



I SESSIONE
I SESSION

GEOLOGIA - PALEONTOLOGIA
GEOLOGY - PALAENTOLOGY

Chairman: F. ZARLENGA

Geological World Heritage: GEOSITES - a global comparative site inventory to enable prioritisation for conservation

Il Patrimonio Geologico Mondiale: GEOSITES - un inventario comparativo globale dei siti per permettere la scelta delle priorità per la conservazione

WIMBLEDON W.A.P.⁽¹⁾, ANDERSEN S.⁽²⁾, CLEAL C.J.⁽³⁾, COWIE J.W.⁽⁴⁾, ERIKSTAD L.⁽⁵⁾
GONGGRIJP G.P.⁽⁶⁾, JOHANSSON C.E.⁽⁷⁾, KARIS L.O.⁽⁸⁾, SUOMINEN V.⁽⁹⁾

ABSTRACT - GEOSITES is a new and ambitious scheme to promote geoconservation. Earlier attempts at selecting geological sites for World Heritage status have come up against the problem that there was no international listing, let alone a fully documented global inventory or database of key Earth-science sites. IUGS initiated GEOSITES (replacing GILGES) to introduce a geological input to global conservation efforts. To realise the ambition of geologists to have a representative selection of internationally significant sites and terrains included in any World or Regional listing or category of site designation, including the World Heritage List, geologists (including geomorphologists and other specialists) themselves must first undertake the task of compiling comparative national and regional inventories, and this is the purpose of GEOSITES, an IUGS/UNESCO joint project: the task to be performed under the guidance of the Global Geosites Working Group (GGWG). The former Global Indicative List of Geological Sites (GILGES) project (under IUGS, UNESCO, IGCP and IUCN) was a first attempt to select prospective sites for World Heritage status, but this revealed the gaps in knowledge and clearly demonstrated those regions and countries where information was lacking. It also revealed that a far larger project was needed to assess global geological world heritage. This task may be a daunting one, and it will certainly take some years to achieve if all relevant individuals and organisations are consulted and all key sites assessed.

To make any sense of the complex geomorphological, stratigraphic, volcanic and tectonic pattern of any country or region a concerted effort is needed, firstly to define the con-

text, and then to fit sites (compared and graded) into that context. The former GILGES project suffered from the fact that there are inherent problems in trying to assess single sites in isolation as unrelated *ad hoc* suggestions: GEOSITES therefore is different - it is an inventory of single sites (or complexes or terrains of sites), but its methods are founded on the compilation of 'nested' national groups of localities, justified comparatively in a defined regional geological context.

All are asked to make their contribution to the work of the Global Geosites Working Group - either individually or collectively - to join one of the regional groups being set up, and to help in the proposal and documentation of geological heritage sites from their country.

KEY WORDS: nature conservation, geoconservation, GEOSITES, global inventory, IUGS, World Heritage.

RIASSUNTO - GEOSITES è un progetto nuovo ed ambizioso per promuovere la geoconservazione. I primi tentativi di selezionare i siti geologici per lo stato del Patrimonio Mondiale si sono scontrati con il problema dell'assenza di una lista internazionale e della mancata realizzazione di un inventario globale o di un database dei siti-chiave per la Geologia. Lo IUGS ha iniziato GEOSITES (che sostituisce GILGES) per introdurre un input da parte dei geologi verso gli sforzi globali per la conservazione. Per realizzare l'ambizione dei geologi di avere una selezione rappresentativa di siti e terreni di rilevanza internazionale sempre inclusi in qualunque elenco Regionale o Mondiale o nella categoria di

⁽¹⁾ Countryside Council for Wales, Castleton Court, St Mellons, Cardiff, UK

⁽²⁾ Nature and Natural Forest Agency, Copenhagen, Denmark

⁽³⁾ National Museum, Cardiff, UK

⁽⁴⁾ University of Bristol, Bristol, UK

⁽⁵⁾ Norwegian Institute for Nature Research (NINA), Oslo, Norway

⁽⁶⁾ IBN-DLO, Wageningen, Netherlands

⁽⁷⁾ Environmental Protection Agency, Stockholm, Sweden

⁽⁸⁾ Geological Survey of Sweden, Uppsala, Sweden

⁽⁹⁾ Geological Survey of Finland, Espoo, Finland

designazione dei siti, gli stessi geologi (inclusi i geomorfologi ed altri specialisti) devono prima affrontare la compilazione di elenchi comparativi regionali e nazionali, e questo è lo scopo di GEOSITES, un progetto congiunto IUGS/UNESCO: il compito deve essere affrontato sotto la direzione del Gruppo di Lavoro Globale dei Geotopi (GGWC). Il precedente progetto Lista Indicativa Globale dei Siti Geologici (GILGES), (a cura di IUGS, UNESCO, IGCP e IUCN) è stato un primo tentativo di selezionare eventuali siti per lo stato del Patrimonio Mondiale, ma ha rivelato i vuoti nelle conoscenze ed ha chiaramente evidenziato quelle regioni e quei paesi in cui l'informazione era carente. Esso ha anche fatto emergere che era necessario un progetto di gran lunga più vasto per valutare il patrimonio geologico mondiale. Questo compito può sembrare scoraggiante, e ci vorranno sicuramente alcuni anni per realizzarlo se verranno consultati tutti i principali studiosi e le maggiori organizzazioni e verranno esaminati tutti i siti chiave.

Per dare un significato compiuto al complesso profilo geomorfologico, stratigrafico, vulcanico e tettonico di qualunque paese o regione è necessario uno sforzo coordinato, prima di tutto per definire il contesto, e poi per adattare i siti (confrontati e valutati) a quel contesto. Il precedente progetto GILGES ha sofferto i problemi intrinseci di valutazione per singoli siti isolati come suggerimenti scorrelati *ad hoc*. GEOSITES perciò è diverso – è un inventario di singoli siti (o complessi di terreni o siti), ma i suoi metodi sono basati sulla compilazione di gruppi nazionali di località «ciclici», giustificati comparativamente in un contesto geologico regionale definito.

Viene richiesto a tutti di dare il proprio contributo al lavoro del GGWC – sia individualmente che collettivamente – di aderire ad uno dei gruppi regionale che vengono costituiti, e a collaborare nella proposta e nella documentazione dei siti per il patrimonio geologico del proprio paese.

PAROLE CHIAVE: Conservazione della natura, geoconservazione, geositi, catalogo generale, IUGS, patrimonio del mondo.

1. – INTRODUCTION

Geosites is a global project, initiated by IUGS, and now also under the auspices of UNESCO, which has as its aim the production of an evolving, systematically compiled inventory (and database) of the most valuable sites for geology (geotopes in German-speaking countries). Such a project has potential usefulness for education and research: it certainly has potential for the promotion of a greater knowledge of geology amongst a wider public. Any such global inventory has significance for wider initiatives in geoconservation, and, in particular, for schemes to define broader designations of site, and it invites cross-border links and collaboration. It should form a natural support for, and enable, consideration of candidate sites for World Heritage in the future, for it fills a large gap in knowledge which has long been apparent. In the past, the few geological sites which have been proposed for World Heritage sta-

tus have had to be judged for the most part in isolation, with little or no comparative data, and certainly no database of related sites which would allow consideration of the regional, let alone global, setting.

Broadly, the aims of Geosites are to compile the global Geosite inventory of key sites and terrains and comparative assessments of sites, to assemble the Geosites IUGS database, to use the Geosites inventory to further the cause of geological conservation and thus support geological science, aiding regional or national initiatives to compile comparative inventories. To achieve these ends requires participation in, and support for, meetings and workshops that examine site selection criteria, selection methods or conservation of key sites. This is a geological community activity which is already involving specialists, research groups, associations, commissions, subcommissions, etc. Ultimately, it will be possible to advise IUGS on the priorities for conservation in the global context, including World Heritage candidate sites. Without such a global inventory, and allied comparative assessments, attempts at designation of global sites would be open to the criticism of being subjective, based on incomplete data, and, through being unrepresentative of the global picture, of being unbalanced and unfair.

Geological conservation is well established and thriving in some countries, but even so geologists often state that geology is the poor relation in conservation, and this has certainly been said in discussions of the World Heritage List in relation to its lack of geological sites. Geosites presents an opportunity to make a significant step forward in the identification and conservation of the geological heritage. Practical action towards protection of sites has always, of necessity, had to follow an assessment of the resource and identification of core areas: this is as true globally as it is locally or nationally. With an inventory that aspires to be objectively compiled and reasonably comprehensive, this would be a logical prerequisite before global decisions on geoconservation.

Many Earth scientists contribute to conservation day to day, and many of us are involved in saving sites from damage and destruction. Philosophy and winning the hearts of a wider public have preoccupied some in recent years: it has even been stated that discussion of selection and practical conservation methods are lower priorities and that site inventories should not be a main focus for activity. We believe otherwise, that geoconservation without site conservation (justification, selection, protection, management, including publicity and public involvement, etc) is completely meaningless and pointless. The wonder and the importance of the geological record (for geologists and all others) lies and is demonstrated in sites.

That irreplaceable geological heritage is the foundation of our science and of all knowledge of the Earth's past: geology is also the 'backdrop' and foundation for biological/ecological science, and the dominant element in most landscapes. Geodiversity is the basis of biodiversity. However, for much of the world the resource is still not fully assessed. Here, in the Geosites project, is a chance for all to do something constructive, for the geological community to make a tangible contribution to the conservation of World geological heritage, and perhaps to strengthen national capacity to conserve. Only geologists and geomorphologists can make this contribution, on behalf of their science and of the sites on which we all focus our educational and research activities.

2. – APPROACHES TO SITE SELECTION

Geology, in its traditional sense (including geology, geomorphology and all elements alternatively referred to as the Earth sciences), is the study of the exterior and interior of the Earth: clearly many phenomena are potentially globally distributed. One can meet, for instance, Proterozoic, Silurian, Devonian or Pleistocene strata in many parts of the globe, as one can find evidence of past ice ages or riverine environments or soil formation. Geological processes are at work now as they were in the past. Landforms often provide continuity, in terms of processes, between the distant and recent past and the present.

How to assess geological World heritage in a meaningful way: that is the big question. Clearly there would be no sense or merit in wishing to identify a few of the most obvious and well trodden localities - panoramic landscapes, ones relating to the evolution of man, or others supposedly with popular appeal, such as dinosaur sites. The Earth is four and half thousand million years old. How do we demonstrate and weigh what is valuable in the portion of history that survives in the rock record? How do we demonstrate continental growth, migration, collision and destruction, the evolution of life, of sedimentary basins, of mountain chains, rifts and volcanic provinces, *et cetera, et cetera*, as well as examples of geological processes which are still in progress, such as volcanicity or glaciation or coastal processes?

To choose only one of these, to demonstrate organic evolution over a period of 3,500 million years, in even a sketchy and superficial way, would require not a handful, but many localities. Many would be required to show the vital links, lineages, extinctions and appea-

rances, abundant representative fossil assemblages and their environmental or sedimentary settings. We use fossils only as an example: neither this nor any other special geological interest should be viewed in isolation outside the context of its overall geological, stratigraphic/palaeoenvironmental, landscape or regional setting or framework.

2.1. – METHODS

The same classifications of rocks and landforms, of minerals and fossils, and divisions of geological time apertain worldwide. It should therefore be possible to take the first hurdle, that of basic geological categorisation, fairly easily. It has been done numerous times and is the bread and butter of national schemes for selection. So types of site are a simple matter and not too much of a distraction. (That said, certain questions, concerning scale, regional contexts, grouping of categories and database structure need to be considered. Addressing these issues, linking them to selection criteria, will contribute to a sound and strong system, both scientifically and with regard to practical operations).

The next hurdles are the identification, suggestion and selection of potential sites for the international listing. The scale of this undertaking immediately requires that a systematic method be employed, including integrated inputs from national and supranational groups of contributors.

How nations contribute is for them to decide. A good approach, already adopted by some, is to form a committee or liaison network, to organise national support which is as broad as possible. Although decisions will be made in each country on a final list of proposals, each suggested site will need to be vetted by groupings of geoscientists and others working in concert in the region, so cooperation between countries is a key part of the process. That said, inventories do not exist for all countries, and some countries have yet to compile theirs. In other countries such an end-product is a long way off and a national selection must be achieved so as to contribute to Geosites.

2.2. – SELECTION IN THE COUNTRIES

Statute and legal protection are not the concern of this paper. It is anticipated that most suggested geosites have or will be afforded protection in due course if they are to be listed (see Appendix 2 and 3). There is

the possibility that Geosites selection will trigger the protection of a site for the first time in a country. It is sufficient to say that laws and protection vary greatly between states - from those with full recognition of small and large 'sites' of geoscience interest to those with no focused law or geoconservation activity. In between, there are countries who achieve recognition of some sites through planning law or mechanism, mineral planning or resource law or primarily historical or cultural statutes. Many countries have state or county listings: some few previously suggested geological sites for World Heritage status through the short-lived GILGES project. However, there do not exist ready-made listings which can simply be 'nested' one in another to build up a global inventory.

It might be informative to look at some methods employed in the past within countries, as a preliminary to consideration of this wider task of forming an international inventory.

The quota method is one approach. It was once suggested, not so long ago, in Britain that geology should be represented in the list of Sites of Special Scientific Interest by a quota of localities (5) per county (!). This method has little to recommend it in demonstrating a natural and comprehensive system, as it is arbitrary and involves the dismissal of most potential sites.

One widespread method has been to select monuments, smallish sites for spectacular or unusual interests: sometimes these may have historical or folkloric significance also, such as caves, springs, arches, boulders, rock and earth pinnacles. Some countries have assayed their entire geological resource and at least listed those localities of special scientific interest: such are in the minority. Some few have on-site interpretation in profusion (e.g. USA, Sweden), and others have produced excellent guides promoting a dual scientific and conservation message (e.g. GRAVESEN, 1996; LARSEN & KRONBERG, 1992). In a number of states, larger areas have been designated: often this is on the basis of mixed reasoning - for instance, reserves, national parks and the like have been selected as wildlife refuges or wilderness areas, frequently with some geological justification used in support of wilderness or biological considerations. Geology has thus been used as an adjunct to other interests, even though the dominant element in the landscape may have been the geological one. Such larger areas may have been selected for designation for amenity or to control usage, thus furthering management of the countryside or wilderness tourism. This is not to say that tourism is not a valid criterion for setting up certain categories of

site, but here our concern is specifically that which is geologically outstanding. So, in some countries, Reserves and National Parks frequently have interesting geological phenomena, but this special interest, deserving prominence, protection and interpretation in its own right, is often subordinated or overlooked. And, even if this is not the case, a few reserves, even if geologically focussed, demonstrate the diversity of an entire country.

Thus there may be states or parts of states where a few sites are the focus of attention for conservation: sites demonstrating a fuller geological history for the country have not yet been a paramount concern and, therefore, geoscience is under-represented or at least lacks overt recognition. Another consequence of this skewing of sites is that financial resources are channelled into a small number of localities which are intensively managed.

Countries, if they undertake comprehensive surveys of the geological resources, may select sites in a national or subnational setting. Very few sites are actually selected to represent portions of an international pattern, time period, event or topic. Some countries only select sites by smaller subnational administrative areas (counties, cantons, departments, parishes, communities, etc.) rather than by broader geologically derived topics. It is difficult to assess sites in a regional or international setting if their original selection was based on more locally derived parameters.

Few states have consciously and explicitly selected a significant number of large terrains specifically for their outstanding geomorphology or geology.

If one combines these various factors, there are some obvious problems:

- internally, full recognition may not be given to geological sites and terrains of national/international significance;
- local, national, and sometimes international, themes may have dictated the compilation of a national listing;
- a lack of full, balanced national lists makes international comparisons and designations difficult.

Therefore, international commitments and responsibilities to protect superlative portions of the global geological heritage are often not currently fulfilled at the national level.

However, it is important to note that if we can collectively, as an international geological community, produce a list for each nation and have the sites in that list recognised internationally by a process of peer review, this may help nationals to improve the status of geology and geoconservation in their country.

3. – APPROACHES TO A GEOSITES METHODOLOGY: OBJECTIVES

If we presume that national inventories in some form are a possibility for all countries, how should we approach selection of a global listing?

In conservation there are limited resources to hand, and we seek to place them where they will achieve the greatest good. This means determining the relative value of sites and areas, and putting effort into designating and protecting those that really matter, avoiding misplaced efforts on others: those working on Geosites wish to follow this logic.

We have therefore to select a limited, but representative, set of sites, to produce a balanced coverage between countries and regions. That group of sites has to represent all significant processes and salient events, time periods, features and topics: however assessment needs to be undertaken on a scale and with sites grouped in such a way that it is practical, and which will allow an overview of the system. Geology and landscapes do not respect national borders: therefore coverage of sites and terrains has to conform to regional patterns.

3.1. – ALTERNATIVES

Let us examine some methods of selecting sites. What might be the possibilities?

- i. Select in an *ad hoc* manner, that is, choose single sites in isolation.
- ii. Concentrate on certain types of site, judging them to be the most important kinds.
- iii. Select sites/areas that already have some conservation label or designation.
- iv. Choose some token sites, without a full survey, that is, a few superlative localities.
- v. Define a context and select within this context.

Any of these methods can be made to work. But, for the reasons discussed here below, we regard options i-iv as imperfect ones, and do not see them as realistic, comprehensive or reasonable propositions.

Nevertheless, we discuss them for completeness and balance. Methods ii-iv may have some usefulness and more validity if employed within the framework of a systematic scheme of selection of course.

i. *Ad hoc* method

Some might advocate a *laissez faire* approach, whereby each country suggests sites in isolation in an *ad hoc*

way, each a site of merit viewed from an internally focused national (or even subnational) perspective. This can undoubtedly work where individual superlative localities are involved: the 'right' choices can often be made. However, the problem is one of consistency, and such a method might lead equally to local preoccupations overriding consideration of broader patterns and significance. Just as when small monuments are selected within a country, there are inherent problems connected with a skewing of the selection process towards the unusual; the oddities one might call them. The smaller the area of search the more 'special' appears the feature or site being assessed (WIMBLEDON *et alii*, 1995). The speculative locality can never fail to appeal as a choice, if similar sites in other areas go unassessed.

Such an *ad hoc* method also gives no contextual framework for judgement of regionally or globally significant sites: with no relativity, there is little scope for comparison and thus scant possibility for assessment of true significance. Single suggestions of sites may allow scope for local and national assessment, although even there it would be an imperfect assessment. Single suggestions also allow the possibility that other factors will be brought into play - political, cultural and physical management, for instance: all of these have their place, but they are factors which may work to the detriment of consideration of regional or global scientific significance.

Ad hoc approaches therefore would have limited merit, if attempting an investigative and truly comprehensive survey. The problem is that key events in the history of the Earth and life are many and complex and not all are even clearly discernible in the geological record. The *ad hoc* method, incidentally, was the method previously employed in attempts at selecting World Heritage sites, in the sense that all previous suggestions have had to be viewed in isolation, and not as part of any internally comparable plexus of like localities or areas.

It can be seen from comments already made that anything less than a reasonably exhaustive survey gives a fairly random product, because too much is left to chance.

ii. *Decide some categories or types of site are more important than others*

Such an approach would involve dividing up geology, avoiding a meaningful consideration of the matrices of time, stratigraphy or tectonics. It requires an *a priori* judgement that certain kinds of sites should be included in preference to others; thus separating a

category from the mass and selecting localities in that category in isolation. It might be suggested that attention should be focused upon spectacular sites (for minerals or fossils, or sites related to Man, or vertebrate sites, or meteor impacts), to the exclusion of other, perhaps less obvious, but outstanding, localities. An instinctive and almost instantaneous response from many geologists to such a suggestion would be that the organic evolution of the Earth is intimately bound up with the Earth's inorganic/physical (chemical, sedimentary, igneous and tectonic) history, and that this makes piecemeal categorisation look rather an unnatural process.

Such a method is subjective, and it ignores the interest and value of all inanimate and animate features in the geological record, the complex mosaic of interrelated interests which make up geology, and the enormity of geological time. This last factor is critical, for when dealing with periods with lengths of sixty or one hundred million years, and epochs of ten or twenty million, it is no simple or obvious matter to choose five or ten or even fifty token sites to represent a given time interval!

A priori judgements that certain pre-selected categories are important, as opposed to a fuller range, go against a natural approach and drive the selector towards imposing quotas, as well as jumping to conclusions about some categories being more significant than others. Are fish fossils more interesting or important than metal ores, are sulphides more interesting than hominid fossils, is a beach more interesting than a profile though fossiliferous Silurian strata? The answer is, of course, that they are simply different, they are not directly comparable: spatially they may even overlap one another, and often do, and they are all parts of the rich and varied record of the Earth. The natural interlinking of many aspects of geology and physical interests, such as environments, stratigraphy, fossils, sedimentation and minerals, makes their inseparability an important issue. (An *a priori* system may be, and is often, used as a practical strategy, within a framework of political necessity. That is not implying that parts of geology are more important than others, but that a political system can accept responsibility for amending purely scientific judgements on the basis of practical need, such as immediate threat. This is however difficult to apply in an international/worldwide setting.

A variant of the categorisation approach is the one founded on selecting the 'best', the 'first', 'oldest' etc: a subjective 'high-grading' process. The idea of compiling such a 'top 10' lies outside the realm of objecti-

ve scientific assessment and is not appealing for that reason. No matter how good a locality may be, it cannot, singly or with a few other 'chart topper's, demonstrate the full range of features for a particular interest or area.

If one categorises geology, and overlooks the thematic and time connections which unite sites (eg. time correlation, common paragenesis, tectonic or metamorphic history), selection becomes much more subjective and slanted, one might say distorted. There is a tendency to select the more obvious, to select the 'plums', and sometimes to select similar sites in different areas, while overlooking other categories. (On the other hand (see V below) we must not get swamped in the detail, blinded by the diversity of nature. Categorisation and regional context definition save us from this pitfall).

Also, not forgetting that national sensitivities are involved here, this method would not give a fair coverage of localities between the countries; if the categories are the wrong ones, and this is inevitable if broader patterns are not assessed, some countries would finish by having no sites in the list. It would be difficult to promote anything that was not an objective or equitable survey.

iii. *Select sites/areas that already have a conservation label or designation*

Another approach might be to select a global list on the basis of pre-existing designations. It might be suggested that all sites/areas should be drawn from already determined designations, for example, reserves or special sites or parks. Of course, whatever the individual merits of special areas within such categories, there is no getting away from the fact that a few parks or reserves cannot represent very much of a country's geological history or geodiversity. There is no firm conviction that each category has been founded on a focused assessment of geological interest. In addition, to rely on the accidents of various designations or management labels already in existence would leave those countries that have no such designated areas without any input to a global inventory. Finally, it has to be said that any such list based on designated sites could well be drastically skewed and biased towards land management or legal categorisation rather than science or interest, or relative merits.

Stratotypes or other type of standard localities (chronostratigraphic, lithostratigraphic, etc.) might be regarded as another kind of designation. Such type sites exist for many things and careful thought needs

to go into comparing their true merits. A mechanistic presumption that labels are directly equivalent to significance is perhaps not sound. This will not be true of key boundary stratotypes (GSSPs: see 2 below) or major historically significant terrains, however, where the task is one of defining areal limits rather than of assessment.

The overriding and conclusive reason for not using this approach would be 1) that all countries do not have geological sites listed, let alone designated or protected in some way, and 2) any designated sites (excluding GSSPs) that do exist were normally not selected as part of a holistic consideration of regional and wider geological settings.

iv. *Choose some sites without a survey, selecting a few superlative localities*

This is an approach that might be termed tokenism, a conceptual approach that is diametrically opposed to selection based on objective survey and representativeness. Conservation in quite a few countries is based on protection of sites identified through the systematic compilation of national inventories. Some of these rely on the establishment of networks of sites selected because they demonstrate particular temporal or thematic interests. Such surveys and assessment processes afford the best chance to select sites which are truly representative of a given area and/or time period. Such country or regional surveys also afford the most useful tools in compiling global inventories and deriving global priorities. Alternative methods have their problems.

Time is, of course, the big factor which separates geology from other disciplines. As stated, its enormity makes tokenism difficult: for in putting together any reasonably complete global listing it would be necessary to have representation not only of processes and features, but also to exemplify these through the whole of geological time, not forgetting to take into account regional variations. This cannot be done with just a handful of sites. If such a small sample of obvious geological sites were selected to supposedly demonstrate the whole of geology and geomorphology, it could justifiably be said that they were unrepresentative, and the surveys and designations associated with them would be discredited.

Keeping with the fossil record as an example, to demonstrate evolution through time potentially involves us in understanding and recognising (even in an imperfect fossil record) the appearance and disappearance of uncounted species, plotting the radiations of

all the lineages and taxa that have graced the Earth and then declined to extinction, many of them from groups with no living relatives. The interest of fossils, as seen by the geologist, is their connection with their setting, the environment in which the organisms lived, or in which they died and were buried and fossilised, and the inter-reactions between the organism in life and its substrate, the climate or biota of the time. Rich and sometimes quite peculiar fossil assemblages (*Lagerstätten* in German), for instance, are some of the best known geological sites, and they may be valuable records, but they are often not representative in a wider context. Should we not be looking to show significant parts of the record, telling a broader story, but still noting important appearances, and extinction events, evidence of key catastrophic happenings that affected life (e.g. glacial or anoxic events), and plotting these in the time continuum? A good example of the challenge is afforded by major extinction events in the Phanerozoic. Some nineteen large-scale events have been recorded, counting those with more than 50% species loss. Each of these is recorded at more than one 'site' and with varying degrees of clarity and precision. It is clear that some work is needed to decide which site best represents each event, if that is possible, but first it has to be decided which events need to be demonstrated.

It is fine to say let us select one, or two, or five sites to demonstrate the Jurassic System. What do we demonstrate? Organic evolution, faunas or environments (not to mention sedimentation, basin development, plate tectonics and sea-level change)? However, it is not that simple, for one has to consider the notion of geo- and palaeobiodiversity. That period had a broadly distinctive, but changing, fauna and flora, reflecting in part climatic and topographic change, and fluctuating sea levels. The Jurassic in Greenland and the Pacific, or the type localities of W Europe and the USA, for instance, despite the time label they bear, in detail have little in common and are often correlated with difficulty. The period was 75 million years long, and species at its beginning were very different to those at its end, or its middle, or in its several parts. Man's time on Earth has been but the blink of an eye by comparison. To demonstrate one fossil group's development or the development of one kind of environment through this or any period would alone require a significant number of localities. Even sites like Solenhofen, Holzmaden, Stonesfield or Como Bluff (all included in the Geosites inventory, and superlative localities! - see fig.1 also) show only a fraction of what is special or typical in the Jurassic. Some of them could

be said to demonstrate peculiar or abnormal environments, rather than typical, representative or widespread ones. No small, token, number of sites can adequately demonstrate any given geological period or theme.

v. *A method based on systematic survey and comparative assessment*

From the above it can be seen that methods (i-iv) are not the ones preferred by the Authors: they lack scientific rigour, and fall far short of a systematic, balanced and fair ideal. A survey based on national and regional assessments is our preferred method.

4. – THE COMPARATIVE METHOD

How should the task be performed following method (v)? Firstly, in one matter we have no choice: we must recognise the scale of the geological resource, and the potential interests available. This gives an indication of the potential for selection and the numbers of sites involved, based on various natural classifications of geological themes, regions and time.

If geological history had been the same in all parts of the world, and if the environments, rocks, fossils and minerals had been of uniform distribution, then the task would have been a simpler one. A lesser number of sites might have sufficed to demonstrate global patterns. However, this is far from being the case. Evidence of the Cambrian or the Jurassic periods, or of Carboniferous floras, or Cenozoic mammals, or of the Variscan orogeny or metallogenesis is not represented in the same way or uniformly throughout the world. Sedimentation, biotas and ecosystems were never uniform, nor were volcanism or mineralisation. Therefore, the challenge is to select and document, not token examples, but those features, sites and areas which show broader patterns, which allow comparisons and correlations, and give an in-depth understanding of the Earth's evolutionary story. Clearly there is no scope or intention to represent every part of each regional or national pattern: the superlative nature of the site will ultimately determine selection, and some sites will fit no pattern, except a time frame.

The scale of this story is a continuing source of wonderment to us Earth scientists and, always, to a lay public: to choose sites which encourage and foster such wonder and awe is also part of the challenge we face. From that awe and a respect for sites comes an understanding and appreciation of the need for conservation. It should not be forgotten that outstanding

attributes that allow or indeed demand educational and interpretational use are another dimension to sites, still founded on scientific interest and understanding, but of significance in their own right. So, there is an opportunity to include sites of the highest value for educational and inspirational purposes.

In any compilation of a global inventory, certain kinds of site need to be included. These should show significant stages, the special and, especially, the representative. It is clear that Geosites cannot include all the vital stages of the fossil or the inanimate record of every period, epoch or stage, although the ambition is to encompass many of them.

4.1. – REPRESENTATIVENESS

It has become more and more clear in recent times how important in national site selection programmes is the criterion of representativeness. Meaning not having sites to represent all that is commonplace, but sites demonstrating themes and features judged to be of importance in a country or region. Above all others, this vital element was recognised in the former GILGES project as essential. (COWIE, 1993: see also, for instance, WIMBLEDON *et alii*, 1995). It is clear that in any context, local, through national to international, representativeness is the criterion which is most important in site selection and justification, and the construction of complementary networks of sites.

Geosites has adopted as its starting point just such a methodology, selecting sites in a comparative and thematic way, comparing sites' interests and their merits in a defined context or pattern (ZAGORCHEV, *in press*). This in no way detracts from the value of demonstration/didactic sites that might be included, but it gives the conviction that all matters, visually impressive and otherwise, are being systematically assayed.

4.2. – GEOSITE MECHANISM

Understanding the geological record and its salient and important features requires the assistance of workers in many fields. Geosites in practice relies on contributions of site suggestions from country committees, national agencies and individuals. The aim is to channel such suggestions of single localities through regional working groups, each group endeavouring to place a locality within a time, rock or other setting. Such regional groups will be able to call on the advice

of other specialists, including, for instance, IUGS sub-commissions.

The inevitable corollary to the broader comparative approach, taking full cognisance of geological time and diversity, is that compilation of a definitive inventory for Geosites, if done properly, is a large task which will take some years to complete. Colleagues already involved in Europe have estimated that there it will take at least three years' work to set down criteria, more particularly to define regional frameworks and to achieve a preliminary listing.

Who will do the day-to-day work of Geosites? Geosites, to be successful, will work through national contributors, who will put together a coverage of localities or areas which demonstrate the salient features of terrains, epochs and topics, showing what these have that is typical, special and representative (see Appendix 1). This is a much larger undertaking than any previously considered. National Committees for geology have already been contacted by IUGS, and their support enlisted.

To make a professional job of it, inputs must be invited from all with an interest in the sites. Much work will be required to put together a fully justified network of localities, following up with the documentation for each suggested site. There is no 'quick fix' that will allow the instantaneous definition of any kind of geological site, let alone larger inventories. Therefore, objective selection will take time: if short cuts were to be used, the product could only be a hurriedly compiled, subjective and selective list.

Although regional comparative assessment and validation is important, indeed the key to the process, ultimately all selections will be made by geo(morpho)logists within the countries. A decision has to be made early in the process, that, in site proposals, *ab initio* no central control will be operated - no 'shopping list' decided in advance, and no sites will automatically be included: national and regional groups of workers must be left to propose those sites which they judge represent the geological record of their region. Careful and sensitive comparison, vetting and discussion will involve many at later stages in the work. That is not to say that quality control will not be an important element later in the process. In some instances a country may take responsibility for assessing a particular interest in its region, for instance when that interest is best represented in that country in the region.

It is being recognised that geology forms terrains, and that geology can be the dominant element in a landscape. Plexuses of sites (let us call them nodes or locuses) may be scattered across a landscape, nume-

rous locuses of varying interest and importance making up a terrain, and all sites adding to our knowledge of a time interval or area. This is not news to geologists, because mapping, a fundamental activity central to the science, has been going on since the end of the 18th century. In the conservation context, it has significance because it is the complex of inter-related sites which provide the total database for geological science, and thus the total resource for conservation. Thus the plexus carries conservation value, and not just the outstanding sites (locuses/nodes): many sites may be complementary parts of an interest. Geodiversity is just as much a fact as biodiversity. Recent development in Europe of a strategy that recognises the place of geology at the heart of landscape is most encouraging (PAN EUROPEAN BIOLOGICAL AND LANDSCAPE STRATEGY, 1995)

Because of this natural distribution of 'interest' in geological terrains or landscapes, it is necessary to consider groups of complementary sites and not just the most obviously superlative ones. Geosites can accommodate sites ranging from those of high sub-national value, through national and regional, to those of the highest international significance. It can include terrains or site complexes (with numerous locuses) or, at the other extreme, "minisites" (small-scale localities with concentrated high-levels of interest), to steal a term recently coined by botanists.

So, to reiterate, the method is to assess in a matrix of comparative and contextual layers.

The starting point might be the geological province or structural framework unit, say the Caledonides of NW Europe or the Pannonian Basin of SE Europe. Then assessment might be of the type of site (Appendix 2), or a process. For instance, the mineral/metallogenesis localities of Sardinia or Cornwall would be assessed in the setting of pre-Permian terrains, perhaps with granitisation and late-stage metasomatism. Site assessment is in the frame of Variscan Massifs and processes and sequences of late and post-Variscan intrusion and mineralisation; species of minerals might also be considered. A third level of assessment might be the site's completeness of record (see Appendix 1). Then other, practical, considerations come into play, such as condition or protection or access, or lack of it. All these lines of evidence need some assessment and have, to a greater or lesser extent, a part in the overall rating of a locality or area. Appendices 1 and 2 give more guidance.

We use some examples herein to demonstrate, in outline only, possible frameworks for site selection. The exemplars are far from exhaustive, but show how broad a range of sites a time-based or topic-based approach could generate.

4.3. - EARLY APPLICATION OF GEOSITES TECHNIQUE

In Europe, a number of national groups and individuals have already started to take up the Geosites challenge, and this work is acting as a pilot for Geosites in a global setting. ProGEO is acting as an agent for IUGS in compiling a European inventory, and its regional working groups are contributing to sub-European listings. ProGEO has started to use the comparative and regional approach advocated for the project generally. Europe, as a geological entity, is being considered under its natural subdivisions - the Precambrian shield, the Caledonian orogen, the Variscide front, the Variscan massifs, the Alpine fold belts and so on, following the classifications of STILLE (1924), AGER (1980) and others. Within each tectono-geological framework element, stratigraphic, igneous or metallogenic successions or events, for instance, can be considered. Parallel approaches will be undertaken on particular topics or groups, geomorphology, etc. The aim will be to demonstrate the salient element in, for instance, a tectonic setting such as the Variscan Front or a stratigraphic sequence within such a tectonic framework element, for instance a key Tertiary section in the Danish Triangle.

To compile regional inventories, selection will be made within regional geological contexts such as those described in the previous paragraph, placing sites within national and then regional contextual 'shells', like nested Russian dolls. In addition specialist groups will be asked to work in parallel, contributing on particular topics, such as particular mineral groups or tectonic elements or glacial limits. For instance, work has already started on a draft international list of sites recording the salient features of palaeobotanical history, and discussions are going on over a similar vertebrate listing (both in stratigraphic and time contexts). The former list will contain sites demonstrating the most important elements in the evolutionary story of plants, related to environmental and other change. It, like other specialist inputs, will be used to assist national efforts, and as an aid in documenting sites and a guide in making selections. Students of igneous processes and stratigraphy will likewise be co-opted to give inputs on key sites within their purview.

As examples of the approach, below are a table and two figures illustrative of the process of framework or context definition in action. The first shows the key reptile and mammal-yielding sites of the Jurassic and early Cretaceous sites now being assessed for Geosite inclusion (fig. 1). This demonstrates a number of glo-

bally significant localities or areas. It shows the distribution of sites through time. Some intervals have no representative, some have only a single site, but in only a few cases are there several sites between which to make comparisons. Where more than one site represents a stage, facies are sometimes very different, marine as opposed to non-marine, with faunal consequences. Selection will be made by comparison of biotas and by assessment of stratigraphic, evolutionary/systematic and environmental settings. Of course these same sites and coeval localities also have to be considered for other faunal and floral elements as well as for palaeoecology, not to mention sedimentary and stratigraphic considerations.

Figure 1 is a first attempt at assessing a stratigraphic interval, the Precambrian-Cambrian boundary and the Cambrian System. In this late Proterozoic to Phanerozoic interval the succession of various biotas can be charted, showing the transition from sparse soft-bodied faunas to abundant life forms of the Cambrian - a transition which has received intense stratigraphic study in recent years. These faunas have a dominant role on the stratigraphy of this interval. Figure 2 shows the Geosites (numbers in columns) already proposed for this Precambrian-Cambrian transition, charting vital stages and stratigraphic sequences, specific biotas and bio-events.

Below is a preliminary listing of sites illustrative of floral evolution in the Palaeozoic (tab. 1). This is presented with no documentation, which will be published elsewhere to generate a full debate of the list, but it gives some idea of the scale of the undertaking and the database that exists: the sites proposed derive from a first assessment of the resource and early discussions amongst palaeobotanists. If nothing else, the list gives some idea of the number of sites regarded as being essential to show only one element of evolution, mostly higher plants, in only one era. Here are a whole suite of localities of world renown.

5. - CONCLUSION

Geosites is gaining momentum as a project; it offers prospects for collaboration, and for strengthening efforts in both national and international conservation settings: lending support and helping to further national, internal initiatives and giving geologists regionally a focus for common efforts. It gives IUGS the possibility of assembling a database and organic liaison network which it can use to advise on global conservation priorities.

| Britain | | Europe | Nord America | Other continents |
|---------------|--|--|--------------------|------------------|
| Aptian | | | | |
| Barremian | Clock House | Brightstone | Lakota | Santana |
| Hauterivian | | | | |
| Valanginian | Hastings, Telham | | | |
| Berriasian | Duriston Bay | | | |
| Tithonian | Portlandian | Isle of Portland | Morrison | |
| | Chicks Grove | | | |
| Kimmeridgian | Kimmeridge Smallmouth | Boulogne Solenhofen, Eichstätt, Cerin, Guimarota | | Tendaguru |
| Oxfordian | Peterborough | | | Shangshaximiao |
| Callovian | | Dives | | |
| Bathonian | Shipton, Kirlitgton Stonesfield New Park | Caen | | Xiashaximiao |
| Bajocian | | | | |
| Aalenian | | | | |
| Toarcian | Whilby | Holzmaden | Navajo | Khota |
| Pliensbachian | | | Kayenta | |
| Sinemurian | | | | |
| Hettangian | Lyme Mendips/Bridgend | | Wingate Moenave | |

Figure 1. – A correlation of Jurassic and early Cretaceous reptile and mammal-yielding sites as against a standard stage chronostratigraphy. Sites which merit assessment as Geosites.

– Una correlazione dei siti del Giurassico e dell'inizio del Cretaceo contenenti rettili e mammiferi rispetto ad una cronostratigrafia standard degli strati. Siti che meritano una verifica come Geositi.

It would be logical to base World Heritage considerations on a fuller survey such as Geosites, to allow comparative judgements to be made: geologists want to see a representative coverage of geo(morpho)logical sites in the World List, although others have suggested the need for new categories to accommodate globally significant geology (eg. ALEXANDROWICZ &

WIMBLEDON, 1995). If there is a ceiling on geological site numbers in the World Heritage list, then it is obvious that sites sufficient to show the diversity of geology over time can never be accommodated: it is a problem of numbers, what is called, in old-fashioned (non-metric) English, “trying to get a quart into a pint pot”. The question posed is - can World Heritage Sites

| ORD. | Age My | CANADA (Newf'dl'd) | RUSSIA & KAZAKHSTAN | CHINA | AUSTRALIA | AMERICAS | | Zones | Major bioevents | | | | | |
|----------------|--------------|-----------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------|-----------------|-------------------------|----------------|-----------|--------------|--|---------|
| UPPER CAMBRIAN | 500 | 1 st Series | Olentian | Yichangian | Datsonian | Ibexian | | Cordylodus spp. | ■Tp/Jb | | | | | |
| | | not named here | 80 | Fengshanian | Paytonian | Trembea- leanian | Croixian | Various | ■Dr/F ■Mi/Id | | | | | |
| | | | | Shidertinian | Changashanian | 'Pre-Pantonian' | | | | Franconian | | | | |
| | | | | | | 'Post-Idamean' | | | | | | | | |
| | | | | | | Idamean | | Dresbachian | | G. reticulatus | | | | |
| | | | Tuorian | Gushanian | Mindyallan | G. stolidotus | | | | | | | | |
| | | | MIDDLE CAMBRIAN | 510 | Mayan | Zhangxian | | Boomerangian | | 173 | Albertian | L. laevigata | ■To/Am ■MBo ■4 ■3 ■2 ■1 | |
| | | | | | | Xuzhuangian | Undillan | P. pretiosus | | | | | | |
| | | | | | | | Floran | P. atavus | | | | | | |
| | | | | | | T. gibbus | | | | | | | | |
| Amgan | Maozhuangian | | | | Templetonian | 200 | 229 234 | | | | | | | |
| LOWER CAMBRIAN | 520 | Toyonian | | | Longwang- miaoan | Ordian | Waucoban | Various | | | | | | |
| | | 88 | | | Canglangpuar | 'Lower Cambrian' | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 79 | Qiongzhusian | | | | |
| | | Brigus | | | Atdabanian | | | | | | | | | |
| | | 525 | | | Bonavista | 315 Tommotian 78 | | | Meishucunian III 172 | 300 | | | | |
| | | | Random | Nemakt- Daldynian/ Manykayan | II Meishucunian I | | | | | | | | | |
| | | | | | | Chapel Island | | | 315 | | 289 | | | |
| | | | 530 | 282 | Vendian | Sinian | | | Ediacaran | | 313 | | | |
| | | | | Rencontre | | | | | | | | 313 246 | 315 | 203 215 |
| | | | | 108 | | | | | | | | | 92 | 258 |

Figure 2. – A correlation of beds in key areas at the Precambrian-Cambrian boundary and in the Cambrian System, showing early selected Geosites representing the late Proterozoic to Phanerozoic interval.

– Una correlazione degli strati nelle zone chiave al limite Precambriano-Cambriano e nel Sistema Cambriano, che mostra i Geositi selezionati inizialmente e rappresentanti l'intervallo dal tardo Proterozoico al Fanerozoico.

Table 1: A provisional world list of Geosites for Palaeozoic palaeobotany

| | |
|---------------------|---|
| Silurian | Tipperary, Ireland Walhalla, Victoria, Australia |
| Devonian | Clee Hills, Great Britain Craig-y-fro and Llanover Quarries, Great Britain Rhynie, Great Britain Gaspé, Canada Elberfeld, Germany Catskill Mountains, USA Bear Island, Arctic |
| Lower Carboniferous | Southern Allegheny Mountains, Virginia, USA Horton Bluffs, Canada Berwickshire and East Lothian, Great Britain Montagne Noire, France Pettycur, Great Britain Kilpatrick Hills, Great Britain Huadong, China Minusa Basin, Russia |
| Upper Carboniferous | Washington County, Arkansas, USA Meuse Valley, Belgium Glynneath-Ammanford, UK Guardo Coalfield, Spain Sabero Coalfield, Spain Grand'Croix, France New River Gorge, West Virginia, USA Joggins Cliffs, Canada Point Aconi, Canada Mazon Creek, Illinois, USA Rock Island, Illinois, USA Steubenville road cutting, Ohio, USA Hamilton Limestone Quarries, Kansas, USA Northern Utah, USA Southern Kuznetsk Basin, Russia Rio Blanco, Argentina |
| Permian | Saar-Nahe, Rotliegend, Germany Kupferschiefer, Central Germany Taiyuan, China North-central Texas, USA Hermit Trail, Arizona, USA Pechora, Russia Northern Karoo Basin, South Africa Skaar Ridge, Antarctica |

ever include a full coverage of sites showing the vital stages in the Earth's 4,500 million year history? To 'squeeze' a token geological complement into a quota requires judgements which are of a kind other than geological/scientific.

That said, Geosites has a quite separate identity, validity and momentum of its own. To encourage geo(morpho)logists around the world to contribute to Geosites, we have to convince them that rigorous and methodical approaches are being used, and that data

contributed will be usefully employed. Geosites has the potential to lead to a justified world list, it has the potential for the first time to enable us to make truly validated global selections, and to put geoconservation 'on the map'.

IUGS has contacted all national committees to acquaint them of the start of the Geosites project, and has invited their participation. It is hoped that the framework for activity outlined above is sufficient to encourage activity to begin in earnest. Already many national bodies and individuals are involved. Pilot studies for the project set up in Europe, devising and testing criteria and selection methods, have been running there for some months. Enthusiasm for the work has been expressed in many countries, and contacts have been made in most continents to set up networks of contributors.

If you want to further the aims of IUGS in involving geologists in regional and global efforts towards geoconservation, join in the work of the Global Geosites Working Group.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the many colleagues who have contributed to the discussion of how to advance the cause of global geoconservation, particularly through the compilation of a global inventory, singling out in particular friends in ProGEO (the European Association for the Conservation of the Geological Heritage). Sincere thanks especially go to FRANCESCO ZARLENGA and ANTONIA ARNOLDUS and all Italian colleagues whose efforts and guidance at the Second International Symposium were an inspiration to us all.

REFERENCES

- AGER D. V. (1980) - *The geology of Europe*. pp. 535, McGraw-Hill.
- ALEXANDROWICZ Z. & WIMBLEDON W.A.P. (in press) - *The Concept of World Lithosphere Reserves*. Proceedings of the Second International Symposium on the Conservation of the Geological Heritage. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 54.
- ANON (1995) - *Pan European Biological and Landscape Diversity Strategy*. Council of Europe CDPE (95), 9.
- COWIE J. W. (1993) - *Report of Working Group on Geological and Palaeobiological Sites*. IUGS Trondheim, pp. 34.
- GRAVESEN P. (1996) - ANDERSON S. (Ed.) *Geologisk set: Bornholm*. Miljøministeriat - Skov - og Naturstyrelsen, 208 pp.
- LARSEN G. & KRONBERG C. (1992) - ANDERSON, S. (Ed.) *Geologisk set: Det mellemlste Jylland*. Miljøministeriat - Skov - og Naturstyrelsen, 272 pp.

STILLE H. (1924) - *Grundfragen der vergleichenden Tektonik*. pp. 443, Bortraeger.

WIMBLEDON W. A., BENTON M. J., BEVINS R. E., BLACK G. P., BRIDGLAND D. R., CLEAL C. J., COOPER R. G. & MAY V. J. (1995). *The development of a British methodology for selection of geological sites for conservation: Part 1*. *Modern Geology*, 20: 159-210

ZAGORCHEV I. S. (in press) - *Geological heritage of the Balkan Peninsula: geological setting (an overview)*. *Geologica Balcanica*, 26.

APPENDIX 1

1. Geosites Defined Purposes and Methods

The purpose of Geosites is to identify sites which are of sufficient universal outstanding value to be incorporated in a geo (morpho)logical inventory. This list will be computerised (IUGS Trondheim). The inventory will be put at the disposal of IUGS and the geological community, also the World Heritage Committee.

Any site is suitable for inclusion in Geosites, if it can be demonstrated to be a geological or geomorphological site, terrain or landscape of outstanding value, making an indispensable contribution to an understanding of the geological history of a defined country, region or continent, and of broader or global patterns. Geosites is an open-ended project: its inventory may be improved by deletions as well as additions - it is truly iterative in its nature. Imbalances in the former GILGES listing, both geographic and by geological subject, will be corrected. These imbalances were due to the nature of the responses to requests for information from the countries of the world and sections of the geological community: these highlight the need for full involvement of all interested parties and a focus for future efforts.

It is essential to avoid 'pigeonholing' of sites, forcing data into an agreed (or not) framework instead of allowing the nature of the facts about the sites to dictate the framework which may be later established.

Dialogue and balance between the two approaches is needed.

The geomorphological category has clearly to be covered by the project, but is the most difficult and caused lengthy discussion in the course of the GILGES project. "The role of uniformitarianism in geological thought is very important and studies of present landforms and ongoing geological/geographical processes are vital. This argument could open the door to very numerous site proposals coming forward for deserts, coastal erosion and deposition, river erosion and deposition as well as further suggestions to add to

the already large number of proposals for caves, waterfalls, glacial features, escarpments and others. Further study is needed and assembly of comprehensive databases. There seems, however, to be no doubt that geomorphology is a valid and valuable part of geological science" (COWIE, 1993).

Areas demonstrating landscape evolution or containing major stratigraphic sequences were considered somewhat problematic in GILGES, but can happily be dealt with within Geosites and the IUGS database, and the latter category may include global and regional stratotypes and type areas, and larger transects and complex terrains.

Access and availability (see Article 5 of the World Heritage Convention) are a fundamental aspect of both Cultural and Natural Sites. Access to natural sites is vital for scientific study and/or research, and appropriate collection. In the context of Geosites, there should be expectations for future work on the site and in some cases existing management practices may be over-restrictive. A balance must be struck between the desires for conservation and access. Conservation equals preservation, but in the case of geology that includes use.

Geosites Terms of Reference

1. To compile the global Geosite inventory, based on the scientific assessment of key geo(morpho)logical sites.

2. To compile the Geosites IUGS database of key sites and terrains.

3. To use the Geosites inventory to further the cause of geological conservation and support geological science in all its forms.

4. To support regional or national initiatives aiming to compile comparative inventories.

5. To participate in and support meetings and workshops that examine site selection criteria, selection methods or conservation of key sites.

6. To assess the scientific merits of site, in collaboration with specialists, research groups, associations, commissions, subcommissions etc.

7. To advise IUGS and UNESCO on the priorities for conservation in the global context, including World Heritage candidate sites.

Below are guidelines and criteria for the selection of Geosites. They are not unusual, let alone unique, and will be recognised, allowing for variation of terminology, by those familiar with site selection at a national level.

2. *Principles for Assessment of the Scientific Merits of Proposed Sites for Geosites*

A proposer should ask themselves the following questions with regard to a potential candidate site or area.

- i. What is the significance for an understanding of geological evolution (inorganic or organic)?
- ii. What is its significance for an understanding of geological/geomorphological mechanisms or processes?
- iii. How complete are the phenomena present; are all relevant features covered, eg in a volcano how complete is the magmatic series, how many effusive rocks and types or periods of eruption, etc are there?
- iv. How well is the object studied, how sizable is its literature, how well are key parameters measures (identification of minerals, fossils, 'absolute'/radiometric age determinations etc)?
- v. What is the special, typical or unique feature of the site in time and/or space? How is its rock/deposit/landform and its time or area relationships significant?
- vi. What is the quality of the material which is the particular focus of interest at the site?
- vii. For what part of the geological column or which geological phenomenon is this site representative?
- viii. Categories (stratigraphic, mineralogical, volcanic etc) are not significant in terms of quotes: sites may fall in any category. The types of site a country selects are to be determined by the nature of its geo(morpho)logical make-up.
- ix. Into what selection network (time or thematic) does this locality fall, and make a vital part?

3. *Guidelines for Selection*

Geosites is a global inventory, that has as one of its purposes to act as an indicative list for future conservation initiatives. Justification of the outstanding universal value of a proposed site should be demonstrated: this means that its position nationally and regionally has to be made clear. Its validated place as an example of or part of, for instance, a regional structure, vital stratigraphic internal, tectonic or glacial phase depends on the essential part it plays in elucidating such a theme, structure, event or epoch.

- i. Size of an individual site has no significance. Larger areas may contain multiple 'core areas' each independent of 'special' interest: interest, significance

and representativeness should be demonstrated for each of these.

- ii. Integrity is important, and any site proposed should be conservable and protected from damage.
- xiii. Sites with a complex record, subject to multidisciplinary studies or with a long history of research, or a substantial bibliography are likely to be better candidate sites. But this does not rule out new or unexploited sites.
- xiv. Nomination of a Geosite should be in the form of a concise and focused well-argued case. The Geosite documentation form will evolve as the project develops.

In the above items 2v, 2vii, 3xi and 3xviii are of paramount importance

- iii. Geological conservation principles should apply i.e. conservation means protection for use, including, where appropriate, collecting.
- iv. As far as possible inappropriate collecting, by both professionals and amateurs, should be discouraged (except, particularly, in areas of appreciable material loss through natural processes).
- v. Sites should not be 'worked out', with all good and representative material removed to remote museums, other collections or private establishments. If specimens are not readily visible then there should be good potential for future collecting.
- vi. Museums on site, with collections, may be a satisfactory alternative.
- vii. The provision of sites for education, recreation, training and research may be a desirable factor.
- viii. The integrity and conservation of a proposal should be subject to monitoring, where possible and appropriate.
- ix. Geo(morpho)logical sites are best considered singly, each significant interest being assessed: but, synergistically, it may be desirable to group like sites as clusters or within larger entities such as National Parks. However, all sites must be judged individually and be capable of standing alone for the purposes of assessment and justification.
- x. Equal concentration of sites by area is not feasible (relative to size of country or other area): this must be the case, to avoid the charge of subjectivity.
- xi. In selecting sites for Geosites, it is most important to assess candidates comparatively within a context, to make informed comparisons with other

possible candidates: this involves some further research.

- xii. Size (the “largest”) and age (the “first” or “oldest”) are only some of the relevant factors, they cannot be automatically equated with the “best”.

APPENDIX 2

Types of Site

1. Stratigraphic – events, sequences, stratotypes of major boundaries, interval stratotypes, biozones, chronostratigraphy and ‘absolute’ dating, type sites of broad significance, onothems and erathems, palaeomagnetic evidence, etc. (E)
2. Palaeoenvironmental - past climate, global sedimentary geology, fossil indicators, sedimentary events and processes (C)
3. Palaeobiological - macro- and micro-animals and plants, problematic traces, stromatolites, evolution (A)
4. Igneous and metamorphic events and provinces; igneous, metamorphic and sedimentary petrology, textures and structures (D)

5. Mineralogical: processes and species (F)
6. Economic - of all types, intrusive, extrusive, strata-bound. Diamond kimberlite pipes. Metallogenic processes through time, metallic and non-metallic sources, mines and quarries (H)
7. Structural - major tectonic or gravity structures (G)
8. Continental/Oceanic-scale geological features. Tectonic plates and margins etc. African Rift, Antarctic Rift, island arcs, San Andreas Fault. Features which can often be best seen from space (L)
9. Relationships - tectonic plates, terrains (J)
10. Submarine - oceanic and continental shelf. Black smokers, deep trenches, sea mounts, fault scarps (M). Geomorphological features and erosional and depositional processes - landforms and landscapes, desert, cave, karst, volcanic, rivers, coastal, glacial and periglacial, soils etc (B)
11. Astroblemes, evidence of extra-terrestrial intervention, meteorite craters (K)
12. Other - e.g. historic, for development of geological science (I)

(Modified after GILGES: letter notation after COWIE, 1993)

Environmental factors as an ulterior motive for the protection of the prehistoric archaeological patrimony

Fattori ambientali come ulteriore motivo di protezione del patrimonio preistorico archeologico

ANZIDEI A.P. (*)

The concept of the protection of archaeological goods, as formulated by the Italian national law 1089/39 and acknowledged by the Minister for the BBCCAA since its establishment in 1975, has had essentially as its objective the good in its definition as a monument or complex of archaeological importance or as a work of art.

In recent years, the level of development reached by prehistoric archaeology, in close relationship with paleontology and geology, has contributed to expanding the definition of the good to be subject of protection. It is no longer identifiable only with the visible structure, the work of man and only testimony of his presence. Instead it begins to affect, in its globality, that which is linked to human activity beginning in the very distant past, not out of context but inseparably connected with the geologic formations which contain them and have permitted their conservation to the present.

The concept of the archaeological complex becomes consequently enlarged and therefore necessarily assumes different connotations according to the period to which it is referred. The archaeological evidence relative to prehistory is not, in fact, for its nature documented by remains of walled structures (commonly called "ruins"), as happens in the historic period.

The protection therefore of the objects which affect paleontology and prehistory, as provided in the first art. of law 1089/39, cannot be limited to single palaeontological or archaeological finds, but necessarily, from the moment in which that object is found in its original environment, it must include the environmental context which has permitted its conservation and can allow for its interpretation.

The data which makes the reconstruction of human cultures in such an ancient phase possible derive in fact from the geological, pedological, palaeontological, palaeobotanical, etc., data as a whole, which consequently contributes to form a coherent complex.

The environment therefore, of which law 1497/1939 provides protection, in particular cases in which it presents conspicuous characteristics of natural beauty or geological uniqueness, comes to assume a value in as much as it appears closely enough connected with the archaeological or palaeontological resource to allow for a global interpretation.

The significance that the environment holds in the proposed legislation of archaeological protection is particularly underlined by the law of landscape-monumental importance 431 of 1985, better known as the "Galasso" law, with which it acquires a cultural connotation and is protected due to its close connection with the archaeological good.

(*) Soprintendenza Archeologica di Roma - Piazza delle Finanze, 1 - 00186 Roma (Italy)

The "ruin" and the landscape come therefore to constitute an inseparable whole, where the archaeological monument, the morphology of the land and the frame of the vegetation are closely interconnected. The landscape also assumes archaeological relevance in as much as it perpetuates the morphological and landscape conditions which permitted the establishment and development of man's activity, of which the monument is the archaeological evidence. An evolution of this concept, no longer linked to the traditional view of the resulting ruin is documented by the ministerial memorandum of 6/12/95 which recognizes the validity of the landscape/archaeological restraint even in the areas not characterized by recovered archaeological presence. Therefore the archaeological landscape is given particular significance, which more than the single ruin, perpetuates those morphological and landscape characteristics which allowed for ancient human settlement. A landscape that has remained intact through the millennia and offers a key to the interpretation of ancient civilizations acquires consequently an "archaeological" value and can moreover be protected through the application of art. 2 of the law 1089/39.

This is why therefore the historical-archaeological environment, should not be considered differently from that landscape/naturalistic, and in both cases they are subject to protection by the part of the State.

The inseparable link between the monument and the surrounding environment is also contemplated by art. 21 of the same law 1089, which provides for the application of an indirect restraint on the lands confining those where the monument to protect is located; the integrity of the monument is consequently protected by the preservation of the surrounding environment.

The protection action for the things relating to paleontology, prehistory and ancient civilizations seems more complex, even if it is contemplated in the art. 1 of law 1089/39.

This article, in fact, does not value the inseparable relationship between the palaeontological and prehistoric goods with those environmental (geological) which assumes however a rather different connotation from that provided by art. 1, lett. m of Law 431/85 - in which these are inserted.

The "Soprintendenza Archeologica" of Rome in recent years has proceeded with an action of safeguarding the territory with particular reference to the prehistoric and palaeontological presence which has

numerous traces aboveall in the northwest zone near the Via Aurelia and in the part of the territory south of Rome. In particular, in the territory of Castel di Guido, where the geologic conformation of Pleistocene age is conserved still intact, in the strata attributed to the "Aurelia Formation" have been identified concentrations of lithic material and finds of fossilized fauna, many of which were protected by law 1089/39.

Considering the inseparable relationship between the prehistoric and palaeontological presence with the geologic strata in which they are contained, the protection activity was directed in particular to the conservation of the complex seen in its entirety. In this way, it was possible to restrain the quarries located near the "Quartacci" at Vitinia, a suburb of Rome. Of these was recognized both the particular geologic and palaeontologic importance; from the exposed outcrop, infact, it was possible to reconstruct the almost complete sequence of geological events that happened in this part of the territory of Rome during the Middle and Upper Pleistocene. The presence of fossilized fauna in strata permitted to reconstruct the variations, in relation to the environment, inserted in a precise chronological framework.

Along with the program of territorial protection, the "Soprintendenza Archeologica" has undertaken a series of archaeological excavations of Pleistocenian deposits, preliminary to their conservation and public fruition.

In particular, the excavation and protection activity is concentrated on the two deposits of La Polledrara of Cecanibbio and Rebibbia-Casal de' Pazzi, in which the very rich archaeological and palaeontological documentation is not attributable only to the geologic structure. The two deposits consequently testify the very close connection of the palaeontological and prehistoric good to protect along with the geological environment which allowed for its conservation and results indispensable for its interpretation.

The deposit of La Polledrara of Cecanibbio is found in the north-western part of the territory of Rome, ca. 83 m above sea level, on the watershed of the rivers Arrone and Galeria near the twentieth kilometer of the Via Aurelia (fig. 1, 1). According to archaeological data acquired in the course of various excavation campaigns and geopedological investigations carried out, the deposit was associated with a fluvial-marsh palaeoenvironment, and in particular, with an ephemeral water course with a meander-form deve-

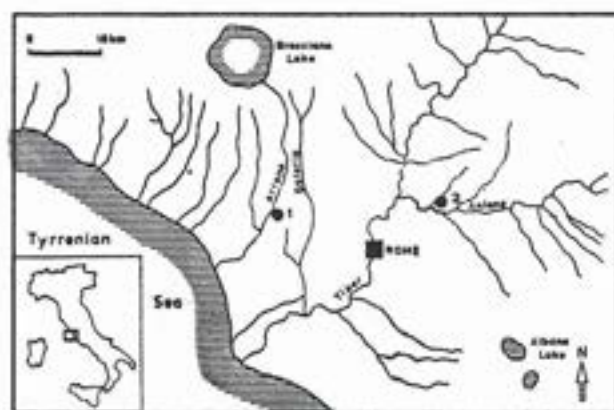


Figure 1. - Location map of the Pleistocene sites of La Polledrara di Cecanibbio (1) and Rebibbia-Casal de' Pazzi (2)

- Mappa di localizzazione dei siti Pleistocenici di La Polledrara di Cecanibbio (1) e Rebibbia-Casal de' Pazzi (2)

lopment, which flowed in a N-S direction, developing in a practically flat landscape.

From a stratigraphical point of view, the site is included in the terminal series of the pyroclastic deposits of the Sabatino volcanic complex, located to the northwest of Rome, and covers a ignimbritic strata known as "Tufo rosso a scorie nere", dated to ca. 430,000 years. The deposit was associated with a period preceding the Aurelia Formation, correlated with the isotopic stage 10 and can therefore be dated to more than 300,000 years.

The excavation has brought to light ca. 650 square meters of deposit, consisting of the ancient river bed, and its eastern margin, let alone a small adjacent area, probably more recent, with deposits formed by a very low energy water flow (fig. 2).



