

Ministerstvo dopravy a spojů České republiky  
Odbor pozemních komunikací

**TP 94**  
**(1997)**

# ZLEPŠENÍ ZEMIN

## TECHNICKÉ PODMÍNKY

Schváleno: MDS - OPK, č.j. 18286/97-120  
ze dne 24.3.1997, s účinností od 1.dubna 1997

BRNO, březen 1997

# Obsah

1. PŘEDMĚT TECHNICKÝCH PODMÍNEK.....	3
2. TERMÍNY A DEFINICE.....	3
3. VŠEOBECNĚ.....	3
4. TECHNICKÉ POŽADAVKY.....	4
4.1 Stavební hmoty.....	4
4.1.1 Zeminy.....	4
4.1.2 Pojiva.....	4
4.1.3 Textilní vlákna.....	4
4.1.4 Voda.....	4
4.2 Návrh zlepšení zemin.....	5
5. STAVEBNÍ PRÁCE.....	5
5.1 Všeobecně.....	5
5.2 Zlepšení zemin v podloží násypu.....	6
5.3 Zlepšení zemin v násypu.....	6
5.4 Zlepšení zemin v aktivní zóně.....	7
5.5 Klimatická omezení.....	7
6. ZKOUŠENÍ.....	7
6.2 Zkoušky průkazní.....	8
6.3 Zkoušky kontrolní.....	8
6.4 Zkoušky přejímací.....	8
7. BEZPEČNOST PRACÍ A EKOLOGIE.....	9
8. PŘÍLOHY.....	10
8.1 Změna vlastností zeminy vlivem příměsí.....	10
8.2 Příklad optimalizace snížení vlhkosti zeminy do násypu.....	10
8.3 Posouzení sestavy strojů s využitím diagramů 10.1 až 10.3.....	11
9. DODATEK.....	12
9.1 Citované a souvisící normy.....	12
9.2 Citované a souvisící právní předpisy.....	12
9.3 Citované resortní předpisy.....	12
10. DIAGRAMY.....	13
10.1 Výkon frézy.....	13
10.2 Spotřeba pojiva.....	14
10.3 Výkon hutnicích strojů.....	15

## **1. PŘEDMĚT TECHNICKÝCH PODMÍNEK**

Tyto technické podmínky stanovují způsob zlepšení a využití málo vhodných a nevhodných zemín v podloží a násypch pozemních komunikací.

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

Obecné podmínky pro návrh a realizaci zlepšení zemín vychází z ustanovení ČSN 72 1002, ČSN 73 1001, ČSN 73 3050, ČSN 73 6100, ČSN 73 6114 a ČSN 73 6133.

## **2. TERMÍNY A DEFINICE**

**2.1** Základní a odvozené pojmy z oboru silničního stavitelství užití v těchto TP jsou uvedeny v ČSN 73 6100 a ČSN 73 6133. Základní pojmy z oboru geotechniky jsou uvedeny v ČSN 72 1001, ČSN 72 1002 a ČSN 73 1001.

**2.2** Mechanické zlepšení - úprava zeminy mísením s jinou granulometricky odlišnou sypaninou. Touto úpravou se dosáhne lepších mechanických vlastností zlepšené zeminy, jejího příznivějšího zatřídění podle vhodnosti do podloží a do násypů (viz ČSN 72 1002) a lepší zpracovatelnosti.

**2.3** Zlepšení zemín příměsí pojiva - úprava zeminy promísením s pojivem nebo s kombinací pojiv. Touto úpravou se dosáhne lepších mechanických vlastností zlepšené zeminy, jejího příznivějšího zatřídění podle vhodnosti do podloží a do násypů (viz ČSN 72 1002), popřípadě upravením její vlhkosti se umožní její další zpracování.

## **3. VŠEOBECNĚ**

**3.1** Účelem zlepšení zemín je umožnit a usnadnit zpracování málo vhodných a nevhodných zemín v násypch a v podloží pozemních komunikací, zlepšení jejich mechanických vlastností a jejich lepší zatřídění podle vhodnosti do násypů a podloží pozemních komunikací.

**3.2** Mechanické zlepšení zemín se provádí smísením dvou či více zemín nebo sypanin. Zlepšením zrnitosti se upraví i zpracovatelnost (zhutnitelnost) a parametry únosnosti.

Zvláštním případem mechanického zlepšení zemín je zlepšení zemín textilními vlákny. Zahmuje promísení zeminy s textilními vlákny a její zhutnění. Používá se pro zlepšování písčitých zemín. Výsledkem je zvýšení smykové pevnosti.

**3.3** Zlepšení zemín příměsí pojiva se provádí smísením zeminy s pojivem nebo směsí pojiv. Usnadní se tak zpracovatelnost zeminy snížením její vlhkosti a změnou struktury. Zvyšují se parametry únosnosti, snižuje se citlivost zeminy vůči obsahu vody a snižuje se namrzavost. Příměs pojiva se udává v procentech hmotnosti suché zeminy.

**3.4** Vhodnost navržené úpravy se ověřuje průkaznými zkouškami.

**3.5** Při návrhu zlepšení zemín je nutno posoudit technickou proveditelnost a ekonomickou účelnost v ohledem na místní poměry.

## **4. TECHNICKÉ POŽADAVKY**

### **4.1 Stavební hmoty**

#### **4.1.1 Zeminy**

**4.1.1.1** Zlepšení zemin lze použít zejména u zemin zařazených do VI. až IX. skupiny vhodnosti pro silniční podloží a u zemin málo vhodných a nevhodných do násypů podle ČSN 72 1002. Zejména se jedná o zeminy MV, ME, CH, CV a CE, případně MS, ML, MI, MH, CS, CL, CI, které jsou v TP-77 tab. 7.a označeny jako nevhodné do násypu a poskytující nevhodné podloží.

