



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO

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

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

ZEMELJSKA DELA

**POSEBNI TEHNIČNI POGOJI ZA ZEMELJSKA
DELA PRI GRADNJI PROMETNE
INFRASTRUKTURE**

TSPI – PG.05.000: 2025

Ministrica za infrastrukturo
mag. Alenka Bratušek

Številka:
V Ljubljani,

Vsebina

1	Predmet tehnične specifikacije	11
1.1	Opis	11
1.2	Področja rabe TSPI PG.05.000	11
2	Pomen izrazov, kratice in simboli	12
2.1	Pomen izrazov	12
2.2	Kratice in simboli	17
3	Zemeljska dela - razlage osnovnih pojmov	19
3.1	Oprelitev zemeljskih del po SIST EN 16907	19
3.2	Oprelitev značilnih plasti v zemeljskih delih	19
3.3	Oprelitev termina »zaključna plast«	19
3.4	Odvodnjavanje med izvajanjem zemeljskih del	21
3.5	Ravnanje z rodovitno zemljo	22
3.6	Temeljna tla in planum temeljnih tal	22
3.7	Prehodne cone	24
3.7.1	Pomen prehodnih con	24
3.7.2	Stopničenje temeljnih tal	24
3.8	Prečni prerez nasipa in nasipne cone	25
3.9	Začasne deponije (skladišča) materialov za gradnjo	26
4	Osnovni materiali	27
4.1	Osnovni materiali	27
4.2	Rodovitna zemlja	27
4.3	Geološki mineralni materiali	27
4.3.1	Kategorizacija izkopov in razvrščanje zemljin	27
4.3.2	Koeficient razrahljanosti	27
4.3.3	Preiskave za ocenjevanje ustreznosti geoloških materialov za zemeljska dela ..	28
4.4	Geosintetiki	30
4.4.1	Opis in razvrščanje	30
4.4.2	Področja uporabe	30
4.4.3	Postopki izbire – dimenzioniranje geosintetika za izbrane namene rabe	31
4.4.4	Posebnosti pri izbiri geosintetikov	32
4.4.5	Specifikacije za geosintetike	32
4.5	Kamninski agregat	32
4.6	Lahki agregati in zelo lahki materiali	33
4.6.1	Opis	33
4.6.2	Namen uporabe	33
4.6.3	Posebnosti gradnje z lahkimi agregati – tehnični vidik	33
4.6.4	Posebnosti gradnje z zelo lahkimi materiali – tehnični vidik	34
4.6.5	Preiskave	34
4.7	Antropogeni materiali	34
4.7.1	Opis	34
4.7.2	Nameni uporabe	35
4.7.3	Posebnosti	35
4.7.4	Preiskave vgradljivosti	36
4.8	Anorganska veziva za tretiranje zemljin (izboljšanje in stabiliziranje)	37

4.8.1	Opis	37
4.8.2	Vrste veziv za tretiranje zemljin.....	37
4.8.3	Izbira veziva na osnovi izdelave receptur za tretiranje zemljin	38
4.8.4	Presoja postopkov za tretiranje zemljin z vezivi	39
5	Zagotavljanje kakovosti zemeljskih del	40
5.1	Opis	40
5.2	Kontrolne GG preiskave	40
5.2.1	Namen.....	40
5.2.2	Geotehnično opazovanje med gradnjo.....	40
5.3	Preverjanje kakovosti materialov in izvedbe zemeljskih del.....	41
5.3.1	Zasnova kontrole kakovosti	41
5.3.2	Notranja kontrola kakovosti (NKK)	42
5.3.3	Zunanja kontrola kakovosti (ZKK)	43
5.3.4	Kontrolne preiskave neodvisne strani	43
5.3.5	Program povprečne pogostnosti preiskav za kontrolo kakovosti	44
5.4	Faznost preiskav NKK in ZKK	44
5.4.1	Faznost.....	44
5.4.2	Začetne (predhodne) preiskave	45
5.4.2.1	Geološki materiali iz trase	45
5.4.2.2	Geološki materiali iz zunanjih virov	46
5.4.2.3	Gradbeni proizvodi - geosintetiki, veziva, kamninski agregati, pomožna gradiva	46
5.4.3	Preiskave med vgrajevanjem in lastnosti vgrajenih plasti.....	47
5.4.3.1	Geološki materiali	47
5.4.3.2	Geosintetiki in ostali gradbeni proizvodi	47
5.5	Tehnološki elaborat za zemeljska dela.....	47
5.6	Zagotavljanje kakovosti zemeljskih del v specifičnih vremenskih pogojih	48
5.6.1	Opis	48
5.6.2	Opredelitve pojmov, vezanih na vreme, za namene izvajanja zemeljskih del.....	48
5.6.3	Zemeljska dela v zimskem času – usmeritve	49
5.6.4	Vremenski pogoji in omejitve pri varjenju geomembran	50
6	Odvodnjavanje med izvajanjem zemeljskih del – ukrepi začasnega odvodnjavanja.....	50
6.1	Opis	50
6.2	Materiali	50
6.3	Način izvedbe	50
6.4	Kakovost izvedbe začasnega odvodnjavanja med izvajanjem zemeljskih del.....	51
6.5	Preverjanje ustreznosti izvedbe začasnega odvodnjevanja med gradnjo	51
6.6	Merjenje in obračun izvedenih del.....	52
7	Izkop in ravnanje z rodovitno zemljo	52
7.1	Opis	52
7.2	Osnovni materiali	53
7.3	Kakovost materialov.....	53
7.3.1	Kategorizacija izkopa rodovitne zemlje	53
7.3.2	Razvrščanje materialov iz izkopa rodovitne zemlje	53
7.3.3	Ravnanje z rodovitno zemljo.....	53

7.4	Način izvedbe	54
7.5	Kakovost izvedbe	55
7.6	Merjenje in prevzem izvedenih del	55
7.7	Obračun	56
8	Izkopi	56
8.1	Opis	56
8.2	Osnovni materiali	57
8.3	Kakovost materialov v izkopih	57
8.3.1	Razvrstitev – kategorizacija izkopov	57
8.3.2	Kakovost materialov iz izkopov	57
8.4	Način izvedbe	58
8.4.1	Opis	58
8.4.2	Izkopavanje	58
8.4.3	Razporeditev količin	61
8.4.4	Preboji	61
8.4.5	Ovire	61
8.4.6	Tehnično opazovanje	61
8.4.7	Delovni prostor, dno, izkopne brežine	62
8.4.7.1	Delovni prostor pri izkopu za temelje in gradbene jame	62
8.4.7.2	Dno	62
8.4.7.3	Pobočja (brežine) za nepodprte gradbene jame	62
8.5	Kakovost izvedbe	63
8.6	Merjenje in prevzem izvedenih del	63
8.6.1	Merjenje del	63
8.6.2	Prevzem del	63
8.7	Obračun del	64
9	Priprava temeljnih tal	64
9.1	Opis	64
9.2	Osnovni materiali	65
9.3	Kakovost materialov	65
9.3.1	Geološki materiali	65
9.3.1.1	Osnovna določila	65
9.3.1.2	Zemljine	66
9.3.1.3	Kamnine	66
9.3.2	Geosintetiki	67
9.3.3	Veziva	67
9.4	Način izvedbe (priprave temeljnih tal)	67
9.4.1	Grobo planiranje	67
9.4.2	Priprava planuma temeljnih tal z mehanskim zgoščanjem	67
9.4.3	Zamenjava neustreznih zemljin pod planumom temeljnih tal	68
9.4.4	Tretiranje zemljin v temeljnih tleh z vezivi – tretiranje na licu mesta	68
9.4.4.1	Splošna določila	68
9.4.4.2	Izvedba	69
9.4.5	Sanacija temeljnih tal s premoščanjem	70
9.4.6	Sanacija vrtač pod planumom temeljnih tal	70

9.4.7	Ojačitev temeljnih tal z geosintetiki na nivoju planuma temeljnih tal	70
9.4.8	Zgoščevanje	71
9.4.9	Posebnosti v temeljnih tleh	71
9.5	Kakovost izvedbe	72
9.5.1	Opis	72
9.5.2	Postopki preiskav	72
9.5.3	Zgoščenost	73
9.5.3.1	Meritve gostote in vlage	73
9.5.3.2	Zahteve zgoščenosti	74
9.5.4	Togost/deformacijski moduli planuma	75
9.5.4.1	Meritve togosti	75
9.5.4.2	Zahteve togosti	75
9.5.5	CCC – Postopki kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev	75
9.5.5.1	Meritve CCC	75
9.5.5.2	Zahteve za meritve CCC (DMV)	76
9.5.6	Kakovost izvedbe - zahteve za zemljine v temeljnih tleh, tretirane z vezivi	76
9.5.6.1	Osnove	76
9.5.6.2	Ni posebnih zahtev	76
9.5.6.3	Zahteve za izboljšane in stabilizirane zemljine – usmeritve in posebnosti	76
9.5.6.4	Homogenost porazdelitve veziva v plasteh, tretiranih z vezivi in zahteve	77
9.5.6.5	Homogenost porazdelitve vlage v plasteh, tretiranih z vezivi in posebne zahteve	77
9.5.7	Ravnost in višina planuma temeljnih tal	77
9.5.7.1	Ravnost	77
9.5.7.2	Višina	77
9.6	Preverjanje kakovosti izvedbe	77
9.6.1	Predhodni GG pregled trase in predhodne preiskave	77
9.6.1.1	Vrsta in obseg	77
9.6.1.2	Preveritev skladnosti temeljnih tal s projektno prognozo	78
9.6.1.3	Predhodne preiskave zemljin iz temeljnih tal	78
9.6.1.4	Predhodne preiskave kamnin iz temeljnih tal	78
9.6.1.5	Predhodne preiskave antropogenih materialov iz temeljnih tal	78
9.6.1.6	Predhodne preiskave geoloških materialov za plitvo sanacijo in/ali nadomeščanje	78
9.6.1.7	Predhodne preiskave geosintetikov	79
9.6.1.8	Predhodne preiskave veziv in z vezivi tretiranih zemljin	79
9.6.2	Preverjanje kakovosti materialov med vgrajevanjem ter preiskave kakovosti vgrajenih plasti – tekoče preiskave	79
9.6.2.1	Kakovost geoloških materialov v temeljnih tleh	79
9.6.2.2	Kakovost geoloških materialov za sanacijo z nadomeščanjem in/ali premoščanjem	79
9.6.2.3	Kakovost zemljin, tretiranih z vezivi	79
9.6.2.4	Kakovost geosintetikov	79
9.6.2.5	Kakovost vgrajenih plasti	79

9.7	Merjenje in prevzem izvedenih del	80
9.7.1	Merjenje del	80
9.7.2	Prevzem del	80
9.8	Obračun del	80
9.8.1	Splošno	80
9.8.2	Odbitki zaradi neustrezne kakovosti	81
10	Drenažne in filtrske plasti, povozni plato	82
10.1	Opis	82
10.1.1	Opis del	82
10.1.2	Drenažne plasti	82
10.1.3	Filtrske plasti, filtrska stabilnost in filtrsko pravilo	82
10.1.4	Filtrski kriterij za ločilne in filtrske geosintetike	83
10.1.5	Ločilno filtrske plasti v nezasičeni coni	83
10.1.6	Povozni plato	83
	10.1.6.1 Vloga povoznega platoja	83
	10.1.6.2 Načrtovanje zahtev za povozni plato	83
10.2	Osnovni materiali	83
10.3	Kakovost materialov - zahteve	84
10.3.1	Mineralni materiali za drenažne in filtrske plasti	84
	10.3.1.1 Splošno	84
	10.3.1.2 Indeksne lastnosti mineralnih zrn za drenažne plasti – materiali iz izkopov na trasi	84
	10.3.1.3 Zrnavostna sestava mineralnih zrn za drenažne plasti	85
	10.3.1.4 Zrnavostna sestava mineralnih zrn za filtrske plasti	85
	10.3.1.5 Koeficient vodoprepustnosti za drenažne in filtrske plasti	85
	10.3.1.6 Minimalne zahteve za kakovost mineralnih zrn – kameni agregat za drenažne plasti	86
10.3.2	Materiali za povozni plato	86
	10.3.2.1 Indeksne lastnosti mineralnih zrn za povozni plato	86
	10.3.2.2 Zrnavostna sestava mineralnih zrn za povozni plato	86
	10.3.2.3 Koeficient vodoprepustnosti za povozni plato	86
10.4	Način izvedbe	86
10.4.1	Pridobivanje materialov iz geoloških virov	86
10.4.2	Priprava planuma spodnje plasti	87
	10.4.2.1 Priprava podlage za povozni plato	87
	10.4.2.2 Priprava podlage za drenažne plasti	87
	10.4.2.3 Priprava podlage za filtrske plasti	87
10.4.3	Navoz kamnitega materiala za izvedbo drenažnih in filtrskih plasti ter povoznega platoja	87
10.4.4	Razprostiranje in profiliranje zmesi kamnitih zrn za drenažne in filtrske plasti ter povozni plato	88
10.4.5	Zgoščevanje drenažnih in filtrskih plasti ter povoznega platoja	88
10.4.6	Način izvedbe drenažnih in filtrskih plasti iz geosintetikov	89
10.5	Kakovost izvedbe - zahteve	89
10.5.1	Osnove	89

10.5.2	Zgoščenost.....	89
10.5.2.1	Meritve	89
10.5.2.2	Zahteve	89
10.5.3	Togost	90
10.5.3.1	Meritve	90
10.5.3.2	Zahteve	90
10.5.4	Prepustnost (prevodna sposobnost)	90
10.5.4.1	Meritve	90
10.5.4.2	Zahteve prepustnosti.....	90
10.5.5	Ravnost planuma.....	90
10.5.6	Višina planuma	91
10.5.7	Posebnosti.....	91
10.6	Preverjanje kakovosti izvedbe	91
10.6.1	Skladnost podlage s projektno prognozo	91
10.6.2	Preverjanje kakovosti materialov za drenažne in/ali filtrske plasti ter povozni plato	91
10.6.2.1	Predhodne preiskave mineralnih materialov.....	91
10.6.2.2	Predhodne preiskave geosintetikov.....	92
10.6.2.3	Togost in zgoščenost podlage.....	92
10.6.3	Preverjanje kakovosti materialov med vgrajevanjem ter preiskave kakovosti vgrajenih plasti – tekoče preiskave	92
10.6.3.1	Kakovost materialov.....	92
10.6.3.2	Kakovost vgrajenih plasti	92
10.7	Merjenje in prevzem izvedenih del	93
10.7.1	Merjenje del.....	93
10.7.2	Prevzem del.....	93
10.8	Obračun del	94
10.8.1	Splošno	94
10.8.2	Odbitki zaradi neustrezne kakovosti	94
10.8.2.1	Mineralni materiali	94
10.8.2.2	Geosintetiki	94
10.8.2.3	Zgoščenost in togost planuma	94
10.8.2.4	Vodoprepustnost vgrajenih plasti	95
10.8.2.5	Ravnost in višina planuma	95
11	Nasipi, zasipi, klini in zaključna plast	96
11.1	Opis	96
11.2	Osnovni materiali	96
11.3	Kakovost materialov - zahteve	97
11.3.1	Geološki materiali za nasipe, zasipe, kline in zaključno plast.....	97
11.3.1.1	Vrste materialov - razvrstitev.....	97
11.3.1.2	Lastnosti geoloških materialov - zahteve.....	98
11.3.2	Materiali za lahke in zelo lahke nasipe.....	99
11.3.3	Reciklirani in drugi antropogeni materiali	99
11.3.4	Veziva.....	99

11.3.5 Geosintetiki.....	100
11.3.6 Kamninski agregat.....	100
11.4 Način izvedbe	100
11.4.1 Priprava planuma spodnje plasti	100
11.4.2 Navoz materialov in veziv	100
11.4.3 Razprostiranje in planiranje	101
11.4.4 Tretiranje zemljin z vezivi za vgrajevanje v nasipe, zasipe, kline in zaključno plast	101
11.4.5 Zgoščevanje	102
11.4.6 Ureditev planuma-zaključne plasti iz gramoznih materialov	103
11.4.7 Zasipi in klini.....	104
11.4.7.1 Zasipi	104
11.4.7.2 Zasipi cevovodov (kanalov).....	104
11.4.7.3 Klini.....	105
11.4.7.4 Posebnosti gradnje zasipov in klinov.....	105
11.5 Kakovost izvedbe - zahteve	106
11.5.1 Zgoščenost.....	106
11.5.1.1 Meritve gostote in vlage	106
11.5.1.2 Zahteve.....	106
11.5.2 Togost/deformacijski moduli planuma.....	106
11.5.2.1 Meritve togosti.....	106
11.5.2.2 Zahteve togosti	107
11.5.3 CCC – Postopki kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev pri gradnji nasipov	108
11.5.4 Zemljine, tretirane z vezivi za nasipe - zahteve.....	108
11.5.5 Ravnost plasti.....	108
11.5.6 Višina planuma zaključne plasti	109
11.6 Preverjanje kakovosti izvedbe.....	109
11.6.1 Osnove	109
11.6.2 Preverjanje kakovosti materialov	109
11.6.2.1 Predhodne preiskave materialov iz trase.....	109
11.6.2.2 Predhodne preiskave geoloških materialov pri zunanjem dobavitelju	110
11.6.2.3 Predhodne preiskave proizvodov (veziv, lahkih in zelo lahkih materialov)	110
11.6.2.4 Predhodne tehnološke preiskave	110
11.6.3 Preverjanje kakovosti del.....	111
11.6.3.1 Minimalne tekoče preiskave mineralnih materialov med vgrajevanjem	111
11.6.3.2 Minimalne tekoče preiskave z vezivi stabiliziranih zemljin	111
11.6.3.3 Minimalne tekoče preiskave geosintetikov	111
11.6.3.4 Minimalne tekoče preiskave lahkih in zelo lahkih materialov	111
11.7 Merjenje in prevzem izvedenih del	111
11.7.1 Merjenje del.....	111
11.7.2 Prevzem del.....	112
11.8 Obračun del	112

11.8.1	Splošno	112
11.8.2	Odbitki zaradi neustrezne kakovosti	112
11.8.2.1	Materiali za nasipe, zasipe, kline in zaključno plast	112
11.8.2.2	Veziva za tretiranje zemljin in sredstva za zaščitni pobrizg	112
11.8.2.3	Zgoščenost in in togost	112
11.8.2.4	Z vezivi tretirane (stabilizirane) zemljine	112
11.8.2.5	Ravnost in višina planuma	112
12	Tesnilni sloji	113
12.1	Opis	113
12.1.1	Opis del	113
12.1.2	Nameni tesnjenja	113
12.1.3	Zagotavljanje stabilnosti tesnilnega sistema	113
12.2	Osnovni materiali	114
12.3	Kakovost materialov - zahteve	114
12.3.1	Zemljine za mineralne tesnilne sloje (iz izkopov na trasi ali iz zunanjih virov) ..	114
12.3.2	Bentonitni trakovi	114
12.3.3	Geomembrane	115
12.3.4	Materiali za zaščitne sloje	116
12.4	Način izvedbe	116
12.4.1	Priprava planuma spodnje plasti	116
12.4.2	Navoz materialov	116
12.4.3	Razprostiranje in planiranje	117
12.4.3.1	Mineralni tesnilni sloji	117
12.4.3.2	Tesnilni geosintetiki	117
12.4.4	Izboljšanje zemljin za tesnilne sloje	118
12.4.5	Zgoščevanje	118
12.5	Kakovost izvedbe - zahteve	118
12.5.1	Kakovost izvedbe tesnilnih slojev iz zemljin	118
12.5.1.1	Vlažnost in zgoščenost mineralnih tesnilnih slojev	118
12.5.1.2	Togost/deformacijski moduli tesnilnih slojev iz zemljin	119
12.5.1.3	Prepustnost tesnilnih slojev iz zemljin (za advekcijo)	119
12.5.1.4	Ravnost plasti iz tesnilnih slojev iz zemljin	119
12.5.2	Kakovost izvedbe tesnilnih slojev iz geosintetikov	119
12.6	Preverjanje kakovosti izvedbe	119
12.6.1	Opis	119
12.6.2	Preverjanje kakovosti materialov	120
12.6.2.1	Predhodne preiskave mineralnih materialov iz trase za tesnilne sloje/zaščitne sloje	120
12.6.2.2	Predhodne preiskave mineralnih materialov pri zunanjem dobavitelju	120
12.6.2.3	Predhodne preiskave tesnilnih geosintetikov	120
12.6.3	Predhodne tehnološke preiskave	120
12.6.3.1	Mineralni tesnilni sloji	120
12.6.3.2	Geosintetični tesnilni trakovi – geosintetične bariere	121
12.6.4	Preverjanje kakovosti del	121

12.6.4.1 Minimalne tekoče preiskave mineralnih materialov	121
12.6.4.2 Minimalne preiskave tesnilnih geosintetikov med vgrajevanjem	121
12.7 Merjenje in prevzem izvedenih del	121
12.7.1 Merjenje del	121
12.7.2 Prevzem del	122
12.8 Obračun del	122
12.8.1 Splošno	122
12.8.2 Odbitki zaradi neustrezne kakovosti	122
13 Program minimalne pogostnosti preiskav NKK in ZKK	123
13.1 Zasnova programa	123
13.2 Program minimalne pogostnosti in program povprečne pogostnosti NKK in ZKK	123
14 Literatura	130

Kazalo slik v besedilu

- Slika 3.1:** Shema zemeljskih objektov
- Slika 3.2:** Shema prerezov ceste in železnice v vkupu in na nasipu
- Slika 3.3:** Zaključna plast v prerezu voziščne konstrukcije ceste na nasipu
- Slika 3.4:** Shema tokov površinske in podzemne vode za načrtovanje odvodnjavanja
- Slika 3.5:** Shemi plitve sanacije temeljnih tal z zamenjavo
- Slika 3.6:** Shema stopničenja zaledja pri gradnji nasipa na pobočju
- Slika 3.7:** Značilne plasti v homogenem nasipu

Kazalo preglednic v besedilu

- Pregl. 3.1:** Shema ukrepov za pripravo temeljnih tal
- Pregl. 4.1:** Tehnične specifikacije za kategorizacijo izkopov in razvrščanje zemljin
- Pregl. 4.2:** Postopki preiskav za izračun koeficientov razrahljanosti in masne bilance
- Pregl. 4.3:** Kazalo laboratorijskih in terenskih preiskav med gradnjo, geološki materiali
- Pregl. 4.4:** Vrste geosintetikov in prioritetni nameni uporabe
- Pregl. 4.5:** Specifikacije in standardi za načrtovanje del in kontrolo kakovosti geosintetikov
- Pregl. 4.6:** Standardi za vrednotenje lahkih in zelo lahkih materialov
- Pregl. 4.7:** Razvrščanje antropogenih materialov
- Pregl. 4.8:** Informativni pregled uporabnosti antropogenih materialov – tehnični vidik
- Pregl. 4.9:** Specifikacije in standardi za tretiranje zemljin z vezivi
- Pregl. 7.1:** Informativni pregled stanja rodovitne zemljine v povezavi z gradbenimi deli
- Pregl. 9.1:** Preiskave in meritve za kontrolo kakovosti – standardni nabor preiskav pri zgoščanju
- Pregl. 9.2:** Preiskave in meritve za kontrolo kakovosti – dopolnilne preiskave
- Pregl. 9.3:** Minimalne zahteve za zgoščenost in togost plasti, temeljna tla
- Pregl. 9.4:** Informativne globine merjenja CCC za valjarje z enim bobnom in gladko bandažo
- Pregl. 10.1:** Zahteve zgoščenosti in togosti, povozni plato po TSPI PG.05.000
- Pregl. 10.2:** Lastnosti mineralnih materialov za presojo ustreznosti, drenažne, filtrske plasti in povozni plato
- Pregl. 11.1:** Minimalne zahteve za zgoščenost in togost plasti, nasipi, zasipi in klini
- Pregl. 13:** Program minimalne pogostnosti preiskav NKK in ZKK, 16 preglednic

DODATEK:

Kazalo vsebine dodatka je v Dodatku, str. 139

1 Predmet tehnične specifikacije

1.1 Opis

Tehnična specifikacija TSPI PG.05.000 določa usmeritve in tehnične pogoje za izvajanje zemeljskih del pri gradnji in rekonstrukcijah cest in železnic⁽¹⁻¹⁾. Zahteve kakovosti za materiale in izvedbo del temeljijo na aktualnih tehničnih in okoljskih predpisih ter nacionalnih izkušnjah⁽¹⁻²⁾.

TSPI PG.05.000 je sestavni del gradbene pogodbe za izvedbo zemeljskih del. Pričakuje se, da bo potencialni izvajalec preučil vsebine TSPI PG.05.000 in jih upošteval pri pripravi ponudbe in med izvajanjem del. Za tolmačenje nejasnosti je pristojen investitor.

TSPI PG.05.000 nadomešča Posebne tehnične pogoje za zemeljska dela in temeljenje pri gradnji cest, SCS Ljubljana, 1989 (PTP, knjiga 3 z dopolnili), v vsebinah za zemeljska dela.

Opomba 1-1: Tehnične pogoje za železnice določa Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog. Za materiale in tista področja zemeljskih del, ki jih Pravilnik ne pokriva, veljajo določila iz te TSPI. Zapisane usmeritve se lahko smiselno uporabljajo tudi pri gradnji letališč, kolesarskih stez in parkirišč. V teh primerih je treba prilagoditi zahteve kakovosti utrditve zaključnih plasti.

Opomba 1-2: Zaradi različnih klimatskih in geoloških pogojev v državah ES za zemeljska dela pri gradnji prometnic ni harmoniziranega EN standarda. Za geološke materiale za zemeljska dela ne veljajo določila SIST EN 13242 Agregati za nevezane in hidravlično vezane materiale za uporabo v inženirskih objektih in za gradnjo cest.

1.2 Področja rabe TSPI PG.05.000

Določila TSPI PG.05.000 veljajo za naslednja zemeljska dela pri gradnji prometnic:

- odvodnjavanje med gradnjo,
- izkopi rodovitne zemlje,
- izkopi,
- temeljna tla, plitve sanacije temeljnih tal, izboljšanje in priprava planuma temeljnih tal,
- drenažne in filtrske plasti, drenažni zasipi, povozni plato,
- nasipi, zasipi, klini, zaključne plasti nasipov, zasipi kanalov,
- tesnilne plasti.

Za zemeljske objekte, ki niso pod vplivi prometne, temveč drugačnih obtežb, morajo biti zahteve kakovosti določene v projektu. Če niso, se uporabijo določila iz točke 11 te TSPI. Objekti, na katere se nanaša to dodatno določilo, so:

- nasipi za zaščito prometnic pred vplivi iz okolja: kamnitimi podori, padajočim kamenjem, snežnimi plazovi, drobirskimi in hudourniškimi tokovi, poplavami, vetrom,
- nasipi za zaščito okolice pred vplivi s prometnic: hrupom in svetlobo, naletom vozil,
- zemeljski objekti za prehode živali,
- bočni nasipi za zagotavljanje stabilnosti nasipov na malo nosilnih tleh,
- zasipi kanalov izven območja prometnic,
- drugi zemeljski objekti, namenjeni za zaščito.

TSPI PG.05.000 ne obravnava:

- zemeljskih del v površinskih vodotokih, jezerih in morju. Materiali in postopki gradnje le-teh morajo biti prilagojeni hidrotehničnim razmeram v specifičnem vodnem okolju,
- gradnje nasipov s posebnimi materiali, npr. ploščami iz ekspaniranega polistirena; ti zahtevajo posebne pogoje sidranja/stikovanja in zaščite plošč (conarna gradnja),
- rabe recikliranih materialov.

2 Pomen izrazov, kratice in simboli

2.1 Pomen izrazov

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

Antropogeni material (anthropogenic material, anthropogenes Material) je vsak material umetnega izvora ali material, povezan z delovanjem človeka.

Boniteta zemljišča (rating of the land, creditworthiness of the land; Bewertung des Landes, Bonität des Grundstücks) je podatek o proizvodni sposobnosti zemljišča, podan v obliki bonitetnih točk.

CCC (CCC, FDVK) je kratica za sistem za kontinuirano spremljanje kakovosti zgoščanja, vgrajen v dinamične valjarje. Rezultat meritve je dinamična merilna vrednost (DMV), izražena na različne načine, odvisno od vrste opreme CCC.

Deponija (deposit, storage/stockpile, Deponie) je v TSPI 05.000 dogovorjeni izraz za prostor za začasno skladiščenje (deponiranje) za vgradnjo namenjenih materialov na gradbišču ali pri zunanjih dobaviteljih. Nasprotno je pojem odlagališče, skladno z Uredbo o odpadkih, prostor za trajno odlaganje odpadkov.

Drenažna plast (drainage layer, Dränschicht) je plast, zgrajena iz mineralnih zrn ali geosintetikov, katere namen je zbiranje in odvajanje gravitacijske podzemne vode v tleh. Drenažna plast je lahko izvedena kot ploskovna drenažna plast, kot drenažni zasip jarkov, kot zasip za podpornimi zidovi ipd.

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

Filtrska plast (filter layer, Filterschicht) je prepustna plast, zgrajena iz mineralnih zrn ali filtrskih geosintetikov, ki preprečuje izpiranje in transport finih zrn iz zaledne zemljine (podlage, krovne plasti, sten izkopa) v drenažno plast.

Filtrsko pravilo (filter criteria, Filterregel) ali filtrski kriterij je eksperimentalno določen kriterij določanja zrnave sestave mineralne plasti, ki jo je treba vgraditi med zaledno zemljino in drenažno plast, da ne pride do izpiranja finih zrn iz zaledne zemljine v drenažni sistem in do zastajanja vode za filtrom.

Filtrska stabilnost (filter stability, Filterstabilität) je lastnost kontakta dveh iz različnih materialov zgrajenih plasti in je določena z njuno zrnavostno sestavo tako, da pod vplivi stalnega ali spremenljivega gradienta vode oz. pod obremenitvami prometa ni možno prehajanje trdnih delcev iz ene v drugo plast.

Geosintetiki (geosynthetics, Geokunststoffe) so planarni (ploskovni) materiali, izdelani iz sintetičnih vlaken, kot so polietilen, polipropilen, poliester ipd., ali naravnih vlaken, kot so kokos, bombaž, juta ipd. Uporabljajo se skupaj z zemljinami, kamninami ali drugimi materiali za različne namene v zemeljskih delih, kot npr. ločevanje, filtriranje, dreniranje, zaščita, armiranje, tesnjenje ipd.

Gostota (density, Dichte) je masa materiala, izražena na enoto volumna.

Gradbena jama (building pit, Baugrube) je z izkopom zemljine ali kamnine ustvarjeni prostor za zgraditev objekta pod površino terena.

Gradbeni proizvod (construction product, Bauprodukt) je vsak proizvod ali sklop proizvodov, ki je proizveden in dan na trg za trajno vgradnjo v gradbene objekte.

Gramoz (gravel, Kies) je debelozrnata zemljina, ki vsebuje več kot 50 % zrn ≥ 2 mm in ostala zrna pod 63 mm. Gramoz se deli na prod (klastična usedlina z zaobljenimi zrnji) in grušč (klastična usedlina z ostrorobnimi zrnji). Čisti gramoz vsebuje < 5 % finih zrn, kompozitni gramoz vsebuje 5 – 12 % finih zrn, sestavljeni gramoz vsebuje 12 – 50 % finih zrn.

Inštitut, institucija (institut, Institut) je v tej TSPI krovni izraz za pravno osebo s kompetencami in pooblastili za izvajanje preiskav, ki pa niso nujno v sestavi zunanje kontrole kakovosti ZKK.

Investitor (client/investor; Bauherr, Baulastträger) je pravna oseba, pristojna za načrtovanje, graditev, obratovanje in ohranitev (javnega) objekta in je plačnik določene storitve, ki jo je na osnovi pogodbe opravil izvajalec.

Izboljšanje (improvement, Verbesserung) je vsak postopek, pri katerem so z mehanskimi sredstvi (drobljenje, mešanje materialov različne zrnivosti) ali dodajanjem veziv izboljšane lastnosti osnovnih materialov.

Izkop (excavation, Abtrag, Aushub) je (a) odvzem mas materiala izpod površine terena, (b) izvajanje zemeljskih del za izdelavo vkopa, zaseka, gradbene jame ali jarka in (c) izkop zemljin/kamnin pri gradnji predorov. Po okoljskih uredbah je »izkop« tudi oznaka za volumen izkopanih zemljin/kamnin.

Izvajalec (contractor, Auftragnehmer) je (a) pravna ali fizična oseba, ki je z naročnikom sklenila pogodbo z obveznostjo, da bo izvedla določeno storitev po pogodbenih določilih, projektnih in drugih pogojih, ki so sestavni del pogodbe (npr. navodila investitorja), (b) pravna oseba, odgovorna za izdelek, postopek in storitev, ki je sposobna upoštevati pogoje za zagotavljanje kakovosti.

Kategor(izac)ija izkopa (category of excavation, excavation class, Gebirgsguteklasse, Ausbruchklasse) je sklop geoloških in geotehničnih parametrov zemljin in kamnin, na osnovi katerih je moč oceniti tehnologijo izvajanja izkopa in izdelati okvirno oceno uporabnosti materiala iz izkopa.

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.

Kamnita posteljica (unbound sub-base, ungebundene untere Tragschicht) je prva oz. najnižja plast voziščne konstrukcije, zgrajena iz kamenega agregata.

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

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

Klin (glej zasip).

Koeficient razrahljanosti (loosening coefficient, Auflockernkoeffizient) je razmerje med gostoto geološkega materiala v raščenem stanju, vključno z vodo in zrakom v porah (ρ) in gostoto tega materiala v nasutem stanju (ρ_{na}), ob predpostavki, da se vlaga med izkopom ne spreminja.

Količnik por (air void ratio, Porenverhältnis) in poroznost (porosity, Porosität) sta izraza, ki opišeta isto lastnost - računsko določen delež por v zemljini. Količnik por (e) je podan kot razmerje med volumnom por in volumnom trdnine, poroznost (n) pa kot razmerje med volumnom por in volumnom zemljine. Za izračun količnika por in poroznosti je treba poznati suho prostorninsko težo materiala in prostorninsko težo zrnja brez por in votlin.

Kontrola kakovosti (quality controll, Qualitätskontrolle) je sklop ukrepov, ki vključujejo preglede stanja, odvzem vzorcev in terenske in laboratorijske preiskave, s katerimi se preverja skladnost materialov in izvedenih del z vnaprej določenimi pogoji in zahtevami.

Krčenje (shrinkage, Schrumpfen) je proces zmanjševanja volumna drobnozrnate zemljine zaradi sušenja (izgubljanja vlage). Med sušenjem prihaja do nastanka razpok zaradi krčenja oz. krčitvenih razpok (angl. shrinkage cracks). Meja krčenja je eksperimentalno določena vsebnost vode v zemljini, pod katero se ob nadaljevanju sušenja zemljina ne krči več. Značilna krivulja krčenja zemljine je podana v diagramu vlažnost (%) – volumska sprememba (%).

Laboratorij (laboratory, Laboratorium) je v tej TSPI preskuševalni laboratorij, ki izvaja preiskave in meritve v prostorih laboratorija ali/in na terenu za namene NKK.

Material (material, Material) je v tej TSPI krovni izraz za različne vrste geoloških in negeoloških materialov, ki se nanašajo na vsebino obravnave materialov v posameznem poglavju.

Nasip (embankment, Damm) je krovno ime za zemeljski objekt, zgrajen z nasipanjem naravnih zemljin, zdrobljenih kamnin in/ali alternativnih materialov na temeljna tla, ki so lahko na suhem ali pod vodo.

Nadzornik (supervision, Aufsicht) je pravna ali fizična oseba, ki kot udeleženec pri graditvi objektov izvaja nadzor nad gradnjo in izpolnjuje pogoje po zakonu, ki ureja arhitekturno in inženirsko dejavnost.

Nepredvidene geološke razmere (unforeseen geological condition, unvorhergesehener geologischer Zustand) so geološko-geotehnične razmere, ki niso bile predvidene (jih ni bilo moč predvideti) v projektu, a lahko pomembno vplivajo na stroške, varnost in trajnost gradnje. V uporabi je tudi izraz »geološko presenečenje«.

Notranja/tekoča kontrola kakovosti (NKK) (internal/production control, Eigenüberwachung) so dejavnosti izvajalca pri izvajanju zemeljskih del in/ali proizvodnji v obratu, namenjene obvladovanju in ugotavljanju skladnosti s projektnimi zahtevami.

Odlagališče (landfill, waste deposit, Deponie) je v zemeljskih delih objekt, opredeljen v predpisih s področja odpadkov, namenjen trajnemu odlaganju nevgradljivega materiala in/ali viškov izkopnega materiala, ki ga ni moč uporabiti na trasi ali predelati.

Odpadek (waste, Abfall) je vsaka snov, kot je opredeljena v Uredbi o odpadkih.

Optimalna vlaga (optimum water content, optimaler Wassergehalt) je vlaga, pri kateri je moč doseči najvišjo suho gostoto med mehanskim zgoščanjem pri predpisani energiji zgoščanja. Merilo za vrednotenje je preiskava po Proctorjevem postopku.

Planum (formation level, Planum) je površina s predpisanimi lastnostmi/merili kakovosti glede višine, ravnosti, zgoščenosti in togosti.

Plast (layer, stratum, course, Schicht) je v tej TSPI izraz za v določeni debelini razprostrto plast z značilnimi lastnostmi in določeno vlogo v zemeljskem objektu. Enakovreden izraz je »sloj«.

Podlaga (foundation, Unterlage) je krovno ime za območje pod plastjo, ki jo gradimo.

Povozni plato (rideable base, befahrbare Unterlage) je plast iz gramoza in kamenja, vgrajena na temeljna tla z namenom, da se omogočijo transport in drugi tehnološki postopki, potrebni za gradnjo prometnice in za katere je treba zagotoviti ustrezen delovni plato za varno delo s strojno opremo.

Prevzem del (take-over of work, Abnahme der Leistung) je dejavnost, ki jo izvrši nadzornik (po pisnem obvestilu izvajalca o dokončanju del) na podlagi potrdila ali izjave o skladnosti izvedenih del in skladno z zahtevami v tehničnih specifikacijah in morebitnimi dodatnimi zahtevami v projektu, ki so predmet pogodbe o izvajanju del.

Projekt (project, Projekt) je v tej TSPI oznaka za projektno dokumentacijo, na osnovi katere so bila zemeljska dela razpisana in oddana v izvedbo.

Projektant (designer, Planer) je pooblaščen pravna oseba za izdelavo projekta (projektne dokumentacije).

Projekt zemeljskih del (design of earthworks, Erdbauprojekt) je dokument, ki ga uvaja SIST EN 16907-1 in v katerem so določeni materiali in procesi, ki bodo pripeljali do izgradnje zemeljskega objekta, da bo ustrezal zahtevam projekta (nasipa, vkopa, zaključnega sloja). Projektirati zemeljska dela pomeni definirati postopke in procese, ki zagotavljajo, da bodo geološki materiali, antropogena tla in/ali reciklirani materiali spremenjeni v gradiva, s katerimi bo moč zgraditi trajne zemeljske objekte in/ali stabilne vkope skladno z določili projekta in standarda Evrokod 7. V Sloveniji dokument, kot ga uvaja SIST EN 16907-1, še ni uveljavljen z drugimi nacionalnimi predpisi. Pri načrtovanju obsežnih zemeljskih del pa je uveljavljena praksa, da se v sklopu izdelave GG preiskav in GG elaborata izdela tudi geotehnoški

elaborat, ki obravnava vsebine, kot jih določa SIST EN 16907-1. Pričakovati je, da bo v prihodnje status projekta zemeljskih del tudi formalno potrjen in uveljavljen z ustreznim pravilnikom ali drugim predpisom.

Receptura (laboratory mixture, Labormischgut) je na osnovi laboratorijskih preiskav podano navodilo s podatki o vrsti in količini materialov ter postopkih izdelave mešanice materialov za rabo v zemeljskih delih; tudi laboratorijska mešanica.

Retencijska krivulja (soil water retention curve, Bodenwasserrückhaltekurve) je krivulja, podana kot razmerje med vlago (%) ali stopnjo saturacije (%) in sukcijo (kPa, MPa). V kmetijstvu in pri obravnavi rodovitne zemlje je uveljavljeno podajanje sukcije kot pF, ki je desetiški logaritem sukcije, izražene v cm vodnega stolpca.

Rodovitna zemlja (fertile soil, fruchtbare Böden) so zemljine, ki so osnova za rast rastlin.

Skladišče (storage, Lagerung) je v zemeljskih delih objekt za začasno skladiščenje odpadkov, kot ga opredeljujejo predpisi s področja odpadkov, ali objekt za začasno shranjevanje viškov izkopnih materialov, ki jih bo moč uporabiti za gradnjo v kasnejših fazah projekta. Skladišče je tudi prostor za začasno skladiščenje veziv, geosintetikov in drugih gradbenih proizvodov, ki bodo uporabljeni pri zemeljskih delih na gradbišču.

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

Sloj, glej plast.

Splošno sprejemljiva cona vgrajevanja (allover acceptable zone, allgemein akzeptable Installationszone) so s preiskavami opredeljena območja vlage, sukcije, trdnosti, prepustnosti, deformabilnosti zemljine, pri katerih je dopustno vgrajevati zemljine v zemeljske objekte. Pomembna je zlasti pri vgrajevanju mineralnih tesnilnih slojev ter nasipov iz drobnozrnatih in sestavljenih gramoznih zemljin.

Spodnji ustroj (substructure, subgrade, Unterbau) je del cestnega telesa med kamnito posteljico zgoraj in temeljnimi tlemi spodaj, zgrajen iz naravnih zemljin, zdrobljenih kamnin ali drugih zemljinam alternativnih materialov.

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

Sukcija (suction, Saugkraft, Saugfähigkeit) je energijsko stanje porne vode v nesaturirani (nezasičeni) zemljini. Je posledica kapilarnosti, adsorpcije vode na mineralna zrna in osmotskih vplivov soli v porni vodi.

Stabiliziranje (stabilisation, Verfestigung) je postopek, pri katerem se z vmešavanjem veziva v obstoječ material spremenijo mehanske lastnosti osnovnega materiala in poveča odpornost proti klimatskim vplivom in vplivom delovanja površinskih in podzemnih voda.

Temeljna tla (subgrade, Untergrund) so zemljine ali kamnine, praviloma v naravnih geoloških tleh, ki neposredno mejijo na nasip, voziščno konstrukcijo ali temelj gradbenega objekta oz. ležijo neposredno pod njim. Lahko so geološka ali antropogena tla.

Togost (stiffness, Steifigkeit) je odpornost materiala (plasti) proti deformiranju.

Tretiranje (soil treatment, Behandlung) je krovni izraz za postopke, katerih namen je modificiranje lastnosti zemljin z dodajanjem veziv zato, da mešanica zemljine in veziva dobi zahtevane lastnosti. Vključuje izboljšanje in stabilizacijo.

Vezivo (binder, Bindemittel) je vsaka snov, ki ima lastnost, da posamezna zrna v zemljini in /ali zdrobljeni kamnini poveže tako, da so po vezanju izboljšane osnovne lastnosti.

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

Vkop (cut/cutting, Einschnitt) je linearen zemeljski objekt, nastal pri izkopu (SIST EN 16907-1). Tudi odkop za celo širino ceste, katere vozišče je tako globoko pod površino terena, da sta obe brežini ob robovih cestišča usmerjeni navzgor (Terminološki slovar, 1994).

Vlaga (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 je odvisna od mineralne sestave zemljin.

Voziščna konstrukcija (glej zgornji stroj).

Zaključna plast (capping layer, Verbesserung des Unterbaus) je zaključna plast nasipa, ki zagotavlja enotne pogoje za gradnjo zgornjega stroja. Potreba po vgradnji zaključne plasti je odvisna od vrste materiala v nasipu in temeljnih tleh. Zaključna plast, angl. »capping layer«, ni sinonim za kamnito posteljico, ki je najnižja plast zgornjega stroja. V vkopih se za zaključno plast tradicionalno uporablja izraz »izboljšana temeljna tla«.

Zasip (backfill, Verfüllung) je oznaka (a) za zapolnitev praznih prostorov za oporniki in/ali krilnimi ter drugimi zidovi, (b) zapolnitev jarka za napeljave, nad napeljavo do planuma temeljnih tal ali nasipa, (c) zasip jarka od dna izkopa do nivoja površine raščenih tal, (d) zapolnjevanje depresij, kraških vrtač ipd. po načelu gradnje nasipov. Za zasip nad nivojem raščenih tal, ki zapolnjuje prazen prostor med objektom in nasipom, se uporablja izraz »klin«.

Zaščitna plast (protective layer; Schutzschicht) je vsaka plast, namenjena zaščiti temeljnih tal, brežine na izkopu ali predhodno vgrajenih plasti nasipa, tesnilnega geosintetika ipd. pred poškodbami zaradi meteoroloških vplivov ali obremenitev z gradbenimi stroji.

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 in organskih delcev ter koloidov, ki med seboj niso vezani/cementirani. Izraz 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 katerem se gradijo objekti (npr. predori, podzemne garaže, vkopani rezervoarji), s katerim se gradijo objekti (npr. nasipi, hidrotehnične zemeljske pregrade) ali pa se nahaja v zaledju podpornih konstrukcij.

Zgornji stroj (pavement, structure, Oberbau) je del utrditve vozne površine, ki se sestoji iz ene ali več nosilnih in obrabne plasti; prevzema in prenaša prometne obremenitve na spodnji stroj na način, da na plasteh spodnjega stroja ne pride do nepovratnih deformacij in do škodljivih učinkov vremena (vode, zmrzali in razsuševanja). Tudi voziščna konstrukcija.

Zgoščevanje (compaction, Verdichtung) je zmanjševanje por in votlin v zemljinah, z vezivi tretiranih zemljinah in drugih zrnatih materialih z uporabo mehanskih sredstev, kot so valjarji, vibracijske in padajoče plošče in uteži, za doseganje ustrezne gostote in togosti plasti med vgrajevanjem.

Zgoščenost (compaction degree, Verdichtungsgrad) je dosežena suha gostota vgrajene zemljine ali plasti, podana kot relativna vrednost glede na maksimalno suho gostoto po Proctorju.

Zunanja kontrola kakovosti (ZKK) (external/third party control, Fremdüberwachung) so dejavnosti kontrolnega organa, ki vodijo k potrditvi skladnosti uporabljenih materialov in izvedenih del s projektnimi določili.

2.2 Kratice in simboli

Kratika*	Pomen oznake kratice
CBR	Kalifornijski indeks nosilnosti (California Bearing Ratio)
CCC	Kratika za Continuous Compaction Control, to je postopek zveznega merjenja odzivov podlage na zgoščanje
DMV	Dinamična merilna vrednost, izmerjena pri uporabi valjarjev z vgrajenim sistemom CCC
EF	Elektrofiltrski pepel
EN	Evropske norme
ES	Evropska skupnost
GG	Geološko geotehnični (elaborat, preiskava, podatek)
HRB	Hidravlična veziva za ceste (Hydraulic Road Binder)
IBI	Takojšnji ali neposredni indeks nosilnosti
KP	Kamnita posteljica, tudi SNNP
MB	Vrednost metilen modro
MPP	Modificirani Proctorjev postopek
NKK	Notranja kontrola kakovosti
NNP	Nevezana nosilna plast
PSU	Planum spodnjega ustroja
SNNP	Spodnja nevezana nosilna plast, tudi KP
SPP	Standardni Proctorjev postopek
STS	Slovensko tehnično soglasje
SWRC	Retencijska krivulja (Soil Water Retention Curve)
TE	Tehnološki elaborat
TE - TO	Termoelektrarna - toplotna
USBR	United States Bureau of Reclamation
UV	Ultravijoličen
ZKK	Zunanja kontrola kakovosti
ZKZ	Zakon o kmetijskih zemljiščih
ZNNP	Zgornja nevezana nosilna plast

*Kratice za geosintetike niso vključene v zgornjo preglednico. Določa jih SIST EN ISO 10318-1, povzema pa TSPI PG. 05.400.

Simbol	Enota	Materialni parameter
A_{∞}	(kN/m)	Ploščina diagrama dodatnih napetosti
CBR	(%)	CBR, kalifornijski indeks nosilnosti
c_U	(kPa)	Nedrenirana strižna trdnost
C_c	(-)	Koeficient (ukrivljenosti) zrnivosti
C_u	(-)	Koeficient enakomernosti
D_{PR}	(%)	Zgoščenost, razmerje med suho gostoto zgoščenega materiala in maksimalno suho gostoto po Proctorju; tudi DC, degree of compaction kot kategorija zahteve
O_{90}	(mm)	Efektivna odprtina por v geosintetiku
e	(-)	Količnik por
e_0	(-)	Količnik por v naravnem stanju zemljine
e_{max}	(-)	Maksimalni količnik por
e_{min}	(-)	Minimalni količnik por
E_{oed}	(kPa)	Edometrijski modul stisljivosti
E_{v1}, E_{v2}	(MN/m ²)	Deformacijski modul, določen s statično krožno ploščo

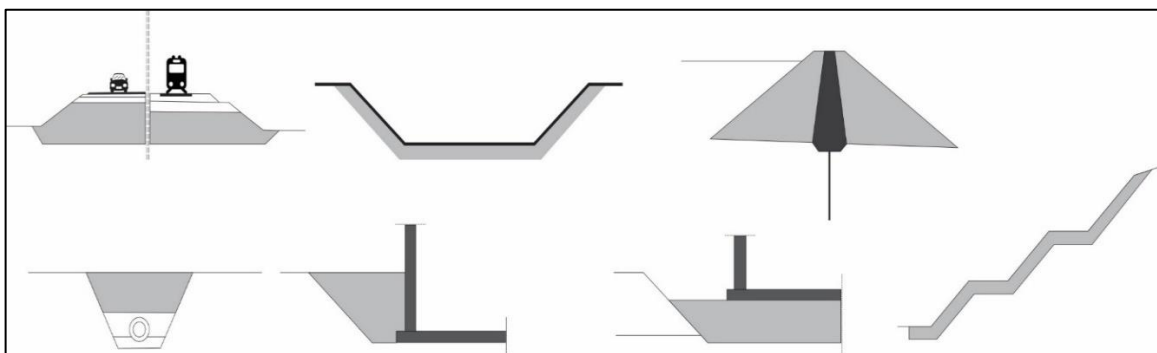
E_{VD}	(MN/m ²)	Deformacijski modul, določen z dinamično ploščo z lahko padajočo utežjo
i	(-)	Hidravlični gradient
IBI	(%)	Takojšnji ali neposredni indeks nosilnosti
I_C	(-)	Indeks konsistence
I_P	(%)	Indeks plastičnosti
I_{PA}	%	Indeks plastičnosti na A liniji v diagramu plastičnosti
k	m/s	Koeficient prepustnosti za vodo
k_{raz}	(-)	Koeficient razrahljanosti
MB	g/kg	Metilen modro
n	(%), -	Poroznost, tudi relativna poroznost, razmerje med volumnom por in celotnim volumnom zemljine
n_{12}	(%), -	Delež zračnih por za izbrano gostotno stanje
pF		Sukcija (v kmetijstvu), log ₁₀ cm višine vodnega stolpca
Sc		Občutljivost, razmerje med trdnostjo intaktne in pregnetene zemljine
SD_{CCC}	(%)	Standardna deviacija od srednjega prirasta dinamične merilne vrednosti
S_r	(%)	Stopnja saturacije (zasičenja)
V		Oznaka za volumen
w	(%)	Vlaga, razmerje med maso vode in maso suhe snovi
w_P	(%)	Meja plastičnosti
w_L	(%)	Meja židkosti
z	(m)	Globina
Grške črke		
ε	(%)	Oznaka za deformacijo, lahko je linearna (ε_l) ali volumska (ε_v)
ρ	(Mg/m ³)	Gostota; v geotehniki tudi posedek temeljnih tal pod obremenitvijo (m)
ρ_d	(Mg/m ³)	Suha gostota
ρ_s	(Mg/m ³)	Gostota zrnja (trdnine brez por)
θ	(%)	Volumetrična vlaga, izražena kot razmerje med volumnom vode V_w in volumnom celotne zemljine V
γ	(kN/m ³)	Prostorninska teža
γ_d	(kN/m ³)	Suha prostorninska teža
γ_w	(kN/m ³)	Prostorninska teža vode
Δ_{CCC}	%	Prirast dinamične merilne vrednost, izmerjen z valjarjem z integriranim sistemom CCC
$\Delta\sigma_{zz}$	(kPa)	Dodatna vertikalna napetost zaradi obremenitve na površini

3 Zemeljska dela - razlage osnovnih pojmov

3.1 Opredelitev zemeljskih del po SIST EN 16907

Zemeljska dela so gradbena dela, ki spreminjajo geometrijo zemeljskega površja z ustvarjanjem stabilnih in trajnih zemeljskih objektov (slika 3.1). Vključujejo izkop, nakladanje, prevoz, začasno deponiranje, vgrajevanje in zgoščanje geoloških in drugih materialov v zemeljske objekte. Vključujejo tudi dela z rodovitno zemljo, trajno odlaganje viškov izkopanih materialov na odlagališčih ter preiskave za kontrolo in potrjevanje kakovosti.

Zemeljska dela lahko potekajo nad ali pod vodo.



Slika 3.1: Shema zemeljskih objektov: nasip za prometnico, vkop, nasuta pregrada s tesnilnim jedrom, zasip kanala z vgrajenim cevovodom, zasip za objektom (kadar je zasip za objektom nad površino naravnega terena, se imenuje klin), nasip – gramozna blazina pod temelji objektov, brežina vkopa (po Adam, 2018).

3.2 Opredelitev značilnih plasti v zemeljskih delih

Poimenovanje in primerjava poimenovanj značilnih plasti v prečnem prerezu ceste in železnice sta prikazana na sliki 3.2.

3.3 Opredelitev izraza »zaključna plast«

Zaključna plast⁽³⁻¹⁾ je zadnja ali najvišja plast spodnjega ustroja, namenjena izboljšanju mehanskih lastnosti ter vremenske obstojnosti planuma spodnjega ustroja na nasipu (slika 3.3). V temeljnih tleh je enakovreden izraz »izboljšana temeljna tla«. Zgrajena je lahko iz:

- prepustnih, dobro zgostljivih in vremensko obstojnih gramoznih materialov ali
- z vezivi tretiranih zemljin ali
- posebej načrtovane zaščitne plasti (npr. iz plošč iz ekspandiranega polistirena).

Običajna debelina zaključne plasti je med 30 in 50 cm, lahko je tudi večja. Glede na vrsto materiala in tehnologijo gradnje se lahko vgrajuje v eni ali več plasteh.

Zaključna plast mora izpolnjevati dve skupini nalog, ko je to potrebno:

- naloge med gradnjo (kratkoročne naloge): ustrezna ravnost površine za izdelavo nosilnih plasti iz kamenega agregata; ustrezna vremenska odpornost v času izvajanja del; zaščita nasipnih plasti in/ali temeljnih tal pred škodljivimi vplivi vremena med gradnjo; ustrezna togost in povoznost plasti za gradbene stroje;
- naloge po izgradnji (trajne naloge): zagotavljanje homogene deformabilnosti mehkejših plasti v nasipu ali temeljnih tleh; zagotavljanje minimalne konstantne togosti plasti ne glede na sezonsko pogojene spremembe vlage; učinkovita optimizacija debelin nevezanih nosilnih plasti (plasti iz kamenega agregata); zaščita materialov v nasipu ali

temeljnih tleh pred vplivi temperaturnih sprememb; ustrezen prispevek k dreniranju voziščne konstrukcije.

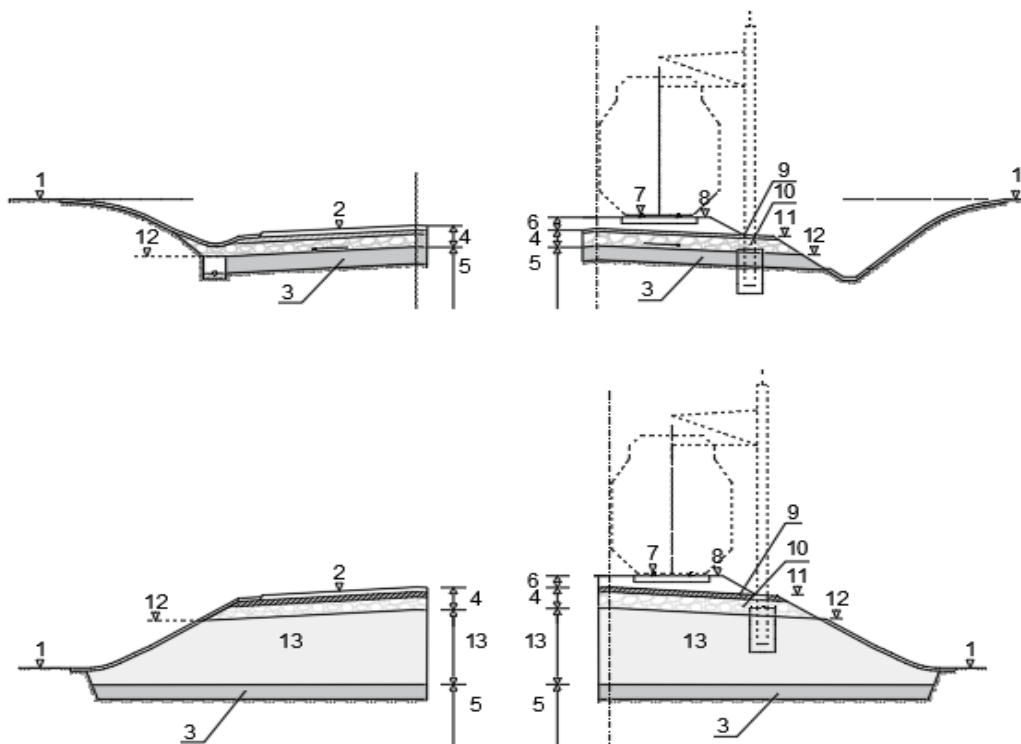
Glede na lokalne pogoje gradnje (vrsta zemljin, klimatske razmere, razpoložljiva gradbena mehanizacija ipd.) veljajo naslednja načela načrtovanja zaključne plasti:

- kadar zemljine in zdrobljene kamnine v nasipu in/ali temeljnih tleh ustrezajo zahtevam kakovosti (izpolnjujejo vlogo) za zaključno plast, vgradnja le-te ni potrebna,
- zaključna plast je lahko omejena samo na eno plast, zgrajeno iz homogenega materiala, npr. iz gramoza,
- zaključna plast je lahko sestavljena iz kombinacije več plasti, npr. iz različnih kombinacij rabe geosintetikov, gramoznega materiala, z vezivi tretiranih plasti ipd.

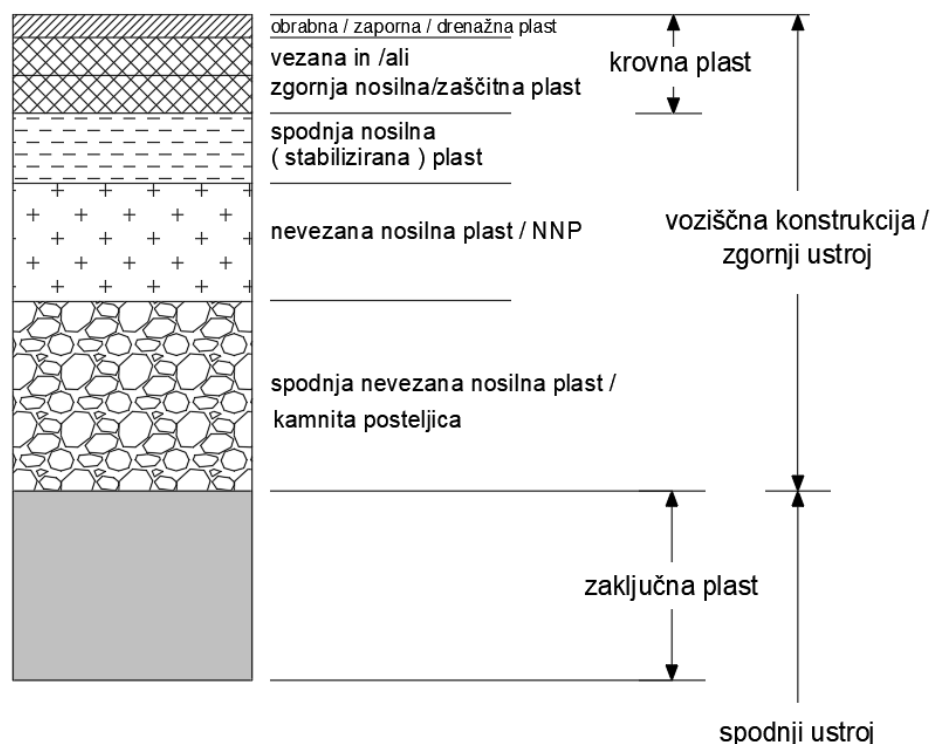
Pri rekonstrukcijah prometnic je odločitev za gradnjo zaključne plasti odvisna od zatečenega stanja v prerezu voziščne konstrukcije, predvidene za rekonstrukcijo.

V vkopih se v primeru, ko temeljna tla ne ustrezajo zahtevam voziščne konstrukcije, izvede izboljšanje temeljnih tal.

Opomba 3-1: Po TSPI PG. 06.xxx je kamnita posteljica (KP oz. SNNP) spodnja nevezana nosilna plast zgornjega ustroja. TSPI PG. 05.000 se odziva na spremembo tako, da predpisuje zahteve za material in utrditev zaključne plasti spodnjega ustroja. To je tudi v skladu z določili SIST EN 16907.



Slika 3.2: Shema prerezov ceste in železnice v vkopu in na nasipu: 1 – površina terena/kota površine terena, 2 – niveleta vozišča, 3 – temeljna tla/izboljšana temeljna tla, 4 – zgornji cestni ustroj, na železnici – nosilna (tudi zaščitna) plast, 5 – temeljna tla, geološka podlaga, 6 – tirna greda, 7 – gornji rob tirnice, 8 – gornji rob praga, 9 – zgornja nosilna plast, 10 – spodnja nosilna plast, 11 – planum proge, 12 – planum spodnjega ustroja, 13 – nasip. Prirejeno po SIST EN 16907-1.



Slika 3.3: Položaj zaključne plasti v prerezu voziščne konstrukcije ceste na nasipu.

3.4 Odvodnjavanje med izvajanjem zemeljskih del

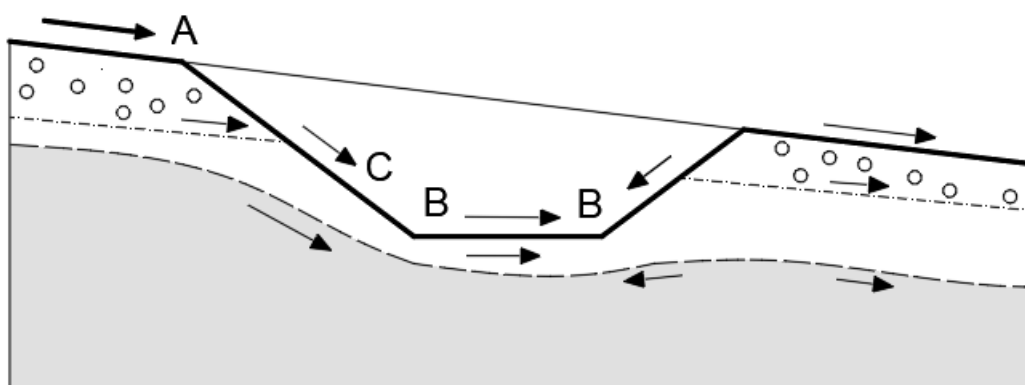
Začasno odvodnjavanje vključuje odvodnjavanje meteorne in podzemne vode.

Za izvedbo odvodnjavanja meteorne vode (dež, taljenje ledu/snega) med gradnjo je odgovoren izvajalec. Ukrepi odvodnjavanja morajo biti vključeni v tehnološki elaborat (TE) ali v projekt zemeljskih del in v enotno ceno izvajanja izkopov, izdelave planumov, gradnje nasipov, tesnilnih slojev ter ostalih zemeljskih del po točki 1.2.

Podzemne vode so vode, ki se nahajajo (mirujejo ali tečejo) pod površino terena. Njihovo odvodnjavanje iz izkopov gradbenih jam, kanalov, brežin v vkopih itd. ter ukrepi za vzdrževanje znižanih gladin v zaledju objektov med gradnjo morajo biti določeni v projektu in vključeni v popise del za odvodnjavanje podzemne vode med gradnjo.

