

VÝPLACHOVÉ PROSTŘEDKY PRO ROTAČNÍ VRTÁNÍ



1.0 Definice

Vývoj výplachové techniky začal objedvením rotačního způsobu vrtání, který si nechal roku 1845 patentovat Angličan jménem Beart. Původně byla k výplachu používána voda, která byla vývojem vrtných prací nahrazena vrtnou drtí a tvořila suspenzi, označovanou jako vrtný kal. Zkušenosti ukázaly, že vrtné směsy, zvláště po prohloubení mají lepší vlastnosti než čistá voda. Poté se s úspěchem začala místo čisté vody používat směs vody a jílu.

1921 bylo poprvé nasazeno zatěžkávadlo (baryt) ve vrtech v silnotlakém nalezišti.

1929 byly přidány chemikálie a ve vodě rozpustné polymery k optimalizaci výplachových vlastností.

Dnes jsou k dispozici částečně komplexní výplachové systémy pro prakticky každý druh vrtných prací.

Jako vrtný výplach lze označit všechny, během vrtných prací kontrolované, cirkulující kapaliny nebo plyny.

- Rychlost toku použitého výplachu.
- Rozdíl hustot výplachu a vrtné drti
- Viskozita vrtného výplachu.

Obzvláště při způsobu vrtání s přímým výplachem (tlakový výplach) je vrtný průměr dimenzován tak, že v mezikruží vyvrtaného vrtu dosáhne tok výplachu rychlosti mezi 0,5-1,0 m/s .

Jako vzorec platí:

Minimální čerpaná hodnota 110 l/min. na palec průměru vrtného kladiva

Vrtný postup < 4,5 m/h: ca. 130 l/min. na palec průměru vrtného kladiva

Vrtný postup > 4,5 m/h: ca. 160 l/min. na palec průměru vrtného kladiva

Nedoporučují se čerpané hodnoty > 200 l/min na palec průměru vrtného kladiva. To by způsobilo turbulentním tokem rozšíření vrtu a erozi na vrtném nářadí.
(1 palec = 1 inch = 2,54 cm)

2.0 Význam vrtného výplachu Výplachové produkty

Význam vrtného výplachu se nechá shrnout do těchto 5-ti bodů:

- Výnos vrtné drti ze spodu vrtu na povrch
- Udržet nevypažený vrt otevřený a stabilní
- Kompenzace zvýšeného ložiskového nebo horninového tlaku (voda/ropa/plyn).
- Šetrnost k obhospodařování provrtaných horizontů.
- Chlazení a mazání vrtného nářadí.

Dle získaných zkušeností nelze těchto požadavků dosáhnout v dostatečné míře při použití čisté vody jako výplachového prostředku. Její použití je omezeno na několik výjimečných případů jako vrtání v pevných, málo propustných skalách.

2.1 Výnos vrtné drtě

Výnos vrtné drtě ze dna vrtu na povrch podstatně ovlivňují tři faktory:

Čím menší je rozdíl hustot vrtné drti (ca. 2,6 kg/l) a výplachu, tím nižší je její usazovací rychlost. Zvýšení hustoty vrtného výplachu za účelem zvýšení jeho výnosnosti je v každém případě nesmyslné, protože těžké, na pevné látky bohaté výplachy snižují vrtný postup a zvyšují nebezpečí trvalého ucpání hosodářsky využitelných horizontů vrtu.

Mnohem častější je použití šetrných, pevné látky neobsahujících, výplachových systémů, jejichž výnosnost je regulována přidáním vysoce viskózního výplachového prostředku. (tabulka 1).

2.2 Stabilizace vrtu

Pro stabilizaci nevypaženého vrtu je v zásadě potřeba tlakový sloupec výplachu, který převyšuje tlak podzemní vody a zeminy. Na základě zkušeností je pro to hydrostatický přetlak 2m vodního sloupce dostatečný.

