

Turen går til....

- Azorerne



Pyroklastiske lag

Lava

Blotning af traktisk lava (nederst) overlejret af pyroklastiske lag (øverst) ved Porta da Ajuda. (Foto: Forfatteren)

Af geolog Nick Svendsen

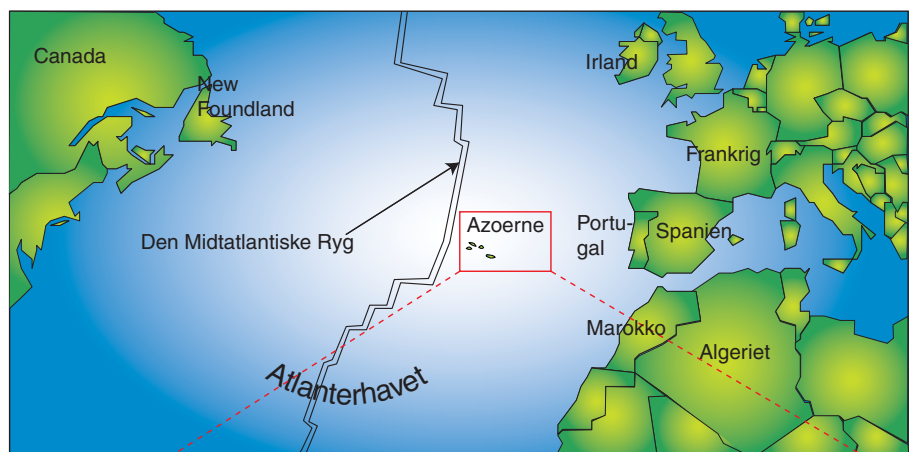
Azorerne ligger midt i Atlanterhavet og er et af Europas aktive vulkancentre. Denne artikel beskriver en af øerne i Azorerne, nemlig São Miguel.

Øgruppen Azorerne ligger midt ude i Atlanterhavet på 39 grader nord og 29 grader vest (figuren til højre). Øerne har været beboet de sidste 500 år og er en del af Portugal, dog med et vist selvstyre siden 1976. Tidligere var øerne en midtvejsstation for skibstrafikken til Amerika. Klimaet på øerne er godt for landbrug, og de har derfor været en vigtig forsyningsbase for de portugisiske kolonier i Afrika. I dag er øerne ved at blive en ny turistattraktion på linie med de andre atlantiske øer, Madeira og Grand Canaria.

Azorerne er også et af Europas aktive vulkanområder, måske ikke så spektakulært som Island eller de Lipariske Øer, men ikke desto mindre nok så interessant.

Azorerne

Azorerne består af 10 større og mindre øer,



Azorerne beliggenhed i forhold til Den Midtatlantiske Ryg (øverst) og øerne i øgruppen (nederst). (Grafik: UVH modificeret efter forfatteren)

