



PARCO DEL  
CONERO



La Geologia  
e la Paleontologia  
al servizio dei Parchi,  
delle Riserve Naturali e  
delle Comunità Montane

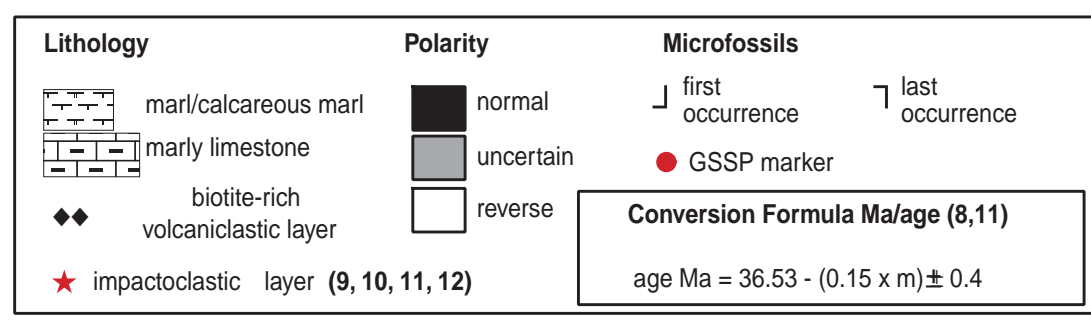
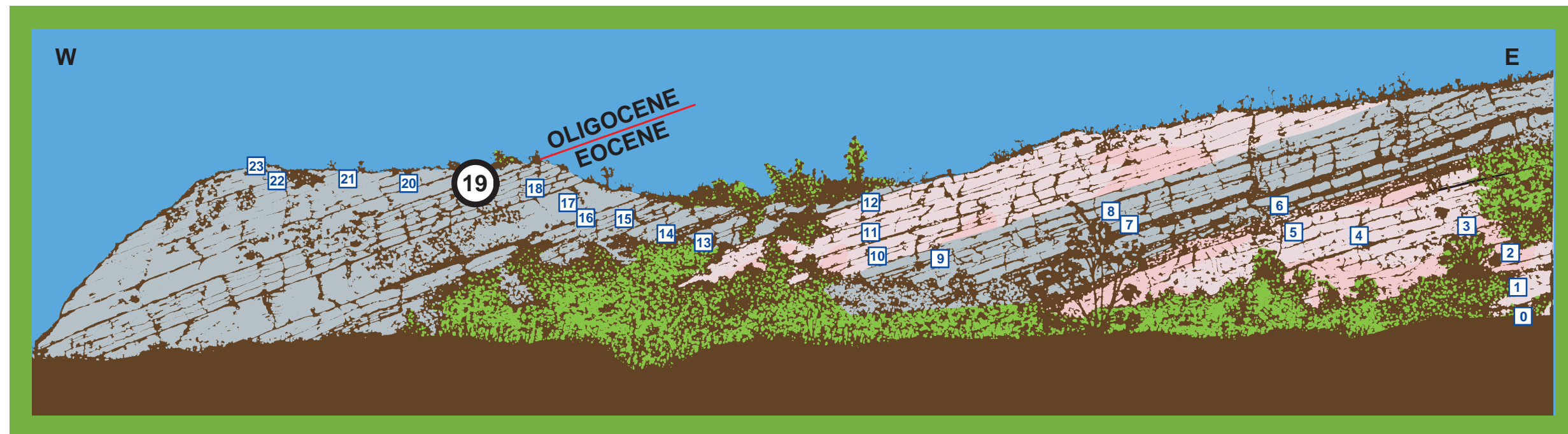
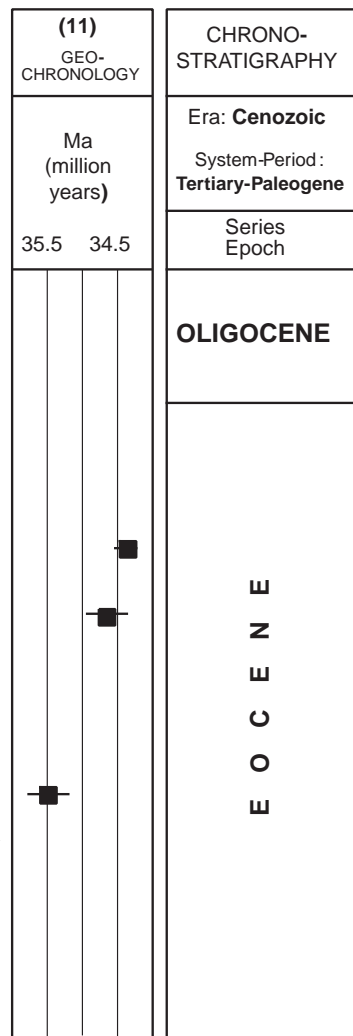
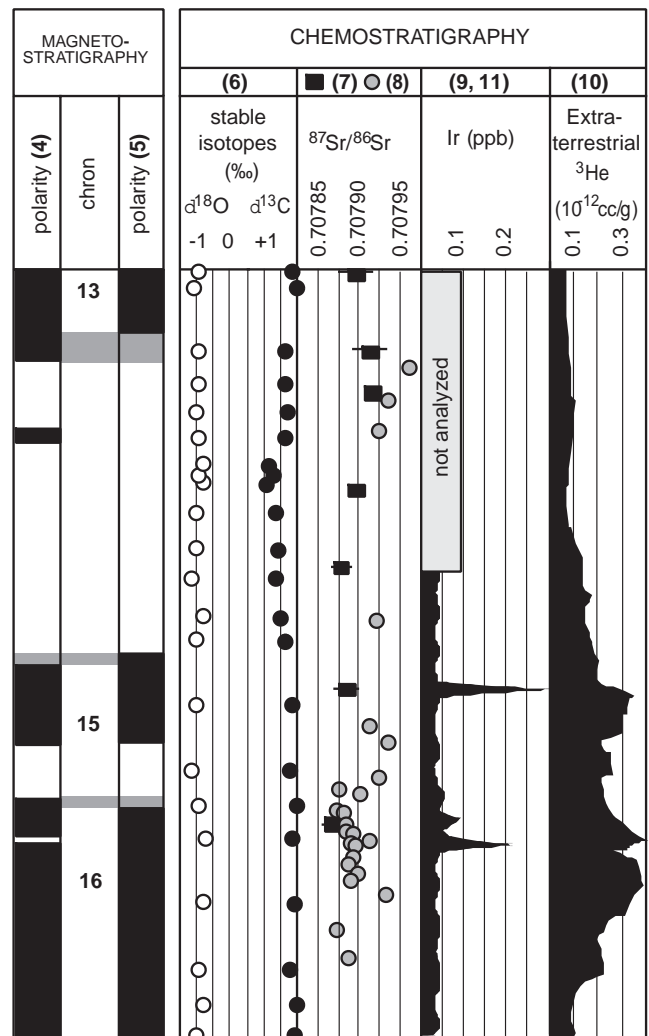
