

Stavební geologie a geotechnika

SG 9 Plošné základy

# Druhy základových konstrukcí

## Plošné základy

- Základové patky – pod každý sloup jedna patka
- Základové pasy – pod stěnu (výjimečně pod řadu sloupů)
- Základové rošty – zcela výjimečně pod rastr sloupů
- Základové desky

## Hlubinné základy

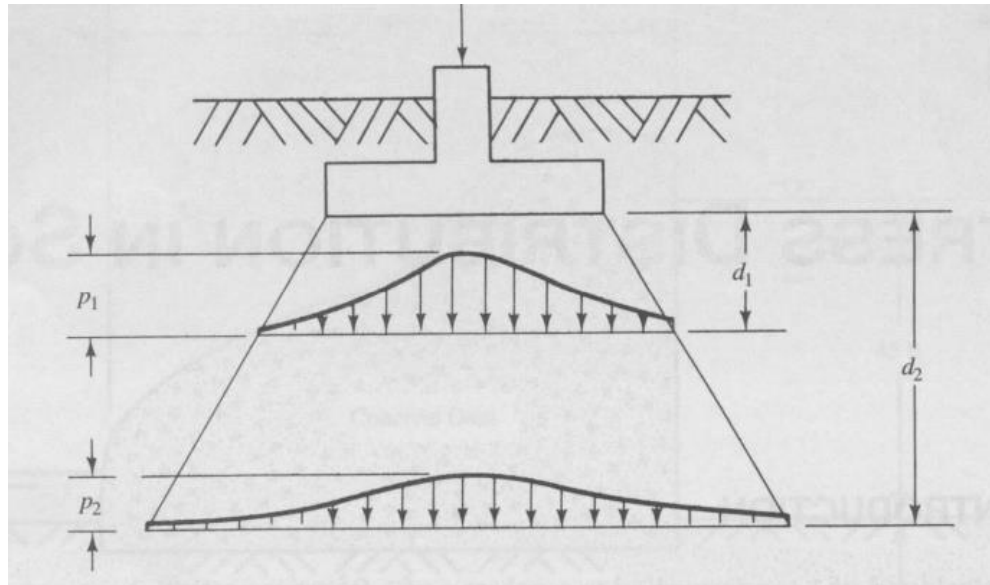
- Železobetonové vrtané piloty
- Ražené nebo předrážené piloty
- Mikropiloty
- Trysková injektáž
- Studny a kesony

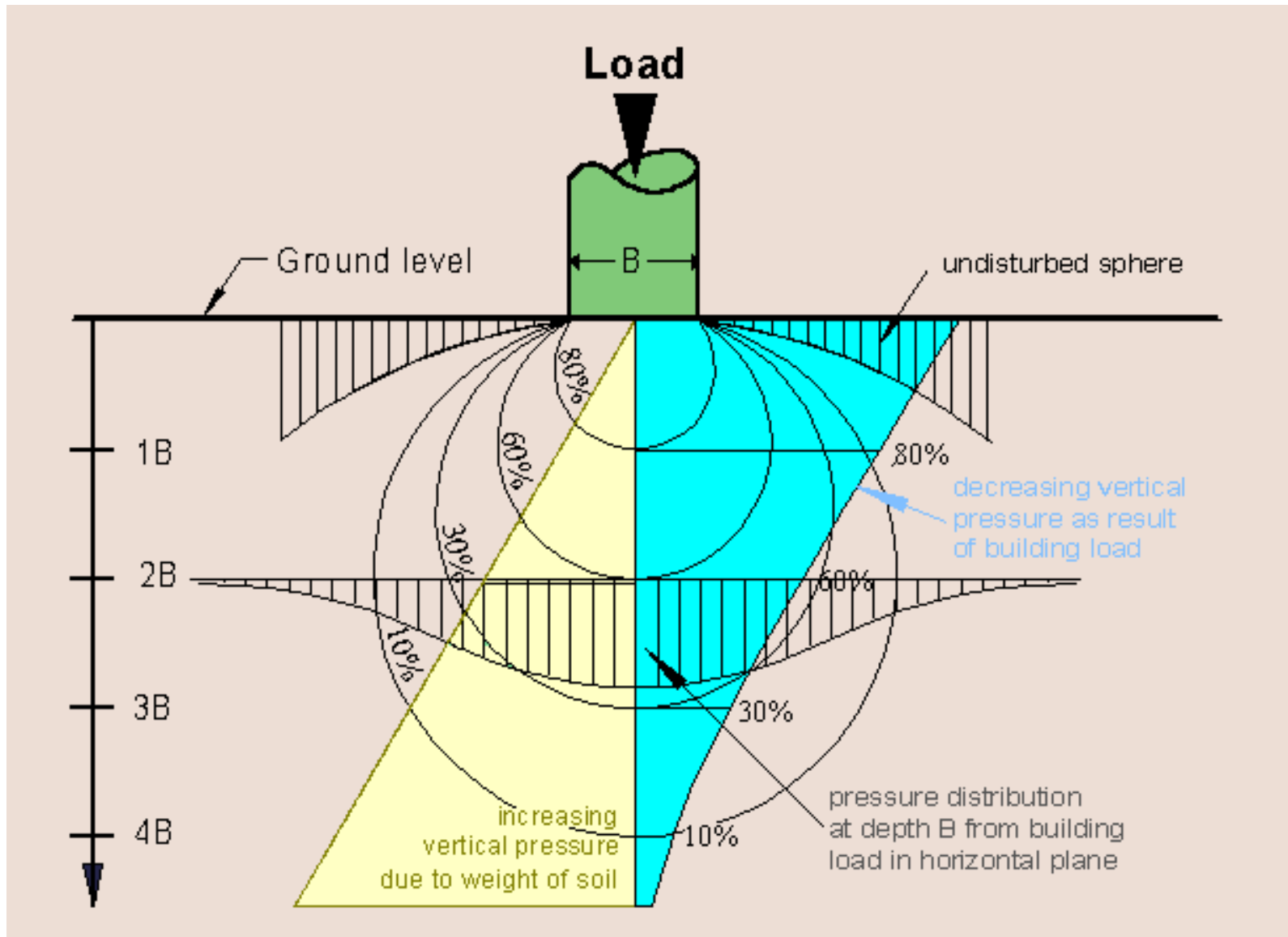
# Plošné základy

- V dobrých základových podmínkách
  - Na skalních a poloskalních horninách
  - Na **nesoudržných** základových půdách (štěrk, písek) **alespoň středně ulehlých**
  - Na soudržných zeminách alespoň tuhé konzistence
- Na kyprých nesoudržných zeminách se bez úprav plošně zakládat nedá!
- Na měkkých soudržných zeminách se bez úprav plošně zakládat nedá!
- Cena 1 m<sup>3</sup> betonu v patce i v pilotě je v ČR zhruba stejná
- Cenově výhodnější je ten způsob založení (patka, pilota) který má menší spotřebu betonu
- Pokud vyjde patka pod sloupem velká, nahradíme ji pilotou

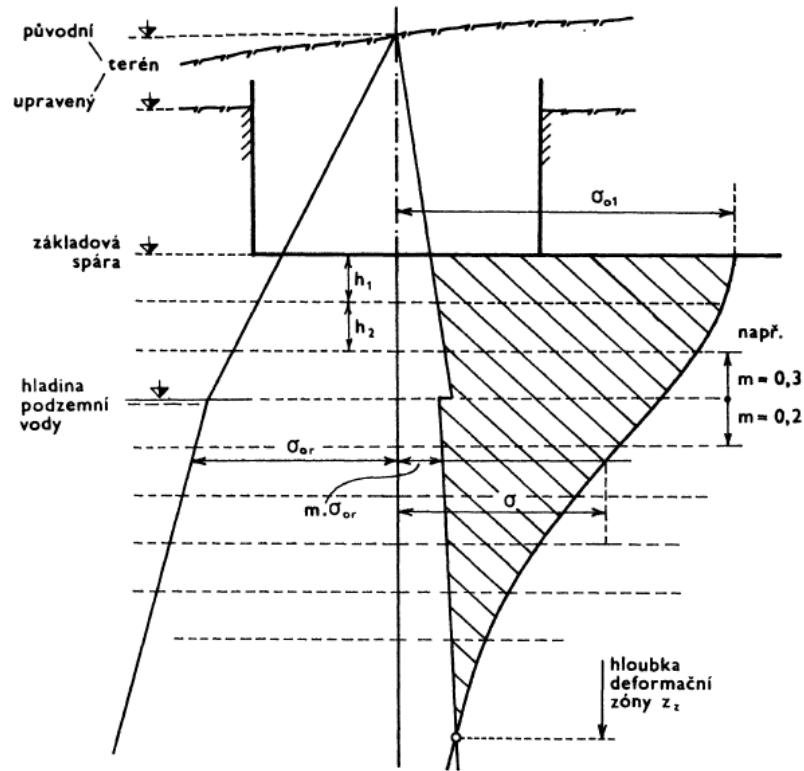
# Deformační (aktivní) hloubka pod základem

- Základová půda se nechová pružně, ale přetváří se plasticky -  $E_{\text{def}}$
- Základová půda se deformuje až při překročení **strukturní pevnosti** (dojde k posunům a pootočením zrn)
- **Geostatické napětí** je napětí v rostlé zemině bez přitížení základem
- Strukturní pevnost lze stanovit jako  $m$ -násobek geostatického napětí
- Při zatížení základové spáry se zatížení roznáší do stran a směrem do hloubky klesá intenzita zatížení