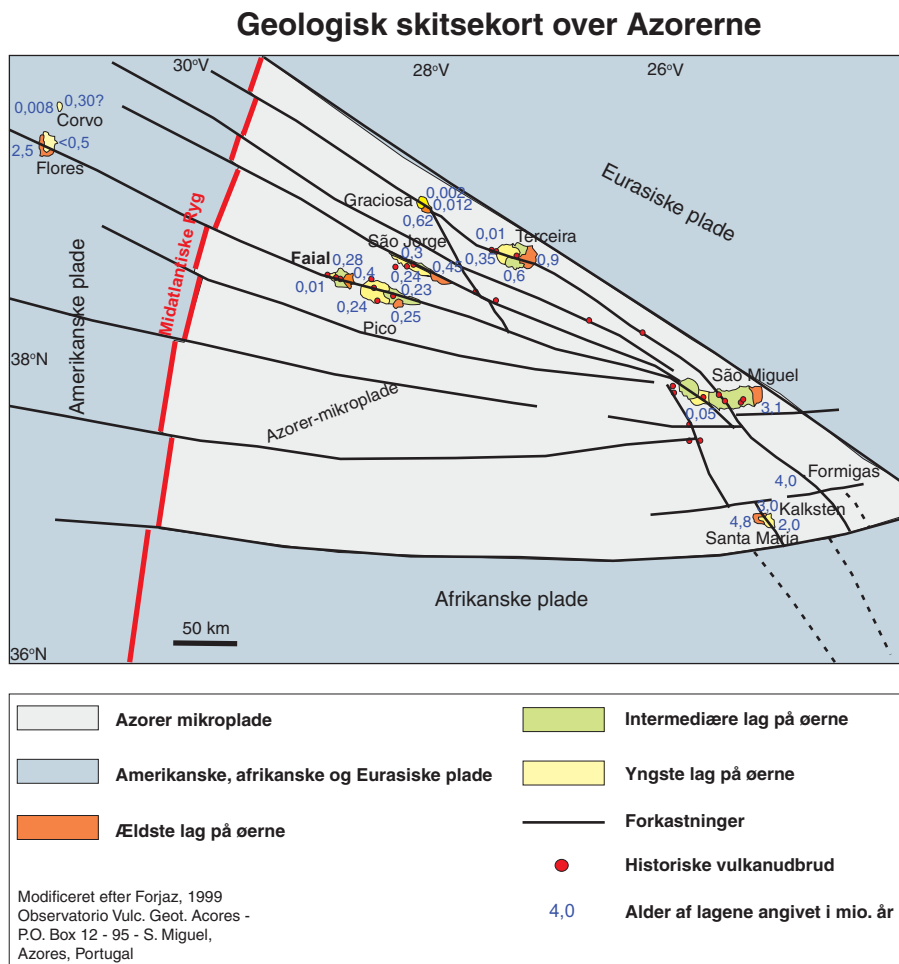
hvoraf 8 ligger øst for den Midatlantiske Ryg og de sidste 2 vest for ryggen. Øernes opståen er derfor kædet sammen med den Midatlantiske Ryg. De 8 østlige øer ligger i et triple junction-område, der ligger mellem de amerikanske, eurasiske og afrikanske plader. Dette område udgør en "mikroplade", som er dannet inden for de sidste 10 millioner år (figuren til højre).

Vulkansk aktivitet

Den vulkanske aktivitet på øerne i de sidste 500 år er dokumenteret i øernes annaler (figuren øverst til højre på side 18). Siden 1439 har der været 34 vulkanske udbrud på øerne, men også rundt om i havet. På den største af øerne, São Miguel-øen, er der 8 større eller mindre dokumenterede udbrud. Udbruddet i Lagoa Fogo (lagoa = sø) satte ild til skoven på vulkanen. Det viste sig som et ildskær om natten, heraf navnet der betyder "ildbjerg". Udbruddet i den nærliggende Lagoa Furnas i 1630 er interessant, idet kirkeklokkerne i kirken i byen Furna havde klemmet i tiden før udbruddet. Præsterne ved kirken tolkede det som et tegn fra den højere magt og fik de fleste af indbyggerne evakueret i tide. "Kun" ca. 200 mennesker omkom under udbruddet. Det må være det første eksempel på brug af et "seismisk advarselssystem".

Den vulkanske aktivitet ved de 2 søer er i dag varme, boblende kilder. Den høje geotermiske gradient udnyttes ved Lagoa Fogo i et geotermisk anlæg, som dækker ca. 40 % af øens energibehov.

Udbruddet på den nordligere ø Faial i 1957 foregik tæt på kysten. Efter udbruddet var der opstået en halvø på 1 km². Asken fra udbruddet dækkede og ødelagde en nærliggende landsby. Der har været adskillige submarine udbrud mellem øerne, senest i 1998 ud for øen Terceira. Ved dette udbrud forekom flydende pudelava knolde (foto øverst til venstre side 18 og nederst side 18), nogle på størrelse med en bil. Normalt flyder pudelava blot ud på havbunden, når det dannes, men er de gasholdige nok,



"Mikropladen" som Azorerne ligger på samt de større pladers beliggenhed omkring. "Mikropladen" ligger i en triple-junction. (Grafik: Forfatteren modificeret efter Forjaz, 1999)

kan de stige op til overfladen, hvorefter de desintegrerer, og resterne synker til bunds. Fænomenet er dokumenteret af de lokale vulkanologer.