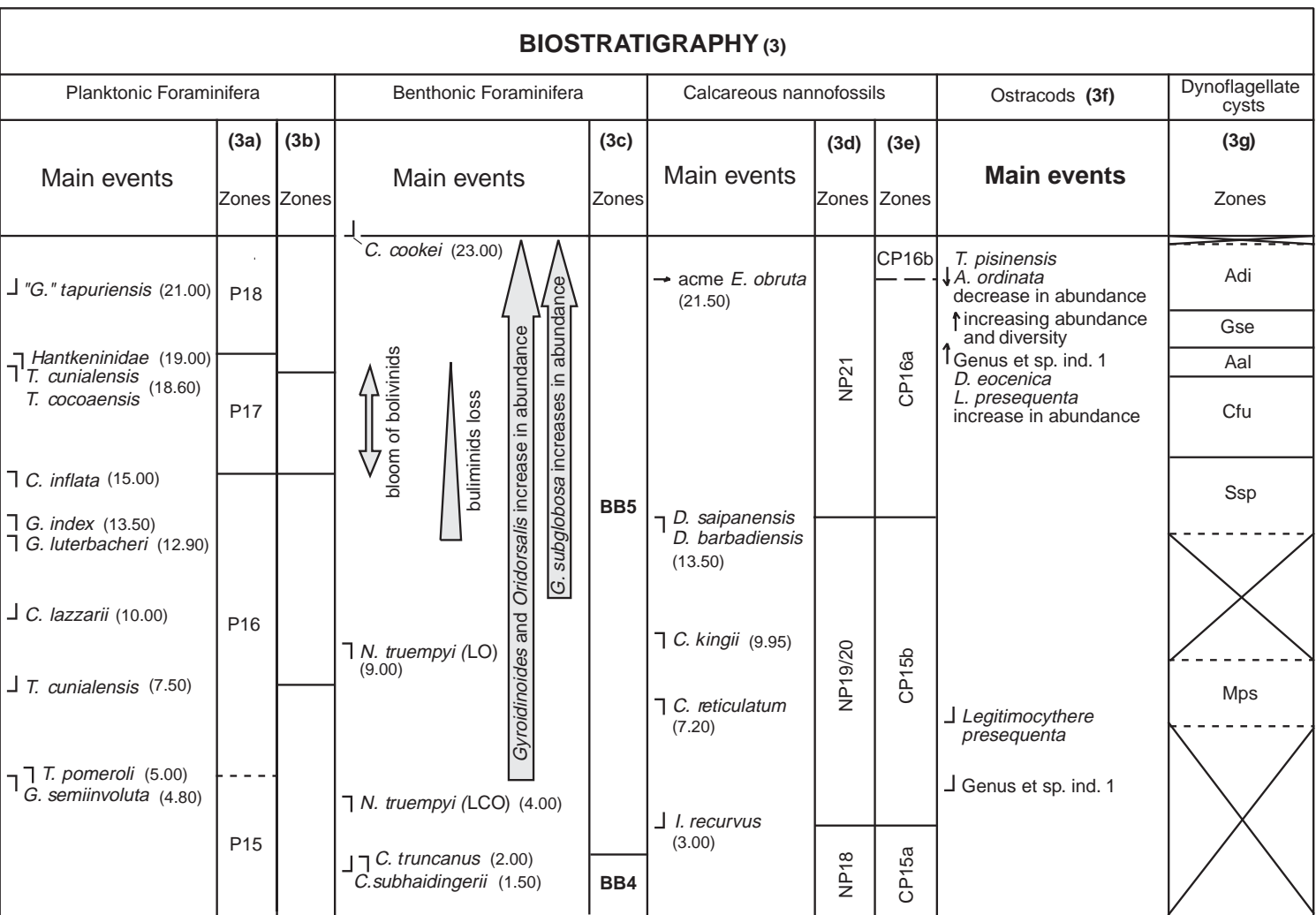
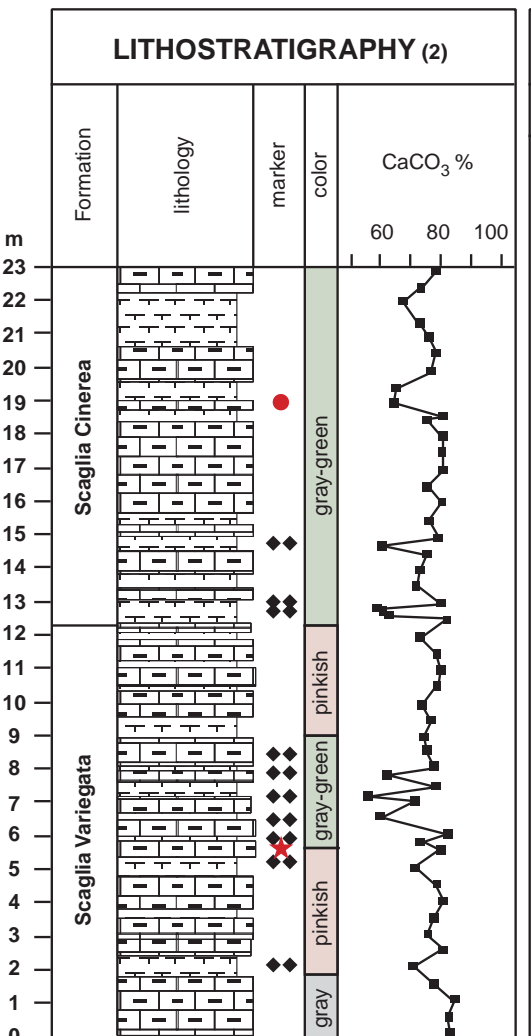
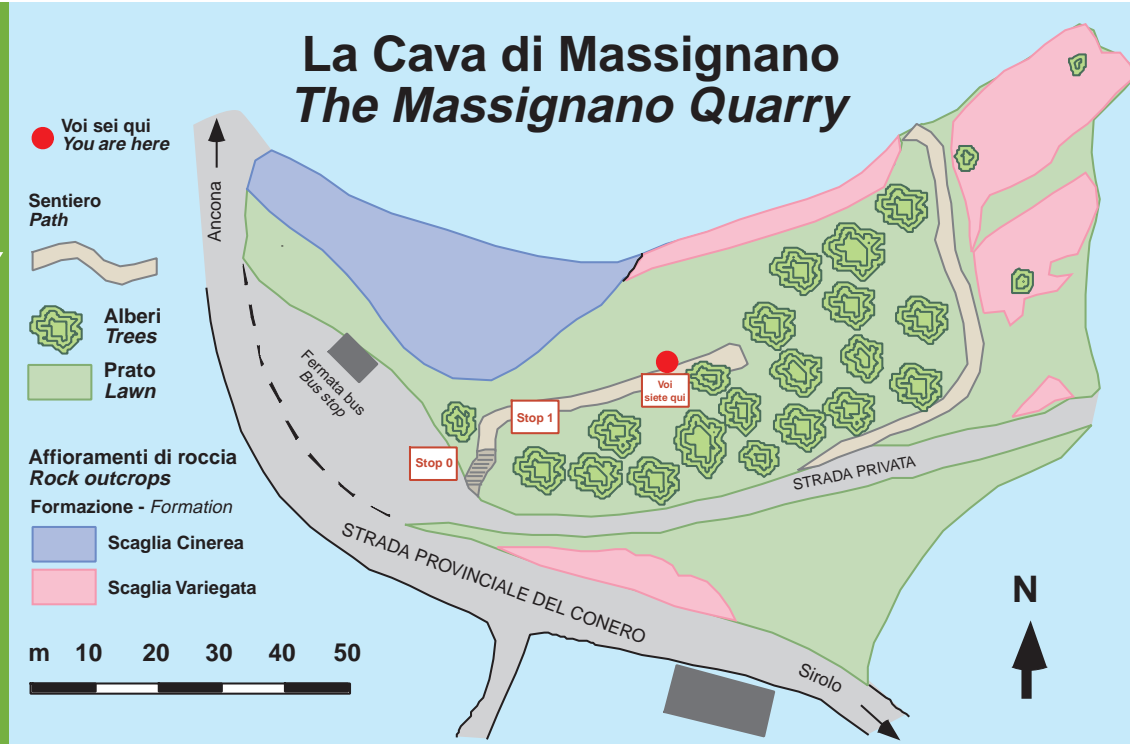
# ITINERARIO GEOLOGICO: LA CAVA DI MASSIGNANO

