

Utjecaj različitih koncentracija praha komine masline na filtracijska svojstva isplake na bazi vode

Matošević, Arijana

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:884203>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-17**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Prije diplomski studij naftnog rudarstva

**UTJECAJ RAZLIČITIH KONCENTRACIJA PRAHA KOMINE MASLINE NA
FILTRACIJSKA SVOJSTVA ISPLAKE NA BAZI VODE**

Završni rad

Arijana Matošević

N4502

Zagreb, 2024.

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

UTJECAJ RAZLIČITIH KONCENTRACIJA PRAHA KOMINE MASLINE NA FILTRACIJSKA
SVOJSTVA ISPLAKE NA BAZI VODE

Arijana Matošević

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za naftno-plinsko inženjerstvo i energetiku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Konvencionalni aditivi koji se koriste za podešavanje svojstava isplake imaju značajan utjecaj na okoliš i sigurnost osoba koje s njima rukuju na bušaćem postrojenju, te zbog toga postoji sve veća potreba za novim ekološki prihvatljivim i biorazgradivim aditivima. Cilj ovog istraživanja bio je istražiti potencijal korištenja praha komine masline, proizvoda otpada od hrane, kao novog ekološki prihvatljivog dodatka isplaci. Rad je uključivao provođenje laboratorijskih ispitivanja prema specifikacijama Američkog instituta za naftu (engl. *American Petroleum Institute-API*), pri čemu je mjerena filtracija, debljina isplačnog obloga i pH vrijednost. Laboratorijskim ispitivanjima pokušao se kvantificirati učinak dodavanja različitih koncentracija praha komine masline na filtracijska svojstva isplake, pri čemu se koristila API filter preša i uređaj za ispitivanje sposobnosti isplake da stvara premoštenja (engl. *Permeability Plugging Tester-PPT*). Rezultati su pokazali da se povećanjem koncentracije praha komine masline smanjuje filtracija, te da prah komine masline ima potencijal da se koristi kao alternativa konvencionalnim komercijalnim aditivima.

Ključne riječi: isplaka na bazi vode, biorazgradivi otpad, komina masline, filtracijska svojstva isplake

Završni rad sadrži: 28 stranica, 5 tablica, 17 slika i 27 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: dr. sc. Borivoje Pašić, izvanredni profesor RGNF-a

Komentor: dr. sc. Igor Medved, poslijedoktorand

Ocjenjivači: dr. sc. Borivoje Pašić, izvanredni profesor RGNF-a

dr. sc. Katarina Simon, redovita profesorica u trajnom zvanju RGNF-a

dr. sc. Karolina Novak Mavar, izvanredna profesorica RGNF-a

Datum obrane: 8.7.2024., Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu

Zahvale

Velika zahvala dragom mentoru, izv. prof. dr. sc. Borivoju Pašiću na pomoći, strpljenju i savjetima tijekom izrade ovog rada te nesebičnom davanju u prenošenju znanja svojim studentima. Također, želim zahvaliti svome komentoru dr. sc. Igoru Medvedu na uloženom trudu i svim korisnim sugestijama koje su upotpunile rad, te tehničaru dipl. ing. Bojanu Kuharu na pomoći u laboratoriju tijekom izvođenja svih mjerenja potrebna za ovaj rad.

Hvala mojim roditeljima Mirku i Mirjani, sestri Heleni te braći Ivanu i Mislavu na bezuvjetnoj ljubavi i potpori što mi pružaju svaki dan.

Mojim kolegama, ogromno hvala na prijateljstvu, strpljivosti, predanosti i uzajamnom pomaganju.

Posebno hvala svim salezijancima, svojom ste me prisutnošću, odgojem i ljubavi naučili puno toga, a najviše kako ostati vedrog duha i pozitivnog stava onda kada je najpotrebnije.

Također, želim zahvaliti i svim ostalim meni bliskim i dragim ljudima koji su prisutni u mom životu.

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	I
POPIS TABLICA	II
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I PRIPADAJUĆIH SI MJERNIH JEDINICA	III
POPIS KORIŠTENIH KRATICA	IV
1. UVOD.....	1
2. ISPITIVANJA MOGUĆNOSTI KORIŠTENJA BIORAZGRADIVOG OTPADA U ISPLACI.....	4
3. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA.....	7
3.1. Sastav isplake	7
3.2. Laboratorijski uređaji	9
3.2.1. API filter preša	10
3.2.2. PPT uređaj.....	11
3.3. Rezultati laboratorijskih ispitivanja	17
3.3.1. Rezultati laboratorijskih ispitivanja dobivenih na API filter preši	17
3.3.2. PPT uređaj.....	19
4. DISKUSIJA REZULTATA	21
5. ZAKLJUČAK	25
6. LITERATURA.....	26

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Osušena komina masline.....	6
Slika 3-1. Usitnjavanje komine maslina pomoću blendera.....	7
Slika 3-2. Sita za prosijavanje komine maslina	8
Slika 3-3. Prah komine masline veličine čestica 0,1 - 0,16 mm	8
Slika 3-4. API filter preša	11
Slika 3-5. Priprema isplake	12
Slika 3-6. Pumpa	13
Slika 3-7. Termostat na PPT uređaju s prikazanom vrijednosti temperature tijekom ispitivanja od 87,8°C (190 °F).....	13
Slika 3-8. Manometar s prikazom, vrijednosti tlaka tijekom ispitivanja od 48,28 bar (700 psi).....	14
Slika 3-9. Manometar s prikazom vrijednosti protutlaka od 13,8 bar (200 psi)	15
Slika 3-10. PPT uređaj.....	16
Slika 3-11. Volumen filtrata dobivenog na API filter preši nakon 30 minuta za sve ispitivane isplake.....	18
Slika 3-12. Volumen filtrata za osnovu isplaku i isplake B1 i B2 nakon 7,5 i 30 minuta...20	
Slika 4-1. Debljina isplačnog obloga za sve vrste isplaka dobivena mjerenjem API filter prešom.....	21
Slika 4-2. Debljina isplačnog obloga ispitanih isplaka pri mjerenju PPT uređajem.....	22
Slika 4-3. Volumen filtrata nakon 30 minuta za sve vrste isplaka primjenom API filter preše	23
Slika 4-4. Volumen filtrata nakon 30 minuta mjeren PPT uređajem	24

POPIS TABLICA

Tablica 3-1. Sastav isplake za mjerenje filtracije API filter prešom	9
Tablica 3-2. Sastav isplake za mjerenje filtracije PPT uređajem	9
Tablica 3-3. Filtracija osnovne isplake (OI) i filtracija isplake na bazi vode s različitim koncentracijama praha komine masline (A1-A6).....	17
Tablica 3-4. Rezultati dobiveni PPT uređajem za osnovnu isplaku i isplake koje sadrže 15 i 30 g/l praha komine masline	19
Tablica 3-5. Rezultati PPT filter volumena i početnog gubitka filtrata	20

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I PRIPADAJUĆIH SI MJERNIH JEDINICA

p – tlak, bar

T – temperatura, °C

V – volumen, L

POPIS KORIŠTENIH KRATICA

PKZM – prah koštica zelenih maslina

API (engl. *American Petroleum Institute*) - Američki institut za naftu

OI - osnovna isplaka na bazi bentonita

A1, A2, A3, A4, A5, A6 - isplaka s različitim koncentracijama komine masline za API filter prešu

PPT (engl. *Permeability Plugging Tester*) – uređaj za određivanje sposobnosti isplake da stvori premoštenje na licu formacije (propusnom mediju)

B1, B2 – isplaka s različitim koncentracijama komine masline za PPT uređaj

HHP (engl. *High Temperature and High Pressure*) – visoka temperatura i visok tlak

1. UVOD

Važnu ulogu tijekom operacije bušenja ima isplaka koja mora obaviti niz vrlo bitnih zadataka, a neki od njih su iznošenje krhotina razrušene stijene na površinu (održavanje dna bušotine čistim), hlađenje i podmazivanje dlijeta, kontroliranje slojnog tlaka i mnogi drugi. Isplaka je složen sustav koji se sastoji od tekuće faze, čvrste tvari te aditiva. Osnova može biti voda, ulje ili u nekim slučajevima oboje te organski fluidi, u koje se dodaje nekoliko vrsta aditiva kako bi se postigla željena svojstva isplake, kao što su viskoznost, gustoća, kontrola gubitka tekuće faze, pH vrijednost i dr. Čimbenici koji utječu na odabir baznog fluida i aditiva su složeni, što dodatno usložnjava postupak definiranja točnog sastava fluida za izradu određene bušotine (Gray et al., 1980; Okorie, 2009).

