

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
Přírodovědecká fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Praha 2016

Igor Šula

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Geologie



Igor Šula

Vrtná technika a technologie ve vztahu k inženýrské geologii

Drilling technique and technology related to engineering geology

Typ závěrečné práce

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Novotný, CSc.

Praha, 2016

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne 22. 8. 2016

Podpis:

OBSAH

ÚVOD	9
1 ÚČELY VRTNÝCH PRACÍ A HISTORIE VRTÁNÍ	10
2 VRTNÉ DÍLO	13
2.1 Geologicko-průzkumné vrty.....	13
2.2 Provozně-technické vrty.....	13
3 PŘÍPRAVNÉ PRÁCE	15
4 VRTNÉ TECHNOLOGIE	16
4.1 Vrtatelnost a rozpojitelnost hornin	16
4.1.1 Vyjádření rozpojitelnosti hornin	16
4.1.1.1 Odpor hornin.....	16
4.1.1.2 Abrazivnost	17
4.1.2 Třídy vrtatelnosti	17
4.2 Vrtný režim	18
4.3 Vrtný výplach.....	18
4.3.1 Kapalné výplachy.....	19
4.3.2 Výplachy plynné a proplyněné.....	20
4.4 Způsoby provádění vrtných prací.....	20
4.4.1 Náběrové vrtání	21
4.4.2 Šnekové vrtání.....	21
4.4.3 Vibrační vrtání.....	21
4.4.4 Nárazové vrtání	21
4.4.4.1 Vrtání pensylvánské.....	22
4.4.5 Rychlo-nárazové vrtání	22
4.4.6 Vrtání rotarové	22
4.4.7 Vrtání jádrové.....	22
4.4.8 Rotačně-příklepové vrtání	23
4.4.9 Vrtání s ponornými pohony.....	23
4.4.10 Sací vrtání.....	24
4.4.11 Protiproudové vrtání.....	24
4.4.12 Tryskové vrtání	24

5	VRTNÁ TECHNIKA	25
5.1	Vrtná souprava	25
5.1.1	Pohonné zařízení vrtné soupravy	25
5.1.2	Těžní zařízení vrtné soupravy	26
5.1.3	Vrtné zařízení vrtné soupravy	28
5.1.3.1	Nárazová vrtná zařízení	28
5.1.3.2	Rotační vrtné zařízení	29
5.1.3.2.1	Rotační stoly	29
5.1.3.2.2	Rotační hlavy	30
5.1.3.2.3	Ponorné vrtné motory	30
5.1.3.2.3.1	Hydrodynamické vrtné motory	30
5.1.3.2.3.2	Hydrostatické vrtné motory	31
5.1.4	Proplachová zařízení	32
5.1.4.1	Výplachová čerpadla	32
5.1.4.2	Očísťovací zařízení	33
5.1.5	Bezpečnostní prvky vrtných souprav	33
5.1.6	Měřicí zařízení	34
5.2	Vrtná kolona	34
5.2.1	Jádrovací zařízení	35
5.3	Pažnicová kolona	36
5.3.1	Řídící pažnicová kolona	36
5.3.2	Úvodní pažnicová kolona	37
5.3.3	Ochranná pažnicová kolona	37
5.3.4	Těžební pažnicová kolona	37
5.4	Vrtné nástroje	37
5.4.1	Plnoprofilové vrtné nástroje	37
5.4.1.1	Valivá dláta	37
5.4.1.2	Kompaktní dláta	40
5.4.1.3	Diamantová dláta	41
5.4.1.4	Listová dláta	41
5.4.2	Jádrové vrtné nástroje	42
5.4.2.1	Diamantové korunky	42
5.4.2.2	Tvrdokovové korunky	43
5.4.2.3	Valivé korunky	44
5.4.2.4	Šrotové korunky	45
5.4.3	Nárazové vrtné nástroje	45
5.4.3.1	Vrtný nástroj pro ponorná kladiva	45

5.4.3.2	Vrtný nástroj pro vrtání na laně	46
5.4.4	Náběrové vrtné nástroje.....	47
5.4.4.1	Vrtný nástroj pro náběrový způsob vrtání.....	47
5.4.4.2	Drapák jako vrtný nástroj.....	48
5.4.4.3	Vrtný nástroj pro vibrační vrtání.....	49
5.4.4.4	Vrtný nástroj pro nepřímý výplach	49
6	VRTNÉ METODY POUŽÍVANÉ V INŽENÝRSKÉ GEOLOGII.....	50
6.1	Inženýrskogeologické sondování v zeminách.....	50
6.2	Inženýrskogeologické sondování v horninách	53
6.3	Odběry podzemní vody pro inženýrskogeologické účely	54
	ZÁVĚR.....	55
	POUŽITÉ ZDROJE.....	56

Abstrakt

Práce podává informace provázející světem vrtných průzkumných prací v geologii, ať už se jedná o podání historického kontextu vrtných prací v daleké minulosti a jejich účelovosti, tak o snahu přivést čtenáře do složitosti logiky vrtání a k vrtání potřebných znalostí a techniky. Zároveň práce popisuje vrtné těleso, společně s pracemi, které jsou potřeba vykonat před zahájením větších vrtných projektů. Vzhledem k zaměření práce nejen na vrtnou techniku a technologii, dává tato práce základní informaci o využívaných postupech při inženýrskogeologickém průzkumu.

Klíčová slova: vrt, vrtná souprava, korunka, jádro, inženýrskogeologický průzkum

Abstract

The publication serves for information about drilling in geology, it describes historical context of drilling in the distant past and its purpose but also the reader is introduced with the complex logic of drilling and knowledge of drilling techniques. Simultaneously this publication describes borehole together with all works which must be done before bigger projects of drilling begins. Because the publication isn't only about drilling technique and technology so basic informations about ground investigation methods are in this publication too.

Key words: borehole, drill rig, drill bit, core, ground investigation

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Janu Novotnému, CSc. za vedení při psaní práce, poskytnutí rad a cenných připomínek k práci a za poskytnutí několika zdrojů, stejně jako podání tipů na vhodné zdroje k sestavení práce. Dále bych rád poděkoval panu RNDr. Josefu Datlovi, Ph.D. za poskytnutí těžko sehnatelných knižních publikací, za vřelý přístup při jejich propůjčení a za poskytnuté konzultace.

Zároveň bych rád poděkoval svým rodičům a svému kolegovi, Filipu Olejárovi, za poskytnutí zázemí a především psychické podpory pro vytvoření této bakalářské práce.

ÚVOD

Cílem této práce je vytvoření přehledného souhrnu vrtných technologií společně s vrtnou technikou, do které je dnes již zahrnuta spousta zařízení a vymožeností, které jsou v neustálém rozvoji. Samotná logika provádění vrtných děl je velmi širokou tematikou, kterou v této práci nelze plně obsáhnout, proto se v této práci nalézá přehled dnes či v blízké minulosti nejvyužívanějších technologií a technických zařízení, jež tyto vrtné práce umožňují.

Vrtné práce v geologii jsou častokrát jedinou možností, jak se alespoň částečně podívat pod povrch Země bez neuvěřitelně nepředstavitelných investic, které by musely být poskytnuty na odstranění horninových masivů při zemském povrchu. V podstatě vrtné práce provázejí geologický život ruku v ruce a zároveň dávají nové podněty pro geologické hypotézy, jež by si geologové právě bez vrtných prací nebyli schopni představit.

Vrtné práce se provádějí většinou z velmi rozdílných účelů, ať už průzkumné, monitorovací, či těžařské. Proto je důležité stanovit pro daný vrt jeho účelovost, každá tato účelovost vrtu může následně předznamenat technologii, kterou je daný vrt prováděn, což umožňuje velká variabilita vrtných technologií, průměrů vrtu, různých výplachových směsí a samozřejmě vrtných souprav a nástrojů, jež celý vrtný proces řídí společně s vrtnou kolonou, či popřípadě s pažnicovou kolonou. Proto je na konci práce věnovaná kapitola inženýrskogeologickým průzkumným pracím, kde jsou ve stručnosti vyjmenovány vrtné technologie využívané pro inženýrskogeologický průzkum a pro jaké účely je právě daná technologie vybrána.

Pro kompilační charakter práce byly zvoleny především zdroje knižní, které svou obsáhlostí byly největším zdrojem pro vytvoření této práce, dalším užitečným zdrojem byly odborné články, katalogy firem (ve formě PDF), jež vyrábí vrtnou techniku a nakonec evropská norma ČSN EN ISO 22475-1, Technická podmínka TP-76 a zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích.

1 ÚČELY VRTNÝCH PRACÍ A HISTORIE VRTÁNÍ

„Geologické vědy využívají pro poznávání charakteru a vlastností horninového prostředí široké škály výzkumných a průzkumných metod a přístrojové techniky. Od kladívka až po hmotový spektrometr, od fyzického smyslového kontaktu s kusem horniny až po geofyzikální prostorová měření vlastností geologického prostředí v hloubce několika kilometrů, aniž by přitom geolog tyto horniny mohl spatřit.

Geologie se v tomto ohledu podobá anatomii a medicíně. Stejně jako se anatomie snaží získat poznatky nejen o kůži, ale o všech součástech lidského těla, o jejich složení, funkcích, vzájemné součinnosti a vývoji, a to pokud možno bez toho, že by bylo nutné každého pacienta usmrtit, rozřezat a rozpívat, tak se geologický výzkum a průzkum snaží získat potřebné informace a vzorky z vytipovaných zásadních míst důležitých pro pochopení vývoje a stavby litosféry (od zvětralinového pláště až po její hlubiny), pro poznání geneze a stavby ložisek nerostů, pro klasifikaci vodních zdrojů, pro hodnocení zemského tepla i pro všechna geovědní odvětví a následně je v co největší míře zobecnit.

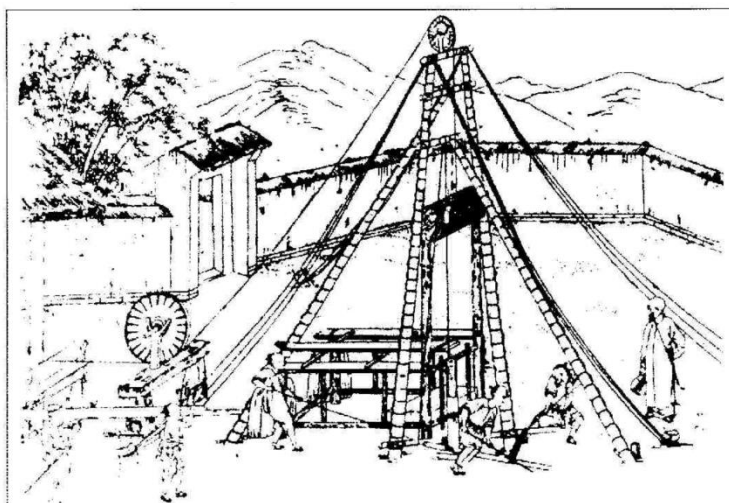
Jednou ze základních metod geologického poznání jsou právě vrtané sondy a průzkumné vrty...“ (Ďurica, Suk, 2011, s. 7)

V 60. letech 20. století se začaly kromě klasických geologických metod průzkumu Země používat další dosud nepoužívané metody, dnes známé jako geofyzikální průzkum, dálkový průzkum, letecké mapování a další moderní metody, mezi nimi i průzkumné vrtné práce.

Vrtání do Zemské kůry je však známo již od dávných dob, již od pravěkých lidí, kteří se pokoušeli nejrůznějšími ručními vrtáky provrtávat horniny. Hlavně za účelem získávání vody. Tímto primitivním způsobem vytvořené vpichy do Země se nacházely hlavně v oblastech s nedostatkem vody v oblastech Afriky, Austrálie a Jižní Ameriky. Staří Egypťané též dokázali provrtat kámen, což je nacházeno hlavně v starých hrobkách králů. Tyto „vrty“ mohly mít za účel například určení vodorovné hladiny pro odhad vodorovnosti stavby či skladování některých plodin a surovin.

Hlavní vrtnou velmocí Starověku však byla Čína, kde se používaly vrty k získávání soli, tyto solankové vrty jsou známé z roků 1000 až 200 před naším letopočtem. Čínská vláda měla na vývoz soli velký zájem, protože přinášela velké množství příjmů do státní pokladny. V pozdější době (asi 200 let před naším letopočtem) staří Číňané hloubili vrty za účelem získání „zemního oleje“, dnes známého jako ropa a zemní plyn, který využívali hlavně jako topivo a na svícení, též se používal jako zbraň k podpalování nepřátelských lodí.

Vrtnou technologií, kterou využívali staří Číňané, bylo nárazové vrtání pomocí dláta, jež bylo připevněno na věži z bambusových sloupů (Obr. 1.1). Vrtné práce se prováděly naprosto jednoduchým způsobem, dláto bylo puštěno a naráželo do dna vrtu a tak docházelo k rozrušování hornin. Tímto způsobem byli schopni již před naším letopočtem dosáhnout hloubek až 500m pod zemský povrch, či 200m při vrtání na zemní olej. Tento starobylý způsob vrtání odpovídá moderní vrtné technice tzv. pensylvánskému vrtání na laně, vyvinutého v 19. st. ve Spojených státech amerických pro vrtání na ropu.



Obr. 1.1: Ukázka vrtné věže ze staré Číny
Zdroj: Ďurica, Suk, 2011

V pozdější době se Čínský způsob vrtání dostal i do Evropy, zřejmě přes oblast jižního Ruska, kde jsou známi vrty z 9. století našeho letopočtu, které shodou náhod byly hloubeny též k získávání soli a později i ropy. Poté v okolí měst se využívalo vrtání opět k získávání vody. Začaly vznikat techniky k hloubení studen pomocí velkých kovových nebozezů (dvouruční vrtáky), tyto nové techniky byly využívány ve Francii, kde také daly vzniknout tzv. artéským studnám (12. století).

Prvním dílem informujícím o způsobech vrtání bylo vydáno v 16. st. a nese název: Popis, jak nutno založit nový vrt. Avšak mnohem detailnější dílo sepsal roku 1580 francouzský keramik Bernard Pallisy ve svém spisu o vodních pramenech, zároveň ve svém díle zmínil myšlenku o průzkumu zemských vrstev pomocí vzorků hornin získaných díky vrtným pracím a navrhl postup jak tento vzorek odebrat pro výzkumné účely – jeho doporučení platí dodnes. (Ďurica, Suk, 2011)

Později ze začátku 19. století se vrtání velice rozšířilo díky potřebě těžít ropu a zemní plyn ve Spojených státech, velmi rozšířené bylo již zmíněné nárazové vrtání na laně, které se

začalo postupně zdokonalovat o přidání například tyčí, které lépe řídí vrtný nástroj. Dosud se však ovšem nevrátilo na jádro, ale pouze plnou čelbou či tzv. na drť, vrtání na jádro bylo zavedeno v roce 1801, kdy byly zavedeny duté tyče pro vedení vrtného nástroje, díky tomu mohli geologové studovat souvislé vzorky odvrtné horniny tzv. celistvá jádra. Nedílnou součástí vrtání je i způsob, jak odvádět odvrtnou horninu z vrtu, doposud se používaly nejrůznější náběrové nástroje či napuštění vrtu vodou a poté odsávání pomocí kalových čerpadel. Velkou novinkou po zavedení dutých řídicích tyčí bylo zavedení vrtného výplachu v polovině 19. století. Vrtný výplach má několik zásadních výhod pro vrt samotný, ovšem nejpodstatnější je vynášení odvrtné horniny v reálném čase, a tím zrychlení vrtání. Během průmyslové revoluce bylo zásadní novinkou pro vrtání zavedení parního stroje jako pohonné jednotky vrtných souprav, stalo se tak v roce 1859 při vrtání na ropu. Tento postup vrtání se stal velmi rozšířený, avšak v rámci poptávky po ropě časem nedostačující. Později přišly další způsoby vrtání jako rychlo-nárazové vrtání, Rotary a další, hlavně z důvodu potřeby vrtat do větších hloubek.

Ve 20. století zaznamenaly vrtné technologie velký rozvoj, protože poptávka po vrtech začala postupně narůstat, a to nejen po účelových, ale i po průzkumných. Vyvinuly se techniky vrtání náběrové, nárazové, nárazově točivé a dokonce techniky rozrušování hornin pomocí tepla. Se zvyšující se hloubkou, kterou vrtem lidstvo dosáhlo, se též zvyšují potřeby technologické, které se týkají vrtných nástrojů – dlát, korunek, vrtných kolon, výplachů, ale i zabezpečení vrtu a lidí, kteří na vrtech pracují, jakož i v okolí vrtu.

Vrty se rozlišují na dvě hlavní skupiny zájmové, a to na průzkumné vrty a vrty účelové. Hlavní dominantou všech vrtů tvoří vrty účelové, které se hloubí především za jedním přesně daným účelem např. vyhledávání surovin, ropy, vody, ale například i pro stavitelské účely. V účelově vrtaných vrtech se zaměřuje pozornost právě na chtěné informace a na ostatní, které lze z vrtů získat, se nebere ohled. V půlce 20. st. vznikla potřeba lidstva zavést vrty průzkumné, které mají za úkol prozkoumat poznatky, jež jsou modelovány, například z geofyzikálních průzkumů. Velmi významným počinem byl projekt „Upper Mantle Project“, ve kterém byly vrty hlavním prostředkem průzkumu. Tento projekt zahrnoval velký počet průzkumných vrtů po celé Zemi. Jejich hlavním účelem bylo co nejvíce zjistit o oceánické kůře a o svrchním plášti a zároveň i ověřit dosavadní geologické poznatky nashromážděné od 19. st. Nově získané informace učinily převrat v geologickém vnímání světa a přinesly spoustu poznatků o deskové tektonice, zároveň byly i impulzem pro další projekty hlubokého vrtání k poznání Země. (Ďurica, Suk, 2011; Rogaway, 2010)

2 VRTNÉ DÍLO

Vrtné dílo či vrt je nedílnou součástí průzkumných prací, je to hlavně z toho důvodu, že jím lze sledovat horninové formace hluboko pod povrchem, navíc tento způsob průzkumných prací je mnohem výhodnější nežli ražení hlubokých štol, hlavně z důvodů ekonomických, bezpečnostních i technických.

