

# STAVEBNÍ GEOLOGIE A GEOTECHNIKA 9

## 18. Plošné základy

### 18.1 Druhy základových konstrukcí

Základy staveb lze rozdělit na dvě základní skupiny:

- Plošné základy
- Hlubinné základy

Plošné základy realizujeme v dobrých základových podmínkách – na únosné základové půdě (skalní a poloskalní horniny, nesoudržné zeminy – štěrky a písky alespoň středně ulehlé). Obecně platí, že na soudržných zeminách měkké konzistence a na nesoudržných kyprých zeminách se bez úprav základové půdy zakládat nedá. Hlubinné základy volíme obvykle v nepříznivých základových poměrech (soudržné zeminy – hlíny a jíly, nebo neúnosné navážky), popřípadě v některých dalších speciálních případech (viz dále).

V ČR zhruba v současné době platí, že cena 1m<sup>3</sup> betonu je zhruba stejná jak v základové patce, tak v pilotě. Proto platí, že cenově výhodnější je ten prvek (patka x pilota), ve kterém je méně betonu.

### 18.2 Deformační (aktivní) hloubka pod základem

Základovou půdu v jisté oblasti pod základem můžeme považovat za stavební materiál a zemní těleso pod základem za součást stavby. V této souvislosti vzniká otázka, jak velká je oblast základové půdy pod základem, která chování stavby bezprostředně ovlivňuje. Tuto oblast nazýváme aktivní (nebo také deformační) zónou.

Zemina se při zatížení nechová jako pružná látka, ale chová se převážně plasticky a má tzv. **strukturní pevnost**. Při malém zatížení (pod úrovní strukturní pevnosti) se zrna zeminy o sebe pouze vzájemně opírají, ale neposouvají se. Do této doby je sednutí základu minimální. Teprve při překročení strukturní pevnosti zeminy se zrna zeminy začnou vzájemně posouvat a pootáčet. V důsledku těchto posunů zrn zemin dojde k významnějšímu sedání základu.

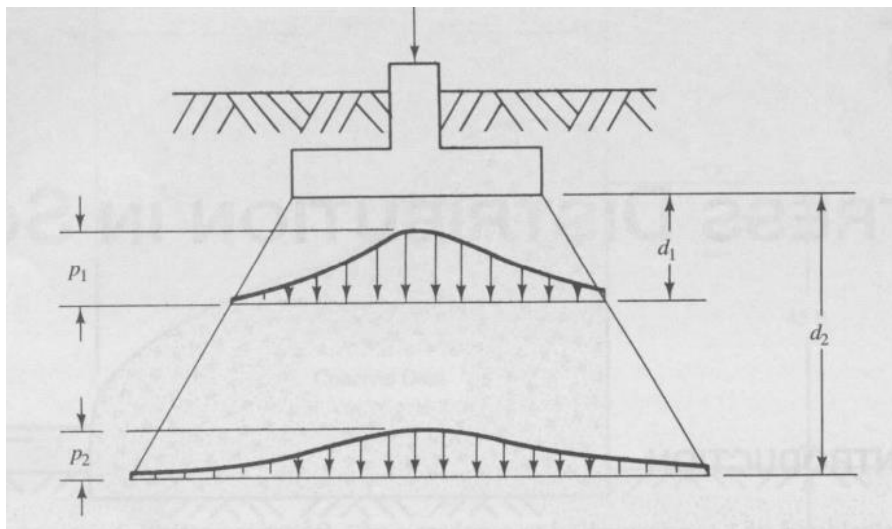
Při zatížení základu dochází k roznosu zatížení pod základem do stran a v důsledku toho klesá intenzita napětí v zemině od přitížení základem směrem do hloubky.

Aktivní hloubka (hloubka deformační zóny) je taková hloubka pod základem, v jejímž rozsahu je překročena strukturní pevnost zeminy a v jejímž rozsahu se tedy jednotlivé vrstvičky zeminy stlačují. Zemina v aktivní zóně se tedy podílí na sedání základu. Při výpočtu podle ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy, se strukturní pevnost stanoví z geostatického napětí  $\sigma_{or}$ , násobeného součinitelem  $m$ , jehož velikost je pro různé typy základových půd udána v normě (pohybuje se od 0,1 do 0,5). Zhruba lze hloubku deformační zóny odhadnout jako 1,5 až dvojnásobek šířky základu.

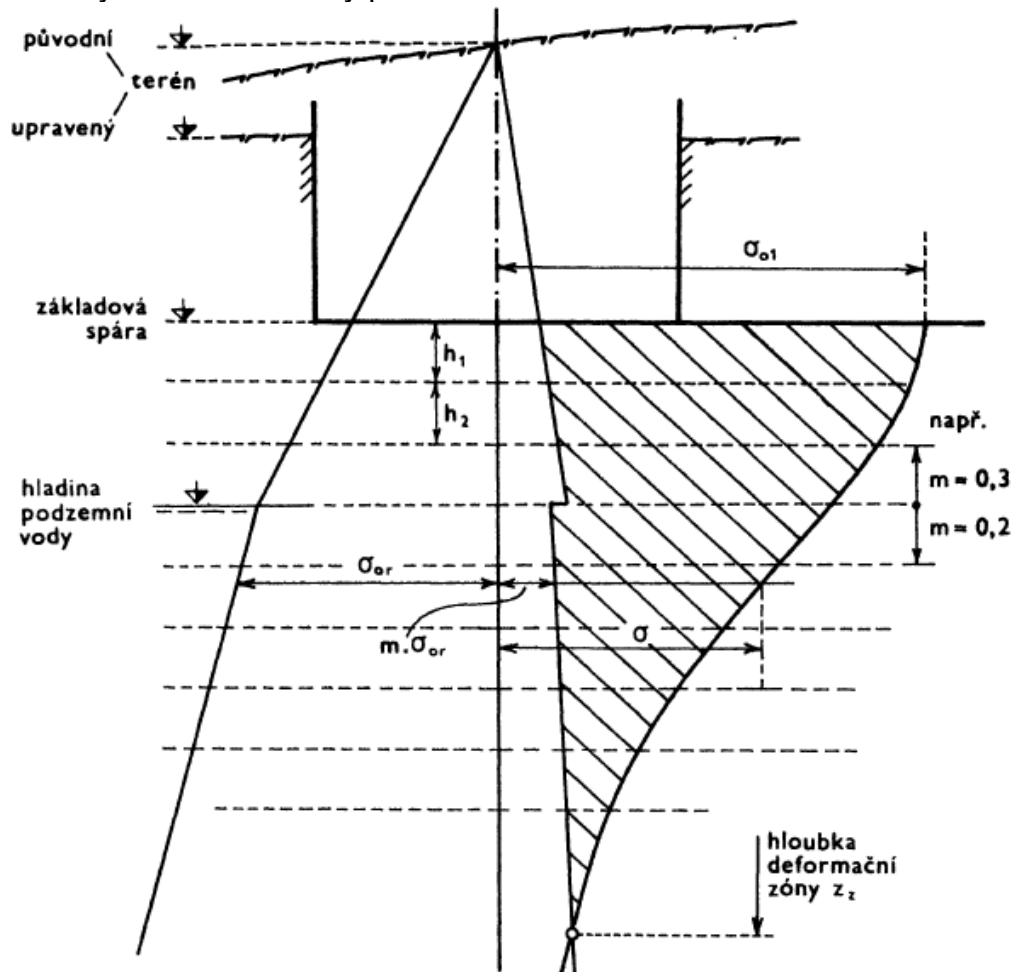
Výše uvedené kromě jiného znamená, že vlastnosti základové půdy je nutno ověřit v rámci inženýrskogeologického průzkumu nejméně do hloubky aktivní zóny pod základovou

spárou – prakticky to znamená zhruba do hloubky dvojnásobku šířky základu, nejméně však 2 m.

