

LO SVILUPPO E IL FUTURO DELLA TIME SCALE DEL NEOGENE: UN BREVE RIASSUNTO

Fabrizio Lirer¹ & Silvia Iaccarino²

¹Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC) - CNR sede di Napoli, Calata Porta di Massa, Interno Porto di Napoli, 80133 Napoli. e-mail: <fabrizio.lirer@iamc.cnr.it>

²Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Parma, Parco Area delle Scienze, 157 A, 43100 Parma.

ABSTRACT: F. Lirer & S. Iaccarino, Development and future of the Neogene time scale: a brief summary. During the last years, much progress has been made in the standardization of the Neogene Global Chronostratigraphic Scale by defining GSSPs. All late Neogene stage boundaries are by now defined in astronomically or paleomagnetically tuned land-based marine sections in the Mediterranean. At present, seven GSSPs are formally defined: base of the Pleistocene (Neogene/Quaternary boundary), base of the Gelasian, base of the Piacenzian, base of the Zanclean (Miocene/Pliocene boundary), base of the Messinian, base of the Tortonian, base of the Neogene (Oligocene/Miocene boundary) and the definition of the GSSP of the Serravallian is submitted.

Parole chiave: Neogene, Mediterraneo, GSSP.

Keywords: Neogene Time Scale, Mediterranean, GSSP.

La *Geological Time Scale* (GTS) rappresenta la principale sintesi di dati stratigrafici (magneto-bio-cronostratigrafici) derivanti da studi su depositi marini.

La complessità nella creazione della *Time Scale* risiede principalmente nella difficoltà di utilizzare la grande quantità di dati presenti nella letteratura scientifica, derivanti da studi che non necessariamente avevano come obiettivo la cronologia. Il concetto tempo e la sua definizione rappresenta il punto chiave che ha modificato profondamente la visione della *Time Scale* classica di BERGGREN *et al.* (1985) e di HARLAND *et al.* (1990).

Nella scala tempo di BERGGREN *et al.* (1985) la cronologia avveniva attraverso la correlazione dei vari bioeventi con la Geomagnetic Polarity Time Scale (GPTS) calibrata in area oceanica con l'ausilio di pochi livelli datati con metodi radiometrici.

E' chiaramente ovvio che il grado di affidabilità e/o di precisione dei dati presenti nella scala tempo varia molto, specialmente in relazione allo sviluppo di tecniche di datazione che attualmente hanno raggiunto un grado di alta precisione.

All'inizio degli anni '90 i lavori pionieristici di HILGEN (1991a, b) e SHACKLETON *et al.* (1990), hanno mutato profondamente il concetto di tempo nella GTS. Si deve infatti a loro attraverso studi ad alta risoluzione, l'introduzione della ciclostratigrafia applicata per fini geocronologici, Hilgen per l'area Mediterranea e Shackleton per l'ambiente oceanico. La validità di questi studi è stata tale che i dati prodotti sono stati immediatamente adottati nella GTS da BERGGREN *et al.* (1995) per l'intervallo temporale relativo al Pliocene e al Pleistocene. Uno dei principali pregi della ciclostratigra-

fia è quello di valutare con maggiore precisione e affidabilità il grado di sincronia o diacronia degli eventi biostratigrafici, che rappresentano la base della scala tempo.

Negli ultimi venti anni la letteratura scientifica basata su studi ciclostratigrafici ad alta risoluzione per l'intervallo compreso tra il Pleistocene e il Miocene medio (HILGEN, 1991a,b; HILGEN *et al.*, 1999, 2000a,b, 2003, 2006; HILGEN & KRIJGSMAN 1999; SIERRO *et al.*, 2001, 2003; AZIZ *et al.*, 2003, 2004, 2007; IACCARINO *et al.* 2004; KRIJGSMAN *et al.* 2002, 2004; ABELS *et al.*, 2005; HUSING *et al.*, 2007), su sedimenti marini e continentali del Mediterraneo, hanno dimostrato che l'accuratezza e la precisione della classica *Magneto-Bio Chronostratigraphic Scale* poteva e doveva essere migliorata.

