|  |
| --- |
| Grb RS  REPUBLIKA SLOVENIJA  **MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO**  **TEHNIČNA SPECIFIKACIJA TSG-211-002:2021** |
| Minister za infrastrukturo na podlagi 10. člena Zakona o cestah (Uradni list RS, št. 109/10, 48/12, 36/14 – odl. US, 46/15 in 10/18) izdaja tehnično specifikacijo  **ZEMELJSKA DELA**  **- RAZVRŠČANJE GEOLOŠKIH MATERIALOV PRI ZEMELJSKIH DELIH –**  **1. DEL – RAZVRŠČANJE ZEMLJIN**  **TSPI PG.05.200:2021**  Minister za infrastrukturo  **Jernej Vrtovec**  Številka:  V Ljubljani, |

**Pravna podlaga za izdajo tehnične specifikacije za prometno infrastrukturo**

Delovni osnutek TSPI – 05.200 (P,G) (januar 2021) – Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih je pripravljen na podlagi 10. člena Zakona o cestah (Uradni list RS, št. 109/10, 48/12, 36/14 – odl. US, 46/15 in 10/18) / šestega odstavka 50. člena Zakona o varnosti v železniškem prometu (Uradni list RS, št. 30/18) in v skladu s pravilnikom o pripravi in izdajanju tehničnih specifikacij za cestno in železniško infrastrukturo (Uradni list RS, št. 48/18). (Njegovo besedilo je določil tehnični odbor za pripravo tehničnih specifikacij za cestno in železniško infrastrukturo za tematsko področje Zemeljska dela na 4. seji dne 2.07.2020.)

Koordinacijski odbor za pripravo tehničnih specifikacij za prometno infrastrukturo, imenovan s strani ministra, pristojnega za promet, je na podlagi tretjega odstavka 9. člena Pravilnika o pripravi in izdajanju tehničnih specifikacij za cestno in železniško infrastrukturo izdal soglasje k pripravi TSPI – 05.200 (P,G).

Minister, pristojen za promet, je na podlagi četrtega odstavka 10. člena Zakona o cestah in v skladu s tretjim odstavkom 15. člena Pravilnika o pripravi in izdajanju tehničnih specifikacij za cestno in železniško infrastrukturo izdal soglasje k predlogu besedila TSPI – 05.200 (P,G).

Minister, pristojen za prostor in graditev objektov, je na podlagi sedmega odstavka 10. člena Zakona o cestah in v skladu s petim odstavkom 15. člena Pravilnika o pripravi in izdajanju tehničnih specifikacij za cestno in železniško infrastrukturo izdal soglasje k predlogu besedila TSPI – 05.200 (P,G).

**Uporaba tehnične specifikacije za prometno infrastrukturo**

TSPI – 05.200 (P,G) (januar 2021) – Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih se uporablja pri projektiranju in gradnji objektov prometne infrastrukture.

(Minister, pristojen za promet, je na podlagi 6. odstavka 10. člena Zakona o cestah predpisal obvezno uporabo 1. dela predmetne TSPI in neobvezno uporabo 2. dela predmetne TSPI, ki ima značaj smernice.)

**Predhodna izdaja**

Predhodne izdaje ni bilo.

**Opombe**

Delovni osnutek TSPI – 05.200 (P,G) – Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih – 1. del je pripravila dr. Ana Petkovšek s sodelavci UL FGG na podlagi pogodbe št. 2431-19-001594 z dne 07.01.2020, ki jo je z njimi na podlagi 12. člena Pravilnika o pripravi in izdajanju tehničnih specifikacij za cestno in železniško infrastrukturo ter potrjenega letnega programa priprave TSPI tehničnega odbora za Zemeljska dela za leto 2020 sklenila Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo / Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji d.d.

Besedilo delovnega osnutka – TSPI – 05.200 (P,G) – Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih bo po zaključitvi vseh predpisanih postopkov za njeno izdajo in v skladu s programom njene priprave preoblikovano v tehnično specifikacijo za prometno infrastrukturo z obvezno uporabo.

Vsebina

[1 Predmet tehnične specifikacije 3](#_Toc62798696)

[2 Pomen izrazov 3](#_Toc62798697)

[3 Prepoznavanje (identifikacija) in opisovanje zemljin 7](#_Toc62798698)

[3.1 Prepoznavanje (identifikacija) zemljin – splošna načela 7](#_Toc62798699)

[3.2 Prepoznavanje (identifikacija) sestavljenih zemljin 7](#_Toc62798700)

[4 Načela razvrščanja 8](#_Toc62798701)

[4.1 Splošna načela razvrščanja 8](#_Toc62798702)

[4.2 Razvrščanje na osnovi zrnavostne sestave 9](#_Toc62798703)

[4.2.1 Razvrščanje po frakcijah 9](#_Toc62798704)

[4.2.2 Razvrščanje debelozrnatih zemljin z ≤ 5 % finih zrn na osnovi koeficientov zrnavosti 9](#_Toc62798705)

[4.2.3 Razvrščanje zemljin z > 5 % in ≤ 50 % finih zrn 10](#_Toc62798706)

[4.3 Razvrščanje na osnovi plastičnosti 11](#_Toc62798707)

[4.4 Razvrščanje organskih zemljin 13](#_Toc62798708)

[4.4.1 Splošno 13](#_Toc62798709)

[4.4.2 Drobnozrnate mineralne zemljine z organskimi primesmi 13](#_Toc62798710)

[4.4.3 Debelozrnate in sestavljene mineralne zemljine z organskimi primesmi 14](#_Toc62798711)

[4.4.4 Organske zemljine 14](#_Toc62798712)

[4.5 Razvrščanje zemljin glede na vsebnost karbonatov 15](#_Toc62798713)

[4.6 Razvrščanje antropogenih materialov 15](#_Toc62798714)

[4.7 Simboli za označevanje skupin in vrst zemljin pri razvrščanju - povzetek 16](#_Toc62798715)

[4.8 Razvrščanje in opisovanje značilnih vrst zemljin glede na sekundarne frakcije 16](#_Toc62798716)

[5 Vzporedni kazalniki lastnosti pri razvrščanju 24](#_Toc62798717)

[5.1 Splošno 24](#_Toc62798718)

[5.2 Relativna gostota 25](#_Toc62798719)

[5.3 Nedrenirana strižna trdnost 25](#_Toc62798720)

[5.4 Konsistenčno stanje drobnozrnatih zemljin 26](#_Toc62798721)