Figure 2. - La Polledrara: detail of the palaeosurface with the skull of an adult male *Elephas*

- La Polledrara: dettaglio della palaeosuperficie con il teschio di un *Elephas* maschio adulto

The central incision of the river gradually joins the margin which presents a sinusoid trend and was partially disturbed by modern plowing.

A large number of faunistic finds, over 7,000, were on the palaeosurface, accumulated in various levels in the central channel, and dispersed on only one level in the marginal zones. The bones were successively covered by the limno-tuffite derived from the reworking of the pyroclastic products.

The fossilization of the finds took place by the transformation of the bone tissue in fluoroapatite, indicated by the diffractometric analysis, whose formation was linked to the post-volcanic hydrothermal activity.

The bones are essentially of *Palaeoloxodon* (*Elephas*) *antiquus* and *Bos primigenius*. There are also *Cervus* (*Cervus*) *elaphus*, *Equus caballus*, *Canis* aff. *Lupus* present. The faunal assemblage is composed essentially of the remains of animals that, dead on the banks, were then transported by the water and dislocated in part along the marginal areas. The presence of a few hundred lithic instruments (a few on bone) and the remains of a wolf indicate, however, the presence of other agents, among which man and predatory animals, which contributed to the dislocation and accumulation of the bones.

In an area, referable to an environment of marsh character, were identified the remains of at least two elephants with very fresh surfaces and in partial anatomic articulation. The excavation, still unfinished, seems however to indicate a certain sequence: a first phase characterized by a current that chaotically transported the bones, particularly of *Elephas* and *Bos*, followed by a phase with a stronger current which locally eroded and remodeled the river bottom. To this follows a final phase with very low energy water flow, where the animals must have gotten mired in the mud. It is interesting to note how the lithic instruments coming from this level, besides having a fresh surface, conserve still, in part, use wear traces.

The environmental, palaeontological, taphonomic and archaeological aspects of the deposit contribute to increase its scientific importance. Its topographic position in an area still intact of the Roman territory suggested the idea of in situ conservation of the deposit and its possibility to become a museum, which should be enacted with the financing of the "Giubileo 2000".

A second deposit, where a museum project, even with numerous difficulties, is being actualized, is the deposit of Rebibbia-Casal de' Pazzi, identified in 1981,

and located instead within the urban area of Rome, between Via Nomentana and Via Tiburtina, ca. 32 m s.l.m. on a middle terrace of the lower valley of the Aniene River, a tributary of the Tiber (fig. 1, 2).

The deposit is above the "Tufo litoide lionato", a pyroclastic product of the "Vulcano Laziale", and consists of a segment of an ancient river bed incised in the strata of Tuff. The initial phase of the river, characterized by a strong river current, modeled the river bed in the bank of tuff after having eroded the covering level of a lacustrine strata, which is conserved, in the area of the excavation, only in isolated blocks (fig. 2).

The river channel was successively filled with pebbles and pyroclastic sands in which were included faunal finds and lithic industry.

The deposit belongs to the Vitinia sedimentary cycle, referable to the isotopic stage 7 or a slightly preceding period.

An ESR dating provided a date of 260,000 years from the present, while a date taken on bos teeth coming from the deposit by isoleucine epimerization provided a date of $360,000 \pm 90,000$ from the present.

Even if the faunal remains, consisting of over 2,000 finds, were transported by the current and therefore found in secondary deposition, they represent a good sample of local fauna. It refers mainly to remains attributable to *Palaeoloxodon* (*Elephas*) *antiquus*, *Bos primigenius*, *Hippopotamus ex gr. amphibius*, *Dicerorhinus sp.*, *Cervus elaphus*, *Canis cf. lupus*, *Capreolus capreolus*, *Crocota crocota*, *Equus caballus*, as well as aquatic birds.

From the lowest strata of the fill comes also a fragment of parietal bone attributable to an ancient form of *Homo Sapiens*.

The lithic industry, essentially in flint, consists of ca. 1,500 artifacts, for the most part on flake; however the instruments obtained from cores or pebbles are numerous. This industry, which can be culturally attributed to a late phase of the Lower Paleolithic, presents some technically evolved characteristics which makes them similar to the other protopontinian industries of the lower valley of the Aniene.

The particular importance of the deposit, in both its geological and archaeological aspects, has focused the action of protection not only toward its conservation by the application of an archaeological restraint, but also towards a museum project. This, organized by the common accord of the "Soprintendenza Archeologica" and the Municipality of Rome, and



Figure 3. - Rebibbia-Casal de' Pazzi: general view of the rocky river bed

- Rebibbia-Casal de' Pazzi: veduta generale del letto roccioso del fiume

notwithstanding the difficulties, both economic and bureaucratic which caused a suspension of works for various years, seems finally on the way to being actualized. The last testimony of the Pleistocene deposits of the lower Aniene valley, still undamaged by urban development can be nevertheless conserved as testimony of the most ancient history of the territory of Rome and its settlement.

REFERENCES

- ALIBRANDI T. & FERRI P. (1985) - *I Beni Culturali e Ambientali*. Milano, Dotti. A. Giuffrè Editore.
- ANZIDEI A.P. & RUFFO M. (1985) - *The Pleistocene deposit of Rebibbia-Casal de' Pazzi (Rome, Italy)*. In: C. Malone and S. Stoddart (eds), *Papers in Italian Archaeology IV - Part I. The Human Landscape*, Oxford: BAR International Series 243, pp. 69-85.

- ANZIDEI A.P. & ARNOLDUS HUYZENDVELD A. (1992) - *The Middle Pleistocene site of La Polledrara di Cecanibbio (Rome, Italy)*. In: E. Herring, R. Whitehouse and J. Wilkins (eds), *Papers of the Fourth Conference of Italian Archaeology. New Developments in Italian Archaeology, Part 1*, London: Accordia Research Centre, pp. 141-153.
- ANZIDEI A.P. & GIOIA P. (1992) - *The lithic industry at Rebibbia-Casal de' Pazzi*. In: E. Herring, R. Whitehouse and J. Wilkins (eds), *Papers of the Fourth Conference of Italian Archaeology, New Developments in Italian Archaeology, Part 1*, London: Accordia Research Centre, pp. 155-179.
- ARNOLDUS HUYZENDVELD A. & ANZIDEI A.P. (1993) - *Ricostruzione di un ambiente fluvio-lacustre nella regione vulcanica di Roma (La Polledrara di Cecanibbio)*. *Atti XXX Riunione Scientifica Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria*, Firenze, pp. 151-165.
- ANZIDEI A.P., ARNOLDUS HUYZENDVELD A., CALOI L., LEMORINI C. & PALOMBO M. (in press) - *Two Middle Pleistocene Sites near Rome (Italy: La Polledrara di Cecanibbio and Rebibbia-Casal de' Pazzi)*. In "The role of early humans in the accumulation of European Lower and Middle Palaeolithic bone assemblages", Neuwied, Germany, 18-21 May 1995.
- MEZZETTI L. (Ed) (1996) - *Codice dei Beni Culturali e Ambientali*. Rimini Maggioli Editore.

Protection of Holocene travertines in Southern Poland

La protezione dei travertini olocenici nella Polonia meridionale

ALEXANDROWICZ S.W. (*)

ABSTRACT - Calcareous tuffs and travertine accumulated during the Holocene are rich in fossils indicating changes of environment. Several outcrops of these deposits have been described from Southern Poland. The most interesting ones occur in the Cracow Upland, a few of them are situated in protected areas. The sequence of calcareous sediments from the Racławka stream valley, particularly rich in molluscan assemblages (described in detail), will be promoted for inclusion in the international list of geological heritage.

KEY WORDS: Holocene, travertines, molluscan fauna, geological heritage, Poland.

RIASSUNTO - I «tufi calcarei» ed i travertini accumulatisi durante l'Olocene sono ricchi di fossili, il che sta ad indicare cambiamenti nell'ambiente. Parecchi affioramenti di questi depositi sono stati descritti nella Polonia meridionale. I più interessanti si trovano nell'altipiano di Cracovia, e pochi di loro sono situati in aree protette. La sequenza di sedimenti calcarei nella valle fluviale del Racławka, particolarmente ricca di molluschi descritti in dettaglio, sarà candidata all'inserimento nella lista internazionale del patrimonio geologico.

PAROLE CHIAVE: Olocene, Travertini, Fauna di molluschi, patrimonio geologico, Polonia

1. – INTRODUCTION

Late Quaternary calcareous tufa and travertines have been reported from several localities situated throughout Southern Poland, mainly from the Cracow Upland, the Holy Cross Mountains and the Polish Carpathians. They were deposited during the Holocene in narrow valleys and gorges within karst regions. The age of these sediments was established with the radiocarbon method supplemented by analysis of stable isotopes (C-13, O-18). Rich and differentiated molluscan assemblages have been found in all outcrops. They can be used as indicators of sedimentary conditions and changes of environment controlled by both the climate and the human impact. Other organic remains, such as bones and teeth of vertebrates, carapaces of ostracods, leaves of trees and fragments of trunks, occur additionally. The best and most instructive profiles of these deposits should be protected as documents of the youngest history of the earth and environment as well as of the relations between geological processes and the activity of man.

(*) Academy of Mining and Metallurgy - Institute of Stratigraphy and Regional Geology 30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30 - Poland.

2. - CALCAREOUS TUFA OF THE CRACOW UPLAND

The Cracow Upland encloses the south-eastern part of the Silesian-Cracow Monocline. Mesozoic formations represented mainly by limestones and marls of the Middle Triassic, Upper Jurassic and Upper Cretaceous dip gently north-eastward. A small anticline formed of Devonian and Lower Carboniferous limestones and dolomites (Dome of Dębnik) crop out in the south-western part of this region, bordered southward by a system of faults, troughs and horsts connected with the alpine tectonic. The last mentioned are distinctly reflected in the structural relief. Deep and narrow valleys of streams cross the elevated part of the upland forming the picturesque karst scenery with an old (Tertiary) planation surface, a lot of limestone klippen, rocky terraces, caves, hollows and springs. During the last glaciation the whole area was covered with loess. At the termination of Vistulian, after the phase of erosion and the downcutting of stream channels, a considerable part of the loess was removed and only in a few places traces of Late Pleistocene dry valleys (dellen) are preserved, as loess terraces.

The deposition of calcareous sediments started at the beginning of the Holocene as a result of the activity of beavers. Small dams formed by these animals of branches and trunks of trees were grown over with green algae, precipitating calcium carbonate. Small water bodies formed behind such dams were gradually filled with fine-grained calcareous sediments (tufa). During a few thousand years dams were constructed upward by beavers and transformed into travertines after the recrystallisation of carbonates, the thickness of tufa growing greater and greater reaching four, six or even ten meters. In the Late Holocene dams were dissected and damaged by floods and increasing erosion, effected by the deforestation of the Upland during the Neolithic land occupation, the Lusitan Culture or Middle Ages. Travertine terraces with outcrops of Holocene calcareous deposits are preserved as relics of these processes.

Twenty profiles of calcareous tufa and travertines are noteworthy. A few types of lithostratigraphic sequences have been noted (ALEXANDROWICZ, 1983). The first of them begins with hard porous travertines alternating with nodular tufa. Yellow and grey calcareous tufa abounding in shells of molluscs and carapaces of ostracods closes this sequence

(ALEXANDROWICZ, 1985). In the second type nodular tufa alternates with silty tufa as well as with peaty silts. Yellow silts and grey marly tufa with traces of a buried soil occur at the top. Numerous intercalations of calcareous sand and fine gravel between white and grey tufa characterise the third type of the sequence, the next one is composed exclusively of white and yellow mollusc-bearing calcareous tufa. In large river valleys the described deposits occur as intercalations (10 - 40 cm) within silts and peaty silts, covered with alluvial loam.

In all outcrops calcareous tufa contain shells of molluscs. Particular molluscan assemblages are composed of characteristic species living in different environments. They have been studied in detail according to methods described by LOZEK (1964) and the Author (ALEXANDROWICZ, 1987). Five ecological groups of species (E) have been distinguished: shade loving snails (E 1-3), open-country snails typical of sunny and even mesothermic habitats (E 4-5), catholic species living in both shady and open environments of more or less humid background (E 6-8), higrophile snails typical of swamps & marshes (E 9) and water molluscs (E 10). Relations between these groups (counted as species and specimens, and illustrated by malacospectra MSS and MSI respectively), give the evidence about changes of environment and sedimentary conditions (LOZEK, 1964; EVANS, 1972; ALEXANDROWICZ, 1987).

Sequences of molluscan assemblages are distinctly differentiated. Three main types of malacological sequences can be distinguished. The first one begins either with a community of open-country and higrophile snails or by a community of water molluscs (Early Holocene). It passes upward into a fauna enriched in woodland snails (climatic optimum) and finally into a fauna with catholic and open-country species (Late Holocene). Such a succession is connected with calcareous tufa accumulated in quite narrow valleys and gorges. The second type contains mainly open-country snails dominating through the whole profile, accompanied by catholic species or snails living in swamps, marshes and alder forest. This succession occurs in tufa deposited at the bottom of relatively large valleys. The third type associated with sediments of permanent water bodies is characterised by water molluscs as the main component of all assemblages. Intermediate sequences of communities have been observed at a few localities.

3. - CALCAREOUS TUFFA IN THE RACLAWKA STREAM VALLEY

The Raclawka stream valley crosses the Upland between villages of Raclawice, Dubie and Rudawa, about 20 km north-westward of Cracow. Upper Jurassic limestones and Devonian/Lower Carboniferous limestones are visible along the upper and middle reaches of the stream. Four travertine steps, with ancient water basins filled with calcareous tufa, have been distinguished in this valley

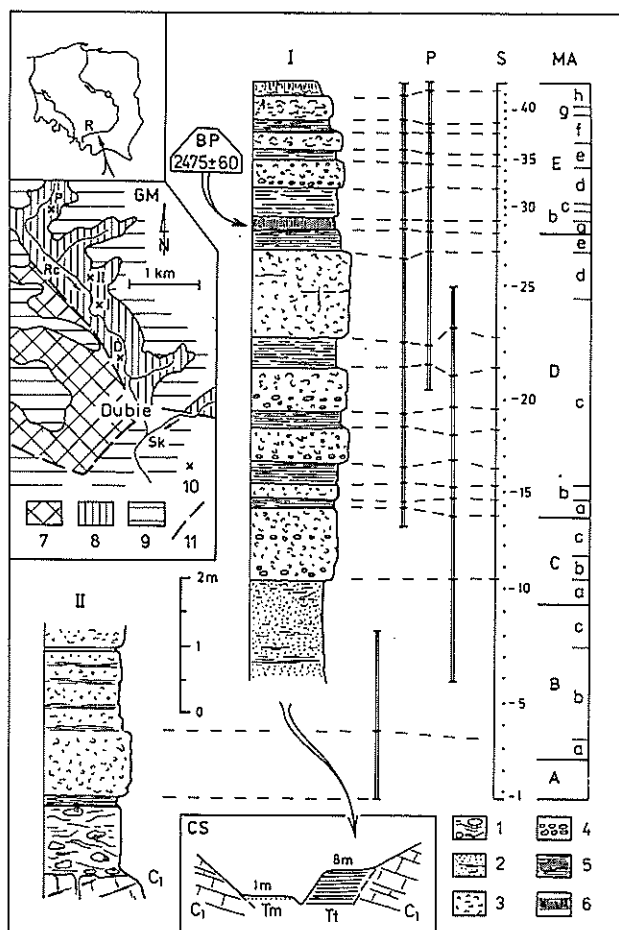


Fig. 1. - The outcrop of tufa and travertines in the Raclawka stream valley. I, II - sequence of sediments, P - profiles, S - samples, MA - molluscan assemblages, 1 - silty clays, 2 - fine-grained tufa, 3 - nodular tufa, 4 - gravel, 5 - silts and silty tufa, 6 - buried soil; GM - geological map: 7 - Devonian, 8 - Lower Carboniferous, 9 - Upper Jurassic, 10 - location of profile, 11 - faults; CS - cross section: C1 - Lower Carboniferous, Tt - travertine terrace, Tn - flood terrace.

- L'affioramento di tufo e travertini nella Valle fluviale di Raclawka. I, II - sequenza di sedimenti, P - profili, S - campioni, MA - raccolte di molluschi, 1 - argille siltose, 2 - tufo a grana fine, 3 - tufo nodulare, 4 - ghiaia, 5 - silt e tufo siltosi, 6 - snoli sepolti; GM - mappa geologica: 7 - Devoniano, 8 - Carbonifero Inferiore, 9 - Giurassico Superiore, 10 - posizione di profilo, 11 - faglie; CS - sezione trasversale: C1 - Carbonifero Inferiore, Tt - terrazzo di travertino, Tn - terrazzo alluvionale.

(ALEXANDROWICZ, 1983; RUTKOWSKI, 1991). The most interesting of them, situated 1 km upstream of the village of Dubie is up to 9 m high (SZULC, 1986). It forms a terrace with a very instructive outcrop of calcareous tufa, representing nearly the whole Holocene (Fig. 1).

The sequence of sediments overlying Carboniferous limestones is as follows (in reverse stratigraphic order):

- 1) silty clays with limestone lumps enriched in humus at the top (0.5 - 1 m);
- 2) silty and fine-grained calcareous tufa (1 - 1.5 m);
- 3) nodular tufa intercalated with limestone gravel (1 m);
- 4) silty- and fine-grained tufa alternating grey calcareous silts (2 - 2.5 m);
- 5) nodular tufa with thin layers of stromatolites (1 - 1.5 m);
- 6) grey silts enriched in humus with traces of the buried soil (0.5 - 1 m);
- 7) fine-grained tufa with oncoids and stromatolites, alternating with yellow silts (1.5 m).

Fragments of travertine dam are preserved in the southern part of the outcrop. Calcified trunks of trees incorporated into hard, porous algal bioherm are well seen.

The age of the described deposits has been measured with the radiocarbon method. In three samples it was established using the organic fraction, whereas in nine samples the apparent age was estimated with the analysis of the carbonate fraction (PAZDUR, 1987). Two dates derive from the lowermost part of the sequence: 9.880 ± 130 BP (Gd-4065) and 9.820 ± 100 BP (Gd-5287) while the third, from the upper part (from the buried soil): 2.475 ± 60 BP (Gro-584). The apparent age of oncoids and stromatolites from the uppermost part of the profile was established with the measurement of the carbonate fraction as: 1.900 ± 360 (Gd-1811) and 1.970 ± 350 (Gd-3028). According to these results calcareous tufa and travertines from the site in question have been deposited since the beginning of the Holocene till approximately the Middle Ages.

Rich and differentiated molluscan assemblages were previously described by Alexandrowicz (1983). The detail malacological analysis presented now is based on 42 samples (fig. 1-S). The material includes 64 taxa of snails and bivalves including species of ten ecological groups. Particular malacocoenoses A-E, are characterised by molluscan spectra MSS and MSI

(fig. 2). The sequence is composed of following assemblages (from the bottom upward):

A - fauna dominated by water molluscs with a considerable content of *Lymnaea truncatula* and *Gyraulus laevis*;

B - fauna with shade-loving snails (*Discus ruderatus*, *Acicula polita*, *Vitrea crystallina*, *Bradybaena fruticum*), open-country species (*Vallonia pulchella*), catholic species (*Punctum pygmaeum*, *Vertigo substriata*) and water molluscs;

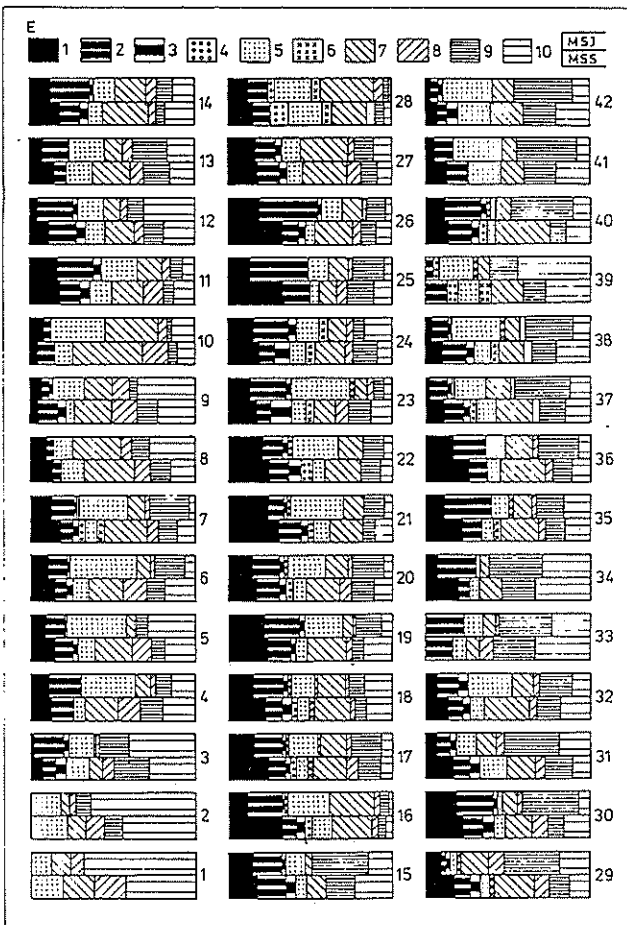


Fig. 2. - Malacospectra of molluscan assemblages of the calcareous tufa at Raclawka. E - ecological groups of molluscs: 1 - woodland snails, 2 - bushland snails, 3 - snails of moist forest, 4 - xerophile species, 5 - open-country snails, 6 - species of dry habitats, 7 - catholic snails of moderately humid habitats, 8 - catholic snails of humid habitats, 9 - species of swamps and marches, 10 - water molluscs, MSI - malacospectra of specimens, MSS - malacospectra of species.

- Spettro malacologico dell'associazione di molluschi dei "tufi calcarei" a Raclawka. E - gruppi ecologici di molluschi: 1 - specie boschive, 2 - specie di macchia, 3 - specie di foresta fluviale, 4 - specie xerofile, 5 - specie di campagna, 6 - specie di habitat secco, 7 - specie di habitat moderatamente umidi, 8 - specie di habitat umidi, 9 - specie di paludi e di zone di confine, 10 - molluschi acquatici, MSI - malacospettri di campioni, MSS - malacospettri di specie.

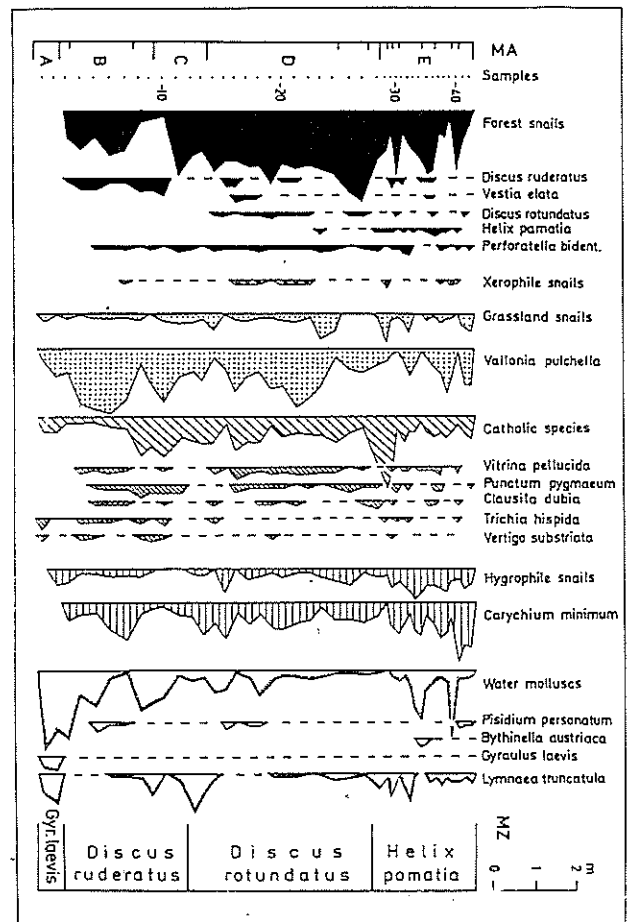


Fig. 3. - Malacological diagram of the Holocene tufa exposed in the Raclawka stream valley. MA - molluscan assemblages, MZ - malacostratigraphic zones.

- Diagramma malacologico dei tufi olocenici esposti nella Valle fluviale di Raclawka. MA - associazioni di molluschi, MZ - zone malacostratigrafiche.

C - fauna distinctly enriched in snails living in shady and partly shady habitats (*Acicula polita*, *Acanthinula aculeata*, *Vitrea crystallina*) with a changing content of molluscs of other ecological groups;

D - the richest fauna, with a considerable number of woodland snails (*Discus rotundatus*, *Discus perspectivus*, *Vitrea transsylvanica*, *Ruthenica filigrana*, *Vestia elata*, *Isognomostoma isognomostoma*) accompanied by catholic and hygrophile species (*Nesovitrea hammonis*, *Carychium minimum*, *Zonitoides nitidus*);

E - fauna characterised by a changing content of shade-loving snails (*Aegopinella pura*, *Vitrea diaphana*), open-country species (*Vallonia pulchella*), hygrophile snails and water molluscs (*Valvata cristata*, *Lymnaea peregra*, *Anisus leucostomus*).

Four malacostratigraphic zones defined as "nominal zones" (ALEXANDROWICZ, 1987) have been distinguished based on the molluscan diagram (fig. 3). The

oldest one, Zone with *Cyranulus laevis*, corresponds with the Preboreal Phase of the Holocene or with its early part. The next one, Zone with *Discus ruderatus*, reflects the increasing afforestation of the area during the Boreal Phase. The Zone with *Discus rotundatus*, typical of the climatic optimum, encompasses the Atlantic Phase and a part of the Subboreal Phase at least. The youngest one, Zone with *Helix pomatia*, is connected mainly with the Subatlantic Phase.

This sequence of molluscan assemblages reflects particular stages of the environmental evolution of the Cracow Upland during the Holocene. The afforestation indicated by the fauna with *Discus ruderatus* and *Discus rotundatus* corresponds with the warming and increasing humidity of the climate: the occurrence of snails typical of sunny, xerothermic habitats (*Truncatellina cylindrica*, *Truncatellina costulata*, *Cepaea vindobonensis*) is connected with the deforestation caused by man. Analysis of stable isotopes carried out on samples from the profile, and interpreted by PAZDUR *et alii* (1988), are another indicator of climatic changes.

4. – PROTECTION OF HOLOCENE CALCA-REOUS DEPOSITS

Late Quaternary tufa and travertines are particularly interesting and noteworthy as deposits rich in fossils. They document the youngest geological history of the region as well as changes of the environment, habitats and ecosystems controlled by both the climate and human impact. These sediments have been studied from different points of view including the course of accumulation, remains of plants and animals, geochronology and palaeotemperatures. Profiles recording many characters are important as type-sequences, used in palaeogeographical reconstructions. The most important ones should be protected for science and education as sites of local, regional or even international interests.

A few outcrops of Holocene tufa and travertines have recently been protected in the Cracow Upland. One of them occurs in the Ojców National Park. A hard bed of travertine forms a small waterfall while its sequence of mollusc-bearing tufa is accessible in the right bank of the Saspówka stream (ALEXANDROWICZ, 1983). The Pradnik-type succession of molluscan assemblages has been defined in this profile (ALEXANDROWICZ, 1985).

Five sites of calcareous deposits are situated in nature reserves inside the large area protected as a landscape park. One outcrop is situated in the Eliaszówka Nature Reserve near Krzeszowice, while

the remaining four - in the Raclawka Nature Reserve (two in the Raclawka stream valley and two - in the Szklarka stream valley). A few other localities will be protected in a short time as geological documentary sites or as nature monuments. Very interesting sites occur near Wolbrom, 30 km northward of Cracow. One of them, the gorge in Trzebienice, crossing calcareous tufa accessible in several outcrops, will be proposed as a nature reserve, while the other, an outcrop in Rzerzućenia representing the travertine terrace, should be protected as a documentary site. The most of the mentioned localities are of regional importance, but the main outcrop in the Raclawka stream valley, described above in detail, can be pointed out as an exceptional one. It has been selected as a site to be promoted to the international list of geological heritage. Such a suggestion is supported by the following motives:

- the profile encloses both the travertine dam and tufa filling the ancient water body;
- several lithological types of tufa and sedimentary structures, including organogenic components (oncooids and stromatolites) can be observed;
- a buried soil with traces of pottery occurs in the upper part of the outcrop;
- it has a sequence of particularly rich molluscan assemblages characterising changes of environment during almost the whole Holocene: it has been described as the type-succession (the Raclawka-type succession);
- several samples have been dated with the radiocarbon method and analysis of stable isotopes was additionally carried out.

The main outcrop of tufa and travertines in the Raclawka stream valley is the most representative site of such sediments in Poland. A few other interesting sites are known from the Holy Cross Mountains, the Czystochowa Upland and Carpathians (ALEXANDROWICZ & ALEXANDROWICZ, 1995a; 1995b). Some of them will be protected as documentary sites.

REFERENCES

- ALEXANDROWICZ S.W. (1983) - *Malacofauna of Holocene calcareous sediments of the Cracow Upland*. Acta Geol. Pol., 33: 117-158, 22 figg., 6 tabb., 3 tavv., Warszawa.
- ALEXANDROWICZ S.W. (1985) - *Successions of the Holocene molluscan assemblages in the Cracow Upland*. Soosiana, 13: 147-149, 1 fig., Budapest.

- ALEXANDROWICZ S.W. (1987) - *Analiza malakologiczna w badaniach osadów czwartorzędowych*. AGH-Geologia, 13: 3-240, 57 figg., Kraków.
- EVANS J.G. (1972) - *Land snails in archaeology*. pp. 436, Seminar Press, London.
- LOZEK V. (1964) - *Quartärmollusken der Tschechoslowakei*. pp. 374, UUG, Praha.
- PAZDUR A. (1987) - *Skład izotopowy węgla i tlenu holocenijskich martwic wapiennych*. Geochronometria, 3: 3-93, 24 figg., 7 tabb., Gliwice.
- PAZDUR A., PAZDUR M., STARKEL L. & SZULC J. (1988) - *Stable isotopes of the Holocene calcareous tufa in S-Poland as paleoclimatic indicators*. Quat.Res., 30: 177-189, 3 figg., London.
- RUTKOWSKI J. (1991) - *Holocen doliny Dolnej Racławki*. AGH-Geologia, 17: 173-191, 5 figg., Kraków.
- SZULC J. (1986) - *Holocene travertine deposits of the Cracow Upland*. in: IAS 7-th Europea Meeting, Ex. Book: 185-189, 2 figg., Kraków.

La Pietra di Bismantova, geotopo dell'Appennino di Reggio Emilia *La Pietra di Bismantova, geotype of Appennine of Reggio Emilia*

MERLINI A.V., MONELLI V. & MATTIOLI F. (*)

RIASSUNTO: La Pietra di Bismantova è costituita da una placca rocciosa calcarenitica tabulare a forma grosso modo romboidale, della superficie di circa 185.000 m², ed è delimitata lungo tutto il suo perimetro da pareti verticali, la cui altezza massima è di circa 115 metri. La rigida Formazione arenacea che spicca sulle sottostanti formazioni plastiche meno resistenti all'erosione meteorica, di natura prevalentemente pelitico-marnosa, appartiene alla successione Epiligure oligomiocenica di Ranzano-Bismantova; questa si è depositata su di un substrato in movimento rappresentato dalle Formazioni Liguri che sovrascorrevano sulle Formazioni della Serie Toscana.

La Pietra di Bismantova rappresenta un'unicità morfologica nell'Appennino Settentrionale, poiché altre simili rupi rocciose (S. Leo, S. Marino, Rocca Malatina), non presentano la sua forma tabulare a pareti verticali che delimitano un vasto pianoro sommitale, isolandolo dal resto del territorio. Da sempre essa rappresenta il simbolo ed il punto di riferimento primario di tutto l'Appennino Reggiano ed è meta di turismo familiare, escursionistico e sportivo, essendo una delle più apprezzate palestre alpinistiche del Nord-Italia.

Dalla Pietra di Bismantova si può osservare il ricchissimo patrimonio naturale offerto dalla zona circostante, in via di valorizzazione turistico-ambientale nel corso degli ultimi decenni con la realizzazione del Parco del Gigante (zona crinalica dell'Appennino Tosco-Emiliano, ricca tra l'altro di interessantissime forme relitte delle glaciazioni pleistoceniche) ed il progetto di un Parco Regionale che preservi la zona della Pietra ed i limitrofi Gessi Triassici, che affiorano estesamente lungo la valle del Fiume Secchia, formando una serie di rilievi ricchi di forme carsiche e di emergenze mineralogiche.

Testimonianze di un ricco passato storico, dagli insediamenti preistorici, di cui la necropoli di Campo Pianelli alla base della ripida parete della Pietra è un esempio, ai numerosi edifici risalenti alla dominazione di Matilde di Canossa, che

ebbe il suo centro in quest'area, rendono la montagna reggiana, anche in considerazione della vicinanza con la florida pianura padana, luogo di elezione per una offerta turistico-residenziale che sappia coniugare rispetto ambientale e sviluppo economico.

PAROLE CHIAVE: Geotopo, Geomorfologia, Biocalcarene, Erosione differenziale.

ABSTRACT: The Stone of Bismantova consists of a rocky plate which shows on the top a surface and its form is more or less similar to a big rhombus that covers a surface of 185.000 m². It is delimited, all around its perimeter, by vertical scarps and the highest drop corresponds to 115 metres. The rigid arenaceous formation, that stands out from the other below plastic formations, less meteoric erosionproof and consisted of marls and pelites, belongs to the Oligo-Miocenic series of Ranzano-Bismantova, this settled on a moving basement represented by Ligurian Formations which overthrust on formations of Tuscan Series.

The Stone of Bismantova represents the sole existing morphological exemplar in all Northern Appennine. Even if it shows other similar rocky cliffs (S.Leo, S.Marino, Rocca Malatina), anyone has the tabular form with vertical scarps that isolate a summit plateau, unique in its kind, as the Stone of Bismantove has.

The Stone has always been a symbol and a primary point of reference for all the Appennine of Reggio Emilia and it's a goal for familiar tourism, both excursion and sport, but in particular way because it's one of the most valued practice wall for rock climbing of Northern Italy.

From this panoramic point it can be observed the rich natural heritage of wildlife offered by the surrounding areas. These areas are going to increase their touristic and environmental value thanks to the realization of the "Parco del Gigante" ("Giant Park"), area of ridge of the Tuscan-

(*) GEOSTUDIO Geologi Associati - Via Franceschini, 26 - Castelnovo ne' Monti (RE)

Emilian Apennine, that is full of very interesting relict forms from ice age) and thanks to a Regional Project able to preserve the belt of Stone of Bismantova and the neighbouring Triassic Gypsum, that appear on the surface along the River Secchia and that build a series of relieves full of Karst Formations and minereological emergences.

Testimonies of a rich historical past, from prehistorical settlement, of which the necropolis of Campo Pianelli at the base of the vertical scarp of Stone is an example, to the numerous buildings dated back to the Matilde of Canossa Age, make of mountains of Reggio Emilia, even considering the closeness to the Po plain, a place where the touristic and residential proposal will be able to unify the environmental respect and economic development.

KEY WORDS: Geotype, Geomorphology, Biocalcareneite, Differential erosion.

1. - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La Pietra di Bismantova è posta al centro dell'Appennino di Reggio Emilia, lungo lo spartiacque che separa le valli del fiume Enza e del fiume Secchia. Essa sovrasta l'abitato di Castelnovo ne' Monti (702 m s.l.m.), posto a circa 1,5 km in linea d'aria dal suo pianoro sommitale, che raggiunge

un'altezza massima di 1047 metri sul livello del mare. Castelnovo ne' Monti, il cui Comune conta 9635 abitanti (ISTAT 1991), è il maggior centro della montagna reggiana ed è collegato mediante la S.S. 63 a Reggio Emilia (45 km) ed a La Spezia (88 km) e mediante la S.S. 513 a Parma (62 km).

2. - LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

2.1. - GEOLOGIA

La geologia della media ed alta montagna dell'Appennino Tosco-Emiliano è caratterizzata dallo stile di ricoprimento dovuto al sovrascorrimento delle Unità Liguridi sulla Serie Toscana. Le più giovani Formazioni della Serie Toscana, (Arenarie mioceniche dell'Alto Appennino) formano i rilievi del crinale toso-emiliano, mentre le Formazioni delle Liguridi (cretaceo-miocene), sovrascorse sulla Serie Toscana in direzione nord-est, compaiono a quote inferiori.

La Pietra di Bismantova è costituita da una placca rocciosa calcarenitica, (fig. 1) relitto di una vasta bar-

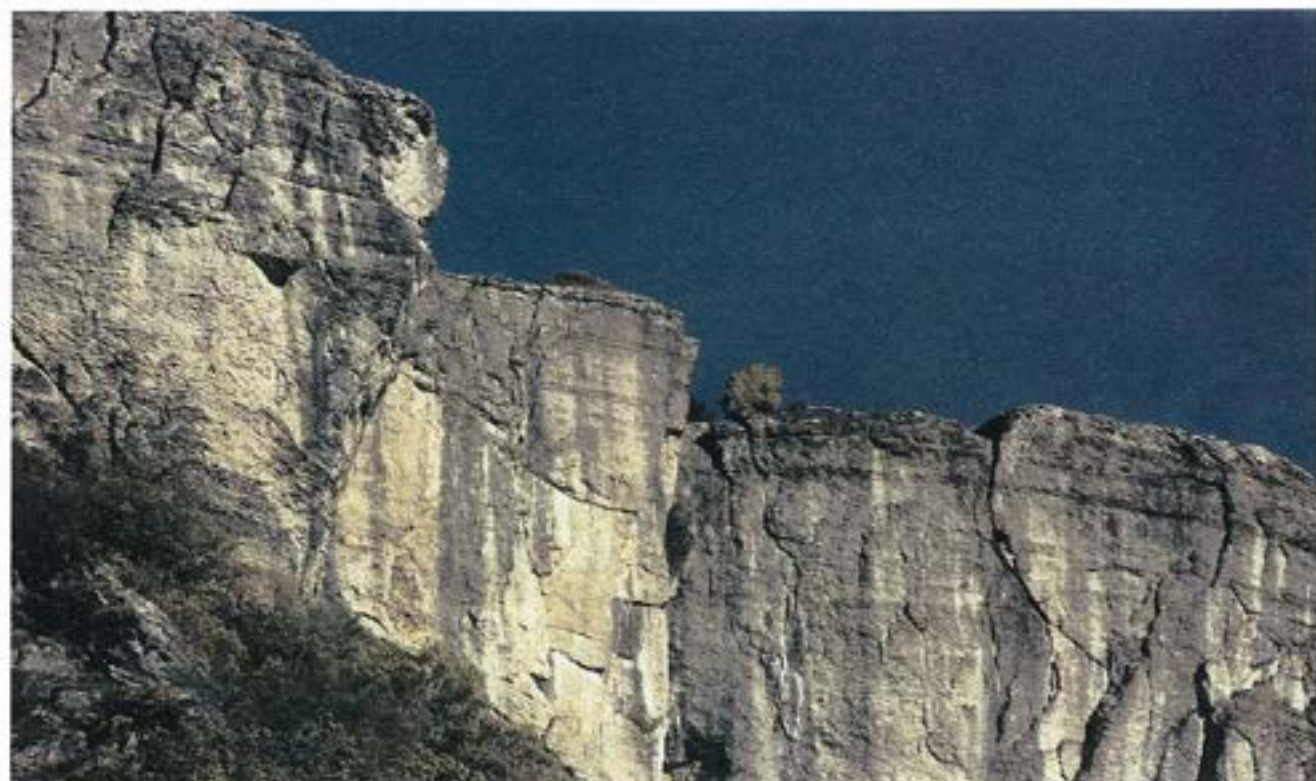


Fig. 1. - Particolare della Pietra di Bismantova, che mette in mostra la calcarenite

- Bismantova detail, which show the sandstone

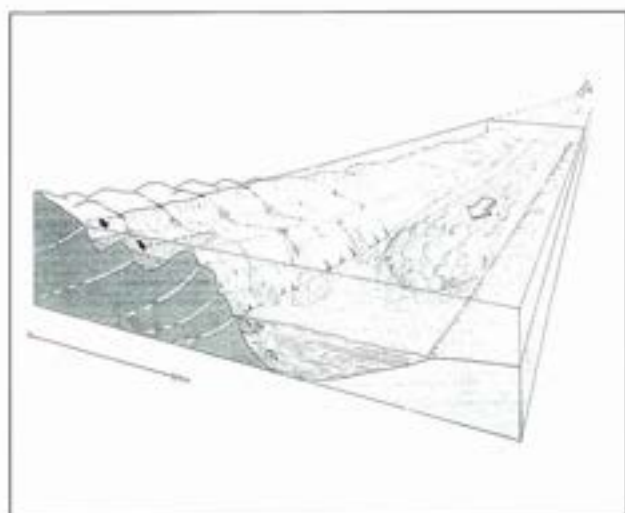


Fig. 2. - Paleocambiente di formazione dell'Arenaria di Bismantova
- *Paleoenvironment of Bismantova sandstone*

cata arenacea progressivamente smantellata nel corso dei tempi geologici. Questa si è depositata in epoca miocenica su fondali bassi ed ossigenati, conseguentemente ricchi di vita: gli scheletri degli organismi presenti, continuamente rimaneggiati dal moto ondoso e mescolati a sabbie, venivano a formare depositi che sono poi stati in un secondo tempo cementati dai carbonati provenienti dagli scheletri stessi. La sedimentazione avveniva in un bacino impostato sulle Unità Liguridi in lento movimento verso N-E (bacini di sedimentazione oligo-miocenici o semiautoctono emiliano). La fig. 2 (ZANZUCCHI *et alii*, 1989) descrive il paleoambiente di formazione dell'Arenaria di Bismantova e rende ragione della sua attuale posizione geografica e stratigrafica in rapporto a quella delle altre Unità precedentemente citate.

Le Arenarie dell'alto Appennino si depositarono in una fossa stretta ed allungata mediante correnti di torbida provenienti da nord (secondo la direzione della freccia bianca)

Ad occidente si aveva un'imponente struttura costituita da un substrato piegato e fratturato (Unità Liguridi, in colore grigio scuro). Su di esso andavano deponendosi, entro bacini minori (bacini galleggianti, frecce nere) le Arenarie e Marne della successione Ranzano-Bismantova: le Arenarie di Bismantova sono quindi coeve delle Arenarie dell'alto Appennino Reggiano. Tale complessa struttura veniva sospinta verso la fossa di sedimentazione delle Arenarie dell'alto Appennino che venne così nel tempo progressivamente ricoperta da essa.

2.2. - GEOMORFOLOGIA

La Pietra di Bismantova può essere considerata come una placca rigida che galleggia sui sottostanti materiali a comportamento plastico (fig. 3). La loro diversa risposta al processo erosivo determina la morfologia superficiale al contorno della Pietra. La stessa verticalità delle sue pareti è dovuta al fatto che i materiali pelitici sottostanti sono più rapidamente erosi e provocano lo scalzamento della base delle pareti, causando frane di crollo. Di conseguenza le pareti arretrano parallele a se stesse. Il progressivo fenomeno di frantumazione della Pietra ha in passato portato al dislocamento verticale ed al successivo scivolamento verso valle di giganteschi blocchi arenacei (fig. 4). Questo fenomeno è stato attivo soprattutto durante le ultime glaciazioni, mentre al momento attuale si può considerare praticamente inattivo. Del resto, anche attorno alla rupe sono visibili depositi e conformazioni superficiali originatesi sotto condizioni climatiche differenti da quelle attuali. Ne sono un esempio le



Fig. 3. - La Pietra di Bismantova, una placca rigida che galleggia sui sottostanti materiali a comportamento plastico
- *Stone of Bismantova, a rigid rocky plate which floats to the plastic materials*



Fig. 4. - Giganteschi blocchi arenacei franati ai piedi della parete
- *Huge arenaceous blocks collapsed at the foot of slope*

grandi falde detritiche inglobanti massi di notevoli dimensioni e gli estesi depositi detritici da geliflusso che si protendono anche per chilometri dalle pareti della Pietra (località di Fontana Cornia, Bondolo e Casale). L'area circostante la Pietra è quindi caratterizzata in gran parte da forme determinatesi durante le ultime glaciazioni pleistoceniche, quando le condizioni climatiche periglaciali rendevano estremamente aggressive le azioni di acqua e gelo e non consentivano l'esistenza di estese coperture vegetali. Permangono attivi fenomeni di limitato crioclastismo sulle pareti della Pietra, che portano al crollo di massi di modeste dimensioni nelle stagioni primaverili ed autunnali e movimenti franosi lungo le pendici argillose, non paragonabili per entità ai giganteschi movimenti pleistocenici, ormai stabilizzatisi. Le diaclasi e faglie che pervadono il corpo arenaceo ne favoriscono la degradazione crioclastica in superficie, ma il suo aspetto complessivo rimane comunque quello di un blocco a stratificazione massiccia, maldefinita, apparentemente sub-orizzontale (fig. 1 e 4).

3. - CARATTERI STORICO-AMBIENTALI

3.1. - CENNI STORICI

La Pietra di Bismantova può essere descritta come un altopiano di forma grosso modo romboidale, della superficie di circa 185 ettari, posto all'altezza media di circa 1000 m.s.l.m., delimitato da scarpate verticali che raggiungono l'altezza massima di 115 metri e lo isolano dal resto del territorio circostante. La sua forma estremamente particolare la rende visibile da grande distanza e ne fa un punto di riferimento geografico importante per gli abitanti della montagna reggiana. Essa ha attirato la presenza dell'uomo già dagli albori della preistoria, che ne hanno fatto di volta in volta un rifugio dalle invasioni esterne, un punto strategico di controllo del territorio circostante, un luogo di culto. La necropoli eneolitica di Campo Pianelli, ai piedi della parte settentrionale della Pietra, è la maggiore testimonianza del più antico passato di quest'area (CATARSI & DALL'AGLIO, 1978).

La storia della Pietra è legata a quella di tutta la montagna reggiana dove si trovano tracce della dominazione Romana e Bizantina; è comunque del Medio Evo, con la dominazione di Matilde di Canossa, che si rinvencono le tracce storiche più interessanti. Nella collina e montagna reggiana erano ubicate infatti le residenze abituali della Contessa ed esse costituivano il centro dei suoi possedimenti, come testimoniano i

Castelli di Carpineti e Canossa ed i borghi costruiti allora ed in parte ancora esistenti. Non sono poi da trascurare le testimonianze architettoniche più recenti, che tramandano le vicissitudini ed i modi di vita delle popolazioni locali, legati alla agricoltura ma aperti all'influenza dei grandi eventi storici che comunque li coinvolgevano.

3.2. - PECULIARITÀ AMBIENTALI

L'impatto visivo che offre la Pietra di Bismantova a chi la osservi nelle sue innumerevoli prospettive (fig. 5) rappresenta sicuramente il suo tratto fondamentale e caratterizzante e la rende un geotopo unico ed evidente. A conferma di quanto detto basti citare l'impressione che ne ebbe Dante, che così scrive nella Divina Commedia:

*"Vassi in Sanleo e discendesi in Noli
montasi su Bismantova in cacume
con esso i piè; ma qui convien ch'om voli;
(Purgatorio IV 25, 27)*

La Pietra riveste importanza anche da un punto di vista paleontologico ed ambientale in senso lato: è ricchissima di resti fossili, soprattutto echinidi, molluschi e denti di squalo; presenta una grande varietà vegetazionale, dovuta al brusco scarto altimetrico ed alla differente esposizione alla luce del sole; la fauna locale trova nella Pietra un rifugio naturale e molte specie di rapaci nidificano lungo le sue pareti. Questo solo per citare le sue principali peculiarità ambientali, tutte derivanti, in modo più o meno diretto, dalla sua particolare conformazione fisica.

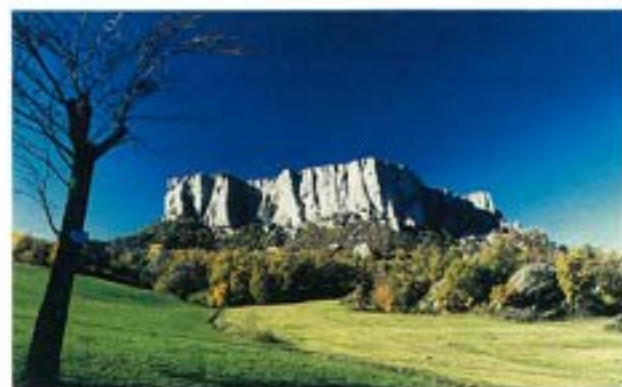


Fig. 5. - Il richiamo paesaggistico della Pietra di Bismantova è notevole da molti punti di vista

*- The appeal of Stone of Bismantova
landscape is remarkable by a great number of lookout-points*

Esiste inoltre un aspetto di grande valore: la Pietra è un terrazzo naturale dal quale si può ammirare la ricchezza ambientale che la circonda. Dal suo pianoro sommitale si può osservare gran parte dell'Appennino Reggiano: le cime del crinale Tosco-Emiliano si stagliano all'orizzonte, il Monte Cusna ed il Ventasso sorgono imponenti in primo piano. Dalla Pietra si può osservare il corso del Fiume Secchia là dove esso incide con un fenomeno di antecedenza le masse diapiriche della Formazione gessosa Triassica di Burano (fig. 6), che costituiscono una realtà geologico-ambientale unica nel suo genere. È estremamente suggestivo vedere da vicino le pareti verticali di materiale evaporitico che arrivano a superare anche i 100 metri di altezza, oppure le cavità carsiche al loro interno con la ricchezza mineralogica e le unicità botaniche e faunistiche che le contraddistinguono. Osservando dalla Pietra le più alte cime del crinale Tosco-Emiliano si possono considerare possibili itinerari lungo i numerosi sentieri che attraversano la zona protetta del Parco del Gigante (Parco Regionale dell'Alto Appennino Reggiano) e che collegano il versante emiliano con quello ligure e toscano, dalle Alpi Apuane fino al Tirreno. Nella zona di Parco si è immersi in una natura praticamente intatta, ricca di biotopi e geotopi di grande interesse, perlopiù legati alle numerose forme relitte delle glaciazioni pleistoceniche (fig. 7).

Per un'area che intenda valorizzare il proprio bene ambientale in funzione di uno sfruttamento turistico, la Pietra di Bismantova rappresenta il belvedere ideale, dal quale già transitano cospicui flussi turistici, dal quale iniziare una ricognizione generale ed operare una scelta di itinerari che portino alla scoperta delle bellezze dell'Appennino Reggiano.

4. - SALVAGUARDIA E VALORIZZAZIONE

La Pietra di Bismantova è un interessante caso utile per considerazioni volte ad individuare corrette politiche di salvaguardia e valorizzazione dei geotopi e dei beni ambientali in genere. Essa è attualmente tutelata dal Piano Paesaggistico dell'Emilia Romagna ed è oggetto con la vicina zona dei Gessi Triassici di un progetto di Parco Regionale. Il Piano Territoriale dell'Emilia Romagna, il cui compito è quello di «progettazione e governo degli assetti del territorio e di raccordo tra la pianificazione territoriale ed i processi di sviluppo economico-sociali della regione» ha individuato come valenza fondamentale di quest'area, da sfruttare per il miglioramento socio-economico della popolazione residente, la sua bellezza naturale. Essa va quindi salvaguardata, oltre che come bene ambientale



Fig. 6. - La formazione gessosa Triassica di Burano
- *Triassic gypsum formation of Burano*



Fig. 7. - Forme glaciali visibili nel parco nel Parco del Gigante
- *Glacial forms in Giant Park*

patrimonio di tutta la comunità nazionale ed in fin dei conti di tutta l'umanità, come da Legge 431/85, anche in funzione delle benefiche ricadute che detta opera di salvaguardia ha sulla popolazione residente. Del resto questa esigenza è non solo opportuna, ma nel caso in oggetto necessaria.

La Pietra è infatti posta al centro di un territorio che vive drammaticamente il problema del degrado idrogeologico: esso si aggrava in modo sempre più preoccupante e si ripercuote anche sulle aree di pianura che vengono periodicamente inondate. La corretta difesa del suolo montano, unitamente al controllo del regime idraulico dei fiumi nei fondovalle, sembra essere l'unica risposta razionale alla risoluzione di questa annosa e dolorosa questione. Per far questo, in un territorio in delicato equilibrio con le attività antropiche qual'è quello della montagna reggiana, è necessaria la presenza dell'uomo. Perché gli attuali abitanti decidano di rimanere in montagna, devono esistere prospettive di vita dignitosa in aree disagiate da molti punti di vista. Queste si possono realizzare coniugando la manutenzione delle bellezze naturali locali con il cor-

retto uso del territorio, sfruttando e coordinando tutte le indicazioni e possibilità espresse da diverse normative (Legge sulla difesa del suolo, Legge 183/89, Legge 431/85, varie leggi statali ed europee per la salvaguardia ambientale e lo sviluppo delle aree depresse) al fine di creare un nuovo tipo di economia montana basata fondamentalmente sull'offerta turistica. L'Appennino Reggiano è, su questa linea, in condizione privilegiata rispetto ad altre aree montane, data la sua vicinanza al ricco bacino padano ed alla preesistenza di una florida economia agricola basata sulla produzione del Parmigiano-Reggiano, che ben si coniugherebbe con una politica di salvaguardia ambientale. È quindi un attendibile banco di prova di questi indirizzi di sviluppo che, sulla carta, sono già stati approvati in sede statale e regionale, mostra altresì alcune problematiche legate alla non corretta realizzazione di questa politica di sviluppo. Fino ad ora, infatti, le politiche concrete di protezione ambientale, sono state indirizzate, in contrasto con gli indirizzi programmatici, quasi esclusivamente alla creazione di vincoli ed impedimenti che non hanno frenato lo spopolamento delle aree più depresse, favorendone il degrado fisico; d'altra parte le zone più felici da un punto di vista economico tendono ad uno sfruttamento senza vincoli delle risorse e minacciano da vicino le grosse ricchezze ambientali presenti (per es. pressione edilizia sull'area circostante la Pietra di Bismantova, tentativi di insediare cave di inerti e di gesso nella valle dei Gessi Triassici). Il rischio che corrono le strategie per il mantenimento delle bellezze naturali è quello di contrastare tendenze economiche locali, senza riuscire a creare nuove attività che le sostituiscano: così il valore ambientale viene vissuto dai residenti come disvalore e nello stesso tempo la popolazione locale è la sola che possa attuare una corretta politica di protezione ambientale. Il territorio circostante la Pietra di Bismantova ben si adatterebbe ad una strategia globale di mantenimento delle valenze ambientali locali integrata con le attività eco-

nomiche presenti, anzi a sussidio e rinforzo di esse. Esso è in delicato equilibrio con le pratiche agricole dirette alla produzione di foraggio. Allorché i terreni vengono abbandonati dalla pratica agricola, spesso si hanno repentine degradazioni del suolo, quando i boschi non vengono più governati l'acqua scorre incontrollata e durante le piene detriti di origine vegetale ostruiscono i canali. Favorire un'attività agricola mirante a limitare tali danni fa da naturale supporto ad una offerta turistica; interrompere lo spopolamento delle zone più depresse è fattore favorevole anche all'economia delle aree più forti della montagna, con le loro attività commerciali ed artigianali. È qui che il cerchio si chiude e che anche una zona economicamente «forte» come quella che gravita nelle vicinanze della Pietra ha interesse che i suoi gioielli ambientali non vengano svenduti per portare avanti attività di corto respiro e di basso profilo economico, che comportano oltre tutto il deterioramento della qualità generale della vita di chi abita questi luoghi. In quest'ottica la presenza di un corretto modello di sviluppo intorno alla Pietra, unanimemente riconosciuta da tutti come una bellezza naturale e sentita come un pume tutelare dai montanari, può svolgere un grande ruolo di educazione a stili di vita più rispettosi dell'ambiente ed essere un esempio di salvaguardia e valorizzazione del bene ambientale.

BIBLIOGRAFIA

- ZANZUCCHI G. (1989) - *Arenarie oligo-mioceniche del alto Appennino*. In DIP. SC. TERRA UNIV. PARMA «*Dal crinale al Po. Geologia e morfologia del territorio reggiano*». pp. 35-38, fig. 26, Comune di Reggio Emilia.
- CATARSI M. & DALL'AGLIO P.L. (1978) - *La necropoli Protovillanoviana di Campo Pianelli di Bismantova*. pp. 153, Reggio Emilia

The protection of the new reference section of the Frasnian/Famennian boundary at Senzeille (Dinant basin, Belgium) *La protezione della nuova sezione di riferimento del limite Frasniano/Famenniano a Senzeille (bacino del Dinant, Belgio)*

CASIER J.G. & BULTYNCK P. (*)

ABSTRACT - The Frasnian/Famennian boundary (± 367 Ma; Late Devonian) was defined in the last century in the northern flank of a railway cutting close the village of Senzeille. In 1976, this cutting was buried during the construction of a national road and in 1993 a new reference section was excavated. This is important for the study of the Late Devonian mass extinction and particularly for the study of faunal recovery from this event. This reference section is now protected.

KEY WORDS: Protection, Frasnian/Famennian boundary, Senzeille, Belgium.

RIASSUNTO - Il confine Frasniano/Famenniano (± 367 Ma, tardo Devoniano) è stato definito nel secolo scorso nel lato settentrionale di una trincea ferroviaria, vicino al villaggio di Senzeille. Nel 1976, questa trincea è stata seppellita durante la costruzione di una strada nazionale e nel 1993 è stata scavata una nuova sezione di riferimento. Il tutto è importante per lo studio dell'estinzione di massa del tardo Devoniano e in particolare per lo studio della ricostruzione della fauna di questo evento. Ora questa sezione di riferimento è protetta.

PAROLE CHIAVE: Protezione, limite Frasniano/Famenniano, Senzeille, Belgio.

1. - INTRODUCTION

The Late Devonian mass extinction is one of the five largest occurring during the Phanerozoic. This extinction took place 367 Ma ago close to the

Frasnian/Famennian boundary and probably 75 % of all species were wiped out during this event in lower latitude areas. Recent studies demonstrate that the Late Devonian mass extinction is probably related to a sea level fluctuation, to the influx of oxygen-depleted waters onto the shelf, to a climatic change and maybe to one or several cataclysmic events (for further information on the Late Devonian mass extinction, consult MCGHEE, 1996).

The southern part of Belgium is the type area for the Frasnian and Famennian stages and their boundary was fixed in the last century in a railway cutting, 1500 m south of the village of Senzeille (fig. 1). GOSSELET (1877; 1888), a French geology Professor at the University of Lille, defined the Frasnian/Famennian boundary in the northern flank of this cutting at the base of his unit H, close to the base of the Senzeille Shales, in fact where he observed the recovery of the megafauna from the Late Devonian mass extinction.

The northern flank of the railway cutting of Senzeille has been described in detail by SARTENAER (1960), who summarized the range of rhynchonellid brachiopod zones which he had established earlier. This section was obviously the stratotype for the earliest Famennian formation: the Senzeille Formation.

(*) Department of Palaeontology, Royal Belgian Institute of Natural Sciences - Vautier Street, 29 - B-1000 Brussels - Belgium

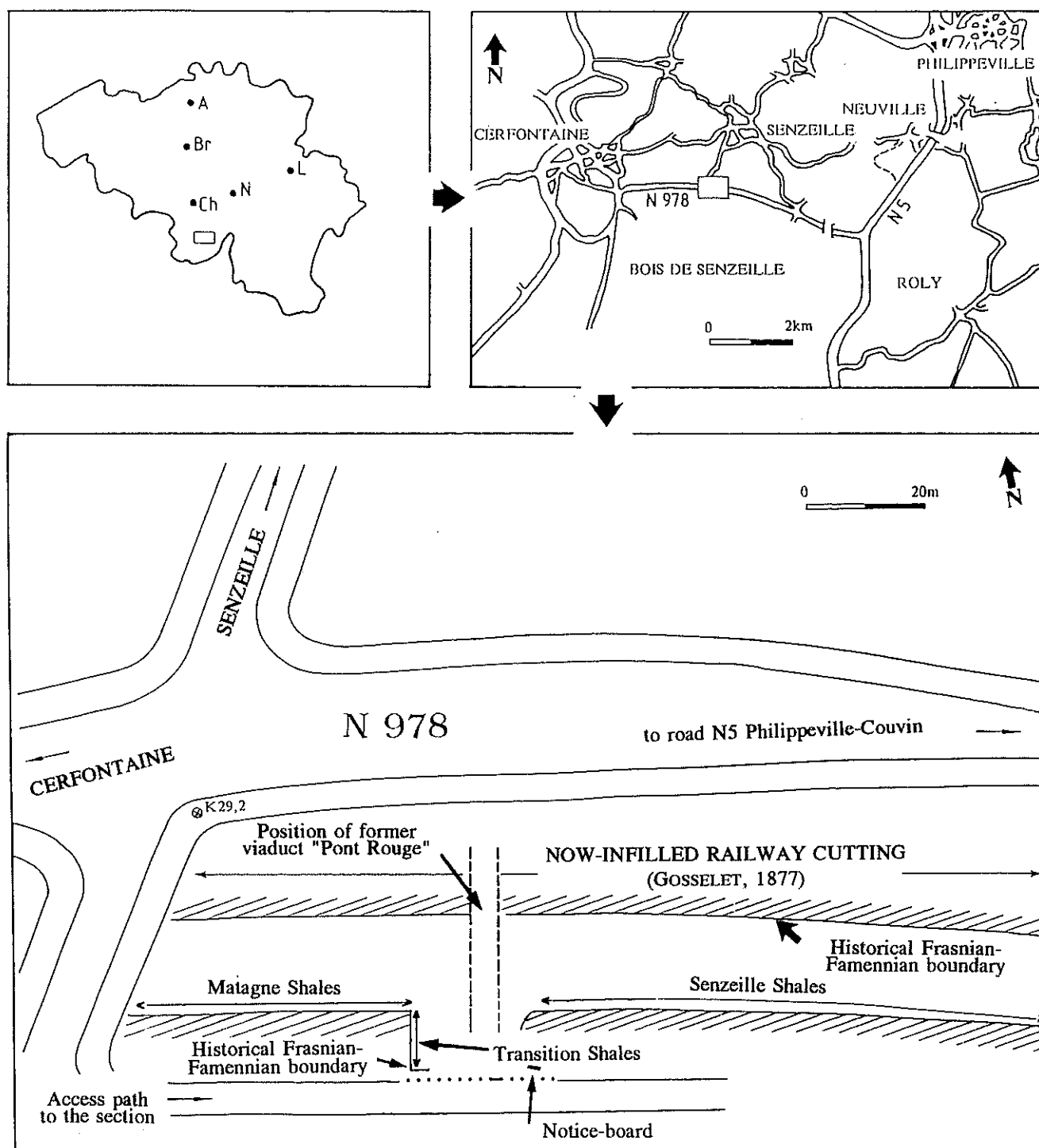


Fig. 1. — The Frasnian/Famennian boundary at Senzeille: location of the former stratotype section and of the new reference section (Southern border of the Dinant Basin, Belgium)

— Il limite Frasniano/Famenniano a Senzeille: posizione della precedente sezione dello stratotipo e della nuova sezione di riferimento (confine meridionale del Bacino di Dinant, Belgio)

2. - THE INFILLING OF THE SENZEILLE RAILWAY CUTTING

In 1976, the railway cutting of Senzeille was partially filled in by spoil during the construction of the N978 road and the northern face of the cutting was totally buried. This infilling was not an essential part of the construction of the road but at the time there was little interest in the conservation of the geological heritage in Belgium. Nevertheless, the Geological Survey of Belgium arranged the preservation of the southern face of the cutting and set up a notice-board, visible from the new road. Unfortunately, this reference section was incomplete and exposed neither the Frasnian/Famennian boundary of GOSSELET nor the base of the Senzeille Shales. This was principally because the beds at this level had been very disturbed during the construction of the former "Pont Rouge" bridge. Partly for this reason and also because the Senzeille section is in the neritic facies, and limestones for conodont studies are scarce in the uppermost Frasnian - lowest Famennian, the Subcommittee on Devonian Stratigraphy recommended that a new Frasnian/Famennian boundary Global Stratotype Section and Point (GSSP) should be in the upper quarry of Coumiac in Montagne Noire, Southern France (KLAPPER *et alii*, 1993). This proposal was approved by the International Commission on Stratigraphy (ICS) and the International Union of Geological Sciences (IUGS) in 1993 (*Ibid.*).

