



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

Organo Cartografico dello Stato (legge n°68 del 2. 2. 1960)

180

anni

di

CARTE
GEOLOGICHE

20 anni

Progetto CARG

QUATERNARIO		medesimo	medio inferiore
PILOCENO		Pliocene	Gelasiano
PILOCENO		Pliocene	Piacenziano
ZANCLEANO		Zancliano	Zancliano
MESSINIANO		Messiniano	Messiniano
TORTONIANO		Tortoniano	Tortoniano
SERRAVALLIANO		Serravalliano	Serravalliano
LANGHIANO		Langhiano	Langhiano
BURDIGALIANO		Burdigaliano	Burdigaliano
AQUITANIANO		Aquitano	Aquitano
CHATTIANO		Chattiano	Chattiano
RUPELIANO		Rupelian	Rupelian
CENOMANIANO		Cenomaniano	Cenomaniano
APTIANO		Aptiano	Aptiano
BARREMIANO		Barremiano	Barremiano
HAUTERVIANO		Hauteriviano	Hauteriviano
VALANGINIANO		Valanginiano	Valanginiano
BERRIASIANO		Berriasiano	Berriasiano
TITONIANO		Titoniano	Titoniano
KIMMERIDGIANO		Kimmeridgiano	Kimmeridgiano
OXFORDIANO		Oxfordiano	Oxfordiano
CALFUVIANO		Calloviano	Calloviano
BATHONIANO		Bathoniano	Bathoniano
TOULONIANO		Turoniano	Turoniano
RETICO		Retico	Retico
NORICO		Norico	Norico
OLSENKIANO		Olenekiano	Olenekiano
CHANGSINGIANO		Changhsingiano	Changhsingiano
WUCHIAPINGIANO		Wuchiapingiano	Wuchiapingiano
CAPITANIANO		Capitaniano	Capitaniano
WORDIANO		Wordiano	Wordiano
ROADIANO		Roadiano	Roadiano
KUNGIURIANO		Kunguriano	Kunguriano
ARTINSKIANO		Artinskiano	Artinskiano
SAKMARIANO		Sakmariano	Sakmariano
ASSELIANO		Asseliano	Asseliano
GZHELIANO		Gzheliano	Gzheliano
KASMOVIANO		Kasimoviano	Kasimoviano
MOSCOVIANO		Moscoviano	Moscoviano
BASHKIRIANO		Bashkiriano	Bashkiriano
SERPUKHOVIANO		Serpukhoviano	Serpukhoviano
VISEANO		Viseano	Viseano
TOUMAISIANO		Toumaiiano	Toumaiiano
FAMENNIANO		Famenniano	Famenniano
FRANSIANO		Frasniano	Frasniano
GIVETIANO		Givetiano	Givetiano
EIFELIANO		Eifeliano	Eifeliano
EMSIANO		Emsiano	Emsiano
PRAGIANO		Pragian	Pragian
LOCHKOVIANO		Lochkoviano	Lochkoviano
LYDOPOLIANO		Ludlowiano	Ludlowiano
CORSIANO		Corisiano	Corisiano
HOMERIANO		Homeriano	Homeriano
SHEINWOODIANO		Sheinwoodiano	Sheinwoodiano
TELYCHIANO		Telychiano	Telychiano
AERONIANO		Aeroniano	Aeroniano
RHUDDANIANO		Rhuddanian	Rhuddanian
HIRMANTIANO		Hirnantiano	Hirnantiano
KALANOVIANO		Kalnaniano	Kalnaniano
SERRANOVIANO		Serranoviano	Serranoviano
FLOSIANO		Floian	Floian
TREMADOCIANO		Tremadociano	Tremadociano
STAGE 10		Stage 10	Stage 10
STAGE 9		Stage 9	Stage 9
STAGE 8		Stage 8	Stage 8
STAGE 7		Stage 7	Stage 7
STAGE 6		Stage 6	Stage 6
STAGE 5		Stage 5	Stage 5
STAGE 4		Stage 4	Stage 4
STAGE 3		Stage 3	Stage 3
STAGE 2		Stage 2	Stage 2
FORTUNIANO		Fortuniano	Fortuniano

PRESENTAZIONE

Sono lieto di presentare questo volume che, differenziandosi dalle consuete collane del Servizio Geologico d'Italia, è stato realizzato per scopi didattici e divulgativi raccogliendo il materiale espositivo realizzato per la mostra "180 mq di Carte Geologiche".

Questo evento espositivo è stato realizzato con lo scopo di illustrare alcuni dei caratteri geologici peculiari e distintivi del territorio del nostro Paese.

La realizzazione dell'esposizione è stata possibile grazie alla stretta collaborazione tra il Servizio Geologico d'Italia e il Comitato di coordinamento autonomo tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano nell'ambito delle attività connesse alla realizzazione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

Questo volume, il cui obiettivo è quello di introdurre i giovani allo studio delle Scienze della Terra, con particolare riferimento alle problematiche geologico-ambientali, fornisce un quadro quanto più preciso possibile della complessità e dell'elevato valore tecnico-scientifico contenuto nei fogli geologici.

L'allestimento grafico è stato impostato cercando di semplificare il linguaggio e fornendo chiavi di lettura che potessero trasmettere, attraverso l'uso di fotografie, schemi e disegni, informazioni utili a un vasto pubblico. Desidero rivolgere infine un particolare ringraziamento a quanti hanno collaborato alla realizzazione di questa opera per lo sforzo fatto nella raccolta, assemblaggio e omogeneizzazione di dati così diversi tra loro.

Leonello SERVA



Elenco dei poster

Servizio Geologico d'Italia

Anno Internazionale del Pianeta Terra: le Scienze della Terra per la Società
Le Origini del Servizio Geologico d'Italia.....
Una istituzione al servizio della comunità
Cos'è e com'è fatta una carta geologica
Le innovazioni introdotte dal progetto CARG nell'archiviazione dei dati e nella stampa dei fogli geologici

Veneto

rischi naturali Abbassamento del suolo e le sue cause

Friuli-Venezia Giulia

cambiamenti climatici Il clima negli ultimi 500.000 anni

Provincia Autonoma di Bolzano

rischi naturali Frane in roccia: come si attivano?

Provincia Autonoma di Trento

terra e vita Dinosauri: impronte del passato

Lombardia

acque sotterranee Acquiferi in aree urbane: metodi di studio

Valle d'Aosta

l'interno della Terra La piramide misteriosa: il Cervino visto dai geologi

Piemonte

terra e salute L'amianto e l'uomo: risorsa e pericolo

Liguria

oceani Studio delle coste: clima, terremoti e tsunami

Emilia-Romagna

suolo Nascita di un suolo

Toscana

risorse naturali I marmi: sfruttamento di una risorsa

Umbria

oceani Lo studio di un grande lago

Marche

terra e vita La falesia: un'area da tutelare

Abruzzo

suolo I calanchi e la loro formazione

Lazio

oceani Analisi multidisciplinare per lo studio dei fondali marini

Campania

oceani Metodi di indagine diretta delle aree marine

Molise

rischi naturali Frane e geologia: quali relazioni?

Puglia

acque sotterranee Risorse idriche, clima e attività antropica

Basilicata

acque sotterranee Sorgenti e acque minerali

Calabria

l'interno della Terra Storia di una catena montuosa nel Bacino del Mediterraneo

Sicilia

rischi naturali Il vulcano e la sua città

Sardegna

terra e vita I fossili e la storia geologica della Sardegna

180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

progettazione grafica dei poster: Alessia Marinelli

editors:

Chiara D'AMBROGI, Marco PANTALONI, Rita Maria PICHEZZI

Direttore responsabile: Leonello SERVA

Redazione a cura del Servizio Cartografico, coordinamento base dati e tavoli europei

Capo Settore: Domenico TACCHIA

Coordinamento editoriale: Maria Luisa VATOVEC, allestimento: Silvana FALCETTI, Alessia MARINELLI

Stampa:

PREFAZIONE

Questo volume raccoglie i pannelli allestiti nell'ambito della mostra-esposizione realizzata in coincidenza del compimento dei 20 anni del progetto di Cartografia Geologica Nazionale e dell'Anno Internazionale del Pianeta Terra, frutto della collaborazione tra il Servizio Geologico d'Italia (ISPRA) ed il Comitato di coordinamento geologico tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e di Bolzano. L'esposizione aveva l'obiettivo di presentare a un pubblico il più ampio possibile, e con un linguaggio divulgativo, alcune delle peculiarità geologiche del territorio italiano, partendo dalle esperienze maturate nel corso della realizzazione dei fogli geologici del Progetto di Cartografia Nazionale alla scala 1:50.000 (Progetto CARG).

L'esposizione è stata progettata seguendo i 10 temi scientifici proposti dall'Anno Internazionale del Pianeta Terra e risponde al suo sottotitolo "Le Scienze della Terra per la società".

I dieci temi proposti (Acque sotterranee, Rischi naturali, Oceani, Suolo, Terra e Salute, Cambiamenti climatici, Risorse naturali, Megalopoli, l'Interno della Terra, Terra e vita) trovano nell'esperienza della realizzazione della cartografia geologica una risposta alle crescenti necessità di conoscenza su tematiche geologico-ambientali e uno strumento concreto a supporto di uno sviluppo sostenibile del territorio e della società.

Un itinerario ideale percorre tutta l'Italia, da nord a sud: ogni Regione e Provincia Autonoma è rappresentata da un foglio con caratteristiche geologiche riconducibili a uno dei dieci temi dell'Anno Internazionale del Pianeta Terra.

Questo atlante si presenta con una prima parte, realizzata dal Servizio Geologico D'Italia, introduttiva ai temi dell'Anno Internazionale del Pianeta Terra, alle origini del Servizio alla lettura delle carte geologiche e alle tecniche di allestimento e stampa.

Nella seconda parte viene illustrata, per ciascuna regione, una delle tematiche geologico-ambientali più peculiari dell'area, descritta attraverso l'illustrazione di un foglio geologico.

Questo volume è dedicato agli studenti, in particolare quelli delle scuole secondarie, per introdurli allo studio delle Scienze della Terra e ai concetti fondamentali della protezione geo-ambientale.

Chiara D'AMBROGI, Marco PANTALONI, Rita Maria PICHEZZI

180 mq di CARTE GEOLOGICHE CHE

20 anni Progetto CARG
20 years of CARG Project

Nuova Carta geologica d'Italia scala 1:50.000
The new Italian Geological Map 1:50.000 scale

Mostra didattica dal 11 settembre 2008
ISPRA via Curtatone, 3 Roma

Convegno 14 - 15 ottobre 2008
Auditorium ISPRA via Curtatone, 7 Roma

Service Geologico d'Italia
Geological Survey of Italy

planeta terra
L'Anno Internazionale del Pianeta Terra

NEOGENE
Messiniano
Serravallo
Larzac
MIOCENE
Burdigaliano
Aquitano
Oligocene
Chattiano
Rupeliano
PALEOGENE
Eocene
Priaboniano
Bartonian
Luteziano
Ypresiano
Thanetian
Paleocene
Selandiano
Daniano
Maastrichtiano
CRETACICO
superiore
Santoniano
Coniaciano
Turoniano
inferiore
Hauteriviano
Valanginiano
Berriasiano
Tortoniano

180^{ma} di CARTE GEOLOGICHE

ANNO INTERNAZIONALE DEL PIANETA TERRA: LE SCIENZE DELLA TERRA PER LA SOCIETÀ

Le Nazioni Unite (ONU) hanno proclamato il 2008 Anno Internazionale del Pianeta Terra su proposta dell'International Union of Geological Sciences (IUGS) che rappresenta 250.000 scienziati distribuiti in 117 nazioni.

L'obiettivo principale di questo Anno è chiaramente indicato dal sottotitolo "Le scienze della Terra per la società" - trovare spazi di dialogo tra gli scienziati delle Scienze della Terra e la Società per la creazione di un futuro sostenibile.

Le attività dell'Anno Internazionale del Pianeta Terra sono riferibili a 10 Temi che sintetizzano le attività tipiche delle Scienze della Terra e le loro relazioni con la Società. Il simbolo dell'Anno vuole richiamare la stretta relazione tra quattro componenti fondamentali nella definizione del Pianeta Terra: la litosfera (rosso), l'idrosfera (blu scuro), la biosfera (verde) e l'atmosfera (azzurra).

L'INTERNO DELLA TERRA dalla crosta terrestre al nucleo



L'interno della terra ci può sembrare uno spazio molto lontano ma conoscere i processi che ne governano l'evoluzione è fondamentale per comprendere il futuro del nostro pianeta.

TERRA E VITA le origini della diversità



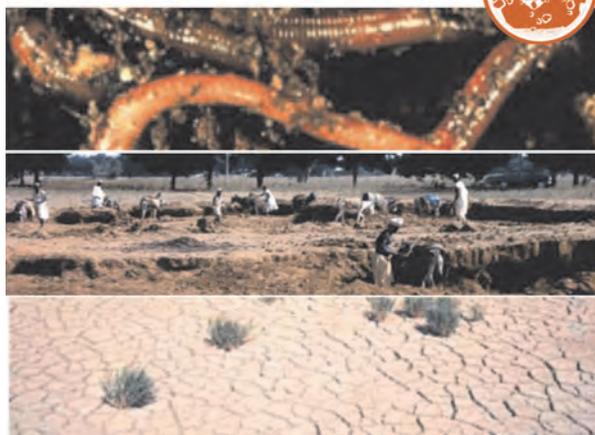
La biosfera è considerata la parte vivente del nostro pianeta e, forse, la sua caratteristica distintiva. Lo studio dell'evoluzione della vita, passata, presente e futura, è l'obiettivo delle ricerche di paleontologi e biologi.

OCEANI abissi del tempo



Gli oceani rappresentano un vero laboratorio per lo studio del nostro pianeta. I sedimenti oceanici hanno registrato le variazioni climatiche degli ultimi 200 milioni di anni e sono stati il luogo da cui ha preso avvio la teoria della tettonica delle placche. Ma molto resta ancora da scoprire.

SUOLO la parte vivente della Terra



Il suolo rappresenta un elemento essenziale per lo sviluppo della vita: fornisce ancoraggio alle radici, è la dimora di un'enorme quantità di micro-organismi, fornisce nutrienti e immagazzina l'acqua necessari a alle piante.

La conservazione dei suoli è quindi uno strumento indispensabile per la conservazione della biodiversità e lo sviluppo dell'uomo.

ACQUE SOTTERRANEE una risorsa per un pianeta che ha sete



La vita dell'uomo dipende dall'acqua e la richiesta di acqua, soprattutto potabile, cresce di continuo con la crescita della popolazione mondiale. Le Scienze della Terra forniscono un contributo fondamentale alla conoscenza e alla protezione delle risorse idriche e all'individuazione delle nuove risorse nel sottosuolo.

RISCHI NATURALI ridurre il rischio, aumentare la consapevolezza



Il pianeta Terra è caratterizzato da fenomeni naturali quali alluvioni, tsunami, terremoti, frane, attività vulcanica, subsidenza che diventano pericolosi quando mettono a rischio la vita dell'uomo e le sue attività. Lo studio e la conoscenza dei fenomeni naturali diventano strategici in un pianeta sempre più densamente abitato.

CAMBIAMENTI CLIMATICI la pietra miliare



Le Scienze della Terra forniscono un fondamentale contributo allo studio dei cambiamenti climatici. I sedimenti lacustri e marini, la posizione dei campi di dune e delle antiche linee di costa, le sequenze di fossili rappresentano un archivio naturale che aiuta a conoscere e comprendere le variazioni climatiche che si sono succedute sul pianeta Terra in tempi molto lontani e per periodi che la breve vita dell'uomo non riesce a coprire.

TERRA E SALUTE costruire un ambiente più sano

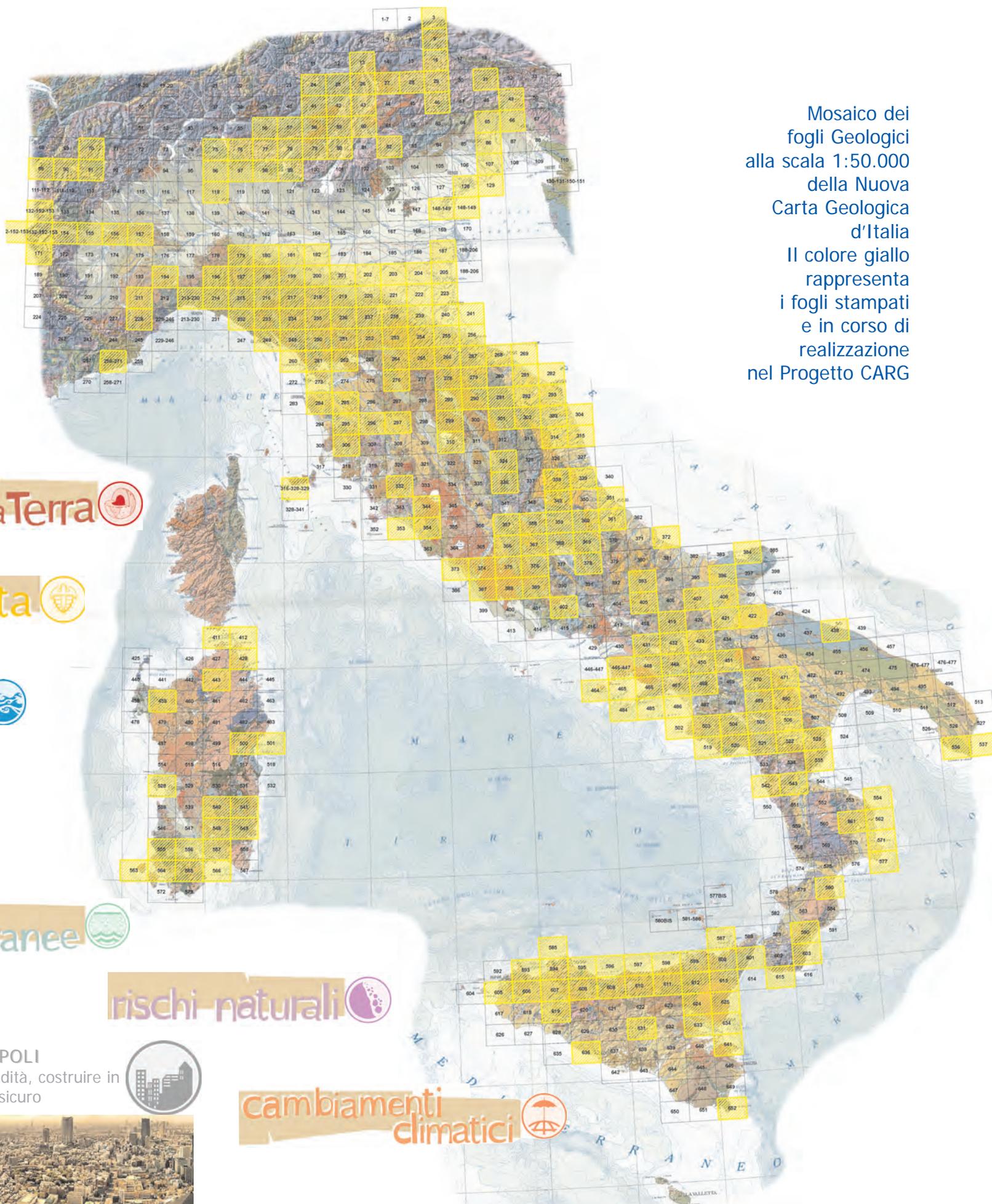


Le Scienze della Terra possono sembrare lontane dalla salute dell'uomo eppure alcuni elementi centrali degli studi geologici quali rocce e minerali, suoli, acque costituiscono il luogo di origine e talvolta il mezzo di trasporto per agenti dannosi alla salute umana. Emissioni gassose nocive, suoli e acque inquinati ma anche utilizzo di sostanze minerali con finalità terapeutiche diventano gli elementi comuni tra geologia e medicina.

RISORSE NATURALI verso un uso sostenibile



Le risorse naturali sono diventate strategiche per rispondere alla crescente richiesta imposta dallo sviluppo delle moderne attività umane. Le Scienze della Terra sono impegnate nella ricerca di nuove risorse energetiche e di nuovi giacimenti di materie prime ma anche nello studio e nello sviluppo di nuovi e più efficienti sistemi di estrazione e sfruttamento di risorse non rinnovabili.



Mosaico dei
 fogli Geologici
 alla scala 1:50.000
 della Nuova
 Carta Geologica
 d'Italia
 Il colore giallo
 rappresenta
 i fogli stampati
 e in corso di
 realizzazione
 nel Progetto CARG

l'interno
 della Terra



terra e vita



oceani



suolo



acque
 sotterranee



rischi naturali



MEGALOPOLI

andare più in profondità, costruire in
 modo più sicuro



cambiamenti
 climatici



terra e salute



risorse naturali



megalopoli



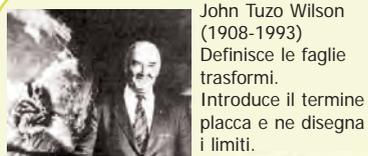
Le grandi città sono diventate nel 2010 le luoghi dove si concentra la maggiore quantità di popolazione; nel 2030 il 60% della popolazione mondiale vivrà in megalopoli.

Le Scienze della Terra possono contribuire alla gestione e allo sviluppo sostenibile di queste grandi aree urbane analizzando i rischi naturali che le possono interessare ma anche studiando gli effetti che queste inducono sull'ambiente naturale circostante.

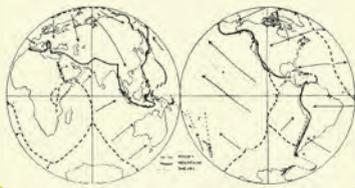
180^{ma} di CARTE GEOLOGICHE

"Un geologo è sostanzialmente un litoclasta, o rompitore di pietre, e resiste a mala pena al piacere di smartellare i monumenti per meglio determinare la natura delle sostanze di cui sono fatti"

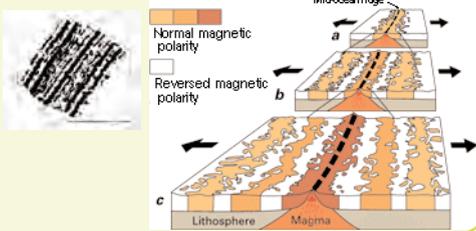
"Un géologue est essentiellement un lithoclaste, ou rompeur de pierre, et à peine résiste-t-il au plaisir d'ecorner les monuments des arts pour mieux déterminer la nature des substances dont ils sont faits"
D. De Dolomieu 1794



John Tuzo Wilson (1908-1993)
Definisce le faglie trasformati.
Introduce il termine placca e ne disegna i limiti.



Frederick Vine (1939-)
Drummond Matthews (1931-1997)
Lawrence Morley (1920-)
Studiano le anomalie magnetiche confermando l'espansione dei fondi oceanici.



Guido Bonarelli (1871 - 1951)
Individua il livello che segna il passaggio tra il Cretacico e il Terziario.



Harry Hess (1906-1969)
History of ocean basins
Ipotizza l'espansione oceanica come possibile motore della deriva dei continenti.



Emile Argand (1879-1940)
Considera la collisione continentale come la spiegazione della formazione delle Alpi.



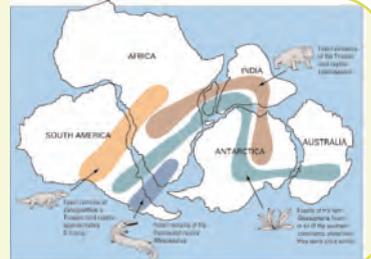
Giuseppe Mercalli (1850 - 1914)
Realizza la prima carta sismica del territorio italiano e crea la scala Mercalli (poi Mercalli-Cancani-Sieberg) che misura l'intensità di un terremoto sulla base dei danni prodotti.



Eduard Suess (1831 - 1914)
The Face of the earth
Definisce l'Oceano della Tetide e il supercontinente Gondwana. Interpreta le catene montuose come il risultato di spinte tangenziali.



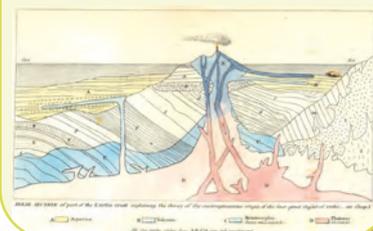
Alfred Wegener (1880-1930)
The Origin of oceans and continents
Formula la teoria della deriva dei continenti analizzando la corrispondenza e la similitudine tra: profili delle coste, resti fossili paleozoici e tipologia di rocce di Africa e Sud America.



Antonio Stoppani (1824 - 1891)
scrive *Il Bel Paese: conversazioni sulle bellezze naturali, la geologia e la geografia fisica d'Italia*.



Charles Lyell (1797 - 1875)
Principles of Geology - "An Attempt to explain the former changes of the Earth's surface by reference to causes now in operation".
Definisce il principio dell'Attualismo.



Ambrogio Soldani (1736 - 1808)
Saggio orittografico Testaceographiae ac Zoophytographiae parvae et microscopicae
Padre della micropaleontologia.

William Smith (1769 - 1839)
Rilevò e produsse la prima carta geologica "moderna". Le datazioni delle rocce e le loro distinzioni sono basate sui fossili.



Giovanni Arduino (1714 - 1795)
Classificazione delle rocce
Ordine Primario: rocce metamorfiche e sedimenti antichi
Ordine Secondario: serie fossilifere del Mesozoico
Ordine terziario: rocce sedimentarie recenti e fossilifere
Ordine quarto: sedimenti alluvionali.

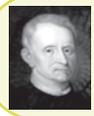
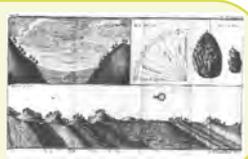
James Hutton (1726 - 1797)
Concerning the system of the earth, its duration and stability
"Scopo di questa dissertazione è fornire alcune stime relative alla datazione della Terra dalla sua origine come mondo capace di ospitare piante e animali; riflettere sui cambiamenti che ha subito..."



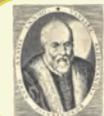
Plutonismo: forze endogene sono responsabili della deformazione di strati originariamente orizzontali.



Gottlob Lehmann (1719 - 1767)
Classificazione delle rocce della crosta terrestre Montagne primitive (Urgebirge), montagne stratificate (Flotzgebirge), montagne di trasporto e alluvioni (Aufgeschwemmte Gebirge).



Robert Hooke (1635 - 1703)
Discourse on earthquake
Le forze endogene sono responsabili del sollevamento dei sedimenti marini.



Ulisse Aldrovandi (1522 - 1605)
1603 nasce la parola "giologia" come scienza dei minerali e dei fossili, distinta dalla "botanologia e dalla zoologia".



Niels Steensen (1631 - 1687) - Stenone
De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus
Definisce i fondamenti della stratigrafia. I fossili sono organismi un tempo in vita, che dopo la loro morte sono stati sepolti in sedimenti.



Nikolaj Koperck (1473 - 1543)
Nicolò Copernico
De revolutionibus orbium coelestium
Formula la teoria eliocentrica.



Georg Bauer (1494 - 1555) Giorgio Agricola
De Natura Fossilium De re Metallica
Classifica i minerali in base alle loro caratteristiche fisiche: Terrae, Succu concreti pingues, Succu concreti acres, Lapides, Metalla Mixta o composita.



LE ORIGINI DEL SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA... UNA ISTITUZIONE AL SERVIZIO DELLA COMUNITÀ

La storia della Cartografia Geologica Ufficiale italiana inizia nel 1861 quando Quintino Sella, allora Ministro delle Finanze, invia una relazione al Ministero dell'Agricoltura, Industria e Commercio " Sul modo di fare la Carta Geologica del Regno d'Italia". Il primo Regio Decreto del 15 dicembre 1867 istituisce il Comitato Geologico al quale viene dato l'incarico "della compilazione e pubblicazione della grande carta geologica del Regno d'Italia, e di dirigere i lavori, raccogliere e conservare i materiali e i documenti relativi ". E' con il Regio Decreto del 15 giugno 1873 che vengono indicate le **NORME PER LA FORMAZIONE E PUBBLICAZIONE** della Carta geologica d'Italia affidate ad una sezione del Corpo Reale delle Miniere sotto l'alta direzione scientifica del Comitato geologico. Nello stesso decreto viene istituito l'Ufficio geologico al quale è annesso uno speciale gabinetto nel quale verranno disposti e classificati i minerali, i fossili e le rocce raccolte nei lavori di campagna. Nello stesso gabinetto saranno riuniti i libri, le carte e gli strumenti esistenti in Firenze presso il Comitato geologico.

N° 1524 (Ore 75)
REALE DECRETO
 che determina le norme per la formazione e pubblicazione della Carta geologica d'Italia.
 15 giugno 1867

VITTORIO EMANUELE II
 PER GRAZIA DI DIO E PER VOLONTÀ DELLA NAZIONE
RE D'ITALIA

Visto il Decreto Reale in data 45 dicembre 1867, n. 4115, col quale fu costituito il Comitato geologico; Sento il Comitato stesso; Sulla proposta del Ministro di Agricoltura, Industria e Commercio; Abbiamo decretato e decretiamo:

Art. 1.
 La formazione e la pubblicazione della Carta geologica d'Italia sono affidate ad una Sezione del Corpo Reale delle Miniere sotto l'alta direzione scientifica del Comitato geologico, secondo le norme del presente Decreto.

Art. 2.
 Il Comitato geologico si raduna in Roma presso il Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio e sarà convocato dal Ministro.

Art. 3.
 Spetta al Comitato geologico di deliberare sulla classificazione dei terreni formati in suolo italiano, di provvedere alla formazione della serie dei colori e segni coi quali i terreni stessi verranno indicati sulla Carta, di accettare i lavori geologici presentati per la pubblicazione e di decidere intorno ai lavori da pubblicarsi.

Art. 4.
 La Sezione del Corpo Reale delle Miniere, di cui all'articolo 1, costituisce l'Ufficio geologico, il quale si compone di Ingegneri e di Aiutanti-geologi.

Art. 5.
 Per essere nominato Ingegnere-geologo è necessario: 1° Aver ottenuto il diploma d'Ingegnere in una delle Scuole d'Applicazione del Regno. 2° Aver compiuto un anno di tirocinio pratico nel Geological Survey di Londra od in altro Istituto estero designato dal Comitato.

Art. 6.
 Per essere nominati Aiutanti-geologi è necessario essere laureati in scienze naturali, ed in diritto.

Art. 7.
 Aver ottenuto la laurea in un Istituto tecnico del Regno ed aver sostenuto un esame di geologia e di scienze affini in una delle Scuole speciali del Regno.

Art. 8.
 All'Ufficio geologico sarà annesso uno speciale gabinetto, nel quale verranno disposti e classificati i minerali, i fossili e le rocce raccolte nei lavori di campagna. Saranno dei pari riuniti al gabinetto i libri, le carte e gli strumenti esistenti in Firenze presso il Comitato geologico.

Art. 9.
 Ogni figlio pubblico e portatore di nome degli operai che eseguiranno il rilevamento.

Ciascuna verrà fatta per la pubblicazione delle descrizioni sommarie.

Art. 10.
 Il Ministro potrà incaricare del rilevamento di speciali regioni quei Geologi i quali con precedenti lavori in appostata fona di lavori operativi.

Art. 11.
 È scelta la Commissione per la raccolta dei prodotti minerali ad uso edile e decorativo, stata istituita con Decreto Reale in data 24 marzo 1872, e le attribuzioni della medesima sono conferite al Comitato geologico.

Art. 12.
 I materiali raccolti dalla suddetta Commissione formeranno parte della collezione dell'Ufficio geologico.

Art. 13.
 Il Ministro di Agricoltura, Industria e Commercio incaricherà di eseguire le disposizioni necessarie per l'esecuzione del presente Decreto.

Ordiniamo che lo Stato, sia e dei Decreti di questi di essere Data e Roma 15 giugno 1873. Il Re.

Stampato in Roma presso la Stamperia Reale.

È il primo nucleo delle Collezioni litomineralogiche e della Biblioteca del futuro Servizio Geologico.



Sono gli anni dell'unità d'Italia e già la classe dirigente si poneva il problema di produrre una cartografia geologica uniforme come strumento indispensabile allo sviluppo economico e alla pianificazione territoriale del paese. Le difficoltà economiche in cui versavano le casse dello Stato imponeva la scelta di effettuare i rilevamenti prioritariamente in aree di particolare interesse minerario, quali Alpi Occidentali, Sardegna, Sicilia, Toscana, Campagna Romana, ecc.



Inoltre a supporto dei lavori preparatori della Carta geologica fu avviata la stampa del **Bollettino** e delle **Memorie Descrittive** per servire alla descrizione della Carta Geologica d'Italia, pubblicazioni di carattere scientifico finalizzate alla divulgazione presso la comunità scientifica dello stato delle ricerche geologiche in Italia. Attualmente si sono aggiunte due ulteriori serie di pubblicazioni: una **Miscellanea** di sintesi di manifestazioni convegnistiche e l'altra i **Quaderni** inerenti le normative da utilizzare nel Progetto CARG (dal rilevamento alla gestione del dato raccolto - banca dati - alla pubblicazione).



Su progetto di R. Canevari venne costruito (1837-1879) in largo S. Susanna a Roma uno stabile per il Museo Agrario Geologico e il Regio Ufficio Geologico, nel luogo ove sorgeva parte del Cortile del Convento di S. Maria della Vittoria.



Il Museo Agrario Geologico venne inaugurato dal Re Umberto I nel 1885.



Nello stabile oltre alle sale espositive delle Collezioni Paleontologiche e Litomineralogiche trovò spazio anche la Biblioteca.



La denominazione di Regio Ufficio Geologico è mutata nel corso di un secolo dalla sua fondazione passando attraverso le denominazioni di Ufficio Geologico, Servizio Geologico d'Italia, Servizio Geologico Nazionale fino all'odierna di Servizio Geologico d'Italia-ISPRA con sede in Piazza Curtatone, 3 Roma.

180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

COS'È E COM' È FATTA UNA CARTA GEOLOGICA

LEGENDA

Nella legenda vengono descritte tutti i diversi tipi di rocce che affiorano nell'area del foglio. Ciascun tipo di roccia viene definito unità geologica (formazione, membro, ecc.) e caratterizzato da un nome, da un colore e da una sigla identificativa. Nel testo a fianco di ciascuna casella vengono riportati, brevemente, le caratteristiche significative delle diverse unità geologiche: tipo di roccia, caratteri litologici e petrografici, ambiente di deposizione, contenuto in fossili, tipo di rapporti con le altre unità geologiche, spessore del corpo roccioso, età. Secondo una scala stratigrafica internazionale, ogni periodo geologico è contraddistinto da un colore differente (ad es. blu per il Giurassico, marrone per il Miocene). Ogni periodo ha quindi un colore caratteristico; l'ulteriore suddivisione si realizza utilizzando una gamma di sfumature di questi colori e con la sovrapposizione di un retino.

CARTA GEOLOGICA

La carta geologica è la rappresentazione, su una base topografica, dei differenti corpi rocciosi che affiorano sulla superficie terrestre, della loro disposizione spaziale e dei rapporti che esistono tra i diversi tipi di rocce. Le diverse rocce vengono distinte attraverso l'uso di diversi colori, mentre attraverso appositi simboli si riproducono la geometria (giacitura degli strati), i rapporti stratigrafici (limite stratigrafico) o tettonici (faglie, pieghe, ecc.) che intercorrono tra i corpi rocciosi, oltre che la presenza di località fossilifere, sorgenti, risorse minerarie, etc.



UBICAZIONE

In questo riquadro viene riportata la posizione dell'area cartografata nel foglio geologico rispetto al territorio nazionale, oltre che la denominazione dei fogli limitrofi.



ENTE REALIZZATORE

Qui compare il logo e la denominazione dell'Ente che ha lavorato alla realizzazione del foglio, sia esso Regione o Provincia Autonoma, Università, Consiglio Nazionale delle Ricerche, ecc.



INTESTAZIONE

Nell'intestazione compare la tipologia di carta (geologica, geomorfologica, idrogeologica, ecc.) e l'ente cartografico che l'ha prodotta; per i fogli geologici si tratta del Servizio Geologico d'Italia al quale la Legge 68/1960 attribuisce il ruolo di Organo Cartografico di Stato.

NOME FOGLIO

In questa sezione compare il numero ed il nome ufficiale del foglio, così come viene identificato nella serie topografica prodotta dall'Istituto Geografico Militare Italiano (IGMI).



AUTORI

In questa parte del foglio geologico vengono riportati i nomi dei geologi specialisti che hanno effettuato il rilevamento geologico, nonché delle persone che hanno effettuato le attività di coordinamento e di controllo. Di ciascun autore viene riportata l'affiliazione, cioè l'ente di appartenenza.

RESPONSABILE DEL PROGETTO CARG PER "ROMA TRE": M. Parotto
COORDINAMENTO SCIENTIFICO: R. Fiancalone
ANALISTI: G. Barisoni, F. Cipolletti, L. Di Bella, C. Farnasè, E. Giorzi, S. Lo Mastro
DATI SOTTOSUOLO: A. Casazza, D. Cruciani, A. Esposito, V. Manzoni, A. Valentini
1 - Dipartimento di Scienze Geologiche, Università degli Studi "Roma Tre"
2 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
3 - Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi "La Sapienza"
4 - Dipartimento di Protezione Civile
SUDDIVISIONE DEI RILEVAMENTI GEOLOGICI ALLA SCALA 1:10 000
RILEVATORE: Rilevatori: A. Esposito (sc); M. Fabbri (pl); G. Giordano (pl); F. Mantili (pl); L. Manzini (sc); P. Pasca (sc); P. Plescia (sc); S. Robini (pl); C. Rosa (pl)
DIRETTORE DEL RILEVAMENTO: G. Giordano
RESPONSABILE BANCA DATI: A. Cecili
INFORMATIZZAZIONE: M. Felici, R. Gini
Rilevamenti eseguiti negli anni 1998-2001

RAPPORTI STRATIGRAFICI



SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI

Nello schema dei rapporti stratigrafici vengono rappresentate le diverse relazioni stratigrafiche e deposizionali tra le unità geologiche riportate in carta. In questo schema si può seguire verticalmente, passando cioè da periodi più antichi verso quelli più recenti, l'evoluzione cronologica, deposizionale e paleoambientale dell'area cartografata nel foglio geologico.

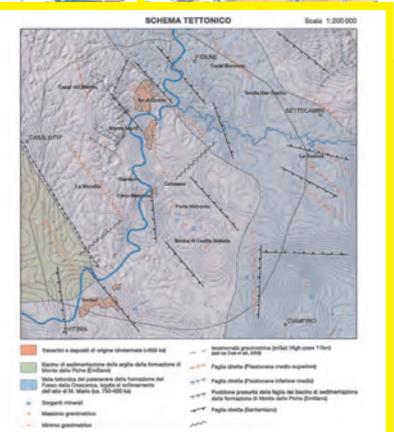
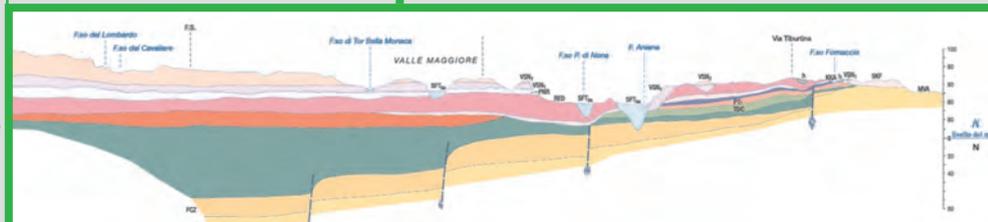


SIMBOLOGIA

La simbologia viene usata per rappresentare graficamente numerosi elementi geologici. Una sottile linea nera indica il tipo di contatto tra le unità geologiche (contatto stratigrafico, inconforme, ecc.); una linea blu indica un contatto di tipo tettonico (faglie dirette, faglie inverse, faglie trascorrenti, thrust, ecc.). Vengono poi rappresentati anche gli elementi puntuali quali la giacitura degli strati, la presenza di sorgenti, di cave o miniere, o di altre strutture geologiche significative.

SEZIONE GEOLOGICA

Si realizza per rappresentare, su un piano verticale, la struttura geologica del sottosuolo. Viene costruita dal geologo realizzando, dapprima, la sezione topografica e poi riportando su di essa tutte le informazioni che si trovano sulla carta: il tipo di unità geologica, la sua disposizione nello spazio (giacitura del corpo roccioso), lo spessore dell'unità, il tipo di contatto con le rocce limitrofe, le strutture tettoniche e tutte le informazioni di sottosuolo ricavate dalla stratigrafia dei sondaggi per ricerca petrolifera, dai profili sismici, ecc.

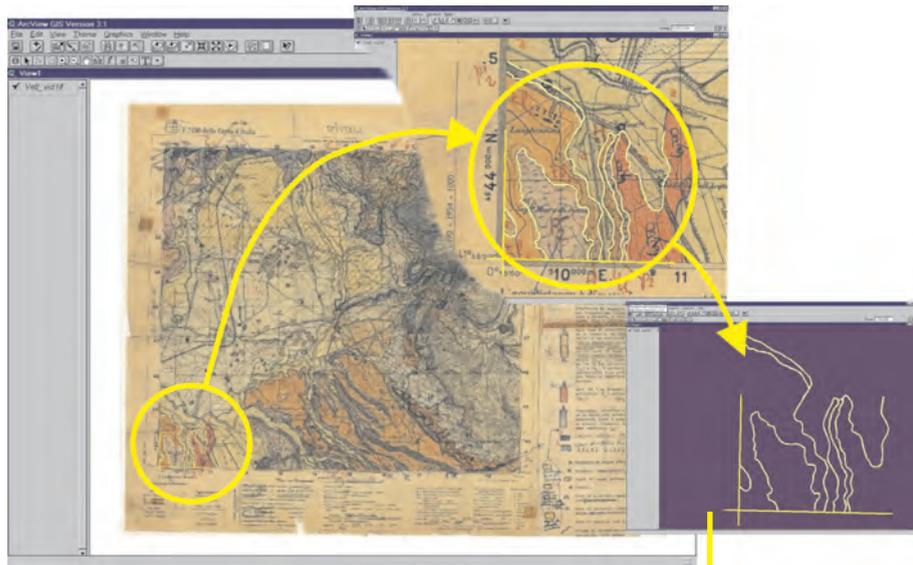


SCHEMA STRUTTURALE

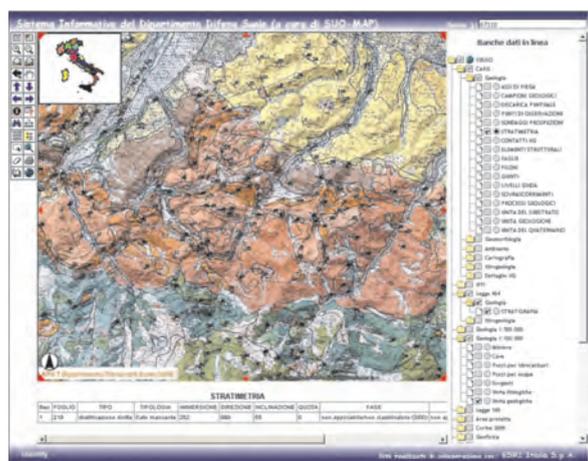
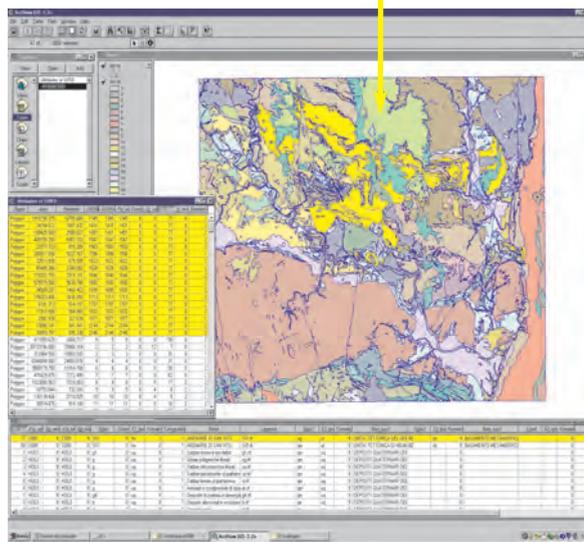
È uno schema semplificato (generalmente in scala 1:200.000) sul quale vengono rappresentate le principali strutture tettoniche e le unità geologiche più significative. Rappresenta un valido ausilio nella lettura della carta geologica perché permette una comprensione più immediata dei rapporti strutturali fra le diverse unità.

LE INNOVAZIONI INTRODOTTE DAL PROGETTO CARG NELL'ARCHIVAZIONE DEI DATI E NELLA STAMPA DEI FOGLI GEOLOGICI

Il procedimento per la stampa, un tempo esclusivamente manuale, è stato profondamente trasformato nel Progetto CARG. I nuovi criteri per la stampa del foglio geologico hanno seguito il profondo mutamento dei sistemi di stampa dei venti anni trascorsi. Dalla previsione delle "pellicole" delle prime convenzioni del 1988 alla restituzione del dato digitale odierno.



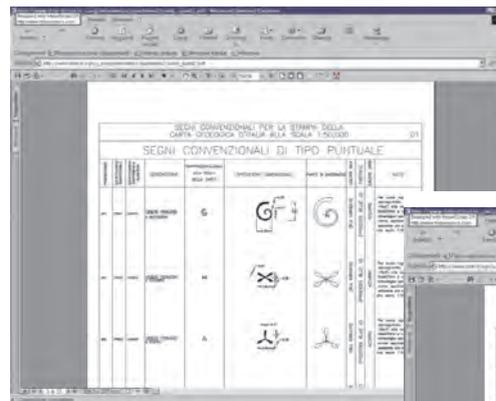
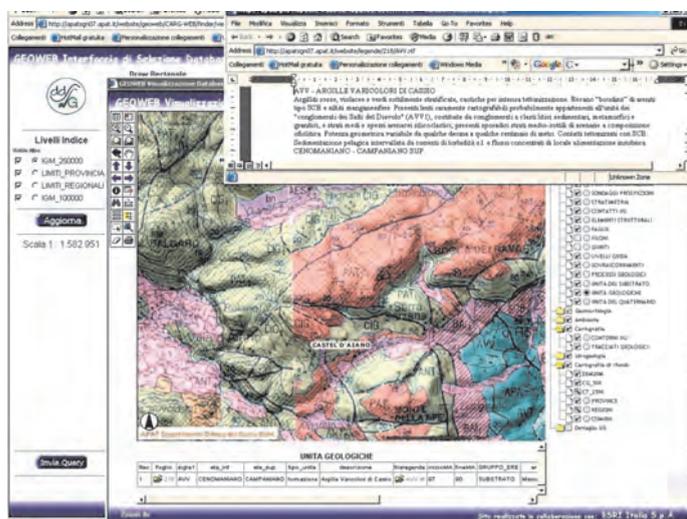
Fin dalle prime convenzioni - 1988 - con i contraenti esterni del Progetto CARG (tutte le Regioni, le Province Autonome, Istituti Universitari ed Enti di ricerca quali il CNR) è stata prevista dal Servizio Geologico d'Italia, la fornitura del dato geologico raccolto in campagna in formato numerico. Il procedimento di acquisizione del dato geologico cartografico proveniente dall'originale d'autore validato (approvazione del III° SAL) avviene in formato numerico con l'ausilio di software GIS. Le primitive grafiche, suddivise in punti, linee e poligoni, dopo un processo di editing per la correzione di eventuali errori geometrici, sono collocate nei vari strati informativi previsti nel Progetto CARG secondo i criteri del Quaderno n. 6 (1997). Da questa fase si suddividono i percorsi di restituzione del dato digitale per la Banca Dati CARG e la consultazione in Web e per la stampa e pubblicazione del dato cartografico ufficiale ai sensi della legge 2.2.60 n. 68.



Contestualmente alle operazioni di inquadramento marginale viene progettato lo schema di impianto colori del foglio geologico con l'ausilio del Manuale cromatico di riferimento pubblicato nella versione finale nel 1992. E' una delle operazioni più complesse perché somma insieme la necessità di utilizzo di colori definiti come standard internazionale e la leggibilità del dato geologico. Nel Quaderno n. 11 - 2007 - sono pubblicati i criteri generali di indirizzo per la definizione dei cromatismi del generico foglio geologico.

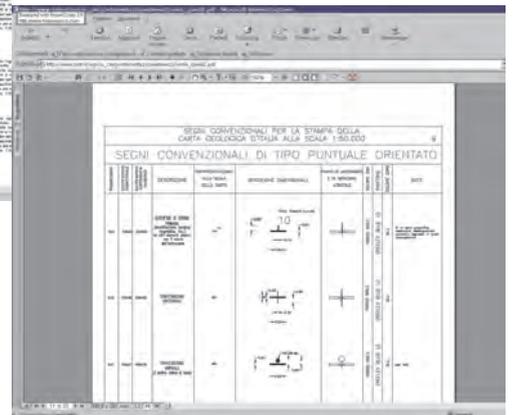
Una delle più interessanti derivazioni della banca dati CARG è la possibilità di consultazione e visualizzazione del dato geologico con il web.

A lato sono presenti due slide del portale cartografico del Servizio Geologico d'Italia che evidenziano le potenzialità di consultazione interattiva su tutti gli elementi cartografici presenti nel data base CARG.

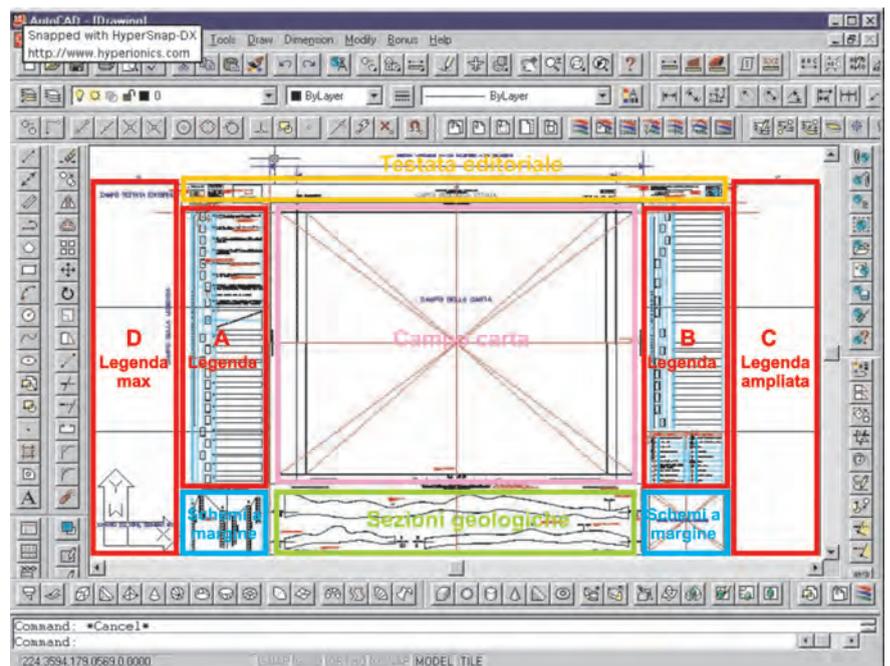


La libreria dei simboli presente nel Quaderno n. 2 del SGI 1996 disponibile sul web con aggiornamenti ed integrazioni.

