

ALBERTO BENCINI *, MARINO MARTINI *

VARIAZIONI DEL CONTENUTO DI SILICE NELLE ACQUE FREATICHE DI VULCANO **

RIASSUNTO. — La concentrazione della silice in soluzioni naturali dipende soprattutto dalla temperatura, ed è perciò considerata un parametro di notevole importanza per lo studio di aree geotermiche.

Si è ritenuto che lo studio della distribuzione della silice nelle acque freatiche di Vulcano potesse fornire qualche informazione supplementare riguardo allo studio termico del sistema, suscettibile di metterne in luce aspetti particolari.

L'indagine si è svolta su 175 campioni, raccolti per lo più da pozzi a scavo aperto nel corso di circa 17 mesi, considerando, oltre alla silice, la loro composizione chimica fondamentale e la concentrazione di alcuni costituenti minori di particolare importanza ai fini generali del problema esaminato; non si è tenuto conto dei valori della temperatura misurata, sicuramente influenzati dalla temperatura esterna.

Eseguendo un'analisi fattoriale di modo R si evidenzia l'esistenza di un fattore legato esclusivamente alla variabile silice. L'ubicazione in prossimità del cono attivo dei campioni caratterizzati maggiormente da tale fattore, ed un incremento generale del contenuto in silice, osservato posteriormente al febbraio 1978, sembrano un'indicazione significativa del progressivo riscaldamento dell'intero sistema vulcanico.

ABSTRACT. — A study of distribution of silica in phreatic waters of Vulcano was undertaken with the aim of obtaining some useful informations about the behaviour of the volcanic system.

175 samples of waters, mainly from dug wells, were collected from June 1977 to September 1978, taking into account beside silica, also the fundamental chemical composition and the distribution of some minor constituents.

Mode-R factor analysis pointed out to an independent role of silica in the general chemical picture.

The sites of samples with highest scores of factor represented by silica around the active cone and increasing concentrations of silica observed since February 1978 seem due to gradual heating of the whole volcanic system.

Introduzione

I numerosi studi condotti sulla solubilità della silice in acque termali hanno messo in evidenza alcune proprietà peculiari del fenomeno, come l'indipendenza dal valore del pH e dalla presenza di altri ioni, ed invece la stretta dipendenza dalla temperatura. Queste caratteristiche ne hanno reso particolarmente adatto l'uso come geotermometro (BODVARSSON, 1960; WHITE, 1961; ELLIS e MAHON, 1964;

* Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università di Firenze. Centro di Studio per la Mineralogia e la Geochimica dei sedimenti (C.N.R.) - Firenze. ** Pubblicazione n. 218 del Progetto Finalizzato « Geodinamica ».

TABELLA I
Corrispondenza fra campioni prelevati nello stesso punto
nel corso delle diverse campagne

Giugno 1977	Dicembre 1977	Febbraio 1978	Maggio 1978	Settembre 1978
1501	1601	1651	1701	1751
1502	1602	1652	1702	1752
1504	1626			
1506	1632	1684	1725	1777
1507	1631			
1510	1603	1660	1704	1754
1511	1604	1661	1705	1755
1513	1606	1662	1703	1753
1514	1608	1663	1706	1756
1518	1630	1676	1726	1770
1519	1629	1677	1727	1771
1520	1609	1682	1707	1757
1522	1616	1686	1709	1760
1526	1617	1656	1717	1765
1527	1617	1665	1716	1764
1528	1635	1666	1715	1763
1529	1607	1680	1734	1788
1531	1634	1674	1732	1786
1535	1672	1672	1730	1785
1536	1633	1673	1731	1784
1538	1613	1671	1736	1781
1540	1615	1659	1718	1766
1541	1614	1664	1719	1767
1542	1622	1655	1714	1776
1543	1621	1654	1738	1775
1544	1620	1653	1712	1774
1546	1623	1675	1711	1762
1547	1624	1667	1710	1761
1548	1624	1668	1728	1779
1549	1627	1679	1729	1780
1551	1612	1657	1721	1769
1557	1628	1681	1713	1772
1558	1610	1678	1722	1773
1611	1619	1683	1708	1759
1619		1685	1720	1768
		1658	1735	1783
		1670	1740	1787
			1739	1789

