

# Problémy při kontrole podkladních vrstev a podloží

*Jaroslav Hauser*

Únor – březen 2016

# Zkoušení upraveného podloží vozovek (AZ)

**Při „únosném podloží“ problémy nebývají, ty nastanou často ve chvíli, kdy se podloží vozovky upravuje. Mechanická úprava je spíše vzácností, proto se spíše setkáváme s výměnou či úpravou podloží/AZ.**

**Úprava podloží se ve většině případů jeví jako nejlevnější způsob dosažení požadovaných parametrů, vyžaduje však od dodavatele úpravy dodržování určitých pravidel a tím i předpisů ( např. ČSN 73 6133, TP 94)**

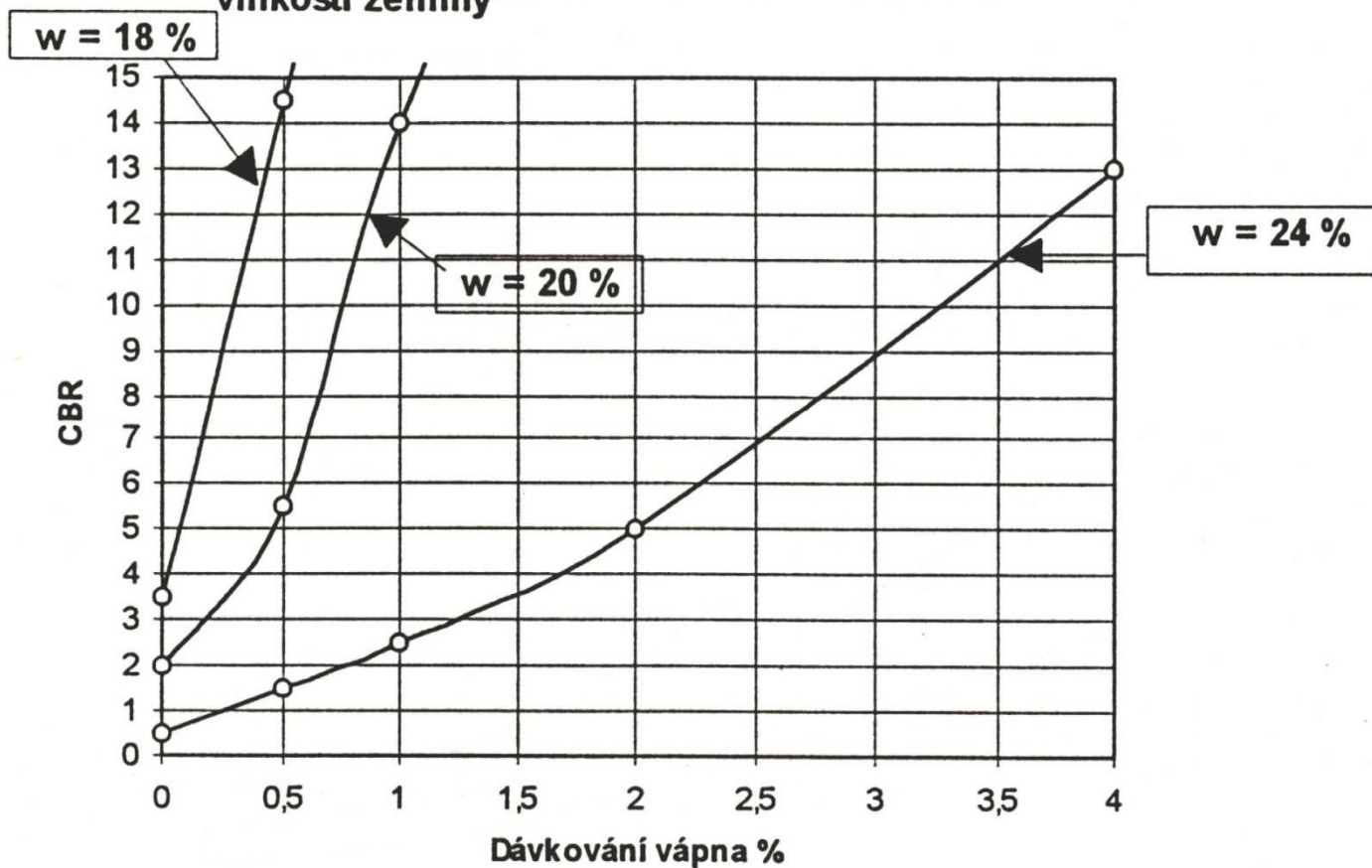
**Jednotlivé parametry, požadované těmito předpisy, byly již uvedeny, zaměřím se proto spíše na praktické zkušenosti a problémy, vznikající u těchto postupů.**

**V první řadě je potřeba zjistit, zda navrhovaná úprava umožní dosažení hodnoty CBR pro podloží typu P I, P II či P III**

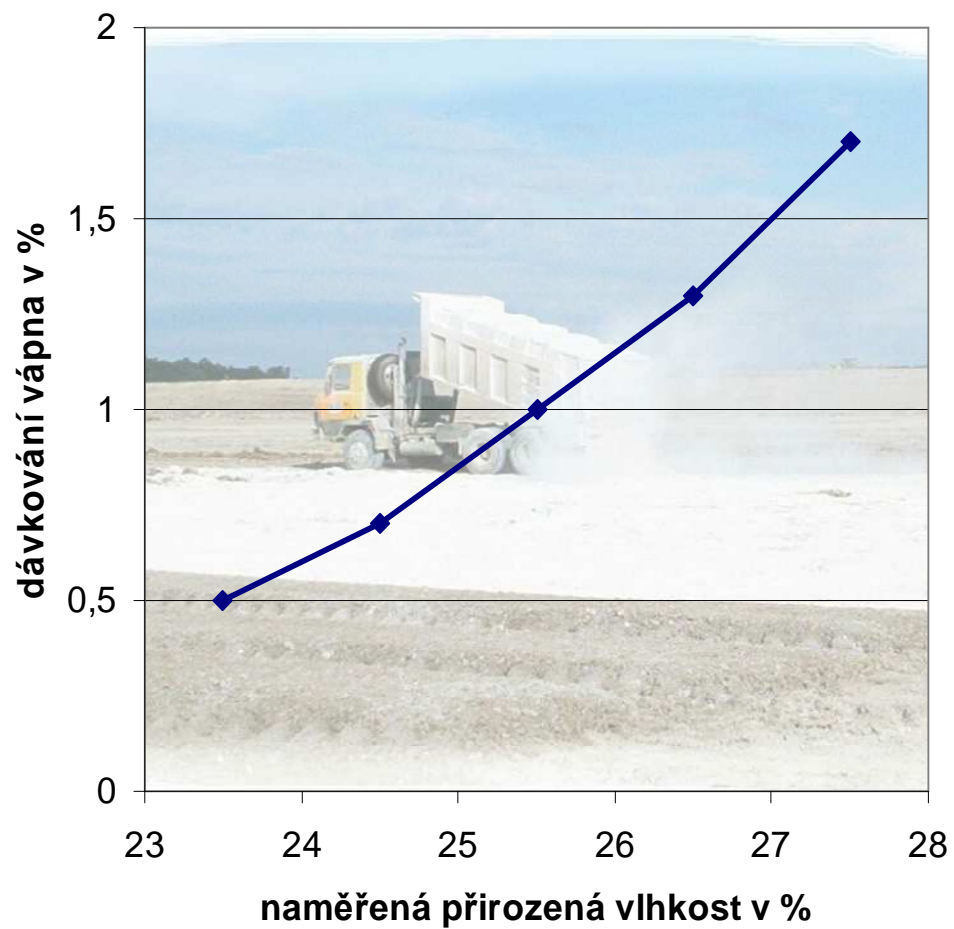
## ČSN 73 6133 – kap. 4 Materiály zemního tělesa tab.3

Způsob použití		Požadované hodnoty <sup>a</sup>		
		CBR <sup>c</sup>	Minimální vlhkost směsi	Okamžitý index únosnosti
Aktivní zóna <sup>b</sup>	Podloží P III	CBR <sub>15</sub>	W <sub>0,9</sub>	IBI <sub>DV</sub>
	Podloží P II	CBR <sub>30</sub>	W <sub>0,9</sub>	IBI <sub>DV</sub>
	Podloží P I	CBR <sub>50</sub>	W <sub>0,9</sub>	IBI <sub>DV</sub>
<sup>a</sup> Kategorie podle ČSN EN 14227-10, 11, 12, 13 a 14. <sup>b</sup> P I, P II, P III jsou typy podloží podle zvláštního předpisu. <sup>c</sup> Zhotovení a zrání zkušební tělesa se provádí podle příslušné ČSN EN 14227-10 až 14.				