Per permettere una omogenea rappresentazione cartografica del dato geologico da parte dei vari contraenti CARG sono state predisposte una serie di normative cartografiche, pubblicate nel 1996 nel Quaderno n. 2 del Servizio Geologico d'Italia, contestualmente alla prima libreria di simboli da utilizzare nell'allestimento cartografico. E' stato altresì definito lo schema di inquadramento marginale del foglio geologico con i criteri compositivi e le varianti ammesse.



Lo schema di inquadramento marginale della collana editoriale della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 del Progetto CARG (Quaderno n. 2 1996)



La conclusione del ciclo produttivo della stampa prevista nel Progetto CARG è la pubblicazione del foglio ufficiale della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Il foglio è disponibile con le relative Note Illustrative che descrivono i criteri utilizzati in sede di rilevamento e completano le informazioni geologiche non rappresentabili nel foglio.



Allestimento scientifico:
Riccardo Campana, Luigi Tosi,
Laura CarbogninPietro Teatini, Giuseppe Zambon

Coordinamento:
Marco Pantaloni

Allestimento iconografico:
Vinicio Pannuti



180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE



FOGLIO n° 128 VENEZIA



APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici
Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

VENEZIA
FOGLIO 128

SISTEMA DEL PO (PO)
Comprende l'unità di Sesto (POu) e l'unità di Malamocco (POu). È caratterizzato dalla presenza di depositi di origine marina, con un'altitudine media compresa tra 0 e 10 cm s.l.m. La base cartacea è una superficie di riferimento avente un'altitudine media di 0 cm s.l.m. (il livello medio del mare nel 1908).

Alluvioni
Sabbie, sabbie fini e argille, rappresentative di depositi di canali effluvi, argine e delta. In genere caratterizzati da un contenuto organico medio-alto e da un'altitudine media compresa tra 0 e 10 cm s.l.m.

Litologie di spiaggia
Sabbie e sabbie fini, con contenuto organico medio-alto e da 0 a 10 cm s.l.m. Spesso caratterizzate da un'altitudine media compresa tra 0 e 10 cm s.l.m.

Litologie lagunari
Sabbie e sabbie fini, con contenuto organico medio-alto e da 0 a 10 cm s.l.m. Spesso caratterizzate da un'altitudine media compresa tra 0 e 10 cm s.l.m.

Platforme
Depositi di mare basso (depositi di rifioritura, canali di abbassa, foci ed argine).

UNITÀ DI VORCELLI (POu)
Unità cartacea del Sistema del Po, costituita da sedimenti di ambiente alluvionale, sabbie, sabbie fini e argille. L'altitudine media è compresa tra 0 e 10 cm s.l.m. La base cartacea è una superficie di riferimento avente un'altitudine media di 0 cm s.l.m. (il livello medio del mare nel 1908).

Alluvioni
Sabbie, sabbie fini e argille, rappresentative di depositi di canali effluvi, argine e delta. In genere caratterizzati da un contenuto organico medio-alto e da un'altitudine media compresa tra 0 e 10 cm s.l.m.

Litologie di spiaggia
Sabbie e sabbie fini, con contenuto organico medio-alto e da 0 a 10 cm s.l.m. Spesso caratterizzate da un'altitudine media compresa tra 0 e 10 cm s.l.m.

Litologie lagunari
Sabbie e sabbie fini, con contenuto organico medio-alto e da 0 a 10 cm s.l.m. Spesso caratterizzate da un'altitudine media compresa tra 0 e 10 cm s.l.m.

Platforme
Depositi di mare basso (depositi di rifioritura, canali di abbassa, foci ed argine).

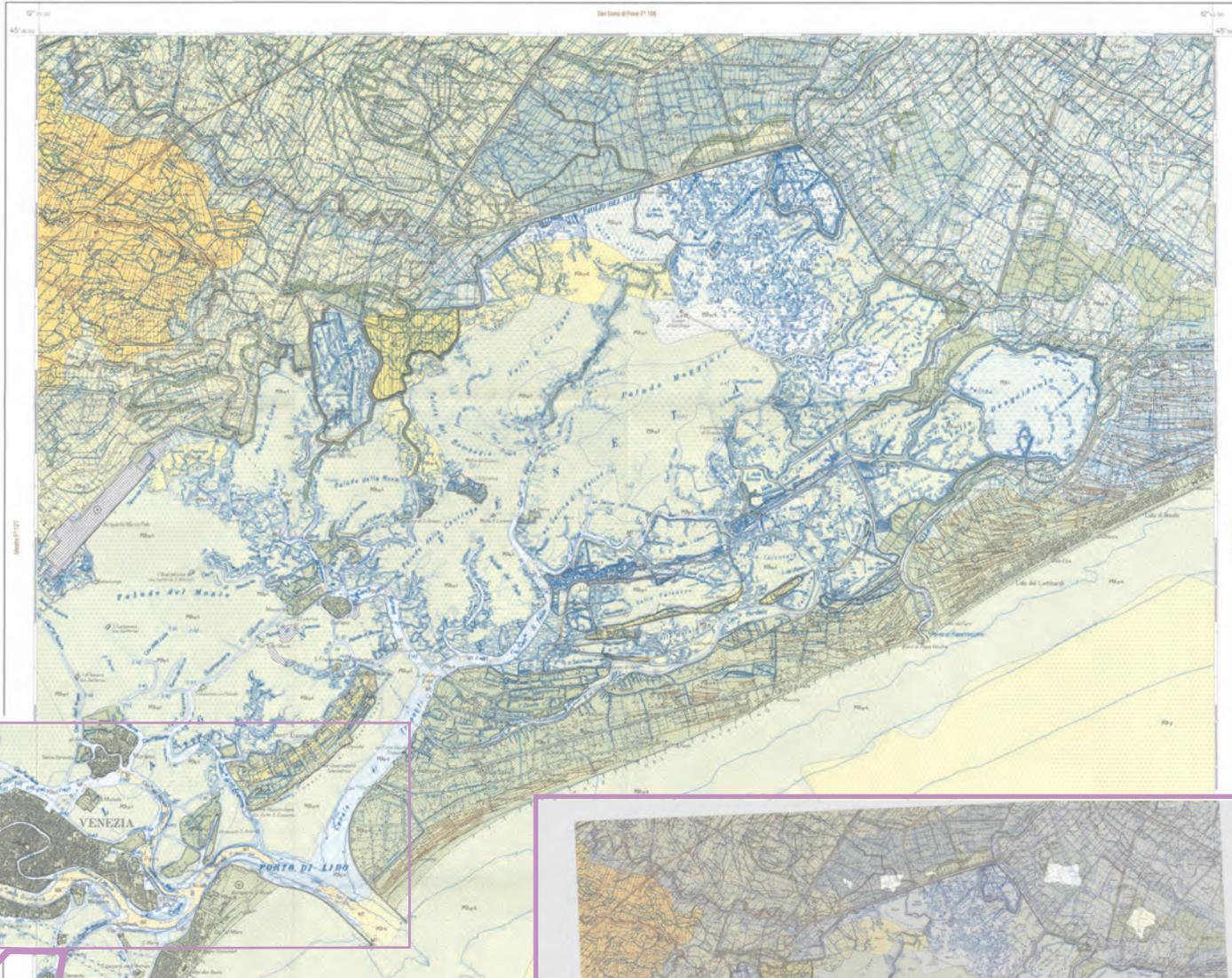
UNITÀ DI MALAMOCCHI (POu)
Unità cartacea del Sistema del Po, costituita da sedimenti di ambiente alluvionale, sabbie, sabbie fini e argille. L'altitudine media è compresa tra 0 e 10 cm s.l.m. La base cartacea è una superficie di riferimento avente un'altitudine media di 0 cm s.l.m. (il livello medio del mare nel 1908).

Alluvioni
Sabbie, sabbie fini e argille, rappresentative di depositi di canali effluvi, argine e delta. In genere caratterizzati da un contenuto organico medio-alto e da un'altitudine media compresa tra 0 e 10 cm s.l.m.

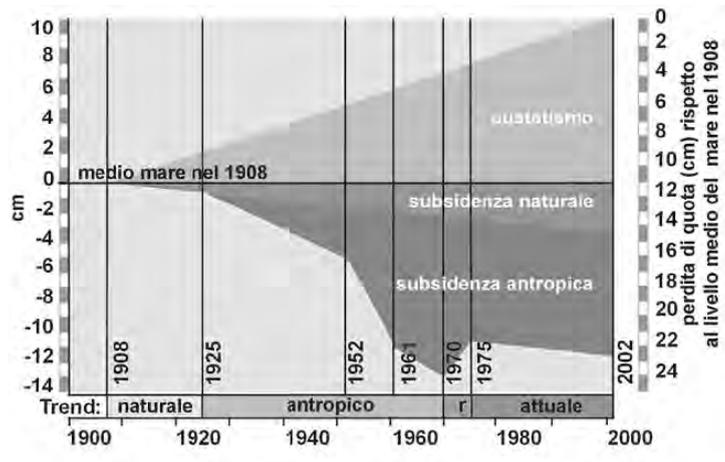
Litologie di spiaggia
Sabbie e sabbie fini, con contenuto organico medio-alto e da 0 a 10 cm s.l.m. Spesso caratterizzate da un'altitudine media compresa tra 0 e 10 cm s.l.m.

Litologie lagunari
Sabbie e sabbie fini, con contenuto organico medio-alto e da 0 a 10 cm s.l.m. Spesso caratterizzate da un'altitudine media compresa tra 0 e 10 cm s.l.m.

Platforme
Depositi di mare basso (depositi di rifioritura, canali di abbassa, foci ed argine).



SUBSIDENZA ED EUSTATISMO



Fra i casi d'abbassamento del suolo indotti dall'attività antropica, quello di Venezia è senza dubbio uno dei più noti a livello mondiale, non tanto per l'entità dell'abbassamento, quanto per l'unicità della città la cui elevazione è ridotta a poche decine di centimetri sul livello medio del mare.

La subsidenza di Venezia è un problema che si è rivelato in tutta la sua gravità agli inizi degli anni '60 quando la città cominciò a subire, con frequenza sempre maggiore, il fenomeno dell'acqua alta (l'idioma locale per indicare un livello di marea che causa l'allagamento di zone più o meno vaste del centro abitato lagunare).

Lo studio di dettaglio del processo di subsidenza nell'area veneziana iniziò negli anni '70 quando fu istituito il Laboratorio per lo Studio della Dinamica della Grandi Masse del CNR. Risultato fondamentale del gruppo di ricerca fu il mettere in evidenza che la causa principale della riduzione altimetrica del territorio veneziano era da imputare principalmente allo sfruttamento artesiano per uso industriale del sistema acquifero multistrato.

Durante il secolo scorso la città ha subito un abbassamento relativo rispetto al medio mare di 23 cm, quale effetto di tre concause (Fig. 1): l'eustatismo, la subsidenza antropica e quella naturale, responsabili di una riduzione altimetrica rispettivamente pari a 11, 9 e 3 cm.

I 23 cm complessivamente persi rappresentano per Venezia una grave penalizzazione: essi hanno contribuito ad aumentare la frequenza e l'intensità dell'acqua alta ed hanno favorito il processo di destabilizzazione dei litorali e di erosione dei bassi fondali lagunari che hanno richiesto pesanti interventi di ripristino ambientale.

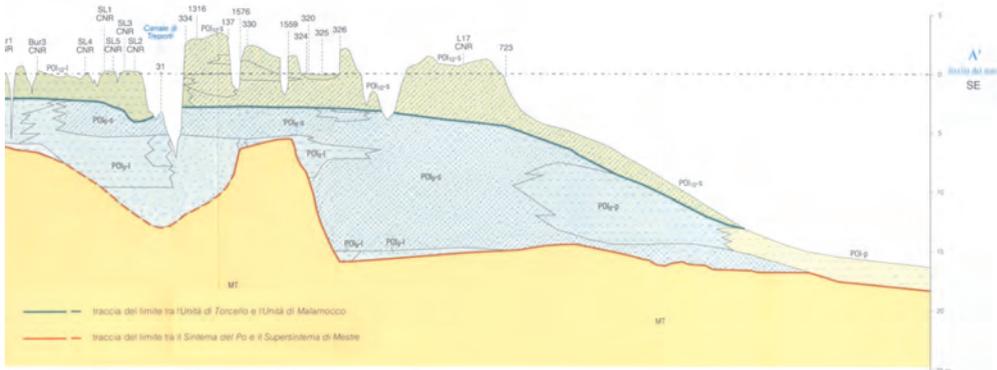
Figura 1- Rappresentazione grafica dei tre fenomeni che hanno concorso a ridurre l'altimetria veneziana durante il secolo scorso.



SUBSIDENZA NATURALE

L'area padana, come tutti i bacini sedimentari, ed in particolare la fascia costiera veneta, è da sempre stata interessata da un processo di subsidenza naturale con entità variabile nel tempo e nello spazio in relazione ai diversi eventi geologici che si sono succeduti.

Studi recenti condotti sulle carote del pozzo Venezia 1 - CNR, perforato negli anni '70 al Tronchetto, hanno stimato pari a circa 0,5 mm/anno la velocità media di subsidenza negli ultimi 2 milioni di anni, evidenziando come tale valore rifletta principalmente gli eventi tettonici occorsi in tale periodo. La consolidazione naturale dei sedimenti depositatisi durante l'Olocene è responsabile di un abbassamento medio di 1,3 mm/anno, valore che ha caratterizzato l'ambiente lagunare durante la sua fase di evoluzione naturale. Presso il margine esterno della laguna settentrionale, a causa del maggior spessore dei depositi, questo valore è stato stimato pari a 1,37 mm/anno negli ultimi 1.500 anni. La subsidenza naturale si è attenuata durante gli ultimi secoli, raggiungendo attualmente un valore inferiore a 0,5 mm/anno nel bacino centrale.



SUBSIDENZA PER ESTRAZIONE D'ACQUA DI FALDA

La subsidenza veneziana indotta dal pompaggio di acque sotterranee è un fenomeno studiato a lungo ed ormai noto sotto ogni punto di vista. Lo sfruttamento per scopi prevalentemente industriali del sistema acquifero multistrato, localizzato nei 350 m più superficiali del complesso quaternario, iniziò negli anni '30 ed aumentò progressivamente divenendo intensivo dopo la Seconda Guerra Mondiale, a seguito del boom industriale post-bellico. Le pressioni di strato raggiunsero i valori minimi nel 1969, quando i livelli statici scesero di 20 m nella zona industriale di Porto Marghera ed il cono di depressione coinvolse gravemente anche il centro della città lagunare; in quell'anno furono registrate velocità di subsidenza di 17 mm/anno a Porto Marghera, 14 mm/anno a Venezia e 10 mm/anno a Lido.

Le drastiche misure per ridurre le estrazioni d'acqua, che furono adottate nel 1970 modificando l'approvvigionamento idrico con la costruzione dell'acquedotto industriale, ridussero significativamente la velocità della subsidenza (Fig. 2).

Le livellazioni eseguite nel 1973 e 1993 hanno confermato l'arresto della subsidenza antropica per estrazione d'acqua nell'area veneziana.

Un contributo fondamentale per lo studio del processo di subsidenza è dato dal monitoraggio piezometrico degli acquiferi artesiani effettuato sin dagli anni '70 nella rete di controllo delle pressioni di strato istituita dal CNR-ISMAR. Un esempio di mappatura della piezometria è riportata in Fig. 3.

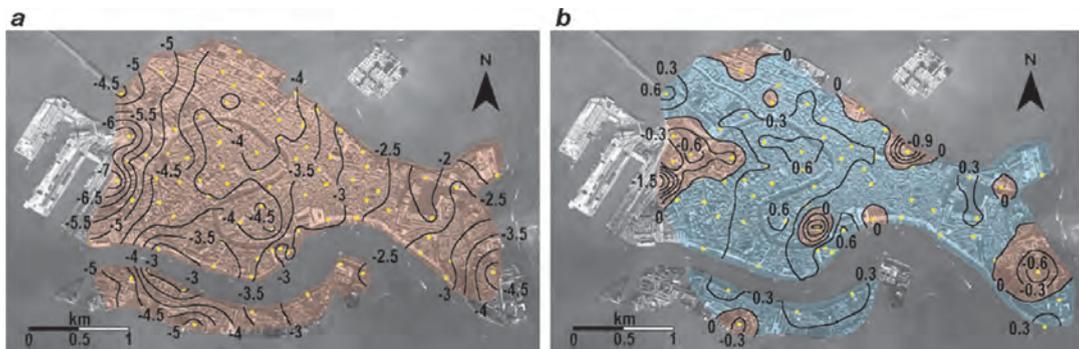


Figura 2 - Velocità di spostamento (mm/anno) registrata a Venezia (a) tra il 1961 ed il 1969 e (b) tra il 1973 ed il 1993. Valori negativi indicano abbassamento, positivi innalzamento.

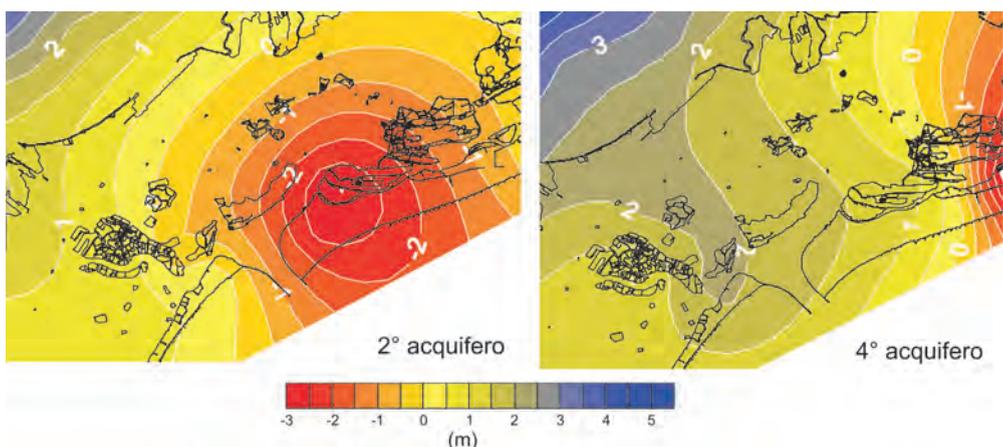


Figura 3 - Mappe piezometriche (m s.l.m.) del quarto e secondo acquifero relative al 2003. Dati acquisiti dalla rete di monitoraggio dei livelli piezometrici del CNR-ISMAR.

EUSTATISMO

Un altro importante aspetto associato all'abbassamento relativo del territorio veneziano ed all'incremento del fenomeno dell'acqua alta (Fig. 4a) è l'innalzamento del livello medio del mare. Per quanto concerne l'Adriatico settentrionale, le serie storiche più accurate a disposizione sono quelle relative ai mareografi di Venezia (Punta della Salute) e Trieste. La lunghezza delle serie è stata dimostrata essere sufficiente per mediare le oscillazioni minori dovute a variazioni climatiche di corto periodo.

La velocità media d'innalzamento sull'intero periodo è di 1,13 mm/anno (Fig. 4b). Con riferimento al secolo scorso, il confronto tra i dati di Trieste e Venezia evidenzia l'assenza di un trend unico per la città lagunare a causa della subsidenza antropica. Dopo un ventennio di relativa quiescenza, tra il 1970 ed il 1990, i dati dell'ultima decina d'anni evidenziano una significativa ripresa dell'incremento eustatico, accompagnato da un maggior numero di eventi di acqua alta.

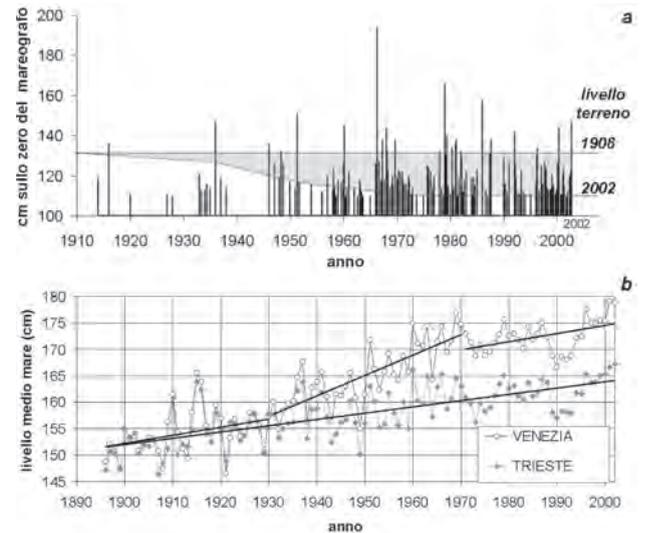


Figura 4 - (a) Incremento della frequenza degli eventi di acqua alta sopra il livello 110 cm indotto dalla subsidenza relativa di Venezia; (b) andamento del livello medio del mare a Venezia e Trieste.

LA SITUAZIONE ATTUALE

Particolare attenzione è stata recentemente rivolta al monitoraggio degli spostamenti verticali del territorio lagunare. La rete di livellazione storica, istituita lungo il margine lagunare, è stata aggiornata ed infittita nell'ambito dei Progetti ISES e IRMA nelle aree meridionale e settentrionale del territorio lagunare-costiero; è stata istituita una rete di controllo DGPS (Differential Global Positioning System) di circa 150 punti di misurazione; inoltre, l'applicazione dell'interferometria differenziale SAR e dell'interferometria differenziale su riflettori puntuali utilizzando i dati acquisiti dai satelliti ESA ERS-1 e ERS-2 tra il 1992 ed il 2000 ha permesso la mappatura degli spostamenti dell'area veneta con grande risoluzione. I diversi metodi sono stati inseriti in un "sistema di monitoraggio integrato" che, sfruttando le caratteristiche peculiari di ciascuna metodologia, permette un controllo affidabile ed accurato della città di Venezia (Fig. 5a) e dell'area veneta (Fig. 5b).

Le misurazioni condotte confermano la sostanziale stabilità che caratterizza oggi la parte centrale della laguna veneta, compreso lo stesso centro storico cittadino, mentre evidenziano come le estremità lagunari si stiano abbassando con velocità fino ad 3-4 mm/anno, in conseguenza di una maggiore componente naturale, della ripresa di estrazioni d'acqua dal sottosuolo (nella zona settentrionale) e di processi di tipo geochimico (nella zona meridionale).

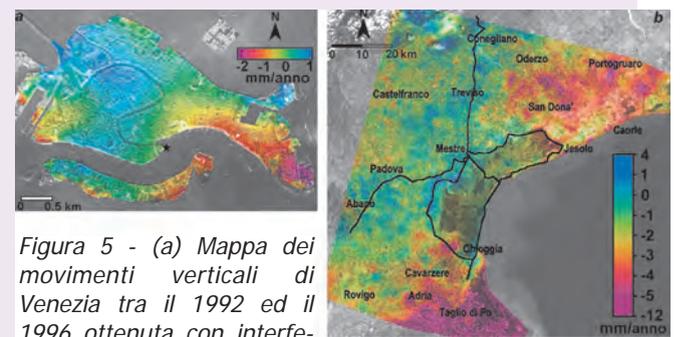


Figura 5 - (a) Mappa dei movimenti verticali di Venezia tra il 1992 ed il 1996 ottenuta con interferometria differenziale SAR; (b) movimenti verticali dell'area veneta tra il 1992 ed il 2000 ottenuti con il sistema di monitoraggio integrato.



180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

IL SONDAGGIO CARG-FVG AZZANO DECIMO:

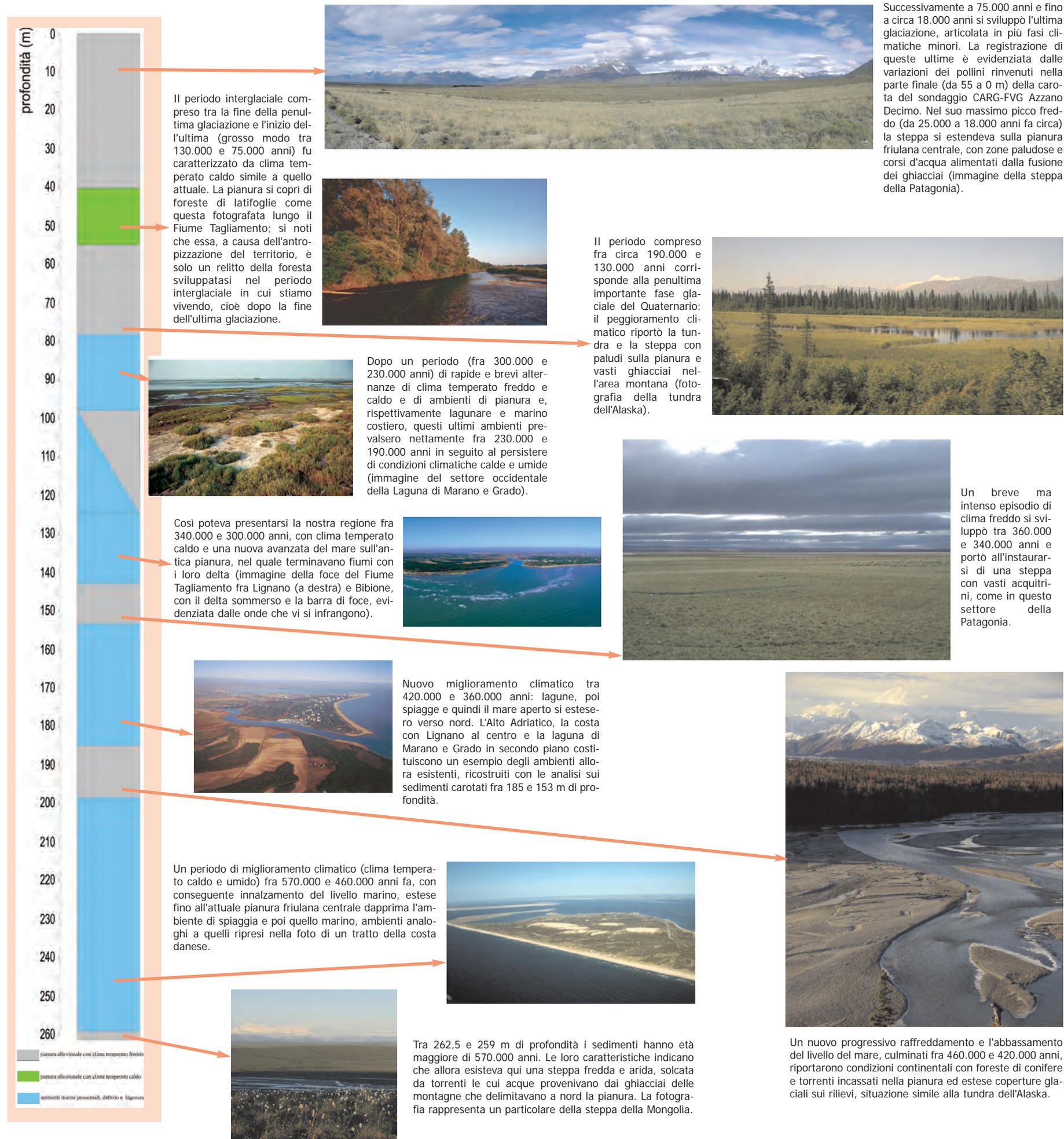
LA REGISTRAZIONE DI 600.000 ANNI DI CAMBIAMENTI CLIMATICI ED AMBIENTALI NEL FRIULI CENTRALE

Al margine sud-occidentale dell'area coperta dal Foglio geologico 086 San Vito al Tagliamento è stato realizzato nel 2003 il sondaggio a carotaggio continuo Azzano Decimo, che ha raggiunto la profondità di 262,5 m dal piano campagna.

Sui sedimenti carotati e sul loro contenuto fossilifero (pollini e vari organismi di ambiente lagunare o marino) è stata eseguita una vasta serie di indagini. Oltre a datare i sedimenti fra 18.000 e quasi 600.000 anni fa, le analisi hanno permesso di ricostruire uno spettacolare succedersi ed alternarsi di climi diversi (da temperato freddo e arido, a temperato caldo, ad oceanico), accompagnati da rapidi cambiamenti della vegetazione (da steppa fredda e arida a foreste di conifere oppure di latifoglie).

Ma i cambiamenti climatici e di vegetazione sono stati a loro volta accompagnati dal succedersi ed alternarsi degli ambienti, da quello di pianura con fiumi a canali intrecciati, com'è ora in questa parte della pianura friulana, a quello di pianura prossima alla costa, al lagunare, al marino costiero, a quello di mare aperto.

Partendo dal basso, cioè dai sedimenti più antichi, una serie di immagini di paesaggi attuali illustra gli effetti sull'ambiente prodotti dai cambiamenti climatici avvenuti nel recente passato.

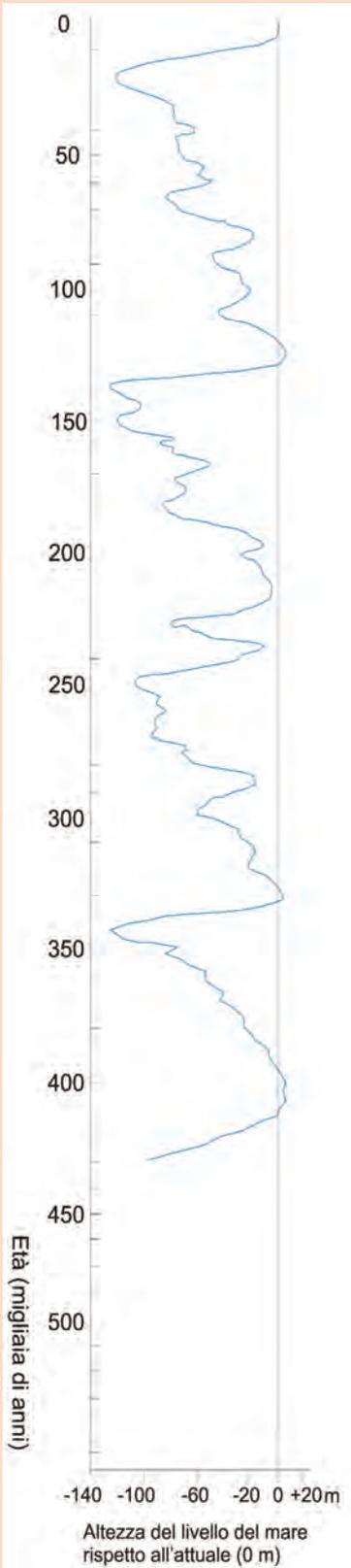




cambiamenti climatici



Il clima negli ultimi 500.000 anni



Curva delle variazioni del livello marino (oscillazioni glacio-eustatiche) negli ultimi 450.000 anni. Il livello del mare si abbassa durante i periodi glaciali, quando enormi quantità d'acqua solidificano e formano i ghiacciai delle montagne e le masse glaciali delle calotte polari e delle alte latitudini. Viceversa, lo scioglimento dei ghiacci negli intervalli di clima caldo (periodi interglaciali) provoca l'innalzamento del livello del mare, che perciò si estende su vaste aree costiere. Oggi ci troviamo in una fase di forte innalzamento del livello del mare, tipico di un periodo interglaciale caratterizzato da clima temperato caldo.



Alternanza di sabbie e fanghi, depositi marino davanti alla foce di un fiume.

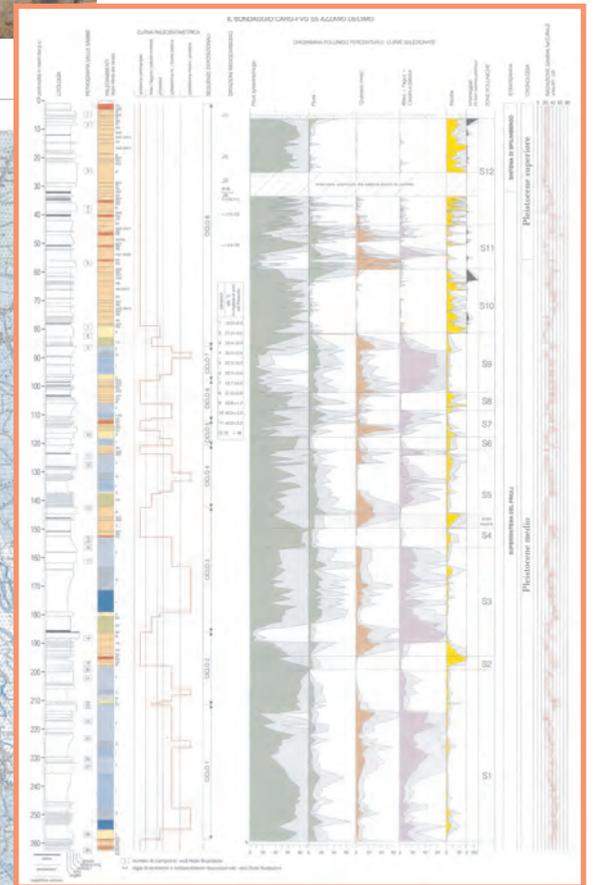
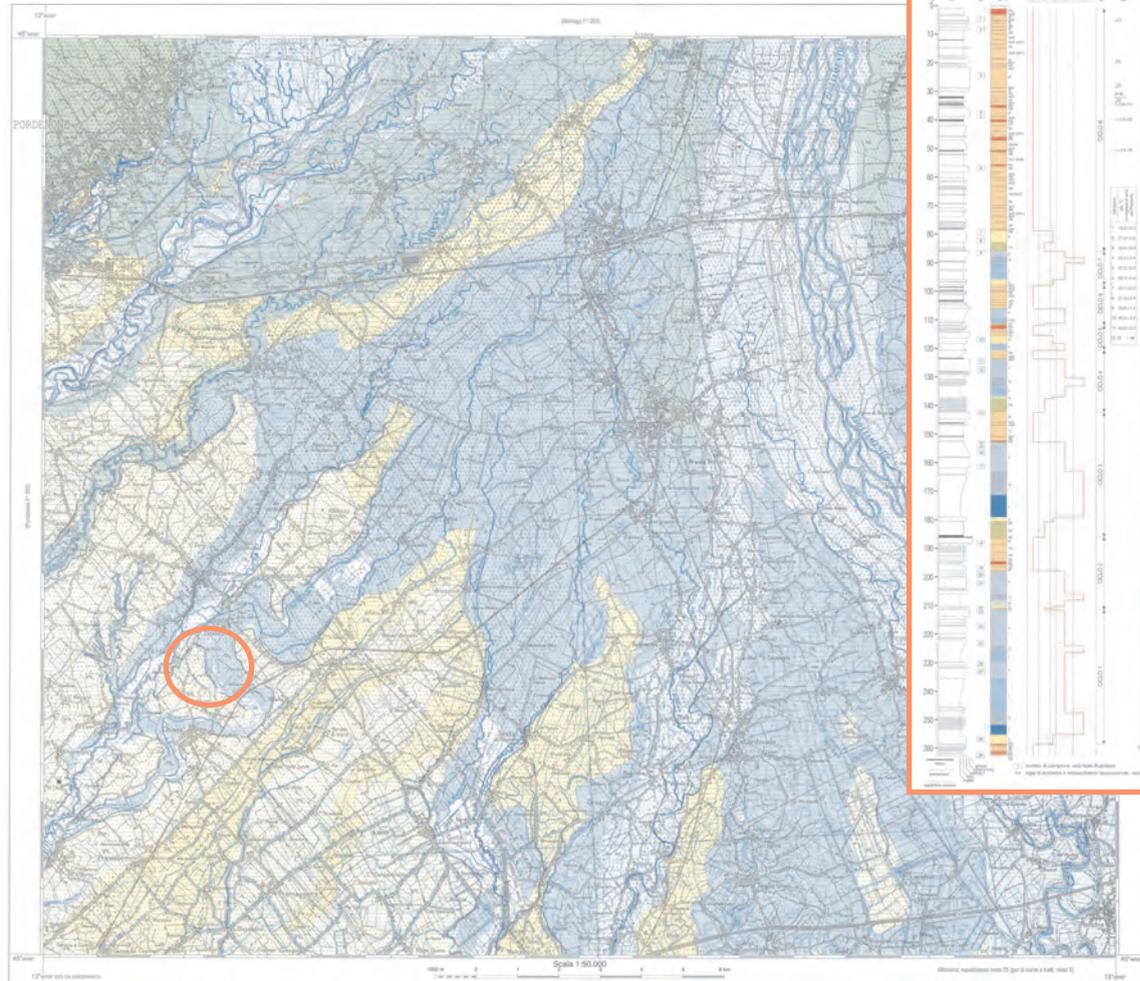


Sovrapposizione di sabbie di spiaggia con frammenti di conchiglie su sedimenti fini di mare aperto.



La pianura attuale in corrispondenza del settore orientale del Foglio geologico San Vito al Tagliamento. Essa appare drasticamente modificata dall'Uomo, in particolare con la distruzione della foresta di latifoglie che ancora la rivestiva all'inizio della conquista romana. Ma anche oggi come allora essa appare dominata dal Fiume Tagliamento, qui nella zona di transizione fra il tratto a canali intrecciati e quello a meandri.

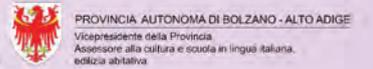
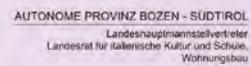
FOGLIO n° 86 SAN VITO AL TAGLIAMENTO



Allestimento scientifico:
Ilaria Bagnara, Katrin Lang, Volkmar Mair,
Ludwing Noessing

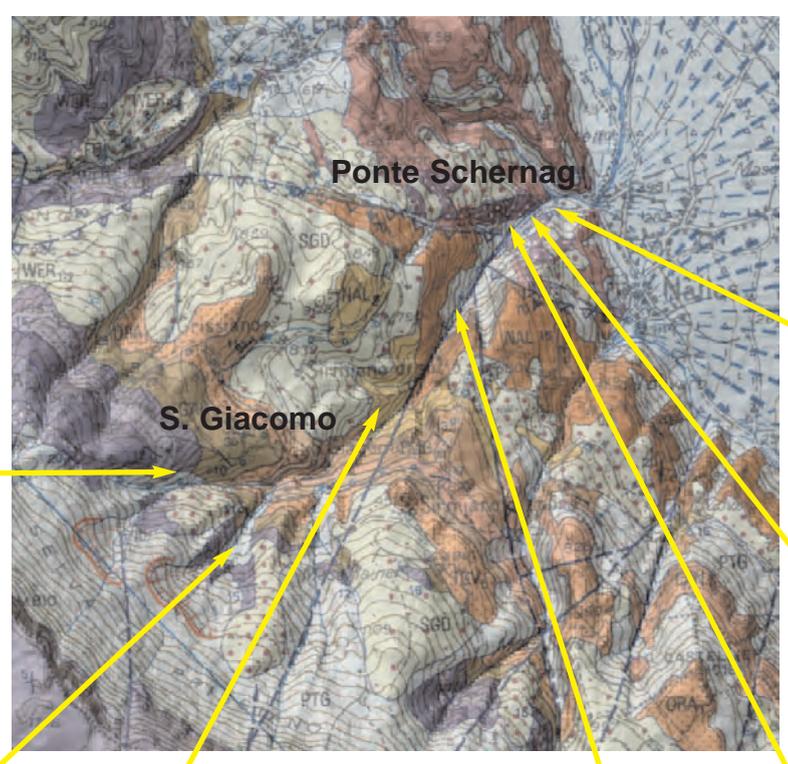
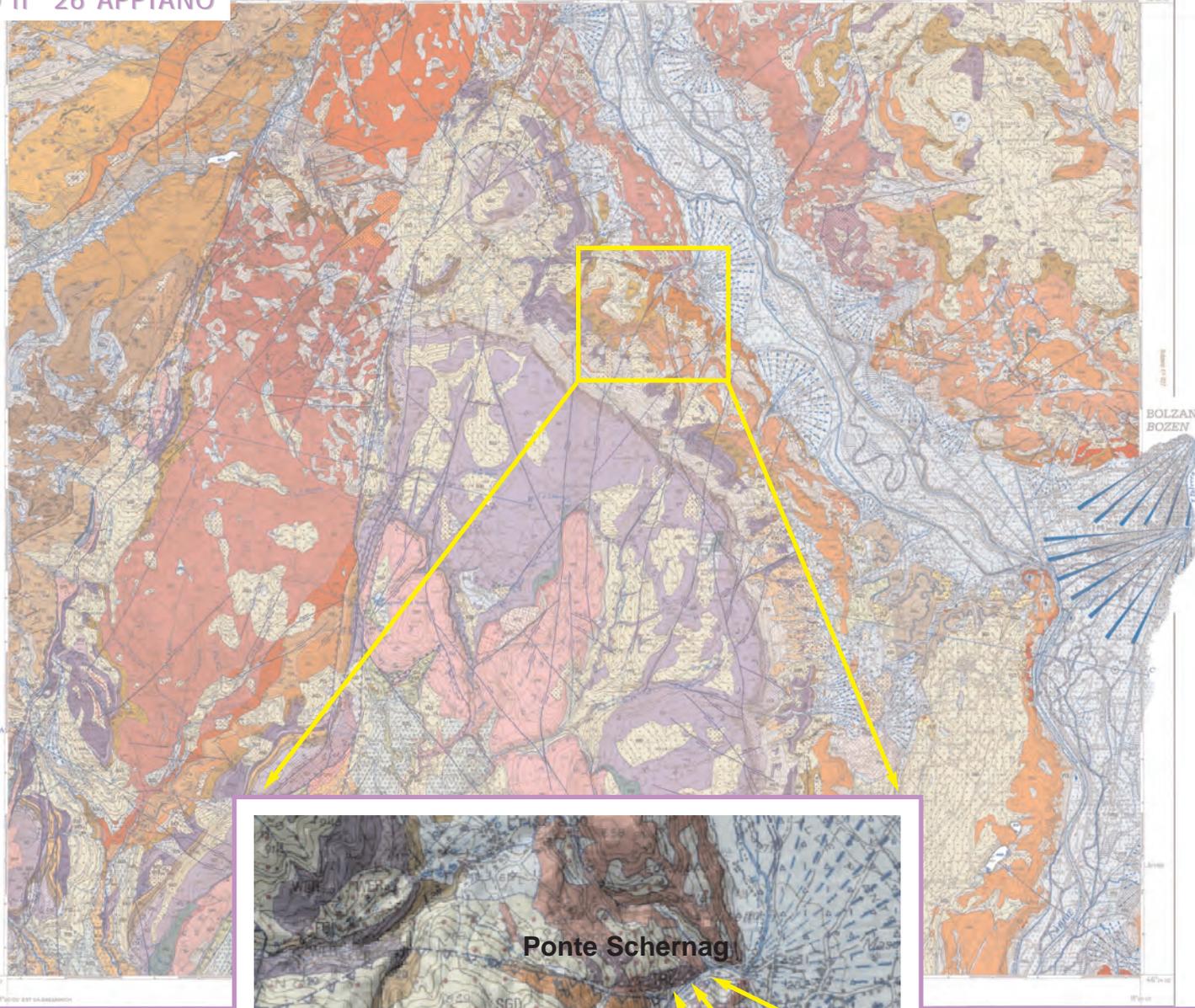
Coordinamento:
Marco Pantaloni

Allestimento iconografico:
Massimiliano Ronsisvalle



180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

FOGLIO n° 26 APPIANO



ZONA DI DISTACCO



ZONA DI ACCUMULO



ZONA DI TRASPORTO





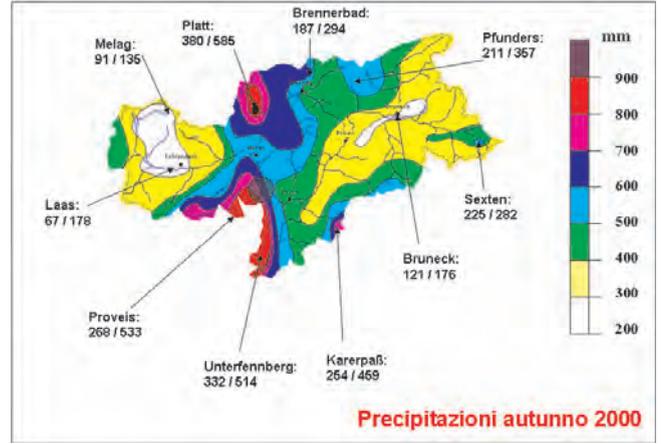
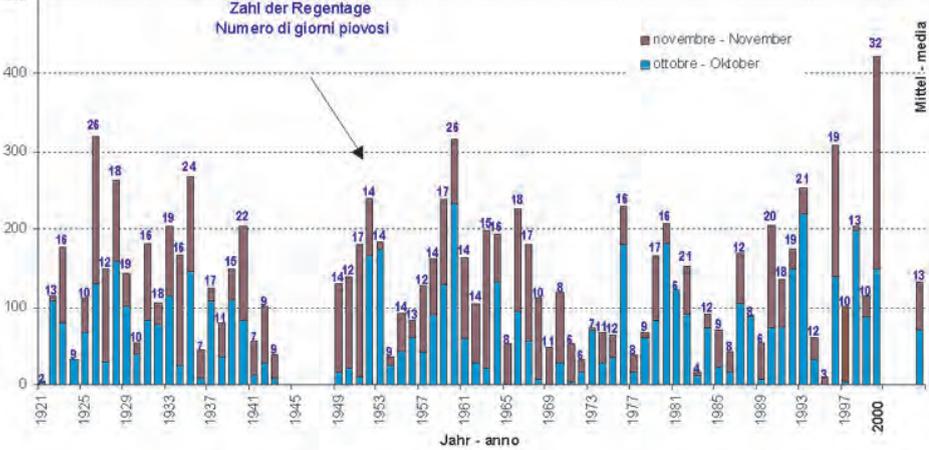
rischi naturali



Frane in roccia: come si attivano?

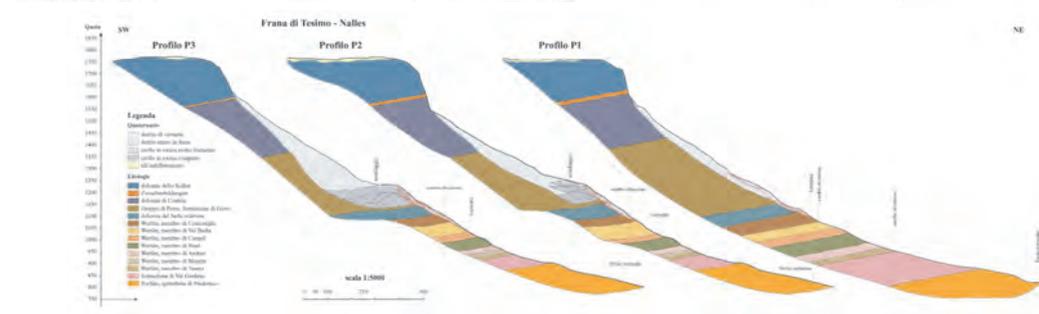
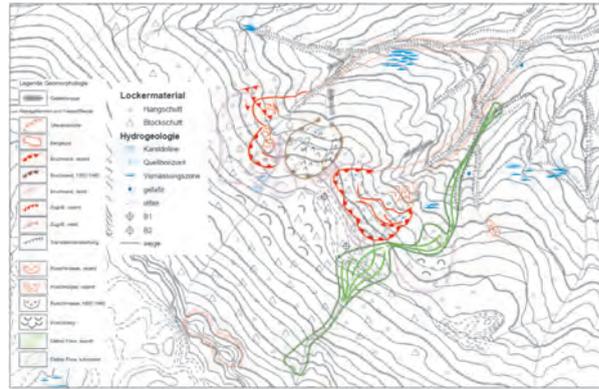
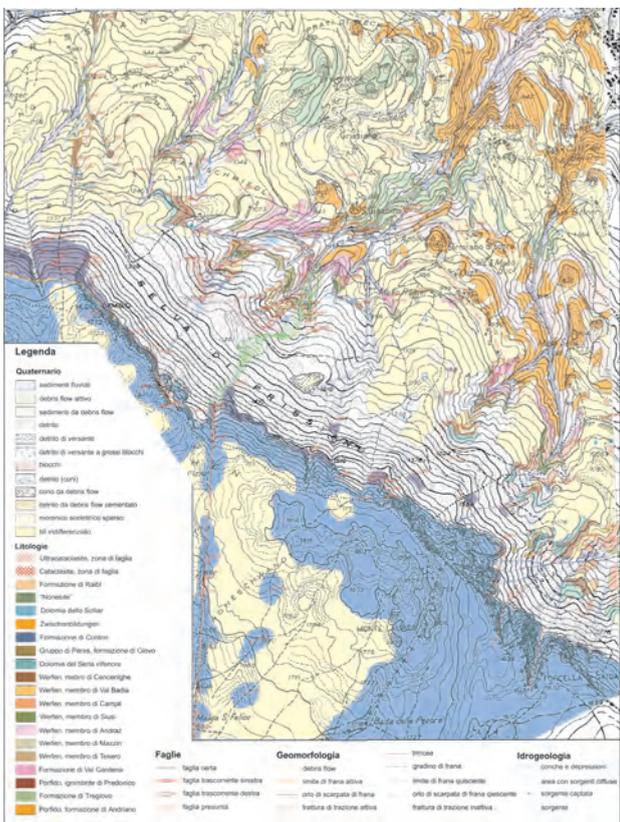
CAUSE DI INNESCO

Il principale fattore di innesco è da attribuirsi alle intense e prolungate precipitazioni che si sono verificate nell'autunno del 2000



SOLUZIONE

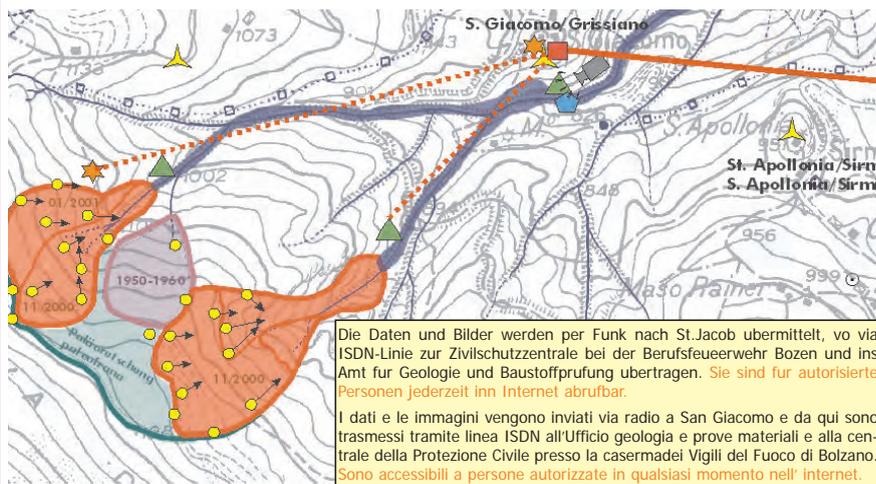
Analisi dettagliate della situazione geologica



OPERE DI PROTEZIONE



SISTEMA DI MONITORAGGIO AUTOMATICO IN TEMPO REALE



- Il monitoraggio avviene tramite:
- 2 pluviometri: registrano la quantità di precipitazioni in un periodo di tempo (pioggia, neve, grandine)
- 3 geofoni: registrano le tipiche vibrazioni durante una colata di detrito (debris flow)
- 1 misuratore di livelli ad ultrasuoni: registra i livelli del materiale che passa la gola stretta sotto S. Giacomo
- 1 videocamera: consente di controllare direttamente la gola stretta sotto la chiesa di S. Giacomo
- punti tachimetrici: consentono la misura esatta della velocità e delle direzioni di movimento di diverse zolle della frana
- stazione di raccolta e trasmissione dati S. Giacomo

Die Daten und Bilder werden per Funk nach St. Jakob übermittelt, wo via ISDN-Linie zur Zivilschutzzentrale bei der Berufsfeuerwehr Bozen und ins Amt für Geologie und Baustoffprüfung übertragen. Sie sind für autorisierte Personen jederzeit im Internet abrufbar.
I dati e le immagini vengono inviati via radio a San Giacomo e da qui sono trasmessi tramite linea ISDN all'Ufficio geologia e prove materiali e alla centrale della Protezione Civile presso la casermette dei Vigili del Fuoco di Bolzano. Sono accessibili a persone autorizzate in qualsiasi momento nell'Internet.