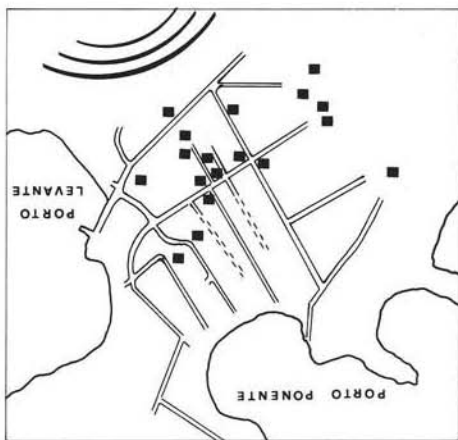
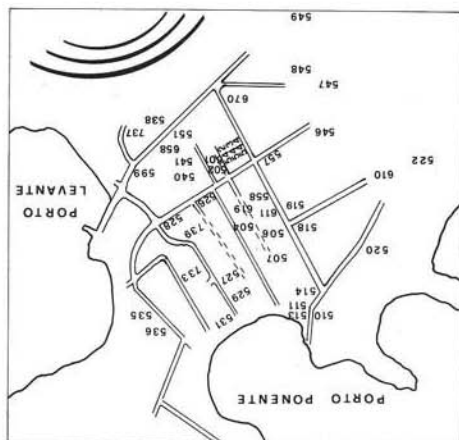


Fig. 1. — Ubicazione dei campioni: viene riportato solo il numero relativo al primo prelievo, omettendo per semplicità la cifra 1 iniziale.

Fig. 2. — Ubicazione dei campioni che hanno per il fattore 4 (SiO_2) un valore superiore a 0,8.

