

An aerial photograph of a city, likely Amsterdam, showing a wide river with several bridges. The city buildings are visible on the right side, and a large park area is on the left. The image is in a monochromatic orange-brown color.

III SESSIONE
III SESSION

GEO - ARCHEOLOGIA
GEO - ARCHEOLOGY

Chairman: A. ARNOLDUS-HUYZENDVELD

Traces of historical landscapes preserved in the coastal area of Rome

Tracce di paesaggi storici conservati nell'area costiera di Roma

ARNOLDUS-HUYZENDVELD A. (*) & PELLEGRINO A.

ABSTRACT – Since Roman times, the coastline near Rome and the course of the Tiber river have been subject to variations. As a consequence of the seawards expansion of the coastline, many archaeological remains have been preserved under coastal and fluvial sediments. Also other natural changes, like the cutting off of a meander and the lateral displacement of river courses, have led to the preservation of parts of the former historical landscape. Some case studies are presented here, concerning the coastal zone and the lower Tiber valley between Rome and Ostia. Management problems of these archaeological areas, moreover solutions and suggestions, are considered. Given the view that the archaeological heritage does not consist of isolated and fragmented sites, but of zones and landscapes of a certain extension, these areas merit fully to be considered as “geosites”.

KEY WORDS – Alluvial sediments, Archaeology, Ostia, Rome.

RIASSUNTO – A partire dall'epoca romana, la linea di costa della Campagna romana e il corso del fiume Tevere, sono stati soggetti a cambiamenti. In concomitanza all'espansione della linea di costa, vari resti archeologici sono stati conservati al di sotto dei sedimenti costieri e fluviali. Anche altri eventi naturali, come il taglio di un meandro e lo spostamento dei corsi fluviali, hanno portato alla conservazione di tratti del paesaggio storico originario. Vengono presentati alcuni casi di studio che riguardano la zona costiera e il fondovalle tiberino tra Roma e Ostia. Vengono trattati i problemi di gestione di queste zone archeologiche, come anche soluzioni e suggerimenti. Considerato che il patrimonio archeologico non consiste in siti isolati frammentati, ma in zone e paesaggi di una certa estensione, tali aree possono essere proposte, a pieno titolo, come «geotopi».

PAROLE CHIAVE – Archeologia, Sedimenti alluvionali, Ostia, Roma.

1. – INTRODUCTION

Since Roman times, both the coastline near Rome and the course of the Tiber river, have been subject to remarkable variations. The coastline near the mouth of the Tiber river has moved seawards for various km, with the consequential silting up of the harbours constructed by the Roman emperors Claudius and Trajan (fig. 1, letters C and T).

The phases of coastline advancement have been reconstructed through the position of the Roman buildings and the medieval coast towers (DRAGONE *et alii*, 1967; SEGRE, 1986). According to the geological map of Cerveteri (SERVIZIO GEOLOGICO, 1967), about half of the advancement has occurred between 100 and 1570 A.D., whereas the other half is from even later date. There are reasons to presume that the strong advancement phase started only after 500 A.D.

The reasons for this displacement must be sought in a combination of factors. In the first place, in land use changes within the Tiber watershed, like deforestation and agricultural expansion. In the second place in climate change, and finally, in sea level variations. In fact, historical sea level changes are indeed known: in Roman times (between 600 and 100 b.C.), the sea level was about 1 m lower than today, whereas in the IV-V century A.D. it seems to have been about 1 m higher (LAMB, 1977).

The degradation, from the XVI century on, of the agricultural landscape in the hills and mountains

(*) DIGITER S.r.l. - Via di Frascati 201 - 00040 Rocca di Papa (Roma) Italy

(**) Soprintendenza Archeologica di Ostia

behind Rome has been stressed by SERENI (1987): steeper slopes than formerly where brought into culture, thus provoking stronger erosion. A climate change, occurring from 1200 A.D. on, consisted in a lower average temperature, heavier winter rains and less summer rains (LAMB, 1977). Such a change leads to less favourable conditions for a protective vegetation cover, and thus potentially to stronger erosion.

Increment of sediment load in this period implied also more frequent and heavier floodings. In fact, the XVI century is characterized by the heaviest floodings known in historical times. Another contribution to these phenomena must have been the obstruction of the Tiber course in the city of Rome, in full urbanistical revival by this time, through buildings, bridges and floating water mills (DI MARTINO & BELATI, 1980).

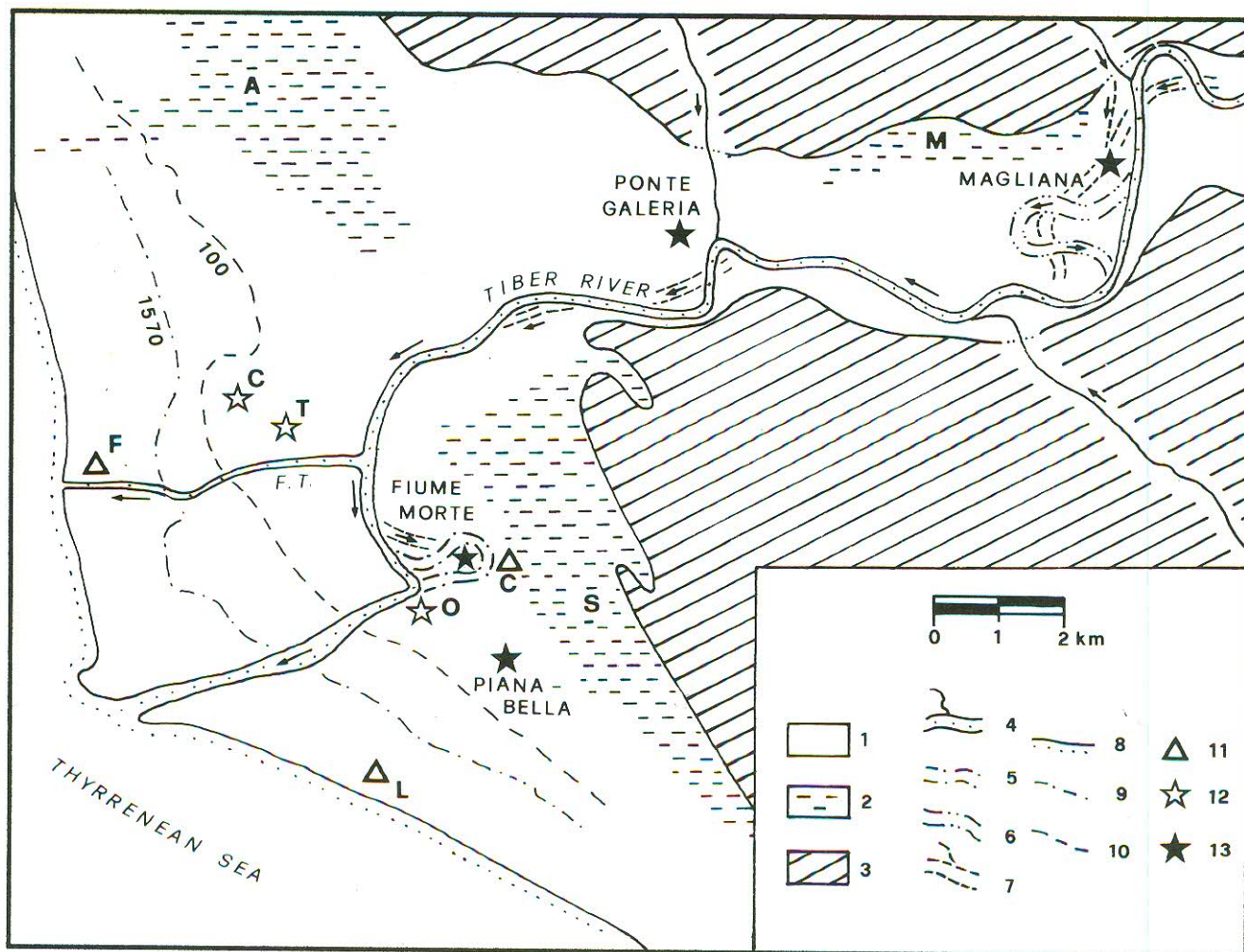


Fig. 1. – General map of the coastal area of Rome, with the case study sites: Ponte Galeria, Magliana, Fiume Morto and Pianabella; original scale 1:100.000.

Legend: 1) recent coastal plain; 2) former marshy areas (existing up to 1890) within the coastal plain: A: Stagno di Maccarese; M: Stagno di Campo Merlo; S: Stagno Ostiense; 3) areas beyond the recent coastal plain, situated at higher levels; 4) present river course, with flow directions; 5) variation existing up to 1557 (naturally cut); 6) variation existing up to ca. 1930 (artificially cut); 7) variation existing during Roman times, ca. 100 A.D.; 8) position of the present coastline; 9) coastline about 1570; 10) coastline in Roman times, ca. 100 A.D.; 11) present urban agglomerate: F: Fiumicino; C: Ostia Antica with Castle; L: Ostia Lido; 12) Roman structures: C: harbour of Claudius; T: harbour of Trajan; O: Roman Ostia; 13) case study sites. Tributaries of the Tiber River: Magliana river (right); Fontanile river (left); Galeria river (right). F.T: Canal of Trajan.

– Carta dell'area costiera di Roma, con l'ubicazione dei casi di studio: Ponte Galeria, Magliana, Fiume Morto e Pianabella; scala originaria 1:100.000.
 Legenda: 1) pianura costiera recente; 2) zone paludose all'interno della pianura costiera, bonificate dopo il 1890: A: Stagno di Maccarese; M: Stagno di Campo Merlo; S: Stagno Ostiense; 3) zone al di fuori della pianura costiera recente, ubicate a quote superiori; 4) attuali corsi d'acqua, con direzioni di flusso; 5) variazione esistente fino al 1557 (tagliata naturalmente); 6) variazione esistente fino a ca. il 1930 (tagliata artificialmente); 7) variazione esistente in epoca romana, ca. 100 A.D.; 8) posizione della linea di costa attuale; 9) posizione della linea di costa circa nel 1570; 10) linea di costa in epoca romana, ca. 100 A.D.; 11) agglomerati urbani: F: Fiumicino; C: Ostia Antica con Castello; L: Ostia Lido; 12) Strutture romane: C: porto di Claudio; T: porto di Traiano; O: Ostia romana; 13) localizzazione delle zone dei casi di studio; Affluenti del fiume Tevere: Fosso della Magliana (destra); Fosso del Fontanile (sinistra); Fosso Galeria (destra). F.T: Fosso di Traiano.

Thus, together with the advancement of the coastline, the level of the Tiber valley floor was raised and the equilibrium of its length profile restored. As a consequence, in some parts of the lower Tiber valley, tracts of the “Roman landscape” are preserved under fluvial deposits. Also other natural changes, like the cutting off of a meander and, more generally, the lateral displacement of river courses, has led to the preservation of tracts of the former Roman landscape. Obviously, such remains are found mainly along the inner curves of meanders, where sediment deposition is the dominant process.

This was a short outline of the processes by which, along the Tiber valley and the Roman coast, antique structures were buried below natural sediments. An important aspect is that they were buried together with tracts of their original landscape. In land planning, considering archaeological sites within the context of their former landscape is in agreement with the modern vision that the archaeological heritage does not consist of dispersed monuments, but of archaeological sites within the context of their wider cultural or natural landscape (BARKER & LLOYD, 1991).

2. – CASE STUDIES

Various case studies of the area between Rome and the coast will be treated shortly hereafter. Their position is indicated in fig. 1: Magliana, Fiumicino-Ponte Galeria, Trastevere Ostiense-Fiume Morto and Pianabella. The first belongs to the territory of the Soprintendenza Archeologica di Roma, whereas the latter three reside under that of Ostia. Altogether, these areas occupy only a small portion of the total surface of the coastal plain, but it is extremely probable that the observed phenomena may be extrapolated to larger areas. And moreover, though the denoted landscape changes may be insignificant when seen from the geological viewpoint, they are not at all so when seen from the archaeological viewpoint, since they have been essential in the preservation of important parts of our cultural heritage.

2.1. – MAGLIANA AREA

Near the Magliana area, the relicts of a Roman bridge and dam were found close to each other, buried below various meters of fluvial sediments of the Tiber valley. Presently, both dam and bridge are quite distant from any river course. The bridge, with a length of ca.

40 meters, was anyway too small to have crossed the Tiber river (CATALLI *et alii*, 1995). The dam was constructed about halfway the I century A.D.

During the archaeological excavation by the Soprintendenza Archeologica di Roma (1993), special attention was paid to the natural layers exposed below and above the dam, which allowed the reconstruction of the natural historical events for this area, and which lead moreover to the formulation of an hypothesis on the original function of both the bridge and the dam.

Near the dam and the bridge, a long and narrow depression was encountered, filled in with grey loam. The line of this depression was visible on the aerial photographs for over 700 meters, and turned out to cross the bridge at a right angle. This depression was interpreted as the old course of the Magliana tributary, crossed by the bridge. Aerial photographs showed traces also of the displacement of the Tiber river in historical times.

The dam, with a length of ca. 20 m, was oriented parallel to the former course of the “Magliana” tributary. Moreover, at a close distance behind the dam, a marshy area (FRUTAZ, 1972) was known from medieval times on (“Campo Merlo”), that could well have existed already in Roman times. The hypothesis was forwarded that the dam was constructed to protect the marshy area from the increasing floods in the I century (cfr. the “Fiume Morto” area). In CATALLI *et alii* (1995), detailed maps show both the present river courses as well as their reconstruction for Roman times. A less detailed reconstruction is given here in fig. 1.

The natural layers exposed near the dam showed below the structure the traces of at least two strong floods, that could be dated (considering the age of the dam) as probably having occurred in the years 15 and 36 A.D. (cfr. LE GALL, 1953). The layers deposited after the construction of the dam showed, through a clear differentiation in characteristics before and behind the structure, its effective functioning, maybe until the IV century A.D., but finally its total overridding by the later and higher floods.

2.2. – FIUMICINO-PONTE GALERIA AREA

The area of “Fiumicino-Ponte Galeria” (PETRIAGGI *et alii*, 1995), with an extension about 100 ha., is situated on the right hand side of the Tiber river, close to the “Fosso Galeria” tributary, and at an elevation between 2 and 5 m a.s.l.