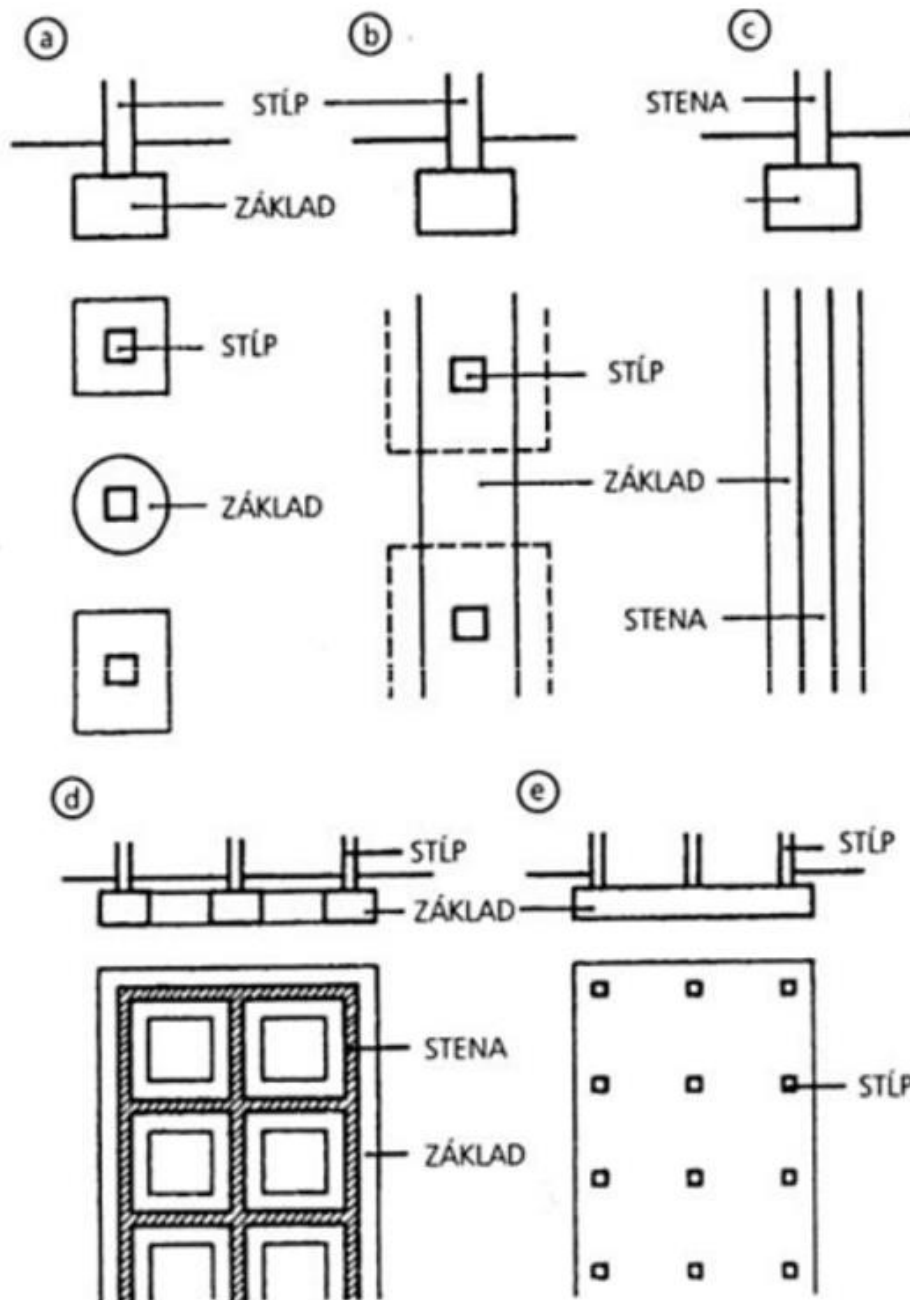


**Deformační (aktivní) zóna** je oblast pod základem, ve které přetížení od základu překročí strukturální pevnost zeminy a v důsledku toho dojde ke stlačení zeminy – deformuje se



- Základovou půdu v rozsahu aktivní zóny lze považovat za součást stavby (spolupůsobí se stavbou a ovlivňuje její chování)
- Zhruba lze hloubku aktivní zóny odhadnout jako **dvojnásobek až trojnásobek šířky základu**

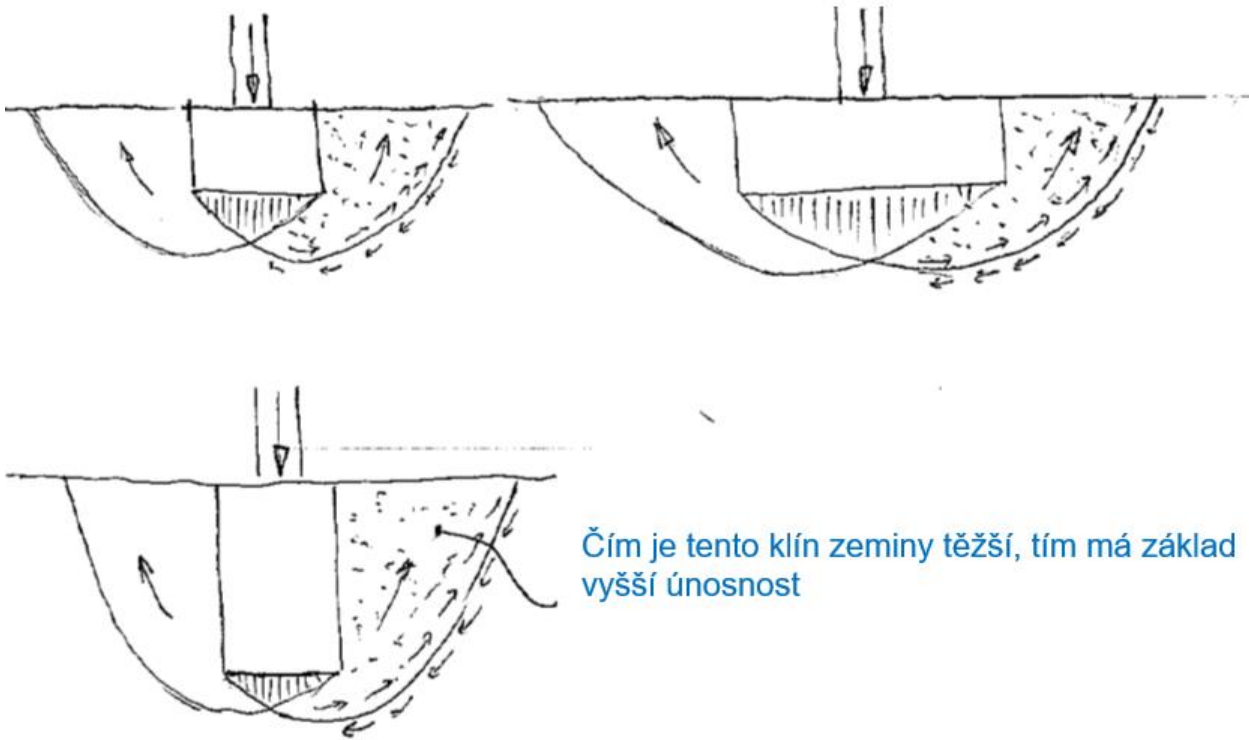
# Druhy plošných základů



- a – patky pod sloupy
- b – pas pod sloupy
- c – pas pod stěnou
- d – rošt pod sloupy
- e – deska pod sloupy

# Únosnost plošného základu závisí na:

- Na druhu základové půdy – především na smykové pevnosti zeminy
- Na šířce a tvaru základové spáry  $\tau = c + \sigma \cdot \tan \varphi$
- Na hloubce založení
- Na úrovni hladiny podzemní vody





# Únosnost základové půdy

- Lze stanovit výpočtem z geomechanických charakteristik zákl. půdy
- Přibližně lze stanovit z tabulek únosností základových půd
- Tabulky únosnosti podle ČSN 73 1004 Navrhování základových konstrukcí

## Soudržné zeminy

Tabulka A.1 – Hodnoty tabulkové návrhové únosnosti  $q_{dt}$  pro zeminy jemnozrné

Třída zeminy	Značka	Tabulková návrhová únosnost $q_{dt}$ [kPa]			
		Konzistence			
		měkká	tuhá	pevná	tvrdá
F1	grSi	110	200	300	500
F2	Clgr	100	175	275	450
F3	Sisa	100	175	275	450
F4	Clsa	80	150	250	400
F5	SiM S,L	70	150	250	400
F6	CiM cI,L	50	100	200	350
F7	SiH, SiV, E	50	100	200	350
F8	CIH, cIV, cIE	40	80	100	300

# Nesoudržné zeminy

Tabulka A.2 – Hodnoty tabulkové návrhové únosnosti  $q_{dt}$  pro zeminy písčité

Třída zeminy	Značka	Tabulková návrhová únosnost $q_{dt}$ [kPa]			
		šířka základu B [m]			
		0,5	1,0	3,0	6,0
S1	SaW	300	500	800	600
S2	SaP	250	350	600	500
S3	Sa-F	225	275	400	325
S4	Sasi	175	225	300	250
S5	Sacl	125	175	225	175

Tabulka A.3 – Hodnoty tabulkové návrhové únosnosti  $q_{dt}$  pro zeminy šterkovité

Třída zeminy	Značka	Tabulková návrhová únosnost $q_{dt}$ [kPa]			
		šířka základu B [m]			
		0,5	1,0	3,0	6,0
G1	GrW	500	800	1000	800
G2	GrP	400	650	850	650
G3	Gr-F	300	450	700	500
G4	Grsi	250	300	400	300
G5	Grcl	150	200	250	200

## Skalní a poloskalní horniny

Tabulka A.4 – Hodnoty tabulkové návrhové únosnosti  $q_{dt}$  pro skalní horniny

Zatřídění skalních hornin podle pevnosti			Tabulková návrhová únosnost $q_{dt}$ [MPa]		
Třída	Prostá tlaková pevnost $\sigma_c$ [MPa]	Označení pevnosti	Střední hustota diskontinuit – vzdálenost [mm]		
			velmi malá až malá > 600	střední až velká 600 až 60	velmi velká až extrémně velká < 60
R1	> 150	velmi vysoká	8	4	2,5
R2	50 až 150	vysoká	4	2	1,2
R3	15 až 50	střední	1,6	0,8	0,5
R4	5 až 15	nízká	0,8	0,4	0,25
R5	1,5 až 5	velmi nízká	0,6	0,3	0,2
R6	0,5 až 1,5	extrémně nízká	0,4	0,25	0,15

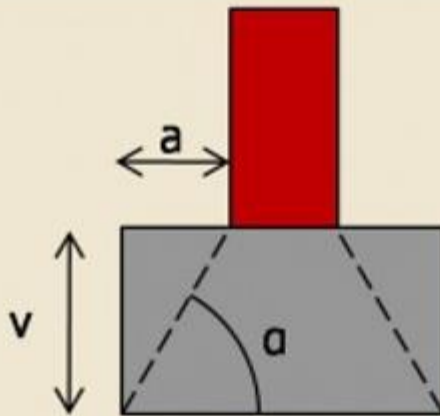
# Základové patky

- Patka z prostého betonu musí mít výšku  $v$

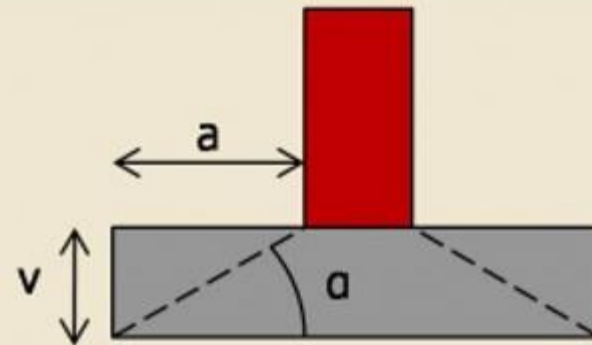
$$v \geq 1,176 \cdot a \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot \sigma_{gd}}{f_{ctd}}} \quad \text{bezpečně ze uvažovat} \quad v \geq 2 \cdot a$$

