

## بررسی تعمیرات دستگاه حفاری و اثرگذاری آن بر ایجاد زمان های انتظار عملیات حفاری در یکی از میادین نفتی جنوب ایران

عبدالصمد رحمتی<sup>۱</sup>

۱- مدیریت برنامه ریزی تلفیقی شرکت ملی نفت ایران، تهران

s.rahmati777@gmail.com

### خلاصه

زمان انتظار یا زمان تلف شده توسط دکل حفاری یکی از مهم ترین مشکلاتی است که با توجه به گستره وسیع جغرافیایی انجام عملیات حفاری و طبیعت آن، همواره در تمامی حفاری های خشکی و دریا وجود دارد و یکی از مهم ترین علل تأخیر در عملیات حفاری و کاهش راندمان حفاری محسوب می گردد. این مشکل به شدت تابع عوامل انسانی و غیر انسانی است که به صورت آشکار و پنهان منجر به افزایش زمان انتظار دستگاه های حفاری می شود. اگر زمان صرف شده برای تعمیرات دکل های حفاری بیش از زمان در نظر گرفته شده در برنامه پیش بینی شده باشد جزء زمان انتظار دکل های حفاری به شمار می رود. بخشی از زمان انتظار ایجاد شده در دکل های حفاری مربوط به پیمانکار و برخی مربوط به کارفرماست. انتظار حفاری و هرز رفتن زمان کاری مفید دستگاه حفاری نه تنها در برخی موارد اجتناب ناپذیر است، بلکه باعث افزایش زمان حفاری و افزایش هزینه تمام شده چاه نفتی می گردد. از آنجایی که عملیات حفاری یکی از پر هزینه ترین فعالیت های بخش بالادستی صنعت نفت محسوب می گردد، هر گونه فعالیت و اقدام لازم به منظور استفاده بهینه و علمی از امکانات موجود در جهت کاهش هزینه ها امری ضروری تلقی می گردد. بدین منظور در این مقاله سعی گردیده زمان های انتظار چند دستگاه حفاری در چند چاه میدان نفتی آغاچاری مورد بررسی قرار بگیرد. با بررسی انجام گرفته مشخص گردید تعمیرات دستگاه حفاری و کمبود قطعات یدکی بیشترین سهم از زمان های انتظار ایجاد شده در چاه های بررسی شده میدان آغاچار داشته است که عدم سرویس دستگاه حفاری در وقت مقرر عامل ایجاد این مشکل بوده است.

کلمات کلیدی: زمان انتظار، عملیات حفاری، کاهش راندمان، هزینه، تعمیرات دستگاه حفاری

### ۱. مقدمه

از آنجایی که عملیات حفاری یکی از پر هزینه ترین فعالیت های بخش بالادستی صنعت نفت محسوب می شود، هر گونه فعالیت و اقدام لازم به منظور استفاده بهینه و علمی از امکانات موجود در جهت کاهش هزینه ها امری اجتناب ناپذیر تلقی می گردد (۱). از عوامل اصلی که بر راندمان عملیات تأثیر گذار می باشند می توان به زمان های از دست رفته، زمان های جابجایی و سرعت حفاری دستگاه های حفاری اشاره نمود (۲). این عوامل می توانند به عنوان شاخص های اصلی ارزیابی در نظر گرفته شده و در نهایت عملکرد هر دستگاه حفاری با توجه به برنامه های پیش بینی شده و زمان های انتظار مورد بررسی قرار گیرند (۳). با توجه به اینکه بررسی تمامی عوامل مذکور در این مطالعه امکان پذیر نمی باشد بنابراین سعی گردیده که مهم ترین عامل در تعیین راندمان دستگاه حفاری یعنی انتظارات و زمان های از دست رفته مورد بررسی قرار گیرد. به طور کلی انتظارات عملیات حفاری را می توان به دو گروه آشکار و پنهان طبقه بندی نمود:

۱-۱. انتظارات آشکار: زمان های تلف شده آشکار عمدتاً مشخص و معین است و باعث توقف پیشرفت کار می گردد. به آن دسته از تأخیرات ایجاد شده توسط عوامل انسانی و غیر انسانی (تعمیرات، کالا و مواد، شرایط آب و هوایی و ...) که باعث افزایش زمان بکار گیری دستگاه حفاری می گردند، انتظار آشکار گفته می شود. برخی از انتظارات آشکار به شرح موارد ذیل است (۴).