During the archaeological survey by the “Soprintendenza Archeologica di Ostia” (1992), in

many trenches the valley floor of Roman times could be detected below more than 1 meter of fluvial sediments and modern infill. The buried surface was marked not only by the relicts of Roman structures (including an aqueduct) but also by a distinct buried soil marker.

Soil type distribution in this area, ranging from sandy to clayey soils, with a dominance of loamy soils, turned out different for Roman times with respect to the present surface. This original distribution explained better the position of the aqueduct: at the boundary of well drained soils with Roman building relicts (to the north), and less drained soils, probably less accessible, and where cultural remains were indeed lacking. There are indications that during Roman times the Tiber river had, in this area, a slightly straighter course. Fig. 2a shows the soil map of the present surface, whereas fig 2b shows the soil map as reconstructed for Roman times (buried surface). On both maps the position of the aqueduct is indicated. Confronting the soil maps, one notes the general coarsening of the Tiber sediments in time. Roman structures were often found covered by a clayey layer, testifying an initially slow increment of the valley level, datable probably to the first centuries A.D. The overlying layers were coarser (mainly loamy), thus confirming the intense flooding peaks known for the later periods.

Near the "Fosso Galeria" tributary outlet, an alluvial fan with sandy sediments could be distinguished from the typical loamy Tiber sediments. The distal (lower) part of the alluvial fan turned out to be buried below recent Tiber sediments. This alluvial fan, and its partial burial below later Tiber sediments, are also visible on the soil maps of fig. 2a and 2b. Antique water distribution structures (canalizations) were excavated in the alluvial fan area. The latter was apparently the preferential zone for settlement, both for water availability (and quality) as well for the slightly higher elevation with respect to the main valley.

2.3. – TRASTEVERE OSTIENSE-FIUME MORTO (ROMAN OSTIA)

Near Ostia, until the year 1557, the Tiber river followed a narrow meander. The area enclosed by the meander belonged in Roman times structurally to the city of Ostia; it is known as "Trastevere ostiense" ("Ostia on the other side of the river"; ARNOLDUS-HUYZENDVELD & PAROLI, 1995). During the huge flood of 1557, the meander was naturally cut off, leaving behind a characteristic oxbow lake, still existing a hundred years ago (AMENDUNI, 1880), and moreover an isolated area, known, from the disastrous flood on, as the "Fiume Morto" (Dead River). The event completely isolated the Castle of Ostia, constructed less than a century before, from its strategical position along the river. This can be seen in fig. 3, where the meadow in the foreground marks the area of the former river course. Modern city streets of Ostia Antica still slope slightly down were crossing the former Tiber bed.

During the excavation by the "Soprintendenza Archeologica di Ostia" (1992) of part of the inner bank of the abandoned river course, three phases of meander shift could be distinguished: one of Roman times (I century A.D., probably towards the end of the century) and two much later ones (1530 and 1557). Each time a cycle of events could clearly be deduced from the layer structure: first erosion, than sand deposition, followed by a horizontal fine layering. The flooding events were dated by combining the archaeological data with the list of known historical floods (DI MARTINO & BELATI, 1980). Lateral river bed displacement was, in this tract of the river, for each event about 4 meters. Fig. 4 is a schematic W-E section through the easternmost part of the meander.

The infill of the former meander bed, after its isolation from the main river course, is at the base composed of a sandy layer and upwards by horizontal clayey and peaty layers, with traces of marshy vegetation, indicating a low energy environment. Several times this regular sequence is interrupted by thin sandy layers, apparently due to later floodings.

Fig. 2. – Fiumicino-Ponte Galeria area: soil map of the present surface (2a) and of the buried surface of Roman age (2b).

Legend, with soil names indicated according to FAO/UNESCO (1988): 1) S: coarse loamy calcareous soils in Tiber sediments (Calcaric Cambisols); F: coarse loamy over sandy soils in the Galeria fan (Eutric Cambisols); 2) LS: fine loamy and coarse loamy calcareous soils in Tiber sediments (Calcaric Cambisols); FL: fine loamy over sandy soils in the transition area (Eutric Cambisols); 3) L: fine silty calcareous soils in Tiber sediments (Calcaric Cambisols); 4) C: clayey calcareous soils in Tiber sediments (Calcaric Cambisols & Gleyic Cambisols); 5) limit of mapped area; 6) present road Via Portuense; 7) Roman Acqueduct; 8) directions of Galeria fan sediments.

– Zona di Fiumicino-Ponte Galeria area: carta dei suoli della superficie attuale (2a) e della superficie romana sepolta (2b).

Legenda, con i nomi dei suoli secondo FAO/UNESCO (1988): 1) S: suoli calcarei franco-grossolani in sedimenti del Tevere (Calcaric Cambisols); F: suoli franco-grossolani su sabbia nel conoide alluvionale del Galeria (Eutric Cambisols); 2) LS: suoli calcarei franco-fini e grossolani in sedimenti del Tevere (Calcaric Cambisols); FL: suoli franco-fini su sabbia nella zona di transizione (Eutric Cambisols); 3) L: suoli calcarei limoso-fini in sedimenti del Tevere (Calcaric Cambisols); 4) C: suoli calcarei argillosi in sedimenti del Tevere (Calcaric Cambisols & Gleyic Cambisols); 5) limite dell'area cartografata; 6) Via Portuense moderna; 7) Acquedotto romano; 8) direzioni dei sedimenti del conoide del Galeria.



Fig. 3. – The Castle of Ostia-town, constructed towards the end of the XV century, which strategical position along the Tiber was completely annulled during the flood of 1557, through the formation of the dead meander. The meadow on the foreground marks the former river bed (photo Arnoldus).

– Il Castello di Ostia-città, costruito verso la fine del secolo XV, la cui posizione strategica è stata completamente annullata in occasione dell'alluvione del 1557, quando si formò il «Fiume Morto». Il prato in primo piano corrisponde al precedente letto del fiume (foto Arnoldus).

The evident stability, in this tract, of the river course between the I and XVI centuries coincides with the functioning of an artificial river outlet near Fiumicino, the “Fossa Traiana” (fig. 1), which was constructed near the end of the I century A.D. This rather precise time overlap could, to our opinion, indicate the effective functioning of this channel, not only as a water way (as such it was originally dug), but also as a buffer against the energy surplus of the river during high water stands.

2.4. – PIANABELLA (ROMAN OSTIA)

To the south of the the Roman city of Ostia, along the coast, a part of the dune landscape of Roman epoch (“Pianabella”), with an extension of about 50 ha., is preserved. The landscape is slightly undulating, and has an elevation of about 2 m a.s.l. In this case, the post-roman dune deposits have overlapped the original coastline, but not the Roman landscape, which is still exposed at the surface. Here, the present coastline is shifted seawards for almost 2 km with respect to the historical one (fig. 1).

The most external dune ridge of the Roman “Pianabella” area is covered with the ruins of villa's. The position of this ridge close to the sea is known through the description, by a classical writer, of the seaview from one of the villa's. Moreover, there are in this area relicts of rows of tombs, alined along small streets linked with the Roman city of Ostia, and now marked in the field as “ridges”. According to a survey executed in 1996 for the Soprintendenza Archeologica di Ostia, these streets do not follow the direction of the

dune ridges; therefore, their orientation seems mainly motivated by the already existing urban layout of Ostia.

The surface deposits of the “Pianabella” zone are sandy. Landinwards, the area is bordered by the clayey-peaty infill of a former lagoon (the “Stagno Ostiense”). This confinement of the area between recent sand dunes and clays, and moreover its evident isolation from the Tiber groundwaters, has given rise to a small, shallow but still clean groundwater reservoir, until recently used as drinking water, and presently for irrigation purposes.

The Roman city of Ostia is situated on the prolongation of this narrow land stretch to the north. So, to the positional advantages in Roman times of this dune belt (near the lagoon, the river and the sea; several meters above sea level) may be added now the availability of good water at a shallow depth.

3. – MANAGEMENT OF ARCHAEOLOGICAL SITES AND LANDSCAPES

In Italy, the safeguarding of the antique monuments is ruled by the application of the law 1089/39, concerning the “protection of the goods of artistical and historical interest”. However, this law allows essentially only the protection of the monument itself, on the basis of article 1, foreseeing the institution of an archaeological restraint. However it is possible to apply, by means of article 2, the restraint also to part of the surrounding land, in order to prevent damage to the light and perspective of the monument, thus guaranteeing the necessary conditions of decorum and dignity reserved for the historical-archaeological heritage.

So, in the juridical context, the conservation of the environment has always been considered as subordinate to the importance of the antique construction, for which it had to serve mainly to increment the value. One understands therefore, how this normative does not foresee the protection of the territory intended in its historical values, i.e. as physical testimony of the historical geographical situations that have allowed the development of human activity through the centuries.

Another law, the 1497/39, refers essentially to “the protection of the natural and panoramical beauties”, with a vision still based on the traditional esthetical values of landscape, without regarding substantially the history of the territory. In the last decennia, fortunately, the sensibility of the lawgivers seems to have grown more attentive to the topic of the Environmental and Landscape Heritage, which is finally considered in strict and inseparable connection with the archaeological presences. This is demonstrated by the issuance of the so-called law “Galasso”, n. 431/1985: in this law, in article 1, letter m) - in the context of particular territorial circumstances - is contem-

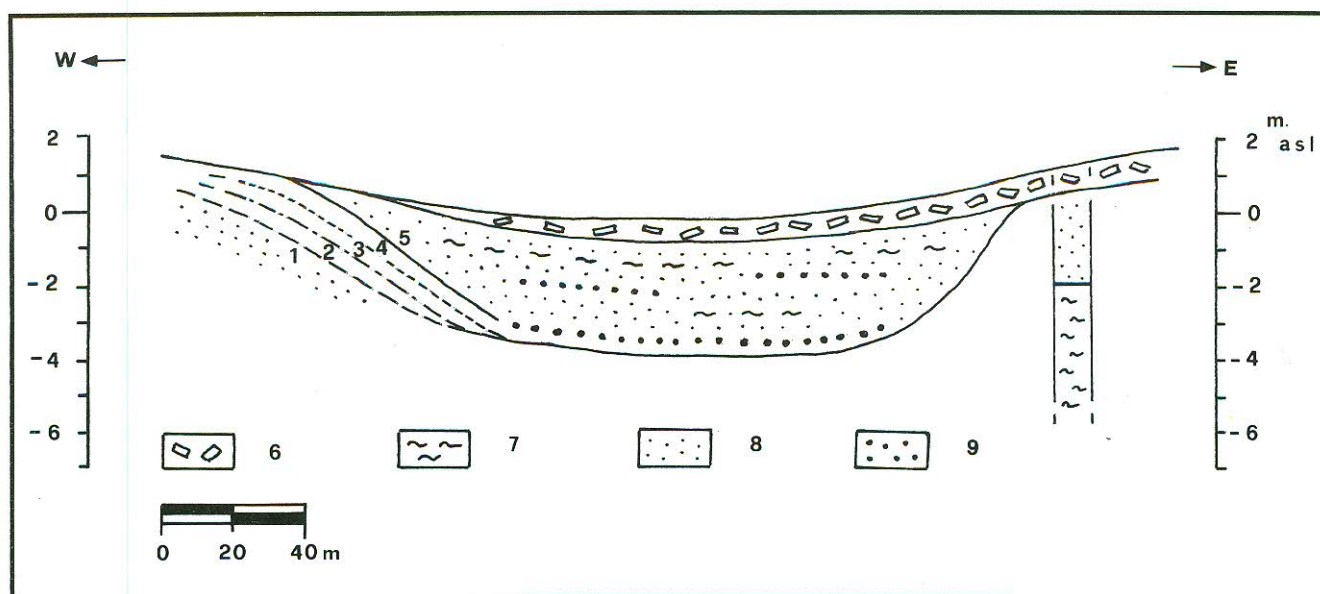


Fig. 4. – Schematic W-E section through the easternmost tract of the dead meander near Ostia (“Fiume Morto”).

Legend: 1) river bank before I century A.D.; 2) displacement of the river bank during a flood of the I century A.D.; 3) displacement of river bank during the flood of 1530; 4) displacement of the river bank during the flood of 1557, before the meander cut; 5) surface and infill of the dead meander, formed after the year 1557; the sandy inclusions mark later floods; 6) artificial infill; 7) clay and peat layers; 8) loamy layers; 9) sandy layers. The stratigraphy of the surroundings is given by a boring executed to the east of the dead meander. Note that the present surface is still slightly concave, thus marking the position of the former river course, in the field and in the streets of modern Ostia Antica.

– Sezione schematica W-E attraverso il tratto piu' orientale del meandro abbandonato di Ostia («Fiume Morto»).

Legenda: 1) riva del fiume prima del I secolo A.D.; 2) spostamento della riva durante un'alluvione del I secolo A.D.; 3) spostamento della riva durante l'alluvione del 1530; 4) spostamento della riva durante l'alluvione del 1557, prima del taglio dell'ansa; 5) superficie e riempimento del meandro abbandonato, formatosi dopo l'anno 1557; gli straterelli sabbiosi registrano alluvioni successivi; 6) riempimento artificiale; 7) strati argillosi e torbosi; 8) strati limosi; 9) strati sabbiosi. La stratigrafia degli strati circostanti e' registrata da un carotaggio effettuato ad est del meandro. Si noti che la superficie attuale e' ancora leggermente concava, ad indicare cosi' il tracciato del fiume preesistente, sia in campagna che nella sagoma delle strade di Ostia Antica moderna.

plated the joined protection of the antique remains and the entire tract of land forming their context, both under the geographical and the historical profile.

In the first years, unfortunately, the practical application of this law has met, for various reasons, with remarkable difficulties, but now the Latium Regional Board has issued a “Normative Outline of the Territorial Landscape Plans” that, though not yet completely satisfactory in its contents, seems to respect already essentially the basic requirements of the law “Galasso”, and which has already allowed to identify, on a large scale, vast tracts of land of archaeological-environmental interest to be safeguarded.

Undoubtedly, also the Central Office for the Environmental and Landscape Goods of the Italian Ministry for the Cultural and Environmental Heritage, of recent institution, operates in the same spirit, when qualifying, in a circular of 1995, as areas of archaeological interest also those territories not necessarily characterized by visible antique remains.

