

Mezní stavy základové půdy

Eurokód a norma ČSN 73 1001 předepisuje pro posuzování základové půdy pro návrh základů metodu mezních stavů.

Mezním stavem nazýváme stav, při kterém dochází k takovým kvalitativním změnám v základové půdě (**mezní stav únosnosti**) anebo na konstrukci (**mezní stav použitelnosti**), že stavba přestává vyhovovat kladeným požadavkům.

□ I. skupina mezních stavů (I. MS) -
MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

stav ztráty stability základu

stav porušení základové půdy

□ II. skupina mezních stavů (II. MS) -
MEZNÍ STAV PŘETVOŘENÍ

zahrnuje mezní stavy, které ztěžují běžné používání konstrukcí nebo základů

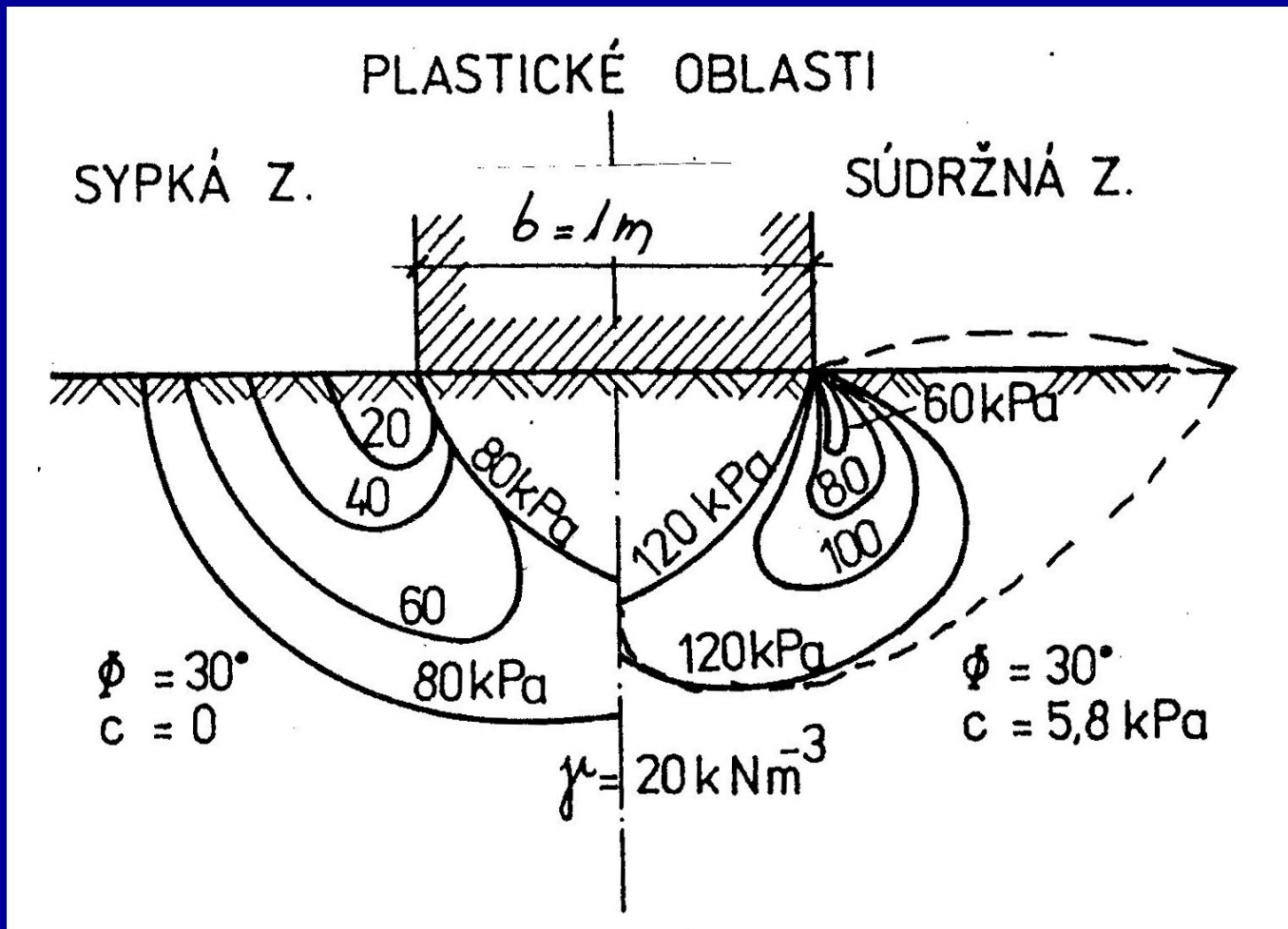
Cílem výpočtu je zabránit (se stanovenou statistickou zárukou) vzniku mezních stavů během provádění a po celou dobu trvání konstrukce.

