

Forensic Analysis of Residual Oil Along Abu Ali Island, Saudi Arabia

Jacqueline Michel ^{1,*}, Zachary Nixon ¹, Linos Cotsapas ¹, Scott Zengel ², Jennifer Weaver ¹, Harold Fravel ² and Philip Bambach ¹

¹ Research Planning, Inc., Columbia, SC 29201, USA

² Research Planning, Inc., Tallahassee, FL 32303, USA

* Correspondence: jmichel@researchplanning.com

Table S1. The biomarker compounds and diagnostic ratios used in the fingerprinting analysis of the sediment samples collected from Abu Ali Island in 2020.

Abbreviation	Compound Name	Diagnostic Ratio
Ts	18a-22,29,30-Trisnorneohopane	Ts/Tm
Tm	17a(H)-22,29,30-Trisnorhopane	Ts/Hop
Hop	Hopane	Tm/Hop
BNH	17a/b,21b/a 28,30-Bisnorhopane	H29/Hop
H29	30-Norhopane	BNH/Hop
H31S	30-Homohopane-22S	OL/Hop
Gam	T22a-Gammacerane/C32-diahopane	H31S/Hop
27dia R	13b(H),17a(H)-20R-Diacholestane	Gam/Hop
S	13b(H),17a(H)-20S-Diacholestane	27dia R/S
27bb	14b(H),17b(H)-20R-Cholestane + 14b(H),17b(H)-20S-Cholestane	27bb/29bb
29bb	14b(H),17b(H)-20R-Ethylcholestane + 14b(H),17b(H)-20S-Ethylcholestane	26S/26R+27S
26S	C26,20S TAS	28S/26R+27S
26R+27S	C26,20R+C27,20S TAS	27R/26R+27S
28S	C28,20S TAS	28R/26R+27S
27R	C27,20R TAS	29aaS/29aaR
28R	C28,20R TAS	
29aaS	14a(H),17a(H)-20S-Ethylcholestane	
29aaR	14a(H),17a(H)-20R-Ethylcholestane	

Table S2. Diagnostic ratios of biomarkers for 2020 Abu Ali Island samples. Those ratios that are very different from the mean and standard deviation are highlighted in pink; those that are outside the mean and standard deviation are highlighted in yellow.