Znižanje gladin podzemne vode zaradi odvodnjavanja v vkopih, gradbenih jamah ipd. lahko škodljivo vpliva na obstoječe objekte (stavbe, prometno infrastrukturo, vodnjake) in na stabilnost vkopnih brežin. Vplivi in posledice znižanja gladin podzemne vode morajo biti analizirani v projektu in znani pred oddajo zemeljskih del v izvedbo. Za morebitne škodljive posledice znižanja gladin podzemne vode na obstoječe objekte med izvedbo odgovarjata investitor in projektant v vseh primerih, ko so bili ukrepi v izkopih izvedeni po projektu.

Shema tokov meteorne in podzemne vode, ki vplivajo na zasnovo ukrepov odvodnjavanja, je na sliki 3.4.



Slika 3.4: Shema tokov površinske in podzemne vode za načrtovanje odvodnjavanja: A – površinske vode na vrhu vkopa, B – površinske in podzemne vode v dnu vkopa, C – površinske in podzemne vode na brežinah. Prirejeno po SIST EN 16907–1.

3.5 Ravnanje z rodovitno zemljo

Po Zakonu o kmetijskih zemljiščih (ZKZ) je rodovitna zemlja material površinskega sloja tal, ki zaradi fizikalnih, kemičnih in mikrobioloških lastnosti omogoča rast rastlin in jo je treba varovati pred trajno izgubo. Vlada določi pravila ravnanja z rodovitno zemljo v skladu s predpisi, ki urejajo varstvo okolja⁽³⁻²⁾. Določila iz ZKZ se smiselno uporabljajo tudi za gozdna zemljišča.

Načrt ravnanja z rodovitno zemljo zagotovi investitor, izdela pa agronom, pooblaščen za bonitiranje v skladu s predpisi, ki urejajo bonitiranje zemljišč (v nadaljevanju: agronom). Načrt ravnanja z rodovitno zemljo je sestavni del projektne dokumentacije.

Okoljska zakonodaja, vezana na ZKZ, je v nastajanju. Pričakovati je, da se bodo merila in zahteve kakovosti pri ravnanju z rodovitno zemljo še dopolnjevala in spreminjala.

Rodovitna zemlja ne sodi med materiale, primerne za rabo v inženirskih nasipih, zasipih in klinih.

Drevesa, rastline in vegetacija, vključno z varovalnim koreninskim pasom, ki jih je treba med gradnjo zaščititi pred poškodbami, morajo biti izrecno prikazani v projektu.

Opomba 3-2: Avgusta 2024 vlada RS še ni določila obveznih pravil ravnanja z rodovitno zemljo v skladu s predpisi, ki urejajo varstvo okolja. Pričakovati je, da bodo zaradi novih okoljskih uredb, ki bodo sprejete v prihodnje, zahteve za dela z rodovitno zemljo deležne novih sprememb.

3.6 Temeljna tla in planum temeljnih tal

Planum temeljnih tal je vrhnja, zaključena površina temeljnih tal. Ureja se:

- na površini naravnega terena po odstranitvi rodovitne zemlje ali
- v ravnini dna izkopa ali
- na površini izboljšanih, stabiliziranih in/ali saniranih temeljnih tal.

Na vrsto ukrepov pri pripravi planuma temeljnih tal vplivajo:

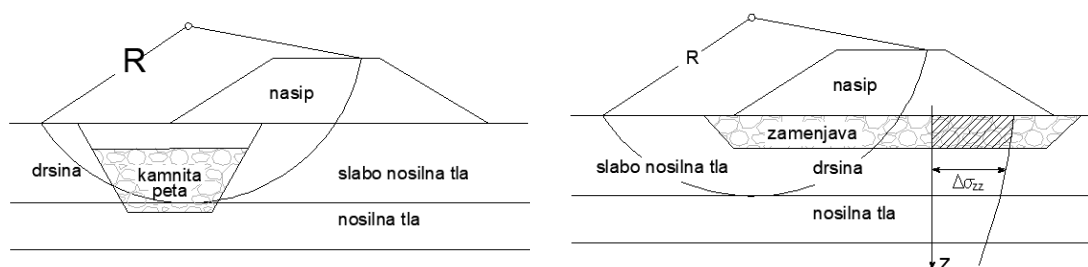
- GG razmere na nivoju planuma in v geološki podlagi,
- položaj planuma glede na zgornji ustroj prometnice (slika 3.2),
- strogost zahtev, ki izvirajo iz zahtev zgornjega ustroja prometnice (togost, ravnost...) ,
- občutljivost materialov v temeljnih tleh na sezonske in trajne spremembe vlage in temperature, na vibracije, na dezintegracijo zrn idr.,
- drugi vplivi, ki izvirajo iz lokalnega okolja.

Shema osnovnih ukrepov za pripravo temeljnih tal je v preglednici 3.1, shemi značilnih primerov plitve sanacije temeljnih tal sta na sliki 3.5.

Kadar kamnita posteljica nalega neposredno na planum temeljnih tal, je planum temeljnih tal hkrati tudi planum spodnjega ustroja.

Ukrepi za pripravo planuma, izboljšanje in/ali saniranje temeljnih tal morajo temeljiti na GG raziskavah in GG analizah za projekt.

Ukrepi globoke sanacije temeljnih tal ne sodijo med zemeljska, temveč med posebna geotehnična dela. Obravnavajo jih standardi SIST EN, izdelani pod okriljem CEN TC 288.



Slika 3.5: Shemi plitve sanacije temeljnih tal z zamenjavo. Levo: delna zamenjava s kamnito peto; desno: delna zamenjava v celotnem tlorisu pod nasipom. Zamenjava desno ni ekvivalent povoznemu platoju. Šrafirana je ploščina diagrama dodatnih napetosti (ΔA_{∞}), ki vpliva na zmanjšanje posedkov zaradi delne zamenjave materiala po enačbi $\Delta p_{\infty} = \Delta A_{\infty} / E_{oed}$.

Preglednica 3.1: Shema ukrepov za pripravo temeljnih tal

	Ukrep	Vrsta del/zahteva
Priprava planuma	Grobo planiranje Mehansko zgoščanje zemljin v naravnih ali na izboljšanih/stabiliziranih/saniranih temeljnih tleh	Zahteve za pripravo planuma temeljnih tal: - presoja ustreznosti materiala v temeljnih tleh - zgoščenost (D_{PR}) - togost ($E_{v1,2}$) in/ali nosilnost (CBR, IBI)
	Ojačitev	- ojačitev z geosintetiki
Plitva sanacija, plitvo poboljšanje	Globinsko zgoščanje	- impulzno zgoščanje (doseg do globine ca 4 m)
	Izboljšanje Tretiranje z vezivi	- mešanje lokalne zemljine z drugimi zemljinami, drobljenje, odsejavanje - izboljšanje in/ali stabiliziranje z vezivi
	Zamenjava Premostitev	- zamenjava slabo nosilnih lokalnih zemljin v raščenih tleh z gramoznimi zemljinami, pripeljanimi od drugod, do globine dobro nosilnih tal - delna zamenjava slabo nosilnih lokalnih zemljin v raščenih tleh do globine, določene (a) z GG izračuni stabilnosti in posedkov oz. (b) z empiričnimi diagrami, upošteva zahtevano togost planuma, togost podlage in potrebno debelino gramoznega materiala za zamenjavo - premostitev mehkih tal z gramozno plastjo
	Sanacija vrtač, ugreznin	- zasip vrtač, ugreznin z gramoznimi materiali - gradnja kamnitih ali betonskih obokov nad dnem vrtače in zasip

		- vgradnja jeklenih rešetk nad dnom vrtače in zasip
Globoka sanacija, globoko poboljšanje	Ukrepi: - dreniranje - zgostitev - ojačitev - kombinacija ukrepov	- vertikalne drenaže, gručnati koli - preobremenilni nasipi - globinsko zgoščanje s težko padajočo utežjo - globinsko vmešavanje veziv - vibroflotacija - drugo

3.7 Prehodne cone

3.7.1 Pomen prehodnih con

Prehodne cone obsegajo:

- prehode nasipa v vkop v vzdolžni ali prečni smeri,
- prehode nasipa na objekt,
- prehode nasipa preko objektov, npr. preko prepustov ali drugih objektov, vgrajenih v nasipu.

Prehodne cone je treba z vidika materialov in postopkov gradnje opredeliti v projektu in/ali TE na način, da se premostijo razlike v togosti, prepustnosti, posedkih ali druge nehomogenosti, ki bi lahko vplivale na obnašanje in deformacije vozišča. Zasipi in klini (točka 11) so značilni primeri gradnje v prehodni coni. Prehodne cone podrobneje obravnava SIST EN 16907-1.

3.7.2 Stopničenje temeljnih tal

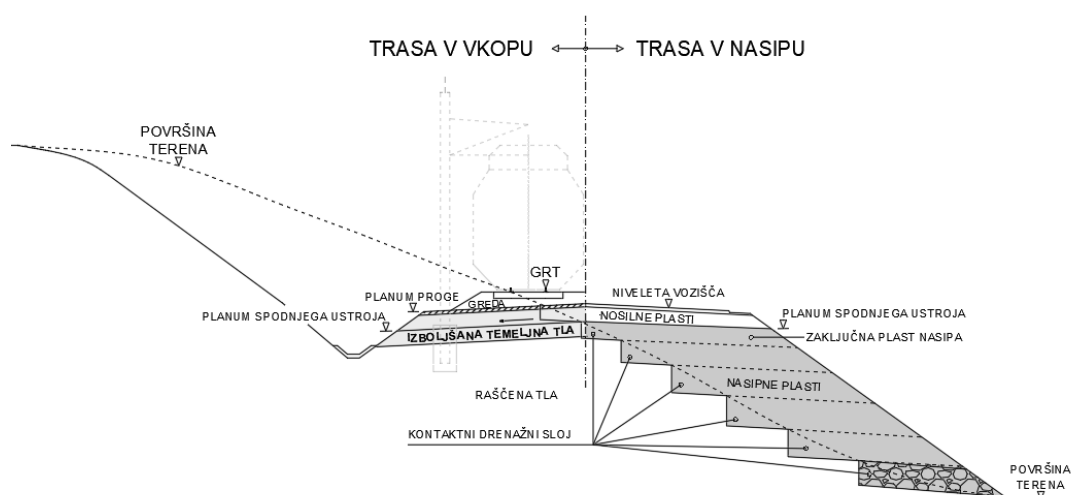
Kadar se nasipi gradijo na nagnjenih temeljnih tleh ali se prislanjajo na zaledna pobočja, katerih nagib je v prečni in/ali vzdolžni smeri večji od 1:5 ($\beta > \text{ca } 11^\circ$), je treba temeljna tla (podlago) in zaledno pobočje, na katerega se nasip prislanja, stopničiti (slika 3.6). S stopničenjem se v prehodni coni:

- prepreči nastanek ploskve šibkosti med nasipom in nagnjeno podlago. To je posebej pomembno pri gradnji nasipov v vplivnem območju nihanja gladin vode v vodotokih;
- omogoči izvedbo kontaktne drenažne plasti,
- zagotovijo pogoji za enakomerno zgoščanje nasipnih plasti na stiku s pobočjem,
- zagotovi kvaliteten prehod iz nasipa v vkop v vzdolžni in prečni smeri,
- zagotovi kvalitetna izvedba stikov pri širitvah obstoječih nasipov.

Način izvedbe stopničenja (širina, višina stopnice, nagib stopnice, nagib stene izkopa za stopnico) je odvisen od:

- geološke zgradbe pobočja in vrste nasipnih materialov,
- nagiba zalednega pobočja,
- hidrogeoloških razmer,
- značilnega prereza nasipa na nagnjeni podlagi,
- tehnologije izvajanja del.

Način izvedbe stopničenja je treba okvirno določiti v projektu, dokončno pa prilagoditi med gradnjo ob upoštevanju zatečenih GG razmer in v soglasju z nadzornikom. Na strmih pobočjih je treba ustreznost stopničenja po potrebi preveriti tudi s stabilnostno analizo.



Slika 3.6: Shema stopničenja zaledja pri gradnji nasipa na pobočju. Za zajemanje in odvajanje podzemne vode iz zalednega pobočja mora biti vgrajena drenažna plast.

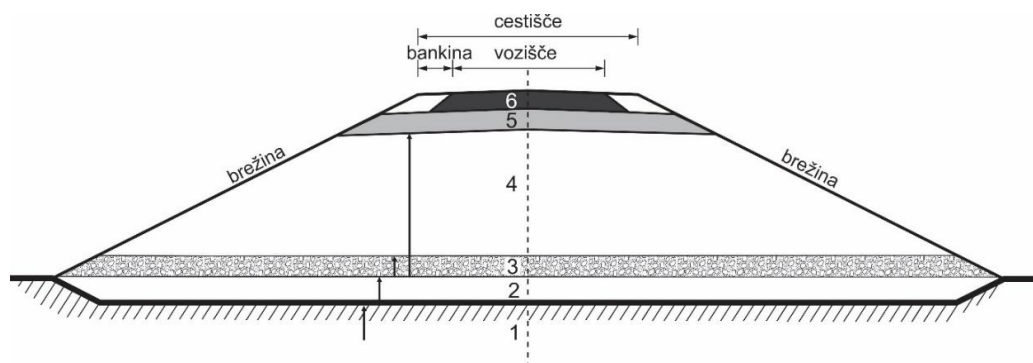
Če s projektom ni drugače določeno, veljajo naslednje splošne usmeritve:

- vsaka stopnica mora biti nagnjena navzven v naklonu minimalno 3 %;
- višina stopnice mora biti prilagojena debelinam nasipnih plasti in nagibu pobočja, običajno je to $\geq 0,6$ m, lahko pa je tudi več ali manj, po presoji izvajalca in nadzornika;
- širina stopnice v zemljinah mora omogočati homogeno zgoščanje z valjarji, praviloma pa ne sme biti manjša od 1 m. Na pobočjih z blagimi nakloni morajo biti širine stopnic praviloma $> (3 \text{ do } 5)$ m. Na zelo strmih pobočjih je treba v posebnih primerih kontakt pobočja in nasipa dodatno ojačati z ojačitvenimi geosintetiki, mikrokoli ali drugimi ukrepi, kot jih določijo GG analize;
- čelne ploskve stopnic se lahko oblikujejo v naklonu (npr. 2:1), lahko pa so tudi vertikalne;
- kontaktna drenažna plast mora zagotavljati, da v nasipu ne pride do trajnega dviga podzemne vode nad računsko določeno gladino. Kadar se nasipi gradijo iz zelo debelozrnatih materialov (Co, Bo, IBo) in čistih gramoznih materialov (GrW, GrM, GrG), kontaktna drenažna plast ni potrebna;
- v primeru stalnih izvirov je treba način zajema in odvajanja vode iz izvira v zaledni brežini vselej določiti v projektu. Objekti, načrtovani in zgrajeni za namene trajnega zajema izvirov, niso vključeni med zemeljska dela, temveč morajo biti vključeni v popise del za odvodnjavanje.

3.8 Prečni prerez nasipa in nasipne cone

Nasipi so lahko v prečnem prerezu homogeni ali s conarno zgradbo (slika 3.7; Dodatek, slika G.4.3). Nasipne cone morajo biti v projektu določene z geometrijo, funkcijo posameznega sloja, vrsto in lastnostmi nasipnega materiala v coni/plasti, zahtevami kakovosti plasti (togost, zgoščenost, prepustnost) ter drugimi lastnostmi, če so te relevantne za nasip.

Nasipi s conarno zgradbo so namenjeni trajnostni rabi materialov, ki niso primerni za samostojno vgradnjo v homogene nasipe, kot so: visoko nabreklijive gline, na erozijo občutljivi peski in drugi materiali, s katerimi ni primerljivih dolgoročnih izkušenj.



Slika 3.7: Značilne plasti v homogenem nasipu: 1 – geološka podlaga, 2 – izboljšana, zamenjana ali sanirana temeljna tla, 3 – povozni plato in/ali drenažna/filtrska plast, 4 – nasip, vključno z zaključno plastjo nasipa, 5 – nevezane nosilne plasti (KP, NNP), 6 – vezane nosilne plasti.

3.9 Začasne deponije (skladišča) materialov za gradnjo

Geološke materiale iz izkopov, namenjene za nadaljnjo rabo na gradbišču, je treba deponirati na lokacijah, ki so predhodno očiščene, utrjene in odvodnjavane, da ne pride do mešanja kakovostnega materiala z neustreznimi materiali ali do škodljivih vplivov meteorne in podzemne vode na deponirane materiale.

Lokacije za deponiranje morajo biti na stabilni podlagi in/ali stabilnostno preverjene za načrtovano višino in geometrijo brežin. Za deponije višine ≥ 6 m na ravnem in za vse deponije na pobočjih mora Izvajalec izdelati TE deponiranja. Brežine deponije (nagib, berme) morajo biti oblikovane glede na trdnostne lastnosti deponiranega materiala.

Izvajalec mora deponije graditi tako, da ne bo prišlo do erozije na brežinah in do mehčanja deponiranih materialov. Po potrebi je treba deponirane plasti zgoščati z buldožerji in/ali valjarji. Zagotovljeno mora biti začasno odvodnjevanje površine in brežin.

Deponije morajo biti označene z vidno tablo o izvoru/in ali namenu rabe materialov.

Deponije geoloških materialov za tesnilne sloje morajo biti pokrite z malo prepustnimi ponjavami (PVC).

Skladiščenje kamninskega agregata za zemeljska dela, če je uporaba le-tega določena s projektom, na trasi ni predvideno. V primeru začasnega skladiščenja, morajo biti izpolnjene enake zahteve kot za geološke materiale.

Veziva za tretiranje morajo biti skladiščena v silosih ali cisternah za veziva. Dopustna je tudi dobava in začasno skladiščenje veziv v neprepustnih vrečah, če za vreče jamči dobavitelj in je zagotovljeno skladiščenje vreč pod streho ali pod zaščitnim pokrovom iz za vodo neprepustne ponjave.

Sredstva za zaščitni pobrizg z vezivi tretiranih zemljin morajo biti uskladiščena v kovinskih sodih ali cisternah.

Geosintetike je treba skladiščiti po navodilih proizvajalca. Ob dobavi na gradbišče morajo biti zaščiteni v za UV žarke in za vodo neprepustni in nepoškodovani embalaži do odvoza na mesto vgradnje. Vsaka rola geosintetika oz. paket plošč mora imeti identifikacijsko tovarniško oznako. Začasne deponije za role morajo biti urejene na ravni, utrjene in odvodnjavane podlagi tako, da ne more priti do zastajanja vode in na način, da ne pride do poškodb in/ali premikov rol iz območja začasnega skladišča.

4 Osnovni materiali

4.1 Osnovni materiali

Osnovni materiali pri zemeljskih delih so:

- rodovitna zemlja,
- geološki materiali: zemljine in kamnine,
- geosintetiki,
- kamninski agregat,
- lahki agregati in zelo lahki materiali,
- antropogeni materiali,
- anorganska veziva za tretiranje zemljin,
- drugi proizvodi, kot so trakovi za varjenje geosintetikov, proizvodi za odvodnjavanje ipd.

4.2 Rodovitna zemlja

Rodovitna zemlja mora biti odstranjena iz temeljnih tal, če to ni izrecno določeno drugače. Ravnanja z rodovitno zemljino določajo ZKZ in podporni dokumenti.

4.3 Geološki mineralni materiali

4.3.1 Kategorizacija izkopov in razvrščanje zemljin

Geološki materiali pri zemeljskih delih so:

- zemljine in kamnine v temeljnih tleh in iz izkopov na trasi in/ali
- materiali iz rudarskih in predelovalnih obratov (kamnolomov, gramoznic, peskokopov in glinokopov) v primerih, ko iz izkopov na trasi ni na voljo ustreznih materialov za gradnjo.

Kategorizacija izkopov in razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih se izvajata po TSPI, kot je prikazano v preglednici 4.1. Izkopane, odstreljene, zdrobljene, odsejane ali drugače predelane kamnine se za rabo pri ZD razvrščajo po načelih za zemljine po TSPI PG.05.201. Izraz »kamnina« se pri ZD nanaša na kamnine v geološki podlagi, v temeljnih tleh in v vkopnih brežinah prometnice in ne na nasipni material iz kamninskega materiala.

Preglednica 4.1: Tehnične specifikacije, merodajne za kategorizacijo izkopov in razvrščanje zemljin

TSPI PG.05.100	Kategorizacija izkopov v zemljinah in kamninah
TSPI PG.05.201	Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih Razvrščanje zemljin
TSPI PG.05.202	Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih Smernice za presojo uporabnosti zemljin pri zemeljskih delih

4.3.2 Koeficient razrahljanosti

Koeficient razrahljanosti (k_{raz}) je razmerje med gostoto geološkega materiala v raščenem stanju, vključno z vodo in zrakom v porah (ρ), in gostoto tega materiala v nasutem stanju (ρ_{na}), ob predpostavki, da se vlaga med izkopom ne spreminja. Podaja se lahko tudi v obratnem razmerju kot $1/k_{raz}$.

Koeficient razrahljanosti je pomemben pri načrtovanju učinkovite rabe gradbenih strojev, transporta, kapacitete začasnih deponij in odlagališč viškov izkopnega materiala.

Za hitro oceno (k_{raz}) so na voljo tablice, ki jih navajajo proizvajalci delovnih strojev. Za natančno določitev (k_{raz}) je pri načrtovanju obsežnih izkopov treba opraviti terenske preiskave gostote v raščenem in nasutem stanju z uporabo postopkov po preglednici 4.2.

Parametra k_{raz} se ne sme uporabljati za izračune masnih bilanc. V tem primeru je treba izračune izvesti s primerjavo suhe gostote materiala v raščenem stanju (ρ_d) in suhe gostote materiala v zgoščenem stanju po vgradnji ($\rho_{dvgrajen}$). Osnovne izračune mora najprej opraviti projektant na osnovi GG preiskav za projekt, dodatno pa preveriti izvajalec pri izdelavi tehnološkega elaborata (TE) in nato pretoke mas stalno preverjati med gradnjo.

Preglednica 4.2: Postopki preiskav za izračun koeficientov razrahljanosti (k_{raz}) in masne bilance

TSC 06.712	Meritve gostote – nadomestni postopki
SIST EN ISO 1097 - 3	Preskusi mehanskih in fizikalnih lastnosti agregatov. Določevanje prostorninske mase in votlin v nasutem stanju
SIST EN 13286 - 2	Preskus po Proctorju

4.3.3 Preiskave za ocenjevanje ustreznosti geoloških materialov za zemeljska dela

Smernice za ocenjevanje uporabnosti geoloških materialov v zemeljskih delih so podane v TSPI PG.05.202.

Geološki materiali se uporabljajo za vse namene rabe pri zemeljskih delih. Uporabnost se ocenjuje na osnovi naslednjih skupin lastnosti:

- indeksne lastnosti in z njimi povezana razvrstitev zemljine (zrnavost, plastičnost, organske primesi),
- parametri stanja zemljine in vplivi vlage (w) oz. indeksa konsistence (I_c) na zgoščanje,
- lastnosti in obnašanje zemljine v vgrajenem (zgoščenem) stanju pri različnih pogojih mehanskih in vremenskih obremenitev,
- obstojnost oz. trajnost,
- reakcije z drugimi gradivi.

Kazalo laboratorijskih in terenskih preiskav za vrednotenje geoloških materialov pri zemeljskih delih je v preglednici 4.3. V drobnem tisku pod preglednico so poudarjene posebnosti materialov in omejitve preiskovalnih metod, ki morajo biti upoštevane pri GG preiskavah za projekt in pri izvajanju del za zagotavljanje kakovosti (NKK, ZKK).

Na velikih gradbiščih in v geološko zahtevnih okoljih je včasih treba izvajati kontrolne preiskave, ki sicer niso del standardnega programa NKK in ZKK. Tak primer je npr. kontrola strižne trdnosti v veliki celici, kontrola strižne trdnosti in situ, npr. po ploskvah šibkosti v skrilavih kamninah, ki imajo neugoden vpad skrilavosti glede na naklon pobočja, na katerem poteka gradnja, kontrola pornih tlakov med gradnjo nasipov ali za opornimi zidovi ipd. Postopke izvedbe teh preiskav je treba dogovoriti v sodelovanju s projektantom, nadzornikom, NKK in ZKK.

Preglednica 4.3: Kazalo laboratorijskih in terenskih preiskav in meritev med gradnjo, geološki materiali

Zap.št.	Postopek za določitev lastnosti	Metoda preiskave
1	2	3
1	Vzorčenje ¹ - Vzorčenje zemljin in situ - Vzorčenje materialov iz deponije	SIST EN 1997 – 2 Interna navodila

	Laboratorijske preiskave – geološki materiali	
2	Ugotavljanje vlažnosti ¹ Meritve sukcije (pF) ^a	SIST EN ISO 17892-1
3	Ugotavljanje prostorninske gostote v laboratoriju ¹	SIST EN ISO 17892-2 TSC 06 712
4	Ugotavljanje gostote zrn ^b	SIST EN ISO 17892-3
5	Ugotavljanje zrnastostne sestave ¹	SIST EN ISO 17892-4 in/ali SIST EN 933-1
6	Preskus s konusom (nedrenirana strižna trdnost) ¹	SIST EN ISO 17892-6
7	Ugotavljanje prepustnosti v laboratoriju ⁴ Ugotavljanje prepustnosti na terenu ⁴	SIST EN ISO 17892-11 SIST EN ISO 22282-5
8	Ugotavljanje Atterbergovih meja plastičnosti ^{1,c}	SIST EN ISO 17892-12
9	Potencialna prisotnost humusnih delcev ¹	SIST EN 1744-1, tč. 15.1
10	Razvrščanje zemljin	TSPI PG.05.201
11	Preskus po Proctorju ^{1,c}	SIST EN 13286-2
12	Preskus ^d - kalifornijski indeks nosilnosti CBR ^{3,e} - neposredni indeks nosilnosti IBI ³ - linearno nabrekanje ³	SIST EN 13286-47
	Terenske preiskave in meritve, geološki materiali^f	
13	Meritve gostote in vlažnosti na terenu - z izotopskim merilnikom ^{1g} - z nadomestnimi postopki ¹	TSC 06.711 TSC 06.712
14	Meritve deformacijskih modulov (togosti plasti) ¹ - dinamični deformacijski modul – Evd - statični deformacijski modul – Ev1/Ev2	TSC 06.720
15	Kontinuirana kontrola zgoščanja CCC	TSC 06.713 SIST TS CEN/TS 17006
16	Meritve ravnosti in višine planuma ¹	TSC 06.610
	Zemljine, tretirane z vezivi, namenske preiskave^h	
17	Meritve pH tretirane mešanice zemljine in veziva ²	SIST ISO 10390
18	Tlačna trdnost tretiranih zemljin ²	SIST EN 13286-41, SIST EN 13286-50, Priloga 1
19	Količnik vremenske obstojnosti tretiranih zemljin ² in/ali postopki iz vrstice 12	Postopek TSPI PG.05.300
20	Količnik zmrzlinke obstojnosti tretiranih zemljin	Postopek TSPI PG.05.300
21	Kontrola posipa veziva, kontrola homogenosti plasti iz tretirane zemljine z barvnim indikatorjem ²	Postopek TSPI PG.05.300

Razlaga pomena oznak in pojasnila k preglednici 4.3:

V standardih, TSC in TSPI, ki se navezujejo na ustrezne standarde (stolpec 3 v preglednici 4.3), je poleg postopkov izvedbe preiskav navedena minimalna oprema, potrebna za izvedbo. Zunanje kalibracije merilne opreme lahko izvaja akreditiran kalibracijski laboratorij, lahko pa laboratorij kalibracije izvaja sam, interno, če obvlada postopke in ima sledljive etalone. Postopki in pogostnost lastne in zunanje kalibracije opreme morajo biti določeni v protokolu dela laboratorija.

¹osnovna oprema laboratorija NKK za zemeljska dela

²potrebna oprema laboratorija NKK v primeru, če je predvideno tretiranje zemljin z vezivi

³potrebna oprema laboratorija NKK v primeru rabe nabreklih, kolapsibilnih in drugih občutljivih zemljin

⁴potrebna oprema laboratorija NKK pri gradnji mineralnih tesnilnih slojev in mineralnih drenažnih in filtrskih plasti

^aza dela z ali v rodovitni zemlji se primernost stanja zemljine za delo ocenjuje na osnovi sukcije, podane v kPa ali z vrednostjo pF ali v cbar (1 cbar = 1kPa). Za meritve na terenu se običajno uporabljajo tenziometri, lahko pa tudi posredni merilniki.

^bgostoto zrn (ρ_s) je treba določiti takrat, ko zemljine odstopajo od običajnih, npr. v zelo visokoplastičnih kraških glinah, v ultrabazičnih kamninah, metalurških žlindrah, EF pepelih. Brez zanesljivega podatka o gostoti zrnja ni moč izrisati krivulje za S_r in n_a v Proctorjevem diagramu; pomembna je pri kalibraciji izotopskega merilnika ipd.

^cv visoko plastičnih glinah in pri delu z bentonitnimi barierami je treba podatke Atterbegovih meja plastičnosti dopolniti s podatki w_A po Enslin Neff in/ali retencijsko krivuljo, SWRC, ter določitev sukcije pri optimalni vlagi.

^dv visoko plastičnih glinah in kolapsibilnih zemljinah se preiskave volumnske stabilnosti izvedejo tudi v edometru po prilagojenem postopku SIST EN ISO 17892-5 ali po ASTM D 4546. Preiskava v edometru omogoča nadzorovano spremljanje deformacijskega obnašanja zemljin med obremenjevanjem in razbremenjevanjem, česar CBR preiskava ne omogoča. To je pomembno pri vrednotenju visoko prekonsolidiranih zemljin in visoko plastičnih glin ter kolapsibilnih peskov in meljev.

^ekadar se vrednost CBR uporablja za namene preverjanja dimenzij nevezanih nosilnih plasti, dimenzioniranje geosintetikov in presojo učinkovitosti tretiranja zemljin z vezivi, se le-ta nanaša na CBR₂, to je na meritev po 4-dnevem namakanju v vodi.

^fuporabnost postopkov, navedenih v vrsticah 13 in 14, je omejena glede na velikost zrna v plasti in globinski doseg meritve. Pri gradnji nasipov z zelo debelozrnatimi materiali (Co, Bo, lBo), nobeden od navedenih postopkov ni primeren za kontrolo zgoščenosti in togosti plasti. Pred začetkom gradnje je treba dogovoriti postopke za kontrolo kakovosti zgoščanja. V podanih primerih je najprimernejša raba težkih valjarjev z vgrajenim sistemom CCC; ki lahko delujejo tudi samo kot merilni valjarji; možno je opazovanje kolesnic pod težko obremenjenimi tovornjaki in/ali druge metode, prilagojene materialu, če so na voljo v okolju gradnje.

^gizotopski merilnik preračuna ves vodik (H) na vodo (H₂O). Ker je v zemljinah vodik vezan tudi na strukturno vodo, je raba izotopskega merilnika v nekaterih zemljinah neprimerna ali zahteva posebno kalibracijo. To velja tudi v primeru rabe alternativnih materialov, če vsebujejo vodik, ki ni vezan na poro vodo.

^hza namene tretiranja zemljin z vezivi se opravijo vse osnovne preiskave za identifikacijo zemljin in meritve togosti, gostote in vlage vgrajene plasti po vrsticah 13 - 16.

Pričakuje se, da laboratorij za izvajanje NKK razpolaga z osnovno opremo¹. Ostala dela ^{2,3,4} lahko po dogovoru odda drugemu laboratoriju, ki pa ne sme biti vključen v ZKK.

4.4 Geosintetiki

4.4.1 Opis in razvrščanje

Geosintetiki (GSY) so planarni (ploskovni) polimerni materiali iz naravnih ali umetnih polimerov, ki se uporabljajo v stiku ali v kombinaciji z zemljinami (geološkimi materiali) za različne namene pri izvajanju zemeljskih del. Razvrščajo se na:

- geotekstilije, GTX (tkane, pletene, netkane/iglane, termično vezane idr.),
- geomreže, GGR (pletene, ekstrudirane, položene, varjene idr.),
- 3 d strukture, GCE, GMA (geosatovje, žimnice oz. štrene),
- geokompozite, GCO (kombinacija štrene in geotekstilije; GCL – bentonitni trakovi),
- geomembrane, GMB (iz polimerov, npr. PEHD, iz umetne gume – EPDM),
- geopene (ekspandirani polistiren),
- druge vrste (npr. elektrokinetični geosintetiki).

Kokosove mreže, mreže iz jute in geotekstilije iz bombaža tudi sodijo med geosintetike.

Razvrščanje, terminologija, načrtovanje del z geosintetiki in zahteve kakovosti za dela z geosintetiki so opredeljeni v TSPI PG.05.400.

4.4.2 Področja uporabe

V zemeljskih delih se geosintetiki uporabljajo za:

- ločevanje,
- filtriranje,
- dreniranje,
- ojačitev (armiranje),
- zaščito,
- tesnjenje (bariere),
- zaščito oz. izolacijo.

Geosintetiki lahko nadomestijo nekaj desetkrat debelejša plasti iz geoloških materialov (npr. za ločilne, drenažne, tesnilne plasti), vendar morajo biti pravilno dimenzionirani, vgrajeni in zaščiteni. V preglednici 4.4 so podane vrste geosintetikov glede na prioriteten namen rabe.

Preglednica 4.4: Vrste geosintetikov in prioriteten namen rabe

Vrsta geosintetika	Ločevanje	Filtriranje	Dreniranje	Ojačitev	Tesnjenje	Površinska zaščita, zaščita pred erozijo
Geotekstilije GTX	+	+	+	+		+
Geomreže GGR				+		+
Georešetke GNT			+			+
Geomembrane GMB					+	
Geosintetične bariere GCL					+	
Geokompoziti GCO	+	+	+	+	+	+

+ prioriteten namen rabe; +! odvisno od vrste proizvoda. Za zaščito pred zmrzaljo se uporabljajo plošče iz ekspandiranega polistirena.

4.4.3 Postopki izbire – dimenzioniranje geosintetika za izbrane namene rabe

Dimenzioniranje geosintetika⁽⁴⁻¹⁾ je postopek, pri katerem se z uporabo podatkov o lastnostih zemljine, vrsti toka podzemne vode in mehanskih obremenitev, enostavnih empiričnih enačb in Darcyvega zakona določijo trdnostne in hidravlične lastnosti ločilnih, filtrskih in drenažnih geosintetikov.

Ojačitvene geosintetike je treba dimenzionirati z geostatičnimi analizami.

Izbira tesnilnih geosintetikov temelji na analizi biokemičnih in mehanskih obremenitev ter tveganj odpovedi delovanja, ki jim bodo le-ti izpostavljeni med vgrajevanjem in v življenjski dobi, glede na strogost zahtev po varovanju okolja.

Zahteve za zaščitne geosintetike nad geomembranami običajno podajo proizvajalci geomembran, praviloma z zahtevo glede debeline (d) in površinske mase (g/m²) netkane geotekstilije. Za ostale namene površinske zaščite se geosintetiki izberejo po presoji projektanta.

Opomba 4-1: Robustnost (nem. GRK – Geotextilrobustheitsklasse) je krovni izraz za kombinacijo lastnosti (odpornost na prebod - CBR po SIST EN ISO 12236, natezna trdnost pri 5% raztezu po SIST EN ISO 10319 in površinska masa po SIST EN ISO 9864), ki zagotavljajo, da ne bo prišlo do poškodbe geosintetika med vgrajevanjem. Geotekstilije in geomreže so razvrščene v 5 robustnostnih razredov (GRK 1 do GRK 5), zemljine pa v 5 skupin glede na geometrijske lastnosti zrn (AS 1 do AS 5). Na osnovi kombinacije podatkov o načinu vgrajevanja geosintetika ter dopustne globine

kolesnic so v nemških priročnikih izdelane tabele za izbiro geosintetika. Opisani način izbire geosintetika je uveljavljen v Nemčiji in deloma v Skandinaviji.

V Sloveniji se je uveljavil pristop izbire ločilnih, filtrskih in drenažnih (ter zaščitnih) geosintetikov, ki temelji na švicarskem standardu SN 640552a. Pristop se razlikuje od nemškega po tem, da izbira geosintetika ne temelji na robustnosti, temveč na podatkih o togosti in nosilnosti podlage, vrsti nasipnega materiala ter predvideni skupni obremenitvi nasute plasti nad geosintetikom med gradnjo.

To pojasnilo je namenjeno preprečevanju morebitnih nesporazumov z dobavitelji geosintetikov.

4.4.4 Posebnosti pri izbiri geosintetikov

Poleg mehanskih in hidravličnih lastnosti ter odpornosti na UV žarke morajo geosintetiki izpolnjevati tudi kriterij odpornosti na kemične in biokemične vplive iz okolja. Pri načrtovanju geosintetikov je zato treba upoštevati še naslednje vplive:

- čas delovanja geosintetika, npr. samo med gradnjo, ≤ 5 let, ≤ 25 let, ≤ 100 let,
- pH okolja (zemljine in vode), v katerem je geosintetik vgrajen, npr. $\text{pH} \leq 4.4$, $\text{pH} < 9$ ali $\text{pH} \geq 9$,
- lastnosti materialov, ki bodo v stiku z geosintetikom (beton, z apnom tretirana zemljina, žlindre).

V konstrukcijah, v katerih je predvideno dolgoročno delovanje geosintetikov, morajo biti kontrolni vzorci vgrajeni na način, da bo možen njihov odvzem za kontrolne preiskave tudi po dolgotrajni vgradnji v objektu.

4.4.5 Specifikacije za geosintetike

Krovni dokument za načrtovanje, gradnjo in nadzorovanje kakovosti geosintetikov je TSPI PG.05.400. Za enoznačno opisovanje, razvrščanje in dimenzioniranje geosintetikov pri zemeljskih delih se uporabljajo tehnične specifikacije in standardi po kazalu v preglednici 4.5.

Preglednica 4.5*: Specifikacije in standardi za načrtovanje del in kontrolo kakovosti geosintetikov

TSPI PG.05.400	Načrtovanje in uporaba geosintetikov pri gradnji prometnic
SIST EN 13249	Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki. Značilnosti, ki so zahtevane pri gradnji cest in drugih prometnih površin (izključuje železnice in vključuje asfaltne površine)
SIST EN 13250	Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki. Značilnosti, ki so zahtevane pri gradnji železnice
SIST EN 13251	Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki. Značilnosti, ki so zahtevane pri nasipih, temeljih in trdnih strukturah
SIST EN 13252	Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki. Značilnosti, ki so zahtevane pri drenažnih sistemih
SIST EN 13253	Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki. Značilnosti, ki so zahtevane pri nadzoru erozije
SIST EN 15382	Geosintetične ovire. Zahtevane lastnosti za uporabo v infrastrukturi transporta.
SIST EN ISO 10318-1	Geosintetiki - izrazi in definicije

*V preglednici 4.5 navedeni standardi ne predpisujejo zahtev kakovosti za geosintetike za različne namene rabe. Predpisani so postopki preiskav za določitev lastnosti, ki jih je treba preveriti in/ali uporabiti za dimenzioniranje in izbiro geosintetika ter postopke za kontrolo kakovosti.

4.5 Kamninski agregat

Pri zemeljskih delih, po opredelitvi vrste zemeljskih del v točki 1.2, raba kamninskega agregata načeloma ni predvidena.

Projektant trase in/ali objektov lahko za določene plasti, npr. za drenažne zasipe za zidovi, za zasipe v območju cevovodov idr., predpiše rabo kamninskega agregata. Zahteve glede lastnosti kamninskega agregata v tem primeru določi projektant, in sicer iz nabora geometrijskih, fizikalnih in kemijskih lastnosti po SIST EN 13242.

Obseg kontrolnih preiskav se v tem primeru smiselno prilagodi zahtevam preiskav za kamnito posteljico (KP) po TSPI PG. 06.XXX.

4.6 Lahki agregati in zelo lahki materiali

4.6.1 Opis

Lahki agregati so materiali iz mineralnih zrn z gostoto⁽⁴⁻²⁾ zrnja $< 2,00 \text{ Mg/m}^3$ in gostoto v rahlo nasutem stanju $< 1,20 \text{ Mg/m}^3$. V zemeljskih delih se običajno uporabljajo lahki agregati z gostoto v rahlo nasutem stanju $< 0,80 \text{ Mg/m}^3$.

Glede na izvor oz. način nastanka so lahki agregati iz:

- naravnih, mehansko procesiranih (drobljenih) mineralnih materialov,
- proizvodi iz naravnih materialov, npr. ekspandirana glina,
- proizvodi iz stranskih produktov, npr. peleti iz EF pepela,
- stranski produkti iz nekaterih industrijskih procesov.

Zelo lahki materiali za rabo pri zemeljskih delih so plošče in bloki iz ekstrudiranega polistirena z gostotami med 12 in 50 kg/m^3 (med $0,012$ in $0,050 \text{ Mg/m}^3$).

Opisovanje lahkih in zelo lahkih materialov ter postopke preverjanja lastnosti določata standarda po kazalu v preglednici 4.6.

Preglednica 4.6: Standardi za vrednotenje lahkih in zelo lahkih materialov

SIST EN 13055	Lahki agregati
SIST EN 14933	Toplotno-izolacijski in lahki polnilni proizvodi za inženirske objekte – Proizvodi iz ekspandiranega polistirena

Opomba 4-2: Gostota zrnja je v večini slovenskih geoloških materialov med $2,60$ in $2,85 \text{ Mg/m}^3$. V magmatskih in metamorfnih kamninah Pohorja in Kozjaka so vrednosti lahko tudi $> 3,00 \text{ Mg/m}^3$.

4.6.2 Namen uporabe

Lahki agregati in zelo lahki materiali se uporabljajo pri gradnji nasipov, v zasipih za mostnimi oporniki, temeljenimi na pilotih, pri širitvi obstoječih nasipov in zasipov na mehkih tleh in drugje, ko je treba zmanjšati posedke in diferenčne posedke temeljnih tal.

Zelo lahki materiali se uporabljajo tudi za zaščito spodnjega ustroja pred zmrzovanjem pri gradnji in rekonstrukcijah cest in železnic na območjih z velikimi globinami prodiranja mraza in/ali tam, kjer vgradnja zmrzlinosko varnih mineralnih slojev v zahtevani debelini ni možna.

Za gradnjo nasipov in zasipov z lahkimi in zelo lahkimi materiali morajo biti izdelani posebni tehnični pogoji, temeljiti pa morajo na GG izračunih in zahtevah za specifični namen rabe.

4.6.3 Posebnosti gradnje z lahkimi agregati – tehnični vidik

Pri načrtovanju zemeljskih del z lahkimi agregati je treba upoštevati naslednje:

- materiali sodijo v skupino enovito zrnatih (GrU) in/ali slabo zrnatih gramozov (GrP), zato z zgoščanjem ni moč zagotoviti visoke togosti plasti. Nasipi, v katere se vgrajujejo lahki agregati, morajo biti načrtovani kot nasipi s conarno zgradbo;
- materiala ni primerno nasipati na mehka, malo nosilna tla ali v območje podzemne vode;
- lastnosti proizvoda (nasuta gostota) so podane za suho stanje. V geološkem okolju se porozna zrna navlažijo. V analizah je treba upoštevati vplive geološkega okolja in jim prilagoditi geotehnične izračune ter cone, v katere se lahko vgrajujejo lahki agregati.

4.6.4 Posebnosti gradnje z zelo lahkimi materiali – tehnični vidik

Pri načrtovanju del z uporabo plošč in/ali blokov iz ekspandiranega polistirena je treba upoštevati naslednje:

- materiali niso odporni na ogenj, organska topila in nekatere glodalce;
- materiala ni primerno polagati na mehka, malo nosilna tla ali v območje podzemne vode;
- s ploščami iz zelo lahkih materialov ni moč premoščati malo nosilne oz. premalo toge podlage iz zemljin;
- nastajanje vrzeli med bloki in bočno izrivanje blokov je treba preprečiti z ustrezno izvedbo stikov oz. s povezovanjem (sidranjem) sosednjih blokov. Detajle stikovanja in/ali sidranja je treba prikazati v projektu;
- pri vseh oblikah rabe morajo biti nasipi, zasipi in klini zasnovani s conarno zgradbo.

4.6.5 Preiskave

Preiskave in kontrola kakovosti lahkih agregatov potekajo smiselno enako, kot velja za preiskave zemljin po točkah 4.3 in 11, upoštevaje SIST EN 13055.

Preiskave in kontrola kakovosti zelo lahkih materialov potekajo smiselno enako, kot velja za geosintetike, upoštevaje SIST EN 14933.

4.7 Antropogeni materiali

4.7.1 Opis

Po SIST EN 16907 - 2 se antropogeni materiali razvrščajo po preglednici 4.7. V tehničnem smislu lahko enakovredno nadomestijo geološke materiale, upoštevati pa je treba tudi določila okoljskih uredb.

Preglednica 4.7: Razvrščanje antropogenih materialov po SIST EN 16907-2 z razlago.

Glavna skupina	Ime	Oznaka	Velikost zrn	Primeri	Opomba ⁽⁴⁻³⁾
Antropogeni materiali	Geološki materiali, mehansko procesirani	AN	vse velikosti	materiali v starih nasipih, drenažah, drobljene kamnine, prani peski	razvrščanje se izvede po TSPI PG 05.201
	Proizvedeni materiali (vključno s stranskimi produkti)	AM		Pepeli, žlindre, lahki agregati	razvrščanje se izvede po TSPI PG 05.201 in/ali po specifičnih zahtevah
	Reciklirani ⁽⁴⁻³⁾ materiali	AR		Zdrobljeni betoni, opeke, asfaltni rezkanci	

Opomba 4-3: TSPI PG. 05.000, podobno kot SIST EN 16907-2, ne posega v določila okoljskih uredb.

4.7.2 Nameni uporabe

Tehnično – tehnološko primernost rabe antropogenih materialov je treba oceniti glede na njihov položaj v geološkem prerezu načrtovanih del in/ali po poreklu (preglednici 4.8). Lahko so:

- antropogeni materiali, ki se nahajajo v temeljnih tleh načrtovane prometnice ali v zgornjem in spodnjem ustroju prometnice, predvidene za rekonstrukcijo,
- antropogeni materiali, ki so na voljo za gradnjo kot alternativni nasipni/zasipni material iz zunanjih virov dobave.

V prvem primeru je treba, v luči trajnostne rabe, analizirati različne možnosti ravnanja: (a) antropogeni material ostane na mestu, (b) antropogeni material lahko ostane na mestu ob ukrepih izboljšanja (injektiranje, vmešavanje suhih veziv, globinsko zgoščanje) in (c) antropogeni material se izkoplje in odpelje na odlagališče ali v predelavo.

V drugem primeru je odločitev za rabo vezana na masno bilanco prometnice v gradnji.

Okoljsko primernost za rabo antropogenih materialov je treba oceniti na osnovi določil veljavnih okoljskih uredb. Za antropogene materiale je treba pridobiti okoljski certifikat.

4.7.3 Posebnosti

Pri načrtovanju rabe antropogenih materialov je treba upoštevati naslednje tehnološke posebnosti:

AN: materiali iz starih glinenih nasipov in/ali glinasti materiali (clGr, clSa, CIL, CIM, CIH) iz planuma nasipov (npr. pri rekonstrukcijah železnic) so pregneteni in se pri poskusih zgoščanja obnašajo slabše kot naravni materiali enake razvrstitve. Zahtevane togosti pogosto ni moč zagotoviti niti pri optimalni vlagi. Ta pojav je posledica občutljivosti gline (S_c) in/ali njene rezidualne trdnosti. Take materiale je treba v starih planumih tretirati z vezivi ali zamenjati.

Materiali iz KP in NNP prometnic v rekonstrukciji so praviloma zaglinjeni zaradi migracije finih delcev iz podlage spodaj in poškodovanega vozišča zgoraj. Take plasti je treba pred nadgradnjo z vezanimi plastmi tretirati z vezivi ali zamenjati. Odstranjeni materiali so primerni za nasipe.

Materiali iz gramozne (tirne) grede železnic v rekonstrukciji so običajno obogateni s finimi zrni zaradi migracije finih delcev iz podlage, pronicanja umazanije s površine in bogatenja s finimi delci zaradi obrusa zrn tolčenca. Zaradi enovite zrnivosti in praviloma visoke vlažnosti finih zrn so neugodni za zgoščanje v nasipe. Odslužene gramozne grede se tradicionalno razprostirajo na bankine in v dostopne poti ob progi. Za trajnostno rabo je primerna reciklaža (odsejavanje in drobljenje), ali vgradnja v nasipe s conarno zgradbo.

AM, AR: Stranski produkti iz metalurgije (žlindre, livarski peski, odpadno steklo), termoelektrarn (EF pepeli, pepeli in žlindre s kurišč) imajo drugačno mineralno sestavo in drugačen značaj por kot običajni geološki materiali. Proctorjeva krivulja poteka drugače kot pri zemljinah podobne zrnovostne sestave. Lahko vsebujejo minerale z zapoznelim vezanjem. Te specifične lastnosti je treba upoštevati v geostatičnih računih, pri določanju con primerne rabe in pri izbiri postopkov merjenja zgoščenosti. V nekaterih primerih raba izotopskih merilnikov za kontrolo kakovosti ni možna zaradi nehomogenih količin mineralov s kemično vezano vodo oz. s prisotnimi minerali s skupinami (OOH).

Preglednica 4.8: Informativni pregled uporabnosti antropogenih materialov v zemeljskih objektih – tehnični vidik

Skupine materialov		Informativna področja možne rabe materiala – tehnični vidik			
		Temeljna tla		Povozni plato	Nasipi, zasipi
		Izboljšanje	Nadomeščanje		
Geološki materiali, AN	debelozrnati, nevezljivi	+	++	++	++
	drobnozrnati, vezljivi				+
Sedimenti iz podvodnih izkopov, AN	debelozrnati, nevezljivi		+		+
	drobnozrnati, vezljivi				umetna tla
Metalurške žlindre, AM	ima hidravlične lastnosti	++	+	+	+
	nima hidravličnih lastnosti		++	+	++
EF pepeli in drugi pepeli, AM	ima hidravlične lastnosti	++			o/+
	nima hidravličnih lastnosti	+			o/+
Žlindre, ki nastajajo na kuriščih TE, AM					o/+
Livarski peski in livarske žlindre, AM					+
Mikrosilika, AM		+/na obratu			
Reciklirani kamninski agregati, AR			+	+	++
Reciklirano steklo, keramika, plastika, AR					o
Sekanci gume, AR					o

Pomen znakov: ++ široka raba, + raba z omejitvami, o pogojna raba, samo v posebnih primerih. V preglednici 4.8 so podane smernice za informativno ocenjevanje tehnične uporabnosti antropogenih materialov, ki jih je treba nadgraditi in potrditi z okoljskimi certifikati in analizami po okoljskih uredbah ter s preiskavami za oceno vgradljivosti, kot so podane v točki 4.3.3 in preglednici 4.3 ter opisi v točki 4.7.4.

4.7.4 Preiskave vgradljivosti

Tehnično-tehnološko sprejemljivost (primernost) antropogenih mineralnih materialov za rabo v zemeljskih objektih ocenjujemo na osnovi enakih kazalnikov mehanskih in hidravličnih lastnosti, kot to velja za geološke materiale. Dodatno pa je treba preveriti še lastnosti, ki so lahko pomembne glede na izvor materiala:

- sposobnost vezanja,
- morebitne volumske spremembe zaradi prehoda nestabilnih v stabilne mineralne faze,
- morebitne reakcije z lokalno zemljino in/ali drugimi gradivi.

Ocenjevanje uporabnosti oz. vgradljivosti antropogenih materialov samo na osnovi indeksnih lastnosti, ki temeljijo na tradiciji rabe geoloških materialov, ne zadošča.

V zemeljske objekte ni dopustno vgrajevati antropogenih materialov, za katere ni moč z ustrežno zanesljivostjo napovedati volumskih sprememb zaradi prehodov nestabilnih v stabilne mineralne faze in/ali opredeliti velikosti lezenja (angl. creep), ki je zelo značilno npr. za industrijske sadre.

Za antropogene materiale, za katere ni primerljivih izkušenj, je treba lastnosti in vgradljivost preveriti v laboratoriju in na poskusnih poljih oz. z gradnjo poskusnih nasipov.

4.8 Anorganska veziva za tretiranje zemljin (izboljšanje in stabiliziranje)

4.8.1 Opis

Anorganska veziva se pri zemeljskih delih uporabljajo za izboljšanje in stabiliziranje zemljin.

Izboljšanje z vezivi se izvaja v primerih, ko je treba izboljšati vgradljivost zemljine:

- ker je naravna vlažnost zemljine previsoka za zgoščanje ($w \gg w_{opt.}$) ali
- ker je zemljina zelo občutljiva na zelo majhne spremembe vlage med zgoščanjem ali po vgradnji v plast.

Stabiliziranje z vezivi se izvaja v primerih, ko je treba:

- trajno in bistveno spremeniti lastnosti materiala v zgoščeni plasti: trajno izboljšati togost plasti, trajno izboljšati trdnost in volumsko stabilnost materiala v plasti in/ali
- trajno zmanjšati občutljivost zemljine na vremenske vplive, vibracije in/ali potres.

Načrtovanje rabe veziv za tretiranje zemljin pri zemeljskih delih ni primerljivo z načrtovanjem rabe veziv za izdelavo s hidravličnimi vezivi vezanih spodnjih nosilnih plasti, kjer so lastnosti materiala za stabiliziranje vnaprej določene in vezane na določila SIST EN 13242 za kamninski agregat, prav tako pa so določene tudi lastnosti podlage iz NNP ali KP.

Tretiranje zemljin z anorganskimi vezivi obravnava TSPI PG.05.300.

4.8.2 Vrste veziv za tretiranje zemljin

Za tretiranje zemljin se uporabljajo:

- apno (po SIST EN 459-1)
 - žgano (»živo«) apno,
 - hidrirano apno,
 - hidravlično apno,
- običajni cementi (po SIST EN 197-1; trdnostnega razreda 32,5), portlandski mešani cement (po SIST EN 197-5) in drugi specialni (namenski) cementi, kadar se njihova raba izkaže za ustrezno,
- mešanice veziv
 - mešanice apna in cementa,
 - mešanice apna in drugih hidravličnih veziv.

Uporabljajo se tudi druga veziva, kot so:

- hidravlična veziva za ceste, HRB, po SIST EN 13282 - 1 in SIST EN 13282 - 2,
- EF pepeli (po SIST EN 14227 - 4),
- metalurške žindre (po SIST EN 1422 7- 2 ali 15167),
- drugi materiali z visoko vsebnostjo prostega apna ali s hidravličnimi lastnostmi.

SIST EN 14227 – 15 določa materiale in pogoje za stabiliziranje zemljin s hidravličnimi vezivi.

V Sloveniji se je pri zemeljskih delih uveljavila raba naslednjih veziv:

- hidrirano⁽⁴⁻⁴⁾ apno za izboljšanje in stabiliziranje vezljivih zemljin iz skupin: CIL, CIM, CIH; clGr, clSa; tudi za izboljšanje kraške ilovice,
- običajni cementi nižjih razredov trdnosti, »metalurški« cementi, za izboljšanje in stabiliziranje sestavljenih gramozov, peskov in meljev: siGr; siSa, siL,

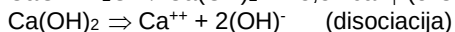
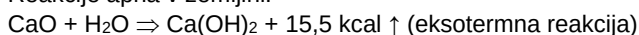
- EF pepeli kalcijškega tipa⁽⁴⁻⁵⁾ iz kurišč v TE -TO za izboljšanje sestavljenih gramozov in peskov (siGr; siSa),
- mešanice veziv, npr. EF pepel in apno, EF pepel in cement za sestavljene zemljine,
- hidravlična veziva za ceste (HRB) za različne zemljine.

Za izboljšanje je dovoljeno uporabljati vsa anorganska veziva, ki izboljšajo vgradljivost zemljine in imajo STS ali drugo ustrezno slovensko dokazilo, da se smejo uporabljati za izboljšanje zemljin.

Za stabiliziranje zemljin z vezivi je dovoljeno uporabljati samo veziva, kot jih določajo produktni standardi za cement, apno, EF pepele, metalurške žlindre in hidravlična veziva za ceste po določitih TSPI PG.05.300.

Pri rabi EF pepela za stabilizacijo zemljin (SIST EN 14227 - 4) je treba preveriti dolgoročno trdnost stabilizacijskih mešanic ali pa z dodatki cementa in/ali apna dodatno izboljšati učinke EF pepela.

Opomba 4-4: Reakcije apna v zemljini:



Učinek žganega apna na znižanje vlage v zemljini je zaradi eksotermne reakcije ca 3 x večji od učinka hidriranega apna. Ključni proces, ki poteka v glineni zemljini ob dodatku apna, je ionska izmenjava na površini negativno nabitih zrn glin. Glavni fizikalno merljivi prispevki apna pri izboljšanju vezljivih zemljin so: Proctorjeva krivulja z apnom tretirane zemljine se, glede na Proctorjevo krivuljo netretirane zemljine, premakne v desno in navzdol, zniža se referenčna suha gostota in zviša optimalna vlaga po Proctorju, zniža se sukcija pri primerljivi vlagi. Višji dodatek apna vpliva na višjo tlačno trdnost, CBR, IBI, a le do določene meje (glej sliko R.4). Z dodajanjem apna se zemljini najprej zniža indeks plastičnosti (I_P), z naraščajočim dodajanjem apna pa tudi meja plastičnosti (w_P). Točka, pri kateri se začne zniževati meja plastičnosti, se v angleščini imenuje »lime fixation point« (v slovenščini ni veljavnega izraza). Na dolgi rok se sprožijo pucolanske reakcije med minerali glin in vezivom. Ker vse reakcije potekajo v porni raztopini, mora biti pri uporabi apna in s prostim apnom bogatih veziv zagotovljena ustrezna vlažnost zemljine.

Opomba 4-5: Lastnosti EF pepela so odvisne od vrste energenta, delovanja elektrarne in stanja filtrov, kar je treba upoštevati pri pripravi receptur in/ali morebitni presoji rabe starih receptur. Nekatere novejšje raziskave poročajo, da v starih nasipih iz EF pepela in z EF pepelom tretiranih zemljin ni več vidnih učinkov vezanja. V Sloveniji imamo pri gradnji prometnic bogate izkušnje z rabo kalcijških EF pepelov, medtem ko izkušnje z rabo silicijskih pepelov nimamo, saj le-teh iz SLO TE–TO ni bilo na razpolago.

4.8.3 Izbira veziva na osnovi izdelave receptur za tretiranje zemljin

Za izdelavo receptur za tretiranje zemljin z vezivi se uporabljajo specifikacije in standardi po kazalu v preglednici 4.9.

Preglednica 4.9*: Specifikacije in standardi za tretiranje zemljin z vezivi

TSPI PG. 05.300	Tretiranje zemljin z vezivi
SIST EN 14227 - 15	Hidravlično vezane zmesi. Specifikacije. 15. del. Stabiliziranje zemljin s hidravličnimi vezivi
SIST EN 14227 - 4	Hidravlično vezane zmesi. Specifikacije. 4. del. Elektrofitrski pepel za hidravlično vezane zmesi
SIST EN 14227 - 2	Hidravlično vezane zmesi - Specifikacije - 2. del. Vezane zmesi z žlindro
SIST EN 16907 - 4	Zemeljska dela, 4. del. Tretiranje zemljin z apnom in/ali hidravličnimi vezivi

*Referenčni standardi za veziva so navedeni v TSPI PG. 05.300.

Pri zemeljskih delih poteka presoja ustreznosti in izbira veziva za tretiranje glede na:

- namen tretiranja in zahtevane lastnosti tretirane zemljine,

- lastnosti zemljine, namenjene za tretiranje ter parametre stanja zemljine,
- analizo rezultatov preiskav laboratorijskih receptur,
- izkušnje oz. tradicijo rabe veziv v primerljivem geološkem okolju,
- tehnologijo mešanja,
- okoljske zahteve in omejitve.

Zaradi kompleksnosti procesov, ki potekajo v vezljivi zemljini po dodatku apna in z apnom bogatih veziv, npr. kalcijevih pepelov, morajo biti rezultati izdelave receptur prikazani na diagramih sovisnosti

(%) dodanega veziva - pH, q_u , CBR, IBI, ε_{nab}

in/ ali drugih relevantnih kazalnikov lastnosti mešanice zemljine in veziva (I_P , w_P , naravna in ali vrojena sukcija). Izbor parametrov za analizo je treba prilagoditi zahtevam plasti.

Ustrezna je receptura, ki izpolnjuje vse merodajne kriterije (npr. vgradljivost, tlačno trdnost, pH, razcepnost, volumsko stabilnost...), glede na zahteve iz projekta oz. glede na namen tretiranja.

Na sliki R.6. v Dodatku, je levo prikazan vpliv apna na potek Proctorjeve krivulje, desno pa vpliv apna na prirast vrednosti IBI pri različni vlažnosti zemljine, ki se tretira.

Kadar so z laboratorijskimi recepturami za izbrano apno, cement ali mešanico obeh določeni potrebni dodatki veziva za tretiranje zemljin $< 2,5$ m/m %, in/ali $\geq (6 - 8)$ m/m %, je priporočljivo recepture ponoviti z uporabo drugega veziva. Te orientacijske omejitve dodatkov ne veljajo za tretiranje zemljin z EF pepelom, namenskimi vezivi HRB in mešanicami le-teh, kjer so dodatki lahko tudi do približno 15 %.

Izkustveno ni priporočljiva raba apna za stabiliziranje drobnozrnatih vezljivih zemljin za zaključno plast, če se ta nahaja v območju delovanja zmrzali ali je pod stalnim vplivom močenja in sušenja.

V slovenskem klimatskem in geološkem okolju raba apnene brozge za tretiranje zemljin ni primerna oz. po dosedanjih izkušnjah ni bila prepoznana za primerno. To pa ne pomeni, da se, zaradi klimatskih sprememb, tudi raba apnene brozge v prihodnosti ne bo izkazala za primerno.

Postopki izdelave receptur za tretiranje zemljin za vgrajevanje v plasteh po postopkih, prikazanih v preglednici 4.9, niso primerni za rabo pri načrtovanju suhega globinskega vmešavanja veziv, npr. za apnene kole.

4.8.4 Presoja postopkov za tretiranje zemljin z vezivi

Tretiranje zemljin z vezivi se lahko izvaja:

- in situ, to je na licu mesta vgradnje, s posipanjem in vmešavanjem veziva v plast na trasi prometnice ali
- ex situ, to je po postopkih mešanja zemljine in veziva izven mesta vgradnje in nato transportom mešanice na mesto vgradnje. Pri tem je več možnosti: (a) po postopkih posipa in vmešavanja na mestu izkopa zemljine; (b) po postopku posipa in vmešavanja v plasti izven trase in (c) po postopku v »stacionarni« mešalni napravi. Stacionarna mešalna naprava je lahko stacionirana na enem mestu ali premična.

Pri odločanju glede izbire postopkov veljajo naslednje usmeritve:

- za tretiranje zemljin v temeljnih tleh so primerni predvsem postopki tretiranja na licu mesta,

- za tretiranje zemljin za vgradnjo v nasipe so primerni postopki tretiranja na licu mesta in postopki ex situ, z vmešavanjem veziva na izkopu, ali ex situ po postopku vmešavanja v nasuti plast,
- za tretiranje zemljin za zaključno plast so primerni postopki ex situ in in situ,
- za tretiranje zemljin ob rekonstrukcijah (železnic, cest) so primerni postopki na licu mesta.

Postopki za tretiranje zemljin vplivajo na izbor tako vrste kot količine veziva, potrebne za doseganje pričakovane homogenosti in lastnosti tretiranih plasti.

5 Zagotavljanje kakovosti zemeljskih del

5.1 Opis

Zagotavljanje kakovosti zemeljskih del vključuje:

- kontrolne geološko geotehnične (GG) preiskave,
- notranjo kontrolo kakovosti (NKK) materialov in izvedbe del, zagotavlja jo izvajalec,
- zunanjo kontrolo kakovosti (ZKK) materialov in izvedbe del, zagotavlja jo investitor,
- neodvisno kontrolo kakovosti ali izdelavo neodvisnih strokovnih mnenj glede lastnosti materialov in izvajanja del, ki jih v primeru nesoglasij med udeleženci gradnje in na pobudo enega od udeležencev izdela neodvisna zunanja institucija ali neodvisni strokovnjak.