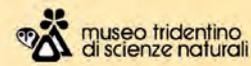


PROSPETTIVE FUTURE

Progetto pilota ALPSLOPE

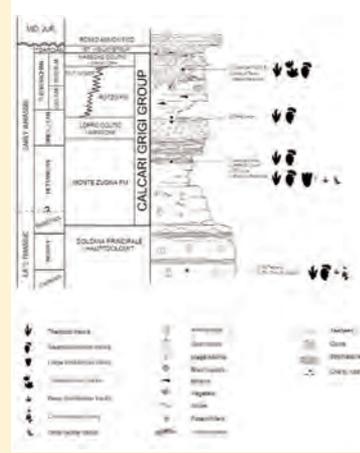
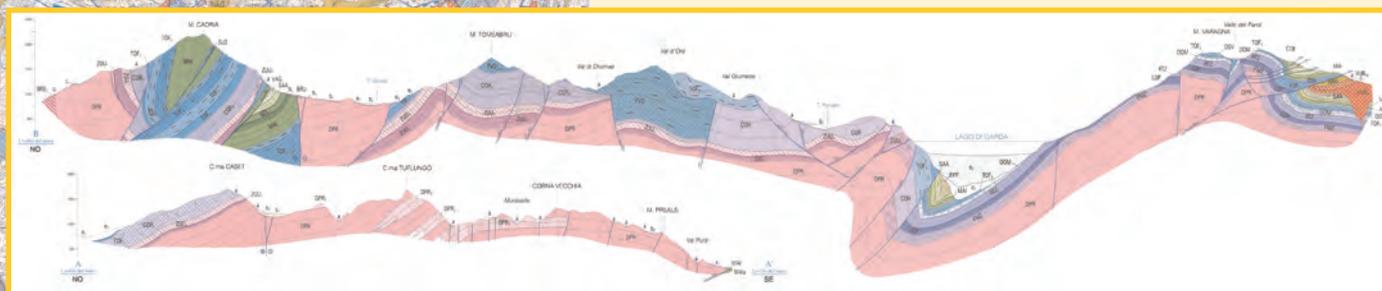
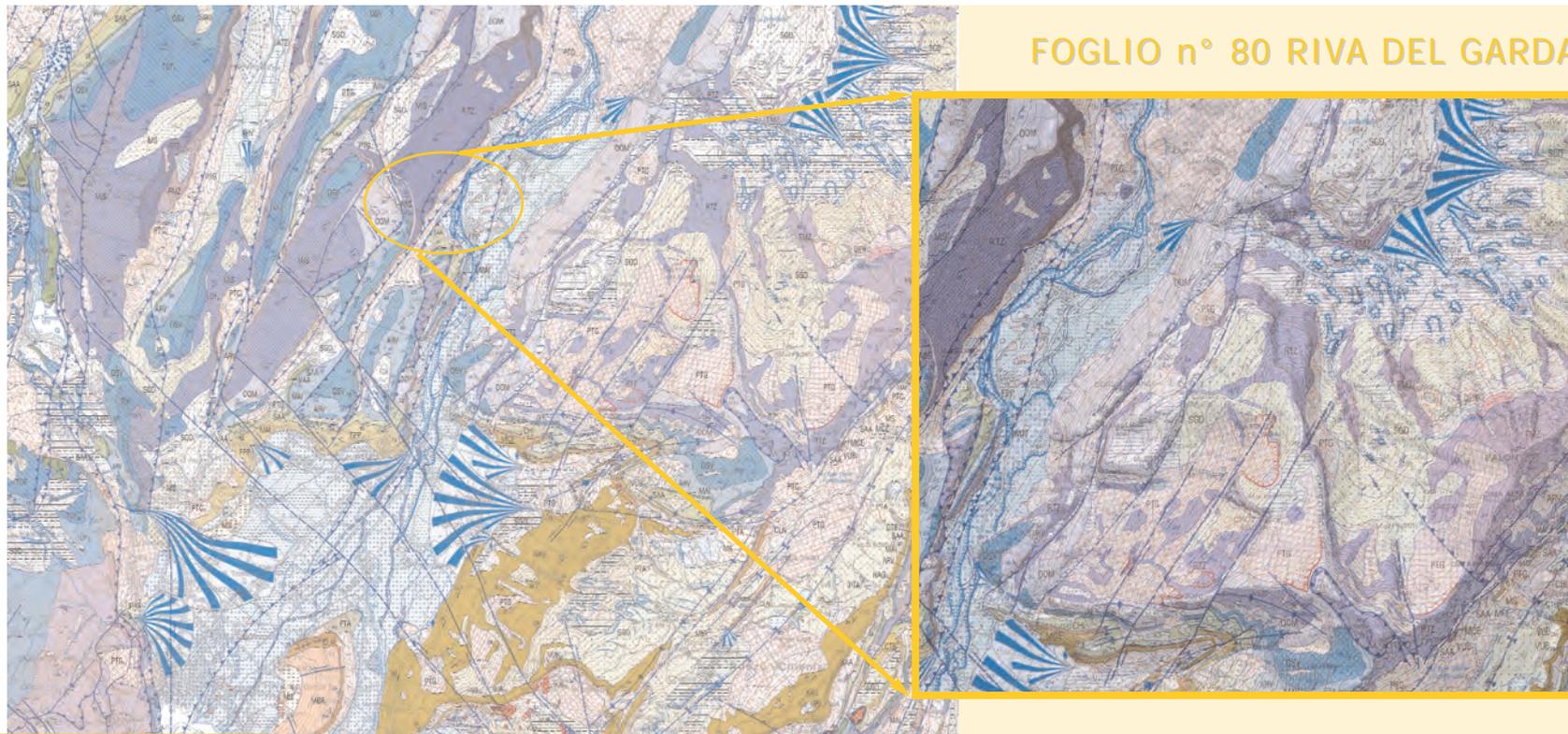


Allestimento scientifico:
Marco Avanzini, Fabio Massimo Petti
Coordinamento:
Marco Pantaloni
Allestimento iconografico:
Alessia Marinelli



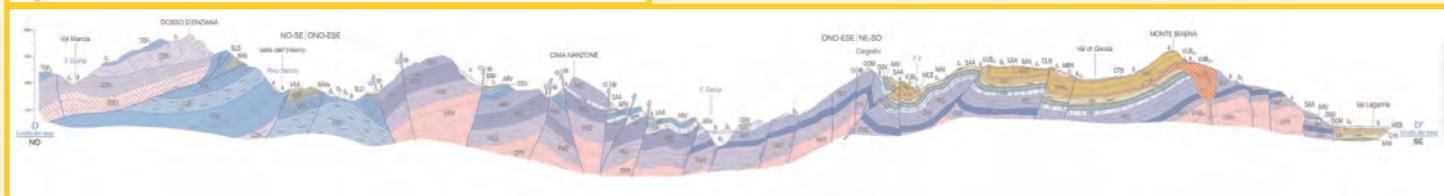
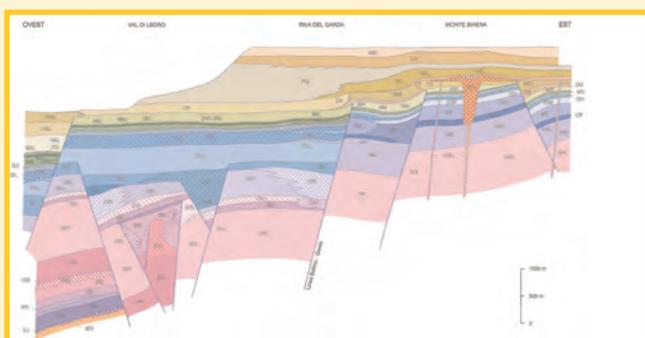
180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

FOGLIO n° 80 RIVA DEL GARDA



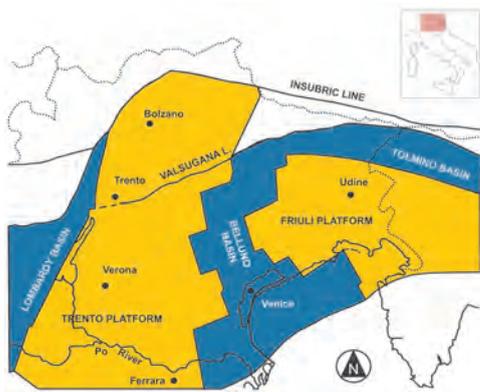
L'icnosito delle Coste di Anglone fa parte di una successione carbonatica di mare poco profondo nota nella letteratura geologica con il nome di Gruppo dei Calcarei Grigi. Questo gruppo è stato suddiviso nell'ambito del Progetto CARG in quattro formazioni, la Formazione di Monte Zugna, il Calcare oolitico di Loppio, la Formazione di Rotzo (che comprende il membro di Tovel) ed il Calcare oolitico di Massone. Il Gruppo dei Calcarei Grigi è attribuibile al Giurassico Inferiore, e più precisamente all'intervallo Hettangiano-Pliensbachiano superiore.

Le orme di dinosauro si sono conservate nella parte mediana del membro di Tovel (Formazione di Rotzo), di età Sinemuriano superiore-Pliensbachiano; questa porzione del Membro di Tovel è costituita da calcari a tessitura grossolana e prevalentemente subtidali a cui si intercalano livelli a tessitura fine e laminati. Le orme provengono da uno di questi ultimi livelli, riferibile da un punto di vista paleoambientale a piccole lagune localizzate sul margine di una vasta piattaforma carbonatica.

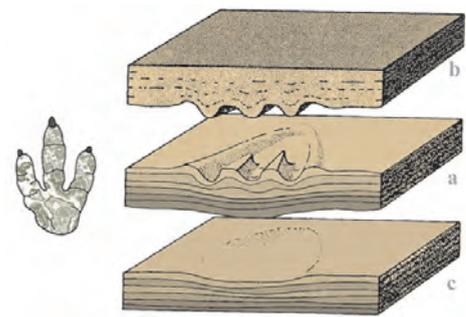


Nell'aprile del 2007 sono state scoperte centinaia di orme di dinosauro in un affioramento nelle vicinanze di Dro, in valle del Sarca, nel settore nordorientale del foglio 080 Riva del Garda. Il sito è ubicato lungo il versante orientale del Monte Brento, in località Coste dell'Anglone.

Le orme sono state riconosciute su ampie superfici di strato aventi un'inclinazione di circa 30° e sono per lo più organizzate in piste, talora di lunghezze ragguardevoli (50 m).



Il nuovo icnosito si aggiunge ai numerosi già noti nelle Alpi meridionali, ed in particolare in Trentino Alto Adige. Rappresenta anche una chiave di lettura per spiegare la presenza delle orme di dinosauri, rinvenute nel 1999 sulla superficie di grandi blocchi appartenenti alla frana delle marocche di Dro, visibile nella carta geologica a sud del Lago di Cavedine.



Gli icnologi spiegano la preservazione delle orme come un processo legato al loro essiccamento ad opera del sole e dell'atmosfera, al loro conseguente indurimento ed al loro successivo seppellimento ad opera di nuovi sedimenti che ne garantiscono la conservazione sino ai giorni nostri (a). Ma non è questo l'unico meccanismo. Esse si possono conservare anche come sottoimpronte, ossia orme formatesi negli strati sottostanti il livello realmente impresso (c).

Questa tipologia di orme fossili ha un alto potenziale di conservazione, poiché esse risultano già seppellite al momento della loro formazione, ed è legata

alla natura dei sedimenti su cui vengono impresse.

Per gli icnologi (gli studiosi delle tracce fossili), un'orma è ricca di indizi. E' innanzitutto la sua forma a dirci se l'autore era un animale carnivoro od erbivoro, se camminava a due o a quattro zampe, se era un cucciolo od un adulto. Confrontando l'orma con scheletri fossili è possibile avere indicazioni sull'aspetto, il peso e le dimensioni dell'animale che l'ha prodotta. Studiando la distanza tra un'impronta e l'altra nelle piste fossilizzate si può calcolare la velocità di spostamento. E' possibile capire come si comportava l'animale che l'ha impressa, se era solo o in gruppo, se stava scappando o inseguendo una preda.



L'analisi delle piste oltre a fornire un quadro della variabilità delle orme, ha consentito di risalire tramite formule empiriche alle dimensioni, al peso e alla velocità degli individui che le hanno prodotte. Le orme attribuite a Kayentapus e Anchisauripus sono riferibili a teropodi di medie dimensioni (circa 6 metri di lunghezza), pesanti fino a 300 kg.



Le orme di dinosauro delle Coste dell'Anglone sono tutte tridattile (presentano l'impressione di tre dita) e sono riferibili ad animali bipedi, attribuibili sia al gruppo dinosauriano dei Teropodi (a dieta carnivora) che degli Ornitopodi (a dieta erbivora).

Le analisi preliminari hanno consentito l'individuazione di almeno quattro distinte tipologie di impronte di cui due attribuibili agli icnologi Kayentapus isp. e Anchisauripus isp.



il Dinosaurio

Su un grande blocco calcareo, in apparenza uno dei tanti massi dell'enorme frana delle Marocche di Dro, è scolpito in modo indelebile un significativo frammento del nostro lontano passato.

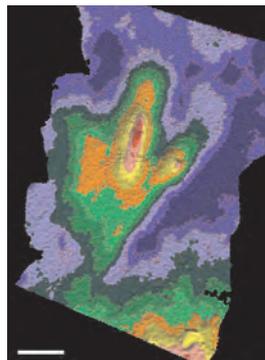
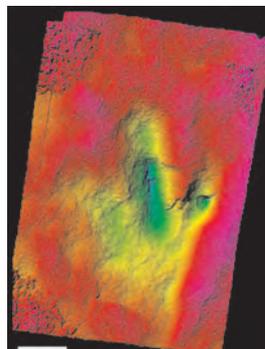
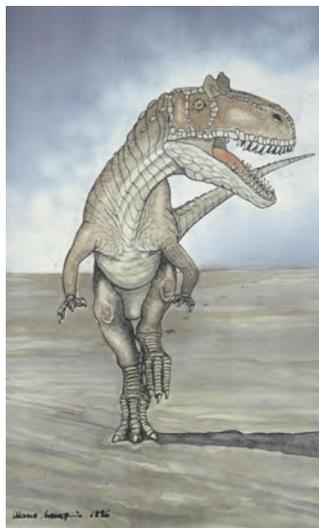
Si tratta di una pista di dinosauro risalente a circa 200 milioni di anni fa, testimonianza fossile della presenza, o del passaggio di questi animali nella Valle del Sarca del periodo Giurassico inferiore.

Le caratteristiche della pista impressa sul grande blocco di frana delle Marocche di Dro, permettono di supporre che l'autore sia stato un dinosauro quadrupede erbivoro.

Dalle misurazioni eseguite sulla pista e sulle orme è stato possibile stimarne le dimensioni e l'andatura.

Si trattava di un animale simile allo Scelidosaurio, con il corpo parzialmente ricoperto di placche ossee, antenato giurassico degli Stegosauri e Ankylosauri, i dinosauri "corazzati" del Giurassico inferiore e Cretaceo.

Era un animale lungo poco più di tre metri che camminava lentamente sprofondando nel fango.



Il terzo morfotipo riconosciuto è invece attribuibile a teropodi di piccole dimensioni, lunghi circa 3 metri e pesanti 70 kg; il quarto morfotipo analizzato, può essere riferito ad ornitiscidi graviportali (ornitopodi), lunghi fino a 6 metri e pesanti fino a 4 quintali. Le velocità ottenute nelle diverse piste variano tra i 2,5 ed i 20 km/h.



Si tratta della pista di un dinosauro di medie dimensioni, un quadrupede erbivoro lungo non più di 4 metri e pesante qualche centinaio di chili, il suo corpo era tozzo e si muoveva lentamente (1-2 km/h) con un'andatura irregolare che lo faceva sprofondare nella sabbia oolitica bagnata. Forse era uno Scelidosaurio, erbivoro leggermente corazzato antenato del più famoso Stegosaurio.

Per la facile accessibilità al blocco, è stato allestito un sentiero che parte dalla strada provinciale 214 del Lago di Cavedine e raggiunge la superficie con le orme dove il visitatore può trovare alcune informazioni sulla geologia del luogo e sulle orme di dinosauro.



Sono conservate sulla superficie di cinque grandi blocchi di calcare disposti disordinatamente sull'accumulo di frana di "Kas". Quattro di essi appaiono essere parte di un medesimo strato crollato dalla cima del Monte Brento. La maggior parte delle orme sono disorganizzate e solo su uno dei blocchi, (MDK1), risulta chiara la presenza di una successione di passi.

I sorprendenti risultati ottenuti hanno evidenziato le enormi potenzialità di queste tecniche legate soprattutto all'oggettività dei modelli e alla possibilità di eseguire analisi quantitative accurate. L'utilizzo di queste tecniche, ancora in fase di sperimentazione, apre importanti scenari legati soprattutto alla documentazione virtuale e alla preservazione dei giacimenti paleontologici, molto spesso soggetti all'azione erosiva degli agenti atmosferici.



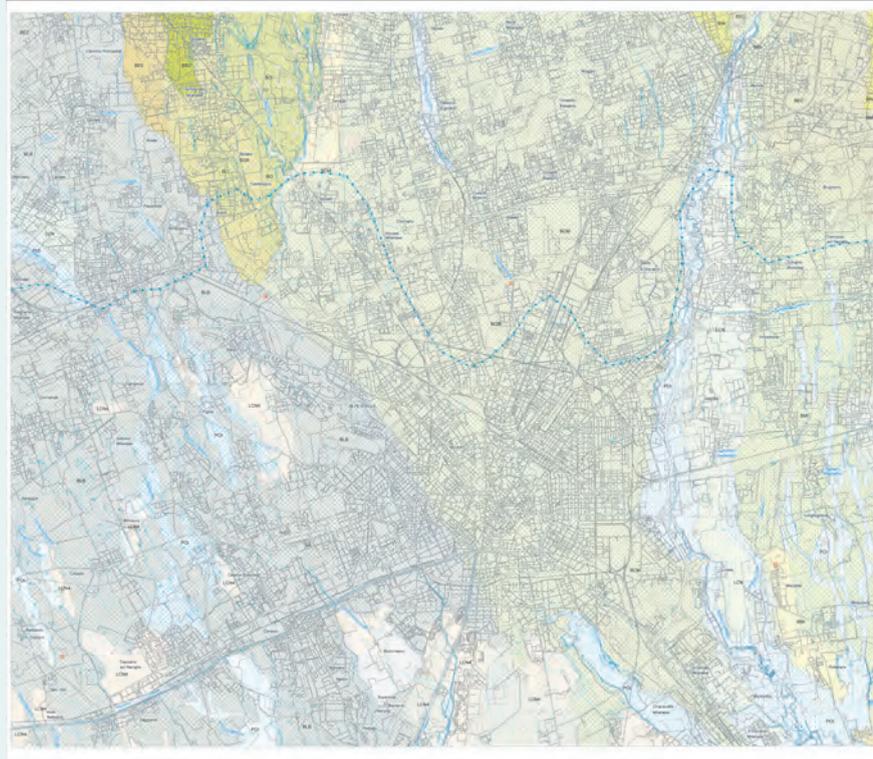
L'icnosito delle Coste dell'Anglone è stato anche oggetto di sperimentazione di nuove tecniche per lo studio delle orme. In particolare su questo giacimento sono stati applicati e testati l'applicazione della fotogrammetria digitale ad alta risoluzione e del laser scanner per l'analisi tridimensionale delle impronte di dinosauro.

Allestimento scientifico:
Vincenzo Francani, Andrea Piccin, Fabrizio Berra, Ivo Rigamonti, Daniela Battaglia, Silvia Rosselli, Giancarlo Scardia, Paola Gattinoni

Coordinamento:
Rita Maria Pichezzi

Allestimento iconografico:
Fernanda Pilato

180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE



- Sistema del Po**
Ghiaie a supporto clastico e di matrice sabbiosa limosa, sabbie ghiaiose, sabbie e limi, alterazione di ghiaie e sedimenti sabbiosi/limosi (depositi fluviali). Superficie limite superiore con profilo di alterazione da poco a moderatamente evoluti (Enfiteusi e Inceptisoli); colori 10YR-2,5Y. Importante evoluzione del sistema fluviale di età storica (romana) nelle aree meridionali del fiume Lambro.
Pleistocene superiore - Olocene
- Sistema di Canto**
Ghiaie a matrice sabbiosa, con intercalazioni di sabbie (depositi fluviali); sabbie, sabbie limose, limi e limi sabbiosi sovrapposti a intercalazioni (depositi fluviali) di bassa energia. Superficie limite superiore con profilo di alterazione di circa 1 m (area Olocene), da moderatamente evoluti a evoluti (Inceptisoli e Alfisoli); colori 10YR e 2,5Y.
Pleistocene superiore
- Subsistema di Ronchetto delle Rane**
Sabbie, sabbie limose e limi, da massi a limoniti; limi e limi argillosi, prevalentemente massivi (depositi fluviali) a bassa energia (10YR-2,5Y).
Pleistocene superiore
- Supersistema di Besenote**
- Sistema di Minoprio**
Ghiaie a matrice sabbiosa o sabbiosa limosa (depositi fluviali); sabbie ghiaiose, sabbie e sabbie limose (depositi di esondazione). Superficie limite superiore con profilo di alterazione < 2 m, colori 7,5YR. Priva di evidente copertura lessico-culturale.
Pleistocene medio - Pleistocene superiore
- Sistema di Cadorago**
Ghiaie a matrice sabbiosa o sabbiosa limosa (depositi fluviali); sabbie, sabbie limose, limi e limi sabbiosi sovrapposti a intercalazioni (depositi fluviali) di bassa energia. Superficie limite superiore con profilo di alterazione < 2 m, colori 10YR-2,5Y. Priva di evidente copertura lessico-culturale.
Pleistocene medio - Pleistocene superiore
- Sistema di Caronno Pertusella**
Ghiaie a matrice sabbiosa o sabbiosa limosa (depositi fluviali); sabbie ghiaiose, sabbie e sabbie limose (depositi di esondazione). Superficie limite superiore con profilo di alterazione < 2 m, moderatamente evoluti (Inceptisoli); colori 10YR. Priva di evidente copertura lessico-culturale.
Pleistocene medio - Pleistocene superiore
- Sistema di Cesano Maderno**
Ghiaie a matrice sabbiosa o sabbiosa limosa (depositi fluviali); sabbie limose (depositi fluviali) a base argillosa. Superficie limite superiore con profilo di alterazione < 2 m, da evoluti a moderatamente evoluti (Alfisoli e Inceptisoli); colori 7,5YR-10YR. Priva di evidente copertura lessico-culturale.
Pleistocene medio - Pleistocene superiore
- Sistema di Garbagnate Milanesi**
Ghiaie a matrice sabbiosa o sabbiosa limosa (depositi fluviali); sabbie limose (depositi fluviali) a base argillosa. Superficie limite superiore con profilo di alterazione > 2 m, evoluti (Alfisoli e subalfisoli); colori 7,5YR-10YR. Copertura lessico-culturale semplice.
Pleistocene medio - Pleistocene superiore
- Sistema di Albasciago**
Ghiaie a matrice sabbiosa o sabbiosa limosa (depositi fluviali); ghiaie a supporto clastico e di matrice limo sabbiosa (depositi di trasporto in massa - settore Niv del foglio). Superficie limite con profilo di alterazione < 2 m, moderatamente evoluti (Inceptisoli e subalfisoli); colori 10YR-2,5Y. Priva di evidente copertura lessico-culturale.
Pleistocene medio - Pleistocene superiore

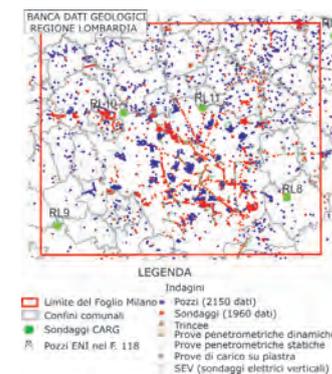
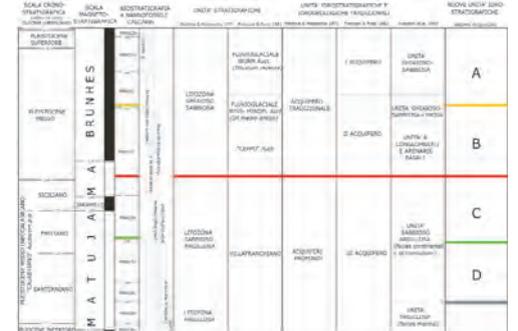
- Sistema di Guanzate**
Ghiaie a matrice sabbiosa o sabbiosa limosa (depositi fluviali). Superficie limite superiore erosionale, con profilo di alterazione > 2 m, evoluti (Alfisoli); colori 10YR-2,5Y. Copertura lessico-culturale semplice; spessore in diminuzione verso sud.
Pleistocene medio - Pleistocene superiore
- Sistema di Binago**
Ghiaie a matrice sabbiosa (depositi fluviali). Superficie limite superiore erosionale, con profilo di alterazione > 2 m, molto evoluti (Alfisoli e Ultisoli); colori 7,5YR.
Pleistocene Medio
- Supersistema del Bozzente**
Ghiaie massive pedogenizzate, a prevalente matrice sabbiosa argillosa, (depositi fluviali). Superficie limite superiore erosionale, con profilo di alterazione > 2 m, evoluti (Alfisoli e subalfisoli); colori 9YR-7,5YR. Marcata truncatura antropica dei suoli. Copertura lessico-culturale e stratigrafica complessa; orizzonti a frangere.
Pleistocene Medio
- Sistema di Solaro**
Ghiaie a matrice sabbiosa o sabbiosa limosa (depositi fluviali). Superficie limite superiore erosionale, con profilo di alterazione > 2 m, evoluti (Alfisoli e subalfisoli); colori 10YR-7,5YR.
Pleistocene Medio



Grazie alla collaborazione tra ENI e Regione Lombardia, nel 2002 è stata ricostruita la geometria di insieme del sottosuolo della pianura lombarda con la definizione di quattro gruppi acquiferi principali. Il quadro delineato è stato utilizzato per la realizzazione del Foglio "Milano" (Progetto CARG)

FOGLIO n° 118 MILANO

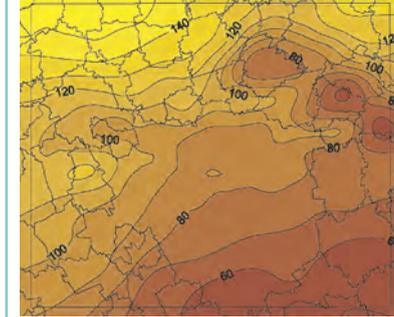
Schema dei rapporti stratigrafici



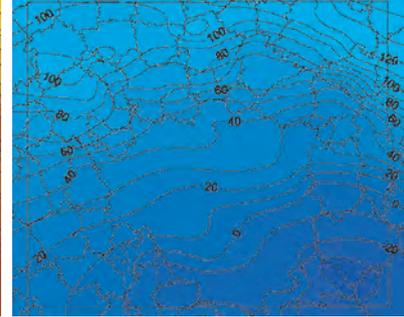
Proposta di legenda delle modificazioni antropiche



Base acquifero A

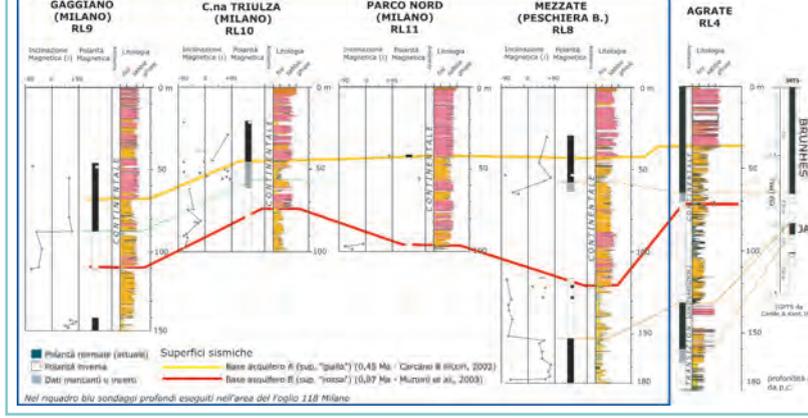


Base acquifero B ("acquifero tradizionale")



Le mappe riportano l'andamento delle superfici basali dei due acquiferi A e B.

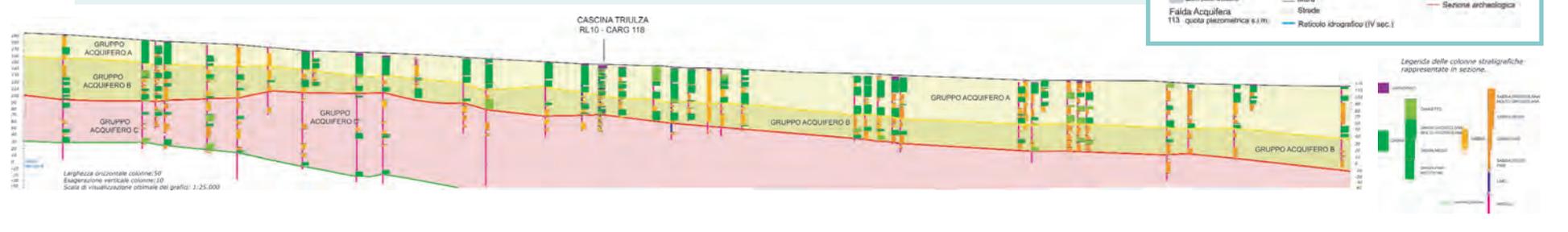
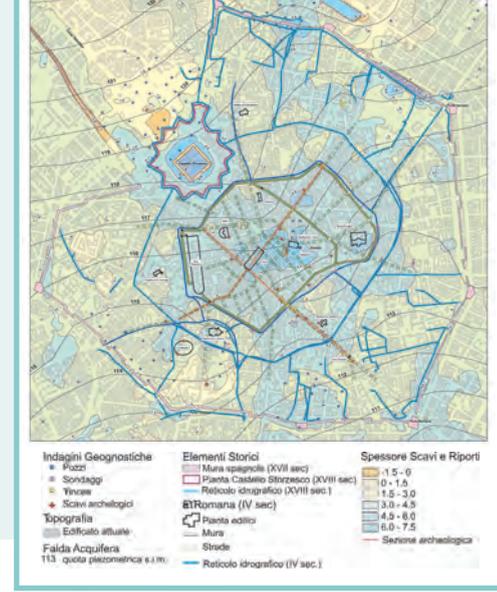
Analisi magnetostratigrafica dei sondaggi

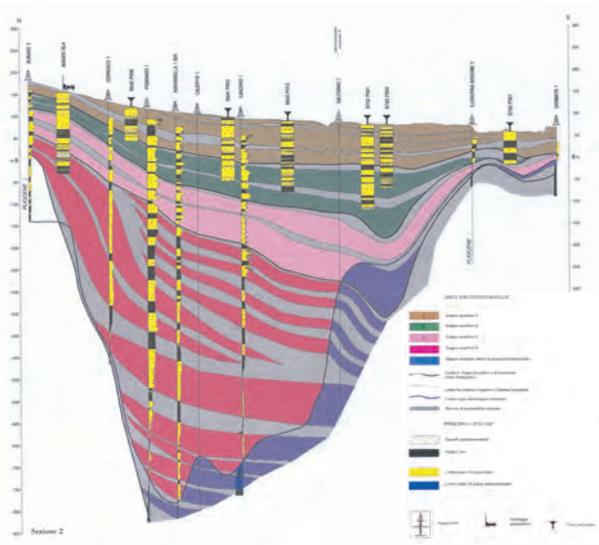


Lo studio del sottosuolo è stato condotto tramite indagini sismiche, analisi della banca dati, perforazione di 4 sondaggi coredati di analisi petrografiche, paleontologiche, magnetostratigrafiche sulle carote. Il quadro di riferimento è quello proposto in "Geologia degli Acquiferi Padani" ENI-RL, (2002) con la individuazione di quattro Gruppi Acquiferi legati alle Sequenze Deposizionali riconosciute nel bacino padano. Nel foglio sono state riconosciute le superfici di discordanza che separano i due Gruppi Acquiferi A e B (superfici Gialla e Rossa informali). Nello schema a lato sono riportate le correlazioni con le unità di sottosuolo tradizionali.

Le superfici basali dei due gruppi acquiferi (sup. "gialla" e "rossa"), identificate nel corso dall'analisi stratigrafica delle carote, sono state investigate tramite indagini magnetostratigrafica. Nel riquadro a fianco sono riportati i risultati delle analisi condotte sui 4 sondaggi CARG del Foglio Milano raffrontate con quelle del sondaggio RL4 "AGRATE" perforato in anni precedenti (Carcano & Piccin, 2002). Le risultanze analitiche sono in buon accordo con il quadro temporale ricostruito per la Pianura Padana (Muttoni et al., 2003) secondo il quale la superficie basale dell'acquifero "B" è stata correlata con MIS 22 e segna l'inizio delle espansioni glaciali pleistoceniche.

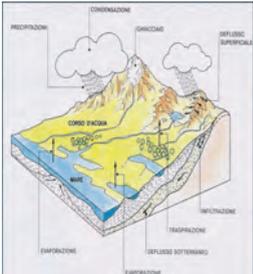
CARTA GEOARCHEOLOGICA DEL CENTRO STORICO DI MILANO





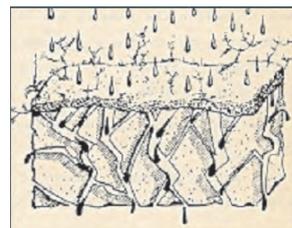
L'IDROGEOLOGIA - la scienza delle acque sotterranee: alcuni concetti

Il ciclo dell'acqua



L'evaporazione delle acque superficiali (oceani, mari, laghi ecc.) sotto l'azione del calore solare, produce vapore acqueo che si condensa in nubi e ricade sul globo terrestre sotto forma di pioggia, neve e grandine (acque meteoriche). Parte di queste acque scorre in superficie alimentando l'idrografia superficiale, parte si infiltra nel sottosuolo e tende a confluire in mare, chiudendo il ciclo.

Infiltrazione



- Fattori che la ostacolano:
- granulometria fine o assenza di fratturazioni;
 - forti inclinazioni topografiche;
 - assenza di vegetazione;
 - terreno già saturo;
 - forte intensità della precipitazione.
- Fattori che la favoriscono:
- granulometria grossolana o presenza di fratturazioni;
 - topografia pianeggiante;
 - presenza di vegetazione;
 - terreno asciutto;
 - ridotta intensità della precipitazione.

Gli acquiferi e le falde

Gli acquiferi sono depositi permeabili che possono contenere acqua e permetterne il flusso con una certa velocità. Le falde acquifere sono le riserve di acqua contenute nella porzione saturata di un acquifero. La superficie superiore di una falda viene definita superficie piezometrica.



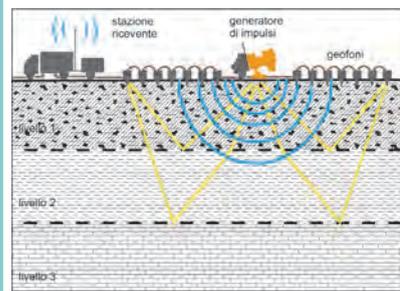
Permeabilità

E' l'attitudine di un terreno a farsi attraversare dall'acqua

- Tipi di permeabilità:
- per porosità;
 - per fessurazione e/o carsismo;
 - mista.
- Rocce e depositi permeabili:
- ciottoli e ghiaie;
 - sabbie;
- Rocce e depositi impermeabili:
- argille.



Griglia delle sezioni sismiche acquisite da ENI nel corso della ricerca petrolifera in Pianura Padana centrale. L'area del Foglio Milano è rappresentata in rosso



Schema di acquisizione dei dati sismici

Le indagini geofisiche permettono di trarre informazioni indirette sul sottosuolo, basandosi sui comportamenti fisici dei materiali presenti. Tra le indagini geofisiche più comuni ci sono le indagini sismiche (a riflessione o rifrazione) che si basano sui tempi di percorrenza di onde (generate da esplosioni controllate o da vibrazioni) attraverso il sottosuolo, registrate da appositi strumenti ("geofoni"). Poiché le onde sismiche si propagano a velocità diversa in mezzi a densità differente si possono distinguere le diverse rocce attraversate. I profili sismici permettono la ricostruzione delle geometrie di corpi geologici sepolti e sono tipicamente utilizzati per la ricerca del petrolio e più recentemente anche per gli studi degli acquiferi nelle zone di pianura.

LE SEZIONI SISMICHE: una radiografia del sottosuolo

Indagine sismica nella zona del bosco in Città (Milano)



Tramite un maglio il trattore genera le onde sismiche che si propagano nel sottosuolo



Geofoni e loro stendimento lungo la linea sismica



Registrazione degli impulsi in arrivo ai geofoni

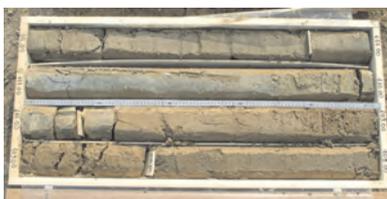


Esempio di tracciamento dei riflettori sismici principali registrati nel sottosuolo di Milano (area Bosco in Città) (CNR - IDPA Milano)



Sonda di perforazione

I sondaggi geognostici

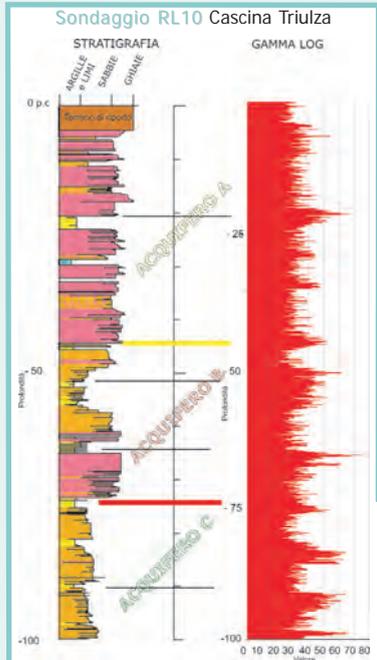


"Carote" di sondaggio

Per osservare direttamente le caratteristiche del sottosuolo è necessario effettuare sondaggi con prelievo del materiale attraversato ("carote"). I sondaggi sono fondamentali in aree dove i rilievi di superficie non forniscono informazioni geologiche sufficienti ad una corretta ricostruzione degli orizzonti del sottosuolo. Il recupero delle carote permette di riconoscere gli orizzonti più o meno permeabili utili a definire l'andamento delle falde acquifere, e ricavare molti parametri per la caratterizzazione geotecnica del terreno (plasticità, resistenza al taglio ecc.) necessari quando si realizzano edifici ed infrastrutture. I fori di sondaggio possono essere utilizzati per il monitoraggio del livello della falda nel terreno.



Località, sistema degli 11 sondaggi profondi eseguiti in Pianura Padana.



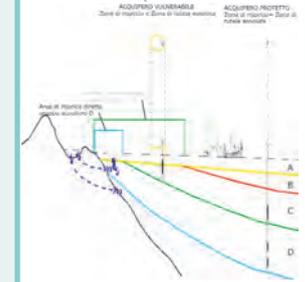
I sondaggi GAMMA-RAY



Quando la stratigrafia di un sondaggio o di un pozzo non è disponibile, si possono utilizzare altre forme di indagine che forniscono informazioni su vari parametri fisici dei terreni attraversati: si ricostruisce così in maniera indiretta la successione litologica (log geofisici). La sonda qui mostrata, ad es., registra la radioattività naturale, costituita dalle particelle gamma emesse da alcuni minerali presenti nel terreno. Le argille sono particolarmente ricche di questi minerali ed i loro "picchi" sono ben riconoscibili nei log.

Ricostruzione della successione stratigrafica e riconoscimento degli acquiferi principali (A,B,C). Si nota la buona correlazione tra la stratigrafia ricavata dal sondaggio e la ricostruzione derivata dal gamma log (i picchi marcano i livelli fini del terreno - argille - che costituiscono i limiti impermeabili degli acquiferi).

La tutela delle acque dall'inquinamento



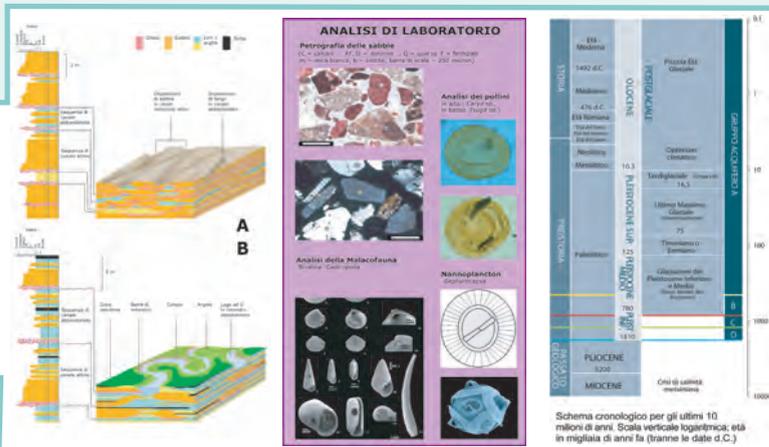
Ricostruire l'architettura degli acquiferi sia superficiali che profondi, è fondamentale per individuare le rispettive zone di ricarica (aree dove le acque superficiali si infiltrano nel terreno alimentando le diverse falde acquifere). E' qui che si devono concentrare le azioni di tutela per prevenire il degrado delle risorse idriche.

Gli ambienti del passato

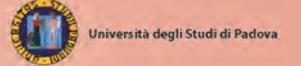
Sui terreni prelevati dalle carote è inoltre possibile effettuare numerose analisi (petrografiche, paleontologiche, palinologiche e magnetostratigrafiche) che permettono di ricostruire la storia geologica del territorio, la sua evoluzione ed i cambiamenti climatici subiti.

Dalla stratigrafia alla ricostruzione del paesaggio

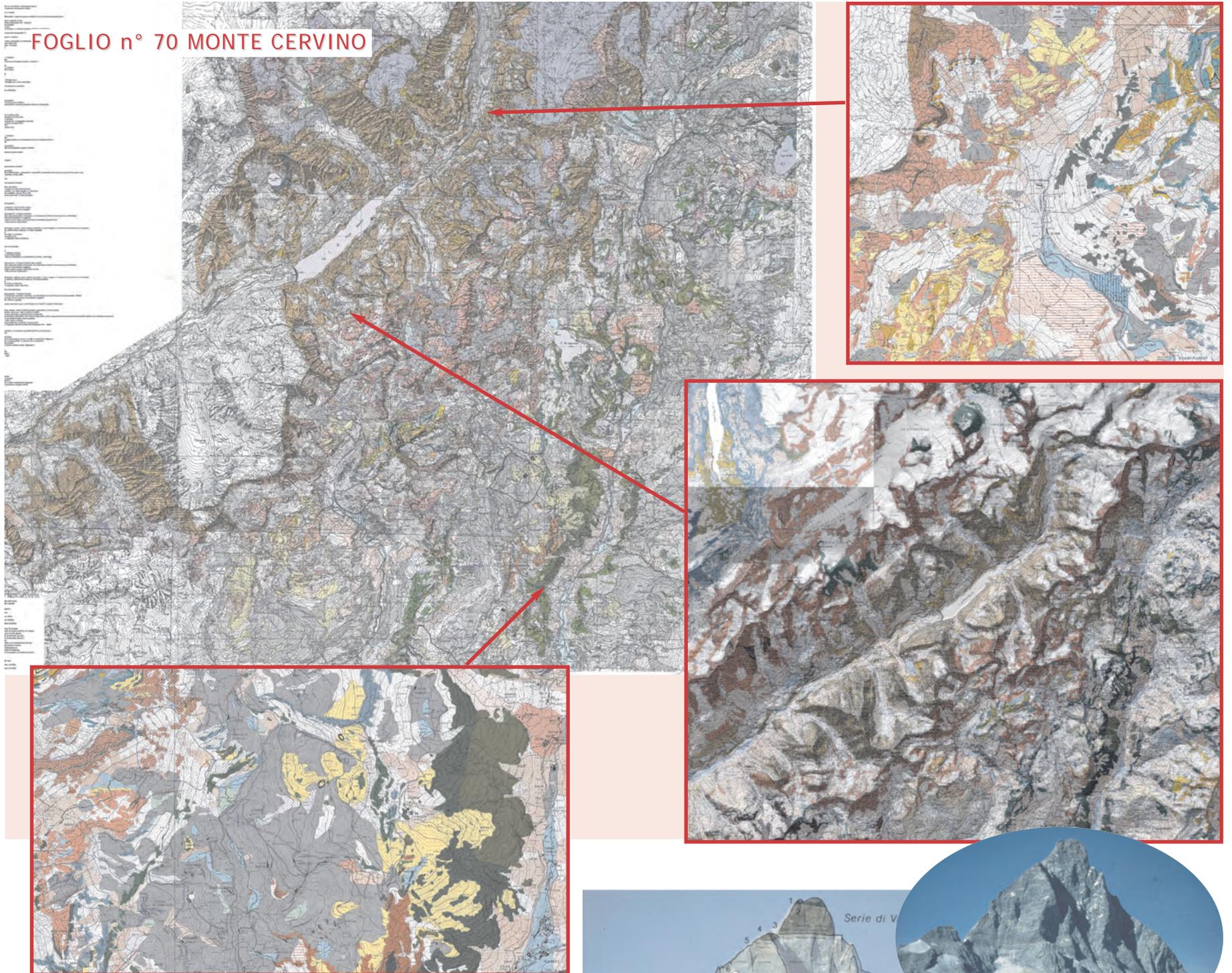
Le due stratigrafie qui rappresentate testimoniano: A un ambiente dove scorgono fiumi con molta energia che trasportano prevalenti ciottoli, ghiaia e sabbia grossolana formando canali intrecciati B pianura poco acclive (fiume a meandri) con prevalente trasporto di sabbia fine e limo. Il riconoscimento in un unico sondaggio della sovrapposizione di queste due stratigrafie testimonia il cambiamento subito dalla zona perforata durante la storia geologica. Queste variazioni sono spesso legate alle modificazioni climatiche che si sono succedute nel tempo (periodi glaciali e interglaciali).



Allestimento scientifico:
Giorgio Vittorio Dal Piaz, Bruno Monopoli
Coordinamento:
Marco Pantaloni
Allestimento iconografico:
Silvana Falchetti



180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE



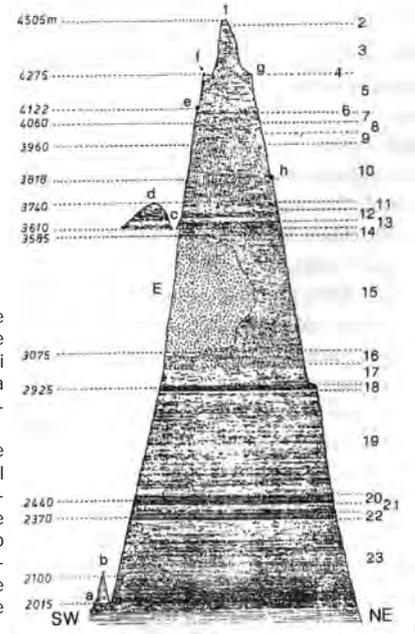
FOGLIO n° 70 MONTE CERVINO

Felice Giordano
Il primo geologo del Cervino

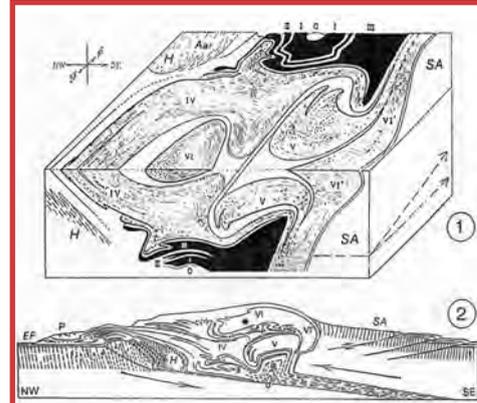


Ritratto di Felice Giordano eseguito da Fausto Cattaneo nel 1862.

Profilo geologico e quote del M. Cervino misurate con barometro Torricelli durante la traversata della "Gran Becca", 3-5 settembre 1868. Va notato che, nonostante la bizzarra forma del Cervino, con magnificazione della scala delle altezze per rappresentare meglio le nuove misure topografiche, l'assetto litologico è descritto con ammirevole precisione.



Le falde Penniniche nella ricostruzione 3D di Argand



Le falde Penniniche nella ricostruzione 3D di Argand tra la depressione tettonica della Valle d'Aosta (sezione anteriore) e la culminazione dell'Ossola-Ticino (lato NE). La pila delle falde da tetto a letto: Dent Blanche (VI) e Sesia-Lanzo (VI'), Monte Rosa (V), Gran San Bernardo (IV), Ricoprimenti Penninici inferiori (nero): Monte Leone (III), Lebedun (II), Antigorio (I), Verampio (0); Elvetico (H), Prealpi Romande e del Chiabiese (P), Avampaese europeo (EF), Alpi Meridionali (SA).