[5.5 Občutljivost drobnozrnatih zemljin, SC 26](#_Toc62798722)

[5.6 Ocena stopnje prekonsolidacije, OCR 27](#_Toc62798723)

[5.7 Ostali kazalniki 27](#_Toc62798724)

[6 Referenčna dokumentacija 27](#_Toc62798725)

[7 Literatura 29](#_Toc62798726)

[DODATEK 1: Primerjava načel razvrščanja zemljin v pretekli slovenski praksi z novimi načeli po SIST EN ISO 14688-2 30](#_Toc62798727)

[DODATEK 2: Zaporedje korakov v procesu razvrščanja zemljin za inženirske namene rabe 32](#_Toc62798728)

[DODATEK 3: Informativni pregled povezave med SIST EN ISO 14688–1 in SIST EN ISO 14688-2 pri opisovanju in razvrščanju zemljin 34](#_Toc62798729)

# Predmet tehnične specifikacije

Tehnična specifikacija TSPI – 05.200 (P,G) – Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih določa načela razvrščanja zemljin in zdrobljenih kamnin v skupine materialov s podobnimi lastnostmi za inženirsko rabo pri zemeljskih delih pri gradnji prometne infrastrukture v Republiki Sloveniji.

TSPI – 05.200 (P,G) sestavljata dva dela:

* TSPI – 05.200 (P,G) Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih: 1. del – Razvrščanje zemljin
* TSPI – 05.200 (P,G) Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih: 2. del – 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 – 05.200 (P,G) Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih – 1. del 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 – 05.200 (P,G) – 1. del 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 – 05.200 (P,G) – 1. del je samostojen dokument, TSPI – 05.200 (P,G) – 2. del se uporablja v povezavi s 1. delom.

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 – 05.200 (P,G) – 2. del.

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 – 05.200 (P,G) - 1. del. 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.

# 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 zrnavosti 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 (wL) in indeksa plastičnosti (IP). 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 (IP)** (plasticity index, Plastizitätszahl) je računsko določena razlika med mejo židkosti in mejo plastičnosti: (IP = wL- wP).

**Indeks konsistence (IC)** (consistency index, Konsistenzzahl)je brezdimenzijska vrednost, ki izraža konsistenčno stanje zemljine. Računsko je določena kot kvocient med razliko meje židkosti (wL) in naravne vlage (w0) ter indeksom plastičnosti (IP): (IC = (wL – w0)/IP).

**Gostotni indeks (ID)** (density index, bezogene Lagerungsdichte)je brezdimenzijski kazalnik gostotnega stanja debelozrnatih zemljin, odvisen od količnikov por v rahlo nasutem (emax), gosto zbitem (emin) in naravnem stanju (e0). V operativni rabi je prepoznan tudi kot indeks relativne gostote. Enačba za izračun ID 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 zrnavosti 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, Bödenklassifikations-parameter) so vrednosti, določene s terenskimi in laboratorijskimi preiskavami, na osnovi katerih se razvrščajo (klasificirajo) zemljine v skupine ali grupe z enotnim simbolom.

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

**Koeficient (ukrivljenosti) zrnavosti (CC)** (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 (wP)** (plastic limit, Ausrollgrenze) je vsebnost vode v zemljini, pri kateri ta prehaja iz gnetnega v poltrdno stanje.

**Meja židkosti (wL)** (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 (IC), CBR indeks nosilnosti, naravna vlaga (w0), togost plasti zgoščene zemljine (EV).

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

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

**Razvrščanje zemljin** (soil classification, Bödenklassifizierung)jerazvrščanje 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.

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

**Suha gostota (ρd)** (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 (w0)** (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 geotehniki vsebujejo več kot 12 % in manj kot 50 % finih zrn.

**Volumska stabilnost** (volume stability, Raumbeständigkeit)jelastnost 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**

| Kratica | Enota | Pomen oznake kratice |
| --- | --- | --- |
| AC  CBR  CEC  CPT  MB  PMT  OCR  SPT  SWRC  USCS |  | AC klasifikacijski sistem, uveljavljen najprej v ZDA, kot Airfield Classification. Pogosto se opredeljuje tudi po začetnicah avtorja, Arthurja Casagrandeja  Kalifornijski indeks nosilnosti (California Bearing Ratio)  Kationska izmenjalna kapaciteta (Cation exchange capacity)  Statični penetracijski test (Cone penetration test)  Metilen modro test. Krovna oznaka-kratica za različne načine izvajanja testa z uporabo organskega barvila metilen modro (Methylene blue test)  Presiometrski test(Pressuremeter test)  Stopnja prekonsolidacije (Overconsolidation ratio)  Standardni penetracijski test (Standard penetration test)  Retencijska krivulja (Soil Water Retention Curve). Kratica za temeljno zvezo med vlago (stopnjo saturacije) in negativnim pornim tlakom (sukcijo) v zemljini  Klasifikacija zemljin, izpeljana iz AC klasifikacije (Unified Soil Classification System) |
| Simbol |  | Materialni parameter |
| cU  CC  CU  Dn  e  e0  emax  emin  fn  IC  ID  IP  IPA  (N1)60  pL  qc  Sc  w  w0  wP  wL  Grške črke  ρd  ρs  σ'p  σ'v0 | (kPa)  (-)  (-)  (mm)  (-)  (-)  (-)  (-)  (%)  (-)  (%)  (%)  (%)  (-)  (MPa)  (MPa)  (-)  (%)  (%)  (%)  (%)  Mg/m3  Mg/m3  kPa  kPa | nedrenirana strižna trdnost  koeficient (ukrivljenosti) zrnavosti  koeficient enakomernosti  velikost zrna, pri presejku »n« (vrednost »n« v %)  količnik por  količnik por v naravnem stanju zemljine  maksimalni količnik por  minimalni količnik por  presejek pri podani nazivni velikosti sita »n« (vrednost »n« v mm, preiskava s sejanjem)  indeks konsistence  gostotni indeks  indeks plastičnosti  indeks plastičnosti na premici A v diagramu plastičnosti  vrednost SPT testa, korigirana po zahtevah relevantnega standarda  mejni tlak, izmerjen z Ménardovim presiometrom  izmerjena odpornost pod konico CPT sonde  občutljivost zemljine  vlaga  začetna (naravna) vlaga  meja plastičnosti  meja židkosti  suha gostota  gostota zrn  efektivni prekonsolidacijski tlak  efektivni vertikalni tlak v naravi |

# Prepoznavanje (identifikacija) in opisovanje zemljin

## 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 zrnavostno sestavo. Identifikacija drobnozrnatih zemljin na osnovi izkustvene ocene plastičnosti in/ali z uporabo diagrama plastičnosti ima prednost pred identifikacijo na osnovi zrnavostne 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, žlindre, 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.