5.2 Kontrolne GG preiskave

5.2.1 Namen

S kontrolnimi GG preiskavami med gradnjo preverjamo skladnost GG razmer na terenu s projektnimi izhodišči. Kontrolne GG preiskave običajno obsegajo:

- pregled tal v izkopih s preverjanjem skladnosti IG in GG razmer s projektno prognozo,
- pregled dna izkopov,
- meritve gladin podzemne vode ali pornih tlakov med gradnjo,
- kontrolne terenske in laboratorijske GG preiskave, če se to oceni za potrebno (npr. preiskave s krilno sondo, preiskave strižne odpornosti ipd.).

Kontrolne GG preiskave praviloma izvajajo (ni pa zavezujoče) izdelovalci GG projekta po naročilu investitorja, ugotovitve pa zapišejo v gradbeni dnevnik in/ali v poročila o izvedbi kontrolnih GG raziskav in meritev.

Na osnovi kontrolnih GG raziskav in meritev projektant predlaga, nadzornik pa potrdi:

- nadaljevanje gradnje po projektu,
- dopolnitev ali spremembo bodisi materialov ali tehnologije gradnje,
- dopolnitev ali spremembo projektne rešitve,
- povečanje ali spremembo obsega kontrolnih GG preiskav in tehničnih opazovanj.

Upočasnitev napredovanja del ali začasno zaustavitev gradnje se praviloma sprejme na osnovi analize GG podatkov in rezultatov tehničnih opazovanj.

Odločitev glede nadaljnjih ukrepov sprejmejo projektant, nadzornik in izvajalec.

5.2.2 Geotehnično opazovanje med gradnjo

Program tehničnega opazovanja med gradnjo pripravi projektant na osnovi poznavanja značilnosti trase in objektov z namenom, da se:

- z meritvami preveri veljavnost projektne prognoze obnašanja tal in objekta med gradnjo ter vplivi na okolico,
- gradnja prilagaja rezultatom meritev.

Geotehnično opazovanje pri zemeljskih delih in/ali objektih med gradnjo vključuje:

- geodetske meritve pomikov na repernih točkah na površini in na posedalnih ploščah,
- meritve pomikov v horizontalnih in vertikalnih inklinometrih, ekstenziometrih,
- meritve gladin podzemne vode v Casagrandejevih in nivojskih merilnikih, meritve sukcije,
- meritve pretokov,
- meritve pomikov in/ali razpok na bližnjih objektih zaradi vpliva zemeljskih del,
- druge meritve, če so predvidene s projektom.

Okoljske meritve vibracij, hrupa, prahu v zraku, meritve kakovosti površinske in podzemne vode med gradnjo niso predmet vsebine GG opazovanj.

Rezultati GG opazovanj, ki se izvajajo po projektu med gradnjo, in navodila za nadaljevanje gradnje, ki izhajajo iz le-teh, so zavezujoči za vse udeležence gradnje.

Stroške dela v zvezi z vgradnjo opazovalne mreže, izvedbo ničelnega posnetka ter rednih in izrednih tehničnih opazovanj nosi investitor.

Geotehnično opazovanje med gradnjo po tradiciji izvajanja zemeljskih del v Sloveniji ni v domeni NKK in ZKK. Investitor, izvajalec in ZKK se lahko dogovorijo, da se geotehnično opazovanje vključi v sistem NKK in ZKK, kadar okoliščine pokažejo, da bi bilo to primerno.

Skladno z določili SIST EN 16907-1 je tehnično opazovanje sestavni del projekta zemeljskih del.

5.3 Preverjanje kakovosti materialov in izvedbe zemeljskih del

5.3.1 Zasnova kontrole kakovosti

Kontrola kakovosti materialov in izvedenih del z zahtevami projekta in teh TSPI se preverja:

- z notranjo kontrolo kakovosti (NKK),
- z zunanjo kontrolo kakovosti (ZKK),
- po potrebi s kontrolnimi preskusi neodvisne strani.

Skladno z določili SIST EN 16907-1 je določitev postopkov in vsebin za izvajanje kontrole kakovosti zemeljskih del v sestavi projekta zemeljskih del in v domeni nalog projektanta zemeljskih del. Tradicionalno v Sloveniji to nalogo prevzemajo izdelovalci geotehnoloških elaboratov za velika zemeljska dela⁽⁵⁻¹⁾, ki se izdelujejo v okviru GG preiskav in GG elaboratov za projekt.

Na manjših in manj zahtevnih gradbiščih in na gradbiščih s primerljivimi izkušnjami, za katera ni predvidena izdelava projekta zemeljskih del (geotehnološkega elaborata za zemeljska dela v okviru projekta) in pogosto tudi ni GG preiskav, se programi minimalne pogostnosti kontrolnih preiskav izdelajo na osnovi izkustveno uveljavljenih vsebin in obsega kontrolnih preiskav (točka 13).

Program kontrolnih preiskav za materiale in objekte, ki niso vključeni v ta TSPI, se izdelava v okviru projektne dokumentacije PZI (npr. v primeru gradnje nasipov in zasipov z lahкими in zelo lahкими materiali, pri gradnji nasipov pod vodo ipd).

TSPI PG.05.000 ne obravnava meritev in preiskav za namene kontrole okoljskih parametrov.

Opomba 5-1 Med zelo prepoznavnimi zemeljskimi objekti v Sloveniji, na katerih se je uveljavil pomen izdelave geotehnoloških elaboratov in programov preiskav NKK in ZKK v okviru projekta, so:

visoki nasipi iz fliša na HC Selo – Šempeter; nasipi iz gline, nasipi iz z apnom tretirane gline na AC Lenart – Cogetinci – Vučja vas; hidrotehnični nasipi za HE Brežice idr.

Opomba 5-2

Program NKK je v nekaterih evropskih državah (npr. Avstriji, RVS 08.03.01, glej tudi SIST EN 16907-1) izključno stvar odločitve izvajalca. To je precejšnja razlika v primerjavi s tradicionalno prakso v Sloveniji, kar je pomembno vedeti pri sklepanju pogodb za gradnjo z izvajalci iz teh držav, da se pravočasno uskladijo razlike.

5.3.2 Notranja kontrola kakovosti (NKK)

NKK izvaja preiskave (tekoče preiskave), s katerimi izvajalec preverja in dokazuje, da je kakovost materialov in zemeljskih del skladna s pogodbenimi določili, projektom ter vsebinami ustreznih standardov in TSPI.

Izvajalec zagotavlja NKK zemeljskih del z za ta dela usposobljenim preskuševalnim laboratorijem (laboratorij). Laboratorij je lahko v sestavi organizacije izvajalca zemeljskih del ali zunanji pogodbeni laboratorij, ki ni vključen v izvajanje ZKK. V primeru specialnih raziskav, za katere je usposobljen samo en laboratorij v državi, to določilo ne velja.

Laboratoriji, ki izvajajo NKK, morajo imeti zaposleno izkušeno in usposobljeno osebje, v standardih predpisano in kalibrirano preskuševalno opremo ter izpolnjevati pogoje za preiskave zemljin in izvajanje meritev vgrajenih plasti skladno s standardi za preiskave, navedenimi v preglednici 4.3, oz. za druge postopke, predvidene po projektu.

Osebje izvajalca NKK mora imeti ustrezne kompetence s področja poznavanja osnov zemeljskih del, geotehnike in predmetnih meritev. To dokazuje s formalno izobrazbo, potrjenimi referencami z ustreznih tematskih izobraževanj s preskusi znanj in izkušnjami na primerljivo zahtevnih gradbiščih.

Izvajalec (NKK) mora zagotoviti tehnologa za zemeljska dela z ustrezno izobrazbo in potrjenimi referencami iz primerljivo zahtevnih del.

Oprema v laboratoriju mora imeti meroslovno sledljivost, ki jo preverjata nadzornik in/ali ZKK pred in med izvajanjem del. Preverjanje ni potrebno, če ima laboratorij postopke preiskav akreditirane po standardu SIST EN ISO/IEC 17025.

Rezultate NKK, ki so osnova za prevzem in obračun zemeljskih del, preverja ZKK.

V primeru, da nadzornik pri tekočih preiskavah ugotovi večja odstopanja od rezultatov predhodnih preiskav ali velik raztros rezultatov meritev, lahko obseg minimalnih tekočih preiskav dodatno poveča. Na predlog izvajalca lahko nadzornik v primeru homogenih materialov in enovitih rezultatov meritev pogostost preiskav NKK tudi zmanjša.

V primeru, ko je raztros rezultatov meritev velik, ko lastnosti materialov ali rezultati meritev na vgrajenih plasteh ne dosegajo zahtevanih vrednosti po določilih te TSPI za posamezne vrste del ali po zahtevah projekta, je treba ugotoviti vzroke teh odstopanj in ukrepati.

V dogovoru s projektantom, nadzornikom in/ali institucijo se lahko kakovost vgrajenih plasti oceni tudi po postopkih, ki niso zapisani v preglednici 4.3. V tem primeru morajo biti navedena tudi merila za vrednotenje preiskav po predlaganih postopkih ter način in obseg izvedbe preiskav. Tak primer je npr. raba penetracijskih preskusov (SPT, CPT) pri plitvih sanacijah temeljnih tal.

Poleg izvajanja preiskav in meritev po programu v točki 13 mora NKK spremljati potek zemeljskih del, s poudarkom na geotehnični spremljavi naslednjih del:

- odvodnjavanje med gradnjo,
- izvajanje izkopov, ravnanje z izkopnimi materiali ter urejanje deponij in odlagališč,
- raba materialov, strojev in tehnoloških procesov v luči trajnostne gradnje,
- pravilnost deponiranja veziv, geosintetikov in drugih gradbenih proizvodov,

- spremljanje homogenosti razmer v izkopih, v temeljnih tleh in na nasipih,
- spremljanje izvajanja nasipov, zasipov in klinov, zlasti v primeru conarne zgradbe,
- preverjanje učinkovitosti gradbene mehanizacije in tehnološkega postopka zgoščanja,
- spremljanje polaganja, prekrivanja (stikovanja) in sidranja geosintetikov,
- spremljanje postopkov izvajanja vseh drugih del, npr. tretiranja zemljin z vezivi ipd.

Kadar NKK ugotovi odstopanja GG razmer od projektne prognoze oz. druga odstopanja od projekta v taki vsebini in obsegu, da bi to lahko ogrozilo varnost del/objekta v gradnji, ali bi vplivalo na kakovost in roke dokončanja del, mora nemudoma obvestiti nadzornika.

Odvzem vzorcev, izvedba laboratorijskih preiskav, izvedba meritev na vgrajenih plasteh, obdelava rezultatov preiskav materialov in vgrajenih plasti mora potekati tako, da ne pride do motenj in zamud pri operativnem delu. Izvajalec NKK mora zato zagotoviti ustrezno število osebja in opreme v laboratoriju, skladno s plani napredovanja del.

Rezultati NKK morajo biti dokumentirani skladno z ustreznimi standardi in stalno na vpogled projektantu in nadzorniku, ter vključeni v periodična in zaključna poročila o izvajanju NKK.

Stroški NKK morajo biti vključeni v ponudbeno ceno izvajalca del.

5.3.3 Zunanja kontrola kakovosti (ZKK)

ZKK izvaja institucija, ki mora imeti dejavnost laboratorijskega in terenskega preskušanja akreditirano po standardu SIST EN ISO/IEC 17025. ZKK zagotavlja investitor.

ZKK izvaja nadzor nad NKK, preverja skladnost geoloških in antropogenih materialov, gradbenih proizvodov in vgrajenih plasti glede na zahteve, podane v projektu, TE, teh TSPI in/ali v drugih pogodbenih zahtevah.

Protokol o načinu medsebojnega obveščanja o odvzemu vzorcev in izvajanju meritev dogovorijo in zapišejo izvajalec, predstavnik ZKK in nadzornik pred začetkom del.

Razmerje med preiskavami NKK in kontrolnimi preiskavami, ki jih izvaja ZKK, je pri enostavnih rutinskih postopkih meritev približno 4:1. Kontrolne preiskave proizvodov, kot so geosintetiki, veziva in drugi materiali, ki zahtevajo specialno preskuševalno opremo, lahko po začetnem dogovoru izvaja samo ZKK.

Program preiskav ZKK praviloma pripravi projektant po pooblastilu investitorja ali nadzornik. Stroške izvajanja ZKK krije investitor.

5.3.4 Kontrolne preiskave neodvisne strani

Pobudo za kontrolne preiskave in/ali pridobitev strokovnega mnenja neodvisne strani⁽⁵⁻³⁾ lahko dajo investitor, projektant, izvajalec, in/ali nadzornik v primerih, ko:

- pobudnik ocenjuje, da rezultati GG preiskav, NKK oz. ZKK ne odražajo dejanskega stanja v naravi, oz. stanja kakovosti materialov in izvedenih del,
- se pobudnik ne strinja s kategorizacijo izkopa,
- pobudnik ocenjuje, da zatečene GG razmere ali materiali za gradnjo ne omogočajo izvajanja zemeljskih del po projektu.

Pobudnik mora strokovno argumentirati ozadje pobude za vključitev neodvisne strani.

Neodvisne kontrolne preiskave in meritve lahko izvaja neodvisna institucija z akreditirano dejavnostjo laboratorijskega preskušanja po standardu SIST EN ISO/IEC 17025, ki ni sodelovala pri izvajanju NKK ali ZKK in ni v poslovni zvezi z njima.

Strokovno mnenje neodvisne strani na GG razmere in na rezultate meritev lahko poda oseba in/ali institucija, ki ima najmanj primerljive ali boljše strokovne reference/kompetence od ostalih vpletenih strani.

S predlagano osebo/institucijo za izvedbo kontrolnih preiskav/izdelavo mnenj neodvisne strani se morajo strinjati vse vpletene strani.

V primeru reševanja sporov stroški neodvisnih kontrolnih preiskav in meritev bremenijo tistega, katerega rezultati/interpretacija odstopajo od minimalnih zahtevanih rezultatov. V ostalih primerih stroške poravnava pobudnik/naročnik kontrolnih preiskav in mnenj.

Opomba 5-3: Zaradi majhnega števila kadrov in institucij je določilo »neodvisne strani« v Sloveniji težko zagotoviti. Ker so pri zemeljskih delih zelo pomembne izkušnje iz lokalnega okolja, je priporočljivo, da se reševanje strokovnih nesoglasij najprej izpelje znotraj organizacijske sheme gradbišča z domačimi GG strokovnjaki in člani NKK in ZKK.

5.3.5 Program povprečne pogostnosti preiskav za kontrolo kakovosti

Program povprečne pogostnosti preiskav NKK in ZKK za specifično gradbišče ali zemeljski objekt se izdelava na osnovi znanih količin, vrste materialov, uporabljene tehnologije gradnje, GG značilnosti gradbišča in drugih posebnosti, npr. klimatskih značilnosti mikro-okolja⁽⁵⁻⁴⁾. Glej tudi uvodna pojasnila v točki 5.3.1.

Za doseganje zahtevane kakovosti zemeljskega objekta, zlasti v primerih gradnje zahtevnih zemeljskih objektov, kot so nasipi iz lahkih in zelo lahkih materialov, nasipi v pobočni legi v zahtevnih geoloških razmerah, nasipi s conarno gradnjo in z rabo antropogenih materialov brez primerljivih izkušenj, mora program vsebine preiskav in pogostnosti le-teh obvezno pripraviti projektant zemeljskega objekta v okviru projekta zemeljskih del.

Pri gradnji prometnic v znanem geološkem okolju, v manj zahtevnih geotehničnih razmerah in z rabo materialov z dolgoletnimi primerljivimi izkušnjami, pa program povprečne pogostnosti NKK praviloma izdelava izvajalec in ga posreduje v pregled in potrditev nadzorniku. Program ZKK praviloma izdelava projektant in/ali nadzornik.

Okvirni obseg programa NKK in ZKK preiskav in meritev za značilna zemeljska dela je v točki 13.

Program povprečne pogostnosti NKK in ZKK je dokončno potrjen, ko ga potrdi investitor.

Opomba 5-4: Pri izdelavi programa povprečne kontrole kakovosti je treba upoštevati zahtevnost GG pogojev in materialov. Pozornost zahtevajo manjša gradbišča, kjer so odseki kratki, dela pa se izvajajo v več fazah s prekinitvami in/ali pod prometom. Pomembna je vloga NKK in ZKK pri izvajanju zasipov temeljev in kanalov (zlasti pri rekonstrukciji kanalov v obstoječem cestnem telesu), kjer so količine zasipa relativno majhne, majhne pa so tudi površine plasti, ki ne dopuščajo rabe težjih valjarjev, medtem ko so lahko višine zasipov znatne. V takih primerih je treba sorazmerno povečati obseg preiskav zgoščenosti in togosti na način, da so s kontrolo kakovosti zajete vse faze izvedbe del. Ker je v programih preiskav opisano posebnosti težko vnaprej predvideti, mora biti dopuščena možnost razumne prilagoditve programa povprečne pogostnosti preiskav med izvedbo del, ob predhodni potrditvi nadzornika.

5.4 Faznost preiskav NKK in ZKK

5.4.1 Faznost

Preiskave NKK in ZKK za zemeljska dela potekajo v fazah:

- začetne (predhodne) preiskave geoloških materialov iz trase in/ali iz zunanjih virov,
- pregled izjav o lastnostih in potrditev primernosti gradbenih proizvodov, ki jih Izvajalec načrtuje za uporabo,
- predhodne preiskave gradbenih proizvodov ob prvi dobavi na gradbišče,
- preiskave materialov med gradnjo in preiskave lastnosti vgrajenih plasti.

5.4.2 Začetne (predhodne) preiskave

5.4.2.1 Geološki materiali iz trase

Začetne (predhodne) preiskave^(5-5,6) so namenjene potrditvi ustreznosti in vgradljivosti materialov na trasi in iz trase za načrtovane namene uporabe. Osnovne informacije o ustreznosti in vgradljivosti materialov morajo biti pridobljene v času izvajanja GG preiskav za projekt. V okviru začetnih preiskav se izvedejo:

- predhodni GG ogled razmer na trasi. Priporočljivo je, da se ogleda udeležijo projektant, nadzornik in izvajalec skupaj s tehnologoma NKK in ZKK. Opravi se predhodni pregled razgaljenih brežin za namene potrditve kategorizacije izkopov ter locirajo raziskovalni jaški za preveritev sestave in lastnosti zemljin v temeljnih tleh in v vkopih, ki so potencialni vir materiala za različne namene rabe;
- raziskovalni jaški z odvzemom vzorcev in laboratorijske preiskave odvzetih vzorcev in/ali vzorčenje iz deponij (kupov) iz izkopov v zemljini in/ali kamnini. Izvede se začetna identifikacija gladin in načinov nastopanja podzemne in površinske vode;
- izdelava predhodne recepture za tretiranje zemljin z vezivi in/ali drugimi postopki izboljšanja, npr. z mešanjem z drugimi geološkimi materiali, drobljenjem ipd. Če so bili postopki tretiranja z vezivi predvideni s projektom, je treba pri začetnih preiskavah uporabiti postopke in materiale iz popisa del v projektu. Če Izvajalec oceni, da bi bili za zatečeno stanje ustrežnejši drugačni postopki in veziva, posreduje nov predlog v potrditev nadzorniku;
- dokazna proizvodnja. Na osnovi predhodnih preiskav je treba preveriti in dokazati, da je z razpoložljivo tehnološko opremo moč zagotavljati homogeno kakovost materialov, ustrezne količine dobave ipd. V zemeljskih delih se dokazna proizvodnja navezuje na:
 - postopke mešanja zemljine z vezivi v stacionarnih in mobilnih napravah oz. na postopke mešanja na mestu samem,
 - postopke drobljenja za izboljšanje geometrijskih lastnosti zrn in
 - postopke izboljšanja zrnivosti zemljin, npr. z mešanjem različnih vrst zemljin;
- dokazno vgrajevanje. Izvede se za geološke, lahke/zelo lahke in antropogene materiale ter tretirane zemljine po dokazni proizvodnji. Preverijo se učinki strojev za razgrinjanje in zgoščanje, rezkalnih naprav in določijo optimalne nastavitve strojev ter debelin plasti. Kontrolne preiskave pri dokaznem vgrajevanju obsegajo kontrolo materialov pri transportu, razprostiranju, vgrajevanju in v vgrajenem stanju, pri čemer se kontrolira tudi homogenost plasti na površini in po globini. Preveri se ustreznost in/ali veljavnost postopkov za izvajanje kontrole kakovosti po preglednici 4.3 in po potrebi predlagajo spremenjeni postopki.

Dokazna proizvodnja in dokazno vgrajevanje se lahko izvedeta znotraj trase (bodočega objekta) ali izven nje. Nadzirajo ju nadzornik in tehnologi NKK in ZKK. Potem ko je pri dokaznem vgrajevanju dokazana zahtevana kakovost, nadzornik odobri začetek del na rednem vgrajevanju.

Opombe 5-5:

- načine gradnje preskusnih polj določa TSC 06 740
- obseg kontrolnih preiskav je treba smiselno prilagajati lastnostim zemljin
- v primeru pričakovanih velikih količin materialov, za katere ni primerljivih izkušenj, se preskusna polja z dokaznim vgrajevanjem lahko izvedejo že med projektiranjem
- v primerih, ko Izvajalec lahko dokaže, da so geološki materiali in tehnološka oprema podobni kot pri že kvalitetno opravljenih delih na podobnih gradbiščih istega Investitorja, se dokazna proizvodnja in dokazno vgrajevanje lahko po predhodnem soglasju nadzornika, opustita
- kadar se med izvajanjem del zelo spremenijo materiali ali zamenja strojna oprema, je treba dokazno vgrajevanje ponoviti

- izvajalec mora nadzorniku predložiti rezultate začetnih preiskav in ga obvestiti o načrtovani dokazni proizvodnji in dokaznem vgrajevanju v dogovorjenih rokih, praviloma pa ne kasneje kot 3 dni pred začetkom del

Opombe 5-6:

- predhodne preiskave temeljnih tal in geoloških materialov iz izkopov na trasi so ključnega pomena za nemoten potek zemeljskih del. Navezati se morajo na rezultate GG preiskav za projekt in v program preiskav vključiti določitve vseh tistih parametrov, ki so glede na GG prognozo indikatorji posebnega obnašanja zemljin
- potem ko so v fazi predhodnih raziskav opredeljeni indikatorji posebnega obnašanja zemljin, se le-tim prilagodi tudi obseg in pogostnost tekočih preiskav
- geološki materiali niso gradbeni proizvodi. Nabor ustreznih preiskav in določanje ustreznih parametrov je treba prilagajati zatečenim GG razmeram ter vrstam geoloških materialov

5.4.2.2 Geološki materiali iz zunanjih virov

Vzorke je treba odvzeti v okviru predvidenih aktivnosti NKK, na deponijah (kupih) v rudarskem ali predelovalnem obratu, skladno z določili standardov o vzorčenju, ter v količini, kot je s standardi določeno glede na maksimalno velikost zrna.

Pri predhodnih preskavah se lahko smiselno upoštevajo rezultati kontrole tovarniške proizvodnje in/ali rezultati preiskav s primerljivih gradbišč istega izvajalca ali investitorja, kjer so primerljivi materiali že vgrajeni.

Ostala ravnanja se izvedejo smiselno po točki 5.4.2.1.

Rezultate predhodnih preiskav preda izvajalec v potrditev nadzorniku. Po nadzornikovi potrditvi se lahko začne navažanje materiala iz zunanjih virov.

5.4.2.3 Gradbeni proizvodi - geosintetiki, veziva, kamninski agregati, pomožna gradiva

Pred oddajo naročila za dobavo geosintetikov in drugih gradbenih proizvodov za zemeljska dela NKK preveri proizvajalčeva dokazila o proizvodih (izjave o lastnostih) in skladnost lastnosti proizvoda s projektnimi zahtevami, navedenimi v projektni dokumentaciji, produktnih standardih in TSPI. Kazala materialov z dokazili (izjave o lastnostih, certifikati) preda izvajalec v potrditev nadzorniku. Šele po nadzornikovi potrditvi se lahko izpelje naročilo za dobavo. Izjave o lastnostih materialov, načrtovanih za rabo, morajo biti v sestavi tehnološkega elaborata (TE).

Predhodne preiskave geosintetikov, veziv in drugih gradbenih proizvodov opravi NKK in/ali ZKK na vzorcih, odvzetih ob prvi dobavi proizvoda na gradbišče.

Dokazno vgrajevanje geosintetikov na ravnem, na brežinah in pri polaganju pod vodo se izvede znotraj trase. Preverijo se načini skladiščenja, odvijanja rol, prekrivanja in stikovanja ter sidranja v sidrnih jarkih.

Pri polaganju geomembran se preverijo postopki varjenja in kontrole tesnosti zvarov ter stabilnosti zaščitnih slojev nad njimi. To delo se izvede znotraj trase pred začetkom rednega vgrajevanja.

Tesnost zvarov geomembran preverja za ta dela pooblaščen inštitut.

Ustreznost veziv za tretiranje se oceni na osnovi izdelave receptur in poskusnega vgrajevanja. Minimalno število mešanic z različnimi dodatki veziva določa TSPI PG.05.300.

Po dosedanjih izkušnjah mora biti pri izdelavi novih receptur raziskanih najmanj pet (5) mešanic; pri obnavljanju in kontrolnem preverjanju receptur s podobnimi materiali iz enakega geološkega okolja in vezivi pa se lahko to število zmanjša na tri (3). Recepture za stabilizacijo nabreklih zemljin morajo biti vedno izdelane na najmanj petih (5) mešanicah z uporabo izbranega veziva.

Lastnosti, merodajne za potrjevanje ustreznosti proizvodov za vgradnjo v zemeljske objekte, so podane v naslednjih dokumentih:

- Veziva za tretiranje: TSPI PG.05.300
- Geosintetiki: TSPI PG.05.400
- Kamninski agregat: SIST EN 13242 in TSPI PG.06.200.

Med pomožna gradiva pri zemeljskih delih uvrščamo različne trakove za varjenje in stikovanje geosintetikov na betonske objekte, bentonitne paste, skobe in podobne materiale, potrebne za lažje vgrajevanje geosintetikov, ki ostanejo trajno vgrajeni v objektu, a nimajo strukturne vloge. Preiskave teh materialov v okviru NKK in ZKK niso predvidene. Nadzornik lahko na gradbišču po potrebi presodi, ali je poraba teh materialov tako velika, da so smiselne tudi preiskave le-teh. Potrebni obseg preiskav se v tem primeru dogovori na relaciji izvajalec – nadzornik.

5.4.3 Preiskave med vgrajevanjem in lastnosti vgrajenih plasti

5.4.3.1 Geološki materiali

Med vgrajevanjem se odvzemajo kontrolni vzorci materialov za vse namene rabe. Vzorčenje se lahko izvede na odzemnem mestu, na tovornjaku, iz nasutega stožca po izsutju iz kesonov in/ali vagonov, in/ali iz razprostrte in vgrajene plasti, po vsakokratni presoji NKK in/ali ZKK. Vrsta in obseg preiskav sta določena v programu povprečne pogostnosti⁽⁵⁻⁷⁾.

Preiskave vgrajenih plasti vključujejo meritve po preglednici 4.3 in točki 13.

Vsebina realiziranih preiskav NKK in ZKK mora ustrezati programu povprečne pogostnosti preiskav. Opuščanje določene vrste preiskav in meritev na račun povečanega obsega drugih, hitrejših meritev, ni dopustno. Meritve dinamičnega deformacijskega modula (E_{VD}) ne morejo nadomestiti meritev gostote in vlage z izotopsko sondo ali nadomestnimi metodami.

Opomba 5-7: Preiskave zemljin je treba izvajati razumno. Na čistih gramozih GrW, GrG, GrM se za razvrščanje izvedejo samo preiskave zrnivosti na sitih; na sestavljenih gramozih, npr. clGr, se izvedejo preiskave zrnivosti na sitih in s hidrometrom, določijo se vlažnost in Atterbergove meje plastičnosti na finih zrnih. Upoštevati je treba, da je razpon vsebnosti finih zrn v sestavljenih zemljinah velik in da obnašanje materialov z > 35 % finih zrn določajo fina zrna. Atterbergove meje plastičnosti v sestavljenih in drobnozrnatih zemljinah lahko nadomesti hitrejša metoda Enslin Neff, v visoko plastičnih zemljinah pa jo po potrebi dopolnjujejo določitve w_A , MB in/ali SWRC.

5.4.3.2 Geosintetiki in ostali gradbeni proizvodi

Kontrolne preiskave med gradnjo obsegajo določitve tistih parametrov, ki so merodajni za potrditev skladnosti dobavljenih proizvodov in potrditev ustreznosti njihove vgradnje. Vsebine in obseg kontrolnih preiskav so podani v TSPI PG.05.400.

5.5 Tehnološki elaborat za zemeljska dela

Tehnološki elaborat (TE)⁽⁵⁻⁸⁾ za zemeljska dela je dokument, ki ga pripravi izvajalec del in je lahko izdelan:

- kot enoten dokument za vsa pogodbeni zemeljska dela skupaj in
- za izvedbo zemeljskih del na posameznih odsekih trase ali
- ločeno za posamezne vrste zemeljskih del na posameznih odsekih trase: npr. za sanacijo temeljnih tal v zamočvirjenih dolinah, za zasip - sanacijo tal na območju kraških vrtač, za gradnjo vkopov, za tesnjenje brežin za zaščito podzemne vode ipd.

Izvajalec mora načeloma predati TE za zemeljska dela v pregled in potrditev nadzorniku ter pri zahtevnejših projektih tudi projektantu najmanj 15 dni pred načrtovanim začetkom del. Nadzornik in izvajalec se lahko dogovorita za drugačne roke oddaje TE, odvisno od obsežnosti in zahtevnosti del, ki jih obravnava TE.

Nadzornik lahko tehnološki elaborat:

- potrdi,

- predlaga dopolnitve v določenih vsebinah ali
- v celoti zavrne z obrazložitvijo vzroka zavrnitve.

V pripravljalnih in začetnih fazah zemeljskih del, ko je TE še v nastajanju, je treba protokole potrjevanja ustreznosti materialov, ki se dobavljajo za namene uporabe na gradbišču (npr. povozni plato, drenaže) dogovoriti med nadzornikom, NKK in ZKK.

Opomba 5-8: V Dodatku je vzorčni primer vsebine TE za zemeljska dela. Izvajalec in nadzornik se lahko dogovorita tudi za drugačno obliko vsebin v TE, vendar pa morajo biti podatki o osnovnih materialih, tehnološki opremi, recepturah za tretiranje zemljin z vezivi, tehnologijah izvajanja del, programu povprečne kontrole kakovosti ter kadrovske zasedbi in odgovornostih nedvoumni in podprti z zahtevanimi dokazili.

5.6 Zagotavljanje kakovosti zemeljskih del v specifičnih vremenskih pogojih

5.6.1 Opis

Protokoli izvajanja zemeljskih del v zimskem času, v času intenzivnih padavin, hude suše in visokih temperatur se tradicionalno dogovorijo na vsakem gradbišču ločeno, glede na geološko zgradbo terena, hidrološke in hidrogeološke razmere, materiale, ki so na voljo za gradnjo, predvsem pa glede na vrsto del, ki naj bi potekala v času neugodnih oz. ekstremnih vremenskih razmer.

Za opredelitev pojmov, kot so ekstremne padavine, suša, zmrzovanje, ni enotnih meril⁽⁵⁻⁹⁾.

Izvajalec mora za vsak dan, ko zaradi vremenskih razmer ni bilo mogoče izvajati zemeljskih del, le-te zapisati v gradbeni dnevnik, nadzornik pa vpis izvajalca podpisati.

Opomba 5-9: Primer: suša je lahko opredeljena kot meteorološka, hidrološka, kmetijska, suša pri zemeljskih delih. Za vsako od teh so različne definicije, vsem pa je skupno to, da gre za izredno stanje v naravi, ki je posledica pomanjkanja padavin. Podobno je pri obravnavi vplivov zmrzovanja pri zemeljskih delih; zmrzovanje je posledica temperatur pod lediščem, posledice (velikost morebitne škode) pa so odvisne od kombinacije dejavnikov: vrste poroznosti in vlažnosti zemljine in/ali kamnine, razpoložljive proste vode, časa trajanja zmrzali ter od gradienta temperatur in sukcije v coni prodiranja mraza.

5.6.2 Opredelitve pojmov, vezanih na vreme, za namene izvajanja zemeljskih del

Pri zemeljskih delih opredelimo vremenske pogoje:

- običajno vreme: temperature so ves dan nad lediščem in ni zaznavnih vplivov dodatnega vlaženja zemljine zaradi padavin ali kondenzacije vlage iz zraka, kot tudi ne vplivov sušenja (zniževanja vlage) zaradi evaporacije. Je ugodno za vsa zemeljska dela,
- močne padavine: povečani so pretoki podzemne in površinske vode, pojavi se erozija in intenzivno površinsko omočenje zemljine. Globina omočenja s površine je odvisna od vrste zemljine. V času nalivov in dalj časa trajajočih obilnih padavin je treba začasno prekiniti izvajanje zemeljskih del,
- rahle padavine: ne vplivajo na pretoke podzemne in površinske vode, na erozijske pojave in na omočenje zemljine pod površino. Zemeljska dela lahko potekajo nemoteno, razen v primeru priprave planumov in gradnje nasipov v zelo vlažnih zemljinah, ko se pričakuje dodatno znižanje vlage zaradi sušenja med gradnjo. Polaganje tesnilnih geosintetikov – bentonitnih trakov ni priporočljivo,
- močan veter: je veter, pri katerem prihaja do vetrne erozije (odnašanja zrn zemljin in veziv). Močan veter lahko pospeši evaporacijo. V času močnega vetra dela v zemljinah, občutljivih na erozijo, tretiranje zemljin z vezivi na licu mesta in polaganje geosintetikov ni dovoljeno,

- visoke temperature: so tiste, ki presegajo dolgoletna sezonska poletna povprečja. Posebna pozornost je potrebna pri kombinaciji visokih temperatur in nizke relativne vlage zraka, ki povzroča zniževanje vlage in nastajanje razpok zaradi krčenja v vezljivih zemljinah. Škodljive vplive znižanja vlage zaradi evaporacije med gradnjo pogosto prikrijejo visoke togosti vgrajenih plasti, zato je treba v času visokih temperatur in suše povečati obseg kontrolnih meritev vlage, zagotoviti ustrezno vlaženje in zaščito plasti s pršenjem vode, prekrivanjem deponij vezljivih zemljin s ponjavami ter začasno zaustavitvijo del na izboljšanju in/ali stabilizaciji zemljin z vezivi, če s pršenjem ni moč zagotavljati ustrezno homogene vlage mešanice. Polaganje tesnilnih geosintetikov (GMB, GCL) ni priporočljivo oz. je omejeno z maksimalno temperaturo. Za dela na izkopih v zemljinah in kamninah, ter pri delih z debelozrnatimi čistimi in debelozrnatimi kompozitnimi zemljinami ni omejitev,
- dela v času zmrzovanja: ločevati je treba med in situ in segregacijskim zmrzovanjem. Prvo nastopi, ko temperature padejo pod 0 °C. Za zasičeno zemljino lahko ocenimo prirast volumna, ki ga povzroči zmrzovanje vode, z enačbo $\varepsilon_L = 0,09 \cdot w \cdot \rho_d / \rho_w$, kjer je ε_L deformacija zaradi zmrzovanja porne vode. In situ zmrzovanje nima bistvenega vpliva na obnašanje materialov pri delu v kamninah, zelo debelozrnatih in debelozrnatih čistih in kompozitnih zemljinah. Pri segregacijskem zmrzovanju (zmrzovanje z lečenjem), ki poteka v zmrzlinso občutljivih materialih, ko nizke temperature trajajo dalj časa in ko je na voljo dotok proste vode iz podlage, velikosti deformacij ni moč napovedati zaradi kombinacije vplivov. V času dolgotrajnih nizkih temperatur je treba prekiniti vsa dela na izkopih in na nasipih, kadar potekajo v na zmrzal občutljivih zemljinah ter mehkih kamninah, ki vsebujejo glino. Polaganje tesnilnih geosintetikov ni dovoljeno.

5.6.3 Zemeljska dela v zimskem času – usmeritve

Ocena zmrzlinke občutljivosti zemljin je podana v TSPI PG.05.202 in TSC 06.512. Pri načrtovanju del v zimskem času veljajo naslednja načela:

V času zmrzali ni omejitev:

- pri izvajanju izkopov v kamninah izkopne kategorije 5 in 6,
- pri izvajanju del, pri katerih se izvajajo izkopi in vgrajujejo debelozrnati materiali tipa kamenje, skale in velike skale (Co, Bo in IBo), če se dela izvajajo z nepomrznjenimi materiali na/v nezamrznjeni in predhodno zgoščeni podlagi iz zelo debelozrnatih in čistih gramozov, tudi če je plast po zgostitvi pomrznila,
- pri izvajanju drugih izkopov nad planumom temeljnih tal ali za namene sanacije temeljnih tal, če izkopni materiali niso pomrznjeni in/ali je zagotovljeno varno odlaganje na odlagališčih,
- pri izvajanju izkopov v nezasičeni (vadozni) coni in nasipov s čistimi debelozrnatimi zemljinami GrW, GrG, GrM, GrP, GrU, če nasipni materiali niso pomrznjeni oz. ne vsebujejo ledu in pomrznjenih grud,
- pri izvajanju nasipov iz čistih in kompozitnih gramoznih materialov ni omejitev, če v materialu, ki se vgrajuje v nasipe, ni grud snega, ledu ali zamrznjenih sprimkov zrn in ledu. Prav tako ni omejitev pri vgrajevanju čistih gramoznih materialov na pomrznjeno gramozno podlago, če je bila podlaga predhodno zgoščena in prevzeta,
- pri gradnji povoznega platoja ter kamnitih pet za sanacijo temeljnih tal praviloma ni omejitev.

Omejitve v času zmrzali:

V času, ko temperature pod lediščem trajajo večino dneva in med krajšimi dnevnimi otoplitvami pora voda v zemljini ostaja zamrznjena, se ne sme izvajati naslednjih del:

- na planumu temeljnih tal pod kamnito posteljico in na zaključnih plasteh nasipov, ne glede na vrsto materialov, ki se vgrajujejo,
- na izkopih v zemljinah 3. in kamninah 4. kategorije, ki vsebujejo glino in v na zmrzal občutljivih zemljinah, ki so predvidene za vgrajevanje v nasipe in/ali za začasno deponiranje,
- na odlagališčih, če so površine odlagališča zamrznjene ali če so v materialih, ki se navažajo na odlagališče, kepe ledu, snega in zamrznjenih zemljin,
- pri temperaturah $< 3 (5) ^\circ\text{C}$ se ne izvaja tretiranja vezljivih zemljin z vezivi. Za morebitno presojo rabe veziv v nevezljivih zemljinah je treba preveriti specifične razmere v lokalnem okolju,
- pri temperaturah pod lediščem se ne polaga tesnilnih geosintetikov in ne vari geomembran.

5.6.4 Vremenski pogoji in omejitve pri varjenju geomembran

Vremenski pogoji in omejitve pri varjenju geomembran so opredeljeni v TSPI PG. 05.400 in morajo biti podani v tehnološkem elaboratu varjenja geomembran.

6 Odvodnjavanje med izvajanjem zemeljskih del – ukrepi začasnega odvodnjavanja

6.1 Opis

Odvodnjavanje med izvajanjem zemeljskih del vključuje:

- odvajanje meteorne vode (padavine, taljenje snega in ledu),
- zajem, črpanje in odvajanje podzemne vode iz izkopov v zasičeni coni in visečih vodonosnikih,
- vzdrževanje pornih tlakov v zaledju zavarovanih gradbenih jam na računsko določeni ravni.

Za odvodnjavanje meteorne vode je zadolžen izvajalec. Stroški odvodnjavanja morajo biti vključeni v enotno ceno izkopov po točkah 7 in 8, izdelave planumov in ostalih zemeljskih del, vključno z vzdrževanjem le-teh do nadgradnje z ukrepi trajnega odvodnjavanja.

Ukrepi odvodnjavanja podzemne vode iz izkopov in gradbenih jam v zasičeni coni in visečih vodonosnikih med gradnjo morajo biti načrtovani v projektu in vključeni v popise del v razpisni dokumentaciji.

6.2 Materiali

Odvodnjavanje med gradnjo poteka v geoloških in antropogenih tleh. Geološki materiali se razvrščajo po TSPI PG.05.100 in TSPI PG.05.201, antropogena tla pa po preglednici 4.7.

Pri gradnji začasnih drenaž in zaščite pred erozijo se uporabljajo čisti gramozni materiali (Gr), kamenje (Co) in skale (Bo, lBo) ter drenažni in zaščitni geosintetiki, razvrščeni po točki 4.4.

6.3 Način izvedbe

Odvodnjavanje med gradnjo mora biti izvedeno tako, da meteorne in podzemne vode ne poslabšajo GG razmer in ne povzročijo škode na objektih, ki so v gradnji.

Z ukrepi odvodnjavanja je treba preprečiti:

- površinsko in notranjo erozijo na brežinah vkopov, nasipov, deponij in odlagališč,
- formiranje take gladine podzemne vode, ki bi lahko povzročila nestabilnost na brežinah in v dnu izkopa,

- omočenje in mehčanje zemeljskih planumov,
- omočenje in mehčanje na vodo občutljivih zemljin in kamnin na licu mesta in na deponijah materiala, namenjenega za nadaljnjo rabo,
- zastajanje vode v dnu izkopov, planumov, na bermah, na gradbiščnih cestah ipd.,
- porušitev dna izkopa zaradi vzgona.

Pred začetkom del mora izvajalec preveriti, ali so bili v projektu analizirani morebitni vplivi odvodnjavanja na obstoječe objekte v zaledju oz. na obstoječe vodne vire (vodnjake). Če v projektu to ni bilo izvedeno, morata izvajalec in nadzornik identificirati potencialno ogrožene objekte in v soglasju s projektantom in lastniki teh objektov sprejeti ustrezne ukrepe, npr. vzpostavitev tehničnega opazovanja ali druge aktivne zaščitne ukrepe.

Črpanje podzemne vode z dna izkopov mora biti načrtovano v projektu in upoštevano v popisih del. Črpanje natekle meteorne vode iz izkopov v nezasičeni (vadozni) coni mora biti vključeno v enotno ceno izkopa.

Če zaradi neustreznega odvodnjavanja pride do zmečanja, izpranosti ali drugih poškodb na brežinah, v planumih, v zemljinah in mehkih kamninah, je treba poškodovane materiale zamenjati ali jih z drugimi ukrepi vrniti v stanje, ki ustreza začetnemu stanju. Za odpravo škode je odgovoren izvajalec.

Izvajalec ni upravičen do uveljavljanja stroškov za navoz nadomestnih materialov v planume, nasipe ipd., če so bili materiali iz izkopov zaradi neustreznega ravnanja izvajalca razmočeni in zato kot neprimerni za nadaljnjo rabo odpeljani na odlagališča.

Če je med gradnjo ugotovljeno, da v projektu načrtovani ukrepi odvodnavanja podzemne vode ne zadoščajo, je treba izvesti dodatne ukrepe na račun investitorja.

V primerih, ko je izvajalec predlagal dodatni ukrep odvodnjavanja podzemne vode, a sta ga nadzornik in projektant zavrnila, nosijo stroške sanacije morebitne nastale škode investitor, nadzornik in projektant.

Izvajalec mora prekiniti zemeljska dela vedno, ko se oceni, da zaradi meteoroloških razmer in visokih gladin (tlakov) podzemne vode ne bo moč preprečiti škode, če bi se dela v neugodnem vremenu nadaljevala.

6.4 Kakovost izvedbe začasnega odvodnjavanja med izvajanjem zemeljskih del

Za vsa dela na začasnem odvodnjavanju med izvajanjem zemeljskih del je treba v TE opisati tehnološki pristop, razpoložljivo opremo (npr. črpalke in njihovo zmogljivost, način izvedbe začasnega črpalnega vodnjaka) in ostale tehnične značilnosti, s katerimi izvajalec dokazuje, da je sposoben izvesti opisana dela po terminskem planu.

Seznam geoloških materialov za izvedbo drenaž, erozijske zaščite in načrtovanih virov odvzema oz. dobave le-teh mora izvajalec predati v potrditev nadzorniku najmanj 3 dni pred načrtovanim začetkom del, skupaj s poročilom o lastnostih/izjavami dobavitelja o lastnostih v primeru, če TE še ni bil potrjen ⁽⁶⁻¹⁾.

Opomba 6-1: Načeloma morajo biti vsi materiali, postopki, mehanizacija in dokazila v sestavi TE. Pogosto pa se zgodi, da potekajo obsežna pripravljalna zemeljska dela, ki bodo kasneje v sestavi projektiranih zemeljskih objektov, v času, ko TE še niso pripravljene. V takih primerih velja splošno določilo, da morajo imeti vsi materiali, ki bodo kasneje v sklopu zemeljskega objekta, dovoljenje nadzornika za vgradnjo.

6.5 Preverjanje ustreznosti izvedbe začasnega odvodnjevanja med gradnjo

Preverjanje ustreznosti izvedbe začasnega odvodnjevanja med gradnjo izvaja nadzornik v sodelovanju z izvajalci kontrolnih GG preiskav ter NKK in ZKK.

Preiskave za kontrolo kakovosti materialov se izvajajo le izjemoma, skladno z določili v točki 10, če le-ti ostanejo trajno vgrajeni v objektu, ter po PTP, knjiga 5 (1989).

6.6 Merjenje in obračun izvedenih del

Ukrepi začasnega odvodnjavanja meteornih voda se ne merijo in ne obračunavajo. Vključeni so v enotno ceno izkopov, priprave planumov, nasipov, odlagališč in deponij.

Ukrepi začasnega odvodnjavanja podzemne vode se merijo in obračunajo, skladno s popisi del v projektu.

7 Izkop in ravnanje z rodovitno zemljo

7.1 Opis

Izkop in ravnanje z rodovitno zemljo ⁽⁷⁻¹⁾ obsega:

- površinski izkop zgornje plasti vegetacije in rodovitne zemlje, ločeno po horizontih različnih debelin, ter njen odvoz/odriv načasne deponije na lokaciji ali odlaganje na odlagališčih,
- vsa ravnanja, kot jih določa SIST DIN 18920, za namene zaščite drevja, rastlinskih sestojev in nasadov pri gradbenih delih, in ki so predvidena s projektom,
- vsa ravnanja, kot jih določa SIST DIN 18915, so za namene zaščite rodovitne zemlje predvidena s projektom,
- ozelenitev začasnih deponij, če bo deponiranje trajalo več kot 2 oz. 5 mesecev, skladno s SIST DIN 18917.

Izkop rodovitne zemlje vključuje tudi:

- odvodnjavanje meteornih in podzemnih voda med gradnjo, da se prepreči zadrževanje vode na površinah po odstranitvi rodovitne zemlje, erozijo in zamakanje raščenih ali nasutih materialov ter posledično poslabšanje njihovih lastnosti,
- vzdrževanje deponij rodovitne zemlje.

Debelina izkopa/odriva rodovitne zemlje mora biti določena v projektu na osnovi rezultatov pedoloških in GG raziskav.

Nadzornik določi dejansko debelino izkopa rodovitne zemlje med izvajanjem del, v prisotnosti izvajalca. Dejanska debelina plasti izkopa rodovitne zemlje se določi za vsak profil ločeno oz. za posamezne odseke trase, če so debeline krovne sloja homogene.

Dela na izkopu rodovitne zemlje morajo biti izvedena skladno s projektom, predpisi in standardi, ki urejajo ravnanja z rodovitno zemljo, projektom zemeljskih del oz. TE zemeljskih del ter določili teh TSPI in navodili nadzornika.

Izkop (odstranjevanje) rodovitne zemlje in njeno začasno deponiranje morata biti načrtovana in izvajana tako,:

- da bo na poljščinah (pridelku) povzročena čim manjša škoda,
- da bo izkop rodovitne zemlje usklajen z načrtovanimi deli pri izvedbi izkopov, nasipov in urejanju planuma temeljnih tal, vse v povezavi z zaščito občutljivih zemljin pod krovno plastjo plodne zemljine,
- da bodočasne transportne poti za potrebe gradbišča, ki potekajo po kmetijskih površinah, konstruirane tako, da ščitijo strukturo rodovitne zemlje in preprečujejo njeno zbitost,
- da bodočasne deponije/skladišča rodovitne zemlje zaščiteni pred škodljivimi vplivi padavin (poplavljanjem, razmakanjem in erozijo).

Izjeme so na področjih zelo mehkih tal, na primer na barjih, kjer travna ruša tvori nosilno skorjo, deformacije tal zaradi razkroja organske snovi pa bodo v življenjski dobi objekta neprimerljivo manjše od deformacij/posedkov zaradi konsolidacije pod dodatno obtežbo na površini. V takih primerih se travno rušo in krovno plast lahko pusti na mestu brez izkopa. Vsi taki odseki morajo biti natančno opredeljeni v projektu in jih mora med izvedbo dodatno potrditi nadzornik.

Opomba 7-1: Glej tudi točko 3.5 in Zakon o katastru nepremičnin (ZKN), Ur.l. RS, št. 54/21.

7.2 Osnovni materiali

Osnovni materiali so rodovitna zemlja in krovna plast vegetacije.

V projektu predvidena debelina plasti rodovitne zemlje se na terenu za namene izkopa ponovno določi tudi vizualno, na osnovi barve, vonja, vidnih rastlinskih ostankov in vidnih organskih snovi. Določitev debeline plasti potrdi nadzornik.

Raziskave za določitev debeline izkopa rodovitne zemlje se izvajajo le v primeru, če z vizualnim pregledom ni moč enoznačno oceniti debeline plodne zemlje. Postopki za določitev vsebnosti organskih snovi so opisani v TSPI 05.201 in SIST DIN 18915.

7.3 Kakovost materialov

7.3.1 Kategorizacija izkopa rodovitne zemlje

Izkopi rodovitne zemlje se skladno s TSPI 05.100 uvrščajo v izkopno Kategorijo 1.

Mineralnih zemljin z organskimi snovmi CILO, CIMO, CIHO, SiLO, SiMO, SiHO in šote ne uvrščamo med rodovitno zemljo. Po TSPI 05.100 se te zemljine uvrščajo v Kategorijo 2.

Ostankov rastlin, kot so štori in veje, se ne sme sežigati ali nepredelane odvažati na deponije skupaj z rodovitno zemljo. Če ravnanje z njimi ni določeno v projektu, mora to določiti nadzornik.

7.3.2 Razvrščanje materialov iz izkopa rodovitne zemlje

Razvrščanje rodovitne zemlje je v strokovni praksi različno. V pedološki stroki se tla opisujejo s Horizonti (približno vzporedne plasti z zemeljskim površjem):

- O-Horizont je vrhnja organska plast zemlje,
- A-Horizont je s humusom bogata plast debeline od 5 do 30 cm,
- B-Horizont je vmesni horizont med A-Horizontom in C-Horizontom, debeline do 200 cm in
- C-Horizont predstavlja matično (geološko) podlago.

V nadaljevanju se bo za namene rabe te TSPI uporabljala naslednja terminologija:

- za A-Horizont in B-Horizont se bo uporabljal izraz rodovitna zemlja,
- O-Horizont bo vključen v A-Horizont.

7.3.3 Ravnanje z rodovitno zemljo

Rodovitna zemlja, odrinjena pri gradbenih posegih, se uporabi za izboljšanje kmetijskih zemljišč, urejanje javnih zelenih površin ali sanacijo degradiranih območij, razen kadar se uporabi za ureditev okolice objekta, zaradi gradnje katerega je bila odrinjena. Vlada določi obvezna pravila ravnanja z rodovitno zemljo v skladu s predpisi, ki urejajo varstvo okolja.

V okviru gradbenega posega je izkopana rodovitna zemlja lahko namenjena rekultivaciji vkopnih in nasipnih brežin, zaključnih površin na odlagališčih izkopnih materialov in pri urejanju nadomestnih kmetijskih zemljišč.

Lokacije začasnih deponij rodovitne zemlje morajo biti izbrane tako, da bodo transportne razdalje pri deponiranju in kasnejši uporabi rodovitne zemlje čim krajše.

Pri zemeljskih delih je treba v največji meri ohraniti ali ponovno vzpostaviti naravne funkcije tal. To velja tudi pri gradbenih in vzdrževalnih delih, ko je treba rodovitno ali izkopano zemljo za potrebe izvedbe zasaditev odstraniti, skladiščiti, se po njej voziti, jo nasuti, izboljšati in na njej obnoviti vegetacijo.

Zaradi prisotnih organskih snovi, ki s časom spreminjajo svoje lastnosti, rodovitna zemlja ni primerna za rabo v konstrukcijskih delih zemeljskih objektov.

Podobno kot se v geoloških materialih ocenjujejo parametri stanja za ocenjevanje vgradljivosti na osnovi vlažnosti in/ali sukcije, se tudi za dela v/z rodovitno zemljo, skladno s SIST DIN standardi, ocenjujejo stanja rodovitne zemlje na osnovi vrednosti sukcije po empiričnih relacijah (preglednica 7.1).

Preglednica 7.1. Informativni pregled stanja rodovitne zemlje v povezavi z gradbenimi deli

Sukcija* (c_{bar} , kPa)	Opis stanja ⁽⁷⁻²⁾	Primernost za delo	Primernost za deponiranje ⁽⁷⁻³⁾
< 6	židko zelo mehko (lahko gnetno)	ne	ni dovoljeno
≥ 6 -10	srednje gnetno	pogojno, samo z ustreznih platojev	ni dovoljeno < 12 kPa
≥ 10	≥ 30 kPa, težko gnetno ≥ 70 kPa, poltrdno	da	ni dovoljeno < 12 kPa sprejemljivo: 30 –70 kPa primerno > 70 kPa

* c_{bar} = 1 kPa = 1 kN/m²

Opomba 7-2: Postopki merjenja in načini podajanja vlage in sukcije v rodovitni zemlji se pogosto razlikujejo od tistih, ki so se uveljavili v mineralnih zemljinah. Pomembno je biti pozoren na to, ali se vlaga podaja kot gravimetrična ($w, \%$) ali volumetrična ($\theta, \%$). Opis stanja gnetnosti rodovitne zemlje ni istoveten opisom za inženirske zemljine.

V Sloveniji ni primeljivih izkušenj z merjenjem sukcije in dimenzioniranjem npr. povoznih platojev na osnovi sukcije. Pri zemeljskih delih so po nacionalni tradiciji nomogrami izdelani na osnovi CBR, c_u in/ali E_v . Potreben bo določen čas, da se pridobijo ustrezni podatki. Za merjenje sukcije so primerni tenziometri.

Opomba 7-3: Avgusta 2024 vlada RS še ni določila obveznih pravil ravnanja z rodovitno zemljo v skladu s predpisi, ki urejajo varstvo okolja. Potreben bo določen čas, da se uskladijo okoljski in tehnični dokumenti in pridobijo manjkajoča znanja, preden bodo vsa nova določila zaživel v praksi.

7.4 Način izvedbe

Izkope rodovitne zemlje in dela pri ozelenitvi površin je treba izvajati ločeno od ostalih zemeljskih del, po določilih standardov SIST DIN 18918 in SIST DIN 18915.

Investitor mora pred oddajo del izvajalcu predati tudi elaborat ravnanja z rodovitno zemljo, ki ga je pripravil agronom.

Če ni drugače določeno v projektih za izvedbo, je treba dela v zvezi z rodovitno zemljo izvajati na naslednji način:

- površinski odkop rodovitne zemlje v ustrezni debelini je treba izvršiti povesod, kjer je predviden nadaljnji izkop in/ali priprava temeljnih tal,
- rodovitno zemljo je treba varovati pred trajno izgubo in ohranjati njene lastnosti,

- izkop rodovitne zemlje mora biti organiziran tako, da se ob trasi ali v trasi linijskega objekta organizira servisna transportna pot in prostor za začasno deponiranje rodovitne zemlje, glede na njene pedološke karakteristike. Mešanje pedoloških horizontov ni dopustno. Odkop rodovitne zemlje se lahko izvaja v trakovih,
- načeloma se začasno deponiranje rodovitne zemlje izvaja ločeno za A-Horizont in za B-Horizont, ob ali na gradbišču objekta,
- gradbiščna cesta se lahko izvede na več načinov, odvisno od geomehanskih lastnosti podlage. Dimenzioniranje začasnih gradbiščnih cest se izvede na osnovi poznavanja CBR nosilnosti ali togosti ($Ev_{1,2}$) podlage in glede na pričakovano število prevozov težkih tovornjakov z uporabo empiričnih diagramov. V sodelovanju s strokovnjakom z ustreznimi izkušnjami se dimenzioniranje gradbiščne ceste na področju rodovitne zemlje izvede tudi z uporabo nomogramov na osnovi pF vrednosti,
- v vseh fazah je treba skrbeti za ustrezno erozijsko zaščito brežin,
- začasno deponiranje rodovitne zemlje se izvede v trapeznih kupih, naklon brežin 2:3, nagnjenost krone vsaj 3%, širina krone deponije 2,0 m, z naslednjimi zahtevami:
 - A-Horizont se deponira v višino 1,5 m. V primeru več kot 30% deleža glin naj bo višina le 1,0 m. Če bo deponiranje trajalo več kot 2 meseca, je potrebna takojšnja ozelenitev, da se prepreči naselitev invazivnih vrst;
 - V primeru več kot 30% deleža glin se B-Horizont deponira v višino 2,5 m oz. 2,0 m. Če bo deponiranje trajalo več kot 5 mesecev, je potrebna takojšnja ozelenitev, da se prepreči naselitev invazivnih vrst.

V primeru natančnejših podatkov o strukturi rodovitne zemlje lahko projektant določi tudi drugačne dimenzije začasnih deponij.

Začnih deponij se ne sme locirati v depresije. Meteorna voda mora neovirano obtekati deponijo. Po deponiranem materialu se ne sme voziti z gradbenimi stroji, prav tako se deponije ne smejo nadgrajevati.

V primeru viškov izkopov rodovitne zemlje je treba ravnanje z viški obravnavati skladno s projektom in z zahtevami nadzornika/agronoma.

Če razpoložljiva rodovitna zemlja ne ustreza namenom načrtovane rabe, je treba preveriti, ali jo je možno z dodatnimi ukrepi po SIST DIN 18915 pripraviti za rabo.

Investitor mora pred oddajo del predati izvajalcu Elaborat ravnanja s plodno zemljino, ki ga je pripravil agronom.

7.5 Kakovost izvedbe

Dela pri izvajanju izkopa rodovitne zemlje morajo biti izvedena skladno z vsemi zahtevami, navedenimi v projektu, standardih za ravnanje z rodovitno zemljo, predpisih o varstvu pri delu ter določili in zahtevami teh TSPI.

Vse končne površine izkopov morajo biti izvedene po zahtevah v projektih.

Da bi omejili poškodbe na strukturi rodovitne zemlje, je izkope rodovitne zemlje možno izvajati le ob ustrezni vlažnosti horizontov. Orientacijski kazalniki količine vode v tleh glede na možnost izvajanja gradbenih del pri ravnanju z rodovitno zemljo so prikazani v preglednici 7.1.

Hitre meritve sukcije se na terenu izvajajo s tenziometri, redkeje tudi s sukcijskimi sondami.

7.6 Merjenje in prevzem izvedenih del

Izvedena dela je treba izmeriti in količine določiti računsko:

- izkop rodovitne zemlje v m³, po horizontih,
- košnja in frezanje površine v m²,
- sečnja dreves po številu glede na premer dreves,
- odstranitev panjev po številu glede na premer dreves.

Vse količine je treba izmeriti po dejansko izvršenem obsegu in vrsti del, ki so bila opravljena v okviru izmer po projektu.

Podlaga merjenju je geodetski posnetek izvedenih del.

7.7 Obračun

Delo pri izkopu/odrivu rodovitne zemlje se meri v kubičnih metrih (m³) izkopane zemlje in plača po enotni ceni, ki vključuje izkop, odvoz/premeščanje v deponije, vključno z ureditvijo brežin deponij in odvodnjevanjem na deponijah.

Košnja in frezanje površine se obračunata po m² izvedenih del na osnovi geodetskega posnetka.

Odstranitev dreves in panjev se obračuna po številu, glede na premer dreves. Obračun se izvede po enotnih cenah, skladno s popisi del v projektu.

8 Izkopi

8.1 Opis

Izkopi obsegajo:

- široke izkope vseh kategorij zemljin, kamnin in antropogenih materialov, ki so predvideni po projektu, skupaj z odzivom in/ali odvozom, nakladanjem in zvrčanjem izkopanega materiala v nasipe, zasipe, kline in/ali deponije/odlagališča, kakor se bo material uporabljal pri izvajanju del. V ta dela so vključeni tudi vsi izkopi za stopnice, za zaseke in podobna dela, tudi na deviacijah cest in regulacijah vodotokov, ter vsi široki izkopi pri izvedbi objektov,
- izkope za temelje objektov ter kanalske in druge rove (za prepuste, jaške, drenaže), v vseh kategorijah materialov in vseh globinah širine do 1,0 m in širine od 1,0 m do 2,0 m. To delo vključuje tudi vse potrebno za dviganje odvečnega izkopanega materiala na potrebno višino in odvoz na deponijo/odlagališče ali na mesto vgradnje,
- izkope gradbenih jam za objekte, ki so širši od 2 m, v vseh kategorijah materiala in v vseh globinah, z odvozom na mesta za vgraditev v nasipe, zasipe ali kline oz. načasne deponije materiala ali na odlagališča. To delo vključuje tudi dviganje odvečnega materiala na potrebno višino,
- izkope za kanale melioracij in regulacij ter podobnih del v vseh kategorijah zemljin in kamnin, ki so različnih globin in širin. Sem spadajo tudi poglobitve in razširitve obstoječih kanalov,
- izkope za odvodne jarke in koritnice poleg cestnega telesa, planuma ali obstoječe poti, z odmetavanjem izkopanega materiala in/ali odvozom na odlagališče,
- izkope za tlake in obloge na površinah, kjer so po projektu predvidene tlakovane obloge, z odmetavanjem materiala in/ali odvozom na odlagališče ter ureditvijo planuma
- izkope za sidrne jarke za geosintetike.

V ta dela spadajo tudi:

- ukrepi, ki so predpisani in določeni z veljavnimi predpisi o varstvu pri delu, kot je razpiranje (vključno s projektom oz. statičnim izračunom), nakloni, razširitve ipd.

- vsa dela za odvodnjavanje meteorne in podzemne vode ter vode iz izvirov med gradnjo (vključno s potrebnim črpanjem), da se prepreči zadrževanje vode in zamakanje zemljin v dnu izkopa, na nasipih, površini deponij in/ali odlagališč, prepreči površinska in notranja erozija na vkopnih in nasipnih brežinah ipd.
- odvoz, odlaganje, razgrinjanje in zgoščanje neustreznega ali odvečnega materiala na odlagališča, vključno z ureditvijo površin in plačilo predpisanih taks.

Površine za odlagališča, potrebne za trajno odlaganje izkopnih materialov, ki niso primerni za nadaljnjo rabo, kot tudi odlaganje in ureditev (razgrinjanje, zatravitev, odvodnjevanje) le-teh zagotovita ali investitor ali izvajalec, skladno z določili razpisne dokumentacije.

V enotni ceni izkopa so zajeta dela izkopa in odvoza na mesto vgradnje, v deponije in na odlagališča (merjeno v m³), vključno z ukrepi za odvajanje meteorne vode med izvajanjem del.

Dela, vezana na odvajanje podzemne vode iz saturirane cone, gradnja drenažnih reber na vkopnih brežinah, zajem in trajno preusmerjanje podzemne vode ter drugi ukrepi začasnega odvodnjevanja podzemne vode morajo biti obdelani v projektu in se jih meri in obračuna skladno s popisi del v projektu. Ta dela niso vključena v enotno ceno izkopa po tej točki.

Izkopi pri graditvi predorov, pilotov in vodnjakov za globoko temeljenje niso predmet obravnave te TSPI.

8.2 Osnovni materiali

Materiali v izkopih so geološki materiali (zemljine in kamnine) in antropogeni materiali.

V antropogenih tleh so lahko poleg geoloških materialov v starih nasutjih prisotni tudi materiali, ki so po izvoru stranski produkti (npr. EF pepeli, metalurške žlindre) ali drugi odpadki, ki jih je treba klasificirati po Uredbi o odpadkih.

Ravnanje z viški materialov iz izkopov določa Uredba o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih.