Sve strožije nacionalne regulative vezane za zaštitu okoliša dovele su do povećanja interesa za korištenje konvencionalne isplake na bazi vode umjesto isplake na bazi ulja, zbog manje toksičnosti, posebno ukoliko se radi o bušenju na ekološki osjetljivim lokacijama. Međutim, većina komercijalno dostupnih aditiva koji se koriste za pripremu isplake kao što su natrijev hidroksid, kalijev klorid, kalijev sulfat, poliamin, razrjeđivači koji sadrže krom, aditivi za smanjenje filtracije i mnogi drugi ubrajaju se u kategoriju nerazgradivih materijala. Osim što navedeni aditivi nisu biorazgradivi i imaju negativan utjecaj na okoliš, također su i vrlo skupi (Amanullah, 2007).

Isplaka je radni fluid za bušenje koji se uglavnom koristi za transport krhotina od dna bušotine do površine (Wakhyudin et al., 2017). Jako bitno je da se isplaka dizajnira na temelju karakteristika stijene koju se buši i uvjetima u kanalu bušotine. Također odabir odgovarajućeg tipa isplake pridonijet će izbjegavanju problema tijekom bušenja poput gubitka isplake, mehaničkog i diferencijalnog prihvata alata, oštećenja dlijeta te mnogih drugih, koji su izravno ili neizravno povezani s pogrešnim odabirom isplake za bušenje. Naime više od 90% problema koji se javljaju tijekom bušenja nastaju zbog neodgovarajućeg odabira i dizajna isplake (Basra Oil Company, 2008).

Isto tako vrlo je bitan odabir vrste baznog fluida koja će se koristiti za pripremu isplake. S obzirom na vrstu baznog fluida koji se koristi za pripremu isplake, isplake se dijele na (Gaurina-Međimurec, 2021):

- isplake na bazi vode,
- isplake na bazi ulja,
- sintetičke isplake,
- posebne isplake (zrak, dušik, pjena, aerizirana/plinizirana isplaka).

Isplaka na bazi vode sastoji se od vode koja može biti svježa, morska, slojna ili zasićena solju, te od čvrstih tvari i kemijskih dodataka. Glina, kao dio čvrste tvari koristi se za postizanje određene početne viskoznosti. Najčešće korištene gline su bentonitna i atapulgitna. Bentonitna glina se koristi za slatkovodne sustave, dok se atapulgitna glina primjenjuje i u slatkoj i u slanoj vodi. Osim toga, u isplaku na bazi vode dodaju se i kemijski aditivi koji služe za kontrolu reoloških svojstava isplake, a i razlikuju se dvije vrste, odnosno razrjeđivači i zgušnjivači. Razrjeđivači koji smanjuju viskoznost uključuju fosfate, lignit i površinski aktivne tvari, dok zgušnjivači povećavaju viskoznost i u njih se ubrajaju vapno, cement i polimeri. Isplake na bazi ulja također sadrže vodu koja je inkorporirana u naftnoj emulziji. Koriste se tijekom izrade bušotina kod kojih se očekuje pojava većih problema vezanih uz stabilnost kanala bušotine, te moguće oštećenje ležišne stijene. Također, isplake na bazi ulja negativno utječu na okoliš (Amanullah, 2007). Sintetičke isplake razvijene su kako bi se zadovoljili zahtjevniji ciljevi bušenja, te se smanjio štetan utjecaj na okoliš (McKee et al., 1995). Za pripremu sintetičke isplake uz vodu i aditive, koriste se i sintetički organski spojevi, od kojih su neki esteri, eteri, olefini, acetali i dr. (Imran, 2006).

Aditivi se u isplaci koriste za postizanje određenih fizikalno-kemijskih svojstava isplake. Postoje mnoge vrste aditiva i svaki aditiv koristi se za reguliranje jednog ili više svojstava isplake. Najčešće korišteni aditivi su bentonit, atapulgit, barit, fosfati, polimeri i ostali. Većina aditiva uz to što su skupi, djeluju štetno na okoliš, jer većina njih nije biorazgradiva. Isto tako, korištenjem konvencionalnih aditiva u pripremi isplake, kao i pripremljena isplaka mogu u većoj ili manjoj mjeri uzrokovati zdravstvene i sigurnosne probleme za radnike ukoliko se s njima ne rukuje na propisan način (Basra Oil Company, 2007). Zbog toga ove aditive treba zamijeniti s drugima koji su ekološki prihvatljivi, a omogućavaju postizanje svojstva isplake na razini konvencionalnih aditiva. Cilj ovog rada je ispitivanje mogućnosti korištenja komine masline, koja je otpad od hrane, kao ekološki prihvatljivog aditiva za reguliranje filtracijskih svojstava isplake. Ovo istraživanje nastavak je serije ranijih istraživanja biorazgradivih materijala kao potencijalnih aditiva za pripremu isplake, koja se kontinuirano provode u Laboratoriju za bušotinske fluide Rudarsko-

geološko-naftnog fakulteta. U laboratoriju za bušotinske fluide ispitivana su filtracijska svojstva pri različitim koncentracijama praha komine masline, jer je osnovna pretpostavka da prah komine masline može pozitivno utjecati na reguliranje filtracijskih svojstava isplake na bazi vode.

2. ISPITIVANJA MOGUĆNOSTI KORIŠTENJA BIORAZGRADIVOG OTPADA U ISPLACI

Najveći izvor otpada tijekom bušenja predstavljaju krhotine stijena i odbačena isplaka. Na potencijalnu opasnost toga otpada utječu njegova fizikalna i kemijska svojstva, a najčešća mjera utvrđivanja utjecaja materijala na okoliš je njegova toksičnost. Upotrebom manje toksičnih materijala pri raznim operacijama u bušotini i korištenjem manje toksičnih aditiva za pripremu isplake smanjuje se njegova toksičnost i povećava biorazgradivost. Isto tako smanjenjem količine otpada smanjuje se i izvor potencijalnog onečišćenja okoliša, pri čemu se ne smije zaboraviti mogućnost recikliranja te ponovnu upotrebu otpadnog materijala. Povećanjem učinkovitosti sustava za pročišćavanje isplake pospješuje se smanjenje količine otpada koja se stvara tijekom bušenja, dok se recikliranjem i ponovnom uporabom nastoji ponovno koristiti korisne sastojke otpada od bušenja za ponovnu pripremu isplake ili kao izvor sirovine za komercijalne i industrijske procese. Jedan od primjera ponovne uporabe je sintetička isplaka koja se nakon korištenja može doraditi i koristiti pri izradi nove bušotine.

Zbog sve većih izazova s kojima se susreće naftna industrija te kako bi se zadovoljili strogi ekološki standardi za zbrinjavanje otpada, javlja se potreba za istraživanjem biorazgradivih aditiva koji bi se koristili u isplaci, pri čemu se u razmatranje uzima i otpad od hrane. Otpad od hrane manje zagađuje okoliš, dostupan je u svakom dijelu svijeta, ima ga u izobilju i što je vrlo bitno, jeftiniji je nego kemijski aditivi koji se dodaju u isplaku, a isto tako je sigurniji za rukovanje (Al-Saba et al., 2018). U različitim istraživanjima koja su se provodila u svijetu ispitivani su razni otpadni proizvodi od hrane kako bi se procijenio njihov utjecaj na isplaku. Iranwan et al. (2009) obradili su klip kukuruza i šećernu trsku te su ih ispitivali kao ekološki prihvatljiv aditiv za podešavanje viskoznosti, pri čemu su rezultati pokazali poboljšanje plastične viskoznosti, ali smanjenje granice tečenja i čvrstoće gela. Okon et al. (2014) ispitivali su mogućnost upotrebe rižine ljuske kao aditiva za podešavanje filtracijskih svojstva isplake. Dobiveni rezultati su pokazali smanjene volumena filtrata. Nadalje, Omotioma et al. (2014) koristili su u svojim ispitivanjima indijski orah i ekstrakte lišća manga, dok su Nyeche et al. (2015) koristili krumpirov škrob u sastavu isplake, kako bi dobivene rezultate usporedili s korištenjem isplake koja sadrži celulozu iz klipa kukuruza. Dobiveni rezultati su pokazali da celuloza iz klipa kukuruza djeluje učinkovitije na smanjenje gubitka filtrata isplake, nego indijski orah i ekstrakti lišća

