

STAVEBNÍ GEOLOGIE A GEOTECHNIKA 10

19. Hlubinné základy

19.1 Typy hlubinných základů

Mezi hlubinné základy počítáme:

- Vrtané piloty
- Ražené piloty
- Mikropiloty
- Trysková injektáž
- Studny a kesony

19.2 Vrtané piloty

Vrtané piloty představují nejčastější způsob hlubinného založení. Dnes se používají velmi často i v podmínkách, které by umožňovaly i plošné založení, pro svoji rychlost při provádění, menší citlivost na klimatické podmínky i příznivou cenu v porovnání s plošným základem v méně příznivých základových podmínkách. Pilotové základy také nahrazují starší tradiční technologie, jako jsou například studny a kesony. Pro navrhování a realizaci vrtaných pilot platí norma ČSN EN 1536 Provádění speciálních geotechnických prací – Vrtané piloty

Běžné profily vrtaných pilot jsou (500), 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, a výjimečně i 1500 mm.

Obrázky pilotovacích souprav a postup výroby pilot jsou na následujících obrázcích.

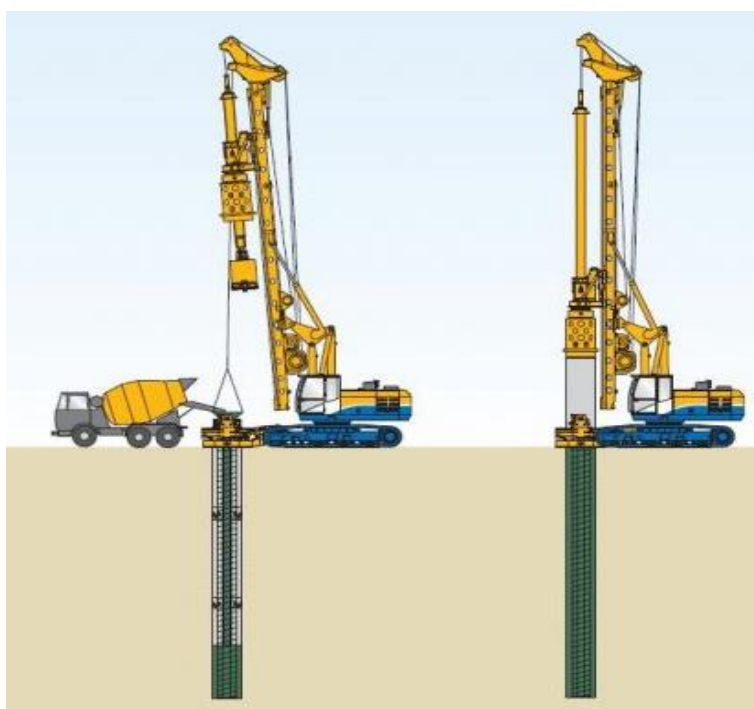
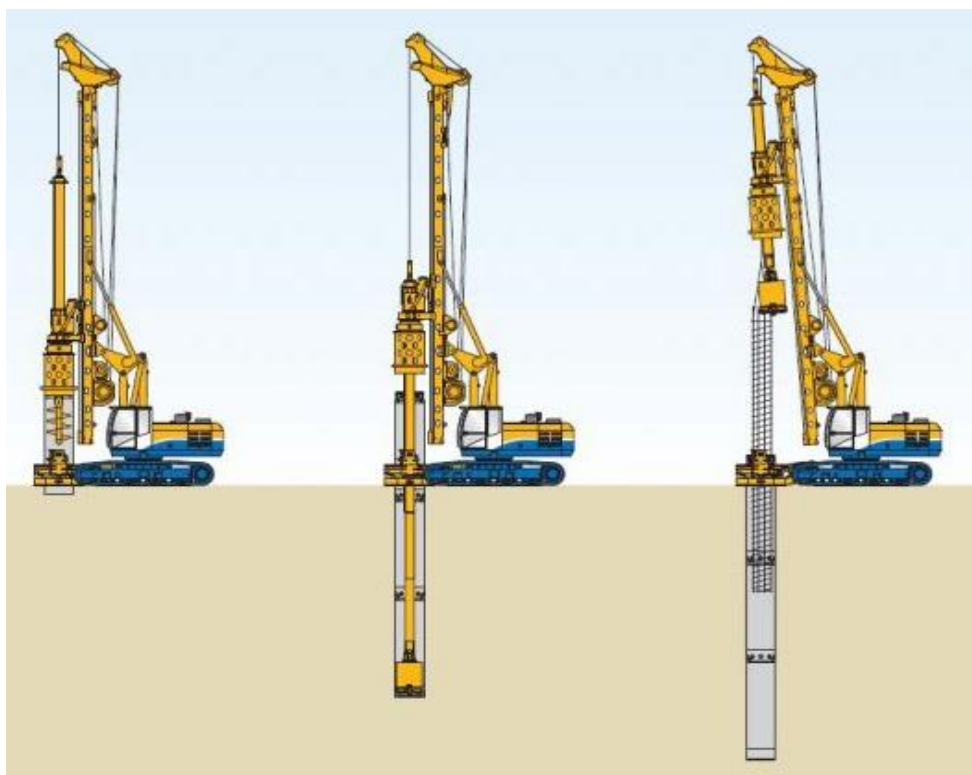


Pilotovací souprava



Vrtání piloty vedle stávající budovy –
osa min 600 mm, spíše však 800 mm od líce zdi

V soudržných zeminách je možno piloty vrtat bez pažení, v nesoudržných zeminách je nutno do vrtu společně s vrtákem zatlačovat výpažnici – ocelovou rouru, která chrání vrt proti zavalení zeminou. Výpažnici lze postupně nastavovat a prodlužovat.



Postup výroby pilot



Předvrt pro hlavici piloty



Bednění a výztuž hlavice pro prefa sloup



Kalich pro osazení prefa sloupu



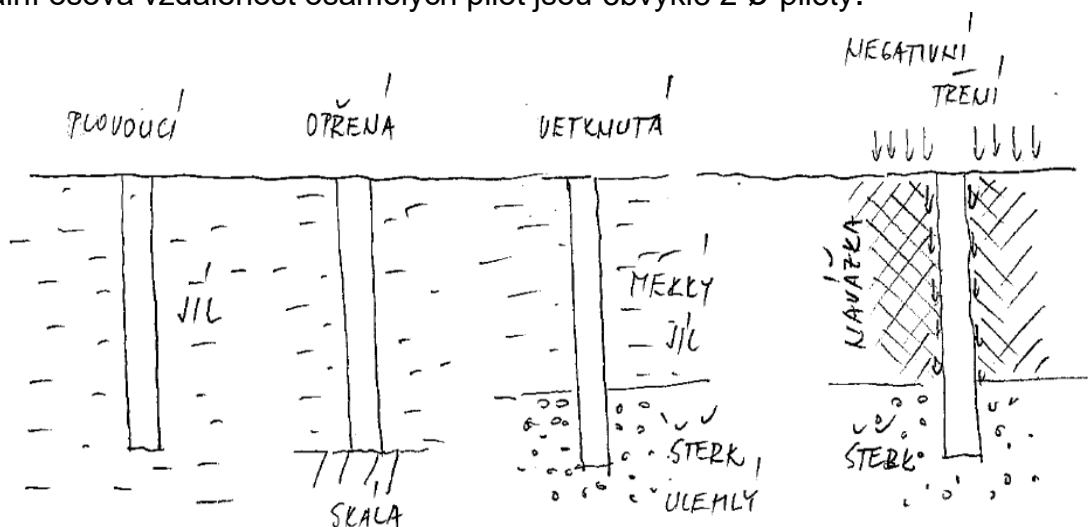
Pilota pod monolitický sloup

Piloty lze obecně rozdělit na:

- **Plovoucí** (například v celé délce zabudované v tuhém jílu) – přenáší většinu zatížení třením na plášti piloty.
- **Opřené** (pilota v jílu v patě opřená o skalní podloží) – přenáší většinu zatížení na kontaktu v patě jako u plošného základu.
- **Vetknutá** – například pilota v měkkém jílu ve spodní části vetknutá do ulehlého štěrku – přenáší zatížení jak třením na plášti, tak opřením paty.

V případě, kdy je pilota zabudována do stlačitelného prostředí (například nekonso-lidované navážky, u kterých může po zabudování piloty nastat jejich sedání), může být pilota zatížena na plášti **negativním třením**, které zatlačuje pilotu do podloží.

Piloty mohou působit jako **osamělé piloty**, nebo mohou tvořit **skupinu pilot**. Minimální osová vzdálenost osamělých pilot jsou obvykle 2 \varnothing piloty.



Únosnost pilot se dnes stanovuje pomocí specializovaných výpočtových programů z pracovního diagramu piloty (závislost zatížení a sedání piloty) v závislosti na dovoleném sedání hlavy. To se v běžných případech volí 10 mm.

Únosnost piloty lze přibližně získat jako součet únosnosti zeminy pod patou piloty a tření na plášti

$$N_{Rd} = \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right) \cdot q_0 + \pi \cdot d \cdot h \cdot q_s \quad \text{kde}$$

d je průměr piloty

h je délka piloty

q_0 je únosnost zeminy pod patou piloty

q_s je únosnost při tření na plášti

Hodnoty q_0 a q_s lze pro různé typy základových půd získat z norem pro navrhování pilot, nebo z literatury.

Orientační hodnoty návrhových únosností (porovnávají se s návrhovým zatížením piloty) byly uvedeny v normě ČSN 73 1002 Pilotové základy, která byla zrušena v roce 2008. Tyto hodnoty, použitelné pro odhad únosnosti piloty, jsou uvedeny v následujících tabulkách:

Tab. 2. SVISLÁ TABULKOVÁ ÚNOSNOST $U_{v,tab}$ PILOT VRTANÝCH V HORNINÁCH TŘÍDY R1 AŽ R3

Délka vetknutí piloty l_f v m v hornině třídy R1 až R3	Únosnost $U_{v,tab}$ pilot v kN v horninách třídy R1 až R3 a pro průměry pilot d v m						
	0,30	0,40	0,50	0,60	1,00	1,30	1,50
0 až 0,5	200	380	600	850	2300	4000	6000
1,5	300	500	720	1000	2500	4300	6000

Tab. 3. SVISLÁ TABULKOVÁ ÚNOSNOST $U_{v,tab}$ PILOT VRTANÝCH V HORNINÁCH TŘÍDY R4 AŽ R6

Délka vetknutí l_f v m v hornině třídy R4 až R6	Únosnost $U_{v,tab}$ pilot v kN v horninách třídy R4 až R6 pro průměry pilot d v m						
	0,30	0,40	0,50	0,60	1,00	1,30	1,50
0 až 0,5	100	200	300	430	1000	1600	2000
1,5	150	300	400	580	1250	1900	2200
3,0	200	400	500	730	1500	2200	2600

Tab. 4. SVISLÁ TABULKOVÁ ÚNOSNOST $U_{v,tab}$ PILOT VRTANÝCH V ZEMINÁCH TŘÍDY G1 AŽ G4

Délka vetknutí piloty l_f v m v zeminách třídy G1 až G4	Únosnost pilot $U_{v,tab}$ v kN v zeminách třídy G1 až G4 pro průměry pilot d v m																				
	0,30			0,40			0,50			0,60			1,00			1,30			1,50		
	při relativní ulehlosti I_D																				
	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	1,00
1 až 1,5	35	70	200	60	120	400	100	200	600	140	280	850	400	800	2300	650	1300	3900	820	1600	5000
3	80	160	380	110	230	610	160	330	870	220	430	1150	520	1050	2800	800	1600	4500	1000	2000	5600
5	110	220	500	150	330	750	220	420	1060	280	550	1400	630	1300	3200	950	1900	5000	1100	2300	6300
10	180	370	800	240	500	1100	320	650	1500	420	840	2000	840	1700	4000	1200	2400	6200	1450	3050	8000

Tab. 5. SVISLÁ TABULKOVÁ ÚNOSNOST $U_{v,tab}$ PILOT VRTANÝCH V ZEMINÁCH TŘÍDY S1 AŽ S5

Délka vetknutí piloty l_f v m v zeminách třídy S1 až S5	Únosnost pilot $U_{v,tab}$ v kN v zeminách třídy S1 až S5 pro průměry pilot d v m																				
	0,30			0,40			0,50			0,60			1,00			1,30			1,50		
	při relativní ulehlosti zeminy I_D																				
	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	1,00	0,33	0,67	1,00
1 až 1,5	20	50	175	40	80	300	60	120	500	85	170	700	240	480	1900	400	800	3300	520	900	4200
3	35	110	275	60	170	450	85	235	680	120	300	920	300	700	2300	460	1100	3800	580	1300	4800
5	50	160	370	75	240	550	100	320	820	140	400	1100	340	870	2500	500	1300	4150	650	1600	5300
10	70	280	570	100	400	800	140	520	1100	190	650	1500	400	1200	3000	600	1800	5000	750	2200	6500