Geologia del M. Cervino, parete Sud

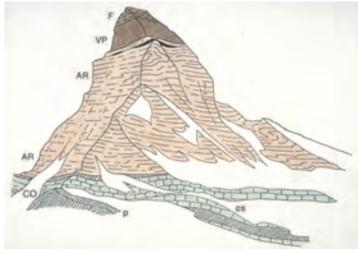
Il M. Cervino è uno "scoglio" di crosta continentale africana tralata durante l'orogenesi alpina sopra i relitti dell'oceano mesozoico (Bacino ligure-piemontese). La "testa" bruna del Cervino è costituita da crosta continentale profonda, di tipo kinzigitico, con metamorfismo varisco di alto grado (Serie di Valpelline di Argand). Al di sotto, con contatto milonitico, si osservano gli ortogneiss della Serie di Arolla (GA), in varietà massicce, occhiate o minutamente scistose, derivate da graniti e granodioriti di età permiana inf., con limitati micascisti basali (mc). La parte inferiore della parete è costituita da una grande lente di gabbri permiani (G), con parziale metamorfismo alpino, avvolti da una potente fascia di miloniti (m). Le successioni ofiolitiche sottostanti sono rappresentate da metasedimenti carbonatico-terrigeni (calcescisti: c) e da metabasalti in facies scisti verdi (prasiniti: p) appartenenti all'Unità del Combin (CO). Una descrizione dettagliata della geologia della via italiana al M. Cervino, dalla vetta (1) al Colle del Leone (10) e al Rifugio Duca degli Abruzzi (14), è esposta in Alp 137/1996 (La piramide misteriosa. Il Cervino dei Geologi).



l'interno della Terra



La piramide misteriosa. Il Cervino visto dai geologi



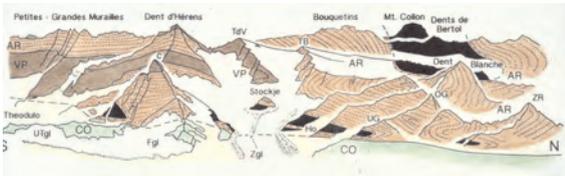
Classici schemi geologici del Cervino

- 1) Emile Argand (1909) - Panorama geologico della falda Dent Blanche (VP: Serie di Valpelline; AR: Serie di Arolla; nero: gabbri) e delle sottostanti successioni di calcescisti e pietre verdi mesozoiche della Zona del Combin (CO). Cervino (C), Tête de Valpelline (TdV), Tête Blanche (TB), Unter- (UG) e Obergabelhorn (OG), Zinal Rothorn (ZR).
- 2) Emile Argand (inedito 1929, con modifiche di Escher & Masson 1984) - Geologia delle pareti est (sinistra) e nord (destra) del M. Cervino.
- 3) Emile Argand (1934) - Parete ovest del M. Cervino: Serie di Valpelline (V), Serie di Arolla (A), gabbro (G), serpentiniti delle successioni ofiolitiche (S).



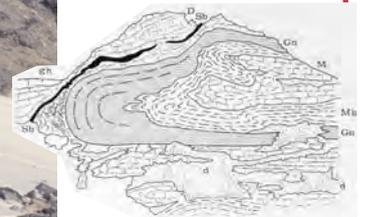
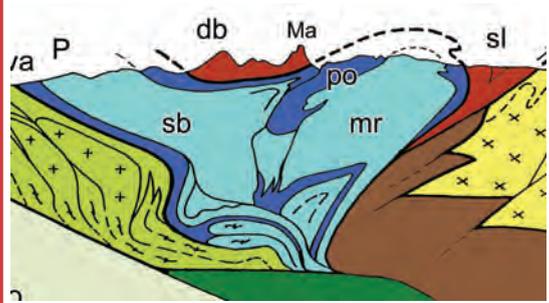
Punta Fontanella: pieghe megascopiche

Punta Fontanella, parete S: pieghe megascopiche nel basamento cristallino africano della Falda Dent Blanche: parascisti con intercalazioni chiare di marmi antichi.



La collisione continentale tra Cervino e Monte Rosa

a sinistra) IL PRISMA COLLISIONALE AUSTRALPINO-PENNIDICO rosso-bruno: austroalpino (margine adriatico); blu: unità ofiolitiche; celeste: unità pennidiche (margine europeo prossimale all'oceano). Monte Rosa (mr), Gran San Bernardo (sb) Dent Blanche (db, con il Cervino: Ma), Sesia-Lanzo (sl). Ofioliti piemontesi (po) e vallesane (va)
a destra) Panorama della sutura collisionale dalla P. Dufour (Monte Rosa): vista da W dal margine europeo (P. Dufour cresta W, in primo piano) al margine adriatico (Cervino, parete E), attraverso le ofioliti del Breithorn (parete N)



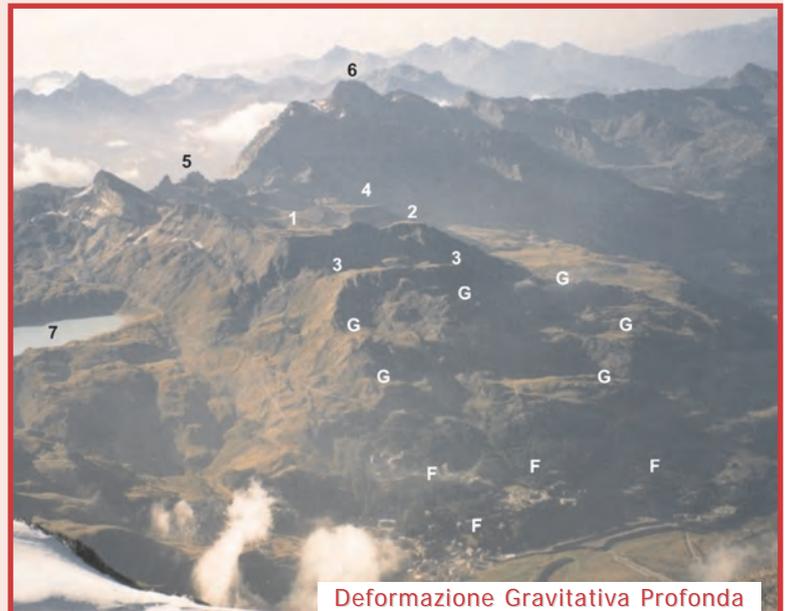
La grande piega del Mont Blanc du Creton

Basamento cristallino e coperture mesozoiche africane (Falda Dent Blanche, Unità di Arolla) nella grande piega coricata del Mont Blanc du Creton, a SW del Breuil (Cervinia): gneiss granitici (Gn) da protoliti del Permiano Inf., marmi e breccie sedimentarie (M), lenti dolomitiche (D), scisti neri (Sb) e calcescisti bruni (Mb); detrito di falda (d).



Frana alla cheminée del M. Cervino

Frana della Cheminée, lungo la via italiana (Cresta del Leone) al M. Cervino, estate 2003, prima (destra) e dopo (sinistra) l'evento (notare come riferimento la corda). La frana ha fatto crollare l'intero sperone a sinistra della corda, eliminando il diedro e mettendo a nudo la grande lastra di ghiaccio che riempiva una frattura preesistente. (per la cortesia della Guida alpina Lucio Trucco, Valtournanche).



Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV) della Motta di Pletè, Cervinia

La grande deformazione gravitativa della Motta di Pletè, sopra Cervinia, vista dal Mont Ros. La deformazione si è sviluppata in successioni mesozoiche della Zona piemontese, suborizzontali o con dolce pendenza a franappoggio. Il ripiano Motta di Pletè Nord (1) e Ovest (2) costituisce il tratto di una larga spalla glaciale rimasto in posto; al di sotto (in ombra) il ripiano della faglia gravitativa che ha ribassato e ruotato il ripiano 3-3, in origine contiguo a 1-2, e a quote più basse una serie di altri ripiani variamente dislocati (G), sino ai grandi accumuli delle frane frontali (F) che raggiungono Cervinia e si sovrappongono a limi glaciali. In secondo piano, il blocco apparentemente in posto del Gran Collet (4), staccatosi dalla cresta delle Cime Bianche (5) e scivolato per alcuni km lungo un thrust a basso angolo, lubrificato da evaporiti triassiche. 6) Grand Tournalin, 7) Lago Gouillet.



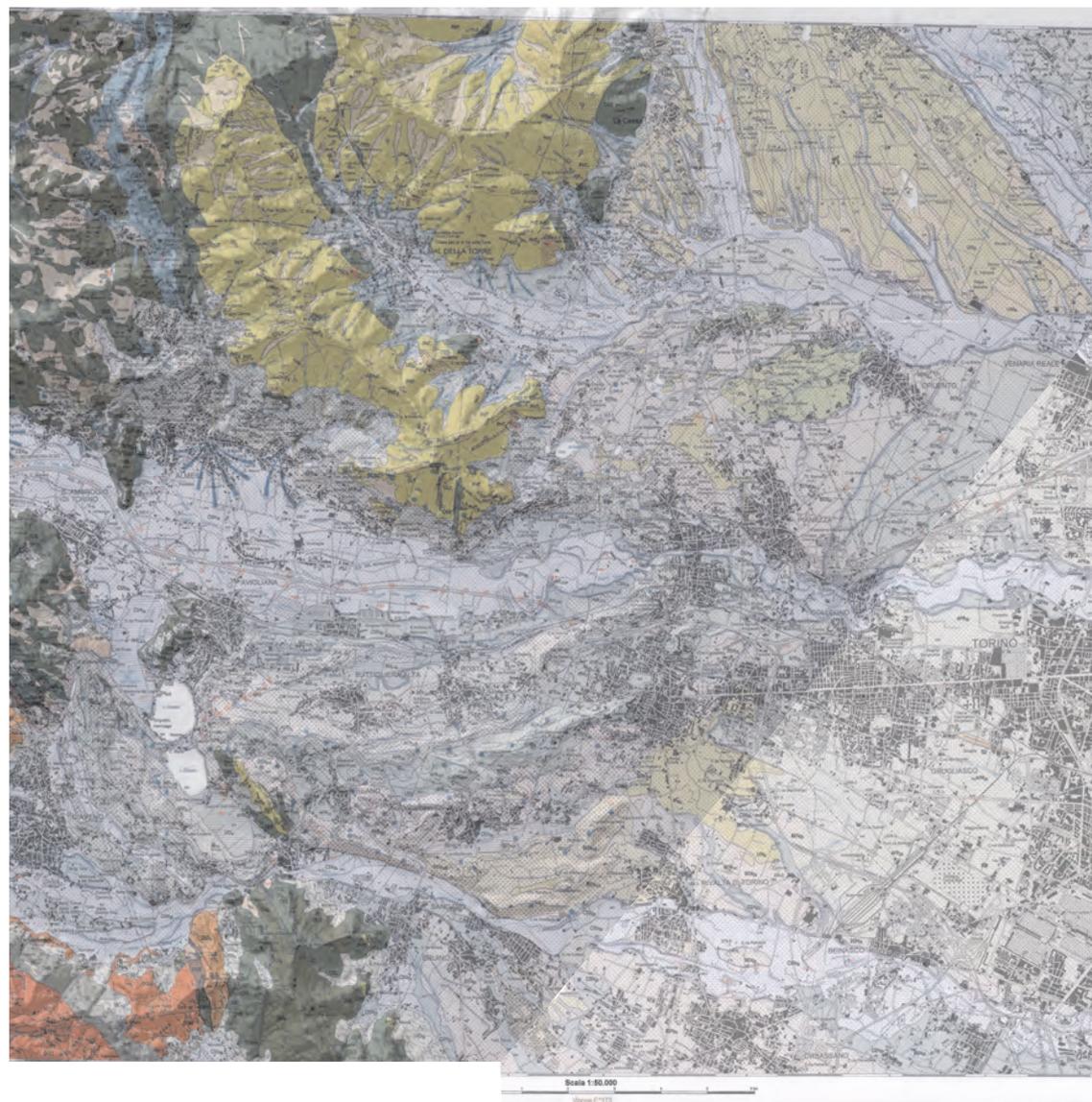
Allestimento scientifico:
Arpa Piemonte - Centro regionale per le Ricerche
Territoriali e Geologiche

Coordinamento:
Rita Maria Pichezzi

Allestimento iconografico:
Valentina Campo



180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE



FOGLIO n° 155
TORINO OVEST

Rilievi effettuati
dall'Istituto di Geoscienze
e Georisorse del Consiglio
Nazionale delle Ricerche

CENNI SULLE MINERALIZZAZIONI DI AMIANTO IN PIEMONTE

La maggior parte delle mineralizzazioni di amianto del Piemonte è associata alle ofioliti della Zona Piemontese che si estendono quasi con continuità dall'Ossola alla Liguria. Nel territorio piemontese queste rocce sono concentrate principalmente nelle Valli di Lanzo, Susa, Chivone, Varaita, Maira e Po e vasti affioramenti si ritrovano in provincia di Alessandria e nel Canavese.

I minerali fibrosi più abbondanti (amianti e non amianti, ai sensi della normativa vigente) finora individuati in Piemonte sono: crisotilo, tremolite-actinolite, antigorite, diopside, carlosturanite e balangerite; presenti, ma rare, sepiolite, brucite, brugnattelite, olivina e titan-clinohumite fibrose.

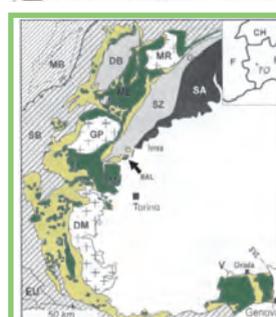
Crisotilo, antigorite, carlosturanite e balangerite sono prevalentemente associati alle rocce serpentinitiche, mentre la tremolite-actinolite può formarsi in uno spettro più ampio di litotipi che include scisti actinolitici, cloritoscisti, talcoscisti, prasiniti e rocce oficarbonatiche.

I minerali asbestiformi si sviluppano prevalentemente all'interno di vene, anche se non è da escludersi il caso di sviluppo di reticolati mineralizzati di dimensioni sub-millimetrici. I minerali di amianto non sono distribuiti quindi in maniera ubiquitaria all'interno delle serpentiniti, ma costituiscono il riempimento di vene spesso associate a faglie o zone di taglio, come evidenziato da quasi tutti i più noti studi. Le zone di taglio rendono l'ammasso roccioso permeabile e favoriscono la circolazione di fluidi. In determinate condizioni di pressione e temperatura e in presenza di zone di taglio più o meno ampie, possono crearsi all'interno di rocce ofiolitiche i presupposti per la cristallizzazione di minerali asbestiformi.

Le fibre possono essere di tipo slip (fibre parallele alle salbande delle fratture o delle vene) o di tipo cross (fibre circa perpendicolari).

Le strutture mineralizzate possono assumere persistenza superiore ad alcuni metri. La frequenza di queste strutture è spesso molto irregolare. Notevoli volumi di rocce ofiolitiche si presentano privi di vene di amianto, le quali poi possono comparire localizzate in spessori rocciosi limitati (qualche metro), oppure definire una fitta rete che permea la roccia secondo lo schema dei giacimenti idrotermali definiti stockwork.

Fenomeni naturali di degradazione ed alterazione o interventi umani su rocce contenenti amianto, possono liberare nell'aria fibre respirabili: anche se non esiste una casistica consolidata di riferimento, tale problema risulta di primaria importanza dove tali rocce sono prossime ad aree antropiche.



Schema tettonico semplificato delle Alpi Occidentali. MB: Monte Bianco-Aiguilles-Rouges; SB: Gran San Bernardo; MR: Monte Rosa; GP: Gran Paradiso; DM: Dora-Maira; V: Valosio; verde chiaro: Zona Piemontese dei Calcescisti con Pietre Verdi con ofioliti (verde scuro); LM: Massiccio Ultrabasico di Lanzo; DB: Dent-Blanche; ME M. Emilius; SZ: Zona Sesia; SA Dominio Sudalpino; EU: Flysch Embrunais-Ubaye; CL: Linea del Canavese; SVL: Linea Sestri-Voltaggio; PF: Fronte Pennidico; BAL: miniera di Balangero.
da Compagnoni R., Groppo C. (2006)

QUALI SONO GLI AMIANTI?

L'amianto (o indifferentemente asbesto) comprende 6 minerali fibrosi definiti dalla normativa vigente [vedere tabella] che hanno avuto, o hanno tutt'ora in alcuni Paesi, un interesse economico; tali minerali appartengono alle serie mineralogiche del serpentino e degli anfiboli.

I minerali di serpentino e di anfibolo possono presentare abito fibroso o non fibroso; solo la varietà con morfologia fibrosa (meno comune) è definita "amianto" o "asbesto". I termini asbestiforme e fibroso sono utilizzati per indicare minerali caratterizzati da una morfologia simile agli asbesti.

La caratteristica degli amianti e dei minerali asbestiformi in generale è quella di separarsi in fibre sottili e resistenti, dove per fibra si intende una forma allungata con un rapporto lunghezza/diametro maggiore di 3:1 (Belluso et alii, 1997). Sono minerali presenti in molte parti del globo terrestre e le miniere da cui si estraggono sono generalmente a cielo aperto; l'amianto si ottiene dalla roccia "madre" incassante tramite processi di macinazione e arricchimento.

In natura molti minerali della famiglia degli anfiboli (costituita da circa 40 membri), possono presentarsi in forma fibrosa e pertanto i minerali amiantiferi potrebbero essere più numerosi di quanto l'igiene industriale ne prenda in considerazione.

Definizione di legge	Minerale non fibroso Corrispondente	Formula chimica**	Utilizzo
Crisotilo - "white asbestos"	Antigorite	Mg ₃ (Si ₂ O ₅)(OH)	Veri e propri minerali industriali
Dal greco: "fibra d'oro" N. CAS* 12001-29-5			
Crocidolite - "blue asbestos"	Riebeckite - glaucofano	Na ₂ Fe ³⁺ Fe ²⁺ (Si ₂ O ₆)(OH)	
Dal greco: "fiocco di lana" N. CAS 12001-28-4			
Grünenite d'amianto (Amosite) - "brown asbestos" Asbestos Minis of South Africa N. CAS 12172-73-5	Cummingtonite - Grunente	Mg ₂ Fe ²⁺ Si ₂ O ₇ (OH)	
Tremolite di amianto			
Dalla "Val Tremola", Svizzera N. CAS 77536-68-6	Tremolite	Ca ₂ Mg ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂	Utilizzo occasionale Minor numero di giacimenti minerali
Actinolite di amianto	Actinolite	Ca ₂ (Mg,Fe) ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂ F ₂	
Dal greco: "fibra raggiata" N. CAS 77536-66-4			
Antofillite di amianto	Antofillite	(Mg,Fe)Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	
Dal greco: "garofano" N. CAS 77536-67-5			

OFIOLITI - Deriva dal greco (ophis), serpente, e (lithos), roccia, cioè "roccia dall'aspetto di serpente" (aspetto dovuto, con un po' di fantasia, alla particolare struttura e al colore che ricorda la pelle di serpente). Con tale termine vengono genericamente indicate le rocce appartenenti alle unità geologiche derivanti dai fondali dell'Oceano ligure-piemontese (Tetide occidentale), ossia l'oceano che tra il Cretaceo e l'Eocene (cioè tra circa 140 e 33 milioni di anni fa) separava Africa e Europa. La successiva chiusura dell'Oceano e la conseguente collisione dei due continenti ha determinato la formazione delle catene montuose che definiscono il sistema orogenico Alpi-Appennino e la conseguente esumazione delle rocce ofiolitiche. Classificate in letteratura anche come "pietre verdi" per la tipica colorazione (rocce basiche e ultrabasiche rappresentate in Piemonte principalmente da serpentiniti, prasiniti, eclogiti, metagabbri, metabasiti, cloritoscisti).
A partire dagli anni '70, il termine ofioliti è stato usato per descrivere le sezioni di crosta e di mantello superiore oceanici, insieme alle rocce sedimentarie di mare profondo depostesi sui fondali. Tali rocce si sono messe in posto come scaglie tettoniche sulla litosfera continentale mediante il processo denominato "obduzione" durante gli eventi di collisione continentale. Per questa ragione nelle catene montuose le ofioliti rappresentano la sutura tra due placche continentali.
Le ofioliti possono ospitare diverse e significative mineralizzazioni: elementi del gruppo del cromo e del platino nelle rocce ultrabasiche e gabbiche, crisotilo nelle serpentiniti, solfuri di rame, zinco, cobalto e nichel, composti del ferro, talco, talora mineralizzazioni aurifere di origine idrotermale.
Tranne alcune eccezioni le unità ofiolitiche delle Alpi Occidentali sono metamorfiche, con metamorfismo (eo)alpino di alta pressione e bassa temperatura, in facies scisti blu o eclogitico, mentre le unità ofiolitiche dell'Appennino settentrionale sono descritte come esenti da metamorfismo. I processi che inducono la serpentinitizzazione delle rocce ultrabasiche sono principalmente ascrivibili al metamorfismo di fondo oceanico, penecontemporaneo alla risalita delle rocce mantelliche durante il processo di formazione della crosta oceanica. Le serpentiniti sono perciò diffuse anche nelle successioni ofiolitiche prive di metamorfismo orogenico.



terra e salute



L'amianto e l'uomo: risorsa e pericolo

RICERCA MINERARIA DI AMIANTO IN PIEMONTE



Nel 2006 la SC22 di Arpa Piemonte, incaricata dalla Direzione Ambiente della Regione Piemonte di realizzare una "mappatura dell'amianto naturale" sul territorio regionale (DM 101/2003), effettuò delle ricerche presso l'archivio dell'ex - Distretto Minerario di Torino finalizzate all'individuazione delle concessioni e dei permessi di ricerca di amianto. La documentazione reperibile è generalmente posteriore al 1927, anno della promulgazione della legge mineraria che classificò l'amianto come minerale di prima categoria (R.D. 1443, 29/7/1927); solo in alcuni casi è stato possibile risalire ad informazioni precedenti a tale data, informazioni che dovrebbero essere ricercate in altri archivi.

Alla fine del lavoro emerse un quadro complessivo vasto, articolato e, se non inedito, almeno in parte dimenticato e dal quale si comprende che la ricerca mineraria di amianto fu nel passato in Piemonte un'attività diffusa ed importante. Le risultanze complete di tale ricerca sono state pubblicate recentemente in un volume edito da Arpa Piemonte e Regione Piemonte al quale si rimanda per una trattazione più completa (Arpa Piemonte, 2008). Complessivamente sono state individuate 6 concessioni minerarie e 59 "siti" in cui furono condotte ricerche minerarie di amianto (5 in prov. di Alessandria, 13 in prov. di Cuneo, 36 in prov. di Torino, 2 in prov. di Vercelli, 3 in prov. di Verbania).

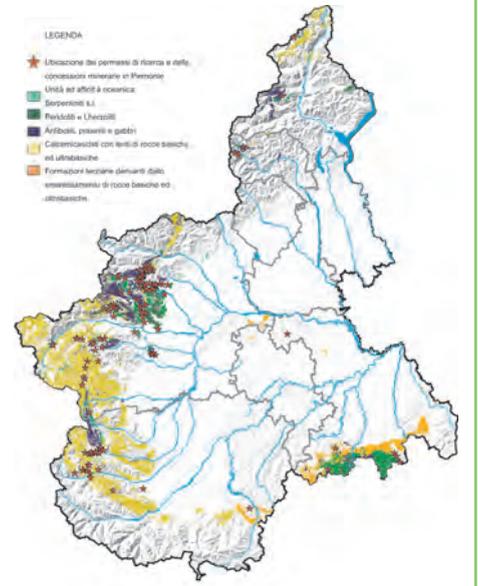
Le concessioni minerarie furono quelle denominate "San Vittore Amiantifera di Balangero", di gran lunga la più importante e con la storia mineraria più lunga, quella "Auriol" di Sampyre - Casteldelfino (Cn) anch'essa importante per i volumi estrattivi anche se non comparabili con la miniera di Balangero, e 4 concessioni minori "Alpe Cruino" e "Punta Lunella" nei Comuni di Bruzolo, Usseglio e Condove (To), "Alpe Rossa" nel Comune di Baceno (Vb) e "Bracchiello" nel Comune di Ceres (To), quest'ultima di talco e amianto. È utile sottolineare che la suddivisione tra concessioni minerarie e permessi di ricerca, nel caso dell'amianto non implica necessariamente una maggiore o minore attività mineraria. Infatti, se da un lato questo è sicuramente vero per i giacimenti della miniera "Auriol" e soprattutto di quella di "San Vittore Amiantifera di Balangero" che erano (e ancora sono) di notevoli entità e dove i lavori minerari furono consistenti, dall'altro le concessioni minerarie "Alpe Rossa", "Bracchiello", "Alpe Cruino" e "Punta Lunella" non furono mai realmente effettive e le attività minerarie, nel periodo di vigenza della concessione furono esigue e più simili a semplici lavori di ricerca che a coltivazioni vere e proprie.

È vero tuttavia che alcune di queste videro un'attività mineraria più intensa nel periodo precedente al conferimento della concessione mineraria ed in particolare prima del 1927, anno di promulgazione della succitata legge mineraria, come è il caso della regione della Punta Lunella nella quale nei primi anni del '900 erano impiegati fino a 30 operai e di quella della Punta della Rossa della quale ci sono testimonianze di coltivazione dell'amianto che risalgono alla prima metà del 1800.

D'altro canto, alcuni permessi di ricerca videro invece lo sviluppo di un'attività mineraria di estrazione dell'amianto intensa e duratura, non propriamente riconducibile a semplici lavori di ricerca e per i quali però non fu mai avanzata l'istanza di trasformazione in concessione mineraria.

La maggioranza dei permessi di ricerca si colloca in un periodo di tempo di alcune decine di anni, approssimativamente tra la metà degli anni '30 e la metà degli anni '60, con un picco intorno agli anni '50. Sono stati presi in considerazione tutti i fascicoli dell'archivio che contemplavano la ricerca di amianto, specificatamente o in associazione ad altri minerali, anche nel caso in cui la ricerca di amianto fu di poco conto o del tutto inesistente. In linea generale è stato quasi sempre possibile risalire alla perimetrazione dell'area per la quale veniva chiesto il permesso di ricerca o la concessione mineraria, tracciata su planimetrie allegata alle istanze di accoglimento.

L'ubicazione geografica delle concessioni minerarie e dei permessi di ricerca riflette la distribuzione delle unità ad affinità oceanica, tettonicamente interposte a unità di crosta continentale e preservate nelle Alpi piemontesi.



(litologie tratte dai fogli della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000)

SAN VITTORE AMIANTIFERA DI BALANGERO

La miniera di Balangero fu una delle più importanti del mondo con una produzione che raggiunse le 160.000 t annue di fibra.

La scoperta del giacimento risale al 1904, anche se già Barelli (1835) descrive la presenza di asbesto. Nel 1921 entrò in funzione il primo impianto di macinazione e separazione dell'amianto, in grado di lavorare 500-600 t al giorno di roccia. Col tempo furono progressivamente ampliati scavi e



impianti arrivando a trattare circa 3.000 t di roccia al giorno e migliorando la resa di fibra che passò dal 1% a quasi il 2%. Nel 1928 la produzione era già di circa 5.000 t di fibra annue. Prima della guerra la produzione di fibra raggiunse circa 28.000 t annue. Nel dopoguerra, rinnovati i macchinari, la produzione riprese e raggiunse circa 35.000 t annue.

Tra il 1956 e il 1960 si passò dalla coltivazione a Glory Hole a quella a gradoni meccanizzati (alti 12 m e larghi circa 10 m). Ciò determinò la produzione di notevoli quantità di sterle. La produzione di fibra raggiunse le 40.000 t annue.

Negli anni '60 grazie a campagne di sondaggi fu delineato con maggior dettaglio l'andamento della mineralizzazione; fu costruito un frantoio mobile collegato tramite nastri trasportatori ai capannoni di lavorazione.

Negli anni '70 la produzione di fibra aumentò in maniera graduale e nei primi anni '80 furono eseguiti dei sondaggi, per valutare la consistenza del giacimento individuato negli anni '60 al di sotto del livello sterile; i sondaggi mostrarono che la mineralizzazione nella massa serpentinitica proseguiva verso il basso in direzione Nord-Est con le stesse caratteristiche della zona sovrastante.

Nel 1990 la miniera venne definitivamente chiusa in seguito alla crescente pressione legata alle note problematiche sanitarie connesse all'amianto e nel 1998 divenne sito di bonifica di interesse nazionale (L. n.426 del 9/12/98).



AURIOL

Fu per importanza la seconda miniera di amianto in Piemonte dopo quella di Balangero. Oltre alla concessione si alternarono nell'area numerosi permessi di ricerca.

La storia mineraria inizia nel 1955 con il conferimento del permesso di ricerca "Villar". La neo-costituita "Mineraria Valle Varaita" s.p.a. nel 1958 chiese la trasformazione di parte del permesso in concessione mineraria ("Auriol") che venne accordata nel 1960 per 25 anni. La coltivazione avveniva in questo periodo sia all'esterno (trincee o gradoni), sia in galleria.



Vennero stimate quasi 2 milioni di t di serpentinite asbestifera al 2% di amianto. Già dal 1960 iniziarono però le lamentele di parte della popolazione per la polvere prodotta dalla lavorazione che danneggiava le colture e pregiudicava la salute delle persone (problema che veniva posto in secondo piano).

Nel 1965 la "Amiantifera di Balangero" s.p.a. divenne azionista di maggioranza della miniera "Auriol"; l'interesse per tale miniera era dovuto alla potenzialità del giacimento e alla produzione in questo settore di un tipo di fibra (5m canadese) non prodotta nella miniera di Balangero ed importata dall'estero.

Vari fattori tra cui la carente rete stradale escludono però la possibilità di avviare una coltivazione intensiva come quella di Balangero e la società perseguì una coltivazione di tipo selettivo.

Nel '71 la diminuzione della domanda e l'aumento dei costi determinarono la sospensione dei lavori. Furono comunque intrapresi studi per una migliore definizione del giacimento che confermarono la prosecuzione in profondità del giacimento e la sua notevole estensione, con tenore medio in fibra dell'1%. Si trattava quindi di un grande giacimento a basso tenore, la cui coltivazione risultava economica solo con elevata produzione e trattamento di materiale.



Le condizioni del mercato e la conclamata cancerogenicità dell'amianto imposero di fatto la cessazione definitiva dell'attività. La richiesta di sospensione dei lavori della concessione infatti fu più volte prorogata fino al 1982, anno in cui la società rinunciò alla concessione.

BRACCHIELLO

La concessione di talco e amianto "Bracchiello" fu conferita in epoca recente (1981) in conseguenza della scoperta di un importante banco di talco con presenza di amianto; essa però non fu mai effettiva e non fu mai ritirato il Decreto di conferimento dalla ditta richiedente.

La concessione, pur essendo conferita anche per l'estrazione di amianto, era in realtà orientata alla coltivazione di talco, presente in quantità tali da poter assicurare l'attività per alcuni anni.

I documenti testimoniano la presenza di lavori minerari risalenti agli ultimi decenni del 1800 quando però l'attività era rivolta all'estrazione di pirite; con i primi decenni del 1900 la ricerca si rivolse anche al talco e all'amianto. Il minerale ricercato e coltivato fu essenzialmente il talco mentre l'amianto fu eventualmente estratto come minerale accessorio. La presenza di amianto quindi, seppur certa, era in questo settore in quantità di scarso interesse industriale e comunque subordinata a quella del talco.



ALPE CRUINO PUNTA LUNELLA

Nei primi decenni del '900 furono vigenti nell'area vari permessi di ricerca e due concessioni minerarie di amianto ("Alpe Cruino" e "Punta Lunella"), le quali però non furono mai effettivamente operative. L'attività estrattiva di amianto fu invece molto intensa prima del 1927 quando l'amianto era classificato come minerale di seconda categoria (RD 1443, 29/07/1927). In questo settore infatti la ricerca e lo sfruttamento di amianto risale almeno alla seconda metà del 1800 e i documenti testimoniano la presenza di numerose gallerie e sbancamenti per l'estrazione del minerale e l'impiego di molti operai che nella zona della "Punta Lunella" arrivarono ad essere fino a 30.

Accordate ai comuni nel 1927, le concessioni rimasero "sospese" in attesa di trovare un locatario fino al 1936 quando furono emanati i Decreti di rinuncia. Le difficoltà nel trovare un affittuario erano dovute al canone dovuto allo Stato e alla collocazione geografica (quote elevate, difficoltà di accesso e trasporto materiale); ciò rese il giacimento economicamente non sfruttabile.

ALPE ROSSA

Già Barelli (1835) cita la presenza di un'attività di coltivazione di asbesto fin dal 1826, evidenziando la difficoltà di accesso al sito per la quota elevata che impedirà l'instaurarsi, anche nel secolo scorso, di un'attività di coltivazione importante.

La mineralizzazione principale era costituita da una vena di alcuni decimetri di spessore incassata entro serpentiniti e serpentinoscisti affioranti presso la Punta della Rossa.

Le prime notizie relative alla concessione mineraria ritrovate nell'archivio risalgono al 1928: il Comune di Baceno ottenne l'area in concessione perpetua con l'intenzione di affittarla a società o minatori. Tranne un breve periodo tra il '37 e il '40, la concessione rimase sfitta fino al '52, quando il Comune rinunciò alla concessione.

In un rapporto del 1951 si legge che le manifestazioni amiantifere nella concessione erano in realtà modeste e le prospettive per uno sfruttamento del giacimento, anche per l'ubicazione a quote elevate, erano da considerarsi minime. In passato erano stati eseguiti poco più che lavori di ricerca, tra i quali 2 gallerie rispettivamente di circa 6 m e 3 m, impostate lungo una mineralizzazione di amianto della potenza di circa 20 30 cm.

Allestimento scientifico:
 Francesco Fanucci, Danilo Morelli, Angelo Coppari

Coordinamento:
 Rita Maria Pichezzi

Allestimento iconografico:
 Massimiliano Ronsisvalle



180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE



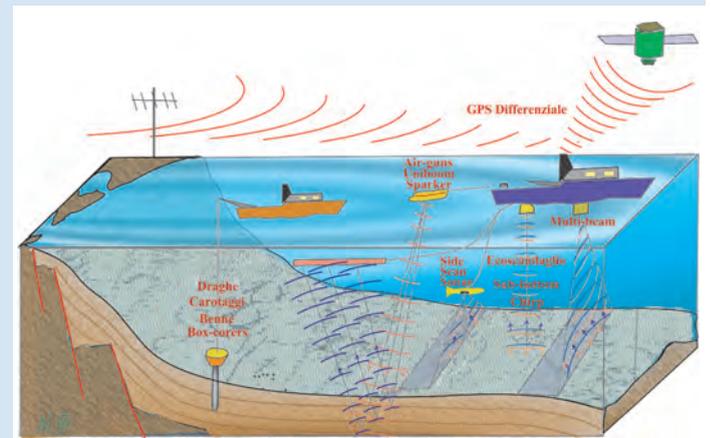
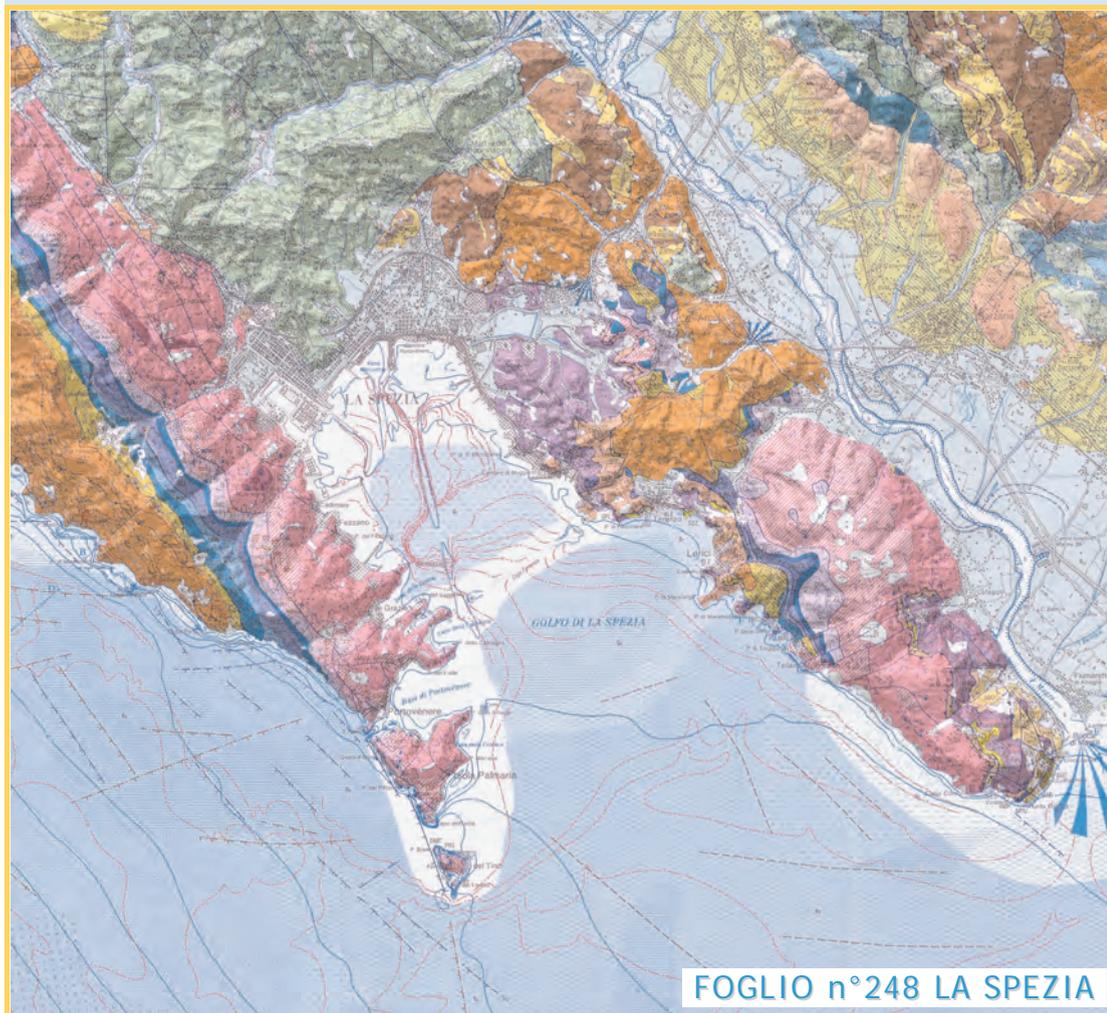
I dati utilizzati per la ricostruzione dell'assetto stratigrafico-strutturale nella cartografia marina dei progetti CARG sono in parte pregressi, acquisiti da Enti pubblici e privati, in parte ricavati da indagini ex novo, programmate in base ai particolari obiettivi del progetto.

I principali metodi di indagine di tipo diretto (campionamenti) ed indiretto (acustici e sismici a riflessione) utilizzati sono:

- ecoscandaglio di precisione single-beam o multifascio (multi-beam; morfo-batimetria di gran dettaglio);
- side-scan sonar (morfologia e tessitura del fondale);
- dispositivi acustici ad alta risoluzione, per indagare la natura e struttura dei depositi superficiali (50-100 max) e con vario potere di penetrazione e risoluzione (Sub-bottom, Chirp e Uniboom);
- sondaggi sismici a riflessione per individuare la struttura profonda del sottosuolo marino (Sparker, Air Gun).
- campionamenti superficiali del fondo e del sottofondo, di rocce e di sedimenti (draghe, benne, box-corers, carotaggi).

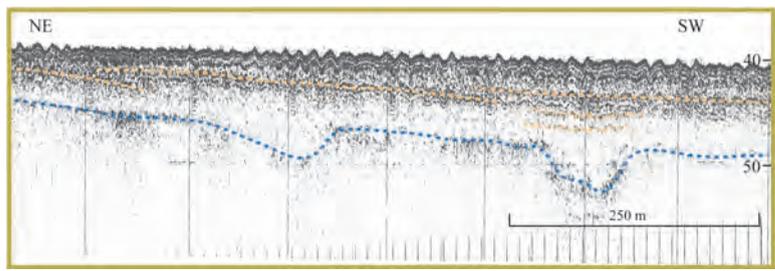
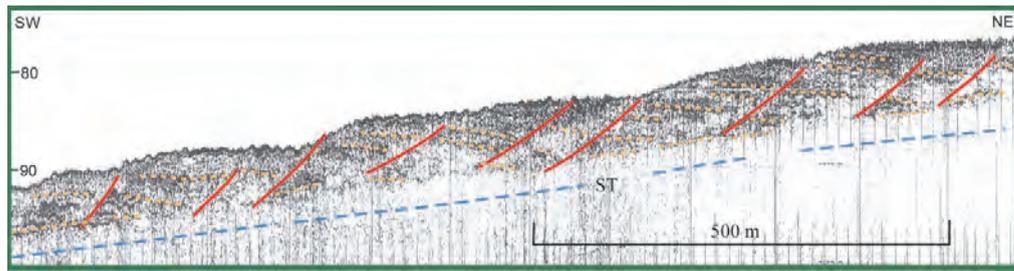
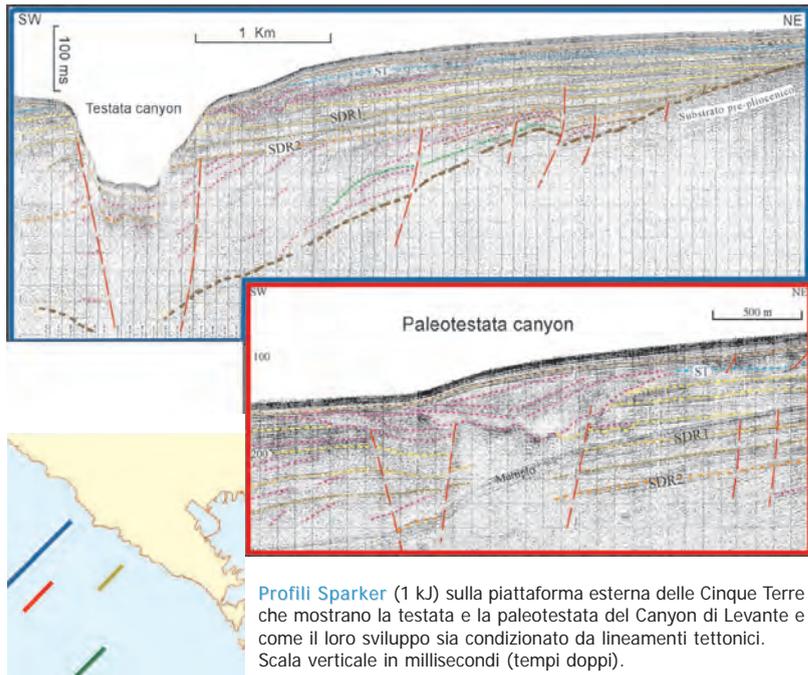
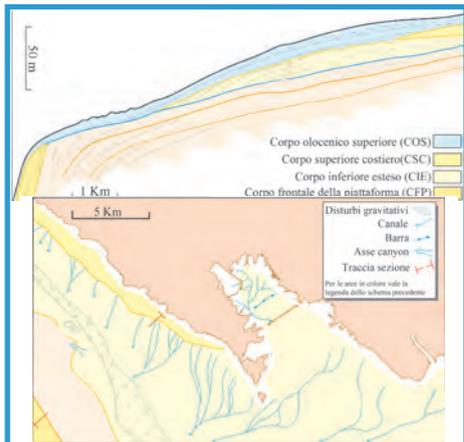
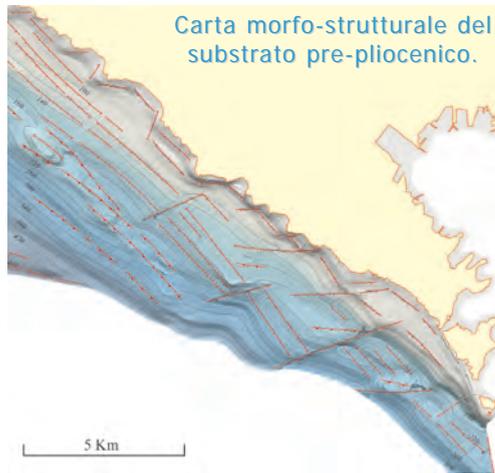
Nel complesso le ricerche perseguono l'obiettivo di ricostruire la genesi ed evoluzione tettonico-sedimentaria e paleo-ambientale dei bacini e dei margini continentali, anche con l'intento di reperire risorse potenziali o di acquisire conoscenze per la tutela e gestione degli ambienti. I tematismi cartografici elaborati alla scala 1-50.000 riguardano prevalentemente la geologia superficiale ed i caratteri ambientali (morfo-batimetria-tessitura-biocenosi del fondale, la distribuzione dei sistemi deposizionali, i caratteri e la distribuzione dei depositi tardo-quadernari, l'ubicazione di masse instabili e strutture tettoniche attive) mentre schemi a cornice e mappe elaborate a scale maggiore, definiscono i caratteri della geologia profonda del margine (assetto stratigrafico-strutturale).

Sono di seguito illustrati i principali risultati ottenuti nell'ambito di alcuni Progetti CARG completati o in fase di conclusione.

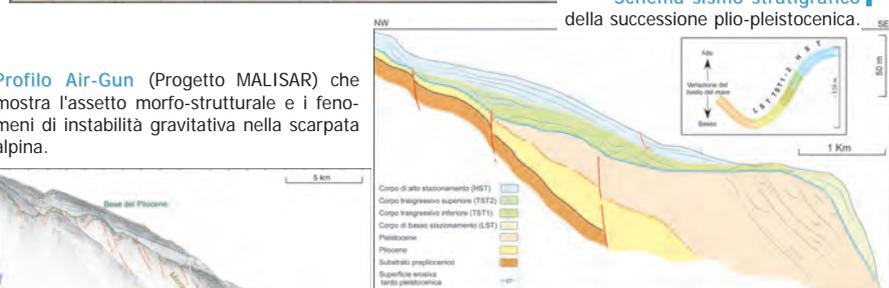
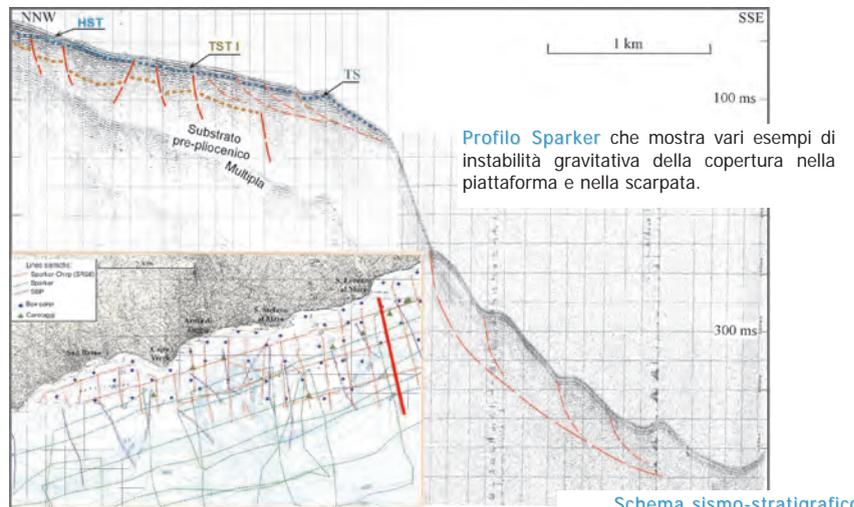
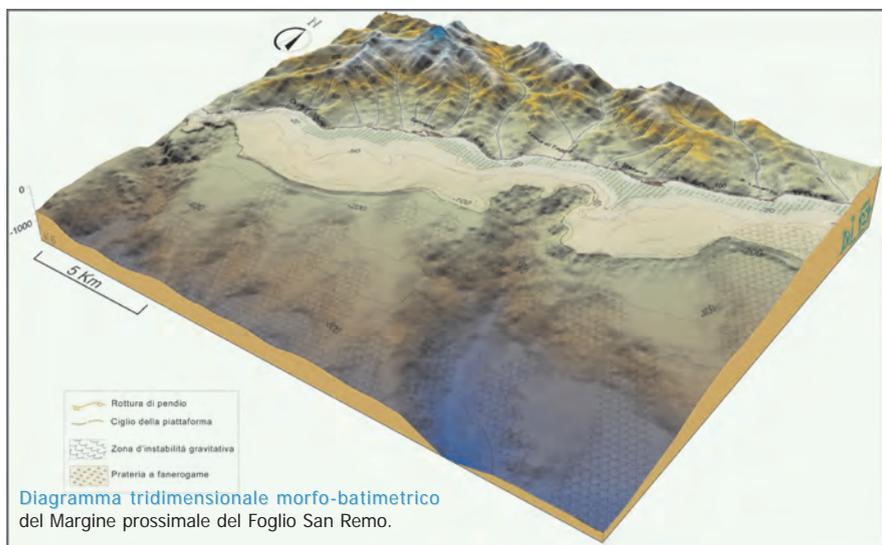




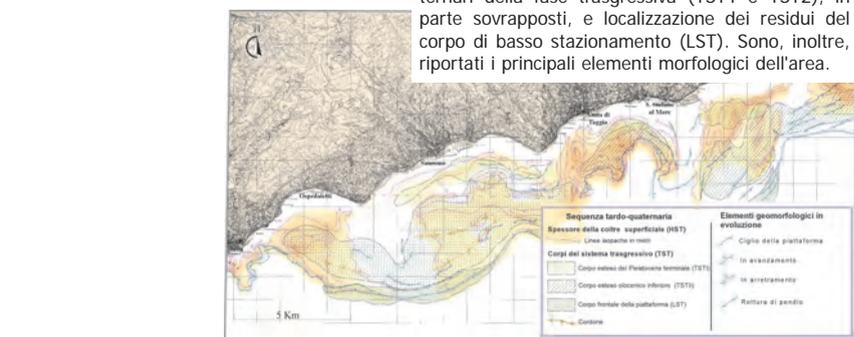
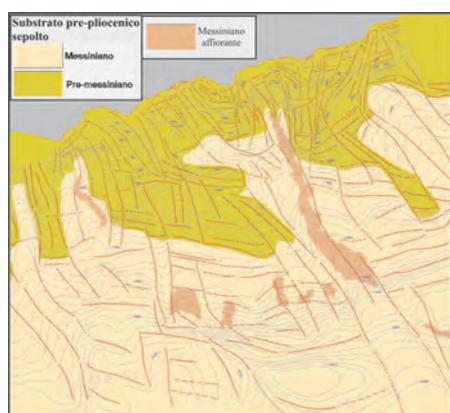
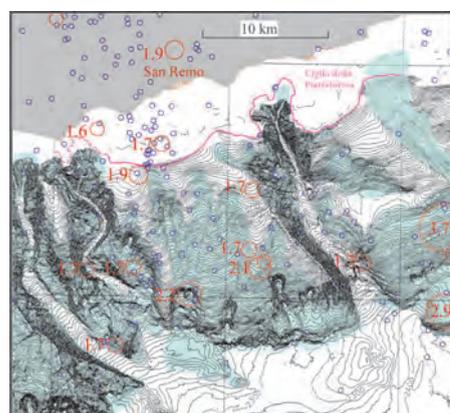
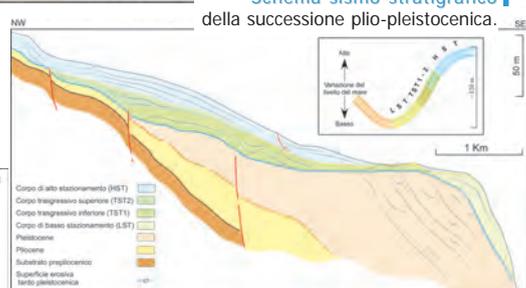
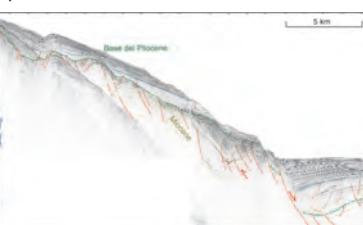
Nel settore marino del **Foglio La Spezia** è stata messa in luce una fase deformativa che ha prodotto nel Pleistocene medio effetti diffusi di compressione che riattivano in inversione faglie precedentemente distensive. Lo sviluppo della sequenza sedimentaria post-glaciale e, più in generale, di tutte le sequenze pleistoceniche e oloceniche, messo in luce dal CARG, è tale da qualificare la zona come una delle più promettenti, a livello mondiale per lo studio delle fluttuazioni climatiche nel Quaternario recente.