Průběh indexu CBR v závislosti na dávkování vápna a na vlhkosti zeminy



### Dávkování vápna do násypu v závislosti na zjištěné vlhkosti



7

Problémy při kontrole podkladních vrstev a podloží

# Problémy při úpravách zemin v AZ

## Nejčastější chyby při realizaci aktivní zóny

- podcenění významu optimální vlhkosti
- neprovedení průkazných zkoušek ( s odkazem na zkušenosti z blízké stavby)
- záměna pojiv bez ověření účinnosti na daný typ zeminy
- rychlá jízda frézy
- podcenění změn vlhkosti při dodání pojiva (zvláště pak na bázi vápna) do směsi

## Kvalitní příprava - vstupní surovina zemina

V kraji Vysočina byla provedena úprava zeminy pod podlahu haly bez laboratorních zkoušek. Úspěšná úprava s (odhadnutými) 2% CaO byla potvrzena zatěžovacími zkouškami. Po větších srážkách a zvednutí hpv došlo ke snížení  $E_{def,2}$  z hodnot 55 -70 MPa na 25-35 MPa (požadavek byl 45MPa).

Po částečném vtažení naší firmy do uvedeného problému jsme zjistili, že k odhalení příčin byly prováděny různé testy - RTG , geofyzikální měření, chemické analýzy vody aj.

To co dle našeho názoru bylo potřebné zjistit jako první - **vhodnost zeminy pro úpravu vápnem** - nikdo nezkoumal. Zrnitost zeminy dle našeho rozboru odpovídala písku S3-S - F. Pravděpodobný vznik a průběh problému byl tento

**První - příznivý efekt - nastal po vysušení původně převlhčených písků - došlo k nárůstu  $E_{def,2}$ . Vápno se však nenavázalo (chemicky) na zeminu a při opětovném zvýšení vlhkosti se objevil druhý - nepříznivý efekt. Vyhašené vápno se částečně vyplavilo, částečně zůstalo v zemině a vytvořilo „maltu“. Vzniklá směsná zemina - mokrý písek s vyhašeným vápnem - při opakovaných zkouškách logicky vykázala horší parametry.**

**Závěr : Je vždy nutné připravit recepturu na zemině, která se bude zlepšovat**

## Kontrola vstupních surovin - pojivo

Na velké stavbě ve středních Čechách byla provedena úprava zeminy. Při pochůzce bylo zjištěno, že zemina se po zamíchání s vápnem nezahřívá, jak je obvyklé. Odběrem vzorků vápna a jejich zkoušky v laboratoři zjistily, že byl použit málo vhodný produkt s nízkou reakční teplotou. Tato úprava při kontrolních zkouškách vykazovala nižší hodnoty než reaktivní vápno, použité na jiné části téže stavby

Závěr : není vhodné šetřit peníze tak, že oproti v laboratoři vyzkoušenému pojivu použijeme levnější s menší reaktivností či menším obsahem CaO. Přinejmenším je předem nutné si vyzkoušet alespoň v laboratorních podmínkách, jak se toto pojivo bude chovat oproti původně zvažovanému

## Trvanlivost úprav přes zimní období

Při úpravě vápnem podloží budoucí haly byl odběratel upozorněn, že má-li zlepšená vrstva přečkat zimu, bude nutné ji překrýt další cca 40 cm mocnou vrstvou, která zabrání znehodnocení nasycením vodou v kombinaci se zamrznáním a rozmrznáním. Úprava však byla překryta pouze cca 20 cm ŠD, která místo aby úpravu chránila, naopak díky propustnosti zadržovala vodu nad nepropustnou úpravou a po zimním období došlo ke snížení parametrů úpravy pod požadované hodnoty

**Závěr: zeminy upravené vápnem, potřebují pro přečkání zimního období krycí vrstvu, která nepříznivé vlivy změny vlhkostí a zamrznání+rozmrznání eliminuje .**

## Správné dávkování je důležité

Na střední Moravě před přípravou stavby výrobní haly zpracovávala recepturu dávkování laboratoř s malou zkušeností s úpravou vápnem. Ze zkoušek jí vycházelo, že pro 35 cm úpravu zeminy s přirozenou vlhkostí o cca 2- 3% nad optimální je nutné přidávat 3- 4% CaO. Byli jsme investorem požádáni o ověření správnosti receptury. Z našich výsledků a šetření na staveništi vyplynulo, že

- a.) s ohledem na zrnitost materiálu (zemina charakteru štěrkovitého jílu) postačí 1-2% vápna, protože zkoušky v laboratoři byly podle norem realizovány na proseté zemině, z níž byla větší zrna (tvořící 30-45% hmotnosti) eliminována
- b.) při úpravě zeminy bude z hloubky 0,2-0,35 m pod upravovaným povrchem frézou přibírán další štěrk G4(G5), který opět potřebu vápna sníží, protože bude působit jako částečná mechanická stabilizace

**Závěr : při úpravách zemin s písčitou a hlavně štěrkovitou frakcí je nutné vzít do úvahy, že některé zkoušky jsou předepsány pouze na zeminu s maximálním zrnem 5(16) mm a to je nutné při výpočtu dávkování respektovat stejně jako fakt, kdy se v dosahu zlepšení nachází dva zrnitostně odlišné typy zemin**

**další problémy mohou nastat při dávkování  
dodavatelem kde existují dvě extrémní polohy  
(obě jsme již bohužel zaznamenali)**

**1.) dejme raději více vápna, at' "to vyjde"**

**2.) dejme jen trochu, hlavně at' „je to bílé“**

Je nutné **vždy připravit recepturu**, často se pak vyplatí udělat zkoušky syčené upravené zeminy i tam, kde se nejedná o aktivní zónu vozovek

Pokud se dodavatel rozhodne, že použije **jiné pojivo**, musí jej **vyzkoušet alespoň v laboratorních podmínkách**, jak se toto pojivo bude chovat oproti původně zvažovanému

Má-li úprava přečkat zimní období, je potřebné podle účelu provést taková **opatření, která eliminují nepříznivé vlivy změny vlhkosti společně se zamrzáním a rozmrzáním**.

Při závěrech laboratorních zkoušek - receptur- **u zemin s hrubší frakcí** je nutné vzít do úvahy, že **zkoušky jsou realizovány na zemině s jinou křivkou zrnitosti** a přizpůsobit dávkování i podílu zeminy, odstraněné před zkouškou

U úpravy zemin vápnem neplatí „**raději více vápna**“  
ale „**vápno co nejpřesněji nadávkovat podle receptury**“





# Zkoušení nestmelených podkladních vrstev

## 1.1 Zkoušení stavebních materiálů a směsí – průkazní zkoušky (ČSN EN 13285)

**Požadavky na kamenivo**

**Požadavky na směs**

**Požadavky na zrnitost**

**Ostatní požadavky (*namrzavost, propustnost a  
vyluhovatelnost*)**

Problémy při kontrole podkladních vrstev a podloží

## Hodnocení shody podle ČSN EN 13285

**Ke stanovení laboratorní suché objemové hmotnosti a optimální vlhkosti musí být vybrána jedna z níže uvedených metod:**

- ▶ **Proctorova zkouška podle ČSN EN 13286-2**
- ▶ **Vibrační tlak s řízenými parametry podle ČSN EN 13286-3**
- ▶ **Vibrační pěch podle ČSN EN 13286-4**
- ▶ **Vibrační stůl podle ČSN EN 13286-5**

**Stále platí to, že v ČR je používána Proctorova zkouška, jiná zařízení se nepoužívají.**

## 1.3 Kontrolní zkoušky pro nestmelené vrstvy dle ČSN 73 6126-1

ověřují shodu vlastností s požadavky průkazných zkoušek apod

- ▶ obsah jemných částic
- ▶ vlhkost
- ▶ zrnitost
- ▶ ekvivalent písku

## Kontrolní zkoušky hotových vrstev

- Dodržení výšek určených v dokumentaci stavby
- Odchytky od příčného sklonu
- Nerovnost povrchu
- Tloušťka vrstvy
- Míra zhutnění a modul přetvárnosti

# Zkoušení stmelených podkladních vrstev

**Než se vůbec začnou kontrolovat vlastnosti jednotlivých složek a vyráběných směsí v mísicím zařízení, je již laboratorně stanoveno recepturou, jaké poměry složek budou pro daný účel potřebné. Jednotlivé přejímané evropské normy mají ve svých kapitolách uvedeny druhy laboratorních zkoušek, které používají pro jednotlivé typy stmelených směsí ke klasifikaci. Jako „klasifikační zkoušky“ používají následující**

- ▶ **pevnost v tlaku**
- ▶ **pevnost v tahu v kombinaci s modulem pružnosti**
- ▶ **CBR a IBI**

## Průkazní zkoušky směsí stmelených hydraulickými pojivy

- ▶ Vstupní materiály kamenivo, pojiva voda a přísady – nezkoušíme, měly by odpovídat příslušným materiálovým normám
- ▶ Pevnost v prostém tlaku
- ▶ Pevnost v příčném tahu
- ▶ Odolnost proti mrazu a vodě
- ▶ Laboratorní srovnávací objemová hmotnost a optimální vlhkost (metody stejné jako u nestmelených)
- ▶ Doba zpracovatelnosti