Prvotní informací, kterou lze z vrtu získat, je samozřejmě informace o hornině, buď z odvrtné drtě či celistvého jádra, s těmito informacemi jsou velmi důležité též informace o hloubkovém uložení vrtného vzorku. Další užitečnou informací mohou být informace o vrstevních sledech, kde se sleduje hlavně mocnost vrstvy a její úklon, s čímž je nutné zjistit i úklon vrtu. Z vrtu lze získat informace o podzemní vodě, a tedy i o propustných sledech hornin. Lze v nich měřit teplotu, a lze v nich využít různých karotážních metod. Při průzkumném vrtání je snaha o získání všech možných a dostupných informací, které lze z vrtu dostat.

Vrt má svůj charakteristický tvar, který je válcovitý, přičemž dominantním rozměrem je hlavně délka či hloubka tohoto válce, dalším určujícím rozměrem vrtu je jeho průměr, který je dán hlavně použitým vrtným nástrojem. Každý vrt má své ústí, což je otvor na povrchu, v jehož okolí bývá i vrtná souprava a vrtná obsluha. Dno vrtu je označováno jako vrtná čelba, zde pracuje vrtný nástroj, a prostor vrtu mezi ústím a čelbou jako stvol vrtu, kde bývá vrtná kolona, jež vede vrtný nástroj (Obr. 2.1).

Vrtné práce do svého oboru zahrnují dnes již spoustu dalších odvětví. Jsou dnes nedílnou součástí odvětví stavitelského, vodohospodářství či energetiky, kde splňují někdy podobné funkce. Především se jedná o průzkumné, či provozní účely. Na základě účelu vrtání se poté vrty dají rozdělit na dva základní druhy a to vrty geologicko-průzkumné a provozně-technické.

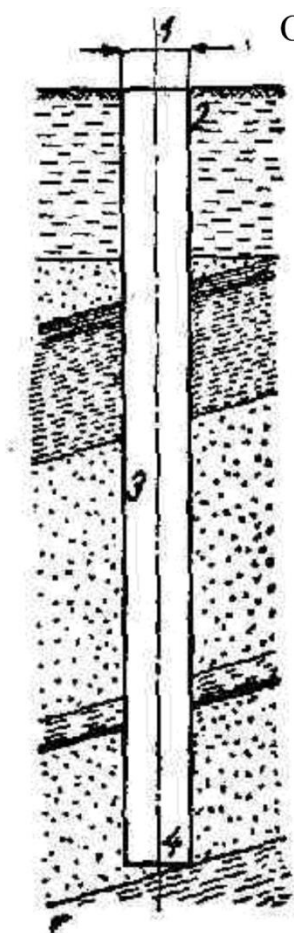
2.1 Geologicko-průzkumné vrty

Tyto vrty slouží hlavně pro podpoření geologických hypotéz a využívají se při mapování, či vyhledávání ložisek surovin. Důležité jsou hlavně během vrtání, kdy se získávají o dané lokalitě potřebné informace, po dokončení vrtných prací na významu ztrácejí a většinou se likvidují.

2.2 Provozně-technické vrty

Vrty provozně-technické se využívají v nejrůznějších odvětvích, např. v hornictví jako otvor pro těžbu, odvádění plynů (větrací šachta), injektáž, ve vodohospodářství jako otvory

pro získávání vody, či odvodňovací vrty ve stavebnictví. Hlavního významu nabydou až po dokončení vrtných prací. Nedílnou součástí vrtání je i vzorkování odvrtných podloží, které slouží jak pro technické účely, tak i pro geologické. (Ďurica, Suk, 2011; Jurman, 1984; Mazáč, 1991; Moss, Moss, 1990; Pinka et al., 2014a; Pinka et al., 2014b; Pražský, 1964; ČSN EN ISO 22475-1)



Obr. 2.1: Schématické znázornění vrtu

Popis: 1 - vrtné ústí, 2 - stěna vrtu,

3 - stvol vrtu, 4 - vrtná čelba

Zdroj: Pražský, 1964

3 PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

Důležitou součástí vrtných prací není jen vrtná souprava, která provede vrtné práce a realizuje vrt, ale důležité jsou i přípravné práce. Prvním aspektem úspěšného provedení vrtu v určitém území je vypořádání se se všemi stranami, které mají na území, kde chceme vrt provést, určitý vliv, a to s vlastníkem pozemku, popřípadě s nájemcem pozemku a státní správě (hlavně Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zdravotnictví a Český hydrometeorologický ústav), místo pro vybudování vrtného stanoviště je vybíráno s ohledem na charakter zájmového území, tak aby vrtné práce co nejméně toto území narušily, s ohledem na chráněná území, ochrany vodních zdrojů, ochrany půdy a telekomunikační inženýrské sítě, navíc při strojních vrtných pracích, jejichž hloubka přesahuje 30m nebo jejich celková délka přesahuje 100m, je organizace povinna tuto skutečnost oznámit krajskému úřadu, na jejichž území se mají vrtné práce uskutečnit, a to nejméně 30 dní předem, krajský úřad se poté k dané věci do 30 dnů vyjádří (podle zákona č. 62/1988 Sb.).

Teprve po schválení vrtných prací se mohou uskutečnit přípravné práce neboli budování vrtného pracoviště. To zahrnuje několik důležitých kroků, které by se daly shrnout hlavně tím, že se snaží co nejméně poškodit okolí vrtu. Jedná se hlavně o zabránění kontaminace okolních půd. Proto se pod vrtnou soupravu skládají betonové panely, které se k sobě pojí cementační hmotou a jsou též naspádovány k odvodňovacím kanálům, proti úniku dešťové vody z pracovní plochy. Teprve po vybudování tohoto prvotního pracoviště mohou začít samotné vrtné práce. (Ďurica, Suk, 2011; Zákon č. 62/1988 Sb.)

4 VRTNÉ TECHNOLOGIE

4.1 Vrtatelnost a rozpojitelnost hornin

Vrtatelností resp. rozpojitelností hornin je myšlen soubor vlastností hornin, které znesnadňují jejich rozpojování při vrtání, zároveň je tím myšlen projev hornin na vrtný proces a na vrtný nástroj. Tato vlastnost je prvním parametrem, který se bere v potaz při zahajování vrtného procesu, určuje způsob vrtání, výběr vrtného nástroje i vrtný režim. Těmito vlastnostem hornin se říká technologické vlastnosti hornin a patří zde především tvrdost, abrazivnost a rozpojitelnost hornin.

Vlastnosti rozpojitelnosti celkově určují napět'ový stav, který bude hornina klást na vrtný nástroj, a který musíme pomocí vrtání překonat, aby došlo k rozpojení horniny. Proto je nutné definovat kontakt mezi horninou na počvě vrtu a vrtným nástrojem, zároveň rozhoduje i tvar vrtného nástroje a zvolený způsob, kterým bude hornina rozpojována.

Do základních tvarů vrtných nástrojů patří tvar klínovitý, válcovitý a kulovitý. Vrtný nástroj přitom postupuje ve vrtu základním postupným pohybem ve směru hloubení vrtu, ty většinou bývají plynulé nebo přerušované, dle zvolené technologie vrtání. Další pohyb, jenž vrtný nástroj vykonává, je pracovní pohyb, ten je z pravidla hlavně otáčivý či postupný, může být i kombinovaný, v tomto případně se jedná o pohyb přímo vrtného nástroje. Mezi základní způsoby rozpojování hornin pomocí vrtného nástroje patří řezání, rýpání, usmyknutí, vylupování, vyštěpování, odštěpování a sekání hornin.

4.1.1 Vyjádření rozpojitelnosti hornin

Základními charakteristikami rozpojitelnosti hornin není pouze odpor hornin proti rozpojování, nicméně se určují i účinky horniny na vrtný nástroj, neboli abrazivnost hornin.

4.1.1.1 Odpor hornin

Odpor hornin v sobě zahrnuje pevnost horniny a zároveň její fyzikální stav, např. rozpukání horniny, směr puklin, atd.

Pevnost horniny však není pravidlem pro určení rozpojitelnosti, v praxi může dojít k případu, kdy horniny stejné pevnosti jsou rozdílně rozpojitelné, tento fenomén popisuje energetická jímavost hornin (přetvárný projev). Zpravidla platí, že čím vyšší energetická jímavost hornin, tím je hornina hůře vrtatelná.

Při pohybu nástroje ve vrtu je nejdůležitější překonat pevnost vtlačnou, tj. pevnost, která zabraňuje pronikání nástroje do horniny a pevnost smykovou, která klade odpor

otáčivému pohybu nástroje. Nicméně pro hodnocení rozpojitelosti má větší význam pevnost vtlačná.

4.1.1.2 Abrazivnost

Jedná se o schopnost horniny povrchově opracovávat vrtný nástroj při vzájemném tření horniny a nástroje. Jinými slovy by se dalo říct, že se jedná o projev hrubého povrchu horniny na povrch jiného tělesa a to zejména pomocí tvrdších abrazivnějších částic.

Určení abrazivnosti je poté zejména důležité pro postup vrtného procesu a volbu vhodného vrtného režimu, jelikož její neurčení může velmi výrazně ovlivnit účinnost rozpojovacího procesu, a tak i postupu vrtání. (Jedlička, Kožíšek, 1991; Mazáč, 1991; Pinka et al., 2014b; Sarga, Letko, 1983)

4.1.2 Třídy vrtatelnosti

Na základě vlastností, kterými horniny působí proti rozpojovacímu procesu, se horniny rozdělují do šesti tříd vrtatelnosti. Do těchto tříd jsou rozděleny zejména na základě pevnosti, charakteru hornin (zpevněné a nezpevněné, zrnitost hornin, obsah minerálů a charakter horninové matrix), přičemž toho rozdělení platí jen pro horniny nezvětralé. Zároveň jsou třídy hornin definovány přímými zástupci hornin, jež do dané třídy hornin patří.

Do I. třídy vrtatelnosti patří především nezpevněné a měkké sedimenty. Typickými zástupci této třídy je spraš, ornice, společně se všemi půdami, nezpevněný písek a pískové hlíny, nezpevněný a neulehlý štěrky do maximální velikosti zrn 2cm, poté svahoviny, jakož i navážky.

Do II. třídy vrtatelnosti patří hlavně nezpevněné sedimenty, jež obsahují valouny, pevné sedimentární horniny či měkké metamorfované horniny. Typickými zástupci této třídy jsou štěrky a štěrkopísky, tekoucí písky, jílovce a slínovce, hnědé uhlí nebo také břidlice.

Do III. třídy vrtatelnosti patří především tvrdé sedimenty, dále vyvřeliny, či metamorfity hrubozrnného až středně zrnitého charakteru. Horniny, které spadají do této kategorie, jsou například ulehlý štěrky, pevné pískovce (arkóza, droba), slepence, prachovce, vápence společně s mramory, tufity a černá uhlí.

Do IV. třídy vrtatelnosti spadají horniny jemnozrné, horniny vyvřelé a metamorfované, či magmatické horniny s velkým podílem křemene. Typickými zástupci fylit, pararula, jakož také tmelený štěrky a pískovce s křemitou matrix.

Do V. třídy vrtatelnosti náleží horniny s velkým podílem křemene od hornin magmatických jako například granit a granodiorit, tak i jejich metamorfovaných protějšků

ortorul, dále amorfni horniny jako vulkanická skla, křemenné žíly. Posledními zástupci mohou být například syenit, či znělec, nebo sedimentární zástupce křemité droba.

Do poslední VI. třídy vrtatelnosti patří horniny nejhůře vrtatelné. Jedná se především o horniny s vysokým podílem křemenné složky jako například křemenné slepence s křemitou matrix, kvarcitické ruly, žilný křemen, rohovce a silicity. Další rozsáhlou skupinou zástupců této třídy jsou magmatické horniny spíše bazického až ultrabazického charakteru jako například gabro, amfibolit, jakož i jejich výlevný protějšek čedič. (Jedlička, Kožíšek, 1991; TP-76)

4.2 Vrtný režim

Vrtný proces ovlivňuje několik vlastností, přičemž některé můžeme ovlivnit a jiné nelze. Jedná se především o vlastnosti vrtaných hornin, které nelze měnit a je nutné se jim přizpůsobit, vlastnosti vrtného nástroje, které lze ovlivnit jen při novém návrtu, samotný režim vrtání a nakonec vrtové prostředí, který vyplívá z geostatického stavu vrtaných hornin, rozpukání, atd.

Jediný činitel, který lze ovlivnit v reálném čase je samotný vrtný režim, ten v sobě zahrnuje přítlak na horninu, při kterém dochází k překonání vlačné pevnosti, otáčky vrtného nástroje, které překonávají smykovou pevnost horniny, průtok výplachu, jež musí efektivně očišťovat čelbu vrtu a nakonec jakost výplachu.

Volba správně zvolených jmenovaných parametrů má na vrtný proces fatální význam, hlavně z ekonomického hlediska, ovšem nutno podotknout, že velký význam má i správná volba vrtného nástroje. (Mazáč, 1991; Pinka et al., 2014b; Sarga, Letko, 1983)

4.3 Vrtný výplach

Vrtným výplachem se označuje kapalně či plynné médium, rozdílných složení, které v různých geologických podmínkách musí splňovat vždy stejné funkce. Hlavními funkcemi vrtného výplachu je výnos odvrtné horniny z čelby vrtu a zároveň s tím i čištění vrtného nástroje, jeho chlazení a mazání, spolu s tím se výplach podílí i na rozpojovacím procesu. Další zásadní funkcí výplachu je zajistit stabilitu stěn vrtu tím, že kompenzuje vrstevní tlak, zároveň stabilitu stěn mohou zvyšovat i látky rozpuštěné ve výplachu. Někdy se vrtný výplach využívá i jako pohon vrtného nářadí.

Dle smyslu cirkulace výplachu ve vrtu lze rozdělit výplachy na samovolné, přímé a nepřímé, přičemž každý z těchto cirkulačních smyslů lze rozdělit, dle naplněnosti vrtu výplachem, na úplný a neúplný. Samovolným neúplným výplachem je myšleno vrtání tzv. na sucho, v podstatě bez výplachu, využíváno především při nárazovém vrtání, či při strojovém

jádrovém vrtání, které patří mezi nejčastěji využívanou vrtnou techniku při inženýrskogeologickém průzkumu (ústní sdělení Novotný, 2016). Úplný výplach je charakterizován při vrtání v mrtvé vodě bez cirkulace. Přímý výplach je takový, kdy je výplachové médium vháněno na čelbu vrtu přes vrtnou kolonu a jeho vzestupná větev tudíž proudí kolem stěn vrtu, nepřímý výplach má smysl pohybu výplachu opačný, neboli sestupná větev proudí kolem stěn a vzestupná je vháněna přes vrtnou kolonu až k vrtnému ústí. Úplná naplněnost vrtu výplachem u těchto dvou výplachů je nazvaná jako výplach s uzavřeným oběhem, neúplná poté jako s otevřeným oběhem.

Ovšem vrtné výplachy se lépe charakterizují na základě použité fáze na kapalné, proplyněné a plynné.

4.3.1 Kapalné výplachy

Tyto výplachy používají jako hlavní médium vodu, kterou lze chemicky upravit přidáním jílových minerálů, draslíku, sádrovce, solí, ztekucovadel, polymerů a dalších látek, dle potřeb pro daný vrt. Když je vrtným výplachem čistá voda, pak mluvíme o vodném výplachu, ten je výhodný zejména pro svou jednoduchost a ekonomickou nenáročnost, avšak lze jej bezpečně použít jen ve stálých horninových formacích, proto je velmi málo používán.

Mnohem častěji se využívají kapalné výplachy s přidáním dalšími látkami. Jílové výplachy využívají přidání jílového minerálu montmorillonitu, obsaženého především v bentonitu. Tento výplach má vysokou bobtnavost a adsorpci, proto se využívá především ve vrtání v stabilních horninách, při použití v disperzivních zeminách dochází na stěnách vrtu k bobtnání a stěny se poté stávají nestabilní. Přirozený jílový výplach je zvláštní druh jílového a vzniká rozpouštěním hornin ve vodném výplachu.

Další skupinou kapalných výplachů tvoří výplachy vápenaté, sádrovcové, draselné a slané. Do těchto výplachů je přidána příslušná látka, ztekucovadla a stabilizátory, tímto postupem vznikne výplach vhodný především do nedisperzivních horninových formací, do nesoudržných zemin, či do hornin s nedostatečnou mineralizací, speciálně slané výplachy lze používat například při vrtání na moři.

Velmi používané polymerované výplachy vzniknou přidáním polymerických látek do výplachové kapaliny, použitý polymer je buď organického či syntetického charakteru. Mají velmi malý podíl pevných částic, polymerů, které zároveň určují viskozitu výplachu, tento fakt zajišťuje velmi dobré hydraulické vlastnosti a širokou škálu použitelnosti. Zároveň tyto výplachy mají dobrý stabilizační účinek na stěnu vrtu zejména při vrtání v jílových břidlicích.