Jordskælv forekommer også, således senest i 1980 på Terceira-øen og i 1998 på Faial-øen (figuren nederst på foregående side). Skolebørnene på øerne har hvert år en evakueringsøvelse, så de er forberedte i tilfælde af flere skælv. Jordskælvet i 1522

på øen São Miguel ødelagde byen Villa Franca do Campo. Den havde hidtil været hovedstaden på øen, men de fleste beboere flyttede til Ponta Delgada, der herefter overtog rollen som hovedstad.

Den vulkanske aktivitet er associeret med forkastningszoner. Øerne nærmest ved den Midatlantiske Ryg er yngst, og øerne bliver ældre, jo længere væk man kommer. Inden for de enkelte øer er der flere dannelsesfaser (figuren ovenfor). For at illustrere ødannelsen kigger vi nærmere på øen São Miguel.

São Miguel

São Miguel-øen er ca. 64 km lang og 8-15 km bred. Den lange akse er orienteret overvejende øst-vest.

Øen består af 4 dele dannet på forskellige tidspunkter (figurerne på side 19). Inddelingen er baseret på, hvorvidt der er pyroklastiske lag til stede (Område 2 og 3) eller kun basaltiske lava lag (Område 1 og 4) samt alderen af lagene.

Område 1: Den østlige ende er den ældste del af øen. Den består af alkalibasaltiske og trakytiske lavaer (foto øverst til højre på side 20). Det højeste punkt, Pico da Vara, ligger i denne ende af øen, og er 1.003 m

Azorernes "mikroplade"

Azorernes "mikroplade" er beliggende i en triple-junction, hvor den afrikanske, eurasiske og amerikanske plade mødes. Den centrale del af Atlanterhavet ud for Portugal og Nordafrika (den amerikanske og den afrikanske plade) åbnedes i øvre Jura dvs. for 180 millioner år siden. Den nordlige del af Atlanterhavet, dvs. den del af havet, der ligger nord for Portugal (den amerikanske og den eurasiske plade), åbnedes for ca. 80 millioner år siden. Azorer-pladen ligger over "Azorer

Mantle plume" og er højst 10 millioner år gammel. Pladen er en oceanplade, der overvejende består af oceaniske basalter.