L'applicazione della ciclostratigrafia ha portato alla costruzione della *Astronomical Time Scale* (ATS) per parte del Neogene che è oggi evoluta nella *Astronomical Tuned Neogene Time Scale* (ATNTS2004) (LOURENS *et al.*, 2004), presentata durante l'International Geological Congress 2004 a Firenze, che è più accurata e più precisa delle precedenti *Time Scale*. Il principale risultato del continuo evolversi della *Time Scale* è la definizione del *Global Stratotype Section and Point* (GSSP), la base del Pleistocene (AGUIRRE e PASINI 1985) (Fig. 1), dei piani Gelasiano (Pliocene superiore, Rio *et al.*, 1998) (Fig. 1), Piacenziano (Pliocene medio, CASTRADORI *et al.*, 1998) (Fig. 1), Zancleano (Pliocene inferiore, VAN COUVERING *et al.*, 2000) (Fig. 1), Messiniano, il piano più giovane del Miocene (Miocene superiore, HILGEN *et al.*, 2000b) (Fig. 2), Tortoniano (Miocene superiore, Hilgen *et al.*, 2005) (Fig. 2), della

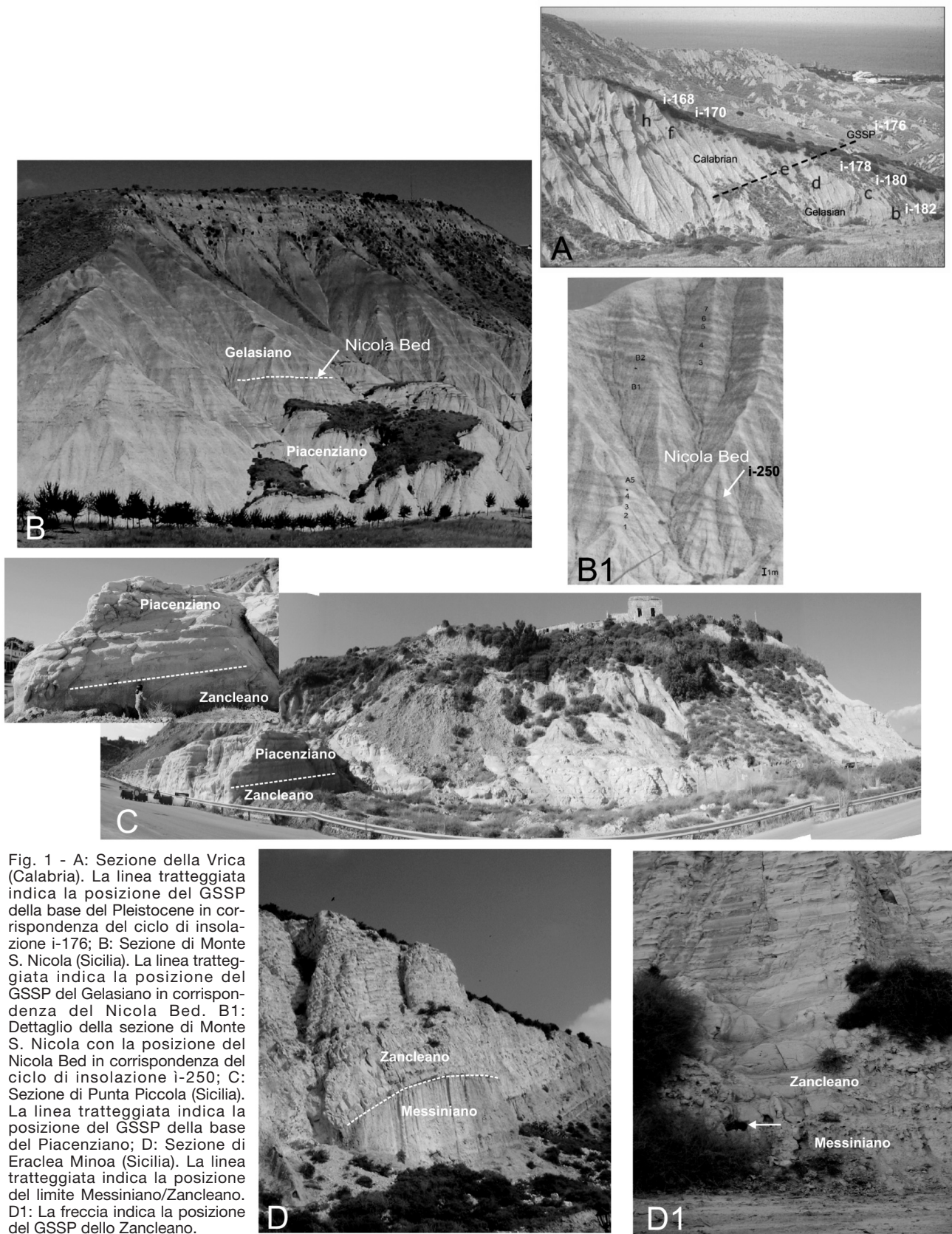