- ✓ تعمیرات
- ✓ انتظار کالا و مواد

- ✓ تاخیر در جابجائی و برپائی دکل
- ✓ انتظار خدمات
- ✓ انتظار اصلاح و یا تغییر برنامه
- ✓ انتظار در تحویل و آماده سازی محل چاه (LOCATION)
- ✓ انتظار نیروی انسانی متخصص
- ✓ انتظار استفاده از وسایل بازسازی شده و یا مستهلک

۲-۱. انتظارات نهان: در این خصوص دستگاه حفاری ظاهراً مشغول به کار است ولی در راستای نتیجه گیری کار نیست. به تأخیرات غیر ملموس ایجاد شده توسط عوامل انسانی و غیر انسانی گفته می شود که منجر به کند شدن سرعت عملیات حفاری و کاهش کارایی دستگاه حفاری می شود. برخی از انتظارات نهان به شرح موارد ذیل است (۴).

- ✓ استفاده نامناسب از سرته ها
- ✓ عدم اعمال بار و دور مته بهینه جهت سازندهای مختلف
- ✓ استفاده از افزایه های سیمان نامناسب
- ✓ استفاده از مواد مصرفی نامرغوب در تهیه گل حفاری
- ✓ استفاده از وسایل آستری، آویزه جداری، کفشک و سایر موارد نامرغوب
- ✓ انتظار به علت مسائل پیش بینی نشده

از آنجایی که در ایران بیشتر دستگاه های حفاری بصورت اجاره روزانه است، لذا شاخص هایی که انتخاب می شوند، عمدتاً شاخص تعمیرات و انتظارات و توقف دکل حفاری است. وقتی یک برنامه حفاری ارائه می شود، زمانهای انجام کار (برای هر حفره) در آن پیش بینی می گردد. گاهی واقعیت با پیش بینی فاصله دارد و بصورت عقب ماندگی از برنامه مطرح می شود (۵).

نکته دیگر سرعت انجام کار است مانند: سرعت راندن جداری، سرعت پیمایش لوله ها، تعویض مته یا لوله بالا لوله پایین، این سرتهها به تجهیزات دکل حفاری و گروه حفاری بستگی دارد. این موارد باید مورد حساسیت قرار گیرند. این شاخص ها معمولاً در برآوردها وجود دارد ولی باید این برآوردها را همواره با واقعیت و در زمان خودش سنجش کرد (۶).

در ایران زمان های آشکار چه در بخش کارفرما و چه در بخش پیمانکار رقم قابل توجهی است. هرچند نسبت به دهه های گذشته کمتر شده ولی باز هم نسبت به بسیاری از کارکردهای شرکت های پیمانکاری زیاد است. زمان های آشکار پیمانکار عمدتاً ناشی از تعمیرات و پشتیبانی کالا و مواد و رعایت سرعت لازم است، در حالی که زمان های آشکار کارفرما ناشی از انتظارات کالا و مواد چاه، گل، جاده و غیره و خدماتی است که خودش مسئول فراهم کردن آن است (۷).

بطور کلی میتوان گفت هر نوع بهبودی، و یا هر نوع اشکالی که در حفاری پیش می آید، از دو حال خارج نیست: یا عامل انسانی است یا عامل تجهیزاتی و ابزار است، و تجربه نشان داده که همواره سهم عامل انسانی بیش تر بوده است. در این بررسی چند چاه کاندید شده میدان نفتی آغاچاری مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲. میدان نفتی آغاچاری

میدان آغاچاری یکی از میدانی نفتی ایران است، که در شهرستان آغاچاری و در فاصله ۹۰ کیلومتری از جنوب شرقی اهواز، در استان خوزستان قرار دارد. میدان آغاچاری از شمال با میدان نفتی کرنج، از جنوب با میدان نفتی رامشیر، از شرق با میدان نفتی پازنان و از غرب با میدان نفتی مارون همجوار است. عملیات حفاری اکتشافی نخستین بار در سال ۱۳۰۵ هجری شمسی در مخزن آسماری میدان نفتی آغاچاری آغاز شد، ولی یک دهه بعد، در سال ۱۳۱۵ وجود ذخایر نفت و گاز در این میدان توسط شرکت نفت ایران و انگلیس به اثبات رسید و بلافاصله عملیات احداث تأسیسات فرآورش و بهره برداری آغاز گردید، دو سال بعد تولید نفت خام از طریق چاه شماره ۳ آغاچاری شروع شد. نخستین محموله نفتی میدان آغاچاری در سال ۱۳۲۳ توسط خط لوله به آبادان ارسال گردید. در سال ۱۳۲۹ میدان نفتی آغاچاری از طریق ۱۶ حلقه چاه، معادل نیمی از حجم فرآورده های نفتی ایران را تولید می نمود. در سال ۱۳۳۶ تعداد چاه های فعال تولیدی در این میدان به ۲۳ حلقه رسید. تا سال ۱۳۳۷ بیش از یک میلیارد بشکه نفت خام از میدان آغاچاری

