

# Određivanje geotermalnog potencijala na eksploatacijskom polju Obod-Lacići

---

**Fir, Lucija**

**Master's thesis / Diplomski 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:169:617046>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-27**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Diplomski studij naftnog rudarstva

**ODREĐIVANJE GEOTERMALNOG POTENCIJALA NA  
EKSPLOATACIJSKOM POLJU OBOD-LACIĆI**

Diplomski rad

Lucija Fir  
N399

Zagreb, 2024.

ODREĐIVANJE GEOTERMALNOG POTENCIJALA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU OBOD-  
LACIĆI

Lucija Fir

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

Sažetak

Zbog velike tranzicija svjetskih država, a tako i Europske Unije prema održivim i obnovljivim izvorima energije, u svrhu ostvarenja smanjenja emisija stakleničkih plinova, traže se nove i učinkovite tehnologije. Geotermalna energija predstavlja obnovljivi izvor energije, a temelji se na pridobivanju vode iz podinskog akvifera. Jedan od načina je revitalizacija naftnog polja, što predstavlja iskorištavanje postojeće tehnologije i opreme koja je korištena za pridobivanje nafte u svrhu pridobivanja geotermalne vode. U ovom radu je ispitan geotermalni potencijal eksploatacijskog polja Obod-Lacići.

Ključne riječi: Revitalizacija, geotermalna energija, geotermalni potencijal, ležište, vodonosnik

Diplomski rad sadrži: 69 stranica, 3 tablice, 16 slika i 8 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

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

Mentori: prof. dr. sc. Tomislav Kurevija, dipl. ing.

Pomagao pri izradi/komentor: viši asistent dr. sc. Marija Macenić, mag. ing. min.

Ocjenjivači: prof. dr. sc. Tomislav Kurevija, dipl. ing.  
prof. dr. sc. Daria Karasalihović Sedlar, dipl. ing.  
izv. prof. dr. sc. Luka Perković, dipl. ing.

DETERMINATION OF GEOTHERMAL POTENTIAL IN THE OBOD-LACIĆI EXPLOITATION FIELD

Lucija Fir

Thesis completed at: University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering  
Department of Petroleum and Gas Engineering and Energy  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

Due to the significant transitions of world countries, as well as the European Union, toward sustainable and renewable energy sources aimed at reducing greenhouse gas emissions, new and efficient technologies are being sought. Geothermal energy represents a renewable energy source, based on extracting water from underground aquifers. One method involves the revitalization of oil fields, which entails utilizing existing technology and equipment used for oil extraction to extract geothermal water. This thesis examines the geothermal potential of the Obod-Lacići exploitation field.

Keywords: Revitalization, geothermal energy, geothermal potential, reservoir, aquifer

Thesis contains: 69 pages, 3 tables, 16 figures and 8 references.

Original in: Croatian

Archived in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisors: Full Professor Tomislav Kurevija, PhD

Tech. assistance: Marija Macenić, PhD

Reviewers: Full Professor Tomislav Kurevija, PhD  
Full Professor Daria Karasalihović Sedlar, PhD  
Assoc. Prof. Luka Perković, PhD

## SADRŽAJ

<b>POPIS SLIKA</b> .....	<b>IV</b>
<b>POPIS TABLICA</b> .....	<b>V</b>
<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GEOLOŠKI PREGLED POLJA</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1. Geografski položaj eksploatacijskog polja Obod-Lacići</b> .....	<b>2</b>
<b>2.2. Povijest istraživanja i bušenja na eksploatacijskom polju Obod-Lacići</b> .....	<b>2</b>
<b>2.3. Litologija eksploatacijskog polja Obod – Lacići</b> .....	<b>3</b>
2.3.1. Ležište Lacići – 1 .....	3
2.3.2. Ležište Lacići – 1a .....	3
2.3.3. Ležište Lacići – 2a .....	3
2.3.4. Ležište Lacići – 2c .....	4
2.3.5. Ležišta "E" serije .....	4
<b>3. PREGLED BUŠOTINA</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1. Obod - 1</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2. Obod - 2</b> .....	<b>7</b>
<b>3.3. Obod – 3</b> .....	<b>8</b>
<b>3.4. Obod – 4</b> .....	<b>9</b>
<b>3.5. Obod – 5</b> .....	<b>9</b>
<b>3.6. Obod – 6</b> .....	<b>10</b>
<b>3.7. Obod – 7 i Obod – 7 <math>\alpha</math></b> .....	<b>10</b>
<b>3.8. Obod – 8</b> .....	<b>11</b>
<b>3.9. Obod – 9</b> .....	<b>12</b>
<b>3.10. Obod – 10 i Obod – 10 ReEntry</b> .....	<b>13</b>
<b>3.11. Obod - 11</b> .....	<b>14</b>
<b>3.12. Obod – 12</b> .....	<b>15</b>
<b>3.13. Obod – 13</b> .....	<b>15</b>
<b>3.14. Obod – 14 i Obod – 14 <math>\alpha</math></b> .....	<b>16</b>
<b>3.15. Obod – 15</b> .....	<b>17</b>
<b>3.16. Obod – 16</b> .....	<b>17</b>
<b>3.17. Obod – 17 i Obod – 17 <math>\alpha</math></b> .....	<b>18</b>
<b>3.18. Obod – 18 i Obod – 18 <math>\alpha</math></b> .....	<b>19</b>
<b>3.19. Obod – 19 i Obod – 19 <math>\alpha</math></b> .....	<b>20</b>

3.20.	Obod – 20.....	21
3.21.	Obod – 21.....	21
3.22.	Obod – 22.....	22
3.23.	Obod – 24.....	23
3.24.	Obod – 25.....	24
3.25.	Obod – 26 i Obod – 26 $\alpha$ .....	25
3.26.	Obod – 28 i Obod – 28 $\alpha$ .....	26
3.27.	Obod – 30.....	27
3.28.	Obod – 31.....	28
3.29.	Obod – 32.....	28
3.30.	Obod – 33.....	29
3.31.	Obod – 34.....	30
3.32.	Obod – 35 i Obod – 35 $\alpha$ .....	31
3.33.	Obod – 36 i Obod – 36 $\alpha$ .....	32
3.34.	Obod – 37 K, Obod – 37 i Obod – 37 $\alpha$ .....	33
3.35.	Obod – 38.....	35
3.36.	Obod- 39 .....	36
3.37.	Obod – 40, Obod – 40 $\alpha$ i Obod – 40 $\beta$ .....	36
3.38.	Obod – 41.....	38
3.39.	Obod – 42 i Obod - 42 $\alpha$ .....	39
3.40.	Obod – 43.....	40
3.41.	Obod – 44 i Obod – 44 $\alpha$ .....	41
3.42.	Obod – 45 i Obod – 45 $\alpha$ .....	42
3.43.	Obod – 46.....	43
3.44.	Obod – 47.....	44
3.45.	Obod – 48.....	44
3.46.	Obod – 49.....	45
3.47.	Lacići – 1 i Lacići – 1 $\alpha$ .....	46
3.48.	Lacići – 1 Sjever .....	47
4.	<b>ODREĐIVANJE GEOTERMALNOG POTENCIJALA IZ PODINSKOG VODONOSNIKA NAFTNO-PLINSKOG POLJA .....</b>	<b>48</b>
4.1.	Određivanje prosječnih vrijednosti parametara na polju .....	59
4.2.	Well performance proračun ležišnih karakteristika .....	61

<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>68</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>69</b>

## POPIS SLIKA

Slika 2-1 Geografski položaj eksploatacijskog polja Obod - Lacići .....	2
Slika 2-2 Izvadak iz strukturne karte po krovini karbonata (Lacići-1 i Lacići-1a) .....	5
Slika 3-1 Položaj bušotina na eksploatacijskom polju Obod .....	6
Slika 4-1 Geološki profil bušotine Ob-35, Ob-35 $\alpha$ i Ob-16 (ležišta Lacići-1 i Lacići-1a) .	49
Slika 4-2 Položaj bušotina koje imaju potencijal na EPU Obod .....	59
Slika 4-3 Unos podataka o sustavu u program WellPerform .....	62
Slika 4-4 Unos podataka o karakteristikama fluida.....	62
Slika 4-5 Unos podataka o ležišnim karakteristikama.....	62
Slika 4-6 Unos podataka o konstrukciji bušotine .....	63
Slika 4-7 Unos podataka o perforacijama intervala.....	63
Slika 4-8 Unos podataka o padovima tlaka u cjevovodu.....	63
Slika 4-9 Unos podataka za pad temperature pri protjecanju fluida.....	64
Slika 4-10 Graf analize dinamičkog tlaka i protoka dobiven u WellPerform programu.....	64
Slika 4-11 Graf analize dinamičkog tlaka i protoka za propusnosti od 30, 50 i 70 mD u WellPerform programu.....	65
Slika 4-12 Graf analize dinamičkog tlaka i protoka za debljine ležišta od 50, 70 i 90 m u WellPerform programu.....	66
Slika 4-13 Položaj bušotina proizvodno-utisnog para.....	67



## **POPIS TABLICA**

Tablica 4-1 Potencijalne bušotine u svrhu revitalizacije .....	50
Tablica 4-2 Određivanje geotermalnog gradijenta .....	60
Tablica 4-3 Prosječni parametri polja.....	61

## 1. UVOD

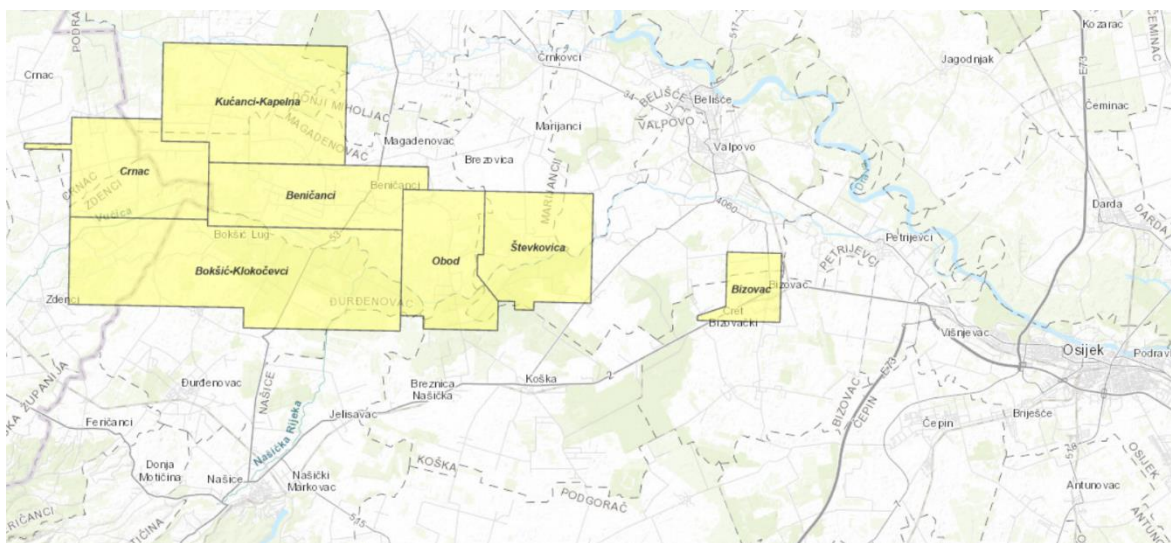
Proizvodnja nafte i plina igra veliku ulogu na energetsom sektoru, kako u svijetu tako i u Republici Hrvatskoj gdje se nafta, kondenzat i plin eksploatiraju s 56 eksploatacijska polja na kopnu i Jadranu. Pored 43 naftno-plinska polja, postoje 11 plinskih polja i 7 istražnih prostora. Naša najveća naftna polja su Beničanci, Ivanić, Stružec, Šandrovac i Žutica, a plinska Kalinovac, Molve, Gola, Okoli i Stari Gradac (Agencija za ugljikovodike [AZU], n.d.). Osim što Republika Hrvatska unazad nekoliko godina bilježi pad proizvodnje ugljikovodika zbog čega je mnogo bušotina od kraja 20. stoljeća likvidirano, zelena politika Europske Unije potiče odmak od korištenja fosilnih goriva te inicira proizvodnju energije iz održivih i obnovljivih izvora energije. Panonski dio Republike Hrvatske izrazito je pogodan za proizvodnju energije iz geotermalnih izvora, a tome u prilog ide činjenica da geotermalni gradijent u panonskom bazenu iznosi  $0,049^{\circ}\text{C}/\text{m}$  te je isti čak za 60% viši od europskog prosjeka (Plan razvoja geotermalnog potencijala Republike Hrvatske do 2030. godine, 2022) čija je srednja vrijednost  $0,03^{\circ}\text{C}/\text{m}$ . Mohorovičićeva dubina diskontinuiteta u Panonu iznosi 28 km (za usporedbu, u Dinaridima iznosi oko 50 km) (Kurevija i Macenić, 2022). Pridobivanje energije iz geotermalnih izvora rezultira emisijom stakleničkih plinova, no te emisije su generalno vrlo male u usporedbi s emisijama koje nastaju proizvodnjom energije iz konvencionalnih izvora poput nafte i plina. Veliki broj dubokih bušotina u panonskom dijelu Hrvatske su likvidirane jer nisu nabušile ugljikovodicima zasićene slojeve i serije ili su jednostavno tijekom eksploatacije ugljikovodika zavodnjene. Upravo takve bušotine mogu biti izrazito korisne u energetskej tranziciji prema obnovljivim izvorima energije jer ih je moguće iskoristiti u geotermalne svrhe. Revitalizacija tih bušotina predstavlja inovativnu i održivu uporabu postojeće infrastrukture za proizvodnju čiste, prihvatljive energije u skladu sa stajalištima Europske Unije prema fosilnim gorivima, koja naglašava potrebu za smanjenjem njihove uporabe zbog suočavanja s klimatskim promjenama, poboljšanjem energetske učinkovitosti i postizanjem održive i niskougljične budućnosti.

Ovaj diplomski rad izrađen je u svrhu pregleda eksploatacijskog polja Obod-Lacići, kako bi se analizom petrofizikalnih svojstava ležišta i rezultata testiranja bušotina iz dokumentacije prikupljene od Agencije za ugljikovodike, utvrdila mogućnost iskorištavanja i revitalizacije bušotina na ovom polju u geotermalne svrhe.

## 2. GEOLOŠKI PREGLED POLJA

### 2.1. Geografski položaj eksploatacijskog polja Obod-Lacići

Eksploatacijsko polje Obod-Lacići nalazi se u Osječko-Baranjskoj županiji na području grada Valpova i manjim dijelom grada Našice te općina Magadenovac, Đurđenovac, Koška i Marijanci. Istočno od polja Obod-Lacići nalazi se naftno polje Beničanci kako je prikazano na Slici 2-1.



Slika 2-1 Geografski položaj eksploatacijskog polja Obod - Lacići (AZU, n.d.)

### 2.2. Povijest istraživanja i bušenja na eksploatacijskom polju Obod-Lacići

Početak bušenja prve istražne bušotine Ob-1 započeo je 16. kolovoza 1966. godine na temelju seizmičkih istraživanja čija je interpretacija pokazala da se na polju Obod nalazi zatvorena strukturna forma – antiklinala. Cjelovitost strukture razbijena je poprečnim rasjedom na istočnom dijelu antiklinale te je taj dio strukture znatno spušten. Morfološki, to je ravnica s prosječnom nadmorskom visinom oko 96 m.

Ležišta naftno-plinskog polja Obod-Lacići formirana su u nekoliko zasebnih strukturno tektonskih cjelina i izdvojenih u tri stratigrafska nivoa:

- Siltozni pješčenjaci gornjeg panona (ležište "C<sub>2</sub>")
- Karbonati kredne (ležište "Lacići-1") i donjomiocenske (ležište "Lacići-1a") starosti
- Sedimentno-eruptivni kompleks stratigrafski nedeterminiran (ležišta "Lacići-2a", "Lacići-2b" i "Lacići-2c").

1979. godine izbušena je bušotina Ob-10, sjeverno od tada utvrđenog naftno-plinskog polja Obod te je tom bušotinom otkriveno naftno polje Obod-Lacići. Pridobivanje nafte iz

polja Obod započelo je 1975. godine, dok iz naftnog polja Obod-Lacići pridobivanje započinje izradom bušotine Ob-10 1979. godine.

### **2.3. Litologija eksploatacijskog polja Obod – Lacići**

Akumulacija nafte nalazi se u kataklaziranim i zdrobljenim eruptivima (ležišta Lacići-2a i Lacići-1), raspucanim karbonatnim stijenama donje kredne starosti (Lacići-1) te u miocenskim brečama (Lacići-2b, Lacići-1 i Lacići-1a), a na Slici 2-2 u nastavku teksta prikazane su bušotine koje su nabušile karbonate u ležištima Lacići-1 i Lacići 1-a. Manja akumulacija nafte utvrđena je i u banatika naslagama na istočnom dijelu polja (Obod-10). Na južnom dijelu polja, nafta je akumulirana u "E" seriji u naslagama miocenske starosti, a koje su izgrađene od lapora i pješčenjaka.

#### **2.3.1. Ležište Lacići – 1**

Ležište Lacići-1 je, prema geološkim analizama, razdijeljeno na četiri tektonska bloka uslijed djelovanja reverznih rasjeda. U prva dva bloka (obuhvaćaju bušotine Ob-48, Ob-37a, Ob-32, Ob-16) nalaze se kolektorske stijene miocenske starosti koje su formirane od karbonatnog materijala, uglavnom dolomita, s manjim udjelom vapnenca. Treći blok (uključuje bušotine Ob-31, Ob-34, Ob-36a) karakteriziraju kolektorske stijene različite starosti i sastava, pri čemu se za središnji dio pretpostavlja da se sastoji od tektonski fragmentiranih donjokrednih karbonatnih slojeva. Južni dio ležišta u trećem bloku (Ob-31) čini zdrobljeni tektonizirani kristalin. Područje oko bušotine Ob-46 karakteriziraju nealterirane karbonatne naslage koje nemaju kolektorska svojstva. U četvrtom bloku (Ob-43) prisutne su pukotine i breče u intruzivnim stijenama. Tuf predstavlja izolator stijenu između ležišta "Lacići-1" i "Lacići-2".

#### **2.3.2. Ležište Lacići – 1a**

Ležište je razvijeno u dolomitnim brečama donjeg miocena. Breča je sastavljena od fragmenata mikrokristalastog dolomita povezanog dolomitnim cementom. Ležište sadrži podinski vodonosnik koji je nalazi ispod naftnog zasićenja.

#### **2.3.3. Ležište Lacići – 2a**

Ležište se razvilo unutar serije eruptivno-sedimentnih stijena, praćeno erozijskom diskordancijom. Sastoji se od dvije različite litološke cjeline. Gornji dio karakteriziraju heterogeni brečokonglomerati i krupnozrni, a donji, primarni dio ležišta sastavljen je od

različito razlomljenog andezit-bazalta, pri čemu se na dnu bušotine otkriva značajna zdrobljena zona. Ležišne stijene, koje variraju u starosti i porijeklu, dijele zajedničku karakteristiku sekundarnog poroziteta. U periodu kada su se taložile heterogene breče, andeziti su već bili podvrgnuti višestrukim snažnim deformacijama. Pokrovne stijene, sive do tamnosive lapore gornjopanonske starosti, transgresivno se naslanjaju na heterogene breče gornjeg dijela ležišta.