Fig. 1 - A: Sezione della Vrica (Calabria). La linea tratteggiata indica la posizione del GSSP della base del Pleistocene in corrispondenza del ciclo di insolazione i-176; B: Sezione di Monte S. Nicola (Sicilia). La linea tratteggiata indica la posizione del GSSP del Gelasiano in corrispondenza del Nicola Bed. B1: Dettaglio della sezione di Monte S. Nicola con la posizione del Nicola Bed in corrispondenza del ciclo di insolazione i-250; C: Sezione di Punta Piccola (Sicilia). La linea tratteggiata indica la posizione del GSSP della base del Piacenziano; D: Sezione di Eraclea Minoa (Sicilia). La linea tratteggiata indica la posizione del limite Messiniano/Zancleano. D1: La freccia indica la posizione del GSSP dello Zancleano.

A: Vrica Section (Calabria). The dashed line indicates the position of the Pleistocene GSSP in correspondence of insolation cycle i-176; B: Monte S. Nicola Section (Sicily). The dashed line indicates the Gelasian GSSP in correspondence of the Nicola Bed. B1: Position of Nicola Bed in correspondence of insolation cycle i-250; C: Punta Piccola Section (Sicily). The dashed line indicates the Piacenzian GSSP; D: Eraclea Minoa Section (Sicily). The dashed line indicates the Messinian/Zanclean boundary. D1: the arrow indicates the Zanclean GSSP.