kde  $\sigma_{gd}$  je kontaktní napětí v základové spáře

- Patka ze železobetonu



Proporce základu z prostého betonu



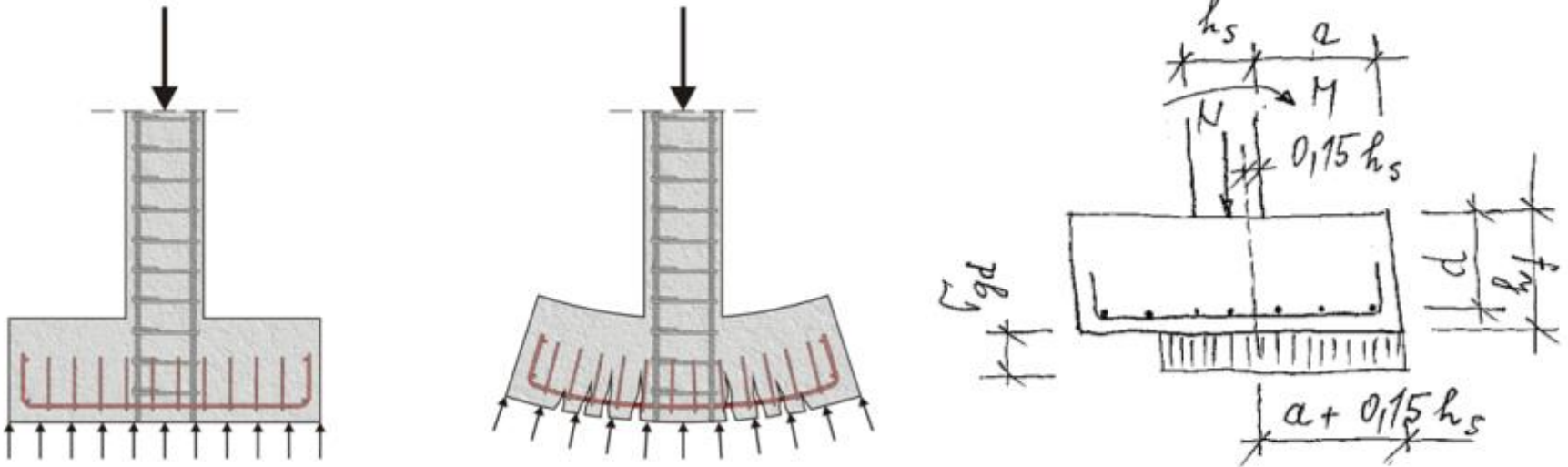
Proporce základu ze železobetonu

$$\alpha \geq 63,5^\circ$$

# Železobetonová patka (vnitřní únosnost patky)

– nutno posoudit ohyb patky a protlačení sloupu patkou

- Posouzení na ohyb – patka se nesmí rozlomit  
zde pouze orientačně, bude probráno v předmětu BK1

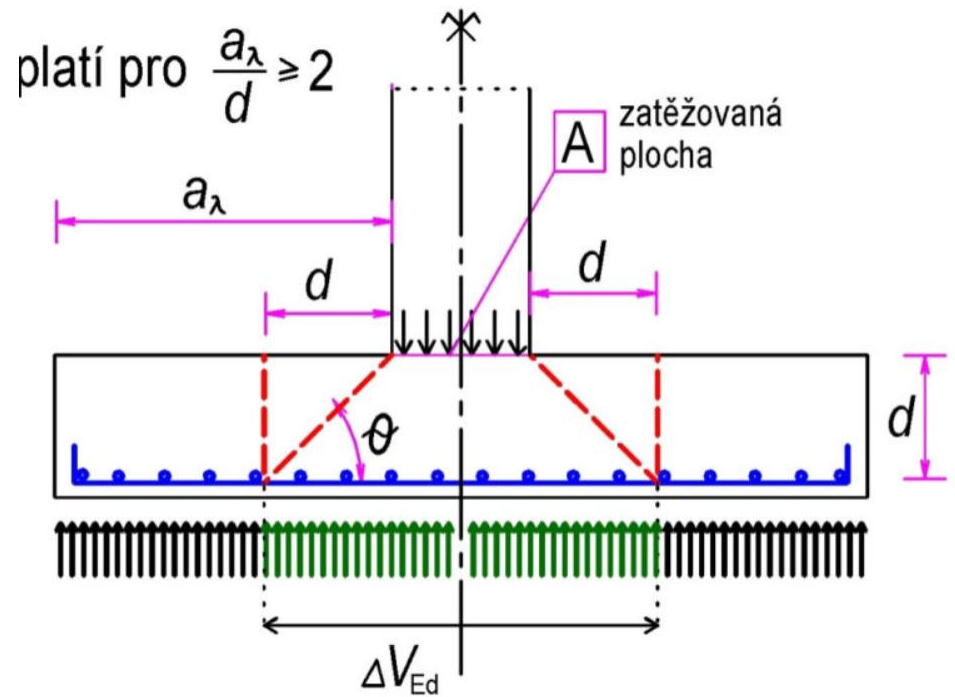
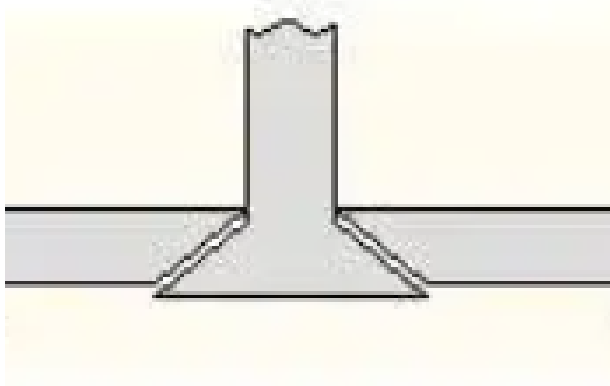


- Výztuž při spodním povrchu patky dimenzujeme na moment

$$M_{Ed} = 0,5 \cdot \sigma_{gd} \cdot b \cdot (a + 0,15 \cdot h_s)^2$$

# Železobetonová patka (vnitřní únosnost patky)

- Protlačení sloupu patkou - sloup se nesmí protlačit patkou zde pouze orientačně, bude probráno v předmětu BK1

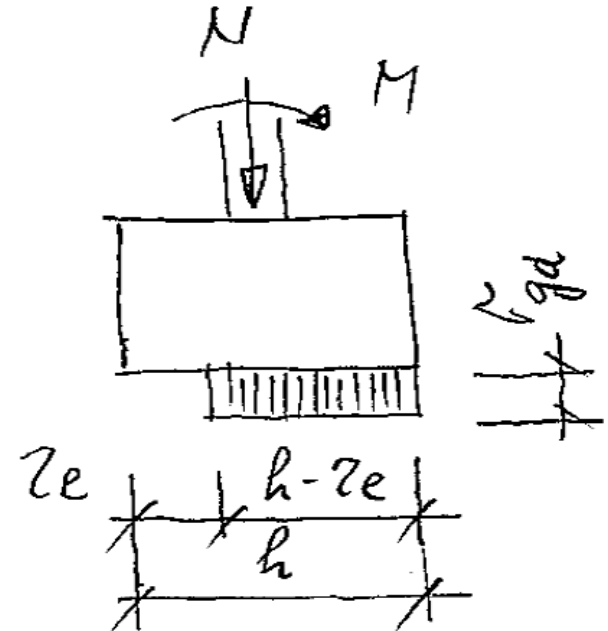


# Základová půda pod patkou (vnější únosnost patky)

- Základová patka je zpravidla zatížena kombinací  $N$  a  $M$  (excentrickým tlakem s excentricitou  $e = \frac{M}{N}$ )
- Uvažujeme s rovnoměrně rozloženým napětím v základové spáře na efektivní ploše půdorysu základu  $A_{eff} = b \cdot (h - 2e)$
- Napětí v základové spáře se pak stanoví jako:

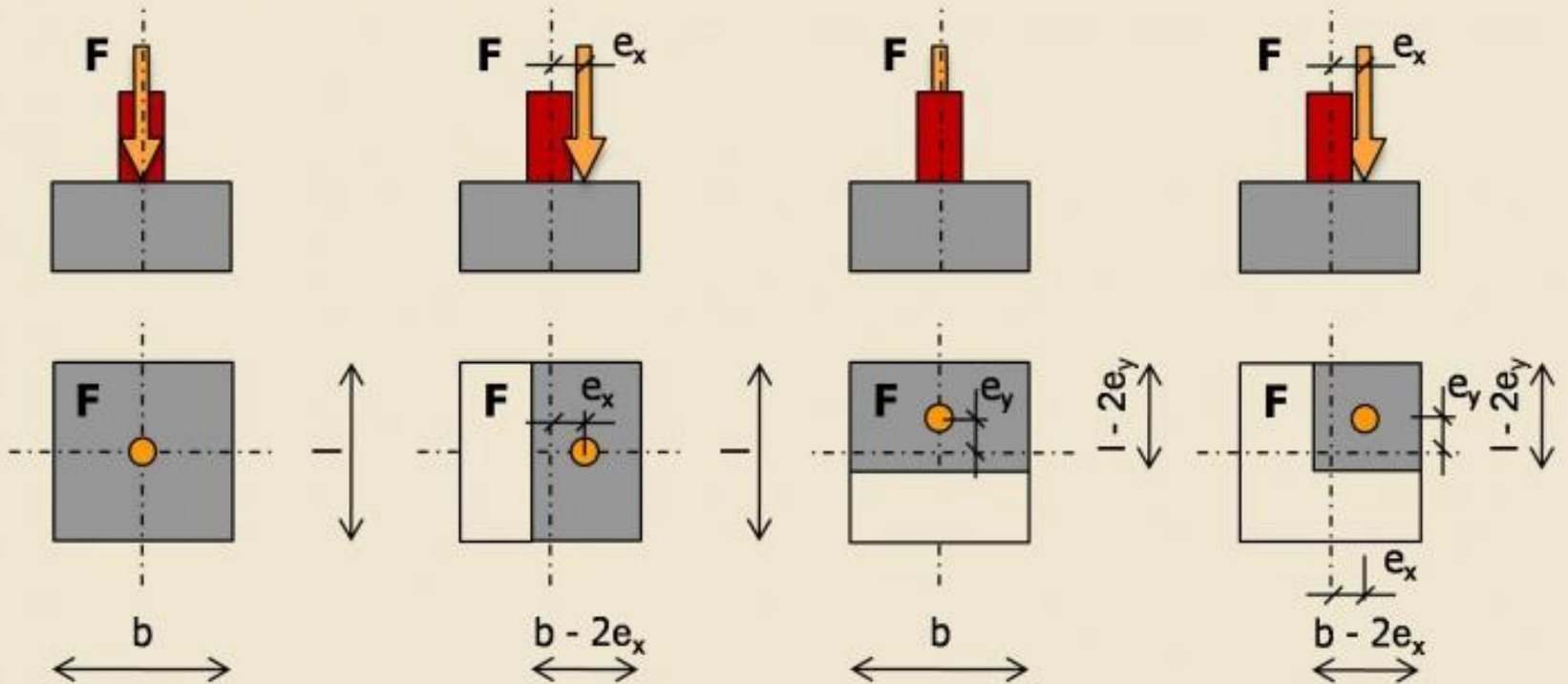
$$\sigma_{gd,max} = \frac{N}{b \cdot (h - 2 \cdot e)} \leq q_{dt}$$

- Takto vypočtené napětí nesmí překročit únosnost základové půdy  $q_{dt}$
- Pro excentricitu zatížení musí platit  $e \leq \frac{h}{3}$



# Určení efektivní plocha patky při různé poloze výslednice zatížení

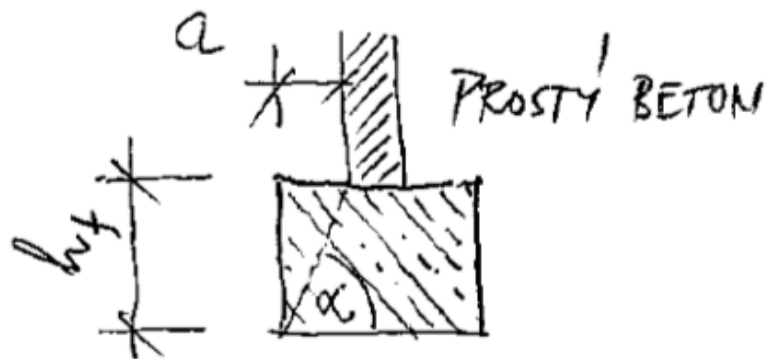
## ■ určení efektivní plochy plošného základu