With reference to the case studies that belong to the Ostiense territory, it can be remarked that the Soprintendenza Archeologica, circumstances and legal limitations permitting, has often tried to propose wide-

ranging archaeological restraints, certainly not limited to the safeguarding of the sole archaeological testimony.

As for the “Fiumicino-Ponte Galeria”, it has been possible to issue restraints of the “traditional” type, limited to the single antique remains brought to light in the last years, since to the site, formerly completely unknown under the archaeological profile, had already been assigned, on the basis of the Urban Development Plan, an urban destination. In such circumstances one could only restraint the single archaeological areas, although quite close together, with so many single and separate measures of protection: a cistern with the D.M. of 22.4.1995, and successively a rural republican complex, the late-republican canalizations and a street with the DD.MM. of 21.1.1996, of 10.2.1996 and of 12.2.1996.

Different instead is the case of the so-called “Trastevere Ostiense” or “Fiume Morto” area, i.e. the zone to the north of the district of the Scavi of Ostia, in Roman times occupied by a dense town quarter with houses and commercial buildings. With the D.M. of 20.4.1994, issued on proposal of the Soprintendenza di Ostia, a wide-ranging restraint was imposed here, that, in union with former smaller and

more restricted restraints, has finally allowed the overall protection of the entire tract of land delimited by the old river meander, thus also safeguarding an important testimony of the antique geography of the Roman and medieval city of Ostia, preserved up to our days. The measure foresees the absolute non-edificability, with the exception of the reconstruction of the present rural houses. The immediate programs of the Soprintendenza include the project to enlarge such restraints to those areas within the modern town of Ostia that are not yet occupied by constructions; unfortunately, there has been in the last years a strong urban expansion, illegal and legal.

It is a duty to mention how a large part of the old river course, bordering originally the northern edge of Ostia, was earlier protected by an archaeological restraint, with the D.M. of 5.2.1959 issued on proposal of the former Soprintendente Doct. Pietrogrande, who, particularly diligent to the problems of territory protection, and by mentality and sensibility clearly ahead of his times, had the intention to create a large belt of respect around the entire antique city of Ostia.

Remains to be treated the zone of **“Pianabella”**. Fortunately, here also at the time Doct. Pietrogrande intervened, who, in spite of the strong opposition by some sectors of the academical world (raised to the level of juridical contention by the proprietors of the land), succeeded, quite remarkable for that period, in imposing a wide-ranging restraint (D.M. of 14.9.1963) that included a whole tract of land along the railroad and the so-called “ridges”, although only partially. Towards the end of 1996 the Soprintendenza of Ostia, also guided by recent archaeological and soil investigations, presented to its Ministry a new restraint proposal that substantially completes that of Pietrogrande: in the hope that this will be accepted, the entire large district of Pianabello, between the Via di Castel Fusano, the antique emissary of the Stagno Ostiense and the former coastline, will be submitted to global restraint, thus preserving intact for the future generations another piece of the history of Ostia.

4. – CONCLUSIONS

Until recently, little attention has been given in archaeological management policy to such a fundamental concept as landscape. Traditionally, there is an implicit agreement that the archaeological heritage consists of isolated, clearly visible and recognizable objects or monuments such as prehistoric dolmen, Roman buildings and medieval structures.

It is of course true that this “standing part” of the heritage accords a special visual quality to the landsca-

pe, but perhaps it is insufficiently recognized that these elements cannot be fully understood when they are isolated from their original surroundings. A policy that supports a selective management will ultimately lead to a fragmentation of our knowledge of the past. Therefore, an alternative approach to the archaeological heritage in landscape terms is required.

Especially the areas where archaeosites are strongly intertwined with their original landscapes, merit fully to be proposed as geosites as well, thus stressing the vision that, on the one hand, the archaeological heritage should not be isolated from the remains of its original landscape and, on the other hand, the archaeological content can be considered as one of the values of an geological situation or landscape.

BIBLIOGRAPHY

- AMENDUNI G. (1880) - *Sulle Opere di Bonificazione della Plaga litoranea dell'Agro Romano*. Roma, Tipografia Eredi Botta.
- ARNOLDUS-HUYZENDVELD, A. & PAROLI L. (1995) - Alcune considerazioni sullo sviluppo storico dell'ansa del Tevere presso Ostia; in *Archeologia Laziale*, **12**: 383-392.
- BARKER G. & LLOYD J. (1991) - *Roman Landscapes. Archaeological survey in the Mediterranean Region*. Archaeological Monographs of the British School at Rome, **2**: London.
- BELLOTTI P., CARBONI M.G., MILLI S., TORTORA P. & VALERI P. (1989) - La Piana deltizia del Tevere: analisi di facies ed ipotesi evolutiva dall'ultimo low stand glaciale all'attuale. *Giorn. Geol.*, **51**: 71-91.
- CATALI F., COLETTI C.M., ARNOLDUS-HUYZENDVELD A. (1995) - Acquisizioni archeologiche e paleoambientali nell'area della Magliana; in *Archeologia Laziale*, **12**: 333-340.
- DI MARTINO V. & BELATI M. (1980) - *Qui arrivò il Tevere*. Multigrafica Editrice, Roma.
- DRAGONE F., MAINO A., MALATESTA A. & SEGRE A.G. (1967) - Note illustrative della C.G.I. alla scala 1:100.000. Foglio 149 (Cerveteri). *Serv. Geol. d'Italia*.
- FAO/UNESCO (1988) - *Soil Map of the World*. Vol I, Legend.
- FRUTAZ A.P. (1972) - *Le carte del Lazio*. Roma. Istituto di Studi Romani.
- LAMB H. H. (1977) - *Climate, Present, Past and Future*, vol. 2. Methuen & Co Ltd, London.
- LE GALL J. (1953) - *Le Tibre fleuve di Rome dans l'Antiquité*. Paris.
- PETRIAGGI R., BONACCI G., CARBONARA A., VITTORI M.C., VIVARELLI M.L. & VORI P. (1995) - Scavi a Ponte Galeria: nuove acquisizioni sull'acquedotto di Porto e sulla topografia del territorio portuense; in: *Archeologia Laziale*, **12**: 361-374.
- SEGRE A. (1986) - Considerazioni sul Tevere e sull'Aniene nel Quaternario. In: *Quaderni del Centro di Studio per l'Archeologia etrusco-italica*, **12**: Il Tevere e le altre vie d'acqua del Lazio Antico; CNR: 9-17.
- SERENI E. (1987³) - *Storia del paesaggio agrario italiano*. Biblioteca Universale Laterza, no. 69.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1967) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*. Foglio 149 - Cerveteri.

Le sorgenti di Roma antica: un geotopo di grande valore

Old Rome springs: a very important geotope

CORAZZA A. (*)

RIASSUNTO – Nell'antica città di Roma esistevano numerose sorgenti che, insieme ai pozzi ed al Tevere, costituirono per molti secoli le uniche fonti d'acqua della città e influenzarono sicuramente, con la loro presenza, la localizzazione dei primi insediamenti abitativi.

Alcune delle sorgenti usate in epoca romana ancora permangono e rappresentano un notevole patrimonio geologico e archeologico.

PAROLE CHIAVE: Roma, antiche sorgenti, geotopi.

ABSTRACT – In ancient times, Rome was watered by springs, a number of wells and by River Tiber. For many centuries, no other source of water was available to the inhabitants and their location proved certainly determinant to first human settlers.

Some of the springs used in Roman times are still active, representing a significative geological and archaeological heritage.

KEY WORDS: Rome, ancient springs, geotopes.

1. – INTRODUZIONE

In epoca romana nella città di Roma esistevano numerose sorgenti alcune delle quali sono giunte fino ai giorni nostri e costituiscono, per il loro va-

lore idrogeologico ma anche archeologico e monumentale, un geotopo di grande importanza scientifica.

Si pensi a questo proposito, vista la loro collocazione in una metropoli la cui storia è di oltre 2700 anni:

- alla loro rarità e diversità rispetto a qualsiasi altro tipo di sorgente;
- alla loro rappresentatività: si tratta di emergenze, peraltro concentrate in un territorio di ridotte dimensioni, connesse con diversi tipi di circolazioni idriche (libere ed in pressione) e con diversi complessi idrogeologici;
- al loro valore storico (per alcune attestato fin dall'epoca antica) e alla loro «posizione chiave»;
- alla loro agevole accessibilità (alcune di esse rientrano negli itinerari turistici canonici nella città di Roma), che ne facilita enormemente la fruibilità culturale;
- alla loro estrema vulnerabilità sia ai fenomeni di inquinamento ma anche, specialmente per quelle non situate in aree archeologiche, agli interventi antropici, anche modesti, che, se non studiati nei minimi dettagli, potrebbero determinarne la scomparsa;

(*) IRSA - CNR - Via Reno, 1 - Roma.

- al loro valore scenico, visto che sono state, fin dall'epoca romana, monumentalizzate con la realizzazione di vasche e ninfei, e ricadono in zone archeologiche famose in tutto il mondo, come il Foro Romano o le Terme di Caracalla, oppure rientrano in zone estremamente suggestive dal punto di vista naturalistico, come l'Orto Botanico o il Parco della Caffarella.

2. – LA STORIA DELLE SORGENTI

Le sorgenti, insieme ai pozzi e al Tevere, costituirono per molti secoli le uniche fonti di approvvigionamento idrico della città e il rinvenimento e la diffusione di cunicoli di presa e di pozzi su tutti i colli romani conferma la ricchezza d'acqua del territorio nell'antichità.

Le sorgenti e i pozzi vennero in gran parte abbandonati con la costruzione degli acquedotti che dotarono la città di grandi quantità d'acqua (oltre 13,5 m³/s nel 226 d.C., data della costruzione dell'ultimo degli undici acquedotti romani). Alcune sorgenti vennero invece sacralizzate e venerate e si conservarono ancora per molti altri secoli.

Dopo il taglio degli acquedotti ad opera dei barbari (537 d.C.) si ritornò all'uso delle sorgenti delle quali tuttavia, in epoche successive, eccettuati alcuni interventi operati dai Papi tra il XVI e XVIII secolo, si persero completamente le tracce a causa del loro abbandono e del progressivo interrimento della città. Nel corso dell'ottocento e nei primi del novecento alcune delle antiche fonti furono ricercate e, a volte, anche ritrovate.

3. – INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELLA CITTÀ

L'assetto idrogeologico dell'area romana è molto complesso (figg. 1 e 2) ed è stata oggetto di numerosi studi (ALBANI *et alii*, 1972; CARBONI *et alii*, 1990; CORAZZA *et alii*, 1989; CORAZZA & GIULIANO, 1994; CORAZZA & LOMBARDI, 1995 a, 1995 b; VENTRIGLIA 1971, 1990) che ne hanno chiarito gli aspetti generali e, in alcune zone, anche gli aspetti di dettaglio. Esso è caratterizzato dalla presenza, generalmente in profondità e solo in alcune zone in affioramento, di un substrato impermeabile, costituito da argille marine plio-pleistoceniche (*complesso delle argille marine*), al di sotto del quale nessuna circolazione idrica è possibile.

Su questo substrato poggia una successione di terreni di età quaternaria, di origine vulcanica (*complesso idrogeologico delle vulcaniti*) e sedimentaria (*complessi idrogeologici dei depositi alluvionali e dei depositi pleistocenici*) che sono sede, in ragione della permeabilità relativa dei terreni e delle loro giaciture, di circolazioni idriche sotterranee poste a varie profondità.

Il *complesso dei depositi pleistocenici* è formato da terreni eterogenei, quali argille, limi, sabbie, ghiaie, diatomiti, travertini. In questo complesso, nella zona centrale dell'urbe e in riva destra del Tevere, è presente una modesta circolazione idrica superficiale, contenuta entro terreni sabbioso-ghiaiosi e sostenuta da terreni limo-argillosi. La circolazione dava luogo sui colli Vaticano e Gianicolo a piccole sorgenti, molto note fin dall'antichità: Acqua Damasianna, A. di S. Maria delle Grazie o A. della Fontana delle Api, A. Pia, A. Lancisiana, A. Innocenziana o A. del fontanile delle mole gianicolensi, A. del Tempio Siriaco, Sorgenti Corsiniane (solo queste ultime permangono ancora oggi). Nello stesso complesso, in tutta la riva sinistra della città, è presente invece una importante circolazione idrica in pressione contenuta in un orizzonte ghiaioso poggiato direttamente sulle argille plioceniche. Tale circolazione dava luogo in epoca romana ad importanti sorgenti situate laddove le incisioni dei paleoaffluenti del Tevere erano giunte a tagliare l'orizzonte ghiaioso. Le sorgenti di cui si hanno notizie storiche sono: Acque Lautole, Acqua di Mercurio, Fonte di Apolline, Fonte delle Camene, Acqua Tulliana, Fonte di Giuturna, Piscina Pubblica, Acqua di S. Clemente (le ultime quattro tuttora visibili).