Il margine delle Alpi Marittime è interessato da fenomeni che mettono a rischio le coste e le opere marittime. **Il Progetto CARG - Foglio San Remo** mette in luce il ruolo delle faglie attive (rischio sismico) e delle frane sottomarine frequenti nella zona (rischio tsunami).



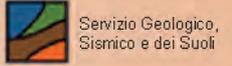
Profilo Air-Gun (Progetto MALISAR) che mostra l'assetto morfo-strutturale e i fenomeni di instabilità gravitativa nella scarpata alpina.



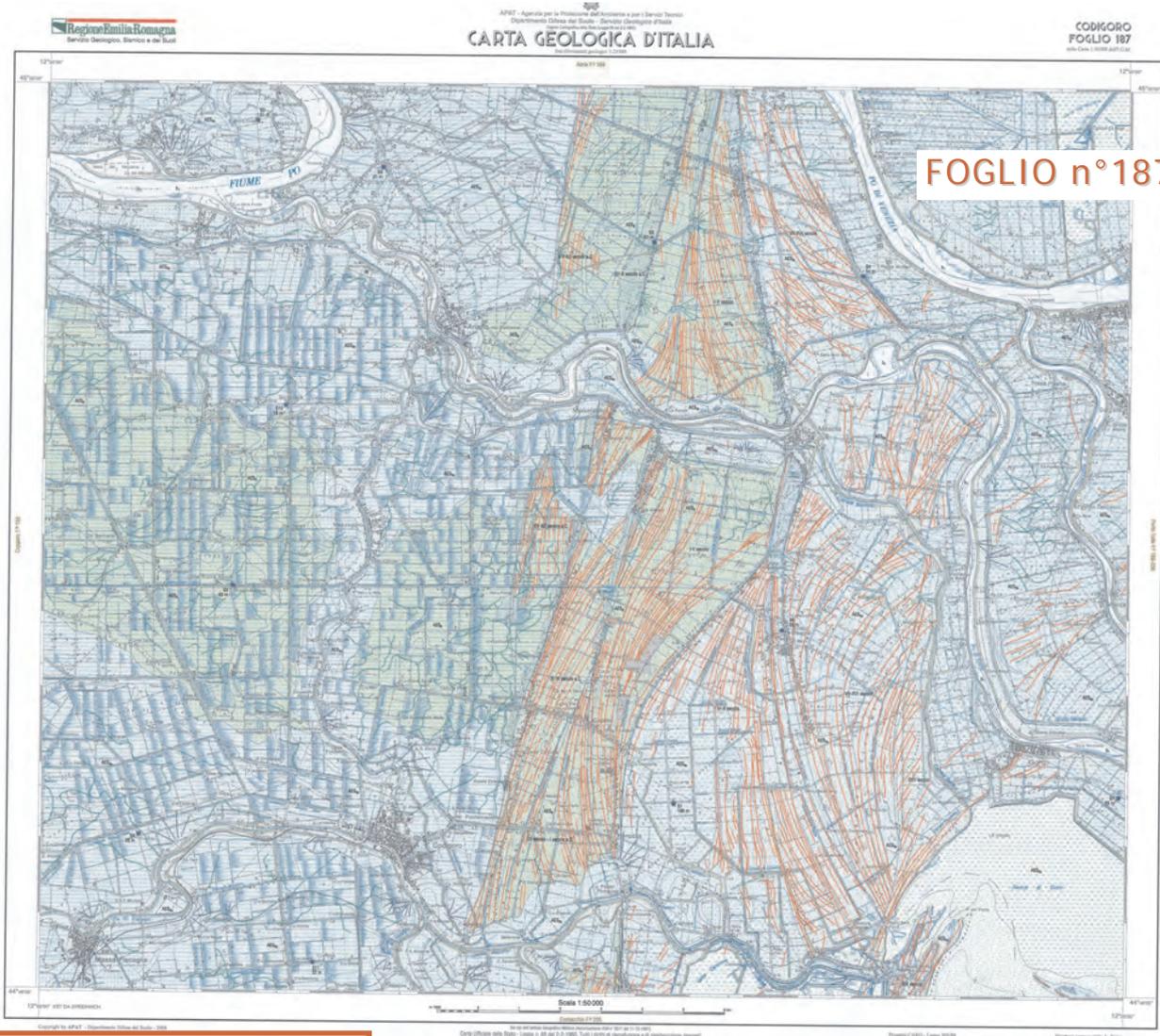
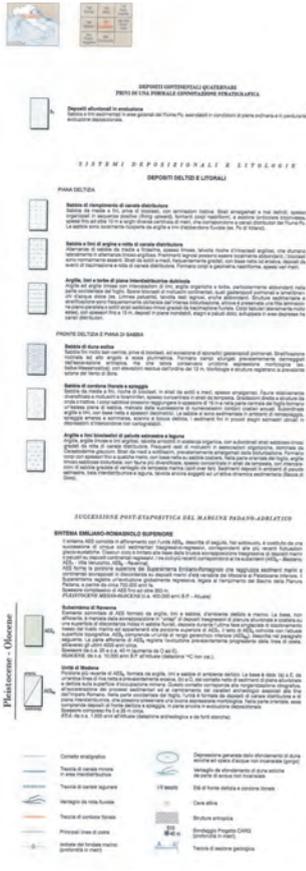
Allestimento scientifico:
Marina Guermandi, Immacolata Pellegrino
Simonetta Scappini, Francesca Staffilani

Coordinamento:
Chiara D'Ambrogio

Allestimento iconografico:
Vinicio Pannuti

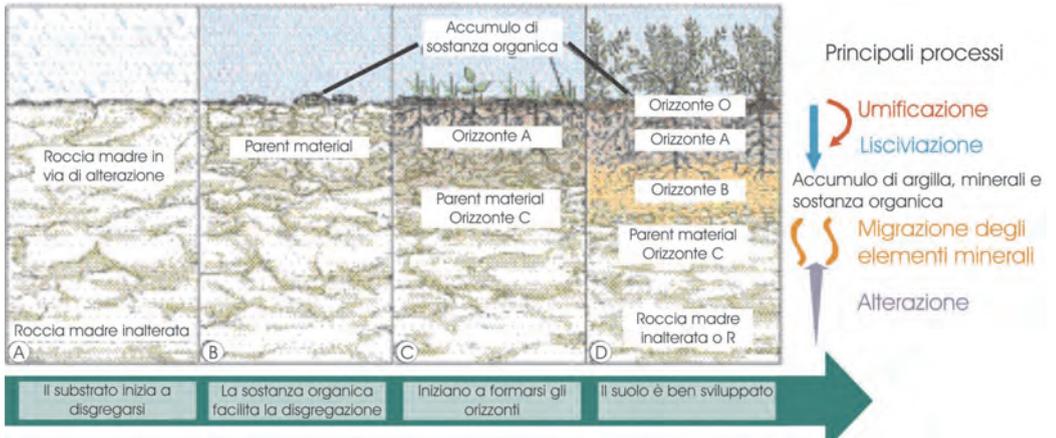


180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE



La decomposizione dei primi organismi vegetali fornisce sostanza organica che incrementa il tasso di disgregazione della roccia madre; si forma il substrato pedogenetico (parent material) da cui si svilupperà il suolo

Appena un corpo roccioso viene a trovarsi in condizioni subaeree inizia la sua disgregazione ad opera degli agenti atmosferici



Orizzonte O	Orizzonte organico che può essere distinto in O1 (lettiera integra) e O2 (materiali organici in decomposizione più o meno riconoscibili dai prodotti d'origine)
Orizzonte A	Orizzonte organico-minerale, costituito dall'aggregazione di sostanza organica con i prodotti di alterazione della frazione minerale. Il colore dominante negli ambienti a clima temperato è bruno scuro.
Orizzonte E	Orizzonte minerale, grigio-cenero, in cui è avvenuta la perdita di argilla, Fe e Al o sostanza organica e l'accumulo residuale di minerali poco alterabili.
Orizzonte B	Orizzonte minerale, che differisce dal sottostante C per un'alterazione più spinta e/o per un accumulo di argilla, sostanza organica, ossidi, provenienti dagli orizzonti più superficiali.
Orizzonte C	Orizzonte di disgregazione, in prevalenza fisica, della roccia o del parent material.
R	Roccia in posto inalterata.

Inizia la crescita della vegetazione i cui residui vengono trasformati in humus. Si origina un orizzonte bruno-nerastro (orizzonte A) a diretto contatto con il parent material

La progressiva rimozione dei minerali solubili, la disgregazione della roccia, l'accumulo di sostanza organica, la riorganizzazione delle particelle in aggregati e la ridistribuzione dei prodotti grazie all'azione dell'acqua portano alla formazione di orizzonti omogenei e differenziati tra loro

L'insieme degli orizzonti forma il **PROFILO** del suolo la cui composizione è strettamente dipendente dai fattori pedogenetici locali

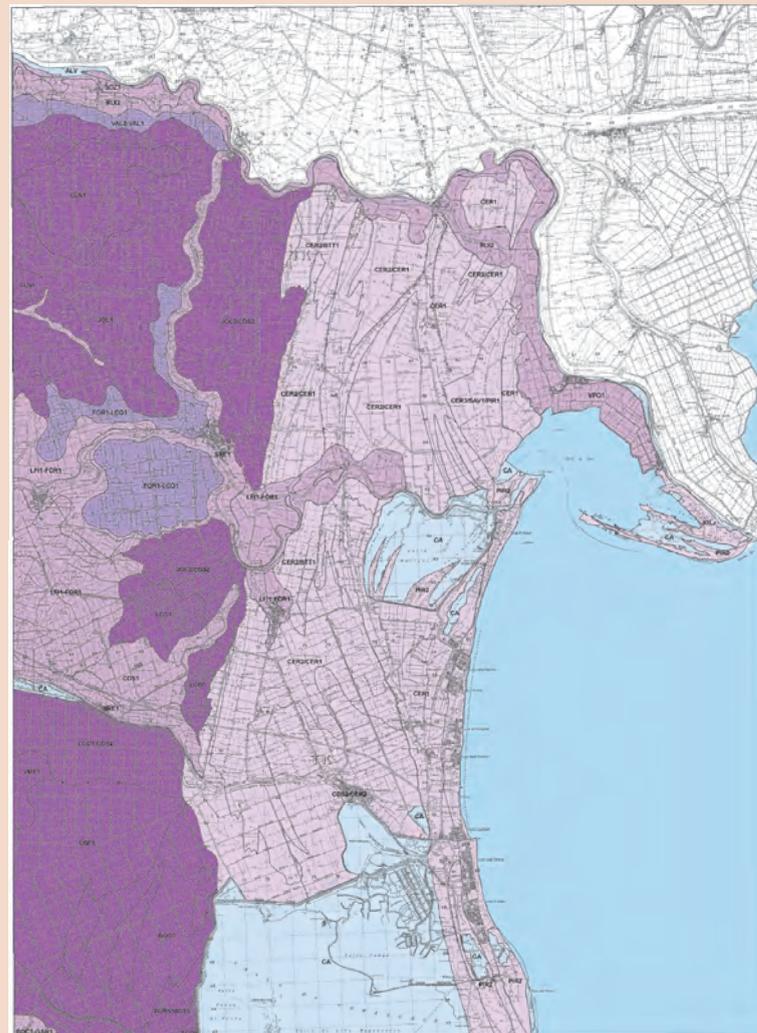
Nella nomenclatura pedologica corrente gli orizzonti vengono indicati mediante l'uso di lettere maiuscole. La lettera principale è di norma seguita da un suffisso, una lettera minuscola, che sta a indicare distinzioni che dipendono da particolari proprietà dell'orizzonte (es. presenza di ferro, di ghiaccio permanente, accumulo di carbonati). Di norma in un profilo si possono trovare due o più degli orizzonti riportati in tabella.



La **Carta dei Suoli** illustra la distribuzione, nel territorio regionale, dei principali tipi di suolo. Questi sono intesi, secondo la concezione pedologica, come:

- "corpi naturali", che si formano nei vari tipi di roccia e di materiali organici, per le differenti azioni esercitate dall'insieme degli altri fattori ambientali;
- "risorse in uso" (legate in modo inestricabile a chi le utilizza), difficilmente rinnovabili e che svolgono funzioni socio-economiche, ambientali e culturali (ad es. mezzo per produzioni agro-forestali, supporto per edilizia, fattore dell'equilibrio ambientale, serbatoio che influenza il ciclo idraulico di un bacino, archivio di reperti storici e archeologici, filtro e "depuratore biologico" di sostanze che vengono somministrate al terreno, come i fertilizzanti o i reflui di varia origine, e che sono dei potenziali inquinanti dell'aria, delle acque e del suolo stesso).

In Emilia-Romagna lo spessore del suolo varia intorno a poco più di un metro, anche se spesso si riduce ad alcuni decimetri e, localmente, può raggiungere alcuni metri di profondità.



- PIANURA DELTIZIA**
Suoli a prevalente tessitura contrastante (fine su media), con diverse evidenze di riorganizzazione interna dei carbonati e di contrazione-inglobamento delle argille. Si sono formati in sedimenti fluviali a tessitura fine in superficie e media in profondità.
- AGO1**
consociazione dei suoli **ARONE AGOSTA**, a materiale organico unificato
Classificazione Soil Taxonomy 2003: loamy, mixed, superactive, calcareous, mesic Typic Sulfaquists
Classificazione WRB, 1998: Sapri Prototrophic Histosols
- AGO2**
consociazione dei suoli **Varianti a copertura minerale del tipo ARONE AGOSTA**
Classificazione Soil Taxonomy 2003: loamy, mixed, superactive, calcareous, mesic Typic Sulfaquists
Classificazione WRB, 1998: Calcaric Gleyic Fluvisols / Typic Fluvisols
- BUR1/MOT1**
complesso dei suoli **BURANO** sabbiosi fini franchi / **MOTALLARCA** sabbiosi fini franchi
Classificazione Soil Taxonomy 2003: sandy, mixed, non acid, mesic Fluvaquents Endoaquists
Classificazione WRB, 1998: Gleyic Arenosols / Histc Fluvisols
- CLN1**
consociazione dei suoli **CANALE LEONE** franco argillosi limosi
Classificazione Soil Taxonomy 2003: silty, mesic Typic Sulfaquists
Classificazione WRB, 1998: Sapri Thionic Histosols
- CSP1**
consociazione dei suoli **CANALE SPECCHIO**, a materiale organico unificato
Classificazione Soil Taxonomy 2003: loamy, mixed, silty, mesic Typic Sulfaquists
Classificazione WRB, 1998: Sapri Thionic Histosols
- JOL1**
consociazione dei suoli **JOLANDA** argilloso limosi
Classificazione Soil Taxonomy 2003: fine silty, mixed, superactive, acid, mesic Sulfo Endoaquists
Classificazione WRB, 1998: Molli Thionic Fluvisols Thaptohistc
- JOL2/CD52**
complesso dei suoli **JOLANDA** franchi argillosi limosi, con sostanza organica miscelata alla frazione minerale / **CANALE DEL SOLE** franchi argillosi limosi
Classificazione Soil Taxonomy 2003: fine silty, mixed, superactive, acid, mesic Thapto-Histic Endoaquists / fine silty, mixed (calcareous), active, mesic Typic Fluvaquents
Classificazione WRB, 1998: Molli Thionic Fluvisols Thaptohistc / Calcaric Gleyic Hypoxic Fluvisols
- LCO1**
consociazione dei suoli **LE CONTANE** argilloso limosi
Classificazione Soil Taxonomy 2003: Sulfo Endoaquists fine, mixed, superactive, calcareous, mesic
Classificazione WRB, 1998: Humi Thionic Fluvisols Thaptohistc
- LCO1-CD52**
consociazione dei suoli **LE CONTANE** argilloso limosi - **CANALE DEL SOLE** franco argillosi limosi
Classificazione Soil Taxonomy 2003: Sulfo Endoaquists fine, mixed, superactive, calcareous, mesic / fine silty, mixed (calcareous), active, mesic Typic Fluvaquents
Classificazione WRB, 1998: Humi Thionic Fluvisols Thaptohistc / Calcaric Gleyic Hypoxic Fluvisols
- VME1**
consociazione dei suoli **VALLE MEZZANO** a materiale organico unificato
Classificazione Soil Taxonomy 2003: silty, mesic Typic Sulfaquists
Classificazione WRB, 1998: Sapri Thionic Histosols
- LF11-FOR1**
consociazione dei suoli **LA FIORANA** franco limosi - **FORCELLO** argilloso limosi
Classificazione Soil Taxonomy 2003: Aquic Haplustepts coarse silty, mixed, superactive, mesic; Vertic Endoaquists fine, mixed, active, calcareous, mesic
Classificazione WRB, 1998: Calcaric Gleyic Fluvisols Cambisols - Calcaric Gleyic Cambisols
- RUJ**
consociazione dei suoli **RUNA** franco argilloso limosi, a quote inferiori s.l.m., a substrato torboso
Classificazione Soil Taxonomy 2003: Aquic Haplustepts fine silty, mixed, superactive, mesic
Classificazione WRB, 1998: Calcaric Stagnic Cambisols
- SDZ1**
consociazione dei suoli **STRADAZZA** franchi
Classificazione Soil Taxonomy 2003: Oxyaquic Haplustepts coarse loamy, mixed, superactive, mesic
Classificazione WRB, 1998: Calcaric Fluvisols Cambisols
- SRE1**
consociazione dei suoli **STRADA REALE** franco limosi
Classificazione Soil Taxonomy 2003: Aquic Calcisols fine silty, mixed, superactive, mesic
Classificazione WRB, 1998: Gleyic Calcisols
- VPO1**
consociazione dei suoli **VALLE PIOPPA** franco argilloso limosi
Classificazione Soil Taxonomy 2003: Typic Fluvaquents loamy, mixed, superactive, calcareous, mesic
Classificazione WRB, 1998: Calcaric Gleyic Cambisols
- PIANURA COSTIERA**
Suoli a prevalente tessitura grossolana, a bassa differenziazione del profilo. Si sono formati in sedimenti sabbiosi, con classici, (sabbie fini e medie)
- CD52/CER2**
complesso dei suoli **CANALE DEL SOLE** franco argilloso limosi / **CERBA** sabbiosi fini franchi
Classificazione Soil Taxonomy 2003: Typic Fluvaquents fine silty, mixed (calcareous), active, mesic / Aquic Ustipsamments, mixed, mesic
Classificazione WRB, 1998: Calcaric Gleyic Hypoxic Fluvisols / Calcaric Arenosols
- CER1**
consociazione dei suoli **CERBA** sabbiosi fini
Classificazione Soil Taxonomy 2003: Aquic Ustipsamments, mixed, mesic
Classificazione WRB, 1998: Calcaric Arenosols
- CER2/BT1**
complesso dei suoli **CERBA** sabbioso fini franchi / **BOASCHETTO** franchi
Classificazione Soil Taxonomy 2003: Aquic Ustipsamments, mixed, mesic / Aquic Haplustepts coarse loamy, mixed, superactive, mesic
Classificazione WRB, 1998: Calcaric Arenosols / Calcaric Stagnic Fluvisols
- CER2/CER1**
complesso dei suoli **CERBA** sabbioso fini franchi / **CERBA** sabbioso fini
Classificazione Soil Taxonomy 2003: Aquic Ustipsamments, mixed, mesic / Aquic Ustipsamments, mixed, mesic
Classificazione WRB, 1998: Calcaric Arenosols / Calcaric Arenosols
- JOL2**
consociazione dei suoli **Varianti di JOLANDA** a solium sottile
Classificazione Soil Taxonomy 2003: Typic Sulfaquists fine silty, mixed, non acid, mesic
Classificazione WRB, 1998: Thionic Fluvisols
- PIR2**
consociazione dei suoli **PROTTOLO** sabbiosi fini franchi, salini
Classificazione Soil Taxonomy 2003: mixed, mesic Typic Psammaquents
Classificazione WRB, 1998: Calcaric Gleyic Arenosols
- ALV alveo di piena ordinaria CA corpo d'acqua

Suolo tipico della pianura costiera

Suolo sabbioso (90% sabbia) con orizzonte superficiale di colore scuro per arricchimento di sostanza organica e andamento ondulato dovuto alle lavorazioni.

La scarsa alterazione del suolo negli orizzonti profondi è evidenziata dalle stratificazioni corrispondenti ai vari eventi di deposizione dei sedimenti.



pianura costiera



Lo studio dei suoli richiede in primo luogo l'individuazione, attraverso l'analisi di fotografie aeree e di immagini da satellite, di porzioni di territorio omogenee per clima, geologia, morfologia e uso del suolo. Si procede successivamente al rilevamento dei dati sul terreno attraverso lo scavo di un profilo di almeno 1,5 metri di profondità o l'escavazione di una trincea per mano. L'osservazione sul campo permette di rilevare, per ciascuno (orizzonte) di cui è composto il suolo, numerosi dati tra cui la tessitura (stima del contenuto in sabbia, limo e argilla), la presenza di calcare, il pH e il colore. Questi dati sono generalmente integrati dalle analisi di laboratorio effettuate su campioni di suolo.

Suolo tipico della pianura deltizia

L'acqua palustre che ricopriva queste Terre ha rallentato la decomposizione dei residui vegetali e organici determinando la formazione di torba nell'orizzonte superficiale del suolo.

In profondità i colori rivelano la presenza di una falda d'acqua stagionale oscillante che condiziona i movimenti del ferro nel suolo: il ferro assume colori rossastri quando la falda si abbassa e nella terra e nei pori circola aria, assume invece colori grigi quando la terra rimane bagnata per periodi prolungati.



pianura deltizia



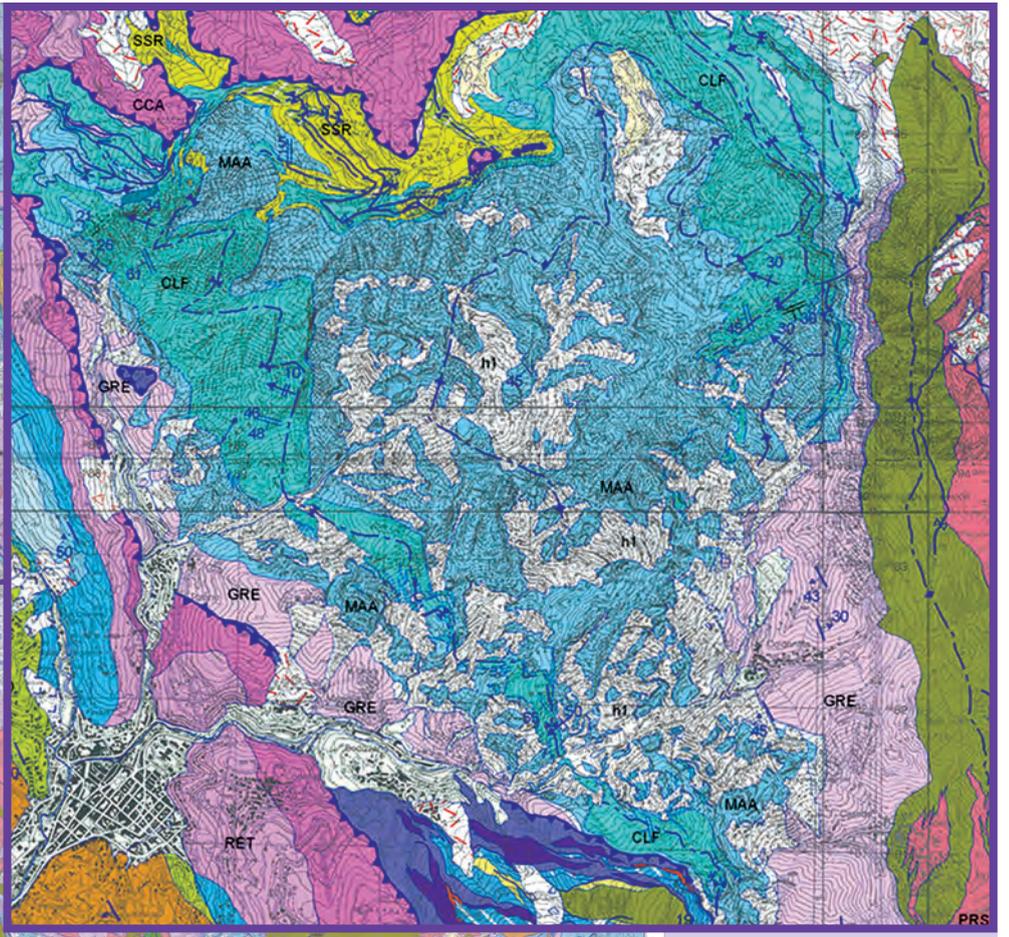
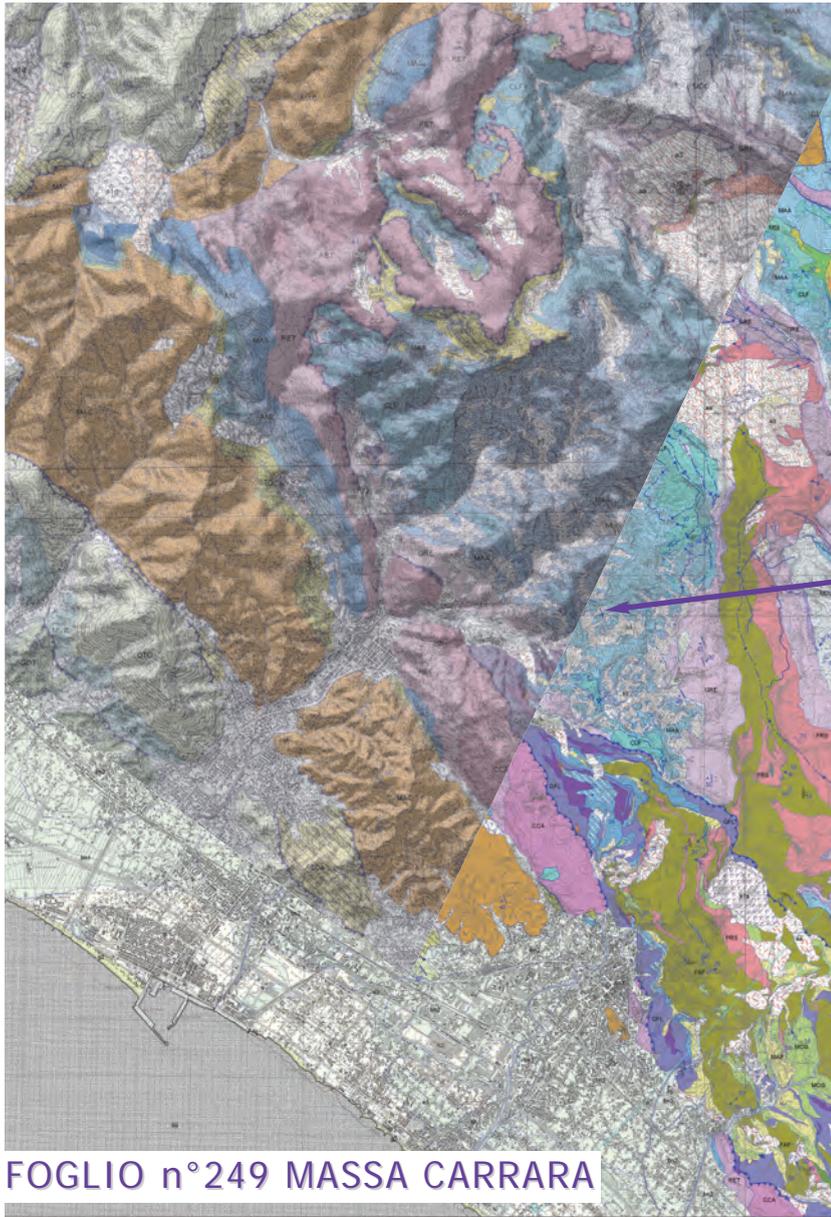
Allestimento scientifico:
Luigi Carmignani, Paolo Conti, Pier Lorenzo Fantozzi,
Sergio Mancini, Giovanni Massa, Marco Meccheri,
Giancarlo Molli, Daniele Simoncini, Luca Vaselli

Coordinamento:
Chiara D'Ambrogi

Allestimento iconografico:
Alessia Marinelli



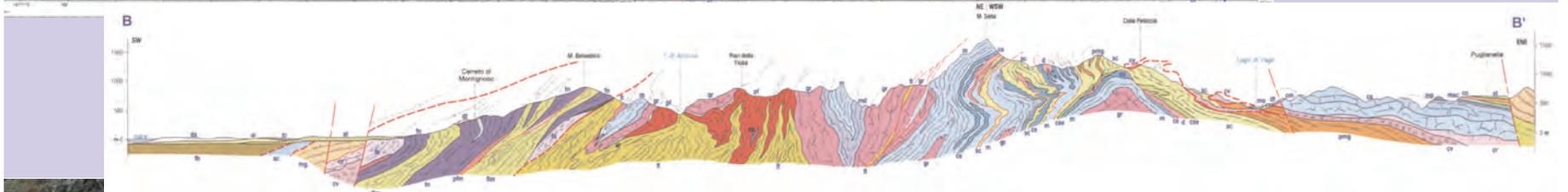
180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE



FOGLIO n° 249 MASSA CARRARA

Il Foglio geologico N° 249 Massa Carrara è ubicato nella Toscana settentrionale ed interessa le Province di Massa-Carrara e Lucca, ad eccezione di un limitato settore del margine occidentale che ricade nella Provincia di La Spezia (Regione Liguria). Il territorio è prevalentemente occupato dalla catena montuosa delle Alpi Apuane e dalle sue principali vette come ad esempio il M. Pisanino (1947 m) e il M. Tambura (1890 m). Rilievi collinari raccordano la zona alla pianura versiliese verso sud-ovest e alle valli del Fiume Magra, Torrente Aulella e del Fiume Serchio, rispettivamente verso nord e nord-est. La porzione sud-occidentale del Foglio, per un'estensione di circa 30 km², è occupata dal Mar Ligure.

Nel passato numerosi geologi e naturalisti hanno indirizzato le proprie attività al territorio delle Alpi Apuane. Gli studi condotti nel XIX secolo culminarono con il monumentale lavoro dell'ingegner D. Zaccagna, autore dei Fogli Massa e Pisa, stampati in occasione della I Edizione della Carta Geologica d'Italia.



Il tratto geologico caratteristico dell'area centrale e meridionale del Foglio Massa Carrara è dato dalla presenza di rocce metamorfiche che affiorano diffusamente nei versanti delle Alpi Apuane. Le quattro foto sopra riportate mostrano alcuni affioramenti di metamorfiti. Si tratta di rocce fortemente deformate durante l'orogenesi dell'Appennino settentrionale nel corso dell'era Terziaria. Le rocce che oggi affiorano nella catena apuana si sono deposte prevalentemente in ambiente marino durante i periodi Triassico e Giurassico. Successivamente durante l'orogenesi terziaria sono state sottoposte ad alte pressioni e temperature subendo trasformazioni della propria struttura cristallina (metamorfismo) e sono state inoltre deformate generando caratteristiche strutture denominate pieghe. Il progredire della deformazione ha determinato il graduale sollevamento delle rocce metamorfiche all'interno della crosta terrestre fino ad affiorare in superficie. La fotografia posta all'estrema destra mostra una particolare roccia metamorfica che rappresenta un'importante risorsa della zona apuana: il Marmo.



Nei versanti apuani affiorano inoltre anche rocce molto antiche con età di circa 500 milioni di anni risalenti ai periodi Cambriano ed Ordoviciano (Era Paleozoica) denominate Filladi inferiori e Porfiroidi. Nell'area collinare che fa da raccordo fra la zona di pianura e i ripidi contrafforti delle Alpi Apuane affiorano rocce di minor grado metamorfico e caratterizzate da minori deformazioni appartenenti all'Unità tettonica denominata "Falda Toscana" e alle Unità tettoniche Liguri. La porzione sud occidentale del Foglio è occupata da depositi recenti del Quaternario (da 1,8 milioni di anni ad oggi) costituenti la zona della pianura della Versilia che si affaccia sul Mar Ligure.

Le Alpi Apuane costituiscono un gruppo montuoso che ben si distingue dalla vicina dorsale appenninica sia per la posizione geografica (le sue vette distano pochi chilometri dal mare), sia per le caratteristiche geologiche dei terreni affioranti, sia per la marcata individualità morfologica. I tratti morfologici di maggior evidenza consistono nell'elevata energia del rilievo che si caratterizza per i profili aspri, valli incise e per la presenza di speroni rocciosi. Il progressivo approfondimento degli alvei fluviali accompagnato da un lento sollevamento ha determinato lo sviluppo di valli incassate tipo canyon o forre e la scarsità di zone pianeggianti. La fisiografia spiccatamente alpina si caratterizza per la presenza di forme di erosione quali creste in roccia, pinnacoli e scarpate di erosione lungo i profondi solchi vallivi. I depositi recenti sono costituiti per la maggior parte da corpi detritici eterometrici alla base di scarpate in roccia e locali accumuli per frana di crollo/ribaltamento, da depositi incanalati lungo solchi ad elevata pendenza dove si sviluppano episodi di colate di detrito in occasione dei principali eventi meteorologici. Ciò che maggiormente colpisce l'osservatore è l'estensione dei corpi di accumulo dei materiali di scarto delle attività estrattive (denominati "ravaneti") che in nessun altro luogo rappresentano un elemento caratterizzante del paesaggio come nell'area apuana.

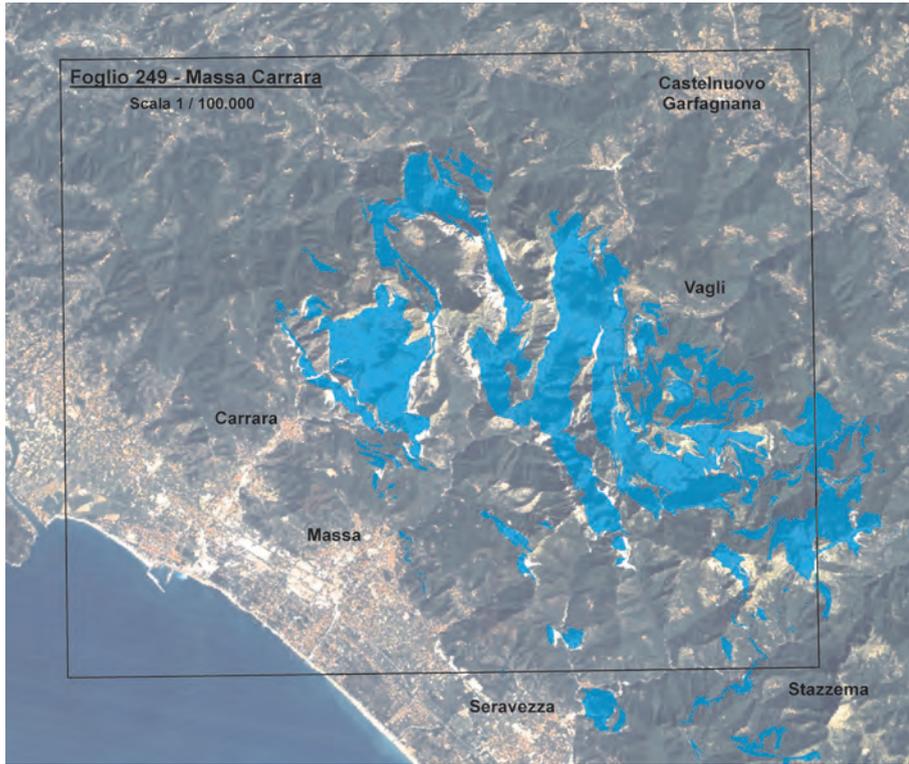
Occorre ricordare anche che le Alpi Apuane rappresentano una delle aree carsiche più importanti del territorio italiano, con sviluppo di forme di dissoluzione epigea, ma soprattutto di un impressionante sistema di gallerie e pozzi sotterranei tra i maggiori in Europa per sviluppo e profondità. Degni di nota sono anche i fenomeni del glacialismo apuano che si è sviluppato, nel corso del Pleistocene, essenzialmente sul versante nord-orientale della catena.



risorse naturali



I marmi: sfruttamento di una risorsa

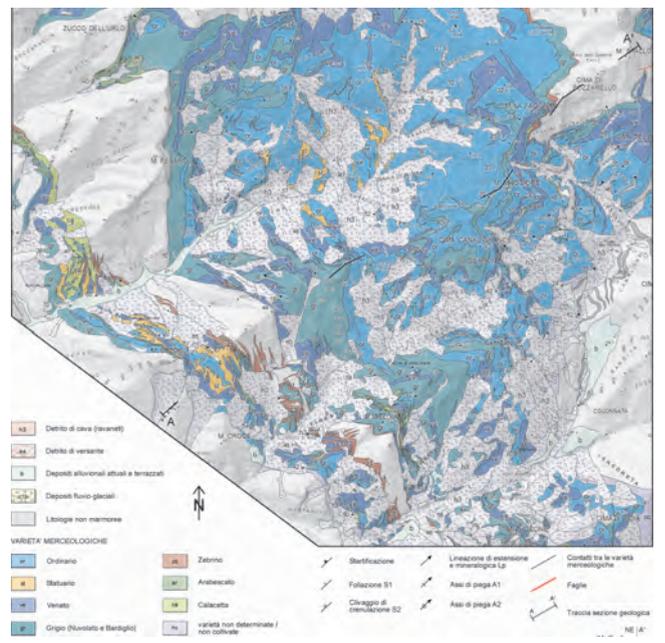


I marmi delle Alpi Apuane sono i materiali lapidei più conosciuti al mondo. Attualmente il territorio apuano è interessato complessivamente da più di 140 cave attive con una produzione di circa 1.200.000 ton/anno di marmo. Nella regione apuana l'estrazione di pietre ornamentali è caratterizzata da una storia secolare ed ha prodotto una vasta gamma di varietà di marmi che non trova eguali altrove. Sulla base di recenti ricerche è possibile far risalire all'epoca preromana i primi impieghi dei marmi apuani.

L'attività estrattiva, concentrata prevalentemente nell'area del carrarese, è ben documentata in **epoca romana** da ritrovamenti archeologici e da fonti letterarie. All'epoca il materiale veniva estratto per mezzo di martelli e scalpelli metallici sfruttando le principali linee di frattura presenti nell'ammasso roccioso.

La caduta dell'Impero Romano e la conseguente crisi economica e sociale che caratterizzò il **Medioevo** determinarono una forte diminuzione della quantità di marmo estratto con attività estrattiva realizzata solo a livello locale. In **epoca rinascimentale** si assiste ad una netta ripresa della produzione. L'attività estrattiva si avvaleva ancora di tecniche tradizionali manuali ed era condotta in modo artigianale e gestita a livello familiare. Fondamentale per lo sviluppo della coltivazione del marmo nel territorio versiliese fu la missione compiuta da Michelangelo Buonarroti nel 1518-1520 per ricercare materiale lapideo di pregio per la realizzazione di opere scultoree presso la Città del Vaticano. L'introduzione nel **XVIII secolo** dell'esplosivo nelle tecniche estrattive velocizzò le opere di scavo con conseguente aumento dei volumi di materiale prodotto. L'utilizzo di questa tecnica determinò anche un notevole incremento di detriti di scarto con produzione nei versanti a valle delle cave d'imponenti discariche di pezzame inutilizzato (denominate "ravaneti"). Nel **XIX secolo** la gestione di un gran numero di cave da parte d'importanti società, il supporto di nuove tecnologie (filo elicoidale e linee ferroviarie) e le maggiori richieste del mercato nazionale ed estero ebbe come conseguenza una rapida ascesa delle quantità di materiale prodotto (circa 150.000 circa ton/anno). Questa tendenza proseguì fino agli anni precedenti alla seconda guerra mondiale, periodo in cui l'attività estrattiva subì una repentina diminuzione. Nei decenni successivi la produzione del marmo apuano è aumentata progressivamente. Le moderne tecniche introdotte nell'ultimo trentennio, basate sull'utilizzo del filo diamantato, hanno comportato una diminuzione generale del numero di addetti e parallelamente un vertiginoso aumento della produzione. Agli inizi degli anni ottanta veniva superata la quantità di 1.000.000 di tonnellate prodotte per anno.

CARTA GIACIMENTOLOGICA DEGLI AGRI MARMIFERI NELLA ZONA DI CARRARA

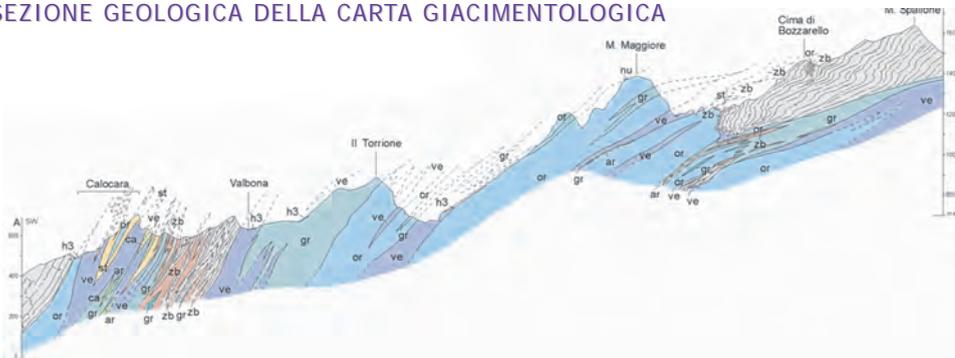


Il bacino marmifero ubicato a nord-est della città di Carrara rappresenta la principale area

estrattiva delle Alpi Apuane. In questa zona sono attualmente presenti un centinaio di cave attive con una produzione nell'anno 2004 in termini di blocchi squadriati e informi di 915.000 tonnellate di marmo, corrispondente al 75% della produzione totale dei bacini marmiferi apuani.

La varietà merceologica maggiormente rappresentata è il marmo Ordinario caratterizzato da colore bianco perlacoso-grigio chiaro in genere piuttosto uniforme o variamente punteggiato da macchie grigie di dimensioni centimetriche dai limiti sfumati, dovute a presenza di pirite microcristallina. Il pregiato marmo Statuario è in generale scarsamente rappresentato (circa 2% della produzione totale) ed affiora in lenti di pochi metri di spessore con una continuità laterale dell'ordine delle centinaia di metri. Si tratta di marmi a grana grossa di colore bianco avorio a volte tendente al giallo-beige molto chiaro e generalmente assai uniforme. Le varietà dei marmi Arabescati e Calacatta sono commercialmente piuttosto apprezzate e sono caratterizzate da metabreccie a clasti eterometrici. La sezione geologica mostra la complessa geometria nel sottosuolo delle varietà merceologiche dedotta dai dati strutturali di superficie (stratificazione, scistosità, assi di pieghe ecc.). Tale assetto è il risultato di una lunga e articolata storia geologica, che ha interessato i marmi apuani e in generale le rocce dell'Appennino settentrionale, cominciata circa 200 milioni di anni fa con la formazione di una piattaforma carbonatica coinvolta successivamente, nel periodo Terziario, nell'orogenesi Alpina. Quest'ultima si è realizzata tra i 30 e i 10 milioni di anni fa ed ha determinato la riorganizzazione dei cristalli delle rocce carbonatiche con formazione di rocce metamorfiche (metacalcari = marmi) accompagnata da un'intensa deformazione delle formazioni rocciose coinvolte nell'orogenesi.

SEZIONE GEOLOGICA DELLA CARTA GIACIMENTOLOGICA

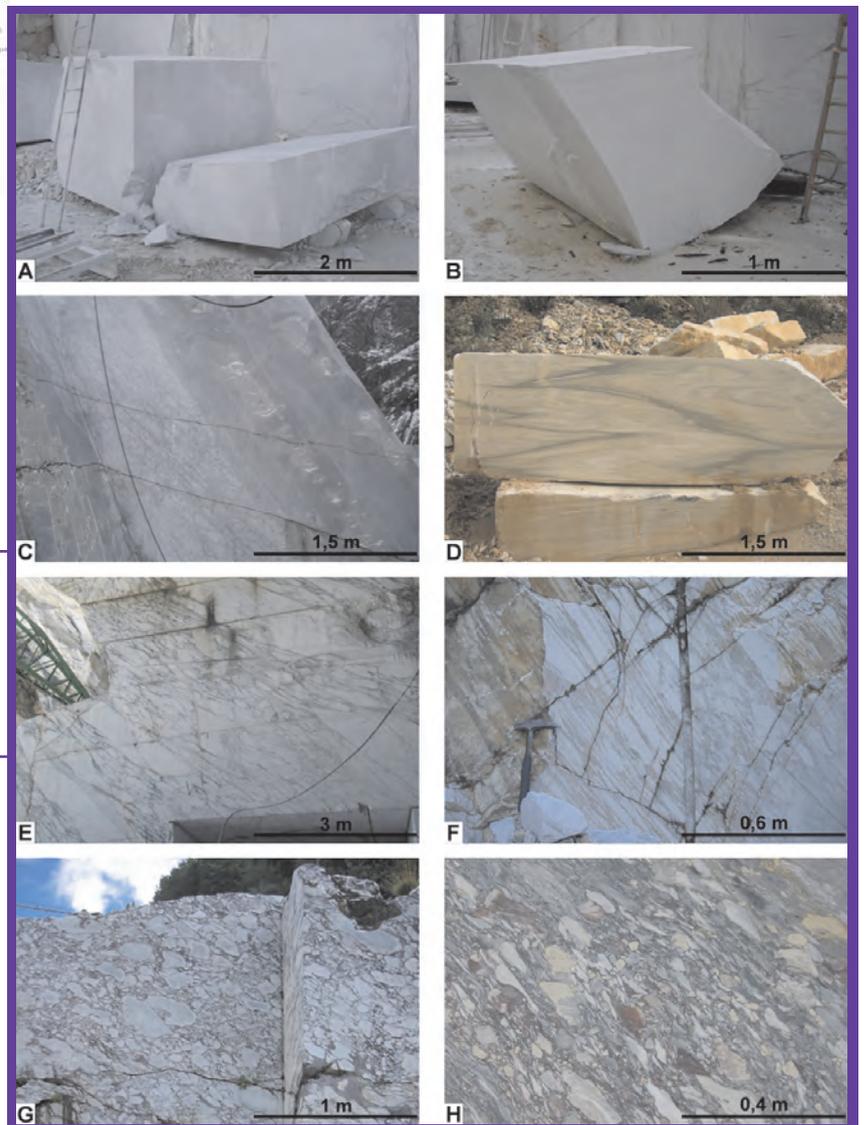


Panoramica della zona di cave di marmo presso il paese di Colonnata nell'entroterra della città di Carrara. L'intensa attività ha determinato una rilevante modificazione del paesaggio. Sono evidenti le aree adibite a discariche di cave. Si tratta di enormi volumi di materiali di scarto derivante dall'attività estrattiva che rappresenta circa 1/3 dello scavo a monte. Tale ingente quantitativo di materiale costituisce una risorsa primaria di lapideo di alta qualità che trova oggi nel mercato una grande richiesta in ragione di una vasta gamma di applicazioni. Inoltre il prelievo di tali materiali costituisce una fondamentale operazione di recupero e gestione razionale dei giacimenti stessi, che in molti casi, risultano parzialmente o totalmente coperti da spesse coltri di detrito. I ravaneti se non coltivati in modo razionale rappresentano però anche una delle principali fonti di dissesto idrogeologico che insistono sulle aree estrattive e su alcuni centri abitati. Negli ultimi anni molti ravaneti sono stati interessati da fenomeni di frana rappresentati in prevalenza da trasporti in massa di materiale detritico.

- Esempi di alcune varietà merceologiche dei marmi
- A - blocco di marmo Ordinario (Carrara)
 - B - blocco di marmo Bianco (Forno)
 - C - livello di marmo Venato in marmi Grigi (Equi Terme)
 - D - blocco di marmo Zebrino (Carrara)
 - E - fronti di coltivazione in marmo Arabescato (Monte Corchia)
 - F - tagli di cava in marmo Calacatta (Forno, Massa)
 - G - tagli di cava in Breccie rosse (Ametola)
 - H - tagli di cava nelle Breccie di Seravezza (Monte Corchia)



Aspetto tipico dei gradoni di una cava di marmo Statuario a cielo aperto e a mezza costa sul versante sudest del Mt. Altissimo (cave delle Cervairole Seravezza, LU). Le forme principali delle cave a mezza costa sono di tipo: a gradoni, ad anfiteatro e ad imbuto, con ripiani collegati tra loro da piste e rampe per i mezzi d'opera.



