

# Sardinië, landschapsvormen op een half miljard jaar oud eiland

door Clara Orrú  
 orruclara@gmail.com

Het eiland Sardinië is het product van een complexe en lange geologische geschiedenis. In geologisch opzicht is het één van de meest veelvormige regio's van Europa en tevens het oudste gebied van Italië. Een snelle blik op de geologische kaart (afb. 1) laat die geologische complexiteit en de grote variëteit aan gesteentes direct al zien. Het eiland is rijk aan ontsluitingen en alle gesteentetypes zijn er te zien: sedimentair, magmatisch (intrusief en extrusief) en metamorf. Ze omspannen een geologische periode van 570 miljoen jaar, vanaf het jongste Proterozoïcum tot heden.

De belangrijkste tektonische gebeurtenis is zonder twijfel de rotatie van de Sardinië-Corsica microplaat. Beide eilanden

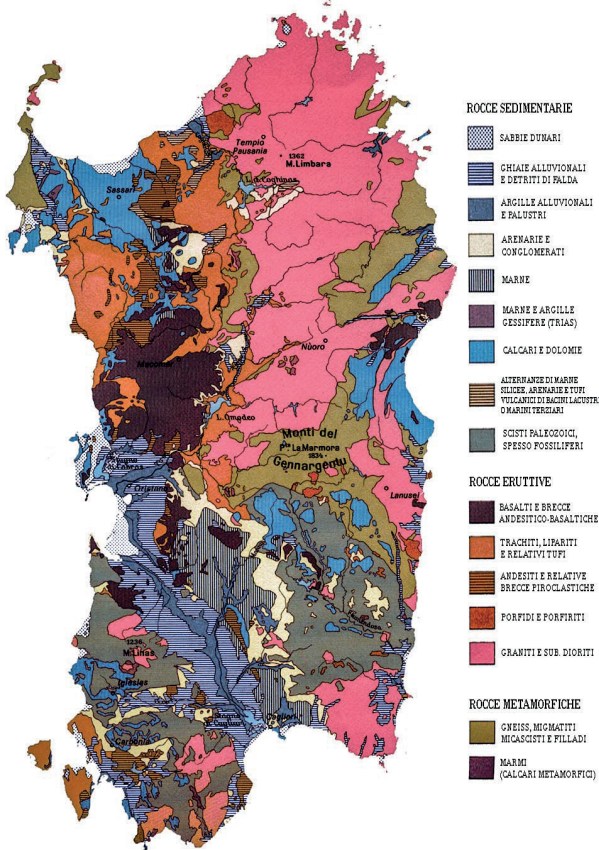


Afb. 2. Luchtfoto van de Gesturi giara. Let op de vlakke morfologie van het basaltplateau. Permission granted by Italian Botanical Heritage.

delen hetzelfde grondgebergte (geologische basement), dat oorspronkelijk in het kustgebied van de Middellandse Zee tussen Frankrijk en Spanje verbonden was met het Europese continent. De Sardinië-Corsica microplaat ontstond tijdens het Oligoceen-Mioceen, toen deze losraakte van de Euraziatische plaat en er zich een spreidingszone vormde. Het resultaat van dit proces is zichtbaar in de bijzondere en unieke landschapsvormen. In Sardinië kan een grote verscheidenheid aan landschapsvormen worden bewonderd, zowel continentaal als typisch voor de kuststreek.

## Landschapsvormen van het binnenland

De basaltplateaus in het zuidelijke centrale deel van het eiland - in de volksmond *giare* genoemd - zijn gevormd toen vloeibare lava over een vlak terrein stroomde. Dat gebeurde tijdens meerdere periodes van vulkanische activiteit. De lavastromen (basaltlava) zijn gestold in uitgestrekte platte lagen en bedekken het oorspronkelijke landschap. De daarop volgende erosie heeft voor de huidige morfologie gezorgd met een hoger gelegen, vlak terrein, dat uitsteekt boven het omliggende gebied. Deze



Afb. 1. Geologische kaart van Sardinië met de sedimentaire, metamorfe en stollingsgesteenten. Permission granted by Centro Conservazione Biodiversità (CCB), Università degli studi di Cagliari.

morfologie is het gevolg van verschillen in erosiesnelheid. Aan weerszijden van het plateau, waar vooral sedimentaire gesteenten aanwezig zijn, verloopt de erosie sneller dan op het plateau met de veel hardere basalten.