Pokles napětí v hloubce pod základem v důsledku roznosu zatížení do stran.



Stanovení hloubky deformační zóny podle ČSN 73 1001

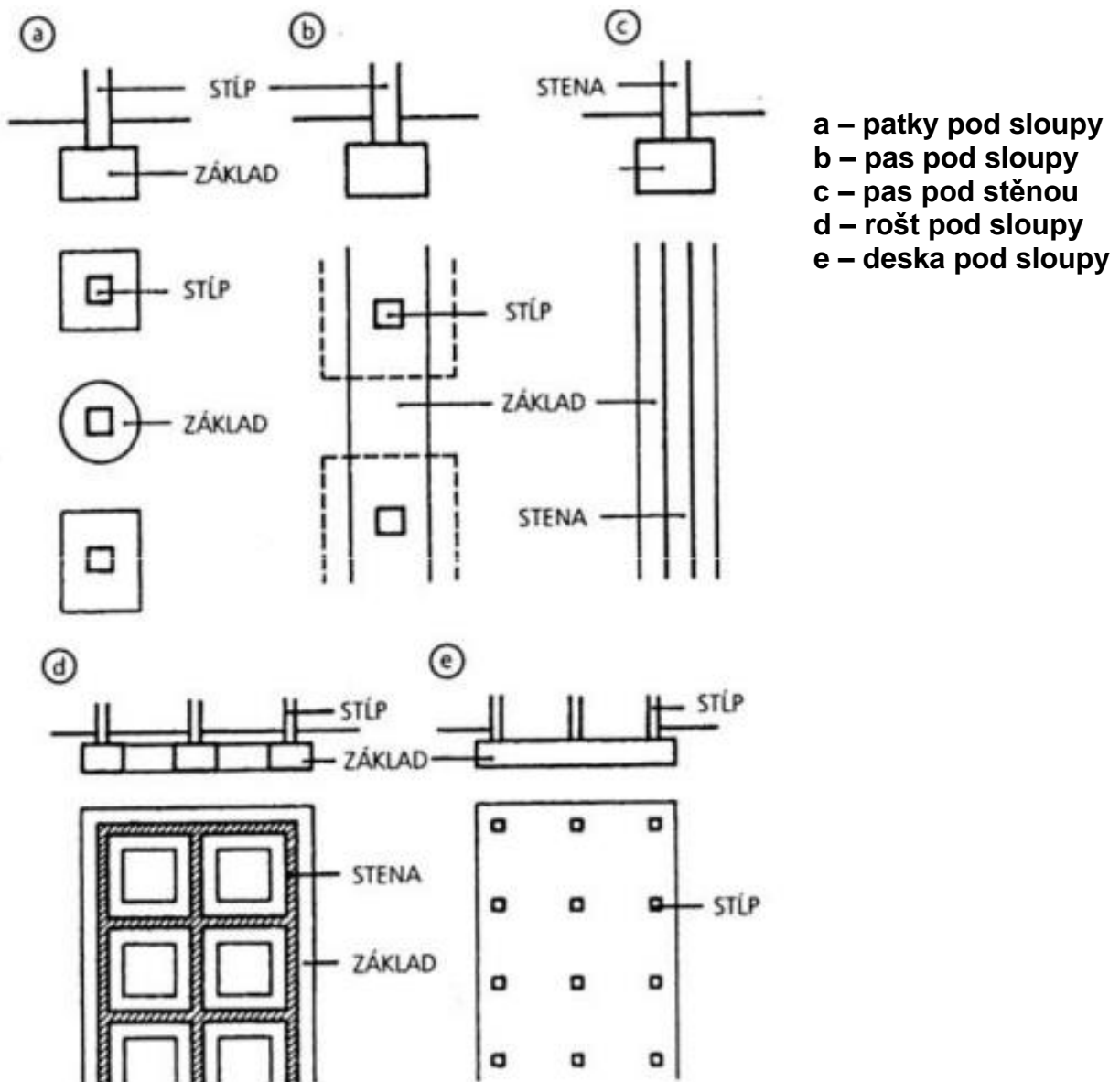


### 18.3 Druhy plošných základů

Mezi plošné základy počítáme:

- **Základové patky** – navrhují se pod jednotlivé sloupy
- **Základové pasy** – navrhují se pod jednotlivé stěny, výjimečně pod řadu sloupů
- **Základové rošty** – navrhují se zcela výjimečně pod systém sloupů
- **Základové desky** – navrhují se obvykle u suterénů pod hladinou spodní vody

Druhy plošných základů



## 18.4 Únosnost plošného základu

Únosnost plošného základu lze podrobně stanovit z rovnic, uvedených v normách pro navrhování geotechnických konstrukcí, popřípadě v odborné literatuře. Tato únosnost obecně závisí na následujících faktorech:

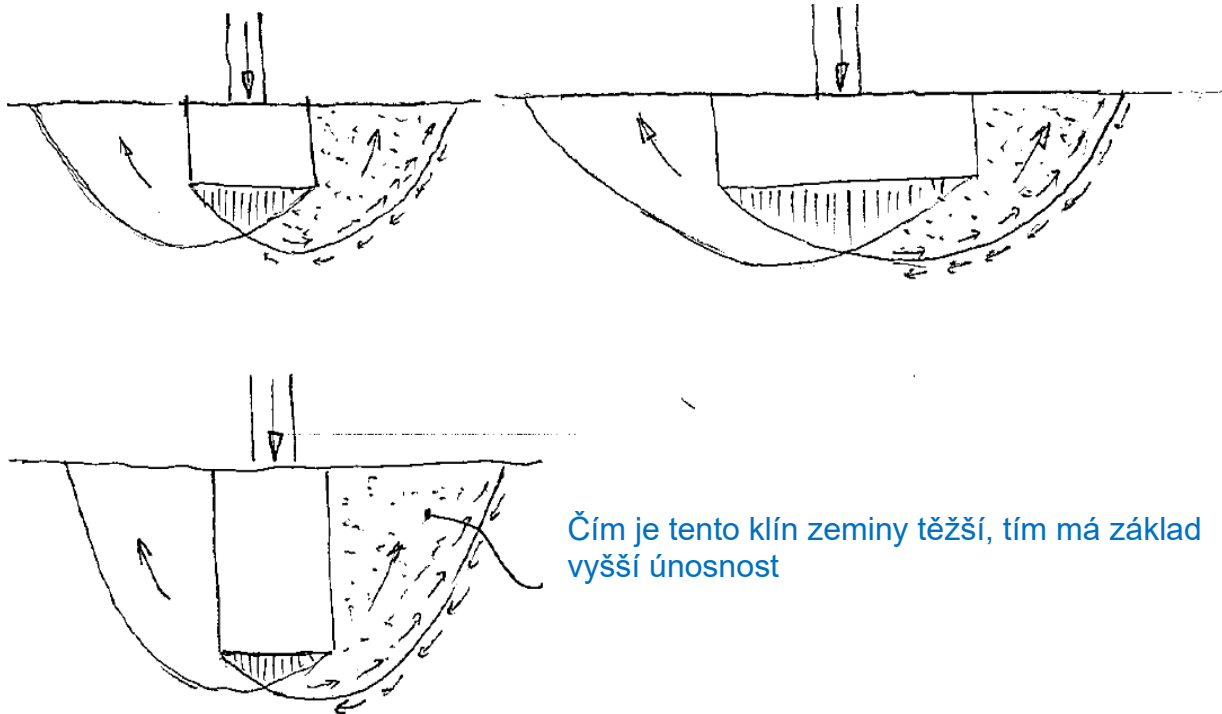
- Na druhu základové půdy
- Na šířce a tvaru základové spáry
- Na hloubce založení
- Na úrovni hladiny spodní vody

Čím kvalitnější je základová půda, tím základ více unese. Únosnost základu silně ovlivňuje [smyková pevnost základové půdy](#).