TABELLA 2
Risultati delle analisi

CA	MG	NA	K	HC03	S04	CL	SiO2	T	COND	PM	BR	F	B	LI	NH4	NO3	MB	SH	DATA	NUM
554	304	103	264	464	324	834	154	28	184	630	437	565	957	116	457	504	587	417	677	1501
844	614	153	394	344	724	133	144	26	274	615	547	875	588	146	407	113	687	177	677	1502
704	174	143	274	984	504	113	114	22	114	705	417	745	356	126	237	576	637	0	677	1504
294	124	664	114	274	194	604	104	21	104	710	757	415	556	298	897	19	107	547	677	1506
664	234	884	194	344	324	113	835	19	164	670	687	985	486	116	217	936	387	19	677	1507
884	544	213	204	424	464	263	935	18	114	680	637	675	626	126	247	345	597	19	677	1510
324	234	153	274	584	474	123	755	20	204	730	136	114	115	116	805	835	567	19	677	1511
284	124	634	975	274	214	714	104	19	104	690	267	545	206	657	567	19	277	19	677	1514
444	184	654	124	334	374	644	164	21	124	675	0	695	266	947	187	19	297	0	677	1518
484	124	514	104	354	324	384	835	24	104	720	247	445	206	797	577	184	277	19	677	1519
224	104	334	124	104	745	414	114	21	765	690	317	114	507	587	187	465	227	19	677	1520
154	585	504	144	585	174	354	154	28	815	660	347	194	116	126	177	104	347	19	677	1522
394	444	844	294	123	294	404	184	25	154	635	357	435	246	196	177	115	607	417	677	1526
244	354	163	334	914	644	764	875	23	214	700	587	114	486	176	177	395	477	327	677	1527
263	484	113	514	514	283	934	975	27	324	515	257	545	806	176	757	555	587	19	677	1528
384	364	183	284	674	704	133	114	21	234	710	126	124	135	196	206	225	527	19	677	1529
113	153	523	674	213	213	413	114	21	654	725	296	104	275	306	576	19	927	517	677	1531
203	654	453	414	964	293	373	605	23	574	670	416	395	225	176	837	19	767	807	677	1535
203	193	523	544	604	323	653	515	22	794	630	426	505	125	126	906	19	147	637	677	1536
283	614	654	274	134	383	324	274	35	314	680	387	195	406	186	227	545	737	947	677	1538
384	234	584	154	804	424	304	164	27	114	615	187	695	266	166	277	124	367	19	677	1540
163	224	534	204	264	183	304	164	29	194	610	207	415	336	126	217	215	537	277	677	1541
434	364	153	434	274	764	744	124	24	234	685	487	785	115	146	227	874	807	19	677	1542
404	394	694	264	554	324	484	114	22	154	665	287	745	306	657	247	254	657	19	677	1543
834	534	153	414	744	123	103	124	30	254	710	747	475	215	146	207	165	507	517	677	1544
134	555	193	424	864	754	584	204	34	194	715	0	955	165	266	177	125	587	0	677	1546
174	144	774	194	184	464	524	134	24	124	730	267	124	736	106	177	415	417	19	677	1547
505	145	414	124	104	134	254	154	22	675	740	287	104	106	127	237	485	207	19	677	1548
104	535	103	304	434	674	304	204	40	134	700	167	655	596	116	207	275	657	0	677	1549
253	104	904	234	234	313	304	164	25	274	700	257	365	656	196	167	565	507	437	677	1551
204	284	133	334	434	594	644	114	29	194	720	587	725	896	947	247	124	327	347	677	1557
294	174	103	244	454	404	534	755	25	144	720	797	675	115	146	177	104	397	277	677	1558
604	304	103	224	354	474	864	114	26	184	660	19	435	316	116	167	424	477	297	1277	1601
544	424	113	294	404	474	123	154	25	234	670	357	685	606	116	317	744	567	187	1277	1602