De Gesturi giara (afb. 2) is met een oppervlakte van 42 km<sup>2</sup> de grootste van Sardinië en strekt zich uit over de gemeenten Gesturi, Tuili, Setzu en Genoni. De basis van het plateau bestaat uit Miocene zandige mergels, die tijdens het Pliocéen werden bedekt door basaltische lava. Twee eruptiecentra zijn in dit gebied gelokaliseerd: in Zèppara Manna in het noordwesten en Zeppareda in het zuidoosten.

Nog een opvallende landschapsvorm is de butte (tacco, meervoud: tacchi): een geïsoleerde heuvel met een vlakke bovenzijde en verticale hellingen. De toplagen van de buttes op Sardinië bestaan uit kalksteen en dolomiet, afgezet in Midden- en Boven-Jura op een Paleozoïsche ondergrond van schisten. De typische vorm van een tacco is het resultaat van selectieve erosie, waarbij het zachte gesteente meer geërodeerd is. Het erosiemateriaal is aan de basis terechtgekomen, waar de schuine hellingen de berg zijn typische vorm geven. In Sardinië zijn veel tacchi te vinden in de regio Ogliastra, zoals Perda Liana (1273 m, afb. 3), Punta Corongiu (1008 m), Ulassai (973 m), Urzulei (Perda Is Gruttas, 1025 m), Baunei (800 m) en Osini (Pizzo 'e Paccu, 981 m).



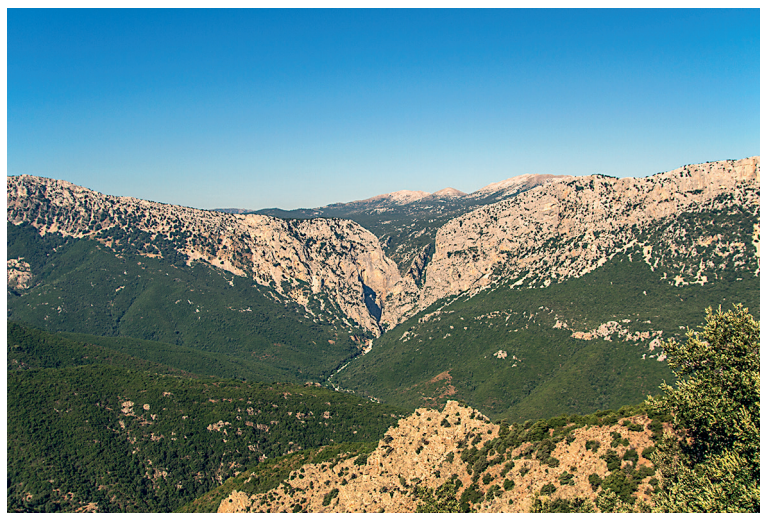
Afb. 3. Tacco Perda Liana. De gesteenteformatie met verticale hellingen wordt aan de basis omringd door glooiende hellingen van erosieproducten. Foto: naturally\_exposed, via Wikimedia Commons, CC-BY-SA-2.0.

### Karstmorfologie

Karst is chemische verwerking onder invloed van water, die optreedt in carbonaten zoals dolomiet en kalksteen. Het oplossen van dit soort gesteenten geeft een heel karakteristieke morfologie aan het aardoppervlak en vooral in de ondergrond, waar meestal een goed natuurlijk drainagesysteem bestaat.

Een voorbeeld van een karstmassief is de Supramonte, in Noord-Centraal-Sardinië. Het bestaat uit dolomieten en kalken van Jura-Krijt ouderdom. Dit ongeveer één kilometer dikke pakket ligt bovenop een Paleozoïsche ondergrond van metamorfe en granitische gesteenten. De carbonaten zijn tijdens de rotatie van de Sardinië-Corsica microplaat tektonisch vervormd.

In de zuidelijke sector van de regio vormt de Flumineddù Rivier het belangrijkste stroomgebied. Deze rivier is vooral actief na hevige regenval. Gedurende het grootste deel van het jaar stroomt het water voornamelijk ondergronds, waarbij de verbinding tussen water en aardoppervlak wordt gevormd door dolinen, depressies in het landschap als gevolg van de karstverwerking. De erosie van het carbonaatmassief door de Flumineddù Rivier heeft de canyon van Su Gorrupu doen ontstaan (afb. 4). Dit is een diepe kloof met kliffen van meer dan 500 meter hoog en - op z'n smalst - een breedte van 4 meter. Hierdoor oogt de



Afb. 4. De ingang van de Su Gorrupu kloof. Foto: Tom Rolvag, via Wikimedia Commons, CC-BY-SA-3.0.



