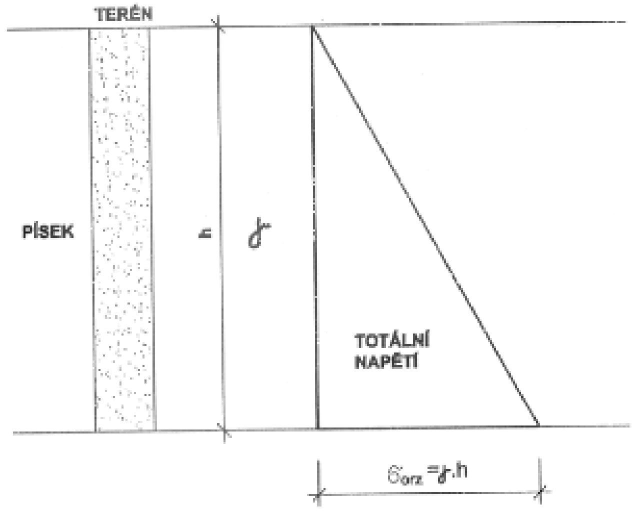
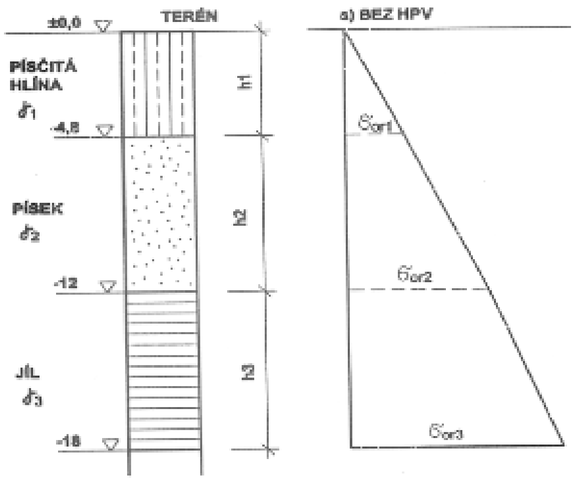
NAPĚTÍ GEOSTATICKÉ

původní napětí - napětí od vlastní tíhy zeminy

Svislé napětí σ_{or_z}



$$\boxed{\sigma_{or_z} = \gamma . h}$$

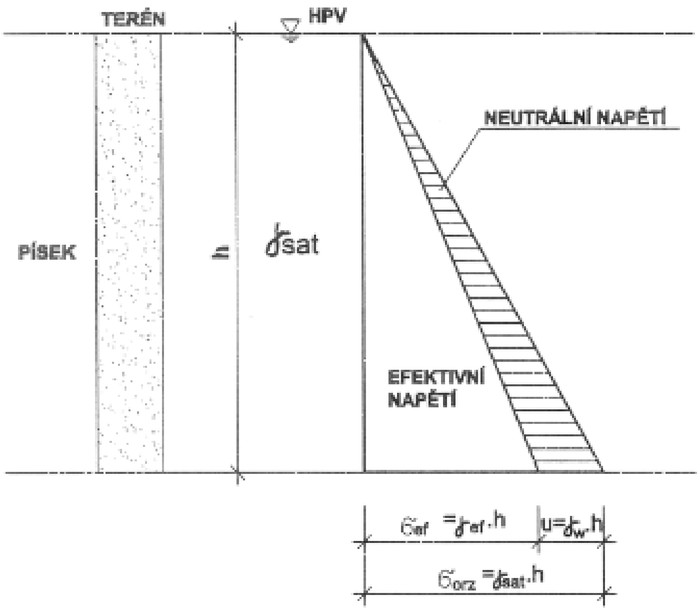


$$\sigma_{or_z} = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3$$

$$\sigma_{or_z} = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i h_i$$

Geostatické napětí pod HPV

u těch zemin, které obsahují v pórech gravitační vodu (písky, písčité hlíny apod.) musíme tíhu zrn zmenšit o vztlak, který nadlehčuje zrna o tíhu vytlačené vody. V jednotce objemu vody je nadlehčení rovno γ_{vody}