U nesoudržných základových půd platí, že čím je základová spára širší, tím půda pod základem unese větší napětí – souvisí to s délkou třecí plochy, na které se usmykne klín zeminy pod patkou.

Obdobně, čím je větší hloubka založení, tím je únosnost základu vyšší.

Při spodní vodě v blízkosti pod základem dochází jednak ke zhoršení smykové pevnosti základové půdy a dále k nadlehčení půdy v důsledku Archimédova zákona a tím i ke snížení únosnosti základu.



## 18.5 Únosnost základové půdy

Únosnost základové půdy pod plošným základem lze v závislosti na výše uvedených faktorech podrobně stanovit z rovnic, uvedených v normách pro navrhování geotechnických konstrukcí, popřípadě v odborné literatuře.

Přibližně lze únosnost základové půdy při hloubce založení základu 0,8 m až 1,50 m pro soudržné zeminy skupiny F a při hloubce založení 1,0 m pro nesoudržné zeminy skupin S a G stanovit podle následujících tabulek, převzatých z ČSN 73 1001.

Tabulky pro nesoudržné zeminy třídy S1 až S3 a G1 až G3 platí pro ulehlé zeminy a pro nesoudržné zeminy třídy S4 až S5 a G4 až G5 platí pro tuhou až pevnou konzistenci hlinité či jílovité výplně.

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

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 cl,L	50	100	200	350
F7	SiH, SiV, E	50	100	200	350
F8	CIH, cIV, cIE	40	80	100	300

**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

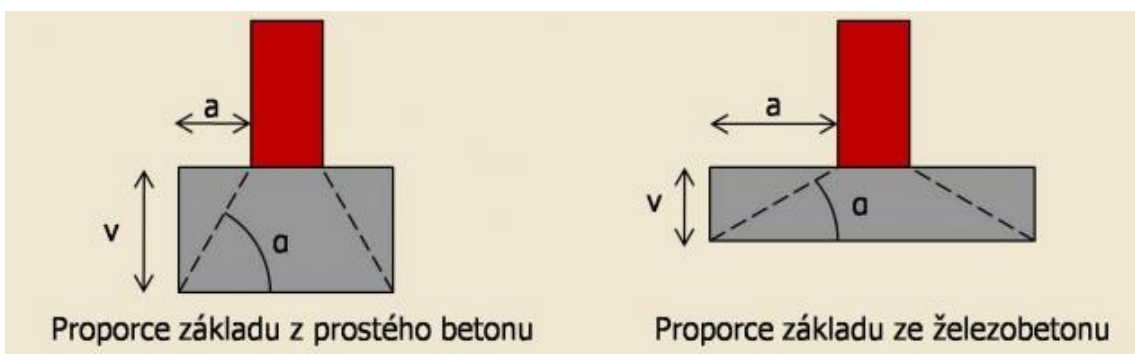
Třída zeminy	Značka	Tabulková návrhová únosnost $q_{dt}$ [kPa]			
		šířka základu B [m]			
		0,5	1,0	3,0	6,0
G1	GrW	500	800	1000	800
G2	GrP	400	650	850	650
G3	Gr-F	300	450	700	500
G4	Grsi	250	300	400	300
G5	Grcl	150	200	250	200

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

## 18.6 Základové patky

Základové patky pod sloupy a pilíře se navrhují buď z prostého betonu, nebo ze železobetonu.



Základová patka z prostého betonu musí mít dostatečnou výšku, aby nedošlo k jejímu porušení – rozlomení. Obvykle se výpočtem neposuzuje, podle ČSN EN 1992-1-1 vyhoví v případě, že pro výšku patky  $v$  platí:

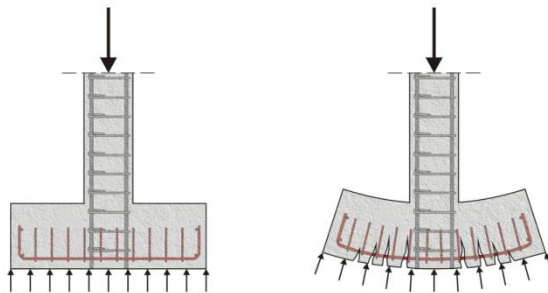
$$v \geq 1,176 \cdot a \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot \sigma_{gd}}{f_{ctd}}}$$

kde  $v$  je výška patky – viz předchozí obrázek  
 $a$  je šířka odstupku patky  
 $\sigma_{gd}$  je kontaktní napětí v základové spáře  
 $f_{ctd}$  je návrhová pevnost betonu patky v tahu

To odpovídá úhlu  $\alpha$  zhruba  $60^\circ$

Konzervativně lze použít  $v \geq 2 \cdot a$

U základové patky ze železobetonu je nutno navrhnout výztuž patky na ohyb a na protlačení sloupu patkou.



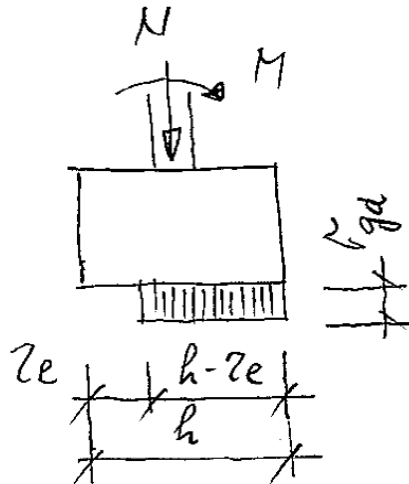
### Únosnost základové půdy pod patkou

Základová patka je typicky zatížena excentricky působícím tlakem, kde normální síla  $N$  působí s excentricitou  $e$  od těžiště patky, což je totéž, jako kombinace zatížení normální silou  $N$  v těžišti a ohybovým momentem  $M = N \cdot e$