## 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. ostanki školjk, kalcitne konkrecije, framboidalni 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 GRAMOZ
* meljastopeščen GRAMOZ
* zelo meljast droben PESEK
* meljnopeščena GLINA.

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 identifikciji zemljin za namene razvrščanja.

# Načela razvrščanja

## 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 zrnavosti 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 gline, 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 zrnavosti 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 ustrezno 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.

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 prerezih 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 odrivov 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.

## Razvrščanje na osnovi zrnavostne sestave

### Razvrščanje po frakcijah

Na osnovi zrnavostne 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 lBo),
* 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 zrnavostne 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.

### Razvrščanje debelozrnatih zemljin z ≤ 5 % finih zrn na osnovi koeficientov zrnavosti

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

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Opis po EN ISO 14688 – 2\* | CU | CC |
| dobro zrnata (W) | >15 | 1 do 3 |
| srednje zrnata (M) | 6 do15 | <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 zrnavost z vrzeljo v sestavi zrn, oz. primer, ko določene frakcije zrn v sestavi zmesi zrn ni in se na krivulji pojavi »sedlo«, ipd.

Glede na potek krivulje zrnavosti in kombinacijo parametrov zrnavosti (CU in CC) se v skupini debelozrnatih zemljin nahaja deset (10) vrst zemljin **(preglednica 4.1b)**:

**Preglednica 4.1b:** Vrste debelozrnatih zemljin z ≤ 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 |

**Krivulja zrnavosti zemljine s prikazom izračuna koeficientov zrnavosti CU in CC**

**Slika 4.1:** Krivulja zrnavosti zemljine s prikazom izračuna koeficientov zrnavosti CU in CC.

### Razvrščanje zemljin z > 5 % in ≤ 50 % finih zrn

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

* kompozitne zemljine (angl. composite soils): debelozrnate zemljine, ki vsebujejo ≥ 5 % do ≤ 12 % finih zrn. Njihov značaj se opiše s kombinacijo opisa za debelozrnate in vmesne zemljine, za oznako pa se uporablja dvojni simbol, sestavljen iz simbola za debelozrnate 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 ≥ 12 % in ≤ 35 % zrn velikosti < 0,063 mm. Razporejene so v štiri (4) vrste:
* meljasti gramozi in meljasti peski. Fina zrna ležijo pod premico A v diagramu plastičnosti (**sl. 4.3**). Simbola sta siGr in siSa,
* glinasti gramozi 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 ≤ 50 % finih zrn razvrščajo med debelozrnate zemljine.

Po SIST EN 16907-2 se zemljine, sestavljene iz zmesi debelih in finih zrn, ki vsebujejo ≥ 35 % in ≤ 50 % finih zrn razvrščajo med drobnozrnate 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.

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 gramozi in meljasti peski. Fina zrna ležijo pod premico A v diagramu plastičnosti. Simbola sta siGr\* in siSa\*,
* kompozitni glinasti gramozi 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 zrnavosti gramozov z razvrstitvijo.

**informativna primerjava treh krivulj zrnavosti gramozov z razvrstitvijo**

**Slika 4.2:** Informativna primerjava krivulj zrnavosti 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 zrnavosti izvedena tudi preiskava plastičnosti finih zrn. Za podano razvrstitev mora biti vrednost IP finih zrn nižja od vrednosti IPA.

## Razvrščanje na osnovi plastičnosti

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

Diagram plastičnosti z načeli razvrščanja drobnozrnatih 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), določitvijo kationske izmenjalne kapacitete (CEC) ipd. Pri zelo visoko plastičnih 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 IP = 0,73 (wL – 20), enačba premice U je IP = 0,9 (wL – 8).

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

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

Glede na vrednost meje židkosti (wL)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 %.

**Preglednica 4.2b:** Vrste drobnozrnatih zemljin.

| 1 | 2 | 3 | 4 |
| --- | --- | --- | --- |
| Opis po EN ISO 14688 - 2 | Vrsta zemljine | Simbol | Glej opombo 6 |
| **melj** |  | **Si** |  |
| IP < IPA oz. IP < 4 % in  wL < 35 % | nizko plastičen | SiL |  |
| IP < IPA in  35 % < wL < 50 % | srednje plastičen | SiM |  |
| IP < IPA in  50 % < wL < 70 % | visoko plastičen | SiH |  |
| IP < IPA in  wL  > 70 % | zelo visoko plastičen | SiV | polžarica |
| **glina** |  | **Cl** |  |
| IP > IPA oz. IP > 7 % in  wL < 35 % | nizko plastična | ClL | meljna glina |
| IP > IPA in  35 % < wL < 50 % | srednje plastična | ClM | pusta glina |
| IP > IPA in  50 % < wL < 70 % | visoko plastična | ClH | mastna glina |
| IP > IPA in  wL  > 70 % | zelo visoko plastična | ClV | zelo mastna glina |
| **meljna glina**  4 % < IP < 7 % in  wL levo od premice A | meljna glina | **ClL-SiL** |  |

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 – 05.200 (P,G) 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 (ClHO), srednje plastični organski melj (SiMO). **Glej tudi tč. 4.4.**

## Razvrščanje organskih zemljin

### 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.

### Drobnozrnate 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 ± 5 °C (merilo: razmerje meje židkosti za material, sušen v sušilniku in nesušen material ),
* 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,
* suha gostota v raščenem stanju v povezavi z barvo, vonjem in teksturo (orientacijsko merilo: suha gostota < 1,45 Mg/m3, pri šotah suha gostota < 1,00 Mg/m3),
* 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 žaroizgube za razvrščanje zemljin za inženirsko rabo potrebna previdnost.

Opomba 2: Za šote kriteriji plastičnosti niso relevantni. Šoteje močprepoznati po vlaknati, psevdovlaknati ali amorfni strukturi, zelo nizki suhi gostoti (< 1,00 Mg/m3) 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 dosedanji 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).

### 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.

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, upoštevaje merila usklajene rabe materialov, ne glede na načela klasifikacije po indeksnih parametrih. Glej tudi TSPI – 05.200 (P,G) – 2. del.