Afb. 5. Bovenaanzicht van de Tiscali-doline in het Supramonte karstmassief. Foto: Rafael Brix, via Wikimedia Commons, CC-BY-SA-3.0.

kloof heel majestueus en spectaculair. Het is één van de diepste kloven in Europa.

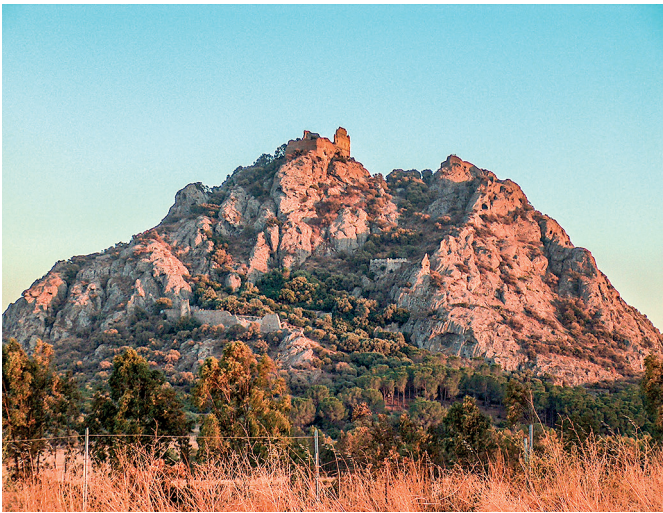
Andere indrukwekkende karstmorfologie in het noordelijke deel van Supramonte is de Tiscali-doline (afb. 5), die tevens beroemd is vanwege een archeologische nederzetting.

### Vulkanische morfologie

De geologische geschiedenis van Sardinië vertoont meerdere vulkanische episodes. Het vulkanisme heeft er veel verschillende typen van morfologie voortgebracht. Enkele voorbeelden zijn de basaltzuilen van Guspini, de koepel van andesiet bij Aquafredda en de uitgedoofde vulkanen van Monte Arci en Monte Ferru.

Basaltzuilen ontstaan door het afkoelen van dikke lagen basaltische lava. Door het krimpen tijdens het afkoelingsproces ontstaan krimpscheuren, die loodrecht op de gelaagdheid van de lavastroom staan. Hierdoor vormen zich zuilen met een hexagonale doorsnede, maar er worden ook wel kolommen met een vierkant of veelhoekig grondvlak gevonden. De diameter van een zuil is evenredig met de snelheid van afkoeling van de lava. De basaltafzettingen van Guspini zijn ontstaan tijdens het vulkanisme dat gerelateerd is aan de extensie-tektoniek (rek) gedurende het Pliocéen en Kwartair, tijdens de vorming van de Campidano-slenk. De basaltzuilen behoren bij de kleine basaltkegel van de Monte Cépera. De Pliocene lava is afkomstig van een diepgelegen magmakamer, die deel uitmaakt van het Arcuenta vulkanische systeem. De zuilen zijn 20 meter hoog en ze hebben een veelhoekige basis.

Koepelvormige vulkanische lichamen worden gevormd door kristallisatie en ontgassing van zeer viskeuze (stroperige) lava in een kraterpijp. Door de hoge viscositeit van de lava kan het materiaal niet gaan stromen. Als de lava stolt, vormt zich een ronde heuvel.



Afb. 6. De koepel van andesiet van Aquafredda. Foto: Giancarlo Dessi, via Wikimedia Commons, CC-BY-SA-3.0.

De vulkanische koepel van Aquafredda (afb. 6) bevindt zich op het zuidelijke deel van de Cixerri-vlakte, op een hoogte van 253 meter. Het gesteente bestaat uit andesitische lava met een porfyrische textuur met grote fenokristen van plagioklaas en amfibool. De vulkanische activiteit is gedateerd op ongeveer 27 miljoen jaar geleden, tijdens het Tertiair. Op de top van de heuvel staat een middeleeuws kasteel van circa 1200 na Chr.

Ook de uitgedoofde vulkanen van Monte Arci en Monte Ferru in de regio van Oristano worden in verband gebracht met Tertiair vulkanisme. Monte Arci heeft flanken van basaltische lava en een interne structuur van trachiet. Deze berg speelde een belangrijke rol in de prehistorische mijnbouw van Sardinië dankzij de aanwezigheid van obsidiaan. Monte Ferru is één van de grotere vulkanen van Sardinië met haar hoogte van 1000 meter. De gesteenten die in dit vulkanische systeem worden gevonden, zijn basalt, andesiet, trachiet en rhyoliet.