8.3 Kakovost materialov v izkopih

8.3.1 Razvrstitev – kategorizacija izkopov

Zemljine in kamnine v izkopih razvrščamo v naslednje kategorije:

- | | |
|--|---------------------|
| • Rodovitna zemlja, glej tudi točko 7 | kategorija 1 |
| • Zemljine, predvidene za trajno odlaganje | kategorija 2 |
| • Zemljine, predvidene za vgradnjo ali predelavo | kategorija 3 |
| • Kamnine, srednje zahteven izkop | kategorija 4 |
| • Kamnine, zahteven in zelo zahteven izkop | kategorija 5A in 5B |
| • Kamnine, izjemno zahteven izkop | kategorija 6. |

Kategorizacija materialov v izkopih je podana v TSPI PG. 05.100. Izkopi v antropogenih tleh se kategorizirajo smiselno z opisi v TSPI PG. 05.100.

Merila za razvrščanje zemljin in kamnin po izkopu (miniranju, drobljenju) za namene rabe v zemeljskih delih so v TSPI PG. 05.201.

8.3.2 Kakovost materialov iz izkopov

V projektu mora biti podana GG prognoza kategorij izkopov na trasi in ocena uporabnosti materialov iz izkopov. Nadzornik mora spremljati izvedbo izkopov in Transporte izkopanih mas in sproti potrjevati spremembe izkopnih kategorij, če do njih pride.

Z geološko spremljavo med izvajanjem izkopa je treba potrditi skladnost kategorij izkopa s projektno prognozo in/ali dokumentirati odstopanja od nje.

Med izvajanjem izkopa je treba v okviru aktivnosti NKK zagotoviti primeren obseg odvzema vzorcev in izvedenih preiskav, da bo mogoče oceniti uporabnost izkopanega materiala za različne namene rabe na trasi oz. za predelavo v kamninski agregat.

Izkope je treba izvajati tako, da bodo lastnosti izkopanih zemljin in kamnin ustrezale načrtovanemu namenu rabe, hkrati pa se ohranijo lastnosti (kakovost) geoloških materialov v temeljnih tleh in na brežinah po dokončanju izkopa.

Materiale iz različnih kategorij izkopa oz. namembnosti rabe je treba ločeno odvažati na mesto vgradnje, predelave in/ali v deponije.

Kadar izkopni materiali zaradi nepravilnega ravnanja med izkopom in/ali deponiranjem izgubijo uporabno vrednost, izvajalec ni upravičen do nadomestila stroškov za navoz materialov iz drugih, zunanjih virov.

8.4 Način izvedbe

8.4.1 Opis

Vse izkope je treba izvajati po projektu. Upoštevati je treba lastnosti posameznih kategorij materiala, zahtevane lastnosti za namensko rabo ter okoljske zahteve in omejitve.

Hitrost in način napredovanja izkopa je treba prilagajati lastnostim materiala, projektu zaščite izkopnih brežin in dna vkopa. Odvodnjevanje je treba izvajati skladno s projektom in/ali razmerami na izkopu.

Izkopni material, za katerega je potrjena uporabnost, se lahko takoj odpelje na mesto vgradnje ali na začasno deponijo tako, da bo izvajanje del čim manj ovirano. Deponije vgradljivega materiala je treba oblikovati in odvodnjavati tako, da bo deponija stabilna in bo ostala kakovost materiala v deponiji nespremenjena. Po potrebi je treba material v deponiji med deponiranjem zgoščati s prehodi težkih buldožerjev in/ali valjarji. Deponije gline, namenjene za tesnilne sloje, je treba prekrivati s ponjavami. Vsa ta dela je treba vključiti v enotno ceno izkopa.

Izkopni material, za katerega se ugotovi, da ni uporaben za nadaljnjo rabo, je treba odstraniti skladno s projektom in Uredbo o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih.

8.4.2 Izkopavanje

Pri izkopavanju je treba upoštevati določila veljavnih predpisov o varstvu pri delu (odpiranje, razpiranje, fazno oz. kampadno odkopavanje idr.), zavarovati obstoječe objekte, komunikacije in naprave ter zagotoviti redno vzdrževanje javnih površin in javnih poti.

Upoštevati je treba omejitve zaradi bližine stanovanjskih, industrijskih in infrastrukturnih objektov in okoljske omejitve, vezane na hrup, vibracije, prah in čas, ko se dela lahko izvajajo. Okoljske omejitve morajo biti zapisane v razpisni dokumentaciji pred oddajo del. Če se dodatne okoljske omejitve pojavijo med izvajanjem del, je izvajalec upravičen do nadomestila stroškov za dodatne ukrepe okoljske zaščite. Te ukrepe mora potrditi nadzornik.

Izvajalec in nadzornik morata vzpostaviti stik s predstavniki lokalne skupnosti in lastniki objektov, ki jih izkop lahko moti pri običajnih opravilih in/ali ogrozi njihovo varnost. O vseh delih, ki bi lahko predstavljala motnjo pri njihovih ustaljenih opravilih, jih morata redno obveščati.

Izkope je treba načeloma izvajati z uporabo strojne mehanizacije tako, da se ročno delo omeji na minimum in izvaja samo tam, kjer strojne mehanizacije ni moč uporabiti ali pa ročno delo narekujejo drugi pogoji in/ali omejitve.

Pri izvajanju izkopov v malo nosilni zemljini mora specifična obremenitev strojev na podlago ustrezati nosilnosti tal. Za planiranje brežin in dna pa je potrebno delno ročno delo, pretežno za odstranjevanje razsute izkopane zemljine. Odrivanje izkopanega materiala običajno ni izvedljivo.

Dno in stene izkopa v malo nosilni zemljini morajo biti ravni, tako da je zagotovljena možnost ustreznega vgrajevanja geosintetikov, povoznega platoja in/ali drugih plasti iz prepustnih debelozrnatih materialov.

Hitrost napredovanja izkopa v malo nosilni zemljini je treba prilagajati hitrosti odvoza in hitrosti napredovanja polaganja geosintetikov in gradnje povoznega platoja/nasipnih plasti, kot so predvideni po projektu.

Izkop v malo nosilni zemljini ne sme biti odprt dlje časa. Nateklo podzemno in/ali padavinsko vodo je treba črpati toliko časa, da nasute plasti presežejo nivo gladine natekle ali podzemne vode. Škoda, ki bi nastala zato, ker ne bi črpali natekle ali podzemne vode, gre na račun izvajalca. Lokalno poškodovane brežine (zdrse) je treba sanirati na stroške izvajalca.

Če so projektirane ravne brežine trajnih vkopov v kamnini, je treba uporabiti postopek gladkega miniranja.

Nagibi vkopnih brežin so določeni s projektom. Odvisni so od vrste zemljin in kamnin, plastovitosti, smeri in kota vpada plasti, razpok in drugih diskontinuitet ter od načinov nastopanja podzemne vode. Na nagibe brežin vkopov vplivajo tudi načrti trajne površinske zaščite in/ali zasaditve ter druga načrtovana dela na brežinah, npr. tesnjenje za zaščito podzemne vode ali ukrepi varovanja pred padajočim kamenjem.

Kadar se v izkopih pojavijo geološke razmere in materiali z drugačnimi karakteristikami od tistih, predvidenih v projektu, mora izvajalec dela na izkopu prekiniti in takoj obvestiti nadzornika, ki bo skupaj s projektantom določil nadaljnje ukrepe.

V kamninah, v katerih so po geološki prognozi pričakovani pojavi odprtih razpok, kavern, tektonskih con (milonitov), krojitev kamnine, ki lahko povzroči izpadanje ali zdrse blokov ipd., mora projekt predvideti ukrepe za sanacijo teh pojavov, kot so npr. pozidave, sidranje blokov za zaščito pred izpadanjem ipd. V projektu mora biti ocenjen obseg teh ukrepov, praviloma v odstotkih površine izkopne brežine. Izvajalec je dolžan podati ponudbeno ceno za podani tip sanacijskih ukrepov, ki ostane nespremenjena tudi v primeru večjega ali manjšega obsega pojavov, ki zahtevajo sanacijo. Izvajalec lahko predlaga tudi drugačne ukrepe zaščite od tistih v projektu, ki pa jih morata potrditi projektant in nadzornik.

V izkopih v zemljinah pod gladino podzemne vode mora projekt predvideti ukrepe začasne in trajne odvodnje ter zaščite brežin. Izvajalec je dolžan za podani obseg ukrepov začasnega odvodnjavanja podati ponudbeno ceno, ki ostane nespremenjena tudi v primeru drugačnega obsega del na odvodnji. Izvajalec lahko ob oddaji ponudbe ali med gradnjo predlaga tudi drugačne ukrepe zaščite od tistih v projektu, ki jih morata potrditi projektant in nadzornik.

Če se na vkopnih brežinah pojavijo nepredvideni izviri podzemne vode, je treba le-te zajeti in po najkrajši poti odpeljati iz območja vkopa. Način zajema izvirov morata potrditi projektant in nadzornik, stroške izvedbe trajnega zajema in odvodnje izvirov mora pokriti investitor.

Izvajanje izkopov na pobočjih, na katerih je predvideno trajno varovanje z opornimi konstrukcijami (sidrane pilotne stene, sidrani oporni zidovi ipd.), je treba prilagajati fazam, kot jih predvideva geostatični izračun konstrukcije. Za vso škodo, ki bi nastala zaradi prehitvevanja izkopa, odgovarjata izvajalec izkopavanja in nadzornik.

Na terenu z nakloni, večjimi od 1:5, na katerih bodo grajeni nasipi (klini), morajo biti v temeljna tla izkopane stopnice na način, kot je opisan v točki 3.7. V primeru, da izkop stopnic s projektom ni bil predviden, jih je izvajalec dolžan narediti na zahtevo nadzornika.

Izvajalec je dolžan sam dati pobudo za izkop stopnic na temeljnih tleh pod pobočnimi nasipi, če te niso bile predvidene s projektom. Predlog mora potrditi nadzornik.

Paziti je treba, da ne pride do izpodkopavanja pobočij vkopov. Vsak tak primer mora izvajalec naknadno popraviti po navodilih nadzornika na lastne stroške.

Če med gradnjo pride do večjega izkopa (preko določenega profila) po krivdi izvajalca, ga je ta dolžan na svoje stroške popraviti tako, kot določa projekt in/ali zahteva nadzornik.

Organizacija dela pri izkopih mora biti takšna, da ne more priti do večjih motenj zaradi meteornih ali podzemnih voda. To velja zlasti za vkope v zemljinah. Posebej je treba skrbeti za odvodnjavanje vode iz vkopnih brežin (po najkrajši poti) in za usklajenost del (da je izkopana naenkrat samo tolikšna količina zemljine, kot jo je možno v skladu s storilnostjo strojev in prevoznih sredstev sproti odvažati oz. vgrajevati). Posledice, ki bi nastale zaradi neupoštevanja tega navodila, bremenijo izvajalca, ki nima pravice za to zahtevati odškodnine, niti spremembe delovnega postopka v škodo investitorja.

Kadar se materiali iz izkopa začasno odlagajo na vrhu izkopne brežine, morata biti v sodelovanju z nadzornikom in projektantom določeni razdaljačasne deponije od robu brežine in maksimalna višina deponije. Po potrebi se izvede stabilnostna analiza brežine, nadgrajena z začasno deponijo.

Kadar se materiali iz izkopa začasno deponirajo na nivoju bodočega planuma temeljnih tal, je treba paziti, da bo zagotovljen nemoten odtok meteorne vode iz območja planuma.

Če izkop v slabo nosilni zemljini preseka melioracijski kanal ali potok, mora biti zgrajen začasni prepust ustreznega prereza. Če obstaja možnost preusmeritve enega vodotoka v drugega, je treba to narediti. V okviru nadzora in NKK je treba preveriti ustreznost trajne rešitve odvodnje.

V primeru nevarnosti zdrsa oz. porušitve izkopne brežine je treba dela takoj ustaviti in poskrbeti za nujne začasne zaščitne ukrepe (npr. prekrivanje brežin s ponjavami, izvedba začnih zagat, navoz že izkopnega materiala nazaj na vznožje ogrožene brežine ipd.). Projektant in nadzornik morata podati navodila oz. ukrepe za varno nadaljevanje del.

Izkopi z miniranjem se izvajajo skladno z načrtom miniranja.

Če med miniranjem pride do poškodovanja zaledne hribine, jo mora izvajalec popraviti na lastne stroške, če je miniranje izvajal v nasprotju z določili, podanimi v projektni dokumentaciji.

V primeru miniranja ali če dela potekajo v neposredni bližini objektov, prometnic, kanalov za oskrbo z vodo, elektroenergetskih ali telekomunikacij vodov in naprav, je treba upoštevati ustrezne predpise in dobiti soglasje pristojnih organov.

Vnaprej je treba pripraviti opozorilne table in protokole za obveščanje in z njimi seznaniti vse, ki jih zadevajo ukrepi ob miniranju.

Pri izkopih za kanale melioracij je izkopani material dopustno začasno deponirati v predvideni primerni razdalji od zgornjega roba kanala obojestransko, če je to mogoče glede na terenske in druge okoliščine, sicer pa enostransko.

Če po projektu ni predvidena uporaba izkopanega materiala, je treba material po končanem delu odpeljati na odlagališče, teren pa povrniti v začetno stanje.

Površine izkopov morajo biti ravne in z zahtevanimi nagibi in zaokrožitvami, tako da ne bo zastajala voda in ne bodo nastale poškodbe raščeni ali že komprimirani tal.

Pri projektiranju in med delom je treba upoštevati sezonske in trajne vremenske vplive na izkopane površine. Izvajalec mora dela na izkopih organizirati tako, da jim neposredno sledijo dela na odvodnih jarkih in koritnicah ter zaščita površin. Morebitna dodatna dela in naknadno

potrebna dela, ki bi nastala, če bi ukrepi odvodnjavanja in zaščite brežin izostali, bremenijo izvajalca.

Pri gradnji na malo nosilnih tleh, kjer so predvideni bočni nasipi, je treba narediti vzdolžne odvodne jarke ob zunanem robu bočnih nasipov že pred izkopom oz. istočasno z izravnavo terena. Po dokončanem delu je treba odvodne jarke dokončno obdelati po projektu.

Planum temeljnih tal, na katerem je predviden tlak ali druga obloga, mora ustrezati predpisanim pogojem, odvisno od vrste projektiranega tlaka ali obloge.

Izkope za sidrne jarke za geosintetike in izkope jarkov za polaganje cevi in kablov za tehično opazovanje je treba izvesti po projektu ali po navodilih nadzornika.

8.4.3 Razporeditev količin

Materiale iz izkopov je treba namensko uporabiti za izvedbo pogodbenih zemeljskih del, za predelavo v kamninski agregat, za kamnite obloge strug ipd.

Odvečni ali za gradnjo neuporabni material je treba odstraniti po določilih projekta in/ali skladno z Uredbo o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih. Stroški nakladanja, prevoza, zvrčanja, odziva in razprostiranja odvečnega materiala ter zasipavanje in zgoščevanje zasipnega materiala v odlagališče morajo biti vključeni v enotno ceno izkopa. Nadzornik bo po potrebi podal podrobnejša navodila, če s projektom ni točno določena uporabnost izkopanih zemljin in/ali kamnin.

Razporeditev količin je treba izvršiti načeloma po projektu, ki pa je le pripomoček pri sestavi ponudbene cene in ne obvezuje investitorja pri morebitnih spremembah.

8.4.4 Preboji

Preboje za kanalske rove in/ali druge postopke in načine izvajanja teh del lahko izvajalec izvaja pod pogojem, da tak način gradnje ne bo v škodo kakovosti izvršenih del in da izvajalec za to ne bo zahteval plačila večjih stroškov.

8.4.5 Ovire

Pred začetkom zemeljskih del mora izvajalec skupaj s predstavniki pristojnih služb in nadzornikom preveriti, ali so na trasi načrtovane gradnje prisotne ovire in jim prilagoditi varovalne ukrepe.

Če se med izkopom pojavijo nepredvidene ovire, npr. kabli, kanali, drenaže, arheološki objekti, kamnite samice, mejniki in podobno, je o tem treba obvestiti nadzornika. Nadzornik bo določil, kakšne ukrepe je treba izpeljati, da bo med gradnjo čim manj motenj.

Pri vseh ukrepih za zaščito objektov, napeljav, kanalov, drenaž, kablov in podobnega je izvajalec dolžan upoštevati predpise in navodila upravljavcev navedenih ovir. Naprav, ki se morajo med gradnjo podpirati ali obešati na posebne konstrukcije, ni dovoljeno obremenjevati ali nanje stopati.

8.4.6 Tehnično opazovanje

Tehnično opazovanje vkopnih brežin in dna mora biti izvedeno skladno z načrtom tehničnega opazovanja.

Elementi - objekti opazovalne mreže morajo biti vgrajeni v prerezi in na globinah po časovnem planu napredovanja izkopa po projektu. Stroški izvedbe dostopnih poti in izdelave delovnih platojev morajo biti vključeni v ceno za izvedbo tehničnega opazovanja.

8.4.7 Delovni prostor, dno, izkopne brežine

8.4.7.1 Delovni prostor pri izkopu za temelje in gradbene jame

Kot potreben delovni prostor med gradbenim objektom in steno izkopa gradbene jame se prizna izvajalcu širino, določeno v projektu.

Kot širina delovnega prostora se šteje:

- pri neoprtih gradbenih jamah vodoravno merjena oddaljenost med ного izkopanega pobočja in zunanjo stranjo zidu ali zunanjo stranjo opaža gradbene konstrukcije,
- pri oprtih gradbenih jamah svetla razdalja med opažem jame in zunanjo steno zidu ali zunanjo stranjo (če ni v projektu določeno drugače) opaža gradbene konstrukcije,
- pri izvajanju izkopov za kanalske rove je treba upoštevati navodila proizvajalcev kablov in/ali cevi, določila TSC 08.512 ter določila SIST EN 1610.

Najmanjša širina izkopa kanalskega rova je odvisna od globine izkopa in od premera cevi in mora biti določena bodisi v projektu cevovoda ali v navodilih proizvajalca cevi.

Če izvajalec izvede širši izkop od projektiranega, nosi razliko stroškov sam.

8.4.7.2 Dno

Globina in širina dna izkopa sta določeni s projektom. Končna globina dna se določi oz. potrdi na osnovi GG pregleda, rezultatov preiskav in nadzora med gradnjo.

Dno izkopa za temelje mora biti izvedeno vodoravno in pri različnih globinah temeljenja stopničasto.

Dno za kanalske rove in drenaže mora biti izvedeno točno v predpisanem padcu in v obliki, ki jo zahteva projekt.

V vezljivih zemljinah je treba pustiti zadnji sloj izkopa za temelje (v primerni debelini) kot zaščito pred poškodbami, če ni v projektu določeno drugače. Ta sloj je dovoljeno odstraniti šele neposredno pred nadaljnjo gradnjo (betoniranjem, polaganjem cevi ipd.).

V območju temelja se dna jame (temeljnih tal) ne sme razrahljati. Dno je treba zaščititi pred poškodbami, kot so prevozi, razrivanje, izpiranje in zmrzovanje. Poškodovano dno iz vezljivih zemljin je treba neposredno pred betoniranjem ali drugo nadgradnjo nadomestiti ali izboljšati z vezivi. Pri nevezljivih zemljinah je treba razrahljana tla popraviti z ustreznim zgoščanjem ali izboljšanjem z vezivi.

Dno izkopa za temelj, gradbeno jamo, odvodni jarek in jarek za regulacijo ali melioracijo morajo biti oblikovani po projektu. Višinska odstopanja od nivelete po projektu so dopustna ± 2 cm v zemljini in ± 5 cm v kamnini, če v projektu ni drugače določeno.

Če izvajalec po lastni krivdi izvede preglobok izkop, mora brez doplačila izpeljati vsa popravila, ki jih zahtevajo statični pogoji in jih odredi nadzornik.

Ko je izkop končan in prevzet s strani nadzornika, sme izvajalec nadaljevati z gradnjo.

8.4.7.3 Pobočja (brežine) za nepodprte gradbene jame

Nagibi brežin za nepodprte gradbene jame morajo biti določeni v projektu objekta. Odvisni so od GG razmer v vkopu in časa, ko bo gradbena jama odprta.

Pri materialih, ki so občutljivi na spremembe vlage (izsuševanje, vpijanje vode, zmrzovanje), erozijo ali drsenje, je treba nagibe začasnih pobočij in zaščite prilagoditi značaju materiala. Po potrebi je treba izvesti prekrivanje brežin z zaščitnimi ponjavami (geosintetiki).

Izbira nagibov brežin začasnega izkopa je prepuščena izvajalcu samo v primerih, ko je skladno s pogodbo izvajalec zadolžen za izdelavo projekta začasnega izkopa, ali pri izvajanju

nezahtevnih izkopov globine do 1 m. Vsa dela mora potrditi nadzornik. Za varnost in vzdrževanje brežin med gradnjo mora skrbeti izvajalec.

Na zgornjem robu brežine je treba vzdrževati prost zaščitni pas, širok najmanj 60 cm, kot bermo.

8.5 Kakovost izvedbe

Dela pri izvajanju izkopov morajo biti izvedena skladno s projektom, predpisi o varstvu pri delu in določili teh TSPI.

Vse končne površine izkopov morajo biti izvedene po zahtevah projekta.

Ravnost planuma dna širokega izkopa, merjena s 4 m letvijo, sme odstopati, če v projektu ni drugače določeno:

- v zemljinah do 3 cm od merilne letve ali merilne ravnine,
- v kamninah do 5 cm.

Izvajalec mora pri izvajanju izkopa opozoriti nadzornika na vse nepredvidene pojave, ki bi lahko vplivali na kakovost izvedenih del. V primeru opustitve opozorila izvajalec prevzame vso odgovornost in vse morebitne stroške popravil.

Izvajalec je dolžan izvajati tekoče preiskave, meritve in tehnično opazovanje skladno s TSPI in pogodbeno dokumentacijo.

8.6 Merjenje in prevzem izvedenih del

8.6.1 Merjenje del

Merjenje izvedenih del se opravi v skladu s točko 4.1 SPT,1989 in po naslednjih določilih:

- vsi izkopi (površinski, široki, za temelje, kanalske rove in gradbene jame, za kanale melioracij in regulacij, za odvodne jarke in koritnice, za tlake in obloge ter sidrne jarke) se merijo po dejansko izvršenih količinah v kubičnih metrih (m^3) v raščenem stanju raznih kategorij materiala,
- za ugotavljanje dejanskih izkopnih količin se uporabljajo geodetske meritve.

Posebej je treba pri merjenju upoštevati še naslednje:

- pri širokem izkopu se leče, žepi in kaverne, ki ne presegajo $1 m^3$, ne odbijejo, večje pa se odbijejo od posameznih kategorij materiala v celotni prostornini,
- pri izkopih za temelje, kanalske rove in gradbene jame se obračuna dejansko izveden izkop, kot so ga narekovala GG razmere in zahteve projekta,
- za določitev globine navedenih izkopov je izhodiščni nivo povprečna kota terena in oboda izkopa pred začetkom izvajanja del,
- pri izkopih za odvodne jarke veljata kot izhodiščni nivo povprečni višinski koti terena in izkopa v osi prečnega profila, ki predstavlja srednjo vrednost obeh višinskih kot raščenih materialov v skrajnih točkah kanala.

Izkopani material, ki se uporabi za druge namene in ne za zemeljske objekte na trasi, in ga izvajalec ni nadomestil brez doplačila iz zunanjih virov, se pri določanju obračunskih količin izkopa ne upošteva.

8.6.2 Prevzem del

Izvedena dela prevzame nadzornik po določilih točke 4.2 STP,1989 ter določilih teh TSPI.

8.7 Obračun del

Količine izkopov se obračunava po pogodbeni enoti za 1 m³ izkopanega materiala, ločeno po kategorijah izkopa, pri čemer je v enotni ceni zajeto:

- vse delo pri izkopih, nakladanju, prevozu in zvrčanju na določeno mesto uporabe, ali na odlagališče, opravljeno po projektu ali navodilih nadzornika,
- vse delo pri odstranitvi korenin, skupno z izkopom slabo nosilnih zemljin lahkognetne do židke konsistence,
- vse delo pri odlaganju in ureditvi trajnih odlagališč viškov materiala in za gradnjo neustreznih materialov,
- vse delo pri začasnem deponiranju na gradbiščnih deponijah,
- vsa dela pri začasnem črpanju in odvajanju meteorne vode,
- planiranje vseh izkopnih in prizadetih sosednih površin,
- vzpostavitev pri delu prizadetih objektov in terena v prvotno stanje in
- vzdrževanje izvršenih del do končnega prevzema.

Stroški odstranitve ovir, ki niso v pogodbenem popisu del, bremenijo investitorja.

Poleg navedenega je vključeno v enotni ceni izkopa še:

- pri širokih izkopih:
 - urejanje pobočij in čiščenje nepovezanih kamnitih blokov in grušč s pobočij ter
 - izkop stopnic, predviden po projektu ali zaradi naknadno ugotovljene potrebe,
- pri izkopih za gradbene jame: potrebni puščeni opaž v gradbeni jami; to mora biti samostojna postavka v popisu del,
- pri izkopih za kanale melioracij in regulacij: ureditev planuma za tlake in obloge po določilih projekta; to določilo velja, če se tlaki ali obloge izvajajo v obstoječih kanalih.

V enotno ceno izkopa niso vključena naslednja dela:

- črpanje in odvajanje podzemne vode iz izkopov v zasičeni coni, visečih vodonosnikov in zajemi stalnih izvirov,
- ukrepi zavarovanja izkopov gradbenih jam, opiranja in opaženja izkopov za kanale in jaške,
- urejanje planumov v dnu izkopov.

Opiranje in opaženje mora biti predvideno s projektom in zanj tudi določena ponubena cena po enoti. Če ni, se izvede po predlogu izvajalca in potrditvi projektanta/nadzornika ter je strošek investitorja.

9 Priprava temeljnih tal

9.1 Opis

Priprava temeljnih tal in ureditev planuma temeljnih tal vključujeta:

- grobo planiranje in/ali mehansko zgoščanje temeljnih tal po odstranitvi plodne zemlje oz. v dnu dokončanega izkopa in izdelavo planuma temeljnih tal. Globina, do katere se urejajo temeljna tla, je praviloma ≤ 30 cm.
- izboljšanje in plitve sanacije temeljnih tal. Plitve sanacije se praviloma izvajajo do globine ≤ 4 m pod planumom temeljnih tal.

Postopki za globinska izboljšanja/sanacije temeljnih tal (jet grouting, gruščnati koli, vibroflotacija) ne sodijo med zemeljska dela.

Dela v zvezi s pripravo temeljnih tal po tej TSPI vključujejo tudi:

- dobavo geoloških materialov iz zunanjih virov za plitve sanacije, če le-teh ni na voljo v izkopih na trasi, ter njihovo vgradnjo,
- dobavo veziv za tretiranje zemljin, razprostiranje in vmešavanje veziv ter zgoščanje z vezivi tretirane plasti,
- dobavo geosintetikov in njihovo vgradnjo,
- druge ukrepe, ki so predvideni s projektom ali se med gradnjo pokažejo za potrebne,
- vzdrževanje in/ali zaščito planuma temeljnih tal do nadgradnje.

Ukrepi za izboljšanje in/ali sanacijo temeljnih tal morajo biti določeni s projektom ali na osnovi predhodnega GG pregleda trase.

9.2 Osnovni materiali

Planum temeljnih tal se ureja:

- v geoloških materialih: zemljinah in kamninah, razvrščenih po TSPI PG. 05.201 in TSPI PG.05.100,
- v antropogenih mineralnih materialih, razvrščenih po preglednici 4.7 in okoljskih uredbah
- na površini izboljšanih, stabiliziranih in/ali saniranih temeljnih tal.

Za izboljšanje in sanacijo temeljnih tal se uporabljajo:

- geološki materiali, pripeljani iz izkopov na trasi ali iz zunanjih virov dobave,
- geosintetiki,
- anorganska veziva za tretiranje zemljin,
- drugi materiali, kot je to določeno v projektu.

Planum temeljnih tal je mogoče urediti v vseh vrstah lokalno nastopajočih geoloških in antropogenih materialov, ki so okoljsko in tehnično ustrezni in zaradi biokemičnih in fizikalnih procesov ne bodo spremenili fizikalnih lastnosti v tolikšni meri, da bi te škodljivo vplivale na obnašanje objekta po izgradnji. Materiali v temeljnih tleh morajo omogočiti takšno pripravo in/ali zgostitev, da bodo ta sposobna prevzeti vse obremenitve, predvidene s projektom.

Za zamenjavo in premoščanje mehkih zemljin v temeljnih tleh in za sanacijo vrtač se prioriteto uporabljajo debelozrnati čisti in kompozitni gramozni materiali GrW, GrM, GrG ter zelo debelo zrnati materiali (Co, Bo, IBo).

V antropogenih tleh so lahko prisotni raznovrstni materiali in/ali onesnaževala. Če ni drugače določeno s projektom, je pri pripravi planuma treba upoštevati usmeritve iz točke 4.7.

9.3 Kakovost materialov

9.3.1 Geološki materiali

9.3.1.1 Osnovna določila

Zemljine in kamnine v temeljnih tleh morajo za namene izdelave planuma temeljnih tal ustrezati naslednjim zahtevam:

- vlažnost zemljine mora biti takšna, da sta pri zgoščanju dosegljivi predpisana zgoščenost in togost plasti pod planumom⁽⁹⁻¹⁾. Če s sušenjem in/ali tretiranjem z vezivi ni mogoče zagotoviti pogojev za učinkovito zgoščanje, je treba izvesti zamenjavo tal ali druge oblike sanacije
- zrnavostna sestava mora omogočati učinkovito zgoščanje z valjarji. Merilo za presojo ustreznosti sta koeficient enakomernosti ($C_U \geq 8$ (5)) in maksimalno zrno zemljine v plasti, ki se zgošča (maksimalno zrno do 2/3 debeline plasti)

- dopustna vsebnost humusnih in organskih primesi⁽⁹⁻²⁾. V planumu temeljnih tal, ki se nahajajo na globinah $\leq 0,5$ m pod planumom spodnjega ustroja, se vsebnost humusnih in organskih primesi kontrolira s kolorimetrijsko metodo po SIST EN 1744-1, točka 15.1. Referenčna raztopina se lahko obarva največ temno rumeno
- volumska stabilnost⁽⁹⁻³⁾. Presoja se v luči nabrekljivosti, kolapsa in občutljivosti na erozijo vselej glede na pričakovane spremembe napetostnih stanj v temeljnih tleh.

Opomba 9-1: Zgoščanje se lahko izvaja z valjarji, impulznim zgoščanjem, s težko padajočo utežjo, vibracijskimi ploščami idr. V Sloveniji se za zgoščanje prednostno uporabljajo valjarji, ki so jim prilagojeni zapisani kriteriji.

Opomba 9-2: Dopustno vsebnost organskih in humusnih zemljin v planumu je treba presojati v luči vplivov biokemične razgradljivosti, kapilarnosti in zmrzilske odpornosti na obnašanje in trajnost prometnice.

Opomba 9-3: Pripravi temeljnih tal v globokih vkopih v visoko prekonsolidiranih glinenih zemljinah (CIM, CIH) in mehkih kamninah, ki vsebujejo glino, je treba zaradi mehčanja in dvizkov po razbremenitvi namenjati ustrezno pozornost, podobno kot pri gradnji na mehkih tleh.

9.3.1.2 Zemljine

V planumu temeljnih tal, ko se ta nahaja tik pod⁽⁹⁻⁴⁾ kamnito posteljico, brez izkopa, sanacije ali tretiranja z vezivi ni dopustna prisotnost naslednjih zemljin:

- rodovitne zemlje,
- drobnozrnatih materialov iz skupine organskih mineralnih zemljin (SiO, ClO) in organskih zemljin (šote, Pt)
- vezljivih materialov iz skupine drobnozrnatih zemljin (gline Cl, melji Si) in sestavljenih zemljin z več kot 15 % finih zrn (clGr, clSa),
- nevezljivih materialov iz skupine enovito zrnatih materialov, kot so GrU, GrP, SaU, SaP, in tem podobnih, ter materialov, pri katerih z zgoščanjem ni moč zagotoviti stabilne strukture plasti. Orientacijska mejna vrednost ustreznosti je zahteva za $C_U > 8$ (5),
- zemljin, ki imajo največjo suho gostoto⁽⁹⁻⁵⁾, določeno po Proctorju, $\leq 1,450 \text{ Mg/m}^3$ in/ali pri optimalni vlagi sukcijo $> 1000 \text{ kPa}$,
- materialov, ki izkazujejo volumske deformacije pri preiskavi CBR $\geq 2 \%$.

Na mejnici med planumom temeljnih tal in kamnito posteljico mora biti izpolnjen kriterij filtrske stabilnosti.

Opomba 9-4: Določila glede zahtev za zemljine v planumu temeljnih tal je treba smiselno upoštevati glede na položaj planuma temeljnih tal glede na planum spodnjega ustroja, vrsto voziščne konstrukcije, višino nasipa ter sestavo in debelino deformabilnih tal pod planumom. Ukrepe izboljšanja/sanacije je treba prilagajati temeljnim tlem v povezavi z zahtevami konstrukcije. Npr.: Projekt lahko v določenih primerih dopušča, da na zelo mehkih temeljnih tleh ostanejo na mestu organske mineralne zemljine, šota, travna ruša ipd., zahteve za temeljna tla pa se prenesejo na premostitveni sloj. Tak je npr. primer gradnje nasipov cest na barjih.

V temeljnih tleh pod »visokimi« nasipi, npr. višine $> 10 \text{ m}$, lahko ostanejo v temeljnih tleh tudi visoko nabrekli zemljine, saj dodatne totalne napetosti ($\Delta\sigma_n$) zaradi nasipa preprečujejo, da bi prišlo do škodljivega nabrekanja/krčenja. Nasprotno pa je v globokih vkopih v visoko prekonsolidiranih glinah treba upoštevati vpliv zmanjšanja geoloških tlakov zaradi razbremenitve na nivoju planuma temeljnih tal in s tem povezane posledice na zemljine (nabrekanje, mehčanje).

Opomba 9-5: Nizka suha gostota je običajno kazalnik visoko plastične gline ali drugih zemljin z nestabilnimi minerali, npr. opalske zemlje. Ko je pri preiskavah po Proctorju ugotovljena nizka maksimalna suha gostota, npr. orientacijsko $< 1,45 \text{ Mg/m}^3$, je treba analizirati vzroke zanjo. To določilo ne velja za antropogene materiale, npr. EF pepepe, lahke agregate idr.

9.3.1.3 Kamnine

Planum temeljnih tal je možno urediti v kamninah vseh izkopnih kategorij, če ne vsebujejo topnih in drugih nestabilnih mineralov. Razvrščanje geoloških materialov glede na vsebnost vodotopnih soli je podano v SIST EN 16907 - 2. V Sloveniji pri gradnji prometnic na površini terena ni pričakovati kamnin s škodljivimi vplivi vodotopnih soli, prav tako tudi ne bazičnih in ultrabazičnih magmatskih kamnin z nestabilnimi minerali. Zato ta TSPI ne postavlja omejitev

glede vsebnosti topnih in nestabilnih mineralov. V primeru suma pojava le-teh se uporabijo določila iz SIST EN 16907- 2.

Kadar se v planumu temeljnih tal tik pod kamnito posteljico nahajajo mehke kamnine z visoko vsebnostjo mineralov glin in/ali druge kamnine z visoko sposobnostjo navzemanja vode in posledično hitrega preperevanja in mehčanja, morajo biti kamnita posteljica in nevezane nosilne plasti dimenzionirane za stanje preperele kamnine v podlagi, ali pa je treba izboljšati planum temeljnih tal v kamnini z vgradnjo ustrezne plasti gramoznega materiala z zahtevami za zaključne plasti ali zaščitnega geosintetika.

9.3.2 Geosintetiki

Postopki za presojo ustreznosti in določanje lastnosti geosintetika za rabo v različnih vrstah zemljin so podani v TSPI PG. 05.400. Pri pripravi temeljnih tal se prednostno uporabljajo naslednji geosintetiki:

- ločilno-filtrski.
- ojačitveni,
- drenažni.

Lastnosti geosintetika morajo biti določene v projektu in po potrebi preverjene med izvajanjem del z ozirom na zatečena stanja zemljine v podlagi.

9.3.3 Veziva

Vrste in količino veziv za tretiranje zemljin v planumu temeljnih tal se določi na osnovi potrditve recepture, izdelane pri predhodnih raziskavah po točki 5.4.2. Postopki izdelave recepture so opisani v TSPI PG. 05.300; krovna načela so podana v točki 4.8.

9.4 Način izvedbe (priprave temeljnih tal)

9.4.1 Grobo planiranje

Planum temeljnih tal je treba po izvedbi površinskega izkopa rodovitne zemlje ali potem, ko je doseženo s projektom določeno dno izkopa (širokega izkopa, izkopa za kanale, gradbene jame idr.), grobo splanirati in urediti z ustreznimi padci do odvodnikov, tako da bo v danih terenskih razmerah zagotovljeno čim boljše odvodnjavanje. Nagib planuma temeljnih mora biti načeloma enak nagibu planuma kamnite posteljice.

Delo mora biti izvedeno po projektu in teh TSPI.

Preden se prične z grobim planiranjem planuma, morajo biti izvedeni začasni ukrepi odvodnjavanja.

Po izvedbi posebnih geotehničnih del za globoko sanacijo temeljnih tal je treba pred izvedbo grobega planiranja podlago, na kateri se bo urejal planum (praviloma je to povozni plato), pregledati, odstraniti gradbene odpadke in druge snovi, nastale pri sanacijskih delih.

9.4.2 Priprava planuma temeljnih tal z mehanskim zgoščanjem

Priprava planuma temeljnih tal z mehanskim zgoščanjem je možna:

- ko so indeksne lastnosti in parametri stanja zemljine primerni za mehansko zgoščanje (glej TSPI PG.05.202),
- ko je podlaga plasti, ki se zgošča, dovolj toga in
- ko je globina do gladine podzemne vode dovolj velika, da med zgoščanjem ne pride do črpanja podzemne vode in migracije finih delcev iz podlage navzgor v planum.

Za mehansko zgoščanje z valjarji za pripravo planuma temeljnih tal niso primerne:

- rodovitne zemlje,
- zemljine, pri katerih naravna vlažnost zemljine ne omogoča doseganja zahtevane zgoščenosti in/ali ustrezne togosti plasti po zgostitvi,
- zemljine, katerih največje zrno presega 2/3 debeline plasti, ki se zgošča,
- enovito zrnate zemljine in zemljine s slabo stopnjevano zrnavostjo,
- zelo visoko plastične zemljine, visoko organske mineralne zemljine, šota,
- zemljine, katerih lastnosti so podane v točki 9.3.1.2, ko se planum temeljnih tal nahaja tik pod kamnito posteljico.

Temeljnih tal v zemljinah, ki imajo v naravnem stanju višjo suho gostoto, kot je maksimalna gostota po Proctorju oz. kot je pri dani vlagi dosegljiva gostota po zgoščanju, in v kamninah, ne glede na kategorijo izkopa, ne zgoščamo.

9.4.3 Zamenjava neustreznih zemljin pod planumom temeljnih tal

Globino izkopa za delno ali popolno zamenjavo neustreznih temeljnih tal se določi s projektom in potrdi z izvedbo kontrolnih GG preiskav pred začetkom izvedbe zemeljskih del.

Če v projektu ni drugače določeno, se za zamenjavo neustreznih zemljin pod planumom temeljnih tal uporabljajo čisti in kompozitni gramozi (GrW, GrM in GrG). Za zamenjavo se lahko uporabijo tudi zelo debelozrnati materiali, Co in Bo ter sestavljene nevezljive zemljine (siGr). Možnost rabe sestavljenih zemljin je odvisna od gladine podzemne vode ter zahtev prepustnosti in mora biti preverjena na poskusnem polju.

Raba gramozov GrU in GrP je možna pri posebni kombinaciji zamenjave v globljih plasteh, npr. v spodnjih delih kamnitih pet. Pri zelo plitvih sanacijah raba gramozov iz skupin GrU in GrP ni priporočljiva.

Delna zamenjava neustreznih tal se v mehkih vezljivih zemljinah praviloma dopolnjuje z vgradnjo ločilno-filtrskih in/ali ojačitvenih geosintetikov.

Kadar zaradi visoke gladine podzemne vode tudi z zamenjavo materialov ni moč pričakovati zahtevane togosti na planumu, se zamenjavo lahko izvede samo z zelo debelozrnatimi, po možnosti drobljenimi kamnitimi materiali Co, Bo in IBo in/ali v kombinaciji z gabioni ali armiranjem plasti v območju zamenjave.

Izvedba del pri zamenjavi temeljnih tal poteka smiselno, po načelu gradnje nasipov po točki 11, upošteva globino izkopa za zamenjavo ter lokalne hidrogeološke razmere.

9.4.4 Tretiranje zemljin v temeljnih tleh z vezivi – tretiranje na licu mesta

9.4.4.1 Splošna določila

Tretiranje zemljin z vezivi na licu mesta se izvede v naslednjih primerih:

- ko so zemljine v temeljnih tleh preveč vlažne za učinkovito zgoščanje, tudi ko dela potekajo v suhem vremenu. Ukrep se predpiše v projektu ali na pobudo NKK med gradnjo;
- ko se v planumu temeljnih tal nahajajo visoko plastične, volumsko nestabilne zemljine, podvržene nabrekanju in krčenju, in sicer na globinah, kjer so dodatne napetosti zaradi nadgradnje z voziščno konstrukcijo manjše od nabrekalnih tlakov. Možni ukrep je stabilizacija z vezivi. Ukrep se predpiše v projektu;
- ko so v planumu temeljnih tal prisotne zemljine, občutljive na kolaps, utekočinjenje in/ali erozijo. Možni ukrep je izboljšanje in/ali stabilizacija z vezivi. Ukrep se predpiše v projektu ali na pobudo NKK med gradnjo;

- ko hidrogeološke razmere v temeljnih tleh omogočajo tretiranje z vezivi kot alternativo sanaciji s plitvim nadomeščanjem.

Homogeno vmešavanje veziv v zelo visoko plastične zemljine (CIV) je težavno. Postopek vmešavanja veziva v tako zemljino bo morda potrebno izpeljati v dveh stopnjah rezkanja in posipanja, kar je treba upoštevati pri popisu del.

Prašenje ob razprostiranju veziv je omejitveni okoljski dejavnik pri odločanju za ukrepe tretiranja zemljin z vezivi v temeljnih tleh na licu mesta. Obvladovati ga je mogoče z:

- rabo tehnološke opreme z zaščitnimi pokrovi proti prašenju,
- mešanjem izkopane zemljine in veziva v stacionarni mešalni napravi ali mešanjem v plasti pod provizoričnimi šotori in vračanjem mešanice nazaj v izkop. Ta ukrep je treba ekonomsko preveriti. V slovenskem geološkem okolju se zelo redko uporablja pri zemeljskih delih za gradnjo prometnic.

Zahteve za lastnosti stabilizirane zemljine morajo biti vedno določene v projektu; zahteve za lastnosti izboljšane zemljine so lahko podane v projektu, lahko se določijo med gradnjo glede na zatečeno stanje, ali pa se uporabijo zgolj zahteve za zgoščenost in togost plasti iz zemljin iz preglednice 9.4. Tak pristop je skladen z določili SIST EN 16907- 4 in nacionalnimi izkušnjami. Način podajanja zahtev in kontrole kakovosti izboljšane zemljine je treba pred začetkom del dogovoriti s projektantom in nadzornikom in pridobiti njuno soglasje.

9.4.4.2 Izvedba

Postopki izvedbe tretiranja, tehnološka oprema za tretiranje ter podrobnosti glede vrednotenja rezultatov preiskav in analize sprejemljivosti ukrepa v primerjavi z drugimi postopki sanacije ali izboljšanja temeljnih tal so opisani v TSPI PG 05.300.

V temeljnih tleh se tretiranje z vezivi praviloma izvaja po postopkih na licu mesta in ne z izkopavanjem in mešanjem izkopane zemljine v stacionarni napravi ter vračanjem mešanice nazaj v izkop.

Razprostrto vezivo je treba zmešati z zemljino z ustreznimi stroji (frezami). Debelina plasti za tretiranje z vezivi je odvisna od vrste zemljine na mestu in vrste stroja za vmešavanje. Praviloma je debelina ene plasti, tretirane na licu mesta, > 15 cm in < 30 cm (merjeno v zgoščenem stanju), pri debeložrnatih materialih je lahko tudi večja. Globina homogenega vmešavanja veziva mora doseči celotno plast, predvideno za tretiranje.

Za zagotovitev enakomerne in primerne vlažnosti tretirane zemljine je treba po potrebi na primeren način dozirati (pršiti) vodo.

Z mešanjem mora biti zagotovljena enakomernost mešanice zemljine, veziva in vode v vsej projektirani debelini plasti.

Čas, v katerem morajo biti dokončani zgoščanje mešanice in dela na planumu, je odvisen od vrste veziva in zemljin, namena tretiranja in vremena v času izvajanja del.

Vrsta valjarjev za zgoščanje je odvisna od vrste mešanice in se določi na poskusnem polju. Običajno se uporabljata najmanj dve vrsti valjarjev: valjarji s strukturirano bandažo (ježi) in vibracijski valjarji.

Za vmešavanje veziva v zemljino so pri novogradnjah in rekonstrukcijah prometnic na daljših homogenih odsekih primerni samo namenski stroji (freze), katerih tehnične karakteristike so prilagojene tudi okoljskim zahtevam glede zaščite proti prašenju. Pri rekonstrukcijah občinskih in drugih nekategoriziranih cest se lahko uporabijo tudi nenamenski stroji, npr. traktorji s kmetijskimi plugi ali frezami, a le, če lahko izpolnijo tehnične zahteve glede globine in homogenosti vmešavanja veziva ter okoljske zahteve glede nadzora prašenja.

Provizorični protiprašni ukrep je na majhnih gradbiščih tudi ročno polaganje vreč z vezivom na podlago in nato ročno odpiranje vreč in ročno posipanje veziva.

9.4.5 Sanacija temeljnih tal s premoščanjem

Primerna je takrat, ko je gladina podzemne vode plitvo pod planumom ali na nivoju planuma temeljnih tal in izkopi mehke zemljine za zamenjavo niso smiselni, tretiranje z vezivi pa ni možno.

Na temeljna tla, s katerih je bila predhodno odstranjena rodovitna zemlja, lahko pa tudi ne, se položi ločilno-filtrski in/ali ojačitveni geosintetik in nanj nasuje plast zelo debeložrnatih materialov iz skupine Bo, Co, oz. debeložrnatih in kompozitnih gramoznih materialov iz skupine GrW, GrM in GrG. Prve kontrolne meritve se opravijo na planumu prve nasute plasti.

Kontrolne meritve na temeljnih tleh se v tem primeru po potrebi opravijo le za namene določitve optimalne debeline prve nasute plasti, ne pa tudi za kontrolo kakovosti temeljnih tal. Vrsto meritev, ki se opravijo na temeljnih tleh za namene dimenzioniranja debeline premostitvene plasti, po lastni presoji izbere izvajalec (E_{VD} , IBI, c_U).

Vlogo premostitvene plasti lahko prevzame tudi povozni plato.

9.4.6 Sanacija vrtač pod planumom temeljnih tal

Sanacijo vrtač in drugih praznin v tleh, nastalih kot posledica raztapljanja in/ali izpiranja, je treba izvesti tako, da se ohrani naravna funkcija vrtače/ugreznine in prepreči nadaljnje izpiranje zemljin po izgradnji prometnice.

V večini primerov je treba način izvedbe sanacije vrtač in ugreznin določiti na licu mesta, glede na njihovo velikost, globino in obliko. Projektant mora predvideti možnost pojavov vrtač in drugih ugreznin in jih vključiti v popise del, da se pridobi enotna cena za izvedbo sanacije. Priporočljivo je, da se v okviru projektov prometnic, ki potekajo preko kraških in/ali ugrezninskih območij, izdelajo tipske rešitve za različne oblike in velikosti vrtač in/ali ugreznin.

Najpogostejši ukrep za sanacijo vrtač in ugreznin, nastalih zaradi izpiranja, je izvedba nasutja iz skal in kamenja iz izkopov v 5. in 6. kategoriji in gramozov iz izkopov 3. kategorije.

Dela pri sanaciji vrtač z zasipanjem se izvajajo v 3 fazah:

- čiščenje brežin in izkop zemljin (naplavin, preperin v vrtači) do dna vrtače oz. do raščene skalne (matične) podlage. Izkopi se izvedejo skladno z določili točke 8. V primeru zelo debelih nanosov (> 5 m) ali ozkih in globokih vrtač (brezen) je treba posebej analizirati druge variante sanacije, npr. z betonskimi ali jeklenimi premostitvenimi objekti čez vrtačo/brezno,
- priprava »stopnice oz. ležišča« v dnu vrtače za namet skal,
- namet skal in sukcesivno zasipanje vrtače z materiali, ki v smeri od dna navzgor sledijo filtrskemu pravilu, ter komprimiranje nasutih plasti.

Nad zaključno plast zasute vrtače pred končno ureditvijo planuma temeljnih tal se načeloma vgradita ojačitveni in/ali ločilno-filtrski geosintetik.

Kontrola kakovosti plasti v zasipih vrtače se izvaja smiselno, po določilih, ki veljajo za zasipe, po točki 11, lahko pa tudi z uporabo drugih postopkov, npr. georadarja in penetracijskih preskusov, če pristojni strokovnjaki to ocenijo za primerno.

9.4.7 Ojačitev temeljnih tal z geosintetiki na nivoju planuma temeljnih tal

Projektiranje, dimenzioniranje, vgrajevanje, vpenjanje in sidranje ter prekrivanje geosintetikov za ojačitev temeljnih tal ali premoščanje vrtač in ugreznin v temeljnih tleh določa TSPI PG.05.400. Ukrep ojačitve mora biti obdelan v projektu in zajet v popisih del.

9.4.8 Zgoščevanje

Naravna temeljna tla, z vezivi tretirane zemljine v temeljnih tleh in zemljine pri izvajanju zamenjave ter premoščanja temeljnih tal je treba zgostiti v polni širini plasti z valjarji, katerih učinki so bili predhodno preverjeni na poskusnem polju, postopki zgoščanja in delovne nastavitve stroja pa opisani v TE.

Čas, v katerem mora biti zaključeno zgoščanje z vezivi tretiranih zemljin, je odvisen od:

- vrste veziva,
- temperature zraka,
- namena tretiranja.

Informativni časi reakcije za značilne mešanice zemljine in veziv morajo biti navedeni v TE in skladni z določili TSPI PG.05.300.

V zemljinah, ki niso primerne za zgoščanje z valjarji, se uporabijo drugi stroji, npr. stroji s težko padajočo utežjo ali impulznim zgoščanjem. V tem primeru je treba ugreznine, nastale pod padajočo utežjo, zapolniti, površine pa izravnati in nasuti z najmanj 20 cm debelim slojem čistih in/ali kompozitnih gramozov tipa GrW, GrM in GrG in nato zgostiti z valjarjem.

Vsa za valjarje nedostopna mesta je treba utrditi z drugimi zgoščevalnimi sredstvi.

Vlažnost zemljin v plasti, v kateri se ureja planum (naravna temeljna tla, nadomestna tla, z vezivi tretirana tla), mora pred pričetkom valjanja ustrezati pogojem, kot jih določa potek Proctorjeve krivulje za izbrani material in za zahtevano stopnjo zgoščenosti.

Planuma temeljnih tal ne zgoščamo v kamninah in visoko prekonsolidiranih zemljinah, kot tudi ne v zemljinah, za katere NKK in ZKK ocenita, da bi se ob zgoščanju lahko razmere v temeljnih tleh poslabšale.

Zgoščanje praviloma poteka od zunanjih robov plasti proti sredini in od nižjega dela plasti proti višjemu. Po zaključenem zgoščanju je treba izmeriti zgoščenost in togost plasti skladno s programom povprečne pogostnosti preiskav.

Iz planuma v prekonsolidiranih zemljinah, ki se niso zgoščale, se odvzamejo kontrolni intaktni vzorci za določitev vlage, gostote in po potrebi sukcije.

Če se po zgoščanju in prevzemu planuma temeljnih tal ne nadaljuje takoj z vgrajevanjem nasipov, drenažnih plasti, klinov ali kamnite posteljice, ali ko se oceni, da so vremenske razmere škodljivo vplivale na stanje planuma, mora izvajalec NKK pred nadaljevanjem del ponovno preveriti vlago in gostoto zemljin in togost planuma temeljnih tal. Če ponovljene meritve dokažejo ustrezno kakovost, se lahko nadaljuje z deli, sicer je treba izvesti sanacijo.

Stroške ponovljenih meritev in morebitne sanacije poškodovanega planuma nosi izvajalec.

9.4.9 Posebnosti v temeljnih tleh

Kadar se v temeljnih tleh naleti na arheološke objekte, odpadke ali druge ovire, je izvajalec o tem dolžan obvestiti nadzornika in začasno prekiniti dela do prejema nadaljnjih navodil.

Kadar je nagib podlage, na kateri se ureja planum temeljnih tal, večji od 1:5, mora biti podlaga pred začetkom zgoščanja stopničena. Postopki stopničenja in ravnanj v območju prehodnih con so opisani v točki 3.7, postopki izvedbe klinov pa v točki 11.4.7.3.

9.5 Kakovost izvedbe

9.5.1 Opis

Kakovost izvedbe plitve sanacije temeljnih tal in priprave planuma temeljnih tal preverjamo glede na naslednje zahteve:

- vrsta in lastnosti zemljine (kamnine) v temeljnih tleh, nadomestnih plasteh, geosintetiki,
- zgoščenost in vlaga materiala v plasti,
- togost plasti,
- lastnosti z vezivi tretirane zemljine,
- ravnost in višina planuma.

Projektant lahko pri projektiranju prometnice uporabi v tem TSPI podane zahteve, lahko pa predpiše tudi drugačne. V primeru neskladnosti zahtev v različnih dokumentih je treba odločitev sprejeti v dogovoru med projektantom, nadzornikom in izvajalcem.

9.5.2 Postopki preiskav

Lastnosti geoloških in nadomestnih materialov ter zgoščenost in togost vgrajenih plasti v temeljnih tleh preverjamo po postopkih v preglednicah 9.1 in 9.2, upoštevaje posebnosti, pojasnjene v drobnem tisku pod preglednicama.

Preglednica 9.1: Preiskave in meritve za kontrolo kakovosti pri zgoščanju zemljin pri zemeljskih delih

Zap.št.	Lastnost	Metoda preiskave
1	2	3
	Lastnosti zemljine	
1	Vlažnost, w (%)	SIST EN ISO 17892-1
2	Zrnastostna sestava ¹ ; C_u , C_c	SIST EN ISO 17892-4 in/ali SIST EN 933-1
3	Atterbergove meje plastičnosti ² , w_p , w_L , I_p , (%)	SIST EN ISO 17892-12
4	Potencialna prisotnost humusnih in organskih snovi	SIST EN 1744-1, tč. 15.1
5	Razvrstitev	TSPI PG. 05.201
6	Preskus po Proctorju ³ , w_{opt} (%), ρ_{dmax} (Mg/m ³)	SIST EN 13286-2
	Lastnosti vgrajene plasti	
7	Gostota in vlažnost, meritve na terenu ρ , ρ_{dmax} (Mg/m ³), w (%) - izotopski merilnik - nadomestni postopki	TSC 06.711 TSC 06.712
8	Deformacijskih moduli (togosti plasti) ⁴ - dinamični deformacijski modul – E_{vd} (MN/m ²) - statični deformacijski modul – $E_{v1,2}$ (MN/m ²)	TSC 06.720
9	Kontinuirana kontrola zgoščanja CCC (DMV) ⁵	TSC 06.713 SIST TS CEN/TS 17006
10	Ravnost cm/4m in višina planuma	TSC 06.610

¹laboratoriji z akreditirano dejavnostjo so v Sloveniji uveljavili rabo preiskave zrnastosti zemljin po postopkih, ki veljajo za kamninski agregat po SIST EN 933-1. Formalno, glede na EC 7, to ni pravilno. Ker v zemeljskih delih poudarjamo načelo, da je bolj od same natančnosti merjenega podatka pomembna splošna (celovita) slika obnašanja materiala, ta TSPI tolerira rabo obeh postopkov, prednost pa daje postopku po SIST EN ISO 17892-4, ki ga uveljavlja EC 7.

² na sestavljenih zemljinah je včasih težko pridobiti zadostno količino drobnih zrn za preiskavo Atterbergovih meja plastičnosti. V takih primerih se dopušča določitev MB (SIST EN 933-9), še primernejša pa je določitev w_A po Enslin Neff (po DIN 18132).

³odločitev za izbiro nabijalne energije (SPP, MPP) pri izvedbi Proctorjevega testa temelji na zrnavostni sestavi in lastnostih finih zrn. Načeloma velja, da je treba vse materiale tipa Co ter čiste in kompozitne gramoze nabijati po MPP. V primeru materialov tipa siGr in clGr je treba v okviru NKK in ZKK opraviti primerjalni test nabijanja po MPP in SPP. Kot referenčne vrednosti veljajo vrednosti tistega postopka, ki so višje. Za zelo debelo zrnate materiale, z zrni velikosti >63 mm, običajni Proctorjevi kalupi niso primerni, opreme za nabijanje v velikih kalupih ni ali je zastarela. V takih primerih je treba postopke določanja zgoščenosti in togosti dogovoriti med nadzornikom, NKK in ZKK in jih zapisati v TE. Med najprimernejše sodi uporaba CCC, lahko pa se preverijo tudi drugi postopki, npr. deflektograf.

^{4,5}raba valjarjev z vgrajenim sistemom CCC je zelo primerna na zelo debelo zrnatih materialih, ko točkovne meritve gostote in togosti niso primerne.

⁵na magnitudo DMV vplivajo vrsta in homogenost zemljine, vlažnost in homogenost togosti podlage. V zemljinah z > 15 % finih zrn CCC ni moč kalibrirati glede na točkovne meritve $E_{v1,2}$ in D_{PR} . Valjarji z vgrajenim sistemom CCC lahko detektirajo nehomogenosti v tleh, npr. zasipe nad cevni vodi, šibka mesta-plombe ipd..

Z rabo CCC se obseg točkovnih meritev lahko zmanjša. Dejanski obseg zmanjšanja števila točkovnih meritev NKK in ZKK se oceni pri izdelavi programa povprečne pogostosti preiskav, z ozirom na velikost in homogenost odsekov, ki se zgoščajo, glede na vrsto materialov v plasti in lastnosti podlage ter na osnovi izkušenj.

Preglednica 9.2: Preiskave in meritve za kontrolo kakovosti – dopolnilne preiskave pri rabi pogojno uporabnih drobnozrnatih in sestavljenih vezljivih zemljin ter visoko prekonsolidiranih zemljin

Zap. št.	Lastnost ¹	Metoda preiskave
1	2	3
	Lastnosti zemljine	
1	Preskus - kalifornijski indeks nosilnosti CBR (%) - neposredni indeks nosilnosti IBI (%) - linearno nabrekanje (%)	SIST EN 13286-47
2	Preskus s konusom, c_u (kPa), občutljivost, Sc (-)	SIST EN ISO 17892-6
3	SWRC	kombinacija metod za merjenje sukcije
4	Adsorpcija vode – Enslin Neff, w_A (%)	DIN 18132
5	Metilen modro, MB, MBf, (g/kg)	SIST EN 933-9
6	Edometriški preskus, prilagojeni postopki za meritve nabrekanja in kolapsa	SIST EN ISO 17892-5 ASTM D 4546

^{1V} preglednici 9.2 so podane dopolnilne raziskave, pomembne pri identifikaciji visoko plastičnih in visoko prekonsolidiranih glin. S temi preiskavami ni moč identificirati drugih neugodnih lastnosti, npr. občutljivosti na erozijo, dinamične obremenitve ipd. Pri delu v zemljinah in v okoljih s posebnimi zahtevami je treba vključiti posebne, nestandarizirane postopke, npr. dinamične preiskave v enostavnih in triosnih strižnih aparatih.

9.5.3 Zgoščenost

9.5.3.1 Meritve gostote in vlage

Meritve gostote in vlage zemljin in z vezivi tretiranih zemljin praviloma izvajamo z izotopskim merilnikom po TSC 06.711.

Točnost rezultatov, pridobljenih z izotopskim merilnikom, je treba občasno preveriti z nadomestnimi postopki z vodo ali peskom po TSC 06.712 in/ali s kalibriranimi cilindri.

Kadar so v zemljinah prisotni minerali s kristalno vezano vodo ($x H_2O$) ali skupinami (O,OH), med take zemljine sodijo npr. pliocenske ilovice (kraške glin), ter v zelo heterogenih geoloških in/ali antropogenih materialih, je treba predhodno opraviti ustrezno natančne umeritve merilnika ali, še bolje, izotopskega merilnika ne uporabljati.

Izotopski merilniki morajo biti redno kalibrirani. Zapisi o izvedenih kalibracijah morajo biti stalno na voljo na vpogled nadzorniku.

Iz planumov v prekonsolidiranih zemljinah odvezujemo vzorce z rezanjem ali vrtanjem za določitev vlage, gostote in drugih preiskav po programu.

9.5.3.2 Zahteve zgoščenosti

Zahteve za zgoščenost temeljnih tal so določene glede na globino plasti, merjeno od planuma spodnjega ustroja navpično navzdol. Zahteve so podane v preglednici 9.3. Referenčna maksimalna suha gostota po Proctorju je za različne vrste zemljin določena po načelih, opisanih v opombah k preglednici 9.1.

V preglednici 9.3 podane zahtevane vrednosti zgoščenosti predstavljajo povprečne vrednosti posameznega prevzema. Spodnja mejna vrednost lahko od povprečne zgoščenosti odstopa največ 3 %. Zgoščenost mora na vsakem merilnem mestu dosegati najmanj spodnjo mejno vrednost.

Če nadzornik na osnovi rezultatov preiskav NKK in/ali ZKK naknadno ugotovi neustrezno zgoščena mesta, samostojno odloči o nadaljnjih ukrepih.

Preglednica 9.3: Minimalne zahtevane zgoščenosti in togosti plasti – temeljna tla

Plast, globina pod planumom spodnjega ustroja (PSU) ¹	D _{PR} (%)	E _{VD} ² (MN/m ²)	E _{v2} ² (MN/m ²)	Δ _{DMV} (%)	SD _{DMV} (%)
Planum temeljnih tal = PSU, plast iz gramoza	98	30	60	≤ 5	≤ 20
do 0,5 m pod PSU ³	98	25	40	≤ 5	≤ 20
0,5 m do 2 m pod PSU	95	20 (10) ⁴	30 (15)	≤ 5	≤ 20
> 2 m pod PSU	92	-	-	≤ 5	≤ 20
Zasipi					
(0,3 m do 2 m) pod PSU	98	30			
> 2 m pod PSU	95				
Tesnilni sloj	95	(15)			

Opombe k preglednici 9.3:

¹velja za naravne zemljine v temeljnih tleh in za nadomestne sloje iz zemljine po sanaciji

² minimalne zahteve za togost in zgoščenost z vezivi tretiranih zemljin so določene v TSPI PG.05.300

³ v primeru, ko je planum temeljnih tal hkrati tudi planum spodnjega ustroja (glej tudi sliko 3.2) in kamnita posteljica (KP) nalega neposredno na planum temeljnih tal, je zahtevana togost planuma temeljnih tal odvisna od projektirane debeline KP in zahtevane (projektirane) togosti na planumu KP. Projektant voziščne konstrukcije lahko predpiše drugačne zahteve za togost na planumu temeljnih tal, izvajalec pa mora na poskusnem polju dokazati, da bo ob predpisani debelini KP in razpoložljivem materialu za KP moč izpolniti zahteve togosti na planumu KP.

⁴Vrednosti v oklepaju veljajo za vezljive zemljine

D_{PR} (%): stopnja zgoščenosti, podana kot razmerje ρ_d/ρ_{dmax} . Energijo zgoščanja je treba izbrati glede na vrsto zemljine. Načeloma velja, da se za debelozrnate zemljine uporablja MPP, za drobozrnate pa SPP. V primerih nejasnosti se izvedejo paralelni preskusi MPP in SPP in na osnovi le-teh odredijo referenčne vrednosti

Δ_{CCC} (%): prirast DMV, merjen s CCC, med dvema zaporednima vibracijskima prehodoma valjarja v isti kolesnici

SD_{CCC} (%): standardna deviacija od povprečne vrednosti meritve CCC

Razmerje deformacijskih modulov E_{v2} : E_{v1} sme znašati največ 2,2 oz. največ 3 za čiste gramozne materiale. Kadar vrednost E_{v1} presega 50 % zahtevane vrednosti E_{v2}, zahtevano razmerje ni odločilno za vrednotenje ustreznosti togosti.