544	314	133	234	404	594	143	124	17	204	670	747	855	856	146	918	466	417	578	1277	1603
624	404	173	154	394	474	203	805	15	264	680	497	745	556	116	658	495	397	19	1277	1604
604	504	293	384	964	113	243	585	19	394	700	156	114	165	176	416	165	747	277	1277	1606
614	514	253	314	974	103	173	125	18	334	720	967	104	275	236	836	405	697	147	1277	1607
424	254	794	114	314	274	103	104	19	134	740	437	595	416	957	908	215	327	19	1277	1608
194	104	424	124	134	114	574	124	19	705	725	307	134	286	707	628	125	267	19	1277	1609
184	134	844	224	234	444	714	164	25	535	730	0	915	135	136	708	345	367	19	1277	1610
214	384	183	294	774	824	904	925	28	214	740	0	635	145	166	117	115	507	747	1277	1611
213	144	123	254	284	293	484	864	22	294	765	137	365	826	146	117	725	357	627	1277	1612
323	614	694	234	114	383	364	254	32	234	685	758	215	456	186	107	445	667	847	1277	1613
904	164	434	144	264	103	434	114	22	124	710	157	325	176	106	648	465	357	177	1277	1614
504	344	674	204	103	284	454	174	25	124	615	197	475	376	166	788	645	387	918	1277	1615
554	644	103	314	163	404	504	194	22	154	700	187	505	386	236	758	19	667	397	1277	1616
744	684	243	454	904	133	223	975	20	334	695	126	124	766	166	828	105	687	477	1277	1617
384	214	714	885	314	444	684	104	21	124	675	247	515	356	136	718	134	307	19	1277	1619
524	494	163	334	704	113	964	144	28	244	710	387	725	275	116	848	134	497	347	1277	1620
344	444	654	224	514	304	434	134	19	144	750	187	715	426	507	127	244	467	918	1277	1621
224	204	123	194	344	614	634	124	24	174	710	147	104	586	106	117	174	437	19	1277	1622
224	164	804	164	264	354	524	124	14	124	710	197	144	706	116	147	665	357	19	1277	1623
785	305	484	124	244	124	244	174	23	524	650	888	124	236	457	878	536	197	578	1277	1624
364	244	103	154	424	494	854	104	22	154	660	0	114	746	146	197	145	377	19	1277	1626
144	855	994	324	414	654	324	164	33	124	735	638	715	536	116	147	395	607	117	1277	1627
214	284	163	304	654	644	814	114	27	184	775	437	685	135	136	107	755	487	397	1277	1628
314	134	624	865	274	264	374	134	21	855	750	247	475	356	807	147	675	277	408	1277	1629
444	274	534	124	184	344	804	124	21	134	710	347	745	266	106	117	425	357	408	1277	1630
254	134	664	975	294	184	654	104	20	975	715	0	955	596	957	177	0	297	408	1277	1631
524	434	163	274	944	584	133	144	19	244	720	837	625	666	136	307	19	767	687	1277	1632
624	334	123	144	224	954	123	175	18	194	765	19	145	307	137	19	137	237	1277	1633	
113	263	993	934	233	333	843	455	18	804	735	296	114	305	336	205	205	156	567	1277	1634

continua

Per ogni costituente il valore è espresso mediante tre cifre di cui le prime due devono essere moltiplicate per 10^{-n} , ove n è la terza cifra; per esempio: 475 significa 47×10^{-5} .

Le concentrazioni sono espresse in equivalenti/litro, tranne SiO_2 e H_2BO_3 che sono espresse in moli/litro. La conduttività specifica è espressa in mhos.

019 indica tracce non quantificabili, 0 determinazione non effettuata. Da: MARTINI, 1979 b.