Poslední velkou skupinou kapalných výplachů tvoří emulzní výplachy, ty jsou tvořeny dvěma nemísitelnými složkami, a to většinou výplachovou kapalinou a přidaným přírodním olejem či naftou, respektive hydrofobní kapalnou látkou. Pro jejich lepší promísení se přidávají navíc emulgátory, které zajišťují zpomalení rozdělení obou nemísitelných částí výplachu. Dle poměru mezi vodou a olejem se rozdělují na přímé emulze, kde dominantní složkou je voda, a inverzní emulze či olejovité výplachy, kde dominantní složkou je olej. Tyto výplachy jsou využívány spíše výjimečně, avšak mají oproti vodným spoustu výhod. Především zvýšená mazací schopnost, což má dobrý dopad na vrtnou kolonu, vrtný nástroj i stěny vrtu.

4.3.2 Výplachy plynné a proplyněné

Plynné výplachy tvoří specifické medium pro vynášení horninové drtě, které je využíváno především na místech, kde je potřeba velmi rychlého vrtného postupu, avšak nelze jím vrtat například v nestabilních jílech a v místech, kde je zvýšený přítok do vrtu, naopak se velmi hodí pro vrtání v tvrdých horninách. Avšak do plynných výplachů patří i mlha, jež může vzniknout přímo ve vrtu při slabém přítoku podzemní vody do vrtu, s kterou se při vrtání počítá.

Proplyněnými výplachy jsou především pěny, jež vzniknou smícháním kapaliny a plynného výplachu. Poměr mezi plynem a kapalinou v pění musí být přesně dávkován a to především z důvodu optimální výnosové schopnosti, které od určité koncentrace kapaliny začne snižovat, optimálním obsahem kapalně složky je 2 až 5%, maximálně 10%.

Obecně je výhodou těchto výplachů především rychlý postup vrtání, nízká spotřeba a dobrá očišťovací schopnost dlát, spolu s dobrou vynášecí schopností při použití pěnových výplachů, avšak nelze je použít optimálně všude, navíc pěnové výplachy vyžadují velké finanční nároky na svou přípravu. (Esterka, 1970; Jedlička, Kožíšek, 1991; Pinka et al., 2014b; Zeman, Přikryl, 1984; U.S. Department of Labor, 2015)

4.4 Způsoby provádění vrtných prací

Způsob, kterým je daný vrt prováděn, je většinou charakterizován použitým vrtným nástrojem, který je pro daný úsek vrtání použit. Vrtné nástroje jsou různého druhu a využívají se pro různé způsoby vrtání, podle vrtných nástrojů jsou poté vrtné technologie provádění vrtu tříděny, rozdělení vrtných technologií dle vrtného nástroje je charakterizováno v kapitole 5.4 Vrtné nástroje.

4.4.1 Náběrové vrtání

Jako vrtný nástroj je používána tzv. šapa či lžicový vrták, které se do zemin zarážejí a během vrtání odvrtnou zeminu odvádějí, proto nemá využití ve skalních horninách, ale spíše v nezpevněných horninách, či zeminách. Jedná se o velmi jednoduchý způsob vrtání, které se často provádí ručně, ovšem ve speciálních případech, při inženýrskogeologickém průzkumu, se dá použít i strojové náběrové vrtání, využívá se v případě, kdy nelze použít strojní jádrové vrtání, například v nesoudržných horizontech (ústní sdělení Novotný, 2016). Používá se do hloubek 30m, avšak s pomocnou technikou se lze dovrtnat až do hloubek 200m. (Pinka et al., 2014a; Záruba, Mencl, 1954)

4.4.2 Šnekové vrtání

Velmi podobný způsob vrtání jako vrtání náběrové, přičemž hlavní rozdíl je v použitém vrtném nástroji, tím je spirálový či talířový vrták, přičemž se využívá kroutivý moment nástroje. Využívají se v hlavně plastických zeminách (Pinka et al., 2014a; Záruba, Mencl, 1954). Tento způsob vrtání se v inženýrskogeologickém vrtání využívá především ve speciálních případech, kdy nelze využít jádrové vrtání, při vrtání v nestabilních horizontech (ústní sdělení Novotný, 2016).

4.4.3 Vibrační vrtání

Tento způsob vrtání nachází využití hlavně v nesoudržných zeminách a využívá principu vysokého kmitočtu, při němž se sypké zeminy chovají jako tekutina a vrtný nástroj se do nich snáze zabořuje. Tento způsob vrtání má výhodu i v tom, že vrtná kolona slouží zároveň jako pažení vrtu. Odvrtná zemina se z vrtu může odstraňovat drapáky. (Pinka et al., 2014a; Pinka et al., 2010; Pštross, Pštross, 1971)

4.4.4 Nárázové vrtání

Velmi starý způsob vrtání, který využívá principu maximálního přitlaku při dopadu vrtného nástroje (dláta) na počvu vrtu, který při dopadu horninu rozrušuje. Vrtání probíhá tak, že vrtný nástroj se vytahuje a poté pustí volným pádem do vrtu, při jednotlivých vytaženích se nástroj částečně pootočí, aby nerozrušoval jen jedno místo. Jelikož je pro výnos horninové drtě využíváno kalových čerpadel, je tato metoda méně vhodná při použití v hodně porézních horninách. Tímto způsobem lze účinně vrtat až do hloubek 400m. (Betuš, Pinka, 1998; Pinka et al., 2014a, Pštross, Pštross, 1971; Sarga, Letko, 1983; Záruba, Mencl, 1954)

4.4.4.1 Vrtání pensylvánské

Je obdobný způsob vrtání jako lanové vrtání, rozdíl je hlavně v tom, že u tohoto způsobu vrtání se využívá strojní automatizace vrtného procesu, a tím tedy urychlení vrtného procesu. Využívalo se hlavně při vrtání na ropu. Jedná se o nejvíce pokročilou metodu nárazového vrtání na laně a lze jím vrtat až do hloubek 2000m. (Pinka et al., 2014a; Záruba, Mencl, 1954; U.S. Department of Labor, 2015)

4.4.5 Rychlo-nárazové vrtání

Jedná se o vrtání, kde se využívají nárazy na soutyčí ve vrtu, těchto úderů může být až 150/min, při zdvihu přibližně 6-15cm vrtného nástroje, využívá se při něm nepřímého výplachu, jelikož úlomky odvrtné horniny jsou na přímý výplach příliš velké. Tato technologie se využívala do hloubek až 1500m. (Betuš, Pinka, 1998; Mazáč, 1991; Pinka et al., 2014a; Sanders, 1998; Sarga, Letko, 1983)

4.4.6 Vrtání rotarové

Způsob vrtání používaný již od roku 1900 a to především pro hluboké a velmi hluboké vrty, využíváno především při vrtání na ropu a plyn. Je to velmi technologicky vyspělý a zároveň i velmi univerzální způsob vrtání. Používá se většinou při vrtech od hloubky 500m. Vrtným pohonem je systém rotačních stolů s unášečkou, které slouží jako vrtné zařízení, na něž se nasadí vrtný nástroj, např. šnekový vrták, plnoprofilová dláta. Vrtný nástroj se do vrtu poté podává pomocí vrátku a kladkostrojového systému, což umožňuje jen vrtání svislých vrtů. Při tomto způsobu vrtání je též používán vrtný výplach. (Betuš, Pinka, 1998; Driscoll, 1995; Moss, Moss, 1990, Pinka et al., 2014a; Pštross, Pštross, 1971; Sanders, 1998; Sarga, Letko, 1983; Záruba, Mencl, 1954; U.S. Department of Labor, 2015)

4.4.7 Vrtání jádrové

Jedná se o rotační vrtání, stejně jako rotarové, přičemž největším rozdílem je v používaném vrtném nástroji, který představují korunky. Při vrtání korunkou se vrtný nástroj horninou prořezává jen úzkým profilem, přičemž uvnitř korunky se postupně odvrťává jádro do tzv. jádrováku, díky tomu je možné získat kontinuální horninový vzorek i z velmi hlubokých míst pro výzkumné účely. Díky malé ploše vrtné korunky je vrtání velmi účinné a energeticky málo náročné. Vrtání je možné v libovolném směru díky systému hydraulického ovládání, které nese vrtný nástroj. Tento způsob vrtání se využívá především v důlním a průzkumném vrtání, nejen v inženýrské geologii. Je technicky velmi vyspělé a to především vývinem diamantových korunek a různých typů jádrováků. (Jedlička, Kožíšek, 1981; Pinka et

al., 2014a; Pšross, Pšross, 1971; Sanders, 1998; Tkaný et al., 1966; Záruba, Mencl, 1954; U.S. Department of Labor, 2015)

4.4.8 Rotačně-příklepové vrtání

Využívá při vrtání nejen rotaci, ale i dynamické rázy vyvolané vrtacími kladivy, ta se rozdělují na povrchová a ponorná. Přičemž povrchová se využívají spíše na krátké vrty. Pro vrtání hlubinných vrtů se spíše osvědčili ponorná kladiva, která mají velkou údernou sílu, rozdělují se na hydraulická a vzduchová. V dnešní době se nejvíce využívají vzduchová a to hlavně při vrtání v křehkých, pevných a velmi pevných horninách při plnoprofilovém vrtání. Vrtným nástrojem je dláto, které rozrušuje horninu působením tlaku vzduchu na píst, zároveň vzduch vynáší odvrtnou horninu z počvy vrtu, vrtný nástroj se musí pootáčet, aby se zajistilo, že nebude působit jen na jednom místě. Využívají se ve stavebnictví, hydrogeologii a lomovém dobývání. (Mazáč, Koníček, 2004, Mazáč, 1991; Pinka et al., 2014a; Sandvik, 2015)

4.4.9 Vrtání s ponornými pohony

Tento způsob vrtání vznikl hlavně z důvodu úspory energie a prostředků využívané na rotaci soutyčí, které předává energii vrtnému nástroji. Proto se zavedlo vrtání s ponornými pohony, kde vrtné zařízení je přímo nad vrtným nástrojem, soutyčí je bez rotace, slouží jako nosič vrtného zařízení a vede výplach vrtu, jehož proudění slouží jako pohon vrtného zařízení. Používají se především při speciálních vrtech. Pohony jsou dvojího typu a to hydrodynamické a hydrostatické.

Hydrodynamickým pohonem je turbína, složená ze systému lopatkovitých kol, vrtný výplach ze soutyčí je na systém lopatkovitých kol usměřován statorem, díky tomu se vrtný nástroj roztáčí a umožňuje vrtání. Při konstantním množství výplachu s růstem zatížení, postupně klesají otáčky a tlak je přibližně stejný.

Hydrostatické pohony fungují trochu jinak, do pohonu se dodává přibližně stejná litráž výplachu, díky tomu jsou i otáčky nástroje konstantní, s rostoucím tlakem roste krouticí moment. Pracují na principu šnekového čerpadla, který vodu nečerpá, ale je do něj hnána, šnekové čerpadlo se tím pádem změní na motor – neboli pohon. Hydrostatický způsob vrtání se v praxi osvědčil více než hydrodynamický. (Mazáč, Koníček, 2004, Mazáč, 1991; Pinka et al., 2014a)

4.4.10 Sací vrtání

Jedná se o velmi moderní způsob vrtání, využívaný hlavně v hydrogeologii při vrtání v nezpevněných materiálech. Vrtná kolona slouží zároveň jako pažnice, rozrušený materiál se odčerpává z vrtu pomocí výplachu. (Pinká et al., 2014a; Pštross, Pštross, 1971)

4.4.11 Protiproudové vrtání

Využívá se při něm rotačního vrtání a nepřímého proplachu vrtu, zároveň umožňuje průběžné jádrování a minimální zanesení zájmových horizontů. Využívá se hlavně v jílech a slínech, či v měkkých horninách. Vrtným nástrojem jsou tři až čtyřčelistové nebo excentrické nebozezy, známé taky jako JUMBO, které během vrtání rotují a rozrušenou horninu zároveň nasávají, větší valouny z vrtu jsou vyzdvihnuty pomocí speciálních drapáků. (Moss, Moss, 1990, Pinká et al., 2014a; Pštross, Pštross, 1971)

4.4.12 Tryskové vrtání

Využívá se tlak výplachu, jež je hnán do vrtu systémem malých paprsků, zároveň voda slouží jako výplach a odstraňuje rozrušenou horninu. Tento způsob vrtání se též využívá při rotarovém způsobu vrtání, kde se korunky opatřují pro výtok výplachu na počvu vrtu tryskami, což zvyšuje výkon na čelbě vrtu. (Pinká et al., 2014a)

5 VRTNÁ TECHNIKA

5.1 Vrtná souprava

Technika pro provádění vrtných prací je charakterizována hlavně vrtnou soupravou, což je komplex zařízení, jež samotné vrtání umožňuje, nese vrtnou kolonu, vrtný nástroj a zajišťuje odběr horninových vzorků (například při využívání jádrového vrtání). Zároveň má vrtná souprava za úkol zajistit či zabezpečit vrt. (Blažek, 1978; Pinka et al., 2014a; Sarga, Letko, 1983)

Vrtné soupravy lze rozdělit na dvě skupiny:

1. Jednouúčelové, které využívají při vrtání pouze jedinou vrtnou technologii.
2. Víceúčelové, které využívají několik vrtných technologií při vrtání.

5.1.1 Pohonné zařízení vrtné soupravy

Do této části vrtné soupravy spadají pohonné motory, převody a regulátory (startér). Dělí se na hlavní spotřebiče, jež jsou spojeny přímo s vrtáním a zahrnují například i proudění výplachu a na vedlejší spotřebiče, které souvisí s vrtáním nepřímo, například očišťovače a míchačka výplachu, či světelné agregáty.

Nejrozšířenějšími motory, které se využívají na vrtných soupravách, jsou dnes spalovací motory a to především naftové, dále se používají elektromotory a vzduchové motory, každý z nich má své výhody i nevýhody. Nicméně nejvhodnějším motorem pro vrtání je zřejmě elektromotor, dokonce je vhodnější více než spalovací motor, i když se nevyužívá tolik. Elektromotor má vůči spalovacím motorům několik výhod a to hlavně ve snadné regulaci, konstantním krouticím momentu, možnosti reverzního spuštění a snáze se spouští (nepotřebuje startér, pouze se zapojí do elektrické sítě).

Těžké naftové motory se využívají například v rotarových vrtných soupravách, která zároveň obsahuje startér motoru a rychlostní skříň. Naopak elektromotory se využívají především v místech se snadným přístupem k elektrické síti, například v malé míře u jádrových vrtných souprav.

Důležitou součástí pohonných zařízení jsou i hydraulické převody, které jsou mezi motorem a pracovním strojem a slouží jako měniče kroutivého momentu, to slouží hlavně k dosažení přesně určených otáček pracovního stolu. (Blažek, 1978; Jedlička, Kožíšek, 1981; Jurman, 1984; Pinka et al., 2014a; Siemens, 2006; U.S. Department of Labor, 2015)

5.1.2 Těžní zařízení vrtné soupravy

Těžním zařízením je většinou myšlena těžební věž, jež slouží hlavně k zapouštění vrtné kolony a nástroje do vrtu, případně pažnic. Většinou se skládá z vrtné věže, kladkostroje a vrtného vrátku.

Vrtný vrátek si můžeme představit jako masivní naviják lana, který má dva druhy brzd, a to jízdni brzdu, která slouží hlavně k regulaci rychlosti při zapouštění vrtné kolony a stavěcí brzdu, jež slouží k úplnému zastavení chodu vrátku.

U kladkostrojů vrtných souprav je důležitá hlavně nosnost, kterou určuje především počet a velikost kladek. Skládá se z několika částí, většinou z těžního lana, pevné a volné kladnice, háku a mrtvého konce. Lano je upevněno mrtvým koncem a vrátkem k vrtné věži a poté vede na pevnou kladnici na koruně věže, odtud je lano svěšeno a nese volnou kladnici, na níž je připevněn hák, který nese vrtnou kolonu (Obr. 5.1). Těžní lano je většinou ocelové (tloušťka 12-36 mm) a k vrátku musí být upevněno bezpečně, proto je při nejspodnější poloze kladky na bubnu vrátku namotán minimálně 10-15 závitů. Jelikož je těžní lano velmi namáháno, je nezbytné vést výkaz o odpracovaných t/m (tuna na metr) lana.



Obr. 5.1: Schématické znázornění vrtné věže s popisem hlavních částí
Zdroj: Pinka et al., 2014a

Vrtná věž (Obr. 5.2) má v dnešní době nejrůznější konstrukce, nejčastěji třínohé či čtyřnohé věže v pravém slova smyslu, či dnes oblíbené vrtné stožáry sklápěcí či výsuvné. Vrtné stožáry mají oproti věžím výhodu hlavně v lehké montáži, převážejí se v celku a na

místě se jen vztyčí, kdežto vrtná věž se sestavuje. Každá vrtná věž je sice již vahou vrtné kolony dosti stabilizovaná, stejně se však kotví pomocí lan. Volba vrtné věže se provádí hlavně na základě projektované hmotnosti vrtné kolony, instalovaným výkonem těžního zařízení, způsobem vrtání či volbou vrtného nástroje a musí splňovat hlavně vyhovující nosnost, dostatečný pracovní prostor, dobrou viditelnost do nitra věže, stabilitu či možnost použití rozdílných vrátků. Pro správnou nosnost věže se musí určit její rozměry a to především výška, která se může pohybovat v rozmezí od 8 až do 60 m. Věže s kladkostrojem se většinou využívají hlavně na svislé hluboké vrty, pro použití v důlních podmínkách se dále využívají vrtné lafety.



