



# Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Zemní tlaky – **cvičení**

doc. Dr. Ing. Hynek Lahuta



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace studijního oboru Geotechnika CZ.1.07/2.2.00/28.0009.  
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

# ZEMNÍ TLAKY

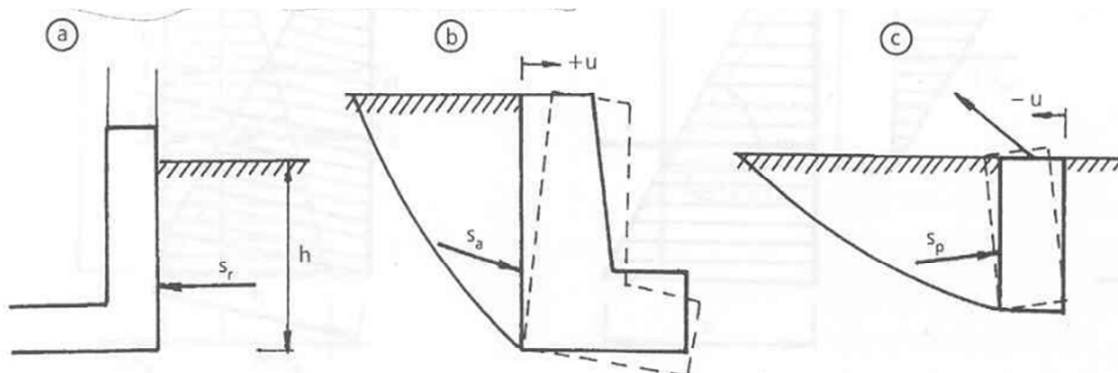
Jsou síly, kterými na sebe navzájem působí zemina a stavební konstrukce.

Jsou závislé na:

- vlastnostech zeminy (pevnostní a popisné)
- uspořádání stavební konstrukce (sklon, geometrie, výška apod.)
- velikosti a směru posunu, pootočení části konstrukce zatížené zeminou

Dle velikosti a směru posunu, pootočení zatížené části konstrukce rozlišujeme:

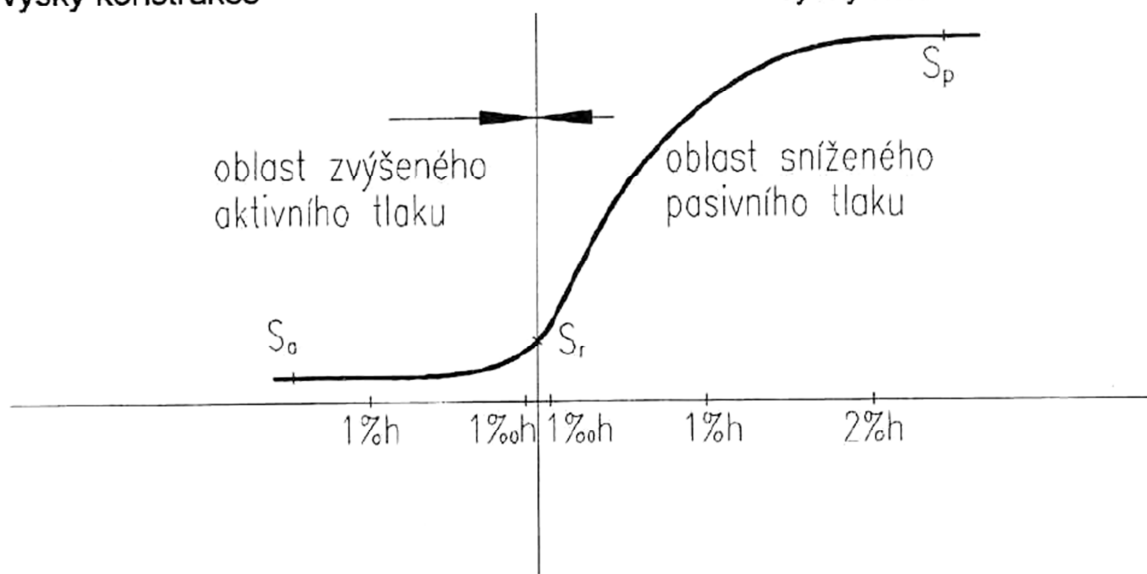
- zemní tlak v klidu  **$S_r$**  (obr. a) - zatížení zeminy působící na konstrukci, která je natolik tuhá a pevná, že nedojde k její deformaci, posunu či pootočení.
- zemní tlak aktivní  **$S_a$**  (obr. b) - dojde k posunu či pootočení kce (cca 1/1000 h) vlivem zatížení zeminou, nastane přechod z elastického stavu na stav plastický, dochází k aktivaci smykové pevnosti zeminy.
- zemní tlak (odpor) pasivní  **$S_p$**  (obr. c) - dojde k posunu či pootočení konstrukce proti zemině, k plné aktivaci  $S_p$  je zapotřebí posun cca 1/10 h.