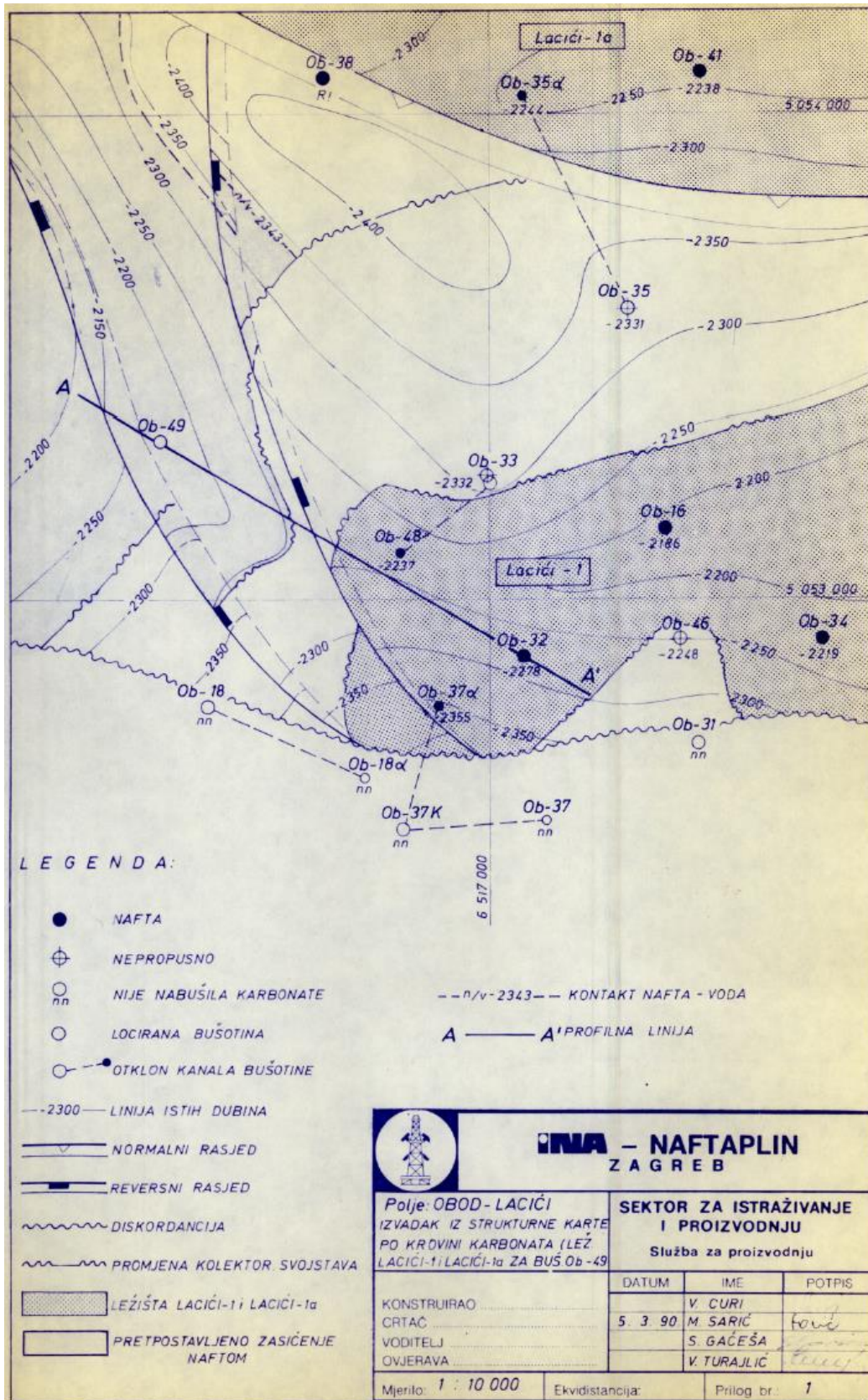
#### 2.3.4. Ležište Lacići – 2c

Lacići-2c može biti razvijeno u različitoj litologiji: u polimiktnim brečama (Ob-30, Ob-31), u kataklaziranom i izmijenjenom intruzivu (Ob-34), u polimiktnoj i andezitnoj breči (Ob-10) itd.

#### 2.3.5. Ležišta "E" serije

"E" serija izgrađena je od vapnenih, sivih, tamnosivih, sivosmeđih lapora s tankim proslojcima sviog sitnozrnog do srednjezrnog čvrstovezanog pješčenjaka. Kolektorska karakteristika "E" serije su pukotine unutar lapora nastale uslijed tektonike.

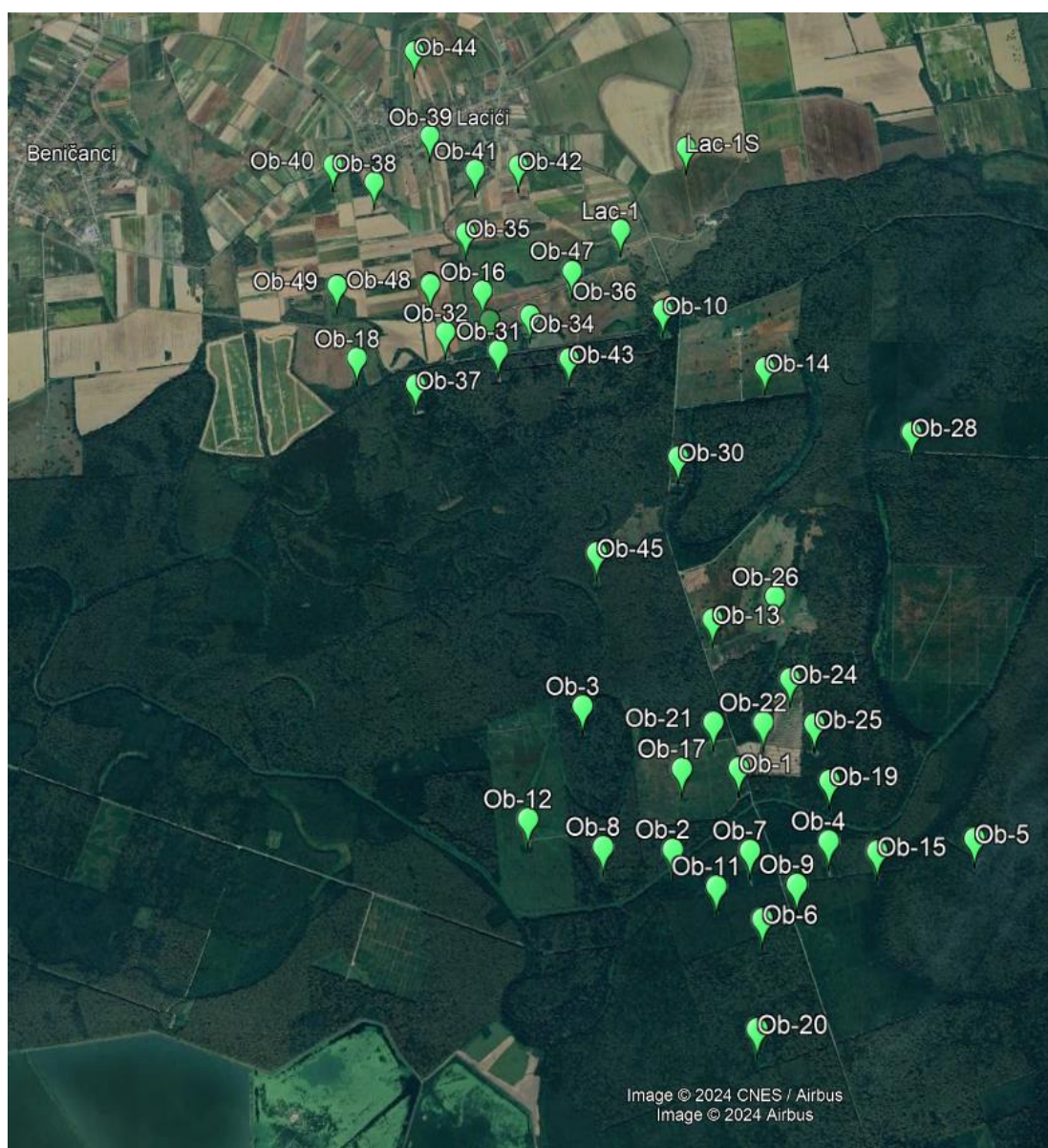




Slika 2-2 Izvadak iz strukturne karte po krovini karbonata (Lacići-1 i Lacići-1a) (AZU, 1990)

### 3. PREGLED BUŠOTINA

Na eksploatacijskom polju Obod nalaze se 63 bušotine, a u ovom poglavlju je dan pregled položaja (Slika 3-1), konstrukcija i testiranja svih bušotina koje se nalaze na tom polju. Korištena dokumentacija za pregled u svrhu određivanja geotermalnog potencijala ovog polja je interna dokumentacija Agencije za ugljikovodike.



**Slika 3-1** Položaj bušotina na eksploatacijskom polju Obod (Google Earth, vlastita grafika 2024)



### 3.1. Obod - 1

Bušotina Obod-1, izbušena 1967. godine, dosegla je dubinu od 2842,0 m prema bušačim šipkama, dok po EKD mjerenju dubina bušotine iznosi 2845,0 m. Maksimalna izmjerena temperatura na dnu bušotine je 122°C. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,518\,772,58$$

$$x = 5\,049\,554,47$$

$$h = 94,25 \text{ m.}$$

Tijekom izrade bušotine izvršena su dva Drill stem test (dalje u tekstu: DST) mjerenja u raspucanim laporima:

1. U intervalu 2510,0 – 2541,0 m, gdje su dobiveni gorivi plin i 3,5 m<sup>3</sup> nafte.
2. U intervalu 2540,4 – 2623,5 m, gdje je dobiven plin i tragovi nafte.

Također su rađene operacije osvajanja i ispitivanja bušotine na raznim intervalima gdje su dobiveni dotoci nafte.

Bušotina je bila u proizvodnji od 1975. do 1989. godine kada je zatvorena zbog velikog udjela vode u proizvodnji, a današnji status bušotine je mjerna. Raskrivena su ležišta E (E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>, E<sub>5</sub>). U bušotinu su ugrađene uvodna, tehnička, druga tehnička i proizvodna kolona zaštitnih cijevi, a cementni čep se nalazi na dubini od 2507,58 m.

### 3.2. Obod - 2

Bušotine Obod-2 izbušena je 1969. godine po bušačim šipkama do 2926,9 m, a po EKD mjerenju do 2929 m. Koordinate bušotine su:

$$y = 6\,518\,170$$

$$x = 5\,049\,150$$

$$h = 95 \text{ m}$$

Tijekom bušenja izvršena su dva DST mjerenja u raspucanim laporima:

- U intervalu 1895,8 – 1916,4 m je dobiveno 0,25 m<sup>3</sup> zaplunjene isplake
- U intervalu 2142,4 – 2180,6 m je dobiveno 0,45 m<sup>3</sup> zaplunjene isplake kao i slabi tragovi plina i nafte.

Izmjerena temperatura na dnu bušotine iznosi 132°C. Zasićenje ugljikovodicima utvrđeno je bituminološko-luminiscentnim analizama unutar Valpovačke i Vukovarske formacije.

U bušotini su ugrađene zaštitne cijevi i to

- uvodna kolona (13 3/8") duljine 0,0 – 253,0 m te je cementirana do ušća,



- tehnička kolona (9 5/8") duljine 0,0 – 1646,0 m također cementirana do ušća,
- liner (7") duljine 1532,0 – 1975,0 m, cementiran po cijeloj dužini.

Cementno dno se nalazi na dubini od 1838,41 m. Bušotina je napunjena vodom, a tubing je izvađen. Položen je cementni čep na intervalu od 100,0-150,0 m, a vrh cementnog čepa nakon sušenja nađen je na dubini od 104 m. Skinut je erupcijski uređaj i bušotinska glava, a navrnutu je zaštitna kapa na kolonu 9 5/8" i time je bušotina likvidirana.

### 3.3. Obod – 3

Bušotina Obod-3 izbušena je 1972. godine po bušačim šipkama do 3045,1 m, a po EKD mjerenju do 3049,0 m. Koordinate bušotine su:

$$y = 6\,517\,747,1$$

$$x = 5\,050\,116$$

$$h = 93,34 \text{ m}$$

Maksimalna temperatura na dnu bušotine iznosi 134°C, a za vrijeme bušenja izvršena su četiri DST ispitivanja bušotine:

- U intervalu 2524,9 – 2541,0 m u laporovitom vapnencu, dobiveno je 0,06 m<sup>3</sup> isplake s tragovima nafte
- U intervalu 2522,7 – 2541,0 m u laporovitom vapnencu, dobiveno je 0,4 m<sup>3</sup> isplake s tragovima plina i slabim tragovima nafte.
- U intervalu 2620,1 – 2637,7 m u laporovitom vapnencu, dobiveno je 0,33 m<sup>3</sup> zaplunjene isplake s tragovima nafte.
- U intervalu 2942,6 – 2952,8 m u polimiktnoj breči dobiveno je 0,33 m<sup>3</sup> zaplunjene isplake i tragovi nafte.

Tragovi ugljikovodika utvrđeni su unutar Vukovarske formacije, a litostratigrafske jedinice kroz koje bušotina prolazi su:

U bušotinu su ugrađene zaštitne cijevi i to:

- Uvodna kolona (13 3/8" ) od 317 m do ušća bušotine
- Tehnička kolona (9 5/8") od 2194 m do ušća bušotine
- Liner (5 1/2" ) od 3045 m do ušća bušotine.

Prilikom likvidacije bušotine, postavljen je cementni čep čiji je vrh pronađen na 98,0 m. Skinut je erupcijski uređaj i zablindirana je kolona 9 5/8" čeličnom pločom. 2019. godine doneseno je rješenje o brisanju naftno-rudarskog objekta – bušotine Obod-3, na eksploatacijskom polju ugljikovodika "Obod".

### 3.4. Obod – 4

Bušotina Obod – 4 izbušena je 1973. godine do dubine 2932,2 m (po bušaćim šipkama), odnosno 2937,0 m (po EKD). Približne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,519\,140$$

$$x = 5\,048\,920$$

$$h = 96 \text{ m}$$

Maksimalna temperatura na dnu bušotine iznosi 127°C po EKD, a za vrijeme bušenja izvršeno je 5 DST ispitivanja bušotine:

- U intervalu 1793,0 – 1899,6 m gdje su dobiveni 1,3 m<sup>3</sup> isplake i manje količine plina.
- U intervalu 1981,3 – 1987,0 m gdje je dobiveno 14,0 m<sup>3</sup> nafte s većim količinama plina.
- U intervalu 2079,7 – 2068,2 m gdje je dobiveno 0,05 m<sup>3</sup> isplake.
- U intervalu 2174,4 – 2186,0 m gdje je dobiveno 12 m<sup>3</sup> nafte, 0,5 m<sup>3</sup> emulzije voda-isplaka kao i veće količine plina.
- U intervalu 2441,9 – 2453,3 m testiranje nije uspjelo zbog propuštanja pakera.

Bušotina Obod-5 zacijevljena je i to:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 246,0 m, cementirana do vrha.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1793,0 m, cementirana do vrha.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2335,0 m, cementirana do 1200,0 m.

### 3.5. Obod – 5

Bušotina Obod – 5 izbušena je 1974. godine do dubine 2887,2 m (po bušaćim šipkama), odnosno 2886,0 m (po EKD). Približne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,520\,370$$

$$x = 5\,048\,880$$

$$h = 92 \text{ m}$$

Maksimalna temperatura na dnu bušotine iznosi 124°C, a za vrijeme bušenja izvršena su 4 DST ispitivanja bušotine:

- U intervalu 2164,5 – 2178,0 m gdje su dobiveni 0,2 m<sup>3</sup> isplake i slabi tragovi plina
- U intervalu 2356,5 – 2369,0 m gdje je dobiveno 0,15 m<sup>3</sup> isplake sa slabim tragovima plina

- U intervalu 2572,7 – 2587,3 m gdje je dobiveno 0,18 m<sup>3</sup> emulzije nafta-isplaka kao i slabi tragovi plina.
- U intervalu 2864,6 – 2886,0 m gdje je dobiveno 0,2 m<sup>3</sup> isplake.

Bušotina Obod-5 zacijevljena je i to:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 263,02 m, cementirana do vrha.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1789,00 m, cementirana do vrha.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2780,0 m, cementirana do 1720,0 m.

Bušotina je napunjena vodom, ušće bušotine je likvidirano, a cementni mostovi postavljeni na intervalima: 94,5 – 151,0 m, 1660,0 – 1800,0 m, 2595,0 – 2605,0 m. Bušotinska glava je demontirana, a na ušće bušotine je postavljena zaštitna kapa. 2019. godine je zajedno s Obod-3, temeljem rješenja o brisanju naftno-rudarskog objekta obrisana iz Registra eksploatacijskih polja.

### 3.6. Obod – 6

Bušotina Obod – 6 izbušena je 1974. godine do dubine 3041,0 m (po bušačim šipkama), odnosno 3041 m (po EKD). Približne koordinate bušotine su:

$$y = 6\ 518\ 800$$

$$x = 5\ 048\ 548$$

$$h = 95,2\ \text{m}$$

Maksimalna temperatura na dnu bušotine iznosi 132°C. Za vrijeme bušenja izvršena su 3 DST ispitivanja bušotine:

- U intervalu 1976,0 – 1963,5 m gdje je dobiveno 0,5 m<sup>3</sup> isplake.
- U intervalu 2055-2068,5 m je testiranje neuspjelo zbog komunikacije iza pakera.
- U intervalu 2063,6- 2072 m testiranje također nije uspjelo zbog komunikacije iza pakera.

Bušotina Obod-6 zacijevljena je i to:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 262,2 m, cementirana do vrha.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1864,0 m, cementirana do vrha.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2305,0 m, cementirana do 1800,0 m.

### 3.7. Obod – 7 i Obod – 7 α

Bušotina Obod – 7 izbušena je 1974. godine do dubine 2227,7 m (po bušačim šipkama). Približne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,518\,773,62$$

$$x = 5\,049\,003,2$$

$$h = 94,45 \text{ m}$$

Za vrijeme bušenja izvršena su tri DST ispitivanja bušotine:

- U intervalu 1932,9 – 1942,7 m u latoru je dobiveno 0,06 m<sup>3</sup> isplake.
- U intervalu 2123,6 – 2135,8 m u latoru, došlo je do vrlo slabe manifestacije dotoka od samo 0,03 m<sup>3</sup> isplake bez tragova nafte i plina.
- U intervalu 1981,0 – 1991,6 m su jedva uočene manifestacije dotoka dok pojave plina na površini uopće nije bilo.

Bušotina je probušila naslage kvartara, levijantijskog i dacijskog kata, donjeg i gornjeg pontaa, gornjeg i donjen panona i krovinskog dijela miocena u kojem je došlo do prihvata bušaćih alatki zbog čega je daljnje bušenje obustavljeno na dubini od 2139,0 m. Tim događajem je uvjetovano skretanje kanala bušotine i bušenje Obod-7 $\alpha$ .

Obod-7 $\alpha$  usmjerena je bušotina izbušena 1975. godine. Konačna dubina bušotine po bušaćim šipkama iznosi 2496,0 m (Hv= 2430,13 m), dok po EK mjerenjima iznosi 2495,0 m (Hv= 2430,13 m). Maksimalna izmjerena temperatura na dnu bušotine iznosi 106,6°C. Tijekom izrade bušotine izvršeno je jedno DST mjerenje:

- U intervalu 1960,0 – 1990,0 m u sekundarno raspucanom latoru dobiveno je 0,9 m<sup>3</sup> isplake i 10,5 m<sup>3</sup> nafte. Također je došlo do pojave plina 6 minuta nakon aktiviranja tester ventila.

Bušotina je potvrdila postojanje industrijskih zasićenja naftom u naslagama "D" serije te je zacijevljena u intervalu 0,0 – 2484,0 m ( 5 ½" ).

### 3.8. Obod – 8

Bušotina Obod – 8 izbušena je 1975. godine te je dosegla dubinu od 2568,0 m (po bušaćim šipkama i EK mjerenjima). Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,517\,775,13$$

$$x = 5\,049\,164,69$$

$$h = 94,10 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura na dnu bušotine iznosi 118°C. Za vrijeme bušenja izvršena su dva DST ispitivanja bušotine:

- U intervalu 1887,75 – 1909,6 m gdje je dobiveno 0,6 m<sup>3</sup> isplake.
- U intervalu 2278,6 – 2288,0 dobiveno je 2,5 m<sup>3</sup> emulzije nafta-isplaka.

Bušotina Obod-8 zacijevljena je i to:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 223,0 m, cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1102,0 m, cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2565,5 m, cementirana do ušća.

Kanal bušotine je likvidiran. Postavljeni su cementni čepovi na dubinama 1300,0-1200,0 m i 150,0-50,0 m. Demontirana je bušotinska glava, odrezana kolona na dubini od 2,0 m i navaren zaštitni poklopac.