Obr. 5.2: Vrtná věž vrtu KTB, jednoho z velmi významných průzkumných vrtů na světě, jež pomohl pochopit i stavbu Českého Masivu.

Zdroj: Ďurica, Suk, 2011

Vrtná lafeta (Obr. 5.3) je v podstatě vrtné pásové zařízení, na kterém je umístěna lafeta, která slouží pro upevnění vrtného zařízení a jeho podávání. Hlavní výhodou mají v možnosti vrtání pod různými úhly z různých míst. Lafetové vrtné stroje disponují i menšími rozměry, snadnou manipulací, hlavní využití mají především v hornictví, nicméně nutno podotknout, že jejich snadná manipulace vedla k rozšíření i v povrchním vrtání a to především

v průzkumném jádrovém vrtání, využívané též v inženýrskogeologickém průzkumu, či pro stavební účely. (Blažek, 1978; Jedlička, Kožíšek, 1981; Jurman, 1984; Pinka et al., 2014a; Sandvik, 2015; U.S. Department of Labor, 2015)



Obr. 5.3: Pásové vrtné zařízení s lafetovým podavačem, ukázka z katalogu firmy Sandvik

Zdroj: Sandvik, 2015

5.1.3 Vrtné zařízení vrtné soupravy

Vrtací zařízení na vrtní soupravě je většinou spojeno s vrtnou kolonou a má za následek přímo vrtací proces, dnes se rozdělují do dvou druhů, a to nárazového a rotačního vrtného zařízení.

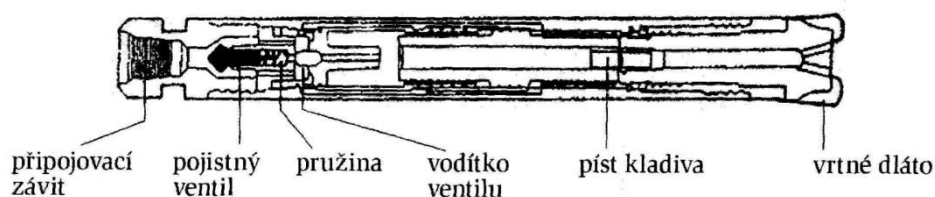
5.1.3.1 Nárazová vrtná zařízení

Způsob vrtání, který je dnes většinou při nárazovém vrtání používán, je rotačně-příklepový způsob vrtání, při němž se využívají silné rázy stlačeného vzduchu či kapalin a zároveň rotace. Hlavními vrtnými zařízeními, která se zde využívají, jsou poté vzduchová vrtací kladiva a hydraulická vrtací kladiva.

Vzduchová kladiva povrchová využívají rázy, způsobené stlačeným vzduchem, které jsou poté přenášeny na vrtný nástroj přes vrtnou kolonu, tato vrtná zařízení získala využití hlavně při hloubení krátkých vývrtů.

Naopak velký význam získala vzduchová kladiva ponorná (Obr. 5.4), která jsou velice vhodná pro hloubení hlubokých vrtů ve tvrdých a velmi tvrdých horninách. Vrtné zařízení se

v tomto případě zanořuje přímo do vrtu a je úzce spojeno s vrtným nástrojem, jeho pohonem je stlačený vzduch, který využívá zároveň jako výplach vrtu k odnosu odvrtných částí z vrtu. Jejich hlavní výhodou je využitelnost téměř v jakémkoliv prostředí, zároveň jsou velmi ekonomická a spolehlivá, lze s nimi vrtat vrty větších průměrů.



Obr. 5.4: Schématické znázornění vzduchového ponorného vrtacího kladiva s popisem hlavních částí

Zdroj: Pinka et al., 2014a

Hydraulická ponorná kladiva fungují na podobném principu jako vzduchová, nicméně jejím pohonem je v tomto případě stlačená kapalina, která ve vrtu koluje menší rychlostí a působí menší opotřebení kladiva, zároveň má několik výhod a to, hlavně ve velkém výkonu kladiva, velmi dobré přímosti vrtu a minimálnímu dopadu na okolní horninové prostředí, díky stabilizaci stěn vrtu pomocí výplachu. Hodí se především do tvrdých a abrazivních hornin a lze je využívat nejen povrchově, ale i podpovrchově v báňském průmyslu. (Mazáč, Koníček, 2004; Mazáč, 1991; Pinka et al., 2014a; Sandvik, 2015)

5.1.3.2 Rotační vrtné zařízení

Tato vrtná zařízení, na rozdíl od nárazových, využívají k rozrušování horniny především rotaci vrtného nástroje a konstantního přitlaku na čelbě vrtu, hlavní rozdíl je tedy v tom, že při nárazovém způsobu vrtání je maximální přitlak dosažen v časových intervalech, kdežto při rotačním způsobu je tlak stálý. Dnes jsou vyvinuty tři hlavní skupiny vrtných zařízení, a to rotační stoly, rotační hlavy a ponorné vrtací motory.

5.1.3.2.1 Rotační stoly

Hlavní charakteristikou rotačního stolu je jeho nepevné připojení k vrtné koloně, vrtná kolona je volná a její pohyb lze ovládat pouze vrátkem, tímto způsobem lze vrtat jen svislé vrty, rotační pohyb je vrtné koloně předáván přes čtyřhrannou unášečku, jež roztáčí rotační stůl.

Rotační stůl neslouží jen k předávání rotačního pohybu koloně, nýbrž vrtnou kolonu i nese, tento typ rotačního stolu se využívá například ve vrtacím systému rotarovém. (Blažek, 1998; Jedlička, Kožíšek, 1981; Pinka et al., 2014a; U.S. Department of Labor, 2015)

5.1.3.2.2 Rotační hlavy

Rotační hlavy jsou charakteristické tím, že jsou s vrtnou kolonou pevně spojeny a vykonávají s ní pohyb rotační i posuvný, toto spojení je zajišťováno například upínací hlavou. U tohoto způsobu vrtání, kdy je rotační hlava pevně spojena s vrtnou kolonou, je většinou hydraulické podávací zařízení, které umožňuje tzv. nucené podávání nářadí do vrtu, toto lze velmi dobře využít pro vrtání ukloněných vrtů například v důlním průmyslu. Rotační hlavy jsou dvojího typu, a to průchozí a nástavné.

U průchozích, vrtná kolona prochází přes vřeteník a je připoutána upínacími hlavami, tento typ je typický hlavně pro jádrové vrtání.

U nástavných je rotační hlava napojena přímo na vrtnou kolonu. Tento typ se využívá hlavně při vrtání plnoprofilovém a dnes je pro ně typický hlavně systém Top Drive. Jedná se o nástavný typ rotační hlavy, jež si vrtné trubky „podává“ sám. Vrtné potrubí bývá většinou na podávacím bubnu a systém Top Drive si jednotlivé trubky předává pomocí hydraulických kleští na ústí vrtu, kde ji napojí (zašroubuje) na vrtnou kolonu a zároveň i na hlavu Top Drive, poté vrtný proces může pokračovat. Velkou výhodou tohoto systému je hlavně zrychlení vrtného procesu, a to hned ze dvou důvodů, vrtné trubky podávané jsou mnohem delší, než standartní trubky, s kterými zachází personál u vrtu, tudíž se nemusejí přidávat tak často a zároveň mechanizované podávání trubek umožňuje vynechání personálu při manipulování s vrtným potrubím.

Rotační hlavy mají význam pro důlní průmysl, nejen v průzkumném vrtání, ale lze je využít i pro zvýšení produkce ložisek, a to hlavně pro zvětšení plochy, ze které lze ložisko vytěžovat. (Jedlička, Kožíšek, 1981; Jurman, 1984; Pinka et al., 2014a; China Nat. Pet. Co., 2011)

5.1.3.2.3 Ponorné vrtné motory

Ponorný vrtný motor je charakteristický hlavně tím, že je s vrtným nástrojem velmi úzce spojen, rotační pohyb tedy poté vykonává pouze vrtný nástroj a motor bez zbytečných ztrát při pohybu vrtné kolony, jako hnací síla motoru je využíván proud výplachu. Jejich význam je hlavně při speciálních vrtných operacích či sanacích. Ponorné vrtné motory jsou dva druhy, hydrodynamické (vrtná turbína) a hydrostatické.

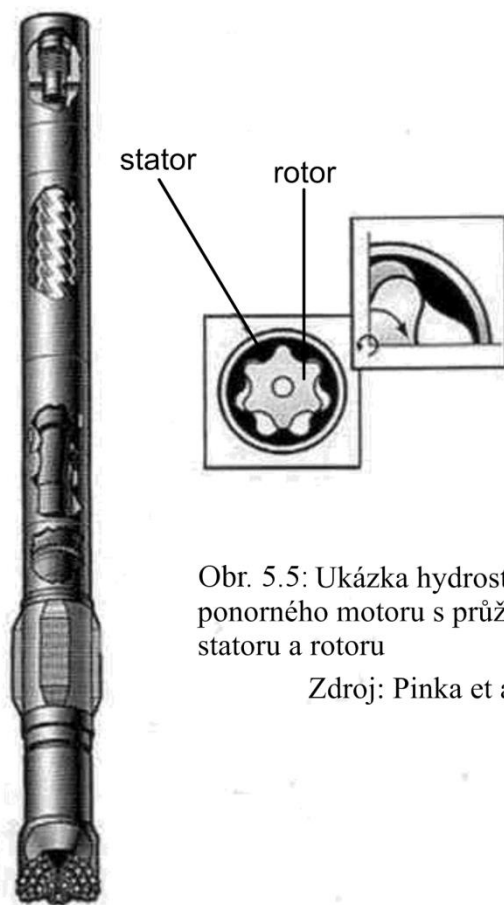
5.1.3.2.3.1 Hydrodynamické vrtné motory

Hydrodynamickým vrtným motorem je vrtná turbína, jež se sestavená ze systému statorů a rotorů, které vytváření pracovní stupně (jeden stator a jeden rotor), stator má hlavně za účel usměrňovat proud výplachu na rotor, který je spojený s hřídelí motoru, pracovních

stupňů může být na turbíně od 25 až po 250. Dnes bohužel nemá již velký význam a tento typ motorů je spíše na ústupu. Jeho hlavní nevýhodou je v podstatě jeho konstrukce, která způsobuje to, že s postupným růstem tlaku, postupně klesají otáčky, zastavení turbíny lze tedy indikovat pouze zastavením postupu vrtání, nikoliv změnou tlaku ve výplachu.

5.1.3.2.3.2 Hydrostatické vrtné motory

Mnohem většího významu mají motory hydrostatické, které fungují (připomínají) v podstatě jako šroubové čerpadlo, při opačném použití (vhánění výplachu) se z takového čerpadla stává motor (Obr. 5.5). Stejně tak jako vrtné turbíny mají více pracovních stupňů, v tomto případě je rotor šroub se zaoblenými hranami, který se otáčí ve statoru a je roztáčen proudem výplachu, konec rotoru je připevněn k hřídeli. Jejich hlavní výhodou je, že umožňují regulaci rychlosti otáček a to pouze změnou tlaku výplachu (dodávanému množství výplachu), zároveň mohou fungovat nejen s kapalným, ale i s aerizovaným výplachem (směs plynu a kapaliny). (Pinká et al., 2014a)



Obr. 5.5: Ukázka hydrostatického ponorného motoru s průřezem statoru a rotoru

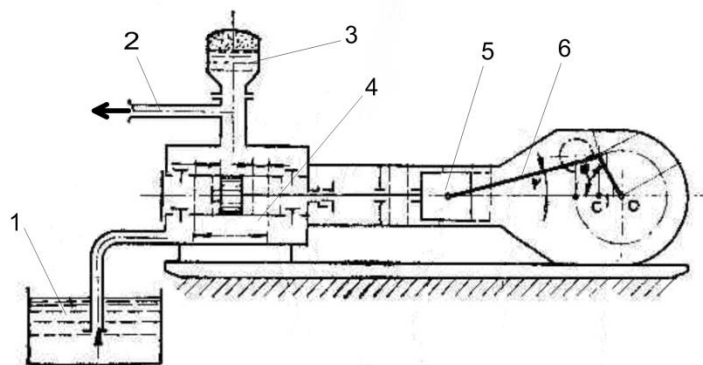
Zdroj: Pinká et al., 2014a

5.1.4 Proplachová zařízení

Základní funkcí proplachových zařízení je zajistit cirkulaci výplachu ve vrtu a to, pokud možno, rovnoměrně, zároveň však do proplachových zařízení patří ta část vrtné soupravy, kam je výplach odváděn, a kde se výplach čistí od nežádoucích, či odvrtných částic. Smysl pohybu výplachu je následující: vrtný výplach je většinou nasáván výplachovým čerpadlem ze sací jímky, pomocí potrubí, toto čerpadlo poté vhání výplach přímo do vrtu, respektive do potrubí vrtné kolony, po naražení na čelbu vrtu, dále putuje výplach opět vzhůru z vrtu a vstupuje do série očišťovacích zařízení, po očištění opět putuje do sací jímky.

5.1.4.1 Výplachová čerpadla

Výplachová čerpadla tvoří velmi podstatnou část proplachových zařízení, jelikož uvádí výplach do pohybu. Standardně se používají čerpadla na objemovém smyslu čerpání kapaliny. Jsou tvořena z masivního rámu, ve které je kliková hřídel, jež pohání píst, většinou vpravo-levém smyslu pohybu. Jejich princip fungování je následující, při pohybu pístu směrem ke hřídeli čerpadla se nejprve výplach nasává do nasávací komory a poté je vytlačen do potrubí, při zpětném pohybu pístu k nasávací komoře, ze které putuje dále do vrtu (Obr. 5.6).



Obr. 5.6: Schematické znázornění výplachového čerpadla
Popis: 1 - sací jímka, 2 - potrubí ústící do vrtné kolony,
3 - tlakový kompenzátor, 4 - nasávací komora, 5 - píst,
6 - hřídel

Zdroj: Blažek, 1978

Jednou z velkých nevýhod těchto typů čerpadel (pístových) je, bohužel, nerovnoměrné dodávané množství výplachové kapaliny, respektive výplach je dodáván v rázech, což způsobuje především nerovnoměrný pohyb pístu z jedné krajní polohy do druhé, proto se na výstup čerpadla dává kompenzační zařízení těchto rázu, tzv. větrník nebo při potřebě větších tlaků, tzv. tlakové kompenzátory. Jde o vysokotlakou nádobu s natlakovaným vzduchem,

kteřá při průchodu výplachu slouží jako tlumič nežádoucích rázů výplachu. (Blažek, 1978; Jedlička, Kožíšek, 1981; Pinka et al., 2014a; U.S. Department of Labor, 2015)

5.1.4.2 Očišťovací zařízení

Jde systém několika zařízení, která jsou za sebou řazena sériově a mají za úkol odstranit jednotlivé frakce odvrtné drtě, či plyn, který se mohl dostat do výplachu při jeho cirkulaci ve vrtu. Tato zařízení lze rozdělit na proudová a mechanická.

Jako první v sérii těchto zařízení bývají vibrační síta, jedná se většinou o sérii dvou sít, jež jedno (horní) je hrubší (velikost oka ~8mm) a druhé jemnější (velikost oka ~0,15mm), vibrační pohyb slouží hlavně k posunu jednotlivých zrn po sítěch a zároveň k narušení povrchového napětí výplachu.

Další bývají usazovací jímky, kde se využívá princip sedimentace, z těchto sedimentačních jímek dále výplach putuje většinou do odplynovače, odpískovače, odjílovače a do odstředivek.

V případě odplynovačů se jedná o nádobu, přes kterou protéká výplach, a ve které je vytvářen podtlak.

V případě odpískovačů a odjílovačů mluvíme o tzv. hydrocyklónech. Jedná se o nádobu kuželovitého tvaru, která je otočena špičkou k zemi, kde má otvor pro odvrtný materiál. Výplach je do hydrocyklónu vháněn pomocí kalových čerpadel a dostává se do spirálovitého pohybu, v němž se částice hrubší hromadí na stěně hydrocyklónu a ve spirále klesají dolů, přičemž částice jemnější frakce stoupají ve spirále vzhůru k hornímu otvoru.

Posledním očišťovacím stupněm tvoří tzv. odstředivky, ty slouží zejména k jemnému očišťování výplachu. Odstředivky využívají principu odstředivé síly, jež se v nich vytváří při vysoké frekvenci jejich otáčení. Vně odstředivky je šnekovitý šroub, při roztočení odstředivky se částice ve výplachu diferencují a usazují se hlavně na stěnách těla odstředivky, vnitřní šnekovitý šroub poté tyto částice seškrabává a odvádí je k odpadním otvorům. (Pinka et al., 2014a)

5.1.5 Bezpečnostní prvky vrtných souprav

Pro vrtné práce, stejně jako pro jiné práce, platí určitá bezpečnostní opatření a pravidla, která mají za účel hlavně ochránit pracovníky vrtné soupravy a jejich zdraví. Pracovníci jsou především povinni dodržovat bezpečnostní pravidla, s kterými jsou seznámeni při nástupu do pracovního poměru, jakožto jsou povinni používat ochranné pracovní oblečení, brýle, helmy, obuv a rukavice, kterou by jim měl poskytnout zaměstnavatel.

Bezpečnost je kladena i na různá, již jmenovaná, zařízení vrtné soupravy, jedná se především o vrtnou věž, jež musí být vybavena tzv. záchranným lanem či záchranným vozíkem, po kterém může plošinář v případě nebezpečí uniknout. Dále by měl být kladen důraz na čistotu na pracovní ploše, rotující zařízení musí být vybavena ochrannými kryty, určité bezpečnostní nebezpečí může způsobit i vrtný výplach.