Tabulka 1:

Přehled výplachových prostředků ke zvýšení výnosnosti/viskosity

Chemická charakteristika	Doporučená oblast použití
aktivní Bentonit	sladkovodní výplach
Polyanionické CMC	slano - sladkovodní výplach
Technické CMC	slano - sladkovodní výplach
Polyacrylamid	pevné látky neobsahující sladkovodní výplach
Hydroxyethylceluloza HEC	slano - sladkovodní výplach Ca ²⁺ /Mg ²⁺ obsah > 1500ppm
Guar Gum	sladkovodní výplach neobsahující Bentonit

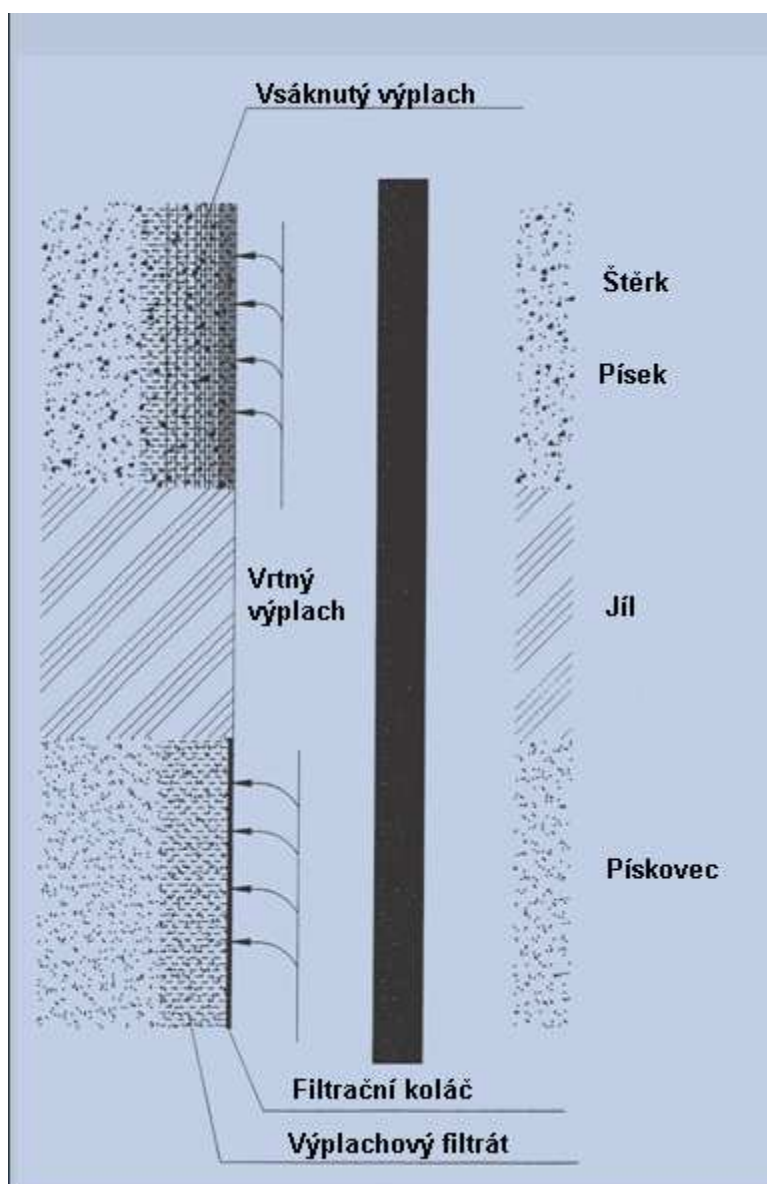
Na tom se navíc musí vytvořit v blízkosti dna vrtu nepropustná zóna, aby byl tlak výplachového sloupce proti tlaku podzemní vody a zeminy účinný a zamezil ztrátám výplachu.

Vzniku filtračního koláče na stěně vrtu, resp. vytvoření nepropustné vrstvy v oblasti blízké dnu vrtu předcházejí filtrační procesy, které se podle velikosti pórů vrtné horniny případ od případu liší:

- **Volné plochy** (profily pórů) jsou větší než částice pevných látek nacházejících se ve výplachu.