### 3.9. Obod – 9

Bušotina Obod – 9 izbušena je 1975. godine, a dosegla je dubinu od 2510,0 m (po bušačim šipkama) i 2511,0 m ( po EK mjerenjima). Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,519\,061,69$$

$$x = 5\,048\,739,65$$

$$h = 94,29 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura na dnu bušotine izmjerena tijekom bušenja iznosi 111°C, a izvršena su dva DST ispitivanja u bušotini i to "E" serija u miocenu:

- U intervalu 1992,5 – 2002,0 m gdje je dobiveno 0,15 m<sup>3</sup> isplake s manjom količinom plina.
- U intervalu 2119,1 – 2136 m testiranje je neuspjelo nakon što je paker u 37. minuti propustio.

Glavne pješćane serije odnosno ležišta zasićena ugljikovodicima su "D" serija u intervalu 1770,0 – 1919,0 m te "E" serija u intervalu 1937,0-2510,0 m. Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 222,1 m i zacementirana je do vrha.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1162,0 m i zacementirana je do vrha.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2290,0 m te je zacementirana do 1000,0 m.

Bušotina je likvidirana. Izvađena je oprema iz bušotine te je ugrađen goli niz tubinga. Postavljen je cementni most od 1400,0 – 1296,7 m te je pročišćena skreperom. Odrezana je kolona 5 1/2" na dubini od 750,0 m te je postavljen drugi cementni most 150,0-107,5 m. Bušotina je ispunjena vodom, ušće je sanirano i zatvoreno blindiranom kapom.

### 3.10. Obod – 10 i Obod – 10 ReEntry

Bušotina Obod – 10 izbušena je 1979. godine, a dosegla je dubinu od 2879,0 m (po bušaćim šipkama i po EK mjerenjima). Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,518\,664,16$$

$$x = 5\,052\,822,55$$

$$h = 92,67 \text{ m.}$$

Zbog prodora efuziva gornji panon nedostaje na ovoj bušotini, a vjerojatno nedostaje i donji dio donjeg panona. Maksimalna temperatura na dnu bušotine izmjerena tijekom bušenja iznosi 116,6 °C, a izvršena su tri DST ispitivanja u bušotini:

- U intervalu 2194,0 – 2213,0 m koji je bio neuspješan zbog propuštanja pakera.
- U intervalu 2185,3 - 2213,0 m dobiveno je 2 m<sup>3</sup> nafte. Plin se pojavio na površini nakon 52 minute od otvaranja testera.
- U testiranju u intervalu 2235,0 – 2259,0 m dobiveno je 2,5 m<sup>3</sup> nafte i 0,4 m<sup>3</sup> isplake.

Bušotina je ispunila zadatak jer je utvrđeno prisustvo nafte u najdubljem sloju "C" serije i krovini "E" serije te je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 214,9 m i zacementirana je do vrha.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1235,94 m i zacementirana je do vrha.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2673,0 m, cementirana do 1500,0 m.

Bušotina je likvidirana jer nije bila u mogućnosti proizvoditi ugljikovodike te je doneseno rješenje o brisanju bušotine iz eksploatacijskog polja Obod 2021. godine.

Usmjerena bušotina Obod – 10 ReEntry izbušena je 2005. godine, a dosegla je dubinu od 2738,0 m (vertikalna dubina 2269,16 m) (po bušaćim šipkama i po EK mjerenjima). Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,518\,664,16$$

$$x = 5\,052\,822,55$$

$$h = 92,67 \text{ m.}$$

Početak usmjeravanja je na dubini od 1253,0 m, a elementi usmjeravanja su sljedeći:

- Krovina "Lacići-2a":

$$H_x = 2333,0 \text{ m}$$

$$H_v = 2242,10 \text{ m}$$

$$A_z = 53,97^\circ$$

$$K_r = 57,33^\circ$$

$$L = 89,69 \text{ m}$$

- Dno bušotine

$H_x = 2738,00$

$H_v = 2269,16$  m

$A_z = 57,45^\circ$

$K_r = 91,75^\circ$

$L = 339,18$  m

Tijekom bušenja izvršeno je jedno DST mjerenje:

- U intervalu 2432,5 m – 2476,84 m bez pokazatelja dotoka na površini i bez dotoka u bušaću šipku, a izmjerena je temperatura od 111°C.

U bušotinu su ugrađene kolone zaštitnih cijevi:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 214,9 m i zacementirana je do vrha.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1235,94 m i zacementirana je do vrha.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2432,5,0 m i zacementirana je do 1500,0 m.

Ispitivanje bušotine nije dalo predviđene količine nafte te je napisan program likvidacije bušotine. Bušotina je dokumentom iz 2021. godine izbrisana s eksploatacijskog polja ugljikovodika "Obod" zajedno s bušotinom Obod-10.

### **3.11. Obod - 11**

Bušotina Obod – 11 izbušena je 1975. godine, a dosegla je dubinu od 2525,0 m (po bušaćim šipkama) i 2523,0 m ( po EK mjerenjima). Konačne koordinate bušotine su:

$y = 6\,518\,513,77$

$x = 5\,048\,802,92$

$h = 95,71$  m.

Maksimalna temperatura na dnu bušotine izmjerena tijekom bušenja iznosi 108°C, a izvršeno je jedno DST ispitivanje u bušotini i to "D" serije:

- U intervalu 1968,3 – 1981,0 m gdje se pojavio dotok isplake od 0,1 m<sup>3</sup>.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 207,75 m i zacementirana je do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1167,0 m i zacementirana je do ušća.
  - Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2325,0 m i zacementirana je do 1300 m.

Bušotina Obod-11 je naposljetku likvidirana, tijekom bušenja je utvrđen vrlo slab dotok, a otvaranjem novih intervala situacija se nije poboljšala stoga je odrezana zaštitna uvodna kolona te blindirana čeličnim limom i time su završeni radovi na bušotini Obod-11.

### 3.12. Obod – 12

Bušotina Obod – 12 izbušena je 1982. godine, a dosegla je dubinu od 2905,0 m (po bušačim šipkama) i 2906,0 m ( po EK mjerenjima). Konačne koordinate bušotine su:

$$y= 6\ 518\ 527,31$$

$$x= 5\ 049\ 385,69$$

$$h= 93,68\ \text{m.}$$

Maksimalna temperatura na dnu bušotine izmjerena tijekom bušenja iznosi 120°C, a izvršena su dva DST ispitivanja u bušotini:

- U intervalu 2102,38 – 2117,2 m gdje je dobiveno 0,02 m<sup>3</sup> slabo zapljinjene isplake.
- U intervalu 2755,4 – 2772,0 m gdje je u šipkama dobiveno 0,1 m<sup>3</sup> emulzije isplakanafta.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 207,75 m i zacementirana je do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1040,0 m i zacementirana je do ušća.

Bušotina Obod-12 je likvidirana. Postavljena su tri cementna mosta u sljedećim intervalima: 1950,0 – 1850,0, 1200,0 – 1300,0, 975,0 – 1075,0. Kanal i bušotinski radni prostor su napušteni prema pravilima rudarsko-naftne struke.

### 3.13. Obod – 13

Bušotina Obod – 13 izbušena je 1977. godine, a dosegla je dubinu od 3175,2 m (po bušačim šipkama) i 3175,0 m (po EK mjerenjima). Konačne koordinate bušotine su:

$$y= 6\ 518\ 728,17$$

$$x= 5\ 050\ 579,66$$

$$h= 93,48\ \text{m.}$$

Maksimalna temperatura na dnu bušotine izmjerena tijekom bušenja iznosi 130°C, a izvršena su dva DST ispitivanja u bušotini:

- U intervalu 2675,8 – 2687,0 m gdje je dobiveno 0,7 m<sup>3</sup> nafte, 0,3 m<sup>3</sup> isplake i plin.
- U intervalu 2885,7 – 2895,5 m nije došlo do dotoka fluida u bušaće šipke.



Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 215,89 m i zacementirana je do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1280,0 m i zacementirana je do ušća.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 3020,0 m i zacementirana je do 2000 m.

1978. godine provedeno je kiselinsko frakturiranje bušotine u cilju postizanja veće proizvodnje. Bušotina Obod-13 ima status mjerne bušotine.

### **3.14. Obod – 14 i Obod – 14 α**

Bušotina Obod – 14 izbušena je 1979. godine, a dosegla je dubinu od 2686,0 m (po bušačim šipkama) i 2694,0 m ( po EK mjerenjima). Konačne koordinate bušotine su:

$$y= 6\ 519\ 345,33$$

$$x= 5\ 052\ 301,63$$

$$h= 93,33\ \text{m.}$$

Maksimalna temperatura na dnu bušotine izmjerena tijekom bušenja iznosi 114°C te su izvršena dva DST ispitivanja u bušotini:

- U intervalu 2254,2 – 2266,0 m gdje se pojavio dotok isplake od 0,2 m<sup>3</sup>.
- U intervalu 2466,8 – 2491,0 m je dobiveno 0,1 m<sup>3</sup> isplake.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 219,44 m i zacementirana je do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1269,0 m i zacementirana je do ušća.

Bušotina Obod-14 je likvidirana. Nije ispunila očekivanja jer nije potvrdila predviđena zasićenja ugljikovodicima u "C" i "E" seriji. Postavljena su dva cementna čepa: 2200,0 – 2400,0 te 1270,0 – 1370,0 m.

Bušotina Obod – 14 α također je izbušena 1979. godine, a dosegla je dubinu od 2570,0 m (Hv= 2448 m) po bušačim šipkama te 2578,5 m (Hv=2456 m) po EK mjerenjima. Konačne koordinate bušotine su:

$$y= 6\ 519\ 345,33$$

$$x= 5\ 052\ 301,63$$

$$h= 93,33\ \text{m,}$$

dok je devijacija zadana podacima:

$$L= 468\ \text{m}$$

$$A= 339^{\circ}58'.$$

Maksimalna temperatura na dnu bušotine izmjerena tijekom bušenja iznosi 113°C te su izvršena dva DST ispitivanja u bušotini:

- U intervalu 2313,7 – 2324,0 m gdje se pojavio dotok od 0,06 m<sup>3</sup> isplake.
- U intervalu 2414,29 – 2433,0 m je dobiveno 1 m<sup>3</sup> isplake i 3 m<sup>3</sup> umjereno zaplunjene vode. Temperatura izmjerena tijekom testiranja iznosi 121,1°C.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 219,44 m i zacementirana je do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1269,0 m i zacementirana je do ušća.

Bušotina nije ispunila očekivanja i nije potvrdila predviđena zasićenja ugljikovodicima u "C" i "E" seriji te je likvidirana.

### **3.15. Obod – 15**

Bušotina Obod – 15 je izbušena 1975. godine, a dosegla je dubinu od 2650,0 m po bušačim šipkama te 2654,0 m po EK mjerenjima. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\ 519\ 640,79$$

$$x = 5\ 052\ 879,39$$

$$h = 92,33\ \text{m}.$$

Maksimalna temperatura na dnu bušotine izmjerena tijekom bušenja iznosi 112°C te su izvršena dva DST ispitivanja u bušotini:

- U intervalu 1972,4 – 1984,0 m gdje se pojavio dotok isplake od 0,02 m<sup>3</sup>.
- U intervalu 2376,9 – 2391,6 m je dobiveno 0,07 m<sup>3</sup> emulzije nafta – isplake i 0,07 m<sup>3</sup> isplake.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 229,86 m i zacementirana je do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1127,0 m i zacementirana je do ušća.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2631,0 m i cementirana je do 1300 m.

Bušotina je opremljena kao mjerna.

### **3.16. Obod – 16**

Bušotina Obod – 16 je izbušena 1982. godine, a dosegla je dubinu od 2893,0 m po bušačim šipkama te 2894,0 m po EK mjerenjima. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\ 517\ 370,52$$

$$x = 5\ 053\ 146,0$$

$$h = 93,82\ \text{m}.$$

Izvršeno je jedno DST ispitivanje u bušotini:

- U intervalu 2754,7 – 2767,0 m gdje nije došlo do pojave dotoka.
- U intervalu 2753,0 – 2767,7 m u efuzivu gdje dotok također nije ostvaren.  
Temperatura izmjerena prilikom ispitivanja iznosi 127°C (gradijent 4,6°C/100m).

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 187,88 m i zacementirana je do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1190,0 m i zacementirana je do ušća.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2864,5 m i zacementirana je do 1300,0 m.

Bušotina je opremljena kao mjerna bušotina.

### **3.17. Obod – 17 i Obod – 17 α**

Bušotina Obod – 17 je izbušena 1975. godine, a dosegla je dubinu od 2423,7 m po bušačim šipkama te 2416,0 m po EK mjerenjima. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,518\,379,64$$

$$x = 5\,049\,604,15$$

$$h = 94,24 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine je 108°C. Izvršena su tri DST ispitivanja u bušotini:

- U intervalu 2340,4 – 2349,7 m gdje su dobiveni plin i 0,13 m<sup>3</sup> isplake s tragovima nafte.
- U intervalu 2394,8 – 2413,8 m gdje je dobiveno 0,2 m<sup>3</sup> isplake.
- U intervalu 2414,6 – 2423,7 m u poremećenom laporu je dobiveno 0,2 m<sup>3</sup> isplake s tragovima nafte.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 208,15 m.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1155,0 m.

Zbog nedovoljno velikog kuta otklona bušotine odlučeno je bušenje novog kanala bušotine te se postojeći kanal likvidira postavljanjem cementnog čepa. Na dubini od 1813 m počinje bušenje novog kanala bušotine Obod – 17 α.

Obod - 17 α je izbušena 1975. godine, a dosegla je dubinu od 2730 m po bušačim šipkama te 2731,0 m po EK mjerenjima.

Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,518\,379,64$$

$$x = 5\,049\,604,15$$

$$h = 94,24 \text{ m.}$$

Tijekom bušenja izvršeno je DST testiranje:

- U intervalu 2442,0 – 2429,0 m gdje je dobiven plin i  $2,8 \text{ m}^3$  emulzije nafte i isplake.

Maksimalna temperatura na dnu bušotine iznosi  $126,1^\circ\text{C}$ , a bušotina je po završetku bušenja zacijevljena eksploatacijskom kolonom ( $5 \frac{1}{2}$ ") od 2725,0 m do ušća te je u statusu mjerne bušotine.

### **3.18. Obod – 18 i Obod – 18 $\alpha$**

Bušotina Obod – 17 je izbušena 1982. godine, a dosegla je dubinu od 2725,0 m po bušačim šipkama kao i po EK mjerenjima. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,516\,480,34$$

$$x = 5\,052\,776,50$$

$$h = 93,00 \text{ m.}$$

Izvršena su tri DST ispitivanja u bušotini:

- U intervalu 2394,8 – 2402,0 m nije bilo dotoka.
- U intervalu 2630,2 – 2647,0 m nije došlo do dotoka.
- U intervalu 2654,0 – 2682,7 m gdje također nije bilo dotoka.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona ( $13 \frac{3}{8}$ ") u intervalu od 0,0 – 177,5 m.
- Tehnička kolona ( $9 \frac{5}{8}$ ") u intervalu od 0,0 – 1102,0 m.

Pošto bušotina nije ispunila svoj zadatak, odnosno nije nabušila slojeve zasićene ugljikovodicima te je odlučeno skretanje prema plicem dijelu strukture u smjeru sjeveroistoka izradom bušotine Obod – 18  $\alpha$ .

Obod – 18  $\alpha$  izrađena je 1983. godine do dubine od 2688 m ( $H_v=2627,23 \text{ m}$ ) po bušačim šipkama te 2687 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,516\,480,34$$

$$x = 5\,052\,776,50$$

$$h = 93,00 \text{ m.}$$

Devijacija je zadana sljedećim parametrima, a skretanje je započeto na 1300m:

$$L = 354,30 \text{ m}$$

$$A = S\ 66^\circ\ 40' \text{ E.}$$

Tijekom izrade kanala bušotine izvršeno je jedno DST mjerenje :

- U intervalu 2559,8 – 2580,0 m međutim došlo je do propuštanja pakera je testiranje bilo neuspješno. Izmjerena temperatura sloja iznosi 110°C.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 179,0 m i zacementirana je do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1102,0 m i zacementirana je do ušća.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2589,0 m i zacementirana je do 2200,0 m.

Budući da je bušotina negativna, donesena je odluka o likvidaciji.

### **3.19. Obod – 19 i Obod – 19 α**

Bušotina Obod – 19 je izbušena 1975. godine, a dosegla je dubinu od 2298,0 m po bušačim šipkama kao i po EK mjerenjima. Konačne koordinate bušotine su:

$$y= 6\ 519\ 384,57$$

$$x= 5\ 049\ 384,74$$

$$h= 93,96\text{ m.}$$

Izvršeno je jedno DST ispitivanje u bušotini:

- U intervalu 2279,06 – 2298,0 m gdje je dobiveno 0,4 m<sup>3</sup> isplake bez tragova ugljikovodika.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 238,23 m.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1219,0 m.

Dio kanala bušotine je odlučeno likvidirati zbog nedozvoljeno velikog kuta otklona bušotine te je započeto bušenje novog kanala bušotine Obod – 19 α.

Obod – 19 α izbušena 1975. godine, a dosegla je dubinu od 2760,0 m po bušačim šipkama kao i po EK mjerenjima. Konačne koordinate bušotine su:

$$y= 6\ 519\ 384,57$$

$$x= 5\ 049\ 384,74$$

$$h= 93,96\text{ m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine je 118°C. Izvršeno je jedno DST ispitivanje u bušotini:

- U intervalu 2544,4 – 2523,8 m gdje je dobiveno 9 m<sup>3</sup> nafte i 0,36 m<sup>3</sup> isplake, kao i znatne količine plina.

Bušotina je zacijevljena proizvodnom kolonom (5 ½") u intervalu od 0,0 – 2715,0 m te je opremljena kao mjerna bušotina.

### **3.20. Obod – 20**

Bušotina Obod – 20 je izbušena 1979. godine, a dosegla je dubinu od 2308,0 m po bušačim šipkama i 2307,0 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,518\,662,83$$

$$x = 5\,047\,859,96$$

$$h = 95,2 \text{ m.}$$

Izvršena su dva DST testiranja:

- U intervalu 2176,23 – 2217,0 m paker nije izdržao te je testiranje u konačnici bilo neuspješno.
- U intervalu 2195,38 – 2217,0 m je dobiveno 0,5 m<sup>3</sup> slojne vode, saliniteta 18,13-21,06 g/l NaCl, i isplake.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 153,3 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1151,25 m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona (5 ½") u intervalu od 0,0 – 2242,0 m te je cementirana do 1319,57 m.

Donesena je odluka 2006. godine o likvidaciji same bušotine. Demontirana je bušotinska glava te je ušće blindirano zaštitnom kapom. Također 2019. godine određeno je rješenjem brisanje naftno-rudarskog objekta iz Registra eksploatacijskih polja.

### **3.21. Obod – 21**

Bušotina Obod – 21 je izbušena 1976. godine te je dosegla dubinu od 3137,45 m (Hv=2990,52 m) po bušačim šipkama i 3137,0 m (Hv=2990,07 m) po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,518\,638,81$$

$$x = 5\,049\,822,53$$

$$h = 93,63 \text{ m.}$$

Devijacija kanala zadana je sljedećim parametrima:

$$Hv = 2990,07 \text{ m}$$

$$L = 555,44$$

$$A = 307^{\circ}02'$$

Izvršeno je pet DST testiranja u raspucanom vapnenačkom laporu:

- U intervalu 2140,0 – 2157,8 m dobiveno je 0,415 m<sup>3</sup> plinizirane isplake s tragovima nafte.
- U intervalu 2610,0 – 2617,0 m je dobiveno 1,3 m<sup>3</sup> fluida emulzije nafta-isplaka i čiste nafte.
- U intervalu 2686,5 – 2719,7 m je došlo do dotoka 3 m<sup>3</sup> nafte uz pojavu plina.
- U intervalu 2803,0 – 2836,0 m se pojavilo 2,6 m<sup>3</sup> nafte uz 1 m<sup>3</sup> isplake. Do pojave plina došlo je nakon 9 minuta.
- U intervalu 2960,0 – 2985,7 m su ispitivane breče, a tijekom mjerenja dotok na površini nije manifestiran.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 230,29 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1200,5 m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 3072,0 m te je cementirana do 1500,0 m. Čep se nalazi na dubini od 3053,92 m.

Bušotina je od 1299,0 m bušena usmjereno, a zadani cilj je ispunila, stoga je zacijevljena proizvodnom kolonom. Danas ima status mjerne bušotine.