استخراج شده بود. در سال ۱۳۴۳ شمار ۶۹ حلقه چاه نفت در این میدان فعال بود. میدان نفتی آغاچاری از میداین تحت مدیریت شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب است که عملیات تولید از آن توسط شرکت بهره برداری نفت و گاز آغاچاری انجام می گیرد.

تعداد چاه های این مخزن ۱۶۱ حلقه است که ۷۳ حلقه نفتی، ۳ حلقه گازی، ۳۶ حلقه مشاهده ای و بقیه تزریقی، توصیفی، معلق، متروکه و غیره است، پنج واحد بهره برداری شماره یک تا پنج آغاچاری روی مخزن فوق احداث شده که تعداد ۲۲ حلقه از این میدان را از طریق فراز آوری با گاز در مدار تولید قرار می دهند.



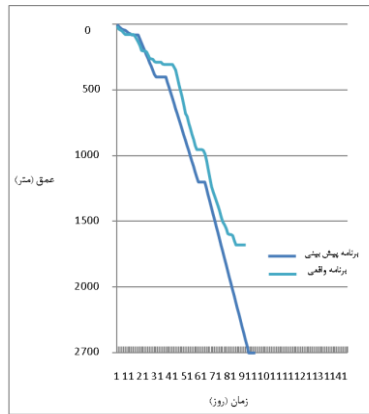
شکل ۱ - نقشه میدان نفتی آغاچاری

### ۳. آنالیز زمان حفاری

به منظور بررسی کارایی دستگاه حفاری در این بخش با استفاده از داده های گزارشات حفاری چاه های کاندید شده ابتدا زمان های انتظار هر چاه را جداگانه بررسی و در نهایت مشکلات اساسی عدم کارایی مورد بحث قرار می گیرد. گزارشات روزانه حفاری منبع مناسبی جهت بررسی و مطالعه دستگاه حفاری با شرایط عملیاتی و لوازم و تجهیزات مورد استفاده در عملیات حفاری می باشد. با بررسی و مطالعه گزارشات روزانه عملیات حفاری می توان راهکارهای مناسب جهت رفع تنگناها و نارسائیاها در قالب گزارشات فنی ارائه نمود. لازم به ذکر است چاه های کاندید شده میدان نفتی آغاچاری و دستگاه های حفاری بر اساس شرایط ذیل انتخاب شده اند:

- ✓ چاه های کاندید شده با دستگاه های حفاری متفاوت حفاری شده اند
- ✓ تمامی دستگاه های حفاری با قدرت ۲۰۰۰ اسب بخار می باشند
- ✓ در تمامی چاه ها مدت زمان حفاری واقعی از مدت زمان پیش بینی شده تجاوز نموده است
- ✓ تمامی چاه ها در فواصل نزدیک به هم انتخاب شده اند

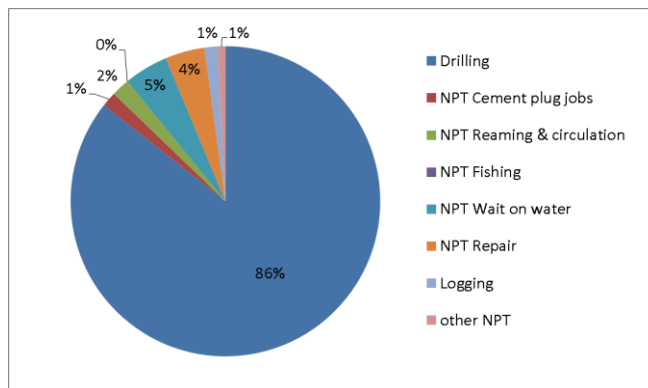
در میدان نفتی آغاچاری میداین کاندید شده با شماره های فرضی AJ-1, AJ-2, AJ-3, AJ-4 بوده و نام دستگاه های حفاری متناظر DR-1, DR-2, DR-3, DR-4 می باشد. در ادامه نمودار زمان حفاری واقعی و پیش بینی شده هر یک از چاه ها رسم گردیده و سپس زمان های انتظار حفاری مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت مهم ترین علل زما نهی انتظار و به تبع عدم کارایی دستگاه حفاری مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۲- عمق حفاری شده به ازاء زمان حفاری در چاه AJ-1 با دستگاه حفاری DR-1