ÚNOSNOST - NAMÁHÁNÍ ZÁKLADOVÉ PŮDY

(stabilita základů staveb)

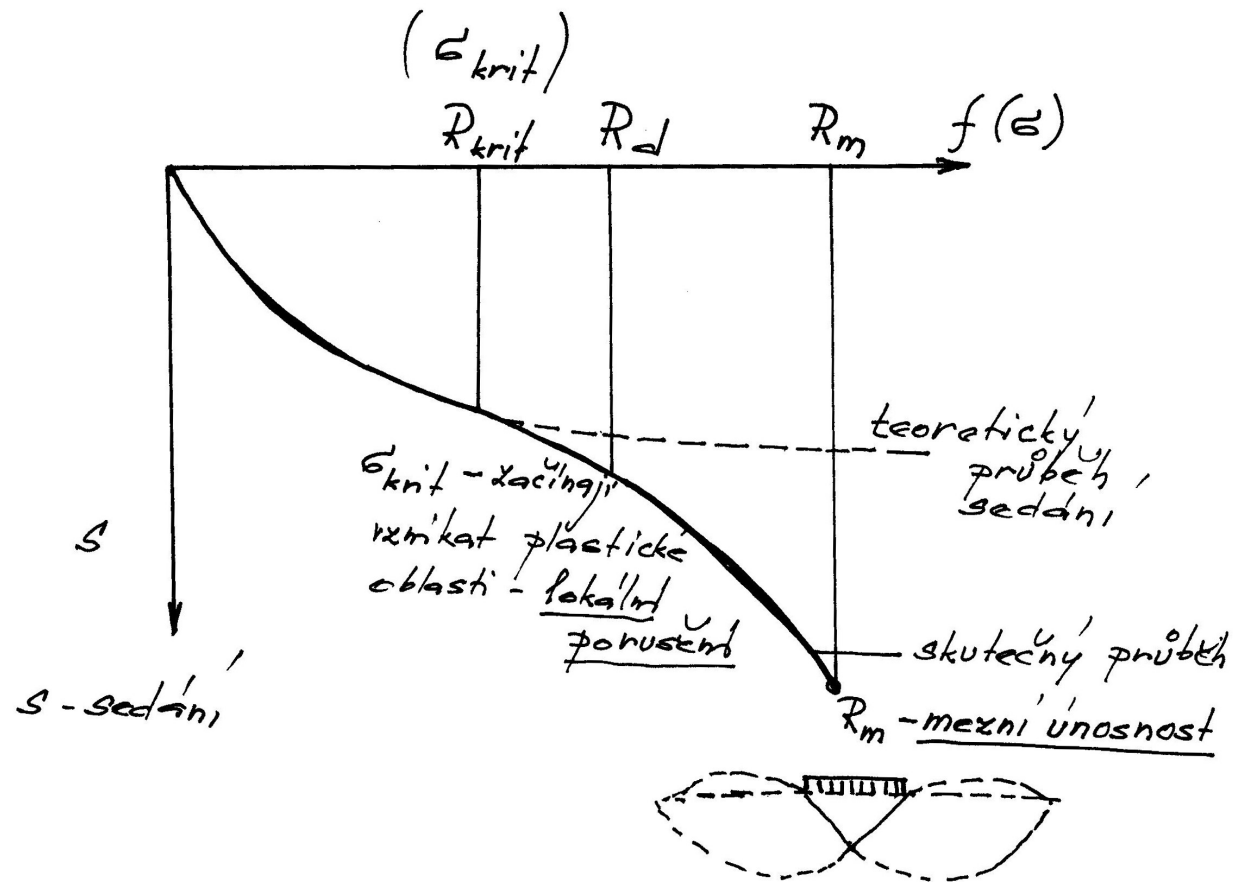
Za mezní stav únosnosti se pokládá stav dosažený při namáhání, které v základové půdě vyvolá vznik souvislých smykových ploch, na nichž je pevnost ve smyku právě vyčerpána, anebo dojde k porušení základové půdy přechodem velkých oblastí základové půdy do plastického stavu.

Tím dojde ke zhroucení konstrukce, nepřípustnému zaboření, naklonění a vytlačení zeminy nad původní terén.



klín zeminy neporušené
ve smyku

izočáry stejných smykových
napětí – vznikají pod
hranami základu, kde je
rozdíl hlavních napětí
největší



R_{krit} (σ_{krit})

- kritické zatížení

R_d

- výpočtová únosnost

R_m

- **mezí únosnost** – propojení plastických oblastí, vznikají smykové plochy (vyčerpána smyková pevnost zemin) – zemina je vytlačena, základ se zaboří nebo nakloní

Působí-li zatížený základ na zeminu, mění se v podloží stav napjatosti, roste svislá i vodorovná složka napětí i napětí smykové. Svislá složka napětí způsobuje sedání (příště), vodorovná složka deformaci ve vodorovném směru, není podstatná, pokud smykové napětí nedosáhne pevnosti ve smyku.

Z inženýrského hlediska je důležitá otázka, za jakých okolností dojde ke ztrátě stability nějakého základu. Úlohu řešíme za předpokladu vzniku mezního stavu rovnováhy v základové půdě.

➤ Principy řešení

1. Metoda vycházející ze začínajícího porušení – kritické zatížení

dnes jen výjimečně, odpovídá meznímu stavu trhlin na betonových konstrukcích

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\text{krit}}$$

2. Zemina pod základem se dostala v celém rozsahu do stavu mezní rovnováhy

$$\sigma_{\max} = \frac{R_m}{F}$$

Maximální napětí je rovno mezní únosnosti dělené stupněm stability (bezpečnosti) F , pohybuje se v rozmezí 1,8 – 3. Přístup užívaný dříve.