Nicméně největším bezpečnostním rizikem při vrtání může způsobit samotný vrt, či vrtání a s ním spojené možné výrony nebezpečných plynů a kapalin. Proto se na vrtné ústí nasazují tzv. bezpečnostní zařízení vrtu, jedná se o úst'ový uzávěr, neboli preventr, který při jeho zavření zabezpečí vrt před výrony a haváriemi.

Preventrů je několik druhů, které se na vrtné ústí dávají většinou v sérii, přitom vrtná kolona prochází skrz ně. Například v čelist'ových preventrech bývají většinou dvě desky (čelisti), jež se v případě uzavírání pohybují proti sobě, dále se používají univerzální preventry, jež se uzavírají pomocí pístu, který stlačí kruhovou čelist a ta vytlačí na vrtnou kolonu gumu, která se dobře přizpůsobí jejímu tvaru, tím se vrt uzavře. (Pinka et al., 2014a)

5.1.6 Měřicí zařízení

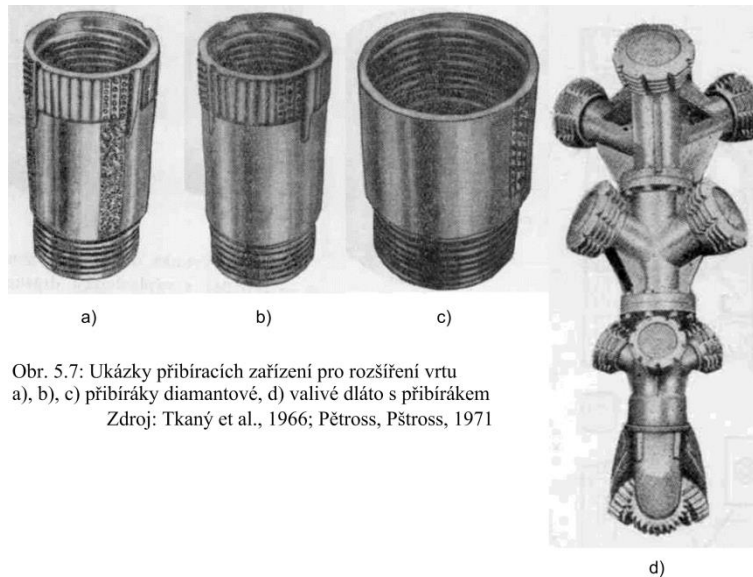
Měřících zařízení je u vrtné soupravy celá řada, jejich účely sestávají kontrolu strojů vrtné soupravy, režimu vrtání, jakosti výplachu, stavu vrtu a fyzikálních vlastností hornin. Souhrnně by se dalo říct, že slouží ke sledování průběhu vrtných prací a kontrolují stav vrtné techniky. (Blažek, 1978; Pinka et al., 2014a)

5.2 Vrtná kolona

Vrtnou kolonou se označuje ta část techniky, jež spojuje vrtnou soupravu s vrtným nástrojem, neboli vrtné trubky či soutyčí. Jejím hlavním účelem je přenášet mechanickou energii, vytvářenou soupravou, a vytvářet přítlak na vrtný nástroj, další velmi důležitou funkcí kolony je vedení vrtného výplachu na čelbu vrtu, a tudíž zajištění správného hydraulického výkonu pro odnos odvrtných částic, chlazení nástroje a dalších. Vedlejší funkcí vrtné kolony může být nesení tzv. příbíráků, neboli zařízení, jež vrt rozšiřují (Obr. 5.7).

Vrtná kolona bývá sestavena ze tří základních částí, a to převodové části, prodlužovací části a pracovní části, každá z těchto částí má svoje specifické funkce. Převodová část řeší připojení vrtné kolony k vrtné soupravě u ústí vrtu, a proto zajišťuje přímou komunikaci soupravy s vrtem. Prodlužovací část je tvořena vrtnými trubkami a spojkami, které přenášejí mechanický pohyb vrtné soupravy na vrtné nářadí. Trubky, které jsou tvořeny vysoce kvalitní ocelí či slitinami kovů, musí být lehké a co možná nejpevnější, hlavně musí vydržet velký kroučící moment vrtné soupravy, a poté vysoké hodnoty tlaku a tahu, proto je při jejich výrobě

kladen velký důraz na pevnost v tlaku a tahu a pevnost v krutu. Poslední část pracovní je rozšířená přibližně na průměr vrtu, její funkcí je vytvářet přítlak na vrtný nástroj, díky zátěžce, vést vrtný nástroj v ose vrtné kolony, případně rozšiřovat vrt, pomocí přibíráku. Při jádrovém vrtání nese i tzv. jádrovák.



Velmi zásadní část vrtných trubek je spojovací část nebo spojovací prvky, ty spojují jednotlivé trubky k sobě, v případě jednodílných spojovacích prvků obsahují jednotlivé tyče, jež obsahují jak šroubení, tak i závit. Závit mívá většinou zkosený průběh, což je hlavně z důvodu dostatečné pevnosti v těchto oslabených částech trubek. Vrtné trubky mohou být i dvoudílné, ty jsou složeny ze samotných trubek, obsahujících pouze závity a spojníků, nesoucích čepové závity. (Pínka et al., 2014b; Tkaný et al., 1966; Perforator, 2015; U.S. Department of Labor, 2015)

5.2.1 Jádrovací zařízení

Jádrovacím zařízením je myšlen tzv. jádrovák, jedná se o součást vrtné kolony v pracovní části při rotačním jádrovém vrtání, do níž se postupně odvrtává celistvé jádro neboli vzorek horniny. Jádrovák má za úkol hlavně nést a uchovávat jádro před vytěžením, zároveň jej chrání před nepříznivými účinky vrtného výplachu.

Jádrováků je několik druhů, základní, tzv. jednoduchý jádrovák, představuje ocelová trubka trochu menšího průměru než je průměr vrtné korunky, které jsou spolu spojeny šroubením, uvnitř jádrováku je tzv. trhač, který představuje pružinový systém, jež udržuje jádro v jádrováku, tak aby nevypadlo, jádrováky jsou vyráběny s hladkými stěnami, aby pokud možno, co nejméně poškozovaly odvrtné jádro. Tento jednoduchý jádrovák je

využíván při vrtání na sucho při průzkumném vrtání v inženýrské geologii a jiných geologických odvětvích.

Dvojitý jádrovák je od jednoduchého jádrováku rozlišen přidáním další trubky tzv. jádrovnice, ta může být buď volná nebo pevně spojená s vnější trubkou jádrováku. Tento typ jádrováku chrání jádro proti nežádoucím účinkům výplachu více než jednoduchý jádrovák, to je způsobeno hlavně díky tomu, že výplach proudí mezi trubkou jádrováku a jádrovnicí mimo odvrtné jádro, zároveň při použití volné jádrovnice chrání jádro proti rotačním mechanickým účinkům.

Podobný dvojitému jádrováku je trojitý jádrovák, který má navíc ve vnitřní jádrovnici plastovou trubku, která nese jádro až do závěrečného vyjmutí z vrtu a jeho zpracování.

Technicky pokročilejší typ jádrováku představuje lanový jádrovák, který umožňuje vytěžování jádra bez toho, aby se musela společně s ním vytěžovat i vrtná kolona, vrtné jádro je vytěžováno skrz vrtnou kolonu na laně. Tento typ jádrováku velmi ulehčuje a zrychluje vrtný postup při vrtání hlubokých a velmi hlubokých vrtů. (Pašek et al., 1995; Tkaný et al. 1966)

5.3 Pažnicová kolona

Pažnicovou kolonou jsou myšleny trubky, které mají za funkci hlavně ochránit vrt před zhroucením, dále může mít za funkci izolaci jednotlivých provrtaných horninových kolektorů, a tím zabránit případným přítokům do vrtu, zároveň chránit jakost vrtného výplachu či chránit horninové prostředí od vrtného výplachu. Pažnicovou kolonu lze využít i pro případnou těžbu zájmových surovin, například ropy, zemního plynu či vody.

Pažnicovou kolonu většinou tvoří ocelové válce, průměrů podobných průměru vrtu a netenkostěnných. Tyto ocelové válce se mohou lišit hlavně zvolenou funkcí pažnicové kolony, a proto se takto rozlišují na řídicí pažnicovou kolonu, úvodní pažnicovou kolonu, ochrannou či technickou pažnicovou kolonu a těžební pažnicovou kolonu, přičemž první z nich je součástí prakticky všech vrtů a další tři druhy součástí vrtu být mohou či nemusí.

5.3.1 Řídicí pažnicová kolona

Tento druh pažnicové kolony obsahují prakticky téměř všechny vrty, je to způsobeno hlavně její základní funkcí, a to udání prvotního směru vrtání a dále řízení vrtné kolony v počátku vrtání, zároveň chrání okolí ústí vrtu před smočením vrtným výplachem.

5.3.2 Úvodní pažnicová kolona

Tato pažnicová kolona má za úkol hlavně chránit vrt v počátcích vrtných prací, kdy je často vrtáno v zeminách. Její funkcí je tedy chránit vrt před přítoky z horninových sledů a zároveň ochránit horninové prostředí před výplachem vrtu. Tato pažnicová kolona je většinou utěšňována a zpevňována cementací.

5.3.3 Ochranná pažnicová kolona

Tato kolona hlavně chrání průběh vrtných prací až do konečné hloubky, neboli pod požadovaný geologický horizont. Nutnost použití tohoto druhu pažnicové kolony je hlavně ovlivněna geologickou stavbou terénu (zejména porušeností).

5.3.4 Těžební pažnicová kolona

Tato pažnicová kolona, jak už její název napovídá, slouží především pro těžbu zájmových surovin. (Pinka et al., 2014b; Pštross, Pštross, 1971)

5.4 Vrtné nástroje

Pod pojmem vrtný nástroj je myšlena část připojená na vrtnou kolonu, jež přímo komunikuje s horninou na čelbě vrtu, rozpojuje ji a odvrtává. Většinou použití různých vrtných nástrojů definují zároveň i použitou technologii vrtání. Jejich rozdělení je různorodé, avšak základním dělítkem může být způsob provádění vrtání, a to tedy na rotační vrtání, nárazové, náběrové či kombinované. Dalším příkladem dělení může být vzhled odvrtané horniny, která při jádrovém vrtání je ve formě celistvého jádra nebo při plnoprofilovém vrtání má formu horninové drtě, či úlomků horniny. Poté vrtné nástroje přebírají úlohu kvality geologického průzkumu, kdy se geolog snaží na základě odvrtaných vzorků určit geologická podloží dané lokality. Volba vrtného nástroje závisí pouze na faktu, jestli vrtání probíhá v zeminách či horninách a pro jaké účely vrtání probíhá.

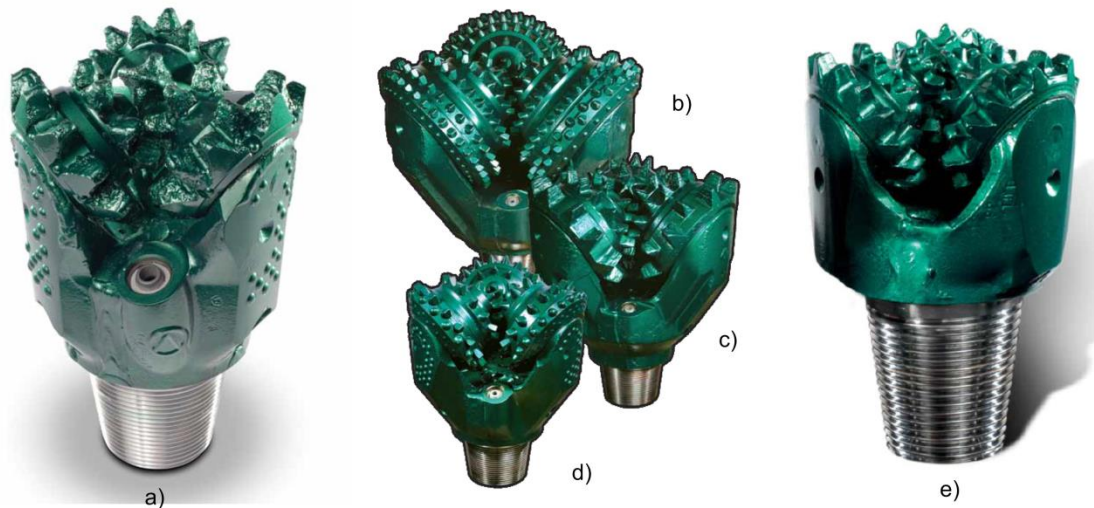
5.4.1 Plnoprofilové vrtné nástroje

Plnoprofilovým nástrojem je myšlen nástroj, který odvrtává horninu v celé ploše čelby vrtu, proto jsou většinou označovány jako dláta. Jejich další rozdělení závisí na tvrdosti hornin, ve kterých jsou využívány.

5.4.1.1 Valivá dláta

Valivá dláta jsou charakteristická svou konstrukcí, na těle dláta jsou umístěny kužely s ocelovými zuby, tento kužel se může otáčet, při otáčení a odvalování kužele dochází na

čelbě vrtu k odvrtávání horniny. Nejčastěji používané valivé vrtné nástroje mívají tři odvalovací kužely – valivá dláta tříkuželová (Obr. 5.8).



Obr. 5.8: Ukázka tříkuželových valivých dlát z katalogu firmy Varel International
a), c), e) do měkkých hornin, b) do tvrdých hornin při velkém průměru vrtu,
d) do středně tvrdých až tvrdých hornin

Zdroj: Varel In., 2012

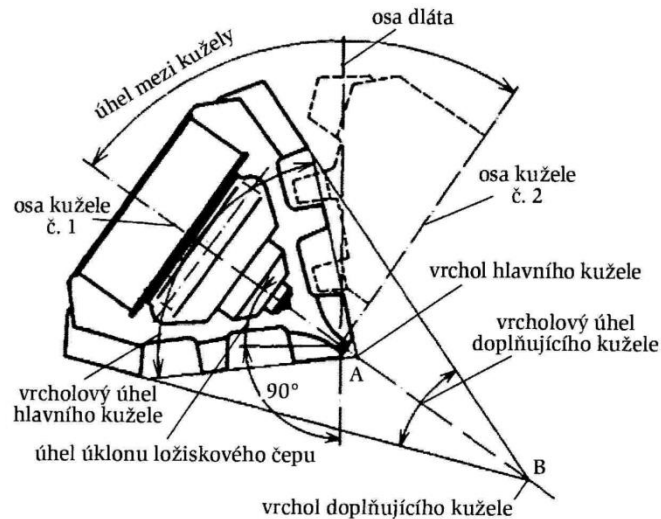
Valivé dláto je většinou tvořeno tělem, jež nese ramena či nosiče kuželů a na kterém jsou přidělána ložiska, na nichž jsou přidělány kužely s určitým úhlem sklonu, tak aby při kontaktu s horninou byl nikoliv vrchol kuželu, ale jeho stěna. Dalším prvkem valivých dlát jsou proplachové kanálky.

Kužely valivých dlát jsou nejdůležitější součástí těchto dlát. Nesou ocelové zuby, jež trhají horninu na kusy, v několika pod sebou jdoucích řadách. Tyto zuby se poté směrem od vrcholu kužele zvětšují, zároveň platí, že čím tvrdší horniny, tím se používají menší zuby valivých dlát. Někdy se používají i vsazované tvrdokovové roubíky místo zubů – valivá dláta roubíková.

Avšak velikost ocelových zubů není jediná věc, na které závisí účinnost vrtacího procesu, velmi důležitý je i tvar kužele. Kužely se vyrábějí nejčastěji jako jednokuželové (dokonalý kužel), dvoukuželové a tříkuželové.

Jednokuželový tvar je klasický kužel, který je dnes méně používaný pro svojí nízkou životnost. Tělo dvoukuželových se skládá ze dvou kuželů, a to hlavního a vedlejšího kuželu (Obr. 5.9). Hlavním kuzelem je myšlen kužel, jenž nese ocelové zuby a je dokončen, není seříznut a sedí na vedlejším kuželu, který má menší vrcholový úhel, větší objem a je seříznut. Díky tomu, že vedlejší kužel nutí konstrukci kuželu se odvalovat po čelbě vrtu jiným způsobem nežli jednokuželové tvary kuželů, jsou zuby kužele uváděny do smykového

pohybu, a tím se zvyšuje účinnost odvrtávání. Jejich použití je ve tvrdých a velmi tvrdých horninách, přičemž se zvyšující se tvrdostí hornin se dvoukuželová dláta konstruují tak, že vzdálenost vrcholu hlavního kužele s myšleným vrcholem vedlejšího kužele se zmenšuje. Tříkuželové kužely jsou poté využívány hlavně v měkkých či středně tvrdých horninách pro jejich zvětšený štípací a smykový účinek.



Obr. 5.9: Schématické znázornění dvoukuželového kuželu valivého dláta s popisem hlavního a vedlejšího kužele
Zdroj: Pinka et al., 2014b

Další důležitou součástí valivého dláta jsou ložiska držící kužel na rameni. Jejich životnost je stejně důležitá jako životnost zubů umístěných na kuželu, jelikož přenášejí zatížení kladené na kužel a zároveň umožňují jeho otáčení. Proto se dříve používaná masivní ložisková nehermetizovaná ložiska dnes nahrazují hermetizovanými kluznými ložisky, velký rozdíl je hlavně v tom, že u kluzných ložisek je maz ustavičně doplňován z mazacího systému, proto jsou zde kladeny i velké nároky na těsnění.