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.

### 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.

## 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 % CaCO3) |
| --- | --- |
| 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«.

## 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.

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 - 06.800 (P, G) (v sprejemanju).

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 - 06.800 (P, G) (v sprejemanju)).

## 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 zrnavosti 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 |
| **Gr** | gramoz | gravel | **W** | dobra | well | **L** | nizka | low |
| **Sa** | pesek | sand | **M** | srednja | medium | **M** | srednja | medium |
| **Si** | melj | silt | **G** | vrzelna | gap | **H** | visoka | high |
| **Cl** | glina | clay | **P** | slaba | poorly | **V** | zelo visoka | very high |
| **O** | organsko | organic | **U** | enovita | uniformly |  |  |  |
| **Pt** | šota | peat |  |  |  |  |  |  |

## 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 opuščenih JUS/USCS in kriterijih, ki jih uvaja TSPI – 05.200 (P,G) 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.**

**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 ≤ 0,063 mm | Kriterij zrn  ≤ 2 mm | Položaj v diagramu plastičnosti | Skupina | Vrsta zemljine | Simbol | Kriterij |
| 1 | **Debelozrnate zemljine** | **≤ 5 %** | f0,063-2,0 mm < f2,0 -63mm | **ni merodajen** | **gramoz** | dobro zrnat gramoz | **GrW** | CU 15 in 1  CC 3 |
| 2 | srednje zrnat gramoz | **GrM** | 6 CU 15 in CC 1 |
| 3 | gramoz z vrzeljo zrnavosti | **GrG** | CU 15 in CC 0,5 |
| 4 | slabo zrnat gramoz | **GrP** | 3  CU 6 in CC 1 |
| 5 | enovito zrnat gramoz | **GrU** | CU 3 in CC 1 |
| 6 | f0,063-2,0 mm > f2,0 -63mm | **ni merodajen** | **pesek** | dobro zrnat pesek | **SaW** | CU  15 in 1  CC  3 |
| 7 | srednje zrnat pesek | **SaM** | 6  CU  15 in CC  1 |
| 8 | pesek z vrzeljo zrnavosti | **SaG** | CU  15 in CC  0,5 |
| 9 | slabo zrnat pesek | **SaP** | 3  CU  6 in CC  1 |
| 10 | enovito zrnat pesek | **SaU** | CU  3 in CC  1 |
| 11 | **Sestavljene zemljine, zmes debelih in finih zrn** | **12 % do 50 %** | f0,063-2,0 mm < f2,0 -63mm | IP < IPA | **gramoz** | meljast gramoz | **siGr** | fina zrna se nahajajo pod premico A |
| 12 | IP > IPA | glinast gramoz | **clGr** | fina zrna se nahajajo nad premico A |
| 13 | f0,063-2,0 mm > f2,0 -63mm | IP < IPA | **pesek** | meljast pesek | **siSa** | fina zrna se nahajajo pod premico A |
| 14 | IP > IPA | glinast pesek | **clSa** | fina zrna se nahajajo nad premico A |
| 15 | **Kompozitne zemljine\*** | **5 % do 12 %** | f0,063-2,0 mm < f2,0 -63mm | IP < IPA | **gramoz** | meljast gramoz\* | **siGr\*** | fina zrna se nahajajo pod premico A |
| 16 | IP > IPA | glinast gramoz\* | **clGr\*** | fina zrna se nahajajo nad premico A |
| 17 | f0,063-2,0 mm > f2,0 -63mm | IP < IPA | **pesek** | meljast pesek\* | **siSa\*** | fina zrna se nahajajo pod premico A |
| 18 | IP > IPA | glinast pesek\* | **clSa\*** | fina zrna se nahajajo nad premico A |

Opomba 1: Gramozi se pri razvrščanju opišejo kot prodi, ko imajo zaobljena zrna, ter kot grušči, ko imajo oglata 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: Gramozi z vsebnostjo finih zrn 5 % – 12 %, ki so v preglednici označeni s simbolom z zvezdico (siGr\* in clGr\*), se opišejo z »dvojnim« 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 »dvojnim« 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 ≥ 15 % sekundarnih frakcij, se opis vrste zemljine v stolpcu 6 izvede skladno z navodili v **preglednicah 4.7a – 4.7d.**

**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 ≥ 50 %.

|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Glavna skupina | Delež zrn ≤ 0,063 mm | Zrna ≤ 2 mm | Položaj v diagramu plastičnosti | Skupina | Vrsta zemljine | Simbol | Dodatni kriterij |
| 1 | **Drobnozrnate zemljine** | **≥ 50 %** | **ni merodajno** | pod premico A  IP < IPA | **melji** | nizko plastičen melj | **SiL** | wL < 35 % oz.  wL < 35 % in IP < 4 % |
| 2 | srednje plastičen melj | **SiM** | 35 % < wL < 50 % |
| 3 | visoko plastičen melj | **SiH** | 50 % < wL < 70 % |
| 4 | zelo visoko plastičen melj | **SiV** | wL > 70 % |
| 6 | nad premico A  IP > IPA | **gline** | nizko plastična glina | **ClL** | wL < 35 % oz.  wL < 35 % in IP > 7 % |
| 7 | srednje plastična glina | **ClM** | 35 % < wL < 50 % |
| 8 | visoko plastična glina | **ClH** | 50 % < wL < 70 % |
| 9 | zelo visoko plastična glina | **ClV** | wL > 70 % |
| 10 | nad premico A | **meljna glina** | meljna glina nizke plastičnosti | **ClL-SiL** | wL levo od premice A  4 % < IP < 7 % |
| 11 | **Organske zemljine** | **≥ 50 %** | **prevladujejo** | pod ali nad premico A | **stopnja vsebnosti organskih snovi se oceni po preglednici 4.3** | nizko plastična organska zemljina (melj ali glina) | **ClLO**  **SiLO** | fina zrna se nahajajo nad ali pod premico A |
| 12 | srednje plastična organska zemljina (melj ali glina) | **ClMO**  **SiMO** | fina zrna se nahajajo nad ali pod premico A |
| 13 | visoko plastična organska zemljina (melj ali glina) | **ClHO**  **SiHO** | fina zrna se nahajajo nad ali pod premico A |
| 14 | zelo visoko plastična organska zemljina (melj ali glina) | **ClVO**  **SiVO** | fina zrna se nahajajo pod ali nad premico A |
| 15 | **Šota in šoti podobne zemljine** |  |  |  |  |  | **Pt** | 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 06.800 (P, G) (v sprejemanju).