9.5.4 Togost/deformacijski moduli planuma

9.5.4.1 Meritve togosti

Meritve togosti plasti iz zemljin in tretiranih zemljin se izvajajo po TSC 06.720:

- po postopku s krožno obremenilno ploščo z lahko padajočo utežjo za določitev vrednosti dinamičnega deformacijskega modula E_{VD} in/ali
- po postopku s krožno obremenilno ploščo za določitev vrednosti statičnih deformacijskih modulov E_{V1} in E_{V2} .

Čas, v katerem se izvajajo meritve togosti z vezivi tretiranih plasti, je odvisen od vrste dodnega veziva in vrste mešanice in mora biti določen v TE in v skladu s TSPI PG.05.300.

Pri meritvah togosti plasti na materialih Co in Bo je treba paziti na veljavnost meritev zaradi vplivov velikih zrn v plasti. Po potrebi je treba izbrati obremenilno ploščo velikega premera ali rabo drugih postopkov, npr. CCC ali deflektometra (FWD).

Vedno je treba kombinirati vse meritve po preglednici 9.3. Dokazovanje kakovosti samo z meritvami E_{VD} ni zadostno, razen v primeru, če s programi povprečne pogostnosti to ni izrecno opredeljeno.

9.5.4.2 Zahteve togosti

Zahteve togosti so podane v preglednici 9.3. Podane vrednosti togosti predstavljajo spodnje mejne vrednosti.

Če nadzornik na osnovi rezultatov preiskav NKK in/ali ZKK naknadno ugotovi neustrezno zgoščena/utrjena mesta, samostojno odloči o nadaljnjih ukrepih.

9.5.5 CCC – Postopki kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev

9.5.5.1 Meritve CCC

Meritve CCC so zasnovane na medsebojnem vplivu v nihanje vzbujene jeklene bandaže dinamičnega valjarja in materiala v plasti pod njo.

Rezultati meritev CCC so odvisni od vrste materiala, debeline in homogenosti togosti plasti, značilnosti podlage in od vrste in nastavitve stroja za zgoščanje. Zato zahtev za vrednotenje rezultatov meritev CCC ni moč podati na način, kot to velja za meritve togosti (E_v) ali zgoščenosti (D_{PR}).

Na magnitudo merilne vrednosti DMV vplivata vrsta zemljine, zlasti vsebnost finih zrn, in vlažnost.

Na debelozrnatih zemljinah z $< 15\%$ finih zrn in vlago $w < w_{opt}$. (Bo, Co, GrW, GrM, GrG) so korelacije med DMV in togostjo, merjeno z obremenilnimi ploščami ($E_{V1,2}$, E_{VD}), običajno dobre.

Na sestavljenih zemljinah z $> 15\%$ finih zrn so DMV zelo odvisne od vlage, zato korelacije in kalibracije valjarja pogosto ni moč izvesti. Neenakomerna sestava zemljine v plasti pogojuje neenakomerno naleganje bandaže in s tem daje za vrednotenje zgoščenosti neuporabne vrednosti. Zato mora biti raba CCC pri sanacijah temeljnih tal in zgoščanju planuma temeljnih tal skrbno preiščena.

Globina meritve CCC je praviloma večja od globine zgoščevalnega učinka valjarja.

Meritve CCC je treba izvajati skladno s TSC 06.713 in SIST TS CEN/TS 17006, upoštevaje vse vplive na meritve in globino vplivov, ki jih zajamejo različno težki valjarji. V preglednici 9.4 so podane informativne vrednosti globine merjenja CCC z uporabo različnih valjarjev.

Preglednica 9.4: Informativne globine merjenja CCC za valjarje z enim bobnom in gladko bandažo (po SIST TS CEN/TS 17006), velja za gramozne zemljine

Valjar	Masa (t)	Statična o. (kN/m)	Nizka A (mm) ¹	Visoka A (mm) ²
Lahek	< 10	15 - 30	0,4 – 0,6 m	0,6 – 1,0 m
Srednje težek	10 - 15	20 - 40	0,4 – 0,8 m	0,6 – 1,5 m
Težek	15 - 22	40 - 60	0,6 – 1,2 m	1,0 – 2,0 m
Zelo težek	> 22	60 - 80	0,6 – 1,2 m	1,0 – 2,5 m

¹nizka amplituda (0,8 – 1,0 mm); ²visoka amplituda (1,5 – 2,0 mm)

9.5.5.2 Zahteve za meritve CCC (DMV)

V zemeljskih delih se za vrednotenje meritev CCC uporabljata kriterija:

- $\Delta_{CCC}(\%)$: prirast DMV, med dvema zaporednima vibracijskima prehodoma valjarja v isti kolesnici $\leq 5\%$, in
- $SD_{CCC}(\%)$: standardna deviacija od povprečne vrednosti meritve CCC $\leq 20\%$.

V kolikšnem obsegu lahko raba CCC nadomesti in zmanjša obseg točkovnih meritev togosti (E_{v2} , E_{vD}) in gostote oz. zgoščenosti, je pri zemeljskih delih odvisno od v točki 9.5.5.1 opisanih vplivov ter pridobljenih izkušenj pri rabi CCC na podobnih zemljinah. Ta TSPI zaradi pomanjkanja izkušenj ne predvideva zmanjšanja obsega točkovnih meritev gostote in togosti na planumu temeljnih tal ob uporabi CCC. Izvajalec in nadzornik se glede na rezultate s poskusnih polj in po analizah meritev na homogenih odsekih pri rednih delih na trasi lahko dogovorita za obseg zmanjšanja točkovnih meritev ob rabi CCC.

9.5.6 Kakovost izvedbe - zahteve za zemljine v temeljnih tleh, tretirane z vezivi

9.5.6.1 Osnove

Zahteve za kakovost plasti iz tretiranih zemljin v temeljnih tleh je treba določiti na podlagi položaja/globine z vezivi tretirane plasti glede na planum spodnjega ustroja (PSU) oz./ali glede na planum kamnite posteljice (KP) Obseg preiskav (meril) in strogost zahtev glede kakovosti izvedbe tretirane plasti se razlikujejo glede na:

- namene tretiranja (izboljšanje vgradljivosti, stabiliziranje nabreklih glin idr.),
- zahteve za zgoščenost in togost kamnite posteljice, kadar ta nalega neposredno na temeljna tla in je tretiranje namenjeno tudi izdelavi planuma izboljšanih temeljnih tal.

TSPI PG.05.300 določa različne nivoje zahtev ter merila za vrednotenje kakovosti z vezivi tretiranih zemljin. Projektant lahko predpiše drugačne zahteve od tistih, predpisanih v tej TSPI in v TSPI PG.05.300. Pri določanju nivoja zahtev oz. kategorij (IBI, CBR, DC itd.) je treba spoštovati določila SIST EN 16907 – 4 .

9.5.6.2 Ni posebnih zahtev

Kadar se tretiranje zemljin z vezivi v temeljnih tleh izvaja samo zaradi izboljšanja vgradljivosti preveč vlažne zemljine na licu mesta, planum temeljnih tal pa se nahaja > 1 m pod planumom kamnite posteljice, so zahteve za zgoščenost in togost plasti iz z vezivi izboljšane zemljine enake, kot so podane v preglednici 9.3 za plasti iz naravne (netretirane) zemljine.

Preverjajo se vlažnost, zgoščenost in togost plasti.

Projektant lahko predpiše tudi drugačne zahteve.

9.5.6.3 Zahteve za izboljšane in stabilizirane zemljine – usmeritve in posebnosti

Kazalo lastnosti z zahtevami za tretirane zemljine, če te niso opredeljene v projektu, je podano v TSPI PG.05.300.

Posebnost: Tretiranje zemljin z vezivi ne rešuje volumske nestabilnosti temeljnih tal v vkopih v prekonsolidirane gline in mehke kamnine, ki vsebujejo glino zaradi zmanjšanja totalnih tlakov ob razbremenitvi ter nato sukcesivnega navzemanja vode in zniževanja sukcije.

9.5.6.4 Homogenost porazdelitve veziva v plasteh, tretiranih z vezivi, in zahteve

Homogenost posipa veziva in homogenost vgrajene mešanice je treba kontrolirati po postopkih, določenih v TSPI PG.05.300.

9.5.6.5 Homogenost porazdelitve vlage v plasteh, tretiranih z vezivi, in posebne zahteve

Homogenost porazdelitve vlage v plasteh, tretiranih z vezivi, se določa z meritvami vlage po postopkih, določenih v TSPI PG.05.300.

Kadar tretiranje poteka v visoko nabreklih zemljinah, v času visokih temperatur in nizke relativne vlage zraka, je treba, glede na okoliščine, izvesti dodatno kontrolo vlage mešanice z meritvami sukcije, z vgradnjo nivojskih merilnikov sukcije. Vrsto merilnika, globino vgradnje in čas opazovanj ter ukrepe predpiše projektant.

9.5.7 Ravnost in višina planuma temeljnih tal

9.5.7.1 Ravnost

Meritve ravnosti se opravijo po TSC 06.610.

Planum temeljnih tal lahko na 4 m dolžine – v poljubni smeri na os ceste – odstopa od merilne letve ali merilne ravnine:

- pri naravnih in nadomeščenih drobnozrnatih zemljinah ter izboljšanih in/ali kemično stabiliziranih temeljnih tleh največ 3 cm,
- pri debelo zrnatih zemljinah in v kamninah največ 5 cm.

Podana zahteva je zavezujoča za plasti do globine $\leq 0,5$ m pod planumom temeljnih tal. Na plasteh na večjih globinah se kontrole ravnosti ne izvajajo.

9.5.7.2 Višina

Višina planuma temeljnih tal sme na poljubnem mestu odstopati od projektirane kote:

- pri naravnih in nadomeščenih drobnozrnatih zemljinah ter izboljšanih in/ali kemično stabiliziranih temeljnih tleh največ $\pm 2,5$ cm,
- pri debelo zrnatih zemljinah in v kamninah največ $\pm 4,0$ cm

Podana zahteva je zavezujoča za plasti do globine $\leq 0,5$ m pod planumom temeljnih tal. Na plasteh na večjih globinah se kontrole višin ne izvajajo.

9.6 Preverjanje kakovosti izvedbe

9.6.1 Predhodni GG pregled trase in predhodne preiskave

9.6.1.1 Vrsta in obseg

Pred začetkom rednih del je treba preveriti skladnost GG razmer s projektno prognozo. Opraviti je treba GG pregled trase in predhodne preiskave odvzetih vzorcev na nivoju NKK.

Preveriti je treba skladnost naslednjih lastnosti:

- sestava/stratigrafija tal in gladina podzemne vode,
- razvrstitev zemljin in kategorizacija kamnin,
- uporabnost materialov iz trase.

Opraviti je treba tudi:

- predhodne preiskave geoloških materialov za plitve sanacije,
- preveritev ustreznosti veziv ter predhodne preiskave veziv in z vezivi tretiranih mešanic,
- preveritev ustreznosti in predhodne preiskave geosintetikov.

9.6.1.2 Preveritev skladnosti temeljnih tal s projektno prognozo

Z GG pregledom terena po odstranitvi rodovitne zemlje oz. v dnu izkopa na projektirani globini je treba preveriti, ali so GG razmere v temeljnih tleh skladne s prognozo po projektu. Če niso, je treba predlagati ustrezne ukrepe. Spremembe se lahko sprejmejo po dogovoru izvajalec – nadzornik ali kot dopolnitev projekta, ki jo pripravi projektant.

Ugotovitve geotehničnega pregleda se zapišejo v gradbeni dnevnik in/ali v poročilo o geotehničnem pregledu.

9.6.1.3 Predhodne preiskave zemljin iz temeljnih tal

Predhodne preiskave se opravijo na vzorcih zemljin, odvzetih na značilnih globinah v planumu oz. pod planumom temeljnih tal, praviloma iz raziskovalnih jaškov. Po presoji NKK, ZKK ali nadzornika se izvedejo tudi penetracijske ali druge meritve s sondiranjem, georadarjem in/ali drugimi geofizikalnimi metodami.

Kakovostni razredi vzorcev za določanje izbranih GG lastnosti zemljine so podani v Evrokod 7-2.

Predhodne preiskave za določitev lastnosti materialov v temeljnih tleh obsegajo vse tiste preiskave, ki so relevantne za zemljine po preglednici 9.2 oz. 9.3. V posebnih primerih vključujejo tudi dodatne kontrolne preiskave, npr. določitev koeficientov vodoprepustnosti, občutljivost na likvifikacijo ipd., vse po zahtevah projekta.

Pri načrtovanju predhodnih preiskav je treba smiselno upoštevati izkušnje, pridobljene med izvajanjem del na gradbiščih s podobnimi geotehničnimi razmerami.

Povprečna pogostnost NKK in ZKK temeljnih tal je podana v točki 13.

9.6.1.4 Predhodne preiskave kamnin iz temeljnih tal

Predhodne preiskave kamnin v temeljnih tleh se praviloma ne izvajajo. Pooblaščen geotehnični inženir opredeli vrsto, stanje in značaj kamnine ter izkopno kategorijo z vpisom v gradbeni dnevnik.

V primeru, če se v planumu temeljnih tal nahajajo mehke kamnine, s katerimi ni primerljivih izkušenj, se predhodne preiskave opravijo po navodilih projektanta in/ali nadzornika.

9.6.1.5 Predhodne preiskave antropogenih materialov iz temeljnih tal

Predhodne preiskave antropogenih materialov je treba prilagoditi vrsti materiala po preglednici 4.7. Preiskave antropogenih materialov geološkega izvora se opravijo skladno s točko 9.3.1.

Na materialih, za katere obstaja sum onesnaženja, se opravijo kemijske analize in analize izlužkov po določilih Uredbe o odpadkih in/ali določilih drugih veljavnih okoljskih predpisov.

9.6.1.6 Predhodne preiskave geoloških materialov za plitvo sanacijo in/ali nadomeščanje

Predhodne preiskave materialov iz trase se opravijo na vzorcih materialov, odvzetih na lokacijah izkopov ali na deponijah materialov iz izkopov na trasi.

Pri zunanjem dobavitelju se odvzemi vzorcev opravijo na deponijah v rudarskem ali predelovalnem obratu.

Predhodne preiskave obsegajo odvzem reprezentativnih vzorcev, ustrezno zaščito in transport vzorcev v laboratorij, izvedbo laboratorijskih preiskav ter izdelavo Poročila o preiskavah in oceni vgradljivosti materiala.

Vsebina in okvirni obseg predhodnih preiskav so podani v točki 13.

Pri načrtovanju obsega predhodnih preiskav se lahko smiselno upoštevajo rezultati predhodnih preiskav iz istega vira.

Izvajalec mora pred izdajo naročila za dobavo materialov iz zunanjih virov pridobiti soglasje nadzornika.

9.6.1.7 Predhodne preiskave geosintetikov

Opravijo se po določilih TSPI PG.05.400.

9.6.1.8 Predhodne preiskave veziv in z vezivi tretiranih zemljin

Vsebine predhodnih preiskav veziv in z vezivi tretiranih zemljin določa TSPI PG.05.300.

9.6.2 Preverjanje kakovosti materialov med vgrajevanjem in preiskave kakovosti vgrajenih plasti – tekoče preiskave

9.6.2.1 Kakovost geoloških materialov v temeljnih tleh

Kontrola kakovosti materialov iz temeljnih tal med gradnjo obsega preiskave za določitev:

- razvrstitve zemljin,
- vlažnosti, zrnave sestave, Atterbergovih meja plastičnosti,
- vsebnosti humusnih in organskih primesi,
- optimalne vlažnosti in največje gostote po Proctorju,
- drugih kazalnikov lastnosti, če predhodne preiskave to pokažejo za potrebno.

9.6.2.2 Kakovost geoloških materialov za sanacijo z nadomeščanjem in/ali premoščanjem

Pri izvajanju sanacije temeljnih tal z zamenjavo, za sanacijo vrtač in premoščanje se vzorčijo materiali iz nasute ali vgrajene plasti, za določitev:

- vlažnosti, zrnave,
- preiskave po Proctorju (po potrebi),
- druge preiskave, če predhodne preiskave to pokažejo za potrebno.

9.6.2.3 Kakovost zemljin, tretiranih z vezivi

Pri izvajanju tretiranja z vezivi se med gradnjo opravijo kontrolne preiskave po določilih TSPI PG.05.300.

9.6.2.4 Kakovost geosintetikov

Pri izdelavi plitvih sanacij in pripravi planuma temeljnih tal z uporabo geosintetikov se med gradnjo opravijo kontrolne preiskave geosintetikov po določilih TSPI PG.05.400.

9.6.2.5 Kakovost vgrajenih plasti

Preiskave planuma temeljnih tal po utrditvi (brez predhodne sanacije zemljin pod planumom in/ali po njej) vključujejo:

- meritve vlage in gostote,
- meritve togosti planuma po postopku s statično in dinamično krožno ploščo,
- zvezne meritve CCC kot priporočljivo dopolnitev točkovnih meritev,
- meritve prepustnosti, kadar je to zahtevano po projektu,
- meritve ravnosti in višine planuma,

- kontrolo homogenosti z vezivi tretirane plasti z meritvami pH in uporabo barvnega indikatorja.

V primeru dvoma v ustreznost materialov pod planumom temeljnih tal se po vgraditvi, po navodilih nadzornika, izvedejo razkopi skozi plast in odvzamejo kontrolni vzorci za določitev tistih parametrov, ki so merodajni za sprejetje končne odločitve o ustreznosti kakovosti.

Kakovost vgrajenih plasti pri sanaciji temeljnih tal se lahko kontrolira tudi z drugimi postopki, če projektant ali nadzornik to ocenita kot primerno in so podana ustrezna merila za vrednotenje rezultatov meritev:

- z georadarjem in drugimi nedestruktivnimi geofizikalnimi meritvami (npr. pri sanaciji vrtač z zasipanjem),
- s penetracijskimi preiskavami (CPT, SPT in drugimi sondažami).

9.7 Merjenje in prevzem izvedenih del

9.7.1 Merjenje del

Izvedena dela je treba meriti in izračunati v m² priprave planuma, oziroma v m³ vgrajenih materialov.

Količino vgrajenih geosintetikov se meri v m² prekrите površine.

Količine je treba izmeriti po dejansko izvršenem obsegu in vrsti del, ki so bila opravljena v okviru izmer po projektu.

Za vse vrste na gradbišče dobavljenih količin materialov za sanacijo temeljnih tal, veziv in geosintetikov je izvajalec dolžan predložiti ustrezna dokazila (izjave o lastnostih) in potrdila o količinah dobave.

9.7.2 Prevzem del

Nadzornik prevzame planum temeljnih tal skladno z zahtevami v projektu, tej TSPI in morebitnimi dodatnimi zahtevami, ki so predmet pogodbene dokumentacije za izvajanje del.

Planum temeljnih tal prevzame nadzornik⁽⁹⁻⁶⁾ po pisnem obvestilu izvajalca o dokončanju del, ki so vezana na pripravo temeljnih tal. Izvajalec mora pravočasno predložiti podatke in poročila NKK o skladnosti ter končno oceno o skladnosti, ki jo izda institucija oziroma ZKK.

Če se pri prevzemu del ugotovijo pomanjkljivosti in nedoseganje minimalnih zahtev kakovosti, je izvajalec dolžan odpraviti pomanjkljivosti preden nadaljuje z deli. Pomanjkljivosti je dolžan odpraviti na svoje stroške; ti zajemajo tudi stroške, vezane na vse dodatne meritve in preskuse, ki morajo biti izvršeni po odpravi pomanjkljivosti.

Investitor lahko v spornem primeru zahteva podaljšanje garancijske dobe za vsa dela, ki so odvisna od nepopravljenih del, za največ 5 let.

Opomba 9-6: Po pooblastilu nadzornika lahko prevzem opravi tudi ZKK. To določilo velja za vsa zemeljska dela in ne le za temeljna tla.

9.8 Obračun del

9.8.1 Splošno

Izvršena dela je treba obračunati skladno s točko 4.3 SPT (1989).

Količine izvršenih del je treba obračunati po pogodbeni enotni ceni. Izvedena dela je praviloma treba meriti in izračunati v m² dokončanega planuma ter v m³ materialov, uporabljenih za nadomeščanje, sanacijo vrtač in premoščanje.

V pogodbeni enotni ceni priprave planuma morajo biti zajete vse storitve, potrebne za popolno izvedbo planuma temeljnih tal.

9.8.2 Odbitki zaradi neustrezne kakovosti

Zaradi pogojene ustrezne kakovosti materialov, zgoščenosti in togosti plasti pod planumom temeljnih tal pri obračunu ni odbitkov.

Zaradi pogojene ravnosti in višine planuma temeljnih tal pri obračunu ni odbitkov.

Zaradi pogojene kakovosti veziv pri obračunu ni odbitkov.

Zaradi pogojene kakovosti ločilnih, filtrskih, ojačitvenih in zaščitnih geosintetikov pri obračunu ni odbitkov.

Za z vezivi tretirane zemljine se izračun odbitkov izvede po TSPI PG.05.300.

10 Drenažne in filtrske plasti, povozni plato

10.1 Opis

10.1.1 Opis del

Delo vključuje:

- izvedbo drenažnih in filtrskih plasti ter povoznega platoja,
- izvedbo drenažnih zasipov,
- ustrezno stopnjo predelave izkopanih kamnin in zemljin, da bodo izpolnjene zahteve za filtrske in/ali drenažne plasti in povozni plato,
- dobavo in vgraditev mineralnih materialov za drenažne in filtrske plasti ter povozni plato in drenažne zasipe iz zunanjih virov, če le-ti niso na voljo iz izkopov na trasi,
- dobavo in vgraditev geosintetikov za drenažne in filtrske plasti.

Zahteve za vrsto materialov, način vgrajevanja in kakovost vgradnje so odvisne od namena vgrajenih plasti, ki so:

- drenažne plasti, ki imajo strukturno vlogo, to so: plasti med planumom temeljnih tal in nasipom, plasti v nasipu za pospešitev konsolidacije, plasti med zaključno plastjo nasipa in kamnito posteljico,
- drenažni zasipi za stenami objektov, opornimi in podpornimi zidovi; kontaktni drenažni zasipi v prehodnih conah,
- drenažni zasipi kanalov,
- zasipi drenažno ojačitvenih reber na brežinah.

10.1.2 Drenažne plasti

Ustreznost mineralnih materialov za drenažne plasti se ocenjuje na osnovi razvrščanja, zrnastostne sestave, mehanskih lastnosti mineralnih zrn, kakovosti finih zrn, po potrebi koeficienta prepustnosti in izvedljivosti.

Dimenzioniranje drenaž in drenažnega geosintetika temelji na:

- izračunu prevodne sposobnosti pod obremenitvijo,
- trdnosti in »preživetju« geosintetika, določeno glede na obremenitve v času vgrajevanja in med obratovanjem.

Postopek dimenzioniranja drenažnih geosintetikov določa TSPI PG.05.400.

V objektih, v katerih je potrebno trajno delovanje in vzdrževanje drenažnih plasti, imajo mineralne drenažne plasti prednost pred drenažnimi geosintetiki.

10.1.3 Filtrske plasti, filtrska stabilnost in filtrsko pravilo

Za izračun zrnastostne sestave mineralnih filtrov se uporablja filtrski kriterij po USBR:

$$12 < d_{15F}/d_{15Z} < 40$$

$$12 < d_{50F}/d_{50Z} < 52$$

kjer pomeni:

d_{15F} – premer zrna pri 15 % presejku filtrskega materiala, v mm

d_{15Z} – premer zrna pri 15 % presejku zemljine, ki jo filter ščiti, v mm

d_{50F} – premer zrna pri 50 % presejku filtrskega materiala v mm

d_{50Z} – premer zrna pri 50 % presejku zemljine, ki jo filter ščiti, v mm.

Za izračun se lahko uporabijo tudi druge, naprednejše metode.

Kadar ni mogoče zagotoviti kriterija filtrske stabilnosti med zaledno zemljino in drenažno plastjo z enoslojnim filtrom, je treba uporabiti dvoslojni filter.

10.1.4 Filtrski kriterij za ločilne in filtrske geosintetike

Dimenzioniranje ločilnih in filtrskih geosintetikov je opisano v TSPI PG.05.400.

10.1.5 Ločilno-filtrske plasti v nezasičeni coni

Ločilno-filtrske plasti v zemeljskih delih preprečujejo migracijo in prestrukturiranje zrn na kontaktu dveh, po zrnnavostni sestavi različnih plasti, tudi če zemljine niso v zasičeni coni. V tem primeru se t.i. ločilno-filtrske plasti vgrajujejo samostojno, brez drenažne plasti.

Primer objekta z izbiro materialov za zasipe po načelu filtra so zasipi vrtač in drugih ugreznin, nastalih zaradi izpiranja. Primeri ločilno-filtrske plasti so na primer geosintetiki na mejnici med visoko prekonsolidirano glino (sivico) ali flišnim laporjem in kamnito posteljico.

10.1.6 Povožni plato

10.1.6.1 Vloga povoznega platoja

Povožni plato je nasuta plast iz dobro zgostljivega gramoznega materiala, malo občutljivega na vlago, vgrajena na temeljna tla z namenom, da se omogoči gradbiščni promet, transporti vseh vrst materialov med gradnjo in varna izvedba drugih del (uvrtavanje in zabijanje pilotov, zgoščanje z vibroflotacijo, vgradnja gruščnatih kolov, skladiščenje težkega gradbenega materiala za objekte ipd.).

Zahteve za materiale in debelino ter togost plasti povoznega platoja so zato odvisne od:

- zahtev tehnološke opreme za izvedbo globokega temeljenja in posebnih geotehničnih del za globoko sanacijo temeljnih tal,
- zahtev gradbiščnega prometa glede na načrtovane transportne obremenitve, sprejemljivo globino kolesnic in lastnosti temeljnih tal.

Povožni plato lahko v določenih primerih deluje tudi kot plast za premoščanje malo nosilnih temeljnih tal za namene nadgradnje z nasipi in/ali zgornjim ustrojem prometnice. V tem primeru mora biti med povoznim platojem in temeljnimi tlemi spodaj ter med povoznim platojem in kamnito posteljico zgoraj vgrajena ustrezno dimenzionirana ločilno-filtrska plast.

10.1.6.2 Načrtovanje zahtev za povozni plato

Gradnja povoznega platoja se lahko kombinira z rabo ločilnih in armaturnih geosintetikov/geomrež.

Debeline in zahteve za togosti planuma povoznega platoja se določijo na osnovi empiričnih diagramov za pričakovane prometne obremenitve, upoštevaje trdnost (togost) zemljin v podlagi povoznega platoja. Če dimenzioniranje povoznega platoja ni bilo izvedeno v projektu, so postopki dimenzioniranja za določitev optimalnih debelin plasti kamnitega sloja z uporabo in brez uporabe ojačitvenih geosintetikov (geomrež) podani v TSPI PG.05.400 in drugih priročnikih, npr. Rüegger, R., Hufenus, R., 2003.

10.2 Osnovni materiali

Za drenažne in filtrske plasti ter povozni plato se uporabljajo:

- mineralni materiali, pridobljeni iz izkopov v debelo zrnatih zemljinah in/ali v kamninah 5. in 6. kategorije na trasi ali pri zunanjih dobaviteljih, z ustrezno stopnjo predelave ali brez,

- kamninski agregati za drenažne zasipe, kadar so le-ti opredeljeni v projektu z zahtevami za kamninski agregat,
- drenažni in filtrski geosintetiki; dimenzionirani po TSPI PG.05.400 ali drugih v stroki priznanih metodah.

V drenažnih in filtrskih plasteh, ki morajo dolgoročno opravljati svojo funkcijo, ima raba mineralnih materialov prednost pred rabo geosintetikov, raba materialov iz gramoznic (z zaobljenimi zrn) pa prednost pred drobljenimi materiali iz kamnolomov. Željena je ozka zrnavostna sestava, da ne pride do segregacije zrn v plasti.

V povoznem platoju ima raba odstreljene kamnine ali materialov s hrapavimi, ostrorobimi zrn prednost pred rabo prodov iz podvodnih izkopov ali aluvialnih nanosov.

Ker so drenažne in filtrske plasti ter povozni plato lahko v stiku s podzemno vodo, je treba presojo morebitne rabe materialov iz drugih, negeoloških virov (npr. recikliranih betonov, metalurških žlinder) utemeljiti z ustreznimi, za izbrane namene rabe ciljanimi preiskavami in analizami. V drenažne in filtrske plasti se ne sme vgrajevati materialov z učinki vezanja.

10.3 Kakovost materialov - zahteve

10.3.1 Mineralni materiali za drenažne in filtrske plasti

10.3.1.1 Splošno

Zahteve kakovosti za drenažne plasti so podane glede na funkcijo drenažne in/ali filtrske plasti in zemeljskem objektu ter z ozirom na trajnostno rabo materialov, kot sledi:

- kadar se mineralne drenažne plasti vgrajujejo med plasti iz geoloških materialov (izboljšani planum temeljnih tal, drenažne plasti v nasipu in prehodnih conah), je treba ustreznost materialov ocenjevati po načelih TSPI PG.05.202. Materiali se pridobivajo iz izkopov na trasi ali iz zunanjih virov. Raba kamninskega agregata po načelih SIST EN 13242 ni potrebna in tudi ne zagotavlja boljših funkcionalnih lastnosti drenažne plasti.
- kadar se mineralne drenažne plasti vgrajujejo v zasipe za objekti, zasipe kanalov ipd. in so v projektu zahteve opredeljene z nazivno zrnavostjo, npr. fr. 8/16, fr. 0/45, se glede na način podajanja zahteve razume, da je predvidena raba kamenega agregata po SIST EN 13242. V tem primeru morajo biti v projektu podane tudi zahteve za ostale geometrijske in mehanske lastnosti zrn po SIST EN 13242.

Kriterije zrnivosti za mineralne filtre določa filtrsko pravilo. Odločitev o tem, ali naj se mineralni filtri vrednotijo po načelih SIST EN 13242 ali pa pripravijo z izsejavanjem peščenih materialov iz izkopov na trasi, je stvar odločitve izvajalca, nadzornika in ZKK.

Projektant lahko predpiše izključno rabo kamninskega agregata za mineralne drenažne in filtrske plasti po SIST EN 13242, vendar mora v tem primeru predpisati tudi zahteve kakovosti (kategorij) za vse ustrezne parametre, s katerimi se določajo kategorije kamninskega agregata.

10.3.1.2 Indeksne lastnosti mineralnih zrn za drenažne plasti – materiali iz izkopov na trasi

Mineralni materiali za drenažne/filtrske plasti, pripravljeni iz izkopov na trasi, morajo izpolnjevati naslednje zahteve:

- mineralna zrna morajo biti trdna, volumsko stabilna, praviloma iz izkopov v kamninah kategorije 5 in 6 in iz izkopov v gramozih (kategorija 3). Opraviti je treba mineraloško-petrografski pregled,
- vpijanje vode v zrna > 4 mm po SIST EN 1097- 6 ; zahtevana vrednost < 2 %,
- plastičnost finih zrn po SIST EN ISO 17892-12; fina zrna ne smejo biti plastična; $I_p \leq I_{pA}$,

- kadar so drenažne plasti vgrajene v vplivnem območju zmrzovanja, se opravi tudi preskus z magnezijevim sulfatom po SIST EN 1367-2, zahteva $MS \leq 10$,
- za materiale, pridobljene v izkopih v kamninah, ki vsebujejo glino in sljudo, je treba dokazati, da sčasoma ne bo prišlo do bogatenja drenažne in filtrske plasti z glinenimi, sljudnimi in drugimi finimi delci.

V drenažnih zasipih se je treba izogibati rabe materialov iz vkopov v poroznih tufih, v glinavcih in laporovcih, pa tudi v litavskih in litotamnijskih apnencih, filitih in drugih silikatnih kamninah z iverasto krojivjo.

10.3.1.3 Zrnavostna sestava mineralnih zrn za drenažne plasti

Za vgrajevanje v drenažne plasti, ki imajo strukturno vlogo, so primerni materiali naslednje zrnivosti:

- čisti gramozni materiali iz skupne GrW, GrM in GrG,
- premer največjega zrna v materialih, ki se razprostirajo in komprimirajo v plasteh, $\leq 1/2$ debeline plasti (debelina plasti = 2-kratni premer največjega zrna),
- koeficient enakomernosti $C_u \geq 8$ oz. v primerih zdrobljenih kamnin ≥ 5 ,
- vsebnost finih zrn $\leq 5\%$. Fina zrna niso plastična, $I_p \leq I_{pA}$.

Posebnosti:

- materiali iz skupine GrU niso primerni za vgradnjo v drenažne plasti, za katere se zahteva ustrezna zgoščenost in togost (so pa primerni za zasipe drenaž v drenažnih kanalih, kamnitih petah, zasipih za zidovi ipd., kjer ni zahtev za togost zasipa);
- materiali iz skupine GrP so pogojno uporabni. Na poskusnih poljih je treba dokazati njihovo vgradljivost;
- materiali iz skupine Co (kamenje, zrnavost med 63 mm – 200 mm) so pogojno uporabni za drenažne plasti. Primerni so za izravnave v drenažnih plasteh nad povoznim platojem, grajenim z materiali iz skupine Bo in IBo, kadar so ti zelo zaglinjeni. Primerni so tudi za zasipe globokih in širokih drenažnih reber v temeljnih tleh pod nasipi in na brežinah;
- zrnavostna sestava materialov za drenažne zasipe za stenami objektov, zidovi in temelji ter v zasipih kanalov mora biti določena v projektu in mora opredeliti tudi zahtevo glede statusa materiala glede na pogoje rabe kamninskega agregata po SIST EN 13242.

10.3.1.4 Zrnavostna sestava mineralnih zrn za filtrske plasti

Zrnavostno sestavo filtrov je treba določiti s filterkim kriterijem.

10.3.1.5 Koeficient vodoprepustnosti za drenažne in filtrske plasti

Filtrske plasti morajo imeti najmanj dve dekadi (100 x) višji koeficient prepustnosti (k) kot zaledna zemljina.

Koeficienti vodoprepustnosti za drenažne in filtrske plasti v tem TSPI načeloma niso predpisani z absolutnimi vrednostmi iz naslednjih razlogov:

- pomembna je prevodna sposobnost drenažne plasti,
- izračun filterskega pravila zagotavlja ustrezno prepustnost filterске in drenažne plasti za izbrano kombinacijo materialov v sistemu: zemljina, ki jo filter ščiti – filter – drenaža.

Če se med delom pojavi dvom v ustreznost prepustnosti filterске in drenažne plasti, se le-to izmeri na terenu po vgradnji in zgostitvi plasti z nalivalnim preskusom ali z uporabo infiltrometra po SIST EN ISO 22282-5.

10.3.1.6 Minimalne zahteve za kakovost mineralnih zrn – kamninski agregat za drenažne plasti

Minimalne zahteve kakovosti mineralnih zrn – kadar so zahteve podane za kamninski agregat – morajo biti predpisane v projektu, skladno z navedbo zahtevanih kategorij oz. lastnosti po SIST EN 13242.

10.3.2 Materiali za povozni plato

10.3.2.1 Indeksne lastnosti mineralnih zrn za povozni plato

Materiali za povozni plato so praviloma pridobljeni iz izkopov kamnin 5. in 6. kategorije in v izkopih 3. kategorije v debelozrnatih gramozih.

10.3.2.2 Zrnavostna sestava mineralnih zrn za povozni plato

Zrnavostna sestava⁽¹⁰⁻¹⁾ materialov za povozni plato je izkustveno podana s spodnjimi določili:

- materiali iz skupine debelo zrnatih čistih in kompozitnih gramozov: GrW, GrM in GrG ter pogojno GrP po TSPI PG.05.201,
- materiali iz skupine kamenje (Co), z dobro stopnjevano zrnavostjo,
- materiali iz skupine skale (Bo), a z omejitvijo maksimalnega zrna < 300 mm in dobro stopnjevano zrnavostjo,
- koeficient enakomernosti $C_U \geq 8$ do 5 za materiale GrW, GrM, GrG,
- vsebnost finih zrn $\leq 8\%$ v čistih in kompozitnih gramoznih materialih,
- vizuelna ocena ustreznosti materialov Co in Bo.

Za povozni plato je mogoče uporabiti zelo debelozrnate materiale, npr. Co in Bo, vendar jim morajo biti prilagojene debeline plasti ter stroji za zgoščevanje (težki in zelo težki vibracijski valjarji).

V primeru rabe materialov iz skupine Co in Bo z velikostjo zrn do 300 mm je priporočljivo, da se zaključna plast povozega platoja izvede iz čistih in/ali kompozitnih materialov iz skupine GrW, GrG in/ali GrM.

Opomba 10-1: Zrnavostno sestavo za povozne platoje - delovne platoje za izvedbo posebnih geotehničnih del – mora podati projektant oz. izvajalec posebnih geotehničnih del, glede na zahtevo strojne opreme – gradbene mehanizacije, ki se bo uporabljala za izvedbo posebnih geotehničnih del.

10.3.2.3 Koeficient vodoprepustnosti za povozni plato

Koeficient vodoprepustnosti za povozni plato je izkustveno $k \geq 10^{-5}$ m/s. Ob upoštevanju določil glede zrnavostne sestave po točki 10.3.2.2 je samodejno zagotovljena ustrezna prepustnost povoznega platoja.

10.4 Način izvedbe

10.4.1 Pridobivanje materialov iz geoloških virov

Materiali za drenažne in filtrske plasti ter povozni plato morajo biti pridobljeni/pripravljeni na način, da je zagotovljena stalna, homogena in sledljiva kakovost. Izvajalec mora mesto in način pridobivanja in priprave materialov na trasi za drenažne in filtrske plasti ter povozni plato sporočiti nadzorniku pred pričetkom del in mu predložiti dokazila o kakovosti in skladnosti materialov s projektom (Poročila o lastnostih) za načrtovane namene rabe.

Materiali morajo biti pred začetkom navažanja v filtrsko in drenažno plast odloženi na deponijah, na katerih je možen stalen nadzor kakovosti in homogenosti.

Materiali, ki se navažajo iz zunanjih virov, morajo imeti ustrezna dokazila kakovosti oz. izjave o lastnostih.

10.4.2 Priprava planuma spodnje plasti

10.4.2.1 Priprava podlage za povozni plato

Podlaga za povozni plato so geološka ali antropogena tla, s katerih je bila odstranjena rodovitna zemlja, ni pa to nujno. Na zelo malo nosilnih tleh, se povozni plato po soglasju agronoma/nadzornika lahko vgrajuje na podlago brez odstranitve travne ruše in/oz. gozdne prsti.

Na temeljna tla, zgrajena iz drobnozrnatih zemljin, je priporočljivo pred polaganjem povoznega platoja razgrniti ločilno-filtrski in/ali armaturni geosintetik. Če polaganje geosintetika pod povozni plato v projektu ni predvideno, lahko Izvajalec na osnovi predhodnih preiskav predlaga vgradnjo geosintetika, ki ga pred polaganjem potrdi nadzornik. Stroške nabave in vgradnje geosintetika v tem primeru nosi investitor.

Planuma podlage (temeljnih tal) se pred navozom povoznega platoja ne kontrolira in ne prevzema. Izjema so primeri, ko izvajalec želi racionalizirati debeline povoznega platoja. Stroške meritev v tem primeru nosi izvajalec.

10.4.2.2 Priprava podlage za drenažne plasti

Podlaga drenažnih plasti so lahko:

- planum mehansko utrjenih, saniranih ali izboljšanih temeljnih tal (planum temeljnih tal),
- planum nasipne plasti, ki je lahko zgrajen iz mehansko utrjenih ali z vezivi tretiranih zemljin,
- predhodno vgrajena filtrska plast,
- povozni plato v primerih, ko je ta zelo zaglinjen in ne zagotavlja ustrezne prepustnosti.

Med drenažno plastjo in podlago ter nadkritjem mora biti vedno zagotovljen filtrski kriterij.

Planum podlage, na katero se vgrajujejo drenažne plasti, mora prevzeti nadzornik.

10.4.2.3 Priprava podlage za filtrske plasti

Podlaga filtrskim plastem so lahko:

- planum povoznega platoja,
- planum mehansko utrjenih ali izboljšanih temeljnih tal (planum temeljnih tal),
- planum nasipne plasti, ki je lahko zgrajen iz mehansko utrjenih ali z vezivi tretiranih zemljin,
- planum predhodno vgrajene drenažne plasti.

Planum podlage, na katerega se vgrajujejo filtrske plasti, mora prevzeti nadzornik.

10.4.3 Navoz kamnitega materiala za izvedbo drenažnih in filtrskih plasti ter povoznega platoja

Navoz materialov za povozni plato se praviloma prične brez prevzema planuma temeljnih tal. Odobri ga nadzornik po ogledu stanja na licu mesta.

Navoz materialov za drenažne in filtrske plasti se lahko prične šele po prevzemu planuma plasti, na katero se navažajo filtrske in drenažne plasti.

Navoz materialov nikoli ne sme potekati po planumu podlage, temveč vselej po predhodno nasuti plasti.

Za navoz je treba uporabiti ustrezno opremljena vozila in/ali naprave za razprostiranje, ki omogočajo zahtevano porazdelitev materiala na enakomerne plasti ali pasove. Debelina plasti razprostrtega materiala mora ustrezati zahtevani debelini po projektu in razpoložljivi tehnološki opreми za zgoščanje.

V primeru vgrajevanja v več plasteh mora biti vsaka posamezna plast oblikovana v ustreznih gabaritih in utrjena, preden se prične z navozom materiala za naslednjo plast.

Pri navozu morajo biti prehodi posameznih vozil čim bolj enakomerno porazdeljeni po vsej širini razprostrte plasti. Vozila z zablatenimi kolesi in podvozjem ne smejo voziti po že razprostrtem ali zgoščenem materialu za drenažno in filtrsko plast.

Vgradnja ločilnih in po potrebi ojačitvenih geosintetikov na malo nosilna temeljna tla pod povozni plato oz. filtrske in drenažne plasti mora biti praviloma določena v projektu. Če med izvajanjem del izvajalec ugotovi, da na mestih, kjer raba ločilnih in ojačitvenih geosintetikov s projektom ni bila predvidena, a jih je primerno in/ali potrebno vgraditi, mora nadzornika pisno obvestiti z utemeljitvijo predloga dodatnih del, vezanih na dobavo in polaganja geosintetika. Ta dela, če jih nadzornik potrdi, sodijo med nepredvidena dela. Zanje je izvajalec upravičen do nadomestila stroškov, če v popisu del ob podpisu pogodbe niso bila predvidena.

10.4.4 Razprostiranje in profiliranje zmesi zrn za drenažne in filtrske plasti ter povozni plato

Po razprostiranju je treba vsako plast izravnati v profil in nagib, zahtevan po projektu. Izravnavo je treba izvesti s primerno mehanizacijo.

Pri razprostiranju plasti na malo nosilnih temeljnih tleh je treba razprostiranje pričeti na zunanjih robovih prečnega prereza in nato z zamikom nadaljevati proti sredini nasutja.

Nasipanje se izvaja tako, da se stroj premika naprej samo po predhodno že nasuti plasti. Težo stroja je treba prilagoditi lastnostim podlage ter lastnostim in debelini nasute plasti.

Za razprostiranje drenažnih in filtrskih plasti se praviloma uporabljajo lahki buldožerji in bagri z ustrezno žlico.

Drenažne in filtrske plasti ter povozni plato je treba ob zunanjih robovih navezati na odvodnike tako, da bo omogočen neoviran odtok vode v glavni recipient. Geosintetike je treba na zunanjih (zračnih) robovih zaščititi pred zunanjimi vplivi po detajlih, izrisanih v projektu, oz. tako, kot je določeno v TSPI PG. 05.400.

Vsa dela, vezana na navezavo plasti na odvodnike in zaščito geosintetikov je treba vključiti v enotno ceno vgrajevanja drenažnih in filtrskih plasti ter povoznega platoja.

10.4.5 Zgoščevanje drenažnih in filtrskih plasti ter povoznega platoja

Po končanem razprostiranju je treba razprostrto plast zgostiti v polni širini z ustreznimi valjarji.

Način zgoščevanja in vrsto sredstev za zgoščevanje je treba prilagoditi lastnostim materialov v plasti, ki se zgošča, in materialom v podlagi te plasti.

Pri izbiri sredstev za zgoščevanje imajo prednost tista, ki z vgrajeno merilno opremo omogočajo zvezno kontrolo dosežene zgoščenosti (CCC) ter kontrolo ravnosti in višine.

Za zagotovitev ustrezne zgoščenosti in togosti po vsej projektirani širini plasti je potrebno le-to na vsakem robu razširiti za projektirano debelino plasti + 100 cm. Valjati je treba praviloma od nižjega proti višjemu robu oz. od zunanjega roba plasti proti sredini. Pri vgrajevanju povoznega platoja na zelo mehkih tleh mora nasipanje po plasteh potekati najprej na zunanjih robovih prečnega prereza, nasipanje sredine pa mora zaostajati. Na ta način se prepreči bočno izrivanje mehkih zemljin v temeljnih tleh.

Delovno nastavitve valjarjev (hitrost, frekvenca, amplituda) je treba določiti s predhodnimi preiskavami na poskusnih poljih. V primeru, da zgoščenosti plasti po zahtevah po projektu pri rednem vgrajevanju ni mogoče doseči, mora izvajalec predlagati dodatne ukrepe, ki jih potrdi nadzornik.

Vsa za valjar nedostopna mesta je treba utrditi z drugimi zgoščevalnimi sredstvi, katerih uporabo odobri nadzornik.

V primeru, ko kamnita posteljica nalega neposredno na filtrsko-drenažno plast oz. povozni plato, mora biti utrditev planuma teh plasti taka, da zagotavlja učinkovito zgoščanje kamnite posteljice v projektirani debelini.

10.4.6 Način izvedbe drenažnih in filtrskih plasti iz geosintetikov

Geosintetike je treba vgrajevati in stikovati tako, kot je določeno v projektu in v TSPI PG.05.400.

10.5 Kakovost izvedbe - zahteve

10.5.1 Osnove

Kakovost izvedbe drenažnih in filtrskih plasti ter povoznega platoja preverjamo glede na naslednje zahteve:

- vrsta in lastnosti vgrajenih materialov,
- filtrska stabilnost za filtre,
- zgoščenost in vlaga vgrajenih plasti,
- togost vgrajenih plasti,
- prevodna sposobnost za vodo vgrajenih plasti (če se pokaže za potrebno),
- ravnost in višina planuma.

Projektant lahko v sklopu dimenzioniranja prometnice uporabi v tem TSPI podane zahteve, ali predpiše drugačne. V primeru neskladnosti zahtev veljajo tiste, ki jih predpisuje recenzirani projekt, oz. tiste, ki jih s konsenzom sprejmejo projektant, nadzornik in izvajalec.

10.5.2 Zgoščenost

10.5.2.1 Meritve

Zgoščenost materialov, vgrajenih v drenažne in filtrske plasti je treba praviloma določiti s postopkom meritev vlage in gostote z izotopskim merilnikom po TSC 06.711.

Za preveritev točnosti rezultatov, pridobljenih z izotopskim merilnikom, je treba opraviti občasne kontrolne meritve z nadomestnimi postopki z vodo ali peskom po TSC 06. 712.

Pri meritvah zgoščenosti materialov, vgrajenih v povozni plato, je treba upoštevati omejitve metode glede na velikost zrn v plasti.

Priporočljiva je raba valjarjev z vgrajenim sistemom CCC.

10.5.2.2 Zahteve

Zahteve zgoščenosti za drenažne in filtrske plasti ter povozni plato so odvisne od položaja plasti glede na planum spodnjega ustroja.

Zahteve so podane v preglednici 11.1.

Zahteve zrnivosti materiala in zgoščenosti materiala v povoznem platoju, ki je grajen kot delovni plato za izvajanje posebnih geotehničnih del, morajo biti podane v projektu posebnih geotehničnih del.

Zahteve zgoščenosti drenažnih in filtrskih zasipov morajo biti podane v projektih objektov (zidov) in kanalov. Če ni drugače določeno, je minimalna zahteva za zgoščenost filtrskih in drenažnih zasipov $D_{PR} \geq 95 \%$.

10.5.3 Togost

10.5.3.1 Meritve

Meritve togosti na planumu drenažne in filtrske plasti ter povoznega platoja se izvajajo po TSC 06.720:

- po postopku s krožno obremenilno ploščo in lahko padajočo utežjo za določitev vrednosti dinamičnega deformacijskega modula E_{VD} ,
- po postopku s krožno obremenilno ploščo za določitev vrednosti statičnih deformacijskih modulov E_{V1} in E_{V2} .

Priporočljiva je raba valjarjev z vgrajenim sistemom CCC.

10.5.3.2 Zahteve

Zahteve togosti za drenažne in filtrske plasti ter povozni plato so odvisne od položaja plasti glede na planum spodnjega ustroja

Zahteve so podane v preglednici 11.1 in so splošno veljavne, kadar imajo drenažne in filtrske plasti strukturno vlogo.

Zahteve togosti in zgoščenosti povoznega platoja so podane v preglednici 10.1. Zahteve zgoščenosti in togosti plasti za povozni plato, ki je grajen kot delovni plato za izvajanje posebnih geotehničnih del, morajo biti podane v projektu oz. v TE izvajalca posebnih geotehničnih del.

Preglednica 10.1. Zahteve zgoščenosti in togosti, povozni plato po TSPI PG. 05.000

Plast	Togost (MN/m ²)**	Zgoščenost (%)**
Planum povoznega platoja	$E_{vd} \geq 38$ $E_{v2} \geq 80$	
do – 0,5 m pod planumom ZP*	-	98 %
0,5 m do 2 m pod ZP	-	95 %
več kot 2 m pod ZP	-	92 %

*ZP – zaključna plast nasipa je tudi PSU – planum spodnjega ustroja, **v primerjavi s TSC 06.100, so zahteve togosti in zgoščenosti strožje

V drenažnih zasipih za zidovi ter v drenažnih rebrih pod nasipi in na brežinah se meritve togosti praviloma ne izvajajo.

10.5.4 Prepustnost (prevodna sposobnost)

10.5.4.1 Meritve

Meritve prepustnosti drenažnih plasti in povoznega platoja se izvajajo z infiltrometri po SIST EN ISO 22282-5, glede na zahteve projekta.

Meritve prepustnosti filtrskih plasti se izvajajo ali v laboratoriju ali in situ, glede na zrnavostno sestavo filtrskega materiala po SIST EN ISO 22282-5 in SIST EN ISO 17892-11.

10.5.4.2 Zahteve prepustnosti

Povozni plato: $k \geq 10^{-5}$ m/s

Drenažne in filtrske plasti: $k \geq 100$ k zaledne zemljine ali po določilih projekta.

10.5.5 Ravnost planuma

Postopek za meritve ravnosti je opisan v TSC 06.610.

Planum drenažnih in/ali filtrskih plasti lahko na 4 m dolžine – v poljubni smeri na os ceste – odstopa od merilne letve ali merilne ravnine največ 30 mm, planum povoznega platoja pa največ 50 mm.

Podana zahteva velja za plasti do globine $\leq 0,5$ m pod planumom spodnjega ustroja.

10.5.6 Višina planuma

Višina planuma drenažne in/ali filtrske plasti sme na poljubnem mestu odstopati od projektirane kote največ ± 30 mm, višina planuma povoznega platoja pa največ ± 50 mm.

Podana zahteva velja za plasti do globine $\leq 0,5$ m pod planumom spodnjega ustroja.

Za morebitna potrebna popravila že izvršenega dela za izpolnitev tega pogoja izvajalec ni upravičen zaračunati dodatnih stroškov.

Kadar se drenažna in filtrska plast nahajata tik pod kamnito posteljico, mora biti nagib planuma drenažne in filtrske plasti praviloma večji ali enak prečnemu in vzdolžnemu nagibu kamnite posteljice.

10.5.7 Posebnosti

Kadar se s planuma povoznega platoja izvajajo posebna geotehnična dela, povozni plato pa ostaja v konstrukciji prometnice, je treba po dokončanju del pregledati stanje na povoznem platoju in povozni plato vrniti v stanje, kot se zahteva za povozne platoje v sestavi konstrukcije prometnice.

Stroške za nastalo škodo in povrnitev planuma povoznega platoja v zahtevano stanje nosijo izvajalci posebnih geotehničnih del.

Nadzornik določi razmejitev med drenažnimi zasipi, ki sodijo med dela na trasi, in tistimi za objekti.

10.6 Preverjanje kakovosti izvedbe

10.6.1 Skladnost podlage s projektno prognozo

S predhodnimi preiskavami in med gradnjo je treba preverjati, ali so razmere na terenu (lastnosti temeljnih tal, sestava in lastnosti plasti nasipa, na katerega se polagajo drenažne in filtrske plasti ter povozni plato) skladne s projektno prognozo. Če se ugotovijo neskladnosti, je treba v okviru NKK ponoviti kontrolne račune in na novo dimenzionirati sestavo filtrskih in drenažnih plasti ter po potrebi debelino povoznega platoja za zatečeno stanje.

10.6.2 Preverjanje kakovosti materialov za drenažne in/ali filtrske plasti ter povozni plato

10.6.2.1 Predhodne preiskave mineralnih materialov

Predhodne preiskave se opravijo na vzorcih materialov, odvzetih na deponijah materialov iz izkopov na trasi ali na deponijah pri proizvajalcu/zunanjem dobavitelju (preglednica 10.2). Predhodne preiskave obsegajo reprezentativen odvzem vzorcev, ustrezno embaliranje in transport v laboratorij, izvedbo laboratorijskih preiskav ter izdelavo poročila o preiskavah.

Pri načrtovanju obsega predhodnih preiskav se lahko smiselno upoštevajo tudi rezultati kontrole proizvodnje v obratu za pripravo materialov za drenažne in filtrske plasti ter povoznega platoja.

Minimalna pogostnost kontrolnih preiskav lastnosti materialov za drenažne in filtrske plasti ter povozni plato je podana v točki 13.

Preglednica 10.2: Lastnosti mineralnih materialov za presojo ustreznosti

Material*	Zrnavost	Prepustnost	Vgradljivost
Drenažna plast	x	(x)	x
Filtrska plast	x	x	x
Povozni plato, do 63 mm	x	(x)	(x)
Povozni plato, Co, Bo	ogled na deponijah		

*mineraloško-petrografski opis v vseh primerih; v primeru predelave kamnin iz izkopov na trasi se določijo lastnosti zrn za drenažno-filtrsko plast po točki 10.3.1.2.

x vedno preiskava, (x) preiskava se izvede po presoji projektanta in/ali nadzornika, glede na zrnastostno sestavo

Kazala materialov z dokazili o lastnostih morajo biti v sestavi TE. Izvajalec mora predati nadzorniku kazala materialov, ki jih namerava dobaviti in vgrajevati, z vsemi dokazili o tehničnih lastnostih oz. izjavami o lastnostih v primerih, ko TE še ni potrjen. Šele potem, ko nadzornik potrdi bodisi TE ali ustreznost materiala/vira, izvajalec lahko formalno izda naročilo zunanjim dobaviteljem.

10.6.2.2 Predhodne preiskave geosintetikov

Kazalo kontrolnih preiskav za potrditev ustreznosti geosintetikov za drenažne in filtrske plasti je v TSPI PG.05.400.

10.6.2.3 Togost in zgoščenost podlage

Togost in zgoščenost podlage za drenažne in filtrske plasti je treba preveriti ob pričetku vgrajevanja z najmanj tremi meritvami zgoščenosti in togosti, a le v primeru, če je prišlo do časovne vrzeli med zaključkom vgradnje in prevzema plasti v podlagi in polaganjem drenažne in filtrske plasti.

V primeru, ko se pojavi sum, da lastnosti podlage ne ustrezajo tistim, privzetim pri dimenzioniranju geosintetikov, je treba na podlagi pred pričetkom polaganja geosintetikov preveriti lastnosti materialov in izvesti kontrolne meritve indeksnih lastnosti zemljin, CBR in/ali C_u .

Togosti in zgoščenosti podlage pred vgrajevanjem povoznega platoja se ne preverja, razen za namene racionalizacije debeline plasti povoznega platoja.

10.6.3 Preverjanje kakovosti materialov med vgrajevanjem in preiskave kakovosti vgrajenih plasti – tekoče preiskave

10.6.3.1 Kakovost materialov

Kontrola kakovosti mineralnih materialov med gradnjo obsega določitev:

- vlažnosti (po presoji na licu mesta),
- zrnivosti,
- preiskave po Proctorju (po potrebi, glede na namen rabe),
- druge preiskave, če predhodne preiskave to pokažejo za potrebno.

Kontrola kakovosti drenažnih in filtrskih geosintetikov med gradnjo obsega preiskave in določitev parametrov, kot jih določa TSPI PG.05.400.

10.6.3.2 Kakovost vgrajenih plasti

Preiskave drenažnih in filtrskih plasti ter povoznega platoja po vgradnji obsegajo:

- meritve vlage in gostote z izotopskim merilnikom in/ali nadomestnimi metodami,
- meritve togosti planuma po postopku s krožno ploščo,
- meritve z valjarji z vgrajenim sistemom CCC kot dopolnilo/alternativa meritvam gostote in togosti,

- meritve prepustnosti, če je to zahtevano po projektu,
- meritve ravnosti in višine planuma.

Pri izvajanju preiskav je treba uporabljati samo tiste metode, ki so veljavne za zrnnavostno sestavo uporabljenega materiala.

Med vgrajevanjem je treba vzorčiti materiale za določitev zrnnavostne sestave, po potrebi značaja finih delcev, ter vgradljivosti po Proctorju za drenažne in filtrske plasti.

Na filtrskih plasteh se vzorčijo materiali tudi za laboratorijske preiskave prepustnosti.

Po potrebi in v primeru suma, da lastnosti plasti ne ustrezajo zahtevam glede prevodne sposobnosti oz. vodoprepustnosti, se na vgrajenih drenažnih in filtrskih plasteh ter povoznem platu izvedejo meritve prepustnosti z infiltrometri, vzporedno pa se opravi tudi odvzem vzorcev iz vgrajene plasti za določitev zrnnavostne sestave in značaja finih zrn po koncu zgoščevanja.

Minimalna pogostnost kontrole kakovosti materialov med vgrajevanjem in po vgraditvi za drenažne in filtrske plasti ter povozni plato je podana v točki 13.

Po prevzeti drenažni in filtrski plasti prevozi z vozili in stroji niso dovoljeni.

Če sta bili drenažna in filtrska plast izpostavljeni neugodnemu vremenu (močni nalivi, sneg, zmrzal idr., tudi v povezavi z naplavljanjem materiala iz okolice), mora izvajalec - če nadzornik oceni za potrebno - izvesti ponovne kontrolne meritve in po potrebi sanacijo površin na lastne stroške.

Za zagotovitev funkcionalnosti filtrske plasti njena površina ne sme biti nasuta z drugačnimi materiali od tistih, upoštevanih v izračunu filtrskega kriterija.

Drenažno in filtrsko plast je treba čim prej nadgraditi s predvideno naslednjo plastjo. Na ta način se brez dodatnih posegov obdrži predpisane lastnosti plasti.

10.7 Merjenje in prevzem izvedenih del

10.7.1 Merjenje del

Izvedena dela se meri skladno s točko 4.1 STP.

Vse količine je treba izmeriti po dejansko izvedenem obsegu in vrsti del, ki so bila opravljena v okviru izmer po projektu:

- količine vgrajenih materialov za drenažne in filtrske plasti ter povozni plato se merijo v kubičnih metrih (m^3) v zgoščenem stanju in po dejanskih izmerah izvedenih del v okviru projekta.
- količino vgrajenih geosintetikov se meri v (m^2) položenih trakov po dejanskih pokritih površinah tako, da se preklopi ne merijo posebej, vendar so vključeni v obračun.

Izvajalec je dolžan predložiti nadzorniku ustrezna dokazila o količinah geosintetikov, dobavljenih na gradbišče.

10.7.2 Prevzem del

Izvedena dela se prevzame skladno z določili točke 4.2 STP ter določili teh TSPI.

Vgrajeno drenažno in filtrsko plast ter povozni plato prevzame nadzornik po pisnem obvestilu izvajalca o dokončanju del. Izvajalec mora pravočasno predložiti vse podatke in poročila o skladnosti materialov in izvedenih del.

Nadzornik prevzame drenažne in filtrske plasti ter povozni plato skladno z zahtevami v tej TSPI in morebitnimi dodatnimi zahtevami, ki so predmet pogodbene dokumentacije za izvajanje del.

Če se pri prevzemu del ugotovijo pomanjkljivosti in nedoseganje minimalnih zahtev kakovosti, je izvajalec dolžan odpraviti pomanjkljivosti preden nadaljuje z deli. Pomanjkljivosti je dolžan odpraviti na svoje stroške; ti zajemajo tudi stroške, vezane na vse dodatne meritve in preskuse, ki morajo biti izvršeni po odpravi pomanjkljivosti.

Za vsa dela, ki ne ustrezajo kakovostnim zahtevam po teh TSPI ali po pogojih v projektu, ki so predmet pogodbe, in jih izvajalec ni popravil po navodilih nadzornika, izvajalec ni upravičen do nikakršnega plačila, investitor pa lahko v takem primeru podaljša garancijsko dobo za vsa dela, ki so odvisna od nepopravljenih del, na najmanj 5 let.

10.8 Obračun del

10.8.1 Splošno

Dela je treba obračunati skladno s točko 4.3 STP in po naslednjih določilih:

- izvedena dela je treba obračunati po pogodbeni enotni ceni. V pogodbeni enotni ceni morajo biti zajete vse storitve za popolno izvedbo drenažnih in filtrskih plasti ter povoznega platoja, vključno z deli za navezavo drenažne plasti na vodni recipient. Izvajalec nima pravice naknadno zahtevati doplačila, če s pogodbo ni drugače opredeljeno,
- mineralne materiale za drenažne in filtrske plasti in/ali zasipe ter povozni plato je treba obračunati v m³ vgrajenega materiala,
- geosintetike je treba obračunati v m² vgrajenega materiala. Sidranje geosintetikov na brežinah mora biti vključeno v enotno ceno polaganja geosintetika.

10.8.2 Odbitki zaradi neustrezne kakovosti

10.8.2.1 Mineralni materiali

Zaradi pogojene ustrezne kakovosti mineralnih materialov pri obračunu ni odbitkov.

Če izvajalec vgradi v drenažne in filtrske plasti ter povozni plato materiale, ki ne ustrezajo minimalnim zahtevam, podanim v tej TSPI in/ali projektnih zahtevah, odloči o načinu obračuna nadzornik.

10.8.2.2 Geosintetiki

Zaradi pogojene zahtevane kakovosti za ta dela ni odbitkov.

Če izvajalec vgradi v drenažne in ločilno-filtrske plasti geosintetike, ki ne ustrezajo minimalnim kakovostnim zahtevam, ki so podane v TSPI PG.05.400 oz. projektnih zahtevah, odloči o načinu obračuna nadzornik.

10.8.2.3 Zgoščenost in togost planuma

Za kakovost izvedbe drenažnih in filtrskih plasti ter povoznega platoja so podane spodnje mejne vrednosti za:

- zgoščenost,
- togost,
- ravnost in višino, ki pomenijo 100%-no vrednost po ponudbeni enotni ceni.

Zaradi pogojene zagotovitve spodnje mejne vrednosti pri navedeni kakovosti izvedbe del pri obračunu ni odbitkov.

Če izvajalec ne zagotovi zahtevane kakovosti, odloči o načinu obračuna nadzornik.

10.8.2.4 Vodoprepustnost vgrajenih plasti

Za ta dela ni odbitkov. Če se v vgrajenem stanju ugotovi nižji koeficient prepustnosti od zahtevanega po projektu, je treba računsko preveriti vpliv nižjega koeficienta prepustnosti in po potrebi sanirati plast.

10.8.2.5 Ravnost in višina planuma

Zaradi pogojene zagotovitve ravnosti in višine planuma drenažnih, filtrskih plasti in povoznega platoja za ta dela ni odbitkov.