## GEOLOGICAL ITINERARY: THE MASSIGNANO QUARRY

Stop 2

LO STRATOTIPO E PUNTO GLOBALE PER IL ILMITE EOCENE-OLIGOCENE  
GLOBAL STRATOTYPE AND SECTION OF THE EOCENE-OLIGOCENE BOUNDARY<sup>(1)</sup>

Stop 2



- References**
- (1) Premoli Silva and Jenkins 1993
  - (2) Coccioni et al. 1988; Mattias et al. 1992
  - (3) Coccioni et al. 1988; Brinkhuis and Biffi, 1993; Dall'Antonia et al. 2002; Coccioni and Galeotti 2003
  - (3a) Blow 1969; Berggren et al. 1985
  - (3b) Berggren et al. 1995
  - (3c) Berggren and Miller 1989
  - (3d) Martini 1971
  - (3e) Okada and Bukry 1980
  - (3f) Dall'Antonia et al. 2002
- (3g) Brinkhuis and Biffi 1993**
- (4) Bice and Montanari 1988
  - (5) Lowrie and Lanci 1994
  - (6) Odin et al. 1988
  - (7) Montanari et al. 1991
  - (8) Vonhof et al. 1998
  - (9) Montanari et al. 1993
  - (10) Farley et al. 1998
  - (11) Montanari et al. 1985; Odin et al. 1988; Odin et al. 1991
  - (12) Clymer et al. 1996; Langenhorst 1996

### IL TEMPO GEOLOGICO

I geologi suddividono il tempo geologico in Ere, Periodi, Epoche ed Età (o Piani). Queste ultime sono le divisioni unitarie più brevi del tempo geologico. La maggior parte dei Piani è stata definita sulla base delle comparse e delle scomparse di organismi prima ancora che fossero applicati metodi di datazione più precisi o alternativi. Le Età sono riferite a "stratotipi". Lo stratotipo, affioramento roccioso ben esposto e documentato da abbondanti fossili, rappresenta lo standard per la definizione e il riconoscimento di una determinata Età in tutto il mondo.