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

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Skupina | Koeficient zrnavosti | Plastičnost finih zrn | Simbol vrste | % peska | Poimenovanje |
| Gramoz  ≤ 5 % finih zrn ali  **»čisti gramoz«** | CU 15 in  1  CC 3 | ni relevantna | GrW | < 15 % | dobro zrnat gramoz |
| ≥ 15 % | dobro zrnat peščen gramoz |
| 6 CU 15 in CC 1 | GrM | < 15 % | srednje zrnat gramoz |
| ≥ 15 % | srednje zrnat peščen gramoz |
| CU 15 in  CC 0,5 | GrG | < 15 % | vrzelno zrnat gramoz |
| ≥ 15 % | vrzelno zrnat peščen gramoz |
| 3  CU 6 in CC 1 | GrP | < 15 % | slabo zrnat gramoz |
| ≥ 15 % | slabo zrnat peščen gramoz |
| CU 3 in  CC 1 | GrU | < 15 % | enovito zrnat gramoz |
| ≥ 15 % | enovito zrnat peščen gramoz |
| Gramoz  12 % do 50 % finih zrn | ni relevanten | IP < IPA | siGr | < 15 % | meljast gramoz |
| ≥ 15 % | meljast gramoz s peskom |
| IP > IPA | clGr | < 15 % | glinast gramoz |
| ≥ 15 % | glinast gramoz s peskom |
| Fina zrna:  ClL – 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 | IP < IPA | siGr\* | < 15 % | Opomba 1, glej naslednja primera |
| ≥ 15 % |
| IP > IPA | clGr\* | < 15 % |
| ≥ 15 % |
| CU 15 in  1  CC 3 | IP < IPA | GrW - clGr | < 15 % | dobro zrnat gramoz z glino |
| ≥ 15 % | dobro zrnat gramoz z glino in peskom |
| 3  CU 6 in CC 1 | IP > IPA | 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.

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

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Skupina | Koeficient zrnavosti | Plastičnost finih zrn | Simbol vrste | % gramoza | Poimenovanje |
| Pesek  ≤ 5 % finih zrn ali  **»čisti pesek«** | CU 15 in  1  CC 3 | ni relevantna | SaW | < 15 % | dobro zrnat pesek |
| ≥ 15 % | dobro zrnat gramozni pesek |
| 6  CU 15 in CC 1 | SaM | < 15 % | srednje zrnat pesek |
| ≥ 15 % | srednje zrnat gramozni pesek |
| CU 15 in  CC 0,5 | SaG | < 15 % | vrzelno zrnat pesek |
| ≥ 15 % | vrzelno zrnat gramozni pesek |
| 3  CU 6  in CC 1 | SaP | < 15 % | slabo zrnat pesek |
| ≥ 15 % | slabo zrnat gramozni pesek |
| CU 3 in  CC 1 | SaU | < 15 % | enovito zrnat pesek |
| ≥ 15 % | enovito zrnat gramozni pesek |
| Pesek z  12 % do 50 % finih zrn | ni relevanten | IP < IPA | siSa | < 15 % | meljast pesek |
| ≥ 15 % | meljast pesek z gramozom |
| IP > IPA | clSa | < 15 % | glinast pesek |
| ≥ 15 % | glinast pesek z gramozom |
| Fina zrna:  ClL – 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 | IP < IPA | siSa\* | < 15 % | Opomba 1, glej naslednja primera |
| ≥ 15 % |
| IP > IPA | clSa\* | < 15 % |
| ≥ 15 % |
| CU  15 in  1  CC  3 | IP < IPA | SaW - clSa | < 15 % | dobro zrnat pesek z glino |
| ≥ 15 % | dobro zrnat pesek z glino in gramozom |
| 3  CU  6 in CC  1 | IP > IPA | 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.

**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 |
| **SiL**  IP < IPA inwL < 35 % oz.  IP < 4 % in  wL < 35 % | < 30 % zrn  > 0,063 mm | 0 – 15 % > 0,063 mm |  | nizko plastičen melj |
| 15 – 30 % >  0,063 mm | % peska > % gramoza | nizko plastičen melj s peskom |
| % peska < % gramoza | nizko plastičen melj z gramozom |
| ≥ 30 % zrn  > 0,063 mm | % peska ≥  % gramoza | < 15 % gramoza | peščen nizko plastičen melj |
| ≥ 15 % gramoza | peščen nizko plastičen melj z gramozom |
| % peska <  % gramoza | < 15 % peska | gramozen nizko plastičen melj |
| ≥ 15 % peska | gramozen nizko plastičen melj s peskom |
| **SiM**  IP < IPA in  35 % < wL < 50 % | < 30 % zrn  > 0,063 mm | 0 – 15 % > 0,063 mm |  | srednje plastičen melj |
| 15 – 30 % >  0,063 mm | % peska > % gramoza | srednje plastičen melj s peskom |
| % peska < % gramoza | srednje plastičen melj z gramozom |
| ≥ 30 % zrn  > 0,063 mm | % peska ≥  % gramoza | < 15 % gramoza | peščen srednje plastičen melj |
| ≥ 15 % gramoza | peščen srednje plastičen melj z gramozom |
| % peska <  % gramoza | < 15 % peska | gramozen srednje plastičen melj |
| ≥ 15 % peska | gramozen srednje plastičen melj s peskom |
| **SiH**  IP < IPA in  50 % < wL < 70 % | < 30 % zrn  > 0,063 mm | 0 – 15 % > 0,063 mm |  | visoko plastičen melj |
| 15 – 30 % >  0,063 mm | % peska > % gramoza | visoko plastičen melj s peskom |
| % peska < % gramoza | visoko plastičen melj z gramozom |
| ≥ 30 % zrn  > 0,063 mm | % peska ≥  % gramoza | <15 % gramoza | peščen visokoplastičen melj |
| ≥15 % gramoza | peščen visoko plastičen melj z gramozom |
| % peska <  % gramoza | <15 % peska | gramozen visokoplastičen melj |
| ≥15 % peska | gramozen visoko plastičen melj s peskom |
| **SiV**  IP < IPA  wL > 70 % | < 30 % zrn  > 0,063 mm | 0 – 15 % > 0,063 mm |  | zelo visoko plastičen melj |
| 15 – 30 % >  0,063 mm | % peska > % gramoza | zelo visoko plastičen melj s peskom |
| % peska < % gramoza | zelo visoko plastičen melj z gramozom |
| ≥ 30 % zrn  > 0,063 mm | % peska ≥  % gramoza | < 15 % gramoza | peščen zelo visoko plastičen melj |
| ≥ 15 % gramoza | peščen zelo visoko plastičen melj z gramozom |
| % peska <  % gramoza | < 15 % peska | gramozen zelo visoko plastičen melj |
| ≥ 15 % peska | gramozen zelo visoko plastičen melj s peskom |
| **ClL-SiL**  4 % < IP < 7 %  wL levo od premice A | < 30 % zrn  > 0,063 mm | 0 – 15 % > 0,063 mm |  | meljna glina |
| 15 – 30 % >  0,063 mm | % peska > % gramoza | meljna glina s peskom |
| % peska < % gramoza | meljna glina z gramozom |
| ≥ 30 % zrn  > 0,063 mm | % peska ≥  % gramoza | < 15 % gramoza | peščena meljna glina |
| ≥ 15 % gramoza | peščena meljna glina z gramozom |
| % peska <  % gramoza | < 15 % peska | gramozna meljna glina |
| ≥ 15 % peska | gramozna meljna glina s peskom |