Tab. 6. SVISLÁ TABULKOVÁ ÚNOSNOST $U_{v,tab}$ PILOT VRTANÝCH V ZEMINÁCH TŘÍDY F1 AŽ F6¹⁾, R7 a G5

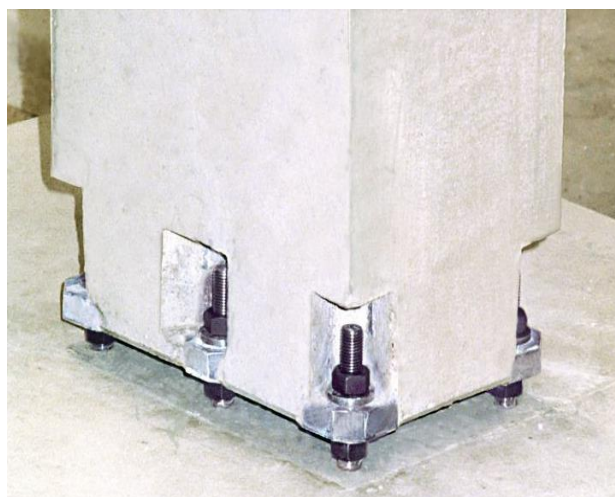
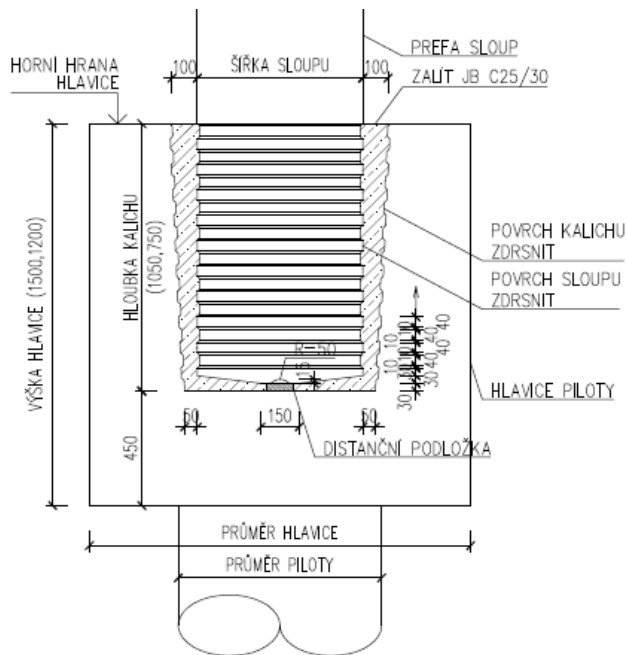
Délka vetknutí piloty l_f v m v zeminách třídy F1 až F6, R7 a G5	Únosnost pilot $U_{v,tab}$ v kN v zeminách třídy F1 až F6, R7 a G5 pro průměry pilot d v m																				
	0,30			0,40			0,50			0,60			1,00			1,30			1,50		
	při indexu konzistence I_C																				
	0,5	1,0	>1,5	0,5	1,0	>1,5	0,5	1,0	>1,5	0,5	1,0	>1,5	0,5	1,0	>1,5	0,5	1,0	>1,5	0,5	1,0	>1,5
1 až 1,5	25	60	120	45	100	200	60	150	300	80	220	430	230	630	1000	400	1000	1600	500	1250	2000
3	60	130	240	95	190	380	130	260	520	170	350	710	370	860	1500	580	1300	2200	700	1600	2700
5	90	180	340	130	260	520	170	350	700	220	450	900	460	1050	1850	700	1500	2650	820	1800	3400
10	160	320	580	210	420	840	260	550	1100	330	680	1350	700	1430	2600	1000	2000	3600	1200	2400	4200

1) Pro zeminy třídy F7 a F8 nelze tabulkových hodnot použít.

V horní části se pilota zpravidla opatřuje hlavicí, do které se kotví sloup stavby. Hlavice mohou mít buď kruhový půdorys (vrtají se společně s pilotou vrtákem o větším průměru), nebo obdélníkový půdorys (betonují se do bednění jako patky).

Pro osazení prefabrikovaného sloupu se zpravidla v hlavicí vynechává prohlubeň – kalich. Vnitřní plocha kalicha a spodní část sloupu je zdrsněná. Po osazení sloupu do kalicha se kalich zalije jemnozrnným betonem.

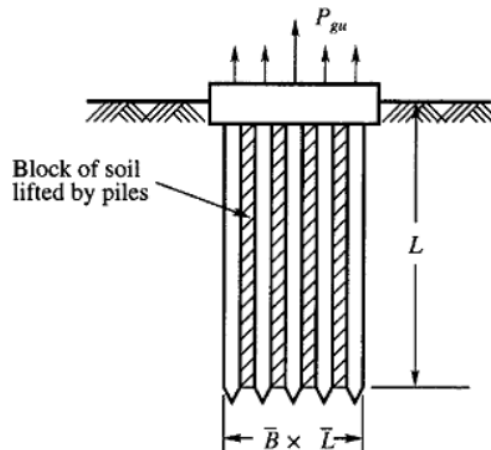
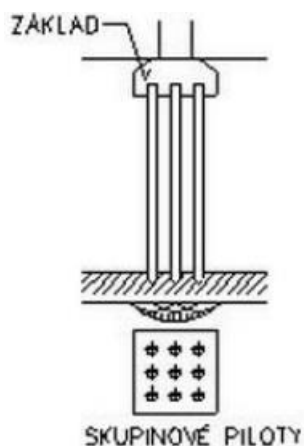
Jinou možností je kotvení prefa sloupu přivařením nebo přišroubováním na železa vyčnívající z horního povrchu hlavice, nebo betonáž monolitického sloupu se stykováním výtzuže přesahem.



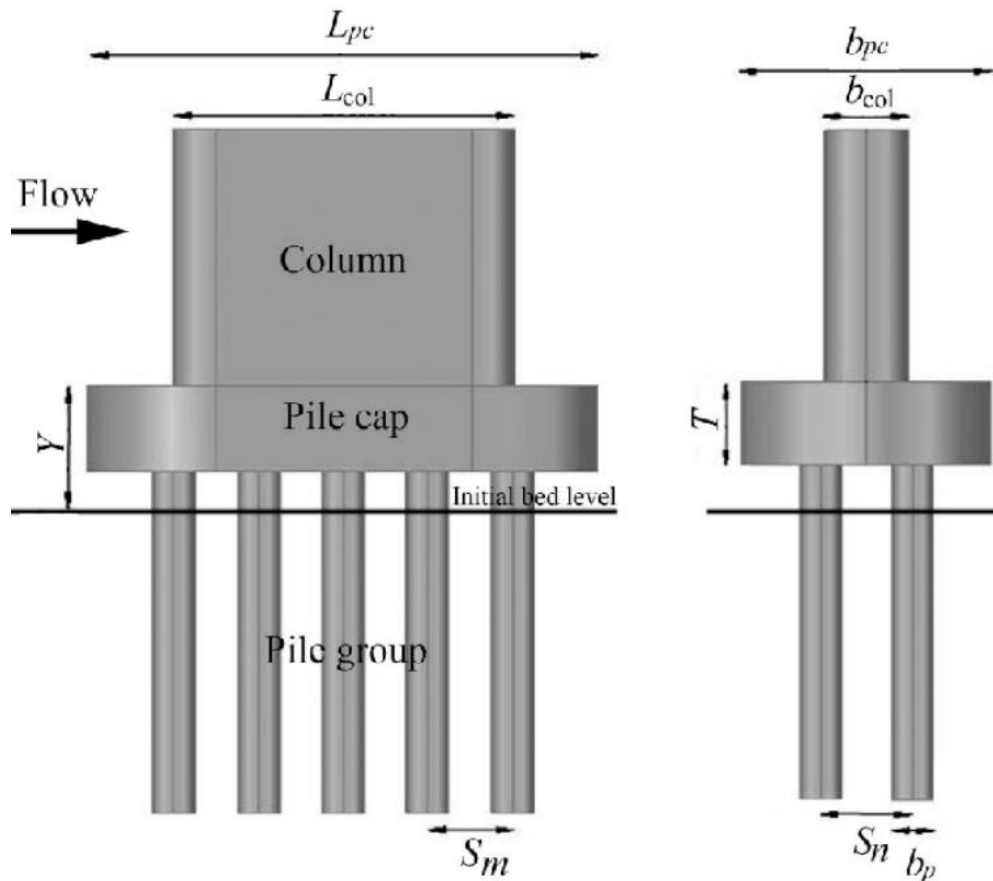
Typický detail kotvení prefa sloupu do kalicha