### **3.22. Obod – 22**

Bušotina Obod – 22 je izbušena 1975. godine te je dosegla dubinu od 2784,0 m po bušačim šipkama i 2786,0 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\ 518\ 984,7$$

$$x = 5\ 049\ 834,9$$

$$h = 93,47\ \text{m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 117,78°C, a izvršena su dva DST testiranja u poremećenom laporu:

- U intervalu 2554,0 – 2563,2 m dobiveno je 1,5 m<sup>3</sup> nafte uz 0,1 m<sup>3</sup> isplake. Plin se pojavio nakon 8 minuta od otvaranja testera.
- U intervalu 2357,8 – 2366,3 m gdje je dobiveno 1,7 m<sup>3</sup> nafte uz 0,28 m<sup>3</sup> isplake. Plin se pojavio na površini nakon 5 minuta od otvaranja testera.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 234,62 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1225,7 m te je cementirana do ušća.

- Proizvodna kolona (5 ½") u intervalu od 0,0 – 2784,5 m te je cementirana do 1450,0 m. Čep se nalazi na dubini od 2759,13 m.

Bušotina je nabušila naftom zasićene slojeve te je zacijevljena proizvodnom kolonom, a današnji status bušotine je proizvodna.

### 3.23. Obod – 24

Bušotina Obod – 24 je izbušena 1976. godine te je dosegla dubinu od 3131,9 m po bušaćim šipkama i 3132,0 m (Hv=3116,72 m) po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\ 519\ 210$$

$$x = 5\ 050\ 100$$

$$h = 94,0\ \text{m.}$$

Devijacija kanala zadana je sljedećim parametrima:

$$L = 112,9\ \text{m}$$

$$A = S\ 31^\circ$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 136°C, a izvršeno je četrnaest DST ispitivanja:

- U intervalu 2443,67 - 2493,6 m dobiveno je 1,4 m<sup>3</sup> izrazito plinizirane isplake.
- U intervalu 2527,7 – 2477,67 m gdje je dobiveno 0,7 m<sup>3</sup> isplake.
- U intervalu 2583,0 – 2571,1 m je došlo do propuštanja pakera te je time testiranje neuspješno.
- U intervalu 2599,5 – 2616,0 m gdje je dobiveno 0,4 m<sup>3</sup> isplake, 0,18 m<sup>3</sup> emulzije isplaka-nafta te plin.
- U intervalu 2610,3 – 2661,3 m dobiveno je 0,9 m<sup>3</sup> isplake.
- U intervalu 2651,64 – 2708,4 m gdje je dobiveno 0,8 m<sup>3</sup> izrazito plinizirane isplake.
- U intervalu 2655,13 – 2708,4 gdje je dobiveno 0,7 m<sup>3</sup> izrazito plinizirane isplake, a nakon 4 minute mjerenja došlo je do komunikacije kraj pakera.
- U intervalu 2652,38 – 2709,0 m gdje je dobiveno 0,3 m<sup>3</sup> malo plinizirane isplake, ali je nakon 53 minute mjerenja došlo do komunikacije kraj pakera.
- U intervalu 2752,6 – 2769,7 m gdje je dobiveno 0,02 m<sup>3</sup> isplake.
- U intervalu 2864,0 – 2878,3 m gdje je dobiveno 0,3 m<sup>3</sup> isplake, 1,0 m<sup>3</sup> nafte. Došlo je do manifestacije plina. Paker je propustio u drugom protoku nakon 13 minuta.
- U intervalu 2762,06 – 2817,0 m gdje je dobiveno 0,378 m<sup>3</sup> isplake s tragovima nafte i plina.



- U intervalu 2900,82 – 2927,8 m gdje je dobiveno 0,7 m<sup>3</sup> isplake.
- U intervalu 2764,26 – 2816,0 m gdje je došlo do propuštanja pakera 5 minuta nakon otvaranja testera. U Šipke je ušlo cca 1 m<sup>3</sup> isplake u kojoj je primijećen plin.
- U intervalu 2664,3 – 2751,0 m gdje je dobiveno 0,3 m<sup>3</sup> isplake.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 290,06 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 2320,84 m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 3072,5 m te je cementirana do 2000,0 m.

Danas bušotina ima status eksploatacijske bušotine.

### 3.24. Obod – 25

Bušotina Obod – 25 je izbušena 1976. godine te je dosegla dubinu od 3171,7 m (Hv=3048,92 m) po bušačim šipkama i 2171,5 m (Hv=3048,4 m) po EK mjerenju.

Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,519\,336,08$$

$$x = 5\,049\,774,03$$

$$h = 94,32 \text{ m.}$$

Devijacija kanala zadana je sljedećim parametrima:

$$Hv = 3048,92 \text{ m}$$

$$L = 472,68 \text{ m}$$

$$A = 88^{\circ}25'$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 137°C, a izvršeno je sedam DST ispitivanja:

- U intervalu 2685,0 – 2703,2 m je prilikom spuštanja testera došlo do nasjedanja na dubini od 2030 m.
- U intervalu 2684,0 – 2703,2 m gdje je također došlo do nasjedanja na istoj dubini.
- U intervalu 2985,96 – 2994,5 m je dobiveno 1,65 m<sup>3</sup> isplake te je nakon 14 minuta propustio paker.
- U intervalu 2980,75 – 2994,5 m gdje je dobiveno 1,2 m<sup>3</sup> isplake, ali je paker propustio nakon 20 minuta od otvaranja testera.
- U intervalu 3006,0 – 3016,0 m gdje je prilikom aktiviranja testera došlo do polaganog propadanja nivoa isplake u casingu, što daje naslutiti da se radi o vertikalnoj komunikaciji.

- U intervalu 3002,03 – 3020,0 m gdje je dobiveno 0,8 m<sup>3</sup> isplake s tragovima nafte uz pojavu plina.
- U intervalu 2691,38 – 2703,2 m gdje je dobiveno 0,2 m<sup>3</sup> isplake i 1,3 m<sup>3</sup> nafte, a nakon 8 minuta mjerenja došlo je do pojave plina

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 215,19 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1176,7 m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 3162,5 m, a cementirana do 1500,0 m.

Bušotina ima status eksploatacijske (proizvodne) bušotine.

### 3.25. Obod – 26 i Obod – 26 α

Bušotina Obod – 26 je izbušena 1977. godine te je dosegla dubinu od 3203,4 m po bušačim šipkama i 3200,6 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,519\,188,44$$

$$x = 5\,050\,675,63$$

$$h = 92,65 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 146°C, a izvršeno je jedno DST ispitivanje:

- U intervalu 2896,3 – 2910,0 m su prilikom mjerenja protoka na površini primijećeni neznatni znakovi dotoka u bušaće šipke.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 221,07 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1301,0 m te je cementirana do ušća.

Tijekom bušenja nije ustanovljeno bušenje glavne operativne serije "E" stoga je odlučeno bušenje prema povoljnijem dijelu strukture kanalom bušotine Obod – 26 α na dubini od 1351,0 m.

Bušotina Obod – 26 α je izbušena 1977. godine te je dosegla dubinu od 3133 m po bušačim šipkama i 3126,0 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,519\,188,44$$

$$x = 5\,050\,675,63$$

$$h = 92,65 \text{ m.}$$

Devijacija kanala zadana je sljedećim parametrima:

$$L = 578,38 \text{ m}$$

$$A = 157^{\circ}55'$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 123°C, a izvršeno je jedno DST ispitivanje:

- U intervalu 2787,6 – 2800,0 m je dobiveno 0,24 m<sup>3</sup> isplake s tragovima plina.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 221,07 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1301,0 m te je cementirana do ušća.

Bušotina nije ispunila zadatak budući da nisu nabušeni intervali "D" i "E" serije stoga je likvidirana kao negativna.

### 3.26. Obod – 28 i Obod – 28 α

Bušotina Obod – 26 je izbušena 1979. godine te je dosegla dubinu od 2690,0 m po bušačim šipkama i EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,520\,310$$

$$x = 5\,051\,690$$

$$h = 92,0 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 110°C, a izvršeno je četiri DST ispitivanja:

- U intervalu 2375,0 – 2385,5 m je tijekom testiranja izlazio zrak slabog intenziteta.
- U intervalu 2448,0 – 2521,0 m je dobiveno 8 m<sup>3</sup> slojne vode.
- U intervalu 2493,1 – 2521,0 m gdje je 16,5 m<sup>3</sup> slojne vode saliniteta 16,965 g/l NaCl kao i 2 m<sup>3</sup> isplake. Pojavili su se i tragovi plina na površini. Faktor oštećenja formacije (DR) iznosi 0,1989.
- U intervalu 2581,64 – 2598,0 m je propustio paker te su sprave za testiranje izvađene.
- U intervalu 2596,94 – 2613 m gdje je dobiveno 0,81 m<sup>3</sup> vode. Faktor oštećenja (DR) iznosi 1,75.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 197,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1303,0 m te je cementirana do ušća.

Bušotina je likvidirana kao negativna te je odlučeno izraditi usmjerenu bušotinu prema povoljnijem dijelu strukture "E" serije.

Bušotina Obod – 28 α je izbušena 1979. godine te je dosegla dubinu od 2983,0 m po bušačim šipkama i 2985,0 m po EK mjerenju.

Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,520\,310$$

$$x = 5\,051\,690$$

$$h = 92,0 \text{ m.}$$

Devijacija kanala zadana je sljedećim parametrima:

$$H_v = 2460,0 \text{ m}$$

$$L = 749 \text{ m}$$

$$A = 157^\circ$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi  $120^\circ\text{C}$ , a izvršeno je četiri DST ispitivanja:

- U intervalu 2796,0 – 2805,5 m nije bilo manifestacija na površini.
- U intervalu 2828,4 – 2846,0 m gdje je dobiveno  $3,5 \text{ m}^3$  isplake slabo emulgirane naftom. Došlo je do pojave plina na površini.
- U intervalu 2820,46 – 2846,0 m gdje su ispitane andenzitske breče i dobiveno je  $2 \text{ m}^3$  isplake s tragovima nafte. Na površini se pojavio plin.
- U intervalu 2899,06 – 2927,0 m gdje je dobiveno  $0,75 \text{ m}^3$  čiste isplake.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 117,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1303,0 m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2975,0 m.

2006. godine odlučeno je da se bušotine Obod-28 i Obod-28 $\alpha$  likvidiraju i trajno napusti radni prostor bušotina.

### **3.27. Obod – 30**

Bušotina Obod – 30 je izbušena 1981. godine te je dosegla dubinu od 3053,0 m po bušaćim šipkama i EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,518\,636,05$$

$$x = 5\,051\,745,99$$

$$h = 92,35 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi  $128^\circ\text{C}$ , a izvršeno je šest DST ispitivanja:

- U intervalu 2143,5 – 2164,0 m je dobiveno  $0,27 \text{ m}^3$  isplake.
- U intervalu 2619,0 – 2646,0 m paker nije držao.

- U intervalu 2611,0 – 2646,0 m gdje nije bilo dotoka. U toku bušenja od 2145,0-2150,0 m javljaju se gubici isplake 12 m<sup>3</sup>/3h. Nakon smanjenja težine gubici su prestali.
- U intervalu 2671,4 – 2692,0 m dva mjerenja nisu izvedena radi nasjedanja alata.
- U intervalu 2755,0 – 2790,5 m je doteklo 0,17 m<sup>3</sup> isplake u bušaće šipke.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 107,52 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1149,0 m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona ( 5 1/2" ) u intervalu od 0,0 – 2760,0 m.

Bušotina danas ima status mjerne bušotine.

### 3.28. Obod – 31

Bušotina Obod – 31 je izbušena 1981. godine te je dosegla dubinu od 2648,0 m po bušaćim šipkama i 2650,0 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,517\,436,2$$

$$x = 5\,052\,691,62$$

$$h = 92,92 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 116°C, a izvršeno je četiri

DST ispitivanja:

- U intervalu 2213,74 - 2233 m nije došlo do pojave dotoka.
- U intervalu 2421,19 – 2437 m također nije došlo do pojave dotoka.
- U intervalu 2453,55 – 2460,0 m je dobiveno 2 m<sup>3</sup> nafte. Faktor oštećenja formacije (DR) iznosi 4,2.
- U intervalu 22578,8 – 2586,0 m je dobiveno 0,08 m<sup>3</sup> isplake bez tragova ugljikovodika ili vode.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 172,5 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1192,0 m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona ( 5 1/2" ) u intervalu od 0,0 – 2645,0 m.

Bušotina Obod-31 danas ima status proizvodne bušotine.

### 3.29. Obod – 32

Bušotina Obod – 32 je izbušena 1983. godine te je dosegla dubinu od 2726,0 m po bušaćim šipkama i 2725,5 m po EK mjerenju.

Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,517\,068,51$$

$$x = 5\,052\,878,56$$

$$h = 92,74 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 115°C, a izvršena su dva DST ispitivanja:

- U intervalu 2364,6 – 2386,0 m je dobiveno 21 m<sup>3</sup> nafte. Izmjerena je temperatura od 120°C (gt=5,03°C/100m), a testiranje je vršeno u vapneno dolomitnim brečama.
- U intervalu 2462,0 – 2482,0 m gdje nije došlo do pojave dotoka.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 110,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1072,0 m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona ( 5 1/2" ) u intervalu od 0,0 – 2605,0 m.

Bušotina Obod-32 danas ima status proizvodne bušotine.

### 3.30. Obod – 33

Bušotina Obod – 33 je izbušena 1983. godine te je postigla dubinu od 2722,0 m po bušačim šipkama i 2721,0 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,516\,980$$

$$x = 5\,053\,260$$

$$h = 93,0 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 144°C, a izvršena su dva DST ispitivanja:

- U intervalu 2269,65 – 2296,0 m je dobiveno 0,25 m<sup>3</sup> isplake. Izmjerena temperatura na dubini 2296,0 iznosi 112°C
- U intervalu 2425,0 – 2436,0 m gdje nije došlo do pojave dotoka na površini. Izmjerena temperatura na 2434,0 m iznosi 123,8°C (gt= 5,08°C/100m).
- U intervalu 2495,85 – 2530,0 u bušačim šipkama dobiveno je 0,2 m<sup>3</sup> isplake, a izmjerena temperatura na dubini od 2526,5 m je 124°C (gt=4,9°C/100m).
- U intervalu 2546,0 – 2560,0 m nije došlo do dotoka fluida na površini, dok je izmjerena temperatura na dubini 2556,5 m 124°C (gt=4,88°C/100m).
- U intervalu 2484,21 – 2500,0 m gdje je u šipke doteklo 1,4 m<sup>3</sup> slojne vode saliniteta 5,58 g/l NaCl i 0,97 m<sup>3</sup> isplake. Ispitivana je stijena je breča miocenske starosti, a završni tlak protoka iznosi 31,03 bara dok je propusnost 1,511x10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup> prema

Hornerovoj metodi. Izmjerena temperatura na dubini 2497,0 m iznosi 121°C (gt=4,8°C/100m) dok je "skin" faktor 6,31.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 116,03 m te je cementirana do ušća.
  - Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1004,0 m te je cementirana do ušća.
2006. godine odlučeno je da se bušotina likvidira kao negativna.

### 3.31. Obod – 34

Bušotina Obod – 34 je izbušena 1984. godine te je dosegla dubinu od 2571,7 m po bušaćim šipkama i EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\ 517\ 730$$

$$x = 5\ 052\ 970$$

$$h = 93,0\ \text{m}.$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 113°C, dok je tijekom izrade bušotine izvršeno pet DST ispitivanja:

- U intervalu 2136,3 – 2156,0 m gdje je ispitivan pješčenjak za vrijeme mjerenja nije se pojavio dotok na površini. U bušaćim šipkama dobiveno je 0,25 m<sup>3</sup> isplake. Izmjerena temperatura na dubini 2154,2 iznosi 93,3°C.
- U intervalu 2302,0 – 2322,0 m u vapnenačkoj breči dobiveno je 22 m<sup>3</sup> zapljinjene nafte tijekom 2 sata. Završni tlak protoka iznosi 127,79 bar, a temperatura na dubini 2320,2 m 129,4°C (gt=5,6°C/100m). Dobivena propusnost je 31,28x10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>, a "skin" faktor 89,49.
- U intervalu 2368,0 – 2344,0 m gdje su ispitani laporoviti vapnenci dobiveno je 1 m<sup>3</sup> zapljinjene isplake na slabim tragovima nafte. Iz rezultata mjerenja dobivena je propusnost od 0,057x10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>. Izmjerena je temperatura na dubini 2355,0 m i iznosi 122,6°C (gt=5,2°C/100m).
- U intervalu 2392,3 - 2407,0 m je ispitivan efuziv gdje je dobiveno 5 m<sup>3</sup> nafte, 1,5 m<sup>3</sup> emulzije isplaka-nafta i 0,2 m<sup>3</sup> isplake. Izmjerena temperatura a dubini 2404,0 m iznosi 126,6°C (gt=5,35°C/100m).
- U intervalu 2455,0 – 2476,3 m tijekom ispitivanja breče miocenske starosti dobiveno je 0,19 m<sup>3</sup> isplake, a izmjerena slojna temperatura je 112°C (gt=4,6°C/100m).

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 176,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1191,0 m te je cementirana do ušća.

- Proizvodna kolona ( 5 ½" ) u intervalu od 0,0 – 2480,0 m.

Bušotina Obod-34 proizvodila je naftu do 1999. godine kada je prenamijenjena u mjernu bušotinu zbog velikog udjela vode u proizvodnji.

### **3.32. Obod – 35 i Obod – 35 α**

Bušotina Obod – 35 je izbušena 1984. godine te je dosegla dubinu od 2690,0 m po bušačim šipkama i EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y= 6\ 517\ 280$$

$$x= 5\ 053\ 530$$

$$h= 93,0\ \text{m}.$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 108°C, a izvršena su četiri DST ispitivanja:

- U intervalu 2614,3 – 2625,3 m prilikom otvaranja tester ventila paker nije držao.
- U intervalu 2635,5 – 2650,6 m je dobiveno 0,08 m<sup>3</sup> isplake s tragovima nafte, a izmjerena temperatura na dubini 2648,4 m iznosi 168°C (gt=6,3°C/100m).
- U intervalu 2535,7 – 2560,0 m testiranje nije uspjelo zbog propuštanja pakera.
- U intervalu 2547,5 – 2560,0 m zbog prihvata alata iznad testera testiranje je prekinuto. U bušačim šipkama je dobiveno 0,8 m<sup>3</sup> vode saliniteta 2,778 g/l NaCl i 0,4 m<sup>3</sup> isplake. Izmjerena je temperatura na dubini 2532,0 m i iznosi 144°C (g=4°C/100m).

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 177,5 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1182,0 m te je cementirana do ušća.

Bušotina Obod-35 nije ispunila svoj zadatak odnosno nije nabušila ležište Lacići-1 stoga je odlučeno da se iz istog kanala izbuši nova bušotina Ob-35 α.

Bušotina Ob-35 α izbušena je 1984. godine te je dosegla dubinu od 2624,0 m po bušačim šipkama i 2625,0 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y= 6\ 517\ 280$$

$$x= 5\ 053\ 530$$

$$h= 93,0\ \text{m}.$$

Devijacija kanala zadana je sljedećim parametrima:

$$L= 460,58\ \text{m}$$

$$A= 331^{\circ}14'$$



Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 116°C, a izvršeno je jedno DST mjerenje:

- U intervalu 2496,8 – 2507,0 m ispitivanjem vapneno dolomitne breče je dobiveno 25 m<sup>3</sup> nafte za 3 sata i 40 minuta uz gorivi plin. Izračunata propusnost, prema Ramey, Agarwal i Martinu, iznosi  $28,41 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ . Izmjerena temperatura sloja je 140,5°C.

Bušotina je zacijevljena:

- Proizvodna kolona ( 5 1/2" ) u intervalu od 0,0 – 2613,0 m.
- Danas bušotina Obod-35  $\alpha$  ima status proizvodne bušotine.

### 3.33. Obod – 36 i Obod – 36 $\alpha$

Bušotina Obod – 36 je izbušena 1985. godine te je dosegla dubinu od 2533,0 m po bušačim šipkama i EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\ 518\ 042,2$$

$$x = 5\ 053\ 204,64$$

$$h = 92,22\ \text{m}.$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 105°C, a izvršena su dva DST ispitivanja:

- U intervalu 2216,3 – 2241,0 m je dobiveno 0,8 m<sup>3</sup> slojne vode saliniteta 9,438 g/l NaCl, a donji dio vodenog stupca je bio zaplινjen. Propusnost izračunata prema Horneru iznosi  $1,3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , a "skin" faktor 4,33.
- U intervalu 2308,8 – 2318,0 m je dobiveno 0,10 m<sup>3</sup>.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 186,63 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1129,0 m te je cementirana do ušća.