**Aktivní zemní tlak  $S_a$**   
posun 0,0001 - 0,001  
výšky konstrukce

**Zemní tlak v klidu  $S_r$**

**Pasivní zemní tlak  $S_p$**   
posun 0,001 - 0,01  
výšky konstrukce



## Zemní tlak v klidu

Součinitel zemního tlaku v klidu  $k_r$ :

- dle Jákyho (pro zeminy)

$$k_r = 1 - \sin\varphi$$

- dle Terzaghiho (pro horniny)

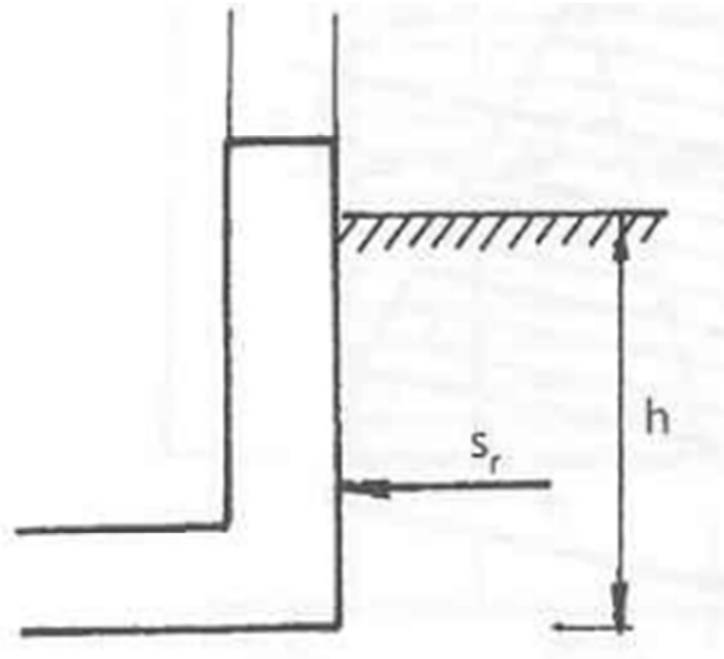
$$k_r = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

Tlaku v klidu  $\sigma_r$ :

$$\sigma_r = \gamma \cdot H \cdot k_r$$

Výslednice tlaku zeminy v klidu  $S_r$ :

$$S_r = \frac{1}{2} \cdot H \cdot \sigma_r = \frac{1}{2} \cdot H \cdot \gamma \cdot H \cdot k_r = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot k_r$$



## Aktivní zemní tlak pro nesoudržné zeminy

Součinitel aktivního zemního tlaku  $k_a$ :

$$k_a = \operatorname{tg}^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Aktivní zemní tlak  $\sigma_a$ :

$$\sigma_a = \gamma \cdot H \cdot k_a$$

Výslednice aktivního zemního tlaku  $S_a$ :