Sample ID	Ts/Tm	Ts/Hop	Tm/Hop	H29/Hop	BNH/Hop	OL/Hop	H31s/Hop	Gam/Hop	27dia R/S	27bb/29bb	26S/26R+27S	28S/26R+27S	27R/26R+27S	28R/26R+27S	29aaS/29aaR
1-3 (0-19 cm)	0.22	0.07	0.33	1.13	0.01	0.10	0.45	0.04	0.58	1.43	0.19	0.73	0.73	0.77	1.07
2-2 (10-20 cm)			0.30	1.20			0.46					1.00		1.00	
6-1 (1-15 cm)	0.29	0.10	0.34	1.25	0.01	0.11	0.43	0.02	0.43	1.16	0.19	0.80	0.73	0.87	1.00
7-1	0.28	0.10	0.35	1.25	0.01	0.12	0.47	0.03	0.49	1.36	0.18	0.81	0.77	0.88	1.11
11-3 (2-36 cm)	0.21	0.07	0.32	1.15	0.01	0.10	0.45	0.04	0.52	1.42	0.19	0.74	0.74	0.79	1.08
15-4	0.21	0.07	0.33	1.13	0.01	0.10	0.45	0.04	0.55	1.40	0.19	0.74	0.70	0.78	1.03
16-4 (0-5 cm)	0.23	0.08	0.35	1.27	0.01	0.11	0.46	0.04	0.49	1.51	0.19	0.77	0.73	0.82	1.24
22-5	0.23	0.08	0.33	1.19	0.01	0.11	0.46	0.04	0.50	1.40	0.19	0.75	0.71	0.79	1.17
24-4	0.25	0.09	0.34	1.27	0.01	0.11	0.47	0.03	0.50	1.33	0.19	0.76	0.71	0.81	1.11
26-5	0.22	0.07	0.33	1.22	0.01	0.11	0.46	0.04	0.55	1.38	0.19	0.77	0.69	0.81	1.09
28-3	0.26	0.08	0.32	1.19	0.01	0.10	0.45	0.04	0.55	1.33	0.19	0.77	0.69	0.86	1.11
30-3 (10-22 cm)	0.21	0.07	0.33	1.19	0.01	0.10	0.46	0.04	0.50	1.43	0.20	0.75	0.71	0.83	1.06
30-5 (0-20 cm)	0.20	0.06	0.32	1.18	0.01	0.10	0.45	0.04	0.55	1.37	0.19	0.72	0.72	0.80	1.20
32-4 (0-15 cm)	0.21	0.07	0.34	1.23	0.01	0.10	0.47	0.05	0.51	1.40	0.19	0.75	0.70	0.80	1.16
39-3 (2-20 cm)	0.22	0.07	0.33	1.20	0.01	0.10	0.46	0.04	0.54	1.33	0.19	0.73	0.73	0.82	1.10
40-4 (9-13 cm)	0.24	0.08	0.33	1.17	0.01	0.11	0.46	0.04	0.51	1.28	0.20	0.78	0.74	0.83	1.00
45-3 (36-48 cm)	0.23	0.07	0.32	1.18	0.01	0.10	0.44	0.04	0.52	1.34	0.19	0.71	0.71	0.86	1.00
49-3 (0-5 cm)	0.22	0.07	0.32	1.13	0.01	0.10	0.44	0.04	0.56	1.22	0.19	0.73	0.71	0.80	0.95
52-2 (0-12 cm)	0.28	0.09	0.33	1.23	0.01	0.11	0.47	0.02	0.45	1.15	0.19	0.79	0.74	0.85	1.08
55-3 (12-36 cm)	0.22	0.07	0.33	1.18	0.01	0.10	0.45	0.04	0.53	1.32	0.19	0.74	0.71	0.79	1.19
55-4	0.22	0.07	0.33	1.16	0.01	0.10	0.44	0.04	0.50	1.44	0.19	0.74	0.69	0.79	1.16
56-5 (1-27 cm)	0.23	0.08	0.34	1.18	0.01	0.10	0.43	0.04	0.53	1.28	0.19	0.73	0.68	0.75	1.12
59-4 (0-15 cm)	0.22	0.07	0.33	1.17	0.01	0.10	0.43	0.04	0.53	1.42	0.19	0.74	0.71	0.80	1.15
60-4 (7-14 cm)	0.25	0.08	0.32	1.21	0.01	0.10	0.41	0.03	0.48	1.19	0.18	0.74	0.72	0.79	1.16
61-1	0.28	0.10	0.35	1.23	0.02	0.13	0.46	0.04	0.47	1.39	0.18	0.78	0.73	0.86	1.16