**4.1.1.2.** Pro mechanické zlepšení zemin lze použít příměs zemin nebo jiných materiálů vhodné zmitosti a vlhkosti.

#### **4.1.2 Pojiva**

Pro zlepšení zemin lze použít následující pojiva:

**4.1.2.1** Vápna vyhovující normám ČSN ENV 459-1 (72 2201), ČSN 72 2201, ČSN ENV 459-2 (72 2201), ČSN 72 2202, ČSN 72 2209, ČSN 72 2230, ČSN 72 2246, ČSN 72 2247, ČSN 72 2250 a vápennou drť. V případě přirozené vlhkosti zlepšované zeminy nižší než vlhkost optimální se doporučuje přidavek vápenného nebo cementového mléka.

**4.1.2.2** Cementy portlandské, struskoportlandské, vysokopecní a směsné odpovídající požadavkům ČSN P ENV 197-1, ČSN P ENV 197-1 CEM I/B-M 32,5 a ČSN P ENV 197-1 ND V/B 22,5.

**4.1.2.3** Pomalu tuhnoucí pojiva odpovídající požadavkům PN 72 2251 a PN 72 2252 Třinecké železárny a.s.

**4.1.2.4** Popílky vyhovující požadavkům ČSN 72 2060 a ČSN 72 2065.

**4.1.2.5** Odprašky z rotačních pecí cementáren o následujících vlastnostech:

ztráta žíháním	max. 20 %
obsah CaO	min. 45 %
obsah volného CaO	min. 4 %

**4.1.2.6** Další pojiva a materiály a jejich kombinace, eventuálně vhodné příměsí ke zlepšení účinnosti použitých pojiv, pokud je jejich účinnost prokázána laboratorními průkaznými zkouškami případně doplněnými provozními zkouškami.

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

#### **4.1.3 Textilní vlákna**

Pro zlepšení zemin lze použít i textilní vlákna přírodní nebo syntetická. Obvykle se používají v délkách 10 až 100 mm, materiál POP - polypropylen fibrilovaný.

#### **4.1.4 Voda**

Pro zlepšení zemin příměsí pojiva je možno použít každé vody z vodotečí, nebo vodních nádrží, pokud vyhovuje požadavkům ČSN 73 2028 na záměsovou vodu pro prostý beton.

## 4.2 Návrh zlepšení zemin

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

4.2.2 Laboratorní stanovení poměru únosnosti (CBR) se provádí podle ČSN 72 1016 s tím, že pojem zemina se nahradí pojmem směs zemin (sypanin) u mechanického zlepšení, a pojmem směsi zeminy s pojivem nebo kombinací pojiv u zeminy zlepšené příměsí pojiva. Poměr únosnosti musí dosáhnout hodnot uvedených v tabulce 1.

Tab.1 Požadované hodnoty poměru únosnosti (CBR) zlepšené zeminy

Místo použití	Druh zlepšení	
	Mechanické zlepšení	Zlepšení příměsí pojiva
V podloží násypu	min. 10 % CBR <sup>1)</sup>	min. 10 % CBR <sup>2)</sup>
V násypu	min. 10 % CBR <sup>1)</sup>	min. 10 % CBR <sup>2)</sup>
V aktivní zóně	min. 15 % CBR <sup>1)</sup>	min. 10 % CBR <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> poměr únosnosti stanovený na vzorku zhutněném při zkušební vlhkosti  
<sup>2)</sup> poměr únosnosti stanovený na vzorku po 7 dnech zrání ve vlhku (min. 95 % relativní vlhkosti vzduchu) a následně saturaci vzorku ponořením do vody na dobu 4 - 5 dní

4.2.3 Pro snížení vlhkosti je nejúčinnější příměs vzdušného nehašeného vápna (ČSN 72 2230).

4.2.4 Při zlepšení zemin příměsí pojiva není na překážku použití nižší maximální objemové hmotnosti zlepšené zeminy než stanoví ČSN 72 1002. Rozhodující je dosažená hodnota poměru únosnosti (CBR).

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

4.2.6 Zemina zlepšená příměsí pojiva, jejíž poměr únosnosti saturovaného vzorku je vyšší než 10 % CBR je mírně namrzavá, zemina zlepšená příměsí pojiva, jejíž poměr únosnosti saturovaného vzorku je vyšší než 47 % CBR je nenamrzavá. Míru namrzavosti zeminy zlepšené příměsí pojiva, jejíž poměr únosnosti saturovaného vzorku je vyšší než 25 % CBR, je vhodné ověřit podle ČSN 72 1191. Často i takto zlepšená zemina je nenamrzavá.

4.2.7 Pro návrh zlepšení zemin textilními vlákny jsou směrodatné výsledky poloprovozního pokusného provedení, které ověří velikost dávky i způsob dávkování a kvalitu promísení zeminy s vlákny.

## 5. STAVEBNÍ PRÁCE

### 5.1 Všeobecně

5.1.1 Zhotovitel musí před zahájením prací se zlepšením zemin prokázat svoji způsobilost podle Metodického pokynu RSJ - PK č.j. 23 614/96-230.

5.1.2 Zlepšení zemin se provádí ve vrstvách o tloušťce odpovídající účinnosti navržené sestavy mechanismů. Zhotovitel musí prokázat zhutňovací zkouškou podle ČSN 72 1006, že předepsané zhutnění bude dosaženo v celé tloušťce prováděné vrstvy. V průběhu mísení se přímým měřením ověřuje hloubkový dosah mísících strojů. Při zlepšení zemin příměsí pojiv se účinnost mísících mechanismů ověřuje zkouškou stejnoměrnosti promísení podle ČSN 73 6125 Příloha A.6.