Celkové totální napětí

$$\sigma_{or_z} = \gamma_{sat} h$$

$$\gamma_{sat} = \gamma_{ef} + \gamma_w$$

Napětí σ_{or_z} můžeme také definovat

$$\sigma_{or_z} = \gamma_{ef} h + \gamma_w h$$

$$\sigma_z = \sigma_{ef} + u$$

neutrální napětí *u* - napětí přenášené vodou

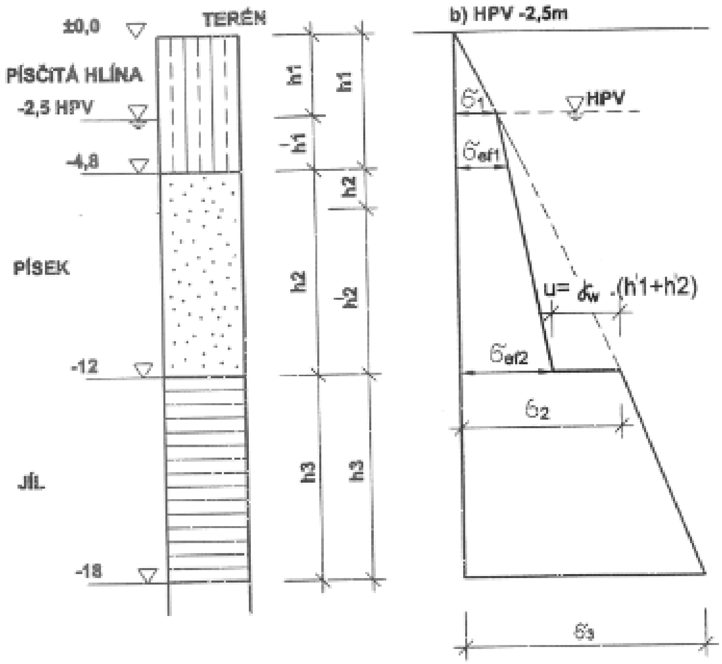
$u = \gamma_w h$ $\qquad$ γ_w objemová tíha vody $\cong$ 10 kNm^{-3}

efektivní napětí σ_{ef}

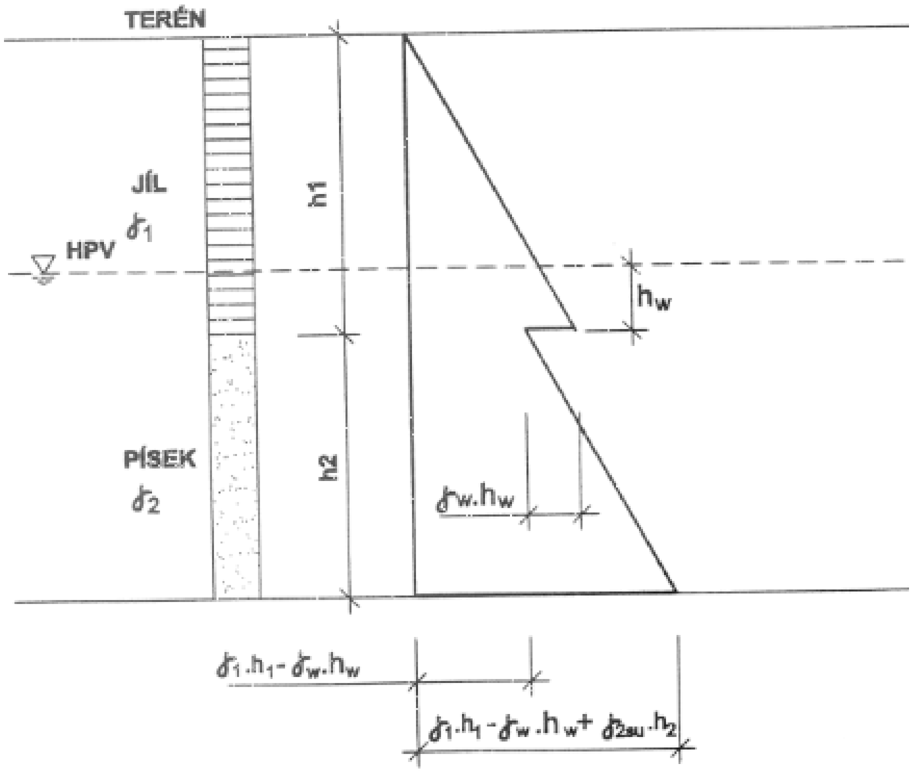
$\sigma_{ef} = \gamma_{sat} h - \gamma_w h = (\gamma_{sat} - \gamma_w) h = \gamma_{su} h$

Pod hladinou podzemní vody je u propustných zemin objemová tíha saturované zeminy **zmenšená o tíhu vody**

$$\gamma_{su} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$



na nepropustnou vrstvu působí tíha nadložní vody



když pod nepropustnou vrstvou je v propustné vrstvě tlaková voda, napětí v této vrstvě se sníží o vztlak *($\gamma_w h_w$)*