FOURNIER e ROWE, 1966; TONANI, 1970; ARNORSSON, 1975). Tuttavia, nel caso delle acque freatiche di Vulcano, non ci sembra che tali concetti possano essere automaticamente applicati, in quanto siamo in presenza di effetti di mescolamento e diluizione fra differenti tipi di acque, ed inoltre è ben difficile che sussistano le condizioni di equilibrio necessarie per il corretto impiego del geotermometro.

segue Tab. 2

293	584	113	404	554	353	764	114	20	354	515	247	194	976	206	507	295	597	137	1277	1635
644	304	123	214	394	394	744	164	23	204	685	237	475	336	116	137	554	387	327	278	1651
654	474	133	294	284	574	874	104	22	214	685	897	885	386	136	237	704	677	19	278	1652
454	334	133	254	654	604	744	154	24	194	775	597	835	145	647	277	605	587	868	278	1653
364	404	664	204	504	244	474	114	15	144	765	207	635	226	507	958	134	487	19	278	1654
204	154	123	174	344	404	544	144	24	124	685	307	134	496	937	107	134	467	19	278	1655
534	454	974	264	153	214	404	194	19	174	720	287	795	446	236	988	134	637	347	278	1656
293	164	794	184	244	313	364	184	18	174	715	347	265	446	146	107	114	447	437	278	1657
223	324	634	184	434	233	404	154	19	174	710	387	475	416	937	788	19	367	237	278	1658
434	284	674	194	834	214	384	194	21	134	660	437	645	206	216	107	715	367	19	278	1659
584	324	143	174	434	424	153	114	15	224	700	116	715	726	126	167	146	387	19	278	1660
594	434	183	144	374	324	203	104	12	264	710	707	585	606	106	207	635	547	19	278	1661
474	364	273	304	874	784	203	755	15	334	740	226	995	155	166	846	505	767	217	278	1662
444	194	834	124	354	244	964	134	18	144	730	547	475	258	867	167	255	347	517	278	1663
464	164	434	134	304	434	354	114	18	114	730	257	355	136	937	107	455	327	19	278	1664
774	294	153	234	674	884	113	144	15	234	725	627	885	596	867	117	165	427	19	278	1665
283	454	123	304	564	353	684	204	17	334	590	407	184	736	196	947	295	567	19	278	1666
224	124	834	144	244	304	484	114	8	124	795	247	144	496	136	147	805	347	19	278	1667
815	195	804	915	234	174	274	194	20	655	740	908	154	757	647	137	125	127	19	278	1668
293	304	514	194	654	283	364	144	32	264	510	167	135	296	176	697	19	547	177	278	1669
254	305	253	434	694	173	464	184	54	264	740	467	515	135	196	347	375	817	807	278	1670
293	544	604	194	124	383	274	324	29	274	740	287	205	306	186	127	385	787	807	278	1671
374	114	464	704	444	284	484	755	14	975	735	257	405	396	116	868	19	307	347	278	1672
374	214	123	124	284	554	113	375	11	174	710	136	125	306	367	737	19	948	19	278	1673
664	173	683	614	223	203	533	935	12	764	775	236	104	235	326	346	215	847	667	278	1674
154	705	213	344	123	744	544	174	28	224	720	19	665	125	346	107	215	637	437	278	1675
464	174	604	875	224	264	604	134	18	114	740	147	795	166	937	147	685	507	19	278	1676
444	144	624	835	334	354	444	905	18	114	770	197	385	266	867	127	104	537	19	278	1677
304	164	694	875	284	414	514	124	20	114	725	207	745	236	146	157	104	307	157	278	1678
174	535	964	264	434	574	344	194	32	134	735	147	795	396	136	177	445	737	868	278	1679
654	614	353	264	103	173	233	104	14	424	700	116	134	205	256	255	114	787	237	278	1680
244	204	143	234	514	574	674	134	25	184	785	457	765	686	106	137	104	707	237	278	1681
224	875	414	124	104	114	464	104	17	745	735	197	114	307	937	147	575	247	19	278	1682
164	915	744	164	194	284	604	164	25	124	705	297	174	806	136	157	115	467	19	278	1683
684	344	173	234	964	524	133	124	17	234	735	106	585	426	326	157	19	737	637	278	1684
354	194	804	725	364	304	654	104	19	124	720	397	475	216	136	127	104	267	19	278	1685
154	645	554	124	805	294	404	154	25	685	690	167	174	207	136	157	895	367	19	278	1686
684	684	133	274	374	984	103	164	25	284	635	0	305	406	136	407	0	487	0	578	1701
434	384	233	354	834	484	183	935	18	294	740	0	545	746	146	477	0	867	0	578	1702
544	394	103	164	414	384	133	114	17	194	710	0	715	426	126	507	0	377	0	578	1704
734	644	233	174	444	434	273	114	16	324	682	0	605	496	146	367	0	517	0	578	1705
324	224	654	795	334	194	644	144	18	114	700	0	405	106	757	327	0	277	0	578	1706
184	124	414	124	204	885	454	154	22	835	675	0	955	207	707	447	0	257	0	578	1707
184	935	714	174	284	274	564	184	28	124	655	0	164	706	386	337	0	407	0	578	1708
775	735	544	134	164	194	324	164	30	855	705	0	174	507	106	367	0	267	0	578	1709
264	224	734	194	244	364	584	194	24	144	705	0	134	626	146	387	0	377	0	578	1710
234	184	203	414	123	814	544	234	33	244	655	0	685	135	396	287	0	647	0	578	1711
434	344	103	184	654	724	724	154	28	204	708	0	595	155	907	377	0	377	0	578	1712
274	464	113	274	454	644	764	164	27	204	725	0	595	806	116	377	0	507	0	578	1713
244	234	113	204	304	584	604	154	25	194	695	0	935	366	106	317	0	427	0	578	1714
273	754	103	374	554	313	844	104	24	374	455	0	445	726	176	185	0	577	0	578	1715
344	414	163	294	984	764	774	144	22	244	660	0	104	646	166	147	0	467	0	578	1716
414	494	784	264	133	244	334	194	22	174	635	0	505	266	216	177	0	577	0	578	1717
434	264	644	234	804	224	324	194	27	144	580	0	405	166	196	397	0	397	0	578	1718
414	224	464	144	374	414	404	154	22	124	685	0	405	707	116	807	0	417	0	578	1719
203	354	584	154	424	233	344	164	23	244	715	0	435	246	116	577	0	407	0	578	1720
203	254	113	224	264	283	424	254	30	304	695	0	375	626	196	507	0	577	0	578	1721
354	234	884	114	394	364	584	136	25	154	740	0	605	746	176	507	0	367	0	578	1722
664	374	113	164	854	534	784	154	19	234	740	0	355	446	246	316	0	307	0	578	1725
574	354	754	104	254	644	984	134	20	184	695	0	405	246	106	857	0	317	0	578	1726
494	224	644	855	364	364	364	104	20	144	765	0	355	286	807	757	0	317	0	578	1727
525	225	474	925	154	114	244	224	23	575	710	0	144	106	807	337	0	267	0	578	1728
214	725	103	294	604	704	304	174	39	154	710	0	675	486	146	427	0	697	0	578	1729
744	204	474	124	604	664	384	735	21	134	730	0	305	326	507	327	0	157	0	578	1730
584	604	353	414	624	163	273	555	20	434	740	0	235	125	807	387	0	367	0	578	1731