**5.1.3** Sypaniny na mechanické zlepšení zemin se navážejí, rozprostírají, srovnávají a zhutňují podle platných technologických pravidel pro zeminy. K promísení lze použít zemní frézy, rozrývače, pluh, diskové brány, kultivátory, grejdry, ježkové a tampingové válce. Vlhkost zlepšené zeminy bezprostředně před hutněním se nesmí lišit od vlhkosti optimální o více než  $\pm 3\%$  pro zeminy s  $I_p \leq 17\%$  a více než  $-3\%$  a  $+5\%$  pro zeminy s číslem plasticity  $I_p = 17\%$  nebo vyšším. Vyšší vlhkost lze snížit např. opakováním mísení. Úpravu vlhkosti suché zeminy v horkém letním období se doporučuje provádět v předstihu, nejlépe večer před prováděním zlepšení.

**5.1.4** Zlepšení zemin textilními vlákny zahrnuje tyto práce:

- příprava úseku včetně úpravy vlhkosti,
- položení vláken - ruční pokládka před frézou,
- mísení, zpravidla dvěma pojezdy zemní frézy, hutnění, urovnání povrchu a dohutnění.

Textilní vlákna se přidávají v množství 0,5 až 2,0 kg/m<sup>3</sup> podle výsledku poloprovozního pokusu. Vlhkost před hutněním musí odpovídat čl. 5.1.3. Postup provádění je ověřován podle čl. 4.2.7.

**5.1.5** Zlepšení zemin příměsí pojiva zahrnuje tyto práce:

- příprava pracovního úseku,
- navezení a rozprostření, případně rozrytí a srovnání zeminy mechanismy podle čl. 5.1.3,
- nadávkování pojiva,
- mísení zeminy s pojivem, či pojivy mechanismy podle čl. 5.1.3,
- úprava vlhkosti s domísením vlhké směsi,
- hutnění a srovnání povrchu úpravy.

**5.1.6** Pojivo se dávkuje pomocí dávkovačů. Při zlepšení zemin vápennou drtí lze dávkování provádět podrťovačem.

**5.1.7** Zlepšení zemin kombinací pojiv.

Je-li jedním z kombinací pojiv vzdušné nehašené vápno, je nutno nejprve promíchat zeminu s vápnem a pak ponechat směs reagovat alespoň několik hodin, aby proběhlo vyhašení vápna. Potom teprve je možno dávkovat další pojivo, promístit, upravit vlhkost a zhutnit.

Při kombinaci popílku s cementem se nejprve dávkuje popílek, promísí se a potom se dávkuje cement, promísí se, upraví vlhkost a zhutní.

**5.1.8** Zemina zlepšená pojivem se dovlhčuje tak, aby vlhkost směsi před hutněním vyhovovala čl. 5.1.3. Ke zhutňování se používají válce nebo jiné hutnické prostředky. Pro počáteční hutnění jsou vhodné ježkové válce, tampingové válce nebo pneumatikové válce. Předepsaná míra zhutnění podle ČSN 72 1006 musí být dosažena v celé tloušťce vrstvy.

## **5.2 Zlepšení zemin v podloží násypu**

**5.2.1** 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.

**5.2.2** V dalším se postupuje podle 5.1.

## **5.3 Zlepšení zemin v násypu**

**5.3.1** Není-li podloží násypu zlepšeno, je nutno ho upravit podle ČSN 73 6133. Podloží násypu je nutno odvodnit a zhutnit v souladu s požadavky ČSN 72 1006.

**5.3.2** Při mechanickém zlepšení se nejprve naváže a rozprostírá písčité sypanina, potom soudržná zlepšovaná zemina

**5.3.3** Při zlepšení zeminy přiměsí pojiv, lze pojivo dávkovat i v místě těžby. První předběžné promísení zeminy a pojiva provádějí mechanismy při těžbě a rozprostírání zeminy.

**5.3.4** V dalším se postupuje podle 5.1.

## **5.4 Zlepšení zemin v aktivní zóně**

**5.4.1** Vzhledem k účinnosti zejména použitých mísících mechanismů se zlepšení zemin v aktivní zóně provádí zpravidla ve dvou vrstvách.

Při zlepšování zemin přiměsí pojiva v aktivní zóně se zemní těleso v násypové části ukončí o hloubku zlepšované vrstvy níže, než jsou projektové výšky násypové pláně. Rovnost povrchu hrubé pláně se s ohledem na umožnění odtoku vody požaduje dodržet s tolerancí 30 mm pod 4 m latí. Je nutno také dodržet obdobný příčný sklon, jaký je v dokumentaci pro zemní pláň. Míra zhutnění musí odpovídat požadavkům ČSN 72 1006. Na takto upravenou hrubou pláň se provede ve dvou či více vrstvách zlepšení zeminy. V zářezové části se výkop ukončí 0,25 m pod úrovní pláně podle projektové dokumentace a provede se zlepšení 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.

**5.4.2** Pojivo při zlepšení zemin v aktivní zóně se dávkuje pomocí dávkovačů s přesností  $\pm 25 \%$ . Po rozprostření pojiva se provede jeho promísení se zeminou a případně se dovlhčí směs na vlhkost blízkou optimální ( $w_{opt} \pm 3 \%$ ).

**5.4.3** Konečná fáze mísení zeminy s pojivem se zpravidla provádí zemní frézou. Použití jiných mechanismů (viz čl. 5.1.3.) lze připustit jen tehdy, pokud zhotovitel prokáže, že s nimi lze v daném případě zajistit dostatečnou kvalitu promísení (zkouškou stejnoměrnosti promísení a zkouškou mísící účinnosti strojů ČSN 72 6125 Příloha A.6. a A.7.)

Rozmělnění zlepšované zeminy má být takové, aby obsah hrudek ve směsi nebyl vyšší než uvádí tabulka 2.