70-1 (10-15 cm)			0.28	1.14			0.43								
95-2	0.27	0.09	0.33	1.20	0.01	0.10	0.46	0.03	0.54	1.20	0.18	0.77	0.70	0.85	1.00
98-4	0.23	0.08	0.33	1.14	0.01	0.10	0.46	0.05	0.54	1.33	0.19	0.76	0.73	0.82	1.00
98-5	0.22	0.07	0.33	1.19	0.01	0.10	0.46	0.04	0.53	1.46	0.19	0.74	0.72	0.79	1.08
99-4	0.30	0.11	0.36	1.29	0.02	0.13	0.47	0.02	0.44	1.10	0.19	0.82	0.73	0.86	0.89
102-2 (68-76 cm)	0.22	0.07	0.32	1.14	0.01	0.10	0.45	0.04	0.53	1.35	0.19	0.75	0.73	0.80	1.13
103-4 (5-35 cm)	0.21	0.07	0.33	1.19	0.01	0.10	0.46	0.05	0.51	1.46	0.19	0.74	0.71	0.79	1.30
104-5 (20-38 cm)	0.22	0.07	0.33	1.15	0.01	0.10	0.45	0.04	0.55	1.35	0.19	0.75	0.71	0.79	1.07
106-2 (52-70 cm)	0.22	0.08	0.34	1.13	0.01	0.11	0.46	0.04	0.50	1.41	0.19	0.76	0.72	0.80	1.13
106-3 (12-44 cm)	0.23	0.08	0.34	1.14	0.02	0.11	0.47	0.05	0.53	1.37	0.19	0.70	0.70	0.78	1.11
108-1 (22-42 cm)	0.23	0.07	0.32	1.13	0.01	0.09	0.44	0.04	0.50	1.42	0.19	0.73	0.73	0.82	1.10
109-3 (0-25 cm)	0.22	0.08	0.35	1.23	0.01	0.11	0.45	0.05	0.53	1.49	0.19	0.76	0.67	0.81	1.08
116-4 (10-24 cm)	0.26	0.09	0.36	1.29	0.02	0.12	0.46	0.05	0.51	1.99	0.20	0.73	0.73	0.80	1.29
117-4 (0-30cm)	0.22	0.07	0.32	1.15	0.01	0.10	0.42	0.04	0.53	1.44	0.19	0.74	0.74	0.79	1.13
122-6 (0-4 cm)	0.24	0.09	0.39	1.38	0.01	0.13	0.48	0.06	0.54	3.68	0.20	0.73	0.73	0.79	2.00
123-4 (30-45 cm)	0.23	0.09	0.37	1.36	0.02	0.13	0.46	0.06	0.48	1.49	0.19	0.74	0.70	0.78	1.21
126-1 (20-38 cm)	0.23	0.07	0.33	1.15	0.01	0.10	0.44	0.04	0.53	1.41	0.19	0.75	0.70	0.80	1.17
127-4 (0-14 cm)	0.24	0.08	0.33	1.21	0.01	0.10	0.46	0.05	0.52	1.69	0.20	0.75	0.70	0.80	1.23
128-4 (30-56 cm)	0.22	0.07	0.33	1.16	0.01	0.10	0.46	0.04	0.55	1.42	0.19	0.76	0.71	0.82	1.03
130-3	0.23	0.08	0.33	1.15	0.01	0.10	0.46	0.04	0.53	1.25	0.19	0.74	0.74	0.79	1.04
132-2	0.21	0.07	0.33	1.18	0.01	0.10	0.46	0.04	0.52	1.40	0.19	0.76	0.72	0.80	1.08
134-4 (5-25 cm)	0.22	0.07	0.32	1.17	0.01	0.10	0.46	0.05	0.55	1.38	0.20	0.74	0.71	0.80	1.10
135-3	0.21	0.07	0.33	1.17	0.01	0.10	0.43	0.04	0.55	1.41	0.19	0.76	0.71	0.79	1.13
137-2 (22-29 cm)	0.24	0.08	0.33	1.20	0.01	0.10	0.45	0.04	0.50	1.43	0.19	0.74	0.70	0.82	1.04
139-4	0.31	0.24	0.77	3.14	0.04	0.41	0.68	0.13	0.35	5.62	0.20	0.75	0.74	0.79	1.77
142-3	0.27	0.14	0.53	1.83	0.01	0.18	0.50	0.08	0.56	16.07	0.20	0.72	0.72	0.78	2.13