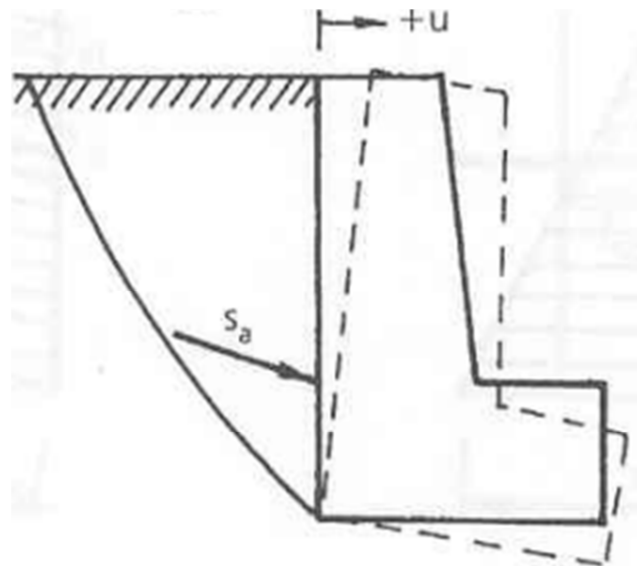
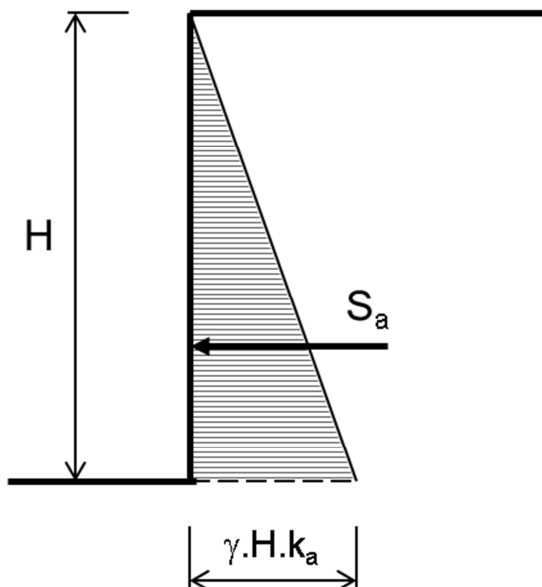
$$S_a = \frac{1}{2} \cdot H \cdot \sigma_a$$

$$S_a = \frac{1}{2} \cdot H \cdot \gamma \cdot H \cdot k_a$$

$$S_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot k_a$$

Ohybový moment  $M_a$  působící v patě konstrukce:

$$M_a = S_a \cdot \frac{H}{3} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot k_a \cdot \frac{H}{3} = \frac{1}{6} \cdot \gamma \cdot H^3 \cdot k_a$$



## Aktivní zemní tlak pro soudržné zeminy

Součinitel aktivního zemního tlaku  $k_a$ :

$$k_a = \operatorname{tg}^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Aktivní zemní tlak  $\sigma_a$ :

$$\sigma_a = \gamma \cdot H \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a}$$

Udržovací výška  $h_{ca}$ :

$$h_{ca} = \frac{2c\sqrt{k_a}}{\gamma \cdot k_a}$$

Výslednice aktivního zemního tlaku  $S_a$ :

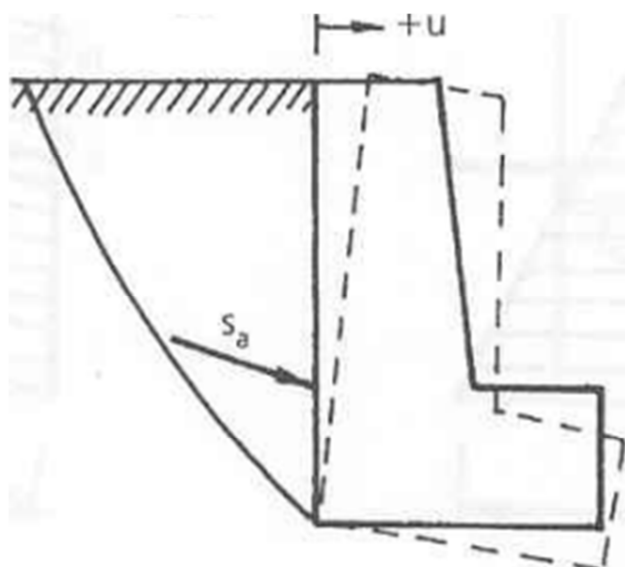
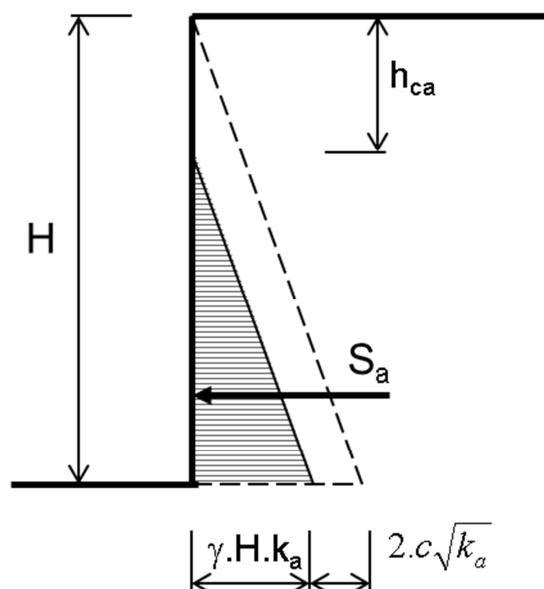
$$S_a = \frac{1}{2} \cdot \sigma_a \cdot (H - h_{ca})$$

$$S_a = \frac{1}{2} (\gamma \cdot H \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a}) \cdot (H - h_{ca})$$