11 Nasipi, zasipi, klini in zaključna plast

11.1 Opis

Delo vključuje:

- vgradnjo zemljin iz trase v nasipe, zasipe, kline in zaključno plast - sloj⁽¹¹⁻¹⁾,
- ustrezno stopnjo predelave na trasi izkopanih kamnin in zemljin, da se izpolnijo zahteve za nasipni material skladno s TSPI za nasipe, zasipe, kline in/ali zaključno plast,
- dobavo materialov za nasipe, zasipe, kline in zaključno plast iz zunanjih virov v primerih, ko iz izkopov na trasi ni na voljo ustreznih materialov,
- strojno razprostiranje materialov v nasipe in zaključno plast,
- strojno in/ali ročno razprostiranje materialov v zasipe in kline za objekti ali na prehodih iz vkopov na nasipe,
- močenje (sušenje), mešanje, grobo planiranje in zgoščevanje materialov v nasipih, zasipih, klinih in zaključni plasti,
- strojno razprostiranje materialov v predobremenilne in preobremenilne nasipe,
- izdelavo zaključne plasti,
- dobavo anorganskih veziv za tretiranje izkopnih zemljin v primerih, ko te v naravnem stanju niso primerne za vgradnjo v nasipe, zasipe, kline in zaključno plast,
- tretiranje zemljin z vezivi, zgoščanje in vzdrževanje zgoščenih plasti do nadgradnje,
- dobavo in vgradnjo lahkih in zelo lahkih materialov pri gradnji nasipov in zasipov na malo nosilnih in stisljivih tleh⁽¹¹⁻²⁾,
- dobavo in vgradnjo drugih materialov, če so ti predvideni s projektom nasipov, zasipov klinov in zaključne plasti (sloja).

Vsa dela morajo biti izvedena skladno s projektom in temi TSPI.

Opomba 11-1: Zaključna plast - zaključni sloj je plast nasipa iz zemljin tik pod kamnito posteljico oz. zaključna plast spodnjega ustroja. Skladno z zapisanim se tako ukinja raba izraza »posteljica« iz knjige 3 (SCS, 1989).

Opomba 11-2: Raba lahkih in zelo lahkih materialov v nasipih, zasipih in klinih je omejena na primere, ko z drugimi ukrepi ni moč izpolniti zahtev glede stabilnosti in posedkov temeljnih tal v izbranem času.

11.2 Osnovni materiali

Za nasipe, zasipe, kline in zaključno plast se uporabljajo:

- zemljine iz izkopov 3. kategorije z nizko stopnjo predelave ali brez,
- kamnine iz izkopov 4., 5. in 6. kategorije, pridobljene na trasi z ustreznim načinom izkopa in ustrezno stopnjo tehnološke predelave, da zrnavost materiala ustreza zahtevam za vgradnjo,
- geološki materiali iz zunanjih virov (gramoznic, kamnolomov) in ustrezni materiali iz drugih gradbišč istega investitorja,
- lahki agregati, zelo lahki materiali,
- kamninski agregat,
- antropogeni materiali,
- osnovni materiali v kombinaciji z vezivi in geosintetiki.

11.3 Kakovost materialov - zahteve

11.3.1 Geološki materiali za nasipe, zasipe, kline in zaključno plast

11.3.1.1 Vrste materialov - razvrstitev

Za vgradnjo v homogene nasipe, zasipe in kline z zgoščanjem z valjarji veljajo naslednje usmeritve:

- za zaključne plasti nasipov so primerni čisti in kompozitni gramozni GrW, GrG in GrM, ter sestavljeni gramozni siGr, če vsebujejo manj kot 15 % finih zrn in je izpolnjeno filtrsko pravilo glede na sestavo kamnite postelje;
- za nasipe, zasipe in kline so široko uporabni čisti in kompozitni gramozni materiali⁽¹¹⁻³⁾ GrW, GrG in GrM, ter sestavljeni gramozni siGr, in clGr, če ti vsebujejo < 35 % finih zrn;
- za gradnjo nasipov, zasipov in klinov z mehanskim zgoščanjem z valjarji so primerni sestavljeni gramozni (siGr, clGr), ne glede na delež in lastnosti finih zrn, in materiali SaW, SaG, SaM, siSa, CIL, CIM, CIH, SiL, SiM in SiH, vendar morajo biti njihove lastnosti in obnašanje preiskani v laboratoriju in/ali na poskusnih nasipih, s posebnim poudarkom na preveritvi volumske stabilnosti (nabreklijivost, kolaps, občutljivost na spremembe vlage, občutljivost na izpiranje) ter erozijske odpornosti;
- zelo debelo zrnati materiali, kot so Co, Bo in lBo, so primerni nasipni materiali, a le ob uporabi ustrezno težkih valjarjev za zgoščanje ustrezno debelih nasutih plasti. Prioritetno so primerni za spodnje plasti nasipov, do globine >1,5 m pod planumom spodnjega ustroja. Nasipna plast nad materiali Co in Bo mora ustrezati kriteriju filtra;
- materiali Co, Bo in lBo so primerni za urejanje erozijske zaščite zunanjih brežin nasipov in vznožja vkopov, za ojačitvena rebra za izboljšanje stabilnosti brežin za plitve porušnice ipd.

Pri razporejanju zemeljskih mas veljajo še naslednje usmeritve:

- čisti in kompozitni gramozni GrW, GrG in GrM so prednostno namenjeni za vgrajevanje v zgornje in zaključne plasti nasipov oz. v nasipe višine do 2 m ter za nasipe velikih višin, npr. > 15 m⁽¹¹⁻⁴⁾,
- kadar se nasipi gradijo iz vezljivih zemljin na malo prepustnih temeljnih tleh, je priporočljivo, da je prva plast nasipa nad temeljnimi tlemi grajena kot drenažna plast ali kot plast iz debelo zrnatih, prepustnih materialov GrW, GrG in GrM (slika G.4.1).

Zgoraj zapisane usmeritve ne veljajo za nasipe s conarno zgradbo, ki so projektirani tako, da se lahko v določene cone nasipa vgradijo tudi materiali, ki niso primerni za samostojno rabo v homogenih nasipih.

Zapisane usmeritve tudi ne veljajo za primere rabe tehnologij zgoščanja, kot sta npr. impulzno zgoščanje ali zgoščanje s težko padajočo utežjo. Te se v Sloveniji, zaradi značilnosti geološkega okolja, niso uveljavile in se (še) ne uporabljajo. V Sloveniji se tudi še niso uveljavili valjarji s t.i. poligonalnimi bobni (angl. polygonal roller).

Opomba 11-3: Nekatere vrste gramozov, pridobljenih z izkopavanji pod vodo, so kljub ugodni razvrstitvi slabo vgradljive zaradi zaobljenih gladkih površin zrn in trdote mineralov, iz katerih so zrna zgrajena. V takih primerih je treba preveriti možnosti izboljšanja vgradljivosti. Tradicionalno se uporabljajo bodisi ukrepi drobljenja debelih zrn in/ali ukrepi mešanja z drugimi materiali. Ukrepov izboljšanja z vezivi se pri gradnji nasipov iz gramozov izogibamo. To pa ne velja za izboljšana temeljna tla in za zaključne plasti.

Opomba 11-4: Nasipi se po izgradnji sesedajo. Velikost sesedkov je odvisna od višine nasipa in deformabilnosti materiala v nasipu. V dobro komprimiranih nasipih iz gramoznih materialov je pričakovati izkustveno 0,5 % sesedkov višine nasipa, pri nasipih, grajenih iz visoko plastičnih glin ali neustrezno zdrobljenih kamnin, ki vsebujejo glino, pa tudi do 3%. Sesedke materialov v nasipu je moč zmanjšati z višjo stopnjo zgoščenosti in z izboljšanjem zemljine z vezivi. Čas sesedanja je moč skrajšati z vgradnjo drenažnih plasti. Škodljive posledice sesedanja nasipa na zgornji ustroj je moč zmanjšati z odležavanjem nasipa pred vgrajevanjem zgornjega ustroja.

11.3.1.2 Lastnosti geoloških materialov - zahteve

Geološki materiali (zemljine in zdrobljene kamnine) za nasipe, zasipe, kline in zaključno plast morajo poleg osnovne razvrstitve iz točke 11.3.1.1 zadostiti naslednjim pogojem:

- vlažnost ob vgrajevanju mora biti takšna, da sta pri zgoščanju dosegljivi predpisana zgoščenost in togost plasti. Če niti z izboljšanjem ni mogoče zagotoviti pogojev za učinkovito zgoščanje, je treba zamenjati nasipni material;
- volumen zračnih por v zgoščenih vezljivih zemljinah, $n_a < 0,12$. Ta zahteva se uporablja v povezavi z ocenjevanjem sprejemljive cone vgrajevanja. Pomembna je ustrezna izvedba Proctorjevega preskusa;
- zrnavostna sestava mora biti taka, da omogoča učinkovito zgoščanje z valjarji in je po zgoščanju zagotovljena stabilna struktura zrn v plasti. Merilo za presojo ustreznosti zrnivosti sta koeficient enakomernosti (C_u) in maksimalno zrno zemljine v plasti, d_{max} , ki se zgošča;
- lastnosti finih zrn. Obnašanje drobnozrnatih zemljin pri preiskavah v laboratoriju je pogosto boljše kot obnašanje med vgradnjo in po vgradnji v plast. Indeks plastičnosti (I_p) in meja židkosti (w_L) sta kazalnika uporabnosti drobnozrnatih zemljin in sestavljenih zemljin z > 35 % finih zrn;
- v materialu vsebovane humusne in organske primesi smejo pri preiskavi s kolorimetrijsko metodo po SIST EN 1744-1, točka 15.1, obarvati referenčno raztopino največ temno rumeno.

Kriteriji za ocenjevanje ustreznosti vgradljivosti materialov v nasipe, če ni s posebnimi preiskavami na poskusnih poljih drugače določeno, so:

- koeficient enakomernosti $C_u \geq 8$ (5). Kadar je $C_u \leq 8$, je pri naravnih prodnih in peščenih materialih težko zagotavljati stabilno strukturo. Kriterij $C_u > (5)$ in < 8 je pogojni kriterij, sprejemljiv za zdrobljene kamnine s hrapavimi in ostrorobimi površinami zrn, posutimi s finim prahom, ki se pod težkimi valjarji dodatno predrobijo in zaklinijo;
- kriterij Atterbergovih meja plastičnosti ($w_L \leq 65$ %, $I_p \leq 35$ %). Visoko in zelo visoko plastične zemljine so volumsko nestabilne. Kriterij togosti je v visoko in zelo visoko plastičnih zemljinah praviloma dosegljiv le pri nizki stopnji zasičenosti, kar pomeni, da bo vsaka sprememba vlage povzročila upad togosti in volumske spremembe plasti. Klimatske spremembe z naraščajočimi povprečnimi temperaturami in temperaturnimi ekstremi dodatno opozarjajo na previdnost pri načrtovanju rabe visoko in zelo visoko plastičnih glin v nasipih;
- kriterij maksimalno suhe gostote po Proctorju $\rho_{dmax.} \geq 1,45$ Mg/m³. Maksimalna suha gostota zgoščene zemljine je kazalnik poroznosti in deformabilnosti vgrajene plasti v običajnih zemljinah. To pravilo ne velja za nekatere zemljine s specifično mineralno sestavo, npr. za diatomejsko zemljo ali pliocensko ilovico;
- kriterij volumske stabilnosti – nabreklijnost, merjena pri preiskavi v CBR kalupu ≤ 4 % za nasipe in ≤ 2 % za zaključne plasti;
- kriterij volumske stabilnosti – kolaps, za zaključne plasti, merjen ali v CBR kalupu ali v edometru, ≤ 2 %.

Zemljine, ki so po TSPI PG.05.202 ocenjene kot pogojno primerne⁽¹¹⁻⁵⁾ ali manj primerne za nasipe, je treba dodatno preiskati. Praviloma se za sprejemanje odločitev opravijo preiskave za določitev naslednjih lastnosti:

- takojšnji (neposredni) indeks nosilnosti IBI,
- CBR nosilnost nabitih vzorcev pred namakanjem v vodi in po njem,
- nedrenirana trdnost c_u , določena na zgoščenem vzorcu pri naravni vlagi in pri vseh značilnih vlagah na Proctorjevi krivulji,

- druge indeksne ali funkcionalne preiskave, če to zahtevajo lastnosti zemljine in narava objekta, npr. določitev retencijske krivulje (SWRC) in sukcije nabite zemljine pri optimalni vlagi v vseh primerih, ko je optimalna vlaga $w_{opt} \geq 25 \%$,
- poskusna gradnja na terenu.

Opomba 11-5: Pomembno je, da se pri vgrajevanju spoštujejo načela ustrezne vlage in stopnje saturacije glede na značaj Proctorjeve krivulje, da so debela zrna iz mehkih glinastih kamnin ustrezno predrobljena in navlažena ter da so med gradnjo in po njej spoštovana načela odvodnjevanja, po izgradnji pa zagotovljen računski čas mirovanja nasipov, zasipov in klinov pred nadgradnjo z voziščno konstrukcijo.

Materiali za nasipe, zasipe in kline, ki ne izpolnjujejo zgoraj podanih zahtev, se lahko uporabijo:

- z materiali iz izkopa, če je bila s posebnimi preiskavami v laboratoriju in na poskusnih poljih na terenu dokazana možnost uporabe in sta to uporabo potrdila projektant in nadzornik
- s tretiranjem (izboljšanjem/stabiliziranjem) z vezivi,
- v notranjih delih nasipov s conarno zgradbo, če so geostatični izračuni in tehnološki načrti potrdili možnost gradnje nasipov s conarno zgradbo.

11.3.2 Materiali za lahke in zelo lahke nasipe in zaključno plast

Temeljna zahteva za lahke in zelo lahke materiale je nizka oz. zelo nizka prostorninska teža v vgrajenem stanju in vgradljivost, obstojnost ter funkcionalnost v izbranem okolju gradnje.

Zahteve kakovosti morajo biti zapisane v projektu lahkega nasipa.

Za gradnjo lahkih in zelo lahkih nasipov morajo biti izdelani posebni tehnični pogoji. Podobno velja za rabo zelo lahkih plošč za izolacijo planuma spodnjega ustroja pred učinki zmrzali.

Zelo lahki materiali, npr. plošče iz ekspandiranega polistirena, se lahko uporabijo tudi v zaključnih plasteh nasipov kot materiali za zaščito materialov v podlagi pred nizkimi ali visokimi temperaturami.

11.3.3 Reciklirani in drugi antropogeni materiali

TSPI PG.05.000 ne obravnava pogojev rabe recikliranih materialov in drugih mineralnih antropogenih materialov. To področje urejajo okoljske uredbe.

S tehnično-tehnološkega vidika se raba mineralnih antropogenih materialov ocenjuje po enakih načelih, kot to velja za geološke materiale, upošteva posebnosti, opisane v točki 4.7.

11.3.4 Veziva

Veziva ^{(11-(6,7,8))}, primerna za tretiranje različnih vrst zemljin, so opisana v TSPI PG.05.202 in v TSPI PG. 05.300.

Za tretiranje zemljin z vezivi za vgradnjo v nasipe, zasipe in kline ter v zaključno plast so uporabna anorganska veziva, ki:

- s projektom in temi TSPI zagotavljajo zahtevane lastnosti tretirane zemljine,
- so dobavljiva v sledljivi in homogeni kakovosti v ustreznih količinah v izbranem času,
- jih je moč homogeno razprostirati (posipati) in vmešavati,
- ustrezajo določilom ustreznih standardov za veziva za tretiranje zemljin za nasipe,
- so okoljsko ustrezna in
- zanje obstajajo primerljive izkušnje.

Kadar je potreben delež izbranega veziva majhen (praviloma $< 2,5 \%$ pri in situ posipanju), je treba vezivo pred posipanjem zmešati z inertno zemljino, npr. suhim peskom, ali izbrati drugo vezivo.

S predhodnimi preiskavami mora biti ugotovljena uporabnost veziva na osnovi izdelave receptur za izbrano zemljino, predvideno za tretiranje z vezivi.

Pred začetkom gradnje in med njo je treba redno preverjati tiste lastnosti, s katerimi je moč potrditi, da uporabljeno vezivo ustreza lastnostim veziva, s katerim so bile izdelane recepture:

Opomba 11-6: V različnih zemljinah se različne vrste veziv odzivajo različno.

Opomba 11-7: Pri presoji rabe veziv za stabiliziranje zdrobljenih kamnin z visoko vsebnostjo aktivnih (nabreklih) in nestabilnih mineralov (npr. bazičnih plagioklazov) je potrebna previdnost. Opraviti je treba usmerjene preiskave, da se ugotovi, na kako debela zrna imajo dodatki veziva še pozitivni učinek oz. kako mineralna sestava vpliva na trdnost matriksa. V slovenski inženirski praksi se veziva doslej niso uporabljala za izboljšanje/stabilizacijo zdrobljenih glinastih kamnin (flišni lapor/laporovec) in visoko prekonsolidiranih zemljin (sivica) za rabo v nasipih.

Opomba 11-8: V slovenski praksi se mleto žgano apno ni uporabljalo za tretiranje zemljin. To načelo je narekoval previdnostni ukrep, saj so poškodbe (zlasti oči) pri delu z žganim apnom lahko zelo resne. V tehničnem smislu ima raba žganega apna vrsto prednosti pred hidratiziranim. V Sloveniji ni izkušenj z rabo apnene brozge.

11.3.5 Geosintetiki

Razvrščanje in vrste geosintetikov za različne namene rabe so opisani v točki 4.4, načrtovanje lastnosti in zahteve kakovosti so podani v TSPI PG.05.400.

11.3.6 Kamninski agregat

V zemeljskih delih se kamninski agregat po osnovni definiciji zemeljskih del ne uporablja za nasipe, zasipe in kline. Izjema so zasipi za podpornimi zidovi in zasipi cevi v območju cevovodov v kanalih, kadar je to predpisano v projektih zidov oz. cevovodov.

11.4 Način izvedbe

11.4.1 Priprava planuma spodnje plasti

Z vgrajevanjem nasipov, zasipov, klinov in zaključnega sloja je mogoče pričeti, ko je planum spodnje plasti (temeljna tla, povozni plato, drenažna in filtrska plast) urejen v skladu z zahtevami projekta in temi TSPI ter prevzet s strani nadzornika.

11.4.2 Navoz materialov in veziv

Materialov za nasipe, zasipe, kline in zaključno plast se po pravilu ne sme navažati po planumu spodnje plasti, ampak le po že predhodno razprostrti plasti nasipnega materiala. Izjema so povozni platoji, ki so grajeni z namenom, da se po njih vozi med gradnjo oz. so delovni plato za izvajanje posebnih geotehničnih del.

Material se čelno ali bočno zvrča in strojno odriva na mesto vgraditve.

Prehodi vozil, ki navažajo material, morajo biti čim bolj enakomerno razporejeni po vsej širini površine razprostrte plasti. Če se ustvarijo kolesnice, jih je treba zasuti in utrditi.

Za dovoz veziv za izboljšanje in/ali stabiliziranje zemljin ter geosintetikov je treba uporabljati ustrezna vozila.

Navoz materialov se lahko izvaja le v primernem vremenu. Nadzornik lahko začasno ustavi dela, če obstaja nevarnost poslabšanja vremena, ki bi lahko ogrozilo varnost in kakovost del, in določi primerno zavarovanje že izvršenih del pred škodljivimi vremenskimi vplivi.

11.4.3 Razprostiranje in planiranje

Vsaka posamezna plast materiala za nasipe, zasipe, kline in zaključno plast mora biti razprostrta in splanirana v vzdolžni smeri vodoravno ali v nagibu, ki je enak projektiranemu vzdolžnemu nagibu prometnice.

V prečni smeri mora biti vsaka posamezna plast materiala razprostrta v eno- ali dvostranskem (strešnem) prečnem nagibu, ki mora znašati najmanj 3 do 5 %, oz. mora biti najmanj enak nagibu površine KP, predvidenemu s projektom.

Potrebno velikost naklona plasti je treba prilagoditi geotehničnim izračunom posedkov in sesedkov. To velja zlasti za nasipe na mehkih tleh kot tudi za nasipe velikih višin.

Če urejeni planum temeljnih tal zaradi danih terenskih razmer nima ustreznega minimalnega prečnega nagiba za odvodnjevanje (min. 3 %), je treba minimalni prečni nagib zagotoviti s prvimi vgrajenimi plastmi nasipov, zasipov oz. klinov.

Vsaka posamezna plast materiala mora biti razprostrta v nasip sproti in v tolikšni širini, da bo po grobem izravnavanju površine možna učinkovita in varna zgostitev plasti do roba nasipa (do brežin in z gradnjo nasipa z utrjevanjem v nadprofilu). Potrebna širina prenasutja (nadprofila) je odvisna od vrste materiala in vrste valjarjev in je praviloma 1 m.

Debelina posamezne plasti razprostrtega in splaniranega materiala mora biti usklajena z globinskimi učinki valjarja in lastnostmi nasipnega materiala, kar je treba preveriti in dokazati s poskusnim vgrajevanjem.

Materiala se ne sme razprostirati in/ali vgrajevati na nezgoščene zamrznjene površine, na zamrznjene površine iz vezljivih zemljin, niti se ne sme vgrajevati materialov z grudami zamrznjene zemljine in ledu.

11.4.4 Tretiranje zemljin z vezivi za vgrajevanje v nasipe, zasipe, kline in zaključno plast

Tretiranje zemljin za nasipe, zasipe, kline in zaključno plast mora biti načrtovano v projektu, na osnovi podatkov GG raziskav o masni bilanci, lastnostih razpoložljivih materialov iz trase, razpoložljivih virih dobave gramozov iz kamnolomov in gramoznic ter razpoložljivih odlagališčih za trajno odlaganje viškov nevgradljivega materiala.

Postopki izdelave receptur in postopki vgrajevanja ter krovne zahteve kakovosti so opisani v TSPI PG.05.300.

Tretiranje zemljin z vezivi za vgradnjo v nasipe, zasipe in kline se izvaja po postopkih, opisanih v točki 4.8.4:

- s posipanjem veziva na plast, vgrajeno v nasipu. Količino posipa veziva se določi na osnovi znane suhe gostote izravnane plasti. To je najpogostejši način tretiranja zemljin v nasipih;
- na izkopu, na deponijah materiala ali na posebej za to izbrani površini (ex situ). Količino posipa veziva se določi na osnovi znane suhe gostote materiala v dnu izkopa ali v plasti na deponiji. Postopek v Sloveniji ni zelo razširjen, je pa že bil uspešno uporabljen. Podrobnosti izvedbe so opisane in shematsko prikazane npr. v francoskih smernicah LCPC, (2003), tako za nasipe kot za zaključno plast. Med prednostmi te vrste izvajanja posipa in mešanja so manjši okoljski vplivi, saj dela potekajo npr. na vkopu, ki je že obremenjen s prahom in hrupom ali pod provizoričnimi šotori, česar na trasi ni moč zagotoviti;
- na stacionarni mešalni napravi. Količino dodanega veziva se preračuna na suho maso zemljine v mešalni napravi. Pri zemeljskih delih je mešanje veziv in zemljine na stacionarni mešalni napravi zelo redko. Primerno je za specialne namene, npr. za zasipe, kjer komprimiranje zemljin ni možno, ali v posebnih primerih za zaključno plast.

Pri izvajanju del s posipanjem veziv na plast je treba veziva razprostrti na predhodno splaniran in enakomerno zgoščen planum z znano suho gostoto (ρ_d) v količini in na način, ki bo zagotovil zahtevano enakomernost dodanega veziva in homogenost materiala po mešanju in zgoščanju.

Točnost doziranja veziva oz. dopustno velikost odstopanja je treba določiti od primera do primera, na osnovi analize krivulje (premice) v diagramu % dodanega veziva – tlačna trdnost in/ali drugih interpretacij rezultatov preiskav v relaciji % dodanega veziva – učinek v tretirani zemljini (IBI, CBR, pH, ε_{lin}) pri izdelavi receptur.

Razprostrto vezivo je treba zmešati z zemljino v podlagi z ustreznimi stroji, praviloma v najmanj 15 cm debeli plasti za zemljine zrnavosti do 31 mm, tako da je dosežena enakomernost mešanice naravnega materiala in veziva.

Tretiranje zemljin z vezivi v nasipih je mogoče izvajati le v primernem vremenu (temperature nad + 3 °C in pod 35 °C) in vremenu brez vetra in padavin take intenzitete, da bi prišlo do izpiranja veziva s posute plasti oz. do prekomerne navlažitve plasti.

Načela glede razprostiranja plasti za tretiranje v nadprofilu so enaka kot za nasipe po točki 11.4.3.

Čas, v katerem mora biti izvedeno mešanje zemljine in veziva ter dokončano zgoščanje z vezivi tretirane plasti, mora biti določen v TE.

11.4.5 Zgoščevanje

Nasute geološke materiale in z vezivi tretirane zemljine je treba po končanem razgrinjanju in planiranju zgostiti (v polni širini plasti) z ustreznimi stroji za zgoščanje.

Za zagotovitev ustrezne zgoščenosti in togosti po vsej projektirani širini plasti je treba nasuto plast na vsakem robu razširiti, tako da učinkovito zgoščanje doseže tudi zunanje robove bodočega nasipa. Potrebna dejanska širina nadprofila je odvisna od vrste uporabljenega stroja za zgoščanje in vrste zemljine, ki se zgošča.

Uporabnost zgoščevalnih sredstev in tehnološki postopek zgoščanja je treba določiti na poskusnih poljih. Na osnovi poskusnega vgrajevanja se za izbrani valjar in razpoložljivi nasipni material določijo:

- debelina nasute plasti,
- hitrost valjanja v delavnem hodu stroja naprej,
- nastavitev amplitude in frekvence v delavnem hodu naprej,
- število dinamičnih prehodov in število statičnih prehodov stroja.

Nastavitve valjarja se lahko med delom tudi spreminjajo, če kontrolne meritve ali zapisi CCC to pokažejo za potrebno.

Z zgoščanjem se lahko začne takoj po razgrinjanju in planiranju plasti, oz. po vmešavanju veziva, da se ohrani ustrezna vlaga plasti, ki se zgošča. Pri izboljšanju vlažnih zemljin z apnom in s prostim apnom bogatimi vezivi ter v primeru nasipanja zelo vlažnih zemljin, se ob napovedi toplega in suhega vremena lahko pusti plast odležati, da se pred valjanjem homogeno porazdelijo vlažnost in hitri učinki veziva na zemljino.

Tehnološki postopek zgoščanja je treba prilagajati stanju predhodno vgrajene plasti, lastnostim materiala v razprostrti plasti in postopkom, določenim na poskusnih poljih za kalibracijo valjarjev.

Pri vgrajevanju nasipov na velikih površinah imajo prednost vibracijski valjarji z vgrajenim sistemom CCC.

Zgoščevanje mora praviloma potekati od zunanega roba proti sredini zgoščevane površine in od spodnjega (nižje ležečega dela) proti zgornjemu, višjemu delu nasute plasti.

Vsa mesta, nedostopna za valjarje, je treba zgostiti z drugimi zgoščevalnimi sredstvi ali postopki, ki zagotavljajo ustrezno zgoščenost. Na mestih, kjer zaradi geometrije površine ali občutljivosti konstrukcije ni moč uporabiti dinamičnih zgoščevalnih sredstev, je treba namesto zgoščevanja uporabiti druge pristope, npr. zamenjavo zemljine s pustim betonom ali z vezivi stabilizirano zemljino, pripravljeno na lokaciji izven mesta vgradnje.

Vlažnost materiala v razprostrti plasti mora biti taka, da je material mogoče zgostiti do zahtevane gostote, skladno z značilno Proctorjevo krivuljo. Pri vgrajevanju vezljivih drobnozrnatih zemljin in sestavljenih zemljin z $> 35\%$ finih plastičnih zrn je treba paziti na vrednost saturacije (S_r) in n_a . Pri zemljinah z $w_L > 65\%$ in $I_P \geq I_{PA}$ je treba preveriti volumsko stabilnost plasti glede na vlago v vgrajenem stanju.

Po potrebi lahko nadzornik določi dodatne postopke, ki bodo zagotovili primerno vlažnost materiala in ustrezno vgraditev.

Če se po zgoščevanju in preverjanju kakovosti del ne nadaljuje takoj z deli na naslednji plasti, je treba pred nadaljevanjem del po prekinutvi ponovno preveriti vlago, gostoto in/ali togost plasti. Šele potem, ko kakovost plasti ustreza, se lahko nadaljuje z deli.

Če je nastal zastoj pri delu po krivdi izvajalca, bremenijo stroški ponovnih meritev in morebitnih potrebnih izboljšav izvajalca. Sicer pa dodatni stroški bremenijo investitorja.

Zgoščevanje mešanic, tretiranih z vezivi, mora biti končano v času, ki ga pogojujejo kemične reakcije v mešanici zemljine in veziva.

Izvajalec lahko med gradnjo predlaga nadzorniku spremembo tehnološkega postopka, ki ga je sicer predlagal v TE na osnovi poskusnih polj. V tem primeru mora z rezultati dodatnih preiskav (ki jih je izvedel na svoj račun) dokazati enakovrednost predlagane spremembe.

11.4.6 Ureditev planuma zaključne plasti iz gramoznih materialov

Ureditev planuma zaključne plasti vključuje:

- v izkopih v kamninah: izravnavo preostalih konic kamnine, nasipanje izravnalne plasti iz čistih in kompozitnih gramozov GrW, GrG, GrM zrnivosti do maksimalno 63 mm v debelini plasti do maksimalno 20 cm ter razprostiranje, močenje, fino planiranje in zgoščevanje.
- na temeljnih tleh iz vezljivih zemljin pod kamnito posteljico: nasipanje izravnalne plasti iz čistih in kompozitnih gramozov GrW, GrG, GrM zrnivosti do maksimalno 90 mm v debelini plasti minimalno 40 cm ter razprostiranje, močenje, fino planiranje in zgoščevanje,
- na nasipih: nasipanje plasti za zaključno plast iz čistih in kompozitnih gramozov GrW, GrG, GrM zrnivosti do 90 mm, fino planiranje površine ter zgostitev ali nasipanje in zgoščanje z vezivi tretirane plasti.

Minimalno debelino zaključne plasti je treba prilagajati togosti podlage. To je lahko planum temeljnih tal, planum povoznega platoja in/ali drenažno-filtrske plasti ali planum nasipa. Debelina zaključne plasti je praviloma med 30 in 50 cm.

Zrnavostno sestavo in/ali maksimalno zrno v zaključni plasti je priporočljivo določiti v projektu in jo prilagoditi zrnavostni sestavi in zahtevam togosti kamnite posteljice in zrnavostni sestavi materiala v podlagi zaključne plasti.

Nagib planuma zaključne plasti mora biti enak nagibu planuma kamnite posteljice. Na ta način se prepreči nepotrebna raba kamninskega agregata za KP za dodatne izravnave višin oz. nagibov planumov. Nagib planuma zaključne plasti ne sme biti manjši od nagiba planuma KP.

V primeru, da previsoka naravna vlažnost materiala v izkopu onemogoča ustrezno zgostitev planuma zaključnega sloja, lahko nadzornik določi drugačne ukrepe za zagotovitev zahtevane kakovosti zaključnega sloja.

Izboljšanje temeljnih tal in/ali vgradnja zaključnega sloja nista potrebna, če materiali v planumu podlage ustrezajo zahtevam za zaključni sloj.

11.4.7 Zasipi in klini

11.4.7.1 Zasipi

Kot zasipe za objekti je treba upoštevati zasipe od dna izkopa do nivoja raščenega terena. Zahteve zgoščenosti zasipov so najmanj enake zahtevam za nasipne plasti, praviloma pa morajo biti $\geq 95\%$.

Za zasip za objekti in zasip kanalov do nivoja raščenega terena mora poskrbeti izvajalec objekta (premostitvenega objekta, kanalskega voda).

11.4.7.2 Zasipi cevovodov (kanalov)

Zasipe kanalov za cevovode je treba ločevati na:

- zasipe v območju cevi (območje cevovoda),
- glavni zasip kanala.

Območje cevovoda (če ni v projektu drugače določeno) je območje zasipov cevi od temeljnih tal (posteljice) cevovoda do + 0,5 m nad temenom cevi in območje od oboda cevi do stene izkopa.

Kakovostne zahteve za materiale za zasipanje območja cevovoda ter zgoščenost in togost zasipa v območju cevovoda so odvisne od vrste cevi (toge, fleksibilne) in morajo zagotavljati, da ne pride do upogibanja, temenskih defomacij in pokanja cevi. Zahteve za material in togost zasipov v območju cevi morajo biti določene s statičnim računom cevi v jarku.

Pri izvajanju zasipov cevovodov je treba upoštevati določila projekta cevovoda in SIST EN 1610, zahteve proizvajalcev cevi in zahteve bodočega upravljavca cevovoda.

Postopke izvedbe prekopov in zasipov na območju cest določa TSC 08.512.

Določila teh TSPI veljajo za glavni zasip nad temenskim zasipom cevi, če v projektu ni drugače določeno.

Zasipanje območja cevovoda in zasipov nad njim je najbolj kritična faza za preživetje cevi in mora biti skrbno nadzorovana.

Pri zasipanju cevi je treba paziti, da ne pride do rabe pretežkih zgoščevalnih strojev ali do vožnje vozil čez nedokončane zasipe. Če teh zahtev ni mogoče izpolniti, je treba zagotoviti dodatne zaščitne ukrepe nad območjem cevovoda. Pri tem je treba upoštevati tudi navodila upravljavcev cevovodov.

Ustrezni materiali za zasip cevovoda nad območjem cevovoda ter temenskim zasipom so materiali, ki so bili pridobljeni iz izkopa jarka in so primerne vlažnosti za vgrajevanje. Če vgradnja materiala iz izkopa ni možna, imajo prednost pri izvajanju zasipov kompozitni gramoz iz skupine GrW, GrG in GrG in meljasti gramoz siGr z maksimalnim zrnem 31 mm oz. čisti peski SaW, SaG, SaM in siSa.

Materiali za zasip drenažnih cevovodov morajo ustrezati filtrskemu pravilu in izračunu prevodne sposobnosti. V zasipih drenažnih cevovodov se lahko uporabijo materiali tipa GrP in GrU, če je vgrajen filtrski geosintetik in zaključna plast zasipa ne bo obremenjena s prometom ali objektom.

V območje cevovodov in v zasipe cevovodov se ne sme vgrajevati materialov, ki bi lahko poškodovali cevi (npr. debeložrnati, ostrorobi gramozi), ali bi zaradi prisotnih nestabilnih materialov ustvarjali dodatne pritiske na cevi, kot tudi ne organske zemljine.

Kadar se zasip kanala izvaja v območju prometnice, so zahteve kakovosti za zaključno plast enake kot za območja brez kanala.

11.4.7.3 Klini

Kot kline za objekti je treba praviloma upoštevati dela med objektom in priključnim nasipom nad raščenim terenom.

Pri vgrajevanju klinov za objekti je treba poleg pogojev, ki veljajo pri gradnji nasipov, upoštevati še naslednja določila:

- izkop za temelje mora do kote raščenega terena zasuti izvajalec objekta po določitih teh TSPI in v skladu z deli na nasipih na trasi v neposredni bližini, kar mora dokazati z rezultati meritev,
- kline za objekti je treba izvršiti tako, da je:
 - do globine 2 m pod koto spodnjega ustroja priključna brežina na nasip v nagibu 1:4,
 - na zgornji polovici preostale višine v nagibu 1:3,
 - na spodnji polovici preostale višine v nagibu 1:2,
 - ob temelju opornika mora biti priključna brežina na nasip odmaknjena od opornika vsaj 1 m.

Območja klinov morajo biti pred nadgradnjo konsolidirana.

Prehodni klini med nasipi in izkopi morajo biti izvedeni na območju izkopa:

- v zemljinah do globine 1 m,
- v kamninah do globine 0,5 m in
- z vzdolžnim nagibom 1:10 navzven tako, da je v celoti odstranjena preperina na stiku nasipa z izkopom.

Prehodne kline je treba zgraditi s podobnimi materiali, kot so uporabljeni za zgornjo plast sosednjega nasipa, ali z bolj prepustnimi od tistih, vgrajenih v sosednji nasip.

Priključek prehodnega klina v izkopih v kamninah na izravnalno zaključno plast je treba narediti v debelini ≥ 20 cm.

11.4.7.4 Posebnosti gradnje zasipov in klinov

Zasipi in klini predstavljajo prehodne cone - diskontinuiteto homogenosti in časovni zamik v začetku konsolidacije temeljnih tal glede na nasip.

Geometrija površin, na katerih se vgrajujejo plasti zasipov in klinov, največkrat ne omogoča uporabe enakih tehnologij zgoščanja, kot so bile uporabljene pri gradnji nasipov. Načeloma velja, da mora biti debelina nasipnih plasti v zasipih in klinih manjša od debelin nasutih plasti v nasipih in praviloma ≤ 30 cm.

Ne glede na izbiro vrste materialov in tehnologij zgoščanja materialov v zasipih in klinih je časovni razvoj konsolidacije temeljnih tal tisti, ki bo vplival na posedke in diferenčne posedke tal pod nasipi in klini.

V projektih premostitvenih objektov, kanalov ipd. morajo biti opredeljeni kakovost materialov in izvedbe zasipov in klinov kot tudi časovni roki dokončanja zemeljskih del pred nadgradnjo z zgornjim ustrojem. Za diferenčne posedke temeljnih tal, ki bi se razvili pod zasipi in klini, in posledično poškodbe na vezanih nosilnih plasteh, izvajalec ne nosi odgovornosti, če je med gradnjo sledil določilom iz projekta.

TSPI PG.05.000 zastruje zahteve zgoščenosti materiala v zasipih in klinih v primerjavi s tistimi, podanimi v PTP, knjiga 3 (1989). Zaostritev zahtev je bila pogojena z zaostritvami zahtev za KP v TSPI PG.06.XXX, ki se bodo po napovedih še dodatno zaostrile, ter z izkušnjami doma in v sosednjih državah, zlasti Avstriji (glej RVS 08.03.01).

11.5 Kakovost izvedbe - zahteve

11.5.1 Zgoščenost

11.5.1.1 Meritve gostote in vlage

Meritve gostote in vlage zemljin in z vezivi tretiranih zemljin v nasipih praviloma izvajamo z izotopskim merilnikom po TSC 06.711.

Točnost rezultatov, pridobljenih z izotopskim merilnikom, je treba občasno preveriti z nadomestnimi postopki z vodo ali peskom po TSC 06.712 in/ali s kalibriranimi cilindri.

Kadar so v zemljinah prisotni minerali s kristalno vezano vodo ($x H_2O$) ali skupinami (O, OH), med take zemljine sodijo npr. pliocenske ilovice (kraške gline), je treba v zelo heterogenih geoloških in/ali antropogenih materialih predhodno opraviti ustrezno natančne umeritve merilnika. Še bolje pa je, da se v takih primerih izotopskega merilnika ne uporablja.

Izotopski merilniki morajo biti redno kalibrirani. Zapisi o izvedenih kalibracijah morajo biti stalno na voljo na vpogled nadzorniku.

Investitor lahko v razpisu za oddajo del izrecno zahteva rabo valjarjev z vgrajenim sistemom CCC.

11.5.1.2 Zahteve

Zahteve zgoščenosti materialov v nasipih, zasipih, klinih in zaključni plasti so odvisne od položaja vsake nasute plasti (nasipa, zasipa, klina) glede na planum spodnjega ustroja.

Zahteve za zgoščenost zemljin so podane v preglednici 11.1. Podane zahtevane vrednosti zgoščenosti predstavljajo povprečne vrednosti. Spodnja mejna vrednost ne sme biti za več kot 3 % manjša od zahtevane povprečne vrednosti.

Zgoščenost vsake plasti mora na vsakem merilnem mestu dosegati spodnjo mejno vrednost.

Če nadzornik na osnovi rezultatov preiskav NKK in/ali ZKK naknadno ugotovi neustrezno zgoščena mesta, samostojno odloči o nadaljnjih ukrepih.

Zahteve za zgoščenost z vezivi tretiranih zemljin so podane v TSPI PG.05.300.

11.5.2 Togost/deformacijski moduli planuma

11.5.2.1 Meritve togosti

Meritve togosti plasti iz zemljin in z vezivi tretiranih zemljin se izvajajo po TSC 06.720:

- po postopku s krožno obremenilno ploščo z lahko padajočo utežjo za določitev vrednosti dinamičnega deformacijskega modula E_{VD} in/ali
- po postopku s krožno obremenilno ploščo za določitev vrednosti statičnih deformacijskih modulov E_{V1} in E_{V2} .

Čas, v katerem se izvajajo meritve togosti z vezivi tretiranih plasti, se določi v TE in po priporočilih TSPI PG.05.300.

Pri meritvah togosti plasti na materialih Co, Bo in IBo je treba paziti na veljavnost meritev zaradi vplivov velikih zrn v plasti. Po potrebi je treba izbrati obremenilno ploščo velikega premera ali uporabiti druge postopke, npr. CCC ali deflektometer (FWD).

Samo meritve E_{VD} na plasteh nasipov niso dopustne in niso ekvivalentno nadomestilo meritvam vlage in gostote. Vedno je treba kombinirati meritve togosti in zgoščenosti, razen v primeru, če s programi povprečne pogostnosti to ni drugače opredeljeno.

11.5.2.2 Zahteve togosti

Zahteve togosti so podane v preglednici 11.1. Podane vrednosti togosti predstavljajo spodnje mejne vrednosti.

Meritve togosti na planumu z vezivi stabiliziranih zemljin se izvajajo skladno s časovnico, določeno pri laboratorijskih recepturah, opisanih v TE, in skladno z določili TSPI 05.300.

Če nadzornik na osnovi rezultatov NKK in/ali ZKK preiskav naknadno ugotovi neustrezno zgoščena mesta in mesta z neustrezno togostjo, samostojno odloči o nadaljnjih ukrepih.

Preglednica 11.1: Minimalne zahtevane zgoščenosti in togosti plasti: nasipi, zasipi in klini, geološki materiali

Plast – globina pod planumom zaključne plasti = planum spodnjega ustroja PSU	D_{PR} (%)	E_{VD}^2 (MN/m ²)	E_{v2}^2 (MN/m ²)	Δ_{DMV} (%)	SD_{DMV} (%)
Planum zaključne plasti iz gramoza (PSU) ⁽³⁾	98	30	60	≤ 5	≤ 20
do 0,5 m pod PSU	98	25	40	≤ 5	≤ 20
0,5 do 2 m pod planumom PSU	95	20 (10) ⁽⁴⁾	30 (15)	≤ 5	≤ 20
> 2 m pod planumom zaključne plasti	92	-	-	≤ 5	≤ 20
Klini, gramoz					
0,5 m do 2 m pod planumom zaključne plasti	98	30			
> 2 m pod planumom zaključne plasti	95				
Tesnilni sloj	95	(15)			

Opombe k preglednici 11.1:

²vrednosti v usklajevanju z dokumenti TSPI PG.05.300, TSPI PG.05.400; TSPI PG.06.XXX. Zaželjena razprava.

³Zahtevano togost na planumu spodnjega ustroja (PSU) narekuje zahtevana kakovost (zgoščenost in togost) na planumu KP in debelina KP. Projektant lahko predvidi drugačne zahteve za togost od teh, podanih v preglednici 11.1, izvajalec pa mora na testnem polju preveriti, ali bo ob doseženi togosti na PSU, predvideni debelini in dejanski kakovosti materiala za KP lahko zagotovil predpisane togosti na planumu KP.

⁴Vrednosti v oklepaju veljajo za vezljive zemljine

D_{PR} (%): stopnja zgoščenosti, podana kot razmerje ρ_d/ρ_{dmax} . Energijo zgoščanja je treba izbrati glede na vrsto zemljine. Načeloma velja, da se za debelozrnate zemljine uporablja MPP, za drobozrnate pa SPP. V primerih nejasnosti se izvedejo paralelni preskusi MPP in SPP in na osnovi le-teh odredijo referenčne vrednosti

Δ_{CCC} (%): prirast DMV, merjen s CCC, med dvema zaporednima vibracijskima prehodoma valjarja v isti kolesnici
 SD_{CCC} (%): standardna deviacija od povprečne vrednosti meritve CCC

Razmerje deformacijskih modulov $E_{v2} : E_{v1}$ sme znašati največ 2,2. Če izmerjena vrednost E_{v1} presega 50 % zahtevane vrednosti E_{v2} , zahtevano razmerje ni odločilno za vrednotenje ustreznosti togosti vgrajene plasti. Za plasti iz gramoznih materialov za nasipe in za zaključno plast sme znašati razmerje $E_{v2} : E_{v1}$ do največ 3.

Zahteve za plasti iz zemljin, tretiranih z vezivi, so podane v TSPI PG.05.300.

11.5.3 CCC – Postopki kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev pri gradnji nasipov

Meritve CCC je treba izvajati skladno s TSC 06.713 in SIST TS CEN/TS 17006, upoštevaje vse vplive na meritve ter globino vplivov, ki jih zajamejo različno težki dinamični valjarji. Razlaga vplivov je v točki 9.5.5.

Meritve CCC imajo prednost pred točkovnimi meritvami gostote in togosti na nasipnih plasteh iz čistih in kompozitnih debelih gramozov ter na zelo debelozrnatih materialih (Co, Bo, IBo). V naštetih materialih lahko CCC meritve v celoti nadomestijo točkovne meritve na tistih nasipnih plasteh, na katerih ni več vplivov odziva mehke podlage in na katerih zaradi zrnavostne sestave točkovne meritve niso primerne.

Zelo priporočljive so meritve CCC v gramoznih materialih z $< 15 \%$ finih zrn, vgrajevanih v plasteh, na katerih ni pričakovati odziva mehke podlage. Če je moč izpeljati kalibracijo CCC, se obseg točkovnih meritev NKK lahko ob rabi CCC zmanjša za 75 %.

Meritve CCC so primerne tudi na vseh ostalih nasipnih plasteh, grajenih iz različnih vrst vgradljivih zemljin, saj dajejo odličen vpogled v homogenost plasti. Zaradi vplivov, opisanih v točki 9.5.5, je treba na poskusnih poljih preveriti, ali lahko CCC meritve vplivajo na znižanje količine točkovnih meritev.

Po literaturnih podatkih in slovenskih izkušnjah prispeva pravilna raba CCC k bistveno višji kakovosti izvedenih del pri gradnji nasipov:

- zmanjšajo se celokupni sesedki nasipa po končanju gradnje nasipov,
- zmanjšajo se diferenčni sesedki nasipa v vzdolžni in prečni smeri,
- izboljša se nadzor nad nehomogenostjo in mehкими conami (plombami) v plasteh,
- izboljša se razumevanje posebnosti pri obnašanju nekaterih vrst materialov, npr. sestavljenih gramozov in vplivov vlage na njihovo obnašanje.

11.5.4 Zemljine, tretirane z vezivi za nasipe - zahteve

Zahteve kakovosti za tretirane zemljine v nasipih, zasipih, klinih in zaključnih plasteh so podane v TSPI PG.05.300.

Kadar se tretiranje zemljin z vezivi načrtuje za namene povečanja nagibov brežin nasipov (β), je treba na tretiranih zemljinah preveriti parametre drenirane strižne trdnosti (φ' in c') in koeficienta prepustnosti. Ti morajo biti skladni z zahtevami geotehničnega projekta.

Kadar se tretiranje zemljin z vezivi načrtuje za zmanjšanje nabrekalnega potenciala glin v nasipu, je treba preveriti nabrekalne deformacije nabite zemljine pri različni stopnji saturacije. Če v projektu ni drugače določeno, so izkustveno določene dopustne maksimalne nabrekalne deformacije v nasipu $\leq 4 \%$.

Pri tretiranju visoko nabreklih glin z apnom je treba dosledno spoštovati določila glede vlažnosti zemljine za tretiranje in vlažnosti tretirane plasti med izvajanjem del in v času negovanja plasti. Po potrebi je treba v vgrajenih plasteh vzpostaviti zvezne meritve sukcije.

Kadar se tretiranje zemljin z vezivi v zaključni plasti izvaja zato, ker ni na voljo ustreznih geoloških materialov za zaključne plasti po zahtevah v točki 11.3.1, to ne smejo biti plastične zemljine. Raba apna za stabiliziranje ni priporočljiva v konstrukcijah, ki so podvržene stalnim sezonskim pojavom zmrzovanja in tajanja ter sušenja in vlaženja.

11.5.5 Ravnost plasti

Postopek za meritve ravnosti je opisan v TSC 06.610.

Ravnost plasti v nasipu lahko v poljubni smeri na os ceste odstopa od 4 m dolge merilne letve ali merilne ravnine:

- 30 mm pri drobnozrnatih zemljinah ter z vezivi tretiranih zemljinah,
- 50 mm pri debelozrnatih zemljinah.

Podana zahteva velja za plasti do globine $< 0,5$ m pod planumom spodnjega ustroja.

Za morebitna potrebna popravila že izvršenega dela za izpolnitev tega pogoja izvajalec ni upravičen zaračunati dodatnih stroškov.

Če bi zaradi neustrezne ravnosti vgrajenih plasti materiala za nasipe, zasipe, kline in zaključno plast nastale poškodbe, jih je Izvajalec dolžan popraviti na svoje stroške.

11.5.6 Višina planuma zaključne plasti

Planum zaključne plasti lahko od projektirane višine odstopa največ 20 mm.

11.6 Preverjanje kakovosti izvedbe

11.6.1 Osnove

Kakovost materialov in kakovost zgojitve in utrditve materialov v nasipe, zasipe, kline in zaključno plast mora ustrezati zahtevam projekta in teh TSPI.

Pri ocenjevanju kakovosti materialov za nasipe, zasipe in kline velja načelo t.i. sprejemljive cone vgrajevanja. Območje oz. interval vlažnosti ni predpisan z odstopanjem vlage od optimalne (npr. $\pm 2\%$), ampak ga morata NKK in ZKK oceniti za vsak material ločeno, glede na zgornjo in spodnjo še sprejemljivo vrednost odstopanja.

Pri preverjanju kakovosti izvedbe je treba zagotavljati homogenost zgoščenosti in togosti plasti. Statistično obdelavo rezultatov meritev zgoščenosti in togosti je treba izvajati ločeno, po skupinah materialov, ki imajo podobno razvrstitev in podobne referenčne vrednosti merjenih vrednosti po Proctorju (w_{opt} in p_{dmax}).

V primeru, če se na planumu zgoščene plasti pojavijo lokalna šibka mesta (»plombe«), je treba z razkopi skozi plast preveriti, ali so te vezane le na aktualno plast, ali pa so šibka mesta posledica odziva šibke plasti globlje v podlagi.

11.6.2 Preverjanje kakovosti materialov

11.6.2.1 Predhodne preiskave materialov iz trase

Pred pričetkom vgrajevanja nasipov, zasipov, klinov in zaključne plasti je treba preiskati lastnosti zemljin in zdrobljenih (odstreljenih) kamnin iz tistih odsekov trase, ki so potencialni vir pridobivanja materialov.

Obseg predhodnih preiskav je treba prilagajati velikosti odvzemnega mesta, homogenosti materialov na viru in stopnji raziskanosti vira v fazi GG raziskav za projekt.

V primerih, ko način pridobivanja materiala v izkopu pomembno vpliva na lastnosti nasipnega materiala, je treba predhodne preiskave opraviti z vzorčenji na deponijah izkopa po uporabi različnih tehnologij izkopa. Način izvedbe izkopa mora biti zabeležen.

Za predhodne preiskave in določitev lastnosti zemljin (in kamnin) praviloma⁽¹¹⁻⁹⁾ zadostujejo po trije vzorci materiala na odvzemno mesto. Odločitev o potrebnem številu vzorcev sprejmeta predstavnik NKK in ZKK po ogledu lokacije odvzema. V posebnih primerih lahko nadzornik določi tudi večje število vzorcev za predhodne preiskave.

Vsebina predhodnih preiskav geoloških materialov je določena z zahtevami v preglednici 4.4 in točki 13.

Vsebina predhodnih raziskav z vezivi tretiranih zemljin je določena z zahtevami v TSPI PG.05.300.

Vse predhodne preiskave uporabnosti zemljin, zdrobljenih kamnin, veziv in izdelavo predhodnih receptur za tretiranje zemljin z vezivi mora skladno s temi TSPI zagotoviti izvajalec.

Rezultate predhodnih raziskav mora izvajalec združiti v poročilu o predhodnih raziskavah in ga pred začetkom rednih del predati v potrditev nadzorniku.

Za izvedbo predhodnih preiskav izvajalec ni upravičen zahtevati doplačila.

Opomba 11-9: Lastnosti in homogenosti materialov iz geoloških virov ni moč primerjati z lastnostmi in homogenostjo proizvedenih materialov, npr. na kupih kamenega agregata. Zato predhodnih preiskav materialov za nasipe, zasipe, kline in zaključno plast ne baziramo na enoto (m^3), ampak na značilno odzemno mesto.

11.6.2.2 Predhodne preiskave geoloških materialov pri zunanjem dobavitelju

Predhodne preiskave materiala pri zunanjem dobavitelju je treba opraviti na vzorcih, odvzetih na označenih deponijah v obratu in pripravljenih za dobavo.

Obseg predhodnih preiskav je treba prilagajati velikosti deponije, homogenosti materialov na deponiji in stopnji poznavanja lastnosti materialov na viru s preiskavami, s katerimi razpolaga dobavitelj. Za predhodne preiskave pogojenih lastnosti praviloma zadostujejo po en do trije značilni vzorci vsakega materiala na približno $1000 m^3$.

11.6.2.3 Predhodne preiskave proizvodov (veziv, lahkih in zelo lahkih materialov)

Pred izdajo naročila za dobavo mora izvajalec preveriti skladnost projektnih zahtev z deklariranimi lastnostmi proizvoda (izjavami o lastnostih). Predlog in utemeljitev odločitve za izbrani proizvod pri izbranem dobavitelju mora izvajalec predati v potrditev nadzorniku še pred izdajo naročila dobavitelju v primerih, ko izdelava TE še ni končana.

V okviru predhodnih preiskav je treba iz prve dobave materialov na gradbišče odvzeti vzorce in preveriti skladnost lastnosti z izjavami o lastnostih, ki jih je izdal proizvajalec na eni strani, ter projektom na drugi.

Predhodne raziskave za določitev receptur za tretiranje zemljin morajo biti izdelane z uporabo veziva, ki je bilo preverjeno v okviru GG preiskav za projekt, ki bo tudi kasneje dobavljeno na gradbišče in za katerega je zajamčena stalnost dobave.

Redno vgrajevanje proizvodov (ali raba veziva) se lahko začne, ko nadzornik potrdi ustreznost TE in poročila NKK.

11.6.2.4 Predhodne tehnološke preiskave

Za vsako značilno vrsto geološkega materiala za nasipe, zasipe in kline je treba pred pričetkom izvajanja del določiti tehnološki postopek vgrajevanja, vrsto zgoščevalnega sredstva in njegov globinski učinek. Za to je treba na poskusnem odseku izmeriti globinski učinek zgoščevalnega sredstva po vsakem prehodu, na najmanj štirih mestih, v najmanj 2 kolesnicah na dolžini najmanj $100 m'$ in na vsaj dveh mestih po globini do dna plasti, istočasno pa tudi na najmanj 12 mestih na površini plasti gostoto in vlažnost vgrajenega materiala.

Pri izvajanju tretiranja zemljin z vezivi je treba preveriti nastavitve dozatorjev za veziva, globino učinkovitega rezkanja in vmešavanja veziva v plast in tehnološke postopke zgoščanja. Preveriti je treba tudi, ali je z izbrano tehnologijo moč obvladovati prašenje na način, kot ga določajo okoljske zahteve.

Za ustrezno nastavitve dozatorja je treba opraviti površinski ogled homogenosti posipa in odvzem vzorcev posipa z uporabo lesenega ali kovinskega okvirja, katerega notranja površina je najmanj $0,5 m^2$. Na odseku dolžine približno $100 m$ in širine $10 - 30 m$ je treba kontrolo opraviti na $15 - 20$ mestih. Podrobnosti o načinu izvedbe kontrole posipa in dopustnih

odstopanjih so opisane v TSPI PG.05.300. Kontrolo posipa je treba izvajati stalno, pred začetkom del na homogenih odsekih in ne le v okviru začetnih poskusov za namen izdelave TE.

Pri gradnji nasipov iz lahkih in zelo lahkih materialov je treba preveriti izvedljivost ter načine stikovanja lahkih materialov s talnimi, bočnimi in krovnimi zaščitnimi sloji iz zemljin ter vse interakcije z zemljinскими in/ali togimi plastmi (npr. betonom) nad zelo lahkimi ploščami.

11.6.3 Preverjanje kakovosti del

11.6.3.1 Minimalne tekoče preiskave mineralnih materialov med vgrajevanjem

Med vgrajevanjem je treba vizuelno spremljati homogenost razprostrtih materialov, debeline plasti in skladnost izvajanja tehnoloških postopkov zgoščanja z začetnimi nastavitvami strojev.

Tekoče preiskave NKK med vgrajevanjem vključujejo:

- odvzem vzorcev iz dobave in/ali nasute plasti in/ali plasti po zgoščanju za določitev vlažnosti, zrnastostne sestave, Atterbergovih meja plastičnosti, Proctorjevo preiskavo, po potrebi pa tudi druge preiskave, kot je navedeno v točki 13. Po vgrajevanju je treba vzorce odvzeti v razkopih iz utrjenih delov plasti tako, da se pokrije celotna površina vgrajenih zemljin. Iz območja bankin se vzorci ne jemljejo, razen v primeru, ko so v projektu predpisane zahteve tudi za bankine;
- kontrolne preiskave zgoščenosti in togosti plasti;
- meritve CCC in analizo meritev CCC, če ima izvajalec ustrezne stroje ali če se v razpisni dokumentaciji zahteva obvezna raba le-teh.

Minimalna pogostnost preiskav NKK in ZKK materialov med vgrajevanjem in po vgraditvi je podana v točki 13.

11.6.3.2 Minimalne tekoče preiskave z vezivi stabiliziranih zemljin

Podane so v TSPI PG.05.300.

11.6.3.3 Minimalne tekoče preiskave geosintetikov

Podane so v TSPI PG.05.400.

11.6.3.4 Minimalne tekoče preiskave lahkih in zelo lahkih materialov

Kontrola lastnosti materialov (proizvodov) in vgradnje se izvaja skladno z določili Posebnih tehničnih pogojev za gradnjo lahkih nasipov ali izolacije planumov pred učinki zmrzali, ki morajo biti izdelani v okviru projekta izgradnje lahkega nasipa.

11.7 Merjenje in prevzem izvedenih del

11.7.1 Merjenje del

Izvršena dela se meri skladno s točko 4.1 STP in po naslednjih določilih:

- količine v nasipe, zasipe, kline in zaključno plast vgrajenih materialov se izračunajo v kubičnih metrih (m^3) vgrajenega materiala,
- količine planuma zaključne plasti se izračunajo v kvadratnih metrih (m^2) dokončanega planuma,
- količine geosintetikov se izmerijo v m^2 prekrите površine,
- vse količine se izmerijo po dejansko izvršenem obsegu in vrsti del in v okviru projekta.

Za vse količine veziv, sredstev za zaščitni pobrizg tretiranih zemljin in drugih proizvodov, dobavljenih na gradbišče, je izvajalec dolžan predložiti ustrezna dokazila nadzorniku.

11.7.2 Prevzem del

Nadzornik prevzame vgrajene plasti skladno z določili v točki 4.2 STP, 1989, temi TSPI in morebitnimi dodatnimi zahtevami, ki so predmet pogodbene dokumentacije za izvajanje del.

Vsako vgrajeno plast nasipa, zasipa, klina in zaključne plasti prevzame nadzornik po pisnem obvestilu izvajalca o dokončanju del. Izvajalec mora pravočasno predložiti vse podatke in poročila NKK ter končno oceno o skladnosti, ki jo izda institucija oziroma ZKK. Nadzornik lahko v posebnih primerih pooblasti ZKK za prevzem plasti.

Če se pri prevzemu del ugotovijo pomanjkljivosti in nedoseganje minimalnih zahtev po kakovosti, je izvajalec dolžan odpraviti te pomanjkljivosti preden nadaljuje z deli. Pomanjkljivosti je dolžan odpraviti na svoje stroške; ti zajemajo tudi stroške, vezane na vse dodatne meritve in preskuse, ki morajo biti izvršeni po odpravi pomanjkljivosti.

Za dela, ki ne ustrezajo zahtevam po teh TSPI ali projektu, in so predmet pogodbe, in jih izvajalec ni popravil po navodilih nadzornika, izvajalec ni upravičen do nikakršnega plačila.

Investitor lahko v takem primeru, na osnovi ugotovitev nadzornika in ZKK, zahteva podaljšanje garancijske dobe za vsa dela, ki so odvisna od nepopravljenih del, za največ 5 let.

11.8 Obračun del

11.8.1 Splošno

Izvedena dela se obračuna v skladu s točko 4.3 STP (1989).

Dela je potrebno obračunati po pogodbeni enotni ceni. Izvedena dela je praviloma treba meriti in obračunati v m² zaključenega planuma oz. m³ vgrajenega materiala.

V pogodbeni enotni ceni morajo biti zajete vse storitve, potrebne za popolno izvedbo nasipov, zasipov, klinov in zaključne plasti, vključno z vsemi deli NKK. Izvajalec nima pravice naknadno zahtevati doplačila, če s pogodbo ni drugače opredeljeno.

Investitor oz. nadzornik določi razmejitev del med izvajalcem zemeljskih del na trasi in izvajalcem objekta. Ta razmejitev mora biti znana ob podpisu pogodbe.

11.8.2 Odbitki zaradi neustrezne kakovosti

11.8.2.1 Materiali za nasipe, zasipe, kline in zaključno plast

Zaradi pogojenih lastnosti materialov pri obračunu ni odbitkov.

11.8.2.2 Veziva za tretiranje zemljin in sredstva za zaščitni pobrizg

Zaradi pogojenih lastnosti veziv in sredstev za zaščitni pobrizg pri obračunu ni odbitkov.

11.8.2.3 Zgoščenost in in togost

Spodnja mejna vrednost kakovosti po 11.5.1 in 11.5.2 pomeni 100 % vrednost po ponudbeni enotni ceni. Zaradi pogojene ustrezne zgoščenosti in nosilnosti pri obračunu ni odbitkov.

11.8.2.4 Z vezivi tretirane (stabilizirane) zemljine

Za izračun odbitkov se uporabi izračun, kot je podan v TSPI PG.05.300.

11.8.2.5 Ravnost in višina planuma

Zaradi pogojene zagotovitve ustrezne ravnosti in višine planuma pri obračunu ni odbitkov.

12 Tesnilni sloji

12.1 Opis

12.1.1 Opis del

Delo vključuje:

- vgradnjo zemljin iz trase, če so na voljo v ustrezni kakovosti za tesnilne sloje,
- dobavo zemljin in geosintetikov za tesnilne sloje in njihovo vgradnjo, vključno z ročno izvedbo stikovanj na objekte, kot so betonski robniki, temelji prometnih znakov ipd.,
- dobavo materialov za zaščito tesnilnih slojev pred mehanskimi poškodbami in poškodbami zaradi vremenskih vplivov ter njihovo vgradnjo,
- dobavo armaturnih geosintetikov za ojačitev stikov med tesnilnimi sloji in nadkritjem na brežinah in na ravnem, če stabilnostna analiza v projektu to pokaže za potrebno.

Pod skupnim pojmom tesnilni sloji so v tej točki obravnavane tesnilne plasti in tesnilni (glineni) naboji.

12.1.2 Nameni tesnjenja

Tesnilni sloji so namenjeni:

- preprečevanju vtoka površinske vode v konstrukcijski sistem drenaž,
- preprečevanju ponikanja kanalizirane vode v tla in/ali
- zaščiti geološke podlage in podzemne vode pred permanentnim ali naključnim (ob nesrečah z izlitji nevarnih snovi) onesnaženjem s prometnice.

Projektne zahteve za tesnilne sloje (debelina sloja, vrsta in lastnosti materiala za tesnjenje) izvirajo iz specifičnih okoljskih uredb in specifičnih zahtev objekta, ki ga tesnilni sloji ščitijo, iz materialov, ki so na voljo, in časa, ki je na voljo za gradnjo.

Tesnilni sloji so pri zemeljskih delih del tesnilnega sistema, ki se sestoji iz:

- podlage,
- tesnilnega sloja,
- zaščitnega sloja in
- po potrebi drenažnega sloja, vgrajenega pod (preprečevanje vzgona) ali nad tesnilnim slojem (omejitve tlakov podzemne vode na zgornji ploskvi tesnilne plasti).

Projektne zahteve za tesnilne sisteme izvirajo iz geometrije brežin, geotehničnih in hidravličnih izračunov ter izvedljivosti. Pri načrtovanju tesnilnih slojev/sistemov morajo biti upoštevani fizikalni, biološki in kemijski vplivi okolja.