## Kontrolní zkoušky vrstev ze směsí stmelených hydraulickými pojivy

- ▶ Dodržení výšek určených v dokumentaci stavby
- ▶ Odchytky od příčného sklonu
- ▶ Nerovnost povrchu
- ▶ Tloušťka vrstvy
- ▶ Míra zhutnění

# LABORATORNÍ ZKOUŠKY

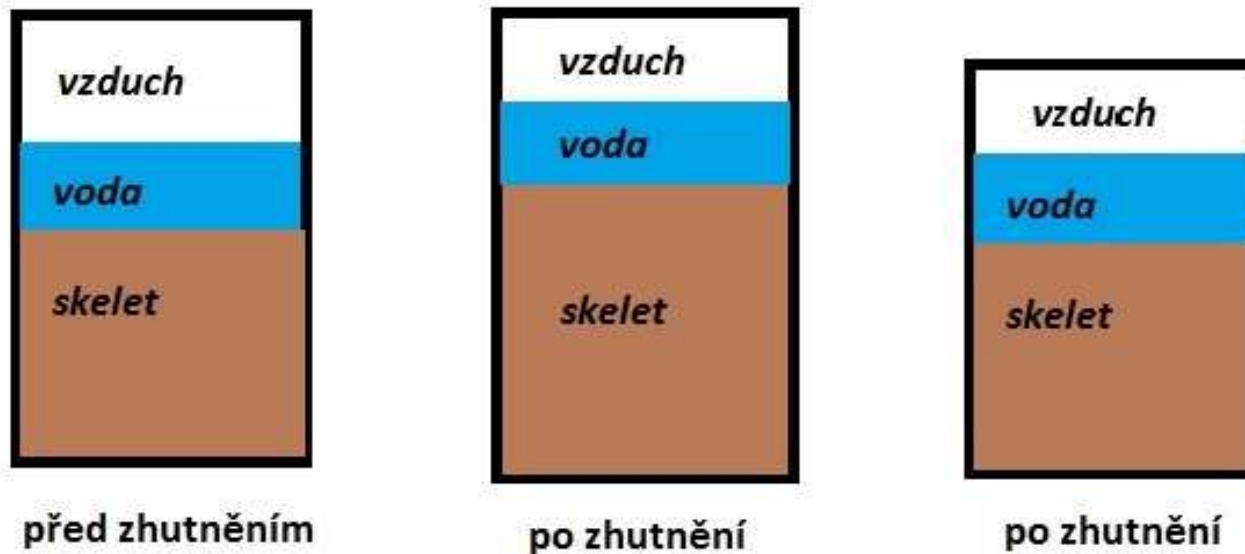
# 1 Klasifikační zkoušky

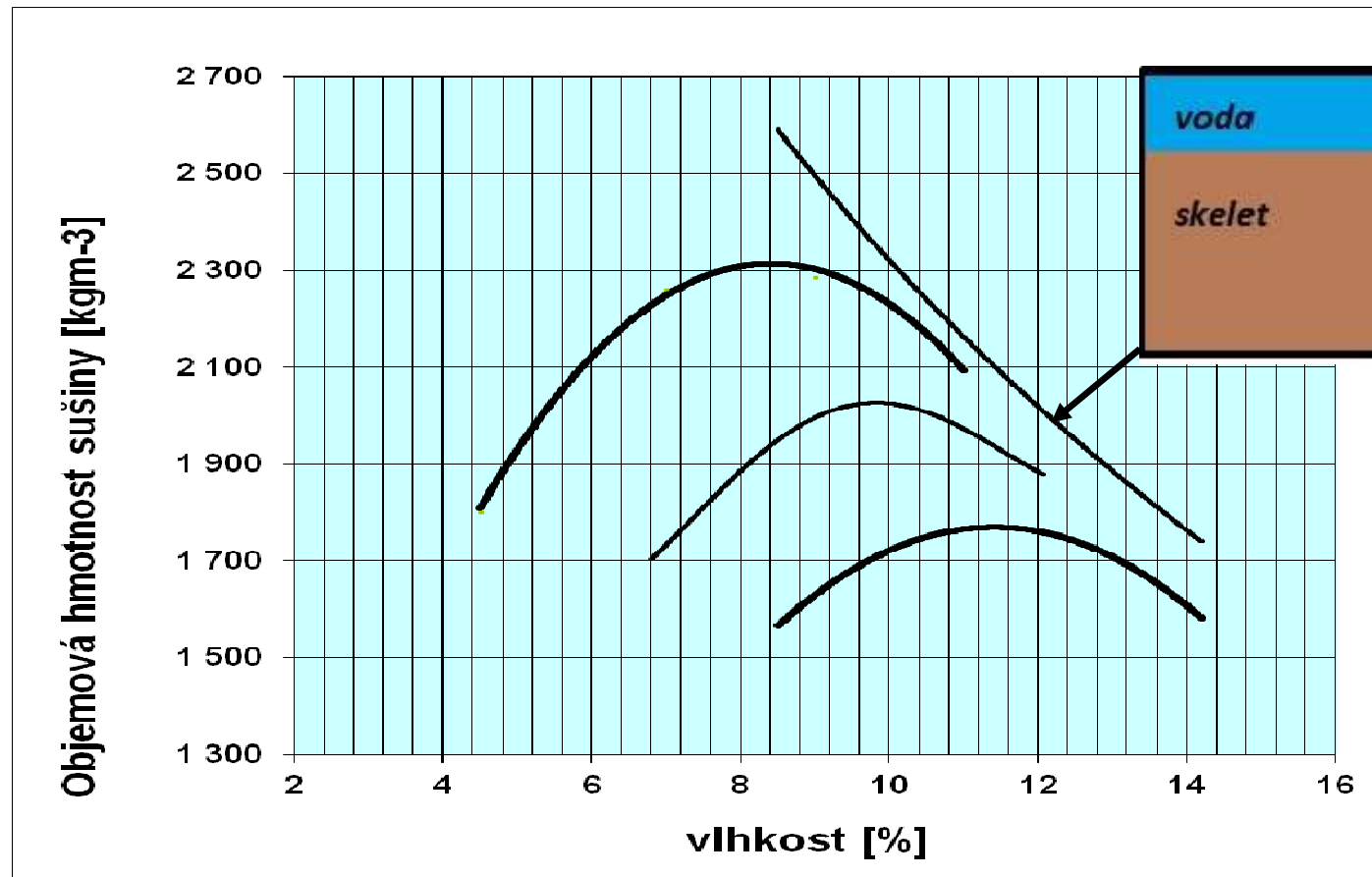
- ▶ - zrnitost
- ▶ - obsah jemných částic
- ▶ - vlhkost
- ▶ - ekvivalent písku

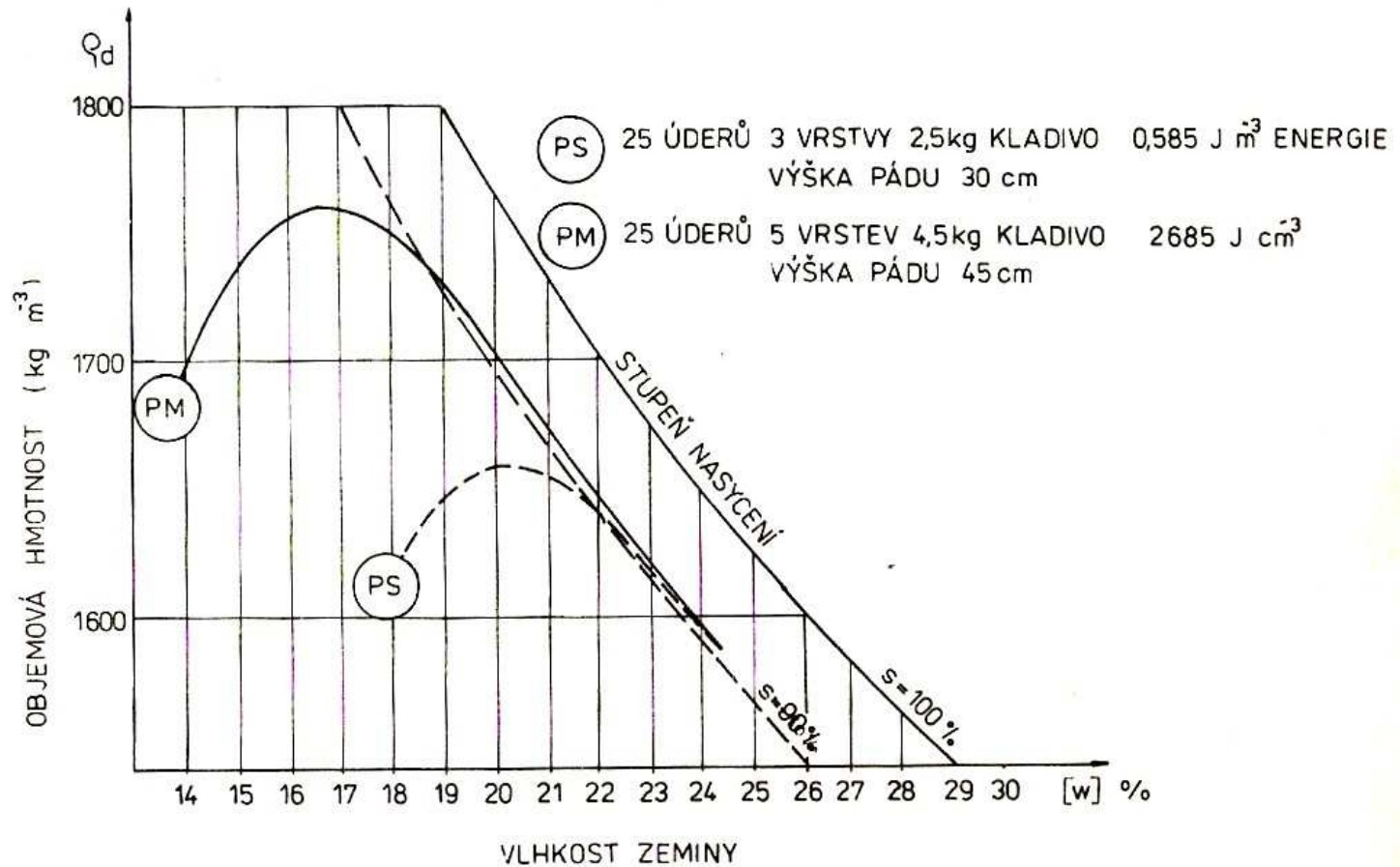
## 2 Laboratorní srovnávací objemová hmotnost a optimální vlhkost