Il *complesso delle vulcaniti* comprende i prodotti piroclastici del Distretto vulcanico dei Colli Albani e di quello dei Sabatini e anche, vista la loro limitata estensione e il modesto spessore, i depositi sedimentari sin e post vulcanici qualora questi siano direttamente sovrapposte alle vulcaniti. In questo complesso, in riva sinistra del Tevere, dove sono presenti prevalentemente i depositi vulcanici attribuibili all'attività del Distretto dei Colli Albani, la circolazione principale è quella situata alla base della serie vulcanica che scende in maniera radiale dai Colli Albani e che interessa le zone orientali e meridionali della città. Tale falda alimenta gran parte dei corsi d'acqua presenti nell'area romana e ad essa si ricollegano alcune antiche emergenze poste entro la città, come la Fonte Egeria, tuttora esistente, e le maggiori sorgenti d'acqua potabile poste ai margini della stessa: tra queste quelle dell'Acqua Vergine e dell'Acqua Appia che ali-

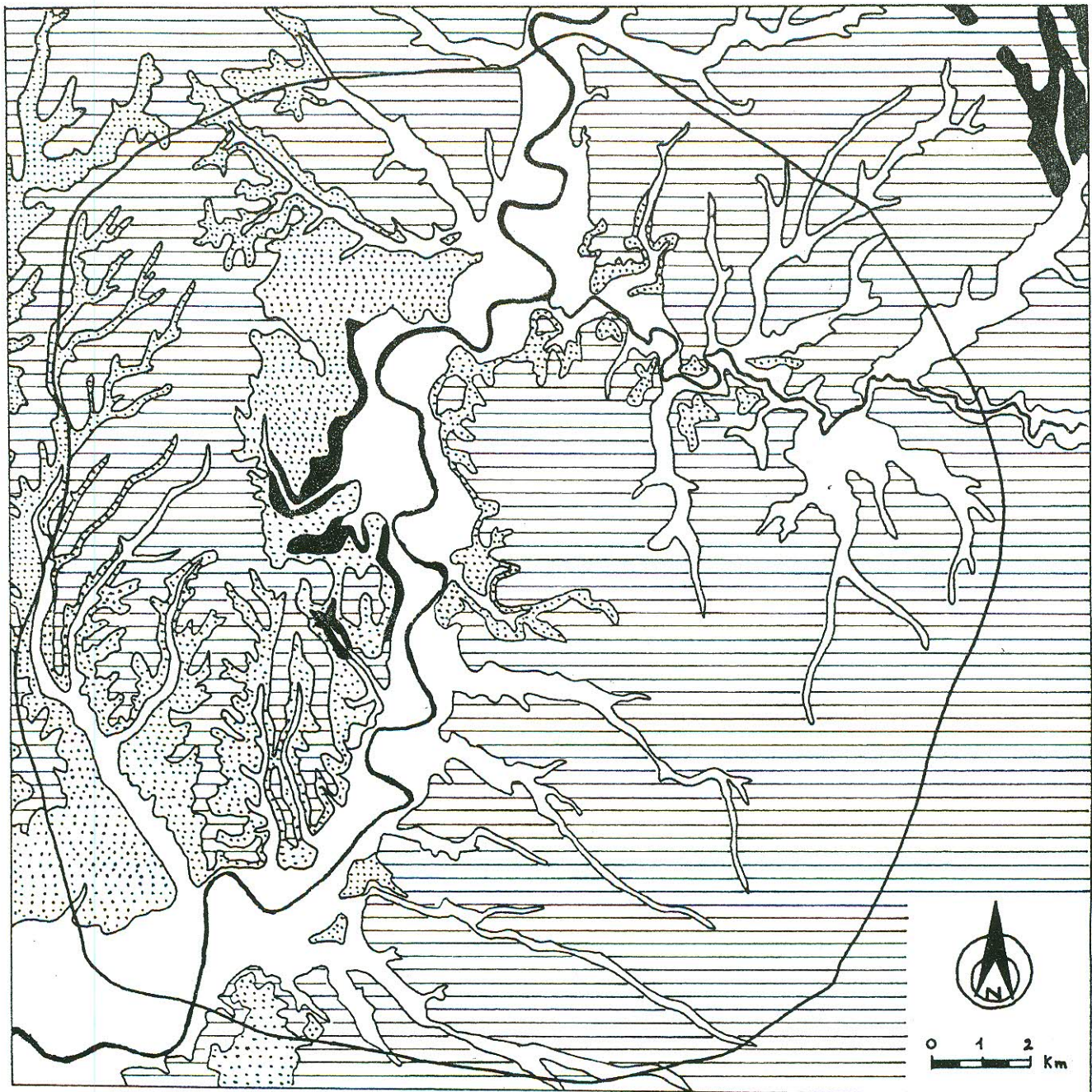


Fig. 1. – Complessi idrogeologici dell'area romana: 1) Complesso dei depositi alluvionali; 2) Complesso delle vulcaniti; 3) Complesso dei depositi pleistocenici; 4) Complesso delle argille marine.

– Hydrogeological complexes of roman area: 1) Complex of alluvial deposits; 2) Volcanic complexes; 3) Complex of pleistocene sediments; 4) Complex of marine clays.

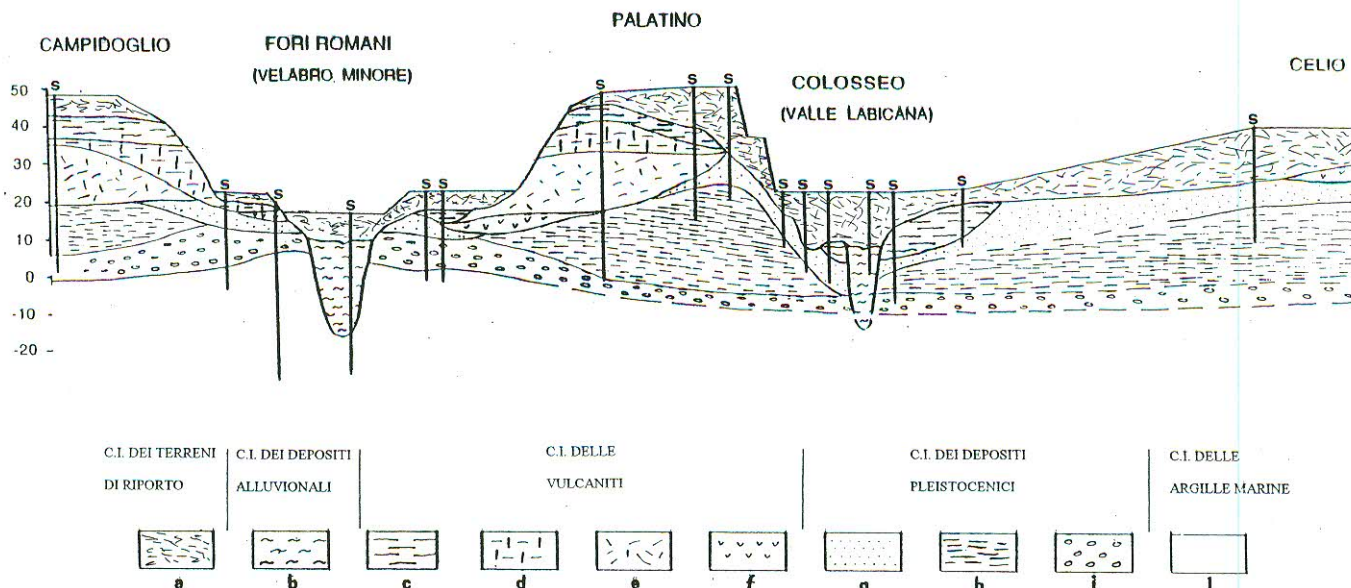


Fig. 2. - Sezione idrogeologica tipo dell'area romana centrale: a) terreni di riporto; b) alluvioni recenti; c) argille post-vulcaniche; d) tufo litoide lionato; e) piroclastiti rimaneggiate *acquifere*; f) tuffi granulari; g) sabbie; h) argille; i) ghiaie *acquifere*; l) argille plioceniche; s sondaggi

- Typical hydrogeological section of the central roman area.: a) carried soils; b) recent alluvial soils; c) post-volcanic clays; d) lithoid lionato tuff; e) rearranged porous pyroclastites; f) granular tuff; g) sands; h) clays; i) porous pebbles; l) pliocenic clays; s drilling

mentavano gli omonimi antichi acquedotti romani e che oggi alimentano quelli moderni del Vergine Nuovo e dell'Appio-Alessandrino (AA.VV., 1986; COPPA *et alii*, 1984).

Sulla stessa riva, nella zona centrale della città è presente un'altra circolazione idrica, molto più modesta di quella proveniente dai Colli Albani e non collegata con essa, la cui alimentazione avviene in loco. Tale circolazione emergeva lungo le valli degli antichi corsi d'acqua affluenti del Tevere dando luogo a numerose sorgenti generalmente di modesta portata. Tra queste, una certa importanza avevano le Sallustiane, che rappresentavano in epoca romana una fonte di approvvigionamento non indifferente per la città e, di minore importanza, le fonti del Lupercale, di S. Felice (*Fons Catii*), di Pico e le Acque *Fontinalis* (nessuna di esse è oggi osservabile).

Al di sopra dei terreni di origine naturale poggia, sulla quasi totalità del territorio cittadino, un manto di terreni di riporto dovuti all'attività umana (*complesso dei terreni di riporto*). Questo manto, nelle porzioni più permeabili, è sede anch'esso di varie circolazioni idriche, sia pure molto limitate arealmente. Le circolazioni mostrano a volte potenzialità elevate per cui è ipotizzabile, oltre al contributo dell'infiltrazione diretta delle precipitazioni (minimo vista l'urbanizzazione), un'alimentazione da parte di antiche emergen-

ze, oggi interrate e poste ad alcuni metri di profondità, e di perdite dei sistemi acquedottistici e fognari moderni che diffondono le loro acque all'interno dei terreni antropici.

Le sorgenti, esistenti e scomparse, ubicate nella antica città di Roma sono riportate nella fig. 3.

4. - LE SORGENTI ANCORA ESISTENTI

Le sorgenti dell'antica città di Roma tuttora esistenti, facendo riferimento alla numerazione della fig. 3, sono:

- Sorgenti Corsiniane (n. 5);
- Acqua Tulliana (n. 14);
- Fonte di Giuturna (n. 16);
- Acqua di S. Clemente (n. 18);
- Piscina Pubblica (n. 22);
- la Fonte Egeria (n. 24).

Sorgenti Corsiniane

Alle pendici del colle Gianicolo, nel giardino di Palazzo Corsini (ora Orto Botanico), scaturivano due emergenze che venivano utilizzate per l'approvvigio-

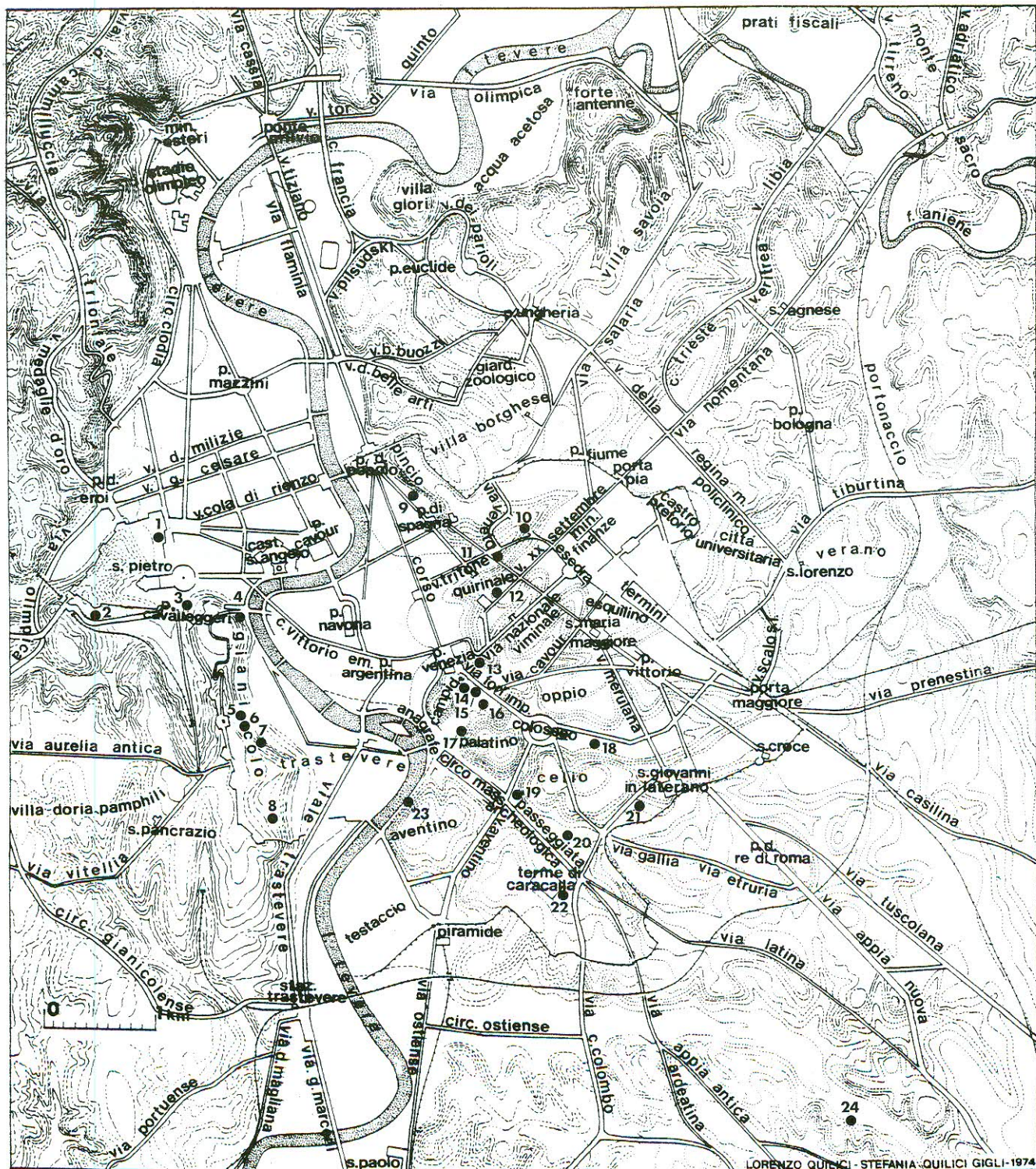


Fig. 3. – Pianta di Roma con la morfologia originaria (in tratteggio) e con l'ubicazione delle sorgenti (da QUILICI, 1990; modificato): 1) Acqua di S. Maria delle Grazie; 2) Acqua Damasiana; 3) Acqua Pia; 4) Acqua Lancisiana; 5 - 6) Acque Corsiniane; 7) Acqua Innocenziana; 8) Acqua del Tempio Siriaco; 9) Acqua di via Margutta; 10 - 11) Acque Sallustiane; 12) Acqua di S. Felice; 13) Acque Fontinalis; Acqua Tulliana; 15) Acque Lautole; 16) Fonte di Giuturna; 18) Acqua di S. Clemente; 19) Acqua di Mercurio; 20) Fons Apollinis; 22) Piscina Publica; 23) Fonte di Pico; 24) Fonte Egeria.