manga, dok je krumpirov škrob imao negativan utjecaj na reološka i filtracijska svojstva isplake. Adebawale i Raji (2015) ispitivali su svojstva isplake pri korištenju praha kore banane kao zamjenskog aditiva za natrijev hidroksid, kako bi se utvrdio utjecaj na pH isplake. Rad je pokazao značajno povećanje pH vrijednosti zbog dodavanja praha kore banane, dok je Iheagwara (2015) u svome istraživanju dokazao da upotreba kore banane rezultira sličnim svojstvima isplake u usporedbi s natrijevim hidroksidom. Hossain i Wajheeuddin (2016) koristili su travu kao aditiv za pripremu isplake. Njihovi rezultati su pokazali da je trava značajno poboljšala reološka svojstva odnosno povećala čvrstoću gela, plastičnu viskoznost i granicu tečenja, a zabilježeno je i smanjene volumena filtrata. Ramasamy i Amanullah (2018) koristili su biorazgradiv materijal iz vlakana stabla datulje koji je imao pozitivan utjecaj na gubitak volumena filtrata, odnosno reguliranje filtracijskih svojstava isplake. U Hrvatskoj, Medved (2023) je u svome doktorskom radu ispitivao utjecaj praha kore mandarine na filtracijska i reološka svojstva isplake, te utjecaj na stabilnost kanala bušotine, pri čemu su svi rezultati bili pozitivni i prah kore mandarine pokazao se kao potencijalno koristan biorazgradiv aditiv za pripremu isplake. Al-Hameedi et al. (2019) su istraživali utjecaj praha koštica zelenih maslina (PKZM) na filtracijska svojstva isplake, pri čemu su uz osnovnu isplaku, ispitivali dvije isplake s različitim koncentracijama praha koštica zelenih maslina. Jedna isplaka sadržavala je 0,75%, a druga 1,5% masenog udjela praha koštica zelenih maslina. Rezultati su pokazali da se filtracija nakon 7,5 min i 30 min smanjila u odnosu na osnovnu isplaku za obje ispitivane koncentracije praha koštica zelenih maslina. Boudouh et al. (2021) ispitivali su filtracijska svojstva isplake koja sadrži Fe₃O₄ nanočestice dobivene iz ekstrakta lišća maslina. Najbolji učinak na debljinu isplačnog kolača i na smanjenje filtracije postignut je s najnižom koncentracijom Fe₃O₄ nanočestica.

Slično tome, u ovom radu korištena je komina masline (Slika 2-1.) kako bi se utvrdio utjecaj različitih koncentracija praha komine masline na filtracijska svojstva isplake na bazi vode. Osim filtracijskih svojstava mjerila se i promjena debljine isplačnog kolača te pH vrijednost isplake. Komina masline je rezultat obrade zrna masline. Jedno zrno masline sadrži 30-40% masenog udjela komine (mljevena koštica i ljuska), pri tome komina i dalje još u sebi sadrži ulje (1-2% masenog udjela). U Hrvatskoj, 2022. proizvedeno je ukupno 40 112 tona maslina (Državni zavod za statistiku, 2023).



Slika 2-1. Osušena komina masline

3. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

U ovom radu je, kao što je već navedeno, ispitivana komina masline, kako bi se utvrdila njezina djelotvornost u reguliranju filtracijskih svojstva isplake koja se koristi tijekom izrade bušotina. Mjerenja su provedena u Laboratoriju za bušotinske fluide na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu, Sveučilišta u Zagrebu, a svi ispitani uzorci isplake pripremani i ispitivani prema standardima Američkog instituta za naftu (engl. *American Petroleum Institute-API*), API 13A i API 13B-1 (American Petroleum Institute, 2003).

3.1. Sastav isplake

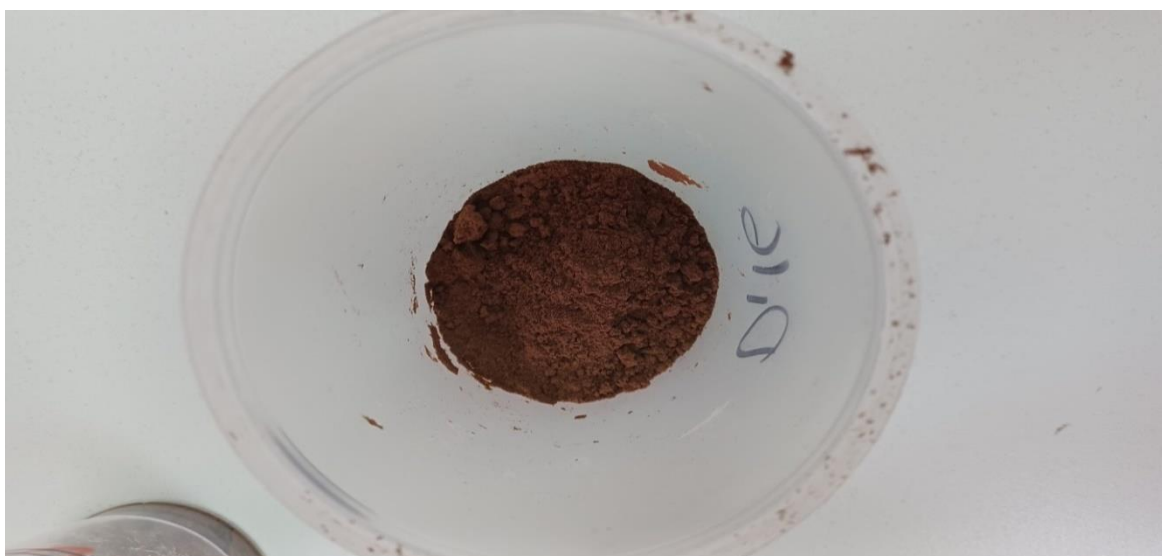
Komina masline, osušena je u sušioniku kako bi se uklonila vlaga i postigla potpuna dehidracija uzorka. Nakon što se osušila, komina masline je usitnjena u blenderu (Slika 3-1.), a zatim je prosijana kroz dva sita (Slika 3-2.) veličina otvora 0,1 i 0,16 mm (Slika 3-3.), nakon čega je dobiven prah komine masline veličine s promjerom zrna od 0,1 do 0,16 mm korišten za ispitivanja.



Slika 3-1. Usitnjavanje komine maslina pomoću blendera



Slika 3-2. Sita za prosijavanje komine maslina



Slika 3-3. Prah komine masline veličine čestica 0,1 - 0,16 mm

Za laboratorijska mjerenja pripravljena je osnovna isplaka na bazi bentonita (OI), te isplake s različitim koncentracijama praha komine masline. Tablica 3-1. prikazuje sastav isplaka ispitivanih tijekom mjerenja filtracije na API filter preši, dok Tablica 3-2. prikazuje sastav isplake namjenjen za mjerenje filtracije uređajem za određivanje sposobnosti za stvaranje premoštenja na licu stijene (engl. *Permeability Plugging Tester-PPT*). Iz priloženih tablica vidljivo je da su se jedino mijenjale koncentracije praha komine

masline, dok se udio vode, bentonita i natrijevog hidroksida (NaOH) nije mijenjao, kako bi se utvrdila djelotvornost različitih koncentracija praha komine masline na filtracijska svojstva isplake.

Tablica 3-1. Sastav isplake za mjerenje filtracije API filter prešom

Sastav	OI	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Voda (mL)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Bentonit (g)	60	60	60	60	60	60	60
NaOH (g)	1	1	1	1	1	1	1
Komina masline (g/L)	-	5	10	15	20	25	30

Tablica 3-2. Sastav isplake za mjerenje filtracije PPT uređajem

Sastav	OI	B1	B2
Voda (mL)	1000	1000	1000
Bentonit (g)	60	60	60
NaOH (g)	1	1	1
Komina masline (g/L)	-	15	30

3.2. Laboratorijski uređaji

Proces izdvajanja tekuće faze iz isplake u poroznu stijenu pod djelovanjem diferencijalnog tlaka naziva se filtracija, a odvija se u statičkim i dinamičkim uvjetima. Filtracija utječe na brzinu bušenja, stabilnost stijenki kanala bušotine te na oštećenje proizvodnih zona (Gaurina-Međimurec, 2021). Također, filtracija upućuje na sposobnost isplake da šupljikave, propusne stijene obloži tankim slabopropusnim isplačnim oblogom.

Prodiranje filtrata u bušotinu može uvelike smanjiti propusnost pribušotinske zone. Propusnost isplačnog obloga ovisi o raspodjeli veličine čestica. Što su čestice veće to se propusnost smanjuje, zato što koloidne čestice popunjavaju međuprostor između većih čestica (Gaurina-Međimurec, 2002; Gaurina-Međimurec et al., 2000). Također, takve čestice utječu i na izbor opreme za pročišćavanje isplake na površini (vibracijska sita, desanderi, desilteri), pri čemu prethodno poznavanje veličina čestica u isplaci pospješuje učinkovitost dizajniranja spomenutih uređaja i njihov odabir (Wajheuddin i Hossain, 2014).