**Objemová hmotnost je závislá na typu zeminy, obsahu vody a energii použité pro zhutnění. Pro každou zeminu lze stanovit pomocí Proctorovy laboratorní zkoušky ČSN EN 13286–2 charakteristickou optimální vlhkost  $w_{opt}$ , při níž se dosáhne maximální objemové hmotnosti sušiny  $\rho_{d,max}$  s vynaložením minimálního množství hutnicí práce měřitelné např. počtem pojezdů válce nebo dobou činnosti hutnicího mechanismu. Platí, že čím větší hutnicí energie, tím vyšší je objemová hmotnost a zároveň nižší optimální vlhkost.**

## Zemina/směs jako trojfázový systém







**Závislost objemové hmotnosti na vlhkosti se obecně nahrazuje křivkou, kde maximum objemové hmotnosti sušiny  $\rho_{d,max}$  udávané v  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  je dosaženo při optimální vlhkosti  $w_{opt}$  udávané v %.**

**Pro AZ je používána energie zkoušky PS, pro podkladní vrstvy je používána energie zkoušky PM. Postup přípravy musí být zachován i pro přípravu vzorků při zkoušce únosnosti CBR**

### 3 Kalifornský poměr únosnosti zemin – CBR

**Hodnota CBR (v %) je číslo vyjadřující poměr odporu zeminy proti vnikání ocelového trnu průměru 50 mm konstantní rychlostí 1,27 mm/min do hloubky 2,54 mm, popř. 5,08 mm k odporu proti vnikání téhož trnu za stejných podmínek zkoušky do standardního materiálu dobře zrněná štěrkodrt' = 100%CBR**

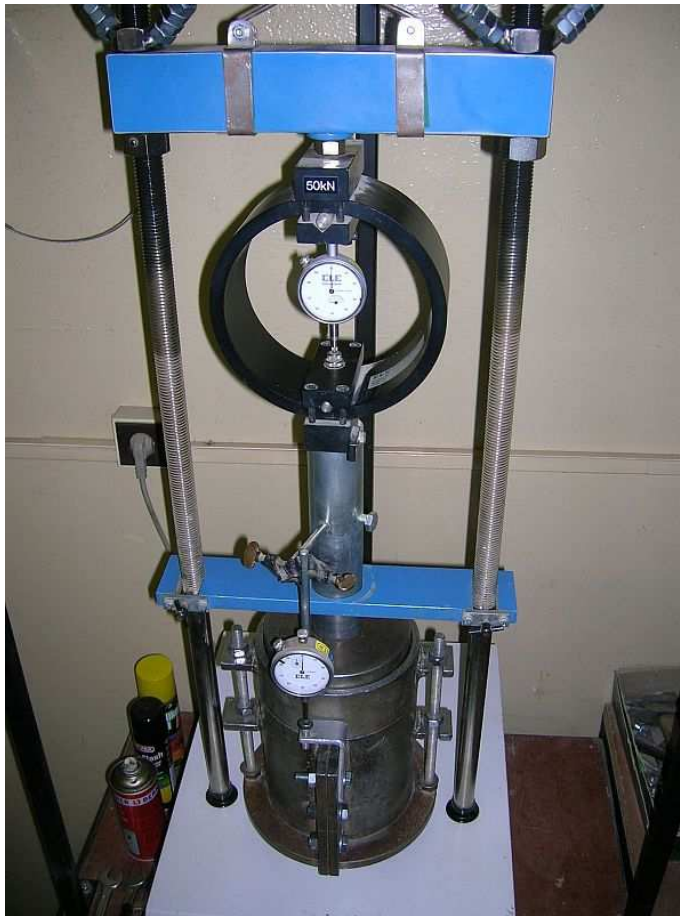
## 4 Okamžitý poměr únosnosti IBI

**Tato zkouška je ve své podstatě zkouškou CBR bez použití přitěžovacích prstenců, zrání a sycení.**

**Její největší přínos a zřejmě i nejsilnější důvod pro její zavedení je to, že je vhodná ke zjištění schopnosti čerstvě položené směsi přenášet okamžité zatížení staveništní dopravou.**

**Další význam této zkoušky je v tom, že provedeme –li zkoušku IBI a následně CBR se sycením, porovnáním můžeme zjistit, zda směs vykazující vysoké okamžité hodnoty po zamíchání - IBI, po vystavení nepříznivým povětrnostním podmínkám neklesne pod počáteční hodnotu.**

## CBR / IBI



# PRAKTICKÉ VYUŽITÍ CBR A IBI



**CBR**



**IBI**

## Další laboratorní zkoušky pro vrstvy stmelené

- ▶ Pevnost v tlaku
- ▶ Pevnost v příčném tahu
- ▶ Odolnost proti mrazu a vodě
- ▶ Doba zpracovatelnosti

## Laboratorní zkoušky výhody a nevýhody

**U laboratorních zkoušek materiálů je při dodržení všech příslušných předpisů nemožné takto zkoušky hodnotit. Jsou dány jasné postupy jak zkouška má proběhnout, a tak snad jejich jedinou velkou nevýhodou je ten fakt, že se těžko dají hledat závislosti na parametrech, zjišťovaných in situ.**

# POLNÍ ZKOUŠKY = ZKOUŠKY IN SITU

**Zatímco laboratorní zkoušky se provádí na průměrných/typických/ reprezentativních vzorcích materiálů, používaných na stavbách, polní zkoušky jsou realizovány na reálných materiálech uložených ve stavbě, v našem případě tedy na položených a zhutněných podkladních vrstvách vozovek. Z tohoto rozdílu již plyne složitost porovnávání těchto zkoušek tak, aby bylo možné rozhodnout o úspěšnosti a kvalitním zpracování materiálů do konstrukce vozovky, o kterou se někdy pokouší všechny strany podílející se na výstavbě dopravních staveb.**

## 1 Stanovení objemové hmotnosti in situ – míra zhutnění

**Objemová hmotnost přirozeně vlhké zeminy udává poměr mezi hmotností a celkovým objemem přirozeně vlhkého vzorku. Na stavbě tak lze kdykoliv zkontrolovat míru zhutnění, dosaženou hutnicími prostředky materiálů, použitých do konstrukce vozovky. V praxi jsou známy **přímé** a **nepřímé metody** stanovení míry zhutnění**

***Přímou metodou je porovnání s (laboratorní) Proctorovou křivkou, tj odběr „neporušeného“ vzorku v kombinaci se stanovením objemové hmotnosti (viz ČSN 721006)***