**Tab. 2. Přípustný obsah hrudek ve směsi**

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

**5.4.4** Zlepšená zemina se zhutňuje postupně od krajů ke středu při střešovitém sklonu a od spodního kraje po předhutněný horní okraj při jednostranném sklonu pláně. Postup hutnění se opakuje až do dosažení požadované míry zhutnění v celé tloušťce vrstvy. Požadovaná minimální míra zhutnění pro zeminy zlepšené přiměsí pojiva v aktivní zóně je  $D = 100 \%$ .

**5.4.5** V dalším se postupuje podle 5.1.

## **5.5 Klimatická omezení.**

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

## **6. ZKOUŠENÍ**

**6.1** Pro zabezpečení předepsané kvality musí zhotovitel zajistit provádění zkoušek průkazných, kontrolních výrobních (dále jen kontrolních) a převímacích podle ustanovení ČSN 73 3050 a ČSN 73 6133. O zkouškách se vedou pracovní záznamy, v nichž se uvádí doba a místo odběru vzorků.

## **6.2 Zkoušky průkazní**

**6.2.1** Za průkazní zkoušky sypanin se považují výsledky geotechnického průzkumu pro dokumentaci stavby podle TP 76. Průkazní zkoušky zlepšení musí provádět laboratoř s příslušnou způsobilostí podle Metodického pokynu RSJ - PK č.j. 19160/95 - 230 a jsou zpravidla součástí realizační dokumentace.

**6.2.2** Za průkazní zkoušky pojiv se považují osvědčení o jakosti výrobcem. Tyto údaje musí být dokladovány ke každé dodávce pojiva.

## **6.3 Zkoušky kontrolní**

**6.3.1** Při těžbě a navážení 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. Důležité je zejména sledování vlhkosti.

**6.3.2** Při zlepšení zemin se provádí kontrolní zkoušky podle tabulky 3.

## **6.4 Zkoušky přejímací**

**6.4.1** V dokumentaci o přejímacích zkouškách jsou zahrnuty veškeré provedené zkoušky průkazní a kontrolní. Parametry sledované při přejímacím řízení stanoví dokumentace stavby v souladu s ustanoveními ČSN 73 3050, ČSN 73 6133, TP 77 a TKP staveb PK kap. 4. Zemní práce.

**6.4.2** V rámci přejímacích zkoušek se zjišťují parametry hotových vrstev, ověřuje se jimi shoda s kvalitativními požadavky na příslušnou vrstvu, s předpoklady dokumentace a s průkazními zkouškami.

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

**6.4.3** Pro přejímací řízení podloží pod násypem předkládá zhotovitel výsledky všech zkoušek a měření podle tabulky 3. a čl. 6.4.1 a jejich vyhodnocení. Pokud je v dokumentaci předepsán minimální modul přetvárnosti, provádí se jeho ověření v prostoru osy násypu. Jedna zkouška připadá na 5000 m<sup>2</sup>.

**6.4.4** Pro přejímací řízení uceleného úseku násypu předkládá zhotovitel výsledky všech zkoušek a měření podle tabulky 3. a čl. 6.4.1 a jejich vyhodnocení.

**6.4.5** Pro přejímací řízení uceleného úseku aktivní zóny předkládá zhotovitel výsledky všech zkoušek a měření podle tabulky 3. a čl. 6.4.1 a jejich vyhodnocení. Minimální hodnota modulu přetvárnosti z druhého zatěžovacího cyklu zkoušky deskou je  $E_{def,2} = 45$  MPa, pokud není v dokumentaci stavby stanovena hodnota vyšší. Vlhkost zeminy v aktivní zóně při zatěžovací zkoušce nesmí být nižší o více jak 3% než je optimální vlhkost. Vzorek pro stanovení vlhkosti se odebírá z hloubky 0,15 m pod pláni.

**6.5** Namrzavost mechanicky zlepšených zemin se posuzuje podle zmitostního kritéria - viz. ČSN 72 1002. Namrzavost zeminy zlepšené příměsí pojiva se posuzuje podle čl. 4.2.6. event. podle ČSN 72 1191. Dobu zrání vzorku je vhodné volit s ohledem na dobu provádění úpravy a možnost vyžrání úpravy do příchodu mrazů. Dobu zrání musí schválit objednatel.

**6.6** Vliv zrání zeminy zlepšené příměsí pojiva je vhodné sledovat na růstu pevnosti v tlaku prostém (ČSN 73 6125 Příloha A-1.) Pro převod mezi hodnotami poměru únosnosti a pevnosti v tlaku prostém ( $\rho$ ) lze informativně použít vztah (vztah byl odvozen pro interval 0 až 1,5 MPa)



$$p \text{ (MPa)} = 0.01y \text{ (% CBR)} + 0.031$$

$$y \text{ (% CBR)} = 88,42p \text{ (MPa)} + 3,764$$

Zlepšená zemina o pevnosti v tlaku prostém vyšší než 0,7 MPa je nenamrzavá.