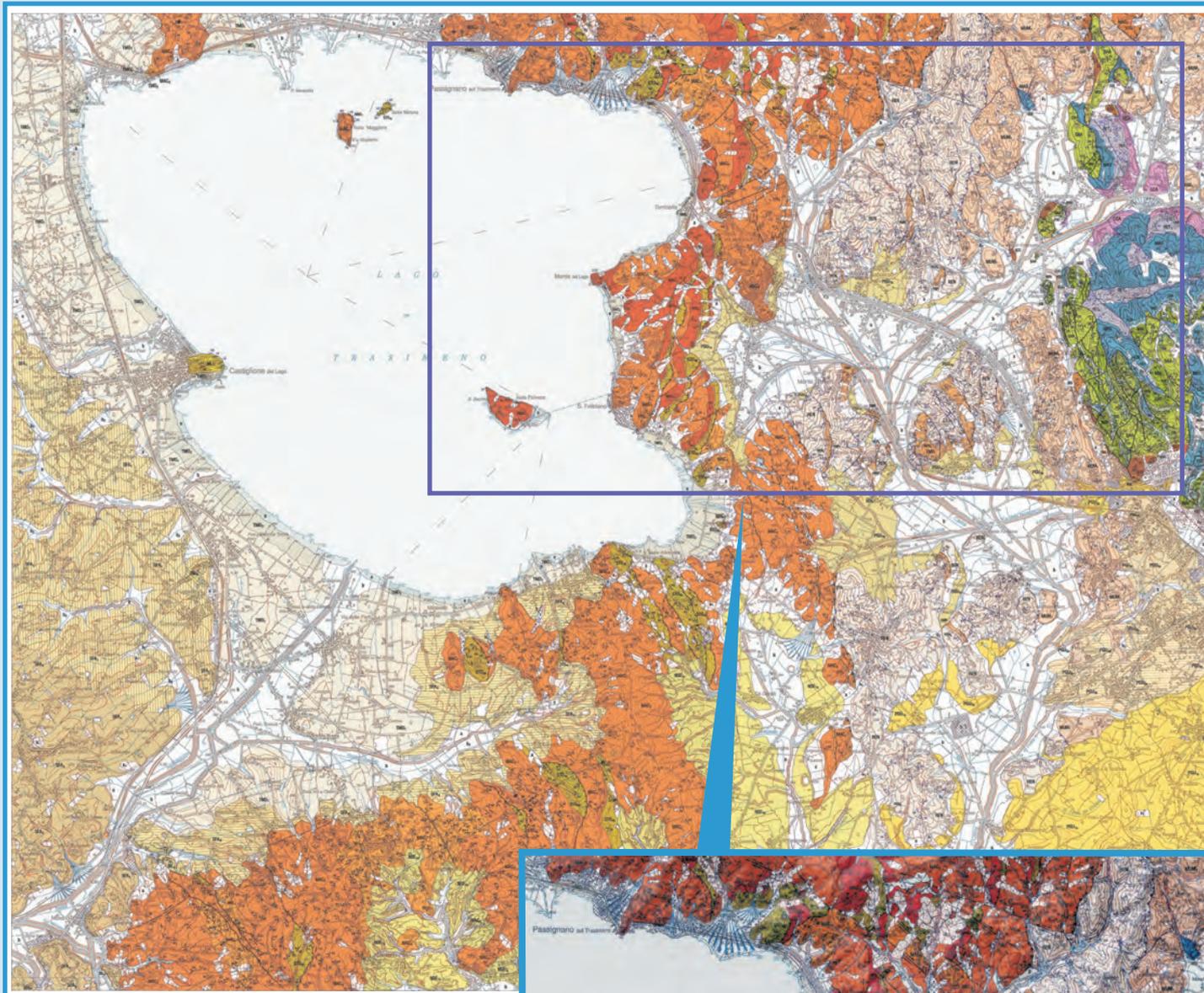
Allestimento scientifico:
Arnaldo Boscherini, Andrea Motti,
Giovanni Bortoluzzi, Luca Gasperini,
Luca Bellucci, Marco Ligi

Coordinamento:
Marco Pantaloni

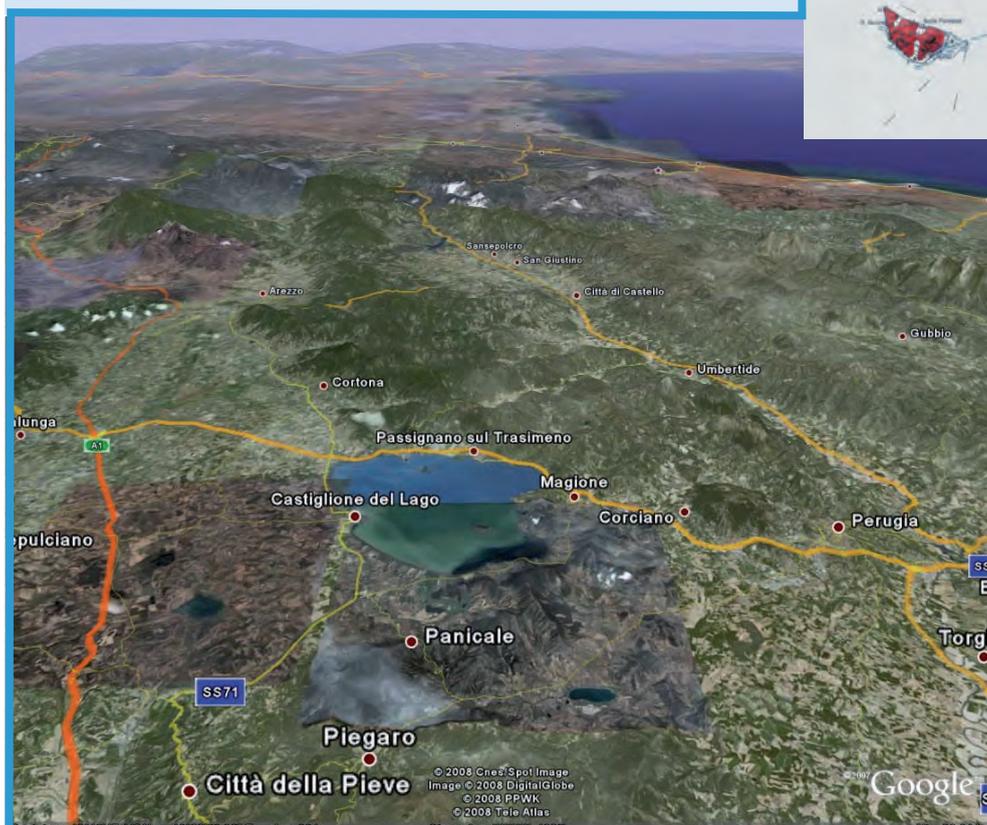
Allestimento iconografico:
Massimiliano Ronsisvalle



180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE



FOGLIO n°310 PASSIGNANO SUL TRASIMENO

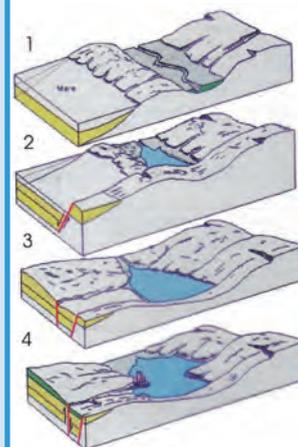


IL LAGO TRASIMENO

Il Lago Trasimeno è il più ampio specchio lacustre dell'Italia peninsulare, con una superficie di oltre 120 km², ed è situato interamente in territorio umbro; il suo bacino confina con quello del Fiume Tevere che è collegato al lago attraverso l'emissario artificiale ed i corsi d'acqua Caina e Nestore.

Il Lago è stato ritenuto anticamente di origine alluvionale, mentre dai lavori scientifici più recenti, vi è un certo accordo riguardo la sua origine tettonica, e in particolare ai processi di deformazione estensionale che hanno interessato la zona a partire dal tardo Pliocene.

Infatti, dopo che il sollevamento generale del substrato causato dall'avanzamento del fronte della catena appenninica ha causato l'emersione del territorio ed il ritiro del mare verso ovest (processo completato definitivamente nel Pleistocene inf.), le fosse tettoniche hanno richiamato il deflusso idrico superficiale in aree più o meno circoscritte, dove si sono formati ambienti palustri, la cui evoluzione ha occupato un lungo lasso di tempo. Possiamo quindi immaginare che tutto il territorio circostante il Lago Trasimeno si sia venuto a trovare in questa situazione paleogeografica dal Pliocene fino ai giorni nostri: il lago costituirebbe quindi l'ultimo lembo di questi ambienti palustri preservato al colmamento.



EVOLUZIONE PALEOGEOGRAFICA DEL LAGO TRASIMENO

- 1) Pliocene;
- 2) Pleistocene inferiore,
- 3) Pleistocene medio,
- 4) Pleistocene superiore.



IL RILIEVO GEOFISICO

Il rilievo geofisico del Lago Trasimeno è stato realizzato dall'ISMAR-Bologna nell'ambito di una convenzione con il Servizio Geologico della Regione Umbria; sono stati acquisiti dati di:

- a) batimetria e morfologia del fondale, per mezzo di ecoscandagli;
- b) sismica a riflessione superficiale;
- c) sismica a riflessione profonda.

I dati geofisici sono stati integrati dal campionamento di sedimenti del fondo lago, ottenuti utilizzando una benna e un carotiere acqua-sedimento.

BATIMETRIA E MORFOLOGIA DEL FONDALE

Una morfobatimetria di dettaglio è il primo passo per lo studio geologico di un ambiente sommerso. Nel caso del Lago Trasimeno, il più recente lavoro basato su un insieme significativo di dati risale al 1969.

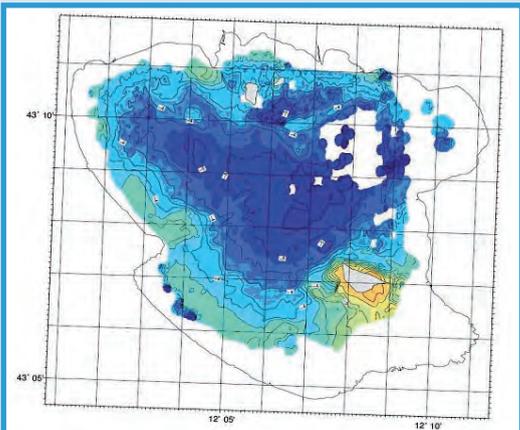
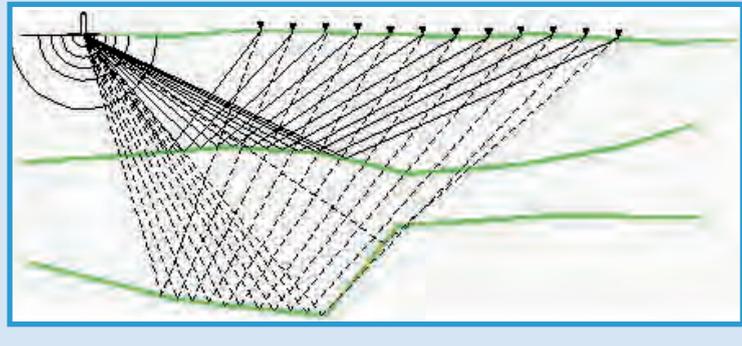
Le bassissime profondità e la notevole estensione areale del lago si sono rivelate l'ostacolo principale per ottenere un accurato modello digitale del fondale; la soluzione è stata utilizzare un ecoscandaglio digitale ad alta frequenza (200 kHz), interfacciato a un sistema di posizionamento Real-Time Kinematics a precisione centimetrica anche nella misura delle quote.

Il prodotto finale è una nuova carta morfo-batimetrica del Lago Trasimeno, che mostra come dal punto di vista morfologico il lago abbia l'aspetto di una conca piatta, con una lievissima pendenza verso la zona centrale dove si osservano profondità massime di circa -6 m rispetto allo zero idrometrico. La caratteristica più importante è la presenza di due depocentri, uno approssimativamente baricentrico rispetto alle coste, il secondo localizzato nel settore nord-occidentale del lago.

L'INDAGINE SISMICA A RIFLESSIONE

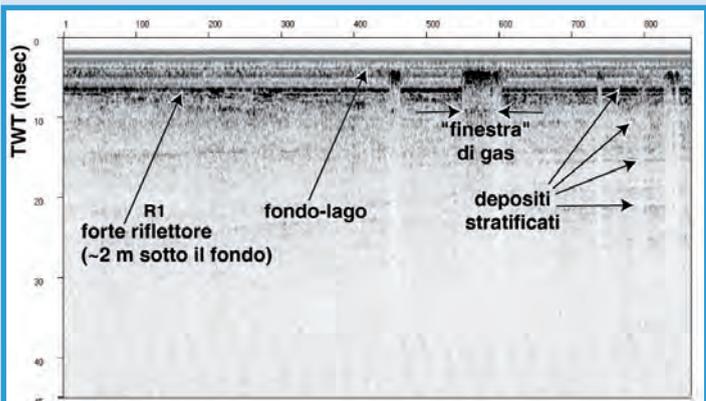
Questa metodologia geofisica permette, in adeguate condizioni, la migliore descrizione delle caratteristiche dei terreni e delle loro geometrie, nonché la possibilità di esplorare il sottosuolo a notevoli profondità utilizzando adeguate sorgenti energizzanti di potenza limitata.

In passato la sismica a riflessione è stata utilizzata principalmente per le indagini petrolifere profonde. Nei primi anni '80, l'avvento di geofoni ad alta frequenza e dei sismografi digitali, nonché di computer veloci e a basso costo, ha consentito sempre maggiori e più valide applicazioni in campo ingegneristico, ambientale e per ricerca d'acqua. Un'altro aiuto è venuto dalla disponibilità di sorgenti energizzanti a basso costo e ad alta frequenza. Il principio fisico utilizzato dalla metodologia, consiste nella parziale riflessione di energia delle onde elastiche al loro passaggio attraverso un piano di discontinuità di velocità sismica. L'energia riflessa sarà maggiore per contrasti più spiccati di velocità. Lo stendimento illustrato in figura è la geometria di acquisizione base per una singola energizzazione. L'onda sismica provocata da un fucile sismico o dall'esplosivo si propaga nel sottosuolo ed è parzialmente riflessa verso la superficie, dalle discontinuità geologiche. Una sequenza di geofoni allineati in superficie consente di rilevare simultaneamente le forme d'onda sismica riflesse. Questa geometria di base viene spostata lungo l'allineamento dei geofoni di un passo geofonico, a ciascuna energizzazione. Questa procedura consente, quindi, di registrare più volte le informazioni provenienti dallo stesso riflettore in profondità.



La nuova carta batimetrica del Lago Trasimeno ottenuta dalla compilazione di dati singolo e multi-beam.

La qualità generale dei profili risente della presenza diffusa di gas nei sedimenti, che costituisce una ostacolo alla penetrazione in profondità del segnale sismico. Dove i sedimenti sono liberi dal gas si osservano penetrazioni notevoli, fino a 30-40 ms TWT (Two-Way Travel Time) al di sotto del fondale. Lo studio dei profili sismici superficiali ha messo in evidenza come il lago sia interessato da subsidenza progressivamente maggiore da est a ovest: la progressiva "rotazione" verso est del substrato crea lo spazio per l'accumulo di uno spesso cuneo di sedimenti le cui geometrie interne sono controllate dalle variazioni di livello del lago. La presenza di R1 e di un corpo progradazionale sepolto sotto sedimenti più trasparenti è probabilmente da mettere in relazione ad uno o più episodi di variazione del livello del lago, e in particolare ad una fase abbastanza prolungata e persistente di stazionamento basso.



Spezione del profilo chirp-sonar L109a con descritte alcune caratteristiche comuni all'intera area di studio

SORGENTE DI ENERGIA

Quale sorgente di energia solitamente si usa una mazza se la massima profondità da esplorare non è superiore ai 30-40 metri, un fucile sismico se la massima profondità da esplorare esplorata non è superiore a 100 m oppure dell'esplosivo che consente di regolare l'energia immessa nel terreno. Il collegamento di time-break fra il punto di sparo e la stazione di acquisizione si realizza con un doppio filo elettrico o con un sistema radio.

SISTEMA DI RICEZIONE

Per la registrazione delle forme d'onda in superficie, si possono utilizzare da 12 a 48 geofoni e più.

SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Le forme d'onda simultaneamente presenti ai geofoni vengono acquisite utilizzando un sismografo multicanale. Una delle caratteristiche più importanti di un sismografo, oltre al numero di canali, è la dinamica del segnale, cioè la differenza fra il più piccolo e il più grande valore di segnale che lo strumento è in grado di acquisire sulla stessa traccia.

SISMICA A RIFLESSIONE SUPERFICIALE

Per il rilievo di sismica superficiale del Lago Trasimeno è stato utilizzato un sistema Chirp-Sonar che ha permesso di ottenere immagini acustiche dei primi 30-40 m del sottofondo lacustre.

Sono stati ottenuti 182 profili sismici che coprono l'intera superficie del lago. Questi dati sono stati utilizzati per capire l'influenza della tettonica sull'evoluzione recente del bacino del Trasimeno e per caratterizzare la sotto-superficie dal punto di vista stratigrafico-deposizionale. I profili mettono in evidenza un'interfaccia acqua-sedimento semifluida marcata da un riflettore molto debole, segno evidente che i sedimenti più superficiali non mostrano caratteristiche acustiche (densità e velocità delle onde P) molto diverse da quelle dell'acqua. Più in profondità si osservano sedimenti finemente stratificati e acusticamente trasparenti, che drappeggiano un orizzonte altamente riflettivo (riflettore R1).

SISMICA A RIFLESSIONE PROFONDA

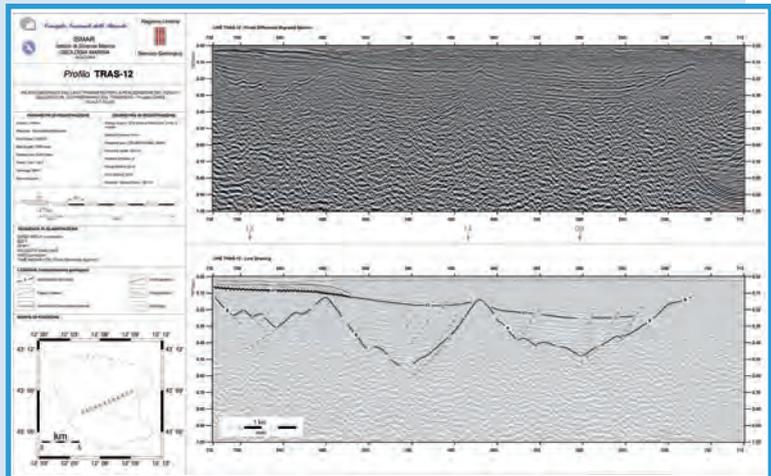
Per la sismica a riflessione profonda si è utilizzata una sorgente water-gun e un ricevitore a 8 canali della lunghezza complessiva di 200 m e sono state ottenute 12 sezioni sismiche. Gli orizzonti sismici riconosciuti hanno permesso di produrre mappe di spessore in tempi di propagazione del segnale sismico (isocronopache) e in profondità (isopache) stimate sulla base delle analisi di velocità in fase di elaborazione. Sono stati riconosciuti due orizzonti sismici principali: l'Orizzonte-U1 e l'Orizzonte-B.

Orizzonte-U1: si tratta di un riflettore a grande ampiezza e continuità laterale, facilmente correlabile all'interno del bacino. Questo orizzonte definisce una monoclinale immergente con un angolo basso e costante (~2°) verso W, e mantiene questa geometria in tutto il bacino. Si mostra in generale concordante o in lievissima discordanza geometrica con i riflettori sovrastanti e sottostanti, anche se mette a contatto due unità sismiche per facies sismica molto diverse fra loro.

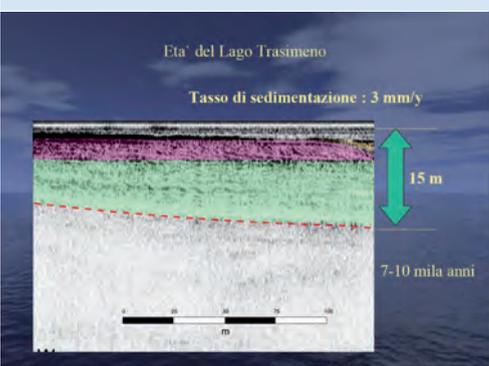
Orizzonte-B: si tratta di un riflettore a grande ampiezza che costituisce il basamento acustico dei profili del lago. Su questo orizzonte terminano con geometrie di tipo onlap i riflettori osservati nell'intera successione sedimentaria del bacino. L'Orizzonte-B mostra geometrie complesse all'interno del bacino, con un'alternanza di alti e bassi strutturali collegati da scarpate molto acclivi che sono state riconosciute spesso in associazione a piani di faglia a inclinazione apparente variabile tra i 30 e i 50 gradi. Proprio le geometrie complesse e la presenza di forti gradienti topografici rendono questo riflettore discontinuo e di non facile riconoscimento in molte zone del bacino, dove è stato cartografato ricorrendo all'analisi della facies sismica dei riflettori sovrastanti.

Dall'interpretazione delle linee sismiche e tenendo conto delle geometrie e spessori delle unità sismostratigrafiche cartografate; dei dati strutturali e stratigrafici derivanti dal rilevamento a terra propedeutico alla compilazione del foglio; dei dati litostratigrafici ottenuti da perforazioni effettuate in prossimità della costa occidentale del lago, si possono ipotizzare le seguenti correlazioni:

- l'Unità-1 dovrebbe corrispondere al Sintema del Trasimeno ed essere costituita interamente da depositi lacustri di età Pleistocene medio-superiore;
- la parte superiore dell'Unità-2, delimitata alla base da U2 e al tetto da U1 dovrebbe corrispondere al Sintema di Sanfatucchio e consistere quindi di alternanze di depositi continentali fluvio-lacustri di età Pleistocene-inf. (Pliocene sup. ?);
- la parte inferiore dell'Unità-2 invece potrebbe essere costituita da depositi marini del Pliocene inferiore.



Profilo sismico a riflessione multi-canale TRAS-12 e line drawing interpretativo con indicate le principali unità sismostratigrafiche. La rotazione verso nord-est dell'intera successione sedimentaria osservata nei profili Chirp è confermata dalle sezioni profonde. La discontinuità U1 separa due unità che mostrano facies sismica molto diversa fra loro (vedi testo).



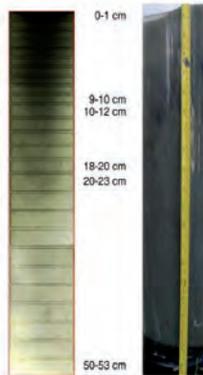
ANALISI DEI SEDIMENTI

Per verificare la distribuzione dei sedimenti sul fondale il lago è stato campionato con una benna Van Veen da 5 lt. in 100 stazioni. Le analisi granulometriche hanno confermato che il lago è dominato da sedimenti a granulometria fine (silt-argilla), con la presenza di sabbia limitatamente alle sole aree costiere e attorno alle isole. Per ottenere una stima del tasso di sedimentazione è stata prelevata una carota di sedimento in una stazione scelta sulla base dell'analisi preliminare dei dati sismici.

Il prelievo è stato effettuato con un carotiere acqua/sedimento per preservare inalterata l'interfaccia. L'analisi dei traccianti radioattivi, in particolare 210Pb e 137Cs ha permesso di calcolare una velocità di sedimentazione di 0.3 cm/anno per gli ultimi 50-100 anni.



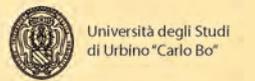
Carota TRAS-05_SW1



Allestimento scientifico:
Marcello Principi, Mario Tramontana,
Alessia Lacerra

Coordinamento:
Rita Maria Pichezzi

Allestimento iconografico:
Mauro Roma



180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

L'area del **FOGLIO n° 268 PESARO** si estende dalla fascia pedemontana appenninica, a cavallo tra le regioni Marche ed Emilia Romagna, all'area costiera che va da Misano Adriatico fino a sud di Fosso Sejore. L'assetto prevalentemente collinare del territorio è interrotto dall'ampia piana di fondovalle del Fiume Foglia.

Il territorio collinare può essere distinto in due settori principali: un settore collinare più interno (Dorsale di M. Colbordolo-Mondaino e Dorsale di Ginestreto) caratterizzato da rilievi con versanti ripidi, dissecati da serie di piccole valli strette e profonde; un settore collinare più esterno che si estende parallelamente alla fascia costiera e che vede il suo margine nord-orientale interrotto da una ripida scarpata d'erosione marina. Quest'area, contraddistinta da versanti dolci, ampie vallecole, forme arrotondate e colline spesso con tipiche spianate sommatiali, corrisponde alla Dorsale Gabicce- Pesaro (o di Monte San Bartolo) e che prosegue a SE di Pesaro con la Dorsale di M. Ardizio.

L'area del Foglio si colloca nel settore più orientale dell'Appennino Umbro-Marchigiano settentrionale. In esso, caratterizzato dalla presenza dei termini della successione umbro-marchigiano-romagnola, ricadono la parte più esterna della catena carbonatica appenninica e il passaggio con le antistanti avanfosse mio-plioceniche deformate marchigiana e adriatica.

I depositi continentali quaternari più caratteristici nell'ambito del Foglio sono le alluvioni terrazzate, osservabili sino a quote di oltre 200 m al di sopra degli attuali talweg. Le scarpate di terrazzo che separano fra loro le diverse unità alluvionali sono spesso preservate e cartografabili.

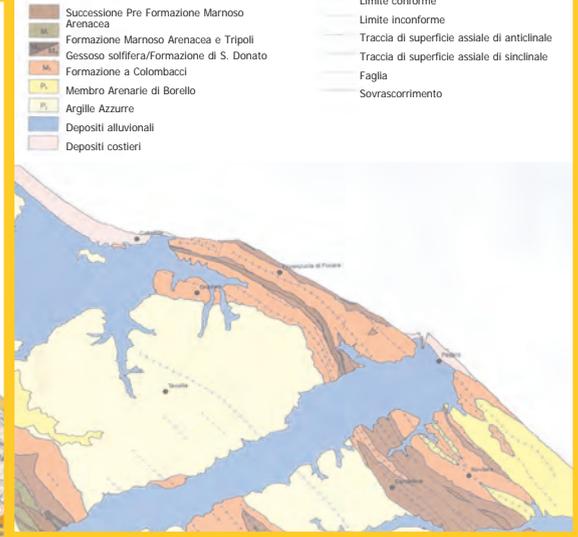
Le aree caratterizzate da termini mio-pliocenici prevalentemente pelitici sono caratterizzate da movimenti franosi, anche di grandi dimensioni, e di coltri detritiche che ricoprono vaste superfici del territorio.

La costa è stretta, con litorali da ghiaiosi a sabbiosi e caratterizzata da scarpate di erosione marina attiva (tratto Pesaro- Gabicce) e fossile (fra Pesaro e Fano e da Gabicce fino a Nord di Misano Adriatico). La piana costiera si apre in modo più o meno accentuato in corrispondenza delle foci fluviali.

Panoramica della falesia da Vallugola verso Pesaro



Sequenze deposizionali

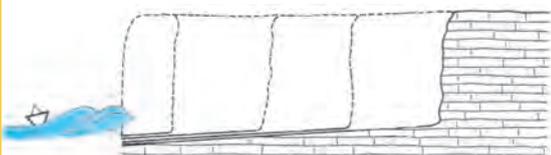


267	268	269
Colbordolo	Pesaro	Fano
279	280	281
Livorno	Fossombrone	Sergolle

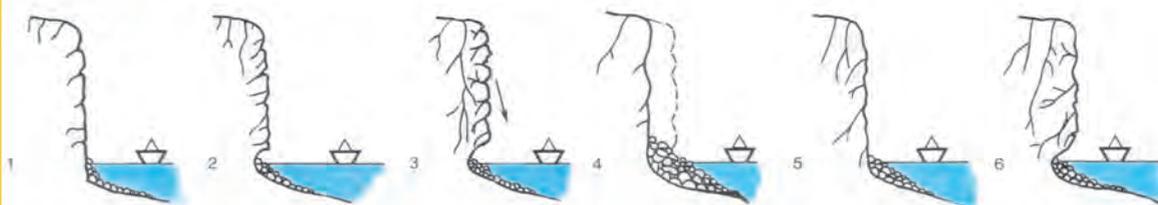


L'area del Monte San Bartolo si colloca in corrispondenza della struttura anticlinale più orientale delle Marche settentrionali il cui fianco orientale, che si sviluppa in mare, è probabilmente in relazione ad un piano di sovrascorrimento il cui fronte è ubicato a poca distanza dalla costa. Questa anticlinale rappresenta una struttura tettonica complessa e molto caratteristica per la presenza, nella parte crestale, di strutture superficiali che ne condizionano la geometria complessiva. Infatti, nella parte centrale, a ovest di Pesaro, poco a nord del Fiume Foglia, si osserva una rotazione degli assi strutturali che tendono a disporsi in direzione NNO-SSE. e dell'anticlinale si osserva una fascia, che si sviluppa lateralmente in direzione NO-SE per diversi chilometri e al cui interno affiorano i termini dello Schlier e della Gessoso-Solfifera, bordata da due sovrascorrimenti aventi senso di trasporto tettonico diverso. Il sovrascorrimento occidentale, quello principale, rappresenta un backthrust, essendo caratterizzato da un senso di trasporto tettonico verso SO, opposto rispetto a quello regionale, verso NE. I terreni messiniani al letto del backthrust sono deformati con evidenti pieghe decametriche, antiforimi e sinforimi, di norma vergenti verso SO. Al letto del sovrascorrimento che delimita verso NE la suddetta fascia e che, invece, è caratterizzato da trasporto tettonico verso NE si osserva una sinclinale relativamente ampia con al nucleo i terreni messiniani della Formazione a Colombacci. Questa struttura, verso oriente, passa ad una più stretta anticlinale la cui traccia assiale si sviluppa per gran parte in mare e il cui nucleo è caratterizzato dai termini dello Schlier e della Gessoso-solfifera, osservabili alla base della falesia. Tutte le strutture descritte hanno un andamento appenninico (NO-SE) anche se a sud, a ovest di Pesaro, poco a nord del Fiume Foglia, si osserva una rotazione degli assi strutturali che tendono a disporsi in direzione NNO-SSE.

FALESIA: tratto di costa di natura rocciosa, costituita da alte pareti che sembrano colare a picco sul mare.



Falesia fossile: sono separate dal mare grazie alla presenza della spiaggia, che funge da lembo protettivo scongiurando gli effetti dell'erosione marina.



Falesia attiva: sono quelle a diretto contatto col mare, sottoposte dunque all'erosione marina oltre che atmosferica.





PARCO NATURALE DEL MONTE SAN BARTOLO

Il Parco Naturale del Monte San Bartolo si caratterizza principalmente per il tratto di costa alta, a falesia viva, rara in tutto l'Adriatico e raggiunge le sue massime quote sulle colline del San Bartolo (200m), Castellano (197m) e nei nuclei abitati di Castel di Mezzo (195m) e di Fiorenzuola di Focara (186m). Il resto del territorio protetto è costituito da paesaggio rurale che in passato era attivamente coltivato fino al mare. Punto di estrema importanza per la migrazione dell'avifauna e sito per lo svernamento di diverse specie di uccelli, ma anche dal punto di vista archeologico e storico.



Avifauna



Fiorenzuola



Vista panoramica del parco con la fioritura della ginestra odorosa (*Spartium junceum*) che si impianta su terreni più asciutti e stabili.

La falesia del Monte San Bartolo mette in mostra una successione di rocce sedimentarie stratificate che si sono deposte tra il Tortoniano e il Messiniano (Miocene superiore). Dal punto di vista stratigrafico l'unità più antica affiorante è rappresentata dalla porzione superiore dello Schlier caratterizzata da marne grigio azzurre torbiditiche, in strati di 40-50cm, associate a peliti nerastre di spessore anche decimetrico, finemente laminare e spesso bioturbate, a volte con ittioliti.

Segue la Gessoso-Solfifera costituita: nella parte inferiore da calcari e calcari dolomitici grigi, spessi da 20 a 60 cm, alternati a marne argillose grigio-nerastre, bituminose finemente laminare; nella porzione superiore da marne grigio chiare e bituminose, leggermente siltose, ricche in resti organici sia vegetali (foglie di quercia, pino, rametti di piante terrestri, cannaee) che animali (pesci ciprinodonti e di insetti).

Nei pressi di S. Marina è possibile osservare uno strato di gesso "balatino" dello spessore di circa 50cm, con una evidente laminazione piano-parallela molto cementata e di colore grigiastro. All'interno delle marne, inoltre, si rinvenivano cristalli tabulari di gesso ricristallizzato. Nelle sezioni affioranti a S. Marina e M. Castellano alle marne bituminose si intercalano lamine di diatomiti con spessore variabile. Gran parte della falesia è intagliata nella sovrastante formazione di San Donato costituita da una litofacies pelitico arenitica e una litofacies arenitico-pelitica. All'interno di quest'ultima litofacies è presente un livello guida bacinale derivato dello spessore valutabile in circa due metri che costituisce un marker-bed bacinale ed un time-level per tutto il Bacino Marchigiano Esterno. Al di sopra di essa poggia la Formazione a Colombacci caratterizzata da una tipica sedimentazione ciclica arenitico-pelitica e dalla presenza di peculiari orizzonti calcarei ("colombacci").

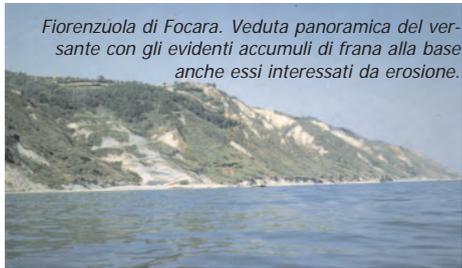
Nell'area in esame l'unità è caratterizzata da alcuni cicli deposizionali regressivo-trasgressivi costituiti alla base da spessi strati arenitici passanti nella parte intermedia ad alternanze di areniti e peliti e nella parte superiore ad un sottile intervallo pelitico con un orizzonte costituito da sottili strati calcarei evaporatici.



Formazione dello Schlier



Ruscellamento concentrato sotto M. Castellano. Alla base del pendio si osservano le arenarie della formazione di S. Donato, in sinistra della foto i termini più antichi della successione affiorante.



Fiorenzuola di Focara. Veduta panoramica del versante con gli evidenti accumuli di frana alla base anche essi interessati da erosione.



Castellidimezzo. Accumulo di frane



Movimenti franosi nei pressi di M. S. Bartolo

La falesia emerge dalle basse spiagge romagnolo-marchigiane con un susseguirsi ondulato di speroni e valli con pareti a strapiombo sostenute da una stratificazione in giacitura orizzontale o a reggipoggio. La costa alta ha un andamento allungato in direzione NNO-SSE e asimmetrico con il versante a mare molto più pendente e a picco sul Mare Adriatico; le quote più alte del rilievo a ridosso della falesia, come il Monte Castellano o il Brisighella, non raggiungono i 200 metri. L'evoluzione geomorfologica di questo tratto di costa è stata ed è condizionata dalle caratteristiche geolitologiche, dall'assetto strutturale e stratigrafico, dalla sismicità e, soprattutto dalle dinamiche meteomarine. Infatti gran parte del versante è fortemente interessato da processi erosivi e da movimenti franosi che sono stati innescati dall'erosione al piede da parte delle mareggiate.

La testimonianza di questi processi è rappresentata dalla presenza di scarpate di erosione marina, alla base del versante, che danno luogo a vallecole sospese sulla sottostante spiaggia e di orli di scarpata di frana che bordano nella parte alta la falesia.



Formazione di San Donato e colamenti



Scarpata di erosione marina sull'accumulo di frana ai piedi della falesia



Faccette triangolari e vallecole

Nel tratto compreso tra Pesaro e Punta degli Schiavi e nel successivo tratto tra l'abitato di Fiorenzuola Focara e Castel di Mezzo, dove affiorano prevalentemente i depositi arenacei della formazione di San Donato e dei Colombacci, la tipologia di frana maggiormente diffusa sono gli scorrimenti traslativi e gli spostamenti in blocco. Laddove affiorano i sedimenti pelitici della Formazione dello Schlier e della Gessoso-Solfifera prevalgono fenomeni di dissesto superficiali quali le colate di detrito e di fango. Un elemento geomorfologico che testimonia l'instabilità del versante e il rapido arretramento della costa sono le faccette triangolari a valle di Monte Castellano.

Le spiagge alla base della falesia sono costituite da ciottoli, ghiaie e sabbia. Il materiale più grossolano è dovuto allo smantellamento degli accumuli di frana antica da parte dei frangiflutti al piede del versante. L'azione del moto ondoso ha operato in modo selettivo trasportando al largo il materiale argilloso fine mentre quello più resistente, per dimensioni e peso, ha dato luogo a spiagge di ampiezza molto ridotta. Tra i sassi della riva spicca il giallo dorato dei "cogoli", tondeggianti e dalle forme spesso curiose. La spiaggia di ciottoli in passato è stata usata come cava di ghiaia e pietre per pavimentazione. Infatti i vecchi acciottolati della città di Pesaro e dei borghi del parco erano costituiti da queste pietre.



Pesaro- Piazza del Popolo



"Cogoli": forme tondeggianti derivanti da una particolare litogenesi che aggregava chimicamente le sabbie in queste forme sferoidali.

L'attività estrattiva non ha giovato alla stabilità attuale della falesia, anzi ne ha certamente accelerato il processo erosivo. Per contrastare tale fenomeno nei tratti di costa in corrispondenza dei centri abitati di S. Marina Alta, Fiorenzuola di Focara e Castel di Mezzo sono state realizzate scogliere emerse e soffolte. Per ridurre i processi di instabilità sono stati effettuati sul versante interventi di regimazione delle acque meteoriche, palificate, muri di sostegno.

Acciottolati che un tempo costituivano le strade della città di Pesaro e dei vecchi borghi



Spiaggia a ciottoli



Scogliere emerse

Allestimento scientifico:
Francesco Brozzetti, Silvano Agostini,
Alessandro Urbani

Coordinamento:
Chiara D'Ambrogi

Allestimento iconografico:
Mauro Roma

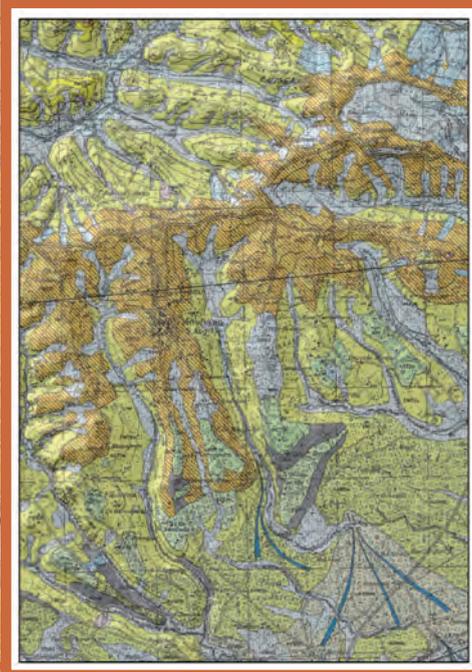
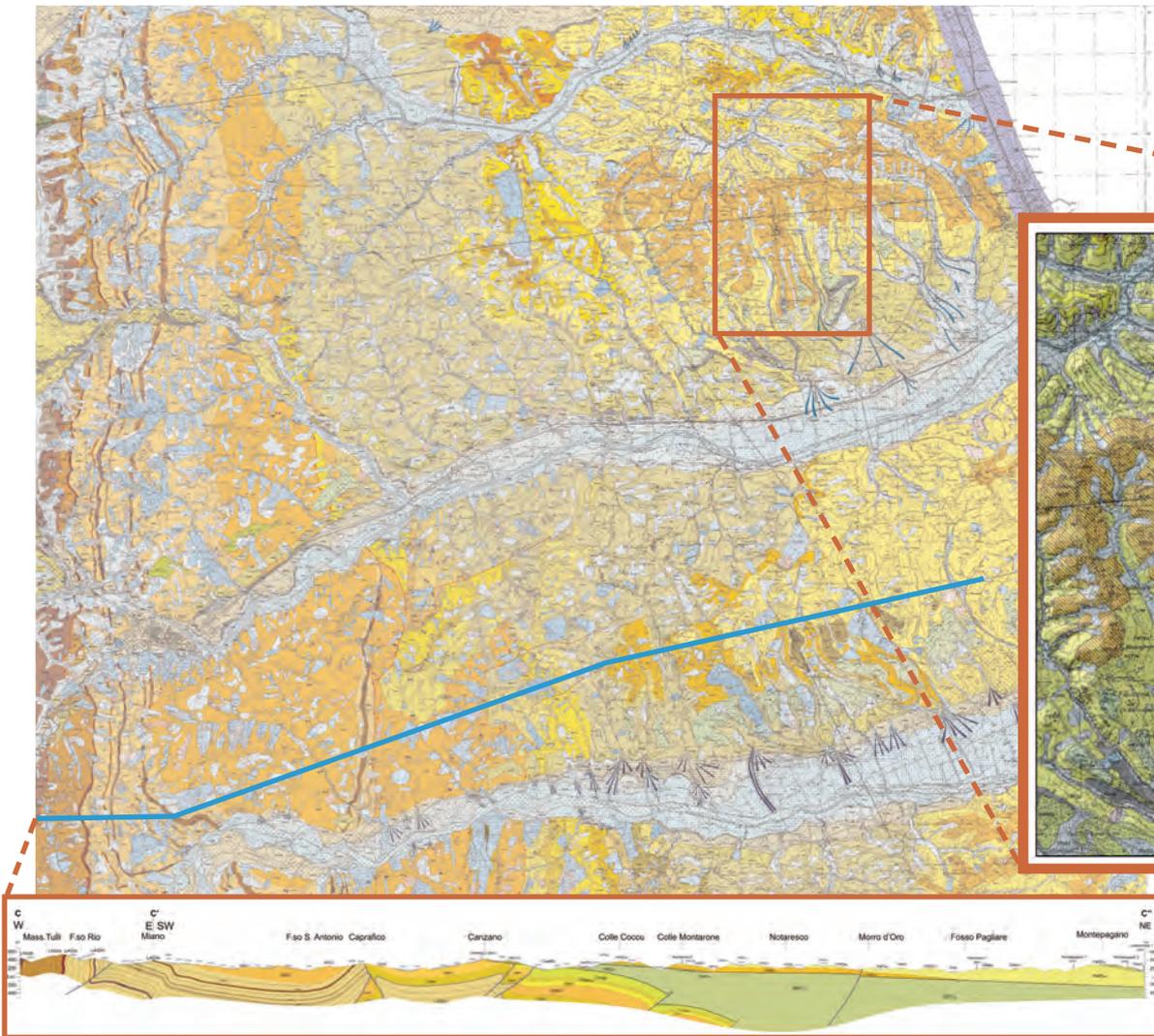


180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

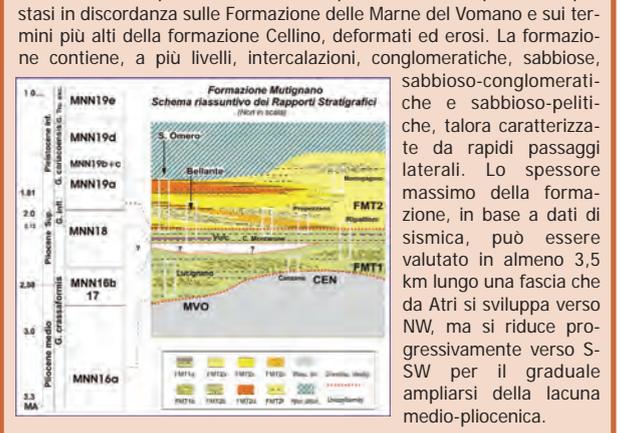
Il FOGLIO n° 339 TERAMO

della Carta Geologica d'Italia (scala 1:50.000) è localizzato nel settore abruzzese esterno e comprende la fascia pedemontana orientale della dorsale Montagna dei Fiori - Montagnone (MFM) e la zona collinare antistante che digrada progressivamente verso est fino alla linea di costa.

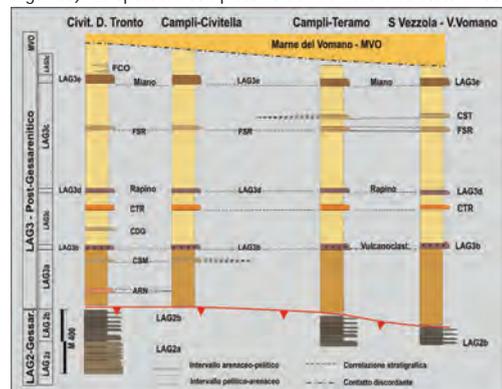
Lo spigolo nord-orientale del Foglio, nell' offshore di Giulianova, corrisponde ad un ristretto lembo dell'area marina adriatica che è attualmente in fase di rilevamento coi criteri adottati in ambito CARG per le aree marine. L'area onshore è principalmente caratterizzata dalla presenza di successioni silicoclastiche torbiditiche del Messiniano - Pliocene inferiore intensamente deformate (Formazioni della Laga e del Cellino), e dalla sovrastante successione silicoclastica del Pliocene medio - Pleistocene inferiore (Formazione di Mutignano) deposta in discordanza sia sulle strutture compressive affioranti che sulle strutture sepolte più esterne della catena.



Nel Foglio Teramo, la FORMAZIONE DI MUTIGNANO si presenta come una potente successione, prevalentemente pelitica, deposita in discordanza sulle Formazioni delle Marne del Vomano e sui termini più alti della formazione Cellino, deformati ed erosi. La formazione contiene, a più livelli, intercalazioni, conglomeratiche, sabbiose, sabbioso-conglomeratiche e sabbioso-pelitiche, talora caratterizzate da rapidi passaggi laterali. Lo spessore massimo della formazione, in base a dati di sismica, può essere valutato in almeno 3,5 km lungo una fascia che da Atri si sviluppa verso NW, ma si riduce progressivamente verso S-SW per il graduale ampliarsi della lacuna medio-pliocenica.

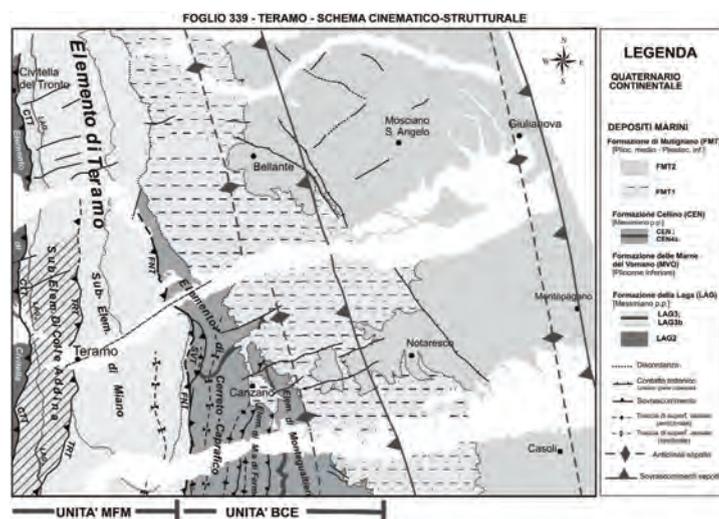


Il MEMBRO EVAPORITICO DELLA FORMAZIONE DELLA LAGA è costituito da torbiditi silicoclastiche arenaceo-pelitiche o pelitico-arenacee poste in regolare successione al di sopra dell'orizzonte dell' "orizzonte guida "Gessarenitico". Quest'ultimo è costituito da torbiditi a granulometria arenitica composte, in gran parte, da gesso clastico risedimentato. Elemento generalmente distintivo è la presenza diffusa di marne argillose nerastre sapropelitiche (ossia molto ricche in materia organica). Lo spessore complessivo del Membro è valutato in 600-700 metri. Le analisi effettuate hanno restituito un contenuto fossilifero sempre molto povero, elemento coerente con l'attribuzione al MESSINIANO p.p. (biozona atipica).

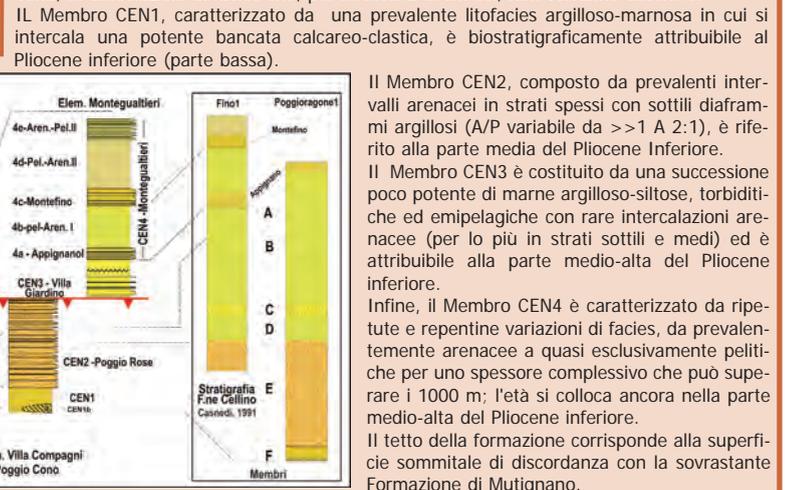


Il MEMBRO POST-EVAPORITICO della Formazione della Laga è costituito, in prevalenza, da marne argillose ed argille marnose alternate ad intervalli pelitico-arenacei (in strati da sottili a spessi) e ad intervalli arenaceo-pelitici o arenacei (in strati da medi a spessi). Lo spessore complessivo è di circa 1500 m anche se, nell'area del foglio 339, il membro non affiora in modo completo. Oltre alle suddette associazioni, sono stati distinti numerosi orizzonti guida aventi spessore decametrico o pluridecametrico. In letteratura l'età è riferita, in base alla biostratigrafia a foraminiferi planctonici, al Messiniano post-crisi di salinità; dubbia, nella parte sommitale, la presenza del Pliocene inferiore.

Principali unità tettoniche. MFM=Montagna dei Fiori Montagnone; BCE= Bellante-Cellino; CTT= Civitella del Tronto thrust; TRT= Teramo-Rapino thrust; FNT=Forcella-Nepezzano thrust; SVT: scaglia tettonica di Villa Turri. Le tracce delle anticlinali e dei sovrascorrimenti sepolti sono tratte da Scisciani & Montefalcone, 2005.



La FORMAZIONE CELLINO (CEN) è stata suddivisa in 4 membri e questi, a loro volta, in associazioni di facies che, per necessità di sintesi, non verranno descritte. Il Membro CEN1, caratterizzato da una prevalente litofacies argilloso-marnosa in cui si intercala una potente bancata calcareo-clastica, è biostratigraficamente attribuibile al Pliocene inferiore (parte bassa).



Il Membro CEN2, composto da prevalenti intervalli arenacei in strati spessi con sottili diaframmi argillosi (A/P variabile da >>1 A 2:1), è riferito alla parte media del Pliocene Inferiore. Il Membro CEN3 è costituito da una successione poco potente di marne argilloso-siltose, torbiditiche ed emipelagiche con rare intercalazioni arenacee (per lo più in strati sottili e medi) ed è attribuibile alla parte medio-alta del Pliocene inferiore. Infine, il Membro CEN4 è caratterizzato da ripetute e repentine variazioni di facies, da prevalentemente arenacee a quasi esclusivamente pelitiche per uno spessore complessivo che può superare i 1000 m; l'età si colloca ancora nella parte medio-alta del Pliocene inferiore. Il tetto della formazione corrisponde alla superficie sommitale di discordanza con la sovrastante Formazione di Mutignano.

Dal PUNTO DI VISTA STRUTTURALE, il Foglio 339 può essere suddiviso in due settori nettamente distinti: un settore occidentale, in cui affiorano le successioni torbiditiche sin-orogeniche della Laga e del Cellino intensamente deformate, ed un settore orientale in cui le successioni tarso-orogeniche della Formazione di Mutignano, formano un'estesa monoclinale immergente a NE.