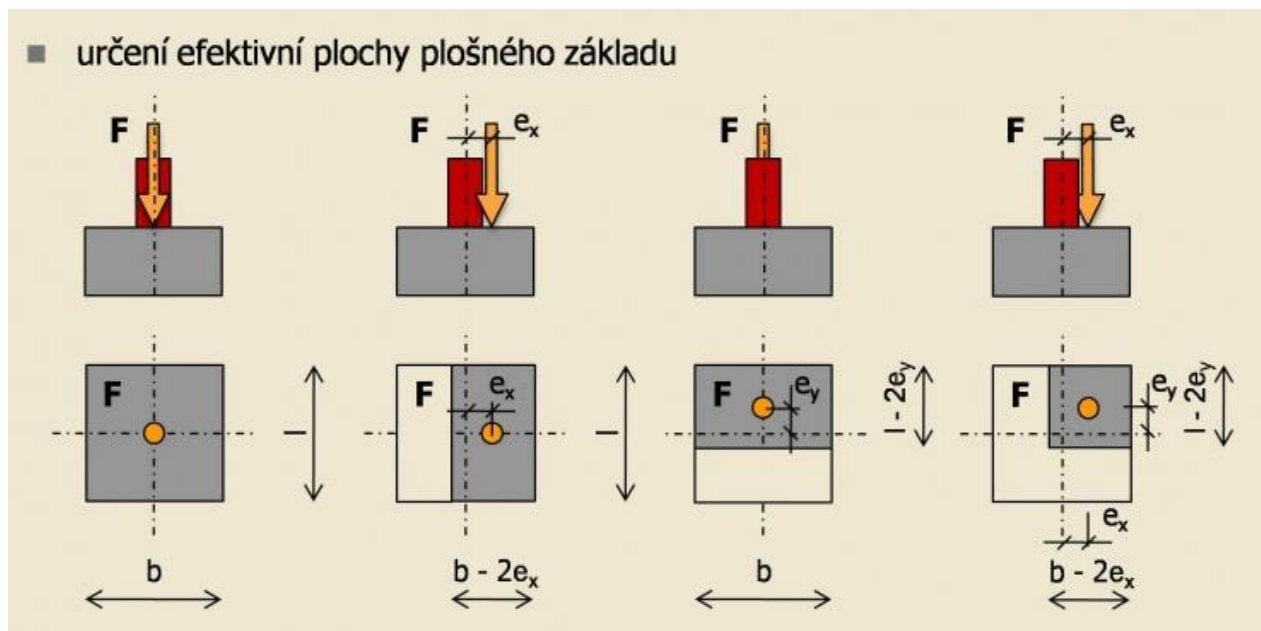
Podle norem pro navrhování geotechnických konstrukcí lze pak v základové spáře uvažovat s rovnoměrným kontaktním napětím  $\sigma$  na efektivní šířce  $h_{ef} = h - 2e$

Potom kontaktní napětí v základové spáře  $\sigma_{max}$  lze vypočítat podle následujícího vztahu. Kontaktní napětí v základové spáře nesmí překročit únosnost základové půdy  $R_{dt}$ .

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



Určení efektivní plochy základové spáry při obecné poloze působišť výslednice tlakové síly  $F$  na základovou patku je na následujícím obrázku.



**Příklad – navrhnete velikost základové patky** založené na hlinitém písku S4 při zatížení základové spáry normální svislou silou  $N_{Ed} = 1000 \text{ kN}$  a ohybovým momentem  $M_{Ed} = 50 \text{ kNm}$

Vypočteme excentricitu zatížení  $e = \frac{M}{N} = \frac{50}{1000} = 0,05 \text{ m}$

Návrh:

Tabulkovou únosnost písku S4 vyhledáme z tabulky únosností základových půd  $R_{dt}$  na předchozích stranách. Tato hodnota závisí na šířce patky a je  $R_{dt} = 225 \text{ kPa}$  pro šířku patky 1,0 m a  $R_{dt} = 300 \text{ kPa}$  pro šířku patky 3,0 m.



Odhadneme únosnost základové půdy na  $R_{dt} = 250 \text{ kPa}$  .

Odhadneme potřebnou plochu základové spáry za předpokladu centrického tlaku jako

$$A_{rqd} = \frac{N}{R_{dt}} = \frac{1000}{250} = 4,0 \text{ m}^2$$

Tomu by odpovídala základová patka o půdorysu 2,0 x 2,0 m. Protože na patku ve skutečnosti působí excentrický tlak, volíme patku 2,05 x 2,05 m.

Posouzení:

Skutečné napětí v základové spáře patky o půdorysu 2,05 x 2,05 m je:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{(h - 2e)b} = \frac{1000}{(2,05 - 2,0,05)2,05} = 250,15 \text{ kPa}$$

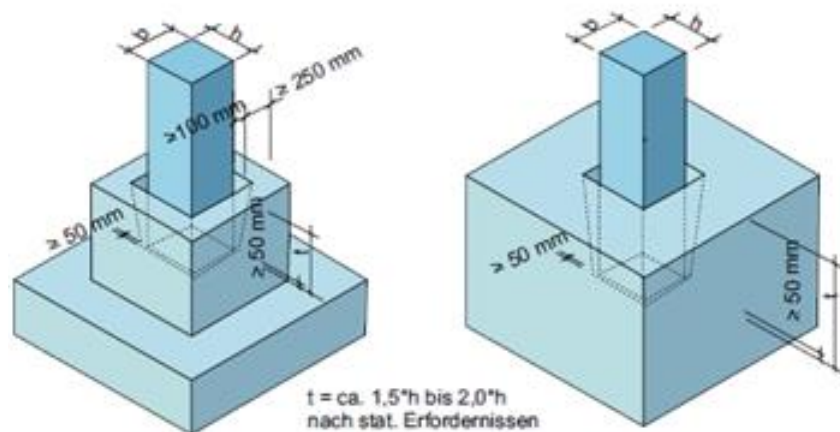
interpolací z tabulky pro  $R_{dt}$  hlinitého písku S4 zjistíme únosnost písku pro patku šířky 2,05 m jako  $R_{dt} = 264,4 \text{ kPa}$  .

Platí  $\sigma_{max} = 250,15 \text{ kPa} < R_{dt} = 264,4 \text{ kPa}$  a základová patka tedy vyhoví

### Kotvení železobetonového sloupu na základovou patku

Železobetonové monolitické sloupy kotvíme k patce pomocí přesahu výztuže, vyčnívající z patky. Na svislou výztuž, vyčnívající z patky, se navážou pruty výztuže sloupu a zabetonuje se do sloupu.

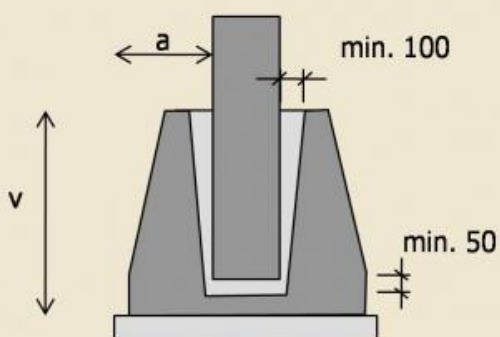
Železobetonové prefabrikované sloupy lze k základu kotvit buď osazením sloupu do prohlubně („kalicha“) patky, nebo přivařením na vyčnívající trny, popřípadě pomocí šroubovaného spoje na výztuži.



Patky s kalichem pro kotvení sloupů

### 2.1.3.3. Prefabrikované patky

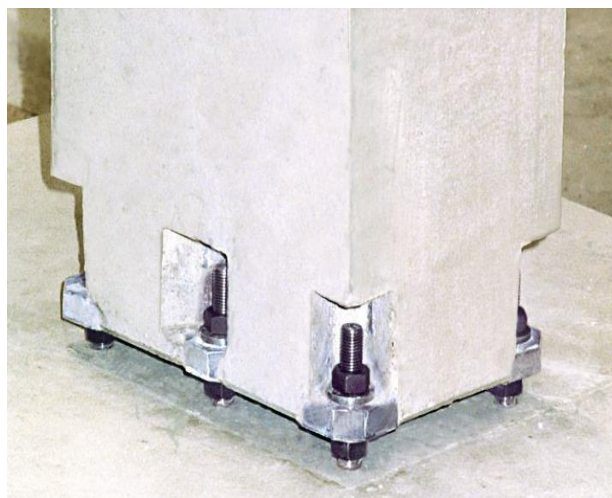
- obvykle u montovaných skeletových konstrukcí
- vždy vyztužené
- rozměry jako patky monolitické
- na prefabrikované podkladní dílce nebo na monolitickou roznášecí desku tl. 100 -150 mm
- jako patka plná nebo kalichová



Příklady prefabrikovaných patek

Často navrhujeme kombinaci prefamonolitické patky s prefabrikovaným kalichem a s monolitickou spodní částí patky, jejíž rozměry se přizpůsobují únosnosti základové půdy.