جدول ۱- آنالیز زمان های انتظار چاه AJ-1 به تفکیک هر حفره

HOLE SECTION	26''		17 1/2''		12 1/4''		8 1/2''		Total time (hrs)	% Total time
	Time (hrs)	% time	Time (hrs)	% time	Time (hrs)	% time	Time (hrs)	% time		
Drilling	204	83.3	420	60.8	585	96.7	676	90.3	1885	86
NPT Cement plug jobs	17	6.9	17	2.4	0	0	0	0	34	2
NPT Reaming & circulation	5	2	10	1.4	13	2.2	14	1.9	42	2
NPT Fishing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NPT Wait on water	0	0	101	14.7	0	0	0	0	101	5
NPT Repair	19	7.8	36	5.2	7	1.1	29	3.8	91	4
Logging	0	0	0	0	0	0	30	4	30	1
other NPT	0	0	18	2.6	0	0	0	0	18	1
Total	245	100	691	100	605	100	749	100	2201	100



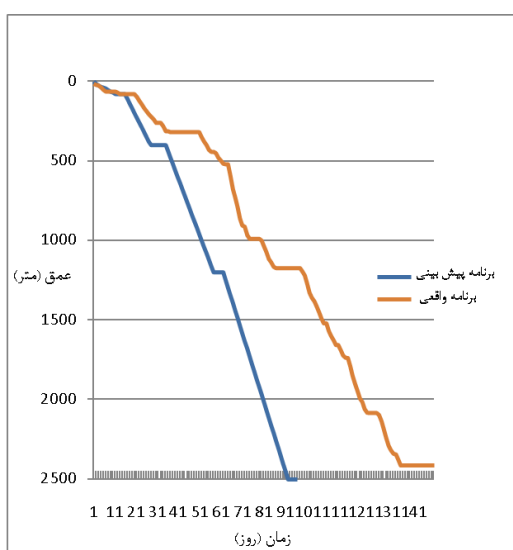
شکل ۳- درصد زمان های انتظار چاه AJ-1

جدول ۲- آنالیز زمان های انتظار چاه AJ-1- طبقه بندی بر اساس حفره

	HOLE SECTION	% of TOTAL NPT
1	17 1/2" Hole Section	57.6
2	8 1/2" Hole Section	23.1
3	26" Hole Section	13
4	12 1/4" Hole section	6.3

جدول ۳- آنالیز زمان های انتظار چاه AJ-1- طبقه بندی بر اساس عامل ایجاد انتظار

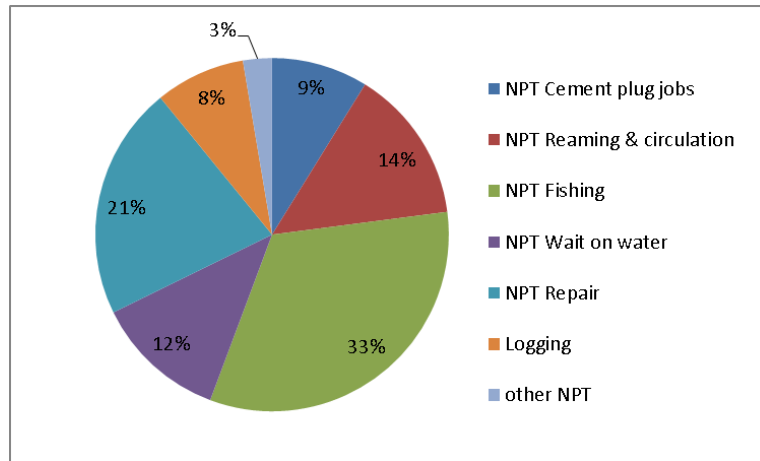
	NPT CAUSE	% of TOTAL NPT
1	Wait on water	32.1
2	Wait on repair	28.7
3	Reaming and circulation	13.3
4	Cement plug jobs	10.6
5	Logging	9.5
6	Other	5.7
7	Fishing	0