In late 1988 - early 1989 the Royal Belgian Institute of Natural Sciences undertook the digging of two complementary cuttings exposing the missing part of the original succession, for the study of the late Devonian mass extinction and especially for the study of ostracods, conodonts, acritarchs and chitinozoans (CASIER, 1989; 1992; BULTYNCK & MARTIN, 1995).

Unfortunately, in 1993 the reference section preserved by the Geological Survey of Belgium and the two research cuttings of the Royal Belgian Institute of Natural Sciences were illegally filled in by 5,000 m³ of rocks coming from a canalization scheme in the vicinity of Senzeille.

3. - THE NEW REFERENCE SECTION

In 1994, the Royal Belgian Institute of Natural Sciences, the Municipality of Cerfontaine, the Department of Water and Forests (belonging to the Walloon Ministry of Environment) and an association of municipalities (INASEP), decided to restore the



Fig. 2. - The new reference section of the Frasnian/Famennian boundary at Senzeille. View from the access path

- La nuova sezione di riferimento del limite Frasniano/Famenniano a Senzeille. Vista dal sentiero di accesso

Senzeille section. The contractor who had infilled the original site was responsible for this restoration.

The work began in the summer of 1995 and about 1,200 m³ of rocks were excavated. Now, the section is enclosed (fig. 2) and from this day onwards the access to the new Senzeille section will be facilitated by the Municipal House of Cerfontaine or by the Department of Palaeontology at the Royal Belgian Institute of Natural Sciences.

The new protected section is certainly one of the best reference section world-wide for the study of the Late Devonian mass extinction in the neritic facies, and particularly for the study of the faunal recovery. The section exposes: 1. the top of the Matagne black Shales which are deposited under hypoxic conditions responsible for the disappearance of reefal activity in the Dinant Basin; 2. the so-called transitional shales with the renewal of the fauna after the hypoxic event; 3. the base of the typical Senzeille Shales.

The historical Frasnian/Famennian boundary is exposed once again, but the position of the new boundary is controversial (CASIER, 1992; BULTYNCK & MARTIN, 1995). In the global stratotype section and point (GSSP) at Coumiac in Montagne Noire, the boundary corresponds to the base of the Lower *Palmatolepis triangularis* conodont Zone (KLAPPER *et alii*, 1993). This boundary is fixed immediately below the beds in which the fauna and immediately above a bed of grey coarse-grained dolomitic limestone correlated with the Upper Kellwasser Limestone of Germany (BECKER *et alii*, 1989). This bed was deposited under hypoxic conditions and was responsible for the disappearance of numerous species at Coumiac. At Senzeille several meters separate the beginning of the recovery of the ostracod fauna from the Late

Devonian mass extinction (passage from the Myodocopid ecotype to the Eifelian ecotype of ostracods at the base of the so-called transition-shales) and the first occurrence of conodonts indicating the Lower *Palmatolepis triangularis* Zone. This problem is linked to the condensed succession in the new GSSP at Coumiac (CASIER, 1992). Recent sedimentological studies confirm that the Coumiac section is highly condensed: hard-grounds are abundant in this section (PREAT, oral commun., May 1996).

The Senzeille section is located in a natural area where the original aspect of the surface of the ground cannot be altered. But experience demonstrates that this protection is insufficient. For this reason the Royal Belgian Institute of Natural Sciences and the Municipality of Cerfontaine begin now the procedure for the recognition of the Senzeille section as a geological monument.

BIBLIOGRAPHY

- BECKER R., FEIST R., FLAYS G., HOUSE M. & KLAPPER G. (1989) - *Frasnian-Famennian extinction events in the Devonian at Coumiac, southern France*. C. r. Acad. des Sc., 309: 259-266, 2 figg, Paris.
- BULTYNCK P. & MARTIN F. (1995) - *Assessment of an old stratotype: the Frasnian/Famennian boundary at Senzeille, Southern Belgium*. Bull. Inst. roy. Sc. nat. Belgique, Sc. de la Terre, 65: 5-34, 3 figg, 3 tabb., 9 pl., Bruxelles.
- CASIER J.-G. (1989) - *Paléécologie des Ostracodes au niveau de la limite des étages Frasnien et Famennien, à Senzeilles*. Bull. Inst. roy. Sc. nat. Belgique, Sc. de la Terre, 59: 79-93, 3 figg, 2 tabb., 3 pl., Bruxelles.
- CASIER J.-G. (1992) - *Description et étude des Ostracodes de deux tranchées traversant la limite historique Frasnien-Famennien dans la localité-type*. Bull. Inst. roy. Sc. nat. Belgique, Sc. de la Terre, 62: 109-119, 3 figg, 2 tabb., Bruxelles.
- GOSSELET J. (1877) - *Quelques documents pour l'étude des Schistes de Famenne*. Ann. Soc. géol. du Nord, 4: 303-320, 2 pl., Lille.
- GOSSELET J. (1888) - *L'Ardenne*. Mém. pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France, Ministère de Travaux Publics, pp. 881, 244 figg, 27 pl., Paris.
- KLAPPER G., FEIST R., BECKER T. & HOUSE M. (1994) - *Definition of the Frasnian/Famennian stage boundary*. Episodes, 16, (4): 433-441, 7 figg, Nottingham.
- MCGHEE G. (1996) - *The Late Devonian Mass Extinction. The Frasnian/Famennian crisis*. Columbia University Press. pp. 303, 91 figg, 11 tabb., New York.
- SARTENAER P. (1960) - *Visage 1960 de la "tranchée de Senzeilles" (partie famennienne)*. Bull. Soc. belge Géol., Paléontol., Hydrol., 68: 430-442, 1 fig, 3 pl., Bruxelles.

The Tor Marancia area (south-east of Rome): an urban geotope showing the geological evolution of the Roman territory

L'area di Tor Marancia (sud-est di Roma): un geotopo urbano prezioso testimone dell'evoluzione geologica della Campagna Romana

DE RITA D. (*), MORICI C. (**) & ROSA C. (***)

ABSTRACT - The Tor Marancia area is located in the south-eastern part of Rome, between the Ardeatina, Grotta Perfetta and Sartorio streets. This small area, some km², has geological and morphological rarities and natural beauties that would be subject to protection according to Italian and U.E. legislations. Here, exposed in natural and artificial outcrops, almost the complete stratigraphy of the ancient and more explosive activity of the Alban Hills Volcanic District (less than 30 km south of Rome). The morphology of this small area is typical of the Campagna Romana as it was before the 60s, 70s and 80s and strong urbanization. It is possible to recognize the original ignimbritic plateaus separated by small valleys and cut by several quarries. The exposed stratigraphy shows several pyroclastic flow deposits, emplaced during the Pleistocene, overlying ancient plateaus with a well developed palaeosol on the top, and in some cases filling palaeovalleys: the last were cut through the more ancient volcanic products during glacial low-stand periods of sea level during glaciation in the Quaternary. Based on the observation of the dips of the flow deposits, we can reconstruct the drainage network evolution of the Campagna Romana from 0.5 M.y. until the present. Furthermore, the Tor Marancia area could be a field laboratory where it is possible to study the relationships between urbanization processes and an area as yet unaffected by these processes.

KEY WORDS: Geotopes, Stratigraphy, Rome.

RIASSUNTO - L'area di Tor Marancia si trova nella zona sud-orientale della città di Roma, tra la Via Ardeatina la Via di

Grotta Perfetta e Via Sartorio. Questa piccola area in pochi km² racchiude peculiarità geologiche e morfologiche e bellezze naturalistiche che potrebbero essere preservate secondo la legislazione italiana e dell'Unione Europea. In quest'area infatti, attraverso affioramenti naturali ed artificiali è possibile osservare quasi per intero la stratigrafia della fase esplosiva più importante del Distretto Vulcanico dei Colli Albani (localizzato circa 30 km a SE di Roma): la Fase Tuscolano-Artemisia. Inoltre, la morfologia tipica della Campagna Romana nella prima metà di questo secolo, costituita da plateau ignimbritici separati da piccole valli ed interessati sporadicamente da cave di pozzolana, si è conservata in questa piccola area nonostante la forte urbanizzazione subita dal territorio circostante negli ultimi trenta anni. La stratigrafia esposta nei numerosi eccellenti affioramenti illustra l'evoluzione geologica e morfologica subita dall'area in concomitanza con l'attività vulcanica del Distretto Albano nel corso del Pleistocene medio superiore. Eruzioni esplosive con deposizione di colate piroclastiche si alternavano ad episodi di intensa erosione, conferendo al paesaggio un'aspetto sostanzialmente pianeggiante interrotto saltuariamente da alcune valli particolarmente incise. Osservando la giacitura dei depositi piroclastici ed i loro reciproci rapporti è così possibile ricostruire in quest'area l'evoluzione del reticolo idrografico negli ultimi 500.000 anni. L'area di Tor Marancia, quasi completamente circondata da aree urbanizzate, può inoltre essere proficuamente utilizzata come laboratorio per lo studio delle relazioni tra i processi di urbanizzazione ed i loro effetti sull'ambiente naturale.

PAROLE CHIAVE: Geotopi, Stratigrafia, Roma.

(*) Dipartimento di Scienze Geologiche - Terza Università di Roma - Via Ostiense, 169 - 00154 Roma

(**) Via Tazio Nuvolari - 00142 Roma

(***) Fondazione Ing. C.M. Lerici - Via Veneto, 108 - 00187 Roma



Fig. 1. – Panoramic view of the Tor Marancia area. In the quarry front the quite complete Alban pyroclastic sequence is visible. In the background the Cecilia Metella Mausoleum in the Ancient Appia natural Park is present.

– *Panoramica dell'area di Tor Marancia. In primo piano sono visibili i principali affioramenti delle sequenze piroclastiche albane. Sullo sfondo la Tomba di Cecilia Metella nel Parco dell'Appia Antica.*

1. – INTRODUCTION

The Tor Marancia area is located in the south-eastern part of Rome, close to the ancient Appia natural park (fig. 1). It is a small green area, limited by the Grottaperfetta, Ardeatina and Sartorio streets, almost completely encircled by a wide urbanization. This small area presents several natural resources of great natural, geological, biological and archaeological interest which need to be legally protected. From a geological point of view, its "morphological and geological

heritage" and its "natural beauties of geological-morphological characteristics" should be protected according to the L. "29 Giugno 1939", n. 1497, R.D. "3 Giugno 1940" n. 1357 and DPR "24 Luglio 1977" n. 616.

The geological interest is represented by several sections exposed in the quarries opened by the Romans (as stone mines) and then enlarged during the Middle Ages until very recent time (fig. 2, 3). The stratigraphic sequences exposed in the quarries (fig. 4 e 5), are correlated with those of natural outcrops, allowed VERRI (1893; 1898; 1902) to define the stratigraphy of the most ancient and explosive phase of the Alban Hills volcano: the Tuscolano -Artemisio Phase (DE RITA *et alii*, 1988; DE RITA *et alii*, 1995). This stratigraphy is at present still valid even if the genetic origin of the deposits is differently interpreted. The area, then, represents a historical document of great value and, in addition, it is one of the rare places where inside few Km², it is possible to reconstruct the peculiar relationships among subsequent volcanic units and to have an idea of the morphology of the Campagna Romana before urbanization.

The Tor Marancia area, in fact, even if subjected to a strong degradation due to the vicinity of densely populated areas, retains the principal morphological characteristics typical of the Campagna Romana landscape. These are strongly dependent on the subsequent transformations that the landscape suffered during the Quaternary, changed due to climatic controlled glacio-eustatic variations of sea level. Periods



Fig. 2. – Galleries mined in the "pozzolanelle" ignimbrite. Similar structures are frequent in the Tor Marancia area, particularly in those sectors intensively exploited by mining in the Roman and in the Middle Ages.

– *Cavità scavate nelle «pozzolanelle». Simili ipogei sono frequenti nell'area di Tor Marancia, in particolare nei settori sfruttati dalle cave in sotterraneo.*



Fig. 3. – Ancient quarry detritus. From bottom to the top: the "pozzolanelle" pyroclastic deposit (grey) and, above a sharp contact, the detritus in which a sherd is present.

– *Riperti antropici in un'area di cave sfruttata sin dall'epoca romana. È visibile, dal basso verso l'alto, il passaggio netto tra il deposito piroclastico in posto (grigio scuro) e la coltre dei riperti, all'interno della quale è evidente un frammento di ceramica (sulla sinistra).*

of strong erosion caused the deep excavation of valleys, which were subsequently filled by the huge emplacement of pyroclastic materials from the Alban Hill volcano. Recent studies (DE RITA *et alii*, 1994) have provided evidence that the main explosive pyroclastic flow units of the Alban Hills volcano filled valleys which had been deeply eroded during sea level low-stands. In some cases, the erosion was so strong as to cut the valley to form a canyon, filled, then, by the younger pyroclastic flows. From the analyses of the stratigraphic contacts between the explosive flow deposits exposed in the Tor Marancia area it is possible to reconstruct the morphological evolution of the Roman periphery. From the moment at which the Plio-Pleistocene sea left it, and it becomes part of the continental environment, until today when the major modification to the landscape are produced, sometimes dramatically, by Man's activities.

2 - GEOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE AREA

The Tor Marancia area (fig. 6) is morphologically flat, similar to an extended plateau, whose altitudes are between 40-50 m a.s.l. It is crossed by the small river course of Tor Carbone (at the present partially culnated) and another small stream which splits the area into three, morphologically equivalent (NW trending) parts. The north-eastern sector contains most of the quarries, in part worked underground during the Roman Age.

The most ancient stratigraphic unit is the "pozzolane rosse". This unit outcrops in the north-eastern part of Tor Marancia area, where it was mined by the Romans. In the rest of the area it is visible only inside deeply eroded valleys. The "pozzolane rosse" is a pyroclastic rock, probably deriving from more than one flow. The deposit is characterised by the presence of red scoria in a loose ashy matrix, volcanic (both lava and olocrystalline) and sedimentary rock clasts (thermometamorphosed). Locally structure pipes are evident. To the "pozzolane rosse" unit an age of about 0.46 M.y. has been attributed, which is the radiometric age of a lava flow at its top in the Vallerano locality. In the Tor Marancia area, the top of the unit is eroded and covered by a deposit of reworked scoria clasts. This last deposit is named the "Conglomerato giallo" (FORNASERI *et alii*, 1963) and it was emplaced during a period of strong erosion due to a fall in base level due to glacio-eustatic causes. It shows many lithological and sedimentological characteristics of lahar or debris

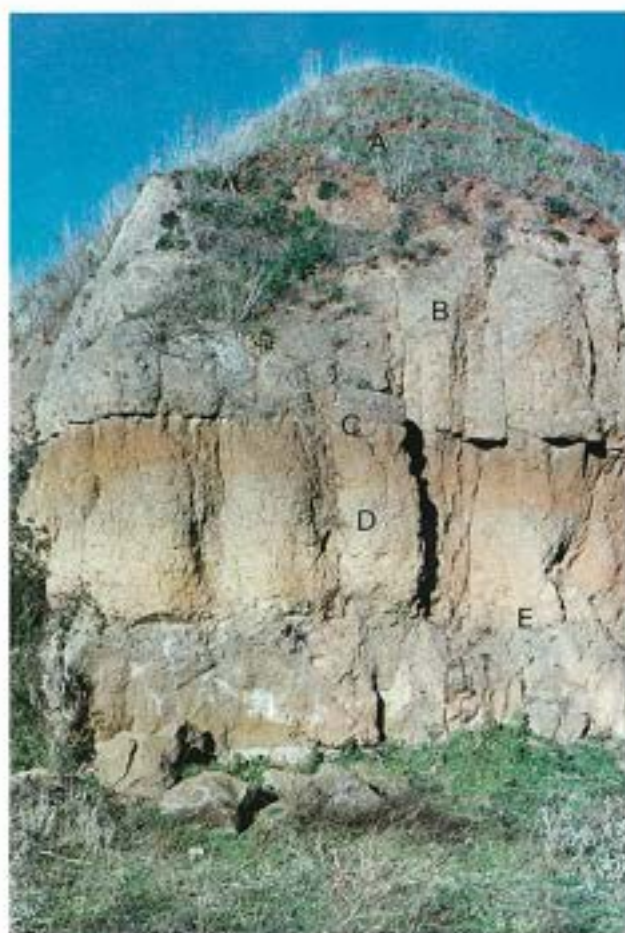


Fig. 4. - Front of a big quarry in which is possible to observe the volcanic succession. A) quarrying detritus; B) "Pozzolanelle" or "Tufo di Villa Senni" ignimbrite: it ranges from an unconsolidated ("pozzolanelle") to consolidated ("Tufo di Villa Senni") massive block and scoria flow deposit; C) paleosol; D) pyroclastic colluvium; E) "pozzolane nere" ignimbrite: a pyroclastic flow deposit consisting of a relatively fines-poor aggregate of millimetre- to decimetre-sized black scoria clasts, containing lava, holocrystalline and thermo-metamorphosed sedimentary inclusions; a fine-grained basal layer overlies a fines-poor, crystal- and lithic-rich ground layer; in the lower part of the outcrop, the top of the "pozzolane rosse" ignimbrite is present.

- Fronte di cava abbandonato nel quale è possibile osservare (in parte) la sequenza stratigrafica delle piroclastiti albane. (A) materiale di riporto; (B) "pozzolanelle" o "Tufo di Villa Senni": deposito di colata piroclastica scoriacea da non consolidata ("pozzolanelle") a consolidata ("Tufo di Villa Senni"), contenente litici lavici ed olocristallini (Italite); (C) paleosuolo arrossato, ricco in resti vegetali; (D) deposito colluviale (piroclastite alterata); (E) "pozzolane nere": deposito da colata piroclastica scoriacea, a matrice cineritica, contenente litici lavici, olocristallini e sedimentari termometamorfosati; alla base è presente un livello ricco in frazione cineritica a contatto a sua volta con un caratteristico livello basale ricco in cristalli e litici e povero in frazione cineritica; alla base dell'affioramento è presente il tetto delle "pozzolane rosse", un altro deposito da colata piroclastica massiva ed a matrice scoriacea.

flows. In the Tor Marancia area these aspects are very well visible and comprehensible: in fact, being defined by the valley margin, which pounded the flow, the unit is not present everywhere: it correlates laterally with paleosols and/or erosion surfaces.

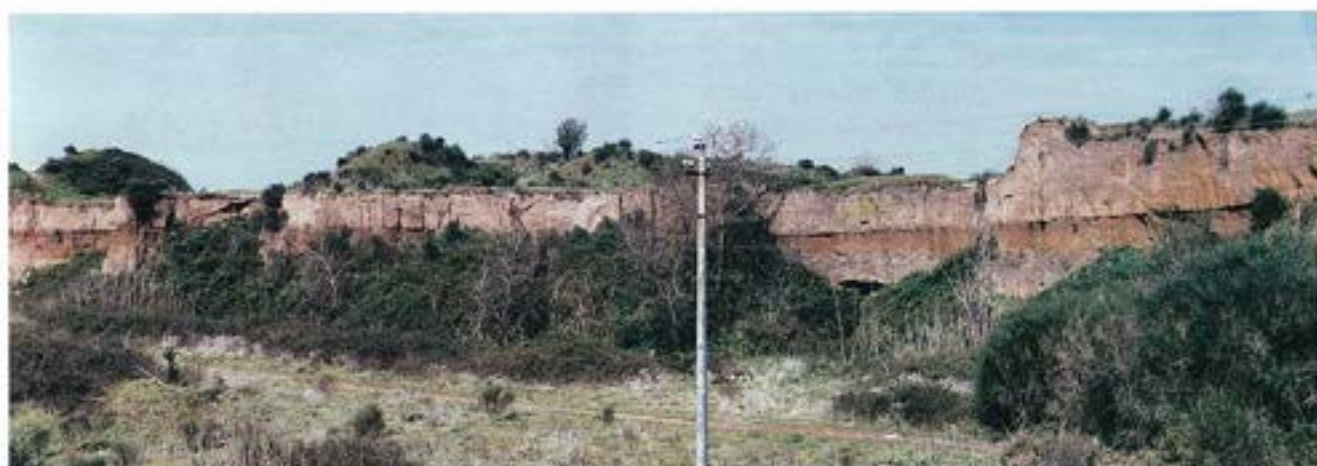


Fig. 5. – Panoramic view of the main quarry front: on the Top the piles of quarry spoil; in the lower part of the quarry outcrop an ancient gallery for mining of pozzolanas is visible.

– *Panoramica del fronte di cava principale (ora abbandonata) in cui sono visibili in alto zone di accumulo del materiale estratto (terreno di riporto) e inferiormente è visibile una antica galleria scavata per l'estrazione in sotterraneo delle pozzolanelle.*

On the “pozzolane rosse” and on the “conglomerato giallo” (when present) the “pozzolane nere” is present. In the Tor Marancia area the base of this unit, generally rarely visible, is very well exposed. It has a well sorted level of lapilli (ground layer) covered by an

ashy level with very few sedimentary clasts. The “pozzolane nere” ignimbrite is lithologically very similar to that of the “pozzolane rosse”, from which is different only in the colour of the scoria and the presence of sanidine phenocrysts. The lithological similarity of these two units has often caused confusion, and the two have been often mistaken for each other, especially where the exposures did not allow the recognition of the erosive level which separates them. In this respect, the stratigraphic sections of the Tor Marancia area constitute an excellent example, as the two units are here separated by a well developed palaeosol. Recent studies (TRIGILA *et alii*, 1995) on samples collected from the two units near the Tor Marancia area yield evidence that the two eruptions were produced by different magmas which are genetically connected and linked by differentiation processes; both could have been generated by the same deep magma chamber, located between 7 and 4 km. This information is

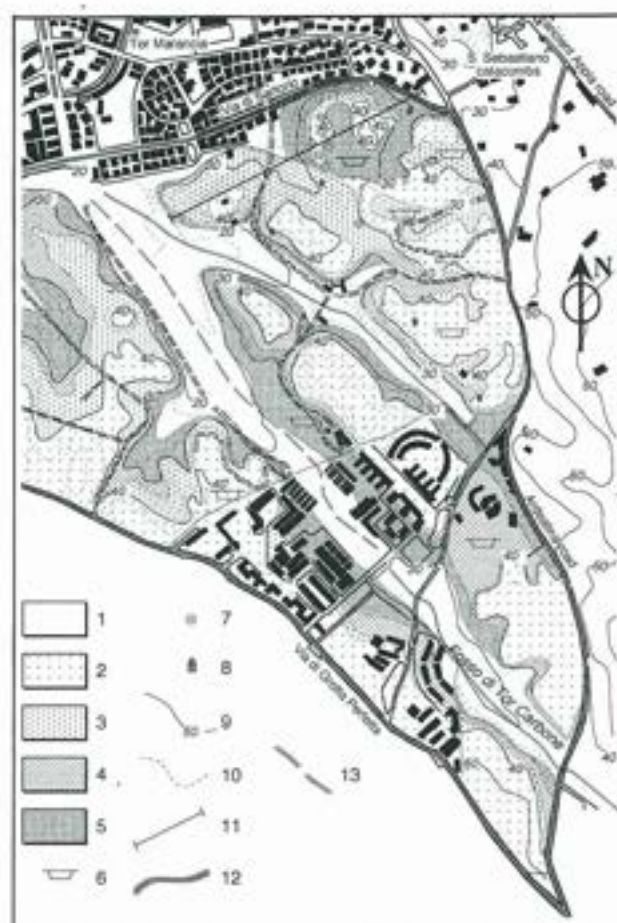


Fig. 6. – Geological schematic map of the Tor Marancia area. 1) Alluvioni oloceniche; 2) “Pozzolanelle” or “Tufo di Villa Senni” ignimbrite; 3) “Tufo lionato” ignimbrite; 4) “pozzolane nere” ignimbrite; 5) “pozzolane rosse” ignimbrite; 6) closed quarries; 7) cavità da approfondimento; 8) gallerie; 9) contour lines in meters a.s.l. (every 10 meters); 10) contour lines in meters a.s.l. (every 2 meters); 11) geological cross-section; 12) examined area boundaries; 13) piped course of the Fosso di Tor Carbone.

– *Carta geologica schematica dell'area di Tor Marancia. 1) Alluvioni oloceniche; 2) «Pozzolanelle» o «Tufo di Villa Senni»; 3) «Tufo lionato»; 4) «pozzolane nere»; 5) «pozzolane rosse»; 6) cave abbandonate; 7) cavità da approfondimento; 8) gallerie; 9) isoipse in metri s.l.m. (equidistanza 10 metri); 10) isoipse in metri s.l.m. (equidistanza 2 metri); 11) traccia della sezione geologica; 12) limite dell'area in esame; 13) tratto incanalato del Fosso di Tor Carbone.*

of great interest for the problem of the existence of a magma chamber below the Alban Hills volcano and for evaluating the volcanic risk in the area. This is relevant because the last explosive volcanic activity of the Alban Hills District is relatively recent, being dated at less than 20.000 years ago (MERCIER, 1993). In addition, the central part of the volcano has been uplifted, during the last 25-30 years, and it has been affected by shallow earthquakes during the last 10 years (AMATO & CHIARABBA, 1995; AMATO *et alii*, 1994).

The top of "pozzolane nere" unit is eroded and locally deeply excavated, within these valleys is often present the product of subsequent explosion, the so-called "tufo lionato" or "tufo litoide". The correlations between the natural and artificial exposures of the Tor Marancia area allow an analysis of the type of emplacement of the "tufo lionato". Here, in fact, this tuff is valley pounded. For this reason it is not present in the Mediaeval quarries, which were excavated on the flanks of the ancient valleys. The presence of the "tufo lionato" indicates the location of the palaeovalleys which pre-existed the eruptive phase emplacing the tuff (fig. 7). The different topographic levels at which the tuff outcrops and the deepening of its underlying surface allow the evaluation of the entire erosive phase that excavated the valleys. In addition, the irregular morphology pre-existing the emplacement of the tuff, allows explanation of its lateral facies variations. In fact, the flow was emplaced with different sedimentological and lithological characteristics depending on whether it was

emplaced inside the valleys or on the tops of the hills. The present morphology indicates that after the emplacement of the "tufo lionato" a morphological inversion occurred, and the present valleys are excavated at the margins of the ancient ones. The "tufo lionato", in fact, presents a peculiar high level of lithification due to zeolitization of its ashy vitric matrix; because of this character the "tufo lionato" has been quarried as building stone. The "tufo lionato" is covered by the "pozzolanelle" or "tufo di Villa Senni", which is another pyroclastic flow deposit emplaced during the same eruption which produced the "tufo lionato". The "Tufo di Villa Senni" is massive and loose, almost totally constituted by scoria and free crystals of leucite. It forms the present planar upper surface morphology of the Tor Marancia area. This unit has been dated at about 0.33 M.y. (RADICATI DI BROZOLO *et alii*, 1981) and it is considered responsible for the collapse of the central part of the Alban Hills volcano at the end of the Tuscolano-Artemisio phase.

3. - CONCLUDING REMARKS

The Tor Marancia area represents one of the more excellent examples of the Campagna Romana landscape before urbanization: a very gently rolling area similar to a plateau, due to the superposition of subsequent pyroclastic flow units, locally deeply eroded with typical flat bottomed valleys.

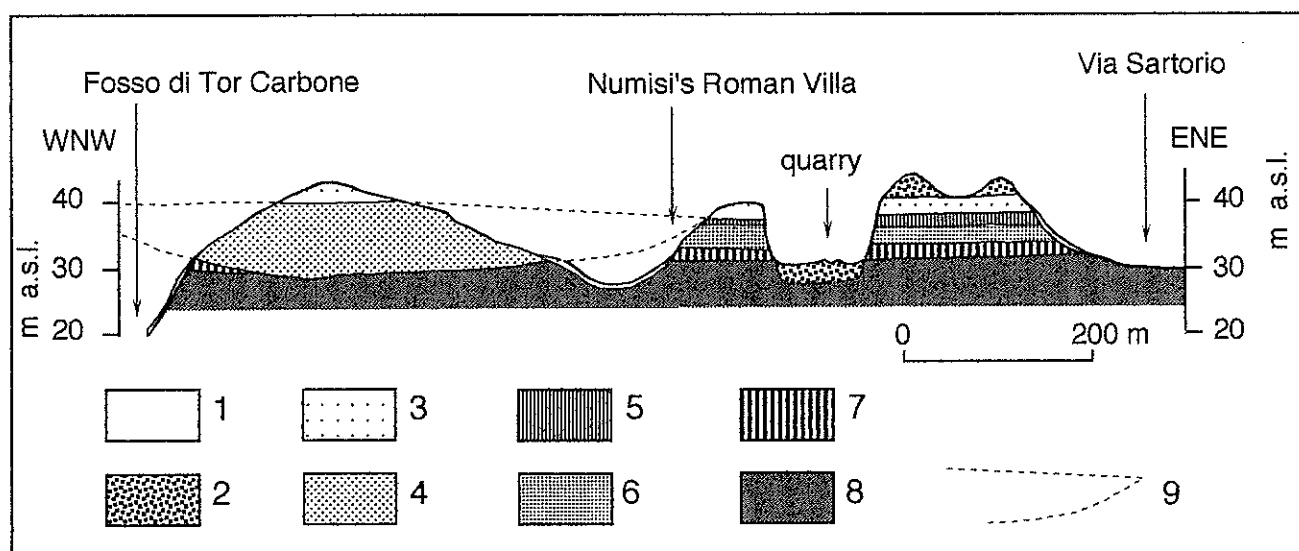


Fig. 7. - Geological cross-section. 1) colluvial deposits; 2) quarry spoil; 3) "pozzolanelle" or "Tufo di Villa Senni" ignimbrite; 4) "Tufo lionato" ignimbrite; 5) palaeosol and colluvial deposits; 6) "pozzolane nere" ignimbrite; 7) palaeosol and colluvial deposits; 8) "pozzolane rosse" ignimbrite.

- Sezione geologica. 1) depositi colluviali; 2) terreni di riporto di cava; 3) «pozzolanelle» o «Tufo di Villa Senni»; 4) «Tufo lionato»; 5) paleosuolo e depositi colluviali; 6) «pozzolane nere»; 7) paleosuolo e depositi colluviali; 8) «pozzolane rosse».

The stratigraphical relationship between the pyroclastic flows and their lithological and sedimentological characteristics allows reconstruction of the geology and the morphological evolution of the Tor Marancia area through time. The exposed stratigraphy represents an ideal datum-point and the area can be utilized as a natural scientific laboratory to analyze and to evaluate the volcanic risk of Rome city. In addition, it could also represents a unique educational opportunity for the public to learn about the processes and products of explosive eruptions and about the morphological evolution of an area subjected to period of strong erosion and deposition in a volcanic environment.

Furthermore, the Tor Marancia area, could be also protected by using the "29 Giugno 1939" n. 1497 law safeguarding natural heritage having a particular scientific interest. To this is connected the necessity to preserve sytratigraphic sections which have historical and practical value. These sections constitute one of the few examples of the complete stratigraphy of the ancient and highly explosive activity of the Alban Hills volcano. This volcano is at the present considered quiescent, but recent studies (AMATO & CHIARABBA, 1995) indicate that the central part of the volcano has been subjected to uplift during the last 30 years; the low intensity seismic activity which has been registered in the same sector during the last 10 years can be related to these events.

The opportunity to foster the natural morphological evolution of this area, in order to be able to verify the effects of the erosive and depositional processes on a landscape typical of the Campagna Romana through time. The area could represent a laboratory for natural observations, and for the scientific examination of arguments concerning the environment.

The utility of preserving the quarries as a source of supply of natural stone for repairing archaeological monuments of Rome. In fact the pyroclastic flow

deposits have been quarried from the Roman Age as building stones of many public and private architectonic structures. These quarries could be used in the future for the same original materials.

BIBLIOGRAPHY

- AMATO A. & CHIARABBA C. (1995) - *Recent uplift of the Alban Hills volcano (Italy), evidence for a magmatic inflation?*. Geophys. Res. Lett.: in press.
- AMATO A., CHIARABBA C., COCCO M., DI BONA M. & SELVAGGI G. (1994) - *The 1989-1990 seismic swarm in the Alban Hills volcanic area, Central Italy*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 61: 225-237.
- DE RITA D., FACCENNA C., FUNICIELLO R. & ROSA C. (1995) - *Stratigraphy and volcano-tectonics*. In: Trigila R. (ed) "The Volcano of the Alban Hills": 33-71.
- DE RITA D., FUNICIELLO R. & PAROTTO M. (1988) - *Carta Geologica del Complesso Vulcanico dei Colli Albani*. C.N.R., Roma.
- DE RITA D., MILLI S., ROSA C., ZARLENGA F. & CAVINATO G.P. (1994) - *Catastrophic eruptions and eustatic cycles: example of Latium Volcanoes*. In: "Large explosive eruptions" International Symposium, Rome, 24-25 May 1993. Atti dei Convegni Lincei, 112: 135-142.
- FORNASERI M., SCHERILLO A. & VENTRIGLIA U. (1963) - *La regione vulcanica dei Colli Albani. Vulcano Laziale*. C.N.R., Roma.
- MERCIER N. (1993) - *The thermoluminescence dating technique: applications and possibilities*. Symposium "Quaternary stratigraphy in volcanic areas", Rome, september 20-22, 1993, Abstracts.
- RADICATI DI BROZOLO F., HUNEKE J.C., PAPANASTASSIOU D.A. & WASSERBURG G.J. (1981) - $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and Rb/Sr age determinations on Quaternary volcanic rocks. EPSL, 53: 445-456.
- TRIGILA R., AGOSTA E., CURRADO C., DE BENEDETTI A.A., FRED A C., GAETA M., PALLADINO D.M. & ROSA C. (1995) - *Petrology*. In: Trigila R. (ed.) "The Volcano of the Alban Hills": 95-165.
- VERRI A. (1893) - *Note per la storia del Vulcano Laziale (rilievo circostante al gruppo dei crateri)*. Boll. Soc. Geol. It., 12 (1): 39-80.
- VERRI A. (1898) - *Osservazioni sulla successione delle rocce vulcaniche nella Campagna Romana*. Boll. Soc. Geol. It., 17: 121-122.
- VERRI A. (1902) - *Sul Vulcano Laziale*. Boll. Soc. Geol. It., 21: 411-412.

Durmitor - A geological opened book

Durmitor - Un libro aperto di geologia

MILOVANOVIC D. (*), ZLOKOLICA-MANDIC M. (**), MANDIC M. (**) & LJESSEVIC M. (***)

ABSTRACT - Durmitor mountain is situated in northwest Montenegro, in the region between the Tara and Piva canyons. It is composed mostly of carbonate rocks of Middle Triassic up to Paleogene age. Besides numerous and attractive glacial erosion forms and extensive moraines, Durmitor contains plenty of underground and surface karstic phenomena, and also characteristic structural reliefs. In this wonderful area there are eighteen glacial lakes.

The Durmitor mountain was announced as a national park in 1952; included in world ecological reserves by UNESCO in 1977 and, together with Tara canyon assigned world natural heritage status in 1980.

KEY WORDS: glacial lakes, folds, karst.

RIASSUNTO - Il monte Durmitor è situato nel Montenegro nord-occidentale, nella regione tra i canyons Tara e Piva. Esso è composto prevalentemente da carbonati di età compresa fra il Paleogene ed il Trias medio. Oltre a numerose ed interessanti forme di erosione glaciale ed estese morene, il monte Durmitor ospita numerosi fenomeni carsici superficiali e sotterranei, ed anche caratteristici rilievi strutturali. In questa bellissima area sono presenti anche diciotto laghi glaciali.

Il monte Durmitor è stato classificato parco naturale nel 1952, è stato incluso tra le riserve ecologiche mondiali dall'UNESCO nel 1977 e, insieme con il canyon Tara, è stato iscritto nel patrimonio naturale mondiale nel 1980.

PAROLE CHIAVE: laghi glaciali, pieghe, carsismo.

Durmitor mountain is situated in the northwest Montenegro, 130 km north of the capital Podgorica, occupying approximately 200 km². It is embraced by the wonderful frame of the Tara and Piva canyons and elongated southward and eastward to the Sinjajevina mountain.

Within the small space, created by intensive tectonics, glacial and karst erosion, a mountain region of fantastic shapes is formed, which a capable walker going along foothills, could overcome in a day.

The highest peak is Bobotov Kuk (2522 m), while 48 summits are as high as 2000 m (CEROVIC, 1991). Mountain peaks and ranges are divided by deeply cut glacial and river valleys.

Durmitor belongs to the outer Dinarides. It is composed mostly of carbonate and pelitic rocks of Middle Triassic up to Paleogene age (BEŠIC, 1980). In its central part Triassic and Jurassic reef limestones are widespread. During the Pleistocene numerous cirques were formed, from which separate glaciers spread in various directions through widened glacial valleys (CVIJIC, 1921; MAROVIC & MARKOVIC, 1972).

The specific peculiarity of Durmitor is the presence of mountain lakes, which are exclusively of glacial origin. There are 18 beautiful lakes, which are rightfully called "gorske oci", meaning mountain eyes, because of their crystalline pure water. A specific plant

(*) Faculty of Mining and Geology - 11000 Belgrade - Djušina 7 - Yugoslavia

(**) Geozavod - 11000 Belgrade - Karadjordjeva 48 - Yugoslavia

(***) Faculty of Geography - 11000 Belgrade - Studentski trg 3/3 - Yugoslavia

association inhabits this microenvironment, dominated by yellow water lilies. The largest lake is Crno jezero ("Black lake") (fig. 1), which is unique through its hydrological and geohydrological properties - bifurcation, underground springs and estavelas.

Besides numerous and attractive glacial erosion forms and extensive moraines, Durmitor is unique in its instructive structural relief (BEŠIC, 1983).

The western and southwestern part of the mountain are built of Upper Cretaceous flysch deposits, which are clearly distinguished from surrounding Mesozoic carbonate rocks. Intensive tectonics overthrust Triassic and Jurassic sediments above younger Cretaceous deposits, along a fault surface which is more than 1000 m long.

The specific lithological composition of flysch deposits has enabled the formation of very attractive plastic deformations, with plenty of isoclinal, fanned and overturned folds, together with tension fissures.

The southern part of the mountain, composed of massive carbonate rocks, contains plenty of surface and underground karstic phenomena. The intensive karstification is enabled by large thickness and horizontal to subhorizontal position of the Cretaceous limestones, as well as specific climatic conditions. This is the region of the classical karst development; it belongs to the Dinaric holokarst, to its southeastern part, the so-called Herzegovina-Montenegrin karst area, which is one of the most karstified regions in the world.

The locality of Bolj is one of the most attractive places in the southern part of Durmitor, where practically all karst shape forms are developed. It is almost inaccessible and waterless, inhabited solely by a stunted sort of pine.

The most frequent surface karst forms are lapies. Depending on limestone composition and structure, and directions of water flow, there are several types of lapies. The most numerous are formed on horizontal surfaces or gentle slopes of carbonate layers. On massive limestone slopes "wall lapies" are formed.

"Meander lapies" are especially attractive. They are formed in the higher parts of the mountain, where the snow cover lasts longer. Meltwater circulation erodes limestone in a specific way, producing groups of lapies which remind the viewer of river meanders. Some of them appear like true canyons in small scale. Other exceptional karst microforms appear, like natural bridges, which represent uneroded part of the rock between lapies.

Chemical dissolution of water, followed by corrosive attack of mosses and lichens on flat surfaces; has



Fig. 1. - Durmitor, veduta dalla cima più alta - Bobotov Kuk verso il lago Nero.

- Durmitor, view from the highest peak - Bobotov Kuk to Black lake.

formed specific karst shapes called "kamenice". These are rounded, shallow forms, up to 2 m in diameter, frequently filled with soil and new plant association.

Subsurface karst forms are also present, like caves and shafts. At the locality of "Vjetrena Brda" (windy hills) there is one of the deepest shafts in the Balkan peninsula (887.5 m).

Walking through Durmitor's landscapes and enjoying them, we are witnesses of geological processes which happened in this region. At last we can read book written in the stone, feel that we are part of the nature to which we belong, and that is the reason why we have to prote

REFERENCES

- BEŠIC Z. (1980) - *Geologija Crne Gore, Stratigrafija i facijalni sastav Crne Gore, knj. 1, sv. 2*. Posebna izdanja CANU, 9, Odljenje prirodnih nauka, 8: pp. 380, Titograd.
- BEŠIC Z. (1983) - *Geologija Crne Gore, Geotektonika i paleogeografija Crne Gore, knj. III*. Posebna izdanja CANU, 16, Odljenje prirodnih nauka, 10: pp. 212, Titograd.
- CEROVIC B. (1991) - *Durmitor i kanjon Tara*, pp. 160, NACIONALNI PARK DURMITOR, Beograd.
- CVJIC J. (1921) - *Ledeno doba u Prokletijama i okolnim planinama*. Glas SKA, 93: 1, razred, 39: 1-50, Beograd.
- MAROVIC M. & MARKOVIC M. (1972) - *Glacijska morfologija lire oblasti Durmitora*. Geol. an. Balk. poluostrva, 37, 2: 37-48, Beograd.

Assessment of some geological sites on the Island of Fernando De Noronha, Northeastern Brazil

Valutazione di alcuni siti geologici nell'Isola di Fernando De Noronha, nel nord-est del Brasile

EEROLA T.T. (*)

ABSTRACT - Fernando de Noronha is an island with an inactive volcano (12-1.8 Ma) in the Atlantic Ocean, 350 km off the coast of northeastern Brazil. The island is popular with tourists, although the number of visitors has been limited in order to protect the fragile ecosystem of the island. There are several geologically interesting sites which could attract and give information to tourists about the processes that generated the island. In cooperation with the WWF (Brazil and Finland), FINNIDA, Brazilian Environmental Agency and Fundação Pró-Tamar, the Geological Survey of Finland made a preliminary assessment of geological sites of scientific and educational interest in the area of the National Marine Park, on the western side of the island, in 1995. The localities with the greatest potential for geological sites are the Baía do Sancho and Baía dos Porcos on the northern side and Ponta do Capim Açú and Praia do Leão on the southern side of the island. Conservation and educational measures are recommended for all these sites. The measures could be implemented by the implementation of interpretative principles, involving also biology, the installation of an appropriate infrastructure and a permanent exhibition concerning the nature of the island.

KEY WORDS: Brazil, Fernando de Noronha, geosites

RIASSUNTO - Fernando de Noronha è un'isola con un vulcano inattivo (12-1.8 Ma), situata nell'Oceano Atlantico, ad una distanza di 350 km dalle coste nord-orientali del Brasile. L'isola è molto nota ai turisti, sebbene il numero dei visitatori sia stato limitato al fine di proteggere il fragile ecosistema dell'isola. Ci sono parecchi siti geologicamente interessanti

che potrebbero attirare il turista e fornirgli informazioni circa il processo che generò l'isola stessa. In collaborazione con il WWF (del Brasile e della Finlandia), della FINNIDA, dell'Agenzia Brasiliana per l'Ambiente e della Fondazione Pró-Tamar, il Servizio Geologico della Finlandia ha realizzato nel 1995 una valutazione preliminare dei siti di interesse per la scienza e l'istruzione nell'area del Parco Nazionale Marino, nella parte occidentale dell'isola. Le località con le maggiori potenzialità circa i siti geologici sono la Baía do Sancho e la Baía dos Porcos nella parte settentrionale e la Ponta do Capim Açú e la Praia do Leão nella parte meridionale dell'isola. Vengono raccomandati per tutti questi siti dei provvedimenti in materia di conservazione e di informazione. Questi provvedimenti potrebbero essere attuati con l'implementazione di principi interpretativi che coinvolgano anche la biologia e con la realizzazione di appropriate infrastrutture e di una mostra permanente riguardante la natura dell'isola.

PAROLE CHIAVE: Brasile, Fernando de Noronha, geotopi

1. - INTRODUCTION

Fernando de Noronha is a volcanic island in the Atlantic Ocean, 350 km off the coast of northeastern Brazil (fig. 1): volcanic activity is now extinct. The island was created by volcanic eruptions between 12-1.8 Ma (CORDANI, 1970). Two formations are recognized (fig. 1): the Remédios Formation - a basal pyroclastic unit containing intrusions of the "Central Igneous

(*) Geological Survey of Finland, FIN-02150 ESPOO, toni.eerola@gsf.fi

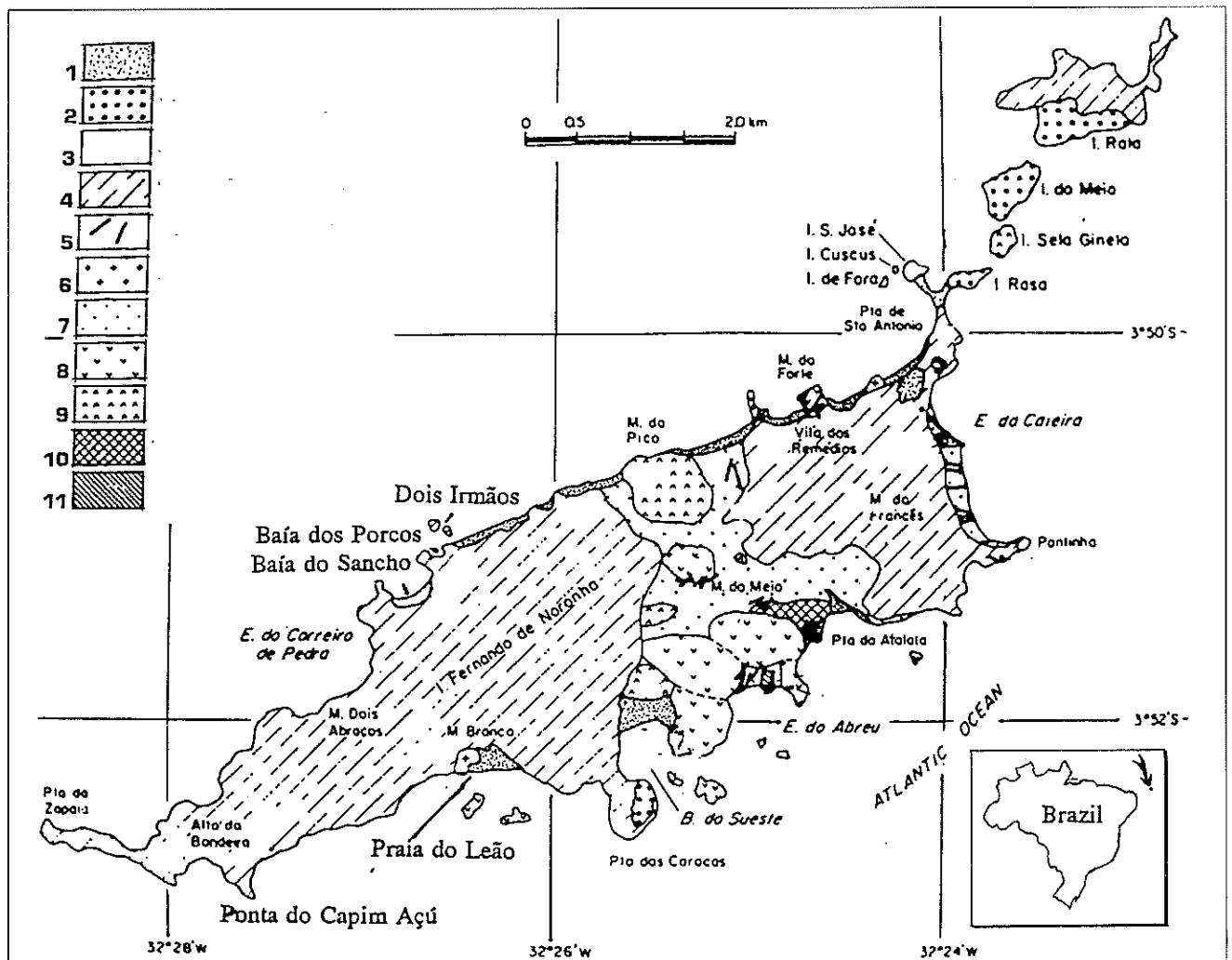


Fig. 1. — Simplified schematic geological map of the Fernando de Noronha Archipelago (after ULBRICH *et alii*, 1994)

- 1 - Beach and dune deposits
- 2 - Quaternary aeolian sandstones and phosphate deposits
- 3 - basanites (San José B. Sancho)
- 4 - ankaratrites (flows and pyroclastic rocks)
- 5 - Dikes
- 6 - Trachyte domes
- 7 - Tuffs, breccias, agglomerates
- 8 - Aphyric phonolites
- 9 - Porphyritic phonolithes
- 10 - Essexite porphyric
- 11 - Alkali basalts (E. Abreu)

— *Mappa geologica schematica semplificata dell'Arcipelago Fernando de Noronha (da Ulbrich et alii, 1994)*

- 1 - Depositi di spiaggia e di dune
- 2 - Arenarie quaternarie di origine eolica e depositi fosfatici
- 3 - Basaniti
- 4 - Ankaratriti (rocce di flusso e piroclastiche)
- 5 - Dichi
- 6 - Domi trachitici
- 7 - Tufi, breccie, conglomerati
- 8 - Fonoliti afiriche
- 9 - Fonoliti porfiriche
- 10 - Essexite fosforica
- 11 - Basalti alcalini

Complex", and the Quixaba Formation, consisting of lava flows and rare dykes (ALMEIDA, 1955; ULBRICH *et alii*, 1994). There are also carbonate sands, beach terraces, algal reefs, sand and gravel beaches and recent aeolian dunes (ALMEIDA, 1955; GORINI & DE CARVALHO, 1984).

Fernando de Noronha is popular with tourists, although the number of visitors has been limited in order to protect the fragile ecosystem of the island. There are several geologically interesting sites and routes dealing with geology. Geological sites could be attractive to visitors of all ages (DE ASSIS & DE SILVA FILHO, 1994), providing them with information about the processes that generated the island.

In cooperation with the WWF Brazil, WWF Finland, FINNIDA, Brazilian Environmental Agency (IBAMA), Administration of Fernando de Noronha, University of São Paulo and Fundação Pró-Tamar, the Geological Survey of Finland made a preliminary assessment of geological and biological sites of scientific and educational interest in the area of the National Marine Park (PARNAMAR), on the western side of the island, in 1995. The assessment was a preliminary contribution to the multidisciplinary Sustainable Development Project of the Fernando de Noronha Archipelago.

Some of the geological sites assessed for educational and conservation purposes are presented in this article. Recommendations for further actions are also given.

2. - CHARACTERISTICS OF SELECTED GEOLOGICAL SITES

The localities with the greatest potential as educational geological sites are the Baía do Sancho and Baía dos Porcos on the northern side and Ponta do Capim Açú and Praia do Leão on the southern side of the island (fig. 1). There are, however, others that were not assessed in this preliminary study (M. ULBRICH, pers. comm. 1996).

2.1. - THE BAÍA DO SANCHO AND BAÍA DOS PORCOS

The Baía do Sancho has a beautiful beach and displays a fault scarp and the remnants of pillow lavas (Fig. 2). The trail from Baía do Sancho to Baía dos Porcos shows contacts between ankaramitic lava flows



Fig. 2. - Remnants of pillow lavas in the Baía do Sancho (photo by the author).

- Resti di lave a cuscino nella Baía do Sancho (foto dell'autore).



Fig. 3. - Weathering features in the form of spheroidal foliation in the Baía dos Porcos (photo by Sylvia Mitraud).

- Foliazione sferoidale dovuta all'alterazione meteorica nella Baía dos Porcos (foto di Sylvia Mitraud).

and pyroclastics of the Quixaba Formation, individual layers varying in thickness between 20 cm and several meters. Baía dos Porcos exhibits dark-green, spheroidal exfoliation weathering features (fig. 3) and a rocky beach. There is also a beautiful view to two volcanic islands with columnar joints, the Dois Irmãos (fig. 4). Volcanic, tectonic, and weathering processes could be studied here.

2.2. - PONTA DO CAPIM AÇÚ

The region around Ponta do Capim Açú (fig. 5) is one of the most complete geological sites on the whole island. It consists of well exposed and stratified pyroclastic deposits that alternate cyclically with anka-



Fig. 4. – The passage from the Baía do Sancho to Baía dos Porcos, with the view to columnar jointing on the Dois Irmãos Islands (photo by the author).

– Il passaggio dalla Baía do Sancho alla Baía dos Porcos, con la vista della fratturazione colonnare delle Isole Dois Irmãos (foto dell'autore).



Fig. 5. – The Ponta do Capim Açú in the center, from the base to the top: marine erosion, alternation of pyroclastics with ankaratritic lava flows and pyroclastic deposits intruded by dyke (Quixaba Formation). To the right, recent rockslide deposit. (Photo by the author).

– La Ponta do Capim Açú: al centro, dal basso verso l'alto: erosione marina, alternanza di piroclastiti con flussi di lava ankaratritica e depositi piroclastici intrusi da dichi (Formazione Quixaba). A destra, deposito recente dovuto a frana in roccia. (foto dell'autore).

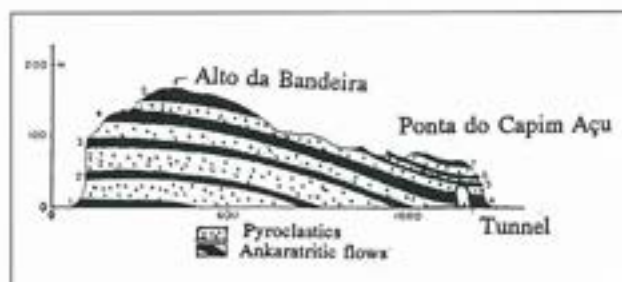


Fig. 6. – Schematic representation of the western part of the island, showing the alternation of ankaratritic lava flows (indicated by numbers) and pyroclastics and the tunnel caused by marine erosion (after CORDANI, 1970).

– Rappresentazione schematica della parte occidentale dell'isola, che mostra l'alternanza di flussi di lava ankaratritica (indicati dai numeri) e piroclastiti e il tunnel causato dall'erosione marina (da CORDANI, 1970).

ratritic lava flows of the Quixaba Formation (ALMEIDA, 1955; CORDANI, 1970, fig. 6), intruded by a dyke (fig. 5). There are also erosional features, including a large marine tunnel (Figs. 6, 7), natural pools, as well as a recent rockslide deposit (fig. 5). The interpretation of stratigraphy, volcanic and gravitational processes and marine erosion are recommended for this locality.

2.3. – PRAIA DO LEÃO

Praia do Leão has an observation point providing a view over a large beach. The beach has a trachytic intrusion (Morro Branco), a mafic dyke emerging from the sand, an ancient beach terrace, algal reefs (fig. 8) and aeolian dunes. The main purpose of interpretation here is to show different types of intrusion, the effect of sea-level change and diverse processes that influence the dynamics of beach formation and sedimentary processes.

2.4. – OTHER POSSIBLE SITES

Other potential sites lie on the eastern side of the island, which must also be assessed. Enseada da Caieira includes pyroclastic deposits, dykes, erosional features (Buraco da Raquel) and a view of the ancient volcano, Morro do Francês (ALMEIDA, 1955; ULBRICH *et alii*, 1994). The most conspicuous geomorphological feature of the island is the phonolitic neck of Morro do Pico (fig. 9) on the northern side of the island (GORINI & DE CARVALHO, 1984).

3. - CONCLUSIONS

Conservation and educational measures are recommended for all these sites. The measures could be supplied by the application of interpretative principles (e.g. BADMAN, 1994; WILKINS, 1995), the installation of an appropriate infrastructure and a permanent exhibition on the nature of the island, promoting geotourism. The purpose is to show the evolutionary history of the island, integrating it with human impact.

The importance of geological education of the general public has been recently recognized internationally (e.g. IUGS, 1994). Environmental interpretation and trails are potential tools to be used in the dissemination of geoscience information, geotope conservation, environmental education and nature protection, channeling tourism to designated areas of the park, avoiding impact in more sensitive areas and promoting sustainable tourism (e.g. EEROLA & ÖHBERG, 1995). These methods must be adapted to local needs and conditions in strict cooperation with local people (EEROLA, 1994), administration and non-governmental organizations, keeping in mind that public awareness of geosciences is vital for environmental protection (COORAY, 1988) and conservation of geological heritage (PISTOTNIK, 1989).

Acknowledgements

The author wish to thanks SYLVIA MITRAUD (Brazilian WWF), CLAUDIO BELLINI, TAISI SANCHEZ (Fundação Pró-Tamar/IBAMA) and PARNAMAR personnel for logi-



Fig. 7. - View to the marine cave, formed by erosion in pyroclastic deposit. (Photo by the author).

- Vista della grotta marina causata dall'erosione nel deposito piroclastico. (foto dell'autore).



Fig. 8. - Coral reefs in the Praia do Leão. (Photo by the author).

- Barriera corallina nella Praia do Leão. (foto dell'autore).



Fig. 9. - The nephelinitic neck of the Morro do Pico, the most conspicuous geomorphological feature of the Fernando de Noronha Island, viewed from the Praia da Quixaba. (Photo by the author).

- Il neck nefelinitico del Morro do Pico, la più notevole caratteristica geomorfologica dell'isola di Fernando de Noronha, visto dalla Praia da Quixaba. (foto dell'autore).

stic support and guidance on the island and MABEL ULBRICH (University of São Paulo) for discussions and providing information concerning the geology. Comments on manuscript by Veli Snominen and Tapio Kananoja (Geological Survey of Finland) were welcomed. The work was supported by the WWF Finland (for which the author wishes to thank LASSI KARIVALO and MERI SAARNILAHTI) and the Geological Survey of Finland. Dr. PETER SORJONEN-WARD is acknowledged for revision of English language.

BIBLIOGRAPHY

- ALMEIDA F.F.M. (1955) - *Geologia e petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha*. DNPM, Div. Geol. e Mineral., Monografia 13: 181 p., Rio de Janeiro.
- BADMAN, T. (1994) - *Interpreting Earth sciences for the public*. In: O'Halloran, D., Green, C., Harley, M., Stanley, M., and Knill, J. (eds.) Geological and landscape conservation. The Malvern International Conference 1993. Proceedings, The Geological Society of London. p. 429-432, Oxford.
- COORAY, G. 1988 - *Geosciences in development: A critical comment*. Episodes, 11 (2): 123-128. London.
- CORDANI, U.G. (1970) - *Idade do vulcanismo no Oceano Atlântico Sul*. Bol. Inst. Geoc. Astron., USP, 1: 9-75, São Paulo
- DE ASSIS, H.M.B. & DE SILVA FILHO, M.A. (1994) - *Turismo geocientífico. Uma viagem no tempo*. Sistema de Informações para a Gestão Territorial da Região Metropolitana de Recife - Projeto SINGRE. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Sér. Publ. Esp. 1: 20 p., Recife.
- EEROLA, T.T. (1994) - *Problemas da divulgação e popularização de geociências no Brasil*. Rev. Bras. Geoc. 24 (4): (in Press).
- EEROLA, T.T. & ÖHBERG, J. (1995) - *Some methods used in public geoscience education in Finland*. In: Autio, S. (ed.) Geological Survey of Finland Current Research 1993-1994. Geol. Surv. Finland Spec. Paper 20: 56-65, Espoo.
- GORINI, M.A. & DE CARVALHO, J.C. 1984 - *Geologia da margem continental interior brasileira e do fundo oceânico adjacente*. In: Schobbenhaus, C., De Almeida Campos, D., Derze, G.R. & Asmus, H.E. (eds.) Geologia do Brasil. Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente, incluindo depósitos minerais, Escala 1:2.500.000. DNPM, pp. 273-489. Brasília.
- IUGS (INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES) (1994) - *Geological education materials for the year +2000 and beyond*. Episodes, 17 (3): 79, London.
- PISTOTNIK, U. (1992) - *Educational aspects of geotope conservation*. NINA Utredning 41: 32-34, Trondheim.
- ULBRICH, M.N.C.; MARINGOLO, V.; RUBERTI, E. (1994) - *The geochemistry of alkaline volcanic-subvolcanic rocks from the Brazilian Fernando de Noronha Archipelago, southern Atlantic Ocean*. Geochim. Brasil., 8 (1): 21-39, São Paulo.
- WILKINS, J. (1995) - *"Volcanic Park" - a proposed RIGS igneous geology trail in North Wales*. Earth Herit., 4: 9-12, Peterborough.

The fossil forest of Dunarobba (Terni - central Italy) *La foresta fossile di Dunarobba (Terni - Italia centrale)*

BRONDI A. (*) & BRONDI F. (**)

ABSTRACT - The fossil forest of Dunarobba was discovered some years ago in a working clay quarry. Some tens of tree trunks were brought to light. The host rock is a lacustrine clay. As to the size, the single trunk remnants mostly exceed 2 m in diameter and 8 m or more in height. Fallen logs 30 m long are reported in the region of the discovery. The age of the host rock is late Pliocene.