Další možnost kotvení prefa sloupu na základovou patku je na následujícím obrázku. Dříve se používaly téměř výhradně svařované styky výztuže, dnes preferujeme spíše šroubované styky.



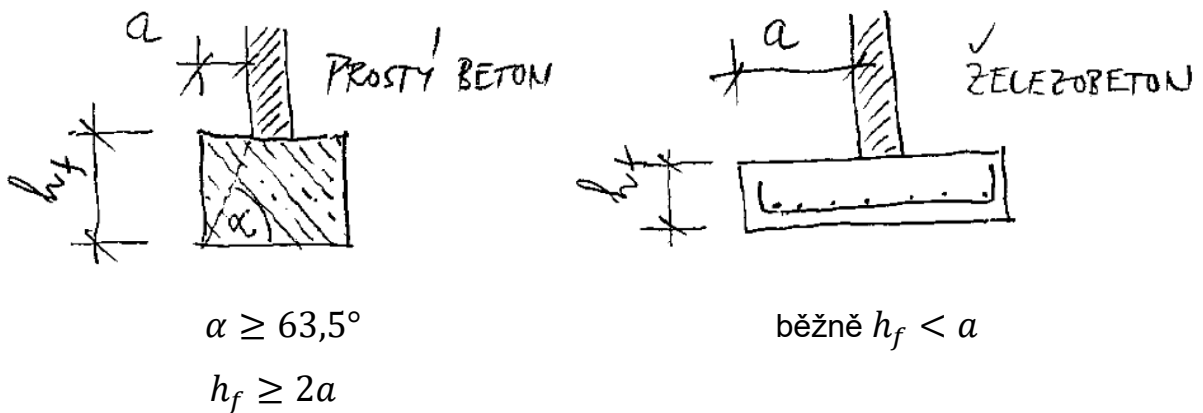
Šroubované kotvení prefa sloupu

## 18.7 Základové pasy

Je nutno rozlišovat rovnoměrně spojitě zatížené základové pasy pod stěnami (u zděných stěn obvykle z prostého betonu) a bodově zatížené základové pasy pod sloupy.

### Základový pás pod stěnou

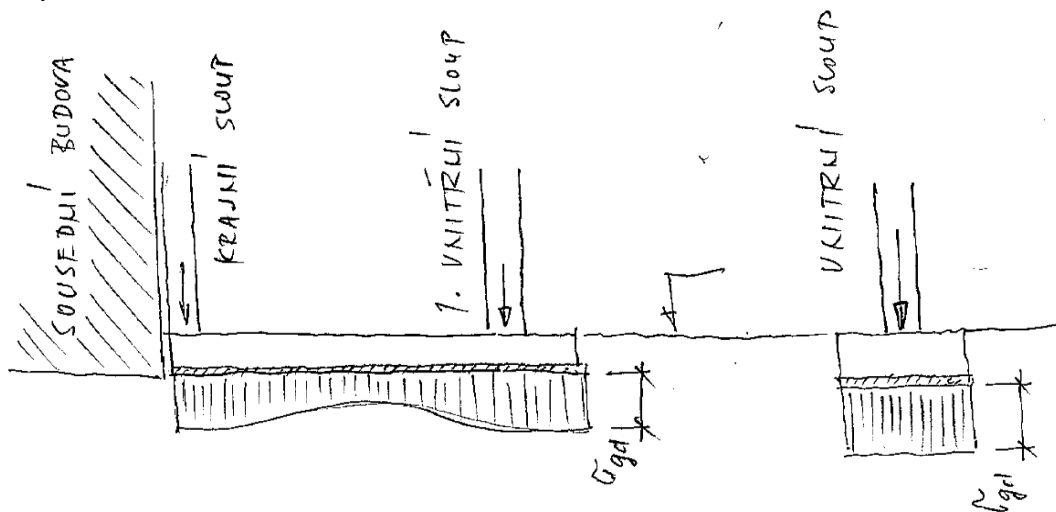
Základový pás pod stěnou je namáhám pouze v příčném směru. Může být buď z prostého, nebo železobetonu a posoudí se podle pravidel, uvedených u základových patek.



### Základový pás pod sloupy

Základové pasy pod železobetonovými sloupy se někdy používají v případě málo únosné zeminy, kdy je třeba zatížení od sloupu rozložit na větší plochu. Tato situace se však častěji řeší založením sloupů na pilotách.

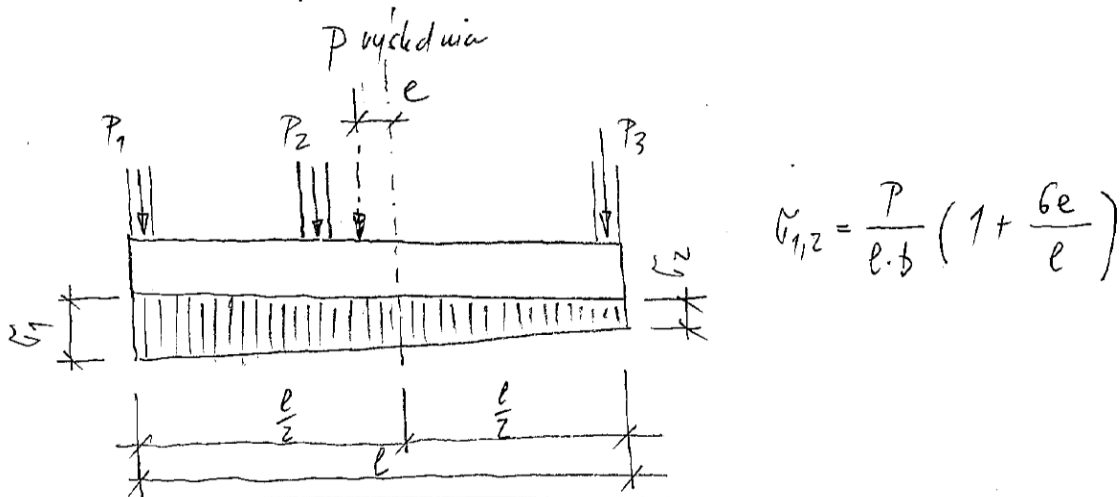
Častější použití základového pasu pod sloupy je případ sloupu na okraji půdorysu stavby (například u styku se štítem sousední budovy), kdy je třeba krajní sloup založit na líc základu bez přesahu základu.



Základový pas pod sloupy je namáhán jak v příčném, tak v podélném směru.