Sample ID	Ts/Tm	Ts/Hop	Tm/Hop	H29/Hop	BNH/Hop	OL/Hop	H31s/Hop	Gam/Hop	27dia R/S	27bb/29bb	26S/26R+27S	28S/26R+27S	27R/26R+27S	28R/26R+27S	29aaS/29aaR
144-4	0.23	0.08	0.33	1.16	0.01	0.10	0.44	0.04	0.52	1.20	0.18	0.78	0.73	0.84	1.00
145-4	0.26	0.09	0.36	1.25		0.10	0.43	0.02		0.74		1.13	0.60	1.19	0.92
147-4	0.22	0.09	0.42	1.45	0.01	0.13	0.45	0.05	0.51	1.76	0.20	0.72	0.72	0.77	1.35
149-4	0.22	0.07	0.33	1.17	0.01	0.10	0.46	0.04	0.52	1.44	0.19	0.72	0.72	0.78	1.14
151-7	0.22	0.07	0.32	1.17	0.01	0.10	0.45	0.04	0.53	1.38	0.19	0.76	0.71	0.80	1.03
153-3	0.22	0.09	0.44	1.56	0.01	0.14	0.47	0.06	0.50	8.13	0.19	0.73	0.70	0.76	3.52
155-4	0.25	0.09	0.36	1.29		0.11	0.44	0.04	0.52	2.43	0.18	0.75	0.71	0.82	2.78
157-4	0.23	0.08	0.34	1.17	0.01	0.10	0.43	0.03	0.49	1.06	0.13	0.92	0.68	1.00	1.06
159-2	0.25	0.08	0.33	1.17	0.01	0.11	0.48	0.04	0.54	1.15	0.18	0.80	0.69	0.85	0.93
163-5	0.24	0.08	0.34	1.19	0.01	0.11	0.47	0.03	0.54	1.32	0.19	0.76	0.73	0.80	1.10
167-4	0.23	0.08	0.32	1.20		0.10	0.43	0.03	0.51	1.32		0.80	0.73	0.89	0.88
171-5	0.28	0.09	0.34	1.18	0.01	0.11	0.46	0.03	0.51	1.20	0.18	0.77	0.73	0.88	0.87
175-6 (5-25cm)	0.22	0.07	0.33	1.19	0.01	0.10	0.46	0.04	0.51	1.48	0.19	0.74	0.69	0.79	1.04
176-3 (2-22 cm)	0.24	0.08	0.34	1.21	0.01	0.10	0.45	0.04	0.53	1.40	0.19	0.77	0.72	0.79	1.21
178-3 (10-20 cm)			0.30	1.19			0.43								
182-3	0.21	0.07	0.32	1.17	0.01	0.10	0.45	0.04	0.53	1.31	0.19	0.74	0.72	0.79	1.07
183-5 (0-14 cm)	0.22	0.07	0.33	1.16	0.01	0.10	0.47	0.04	0.50	1.25	0.19	0.75	0.73	0.81	1.14
185-6	0.25	0.08	0.33	1.21	0.01	0.11	0.45	0.03	0.49	1.24	0.19	0.79	0.71	0.83	0.95
193-2 (0-20 cm)	0.22	0.07	0.33	1.14		0.10	0.43	0.04	0.52	1.34	0.19	0.74	0.71	0.77	1.21
193-4	0.23	0.07	0.32	1.19	0.01	0.10	0.45	0.04	0.51	1.35	0.19	0.77	0.72	0.81	1.07
193-8 (30-50 cm)	0.22	0.07	0.32	1.13	0.01	0.10	0.43	0.04	0.53	1.40	0.19	0.76	0.73	0.79	1.16
197-2 (0-11 cm)	0.21	0.07	0.33	1.17	0.01	0.10	0.45	0.04	0.51	1.38	0.19	0.75	0.70	0.80	1.18
201-1 (10-15 cm)			0.28	1.15		0.10	0.42			1.22		0.93	0.71	1.07	1.17
202-2 (30-70 cm)															
205-7 (10-20 cm)	0.28	0.09	0.33	1.21	0.01	0.11	0.45	0.02	0.48	1.18	0.19	0.77	0.71	0.86	1.15
208-4	0.29	0.10	0.34	1.22	0.01	0.11	0.44	0.02	0.42	0.99	0.19	0.78	0.73	0.86	0.98