Ohybový moment  $M_a$  působící v patě konstrukce:

$$M_a = S_a \cdot \frac{(H - h_{ca})}{3} = \frac{1}{2} (\gamma \cdot H \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a}) \cdot (H - h_{ca}) \cdot \frac{(H - h_{ca})}{3}$$

$$M_a = \frac{1}{6} (\gamma \cdot H \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a}) \cdot (H - h_{ca})^2$$



## Pasivní zemní odpor pro nesoudržné zeminy

Součinitel pasivního zemního odporu  $k_p$ :

$$k_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Pasivní zemní odpor  $\sigma_p$ :

$$\sigma_p = \gamma \cdot H \cdot k_p$$

Výslednice pasivního zemního odporu  $S_p$ :

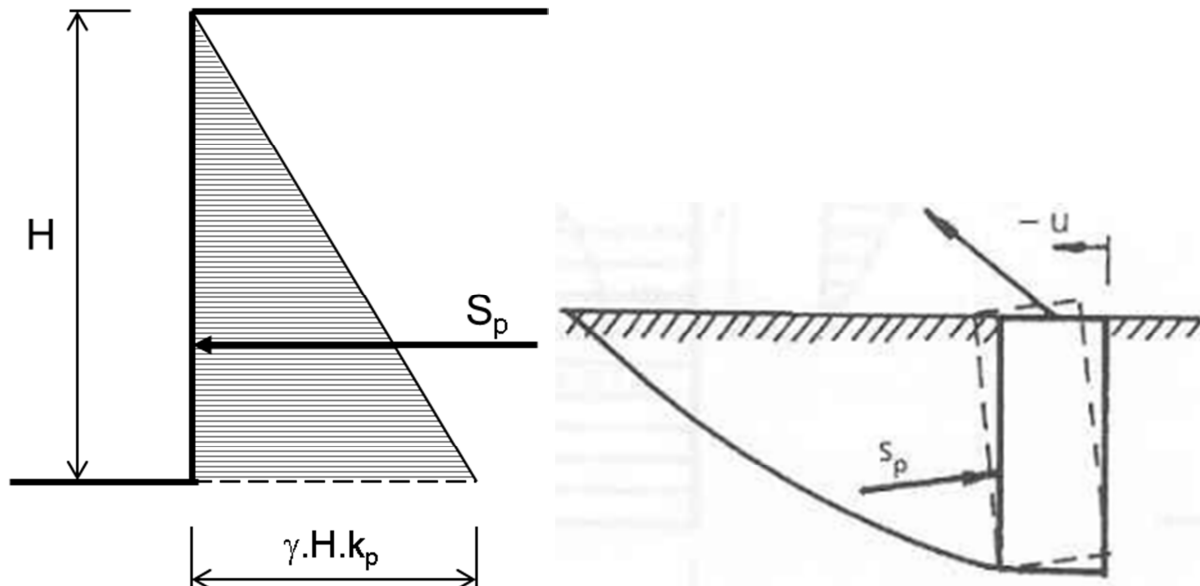
$$S_p = \frac{1}{2} \cdot H \cdot \sigma_p$$

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot H \cdot \gamma \cdot H \cdot k_p$$

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot k_p$$

Ohybový moment  $M_p$  působící v patě konstrukce:

$$M_p = S_p \cdot \frac{H}{3} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot k_p \cdot \frac{H}{3} = \frac{1}{6} \cdot \gamma \cdot H^3 \cdot k_p$$



## Pasivní zemní odpor pro soudržné zeminy

Součinitel pasivního zemního odporu  $k_p$ :

$$k_p = \operatorname{tg}^2 \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Pasivní zemní odpor  $\sigma_p$ :

$$\sigma_p = \gamma \cdot H \cdot k_p + 2c \sqrt{k_p}$$

Výslednice pasivního zemního odporu  $S_p$ :