Tento stav nastává hlavně při vrtání v syčkých sedimentech jako štěrk nebo písek. Disperzní fáze vrtného výplachu vytvoří v cípu/vlásečnici hydraulicky propustnou formaci jakéhosi lešení či kostry, která drží tlakem výplachový sloupec ve vrtu v rovnováze. Disperzní prostředek (voda) odtéká pomalu skrz kostru čímž se disperzní fáze obohacuje a postupně se stává nepropustnou. Obohacená disperzní fáze je zde označena jako filtrační koláč. (obrázek 1 / písek, štěrk).

obr. 1: Infiltrace výplachu do zvodně



- **Volné plochy jsou menší než částice pevných látek ve výplachu.**

Disperzní prostředek (voda) je protlačen skrz volné plochy, disperzní fáze se do těchto uloží a časem ucpe. (obr. 1 / pískovec-filtrační koláč).

Překročí-li velikost pórů určitou hranici, dojde ke ztrátám výplachu. V tomto případě se používají ucpávací prostředky, které mají díky svému tvaru a velikosti schopnost usadit se v mezerách propustné horniny a tím ztráty výplachu snížit resp. úplně jim zamezit. (tabulka 2).

Vedle podpory k pískování náchylných vrtů v sypkých sedimentech má výplach ještě další důležité úkoly

jako zamezit vrtným nestabilitám, vyvolaným hydratací vyvrtných jílových minerálů (s. obr. 2). Podle obsahu bobtnavých složek provrtané horniny můžou nastat následující jevy:

Vyšší obsah vysoce bobtnavých složek.

- Zúžení vrtu, přičemž se okolitá hornina chová plasticky
- Zhrubnutí vrtné kolóny z důvodu nalepení jílu na vrtné koloně - kolona uvázne a následuje přetížení v etapě vytahování vrtné kolony.
- Rychlé zhoustnutí výplachu díky nazplavení vyvrtné horniny.

Tabulka 2:

Přehled výplachů k stabilizaci nevypaženého vrtu:

Charakteristika	Doporučená oblast použití
aktivní Bentonit	Stabilizace písčitých a štěrkových vrstev ve sladkovodním výplachu
Polyanionické CMC	Inhibitor jílu ve slano i sladkovodním výplachu
Technické CMC	Inhibitor jílu ve slano i sladkovodním výplachu
Polyacrylamid	Inhibitor jílu ve slano i sladkovodním výplachu
Hydroxyethylceluloza HEC	Inhibitor jílu ve slano i sladkovodním výplachu při obsahu Ca ²⁺ /Mg ²⁺ > 1500 ppm
Guar Gum	Inhibitor jílu ve sladkovodním výplachu
Ucpávací materiál ve všech výplachových systémech viz. datový list v příloze	

Přehled vlastností výplachových prostředků							
	Bentonit	čisté-CMC HV	techn-CMC HV	techn-CMC LV	HEC Polymer	PAA	Polysaccharid
Viskozitu zvyšující působení	++	++	++	-	++	++	++
Stabilizační působení v sypkých sedimentech	++	0	0	-	0	-	+
Jílové inhibitory	-	++	++	0	++	++	++
Solná stabilita NaCl/KCl	-	+	+	+	+	0	0
Solná stabilita Ca ²⁺ /Mg ²⁺	-	-	-	-	++	-	-
Teplotní stabilita	+	+	+	+	+	++	-
Biologická stabilita	++	0	0	0	0	+	-

tabulka hodnot: ++ = velmi dobrý / + = dobrý / 0 = průměrný / - = špatný

obr. 2 Vzorky jílu v různých vrtných výplachách



suchý vzorek



vzorek po 24 hodinách ve vodě



vzorek po 24 hodinách ve Viskopolu



vzorek po 24 hodinách v osoleném Viskopolu

Nízký obsah bobtnajících částic

- Zvětšení vrtného průměru způsobené uvolněním struktury kompaktní horniny a jejím následným rozpadem.
- Obsyp, který nabývá vývojem hydratace v prostoru u dna.
- Plynulé vynášení úlomků nestabilní horniny.