VODOROVNÉ NAPĚTÍ σ_{or_x}

homogenní podloží

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E}\left[\sigma_x - \nu\left(\sigma_z + \sigma_y\right)\right]$$

položíme $\varepsilon_x = 0$ nedochází k deformaci

a za předpokladu $\sigma_y = \sigma_x$ dostaneme

$$0 = \frac{1}{E}\left[\sigma_x - \nu\sigma_z - \nu\sigma_y\right]$$

$$\sigma_x = \sigma_z \cdot \frac{\nu}{1-\nu}$$

$$\frac{\nu}{1-\nu} = K_r$$ součinitel zemního tlaku v klidu

$$\nu = \frac{1}{m}$$

ν Poissonovo číslo

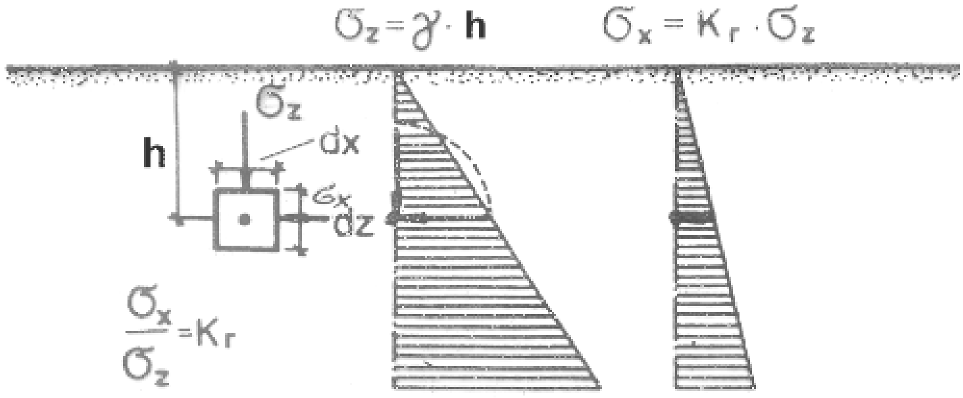
m Poissonova konstanta

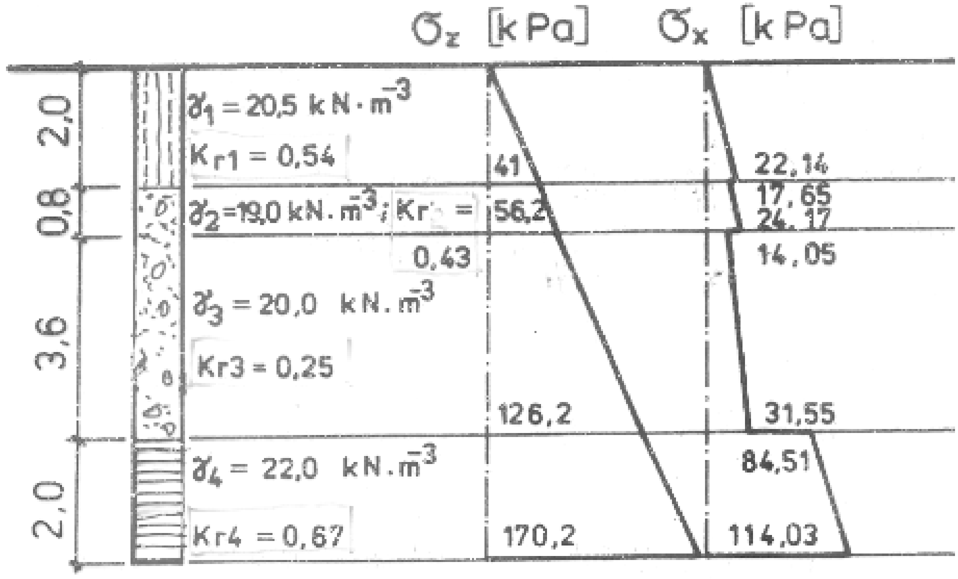
$$\sigma_x = \sigma_z \, . \, K_r$$

Součinitel K_r závisí na vlastnostech prostředí. V kaplinách je $K_r = 1$ (hydrostatický tlak $\sigma_x = \sigma_z$. V zeminách, které mají určitou smykovou pevnost a jsou normálně konsolidované je $K_r < 1$.

Pouze u **překonsolidovaných zemin** může být $K_r > 1$.