Za ispitivanje filtracija korštena su dva uređaja:

- API filter preša te
- PPT uređaja.

3.2.1. API filter preša

Sastoji se od ćelije u koju se ulijeva isplaka. Isplaka unutar ćelije izložena je tlaku od 6,895 bar (100 psi) tijekom 30 minuta (Slika 3-4.). Tijekom tog vremenskog razdoblja filtrat se izdvaja iz isplake kroz filter papir Whatman No.50 površine 45,8 cm² (7,1 in²) i skuplja u menzuru te se bilježi količina filtrata svake 2,5 min. Cjelokupno ispitivanje detaljno je definirano API RP 13B-1.



Slika 3-4. API filter preša

3.2.2. PPT uređaj

Ovaj uređaj predstavlja modifikaciju standardne HTHP filter preše. PPT uređaj koristi se za određivanje sposobnosti isplake da učinkovito premosti pore u poroznom mediju kroz koji se odvija filtracija, što je jako bitno kod procjenjivanja sposobnosti isplake da formira kvalitetan isplačni oblog koji će spriječiti daljnje prodiranje filtrata kroz filtracijski medij. Nakon što se pripremi određena količina isplake (Slika 3-5.), izlije se u ćeliju PPT-a. Potreban tlak postiže se pumpom koja je ispunjena uljem (Slika 3-6.) koja djelujući na donju površinu klipa, potiskuje isplaku kroz keramički disk (u ovom slučaju s propusnošću od $0,4 \mu\text{m}^2$, 400mD), postavljen na gornjoj strani ćelije. Filtrat se sakuplja u menzuru nakon 7,5 i 30 minuta preko ispusnog ventila uređaja. Ispitivanje je provedeno pri temperaturi od $87,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ($190 \text{ }^\circ\text{F}$) (Slika 3-7.), tlaku 48,28 bar (700 psi) (Slika 3-8.) te protutlaku od 13,8 bar (200 psi) (Slika 3-9.), pri čemu je vrijednost diferencijalnog tlaka

iznosila 34,48 bar (500 psi). Cijeli PPT uređaj sa svim pratećim dijelovima potrebnim za obavljanje ispitivanja prikazan je na Slici 3-10. Područje filtracije je 22,9 cm² (3,5 in²) i ona je duplo manja od površine filter papira kod konvencionalne API filter preše, tako da se volumen filtrata treba pomnožiti s 2 (jednadžba 3-1.), dok početni gubitak filtrata (engl. *spurt loss*) može izračunati pomoću jednadžbe 3-2 (OFI Testing Equipment, 2015):

$$\text{PPT filter volumen} = 2 \cdot V_{30} \quad (3-1.)$$

$$\text{Spurt loss} = 4 \cdot V_{7.5} - 2 \cdot V_{30} \quad (3-2.)$$

gdje su:

$V_{7.5}$ – volumen filtrata nakon 7,5 minuta, mL

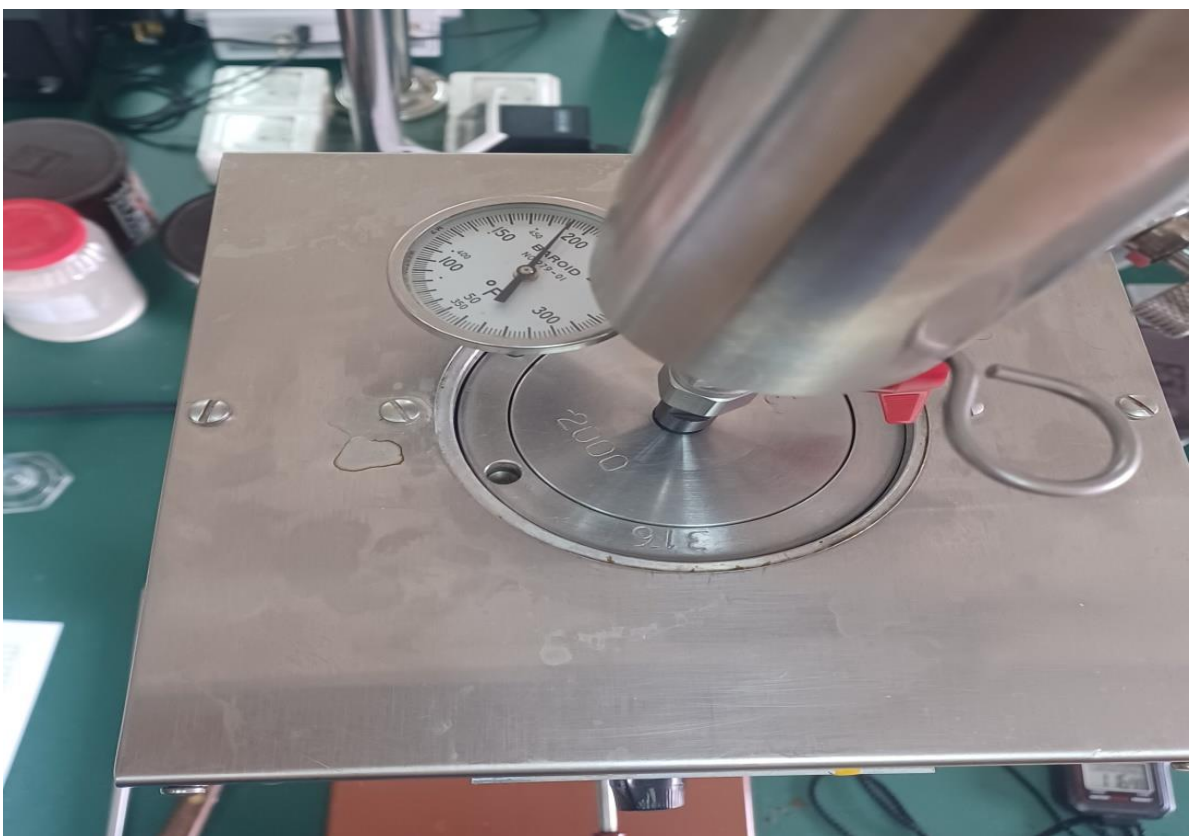
V_{30} – volumen filtrata nakon 30 minuta, mL



Slika 3-5. Priprema isplake



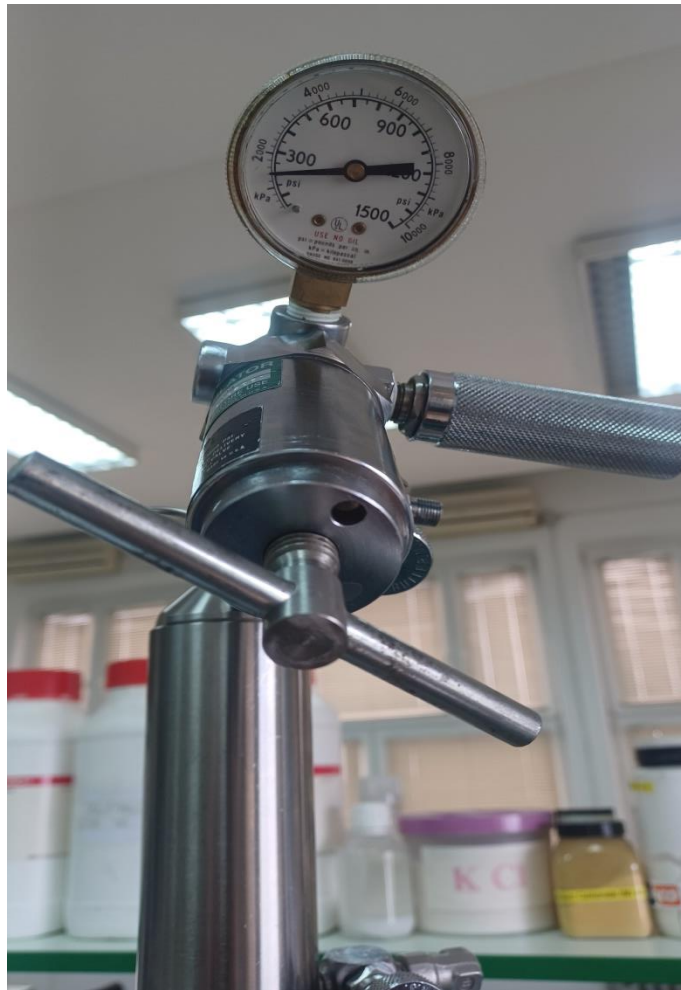
Slika 3-6. Pumpa



Slika 3-7. Termostat na PPT uređaju s prikazanom vrijednosti temperature tijekom ispitivanja od 87,8°C (190 °F)