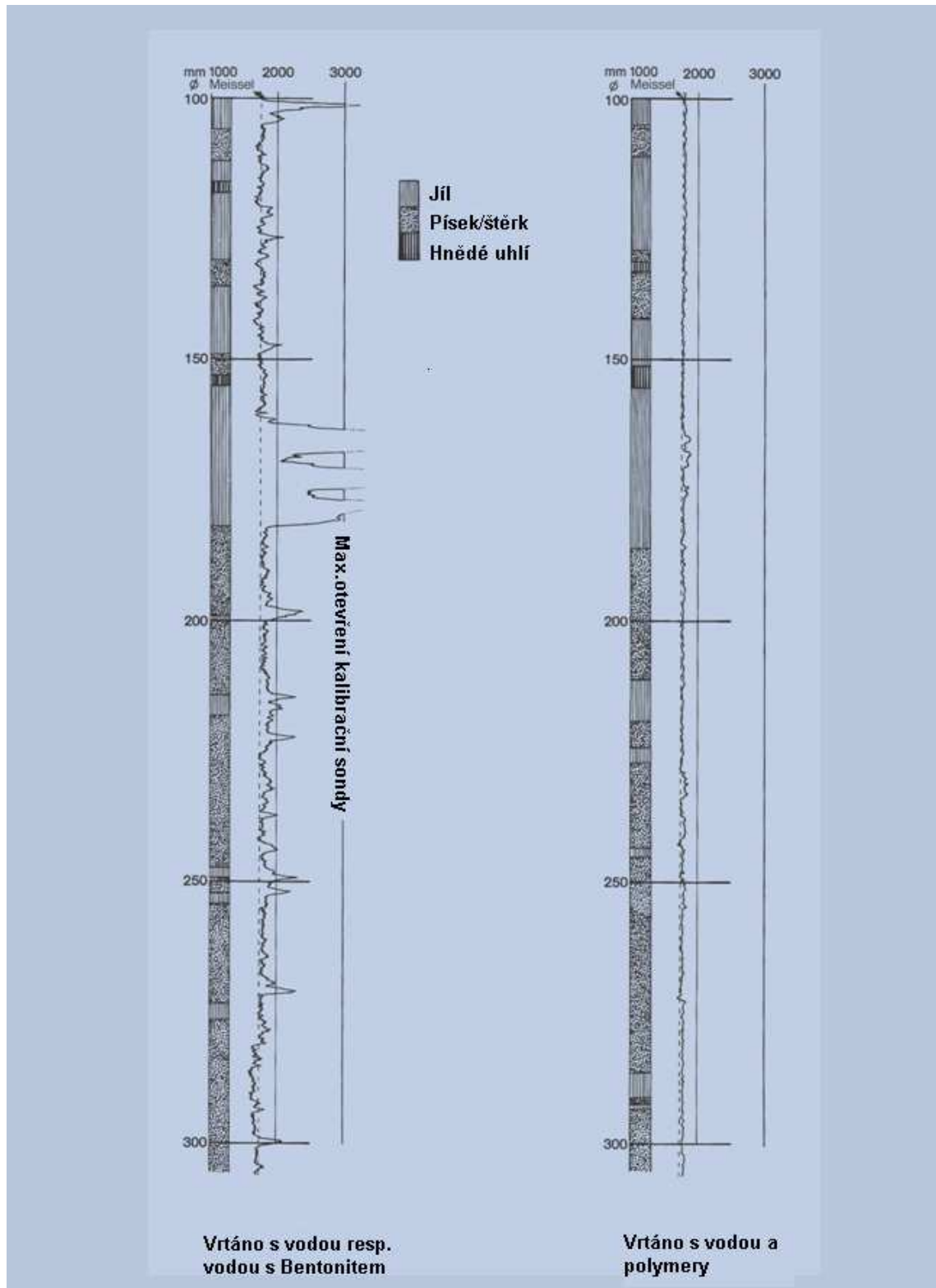
Inhibitorové jílové výplachové polymery popř. v kombinaci s kamennou solí natriumchloridem nebo kaliumchloridem zabraňují resp. zpomalují časový průběh popsaných nestabilit, takže je možné zhotovení nákladného vrtu i v těžkých geologických podmínkách (obr. 3).

2.3 Vyrovnání zvýšeného tlaku horniny a ložiska

Pokud při vrtných pracech dojde ke zvýšení horninového nebo ložiskového tlaku, vytvoří se zvednutím speciálního závaží výplachový sloupec, který má zamezit vniknutí artéžské podzemní vody do vrtu. Stupeň zatížení je k vytvoření tlakového spádu nejméně 2m vodního sloupce.