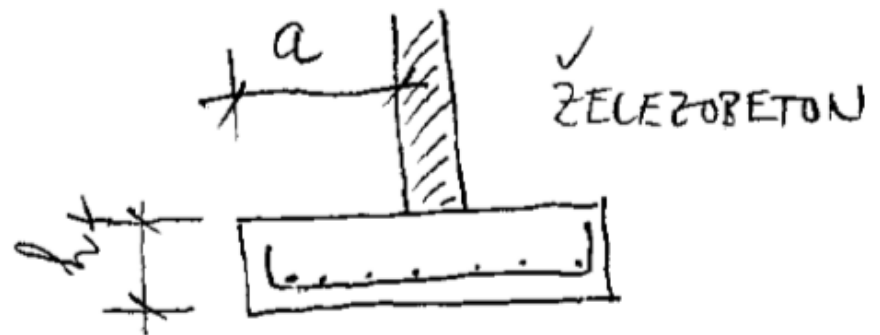
# Základový pas pod stěnou (zděnou, nebo betonovou)

- Řeší se stejně, jako základová patka
- Pas může být z prostého betonu, nebo ze železobetonu
- Pas pod stěnou je namáhán pouze v příčném směru



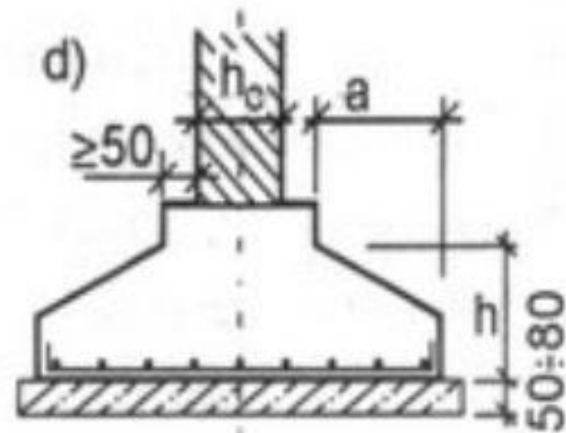
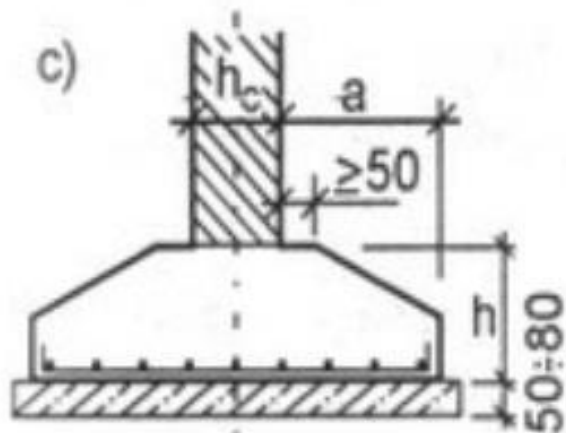
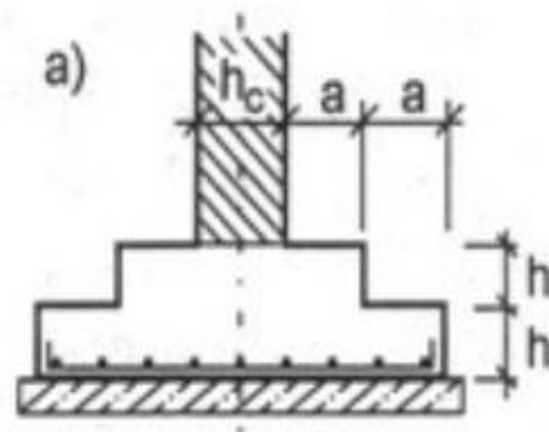
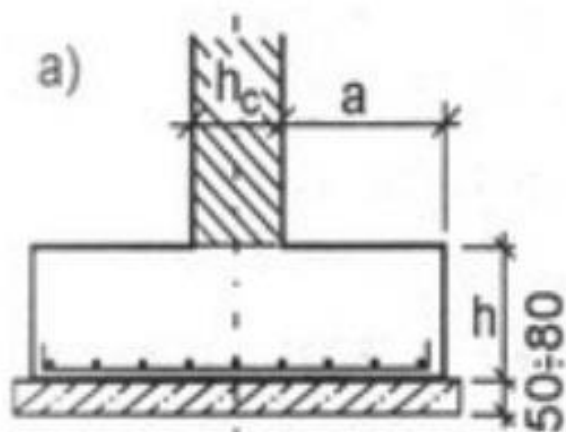
$$\alpha \geq 63,5^\circ$$

$$h_f \geq 2a$$



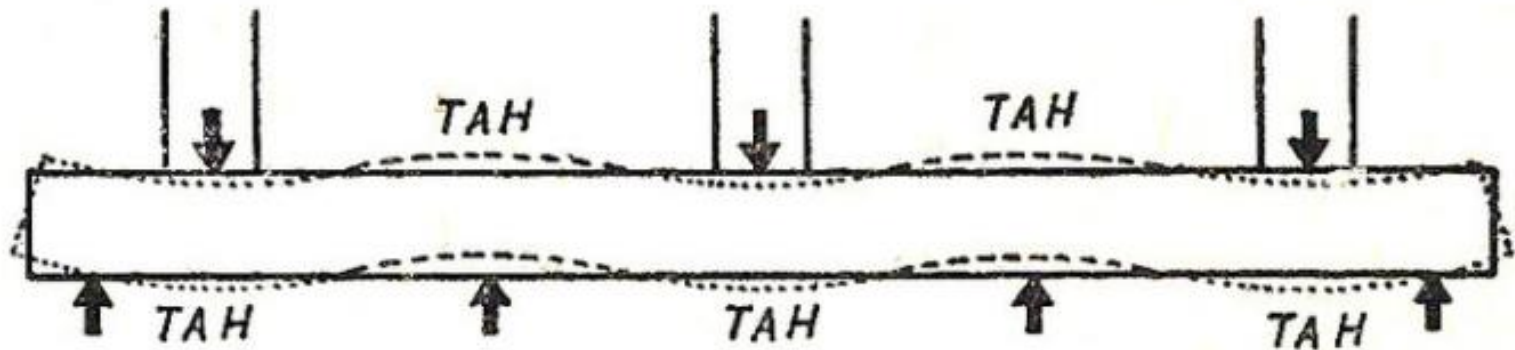
$$\text{běžně } h_f < a$$

# Různé průřezy železobetonových základových pasů



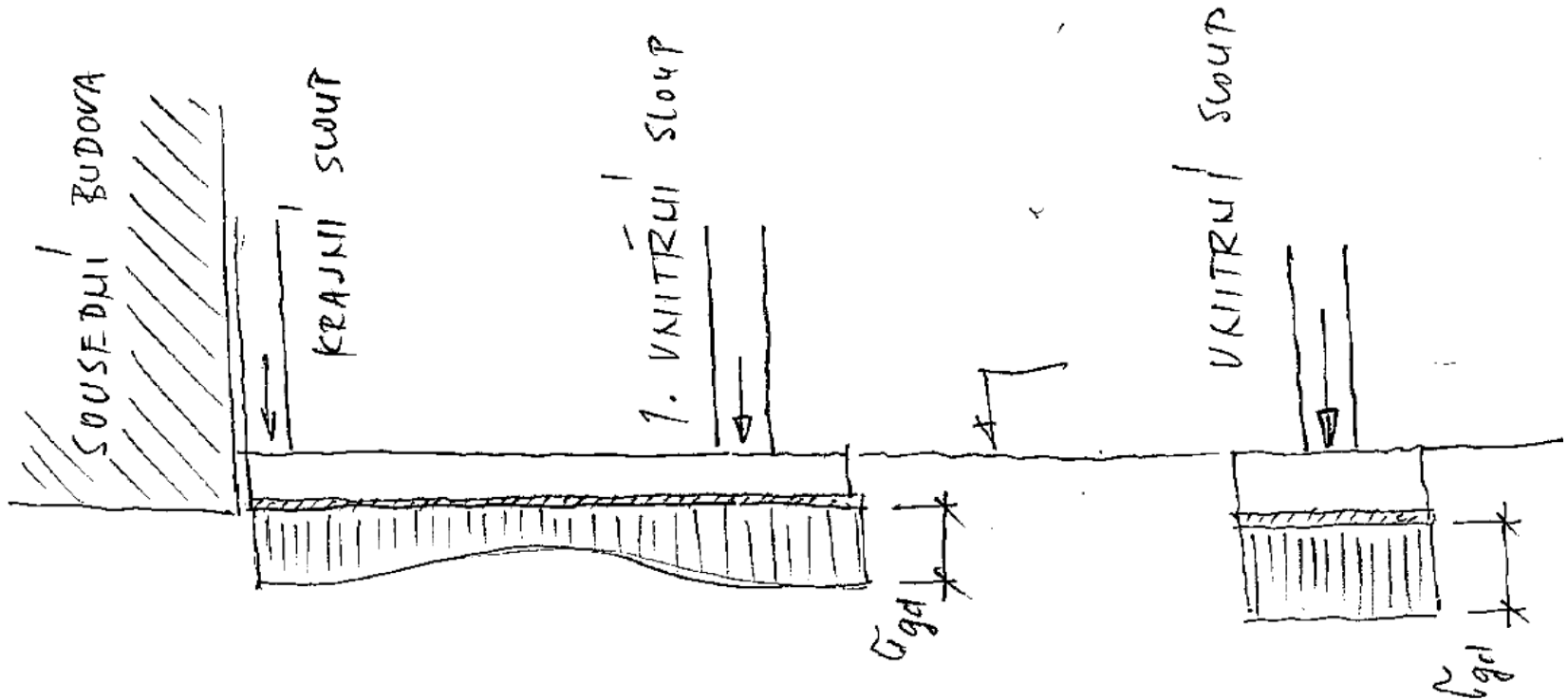
# Základový pas pod sloupy

- Používá se zřídka
- V případě, že vyjde patka příliš velká, je ekonomičtější založení na pilotě (místo na pasech, které by bylo nutno silně vyztužit)
- Pas pod sloupy by měl být vždy železobetonový
- Pas pod sloupy je namáhán jak v příčném, tak v podélném směru