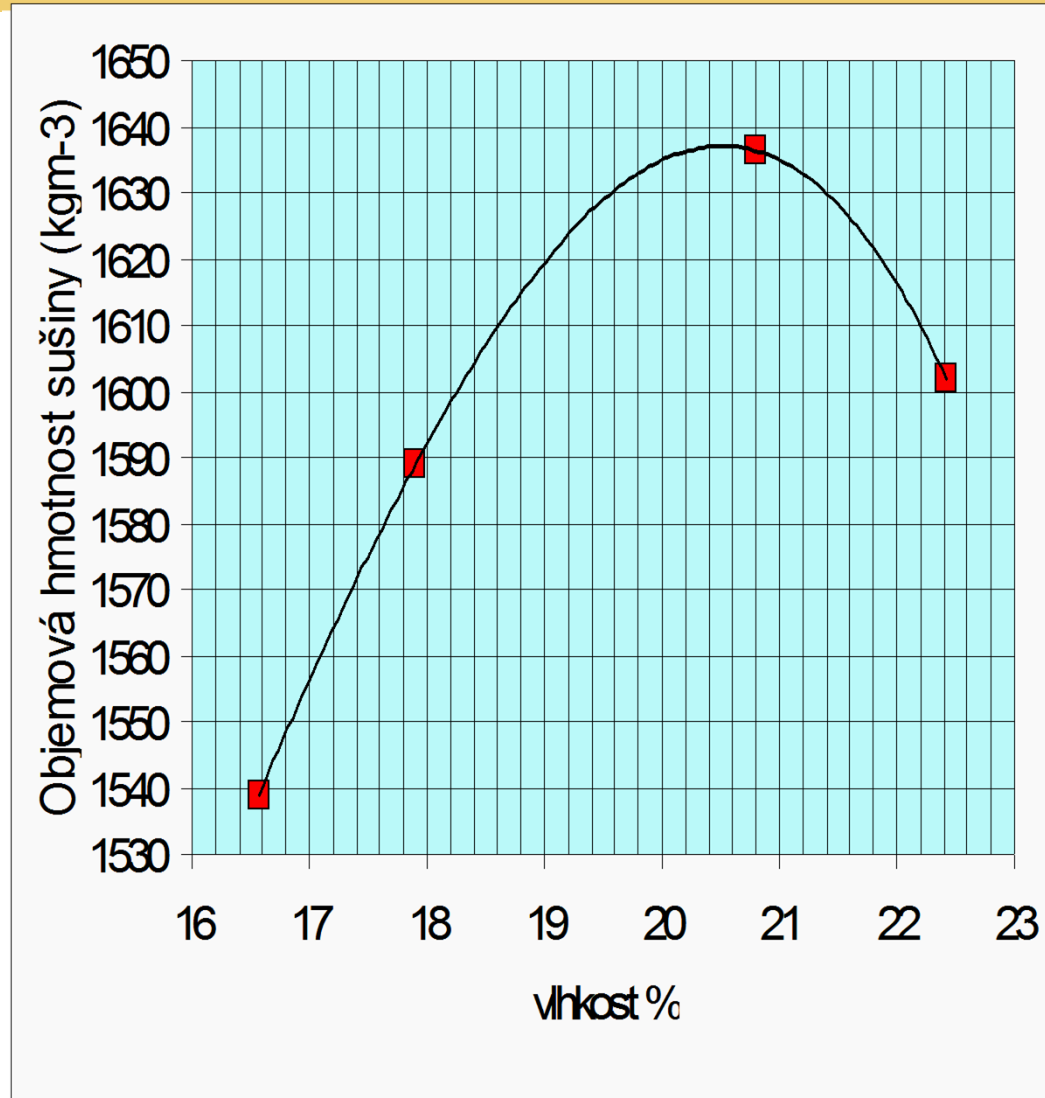
**Nejčastěji používaná metoda na stavbě - a pro podkladní vrstvy vozovek jediná používaná - je postup dle ČSN 72 1010 – metoda D1 za použití *membránového objemoměru*. Jedná se o měření objemu zeminy in situ – stanovení jamkovou metodou.**

## Zkouška objemoměrem

**VIDEO – průběh zkoušky**



# Přímá kontrola zhutnění objemoměrem



Problémy při kontrole podkladních vrstev a podloží

## *Výhody metody*

**Pokud je správně použita, dává přesnou informaci o míře zhutnění podkladní vrstvy. Jamka je provedena pouze na měřeném materiálu a výsledek není ovlivněn zhutněním vrstev ležících pod měřenou vrstvou. Důležité je ale provést měření tak, aby reprezentovalo míru zhutnění celé vrstvy.**

## Příklad výpočtu

Objemová hmotnost PM pro ŠD 0/32 vychází **2000kg/m<sup>3</sup>**  
(sušiny)

Jamka hloubky cca 100 mm zabírá objem 3 l (**3000cm<sup>3</sup>**)

Po vysušení váží vzorek **6 kg**, tj OH je přesně **2000 kg/ m<sup>3</sup>**

Při nakypření **1 mm** dojde ke zvětšení objemu o 1% tj 3,03 l  
tj. **3030 cm<sup>3</sup>**

OH = 1980 a následný výpočet zjistí míru zhutnění D

$D = 100 * 1980/2000 = 99\%$  PM a zkouška nevyhoví

Každý mm nakypření před zkouškou = 1% OH

## Příklad

Objemová hmotnost PM pro ŠD 0/32 vychází  
**2200kg/m<sup>3</sup>** (sušiny)

Požadavek minimální oh **98%PM = 2156 kg/m<sup>3</sup>**

Jamka hloubky cca 100 mm zabírá objem 3 l  
(3000cm<sup>3</sup>)

Po vysušení váží vzorek 6.480 g, tj oh je přesně **2160  
kg/ m<sup>3</sup> (98,2%)**

Při nakypření 1 mm dojde ke zvětšení objemu o 1%  
tj 3,03 l (3030cm<sup>3</sup>)

oh = **2139 kg/m<sup>3</sup>** a následný výpočet zjistí míru  
zhutnění D

D = 100\* 2139/2200 = **97,2%** PM a zkouška  
nevyhoví

**Každý mm nakypření před zkouškou = - 1% oh**

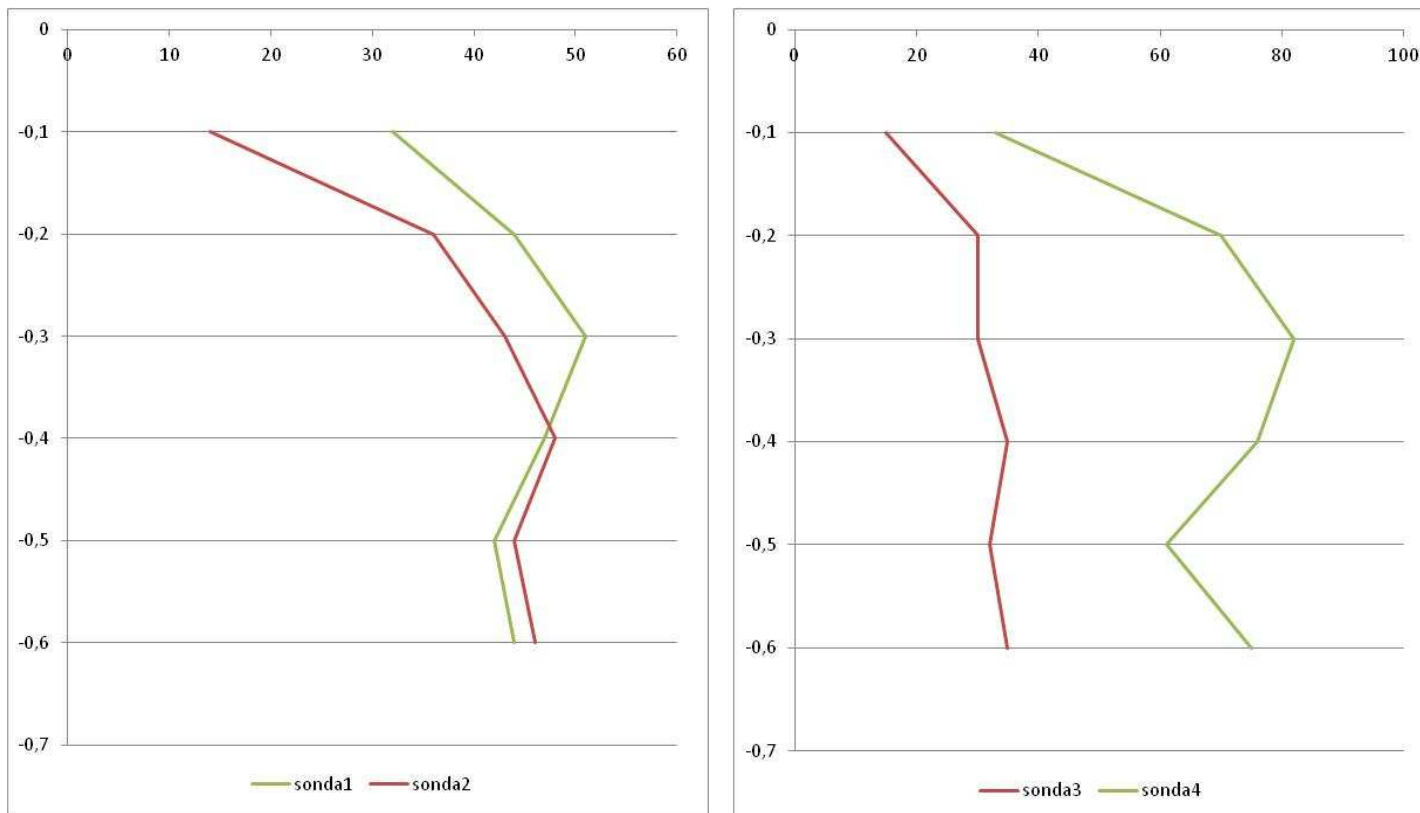
## Příklad ze stavby - AZ

**Výsledky zkoušek membránovým objemoměrem dosahovaly na povrchu 0,50 m mocné vrstvy požadované hodnoty(100% PS). Po provedení zkoušek ve výkopu 0,25 m však se pohybovaly pod hodnotami, danými PD (91-98% PS).**