209-2 (11-30 cm)	0.23	0.07	0.33	1.15	0.01	0.10	0.44	0.04	0.53	1.41	0.19	0.73	0.71	0.78	1.17
209-6 (60-74 cm)	0.23	0.07	0.32	1.15	0.01	0.10	0.44	0.04	0.54	1.27	0.18	0.79	0.69	0.85	0.96
210-4 (10-30 cm)	0.21	0.07	0.33	1.19	0.01	0.10	0.44	0.04	0.50	1.40	0.19	0.75	0.70	0.80	1.08
213-7 (52-60 cm)	0.21	0.07	0.32	1.17	0.01	0.09	0.43	0.04	0.59	1.33	0.19	0.76	0.71	0.82	1.14
216-4	0.20	0.07	0.33	1.15	0.01	0.10	0.45	0.04	0.53	1.41	0.19	0.75	0.73	0.81	1.22
218-2 (30-48 cm)	0.21	0.07	0.33	1.19	0.01	0.10	0.46	0.04	0.53	1.54	0.19	0.74	0.71	0.81	1.12
220-3	0.23	0.07	0.32	1.16	0.01	0.10	0.44	0.04	0.49	1.42	0.18	0.70	0.70	0.78	1.06
221-2 (15-30 cm)	0.21	0.07	0.33	1.20	0.01	0.11	0.47	0.04	0.54	1.41	0.18	0.78	0.73	0.84	1.05
222-2 (0-10 cm)			0.33	1.31		0.12	0.44					0.98		1.04	1.13
225-2 (12-18 cm)	0.23	0.08	0.34	1.17	0.01	0.11	0.47	0.04	0.52	1.34	0.19	0.79	0.71	0.79	1.14
227-3 (12-24 cm)	0.23	0.08	0.35	1.18	0.01	0.11	0.47	0.04	0.53	1.39	0.19	0.74	0.70	0.77	1.12
229-4	0.26	0.09	0.33	1.21	0.01	0.11	0.46	0.04	0.50	1.27	0.19	0.75	0.75	0.81	1.06
231-2 (14-28 cm)	0.20	0.07	0.34	1.19	0.02	0.10	0.46	0.05	0.54	1.37	0.19	0.75	0.73	0.83	1.05
233-4	0.29	0.10	0.34	1.24	0.02	0.11	0.44	0.02	0.41	1.15	0.19	0.77	0.72	0.87	1.26
238-5	0.25	0.09	0.34	1.19	0.01	0.11	0.47	0.04	0.50	1.37	0.20	0.73	0.70	0.83	1.07
239-3 (8-16 cm)	0.23	0.08	0.35	1.23	0.01	0.11	0.45	0.05	0.52	1.71	0.20	0.72	0.72	0.81	1.41
240-3	0.22	0.07	0.33	1.15	0.01	0.10	0.45	0.04	0.52	1.39	0.19	0.76	0.69	0.79	1.13
243-3	0.24	0.08	0.32	1.18	0.01	0.11	0.47	0.05	0.52	1.36	0.19	0.74	0.72	0.79	1.07
246-3 (2-15 cm)	0.23	0.07	0.33	1.16	0.01	0.10	0.45	0.04	0.52	1.45	0.19	0.75	0.71	0.79	1.14
248-5	0.26	0.09	0.36	1.25	0.01	0.12	0.44	0.03	0.44	2.15	0.13	0.84	0.68	0.89	1.30
249-4	0.22	0.07	0.33	1.17	0.01	0.10	0.46	0.04	0.53	1.20	0.19	0.75	0.71	0.81	1.08
252-4	0.23	0.08	0.35	1.23	0.01	0.11	0.47	0.05	0.54	1.35	0.19	0.73	0.73	0.80	1.06
253-4	0.22	0.08	0.35	1.23	0.01	0.11	0.45	0.05	0.52	1.58	0.19	0.74	0.71	0.79	1.17
Average	0.23	0.08	0.34	1.22	0.01	0.11	0.45	0.04	0.51	1.40	0.19	0.77	0.71	0.82	1.17
Standard Deviation	0.02	0.02	0.05	0.21	0.00	0.03	0.03	0.01	0.04	0.32	0.01	0.06	0.02	0.06	0.35