Další možnosti kotvení prefa sloupu

Skupiny pilot – používají se pod velmi zatížené základové patky (například pod mostní pilíře), kde nestačí jedna pilota. Piloty ve skupině jsou vzájemně blíže, než osamělé piloty, vzájemně se ovlivňují a posuzují se jako celek – skupina pilot s blokem zeminy.



Příklad mostního pilíře založeného na skupině pilot.



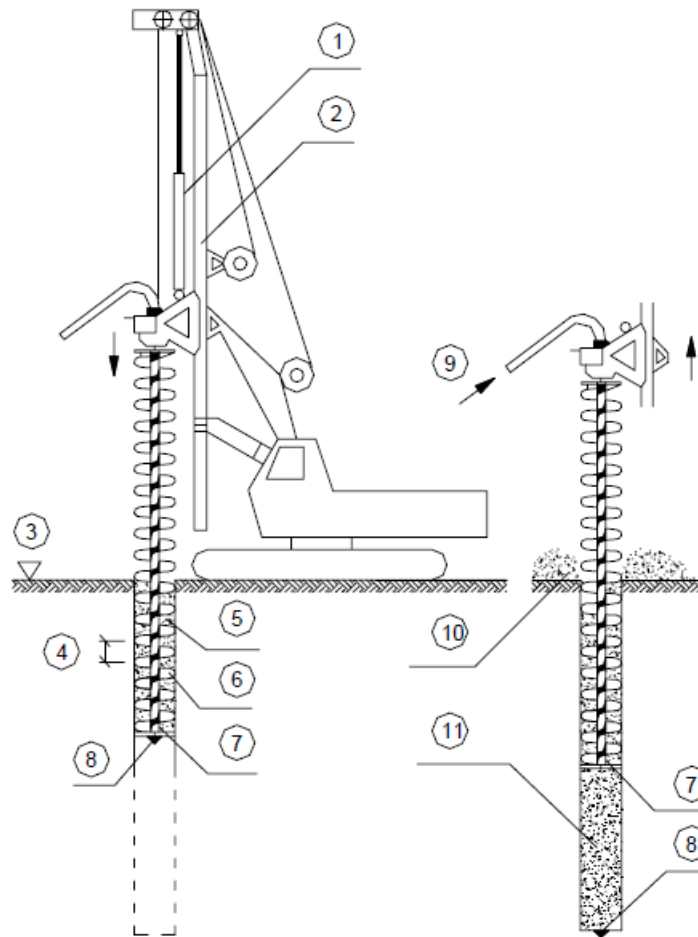
19.3 Vrtané piloty CFA (Continuous Flight Auger)

Jde o moderní technologii vrtání pilot tzv. průběžným šnekem, která se v posledních letech rozšiřuje i v ČR. Šnekový vrták musí mít nejméně stejnou délku, jako pilota (maximálně 20 m). Dutý šnekový vrták se zavrtává do zeminy prakticky bez vynášení zeminy na povrch. Po dosažení potřebné hloubky se zastaví posun vrtáku směrem dolů a při stejném směru otáčení jako při zavrtávání se vrták pomalu vytahuje. Přitom se zemina vynáší na povrch. Současně se prostor pod vrtákem vyplňuje betonem, který se do vrtu vhání pod tlakem dutinou v ose vrtáku. Po dokončení betonáže se z hlavy piloty odstraní zemina se znehodnoceným betonem a do vrtu se shora dodatečně zatlačí výztužný armokoš. To někdy bývá problém. Armokoš lze zatlačit lžící stavebního stroje, popřípadě lze použít poklepů lžice. K vhánění armokoše se nesní používat vibrace, aby nedošlo k rozmíšení betonu.

Výhodou je, že vrt není nutno pažit (pažení obstarává zemina v závitech šnekového vrtáku). Produktivita práce je i několikrát vyšší, než u klasického paženého vrtu. Tím, že se vrt plní betonem pod tlakem, se dosahuje vyššího plášťového tření piloty.

Technologii lze použít v soudržných i nesoudržných zeminách bez balvanů. Nelze ji použít ve skalních a poloskalních horninách.

Jsou k dispozici profily od 360 do 1100 mm.



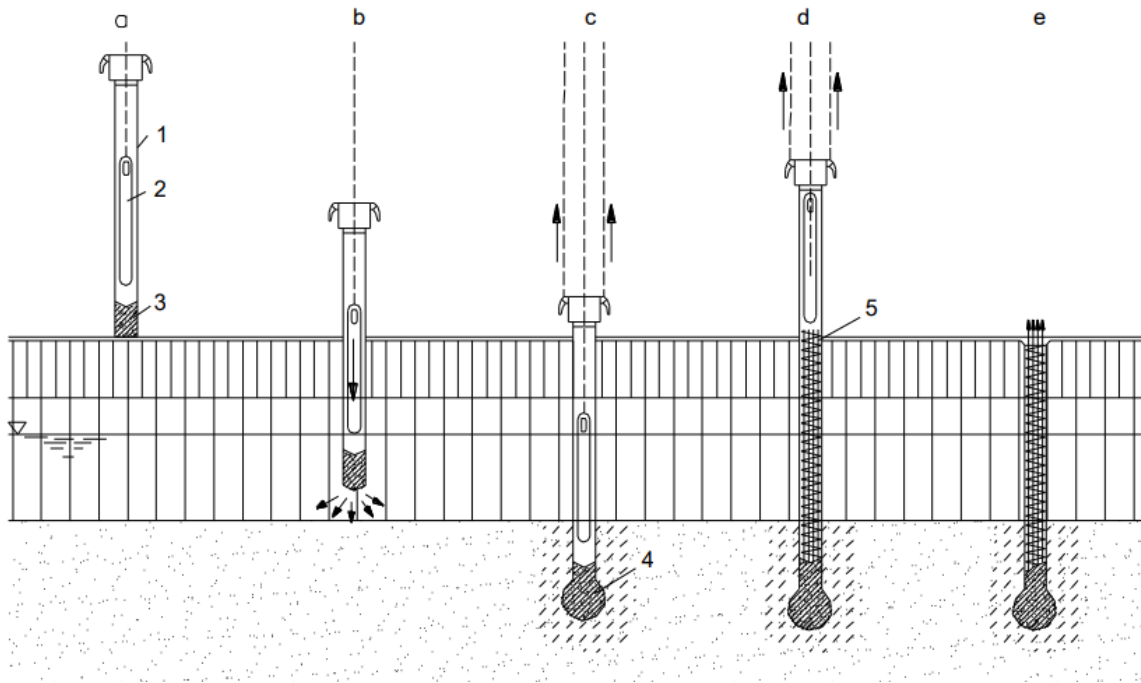
Technologie provádění pilot průběžným šnekem (CFA): 1-přítlačný válec, 2-věž vrtné soupravy, 3-pracovní plošina, 4-výška závitu, 5-rozrušená zemina, 6-průběžný šnek, 7-vnitřní roura, 8-zátka vnitřní roury, 9-přívod betonu, 10-vyvrtaná zemina, 11-beton piloty