3. Naše norma ČSN 73 1001 vychází z výpočtové únosnosti R_d (případně R_{dt}) – pomocí výpočtových charakteristik (zavádí součinitele spolehlivosti γ_m). Tím je zajištěno, že mezního zatížení nebude dosaženo s požadovanou pravděpodobností

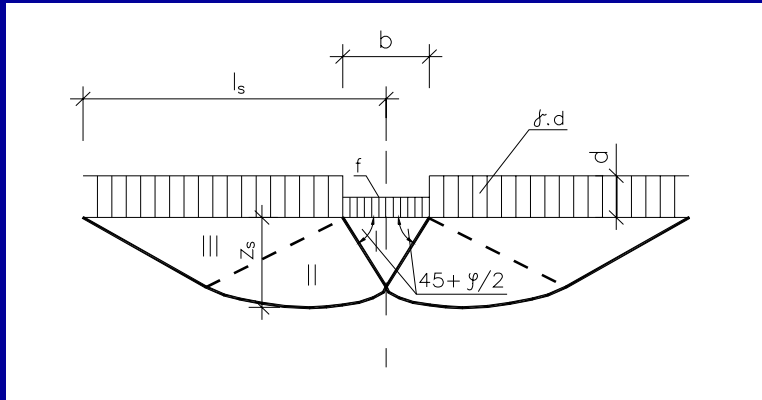
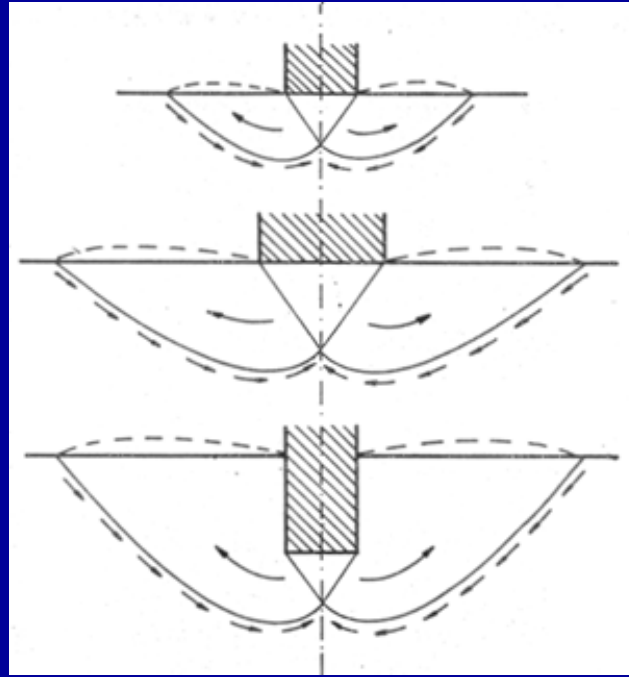
Posouzení pro 1. geotechnickou kategorii

$$\sigma_{ds} \leq R_{dt}$$

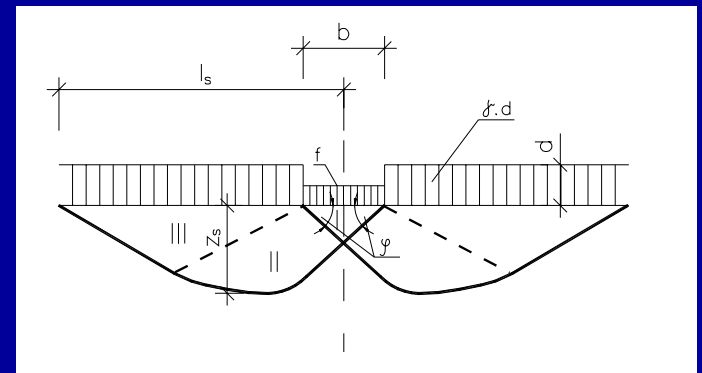
Posouzení pro 2. a 3. geotechnickou kategorii