– Rome map with original morphology (out-lined) and with location of springs (from QUILICI, 1990; modified): 1) S. Maria delle Grazie Water; 2) Damasiana Water, 3) Pia Water, 4) Lancisiana Water, 5) - 6) Corsiniane Waters, 7) Innocenziana Water, 8) Syriac Temple Water, 9) Margutta Way Water, 10) - 11) Sallust Waters, 12) S. Felice Water, 13) Fontinalis Water, Tully Water 15) Lautole Water, 16) Giuturna Source, 18) S. Clemente Water, 19) Mercury Water, 20) Apollinis Fons, 22) Public Swimming-pool, 23) Pico Source, 24) Egeria Source.

namento d'acqua del palazzo e di altre utenze. La quota delle sorgenti era tale da consentire nell'800 l'aduzione dell'acqua con tubazioni fino all'ultimo piano del palazzo nobiliare.

Una di queste sorgenti ancora esiste ed in epoca romana veniva captata con drenaggi e con una galleria di circa 100 m (fig. 4). L'opera di presa doveva, presumibilmente, alimentare la *Domus Clodiae* di cui vasti resti furono rinvenuti e reinterati nel 1880 sulla piana del Tevere durante la costruzione dei muraglioni del fiume (STACCIOLI, 1986).



Fig. 4. – Sorgenti Corsiniane: cunicolo romano di captazione.
– Corsiniane Sources: roman cuniculus of getting.

Acqua Tulliana

La sorgente si trova nei sotterranei della Chiesa di S. Pietro in Carcere posta ai piedi del colle Campidoglio. Il nome di questa piccola fonte deriva da quello della cella inferiore del Carcere Mamertino, dal cui pavimento ancora oggi sgorga (fig. 5), che veniva chiamata *Tullianum*, da *Tullus* (polla d'acqua).

L'Acqua Tulliana è spesso citata dalle fonti essendo collegata alla storia del carcere, il più antico e famoso di Roma essendovi stato rinchiuso anche l'apostolo Pietro. La leggenda vuole che il santo abbia fatto scaturire miracolosamente l'acqua durante la sua prigionia per poi utilizzarla per battezzare tutti coloro che si convertivano al cristianesimo.



Fig. 5. – Acqua Tulliana: cella inferiore del Carcere Mamertino con il pozzo dal quale fuoriesce l'acqua.

– Tully Water: inferior cell of Mamertino Prison with the well from which the water comes out.

L'acqua di questa fonte viene fatta defluire da una rete di cunicoli sotterranei, anche di epoca romana, che sicuramente afferiscono all'asse fognario principale della zona costituito dalla Cloaca massima.

Fonte di Giuturna

La *Fons Juturnae* è situata nel Foro Romano ai piedi del Palatino. L'acqua sorgiva emerge tuttora dal pavimento di una vasca di marmo quadrata collocata in epoca antica a testimonianza dell'originaria sorgente (fig. 6). La fonte, che fu oggetto di culto nell'antichità, viene citata numerose volte nei testi antichi (da Dionisio, Frontino, Livio, Ovidio, Svetonio) in relazione soprattutto al suo carattere sacro ma anche perché

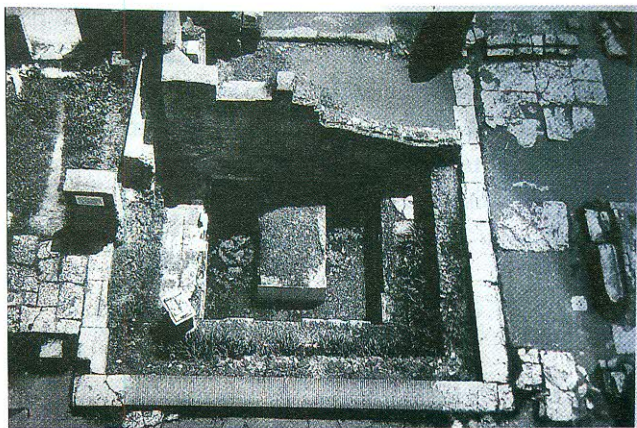


Fig. 6. – Fonte di Giuturna: vasca sul fondo della quale è visibile l'acqua sorgiva (archivio della Soprintendenza Archeologica di Roma).

– *Giuturna Source: basin where spring water appears from the bottom (archives of Archaeological Superintendence of Rome).*

sembra che le sue acque andassero a formare una zona paludosa tra Palatino e Celio, il *Lacus Curtius*, che fu probabilmente prosciugato con la costruzione della Cloaca massima.

Il battente d'acqua all'interno della vasca è minimo e varia stagionalmente. La modesta portata così come la saltuarietà di questa fonte, le cui acque secondo le testimonianze di vari autori sono scomparse e ricomparse più volte nel corso dei secoli, possono essere messe in relazione con la forte azione drenante esercitata sulle acque sotterranee dal collettore della Cloaca massima.

Acqua di S. Clemente

L'acqua attualmente esce da un condotto romano posto al livello della casa di età repubblicana che costituisce la struttura più antica presente nel sottosuolo della Chiesa di S. Clemente, situata non distante dal Colosseo (fig. 7). Il cunicolo, che proviene con ogni probabilità dall'opera di presa della sorgente, porta un discreto quantitativo d'acqua (oltre 1 l/s).

Piscina Publica

Lanciani (1881) ubica questa sorgente ai piedi del colle Piccolo Aventino tra l'entrata delle Terme di Caracalla, le mura Serviane e la Via di Santa Balbina. La fonte, così come le altre della Valle Camena, doveva essere di notevole importanza, tanto da dare, in epoca romana, il nome a tutta la zona.

L'edificio centrale delle Terme di Caracalla è percorso nel sottosuolo da una grande fogna nella quale scorre tuttora acqua sorgiva captata dalle pendici dell'Aventino. È molto probabile che le sorgenti della «Piscina Publica» al momento della costruzione delle Terme, siano state incondottate e fatte defluire nella fogna profonda per garantirne la costante pulizia. L'acqua venne utilizzata anche in epoche successive tramite l'apposizione di una vera e propria pozzo su uno dei pozzi di accesso alla fogna profonda (fig. 8).

Fonte Egeria

L'area della Valle della Caffarella, posta poco fuori delle Mura Aureliane tra la via Latina e la via Appia Antica, è ricca di emergenze di acque mineralizzate, molto note nell'antichità per le loro virtù terapeutiche.



Fig. 7. – Acqua di S. Clemente: condotto romano dal quale fuoriesce l'acqua della sorgente.

– *S. Clemente Water: roman pipe from which the spring water comes out.*

La mineralizzazione delle acque è da mettersi in relazione alla attività vulcanica dei vicini Colli Albani e in particolare alla venuta a contatto della circolazione idrica sotterranea presente alla base del complesso dei prodotti vulcanici con i convogli fluido-gassosi di origine magmatica che risalgono lungo le fratture di origine vulcano-tettonica nei pressi delle quali, nell'intera area romana, sono ubicate le sorgenti minerali (CAM-PONESCHI & NOLASCO, 1982).

La *Fons Egeria*, citata da Tito Livio, Vitruvio, Plutarco e Giovenale è posta in sinistra orografica della Marrana della Caffarella. Era utilizzata fin dall'anti-

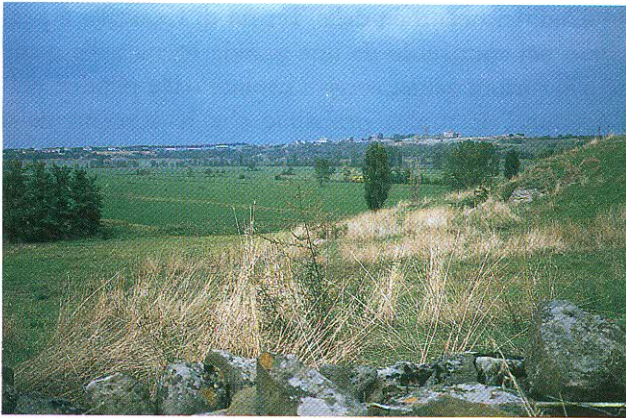


Fig. 8. – Piscina Publica: pozzo per il prelievo dell'acqua sorgiva che scorreva (e scorre tuttora) nella fogna delle Terme di Caracalla.

– *Public Swimming-pool: well for drawing of spring water that has ran (and is running) in the drain of Caracalla Thermae.*

chità, quando venne fatta captare da Erode Attico per alimentare un ninfeo della sua grande villa (fig. 9). Benchè il condotto principale che portava l'acqua al ninfeo sia crollato alla fine del '500, dal monumento romano, completamente abbandonato ed in rovina, fuoriesce ancora un discreto quantitativo d'acqua, acidula e mineralizzata.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1986) - *Il Trionfo dell'Acqua. Acque e Acquedotti a Roma IV sec a.C. - XX sec d.C.* pp. 336, Palcani, Roma.

ALBANI R., LOMBARDI L. & VICINANZA P. (1972) - *Idrogeologia della Città di Roma.* Ingegneria sanitaria, 20 (3), Roma.



Fig. 9. – Fonte Egeria: Ninfeo di Erode Attico.

– *Egeria Source: Nynpbeo of Attico Erode.*

- BONI C., BONO P. & CAPELLI G. (1988) - *Carta idrogeologica della Regione Lazio*. Regione Lazio, Università degli Studi di Roma «La Sapienza», Roma.
- CAMPONESCHI B. & NOLASCO F. (1982) - *Le risorse naturali della Regione Lazio: Roma e i Colli Albani*. Regione Lazio, 7, Roma.
- CARBONI G., CORAZZA A., FEROCI M., FUNICIELLO R., LOMBARDI L., MARRA F., PAROTTO M. & SALVI S. (1990) - *Geologia e idrogeologia del Centro Storico di Roma*. Progetto Roma Capitale, C.N.R., Roma.
- COPPA G., PEDICONI L. & BARDI G. (1984) - *Acque e acquedotti a Roma 1870-1894*. pp. 233, Quasar, Roma.
- CORAZZA A. & GIULIANO G. (1994) - *Idrogeologia e vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee della città di Roma*. In: AA.VV. «L'ambiente nel centro storico e a Roma - Secondo rapporto: il suolo/sottosuolo», Comune di Roma: 12-24, Roma.
- CORAZZA A. & LOMBARDI L. (1995 a) - *Idrogeologia del centro storico*. In: AA.VV.: «La geologia di Roma». Mem. Desc. Serv. Geol. d'It., L: 173-211, Roma.
- CORAZZA A. & LOMBARDI L. (1995 b) - *Le acque sotterranee*. In: AA.VV.: «L'ecosistema Roma». F.lli Palombi: 40-46, Roma.
- CORAZZA A., LOMBARDI L. & POLCARI M. (1989) - *Carta idrogeologica della città di Roma scala 1:10.000*, 73° Congresso Soc. Geol. It., sessione poster, Roma.
- LANCIANI R. (1881) - *Topografia di Roma antica. I commentarii di Frontino intorno le acque e gli acquedotti*. Mem. Regia Acc. Lincei, ser. 3, 4: 215-614, Roma.
- QUILICI L. (1990) - *Forma e urbanistica di Roma arcaica*. In AA.VV.: «La grande Roma dei Tarquini». L'Erma di Bretschneider: 29-44, Roma.
- STACCIOLI R. (1986) - *Guida di Roma antica*. Milano.
- VENTRIGLIA U. (1971) - *La geologia della città di Roma*. Provincia di Roma, Roma.
- VENTRIGLIA U. (1990) - *Idrogeologia della Provincia di Roma*. Provincia di Roma, Roma.

Seismic response of the historical centre of Rome *Risposta sismica del centro storico di Roma*

DONATI S. (*), FUNICIELLO R. (*) & ROVELLI A. (**)

ABSTRACT – In this work, the results of a comprehensive analysis of seismic damage to 149 monuments in the historical centre of Rome are shown. Thanks to the study of geological and seismotectonic features of the area and the reconstruction of the geometry of the old hydrographic network of the Tiber River, the analysis of seismic effects enhances a significant correlation between damage distribution and variations of local geology. Confirming previous studies (AMBROSINI *et alii*, 1986; MOLIN & GUIDOBONI, 1989), the largest part of the serious damage occurs in the holocene alluvial area, tending to concentrate along the edges of the Tiber valley as well as near the major slope changes of topographic relieves. These results are interpreted in terms of source and site effects through seismological models which take into account the main physical characters of both source and nearsurface geology (ROVELLI *et alii*, 1994; 1995 b): the synthetic accelerograms show the largest ground motion in those geological situations where observations show the maximum concentration of heavy effects.

In conclusion, the correlation between the damage distribution and the numerical modelling stresses the role played by the heterogeneities of nearsurface geology on the level of seismic excitation. These site effects may represent a serious threat for the archaeological and architectural heritage of our historical cities, even in areas far away from seismogenic districts.

KEY WORDS: Seismic risk.

RIASSUNTO – In questo lavoro, vengono illustrati i risultati di una analisi comprensiva del danno sismico per 149 monumenti del centro storico di Roma. Grazie allo studio delle caratteristiche geologiche e sismotettoniche dell'area e la ricostruzione della geometria della vecchia rete idrografica del fiume Tevere, l'analisi degli effetti sismici evidenzia una significativa correlazione tra la distribuzione del danno e la variazione della geologia locale. A conferma dei precedenti studi (AMBROSINI *et alii*, 1986; MOLIN & GUIDOBONI, 1989) la maggior parte dei danni importanti si verifica nell'area alluvionale olocenica, tendendo a concentrarsi lungo i margini della valle del Tevere così come vicino ai principali cambi di pendenza dei rilievi topografici. Questi risultati sono interpretati in termini di origine e luogo degli effetti attraverso modelli sismologici che tengono conto dei principali caratteri fisici sia dell'origine che della geologia di superficie (ROVELLI *et alii*, 1994; 1995 b): l'accelerogramma sintetico mostra il maggior movimento del suolo in quelle situazioni geologiche in cui le osservazioni mostrano la massima concentrazione degli effetti evidenti.

In conclusione, la correlazione fra la distribuzione del danno e la modellazione numerica accentua il ruolo giocato fra l'eterogeneità della geologia di superficie e il livello di eccitazione sismica. Questi effetti locali possono rappresentare una minaccia per il patrimonio archeologico e architettonico delle nostre città storiche, anche in aree lontane da siti sismogenetici.