## Kustvormen

### Zandige kust

Langs de 2000 km lange kust komen talrijke kustvormen voor. In het westen en zuidwesten vindt men hoofdzakelijk zandstranden. Vooral in het westen hebben zich ook door wind gevormde duinen ontwikkeld. Het grootste duingebied ligt bij Piscinas (afb. 7), met een oppervlakte van 5 km<sup>2</sup> en duinen tot wel 100 m hoog. De duinen worden hier door de uit zee waaiende wind ge-



Afb. 7. Luchtfoto van het duingebied bij Piscinas, dat gedeeltelijk bedekt is met vegetatie. Foto: Gianni Careddu, via Wikimedia Commons, CC-BY-SA-3.0.

vormd. Het wordt beschouwd als een mini-woestijn met mediterrane vegetatie. In het zuidwesten ligt bij het Porto Pino-strand (afb. 8) een ander bijzonder duingebied. Het bestaat uit fijn kwartszand. Een ander verbazingwekkend strand met kwartszand is dat bij Is Arutas, dat ook bekend staat als het 'strand van de rijstkorrels' vanwege de aanwezigheid van kleine kwartskorrels met verschillende kleuren (afb. 9). Andere kenmerkende kustvormen langs de Sardijnse kust zijn ten slotte de drassige gebieden van de kustlagunes en -meren achter stranden en smalle zandbanken.



Afb. 8. Detail van de witte zanden van de duinen bij Porto Pino. Foto: S. Anna Arresi, via Wikimedia Commons, CC-BY-SA-3.0.



Afb. 9. Ingezoomd op het kwartszand van het strand van Is Arutas. De verschillende kleuren van de korrels zijn duidelijk zichtbaar. Foto: Fadda Domenico Angelo, via Wikimedia Commons, CC-BY-SA-3.0.

### Rotsachtige kust

Langs de rotsachtige kust van Sardinië komen verscheidene bijzondere rotsformaties voor, die het gevolg zijn van geomorfologische processen langs de kust. Klippen zijn verticale zuilen van hard gesteente die dicht bij de kust in het water staan. Deze kustvormen zijn het gevolg van de erosie van landtongen en kapen door de werking van de golven en de wind. De zachtere delen van de landtong eroderen, spleten worden wijder waardoor delen van de landtong instorten. Uiteindelijk resulteert dit in vrijstaande rotspartijen, soms breed en soms als een pilaar. Pan di Zuccheru (afb. 10) bij Iglesias, in het zuidwesten van Sardinië, is een schitterend voorbeeld van zo'n massieve klip. Deze in zee staande rots heeft een hoogte van 133 m en bestaat uit witte Cambriëse kalk, die het bovenste deel van de Paleozoïsche



Afb. 10. Rotseilandje (klip) 'Pan di Zucchero'. De twee horizontale grotten, die zijn ontstaan door karstverwerking, zijn zichtbaar bij het zeeniveau, één links en één rechts. Foto: Gianderiu, via Wikimedia Commons, CC-BY-SA-3.0.

kalksequentie vormt. Door karstrosie zijn in de Pan di Zucchero ook nog twee – horizontale – grotten ontstaan. De Colonne bij het eiland San Pietro heeft een andere lithologie. Deze twee klippen bestaan uit grijze rhyolitische ignimbriet van Oligoceen-Mioceen ouderdom. Het ontstaan van breuken en barsten in dit vulkanisch gesteente heeft de selectieve erosie van de landtong bevorderd, wat heeft geleid tot de twee losstaande klippen.

### Tor's en tafoni

Een 'tor' is vergelijkbaar met een klip, staat echter niet in zee maar op het land. Voorbeelden van een tor zijn die van de Perda Longa in Baunei, die bestaat uit kalkstenen, en de Perda Longa op het eiland van Sant'Antioco (afb. 11), die bestaat uit rhyolitische ignimbriet. Een heel spectaculaire vorm heeft de tor van de Orso di Palau (afb. 12). Deze rots van graniet heeft een vorm die aan een beer doet denken en is het resultaat van de typische verwerking van granitisch gesteente tot ronde holtes, die 'tafoni'