	ν	m	K_r
zeminy štěrkovité	0,2 – 0,25	4 - 5	0,25 – 0,33
zeminy písčité	0,3	3,0	0,43
zeminy soudržné	0,35 – 0,4	2,8 – 2,5	0,54 – 0,67



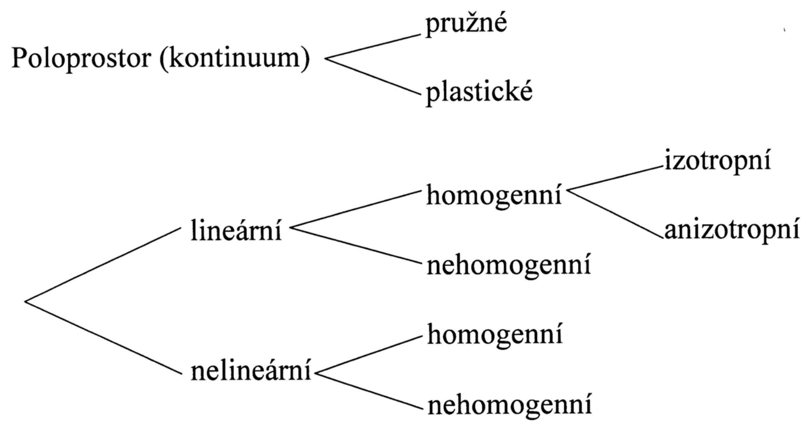


Svislá a vodorovná napětí vyvolaná vlastní tíhou ve vrstevnatém podloží bez podzemní vody

NAPĚTÍ V PŮDĚ OD ZATÍŽENÍ

V pružném stavu se nevytváří smykové plochy, čáry pevnosti se nedotýkají Mohrových kružnic napjatosti pro jednotlivé body. Proto pro řešení napětí v půdě od zatížení nemůžeme používat metod řešení jako pro stavy na mezi pevnosti (Mohrova kružnice se dotýká čáry pevnosti).

Přibližně lineární vztah mezi napětím a deformací v této oblasti umožňuje použít pro výpočet napětí v zemině pod zatížením výsledky **matematické teorie pružnosti (nahrazujeme reálnou zeminu matematickým modelem**, který může mít různé mechanické vlastnosti).



Při řešení nahrazujeme reálné podloží idealizovaným a zjednodušeným modelem tzv. pružným poloprostorem, který je shora omezen vodorovnou rovinou a vyplněn látkou s idealizovanými vlastnostmi.

Nejjednodušší a pro zkoumané napětí v podloží vyhovující je **lineárně pružný, homogenní, izotropní poloprostor**, který zavedl francouzský vědec Boussinesq (1885).

Teorie vychází z těchto předpokladů:

a) **látka vyplňující souvisle poloprostor je ideálně pružná, homogenní a izotropní** (v libovolném bodě a v každém směru vlastnosti stejné)

b) **Závislost** mezi napětím a deformací je lineární (platí Hookův zákon)

c) **Výsledné deformace** jsou malé a nenaruší spojitost poloprostoru

d) **Platí zákon superpozice**, tzn. že za současného působení různých namáhání je možné účinky vyšetřovat odděleně a výsledky sčítat, násobit apod.

Z hlediska MZ je potřeba si uvědomit, že zeminy splňují předpoklady teorie jen přibližně, ale pro praktické inženýrské cíle jsou výsledky uspokojivé. **Při určování deformací z této teorie nevycházíme, jiné metody.**

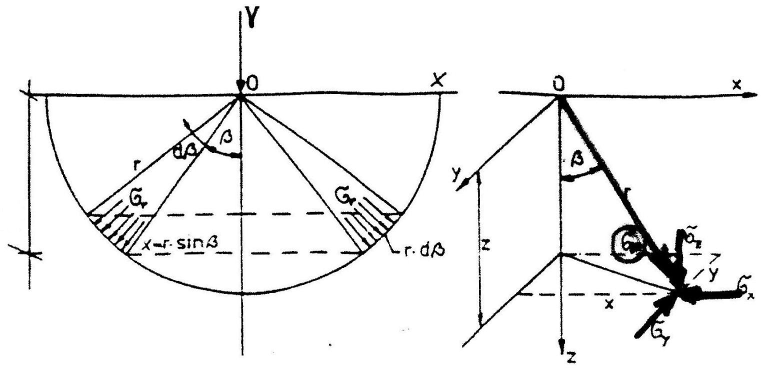
Osamělá síla

Boussinesq (Fröhlich) odvodil vztahy pro svislé napětí, vodorovné napětí a smykové napětí **od zatížení** pružného poloprostoru **osamělou silou.**

Předchozí předpoklady doplnil o další

- napětí se šíří poloprostorem radiálně od působiště síly a má velikost σ_r
- radiální napětí σ_r klesá se čtvercem vzdálenosti od působiště síly V
- jeho velikost je přímo úměrná cos úhlu β, který svírá průvodič vyšetřovaného bodu s vertikálou.

