

**TP 94
(2004)**

Ministerstvo dopravy České republiky

Odbor pozemních komunikací

ZLEPŠENÍ ZEMIN

TECHNICKÉ PODMÍNKY

Schváleno MD – OPK čj. 518/04-120-RS/1
ze dne 23.11.04 s účinností od 1. prosince 2004.
Současně se ruší a nahrazují v celém rozsahu TP 94,
schválené MDS čj. 18286/97-120 z 24.3.97.

AGE, a.s.

2004

OBSAH

1. ÚVOD	3
1.1 Názvosloví	3
1.2 Způsobilost k provádění technologie zlepšování zemin	3
1.3 Všeobecně	3
2. POPIS A KVALITA STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ	4
2.1 Všeobecně	4
2.2 Stavební materiály	4
2.2.1 Zeminy	4
2.2.2 Pojiva	5
2.2.3 Voda	5
2.2.4 Textilní vlákna	6
3. NÁVRH ZLEPŠENÍ ZEMIN	6
3.1 Zlepšení příměsí pojiva	6
3.2 Mechanické zlepšení	8
4. TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PRACÍ	8
4.1 Zlepšení zemin	8
4.2 Zlepšení zemin v podloží násypu	10
4.3 Zlepšení zemin v násypu	10
4.4 Zlepšení zemin v aktivní zóně	10
5. DODÁVKA, SKLADOVÁNÍ A PRŮKAZNÍ ZKOUŠKY	11
5.1 Dodávka a skladování	11
5.1.1 Zeminy	11
5.1.2 Pojiva	11
5.1.3 Zlepšené zeminy	12
5.2 Průkazní zkoušky	12
5.2.1 Zeminy a horniny	12
5.2.2 Pojiva	12
5.2.3 Zlepšené zeminy	12
6. ODEBÍRÁNÍ VZORKŮ A KONTROLNÍ ZKOUŠKY	13
7. KLIMATICKÉ PODMÍNKY	16
8. ODSOUHLASENÍ A PŘEVZETÍ PRACÍ	16
9. BEZPEČNOST PRACÍ A EKOLOGIE	16

10. DODATEK	17
10.1 Citované a souvisící normy	17
10.2 Citované a souvisící právní předpisy (ve znění pozdějších změn)	18
10.3 Citované resortní předpisy	18

1. ÚVOD

Tyto technické podmínky stanovují zásady pro úpravu málo vhodných a nevhodných zemín (dle klasifikace ČSN 72 1002) jejich zlepšením a pro využití zlepšených zemín v podloží, násypu a aktivní zóně pozemních komunikací.

Stanovují podmínky pro návrh, provádění a kontrolu zlepšení zemín a nutná opatření pro bezpečnou práci a ochranu životního prostředí.

TP jsou zpracovány s ohledem na ČSN a jiné technické předpisy s tím, že některé články norem upřesňují nebo doplňují.

1.1 Názvosloví

Základní a odvozené pojmy z oboru silničního stavitelství užití v těchto TP jsou uvedeny v ČSN 73 6100, ČSN 73 6133. Základní pojmy z oboru geotechniky jsou uvedeny v ČSN EN ISO 1468-1, ČSN EN ISO 14688-2, ČSN P ENV 1997-1, ČSN P ENV 1997-2, ČSN 72 1002 a ČSN 73 1001.

Zlepšení zeminy - úprava zeminy za účelem zlepšení zpracovatelnosti a/nebo zlepšení geomechanických vlastností

Zemina zlepšená - zemina zlepšená mechanicky nebo příměsí pojiva.

Zemina zlepšená mechanicky – zemina upravená mísením s jinou, granulometricky odlišnou zemínou (popř. s textilními vlákny).

Zemina zlepšená příměsí pojiva - zemina upravená promísením s pojivem nebo kombinací pojiv.

1.2 Způsobilost k provádění technologie zlepšování zemín

Zemní práce může provádět právnická nebo fyzická osoba, která má oprávnění pro provádění těchto stavebních prací (živnostenské listy, autorizace).

Zhotovitel zemních konstrukcí musí prokázat způsobilost pro zajištění jakosti při jejich provádění podle metodického pokynu SJ-PK čj. 20840/01-120 Věstník dopravy č. 9/2001, případně pozdějších změn.

Zhotovitel je povinen zejména prokázat, že disponuje potřebným technicky způsobilým strojním a dalším vybavením pro realizaci projektovaných zemních konstrukcí ze zlepšených zemín.

1.3 Všeobecně

Zlepšení zemín sleduje především tyto cíle: zpracovatelnost zlepšených zemín v zemním tělese za použití standardních mechanismů pro zemní práce, zhutnitelnost podle požadavků příslušných předpisů, využití zhutněné vrstvy zlepšené zeminy pro pojíždění staveništní dopravou, poskytnutí kvalitního podkladu pro další vrstvy a konstrukce, případně příprava materiálu pro další úpravu (např. cementem).

Mechanickým zlepšením zemín se dosáhne lepších mechanických vlastností zlepšené zeminy, jejího příznivějšího zařazení podle vhodnosti do podloží a do násypů (viz ČSN 72 1002), lepší zpracovatelnosti, vyšší smykové pevnosti a nižší stlačitelnosti.

Zvláštním případem mechanického zlepšení zemin je zlepšení zemin textilními vlákny za účelem zvýšení smykové pevnosti.

Zlepšování zemin příměsí pojiva se provádí především za účelem snížení vlhkosti zeminy, zvýšení modulu přetvárnosti (stanovené $E_{def,2}$), snížení čísla plasticity (I_p), zvýšení poměru únosnosti (CBR_{sat}), snížení míry namrzavosti (β).

Zlepší se jak zpracovatelnost zeminy snížením její vlhkosti a změnou struktury, tak se zvýší smyková pevnost a sníží stlačitelnost.

Při návrhu zlepšení zemin je nutno posoudit technickou proveditelnost a ekonomickou účelnost s ohledem na místní poměry.