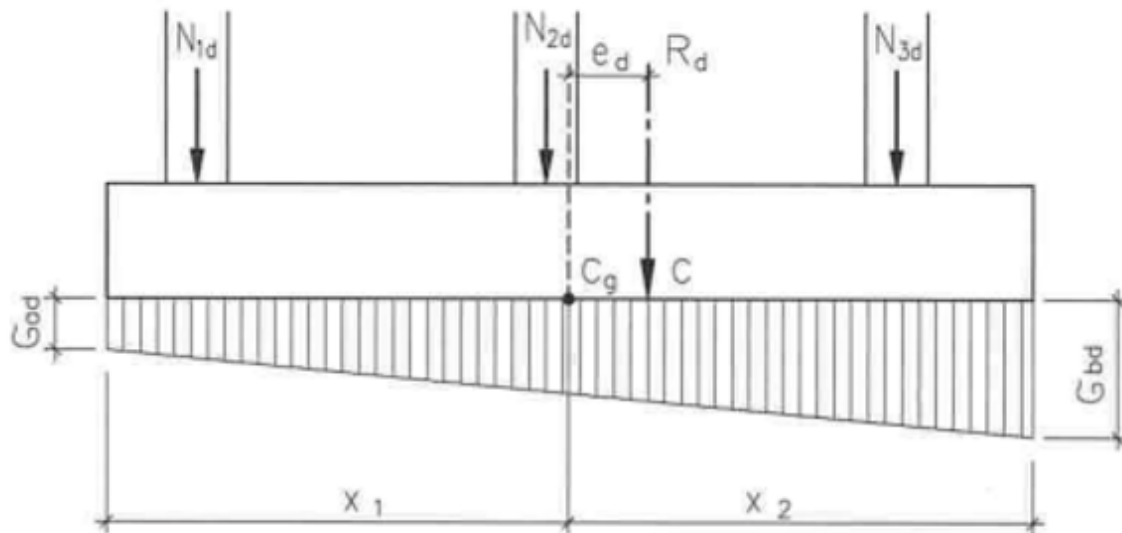
# Základový pas pod sloupy

- Nejčastější použití základového pasu pod sloupy je na okraji budovy kdy krajní sloup stojí na konci pasu
- Rozložení napětí po délce pasu závisí na poměru tuhosti základu a vrchní stavby



# Vysoký – tuhý (nedeformovatelný) základový pas

- Lze uvažovat lineární průběh napětí po délce pasu
- Ohybové momenty a posouvající síly se stanoví jako na prostém nosníku zatíženém shora sílami ve sloupech a zdola kontaktním napětím v základové spáře



$$R_d = N_{1d} + N_{2d} + N_{3d}$$

je výslednice všech sil

$$\sigma_{a,b} = \frac{R_d}{L \cdot B} \left( 1 \mp \frac{6 \cdot e_d}{L} \right)$$

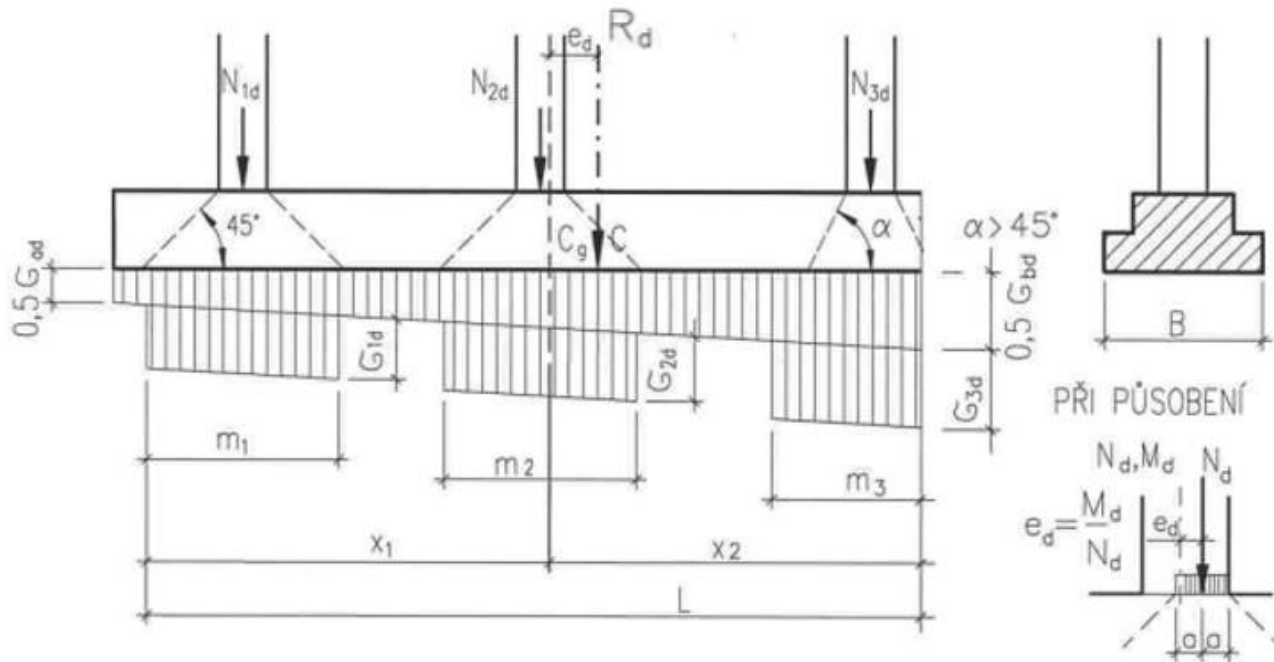
$\sigma_{a,b}$  jsou napětí v základové spáře

$$L = x_1 + x_2$$

$B$  je šířka pasu

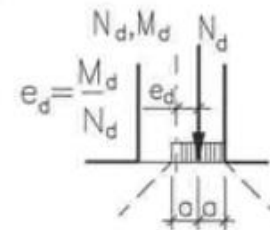
# Nízký – měkký základ pod tuhou vrchní stavbou

- Část zatížení se přenáší přímo do základové půdy pod sloupem
- Přibližně lze uvažovat přenos poloviny zatížení do celého pasu a druhé poloviny zatížení pod sloupy s roznosem pod úhlem  $45^\circ$  přes výšku pasu
- Ohybové momenty a posouvající síly se stanoví jako na spojitém nosníku, podepřeném podporami v místě sloupů



$R_d = N_{1d} + N_{2d} + N_{3d}$   
je výslednice všech sil

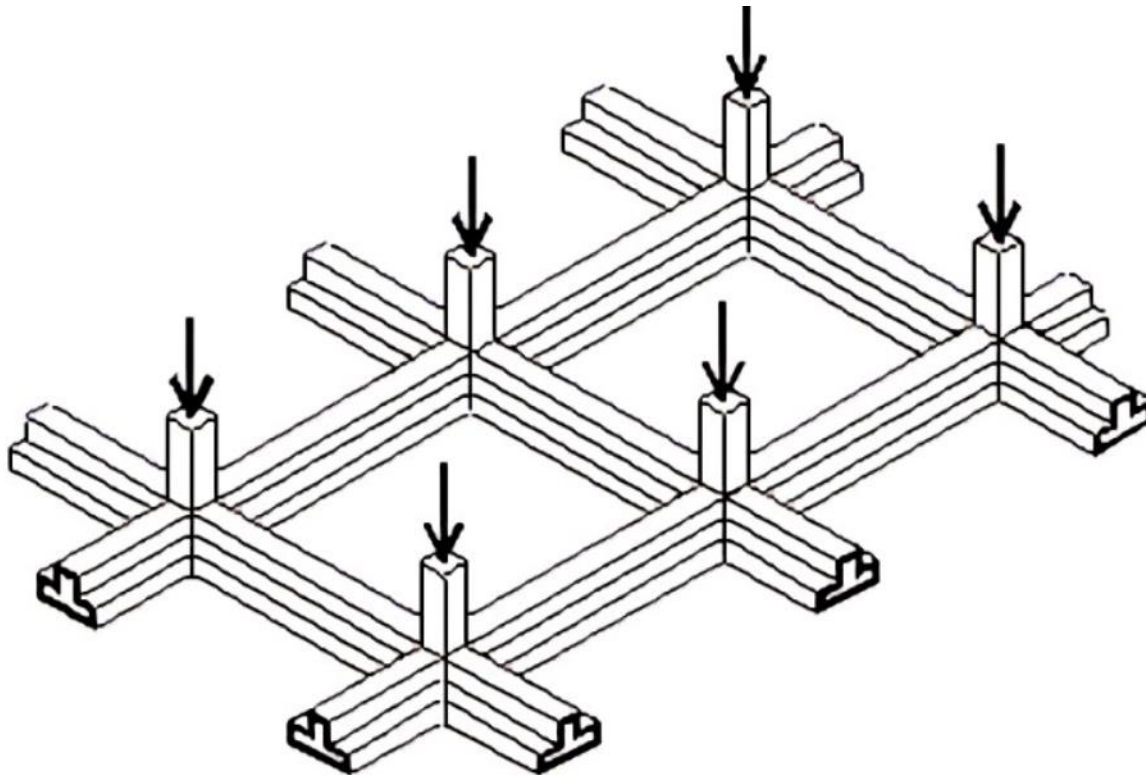
PŘI PŮSOBNÍ



$$\sigma_{a,b} = \frac{R_d}{L \cdot b} \left( 1 \mp \frac{6 \cdot e_d}{L} \right) \quad \sigma_{id} = \frac{1 \cdot N_{i,d}}{2 \cdot m_i \cdot B}$$

# Základový rošt pod sloupy

- Vzájemně kolmé pasy, křížící se pod sloupy
- Používal se při nedostatečné únosnosti základové půdy
- V současné době se používá výjimečně, nahrazuje se pilotami pod sloupy (levnější řešení)

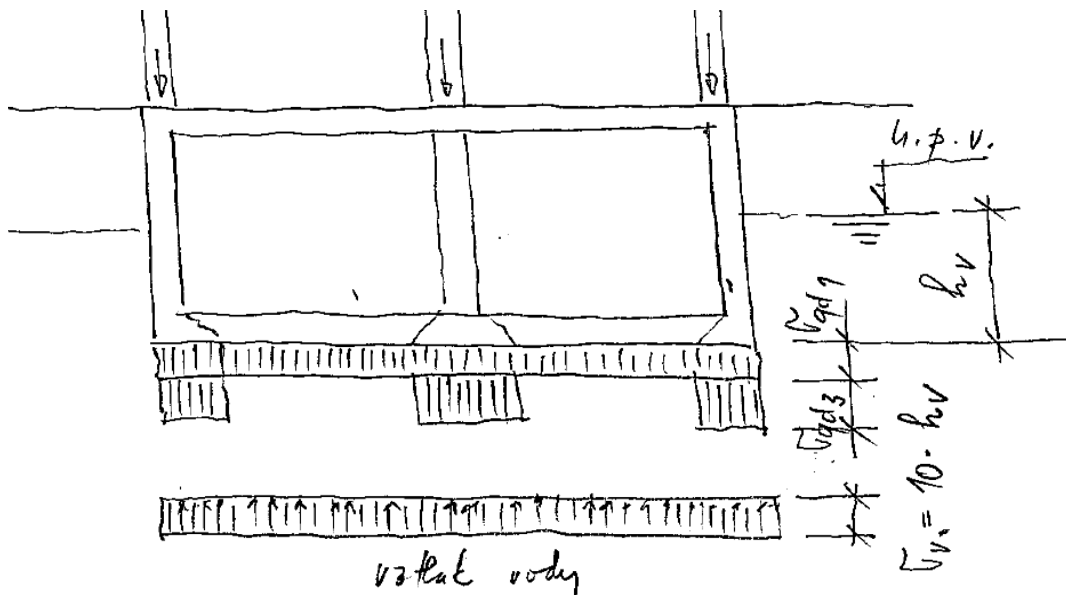


# Základová deska, používá se zejména v následujících případech:

- Suterény staveb **pod hladinou podzemní vody**
- Jednoduché lehké stavby - **dřevostavby**
- U **pasivních domů**, kdy je třeba základ domu tepelně izolovat
- **Výškové stavby** – typicky tlustá deska podepřená pilotami