$z = r\cos\beta$



Pro radiální napětí pod osamělou silou platí vztah

$$\sigma_r = A\frac{\cos\beta}{r^2}$$

kde konstanta A se určí z rovnováhy ve svislém směru za předpokladu, že součet svislých složek radiálního napětí σ_r působících na polokouli o poloměru r odpovídá působící síle F

$$A = \frac{3V}{2\pi}$$

ostatní hledané složky napětí

$$\sigma_z = \frac{3Vz^3}{2\pi r^5};\sigma_x = \frac{3Vx^2z}{2\pi r^5};\sigma_y = \frac{3Vy^2z}{2\pi r^5}$$

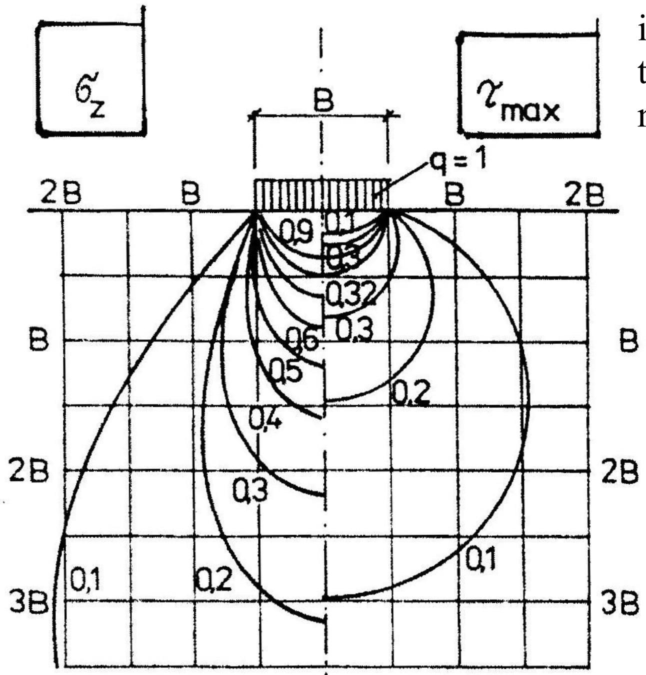
$$\tau_{zx} = \tau_{xz} = \frac{3Vxz^2}{2\pi r^5};\tau_{zy} = \tau_{yz} = \frac{3Vyz^2}{2\pi r^5};\tau_{yx} = \tau_{xy} = \frac{3Vxyz}{2\pi r^5}$$

Rozložení jednotlivých napětí v poloprostoru pod zatížením lze znázornit pomocí **izočar napětí,** které spojují místa o stejné velikosti napětí buď normálového nebo tangenciálního.