$$\sigma_{de} \leq R_d$$

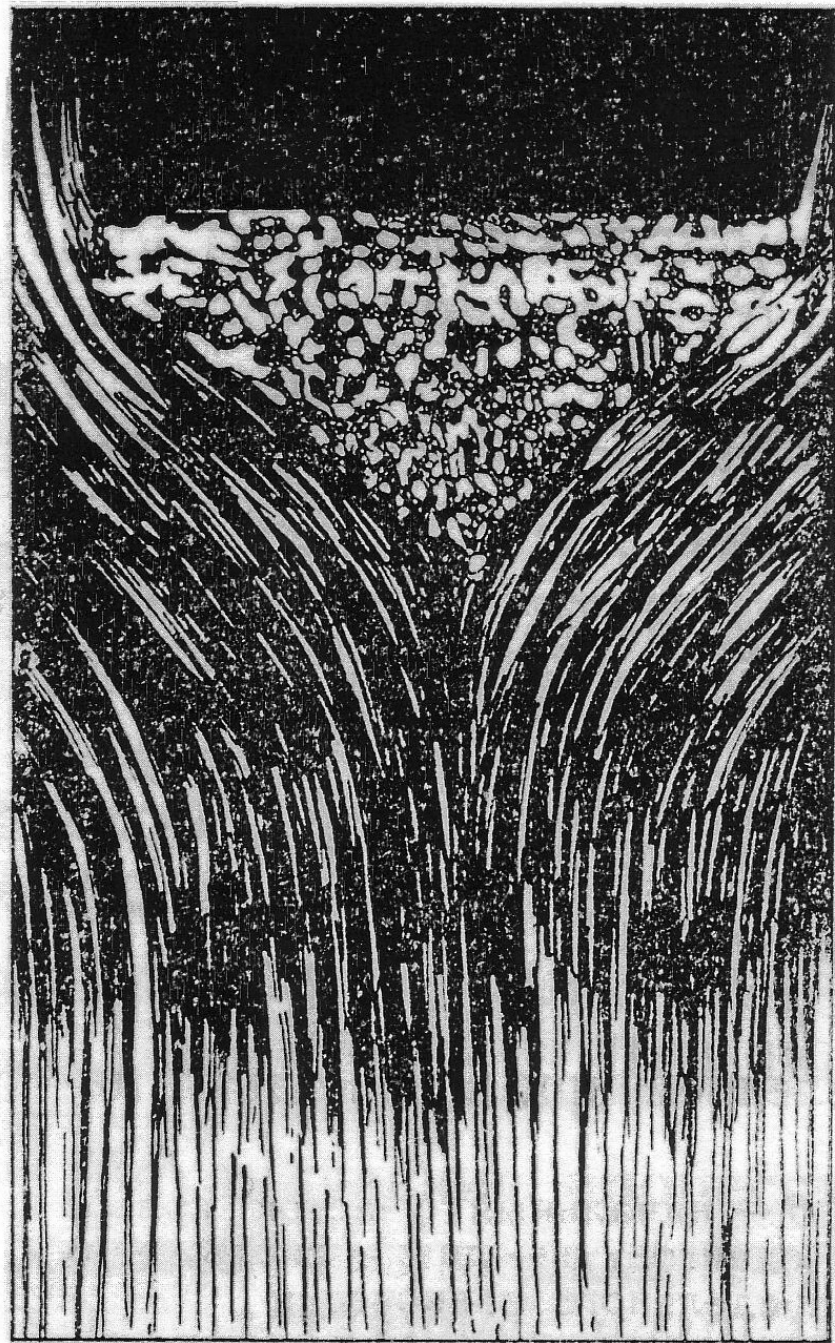
4. Numerické řešení MKP – zavedením nelineárního vztahu napětí a deformace. Spolehlivost závisí na vhodnosti a výstižnosti použitých konstitučních vztahů.

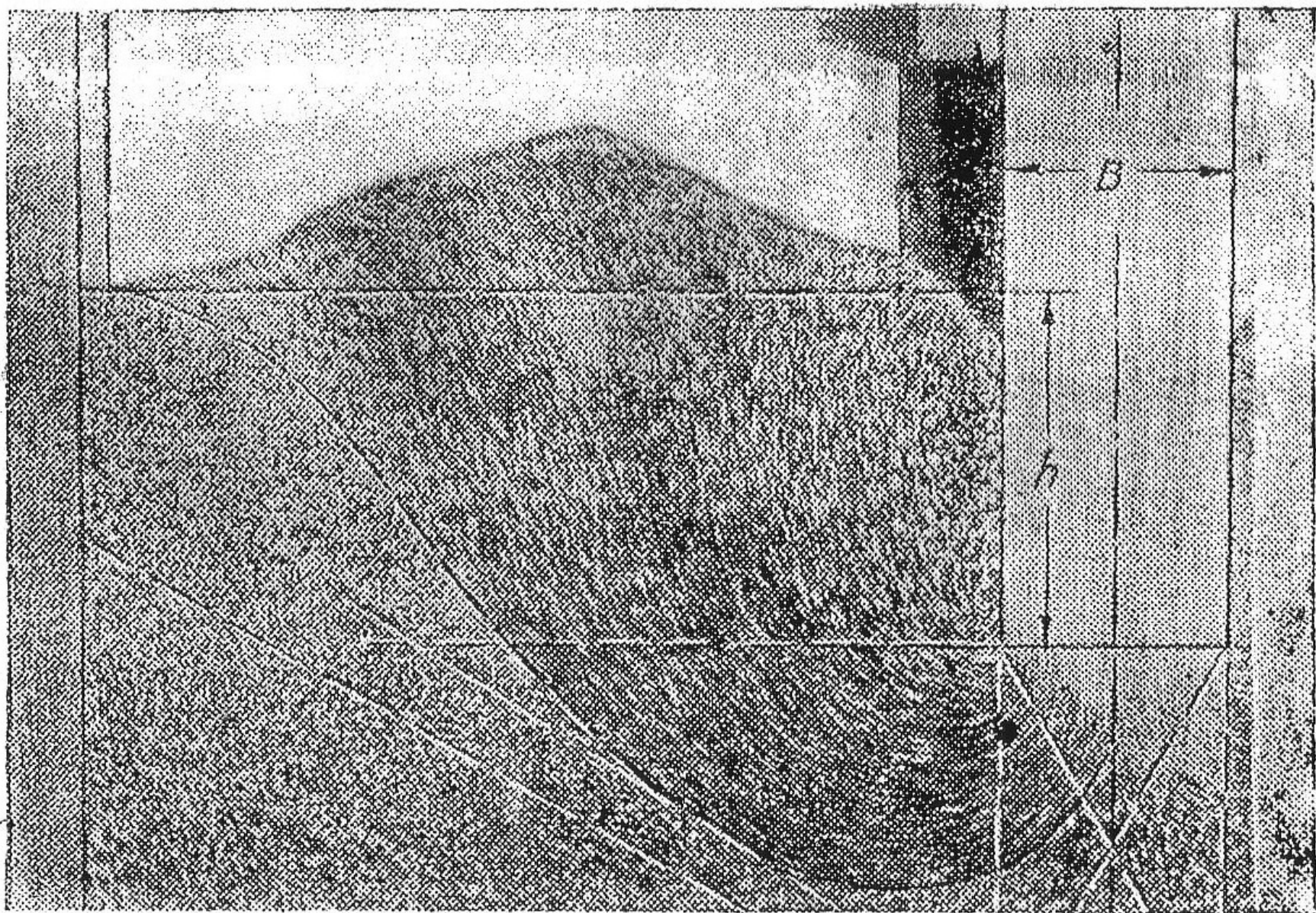


Předpoklad tvaru smykových
ploch podle Prandla



Předpoklad tvaru smykových
ploch podle Terzaghiho





Prandl uvažuje pod základem vytvoření aktivního klínu **pod úhlem $45+\varphi/2$** , který vytlačuje okolní zeminu do stran. Druhá oblast omezená logaritmickou spirálou je plastická oblast a III. je tzv. pasivní Rankinova oblast.