19.4 Ražené piloty

Ve světě existují různé typy ocelových nebo prefabrikovaných železobetonových pilot, zabudovávaných do základové půdy beraněním, vibrací, šroubováním, nebo zatlačováním. Dříve se používaly i v ČR.

V posledních desetiletích se České republice více rozšířily pouze tzv. předrážené, na místě betonované piloty Franki. Postup provádění předrážené piloty Franki je na následujícím obrázku. Výhodou technologie Franki je jednak to, že není nutno odvážet zeminu vytěženou z vrtu a navíc při předrážení zeminy dojde ke zhutnění zeminy v okolí piloty a tím i ke zvýšení únosnosti piloty ve srovnání s vrtanou pilotou.

Podobným způsobem lze stejnou technologií vyrábět i štěrkové předrážené piloty pro zlepšení základové půdy – viz studijní text, týkající se zlepšování základové půdy.

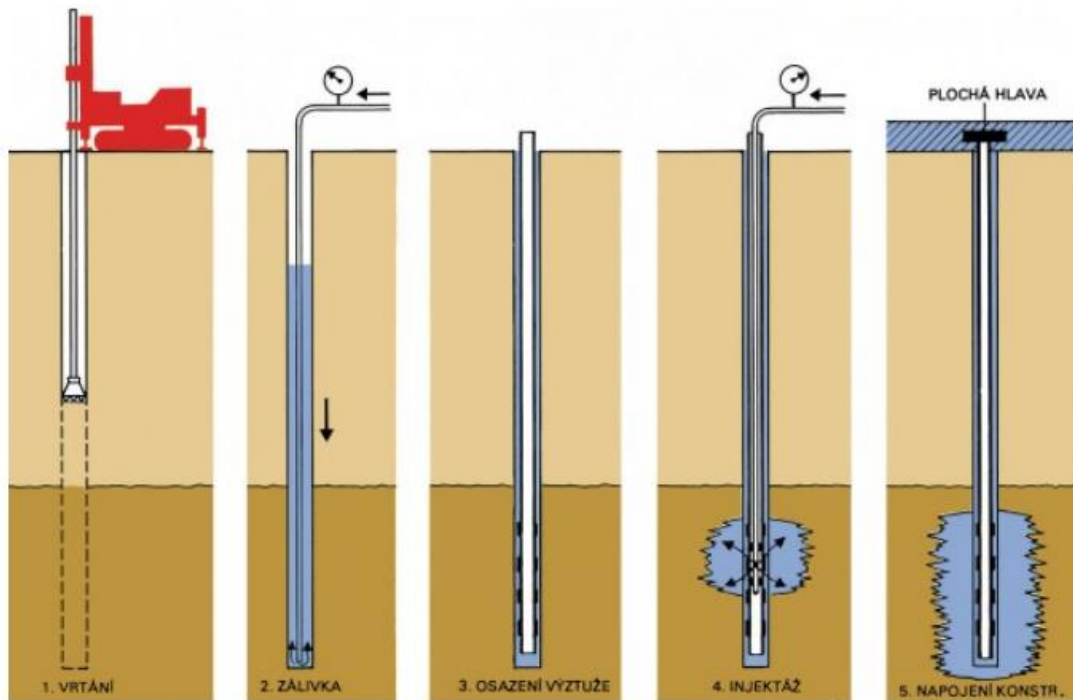


1 – předrážecí roura (pažení), 2 – beran, 3 – betonová zátka, 4 – rozšířená pata piloty
5 – armokoš piloty

19.5 Mikropiloty

Mikropiloty (někdy též kořenové piloty) společně s tryskovou injektáží patří mezi metody tzv. speciálního zakládání. Především použití mikropilot se však v posledních letech natolik rozšířilo, že je lze považovat za zcela běžný způsob zakládání. Pro navrhování a realizaci vrtaných pilot platí norma ČSN EN 14199 Provádění speciálních geotechnických prací – Mikropiloty.

Mikropiloty se osazují do vrtu profilu obvykle od 150 do 220 mm a jsou tvořeny silnostěnnou ocelovou trubkou profilu nejčastěji 70/12, 89/10 nebo 108/16 mm. Vrt se po vyhloubení vyplní odspoda betonovací hadicí cementovou zálivkou. Do zálivky se osadí trubka mikropiloty. Ta je dole uzavřena přivařeným víčkem a ve spodní části má po obvodu vyvrtané injektážní otvory. Otvory jsou ve spodní části mikropiloty v jednotlivých injektážních etážích, zpravidla od sebe vzdálených 500 mm. Injektážní otvory jsou zakryty manžetami z gumy, které fungují jako jednosměrný ventil. Po osazení do zálivky se trubka ponechá 24 hodin, aby došlo k zatvrdnutí zálivky. Poté se do trubky mikropiloty shora spustí obturátor napojený na čerpadlo a pilota se směrem odspoda po jednotlivých etážích zainjektuje opět cementovou zálivkou (směs cementu a vody). Injektáž se provádí tlakem 1 až 4 MPa, injektáž roztrhá zálivku ve vrtu okolo mikropiloty a roztlačí zeminu kolem piloty, čímž vznikne kořen mikropiloty. Po ukončení injektáže se vnitřek mikropiloty vypláchne a po zatvrdnutí injektážní hmoty lze injektáž opakovat. Po poslední etapě injektáže se vnitřek trubky vyplní zálivkou.



Mikropiloty se opatřují hlavou z ocelové desky pro přenesení síly do betonového základu. Mikropiloty se (technickým diamantem osazenými korunkami) běžně vrtají skrz stávající základy. Mikropilota může přenášet tlak i tah, v tlaku unese běžně 200 až 800 kN.