The fossil forest represents an extraordinary case from many points of view:

- the trunks maintain their original position in life, they are in fact still vertically planted, rooted and spaced according to their ancient natural distribution;
- no other example of such remarkable number of fossil trees in physiological position is known in the world literature;
- in spite of the quite long period of burial the trunks are still made of wood; the lignitification process seems not to have been initiated;
- the original ligneous structure is perfectly preserved.

The botanical classification of the trees would indicate tropical species no longer living in Europe.

KEY WORDS: fossil forest, lacustrine environment, Tiber Basin.

RIASSUNTO - La foresta fossile di Dunarobba fu scoperta alcuni anni fa in una cava di argilla in coltivazione. Alcune decine di tronchi d'albero furono portati alla luce. La roccia ospite è un'argilla lacustre. Riguardo alle dimensioni, i resti dei singoli tronchi possono superare il diametro di 2 metri e gli 8 e più in altezza. Tronchi caduti di 30 metri di lunghezza sono stati riportati alla luce nella regione della scoperta.

L'età della roccia ospite risale al Pliocene superiore.

La foresta fossile rappresenta un caso straordinario da molti punti di vista:

- i tronchi mantengono l'originaria posizione di vita, sono cioè impiantati circa verticalmente, radicati e spazati secondo la primitiva distribuzione;
- nessun altro esempio di un numero così elevato di alberi fossili in posizione fisiologica è noto nella letteratura mondiale;
- nonostante il periodo piuttosto lungo di seppellimento i tronchi sono tuttora costituiti di legno; il processo di lignitificazione non sembra essere praticamente iniziato.

La classificazione botanica indica specie tropicali non più viventi in Europa.

PAROLE CHIAVE: foresta fossile, ambiente lacustre, Bacino Tiberino.

(*) ENEA Dipartimento Ambiente - Via Anguillarese, 301 - 00060 Roma (Italy)

(**) Vicolo Silvestri, 2 - Roma (Italy)

1. - THE FOSSIL FOREST

The Fossil Forest of Dunarobba (BENVEGNÙ *et alii*, 1988; AMBROSETTI *et alii*, 1995), outcropping in two clay quarries exploited for bricks (figg. 1 e 2), represents a rare example of preservation, regarding both the wood structure, which appears as fresh, and the almost upright position of trees, still placed in their original life position. All the trunks lean some 10° towards the NE.

More than 50 trunks are distributed in an area of 3 hectares. They were buried and preserved within a clay bed 8 m thick.

The present dimensions of the trunks range from 1.5 to 5 m in diameter and 2 to 8 m in height. For the living trees a height of 30 + 38 m is estimated. The surrounding sediments contain remnants from large branches, up to 3 m long, to small leaves, perfectly preserved.

A rich terrestrial shelly fauna provides a further evidence of the continental characters of the local palaeoenvironment.

The palynological analysis identifies the trunks as belonging to the species *Taxodiocylon gypsaceum* only. This species, extinct during the Pliocene, had anatomical features similar to the present *Sequoia sempervirens*.



Fig. 1. - a) The fossil forest preserved by clay; b) Graphic: 1 - Clay, 2 - sand; 3 - Oxidized clay (Reproduced from BENVEGNÙ *et alii*, 1988).

- a) La foresta fossile conservata dalle argille; b) Schema grafico: 1 - Argilla, 2 - Sabbia, 3 - Argilla ossidata.

On the basis of the growth rings, the age of the upright tree trunks possibly attained 1000 or much more years.

A rich flora associated with the forest was present, as demonstrated by the pollen analyses, insisting on a good proportion of Tertiary species no longer present in the indigenous Italian flora, with a predominance of trees and shrubs relative to herbaceous plants. The pollen diagram indicates a climate warmer and more humid with respect to the present time.

2. - THE GEOLOGICAL CONTEXT

The host rock of the Dunarobba forest is part of the continental sedimentary sequence in an intermontane basin, the Tiber graben, extending for 1.800 square kilometers, located along the western border of the Appennine chain and developed on a Mesozoic carbonate basement. The basin formed as a consequence of the opening of the Tyrrhenian sea during the Late Miocene. The extensional tectonics caused the formation of grabens displaying a NW-SE development. Pliocene-Holocene deposits filling the graben show a maximum thickness of at least 600 m. Four lithostratigraphic units occur in the area between the towns of Marsciano and Terni. They correspond to:

- a complex lacustrine system ("Fosso Bianco" Formation: Middle-Late Pliocene);
- alluvial fan deposits ("Ponte Naia" Formation: Late Pliocene);
- fluvial/alluvial deposits ("Santa Maria di Ciciliano" Formation: Early Pleistocene);
- small, isolated lacustrine carbonate basins ("Acquasparta Formation": Early Pleistocene).

3. - PALAEOENVIRONMENT AND PRESERVATIONAL FACTORS

The sedimentary sequence reported above indicates an environmental evolution from a lacustrine system to alluvial plain and small, shallow lakes. The oldest formation is evidence of a vast lake whose depositional facies varied from open lake environments to lacustrine margins and deltas.

The Fosso Bianco deposits, 250 m thick and discordantly overlying the pre-Pliocene units, is the host rock enclosing the fossil forest. The original environment corresponded to a coastal lacustrine wetland. Muds and subordinate lignites and sands



Fig. 2. - A fossil trunk in life position (Reproduced from BENVIGNO et alii, 1988).

- Un tronco fossile in posizione di vita.

enclose the tree trunks, which are rooted and resting on dark bluish-grey silts, interpreted as little evolved and hydromorphic paleosols. Very fine sediments, displaying discontinuous undulation, cross and planar lamination, were deposited in an environment affected by weak waves, such as distal points of a delta system or small ponds on a wetland lacustrine coastline. Frequent lignite fragments testify to an important development of swamps. On the whole the area was subjected to repeated flooding, with the groundwater level located near or above the depositional plane for many months in the year. High subsidence velocity associated with slow and continuous sedimentation caused trunks to be buried still during their life. Root structures occurring along the side of the trunks may indeed testify to contemporary burial of the plants during the growing process. The occurrence of sideritic nodules, forming in freshly deposited sediments

under anaerobic conditions, indicates reducing conditions within the sediments in the ancient lacustrine environment.

The rising depositional surface gradually embedded the trunks within the host sediment rock. The persistent reducing environment and the isolation from oxidizing waters and atmosphere, because of enclosure in clay sediments, moved the preservational controlling factors for the perishable wood material. The remaining part, not protected by clay or embedded in sandy sediments, underwent oxidation and rapid destruction.

BIBLIOGRAPHY

- AMBROSETTI P., BASILICI G., CIANGHEROTTI A.D., CODIPIETRO G., CORONA E., ESU D., GIROTTI O., LO MONACO A., MENEGHINI M., PAGANELLI A. & ROMAGNOLI M. (1995) - *La foresta fossile di Dinnarobba (Terni, Umbria, Italia Centrale): Contesto litostratigrafico, sedimentologico, palinologico, dendrocronologico e paleomalacologico*. Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, 8: 465-508, Roma.
- BENVEGNÙ F., BRONDI A. & POLIZZANO C. (1988) - *Natural analogues and evidence of long-term isolation capacity of clays occurring in Italy*. Commissione delle Comunità Europee, Direktoratato Generale Scienze, Ricerca e Sviluppo, EUR 11896 EN, Catalogo numero CD-NA-11896-EN-C, Lussemburgo.

Aspetti geologici e geomorfologici del Parco Regionale di Monte Orlando (Lazio meridionale, Italia)

Geological and geomorphological features in the protected regional site of Monte Orlando (southern Lazio, Italy)

VALENTE A. (*)

RIASSUNTO - Vengono messi in evidenza i principali caratteri geologici e geomorfologici del Parco Regionale di Monte Orlando nel Lazio meridionale. La valorizzazione di tali caratteri, peraltro ben esposti e quindi didatticamente significativi, risulta efficace in quanto strettamente connessa con altri caratteri biologici e storici presenti nell'area sottoposta a tutela. Quest'area si sviluppa su di un promontorio in cui affiora per circa 200 m una successione ben stratificata di calcari biancastri con rudiste del Cretaceo superiore, su cui si rinvengono livelli decimetrici di sabbie rossastre di origine eolica del Pleistocene medio-sup. Tali depositi si dispongono su tre lembi di superfici terrazzate rispettivamente tra 150 e 170 m s.l.m., ad una quota di circa 100 m s.l.m. ed intorno ai 60 m s.l.m., che sono state fatte risalire a stazionamenti del livello del mare ad essi precedenti. Altre forme di erosione, di gran lunga più recenti, si distinguono sulle falesie strutturali che delimitano meridionalmente l'area parco, quali incisioni, nicchie e cavità, quest'ultime anche di grandi dimensioni (es. Grotta del Turco). I solchi di battaglia più evidenti risultano essere quelli posti a circa 5.30 m s.l.m. e quelli a 1.30 m s.l.m. da mettere in relazione con l'Eu-Tirreniano e il Neo-Tirreniano. Infine, si fa cenno ai suoli, tipicamente bruno-rossastri, poco evoluti e a profilo AC, che rappresentano un aspetto molto importante ai fini del mantenimento delle condizioni naturali del parco, dove si sono sviluppati in soli 54 ettari diversi stadi evolutivi della vegetazione mediterranea.

PAROLE CHIAVE: Coste, Livello del mare, Quaternario, Lazio.

ABSTRACT - The main geological and geomorphological features of the regional protected site of Monte Orlando in the Southern Lazio are pointed out. The conservation of these features, well exposed and extremely didactics, results powerfull because they are strictly connected to other components, such as biological and historical. This area is developed on a rocky headland, where a well stratified Upper Cretaceous calcareous succession outcrops for some 200 m. On these carbonatic rocks, decimetric levels of reddish eolian sands, Upper Pleistocene in age, are preserved. These sands covered relicts of terraced surfaces respectively between 150 and 170 m, at 100 m and at 60 m, referable to Lower-Middle Pleistocene sea level higher than the present one. Other morphological evidence, more recent than the relicts of marine terraces, are distinguishable on the structural cliff, which bordered the park, such as notches and caves, these latter can be reach great dimension (i.e. Grotta del Turco). The most evident emerged notches are at 5.30 m and at 1.30 m above the sea level, relative to Eu-Tyrrhenian and Neo-Tyrrhenian marine stages. At last, some brief notice about the soils, typically brown-reddish, scarcely evolved and generally with an AC profile, are outlined. They represent a very important feature in order to preserve the natural vegetation of the park, where several stages of mediterranean belt are developed.

Key words: Coasts, Sea level, Quaternary, Lazio.

(*) Facoltà di Scienze M.M.FFN.N. - Università del Sannio - Benevento.

1. – INTRODUZIONE

Il Parco Regionale Urbano di Monte Orlando nel Comune di Gaeta (Lazio meridionale), istituito nel 1986 (L.R. n. 47 del 22.10.86), ha lo scopo di tutelare l'ambiente naturalistico e storico ricadente in un perimetro di soli 54 ettari (fig. 1). L'importanza di conservare un'area di così piccola estensione è nella presenza di vari livelli di sviluppo della macchia mediterranea e di una stratificazione integra di architetture militari dal XV secolo alla seconda guerra mondiale, oltre che di una serie di caratteri geologici e geomorfologici di particolare interesse scientifico e didattico.

La cittadina di Gaeta si è sviluppata almeno fino al secondo dopoguerra lungo uno degli ultimi promon-

tori che si incontrano nel tratto litoraneo del Lazio meridionale. Tale promontorio culmina con la cima di Monte Orlando (171 m s.l.m.), che rappresenta l'area sottoposta a tutela come Parco Regionale, e che risulta inserita quasi completamente nel tessuto urbano della cittadina laziale.

I limiti istituzionali del Parco, su cui sono stati eseguiti gli studi geologici e geomorfologici, descritti nei suoi elementi essenziali in questa nota, sono rappresentati a sud e a ovest da falesie, scenicamente stupende, che si affacciano nel Golfo di Gaeta (Mar Tirreno), a nord e ad est dal quartiere «storico» di S.Erasmo. A nord-ovest il limite è dato da un elemento fisiografico importante nel litorale di Gaeta quale la spiaggia di Serapo, nonché dalle residenze e dai servizi costruiti sulla zona retrostante (fig. 1).

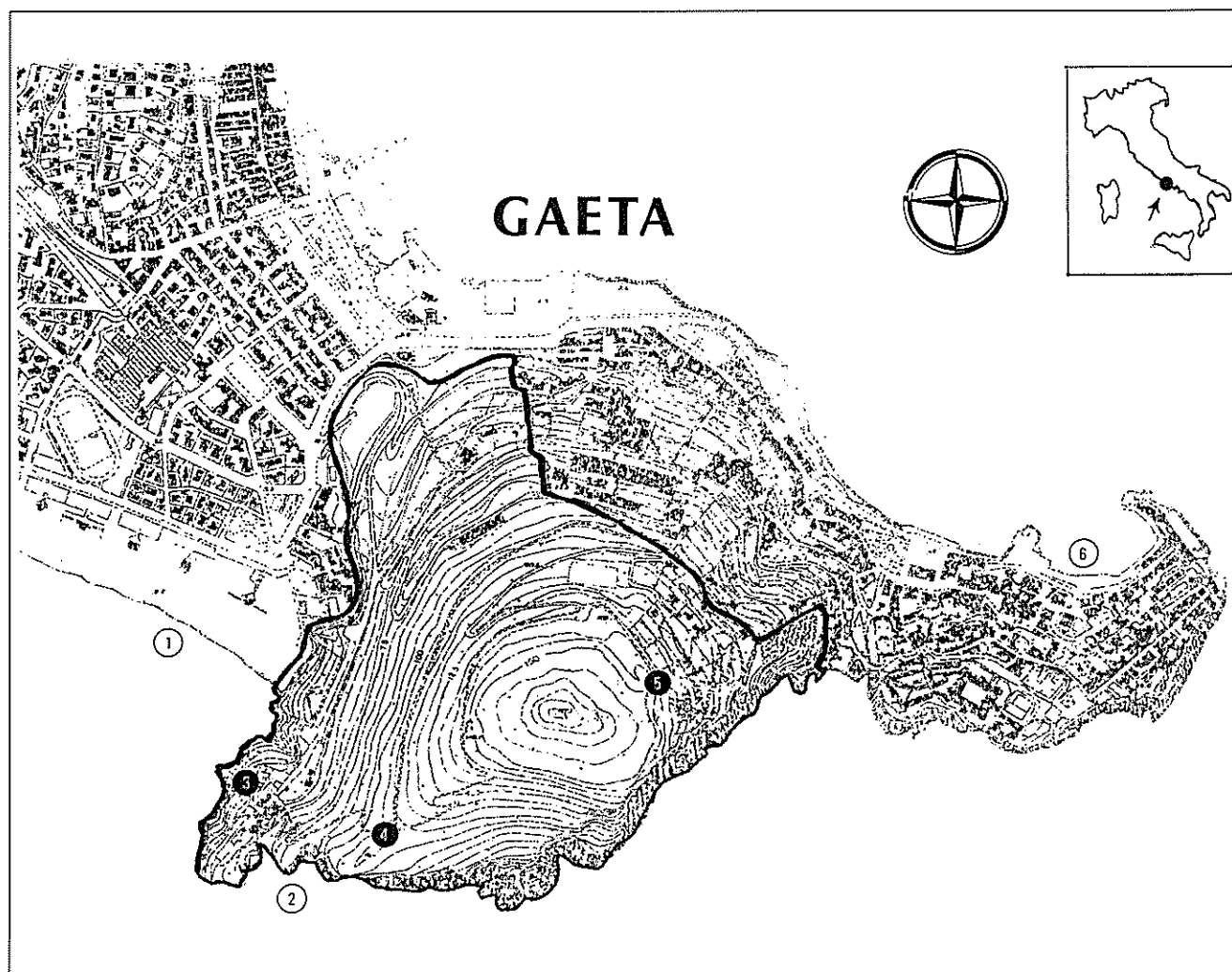


Fig. 1. – Ubicazione dell'area del Parco Regionale di Monte Orlando (la linea scura indica i limite dell'area istituzionale).
Luoghi riportati nel testo: 1. Spiaggia di Serapo; 2. Montagna Spaccata e Grotta del Turco (fig. 2); 3. Santuario della Trinità;
4. Carolina; 5. Torre di Orlando; 6. Quartiere storico S. Erasmo.

– Location of the Regional Park of Monte Orlando (the black line indicate the borders of the conservation area)

Il litorale di Gaeta, orientato NW/SE, piuttosto articolato con promontori e baie, presenta nel suo immediato entroterra il gruppo montuoso degli Aurunci, che raggiunge le quote più elevate, oltre 1500 m, a nord di Formia. La presenza di così imponenti rilievi in vicinanza del mare evidenzia un effetto schermante ai venti freddi settentrionali, che sono limitati per frequenza e durata nel tardo autunno e in inverno, facilitando così lo sviluppo di un clima caratterizzato dalla mitezza delle stagioni fredde e dall'aridità estiva (mesomediterraneo secondo la classificazione bioclimatica dell'UNESCO/FAO), che favorisce tra l'altro lo sviluppo delle particolari associazioni vegetali osservabili nell'area parco.

2. – CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Le caratteristiche litostratigrafiche del Parco di M.Orlando sono state evidenziate dal rilevamento di superficie esteso anche ad aree limitrofe.

Monte Orlando rappresenta il «prolungamento» verso il mare del sistema montuoso degli Aurunci, orientato NW/SE, e come tale risulta costituito quasi esclusivamente da calcari meso-cenozoici. Più in particolare, si osserva una successione di quasi 200 m, ben stratificata, immergente verso il quadrante nord-occidentale, di calcari micritici e granulari biancastri e nocciola, con intercalazioni di dolomie e banchi organogeni; non mancano interstrati di argille siltose verdastre e rossastre.

Sono state riconosciute diverse tessiture deposizionali: si passa da *grainstone* e *packstone*, presenti nella parte inferiore della successione, a *mudstone* e *wackestone*, diffuse nella restante parte. Oltre ai granuli carbonatici detritici si individuano peloidi (*fecal pellets*) ed oncoliti, a cui si associano in percentuali variabili grani di origine scheletrica. Questi ultimi sono rappresentati sia da foraminiferi bentonici ed alghe calcaree (*Dasycladacee*) che da macrofauna, quali le rudiste (*Hippuritidae* e *Radiolitidae*), che costituiscono addirittura due banchi con individui in posizione di crescita presenti alla base (falesia occidentale) e alla sommità della successione (Torre di Orlando); molto probabilmente nel primo banco compaiono organismi di scogliera, come i coralli. Tra le strutture sedimentarie si osservano frequentemente fenomeni di bioturbazione e pellettizzazione dei sedimenti, e più raramente laminazioni e stromatoliti algali. Il materiale più grossolano mostra talora gradazione, ma per lo più costituisce delle «nuvole» disperse nella matrice fangosa.

Queste caratteristiche tessiturali e macropaleontologiche si sviluppano verosimilmente durante il Cretaceo superiore (? Santoniano) in un ambiente di piattaforma carbonatica piuttosto ristretta con idrodinamismo medio basso, oscillante da un'area lagunare ad una supratidale. Il banco inferiore con le rudiste in posizione di vita, invece, individua un subambiente (subtidale) con idrodinamismo più accentuato, ovvero a zone marginali nell'ambito della piattaforma (SIRNA & CESTARI, 1989). I prodotti bioclastici provenienti da questa si distribuivano verso il largo, come testimoniano i depositi con tessiture tipo *grainstone* e *rudestone* e con strutture tipo *slumping*, probabilmente alla stessa altezza stratigrafica, osservabili al di fuori dell'area parco sulla falesia dell'estremità orientale del promontorio.

La successione analizzata dovrebbe essere compresa nella Formazione di Monte Acquaviva (CRESCENTI, 1969), o ad essa equivalente (ACCORDI & CARBONE, 1988), che affiora in vaste aree dell'Appennino centrale con spessori fino a 600 m. La sua età è compresa dal Cretaceo superiore al Paleocene.

Nelle aree occidentali dell'area parco ad una quota compresa tra 50 e 100 m, così come a quota ancora più elevate a circondare la cima di Monte Orlando si rinvencono sui calcari livelli di sabbie rossastre con spessori variabili da pochi a qualche decina di centimetri. Da un punto di vista granulometrico esse possono essere considerate sabbie fini ($0.250 < Mz < 0.125$ mm), da ben classate a moderatamente ben classate e con asimmetria prevalentemente positiva.

Analizzando la componente mineralogica si può affermare, a conferma dello studio eseguito da SINNO (1963), che il costituente dominante è dato dal quarzo (>65%). Esso si presenta ad un'analisi morfoscopica sia in granuli arrotondati con superfici smerigliate e ricoperte da una patina di pigmento rosso-giallastro, sia in granuli più fini a spigoli vivi o leggermente smussati e generalmente sprovvisti della patina dei primi. Una percentuale inferiore (circa il 10%), invece, è rappresentata dai pirosseni (gruppo delle augiti diopsidiche e diopsidiche), che si mostrano generalmente con cristalli a spigoli vivi. Percentuali bassissime (<1%) sono raggiunte dai seguenti minerali: magnetite titanifera, granati, miche, mentre sono presenti solo in tracce spinello, orneblenda, staurolite ed epidoto. Tra i minerali argillosi, molto importanti nella frazione più fine si ricorda la presenza soprattutto dell'illite, e subordinatamente della caolinite.

Lo spessore esiguo degli affioramenti ha permesso di fare poche osservazioni macroscopiche; comunque sia, sono piuttosto rari i cenni di stratificazione, men-

tre più diffuse sono le concrezioni secondarie e i livelli argillitici attribuibili a paleosuoli. Il colore rossastro dovuto alla patina di ossidi di ferro e manganese, unitamente al sedimento fine originatosi per pedogenesi conferisce ai livelli sabbiosi una certa compattezza, anche se in genere si disgregano con relativa facilità.

Questi depositi presentano delle analogie con le terre rosse mediterranee, ovvero ai residui insolubili delle rocce calcaree, ma considerando le caratteristiche granulometriche dei sedimenti, nonché la presenza di minerali pesanti e di origine vulcanica, si deve propendere per una loro origine eolica, a cui ha contribuito la dissoluzione del calcare cretaceo. Inoltre, i cristalli a spigoli vivi di pirosseni, di chiara origine vulcanica e dei minerali pesanti potrebbero essere messi in relazione, ad un percorso breve, e quindi verosimilmente all'attività del Roccamonfina, mentre per il quarzo si deve pensare ad una provenienza diversa, che come ipotizzato da SINNO (1963) doveva essere piuttosto lontana data la lunga elaborazione in ambiente eolico. In definitiva, questi sedimenti sono riferibili ai sistemi dunari di età tardopleistocenica noti come «duna rossa antica» (BLANC, 1950; SEGRE, 1957; BERGOMI *et alii*, 1969). Secondo studi recenti eseguiti su sabbie affioranti a nord (Piana di Fondi) a queste confrontabili, esse si collocherebbero nel Pleistocene superiore e probabilmente in parte Pleistocene medio (ANTONIOLI *et alii*, 1990).

A luoghi nell'area parco sono stati rilevati sempre sui calcari diversi lembi di breccie di versante costituiti da elementi eterometrici calcarei immersi in una matrice argillosa rossastra fortemente saldante. La loro immersione mostra allineamenti con immersioni di pochi gradi secondo il pendio e alcuni di questi lembi proseguono sott'acqua come rilevato anche da ANTONIOLI & ROSSI (1991). Probabilmente questi ultimi sono correlabili con quelli descritti da BLANC & SEGRE (1947) verso nord lungo il litorale pontino, e interpretati da SEGRE (1949) come «lembi di breccia wurmiana sospesi sulla costa», mentre altri (bordo nord-occidentale) potrebbero essere più antichi e da assimilare a quelli che si trovano nella zona di S. Agostino, ovvero più a nord, al di sotto delle sabbie quarzoso-rossatre.

Per quanto riguarda la struttura del promontorio di Monte Orlando essa corrisponderebbe ad un'area ribassata delimitata ad ovest da una faglia con andamento N25 e a sud da un'altra con andamento N90, evidenziata anche dall'andamento delle batimetriche. La prima mette in contatto una formazione calcarea del Cretaceo inferiore con quella già descritta del Cretaceo superiore, la seconda costituisce la falesia

meridionale. Inoltre, l'estremità sud-occidentale si frantuma per la presenza di tre faglie con rigetto limitato orientate NNO-SSE, lungo le quali in maggior misura si è esplicata l'erosione marina, come dimostra la cavità detta Grotta del Turco sviluppatasi intorno ad una di queste (fig. 2). Tali fenditure, da cui il nome di Montagna Spaccata, sono piuttosto note, in quanto la tradizione popolare vuole che, piuttosto che a causa di fenomeni geologici siano state originate in seguito ad un terremoto avvenuto nello stesso istante della morte di Cristo, in realtà sono da ascrivere a movimenti tardo pleistocenici.

Si è avuto già modo di ricordare che i calcari presentano una buona stratificazione, le cui immersioni risultano verso il quadrante nord-occidentale, con inclinazioni di circa 20°, verso l'estremità nord-orientale, e inferiori ai 5° in quella sud-occidentale. La fratturazione è articolata in più sistemi, di cui i più importanti sono orientati secondo le direzioni di N90° e N150°, con inclinazioni che si avvicinano alla verticale; esse presentano aperture da pochi centimetri ad una decina di centimetri, generalmente riempite da suolo.

3. – CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il paesaggio costiero, in cui si inserisce il Parco di M. Orlando, mostra un motivo caratteristico: l'alternarsi di spiagge sabbiose (da nord-ovest a sud-est S. Agostino, Arenauta, Ariana e Serapo) dalla linea debolmente falcata, e a volte quasi dritta, con promontori, o comunque tratti di costa alta e rocciosa: Monte Orlando è uno di questi. Molto probabilmente, tale configurazione costiera è ereditata dalle ultime vicende geologiche subite, come ad esempio, le insenature, su cui si trovano le spiagge principali, coincidono per lo più con antiche faglie antiappenniniche.

L'agente «modificatore» dei litorali, invece, a medio e breve termine è rappresentato dal mare, che esplica per opera soprattutto del moto ondoso effetti prevalenti distruttivi. Si ricorda che la frequenza delle mareggiate in questo tratto costiero è compreso nel settore da sud-est a ovest, e può raggiungere il valore di 7 nella scala Beaufort. La notevole erosione meccanica, particolarmente efficace lungo le coste alte e rocciose, non solo per le caratteristiche fisiche (calcari ben stratificati e notevolmente fratturati), ma anche per la loro particolare esposizione ai flutti e per l'andamento delle batimetriche. ANTONIOLI & ROSSI (1991), infatti, hanno evidenziato come queste tendano ad avvicinarsi in prossimità dei promontori ed allontanarsi in corrispondenza delle insenature. Tale conformazione faci-



Fig. 2. – Falesia meridionale del promontorio di Monte Orlando. Sono evidenti le tracce delle faglie con andamento NNO-SSE su cui hanno agito pesantemente i processi morfogenetici, tanto da creare cavità di grandi dimensioni, come la Grotta del Turco (indicata con 1 nella figura).

– Southern cliff of the headland of Monte Orlando. Fault lines with NNW-SSE trend, on which morphogenetic processes heavily acted, so great cavities as Grotta del Turco are formed (in the photo it is indicated by 1).

lita la forte energia marina esplicata, e quindi l'abrasione delle coste, che non si è verificata sempre al livello del mare attuale. Infatti, durante gli ultimi due milioni di anni il livello è variato innumerevoli volte come può essere letto nelle diverse forme costiere relitte presenti nell'area in studio: lembi di spiagge dislocate a varie altezze, piattaforme di abrasione marina sollevate, solchi di battigia sovrapposti e così via. In particolare, si è già detto, degli affioramenti delle sabbie eoliche rossastre attribuite ad un deposito eolico, ovvero di spiaggia emersa tardopleistocenica, ora dislocato ad altezze superiori ai 50 m (fig. 3). Oltre a questi lembi dunari antichi presenti in maniera abbastanza continua tra la foce del Tevere ed il Golfo di Gaeta, sono presenti altri depositi e forme riferibili ad antichi livelli di stazionamento del mare.

I relitti più vecchi sono rappresentati dalle superfici terrazzate (fig. 3), ricostruibili anche in altri settori costieri tirrenici (ROMANO, 1992). Il lembo di «terrazzo» più antico è rappresentato dalla sommità di M.Orlando, e quindi posto ad un'altezza compresa tra 150 e 170 metri s.l.m. Questa superficie si raccorda con

classi di pendenza da leggermente a mediamente acclivi (fino al 30%) con la successiva, che è posta ad una quota di circa 100 m s.l.m. a sud-ovest della prima in una zona detta Carolina. L'ultimo lembo è presente intorno ai 60 m s.l.m. immediatamente a sud del Santuario della Trinità; il raccordo tra queste ultime due superfici è piuttosto acclive, oltre il 35%, e coincide parzialmente con una delle linee di faglie individuate all'estremità occidentale del promontorio. Tali superfici terrazzate, che non presentano depositi coevi, potrebbero essere fatte risalire a stazionamenti del livello del mare precedenti al Pleistocene medio-superiore, visto anche che i depositi che si trovano al di sopra risalgono a questo periodo (sabbie eoliche rossastre).

Altre forme di erosione, di gran lunga più recenti, si distinguono sulle falesie dell'area parco, quali incisioni, nicchie e cavità, quest'ultime anche di grandi dimensioni (Grotta del Turco). Le falesie presentano un'altezza variabile da meno di 50 m, ad ovest, ad oltre 100m, a sud, ed hanno praticamente un assetto verticale. Tale assetto è da mettere in relazione alle

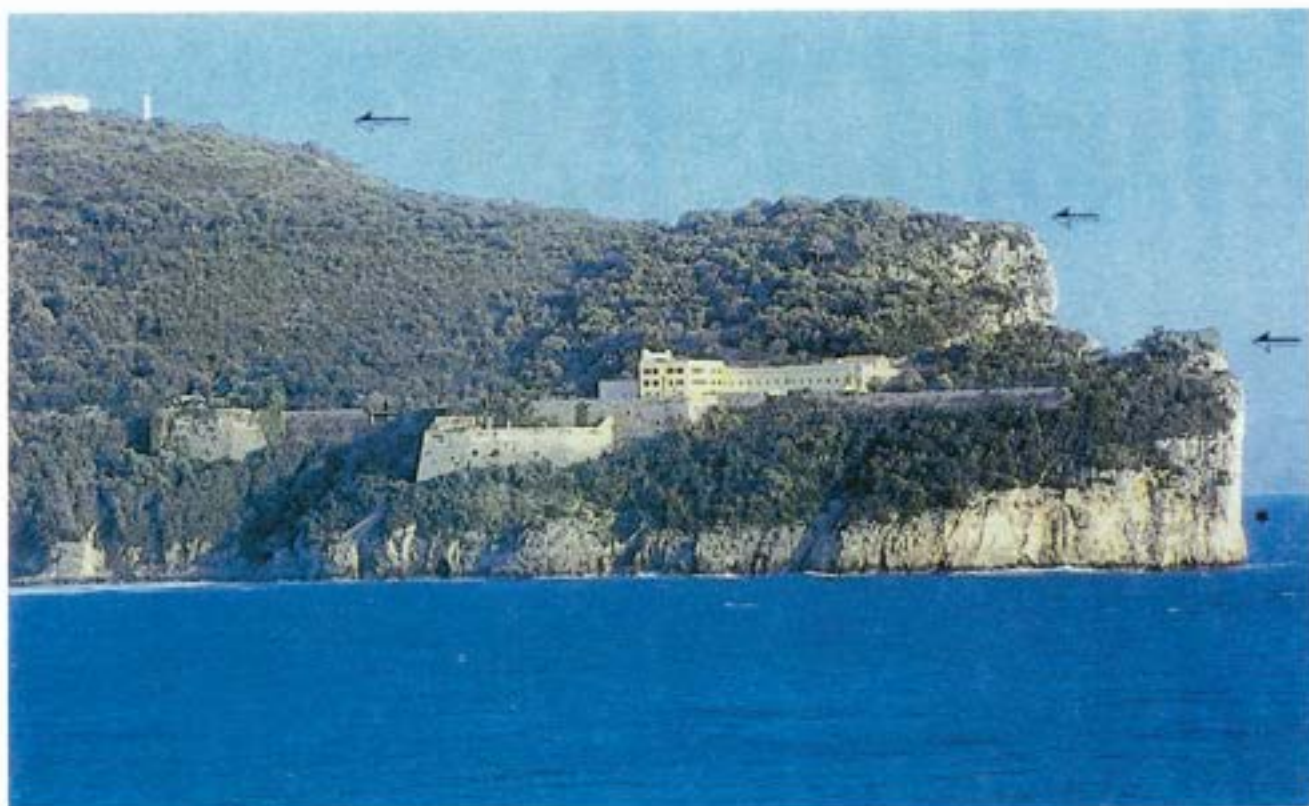


Fig. 3. - Falesia occidentale con indicazione dei lembi delle superficie terrazzate. L'asterisco sulla destra è posto alla quota del solco di battigia a +5.30.

- Western cliff with terraced surface. Asterisk (*) on the right is at +5.30 notch.

linee di dislocazione della serie mesozoica, di cui si è già detto, pertanto sono da considerare delle falesie strutturali. Quest'accezione è confermata dall'inesistenza del terrazzo di abrasione marina e dalla persistenza della falesia (BRANCACCIO, 1968) lungo la quale assumono particolare interesse i diversi solchi di battigia, segnalati anche nello studio di ANTONIOLI & ROSSI (1991), non sempre seguibili per tutta l'estensione della falesia a causa dell'erosione delle onde. I solchi più marcati, anche per la presenza di fori di Litodomi, risultano quello posto a circa 5.30 m s.l.m., e quello a 1.30 m s.l.m.

Al di sotto del solco superiore, inoltre, sulla falesia sud-orientale ad una quota di circa 4 m s.l.m., come già accennato tra i caratteri geologici, è presente un deposito clastico grossolano, ben cementato ed arrossato contenente numerosi gusci di *Ostrea* e *Glycymeris*. Tale deposito, che prosegue anche al di sotto del livello attuale del mare, è riferibile ad un livello del mare più basso verosimilmente durante il Würm (SEGRE 1949). Le datazioni recenti presentate da ANTONIOLI & ROSSI (1991) farebbero risalire questo deposito fossilifero, e il solco posto intorno a 5.30 m s.l.m. all'Eu-Tirreniano,

seppure leggermente ringiovanito rispetto ai dati riportati da HEARTY et al. (1986). È da ricordare che depositi e forme costiere riferite a questo livello si ritrovano a quote diverse lungo il litorale meridionale laziale: a 9.8 m s.l.m. al promontorio del Circeo e a quello di Monte D'Argento presso Scauri (OZER et alii, 1987), a -4 m dal livello del mare attuale presso la piana di Fondi (ANTONIOLI et alii, 1988), verosimilmente a causa di movimenti tettonici differenziati. La quota attribuita all'Eu-Tirreniano è a + 8 m, per cui nel caso di Monte Orlando il solco sarebbe stato ribassato.

Invece, i solchi rinvenuti a circa 1.3 m s.l.m. sulla falesia sono correlabili ad un deposito con fauna senegalese ritrovato alla medesima quota in uno dei promontori più a nord (Torre Capovento) da OZER et alii (1987) attribuito al Neo-Tirreniano.

Per quanto riguarda le numerose forme subacquee rilevate da ANTONIOLI & ROSSI, tra cui solchi di battente a -1.5 m, -7 m, -10/11 m, -18/21 m e -24/25 m (fig. 3), è bene citare che alcune di essi ben si accordano con le profondità di altri solchi descritti nel Tirreno (CINQUE & PUTIGNANO, 1992), e che esse sono riferibili a brevi stazionamenti del livello del mare avvenuti



Fig. 4. – Estremità sud-occidentale del promontorio di Monte Orlando; è visibile sulla sinistra il lembo di terrazzo dei 60 m e sullo sfondo la Spiaggia di Serapo.

– South-western border of the headland of Monte Orlando; on the left is visible the relicts of the 60 m terrace and on the background the Serapo Beach.

durante gli ultimi stadi freddi (ANTONIOLI & FREZZOTTI, 1989).

Lungo il limite occidentale del Parco si trova la spiaggia di Serapo (fig. 4), che come le altre spiagge del litorale di Gaeta, è pressoché autonoma e alimentata soprattutto dal mare proveniente da Ponente. In particolare, il suo netto rientro rispetto alla linea costiera favorisce lo scarico su di essa dei sedimenti in transito (flusso detritico prevalente verso sud) a cui si aggiungono i tributi locali. Questa spiaggia è risultata in continua, seppure lenta progradazione, almeno fino al 1954, successivamente è cominciata un'inversione di tendenza, che solo in questi ultimissimi anni probabilmente si è stabilizzata.

La spiaggia di Serapo è lunga oltre 1.5 km e la larghezza varia da oltre 120 m ad est a meno di 50 m ad ovest. La pendenza del fondale antistante ad essa è di circa 0.4 % come si desume dalla cartografia dell'I.L.M. Dalla batimetria eseguita da ANTONIOLI & ROSSI (1991) risulta una spiaggia sommersa con un maggiore gradiente nelle aree prossime alla falesia occidentale di M.Orlando e via via minore allontanandosi da questa. Sempre nella spiaggia sommersa sono stati rilevati

almeno due ordini di barre, più continui nell'area centrale. La spiaggia emersa fortemente attrezzata non risulta ben definita nel limite superiore mancando completamente la fascia di duna. L'interfaccia tra il mare e la spiaggia emersa assume un profilo ondulato con cavi e sporgenze; tali forme ritmiche costiere sono conosciute come «sand waves».

La granulometria delle sabbie varia da sabbie fini (aree occidentali) a medie (aree orientali) con un buon assortimento. A luoghi si rileva la presenza di pomice fino a 5 cm. Per quanto riguarda i costituenti mineralogici predomina il quarzo (oltre il 50%), a cui segue la calcite (21%) e i minerali argillosi (illite e caolinite: >16%). Rispetto alle sabbie tardo pleistoceniche rilevate nell'area parco, si registra una percentuale inferiore dei minerali pesanti (pirosseno, magnetite, ecc.) e un aumento dei carbonati, chiaramente provenienti dall'erosione delle falesie litoranee. Inoltre, in morfoscopia non si osserva il pigmento rosso-giallastro sui granuli di quarzo.

Il mare con i suoi movimenti non rappresenta l'unico agente morfogenetico di questo territorio in quanto sono da considerare le acque piovane, capaci di

provocare non solo erosione meccanica, ma anche chimica. È bene precisare che la capacità di assorbimento delle rocce affioranti è piuttosto alto essendo il ruscellamento superficiale ridottissimo ed effimero. Da calcoli eseguiti sui complessi rocciosi circostanti l'infiltrazione efficace è pari a circa 700-900 mm annui, e considerando che le precipitazioni dell'area ammontano a poco più di 1000 mm annui si può dire che l'acqua si infila quasi del tutto nel sottosuolo attraverso i calcari. Questi risultano altamente permeabili a causa della stratificazione, ma soprattutto della fratturazione, che rende la roccia a luoghi del tutto disomogenea, e dei fenomeni carsici. Questi non solo hanno svolto un ruolo nello sviluppo delle cavità visibili lungo la falesia, ma sono intervenuti anche sul calcare in affioramento, come testimoniano le forme bucherellate ed irregolari e i solchi incisi (micro-lapiez) separati da creste sia arrotondate che taglienti presenti nell'area meridionale (ad es. dintorni della Carolina).

Per quanto riguarda i fenomeni di dilavamento e di erosione essi sono limitati nelle aree settentrionali e in quelle occidentali; nelle prime dove sono presenti gli spessori più alti dei prodotti del disfacimento meteorico, mentre nelle seconde dove affiorano i livelli sabbiosi rossastri, a causa della maggiore acclività e della differente permeabilità.

Infine, qualche cenno sul suolo che rappresenta un aspetto molto importante ai fini del mantenimento delle condizioni naturali del parco. Esso contribuisce in modo rilevante alle funzioni di nutrizione e supporto per la vegetazione naturale. Lo studio pedologico è stato eseguito con difficoltà data la forte alterazione causata dall'influsso pesante delle attività antropiche esplicate in tempi storici e recenti. È stato utilizzato per la descrizione dei suoli il sistema del SOIL SURVEY STAFF (1975), tenendo presente che si tratta di un'area caratterizzata da condizioni climatiche che consentono un regime xerico dei suoli ed un regime di temperatura del suolo termico.

L'aspetto generale dei suoli riflette molto chiaramente il substrato pedogenetico, che è costituito quasi esclusivamente da calcari; infatti, oltre che dai frammenti rocciosi più o meno diffusi sia in superficie che in profondità, è da evidenziare la presenza del residuo insolubile contenuto nel calcare stesso, da qui il colore bruno-rossiccio, anche a causa dell'elevato contenuto di sesquiossido di ferro, che caratterizza la maggior parte del territorio parco (suoli rossi mediterranei).

Lo spessore dei suoli presenta valori massimi di oltre il metro nelle aree occidentali sulle sabbie tardo-pleistoceniche e di circa 80 cm nelle aree settentrio-

nali sui calcari mesozoici, ovvero su una coltre colluviale argilloso-calcareo, e valori minimi, inferiore ai 25 cm, in quelle meridionali, dove a tratti il suolo costituisce unicamente il riempimento delle fessure e delle irregolarità del calcare affiorante. I suoli sulle sabbie hanno un aspetto uniforme e generalmente mancano di un orizzonte superficiale, tuttalpiù ne presentano uno di tipo ochrico, invece in profondità si trova uno sviluppato orizzonte argillico; i limiti di quest'ultimo sono irregolari da gradualmente a diffusi. I suoli sviluppati direttamente sui calcari, oltre ad essere meno profondi, si differenziano tra di loro per la presenza di materiali colluviali, i quali determinano un orizzonte argillico altrimenti assente. Al di sopra di questo orizzonte, o più diffusamente al di sopra del calcare più o meno alterato, si ritrova un orizzonte di tipo mollico, a sua volta sovrastato solo a luoghi da una lettiera organica derivata da piante e da animali (orizzonte organico). I profili del suolo recano «segnib», specie negli orizzonti superficiali, di un pesante uso da parte dell'uomo. I limiti tra gli orizzonti sono generalmente chiari o abrupti e la transizione alla roccia è generalmente netta.

Tra i colori degli orizzonti prevalgono le tonalità del rosso con spostamenti sia verso il bruno che verso il giallo, fanno eccezione i colori scuri che presentano alcuni orizzonti superficiali dei suoli sui calcari, variabili dal marrone scuro ad un marrone nerastro; quest'ultimo colore si giustifica per l'abbondanza della sostanza organica. La composizione granulometrica è tendenzialmente argillosa, anche se non mancano specie se si considerano le porzioni più superficiali dei suoli sulle sabbie e nei dintorni di queste suoli equilibrati (da franco-argilloso sabbiosi ad argilloso sabbiosi) a franco sabbiosi (franco-sabbiosi nell'area occidentale). Circa la pietrosità essa oscilla tra i valori di 2 e 4, mentre la rocciosità è tale da rendere a luoghi difficile se non impossibile l'uso di macchine per lavorare il terreno (classi 3-5). I valori di pH sono stati determinati in acqua e sono prevalentemente debolmente alcalini, tranne per i suoli «colluviali» dell'area settentrionale leggermente acidi. Il drenaggio per i suoli calcari è normale superficialmente, mentre in profondità può essere più lento; un certo rallentamento si verifica anche per i suoli sabbiosi, ma per questi il drenaggio superficiale è piuttosto rapido, comunque sia nel complesso i suoli si presentano abbastanza ben drenati.

Per quanto riguarda una definizione dei tipi di suoli rilevati nell'area parco, è bene precisare che la maggior parte di questi risultano severamente erosi, rendendo la ricostruzione di profili tipo quantomai difficoltosa;

comunque sia alcuni suoli sui calcari potrebbero essere rappresentati dai sottogruppi litici degli *Haploxeroll* (Mollisuoli), mentre i restanti dagli *Haploxeralf* (Alfisuoli).

Si ricorda che le caratteristiche rilevate trovano conferma nella carta dei suoli del Lazio meridionale, realizzata con il sistema FAO da SEVINK *et alii* (1984). Essi individuano, in particolare, rapide ed irregolari alternanze di suoli con contatto litico poco profondo e altri più profondi di tipo colluviale, con intercalazioni di materiale vulcanico, entrambi con un ben sviluppato orizzonte argillico colorato generalmente 5YR ("Complex of Chromic Luvisols e Lithosol").

4. – CONCLUSIONI

Lo studio dei caratteri geologici e geomorfologici del Parco Regionale Urbano di Monte Orlando nel Comune di Gaeta ha evidenziato numerosi aspetti naturali da salvaguardare perché strettamente connessi con altre componenti, non solo naturali, dell'area.

L'attuale paesaggio non è altro che il risultato di processi naturali che hanno lasciato dei «testimoni» più o meno evidenti, che si riportano brevemente.

L'ambiente di piattaforma carbonatica, ovvero di mare poco profondo, in cui proliferavano numerosi organismi, nella fattispecie le rudiste, è ben rappresentato dalla successione dei calcari del Cretaceo superiore affiorante nell'area-parco. Questa successione non è che una piccola parte di quella più ampia affiorante nei Monti Aurunci occidentali. La frammentazione di questo dominio carbonatico, la cui esistenza va estesa come età dal Trias almeno fino all'Eocene, è avvenuta durante i movimenti orogenetici appenninici iniziati nel Miocene medio e proseguiti con minore intensità fino al Pleistocene medio-superiore. L'espressione di tali movimenti è dato dalle numerose faglie ad andamento appenninico ed antiappenninico che dissezionano questo territorio costiero e su cui hanno pesantemente agito i processi morfogenetici (BRANCACCIO *et alii*, 1991).

Un ambiente litoraneo, simile a quello odierno dell'area parco, può essere individuato probabilmente nell'intervallo Pleistocene inferiore-medio. Lo testimoniano le superfici terrazzate, assimilate a terrazzi marini, posti a diverse altezze e su cui poggiano le sabbie eoliche rossastre del Pleistocene medio-superiore. Importante è da rilevare come tra i componenti principali di queste sabbie non manchino prodotti piroclastici provenienti verosimilmente dal vulcano di Roccamonfina. L'attività di questo apparato doveva

concludersi proprio in quel periodo anche attraverso fenomenologie esplosive (DE RITA *et alii*, 1988). Il promontorio di Monte Orlando costituito verosimilmente già dalla falesia odierna registrò negli ultimi centinaia di migliaia di anni le diverse variazioni del livello del mare, come si può osservare dai numerosi solchi di battaglia, anche sommersi, visibili, lungo la falesia.

Nell'area, che rimase emersa dopo l'ultima fase glaciale, cominciò a svilupparsi una vegetazione costituita da diversi stadi evolutivi. Ognuno di questi stadi oggi si caratterizza per le condizioni di soleggiamento diurno e di umidità, di ripidità del versante e di condizioni del substrato. Ad esempio, l'area del Parco che beneficia maggiormente del soleggiamento diurno, ovvero quella compresa tra le direzioni ESE e SO, presenta un suolo di spessore limitatissimo e quindi risulta affiorante a luoghi il calcare notevolmente fratturato con tracce evidenti di carsismo superficiale; la vegetazione che si sviluppa in quest'area arida, soleggiata e piuttosto acclive, è la gariga degradata. Invece nell'area settentrionale, poco acclive e dove si hanno i valori più bassi di soleggiamento annuo, si è sviluppato un suolo mediamente profondo con un orizzonte humificato e con una maggiore capacità di ritenuta idrica, tale da far impiantare un bosco con numerose specie arboree, tra cui il leccio. In altre aree con elementi omogenei sono risultate sviluppate gli stadi intermedi della vegetazione mediterranea quali la macchia e la gariga s.s. (MORALDO *et alii*, 1988).

L'ambiente fisico così caratterizzato, purtroppo è riuscito a conservarsi solo in parte dai continui e numerosi attacchi diretti ed indiretti operati dall'uomo nel corso dei secoli, pertanto se si vorrà preservare quanto è rimasto di naturale, e di conseguenza i monumenti storici presenti, sarà bene svolgere un'azione di tutela per quest'area di solo 54 ettari.

BIBLIOGRAFIA

- ACCORDI G. & CARBONE F. (1988) - *Sequenze carbonatiche meso-cenozoiche*. In: G. ACCORDI, F. CARBONE, G. CIVITELLI, L. CORDA, D. DE RITA, D. ESU, R. FUNICIELLO, T. KOTSAKIS, G. MARIOTTI & A. SPOSATO (Eds.). Note illustrative della Carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo ed aree limitrofe. C.N.R. Quad. de «La Ricerca Scientifica», 114: 11-92.
- ANTONIOLI F., DAI PRA G. & HEARTY P.J. (1988) - *I sedimenti quaternari nella fascia costiera della Piana di Fondi (Lazio meridionale)*. Boll.Soc.Geol.It., 107: 491-501.
- ANTONIOLI F. & FREZZOTTI M. (1989) - *I sedimenti tardo-pleistocenici ed olocenici compresi nella fascia tra Sabaudia e Sperlonga*. Mem.Soc.Geol.It., 42: 321-334.

- ANTONIOLI F. & ROSSI L. (1991) - *Geomorfologia subacquea e costiera del litorale compreso tra Punta Stendardo e Torre S. Agostino (Gaeta). Un esempio di collaborazione tra geologia ed informatica*. Rapporto tecnico ENEA, 51 pp.
- BERGOMI C., CATENACCI V., CESTARI G., MANFREDINI M. & MANGANELLI V. (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia: Foglio 171 - Gaeta e Vulcano di Roccamonfina*. Serv. Geologico d'Italia, 140 pp.
- BLANC A.C. (1950) - *Note illustrative per le escursioni della 54a riunione estiva. Le formazioni pleistoceniche del M. Circeo*. Boll. Soc. Geol. It., 69.
- BLANC A.C. & SEGRE A.G. (1947) - *Nuovi giacimenti tirreniani e paleolitici sulla costiera tra Sperloga e Gaeta*. Historia Naturalis, 2: 3-4.
- BRANCACCIO L. (1968) - *Genesi e caratteri delle forma costiere nella Penisola Sorrentina*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, 77: 247-274.
- BRANCACCIO L., CINQUE A., ROMANO P., ROSSKOPF C., RUSSO F., SANTANGELO N. & SANTO A. (1991) - *Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the Tyrrhenian flank of the southern Apennines (Region of Naples, Italy)*. Z. Geomorph., Suppl.-Bd 82: 47-58.
- CINQUE A. & PUTIGNANO M.L. (1992) - *Geomorphology of the continental shelf around the Sorrento Peninsula*. Giorn. Geol., 54: 115-125.
- CRESCENTI U. (1969) - *Biostratigrafia delle facies mesozoiche dell'Appennino centrale: correlazioni*. Geol. Romana, 7: 15
- DE RITA D., FUNICIELLO R. & SPOSATO A. (1988) - *Complessi vulcanici*. In: G. ACCORDI, F. CARBONE, G. CIVITELLI, L. CORDA, D. DE RITA, D. ESU, R. FUNICIELLO, T. KOTSAKIS, G. MARIOTTI & A. SPOSATO (Eds.). *Note illustrative della Carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo ed aree limitrofe*. C.N.R. Quad. de «La Ricerca Scientifica», 114: 197-223.
- HEARTY P.J., MILLER G.H., STEARNS C.E. & SZABO B.J. (1986) - *Aminostratigraphy of quaternary shorelines in the Mediterranean basin*. Bull. Geol. Soc. Am., 97: 850-858.
- MORALDO B., MINUTILLO F. & ROSSI W. (1990) - *Flora del Lazio meridionale*. Quaderni Acc. Naz. Lincei, 264: 219-292.
- OZER A., DEMOULIN A. & DAI PRA G. (1987) - *Les indices morphologiques témoins de la stabilité tectonique de la bordure littorale du Lazio méridional (Italie)*. Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd. 63: 103-117.
- ROMANO P. (1992) - *La distribuzione dei depositi marini pleistocenici lungo le coste della Campania. Stato delle conoscenze e prospettive di ricerca*. Studi Geologici Camerti, vol. spec., 265-269.
- SEGRE A.G. (1949) - *Tracce di morfologia subaerea sul fondo marino litoraneo del Lazio meridionale*. Historia Naturalis, 3: 1-3.
- SEGRE A.G. (1957) - *Prima relazione sul rilevamento geologico del F.171*. Boll. Serv. Geol. It., 78.
- SEWINK J., REMMELZWALL A. & SPARGEN O.C. (1984) - *The soils of southern Lazio and adjacent Campania*. Rapporto tecnico ENEA, 140 pp.
- SINNO R. (1963) - *Studio sulle terre rosse dell'Italia centrale e meridionale. La terra rossa di Gaeta*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, 72, 315-346.
- SIRNA M. & CESTARI R. (1989) - *Il Senoniano a rudiste (Hippuritacea) del settore sud-occidentale della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese (Appennino centrale)*. Boll. Soc. Geol. It., 108: 711-719.
- SOIL SURVEY STAFF (1975) - *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey*. U.S. Dept. Agric., Handbook n. 436: 745 pp.

Il geotopo fossilifero del Miocene inferiore di Baldissero Torinese, Italia NW

The early Miocene fossiliferous geotope of Baldissero Torinese, NW Italy

PAVIA G. (*)

RIASSUNTO - Il complesso della Collina di Torino, nel Piemonte centrale, è costituito da potenti successioni molassiche di età cenozoica. I fossili, comuni in tutta la successione, sono frequenti nella Formazione di Termô-Fôrâ di età Miocene inferiore (Burdigaliano). I suoi livelli sommitali («Strati di Val Sanfrà») affiorano nei pressi di Baldissero Torinese sul fianco sud-occidentale della anticlinale collinare; essi contengono una miriade di fossili di cnidari e di molluschi. Si evidenzia come la tutela della località di Val Sanfrà sia un preciso obbligo scientifico e culturale. Viene proposta la scheda riassuntiva per il geotopo di Val Sanfrà.

PAROLA-CHIAVE: Geotopi, Molluschi, Miocene inferiore, Piemonte, Italia.

ABSTRACT - The hills rising southwards of Torino, in central Piedmont County, are well known for the thick Cainozoic sequences of molassic-type rocks and for the fossiliferous content of some slope gravity-flow deposits. Fossils are highly frequent in the conglomeratic-arenaceous layers of the Termô-Fôrâ Formation, Lower Miocene (Burdigalian) in age. In the south-western slope of the Gassino anticline, the so-called "Strati di Val Sanfrà" of the top Termô-Fôrâ Fm. are exposed near Baldissero Torinese; they contain a myriad of cnidarian and mollusc specimens with fine neomorphic skeletal structures. The valorisation of the Val Sanfrà type-locality is a precise scientific and cultural obligation, if only out of respect for the past authors who described hundreds of mollusc species, many of them new and endemic. The site lies just close to the Superga Nature Park, so that its protection could be guaranteed by the Piedmont County conservation bureau. A diagnostic card for the geotope of Val Sanfrà is proposed.

KEY-WORDS: Geotopes, Mollusc, Lower Miocene, Piedmont Country, Italy.

1. - INTRODUZIONE

La Collina di Torino costituisce una struttura geologica particolare sia per il significato che essa assume nella dinamica crostale alpino-mediterranea, sia per gli aspetti geomorfologici con quote elevate rispetto alla pianura padana, sia ancora per la presenza di materiale lapideo un tempo usato nell'edilizia torinese, come il «Calcare di Gassino» della Basilica di Superga (CAMPANINO & RICCI, 1991). La maggiore notorietà, almeno in campo scientifico, deriva però dalle ricche associazioni di fossili di organismi marini del Cenozoico (Eocene-Miocene). Connessi agli aspetti geologici, la Collina di Torino presenta valenze botaniche, zoologiche e paesaggistiche di rilievo che hanno indotto la Regione Piemonte a definire la sommità dei colli torinesi come area di protezione naturalistica. È così sorto, nel 1992, il Parco Naturale di Superga; gli aspetti geologici hanno costituito oggetto di redazione per il piano naturalistico di parco, nel quale lo scrivente ha evidenziato l'importanza del record paleontologico dei sedimenti marini del Miocene.

Più in generale, da anni gli stratigrafi del Dipartimento di Scienze della Terra di Torino si occupano del Cenozoico torinese sia dal punto di vista sedimentologico e biostratigrafico, sia da quello più strettamente paleobiologico e sistematico. Un programma avviato recentemente dallo scrivente concerne lo studio di collezioni storiche e la rivisitazione di classiche località fossilifere della «Collina», come Valle Ceppi

(*) Dipartimento di Scienze della Terra - Via Accademia delle Scienze 5, - 10123 Torino

(Burdigaliano) e Monte dei Cappuccini (Langhiano). L'obiettivo è un inventario di località significative che possano essere sottoposte a tutela e valorizzazione (geotopi) per l'alto significato scientifico che rivestono.

La presente relazione vuole essere una proposta formale di selezionare l'area di Baldissero Torinese, specificatamente a Val Sanfrà, come geotopo a valenza paleontologica, in quanto località di riferimento nello studio delle associazioni a molluschi del Miocene inferiore piemontese.

2. – IL CENOZOICO DELLA COLLINA DI TORINO

2.1. – INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nella Collina di Torino affiorano complessi sedimentari ripiegati da anticlinali asimmetriche vergenti a NW (fig. 1). Tra queste particolare importanza assume la «Anticlinale di Gassinò», la cui inarcatura assiale determina il rilievo di Superga (670 m s.l.m.) e pone in affioramento i termini più antichi della successione sedimentaria (Calcare di Gassinò). A NE le strutture geologiche torinesi si complicano ed interferiscono con elementi strutturali del Monferrato.

In passato, geologi e paleontologi si sono occupati intensamente della Collina di Torino. Tra questi ricordiamo SISMONDA (1842), GASTALDI (1861), SOCIN (1950), ma soprattutto BELLARDI (1872-90) e SACCO (1890-1904) che ne descrissero le associazioni fossili con monografie che a tutt'oggi costituiscono la base di qualsiasi studio sui molluschi del Neogene mediterraneo. A SACCO (1889-90) si deve la prima trattazione organica sulla successione sedimentaria; il suo «Bacino Terziario» rappresenta una fonte inesauribile di notizie per la citazione di toponimi, talora caduti in disuso, in cui i diversi orizzonti geologici si presentano con caratteristiche paleontologiche e litologiche di rilievo.

Con la stampa dei Fogli 56 e 57 della Carta Geologica d'Italia (BONSIGNORE *et alii*, 1969) vengono assunte terminologie stratigrafiche definitive e nomi come «Calcare di Gassinò» e «Formazione di Termò-Fòrà» entrano definitivamente nella letteratura geologica. Studi recenti (PIANA & POLINO, 1994) interpretano la Collina di Torino e il Monferrato come elementi strutturali disgiunti, riferibili rispettivamente al dominio alpino e a quello appenninico. I settori torinese e monferrino risultano scomponibili in elementi strutturali che hanno avuto, soprattutto a partire dal Miocene inferiore, evoluzione distinta con successioni sedimentarie ed ambienti deposizionali differenziati.

2.2. – LA SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA

La Collina di Torino comprende formazioni datate dall'Eocene superiore al Miocene terminale (fig. 1). Tra queste, interessa in questa sede la Formazione di Termò-Fòrà che presenta spessori variabili, intorno al centinaio di metri, in funzione dello sviluppo dei corpi arenaceo-conglomeratici.

L'elemento litologico di base è rappresentato da peliti siltose e da marne in strati da sottili a medi e in intervalli da decimetrici a metrici. Esse derivano da decantazione di materiale fangoso portato in sospensione in settori di scarpata sottomarina. I fossili contenuti sono autoctoni e si riferiscono ad organismi planctonici (foraminiferi, radiolari, pteropodi), nectonici (cefalopodi) e bentonici con macroresti di molluschi ed echinoidi. Le caratteristiche autoecologiche delle forme bentoniche sono in accordo con l'ambiente di deposizione delle peliti, sito in zona batiale a profondità comprese tra -600 e -1000 m.

Alle peliti, talora in modo preponderante, si intercalano strati di arenarie più o meno conglomeratiche e conglomerati a matrice sabbioso-siltosa. I ciottoli conglomeratici sono in genere serpentinitici e possono raggiungere diametri submetrici. La geometria dei livelli detritici grossolani è lenticolare con strutture canalizzate a limiti inferiori erosivi. Questi litotipi sono riconducibili a depositi gravitativi, immessi da frane sottomarine in area di scarpata a costituire una sorta di delta-conoide con risedimentazione trasporto di materiale dalla piattaforma (CLARI *et alii*, 1994). Indicazioni in tal senso si ricavano anche dal record paleontologico. A diversi intervalli stratigrafici, si rinvencono infatti associazioni fossili con litotamni, orbitoididi, zoantari coloniali o individuali, balanidi e, soprattutto, molluschi con centinaia di specie confrontabili con le malacofaune attuali dei mari tropicali (Oceano Indiano). I gusci dei molluschi presentano una perfetta conservazione in calcite per ricristallizzazione neomorfica.

Il cliché tessiturale e deposizionale descritto per la Formazione di Termò-Fòrà è comune alle altre unità cenozoiche torinesi. Queste si differenziano per la diversa ricorrenza (talora assenza come nel caso delle Marne a Pteropodi Inferiori) delle intercalazioni detritiche grossolane, oltre che per la composizione dei clasti conglomeratici (POLINO *et alii*, 1991).

3. – LA FORMAZIONE DI TERMÒ-FÒRÀ A BALDISSERO TORINESE

3.1. – GENERALITÀ

Nel territorio del Comune di Baldissero Torinese sono esposti solo i termini superiori della Formazione di Termò-Fòrà. In particolare, si incontrano affiora-

menti di due intervalli stratigrafici. Il primo è costituito dalle caratteristiche alternanze di peliti e di arenarie conglomeratiche; esso è noto con il termine di «Strati di Val Sanfrà» ed è esposto lungo il Rio Baldissero, poco a monte dell'omonimo paese. Il secondo intervallo, a tetto dell'unità in esame, è rappresentato dal membro delle «Marne a Pteropodi Superiori», affiorante in località San Giuliano (tab. 1). Dal punto di

vista cronostratigrafico, gli «Strati di Val Sanfrà» sono attribuiti al Burdigaliano superiore (Miocene inferiore), mentre il limite con il Langhiano (Miocene medio) cade nel terzo superiore del membro marnoso a pteropodi (STURANI in BONSIGNORE *et alii*, 1969).