**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 |
| **ClL**  IP > IPA inwL < 35 % oz.  IP > 7 % in  wL < 35 % | < 30 % zrn  > 0,063 mm | 0 – 15 % > 0,063 mm |  | nizko plastična glina |
| 15 – 30 % >  0,063 mm | % peska > % gramoza | nizko plastična glina s peskom |
| % peska < % gramoza | 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 |
| **ClM**  IP > IPA in  35 % < wL < 50 % | < 30 % zrn  > 0,063 mm | 0 – 15 % > 0,063 mm |  | srednje plastična glina |
| 15 – 30 % >  0,063 mm | % peska > % gramoza | srednje plastična glina s peskom |
| % peska < % gramoza | 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 |
| **ClH**  IP > IPA in  50 % < wL < 70 % | < 30 % zrn  > 0,063 mm | 0 – 15 % > 0,063 mm |  | visoko plastična glina |
| 15 – 30 % >  0,063 mm | % peska > % gramoza | visoko plastična glina s peskom |
| % peska < % gramoza | 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 |
| **ClV**  IP > IPA  wL > 70 % | < 30 % zrn  > 0,063 mm | 0 – 15 % > 0,063 mm |  | zelo visoko plastična glina |
| 15 – 30 % >  0,063 mm | % peska > % gramoza | zelo visoko plastična glina s peskom |
| % peska < % gramoza | 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 |

**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 |
| **SiLO**  IP < IPA inwL < 35 % oz.  IP < 4 % in  wL < 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 |
| % peska < % gramoza | organski nizko plastičen melj z gramozom |
| ≥ 30 % zrn  > 0,063 mm | % peska ≥  % gramoza | < 15 % gramoza | peščen nizko plastičen organski melj |
| ≥ 15 % gramoza | peščen nizko plastičen organski melj z gramozom |
| % peska <  % gramoza | < 15 % peska | gramozen nizko plastičen organski melj |
| ≥ 15 % peska | gramozen nizko plastičen organski melj s peskom |
| **SiMO**  IP < IPA in  35 % < wL < 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 |
| % peska < % gramoza | srednje plastičen organski melj z gramozom |
| ≥ 30 % zrn > 0,063 mm | % peska ≥  % gramoza | < 15 % gramoza | peščen srednje plastičen organski melj |
| ≥ 15 % gramoza | peščen srednje plastičen organski melj z gramozom |
| % peska <  % gramoza | < 15 % peska | gramozen srednje plastičen organski melj |
| ≥ 15 % peska | gramozen srednje plastičen organski melj s peskom |
| **SiHO**  IP < IPA in  50 % < wL < 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 |
| % peska < % gramoza | visoko plastičen organski melj z gramozom |
| ≥ 30 % zrn > 0,063 mm | % peska ≥  % gramoza | < 15 % gramoza | peščen visoko plastičen organski melj |
| ≥ 15 % gramoza | peščen visoko plastičen organski melj z gramozom |
| % peska <  % gramoza | < 15 % peska | gramozen visoko plastičen organski melj |
| ≥ 15 % peska | gramozen visoko plastičen organski melj s peskom |
| **SiVO**  IP < IPA  wL > 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 |
| % peska < % gramoza | zelo visoko plastičen organski melj z gramozom |
| ≥ 30 % zrn > 0,063 mm | % peska ≥  % gramoza | < 15 % gramoza | peščen zelo visoko plastičen organski melj |
| ≥ 15 % gramoza | peščen zelo visoko plastičen organski melj z gramozom |
| % peska <  % gramoza | < 15 % peska | gramozen zelo visoko plastičen organski melj |
| ≥ 15 % peska | gramozen zelo visoko plastičen organski melj s peskom |