2. POPIS A KVALITA STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ

2.1 Všeobecně

Zhotovitel musí před zahájením prací doložit objednateli ve smyslu zákona č. 22/97 Sb. ve znění pozdějších předpisů jakost výrobků (materiálů a stavebních směsí), které hodlá na dané stavbě použít a to:

a) dokladem o posouzení shody v souladu s NV č. 163/02 Sb. Příp. NV č. 190/02 Sb. a prohlášením výrobce o shodě, jedná-li se o „stanovené výrobky“.

b) u „ostatních výrobků“ prokázání vhodnosti výrobku po posouzení shody předložením certifikátu nebo prohlášení shody výrobcem po zkoušce typu (vzorku) (viz MP SJ – PK č.j. 20840/01 – 120 část II/5).

K dokladům posouzení shody musí být zhotovitelem vždy přiloženy příslušné protokoly o zkouškách materiálů s jejich výsledky, včetně posouzení splnění požadovaných parametrů, které musí být v souladu s těmito TP.

2.2 Stavební materiály

2.2.1 Zeminy

Materiály určené ke zlepšování jsou: v násypu zeminy nevhodné a málo vhodné podle ČSN 72 1002. Do podloží násypu zeminy VII. a vyšší skupiny vhodnosti a do aktivní zóny zeminy VI. (resp. v násypu VII.) skupiny a materiály s $CBR < 15 \%$.

Rovněž lze výhodně použít zlepšení i pro zeminy stejnozrné a směsi hrubozrných a jemnozrných zemin, zejména při úpravě vlhkosti.

Vlhkost zlepšené zeminy se má pohybovat v intervalu vlhkosti, kdy je možno tuto zeminu zhutnit na požadovanou míru zhutnění. Je potřeba vycházet z Proctorovy křivky po úpravě. Obecně platí zásada, že se vlhkost zlepšené zeminy bezprostředně před hutněním nemá lišit od vlhkosti optimální určené Proctorovou standardní zkouškou provedenou na vzorku zlepšené zeminy o více než $\pm 3 \%$ pro zeminy s $I_p < 17\%$ a více než -3% a $+5 \%$ pro zeminy s číslem plasticity $I_p = 17 \%$ nebo vyšším, u spraší a sprašových hlín o $\pm 2 \%$. Odchytky vlhkostí od optimální vlhkosti konkrétní směsi se stanoví z Proctorovy křivky a požadované míry zhutnění. Přitom však musí být splněn požadavek ČSN 72 1006 že v zemině nesmí být po zhutnění více než 12% vzduchových pórů.

Zeminy obsahují různé chemické látky, z nichž některé mohou mít vliv na vlastnosti zlepšování zemin pojivy.

Organické látky využívají část přidaného pojiva k neutralizaci a zvyšují tak spotřebu pojiv (do zemního tělesa pozemních komunikací lze použít zeminy s obsahem organických látek max. 6 %).

Fosfáty a dusičnany se mohou dostávat do zemin zejména při intenzivním hnojení polí, tyto látky pak zpomalují hydraulickou reakci.

Sírany a siřičitany urychlují reakci tuhnutí, ale při větším obsahu síranů a siřičitanů v kombinaci s vodou může docházet k tvorbě etringitu a objemovým změnám. Je proto nutné, vždy provést průkazní zkoušky při kterých se měří také objemové změny.

Před zlepšováním zemin je vhodné znát obsah chemických látek v dané zemině, protože mohou reagovat s pojivem a ovlivňovat výsledek zlepšení.

Pro mechanické zlepšení zemin lze použít příměs zemin nebo jiných materiálů (např. popílku) vhodné zrnitosti a vlhkosti.

2.2.2 Pojiva

Příměs pojiva se udává v procentech suché hmotnosti zeminy.

Pro zlepšení zemin lze použít následující pojiva.

Vzdušná jemně mletá nehašená vápna vyhovující normě ČSN EN 459-1 o následujících vlastnostech:

CaO (%hm.)	min. 90 %
CaO volné (%hm.)	min. 86 %
MgO (%hm.)	max. 2 %
Obsah hydrátové vody	max. 1,5 %
Zbytek na síti 0,2 mm (%hm.)	max. 8 %
$t_{60^{\circ}\text{C}}$ (min)	max. 10 min
T_{max} ($^{\circ}\text{C}$)	min. 60 $^{\circ}\text{C}$

Dávkování práškového vápna přímo na stavbě může vést k místnímu znečištění ovzduší prášením v závislosti na okamžitých klimatických podmínkách. Tomu lze zabránit použitím vápna se sníženou prašností. Doporučuje se použít v zastavěných a chráněných oblastech.

Hydraulická pojiva - cementy portlandské třídy 32,5 a 22,5, struskoportlandské a vysokopecní třídy 32,5 a směsné odpovídající požadavkům ČSN EN 197 - 1.

Popílky a popely vyhovující požadavkům TP 93.

Pojiva směsná: vznikají směsí výše uvedených pojiv (např. vápna a cementu). Jejich účinnost musí být prokázána laboratorními průkazními zkouškami a doplněnými provozními zkouškami. Jednotlivé komponenty použité pro jejich výrobu musí splňovat požadavky uvedené v této kapitole.

Druh pojiva pro zlepšení zemin i způsob jeho použití musí být volen tak, aby nedocházelo k poškozování životního prostředí.

2.2.3 Voda

Pro zlepšení zemin příměsí pojiva, pokud je nutno směs přivlhčit, je možno použít každé vody z vodotečí, nebo vodních nádrží, pokud vyhovuje požadavkům ČSN EN 1008 na záměsovou vodu do betonu.

2.2.4 Textilní vlákna

Pro mechanické zlepšení textilními vlákny se obvykle používají vlákna syntetická nebo přírodní zpravidla o délkách 10 – 100 mm, nejběžněji používaným materiálem je fibrilovaný polypropylen (POP).

3. NÁVRH ZLEPŠENÍ ZEMIN

3.1 Zlepšení příměsí pojiva

3.1.1 Účinky vápna

Zlepšením jemnozrnných zemin vápnem dochází k okamžitým a dlouhodobým změnám jejich vlastností:

- okamžité účinky - vysoušení zeminy - chemické vázání vody vlivem hydratace vápna, provzdušnění při míchání, přidání suchého materiálu,
- zvýšení pevnosti (smykových parametrů a přetvárných charakteristik) zeminy a CBR, snížení namrzavosti,
- změna Proctorovy křivky – maximální objemová hmotnost se snižuje, zvyšuje se optimální vlhkost a křivka se stává většinou plošší (interval vlhkosti pro optimální hutnění se zvětší),
- zvýšení meze plasticity - iontové reakce a shlukování (flokulace) jílovitých částic,

dlouhodobé účinky - pucolánová reakce - postupné tvrdnutí (cementace) jílovitovápenných směsí (několik měsíců až roků).