شکل ۴ - عمق حفاری شده به ازاء زمان حفاری در چاه AJ-2 با دستگاه حفاری DR-2

**جدول ۴- آنالیز زمان های انتظار چاه AJ-2 به تفکیک هر حفره**

HOLE SECTION	26''		17 1/2''		12 1/4''		8 1/2''		Total time (hrs)	%. Total time
	Time (hrs)	% time	Time (hrs)	% time	Time (hrs)	% time	Time (hrs)	% time		
Drilling	173	84.8	490	59.6	697	70.8	1045.5	73.8	2405.5	70.2
NPT Cement plug jobs	0	0	57	6.9	33	3.4	0	0	90	2.6
NPT Reaming & circulation	7	3.4	84	10.2	33	3.4	20	1.4	144	4.2
NPT Fishing	20.5	10	0	0	146	14.8	167.5	11.8	334	9.8
NPT Wait on water	1.5	0.7	82.5	10	4	0.4	35	2.5	123	3.6
NPT Repair	2	1	108	13.1	47	4.8	61	4.3	218	6.4
Logging	0	0	0	0	0	0	84	5.9	84	2.5
other NPT	0	0	0	0	24	2.4	3	0.2	27	0.8
<b>Total</b>	<b>204</b>	<b>100</b>	<b>821.5</b>	<b>100</b>	<b>984</b>	<b>100</b>	<b>1416</b>	<b>100</b>	<b>3425.5</b>	<b>100</b>



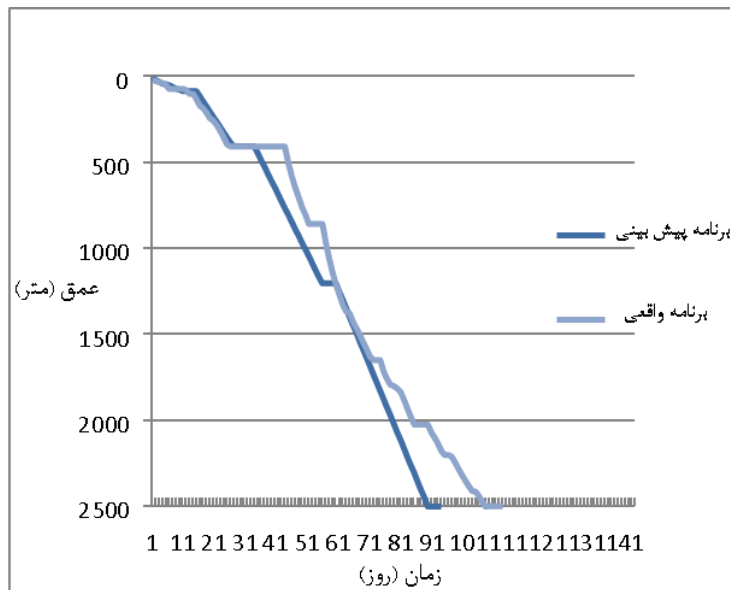
**شکل ۵- درصد زمان های انتظار چاه AJ-2**

**جدول ۵- آنالیز زمان های انتظار چاه AJ-2- طبقه بندی بر اساس حفره**

	HOLE SECTION	% of TOTAL NPT
1	17 1/2'' Hole Section	32.5
2	8 1/2'' Hole section	36.3
3	12 1/4'' Hole Section	28.1
4	26'' Hole Section	3

جدول ۶- آنالیز زمان های انتظار چاه AJ-2 - طبقه بندی بر اساس عامل ایجاد انتظار

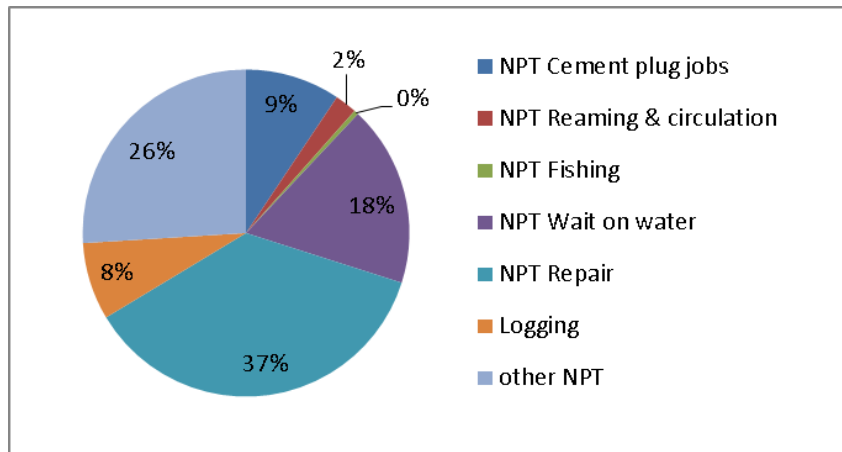
	NPT CAUSE	% of TOTAL NPT
1	Fishing	32.7
2	Wait on repair	21.4
3	Reaming and circulation	14.1
4	Wait on water	12.1
5	Cement plug jobs	8.8
6	Logging	8.2
7	Other	2.6