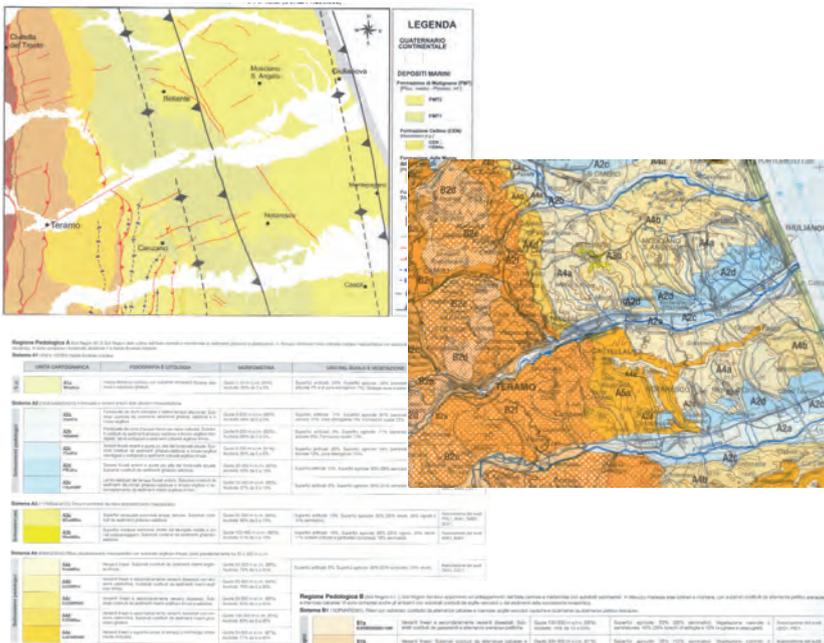
La linea di demarcazione fra i due settori, che attraversa in senso diagonale il Foglio da nord-ovest a sud-est, corrisponde alla traccia in superficie dell'unconformity separante i due gruppi di successioni. A tale unconformity regionale è associata una lacuna sedimentaria che abbraccia la parte più alta del Pliocene inferiore e la parte iniziale del Pliocene medio e che risulta più ampia verso sud. Nella parte occidentale del Foglio Teramo, entro l'area di affioramento delle unità marine sin-orogeniche, si riconoscono due principali unità tettoniche compressive che, da ovest verso est, sono l'Unità Montagna dei Fiori-Montagnone (MFM) e l'unità Bellante-Cellino (BCE). Il sovrascorrimento dell'unità MFM sull'unità BCE si realizza, lungo il lineamento Forcella-Nepezzano (FNT), avente direzione circa NS, suturato, a nord della valle del T. Fiumicino, dai depositi della Formazione Mutignano. Le due unità sono internamente suddivise in sub-unità tettoniche minori (elementi e sub-elementi) da superfici di sovrascorrimento di secondaria importanza e presumibilmente non associate a raccordi rilevanti.



suolo



I calanchi e la loro formazione



EROSIONE DEL SUOLO E ASSETTO GEOLOGICO

Nel Foglio Teramo la notevole diffusione in affioramento di litotipi argillosi (F.ni di Mutignano, di Cellino e delle Marne del Vomano) e l'assetto strutturale (prevalenti monoclinali immergenti a ENE) condizionano fortemente i processi di denudazione dei versanti. Nel bacino idrografico del fiume Tordino, ad esempio, l'entità dei processi erosivi (calcolata tramite l'Indice di erosione Tu- che esprime la quantità media di suolo persa annualmente per unità di superficie) è stimata in 821 t/km²/anno di materiali asportati. Ovviamente le variazioni di tale parametro sono correlate con le caratteristiche geologiche del bacino ma vista la sostanziale omogeneità litologica del Foglio, è presumibile che valori simili caratterizzino anche i bacini del F. Vomano e del F. Salinello. In corrispondenza delle aree contraddistinte da un forte grado di tettonizzazione, l'entità dei processi erosivi può superare le 6.000 t/km²/anno.

La notevole varietà di substrati litologici e di ambienti morfoclimatici dell'area italiana si traduce in una altrettanto notevole diversificazione di tipi pedologici. Le "Regioni Pedologiche" vengono distinte, in base a questi due principali fattori ma tenendo anche conto delle caratteristiche morfologiche, dei regimi pluviometrico-termici e della presenza di particolari e dominanti processi di degradazione. Secondo la Carta delle Regioni Pedologiche Italiane (Soil Regions), elaborata dal Centro Nazionale di Cartografia Pedologica, dai Servizi Pedologici Regionali e dall'European Soil Bureau, l'area del Foglio Teramo ricade nelle due Soil Region dei Cambisol-Regosol con Luvisols (fascia costiera) e con Vertisols (area più interna, collinare e pedemontana). All'interno di tali regioni i suoli vengono ulteriormente suddivisi in unità di rango minore dette sistemi.

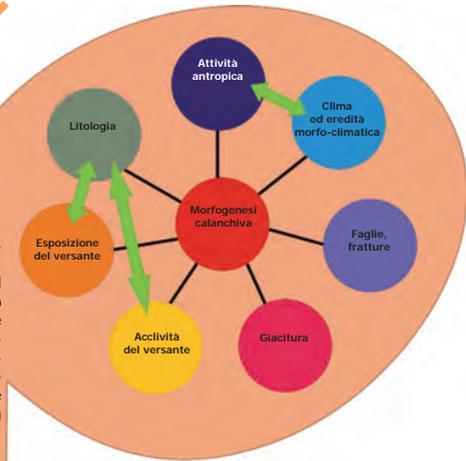


IL DILAVAMENTO DEL SUOLO E L'EROSIONE ACCELERATA

I solchi si ramificano; i versanti assumono una forte pendenza che impedisce al suolo di riformarsi



I FATTORI DELLA MORFOGENESI CALANCHIVA
 I numerosi Autori, che si sono succeduti nello studio dei calanchi, hanno evidenziato i fattori fisici ed antropici predominanti nella loro genesi. Nel diagramma che segue si è cercato di far risaltare la complessità di tali morfologie che deriva da un insieme di fattori, interagenti tra loro, che, nello spazio e nel tempo, assumono importanza prevalente l'uno rispetto agli altri.



IL PROGETTO CORINE LAND COVER 2000 - L'USO DEL SUOLO IN ITALIA

Questo progetto prevede il rilevamento ed il monitoraggio delle caratteristiche di copertura ed uso del terreno ed è finalizzato alla sua tutela. E' stato avviato in Italia nel dicembre 2002 a distanza di circa 10 anni dalla prima stesura (CLC1990) in modo da mettere in luce le tendenze in atto in Italia per quanto riguarda la copertura e l'uso dei suoli.

I risultati del rilevamento sono sintetizzati nella mappa, mentre dalla tabella si evincono le più significative variazioni avvenute nel decennio 1990-2000, che riguardano una superficie pari all'1,3% del territorio nazionale. Il fenomeno più evidente è la perdita di aree agricole (diminuite di oltre 140.000 ettari) a favore soprattutto di aree artificiali (aumentate di circa 80.000 ettari) ed in minor misura, di territori boscati ed ambienti seminaturali (complessivamente circa 60.000 ettari).



LE PROBLEMATICHE RELATIVE ALL'USO DEL SUOLO IN ABRUZZO E NELL'AREA DEL FOGLIO TERAMO

Il progetto CORINE LC2000 ha messo in evidenza che nonostante l'Abruzzo si collochi fra le regioni italiane percentualmente più povere di superfici artificiali, tale dato si eleva notevolmente se si considerano le sole aree pianeggianti. Circa il 15% delle superfici pianeggianti risulta urbanizzato e questo fenomeno si aggiunge alla asportazione di suolo ai fini estrattivi, concentrata prevalentemente lungo i fondovalle e quindi interessare diretta-

mente l'area del Foglio Teramo (soprattutto le pianure alluvionali dei Fiumi Vomano e Tordino). In tutta la fascia periadriatica abruzzese, in cui sono compresi circa i 2/3 del Foglio, si rilevano diffusi fenomeni franosi ed altre forme di erosione accelerata (primi fra tutti i calanchi) che si sommano alle predette cause di consumo del suolo. Per quanto riguarda i fenomeni franosi nel settore più occidentale del foglio prevalgono fenomeni di scorrimento (aree di affioramento della Formazione della Laga e del Cellino) e di colamento mentre colamenti e soliflussi sono particolarmente diffusi nelle aree collinari in cui dominano gli affioramenti della Formazione di Mutignano.

L'EROSIONE ACCELERATA

L'erosione accelerata del suolo e la formazione dei calanchi sono fenomeni prodotti da una forte concentrazione dei flussi di ruscellamento superficiale. Fra i fattori predisponenti del fenomeno, oltre alla presenza di un substrato incoerente e molto erodibile, generalmente di tipo argilloso, si annoverano fattori morfologici (forma ed inclinazione del pendio), fattori climatici (intensità delle precipitazioni soprattutto se successive a periodi siccitosi) oltre alla scarsa copertura vegetale (spesso legata a cause antropiche). In queste condizioni, il suolo viene rapidamente asportato dalle acque dilavanti sia per l'azione diretta d'impatto della pioggia sul terreno (raindrop erosion) che per erosione areale per ruscellamento diffuso (erosione laminare o sheet erosion). Si originano quindi rivoli inizialmente effimeri (rills) che successivamente si approfondiscono e si stabilizzano originando solchi di profondità metrica e che evolvono ramificandosi ed allungandosi. I versanti a calanchi (badlands) sono caratterizzati da una fitta rete di vallecole separate da creste acuminata e versanti molto acclivi, in genere non vegetati. La presenza di una certa frazione limoso-sabbiosa ed una giacitura degli strati a reggipoggio, che incrementano l'inclinazione del versante, sono elementi che favoriscono la formazione degli spettacolari versanti a morfologia calanchiva di cui l'Abruzzo è ricco.

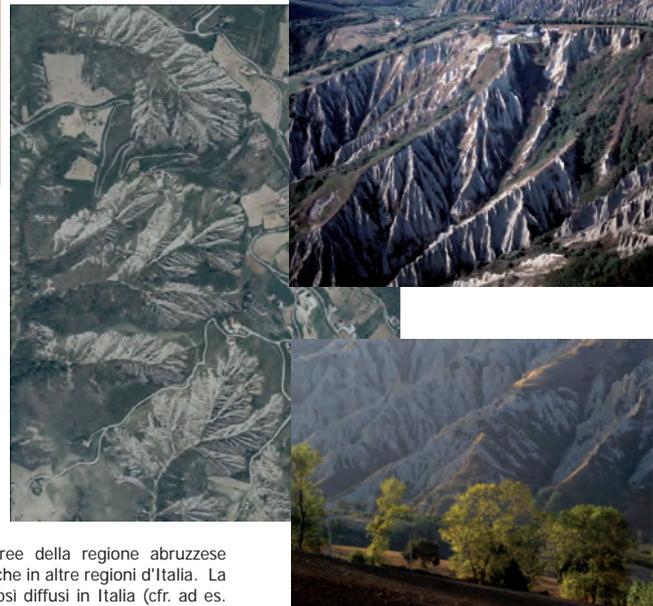
CONDIZIONI CLIMATICHE NELL'AREA DEL FOGLIO TERAMO

Nel Foglio Teramo le condizioni climatiche sono sinteticamente definite da una fascia litoranea e sub-litoranea a clima mediterraneo seguita, nelle zone interne, da un settore più spiccatamente continentale. Nella fascia mediterranea le precipitazioni medie annuali (circa 800 mm) si concentrano nel semestre invernale e primaverile. La stagione estiva è caratterizzata da una generale condizione di semiaridità e subumidità con valori di precipitazione mensile talora inferiori ai 33 mm. I lunghi periodi di siccità seguiti da precipitazioni intense e concentrate favoriscono lo sviluppo dei processi erosivi che vanno ad interessare le porzioni di territorio ove l'uso del suolo non è compatibile con la fragilità del suolo.

I CALANCHI DI ATRI

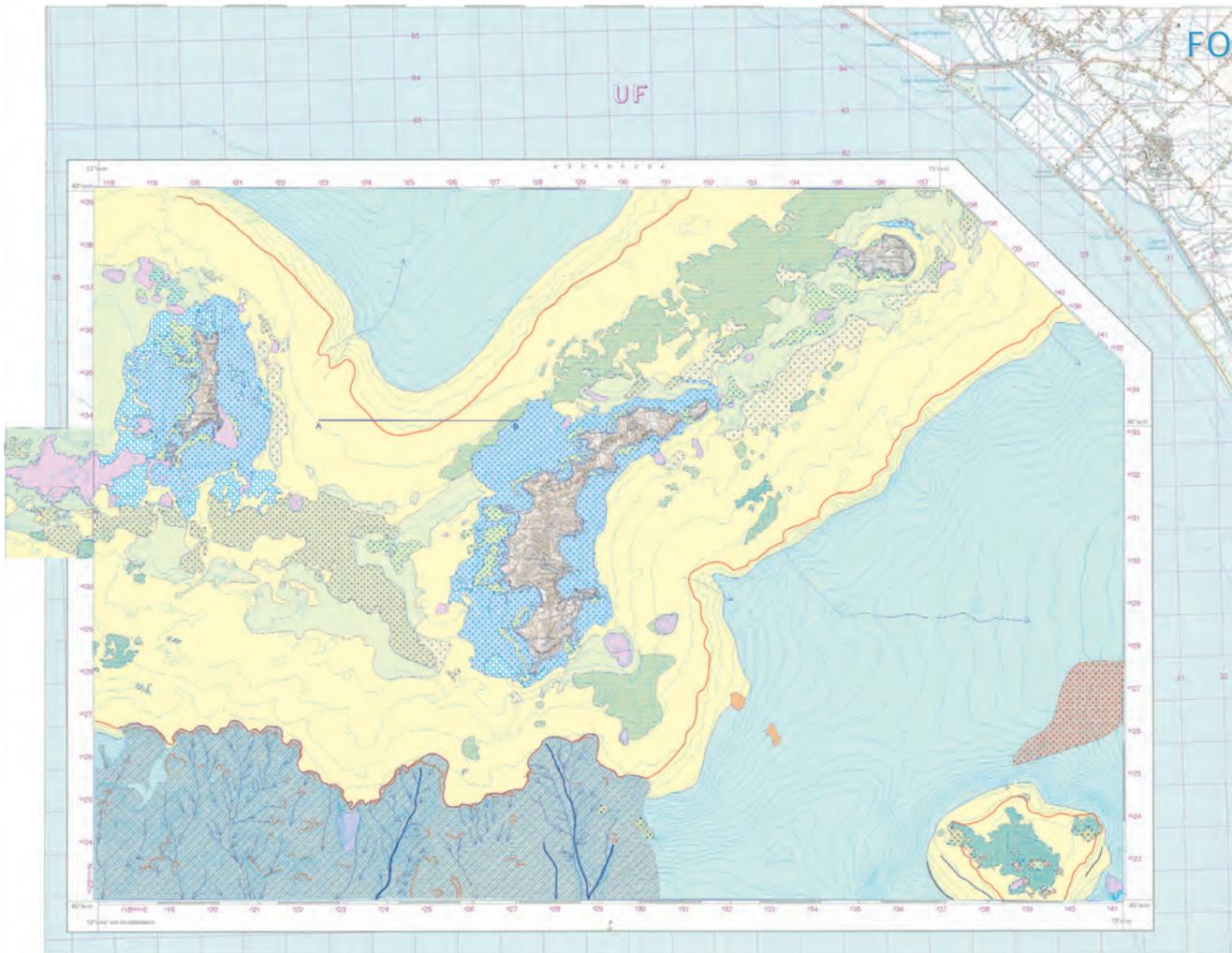
I calanchi, che caratterizzano in diversi punti il territorio abruzzese, fanno parte del linguaggio dialettale (cfr. i termini coste, scricchi e scironi) e del paesaggio geologico regionale. Le morfologie calanchive, in considerazione della loro intrinseca bellezza che richiama le bolge dantesche ed il loro interesse scientifico, sono oggetto di tutela paesistica: la Riserva Naturale Guidata "Calanchi di Atri", istituita con L.R. n. 58/1995, rappresenta un esempio in tal senso. Analoghe iniziative sono state attuate o sono in fase di studio in altre aree della regione abruzzese (Guardagrele, Bucchianico etc.) ed anche in altre regioni d'Italia. La conservazione dei paesaggi argillosi così diffusi in Italia (cfr. ad es. le Crete del senese) rappresenta un aspetto importante per la tutela della geodiversità del nostro territorio.

I Calanchi di Atri si sviluppano su di un'area che delimita ad ovest l'antica cittadina abruzzese, e producono scenari di rara bellezza. Si impostano sulla porzione sommitale dell'associazione pelitico-sabbiosa della Formazione di Mutignano (Pleistocene inferiore). Tale unità stratigrafica è caratterizzata da litotipi prevalentemente argillosi in cui limo e sabbia fine sono tuttavia presenti in percentuali non trascurabili, sia dispersi entro l'argilla, sia concentrati in lamine e straterelli. Dai numerosi punti panoramici presenti lungo la strada che da Atri scende verso la Valle del Vomano è possibile osservare alcune splendide vedute d'insieme ma anche numerosi particolari e micropaesaggi che testimoniano i vari processi di erosione accelerata in atto ed i vari gradi di evoluzione del morfotipo calanchivo.



180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

FOGLIO n° 413 BORGO GRAPPA



- Sistemi deposizionali attuali e sub-attuali**
- Piattaforma interna**
(mediante da 0 a -50 m, zona eufotica)
- Rocce e fanerogame
 - Sabbie terrigene
 - Ghiaie e sabbie terrigene
- Piattaforma intermedia**
(mediante da -50 a -80 m, zona oligofotica)
- Sabbie organogene
 - Sabbie organogene relazionate da coralli facies "grassland" facies "line"
- Piattaforma estero-ciglio**
(mediante da -80 a -120/150 m, zona afotica)
- Sabbie miste moderne e relitte
 - Sabbie organogene associate al coralligeno
- Litologia degli affioramenti sottomarini**
- CD&A Affioramenti vulcanici
- Elementi geomorfologici**
- Ciglio della piattaforma continentale
 - Ciglio della piattaforma continentale in arretramento
 - Asse di canyon
 - Asse di gully
 - Nicchia di distacco
 - Zona della scarpata continentale con fenomeni di instabilità gravitativa (frane)
 - Forma di fondo: forma di dimensioni metriche (megaripples) rilevate mediante sonar a scansione laterale
 - Lineamenti associati alla presenza di fluidi (gas) nei sedimenti

cartografia in fase di
allestimento per la stampa

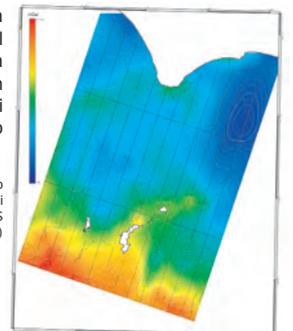
METODI DI PROSPEZIONE



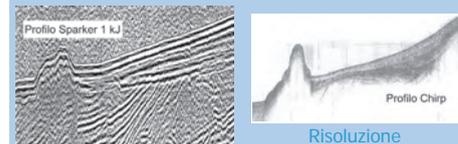
L'ARCIPELAGO PONTINO occidentale è situato al largo del Promontorio del Circeo e comprende le Isole di Ponza, Palmarola e Zannone, costituite in massima parte da prodotti vulcanici (rioliti sub-alcaline e alcaline) di età plio-pleistocenica. I fondali circostanti l'Arcipelago sono molto articolati sia in piattaforma sia sulla scarpata, ove si approfondiscono rapidamente verso i bacini antistanti (Vavilov, Palmarola e Ventotene). La lontananza dalla penisola italiana (circa 30 km) e le particolari condizioni oceanografiche favoriscono su gran parte della piattaforma continentale la larga diffusione di habitat molto pregiati (es. praterie di Posidonia oceanica, affioramenti di coralligeno, popolamenti del detritico costiero, ecc.). I popolamenti bentonici colonizzano sia il substrato roccioso sia i fondi mobili e producono una diffusa sedimentazione bioclastica (sedimentazione di particelle biogene -resti di gusci o di scheletri di organismi-) con caratteristiche variabili in funzione della profondità, luminosità, energia, ecc.

La prospezione gravimetrica, con misure di fondo o alla superficie del mare, consente di delineare gli andamenti del substrato profondo, laddove questo sia il risultato di una composizione geologica di rocce a differente densità. In generale quindi vengono individuati i sollevamenti e gli abbassamenti delle strutture tettoniche che corrispondono nella mappa a massimi (rosso) e a minimi (blu).

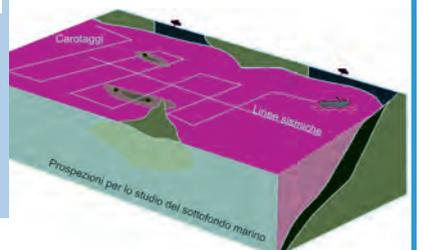
ISPRA - Serv. Geol. Rilevamento gravimetrico a mare Isole Pontine - circeo Datum Ed50 - proiezione UTM gravità riferita alla IGSN 71 - Anomalie di Bouguer per $d = 2.67 \text{ g/cm}^3$ Operatore: OGS (Cesi C., Eullivi V. - 2001)



Studio del sottofondo marino attraverso prospezioni di sismica a riflessione monocanale-sismica ad alta e altissima risoluzione



I profili sismici permettono di investigare il sottofondo marino fornendo importanti informazioni sulla stratigrafia dei depositi e sulla presenza di deformazioni tettoniche (faglie, pieghe ecc.). In genere vengono utilizzate contemporaneamente due sorgenti sismiche caratterizzate da diverso grado di risoluzione e penetrazione.



Studio del fondo marino attraverso indagini morfo-acustiche

Batimetria multibeam



Il multibeam consente di ricostruire la batimetria del fondale con elevata precisione e risoluzione.

Sonar a scansione laterale



I dati acquisiti con il sonar a scansione laterale forniscono informazioni sulla morfologia, litologia (tipo di sedimenti e presenza di affioramenti rocciosi e di fanerogame marine).



Campionamento delle rocce affioranti sul fondo marino: dragaggi, ROV e ispezioni subacquee



Draga



roccia campionata con la draga



Immagine ROV

Campionamenti dei sedimenti del fondo marino: bennate



Benna Van Veen



Sedimenti campionati con la benna



Benna Shipek

La benna consente di prelevare i sedimenti affioranti sul fondo marino. I sedimenti campionati vengono analizzati per determinarne le caratteristiche granulometriche e composizionali.

Campionamento del sottofondo marino: carotaggi a gravità



Carotiere a gravità

Il carotiere consente di campionare i depositi più superficiali per diversi metri. Dall'analisi delle carote viene ricostruita la stratigrafia dei depositi.



DATI UTILIZZATI

- SONAR A SCANSIONE LATERALE (355 km²)
- SISMICA A RIFLESSIONE (1500 km)
- BATIMETRIA I.I.M. e MULTIBEAM (45 km²)
- 275 BENNATE, 2 CAROTAGGI
- 47 IMMERSIONI SCUBA, 39 DRAGAGGI,
- 68 FILMATI ROV

Le aree sottomarine sono state studiate attraverso prospezioni geofisiche (side scan sonar, sismica a riflessione monocanale, multibeam) e campionamenti del fondo e sottofondo marino (bennate, dragaggi, immersioni SCUBA e carotaggi) integrati da osservazioni dirette tramite veicoli filoguidati (ROV).



RICERCA MULTIDISCIPLINARE

- STUDIO MORFO-ACUSTICO**
Morfologia dei fondali e tessitura sedimenti superficiali
- STUDIO SISMOSTRATIGRAFICO**
Distribuzione e spessore dei depositi recenti
- STUDIO SEDIMENTOLOGICO**
Granulometria dei sedimenti
- STUDIO COMPOSIZIONALE**
Composizione della frazione grossolana dei sedimenti
- STUDIO PETROGRAFICO**
Petrografia degli affioramenti rocciosi

- DEFINIZIONE DELLA MORFOLOGIA DEI FONDALI
- DEFINIZIONE DELLA SEQUENZA TARDO-QUATERNARIA
- DEFINIZIONE DELLE UNITA' DEPOSIZIONALI ATTUALI E SUB-ATTUALI
- LITOLOGIA DEGLI AFFIORAMENTI ROCCIOSI SOTTOMARINI

ANALISI INTEGRATA DEI DATI e SINTESI CARTOGRAFICA

FOGLIO GEOLOGICO



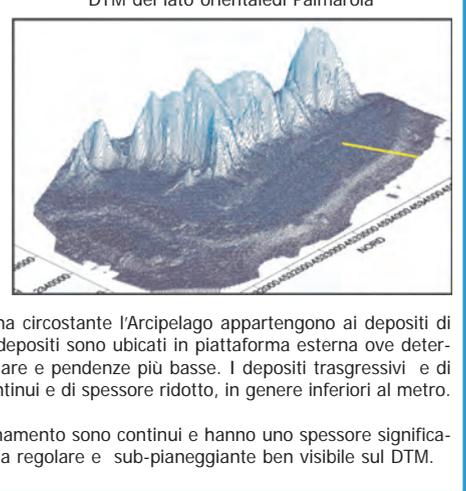
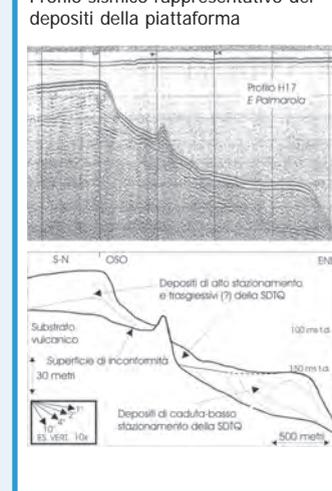
SEQUENZA DEPOSIZIONALE TARDO-QUATERNARIA (SDTQ)

MORFOLOGIA DEI FONDALI

DTM della parte sottomarina

Il DTM (Digital Terrain Model - modello digitale del fondale ottenuto da dati batimetrici di dettaglio -) mette in evidenza la morfologia molto articolata e l'elevata acclività dei fondali circostanti l'Arcipelago. Nei settori meno profondi è presente una piattaforma molto stretta con numerose secche costituite in molti casi da rocce vulcaniche analoghe a quelle affioranti a terra. Le uniche aree con morfologia regolare sono ubicate in piattaforma esterna ove sono presenti i depositi di caduta-basso stazionamento della SDTQ. Il ciglio della piattaforma è ben definito e delimita i fondali della piattaforma da quelli ad elevata pendenza della scarpata continentale. Nel settore SO la scarpata è molto ripida ed è incisa da numerosi canyon e canali che producono l'arretramento del ciglio per molte centinaia di metri.

Il DTM (Digital Terrain Model - modello digitale del fondale ottenuto da dati batimetrici di dettaglio -) mette in evidenza la morfologia molto articolata e l'elevata acclività dei fondali circostanti l'Arcipelago. Nei settori meno profondi è presente una piattaforma molto stretta con numerose secche costituite in molti casi da rocce vulcaniche analoghe a quelle affioranti a terra. Le uniche aree con morfologia regolare sono ubicate in piattaforma esterna ove sono presenti i depositi di caduta-basso stazionamento della SDTQ. Il ciglio della piattaforma è ben definito e delimita i fondali della piattaforma da quelli ad elevata pendenza della scarpata continentale. Nel settore SO la scarpata è molto ripida ed è incisa da numerosi canyon e canali che producono l'arretramento del ciglio per molte centinaia di metri.



UNITA' DEPOSIZIONALI ATTUALI E SUB-ATTUALI

Sedimenti terrigeni

Sedimenti bioclastici

Sedimenti associati alla dinamica litorale

I sedimenti associati alla dinamica litorale sono presenti sotto costa, nelle aree non colonizzate dalle fanerogame marine. Si tratta di sedimenti sabbioso-ghiaiosi, in prevalenza di natura terrigena (particelle costituite da minerali e frammenti di rocce), prodotti dall'erosione costiera e redistribuiti dalle onde e correnti associate alla dinamica litorale.

Flussi di sedimenti terrigeni grossolani (aree grigie a nord (a) e ad est (b) di Palmarola)

c) Sabbie associate alla dinamica litorale composte da est di Palmarola (-20 m)
d) Ghiaie e sabbie associate alla dinamica litorale composte da SO di Palmarola (-28 m)

e) Immagine sonar di megacopie ad O di Palmarola
f) Immagine ROV di megacopie simmetriche ad E di Palmarola

Fanerogame marine

Ricostruzione 3D delle unità deposizionali affioranti sui fondali

Peliti di scarpata

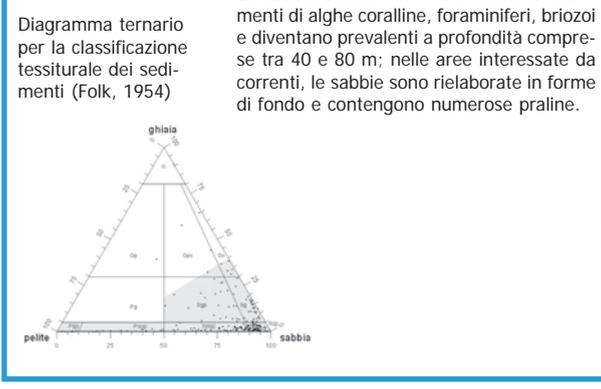
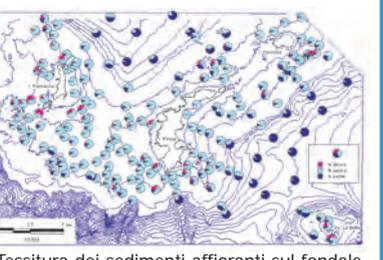
Sabbie bioclastiche

Le fanerogame marine (principalmente Posidonia oceanica) caratterizzano in maniera diffusa gran parte dei fondali situati a bassa profondità, colonizzando sia fondali sabbiosi sia il substrato roccioso. Grazie all'elevata trasparenza delle acque le fanerogame dell'Arcipelago Pontino raggiungono profondità tra le più elevate del Mediterraneo (fino a 40-45 m).

Fondale sabbioso colonizzato da fanerogame

Fondale sabbioso colonizzato da fanerogame

Le fanerogame marine (principalmente Posidonia oceanica) caratterizzano in maniera diffusa gran parte dei fondali situati a bassa profondità, colonizzando sia fondali sabbiosi sia il substrato roccioso. Grazie all'elevata trasparenza delle acque le fanerogame dell'Arcipelago Pontino raggiungono profondità tra le più elevate del Mediterraneo (fino a 40-45 m).



Sabbie bioclastiche

Sabbie bioclastiche associate al coralligeno e Sabbie miste moderne e relitte

a) Peliti di scarpata (-300 m, Zannone SE)
b) Pteropodi, foraminiferi planorbici e bentonici (Ponza SE, -300 m)

c) Sabbie bioclastiche associate al coralligeno (Sc. La Botte, -138 m)
d) Sabbie bioclastiche miste moderne e relitte (Ponza E., -120 m)

e) Frammenti di coralli bianchi e alghe calcaree (-80 m, Ponza O.) di sabbie bioclastiche con corallo a 80 m, Palmarola O.

Sabbie bioclastiche associate al coralligeno e Sabbie miste moderne e relitte

Le sabbie bioclastiche miste moderne e relitte contengono una frazione di sedimento in equilibrio con l'attuale ambiente di sedimentazione e una frazione incompatibile, riferibile a differenti condizioni ambientali avutesi nel passato quando il livello del mare era più basso. Affiorano sui fondali situati tra -80 m e -120 m nelle aree non colonizzate dal coralligeno.

Le sabbie associate al coralligeno si trovano su fondali situati tra -80 m e -130 m e sono costituite prevalentemente da detrito bioclastico distribuito attorno agli affioramenti concrezionati dal coralligeno. Il detrito bioclastico è costituito in prevalenza da briozoi, alghe coralline e bioclasti indifferenziati e deriva dalla disaggregazione del coralligeno.

Glossario
Piattaforma continentale: fascia con fondali poco profondi (in media meno di 200 m) e a debolissima pendenza (meno di 1°) che circonda i continenti.
Ciglio della piattaforma: rottura di pendio che separa i fondali della piattaforma continentale da quelli più acclivi della scarpata.
Scarpata continentale: fondali con inclinazione elevata che raccordano la piattaforma alla piana abissale.
Sequenza deposizionale tardo quaternaria (SDTQ): la SDTQ comprende tutti i depositi che si sono formati durante l'ultimo ciclo di variazione del livello del mare. Durante questo ciclo si è avuta dapprima una lenta caduta fino a -120 m e la formazione dei depositi di caduta e basso stazionamento; successivamente il livello del mare è risalito rapidamente fino alla posizione attuale e si è avuta la formazione dei depositi trasgressivi e di alto stazionamento. Dette variazioni sono avvenute su scala globale in conseguenza dell'espansione dei ghiacciai continentali, che hanno raggiunto la massima estensione circa 20000 anni fa (acme glaciale wurmiano), e del loro ritiro nel corso della deglaciazione successiva.

Allestimento scientifico:
Italo Giulivo, Lucilla Monti, Alessandro Sbrana,
Bruno D'Argenio, Maria Luisa Putignano,
Romeo Marino Toccaceli, Walter Luperini

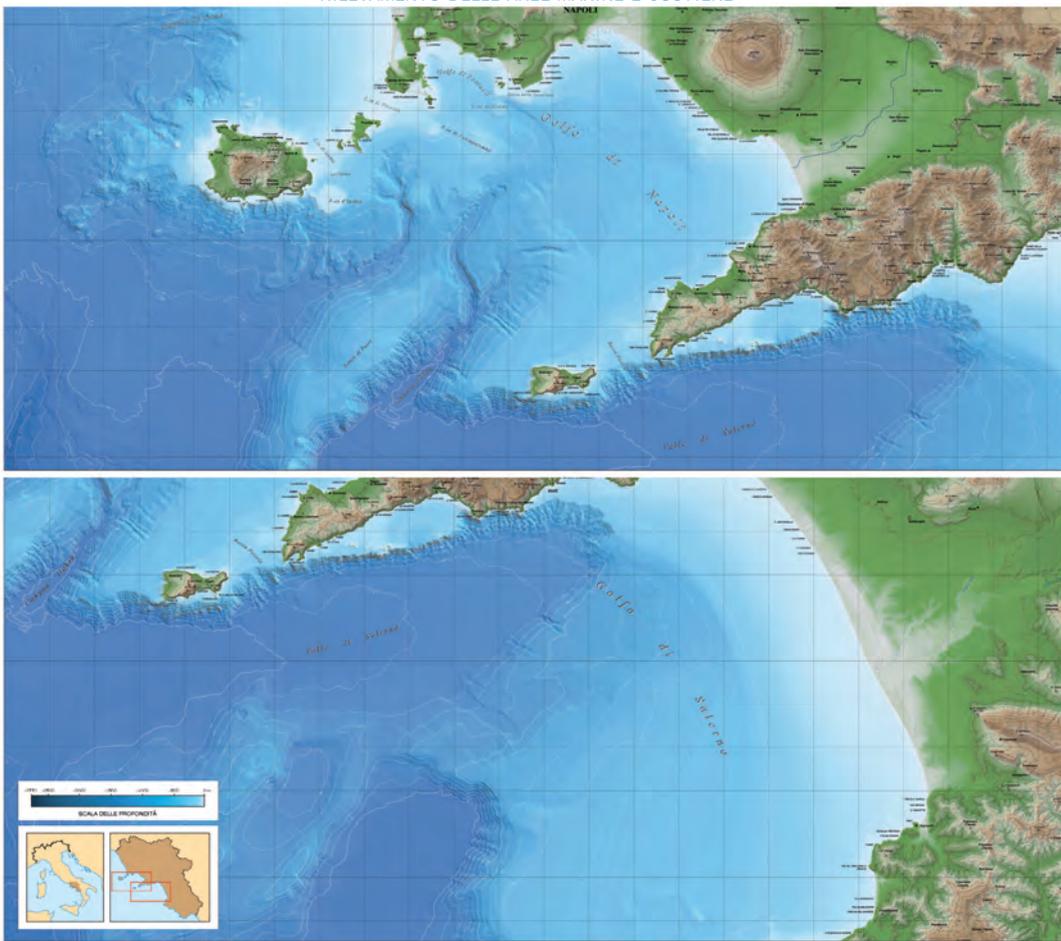
Coordinamento:
Rita Maria Pichezzi

Allestimento iconografico:
Valerio Vitale



180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

CARTA TRIDIMENSIONALE DEL GOLFO DI NAPOLI E DEL GOLFO DI SALERNO RILEVAMENTO DELLE AREE MARINE E COSTIERE



La fascia costiera è sempre stata per motivi tecnici, lasciata indeterminata. Il rilevamento geologico subacqueo da 0 a -30 m ha consentito di colmare un "vuoto" di informazioni, permettendo quindi, di collegare il settore delle aree emerse con le aree più profonde marine. Le attività del rilevamento geologico della fascia costiera, emersa e sommersa, hanno interessato tutta la costa della Campania.

Il rilevamento geologico subacqueo ha interessato il Golfo di Napoli ed in particolare i fogli (in press):

447 NAPOLI, 466 SORRENTO NORD, 468 ERCOLANO, 465 PROCIDA, 464 ISCHIA, 484 CAPRI.

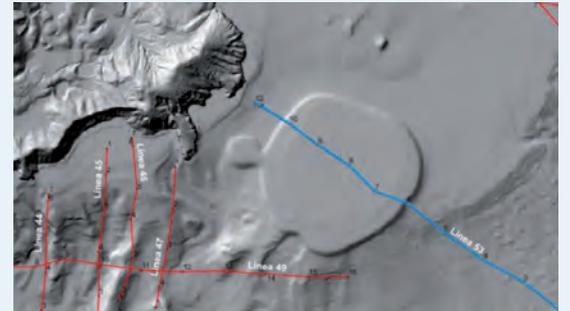
METODOLOGIA

Indagini indirette (0 -200 m)

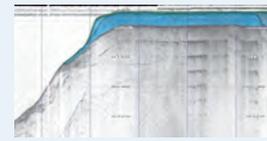
Multibeam, single-beam, per la costruzione delle carte batimetriche
Sidescan sonar per l'interpretazione morfologica sedimentologica e biocenosi

Subbottom profile, per l'interpretazione dell'immediato sottofondo marino
Sismica ad alta risoluzione, per la definizione stratigrafica del sottofondo marino e per il raccordo della geologia terra-mare

Campionatura ed analisi per la caratterizzazione sedimentologica



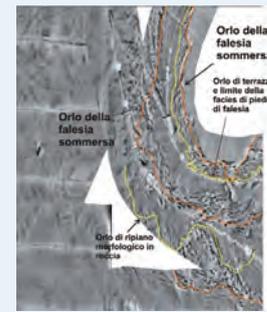
DEM terra-mare del settore orientale dell'Isola



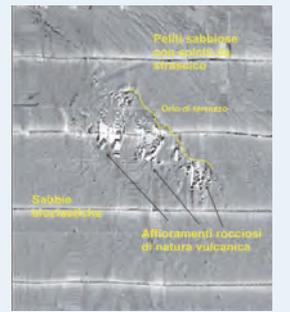
DEM terra-mare del settore orientale dell'Isola



SSS1



Nisida



Pentapalumbo

INDAGINI DIRETTE

Rilevamento geologico-subacqueo (0 -30 m) alla scala 1:10.000 eseguito da rilevatori subacquei esperti CARG utilizzando le linee guida regionali
Campionature ed analisi di sedimenti sciolti e substrati rocciosi

Gli affioramenti rocciosi sommersi



Rilevamento geologico-subacqueo



Formazione di Solchiaro-Procida



Membro della breccia museo-Procida

Morfologie sommerse



Dicco vulcanico-Ischia



Grotta sommersa - Capri



Solco di battente - Capri



Condotti carsici - P. Sorrentina



Solchi idrici - P. Sorrentina



Vasche di eversione marina P. Sorrentina



Marmitte di eversione marina P. Sorrentina



Terrazzo di eversione marina (C. Is.) Ischia

Geoarcheologia



"Scaletta" - Vivara

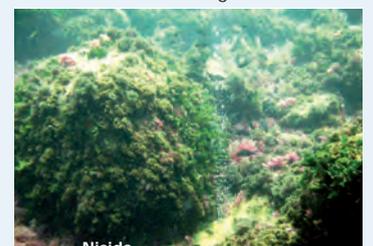


Stanze itticioltura Procida



Bitta ad "anello" - Vivara

Manifestazioni gassose



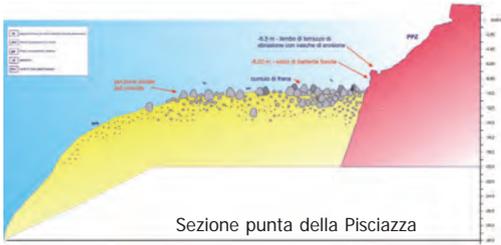
Nisida



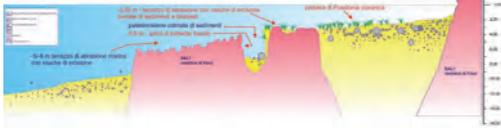
Nisida



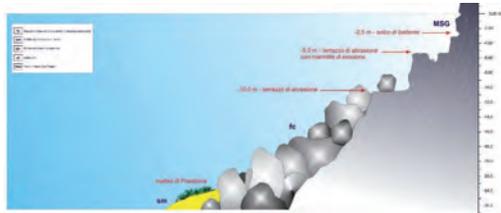
Capo Miseno



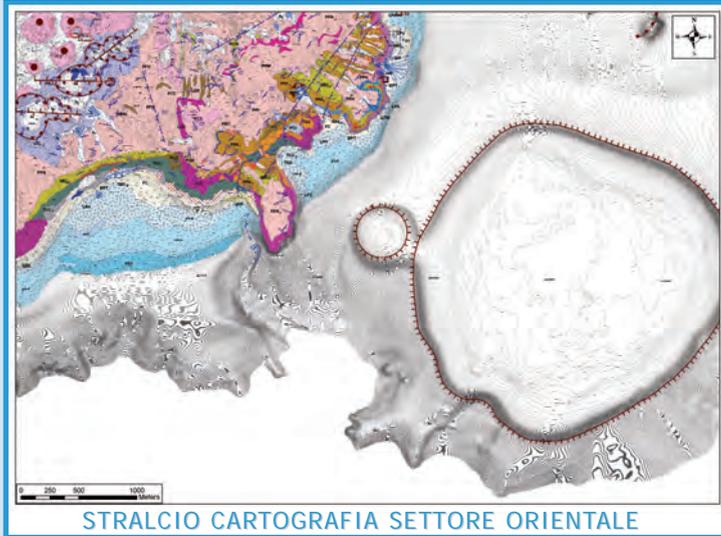
Sezione punta della Pisciazza



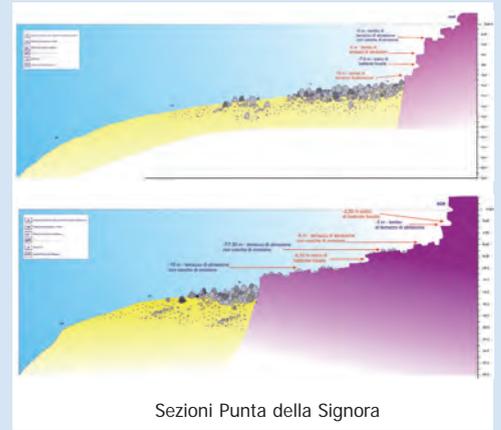
Sezione Carta Romana - scogli S. Anna.



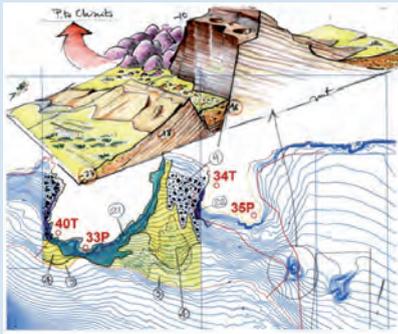
Sezione S. Angelo (Serrara Fontana)



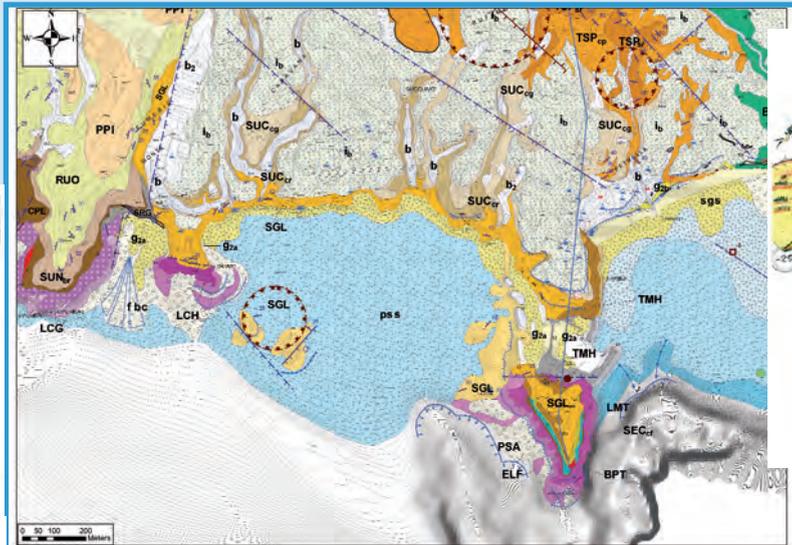
STRALCIO CARTOGRAFIA SETTORE ORIENTALE



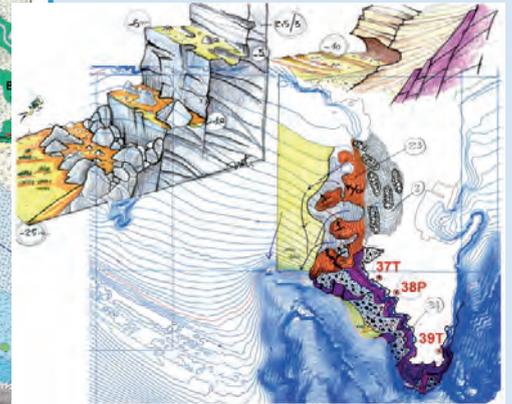
Sezioni Punta della Signora



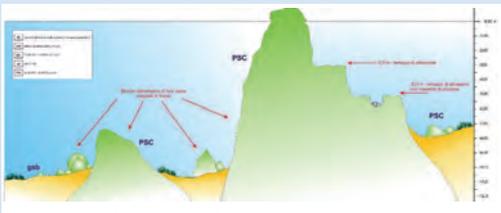
Blocco diagramma Chiarito



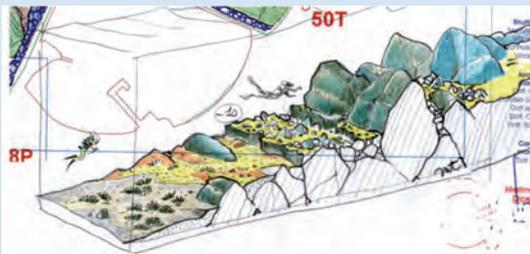
STRALCIO CARTOGRAFIA SETTORE MERIDIONALE



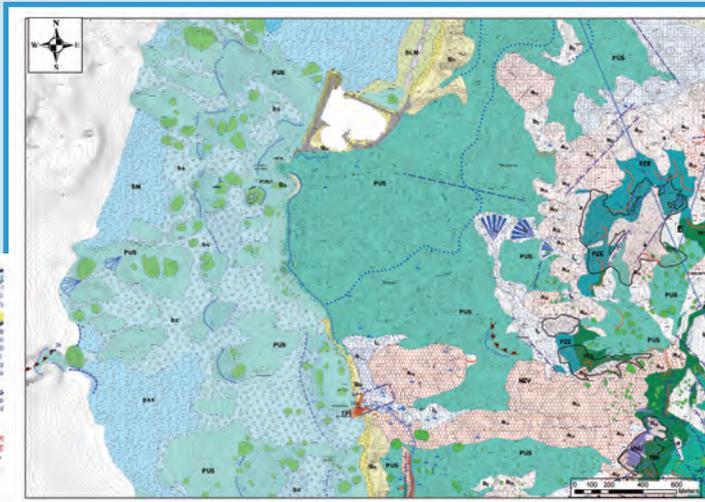
Blocco diagramma Punta S. Angelo



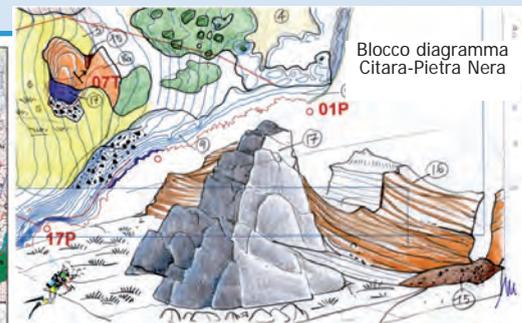
Sezione punta del Soccorso (Forio)



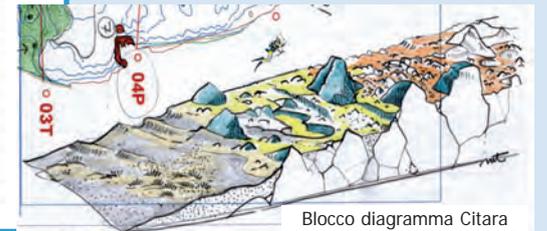
Blocco diagramma Forio



STRALCIO CARTOGRAFIA SETTORE OCCIDENTALE



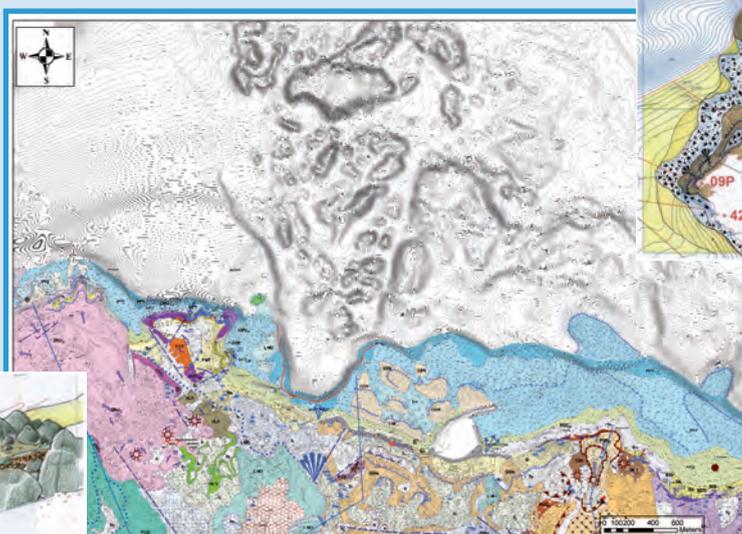
Blocco diagramma Citara-Pietra Nera



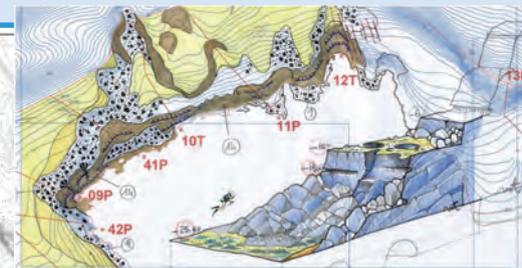
Blocco diagramma Citara



Sezione Monte Vico (Lacco Ameno)



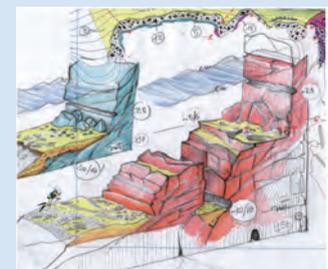
STRALCIO CARTOGRAFIA SETTORE SETTENTRIONALE