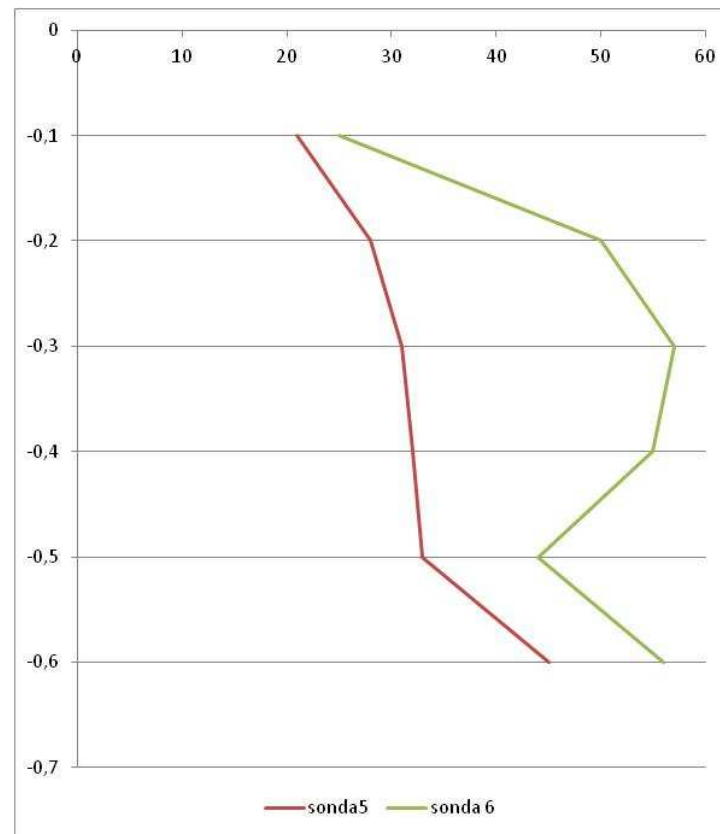
**Investor požadoval, aby vrstva AZ byla realizována ve dvou úrovních tak, aby 100%PS bylo po celé mocnosti vrstvy.**

**Navrhli jsme realizaci penetračních sond v šesti kritických profilech, abychom zjistili průběh zhutnění po výšce.**

## Průběhy penetrací



## Průběhy penetrací



**Poté, co jsme si ověřili, že vrstva je zhutněna dobře, a není tedy nutné skrývat 25 cm, hutnit a navézt zpět, nechali jsme znovu uspořádat měření za přítomnosti tří laboratoří.**







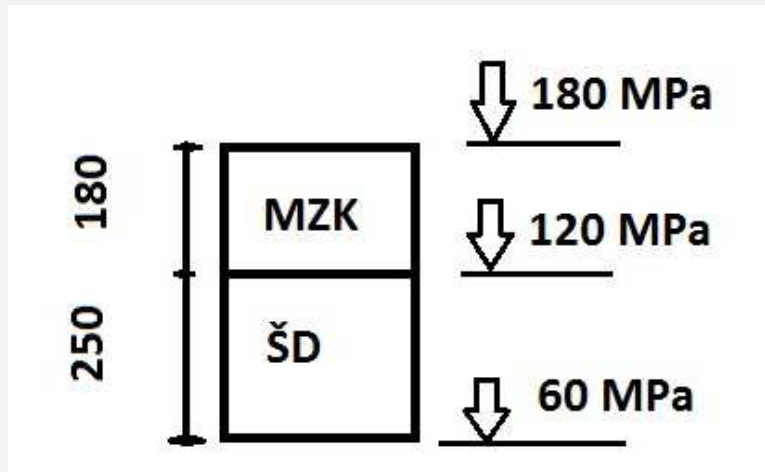


## Příklad ze stavby NPV

Výsledky měření deformačního modulu statickou zatěžovací zkouškou kruhovou deskou na souvrství ŠD a MZK (0/32) nedosahovaly požadovaných hodnot tj.

$$E_{\text{def},2} \geq 180 \text{ MPa a poměr modulů } 2,5$$

Protože se jednalo o materiál s dobrou křivkou zrnitosti, doporučili jsme zjištění hodnot  $D$  membránovým objemoměrem. Zároveň jsme si vyžádali PD ke konstrukci vozovky.



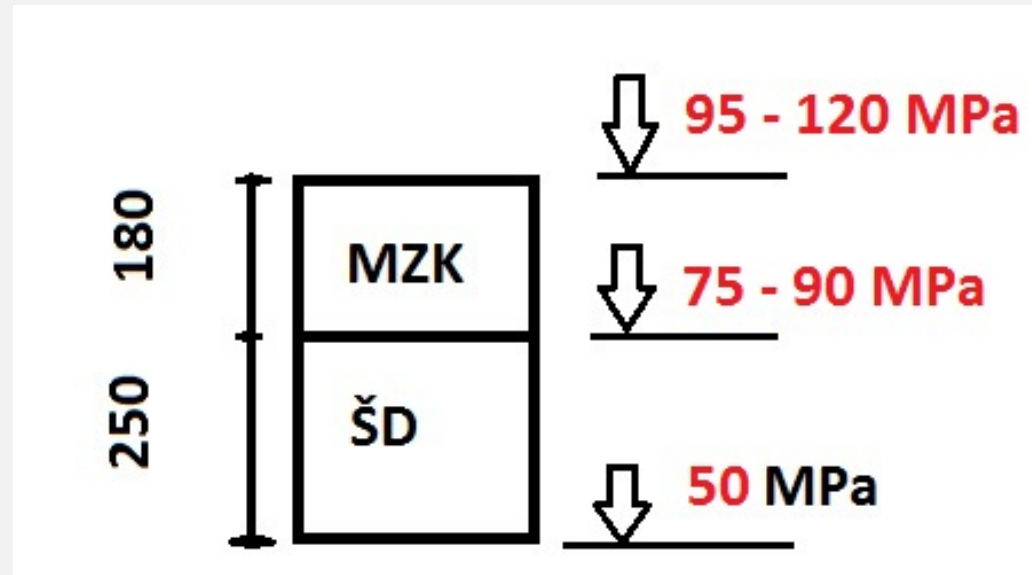
Pomůcka:

Zhruba je možné počítat s navýšením 10 – 15 MPa na 10 cm nestmelené podkladní vrstvy. Čím je vrstva mocnější, tím bude vyšší nárůst

Podle projektu měly být dodrženy tyto hodnoty. Protože již na pláni byly problémy s dosažením 60 MPa, byla dohoda, že aby se nemusela upravovat pláň, podkladní vrstvy „se udělají pořádně“ tak, aby před pokládkou živičných směsí byl dodržen modul na MZK 180 Mpa. Nikoho nevarovaly výsledky na ŠD, kde se s potížemi dosahovalo hodnot 70 – 90 MPa. Logicky pak na MZK byly výsledky mezi 110 – 130 MPa

**Výsledky měření  
membránovým objemoměrem  
prokázaly, že hutnění bylo  
provedeno správně. O tom  
svědčily hodnoty D,  
pohybující se v rozmezí 98,4 –  
101,6 % PM.**





Za použití dříve uvedené pomůcky je možné stanovit, jak reálně mohly vycházet naměřené hodnoty hrubé pomůcky je možné zjistit, že výsledky se pohybují v rámci možností.