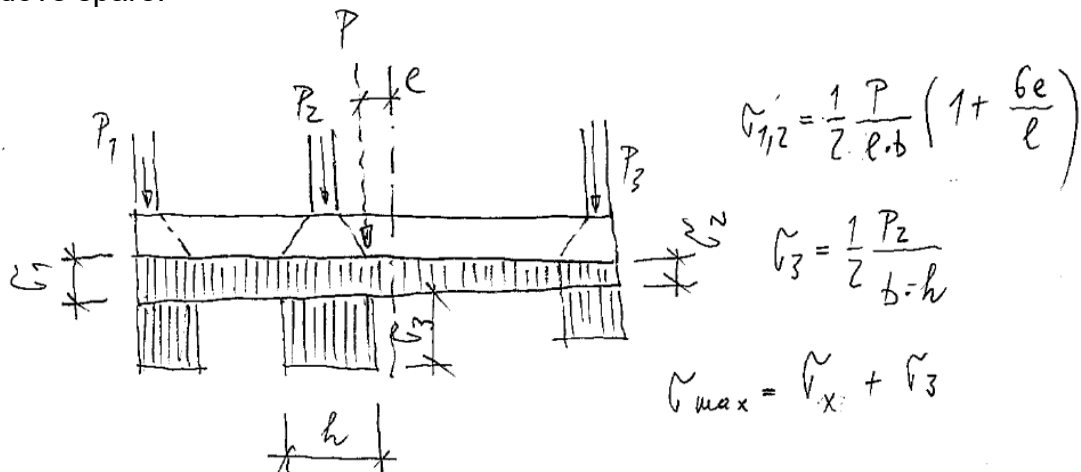
Rozložení napětí po délce pasu v základové spáře pasu zatíženého sloupy závisí na poměru tuhosti vrchní stavby a základu.

U **vysokého – tuhého základu** v kombinaci s měkkou vrchní stavbou (například staticky určitá střecha z panelů nebo z oceli) lze uvažovat lineárně rozdělené napětí po celé délce základu. Ohybové momenty a posouvající síly v základovém pasu v podélném směru pak lze stanovit jako na prostém nosníku zatíženém zesponu kontaktním napětím v základové spáře a shora silami od sloupů.



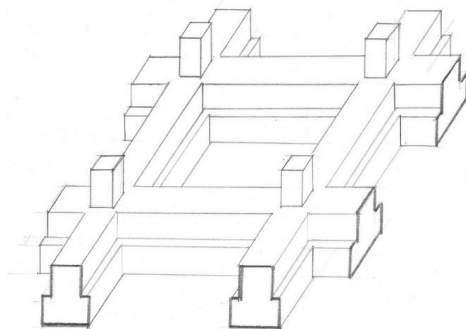
U **nízkého - měkkého základu** pod tuhou vrchní stavbou se část zatížení roznáší na celou délku pasu a část zatížení se přenáší přímo do země pod sloupem. Přibližně lze pro předběžný výpočet uvažovat přenos jedné poloviny zatížení do celé délky pasu a druhé poloviny zatížení přímo do základové půdy pod sloupem s roznosem pod úhlem 45° přes výšku pasu.

Ohybové momenty a posouvající síly v základovém pasu po délce pasu se uvažují jako na spojitém nosníku podepřeném v místě sloupů a zatíženém odzdoła kontaktním napětím v základové spáře.



## 18.8 Základový rošt

Jsou to obvykle vzájemně kolmé základové pasy, křížící se pod sloupy. V současné době se používají spíše výjimečně, protože případy s nedostatečnou únosností základové půdy se zpravidla řeší hlubinným založením sloupů na pilotách.

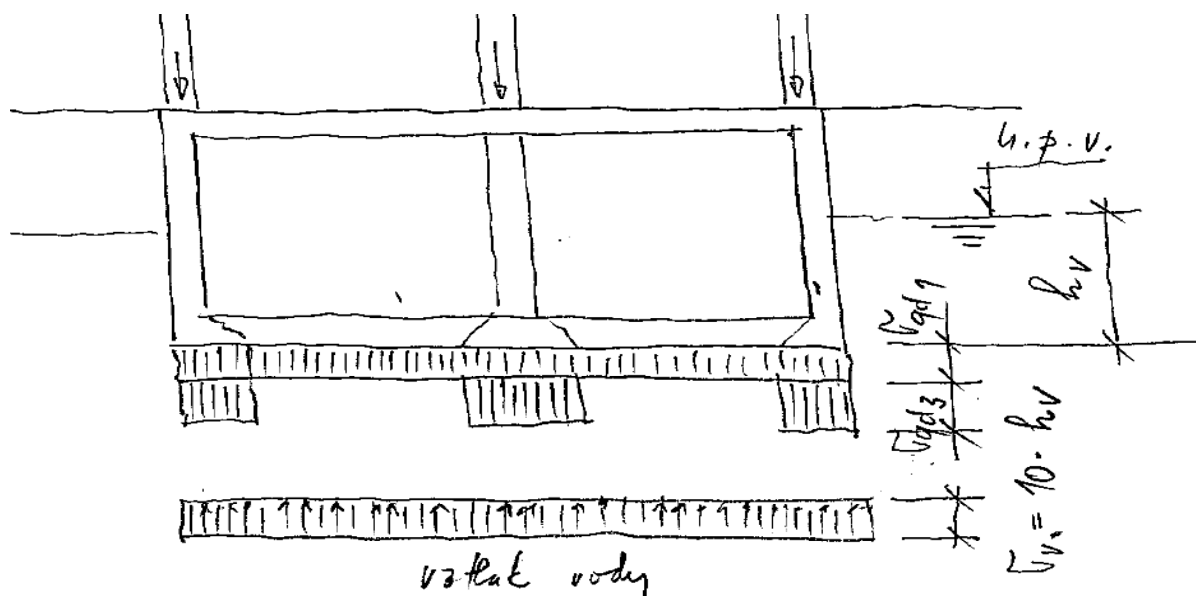


## 18.9 Základová deska

Základové desky se používají v případech, kdy je třeba rozložit zatížení na celý půdorys stavby – například u výškových staveb.

V některých případech (například u lehkých dřevostaveb) může být založení objektu na tenké základové desce (orientačně tloušťky 150 mm) výhodné s ohledem na jednoduchost a rychlost výkopových a betonářských prací.

Typické použití základové desky je u suterénu pod hladinou spodní vody. V tom případě je základová deska často součástí bílé vany suterénu. Bílé vany budou podrobně probírány v předmětu Betonové konstrukce. Základová deska suterénu pod hladinou spodní vody je zatížená zespoda jednak kontaktním napětím zeminy v základové spáře a za druhé vzlakem spodní vody, který lze stanovit z Archimédova zákona.