**Tab. 3. Kontrolní zkoušky zlepšené zeminy**

Konstrukce	Zkouška	ČSN	Četnost zkoušek
Podloží násypu	vlhkost <sup>1)</sup>	ČSN 72 1012	1 zkouška na 1000 m <sup>2</sup>
	míra zhutnění <sup>1)</sup>	ČSN 72 1010	1 zkouška na 1000m <sup>2</sup>
	poměr únosnosti <sup>1)</sup>	ČSN 72 1016	1 zkouška na 20.000 m <sup>2</sup>
	zhutnitelnost <sup>1)</sup>	ČSN 72 1015	1 zkouška na 5.000 m <sup>2</sup>
Násyp	vlhkost <sup>1)</sup>	ČSN 72 1012	1 zkouška na 500 m <sup>3</sup>
	míra zhutnění <sup>1)</sup>	ČSN 72 1010	1 zkouška na 500 m <sup>3</sup>
	zhutnitelnost <sup>1)</sup>	ČSN 72 1015	1 zkouška na 1000 m <sup>3</sup>
	poměr únosnosti <sup>1)</sup>	ČSN 72 1016	1 zkouška na 10.000 m <sup>3</sup>
	obsah hrudek <sup>2)</sup>	ČSN 73 6125	1 zkouška na 5.000 m <sup>3</sup>
	dávkování pojiva <sup>2)</sup>	ČSN 73 6125	1 zkouška na 1.000 m <sup>3</sup>
	stejnoměrnost promísení <sup>2)</sup>	ČSN 73 6125	1 zkouška na 1.000 m <sup>3</sup>
Aktivní zóna	vlhkost <sup>1)</sup>	ČSN 72 1012	1 zkouška na 500 m <sup>2</sup>
	míra zhutnění <sup>1)</sup>	ČSN 72 1010	1 zkouška na 500 m <sup>2</sup>
	zhutnitelnost <sup>1)</sup>	ČSN 72 1015	1 zkouška na 1.000 m <sup>2</sup>
	poměr únosnosti <sup>1)</sup>	ČSN 72 1016	1 zkouška na 10.000 m <sup>2</sup>
	obsah hrudek <sup>2)</sup>	ČSN 73 6125	1 zkouška na 10.000 m <sup>2</sup>
	obsah pojiva <sup>2)</sup>	ČSN 73 6125	1 zkouška na 1.000 m <sup>2</sup>
	stejnoměrnost promísení <sup>2)</sup>	ČSN 73 6125	1 zkouška na 1.000 m <sup>2</sup>
	zatěžovací zkouška deskou <sup>2)</sup>	ČSN 72 1006	1 zkouška na 10.000 m <sup>2</sup>
<sup>1)</sup> Zkoušky jsou závazné, zkouší se alespoň 1x denně. <sup>2)</sup> Zkoušky jsou doporučené. Provádí se podle dohody objednatele a zhotovitele. Uvedené počty zkoušek platí pro homogenní poměry. Při změně materiálu provede zhotovitel všechny uvedené zkoušky.			

## 7. BEZPEČNOST PRACÍ A EKOLOGIE

**7.1** Bezpečnost a ochrana zdraví pracovníků i veřejný zájem vyžadují, aby při provádění prací byly dodržovány příslušné předpisy, zejména vyhláška ČÚBP č.48/1982 Sb., kterou se stanoví základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení, vyhláška ČÚBP a ČBÚ č.324/1990 Sb. o bezpečnosti práce a technických zařízení při stavebních pracích, ve znění pozdějších změn.

**7.2** Všechny materiály zabudované do zemního tělesa musí splňovat ustanovení zákona č.114/1992 Sb., ve znění zákona č.347/1992 Sb. a prováděcí vyhlášky č. 395/1992 Sb.

**7.3** Při provádění zlepšení zemin musí být vzaty v úvahu ekologické aspekty v souladu se zákonem č. 17/1992 Sb. o životním prostředí a zák.č. 244/1992 Sb. o posuzování vlivu na životní prostředí.

## 8. PŘÍLOHY

### 8.1 Změna vlastností zeminy vlivem příměsí

8.1.1 Pro usnadnění návrhu zlepšení zemin příměsí pojiva jsou uvedeny v tabulce 4. průměrné hodnoty změny vlastností zeminy vztažené na 1 % příměsí.

Tab. 4. Změna vlastností zeminy vztažená na 1 % příměsí

Vlastnost zeminy	Působení	Příměs vápna	Příměs cementu
Vlhkost	snižuje	0,8 až 2,0 % *)	0,2 %
Max. obj. hmotnost	snižuje	0,024 až 0,03 kg/m <sup>3</sup>	0,006 až 0,02 kg/m <sup>3</sup>
Optimální vlhkost	zvyšuje	0,7 až 1,0 %	-
Poměr únosnosti CBR na vzorku zhuštěném při zkušební vlhkosti	zvyšuje	4 až 7 % CBR	4 až 15 % CBR
na vzorku po 7 dnech zrání a následné saturaci ve vodě	zvyšuje	4,5 až 8 % CBR	8 až 22 % CBR
*) Při teplém a suchém počasí lze zejména při mísení frézou dosáhnout vyššího snížení vlhkosti 2 až 5 %.			

8.1.2 K dosažení dostatečného zlepšení obvykle postačuje příměs buď 2 až 4 % vápna, nebo 2 až 4 % cementu, nebo 5 až 10 % odprašku, nebo 5 až 10 % popílku v kombinaci s 1 % až 2 % cementu nebo vápna.

### 8.2 Příklad optimalizace snížení vlhkosti zeminy do násypu.

V zářezu je těžena zemina málo vhodná do násypu a je upravovaná příměsí pojiva. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 5.

Tab. 5. Změna vlastností zeminy vlivem příměsí pojiva

Zkouška	Zemina neupravená	Zemina upravená příměsí		
		3% nehaš. vápna	5% nehaš.vápna	4% cementu
$\rho_{d,max PS}$ (kg/m <sup>3</sup> )	1720	1630	1610	1690
$w_{opt}$ (%)	18,0	21,5	22,5	21,2
$I_P$	16	9	4	-

Příměs 1 % nehašeného vápna sníží vlhkost zeminy o 1 %, příměs 1 % cementu sníží vlhkost o 0,2 %. Při respektování požadavku nezpracovávat zeminu, jejíž vlhkost je o více než 3 % vyšší než optimální, lze neupravenou zeminu zpracovávat do vlhkosti 21 %.