## *Nevýhody metody*

**Podkladní vrstvy vozovek jsou vyrobeny z hrubozrnných materiálů. Omezení metody s ohledem na velikost zrn je pro maximální velikost zrn 32(31,5)mm, výjimečně pak 45 mm. To neumožňuje provést kontrolu parametru D u podkladní vrstev, ve kterých je použita např. frakce 0/63 – podklady ze ŠD apod. V těchto případech nezbyvá než použít některou z metod nepřímých.**

## *Nevýhody metody*

**Podkladní vrstvy vozovek jsou vyrobeny z hrubozrnných materiálů. Omezení metody s ohledem na velikost zrn je pro maximální velikost zrn 32(31,5)mm, výjimečně pak 45 mm. To neumožňuje provést kontrolu parametru D u podkladních vrstev, ve kterých je použita např. frakce 0/63 – podklady ze ŠD apod. V těchto případech nezbyvá než použít některou z metod nepřímých.**

**Další mírnou nevýhodou je doba vyhodnocení této zkoušky, závislá na charakteru zkoušeného materiálu. Ta je odvislá od stanovení hodnoty vlhkosti při zkoušce a může se pohybovat v rozmezí od 5 do 30 hodin po odebrání vzorku vrstvy.**

## *Nepřímé metody*

- ▶ **zatěžovací zkouška kruhovou deskou**
  - ▶ statická
  - ▶ rázová
- ▶ **penetrační zkoušky – dynamické, statické**
- ▶ **GF – „kompaktometry“ ve válcích**
- ▶ **Geodetická metoda – sednutí povrchu**

## 2 Statické zatěžovací zkoušky – SZZ - kruhovou deskou

**Statická zatěžovací zkouška kruhovou deskou je ve stavitelství pozemních i účelových komunikacích nejdůležitějším testem používaným na zemní pláni a v nestmelených podkladních vrstvách. Modul přetvárnosti  $E_{\text{def},2}$  (MPa), zjištěný statickou zatěžovací zkouškou (SZZ) dle ČSN 73 6190 z druhého zatěžovacího cyklu slouží dle TP 170 k hodnocení kvality zemní pláně a konstrukčních vrstev vozovky při jejích přebírce**

# Statická zatěžovací zkouška kruhovou deskou – dopravní stavitelství



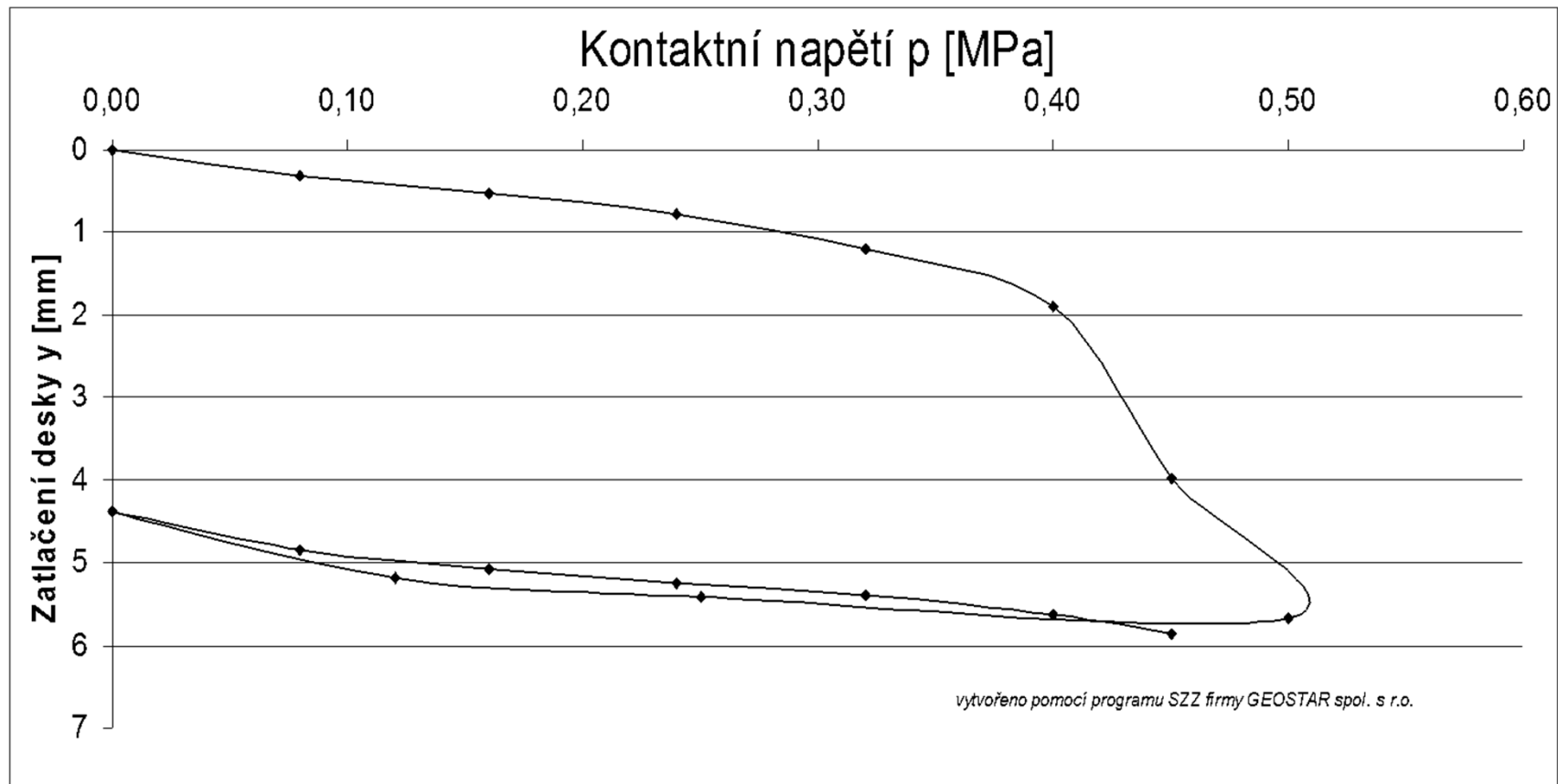
Problémy při kontrole podkladních vrstev a podloží

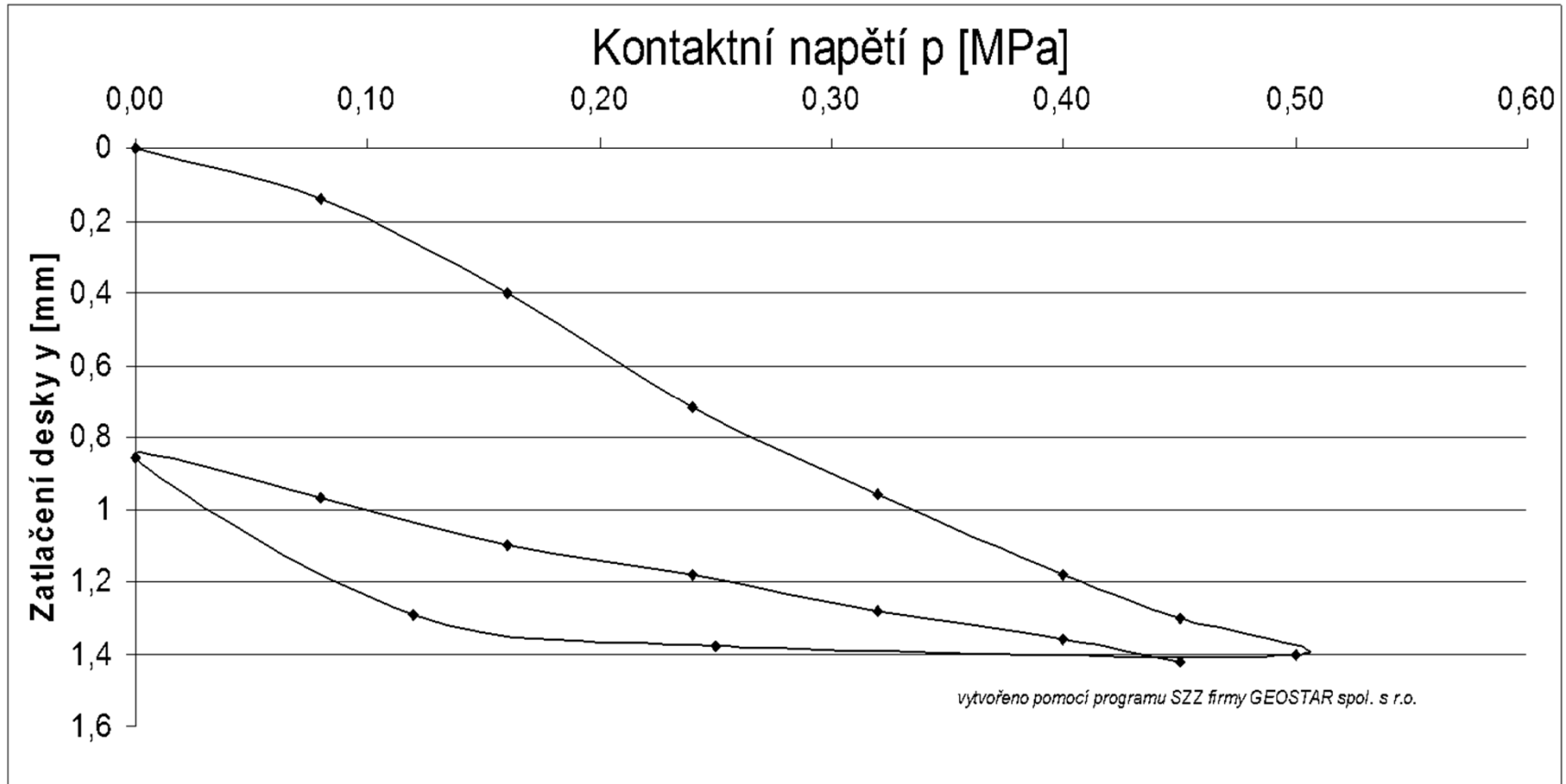
## *Výhody metody*

**V případě použití jako nepřímé metody pro určení míry zhutnění - rychlost zkoušení a vyhodnocení – pohybuje se mezi 30 – 50 minutami podle rychlosti ustalování. Za tuto dobu lze buď povolit další postup prací nebo při nedostatečných parametrech navrhnout řešení.**