12.1.3 Zagotavljanje stabilnosti tesnilnega sistema

Stabilnost tesnilnega sistema mora biti dokazana v projektu na vseh brežinah in v planumu temeljnih tal oz. zaključne plasti pod prometno obremenjenimi površinami.

Pri tesnjenju brežin je treba med tesnilno in zaščitno plast vgraditi ojačitveni geosintetik, če stabilnostna analiza to pokaže za potrebno.

Pri tesnjenju planuma spodnjega ustroja pod prometno obremenjenimi površinami je treba preveriti stabilnost kontakta med geomembrano in kamnito posteljico, da med polaganjem plasti zgornjega ustroja ne pride do pomikanja le-tega po gladki neprepustni podlagi.

Tesnilna plast v tesnilnem sloju ali naboju mora biti vgrajena na globini, varni pred zmrzaljo in vplivi visokih temperatur, ki bi povzročile sušenje in neenakomerno krčenje materialov v

tesnilnem sistemu. Globino prodiranja mraza se določi na osnovi TSC 06. 512; globino vpliva visokih temperatur je treba oceniti za vsako lokacijo ločeno glede na aktualne podatke ARSO.

Brežine, obrnjene proti jugu in zahodu so bolj občutljive na spremembe vlage v plasteh mineralnega tesnilnega sistema.

12.2 Osnovni materiali

Za tesnilne plasti se uporabljajo:

- naravne zemljine, iz skupine, CIL, CIM in CIH, clGr, clSa,
- bentonitni trakovi (GCL – geoclay liner),
- geomembrane iz polimerov (GMB: PEHD, PE in iz drugih polimerov),
- geomembrane iz umetne gume (GMB: EPDM).

12.3 Kakovost materialov - zahteve

12.3.1 Zemljine za mineralne tesnilne sloje (iz izkopov na trasi ali iz zunanjih virov)

Za tesnilne sloje in naboje so primerne naravne drobnozrnate in sestavljene zemljine, ki vsebujejo več kot 50 % finih zrn, fina zrna pa se nahajajo nad A-linijo v diagramu plastičnosti. Maksimalno zrno v zemljinah za tesnilne sloje ne sme presegati 8 mm.

V primeru, če so za vgradnjo v tesnilne sloje na voljo zemljine z $w_L \geq 65\%$ in $I_P \geq 35\%$ in/ali kraške glin, ki ne vsebujejo mineralov glin, je treba z ustreznimi dodatnimi raziskavami, kot so meja krčenja (w_s), metilen modro (MB) in/ali adsorpcija po Enslin Neffovem testu (w_A) preveriti uporabnost zemljine za tesnilne sloje, vselej v povezavi z nameni tesnjenja.

Zemljin z $w_L \geq 85\%$ ne vgrajujemo v tesnilne sloje.

Kadar se tesnilni sloji gradijo iz naravnih (mineralnih) zemljin, morata biti v tesnilni sloj vgrajeni najmanj dve plasti zemljine, katerih skupna debelina mora biti ≥ 40 cm. Ta zahteva je vezana na zahtevo glede zagotavljanja homogenosti v navpičnem prerezu mineralnega sloja.

Vlažnost zemljine za tesnilni sloj mora biti takšna, da je pri zgoščanju dosegljiva predpisana zgoščenost $\geq 95\%$ po Proctorju in je pri tej zgoščenosti koeficient vodoprepustnosti $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s ter dosežena togost plasti skladna z zahtevami projekta.

Volumen zračnih por (n_a) v vgrajenem tesnilnem sloju mora biti med 5 % in 12 %.

Splošno sprejemljiva cona vgrajevanja tesnilnega sloja je tista, v kateri se prekrivajo zahteve glede vlažnosti, zgoščenosti, koeficienta prepustnosti in deformabilnosti (volumske stabilnosti) vgrajene plasti. Vgrajevanje mineralnega tesnilnega sloja na mokri strani Proctorjeve krivulje z namenom, da se izkaže dovolj nizek koeficient prepustnosti, ni dopustno.

Vgrajevanje zemljin v tesnilne sloje zahteva relativno veliko debelino sloja, gradnja pa je zamudna in močno odvisna od vremena. Poleg tega je treba tesnilni sloj zaščititi z ustrezno debelim zaščitnim slojem, da se prepreči nastajanje razpok zaradi krčenja poleti in zmrzovanje pozimi. Kadar na trasi ni na voljo ustreznih naravnih geoloških materialov za tesnilne sloje, je priporočljivo, da se tesnjenje izvede s tesnilnimi geosintetiki in ne z navažanjem glin iz zunanjih virov, npr. iz glinokopov.

Deponije materiala za mineralne tesnilne sloje na prostem morajo biti pokrite z neprepustnimi ponjavami.

12.3.2 Bentonitni trakovi

Bentonitni trakovi (GCL) so geokompoziti, pri katerih je med nosilno in krovno plastjo iz geotkanine ali drugega planarnega geosintetika vpet bentonit v obliki prahu ali granul.

Bentonit je krovno ime za visoko nabreklijive gline iz družine filosilikatov, katerih glavna minerala sta bodisi visoko aktivni in nabreklijivi natrijev ali manj aktivni kalcijev montmorillonit. Aktivirani bentonit je krovno ime za kalcijev bentonit, aktiviran z natrijevim karbonatom. Načeloma so lastnosti naravnega Na bentonita in aktiviranega bentonita podobne, čeprav nekatere študije opozarjajo na možnost reverzibilnega procesa v aktiviranem bentonitu.

Načini vpetja bentonita med nosilni in krovni geosintetik so različni in so lahko: lepljeni, šivani, preiglani idr. Različni proizvajalci dajejo na trg različne vrste proizvodov, običajno so ti v zavitkih (rolah), lahko pa tudi v obliki plošč. Pri odločanju o vrsti bentonitnega traku je pomembna geometrija podlage. Strogost zahtev glede načina vpetja bentonita med talno in krovno geotekstilijo ali karton je za polaganje na brežinah večja kot za polaganje na ravnem.

V stiku z vodo bentonit v geokompozitu nabrekne in tako ustvari neprepustno pasto za tok vode (z advekcijo oz. za tok, ki ga opiše Darcyjev zakon). V stiku z organskimi tekočinami suh bentonit ne nabrekne in v nenabreklem stanju ne preprečuje toka fluidov, kot so bencin, petrolej ipd. Zato je za pravilno delovanje bentonitnega traku pomembna pravilna začetna navlažitev bentonita, ki mora potekati pod obtežbo z zaščitnim slojem.

Glavne funkcionalne lastnosti bentonitnega traku so:

- površinska masa bentonitnega polnila (g/m^2),
- vrsta in lastnosti nosilne in krovne geotekstilije,
- vrsta bentonitnega polnila, izražena z vrsto montmorillonita, vrednostjo MB in vpijanjem vode po Enslin Neffu (w_A), kationska izmenjalna kapaciteta CEC,
- vlaga bentonitnega polnila ob dobavi,
- koeficient prepustnosti za vodo (k), merjen pravokotno (navpično) na trak pri znanem hidravličnem gradientu (i).

Značilnosti, s katerimi proizvajalci deklarirajo lastnosti bentonitnih trakov, so podane v TSPI PG.05.400.

Zahteve za lastnosti in merila kakovosti za izbor bentonitnega traku morajo biti podane v projektu zemeljskih del oz. v geotehničnem elaboratu tesnjenja.

12.3.3 Geomembrane

Geomembrane (GMB) se uporabljajo za tesnjenje pri gradnji prometnic v primeru zelo strogih okoljskih zahtev na področjih s strogim režimom varovanja podzemne vode.

Strogost zahtev pri polaganju in varjenju stikov geomembran ter pri izvajanju NKK in ZKK mora biti prilagojena strogosti okoljskih določil, ki so botrovala izbiri geomembrane za tesnjenje.

Vrsta geomembrane in vsi detajli vgrajevanja, stikovanja in kontrole zvarov morajo biti določeni v projektu.

Najpogostejše se uporabljajo membrane iz polimerov (PEHD in PE), lahko pa tudi membrane iz umetne gume (EPDM). Prednost polimernih geomembran je, da jih je moč reciklirati.

Pri vgrajevanju geomembrane za tesnjenje na vplivem območju prometnic je treba preveriti stabilnost kontakta geomembrane z nadgrajenimi plastmi ne le na brežinah, temveč tudi na ravnih površinah, ko nanje nalegajo prometno obremenjene plasti. Za povečanje strižne odpornosti kontakta so na trgu na voljo geomembrane s hrapavimi površinami, čepastimi in drugimi reliefnimi oblikami.

Značilnosti lastnosti geomembran, ki morajo biti preverjene, so podane v standardih po navedbi v preglednici 4.5 ter v TSPI PG.05.400.

12.3.4 Materiali za zaščitne sloje

Materiali za zaščitne sloje na brežinah ščitijo tesnilni sloj pred vremenskimi vplivi in ustvarjajo ustrezne pogoje za rast rastlin. Biti morajo dobro prepustni in odvodnjavani, da ne pride do zastajanja meteorne vode v plasti, ter malo občutljivi na volumske spremembe ob zmrzovanju in ob spremembah vlage in temperature v sloju. Odporni morajo biti na erozijo.

Če v projektu ni drugače določeno, se za zaščitne sloje uporabijo kompozitni gramozi, GrW, GrM, GrG ter vse kombinacije le-teh s sestavljenimi gramozi (siGr), če je delež finih zrn $\leq 15\%$. Maksimalno zrno v zaščitnem sloju ne sme poškodovati tesnilnega sloja, praviloma mora biti < 45 mm.

Materiali za zaščitne sloje pod voziščno konstrukcijo morajo ščititi tesnilni sloj pred poškodbami ob vgrajevanju in zgoščanju zgornjih plasti, npr. kamnite posteljice. Lahko so iz kombinacije zaščitnih geosintetikov in drobnega kompozitnega gramoza.

Če v projektu in statični analizi ni drugače določeno, mora biti nad geomembrano pred polaganjem kamnite posteljice vgrajena zaščitna (oznaka P - protection) netkana geotekstilija s površinsko maso ≥ 600 g/m².

12.4 Način izvedbe

12.4.1 Priprava planuma spodnje plasti

Z vgrajevanjem mineralnih tesnilnih slojev in tesnilnih geosintetikov je mogoče pričeti, ko je planum spodnje plasti urejen v skladu z zahtevami projekta in temi TSPI in prevzet s strani nadzornika.

V planumu spodnje plasti, to je plasti, na katero nalega tesnilni geosintetik, ne sme biti ostrorobih in drugih izstopajočih zrn, ki bi lahko poškodovale tesnilni geosintetik. To še posebej velja za podlago pod geomembrano in za zaščitni sloj nad geomembrano.

Zgoščenost oz. togost planuma spodnje plasti mora biti taka, da omogoča razgrinjanje in zgoščanje mineralnega tesnilnega sloja oz. da zagotavlja ustrezen delovni plato za polaganje tesnilnih geosintetikov. Če v projektu ni drugače določeno, mora biti zgoščenost materialov pod planumom spodnje plasti $D_{PR} \geq 95\%$, togost podlage, na katero se tesnilni sloji polagajo, pa $E_{VD} \geq 15$ MN/m².

Zahteve za pripravo ustrezne podlage za tesnilne geosintetike določi projektant. Podlago je treba pred pričetkom del prevzeti in voditi zapisnik o prevzemu. Geomembrana mora biti položena na nezasičeno podlago in biti v tesnem stiku z njo. Gradbeni stroji se ne smejo premikati po površini položene geomembrane, temveč se lahko premikajo po njej, ko imajo pod sabo vsaj 300 mm debelo plast nasipnega materiala, hkrati pa lokalna tlačna obremenitev ne sme presegati 50 kPa.

12.4.2 Navoz materialov

Navažanje materialov za tesnilne plasti na brežinah se lahko prične, ko so na zgornjem delu brežine že izkopani sidrni jarki za geosintetike, na spodnjem delu brežine pa položeni betonski robniki in dokončani vsi ukrepi za odvodnjavanje. Prav tako morajo biti pred začetkom navoza in polaganja tesnilnih plasti že vgrajeni drugi objekti, npr. temelji za smerne table, prometne znake ipd.

Materialov za mineralne tesnilne sloje in za zaščitne plasti se praviloma ne sme navažati po planumu spodnje plasti, ampak se jih nanaša z bagrom z ustrezno planirno žlico in/ali v kombinaciji z lahkim buldožerjem razgrne v ustrezni debelini plasti, ki naj ne bo debelejša od 25 cm.

Navoz geosintetikov se z mesta začasnega skladiščenja izvede z bagrom z ustreznimi nastavki za prevažanje in odvijanje rol. Zaščitno embalažo se z rol odstrani tik pred začetkom odvijanja. Postopki odvijanja rol, sidranja, varjenja ipd. morajo biti predhodno potrjeni na poskusnih poljih in natančno opisani v TE.

12.4.3 Razprostiranje in planiranje

12.4.3.1 Mineralni tesnilni sloji

Vsaka posamezna plast materiala za tesnilni sloj mora biti razprostrta in splanirana v vzdolžni smeri vodoravno ali največ v nagibu, ki je enak projektiranemu vzdolžnemu nagibu prometnice, kanala ali jarka.

V prečni smeri mora biti vsaka posamezna plast materiala razprostrta v eno- ali dvostranskem (strešnem) prečnem nagibu, ki mora znašati najmanj 3 do 5 %, če se tesnilni sloj vgrajuje v temeljnih tleh ali na nasipu, oz. mora biti enak nagibu površine kamnite posteljice, kadar se vgrajuje na območju zaključne plasti.

Pri tesnjenju brežin mora biti podlaga brežine urejena in dokončana v projektiranem naklonu.

Vsaka posamezna plast materiala, na ravnem ali na brežinah, mora biti razprostrta sproti in v tolikšni širini, da bo po grobem izravnavanju površine možna učinkovita in varna zgostitev plasti na celotni površini vgrajene plasti (od roba do roba).

Debelina posamezne plasti razprostrtega in splaniranega materiala za tesnilni sloj mora biti usklajena z globinskimi učinki za zgoščevanje predvidenih komprimacijskih sredstev in z lastnostmi uporabljenega materiala, kar je treba preveriti s poskusnim vgrajevanjem. Običajna debelina plasti, ki se vgrajuje v mineralne tesnilne sloje, je $15\text{ cm} < d < 30$, oz. take debeline, da bodice na bandaži stroja segajo skozi celotno plast, ki se zgošča, in v zgornji del (površino) spodnje plasti.

Materiala se ne sme razprostirati in/ali vgrajevati na zmrznjene površine, niti se ne sme vgrajevati zmrznjenih materialov.

Vgrajevanju mineralnih tesnilnih slojev se je treba izogibati v času visokih temperatur in nizke relativne vlage zraka, ko na površini nastajajo razpoke zaradi krčenja, kot tudi v času, ko se zaradi temperaturne razlike, ponoči na že vgrajenem sloju nabira kondenz.

12.4.3.2 Tesnilni geosintetiki

Polaganje geosintetika poteka s strojnim in ročnim odvijanjem rol ob sočasnem prekrivanju sosednjih trakov v širini, kot je s črto označena na tesnilnem traku, ter sprotne sidranje v sidrne jarke. V primeru, če pride do prekrivanja trakov na brežini, mora biti prekrivanje izvedeno po načelu strešnega prekrivanja po padnici brežine.

Dnevno se lahko odvijajo samo tolikšna površina zvitkov bentonitnih trakov, da jo bo moč še v istem dnevu prekriti z zaščitnim slojem in sidrati v sidrni jarek.

Geomembrane, katerih stiki niso zavarjeni v istem dnevu in/oz. niso sprotne prekrivane z zaščitnim slojem, je treba zaščititi pred negativnimi učinki vetra z vrečami s peskom ali betonskimi oblikovanci.

Stikovanje bentonitnih trakov in geomembran na betonske robnike, jaške, temelje prometnih znakov in druge objekte je treba izvesti z lepljenjem ali varjenjem. Detajli morajo biti podani v projektu in TE tesnjenja.

Kontrola stikov med sosednjimi bentonitnimi trakovi in ovirami se izvaja vizuelno. Kontrola zvarov med geomembranami se izvaja s stisnjenim zrakom na vseh zvarih.

Polaganje tesnilnih slojev na brežinah, na katerih je koreninski sistem površinske plodne zemljine (travne ruše) vključen v stabilnostno presojo varnosti brežine, lahko poteka samo v aktivnem obdobju ustvarjanja koreninskega sistema, kot ga določi agronom, običajno je v slovenskem okolju to med aprilom in najkasneje sredino septembra koledarskega leta.

Seneni nastilj z bitumenskim obrizgom v funkcionalnem smislu preživetja zaščitnega sloja na brežini nad tesnilnim geosintetikom ni ekvivalent travni ruši z ustvarjenim koreninskim sistemom.

12.4.4 Izboljšanje zemljin za tesnilne sloje

V primeru, če so gline za mineralne tesnilne sloje prevlažne za mehansko vgrajevanje, se jih suši z razgrinjanjem v plasteh in prevozi z valjarji s strukturirano bandažo, ali posuši v posebnih rotacijskih bobnih.

Izboljšanje zemljin za tesnilne sloje je možno tudi z dodajanjem bentonita v prahu. Postopek mora potekati v mešalnih napravah - bobnih, da se zagotovi homogenost mešanice. Na realnih gradbiščih prometnic v Sloveniji opisanih postopkov, glede na dostopnost tesnilnih geosintetikov, ni pričakovati.

12.4.5 Zgoščevanje

Materiale za mineralne tesnilne sloje je treba po končanem razgrinjanju in planiranju zgostiti (v polni širini plasti, zasipa jaška itd.) z ustreznimi komprimacijskimi sredstvi. Za zgoščanje se praviloma uporabljajo stroji z gnetilnim učinkom: valjarji – ježi in/ali stroji s pnevmatskimi kolesi, različne nazivne mase, odvisno od značaja zemljine in velikosti površin, na kateri se tesnilne plasti vgrajujejo. Pri polaganju na brežinah se uporabljajo vibracijske plošče v povezavi z valjarji – ježi, način vgrajevanja pa je odvisen od nagiba brežine in možnosti ustvarjanja delovnega platoja za varovanje valjarja pri delu na brežini.

Ko je plast zemljine za tesnilni sloj ustrezno zgoščena, se prekomerno debelino odreže in odstrani, izravnano površino pa statično zavalja z valjarjem z gladko bandažo.

Praviloma je treba vgrajeno plast prevzeti še isti dan in jo takoj zaščititi pred vremenskimi vplivi.

Če se na površini mineralne tesnilne plasti pojavijo razpoke zaradi krčenja, je treba plast v poškodovani debelini ponovno pregnesti ali odrezati in ponovno statično uvaljati. Kadar se dela prekinejo pred zimo, ko zaščitni sloj še ni vgrajen, je treba vgrajene tesnilne sloje in delovne stike zaščititi z ustrezno debelim nasutjem iz materiala, ki bo kasneje vgrajen v zaščitni sloj, ali drugim mineralnim materialom.

12.5 Kakovost izvedbe - zahteve

12.5.1 Kakovost izvedbe tesnilnih slojev iz zemljin

12.5.1.1 Vlažnost in zgoščenost mineralnih tesnilnih slojev

Vlažnost in zgoščenost materialov v mineralnem tesnilnem sloju je treba kontrolirati po postopku s kalibriranimi cilindri po TSC 06.712.

Raba izotopskega merilnika po TSC 06.711 je dopustna samo kot pomožni ukrep ali ob ustreznih zelo natančni kalibraciji merilnika. Pri odločanju je merodajna meritev s kalibriranimi cilindri.

Najnižja spodnja mejna vrednost zgoščenosti materiala v tesnilnem sloju je $\geq 95 \%$.

12.5.1.2 Togost/deformacijski moduli tesnilnih slojev iz zemljin

Za tesnilne naboje in tesnilne sloje zahteve glede togosti planuma plasti praviloma niso merodajne.

Če se tesnilni sloj nahaja znotraj območja temeljnih tal ali nasipov, za katera so podane zahteve glede togosti plasti, je treba le-te izpolniti bodisi z zamenjavo vrste materiala v tesnilnem sloju (npr. zamenjava tesnilnega sloja iz glinene zemljine z geosintetikom) in/ali z nadgradnjo z zelo togimi plastmi.

Če v projektu ni drugače določeno, je priporočena togost vgrajene mineralne tesnilne plasti na ravnem $E_{vd} \geq 15$ MPa na globinah $> 1,0$ m pod planumom spodnjega ustroja.

12.5.1.3 Prepustnost tesnilnih slojev iz zemljin (za advekcijo)

Prepustnost tesnilnih slojev iz zemljin se ugotavlja na intaktnih, neporušenih vzorcih, odvzetih iz vgrajene plasti, v laboratoriju.

Vrsta (zahtevnost) preiskav, kot so opisane v SIST EN ISO 17892-11 za merjenje koeficienta vodoprepustnosti, mora biti določena glede na zahtevnost projekta. Zahtevana maksimalna vrednost koeficienta prepustnosti (za advekcijo) vzorca iz vgrajenega sloja je $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s.

12.5.1.4 Ravnost plasti iz tesnilnih slojev iz zemljin

Postopek za meritve ravnosti je opisan v TSC 06.610.

Zahteve glede ravnosti plasti iz mineralnega tesnilnega sloja je treba smiselno prilagajati zahtevam objekta, v katerega so tesnilne plasti vgrajene.

Planum tesnilne plasti za tesnjenje brežin v vkopih in na nasipih lahko po višini odstopa od projektirane največ 50 mm. Ravnosti sloja na brežinah ne merimo.

Planum tesnilne plasti, kadar je ta vgrajena pod planumom zaključne plasti na globini do 0,5 m, sme v poljubni smeri na os ceste odstopati od 4 m dolge merilne letve 30 mm in po višini največ 30 mm od projektirane višine.

Za tesnilne plasti za tesnjenje dna jarkov in kanalov za odvodnjevanje veljajo enaka določila glede ravnosti in višine tesnilne plasti, kot veljajo v projektu za urejeno dno kanalov in jarkov.

Za tesnilne plasti za tesnjenje zasipov drenažnih kanalov in kanalizacij veljajo enake zahteve, kot jih projekt določa za zaključne površine nad drenažnimi in odvodnimi kanali.

12.5.2 Kakovost izvedbe tesnilnih slojev iz geosintetikov

Zahteve kakovosti izvedbe tesnilnih slojev iz geosintetikov morajo biti podane v projektu tesnjenja. Splošna določila so podana v TSPI PG.05.400.

12.6 Preverjanje kakovosti izvedbe

12.6.1 Opis

Kakovost materialov in kakovost zgostitve materialov v mineralne tesnilne sloje mora ustrezati zahtevam projekta in ne sme biti manjša od $D_{PR} \geq 95$ % pri ustrezni vlagi.

Kakovost geosintetikov (GCL in GMB) mora ustrezati zahtevam iz projekta in/ali zahtevam, ki so podane v TSPI PG.05.400.

Pogostost preiskav, s katerimi ugotavljamo kakovost izvedenih del, je določena s Programom minimalne pogostosti NKK in ZKK za vsak specifični projekt. Minimalni obseg kontrolnih preiskav je podan v točki 13 in za geosintetike v TSPI PG.05.400.

Za specialna dela, npr. varjenje membran, mora izvajalec del pripraviti TE, v katerem so opisane tudi posebne zahteve za vremenske pogoje, v katerih se ta dela lahko opravljajo.

12.6.2 Preverjanje kakovosti materialov

12.6.2.1 Predhodne preiskave mineralnih materialov iz trase za tesnilne sloje/zaščitne sloje

Pred pričetkom vgrajevanja tesnilnih slojev z materiali iz trase je treba preiskati lastnosti zemljin iz vseh tistih odsekov trase, ki so potencialni vir materialov za tesnilne in zaščitne sloje.

Obseg predhodnih preiskav je treba prilagajati velikosti odvzemnega mesta, homogenosti materialov na viru in stopnji raziskanosti vira v fazi GG raziskav za projekt. Za predhodne preiskave pogojenih lastnosti praviloma zadostujejo po trije značilni vzorci vsakega materiala na približno 500 m³ deponije. V posebnih primerih lahko nadzornik določi tudi večje število vzorcev za predhodne preiskave.

Vsebina predhodnih preiskav je določena z zahtevami v točki 13.

Vse predhodne preiskave uporabnosti zemljin za tesnilne plasti mora skladno s temi TSPI zagotoviti izvajalec. Rezultate predhodnih raziskav mora izvajalec združiti v poročilu o predhodnih raziskavah in ga pred začetkom rednih del predati v potrditev nadzorniku.

12.6.2.2 Predhodne preiskave mineralnih materialov pri zunanem dobavitelju

Kadar na trasi ni na voljo ustreznih mineralnih materialov za tesnilne sloje, je le-te treba dobiti pri zunanem dobavitelju ali jih nadomestiti s tesnilnimi geosintetiki.

Za ocenjevanje ustreznosti veljajo načela, podana v točki 12.7.2.1.

12.6.2.3 Predhodne preiskave tesnilnih geosintetikov

Še pred odločitvijo za naročilo mora izvajalec preveriti dokumentacijo proizvajalca in ugotoviti, ali deklarirane lastnosti proizvoda oz. podatki o materialu na izjavi o lastnostih geosintetične bariere (bentonitnega traku ali geomembrane) izpolnjujejo projektne in druge zahteve, npr. okoljske. Kazalo proizvodov z izjavami o lastnostih mora predati v potrditev nadzorniku v primeru, če še niso potrjene vsebine TE.

V okviru predhodnih preiskav je treba iz prve dobave materialov na gradbišče odvzeti vzorce in v okviru NKK in/ali ZKK preveriti skladnost lastnosti, skladno z določili, ki so podana v TSPI PG.05.400 in v projektu.

Najmanjša velikost vzorca geosintetika je 1 m v vzdolžni smeri krat celotna širina traku.

12.6.3 Predhodne tehnološke preiskave

12.6.3.1 Mineralni tesnilni sloji

Pred začetkom izvajanja del je treba s predhodnimi tehnološkimi preiskavami (na ustrezni poskusni površini) na ravnem in/ali na brežini preveriti:

- uporabnost (vgradljivost) materialov z najmanj dvema do tremi vzorci,
- zgoščenost vgrajenih plasti z najmanj 15 meritvami gostote in vlage v materialu s kalibriranimi cilindri.

Za vsako značilno vrsto materiala je treba pred pričetkom del določiti tehnološki postopek, vrsto zgoščevalnega sredstva in njegov globinski učinek. Za ta namen je treba na poskusnem odseku izmeriti globinski učinek zgoščevalnega sredstva po vsakem prehodu na najmanj štirih mestih, in sicer na površini in na dveh globinah do dna plasti. Istočasno pa je treba tudi na najmanj 10 mestih na površini plasti izmeriti gostoto in vlažnost vgrajenega materiala.

12.6.3.2 Geosintetični tesnilni trakovi – geosintetične bariere

Pred začetkom izvajanja del je treba s predhodnimi tehnološkimi preiskavami preveriti:

- ustreznost mehanizacije za transport in polaganje geosintetikov na brežine,
- ustreznost podlage in sidrnih jarkov,
- postopke prekrivanja, lepljenja in varjenja ter sidranja trakov,
- ustreznost zvarov,
- ustreznost stikovanja na objekte,
- postopke polaganja zaščitnega sloja,
- postopke vlaženja brežin nad bentonitnim trakom, če je to predvideno po projektu.

Kontrola izvedbe zaščitnih plasti iz zemljin nad tesnilnim geosintetikom se izvaja skladno z določili v točki 11. Na brežinah ne izvajamo meritev togosti plasti. Po potrebi in če je to zahtevano v projektu tesnjenja, je treba preveriti strižno trdnost in koeficient prepustnosti zaščitne plasti.

12.6.4 Preverjanje kakovosti del

12.6.4.1 Minimalne tekoče preiskave mineralnih materialov

Med vgrajevanjem je treba vizuelno spremljati homogenost razprostrtih materialov in skladnost izvajanja tehnoloških postopkov zgoščanja s postopki, določenimi na poskusnih poljih.

Tekoče preiskave med vgrajevanjem vključujejo:

- odvzem vzorcev iz zgoščene plasti za določitev vlažnosti, Atterbergovih meja plastičnosti, koeficientov prepustnosti, Proctorjevo preiskavo, po potrebi pa tudi druge preiskave, kot je navedeno v točki 13. Po vgrajevanju je treba vzorce odvzeti v razkopih iz utrjenih delov plasti tako, da se pokrije celotna površina vgrajenih tesnilnih zemljin iz temeljnih tal, na brežinah, v zasipih kanalov in jaškov ipd.;
- kontrolne preiskave zgoščenosti se pri tesnilnih slojih praviloma izvajajo na vzorcih, odvzetih s kalibriranimi cilindri in ne z izotopskimi merilniki. Velikost cilindra je treba prilagajati maksimalnemu zrnu v tesnilni plasti. Raba izotopskega merilnika je dopustna po izvedbi ustrezno natančne kalibracije sonde na realni zemljini.

Okvirna pogostnost kontrole kakovosti materialov med vgrajevanjem in po vgraditvi je podana v točki 13.

12.6.4.2 Minimalne preiskave tesnilnih geosintetikov med vgrajevanjem

Med vgrajevanjem je treba vizuelno spremljati stanje in deklaracije na rolah ter pravilnost polaganja le-teh, prekrivanja in stikovanja sosednjih trakov (lepljenje, varjenje) ter kakovost zvarov.

Kontrolo tesnosti zvarov mora na vsakem zvaru opraviti pristojna institucija.

Načeloma velja, da se kontrolni vzorci za preverjanje skladnosti dobavljenih materialov jemljejo iz rol in ne iz že položenih plasti, na 4000 m².

Vsebina in obseg kontrolnih priskav tesnilnih geosintetikov sta podana v TSPI PG.05.400.

12.7 Merjenje in prevzem izvedenih del

12.7.1 Merjenje del

Izvedena dela se merijo po naslednjih določilih:

- količine v mineralne tesnilne sloje vgrajenih materialov se izračunajo v m³,
- količine v zaščitne sloje vgrajenih materialov se izračunajo v m³,

- planumi vgrajenih materialov se izračunajo v m²,
- količine geosintetikov se izmerijo v m² položenih plasti.

Vse količine se izmerijo po dejansko izvršenem obsegu in vrsti del in v okviru popisov v projektu.

12.7.2 Prezem del

Nadzornik prevzame vgrajene tesnilne plasti skladno z zahtevami v STP,1989 in morebitnimi dodatnimi zahtevami, ki so predmet pogodbene dokumentacije za izvajanje del.

Vsako vgrajeno plast mineralnega tesnilnega sloja in tesnilnega geosintetika prevzame nadzornik po pisnem obvestilu izvajalca o dokončanju del. Izvajalec mora pravočasno predložiti vse podatke in poročila NKK ter končno oceno o skladnosti, ki jo izda ZKK.

Če se pri prevzemu del ugotovijo pomanjkljivosti in nedoseganje minimalnih zahtev kakovosti, je izvajalec dolžan odpraviti te pomanjkljivosti preden nadaljuje z deli. Pomanjkljivosti je dolžan odpraviti na svoje stroške; ti zajemajo tudi stroške, vezane na vse dodatne meritve in preskuse, ki morajo biti izvršeni po odpravi pomanjkljivosti.

12.8 Obračun del

12.8.1 Splošno

Količine izvršenih del je treba obračunati po pogodbeni enotni ceni. Izvršena dela je praviloma treba meriti in izračunati v m² položenega geosintetika in v m³ vgrajenih mineralnih slojev.

V pogodbeni enotni ceni morajo biti zajete vse storitve, potrebne za popolno izvedbo tesnilnih plasti, vključno z obdelavo stikov tesnilnih plasti z betonskimi objekti (ovirami) ter sidranjem geosintetikov in zasipanjem sidrnih jarkov. Izvajalec nima pravice naknadno zahtevati doplačila, če s pogodbo ni drugače opredeljeno.

12.8.2 Odbitki zaradi neustrezne kakovosti

Pri gradnji tesnilnih slojev ni odbitkov zaradi neustrezne kakovosti materialov in/ali izvedenih del. Vsa dela morajo biti izvedena skladno s projektom, navodili proizvajalcev tesnilnih geosintetikov in temi TSPI.

13 Program minimalne pogostnosti preiskav NKK in ZKK

13.1 Zasnova programa

Programi minimalne pogostnosti preiskav NKK in ZKK, podani v tej točki, so osnova za izdelavo programov povprečne pogostnosti kontrolnih preiskav na aktualnem gradbišču (trasi). Izdelani so na osnovi pridobljenih izkušenj pri gradnji cest, železnic in drugih zemeljskih objektov v Sloveniji.

Načeloma mora program ukrepov za zagotavljanje kakovosti, z zahtevami za materiale, kakovost vgradnje, ukrepe začasnega odvodnjevanja med gradnjo ipd., izdelati projektant zemeljskih del (zahteve so podane v točki 5). V takih primerih je treba programe povprečne pogostnosti NKK in ZKK pripraviti po zahtevah projekta.

Kadar projekti za izgradnjo prometnice ne vključujejo projektov zemeljskih del in specifičnih zahtev projekta za vodenje kontrole kakovosti, je treba programe povprečne pogostnosti preiskav in meritev NKK in ZKK zasnovati na pridobljenih izkušnjah ter v vsebinah in obsegu, kot jih narekujejo zahtevnost gradbišča in GG razmer, lastnosti in homogenost razpoložljivih materialov, naprednost tehnološke opreme, izkušnost osebja, klimatske razmere in drugi dejavniki, ki lahko vplivajo na lastnosti vgrajenih materialov in plasti.

13.2 Program minimalne pogostnosti in program povprečne pogostnosti NKK in ZKK

Programi minimalne pogostnosti preiskav NKK in ZKK so pripravljeni za gradbišča z ustrezno velikimi količinami materialov oz. za ustrezno velike površine utrjenih planumov.

Obseg kontrolnih meritev, podan v tej točki, temelji na programih iz PTP, knjiga 3, 1989, ter na izkušnjah, pridobljenih po letu 1994. Podani obseg preiskav in meritev za specifične plasti ni zavezujoč.

Program postane zavezujoč, ko projektant in/ali nadzornik potrdira TE.

Pri načrtovanju in izdelavi programov povprečne pogostnosti NKK na pogodbenih gradbiščih je treba upoštevati še naslednje posebnosti:

- na majhnih gradbiščih novogradenj, pri rekonstrukcijah ipd., so lahko količine materialov in površin planumov tako majhne, da se za kontrolo kakovosti lahko glede na programe preiskav v točki 13 odvzame le po en vzorec ali izvede le ena meritev na planumu. V takih primerih je treba razmisliti o smiselnosti priprave programov povprečne pogostnosti po shemi v točki 13. Kontrolo kakovosti je v takih primerih možno zasnovati le na osnovi pregleda dokumentacije dobavitelja materialov, z vizuelno oceno materiala ter opazovanjem obnašanja materiala med zgoščanjem. To je ena od nalog tehnologa v ekipi NKK. Odločitev mora potrditi nadzornik;
- pri rabi zelo heterogenih materialov in/ali pri delu v zahtevnih pogojih in/ali pri delih, ki potekajo ob prekinitvah, polovičnih zaporah, ponoči, nekontinuirano ipd., je treba število preiskav po točki 13 povečati;
- pri utrjevanju površin nasipov $\geq 30\,000\text{ m}^2$ se priporoča obvezna raba valjarjev z integriranim CCC;
- pri izvajanju zasipov v jarkih je treba shemo meritev zasnovati glede na dolžino in višino zasipa. Izvesti je treba najmanj po 3 meritve zgoščenosti (in togosti) na 150 m dolžine in najmanj na 1 m višine plasti;
- za vrednotenje kakovosti utrditve načeloma velja, da je potrebnih najmanj 12 meritev E_{vD} , in/ali 3 meritve E_{v2} , ki jih opravi ZKK na značilni plasti nasipa ali v zasipu/klinu.

V nadaljevanju so v preglednicah 13.1.1 do 13.4.3 podane minimalne pogostnosti preiskav (NKK, ZKK), ki služijo kot smernica izvajalcu in investitorju za izdelavo programov povprečne pogostnosti NKK in ZKK.

Programi preiskav in meritev NKK in ZKK za z vezivi tretirane zemljine so podani v TSPI PG.05.300, za geosintetike v TSPI PG.05.400 in za kamninski agregat v TSPI PG.06.XXX. Tudi ti programi postanejo zavezujoči, ko projektant in ali nadzornik potrdita TE.

Preglednica 13.1.1: Temeljna tla. Minimalna pogostnost predhodnih preiskav: pregled skladnosti GG razmer s projektno prognozo in določitev lastnosti zemljin v temeljnih tleh

predhodne preiskave GG razmer na trasi			postopek preiskave		NKK	ZKK
1	2	3	4	5		
pregled in vzorčenje						
pregled terena in temeljnih tal	pregled geologa, geotehnika					
odvzem vzorcev v razkopih	kakovost vzorca po EC 7-2					
laboratorijske preiskave vzorcev iz razkopov						
vlažnost	SIST EN ISO 17892-1	m ²	1000	4000		
gostota zrn	SIST EN ISO 17892-3	m ²	1000	4000		
zrnastost, sejanje na sitih in sedimentacija	SIST EN 933-1 SIST EN ISO 17892-4	m ²	1000	4000		
Atterbergove meje plastičnosti ¹	SIST EN ISO 17892-12	m ²	2000	8000		
druge preiskave za določitev značaja finih zrn, MB; w _A ; SWRC ²						
potencialna prisotnost humusnih delcev ³	SIST EN 1744-1, tč. 15.1	m ²	4000	16000		
razvrstitev	TSPI PG.05.201	m ²	1000	4000		
preskus po Proctorju	SIST EN 13286-2	m ²	4000	16000		
CBR, IBI, nabrekanje ⁴	SIST EN 13286-47					
druge preiskave ⁵						

¹v vezljivih zemljinah; ²po presoji, če Atterbergove meje ne morejo opredeliti značaja; ³samo v primeru suma na prisotnost organskih primesi. Pomen te preiskave je v programih povprečne pogostosti včasih precejšen na račun drugih kazalnikov potencialno patogenega obnašanja materiala, npr. nabrekanja prekonsolidiranih vezljivih zemljin v globokih vkopih; ⁴izbor vrste in obsega preiskave je treba prilagoditi značaju (razvrstitvi) materiala, GG izračunu, ki je podlaga projektu, in izvedljivosti predlaganih rešitev. ⁵po potrebi je treba izvesti preiskave nedrenirane in drenirane strižne trdnosti, edometrijskih modulov stisljivosti in druge GG preiskave, ki lahko vplivajo na odločitve.

Preglednica 13.1.2: Temeljna tla. Poskusna polja – mehansko utrjevanje temeljnih tal

izvedba poskusnega polja (poTSC 06.740)			postopek preiskave		NKK	ZKK
1	2	3	4	5		
laboratorijske preiskave vzorcev iz temeljnih tal	kakovost vzorca po EC 7-2					
vlažnost	SIST EN ISO 17892-1	polje	3	1		
gostota zrn	SIST EN ISO 17892-3	polje	3	1		
zrnastost, sejanje na sitih in sedimentacija	SIST EN 933-1 SIST EN ISO 17892-4	polje	3	1		
Atterbergove meje plastičnosti ¹	SIST EN ISO 17892-12	polje	3	1		
potencialna prisotnost humusnih delcev ³	SIST EN 1744-1, tč. 15.1	m ²	3	1		
razvrstitev	TSPI PG.05.201	polje	3	1		
preskus po Proctorju	SIST EN 13286-2	polje	1	1		
poskusno vgrajevanje na poskusnem polju						
gostota in vlažnost z izotopskim merilnikom ⁶	TSC 06.711	kom	15	5		
dinamični deformacijski modul – E _{VD}	TSC 06.720	kom	15	5		

statični deformacijski modul – E_{v1}/E_{v2}	TSC 06.720	kom	3	1
CCC, DMV (zvezno na polju) ⁷	TSC 06.713 SIST CEN/TS17006		(DA)	
preveritev homogenosti in debeline zgoščene plasti		kom	3	1
druge preiskave ⁵				

⁶Omejitve rabe v primerih zelo debelo zrnatih materialov ter materialov s specifično mineralno sestavo. Nadomestiti z nadomestnimi metodami

⁷CCC – glej razlago v SIST TS CEN/TS 17006 glede vplivov zemljine na meritve ter tč. 9.5.5.

Preglednica 13.1.3: Temeljna tla, mehansko zgoščanje, tekoče preiskave med gradnjo

tekoče preiskave med gradnjo	postopek preiskave		NKK	ZKK
1	2	3	4	5
preiskave zemljin iz temeljnih tal	kakovost vzorca po EC 7-			
vlažnost	SIST EN ISO 17892-1	m ²	8000	20000
gostota zrn	SIST EN ISO 17892-3	m ²	8000	20000
zrnavost, sejanje na sitih in sedimentacija	SIST EN 933-1 SIST EN ISO 17892-4	m ²	8000	20000
Atterbergove meje plastičnosti ¹	SIST EN ISO 17892-12	m ²	8000	20000
potencialna prisotnost humusnih delcev ³	SIST EN 1744-1, tč. 15.1	m ²	8000	20000
razvrstitev	TSPI 05.201			
preskus po Proctorju	SIST EN 13286-2	m ²	8000	20000
preiskave zgoščene plasti				
gostota in vlažnost z izotopskim merilnikom ⁶	TSC 06.711	m ²	200	800
dinamični deformacijski modul - E_{vD}	TSC 06.720	m ²	400	1600
statični deformacijski modul – E_{v1}/E_{v2}	TSC 06.720	m ²	2000	6000
CCC, DMV, zvezne meritve ⁷	TSC 06.713 SIST CEN/TS17006			
ravnost in višina planuma	TSC 06.610	m'	20	-

Preglednica 13.1.4: Temeljna tla – tretiranje temeljnih tal z vezivi - izboljšanje

1	2	3	4	5
zemljine za tretiranje	postopek preiskave		NKK	ZKK
preiskave zemljin iz podlage ali plasti	kakovost vzorca po EC 7			
vlažnost	SIST EN ISO 17892-4	m ²	4000	16000
prostorninska teža	SIST EN ISO 17892-4	m ²	4000	16000
zrnavost, sejanje na sitih in sedimentacija	SIST EN 933-1 SIST EN ISO 17892-4	m ²	4000	16000
Atterbergove meje plastičnosti ¹	SIST EN ISO 17892-12	m ²	4000	16000
druge preiskave za določitev značaja finih zrn, MB; w_A , SWRC ²				
potencialna prisotnost humusnih delcev ³	SIST EN 1744-1, tč. 15.1	m ²	4000	16000
razvrstitev	TSPI 05.201	m ²	4000	16000
preskus po Proctorju	SIST EN 13286-2	m ²	8000	20000
preiskave tretirane zemljine	Po TSPI PG. 05.300			

Preglednica 13.2.1: Drenažne in filtrske plasti ter povozni plato. Predhodne preiskave

predhodne preiskave materiala*	postopek preiskave		NKK	ZKK
pregled in vzorčenje deponije	SIST EN 932-1 ali Interna metoda (za agregat), sicer po EC-7-2			
zrnavost in delež finih delcev	SIST EN 933-1	m ³	1000	4000
kakovost finih delcev**	SIST EN 933-8 ali SIST EN 933-9 SIST EN ISO 17892-4	m ³	1000	8000
potencialna prisotnost humusnih delcev ³	SIST EN 1744-1, tč. 15.1	m ³	1000	16000
preskus po Proctorju	SIST EN 13286-2	m ³	4000	16000
koeficient prepustnosti filtrskega materiala v laboratoriju***	SIST EN ISO 17892-11	m ³	2000	8000

*alternativa so 3 vzorci na značilno odzemno mesto iz izkopov na trasi; **samo v primerih, če je delež finih zrn > 5 % oz. > 10 % za povozni plato; ***vrsto preiskave prilagoditi vrsti materiala

Preglednica 13.2.2: Drenažne in filtrske plasti, Poskusno polje – mehansko utrjevanje

izvedba poskusnega polja (poTSC 06.740)	postopek preiskave		NKK	ZKK
laboratorijske preiskave vzorcev iz deponije ali plasti	kakovost vzorca po EC 7-2			
vlažnost	SIST EN ISO 17892-1	polje	3	1
zrnavost	SIST EN 933-1 SIST EN ISO 17892-4	polje	3	1
razvrstitev	TSPI PG.05.201	polje	3	1
preskus po Proctorju	SIST EN 13286-2	polje	1	1
poskusno vgrajevanje –poskusno polje				
gostota in vlažnost z izotopskim merilnikom ⁶	TSC 06.711	kom	12	4
dinamični deformacijski modul – E _{vd}	TSC 06.720	kom	12	4
statični deformacijski modul – E _{v1} /E _{v2}	TSC 06.720	kom	3	1
CCC, DMV (zvezno na polju) ⁷	TSC 06.713 SIST CEN/TS17006			
preveritev homogenosti in debeline zgoščene plasti	razkop	kom	3	1

Preglednica 13.2.3: Drenažne in filtrske plasti ter povozni plato, tekoče preiskave

tekoče preiskave med gradnjo	postopek preiskave		NKK	ZKK
vzorci materiala med gradnjo	kakovost vzorca po EC 7-2			
zrnavost in delež finih delcev	SIST EN 933-1 SIST EN ISO 17892-4	m ²	2000	8000
kakovost finih delcev**	SIST EN 933-8 ali SIST EN 933-9	m ²	2000	8000
preskus po Proctorju	SIST EN 13286-2	m ²	4000	16000
koeficient prepustnosti filtra v laboratoriju****	SIST EN ISO 17892-11	m ²	2000	8000
vgrajevanje				
gostota in vlažnost z izotopskim merilnikom ⁶	TSC 06.711	m ²	400	2000
dinamični deformacijski modul - E _{vd}	TSC 06.720	m ²	400	2000
statični deformacijski modul – E _{v1} /E _{v2}	TSC 06.720	m ²	2000	8000
CCC, DMV, zvezno ⁷	TSC 06.713 SIST CEN/TS17006			
prepustnost na terenu ⁸	SIST EN ISO 22282-5	m ²	4000	20000
ravnost in višina planuma	TSC 06.610	m'	20	

⁸ po potrebi, lahko izvaja tudi samo NKK ali ZKK, po dogovoru

Preglednica 13.3.1: Nasipi, predhodne preiskave materialov za nasipe

predhodne preiskave	postopek preiskave		NKK	ZKK
pregled in vzorčenje na odvzemno mesto ^A	kakovost vzorca po EC 7-2			
vlažnost	SIST EN ISO 17892-1	št.	3	1
zrnastost in delež finih delcev	SIST EN 933-1 SIST EN ISO 17892-4	št..	3	1
Atterbergove meje plastičnosti ¹	SIST EN ISO 17892-12	št.	3	1
druge preiskave za določitev značaja finih zrn, MB; w _A , SWRC ²	Po potrebi, glej preglednico 9.3			
potencialna prisotnost humusnih delcev ³	SIST EN 1744-1, tč. 15.1	št.	3	1
preskus po Proctorju	SIST EN 13286-2	št.	3	1
razvrstitev	TSPI PG.05.201	št.	3	1
CBR, IBI, nabrekanje ⁴ , edometer	SIST EN 13286-47 SIST EN ISO 17892-5	št.	1	
druge preiskave v posebnih materialih				

^AŠtevilo vzorcev se prilagodi velikosti odvzemnega mesta in homogenosti materiala na odvzemnem mestu**Preglednica 13.3.2: Nasipi, poskusno polje za vgrajevanje materialov v nasipe**

izvedba poskusnega polja (poTSC 06.740)	postopek preiskave		NKK	ZKK
laboratorijske preiskave vzorcev iz deponije ali plasti	kakovost vzorca po EC 7-2			
vlažnost	SIST EN ISO 17892-1	polje	3	1
prostorninska teža	SIST EN ISO 17892-3	polje	3	1
zrnastost	SIST EN 933-1 SIST EN ISO 17892-4	polje	3	1
Atterbergove meje plastičnosti ¹	SIST EN ISO 17892-12	polje	3	1
razvrstitev	TSPI PG. 05.201	polje	3	
preskus po Proctorju	SIST EN 13286-2	polje	1 do 2	1
CBR, IBI, nabrekanje ⁴ , edometer, SWRC	SIST EN 13286-47 SIST EN ISO 17892-5	polje	1 po potrebi	
poskusno vgrajevanje – kontrola plasti				
gostota in vlažnost z izotopskim merilnikom (na polje)	TSC 06.711	kom	15	5
dinamični deformacijski modul – Evd (na polje)	TSC 06.720	kom	15	5
statični deformacijski modul – E _{v1} /E _{v2} (na polje)	TSC 06.720	kom	3	1
CCC, DMV (zvezno na polju) ⁷	TSC 06.713 SIST CEN/TS17006		DA	
preveritev homogenosti in debeline zgoščene plasti	razkop	kom	3	1

Preglednica 13.3.3: Nasipi, redno vgrajevanje, zemljine

tekoče preiskave med gradnjo in/ali po	postopek preiskave		AC, HC		G+R+Ž	
			NKK	ZKK	NKK	ZKK
tekoče preiskave materialov, iz deponije ali plasti	kakovost vzorca po EC 7-2					
vlažnost	SIST EN ISO 17892-1	m ³	4000	16000	2000	8000
zrnastost	SIST EN 933-1 ali SIST EN ISO 17892-4	m ³	4000	16000	2000	4000
Atterbergove meje plastičnosti ¹	SIST EN ISO 17892-12	m ³	4000	16000	1000	4000
druge preiskave za določitev značaja finih zrn, MB; w _A , SWRC ²	po potrebi, glej preglednico 9.3					
preskus po Proctorju	SIST EN 13286-2	m ³	4000	20000	4000	16000

Posebni tehnični pogoji za zemeljska dela pri gradnji prometne infrastrukture

potencialna prisotnost humusnih delcev ³	SIST EN 1744-1, tč.15.1	m ³	4000	20000	4000	16000
CBR, IBI, nabrekanje ⁴	SIST EN 13286-47	m ³	4000	20000	4000	16000
Tekoče preiskave plasti						
gostota in vlažnost (z izotopskim merilnikom) ⁶	TSC 06.711 TSC 06.712	m ³	200	800	150	600
dinamični deformacijski modul - E _{vd}	TSC 06.720	m ³	200	800	150	600
statični deformacijski modul – E _{v1} /E _{v2}	TSC 06.720	m ³	1000	4000	750	3000
CCC, DMV, zvezno ⁷	TSC 06.713 SIST CEN/TS17006		vse	-	vse	-
drugo ⁵						
ravnost in višina planuma ⁽³⁾	TSC 06.610	m ¹	20	-	20	-

AC, HC – avtocesta, hitra cesta, široke mestne vpadnice ipd.; velike homogene površine, velike homogene deponije materiala
G+R+Ž – glavne in regionalne ceste, železnice

Preglednica 13.3.4: Zasipi, klini, tekoče preiskave med gradnjo

			NKK	ZKK
tekoče preiskave, zasipi in klini za objekti	postopek preiskave			
gostota in vlažnost z izotopskim merilnikom	TSC 06.711	m ³	50	150
dinamični deformacijski modul - E _{vd}	TSC 06.720	m ³	50	150
statični deformacijski modul – E _{v1} /E _{v2} *	TSC 06.720	m ³	150	600

podatki o materialih se privzamejo po podatkih istovetnih materialov, vgrajenih v nasipe

*če je izvedljivo

ali alternativno po presoji:

			NKK	ZKK
tekoče preiskave, zasipi in klini za objekti	postopek preiskave			
gostota in vlažnost z izotopskim merilnikom	TSC 06.711	na plast	3	3
dinamični deformacijski modul - E _{vd}	TSC 06.720	na plast	3	3
statični deformacijski modul – E _{v1} /E _{v2} *	TSC 06.720	na plast	1	1

Preglednica 13.4.1: Tesnilni sloji, predhodne preiskave mineralnih materialov

			NKK	ZKK
predhodne preiskave materialov	postopek preiskave			
pregled in vzorčenje na deponijah gline	kakovost vzorca po EC 7-2			
vlažnost	SIST EN ISO 17892-1	m ³	500	2000
zrnastost (samo v sestavljenih zemljinah)	SIST EN ISO 17892-4	m ³	1000	4000
Atterbergove meje plastičnosti, meja krčenja	SIST EN ISO 17892-12	m ³	500	2000
druge preiskave za določitev značaja finih zrn: MB, w _A , SWRC	po potrebi, glej preglednico 9.3			
potencialna prisotnost humusnih delcev	SIST EN 1744-1, tč. 15.1	m ³	4000	16000
razvrstitev	TSPI PG.05.201	m ³	500	2000
preskus po Proctorju	SIST EN 13286-2	m ³	2000	8000
koeficient prepustnosti pri različnih stopnjah D _{PR} , najmanj 3 preiskave na en vzorec	SIST EN ISO 17892-11	m ³	1000	4000
CBR, IBI, nabrekanje ⁴	SIST EN 13286-47		4000	20000

Preglednica 13.4.2 Tesnilni sloji, predhodne preiskave vgrajevanja mineralnih materialov na poskusnem polju, na ravnem in na brežinah

izvedba poskusnega polja	postopek preiskave		NKK	ZKK
material iz deponije	kakovost vzorca po EC 7-2			
vlažnost	SIST EN ISO 17892-1	na polje	4	1
Zrnavost (samo v sestavljenih zemljinah) ¹	SIST EN ISO 17892-4	na polje	(4)	
Atterbergove meje plastičnosti ¹	SIST EN ISO 17892-12	na polje	4	1
druge preiskave za določitev značaja finih zrn, MB: w _A , SWRC ²	po potrebi, glej preglednico 9.3			
razvrstitev	TSPI PG.05.201	na polje	4	1
preskus po Proctorju	SIST EN 13286-2	na polje	1	
poskusno vgrajevanje				
gostota in vlažnost s kalibriranimi cilindri in z izotopskim merilnikom	TSC 06.711 TSC 06.712	na polje	15	5
dinamični deformacijski modul – Evd	TSC 06.720	na polje	15	5
koeficient prepustnosti	SIST EN ISO 17892-11	na polje	10	5
CCC, DMV (zvezno na polju)	TSC 06.713 SIST CEN/TS17006			
preveritev homogenosti in debeline zgoščene plasti	razkop	na polje	3	1

¹ samo v primeru sestavljenih zemljin**Preglednica 13.4.3: Tesnilni sloji, tekoče preiskave mineralnih materialov med vgrajevanjem**

tekoče preiskave med gradnjo	postopek preiskave		NKK	ZKK
material med vgrajevanjem	kakovost vzorca po EC 7-2			
vlažnost	SIST EN ISO 17892-1	m ²	500	2000
zrnavost (samo v sestavljenih zemljinah) ¹	SIST EN ISO 17892-4	m ²	500	2000
Atterbergove meje plastičnosti ¹	SIST EN ISO 17892-12	m ²	500	2000
razvrstitev	TSPI PG.05.201	m ²	500	2000
preskus po Proctorju	SIST EN 13286-2	m ²	1000	4000
vgrajena plast				
gostota in vlažnost, pazi, kalibrirani cilindri	TSC 06.711	m ²	250	1000
dinamični deformacijski modul – Evd	TSC 06.720	m ²	500	2000
koeficient prepustnosti, vzorec iz plasti	SIST EN ISO 17892-11			
CCC, DMV, zvezno	TSC 06.713 SIST CEN/TS17006			
preveritev homogenosti in debeline zgoščene plasti	razkop	m ²	1000	4000
ravnost in višina planuma	TSC 06.610	m ¹	20	

Povzetek pomena oznak v preglednicah 13.1.1 do 13.4.3¹v vezljivih zemljinah²po presoji, če Atterbergove meje ne morejo opredeliti značaja³samo v primeru suma na prisotnost organskih primesi⁴izbor vrste in obsega preiskave je treba prilagoditi značaju (razvrstitvi) materiala, GG izračunu, ki je podlaga projektu, in izvedljivosti predlaganih rešitev⁵po potrebi je treba izvesti preiskave nedrenirane in drenirane strižne trdnosti, edometriških modulov stisljivosti in druge GG preiskave, ki lahko vplivajo na odločitve⁶omejitve rabe v primerih zelo debelo zrnatih materialov in materialov s specifično mineralno sestavo; nadomestiti z nadomestnimi metodami⁷CCC – glej razlago v SIST TS CEN/TS 17006 glede vplivov zemljine na meritve in vpliva rabe CCC na obseg zmanjšanja točkovnih meritev zgoščenosti in togosti plasti ter priporočila v točkah 9.5.5 in 11.5.3⁸po dogovoru lahko izvaja samo en laboratorij, NKK ali ZKK

14 Literatura

V kazalu virov so navedeni zakoni, pravilniki, uredbe, tehnične specifikacije in standardi, na katere se nanašajo in/ali sklicujejo vsebine v TSPI PG. 05. 000

Zakoni

Gradbeni zakon (GZ-1) (Uradni list RS, št. 199/21, 105/22 – ZZNŠPP, 133/23 in 85/24 – ZAID-A)

Zakon o arhitekturni in inženirski dejavnosti (ZAID) (Uradni list RS, št. 61/17, 133/22 – odl. US in 85/24)

Zakon o cestah (ZCes-2) (Uradni list RS, št. 132/22, 140/22 – ZSDH-1A, 29/23 in 78/23 – ZUNPEOVE)

Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro-1) (Uradni list RS, št. 82/13)

Zakon o katastru nepremičnin (ZKN) (Uradni list RS, št. 54/21 in 85/24 – ZAID-A)

Zakon o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti (ZTZPUS-1) (Uradni list RS, št. 17/11 in 29/23)

Zakon o meroslovju (ZMer-1) (Uradni list RS, št. 26/05 – uradno prečiščeno besedilo)

Zakon o standardizaciji (ZSta-1) (Uradni list RS, št. 59/99)

Zakon o rudarstvu (ZRud-1) (Uradni list RS, št. 14/14 – uradno prečiščeno besedilo, 61/17 – GZ, 54/22, 78/23 – ZUNPEOVE in 81/24)

Zakon o prostorskem načrtovanju (ZPNačrt) (Uradni list RS, št. 33/07, 70/08 – ZVO-1B, 108/09, 80/10 – ZUPUDPP, 43/11 – ZKZ-C, 57/12, 57/12 – ZUPUDPP-A, 109/12, 76/14 – odl. US, 14/15 – ZUUJFO, 61/17 – ZUreP-2 in 199/21 – ZUreP-3)

Zakon o varstvu okolja (ZVO-2) (Uradni list RS, št. 44/22, 18/23 – ZDU-10, 78/23 – ZUNPEOVE in 23/24 Uradni list RS, št. 199/21, 18/23 – ZDU-10, 78/23 – ZUNPEOVE, 95/23 – ZIUOPZP in 23/24)

Zakon o urejanju prostora (ZUreP-3) (Uradni list RS, št. 199/21, 18/23 – ZDU-10, 78/23 – ZUNPEOVE, 95/23 – ZIUOPZP in 23/24)

Zakon o vodah (ZV-1) (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15, 65/20, 35/23 – odl. US, 78/23 – ZUNPEOVE in 52/24 – odl. US)

Zakon o kmetijskih zemljiščih (ZKZ) (Uradni list RS, št. 71/11 – uradno prečiščeno besedilo, 58/12, 27/16, 27/17 – ZKme-1D, 79/17, 44/22 in 78/23 – ZUNPEOVE)

Pravilniki

Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov (Uradni list RS, št. 101/05, 61/17 – GZ in 199/21 – GZ-1)

Pravilnik o projektiranju cest (Uradni list RS, št. 91/05, 26/06, 109/10 – ZCes-1, 36/18 in 132/22 – ZCes-2)

Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog št. 007-28/2020/47, Ljubljana, dne 15. februar 2022, EVA 2020-2430-0016 Jernej Vrtovec, minister za infrastrukturo (Uradni list RS, št. 31/22)

Pravilnik za izvedbo investicijskih vzdrževalnih del in vzdrževalnih del v javno korist na javnih cestah (Uradni list RS, št. 7/12 in 132/22 – ZCes-2)

Pravilnik o gradbiščih (Uradni list RS, št. 55/08, 54/09 – popr., 61/17 – GZ in 199/21 – GZ-1)

Pravilnik o strokovni usposobljenosti za delo z eksplozivni ali pirotehničnimi izdelki (Uradni list RS, št. 110/08 in 1/16)

Pravilnik o določanju in vodenju bonitete zemljišč (Uradni list RS, št. 47/08, 54/21 – ZKN in 41/22)

Pravilnik o izdelavi ocene odpadka pred odlaganjem in ocene nevarnega odpadka pred sežiganjem ter o izvedbi kontrolne kemične analize odpadkov (Uradni list RS, št. 58/16 in 44/22 – ZVO-2)

Odredba o seznamu standardov, ob uporabi katerih se domneva skladnost z zahtevami Pravilnika o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov (Uradni list RS, št. 8/11, 61/17 – GZ in 199/21 – GZ-1)

Seznam harmoniziranih standardov, katerih uporaba ustvari domnevo o skladnosti gradbenih proizvodov za nameravano uporabo (Uradni list RS, št. 88/05, 97/06 in 49/07)

Pravilnik o vodenju podatkov katastra nepremičnin (Uradni list RS, št. 41/22), Priloga 4: Merila za bonitiranje zemljišč

Uredbe

Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 77/22 in 113/23)

Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Uradni list RS, št. 34/08, 61/11 in 44/22 – ZVO-2)

Uredba o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih (Uradni list RS, št. 34/08 in 44/22 – ZVO-2)

UREDBA (EU) št. 305/2011 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS (Uradni list Evropske unije, 4. 4. 2011, I. 88)

Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2).

Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96, 41/04 – ZVO-1 in 44/22 – ZVO-2)

Uredba (2025). Uredba o gradbenih odpadkih, odpadkih iz odstranitve objektov in drugih odpadkih mineralnega izvora, o določitvi meril za stranske proizvode in prenehanje statusa odpadka za predelane odpadke, ter o njihovi uporabi (v nastajanju)

Tehnične specifikacije

Skupnost za ceste Slovenije (SCS), 1989. STP Splošni tehnični pogoji (knjiga 1)

Skupnost za ceste Slovenije (SCS), 1989. PTP Posebni tehnični pogoji za zemeljska dela in temeljenje (knjiga 3 z dopolnili)

Skupnost za ceste Slovenije (SCS), 1989. PTP Posebni tehnični pogoji za voziščne konstrukcije (knjiga 4 z dopolnili)

Skupnost za ceste Slovenije (SCS), 1989. PTP Posebni tehnični pogoji za odvodnjevanje (knjiga 5 z dopolnili)

TSPI PG.05.100: Kategorizacija izkopov

TSPI PG.05.201 Razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih – Razvrščanje zemljin

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

TSPI PG.05.300 Tretiranje zemljin z vezivi (v nastajanju)

TSPI PG.05.400 Geosintetiki (v nastajanju)**TSPI P.06.200 Nevezane nosilne in nevezane obrabne plasti iz naravnega agregata (v notifikaciji pri EU)**

TSC 04.100: 2000	Prezemanje gradbenih proizvodov pri gradnji javnih cest v RS : Ministrstvo za promet - Direkcija RS za ceste
TSC 06.512: 2003	Projektiranje - Klimatski in hidrološki pogoji. Ljubljana: Ministrstvo za promet - Direkcija RS za ceste
TSC 06.711: 2001	Meritev gostote in vlage - Postopek z izotopskim merilnikom. Ljubljana: Ministrstvo za promet - Direkcija RS za ceste
TSC 06.712: 2002	Meritve gostote - Nadomestni postopki. Ljubljana: Ministrstvo za promet - Direkcija RS za ceste
TSC 06.720: 2003	Meritve in preiskave - Deformacijski moduli vgrajenih materialov. Ljubljana: Ministrstvo za promet - Direkcija RS za ceste
TSC 06.713: 2005	Meritev gostote. Postopki kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev
TSC 06.740: 2003	Gradnja preskusnih polj
TSC 06.800: 2001	Ponovna uporaba materialov v cetogradnji. Recikliranje
TSC 08.512: 2002	Izvajanje prekopov na vozni površini
TSC 09.000:2006	Popisi del pri gradnji cest
TP BF-StB B 4.3	Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau.
Anwendung radiometrischer Verfahren zur Bestimmung der Dichte und des Wassergehaltes von Böden. FGSV	
TP BF-StB B 11.1	Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau. Teil 11-1.: Eignungsprüfung bei Bodenverfestigungen mit Bindemitteln. FGSV Arbeitsgruppe Erd und Grundbau, 2012
RVS 08.03.01	Technische Vertragsbedingungen Vor-, Abtrags- und erdarbeiten, 2021
RVS 08.03.02	Technische Vertragsbedingungen, Erdarbeiten, Kontinuierlicher Verdichtungsnachweis. Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse – Schiene – Verkehr, 1999

Smernice

Ministrstvo RS za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: Smernice s področja varstva kmetijskih zemljišč za pripravo državnih prostorskih načrtov (DPN), št. dokumenta: 3501-13/2020/5 z dne 6. 6. 2022

Ministrstvo RS za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: Smernice s področja varstva kmetijskih zemljišč za pripravo občinskih prostorskih načrtov (OPN), št. dokumenta: 3502-56/2022/1 z dne 14. 6. 2022

Ministrstvo RS za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: Smernice s področja varstva kmetijskih zemljišč za pripravo lokacijskih preveritev, v okviru katerih se preoblikuje ali spremeni obseg stavbnih zemljišč, kot so določena v občinskem prostorskem načrtu, št. dokumenta: 3505-72/2022/1 z dne 6. 6. 2022

Merkblatt zur Herstellung, Wirkungsweise und Anwendung.....FGSV, Arbeitsgruppe Erd und Grundbau, 2012

Krovni standardi

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 IEC 17025: Splošne zahteve za usposobljenost preskuševalnih in kalibracijskih Laboratorijev

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 16907-4 Zemeljska dela - 4. del: Tretiranje zemljin z apnom in/ali hidravličnimi vezivi

Standardi za laboratorijske preiskave zemljin

SIST EN ISO 22475-1 Geotehnično preiskovanje in preskušanje – Metode vzorčenja in merjenje podzemne vode – 1.del: Tehnična načela za izvedbo del

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 zrnastostne sestave

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

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

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

SIST EN ISO 17892-11 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 11274 Kakovost tal - Določevanje karakteristik zadrževanja vode - Laboratorijske metode

SIST EN 17542-3 Zemeljska dela - Geotehnični laboratorijski preskusi - 3. del: Vrednost metilen modro VBS zemljin in kamnin

SIST DIN 18915: Uporaba rastlin pri urejanju zelenih površin – Zemeljska dela Vegetation technology in landscaping – Soil working

Standardi za terenske preiskave zemljin

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

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

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

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

SIST EN ISO 22282-6 Ugotavljanje vodoprepustnosti v vrtini z uporabo zaprtih sistemov

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

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

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

SIST –TS CEN/TS 17006: Kontinuirana kontrola zgoščanja

Standardi za laboratorijske preiskave kamninskega agregata, ki se lahko uporabijo za preskuse zemljin

SIST EN 932-1: Preskusi splošnih lastnosti agregatov - 1. del: Metode vzorčenja

SIST EN 932-2: Preskusi splošnih lastnosti agregatov - 2. del: Metode zmanjševanja laboratorijskih vzorcev

SIST EN 932-3: Preskusi splošnih lastnosti agregatov - 3. del: Postopek in izrazje poenostavljenega petrografskega opisa

SIST EN 933-1: Preskusi geometričnih lastnosti agregatov - 1. del: Ugotavljanje zrnivosti - Metoda sejanja

SIST EN 933-8: Preskusi geometričnih lastnosti agregatov - 9. del: Ugotavljanje finih delcev - 8. del: Ugotavljanje finih delcev - Ekvivalent peska

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

SIST EN 1097-3: Preskusi mehanskih in fizikalnih lastnosti agregatov - 3. del: Določevanje prostorninske mase in votlin v nasutem stanju

SIST EN 1097-6: Preskusi mehanskih in fizikalnih lastnosti agregatov - 6. del: Določevanje prostorninske mase zrn in vpijanja vode

SIST EN 1097-10: Preskusi mehanskih in fizikalnih lastnosti agregatov - 10. del: Določevanje kapilarnega dviga vode

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

SIST EN 13286-2: Nevezane in hidravlično vezane zmesi - 2. del: Preskusne metode za določanje laboratorijske referenčne gostote in deleža vlage - Preskus po Proctorju

SIST EN 13286-47: Nevezane in hidravlično vezane zmesi - 47. del: Preskusna metoda za ugotavljanje kalifornijskega indeksa nosilnosti (CBR), neposrednega indeksa nosilnosti (IBI) in linearnega nabrekanja

SIST EN 13286-49: Nevezane in hidravlično vezane zmesi – 49. del: Preskus pospešenega nabrekanja zemlje, obdelane z apnom in/ali hidravličnim vezivom

Standardi za tretiranje zemljin z vezivi

SIST EN 14227-2: Hidravlično vezane zmesi - Specifikacije - 2. del: Vezane zmesi z žlindro

SIST EN 14227-4: Hidravlično vezane zmesi - Specifikacije - 4. del: Elektrofitrski pepel za hidravlično vezane zmesi

SIST EN 14227-15: Hidravlično vezane zmesi - Specifikacije - 15. del: Stabiliziranje zemljin s hidravličnimi vezivi

SIST EN 197-1 Cement - 1. del: Sestava, zahteve in merila skladnosti za običajne cemente

SIST EN 197-5 Cement - 5. del Portlandski mešani cement CEM II/C-M in Mešani cement CEM VI

SIST EN 450-1:2013 Elektrofitrski pepel - 1. del: Definicije, specifikacije in merila skladnosti

SIST EN 459-1:2015 Gradbeno apno - 1. del: Definicije, zahteve in merila skladnosti

Standardi – rodovitna zemlja

SIST DIN 18915: Uporaba rastlin pri urejanju zelenih površin – Zemeljska dela

SIST DIN 18917: Uporaba rastlin pri urejanju zelenih površin – Trate in setvena dela

SIT DIN 18918: Uporaba rastlin pri urejanju zelenih površin – Vzdrževalna dela v fazi razvoja in pri oskrbi zasaditev (začetno in redno vzdrževanje)

SIST DIN 18919: Uporaba rastlin pri urejanju zelenih površin – Vzdrževalna dela v fazi razvoja in pri oskrbi zasaditev (začetno in redno vzdrževanje)

SIST DIN 18920: Uporaba rastlin pri urejanju zelenih površin – Zaščita drevja, rastlinskih sestojev in nasadov pri gradbenih posegih

Geosintetiki - specifikacije

SIST EN 13249: Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki. Značilnosti, ki se zahtevajo pri gradnji cest in drugih prometnih površin (izključuje železnice in vključuje asfaltne površine)

SIST EN 13250: Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki. Značilnosti, ki se zahtevajo pri gradnji železnic

SIST EN 13251: Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki. Značilnosti, ki se zahtevajo pri nasipih, temeljih in trdnih strukturah

SIST EN 13252: Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki. Značilnosti, ki se zahtevajo pri drenažnih sistemih

SIST EN 13253: Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki. Zahtevane lastnosti pri nadzoru zunanje erozije

SIST EN 15382: Geosintetične ovire. Zahtevane lastnosti z uporabo v infrastrukturi transporta

SIST EN ISO 10318 - 1: Geosintetiki-izrazi in definicije

EBGEO Recommendations for Design and Analysis of Earth Structures using Geosynthetic Reinforcements –Ernst&Sohn, 2011

Lahki materiali - specifikacije

SIST EN 13055: Lahki agregati.

SIST EN 14933: Toplotno izolacijski in lahki polnilni proizvodi za inženirske objekte – Proizvodi iz ekspaniranega polistirena.

Nacionalni standardi, primerni za preskuse in presojo rabe v zemljinah

ASTM D6938 Standard Test Methods for In-Place Density and Water Content of Soil and Soil-Aggregate by Nuclear Methods (Shallow Depth)

BS 6031 Code of practice for earthworks

DIN 18196 Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

DIN 18132 Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte - Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens

NF P94-068 Soils: investigation and testing. Measuring of the methylene blue adsorption capacity of a rocky soil. Determination of the methylene blue of a soil by means of the stain test

NF P94-078 Soils: investigation and testing. Post - immersion CBR - Immediate CBR - Immediate bearing index IPI - Determination on sample compacted in CBR mould

Literatura, članki in drugi viri

Adam, D. (2018). Grundbau -Taschenbuch: Teil 2: Geotechnische Verfahren. Erdbau. Ernst & Sohn

Maček, M., Mauko, A., Mladenovič, A., Majes, B., 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>

Petkovšek, A., Maček, M., Pavšič, P., Bohar, F., 2010. Fines characterization through the methylene blue and sand equivalent test: comparison with other experimental techniques and application of criteria to the aggregate quality assessment. Bulletin of Engineering Geology and the Environment 69, 561–574. <https://doi.org/10.1007/s10064-010-0274-2>

Petkovšek, A., Smolar, J., Maček, M., 2016. Mechanically treated soils - test method validity and reliability: invited lecture. V: JIRÁSKO, Daniel (ur.). Ground improvement. 44th Conference with international participation. Foundation engineering, Brno, str. 5-29

Smolar, J., Maček, M., Petkovšek, A., 2016. Geotechnical and environmental characterization of boiler slag as fill material. Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering. št. 8, letn. 42, str. 1-7

Vukadin, V., 2013. The improvement of the loosely deposited sands and silts with the Rapid Impact Compaction technique on Brežice test sites. Engineering Geology 160, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2013.03.025>

Žmavc, J., 1997. Gradnja cest – voziščne konstrukcije. UL FGG in DRC

Žmavc, J. 1994. Terminološki slovar za cestogradnjo. DRC

Rüegger, R., Hufenus, R., 2003. Bauen mit Geokunststoffen: Ein Handbuch für den Geokunststoff-Anwender. SVG

Code of good practice. Soil treatment with lime. State of the art. BRRC, 2021.

GTR, 2003. Technical Guideline on Embankment and Capping Layer construction. LCPC

LCPC, 2003. Practical Manual for the Use of Soils and Rocky Materials in Embankment Construction

ZTVE 94. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Strassenbau

Klasifikacija tal Slovenije 2019, Sistem za opisovanje in poimenovanje tal v Sloveniji, Različica: 2019-0923_KlasifikacijaTalSlovenije2019, Ljubljana 2019 (https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Tla/Klasifikacija_tal_Slovenije.pdf)
Bundesverbandes Boden, Bodenkundliche Baubegleitung BBB, Leitfaden für die Praxis, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2014

BAFU (Hrsg.) Bellini E. 2015: Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1508:114 S.

BAFU (Hrsg.) 2022: Sachgerechter Umgang mit Boden beim Bauen. Bodenschutzmassnahmen auf Baustellen. Ein Modul der Vollzugshilfe Bodenschutz beim Bauen. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2112: 36 S.

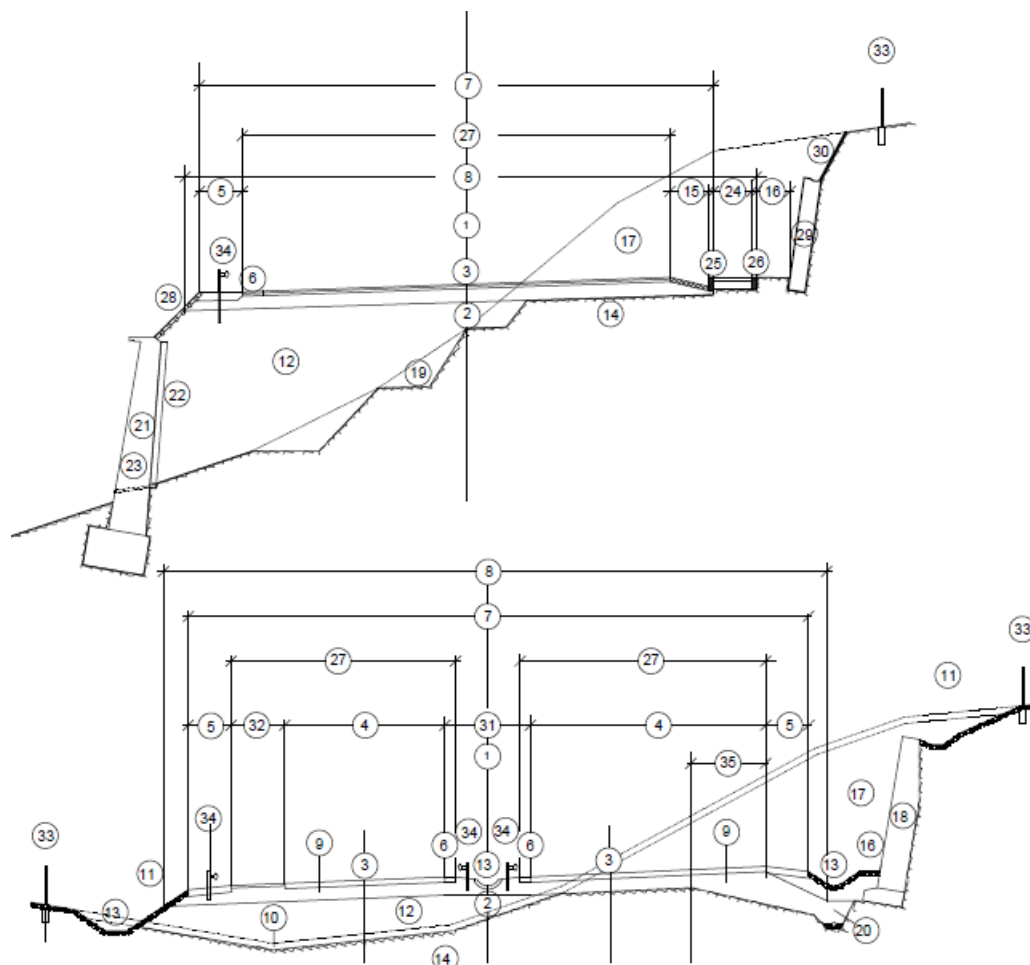
Baudirektion des Kantons Zürich, Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich, Richtlinien für Bodenrekultivierungen, Mai 2003 – in Kraft gesetzt auf den 1. Juli 2003

Hessische Ministerium für Umwelt Rekultivierung_von_Tagebau- und_sonstigen_Abgrabungsflaechen -Herstellun ainer dutschwurzelparen Bodenschicht-, 2017

Freistaat Sachsen, Landesamt fuer Umwelt: Schädliche Bodenverdichtung bei Baumaßnahmen vermeiden – erkennen – beheben, Dr. Norbert Feldwisch, Dr. Christian Friedrich, 2016

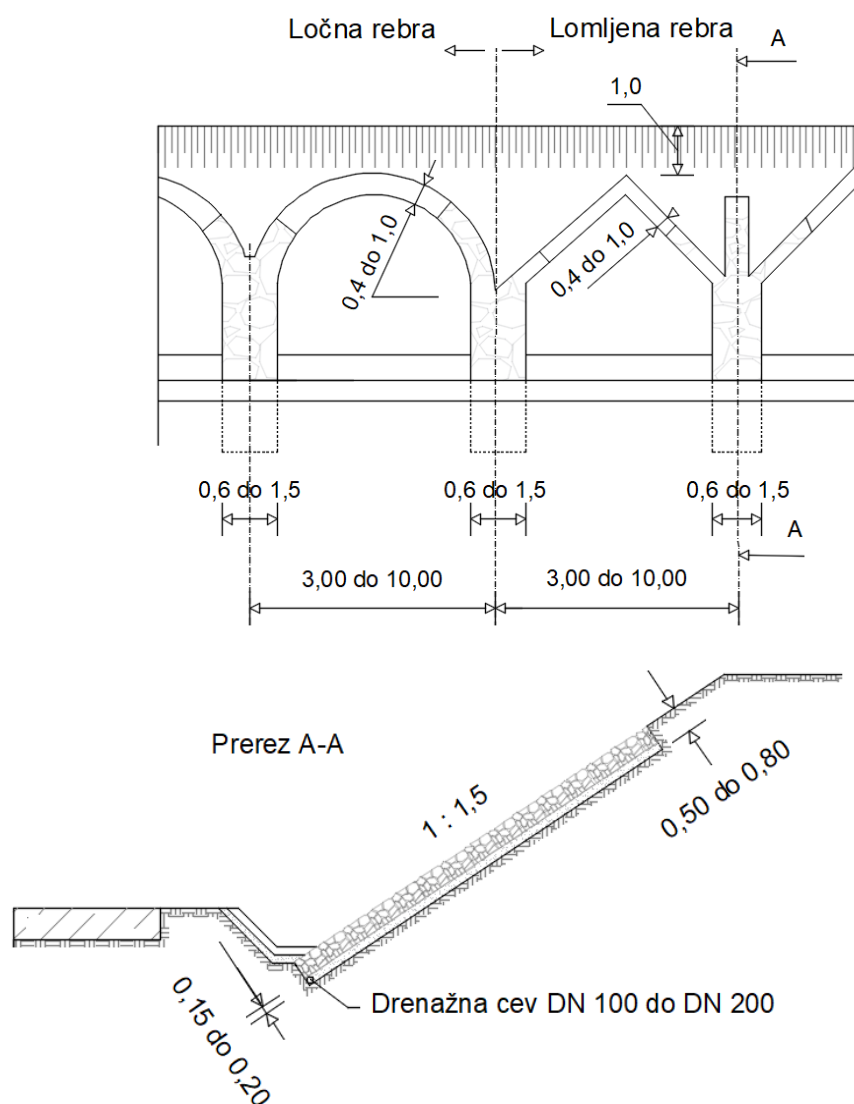
KAZALO VSEBINE DODATKA K TSPI 05.000

Oznaka	Vsebina
Dodatek G: Sheme, grafični prikazi ZD v prečnih prerezi	SI. G.1: Shema s poimenovanjem značilnih plasti v prečnem prerezu ceste SI. G.2.1: Vzorčni primer kamnitega drenažnega rebra na brežini SI. G.3.1: Primer stopničenja podlage in prva nasipna drenažna plast SI. G.3.2: Shema nasipa z značilnimi elementi po SIST EN 16907-1 SI. G.4.1: Primeri trajnostne razporeditve zemeljskih mas pri gradnji nasipov glede na prepustnost temeljnih tal SI. G.4.2: Shema značilnih plasti v nasipu SI. G.4.3: Primeri trajnostne rabe materialov v nasipih s conarno zgradbo
Dodatek T.1: Razvrščanje	Pregl. T.1.1 do T1.3: Razvrstitev zemljin po TSPI PG.05.201
Dodatek R: od vlage (saturacije) odvisne lastnosti zemljin	SI. R.1 Proctorjeva krivulja v povezavi s togostjo in zgoščenostjo. SI. R.2: Značilni odseki retencijske (SWRC) krivulje za nezgoščeno zelo visoko plastično glino. SI. R.3: Diagram plastičnosti z načeli razvrščanja drobno zrnatih zemljin. SI. R.4: Razlaga vpliva delovanja apna v glineni zemljini
Dodatek V: Vzorec vsebine	Vzorec vsebine Tehnološkega elaborata (TE) za zemeljska dela
Dodatek P:	Pogoji rabe TSPI PG. 05.000 – splošna določila

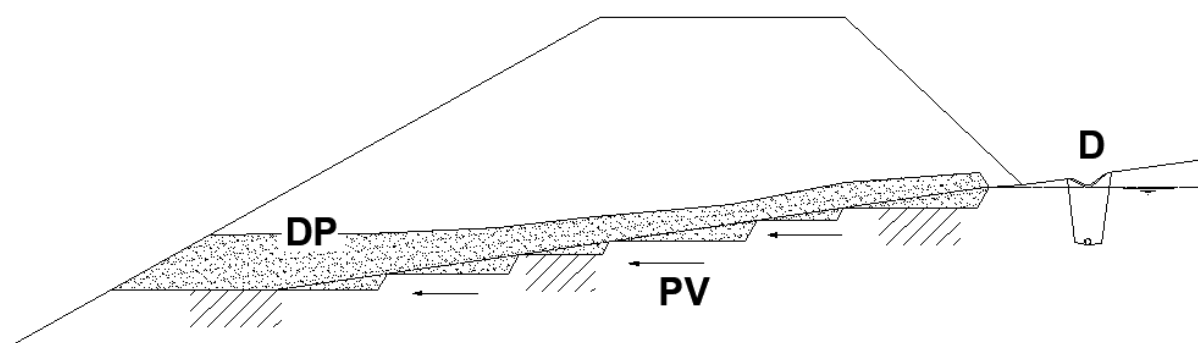


Slika G.1: Shema s poimenovanjem značilnih plasti v prečnem prerezu ceste in objektov
Prirejeno po STP, knjiga 1, SCS, 1989 in usklajeno z Zakonom o cestah, UL RS, št. 132/22 s spremembami

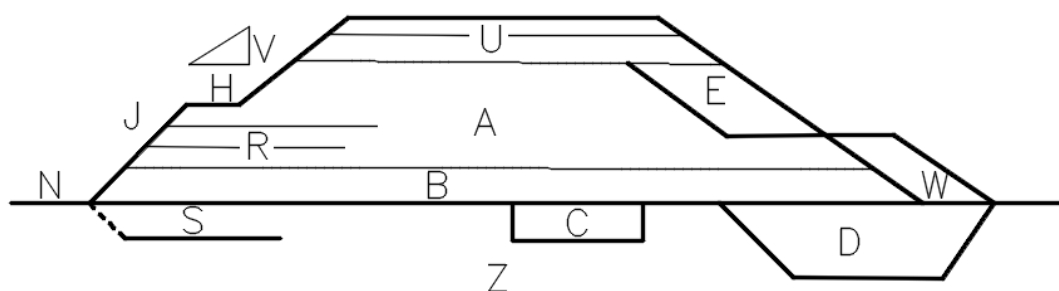
1	os cestišča	19	stopnica
2	površina terena, kota površine terena	20	drenaža
3	niveleta vozišča	21	podporni zid
4	prometni pasovi	22	drenaža za zidom
5	bankina	23	iztočna cev - barbakana
6	robni pas	24	hodnik
7	cestišče	25	robnik
8	planum nasipa	26	poglobljeni robnik
9	voziščna konstrukcija	27	vozišče
10	odstranjena plodna zemlja	28	obloga s kamnom
11	urejena brežina (ozelenjena)	29	obložni zid
12	nasip	30	zavarovanje z žično mrežo
13	odvodni jarek	31	Jočilni pas
14	temeljna tla	32	odstavni pas
15	koritnica	33	varovalna ograja
16	berma	34	varnostna ograja
17	izkop (območje vkopa)	35	pas za počasna vozila
18	oporni zid		



Slika G.2.1: Vzorčni primer kamnitega drenažnega rebra na brežini. Pogosto je v rabi tudi izraz »strižni ključ«. Prirejeno po nekdanjem JUS U.S4:064; danes HRN U.S4:064 in SRPS U.S4:064.



Slika G.3.1: Primer stopničenja podlage in prva nasipna plast kot drenažna plast. DP – drenažna plast; PV – podzemna voda, D – drenaža. Prirejeno po SIST EN 16907-1.



Slika G.3.2: Shema nasipa z značilnimi elementi. Povzeto in prirejeno po SIST EN 16907-1.

U: zaključna plast nasipa, tudi planum spodnjega ustroja

A: nasip (aktualen nasip)

B: podlaga nasipa, planum temeljnih tal

C: odstranitev površinske (plodne) zemljine, čiščenje površine terena

D: kamnita peta (namenjena izboljšanju globalne stabilnosti)

E: zaščitni pas nasipa na bokih (lahko je namenjen tesnjenju, izboljšanju erozijske varnosti ipd.)

H: horizontalna razdalja:

V: vertikalna razdalja (podajanje nagiba brežine kot V/H: 1:1,5; 1:2; 1:3)

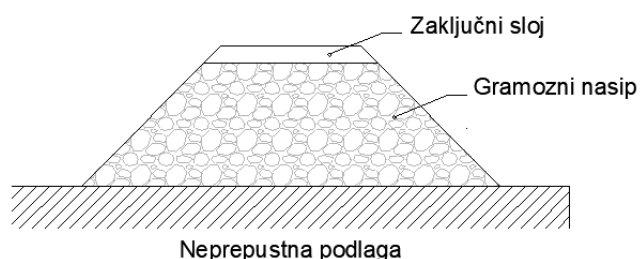
W: berma

R: nasip iz armirane zemljine

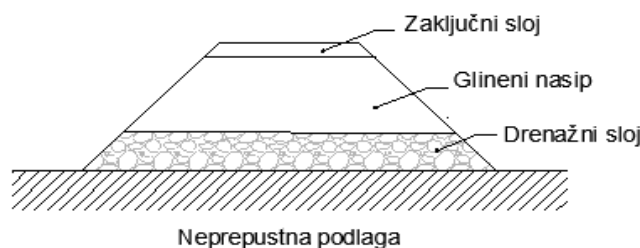
N: površina terena, kota površine terena

S: območje nadomeščanja temeljnih tal

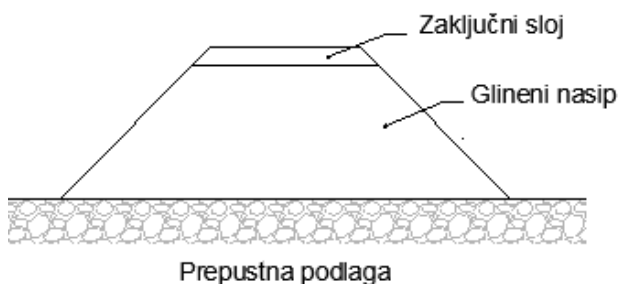
Z: temeljna tla, geološka podlaga



Zaključna plast/sloj je potrebna samo v primeru, če so gramozni iz skupine siGr ali clGr. V primeru rabe čistih in kompozitnih gramozov zaključna plast ni potrebna. Drenažni sloj ni potreben.

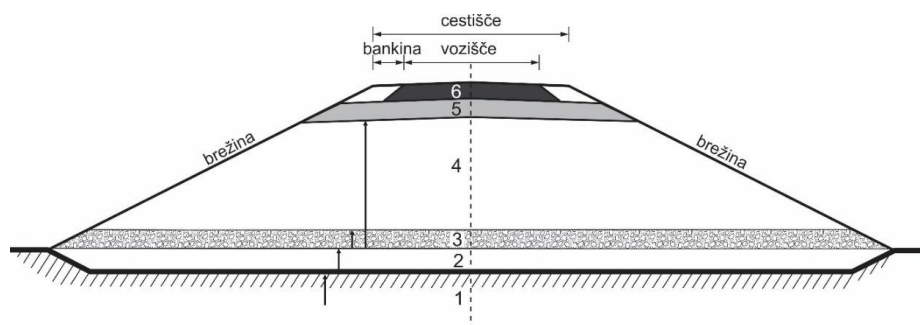


Drenažna plast/sloj je potrebna. Pospešuje konsolidacijo temeljnih tal in nasipa iz gline.

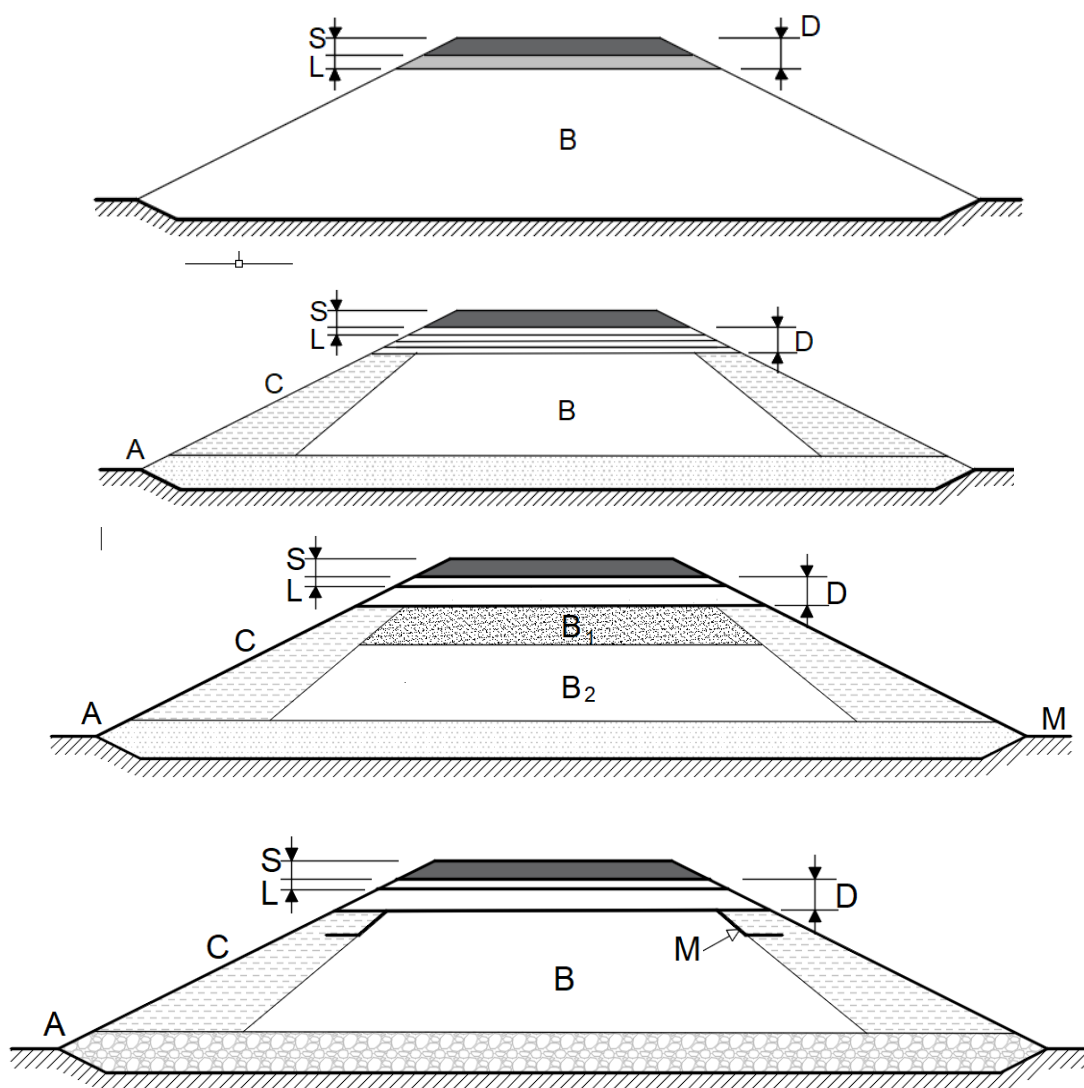


Zaradi prepustne podlage drenažna plast pod glinenim nasipom ni potrebna

Slika G.4.1: Primeri trajnostne razporeditve zemeljskih mas pri gradnji nasipov glede na prepustnost temeljnih tal.



Slika G.4.2: Shema značilnih plasti: 1 – geološka podlaga, 2 – izboljšana ali nadomeščena temeljna tla, 3 – povozni plato in/ali drenažna/filtrska plast, 4 – nasip, 5 – zaključna plast nasipa, 6 – zgornji ustroj, ni predmet zemeljskih del.



Slika G.4.3: Primeri rabe materialov v nasipih s conarno zgradbo: A – podlaga, B – jedro, C – bok, D – zgornja cona nasipa, L – zaključna plast, S – nadgradnja, M – tesnilna plast. Prirejeno po SIST EN 16907-1.

Preglednica T.1.1: Razvrstitev zelo debelozrnatih zemljin

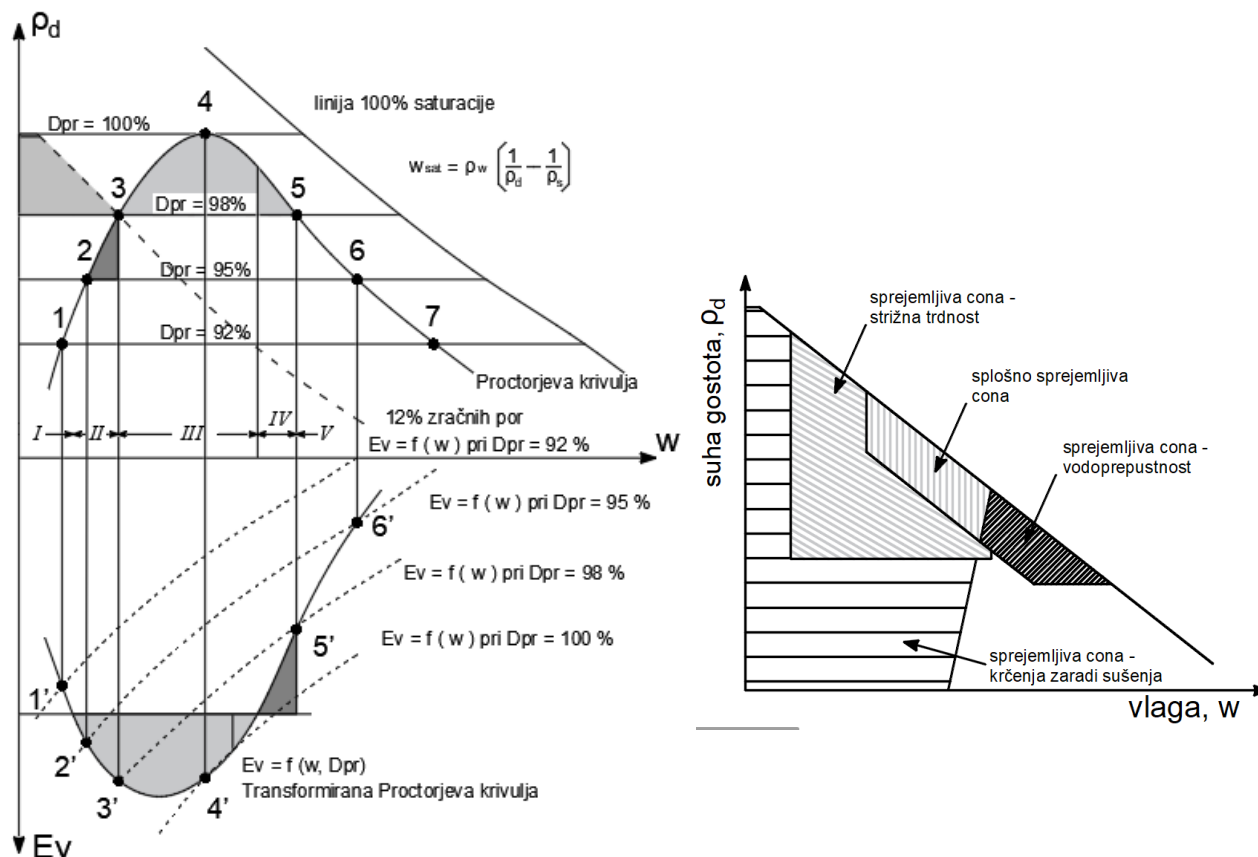
Oznaka stolpca	1	2	3	4	5	6	7	8
Oznaka vrstice	Glavna skupina zemljine	Frakcije velikosti zrn SIST EN ISO 14688-1		Območje velikosti zrn (mm)	Generalno merilo	Primarna frakcija/simbol	Kompozitne frakcije	
		Pod frakcije	Simbol		Kriterij velikosti zrn ali plastičnosti			
1	Zelo debelozrnata	velike skale	IBo	> 630	> 50 % zrn ≥ 200 mm	¹ skale (Bo)	skale, skale s kamenjem	skale z drobnnozrnatimi zemljinami
2		skale	Bo	200 do 630				
3		kamenje	Co	63 do 200	> 50 % zrn < 200 mm in ≥ 63 mm	¹ kamenje (Co)	kamenje, kamenjes skalami	kamenje z drobnnozrnatimi zemljinami

Preglednica T.1.2: Razvrstitev debelozrnatih zemljin

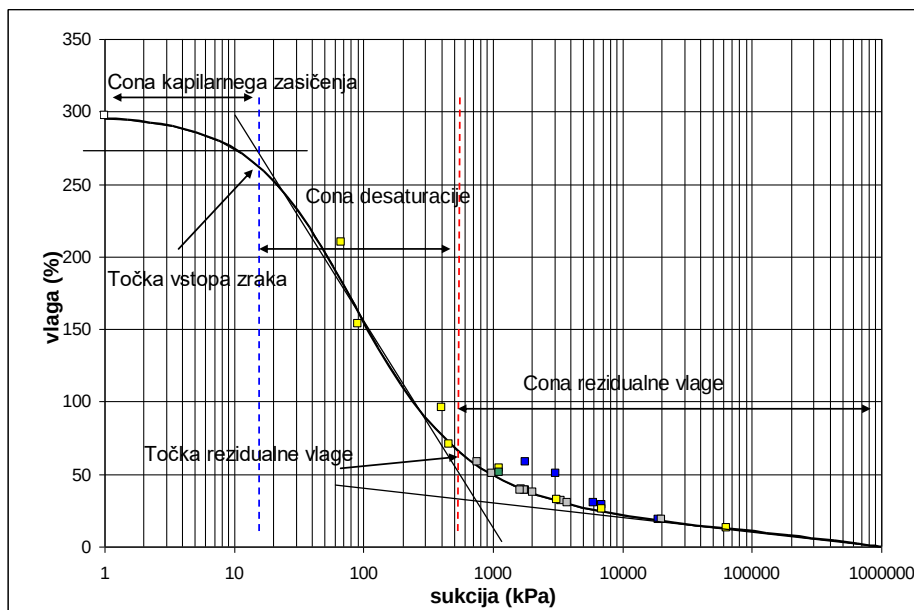
	1	2	3	4	5	6	7	8
	glavna skupina	delež zrn $\leq 0,063$ mm	Kriterij zrn ≤ 2 mm	položaj v AC diagramu	skupina	vrsta zemljine	simbol	kriterij
1	debelozrnate zemljine	$\leq 5\%$	$f_{0,063-2,0} \text{ mm} < f_{2,0-63}$	ni merodajen	gramoz	dobrozrnat gramoz	GrW	$C_U > 15$ in $1 \leq C_C \leq 3$
2						srednjezrnat gramoz	GrM	$6 < C_U < 15$ in $C_C < 1$
3						gramoz z vrzeljo zrnivosti	GrG	$C_U > 15$ in $C_C < 0,5$
4						slabozrnat gramoz	GrP	$3 < C_U < 6$ in $C_C < 1$
5						enakomerno zrnat gramoz	GrU	$C_U < 3$ in $C_C < 1$
6			$f_{0,063-2,0} \text{ mm} > f_{2,0-63}$	ni merodajen	pesek	dobrozrnat pesek	SaW	$C_U > 15$ in $1 \leq C_C \leq 3$
7						srednjezrnat pesek	SaM	$6 < C_U < 15$ in $C_C < 1$
8						pesek z vrzeljo zrnivosti	SaG	$C_U > 15$ in $C_C < 0,5$
9						slabozrnat pesek	SaP	$3 < C_U < 6$ in $C_C < 1$
10						enakomerno zrnat pesek	SaU	$C_U < 3$ in $C_C < 1$
11	Sestavljene zemljine, mešanica debelih in drobnih zrn	$12\% \text{ do } 50\%$	$f_{0,063-2,0} \text{ mm} < f_{2,0}$	$I_P < I_{PA}$	gramoz	meljast gramoz	siGr	fina zrna se nahajajo pod linijo A
12				$I_P > I_{PA}$		glinast gramoz	clGr	fina zrna se nahajajo nad linijo A
13			$f_{0,063-2,0} \text{ mm} > f_{2,0-63}$	$I_P < I_{PA}$	pesek	meljast pesek	siSa	fina zrna se nahajajo pod linijo A
14				$I_P > I_{PA}$		glinast pesek	clSa	fina zrna se nahajajo nad linijo A
15	Kompozitne zemljine*	$5\% \text{ do } 12\% \text{ finih zrn}$	$f_{0,063-2,0} \text{ mm} < f_{2,0}$	$I_P < I_{PA}$	gramoz	meljast gramoz*	siGr*	fina zrna se nahajajo pod linijo A
16				$I_P > I_{PA}$		glinast gramoz*	clGr*	fina zrna se nahajajo nad linijo A
17			$f_{0,063-2,0} \text{ mm} > f_{2,0}$	$I_P < I_{PA}$	pesek	meljast pesek*	siSa*	fina zrna se nahajajo pod linijo A
18				$I_P > I_{PA}$		glinast pesek*	clSa*	fina zrna se nahajajo nad linijo A

Preglednica T.1.3: Razvrstitev drobnozrnatih zemljin

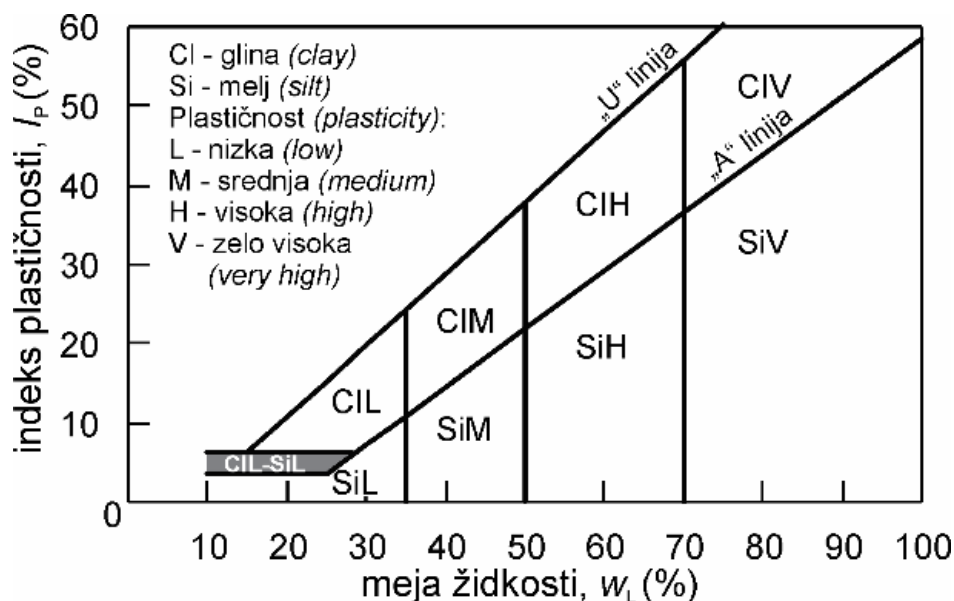
	1	2	3	4	5	6	7	8
	glavna skupina	delež zrn $\leq$ 0,063 mm	zrna $\leq$ 2 mm	položaj v diagramu plastičnosti	skupina	vrsta zemljine	simbol	dodatni kriterij
1	Drobnozrnat zemljine	≥ 50 %	ni merodajno	pod premico A $I_p < I_{pA}$	melji	nizko plastičen melj	SiL	w_L : <35 % in/ali w_L : <35 % in $I_p < 4$ %
2						srednje plastičen melj	SiM	w_L : 35 do 50 %
3						visoko plastičen melj	SiH	w_L : 50 do 70 %
4						zelo visoko plastičen melj	SiV	w_L : >70 %
6				nad premico A $I_p > I_{pA}$	gline	nizko plastična glina	CiL	w_L : <35 % in $I_p > 7$ %
7						srednje plastična glina	CiM	w_L : 35 do 50 %
8						visoko plastična glina	CiH	w_L : 50 do 70 %
9						zelo visoko plastična glina	CiV	w_L : >70 %
10				nad premico A	meljna glina	meljna glina nizke plastičnosti	CiL-SiL	w_L : <30 % I_p med 4 % in 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)	CiLO SiLO	fina zrna se nahajajo nad ali pod premico A
12						srednje plastična organska zemljina (melj ali glina)	CiMO SiMO	fina zrna se nahajajo nad ali pod premico A
13						visoko plastična organska zemljina (melj ali glina)	CiHO SiHO	fina zrna se nahajajo nad ali pod premico A
14						zelo visoko plastična organska zemljina (melj ali glina)	CiVO 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



Slika R.1: Proctorjeva krivulja v povezavi s togostjo in zgoščenostjo. Podoben diagram je moč narisati za CBR, IBI in druge lastnosti v povezavi z vlago nabite zemljine. Primer pojasnjuje, zakaj meritev npr. togosti (E_v) ne more nadomestiti meritev vlage in gostote. Desno: shema za razumevanje splošno sprejemljive cone vgrajevanja vezljivih zemljin.

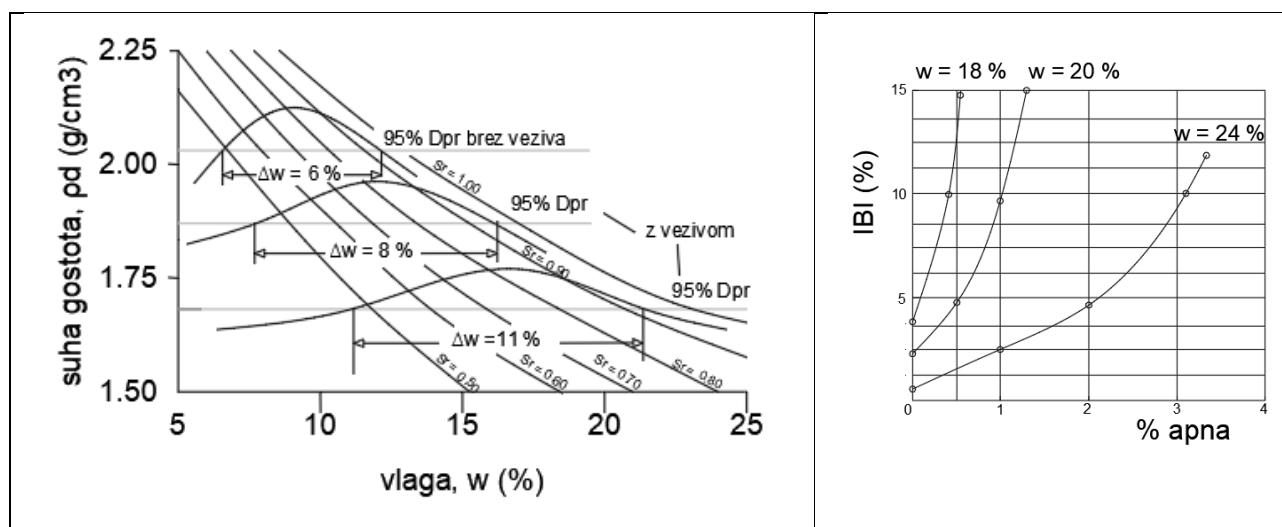


Slika R.2: Značilni odseki retencijske (SWRC) krivulje za nezgoščeno zelo visoko plastično glino. V zgoščenem stanju se točka vstopa zraka premakne v desno in navzdol in je lahko tudi 1000 kPa.



Slika R.3: Diagram plastičnosti (nekoč znan tudi kot AC diagram) z načeli razvrščanja drobnnozrnatih zemljin. Univerzalni diagram, podan tudi v TSPI PG. 05.201, a s spremenjeno terminologijo in simboli za oznake zemljin.

- Opomba 1: Linija U v diagramu plastičnosti je empirično ocenjena maksimalna zgornja meja za naravne zemljine. Vsak eksperimentalno določen položaj zemljine nad linijo U ali levo od nje je treba skrbno preveriti.
- Opomba 2: Organske snovi vplivajo na mejo židkosti bolj kot na indeks plastičnosti. Višje vsebnosti organske snovi premaknejo zemljino v desno, prisotne vodotopne soli pa v levo v diagramu plastičnosti.
- Opomba 3: Za razvrstitev nekaterih posebnih tipov zemljin je treba Atterbergove meje plastičnosti dopolniti z uporabo drugih metod, npr. testa metilen modro (MB), Enslin Neffovega testa (EN), meritvijo retencijske krivulje (SWRC), določitev kationske izmenjalne kapacitete (CEC) ipd.
- Opomba 4: Enačba linije A je $I_p = 0,73 (w_L - 20)$, enačba linije U je $I_p = 0,9 (w_L - 8)$.



Slika R.4: Razlaga vpliva delovanja apna v glineni zemljini, levo: vpliv dodatka apna na položaj Proctorjeve krivulje v Proctorjevem diagramu in na razpon vgradljivosti (Δw); desno: informativni prikaz učinka apna na isto zemljino pri različnih vlažnostih.

DODATEK V: Vzorec vsebine tehnološkega elaborata (TE) za zemeljska dela**• Splošni podatki, ki se nanašajo na vsebino TE**

Opis odseka trase, zemeljskega objekta ali značilne funkcionalne plasti (npr. TE za izvajanje del v povezavi s tesnjenjem za zaščito podzemne vode)

Podatki o projektantu in projektu

Opis vrste del, na katera se tehnološki elaborat nanaša (npr. TE za polaganje tesnilnih geosintetikov na vkopnih brežinah; TE za izvedbo zaključne plasti iz z vezivi stabiliziranega peska ipd.).

Pregledna situacija s karakterističnimi detajli in fazami dela.

• Organizacija gradbišča

Sestavni del tehnološkega elaborata je ustrezen načrt organizacije gradbišča, ki mora biti usklajen z osnovnim načrtom organizacije gradbišča, predan v vodilni mapi tehnoloških elaboratov.

V prikaz organizacije gradbišča je treba vključiti:

- popis delovne sile in mehanizacije,
- prometno ureditev (situacije dostopov na gradbišče),
- način skladiščenja osnovnih materialov, veziv in geosintetikov.

• Materiali

Osnovni geološki materiali

- vrste in izvor,
- potrebne količine,
- način transporta,
- način skladiščenja,
- ravnanje z izkopskimi materiali (deponiranje, oddaja pooblaščenemu prevzemniku, trajno odlaganje na odlagališčih).

Izboljšani in z vezivi stabilizirani materiali

- vrste in izvor osnovnega materiala,
- vrste in izvor veziva,
- potrebne količine,
- način transporta,
- način izvedbe izboljšanja in/ali stabilizacije (mix in plant, mix in place); zgoščanje,
- način zagotavljanja okoljskih zahtev,
- način negovanja in vzdrževanja plasti do nadgradnje.

Gradbeni proizvodi (geosintetiki,)

- vrste proizvodov s podrobnimi oznakami proizvajalca, imenom proizvoda in namenom rabe,
- potrebne količine,
- potrebna oprema in postopki za vgraditev,
- način transporta,
- posebnosti v povezavi z rabo (npr. načini skladiščenja na deponiji, zaščita deponij, polaganje bentonitnih trakov).

• Kakovost uporabljenih materialov in gradbenih proizvodov

Za vse uporabljene geološke in antropogene materiale je treba predložiti ustrezna poročila o predhodnih preiskavah.

Za gradbene proizvode je treba v TE priložiti ustrezna dokazila, s katerimi proizvajalec jamči za ustreznost proizvoda.

Če sistem potrjevanja skladnosti za določen proizvod ni predpisan, je treba priložiti ustrezna strokovna poročila, npr. STS, ki jih je izdala pristojna institucija.

Obvezna vsebina TE za tretirane zemljine je podana v TSPI PG. 05.300.

- **Podatki o gradbeni mehanizaciji**

Izvajalec mora navesti osnovne podatke o transportnih sredstvih, strojih za nasipanje in razprostiranje, valjarjih, rezkalnih strojih in drugi opremi (vrsta, izvor, kapaciteta), ki jih bo uporabil pri gradnji.

Pred pričetkom obratovanja strojev in naprav, od katerih je odvisna kakovost del, je treba preveriti njihovo ustreznost za zagotovitev enakomerne kakovosti vgradnje in okoljske zahteve, če so te podane, ter skladnost z zahtevami teh TSPI.

Podatki o preverjanju globinskih učinkov valjarjev na različnih zemljinah, če so v času izdelave TE že na voljo, morajo biti priloženi v poročilu o preverjanju učinkov valjarja. Med izvajanjem del je treba, glede na spreminjanje lastnosti dobavljenih materialov, po potrebi izvajati dodatna testna polja in ugotovitve predajati nadzorniku v ustreznih poročilih.

- **Način izvedbe**

Opisati je treba:

- tehnološke postopke po posameznih fazah dela; postopke in faze je priporočljivo tudi grafično prikazati, vključno z detajli po projektni dokumentaciji, predvsem za izvedbo vseh zahtevnejših del, kot so npr. sidranje geosintetikov v jarkih, stikovanje plasti na robnike in betonske temelje ipd.,
- pripravo in ureditev mesta vgrajevanja,
- načine zaščite pred poškodbami (npr. brežin, geomembran, planumov itd.),
- načine nege in vzdrževanja (planumi, zaščitne plasti na brežinah do vzpostavitve koreninskega sistema),
- ukrepe varovanja okolja (ukrepi za zmanjšanje prašenja, hrupa, načini varovanja podzemne in površinske vode pred vplivi z gradbišča...),
- ukrepe zaščite gradbišča pred vstopom nepooblaščenih oseb,
- hitrost gradnje, časovne mejnike, vezane na tehnična opazovanja.

Navesti je treba tudi:

- odgovorno osebo izvajalca za izvedbo del in za varstvo pri delu,
- strokovno ekipo, ki mora biti prisotna pri izvedbi del in je odgovorna za kvalitetno izvedbo (vodja del, tehnolog, predstavnik NKK in/ali ZKK, predstavnik izvajalca posebnih del, npr. varilcev GMB, nadzornik) s kontaktnimi naslovi,
- način obveščanja.

- **Kakovost izvedbe**

Lastnosti geoloških in antropogenih materialov ter gradbenih proizvodov morajo biti preiskane in dokazane z začetnimi preiskavami in tipskimi preskusi, da ustrezajo zahtevam projekta in veljavni tehnični regulativi.

- **Dokazna proizvodnja in vgrajevanje**

Pred izdelavo TE ali pred pričetkom izvajanja posamezne faze dela (za katero izvajalec še ni dokazal, da jo je sposoben ustrezno izvesti) bo izvedeno poskusno polje, na katerem so/bodo določeni postopki vgrajevanja, na način, kot ga določajo proizvajalci materialov (npr. geosintetikov) oz. tako, kot je v TSPI opredeljeno za vgrajevanje.

- **Notranja kontrola kakovosti izvedbe**

Izvajalec del mora v TE predložiti program povprečne pogostosti NKK, ki temelji na projektnih količinah za značilne materiale in plasti.

Podati je treba dokazila o opremi laboratorija, osebju, načinu hranjenja in predajanja podatkov raziskav.

- **Terminski plan**

Sestavni del TE je terminski plan izvedbe del. S terminskimi plani je treba prikazati:

- plan napredovanje dela - po fazah in vrstah del,
- plan mehanizacije in delovne sile,
- plan dobave osnovnih materialov,
- plan izdelave in predložitve potrebne dokumentacije za fazne (delne) prevzeme del,
- soodvisnost sodelovanja z drugimi izvajalci (npr. izvajanje izkopov v povezavi z dobavo izkopnih materialov v nasipe; izvajanje izkopov po fazah na brežinah, ki se varujejo z večkrat sidranimi pilotnimi stenami ipd.),
- delovni čas.

Plani morajo biti opredeljeni glede na obseg dela in časovni razpon ter omejitve, vezane na določila lokalne skupnosti in sezonsko pogojene vplive vremena.

Opombe

Vsebina TE se smiselno prilagodi vrsti in obsegu del, na katera se TE nanaša. Pomembna je vsebina in ne obseg TE.

Dodatek P: Pogoji rabe TSPI PG. 05.000 – splošna določila

Uvod

Zemeljska dela potekajo v geološkem okolju, z geološkimi materiali, katerih temeljna lastnost je nehomogenost, velika raznolikost lastnosti ter odvisnost lastnosti od dnevno/sezonsko pogojenih sprememb vlažnosti in temperature. Tudi ko so pri pridobivanju in rabi GG podatkov izpolnjena določila, zapisana v Evrokod 7, se med izvajanjem zemeljskih del lahko pojavijo nepredvidene geološke razmere.

Izvajalec in nadzornik morata spremljati skladnost GG razmer na terenu s projektnimi izhodišči in se na nepredvidene GG razmere na gradbišču pravočasno odzvati z ustreznimi ukrepi.

Pri rekonstrukcijah in pri manjših novogradnjah prometnic so GG razmere v projektni dokumentaciji pogosto interpretirane le na podlagi terenskega pregleda in podatkov starejših raziskav. V takih primerih je treba v okviru izdelave tehnološkega elaborata (TE) opraviti GG preiskave, ki bodo potrdile ali po potrebi dopolnile rešitve iz projekta, da med rednimi deli ne bi prišlo do zastojev.

Tehnična izhodišča

TSPI PG. 05.000 temelji na domeni, da so bile pred podpisom pogodbe med investitorjem in izvajalcem oz. pred začetkom izvajanja zemeljskih del uresničene naslednje dejavnosti:

- Projekt se izvaja na osnovi gradbenega dovoljenja po gradbenem zakonu ali pa se dela izvajajo kot »investicijska vzdrževalna dela in vzdrževalna dela v javno korist« po Zakonu o cestah (Uradni list RS, št. 132/22, 140/22 – ZSDH-1A in 29/23).
- Zbiranje GG podatkov, GG preiskave in interpretacija podatkov GG preiskav za namene izdelave projektne dokumentacije so bili izvedeni skladno z določili standarda SIST EN 1997 (Evrokod 7).
- Geotehnično projektiranje zemeljskih objektov (vkopi, nasipi, gradbene jame, kanali; tehnično opazovanje) je bilo izvedeno po določilih Evrokod 7-1 in po usmeritvah standarda SIST EN 16907–1. Pri izdelavi projektov zemeljskih del so bile analizirane hidrološke in hidrogeološke razmere, masna bilanca trase, dostopnost materialov iz lokalnih virov (rudarskih obratov), možnosti odlaganja odpadkov na odlagališčih ter lokalne izkušnje pri podobnih delih v podobnem geo-okolju.
- Izdelan je bil načrt trajnostnega ravnanja z materiali na trasi in z gradbenimi odpadki, med katere se uvrščajo tudi viški vgradljivih geoloških materialov iz izkopov zaradi neuravnotežene masne bilance.
- Kategorizacija izkopov (razvrščanje kamnin in zemljin v izkopne kategorije) je bila izvedena po TSPI PG. 05.100. Če je bila v popisih del uporabljena starejša kategorizacija izkopov, jo je treba uskladiti s TSPI PG. 05.100 še pred podpisom pogodbe.
- Za razvrščanje geoloških materialov (zemljin in kamnin) za namene rabe pri zemeljskih delih so bile uporabljene smernice TSPI PG.05.201 in TSPI PG.05.202. V primeru rabe podatkov starejših GG preiskav se za usklajevanje podatkov uporablja preglednica D.1 iz TSPI PG.05.201.
- Za odlaganje materialov, ki niso uporabni za gradnjo nasipov na trasi, bo izvajalec uporabljal odlagališča, ki jih zagotovita ali investitor ali izvajalec, kot je določeno v pogodbi.

Okoljska določila

TSPI PG.05.000 temelji na domeni, da so bili v vseh fazah izdelave projektov zemeljskih del upoštevani predpisi s področja varstva okolja in ohranjanja narave, kot sledi:

- V vseh fazah upravnega postopka so bile pridobljene naravovarstvene in okoljevarstvene smernice, pogoji in soglasja pristojnih soglasodajalcev s področja varstva okolja in ohranjanja narave. V projektih za graditev so vsebovane rešitve iz smernic, pogojev in soglasij pristojnih upravnih organov, posebej če poteka trasa objekta preko ranljivih in

posebej varovanih območij, za katera določata posebne režime varovanja zakon o ohranjanju narave in zakon o varstvu okolja ter iz njiju izhajajoči predpisi.

- S področja varstva okolja se na vsebine TSPI PG.05.000 navezujejo gradbeni ukrepi varovanja ranljivih območij, kot so varovanje podzemne vode, varovanje virov pitne vode, varovanje površinskih voda in varovanje priobalnih območij, varovanje območij, ki so določena v predpisih, ki urejajo kakovost zunanjega zraka, področje varstva pred hrupom in varstva pred vibracijami.
- Specifične zahteve/omejitve glede zahtev varstva okolja in varstva narave so bile vključene v popise del, potencialni izvajalci pa so bili z njimi seznanjeni pred oddajo ponudb. Če izvajalec ni bil seznanjen s specifičnimi okoljskimi in naravovarstvenimi omejitvami ob podpisu pogodbe, je upravičen do nadomestila stroškov zaradi zastojev, zamud in drugih dodatnih ukrepov, kot so npr. zamenjava materialov za gradnjo idr.

Okoljske uredbe, ki obravnavajo materiale iz antropogenih tal in materiale iz drugih alternativnih virov, v Sloveniji (še) niso podprte z enoznačnimi okoljskimi merili za rabo le-teh pri zemeljskih delih. Zato je treba ravnanje z antropogenimi materiali obravnavati od primera do primera ločeno, z upoštevanjem principov krožnega gospodarstva in ranljivosti naravnega okolja, zlasti v pogledu zaščite podzemne vode, upoštevaje ustrezne okoljske uredbe.

Pri načrtovanju in izvajanju zemeljskih del je potrebna pazljivost pri ravnanjih v naslednjih primerih:

- kadar novogradnja ali rekonstrukcija poteka v/na antropogenih tleh, je treba v fazi GG raziskav za izdelavo projektov najprej identificirati vrsto antropogenih materialov in odvzeti vzorce za kemične preiskave trdnine in izlužkov. Na osnovi analiz bo moč razvrstiti izkopne materiale po Uredbi o odpadkih (Ur. l. RS, št. 37/15, 69/15, 129/20, 44/22 – ZVO-2 in 77/22) in opredeliti načine ravnanja z njimi. Če nadzornik in/ali izvajalec ugotovita, da GG elaborat ni ustrezno analiziral antropogenih tal, je treba pridobiti manjkajoče podatke še pred začetkom rednih del. Stroške izvedbe dodatnih preiskav nosita bodisi investitor, če teh del ni predvidel v projektni nalogi, ali projektant/izdelovalec GG elaborata, če razpisanih del ni izvedel v ustrezni vsebini;
- na osnovi stratigrafije tal je treba izračunati količine izkopa v antropogenih tleh in s primerjalnimi analizami oceniti, ali naj se »izkop« kot odpadek odpelje na odlagališče ali naj se tretira z vezivi (predela) na licu mesta tako, da bodo izpolnjene tehnične in okoljske zahteve za rabo na mestu samem, brez izkopa ali s ponovnim vračanjem tretirane zemljine iz izkopa v telo prometnice;
- v primeru, ko investitor v pogodbeni dokumentaciji zadolži izvajalca za odvoz viškov izkopnih materialov, mora ozvajalec predložiti nadzorniku dokazila, zahtevana po okoljskih uredbah, in šele po odobritvi nadzornika lahko začne z odvozom viškov izkopa na izbrana odlagališča oz. na dogovorjene lokacije vnosa inertnih odpadkov v tla. Kontrola odpeljanih količin se izvaja z evidenčnimi listi;
- če obstajajo okoljske zahteve glede dodatnih omejitev izpustov iz transportnih vozil, prašenja, vibracij med delom, dovoljene ravni hrupa, dovoljenih izpustov vode iz gradbišča v površinske vodotoke itd., mora izvajalec predložiti dokazila, da razpolaga s stroji in tehnologijami, ki bodo omogočali varno in učinkovito delo ob hkratnem izpolnjevanju okoljskih zahtev;
- rabo materialov iz alternativnih virov je treba pri zemeljskih delih spodbujati na gradbiščih z negativno masno bilanco. Pri rabi le-teh imajo prednost geološki materiali iz izkopov na drugih gradbiščih in reciklirani gradbeni odpadki. Pri rabi stranskih produktov iz metalurgije in iz kurišč je treba upoštevati nacionalne izkušnje. Materiali, kot so EF pepeli, pepeli in žlindre iz kurišč, livarski peski, metalurške žlindre ipd., morajo imeti ustrezna dokazila o tehnični in okoljski primernosti za rabo;
- TSPI PG. 05.000 ne določa pogojev rabe recikliranih materialov ter materialov – stranskih produktov iz energetike in metalurgije v zemeljskih delih, ker okoljske zahteve za njihovo

rabo (še) niso enoznačno dorečene. V pripravi je novi TSPI 06.800, ki bo določil ustrezna tehnična in okoljska merila za presojo njihove ustreznosti in pogojev rabe.

Udeleženci

Udeleženci pri graditvi so skladno z gradbenim zakonom: investitor, projektant, nadzornik in izvajalec.

Za kontrolo kakovosti sta zadolženi Notranja kontrola - NKK (izvajalec) in Zunanja kontrola - ZKK (institucija). V primeru sporov se lahko vključi kontrola neodvisne strani, ki ni vključena v NKK in ZKK in tudi ni bila udeležena pri izdelavi projekta.

Kontrolne GG raziskave in meritve med gradnjo po določilih Evrokod 7 lahko izvaja geotehnični projektant, NKK, ZKK, ali druga zunanja ustanova z ustreznimi kompetencami, ki jo je angažiral oz. je z izborom izvajalca kontrolnih GG raziskav soglašal investitor.