Bušotina Obod-36 nije ispunila svoj zadatak pa je odlučeno da se iz istog kanala izbuši nova bušotina Ob-36  $\alpha$  prema strukturno povoljnijoj poziciji.

Bušotina Ob-36  $\alpha$  izbušena je 1985. godine te je dosegla dubinu od 2482,0 m po bušačim šipkama i 2484,0 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\ 518\ 042,2$$

$$x = 5\ 053\ 204,64$$

$$h = 92,22\ \text{m}.$$

Devijacija kanala zadana je sljedećim parametrima:

$H_v = 2290,27$  m

$L = 230,13$  m

$A = 290^{\circ}07'$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi  $133,3^{\circ}\text{C}$ , a izvršeno je jedno DST mjerenje:

- U intervalu  $2382,62 - 2407,0$  m je dobiveno  $0,9$  m<sup>3</sup> isplake, a izmjerena temperatura na dubini  $2378,38$  m iznosi  $133,3^{\circ}\text{C}$  ( $gt=5,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ).

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona ( $13 \frac{3}{8}$ ") u intervalu od  $0,0 - 186,63$  m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona ( $9 \frac{5}{8}$ ") u intervalu od  $0,0 - 1129,0$  m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona ( $5 \frac{1}{2}$ ") u intervalu od  $0,0 - 2425,0$  m.

Danas bušotina Obod-36  $\alpha$  ima status proizvodne bušotine budući da je nabušila ležište Laicići-1 u naftnom zasićenju.

### **3.34. Obod – 37 K, Obod – 37 i Obod – 37 $\alpha$**

Bušotina Obod – 37 K je izbušena 1984. godine te je dosegla dubinu od  $2768,0$  m po bušačim šipkama i EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$y = 6\,516\,815,77$

$x = 5\,052\,522,01$

$h = 93,0$  m.

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi  $124^{\circ}\text{C}$ , a izvršena su četiri DST ispitivanja:

- U intervalu  $2561,4 - 2575,0$  m je testiranje neuspjelo zbog propuštanja pakera. Izmjerena temperatura na dubini  $2572,8$  m iznosi  $110^{\circ}\text{C}$  ( $gt=4,27^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ).
- U intervalu  $2569,6 - 2582,0$  m je također došlo do propuštanja pakera, a temperatura na dubini  $2580,0$  m je  $110,5^{\circ}\text{C}$  ( $gt=4,28^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ).
- Ni u intervalu  $2631,2 - 2645,0$  m paker nije izdržao, dok je temperatura na dubini  $2641,5$  m izmjerena  $115,4^{\circ}\text{C}$  ( $gt=4,37^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ).
- U intervalu  $2718,05 - 2740,0$  m dobiveno je  $0,36$  m<sup>3</sup> isplake, a izmjerena temperatura na dubini  $2638,2$  m iznosi  $129^{\circ}\text{C}$  ( $gt=4,7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ).

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 193,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1188,0 m te je cementirana do ušća.

Bušotina Obod-37 K nije nabušila vapneno dolomitne breče ležišta Lacići-1 zbog toga je odlučeno skretanje bušotine na poziciju prema projektu bušotine Obod-37.

Bušotina Obod – 37 je usmjereno izbušena 1984. godine te je dosegla dubinu od 2626,0 m (Hv=2591,0 m) po bušačim šipkama i 2612 m (Hv=2577,0 m) po EK mjerenju.

Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,516\,815,77$$

$$x = 5\,052\,522,01$$

$$h = 93,0 \text{ m.}$$

Početak usmjeravanja kanala bušotine počinje na 1530,0 m te je devijacija kanala zadana sljedećim parametrima:

$$Hv = 2392,71 \text{ m}$$

$$L = 257,0 \text{ m}$$

$$A = 85^{\circ}46'$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 104°C, a izvršeno je jedno DST ispitivanje:

- U intervalu 2615,5 – 2626,0 m nije ostvaren dotok u bušaće šipke, a izmjerena temperatura na 2573,05 m vertikalne dubine iznosi 141°C (gt=5,5°C/100m).

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 193,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1188,0 m te je cementirana do ušća

Bušotina Obod-37 nije nabušila vapneno dolomitne breče ležišta Lacići-1 stoga je likvidirana kao negativna te je odlučeno bušenje kanala bušotine Obod-37  $\alpha$ .

Bušotina Ob-37  $\alpha$  izbušena je 1985. godine te je dosegla dubinu od 2609,0 m (Hv=2565,45 m) po bušačim šipkama i po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,516\,815,77$$

$$x = 5\,052\,522,01$$

$$h = 92,8 \text{ m.}$$

Devijacija kanala zadana sljedećim parametrima:

$$L = 295,67 \text{ m}$$

$$A = 17^{\circ}46'$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 110°C, a izvršena su tri DST ispitivanja:

- U intervalu 2486,0 – 2507,0 m gdje je dobiveno 26 m<sup>3</sup> nafte i 0,6 m<sup>3</sup> isplake. Završni izmjeren tlak protoka je 155,657 bara, a temperatura sloja na dubini 2505,0 m 132°C (gt=5,36°C/100m). Propusnost izračunata prema Hornerovoj metodi 57,53x10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>
- U intervalu 2592,03 – 2609,0 m paker nije držao. Temperatura izmjerena na dubini 2607,2 m (Hv=2563,0 m) iznosi 127°C (gt=4,8°C/100m).
- U intervalu 2587,83 – 2609,0 m je također došlo do propuštanja pakera dok je slojna temperatura na 2607,2 m (Hv=2563,0) 116°C.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 193,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1188,0 m te je cementirana do ušća
- Proizvodna kolona ( 5 1/2" ) u intervalu od 0,0 – 2609,0 m.

Bušotina je danas u statusu proizvodne bušotine.

### 3.35. Obod – 38

Bušotina Obod – 38 je izbušena 1984. godine te je dosegla dubinu od 2550,0 m po bušačim šipkama i EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\ 516\ 680$$

$$x = 5\ 054\ 070$$

$$h = 93,0\ \text{m}.$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 111°C, a izvršena su dva DST ispitivanja:

- U intervalu 2433,0 – 2416,24 m gdje je dobiveno 12 m<sup>3</sup> nafte i gorivi plin. Izmjerena temperatura iznosi 139°C, a propusnost prema Horneru 2,39x10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup> (7,20x10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup> za neoštećeno ležište). "Skin" faktor je 7,52.
- U intervalu 2456,5 – 2447,5 m testiranje je tehnički neuspjelo zbog propuštanja pakera. Temperatura na 2454,3 m izmjerena je 109°C.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 211,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1175,5 m te je cementirana do ušća
- Proizvodna kolona ( 5 1/2" ) u intervalu od 0,0 – 2505,0 m.

Danas je bušotina opremljena kao mjerna bušotina.

### 3.36. Obod- 39

Bušotina Obod – 39 je izbušena 1984. godine, a dosegla je dubinu od 2586,0 m po bušačim šipkama i 2588,0 m EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y= 6\ 517\ 100$$

$$x= 5\ 054\ 370$$

$$h= 93,0\ \text{m}.$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 112°C, a izvršeno je jedno DST ispitivanje:

- U intervalu 2371,0 – 2384,0 m ispitivanjem dolomitnih breča dobiveno je 11 m<sup>3</sup> nafte i gorivi plin. Slojna temperatura iznosi 126°C (gt=5,3°C/100m), a završni tlak protoka 203,0 bara.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 171,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1164,0 m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona ( 5 1/2" ) u intervalu od 0,0 – 2470,0 m.

Bušotina je opremljena kao mjerna bušotina.

### 3.37. Obod – 40, Obod – 40 $\alpha$ i Obod – 40 $\beta$

Bušotina Obod – 40 je izbušena 1985. godine te je dosegla dubinu od 2647,0 m po bušačim šipkama i EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y= 6\ 516\ 375$$

$$x= 5\ 054\ 245$$

$$h= 94,0\ \text{m}.$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 145°C, a izvršeno je jedno DST ispitivanje:

- U intervalu 2391,6 – 2412,0 testiranjem breča miocenske starosti dobiveno je 18,5 m<sup>3</sup> slojne vode saliniteta 15,194 g/l NaCl. Iz proračuna izračunavanja slojnih karakteristika metodom Ramey, Agarwal u Martina, proizlazi da je propusnost 134,74x10<sup>-3</sup>  $\mu\text{m}^2$ , a temperatura izmjerena na dubini 2411,0 m iznosi 134°C (gt=5,5°C/100m). Završni tlak protoka iznosi 199,95 bara.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 202,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1178,0 m te je cementirana do ušća.

Bušotina Ob-40 nije nabušila ležište Lacići-1 u naftnom zasićenju pa je odlučeno iz istog kanala izbušiti novu bušotinu Obod-40 $\alpha$ .

Bušotina Ob-40  $\alpha$  izbušena je 1985. godine te je dosegla dubinu od 2490,0 m po bušačim šipkama i 2491,0 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,516\,375$$

$$x = 5\,054\,245$$

$$h = 94,0 \text{ m.}$$

Početak usmjeravanja kanala bušotine počinje na 1579,0 m te je devijacija kanala zadana sljedećim parametrima:

$$H_v = 2349,73 \text{ m}$$

$$L = 177,7 \text{ m}$$

$$A = 324^\circ 51'$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 110°C, a izvršena su tri DST ispitivanja:

- U intervalu 2229,8 – 2249,0 m dobiveno je 0,08 m<sup>3</sup> isplake, a izmjerena temperatura na dubini 2247,0 m (H<sub>v</sub>=2228,53 m) iznosi 123,2°C (gt=5,5°C/100m).
- U intervalu 2399,45 – 2427,0 m je testiranjem vapneno dolomitne breče dobiveno 18,5 m<sup>3</sup> slojne vode saliniteta 15,194 g/l NaCl. Izmjerena temperatura na dubini 2425,0 m (H<sub>v</sub>=2397,0 m) iznosi 126,5°C (gt=5,3°C/100m).
- U intervalu 2443,41 – 2457,0 m u vapneno dolomitnim brečama dobiveno je 18 m<sup>3</sup> slojne vode saliniteta 13,733 g/l NaCl dok je izmjerena slojna temperatura na 2453,3 (H<sub>v</sub>=2424,37 m) 126,5°C (gt=5,2°C/100m).

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 202,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1178,0 m te je cementirana do ušća.

Bušotina je nabušila karbonatnu seriju s dobrim kolektorskim svojstvima stoga je donesena odluka o izradi nove bušotine Obod – 40  $\beta$  prema strukturno povoljnijem položaju.

Bušotina Ob-40  $\beta$  izbušena je 1985. godine, a dosegla je dubinu od 2595,0 m (H<sub>v</sub>=2497,36 m) po bušačim šipkama i 2599,0 m (H<sub>v</sub>=2500,0 m) po EK mjerenju.

Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,516\,375$$

$$x = 5\,054\,245$$

$$h = 94,0 \text{ m.}$$

Početak usmjeravanja kanala bušotine počinje na 1415,0 m te je devijacija kanala zadana sljedećim parametrima:

$$H_v = 2340,28 \text{ m}$$

$$L = 175,8 \text{ m}$$

$$A = 77^\circ 59'$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 115°C, a izvršena su dva DST ispitivanja:

- U intervalu 2517,25 - 2539,0 m je došlo do propuštanja pakera prilikom testiranja, a isplaka koja je dotekla u bušaću šipku bila je vrlo slabo zaplinjena. Izmjerena slojna temperatura na dubini 2537,0 m ( $H_v = 2418,55 \text{ m}$ ) iznosi 118°C ( $gt = 4,9^\circ\text{C}/100\text{m}$ ).
- U intervalu 2542,05 – 2558,0 m je dobiveno 19,6 m<sup>3</sup> slojne vode saliniteta 15,779 g/l NaCl. Prema metodi Ramey, Agarwal i Martina, propusnost ima vrijednost  $188,29 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ . Izmjerena temperatura prilikom testiranja na dubini 2556,0 m ( $H_v = 2437,28 \text{ m}$ ) iznosi 128°C ( $gt = 5,26^\circ\text{C}/100\text{m}$ ). Završni tlak protoka je 202,99 bara, a slojni tlak iznosi 270,2 bara.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 202,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1178,0 m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2590,0 m i zacementirana do 1100,0 m.

Bušotina je nabušila vapneno dolomitne breče u nivou kontakta nafta-voda, međutim donesena je odluka o likvidaciji bušotina Ob-40, Ob-40 $\alpha$  i Ob-40 $\beta$ .

### 3.38. Obod – 41

Bušotina Obod – 41 je izbušena 1985. godine, a dosegla je dubinu od 2632,0 m po bušaćim šipkama i 2632,0 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,517\,414,66$$

$$x = 5\,054\,063,13$$

$$h = 93,36 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 110°C, a izvršeno je jedno DST ispitivanje:

- U intervalu 2329,74 – 2349,0 m dobiveno je 21 m<sup>3</sup> nafte, a plin se pojavio na površini nakon 7 minuta mjerenja. Završni tlak protoka iznosi 198,057 bara, a slojni tlak 287,99 bara.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 199,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1181,0 m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2630,0 m i zacementirana do 1500,0 m.

Bušotina Ob-41 danas ima status proizvodne bušotine.

### **3.39. Obod – 42 i Obod - 42 α**

Bušotina Obod – 42 je izbušena 1985. godine i dosegla je dubinu od 2697,0 m po bušačim šipkama i EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,517\,750$$

$$x = 5\,054\,040$$

$$h = 93,0 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 125°C, a izvršeno je pet DST ispitivanja:

- U intervalu 2235,7 – 2254,0 m testiranjem je dobiveno 0,05 m<sup>3</sup> isplake. Slojna temperatura na dubini 2252,0 m iznosi 126,7°C (gt=5,6°C/100m).
- U intervalu 2342,4 – 2356,0 m je dobiveno 0,03 m<sup>3</sup> isplake. Izmjerena slojna temperatura na 2355,0 m je 129°C (gt=5,4°C/100m).
- U intervalu 2399,19 – 2419,0 m dobiveno je 0,2 m<sup>3</sup> isplake pomiješane s vodom. Tlak protoka iznosi 3,341 bar, a slojna temperatura na 2417,0 m iznosi 130°C (gt=5,3°C/100m).
- U intervalu 2483,29 – 2507,0 m je dobiveno 0,5 m<sup>3</sup> isplake s tragovima nafte. Dobiveni tlak protoka je 8,621 bara, dok je temperatura izmjerena na dubini 2503,0 m 132°C (gt=5,2°C/100m).
- U intervalu 2537,0 – 2552,0 m je dobiveno 0,08 m<sup>3</sup> isplake. Temperatura na 2550,0 m iznosi 125°C (gt=4,8°C/100m).



Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 189,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1180,0 m te je cementirana do ušća.

Bušotina Ob-42 nije ispunila proizvodni zadatak stoga je usmjerena na povoljniji dio strukture i to kao Obod-42  $\alpha$ .

Bušotina Obod-42  $\alpha$  izbušena je 1985. godine, a dosegla je dubinu od 2682,0 m po bušačim šipkama. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,517\,750$$

$$x = 5\,054\,040$$

$$h = 34,0 \text{ m.}$$

Početak usmjeravanja kanala bušotine počinje na 1292,0 m te je devijacija kanala zadana sljedećim parametrima:

$$H_v = 2380,3 \text{ m}$$

$$L = 441,62 \text{ m}$$

$$A = 349^{\circ}02'$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 115°C, a obavljeno je jedno DST mjerenje:

- U intervalu 2520,7 – 2539,0 m gdje je dobiveni 18 m<sup>3</sup> nafte i gorivi plin. Izmjerena temperatura na dubini 2535,0 m ( $H_v = 2435,02 \text{ m}$ ) iznosi 135°C/100m).

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 189,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1180,0 m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2680,0 m i zacementirana do 980,0 m.

Obod – 42  $\alpha$  danas ima status mjerne bušotine.

### **3.40. Obod – 43**

Bušotina Obod – 43 je izbušena 1986. godine te je dosegla dubinu od 2620,0 m po bušačim šipkama i EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,517\,900$$

$$x = 5\,052\,570$$

$$h = 93,0 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 110°C, a izvršeno je dva DST ispitivanja:

- U intervalu 2419,51 – 2441,0 m gdje je dobiveno 0,24 m<sup>3</sup> isplake i 0,06 m<sup>3</sup> emulzije voda-isplaka. Izmjerena slojna temperatura na 2437,5 m iznosi 130°C (gt=5,3°C/100m).
- U intervalu 2460,09 – 2478,58 gdje je dobiveno 6 m<sup>3</sup> nafte, a plin se pojavio nakon 15 minuta. Propusnost prema Hornerovoj metodi iznosi 1,27x10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>, a slojna temperatura na dubini 2475,58 m 140,4°C (gt=5,67°C/100m).

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 192,5 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1210,0 m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2610,0 m, zacementirana do 1100,0 m. Obod-43 danas ima status mjerne bušotine.

### **3.41. Obod – 44 i Obod – 44 α**

Bušotina Obod – 44 je izbušena 1985. godine te je dosegla dubinu od 2859,0 m po bušačim šipkama i 2861,0 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\ 517\ 050$$

$$x = 5\ 055\ 070$$

$$h = 93,0\ \text{m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 112°C, a izvršena su tri DST ispitivanja:

- U intervalu 2288,2 – 2309,0 m dobiveno je 0,6 m<sup>3</sup> isplake. Temperatura izmjerena na dubini 2305,3 m iznosi 121,5°C (gt=5,2°C/100m).
- U intervalu 2778,74 – 2796,00 m je paker propustio. Temperatura sloja na dubini 2792,8 m je 123,8°C (gt=4,4°C/100m).
- U intervalu 2843,39 – 2859,0 m dobiveno 0,25 m<sup>3</sup> isplake.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 195,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1202,0 m te je cementirana do ušća.

Bušotina nije ispunila zadatak u proizvodnom smislu te je odlučeno da se iz istog kanala izbuši nova bušotina Ob-44 α na strukturno povoljniju poziciju.

Ob-44  $\alpha$  izbušena je 1985. godine, a dosegla je dubinu od 2757,0 m po bušaćim šipkama i po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,517\,050$$

$$x = 5\,055\,070$$

$$h = 93,0 \text{ m.}$$

Devijacija kanala zadana je sljedećim parametrima:

$$L = 381,36 \text{ m}$$

$$A = 199^\circ 41'$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi  $118^\circ\text{C}$ , a izvršena su dva DST ispitivanja:

- U intervalu 2472,63 – 2483,0 m testiranjem polimiktnih breča je dobiveno  $22,5 \text{ m}^3$  slojne vode saliniteta 19,31 g/l NaCl. Statični slojni tlak iznosi 214,174 bara, a propusnost  $87,86 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ . Temperatura sloja iznosi  $126,5^\circ\text{C}$ .
- U intervalu 2577,1 – 2599,0 m ispitivanjem miocenskih konglomerata dobiveno je  $10,1 \text{ m}^3$  slojne vode saliniteta 11,201 g/l NaCl. Prosječna efektivna propusnost je  $5,9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  prema Hornerovoj metodi. Završni tlak protoka iznosi 110,32 bara, a slojni tlak 267,95 bara.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 195,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1202,0 m te je cementirana do ušća.

Pošto bušotina nije nabušila ležište Lacići-1 u naftnom zasićenju donesena je odluka o likvidaciji bušotine kao negativne.

### **3.42. Obod – 45 i Obod – 45 $\alpha$**

Bušotina Obod – 45 je izbušena 1988. godine te je dosegla dubinu od 1831,0 m po bušaćim šipkama i 1827,0 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,383\,432,63$$

$$x = 5\,051\,576,68$$

$$h = 97,39 \text{ m.}$$

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 192,9 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1223,6 m te je cementirana do ušća.

Tijekom izrade bušotine došlo je do zaglave alata, a nakon oslobađanja alata donesena je odluka o zasijecanju novog kanala na 1346,0 m Obod-45  $\alpha$ .