Slika 3-8. Manometar s prikazom, vrijednosti tlaka tijekom ispitivanja od 48,28 bar (700 psi)



Slika 3-9. Manometar s prikazom vrijednosti protutlaka od 13,8 bar (200 psi)



Slika 3-10. PPT uređaj

3.3. Rezultati laboratorijskih ispitivanja

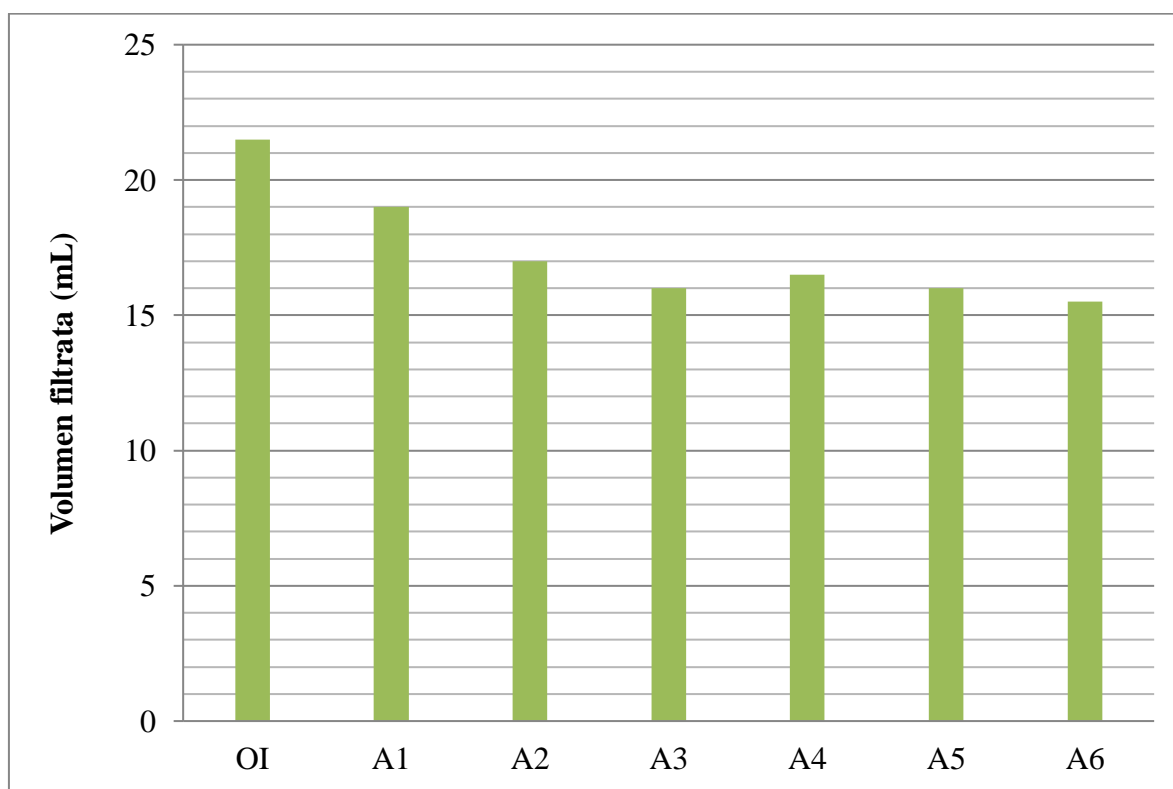
3.3.1. Rezultati laboratorijskih ispitivanja dobivenih na API filter preši

Rezultati dobiveni pri mjerenju volumena filtrata korištenjem osnovne isplake (bentonitne suspenzije) i isplake na bazi vode s različitim koncentracijama praha komine masline (A1-A6) prikazani su u Tablici 3-3. Osim filtracije, mjerila se i debljina isplačnog obloga, te pH vrijednosti filtrata. pH vrijednost je mjera koncentracije vodikovih iona i vrlo je bitna kako bi se izbjegla korozija opreme za bušenje, kao i za učinkovito miješanje aditiva s vodom (posebno bentonita). Tipičan raspon pH vrijednosti isplake je od 9,5 do 11,5 (Basra Oil Company, 2007).

Tablica 3-3. Filtracija osnovne isplake (OI) i filtracija isplake na bazi vode s različitim koncentracijama praha komine masline (A1-A6)

Isplaka	OI	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Vrijeme (min)	Volumen filtrata (mL)	Volumen filtrata (mL)	Volumen filtrata (mL)	Volumen filtrata (mL)	Volumen filtrata (mL)	Volumen filtrata (mL)	Volumen filtrata (mL)
2,5	5,5	5	4,5	4,5	4,5	4	4
5	8,5	7,5	6,5	6,5	5,5	6	6
7,5	10,5	9	8,5	8	7	7,5	7,5
10	12	10,5	9,5	9	9	9	8,5
12,5	13,5	12	11	10	10,5	10	9,5
15	15	13,5	12	11	11,5	11	10,5
17,5	16,5	14,5	13	12	12,5	12	11,5
20	17,5	15,5	14	12	13,5	13	12,5
22,5	18,5	16,5	15	14	14,5	13,5	13
25	19,5	17,5	15,5	14,5	15	14,5	14
27,5	20,5	18	16,5	15,5	16	15	14,5
30	21,5	19	17	16	16,5	16	15,5
Debljina isplačnog obloga (mm)	2	1,5	1,5	1,5	2	1,5	2
pH filtrat	10	10	10	10	10	10	10

Iz prikazanih podataka može se uočiti da se volumen filtrata smanjivao s povećanjem koncentracije komine masline. Za isplake A1, A2 i A3 koje sadrže 5 g, 10 g i 15 g praha komine masline na litru vode, rezultati se značajnije mijenjaju, dok su kod isplaka A4, A5 i A6 koje sadrže 20 g, 25 g i 30 g praha komine masline na litru vode uočeni slični rezultati s blagim smanjenjem API filtracije s povećanjem koncentracije praha. Također, se može uočiti da su najbolji rezultati zabilježeni za isplake A3, A5 i A6. U odnosu na osnovnu isplaku, volumen filtrata se značajno smanjio pri korištenju svake koncentracije praha komine masline. Volumen filtrata nakon 30 minuta svih isplaka prikazani su na Slici 3-11., pri čemu na y-osi se nalazi volumen filtrata, a na x-osi ispitivana isplaka. Debljina isplačnog obloga se smanjila nakon korištenja praha komine masline u isplaci, uz izuzetak isplake A4 i A6, kod kojih je zabilježena ista debljina isplačnog obloga kao i kod osnovne isplake, dok se pH nije mijenjao i iznosio je 10 za sve ispitane isplake.



Slika 3-11. Volumen filtrata dobivenog na API filter preši nakon 30 minuta za sve ispitivane isplake

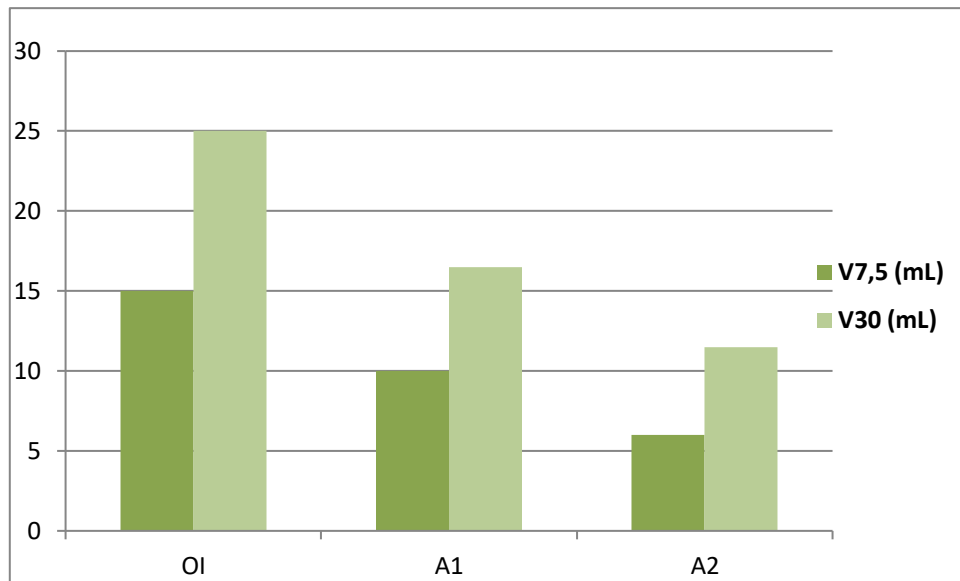
3.3.2. PPT uređaj

Za provedena mjerenja na PPT uređaju nisu se koristile sve isplake, već su uz osnovnu isplaku ispitivane isplake koje su pokazale najbolje rezultate na API filter preši, a to su bile isplake koje su sadržavale 15 g (B1 odnosno A3) i 30 g (B2 odnosno A6) praha komine masline na litru vode. Nadalje, kao što je već spomenuto, kao medij za filtriranje koristio se keramički disk s propusnošću $0,4 \mu\text{m}^2$ (400 mD). Rezultati dobiveni pri mjerenju volumena filtracije, debljine isplačnog obloga i pH filtrata za osnovnu isplaku i isplake koje sadrže 15 i 30 g/l praha komine masline na PPT uređaju prikazani su u Tablici 3-4.