شکل ۶ - عمق حفاری شده به ازاء زمان حفاری در چاه AJ-3 با دستگاه حفاری DR-3

جدول ۷- آنالیز زمان های انتظار چاه AJ-3 به تفکیک هر حفره

HOLE SECTION	26''		17 1/2''		12 1/4''		8 1/2''		Total time (hrs)	% Total time
	Time (hrs)	% time	Time (hrs)	% time	Time (hrs)	% time	Time (hrs)	% time		
Drilling	201	95.7	381	82.6	337	62.3	1077	86.7	1996	81.3
NPT Cement plug jobs	0	0	28	6.1	15	28	0	0	43	1.8
NPT Reaming & circulation	0	0	0	0	0	0	10	0.8	10	0.4
NPT Fishing	2	1	0	0	0	0	0	0	2	0.2
NPT Wait on water	0	0	0	0	54	10	28	2.3	82	3.3
NPT Repair	7	3.3	50	10.8	69	12.8	41	3.3	167	6.8
Logging	0	0	0	0	11	2.0	24	1.9	35	1.4
other NPT	0	0	0	0	55	10.2	62	5	119	4.8
<b>Total</b>	<b>210</b>	<b>100</b>	<b>461</b>	<b>100</b>	<b>541</b>	<b>100</b>	<b>1242</b>	<b>100</b>	<b>2454</b>	<b>100</b>



شکل ۷- درصد زمان های انتظار چاه AJ-3

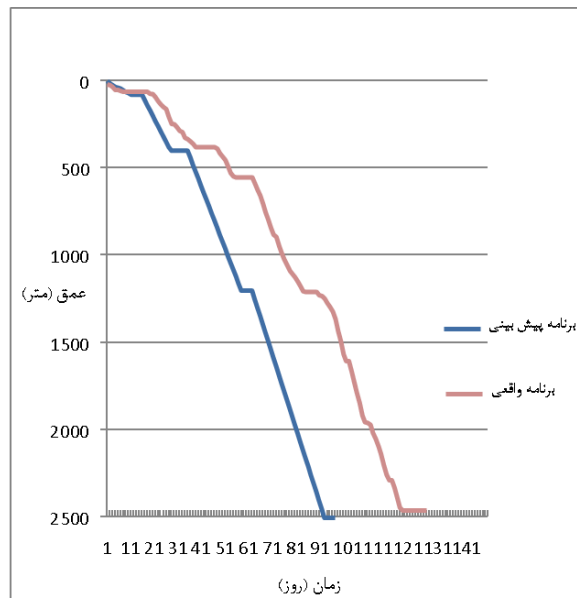
جدول ۸- آنالیز زمان های انتظار چاه AJ-3 - طبقه بندی بر اساس عامل ایجاد انتظار

	HOLE SECTION	% of TOTAL NPT
1	12 1/4'' Hole section	44.5
2	8 1/2'' Hole Section	36
3	17 1/2'' Hole Section	17
4	26'' Hole Section	2

جدول ۹- آنالیز زمان های انتظار چاه AJ-3 - طبقه بندی بر اساس عامل ایجاد انتظار



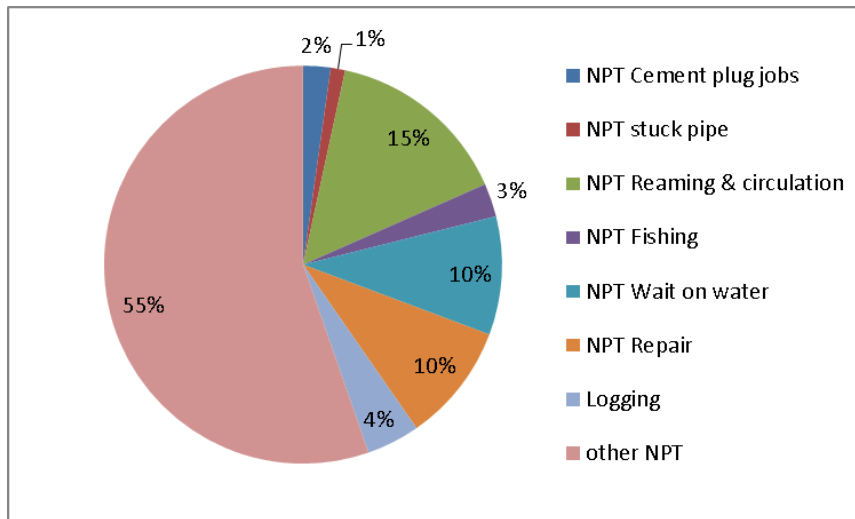
	NPT CAUSE	% of TOTAL NPT
1	Wait on repair	36.5
2	Other	26
3	Wait on water	17.9
4	Cement plug jobs	9.4
5	Logging	7.6
6	Reaming and circulation	2.2
7	Fishing	0.4