Stratigraficamente soprastanti all'unità precedente, incontriamo i termini inferiori della Formazione di Baldissero, a prevalente composizione siltosa con strati

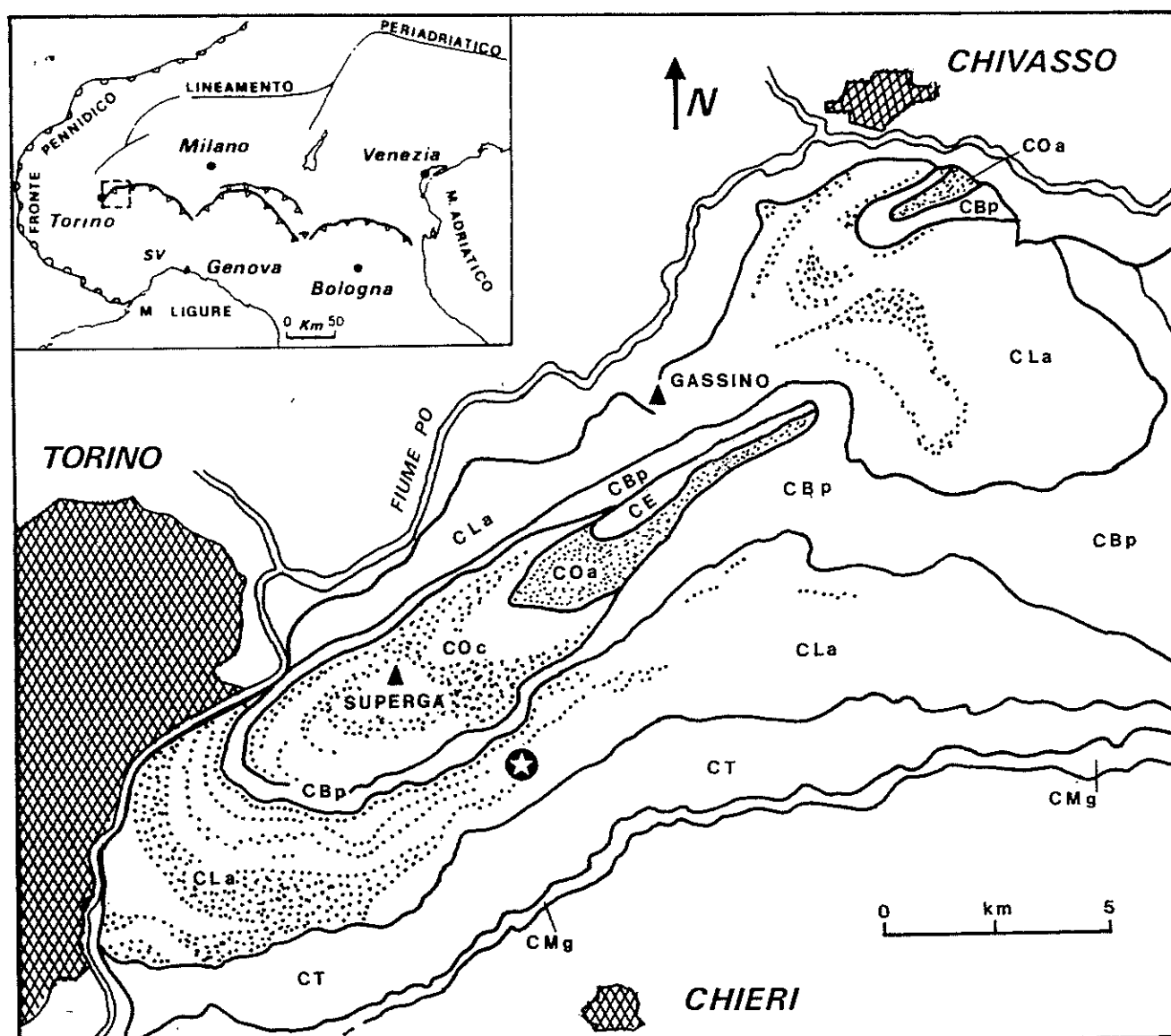


Fig. 1. – Schema geologico della Collina di Torino, modificato da POLINO *et alii* (1991).

CE: Marne e calciruditi della Formazione di Gassino [Eocene superiore]. COa: Arenarie e conglomerati della Formazione di Ranzano [Oligocene]. COc: Alternanze marnoso-arenaceo-conglomeratiche della Formazione di Superga [Oligocene superiore - Miocene inferiore]. CBp: Marne a Pteropodi Inferiori [Miocene inferiore]. CLa: Peliti, arenarie e conglomerati delle formazioni di Termô-Fôrâ e di Baldissero [Miocene inferiore e medio]. CT: Marne di Sant'Agata [Miocene superiore]. CMg: Formazione Gessoso-solfifera [Miocene superiore].

Il simbolo a stella ubica l'area di Baldissero Torinese.

– Geological sketch of the Torino Hills, modified from Polino *et alii* (1991).

CE: marly-calcareous Gassino Fm. (Late Eocene). COa: arenaceous-conglomeratic Ranzano Fm. (Oligocene). COc: marly-arenaceous-conglomeratic Superga Fm. (Late Oligocene to Early Miocene). CBp: calcareous Marne a Pteropodi Inferiori. (Early Miocene). CLa: marly-arenaceous-conglomeratic Termô-Fôrâ and Baldissero Fms. (Early to Middle Miocene). CT: Marne di Sant'Agata (Late Miocene). CMg: evaporitic Gessoso-solfifera Fm. (Late Miocene).

Star locates outcrops near Baldissero Torinese.

di sabbie serpentinosi. Il livello sito alla base dell'unità di Baldissero, noto con il nome di «Sabbie ad *Aturia*» di età langhiana, affiora al Pilone San Giuliano.

Baldissero è un toponimo ricorrente nelle monografie sui molluschi di BELLARDI (1872-90) e di SACCO (1890-1904). Nel trattato di SACCO (1889-90, p. 404) due sono le località fossilifere citate nei dintorni di Baldissero: le già ricordate Val Sanfrà e Pilone San Giuliano. Tuttavia, anche a seguito dell'inventario effettuato sulle centinaia di specie di molluschi miocenici della Collezione Bellardi e Sacco (FERRERO MORTARA *et alii*, 1981, 1984), si può affermare che la maggior parte dei fossili di molluschi citati per Baldissero provenga dalla località fossilifera di Val Sanfrà (BELLINI, 1905). Oltre ai molluschi, sono presenti associazioni a cnidari zoantari (CHEVALIER, 1961) con centinaia di esemplari ugualmente provenienti da questa località.

In conclusione, la località di Val Sanfrà riveste un significato scientifico rilevante come documento della alta diversità specifica delle malacofaune del Burdigaliano piemontese, e più in generale mediterraneo.

3.2. – LA LOCALITÀ FOSSILIFERA DI VAL SANFRÀ

Stuoli di paleontologi e collezionisti hanno nel tempo campionato i livelli arenaceo-conglomeratici affioranti in sponda destra del Rio Baldissero (famosa la Collezione Cantamessa del secolo scorso). Attualmente la località fossilifera di Val Sanfrà è inagibile a causa della copertura di colluvium e di detrito abbandonato dai raccoglitori. Un facile intervento di ripulitura permetterebbe tuttavia di mettere a giorno gli strati fossiliferi e di ripristinare gli affioramenti in modo da evidenziare la ricchezza di tale giacimento fossilifero.

Val Sanfrà è il nome dialettale della parte alta della valle del Rio Baldissero. Il sito presenta coordinate topografiche 32TMQ067919 (F° 56, II S.O., Tav. Chieri) a quota 395 m. Vi si accede poco oltre il bivio per Cascina Prinetti, percorrendo una carrareccia che costeggia il rio (tab. 1).

Nell'affioramento di Val Sanfrà, dal basso verso l'alto, la successione litostratigrafica è la seguente:

- 1) Marne verdognole compatte con fossili decalcificati: 5 m.
- 2) Sabbie serpentinosi molto fossilifere, con ciottoli sparsi e lenticelle conglomeratiche; limite inferiore erosivo: 3 m.
- 3) Marne grigio-verdognole con lenticelle di sabbie serpentinosi: 4 m.
- 4) Conglomerati cementati a matrice arenacea con voluminosi ciottoli serpentinitici, passanti lateralmente

a sabbie grossolane con impregnazioni limonitiche; geometria canalizzata (tab. 1); è lo strato a maggiore concentrazione di fossili: 1,3 m.

5) Sabbie serpentinosi medio-grossolane con concentrazioni di *Operculina*: 9 m.

6) Strato conglomeratico fossilifero a ciottoli serpentinitici: 1 m.

7) Sabbie medio-grossolane: 1,5 m.

I fossili della Collezione Cantamessa sono stati studiati da PORTA (1973) che ha determinato 214 molluschi provenienti da un livello conglomeratico che potrebbe essere lo stesso ora presente a metà affioramento. Tra questi, le specie più frequenti sono:


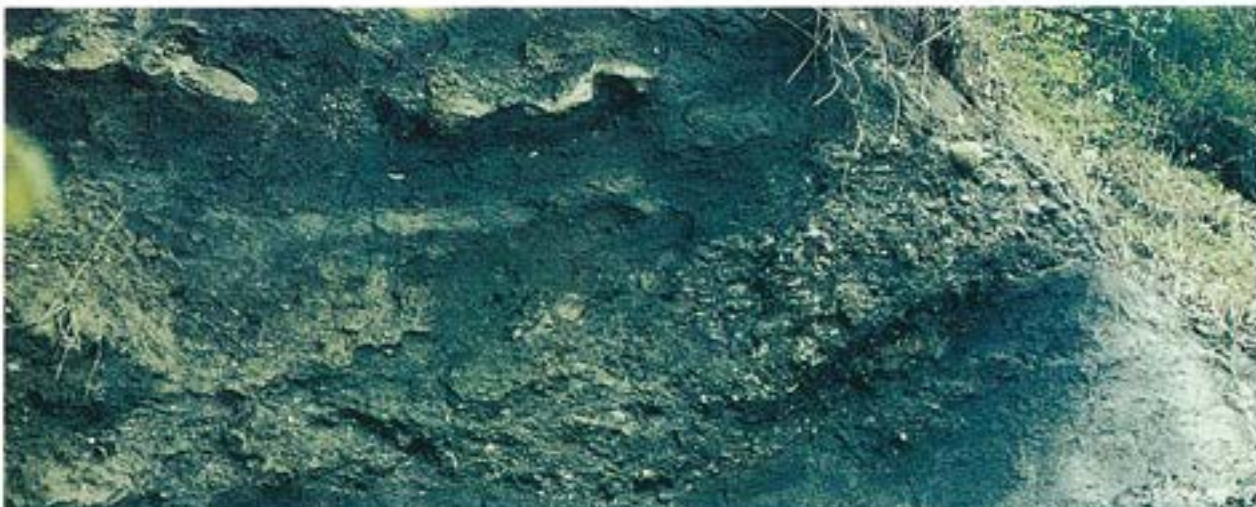
Dentalium badense
Dentalium tauroperstriatum
Glycymeris bimaculata
Glycymeris insubrica
Pycnodonte cochlear
Exogyra miotaurinensis
Anomia ephippium
Callista erycina
Diloma amedei
Astraea carinata
Protoma cathedralis
Turritella turris
Cerithium taurinum
Aporrhais meridionalis
Mandolina rhomboidalis
Zonaria marginatissima
Globularia compressa
Policines submamillaris
Hipponix sulcatus
Ranella marginata
Babilonia eburnoides
Nassarius sublaevigatus
Baryspira glandiformis
Oliva cylindracea
Oliva dufresnoi
Conus antiquus
Conus belus
Conus clavatus
Conus ponderosus
Terebra subtessellata

In tempi più recenti, NOVELLI & GAMBARINO (1984) hanno descritto, da Val Sanfrà, il neotipo di *Aspella sanfræ*, gasteropode a suo tempo già individuato da BELLARDI (*op. cit.*) seppure sotto diverso nome.

Dal punto di vista biocronologico sulla base delle associazioni a foraminiferi planctonici, la parte sommitale della Formazione di Termô-Fôrà è riferita al

Tab. 1. – Scheda riassuntiva del geotopo di Baldissero Torinese, nella località di Val Sanfrà.

– Diagnostic card for the geotope of Baldissero Torinese at Val Sanfrà.

| GEOTOPI ITALIANI | | codice | 1996 | F1 | N |
|---|--|---|------|----|---|
| [titolo] ASSOCIAZIONI PALEONTOLOGICHE DEL MIOCENE INFERIORE DI BALDISSERO TORINESE | | | | | |
| [interesse specifico] Fossili degli "Strati di Val Sanfrà", livello-tipo di molluschi descritti da Bellardi e Sacco (1872-1904). | | | | | |
| [tutela] Obiettivi: documentazione scientifica; protezione da scavi abusivi; visite guidate. | | | | | |
| [ubicazione] Regione: Piemonte. Provincia: Torino. Comune: Baldissero Torinese. Località: Val Sanfrà, toponimo in disuso. | | Ubicazione della località fossilifera di Val Sanfrà | | | |
| [annessione a parco esistente] Nome: Parco Naturale di Superga. Ente: Regione Piemonte Valenza: botanica, geologica, zoologica. Rapporto: esterno, adiacente. | |  | | | |
| [stato di protezione e gestione attuali] Salvaguardia: nessuna. Proprietà: privata. | | | | | |
| [base topografica, coordinate geografiche, altitudine] Cartografia: F° 56 "Torino", Tav. II S.O. "Chieri". Val Sanfrà: 32TMQ067919, 395 m s.l.m. | | | | | |
| [litostratigrafia] Unità: Formazione di Termô-Fôrâ. Subunità: Strati di Val Sanfrà, parte alta della Formazione di Termô-Fôrâ. Spessore: 30 m di sezione affiorante lungo il Rio Baldissero. | | | | | |
| [cronostratigrafia] Eratema: Cenozoico. Sistema: Neogene. Età assol.: 15 Ma. Serie: Miocene. Piano: Burdigaliano. | | | | | |
| Arenarie conglomeratiche in sponda destra del Rio Baldissero | | | | | |
|  | | | | | |

Segue:

RETRO

[motivi di interesse]

Ricca associazione fossilifera a prevalenti cnidari e molluschi con strutture scheletrali perfettamente conservate. Livello-tipo di decine di specie di molluschi, soprattutto gasteropodi tra cui il neotipo di *Aspella sanfræ* Novelli & Gambarino, 1984.

Gli "Strati di Val Sanfrà" erano un tempo studiabili in numerose località del fianco meridionale della Collina di Torino, ma sono attualmente esposti in pochi punti. La continuità degli affioramenti lungo il Rio Baldissero permette di studiare la parte sommitale della Formazione di Termô-Fôrâ, che rappresenta uno dei termini stratigrafici in affioramento sporadico nel Parco Naturale di Superga.

L'interesse specifico dei livelli affioranti a Val Sanfrà risiede inoltre nella unicità del record paleobiologico, a scala italiana se non mediterranea; le loro associazioni fossilifere documentano in modo particolarmente dettagliato la biodiversità dei popolamenti marini del Miocene inferiore.

[litostratigrafia]

Alternanza di peliti grigio-scuri a stratificazione piano-parallela e di arenarie conglomeratiche a ciottoli serpentinitici in strati lenticolari con limiti erosivi e strutture canalizzate. Le prime presentano associazioni di fossili autoctoni di organismi sia bentonici sia pelagici (foraminiferi, pteropodi, cefalopodi). I livelli grossolani contengono fossili alloctoni, risedimentati per trasporto gravitativo da fondali di piattaforma. La deposizione di tale successione terrigena di scarpata-conoide sottomarina viene ricondotta ad un ambiente batiale con profondità superiori a -500 metri.

[inquadramento strutturale]

Le successioni sedimentarie della Collina di Torino rappresentano il prolungamento verso nord del Bacino Terziario Piemontese, attivo dall'Eocene al Miocene e di pertinenza alpina. Gli affioramenti di Baldissero Torinese si ubicano sul fianco sud-occidentale della "Anticlinale di Gassino", struttura collegata a deformazione compressiva post-miocenica con vergenza NW.

[cronologia]

Dal punto di vista cronostratigrafico, la successione di Val Sanfrà è riferita al Burdigaliano superiore. Su basi biocronologiche, i livelli fossiliferi sono inquadrati nella metà superiore della biozona a foraminiferi planctonici N7, zona a *G. trilobus* s.l., sottozona a *G. bisphaericus*.

[bibliografia essenziale]

- Bellardi L. (1872-1890) - *I molluschi dei terreni terziari del Piemonte e della Liguria*. Voll. 1-6. Mem. R. Acc. Sc. Torino
- Bicchi E. et alii (1994) - *Biostratigrafia della successione oligo-miocenica della Collina di Torino e del Monferrato*. Atti. Tic. Sc. Terra, 1: 215-225, Pavia.
- Bonsignore G. et alii (1969) - *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia. Fogli 56 e 57, Torino e Vercelli*. 96 pp., Serv. Geol. Italia.
- Sacco F. (1889-1890) - *Il Bacino Terziario e Quaternario del Piemonte*. 634 pp., Tip. Bernasconi, Torino.
- Sacco F. (1890-1904) - *I molluschi dei terreni terziari del Piemonte e della Liguria*. Voll. 6-30. C. Clausen, Torino.

[proponente, anno]

Giulio Pavia, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino. 1996.

[redattore dell'allegato scientifico, anno]

Giulio Pavia, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino. 1996.

[rischi per la conservazione]

Attività antropica - Nessuna, se non sporadico taglio a ceduo.

Vulnerabilità - Possibili smottamenti e conseguente copertura colluviale degli affioramenti. Un tempo, frequenti scavi da parte di collezionisti di fossili; attività ora abbandonata per il pessimo stato degli affioramenti; prevedibile ripresa dopo il ripristino del sito fossilifero.

[proposte per la tutela e la gestione]

Messa a giorno dei livelli fossiliferi con rimozione dei detriti di copertura. Evidenziazione dei punti a maggiore concentrazione paleontologica. Palinatura e recinzione del tratto in pendenza a partire dal rio. Creazione di un sentiero scalinato di accesso. Rimborso in solido al proprietario del terreno e sua nomina a controllore del sito.

Burdigaliano superiore, parte alta della biozona a *G. trilobus* s.l., sottozona a *G. bisphaericus* (BICCHI *et alii*, 1994). Per inquadramento, i livelli fossiliferi di Val Sanfrà assumono lo stesso significato biostratigrafico.

L'unità informale «Strati di Val Sanfrà» costituisce una fascia estesa alcuni chilometri verso sud-ovest. Con le stesse caratteristiche tessiturali e strutturali e con analogo contenuto paleontologico, il livello fossilifero affiora nell'adiacente Val Vergnana, a monte del ponte sulla comunale per Pino Torinese, e alla borgata Tetti Civera di Valle Ceppi (fig. 2). La documentazione derivante da questi altri due siti integra i dati di Val Sanfrà e merita quindi particolare attenzione nella proposta di salvaguardia dei siti paleontologici del Miocene torinese.

4. – LA SCHEDA DI GEOTOPO

La classificazione di una località di interesse geologico come geotopo comporta la redazione di due documenti. Il primo, fondamentale in fase di censimento, è l'*allegato descrittivo* in cui vengono evidenziati il valore scientifico del sito e i parametri di «rarietà, valore storico, caratteristiche di rappresentatività, importanza a scala internazionale, nazionale, ecc.» (ZARLENGA, 1996). Il secondo documento è la *scheda riassuntiva* che, sintetizzando i dati, permette di definire il geotopo e di catalogarlo in un inventario nazionale con specifiche geografiche, geocronologiche, genetiche, di fruibilità.

Gli esempi di «scheda riassuntiva» per geotopi italiani sono al momento assai scarsi. Il più recente è stato adottato da CASTO & ZARLENGA (1966) per località del distretto vulcanico di Albano; tale scheda appare eccessivamente semplificata in quanto non riporta elementi conoscitivi importanti, quali le categorie lito- e cronostatigrafiche, l'inquadramento strutturale, ecc.. Per altro il «Progetto Biotopi», da tempo avviato a livello CEE e attualmente gestito dagli assessorati Ambiente regionali, prevede sistemi classificativi e parametri tipologici di estremo dettaglio, che poco si adattano alle fenomenologie geologiche. Tali motivi hanno portato a proporre la scheda riassuntiva qui allegata (tab. 1) che sintetizza i parametri significativi per il geotopo fossilifero di Baldissero Torinese.

La tabella è limitata alla sola località di Val Sanfrà. Tuttavia, data la continuità laterale degli «Strati di Val Sanfrà», si può prevedere che la proposta venga allargata alle adiacenti Val Vergnana e Valle Ceppi. D'altra parte, livelli fossiliferi analoghi sono presenti al Rio Civera ed è quindi plausibile l'estensione della proposta alla parte media della Formazione di Termô-Fôrâ.

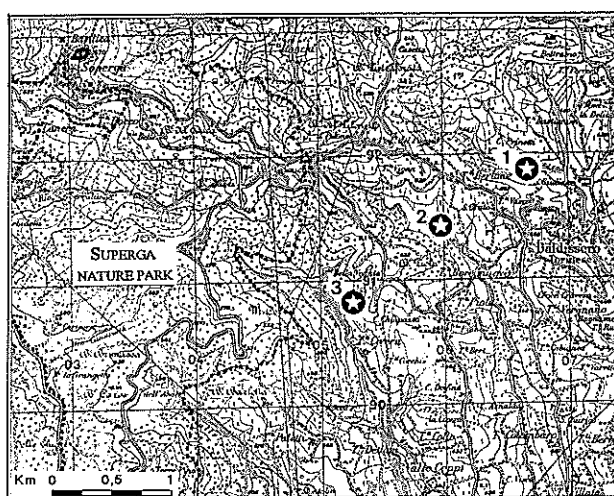


Fig. 2. – Ubicazione delle località burdigaliane di Val Sanfrà (1) e di Val Vergnana (2). Il sito di Valle Ceppi (3) si riferisce a livelli fossiliferi della parte media della Formazione di Termô-Fôrâ. La linea puntinata delimita il Parco Naturale di Superga.

– Locations of the Burdigalian sites of Val Sanfrà (1) and Valle Vergnana (2). The Valle Ceppi site (3) refers to fossiliferous layers of the middle Termô-Fôrâ Formation. Dotted line marks the boundary of the Superga Nature Park.

La scheda riassuntiva del geotopo di Baldissero Torinese (tab. 1) prevede in testata alcune codifiche di carattere generale: un numero di inventario nazionale/regionale; l'anno di classificazione del sito tra i geotopi italiani; una sigla per la singolarità geologica (F1: depositi fossiliferi di invertebrati); una sigla con significato geocronologico (N: Neogene).

Ringraziamenti

Con i dr. G. DELLA BEFFA e P. TERZUOLO, dell'Istituto Piante da Legno e Ambiente di Torino, ho lavorato per la stesura del Piano Naturalistico relativo al Parco Naturale di Superga. A loro va il mio più sentito ringraziamento per l'amichevole collaborazione.

BIBLIOGRAFIA

- BELLARDI L. (1872-1890) - *I Molluschi terziari del Piemonte e della Liguria. Vol. 1-6.* Mem. R. Acc. Sc., Torino.
- BELLINI R. (1905) - *Le varie facies del Miocene medio nella Collina di Torino.* Boll. Soc. Geol. It., 24: 607-653, Roma.
- BICCHI E., FERRERO E., NOVARETTI A., PIRINI C. & VALLERI G. (1994) - *Biostratigrafia della successione oligo-miocenica della Collina di Torino e del Monferrato.* Atti. Tic. Sc. Terra, ser. spec. 1: 215-225, Pavia.
- BONSIGNORE G., BORTOLAMI G., ELTER G., MONTRASIO A., PETRUCCI F., RAGNI U., SACCHI R., STURANI C. & ZANELLA E. (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Fogli 56 e 57, Torino-Vercelli.* 96 pp., Serv. Geol. Italia, Roma.

- CAMPANINO F. & RICCI B. (1991) - *Il Calcare di Gassino. Retrospectiva bibliografica e problemi aperti*. Boll. Museo Reg. Sc. Nat., suppl. 9: 57-81, Torino.
- CASTO L. & ZARLENGA F. (1996) - *I beni culturali a carattere geologico del Lazio: il distretto vulcanico di Albano*. 143 pp., Tip. La Piramide, Roma.
- CHEVALIER J.P. (1961) - *Recherches sur les Madréporaires et les formations récifales miocènes de la Méditerranée occidentale*. Mém. Soc. Géol. France, 93: 562 pp., Paris.
- CLARI P.A., DELA PIERRE F., NOVARETTI A. & TIMPANELLI M. (1994) - *La successione oligo-miocenica del Monferrato occidentale: confronti e relazioni con il Monferrato orientale e la Collina di Torino*. Atti Tic. Sc. Terra, ser. spec. 1: 191-203, Pavia.
- FERRERO MORTARA E., MONTEFAMEGLIO L., PAVIA G. & TAMPIERI R. (1982) - *Catalogo dei tipi e degli esemplari figurati della collezione Bellardi e Sacco. Parte I*. Catal. Museo Reg. Scienze Nat., 6: 327 pp., Torino.
- FERRERO MORTARA E., MONTEFAMEGLIO L., NOVELLI M., OPESSO G., PAVIA G. & TAMPIERI R. (1984) - *Catalogo dei tipi e degli esemplari figurati della collezione Bellardi e Sacco. Parte II*. Catal. Museo Reg. Scienze Nat., 7: 485 pp., Torino.
- GASTALDI B. (1861) - *Frammenti di geologia del Piemonte. Sgugli elementi che compongono i conglomerati miocenici del Piemonte*. Mem. R. Acc. Sc., 20: 295-342, Torino.
- NOVELLI M. & GAMBARINO E. (1984) - *Il genere Aspella MÖRCH, 1877 nel Pliocene norditaliano*. Boll. Museo Reg. Sc. Naturali, 2: 383-396, Torino.
- PIANA F. & POLINO R. (1994) - *La zona transpressiva di Rio Freddo e l'evoluzione convergente della Collina di Torino e del Monferrato durante il Terziario*. Atti Tic. Sc. Terra, ser. spec. 1: 167-180, Pavia.
- POLINO R., RUFFINI R. & RICCI B. (1991) - *Le molasse terziarie della Collina di Torino: relazioni con la cinematica alpina*. Atti Tic. Sc. Terra, 34: 85-95, Pavia.
- PORTA A. (1973) - *Molluschi burdigaliani di Val Sanfrà*. Tesi Univ. Torino, inedita.
- SACCO F. (1889-90) - *Il Bacino Terziario e Quaternario del Piemonte*. 568 pp., Milano.
- SACCO F. (1890-1904) - *I Molluschi terziari del Piemonte e della Liguria*. Vol. 6-30. C. Clausen, Torino.
- SISMONDA A. (1842) - *Osservazioni geologiche sui terreni delle formazioni terziaria e cretacea in Piemonte*. Mem. R. Acc. Sc., 5: 419-471, Torino.
- SOCIN C. (1950) - *La collina torinese e i suoi problemi geologici*. Boll. Soc. Geol. It., 69: 19-25, Roma.
- ZARLENGA F. (1996) - *I geotopi, dalla ricerca scientifica alla pianificazione, controllo e gestione*. Geol. Ambiente, 4/2: 3-6, Roma.

SCHEDA RIASSUNTIVA

GEOTOPI ITALIANI codice 1996 F1N [titolo]
ASSOCIAZIONI PALEONTOLOGICHE DEL
MIOCENE INFERIORE DI BALDISSERO TORI-
NESE [interesse specifico] Fossili degli «Strati di Val Sanfrà», livello-tipo di molluschi descritti da Bellardi e Sacco (1872-1904). [tutela] Obiettivi: documentazione

scientifica; protezione da scavi abusivi; visite guidate. [ubicazione] Ubicazione della località fossilifera di Val Sanfrà Regione: Piemonte. Provincia: Torino. Comune: Baldissero Torinese. Località: Val Sanfrà, toponimo in disuso. [annessione a parco esistente] Nome: Parco Naturale di Superga. Ente: Regione Piemonte Valenza: botanica, geologica, zoologica. Rapporto: esterno, adiacente. [stato di protezione e gestione attuali] Salvaguardia: nessuna. Proprietà: privata. [base topografica, coordinate geografiche, altitudine] Cartografia: F° 56 «Torino», Tav. II S.O. «Chieri». Val Sanfrà: 32TMQ067919, 395 m s.l.m. [litostratigrafia] Unità: Formazione di Termô-Fôrâ. Subunità: Strati di Val Sanfrà, parte alta della Formazione di Termô-Fôrâ. Spessore: 30 m di sezione affiorante lungo il Rio Baldissero [cronostratigrafia] Eratema: Cenozoico Sistema: Neogene. Età assol.: 15 Ma Serie: Miocene Piano: Burdigaliano. Arenarie conglomeratiche in sponda destra del Rio Baldissero RETRO [motivi di interesse] Ricca associazione fossilifera a prevalenti cnidari e molluschi con strutture scheletrali perfettamente conservate. Livello-tipo di decine di specie di molluschi, soprattutto gasteropodi tra cui il neotipo di *Aspella sanfræ* Novelli & Gambarino, 1984. Gli «Strati di Val Sanfrà» erano un tempo studiabili in numerose località del fianco meridionale della Collina di Torino, ma sono attualmente esposti in pochi punti. La continuità degli affioramenti lungo il Rio Baldissero permette di studiare la parte sommitale della Formazione di Termô-Fôrâ, che rappresenta uno dei termini stratigrafici in affioramento sporadico nel Parco Naturale di Superga. L'interesse specifico dei livelli affioranti a Val Sanfrà risiede inoltre nella unicità del record paleo-biologico, a scala italiana se non mediterranea; le loro associazioni fossilifere documentano in modo particolarmente dettagliato la biodiversità dei popolamenti marini del Miocene inferiore [litostratigrafia] Alter-nanza di peliti grigiocure a stratificazione piano-parallela e di arenarie conglomeratiche a ciottoli serpentinitici in strati lenticolari con limiti erosivi e strutture canalizzate. Le prime presentano associazioni di fossili autoctoni di organismi sia bentonici sia pelagici (foraminiferi, pteropodi, cefalopodi). I livelli grossolani contengono fossili alloctoni, risedimentati per trasporto gravitativo da fondali di piattaforma. La deposizione di tale successione terrigena di scarpata-conoide sottomarina viene ricondotta ad un ambiente batiale con profondità superiori a -500 metri. [inquadramento strutturale] Le successioni sedimentarie della Collina di Torino rappresentano il prolungamento verso nord del Bacino Terziario Piemontese, attivo dall'Eocene al

Miocene e di pertinenza alpina. Gli affioramenti di Baldissero Torinese si ubicano sul fianco sud-occidentale della «Anticlinale di Gassin», struttura collegata a deformazione compressiva post-miocenica con vergenza NW. [cronologia] Dal punto di vista cronostratigrafico, la successione di Val Sanfrà è riferita al Burdigaliano superiore. Su basi biocronologiche, i livelli fossiliferi sono inquadrati nella metà superiore della biozona a foraminiferi planctonici N7, zona a *G. trilobus* s.l., sottozona a *G. bisphaericus*. [bibliografia essenziale] Bellardi L. (1872-1890) - *I molluschi dei terreni terziari del Piemonte e della Liguria. Voll. 1-6*. Mem. R. Acc. Sc. Torino. Bicchì E. et alii (1994) - *Biostratigrafia della successione oligo-miocenica della Collina di Torino e del Monferrato*. Atti. Tic. Sc. Terra, 1: 215-225, Pavia. Bonsignore G. et alii (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Fogli 56 e 57, Torino e Vercelli*. 96 pp., Serv. Geol. Italia. Sacco F. (1889-1890) - *Il Bacino Terziario e Quaternario del Piemonte*. 634 pp., Tip. Bernasconi, Torino. Sacco F. (1890-1904) - *I molluschi*

dei terreni terziari del Piemonte e della Liguria. Voll. 6-30. C. Clausen, Torino. [proponente, anno] Giulio Pavia, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino. 1996. [redattore dell'allegato scientifico, anno] Giulio Pavia, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino. 1996 [rischi per la conservazione] Attività antropica - Nessuna, se non sporadico taglio a ceduo. Vulnerabilità - Possibili smottamenti e conseguente copertura colluviale degli affioramenti. Un tempo, frequenti scavi da parte di collezionisti di fossili; attività ora abbandonata per il pessimo stato degli affioramenti; prevedibile ripresa dopo il ripristino del sito fossilifero. [proposte per la tutela e la gestione] Messa a giorno dei livelli fossiliferi con rimozione dei detriti di copertura. Evidenziazione dei punti a maggiore concentrazione paleontologica. Palinatura e recinzione del tratto in pendenza a partire dal rio. Creazione di un sentiero scalinato di accesso. Rimborso in solido al proprietario del terreno e sua nomina a controllore del sito.

Quarrying activities and geosites of the Apuan Alps (north-western Tuscany, Italy): coexistence possibilities and protection criteria

Attività estrattiva e geotopi delle Alpi Apuane (Toscana nord-occidentale, Italia): possibilità di coesistenza e criteri di salvaguardia

D'AMATO AVANZI G. & VERANI M. (*)

ABSTRACT - The Apuan Alps are a mainly calcareous-metamorphic range of Northern Tuscany that attains the height of ca. 2.000 m above sea level; they imposingly rise on the coastal plain of Versilia, along the Ligurian-Tirrenian Sea.

On account of some peculiarities, the whole range, where a Regional Park was established in 1985, may be regarded as a geological heritage, or geosite, of particular environmental value; we refer, for example, to its "alpine" type morphology, characterized by sharp peaks, steep slopes and deeply cut valleys, that make the Apuan Alps very different from the adjacent main chain of the Apennines. Also relevant - and of still greater ambient importance - is the landscape which in a short distance grades from the sharp white marble peaks to the coastal plain.

There are also specific geosites, related to particular geological, geomorphological or environmental aspects. Among them, the following must be mentioned: surface and underground Karst features (Antro del Corchia is among the widest cave systems in Europe), such erosive phenomena, as pot-holes and ancient glacial evidences, mainly cirques and moraines.

By contrast, a marble quarrying activity is in operation in the Apuan Alps since more than twenty centuries; it often interfered with some of the geosites. This interference resulted either in a mere destruction of the geosites, or in an important landscape modification due to the quarry excavation itself and the accumulation of marble fragments resulting from quarrying (quarry dumps, locally called "*ravaneti* "). Moreover, the pollution of water supplies contributes to the alteration of the natural conditions.

With regard to *ravaneti*, their role is particularly complex; while changing the physical reality, in particular cases their intimate connection with the landscape raises *ravaneti* to the rank of geosites. So they, or at least the most important of them, become elements to be defended from their re-utili-

zation, through excavation of inert materials, a possibility continually proposed today.

Since the present legislation does not guarantee an effective environmental protection, safeguard criteria must be sought for and established, which may permit the coexistence of a productive industry, like the quarrying activity, with the safeguard of geosites. The imminent drafting of the "Park Plan", which should specify the areas to be used as a "total reservation", appears to be the operational moment.

This phase of territorial planning will start with a census of existing geosites to be followed by the sanctioning of a set of obligations, aiming to the protection of the ascertained geosites.

In fact, only a global safeguard policy will contribute to the preservation of "landscape" and "environment" resources, so much vital for the Apuan area as the certainly important marble industry.

KEY WORDS: Quarry, Marble, Geosite, Apuan Alps, Tuscany, Italy.

RIASSUNTO - Le Alpi Apuane sono una catena montuosa, essenzialmente calcareo-metamorfica, della Toscana Settentrionale, con quote prossime ai 2.000 m; esse sorgono imponenti sulla pianura costiera della Versilia, lungo il Mare Ligure - Tirrenico.

In queste montagne, in cui nel 1985 è stato istituito un Parco Regionale, sono presenti molti beni ambientali a carattere geologico, che in alcuni casi si riferiscono all'intero massiccio, come per esempio la morfologia di tipo «alpino», con cime aguzze, versanti scoscesi e valli profondamente incise, che le differenziano nettamente dall'adiacente catena principale appenninica. Parimenti rilevante - e di ancora più ampio respiro ambientale - è il contesto paesaggistico, che collega in breve spazio il mare della Versilia con le aspre vette biancheggianti di marmo.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa - Via S. Maria, 53 - 56126 Pisa - Italy

In altri casi invece si osservano geotopi più specifici, riferibili a qualche particolare aspetto geologico, geomorfologico o ambientale. Fra questi vanno certamente ricordate le forme carsiche epigee ed ipogee (famoso fra tutte l'Antro del Corchia, uno dei complessi carsici sotterranei più vasto d'Europa), particolari forme di erosione, come le marmitte dei giganti, e le testimonianze di passate glaciazioni, come circhi e morene.

Le Alpi Apuane sono però anche sede da oltre venti secoli dell'attività estrattiva del marmo, che spesso si è trovata a interferire con alcuni dei geotopi citati: questa interferenza si è materializzata o attraverso la pura e semplice distruzione di alcuni geotopi o attraverso rilevanti modificazioni paesaggistiche, dovute all'escavazione o all'accumulo di frammenti di roccia (i cosiddetti «ravaneti»); anche l'inquinamento delle acque superficiali e sotterranee connesso con l'attività di cava può considerarsi un'alterazione dello stato naturale.

Riguardo ai ravaneti, il loro ruolo è particolarmente complesso in quanto, se in alcuni casi mascherano la realtà fisica sottostante, in altri casi la loro intima connessione con il paesaggio li eleva al rango di geotopi e ne fa quindi elementi da proteggere - almeno i più significativi - dalle ipotesi di riutilizzo che sempre più insistentemente si sentono proporre.

Poiché le normative in vigore non garantiscono un'efficace protezione ambientale, si devono individuare ed applicare criteri di salvaguardia che consentano la coesistenza di un'attività produttiva come quella di cava con la salvaguardia dei geotopi. Il momento operativo per programmare questa coesistenza tra estrazione del marmo e ambiente nelle Alpi Apuane potrà essere l'imminente stesura del «Piano per il Parco» con l'individuazione delle aree da adibire a «riserve integrali».

Questa fase di pianificazione territoriale dovrà articolarsi attraverso un censimento dei geotopi esistenti, sia naturali che antropici, cui dovrà seguire l'attuazione di una serie di vincoli, esplicitamente riferiti alla tutela dei beni ambientali individuati. Solo una politica globale di salvaguardia potrà infatti contribuire alla conservazione delle risorse «paesaggio» e «ambiente», altrettanto vitali per il comprensorio apuano della pur importante industria lapidea.

PAROLE CHIAVE: Cava, Marmo, Geotopo, Alpi Apuane, Toscana, Italia.

1. - INTRODUCTION

The Apuan Alps are a mountain range basically formed by calcareous-metamorphic rock. The chain has roughly the shape of an ellipse, it is NW-SE oriented and its boundaries can easily be marked as follows (fig. 1): the Serchio River on the N-E and S-E sides, the Magra River on the N-W side, the torrent Aulella in the North and the coastal plain between the mouths of the Magra and Serchio Rivers.

The peculiar features of the Apuan landscape are not present throughout the geographic area of the massif, but are only limited to its central part, where the metamorphic rock crops out.

In this mountain range geological heritage is largely represented: in some cases it regards the whole of the metamorphic massif, while in others it concerns geologic, geomorphologic and hydrogeologic features, or even phenomena connected to marble quarrying; they make the Apuan Alps an important environmental area by national and international standards.

This necessarily brief paper is a tentative cultural approach to such topics: it aims at defining the blueprints for the protection of the Apuan geosites against the presence of man and the quarrying activity in particular, which has been in operation for more than 2,000 years, without any particular environmental restraint.

2. - GEOLOGIC FRAME

Having in mind the particular purpose of the present paper, the authors do not deem it necessary to illustrate in detail the complex geologic situation of the Apuan Alps (see, in particular ZACCAGNA, 1932; SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1968, 1969, 1970, 1971; TREVISAN, 1979; CARMIGNANI & GIGLIA, 1983; CARMIGNANI Ed. 1985; COLI & PANDELI, 1992).

The Apuan region is a key area in the geologic structure of the Northern Apennine, as it comprises many of the Units forming the tectonic framework of it: the Metamorphic Units, the Tuscan Nappe, the Ligurian Units and the Neogenic sequences. Moreover, the Apuan Alps represent the widest outcrop of metamorphic rocks of the Northern Apennine, constituting its structurally deepest units. This metamorphic complex is characterised by a syn-tectonic polyphasic low grade metamorphism, and it is divided into two main tectonic units: the Massa Unit and the Apuan Metamorphic Core.

The Massa Unit outcrops only in the western part of the Apuan Alps, while the Apuan Metamorphic Core ("Autochthonous" Auctt.) is the most frequent and typical unit of the massif, in terms of landscape too. It comprises a succession of mostly sedimentary rocks, deeply modified by metamorphism, belonging to an age between Paleozoic and Oligocene. The Paleozoic part is mainly formed by phyllite-schistose and metavolcanic rocks; they are overimposed by a dolomitic formation of rock of the Upper Trias (called *Grezzoni*); there follow more typical marbles, belonging to the Jurassic, to which distinctive polychrome breccias are associated; a deeper sea succession follows, mainly represented by limestone (selciphre marbles), radiolarites, lightly clayey limestones green-veined because of the chlorite (*Cipollini* marbles) and

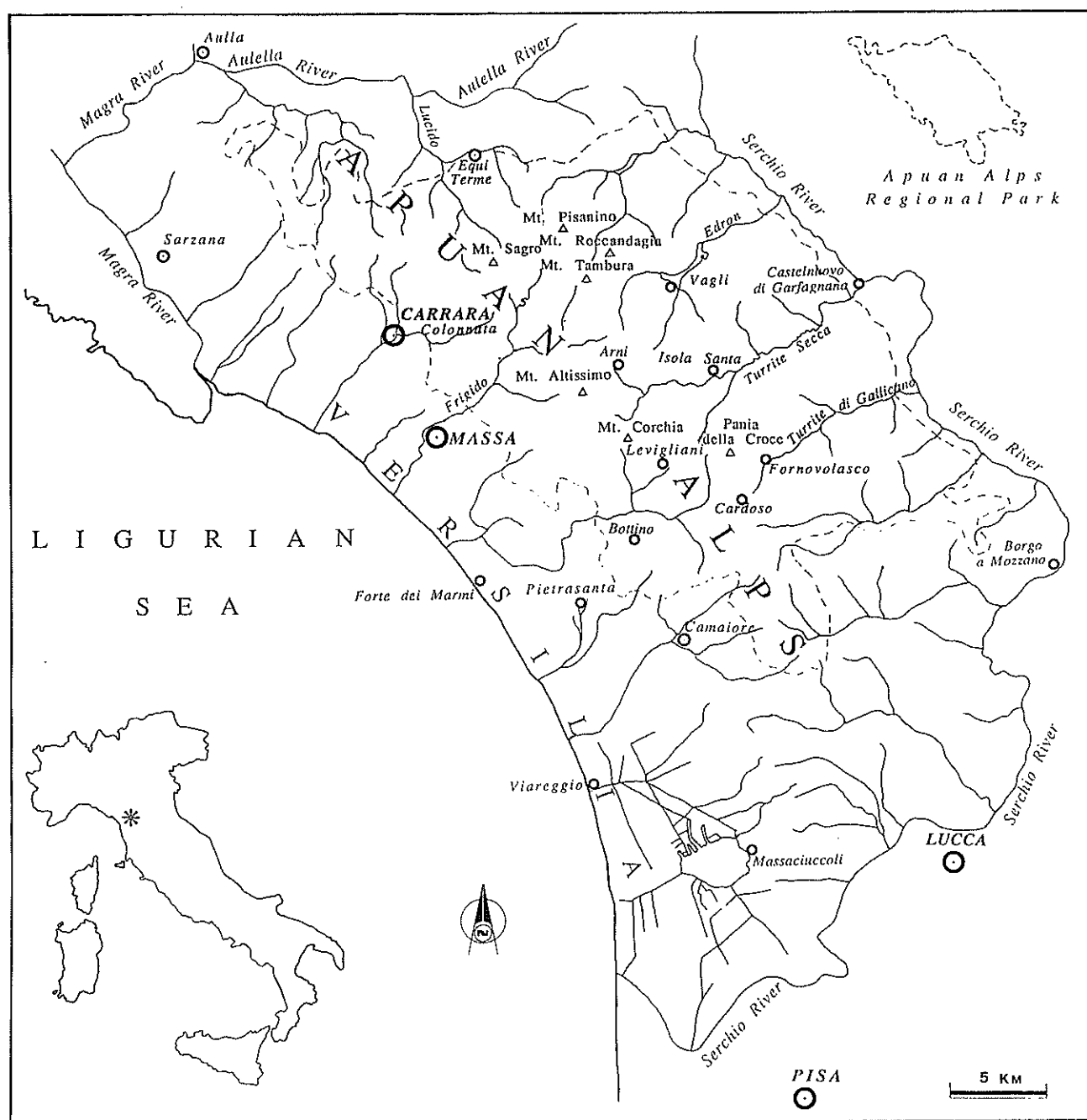


Fig. 1. – The Apuan Alps and the surrounding territories.

– *Le Alpi Apuane e il territorio circostante.*

micaschists (metamorphic *Scaglia*). Finally, a marked detrital sedimentation follows, constituted by meta-sandstones (known as *Pseudomacigno*).

Marble is certainly the best known, typical rock of the Apuan core. Various kinds of marbles are present (GIGLIA, 1979). Other kinds of rocks are employed for ornamental use as well, such as several types of breccia, together with the more arenaceous levels of *Pseudomacigno* (locally named *Pietra del Cardoso*).

3. – THE GEOSITES OF THE APUAN ALPS AND THE INTERACTION OF QUARRYING.

The Apuan marble basin is one of the largest of the World and its activity had an industrial character even during the 1st Century B.C. It represents the lion's share in the sale of ornamental rocks, and in 1993 it was the biggest Italian quarrying centre, with a 1,200,000 tons turnover (REGIONE TOSCANA, 1995).

The early signs of marble exploitation can be traced back to the Etruscan Age, in which quarrying was however rather limited. The Romans gave a strong impulse to it, and quarries of Roman origin can still be found, although no longer exploited. At present, the profitable, albeit difficult technique of tunnel-quarrying is being implemented. The most important marble sites are the Ravaccione basin close to Carrara (the widest on Earth), the Mt. Sagro, Mt. Pisanino, Mt. Altissimo and Mt. Corchia areas.

Such a wide quarrying activity certainly interferes with the existing geosites; as a matter of fact, acts of obliteration and even destruction - connected with quarrying - of some of them have already occurred in the past and are most likely to occur at the present time as well.

Among the geosites that are to be protected and enhanced, some regard specific features - whether natural or linked with anthropic intervention - while others can be related, on a regional level, to the whole range. In the following description, a relationship will be established between categories and the effects quarrying has had on them, so that after a full realisation of such effects, the premises for the safeguard of geosites can be laid.

3.1. - THE SPECIFIC GEOSITES

The specific geosites present in the Apuan Alps can be gathered (see ARNOLDUS-HUYZENDVELDH *et alii*, 1995) in the following sub-groups: a) geological, mineralogical and mineral; b) geomorphological; c) hydrological and hydrogeological; d) anthropic.

3.1.1 - Geological, mineralogical and mineral geosites

The geological characteristics of the Apuan Alps and the generally favourable outcrop conditions, make them an area where stratigraphic sections, outcrops, geologic or tectonic highly significant structures can frequently be observed. This paper is not meant to supply a long - and certainly very complex - list: the authors intend to reaffirm the role played by such structures, as a whole and in detail, for the geologic understanding of the Northern Apennine and for its use as a "geologic training ground" even beyond the scientific scope.

Moreover, in the territory at issue there are several mineralizations that used to be exploited in remote years and lie inactive now, the most important of which appear to be the Levigliani (cinnabar and native mercury) and the Bottino mines (argenteriferous galena,

ferriferous blende, chalcopryite, pyrite, marcasite, fluorite and others). They are important both as an example of industrial mining archaeology, and for the minerals one can get from them, thus making them collectors' items.

3.1.2 - Geomorphological geosites

The large spread of carbonate rocks favours the occurrence of both epigeal and hypogeal Karst phenomena.

Epigeal Karsification often shows several microforms (solutional grooves, small basins, etc.) but the large shapes of dissolution have a strong impact over the landscape (FEDERICI *et alii*, 1981):

- dolines: noteworthy are those of the Mt. Sagro's Catino and of the Pianiza (Pania della Croce area); several of them can be found in the Mt. Pisanino area; an impressive morphology is offered by the southern side of Mt. Tambura, strewn with dolines and sinkholes;
- *Karren*: suffice it to mention the Vetricia (Pania della Croce area), a few hectares of rock totally furrowed by thick *Karren*, for a few meters in depth and separated by sharp rocky crests.

In the Apuan Alps, the hypogeal Karsification is even stronger. Caves recorded are very numerous (over 500) and they include very important Karts complexes (GIANNOTTI Ed., 1988; NOVELLI & RONCAGLIOLO, 1989); among them the Antro del Corchia (one of the widest in Europe, with over 1,200 m of depth and 60 Km of tunnels), the Abisso Revel (Pania della Croce area, with a 300 m vertical pit), the tourist attractions of the Grotte del Vento (Wind Caves, Fornovolasco area) and the Buca di Equi Terme.

As a consequence, the presence of quarries and Karst systems causes constant and reciprocal interference, damaging especially the latter: suffice it to think of the frequent destruction of caves and ducts, or obstruction of cave entries caused by the accumulation marble debris (e.g. the obstruction of one entry of the Antro del Corchia).

A further example of geomorphologic geosites with local significance but characteristic of particular erosional processes is offered by the pot-holes, forms of fluvial-torrential erosion; some of them were destroyed during the building of the power plant dam on the Vagli Lake; others, placed along the Turrite Secca Valley are now seriously threatened by the presence of quarries which have already ruined some of them.

As an example of the devastating interference of quarrying on geosites, one could quote the modifica-

tions brought about on mountain profiles, such as the shattering of stretches of rocky crests (Tambura Pass and Focolaccia Pass areas, the Gioia Crests near Colonnata) or even the re-modelling of characteristic peaks (the Falcovaia Peak, S-E crest of Mt. Altissimo, the Cervaiolo Peak).

Finally, several clues of the Quaternary glaciations, and of the Würmian one in particular can be found (MASINI, 1926; 1969; BRASCHI *et alii*, 1987); they are important chiefly because they lie off the main Apennine chain. These clues include cirques which can be spotted on the northern sides of many mountains (Pania della Croce, Mt. Corchia, Mt. Pisanino, Mt. Roccandagia, Mt. Sagro), moraines (the best preserved are those lying in the Pania della Croce area and near Arni), *roches moutonnées* (Turrice Secca Valley), drainpipe-like valleys (north of Vinca) and erratic boulders (Edron and Serchio di Gramolazzo Valleys, Orto di Donna basin in Mt. Pisanino area, Campocatino in Mt. Roccandagia area). Speaking of the latter, MASINI (1959) describes a marble erratic block in the Vagli di Sopra area, of more than 1,000 m³ which was cut up into small portions and sold.

3.1.3 – Hydrologic and hydrogeologic geosites

The most characteristic water springs of the Apuan Alps can be divided into thermal and Karst springs:

- the most famous thermal springs are the Terme di Equi with their chlorinated -sulphatic-sodic water and the Monzone springs, also chlorinated: they both gush along the Lucido Torrent river-bed (Northern Apuan Alps);

- among the Karst springs one should remember the Polla della Chiesaccia (upper valley of the Turrice di Galliciano, above Fornovolasco) gushing from a cavernous dolomitic limestone (called *Calcere cavernoso*) with a 60-100 l/s discharge. Other springs include the Pollaccia (in the Turrice Secca Valley, near Isola Santa), the Buca di Equi Terme and the springs of the Frigido River, with a very variable discharge (even more than 1,000 l/s); they are supplied by absorbing areas (limestones and dolomites) situated extensively in morphologic basins contiguous to those where they flow.

As regards surface hydrography, many watercourses have a naturalistic and scenic interest, but they are often partially or even totally blocked by quarrying waste.

Other interferences of quarrying with hydrology and hydrogeology in the Apuan area (SANSONI, 1991) are represented by groundwater pollution by hydrocarbons spilled on the quarry yards, or by the “*marmettola*” (the special waste deriving from marble manufacturing, whose presence has been noticed as deep as

1,000 m in the Antro del Corchia). The *marmettola* also causes the destruction of fluvial micro-environment, the proofing of river beds and pollutes the sea shores.

3.1.4 – Anthropic geosites

Marble excavation has left highly significant environmental and cultural traces: notably the “*vie di lizza*” (rocky chutes along which marble blocks were once slid down) or the aerial passages along the “*tecchie*” (steep quarry fronts) followed by quarrymen during their work and re-followed today by hikers (Mt. Altissimo, Tacca Bianca quarry, Chiesaccia quarry). Unfortunately, these minor examples of quarrying often do not benefit from any protection and are generally not even registered. Moreover, in some areas (the Orto di Donna basin, Mt. Pisanino) the quarries have caused the interruption and burying of paths.

Among the anthropic geosites, the most striking ones are the quarry fronts which contribute to characterize the landscape as unique, making it a celebrated goal of many tourist routes.

Finally, concerning the accumulation of quarry waste locally known as *ravaneti*, their role is particularly complex: while some of them conceal the true surface lying underneath, or even prevent operators from exploiting ornamental rock layers, in other cases their deep connection with the landscape promotes them to the role of geosites. As a matter of fact, the typical Apuan landscape is profoundly linked also to the imprint of the *ravaneti* and their whiteness. Thus, at least the most important among them - in terms of scenery and history - (inasmuch they are finds of industrial archeology and bear witness to working methodologies now obsolete and in disuse) form an environmental heritage to be protected against the attempt of indiscriminate re-utilisation that is again and again ventilated.

3.2. – GEOSITES COMMON TO THE WHOLE COMPLEX

The “Alps” attribute, that is applied to the metamorphic mountain core, clearly declares the existence of characteristic mountain shapes that greatly differ from those of the Apennine relief.

Actually, the Apuan morphology can rightfully be called “Alpine” if one considers the deep-cut valleys, the steep mountain sides, the sharp ridges, the presence of cliffs and pinnacles: in a few words, the strong contrast of its relief.

These rugged mountain shapes (that the Ministerial Decree 4/4/76 itself - in declaring as greatly important to the public interest some Apuan municipal

districts - calls "impervious and aerial") are mainly due to the rock characteristics, which exert strong resistance against erosion, thus easily maintaining its sharp edges. An important role was played by the uplift which affected many areas of the Northern Apennine during the Middle/Upper Pleistocene - Holocene; its effects over the Apuan area are even more evident because they contrast with the morphostructural depressions of the Serchio Valley and the Magra Valley and with the coastal plain of Versilia.

A great contribution to this morphologic moulding has been given by climatic agents: in the Apuan Alps, because of the influence of humid sea winds, high peaks of rainfall are often recorded, exceeding in some zones 4,000 mm per year values (TREVISAN, 1947), thus contributing considerably to channelled erosion. This heavy rainfall is linked to the forced climbing-up of humid air masses of Atlantic origin, on the Versilia side of the chain which favours their quick cooling. The pluviometric regime therefore belongs to the Apennine-Mediterranean type with transition to the sub-coastal, characterised by dry summers and cold winters, with a primary peak of rainfall in Autumn, a secondary maximum during the Winter and heavy Spring falls. The values reached are among the highest in the whole Italian peninsula.

Of still greater ambient value is the scenic context in which the Apuan Alps are placed: it draws close together in extremely reduced spaces, the sea of Versilia and the mountainous background strewn with white quarry fronts and *ravaneti*, thus exalting their peculiarity (fig. 2). The scene is undoubtedly unique, chiefly because of the extent of the *ravaneti*, contrasting with the grey rock: however, even this aspect of environmental value is running the risk of being modified by anthropic activity, as the recycling of limestone material - in operation over the last few years - has recently undergone a fast increase, and it is developing, unlike the quarrying of blocks, in an almost total absence of regulations.

Finally, the alpine morphology itself is not safe from the risk of interaction with the implementation of quarries; we have already quoted summits, crests, peaks and ridges which have already suffered from heavy changes or total destruction. Many of these characteristic elements of the Apuan landscape are currently liable to changes.

4. - COEXISTENCE POSSIBILITIES AND PRESERVATION CRITERIA

We have already described several examples showing how in the past, quarrying has operated with no particular attention to the safeguard of scenery and environment, sometimes even in direct contrast with

them. Current regulations strive to make industrial demand coexist with environmental safeguard, but the results are often disappointing (GIANNINI & GATTIGLIO, 1992).

The most important regulation concerning the geosites in the Apuan area is the Regional Law 5/85, through which the Tuscany Region Government has created the Regional Park of the Apuan Alps; among its institutional goals this law quotes "the safeguard of naturalist, scenic and environmental values".

Further specific regulations are enforced as regards the quarrying activity: the project for the running of a quarry must be drafted in accordance with the dictates of Regional Law 36/80 and its subsequent amendments; it must also obtain the go-ahead for the examination of the "Hydrogeologic Bond" (see the Royal Decree 3267/23) released by the Park Management by regional proxy, and of the "Environmental Bond" (see the Laws 1497/39 and 431/85), issued by the Community Mayor after a positive response from the Park authorities and subject to ratification by the Environment Ministry.

Quarrying activity within the Apuan Alps' Park is carried out in areas chosen for extraction (the so-called A2 areas, derived from the old "Marble Project" of the Tuscany Region Government). For these A2 areas a new perimeter is under study which was proposed by the Park Management and waiting for regional approval. This change was also inspired by amnesty criteria in favour of unauthorised quarrying. Among its governing bodies the Park has a Scientific Committee whose proposals, often restrictive for quarrying issues (e.g. the no-quarrying bond above 1,200 m above sea level, as amendment of the Law 431/85 - "Galasso Law" - which subjects the Apennine areas above such a level to a landscape regulation), are often rejected by the Park Management itself. This attitude confirms a certain resistance to the introduction of regulations on the production sector of quarrymen, who have been accustomed to have none at all in the past.

Nevertheless, there is a series of regulations and instructions regarding marble quarrying in the Apuan Alps: the crucial issue is to verify whether they are actually applied and how they relate to the environmental heritage. All these regulations contain some vague indications of environmental safeguarding, which however have limited or no effectiveness at all. Geosite safeguarding needs, in actual fact, a specific set of regulations based on their exact identification and delimitation.

The operating moment to rationalise the development of quarrying activity in the Apuan Alps could

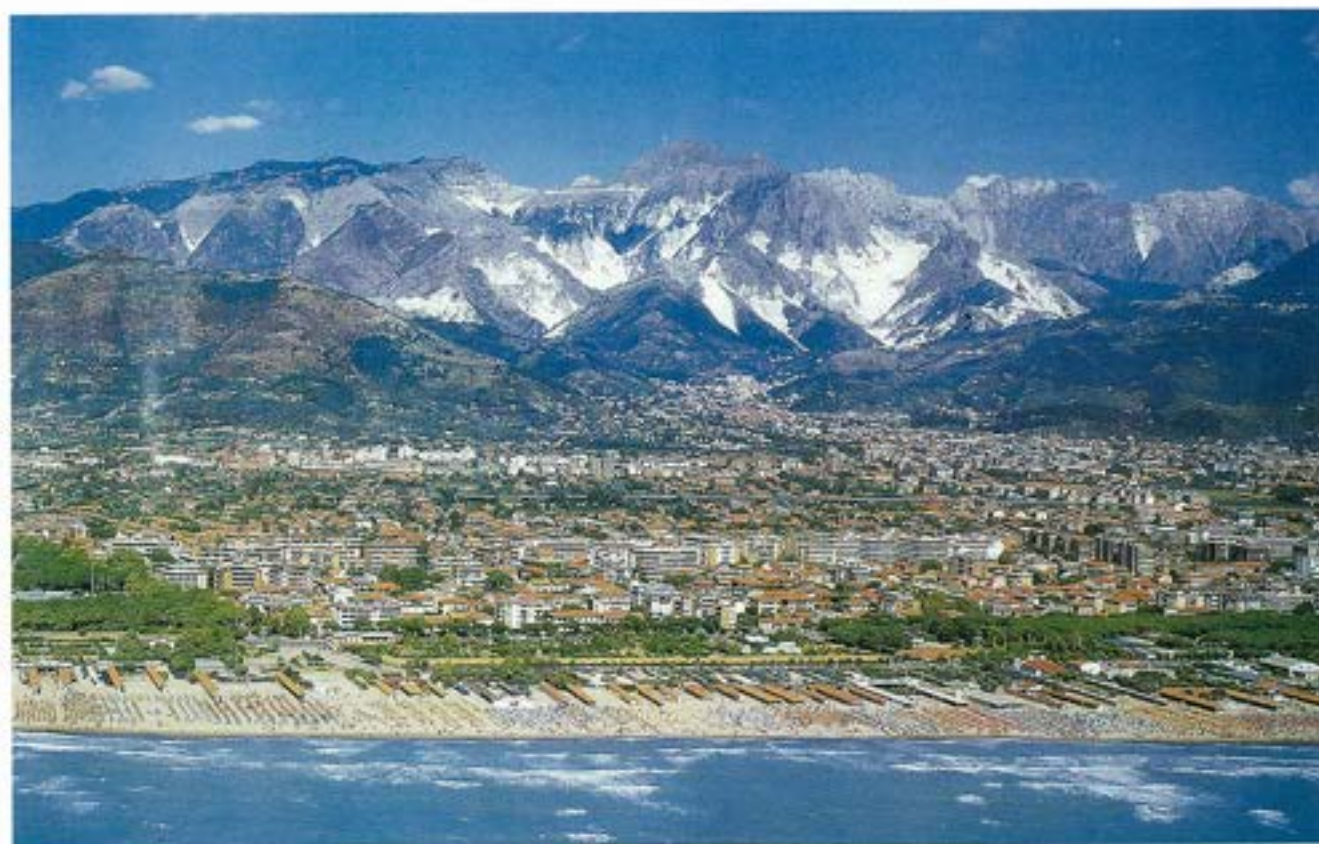


Fig. 2. – A panoramic picture of the Apuan Alps in the Forte dei Marmi area: it draws close together the sea of Versilia and the mountainous background scattered with white quarry fronts and "ravaneti", thus exalting the peculiarity of this landscape (courtesy of Tourist Office - Massa Carrara).