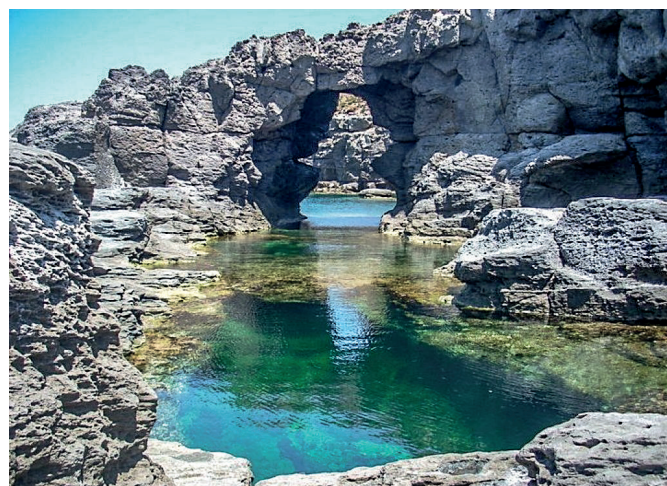


Afb. 11. De tor 'Perda Longa' van rhyoliet op het eiland Sant'Antioco. Foto: Clara Orrú.

worden genoemd. De fysische en chemische verwerking van de granieten wordt veroorzaakt door wind en zeezout. De Orso-tor graniet is onderdeel van de Hercynische ondergrond van het Boven-Paleozoïcum; hij heeft een kenmerkende geelroze kleur die wordt veroorzaakt door de oxidatie van mineralen als biotiet en amfibool.



Afb. 12. De tor 'Orso (beer) van Palau'. De holtes (tafoni) zijn het resultaat van de typische verwerking van granietgesteenten. Foto: Heinz-Josef Lücking, via Wikimedia Commons, CC-BY-SA-3.0-DE.



Afb. 13. Boog en natuurlijk meer van Is Praneddas op het eiland Sant'Antioco. Onderaan het beeld de ondergelopen pool (pothole) en op de bodem de rolstenen (pebbles) die de holte hebben gevormd. Foto: Clara Orrú.

Natuurlijke bogen zijn gesteenteformaties die door erosie de vorm hebben gekregen van een brug met een opening aan de onderkant. Het zachtere gesteente is verweerd door de werking van golven en wind. Aan de kusten zijn bogen in het algemeen het gevolg van langdurige erosie van een grot aan een smalle klip. Ook S'Archittu van Santa Caterina, dichtbij Cuglieri, is een boog die het gevolg is van de erosie van een oude zeegrot. De werking van de golven met de afwisseling van hoge en lage luchtdruk in de grot heeft ertoe geleid dat een deel van de grot is ingestort en onderin een opening is ontstaan. De boog is 15 meter hoog en bestaat uit fossielhoudende kalksteen uit het Onder-Mioceen met zee-egels en bivalven. Unieke verschijnselen zijn te vinden bij de Is Praneddas-boog op het eiland van Sant'Antioco (afb. 13). Hier is de boog de toegang tot een natuurlijk bassin, dat door de werking van de zee in de rotsen is uitgeboord. De gesteenten die deze formatie vormen, zijn ignimbrieten van kwarts-trachiet met een Oligoceen-Mioceen ouderdom. De boog staat loodrecht op de kustlijn en geeft toegang tot de pool die parallel aan de kustlijn loopt en is

omgeven door een paar meter vlakke rotsen. In het zuidelijke deel van de poel is een ondergelopen kolkgat (pothole) herkenbaar en op de bodem de keien die de verticale holte vormden. Dit soort holten is gevormd door de werking van grote rolstenen, die door de wervelende stroming in de draaikolken ronde gaten in de gesteenten hebben uitgeslepen.