Ob-45  $\alpha$  izbušena je 1988. godine, a dosegla je dubinu od 3061,0 m po bušaćim šipkama i 3056,0 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,383\,432,63$$

$$x = 5\,051\,576,68$$

$$h = 97,39 \text{ m.}$$

Devijacija kanala zadana je sljedećim parametrima:

$$L = 240,73 \text{ m}$$

$$A = 178^{\circ}08'$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 139°C, a tijekom izrade bušotine izvršeno je jedno DST ispitivanje:

- U intervalu 3021,77 – 3061,0 gdje je dobiveno 1 m<sup>3</sup> isplake i 1,5 m<sup>3</sup> vode iz vodenog jastuka. Temperatura izmjerena na dubini od 3058,82 m iznosi 137°C.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 192,9 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1223,6 m te je cementirana do ušća.

2006. godine donesena je odluka o likvidaciji bušotine.

### **3.43. Obod – 46**

Bušotina Obod – 46 je izbušena 1986. godine te je dosegla dubinu od 2550,0 m po bušaćim šipkama i 2550,0 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,517\,400$$

$$x = 5\,052\,920$$

$$h = 93,0 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 126,6 °C, a tijekom izrade bušotine izvršeno je četiri DST ispitivanja:

- U intervalu 2349,7 – 2370,0 m je testiranje rezultiralo bez manifestacija na površini.
- U intervalu 2392,1 – 2411,0 m testiranje tehnički nije uspjelo.
- U intervalu 2389,4 – 2411,0 m je došlo do propuštanja pakera.
- U intervalu 1400,05 – 1427,5 m je u šipkama dobiveno 0,5 m<sup>3</sup> isplake. Temperatura izmjerena na dubini 2424,0 m iznosi 126,6°C.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 177,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1203,0 m te je cementirana do ušća.
- Proizvodna kolona (5 1/2") u intervalu od 0,0 – 2420,0 m.

Bušotina je 2006. likvidirana i trajno je napušten bušotinski radni prostor.

### **3.44. Obod – 47**

Bušotina Obod – 47 je izbušena 1988. godine te je postigla dubinu od 2758,0 m po bušačim šipkama i EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,518\,038,12$$

$$x = 5\,053\,211,77$$

$$h = 93,03 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 116,6 °C, a tijekom izrade bušotine izvršeno je tri DST ispitivanja:

- U intervalu 2382,0 – 2409,0 m je testiranje tehnički neuspjelo.
- U intervalu 2422,61 – 2443,0 m je dobiveno 0,25 m<sup>3</sup> isplake bez tragova ugljikovodika.
- U intervalu 2460,36 – 2478,0 m je dobiveno 0,1 m<sup>3</sup> isplake bez tragova ugljikovodika, a slojna temperatura izmjerena na dubini od 2377,0 m iznosi 116°C (gt=4,4°C/100m).

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 185,16 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1210,0 m te je cementirana do ušća.
- Liner kolona (5 1/2") u intervalu od 1150 – 2573,65 m zacementirana do vrha s ostavljenim vrhom cementa u koloni na 2545,95 m.

Bušotina Ob-47 je likvidirana odlukom iz 1992. godine.

### **3.45. Obod – 48**

Bušotina Obod – 48 je izbušena 1989. godine te je postigla dubinu od 2782,0 m po bušačim šipkama i 2779,0 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\,516\,994,92$$

$$x = 5\,053\,246,6$$

$$h = 93,22 \text{ m.}$$

Devijacija kanala zadana je sljedećim parametrima:

$$L = 257,16 \text{ m}$$

$$A = 231^{\circ}25'$$

$$H_v = 2429,89 \text{ m}$$

$$H_{v_{\text{dno}}} = 2750,28 \text{ m.}$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi  $126^{\circ}\text{C}$ , a tijekom izrade bušotine izvršeno je pet DST ispitivanja:

- U intervalu 2345,95 – 2366,0 m je testiranje tehnički neuspjelo zbog propuštanja brtvi u sklopu pakera.
- U intervalu 2332,72 – 2366,0 m je dobiveno  $0,4 \text{ m}^3$  isplake. Plin se pojavio nakon 110 minuta. Slojna temperatura na dubini 2363,8 m iznosi  $115,6^{\circ}\text{C}$ , a slojni tlak 254,1 bara. Završni tlak protoka iznosi 111,56 bara.
- U intervalu 2329,25 – 2368,3 m je dobiveno  $0,5 \text{ m}^3$  isplake s tragovima nafte. Izmjerena temperatura na dubini 2364,8 m iznosi  $112,7^{\circ}\text{C}$  ( $gt=4,37^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ).
- U intervalu 2475,56 – 2496,0 m testiranjem polimiktne breče je dobiveno  $2 \text{ m}^3$  nafte. Izračunavanjem slojnih karakteristika po McMinley-u dobiva se propusnost sloja  $0,185 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  i "skin" 9,87. Izmjerena temperatura iznosi  $121,1^{\circ}\text{C}$  ( $gt=3,7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ), a slojni tlak 276,5 bara.
- U intervalu 2543,0 – 2564,0 m je dobiveno  $1 \text{ m}^3$  vode (filtrata isplake) i isplake s tragovima nafte. Završni tlak protoka iznosi 22,75 bara, a slojni tlak 56,68 bara, dok slojna temperatura na 2532,61 m iznosi  $126^{\circ}\text{C}$ .

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 195,1 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 1181,1 m te je cementirana do ušća.
- Liner kolona (5 1/2") u intervalu od 1150,0 – 2600,0 m i cementirana do 1081,0 m.

Bušotina Ob-48 je označena kao mjerna bušotina.

### 3.46. Obod – 49

Bušotina Obod – 48 je izbušena 1990- godine, a dosegla je dubinu od 2814,0 m.

Približne koordinate bušotine su:

$$y = 6\ 516\ 315$$

$$x = 5\ 053\ 330$$

$$h = 93,0 \text{ m.}$$

Tijekom izrade bušotine izvršeno je pet DST ispitivanja:

- U intervalu 2211,0 – 2271,0 m je dobiven dotok od 0,9 isplake bez tragova nafte ili plina. Temperatura na 2157,18 m iznosi 92,8°C (gt=3,81°C/100 m)
- U intervalu 2313,3 – 2321,0 m je dobiveno 0,36 m<sup>3</sup> isplake bez tragova nafte ili plina. Slojna temperatura na dubini 2309,13 m iznosi 98,9°C (gt=3,8°C/100 m).
- U intervalu 2427,9 – 2450,0 m testiranje nije uspjelo zbog propuštanja pakera. Temperatura izmjerena na dubini od 2418,2 m iznosi 104°C.
- U intervalu 2440,4 – 2460,0 m su zabilježene manifestacije izlaženja zraka vrlo slabog intenziteta i to samo u slučaju kada je ventil prema baklji zatvoren. Testiranjem je dobiveno 4,2 m<sup>3</sup> slojne vode saliniteta 8,356 g/l NaCl. Slojna temperatura dubine 2430,5 m iznosi 107°C. Relativno niska vrijednost slojnog tlaka iznosi 188,4 bara (gp=0,77 bar/10 m).
- U intervalu 2637,08 m – 2673,0 m testiranjem je dobiveno 7,2 m<sup>3</sup> slojne vode saliniteta 12,21 g/l NaCl. Za vrijeme mjerenja došlo je do izjednačenja tlaka protoka sa statičkim slojnim tlakom, odnosno bušotina je sama sebe ugušila (FFP=203,97 bar, ICIP=204,3 bar). Izmjerena slojna temperatura iznosi 199°C (gt=4,02°C/100 m) na dubini od 2699,0 m.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 386,0 m te je cementirana do ušća.
- Tehnička kolona (7") u intervalu od 0,0 – 2212,9 m te je cementirana do ušća.
- Liner kolona (5 1/2") u intervalu od 1150,0 – 2600,0 m i cementirana do 1081,0 m.

### **3.47. Lacići – 1 i Lacići – 1 α**

Bušotina Lacići-1 je izbušena 1977. godine te je postigla dubinu od 3339,5 m po bušačim šipkama i 3341,5 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\ 518\ 420$$

$$x = 5\ 053\ 460$$

$$h = 92,0\ \text{m}.$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 143°C, a tijekom izrade bušotine nisu izvršena DST ispitivanja.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (20") u intervalu od 0,0 – 85 m te je cementirana do ušća.
- I Tehnička kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 739,7 m te je cementirana do ušća.
- II Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 2209,0 m.

Bušotina Lac – 1 je orijentirana da bi se utvrdio eventualno povoljniji razvoj breča koje su nabušene na Lac-1. Zadani elementi: skrenuti od 1180,0 m sa zadanim azimutom 270°.

Bušotina Lacići-1  $\alpha$  je izbušena 1978. godine te je postigla dubinu od 2403,1 m (Hv=2372,9 m) po bušačim šipkama i 2403,5 m po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\ 518\ 420$$

$$x = 5\ 053\ 460$$

$$h = 92,0\ \text{m}.$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 77°C, a tijekom izrade bušotine nisu izvršena DST ispitivanja.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (26") u intervalu od 0,0 – 85 m te je cementirana do ušća.
- I Tehnička kolona (17 1/2") u intervalu od 0,0 – 739,7 m te je cementirana do ušća.
- II Tehnička kolona (8 1/2") u intervalu od 0,0 – 2209,0 m.

Bušotina je likvidirana kao negativna.

### **3.48. Lacići – 1 Sjever**

Bušotina Lacići-1 Sjever je izbušena 1989. godine te je postigla dubinu od 3002,0 m po bušačim šipkama i po EK mjerenju. Konačne koordinate bušotine su:

$$y = 6\ 518\ 993,59$$

$$x = 5\ 054\ 019,7$$

$$h = 92,9\ \text{m}.$$

Maksimalna temperatura izmjerena na dnu bušotine iznosi 121°C, a tijekom izrade bušotine izvršeno je jedno DST ispitivanje.

- U intervalu 2539,2 – 2557,0 gdje je dobiveno 1,5 m<sup>3</sup> vode saliniteta 17,15 g/l NaCl i 0,25 m<sup>3</sup> isplake. Temperatura izmjerena na dubini od 2555,0 m iznosi 125°C (gt=4,48°C/100 m), dok ekstrapolirana vrijednost drugog statičkog tlaka iznosi 234,45 bara. Propusnost iznosi 0,37x10<sup>-3</sup>  $\mu\text{m}^2$ , a skin faktor (Maier) 7,37.

Bušotina je zacijevljena:

- Uvodna kolona (20") u intervalu od 0,0 – 79,32 m te je cementirana do ušća.
- I Tehnička kolona (13 3/8") u intervalu od 0,0 – 1009,5 m te je cementirana do ušća.
- II Tehnička kolona (9 5/8") u intervalu od 0,0 – 2224,0 m te je cementirana do ušća.

Bušotina Lac – 1 S nije ispunila geološka očekivanja te je likvidirana kao negativna.



## **4. ODREĐIVANJE GEOTERMALNOG POTENCIJALA IZ PODINSKOG VODONOSNIKA NAFTNO-PLINSKOG POLJA**

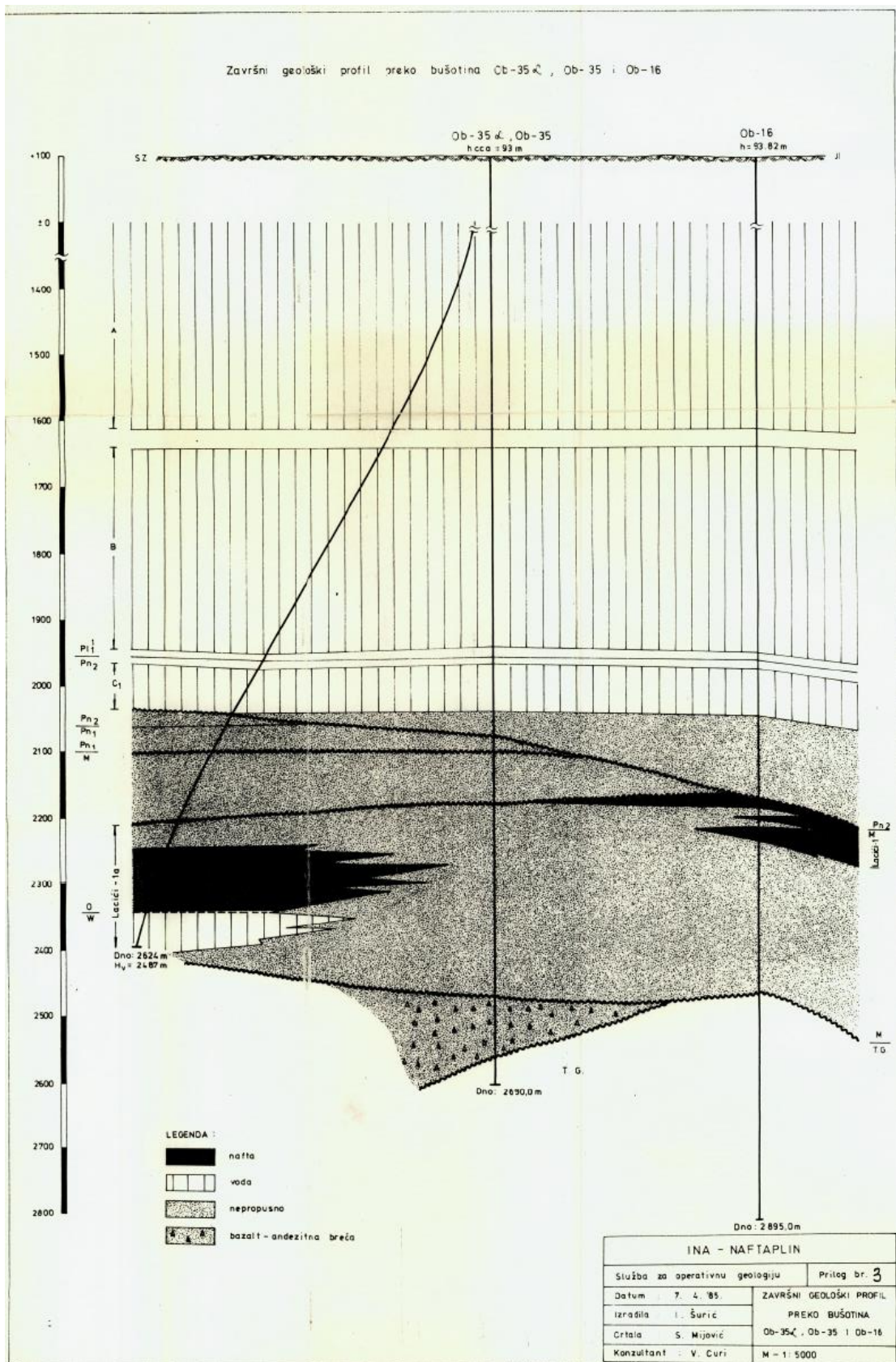
U trećem poglavlju ovog dokumenta prikazana je analiza konstrukcija i provedenih DST (Drill Stem Test) mjerenja na svim bušotinama unutar eksploatacijskog polja. Ovom prilikom, pregledom dostupne interne dokumentacije Agencije za ugljikovodike vezane za bušotine, posebna pažnja posvećena je identifikaciji i karakterizaciji podinskog vodonosnika na centralnom i sjevernom dijelu eksploatacijskog polja Obod. Ključni nalazi ukazuju na postojanje determiniranog podinskog vodonosnika sa specifično definiranim dubinama kontakta nafta-voda u dva različita ležišta:

- Ležište Lacići-1a, gdje se razdjelnica nafta-voda nalazi na dubini od 2343,0 metara.
- Ležište Lacići-2a, s razdjelnicom na dubini od 2237,0 metara.

Nadalje, identificirano je više bušotina, čiji se geografski položaj na polju može vidjeti na Slici 4-2, na navedenom području koje predstavljaju potencijal za prenamjenu, odnosno revitalizaciju. To su: Ob-35 $\alpha$ , Ob-38, Ob-39, Ob-40, Ob-40 $\alpha$ , Ob-40 $\beta$ , Ob-41, Ob-42 $\alpha$ , Ob-44, Ob-44 $\alpha$ , Ob-49. Ove bušotine su probušile vodonosnik i dosegle su naslaga miocena, karakteriziranih brečama i konglomeratima te je u navedenim formacijama raskriven cijeli interval vodonosnika.

Bušotine Obod-14 i Obod-14A koje su probušile 'E' seriju sastavljenu od efuziva, a prema shematskom prikazu stvarnih dubina zalijeganja ležišta za bušotinu, intervali su zasićeni vodom. Bušotina Obod-20, s druge strane, probušila je naslage gnajseva, koje uključuju nepropusne intervale, ali i interval s prisustvom vode. Ostale bušotine su probušile ležište Lacići-1a, gdje se nalazi značajan podinski akvifer. Na Slici 4-1 prikazan je geološki profil bušotine Ob-35 $\alpha$  koja je nabušila ležište Lacići-1a i Obod-16 koja je nabušila ležište Lacići-1.

U nastavku ovog poglavlja, prikazana je Tablica 4-1 koja sadrži detaljne informacije o svakoj potencijalnoj bušotini, uključujući dubine na kojima su se izvodila mjerenja, litološke karakteristike te rezultate DST testiranja u vodonosnim intervalima. Ova analiza pruža uvid u strukturnu složenost i hidrogeološke značajke eksploatacijskog polja Obod, ističući potencijal za daljnji razvoj i eksploataciju podzemnih voda.



**Slika 4-1** Geološki profil bušotina Ob-35, Ob-35 $\alpha$  i Ob-16 (ležišta Lacići-1 i Lacići-1a) (AZU, 1984)

**Tablica 4-1** Potencijalne bušotine u svrhu revitalizacije

Ime bušotine	Dubina (m)	Lito-stratigrafska pripadnost	Tip stijene	Izmjerena razdjelnica (m)	Napomena DST mjerenja
Ob-10	2879	Miocen	Srednje tvrdi i tvrdi lapor, kvarc, andezit, pješčenjak	-2237	Tijekom testiranja dobiveno 2,5 m <sup>3</sup> nafte i 0,4 m <sup>3</sup> isplake. Izmjerena je temperatura od 98,3°C. Statički slojni tlak iznosi 231,38 bara.
Ob-10R	2738	Mezozoik	Efuzivna breča	-2237	Mjerenjem nije dobiven dotok na površini ni u bušaće šipke. Izmjeren je završni statički slojni tlak i iznosi 77,7 bara, a temperatura 111°C.
Ob-14	2686	Miocen	Slabo raspucani andezit		Drugim DST mjerenjem je testiran interval u zasićenju vodom, međutim test je rezultirao bez dotoka, što ukazuje na nepropusne slojeve slabe slojne energije.
Ob-14α	2570	Miocen	Efuzivna stijena - andezit		Drugim DST mjerenjem testiran je interval u zasićenju vodom. U šipke je doteklo 1 m <sup>3</sup> isplake i 3 m <sup>3</sup> slabo zapljinjene vode saliniteta 18,13 g/l NaCl. Propusnost je slaba, odnosno indicirani kapacitet protoka Kh=5,26 md m. Faktor oštećenja DR je 0,53, a slojna temperatura je 121°C. Završni tlak protoka iznosi 40,43 bara, dok završni hidrostatski tlak iznosi 258,03 bara.