Tablica 3-4. Rezultati dobiveni PPT uređajem za osnovnu isplaku i isplake koje sadrže 15 i 30 g/l praha komine masline

Filtracija: PPT disk: 0,4 D	OI	B1	B2
Vrijeme (min)	Volumen filtrata (mL)	Volumen filtrata (mL)	Volumen filtrata (mL)
7,5	15	10	6
30	25	16,5	11,5
Debljina isplačnog obloga (mm)	4	4	4
pH filtrat	10	10	10

Iz dobivenih mjerenih rezultata vidljivo je da se volumen filtrata kod isplaka B1 i B2 smanjio u odnosu na osnovnu isplaku, odnosno da je pri mjerenju volumena filtrata nakon 7,5 i 30 minuta došlo je do znatnog poboljšanja filtracijskih svojstava isplaka koje sadržavaju prah komine masline (Slika 3-12). Debljina isplačnog obloga za sve tri vrste isplaka ostala je konstantna i iznosi 4 mm, kao i pH vrijednost koja je ista za sve ispitivane isplake na PPT uređaju i iznosi 10.



Slika 3-12. Volumen filtrata za osnovu isplaku i isplake B1 i B2 nakon 7,5 i 30 minuta

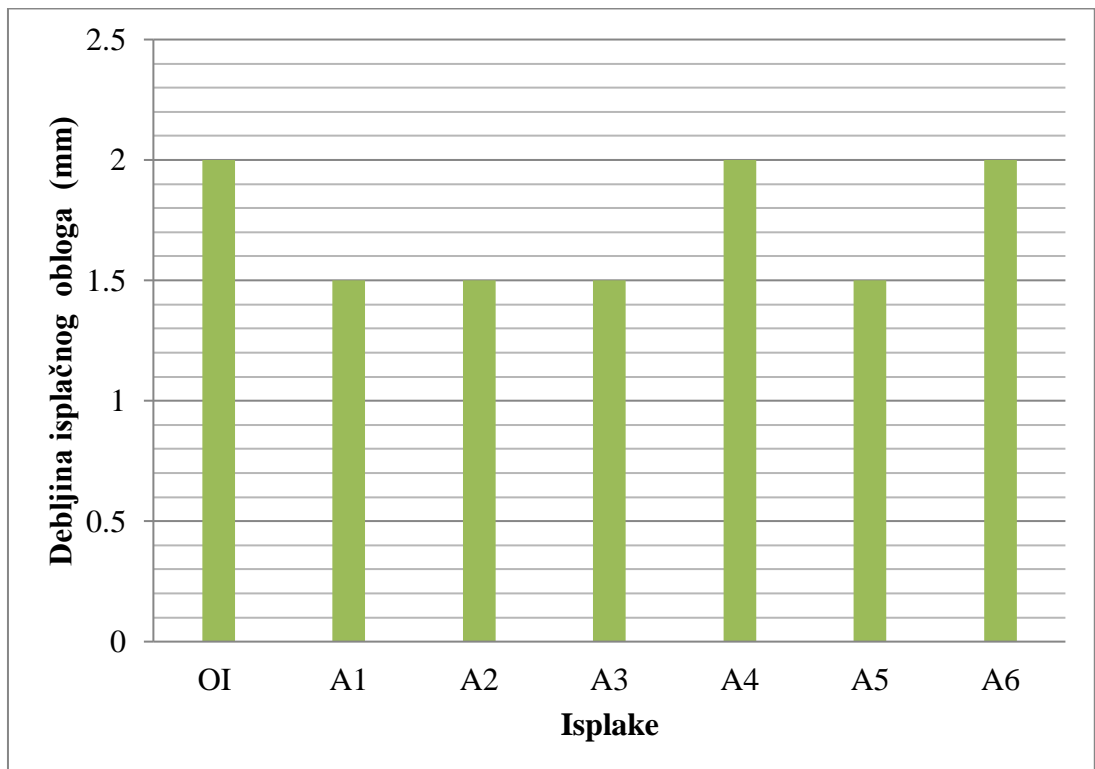
Vrijednosti volumena filtrata dobivenih mjerenjima na PPT uređaju za isplake koje sadrže prah komine masline su manje nego kod osnovne isplake, isti trend vidljiv je i kod početnog gubitka filtrata (Tablica 3-7). Rezultati su dobiveni pomoću jednadžbi 3-1. i 3-2.

Tablica 3-5. Rezultati PPT filter volumena i početnog gubitka filtrata

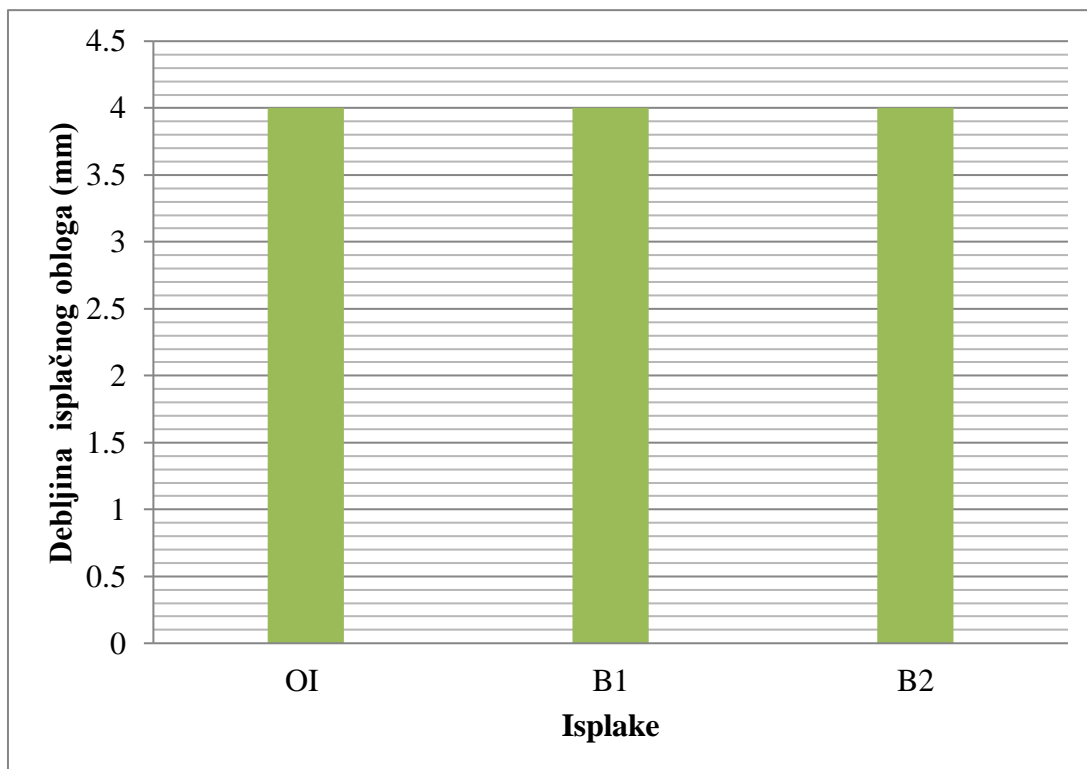
Tip isplake	OI	B1	B2
V7,5 (mL)	15	10	6
V30 (mL)	25	16,5	11,5
PPT filter volumen (mL)	50	33	23
Početni gubitak filtrata (mL)	10	7	1

4. DISKUSIJA REZULTATA

Za sve ispitane isplake debljina isplačnog obloga dobivena prilikom mjerenja API filter prešom (Slika 4-1.) se razlikuje od one dobivene korištenjem PPT uređaja (Slika 4-2.). Veća debljina isplačnog obloga dobivena je prilikom testiranja pomoću PPT uređaja, zbog utjecaja većeg diferencijalnog tlaka koji je iznosio 34,5 bar (500 psi), u odnosu na filter prešu te također zbog veće temperature tijekom ispitivanja 87,8 °C (190 °F), u odnosu na temperaturu okoline prilikom ispitivanja filter prešom.