PAROLE CHIAVE: Rischio sismico.

(*) Università degli Studi di Roma Tre - Largo S. Leonardo Murialdo, 1 - 00146 Roma (Italy).

(**) Istituto Nazionale di Geofisica - Rome.

1. – INTRODUCTION

During more than 2,500 years of history, Rome has been interested by a considerable number of events, causing severe damage to the artistic patrimony of the city. Since 441 B.C., historical sources and macroseismic surveys report about ten events with intensity up to VII-VIII degree MCS, and more than 60 earthquakes felt by the population (POSTPISCHL, 1985; BOSCHI *et alii*, 1995 a). Because of these strongest earthquakes, many important monuments were affected by significant damage (see MOLIN & GUIDOBONI, 1989; MOLIN & ROSSI, 1993; GUIDOBONI & MOLIN, 1995; CASTENETTO *et alii*, 1995; ROSSI, 1995; DONATI, 1996; FUNICIELLO *et alii*, 1996). In a few specific cases, a detailed study of the local geology allowed seismologists to estimate ground motion produced by earthquakes. For the sake of example, the paper by BOSCHI *et alii* (1995 b) infers a large difference of the shaking level between the Column of Marcus Aurelius and the Column of Trajan in case of strong Apennine earthquake. This difference is as large as a factor of 7 in the frequency band around 1 Hz, and is caused by the different geological conditions of the sites of the two columns. Their different level of damage resulted to be consistent with the inferred variation of ground motion. Moreover, the study by FUNICIELLO *et alii* (1995) investigated the geological numerical modelling (see MOCZO *et alii*, 1995) inferring large differential motions at the basement of Colosseum: shaking was found to be largest at the transition from Pleistocene units and Holocene sediments, in agreement with the highest damage zone (southern external ring). The present work investigates the relationship between distribution of the historical earthquake effects and nearsurface geology.

2. – GEOLOGICAL SETTING

The geology of the area of Rome presents complex features (MARRA & ROSA, 1995), characterized by the emergence of marine Plio-Pleistocene units, continental Upper Pleistocene sediments and Sabatini and Albani volcanic products. The sedimentary sequence, from the bottom to the top, is composed by the Monte Vaticano Pliocenic clays and the Pleistocene marine deposits (the Monte Mario, the Monte Ciocci and Monte delle Piche Units). Some regional structural features regulate the different outcropping of these sediments. In Upper Pleistocene, the intense tectonic activity and the climatic and paleogeographic changes

related to the glacial and interglacial periods generate a complex transgressive cycle characterized by the alternation of depositional and erosive phases. The sedimentation of PaleoTevere units 1 and 2 (see AMBROSETTI & BONADONNA, 1967, and MARRA *et alii*, 1995 b) is related to these phases. Starting from 0.6 Ma, Sabatini (NW from Rome) and Albani (SE) volcanic district began to spread around their products (LOCARDI *et alii*, 1977; BARBERI *et alii*, 1994). The tectonics, coupled to the widespread of a great deal of volcanic products, changed completely the geomorphology and hydrology of the Roman area, confining the Tiber to the present riverbed. In the last phase of the Würmian glacial period, the relevant eustatic regression of the sea level accelerated the Tiber's erosive process, excavating the Pliocenic bedrock down to -50 metres under the sea level. During the subsequent rise of the sea level, the articulated network excavated by the Tiber River and its tributaries was backfilled with alluvial Holocene deposits, consisting of unconsolidated clayey-sandy sediments. The contact between the Plio-Pleistocene bedrock and Holocene alluvium is characterized by a high seismic impedance contrast (by a factor of 3 to 4, on the average).

3. – SEISMOTECTONIC FEATURES

According to the Italian seismotectonic context, the seismicity of Rome is quite moderate. Nevertheless, considering the existence in the urban area of both a priceless historical and monumental patrimony and of old buildings extremely vulnerable, seismic risk can not be neglected; the historical centre of the city could be damaged even in the occurrence of low levels of ground motion. The city of Rome is mainly affected by the earthquakes associated to three different seismogenic districts: the Central Apennines area (“regional seismicity”), the Colli Albani area (“local seismicity”) and the Rome area (“urban seismicity”). The Apennine seismogenic sources, located between 60 and 130 Km from Rome, produced the strongest intensity felt in the city (VII-VIII MCS). The Aquilano and Fucino districts, in particular, can generate events of high magnitude (nearly 7) with hypocentral depth between 10 and 15 km. The Colli Albani area is characterized by very frequent earthquakes with a maximum magnitude around 5 (AMATO *et alii*, 1994), hypocentral depth between 5 and 10 Km and felt intensity V-VI MCS. The urban seismogenic area, within a radius of 20 km, is characterized by a low frequency of occurrence, maximum intensity around VI-VII

MCS (see TERTULLIANI & RIGUZZI, 1993), magnitude values probably less than 4 and maximum hypocentral depth around 12 km (BASILI *et alii*, 1996).

4. – METHODOLOGY

The present work has selected a sample of 149 monumental buildings in Rome, resulted to have been damaged by historical earthquakes in the most recent historical seismology studies (MOLIN & GUIDOBONI, 1989; BUDRIESI, 1989; GUIDOBONI *et alii*, 1994; BOSCHI *et alii*, 1995 a; ROSSI, 1995; LEGA, 1995; DONATI, 1996). The file consists of 78 ecclesiastic, 46 public and 13 roman period buildings, 5 monumental doors of the Aurelian Walls, 3 Middle Age towers and 1 monumental fountain. A record including date of the event and seismogenic area (*Central Apennines, Colli Albani and Rome Area*), damage description and intensity evaluation (*weak, intermediate and serious*, according to the methodology proposed by AMBROSINI *et alii*, 1986), has been compiled for each building. No seismogenic area was associated to the ancient earthquakes (events until 1091 A.D.). To analyse the connection between the spatial distribution of the sample and the nearsurface geology, the Geological Map of Rome (MARRA & ROSA, 1995) has been reduced to a simplified map, considering exclusively the geotechnical heterogeneities of the outcropping units. According to this, marine and continental Plio-Pleistocene sedimentary units and Sabatini and Albani volcanic products have been unified in an undifferentiated unit (conventionally called *bedrock*).

5. – DAMAGE ANALYSIS

Previous studies (AMBROSINI *et alii*, 1986; MOLIN & GUIDOBONI, 1989; SALVI *et alii*, 1991; BOSCHI *et alii*, 1993; MOLIN & ROSSI, 1993; BOSCHI *et alii*, 1995 a) had stressed the particular role of unconsolidated Holocene alluvial deposits in the areal distribution of seismic damage. In this work, the correlation between the damage distribution to the artistic and monumental patrimony and the geolithology has been largely confirmed, showing some significant systematic variations even considering single seismogenic areas (fig. 1). Almost 80% of the serious damage occurs in the Holocene alluvial area, tending to concentrate along the narrow bands close to the edges of the Tiber valley (*edge effect*, see TERTULLIANI & RIGUZZI, 1995). This percentage decreases to 60% for the weak damage,

particularly influenced by the structural framework of the buildings. It is note worthy to observe that the spatial distribution of the monuments sample strictly reflects the percentage of weak damage (60% of monuments on the alluvial deposits, 40% on the bedrock outcrops). This suggests that the distribution of weak damage is probably random (fig. 2 and 3).

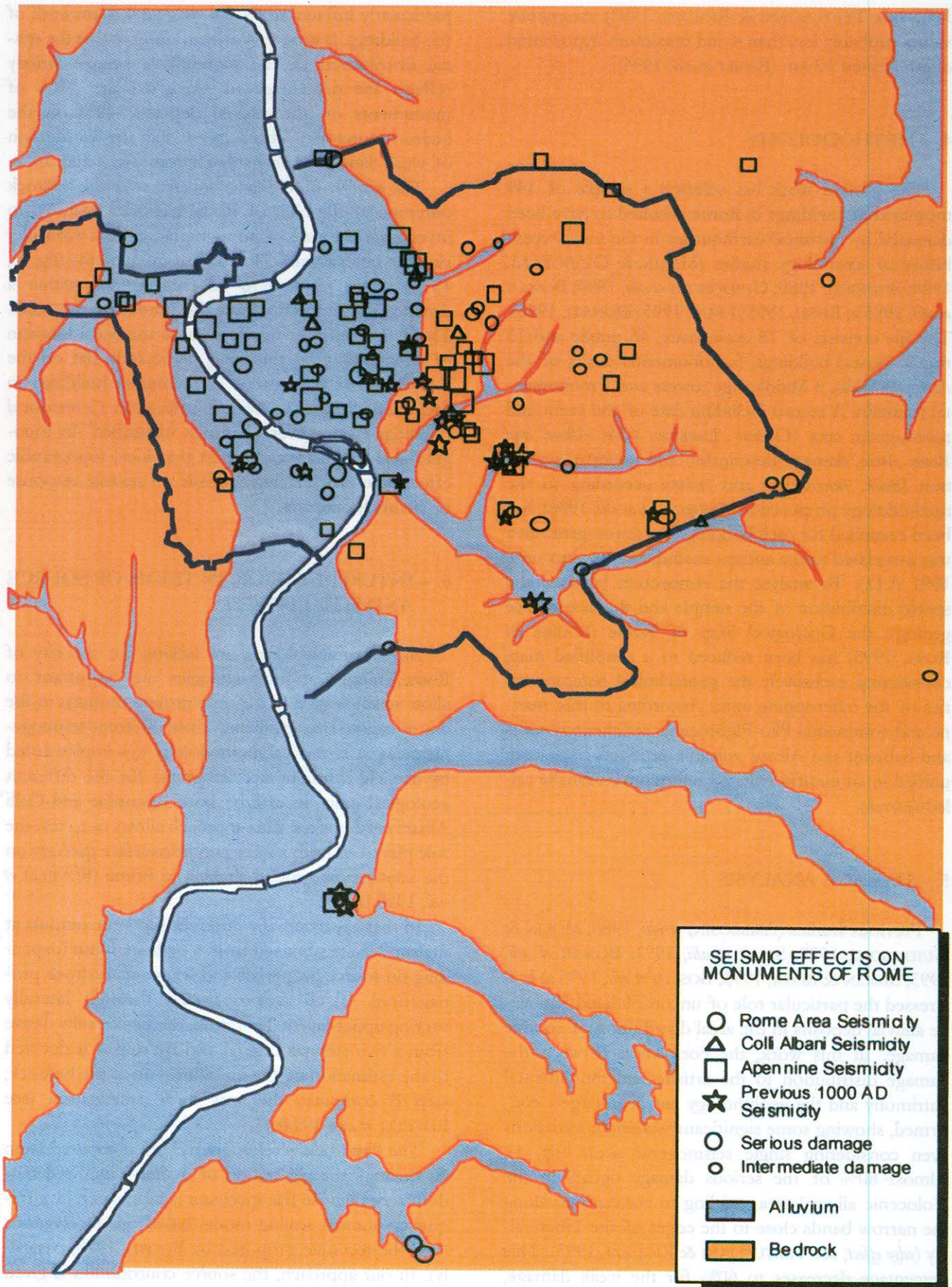
The sample of buildings located over the bedrock outcrops of the Hills of Rome has been analyzed to investigate the role of topographic effects. Considering the ubication of 24 damaged monuments (fig. 4), 13 of them resulted to be concentrated within a distance of 20 metres from the border of the relief. This is a significant result, because the usual location of monuments on the Hills, particularly flat on the top, tends to concentrate monumental buildings in their central part. The seismic effects on 13 historical buildings located over a bedrock “disturbed” by topographical irregularities suggest that local topographic effects can play a significant role on seismic response of bedrock outcrops.

6. – INTERPRETATION IN TERMS OF SOURCE AND SITE EFFECTS

As instrumental data are lacking for the city of Rome, numerical methodologies are important to allow seismologists to quantify ground motions in the city as caused by earthquakes from different seismogenic areas. A numerical methodology was implemented by to yield synthetic accelerograms for the different geological units, in case of both Apennine and Colli Albani earthquakes. This approach allows us to test the role played by both source and nearsurface geology on the intensity of ground shaking in Rome (ROVELLI *et alii*, 1995 b).

In that approach, the different synthetic outputs at the surface are obtained from a bedrock input (depending on source properties and source-to-bedrock propagation) which is propagated through laterally varying upper-layers. Therefore, the final results derive from a two-step process (A and B): step A is devoted to the estimation of the input incident at the bedrock; step B computes the very local propagation (see ROVELLI *et alii*, 1994).