## Suterén pod hladinou podzemní vody – dnes typicky **bílá vana**

- Základová deska je zatížena reakcí základové půdy a **hydrostatickým vztlakem podzemní vody**



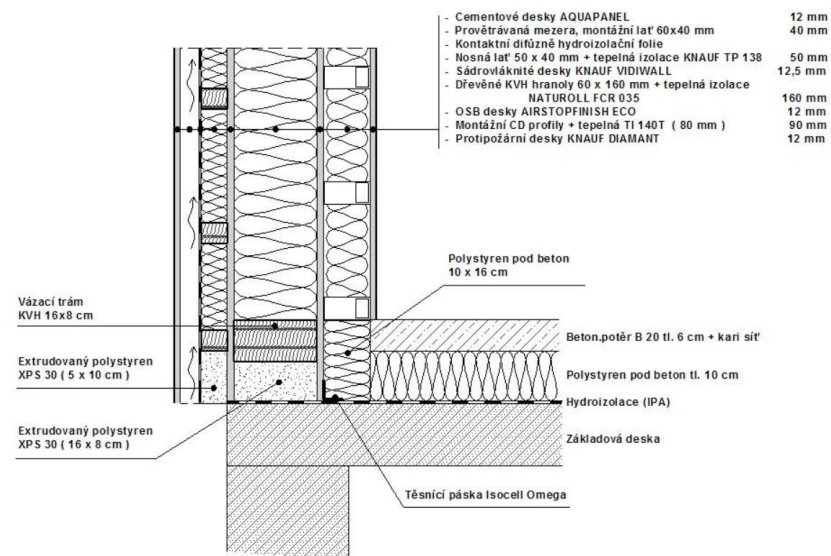
Bílá vana je vodotěsná železobetonová krabice suterénu stavby, zatížená hydrostatickým tlakem vody, bez vnější povlakové izolace. Bude podrobně probrána V předmětu BK2



# Základová deska jednoduché lehké stavby

## Jednoduché lehké stavby – dřevostavby

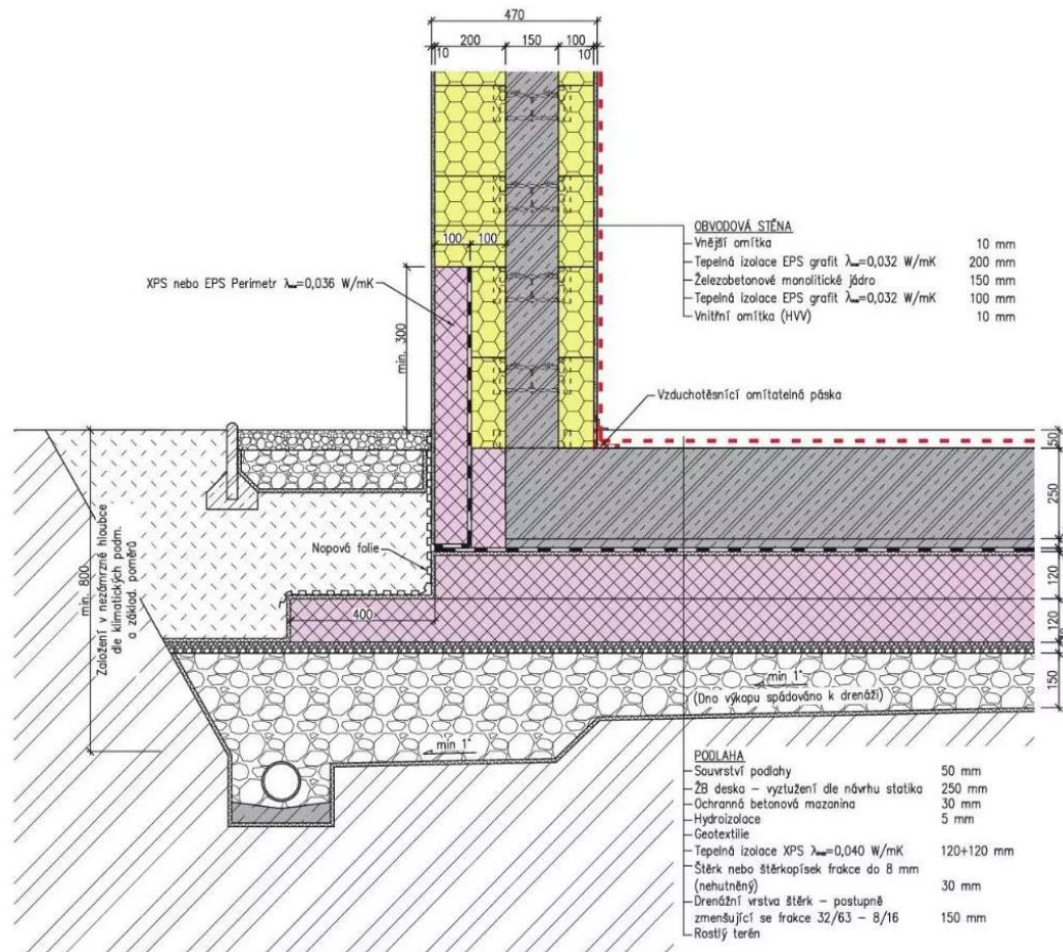
- Tenká železobetonová základová deska (typicky 150 – 200 mm)
- Deska nahrazuje podkladní beton



Deska obvykle 150 – 200 mm tlustá  
Obvodový pas do nezámrné hloubky  
(obvykle 800 až 1200 mm)

# Detail založení pasivního domu na desce

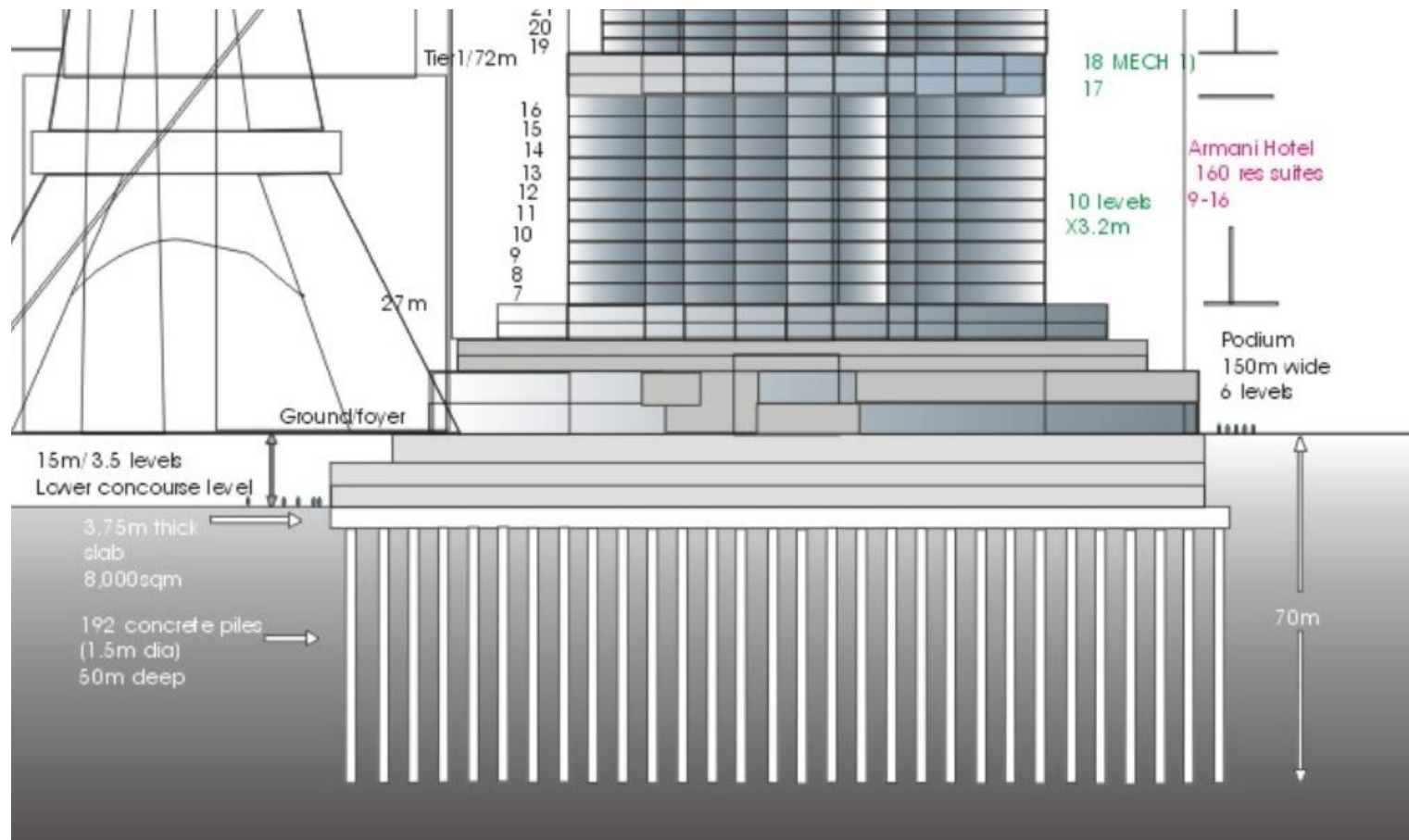
- Deska založená na tepelnou izolaci
- Proti promrznutí chrání základ tepelná izolace + nenamrzavý podsyp odvodněný drenáží



# Zakládání vysokých budov na tlusté desce podepřené pilotami

- Nutnost rozložit zatížení na celý půdorys budovy
- Základová deska tloušťky 2 až 4 m
- Piloty – běžný průměr 1500 mm

Příklad – Burj Khalifa (Dubaj, 2010, 828 m) – deska + piloty



# Hloubka založení plošných základů

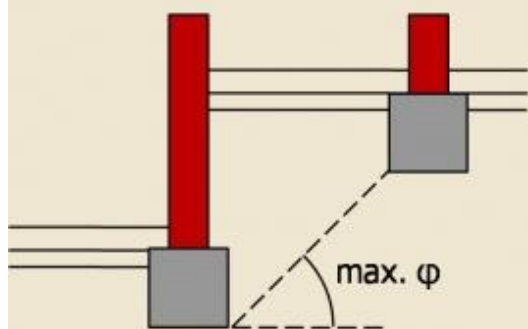
- **Nezámrzná hloubka**
  - Stanoví geolog v rámci IGP, obvykle 800 až 1200 mm
  - Minimálně **800 mm pod úrovní upraveného terénu**
  - V nenamrzavých (skalních) horninách lze snížit na 400 mm
- **Při zakládání na objemově nestálých základových půdách**
  - Soudržné zeminy F7 a F8 (jíly s velmi vysokou plasticitou)  
Minimálně **1 600 mm pod úrovní upraveného terénu**  
(problém smršťování a bobtnání jílu při změně vlhkosti)

# Vzájemné ovlivňování plošných základů

- Zakládání v různých výškových úrovních

■ hloubku založení mohou ovlivňovat také sousední základy:

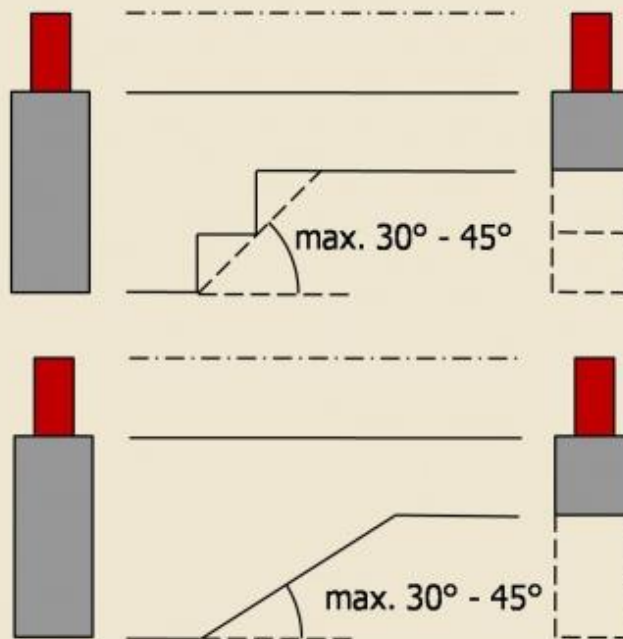
- základové spáry sousedních budov se nesmějí ovlivňovat (přetížení nižšího základu výše položeným základem)
- úhel spojnice základů je roven úhlu vnitřního tření pro sytké zeminy pro soudržné zeminy je max.  $45^\circ$
- rozměr stupňů cca 500/500



Výškové uspořádání sousedních základů

Změna výškové úrovně základového pasu

- a) stupňování
- b) sklonitý přechod



$\varphi$  je úhel vnitřního tření zeminy

# Zakládání stavby v kontaktu se sousední stávající budovou

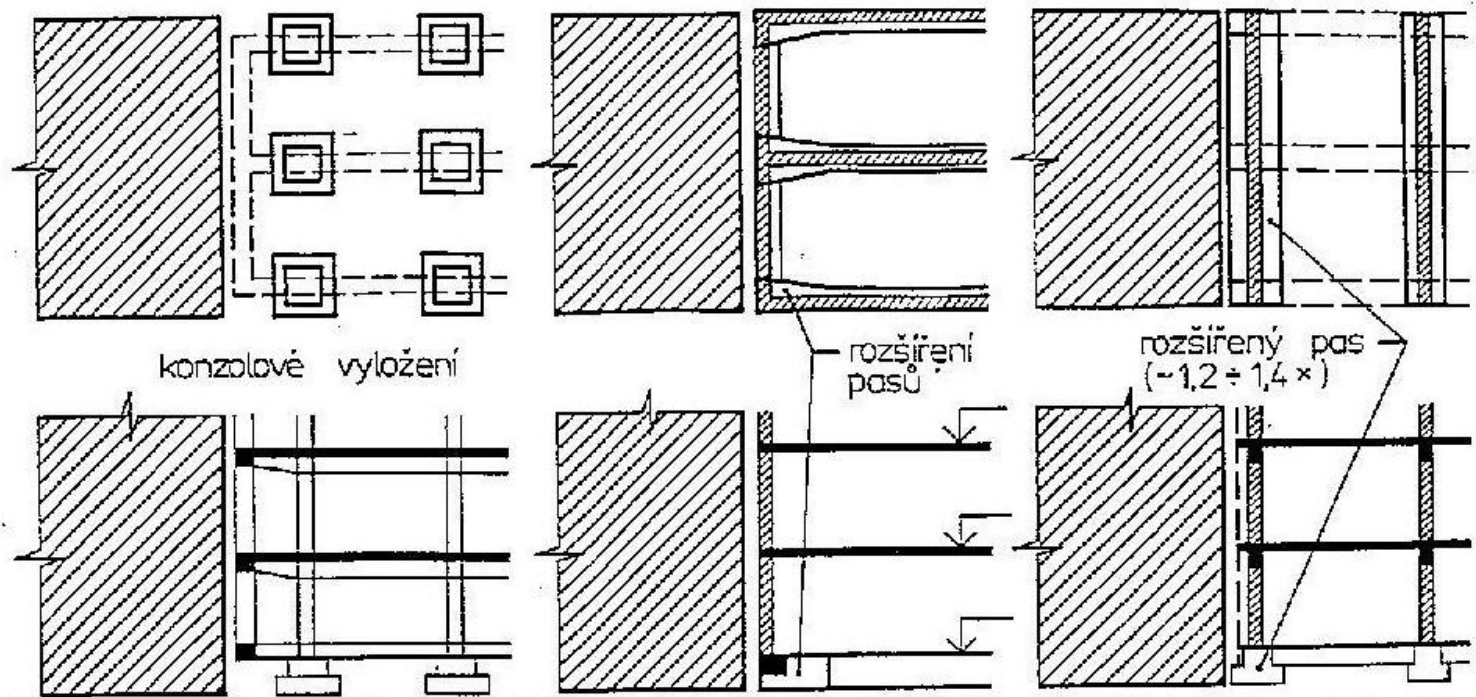
- V rámci IGP ověřit založení stávajícího domu kopanou sondou
- Provést předběžný stavebně-technický průzkum domu
- Navrhnout způsob monitoringu stávajícího domu v průběhu výstavby (především sledování starých poruch)
- Novostavbu založit vždy na stejnou výškovou úroveň, jako stávající základ
- Pokud je to možné, odsunout nový základ od základu stávajícího
- V případě kontaktu základů vzít v úvahu ovlivnění (dosednutí) stávajícího základu

## Řešení:

- Odsunout nové sloupy od stávající budovy a stropy vykonzolovat
- Založit novou budovu na podélné pasy kolmé ke stávajícímu štítu
- Provést mohutnou konzolu v základech, která vynese všechna patra
- Podepřít nový základ pilotami, nebo mikropilotami

# Řešení:

- Odsunout nové sloupy od stávající budovy a stropy vykonzolovat
- **Založit novou budovu na podélné pasy**
- Provést mohutnou konzolu v základech, která vynese všechna patra
- **Podepřít nový základ pilotami, nebo mikropilotami**



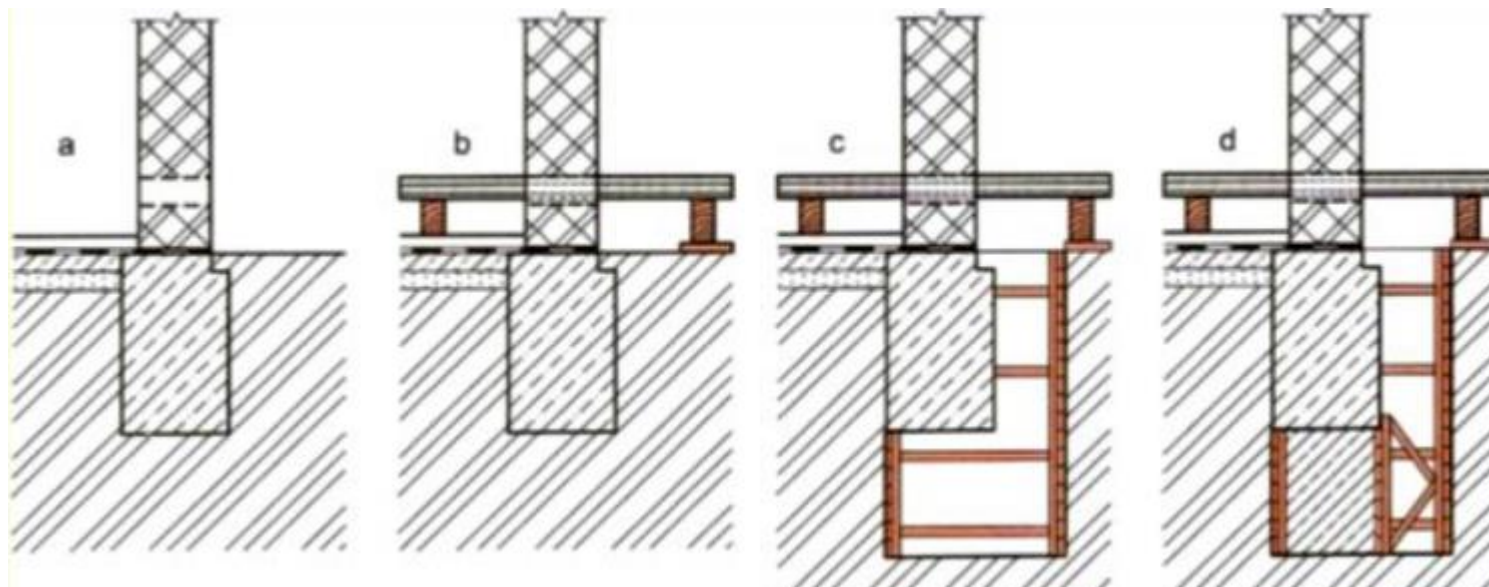
• OSAZENÍ PATEK (SLOUPŮ) OD STÁVAJÍCÍ BUDOVY