Dove si trovano gli stratotipi delle seguenti Età/Piani?

- \*Σ in Italia: Piacenziano, Messiniano, Calabrian
- \*Σ in Europa: Ypresiano, Maastrichtiano, Oxfordiano, Westfaliano, Aquitaniano

Le associazioni fossilifere presenti nello stratotipo di un Piano costituiscono la base per effettuare correlazioni temporali relative tra rocce che affiorano in luoghi diversi e che contengono gli stessi fossili. Tutto questo si basa sulla supposizione che l'età di questi fossili caratteristici sia la stessa in tutto il mondo. La parte sommitale dello stratotipo di un Piano non corrisponde tuttavia necessariamente, in termini di età, alla base del Piano successivo. Gli stratotipi che rappresentano Piani o Età successive si trovano in genere a grandi distanze tra loro, magari in paesi o continenti diversi. Ecco quindi che per definire il limite tra diverse Età, i geologi devono designare altri affioramenti nei quali i limiti siano ben esposti e documentabili sulla base di diversi criteri come le variazioni delle specie fossili, le proprietà geofisiche e geochimiche delle rocce, ecc. Questi affioramenti rappresentano le Sezioni Globali di Stratotipo e di Punto per i vari limiti cronostratigrafici, in altre parole i GSSP.

### LO STRATOTIPO DI MASSIGNANO

La sezione di Massignano rappresenta il criterio standard globale, cioè il GSSP, per la definizione del limite tra l'Epoca Eocene e l'Epoca Oligocene. La promozione di Massignano a GSSP è stata decretata dalla Commissione di Stratigrafia dell'Unione Internazionale delle Scienze Geologiche nell'ambito del Congresso Internazionale di Kyoto del 1992. Il limite Eocene-Oligocene è ubicato in corrispondenza dello strato posto al metro 19 della sezione esposta lungo il fronte di cava ed è contrassegnato da una piastra metallica circolare. Il limite Eocene-Oligocene è convenzionalmente posto in corrispondenza del livello di estinzione delle *Hanikeninidae*, un gruppo di foraminiferi planctonici dal guscio tipicamente provvisto di spine e presenti nella maggior parte delle rocce marine dell'Eocene terminale. Le rocce del GSSP di Massignano sono ben preservate e rappresentano un intervallo temporale continuo e completo, privo quindi di lacune sedimentarie e di interruzioni relative a faglie o a superfici di erosione. Una tale continuità consente di definire con precisione le caratteristiche litostratigrafiche (relative alla successione di diversi tipi di rocce), biostratigrafiche (relative alla suddivisione del tempo in base alla presenza o all'assenza di fossili significativi), magnetostratigrafiche (relative alle inversioni del campo magnetico terrestre), chemostratigrafiche (relative alle variazioni nel tempo delle caratteristiche chimiche delle rocce) e geocronologiche (relative alle datazioni radioisotopiche "assolute") del GSSP. La sintesi della stratigrafia integrata del GSSP di Massignano è riprodotta a lato. Allo scopo di facilitare la sua lettura si forniscono, di seguito, alcuni chiarimenti relativi ai criteri stratigrafici utilizzati per definire il GSSP.

#### Litostratigrafia

L'alternanza di strati più o meno calcarei, e quindi più o meno resistenti all'erosione, riflette variazioni cicliche della produttività del plancton, probabilmente legate a variazioni climatiche. Alcuni strati con un elevato contenuto di argilla non sono altro che cenere vulcaniche trasportate dal vento e depositate sul fondo marino. Questi strati contengono abbondanti quantità di biotite, un minerale vulcanico che si presenta come minuscole lamelle nere e luccicanti. Le due bande rosate presenti nella sezione sono riconoscibili a scala regionale e rappresentano periodi durante i quali il fondo marino era ben ossigenato. La banda rosata inferiore è delimitata, alla base, da un sottile livello ricco in biotite e, al tetto, da uno strato da impatto. Questo strato è arricchito in iridio e contiene microfereule da impatto e microcristalli di quarzo lamellare. L'ultimo strato della banda rosata superiore marca convenzionalmente il limite tra la Formazione della Scaglia Variegata e la sovrastante Formazione della Scaglia Cinerea.