The “bedrock accelerograms” are computed (step A) through the generation of a time-windowed random series whose flat spectrum is modulated by a frequency-domain scaling model based on observations (it is the technique proposed by BOORE, 1983, basically). In our approach, the source contribution is given



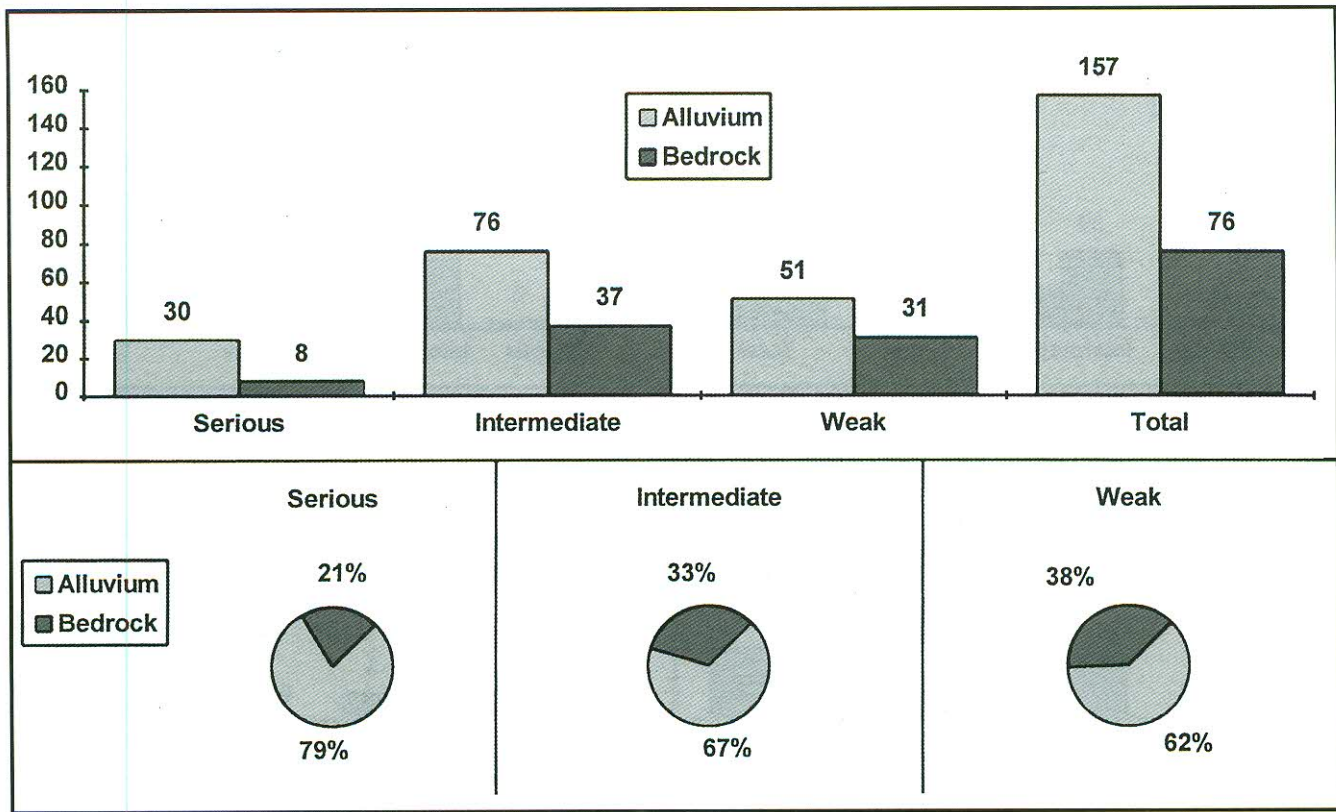


Figure 2. – Statistical distribution of seismic damage on monuments of Rome as a function of nearsurface geology (events from 441 BC to 1995).

– Distribuzione statistica dei danni sismici ai monumenti di Roma in funzione della geologia delle zone superficiali (eventi dal 441 AC al 1995).

by the omega-square spectral model of shear-waves, and the whole-path propagation is modelled in the frequency-domain by the combination of a low-pass filter (the effect of anelastic dissipation, see ANDERSON & HOUGH, 1984) and a high-pass filter (the effect of decreasing seismic impedance in the upper crust, see JOYNER & FUMAL, 1984). The procedure details are presented in ROVELLI *et alii* (1994; 1995 a); in those papers, the advantages of using a stochastic approach compared to deterministic ones are also discussed. In the sketch of figure 5, the local upper-layer propagation (step B) is simulated with a 2-D finite-difference technique (ROVELLI *et alii*, 1994). The outputs at the surface, obtained from a delta-like input obliquely inci-

dent as a plane SH wave, are used as site transfer functions. Therefore, the convolution of the bedrock accelerograms of step A by these site transfer functions yields the transverse component expected at the surface for the horizontal ground motion in a 2-D approximation.

The spatial variation of time histories is consequently estimated as a function of the local geology; engineering interest parameters such as peak ground velocity and acceleration, Arias intensity, duration, flux of seismic energy, response spectra can be simply computed for different types of earthquakes and incidence angles (e. g., see fig. 8 and 10 in ROVELLI *et alii*, 1994).

Figure 1. – Geological scheme of the Historical Centre of Rome and distribution of serious and intermediate seismic damage on the monumental patrimony of the city for different seismogenic areas (events from 441 BC to 1995).

– Schema geologico del Centro Storico di Roma e distribuzione di danni sismici seri ed intermedi al patrimonio monumentale della città per differenti aree sismogeniche (eventi dal 441 AC al 1995).

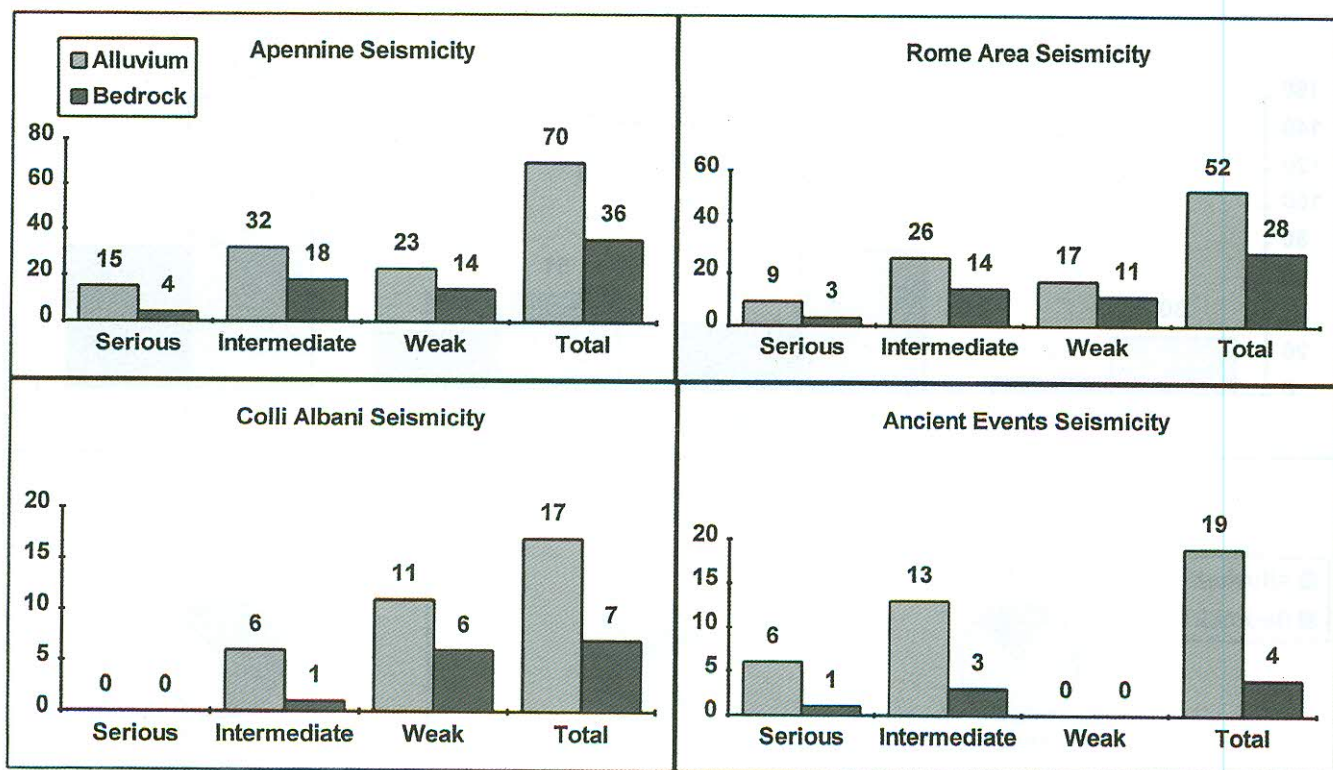


Figure 3. – Statistical distribution of seismic damage on monuments of Rome as a function of nearsurface geology, for different seismic areas.

– Distribuzione statistica del danno sismico ai monumenti di Roma in funzione della geologia delle zone superficiali, per differenti aree sismogeniche.

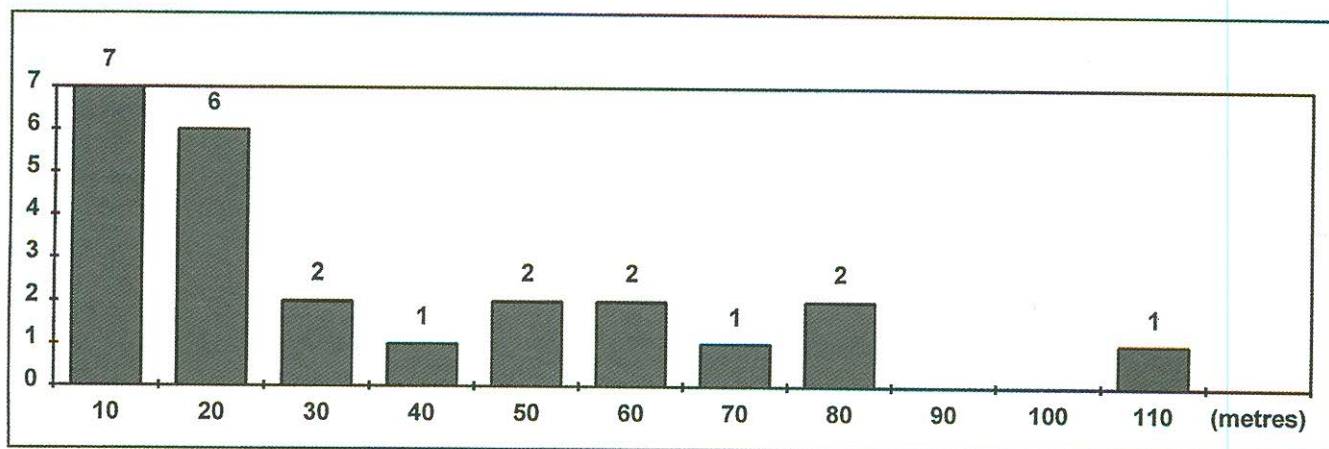


Figure 4. – Distribution of monuments damaged by historical earthquakes on the Hills of Rome as a function of the distance from the border of the relief.

– Distribuzione dei monumenti danneggiati da terremoti storici sui Colli di Roma in funzione della distanza dal confine del rilievo.

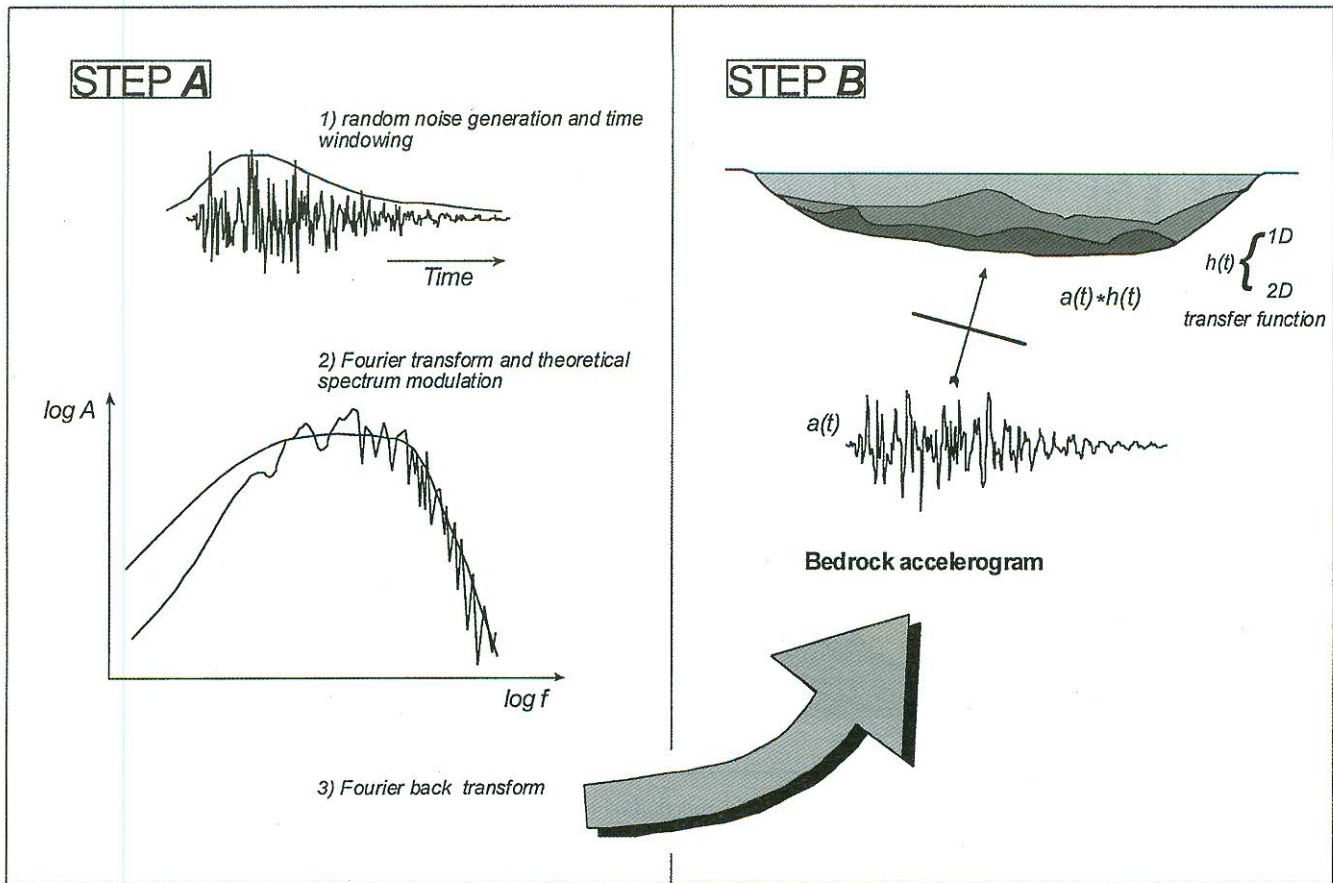


Figure 5. – Main features of the method used to compute synthetic time histories of ground motion at the surface as a function of the nearsurface structure (from ROVELLI *et alii*, 1995 a).

– Caratteristiche principali del metodo utilizzato per calcolare le storie temporali sintetiche del movimento del suolo alla superficie in funzione della struttura delle zone superficiali (da Rovelli *et alii*, 1995 a).

For sake of example, peak ground acceleration (PGA) and peak ground velocity (PGV) estimated for the maximum expected Apennine and Colli Albani earthquakes are shown in figure 6. The geological cross-section is relative to the Tiber river valley, which is the main geological element of the city: a large, quite regular NS structure incised down to the Pliocene bedrock and filled up by a 60 m thick layer of unconsolidated, water saturated sandy clays.

