvrščanja je naslednje:

1. Inženirsko geološki (IG) opis geološke formacije. Značilnosti geološkega okolja lahko vplivajo na obnašanje zemljin in zdrobljenih kamnin v zemeljskih delih na načine, ki jih ni moč dovolj celovito opisati s principi razvrščanja na osnovi indeksnih kazalnikov lastnosti in parametrov stanja. Zato je IG opis zemljin in kamnin v naravnem stanju prvi korak v postopkih razvrščanja. V IG opisu hribine je treba izpostaviti posebnosti, ki lahko vplivajo na homogenost in obnašanje materialov v zemeljskih delih, kot so npr.: mineraloško-petrografske in geometrijske značilnosti zrn (npr. vsebnost krhkih ali zelo trdih zrn, vsebnost ploščatih in podolgovatih zrn idr.), značaj sedimentacijskega okolja (npr. aluvialni karbonatni/silikatni prod, deluvijalna glina, morenski grušč, miocenski melj ipd.), plastovitost, tektonska poškodovanost kamnin, lastnosti polnila med razpokami v kamninah, prisotnost patogenih mineralov (npr. diatomejska zemlja, sulfati in sulfidi itd.), položaj plasti glede na podzemno vodo (vadozna/freatična cona ipd.).
2. Razvrščanje zemljin in zdrobljenih kamnin v skupine materialov na osnovi indeksnih kazalnikov lastnosti. Razvrščanje temelji na rezultatih laboratorijskih (in le izjemoma tudi terenskih) preiskav, upošteva lokalne izkušnje. Osnovne preiskave za razvrščanje obsegajo določitev zrnastostne sestave, Atterbergovih meja plastičnosti ter vsebnosti organskih snovi. V primerih, ko so v materialu prisotna debela zrna, ki vsebujejo glino ali druge volumsko nestabilne minerale, zelo visoko plastična fina zrna ipd., se osnovne indeksne preiskave nadgradijo s preiskavami vrednosti MB, vrednosti Enslin Neff adsorpcije vode, meritvijo retencijske krivulje - SWRC, topnosti, preiskavami obstojnosti zrn v pogojih močenja in sušenja, zgoščanja z valjarji, abrazivnosti in drugimi preiskavami, odvisno od namena in zahtevnosti rabe v zemeljskih delih, po vsakokratni presoji odgovornega strokovnjaka za zemeljska dela.
3. Razvrščanje zemljin in zdrobljenih kamnin v razrede na osnovi parametrov stanja. Izvaja se z namenom, da se oceni, ali je moč razpoložljive materiale učinkovito zgoščati in v zgoščenem stanju dosegati s projektom določene zahteve togosti, deformabilnosti, volumske stabilnosti, prepustnosti itd. Osnovne preiskave za določitev parametrov stanja obsegajo določitev naravne vlažnosti, optimalne vlažnosti in maksimalne suhe gostote po Proctorju, indeksa konsistence, CBR in/ali druge primerne preiskave, če se to pokaže za potrebno.

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

Preglednica D.2: Koraki v procesu opisovanja in klasifikacije.

Korak	Določitev	Podlaga za določitev	Uporaba
Opis	IG opis zemljin in kamnin za identifikacijo tistih značilnosti, ki bodo vplivale na izkop in rabo materiala, a se lahko uničijo (prezrejo) med vzorčenjem ali izvajanjem zemeljskih del.	IG kartiranje, terenski in laboratorijski opis jeder vrtin ali popis sten raziskovalnih jaškov in poskusnih izkopov. Opis značilnosti kamninske mase in materiala.	Razvrstitev plasti in območij materialov v cone s podobnimi lastnostmi za namene načrtovanja preiskav za razvrščanje.
Razvrščanje na osnovi indeksnih kazalnikov	Razvrščanje v skupine in razrede na osnovi indeksnih kazalnikov lastnosti.	Izbor ustreznih preiskav za določitev parametrov za razvrščanje.	Razvrstitev materialov v skupine in razrede za namene ocenitve uporabnosti v zemeljskih delih. Osnovni nabor preiskav je v TSPI – PG.05.201. V primeru geoloških materialov s specifičnimi lastnostmi se nabor preiskav prilagodi določilom, kot so podana v opombah k TSPI – PG.05.201.
Razvrščanje na osnovi kazalnikov stanja	Razvrščanje v razrede na osnovi tistih kazalnikov, ki se med gradnjo ali v času uporabe objekta lahko spremenijo.	Izbor ustreznih preiskav za določitev parametrov stanja, kot so vlažnost, CBR nosilnost pri naravni vlagi, togost, trdnost ipd. Program preiskav zavisi od razvrstitve zemljine, trdnosti zrn in namena rabe.	Razvrstitev materialov v razrede za namene ocenitve inženirskih lastnosti po izkopu, med transportom, vgrajevanjem in zgoščanjem v zemeljskih delih. Osnovni nabor preiskav je v TSPI – PG.05.202. V geoloških materialih s specifičnimi lastnostmi se nabor preiskav prilagodi.

## RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN

## DODATEK 3: Informativni pregled povezave med SIST EN ISO 14688–1 in SIST EN ISO 14688-2 pri opisovanju in razvrščanju zemljin

Preglednica D.3: Načela identifikacije in pristopi k razvrščanju (podatki v stolpcih 5,6,7,in 8 so povzeti po SIST EN ISO 14688-2, str.5).

Oznaka stolpca	1	2	3	4	5	6	7	8
Oznaka vrstice	Glavna skupina zemljine	Frakcije velikosti zrn SIST EN ISO 14688-1			Generalno merilo	Primarna frakcija/simbol	Kompozitne frakcije	
		Pod frakcije	Simbol	Območje velikosti zrn (mm)	Kriterij velikosti zrn ali plastičnosti			
1	Zelo debelozrnata	velike skale	<b>IBo</b>	> 630	> 50 % zrn ≥ 200 mm	<sup>1</sup> skale (Bo)	skale, skale s kamenjem	skale z drobnozrnatimi zemljinami
2		skale	<b>Bo</b>	200 do 630				
3		kamenje	<b>Co</b>	63 do 200	> 50 % zrn < 200 mm in ≥ 63 mm	<sup>1</sup> kamenje (Co)	kamenje, kamenjes skalami	kamenje z drobnozrnatimi zemljinami
4	Debelozrnata	debel gramoz	<b>cGr</b>	20 do 63	> 50 % zrn < 63 mm in ≥ 2 mm	<sup>2</sup> gramoz (Gr)	gramoz s kamenjem, gramoz peščen gramoz s kamenjem	peščen gramoz, gramoz z glino in meljem
5		srednji gramoz	<b>mGr</b>	6,3 do 20				
6		droben gramoz	<b>fGr</b>	2,0 do 6,3				
7		debel pesek	<b>cSa</b>	0,63 do 2,0	> 50 % zrn < 2 mm in ≥ 0,063 mm	<sup>3</sup> pesek (Sa)	gramozni pesek, pesek	pesek z glino ali meljem
8		srednji pesek	<b>mSa</b>	0,2 do 0,63				
9	droben pesek	<b>fSa</b>	0,063 do 0,2					
10	Drobnozrnata	debel melj	<b>cSi</b>	0,02 do 0,063	neplastična ali nizko plastična	<sup>4</sup> melj (Si)	peščen melj	peščeno gramozni melj, peščeno glinasti melj
11		srednji melj	<b>mSi</b>	0,0063 do 0,02				
12		droben melj	<b>fSi</b>	0,002 do 0,0063				
13								
14		glina	<b>Cl</b>	≤ 0,002	plastična	<sup>4</sup> glina (Cl)		glinasti melj, meljna glina, peščeno gramozna glina, organski melj, organska glina
15	Organska	šota, gitja, dy, humus				<sup>1</sup> šota (Pt), gitja (Gy), humus (Hu)		
16	Antropogene zemljine					<sup>1</sup> nekontrolirana nasutja	gradbeni in drugi mineralni odpadki, stranski produkti industrije in kurišč ipd.	
						<sup>1b</sup> kontrolirana (inženirska) nasutja	zgoščene zemljine in zdrobljene kamnine, zgoščeni materiali iz alternativnih virov	

<sup>1</sup> Za nadaljnjo razvrstitev so potrebni posebni pristopi; <sup>1b</sup> Obravnava kot za geološke materiale

<sup>2,3</sup> Za nadaljnjo razvrstitev so potrebne ustrezne preiskave po presoji: zrnavost z določitvijo koeficientov zrnavosti, relativna gostota, prepustnost, oblika zrn, mineraloška sestava zrn, Atterbergove meje plastičnosti

<sup>4</sup> Za nadaljnjo razvrstitev so potrebne ustrezne preiskave po presoji: zrnavost, Atterbergove meje plastičnosti, vlažnost, nedrenirana trdnost, občutljivost, OCR itd.

Opomba 1: Pri identifikaciji zemljin za inženirske namene rabe je treba zemljino identificirati s kazalniki, ki enoznačno opišejo zemljino. Izogibati se je treba preobsežnim zapisom, še zlasti v primerih, ko makroskopsko ni moč realno oceniti vplivnih deležev sekundarnih frakcij. Opisi barv naj se, če je le možno, naslanjajo na standardne barvne lestvice; opis barv naj po obsegu ne zasenči opisov frakcij zemljine. V primerih nedorečene identifikacije se ta dopolni po izvedbi preiskav za razvrščanje.

Opomba 2: Območja velikosti zrn v stolpcih 6, 7 in 8 za melj in glino so podana v luči poimenovanja frakcij po velikosti zrn in ne v luči razvrščanja. Primerjaj s **preglednicami 4.6a, 4.6b in 4.7.**