## *Nevýhody metody*

**Nepřímé stanovení míry zhutnění ze SZZ může být velmi problematické a ne vždy zavedené přepočty odpovídají realitě. Zvláště obtížné je stanovení parametru D při používání SZZ podle metody A normy ČSN 72 1006.**





## Hodnoty $E_{def,2}$ ze SZZ

**Co se týká měření absolutních hodnot smluvních modulů deformace z druhé větve SZZ pak je nutné si uvědomit, že to není problém pouze samotných vrstev, ale celého souvrství. Při revizi TP 77 navrhování vozovek byly nesmyslné požadavky na moduly nestmelených vrstev na málo „únosném“ podloží –  $E_{def,2} = 45\text{MPa}$  - již opraveny a tak TP 170 obsahuje požadavky povětšinou reálné a v běžných podmínkách dosažitelné.**

## 3 Rázová zatěžovací zkouška lehkou dynamickou deskou – LDD

Rázová (dynamická) zatěžovací zkouška stanovuje z průhybů tuhých a netuhých vozovek vyvolaných rázovým pulzem deformační a pružnostní moduly zemin. Vzhledem k rychlosti vyhodnocení a malým rozměrům měřícího zařízení má tato zkouška široký rozsah použití. Rázovou zkoušku lze především využít v místech, kde klasickou statickou zatěžovací zkoušku provést nelze. Metoda je vhodná pro nesoudržné zeminy zrnitostní frakce do 63 mm. Ze zkoušky lze stanovit dynamický  $M_{wd}$  a pružnosti zemin  $E_{rz}$  modul deformace zemin (MPa) dle ČSN 73 6192.

## Dynamická zatěžovací zkouška



Problémy při kontrole podkladních vrstev a podloží

## *Výhody metody*

**Používání zkoušky LDD nelze považovat za náhradu statické zatěžovací zkoušky. Pouze je jejím vhodným doplňkem a umožňuje zkvalitnit rozhodovací proces pro použití statické zatěžovací zkoušky, zredukovat celkový počet prováděných statických zatěžovacích zkoušek a celkově zrychlit proces kontroly kvality zemních prací.**

## *Nevýhody metody*

Měřený parametr  $M_{wd}$  je zjišťován zcela odlišným způsobem a neexistuje žádná korelace na míru zhutnění. Dobré korelace jsou na deformační modul ze SZZ, zvláště pak pro materiály hrubozrnné o nižších vlhkostech – nestmelené podkladní vrstvy jako ŠD, ŠP a MZK. Citlivost této zkoušky na změny vlhkosti je velká.

Tabulka E.1 – Orientační převody hodnot  $E_{\text{def},2}$  pro pozemní komunikace v závislosti na míře zhutnění a ulehlosti

Druh zeminy (značka)	$D$ % PS	$I_D$ 1	$E_{\text{def},2}$ MPa
GW	$\geq 100$	$\geq 0,85$	$\geq 100$
	$\geq 98$	$\geq 0,80$	$\geq 80$
	$\geq 97$	$\geq 0,75$	$\geq 70$
GP, SW, SP	$\geq 100$	$\geq 0,90$	$\geq 80$
	$\geq 98$	$\geq 0,85$	$\geq 70$
	$\geq 97$	$\geq 0,85$	$\geq 60$
	$\geq 95$	$\geq 0,80$	$\geq 45$

Tabulka E.2 – Orientační převody hodnot poměru  $E_{\text{def},2}/E_{\text{def},1}$  v závislosti na míře zhutnění a ulehlosti

Druh sypaniny	$D$ % PS	$I_D$ 1	$E_{\text{def},2}/E_{\text{def},1}$ <sup>a</sup> 1
GW, G-F, SW, S-F	$D \geq 100$	$\geq 0,85$	$\leq 2,3$
	$D \geq 98$	$\geq 0,80$	$\leq 2,5$
	$D \geq 97$	$\geq 0,75$	$\leq 2,6$
GP, SP	$D \geq 100$	$\geq 0,85$	$\leq 3,0$
	$D \geq 98$	$\geq 0,80$	$\leq 3,2$
	$D \geq 97$	$\geq 0,75$	$\leq 3,3$
kamenitá sypanina	-	-	$\leq 4,0$

<sup>a</sup> Doporučuje se ověřit zhutňovací zkouškou. Pokud  $E_{\text{def},1}$  dosahuje minimálně 60 % požadovaného modulu  $E_{\text{def},2}$ , připouští se i vyšší hodnoty poměru  $E_{\text{def},2}/E_{\text{def},1}$ .

Tabulka E.3 – Orientační převody hodnot  $M_{vd}$  ve vztahu k dalším parametrům zhutnění zemin (část)

Druh zeminy (značka)	$D$ % PS	$I_D$ 1	$E_{def,2}$ MPa	$M_{vd}$ MPa
GW	≥ 100	≥ 0,85	≥ 100	≥ 50
	≥ 98	≥ 0,80	≥ 80	≥ 40
	≥ 97	≥ 0,75	≥ 70	≥ 35
Jemnozrnné zeminy třídy CL, CI, CH, CE, ML, MI, MH, ME <sup>a</sup>	≥ 100	-	≥ 25	≥ 20
	≥ 97	-	≥ 20	≥ 17
	≥ 95	-	≥ 15	≥ 15
	≥ 92	-	≥ 10	≥ 12
<sup>a</sup> Uvedené hodnoty platí pro odchylky skutečné vlhkosti od vlhkosti optimální $w_{opt}$ v intervalech pro zeminy s $I_p < 17$ (-3,+2) % pro zeminy s $I_p ≥ 17$ (-5,+3) %				

## 4. Dynamická penetrační zkouška – DPT

Z polních zkoušek patří mezi základní dynamická penetrační zkouška DPT (ČSN EN ISO 22476-2), která slouží ke stanovení ulehlosti a dalších z ní odvozených vlastností pomocí dostupných korelací. Z počtu úderů potřebných k zaberanění penetračního hrotu vždy o 100, 200 nebo 300 mm se stanoví hodnota dynamického odporu  $q_{\text{dyn}}$ , ze které se pomocí korelací stanovuje ulehlost písčitých zemin a konzistence soudržných. Z hodnoty dynamického odporu  $q_{\text{dyn}}$  se pomocí korelačních vztahů stanovuje i deformační modul přetvárnosti  $E_{\text{def}}$ .

## Dynamická penetrační zkouška

Metoda je založená na určování a vyhodnocování penetračních odporů, které zemina klade dynamicky zaráženému penetračnímu hrotu



Problémy při kontrole podkladních vrstev a podloží

## ***Výhody metody***

**Dá se realizovat a vyhodnotit rychle a levně na potřebném počtu profilů. Dává spojitou informaci o celé zkoušené vrstvě.**

## ***Nevýhody metody***

**S ohledem na mechanismus vnikání penetračního hrotu do zkoušeného materiálu nemá smysl zkoušet vrstvy/souvrství menší mocnosti než cca 250 - 300mm(výjimečně lze zkoušet i vrstvu 200 mm). Prvních cca 50 – 100 mm je nutné podle povahu materiálu lépe zanedbat.**

**U soudržných zemin je lepší používat SP**

## Závěry

**Všechny *nepřímé metody*, používané na větších stavbách ke kontrole jak míry zhutnění, tak deformačního modulu (podle vozovkářské terminologie „únosnosti“ vrstvy) je potřebné používat opatrně a veškeré korelace je vhodné mít ověřeny srovnávacími zkouškami. Jinak lze považovat spíše za postupy, které mohou odhalit slabé úseky, kam by se následně mělo soustředit měření podle metod přímých. Tak lze s úspěchem použít například metodu dynamické penetrace, která může díky spojitému měření určit, zda je vrstva/souvrství zhutněna rovnoměrně v celé mocnosti, je-li použita např. v kombinaci s jamkovou metodou.**

## Závěry

**U všech zkoušek, prováděných na stavbách je nutné používat zdravý (technický ) rozum. Kontrolní zkoušky jakéhokoliv typu na používaných materiálech nejen podkladních vrstev vozovek by neměly být pouze kontrolou nějakých čísel podle předpisů, ale mělo by se k nim přistupovat se znalostí problematiky chování zemin a kameniva, používaného na stavbě**

**DĚKUJI ZA POZORNOST**