شکل ۸ - عمق حفاری شده به ازاء زمان حفاری در چاه AJ-4 با دستگاه حفاری DR-4

جدول ۱۰- آنالیز زمان های انتظار چاه AJ-4 به تفکیک هر حفره

HOLE SECTION	26''		17 1/2''		12 1/4''		8 1/2''		Total time (hrs)	% Total time
	Time (hrs)	% time	Time (hrs)	% time	Time (hrs)	% time	Time (hrs)	% time		
Drilling	175	51.4	548	90.5	574	62.2	741	88.8	2039	75.4
NPT Cement plug jobs	0	0	0	0	15	1.6	0	0	15	0.6
NPT stuck pipe	1	0.4	0	0	0	0	7	0.8	8	0.3
NPT Reaming & circulation	56	16.3	0	0	40	4.3	7	0.8	102	3.5
NPT Fishing	9	2.6	0	0	0	0	10	0.8	19	0.3
NPT Wait on water	66	19.2	0	0	0	0	0	0	66	3.3
NPT Repair	1	0.4	35	5.8	7	0.7	23	2.7	66	2.3
Logging	0	0	0	0	11	1.2	18	2.2	29	2
other NPT	33	9.7	23	3.8	276	29.9	46	5.5	377	12.3
Total	341	100	605	100	923	100	851	100	2721	100



شکل ۹- درصد زمان های انتظار چاه AJ-4

جدول ۱۱- آنالیز زمان های انتظار چاه AJ-4- طبقه بندی بر اساس عامل ایجاد انتظار

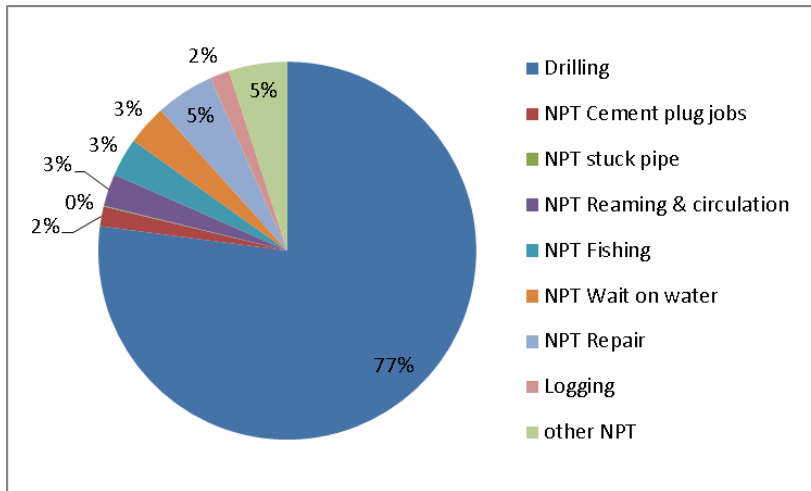
	HOLE SECTION	% of TOTAL NPT
1	12 1/4" Hole section	51.2
2	26" Hole Section	24.3
3	8 1/2" Hole Section	16
4	17 1/2" Hole Section	8.5

جدول ۱۲- آنالیز زمان های انتظار چاه AJ-4- طبقه بندی بر اساس عامل ایجاد انتظار

	NPT CAUSE	% of TOTAL NPT
1	Other (Milling + tubular inspection)	55.3
2	Reaming and circulation	15
3	Wait on water	9.6
4	Wait on repair	9.6
5	Logging	4.3
6	Fishing	2.2
7	Cement plug jobs	2.7
8	Stuck pipe	1.2

جدول ۱۳- خلاصه آنالیز زمان های انتظار چاه های کاندید شده میدان آغاچاری

Activity	Drilling	NPT Cement plug jobs	NPT Stuck pipe	NPT Reaming & circulation	NPT Fishing	NPT Wait on water	NPT Repair	logging	other NPT	Total
Percent (%) of total drilling time	77.1	1.7	0.1	2.8	3.3	3.4	5	1.7	4.9	100
Percent (%) of total NPT		7.3	0.3	12	14.3	15	22	7.2	21.9	100
NPT Ranking		6	8	5	4	3	1	7	2	