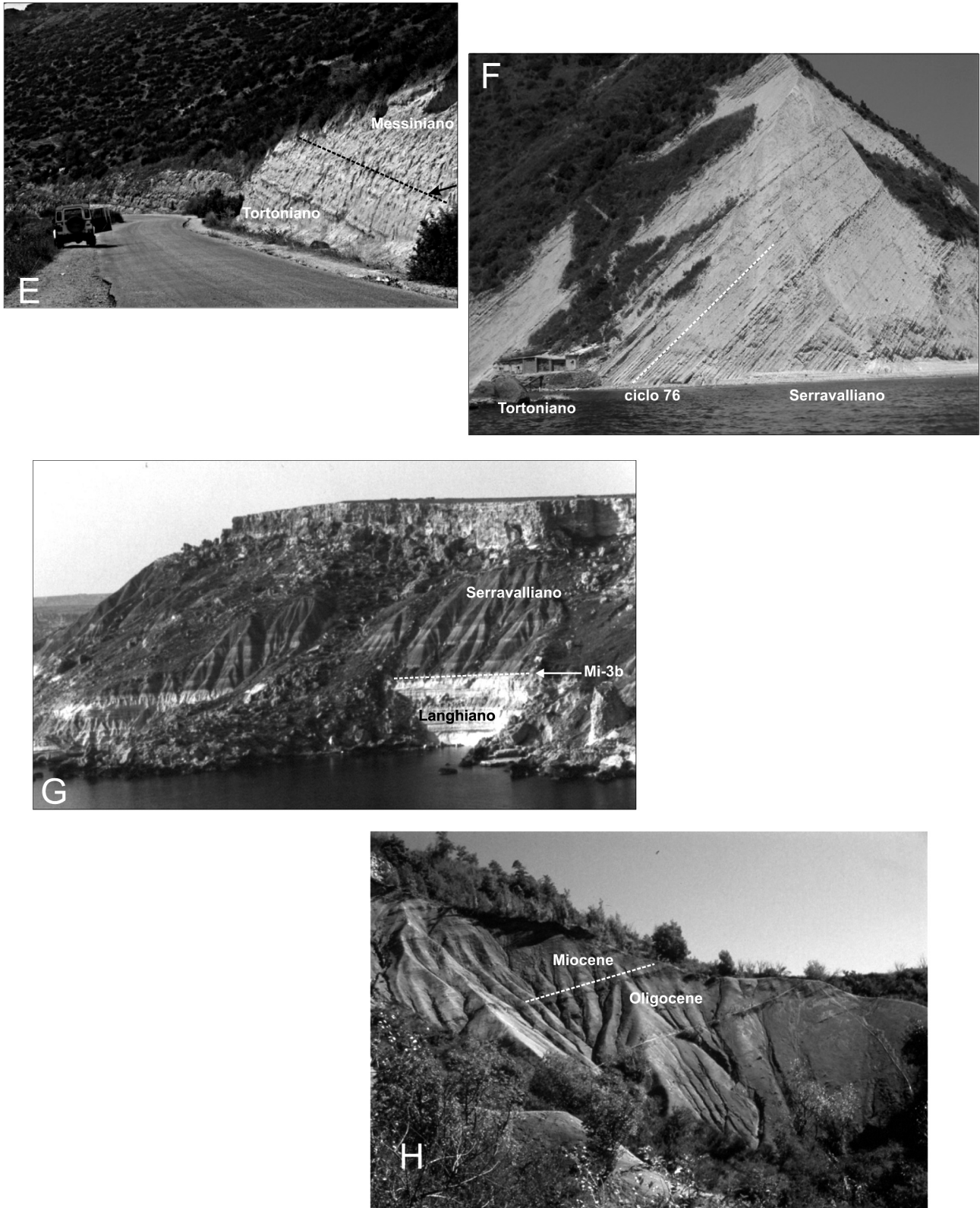


Fig. 2 - E: Sezione di Qued Akrech (Marocco). La linea tratteggiata indica la posizione del GSSP del Messiniano; F: Sezione di Monte dei Corvi (Conero, Marche). La linea tratteggiata indica la posizione del GSSP del Tortoniano in corrispondenza del ciclo 76; G: Sezione di Ras il Pellegrin (Malta). La linea tratteggiata indica la posizione del GSSP del Serravalliano; H: Sezione di Lemme-Carrosio (sud Piemonte, Italia). La linea tratteggiata indica la posizione del GSSP della base del Neogene.

E: Qued Akrech Section (Morocco). The dashed line indicates the Messinian GSSP in correspondence of insolation cycle i-176; F: Monte dei Corvi Section (Conero, Marche). The dashed line indicates the Tortonian GSSP in correspondence of cycle 76; G: Ras il Pellegrin Section (Malta). The dashed line indicates the Serravallian GSSP; H: Lemme-Carrosio Section (southern Piedmont, Italy). The dashed line indicates the GSSP for the base of the Neogene.

base del Neogene (Miocene inferiore, STEININGER *et al.*, 1995) (Fig. 2) e più recentemente il GSSP del Serravalliano (Fig. 2) che è stato approvato dalla *Subcommission Neogene Stratigraphy* (SNS) e recentemente ratificato dalla *International Commission on Stratigraphy* (ICS). Per quanto riguarda la base del Langhiano (Miocene inferiore), F. Hilgen (quale presidente della *Subcommission Neogene Stratigraphy*) ha indicato come possibile sezione per il GSSP del Langhiano la sezione della La Vedova (Monti del Conero, Marche) attualmente in studio da Iaccarino e collaboratori (web-site della Commissione Internazionale di Stratigrafia <http://www.stratigraphy.org>).