continua

Si è quindi studiata la distribuzione della silice nelle acque considerate e la sua variazione nella sequenza temporale dei diversi campionamenti, non con lo scopo di determinare il valore di temperature in profondità, ma nell'intento di ottenere utili informazioni per la comprensione delle modalità evolutive del sistema vulcanico.

Campionamento e risultati

Sono stati prelevati complessivamente 175 campioni, nel corso di cinque campagne effettuate nel giugno e dicembre 1977, e nel febbraio, maggio e settembre 1978.

segue Tab. 2

674	934	373	494	123	153	273	835	18	464	730	0	675	235	146	145	0	647	0	578	1732
594	474	103	204	574	884	884	955	20	214	785	0	555	866	126	507	0	277	0	578	1733
404	454	203	304	874	904	123	124	21	274	735	0	925	195	246	506	0	607	0	578	1734
323	364	504	184	644	313	424	244	30	304	585	0	225	386	216	626	0	567	0	578	1735
273	644	504	204	114	363	264	304	31	304	710	0	255	266	176	447	0	677	0	578	1736
344	454	664	194	544	264	504	154	21	224	740	0	575	436	607	477	0	477	0	578	1738
123	374	734	184	404	183	424	174	24	214	615	0	505	366	116	166	0	347	0	578	1739
214	655	243	364	694	193	484	184	51	274	740	0	595	115	190	405	0	697	0	578	1740
564	254	103	174	454	364	754	184	29	224	675	0	375	206	907	507	0	437	0	578	1751
704	604	123	204	454	564	824	174	28	274	642	0	555	546	116	377	0	577	0	578	1752
524	344	193	334	844	344	153	114	21	254	710	0	875	946	116	375	0	607	0	578	1753
524	284	113	174	454	464	113	124	21	194	745	0	104	826	146	167	0	417	0	578	1754
524	394	143	154	384	364	153	134	19	194	740	0	725	586	607	147	0	427	0	578	1755
464	184	734	965	404	224	794	144	22	134	715	0	675	406	757	207	0	337	0	578	1756
194	134	434	154	154	134	464	154	24	905	690	0	114	107	707	337	0	297	0	578	1757
224	154	764	144	224	244	584	184	30	144	700	0	154	826	156	147	0	407	0	578	1759
114	595	524	154	124	194	304	174	31	995	735	0	154	907	106	207	0	267	0	578	1760
194	194	704	214	214	284	544	194	25	134	710	0	144	596	116	257	0	377	0	578	1761
174	154	203	414	113	784	544	244	35	294	715	0	635	135	416	227	0	647	0	578	1762
273	724	824	454	484	313	554	134	28	344	560	0	575	696	176	166	0	567	0	578	1763
314	434	133	314	734	774	804	134	25	234	740	0	104	456	156	257	0	457	0	578	1764
594	654	944	334	183	354	494	244	25	214	725	0	525	366	266	807	0	707	0	578	1765
404	314	594	234	814	234	364	204	27	144	640	0	365	276	196	257	0	397	0	578	1766
824	314	454	204	434	674	404	194	25	154	745	0	415	176	116	247	0	387	0	578	1767
233	374	854	294	354	273	474	194	30	294	700	0	325	356	126	187	0	577	0	578	1768
153	184	984	224	334	223	444	174	25	294	865	0	215	556	126	207	0	397	0	578	1769
724	394	654	104	254	754	624	154	22	174	695	0	395	246	116	337	0	317	0	578	1770
414	194	534	915	314	294	474	174	24	124	730	0	465	186	907	367	0	267	0	578	1771
274	294	123	284	544	564	674	174	29	214	780	0	595	556	757	177	0	477	0	578	1772
434	244	844	174	564	374	604	144	26	164	745	0	675	656	146	367	0	357	0	578	1773
564	494	103	324	674	894	744	174	30	254	790	0	525	115	757	367	0	437	0	578	1774
244	294	624	264	464	264	384	174	26	134	710	0	725	196	807	217	0	397	0	578	1775
274	234	103	154	384	424	544	164	28	184	740	0	895	506	907	337	0	377	0	578	1776
494	374	113	244	103	364	904	184	22	224	740	0	595	326	286	185	0	617	0	578	1777
434	555	313	634	834	213	754	204	53	504	720	0	445	175	186	116	0	747	0	578	1778
675	285	474	124	154	114	264	224	26	775	740	0	144	176	607	477	0	267	0	578	1779
214	885	984	404	544	734	324	234	35	194	780	0	525	546	106	537	0	667	0	578	1780
283	564	594	274	144	383	284	304	35	364	720	0	205	426	186	447	0	677	0	578	1781
333	504	544	274	704	323	474	244	33	364	575	0	255	256	186	536	0	567	0	578	1783
423	443	122	133	854	843	132	605	25	103	660	0	195	235	326	897	0	146	0	578	1784
153	824	423	374	113	233	283	124	26	524	730	0	395	165	156	617	0	587	0	578	1785
113	153	633	874	333	924	433	114	24	704	775	0	134	225	236	194	0	136	0	578	1786
183	313	543	844	183	323	453	204	26	754	685	0	555	155	486	126	0	887	0	578	1787
464	574	213	404	814	594	143	144	22	274	795	0	114	145	196	526	0	617	0	578	1788
213	564	854	334	644	253	564	224	28	264	630	0	505	486	186	467	0	517	0	578	1789

La fig. 1 indica l'ubicazione dei punti di prelievo, e la tabella 1 la corrispondenza fra i campioni raccolti nello stesso luogo in missioni diverse.

La tabella 2 riporta i risultati delle analisi chimiche, ripresi da MARTINI, 1979 b.

Analisi dei risultati

Il valore del coefficiente di correlazione (0,57) indica un legame abbastanza pronunciato fra il contenuto di silice e la temperatura delle soluzioni esaminate.

Tale circostanza, anche se può corrispondere ad un processo genetico ben preciso, non sembra costituire un indizio di sufficiente validità poichè dobbiamo ricordare che la maggior parte dei campioni raccolti proviene da pozzi a scavo aperto, e conseguentemente la loro temperatura misurata è sicuramente influenzata dalla temperatura esterna, costituendo così un'indicazione parziale e qualitativa.

Si è preferito perciò affrontare il problema senza tener conto dei valori della temperatura, approfondendo però l'analisi statistica mediante una procedura di analisi fattoriale di modo R.

Il risultato, riportato in tabella 3, indica l'esistenza di un fattore legato esclusivamente alla variabile silice, che è quarto in ordine di importanza e giustifica il 3,9 % della varianza totale.

Osservando la cartina di fig. 2, ove sono riportate le ubicazioni dei campioni

che esibiscono per il suddetto fattore un contributo (factor score) superiore a 0,8, sembra lecito dedurre che il carattere «silicico» delle acque freatiche si accresce avvicinandosi al conto attivo e che ciò può essere dovuto alla maggiore capacità dissolvante delle acque della falda freatica laddove la temperatura ambientale sia maggiore.