These Holocene sediments form a wide, flat alluvial plain including the most part of the historical centre. In the 2-D profile of figure 6, two hills border the edge of the Tiber river valley (namely Gianicolo and Quirinale, on the left- and right-hand side, respectively). Elastic and anelastic parameters used for the different geological units are listed in Table 1.

The most evident feature emerging from figure 6 is that, in the numerical simulations, ground accelerations are similar for earthquakes belonging to the two different seismogenic areas, while ground velocities modelled for Apennine earthquakes are significantly larger than those resulting for Colli Albani earthquakes. This can justify one degree difference in terms of MCS intensity which has been observed in Rome for the strongest past earthquakes occurring in the two areas.

Moreover, figure 6 shows that, in terms of ground acceleration, the largest values are found at the edges of the Tiber river valley. Also topographic irregularities (see Gianicolo Hill) are characterized by large amplifications of ground motion, probably enhanced by the presence of a soft-sediment shallow layer covering the top of the hill.

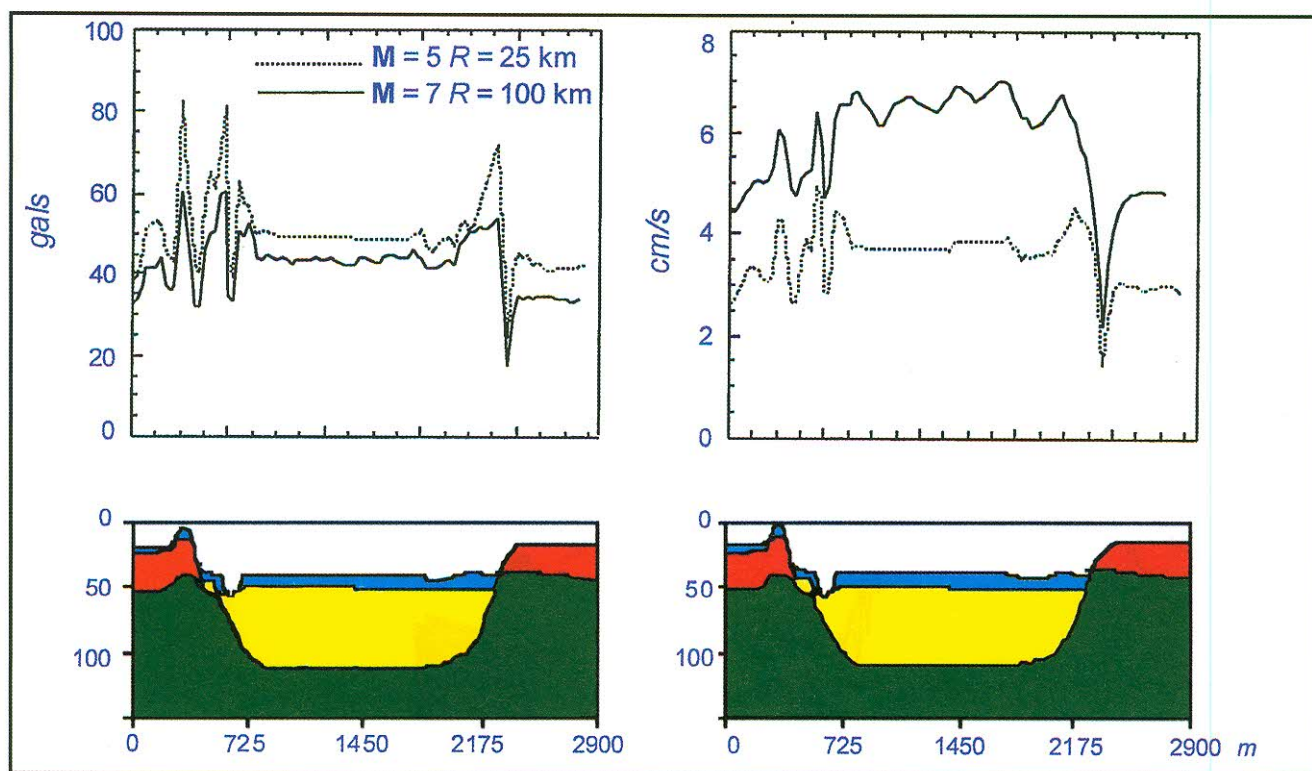


Figure 6. – Behaviour of (a) *PGA* and (b) *PGV* computed as a function of topography and nearsurface geology along the Tiber Valley.

– *Comportamento di (a) PGA e (b) PGV calcolati in funzione della topografia e della geologia delle zone superficiali lungo la Valle del Tevere.*

In conclusion, the results derived from numerical modelling stress the role played by the heterogeneities of nearsurface geology on the seismic excitation level. In our numerical simulations, the largest amplifications of ground motion are found for those geological situations where in reality the damage distri-

bution shows the maximum concentration of heavy effects.

The knowledge of the urban areas geology jointly with the numerical modelling of ground motion appears a very powerful tool to mitigate seismic risk and define priorities in the safeguard of cultural heritage in earthquake prone areas.

TAB. 1 – Elastic and anelastic parameters used for the near-surface propagation modelling.

– *Parametri elastici ed anelastici utilizzati per il modello di propagazione nelle zone superficiali.*

Geological unit	Density (g/cm ³)	Shear-velocity (m/s)	Quality factor
Fill deposits	1.95	150	5
Holocenic Alluvium	1.95	300	10
Volcanic deposits and Pleistocene sediments	2.0	400	20
Pleistocene clays	2.1	600	50

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was partially supported by CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE, Progetto Finalizzato Beni Culturali.

BIBLIOGRAPHY

- AMATO, A., C. CHIARABBA, M. COCCO, M. DI BONA & G. SELVAGGI (1994) - The 1989-1990 seismic swarm in the Alban Hills volcanic area, central Italy. *Journal of Volcanology and Geothermal Res.*, **61**: 225-237.
- AMBROSETTI, P & F.P. BONADONNA (1967) - Revisione dei dati sul Plio-Pleistocene di Roma. *Atti Accad. Gioenia di Sci. Nat. in Catania*, **18**: 33-70.
- AMBROSINI, S., S. CASTENETTO, F. CEVOLAN, E. DI LORETO, R. FUNICIELLO, L. LIPERI & D. MOLIN (1986) - Risposta sismica dell'area urbana di Roma in occasione del terremoto del Fucino del 13-1-1915. *Mem. Soc. Geol. It.*, **35**: 445-452.
- ANDERSON, J.G. & S.E. HOUGH (1984) - A model for the shape of the Fourier amplitude spectrum of acceleration at high frequencies, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **74**: 1969-1993.
- BARBERI, F., G. BUONASORTE, R. CIONI, A. FIORDELISI, L. FORESI, S. IACCARINO, M.A. LAURENZI, A. SBRANA, A. VERNIA & I.M. VILLA (1994) - Plio-Pleistocene geological evolution of the geothermal area of Tuscany and Latium. *Mem. Des. della Carta Geol. d'It.*, **49**: Roma.
- BASILI, A., L. CANTORE, M. COCCO, A. FREPOLI, L. MARGHERITI, C. NOSTRO & G. SELVAGGI (1996) - Impatto di microterremoti nella città di Roma: il terremoto del 12 giugno 1995. In *Atti del 14° Convegno Nazionale*, 23-25 ottobre 1995, CNR - GNGTS, Roma. (In preparazione).
- BOORE, D.M. (1983) - Stochastic simulation of high-frequency ground motion based on seismological models of the radiated spectra, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **73**: 1865-1894.
- BOSCHI, E., A. CASERTA, C. CONTI, M. DI BONA, R. FUNICIELLO, L. MALAGNINI, F. MARRA, G. MARTINES, A. ROVELLI & S. SALVI (1995 b) - Resonance of Subsurface Sediments: an Unforeseen Complication for Designers of Roman Columns. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **85**, 1: 320-324.
- BOSCHI, E., C. CONTI, M. DI BONA, R. FUNICIELLO, L. MALAGNINI, F. MARRA, G. MARTINES, A. ROVELLI & S. SALVI (1993) - Risonanza dei sedimenti del Tevere e danneggiamento dei monumenti nel centro storico di Roma: il caso della Colonna Antonina. Ricerche nel campo della Sismologia e Geodinamica negli anni 1990-1991, I.N.G., Roma, 357-370.
- BOSCHI, E., G. FERRARI, P. GASPERINI, E. GUIDOBONI, G. SMRIGLIO & G. VALENSISE (1995 a) - Catalogo dei forti terremoti dal 461 a.C. al 1980. I.N.G.-S.G.A., Bologna.
- BUDRIESI, R. (1989) - I terremoti e l'edilizia religiosa a Roma e Ravenna tra il VII e il X secolo, in *I terremoti prima del Mille in Italia e nell'Area Mediterranea*, ING, a cura di E. Guidoboni, Bologna, 364-387.
- CASTENETTO, S., D. MOLIN & A. ROSSI (1995) - Terremoti dell'Appennino centrale di Gennaio-Febbraio 1703, in *La Geologia di Roma. Il Centro Storico*, R. Funicello Editor, *Mem. Des. della Carta Geol. d'It.*, **50**: 348-349.
- DONATI, S. (1996) - Geologia di superficie ed effetti dei terremoti storici nelle aree urbane: i casi di Roma, Firenze e Messina. Tesi di Laurea. Università degli Studi di Roma «La Sapienza».
- FUNICIELLO, R., E. BOSCHI, A. CASERTA, S. DONATI, F. MARRA & A. ROVELLI (1996) - Distribution of Seismic Damage to monuments in Rome: an interpretation in terms of source and site effect. Proceedings of the "1st International Congress on Science and technology for the safeguard of cultural heritage in the Mediterranean Basin", November 27-December 2, 1995, Catania, Siracusa - Italy. (In press).
- FUNICIELLO, R., L. LOMBARDI, F. MARRA & M. PAROTTO (1995) - Seismic damage and geological heterogeneity in Rome's Colosseum area: are they related? *Annali di Geofisica*, **38**: 927-937.
- GUIDOBONI, E. & D. MOLIN (1995) - Il terremoto dell'Appennino centrale del 9 settembre 1349, in *La Geologia di Roma. Il Centro Storico*, R. Funicello Editor, *Mem. Des. della Carta Geol. d'It.*, **50**: 346-348.
- GUIDOBONI, E., A. COMASTRI & G. TRAINA (1994) - Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century A.D. ING, Bologna.
- JOYNER, W.B. & T.E. FUMAL (1984) - Use of measured shear-wave velocity for predicting geologic site effects on strong ground motion, in *Proceedings 8th World Conf. Earthq. Engineering*, San Francisco, California, **2**: 777-783.
- LEGA, C. (1995) - I terremoti nella Roma antica. Le fonti: archeologiche, letterarie ed epigrafiche. *Geoarcheologia*, **1993**, **1**: 99-137.
- LOCARDI, E., G. LOMBARDI, R. FUNICIELLO & M. PAROTTO (1977) - The main volcanic groups of Latium (Italy): relations between structural evolution and petrogenesis. *Geologica Romana*, **15**: 279-300.
- MARRA, F. & C. ROSA (1995) - Stratigrafia e assetto geologico dell'area romana, in *La Geologia di Roma. Il Centro Storico*, R. Funicello Editor, *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, **50**: 50-1188.
- MARRA, F., C. ROSA, D. DE RITA & R. FUNICIELLO (1995 b) - Stratigraphic and tectonic features of the Middle Pleistocene sedimentary and volcanic deposits in the area of Rome (Italy). *Quaternary Int.*, (in stampa).
- MOLIN, D. & A. ROSSI (1993) - Il terremoto di Roma del 22 marzo 1812, in *La Geologia di Roma. Il Centro Storico*, R. Funicello Editor, *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, **50**: 349-353.
- MOLIN, D. & E. GUIDOBONI (1989) - Effetto fonti effetto monumenti a Roma: i terremoti dall'antichità ad oggi, in *I terremoti prima del Mille in Italia e nell'Area Mediterranea*, ING, a cura di E. Guidoboni, Bologna, 194-223.

- MOLIN, D., S. AMBROSINI, S. CASTENETTO, E. DI LORETO, L. LIPE-
RI & A. PACIELLO (1986) - Aspetti della sismicità storica di
Roma. *Mem. Soc. Geol. It.*, **35**: 439-444.
- POSTPISCHL, D. (Editor) (1985) - Catalogo dei terremoti italiani dal
1000 al 1980. *Quad. Ric. Scien.* **114**: (2B).
- ROSSI, A. (1995) - Edifici monumentali di Roma danneggiati dai
terremoti, in *La Geologia di Roma. Il Centro Storico*, R. Funicello
Editor, *Mem. Des. della Carta Geol. d'It.*, **50**: 368.
- ROVELLI, A., A. CASERTA, L. MALAGNINI & F. MARRA (1994) -
Assessment of potential strong ground motion in the city of
Rome. *Annali di Geofisica*, **37**, 6: 1745-1769.
- ROVELLI, A., D. MOLIN, L. MALAGNINI & A. CASERTA (1995 b) -
Variability of damage pattern in Rome: combination of source
and local effects. *Proceedings of the 5th Internat. Conf. on Seismic
Zonation*, AFPS-EERI, Nice, France, II, 1359-1366.
- ROVELLI, A., L. MALAGNINI, A. CASERTA & F. MARRA (1995 a) -
Using 1-D and 2-D modelling of ground motion for seismic
zonation criteria: results for the city of Rome. *Annali di Geofisica*,
38: 5-6, 591-605.
- SALVI, S., E. BOSCHI, M. DI BONA, R. FUNICIELLO, L. MALAGNINI,
F. MARRA & A. ROVELLI (1991) - Subsurface geology and
variations of seismic response in the city of Rome. *Proc. of
Fourth Intern. Conf. on Seismic Zonation*, Stanford, California,
115-122.
- TERTULLIANI, A., & F. RIGUZZI (1995) - Earthquakes in Rome
during the past one hundred years. *Annali di Geofisica*, **38**: 5-6,
581-590.
- TERTULLIANI, A. & F. RIGUZZI (1993) - Re-Evaluation of Minor
Events: the example of the 1895 and 1909 Rome earthquakes.
Natural Hazards, **7**: 219-235.