## 18.10 Hloubka založení plošných základů

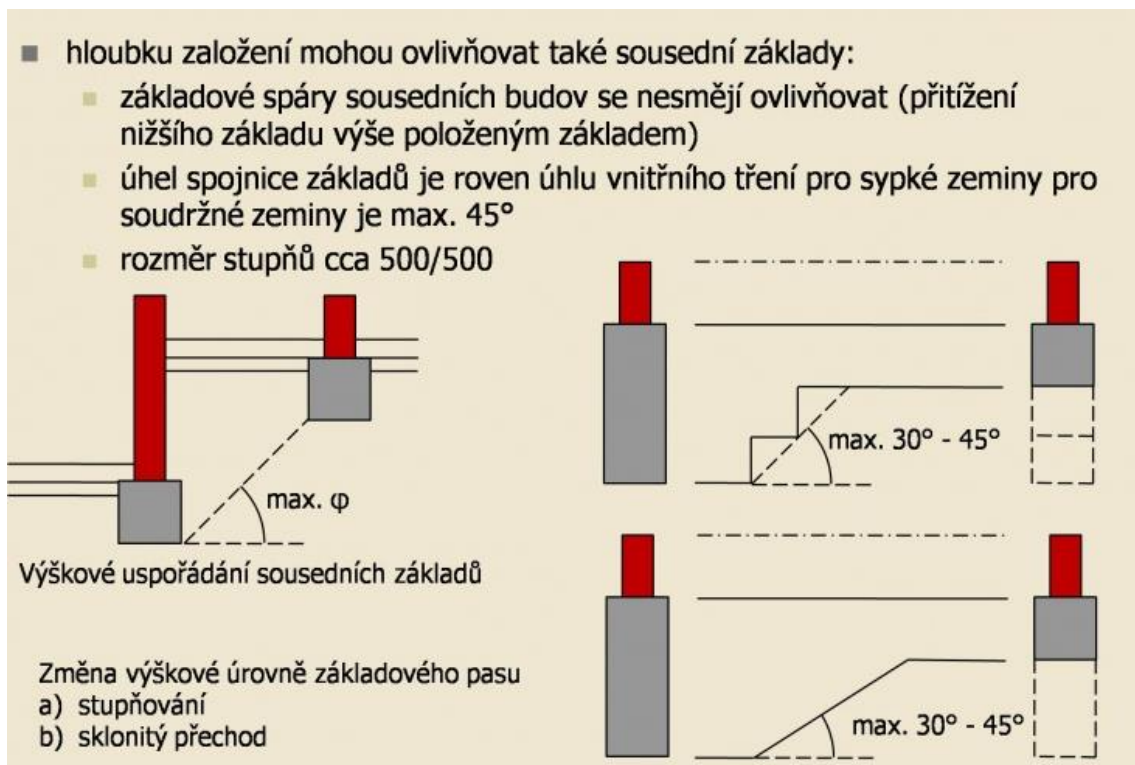
Základy nechráněné proti promrznání je nutno založit v **nezámrazné hloubce**. Nezámrznou hloubku stanoví dle místních klimatických podmínek a typu základové půdy inženýrský geolog v rámci inženýrskogeologického průzkumu.

Obecně platí, že nezámrzná hloubka je nejméně 800 mm pod úrovní okolního upraveného terénu, pouze při zakládání na prokazatelně nenamrzavých horninách lze hloubku založení zmenšit na 0,40 m.

Při zakládání na objemově nestálých zeminách třídy F7 a F8 je nutno volit hloubku založení nejméně 1,60 m, která zajišťuje, že základová půda nebude měnit objem v důsledku změny vlhkosti.

## 18.11 Vzájemné ovlivňování plošných základů

Při zakládání sousedních základů v různých výškových úrovních je třeba dodržet výškové uspořádání sousedních základů podle následujícího obrázku, kde  $\varphi$  je úhel vnitřního tření základové půdy.



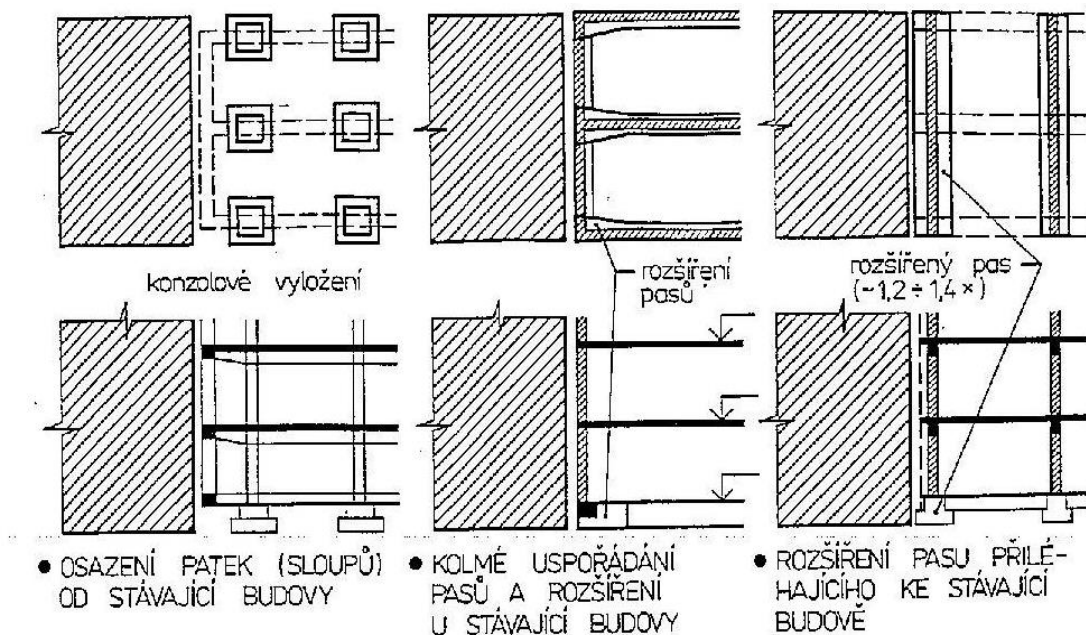
## 18.12 Zakládání v kontaktu se stávající budovou

Tento problém typicky nastává při dostavbě proluky v uliční zástavbě. Zakládáme - li novostavbu v těsné blízkosti stávající budovy, je vhodné dodržovat následující pravidla:

- Ověřit v rámci IGP založení stávajícího domu kopanou sondou ke stávajícímu základu.
- Provést předběžný stavebně-technický průzkum stávajícího domu, nebo alespoň jeho pasportizaci a zdokumentovat jeho případné poruchy.
- Je-li to potřeba, navrhnout způsob monitoringu stávající budovy v průběhu výstavby
- **Novostavbu založit vždy na stejnou výškovou úroveň jako stávající základ.**
- Pokud je to možné, odsunout zatížení novým základem co nejdále od základu stávajícího.
- V případě, že je nutné založit nový základ těsně vedle základu stávajícího, vzít v úvahu vzájemné ovlivňování základů (dosednutí stávajícího základu od jeho přetížení novým základem v jeho blízkosti).

Problém se obvykle řeší jedním z následujících způsobů:

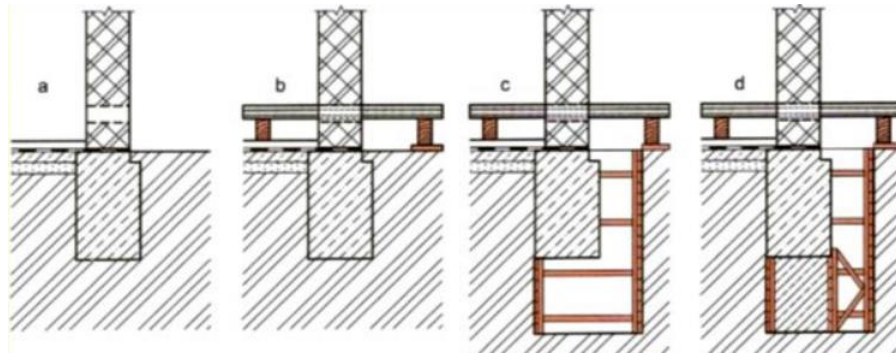
- Odsunout sloupy od stávajícího štítu a stropy vykonzolovat
- **Založit budovu na podélné pasy**
- Provést mohutnou konzolu v základech, která nese všechna patra
- Podepřít nový základ pilotami nebo mikropilotami