Posledním segmentem valivých dlát je proplachový systém. Ten má za hlavní úkol odnos odvrtných hornin z čelby vrtu. Jeho konstrukce je buď centrální či trysková.

Centrálním proplachem jsou myšleny velké otvory (jeden až tři) v těle valivého dláta, ze kterých proudí výplach na kužely a poté na čelbu vrtu. Na místo toho tryskový proplach využívá princip tryskového vrtání, proplach poté neproudí z několika velkých otvorů z těla, ale je sveden menšími kanálky vedených skrz tělo dláta, které vyústí v trysky. Velký nárok je zde kladen hlavně na to, aby došlo k co možná největšímu využití kinetické energie výplachu na čelbě vrtu, což značně zvyšuje účinnost vrtného procesu. (Pinka et al., 2014b; U.S. Department of Labor, 2015; Varel In., 2011)

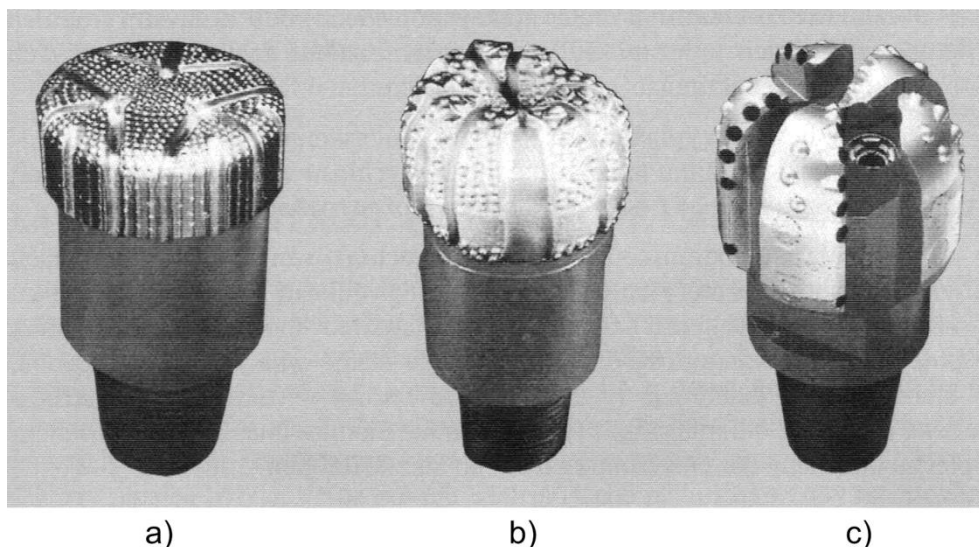
5.4.1.2 Kompaktní dláta

Tyto řezné nástroje mohou připomínat plnoprofilová dláta diamantová, v podstatě jde o dláta tvořena tvrdokovy a kompozitními materiály, dláta jsou osazována řeznými zuby různých tvarů a průměru, jež představují řezný element. Tělo těchto dlát je většinou masivní bez pohyblivých částí, na přední části se nachází kanálky, jež vedou vrtný výplach na čelbu vrtu. Řezné zuby jsou na přední části rozmístěny tak, aby při jedné otáčce pokryly celou plochu vrtné čelby.

Řezné elementy, které rozpojují horninu především, jsou většinou tvořeny dvěma částmi, a to nosným válečkem a tzv. blankem, ten je na nosný váleček připevněn a je tvořen dvousložkovými supertvrdými materiály. Blank je většinou válečkovitého tvaru, tvořený slinutým karbidem, na nějž je nanášena vrstva syntetických diamantů či jiných supertvrdých kompozitních materiálů, které vyrábí například firma General Electric Company (GE).

Obecně platí, že počet řezných elementů na dlátě stoupá a zároveň jejich rozměry klesají s rostoucí tvrdostí hornin, zároveň se zvyšuje rozmanitost tvarů řezných zubů, od obyčejných malých válečků po zaoblené, s rostoucí abrazivností hornin.

Tento druh dlát se rozlišuje hlavně do dvou základních skupin, a to dláta TSP, používaná spíše v obtížnějších podmínkách vrtání a dláta PDC, která vzhledem k masivnějším rozměrům řezných zubů se spíše používají v středně tvrdých horninách (Obr. 5.10). (Mazáč, 1991; Pinka et al., 2014b)



Obr. 5.10: Ukázka plnoprofilových dlát z tvrdokovu s porovnáním s diamantovým dlátem

a) diamantové dláto, b) dláto TSP, c) dláto PDC

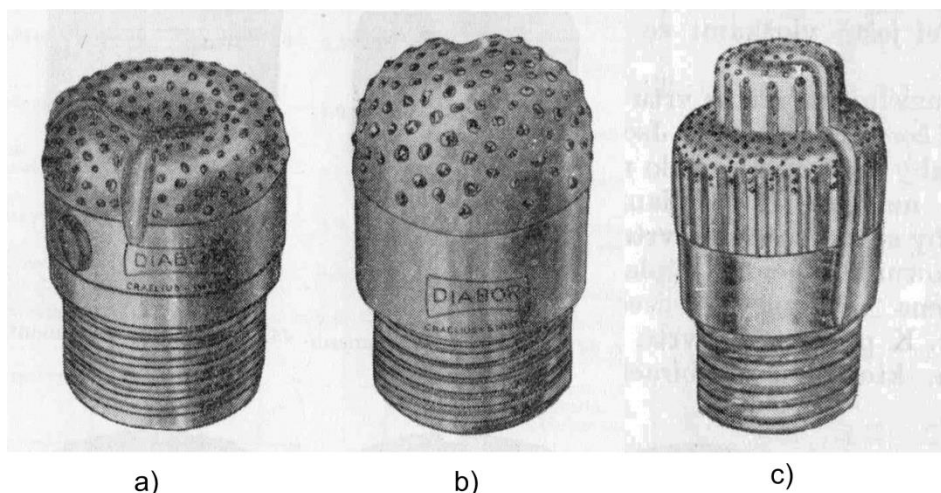
Zdroj: Pinka et al., 2014b

5.4.1.3 Diamantová dláta

Diamantová dláta (Obr. 5.11) mají podobnou konstrukci jako dláta kompaktní, tělo diamantového dláta je vyráběno z tvrdokovů, na jejichž přední část jsou vsazovány diamanty, hlavní rozdíl je v rozdílných řezných elementech. Počet vsazovaných diamantů a velikost je opět závislá na tvrdosti hornin, zároveň i jejich vysazení z dláta, které se postupně snižuje se zvyšující se tvrdostí hornin. Na rozmístění diamantů je kladen důraz, jelikož je snaha zajistit pokrytí celé plochy čelby vrtu na jednu otáčku dláta.

Velký důraz je u diamantových dlát kladen na výplachové kanálky na přední straně dláta, nejen, že je důležité velmi efektivně odstraňovat odvrtnou drť, což by snižovalo účinnost vrtného procesu, ale velmi důležité je dostatečné ochlazování vsazovaných diamantů.

Vrtání diamantovými dláty je zejména výhodné pro bezpečné dokončování hlubokého vrtu, při vrtání na moři a obecně ve velkých hloubkách, je to hlavně z důvodu, že diamantové dláto má velkou životnost a vyšší odvrt nežli jiná dláta, což se u složitějších či hlubokých vrtů projeví po ekonomické stránce. Velké uplatnění nachází v geologickém průzkumu. (Pínka et al., 2014b; Tkaný et al., 1966)



Obr. 5.11: Ukázka plnoprofilových dlát osazenými diamanty
a), b) diamantová dláta, c) vícestupňové diamantové dláto

Zdroj: Tkaný et al., 1966

5.4.1.4 Listová dláta

Tato vrtná dláta vypadají většinou jako nože, které jsou připevněny na tělo vrtného nástroje a to v provedení dvoj, tří či čtyřlistových dlát. Tato dláta jsou většina tvořena tvrdokovovými slitinami. Jejich využití je hlavně v měkkých až středně tvrdých horninách. (Pínka et al., 2014b; Záruba, Mencl, 1954)

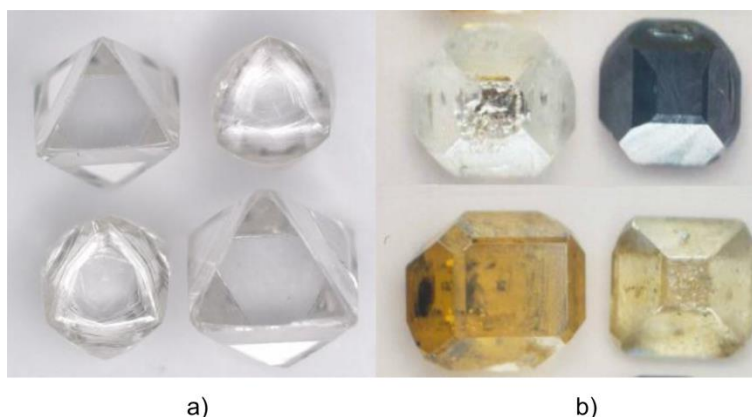
5.4.2 Jádrové vrtné nástroje

Nástrojem při vrtání na jádro jsou tzv. korunky, jež mají většinou válcovitý tvar, opatřené řeznými zuby či roubíky, vprostřed dutý. Otvorem korunky může pronikat vrtné jádro, což je celistvý vzorek horniny získaný přímo z vrtu obvykle válcového tvaru, který v podstatě sleduje horninovou situaci ve vrtu, odvrtné jádro proniká z korunky do jádrováku, což je většinou ocelová trubice, která následně umožňuje vytěžení jádra a během vrtného procesu jej uchovává.

5.4.2.1 Diamantové korunky

Diamantové korunky jsou většinou tvořené tělem tvořeného z tvrdokovu, na které je přidělaný jádrovák, ve spodní části se nachází pracovní část, ta je osazovaná přímo diamanty, které drží matrice spojená s tělem korunky, zároveň se zde nachází výplachové kanálky.

Hlavně v dřívějších dobách se používaly přírodní diamanty, či přírodní diamantový prach, což mělo za následek velmi nákladnou výrobu takových korunek. V polovině minulého století však začala firma General Electric Co. s výrobou umělých diamantů (Obr. 5.12), v podstatě se jedná o stlačení grafitu za vysokého tlaku a teploty, tímto procesem vznikají diamanty osmistěnného tvaru, které jsou používány na řezné nástroje (Lawson, 2015). Dle zrnitosti vsazovaných diamantů lze diamantové korunky rozdělit do dvou skupin, a to vsazovaných, kde jsou diamanty spíše hrubozrnného charakteru, a jimiž probíhá spíše objemové rozrušování horniny a impregnované, které jsou ve formě směsi matrix a diamantového prachu, těmito korunkami se poté vrtá pomocí tzv. povrchového rozrušování horniny, kde v podstatě dochází k odlamování částí na úrovni molekul (Obr. 5.13).

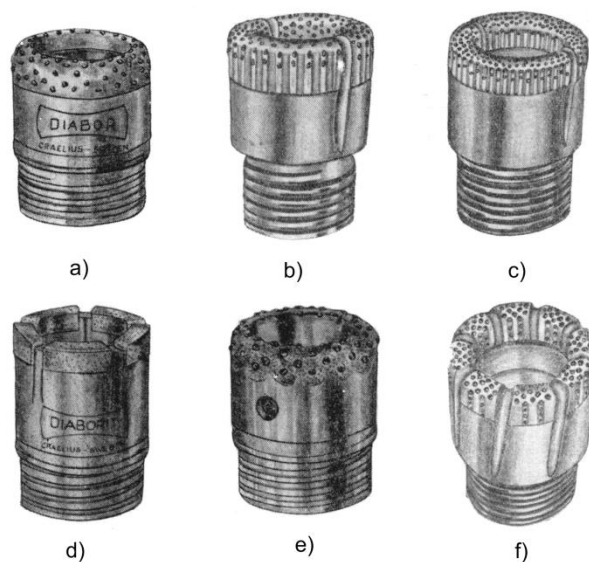


Obr. 5.12: Ukázka diamantů používaných pro řezné nástroje
a) přírodní diamanty, b) uměle vyrobené diamanty

Zdroj: Lawson, 2015

Obecně platí, že zrnitost diamantů klesá s rostoucí tvrdostí hornin, zároveň je však u hruběji osazovaných korunek důležité, aby diamanty byly vhodně rozmístěné po korunce, aby došlo k rozrušení celé plochy řezaného kruhu. Vlastnosti matrix, v níž jsou diamanty umístěny, jsou taky důležité, hlavní jsou její tvrdost a abrazivnost vzhledem k vlastnostem vrtaných hornin.

Obecně se dá říct, že diamantové korunky jsou vhodné pro vrtání v jakýchkoliv horninách, avšak její použití, vzhledem k ceně diamantových korunek, musí být odůvodněná. Největší uplatnění mají tyto korunky při geologicko-průzkumných pracích. (Mazáč, 1991; Pinka et al., 2014b; Tkaný et al., 1966)



Obr. 5.13: Různé druhy diamantových korunek
 a), e) osazované korunky hrubozrnými diamanty,
 b), c), f) osazované korunky se středně zrnitými
 diamanty a zřetelnými výplachovými kanálky,
 d) impregnovaná korunka

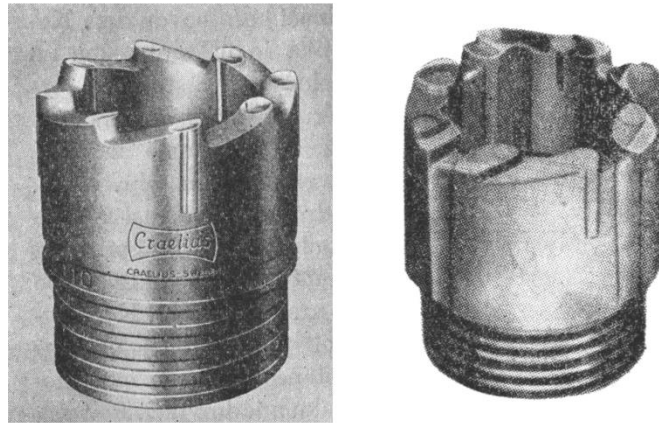
Zdroj: Tkaný et al., 1966

5.4.2.2 Tvrdokovové korunky

Tvrdokovové korunky mohou svou konstrukcí připomínat korunky diamantové, v podstatě užíváním tvrdokovových korunek se nahrazují diamantové korunky. Celá korunka je vyrobená z tvrdokovů, připravovaných ze směsí práškových čistých kovů a karbidů, jež se poté lisují a slinovávaj (zthutňují). Tímto způsobem vznikají velmi tvrdé materiály, jež jsou hlavní charakteristikou tvrdokovových korunek (Obr. 5.14).

Nejčastěji v praxi jsou využívány tvrdokovové korunky roubíkové, neboli osazovány tvrdokovovými roubíky, jejich různé tvary a velikosti tvoří hlavní rozdíl s diamantovými korunkami. Nejčastěji se používají válečkovité tvary, osmihranné, šestihranné či čtyřhranné.

Rozmístěný roubíků na přední straně korunky bývá symetrické, vzhledem ke středu korunky. Rozměry roubíků mohou tvořit, oproti diamantovým korunkám, nevýhodu, je to způsobené tím, že velikost roubíků rozhoduje v podstatě i o potřebné velikosti přítlaku na korunku. (Mazáč, 1991; Pinka et al., 2014b)



a)

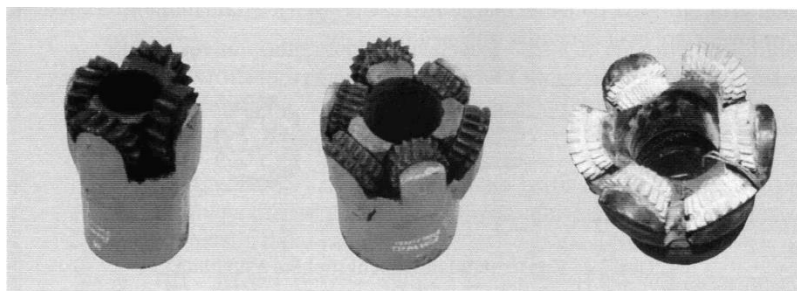
b)

Obr. 5.14: Ukázka tvrdokovových korunek

Zdroj: Záruba, Mencl, 1954 (a),
Pštross, Pštross, 1971 (b)

5.4.2.3 Valivé korunky

Zajímavě vypadající valivé korunky se využívají především v rotarovém způsobu vrtání u hlubokých vrtů při jádrování, především v středně pevných až měkkých horninách. Tyto korunky jsou tvořeny dutým tělem, pro pronikání vrtného jádra, a pracovní částí, kterou tvoří nikoliv kužely, ale válečky, na kterých jsou vyfrézované zuby, počet válečků je určen v menší míře průměrem korunky, avšak používají se pouze čtyřválečkové na spíše menší průměry a šestiválečkové na spíše větší průměry (Obr. 5.15). (Pinka et al., 2014b; U.S. Department of Labor, 2015)



a)

b)

c)

Obr. 5.15: Ukázka valivých korunek

a) čtyřválečková valivá korunka,
b), c) šestiválečkové valivé korunky

Zdroj: Pinka et al., 2014b

5.4.2.4 Šrotové korunky

Šrotovou korunku většinou tvoří dutý válec, který je spojen s vrtnou kolonou, vrtným elementem je zde tzv. šrot či šrotové piliny, ty nejsou s korunkou, tedy dutým válcem, nijak pevně spojeny. K vrtání tedy dochází za pomoci přítlaku na dutý válec korunky, jež potom tlačí na šrot a otáčí jím na čelbě vrtu. Jedná se v podstatě o velmi jednoduchý princip vrtání, který má například výhodu v tom, že s ním lze vrtat většími průměry (až do 30cm). Zároveň se tyto korunky hodí na vrtání středně pevných až pevných hornin, avšak dnes se spíše od tohoto způsobu vrtání upouští pro velkou nekvalitu vrtného jádra.