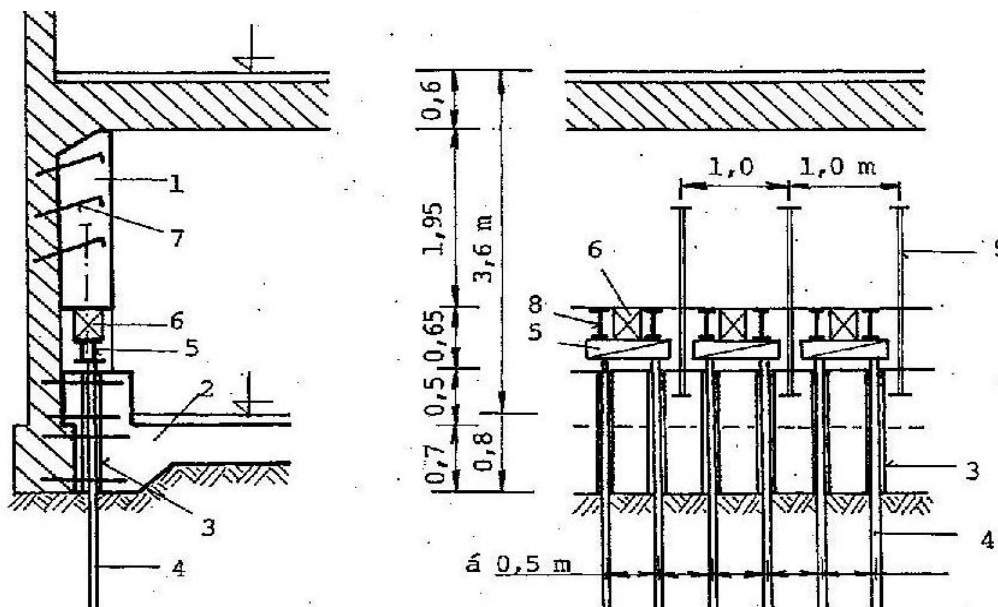
Mikropiloty se s výhodou používají při zakládání ve stísněných podmínkách. Existují soupravy, které lze rozebrat a odnést do sklepa dveřmi šířky 800 mm. Mikropilotážní soupravu lze běžně přenést jeřábem. Trubky mikropilot lze nastavovat šroubovanými spoji. Minimální světlá výška pro práci speciální mikropilotovací soupravy, určené pro práci ve stísněných podmínkách, je 2200 mm.

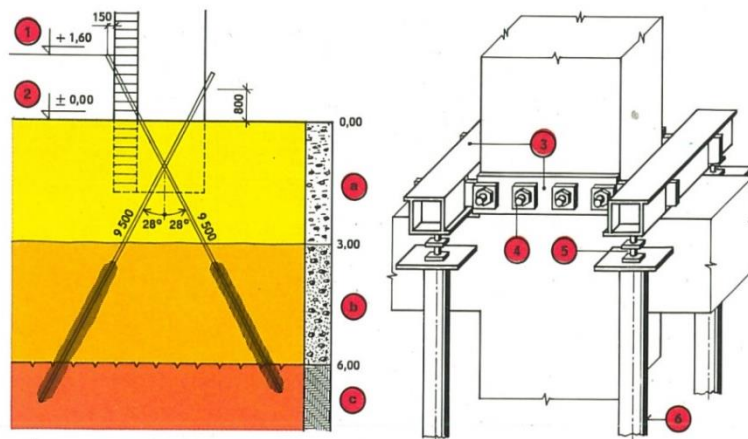
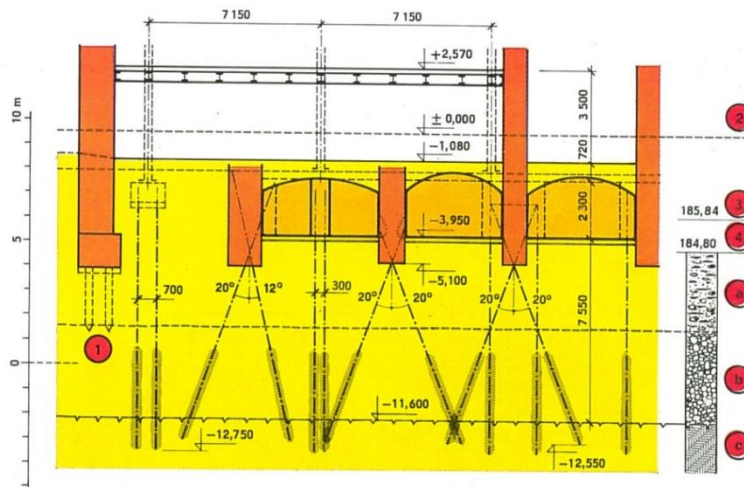




Nevýhodou založení na mikropilotách je vyšší cena – orientačně 3000,- Kč/bm piloty. Proto se používají pouze v odůvodněných případech (stísněné podmínky, zakládání uvnitř budov - vestavby v halách, podchycovací práce při rekonstrukcích a podobně).

Příklady použití mikropilot k podchycování základů jsou na následujících obrázcích:





19.6 Trysková injektáž

Speciální technologie, je poměrně drahá. Využívá velmi vysokých tlaků, kterými se injektážní hmota (zpravidla směs cementu a vody) vhání do zeminy rotující tryskou. Tím dojde k rozrušení původní zeminy, jejímu promísení s cementovou zálivkou a k vytvoření betonového sloupu v zemině. Soupravou na trysovou injektáž není problém provrtat stávající železobetonový základ. Souprava na trysovou injektáž vypadá podobně, jako vrtačka na mikropiloty.

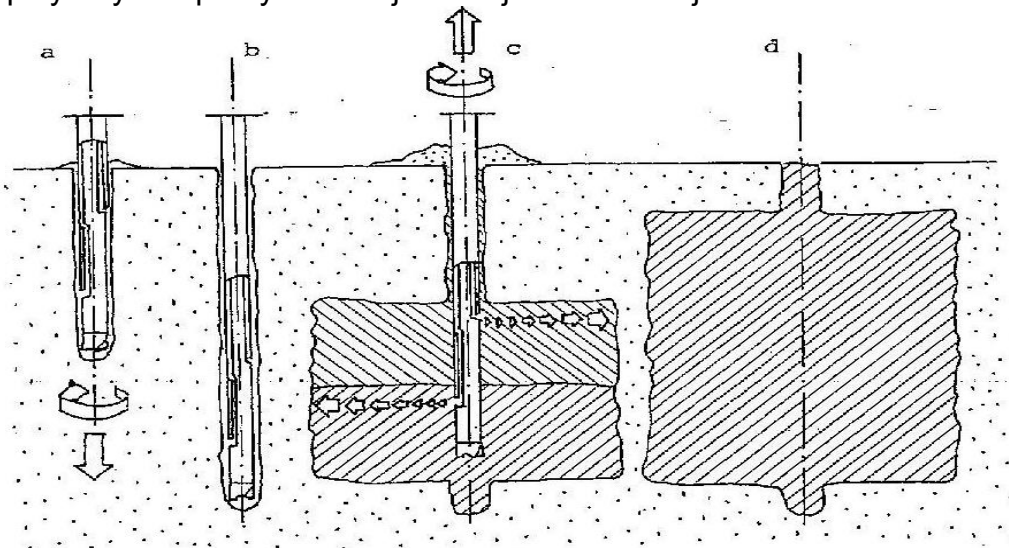
Pro navrhování a realizaci trysové injektáže platí norma ČSN EN 12716 Provádění speciálních geotechnických prací – Trysová injektáž.