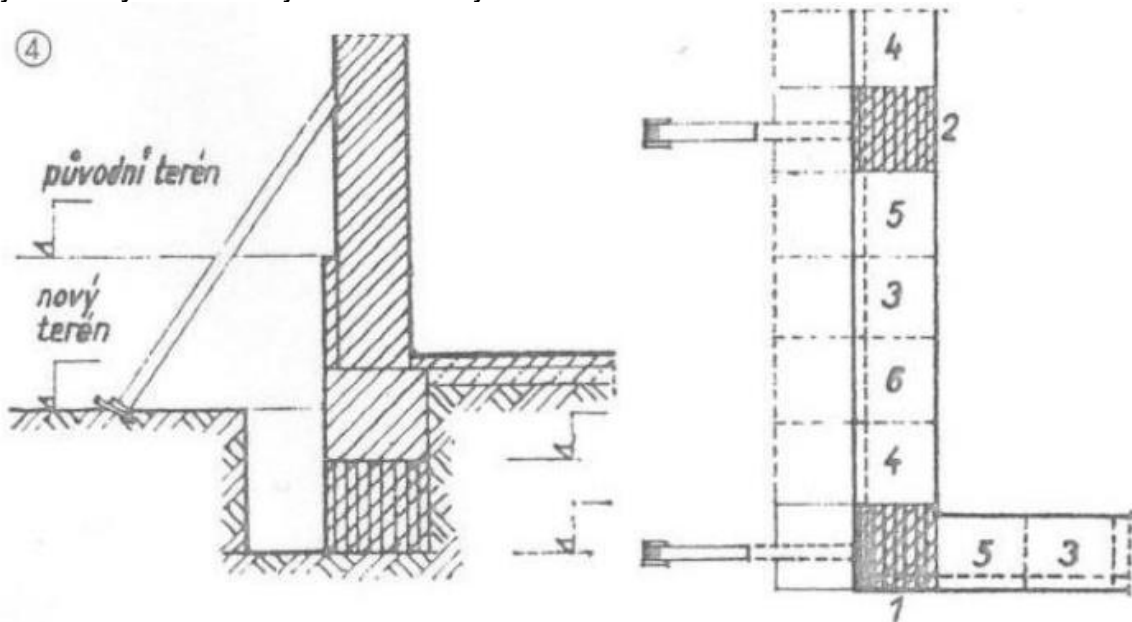
### 18.13 Podchycování základů sousední budovy

Jak bylo v předchozí kapitole uvedeno, v případě, že zakládáme novostavbu v kontaktu se stávající budovou, je nutno **nový plošný základ založit vždy na stejnou výškovou úroveň, jako základ stávající**. Výjimkou je základ, podepřený pilotami, nebo mikropilotami.

V případě, že musíme zakládat pod úroveň základové spáry stávajícího domu (například při zakládání podsklepené budovy v kontaktu s budovou nepodsklepenou), je nutno stávající základ snížit na úroveň budoucího základu novostavby. Při malém výškovém rozdílu stávajícího a nového základu se podchycování stávajícího základu obvykle provádí postupným podbetonováním.



Podkopávání a podbetonování stávajícího základu je nutno provádět postupně po jednotlivých záběrech šířky obvykle 1,0 až 1,5 m. Otevření nového záběru je možné až po zatvrdnutí betonu předchozího záběru. Před zahájením prací na podchycení základů je vhodné stávající zdivo provizorně podepřít. Příklad podchycení základu s číslováním pořadí jednotlivých záběrů je na následujícím obrázku.



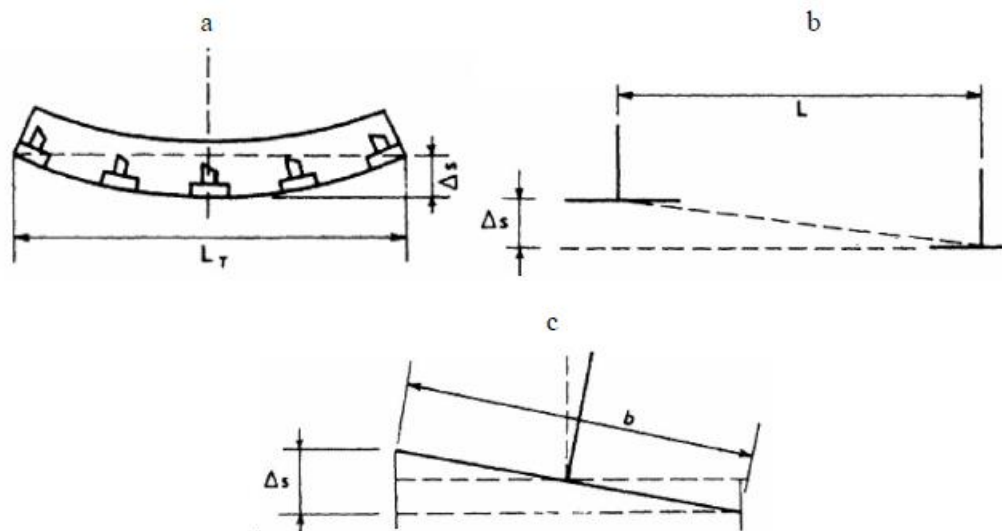


Moderní způsob podchycení stávajícího základu tryskovou injektáží viz studijní text, týkající se pažení stavebních jam a dále studijní text, týkající se hlubinného zakládání. Trysková injektáž je drahá technologie, podchycení s použitím tryskové injektáže je však bezpečnější a rychlejší, než klasické podchycení podbetonováním podle této kapitoly. Trysková injektáž v kombinaci s horninovými kotvami se také uplatní při větším rozsahu podchycení – zejména při větší výšce podchycení, kdy už podbetonování základu nelze bezpečně provést.

#### 18.14 Sedání základů

Sedání základu závisí na přitížení základové spáry základem (oproti původnímu geostatickému napětí), na tvaru a velikosti základu a na hloubce založení. Stanoví se jako součet sednutí jednotlivých vrstev základové půdy v rozsahu deformační (aktivní) zóny pod základem postupem, popsaným například v ČSN 73 1001. Základní veličinou, potřebnou pro výpočet sedání základové půdy, je deformační modul základové půdy  $E_{def}$ , který lze najít v inženýrskogeologickém průzkumu, nebo pro jednotlivé typy základových půd přibližně v tabulkách obsažených v ČSN 73 1001.

Celkové dovolené sedání základu závisí na typu konstrukce nad tímto základem, především na tuhosti vrchní stavby a na její citlivosti na sedání základů. Hodnoty mezních dovolených sedání základů jsou pro jednotlivé typy staveb obsaženy v ČSN 73 1001 a obecně se pohybují převážně od 50 do 100 mm. Důležitější, než absolutní hodnota sedání, však obvykle jsou rozdíly v sedání sousedních konstrukcí (například jednotlivých sloupů budovy).



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

Tabulka 4.7 Mezní hodnoty sedání

Druh stavby	Konečné celkové průměrné sedání $s_{m,lim}$	Nerovnoměrné sedání	
	Hodnota (mm)	Druh	Hodnota
<b>1. Budovy a konstrukce,</b> 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
<b>2. Konstrukce</b> 2.1 staticky určité  2.2 železobetonové staticky neurčité  2.3 ocelové staticky neurčité	100	$\frac{\Delta s}{L}$	0,005
		$\frac{\Delta s}{L}$	0,002
	80	$\frac{\Delta s}{L}$	0,003
<b>3. Vícepodlažní skeletové budovy</b> 3.1 železobetonové skelety s výplňovým zdívem  3.2 ocelové skelety s výplňovým zdívem	50	$\frac{\Delta s}{L}$	0,0015
		70	$\frac{\Delta s}{L}$
<b>4. Vícepodlažní budovy s nosnými zdmi</b> 4.1 zděné z cihel a bloků se stužujícími věnci  4.2 z velkorozměrových panelů a monolitického Betonu	80	$\frac{\Delta s}{L_T}$	0,0015
		60	$\frac{\Delta s}{L}$
<b>5. Tuhé železobetonové konstrukce</b>  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
<b>6. Jeřábové dráhy</b>	50	$\frac{\Delta s}{L}$	0,0015