Jako zatěžkávací prostředek se používá mletá křída (S.G. 2,6 kg/l) pro hustotu výplachu < 1,25 kg/l, stejně jako baryt (S.G. 4,2 kg/l) při zvýšených nárocích na hustotu (viz.datový list v příloze).

Abb. 3 Kalibrace dvou studničních vrtů



Příklad pro určení požadované hustoty výplachu při artézském přetlaku:

Hloubka artézského vody: 50 m
 Tlak vody v 50 m: 5,0 bar
 Artézský přetlak GOK: 0,5 bar / 5 mWs

Potřebná hustota výplachu k vyrovnání přítoku a vytvoření tlakového spádu 2 mWs (0,2 bar) na hloubku.

Hustota výplachu (kg/l) =

$$\frac{\text{Artézský přetlak} + \text{potřebný tlakový spád} + 1,0}{\text{tlak vody v hloubce přítoku}}$$

Hustota výplachu(kg/l) = $\frac{0,5 + 0,2}{5,0} + 1,0$

Hustota výplachu(kg/l) = 1,14 kg/l

Zatížení výplachu:

$$t/m^3 = \frac{W3 \times (W2 - W1)}{W3 - W2}$$

W1 = Hustota výchozího výplachu kg/l

W2 = Požadovaná hustota výplachu kg/l

W3 = Hustota zatěžovacích prostředků kg/l

V zásadě je potřeba dát pozor na to, že zatížený výplach musí vykazovat vyšší výnosnost aby se zatěžovací prostředky neusadili na dně ale byly rovnoměrně rozděleny. Základ takového systému je zpravidla aktivní bentonit.

2.4 Určení plánovaného obhospodaření zvodně-výplachová kontrola

Požadovaný hydrostatický přetlak výplachového sloupce ve srovnání s tlakem podzemní vody ve zvodni způsobí pokles výplachu do vrtu blízkých oblastí a vytvoření nepropustné vrstvy.

K zpřístupnění zvodní určených k obhospodaření musí být toto utěsnění při vybudování studny odplaveno. Z tohoto důvodu se předpokládá, pokud to situace ve vrtu dovoluje, použití polymerového výplachu bez obsahu pevných látek. Nízký obsah pevných látek v kombinaci s filtračním redukcujícím polymerovým výplachem snižují vsakování do stěny vrtu na minimum, takže vznikne jen tenký snadno odstranitelný filtrační koláč..

V praxi má potom rozhodující význam, že způsob působení použitých polymerů, obzvláště u vrtů v nalezištích resp. v k obhospodaření určených podzemních vodách, je kontrolován a tudíž bezpečný.

Toto nastává mimo jiné při měření času odvodnění (viz. příloha výplachové měřicí přístroje).

Ukazatel pro výplach s šetrným výnosem odpovídá DVGW směrnice W 116:

Čas odvodnění: > 1000 s

U vrtů > 500 m se doporučuje navíc přímá kontrola filtračních vlastností prostřednictvím API-zkoušky tlakovou vodou.

Ukazatel: API tlaková voda < 10 ml
 Síla filtračního koláče < 1 mm

K dosažení vrtného výplachu s šetrným výnosem je mimo to také důležité dát pozor, aby v průběhu vrtných prací nedošlo k nadměrnému obohacení cizími pevnými látkami. Výplachy bohaté na pevné látky vnikají díky zvýšené vlastní hmotnosti podle zkušeností daleko do zvodně a tvoří tlustý filtrační koláč, který se jen těžko odstraní.

Pokud to situace ve vrtu dovoluje, neměl by vrtný výplach v odfiltrované oblasti vrtu překračovat následující hranice:

Ukazatel hustoty výplachu : < 1,10 kg/l

Pokud hustota výplachu tuto hodnotu překročí, je potřeba provést opravu potřebnými opatřeními, mimo jiné třeba Neumanovými větami. V této souvislosti je také potřeba přezkontrolovat zda není vyčerpána kapacita výplachové nádrže a provést mezivypřázdňení. Pokud i při dodržení výše uvedených hodnot dochází k problémům např. u efektivní kontroly pevných látek v systému výplachových nádrží se zjistí náhlý nárůst, může za to nést zodpovědnost i vysoká výnosnost výplachu.