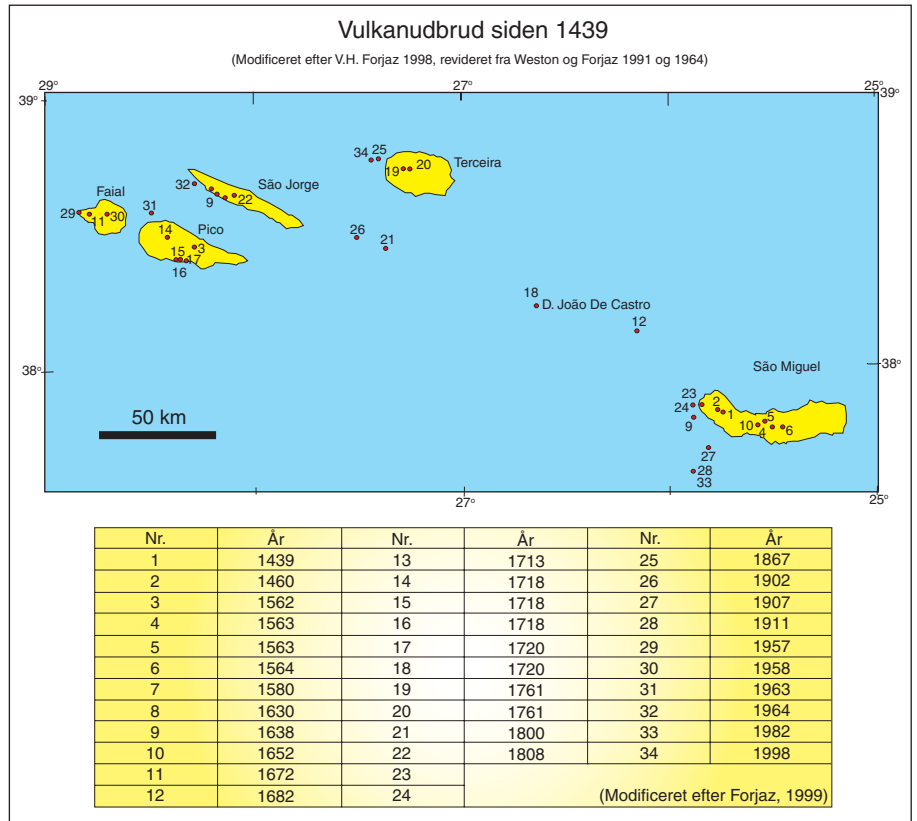
Der er på kortet ovenfor vist en forekomst af kalksten (Forjaz 1999) på øen Santa Maria, men desværre uden nærmere forklaring. Det kunne være en forekomst af pelagiske sedimentter, der ved forkastningsaktivitet i forbindelse med vulkanismen er kommet til overfladen. Sådanne forekomster findes på øen Fuerteventura i Gran Canaria-øgruppen.



Sejlende pudelava-knolde ud for Terceira.
(Foto efter Forjaz, 2000, side 18)

højt. Kysten er overvejende karakteriseret af høje klinger (100 m eller mere), hvor basalterne ligger fuldt eksponeret for havets aktivitet, men som også bevirker, at denne del af øen er svært tilgængelig fra havet. Inde i landet findes snævre og dybe skovklædte slugter. Der er 2 udbrudsfaser, den første betegnes Nordeste og er den ældste, 5-1 millioner år. Den anden kaldes Povoação-calderaen og er 3,5 til 0,5 millioner år.

Område 2: Den centrale del af øen omkring Lagoa do Fogo- og Lagoa das Furnas-calderaerne udgøres af trakytiske stratovulkaner bestående af vekslende lag af lava og aske (foto side 16 samt fotos øverst og midtfor til venstre på side 20). I kystklinterne ved Villa Franca do Campo (sydkysten) og ved Ponta da Ajuda (nordkysten) kan man se trakyt-lavaerne i havniveau, overlejret af tykke pyroklastiske lag (foto side 16). Det er denne del af øen, hvor vulkanismen stadig er aktiv i form af varme kilder. De højeste punkter på 700 til 1.000 meter ligger omkring calde-



Vulkanudbrud siden 1439 markeret med numre på øerne. (Grafik: Forfatteren modificeret efter Forjaz, 1999)

raerne. Der er dog mange flere mindre kraterhuller rundt omkring de store calderaer. Furnas-vulkanen er den ældste, 750.000 år, mens Fogo er 200.000 år gammel.

Område 3: Den vestlige ende af øen er

nogenlunde samtidig med område 2, dvs. 500.000 år gammel. I dette område ligger Sete Cidades-calderaen, som er omgivet af mindst 11 kraterer, der vidner om en lang aktivitetsperiode (foto nederst til venstre på side 20). Denne caldera er resterne af en