شکل ۱۰- درصد زمان های انتظار چاه های کانديد شده میدان آغاچاری

#### ۴. نتیجه گیری

کل درصد زمان های انتظار بررسی شده در چاه های کانديد شده میدان آغاچاری ۲۳ درصد می باشد. بیشترین سهم زمان های انتظار در بررسی انجام شده مربوط به تعمیرات دستگاه حفاری که ناشی از مواردی همچون تعمیرات پمپ های گل، شیرهای فوران گیر، تامین کالا، عدم سرویس دستگاه حفاری در وقت مقرر و کمبود قطعات یدکی بوده است. مطمئناً کاهش زمان انتظار دکل های حفاری با بهبود مستمر کیفیت کالا و تعمیرات دوره ای تأثیر بسزایی در کاهش زمان انتظارات حفاری خواهد داشت. اگرچه زمان انتظار برای دکل حفاری، امری طبیعی است اما کاهش این مدت زمان نیز ضرورتی اجتناب ناپذیر است؛ چرا که شرکت ها برای در اختیار گرفتن دکل های حفاری، هزینه های گزافی را متقبل می شوند و افزایش زمان انتظار، نباید مانع بهره برداری بهینه از دکل ها شود.

#### ۵. پیشنهادات

اجرای برنامه های بازسازی دستگاه های حفاری و تامین کالا و مواد با کیفیت مطلوب می تواند زمان انتظار دکل های حفاری را کاهش دهد. همچنین می بایست روند خرید و تامین کالاهای مورد نیاز حفاری مورد بازنگری قرار گیرد، زیرا این امر می تواند در کاهش زمان انتظار بسیار موثر باشد. به نظر می رسد بررسی موارد ذیل در این خصوص راهگشا است.

- ✓ تعیین استاندارد ها و دستور العمل های نگهداری و تعمیر تجهیزات دکل حفاری
- ✓ بررسی مشکلات تعمیر، نگهداری و کالیبراسیون ابزار و تجهیزات دکل حفاری در کشور
- ✓ امکان سنجی مهندسی معکوس و به روز رسانی تجهیزات پیشرفته دکل حفاری
- ✓ برنامه ریزی و اولویت بندی توانمندی داخل در ساخت تجهیزات و قطعات یدکی دکل حفاری
- ✓ معرفی سیستم های نوین تعمیر و نگهداری تجهیزات حفاری در دنیا و کاربردی با توجه به موانع شناسایی شده
- ✓ آشنایی با دکل های جدید و به روز رسانی آگاهی از تکنولوژی های جدید

## مراجع

1. Lilian, A., O. "Geothermal Drilling Time Analysis: A Case Study of Menengai and Hengill" Proceedings World Geothermal Congress, Melbourne, Australia, 19-25 April 2015 Udawadia, F. E. and Trifunac, M. D., (1973), "Ambient Vibration Test of Full Scale Structures," Proc. of the 5<sup>th</sup> World Conf. On Earthquake Engineering, Rome, pp
2. Reuben, N. and Jane, O. "Factors Contributing to Non-Productive Time in Geothermal Drilling in Kenya: A Case of Menengai Geothermal Project" American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS), Global Society of Scientific Research and Researchers Volume, 14, No 3, pp. 16-26, 2015.
3. Randeberg, E., et al. "Potentials for Cost Reduction for Geothermal Well Constructure On In View of Various Drilling Technologies and Automation Opportunities" Proceedings, Thirty-Sixth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, January 30-February 1, 2012.
۴. تدینی، م، (۱۳۸۹)، "گزارش سمینار تخصصی زمان های انتظار دکل های حفاری"، ماهنامه اکتشاف و تولید، شرکت ملی نفت ایران، ۱-۲، دی
5. Modak, N., J., Kalita, D., and Barua, P., B., "Minimization of Non Productive Time in Drilling Rig Operation" International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), Volume-44 Number-1 - February 2017.
6. Ngugi, P., K., "Risks and Risk Mitigation in Geothermal Development" Short Course VI on Utilization of Low- and Medium-Enthalpy Geothermal Resources and Financial Aspects of Utilization, organized by UNU-GTP and LaGeo, in Santa Tecla, El Salvador, March 23-29, 2014.
7. York, P., et al. "Eliminating Non-Productive Time Associated with Drilling Trouble Zones" Offshore Technology Conference, Houston, Texas, USA, 4-7 May 2009.