3.1.2 Účinky hydraulického pojiva:

okamžité účinky - vysoušení zeminy - přidáním suchého materiálu,

dlouhodobé účinky - tuhnutí (až 48 hod),
- krystalizace gelu (několik dní až týdnů),
- vytvrzení (růst pevnosti několik týdnů až měsíců).

3.1.3 V tab. 1 se uvádí orientační hodnoty změn vlastností zeminy vztažené na 1 % příměsí.

Pro danou zeminu je nutno stanovit příměs pojiva průkaznými zkouškami.

Tab. 1. Orientační hodnoty změn vlastností zeminy vztažené na 1 % příměsí pojiva

Vlastnost zeminy	Působení	Příměs vápna	Příměs cementu
Vlhkost	snižuje	3 – 5 %	0,2 - 0,4 %
Max.obj.hmotnost	snižuje	4 - 20 kg/m ³	6 - 20 kg/m ³
Optimální vlhkost	zvyšuje	0,7 – 1,0 %	beze změny
Poměr únosnosti CBR na vzorku zhutněném při zkušební vlhkosti	zvyšuje	4 – 20 % CBR	4 – 15 % CBR
Na vzorku po zrání a následné saturaci	zvyšuje	4,5 – 20 % CBR	8 – 22 % CBR

K dosažení dostatečného zlepšení jílovitých zemin pro použití do zemního tělesa obvykle postačuje příměs buď 1 - 2 % vápna (v extrémních případech až 3 %), nebo 2 až 4 % cementu, nebo 5 - 10 % popílku v kombinaci s 0 - 2 % cementu nebo vápna.

Směsná pojiva se dávkují obvykle v množství 2 – 3 %.

3.1.4 Příměs cementu je výhodnější pro zlepšení zemin s číslem plasticity nižším než $I_p = 6$ %. U zemin s číslem plasticity $I_p = 10$ % a vyšším je výhodnější příměs vápna, pro zeminy s číslem plasticity $I_p = 6 - 10$ % není výrazný rozdíl při použití vápna nebo cementu.

3.1.5 Návrh zlepšení zemin spočívá ve stanovení složení směsi a prokázání, že navržené zlepšení dosahuje předepsanou hodnotu poměru únosnosti CBR.

Laboratorní stanovení poměru únosnosti CBR se provádí podle ČSN 72 1016 s tím, že pojem zemina se nahradí pojmem směsi zeminy s pojivem nebo kombinací pojiv. Poměr únosnosti musí dosáhnout hodnot uvedených v tab.2.

Tab. 2 Požadované hodnoty poměru únosnosti CBR zlepšené zeminy

Místo použití	Minimální hodnoty CBR
V podloží násypu	min. 10 % ¹⁾
V násypu	min. 10 % ¹⁾
V aktivní zóně	min. 15 % ²⁾

¹⁾ poměr únosnosti stanovený do 60 min po zhutnění na vzorku zhutněném příslušnou energií Proctor standard pro požadovanou míru zhutnění při vlhkosti zkušební (vlhkost optimální + přírůstek podle tab.3).

²⁾ poměr únosnosti stanovený na vzorku zhutněném energií Proctor standard při zkušební vlhkosti, která představuje dlouhodobou nejnepříznivější vlhkost v terénu, po min. 3 dnech (doporučuje se 7 dní) zrání ve vlhku (min 95 % relativní vlhkosti vzduchu) a následné kapilární saturaci vzorku (položením na mokrou podložku příp. ponořením do vody) na dobu min. 24 hodin (doporučuje se 4 dny)

Tab.3 Přírůstky vlhkosti nad optimální vlhkost pro zkoušku CBR

Název zeminy podle ČSN 72 1002	Přírůstek vlhkosti (%)
hlinitý písek, jílovitý písek	1,0
písčitá hlína, hlína	2,0
jílovitá hlína, jíl, písčitý jíl	3,0

Při zlepšení zemin příměsí pojiva není nutné splnit požadavek na minimální objemovou hmotnost zhutněné zeminy dle ČSN 72 1002. Rozhodující je dosažená hodnota poměru únosnosti CBR a dosažení požadované míry zhutnění.

V aktivní zóně může být požadováno aby zlepšená zemina byla nenamrzavá, případně mrazuvzdorná (v závislosti na indexu mrazu a mocnosti konstrukce vozovky). Namrzavost se zkouší podle ČSN 72 1191, odolnost proti mrazu a vodě v souladu s ČSN 73 6125.

Zemina zlepšená příměsí pojiva, jejíž CBR po saturaci je vyšší než 10 % se považuje za mírně namrzavou. Pokud je CBR zlepšené zeminy po saturaci vyšší než 47 %, považuje se za nenamrzavou.

3.2 Mechanické zlepšení

Mechanické zlepšení zemin se používá obvykle u stejnozrnných písčitých zemin, které jsou jen obtížně zpracovatelné a neprůchodné pro mechanizaci. Provádí se přimísením jiné zeminy, obvykle vhodné drcené frakce kameniva, šterkodrti, popílku apod. Tím se upraví zpracovatelnost zemin a parametry únosnosti.

Laboratorní stanovení poměru únosnosti CBR se provádí podle ČSN 72 1016 s tím, že pojem zemina se nahradí pojmem směs zemin (sypanin). Poměr únosnosti musí dosáhnout hodnot uvedených v tab.4.