Si ottiene così la stessa indicazione sul legame genetico fra silice disciolta in soluzione e temperatura, ma questa volta senza l'ausilio delle misure dirette di quest'ultima grandezza, che, come abbiamo già detto, non rispecchiano fedelmente i valori effettivi di detto parametro.

TABELLA 3
Risultato dell'analisi fattoriale di modo R

Fattore	Variabili determinanti	Eigenvalues	Varianza
1	Na, Cl, Mg	7,07	0,589
2	Ca, SO ₄	1,87	0,146
3	HCO ₃	1,30	0,088
4	SiO ₂	0,47	0,039
5	H ₃ BO ₃	0,38	0,032

Le figg. 3-7 riportano la distribuzione delle concentrazioni di silice relativa alle singole campagne di campionamento. Non è difficile osservare che il numero di campioni a concentrazione più elevata rimane circa costante dal giugno 1977 al febbraio 1978, per poi subire un progressivo aumento fino a settembre 1978.

È ovvio che i fattori meteorologici possono influire sulla concentrazione di specie disciolte in soluzioni naturali, ma non ci sembra che parametri di tale natura possano avere determinato sostanzialmente la pronunciata variazione osservata posteriormente al febbraio 1978, mentre non avrebbero avuto alcun effetto apprezzabile nei dieci mesi precedenti.

Ci pare invece che come fattore preponderante della variazione chimica debba considerarsi il progressivo riscaldamento dell'intero sistema vulcanico.

È noto infatti (MARTINI, 1979 a) che la temperatura delle fumarole di Vulcano ha subito un incremento di alcune decine di gradi nel corso degli ultimi due anni, dopo essere rimasta a valori pressoché costanti per qualche decennio.

Nel febbraio 1978 tale incremento si era già manifestato, mentre non si osservava ancora un parallelo aumento di silice nelle acque freatiche, ma sembra abbastanza normale che le variazioni chimiche di una falda acquifera si manifestino con un certo sfasamento rispetto alla variazione delle condizioni termodinamiche che possono averle provocate.

Conclusioni

Lo studio del contenuto di silice nelle acque freatiche di Vulcano, raccolte lungo un arco di tempo di circa 16 mesi, indica un graduale incremento della concentrazione a partire dal febbraio 1978.

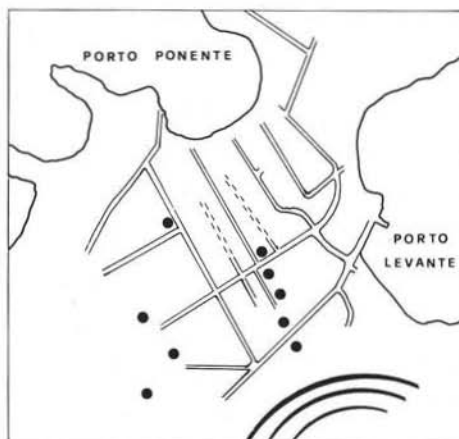


Fig. 3.

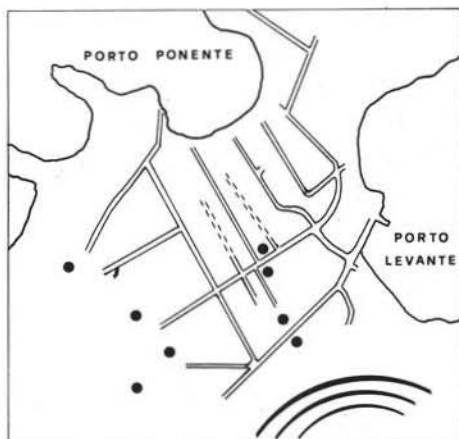


Fig. 4.

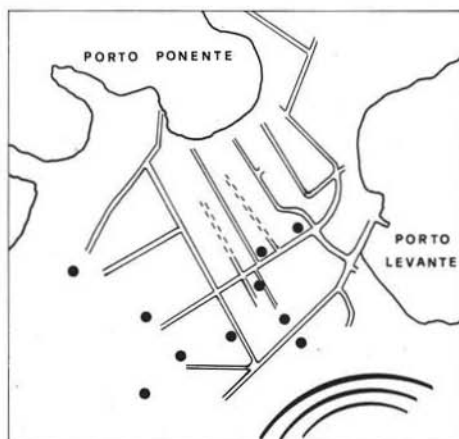


Fig. 5.