Použije-li se zlepšení příměsí 3 % nehašeného vápna, je optimální vlhkost zlepšené zeminy v daném případě 21,5 %. Příměs sníží původní vlhkost asi o 3 % a dodrží-li se požadavek nezpracovávat zeminu o vyšší vlhkosti jak  $w_{opt} + 3 \%$ , lze zpracovat zeminu o původní vlhkosti až 27,5 % (21,5 % + 3 % + 3 %).

Pro příměs 5 % nehašeného vápna bude  $w_{opt} = 22,5 \%$ , snížení původní vlhkosti zeminy asi 5 % a lze tedy zpracovat zeminu o původní vlhkosti až 30,5 % (22,5 % + 5 % + 3 %), při dodržení stejného požadavku nezpracovávat zeminu, jejíž vlhkost je o více než 3 % vyšší jak optimální vlhkost.

Pro příměs 4 % cementu byla zjištěna optimální vlhkost 21,2 %. Příměs 4 % cementu sníží vlhkost o asi 0,8 %. Při dodržení požadavku nezpracovávat zeminu vlhčí o více než 3 % jak optimální, je zřejmé, že lze zpracovat zeminu o původní vlhkosti až 25 % (21,2 % + 0,8 % + 3 %).

Z uvedených příkladů vyplývá, že pro zlepšení zemin, jejichž vlhkost je značně vyšší než optimální, je příměs nehašeného vápna výhodnější. Příměs vápna též zlepšila výrazně zpracovatelnost zeminy (kritérium dobré zpracovatelnosti - číslo plasticity nižší než  $I_p = 10$  %). Provedení návrhů zlepšení zeminy s různými velikostmi příměsi umožní na stavbě podle skutečné vlhkosti v době zlepšování volit nejvhodnější velikost příměsi. Lze tak zabezpečit plynulost prací i po nepříznivých klimatických podmínkách.

### **8.3 Posouzení sestavy strojů s využitím diagramů 10.1 až 10.3**

Upravuje se plocha  $P = 225 \text{ m}^2$  o tloušťce úpravy  $h = 0,1 \text{ m}$  příměsí 8 % pojiva. Objemová hmotnost upravené zeminy  $1700 \text{ kg/m}^3$ . Z grafu 10.2 se odhadne při koeficientu ztrát  $K_z = 1$  spotřeba pojiva  $M = 3,06 \text{ t}$ .

Uvažuje-li se fréza o šířce rotoru  $b = 2,0 \text{ m}$ , počet pojezdů  $n_p = 2$ , pracovní rychlost  $V_f = 300 \text{ m/hod.}$ , překrytí sousedních pasů při mísení  $p = 0,1 \text{ m}$ , vychází při koeficientu časového využití  $K_c = 0,8$  výkon frézy podle grafu 10.1,  $N_f = 225 \text{ m}^2/\text{hod.}$  Daný úsek fréza zamíchá za 1 hodinu.

Je-li pro hutnění válec o šířce  $b = 1,6 \text{ m}$ , s rychlostí pojezdu  $V_v = 3 \text{ km/hod.}$ , nutný počet pojezdů ke zhutnění  $n = 5$  a uvažuje-li se překrytí  $p = 0,3 \text{ m}$  a koeficient časového využití  $K_c = 0,8$ , dostane se podle grafu 10.3 výkon hutnicího prostředku  $N_h = 624 \text{ m}^2/\text{hod.}$  Daný úsek lze zhutnit za 0,36 hod.

Při volbě úseku  $590 \text{ m}^2$ , by spotřeba pojiva byla 8,0 t, fréza by úsek zamíchala za 2,6 hod a hutnění by trvalo 0,95 hod. Bylo by dosaženo lepšího využití cisterny na cement a rovněž lepšího využití mísících a hutnicích strojů.

## 9. DODATEK

### 9.1 Citované a související normy

ČSN 72 1001 Pomenovanie a opis homín v inženýrskej geológii  
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 (CBR)  
ČSN 72 1017 Stanovení zmitosti zemin pro geotechniku  
ČSN 72 1191 Zkoušení míry namrzavosti zemin  
ČSN 72 2060 Popílek pro stavební účely  
ČSN 72 2065 Popílek jako neaktivní složka do betonu  
ČSN ENV 459-1 (72 2201) Stavební vápno. Část 1. Definice, specifikace a kriteria shody  
ČSN ENV 459-2 (72 2201) Stavební vápno. Část 2. Zkušební metody  
ČSN 72 2201 Vápna. Všeobecná ustanovení  
ČSN 72 2202 Vápna, vápence a dolomity - vzorkování  
ČSN 72 2209 Změni vzdušných vápen  
ČSN 72 2230 Vápno vzdušné  
ČSN 72 2246 Vápenný hydrát objemově stálý  
ČSN 72 2247 Vápenný hydrát obyčejný  
ČSN 72 2250 Vápno hydraulické  
ČSN 73 1001 Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy  
ČSN 73 2028 Voda pro výrobu 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 6125 Stavba vozovek. Stabilizované podklady  
ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací (v návrhu)  
ČSN 73 6175 Měření nerovnosti povrchů vozovek  
ČSN 73 6190 Statická zatěžovací zkouška podloží a podkladních vrstev vozovek  
ČSN P ENV 197-1 Cement. Složení. Jakostní požadavky pro stanovení shody. Část 1. Cementy pro obecné použití (72 2101)  
ČSN P ENV 197-1 CEM I/B -M 32,5 Portlandský cement směsný  
ČSN P ENV 197-1 ND V/B 22,5 Směsný cement  
PN 72 2251 Třinecké železárny a.s. Pomalu tuhnoucí pojivo PTS - 1  
PN 72 2252 Třinecké železárny a.s. Pomalu tuhnoucí pojivo PTS - 2