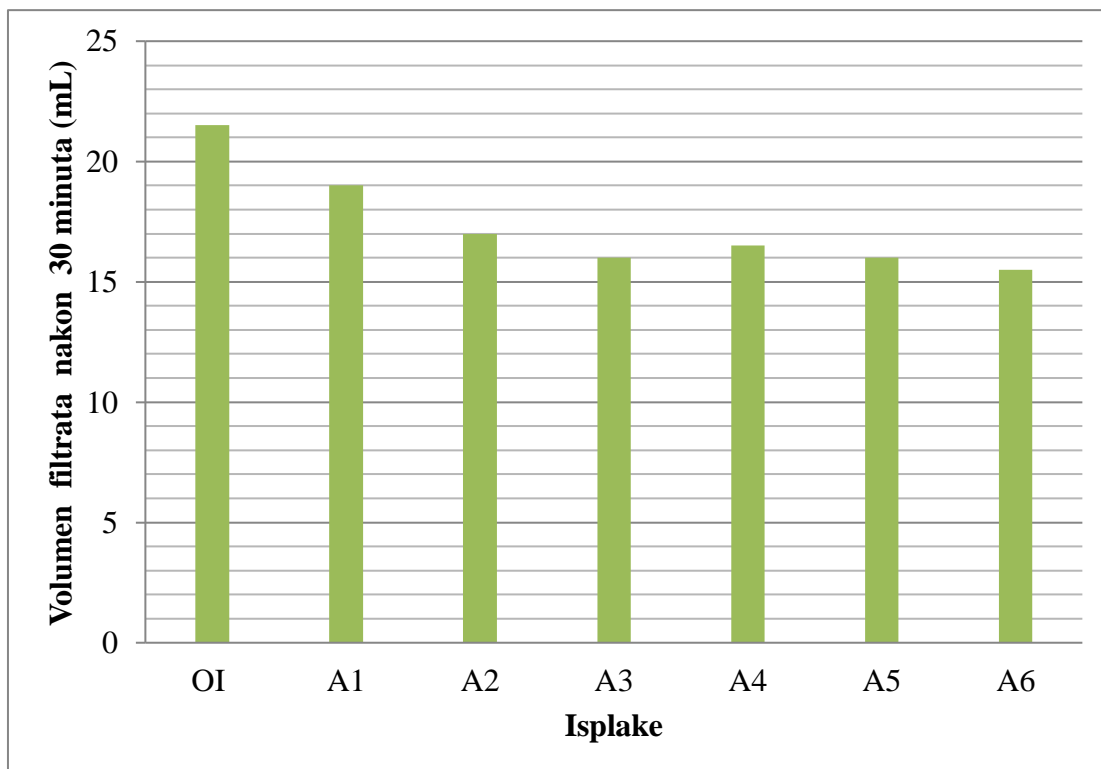


Slika 4-1. Debljina isplačnog obloga za sve vrste isplaka dobivena mjerenjem API filter prešom

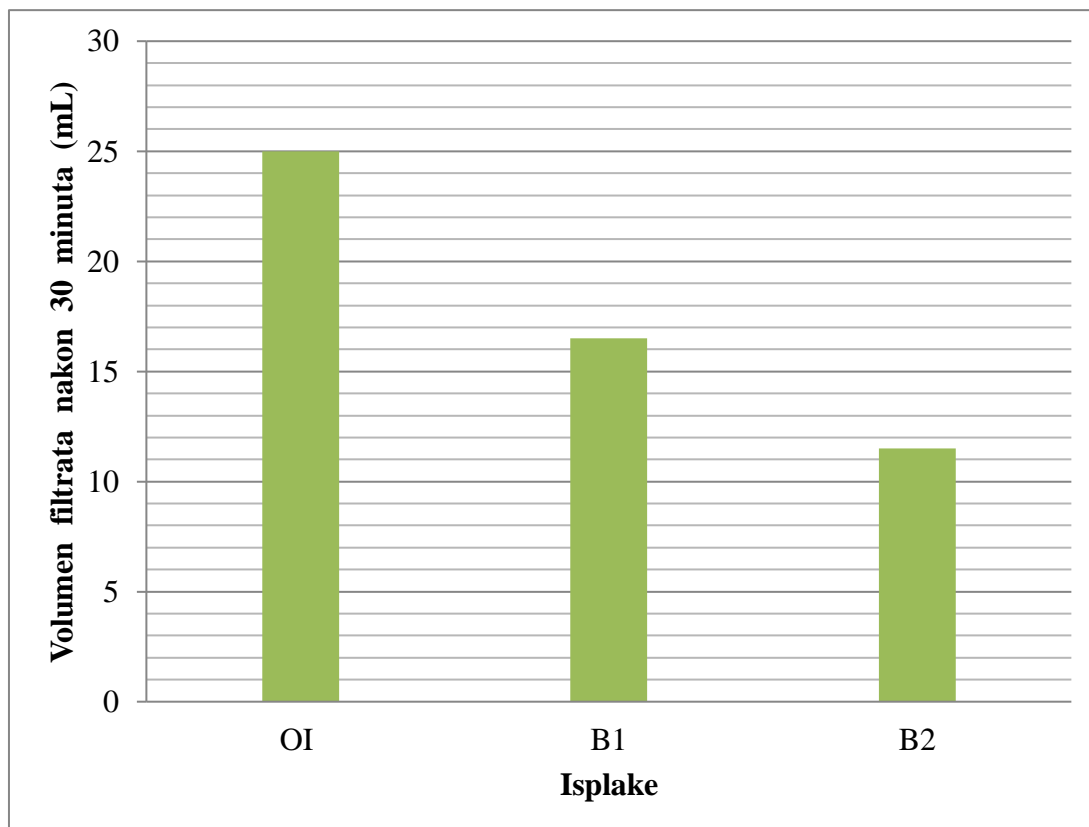


Slika 4-2. Debljina isplačnog obloga ispitanih isplaka pri mjerenju PPT uređajem

Volumen filtrata osnovne isplake mjeren API filter prešom (Slika 4-3.) i PPT uređaja (Slika 4-4.) također nije jednak, odnosno primjenom PPT uređaja dobiven je veći volumen filtrata. Nadalje, pri usporedbi volumena filtracije nakon 30 minuta između API filter preše i PPT-a treba imati u vidu da su uvjeti ispitivanja različiti kao i filtracijski mediji i njihova propusnost.



Slika 4-3. Volumen filtrata nakon 30 minuta za sve vrste isplaka primjenom API filter preše



Slika 4-4. Volumen filtrata nakon 30 minuta mjeren PPT uređajem

Pri usporedbi rezultata dobivenih ispitivanjem osnovne isplake i isplaka koje sadrže različite koncentracije praha komine masline, kad se koristila API filter preša, utvrđeno je da se volumen filtrata smanjio za 12 % pri korištenju najmanje koncentracije praha komine masline (5 g/L), dok pri korištenju najveće koncentracije praha komine masline (30 g/L) volumen filtrata smanjio za 28 %. Smanjenje filtracije utvrđeno korištenjem PPT uređaja kreće se od 34 % do 54 %. Uzevši u obzir rezultate mjerenja na oba uređaja, najbolji rezultati dobiveni su ispitivanjem isplake A6 odnosno B2.

5. ZAKLJUČAK

S obzirom na sve strože ekološke norme te općenito tendenciju industrije da sve više koristi otpadne materijale kao sirovinu u različite svrhe, u ovom završnom radu ispitan je utjecaj praha komine masline kao potencijalnog aditiva na reguliranje filtracijskih svojstava isplake. Prah komine masline, dobiven kao otpad od hrane, biorazgradivi je materijal, koji je jeftiniji i s manjim utjecajem na okoliš, nego komercijalni aditivi. Osim toga, sigurniji je za korištenje.