#### Biostratigrafia

La sezione è suddivisa in biozone definite dalla comparsa o dalla scomparsa di microfossili caratteristici. La stessa sequenza di biozone è riconoscibile nelle rocce marine della stessa età e sparse in tutto il mondo.

#### Magnetostratigrafia

Minuscoli cristalli di minerali magnetici come l'ematite o la magnetite, comunemente presenti nel fango molle del fondo marino, tendono ad allinearsi, come fossero piccoli aghi di una bussola, con il campo magnetico terrestre. L'allineamento termina durante la prima fase di compattazione e di cementazione della roccia: in un certo senso i cristallini di minerali magnetici "fossilizzano" la polarità magnetica di quel momento. Il campo magnetico terrestre non è costante nel tempo ma ad intervalli irregolari subisce delle inversioni di polarità. Durante la fase di accumulo, il sedimento registra il campo magnetico terrestre e le sue inversioni. Il risultato finale è una zonatura magnetica della successione sedimentaria con bande alternate, e di diversa ampiezza, a polarità normale, cioè parallela al campo magnetico attuale, e inversa. Le inversioni del campo magnetico avvengono molto rapidamente e simultaneamente sull'intero pianeta e costituiscono pertanto un criterio di correlazione temporale relativa a scala globale.

#### Chemostratigrafia

L'acqua marina contiene praticamente tutti gli elementi chimici conosciuti in natura. Alcuni sono molto abbondanti, mentre altri estremamente rari. Il rapporto tra gli isotopi di alcuni elementi può dipendere dalle caratteristiche fisiche dell'ambiente marino oppure dalle caratteristiche biologiche o anche dalle variazioni dell'intensità del vulcanismo e della tettonica globale. Il guscio degli organismi fossili contiene questi elementi e i rapporti isotopici riflettono la composizione dell'acqua marina nella quale essi vivevano. I rapporti tra gli isotopi stabili dell'ossigeno ( $\delta^{18}O$ ) e del carbonio ( $\delta^{13}C$ ), per esempio, forniscono informazioni relative alla temperatura delle masse d'acqua e all'abbondanza della materia organica, e quindi alla produttività biologica. Valori elevati del  $\delta^{18}O$  indicano temperature relativamente basse mentre valori elevati del  $\delta^{13}C$  indicano un'elevata produttività. Le variazioni del rapporto degli isotopi dello stronzio  $^{87}Sr/^{86}Sr$  riflettono principalmente l'afflusso nell'ambiente marino di materiale continentale in relazione al materiale prodotto dall'attività vulcanica e idrotermale nelle dorsali medio-oceaniche. I valori assoluti del rapporto  $^{87}Sr/^{86}Sr$  racchiusi nei gusci degli organismi fossili della stessa età sono gli stessi in tutto il mondo e costituiscono pertanto un criterio numerico di correlazione relativa molto preciso. La concentrazione di elementi siderofili come l'iridio è legata all'apporto quasi costante di materiale extraterrestre sulla superficie del nostro pianeta ad opera della continua caduta di micrometeoriti (le stelle cadenti). Concentrazioni decine o centinaia di volte superiori alla norma testimonierebbero l'impatto di grandi oggetti extraterrestri contro la superficie della Terra.

#### Geocronologia

Alcuni minerali contenuti nelle rocce vulcaniche, come la biotite, il sanidino e lo zircone, al momento della loro formazione, includono nella loro struttura cristallina degli elementi radioattivi come il potassio-40, il rubidio-87 e l'uranio-235. In conseguenza del loro inesorabile e costante decadimento radioattivo, questi elementi si trasformano nel tempo in altri elementi non radioattivi: rispettivamente argon-40, stronzio-87, e piombo-207. Diverse tecniche di analisi radioisotopica permettono di misurare i rapporti tra i nuclidi radioattivi e i loro rispettivi elementi stabili derivati. Il decadimento radioattivo può essere paragonato al funzionamento di una clessidra che si svuota col passare del tempo. Conoscendo il tempo totale di svuotamento dell'ampolla superiore, il suo contenuto di sabbia ad ogni istante riportato all'ampolla inferiore ci da un'indicazione precisa del tempo trascorso. In modo analogo, i rapporti radioisotopici permettono la determinazione dell'età "assoluta" della roccia. Le rocce sedimentarie di Massignano contengono numerosi strati ricchi in biotite che, grazie all'analisi radioisotopica, hanno permesso la datazione "assoluta" degli eventi bio-, magneto- e chemio-stratigrafici al passaggio tra l'Epoca Eocene e l'Epoca Oligocene