Důležitou součástí je šrot, ten se může rozdělit do čtyř druhů, a to litinového šrotu, ocelolitinového, ocelový sekaný (sekaný ocelový drát) a tvrdokovový šrot. Nejzásadnějším parametrem šrotu je jeho tvrdost a pevnost. Dávkování šrotu do vrtu je taky nedílnou součástí vrtného procesu, v praxi používanější dávkovací způsob návrtový (jednorázový) je oblíben hlavně pro svou jednoduchost, určitá hmotnost šrotu se jednoduše vhodí do vrtu před započítím vrtání. Druhým dávkovacím způsobem je tzv. periodický nebo přídavný, v tomto způsobu je před zahájením vrtání do vrtu vhozen menší objem šrotu, který je postupně doplňován po stanovených časových intervalech ze zásobníku v korunce. Periodický způsob je výhodnější hlavně z důvodu kvality jádra, avšak záleží v něm na přesném dávkování po přesných časových intervalech. (Jedlička, Kožíšek, 1981; Mazáč, 1991; Pinka et al., 2014b)

5.4.3 Nárazové vrtné nástroje

Tyto vrtné nástroje tvoří specifickou skupinu, kde je využíváno nikoliv rotační, a tím pádem souvislé odvrtávání, ale k vrtání dochází v rázech, kdy je energie, využívaná na rozrušení hornin, uvolněna v jednom časovém okamžiku a v určitých intervalech dochází k opakování tohoto procesu.

5.4.3.1 Vrtný nástroj pro ponorná kladiva

Při vrtání ponornými rotačně-příklepnými kladivy se používají plnoprofilová vrtací dláta (Obr. 5.16), jejichž pracovní část má podobnou konstrukci jako kompaktní dláta. Nejpoužívanějším vrtným elementem je zde využíván tvrdokovový roubík různých tvarů, od kulovitých až po kuželovité, různých velikostí, jejich rozmístění je na přední straně dláta takové, aby se při jedné otáčce dláta rozrušila celá plocha čelby vrtu.

Důležitým konstrukčním prvkem dlát pro ponorná kladiva jsou drážky na upínací části těla, které přisedají na píst vrtacího kladiva, mají za následek pootočení dláta při jednom nárazu pístu kladiva. Jelikož se u ponorných kladiv nepoužívá kapalný výplach, ale pro odnos horninové drtě je zde využíván proud plynu, který zároveň uvádí vrtací kladivo do chodu,

nejsou na přední straně dláta výplachové kanálky, ale výfukové, představované dvěma až čtyřmi, většinou naproti sobě ležícími, žlábkami s otvory, tudíž je zároveň plynný výplach i přiváděn.

Konstrukce dlát a jejich roubíků umožňuje širokou použitelnost v hlubokém vrtání, v středně tvrdých až velmi tvrdých a velmi abrazivních horninách. Zároveň rychlý postup vrtných prací s těmito kladivy se využívá při průzkumném vrtání například v lomech či dolech. (Mazáč; 1991; Pinka et al., 2014b; Sandvik, 2015)



Obr. 5.16: Ukázka plnoprofilových dlát pro ponorná vrtací kladiva z katalogu firmy Sandvik

Zdroj: Sandvik, 2015

5.4.3.2 Vrtný nástroj pro vrtání na laně

Nástrojem pro nárazový způsob vrtání bývá dláto tvořeno buď jedním břitem, nebo na sebe kolmými dvěma břity. Jednotlivé břity jsou v rovném provedení vůči čelbě vrtu, avšak samotný břit má ostrou hranu, úhel, který svírají strany břitu, se pohybují od ostrých úhlů od 60° až po tupé úhly do 140°, přičemž tupost břitu stoupá s rostoucí tvrdostí horniny. Někdy jsou na dláta přidány další dva kratší obvodové břity, ty mají za účel seřezávat stěny vrtu do kruhového tvaru, takovému dlátu se poté říká zárubní.

Tato dláta jsou většinou volně zavěšena na laně, čímž se dosahuje vysoké rovnosti vrtu, ale používají se i dláta zavěšená na tyčích. Dláta jsou většinou tvořena z tvrdokovu, k odvrtání horniny dochází díky principu volného pádu, kdy je dláto zdviženo nad čelbu vrtu do určité výšky, tím získá potenciální energii, po uvolnění dláta, je tato energie přeměněna na kinetickou a ta je předána na čelbu vrtu pro rozrušení horniny. Po dalším vyzdvižení dláta se musí částečně potočit, aby byla rozrušená jiná část čelby vrtu, jednotlivé úlomky se z vrtu vytahují pomocí kalového čerpadla. Jedná se o velmi jednoduchý princip vrtání, zároveň je i velmi starý, avšak svým způsobem velmi účinný a nenáročný. Jejich použití sahá od měkkých hornin po pevné horniny, někdy je tento způsob využíván v málo zpevněných horninách při výskytu větších masivních balvanů. (Mazáč, 1991; Pinka et al., 2014b; Záruba, Mencl, 1954)

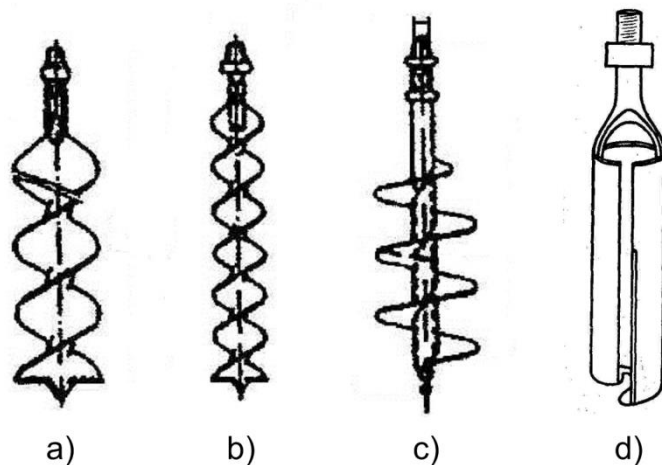
5.4.4 Náběrové vrtné nástroje

Tyto vrtné nástroje se využívají především v soudrzných či nesoudrzných zeminách, avšak některé z nich se mohou využít i v nesoudrzných horninách. Jejich charakteristická vlastnost je odebrání vzorku vrtané zeminy či horniny během vrtného procesu.

5.4.4.1 Vrtný nástroj pro náběrový způsob vrtání

Tento způsob vrtání je především používán v zeminách soudrzných i nesoudrzných a vrtání probíhá spíše bez výplachu. V horninových formacích není tento způsob vrtání příliš účinný, je to z toho důvodu, že hlavní myšlenkou náběrného způsobu vrtání je přímé rozrušení zeminy a zároveň její nabrání do použitého vrtného nástroje.

Vrtnými nástroji, které se zde používají, jsou spirálový či talířový vrták, používané při šnekovém vrtání, a nakonec lžicový vrták, známý též jako šapa (Obr. 5.17), kde je nabírání zeminy docíleno zaražením či zatlačováním tohoto nástroje do zeminy a rotací, poté je nástroj ze zeminy vytažen. Spirálový vrták je vlastně do spirály vytvarovaný silný kus plechu obdélníkového tvaru, v přední části opatřen vyfrézovaným hrotem. Talířový vrták je velmi podobný spirálovému, rozdíl mezi nimi je ten, že u talířového je v ose nástroje ocelová trubka, na kterou je přivařený plech do spirálovitého tvaru, většinou bývají tyto nástroje i větších průměru než spirálové vrtáky. Šapa vypadá jako válec z tlustého plechu, na konci má naostřené hrany, při použití v nesoudrzných zeminách může být vybavena i zpětnou klapkou, která zabrání vypadnutí odvrtné zeminy. (Pinka et al., 2014b; Záruba, Mencl, 1954)



Obr. 5.17: Ukázka náběrových vrtných nástrojů
a), b) spirálové vrtáky, c) talířový vrták, d) šapa

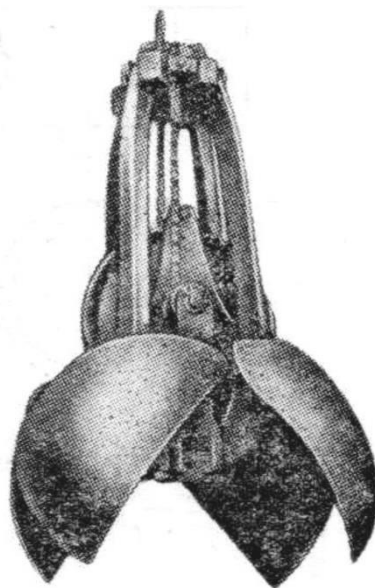
Zdroj: Pinka et al., 2014b,
Záruba, Mencl, 1954

5.4.4.2 Drapák jako vrtný nástroj

Drapák je zařízení, jež využívá na vrtný proces podobný princip jako dláta v nárazovém způsobu vrtání, zároveň v sobě kombinuje prvky s náběrovým způsobem vrtání. Jedná se o zařízení s kladkovým systémem a ramenem, na něž je přidělán vrtný nástroj drapák, to je válec, opatřený pohyblivými velkými zuby (Obr. 5.18). Způsob, kterým probíhá vrtání, je následující, těleso drapáku je volným pádem puštěno z určité výšky, zarazí se do zeminy, díky zpětným zubům, které se při zvedání zavřou, a tak zadrží zeminu uvnitř tělesa drapáku, dojde k odběru zeminy a postupnému hloubení vrtu.

Systémy uzavírání drapáku jsou dnes známi dva, a to mechanický, ve kterém dochází k uzavření zubů při výzdvihu drapáku a díky jeho vlastní váze a hydraulický, jež na uzavření zubů využívá hydraulické písty. Hydraulický drapák má, proti mechanickému, výhodu hlavně v tom, že k uzavření může dojít přímo na čelbě vrtu a nikoliv při vyzdvihávání drapáku, kde část zeminy spadne zpět do vrtu, zároveň nemusí být hydraulický drapák tak masivní, jako mechanický.

Drapáky jsou dne využívány hlavně při velkopřůměrovém vrtání v zeminách soudržných i nesoudržných, či štěrkovitých. Při drapákovém vrtání je často využíváno pažení vrtu, které brání jeho zborcení, to má význam hlavně při použití v nesoudržných zeminách. Drapáky se využívají hlavně pro speciální vrtné práce ve stavebnictví, či například ve vodárenství pro hloubení studní, šachet a záchytných objektů. (Pinka et al., 2014b; Pštross, Pštross, 1971)



Obr. 5.18: Ukázka mechanického drapáku
Zdroj: Pštross, Pštross, 1971

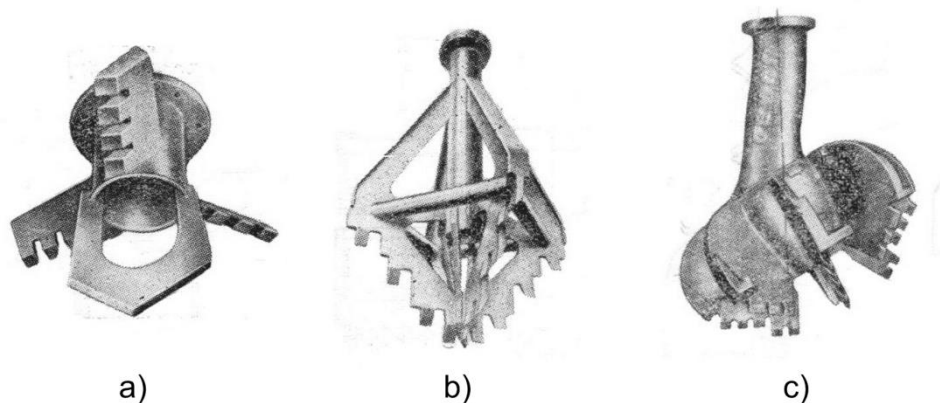
5.4.4.3 Vrtný nástroj pro vibrační vrtání

Tento způsob vrtání je speciálně používán v nesoudržných zeminách, kdy se vrtné dílo může rychle zbortit. Vrtným nástrojem je zde vibrační pažnice válcovitého tvaru, která se do zeminy zavibruje pomocí vibrátoru. Tento způsob vrtání se využívá hlavně ve stavebnictví. (Pínka et al., 2014b; Pínka et al., 2010; Pštross, Pštross, 1971)

5.4.4.4 Vrtný nástroj pro nepřímý výplach

Tímto způsobem vrtání je myšleno vrtání sací, které je spíš využíváno v měkkých zpevněných a nezpevněných horninách, ale i ve středně tvrdých horninách. Většinou jsou tyto vrtné nástroje využívány pro specifické úkoly vrtání.

V měkkých horninách se využívají listové nebozezy, jež horninu rozpojují rotačním způsobem a zároveň nasávají. Ve středně tvrdých horninách je využíván speciální vrtný nástroj, nazývaný JUMBO, ve skutečnosti se jedná o excentrický nebozez (Obr. 5.19). JUMBO je tvořeno tělem, na které je přiděleno pod určitým úhlem dláto s řeznými zuby, to se otáčí excentricky kolem osy vrtné kolony. Vrtné zuby fungují podobně jako lopaty a po rozrušení horniny, horninu nabírají do odsávacího potrubí. (Pínka et al., 2014b; Pštross, Pštross, 1971)



Obr. 5.19: Ukázka vrtných nástrojů pro nepřímý výplach
a) třílistový nebozez, b) čtyřlistový nebozez, c) JUMBO

Zdroj: Pštross, Pštross, 1971

6 VRTNÉ METODY POUŽÍVANÉ V INŽENÝRSKÉ GEOLOGII

Geologické průzkumné práce jsou několika typů, ať už jde klasické pozorovací metody pomocí přirozených výchozů hornin a zemin (zářezů), či o odkryvné práce kopné, kde horninu lze sledovat přímo, či nepřímé metody, jako například geofyzikální, kde se různá geologické formace modelují na základě jejich fyzikálních projevů, nedílnou součástí průzkumných prací je i vrtání, které slouží pro sledování horninových formací uložených hluboko pod povrchem Země a zároveň mohou sloužit i pro geofyzikální karotážní metody. Cílem těchto různých průzkumných prací v geologii je ověření a popřípadě opravy geologického modelu, který je stanoven geologem před zahájením průzkumných prací, zároveň jsou ze stanoveného modelu určeny konkrétní místa pro průzkumná díla (sondy) tak, aby se těmito sondami daný geologický model dal, pokud možno, co nejlépe ověřit či opravit.

Průzkumné práce v inženýrské geologii se zabývají hlavně zkoumáním pokryvných útvarů a přípovrchových skalních hornin, do nichž se nejčastěji zakládají stavby, maximální hloubkou inženýrskogeologických vrtných prací je 100m, ve výjimečných případech hlubší. Velmi důležitou úlohu v inženýrské geologii hraje získání co možná nejméně porušeného vzorku zeminy či horniny, respektive celistvého vrtného jádra, ve kterém jsou jasně viditelné sledy zemin či hornin, společně s poruchami, které se v nich vyskytují, společně s popisem těchto sledů zemin či hornin je ovšem velmi důležité zjistit i vlastnosti těchto pokryvných útvarů, což inženýrskogeologické průzkumné práce odlišuje od jiných geologických disciplín. Vlastnosti hornin předurčují vhodnost založení inženýrských staveb, které jsou projektovány, hlavním cílem inženýrskogeologického průzkumu je tedy získat ucelený obraz o inženýrskogeologických poměrech dané lokality, předurčené typem hornin či zemin a jejich vlastnostmi, a vyhodnotit podmínky pro realizaci inženýrských staveb.

Vlastnosti daných zemin či hornin se zkoumají na reprezentativním vzorku, který může zastupovat určitý sled hornin, jež je na celém zkoumaném území, proto je důležité získat velké množství tohoto vzorku pro laboratorní účely. V inženýrské geologii je též někdy důležitým aspektem zjištění hydrologického stavu zkoumaného území, jako je především výška podzemní vody a její chemické složení. (Pašek et al., 1995; Záruba, Mencl, 1954; ČSN EN ISO 22475-1)

6.1 Inženýrskogeologické sondování v zeminách

V zeminách zřejmě probíhá největší část inženýrskogeologických průzkumných prací, zejména proto, že jsou většinou při povrchu. Při průzkumu je většinou snaha o zjištění vrstevnatosti podložních zemin, průběhy možných diskontinuit, a poté v laboratorních

podmínkách se hlavně stanovuje konzistence (konzistenční meze), pokud to daná zemina umožňuje, nebo zrnitost, bobtnavost atd. Pro tyto účely je potřeba z dané vrtané vrstvy odebrat vhodné množství této zeminy.