Na temelju laboratorijskih mjerenja može se zaključiti sljedeće: prah komine masline pozitivno utječe na filtracijska svojstva isplake, te s povećanjem njene koncentracije smanjuju API i PPT filtracija. Najmanja API filtracija izmjerena je prilikom ispitivanja isplake A6 koja je sadržavala 30 g po litri vode praha komine masline, što je ujedno bila i najveća upotrjebljena koncentracija praha komine masline. Nakon 30 minuta, volumen filtrata isplake bio je za 28 % manji u odnosu na volumen filtrata dobiven ispitivanjem osnovne isplake. Slično tome, najbolje rezultate PPT filtracije se dobilo ispitivanjem isplake B2, pri čemu je volumen filtrata smanjen u odnosu na osnovnu isplaku za 54 %, dok se početni gubitak filtrata smanjio za 90 %. Debljina isplačnog obloga nakon mjerenja na API filter preši za osnovnu isplaku bila je 2 mm, dok su izmjerene vrijednosti isplake koje su sadržavale prah komine masline bile 1,5 mm, s iznimkom isplaka A4 i A6 koje su iznosile 2 mm. Korištenjem PPT uređaja dobio se deblji isplačni oblog, zbog već ranije spomenute razlike u uvjetima ispitivanja na API filter preši i PPT uređaju, debljine 4 mm koja se nije mijenjala s povećanjem koncentracije praha komine masline. Vrijednost pH nije se mijenjala bez obzira na korišteni uređaj (API filter preša ili PPT uređaj), a iznosila je 10.

6. LITERATURA

1. ADEBOWALE, A., RAJI, J., 2015. *Local Content Supplements as an Alternative to Imported Corrosion Control Additives for Drilling Mud Treatment (A Case Study of the Use of Burnt Plantain and Banana Peels)*. Proceedings of the International Academic Conference for Sub-Sahara African Transformation and Development.
2. AL-HAMEEDI, A.T., AKINANI, H.H., DUNN-NORMAN, S., ALASHWAK, N.A., ALSHAMMARI, A.F., ALKHAMIS, M.M., ALBAZZAZ, H.W., MUTAR, R.A., ALSABA, M.T., 2019. *Environmentally Friendly Drilling Fluid Additives: Can Food Waste Products Be Used as Thinners and Fluid Loss Control Agents for Drilling Fluid?* Society of Petroleum Engineers, SPE Symposium: Asia Pacific Health, Safety, Security, Environment and Social Responsibility held in Kuala Lumpur, Malaysia, str. 23-24.
3. AL-SABA, M. T., AMADI, K. W., AL-HADRAMY, K. O., DUSHAISHI, M. F., AL-HAMEEDI, A., ALKINANI, H., 2018. *Experimental Investigation of Bio-Degradable Environmental Friendly Drilling Fluid Additives Generated from Waste*. In SPE International Conference on Health, Safety, Security, Environment, and Social Responsibility, Abu Dhabi, UAE, 16-18 April.
4. AMANULLAH, M., 2007. *Screening and Evaluation of Some Environment-Friendly Mud Additives To Use in Water-Based Drilling Muds*. E&P Environmental and safety conference, OnePetro. Galveston, Texas, USA.
5. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API), R., 2003. *13B-1: Recommended Practice for Field Testing Water-Based Drilling Fluids, and ISO 10414-1*; American Petroleum Institute: Washington, DC, USA.
6. BASRA OIL COMPANY. Razni dnevni izvještaji, Konačni izvještaji, i testovi za 2007. *Several Drilled Wells, Basra oil Fields, Iraq*.
7. BASRA OIL COMPANY. Razni dnevni izvještaji, Konačni izvještaji, i testovi za 2008. *Several Drilled Wells, Basra oil Fields, Iraq*.
8. BOUDOUH, D., IKRAM, R., MOHAMED JAN, B., SIMON CORNELIS METSELAAR, H., HAMANA, D., KENANAKIS, G., 2021. *Synthesis, characterization and filtration properties of ecofriendly fe₃o₄ nanoparticles derived from olive leaves extract*. Materials 14 (15), 4306.

9. DRŽAVNI ZAVOD ZA STATISTIKU, 2023. *Biljna proizvodnja*.
<https://podaci.dzs.hr/2022/hr/29338> (6.8.2023.)
10. GAURINA-MEĐIMUREC, N., STEINER, I., SIMON, K., MATANOVIĆ, D., 2000. *Avoidance of Formation Damage by Application of Proper Drill-in Fluid (A Case Study of a Mature Field)*. In Proceedings of the SPE European Petroleum Conference, Paris, France.
11. GAURINA-MEĐIMUREC, N., 2002. Laboratory Evaluation of Calcium Carbonate Particle Size Selection for Drill-in fluids. *Rudarsko-Geološko-Naftni Zbornik*, 14, str. 47–53.
12. GAURINA-MEĐIMUREC, N., 2021. : Predavanje iz kolegija Bušotinski fluidi 1- neobjavljeno.
13. GRAY, G.R., DARLEY, H.C.H. and ROGERS, W.F., 1980. *Composition and properties of oil well drilling fluids*. 4Th ed., Gulf Publishing, Houston, Texas.
14. HOSSAIN, E., WAJHEEUDDIN, M., 2016. *The use of grass as an environmentally friendly additive in water-based drilling fluids*. Journal of Petroleum Science. Vol. 13, str. 292-303.
15. IHEAGWARA, O., 2015 *Comparative analysis of the use of banana peels and NaOH in Ph control in Nigerian clays*. Journal of the Nigerian Association of Mathematical Physics, 30, str. 197–202.
16. IMRAN, M. 2006. *Investigating the blended ester based blend with commercially available mud additives*. MSc. Dissertation, Universiti Teknologi Petronas.
17. IRANWAN, S., AZMI, A., SAAID, M., 2009. *Corn Cobs and Sugar Cane Waste as Viscosifier in Drilling Fluid*. Pertanika Journal of Science & Technology, str. 173-181.
18. MCKEE, J.D.A., DOWRICK, K., ASTLEFORD, S.J., 1995. *A New development towards improved synthetic-based mud performance*. In SPE/IADC Drilling Conference in Amsterdam. OnePetro.
19. MEDVED, I., 2023. *Influence of mandarin peel on water-based mud properties and wellbore stability* (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering).
20. NYECHE, W., NMEGBU, J., IFEOMA, P., 2015. *Drilling Mud Formulation using Potato Starch (Ipomoea Batatas)*. Journal of Engineering Research and Applications, str. 48-54.

21. OFI Testing Equipment, Inc. 2015. *Permeability Plugging Tester Instruction Manual*. Ver. 5.0: Houston, TX, USA.
22. OKON, A.N., UDOH, F.D., BASSEY, P.G., 2014 *Evaluation of rice husk as fluid loss control additive in water-based drilling mud*.
23. OKORIE, M.O., 2009. *Modification of drilling fluid pH with local Nigerian additives*. Petroleum Technology Development Journal.
24. OMOTIOMA, M., EJKEME, P. C. N., MBAH, G. O., 2014. *Comparative Analysis of the Effects of Cashew and Mango Extracts on the Rheological Properties of Water Based Mud*. Journal of Engineering Research and Applications.
25. RAMASAMY, J., AMANULLAH, M., 2018. *A Novel Superfine Fibrous Lost Circulation Material derived from Date Tree for Seepage Loss control*. In SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition, Dammam, Saudi Arabia.
26. WAJHEEUDDIN, M., HOSSAIN, M.E., 2014. *An experimental study on particle sizing of natural substitutes for drilling fluid applications*. Journal of Nature Science and Sustainable Technology.
27. WAKHYUDIN, A., SETIAWAN, D., MARJUAN, O.D., 2017. *Aerated drilling cutting transport analysis in geothermal well*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 103. No. 1. IOP Publishing.

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno na temelju znanja i vještina stečenih na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu, Sveučilišta u Zagrebu, služeći se navedenom literaturom.

A handwritten signature in blue ink that reads "Arijana Matošević". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Arijana Matošević



KLASA: 602-02/24-01/19
URBROJ: 251-70-12-24-2
U Zagrebu, 25. 6. 2024.

Arijana Matošević, studentica

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-02/24-01/19, URBROJ: 251-70-12-24-1 od 21.06.2024. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

UTJECAJ RAZLIČITIH KONCENTRACIJA PRAHA KOMINE MASLINE NA FILTRACIJSKA SVOJSTVA ISPLAKE NA BAZI VODE

Za mentora ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Izv. prof. dr. sc. Borivoje Pašić nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i komentora Dr. sc. Igor Medved.

Mentor:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Borivoje Pašić

(titula, ime i prezime)

Komentor:

(potpis)

Dr. sc. Igor Medved

(titula, ime i prezime)

Predsjednica povjerenstva za
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Karolina
Novak Mavar

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Borivoje
Pašić

(titula, ime i prezime)