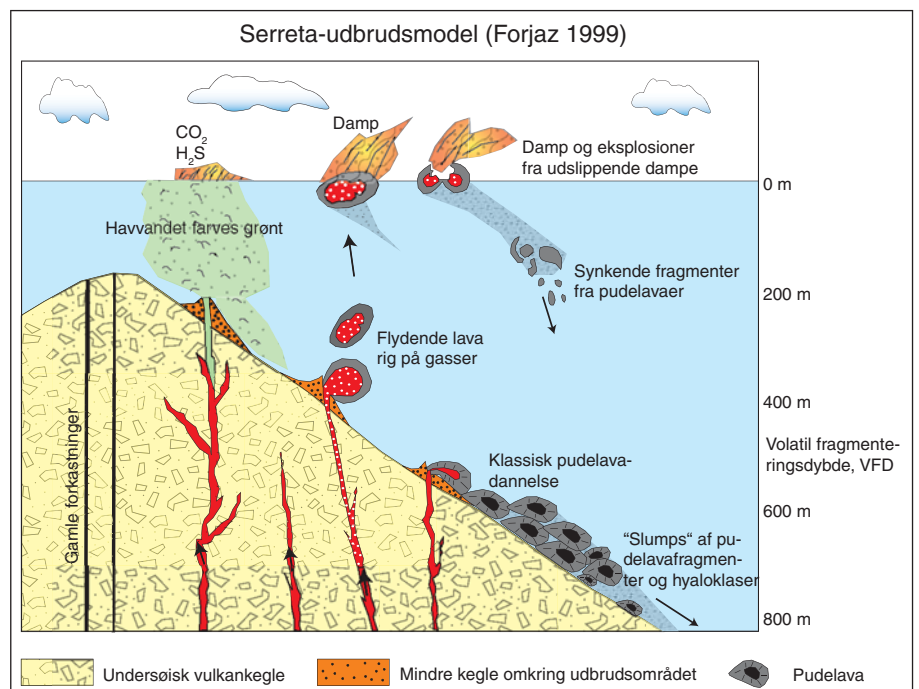
Også vandværkerne har brug for at lade idéerne gro

Gode idéer der udspringer af erfaring og ekspertise fører frem til frugtbare løsninger. Vand-Schmidt har specialiseret viden inden for:

- Vandforsyningsanlæg
- Brøndboring
- Ledningsanlæg
- Projektering/rådgivning
- Service

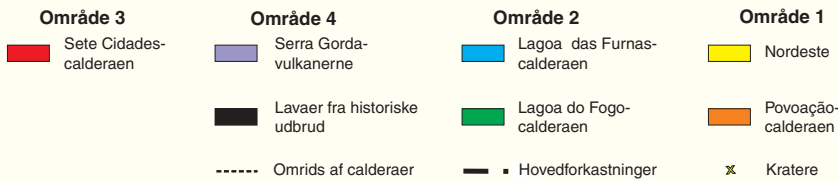
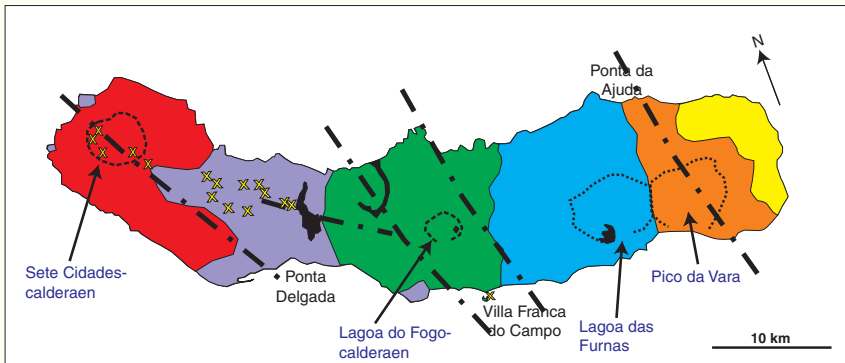
- ring og få gode råd og uforbindende tilbud

Vand-Schmidt a/s
Jernbanegade 5 • 6070 Christiansfeld
Tlf. 74 56 11 11 • Fax. 74 56 32 69



Forjaz har defineret et vulkanudbrud med sejlende pudelavaer som en Serreta-udbrudsmodel. Han betragter den som en forløber for et udbrud af Surtsey-typen. (Grafik: Forfatteren modificeret efter Forjaz, 1999)