Tab. 4 Požadované hodnoty poměru únosnosti CBR zlepšené zeminy

Místo použití	Druh zlepšení
	Mechanické zlepšení
V podloží násypu	min. 10 % ¹⁾
V násypu	min. 10 % ¹⁾
V aktivní zóně	min. 15 % ²⁾

- 1) poměr únosnosti stanovený po zhutnění na vzorku zhutněném energií Proctor standard při vlhkosti zkušební, která se má blížit vlhkosti v terénu.
- 2) poměr únosnosti stanovený metodikou ČSN 72 1016 jako u nezlepšených zemin

Laboratorní stanovení namrzavosti zlepšených zemin v aktivní zóně se provádí podle ČSN 72 1191.

Pro návrh zlepšení zemin textilními vlákny jsou směrodatné výsledky poloprovozního zkušebního pokusu, které ověří velikost dávky, způsob dávkování a kvalitu promísení.

4. TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PRACÍ

4.1 Zlepšení zemin

4.1.1 K úpravě zemin pojivy se většinou používá strojní sestava dávkovač pojiva a zemní fréza. Zlepšování lze provádět v podloží násypu, v zemním tělese násypu a aktivní zóně.

Vlhkost zlepšené zeminy bezprostředně před hutněním se nesmí lišit od vlhkosti optimální určené Proctorovou standardní zkouškou o více než $\pm 3\%$ pro zeminy s $I_p < 17\%$ a více než -3% a $+5\%$ pro zeminy s číslem plasticity $I_p = 17\%$ nebo vyšším. Vyšší vlhkost lze snížit např. opakovaním mísení nebo zvýšením dávky vápna.

V případě přirozené vlhkosti zlepšované zeminy nižší než je vlhkost přípustná podle předchozího odstavce se doporučuje úprava vlhkosti vodou nebo přidavkem vápenného mléka. Zvlhčování zeminy je nutno provádět couvajícím kropicím vozem průběžně bez zastavení.

Zlepšení zemin příměsí pojiva zahrnuje tyto práce:

- příprava pracovního úseku
- navezení a rozprostření, případně rozrytí a srovnání zeminy mechanizmy podle čl. 5.2.1
- nadávkování pojiva
- mísení zeminy s pojivem, či pojivy mechanizmy podle čl. 4.1.1
- úprava vlhkosti s domísením vlhké směsi s pojivem
- hutnění a srovnání povrchu úpravy

Pojivo se dávkuje pomocí dávkovačů. Dávkovače musí být vybaveny systémem, který je schopen zabezpečit rovnoměrné rozprostření pojiva na povrch vrstvy a to s přesností $\pm 10\%$.

Mísení pojiva s materiálem se provádí zejména zemní frézou na místě nebo na deponii či v zemníku. Zemní frézy mají nastavitelnou hloubku promísení. Ta liší se podle typu zemní frézy. U nejvýkonnějších zemních fréz se tato hloubka pohybuje kolem 0,50 m.

Použití jiných mechanismů lze připustit jen tehdy, pokud zhotovitel prokáže, že s nimi lze v daném případě zajistit dostatečnou kvalitu promísení.

Tloušťka zlepšované vrstvy se však má vždy volit v závislosti na použitém hutnicím prostředku, který bude upravenou vrstvu hutnit.

Pozn.: Při 0,5 m mocnosti jílovité vrstvy zeminy s pojivem se i při použití nejtěžších hutnicích prostředků obvykle nedosáhne dostatečného zhutnění na bázi vrstvy.

Pro konečné promísení zeminy s pojivem v aktivní zóně se požaduje použití zemní frézy.

Při zlepšování zemin kombinací pojiv je výhodné použít směsná pojiva, protože odpadá dvojí dávkování a dvojí mísení.

S hutněním se začíná ihned po promísení a úpravě vlhkosti.

Při zhutňování se používají válce nebo jiné hutnicí prostředky. Pro počáteční hutnění jsou vhodné ježkové válce.

Předepsaná míra zhutnění podle dokumentace musí být dosažena v celé tloušťce vrstvy.

Sestava zhutňovacích mechanismů musí odpovídat tloušťce vrstvy a být ověřena při zahájení prací zhutňovací zkouškou podle ČSN 72 1006. Při tom se změří hloubka promísení k ověření stejnoměrnosti promísení a účinnosti mísících mechanismů.

Při zlepšení zemin příměsí pojiv se účinnost mísících mechanismů ověřuje zkouškou stejnoměrnosti promísení podle ČSN 73 6125 Příloha A.6.

Rozmělnění zlepšované zeminy má být takové, aby obsah hrudek ve směsi nebyl vyšší než uvádí tabulka 5. Pokud je obsah hrudek větší, provede zhotovitel další pojezd frézou při snížení pojezdové rychlosti.

Tab. 5. Přípustný obsah hrudek ve směsi

Velikost hrudek	4 – 8 mm	8 – 12 mm	nad 16 mm
Maximální přípustný obsah v % hmotnosti	50	25	10

4.1.2 Sypaniny pro mechanické zlepšení zemin se navážejí, rozprostírají, srovnávají a zhutňují podle platných technologických předpisů pro zeminy.

Při navážení hrubého materiálu na neúnosný podklad je třeba, aby se z důvodu zachování průjezdnosti, naváželo couváním po navezené vrstvě.

Účinnost mísících mechanismů se ověřuje optickým posouzením ve vykopané sondě a zkouškou zrnitosti.

Zlepšení zemin textilními vlákny zahrnuje tyto práce:

- příprava pracovního úseku
- položení vláken (ruční pokládka) před frézou v množství 0,5 – 2,0 kg/m³ podle poloprovozní zkoušky

- mísení , zpravidla dvěma pojezdy zemní frézy
- úprava vlhkosti s domísením vlhké směsi s pojivem
- hutnění, urovnání povrchu a dohutnění

4.2 Zlepšení zemin v podloží násypu

Nesplňuje-li podloží násypu parametry ČSN 73 6133, je nutno ho upravit. Podloží násypu je nutno odvodnit a zhutnit v souladu s požadavky ČSN 72 1006.

Před zlepšováním zeminy v podloží násypu musí zhotovitel zajistit odstranění veškeré vegetace a kulturní vrstvy půdy. Povrch zlepšovaného podloží je nutno vyspádovat a odvodnit podle dokumentace stavby.