Používá se především k následujícím účelům:

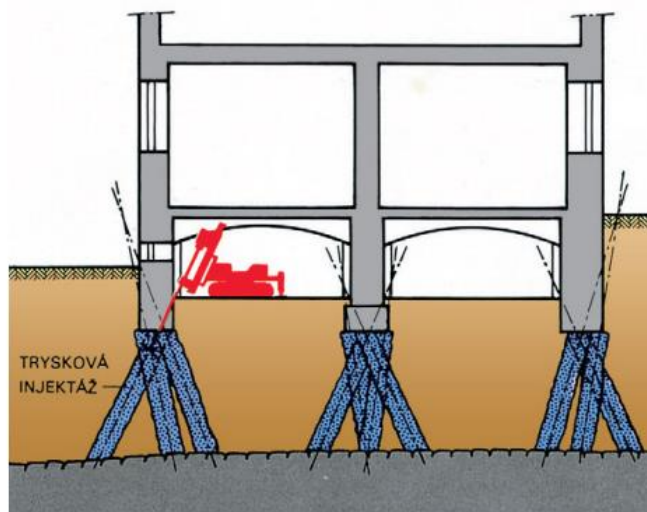
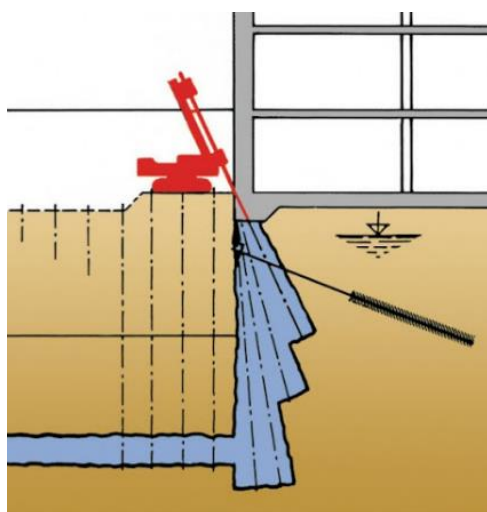
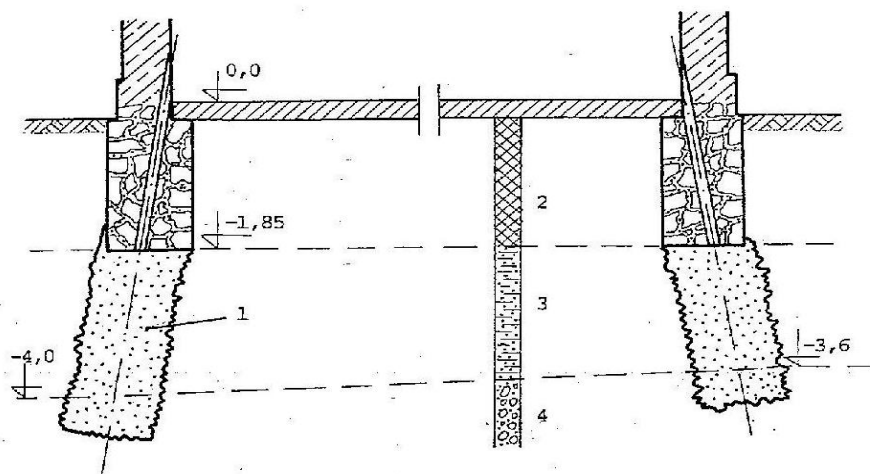
- Dodatečné podchycování základů staveb
- Pažení stavebních jam
- Budování podzemních těsnících stěn

Příklady použití trysové injektáže pro pažení stavebních jam a budování podzemních těsnících stěn byly uvedeny ve studijním textu týkajícím se stavebních jam.

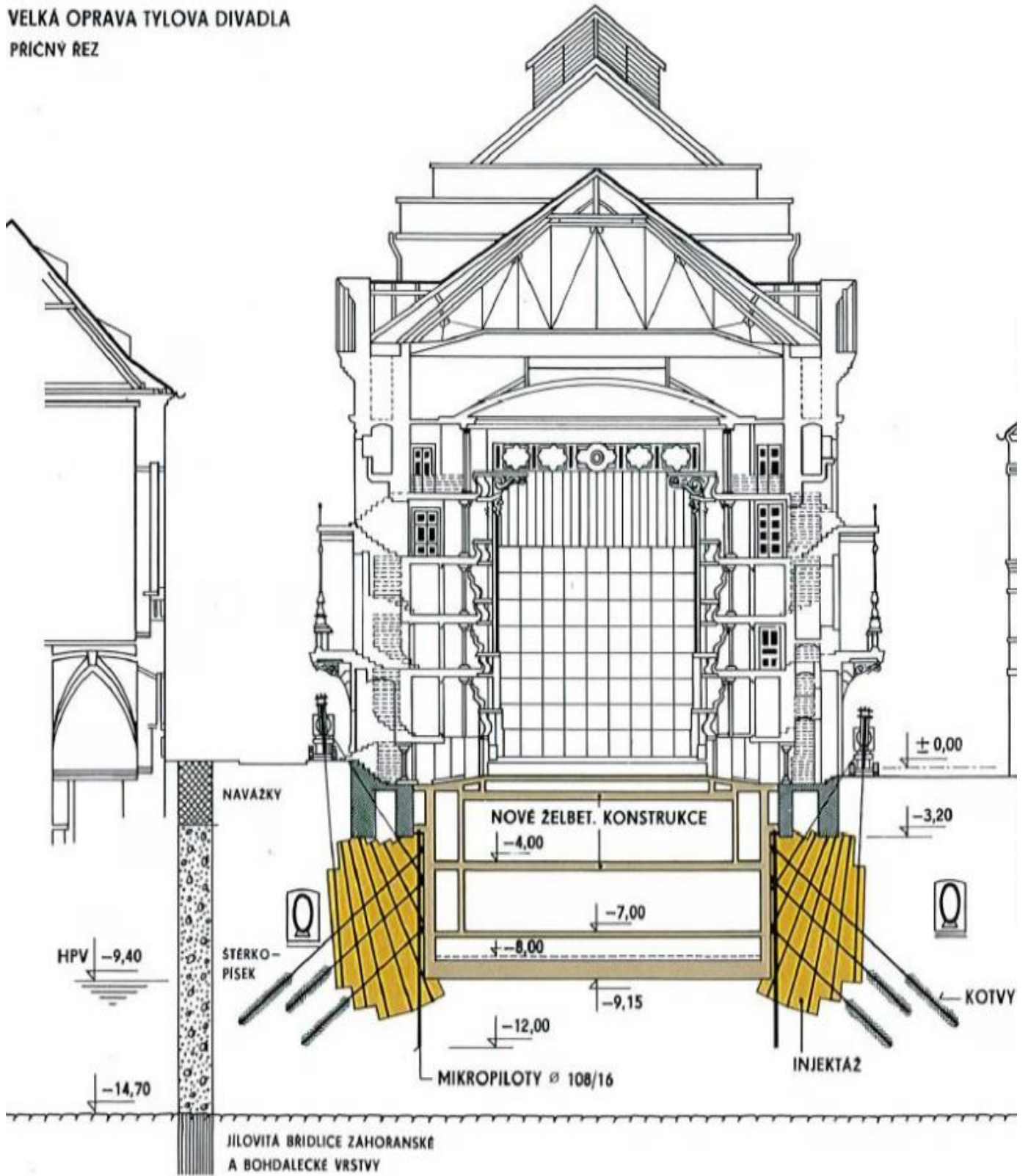
Postup výroby sloupu tryskové injektáže je na následujícím obrázku.