Terzaghi předpokládá vytvoření aktivního klínu **pod úhlem vnitřního tření φ** .

Hloubku smykové plochy z_s pod základovou spárou a její **vodorovný dosah l_s** od osy základu můžeme orientačně uvažovat

$$z_s = 2b$$

$$l_s = 6b$$

pro třídy S1 a S3 a G1 až G3

$$z_s = b$$

$$l_s = 2,5b$$

pro všechny ostatní třídy

b -šířka základu

Výpočtová únosnost R_d pro 2. a 3. GK

nebo mezní výpočtová únosnost je hodnota zatížení základové půdy, která nám zaručuje, že s předepsanou pravděpodobností nebude dosažen mezní stav únosnosti.

Výpočtová únosnost R_d se pro základ s vodorovnou základovou spárou stanoví z obecného vzorce, který vychází ze vzorce Brinch-Hansena

$$R_d = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot s_d \cdot d_d \cdot i_d + \gamma_2 \cdot \frac{b}{2} \cdot N_b \cdot s_b \cdot d_b \cdot i_b$$

R_d svislá výpočtová únosnost (kPa)
 γ_1, γ_2 objemová tíha nad a pod základovou spárou
 b efektivní šířka nebo průměr základu

N_c, N_d, N_b součinitelé únosnosti závisející na **výpočtovém** úhlu vnitřního tření

d hloubka založení

c_d **výpočtová** hodnota soudržnosti

s_c, s_d, s_b součinitelé vyjadřující tvar základu

d_c, d_d, d_b součinitelé vyjadřující vliv hloubky založení

i_c, i_d, i_b součinitelé vyjadřující vliv šikmosti zatížení

Zjednodušeně můžeme napsat

$$R_d = c_d \cdot N_c \cdot K_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot K_d + \gamma_2 \cdot \frac{b}{2} \cdot N_b \cdot K_b$$

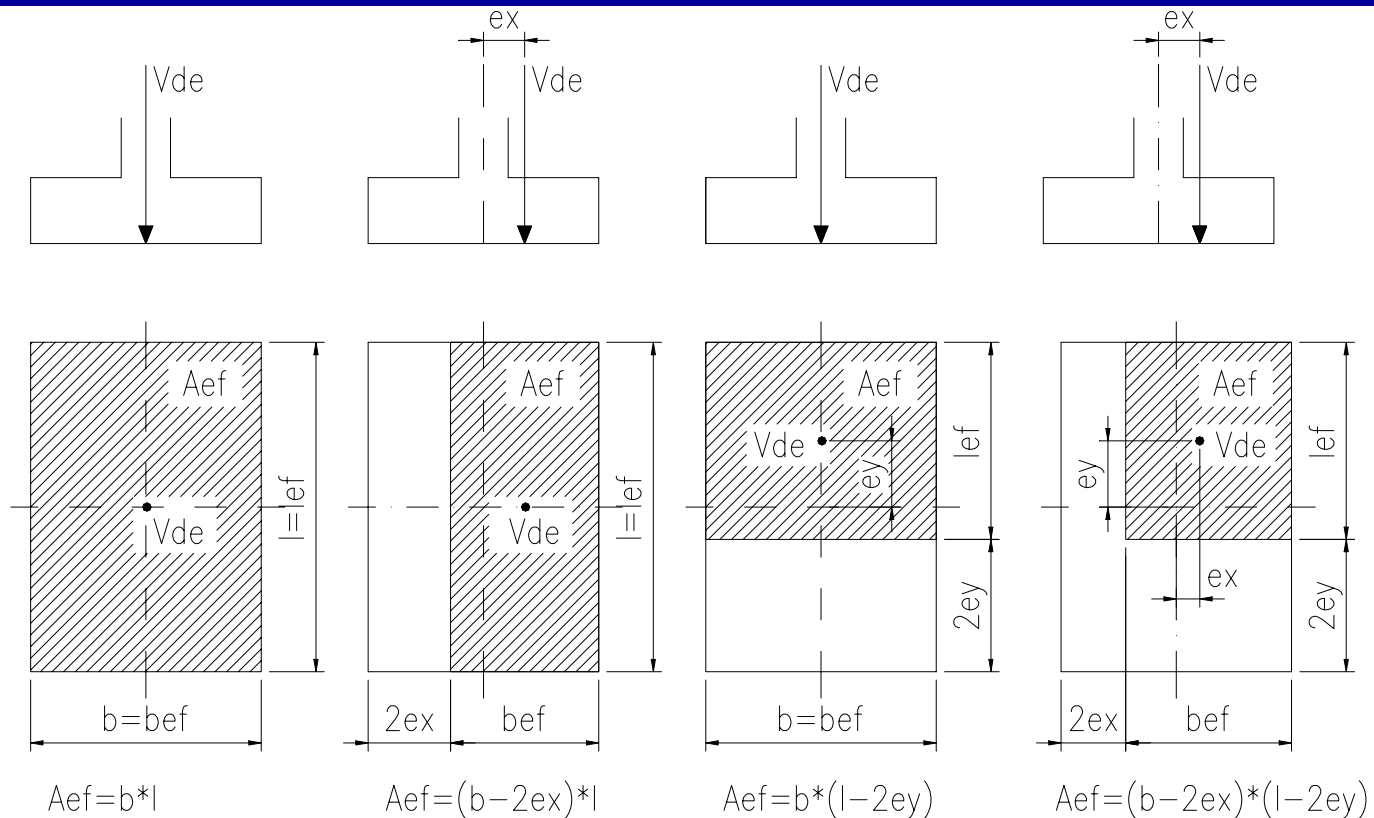
V rovnici uvažujeme **výpočtové parametry zeminy** c_d, φ_d , které se stanoví vydělením normových hodnot součiniteli základové půdy γ_m .