Ime bušotine	Dubina (m)	Lito-stratigrafska pripadnost	Tip stijene	Izmjerena razdjelnica (m)	Napomena DST mjerenja
Ob-20	2308	Miocen	Bijeli granitognajs i gnajs		Probušena je zona gnajseva s nepropusnim intervalima i intervalima s vodom na dubini od 2125,0 m. Tijekom prvog testiranja navedenih naslaga (2153,0 – 2153,0 m), paker nije izdržao. Drugim testiranjem (2148,0 – 2142,0 m) dobiveno je 0,5 m <sup>3</sup> vode u šipkama. Završni tlak protoka je 25,49 bara, dok završni hidrostatski tlak iznosi 267,09 bara.
Ob-35 $\alpha$	2624	Miocen	Vapneno-dolomitna breča	-2343,0	DST testiranjem u intervalu 2496,8 – 2507,0 m (vertikalna dubina 2369,34 – 2378,62 m) za 60 minuta dobiveno je 6,5 m <sup>3</sup> nafte. Izmjerena temperatura sloja je 140,5°C, a očitani statički tlak, koji se može smatrati slojnim tlakom iznosi 208,78 bara. Propusnost je 28,41x10 <sup>-3</sup> $\mu\text{m}^2$ .
Ob-36	2533	Miocen	Sitnozrni pješčenjak		Testiranjem intervala 2216,3 – 2241,0 m sitnozrnog pješčenjaka dobiveno je 7,4 m <sup>3</sup> slojne vode saliniteta 9,438 g/l NaCl čiji je donji stupac bio zaplinsjen. Propusnost iznosi 1,3x10 <sup>-3</sup> $\mu\text{m}^2$ , a temperatura sloja 118°C. Izračunati skin

Ime bušotine	Dubina (m)	Lito-stratigrafska pripadnost	Tip stijene	Izmjerena razdjelnica (m)	Napomena DST mjerenja
					faktor je 4,33. Statički tlak isplake nakon testiranja iznosio je 218,84 bar dok je završni tlak protoka 82,73 bara.
Ob-36α	2482				Nisu testirani intervali zasićeni vodom.
Ob-38	2550	Miocen	Vapneno-dolomitna breča	-2345,0	Prvim testiranjem u intervalu 2416,24 – 2433,0 ispitane su vapneno-dolomitne breče (miocen) te je dobiveno 12 m <sup>3</sup> nafte. Pad tlaka iznosi 25,8 bara što znači da se može očekivati znatan pad proizvodnje ( u pitanju je ograničeno ležište). Izmjerena temperatura iznosi 139°C. Prosječna efektivna propusnost je 7,2x10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> , a skin faktor 7,52. Izmjereni završni tlak drugog protoka je 106,73 bara, a statički tlak isplake nakon testiranja 256,033 bara.
Ob-39	2586	Miocen	Vapneno-dolomitna breča	-2343,0	Tijekom testiranja dolomitnih breča u intervalu 2371,0 - 2384,0 m dobiveno je 11 m <sup>3</sup> nafte. Krivulja protoka ima vrijednost od 205 bara i skoro se izjednačila sa slojnim tlakom (izmjereni slojni tlak je malo niži od hidrostatičkog

Ime bušotine	Dubina (m)	Lito-stratigrafska pripadnost	Tip stijene	Izmjerena razdjelnica (m)	Napomena DST mjerenja
					tlaka). Iz navedenog slijedi da kolektor ima visoku propusnost, a temperatura iznosi 126°C.
Ob-40	2647	Miocen	Breča		U intervalu 2391,6 – 2412,0 m testirana je breča miocenske starosti, a dobiven je dotok od 18,5 m <sup>3</sup> slojne vode saliniteta 15,194 g/l NaCl. Krivulja protoka poprima vrijednost od 199,54 bara kao i krivulja statičkog tlaka. Izračunata propusnost iznosi 134,74x10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> . Temperatura na dubini 2411,0 m je 134°C.
Ob-40α	2490	Miocen	Vapneno-dolomitna breča		Ispitan je otvoreni kanal bušotine u intervalu 2229,8 – 2249,0 m (vertikalna dubina od 2212,16 – 2230,45) gdje se nalazi kvarcni pješčenjak s proslojcima smeđeg lapora miocenske starosti. U bušačim šipkama dobiveno je 0,08 m <sup>3</sup> isplake. Prema dijagramu donjeg manometra s dubine 2248,0 m ispitani dio kolektora je praktički nepropustan što je u skladu s manifestacijama na površini. Izmjerena je temperatura od 123,2°C.

Ime bušotine	Dubina (m)	Lito-stratigrafska pripadnost	Tip stijene	Izmjerena razdjelnica (m)	Napomena DST mjerenja
					<p>Drugim ispitivanjem je ispitan interval 2399,45 – 2427,0 m (vertikalna dubina 2373,22 – 2399,38 m) vapneno-dolomitne breče miocenske starosti. Dobiven je dotok od 18,5 m<sup>3</sup> slojne vode saliniteta 15,194 g/l NaCl. Protočne krivulje su se gotovo izjednačile na vrijednosti od 203,11 bara. Osnovom dobivenih podataka zaključuje se da su vapneno-dolomitne breče dobre propusnosti. Izmjereni statički tlak od 203,11 bara (gp=0,85 bar/10 m) može se koristiti kao stvarni ležišni tlak čija je vrijednost niža od hidrostatskog tlaka na toj dubini, što je tipično za ovaj kolektor na svim bušotinama u tzv. sjevernom dijelu polja Obod-Lacići. Izmjerena je temperatura na dubini od 2425,0 m i iznosi 126,5°C (gt=5,3°C/100 m).</p> <p>Treće ispitivanje je izvedeno u intervalu 2443,41 – 2457,0 m (vertikalna dubina od 2414,97 – 2427,88 m) u istim stijenama.</p>

Ime bušotine	Dubina (m)	Lito-stratigrafska pripadnost	Tip stijene	Izmjerena razdjelnica (m)	Napomena DST mjerenja
					Dobiveno je 18 m <sup>3</sup> slojne vode saliniteta 13,733 g/l NaCl s gorivim plinom na baklji.
Ob-40β	2595	Miocen	Karbonatna breča		Ponovljenim testiranjem obuhvaćen je interval 2542,05 – 2558,0 m (vertikalne dubine od 2425,56 – 2439,02 m) u kojem se nalaze karbonatne breče. Dobiveno je 19,6 m <sup>3</sup> vrlo slabo zaplinjene slojne vode saliniteta 15,779 g/l NaCl. Protočni tlak je gotovo identičan sa statičkim tlakom i iznosi 206,494 bara te su odraz povoljne propusnosti kolektora. Propusnost ima vrijednost 188,29x10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> . Izmjerena je temperatura na dubini 2556,0 m (Hv=2437,28 m) i iznosi 128°C.
Ob-41	2632	Miocen	Vapneno-dolomitna breča	-2343,0	Nisu testirani intervali zasićeni vodom.
Ob-42α	2682	Miocen	Karbonatna breča	-2453,38	Testiran je otvoreni interval 2520,7 – 2539,0 m (vertikalna dubina od 2421,9-2438,69 m) te je dobiveno 18 m <sup>3</sup> nafte. Prema dijagramima dubinskih manometara kolektor je povoljne propusnosti. Protočni



Ime bušotine	Dubina (m)	Lito-stratigrafska pripadnost	Tip stijene	Izmjerena razdjelnica (m)	Napomena DST mjerenja
					tlak izjednačen je sa statičkim slojnim tlakom i iznosi 201,028 bara. Propusnost iznosi $289,69 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ . Izmjerena temperatura na dubini od 2535 m (Hv=2435,02 m) iznosi 135°C.
Ob-44	2859	Miocen	Vapneno-dolomitna breča	-2343,0	Drugo testiranje u ovoj bušotine bilo je tehnički neuspjelo zbog propuštanja pakera. Trećim testiranjem zahvaćene su naslage polimiktne breče u intervalu od 2843,39 – 2859,0 m te je dobiveno 0,25 m <sup>3</sup> isplake. Analiza dijagrama dubinskih manometara ukazuje na vrlo slabu propusnost kolektora. Tlak protoka je 26,461 bara, dok je završni statički lak 49,516 bara. Temperatura nije mjerena.
Ob-44 $\alpha$	2773	Miocen	Polimiktna breča	-2343,0	Ispitivanjem u intervalu 2472,63 – 2483,0 m (Hv=2393,22 – 2402,29 m) dobiveno je 27,5 m <sup>3</sup> slojne vode saliniteta 20,6 g/l NaCl. Protočna krivulja se povoljno razvila i dosegla vrijednost od 208,039 bara, dok je

Ime bušotine	Dubina (m)	Lito-stratigrafska pripadnost	Tip stijene	Izmjerena razdjelnica (m)	Napomena DST mjerenja
					ekstrapolirani statički slojni tlak iznosio 215,70 bara. Efektivna propusnost je $13,59 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ . U drugom ispitivanju je testiran interval 2577,1 – 2599,0 m ( $H_v=2484,6 - 2503,75$ m) te je dobiven dotok od $10,1 \text{ m}^3$ slojne vode saliniteta 11,291 g/l NaCl. Završni tlak protoka iznosi 117,451 bara, dok ekstrapolirani slojni tlak ima vrijednost od 206,84 bara. Efektivna propusnost je $5,9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ . Izračunati obujamski protok iznosi $71,9 \text{ m}^3/\text{d}$ .
Ob-49	2814	Mezozoik	Polimiktna breča	-2343,0	Testiranje intervala 2427,9 – 2450,0 m bilo je tehnički neuspjelo zbog propuštanja pakera. Tijekom testiranja intervala 2440,0 – 2460,0 m dobiveno je $4,2 \text{ m}^3$ slojne vode saliniteta 8,356 g/l NaCl. Završni tlak protoka iznosi 153,08 bar, dok je ekstrapolirana vrijednost jednaka 188,4 bara. Izmjerena temperatura na dubini od 2430,5 m iznosi $107^\circ\text{C}$ .

Ime bušotine	Dubina (m)	Lito-stratigrafska pripadnost	Tip stijene	Izmjerena razdjelnica (m)	Napomena DST mjerenja
					<p>Izračunata propusnost iznosi <math>56,1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2</math>, a obujamski protok <math>48,5 \text{ m}^3/\text{d}</math>.</p> <p>Ispitivanjem intervala na dubini od <math>2637,08 - 2673,0 \text{ m}</math> dobiveno je <math>7,2 \text{ m}^3</math> slojne vode saliniteta <math>12,21 \text{ g/l NaCl}</math>.</p> <p>Izmjereni tlak protoka iznosi <math>203,97 \text{ bara}</math>, dok statički slojni tlak iznosi <math>204,3 \text{ bara}</math>.</p> <p>Izmjerena je temperatura od <math>119^\circ\text{C}</math>. Izračunata je propusnost od <math>9,95 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2</math> te obujamski protok od <math>236,65 \text{ m}^3/\text{d}</math>.</p>

Na Slici 4-2 u nastavku teksta nalazi se geografski položaj bušotina koje imaju potencijal u geotermalne svrhe na eksploatacijskom polju Obod. Prema slici može se zaključiti kako potencijal imaju bušotine koje se nalaze na sjevernom i srednjem dijelu polja Obod, dok se jedna bušotina nalazi na samom jugu.



**Slika 4-2** Položaj bušotina koje imaju potencijal na EPU Obod (Google Earth, vlastita grafika, 2024)

#### **4.1. Određivanje prosječnih vrijednosti parametara na polju**

U ovom potpoglavlju je određen geotermalni gradijent potencijalnog dijela eksploatacijskog polja Obod, koji se litološki sastoji od breča miocenske starosti, a temelji se na slojnim tlakovima i temperaturama dobivenih prilikom DST i ostalih testiranja.

**Tablica 4-2** Određivanje geotermalnog gradijenta

Naziv bušotine	Gradijent tlaka (bar/10 m)	Gradijent temperature (°C/100 m)
Ob-35 $\alpha$	0,833	5,454
Ob-36	0,839	4,801
Ob-39	0,851	4,846
Ob-40	0,829	5,122
Ob-40 $\alpha$	0,846	4,838
Ob-40 $\beta$	0,847	4,821
Ob-41	0,911	4,913
Ob-42 $\alpha$	0,811	5,113
Ob-44		4,056
Ob-44 $\alpha$	0,848	
Ob-49	0,777	4,020
<b>Prosječna vrijednost gradijenta</b>	<b>0,84</b>	<b>4,85</b>

U Tablici 4-2 prikazani su gradijenti tlaka i temperature te posljedično izračunate prosječne vrijednosti gradijenata. Za to područje karakterističan je ležišni tlak, mjeren prilikom bušenja, koji je nešto niži od hidrostatičkog, a rezultat je pada tlaka zbog proizvodnje iz susjednog eksploatacijskog polja Beničanci s kojim polje Obod-Lacići dijeli akvifer. Monitoringom tlaka na Beničancima zaključeno je kako je tlak sada blizu statičkog hidrostatskog tlaka te iz tog razloga u proračunu koristimo hidrostatički tlak na dubini od 2400,25 m. Pregledom dokumentacije određeni su i drugi prosječni parametri. Prosječna debljina ležišta iznosi 114,5 m, a razdjelnica kontakta nafta/voda na dubini od 2343,0 m. Određeni prosječni tlak u vodonosniku iznosi 240,0 bara, a temperatura 128,06°C. Određen je i prosječni protočni radijus na temelju proizvodne (5 ½"), koja je cementirana do 1500,0 m i tehničke kolone (9 5/8"), odnosno njihovih unutarnjih promjera od 224,41 mm za tehničku i 124,26 mm za proizvodnu kolonu ugrađenu do 2457,5 m koje su ugrađene na gotovo svim bušotinama na ovom polju kako se može vidjeti u pregledu bušotina u trećem poglavlju. Ostali prosječni parametri koji su važni za proračun geotermalnog potencijala polja su salinitet, propusnost, poroznost. Salinitet je određen na temelju podinske vode pridobivene za vrijeme DST operacija iz raznih bušotina, kao i

propusnost, dok je poroznost određena na temelju epilolistera raznih bušotina koje su nabušile breče miocenske starosti. Vrijednosti tih parametara prikazane su u Tablici 4-3.

**Tablica 4-3** Prosječni parametri polja

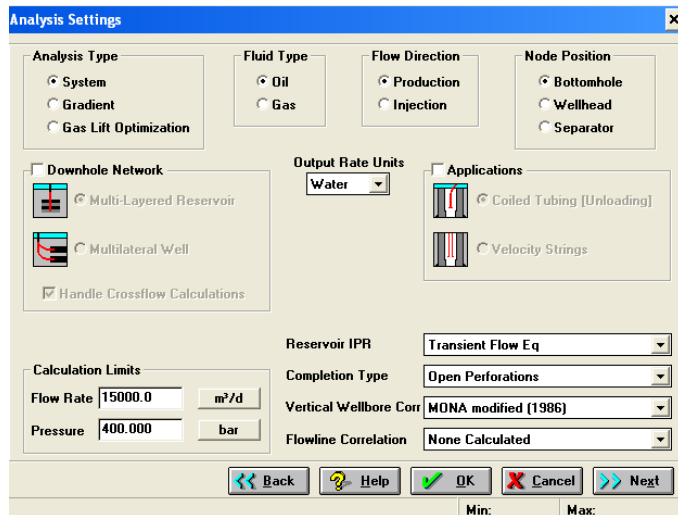
Salinitet (g/l NaCl)	13,11
Propusnost ( $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ )	87,38
Poroznost (%)	6,5

Navedeni podaci su korišteni u proračunu programa Well performance.

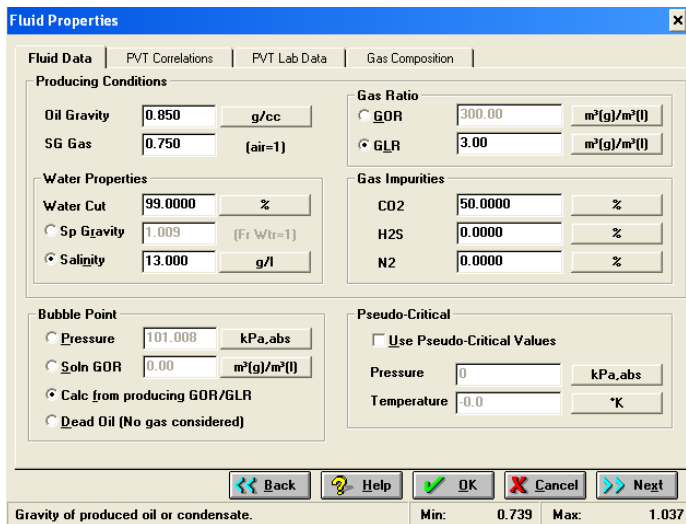
#### 4.2. Well performance proračun ležišnih karakteristika

Izračuni su provedeni koristeći specifičan softverski alat WellPerform, koji je Rudarsko-geološko-naftni fakultet (RGNF) osigurao kroz akademsku licencu. Ovaj alat je namijenjen za detaljnu analizu gradijenata tlaka unutar bušotine zavisno od raznih faktora kao što su protok, vrsta fluida, udio otopljenog plina, ležišnih karakteristika i tehničkih parametara same bušotine. Program je detaljno koristio podatke koji su prikupljeni analizom bušotinskog fonda, uključujući njenu konstrukciju, do planiranih remontnih radova i petrofizikalnih podataka. Kompletna analiza obavljena je na razini čvora (engl. node) na dubini 2400,24 m (srednja dubina analiziranog sloja), a na Slikama 4-3, 4-4, 4-5, 4-6, 4-7, 4-8 i 4-9 su prikazani unosi podataka u prethodno spomenuti program koji su opisani u nastavku teksta.

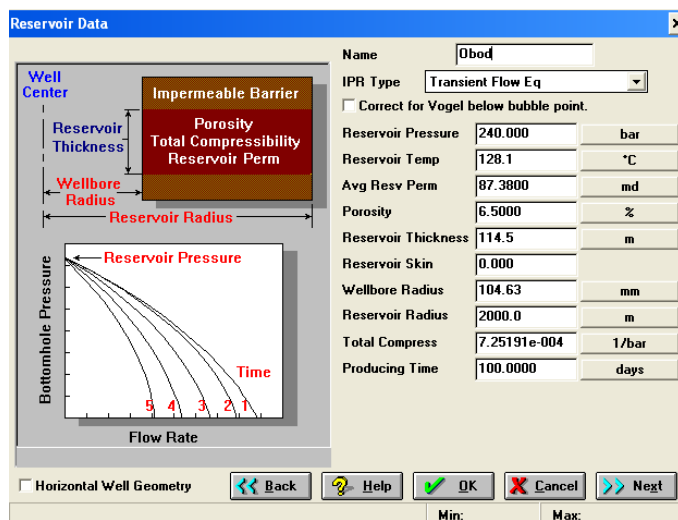
Za sjeverni dio polja Obod-Lacići, izvedeni su proračuni dinamičkog tlaka uz početni tlak u analizi od 240,0 bar i uz temperaturu od 128,06 °C. Analizirana dubina iznosi 2457,5 m, a iznad nje nalaze perforacije u debljini od 114,5 m (breče miocenske starosti). Tubing (114,3 mm) je ugrađen do dubine od 200,0 m gdje bi bio spojen na potopnu pumpu u slučaju da nije moguć eruptivni protok ili je tehnookonomski premalen. Udio plina u analizi iznosi  $3 \text{ m}^3/\text{m}^3$ , a za vertikalnu korekciju dvofaznog protoka korištena je korelacija MONA modified (1986). Ležišna IPR krivulja izračunata je temeljem pretpostavke u potpunosti razvijenog tranzijentnog tipa protjecanje nakon 100 dana. Efektivna poroznost je sukladno analizi epilog listera podešena na 6,5%, a skin pribušotinske zone iznosi 0 obzirom da se pretpostavlja obrada i stimulacija slojeva prilikom remonta. Pretpostavljen je radijus ležišta od 2000 m, uz ukupnu kompresibilnost sustava od  $7,25 \times 10^{-4}$  bar. Tlak ušća iznosi 3 bar (podešen tlak da se premoste otpori i pad tlaka u površinskim vodovima do energane) te se izračunava mogućnost eruptivne proizvodnje. Pad temperature pri protjecanju fluida od dna do ušća izračunat je unificiranim modelom Alvesa et al. (1992).