#### Cronostratigrafia

Il tempo geologico è suddiviso in Ere, Periodi, Epoche ed Età. La sezione di Massignano rappresenta una breve porzione dell'Era Cenozoica, nella parte media del Periodo Paleogene (o Terziario), a cavallo tra le Epoche Eocene ed Oligocene. Il limite tra queste due Epoche si trova nella parte terminale del Piano (o Età) Priaboniano. Questo limite cronostratigrafico è stato definito al metro 19 in corrispondenza della scomparsa delle *Hanikeninidae*, nella parte superiore del Chron 13R. L'età del limite Eocene-Oligocene estrapolata dalle datazioni radioisotopiche è di 33.7 - 0.3 milioni di anni.

### THE GEOLOGIC TIME

Geologists subdivide geologic time into Eras, Periods, Epochs, and Ages (or Stages). Ages/Stages are the shortest divisions of geologic time. Many were defined according to the appearances and extinctions of fossilized organisms before there were precise and accurate dating methods. Stages are defined by, and named after "stratotypes", which are rock outcrops well exposed and documented with abundant fossils.

Where are the type outcrops for these Ages?

- in Italy: Piacenzian, Messinian, Calabrian
- in Europe: Ypresian, Maastrichtian, Oxfordian, Westfalian, Aquitanian

Assemblages of fossil species in a given Stage stratotype are utilized for making relative time correlations among rocks exposed elsewhere, but containing the same fossils. This is based on the supposition that fossil species have the same age everywhere in the world. However, the uppermost rock layer in one Stage does not always correspond in time to the very bottom layer of the next Stage. Stratotypes representing successive Stages/Ages are generally located far away from each other, often in different countries or even continents. So to define the boundaries between Ages, geologists must choose other outcrops where the boundaries are well exposed and definable by diverse criteria, such as variations in fossil species, geophysical characteristics, and geochemical properties of the rocks. These ideal outcrops represent the Global Stratotype Sections and Points (GSSPs) for the various chronostratigraphic boundaries.

### THE MASSIGNANO STRATOTYPE

The Massignano section represents the global standard case (GSSP) for defining the boundary between the Eocene and the Oligocene Epochs. The promotion of Massignano as GSSP was decreed by the Subcommittee on Stratigraphy of the International Union of Geological Sciences during the International Geological Congress of Kyoto in 1992. The boundary point is located along the layer at meter level 19 of the section exposed along the quarry face, and it is marked by a circular metal plaque. This boundary was conventionally chosen at the last occurrence of *Hanikeninidae*, a genus of planktonic Foraminifera with characteristic spiny tests. These fossils can be found in almost all terminal Eocene marine rocks throughout the world.

The rocks of the Massignano GSSP are well preserved and represent a continuous and complete time interval free of sedimentary gaps or interruptions caused by faults and erosional surfaces. This continuity allows ready definition of the lithostratigraphy (the sequence of different rock types), the biostratigraphy (the subdivision of time based on the presence or absence of particular fossils), the magnetostratigraphy (based on the inversions of terrestrial magnetic polarity), the chemostratigraphy (chemical variations of the rocks through time), and geochronology (radioisotopic "absolute" dates) of the layers. A synthetic model of the Massignano GSSP is shown in the graph here on the side. To help in understanding this model we will now explain the significance of the stratigraphic criteria used to define this section.

#### Lithostratigraphy

The alternation of more or less calcareous layers, (i.e., more or less resistant to erosion) reflects a cyclic variation in plankton productivity that is probably related to climatic changes. Some layers with a high clay content represent volcanic ashes transported by the wind and deposited on the seafloor. These layers contain abundant biotite, a volcanic mineral that appears as minuscule, black and shiny flakes. The two pinkish bands in the lower part of the section have a regional recurrence, and represent periods during which the seafloor was well oxygenated. The lower band is bracketed by a thin biotite-rich clay layer at the base, and an impact layer at the top that contains an iridium anomaly, impact spherules, and shocked quartz. The top of the upper, lighter pinkish band marks the lithostratigraphic boundary between the Scaglia Variegata Formation and the overlying Scaglia Cinerea Formation.

#### Biostratigraphy

This section is subdivided in biozones according to the first or last occurrence of characteristic microfossil species. The same biozone sequence is recognized in marine rocks of the same age throughout the world.