Pro normový úhel vnitřního tření	$0 < \varphi \leq 12^\circ$	$\gamma_{m\varphi} = 1,5$
Pro normový úhel vnitřního tření	$\varphi > 12^\circ$	$\gamma_{m\varphi} = \varphi / (\varphi - 4)$
Pro normovou soudržnost		$\gamma_{mc} = 2$

$$\varphi_d = \frac{\varphi}{\gamma_{m\varphi}}$$

$$c_d = \frac{c}{\gamma_{mc}}$$

Excentrické zatížení



Posouzení na I. MS

$$R_d \geq \sigma_{de}$$

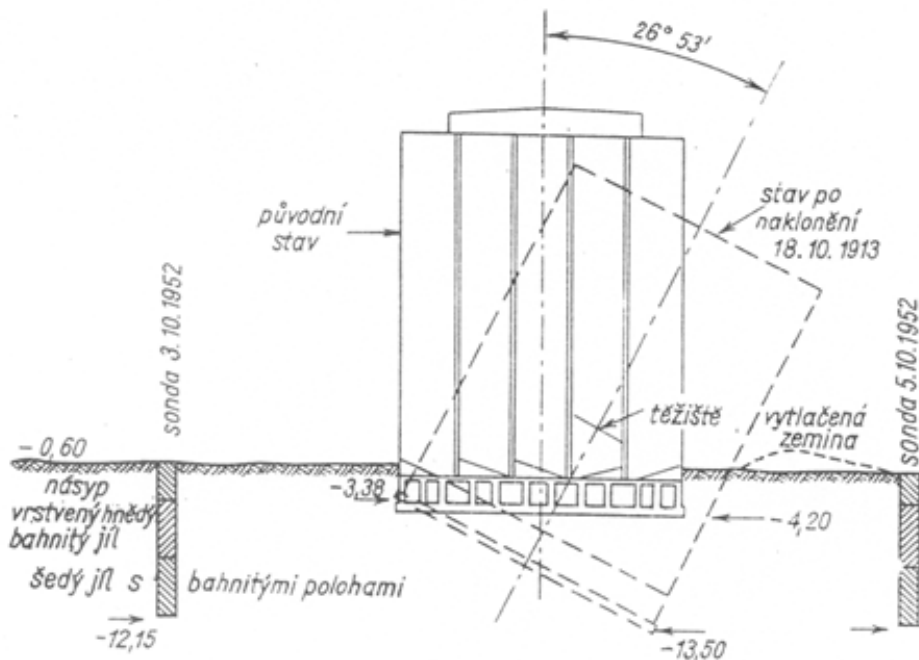
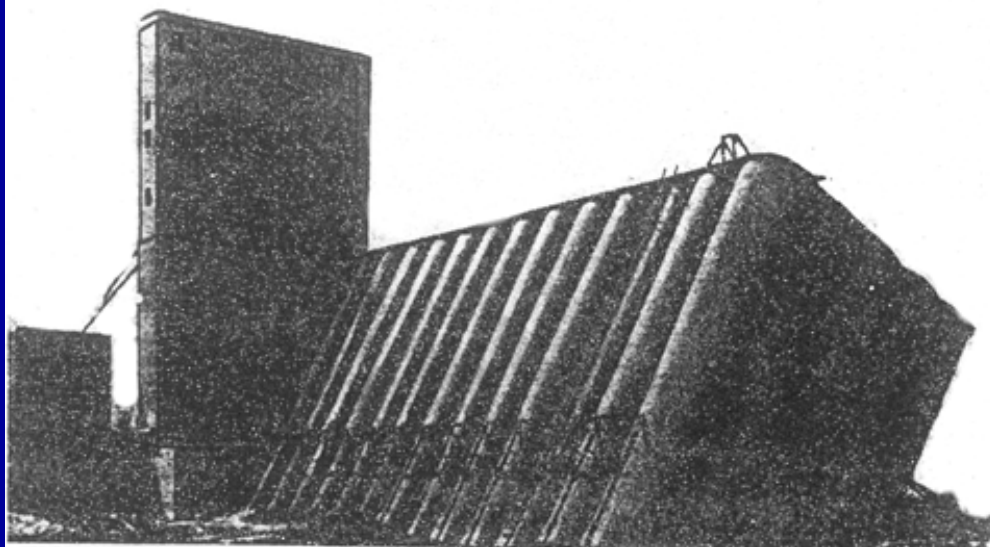


Schéma naklonění obilního sila v Transkoně



Obilní silo v Transkoně v Kanadě

Silo 23,5m .59m

Hmotnost sila 20 000t tj.