– La vista panoramica delle Alpi Apuane nella zona di Forte dei Marmi riunisce il mare della Versilia e lo sfondo delle montagne biancheggianti di cave e ravaneti, esaltando così le peculiarità di questo paesaggio (per gentile concessione dell'Azienda di Promozione Turistica - Massa Carrara).

certainly be the drafting of the "Park Plan" that the Park Management is due to introduce in accordance with the Law 6/12/91, the "Law on protected areas" which contemplates the division of the territory into: a) total reservations b) oriented general reservations c) protection areas d) economic promotion areas.

It is within these "total reservations", in which environment is preserved in its integrity, that the geologic, anthropic and cultural values of the Apuan Alps could find their best protection.

The first step of a working plan aiming at such a safeguard should be the setting out of an enquiring phase in which the bulk of geosite data - already existing, though sometimes fragmentary - are re-arranged and divided into the various typologies, supplying lacking pieces of often insufficient information.

As regards the *ravaneti* in particular, they will have to be identified and recorded, in order to classify them according to their negative effects (their interfering with the quarrying development, the absence of any

scenic values, their impact on fluvial-torrential axes, etc.) as well as to their positive aspects (particular significance in a scenery, their importance from a historical and cultural point of view, potential support to hydro-geologic safeguarding or to groundwater supplying, etc.). It should not be allowed that the intense recycling of *ravaneti* (that the Tuscany Region Government is, as a matter of fact, encouraging) be made only on the basis of some generalized criteria or, simply, of their easy access, operation and fragment transport; rational choices ought to be made taking the environmental safeguard into account.

The same care should be taken for the identification and classification of historical memories of quarrying during the centuries: *vie di lizza*, quarryman passages, some deserted quarry fronts already bear witness to a "quarry culture" that should not be lost, and which is already an important tourist attraction, even though no particular measure in that sense has been taken.

Concerning preservation as a memory of man work in the mountains, the creation of one or more "mining parks" could be envisaged, in which the most important deserted mines could be shown.

Once the identification of the morphologic characteristics and the sites to be protected have been completed, clear and strict regulations explicitly related to geosite safeguard should ensue.

The organisational details of such a set of regulations should also include thematic maps, with priority for the ones in which environmental values are accurately pointed out, classified and ranked in accordance with their importance.

Subsequently, the maps of regulations barring or limiting quarrying activity in relation with heritage values, ought to be drafted; for the sake of conceptual homogeneity, they ought to consider other anthropic activities which could interfere with geosites, in order to establish a global policy of safeguard, that is a policy ranking also scenery and environment - not only marble - as economical assets to be protected and supported.

In conclusion, the importance of geologic heritage in the Apuan Alps, and the urgent need for its safeguard are manifest. The "scenery asset" must, in final analysis, help and support the territory, but the elements that form the scenery need grater attention.

BIBLIOGRAPHY

- ARNOLDUS-HUIZENDVELD A., GISOTTI G., MASSOLI NOVELLI R. & ZARLENGA F. (1996) - *I beni culturali a carattere geologico: i geotopi. Un approccio culturale al problema*. Geologia tecnica & ambientale, 4 (1995): 35-47, 1 fig., 1 tab., Roma.
- BRASCHI S., DEL FREO P. & TREVISAN L. (1987) - *Ricostruzione degli antichi ghiacciai sulle Alpi Apuane*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem., Serie A, 93 (1986): 203-219, 10 figg., 1 tav. f.t., Pisa.
- CARMIGNANI L. (Ed.) (1985) - *Carta geologico-strutturale del complesso metamorfico delle Alpi Apuane (scala 1:25.000)*. Foglio Nord, Firenze.
- CARMIGNANI L. & GIGLIA G. (1983) - «*Autoctono Apuano*» e *Falda Toscana: sintesi dei dati e interpretazioni più recenti*. In: «Cento anni di Geologia italiana». Vol. Giub. I Cent. Soc. Geol. It.: 199-219, Roma.
- COLI M. (1995) - *Proposte e criteri di pianificazione per la coltivazione del marmo di Carrara*. Atti III Congresso Italo-Brasiliano di Ingegneria Mineraria, Verona 26-27/9/94: 334-336, 3 figg., 1 tab., Verona.
- COLI M. & PANDELI E. (1992) - *La geologia delle Alpi Apuane: l'Unità di Massa, il Nucleo Metamorfico Apuano, le Breccie poligeniche neogene*. In: «Guida alla traversata dell'Appennino Settentrionale». 76a Riunione Estiva Soc. Geol. It., Firenze, 16-20/9/1992: 79-103, 11 figg., 1 tav., Firenze.
- FEDERICI P.R., SPAZZAFUMO A., CASOLI G.M., STRENTA D., DINI M. & PALAGI F. (1981) - *Ricerche sul carsismo di superficie delle Alpi Apuane*. Studi e ricerche di Geografia, 4: 86-119, 11 figg., Genova.
- GIANNINI A. & GATTIGLIO S. (1992) - *Un esempio di pianificazione dell'attività estrattiva nei giacimenti marmiferi delle Alpi Apuane nel rapporto cava ambiente*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 42: 261-270, 5 figg., Roma.
- GIANNOTTI R. (Ed.) (1988) - *Catasto unificato delle grotte della Toscana*. Federazione Speleologica Toscana - Regione Toscana: pp. 199, 1 tav. f.t., Firenze.
- MASINI R. (1926) - *Lembi di Morene Glaciali nella Valle Scesta (Lima) e nella turriti di Galliciano*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., 37: 1-37, 3 figg., Pisa.
- MASINI R. (1969) - *I massi erratici nella valle dell'Edron e il glacialismo nelle Alpi Apuane*. Boll. Soc. Geol. It., 89: 45-56, 2 figg., 1 tav., Roma.
- NOVELLI G. & RONCAGLIOLO R. (1979) - *Speleologia*. In: «Guida dei monti d'Italia. Alpi Apuane». Club Alpino Italiano - Touring Club Italiano: 42-52, 3 tavv., Milano.
- REGIONE TOSCANA (1995) - *Materiali di risulta di cava e ravaneti*. Documenti della 1.a conferenza sullo stato dell'ambiente in Toscana: 167 pp., 15 figg., 64 tavv., 22 tabb., Firenze.
- SANSONI G. (1991) - *Impatto ambientale dell'industria lapidea apuana*. Atti del Convegno «Impatto ambientale nella lavorazione dei materiali lapidei», Verona 23/9/91: pp. 34, 8 figg., 21 tabb., Verona.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1968) - *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 104 Pisa*. Pp. 41, 4 figg., Roma.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) - *Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000). Foglio 104 Pisa*. Firenze.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1970) - *Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000). Foglio 96 Massa*. Roma.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1971) - *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 96 Massa*. Pp. 57, 6 figg., Roma.
- TREVISAN L. (1947) - *Sui rapporti fra precipitazione e rilievo nella regione Apuana*. Atti XIV Congresso Geografico Italiano. Bologna, 8-12/4/1947, 340-342, Bologna.
- TREVISAN L. (1979) - *Sguardo alla geologia delle Apuane*. In: «Guida dei monti d'Italia. Alpi Apuane». Club Alpino Italiano - Touring Club Italiano, 34-40, Milano.
- ZACCAGNA D. (1932) - *Descrizione geologica delle Alpi Apuane*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 25: pp. 440, Roma.

Siti minerari dismessi *Disused mining sites*

ZUFFARDI P. (*)

RIASSUNTO - È importante proteggere i siti minerari dismessi, conservando l'accessibilità a qualche sezione tipica dei giacimenti. Ciò consentirebbe agli studiosi di compiere ulteriori ricerche e, agli studenti, di integrare le loro conoscenze teoriche con esperienze «in situ».

Si suggerisce di organizzare, a pagamento, escursioni guidate a detti siti, e di trasformare i villaggi minerari dismessi in villaggi turistici o in centri di accoglienza per ricercatori e studenti.

PAROLE CHIAVE: miniere/cave dismesse, protezione, riutilizzo.
SUMMARY - It is important to protect the disused mining sites, preserving the accessibility to some typical sections of the ore bodies. This would enable students to carry on further researches and pupils to integrate their theoretical knowledges with "in situ" experiences.

It is suggested to organize, on payment, guided excursions to these sites, and to change the disused mining hamlets into tourist villages or into guest houses for students and for pupils.

KEY WORDS: disused mines/quarries, protection, reuse.

1. – INTRODUZIONE

Ritengo che i siti minerari dismessi vadano inclusi, a buon diritto, fra i geositi da proteggere.

Si pensi a quanti studi, quante ricerche (anche costose) sono necessarie per individuare e definire, nella sua composizione e nella sua consistenza, un giacimento minerario.

Si pensi all'ampio corredo di cognizioni geologiche che si acquisiscono, sia nella fase di esplorazione che in quella della coltivazione mineraria; di tutto ciò rimarrà solo qualche traccia nelle eventuali pubblicazioni concernenti il giacimento e negli archivi della miniera che lo ha coltivato ed esaurito. E - se non si preserva almeno qualche porzione di esso - non vi sarà più possibilità di nuove osservazioni e di nuove campionature, che possano servire a ulteriori studi, utili per meglio definirne le caratteristiche geo-giacimentologiche e - conseguentemente - per indirizzare la prospezione di giacimenti analoghi in aree non ancora esplorate.

Si pensi inoltre all'interesse didattico che ha il poter disporre di evidenze geo-minerarie da mostrare agli studenti sul terreno. Fino ad alcuni anni or sono, i corsi d'insegnamento di Ingegneria Mineraria e di Scienze Geologiche comprendevano visite a cave e miniere ed anche vi si svolgevano tirocini di qualche settimana. Oggi, essendo chiuse molte attività estrattive, ci si deve accontentare di mostrare agli allievi qualche diapositiva scattata nel «tempo che fu»!

Ricordiamo che recentemente l'UNESCO ha varato un programma per la protezione dei siti di importanza geologica, con relativi finanziamenti. Fra questi siti, ovviamente, rientrano le località minerarie dismesse.

(*) Dip. di Scienze della Terra - Via Botticelli 23 - 20133 Milano

2. – TIPI DI SITI MINERARI DISMESSI

Possiamo distinguere due categorie di siti minerari dismessi, e cioè:

a) siti dismessi per esaurimento completo del giacimento;

b) siti dismessi perchè la parte residua del giacimento è in condizioni tali da non essere coltivabile economicamente.

Il primo caso è piuttosto infrequente: nelle miniere infatti è difficile che si riesca a portar via (a costi economici, s'intende!) tutto il minerale utile contenuto nel giacimento, fino all'ultima palata. Si può ritenere che ciò sia avvenuto a Gavorrano in Toscana (pirite); in Sardegna: Sarrabus (argento) e Gerrei (antimonio); in qualche cava di gesso o di argilla.

È certo più frequente il secondo caso: nelle miniere ciò dipende da vari fattori, quali il basso tenore delle zone residue, la riduzione della potenza del giacimento, la eccessiva soggezione d'acqua o di temperatura, la profondità degli scavi, la diminuzione del valore del mercantile, dovuta ad un abbassamento dei prezzi di mercato o alla messa in commercio di materiali sostitutivi a basso costo, e - infine - al fatto che i prodotti sono ritenuti inquinanti (l'esempio dell'amianto è emblematico).

Va tenuto presente che l'introduzione di nuovi metodi di lavorazione mineraria e mineralurgica, capaci di abbassare i costi di produzione o di migliorare i recuperi, oppure l'aumento dei prezzi di mercato, o la scoperta di nuove applicazioni dei materiali prodotti, possono produrre un'inversione di tendenza e consentire la rimessa in lavorazione di siti dismessi in giacimenti non esauriti. Ne è stato esempio l'avvento del metodo di arricchimento per flottazione (fine anni '20) nelle miniere metallifere, che ha consentito la coltivazione di parti abbandonate di giacimento a basso tenore e con struttura tale da non essere utilizzabili con la cernita a mano o con i crivelli e le tavole a scossa, unici mezzi di arricchimento precedentemente in uso.

Gli esempi di giacimenti minerari che si trovano nelle condizioni del caso b sono numerosi: citiamo, fra i più noti, i giacimenti mercuriferi dell'Amiata, le piriti del Grossetano (Campiano, Niccioleta, Bocchegiano), i giacimenti piombo-zinciferi dell'Iglesiente e dell'Arburese e quelli a barite dell'Iglesiente e del Sulcis, i giacimenti ferrieri di Cogne e dell'Isola d'Elba, le sideriti delle Alpi Orobiche, il manganese di Gambatesa (Liguria).

Vedansi, in proposito, A.A.V.V., 1975, SALVADORI I. & ZUFFARDI P., 1991.

È evidente l'importanza di non lasciare andare in rovina - *per quanto possibile e logico* - le strutture delle

miniere che non hanno esaurito il giacimento, al fine di non comprometterne una loro eventuale ripresa.

Ho detto e sottolineato, «per quanto possibile e logico»; chè, infatti, non si può pensare di mantenere aperti gli scavi, specie quelli sotterranei. Questi sono destinati, nella maggior parte dei casi, ad andare in frana nel giro di alcuni anni, particolarmente se - col cessare del servizio di eduazione - verranno invasi dalle acque. Si può pensare di salvare quelle che la legge definisce «pertinenze inalienabili della miniera» e cioè quelle strutture esistenti al momento della cessazione dei lavori, che sono indispensabili all'attività mineraria, quali gli impianti di estrazione e di lavaggio dei rinfusi, l'impianto di compressione dell'aria, le officine di manutenzione, i locali per i magazzini e taluni uffici. Anche questo, però, è piuttosto illusorio, poichè i pozzi e le discenderie rischiano di franare ed i macchinari finiranno con l'arruginire, nel giro di qualche anno.

Diversa è la situazione dell'attività di cava, poichè i giacimenti che ne sono oggetto sono generalmente di tale estensione da non presentare problemi di esaurimento: si pensi alle alluvioni ghiaioso-sabbiose della Padania, ai graniti delle Alpi e della Sardegna, ai marmi delle Apuane. In questi casi le escavazioni trovano dei limiti unicamente nella loro possibile interferenza con altre utilizzazioni del terreno (vie di grande comunicazione, gasdotti e oleodotti, linee elettriche e telefoniche, zone di sviluppo urbano o turistico), oppure con aree di particolare valore paesaggistico e ambientale, o con il regime delle acque superficiali e profonde o di altri fluidi sotterranei.

Presentano, invece, problemi di esaurimento alcuni giacimenti di limitato cubaggio, quali taluni di argille lacustri, di gesso e anidrite, di talune particolari pietre ornamentali o da costruzione: citiamo - a proposito di queste ultime - il marmo di Candoglia, che è servito per la costruzione del Duomo di Milano: il cubaggio residuo è talmente piccolo che la sua coltivazione è consentita unicamente quando sia necessario produrre qualche concio per lavori di manutenzione al Duomo.

In definitiva si può affermare che il problema della protezione dei siti minerari dismessi riguarda essenzialmente le miniere e - solo in qualche caso - le cave.

3. – CONSIDERAZIONI E SUGGERIMENTI

Che si può dunque fare per far fronte alle logiche esigenze più sopra esposte? Anzitutto occorre conservare l'accessibilità a talune strutture (parti di affioramento, fronti di cave, ecc.) che presentano particolare interesse scientifico. Bisognerebbe, però, impedire che

sconsiderati collezionisti di minerali abbiano libero accesso a tali zone, onde evitarne il depauperamento. A tale proposito ricordo, con vivo disappunto, di aver visto gruppi di individui portar via (non già per passione di collezionista, ma a chiaro scopo di lucro) sacchi interi di ematite da un fronte di scavo dismesso all'Isola d'Elba.

Sarebbe anche opportuno tenere aperte e transitabili, in condizioni di piena sicurezza, alcune gallerie o parti di esse, che accedono a zone significative del giacimento.

Tutto questo comporta - evidentemente - un costo non trascurabile ed un'organizzazione capace di fornire le necessarie garanzie. Osserviamo però che i costi potrebbero essere coperti, anche ampiamente, organizzando - a pagamento - visite guidate a questi siti, pur mantenendo il divieto di raccogliere campioni di minerale, salvo autorizzazione speciale e limitata per gli studiosi che s'impegnino a mettere a disposizione dell'Ente organizzatore i risultati delle loro ricerche. Nulla vieta, inoltre, che l'Ente stesso metta in vendita campioni o fotografie del giacimento, analogamente a quanto si fa correntemente per le fotografie delle opere esposte nei musei.

Un'organizzazione di questo tipo è attiva nella vecchia miniera salina, esaurita, di Wieliczka presso Cracovia in Polonia. Essa è tuttora accessibile per vasto tratto; il suo scavo principale (un camerone alto una quindicina di metri ed esteso in pianta per più di 1000 metri quadrati) è attrezzato a sala convegni per consentire ai tecnici dell'ex-miniera di illustrarne ai visitatori la storia e le caratteristiche. Vi sono montati alcuni manichini a dimensione naturale che rappresentano minatori nelle varie fasi di lavoro, e da un fornello, aperto al centro della corona dello scavo, di tempo in tempo, viene fatto scendere - con grande emozione dei visitatori - un manichino fatto sull'immagine di un ben noto disegno dell'Agricola.

La visita a Wieliczka ha un notevole interesse scientifico-tecnico, perchè consente di rendersi conto delle condizioni geo-giacimentologiche di quel giacimento; essa inoltre rappresenta una notevole attrazione turistica, e la sua gestione è ampiamente in attivo.

Anche nell'ex-miniera piombo-zincifera di Bleiberg (Austria meridionale) si ha un'organizzazione analoga; anzi, si fa di più: in talune gallerie si sono ricavati ambienti per cure termali.

In Italia abbiamo sicuramente zone assai interessanti, sia del punto di vista scientifico che da quello turistico: da quest'ultimo punto di vista, ricordiamo che taluni villaggi minerari sorgono in zone paesaggisticamente assai apprezzate: cito, come esempi, gli

scavi dell'Elba, la grotta S. Barbara nell'Iglesiente, la grande galleria Sartori che collega tutte le miniere piombo-zincifere della zona, la miniera di Gambatesa in Liguria.

Con adeguate manutenzioni, molti di questi villaggi minerari potrebbero diventare villaggi per le vacanze o per alloggiare i partecipanti a corsi di istruzione geo-mineraria. Fra i più interessanti, a tal fine, sono da citare quelli sardi di Buggerru, Montevecchio, Ingurtosu, Arenas, Monteponi (quest'ultimo a poco più di 1 Km dalla città di Iglesias e quindi interessante per il futuro sviluppo urbano di questa città). Un esempio convincente di tali possibilità, è stata la trasformazione dei vecchi impianti per l'imbarco del mercantile a Piscinas di Ingurtosu - che sono localizzati in una splendida zona dunosa - in un albergo di ottima qualità, assiduamente frequentato da turisti in ogni stagione e dotato anche di una sala convegni.

Per contro, ricordo il senso di tristezza, direi di angoscia, che si prova quando si entra in certi ex-villaggi minerari diroccati, dei quali la vegetazione si è riappropriata; ne è un esempio Pranu Sartu, che sorge su una bellissima piana di falesia in vista del mare, lungo la costa Nord-Occidentale dell'Iglesiente; altro esempio è Monte Onixeddu, che si trova in una amena vallecola del Sulcis, non lontano da Carbonia.

Per concludere questo paragrafo, appare evidente - da quanto detto - che l'accoppiamento fra l'interesse scientifico e l'interesse turistico dei siti minerari dismessi (almeno di taluni di essi!) possa risultare vincente, e consentire così la conservazione di geositi di grande valore per gli studi geo-minerari, e ciò senza eccessivo impegno finanziario, o - addirittura - ricavandone un utile.

4. - NORMATIVE ATTUALI

L'attività delle miniere è controllata dal Ministero dell'Industria tramite il Corpo delle Miniere. La normativa di legge non prende in considerazione né il riutilizzo dei siti minerari dismessi, né la conservazione di evidenze geologiche del giacimento esaurito. Si limita ad imporre la salvaguardia delle già citate «pertinenze inalienabili» della miniera e la «messa in sicurezza» dei siti minerari dismessi (SQUARZINA F., 1952). Questa operazione consiste - generalmente - nel recintare con filo di ferro spinato gli scavi uscenti a giorno, eventualmente (e talvolta unicamente) segnalandone la presenza e la pericolosità con cartelli, fatalmente destinati a deteriorarsi nel giro di pochi anni. Si chiudono gli

imbocchi a giorno delle gallerie con muretti o con porte in legno o in ferro, o - semplicemente - li si fanno franare, ritenendo così di impedirne l'accesso.

Queste soluzioni garantiscono legalmente l'Ente che dismette la miniera, ma, come suol dirsi, lasciano il tempo che trovano, poichè non garantiscono la sicurezza dei luoghi e non ne impediscono l'accesso a quelli che possiamo definire rapinatori di minerali.

È interessante mettere in evidenza che la legge non si pronuncia sul possibile riutilizzo di quelle strutture della miniera che non costituiscono «pertinenza»: e cioè delle case di abitazione, degli edifici non ritenuti indispensabili alla eventuale ripresa dell'attività mineraria. Va detto che l'individuazione delle pertinenze non è codificata univocamente, ma è affidata al giudizio degli ingegneri del Distretto Minerario in cui la miniera ricade; risulta dunque piuttosto soggettiva.

L'attività di cava, invece, si svolge sotto il controllo delle Regioni e delle Provincie; e queste impongono che, al momento della cessazione della fase estrattiva, non solo siano messi in sicurezza i siti dismessi, ma anche che venga realizzato il ricupero ambientale e - ove possibile e conveniente - l'impiego degli scavi dismessi, per scopi utili alla comunità (laghi artificiali per il diporto, discariche controllate, bonifiche agricole, serbatoi d'acqua, ecc.). Anche per le cave, dunque, non si richiede la conservazione di evidenze geologiche del giacimento; ma - come s'è detto precedentemente - ciò appare opportuno solo in un limitato numero di casi, quando, ad es., si abbia a che fare con piccoli giacimenti di materiali rari, quali certi marmi, certe pietre ornamentali: si pensi alle cave di pietra paesina, a quelle di alabastro, a quelle di pietre da coti e d'altro materiale raro.

5. - PROPOSTE

In definitiva, riassumendo e concludendo quanto fino ad ora discusso, ritengo che due debbano essere i punti fissi da tenere presenti quando si decida di cessare un'attività mineraria; e cioè:

1) conservazione delle evidenze geologico-minerarie del giacimento.

2) Riutilizzo delle strutture minerarie non costituenti «pertinenza» della miniera.

La realizzazione del primo punto dovrebbe consistere nell'individuare alcune fronti di scavo, facilmente accessibili, che diano garanzia di sicurezza e stabilità e mostrino le caratteristiche principali del giacimento. L'unica difficoltà consiste nell'impedire la loro predazione da parte di visitatori scorretti.

La realizzazione del secondo punto richiede che la gestione delle strutture non costituenti pertinenza (come già detto, si tratta di case di abitazione e di altri edifici) venga coordinata da un organismo adatto, che le utilizzi a fini turistici o abitativi. Ciò può essere fatto dal Comune in cui tali strutture ricadono, oppure dall'Ente che gestiva la miniera dismessa, o da un altro Ente che le abbia rilevate.

In ogni caso l'Ente gestore dovrebbe anche farsi carico della protezione delle evidenze geo-minerarie.

Facciamo infine notare che, a fronte dell'abbandono delle strutture dismesse, che comporta un danno al paesaggio e la perdita di fonti di lavoro, il loro riutilizzo, nei modi che abbiamo descritto, rappresenterebbe un vantaggio anche per la Comunità in cui esse si trovano. Pertanto sarebbe logico che questa lo facilitasse, dando qualche incentivo alla realizzazione del programma: se non altro mantenendo per la zona i normali servizi urbani, quali fornitura dell'acqua e dell'energia elettrica, smaltimento dei rifiuti e servizio di vigilanza, al fine di prevenire furti ed intrusioni negli edifici dismessi, ed - eventualmente - concedendo qualche agevolazione fiscale, almeno in via temporanea.

BIBLIOGRAFIA

- A.A.VV., (1975) - *Memoria illustrativa della Carta mineraria d'Italia*. In CASTALDO G. & STAMPANONI G. (Coordinatori): «*Memorie per servire alla descrizione della carta geologica d'Italia*», 14: 1-213, 1 tab., Roma.
- SALVADORI I. & ZUFFARDI P., (1991) - *Italia Mineraria 1991*. L'industria mineraria, 12 (1991): 5-18, 1 fig., 5 tabb., Roma.
- SQUARZINA F. (1952) - *Italia Mineraria: economia e legislazione*. pp.742, Ass. Min. Italiana, Roma.

Segnalazione di geotopi dell'Appennino Pavese-Piacentino da sottoporre a tutela

Examples of geotopes in the Pavese-Piacentine Apennines that should be safeguarded

PASQUINI C. (*) & VERCESI P.L. (*)

RIASSUNTO – Sono stati individuati nel territorio dell'Appennino pavese-piacentino alcuni esempi di «singolarità geologiche». Le caratteristiche di rarità e rappresentatività, nonché il valore didattico di questi esempi, uniti alla situazione di vulnerabilità cui questi beni sono soggetti, sia per le loro ridotte dimensioni che per l'ubicazione dell'affioramento, rende indispensabile la loro rigorosa tutela.

PAROLE CHIAVE: Geotopi, tutela, Appennino pavese-piacentino.

ABSTRACT – With reference to the Italian law concerning protected areas (L. 394, 6/12/1991) and to the census of geological goods as patrimony to be protected and exploited, some examples of "geological singularities" in the Pavese-Piacentine Apennines territory have been located. The general rarity, local uniqueness and representativeness, as well as the didactic value of these examples, together with their vulnerability, due to their often small size and to location of outcrop, demand the setting up of some safeguard action. In the following the features of the identified geotopes and their distinctive characters will be explained.

KEY WORDS: Geotopes, protection, Pavese-Piacentine Apennines.

1. – INTRODUZIONE

In riferimento alla legge quadro sulle aree protette (L. 394 del 6/12/1991) sono stati individuati nel territorio dell'Appennino pavese-piacentino alcuni esempi di successioni geologiche e di strutture tettoniche e sedimentologiche che, per il loro valore scientifico, possono essere considerate dei «geotopi», cioè dei beni ambientali di notevole rilevanza che, come tali, meritano di essere segnalati e protetti (ARNOLDUS-HUYZENDVELD *et alii*, 1995).

È noto infatti che nell'Appennino settentrionale, a differenza di altre zone italiane, come ad esempio nel Sudalpino, dove le strutture geologiche affiorano estesamente, le testimonianze geologiche rappresentative sono molto ridotte, sia per numero che per estensione, anche in relazione alla litologia, costituita in prevalenza da litotipi (peliti e arenarie) che non permettono, soprattutto se intensamente tettonizzate - come in molti dei casi descritti - una buona conservazione delle strutture e delle loro caratteristiche.

Tuttavia, anche nella zona considerata vi sono zone arealmente estese che sono rappresentative della strut-

(*) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Pavia - Via Ferrata 1 - 27100 Pavia



Fig. 1. – Panoramica del fianco meridionale della valle «a canoa» del T. Chiarone, corrispondente ad una sinclinale sospesa, disposta in senso NW-SE e depressa assialmente nella zona centrale, impostata nella successione Marne di M. Piano - Formazione di Ranzano che poggiano in discordanza sulla Formazione di Val Luretta. Lungo il fianco meridionale della struttura si sviluppa il sovrascorimento dei complessi di base (Argille a palombini) sulle successioni epiligruri.

– View of the T. Chiarone Valley (southern side), where the Marne M. Piano - Ranzano Formations form an hanging syncline oriented NW-SE, with depressed axis in the middle. The Marne M. Piano - Ranzano Formations are based, in unconformity, on the Val Luretta Formation. The "complessi di base" (Argille a palombini) thrust on the "epiliguri" succession along the southern side of the syncline.

tura e della geologia dell'Appennino, sicuramente meritevoli di segnalazione. Alcuni esempi sono: zona della Pietra Parcellara, valle a «canao» del torrente Chiarone (fig. 1), «finestra» tettonica di Bobbio (BELLINZONA *et alii*, 1968; FINOTELLI *et alii*, 1987, FINOTELLI & VERGESI, 1988), piega del Rio Fuino (AA.VV., 1994), apofisi orientale del Bacino Terziario Ligure Piemontese (CAVANNA *et alii*, 1989), contatto discordante tra l'Unità Antola e i Conglomerati di Savignone in Val Vobbia, zona del crinale appenninico con tracce della glaciazione würmiana (AA.VV., 1988) (fig. 2).

Queste strutture comunque, sia per la loro posizione (come le deformazioni polifasiche del Rio Fuino - Bobbio) sia per le loro stesse dimensioni (valle a «canao» del T. Chiarone, che ha dimensioni di qualche km, come le falde sovrapposte nella zona di Bobbio) non corrono il rischio immediato e diretto di essere profondamente manomesse o alterate da attività antropiche.

A differenza di queste vi sono strutture di alto valore scientifico che per le loro ridotte dimensioni (di qualche decina di metri o inferiori) o per la loro facile accessibilità, si trovano in condizioni di grande vulnerabilità o corrono il pericolo di manomissioni sia per eventi naturali sia per danneggiamenti antropici.

Si tratta di siti che, per le loro caratteristiche stratigrafiche, sedimentologiche e strutturali e per il loro carattere di rarità nonché di singolarità risultano meri-

tevoli di segnalazione, rientrando nelle «categorie» di WIMBLEDON (1990) come «siti migliori» e «siti unici». Alcuni di essi, pur non rispettando pienamente tale classificazione, sono da considerarsi esempi didattici e scientifici di grande rilievo.

Le caratteristiche di rarità e rappresentatività, l'elevato valore didattico di questi esempi, uniti alla situazione di vulnerabilità cui sono soggetti rende necessaria, per non dire indispensabile, l'istituzione di una rigorosa tutela nei loro confronti.

Le schede di seguito riportate (Figg. 3-10) illustrano sinteticamente l'ubicazione e le peculiarità dei geotopi individuati evidenziandone il significato.

Esse sono state compilate avendo presente quanto già predisposto a tale scopo da altri Autori (DI GREGORIO *et alii*, 1989; BARCA *et alii*, 1992; ENEA & REGIONE LAZIO, 1996; (ARNOLDUS-HUYZENDVELD *et alii*, 1995) senza peraltro addentrarsi in modo specifico in una loro puntualizzazione metodologica che viene rimandata al momento in cui si dovesse decidere di provvedere alla predisposizione di un «catalogo» nazionale unificato dei geotopi.

Si tratta di faglie di tipo listrico, distensive, leggermente concave verso l'alto, che interessano le Arenarie dell'Aveto. Gli strati evidenziano la caratteristica uncinata in prossimità del piano di faglia e sono ricoperti da altri che riportano la successione in giacitura regolare. Il sedimento era ancora plastico quando è avvenuto il movimento e lo ha assorbito gradualmente.

Si trovano alla base delle Arenarie dell'Aveto e indicano una fase distensiva precoce nel bacino di sedimentazione.



Fig. 2. – Panoramica della zona del M. Ragola - M. Megna (zona di crinale tra l'Appennino piacentino e quello ligure) con numerose testimonianze di fenomeni glaciali würmiani come il lago Bino, sbarrato dal cordone morenico (a) visibile in secondo piano (AA.VV., 1988).

– View of M. Ragola - M. Megna (zone of watershed between the Piacentine and Ligurian Appennines) with several evidences of Würm glaciation such as the Bino lake, dammed by the moranic cordon (a) visible in the background.



Fig. 3. - UBICAZIONE - Provincia: Piacenza, Comune: Cerignale, Toponimo: Zermogliano, Foglio: 83 Tav. I.G.M.: I, NE - Ottone, CTR R. Emilia Romagna, Sez. 197130 - Ottone. DESCRITTORI - *Faglie di cresta* (FAINI et alii, 1993).

- LOCATION - Provincia: Piacenza, Comune: Cerignale, Toponimo: Zermogliano, Foglio: 83 Tav. I.G.M.: I, NE - Ottone, CTR R. Emilia Romagna, Sez. 197130 - Ottone. DESCRITTORI - *Graben faults* (FAINI et alii, 1993).



Fig. 4. - UBICAZIONE - Provincia: Pavia, Comune: S. Margherita Staffora, Toponimo: Passo Scaparina, Foglio: 71 Tav. I.G.M.: II, NO- Menconico, CTR R. Emilia Romagna, Sez. 196040 - Monte Penice e CTR R. Lombardia, Sez. B9c3 - S. Margherita Staffora. DESCRITTORI - *Pieghe polifasiche* (GHISELLI et alii, 1994).

- LOCATION - Provincia: Pavia, Comune: S. Margherita Staffora, Toponimo: Passo Scaparina, Foglio: 71 Tav. I.G.M.: II, NO- Menconico, CTR R. Emilia Romagna, Sez. 196040 - Monte Penice e CTR R. Lombardia, Sez. B9c3 - S. Margherita Staffora. DESCRITTORI - *Polyphase folds* (GHISELLI et alii, 1994).

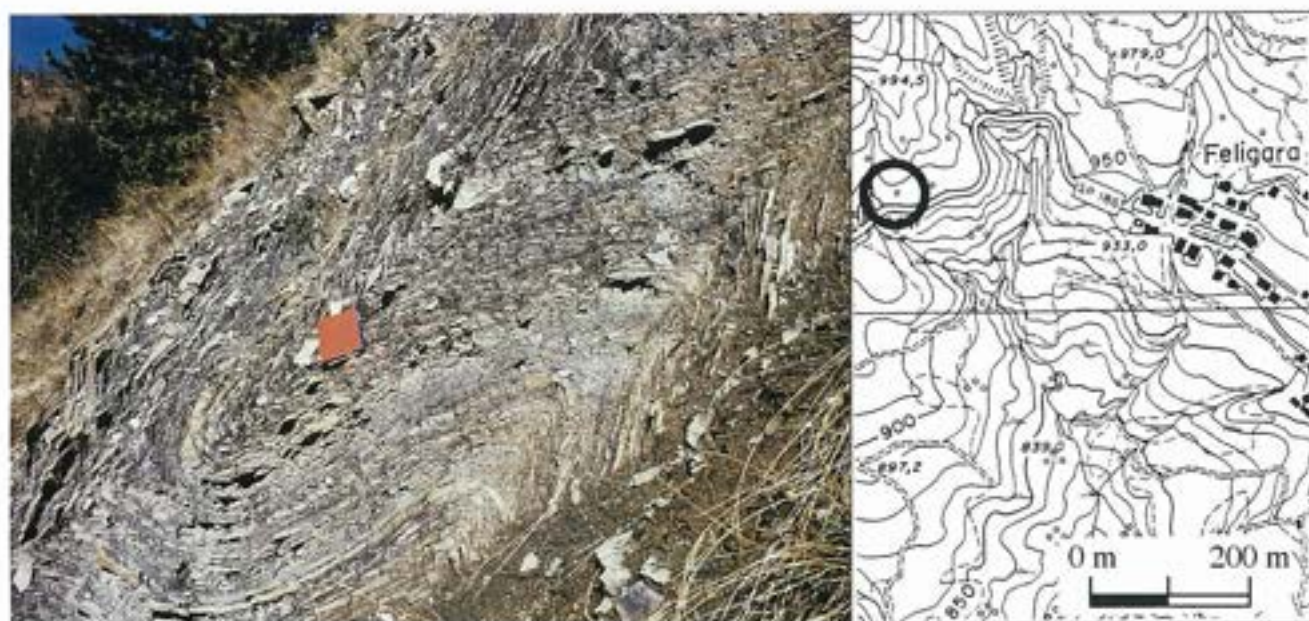


Fig. 5. – UBICAZIONE - *Provincia:* Pavia, *Comune:* Brallo di Pregòla, *Toponimo:* Feligara, *Foglio:* 71 Tav. I.G.M.: II, SO - Brallo di Pregòla, CTR R. Lombardia, Sez. B9c4 - Brallo di Pregòla. DESCRITTORI - *Pieghe concentriche* (BELLINZONA *et alii*, 1968).

– LOCATION - *Provincia:* Pavia, *Comune:* Brallo di Pregòla, *Toponimo:* Feligara, *Foglio:* 71 Tav. I.G.M.: II, SO - Brallo di Pregòla, CTR R. Lombardia, Sez. B9c4 - Brallo di Pregòla. DESCRITTORI - *Concentric folds* (BELLINZONA *et alii*, 1968).

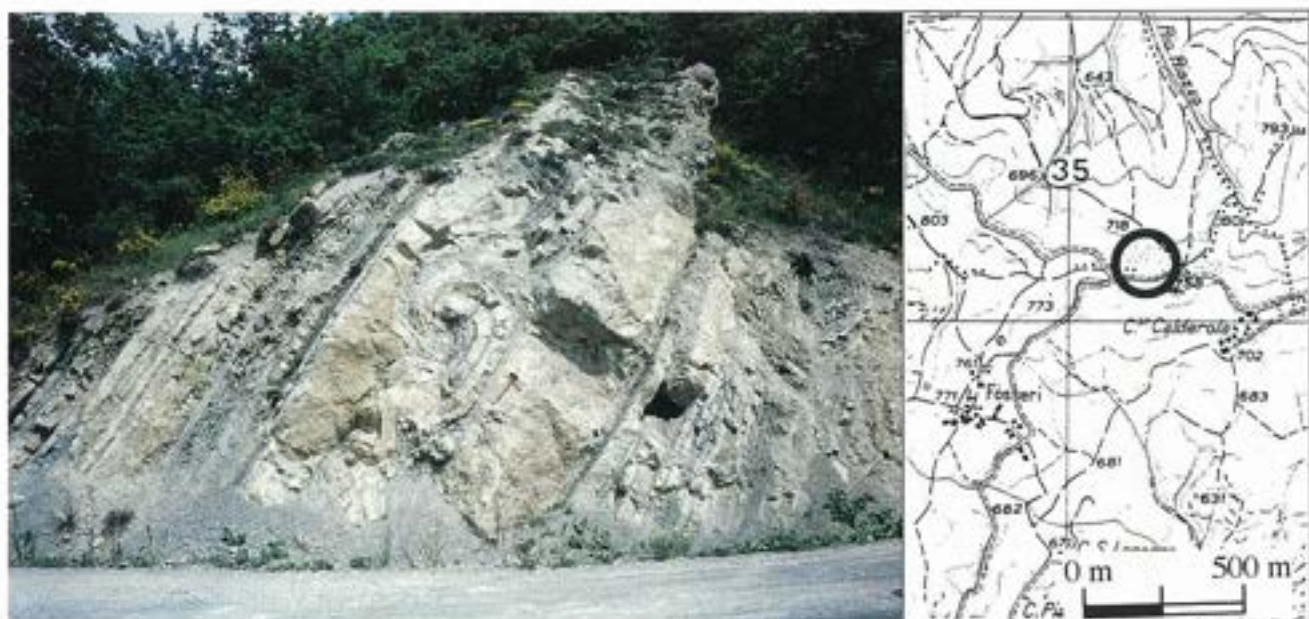


Fig. 6. – UBICAZIONE - *Provincia:* Piacenza, *Comune:* Bobbio, *Toponimo:* Case Caldarola, *Foglio:* 71 Tav. I.G.M.: I, SE - Nibbiano, CTR R. Emilia Romagna, Sez. 197100 - Chiosì. DESCRITTORI - *Successione giurassica condensata, slump* (DALLAGIOVANNA *et alii*, 1991; A.A.VV., 1994).

– LOCATION - *Provincia:* Piacenza, *Comune:* Bobbio, *Toponimo:* Case Caldarola, *Foglio:* 71 Tav. I.G.M.: I, SE - Nibbiano, CTR R. Emilia Romagna, Sez. 197100 - Chiosì. DESCRITTORI - *Jurassic condensed succession, slump* (DALLAGIOVANNA *et alii*, 1991; A.A.VV., 1994).



Fig. 7. - UBICAZIONE - Provincia: Piacenza, Comune: Pecorara, Toponimo: Case Cignatta, Foglio: 71 Tav. I.G.M.: I, SE - Nibbiano, CTR R. Emilia Romagna, Sez. 197100 - Chiosi. DESCRITTORI - Noduli di selce di differenziazione diagenetica.

- LOCATION - Provincia: Piacenza, Comune: Pecorara, Toponimo: Case Cignatta, Foglio: 71 Tav. I.G.M.: I, SE - Nibbiano, CTR R. Emilia Romagna, Sez. 197100 - Chiosi. DESCRITTORI - Flint nodules of diagenetic differentiation.



Fig. 8. - UBICAZIONE - Provincia: Pavia, Comune: Stradella, Toponimo: Rocca Ticozzi, Foglio: 71 Tav. I.G.M.:

II, SO - Stradella, CTR R. Lombardia, Sez. B8c1 - Stradella Ovest. DESCRITTORI -

Passaggi stratigrafici con variazioni ambientali e strutture sedimentarie (VERCESI & SCAGNI, 1984; SCAGNI & VERCESI, 1987).

- LOCATION - Provincia: Pavia, Comune: Stradella, Toponimo: Rocca Ticozzi, Foglio: 71 Tav. I.G.M.:

II, SO - Stradella, CTR R. Lombardia, Sez. B8c1 - Stradella Ovest. DESCRITTORI -

Stratigraphic passages with environmental changes and sedimentary structures (VERCESI & SCAGNI, 1984; SCAGNI & VERCESI, 1987).

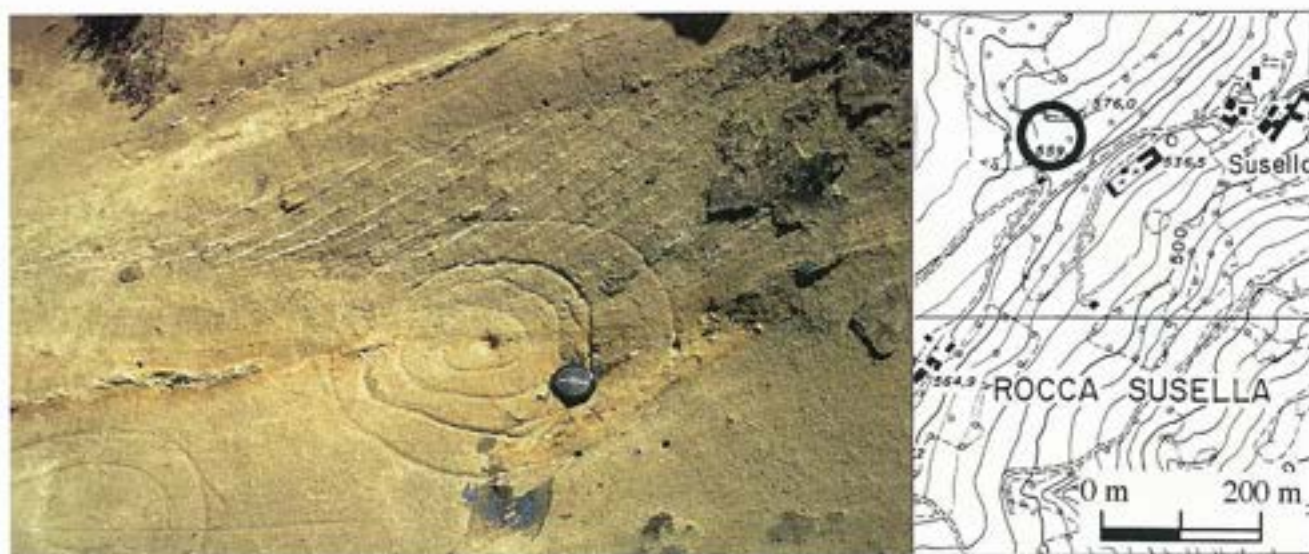


Fig. 9. – UBICAZIONE - *Provincia: Pavia, Comune: Rocca Susella, Toponimo: Susella, Foglio: 71 Tav. I.G.M.: IV, SE - Val di Nizza, CTR R. Lombardia, Sez. B8a5 - Godiasco. DESCRITTORI -*
Strutture sedimentarie di chiusura della successione regressiva messiniana.

– LOCATION - *Provincia: Pavia, Comune: Rocca Susella, Toponimo: Susella, Foglio: 71 Tav. I.G.M.: IV, SE - Val di Nizza, CTR R. Lombardia, Sez. B8a5 - Godiasco. DESCRITTORI -* Sedimentary structures of closing of regressive messinianic succession.

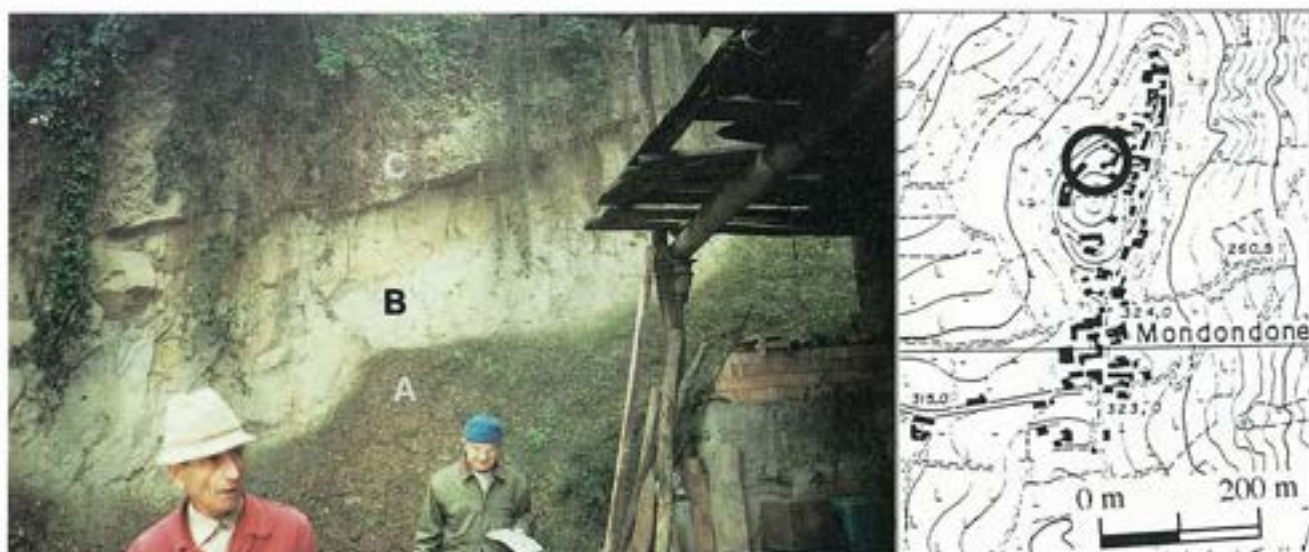


Fig. 10. – UBICAZIONE - *Provincia: Pavia, Comune: Codavilla, Toponimo: Mondondone - Ca' Barbieri, Foglio: 71 Tav. I.G.M.: IV, NO - Voghera, CTR R. Lombardia, Sez. B8a4 - Rivanazzano. DESCRITTORI -*
Passaggio stratigrafico Messiniano-Pliocene (SCAGNI & VERCESI, 1987).

– LOCATION - *Provincia: Pavia, Comune: Codavilla, Toponimo: Mondondone - Ca' Barbieri, Foglio: 71 Tav. I.G.M.: IV, NO - Voghera, CTR R. Lombardia, Sez. B8a4 - Rivanazzano. DESCRITTORI -* Messinianic-Pliocene stratigraphic passage (SCAGNI & VERCESI, 1987).

Sono ben esposte lungo una scarpata di controriva stradale e costituiscono l'unico esempio di elevato valore didattico e scientifico di faglie sinsedimentarie nel territorio preso in considerazione.

La posizione dell'affioramento ai margini della strada, oltre essere facilmente accessibile, comporta però anche il pericolo che esso venga ricoperto, dalla costruzione di un muro di sostegno o da materiale di frana proveniente dal versante.

Le pieghe interessano le Arenarie di Scabiazza (Cenomaniano/Santoniano), costituite da depositi torbiditici prevalentemente pelitico-arenacei. L'intensa tettonizzazione subita da questa formazione e la presenza, nella frazione argillosa, di minerali rigonfianti predispongono allo sviluppo di fenomeni di dissesto, che tendono a obliterare le strutture esistenti. Lo studio strutturale di questo affioramento ha messo in luce una deformazione polifasica, caratterizzata da almeno due principali fasi plicative e da successive prevalentemente fragili. La prima fase plicativa documentabile è caratterizzata da pieghe con dimensioni da decimetriche a plurimetriche e direzioni assiali fortemente disperse, la seconda da pieghe decametriche a direzione assiale appenninica (NW-SE). Queste sono state successivamente dislocate da deformazioni fragili. La sovrapposizione delle due fasi plicative è spettacolarmente osservabile in corrispondenza del Passo della Scaparina. Si tratta di un esempio praticamente unico.

La posizione dell'affioramento lungo una piccola scarpata che borda la strada, rende le pieghe sicuramente vulnerabili poiché possono venire coperte o, dal momento che si trovano su un piccolo sperone in una zona molto panoramica, il dosso potrebbe anche essere facilmente spianato per far posto a una piazzola di sosta. Inoltre, il fatto che gli strati arenacei siano caratterizzati da frequenti strutture sedimentarie alla base, quali piste di vermi e impronte di corrente, li rende soggetti ad asportazione a causa della loro singolarità e peculiarità.

Pieghe concentriche con vergenza appenninica (verso NE) che interessano le Argilliti di Montoggio (Cenomaniano-Turoniano), costituite da argilliti policrome, fogliettate e da sottili alternanze arenaceo/pelitiche.

Non si tratta di un esempio unico, tuttavia il sito riveste grande valore didattico, sia per la finezza e regolarità delle strutture, sia perché ben esposto e ubicato in zona turistica.

La litologia a dominante pelitica e la delicatezza delle strutture le rende molto vulnerabili alle manomissioni dell'uomo e all'alterazione fisica.

Successione clastica torbiditica (base delle Arenarie di Scabiazza) rappresentata da un'alternanza di strati di potenza variabile da pluricentimetrica a pluridecimettrica, costituita da prevalenti arenarie grossolane e conglomerati cui si intercalano livelli marnosi.

Gli strati più competenti risultano deformati da uno spettacolare *slump* sottomarino, ma tutta la formazione appare interessata da analoghe deformazioni (anche se meno spettacolose) e da fenomeni di risedimentazione in massa (*debris-flow*), con elementi clastici eterometrici di natura eterogenea. In particolare, si riconoscono elementi di calcari biancastri e diasprigni, riferibili rispettivamente alle formazioni giurassico-cretaciche sottostanti. Le Arenarie di Scabiazza risultano in contatto stratigrafico con i Calcari a Calpionelle che rappresentano il tetto della successione di Case Caldarola. Questa si presenta condensata rispetto ad altre analoghe che affiorano al margine sudalpino ed è costituita da: Calcari a Calpionelle (Kimmeridgiano-Albiano?), Diaspri e Scisti diasprigni ad Aptici (Calloviano-Oxfordiano), Flysch calcareo selcifero (Bajociano-Bathoniano) e calcari dolomitici grigio-nocciola (Trias?).

Fenomeni di risedimentazione interessano soprattutto i Calcari a Calpionelle, che infatti spesso contengono frammenti dei termini inferiori della successione. Questa è molto importante perché, essendo di affinità sudalpina, testimonia l'evoluzione di un possibile frammento di margine sudalpino che pone alcuni interrogativi circa la sua posizione paleogeografica e le considerazioni geodinamiche che ne derivano.

L'affioramento ha dimensioni elevate, ma è già stato intaccato da una cava, ora abbandonata, che se dovesse riprendere l'attività ne distruggerebbe irrimediabilmente i termini superiori.

Si tratta di un piccolo affioramento di Calcare a Calpionelle, esempio praticamente unico nella zona considerata (e rarissimo anche nel Sudalpino), con noduli diagenetici di selce, che formano caratteristici sferoidi sporgenti (a). Questi testimoniano, all'interno del bacino, una variazione del chimismo delle acque, con precipitazione di silice e sostituzione del sedimento calcareo per differenziazione diagenetica che si sviluppa e si diffonde da un nucleo primario.

Queste strutture affiorano al margine della strada e, data la natura puntiforme dei noduli, sono estremamente vulnerabili sia nei riguardi di una eventuale copertura che di una loro asportazione.

Successione unica, costituita alla base dalle Marne di S. Agata Fossili (Tortoniano), sovrastate da marne siltose e siltiti con gessoareniti intercalate e, al di sopra,

da marne sabbiose di ambiente marino (Formazione gessoso-solfifera, Messiniano inf.). Queste ultime (a) contengono spettacolari tracce di vermi (*Diplocraterion* sp.) che si interrompono contro un banco calcareo-dolomitico (ambiente di transizione) seguito da strati calcarenitici (b) inglobanti ciottoli. Al di sopra, con marcato contatto erosivo, è presente un conglomerato (Conglomerati di Cassano Spinola, Messiniano sup.) con elementi embriciati e canalizzazioni (c), strutture tipiche di ambiente fluviale. I ciottoli (calcarei selciosi medoloidi, gneiss, quarziti, porfidi rosa, granito rosa, granuliti, serpentinoscisti, ecc.) sono di derivazione alpina.

Questa successione stratigrafica, unica per la sua completezza, presenta bellissime strutture sedimentarie che evidenziano, in pochi metri, cambiamenti ambientali dal marino al continentale.

L'affioramento è già stato parzialmente asportato; necessita quindi di una rigorosissima tutela che salvaguardi la piccola parte rimanente.

Affioramento della porzione sommitale dei Conglomerati di Cassano Spinola, qui rappresentata dal membro arenaceo-sabbioso organizzato in corpi cuneiformi (di spessore massimo dell'ordine del metro) con lamine centimetriche a disposizione da tangenziale a concava. Non è infrequente rinvenire ciottoli arrotondati disposti lungo le lamine. Tali strutture sono indicative di condizioni deposizionali di ambiente fluviale, con correnti trattive di una certa entità e con abbondante carico sospeso. L'affioramento di Rocca Susella è da considerarsi eccezionale per la bellezza delle strutture sedimentarie presenti. L'ubicazione dell'affioramento, lungo una mulattiera percorribile in auto, li rende molto vulnerabili, anche per la delicatezza delle strutture esposte, sottolineate dalla selezione prodotta dagli agenti atmosferici che mettono in risalto le strutture interessate da diagenesi differenziale. Queste strutture sono state già profondamente manomesse da escavazione e graffiti vari.

Nel piccolo cortile dell'azienda agricola «Ca' Barbieri» affiorano, su un fronte di circa 6-7 m, i termini sommitali dei Conglomerati di Cassano Spinola. Si tratta di conglomerati fluviali a clasti arrotondati, eterometrici, embriciati, prevalentemente calcarei con matrice sabbiosa (a). I sovrastanti depositi pliocenici sono rappresentati da marne siltose (b) a lamellibranchi, con ciottoli nella parte basale, inglobanti una lente conglomeratica (c) a struttura massiva. Le marne sono di mare poco profondo e rappresentano, anche se non è possibile definire la biozona, i depositi ingressivi basali. Il

contatto tra i depositi continentali messiniani e quelli pliocenici marini è stratigrafico, di natura erosiva.

L'affioramento costituisce un esempio unico e di grande significato didattico che, per le ridotte dimensioni e per il fatto di trovarsi in un cortile privato, potrebbe essere nascosto alla vista.

2. – CONSIDERAZIONI GENERALI

Situazioni analoghe a quelle segnalate nelle presenti note si rinvencono ovviamente in tutte le regioni italiane, in forme e numero variabili.

La presenza sul territorio nazionale di un gran numero di siti, di varie dimensioni e con vincoli di diverso tipo, spesso generici (R.D.L. 3267/1923), rende evidente l'esigenza di costituire un «catalogo» generale che copra tutto il territorio nazionale, con segnalazione di quei geotopi che hanno valenze tali da dover essere sottoposti a specifica tutela con disposizioni che superino quelle esistenti (L. 1497/39 e L. 394/91). Le peculiarità dei luoghi segnalati devono essere tali da rivestire effettivamente un elevato significato, se non altro per la loro rarità in una determinata regione.

Una successiva operazione di vaglio andrà a costruire una graduatoria dei geotopi definendo quelli degni di essere tutelati in modo rigido, che devono, in generale possedere estensioni limitate. Questi siti non devono necessariamente rientrare in «Parchi» o in «Aree Protette», spesso difficilmente controllabili, ma devono essere puntualmente segnalati alle Autorità Regionali, Provinciali e Comunali, alle Comunità Montane, al Servizio Forestale, ad Enti culturali e associazioni ambientali, ecc. attraverso un'informazione capillare affinché possano essere salvaguardati. Per assicurarne la fruibilità, è necessario garantire, attraverso l'istituzione di servitù o con altri mezzi che attendano allo scopo, l'accessibilità, previo preavviso da parte del visitatore, anche a luoghi privati in cui i siti possono ricadere. Inoltre, deve essere fatta opera di sensibilizzazione e responsabilizzazione presso i proprietari che dovranno rispondere dei danni eventualmente arrecati o provvedere, laddove possibile, a ristabilire le condizioni precedenti alla manomissione.

Un'ulteriore elemento, tutt'altro che trascurabile riguarda l'aspetto economico: il miglior progetto non è però attuabile senza la disponibilità di fondi per l'effettiva tutela, informazione, manutenzione e correzione di eventuali indennizzi.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1988) - *Il paesaggio fisico dell'alto Appennino emiliano - Studio geomorfologico per l'individuazione di un'area da istituire a Parco*. (A cura di A. Carton, M. Panizza), Ist. Beni Cult. R.E.R. e Gr. Naz. Geogr. Fis. e Geomorf. del C.N.R., 182 pp. Grafis Ind. Graf., BO.
- AA.VV. (1994) - *Appennino Ligure-emiliano*. Guide Geologiche Regionali, 382 pp. (A cura della Soc. Geol. It.), BE-MA Editrice.
- ARNOLDUS-HUYZENDVELD A., GISOTTI G., MASSOLI-NOVELLI R. & ZARLENGA F. (1995) - *I beni culturali a carattere geologico: i Geotipi. Un approccio culturale al problema*. Geologia Tecnica e Ambientale, 4/95: 35-47.
- BARCA S., DI GREGORIO F. & CANNILLO C. (1992) - *Rilevamento e valutazione dei monumenti geologici e geomorfologici dei Meilogu-Logudoro (Sardinia, NW)*. Bollettino dell'A.I.C., 86: 71-84.
- BELLINZONA G., BONI A., BRAGA G., CASNEDI R. & MARCHETTI G. (1968) - *Carta geologica della «Finestra di Bobbio»*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 19.
- CAVANNA F., DI GIULIO A., GALBIATI B., MOSNA S., PEROTTI C. & PIERI M. (1989) - *Carta geologica dell'estremità orientale del Bacino Terziario Ligure Piemontese*. Atti Tic. Sc. Terra, 32.
- DALLAGIOVANNA G., MARCHETTI G. & VERCESI P.L. (1991) - *Sulla presenza di spezzoni di successioni giurassiche nel «Complesso indifferenziato» dell'Appennino Pavese-Piacentino*. Rend. Soc. Geol. It., 14: 37-42.
- DI GREGORIO F., CANNAS E. & SPANO C. (1989) - *Il patrimonio paleontologico della provincia di Cagliari: importanza e tutela*. Atti del Convegno «Turismo e ambiente nella Società post-industriale», 9-10 Marzo 1989, Milano.
- ENEA & REGIONE LAZIO (1996) - *I beni culturali a carattere geologico del Lazio. Il distretto vulcanico di Albano*. A cura di Casto L. & Zarlunga F. 143 pp.
- FAINI P., FORLANI A. & VERCESI P.L. (1993) - *Caratteristiche sedimentologiche e strutturali delle Arenarie dell'Aveto*. Atti Tic. Sc. Terra, 36: 75-88.
- FINOTELLI F., MARCHETTI G. & VERCESI P.L. (1987) - *Osservazioni geologico strutturali sulla «Finestra» di Bobbio (App. piacentino)*. Atti Tic. Sc. Terra, 31: 21-36.
- FINOTELLI F. & VERCESI P.L. (1988) - *Segnalazione di sistemi di thrust e di strutture tipo duplex nella Finestra tettonica di Bobbio (Appennino Piacentino)*. Rend. Soc. Geol. It., 11: 309-312.
- GHISELLI F., OTTRIA G., PICCIN A., VERCESI P.L. (1994) - *Assetto strutturale delle «Arenarie di Scabiazza» tra le valli Trebbia e Tidone (Appennino settentrionale)*. Atti Tic. Sc. Terra, 1994 (serie speciale), 1: 93-104.
- SCAGNI G. & VERCESI P.L. (1987) - *Il Messiniano tra la Valle Versa e la Valle Staffora (Appennino Pavese-Vogherese). Considerazioni paleogeografiche*. Atti Tic. Sc. terra, 31: 1-20.
- VERCESI P.L. & SCAGNI G. (1984) - *Osservazioni sui depositi conglomeratici dello sperone collinare di Stradella*. Rend. Soc. Geol. It., 7: 23-26.
- WIMBLETON W.A. (1990) - *2 European Heritage Sites and Type site inventories*. In: Andersen et al. Jb. Geol. B. - A, 133: 657-658.

Lavoro svolto con fondi M.U.R.S.T. 60% (resp. A. Lualdi), 40% (resp. G. Cassinis) e C.N.R. (resp. M. Vanossi).

La sinclinale di Morgantina quale sito archeologico ellenistico *Morgantina's syncline as archaeological ellenistic site*

SCHILIRÒ F. (*), BRUNO G. (**), CANNATA A. (*) & RENNA E. (***)

RIASSUNTO - È frequente riscontrare alcuni siti archeologici nei quali sorgono resti di antiche città e notare come la loro ubicazione sia stata il risultato delle conoscenze geomorfologiche e idrogeologiche del territorio; la città di Morgantina ci dà questa sensazione. Questa città è situata su alcune colline dei Monti Erei, a circa 650 m s.l.m., nei pressi della città di Aidone (Enna) e fu fondata nel VI secolo a.C. dai Calcidesi. L'espansione urbanistica di Morgantina testimonia che questo sito presentava in passato delle buone condizioni di stabilità geologica e morfologica.

Da un punto di vista geologico Morgantina si sviluppa in una sinclinale di sabbie e arenarie Plio-pleistoceniche poggianti su delle coeve argille marnose che costituiscono il substrato impermeabile della sovrastante falda idrica multistrato.