Zlepšení zemin v podloží násypu se provádí obvykle v jedné vrstvě o tloušťce odpovídající účinnosti navržené sestavy mechanismů. Zhotovitel musí prokázat, že předepsané zhutnění bude dosaženo v požadované tloušťce prováděné vrstvy. Proto se zhutňovací zkouška doplňuje měřením hloubky promísení a zkouškou míry zhutnění na vzorku odebraném z požadované hloubky.

V dalším se postupuje podle 4.1.

Úprava v podloží násypu pojivy je vhodná pouze tam, kde nepříznivě neovlivní dobu konsolidace podloží násypu (tato úprava je vhodná do výše násypu cca 3 m).

Pozn.: U vyšších násypů než 3 m je vhodné použití zlepšených zemin doložit časovým průběhem konsolidace.

4.3 Zlepšení zemin v násypu

Těleso násypu lze budovat pouze na podloží násypu, které splňuje požadavky ČSN 73 6133 a TKP kap.4.

V dalším se postupuje podle 4.1.

4.4 Zlepšení zemin v aktivní zóně

Zlepšení zemin v aktivní zóně se provádí podle 4.1. S ohledem na vyšší požadavky na zhutnění se doporučuje

- mísit pojiva zemní frézou obvykle ve dvou vrstvách o tl. 0,3 m před zhutněním
- přesněji dodržet požadované rozmezí vlhkosti. Vyšší vlhkost lze snížit např. opakováním mísení na místě.

Násyp:

Při zlepšení zemin příměsí pojiva v aktivní zóně se zemní těleso v násypové části ukončí na parapláni, tj. o hloubku aktivní zóny níže, než jsou projektové výšky násypové pláně. Míra zhutnění parapláne musí odpovídat požadavkům ČSN 72 1006, obvykle 95/97 % PS, pokud není v dokumentaci stanovená hodnota vyšší. Na takto upravenou parapláň se provede vrstva zlepšené zeminy (obvykle ve dvou vrstvách frézou).

Zářez a aktivní zóna vedená v úrovni terénu:

Pokud hloubka zlepšené vrstvy přesahuje účinek zemní frézy, se zlepšení provádí ve dvou vrstvách. Výkop se ukončí 0,25 m pod úroveň pláně podle projektové dokumentace a provede se zlepšení a zhutnění spodní vrstvy. Potom se naveze materiál a provede se zlepšení horní vrstvy tak, aby po zhutnění horní vrstvy zlepšené zeminy byly dodrženy projektové výšky pláně.

Pozn.: Pokud je použita zemní fréza s dosahem 0,5 m, je přípustné provést zlepšení v jedné vrstvě, pokud se při zhutňovací zkoušce prokáže, že je dosaženo předepsaného zhutnění i na bázi vrstvy.

Vrstva zlepšené zeminy se zhutňuje postupně od krajů ke středu při střechovitém sklonu a od spodního okraje po předhutněný horní okraj při jednostranném sklonu pláň. Postup hutnění se opakuje až do dosažení požadované míry zhutnění v celé tloušťce vrstvy a požadovaného modulu deformace $E_{def,2}$.

Požadovaná minimální míra zhutnění pro zeminy zlepšené příměsí pojiva v aktivní zóně je min. $D = 100 \%$ a další určuje podle typu zeminy podle tab.4 ČSN 72 1006 nebo projektová dokumentace.

Kritériem modulu přetvárnosti z druhého zatěžovacího cyklu statické zatěžovací zkoušky deskou je $E_{def,2} = 45 \text{ MPa}$, pokud není v dokumentaci stavby stanovena hodnota jiná.

Žádná z naměřených hodnot modulu přetvárnosti podloží vozovky nesmí být nižší o více než 10 % od předepsané hodnoty. Nesmí být více než 10 % hodnot menších než je předepsané kritérium.

5. DODÁVKA, SKLADOVÁNÍ A PRŮKAZNÍ ZKOUŠKY

5.1 Dodávka a skladování

5.1.1 Zeminy

Způsob těžby, doprava, případné skladování na deponii a zpracování zemin do zemního tělesa musí splňovat zásady stanovené v TKP kap.4.

5.1.2 Pojiva

Zhotovitel je povinen zajistit řádnou přejímku dodávaných pojiv tak, aby na staveništi byly k dispozici jen materiály, které odpovídají požadavkům smlouvy.

Zásilka musí být provázena prohlášením o shodě a dodacím listem, ve kterém musí být zejména:

- číslo a datum vystavení
- název a adresa výrobce/dovozce nebo distributora
- název a sídlo odběratele
- místo určení dodávky
- předmět dodávky (výrobní název pojiva, označení jednotky, jmenovitá hmotnost jednotky)
- hmotnost dodávky, počet palet apod.

Každá dodaná jednotka musí mít jasně vyznačené minimálně tyto údaje:

- výrobní název
- datum výroby
- označení jednotky (číslo, kód)

Při přejímce se zjišťuje, jestli zásilka není poškozena nebo neúplná a jestli dodané množství, druh a jakost souhlasí s údaji uvedenými v dodacím listě.

Pokud pro pojiva a další výrobky nebyly předem dodány doklady v souladu s článkem 2.1 těchto TP, musí být předány nejpozději s dodacím listem první dodávky.

Veškerou manipulaci s pojivy během dodávky, skladování a zabudování do zemního tělesa je nutno provádět v souladu s doporučením výrobce tak, aby byla možnost poškození a znehodnocení omezena na minimum.

5.1.3 Zlepšené zeminy

Zlepšené zeminy vápnem lze po promísení skladovat na deponiích až několik měsíců. Deponie musí být upravena tak, aby byl zabezpečen odvod vody.

Zeminy, u kterých bylo ke zlepšení použito cement nebo popílkový stabilizát, nelze skladovat.

5.2 Průkazní zkoušky

Průkazními zkouškami se potvrzuje shoda vlastností materiálů s požadavky TP.

Průkazní zkoušky se dělí jednak na zkoušky jednotlivých materiálů, tj. zkoušky zemin a pojiv, jednak na zkoušky zlepšené zeminy.

Průkazní zkoušky musí provádět objednatel odsouhlasená laboratoř s příslušnou způsobilostí, podle MP SJ - PK č.j.20840/01-120 ve znění pozdějších změn.