• KOLMÉ USPOŘÁDÁNÍ PASŮ A ROZŠÍŘENÍ U STÁVAJÍCÍ BUDOVY

• ROZŠÍŘENÍ PASU PŘILEHAJÍCÍHO KE STÁVAJÍCÍ BUDOVĚ

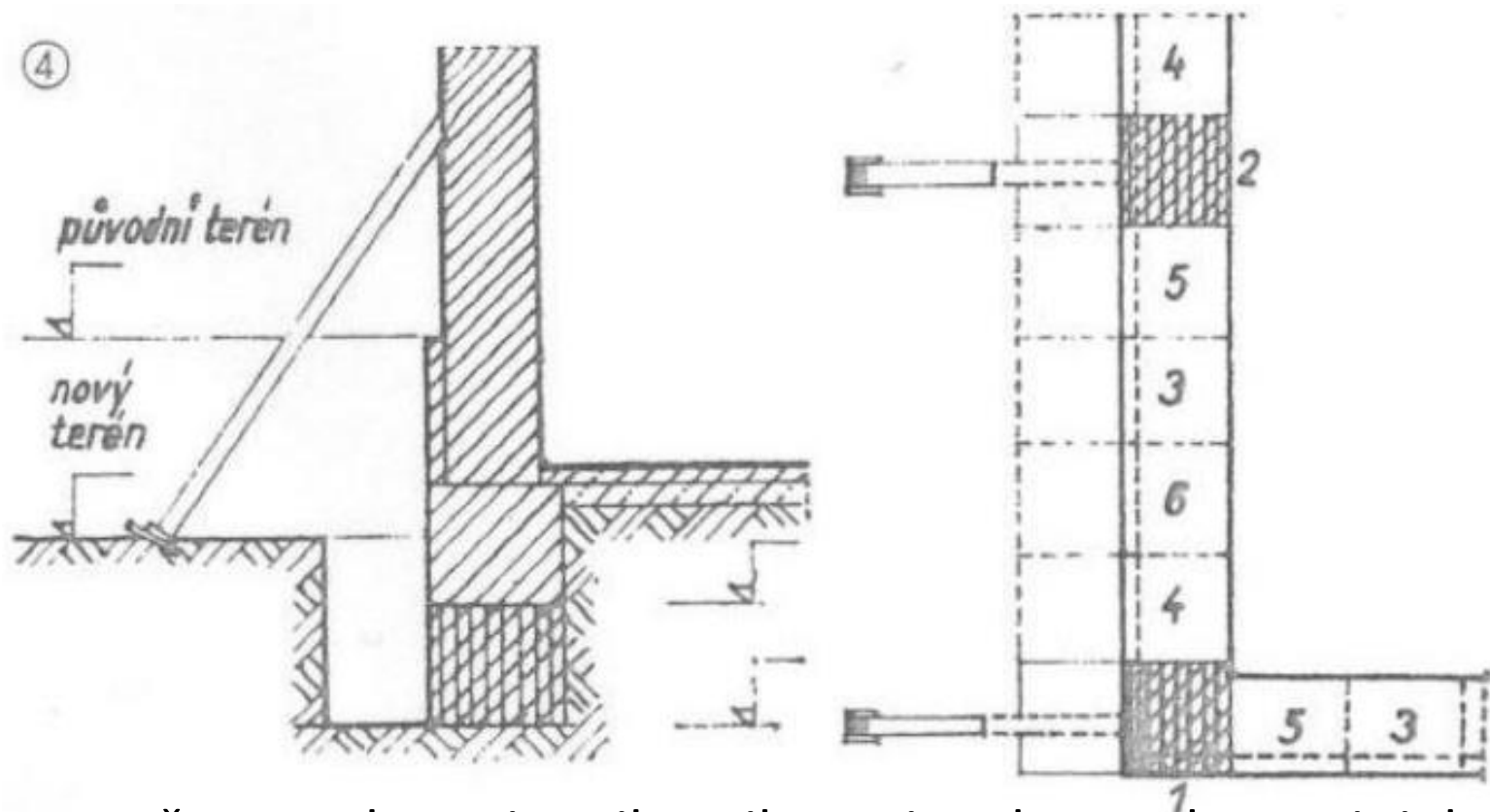
# Podchycování základů stávající susední budovy

- Plošný základ nové přístavby je nutno založit na stejnou výškovou úroveň
- Pokud je stávající základ výše, je nutno ho po částech podchytit





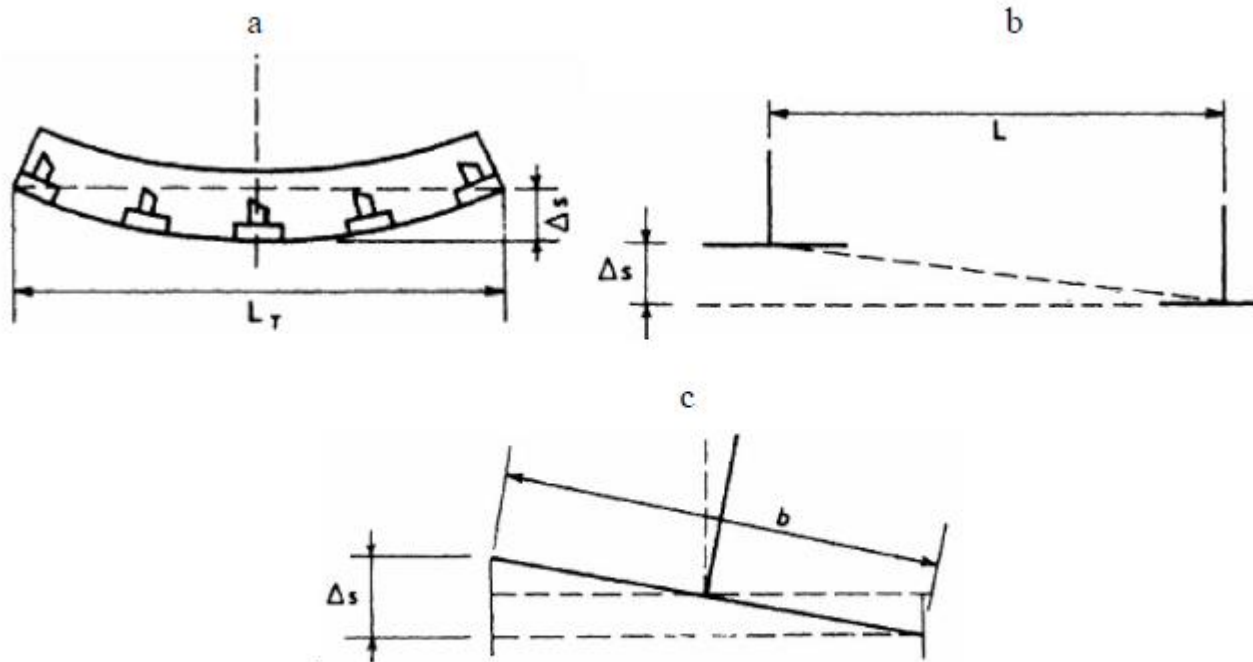
- Podchycování se provádí postupně po jednotlivých záběrech
- Podchycování se provádí podbetonováním nebo podezděním
- Zpravidla postupně ve čtyřech etapách
- Šířka záběru bývá 1,0 až 1,5 m



- Dnes se často nahrazuje mikropilotami, nebo tryskovou injektáží bude podrobně probráno v dalších přednáškách

# Sedání základů

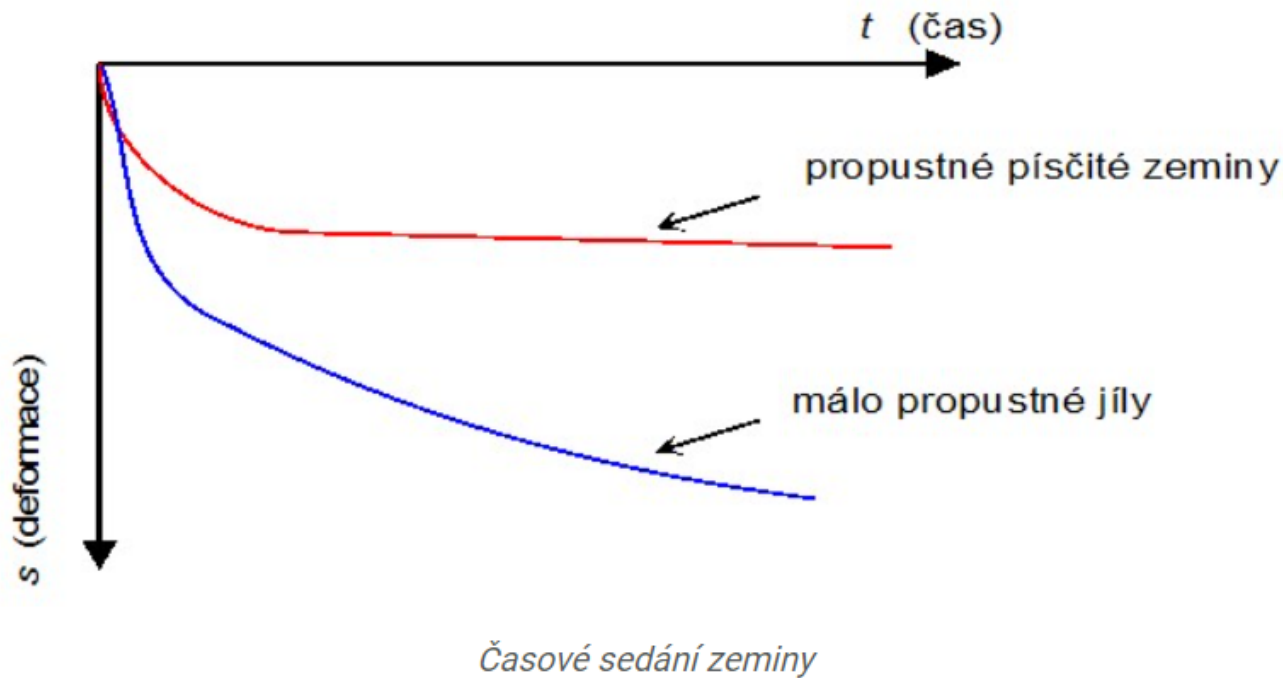
- Důležitější, než absolutní hodnota sednutí je obvykle **nerovnoměrné sedání** (rozdíl v sednutí sousedních základů)
- Někdy je důležité i naklonění základu



Obr. 4.8 Druhy nerovnoměrného sedání: a – relativní průhyb ( $\Delta s/L_T$ ),  
b – úhlové přetvoření ( $\Delta s/L$ ), c – naklonění ( $\Delta s/L$ ),

# Vývoj sedání základu v čase

- Okamžité sedání - smykové přetvoření – změna tvaru zeminy (ne objemu)
- Konsolidační sedání – vypuzování vody z pórů, změna objemu zeminy
- Sekundární sedání (creep) – dotvarování skeletu zeminy



- Na písčítých a štěrkovitých zeminách proběhne rozhodující část sedání před dokončením stavby
- Na jílech probíhá sedání měsíce i roky po dokončení stavby (nepříznivé)

# Mezní hodnoty sedání základů

- Uvedené hodnoty celkového sedání jsou velké –  
– běžně je nevyužíváme
- **Obvykle rozhoduje nerovnoměrné sedání**

Druh stavby	Konečné celkové průměrné sedání $s_{m,lim}$	Nerovnoměrné sedání	
	Hodnota (mm)	Druh	Hodnota
1. Budovy a konstrukce, při kterých nevznikají vlivem nerovnoměrného sedání přídavné namáhání a není nebezpeční porušení přestupů a souvisejících konstrukcí	120	$\frac{\Delta s}{L_T}$	0,003
		$\frac{\Delta s}{L}$	0,006
2. Konstrukce 2.1 staticky určité	100	$\frac{\Delta s}{L}$	0,005
		$\frac{\Delta s}{L}$	0,002
		$\frac{\Delta s}{L}$	0,003
2.2 železobetonové staticky neurčité	50	$\frac{\Delta s}{L}$	0,002
		$\frac{\Delta s}{L}$	0,003
2.3 ocelové staticky neurčité	80	$\frac{\Delta s}{L}$	0,003
		$\frac{\Delta s}{L}$	0,003
3. Vícepodlažní skeletové budovy 3.1 železobetonové skelety s výplňovým zdívem	50	$\frac{\Delta s}{L}$	0,0015
		$\frac{\Delta s}{L}$	0,0025
3.2 ocelové skelety s výplňovým zdívem	70	$\frac{\Delta s}{L}$	0,0025
		$\frac{\Delta s}{L}$	0,0025
4. Vícepodlažní budovy s nosnými zdmi 4.1 zděné z cihel a bloků se stužujícími věnci	80	$\frac{\Delta s}{L_T}$	0,0015
		$\frac{\Delta s}{L}$	0,0015
4.2 z velkorozměrových panelů a monolitického Betonu	60	$\frac{\Delta s}{L}$	0,0015
		$\frac{\Delta s}{L}$	0,0015
5. Tuhé železobetonové konstrukce  Komíny do výšky 100 m  Komíny vyšší jako 100 m	200	$\frac{\Delta s}{B}$	0,003
		$\frac{\Delta s}{B}$	0,005
		$\frac{\Delta s}{B}$	0,002
6. Jeřábové dráhy	50	$\frac{\Delta s}{L}$	0,0015
		$\frac{\Delta s}{L}$	0,0015