Durante il periodo greco furono realizzati importanti edifici privati e pubblici dei quali solo la *Stoa Ovest* rimase incompleta, probabilmente per motivi di instabilità dovuti all'esecuzione di uno scavo di circa 4 m eseguito al contatto tra le sabbie e le sottostanti argille marnose. Oggi il sito archeologico risulta minacciato da problemi di instabilità dovuti sia alle modalità di esecuzione degli scavi sia alle mutate condizioni morfostutturali dell'area.

PAROLE CHIAVE: Archeologia, Geologia Strutturale, Modificazioni Climatiche, Stabilità Geomorfologica.

ABSTRACT - It is frequent to meet with some archaeological sites with the remains of old cities and observe how their ubication has been a result of hydrogeological and geomorphological knowledge of the places; Morgantina gives this sensation. This hellenistic city is situated on the hills of the Mt. Erei's system at 650 m a.s.l., near Aidone's town (Enna) and it was founded during VI century B.C. by a *grae-co-calcidese* colony. Morgantina's urbanistic expansion proves

that in this place both geological and morfological stability conditions were good.

From a geological point of view, Morgantina is situated within a syncline of Plio-pleistocenic sand and sandstone lying on a substratum of supra-pliocenic marly-clays forming an impermeable substratum for the water-bearing layers presents in this synclinalic structure.

In the greek period only a building-work (*West Stoa*) remained unfinished, probably for instability reasons, due to an excavation of about 4 meters carried out at contact between sands and marly clays. At the present the archeological area is threatened by instability problems due to both the archaeological excavations and the changed morphostructural conditions of the area.

KEY WORDS: Archaeology, Structural Geology, Climatic Changes, Geomorphological Stability.

1. - CONTESTO STORICO E SVILUPPO URBANISTICO E DEMOGRAFICO

Per chi ha conoscenze umanistiche studiare l'archeologia della città di «Morgantina» sotto il profilo geologico-urbanistico rappresenta il modo più idoneo per rivisitare quelle civiltà analizzandone i comportamenti non nei loro momenti storici, politici o filosofici, studiati e conosciuti sui banchi di scuola, ma nella loro capacità di far sorgere città a misura d'uomo, opere in cui i coloni greci si dimostrarono maestri.

(*) Istituto di Geologia e Geofisica - Università di Catania (Catania - Italy)

(**) Istituto di Geologia Applicata e Geotecnica - Politecnico di Bari (Bari - Italy)

(***) Via S. Agata, 121 (Enna - Italy)

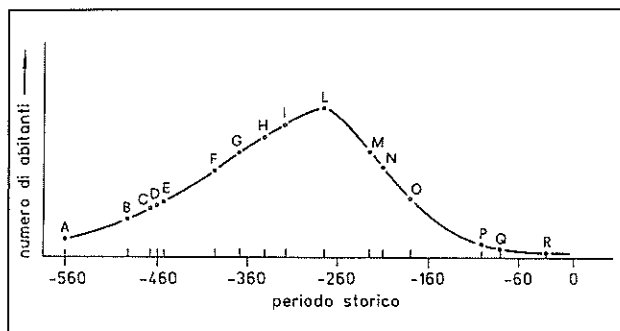
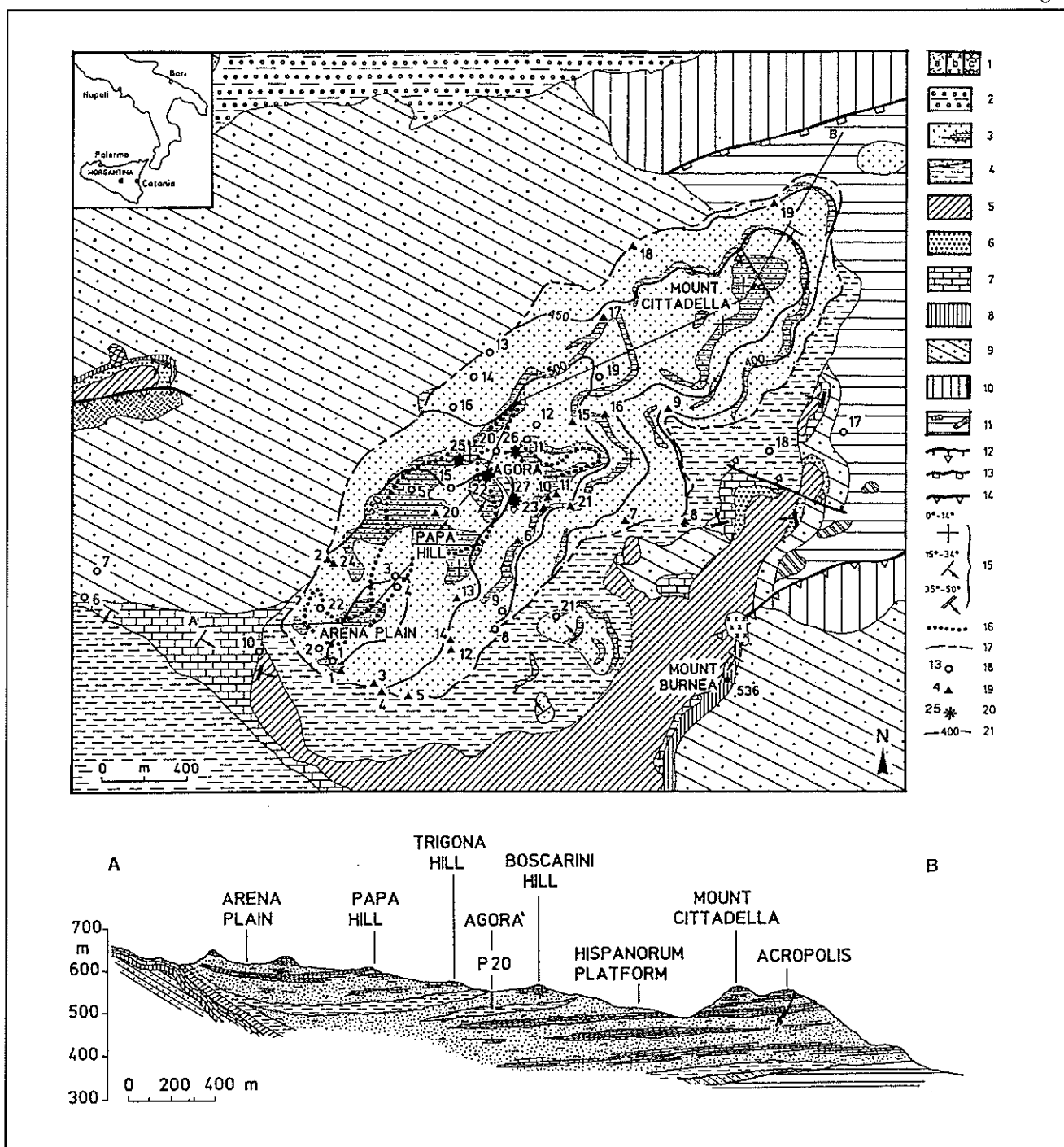


Fig. 1. — Schematizzazione dell'andamento della popolazione residente a Morgantina in relazione agli eventi storici.

— Trend of the population registered in Morgantina in relation of the historical events.

Fig. 2.



Le vicende storiche che hanno interessato l'insediamento ellenistico di Morgantina (RAFFIOTTA, 1991), dalla data della sua fondazione a quella del suo declino e abbandono trovano un ovvio riscontro nell'andamento demografico della popolazione residente. Il primo nucleo abitativo ellenistico fu realizzato circa nel 560 a.C. ad opera dei Calcidesi che risalirono la valle dell'allora navigabile F. Gornalunga e si insediarono sulle alture del M.te Cittadella. La popolazione residente dell'epoca può essere stimata in circa 1000 persone, quindi il numero di abitanti della città cresce sia pure con alterne vicende legate, prevalentemente, ad eventi bellici (fig. 1-A).

In particolare nel 490 a.C. (fig. 1-B), la Cittadella viene distrutta da Ippocrate quindi a partire dal 466 a.C. si ha una lenta ripresa socioeconomica e demografica testimoniata dall'istituzione nella città di una zecca (fig. 1-C). Nell'anno 459 a.C. i Siculi guidati da Ducezio conquistano la Cittadella e decidono di spostare l'insediamento in C.da Serra d'Orlando (fig. 1-D).

A partire da tale data Morgantina, in seguito alla contesa tra i Greci e i Siculi, subisce vicende alterne e finalmente nell'anno 396 a.C. (fig. 1-E,F) i Siracusani guidati da Dionisio riconquistano definitivamente la città che vive un periodo di tranquillità socioeconomica fino al 368 a.C. (fig. 1-G) data in cui, a seguito della morte di Dionisio, si verifica una crisi politica.

L'emissione di numerose monete databili intorno al 340 a.C. e la costruzione di numerosi edifici testimoniano una ripresa socioeconomica e demografica della città (fig. 1-H). Nel periodo compreso tra il 317 a.C. ed il 276 a.C. (fig. 1-I,L) la città viene liberata da Agatocle dalla borghesia agraria siracusana e vive il suo periodo di massimo splendore testimoniato da un forte incremento edilizio (costruzione dell'*Agorà* e della *fontana monumentale della Stoà Est*) e demografico (popolazione residente stimata da 10.000 a 30.000 persone).

Successivamente a tale periodo si cominciano ad avvertire i primi sintomi della crisi climatica calda che

determinò la riduzione della portata idrica delle sorgenti dell'area testimoniata dai lavori di riduzione dell'invaso della vasca della fontana monumentale (SANTAGATI, 1991), da 41 dm³ a 19.5 dm³ (fig. 1-M).

Nell'anno 211 a.C. la città viene conquistata dai Romani che la cedono ai loro mercenari Ispani (fig. 1-N); quindi intorno al 120 a.C. l'inasprirsi della crisi climatica determina l'esaurimento della sorgente che alimentava la *fontana monumentale della Stoà Est* che viene, quindi, rifornita d'acqua mediante una condotta d'adduzione (fig. 1-O). Intorno all'anno 104 a.C., in seguito alla ripresa delle attività belliche, la città viene conquistata dai ribelli di Salvio e l'andamento demografico subisce un forte calo (fig. 1-P).

La crisi climatica calda si fa sempre più marcata e intorno all'anno 70 a.C. viene interrata la vasca interna della *fontana monumentale*; a questo periodo si può ricondurre anche il probabile inizio della costruzione di un acquedotto che avrebbe dovuto portare l'acqua dalla vicina città di Aidone a Morgantina (fig. 1-Q). Infine, gli ultimi indizi abitativi della città risalgono all'incirca al 30 a.C. (fig. 1-R); oltre tale data non si hanno testimonianze storiche e archeologiche che attestino una frequentazione dell'area della sinclinale di Morgantina.

2. – CENNI GEOMORFOLOGICI

L'area in cui sorge l'insediamento archeologico ellenistico di Morgantina (Aidone, Sicilia) si colloca in una struttura geologica sinclinale (BRUNO & NICOSIA, 1994). Tale sinclinale, il cui asse longitudinale è allungato in direzione NE-SW, è costituita da un nucleo di sabbie e arenarie del Plio-Pleistocene cui seguono, verso il basso ed ai lati, diverse formazioni rocciose a prevalente composizione pelitica le cui età sono comprese tra il Cretaceo e il Plio-Pleistocene (fig. 2). Un'eccezione, in tal senso, è rappresentata dalle rocce

Fig. 2. – Carta idrogeologica e sezione geologica: 1a) Rosticci di miniera (Attuali); 1b) Detriti (Attuali); 1c) Frane (Attuali); 2) Alluvioni (Olocene); 3) Sabbie ed arenarie, Form. delle Sabbie Superiori (Plio-Pleistocene); 4) Argille marnoso-siltose, Form. Geracello (Pliocene sup.-Pleistocene); 5) Marne e calcari marnosi, Form. dei Trubi (Pliocene inf.); 6) Gessi, Serie Solfifera Siciliana (Messiniano); 7) Calcari, Form. dei Calcari di Base - Serie Solfifera Siciliana (Messiniano); 8) Marne silicee e diatomiti, Form. dei Tripoli (Messiniano); 9) Argille e argille marnoso-sabbiose, Form. Terravecchia (Tortoniano); 10) Argille e quarzareniti, Form. del Flysch Numidico (Oligocene-Miocene); 11) Argille con esotici di calcari marnosi (Form. Polizzi), Form. delle Argille Variegate (Cretaceo - Eocene); 12) Faglie normali; 13) Falde di ricoprimento; 14) Faglie inverse e sovraccorrimenti; 15) Giacitura degli strati; 16) Spartiacque idrografico; 17) Spartiacque idrogeologico; 18) Pozzi; 19) Sorgenti; 20) Sorgenti anidre; 21) Isopieze; 22) Ubicazione delle stazioni di misure geomeccaniche (da BRUNO & NICOSIA, 1994 - modificata).

– Hydrogeological map and geological section: 1a) Slag (present day); 1b) Talus (present day); 1c) Landslide (present day); 2) Alluviums (Holocene); 3) Sands and sandstones, Upper Sands Formation (Plio-Pleistocene); 4) Marly-silty clays, Geracello Formation (Upper Pliocene-Pleistocene); 5) Marls and marly limestones, Trubi Formation (Lower Pliocene); 6) Gypsums, Sicilian Evaporitic Series (Messinian); 7) Limestones, Calcari di Base, Sicilian Evaporitic Series (Messinian); 8) Siliceous marls and diatomites, Tripoli Formation (Messinian); 9) Clays and marly-sandy clays, Terravecchia Formation (Tortonian); 10) Clays and quartzitic sandstones, Numidic Flysch Formation (Oligocene-Miocene); 11) Clays with marly limestones (Polizzi Formation), Variegated Clays Formation (Cretaceous-Eocene); 12) Normal faults; 13) Overthrust nappes; 14) Thrust and reverse faults; 15) Strike and dip of strata; 16) Hydrographical watershed; 17) Hydrogeological watershed; 18) Wells; 19) Springs; 20) Dry springs; 21) Isopiezic lines; 22) Location of the geomechanic stations (from BRUNO & NICOSIA, 1994 - modified).

della Serie Solfifera siciliana che, nella successione stratigrafica dell'area, si collocano tra le argille e marne sabbiose della tortoniana Formazione Terravecchia e l'alternanza marnoso-calcareo della Formazione dei Trubi del Pliocene inferiore.

Dal punto di vista morfologico, le vicende tettonico-strutturali hanno determinato un rilievo di tipo inverso. Infatti, la sinclinale di Morgantina non è morfologicamente depressa bensì costituisce una dorsale che si sviluppa ad una quota media di circa 600 m s.l.m..

Le colline che formano la dorsale e i margini della sinclinale sono costituite dalle rocce arenaceo-sabbiose che, per la loro minore erodibilità, determinano un sensibile gradino morfologico al passaggio con le sottostanti rocce argillose che costituiscono le pendici della dorsale. In particolare il fianco Nord-Ovest della sinclinale, prima di digradare dolcemente fino alla piana alluvionale del F. Gornalunga, è caratterizzato da un ripido salto morfologico ereditato, in qualche modo, dalla paleogeografia dell'area di sedimentazione delle sabbie Plio-pleistoceniche che lungo questo fianco sono in trasgressione direttamente sulla Serie Solfifera oltre che sulle argille delle formazioni Terravecchia e delle Argille Varicolori.

3. – ASPETTI IDROGEOLOGICI

L'idrogeologia dell'area di Morgantina è strettamente connessa al suo assetto litostratigrafico e strutturale. Infatti, la presenza di una struttura sinclinalica con al nucleo rocce sabbioso-arenacee ed alla base un substrato argilloso ha consentito l'instaurarsi di un acquifero.

L'acquifero, costituito dalle rocce sabbioso-arenacee, ospita una falda multistrato nella quale si possono distinguere due livelli idrici sovrapposti. La presenza di lenti eteropiche di argille marnose all'interno delle sabbie (vedi sezione geologica fig. 2) determina la presenza di un livello idrico sospeso presente sia nell'area a Sud-Ovest dell'*Agorà* sia nell'area di M.te Cittadella.

Tale livello idrico non è completamente separato da quello della sottostante falda principale; infatti, l'acqua del livello superiore si versa nella falda sottostante tracimando da una soglia sotterranea, ubicata lungo il lato Nord-Ovest dell'acquifero, dovuta alla chiusura a lente del livello eteropico delle argille marnose che fungono da substrato impermeabile del livello idrico superiore.

La presenza di un livello idrico superiore è testimoniata, inoltre, sia dalle numerose evidenze idrogeologi-

che riscontrate (stratigrafie di pozzi, sorgenti di soglia di permeabilità) sia da dati storico-archeologici quali ad esempio il ritrovamento di un pozzo scavato a mano, in epoca ellenistica, nella zona del M.te Cittadella e documentato nei «reports» degli scavi archeologici (CROUCH, 1984).

L'analisi del chimismo delle acque (BRUNO & NICOSIA, 1994), ha evidenziato una sostanziale omogeneità dei costituenti ionici principali, nei diversi punti acqua campionati, confermando così la marcata interconnessione esistente tra i due livelli idrici sovrapposti.

In particolare è risultato molto utile, ai fini geoarcheologici, il censimento e l'ubicazione delle sorgenti che attualmente sono anidre e che, in epoca ellenistica, fornivano una cospicua portata idrica. Tali sorgenti, indicate con i numeri d'ordine 22, 25, 26, 27, 28, 29, sono ubicate tutte ai margini dell'*Agorà* ad eccezione della n. 28 che si colloca a Sud-Est del M.te Cittadella e della n. 25 ubicata nei pressi del *Santuario Nord o di Demetra* (fig. 2).

L'ubicazione delle sorgenti anidre ha consentito di ricostruire l'andamento della superficie piezometrica del livello idrico superiore in epoca ellenistica. Per quanto riguarda, inoltre, il carico idraulico cui era sottoposto il muro di contenimento della *Stoa Ovest*, durante la sua costruzione rimasta incompleta è stato possibile stimarlo in circa 40 m.

Il rilievo dei reperti archeologici presenti nell'area residenziale di Morgantina (ATZORI *et alii*, 1995) congiuntamente alle notizie storico-bibliografiche hanno messo in evidenza l'esistenza di una estesa rete idrica verosimilmente caratterizzata da una gestione separata delle acque bianche da quelle reflue.

La rappresentazione diagrammatica delle direzioni degli elementi della rete idrica, distinti per tipologie costruttive, e delle fratture rilevate nelle arenarie affioranti nell'area (fig. 3), permette di asserire che i canali idrici realizzati nelle arenarie non sono stati impostati lungo le linee di fratturazione della roccia.

L'approvvigionamento idropotabile avveniva prevalentemente mediante le numerose sorgenti ancora oggi presenti nell'area, che in qualche caso (sorgente n. 26), venivano utilizzate per alimentare fontane pubbliche; tuttavia, a fronte di una popolazione residente che durante il periodo di massimo splendore (fig. 1) è stimabile intorno ai 10.000 +30.000 abitanti, si verifica una lenta diminuzione della disponibilità idrica della falda che determina intorno all'anno 30 a.C. l'abbandono dell'area.

Il depauperamento della falda è da mettere, probabilmente, in relazione con una scorretta gestione della

risorsa idrica da parte delle popolazioni subentrate ai greci a partire dal 211 a.C. e soprattutto alla crisi climatica calda verificatasi in questo periodo storico (NILSSON, 1983; PINNA, 1977).

4. – FENOMENI FRANOSI E INSTABILITÀ DEL SITO ARCHEOLOGICO

Per quanto riguarda la stabilità del territorio, Morgantina è attualmente interessata da processi di dissesto superficiale e mediamente profondo che si manifestano sotto forma di franamenti che, in qualche caso, coinvolgono il patrimonio archeologico ivi presente.

Le frane più significative rilevate all'interno della sinclinale ove sorge il sito archeologico sono state distinte e classificate in base al tipo di movimento e alla natura litologica delle rocce coinvolte. Nel versante di Sud-Est della collina Boscarini, in prossimità della cosiddetta *Casa di Ganimede* è stata rilevata una frana di crollo. Tale fenomeno, attualmente in evoluzione, interessa le arenarie quarzose-calcaree che in quest'area sono interessate da un complesso sistema di faglie dirette.

Gli stress tettonici hanno determinato un intenso stato di fratturazione delle arenarie che, nelle stazioni di rilievo geostrutturale eseguite nei pressi dell'*Agorà*, presentano sistemi di joints di tipo K (lunghezza >1 m) con immersioni di 53° e 232°, inclinazioni di 88° e 83° e spaziature, rispettivamente, di 22 e 54 cm.

Il movimento franoso è stato innescato dalle sovrappressioni interstiziali, dovute alle copiose piogge verificatesi durante l'inverno '95; esse hanno determinato uno squilibrio delle forze resistenti lungo le fratture di un ammasso roccioso che oltre ad essere decompresso, a causa degli scavi archeologici condotti nell'area, è molto alterato e soggetto a fenomeni di scalzamento al piede per erosione differenziale delle sottostanti sabbie.

Poche decine di metri a N-W di quest'area, sempre a causa delle piogge e in seguito ad una risposta elastica dell'ammasso roccioso al suddetto franamento, si è verificato il crollo del muro perimetrale della *Grande Fornace*. Le spinte del terrapieno retrostanti i muri della *Grande Fornace* sono ancora attive infatti le opere di puntellamento eseguite dalla Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Enna risultano attualmente instabili.

Nell'area sud-orientale dell'*Agorà*, è stato rilevato un esteso fenomeno pregresso di frana di tipo com-

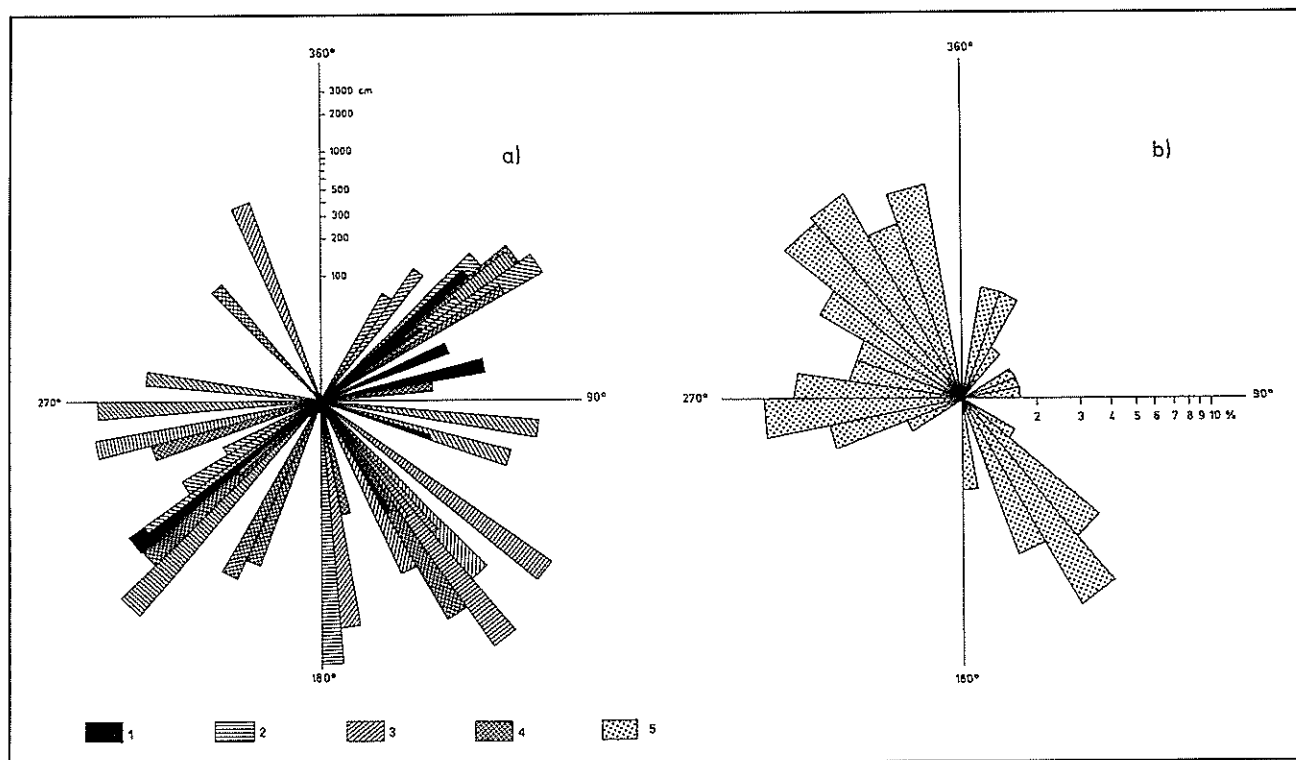


Fig. 3. – Diagrammi delle orientazioni degli elementi della rete idrica (a) e delle fratture presenti nelle arenarie (b):
1) Canali in terracotta; 2) Canali in arenaria; 3) Condotte in terracotta con $\varnothing > 15$ cm; 4) Condotte in terracotta con $\varnothing 15$ cm;
5) Direzione delle fratture rilevate nelle arenarie.

– Orientation diagrams of the water system elements (a) and of the fractures into the sandstones (b): 1) Pottery channels;
2) Sandstone channels; 3) Pottery conduits with $\varnothing > 15$ cm; 4) Pottery conduits with $\varnothing 15$ cm; 5) Strikes of the fractures found into the sandstones.

plesso che interessa l'alternanza sabbioso-arenacea, la lente di argille marnose ivi presente e il materiale di risulta degli scavi. In particolare la porzione nord-orientale della frana è stata riattivata, di recente, da una frana di crollo che interessa le arenarie quarzoso-calcaree. A sinistra del coronamento della frana quiescente, più precisamente nei pressi della *Stoa Ovest*, il terreno sabbioso-argilloso è interessato da fenomeni di scoscendimento che provocano spinte attive sul muro perimetrale della *Stoa*. Le sabbie, presenti nell'area, si presentano allo stato sciolto con densità relativa $D_r = 40 \div 50\%$ e densità in situ che vanno da $d = 1.31$ g/cc a $d = 1.64$ g/cc rispettivamente nei livelli superiori ed inferiori della formazione.

La costruzione della *Stoa Ovest* era prevista su due piani, probabilmente per sfruttare il dislivello esistente lungo la pendice, e ciò comportò sicuramente l'esecuzione di un fronte di sbancamento di almeno 4 metri di altezza. I Greci che pure si accorsero dei problemi di instabilità del muro di contenimento della *Stoa Ovest* tentarono di porvi rimedio realizzando dei contrafforti e un muro molto più spesso di quelli delle altre *Stoa* senza tuttavia riuscire a portare a termine la costruzione.

La causa di tale insuccesso è da imputare alle elevate spinte agenti sul muro perimetrale di contenimento della *Stoa Ovest*, dovute sia alle elevate pressioni interstiziali, causate dalla presenza di acqua di falda, sia all'azione spingente delle argille marnose.

5. – CONCLUSIONI

Gli scavi condotti nell'area archeologica di Morgantina hanno portato alla luce un insediamento abitativo caratterizzato da edifici di notevole pregio architettonico oltre che di una estesa rete idrica che denota l'adozione di soluzioni tecniche di notevole ingegno.

La città sia pure con alterne vicende subì un forte incremento demografico raggiungendo, intorno alla metà del III sec. a.C., una popolazione residente stimata in 10.000 ÷ 30.000 abitanti. Tale notevole sviluppo dell'insediamento ellenistico fu possibile grazie alla elevata disponibilità idrica presente nell'area oltre che alla particolare collocazione geografica di Morgantina in relazione al contesto sociopolitico del tempo.

Gli studi a carattere idrogeologico condotti nell'area e le evidenze storico-archeologiche hanno evidenziato un sostanziale declino della città, a partire dalla fine del III sec. a.C., che in qualche modo coincise con le mutate condizioni sociopolitiche e, soprattutto, con l'inasprirsi di una crisi climatica calda che determinò

una forte diminuzione della disponibilità idrica nell'area.

A fronte delle pregevoli opere architettoniche realizzate in epoca ellenistica è da segnalare il mancato completamento della *Stoa Ovest* da imputare a localizzati problemi di instabilità idrogeologica.

I fenomeni di instabilità attualmente in corso lungo alcune pendici sono sostanzialmente del tipo movimento di massa; in particolare è stata rilevata una frana pregressa di tipo composito e delle frane di crollo.

Le cause dei dissesti sono da imputare oltre che all'assetto litostratigrafico e idrogeologico dell'area anche allo stato di fratturazione delle arenarie. In un tale contesto fenomeni imprevedibili come eventi piovosi eccezionali o sistematici quali i fenomeni di decompressione delle pendici dovuti all'esecuzione degli scavi archeologici possono innescare o riattivare fenomeni franosi che a volte coinvolgono il patrimonio archeologico.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare la SOPRINTENDENZA AI BENI CULTURALI ED AMBIENTALI DI ENNA per aver consentito le ricerche e la stampa dei risultati (autorizzazione n. 2782/III del 13-9-1995) e la signora MARIA ROSARIA PAIANO per le realizzazioni grafiche.

BIBLIOGRAFIA

- ATZORI P., BRUNO G., CROUCH D.P., MAZZOLENI P. & PEZZINO A. (1995) - *Hydrogeological, petrographical and geochemical characterization of Morgantina hydraulic network (Sicily - Italy)*. Proc. of 1st Intern. Congr. "Science and technology for the safeguard of cultural heritage in the mediterranean basin" Nov. 27 - Dec. 2, Catania - Siracusa (Italy) (*in stampa*).
- BRUNO G. & NICOSIA S. (1994) - *Caratteri geologici e idrogeologici dell'area archeologica di Morgantina (Sicilia Centrale)*. Atti del 2 Semin. Intern. "Il sistema uomo-ambiente tra passato e presente" 3-6 Giugno, Ravello (Italia) (*in stampa*).
- CROUCH D.P. (1984) - *The hellenistic water system of Morgantina, Sicily: contribution to history of urbanization*. AJA, 88: 353-365, pl 46-47.
- NILSSON T. (1983) - *The pleistocene-geology and life in the quaternary ice age*. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- PINNA M. (1977) - *Climatologia*. pp., U.T.E.T., Torino.
- RAFFIOTTA S. (1991) - *C'era una volta Morgantina*. Banca Agricola Etnea, Catania (Italia).
- SANTAGATI M. (1991) - *Archeologia ed architettura*. «Demetra», Semestrale degli Architetti di Enna, n. 1.

Strutture geologiche e altri geotopi nella Media Valle Latina-Lazio meridionale, Italia

Geological structures and other geotopes in the central Latina valley-southern Latium, Italy

DI BERNARDO S. (*) & MARIUCCI M.T. (**)

RIASSUNTO – La Valle Latina è un'ampia valle a sud di Roma allungata in direzione NW-SE. La regione è caratterizzata da due diversi e contraddittori aspetti dell'ambiente: da una parte ci sono evidenti impatti causati dai recenti interventi antropici; dall'altra si deve ricordare che in questa valle sono presenti vari siti di interesse storico, artistico e archeologico e aree di alto valore naturalistico. In particolare vogliamo evidenziare la presenza di diverse strutture geologiche che illustrano i meccanismi di deformazione e le fasi collegati all'evoluzione tettonica dell'area. Il valore scientifico e culturale di questi geotopi dovrebbe essere accentuato, anche per divulgare la conoscenza geologica del nostro territorio, quindi proponiamo di includere gli affioramenti più interessanti in itinerari turistico-didattici.

PAROLA CHIAVE: Lazio, Valle Latina, geotopo, geologia strutturale.

ABSTRACT – The Latina Valley is a large valley south of Rome, NW-extended. The region is characterized by two different and contradictory aspects of the environment: on one hand there are evident impacts caused by recent anthropic interventions; on the other hand it must be reminded that in this valley there are several sites of historic, artistic and archaeological interest and areas of high naturalistic value. In particular we want to point out the presence of different geological structures which illustrate deformation mechanisms and phases connected to the tectonic evolution of the area. The scientific and cultural value of these geotopes should be emphasized, also to promote the geological knowledge of our land, then we suggest to include the most interesting outcrops in tourist-didactic itineraries.

KEY WORDS: Latium, Latina Valley, geotope, structural geology.

1. – INTRODUZIONE

Sotto il profilo ambientale la Media Valle Latina è caratterizzata da aspetti contraddittori. L'attività antropica ha spesso provocato effetti devastanti sul territorio: principalmente l'eccessivo e irrazionale uso del suolo, mediante un processo di industrializzazione molto spinto, la realizzazione di infrastrutture di interesse nazionale quali l'autostrada e la linea ferroviaria dell'Alta Velocità, l'attività estrattiva; poi il conseguente inquinamento del reticolo idrografico e delle falde superficiali, accentuato dall'eccessivo sfruttamento delle risorse idriche.

D'altronde occorre ricordare che la Valle Latina è ricca di numerosi valori di permanenza storica, di siti di elevato interesse archeologico (Fregellae, ad esempio) ed artistico (basti pensare ai centri di Anagni e Ferentino), di ambiti naturalistici pregiati di cui è sicuramente rappresentativa la «macchia di Anagni», uno degli ultimi lembi di foresta di fondovalle del corso superiore del fiume Sacco.

Accanto a queste valenze ambientali riconosciute ed apprezzate da tutti, nella Valle Latina si possono trovare numerose singolarità geologiche afferenti alle diverse discipline delle scienze della terra. A causa della mancanza di una cultura geologica, spesso tali geotopi non sono riconosciuti e apprezzati come elementi del patrimonio naturale e conseguentemente rischiano di essere distrutti.

(*) V. Selva Polledrara - Frosinone.

(**) I.N.G. - Roma.

In questa nota vengono descritti i siti e gli affioramenti principali che, per il valore scientifico di tutti, la buona esposizione, la facile accessibilità e gli aspetti paesaggistici di molti di essi, possono essere annoverati tra i «beni culturali di carattere geologico» (ARNOLDUS *et alii*, 1995). Si vuole porre l'attenzione sull'esistenza di numerose strutture geologiche alla mesoscala che rappresentano la testimonianza diretta dei differenti meccanismi e fasi di deformazione che hanno agito nell'area; inoltre spesso tali strutture hanno avuto un ruolo determinante nell'interpretazione e nella ricostruzione dell'assetto profondo della Media Valle Latina (DI BERNARDO, 1992; MARIUCCI, 1992).

2. - CENNI MORFOLOGICI E PAESAGGISTICI

A grande scala le morfostrutture principali dell'area risultano essere le catene carbonatiche dei Monti Lepini, a SW, le cui vette si collegano alla valle con pendii molto acclivi, e dei Monti Ernici, a NE, le cui propaggini digradano dolcemente verso le colline arrotondate, di natura flyschoidale, che caratterizzano la riva sinistra del Fiume Sacco. Quest'ultimo, attraversando la valle longitudinalmente, è l'elemento idrografico principale; piccoli affluenti provengono quasi rettilinei dai Lepini altri, con andamento più movimentato, dagli Ernici.

Le aree montane sono caratterizzate da vegetazione boschiva, fitta sui versanti esposti a NE, più rada a SW, ancora intatta, specie sui M. Lepini dove gli la presenza umana si ferma a bassa quota. Il carsismo ha un ruolo fondamentale nel modellamento del paesaggio, favorito dall'umidità del clima e dalla notevole fratturazione delle rocce presenti, per cui sono comuni, ma sempre spettacolari, forme epigee e ipogee caratteristiche di dimensioni varie: doline (come quella che ospita il lago di Canterno), lapiez, karren, grotte, stalattiti e stalagmiti.

Il fondovalle è fittamente coltivato e nonostante qualche lembo di vegetazione autoctona ciò che prevale è l'impronta data dall'attività antropica: insediamenti sparsi, infrastrutture, cave, industrie.

3. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

Le formazioni più antiche affioranti nell'area considerata (fig. 1) appartengono alla successione stratigrafica, in facies di piattaforma carbonatica, «laziale-

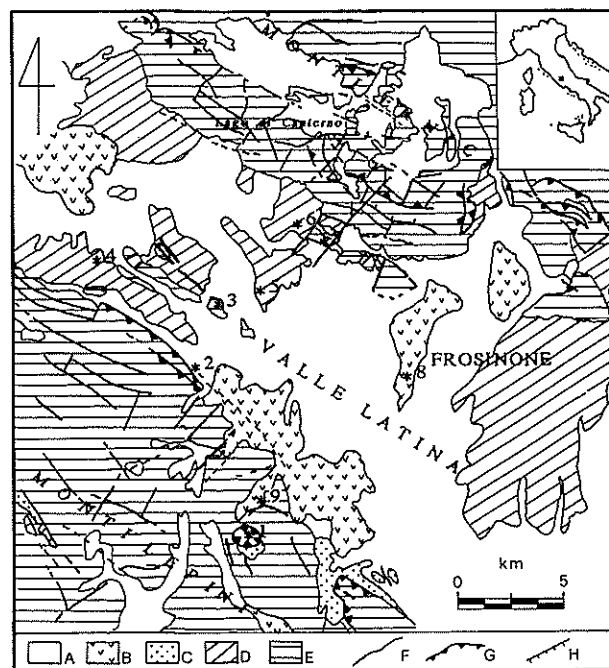


Fig. 1. - Schema geologico della Media Valle Latina con l'ubicazione dei principali geotipi. 1) M. Cacume. 2) Fronte di accavallamento dei M. Lepini. 3) Dorsale di Monticchio: strutture «duplex». 4) Marroni: pieghe nel flysch. 5) Colle Fatucchio: strati verticali nel flysch mostranti l'intera sequenza di Bouma e impronte di fondo. 6) S. Antonio: «fault propagation folding». 7) Ferentino: strutture sigmoidali. 8) Vulcano di Selva dei Muli. 9) Caldera di Patrica. A) Depositi Plio-Quaternari. B) Vulcaniti. C) Sicilidi. D) Formazione argilloso-arenacea (Miocene Superiore). E) Carbonati Meso-Cenozoici. F) Faglia. G) Sovrascorrimento. H) Faglia diretta.

- Geological sketch of central Latina Valley with the location of the main geotopes. 1) Mt Cacume. 2) Mt. Lepini thrust. 3) Monticchio ridge: «duplex» structures. 4) Marroni: folds in the flysch unit. 5) Colle Fatucchio: vertical bedding showing the whole Bouma's sequence and 'flute casts'. 6) S. Antonio: 'fault propagation folding'. 7) Ferentino: sigmoidal structures. 8) Selva dei Muli volcano. 9) Patrica 'caldera'. A) Plio-Quaternary units. B) Volcanic units. C) Sicilide complex. D) Turbiditic unit (Upper Miocene). E) Meso-Cenozoic carbonatic units. F) Fault. G) Thrust. H) Normal fault.

abruzzese» (ACCORDI *et alii*, 1967; ALBERTI *et alii*, 1975), hanno età dal Cretacico al Miocene inferiore e costituiscono le dorsali montuose dei Lepini, degli Ernici e quella minore di Monticchio. Ad esse segue il complesso torbiditico silico-clastico della media Valle Latina, di età tortoniana, che è riferibile ad una conoide sottomarina profonda. Tra i litotipi più recenti ricordiamo i travertini e le vulcaniti riferibili ai centri di emissione del vulcanismo areale della media Valle Latina (Tecchiena, Selva dei Muli, Patrica e Supino). Sono presenti inoltre lembi di materiale alloctono del «Complesso sicilide» («Argille scagliose», «Argille varicolori» degli AA.).

L'evoluzione tettonica dell'area coincide con quella di tutta la catena appenninica (PAROTTO & PRATURLON, 1975) la cui strutturazione è avvenuta

principalmente a partire dal Miocene superiore attraverso più fasi tettoniche l'ultima delle quali, distensiva, ha caratterizzato maggiormente l'aspetto odierno della Valle Latina ed è stata responsabile del vulcanismo. L'assetto attuale è definito dagli assi delle strutture principali orientati NW-SE; la struttura profonda della valle è costituita da scaglie embricate, con piani di accavallamento a basso angolo e pendenze maggiori verso la superficie, sbloccate da faglie dirette di tipo listrico (MOSTARDINI & MERLINI, 1986).

4. – I GEOTOPi

4.1. – IL «KLIPPE» DI MONTE CACUME

Il più famoso dei geotopi presenti nell'area è sicuramente M. Cacume un morfotipo che, dominando tutta la valle, può essere assunto a simbolo paesaggistico della zona (fig. 2). Geologicamente la struttura è un 'klippe' e rappresenta il residuo di una falda di calcare cretaceo sovrascorsa su un lembo di «Argille caotiche» poste sopra le unità carbonatiche che costituiscono la dorsale dei Lepini (ANGELUCCI & DEVOTO, 1966). Il contatto tettonico è facilmente individuabile e sono visibili le notevoli deformazioni ad esso correlate. Il valore scientifico e didattico del geotopo è elevato per la sua unicità come struttura, relativamente all'area, per la sua ottima visibilità, la facile fruibilità e il buono stato di conservazione dell'affioramento. Inoltre non bisogna dimenticare le bellezze paesaggistiche dell'ambiente circostante. Tutta l'area del Cacume è zona protetta per la presenza di un ambiente naturale integro, che permette l'esistenza a varie specie faunistiche e floristiche anche rare, e di resti di interesse archeologico. Pertanto nell'area già esiste un itinerario storico-naturalistico nel quale va forse ulteriormente evidenziata l'importanza geologica del sito.

4.2. – IL «THRUST» DEI MONTI LEPINI A MOROLO

Sulle pendici dei Lepini, nei pressi di Morolo affiora quello che è stato interpretato come un «rejoining splay thrust» (MCCLAY, 1992) e fa parte delle varie strutture geologiche collegate al sovrascorrimento della dorsale dei Lepini sopra le unità flyschoidi della Valle Latina. Un piano di thrust, con direzione N75°W immergente 55° a S, con movimento di tipo oblique-slip, mette in contatto calcari di età cretacea con «Marne ad Orbulina» mioceniche (fig. 3). Queste ulti-

me si presentano caratterizzate da un clivaggio di scistosità (con orientazione N64°W e immersione 70° a SW) e micropieghe con assi notevolmente inclinati (fig. 4), fino a 70° verso S, testimoni delle varie fasi deformative che hanno condotto all'attuale assetto tettonico. Il valore di questo geotopo è principalmente di tipo scientifico poiché lungo tutto il fronte dei M. Lepini gli affioramenti sono scarsi e poco significativi quindi il thrust è testimoniato perlopiù da evidenze morfologiche. Il luogo non è in buono stato poiché è situato lungo un sentiero ai limiti dell'abitato e quindi alcuni piccoli manufatti obliterano parte dell'affioramento e contribuiscono all'alterazione delle marne, che costituiscono il piano campagna.

4.3. – LE STRUTTURE «DUPLEX» SULLA DORSALE DI MONTICCHIO

All'interno di tutta la Valle Latina sono molto evidenti le strutture compressive che ne caratterizzano l'assetto. In alcune cave dismesse situate lungo la dorsale di Monticchio, che divide longitudinalmente la valle circa a metà, sono presenti interessanti strutture alla scala dell'affioramento. Negli strati di calcare cretaceo si possono osservare chiari esempi di geometria «ramp-flat» e «duplex» (BUTLER, 1987) che danno un'idea di come il raddoppio tettonico sia avvenuto anche all'interno delle singole unità. I piani di «flat» spesso coincidono con la stratificazione, e hanno direzione media N60°W e pendenze di 30° verso SW, mentre le «ramp» hanno una pendenza maggiore, circa 60°: insieme costituiscono superfici curve a forma di «esse» sulle quali sono presenti strie e indicatori cinematici (fig. 5). Nonostante la sua importanza scientifica, specie a causa del numero limitato di affioramenti nella valle, il valore del geotopo è principalmente di tipo didattico. Il luogo è facilmente accessibile e le interessanti strutture sono ben visibili; inoltre sono ancora presenti vecchi edifici e impianti necessari alla coltivazione della cava che potrebbero trovare altre destinazioni d'uso, senza dimenticare quella passata, nell'ambito di un progetto di ripristino dell'area.

4.4. – COLLE FATUCCIO

Il sito è costituito da due cave dismesse nelle quali i terreni affioranti sono rappresentati dalle alternanze di argille grigie e arenarie giallastre tipiche della «Formazione argilloso-arenacea». I tagli, relativamente recenti, hanno portato alla luce diverse strutture geo-

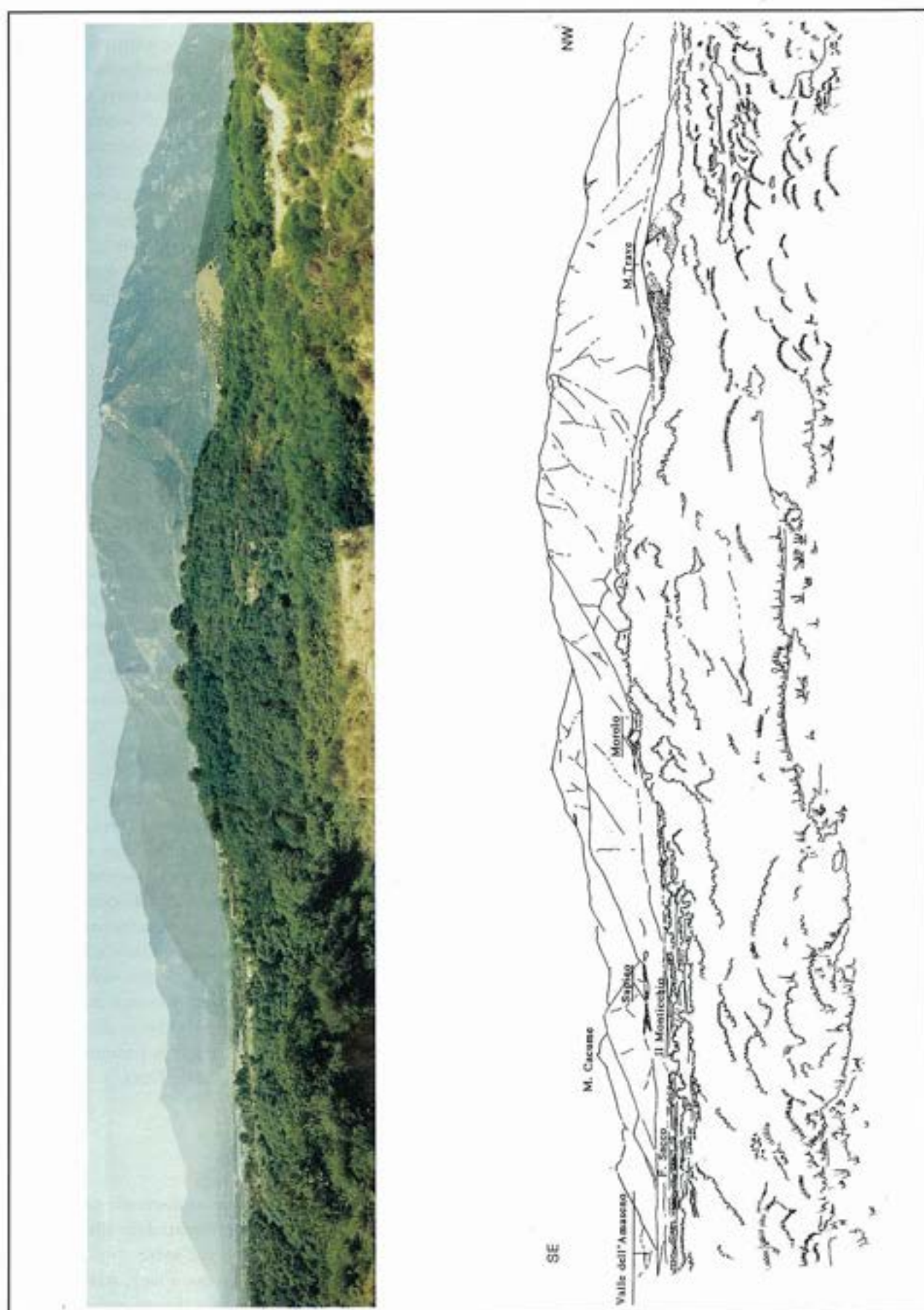


Fig. 2. - Veduta generale dell'area esaminata (da NE) - General view of the investigated area (from NE).



Fig. 3. – Particolare del sovrascorrimento dei calcari cretacei sulle marne mioceniche (Morolo).

– Detail of the cretaceous limestone overthrusting the miocene marls (Morolo).



Fig. 4. – Particolare delle strutture deformative nelle «Marne a Orbulina» (Morolo).

– Detail of deformation structures in 'Marne a Orbulina' (Morolo).



Fig. 5. – Esempio di struttura «duplex» a piccola scala (doesale di Monticchio, Ferentino).

– Example of small scale 'duplex' structure (Monticchio ridge, Ferentino).

logiche e sedimentarie che hanno rivelato la presenza di grandi e strette anticlinali rovescie, separate da ampie sinclinali, la cui genesi è legata alla presenza di «thrust ciechi» (McCLAY, 1992) che si sviluppano lungo i nuclei delle anticlinali e che talora affiorano sfruttando i fianchi verticalizzati delle pieghe. Questi ultimi permettono inoltre di osservare l'intera «sequenza di Bouma» (MUTTI & RICCI LUCCHI, 1972) e impronte di fondo, di dimensioni decimetriche, di tipo «flute casts» (fig. 6). La varietà e l'unicità delle strutture descritte conferiscono un grande valore scientifico al sito; la facile accessibilità e la piacevolezza del paesaggio circostante lo rendono fruibile da un punto di vista turistico-culturale e didattico.



Fig. 6. – Unità torbídica con stratificazione verticale: si possono riconoscere grandi impronte di fondo di tipo «flute-casts» (Colle Faruccio, Ferentino).

– Turbiditic unit with vertical bedding: we can recognize large «flute-casts» (Colle Faruccio, Ferentino).

4.5. - LA «FAULT PROPAGATION FOLDING» DI S. ANTONIO

Si tratta di un affioramento di piccole dimensioni in corrispondenza di uno sbancamento eseguito per l'apertura di una nuova strada (fig. 7). Questo, avendo una direzione N-S, ha offerto una sezione ideale per lo studio delle strutture presenti, dal momento che le taglia trasversalmente. La litologia affiorante è la «Formazione argilloso-arenacea» che qui si presenta in alternanze arenaceo-pelittiche sottilmente stratificate (5-15 cm). Il taglio stradale ha messo in luce una tipica struttura legata alla tettonica da thrust (direzione di accavallamento N-S) con caratteristica geometria «ramp-flat» a cui è collegato un fenomeno di «fault-propagation folding» (SUPPE, 1983; BUTLER, 1992). Il valore scientifico di tale geotopo è elevato sia per l'unicità di tale struttura, non ne affiorano altre nelle valli, sia per l'importanza che essa assume nella comprensione dello stile deformativo dell'area e del suo assetto strutturale profondo.

4.6. - FERENTINO

L'intero abitato di Ferentino può essere considerato uno dei «best sites» dell'area per la presenza di numerose strutture geologiche. All'interno del paese esistono diversi affioramenti di facile accessibilità che interessano il «scalcare a losanghe» miocenico. Essi mettono in evidenza uno stile deformativo fragile-duttile rappresentato da un clivaggio di tipo sigmoidale i cui litoni, piuttosto regolari, sono distanziati di circa 10 cm (fig. 8). Sia i piani di clivaggio che i relativi piani di taglio confermano la fase compressiva con direzione N-S. La tettonica fragile è rappresentata da piani di faglia ben conservati,



Fig. 7. - Geometria di «fault-propagation foldings» (S. Antonio, Ferentino).

- «Fault-propagation folding» geometry (S. Antonio, Ferentino).



Fig. 8. - Esempio del clivaggio che interessa i calcari miocenici a Ferentino.

- Example of cleavage in miocene limestones at Ferentino.

spesso riconducibili a sistemi coniugati, su cui sono evidenti gli elementi cinematici (fig. 9), indizi insostituibili nella ricostruzione cinematica delle deformazioni e quindi nella orientazione del tensore del campo di stress.

5. - CONCLUSIONI

I geotopi descritti in questa nota sono solo una parte dell'ampio e diversificato patrimonio geologico della Valle Latina che assume importanza di carattere regionale o locale a seconda dei casi. Essi potrebbero essere utilizzati, unitamente ai beni storico-archeologici e naturalistici, per lo sviluppo di un turismo culturale e la conseguente valorizzazione delle aree meno note, ma non per questo meno interessanti, della valle e dei suoi dintorni montani. In primo luogo si dovrebbe porre più attenzione al patrimonio geologico e farlo conoscere anche ai non addetti ai lavori (PANIZZA & PIACENTE, 1989). Questo potrebbe essere attuato mediante la rea-



Fig. 9. - Esempio di superficie di faglia con indicatori cinematici molto evidenti.

- Example of fault surface showing evident kinematic indicators.

lizzazione di guide specifiche (CASTO & ZARLENGA, 1996) e di guide interdisciplinari che descrivano le varie componenti del paesaggio e le loro relazioni reciproche. Inoltre si propone la realizzazione di itinerari turistico-didattici organizzati con più livelli di approfondimento degli argomenti e visite guidate a richiesta. Ciò renderebbe possibile un controllo capillare e continuo del territorio e delle zone di maggior interesse geologico nonché un ripristino delle aree in stato di degrado. Si realizzerebbero così gli obiettivi di una maggiore occupazione giovanile e divulgazione ad ampio raggio di una cultura geologica, spesso dimenticata, che è alla base di ogni approccio responsabile con il territorio. Le scuole di ogni ordine e grado potrebbero usufruire di questi servizi e avere a disposizione aree e itinerari per lezioni «sul campo».

Ringraziamenti

Si ringrazia la Dott.ssa P. MONTONE per gli utili consigli.

BIBLIOGRAFIA

- ACCORDI B., ANGELOCCI A. & SIRNA G. (1967) - Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, foglio 159 Frosinone e foglio 160 Cassino. Serv. Geol. D'It., Roma.
- ALBERTI A.U., BERGOMI C., CATENACCI V., CENTAMORE E., CESTARI G., CHIOCCINI M., CHIOCCINI U., MANGANELLI V., MOLENARI-PAGANELLI V., PANISERI-CRESCENZI C., SALVATI L. & TILIA-ZUCCARI A. (1975) - Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 389 Anagni. Serv. Geol. D'It., Roma.
- ANGELOCCI A. & DEVOTO G. (1966) - *Geologia del Monte Caccame (Frosinone)*. Geol. Rom., 5: 177-196.
- ARNOLDUS-HUYZENDVELD A., GISOTTI G., MASSOLI-NOVELLI R. & ZARLENGA F. (1995) - *I beni culturali a carattere geologico: i geotopi. Un approccio culturale al problema*. Geologia tecnica & ambientale, 4: 35-47.
- BUTLER R.W.H. (1987) - *Thrust sequences*. Journal of the Geological Society, 144: 619-634, London.
- BUTLER R.W.H. (1992) - *Structural evolution of the western Chartreuse Fold and thrust system, NW French Sudalpine chains*. Thrust tectonics, 287-298, London.
- CASTO L. & ZARLENGA F. (1996) - *I beni culturali a carattere geologico del Lazio. Il distretto vulcanico di Albano*. ENEA ed., pp. 143, Roma.
- DI BERNARDO S. (1992) - *Caratteri geologico-strutturali della Media Valle Latina nell'area compresa tra Ferentino e Frosinone (F. 389 Anagni)*. Tesi inedita, Roma.
- MARIUCCI M.T. (1992) - *Caratteri geologico-strutturali della Media Valle Latina nell'area compresa tra Sgurgola e Sapienza (F. 389 Anagni)*. Tesi inedita, Roma.
- MCCLAY K.R. (1992) - *Glossary of thrust tectonics terms*. Thrust tectonics, 419-432, London.
- MOSTARDINI F. & MURLINI S. (1986) - *Appennino centro-occidentale. Sezioni geologiche e proposta di modello strutturale*. AGIP, Milano.
- MUTI E. & RICCI-LUCCHI F. (1972) - *Le torbiditi dell'Appennino settentrionale: introduzione all'analisi di facies*. Mem. Soc. Geol. It., 11, Pisa.
- PANEZZA M. & PIACENTE S. (1989) - *Cultura del paesaggio e offerta turistica*. Atti del Convegno internazionale "Turismo e Ambiente nella Società Post-industriale", Milano 9-10 marzo 1989, 839-844.
- PAROTTO M. & PRATURLON A. (1975) - *Geological Summary of the Central Apennines*. In: "Structural model of Italy", Quaderni della Ric. Scient. C.N.R., 90: 257-311, Roma.
- SUPPE J. (1983) - *Geometry and kinematics of fault-bend folding*. Am. Journ. of Sc., 283: 684-721.

Parte I. Studio geologico ambientale per il recupero e la valorizzazione di aree contaminate da coltivazioni minerarie dei giacimenti di Arenas e Tiny nella contea di Oridda (Sardegna sud-occidentale, Italia)

Part I. Environmental geological study for the remediation and enhancement of the contaminated area of Arenas and Tiny mines in Oridda county (south-western Sardinia, Italy)

GORGA R. (*)

RIASSUNTO – Nell'ambito degli studi ambientali, vengono presentati i caratteri mineralogici, petrografici e chimici delle indagini effettuate nelle aree appartenenti alle miniere abbandonate di Arenas e Tiny per il ripristino di terreni interessati da attività estrattive.

Lo scopo fondamentale della ricerca è finalizzato all'ipotesi di un eventuale, limitato, intervento di ripristino per il rilancio delle tematiche culturali di attività didattiche e di turismo naturalistico.

I risultati di questa ricerca, pongono in evidenza gli obiettivi di qualità, per il controllo del grado di inquinamento dei suoli, come principali linee guida per il recupero ambientale sufficientemente raggiungibili a garantire operazioni di bonifica.

In seguito si potrà effettuare un piano per l'interpretazione dei dati ambientali sulla vegetazione, le caratteristiche dei suoli, la previsione dei boschi, la produzione di pascoli e coltivi, lo schema idrogeologico e lo stato degli alvei.

PAROLA CHIAVE - Geologia Ambientale; Valorizzazione Suoli; Giacimenti Minerari; Arenas-Tiny; Sardegna SW.

ABSTRACT - In the context of the environmental researches, the discussed mineralogical, petrographical and chemical features of the investigations have been carried out in the surrounding area of the abandoned Arenas and Tiny mines with the goal of remediating a zone affected by the extraction activities.

The aim of this research was to define a limited remediation scheme which would promote natural and cultural tourism. The research results define quality objectives, relative to controlling the level of pollution of the soil, water and air, as principle guide-lines for attainable and sufficient environmental recovery.

The continuation of the paper will be devoted to carry out a plan for the environmental data related to natural vegetation, pastures and cultivated field was interpreted in terms of soil characteristics, the prevision of the bushes, the production of the pasture and cultivated fields, the hydrogeological setting and the state of the river beds.

KEY WORDS: Environmental Geology, Soil Beneficiation; Ore deposits; Arenas-Tiny; SW Sardinia.

1. — PREMESSA

«Non è considerabile compiuto l'esame geografico di un fenomeno, se non si individuano le unità di paesaggio, ossia i geotopi, ad esso funzionali» (LO MONACO *et alii*, 1990).

In generale, le competenze richieste per una corretta politica relativa ai parchi naturali e alla conservazione del prezioso patrimonio biologico vanno

(*) Istituto per il Trattamento dei Minerali (CNR) - Via Bolognola, 7 - 00138 Roma (Italia)

dalle conoscenze chimico-fisiche, a quelle socio-economiche ed energetiche (ARNOLDUS HUIZENDVELD *et alii*, 1995; CARIA, 1990; CICCUC *et alii*, 1987; DI GREGORIO & MASSOLI NOVELLI, 1988, 1992; MASSOLI NOVELLI, 1992; MARZOCCHI, 1996; RITCEY, 1989; ROSSI, 1973; SWAINBANK *et alii*, 1982; TYLECOTE *et alii*, 1984).

Sebbene tali conoscenze consentano, indubbiamente, la programmazione e la realizzazione di opere nel rispetto degli equilibri ambientali, i limiti fino ad oggi pubblicati nell'ambito delle scienze della Terra sono da ricercare nel linguaggio troppo specialistico e nella diffusione riservata ai ricercatori del settore peraltro con una carenza di confronti scientifici tra le diverse linee programmatiche di ricerca.

Vale la pena ricordare un pensiero di Kant «Se l'elaborazione delle conoscenze che sono di pertinenza della ragione segua o meno il sicuro cammino della scienza, si può giudicare facilmente dalla conclusione. Quando essa, dopo aver fatto numerosi apprestamenti e preparativi, appena giunge in prossimità dello scopo si arena, o deve nuovamente e ripetute volte ricominciare da capo, tentando altre vie; e, parimenti - quando non è possibile realizzare la concordia fra i diversi collaboratori intorno al modo in cui dev'esser condotto il lavoro comune - si può allora esser certi che l'impresa è ben lontana dal cammino sicuro della scienza, procedendo piuttosto incertamente a tastoni...».

Da qualche decennio, gli insediamenti antropici di alcuni luoghi con addensamenti e rarefazioni regionali, anche se hanno modificato i rapporti sociali ed economici, hanno però contribuito alla conservazione di importanti «siti» naturali dove l'insieme degli esseri viventi, in un ambiente caratterizzato da condizioni chimico-fisiche in equilibrio, hanno sviluppato interazioni reciproche.

La ricerca di una migliore qualità della vita e di un nuovo modello ottimale di sviluppo degli equilibri ecologici tra aree destinate al sempre più crescente stato di abbandono e quelle destinate alla pianificazione e rivalorizzazione di un patrimonio naturale costituiscono una vera e propria risorsa per l'espletamento delle attività culturali e di formazione professionale, la promozione e l'attivazione di iniziative a carattere turistico, agricolo, infrastrutturale e informativo da destinare allo sviluppo dell'economia reale per una nuova strategia occupazionale nella gestione dei beni e dei servizi essenziali.

Da questo ne deriva il ruolo fondamentale della ricerca scientifica e tecnologica per la conservazione dell'ambiente atta a dare un futuro al nostro pianeta.

2. - INTRODUZIONE

I depositi minerali di Arenas e Tiny, nella contea di Oridda, sono due importanti località minerarie interposte tra i distretti metalliferi dell'Iglesiente e dell'Arburese.

L'importanza giacimentologica di questa regione è stata tale che i primi insediamenti che si conoscono si fanno risalire al tempo dei Fenici ai quali fecero seguito Punici, Romani, Aragonesi e Pisani (BINAGHI, 1937).

A Tiny-S'Arenas, i caratteri giaciturali, mineralogici, petrografici e chimici, sono di notevole rilevanza scientifica per il «grandioso e originale fenomeno di 'ossidazione', unico al mondo nel suo genere» (CAVINATO, 1948).