5.2.1 Zeminy a horniny

Za průkazní zkoušky sypanin se považují výsledky geotechnického průzkumu pro dokumentaci stavby podle TP 76.

Při průkazních zkouškách zemin používaných do tělesa násypu se laboratorními zkouškami ověřuje:

- vlhkost zeminy
- zrnitost
- číslo plasticity I_p
- ekvivalent písku EP (u písků a štěrků)
- humusovitost
- zhutnitelnost podle Proctor standard nebo relativní hutnost
- poměr únosnosti CBR

5.2.2 Pojiva

Za průkazní zkoušky pojiv se považují prohlášení o shodě podle 2.1.

Tyto údaje musí být dokladovány v průkazních zkouškách ke každé dodávce pojiva na stavbě. Při výstavbě se má používat pojivo, které bylo použito pro průkazní zkoušky.

5.2.3 Zlepšené zeminy

U zemin určených ke zlepšení ověřuje a posuzuje zhotovitel shodu s geotechnickým průzkumem:

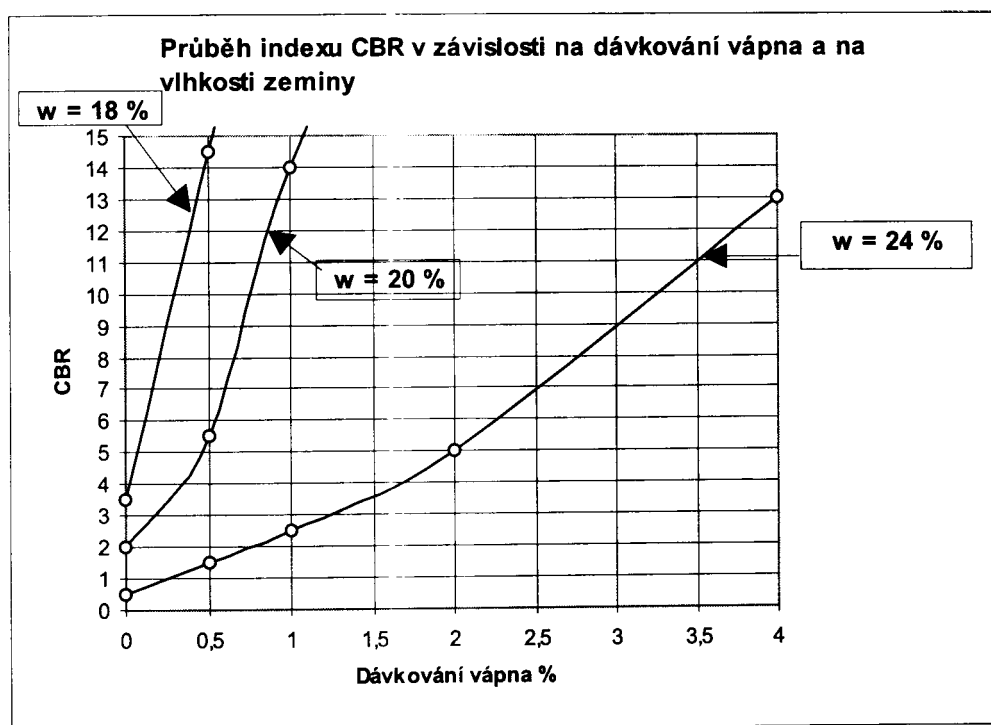
- vlhkost zeminy před i po dávkování pojiva
- zrnitost zeminy před dávkováním pojiva
- číslo plasticity před dávkováním pojiva
- humusovitost před i po dávkování pojiva
- zhutnitelnost podle Proctor standard po dávkování pojiva

- dávkování pojiva: stanovení dávkování pojiva se provádí pro 2 – 3 charakterizující rozsahy vlhkosti v přirozeném stavu a pro každou vlhkost se provede zkouška Proctor standard na zemině s přidáním obvykle 1, 2, 3 % CaO
- při použití zlepšené zeminy do zemního tělesa se provede zkouškou směsi s pojivem dle 3.1.5 a tab. 2
- bobtnavost po dávkování pojiva

V aktivní zóně se navíc prokazuje:

- dosažení předepsaného modulu přetvárnosti zatěžovací zkouškou konanou min. 48 a max. 96 hodin po zhutnění
- v případech, kdy se v zemině v aktivní zóně mohou vyskytovat chemické látky (siřičitany, chloridy apod.), nebo při použití popílkového stabilizátu, zejména z fluidního spalování, je nutno provést zkoušku bobtnání
- laboratorní stanovení namrzavosti zlepšených zemin v aktivní zóně se provádí podle ČSN 72 1191. Pro orientační stanovení namrzavosti zemin postačí kriteria podle 3.1.5

Graf 1. Příklad nárůstu hodnoty CBR v závislosti na přirozené vlhkosti materiálu a dávce vápna (při zvýšené vlhkosti se část dávkovaného vápna spotřebuje na vysušení zeminy)



Návrh směsi a její průkazní zkoušky se ověří zhutňovací zkouškou.

U mechanicky zlepšených zemin se provede zkouška CBR ihned po zhutnění, výsledky zkoušky musí být v souladu s tab. 4.

6. ODEBÍRÁNÍ VZORKŮ A KONTROLNÍ ZKOUŠKY

Podmínky pro odebrání vzorků a kontrolní zkoušky zemin jsou v TKP kap. 4 Zemní práce.

Při těžbě event. dodávce zeminy je nutno kontrolovat shodu vlastností a stavu zeminy s průkazními zkouškami a s předpoklady dokumentace stavby. Provádí se proto kontrolní zkoušky podle požadavků ČSN 73 6133 a TKP staveb PK kap. 4. Zemní práce.

Při zahájení stavby se provede zhutňovací zkouška na vrstvě zlepšené zeminy a kontrola hloubky promísení podle přílohy H ČSN 72 1006 k ověření závěrů a předpokladů učiněných na základě laboratorních zkoušek, k ověření navržené zhutňovací technologie (typ válce, tloušťka vrstvy před zhutněním, atp.) a k ověření dosažených geotechnických parametrů zhutněných zlepšených zemín.

Kromě toho se ověří dávkování pojiva, hloubka a rovnoměrnost promísení pojiva se zeminou.