Izočáry svislých normálových napětí nazýváme **izobary.**

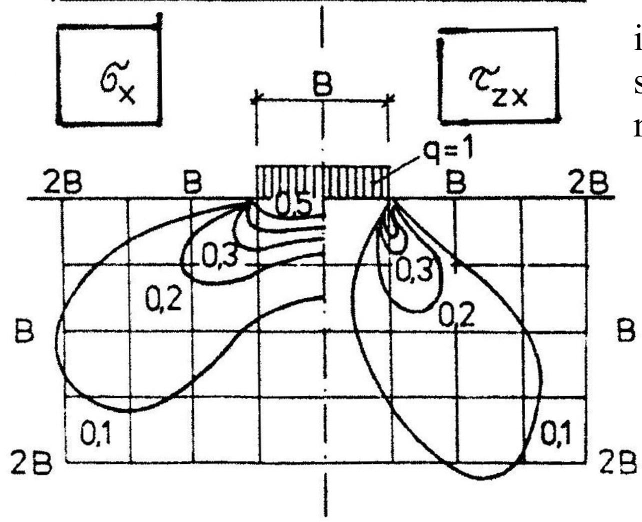
izobary

izočáry max. tangenciálního napětí

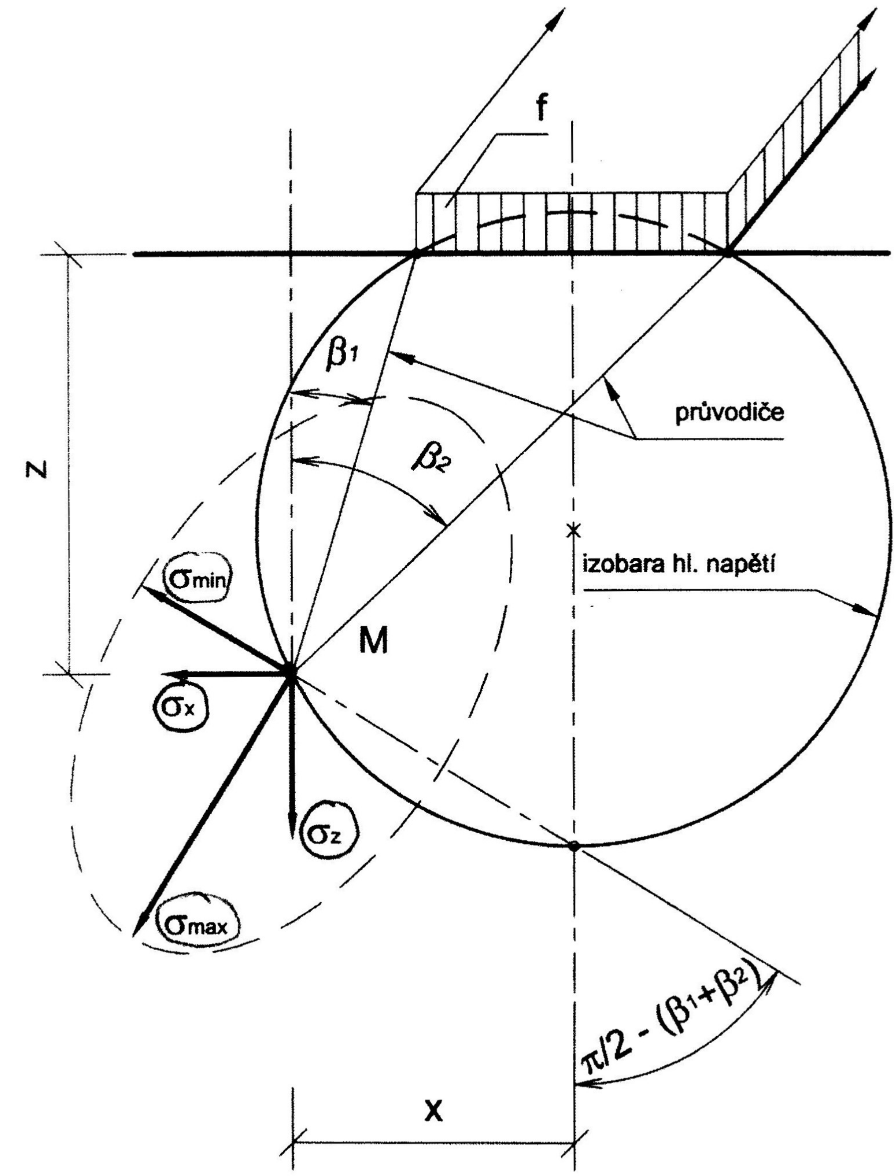


izočáry stejných vodorovných napětí

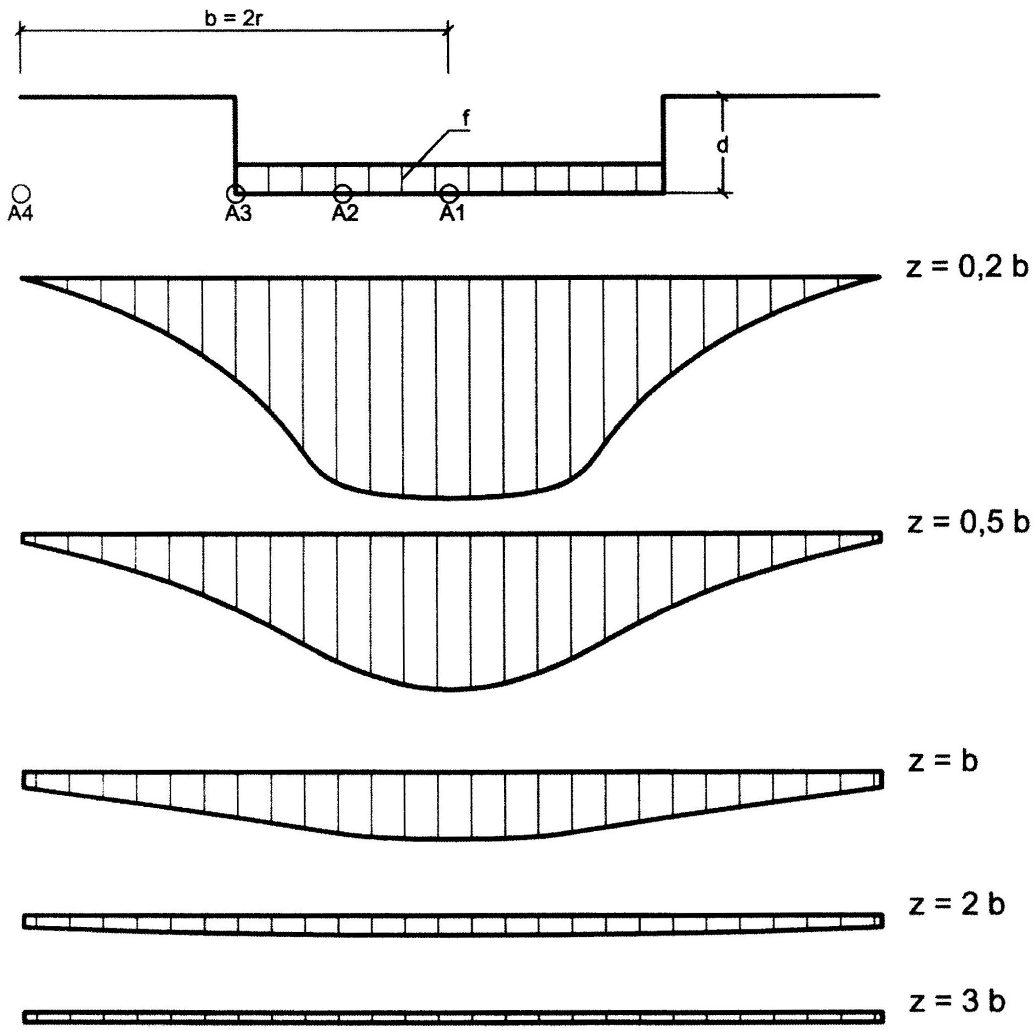
izočáry stejných smykových napětí



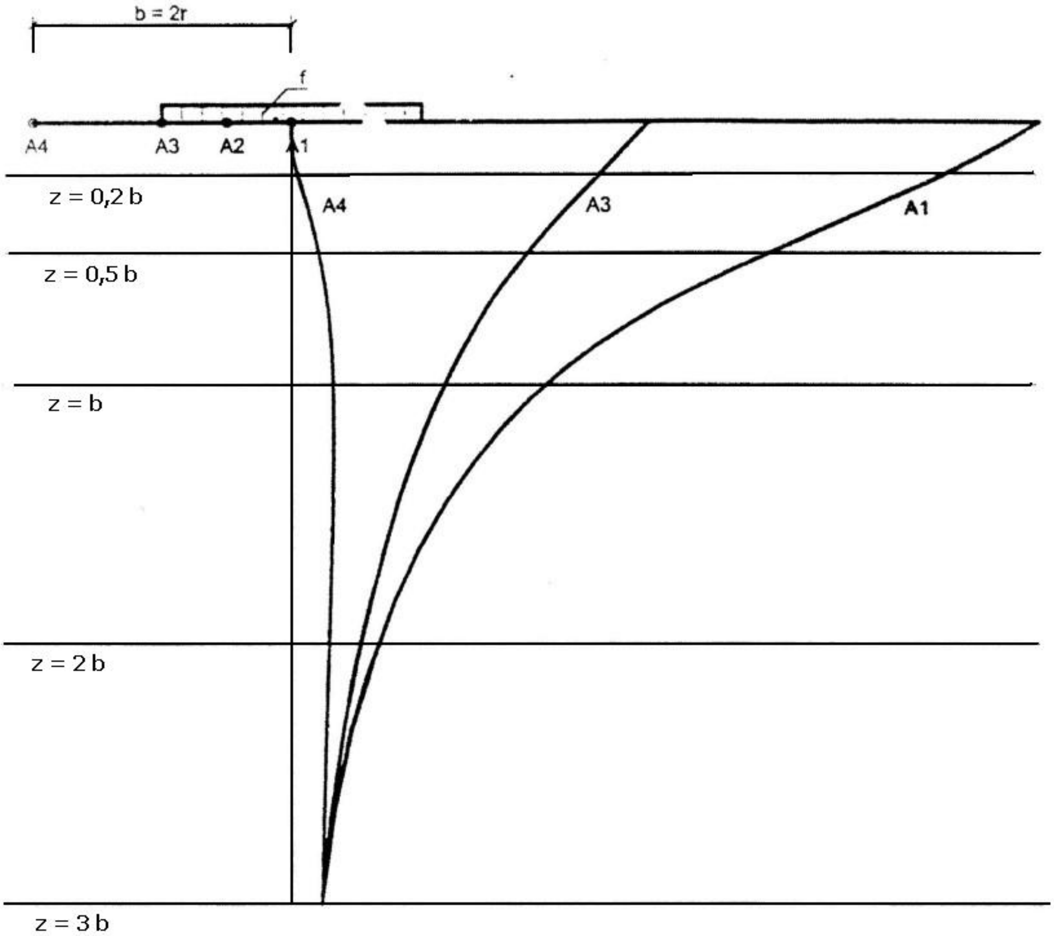
ROVNOMĚRNÉ SVISLÉ ZATÍŽENÍ NA PÁSE



PRŮBĚH NAPĚTÍ σ_Z VE VODOROVNÝCH ROVINÁCH



PRŮBĚH NAPĚTÍ σ_Z VE SVISLÝCH ROVINÁCH



NAPĚTÍ OD PŘITÍŽENÍ

Svislá složka napětí σ_z od přitížení se stanoví z rovnice

$$\sigma_z = \sigma_{ol} . I$$

σ_{ol}	napětí v základové spáře od přitížení stavbou
I	redukční součinitel, který je funkcí hloubky *z,* šířky *b* a délky *l* základu

Budeme rozlišovat redukční součinitele I_1 až I_5

ČSN 73 1001 označuje $I = \frac{\sigma_z}{f}$

Protože zakládáme vždy v určité hloubce *d*, budeme počítat s napětím od přitížení σ_{ol}.