### 9.2 Citované a související právní předpisy

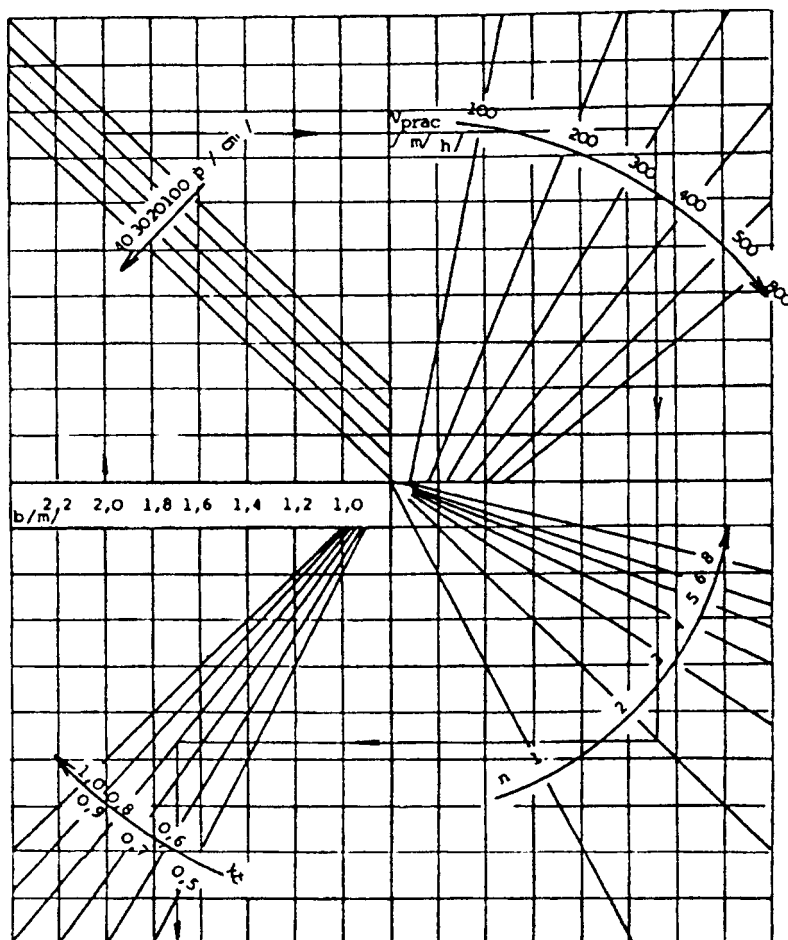
Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí  
Vyhláška ČÚBP č. 48/1982 Sb. a vyhláška ČÚBP a ČBU č. 324/1990 Sb. o bezpečnosti práce a technických zařízení při stavebních pracích., ve znění pozdějších změn.  
Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny ve znění zákona č. 347/1992 Sb. a vyhláška MŽP ČR č. 395/1992 Sb., kterou se provádí některá ustanovení zákona č. 114/1992 Sb.  
Zákon č. 244/1992 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí

### 9.3 Citované resortní předpisy

Technické a kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, kapitola 4. Zemní práce MDS ČR 1996, č.j. 24894/96 - 120  
TP 76 Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace. MD ČR 1995 č.j. 23 683/95-230  
TP 77 Navrhování vozovek pozemních komunikací. MD ČR 1995 č.j. 23977/95-230  
Metodický pokyn RSJ - PK č.j. 19160/95-230  
Metodický pokyn RSJ - PK č.j. 23614/96-230

## 10. Diagramy

### 10.1 Výkon frézy

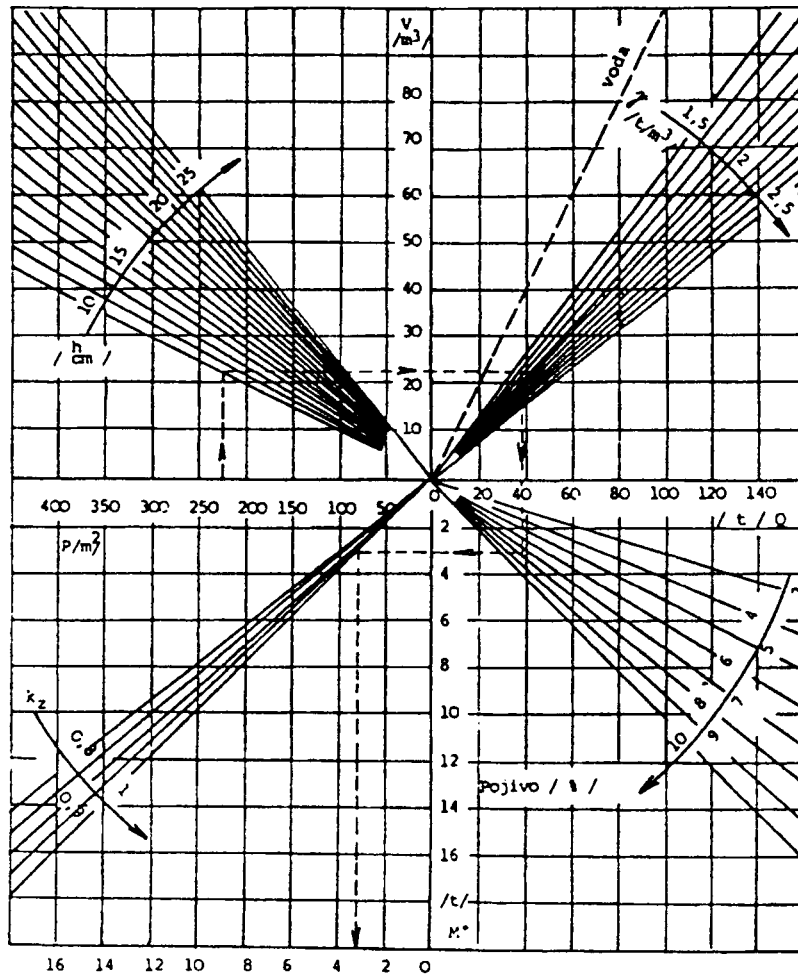


350 300 250 200 150 100 50  
 $N_F / m^2 / h /$

Legenda :  
 b... šířka rotoru  
 p... šířka překrytí  
 $V_{prac}$ ... rychlost frézy při práci  
 n... počet přejezdů  
 $k_c$ ... koef. časového využití  
 $N_F$ ... výkon frézy