Většina inženýrskogeologických vrtných prací v zeminách se provádí pomocí rotačního jádrového vrtání s tvdokovovými korunkami a jednoduchým jádrovákem při vrtání na sucho, bez výplachu. Tento způsob vrtání je vhodný hlavně proto, že jím lze získat takřka neporušený kontinuální vzorek zeminy, sledující horninovou formaci pod povrchem a lze na něm popsat úplnou litologickou charakteristiku. Pro správné popsání litologie z jádra by mělo být jádro po vyjmutí z vrtu podélně rozlomeno, jelikož okraje takto získaného jádra nejsou pro popis vhodné, to je způsobeno tím, že strany jádra projdou během vrtání určitou deformací a zápekem, popis na základě povrchu jádra proto může být zavádějící, nejvíce reálná část jádra, kde přesněji sledovat zeminu je vprostřed jádra, v němž může geolog vidět danou strukturu zeminy po rozlomení jádra (Obr. 6.1). Pro rotační jádrové vrtání se často využívají menší pásové vrtné soupravy s podávací lafetovou konstrukcí, avšak častěji se využívají vrtné soupravy připevněné na nákladní automobil, je to hlavně z důvodu dobré pojízdnosti této soupravy (ústní sdělení Novotný, 2016). Podle Paška (1995) průměry vrtů bývají do 100mm, avšak v praxi jsou zpravidla využívány průměry okolo 190mm nebo 220mm, které se postupně snižují přibližně na 150mm s rostoucí hloubkou vrtu, v hlubších partiích i na menší průměr (ústní sdělení Novotný, 2016).



Obr. 6.1: Ukázka vrtného jádra křídového jílovce, kde je názorně vidět rozdíl ve vzhledu jádra uvnitř a na povrchu jádra

Zdroj: Novotný, 2012

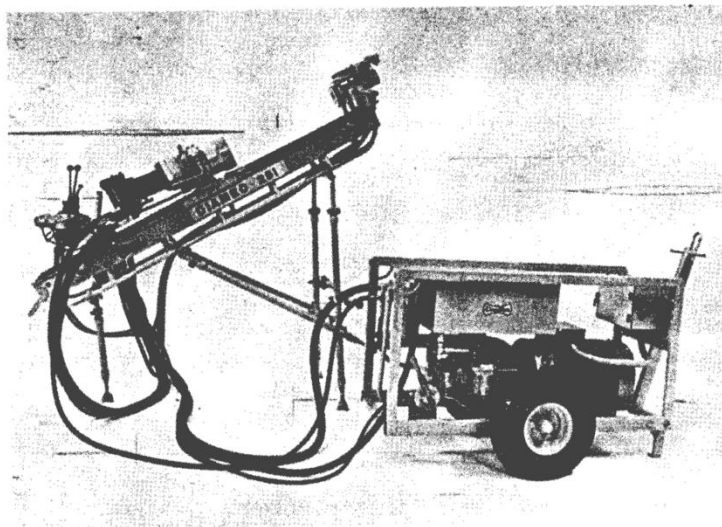
Dalším možným způsobem vrtání v zeminách jsou zarážené vpichy malého průměru, jde o velmi jednoduchý způsob průzkumné činnosti, ocelová trubka (jádrovnice) je zarážena pomocí pístového kladiva do země a je vedena soutyčím. Slouží hlavně pro základní popis litologie zemin a vrstevnatosti, avšak je nutno počítat s tím, že vzorek je deformován a stlačen, proto je pro inženýrskogeologický průzkum spíše méně vhodnou metodou. Používají se hlavně při mapování a do hloubek maximálně 2m.

Ve speciálních případech, kdy nelze využít strojní jádrové vrtání, se využívají buď vibrační způsoby vrtání (zavibrovaní pažnice) či náběrové (použití šapy či spirálových vrtáku). Vibrační způsob vrtání má své úskalí v zhutnění daného vzorku, což vede k jeho degradaci, a nelze tímto způsobem vrtat v horninách, pouze v zeminách, avšak lze tímto způsobem získat souvislý vzorek pro základní popis litologie, proto se hlavně v dřívějších dobách využíval na mapování v kvartérních sedimentech (ústní sdělení Novotný, 2016). Náběrové způsoby jsou pro inženýrskogeologické průzkumné vrtání spíše nevhodnou metodou, protože během vrtání dochází k rozrušení vzorku a často i jeho promíchání, lze tedy získat jen základní představu o litologii. Tyto, spíše nevhodné způsoby vrtných prací, se využívají například v nestabilních zeminách, kdy vzorek z jádrováku, při použití strojního jádrového vrtání, jednoduše vypadává a nelze tedy jádrování uskutečnit jinak. Nutno podotknout, že po vyvrtání těchto sledů zemin je nutné vrt zapažit, což jej chrání před zborcením.

Vzorek zeminy z vrtu lze získat dvěma způsoby, a to buď souběžně s vrtáním, či pomocí odběrných přístrojů. Odběrné přístroje představují v podstatě zarážené sondy, které lze dopravit do vrtu, při dosažení žádané vrstvy, vrtné práce se přitom zastaví nad touto vrstvou a po odběru vzorku se vrtné práce obnoví. Tento odběrný přístroj představuje dutou trubku (jádrovnici), která je pomocí kladiva zarážena do zeminy, tím dochází k odběru zeminy do jádrovnice. Odběrné přístroje se využívají hlavně v případě, kdy je potřeba získat velmi detailní vzorek zeminy.

V oblastech, kde je složitější terén a přesto je potřeba hloubení velkoprofilových vrtů pomocí strojního jádrového vrtání, jsou velmi dobře použitelné pojízdné hydraulicky ovládané vrtné soupravy, výhodou těchto souprav jsou hlavně její rozměry, které mohou být zpodobněny s rozměry přívěsného vozíku k osobním automobilům. Tyto soupravy tvoří mezistupeň mezi ručními vrtáky a vrtnými soupravami převáženými na korbách nákladních automobilů. Mají hydraulická ovládaní, proto je jejich ovladatelnost snadná a může u ní být pouze jediný obsluhující pracovník, podávací zařízení vrtné kolony a nástroje je lafetové a spojování vrtných tyčí, stejně jako jejich uchycení, je provedeno pomocí hydrauliky.

Příkladem této, přívěsný vozík připomínající, vrtné soupravy může být Diamec 251 (Obr. 6.2). (Jedlička, Kožíšek, 1991; Novotný, 2012; Pašek et al., 1995; Záruba, Mencl, 1954; ČSN EN ISO 22475-1)



Obr. 6.2: Vrtná souprava Diamec 251

Zdroj: Pašek et al., 1995

6.2 Inženýrskogeologické sondování v horninách

Při průzkumných pracích v přípovrchových horninách dochází k odebrání vzorku horniny, a to hlavně jako odvrtného jádra při strojním jádrovém vrtání. Použitá technologie, respektive použitý vrtný nástroj závisí hlavně na požadované kvalitě vzorku. Stejně jako u zemin je i u hornin požadavek na, pokud možno, co nejrealističtější odběr horninového vzorku, respektive celistvého jádra. Pro tento požadavek se využívají různé typy korunek tvrdokovových nebo diamantových, výběr korunky závisí především na tvrdosti horniny, ve které je vrtaná sonda prováděna, avšak závisí i na využití technologie vrtného výplachu. Vrtání v horninách probíhá strojním jádrovým způsobem a to buď tzv. na sucho s jednoduchou jádrovnicí, nebo za použití výplachové kapaliny a dvojitého či trojitého jádrováku.

Nutno podotknout, že využití či nevyužití výplachu může mít určitý dopad na kvalitu horninového vzorku, to je způsobeno zřejmě i využitým jádrovákem. Při vrtání na jádro, bez výplachu, může dojít k velkému podrcení vrtného jádra, což může zkreslit, ve velké míře, interpretaci daných podložních hornin (Obr. 6.3).

Plnoprofilové vrtání se v inženýrskogeologickém průzkumu téměř nepoužívá, jeho nevýhoda tkví hlavně v úplném rozdrčení horninového vzorku na drť, která může posloužit jen na velmi hrubý litologický popis. Proto se využívá spíše jen v případech, kdy je vrtaný

horizont dobře známi, tudíž se tímto způsobem ušetří čas nebo například při prorážení betonu, který není třeba odebírat na posouzení jeho vlastností (ústní sdělení Novotný, 2016).

Stejně jako u vrtání v zeminách, tak i v horninách se využívají menší pásové vrtné soupravy s lafetovým podavačem nebo pojízdné vrtné soupravy na nákladním automobilu. (Novotný, 2012; Pašek et al., 1995; Záruba, Mencl, 1954; ČSN EN ISO 22475-1)



Obr. 6.3: Srovnání horniny kabrických pískovců, kde na jednom obrázku je vzorek horniny odebraného z jádrového vrtání na sucho (vlevo) a druhý vzorek té samé horniny vytěženého pomocí bagrování (vpravo)

Zdroj: Novotný, 2012

6.3 Odběry podzemní vody pro inženýrskogeologické účely

Po ukončení průzkumných vrtných prací, kdy podzemní voda má šanci přitéct do vrtu, probíhá odběr podzemních vod, odběr těchto vod se uskutečňuje pomocí čerpadel do čistých plastových láhví pomocí hadic či vakuovanými láhvemi zapaštěnými do vrtu, odběr probíhá nasátím podzemní vody. Poněkud fatální důsledky na odběr vody pro inženýrskogeologické účely mohou mít netěsnosti mezi čerpadlem, odběrnou hadicí a odběrnou nádobou.

Odběr podzemních vod slouží zejména pro stanovení jejich chemických složení, teploty a výšky podzemní vody ve vrtech. To je důležitá informace pro zakládání staveb, zároveň se tímto zjišťuje působení podzemní vody na betony, hlavně jejich agresivita vůči betonům. (ČSN EN ISO 22475-1)

ZÁVĚR

Údaje, uvedené v práci kompilačního charakteru, shrnují všechny důležité aspekty vrtných prací. Je jasné, že vrtný průmysl je dnes velmi rozšířeným odvětvím a to nejen z důvodů potřeby vrtných prací pro důlní průmysl, jak tomu bylo spíše v minulosti. Dnes je vrtných prací využíváno ve spoustě odvětví průmyslu a vědy. Do těchto odvětví spadá i stavitelský průmysl, který je nedílnou součástí každodenního života moderního světa.

V práci byl kladen důraz na objasnění smyslu vrtání, a to zejména na popsání různých způsobu vrtných prací, a k nim souvisejících kapitol zahrnutých spíše do technologií vrtání. Tyto informace o technologiích byly následně rozšířeny a více vysvětleny v kapitolách týkajících se vrtných technických zařízení. Nemalým podílem je v práci rozebráno i vrtné dílo, kde lze získat základní představu o stavbě vrtu, a též se v práci rozebírají druhy vrtů, dle své účelovosti.

Práce může čtenáři přinést nejen alespoň základní představu o vrtných pracích ve všeobecném měřítku, ale podává i informace týkající se inženýrskogeologického průzkumu, jež je nedílnou součástí stavebního průmyslu a řeší především otázky týkající se kontaktu staveb a podloží, do kterého jsou tyto stavby zakládány.

Hlavní cíl bakalářské práce, tedy podat čtenáři zevrubnou informaci o vrtných technologiích, vrtné technice, vrtném dílu a zejména o vrtných technologiích využívaných při inženýrskogeologickém průzkumu, byl splněn.

POUŽITÉ ZDROJE

BETUŠ, Zvonimír a Ján PINKA. *Hydrogeologické vrty*. Vyd. 1. Košice: Štroffek, 1998. ISBN 80-88896-27-4.

BLAŽEK, Milan. *Vrtné súpravy*. Vyd. 1. Košice: Východoslovenské vydavateľstvo, 1978. ISBN 83-002-78.

ĎURICA, Dušan a Miloš SUK. *Vrty v geologickej praxi*. Vyd. 1. Brno: Moravské zemské muzeum, 2011. ISBN 978-80-7028-381-3.

DRISCOLL, Fletcher G. *Groundwater and Wells: Second Edition*. 6th pr. St. Paul, Minnesota: Johnson Screens, 1995. ISBN 0-9616454-0-1.

ESTERKA, František. *Technologie vrtného výplachu: Vrtné suspenze*. Vyd. 1. Praha 1: Nakladatelství technické literatury, 1970. ISBN 04-411-70.

JEDLIČKA, Miroslav a Josef KOŽÍŠEK. *Provozně geologická příručka*. Vyd. 1. Praha 1: Nakladatelství technické literatury, 1981. ISBN 04-414-81.

JURMAN, Josef. *Vrtací a nakládací stroje*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská v Ostravě, 1984.

LAWSON, Simon. *Synthetic diamond and its identification*. [online prezentace]. 2015 [cit. 2016-16-07]. Dostupné z: http://www.debeersgroup.com/content/dam/debeers/corporate/documents/Presentations%20and%20Speeches/Simon%20Lawson%20-%20Synthetic%20diamond%20and%20its%20identification%20-%20Basel,%20Switzerland_22-Mar-2015.pdf

MAZÁČ, Josef. *Hlubinné vrtání*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1991. ISBN 80-707-8092-4.

MAZÁČ, Josef a Jiří KONÍČEK. Využití technologie rotačně-příklepného vrtání v důlních podmínkách OKR a při vrtání vrtů pro tepelná čerpadla. *Acta Montanistica Slovaca*. 2004, **9**(3), 243-247.

MOSS, Roscoe Jr. a George E. MOSS. *Handbook of Ground Water Development*. Los Angeles, California: A Wiley-Interscience pub., 1990. ISBN 0-471-85811-8.

NOVOTNÝ, Jan. Časté chyby v inženýrskogeologické dokumentaci. *Geotechnika*. 2012, **1**(2), 3-9.

PAŠEK, Jaroslav, Milan MATULA a kolektiv autorů. *Inženýrská geologie I*. Praha: Česká matice technická, 1995.

PINKA, Ján, Martin KLEMPA a Jaroslav STRUNA, ZEMAN, Vojtěch (ed.). *Technika a technologie vrtných prací: Díl I*. Vyd. 1. Ostrava: Marionetti Press, 2014a. ISBN 978-80-905737-0-3.

PINKA, Ján, Martin KLEMPA a Jaroslav STRUNA, ZEMAN, Vojtěch (ed.). *Technika a technologie vrtných prací: Díl II*. Vyd. 1. Ostrava: Marionetti Press, 2014b. ISBN 978-80-905737-1-0.

PINKA, Ján, Jaroslav STRUNA a Vojtěch ZEMAN. Vrtání pažnicemi: Reálná technologie pro budoucnost. *Transport & Logistics*. 2010, (8), 103-109. ISSN 1451-107X.

PRAŽSKÝ, Jeroným. *Průzkumný vrt*. Vyd. 1. Praha 1: Státní nakladatelství technické literatury, 1964. ISBN 04-419-64.

PŠTROSS, Miloš a Čeněk PŠTROSS. *Domovní a vodárenské studny*. Vyd. 1. Praha 1: Nakladatelství technické literatury, 1971. ISBN 04-718-71.

ROGAWAY, Phillip. 2010. *A Brief History of Offshore Oil Drilling* [online]. National commission on the BP deepwater horizon oil spill and offshore drilling, 2010, 18 s. [cit. 2016-16-07]. Dostupné z: <http://web.cs.ucdavis.edu/~rogaway/classes/188/materials/bp.pdf>

SANDERS, Laura L. *A manual of field hydrogeology*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1998. ISBN 01-322-7927-4.

SARGA, Karel a Vladimír LETKO. *Technika průzkumných prací*. Vyd. 1. Praha 1: Státní pedagogické nakladatelství, 1983. ISBN 17-018-82.

TKANÝ, Zdeněk, Oldřich JURÁNEK a Josef BRYCH. *Hlubinné jádrové vrtání diamantovými korunkami*. Vyd. 1. Praha 1: Státní nakladatelství technické literatury, 1966. ISBN 04-408-66.

ZÁRUBA, Quido a Vojtěch MENCL. *Inženýrská geologie*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1954.

ZEMAN, Vojtěch a Josef PŘIKRYL. *Hlubinné vrtání III. díl: Chemie a technologie vrtného výplachu*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská v Ostravě, 1984.

ČSN EN ISO 22475-1. *Geotechnická průzkum a zkoušení: Odběry vzorků a měření podzemní vody - Část první: Zásady provádění*. 2006.

TP-76. *Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace: Část A - Zásady geotechnického průzkumu*. Praha: Ministerstvo dopravy, 2009.

Zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích. In: *Sbírka zákonů*. 21. 4. 1988.

China National Petroleum Corporation. *Top Drive Drilling System*. China National Petroleum Corporation, 2011. 21 s. Dostupné z: <http://www.cnpc.com.cn/cnpc/gcdx/201407/b900930b8bf344b396517e2a8effd8c7/files/9bb1ebd11d054130aa1ee1280b87693d.pdf>

Perforator. *Oil and Gasfield Drill Pipes*. Perforator, 2015. 32 s. Dostupné z: <http://www.perforator.net/resources/Brochures/Oil%20and%20Gas%20drill%20pipe.pdf>

Sandvik. *Top Hammer, tools and knowledge for faster, straighter drilling*. Sandvik, 2015. 114 s. Dostupné z: <http://sandvik-jp.com/products/pdf/Top%20hammer%20driling%20tools%20Product%20Catalogue.pdf>

Siemens. *AC and DC Drives for Oil Drilling*. Siemens AG, 2006. 24 s. Dostupné z: https://w5.siemens.com/web/ua/ru/iadt/about/references/gaz/broschures/Documents/Oil_drilling.pdf.

U.S. Department of Labor. *Oil and Gas Well Drilling and Service Tool*. Washington DC: U.S. Department of Labor, 2015. 86 s. Dostupné z: <http://210.31.208.121/jpkc/zuanjing/down/20104201581273499.pdf>

Varel International. *Roller Cone Bits: Oil and Gas Products 2012-2013*. Dallas: Varel International, 2011. 30 s. Dostupné z: <http://www.varelintl.com/content/documents/Roller%20Cone%20Catalog%202012.pdf>