Při úpravě zemín pojivy je nutno také kontrolovat kvalitu pojiva.

Dávka vápna : dávkování pojiva je nutno ověřit při každé nové dodávce (pojivo může vykazovat určité odchylky v objemové hmotnosti a zejména u objemového dávkování může následně docházet k nepřesnostem). Dávkování se měří nadávkováním pojiva na známou plochu a následným zvážením tohoto pojiva. Doporučuje se použít např. plechové vaničky s vystouplými okraji kolem 5cm, známé plochy (min. 50x50cm). Vystouplé okraje zabraňují shrnutí pojiva při pojezdu dávkovače.

Dávkování vápna se dá následně s poměrně velkou přesností určit i na výsledné směsi (vápno – zemina) pomocí chemické analýzy dle ČSN EN 459-2 a ČSN 72 0113.

Pro zpřesnění této metody je vhodné odebrat zeminu neupravenou vápnem a na ní provést rovněž analýzu a to z důvodů stanovení srovnávacích hodnot obsahu CaO.

Příklad výsledků na 2 typech zemín:

<i>zemina F4</i>	<i>obsah CaO</i>
• bez vápna	0,85 %
• s 1% vápna	1,99 %
• s 2% vápna	3,11 %
• s 3% vápna	4,16 %

<i>zemina F6</i>	
• bez vápna	5,36 %
• s 1% vápna	6,74 %
• s 2% vápna	7,88 %
• s 3% vápna	8,72 %

Hloubka promísení: hloubka promísení se měří v kopané sondě nástřikem roztoku fenolftaleinu (roztok 1 g indikátoru v 80 ml lihu zředěný vodou na 100 ml – ČSN 68 4062). Nástřik se provede ze spodní sondy směrem nahoru a sleduje se barevné rozlišení zvápněné a nezvápněné zeminy (zemina s obsahem vápna zřívá).

Četnost zkoušek:

- podloží – 5000 m²
- násyp – 3000 m² nebo 2000 m³
- aktivní zóna – 2000 m² nebo 1000 m³
- pláň – 2000 m²

Zkoušky pojiva: kvalita pojiva musí být kontrolována výrobcem. Může však docházet k časové prodávce mezi expedicí pojiva a jeho použitím na stavbě. Zejména u práškových pojiv může dojít nevhodným skladováním nebo manipulací k hydrataci pojiva vlivem vlhkosti a následně toto pojivo reaguje pomalu a nebo nedostatečně se zeminou. V případech pochybnosti o kvalitě vápna na stavbě je vhodné odebrat vzorek pojiva z dávkovače (množství 2kg), tento vzorek uložit do neprodyšného obalu a dohodnout se s výrobcem vápna na analýze vzorku.

Vzorek je posuzován podle kritérií dle odstavce 2.2.2.

V průběhu prací se provádí kontrolní zkoušky podle tabulky 6.

Tab. 6. Kontrolní zkoušky zlepšené zeminy

Konstrukce	Zkouška	Četnost zkoušek ⁵⁾ l zkouška na	
Podloží násypu	vlhkost ¹⁾	ČSN 72 1012	2000 m ²
	objemová hmotnost pro stanovení míry zhutnění ¹⁾	ČSN 72 1010	2000 m ²
	poměr únosnosti ¹⁾	ČSN 72 1016	20000 m ²
	zhutnitelnost ¹⁾	ČSN 72 1015	4000 m ²
	dávkování pojiva ¹⁾	ČSN 73 6125	8000 m ²
Násyp	vlhkost ¹⁾	ČSN 72 1012	500 m ³
	objemová hmotnost pro stanovení míry zhutnění ¹⁾	ČSN 72 1010	500 m ³
	poměr únosnosti ¹⁾	ČSN 72 1016	10000 m ³
	zhutnitelnost ¹⁾	ČSN 72 1015	1000 m ³
	obsah hrudek ²⁾	ČSN 73 6125	5000 m ³
	dávkování pojiva ¹⁾	ČSN 73 6125	1000 m ³
stejnomořnost a hloubka promísení ²⁾	ČSN 73 6125	1000 m ³	
Aktivní zóna	vlhkost ¹⁾	ČSN 72 1012	500 m ³
	objemová hmotnost pro stanovení míry zhutnění ¹⁾	ČSN 72 1010	500 m ³
	poměr únosnosti ¹⁾	ČSN 72 1016	10000 m ³
	zhutnitelnost ¹⁾	ČSN 72 1015	1000 m ³
	obsah hrudek ²⁾	ČSN 73 6125	5000 m ³
	dávkování pojiva ¹⁾	ČSN 73 6125	1000 m ³
	stejnomořnost a hloubka promísení ¹⁾	ČSN 73 6125	1000 m ³
zatěžovací zkouška ³⁾	ČSN 72 1006	2000 m ³	
Pláň	zrnitost ¹⁾	ČSN 72 1017	2000 m ²
	meze plasticity ¹⁾	ČSN 72 1013	2000 m ²
	vlhkost ¹⁾	ČSN 72 1012	1000 m ²
	objemová hmotnost pro stanovení míry zhutnění ¹⁾	ČSN 72 1010	1000 m ²
	zhutnitelnost ¹⁾	ČSN 72 1015	3000 m ²
	zatěžovací zkouška ^{1) 4)}	ČSN 72 1006	100 bm
	poměr únosnosti ¹⁾	ČSN 72 1016	5000 m ²

¹⁾ Zkoušky jsou závazné, zkouší se alespoň 1x denně.

²⁾ Zkoušky jsou doporučené. Provádějí se podle dohody objednatele a zhotovitele. Pokud tak stanoví dokumentace stavby, jsou závazné.

³⁾ Pokud je předepsaná v PD jako doplněk k míře zhutnění. Pokud tato zkouška nahrazuje zkoušku míra zhutnění, bude v četnosti jako míra zhutnění.

⁴⁾ Každého dopravního pásu, nebo 1000 m² (ostatní plochy).

⁵⁾ Četnost zkoušek platí pro homogenní materiál. Při jeho změně se provedou všechny uvedené zkoušky.

Pro mechanicky zlepšené zeminy se kontrolní zkoušky provádí jako pro nezlepšené zeminy.