Slika 4-3 Unos podataka o sustavu u program WellPerform

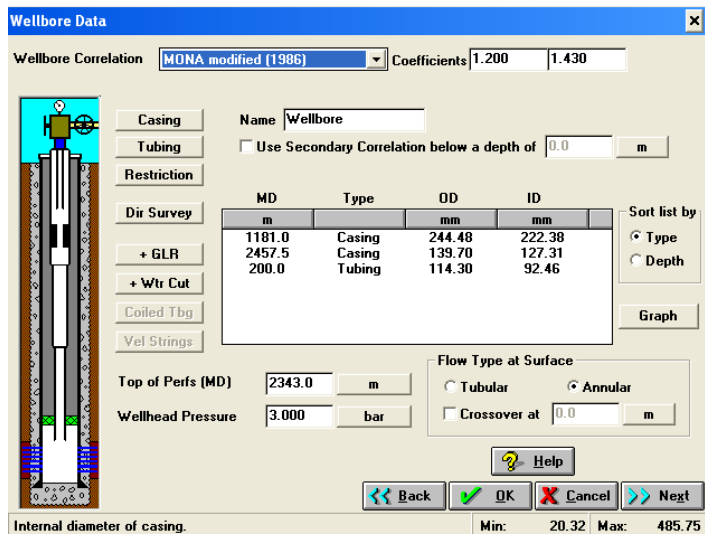


Slika 4-4 Unos podataka o karakteristikama fluida

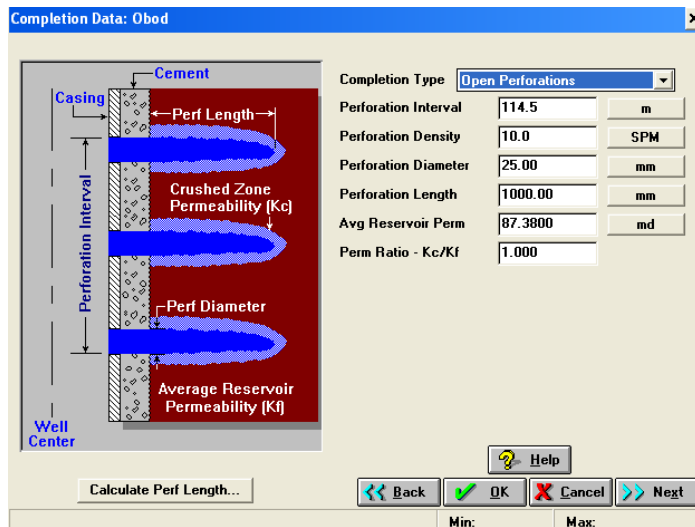


Slika 4-5 Unos podataka o ležišnim karakteristikama

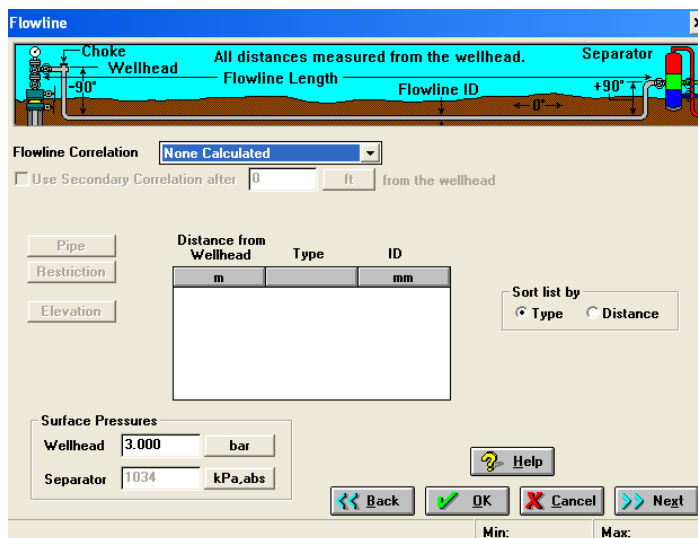




Slika 4-6 Unos podataka o konstrukciji bušotine

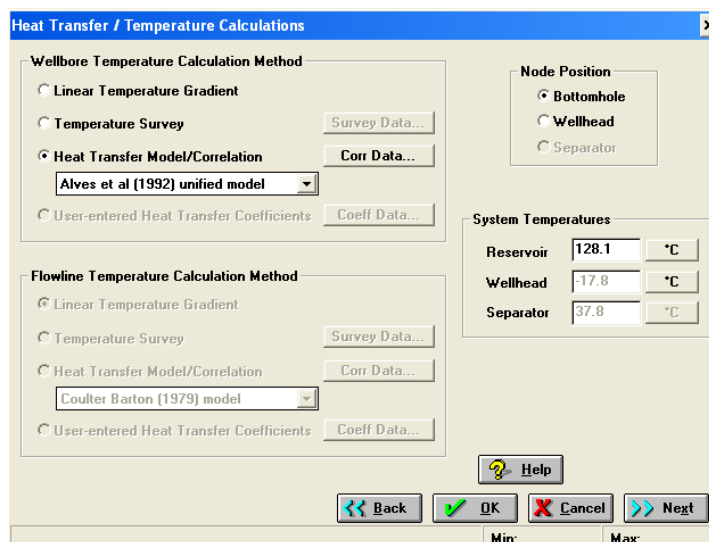


Slika 4-7 Unos podataka o perforacijama intervala

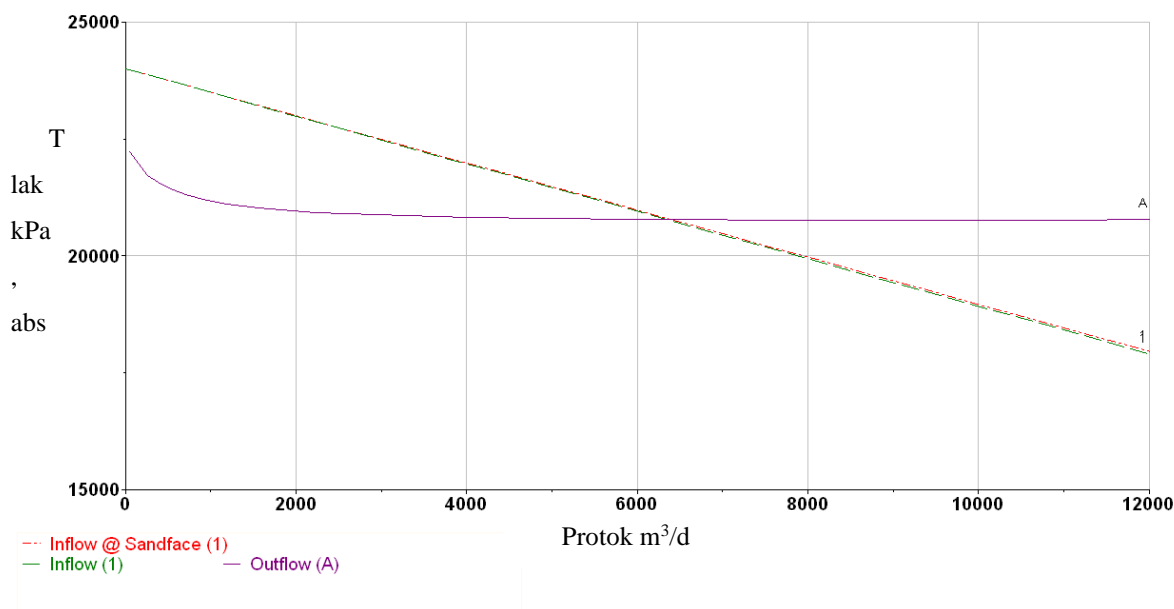


Slika 4-8 Unos podataka o padovima tlaka u cjevovodu





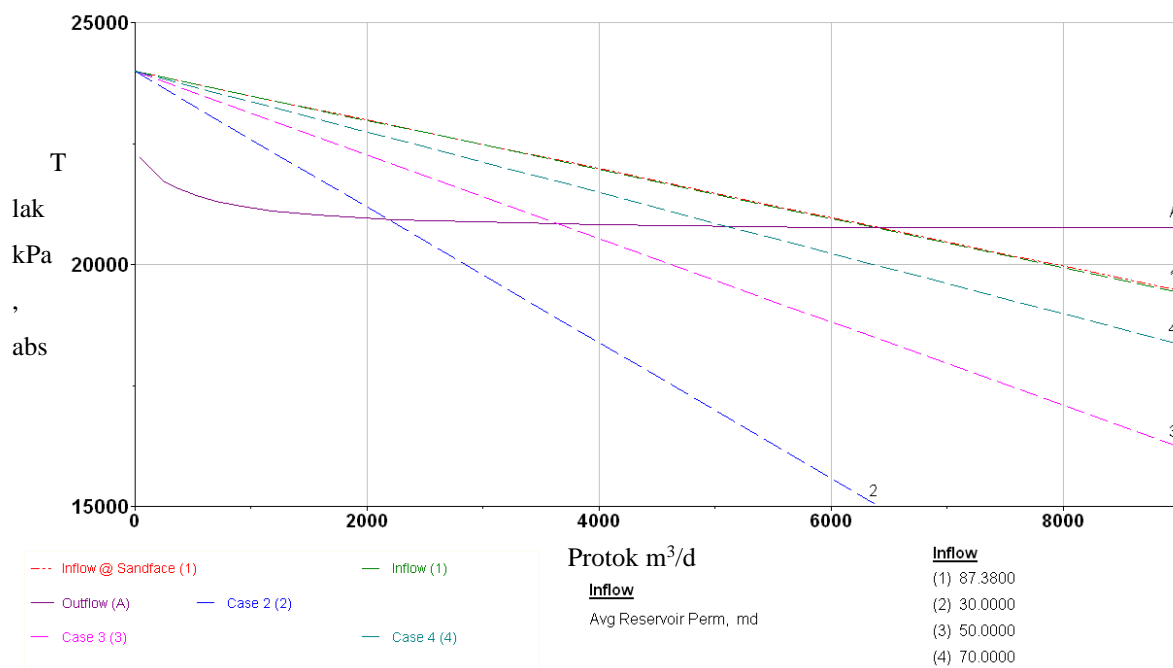
Slika 4-9 Unos podataka za pad temperature pri protjecanju fluida



Slika 4-10 Graf analize dinamičkog tlaka i protoka dobiven u WellPerform programu

Slika 4-10 prikazuje graf s rezultatima analize dinamičkog tlaka na dnu bušotine i dobiveni mogući protok uz definirani dinamički tlak na dnu bušotine. Jasno je vidljivo da je moguće uspostaviti protok za ovako postavljeni ležišni i proizvodni model, a to je presjecište inflow i outflow krivulja i iznosi 6354,9 m<sup>3</sup>/d obzirom na depresije tlaka za navedenu proizvodnju (dinamički tlak je 207,73 bara). No pregledom dokumentacije i nepostojećih analiza propusnosti pribušotinske zone ili šire zone, nisu nađeni dokazi koji bi potvrdili propusnost cijele debljine intervala. Nužno je ukalkulirati geološki rizik istražnih radova i heterogenost cijelog člana stoga se pristupa analizi osjetljivosti u kojoj ćemo procijeniti parametre propusnosti i debljine sloja.

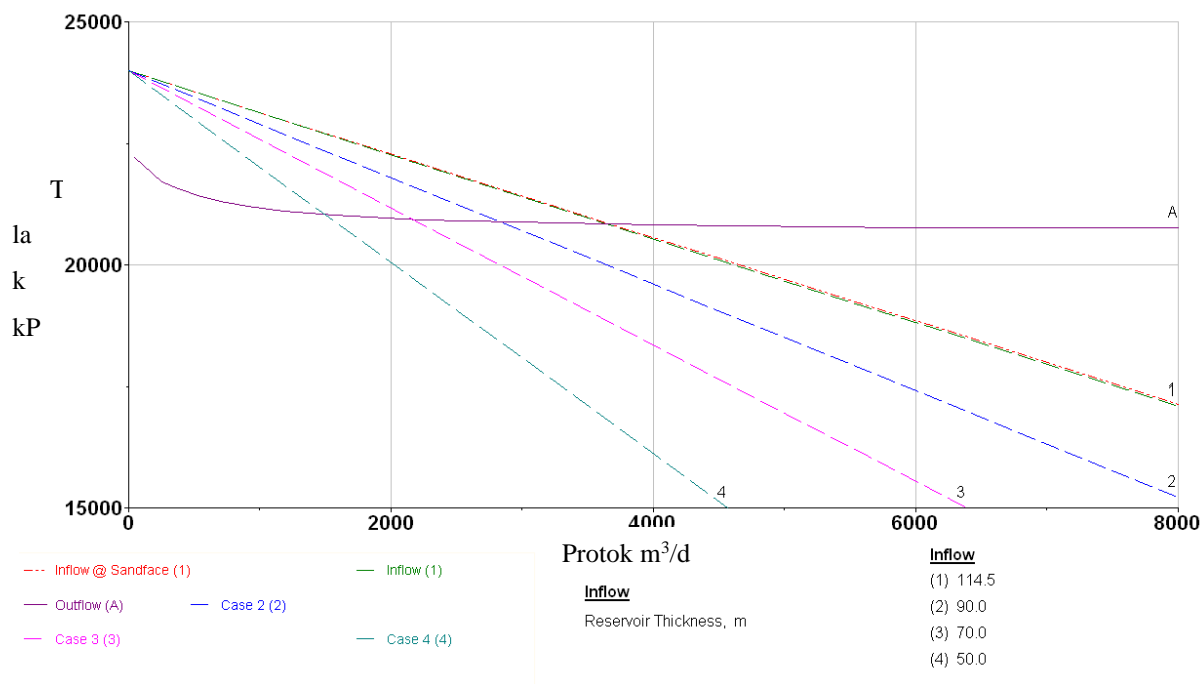
Analiza osjetljivosti dinamičkih tlakova na dnu obavljena je za efektivne propusnosti od 30, 50 i 70 mD po cijeloj debljini intervala od 114,5 m te naknadno analiza osjetljivosti uz konstantnu propusnost od 30 mD, ali uz promjenu parametara debljine ležišta (90, 70 i 50 m). Slika 4-9 i Slika 4-10 prikazuju rezultate analize dinamičkog tlaka na dnu bušotine i dobiveni mogući protok uz definiran dinamički tlak na dnu bušotine.



**Slika 4-11** Graf analize dinamičkog tlaka i protoka za propusnosti od 30, 50 i 70 mD u WellPerform programu

Prilikom ove analize rađena su tri scenarija: za propusnosti 30, 50 i 70 mD, a rezultati su vidljivi na Slici 4-11.

U scenariju s propusnošću od 30 mD dobivamo točku presjecišta inflow/outflow analize pri približno od 2183,3 m<sup>3</sup>/d i tlaku od 209,35 bara. U nešto povoljnijem slučaju s propusnošću od 50 mD taj protok iznosi 3652,4 m<sup>3</sup>/d pri tlaku od 208,45 bara. Ipak vrijednost propusnosti od 70 mD daje presjecište krivulja u točki od 5107,7 m<sup>3</sup>/d s dinamičkim tlakom od 207,97 bara i vrijednosti se približavaju baznom scenariju.



**Slika 4-12** Graf analize dinamičkog tlaka i protoka za debljine ležišta od 50, 70 i 90 m u WellPerform programu

U sljedećem scenariju, grafički prikazano na Slici 4-12, analizirali smo utjecaj debljine ležišta na proizvodnju fluida. Rađene su tri pretpostavke s debljinama od 50, 70 i 90 m, dok je vrijednost efektivne propusnosti ležišta uzeta kao 50 mD koja je zapravo srednja vrijednost procjene za cijeli interval, pa se mogu očekivati i dijelovi sloja koji su mnogo viših propusnosti jer nije poznato u kojoj mjeri su slojevi karakterizirani pukotinskom šupljikavosti. U najkonzervativnijem scenariju debljina sloja iznosi 50 m, a točka presjecišta inflow/outflow krivulja daje protok od 1505,4 m<sup>3</sup>/d pri dinamičkom tlaku od 210,35 bara. Sljedeća pretpostavka podrazumijeva debljinu ležišta od 70 m. Analiza rezultira protokom od 2174,4 m<sup>3</sup>/d kod dinamičkog tlaka od 209,37 bara. Najoptimističniji scenarij, ali ipak pesimističniji od baznog, pretpostavlja debljinu od 90 m i pronalazi točku presjecišta inflow/outflow analize pri protoku od 2831,2 m<sup>3</sup>/d i tlaku od 208,94 bara. Te vrijednosti su vrlo blizu vrijednostima za debljinu ležišta 114,5 m baznog scenarija i propusnost od 50 mD koje iznose 3652,4 m<sup>3</sup>/d i 208,45 bara.

Može se zaključiti iz navedenih analiza da polje Obod-Lacići ima geotermalni potencijal, obzirom na temperaturu ležišta od 128°C na dubini od 2400,25 m. Postoje geološki rizici koje treba uzeti u obzir, a to je svakako efektivna propusnost slojeva. Rezultatima provedenih analiza, čak i u nepovoljnim scenarijima propusnosti prikazano je kako postoji eruptivna proizvodnja što je svakako optimističan znak za ovo područje.

Drugi geološki rizik je debljina ležišta koja varira ovisno o području lokacije bušotine zbog vrlo izlomljenih naslaga zbog postojanja rasjeda u podzemlju.

Odabrana proizvodna bušotina za revitalizaciju je Obod-41 (na slici 4-13 označena žutom bojom), dok je njen utisni par bušotina Ob-10R (na slici 4-13 označena crvenom bojom). Udaljenost ove dvije bušotine iznosi 1,75 km što predstavlja dovoljnu udaljenost kako ne bi došlo do pothlađivanja i interferencija bušotina (Kurevija i Macenić, 2022).



**Slika 4-13** Položaj bušotina proizvodno-utisnog para (Google Earth, vlastita grafika, 2024)

## 5. ZAKLJUČAK

Politike država Europske Unije se danas temelje na usmjeravanju prema obnovljivim i održivim izvorima energije s ciljem smanjenja emisija stakleničkih plinova. Geotermalna energija predstavlja donekle lako dostupan izvor energije, s opravdanom pretpostavkom da na nekom području postoji geotermalni potencijal. U ovom diplomskom ideja je bila pregledati dostupnu dokumentaciju bušotina na eksploatacijskom polju Obod-Lacići i procijeniti geotermalni potencijal samog polja. Pregledom dokumentacije zaključeno je kako na sjevernom dijelu eksploatacijskog polja Obod-Lacići postoji geotermalni potencijal te je korištenjem WellPerform programa rađena analiza. Izrađena su dva scenarija uz jedan bazni. Bazni scenarij je temeljen na prosječnim podacima dobivenim iz dokumentacije, dok su prvom i drugom scenariju modificirani parametri propusnosti i debljine ležišta zbog postojanja geološkog rizika pri procjeni navedenih podataka. Analizom rezultata programa donesen je zaključak kako bi se uz neka dodatna mjerenja i istraživanja bušotina i naslaga, moglo privesti proizvodnji geotermalne vode u svrhu proizvodnje električne energije ili topline za potrebe grijanja.

## 6. LITERATURA

1. AGENCIJA ZA UGLJIKOVODIKE (AZU) (1967. – 2005). Bušotinski fond naftno – plinskog polja Obod-Lacići. Interna dokumentacija.
2. AGENCIJA ZA UGLJIKOVODIKE (AZU). URL: <https://www.azu.hr> (10.01.2024.)
3. AGENCIJA ZA UGLJIKOVODIKE. ArcGIS Web Application. URL: <https://gis.azu.hr/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6b2324ed725a4a2e9d1a5a665d23262a> (8.1.2024.)
4. ALVES I. N., ALHANATI F. J. S., SHOHAM O. 1992. A Unified Model for Predicting Flowing Temperature Distribution in Wellbores and Pipelines. OnePetro, 7(04), str. 363-367
5. ASHEIM, H. 1986., MONA An Accurate Two-Phase Well Flow Model Based on Phase Slippage. OnePetro, 1(03), str. 221–230
6. GOOGLE EARTH. URL: <https://earth.google.com/web/> (30.1.2024.)
7. KUREVIJA T, MACENIĆ M. 2022. Iskorištavanje geotermijskih ležišta. Radna skripta. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.
8. MINISTARSTVO GOSPODARSTVA I ODRŽIVOG RAZVOJA REPUBLIKE HRVATSKE. 2022. Plan razvoja geotermalnog potencijala Republike Hrvatske do 2030. godine

## IZJAVA

*Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno na temelju znanja stečenih na Rudarsko- geološko-naftnom fakultetu služeći se navedenom literaturom.*



---

Lucija Fir



KLASA: 602-01/24-01/15  
URBROJ: 251-70-12-24-2  
U Zagrebu, 14.02.2024.

Lucija Fir, studentica

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/24-01/15, URBROJ: 251-70-12-24-1 od 26.01.2024. priopćujemo vam temu diplomskog rada koja glasi:

### ODREĐIVANJE GEOTERMALNOG POTENCIJALA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU OBOD-LACIĆI

Za mentora ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada prof. dr. sc. Tomislav Kurevija nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i komentoricu dr. sc. Marija Macenić.

Mentor:

(potpis)

prof. dr. sc. Tomislav Kurevija

(titula, ime i prezime)

Predsjednica povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:

(potpis)

izv. prof. dr. sc. Karolina  
Novak Mavar

(titula, ime i prezime)

(potpis)

dr. sc. Marija Macenić

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

izv. prof. dr. sc. Borivoje  
Pašić

(titula, ime i prezime)