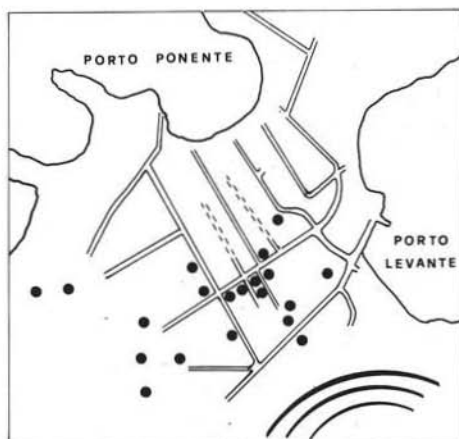


Fig. 6.

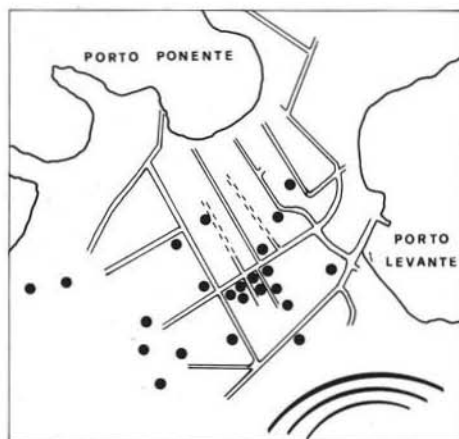


Fig. 7.

Fig. 3. — Campionamento giugno 1977: distribuzione dei campioni con contenuto di silice superiore a 1,5 mmoli/litro.

Fig. 4. — Campionamento dicembre 1977: distribuzione dei campioni con contenuto di silice superiore a 1,5 mmoli/litro.

Fig. 5. — Campionamento febbraio 1978: distribuzione dei campioni con contenuto di silice superiore a 1,5 mmoli/litro.

Fig. 6. — Campionamento maggio 1978: distribuzione dei campioni con contenuto di silice superiore a 1,5 mmoli/litro.

Fig. 7. — Campionamento settembre 1978: distribuzione dei campioni con contenuto di silice superiore a 1,5 mmoli/litro.

Il carattere areale di tale fenomeno induce ad individuarne la causa nel progressivo riscaldamento del sistema vulcanico, come chiaramente evidenziato dall'aumento della temperatura delle manifestazioni fumaroliche.

BIBLIOGRAFIA

- ARNORSON S. (1975) - *Application of the silica geothermometer in low temperature hydrothermal areas in Iceland*. Am. Jour. Sci., 275, 763-784.
- BÖDVARSSON G. (1960) - *Exploration and exploitation of natural heat in Iceland*. Bull. Volcanol., ser. 2, 23, 241-250.
- ELLIS A. J., MAHON W. A. J. (1964) - *Natural hydrothermal systems and experimental hot water/rock interactions*. Geochim. Cosmochim. Acta, 28, 1323-1357.
- ELLIS A. J., MAHON W. A. J. (1977) - *Chemistry and geothermal systems*. Academic Press, New York.
- FOURNIER R. O. (1977) - *Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems*. Geothermics, 5, 41-50.
- FOURNIER R. O., ROWE J. J. (1966) - *Estimation of underground temperatures from the silica content of water from hot springs and wet-steam wells*. Am. Jour. Sci., 264, 685-697.
- JÖRESKOG K. G., KLOVAN J. E., REYMENT R. A. (1976) - *Geological factor analysis*. Elsevier, Amsterdam.
- KRAUSKOPF K. B. (1956) - *Dissolution and precipitation of silica at low temperatures*. Geochim. Cosmochim. Acta, 10, 1-26.
- MARTINI M. (1979 a) - *Sorveglianza geochimica di aree interessate da vulcanismo attivo: un modello per Vulcano (Isole Eolie)*. Rend. Soc. It. Min. e Petr., 36°-1 (in stampa).
- MARTINI M. (1979 b) - *Geochemical survey on the phreatic waters of Vulcano (Aeolian Islands, Italy)*. Bull. Volc., 43-1 (in press).
- MOREY G. W., FOURNIER R. O., ROWE J. J. (1964) - *The solubility of amorphous silica at 25° C*. Jour. Geophys. Res., 69, 1995-2002.
- TONANI F. (1970) - *Geochemical methods of exploration for geothermal energy*. (Proc. U.N. Symp. on the Development and Utilization of Geothermal Resources, Pisa) Geothermics, Spec. Issue, 2, 1, 492-515.
- WHITE D. E. (1961) - *Preliminary evaluation of geothermal areas by geochemistry, geology and shallow drilling*. Proc. Rome Conf. on new Sources of Energy, U.N., 2, 402-414.
- WHITE D. E., BRANNOCK W. W., MURATA K. J. (1956) - *Silica in hot spring waters*. Geochim. Cosmochim. Acta, 10, 1-26.