Toto může být snadno zjištěno pomocí měření Marshovým trychtýřem (viz. příloha výplachové měřicí přístroje)

Doporučené hodnoty:

Čas výtoku: AZ 38 - 45 s
Zbytek času výtoku: RAZ 28 - 35 s

Tímto časem výtoku je z pravidla dosaženo dostatečné výnosnosti k vnesení pevných látek na povrch a také umožněno jejich usazení v klidných zónách výplachové nádže. Vyšší viskozita (čas výtoku) bez dalšího vystrojení ke kontrole pevných látek má za následek naplavení zmíněných negativních faktorů.

V zásadě je dobré provést dokumentaci parametrů výplachu stejně jako údajů o množství a druhu použitých výplachových materiálů do příslušných formulářů, v neposlední řadě kvůli doložení kvality použitého výplachu.

3.0 Receptury výplachu

Volba výplachového prostředku se provádí zpravidla dle následujících okolností:

- **Pevnost horniny**
- **Propustnost horniny**
- **Tlakové podmínky**
- **Způsob vrtání**

Použití čisté vody jako výplachového prostředku se omezuje na několik výjimečných případů, například u vrtání v pevné, málo propustné hornině. V sypkých, písčitých půdách by touto metodou nebylo dosaženo potřebné stabilizace vrtu. Voda nebo čistý bentonitový výplach jsou omezeně použitelné v jílovitých a soudrzných sedimentech. Z důvodu chybějících inhibitorů a dlouhé doby odvodnění se provádí obohacení výplachu pevnými látkami a vzniklé jíly způsobí díky nastalému bobtnání zúžení světlosti vrtu. Kromě toho dojde k ucpání pórů ve zvodni odvrtnou drtí obsaženou ve výplachu, jako písek, jíl a bahno.

Při vrtání v jílovitých sedimentech se doporučují jako jediná příměs výplachu PAA nebo CMC polymery. Na použití bentonitu můžeme zapomenout, protože při vrtném procesu dochází k rozptýlení malého množství navrtaného jílu do výplachu a spolu s polymery vytvoří tenký, dobře utěsnění filtrační koláč.

3.1 Recept na výplach při vrtání v převážně jílovitým sedimentu

1 m³ Vody
+ 2 kg čisté-CMC
nebo + 6 kg techn.-CMC
nebo + 2 kg PAA-vysoce viskoz.

Ve střídavých ložiskách z písku, šterku a jílu, obzvlášť když se blízko povrchu nachází hrubý písek a šterk, je na místě použití bentonito-polymerového výplachu. Z pravidla se bentonit používá pouze při prvním nasazení výplachu a potom se provede doplnění objemu polymerním roztokem neobsahujícím pevné části, protože také zde při natrefení na soudrzný sediment dochází k přimíchání navrtaného jílu do výplachu.



Pěnový výplach pro vrtání kladivem v pevné hornině

3.2 Recept na výplach při vrtání ve střídavých sedimentech písek/štěrk/jíl

- 1 m³ voda
- + 20 kg Bentonit
(min. 1 h nechat předbobtnat)
- + 1,5 kg čisté-CMC H.V.
- nebo + 4,0 kg techn.-CMC H.V.

Když narazíme na artézské tlakové podzemní vody je dobré použít bentonitovo-polymerový výplach s příměsí namleté křídý (mikromletý vápenec) jako zátěž na požadovanou váhu. Stoupne-li hustota výplachu nutná k vyrovnání tlaku podzemní vody přes 1,25 kg/l, je pro zatížení nejlépe použít baryt.

3.3 Recept na zatížený výplach

- 1 m³ Voda
- + 20 kg Bentonit
(min. 1 h nechat předbobtnat)
- + 1,5 kg čisté-CMC H.V.
- nebo + 4,0 kg techn.-CMC H.V.
- + x kg mikromletý vápenec
- nebo + x kg baryt od S.G. 1,25 kg/l

V tomto speciálním případě je tato směs použita i na doplnění objemu.