La base del Burdigaliano è ancora un oggetto sconosciuto. E' in essere un progetto nazionale PRIN (responsabile Prof.ssa Silvia Iaccarino) finalizzato al reperimento di sezioni che potenzialmente possono avere i requisiti per la definizione del GSSP del Burdigaliano.

Oggi nella letteratura scientifica e nelle varie versioni della Time Scale sono proliferate versioni, più o meno rigorose, di schemi biostratigrafici a foraminiferi planctonici e a nannofossili calcarei. Come noto gli schemi biostratigrafici adottati in oceano non sono utilizzabili per il Neogene del Mediterraneo, e se nel primo caso gli schemi adottati sono fortemente accettati dalla comunità scientifica internazionale (anche se recentemente TURCO *et al.* 2002, ha dimostrato che nel Miocene medio anche in oceano ci sono molti problemi nell'applicazione dei vigenti schemi biostratigrafici a foraminiferi planctonici), nel secondo caso, non esiste un generale consenso. E' attualmente in corso una revisione della *Time Scale* per il Neogene, sotto l'egida della *Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy* (RCMNS), che rappresenta uno dei documenti conclusivi del progetto europeo "Environments and Ecosystem Dynamics of the Eurasian Neogene" (EEDEN) sponsorizzato dalla *European Science Foundation*.

GLOBAL STRATOTYPE SECTION AND POINT'S (GSSP'S) DEL NEOGENE

Base del Pleistocene (AGUIRRE e PASINI 1985) - 1.800 Ma

Base del Gelasiano (Pliocene superiore, RIO *et al.*, 1998) - 2.588 Ma

Base del Piacenziano (Pliocene medio, CASTRADORI *et al.*, 1998) - 3.600 Ma

Base del Zancleano (Pliocene inferiore, VAN COUVERING *et al.*, 2000) - 5.332 Ma

Base del Messiniano (Miocene superiore, HILGEN *et al.*, 2000b) - 7.251 Ma

Base del Tortoniano (Miocene superiore, HILGEN *et al.*, 2005) - 11.600 Ma

Base del Serravalliano (Miocene medio, HILGEN *et al.*, submitted) - 13.820 Ma

Base del Neogene (Miocene inferiore, STEININGER *et al.*, 1995) - 23.030

Per il Geological Congress di OSLO del 2008 era prevista (GRADSTEIN e OGG, 2004) la definizione dei GSSPs di tutti i piani del Neogene. Purtroppo il Langhiano ed il Burdigaliano sono ancora in studio.