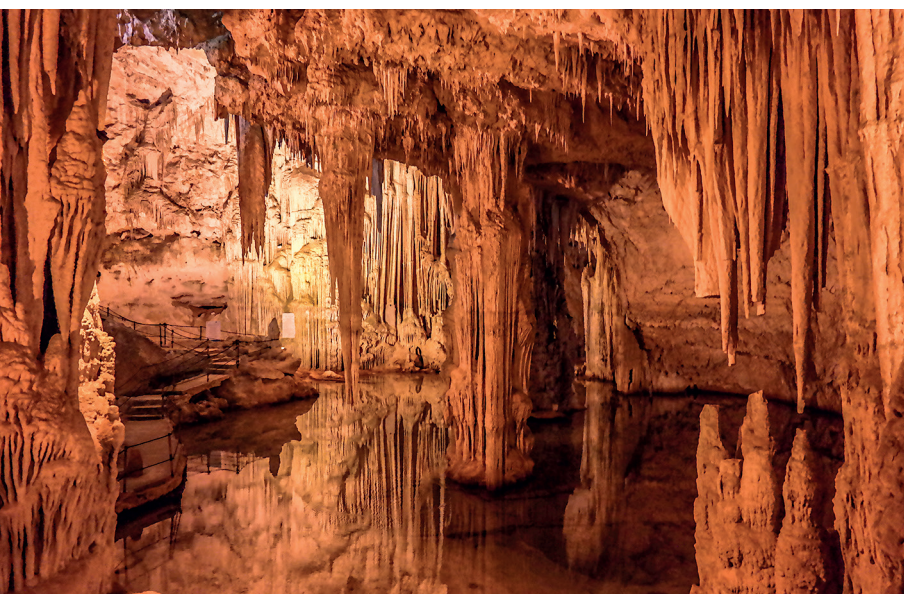
### Karstgrotten

Karstprocessen op Sardinië, zoals hierboven genoemd, hebben de dolomiet- en kalksteenpakketten van de Jura-Krijtformaties sterk aangetast; ook langs de kustlijn zijn karstverschijnselen aanwezig. De beroemdste karstgrotten langs de kust zijn die van de Bue Marino in Dorgali en die van Nettuno in Alghero (afb. 14A). Deze grotten vormen een uitgestrekt gangensysteem (ongeveer 5 km lang) en bestaan uit vele vertakkingen, die nog niet allemaal zijn onderzocht. Allerlei typische karstformaties kunnen worden herkend, zoals grote zalen met kleine meren en alle typen van speleoliet. Deze

speleolieten zijn mineraalafzettingen in grotten die zijn ontstaan door oplossing van het originele karstgesteente en gevormd door het langzame druppelen van regenwater uit de barsten in het plafond van de grot (afb. 14B). De vorming van deze speleolieten kan duizenden jaren in beslag nemen. In deze grotten kunnen de verschillende vormen van speleolieten worden gevonden, zoals stalactieten, stalagmieten en zuilen. Stalactieten zijn lange pegels die aan het plafond van de grot hangen, terwijl stalagmieten hun tegenhangers op de bodem van de grot zijn. Een zuil of pilaar is de verbinding van een stalactiet met een stalagmiet.

### Tot slot

In dit artikel beschrijf ik slechts een deel van de geologische natuurwonderen die Sardinië te bieden heeft. De geologische processen hebben hier de verschillende gesteentesoorten prachtig bewerkt. Ze vormen het bewijs van een lange en geva-



Afb. 14. A. Zaal en klein meer in de karstgrot van Nettuno bij Alghero met verscheidene speleolieten aan het plafond en op de bodem van de zaal. Foto: Clara Orrú.



Afb. 14. B. Vorming van een stalagmiet door druppels regenwater vanaf het plafond van de grot. Foto: Clara Orrú.

rieerde aardgeschiedenis. En dit alles ligt op zo'n korte afstand van West-Europa!

*Vertaling uit het Engels door de Gea-redactie. In Gea verschenen eerder artikelen over Sardinië die u online kunt zoeken en lezen via de website [natuurtijdschriften.nl](http://natuurtijdschriften.nl).*

### Referenties

- [www.giarasardegna.it/it/content/geomorfologia](http://www.giarasardegna.it/it/content/geomorfologia)
- <http://sardegnainblog.it/video/natura/perda-liana/>
- Sanna, Cabras, Recente colorazione con fluoresceina delle acque sotterranee nel Supramonte di Urzulei (Sardegna), Atti del XX Congresso Nazionale di Speleologia, Iglesias 27-30 aprile 2007 - Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s.II, vol. XXI, 2008.
- De Waele, Nieddu, Strategie tradizionali per l'approvvigionamento idrico in un'area carsica mediterranea: il caso del Supramonte costiero. Grotte e dintorni Anno 5 - n. 10 - dicembre 2005.
- Sanna, Cabras, New insights into factors controlling the underground drainage of South Supramonte (Sardinia, Italy) from dye-tracing tests, Rend. Online Soc. Geol. It., Vol. XX (2015), pp. 260-263,2 fig. (doi: 10.3301/ROL.2015.115) Società Geologica Italiana, Roma 2015.
- [www.sardegnaambiente.it/foreste\\_parchi/aree\\_protette/monumenti\\_naturali.htm](http://www.sardegnaambiente.it/foreste_parchi/aree_protette/monumenti_naturali.htm)