**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 |
| **ClLO**  IP > IPA inwL < 35 % oz.  IP > 7 % in  wL < 35 % | < 30 % zrn > 0,063 mm | 0 – 15 % > 0,063 mm |  | organska nizko plastična glina |
| 15 – 30 % >  0,063 mm | % peska ≥ % gramoza | organska nizko plastična glina s peskom |
| % peska < % gramoza | organska nizko plastična glina z gramozom |
| ≥ 30 % zrn > 0,063 mm | % peska ≥  % gramoza | < 15 % gramoza | peščena nizko plastična organska glina |
| ≥ 15 % gramoza | peščena nizko plastična organska glina z gramozom |
| % peska <  % gramoza | < 15 % peska | gramozna nizko plastična organska glina |
| ≥ 15 % peska | gramozna nizko plastična organska glina s peskom |
| **ClMO**  IP > IPA in  35 % < wL < 50 % | < 30 % zrn > 0,063 mm | 0 – 15 % > 0,063 mm |  | organska srednje plastična glina |
| 15 – 30 % >  0,063 mm | % peska > % gramoza | organska srednje plastična glina s peskom |
| % peska < % gramoza | organska srednje plastična glina z gramozom |
| ≥ 30 % zrn > 0,063 mm | % peska ≥  % gramoza | < 15 % gramoza | peščena srednje plastična organska glina |
| ≥ 15 % gramoza | peščena srednje plastična organska glina z gramozom |
| % peska <  % gramoza | < 15 % peska | gramozna srednje plastična organska glina |
| ≥ 15 % peska | gramozna srednje plastična organska glina s peskom |
| **ClHO**  IP > IPA in  50 % < wL < 70 % | < 30 % zrn > 0,063 mm | 0 – 15 % > 0,063 mm |  | organska visoko plastična glina |
| 15 – 30 % >  0,063 mm | % peska > % gramoza | organska visoko plastična glina s peskom |
| % peska < % gramoza | organska visoko plastična glina z gramozom |
| ≥ 30 % zrn  > 0,063 mm | % peska ≥  % gramoza | < 15 % gramoza | peščena visoko plastična organska glina |
| ≥ 15 % gramoza | peščena visoko plastična organska glina z gramozom |
| % peska <  % gramoza | < 15 % peska | gramozna visoko plastična organska glina |
| ≥ 15 % peska | gramozna visoko plastična organska glina s peskom |
| **ClVO**  IP > IPA  wL > 70 % | < 30 % zrn  > 0,063 mm | 0 – 15 % > 0,063 mm |  | organska zelo visoko plastična glina |
| 15 – 30 % >  0,063 mm | % peska > % gramoza | organska zelo visoko plastična glina s peskom |
| % peska < % gramoza | oganska zelo visoko plastična glina z gramozom |
| ≥ 30 % zrn  > 0,063 mm | % peska ≥  % gramoza | < 15 % gramoza | peščena zelo visoko plastična organska glina |
| ≥ 15 % gramoza | peščena zelo visoko plastična organska glina z gramozom |
| % peska <  % gramoza | < 15 % peska | gramozna zelo visoko plastična organska glina |
| ≥ 15 % peska | gramozna zelo visoko plastična organska glina s peskom |

# Vzporedni kazalniki lastnosti pri razvrščanju

## 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 (ID)
* nedrenirane strižne trdnosti (cU)
* indeksa konsistence (IC)
* občutljivosti (SC)
* 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.

## Relativna gostota

Relativna gostota se praviloma določi na osnovi gostotnega indeksa (ID), izračunanega iz rezultatov laboratorijskih preiskav, s primerjavo količnika por v naravnem stanju (e0) s količniki por v rahlem in zgoščenem stanju (emax inemin).

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

Izračun gostotnega indeksa ID se izvede po enačbi:

ID =

kjer je:

ID … gostotni indeks

e0 … količnik por zemljine v raščenem stanju

emin … minimalni količnik por zemljine v gosto zbitem stanju

emax … 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 | ID (%) | SPT (N1)60 | CPT qc  (MPa) | PMT pL  (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 |

## 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 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 | cU (kPa) |
| --- | --- |
| izjemno nizka | 0 – 10 |
| zelo nizka | 10 – 20 |
| nizka | 20 – 40 |
| srednja | 40 – 75 |
| visoka | 75 – 150 |
| zelo visoka | 150 – 300 |
| izjemno visoka | ≥ 300 |

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

## 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:

IC =

kjer je:

IC … indeks konsistence

wL … meja židkosti

w0 … naravna vlaga

IP … 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 – 05.200 (P,G).

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

| Konsistenca | Indeks konsistence (IC) | 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 |

## Občutljivost drobnozrnatih zemljin, SC

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

Sc=

kjer je:

Sc … občutljivost

cUint … nedrenirana strižna trdnost intaktnega vzorca

cUrem … 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 gline tipa »quick clay« v geološkem okolju; med alternativnimi materiali pa so ti pojavi prisotni, npr. pri steklarski kemični sadri in drugih industrijskih blatih.

## 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 =

kjer je:

σ′p … maksimalna pretekla efektivna normalna napetost (prekonsolidacijski tlak)

σ′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.

## 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
* retencijska krivulja
* obremenilni indeks
* razbremenilni indeks
* potencial kolapsa.

Vsebino 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.

# 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 Geomehanička ispitivanja - Opšta klasifikacija tla (opuščen)

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

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

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

SIST EN 933-1 Preskusi geometričnih lastnosti agregatov - 1 del: Ugotavljanje zrnavosti – 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

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 zrnavostne sestave

SIST EN ISO 17892-5 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 5. del: Edometrski 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 06.800: Reciklirani in ostali alternativni materiali – v sprejemanju

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

# Literatura

ISSMFE (International society of soil mechanics and foundation engineering), 1979. Subcommittee report on symbols, units, definitions. Proc., 9th 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

# 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 – 05.200 (P,G) – 1. del, 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. |

1. SIST EN ISO 14688–2 spreminja kriterije za razvrščanje debelozrnatih zemljin v značilne skupine glede na kriterije koeficientov zrnavosti CU in CC. 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 zrnavosti po USCS | SIST EN ISO 14688–2 razvrščanje | Kriterij koeficientov zrnavosti po SIST EN ISO 14688–2 |
| --- | --- | --- | --- |
| GW | CU ≥ 4  CC 1 do 3 | GrW | CU > 15  CC 1 do 3 |
| GP | eden od kriterijev za GW ni izpolnjen | GrM | CU 6 - 15  CC < 1 |
|  |  | GrG | CU > 15  CC < 0,5 |
|  |  | GrP | CU 3 do 6  CC < 1 |
|  |  | GrU | CU < 3  CC < 1 |

1. 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 (wL). Uveljavlja se skupina zemljin srednje plastičnosti (SiM in ClM), kadar je meja židkosti med 35 in 50 % ter zemljin zelo visoke plastičnosti (SiV in ClV), kadar je meja židkosti > 70 %.
2. 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.