BIBLIOGRAFIA

- ABELS H.A., HILGEN F.J., KRIJGSMAN W., KRUK R.W., RAFFI I., TURCO, E., ZACHARIASSE W.J., 2005. Long-period orbital control on middle Miocene global cooling: integrated stratigraphy and astronomical tuning of the Blue Clay Formation on Malta, Paleogeography, 20, PA4012, doi 10.1029/2004PA001129, 11 pp.
- AGUIRRE E., and PASINI G., 1985. The Pliocene-Pleistocene Boundary. *Episodes*, 8, pp. 116-120.
- ABDUL AZIZ H., KRIJGSMAN W., HILGEN F. J., WILSON D. S., and CALVO J. P. (2003a). An astronomical polarity timescale for the late middle Miocene based on cyclic continental sequences. *Journal of Geophysical Research*, 108, NO. B3, 2159, doi:10.1029/2002JB001818,
- ABDUL AZIZ H., VAN DAM J., HILGEN F.J., WOUT KRIJGSMAN (2004). Astronomical forcing in Upper Miocene continental sequences: implications for the Geomagnetic Polarity Time Scale. *Earth and Planetary Science Letters* 222, pp. 243- 258.
- ABDUL AZIZ H., DI STEFANO A., FORESI L. M., HILGEN F.J., IACCARINO S. M., KUIPER K.F., LIRER F., SALVATORINI G. and TURCO E. (2007). Integrated stratigraphy and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ chronology of early Middle Miocene sediments from DSDP Leg 42A, Site 372 (western Mediterranean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 257, pp. 125-138.
- BERGGREN W.A., KENT D.V., VAN COUVERING J.A., (1985). The Neogene: Part 2. Neogene geochronology and chronostratigraphy. In: Snelling, N.J. (Ed.), *The Chronology of the Geological Record*, Geol. Soc. Lond. Mem., 10, pp. 211 -260.
- BERGGREN W.A., KENT D.V., SWISHER C.C., AUBRY M.-P., 1995. A revised Cenozoic geo-chronology and chronostratigraphy. In: *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*, SEPM Spec. Publ., 54, pp. 129-212.
- CASTRADORI D., RIO D., HILGEN F.J. and LOURENS L.J., 1998. The Global Standard Stratotype-section and point (GSSP) of the Piacenzian Stage (Middle Pliocene). *Episodes*, 21, pp. 88-93.
- GRADSTEIN F.M. and OGG J.G. (2004). Geological Time Scale 2004- Why, How and Where next!. *Lethaia* 37 (2), pp. 175-181.
- KRIJGSMAN W., BLANC-VALLERON M.M., FLECKER R., HILGEN F. J., KOUWENHOVEN T.J., MERLE D., Orszag-Sperber, F. and Rouchy, J.-M., 2002. The onset of the Messinian salinity crisis in the Eastern Mediterranean (Pissouri Basin, Cyprus). *Earth and Planetary Science Letters*, 194, pp. 299-310.
- KRIJGSMAN W., GABOARDI S., HILGEN F.J., IACCARINO S., DE KAENEL E., and VAN DER LAAN E. (2004). Revised astrochronology for the Ain el Beida section (Atlantic Morocco): No glacio-eustatic control for the onset of the Messinian Salinity Crisis. *Stratigraphy*, 1, no. 1, pp. 87-101.
- HARLAND *et al.*, *A Geologic time scale*, Cambridge University Press, 1982.
- HARLAND *et al.*, *A Geologic time scale 1989*, Cambridge University Press, 1990
- HILGEN F.J., 1991a. Astronomical calibration of Gauss to Matuyama sapropels in the Mediterranean and implication for Geomagnetic Polarity Time Scale.