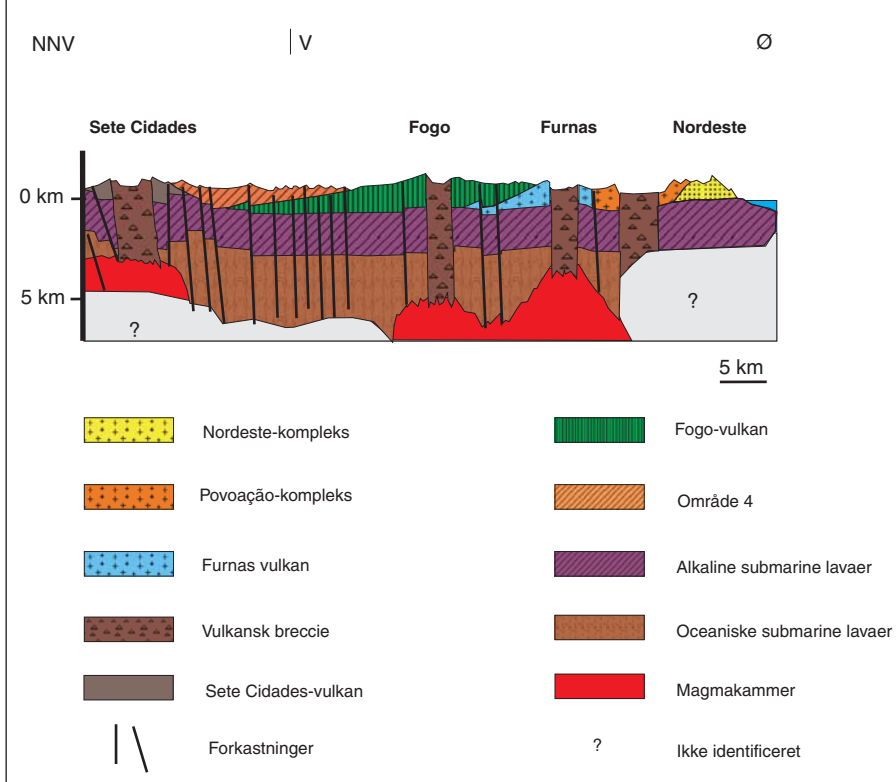
Geologisk skitsekort over São Miguel



Modificeret efter Forjaz, 2002
Observatorio Vulc. Geot. Acores - P.O.Box 12 - 9500 - S.Miguel, Azores, Portugal

Skitsekort der viser de fire forskellige områder, som São Miguel-øen er inddelt i. (Grafik: Forfatteren efter Forjaz, 1999)

Tværsnit af São Miguel-øen



Tværsnit af São Miguel-øen. Bemærk, at der under vulkanerne ligger submarine lavaer. Grafik: Forfatteren modificeret efter Forjaz, 1999)

traktyt-stratovulkan. De vulkanske aflejringer er overvejende pyroklastiske. Calderaens rand når op i 533 m. Da man i 1937 boede en dræningstunnel til søen i calderaen, fandt man en cedertræsstamme (*Juniperus brevifolia*). Stammen er ca. 70 cm tyk og har groet i ca. 200 år. Den lå i et lag, der var ældre end laget fra det sidste udbrud i 1432.

Formodentlig er cedertræet flere tusind år gammelt. Øen har derfor også i tidligere tider været dækket af skov ligesom i dag. Efter Calderaens dannelse, har der været flere udbrud – det ses ved, at calderaen indeholder 6 kraterrør. Lige syd for calderaen ligger 8 søer, også rester af kratere. Søerne er runde eller ovale i formen. Man mener,