Přitížení v základové spáře σ_{ol}

$$\sigma_{ol} = f - \gamma . d$$

$$\sigma_{ol} = \sigma - \gamma . d$$

d	hloubka založení
f	svislé rovnoměrné zatížení
z	hloubka uvažovaného bodu od zákl. spáry
h	hloubka uvažovaného bodu od terénu
b	šířka základu
σ	kontaktní napětí v základové spáře

Napětí σ_z od rovnoměrně zatížené obdélníkové plochy

Pro obdélníkový základ
- I_1 poddajný základ (graf pod rohem základu)
- I_2 tuhý základ (graf pro tzv. charakteristický bod)

Poddajný obdélníkový základ

$$\sigma_z = \sigma_{ol} . I_1$$

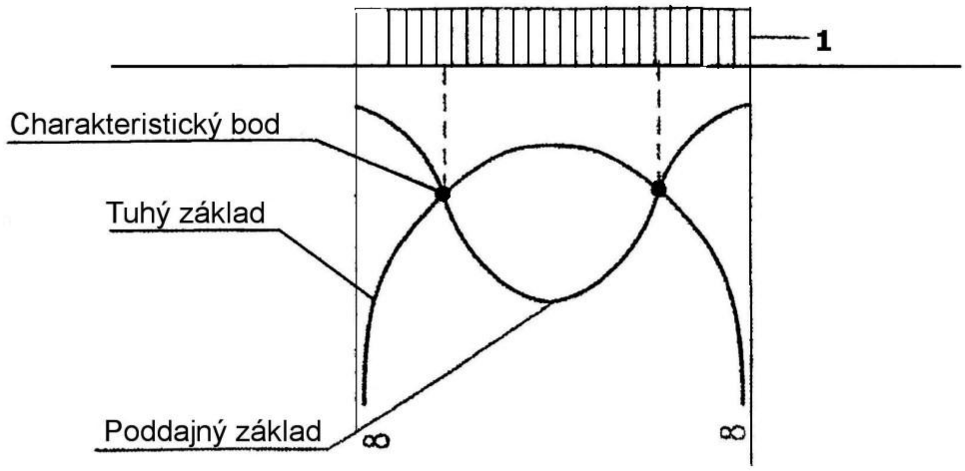
Tuhý obdélníkový základ

I_2 - pomocí tohoto součinitele určíme napětí pod charakteristickým bodem, který pro obdélníkový základ má souřadnice 0,37 *b* a 0,37 *l* vzhledem ke středu základu.

$$\sigma_z = \sigma_{ol} I_2$$

Kontaktní napětí

Na rozdělení napětí v podloží má také vliv rozdělení napětí v základové spáře, tzv. kontaktní napětí. Podstatný vliv na rozdělení a velikost kontaktního napětí má **tuhost základu** a vlastnosti zeminy v podloží. Další vlivy jsou tvar a velikost základové konstrukce, velikost a způsob zatížení, hloubka založení a hloubka hladiny podzemní vody.



Tuhost systému "základová půda - plošný základ"

se určí ze vztahu

$$k = \frac{E}{E_{def}} \cdot \left(\frac{t}{l} \right)^3 \qquad \text{nebo} \qquad k = \frac{E}{E_{def}} \cdot \left(\frac{t}{b} \right)^3$$

$k<1$	základ poddajný (I_1)
$k>1$	základ tuhý (I_2)
E	je modul pružnosti materiálu základové konstrukce
E_{def}	modul přetvárnosti základové půdy
t	tloušťka základové konstrukce
l, b	rozměry konstrukce

Vliv hloubky založení

$z_{r_1} = \chi_1 . z$ viz skripta

Vliv nestlačitelného podloží

$z_{r_2} = \chi_2 . z$ viz skripta

Napětí σ_z od trojúhelníkového zatížení

pro nezatíženou hranu pomocí součinitele I_3 a pod zatíženou hranou pomocí součinitele I_4.

Napětí σ_z od rovnoměrně zatížené kruhové plochy

$$\sigma_z = f . I_5$$