- Earth and Planetary Science Letters*, **104**, pp. 226-244, Amsterdam.
- HILGEN F.J., 1991b. Extension of the astronomically calibrated (polarity) time scale to the Miocene/Pliocene boundary. *Earth and Planetary Science Letters*, **107**, pp. 349-368, Amsterdam.
- HILGEN F.J., ABDUL AZIZ H., Krijgsman W., LANGEREIS C.G., LOURENS L.J., MEULENKAMP J.E., RAFFI I., STEENBRINK J., TURCO E., VAN VUGT N., WIJBRANS J.R., and ZACHARIASSE W.J., 1999, Present status of the astronomical (polarity) time-scale for the Mediterranean Late Neogene. *Phil. Trans. Royal Soc. London A*, **357**, pp. 1931-1947.
- HILGEN F., BRINKHUIS H., ZACHARIASSE W.J. (2006). Unit stratotypes for global stages: The Neogene perspective. *Earth-Science Reviews* 74, pp. 113- 125.
- Hilgen F.J., IACCARINO S., KRIJGSMAN W., MONTANARI A., RAFFI I., TURCO E. and ZACHARIASSE W.J., (2003a). The global stratotype section and point (GSSP) of the tortonian stage (Upper Miocene): A proposal. Submitted to the International Union of Geological Sciences, International Commission on Stratigraphy, Subcommittee on Neogene Stratigraphy.
- HILGEN F.J., IACCARINO S., KRIJGSMAN W., VILLA G., LANGEREIS C.G., and ZACHARIASSE W.J., 2000b. The Global boundary Stratotype and Point (GSSP) of the Messinian Stage (Uppermost Miocene). *Episodes*, **23** (3), 1-6.
- HILGEN F.J., Krijgsman W., RAFFI I., TURCO E., ZACHARIASSE W.J., (2000a). Integrated stratigraphy and astronomical calibration of the Serravallian/Tortonian boundary section at Monte Gibliscemi, Sicily, *Marine Micropaleontology*, 38, pp. 181-211.
- HILGEN F.J., ABDUL AZIZ H., KRIJGSMAN W., RAFFI I., TURCO E., 2003. Integrated stratigraphy and astronomical tuning of the Serravallian and lower Tortonian at Monte dei Corvi (Middle-Upper Miocene, northern Italy), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 199, pp. 229-264.
- HILGEN F.J., & KRIJGSMAN W. (1999). Cyclostratigraphy and astrochronology of the Tripoli diatomite formation (pre-evaporite Messinian, Sicily, Italy). *Terra Nova*, 11, pp. 16-22.
- HÜSING S.K., HILGEN F.J., ABDUL AZIZ H., W. KRIJGSMAN (2007). Completing the Neogene geological time scale between 8.5 and 12.5 Ma. *Earth and Planetary Science Letters* 253, pp. 340-358.
- IACCARINO S.M., Lirer F., BONOMO S., CARUSO A., DI STEFANO A., DI STEFANO E., FORESI L.M., MAZZEI R., Salvatorini G., SPROVIERI M., SPROVIERI R., TURCO E., 2004. Astrochronology of Middle Miocene Mediterranean sections. In *Cyclostratigraphy: approaches and Case Histories*, SEPM, Spec. Publ., 81, 27-44.
- LOURENS L.J., HILGEN F.J., LASKAR J., SHACKLETON N.J., WILSON D., 2004. The Neogene Period. In: Gradstein F.M., J.G. Ogg, and A.G. Smith. *A Geologic Time Scale*, Cambridge Univ. Press, pp. 409-440.
- RIO D., SPROVIERI R., CASTRATORI D., and DI STEFANO E., 1998. The Gelasian Stage (Upper Pliocene): A new unit of the global standard chronostratigraphic scale. *Episodes*, **21**, pp. 82-87.
- SHACKLETON N.J., BERGER A., and PELTIER W.R., 1990. An alternative astronomical calibration of the lower Pleistocene timescale based on ODP site 677. *Trans. Roy. Soc. Edin.*, 81: 251-261.
- SIERRO F.J., FLORES J.A., FRANCÉS G., VÁZQUEZ A., UTRILLA R., ZAMARRENO I., ERLKENKEUSER H., BARCENA M.A., 2003. Orbitally-controlled oscillations in planktic communities and cyclic changes in western Mediterranean hydrography during the Messinian. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 190, pp. 289-316.
- SIERRO F.J., HILGEN F.J., KRIJGSMAN W., and FLORES J.A., 2001. The Abad composite (SE Spain): a Messinian reference section for the Mediterranean and the APTS. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 168, pp. 141-169.
- STEININGER F.F., AUBRY M.P., BERGGREN W.A., BIOLZI M., BORSETTI A.M., Cartlidge J.E., CATI F., CORFIELD R., GELATI R., IACCARINO S., NAPOLEONE C., OTTNER F., ROGL F., ROETZEL R., SPEZZAFERRI S., TATEO F., VILLA G., and ZEVENBOOM D., 1997. The Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Neogene. *Episodes*, **20**, pp. 23-28.
- TURCO E., BAMBINI A.M., FORESI L.M., IACCARINO S., LIRER F., MAZZEI R., SALVATORINI G., 2002. Middle Miocene high resolution calcareous plankton biostratigraphy at Site 926 (Leg 154, equatorial Atlantic Ocean): paleoecological and paleoceanographic implications, *Geobios, Mem. Spec.*, 24, pp. 257-276.
- VAN COUVERING J.A., CASTRATORI D., CITA B.M., HILGEN F.J. and RIO D., 2000. The base of the Zanclean Stage and of the Pliocene Series. *Episodes*, **23**, pp. 179-187.

Ms. ricevuto il 2 aprile 2008
 Testo definitivo ricevuto il 17 aprile 2008

Ms. received: April 2, 2008
 Final text received: April 17, 2008