Příklady podchycení stávajících základů tryskovou injektáží jsou na následujících obrázcích.



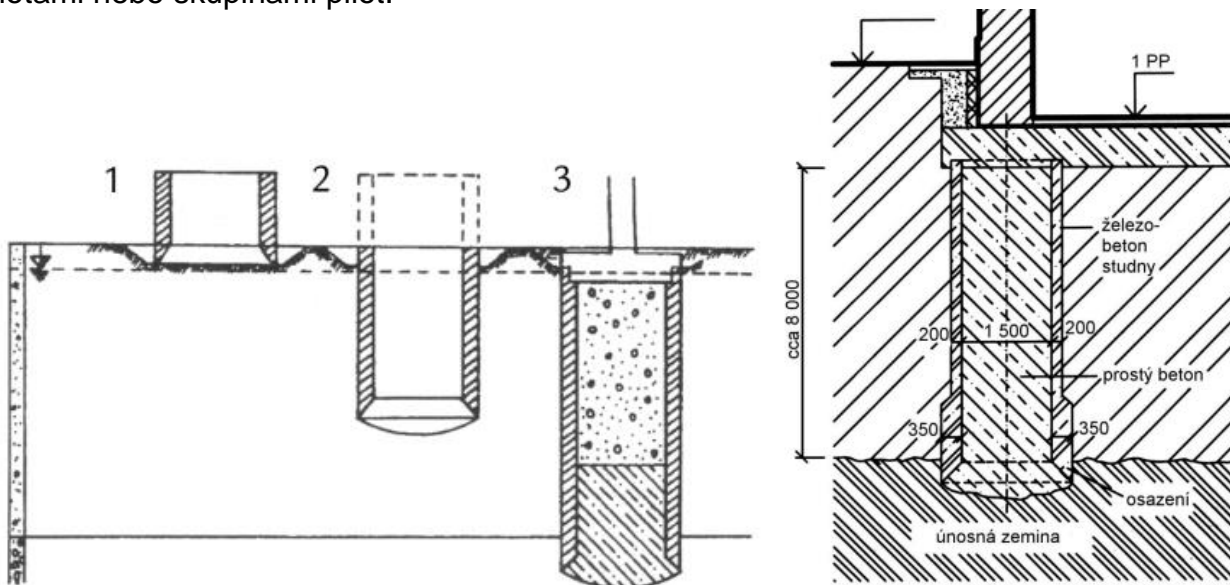
VELKÁ OPRAVA TYLOVA DIVADLA
PRÍČNÝ REZ



19.7 Studny a kesony

Studny jsou duté železobetonové válce nebo hranoly. Plášť studny se vybetonuje na povrchu, na spodním okraji je plášť zúžený do břitu. Studna se spouští vlastní tíhou postupným podhrabáváním, přitom se plášť studny nad terénem postupně nastavuje nabetonováváním dalších prstenců. Po spuštění na potřebnou výškovou úroveň se studna zabetonuje.

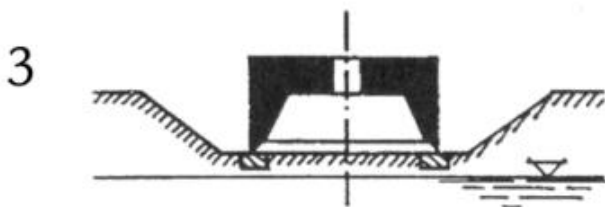
Jde o tradiční způsob zakládání, používaný především v minulosti. V současném stavitelství se pro svoji pracnost používá zcela výjimečně a nahrazuje se širokoprofilovými pilotami nebo skupinami pilot.

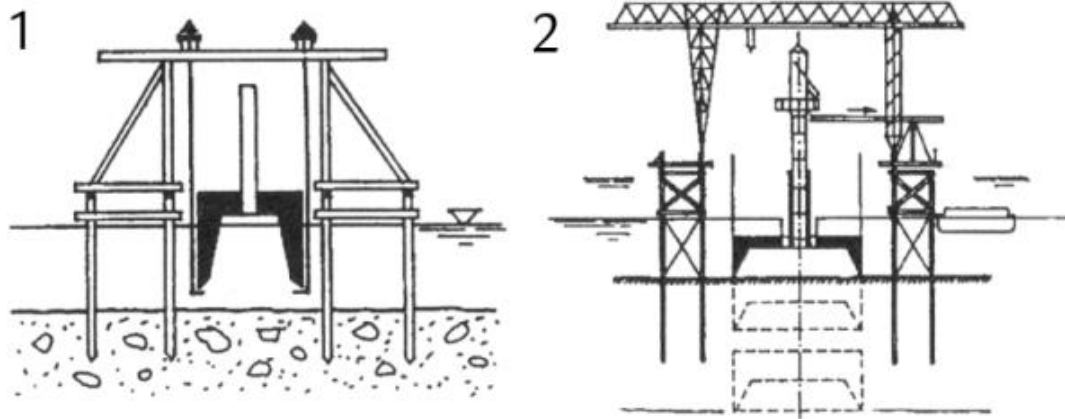


- 1 – první prstenec s břitem na povrchu
- 2 – postupné spouštění a nadbetonovávání
- 3 – Zabetonování studny a ukotvení nosné konstrukce

Kesony jsou dutá tělesa se stropem, která se používají pro zakládání pod vodou. Do stropu kesonu je zaústěna komunikační roura - šachta, kterou se také do kesonu vhání stračený vzduch, který zajišťuje přetlak v kesonu. Přetlak zajišťuje, že do kesonu nevniká voda. Maximální hloubka, která z hlediska přetlaku ještě umožňuje práci lidí v kesonu, je 35 m. Na následujících obrázcích je spouštění kesonu z lešení (1), z jeřábu (2) a z terénu (3).

Jde podobně jako u studní o tradiční způsob zakládání, který se v současné době nahrazuje moderními metodami speciálního zakládání – především pilotami.





Příklad zakládání mostního pilíře v řece na kesonu je na následujícím obrázku.