Výsledky zkoušek musí charakterizovat kontrolovaný úsek a současně postihnout případná slabá místa s nedostatečnou kvalitou zpracování.

7. KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Pro provádění zlepšení zemin při dešťových srážkách a v zimním období platí ustanovení ČSN 73 6133 a TKP staveb PK kap. 4. Zemní práce

Zásadně budování násypů nelze připustit :

- ze zmrzlé zeminy a na části vrstvy násypu se zeminou promrzlou do hloubky 50 mm a více;
- na zmrzlém podloží, popř. na zmrzlé předchozí vrstvě násypu;
- při mrznoucím dešti nebo trvalejším sněžení.

Navážená sypanina musí být ukládána na předchozí vrstvu zbavenou sněhu a ledu a znovu dohutněnou. K odstranění sněhu a ledu se smí používat pouze mechanické prostředky.

Navezená sypanina musí být ihned rozhrnuta, upravena a zhutněna, aby nedošlo k jejímu zmrznutí před nahutněním. Pokud není reálný předpoklad včasného zhutnění, musí se ihned další práce zastavit.

Zeminy zlepšené vápnem se smějí zpracovávat do -5 °C, zeminy zlepšené cementem pouze do -2 °C.

Při přerušení prací je nutné přes zimu vrstvu upravené zeminy překrýt ochrannou vrstvou (cca 50 cm), která eliminuje vlivy změny vlhkosti a mrazu.

8. ODSOUHLASENÍ A PŘEVZETÍ PRACÍ

Pro odsouhlasení a převzetí prací platí všechna příslušná ustanovení, uvedená v předpisech kapitoly 4 TKP pro konstrukce zemních těles PK

9. BEZPEČNOST PRACÍ A EKOLOGIE

Bezpečnost a ochrana zdraví pracovníků i veřejný zájem vyžadují, aby při provádění prací byly dodržovány příslušné předpisy (viz.čl. 10).

Všechny materiály zabudované do zemního tělesa musí splňovat ustanovení zákona č. 114/1992 Sb. a prováděcí vyhlášky č. 395/1992 Sb.

Při provádění zlepšení zemin musí být vzaty v úvahu ekologické aspekty v souladu se zákonem č. 17/1992 Sb. o životním prostředí a zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí.

10. DODATEK

10.1 Citované a souvisící normy

- ČSN 72 1002 Klasifikace zemin pro dopravní stavby
- ČSN 72 1006 Kontrola zhutnění zemin a sypanin
- ČSN 72 1010 Stanovení objemové hmotnosti zemin. Laboratorní a polní metody.
- ČSN 72 1012 Laboratorní stanovení vlhkosti zemin
- ČSN 72 1013 Laboratorní stanovení meze plasticity zemin
- ČSN 72 1014 Laboratorní stanovení meze tekutosti zemin
- ČSN 72 1015 Laboratorní stanovení zhutnitelnosti zemin
- ČSN 72 1016 Laboratorní stanovení poměru únosnosti zemin
- ČSN 72 1017 Stanovení zrnitosti zemin pro geotechniku
- ČSN 72 1021 Laboratorní stanovení organických látek v zeminách
- ČSN 72 1025 Laboratorní stanovení pevnosti jemnozrnných zemin v prostém tlaku
- ČSN 72 1070 Stanovení pH keramických surovin a hmot
- ČSN 72 1173 Stanovení odplavitelných částic a hliněných hrudek v kamenivu
- ČSN 72 1191 Zkoušení míry namrzavosti zemin
- ČSN 72 2071 Popílek pro stavební účely. Společná ustanovení, požadavky a metody zkoušení
- ČSN EN 459-1 Stavební vápno - Část 1. Definice, specifikace a kritéria shody
- ČSN EN 459-2 Stavební vápno - Část 2. Zkušební metody
- ČSN EN 459-3 Stavební vápno - Část 3. Hodnocení shody
- ČSN 73 1001 Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy
- ČSN EN 1008 Záměsová voda do betonu
- ČSN 73 3050 Zemné práce. Všeobecné ustanovenia
- ČSN 73 6100 Názvosloví silničních komunikací
- ČSN 73 6114 Vozovky pozemních komunikací. Základní ustanovení pro navrhování
- ČSN 73 6126 Nestmelené vrstvy
- ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
- ČSN EN 197-1 Cement - Část 1. Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití
- ČSN EN ISO 14688-1 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídování zemin - Část 1. Pojmenování a popis
- ČSN EN ISO 14688-2 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídování zemin - Část 2. Zásady klasifikace
- ČSN P ENV 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1. Obecná pravidla
- ČSN P ENV 1997-2 Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2. Navrhování na základě laboratorních zkoušek

10.2 Citované a související právní předpisy (ve znění pozdějších změn)

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí

Vyhláška ČUBP č. 48/1982 Sb. a vyhláška ČUBP a ČBU č. 324/1990 Sb. o bezpečnosti práce a technických zařízení při stavebních pracích, ve znění pozdějších změn

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny ve znění zákona č.347/1992 Sb. a vyhláška MŽP ČR č. 395/1992 SB., kterou se provádí některá ustanovení zákona č. 114/1992 Sb.

Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí

Zákon č. 244/1992 Sb., o posuzování vlivů rozvojových koncepcí a programů na životní prostředí

10.3 Citované resortní předpisy

Technické a kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, kapitola 4. Zemní práce. MDS-OPK 2001, č.j. 19581/01 – 123

TP 76 Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace. MDS-OPK 2001, č.j. 21890/01 – 123

TP 93 Návrh a provádění staveb pozemních komunikací s využitím popílků a popelů. MDS-OPK 2003, Č.J. 192/03-120-RS/1

Metodický pokyn SJ – PK č.j. 20840/01 – 120 ve znění pozdějších změn

TECHNICKÉ PODMÍNKY STAVEB POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Číslo: TP 94

Název: Zlepšení zemin

Vydalo: Ministerstvo dopravy
odbor pozemních komunikací

Zpracovatel: AGE a.s., Ing. Kateřina Hládková

Distributor: AGE a.s., Sudoměřská 25
130 00 Praha 3

1. vydání - 2004 - 400 výtisků