42,5% celk.zatížení

Při 94% naplnění sila

překročení únosnosti

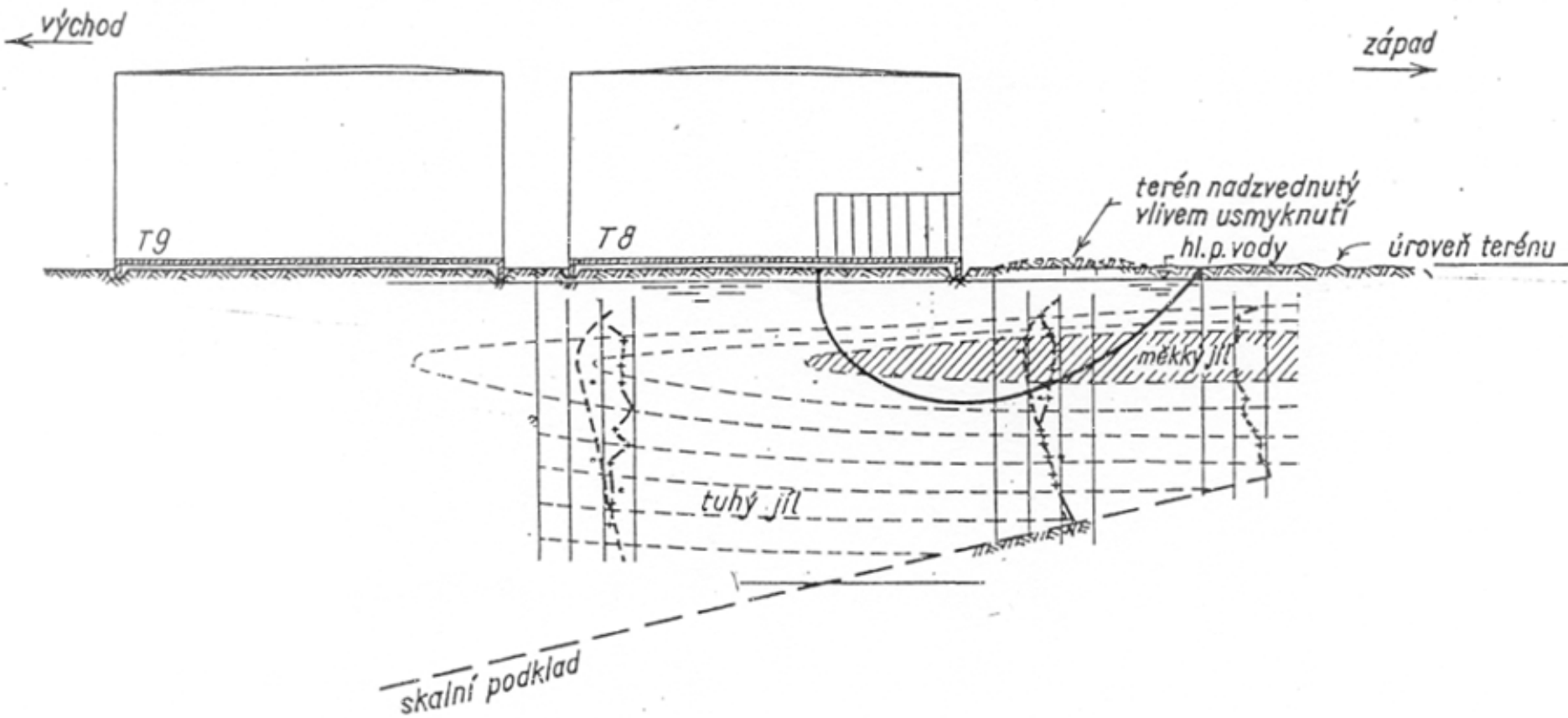
-zaboření 7,20m

-nadzvižení 1,5m

Nová základová spára

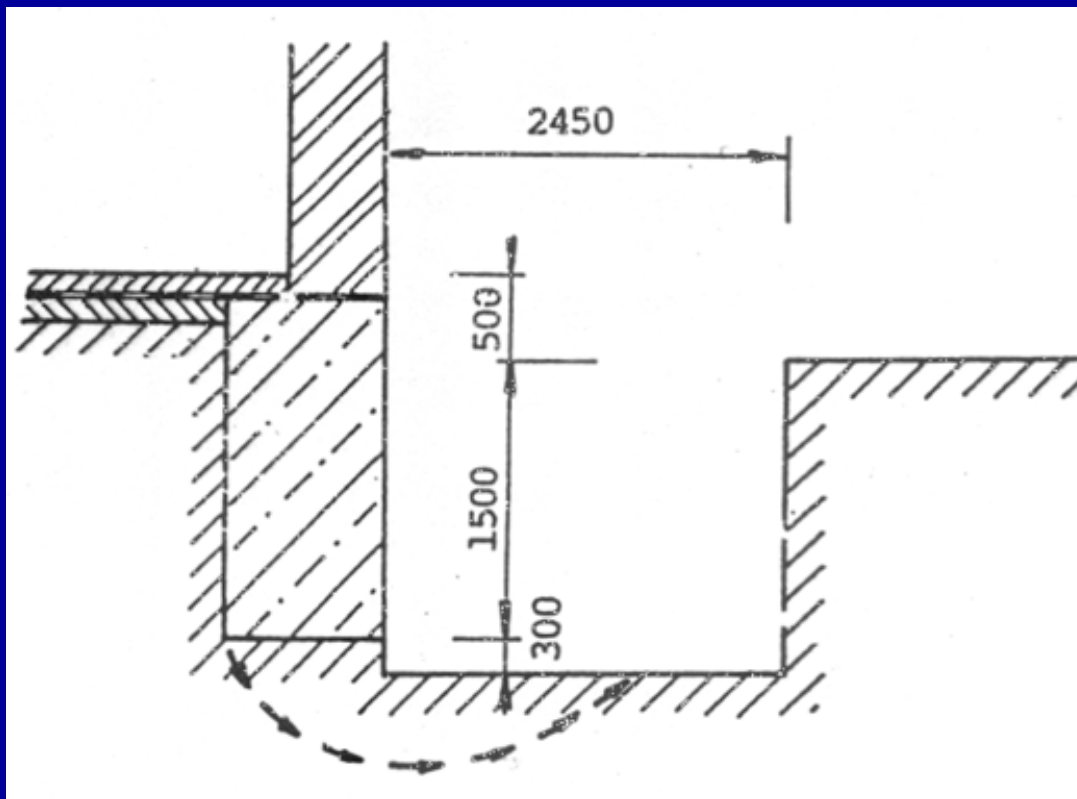
10,2m , to je o 6,6m

hlouběji než původní

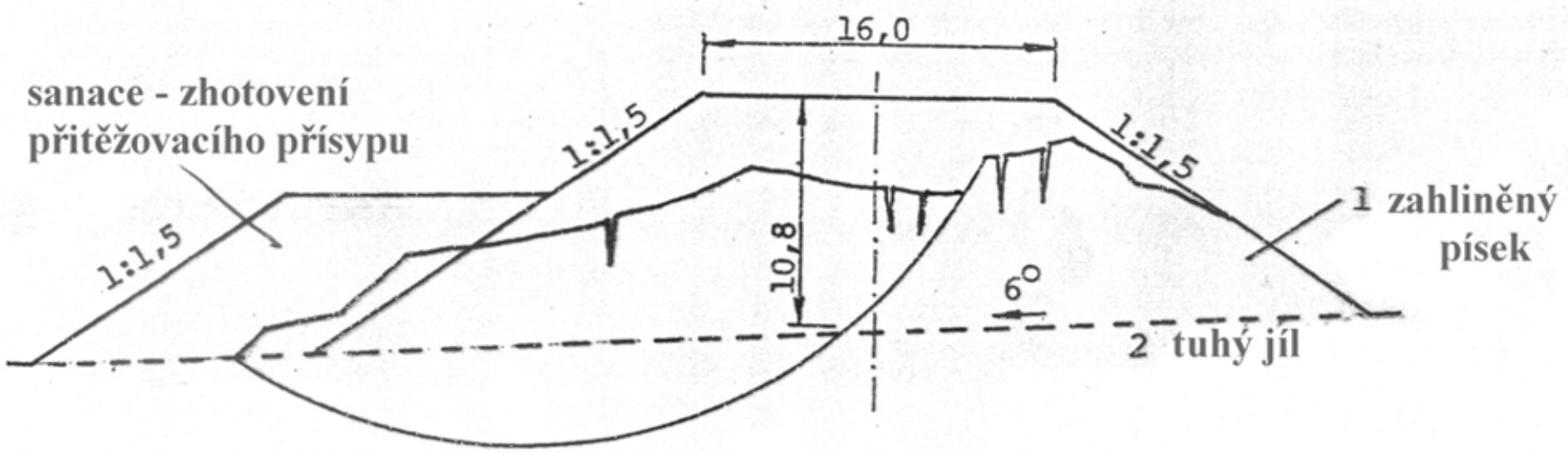


Nádrž na olej ve Frederikstadu

**Průměr nádrží 25m,
obsah 6000m**



Ztráta únosnosti podloží vyhloubením rýhy



Překročení únosnosti podloží násypu

Poruchy způsobené změnami v podloží

1. Změny vlastností zemin

Klimatické vlivy – především srážky \Rightarrow důsledek změněná smyková pevnost
stlačitelnost

Turček, Lečbychová testovali závislost vlhkosti na smykovou pevnost

hlína $w_L = 37,6 \%$; $w_p = 27,2 \%$
zvýšení vlhkosti o 10 %
pokles soudržnosti o 4 kPa
úhel vnitřního tření o $1,5^\circ$

podle Bishopa

nasyčené jíly zvýšení vlhkosti o 1 %
pokles bezpečnosti konstrukce z 1,5 na 1

písečné zeminy zvýšení vlhkosti o 5 % nad w_{opt}
snížení úhlu φ o 10 – 15 %

Výpočtem z rovnice Rd

patka $b = 2 \text{ m}$; $d = 1,5 \text{ m}$

písčítá zemina

pokles φ o $10^\circ \Rightarrow$ **snížení únosnosti o 31 %**

patka $b = 2 \text{ m}$; $d = 1,5 \text{ m}$

hlinitá zemina

pokles soudržnosti o 4 kPa

pokles φ o $1,5^\circ \Rightarrow$ **snížení únosnosti o 49 %**



Japonsko Kobe
1995



Japonsko Kobe
1995

Boulangier



Japonsko Kobe
1995







Turecko 1999



Japonsko Kobe 1995



Turecko 1999