La zona mineraria, soggetta a bonifica, è compresa nella tavoletta III-SW del foglio 225 «S. Benedetto» della Carta d'Italia (I.G.M.) e nel foglio 224-225 della Carta geologica 1:100.000 «Capo Pecora-Guspini» (ZUFFARDI *et alii*, 1971).

Le due mineralizzazioni si trovano nei terreni sedimentari delle successioni cambro-ordoviciane coinvolti in una ingente attività metasomatica a spese dell'intrusione granitica di Monte Tiny e alle vicende tettoniche dell'orogenesi ercinica.

Le sezioni geologiche che attraversano i due giacimenti evidenziano una formazione di quarzo filoniano (URAS, 1957) compresa entro i calcari granatiferi a muro e gli scisti argillosi a tetto (DI COLBERTALDO, 1958; ZUFFARDI *et alii*, 1971).

Il minerale (GORGAR & LINI, 1993), intensamente ossidato si trova nei marmi saccaroidi, nelle granatiti, negli scisti arenacei, nei filoni di quarzo e nelle terre argillose entro il quarzo stesso (URAS, 1957).

La parte superficiale del territorio, che è stata oggetto di coltivazione, rappresenta la zona di profonda alterazione dove le preesistenti fasi primarie: galena e sfalerite sono state sottoposte ad intensi processi di trasformazione con mobilitazione di elementi che hanno prodotto concentrazioni di minerali ossidati come cerussite, anglesite, piromorfite, smithsonite, idrozincite, emimorfite, ai quali, si associano calcopirite, pirrotina, pirite, ossidi e idrossidi di ferro. L'argento sembra essere concentrato principalmente nella galena, tetraedrite e freibergite (tab. 1). La ganga è costituita da baritina, fluorite, quarzo, gesso, minerali argillosi e silicati vari.

L'impianto di Arenas, entrato in servizio nel 1948, era in grado di trattare 250 T/giorno di «tout venant» quarzatico per la produzione di 10-15 tonnellate di concentrato di piombo. Il grezzo, nell'impianto aveva tenori medi compresi tra il 3%-4,5% in Pb, 1%-1,5%

TAB. 1 - Analisi alla microsonda elettronica. Rocce mineralizzate di Arenas: composizione chimica di galena (ga), pirite (pi), sfalerite (sf), calcopirite (ca), arsenopirite (ar), mimetite (mi), tetradrite (te), freibergite (fr). I valori rappresentano le medie di numerosi punti di 12 campioni. Analizzati, ma al limite di rilevabilità: Mn, Bi, Au.

- *Electronic micro-probe analysis. Arenas mineralized rock: chemical composition of galena (ga), pyrite (pi), sphalerite (sf), chalcopirite (ca), arsenopyrite (ar), mimetite (mi), tetradrite (te), freibergite (fr). The values are the means of numerous points of 12 samples. Mn, Bi, and Au below limits of detectability. Chemical Analysis.*

| Elementi | ga | pi | sf | ca | ar | mi | te | fr |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Fe | - | 46,13 | 4,28 | 28,57 | 32,78 | 0,12 | 2,43 | 1,27 |
| Zn | - | - | 65,76 | 0,53 | 0,66 | - | 4,23 | 4,48 |
| Pb | 86,05 | - | - | 3,48 | 1,44 | 31,27 | 5,80 | 3,96 |
| Cu | - | 0,16 | 0,18 | 32,67 | 0,32 | 0,97 | 36,35 | 27,65 |
| Ag | 0,14 | 0,06 | - | - | - | - | 0,18 | 15,08 |
| S | 13,57 | 52,28 | 29,06 | 33,26 | 19,44 | 10,76 | 27,47 | 21,89 |
| As | - | 0,46 | - | - | 46,33 | 12,74 | - | - |
| Cd | - | - | - | - | 0,18 | - | - | - |
| Hg | - | - | - | - | - | - | 0,86 | tr. |
| Co | - | 0,07 | 0,06 | - | 0,09 | - | tr. | tr. |
| Ni | - | - | - | - | - | - | tr. | tr. |
| Sb | - | - | - | - | - | 0,14 | 22,48 | 25,28 |
| Totali | 99,76 | 99,20 | 99,34 | 98,51 | 99,24 | 56,00 | 99,80 | 99,61 |

di Zn, 10%-15% in Fe e un prodotto concentrato contenente da 300 a 400 g/T di Ag. Gli sterili, a granulometria molto minuta (20-25 µm), collocati in appositi bacini di sedimentazione, risultano costituiti da calcari granatiferi, quarzo, scisti argillosi, nei quali, si riscontrano tenori residui di 1,5%-2,0% in Pb + frazioni di specie mineralogiche non flottabili.

Il «grezzo di miniera» di Tiny aveva tenori medi di 3,5%-5% in Pb, e veniva trattato «in situ» mediante l'installazione di un impianto di trattamento a ciclo continuo, con medie giornaliere di 140 T/giorno e 6 tonnellate di prodotto concentrato di Pb al 60%.

3. - LINEAMENTI GEOLOGICI E STRUTTURALI

Sviluppati per spessori di migliaia di metri, questi terreni, hanno dato luogo a imponenti formazioni che durante i non meno 350 milioni di anni dell'Era paleozoica, sono stati teatro di numerosi eventi geologici tra i quali una intensa attività magmatica passata attraverso l'orogenesi caledonica ed ercinica.

I motivi geologici e strutturali delle successioni cambro-ordoviciane (COCOZZA *et alii*, 1974), ad Arenas-Tiny sono la testimonianza dei più affascinanti e misteriosi episodi della storia geologica evolutiva del nostro pianeta nei quali sono aperti ancora numerosi problemi stratigrafici e cronologici (BRUSCA *et alii*, 1965; CAVINATO, 1948; COCOZZA *et alii*, 1967; FENOGLIO, 1932; PELLOUX, 1930a, 1930b, 1930c; PIOVAN & VIOLO, 1965; VARDABASSO, 1950).



Fig. 1. - Le miniere di Arenas - Tiny.

- Arenas - Tiny Mine.

Arenas-Tiny, insieme ad altri corpi mineralizzati adiacenti, sono dislocati lungo la discordanza di una successione di terreni cambro-ordoviciani diretta approssimativamente nord-sud ed immersa ad ovest.

Lo stile tettonico mostra una serie di fasce orientate all'incirca NS, costituite, per la massima parte, da lenti e sacche di corpi mineralizzati piombiferi nei filoni di quarzo, nei calcari saccaroidi, nelle granatiti e negli scisti delle formazioni cambriche.

La regione mineraria di Arenas-Tiny gode di un rigoglioso paesaggio boschivo, nella quale, si contrappone una struttura paesaggistica tipicamente lunare che ne fanno un suggestivo paesaggio naturale se non fosse per la presenza di numerosi scavi a cielo aperto e discariche abbandonate (fig. 1) nei quali hanno trovato una vasta eco le secolari attività dei minatori da circa duemila anni.

L'altimetria media della zona è di circa 600 m, ma, proprio intorno ai giacimenti si svolge un sistema di rilievi quali Schina de M. Serrau (m 683) e P. S'Arcu de Gennu Carru (m 635) a nord, P. Pilocca (m 702), P. Pitzianti (m 704) e M. Genna Suergiu (m 746) ad ovest, P. de Tinni (m 793) e C. Medau Arenas (m 381) ad est.

Tra i rilievi e le zone pianeggianti del territorio, il valore della temperatura media annua oscilla intorno ai 14°C, mentre la temperatura media di gennaio, che è il mese più freddo, si aggira intorno agli 8-10°C.

Il clima, in questa remota località mineraria, come in altre regioni del bacino occidentale del Mediterraneo, è quello delle zone temperate boreali e quindi gode di temperature piuttosto alte, mitigate dalla insularità che modera il calore estivo ed attenua il freddo invernale.

La distribuzione delle precipitazioni annue degli ultimi trent'anni nella zona tra l'Arburese e l'Iglesiente, oscillano tra i 1100 mm a 1000 mm.

4. – ITINERARIO PALEONTOLOGICO

I limiti della cronostratigrafia del Paleozoico sardo tra l'Ordoviciano e il Cambriano sono determinati dalla presenza di faune pelagiche: cefalopodi, conodonti, graptoliti e trilobiti e dalla litologia in un contatto trasgressivo di arenarie quarzose (2), mica-scisti arenacei (3) e scisti variegati basali di sedimenti conglomerati ad elementi angolosi e smussati (puddinghe) con cemento scistoso-arenaceo (4) che ricoprono tutti i termini della sottostante successione cambriana.

Riferibili alla «Formazione di Cabitza» (COCOZZA *et alii*, 1974), compaiono scisti argillosi filladici (5) cristallini, grigio plumbei o giallastri, rossicci o verdastri ove

si rinvencono brachiopodi, trilobiti, impronte di alghe, piste di anellidi e crostacei. Essi sono intensamente stratificati e minutamente pieghettati presentano marcata fratturazione o «scistosità trasversale» con venette di quarzo bianco; a luoghi mostrano, impronte fisiche sedimentarie dovute a probabili increspature di fondo di tipo «ripple-marks».

Graduale è il passaggio litologico nella sottostante «Formazione del metallifero» (COCOZZA *et alii*, 1974), nella quale, sono visibili in affioramento, i seguenti litotipi:

– «calcare ceroidi» (6), a grana molto fina, compatto, molto puro, di colore bianco-ceruleo fino a grigio-bluastrò (macroscopicamente si potrebbe definire come micrite); compare spesso una «dolomia massiva», grigia, cristallina, a grana minuta, priva di stratificazione, a volte brecciata;

– «dolomia rigata» (7), così chiamata per la presenza di una marcata alternanza di laminazione fino a centimetrica di letti chiari e scuri dovuti alla deposizione biogenica di alghe stromatolitiche e di dolomia primaria nelle quali sono incluse lenti di brecce intraformazionali e noduli di selce.

Il limite inferiore del Cambriano è visibile in affioramento con alcune intercalazioni lenticolari di calcari (8), riferite al «Membro superiore di Punta Manna di Nebida» della «Formazione delle arenarie» (COCOZZA *et alii*, 1974), ove si rinvencono archeociatidi, alghe, trilobiti, spugne silicee e strutture stromatolitiche di vario tipo con resti di filamenti algali. Queste intercalazioni calcaree sfumano verso l'alto lasciando il posto alle intercalazioni dolomitiche della sovrastante «Formazione del metallifero».

5. – ITINERARIO PETROGRAFICO E MINERALOGICO

Ampia è la letteratura prodotta sulle mineralizzazioni del Paleozoico sardo dalle numerose pregevoli ricerche svolte ad opera di valenti studiosi (BENZ, 1965; CASTELLI, 1924; DI COLBERTALDO, 1958, 1967; ROSSETTI, 1950; SALVADORI *et alii*, 1982; URAS, 1957; ZUFFARDI, 1952, 1953a, 1953b, 1962, 1968, 1970).

La zona mineraria è dotata di una rete stradale a corsia stretta a fondo naturale con rivestimento duro o leggero con la quale è possibile accedere agli affioramenti dei vari tipi petrografici; mentre le carrarecce e la rete di sentieri più interne, sono percorribili per la ricerca mineralogica sia sui fronti delle coltivazioni a cielo aperto sia nelle numerose discariche (fig. 2).

La litologia è costituita prevalentemente da rocce di origine intrusiva e sedimentaria mentre le facies termometamorfiche, conseguenti alla messa in posto della cupola granitica ercinica di M. Tiny, sono nettamente subordinate.

Nelle facies termometamorfiche dell'aureola di contatto del granito di M. Tiny gli elementi calcarei sono ovunque trasformati in marmi saccaroidi (9) e granatiti (10) mineralizzati. Tra i calcari e gli scisti arenacei affiora del quarzo filoniano (11), localmente noto come

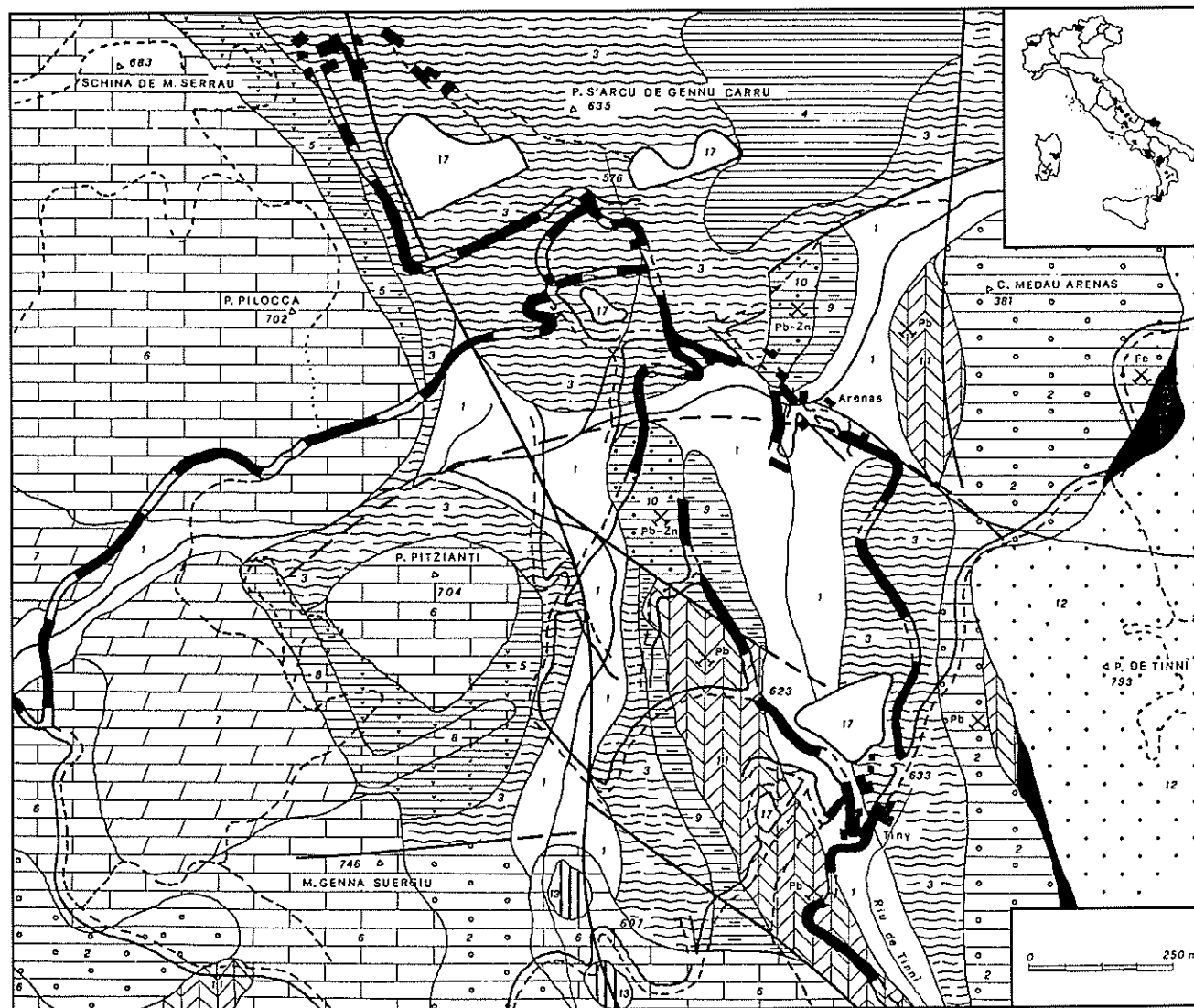


Fig. 2. - Carta geologico-strutturale della zona mineraria con l'ubicazione dei giacimenti di Arenas - Tiny (Sardegna sud-occidentale). 1. - Detriti di alluvioni recenti e antiche, materiali di frana (Quaternario). 2. - Arenarie quarzose mineralizzate (Ordoviciano medio-superiore). 3. - Micascisti arenacei (Ordoviciano medio-superiore). 4. - Scisti rossi e verdi, arenarie, calcari e calcari dolomitici, conglomerati, puddinghe (Ordoviciano medio-superiore). Formazione di Cabitza: 5. - Argilloscisti, filladi (Cambriano medio). Formazione del Metallifero: 6. - Calcari e dolomie (Cambriano inferiore); 7. - Dolomie massive, calcari dolomitici, breccie calcaree e dolomitiche (Cambriano inferiore). Formazione delle Arenarie: 8. - Lenti calcaree (Cambriano inferiore). 9. - Calcari e marmi saccaroidi mineralizzati. 10. - Granatiti a Pb, Ag, Zn, Fe con Ca, Ba, Mo, Sn, W, Co, Ni, As. 11. - Quarzo filoniano a Pb, Ag, Zn, Fe, Cu, con ganghe di barite, fluorite. 12. - Granito di M. Tiny. 13. - Lenti di minerali ossidati di Pb e Zn con ossidi e idrossidi di Fe. 14. - Impianti; 15. - Carrarecce; 16. - Corpi minerari. 17. - Collocazione sterili. 18. - Magnetite.

- Geological-structural map with the ubication of the Arenas - Tiny Mine (Prov. Sardinia SW). 1. - Alluvium and slump materials (Quaternary). 2. - Mineralized quartzose sandstones (Middle - Upper Ordovician). 3. - Arenaceous mica schists (Middle - Upper Ordovician). 4. - Red and green schists, arenites, limestones, dolomitic limestones, conglomerates, puddingstones (Middle - Upper Ordovician). Cabitza formation: 5. - Slates and phyllites (Middle Cambrian). Metalliferous formation: 6. - Limestones and dolomites (Lower Cambrian); 7. - Massive dolomites, dolomites limestones, dolomites limestones breccias (Lower Cambrian). Arenites formations: 8. - Calcareous lens (Lower Cambrian). 9. Mineralized saccharoidel marbles and limestones. 10. - Granatites with the Pb, Ag, Zn, Fe and Mo, Sn, W, Co, Ni, As and gangue minerals of barite and fluorite. 11. - Dyke quartz with the Pb, Ag, Zn, Fe and Cu with the gangue minerals of barite and fluorite. 12. - Tiny mountain granite. 13. - Pb and Zn oxidized minerals lentils, Fe minerals oxides and hydroxydes. 14. Plants 15. - Cart-roads. 16. - Orebody. 17. - Stock tailings basin. 18. - Magnetite.



Fig. 3. – Bacino degli sterili.

– *Basin of the tailings.*

«quarzite», che costituisce la parte più importante della mineralizzazione dell'area mineraria di Arenas e Tiny.

Il minerale piombifero di Arenas e Tiny è concentrato prevalentemente in quattro tipi petrografici: a) nei calcari di marmi saccaroidi; b) nelle granatiti; c) nei filoni di quarzo; d) negli scisti arenacei.

La mineralizzazione si colloca in un ambiente caratterizzato da un accentuato fenomeno di «ossidazione» da preesistenti minerali primari: galena, sfalerite, jamesonite, solfoarseniuri e solfoantimoniuri di Pb, Bi e Sn. Manifestazioni di fenomeni ossidanti e disagreganti hanno portato a concentrazioni notevoli di minerali di Pb a cerussite ($PbCO_3$), anglesite ($PbSO_4$), piromorfite ($Pb_3[Cl(PO_4)_3]$) e mimetite ($Pb_3[Cl(AsO_4)_3]$); a prodotti accessori calaminari come smithsonite ($ZnCO_3$), idrozincite ($Zn_5[(OH)_3CO_3]$) ed emimorfite ($Zn_4[(OH)_2SiO_7 \cdot H_2O]$) + tetraedrite e freibergite. I minerali di ganga sono barite, fluorite, prodotti argillosi, quarzo, gesso e silicati vari.

Altre specie mineralogiche presenti ad Arenas-Tiny sono: andradite, argento nativo, arsenopirite, auricalcite, azzurrite, bindheimite, bornite, bournonite, brochantite, calcantite, calcedonio, calcocite, calcopirite, caledonite, caolinite, clorite, connellite, covellite, crisocolla, cuprite, dufrenite, ematite, epidoto, goethite, grossularia, jarosite, langite, leadhillite, limonite, linarite, litargirio, malachite, massicotite, pirite, pirrotite, plancheite, plattnerite, plumbojarosite, spangolite, traversoite, vesuvianite, wollastonite, zolfo.

6. – RECUPERO E VALORIZZAZIONE

La carenza di normative nei confronti del nostro patrimonio ambientale da parte della legislazione italiana è dovuta al fatto che la nostra Costituzione non prevede interventi di tutela.

L'ultima vigente legislazione mineraria risale al R.D.L. 1443/1927 e non prevede il riassetto e il recupero di aree soggette ad attività estrattive a meno che non vi siano presenti nella mineralizzazione fasi mineralogiche considerate di prima categoria.

Malgrado la mancanza di una regolamentazione giuridica relativa alla riconversione dei suoli interessati da attività mineraria estrattiva esistono alcune importanti innovazioni propositive (DE ANGELIS, 1992; SANDRONE *et alii*, 1995) di progetti di legge-quadro che prevedono:

- un albo dei cavaatori istituito presso organi centrali dello Stato quali la Presidenza del Consiglio dei Ministri, o il Ministero dell'Industria del commercio e dell'artigianato con la gestione diretta o l'istituzione da parte di direttive regionali;
- il ristabilirsi dell'equilibrio degli ecosistemi nelle aree dove si è svolta l'attività estrattiva mediante la riutilizzazione degli scarti o sterili di lavorazione delle materie prime considerate secondarie;
- il recupero dei siti dismessi dei quali il Ministero dell'ambiente ha formulato alcune indicazioni a tale proposito.

La possibilità di recuperare e rivalorizzare il territorio di Arenas-Tiny potrebbe divenire una realtà se i politici e gli amministratori delegati richiedessero al mondo della ricerca contributi scientifici adeguati a risolvere le complesse problematiche ambientali, sia generali sia di dimensioni locali.

Malgrado l'acquisizione dei dati richiedano indagini sperimentali complesse ed onerose e necessitano di tempi di analisi prolungati nel tempo, una adeguata programmazione nella quale sia possibile il confronto, la verifica tra le diverse linee programmatiche di ricerca dei principali elementi geologici ed ingegneristici potrebbero facilitare lo svolgimento dei lavori di controllo del territorio, la realizzazione di infrastrutture, l'elaborazione e la realizzazione di mappe tematiche ambientali.

Nelle parti successive che faranno seguito a questa prima nota si svilupperanno gli aspetti culturali del patrimonio geologico e la loro protezione e conservazione (CASTO & ZARLENGA, 1991; CASTO & ZARLENGA 1992) secondo il programma:

- ricerca bibliografica preliminare del sito ove nel passato è stata svolta l'attività estrattiva;
- ricerca sulla toponomastica locale (effettuata possibilmente da geologi e ingegneri minerari) per il controllo delle informazioni tratte dalle notizie bibliografiche e storiche;

- lavoro geologico di base in dettaglio degli affioramenti per le correlazioni con le strutture e la tettonica;
- individuazione dei punti di sicuro interventonei quali possono immediatamente seguire ricerche geochimiche di base;
- elaborazione dei dati e stesura di carte tematiche ambientali per un progetto propositivo di pianificazione del geotopo.

Solo in seguito si potrà dare l'avvio al processo di recupero e di separazione dei minerali metallici utili da quelli delle ganghe o sterili tra i quali i materiali argillosi che potrebbero essere impiegati per le coperture impermeabilizzanti dei suoli stessi.

Processi di trattamento fisico ambientale, potrebbero essere realizzati mediante l'impiego di «classificatori centrifughi o cicloni», apparecchi sperimentati con successo nei laboratori e negli impianti delle laverie di tutto il mondo dove operano separazioni con dimensioni granulometriche anche di qualche micron.

Il ciclone appare oggi come una delle macchine più ricche di possibilità di impiego in tutte quelle industrie ove i sistemi in elaborazione prevedono il trattamento di particelle solide finissime in fase liquida costituite da minerali complessi come la barite associata a calcari, quarzo, fluorite e galena (CARTA *et alii*, 1965; DEL FÀ & PLANTA, 1965).

Nuove tecniche di separazione gravimetrica dei fini sono state proposte e sperimentate con successo negli Istituti di Arte Mineraria e di Preparazione dei Minerali dell'Università di Cagliari, in particolare, l'elaborazione e la messa a punto del separatore idraulico «Multidune» che opera in base ai fenomeni di trasporto differenziato di particelle solide di diversa granulometria in corrente fluida (DEL FÀ & FERRARA, 1965).

Anche i tradizionali crivelli o le tavole a scosse apparecchiature che hanno reso grandi servizi nella preparazione dei minerali.

Sebbene tali processi hanno ceduto il passo alla flottazione inquinante, essi sono ancora di grande utilità nelle piccole miniere che trattano minerali pesanti particolari.

Nell'indagine analitica di questa prima nota, si pongono in evidenza alcuni tra i molteplici obiettivi finalizzati alla rivalorizzazione ambientale del geotopo di Arenas-Tiny come base di partenza per il recupero di materie prime secondarie e la verifica del grado di inquinamento dei suoli.

BIBLIOGRAFIA

- ARNOLDUS HUYZENDVELD A., GISOTTI G., MASSOLI NOVELLI R. & ZARLENGA F. (1995). *I beni culturali a carattere geologico: i geotopi*. Un approccio culturale al problema. *Geologia Tecnica & Ambientale*, 4: 35-47.
- BENZ J. P. (1965). *Nouvelles observations sur le gisement d'Arenas*. In: Ass. Min. Sarda. (Eds) «Atti Symp. Problemi Geomin. Sardi». Ass. Miner. Sarda (1965): 331-342, 2 figg., Cagliari - Iglesias.
- BINAGHI R. (1937). *La metallurgia in età romana in Sardegna*. Res. Ass. Min. Sarda, 42, Cagliari.
- BRUSCA C., DESSAU G. & JENSEN M. L. (1965). *The bearing of sulphur isotopes on the origin of the zinc and lead deposits of the Iglesias area in Sardinia*. In: Ass. Min. Sarda. (Eds) «Atti Symp. Problemi Geomin. Sardi». Ass. Miner. Sarda: 325-330, 1 figg., 1 tabb., Cagliari - Iglesias.
- CARIA G. (1990). *Impatto ambientale degli sterili minerari della zona di Ingurtosu - Naracauli (Sardegna SW)*. Tesi di laurea, Univ. Cagliari.
- CARTA M., FERRARA G., DEL FÀ C. & PLANTA L. (1965). *L'applicazione di processi a mezzo denso in campo centrifugo nel trattamento dei minerali baritici sardi*. In: Ass. Min. Sarda. (Eds) «Atti Symp. Problemi Geomin. Sardi». Ass. Miner. Sarda: 767-780, 4 figg., 13 tabb., Cagliari - Iglesias.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1971. Foglio 224-225 «Capo Pecora - Guspini alla scala 1:100.000. Rilevazioni di P. Zuffardi et alii, Servizio Geologico d'It., Roma.
- CASTELLI G. (1924). La miniera di Tiny in Sardegna. *Rass. Miner.* 41.
- CASTO L. & ZARLENGA F. (1991). *Protezione ambientale: beni geologici. Energia e Innovazione*, 1-2: 64-69.
- CASTO L. & ZARLENGA F. (1995). *I beni culturali a carattere geologico nella Media Valle del Tevere*. 165 pp., ENEA.
- CAVINATO A. (1948). *Cenno preliminare sulla miniera di S'Arenas*. In: Ass. Min. Sarda. (Eds) «Atti del Congresso Minerario Italiano». Ass. Miner. Sarda: 117-126, Iglesias.
- CICCU R., DI GREGORIO F., MASSACCI P., MANCA P.P. & MASSOLI NOVELLI (1987). *I bacini di contenimento degli sterili di flottazione in Sardegna: problemi di sicurezza ed interventi necessari*. Mem. Soc. Geol. It., Atti del Convegno «Le Scienze della Terra nella Pianificazione Territoriale», Chieti, 37: 63-70.
- COCOZZA T., MAXIA C. & PALMERINI V. (1967). *Il «calcere ceroides» del Cambrio sardo osservato al microscopio elettronico*. *Boll. Soc. Geol. It.*, 86: 725-731, Roma.
- COCOZZA T., JACOBACCI A., NARDI R. & SALVADORI I. (1974). *Schema stratigrafico-strutturale del massiccio sardo-corso e minerogenesi della Sardegna*. Mem. Soc. Geol. It., 13: 85-186, 76 figg., 1 carta geologica, scala 1:750.000, Roma.
- DE ANGELIS L. (1992). *Attività estrattive: la legislazione regionale senza legge quadro... Ambiente*, 1: 47-54.
- DEL FÀ C. & FERRARA G. (1965). *Trattamento ad umido di minerali pesanti con il separatore «Multidune»*. In: Ass. Min. Sarda. (Eds) «Atti Symp. Problemi Geomin. Sardi». Ass. Miner. Sarda: 793-801, 5 figg., 7 tabb., Cagliari - Iglesias.

- DEL FÀ C. & PLANTA L. (1965). *Sul ciclone cilindrico idraulico. Studio teorico e sperimentale del ciclone come classificatore*. In: Ass. Min. Sarda. (Eds) «Atti Symp. Problemi Geomin. Sardi». Ass. Miner. Sarda: 781-792, 8 figg., 4 tabb. Cagliari-Iglesias.
- DI COLBERTALDO D. (1958). *Il giacimento piombo-zincifero di Arenas nell'Iglesiente*. Rend. Soc. Min. It., 14: 173-203, 17 figg., 3 tavv., Milano.
- DI COLBERTALDO, D. (1967). *Giacimenti minerari*. 1, pp. 383, CEDAM, Padova.
- DI GREGORIO F. & MASSOLI NOVELLI R. (1988). *Impatto ambientale delle attività minerarie in Sardegna*. Boll. Soc. Sarda Sc. Nat., 26: 17-42.
- DI GREGORIO F. & MASSOLI NOVELLI R. (1992). *Geological impact of some tailings dams in Sardinia (Italy)*. Environmental Geology, 19: 147-153.
- FENOGLIO M. (1932). *Sulla linarite di Arenas*. Per. di Mineralogia., 3: 4-14, 4 tabb., 2 tavv., Roma.
- GORGIA R. & LINI M. (1993). *Sulla galena e mimetite di una mineralizzazione ossidati di Pb-Zn del giacimento di S'Arenas (Sardegna sud-occidentale)*. «Il Cercapietre», 20: 2-14, Roma.
- LO MONACO M., PREZIOSO M., SCARPELLI L. & SPINELLI G. (1990). *Ricorsi di aggregazione e dissoluzione degli «habitat» nella provincia di Rieti*. Ed. Kappa, 162 pp., Roma.
- MARZOCCHI G. (1996). *Archeologia mineraria, prospettive, riutilizzo*. L'Ind. Mineraria, 1-2: 19-23.
- PELLOUX A. (1908). *Plancheite di Arenas (Sardegna)*. Bull. Min. Soc., 31: 250.
- PELLOUX A. (1930). *Caledonite e leadhillite della miniera di Tiny nella valle di Orida (Domusnovas) Sardegna*. Per. di Mineralogia., 1: 201-207, 1 tabb., 1 figg., Roma.
- PIOVAN U. & VIOLO M. (1965). *Contributo alla conoscenza delle «Quarziti» della zona di Iglesias (Sardegna)*. In: Ass. Min. Sarda. (Eds) «Atti Symp. Problemi Geomin. Sardi». Ass. Miner. Sarda: 231-253, 27 figg., 5 tabb., 5 tavv., Cagliari - Iglesias.
- RITCEY G.M. (1989). *Tailings management*. Elsevier, 970 pp., Amsterdam.
- ROSSETTI V. (1950). *Minerali di piombo nelle granatiti di Orida (Sardegna sud-occidentale)*. Res. Ass. Min. Sarda, 55: 5-9, Cagliari.
- ROSSI G. (1973). *I bacini di decantazione dei rifiniti degli impianti di trattamento dei minerali*. L'Ind. Mineraria, 10: 465-480; 11: 525-545.
- SALVADORI I., URAS I. & ZUFFARDI P. (1982). *I giacimenti minerari nel Paleozoico sardo*. In: L. Carmignani, T. COCCOZZA, C. GHEZZO, P.C. PERTUSATI & A. RICCI (Eds): «Guida alla geologia del Paleozoico sardo». Soc. Geol. It. 71: 55-63, 2 tabb., Cagliari.
- SANDRONE et alii (1995). *Legge quadro in materia di cave e torbiere. Proposta di legge d'iniziativa dei deputati Sandrone et alii*. L'Ind. Mineraria, 2: 1-7.
- SWAINBANK I.G., SHEPHERD T.J., CABOI R. & MASSOLI NOVELLI R. (1982). *Lead isotopic composition of some galena ores from Sardinia*. Per. Mineralogia, 51: 275-286, Roma.
- TYLECOTE R.F., BALMUTH M.S. & MASSOLI NOVELLI R. (1984). *Studies in Sardinia Archaeology. Copper and Bronze Metallurgy*, Univ. Michigan, p. 115-162.
- URAS I. (1957). *Il giacimento piombifero di Tiny - Arenas*. Res. Ass. Min. Sarda, 61: 1-32, Cagliari.
- VARDABASSO S. (1950). *Il problema stratigrafico del Cambriano sardo*. Rend. Accad. Naz. Linei, 9: 312-319, Roma.
- ZUFFARDI P. (1952). *Il giacimento piombo-zincifero di Monte Agrucian. Contributo allo studio dei giacimenti a ossidati dell'Iglesiente*, L'Ind. Mineraria: 1-12, Roma.
- ZUFFARDI P. (1953a). *Alcune caratteristiche dei giacimenti minerari sardi in relazione ai problemi della loro coltivazione e della meccanizzazione del lavoro*. Atti del Conv. di St. per l'Ind. della Sardegna, 2: 177-216, Cagliari.
- ZUFFARDI P. (1962). *Contributo alla conoscenza delle mineralizzazioni del cambrico sardo*. Nota introduttiva. Res. Ass. Min. Sarda, 67: 7-25, Cagliari.
- ZUFFARDI P. (1968). *Transformism in the ore deposits: examples from sardinian lead - zinc deposits*. XXIII Int. Geol. Congress, 7: 137-149, Praga.
- ZUFFARDI P. (1970). *La metallogenese du plomb, du zinc et du barium en Sardaigne: exemple de permanence, de polygenetisme et de transformisme*. Boll. Soc. Geol. Belgique, 92: 321-344, Bruxelles.

Geotopi a carattere giacimentologico in pericolo di scomparsa nella Sardegna sud-occidentale

Seriously endangered ore deposits geotopes in south-western Sardinia

BONI M. (*), PINTUS E. (**) & SARRITZU R. (***)

RIASSUNTO – Nell'Iglesiente (Sardegna SW) sono presenti molte mineralizzazioni classiche a metalli di base. I giacimenti (Pb-Zn-Ba-Fe-F-Cu) sono in parte stratabound nel Cambriano e nell'Ordoviciano (Sedex e MVT) ed in parte associati a *skarn*, e riempimenti di vene e *paleokarst* di età da tardo- a post-Ercinica. Le mineralizzazioni più tipiche, come anche le loro relazioni con le rocce incassanti, sono ben esposte sia in affioramento, che nelle poche miniere in sotterraneo ancora in attività. Esse sono, tuttavia suscettibili di scomparire in breve tempo, a seguito della chiusura delle operazioni minerarie, o di semplice degrado degli affioramenti, o di riutilizzo (pianificato o no) dei vecchi siti minerari. Esempi di affioramenti di valore giacimentologico sono i seguenti:

- 1) Lo scavo abbandonato di Genna Luas (Iglesias) (solfuri massicci *stratabound*);
- 2) Le «blende gialle» *stratabound* della miniera di San Giovanni (Iglesias);
- 3) Le Bariti nella «Quarzite» di Monte Segarino (Buggerru);
- 4) La miniera di Arenas-Tiny (San Benedetto): mineralizzazioni *stratabound* metamorfosate;
- 5) I paleokarst del tipo «Ricchi Argento» e barite di Monte San Giovanni e Barega (Gonnesa-Carbonia);
- 6) Il reticolo di vene idrotermali a barite di Barbusi (Carbonia).

Tutte le località menzionate, come molte altre nell'intera area, dovrebbero essere riguardate secondo un nuovo concetto di rivalutazione del territorio, che tenga conto anche del valore scientifico di tali affioramenti, perchè possano essere preservati per le generazioni future.

PAROLE CHIAVE: Mineralizzazioni; Sardegna SW; Geotopi.

ABSTRACT – In the Iglesias district (SW Sardinia), are hosted many classical types of base metal ore deposits. The ores (Pb-Zn-Ba-Fe-F-Cu) are partly stratabound in the Cambrian and Ordovician (Sedex and MVT) and partly in form of *skarn*, vein- and paleokarst fillings of late - to post-Hercynian age. The most important ore types, as well as their relationships with the host rocks, are well exposed in many small open pits, as well as in the few, still operating, underground mines. They are, however, endangered by (planned and unplanned) misuse of the old exploitation sites (e.g. waste disposal or limestone quarry). Good examples of ore deposits geotopes are:

- 1) The abandoned Genna Luas (Iglesias) open pit (stratabound massive sulfides);
- 2) The stratabound "Yellow Sphalerites" of the San Giovanni mine (Iglesias);
- 3) The barites in the "Quarzite" at Mount Segarino (Buggerru);
- 4) The Arenas-Tiny mine (San Benedetto): metamorphic stratabound ores;
- 5) The "Ricchi Argento" and barite paleokarst fillings on the San Giovanni Mount and Barega (Gonnesa-Carbonia);
- 6) The barite-hosting hydrothermal network at Barbusi (Carbonia).

All the mentioned sites, as many others in the whole area, should be looked along the lines of a new concept of re-evaluation of the territory, which takes care also of the scientific worth of these outcrops to be preserved for future generations.

KEY WORDS: Ore Deposits; SW Sardinia; Geotopes.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra Università di Napoli - Largo S. Marcellino 10 - 80138 Napoli

(**) Bariosarda S.p.A. - Via Cattaneo - 09016 Iglesias

(***) Miniere Iglesiasiente S.p.A. - Uffici Miniera Campo Pisano - 09016 Iglesias

1. - INTRODUZIONE

Il distretto minerario dell'Iglesiente, nella Sardegna sudoccidentale, con una superficie superiore ai 400 Km², è costituito geologicamente da litotipi silico-clastici di età Cambrica ed Ordovician, intrusi localmente da graniti Ercinici.

Oltre alle sue località paleontologiche famose nel mondo (soprattutto per la stratigrafia dei trilobiti), nel distretto iglesiente sono presenti delle classiche mineralizzazioni a metalli di base (Zn-Pb-Ag-Ba-Fe-Cu-F), uniche in Europa sia per la loro articolata situazione geologica, che per l'ottimo stato (fino ad ora) di conservazione e di affioramento.

Purtroppo, infatti, con il progressivo abbandono dell'attività estrattiva e con la rinuncia, da parte delle Società minerarie, alle concessioni ed ai vincoli di territorio ad esse connessi, gran parte dei siti minerari d'interesse geologico-giacimentologico rischiano non solo di essere resi non-fruibili per qualsiasi attività di didattica e di ricerca, ma anche di scomparire completamente.

Nel corso degli ultimi anni, in previsione di tale pericolo, abbiamo iniziato una classificazione dei siti minerari di notevole significato scientifico e didattico del distretto dell'Iglesiente e del Sulcis settentrionale (BONI *et alii*, 1996), che in un eventuale futuro assetto del territorio, dovrebbero essere senz'altro preservati, a meno di non voler consentire scientemente la scomparsa totale di testimonianze tali che hanno permesso che questa zona della Sardegna fosse meta di visitatori ed esperti in metalli di base provenienti da tutto il mondo. Tra i siti giacimentologicamente importanti, vogliamo illustrare qui alcuni esempi, che riteniamo assolutamente insostituibili ed, almeno alcuni di essi, in imminente pericolo di distruzione totale.

I siti a cui facciamo riferimento (fig. 1) sono i seguenti:

- (1) I solfuri massicci dello scavo di Genna Luas (Iglesias);
- (2) Le Blende Gialle della miniera di San Giovanni (Iglesias);
- (3) Le Bariti nella «Quarzite» di Monte Segarino (Buggerru);
- (4) Lo scavo della miniera di Arenas-Tiny (San Benedetto): mineralizzazioni *stratabound* metamorfosate;
- (5) I paleokarst a Ricchi Argento e Barite degli altipiani di San Giovanni (Gonnesa) e Barega (Carbonia);
- (6) Il reticolo di vene a Barite di Barbusi (Carbonia).

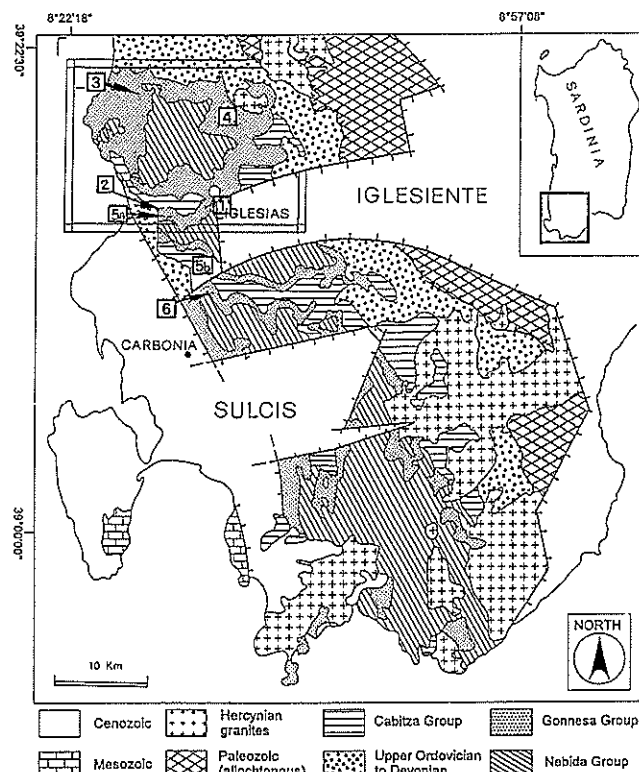


Fig. 1. - Carta geologica dell'Iglesiente-Sulcis; nel riquadro in alto a sinistra è evidenziata l'area di maggiore importanza mineraria. I geotipi da preservare sono indicati con i seguenti numeri: (1) Solfuri massicci di Genna Luas, (2) Blende Gialle della miniera San Giovanni, (3) Bariti nella «Quarzite» di Monte Segarino, (4) Mineralizzazioni metamorfosate a Tiny-Arenas, (5a) Ricchi Argento dell'altopiano di San Giovanni, (5b) Bariti dell'altopiano di Barega; (6) Reticolato a Barite di Barbusi (da BONI *et alii*, in stampa, modificato).

- Geological map of the Iglesias-Sulcis region; in the frame upper-left is shown the area with the highest concentration of ore deposits. The geotypes to be preserved are the following: (1) Stratabound massive sulfides at Genna Luas; (2) "Yellow Sphalerites" of the San Giovanni mine; (3) Barites in the "Quarzite" at Mount Segarino; (4) Metamorphic stratabound ores in the Arenas-Tiny mine; (5a) "Ricchi Argento" paleokarst fillings on the San Giovanni Mount; (5b) Barites on Barega Mount; (6) Barite-hosting hydrothermal network at Barbusi, (from BONI *et alii*, in press, modified).

Per l'interpretazione geologica del Cambro-Ordoviciano dell'Iglesiente, si rimanda ai lavori comprensivi di BECHSTÄDT & BONI (1994) e CARMIGNANI *et alii* (1994) e bibliografia contenuta, mentre per le mineralizzazioni si fa riferimento, oltre che all'importante contributo di BRUSCA & DESSAU (1968), ancora a BECHSTÄDT & BONI (1994) ed a BONI *et alii* (1992; in stampa) con le loro bibliografie.

Le mineralizzazioni possono essere suddivise in due categorie principali: 1) pre-Erciniche (*stratabound* e/o stratiformi), e 2) da tardo- a post-Erciniche (*skarn*, filoni e riempimenti di paleokarst). Il contenuto in metalli, nonché il potenziale economico, variano notevolmente tra questi due gruppi, tutto a vantaggio dei

depositi pre-Ercinici. I giacimenti post-Ercinici contengono in genere una maggiore varietà di elementi metallici (inclusi F, Cu, Sb, Bi, W) e tenori localmente più alti di Ag.

Tra le mineralizzazioni elencate come geotopi da preservare, i tipi da (1) a (3) sono pre-Ercinici, i tipi (5) e (6) sono post-Ercinici ed il tipo (4) si situa tra le due categorie, essendo costituito da mineralizzazioni in parte pre-Erciniche, poi modificate ed arricchite in epoca posteriore.

1.1. - GENNA LUAS

La mineralizzazione a pirite prevalente di Genna Luas, in prossimità di Iglesias (fig. 1), è situata lungo la linea tettonica di Funtana Perda. Alcune delle caratteristiche della mineralizzazione possono essere osservate, insieme a quelle delle rocce incassanti, in uno scavo attualmente abbandonato (fig. 2) che taglia parzialmente anche i vecchi lavori minerari in sotterraneo della miniera di Funtana Perda.

Le concentrazioni sono a solfuri massicci e localizzate in un orizzonte irregolare di dolomie nere silicizzate, intercalato ai litotipi appartenenti alla parte alta della Fm di Punta Manna (Mbr di Cuccu Aspu, BECHSTÄDT & BONI, 1994). L'orizzonte mineralizzato è stato deformato più volte da diversi episodi tettonici Ercinici: le rocce contenenti la mineralizzazione sono state fratturate in maniera fragile ed hanno costituito un nocciolo più rigido all'interno di litofacies a comportamento plastico. Ciò è valido sia per le dolomie silicizzate che per i solfuri massicci; entrambi questi litotipi costituiscono una scaglia tettonica che immerge verso est ed è intercalata a sedimenti clastici; essa è anche stata sottoposta nel suo interno a vari ordini di piegamento.

I solfuri sono costituiti generalmente da pirite-mel-nikovite con poca marcasite, talora con strutture gradate, *slumping* e breccie. Sono state rinvenute anche minori percentuali di blenda; la galena è estremamente rara e sono presenti anche tracce di calcopirite, cinabro e barite. Le tessiture della mineralizzazione sono generalmente pseudo-colloidal, con la pirite che forma concrezioni sferoidali, talora frammentate.

Fra i fenomeni che possono essere considerati di notevole importanza per la genesi della mineralizzazione di Genna Luas, si possono annoverare: 1) la silicizzazione pervasiva dei carbonati e delle arenarie sil-tose, 2) la deformazione plastica dei solfuri. Questi processi di alterazione idrotermale e di deformazione di sedimenti mineralizzati ancora allo stato plastico,



Fig. 2. - Lo scavo di Genna Luas (Iglesias) visto da sud: i solfuri massicci al centro passano verso l'alto ad un'ampia zona di ossidazione. Si noti l'avanzato stato di degrado dello scavo.

- View of the Genna Luas (Iglesias) open pit from south; the massive sulfides are oxidized in their upper parts. It is evident the state of degradation of the pit.

oltre agli alti quantitativi in solfuri massicci, possono essere indicativi della deposizione di mineralizzazioni di tipo esalativo (SEDEX sensu LARGE, 1981), in un ambiente estremamente instabile dal punto di vista tettonico. La mineralizzazione di Genna Luas, pertanto, potrebbe essersi formata in seguito all'emissione di fluidi idrotermali (*discharge*) in sedimenti depositatisi in una piccola depressione, in zone controllate da lineamenti tettonici, durante la deposizione della parte più alta della Formazione di Nebida o della base di quella di Santa Barbara.

Le esposizioni mineralizzate presenti nello scavo di Genna Luas vengono oggi in parte coltivate per ossidati, in parte ricoperte da detriti di discariche non controllate, in parte, infine, franano miseramente (fig. 2). Considerando che questi tipi di mineralizzazioni hanno i loro equivalenti in Europa solo in Irlanda e nella Spagna settentrionale, ma non sono mai così bene esposti in superficie, né poco interessati da metamorfismo come in quest'area dell'Iglesiente, è di notevole importanza che esse vengano preservate.

1.2. - LE BLENDE GIALLE DI SAN GIOVANNI

La miniera di San Giovanni (BRUSCA & DESSAU, 1968) si localizza nella parte meridionale della sinclinale di Iglesias (fig. 1). Vi sono raggruppati diversi tipi di mineralizzazioni a Zn-Pb, situate in zone stratigraficamente distinte del Gruppo di Gonnesa. Qui l'attività mineraria è proseguita quasi ininterrottamente dall'epoca dei Fenici e dei Romani, entrambi prevalentemente interessati alla galena argentifera (i Ricchi Argento).



Fig. 3. - Miniera di San Giovanni, Massa Pozzo, 3 liv.+6: blenda gialla tagliata da fasce di blenda grigia e coccarde con blenda rossa e calcite.

- San Giovanni Mine, Massa Pozzo 3, liv.+6: yellow sphalerite cut by bands of grey sphalerite and cockades of red sphalerite and sparry calcite.

Dalla fine del secolo diciannovesimo, comunque, inizia lo sfruttamento industriale di San Giovanni, ad opera di Società inizialmente private.

Nella miniera sono presenti, fra gli altri, corpi *stratabound* a Zn prevalente e minore Pb (il cosiddetto «Blendoso»), ossidati dalla superficie sino a profondità variabili, e concentrati generalmente in tre maggiori orizzonti stratigrafici situati a vari intervalli nella Fm di San Giovanni (Calcare Ceroide). La parte più caratteristica del «Blendoso» di San Giovanni consiste di impregnazioni *stratabound* di blenda gialla chiara), diffuse in una facies di *mudstone* calcareo a peloidi. Questa mineralizzazione sembra essere abbastanza precoce dal punto di vista diagenetico.

A San Giovanni era stata fatta una generale suddivisione di queste mineralizzazioni in corpi mineralizzati singoli, o «Masse Pozzo 1, 2, 3», in cui le concentrazioni con valore economico (fino ad un max del 7% Zn+Pb) sono localizzate all'interferenza tra la direzione

ne stratigrafica, ad andamento generalmente E-W delle litologie carbonatiche e delle mineralizzazioni *stratabound*, con la direzione della scistosità principale Ercinica (N 30-40°E).

Attualmente ottimi esempi delle Blende Gialle con struttura peloidale, spesso con ulteriori generazioni di blende scure più tardive (fig. 3), sono visibili sulle pareti delle gallerie del liv. +6, in cui affiorano i resti delle Masse Pozzo 2 e 3. Sono affioramenti unici in Europa (qualcosa di simile è stato ritrovato solo nella miniera di Reocin nella Spagna settentrionale) e, per ora, ancora facilmente raggiungibili tramite la rampa di accesso della miniera di San Giovanni.

1.3. - MONTE SEGARINO

A Monte Segarino (Buggerru), il contatto stratigrafico tra il conglomerato dell'Ordoviciano sup., seguito da scisti marini con una ricca fauna Caradociana-Ashgilliana, e le dolomie scure del Gruppo di Gonnese è in discordanza angolare. Le successioni conglomeratiche, a differenza di quelle della «Puddinga» classica di Nebida, sono state interpretate (BECHSTÄDT & BONI, 1994) come depositi di *braided river*, di età probabilmente più recente rispetto a quest'ultima.

Entrambi i litotipi lungo la discordanza mostrano una silicizzazione pervasiva piuttosto intensa, la cui evidenza morfologica è costituita da un orizzonte quarzoso a spessore variabile (la cosiddetta «Quarzite»). All'interno di detto orizzonte, ma anche delle dolomie di letto fratturate e brecciate, sono presenti mineralizzazioni a barite sia micro- che macrocristallina, con tenori variabili di $\text{BaSO}_4 + \text{SrSO}_4$ dal 30 al 60%. Sia la barite che il quarzo associato sono di origine idrotermale, probabilmente legati a circolazione di fluidi caldi successivi all'Ordoviciano superiore, e deformati in seguito alla tettonogenesi ercinica.

1.4. - ARENAS - TINY

La miniera abbandonata di Arenas-Tiny (fig. 1) si può raggiungere sia dalla vecchia strada che da S. Benedetto posta alla valle di Malacalzetta, che da quella di Domusnovas, dopo aver attraversato la grotta carsica di S. Giovanni e le aree boschive dell'Oridda.

I corpi minerari sono localizzati in un'area tettonicamente molto complessa, che è stata anche soggetta a fenomeni di metamorfismo di contatto, indotti dalle intrusioni dei graniti tardo-ercinici. Per quanto la posizione delle mineralizzazioni principali lungo la discor-

danza inter-Ordovician, come già nel caso di Monte Segarino, sia indubbia, tuttavia, a causa dei susseguenti processi di ricircolazione idrotermale ad alta temperatura, le paragenesi originarie sono state notevolmente modificate, tali da rendere gli scavi di Arenas e Tiny uno dei paradisi sardi dei cercatori di minerali rari.

In entrambe le località il letto della mineralizzazione corrisponde al Calcare Ceroide marmificato, localmente silicizzato e carsificato. Le maggiori concentrazioni in minerali metallici non alterati, consistenti in barite e pirite, si rinvenivano nella parte bassa della «Quarzite», mentre nei calcari metamorfosati sono localmente concentrate vene di galena macrocristallina «alchifolia». Quantitativi notevoli di mineralizzazioni ossidate a $Pb > Zn$ con cerussite prevalente erano contenute in un reticolo di cavità carsiche sottostanti alla «Quarzite»: tali concentrazioni, corrispondenti alle «Terre Cerussitiche» di BENZ (1963) erano state interpretate come accumuli paleocarsici supergenici anteriori (?) all'orogenesi ed al metamorfismo ercinici.

Nella parte più meridionale dello scavo di Arenas, in direzione di Tiny, affiorano delle belle successioni di conglomerati feriferi a clasti di barite con effetti metamorfici abbastanza evidenti (sostituzione ad opera di minerali metamorfici e fluorite), che rappresenterebbero gli equivalenti stratigrafici della quarzite più settentrionale (BECHSTÄDT & BONI, 1994).

1.5. - I «RICCHI ARGENTO» E LE BARITI DEGLI ALTOPIANI DI SAN GIOVANNI E BAREGA

Nelle zone degli altipiani di San Giovanni e di Barega affiorano delle mineralizzazioni uniche per gran parte dell'Europa occidentale, che possono essere comunque geneticamente confrontate con molte altre relative alle fasi metallogenetiche coeve presenti nella Francia meridionale, in Spagna ed in Germania (BONI *et alii*, 1992). Si tratta di concentrazioni, in vene ed in paleokarst, di galena argentifera con ganga di quarzo, calcite e dolomite ferifera-ankerite. Nelle zone più superficiali alla galena si associa la barite, che a Barega diventa preponderante. I «Ricchi Argento» sono stati oggetto di sfruttamento preferenziale dal tempo dei Fenici fino alla prima metà di questo secolo. I primi scopritori di questo tipo di mineralizzazioni erano interessati, come anche più tardi i Pisani nel Medio Evo, alla galena argentifera (contenente fino a 10 kg Ag per tonnellata di concentrato di galena, in genere sottoforma di solfosali) delle vene e dei paleokarst tardo-Ercinici che tagliano ortogonalmente i carbonati da molto inclinati a verticali della Fm di



Fig. 4. - Miniera di San Giovanni, Massa Peloggia: pilastro con mineralizzazione «Ricchi Argento» a coccarde con calcite, barite, quarzo e galena argentifera.

- San Giovanni Mine, Massa Peloggia: mineralized pillar with calcite, barite, quartz and argentiferous galena in cockade structures.

Gonnesa. Resti delle antiche coltivazioni, costituite da pozzetti e brevi gallerie (con ritrovamenti archeologici) sono stati localizzati sul penepiano di erosione al top di Monte San Giovanni e sulle colline circostanti (concessioni di San Giovanni e San Giorgio). In genere il livello più profondo delle coltivazioni era il +150, anche se alcune evidenze di Ricchi Argento sono state rinvenute anche al liv. +6 (Massa 47).

Le mineralizzazioni si rinvenivano in un esteso reticolo di cavità paleocarsiche profonde (BONI *et alii*, 1992), in genere nel cemento di breccie di collasso multigenerazionali (fig. 4) e, più raramente, in sostituzione sia della matrice che del cemento dei sedimenti interni ai paleokarst. Al momento, l'ipotesi più accreditata per tali tipi di mineralizzazioni è quella della deposizione dei minerali metallici e di ganga da fluidi idrotermali, a temperature massime di 150-180 °C, nel reticolo di vene e cavità create dal paleocarsismo e dalla tettonica disgiuntiva post-Ercinica.



Fig. 5. – Monte Barega: tipica mineralizzazione con struttura «zebrata» a dolomite e barite.

– Monte Barega: typical "Zebra Ore" with dolomite and barite.

Associati alle zone mineralizzate a barite e solfuri, si rinvenivano interessanti affioramenti di Dolomia Geodica (BRUSCA & DESSAU, 1968; BONI *et alii*, 1992), spesso ossidata in «Dolomia Gialla», che può essere considerata una delle alterazioni idrotermali post-Erciniche del calcare Cambriano.

Attualmente, rimane ben poco delle spettacolari esposizioni dei «Ricchi Argento», ancora visibili negli anni '80. Qualcosa è ancora preservabile nei vecchi scavi a cielo aperto di Grotta Grande e Scavo S. Maria, oltre a qualche evidenza in sotterraneo in brevi gallerie che si dipartono dal versante di Monte San Giovanni che dà su Gonnessa. Per quello che riguarda le bariti, è ancora visibile sulla sommità di Monte Barega qualche resto ancora visibile di strutture a coccarda e del tipico «Zebra Ore» (fig. 5). Ovviamente, data la particolare natura delle vecchie coltivazioni, una messa in sicurezza degli scavi è la premessa indispensabile per qualsiasi fruizione scientifica o didattica.

1.6. – IL RETICOLATO A BARITE DI BARBUSI

Una ulteriore località di notevole interesse geologico che è stata finora preservata soprattutto perché un po' lontana dalle classiche zone minerarie della valle di Iglesias, è rappresentata dalla vecchia coltivazione a barite di Barbusi (fig. 6), situata in prossimità del villaggio omonimo, sul lato sud della valle del Cixerri. In quest'ultima località si rinviene uno scavo di grandi dimensioni, quasi totalmente in sotterraneo, in cui alcuni residui della struttura mineralizzata sono stati lasciati in posto sia per la non convenienza di un ulteriore sfruttamento, che per un'eventuale futura utilizzazione della cavità.



Fig. 6. – Miniera di Barbusi: pilastri mineralizzati a barite che sostengono la volta della grande camera sotterranea.

– Barbusi Mine: barite-bearing pillars in the great cavity.

La struttura mineralizzata consiste qui essenzialmente di una interessante breccia di collasso a clasti di calcare Ceroide, con dissoluzione e progressivo allargamento di cavità paleocarsiche post-Erciniche. Tale breccia, messa in posto alla convergenza di due zone di frattura principali, è cementata da diverse generazioni di barite, calcite, dolomite ferrifera e, in minori percentuali, da quarzo. Sono presenti varie zone di sedimenti interni di paleokarst, alcune mineralizzate, altre con sedimenti sterili.

2. – CONCLUSIONI

Tutte le località menzionate, come molte altre in cui un'opera di conservazione è forse ancora possibile, dovrebbero essere riguardate secondo un nuovo concetto di rivalutazione del patrimonio del territorio Iglesiente, in cui non venga considerato solo il valore storico ed estetico dei vecchi edifici minerari o degli antichi scavi aperti tipo il Cungiaus di Monteponi o il Malfidano di Buggerru (che fra l'altro è al momento in uno stadio avanzato di sistematica distruzione), ma venga riguardato anche il valore scientifico e didattico degli affioramenti a carattere giacimentologico, che sono in gran parte in pericolo di rapida scomparsa.

Solo preservando le località geologicamente e minerariamente «storiche» dell'Iglesiente, si potrà così trasmettere nella sua interezza alle generazioni future il patrimonio metallogenico che ha reso questa regione famosa nel mondo e la fa considerare dagli addetti ai lavori assimilabile ad altri famosi distretti minerari d'Europa, come la Cornovaglia o l'Erzgebirge.

BIBLIOGRAFIA

- BECHSTÄDT T. & BONI M. eds. (1994) - *Sedimentological, stratigraphical and ore deposits field guide of the autochthonous Cambro - Ordovician of Southwestern Sardinia*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **48** (1994), Servizio Geologico Nazionale: pp. 434, 300 figg., Roma.
- BENZ J.P. (1963) - *Le gisement plombo-zincifère d'Arenas (Sardaigne)*. Trav. du Lab. de Sciences de la Terre: 126 pp, Nancy.
- BONI M., IANNACE A., KÖPPEL V., HANSMANN W., & FRÜH-GREEN G. (1992) - *Late- to post-Hercynian hydrothermal activity and mineralization in southwestern Sardinia: a reappraisal*. Economic Geology, **87** (1992): 2113-2137, 8 tabb., 10 figg., El Paso, Texas.
- BONI M., IANNACE A. & BALASSONE G. (1996) - *Base metal ores in the Lower Palaeozoic of South-West ern Sardinia*. Econ. Geol. Spec. Publ., n. **4**, in corso di stampa.
- BONI M., OTTELLI L., PINTUS E. & SARRITZU R. (1996) - *Geotopi a carattere giacimentologico - minerario: oggetti da preservare nella Sardegna sudoccidentale*. Ass. Min. Sarda, Congresso del Centenario 1896-1996, sessione IV: 115-124, 3 figg., Iglesias.
- BRUSCA C. & DESSAU G. (1968) - *I giacimenti piombo-zinciferi di S. Giovanni (Iglesias) nel quadro della geologia del Cambrio sardo*. Industria Miner., **19** (9): 470-494, **19** (10): 533-556, **19** (11): 597-609, 3 tabb., 6 figg., Roma.
- CARMIGNANI L., OGGIANO G. & PERTUSATI P.C. (1994) - *Geological outlines of the Hercynian basement of Sardinia*. In: Petrology, geology and ore deposits of the Paleozoic basement of Sardinia, Guidebook to the B3 Field excursion, 16th General Meeting of the International Mineralogical Association (1994): 9-20, 3 figg., Pisa.
- LARGE D.E. (1981) - *Sediment-hosted submarine exhalative lead-zinc deposits. A review of their geological characteristics and genesis*. In: Handbook of stratabound and stratiform ore deposits (ed. by K.H. Wolf), **9**: 469-507, Elsevier, Amsterdam.