Doplnění objemu

Doplnění objemu k regulaci viskozity resp. redukování obsahu pevných látek (hustoty) oběhového výplachu se provádí pomocí čistého polymerového výplachu popř. s malým podílem Bentonitu (když se vyvrtá jen písek/štěrk). Výjimkou je zatížený výplach.

3.4 Recept na výplach pro doplnění objemu

- 1 m³ vody
- + 0-20 kg Bentonit
(min. 1 h nechat předbobtnat)
- + 1-2 kg čisté-CMC H.V.)
- nebo + 3-6 kg techn.-CMC H.V.)
dle viskozity



Injektor pro namíchání polymerového výplachu

Ve vztahu k pořadí namíchaných složek je potřeba dát pozor, aby přišel vždy nejprve Bentonit do vody bez polymerů. Minimální doba bobtnání je 1 hodina, teprve poté se přidávají polymerové složky.

K namíchání těchto produktů se osvědčili injektory, které jsou poháněny výplachovým čerpadlem umístěným přímo na vrtném zařízení.



Prakla-univerzální vrtné stroje s systémem výplachových nádrží

Vrtný výplach ve studnařství

S nástupem mobilních, hydraulicky poháněných, výplachových strojů koncem padesátých let, nabylo téma výplachových systémů ve studnařství na významu. Nasazením kontrolovaných výplachových prostředků na bázi vody bylo možné uspokojit stále se zvyšující se nároky na hloubku, velikost a vydatnost vrtů.

Rychlé hloubení nevypažených výplachových vrtů k zhotovení studní, monitorovacích vrtů, geotermálních zařízení, seismických náložových vrtů a tak dále je dnes díky moderním výplachovým prostředkům věcí techniky.

Technické a hospodářské výhody ve srovnání se suchým vrtáním jsou neoddiskutovatelné.

Jako hlavní výrobce a dodavatel studniční techniky nabízí firma Pumpenboese GmbH pro tvorbu moderních výplachových systémů kompletní sortiment bentonitů, polymerů, zátěžkávacích materiálů a chemikálií a disponuje prověřenou technikou.



4.0 Zkoušky vrtných výplachů

Marshův trychtýř ke zjištění prtokové viskozity vrtného výplachu (prutočnost)

- Uzavřeme spodní otvor a skrz síto naplníme výplachem až po spodní okraj síta (1500 ml).
- Otevřeme spodní otvor a stopkami změříme dobu za jakou vyteče 1000ml výplachu = Auslaufzeit (AZ).
- Nakonec změříme čas za jaký vyteče zbylých 500 ml výplachu a zapíšeme v sekundách jako RAZ (Restlaufzeit).

Směrné hodnoty: AZ 38 – 45 s
RAZ 28 – 35 s

Prstenec k změření doby dekantace

- Položíme filtrační papír na podklad.
- Umístíme kovový prstec do středu filtračního papíru.
- Měřený výplach nalijeme do konického otvoru v prstenu.
- Spustíme stopky jakmile dopadne první kapka na filtrační papír
- Čas měříme dokud není celý (kolem prsenu viditelný) filtrační papír promočen=doba dekantace (WAZ).

Doporučená hodnota: > 1000 s

Hydrometer k určení specifické váhy vrtného výplachu

- Měřený výplach nalijeme do nádoby na spodním konci hydrometru a bez vzduchových bublin spojíme s hydrometrem.
- Hydrometer ponoříme do trubky naplněné vodou.
- Hustotu výplachu odečteme přímo z ponořeného místa hydrometru = kg/l.

Doporučená hodnota nezátíženého výplachu: < 1,10 kg/l.



Marshův trychtýř, měřicí nádoba



Prstec s filtračním papírem, stopky



Výplachová váha, hydrometer

GE-TRA

síla pod povrchem



Technické a obchodní zastoupení pro ČR a SK

GE-TRA s.r.o.
Kašparova 9
460 06 Liberec 6

Tel.: +420 / 485 134 308
Fax: +420 / 485 134 309
Mob.: +420 / 775 289 326

web: www.ge-tra.cz
e-mail: obchod@ge-tra.cz