Geologisk tidsskala

Eon	Æra	Sub-æra	System/periode	mi. år	Serie		
Fanaerozoikum	Kænozoikum	Kvar-tæer	Neogen	0,01	Holocæn		
				1,8	Pleistocæn		
				5,3	Pliocæn		
					Miocæn		
				Tertiær	Palæogen	23,0	Oligocæn
						33,9	Eocæn
		55,8	Palæocæn				
		65,5					
		Mesozoikum	Kridt				Øvre
							Nedre
			Jura	145,5	Øvre		
				161,2	Mellem		
				175,6	Nedre		
			Trias	199,6	Øvre		
					Mellem		
			Perm	228,0	Nedre		
				245,0	Lopingien		
				251,0	Guadalupien		
				260,4	Cisuralien		
				Karbon	270,6		
		299,0			Øvre		
		306,5	Mellem				
		311,7	Nedre				
		Devon	318,1	Øvre			
			326,4	Mellem			
			345,3	Nedre			
			359,2				
		Palæozoikum	Silur		Øvre		
					Mellem		
	Nedre						
416,0							
Ordevicium	418,7		Pridoli				
	422,9		Ludlow				
Kambrium	428,2		Wenlock				
			Llandoverly				
	443,7		Øvre				
	460,9		Mellem				
Proterozoikum	Neoarkæikum		471,8	Nedre			
			488,3	Furongien			
		501,0	Mellem				
		513,0	Nedre				
		542,0					
Arkaikum	Eoarkæikum	1.000					
		1.600					
		2.500					
		2.800					
		3.200					
		3.600					



Område 2 – Varme kilder ved Lagoa das Furnas. Der stiger vanddamp, kultveilte og svovlbrinte op af kilden. Det sidste er evident fra lugten. (Foto: forfatteren)



Område 2 – Det geotermiske anlæg ved Lagoa do Fogo. (Foto: forfatteren)



Område 1 – Vegetationsbeklædt slugt i Nordeste-området med trakytiske lavaer i vejudskæringen. (Foto: forfatteren)



Område 3 – Pyroklastiske lag ved Sete Cidades. (Foto: forfatteren)



Område 4 – Blotning af lavalag i Ponta Delgada. Bemærk de mange porer efter bobler. Boblerne bliver større mod toppen af laget. (Foto: forfatteren)

at de ovale søer oprindeligt var cirkelrunde, men at de senere er blevet deformeret af laterale bevægelser i den underliggende forkastning.

Område 4: Den yngste del af øen ligger mellem område 3 og område 2 og er kun 20.000 år gammel med det yngste udbrud fra 1652. Dvs. at der for 20.000 år siden var 2 øer,

nemlig Sete Cidades (område 3) samt den centrale og østlige del (områderne 1 og 2), der udgjorde den anden ø. Område 4 består af vulkaner opbygget af alkalibasalt-lava



Område 3 – udsigt over Sete Cidades-calderaen set fra syd. (Foto forfatteren)

og lavalag med et mindre trakt-indhold. Området er præget af mange små vulkaner, der er 200 til 300 m høje; højeste punkt er Serra Gorda på 485 m. Lavaen har været relativt letflydende, og det er i dette område, at lavahulerne på São Miguel-øen findes. Hver vulkan har haft en relativt kort levetid og beskrives som strombolianske. Satellitbilleder af området afslører, at der er ca. 30 måske flere områder med rester af kratere. Alderen taget i betragtning betyder det, at der har været 500 til 600 år i gennemsnit mellem udbruddene, måske mindre. Da det er næsten 400 år siden, at sidste udbrud forekom, nærmer tiden sig måske for det næste udbrud? Området bliver i hvert fald betragtet som et potentielt vulkansk aktivt område.

På grund af klimaet er øen dækket af vegetation, enten som græsklædte marker eller skovområder samt mosbeklædte skråninger. Der er derfor kun få gode blotninger inde på øen. De største og bedste blotninger ligger