Příklad :  $b = 2 \text{ m}$  ;  $p = 10 \text{ cm}$  ;  $V_{prac} = 300 \text{ m/h}$   
 $n = 2$  ;  $k_c = 0,8 \Rightarrow N_F = 220 \text{ m}^2 / h$

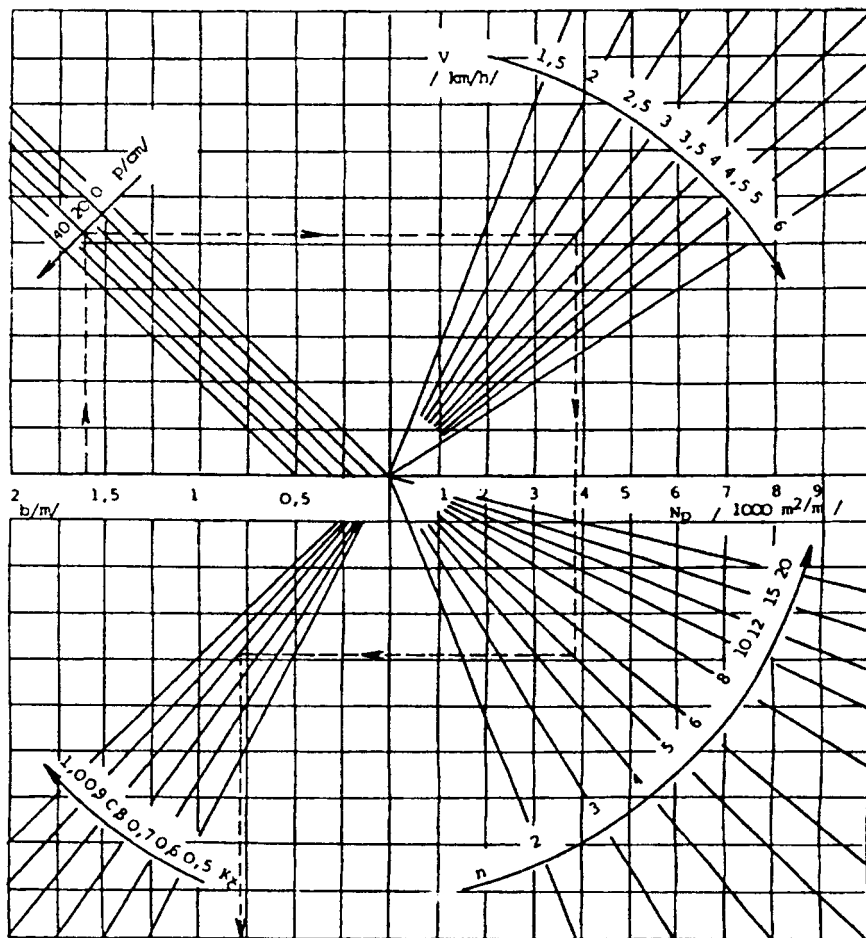
## 10.2 Spotřeba pojiva



Legenda : P.... zpracovaná plocha  
 h.... hloubka zpracování  
 V.... zpracovaný objem  
 $\gamma$ ... měrná hmotnost zeminy  
 Q.... hmotnost zpracované zeminy  
 M.... teoretické množství pojiva  
 $k_z$ ... koef. ztrát  
 M.... skutečná potřeba pojiva

Příklad :  $P = 225 m^2$  ;  $h = 10 cm$   
 $\rightarrow V = 22.5 m^3$  ;  $\rho = 1.7 t/m^3$   
 $\rightarrow Q = 38.25 t$  ; při  $R = 1$  pojiva  
 $M^* = 3.06 t$  ; a při  $k_z = 1$   
 $M = 3.06 t$

### 10.3 Výkon hutních strojů



1,6 1,4 1,2 1,0 0,8 0,6 0,4 0,2  
 $N_H / 1000 \text{ m}^2 /$

Legenda :  $b$ ..... šířka záběru  
 $p$ ..... šířka překrytí  
 $v$ ..... rychlost pojezdu  
 $N_p$ ..... výkon stroje - pojezdová plocha  
 $n$ ..... počet přejezdů jedním místem  
 $k_z$ ..... koeficient časového využití  
 $N_H$ ..... výkon stroje - zhuťná plocha

Příklad  $b = 1,6$ ;  $p = 30 \text{ cm}$ ;  $v = 3 \text{ km/h}$   
 $\rightarrow N_p = 3900 \text{ m}^2 / \text{h}$   
 $n = 5$ ;  $k_z = 0,8$   
 $\rightarrow N_H = 624 \text{ m}^2 / \text{h}$

**Název:** Zlepšení zemin. Technické podmínky  
**Vydal:** Ministerstvo dopravy a spojů ČR  
**Zpracoval:** Doc.Ing.Vlastimil Bílek,CSc.  
**Náklad:** 50  
**Počet stran:** 15  
**Formát:** A4  
**Tisk a distribuce:** Stradis s.r.o., tř.kpt. Jaroše 39a, 602 00 Brno