**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 debelozrnata |  |  |  |  | velike skale | **LBo** |  |
| 3 |  |  | skale |  | skale | **Bo** |  |
| 4 | kamenje |  | kamenje |  | kamenje | **Co** |  |
| 5 | Debelozrnata | dobro zrnat gramoz | **GW** | dobro zrnat gramoz | **GW** | gramoz | **Gr** | GrW (dobro zrnat)  GrM (srednje zrnat)  GrG (vrzelno zrnat)  GrP (slabo zrnat)  GrU (enovito zrnat) |
| 6 | slabo zrnat gramoz | **GP** | slabo zrnat gramoz | **GP** |
| 7 | enovito zrnat gramoz | **GU** |  |  |  |  |
| 8 | glinast gramoz | **GC** | glinast gramoz | **GC** | glinast gramoz | **clGr** | clGr (glinast gramoz) |
| 9 |  |  | meljast gramoz | **GM** | meljast gramoz | **siGr** | siGr (meljast gramoz) |
| 10 |  | **GF** (GFS, GFC) |  |  | vmesne in kompozitne gramozne zemljine | **clGr\***  **siGr\*** | uporabi se dvojni simbol. Teoretično je možnih 10 kombinacij. |
| 11 | dobro zrnat pesek | **SW** | dobro zrnat pesek | **SW** | pesek | **Sa** | SaW (dobro zrnat)  SaM (srednje zrnat  SaG (vrzelno zrnat  SarP (slabo zrnat)  SaU (enovito zrnat) |
| 12 | slabo zrnat pesek | **SP** | slabo zrnat pesek | **SP** |
| 13 | enovito zrnat pesek | **SU** |  |  |  |  |
| 14 | glinast pesek | **SC** | glinast pesek | **SC** | glinast pesek | **clSa** | clSa (glinast pesek) |
| 15 |  |  | meljast pesek | **SM** | meljast pesek | **siSa** | siSa (meljast pesek) |
| 16 |  | **SF** (SFS, SFC) |  |  | vmesne in kompozitne peščene zemljine | **clSa\***  **siSa\*** | uporabi se dvojni simbol. Teoretično je možnih 10 kombinacij. |
| 17 | Drobnozrnata | nizko, srednje in visoko plastičen melj | **ML** | nizkoplastičen melj invisokoplastičen melj | **ML** | melj | **Si** | SiL (nizko plastičen melj)  SiM (srednje plastičen melj)  SiH (visoko plastičen melj)  SiV (zelo visoko plastičen melj)  ClL – SiL (meljna glina) |
| 18 | **MI** |  |
| 19 | **MH** | **MH** |
| 20 | nizko, srednje in visoko plastična glina | **CL** | nizkoplastična in visokoplastična glina | **CL** | glina | **Cl** | ClL (nizko plastična glina)  ClM (srednje plastična glina)  ClH (visoko plastična glina)  ClV (zelo visoko plastična glina) |
| 21 | **CI** |  |
| 22 | **CH** | **CH** |
| 23 | Organska | organske zemljine in šota | **OL, OI, OH, Pt** | organske zemljine in šota | **OL, OH, PT** | mineralne zemljine z organsko snovjo | **O** | razvrščajo se kot mineralne zemljine z dodatkom »O«  SiLO  SiMO  SiHO  SiVO  ClLO  ClMO  ClHO  ClVO |
| 24 | šota in šotne zemljine, humus | **Pt** |  |
| 25 | Grajena tla |  |  |  |  | antropogeni materiali: umetni (sintetični) in naravni materiali v nasipih, ki so inženirska kontrolirana nasutja ali nekontrolirana nasutja |  | Kadar so v nasutjih geološki materiali, se razvrstijo po načelih za zemljine.  Kadar so v nasutjih umetni (sintetični) materiali, se razvrstijo po načelih v TSPI – 06.800 (P, G) (v sprejemanju).  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, upoštevaje lokalne izkušnje. Osnovne preiskave za razvrščanje obsegajo določitve zrnavostne 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 določitve naravne vlažnosti, optimalne vlažnosti in maksimalne suhe gostote po Proctorju, indeksa konsistence, CBR in/ali druge primerne preiskave, če se to pokaže za potrebno.

**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 – 05.200 (P,G) – 1. del. V primeru geoloških materialov s specifičnimi lastnostmi se nabor preiskav prilagodi določilom, kot so podana v opombah k TSPI – 05.200 (P,G) – 1. del. |
| 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 – 05.200 (P,G) – 2. del. V geoloških materialih s specifičnimi lastnostmi se nabor preiskav prilagodi. |

# 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 | **lBo** | > 630 | > 50 % zrn ≥ 200 mm | 1skale  (Bo) | skale,  skale s kamenjem | skale z drobnozrnatimi zemljinami | |
| 2 | skale | **Bo** | 200 do 630 |
| 3 | kamenje | **Co** | 63 do 200 | > 50 % zrn < 200 mm in ≥ 63 mm | 1kamenje  (Co) | kamenje,  kamenjes skalami | kamenje z drobnozrnatimi zemljinami | |
| 4 | Debelozrnata | debel gramoz | **c**Gr | 20 do 63 | > 50 % zrn < 63 mm in ≥ 2 mm | 2gramoz  (Gr) | gramoz s kamenjem,  gramoz  peščen gramoz s kamenjem | peščen gramoz,  gramoz z glino in meljem | |
| 5 | srednji gramoz | **m**Gr | 6,3 do 20 |
| 6 | droben gramoz | **f**Gr | 2,0 do 6,3 |
| 7 | debel pesek | **c**Sa | 0,63 do 2,0 | > 50 % zrn < 2 mm in ≥ 0,063 mm | 3pesek  (Sa) | gramozni pesek,  pesek | pesek z glino ali meljem | |
| 8 | srednji pesek | **m**Sa | 0,2 do 0,63 |
| 9 | droben pesek | **f**Sa | 0,063 do 0,2 |
| 10 | Drobnozrnata | debel melj | **c**Si | 0,02 do 0,063 | neplastična ali nizko plastična | 4melj  (Si) |  | peščeno gramozni melj,  peščeno glinasti melj | |
| 11 | srednji melj | **m**Si | 0,0063 do 0,02 | peščen melj |
| 12 | droben melj | **f**Si | 0,002 do 0,0063 |  |
| 13 |  |  |  |  |  |  | glinasti melj  meljna glina | |
| 14 |  | glina | Cl | ≤ 0,002 | plastična | 4glina  (Cl) |  | peščeno gramozna glina,  organski melj,  organska glina | |
| 15 | Organska | šota  gitja, dy  humus |  |  |  | 1šota (Pt)  gitja (Gy)  humus (Hu) |  |  | |
| 16 | Antropogene zemljine |  |  |  |  | 1nekontrolirana nasutja | gradbeni in drugi mineralni odpadki, stranski produkti industrije in kurišč ipd. | | |
|  |  |  |  | 1bkontrolirana (inženirska) nasutja | zgoščene zemljine in zdrobljene kamnine, zgoščeni materiali iz alternativnih virov | | |

1Za nadaljnjo razvrstitev so potrebni posebni pristopi; 1b Obravnava kot za geološke materiale

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

4Za 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.**