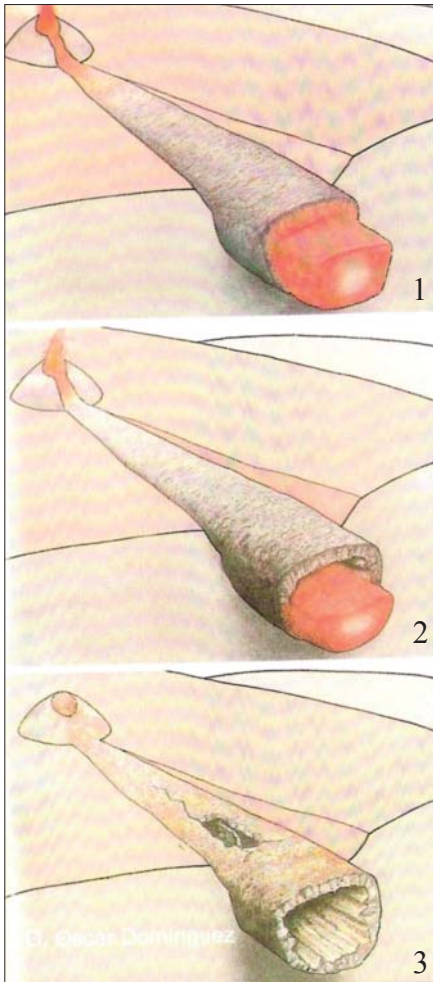
Område 4 – Ponta Delgada, i baggrunden udsigt til de mange erosionsrester efter de vulkaner, der findes i område 4. (Foto: Forfatteren)

RGS90

RGS 90 A/S | Selinevej 4 | 2300 København S | Tlf.: 32 48 90 90 | E-mail: rgs90@dsvm.dk

- Rensning af forurenede jord
- Kartering af jord
- Håndtering af overskudsjord
- Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald
- Genanvendelse af slagger

en del af **DSV Miljø** koncernen



Område 4 – Dannelsen af lavatunneler. (Alle illustrationer efter Agosto 2002)

1. Den glødende lava flyder ned af skrånningerne på vulkanen i en lavning.
2. En skorpe af afkølet lava er dannet i den første fase, og nu flyder den glødende lava inde i et rør.
3. Lavaen er nu afkølet og lavarøret står tilbage.
4. Lavarørshule fra Ponta Delgada.

ude i kystklinerne og ved Sete Cidades-caldæraen.

Der findes et vulkanologisk observatorium/institut på São Miguel ved Byen Lagoa, øst for Ponta Delgada. Institutets opgave er naturligt nok at observere og studere den vulkanske aktivitet med henblik på at advare mod nye udbrud og fare forbundne med vulkanudbrud, så vidt det er muligt.

Skal man besøge Azorerne, er der mulighed for geologiske ekskursioner, idet firmaet Geo-Fun (www.geo-fun.com) arrangerer guidede vandre- og køreture på øen med kompetente guider (universitetsuddannede

geologer og biologer).

Men husk! Vejret er omskifteligt på Azorerne, så gode tykke sko og regntøj er en nødvendighed.

Litteratur:

Agosto 2002 – Azores volcanic caves www.sra.raa.pt/gespea

Forjaz 2002 – Guia Geológico (Geologisk guidebog) do Vulcão das Sete Cidades. Observatório Vulcanológico e Geotérmico

dos Açores.

Forjaz 2000 – Notícias sobre o Vulcão Oceânico da Serreta, Ilha Terceira dos Açores Observatório Vulcanológico e Geotérmico dos Açores.

Litteraturen fra det vulkanologiske institut på Azorerne er mest på portugisisk, hvilket har begrænset undertegnede i litteraturlæsningen. Det er ikke i skrivende stund lykkedes at få fat i den geologiske guide, men et eksemplar kan bese på biblioteket i Ponta Delgada. ■



vi gør din jord grøn igen!

meldgaard tilbyder et totalkoncept til jordens.

Det vil kort sagt sige - uanset hvilket problem du står overfor - så kan du nøjes med at ringe til ét nummer - **74 33 72 00.**

- transport
- rådgivning
- prøvetagning
- opbevaring
- jordens
- handlingsplan

meldgaard MILJØ A/S

Sønderjyllands største miljøcenter
Bladknæk 19 • 6200 Aabenraa
74 33 72 00 • www.meldgaard.com

j o r d e n s