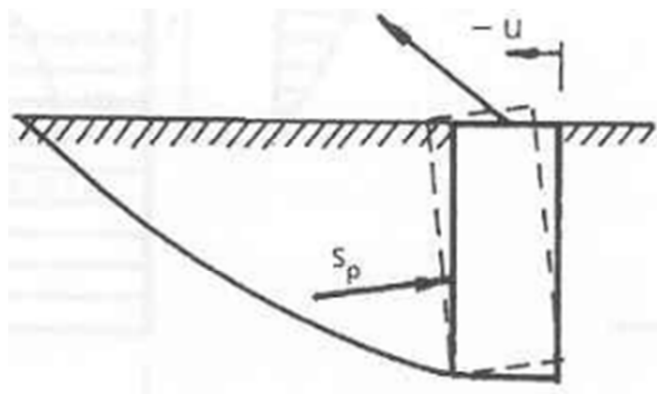
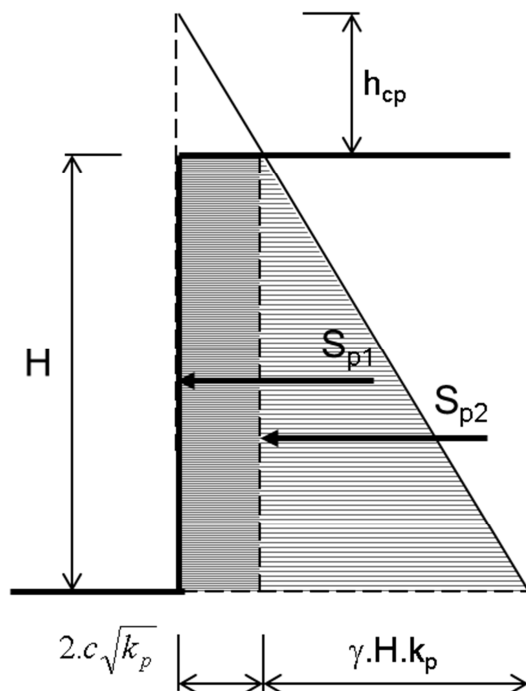
$$S_p = S_{p1} + S_{p2}$$

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot H \cdot \sigma_{p1} + H \cdot \sigma_{p2}$$

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot k_p + H \cdot 2c \sqrt{k_p}$$

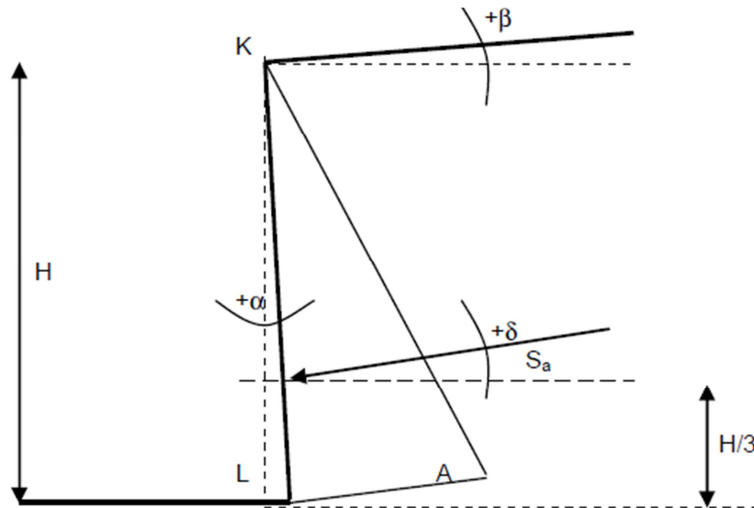
Ohybový moment  $M_p$  působící v patě konstrukce:

$$M_p = M_{p1} + M_{p2} = S_{p1} \cdot \frac{H}{3} + S_{p2} \cdot \frac{H}{2} = \frac{1}{6} \cdot \gamma \cdot H^3 \cdot k_p + H^2 \cdot c \sqrt{k_p}$$



## Zemní tlaky - odchýlení od svislice

Pro zohlednění šikmosti stěny výkopu  $\alpha$ , povrchu terénu  $\beta$ , případně výslednice  $\delta$  je nutné změnit přístup k výpočtu  $k_a$  a  $k_p$ . Označení a orientace os jednotlivých úhlů jsou zobrazeny na Obr. 6



Obr.6 - Označení a orientace jednotlivých úhlů šikmosti

Součinitel aktivního zemního tlaku  $k_a$ :

$$k_a = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2}$$

Součinitel pasivního zemního odporu  $k_p$ :

$$k_p = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta) \sin(\varphi + \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2}$$