Blocco diagramma Zaro



Blocco diagramma Casamicciola



Blocco diagramma Monte Vico

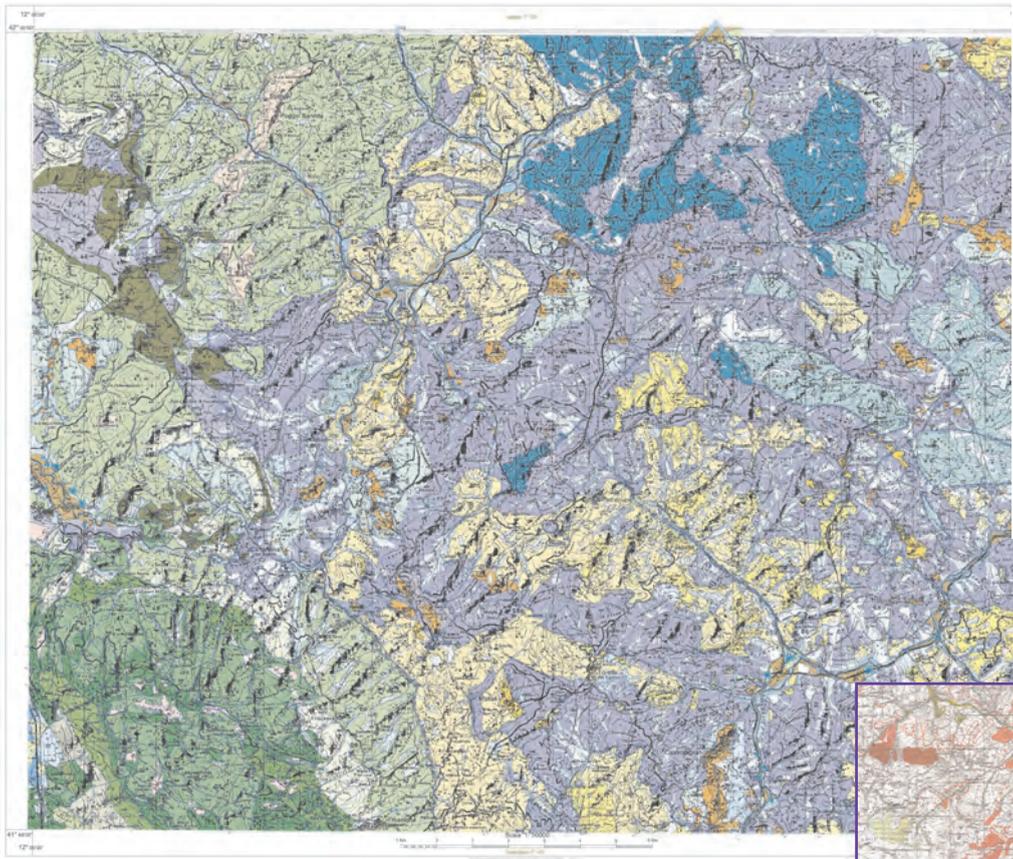
Allestimento scientifico:
Pietro Patrizio Ciro Aucelli, Pierfederico De Pari

Coordinamento:
Rita Maria Pichezzi

Allestimento iconografico:
Mauro Roma

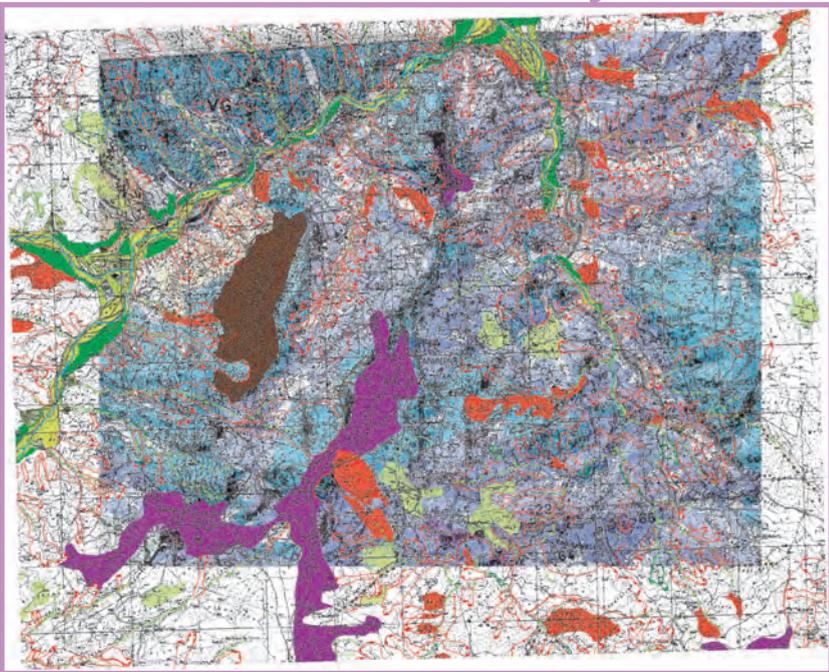
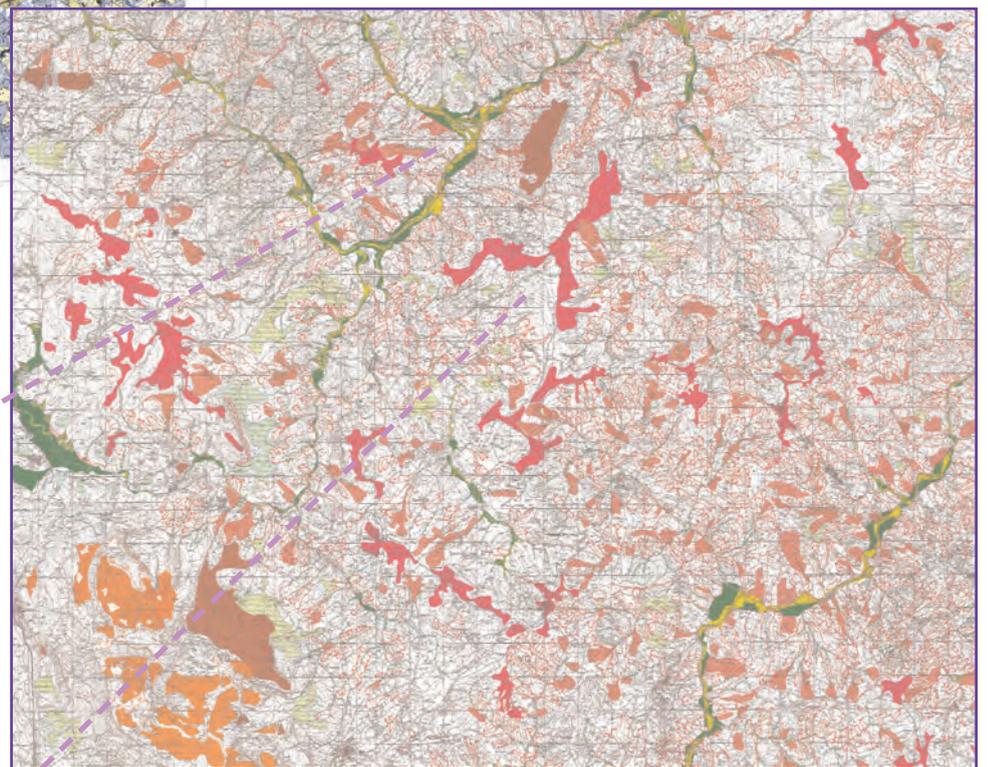


180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

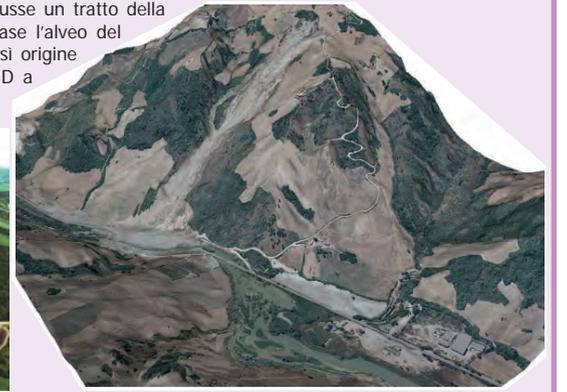


FOGLIO n° 393 TRIVENTO

CARTA GEOMORFOLOGICA FOGLIO TRIVENTO



Frana in località Covatta, nel comune di Ripalimosani (CB), riattivata nell'aprile 1996. Il materiale messo in movimento, costituito prevalentemente da sedimenti terrigeni, distrusse un tratto della S.S. N.647 "Fondovalle del Biferno" e invase l'alveo del F. Biferno impedendo il deflusso, dando così origine ad un lago di sbarramento. Ortofoto in 3D a destra e foto panoramica in basso.



Le caratteristiche geomorfologiche dell'area risentono molto della natura dei litotipi affioranti, del loro assetto tettonico e della storia morfologica di lungo termine. Si può constatare una forte relazione intercorrente tra litologia e morfologia: forme collinari con versanti poco acclivi sono caratteristiche dei terreni meno resistenti all'erosione, aventi una prevalenza di termini marnosi ed argillosi, mentre, laddove affiorano i litotipi meno erodibili, calcarei o arenacei, si hanno versanti a forte acclività. In corrispondenza di questi litotipi le pendenze raggiungono anche i 90°, le quote sono più elevate e, su di essi, sorgono alcuni centri abitati dell'area, come Pietrabbondante, Castelverrino, Poggio Sannita, Agnone.

L'elemento morfologico più antico riconoscibile nell'area di Agnone - Castelverrino - Poggio Sannita è rappresentato da lembi di un antico paesaggio di erosione sinorogena ("paleosuperficie" Auctorum), presente in posizione sommitale sui principali rilievi dell'area indagata, a quote comprese tra 1000 e 1200 m s.l.m., intensamente disseccato e smembrato dalla tettonica. Il modellamento di tale paleopaesaggio dovrebbe essere avvenuta in tempi non più antichi del Pliocene inferiore. Esso è particolarmente evidente in corrispondenza delle formazioni più conservative delle Unità Molisane Auctorum, ad es. sui rilievi della Montagnola.

Una seconda generazione di superfici di spianamento, prodottasi in età più recente (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore), è caratterizzata dalla presenza di rilievi, costituiti da formazioni litoidi, che "emergono" per morfoselezione (Monticelli, I Colli, Fornone).

Le fasi finali di sollevamento della catena appenninica hanno determinato un ringiovanimento del paesaggio e il prevalere dapprima di processi di erosione fluviale quindi di processi di modellamento per frana.

Il paesaggio può essere considerato come il risultato dell'interazione tra processi morfogenici (esogeni) e la natura delle rocce e dei terreni affioranti.

Forme di erosione e forme e depositi di accumulo raccontano le fasi morfologiche che si sono succedute nel

tempo, anche in condizioni climatiche diverse dalle attuali. Le dinamiche legate a fenomeni di instabilità dei versanti, in generale, ed a fenomeni franosi, in particolare, giocano un ruolo fondamentale nella evoluzione a varie scale temporali dell'Appennino molisano.

La ragione sta nel fatto che l'Appennino molisano costituisce un settore della catena appenninica di recente corrugamento e sollevamento, ed è pertanto dotato di paesaggi caratterizzati da un forte rilievo locale, con valli profondamente incise e con fondovalle stretti e caratterizzati da alvei fortemente confinati.

In questi contesti vallivi, l'interazione reciproca tra fenomeni gravitativi e fluviali e/o dovuti all'azione delle acque incanalate lungo i pendii è molto marcata e porta in generale ad una evoluzione rapida dei fianchi vallivi (Aucelli, 1999; Aucelli & Roskopf, 2001; Aucelli et al., 2001). Infatti, laddove questi ultimi sono costituiti da versanti acclivi impostati su litologie caratterizzate da una scarsa coesione, e quindi bassa resistenza agli sforzi di taglio, o da un comportamento plastico, la loro evoluzione verso condizioni di maggiore stabilità avviene prevalentemente attraverso fenomeni franosi, sia lenti che rapidi. Dove, invece, i pendii sono impostati su litologie caratterizzate da migliori caratteristiche meccaniche, l'evoluzione geomorfologica avviene in modo più regolare e lenta, così da permettere una coesistenza più equilibrata tra processi di alterazione e di pedogenesi e quelli di erosione, trasporto ed accumulo.

In particolare, le frane appaiono legate da un lato alle caratteristiche intrinseche dei terreni che localmente formano la successione lito-stratigrafica (assetto geologico-strutturale, caratteristiche idrologiche, idrogeologiche, etc.) e, dall'altro lato, alle pendenze, alla morfologia del versante e all'uso del suolo (Lanzafame & Tortorici, 1976; Corbi et al., 1996a; Aucelli et al., 2002a, 2002b, 2004a). Ne consegue che la frequenza e la distribuzione spaziale delle varie tipologie di frane risulta essere strettamente legata all'assetto geologico-strutturale dei terreni e allo stato evolutivo dei versanti e del sistema fluviale nel quale sono inseriti.



LE FRANE

Le dinamiche legate a fenomeni di instabilità dei versanti, in generale, ed a fenomeni franosi, in particolare, giocano un ruolo fondamentale nella evoluzione a varie scale temporali dell'Appennino molisano. La ragione sta nel fatto che l'Appennino molisano costituisce un settore della catena appenninica di recente corrugamento e sollevamento, ed è pertanto dotato di paesaggi caratterizzati da un forte rilievo locale, con valli profondamente incise e con fondovalle stretti e caratterizzati da alvei fortemente confinati. In questi contesti vallivi, l'interazione reciproca tra fenomeni gravitativi e fluviali e/o dovuti all'azione delle acque incanalate lungo i pendii è molto marcata e porta in generale ad una evoluzione rapida dei fianchi vallivi.

Fermo restando l'elevata tendenza all'instabilità dei versanti nell'area molisana, va comunque detto che le frane, sia che si tratti di primi movimenti o di fenomeni di riattivazione, avvengono spesso in concomitanza dell'azione di agenti esterni che fungono da fattori di innesco. Tra questi, particolare importanza assumono, in Molise, gli eventi meteorici eccezionali e gli eventi sismici.

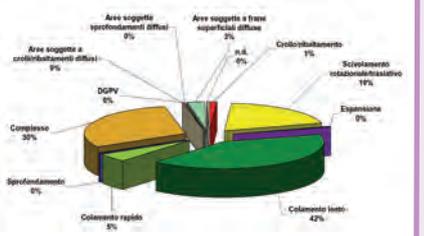
Le frane appaiono legate da un lato alle caratteristiche intrinseche dei terreni che localmente formano la successione lito-stratigrafica (assetto geologico-strutturale, caratteristiche idrologiche, idrogeologiche, etc.) e, dall'altro lato, alle pendenze, alla morfologia del versante e all'uso del suolo.

Ne consegue che la frequenza e la distribuzione spaziale delle varie tipologie di frane risulta essere strettamente legata all'assetto geologico-strutturale dei terreni e allo stato evolutivo dei versanti e del sistema fluviale nel quale sono inseriti.

Sull'instabilità dei versanti hanno influito inoltre le notevoli alterazioni antropiche dei manti vegetali originari che le valli del Trigno e del Biferno hanno conosciuto sin da tempi storici. Rilevanti e diffusi sono, infatti, i fenomeni di dissesto indotti dall'azione umana, che coinvolgono anche unità morfologiche a basse pendenze.



Le principali tipologie di frane (distinte con riferimento alla classificazione di CRUDEN & VARNES, 1996) presenti nell'area molisana sono rappresentate da colate lente e rapide (rispettivamente ca. il 38,2 e 4,8%), frane complesse (ca. 32%) e scorrimenti rotazionali e traslazionali (ca. 18%). Circa il 6% e 1,2% del territorio molisano è interessato rispettivamente da fenomeni di franosità diffusa e da crolli e ribaltamenti. Una piccolissima percentuale (0,1%) è relativa invece ai fenomeni di deformazione gravitativa profonda di versante (D.G.P.V., vedi oltre). Circa il 77% delle frane censite è caratterizzato da uno stato di quiescenza, il 18% è attivo, e soltanto il 5% risulta stabilizzato.



Nella carta geologica del foglio Trivento sono riportati 2775 cumuli di frana, in parte derivanti dalla "fusione" tra depositi di frana adiacenti allentati però da fenomeni franosi diversi.

L'evoluzione progressiva dei singoli fenomeni di frana sotto l'azione dei processi gravitativi e di erosione idrica concentrata, porta allo sviluppo, nel tempo, di sistemi vallivi sempre più complessi fino ad avere la genesi di dei cosiddetti landslide catchments, cioè valli di genesi fluvio-gravitativa. Si tratta cioè di bacini idrografici di vario ordine la cui evoluzione è essenzialmente controllata dall'attività franosa al loro interno.



Sistemi franosi, a vario grado di evoluzione, attualmente in forte sviluppo lungo il versante orientale della dorsale di Trivento.



Esempi di landslide catchments nella valle del Biferno (vallone Covatta).



Notevoli possono essere le ripercussioni dell'evoluzione della singola frana oppure del sistema franoso sulle aree a contatto con esse. L'evoluzione retrogressiva del fenomeno e del sistema franoso, infatti, è spesso fonte della messa in pericolo di strutture abitative.

Altri sistemi franosi, a vario grado di evoluzione, che interessano i versanti occidentali dell'area di Trivento.

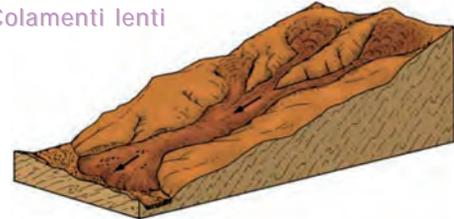


Crolli



Per crollo si intende il movimento di caduta in aria libera di materiali di qualunque dimensione e tipologia (rocce, detriti e terre). È un fenomeno da rapido a estremamente rapido, caratteristico di pendii da molto acclivi ad aggettanti.

Colamenti lenti



I colamenti sono deformazioni lente che implicano all'interno del corpo di frana un'intensa deformazione plastica differenziale.

Il movimento è causato generalmente dalla saturazione del materiale per aumento del contenuto d'acqua.

I colamenti lenti interessano con maggiore diffusione detriti e terre; sono tipici dei terreni ad elevato contenuto argilloso o che presentano un decadimento delle caratteristiche meccaniche, con coesione bassa e debole consolidamento.

Scorrimenti rotazionali

Gli scorrimenti rotazionali avvengono con un movimento di rotazione intorno ad un punto o un asse esterno al versante e posto al di sopra del baricentro della massa spostata. La superficie di rottura presenta di solito una forma arcuata, con la concavità verso l'alto.



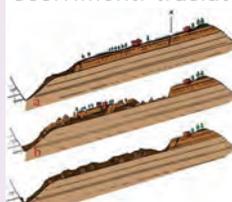
Gli scorrimenti rotazionali possono verificarsi nelle rocce, nei detriti e nelle terre.

La velocità di movimento può essere estremamente variabile, da lenta a estremamente rapida.



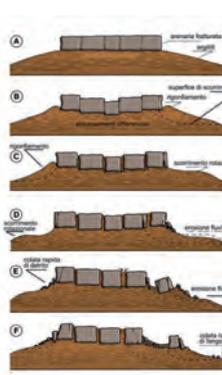
Scorrimenti traslativi

Gli scorrimenti traslativi avvengono con un movimento planare lungo superfici piane di discontinuità preesistenti e poco scabrose, lungo la loro direzione di massima pendenza. La principale condizione predisponente è che tali superfici di discontinuità devono essere orientate nello stesso senso del versante, ossia con giacitura a franapoggio, e abbiano un'inclinazione uguale o minore a quella del pendio. La velocità di movimento può essere estremamente variabile, da lenta a estremamente rapida.



Espandimenti laterali

Le espansioni laterali si verificano tipicamente quando corpi rocciosi rigidi e fratturati sono sovrapposti a terreni a comportamento plastico. Tali fenomeni si innescano quando la pressione esercitata dall'ammasso roccioso induce una deformazione sui sottostanti terreni a comportamento plastico. Questa tipologia di fenomeni gravitativi, generalmente, si sviluppa con movimenti così lenti che non sempre possono essere apprezzabili alla scala dei tempi umani.



Ribaltamenti

Il ribaltamento comporta una rotazione rigida frontale o un'inflessione di una massa intorno ad un punto o un asse situato al di sotto del baricentro della massa stessa. Questo movimento avviene in presenza di alcune famiglie di discontinuità, che devono essere sia subverticali sia suborizzontali.

Questa tipologia di movimento può avvenire con velocità estremamente variabili, da molto lente a molto rapide, nel caso in cui culminino in un crollo improvviso.



Scala delle velocità e dei danni prodotti dalle frane

Descrizione	Danni osservabili	Velocità
ESTREMAMENTE MOLTO LENTO	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio.	16 ml/anno
MOLTO LENTO	Alcune strutture permanenti possono non essere danneggiate dal movimento.	1,6 ml/anno
LENTO	Possibilità di intraprendere lavori di rinforzo e restauro durante il movimento. Le strutture meno danneggiabili possono essere mantenute con frequenti lavori.	13 ml/mese
MODERATO	Alcune strutture temporanee si può danneggiare possono essere mantenute.	1,8 ml/ora
RAPIDO	Evacuazione possibile. Distruzione di strutture, immobili.	3 ml/min
MOLTO RAPIDO	Perdita di alcune vite umane. Velocità troppo elevata per.	5 m/s
ESTREMAMENTE RAPIDO	Catastrofe di eccezionale violenza. Edifici distrutti per l'impatto del materiale spostato.	

TRINCEE



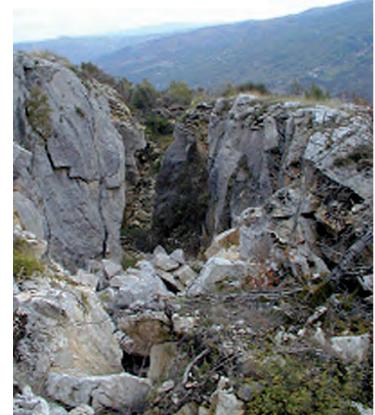
Oltre ai fenomeni franosi s.s. vanno segnalati alcuni fenomeni di Deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV).

Tra questi, il fenomeno gravitativo profondo che interessa il versante meridionale di Monte de La Civita nel territorio del comune di Civitanova del Sannio. Qui, l'assetto stratigrafico-strutturale ha determinato, insieme ai processi di erosione che insistono nel vallone sottostante, le condizioni favorevoli allo sviluppo di un fenomeno di tipo rock-block slide radicato ad una profondità tra i 15-20 metri, accompagnato dalla formazione in cresta di ampie trincee.

La DGPV è un fenomeno di movimento in massa di grandi dimensioni che può coinvolgere anche interi versanti, dal crinale fino al fondovalle: lo spessore della massa in movimento può superare il centinaio di metri. Il movimento si sviluppa per deformazione interna dell'ammasso roccioso e non necessita della presenza di una superficie o zona di rottura continua. Si tratta di un fenomeno che, generalmente, nello stadio iniziale e intermedio della deformazione è caratterizzato da deformazioni di taglio in evoluzione molto lenta nel tempo, la cui velocità è controllata principalmente dal comportamento reologico più o meno plastico della roccia.

Frequentemente, poi, gli accumuli dei depositi di frana che giungono ai piedi dei versanti invadono le aree di fondovalle provocando un parziale o, a volte, un completo sbarramento del corso d'acqua con la conseguente formazione di un lago temporaneo. Fenomeni del genere si sono ad esempio verificati in vari bacini idrografici a seguito delle prolungate piogge che hanno distinto l'evento alluvionale del gennaio 2003, come ad esempio nell'area di Trivento, nella valle del torrente Rivo.

ROCK-BLOCK SLIDER



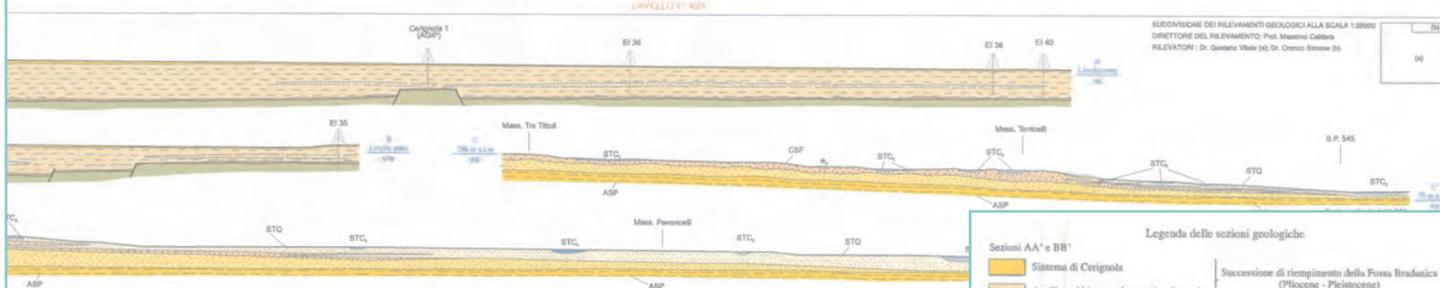
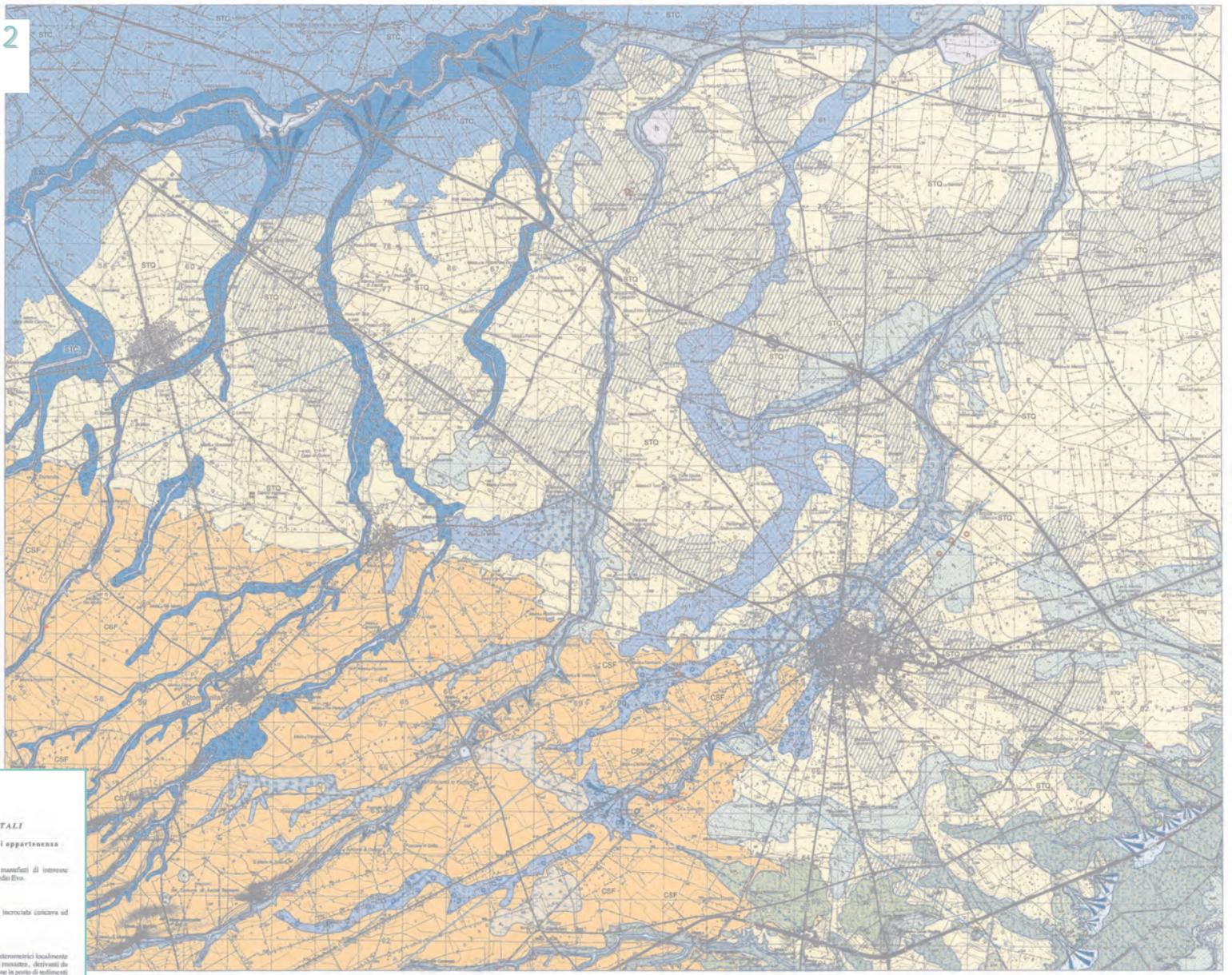
Allestimento scientifico:
Massimo Caldara, Luigi Pennetta, Antonella Marsico

Coordinamento:
Chiara D'Ambrogio

Allestimento iconografico:
Silvana Falchetti

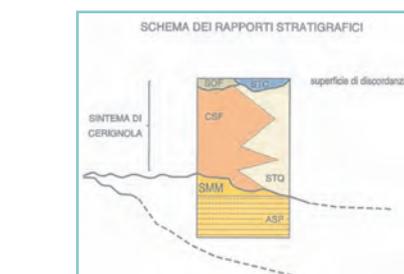
180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

FOGLIO n° 422
CERIGNOLA

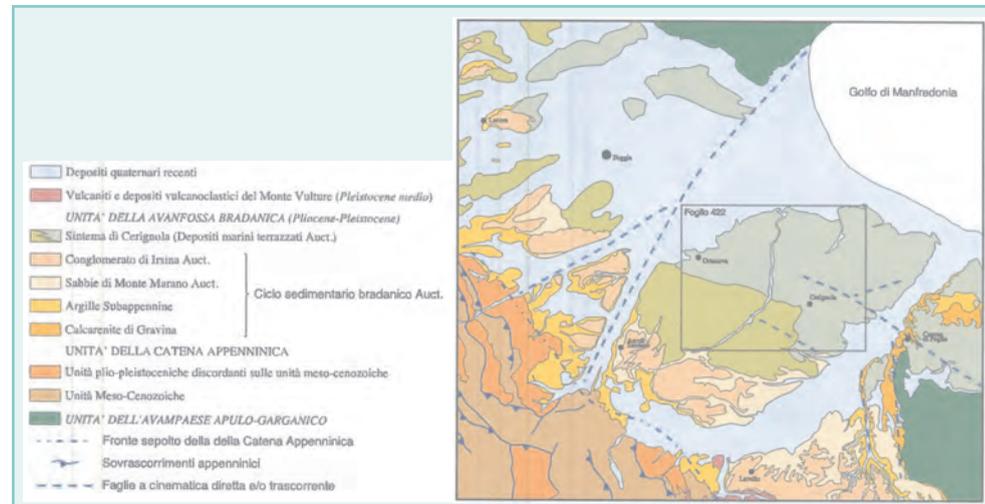


UNITA' QUATERNARIE CONTINENTALI	
Unità in formazione non distinte in base al bacino di appartenenza	
DEPOSITI ANTROPICI Depositi di origine antropica caratterizzati da materiali di interesse archeologico e di cui è compresa l'Ente di Tutela e il Museo Etno-antropologico. OLOCENE	
DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI Depositi suballuvionali-ghiaiosi a stratificazione incrociata (cavitare ed obliqua) attualmente in evoluzione in alto. OLOCENE	
COLTRE ELUVIO-COLLUVIALE Depositi costituiti da elementi di cunei detritici localmente stratificati, di colore marroncino a larghi noduli al passato, derivanti da mescolamento di acque non incanalate e da alterazione in posto di sedimenti sabbiosi e conglomeratici, localmente si ritrovano frammenti di ceramica dipinta. Lo spessore varia da pochi metri a 5-6 metri in funzione della morfologia del substrato. OLOCENE	
DEPOSITI PALUSTRI Depositi argillo-sabbiosi di colore bruno scuro con abbondante frazione organica nei livelli pellici; raramente si ritrovano livelli costituiti da ciottoli di piccole dimensioni sabbionzoli. Lo spessore varia da pochi metri fino a 7 metri. OLOCENE	
Unità distinte in base al bacino di appartenenza	
SISTEMA DEI TORRENTI CARAPELLE-CERVARO Depositi alluvionali ghiaiosi-sabbiosi terrazzati e sgruppatisi rispetto all'asse attuale del Torrente Cervaro. Il limite inferiore del sistema è costituito da una superficie incanalata di tipo erosivo e di spigoloso regolare localmente affilata nel Sistema di Cerignola. Il limite superiore coincide con la superficie topografica; spessore massimo 10-15 metri. Il sistema del Torrente Cervaro è stato suddiviso in sub-sistemi. PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	
Unità in formazione	
SUBSISTEMA DI MARANA LA PIDOCCHIOSA Depositi ghiaiosi-terrazzati a stratificazione incrociata concava e obliqua, con lenti ghiaiose continue da ciottoli elementari ben arrotondati. Sono superlevati di pochi metri rispetto all'asse attuale in aree inondabili; lo spessore varia da pochi metri a 10 metri. OLOCENE-ATTUALE	
SUBSISTEMA DI MARANA CASTELLO Depositi ghiaiosi-terrazzati a stratificazione incrociata concava e obliqua, con lenti ghiaiose continue da ciottoli elementari ben arrotondati. Sono superlevati di pochi metri rispetto all'asse attuale in aree inondabili; lo spessore varia da pochi metri a 10 metri. OLOCENE-ATTUALE	
SUBSISTEMA DI MASSERIA TORRICELLI Depositi ghiaiosi in abbondante matrice sabbiosa di colore giallastro; i ciottoli sono di piccole e medie dimensioni ben arrotondati. Lo spessore è di 5-6 metri. PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	
SUBSISTEMA DI CARAPELLE Depositi ghiaiosi in abbondante matrice sabbiosa di colore giallastro; i ciottoli sono di piccole e medie dimensioni ben arrotondati. Lo spessore è di 3-5 metri. PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	
SISTEMA DEL FIUME OFANTO Depositi alluvionali ghiaiosi-sabbiosi terrazzati e sgruppatisi rispetto all'asse attuale del Fiume Ofanto. Il limite inferiore del sistema è costituito da una superficie incanalata di tipo erosivo e di spigoloso regolare localmente affilata nel Sistema di Cerignola. Il limite superiore coincide con la superficie topografica; spessore massimo 10-15 metri. Il sistema del Fiume Ofanto è stato suddiviso in sub-sistemi. PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	
Unità in formazione	
SUBSISTEMA DI SAN BASILE Depositi sabbiosi-terrazzati a stratificazione incrociata concava e obliqua, con lenti ghiaiose continue da ciottoli elementari ben arrotondati. Sono superlevati di pochi metri rispetto all'asse attuale in aree inondabili; lo spessore varia da pochi metri a 10 metri circa. OLOCENE	
SUBSISTEMA DI POSTA OFANTO Depositi sabbiosi-terrazzati a stratificazione incrociata concava e obliqua, con lenti ghiaiose continue da ciottoli elementari ben arrotondati. Sono superlevati di pochi metri rispetto all'asse attuale in aree inondabili; lo spessore è di 5-6 metri. OLOCENE	
Unità completamente formate	
SUBSISTEMA DI MONTE GENTILE Depositi ghiaiosi in abbondante matrice sabbiosa di colore giallastro; i ciottoli sono di piccole e medie dimensioni ben arrotondati. Lo spessore è di 5-6 metri. PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	
SUBSISTEMA DI FONTANA FIGURA Depositi ghiaiosi in abbondante matrice sabbiosa di colore giallastro; i ciottoli sono di piccole e medie dimensioni ben arrotondati. Lo spessore è di 3-5 metri. PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	
SUBSISTEMA DI MASSERIA PIGNATELLA Depositi ghiaiosi in abbondante matrice sabbiosa di colore giallastro; i ciottoli sono di piccole e medie dimensioni ben arrotondati. Lo spessore è di 5-6 metri. PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	

UNITA' DELL'AVANFOSSA BRADANICA	
SISTEMA DI CERIGNOLA E' costituito da due unità litostrografiche tra loro eterogenee (CSF e STO) che nel insieme formano un sistema progredito. Il limite inferiore è rappresentato da una superficie di erosione fluviale antecedente con la base del sistema del Fiume Ofanto e con la base del Sistema del Torrente Cervaro. Il limite superiore è rappresentato ad ovest da una superficie incanalata di tipo erosivo e ad est da una superficie pianeggiante; questa linea segna il sistema di Cerignola delle Argille Subappennine e delle unità sabbiose-conglomeratiche non affioranti nell'area del Foglio 422 Cerignola ma rilevate in sottosuolo ed affioranti nelle aree limitate (Sabbie di Montemurro e Conglomerati di Irina Auct.). PLEISTOCENE MEDIO	
SABBIE DI TORRE QUARTO Sabbie medie e fini di colore giallo ocra a larghi ben cementate in strati di spessore variabile da pochi centimetri a 30 centimetri con stratificazioni di livelli centimetrici e decimetrici di argille e silt di colore giallastro a larghi noduli; lo spessore massimo è di circa 6-8 metri. La macrolitologia fornisce indicazioni di ambienti molto variabili che vanno dall'infittimento alle aree di inondazione con presenza di ambienti di spiaggia, lagunari e retrolagunari. Le associazioni a foraminiferi e a microfossili calcarei non forniscono indicazioni cronologiche. PLEISTOCENE MEDIO	
CONGLOMERATI DI SAN GIOVANNI IN FONTE Conglomerati clasto-sedimentari e matrice-sedimenti marini a stratificazione orizzontale ed obliqua, caratterizzati da frequenti lenti sabbiose; gli elementi litici sono costituiti da ciottoli elementari e poligoni di media grandezza in genere a spigoli ben arrotondati e localmente emblematici. La frazione sabbiosa oltre ai frammenti litici è costituita da una componente detritica spugnosa-folghosa e da materiali finissimi del Valore. L'ambiente deposizionale è riferibile ad una piana alluvionale; lo spessore massimo è di circa 20-25 metri. PLEISTOCENE MEDIO	
ARGILLE SUBAPPENNINE Argille siltose e silt sabbiosi di colore grigio scuro in strati di spessore decimetrico; lo spessore apparente è di circa 10 metri. L'associazione a foraminiferi risulta poco significativa e costituita da livelli di facies. Le associazioni a microfossili calcarei, indicano un intervallo biostratigrafico che ricade tra le zone MN10 e MN11; per la presenza di comuni mediani (Glyptostrophia) come ETO (Italia, 1990), così il passaggio tra il Pleistocene inferiore ed il Pleistocene medio, tra la zona a silti (Glyptostrophia) (MN10) e quella a Panderostrophia lacunosa (MN11) per la presenza di vari individui di Glyptostrophia sp. 1. Le macrofaune sono ricche e ben diversificate e sono quelle tipiche del piano circaliberico ed adriatico. PLEISTOCENE INFERIORE-MEDIO	



Legenda delle sezioni geologiche	
Sezioni AA' e BB'	Sistema di Cerignola
	Argille, sabbie, conglomerati, calcareati
	Marne e calcareniti - Miocene
	Calcarei e calcari dolomiti - Cretaceo superiore
Sezioni CC' e DD'	s ₁ - Depositi pulvisci (Olocene)
	STC - Subsistema di Marana La Pidocchiosa
	STC - Subsistema di Marana Castello
	STC - Subsistema di Masseria Torricelli
	CSF - Conglomerati di San Giovanni in Fonte
	STO - Sabbie di Torre Quarto
	SMM - Sabbie di Monte Marano Auct. (non affioranti)
	ASP - Argille Subappennine
	Successione di riempimento della Fossa Bradanica (Pliocene - Pleistocene)
	Unità dell'Avampose Apulo-Garganico
	Sistema del Torrente Cervaro (Pleistocene superiore - Olocene)
	Sistema di Cerignola (Pleistocene medio)
	Pleistocene inferiore-medio ?



acque sotterranee



IL CLIMA ATTUALE

La zona climatica omogenea di Capitanata è sotto l'influenza delle isoterme 15 e 16 °C, i valori medi estivi superano i 25 °C con punte assai frequenti ben oltre i 40 °C. L'escursione media annuale è di 18 °C, con un valore minimo di 7,3 °C e massimo di 25,3 °C. Il clima di quest'area può essere definito un clima secco di tipo semiarido (BS) se si utilizza la classificazione classica del Köppen, o un clima semiarido di tipo steppico con piogge scarse in tutte le stagioni, appartenente al terzo mesotermale, caratterizzato da una

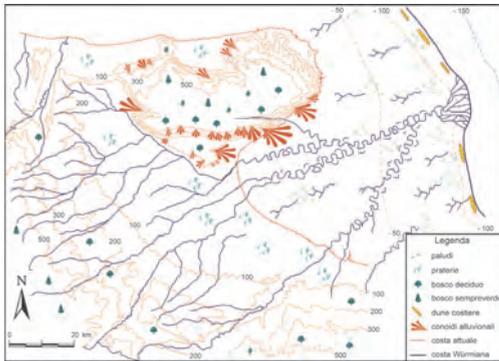
efficacia termica a concentrazione estiva con evapotraspirazione potenziale fra 855 e 997 mm, e cioè DdB'd, secondo la suddivisione di Thornthwaite & Mather. In particolare a Manfredonia l'evapotraspirazione supera di ben 350 mm le precipitazioni annuali, mentre laddove vi è disponibilità di acqua, in corrispondenza di specchi d'acqua costieri, l'evaporazione media annua si spinge a ben 2300 mm, valori registrati nelle saline di Margherita di Savoia. Anche l'indice "modificato" di De Martonne, corrispondente alla misura della capacità evaporativa dell'atmosfera, mostra come il triangolo di territorio fra Margherita di

Savoia, Foggia, Manfredonia ricada fra le zone a clima arido: steppe circumdesertiche. Un'ulteriore conferma è fornita dall'indice di Paterson che valuta il peso che l'elemento climatico ha sullo sviluppo della vegetazione spontanea, e che mostra i minimi tra Foggia, Cerignola e il mare.

In conclusione si tratta di una delle zone più aride d'Italia, fortunatamente i numerosi corsi d'acqua provenienti dall'Appennino (Candelaro, Cervaro, Carapelle e Ofanto) che solcano il Tavoliere sopperiscono in parte alla peculiare "aridità" della piana alimentando anche le aree umide costiere.

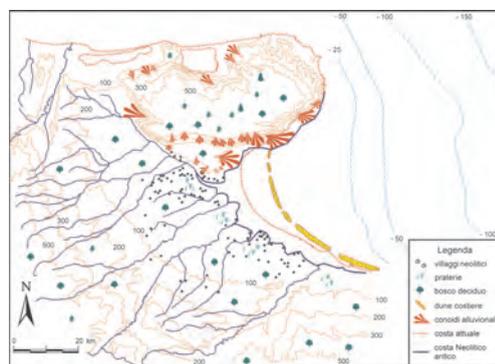
Risorse idriche, clima e attività antropica

EVOLUZIONE GEO-CLIMATICA E INFLUENZA SUGLI INSEDIAMENTI



Ultimo massimo glaciale - Wurmiano

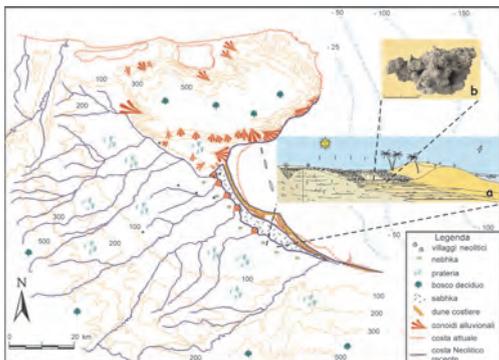
L'ultimo massimo glaciale Al culmine del ciclo glaciale, contraddistinto da un clima temperato freddo con abbondanti precipitazioni, il Tavoliere doveva essere solcato da fiumi ricchi d'acqua. Questi, nel tratto di pianura corrispondente a quella attualmente emersa, con una pendenza del 0,2%, dovevano assumere un andamento rettilineo, mentre nel tratto oggi corrispondente alla piana sommersa, contraddistinto da una acclività ancor più ridotta (0,07%), registravano un rallentamento della velocità delle acque e quindi assumevano percorsi da divaganti a meandriformi. La piana costiera doveva essere un esteso e malsano acquitrino a causa dell'abbondanza di precipitazioni, dello scarso drenaggio dovuto alla ridotta pendenza e della presenza di dune costiere.



Neolitico antico

Il Neolitico antico

Il clima in questo periodo appare decisamente più mite al punto tale da risultare favorevole ad una massiccia colonizzazione dell'estesa pianura, soprattutto lungo le sponde interne della grande laguna costiera e lungo i corsi d'acqua che in essa sfociavano. Questi si presentavano con ampie foci tipo estuario tanto da rendere la sponda interna della laguna molto articolata e permettere alla stessa di penetrare profondamente nei fondovalle e, in particolare, per quello del Candelaro, per almeno 20-25 km. Il regime di questi torrenti, certo differente da quello dei corsi d'acqua würmiani, era caratterizzato da portate ancora piuttosto cospicue, comunque in grado di assicurare discrete quantità d'acqua corrente tutto l'anno anche nel tratto medio del percorso.



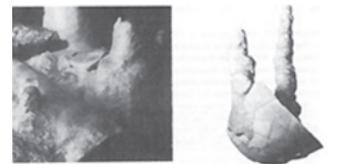
Neolitico recente; a) sabkha: ricostruzione paleoambientale con evoluzione da laguna a sabkha; b) rosa del deserto

Il Neolitico recente

Le caratteristiche climatiche peggiorano in senso arido. La conseguente riduzione degli apporti di acque dolci nella laguna con il relativo aumento della concentrazione dei sali fino a costituire ricche salamoie, portarono alla trasformazione della laguna, ormai non più collegata al mare, in una tipica sabkha in cui precipitavano minerali evaporitici. Le diverse morfologie di gesso, caratteristiche di precise condizioni di cristallizzazione, del regime idrologico, e dei litotipi in cui si potevano accrescere gli stessi cristalli, hanno inoltre permesso il riconoscimento dei vari subambienti della sabkha. Le tipiche rose del deserto, sono localizzate sul lato sabbioso della ex laguna, più a ridosso del cordone dunare.

La diminuita copertura vegetale innescò meccanismi di erosione accelerata dei versanti con conseguente alluvionamento dei fondovalle. I corsi d'acqua andarono radicalmente modificandosi. I detriti accumulati da piogge brevi ma di grande intensità, tipiche delle regioni aride, venivano ridistribuiti alla foce dei corsi d'acqua a formare estese e piatte conoidi alluvionali. Di conseguenza il fondo dell'antica laguna si andò progressivamente innalzando e la stessa area cominciò a ridursi di dimensioni. Si può pensare che i corsi d'acqua nel loro tratto terminale somigliassero molto ai tipici uadi africani. Probabilmente inizia in questo periodo la colmata delle incisioni pedegarganiche con la formazione delle piatte conoidi che ricordano questo ripiano basso con la piana costiera.

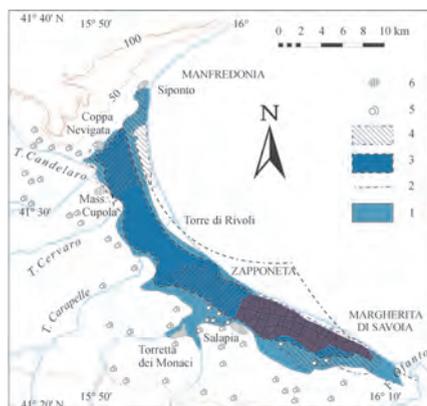
La sabkha si deve essere delineata subito dopo l'ultima età radiometrica documentata (5470 ± 40 BP) in contemporanea con il "culto delle acque", la cui data più recente è 5480 ± 70 BP sviluppatosi nella Grotta Scaloria. In questa grotta, collocata ai piedi del Gargano e prospiciente alla piana costiera, sono stati rinvenuti numerosi vasi, in corrispondenza delle stalattiti, come per raccogliere le acque di stillicidio carsico. La spiegazione simbolico/rituale può essere messa in relazione con la penuria di acque che andava attraversando in quel periodo il Tavoliere. La fine della fase arida può essere collegata con il graduale ripopolamento degli insediamenti della piana costiera, praticamente con l'età del bronzo.



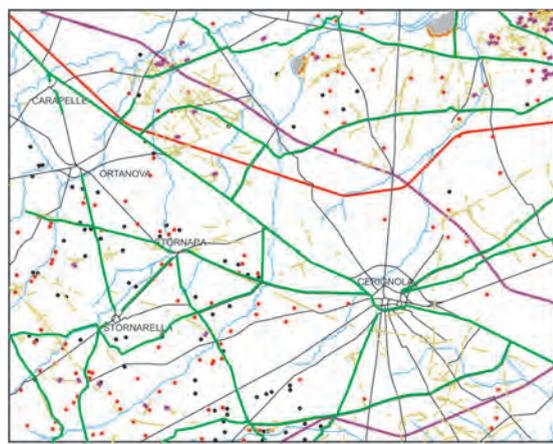
Il "culto delle acque" nella Grotta Scaloria (Manfredonia, FG)



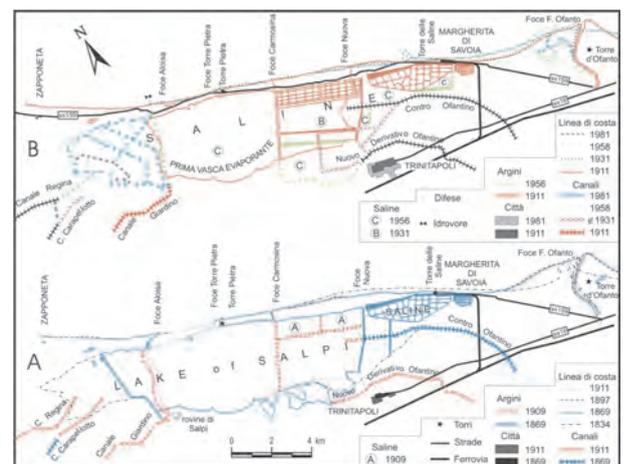
www.comune.manfredonia.fg.itaastgrottasaloria.htm



Evoluzione della laguna costiera dal Neolitico al I secolo a.C. Legenda dei simboli: 1 Laguna neolitica; 2 Probabile linea di costa neolitica; 3 Laguna del III secolo a.C.; 4 Laguna del I secolo a.C.; 5 Villaggi trincerati neolitici; 6 Principali insediamenti Dauni e Romani



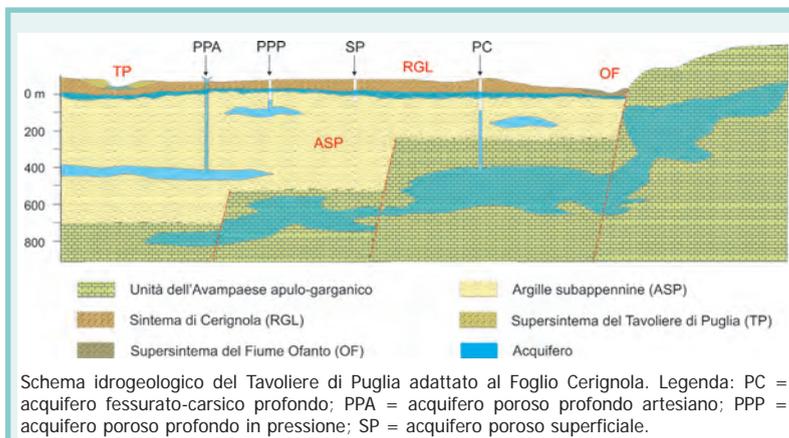
Elementi di storia dell'antropizzazione dell'area del Foglio Cerignola



Evoluzione delle saline nel XIX secolo

SCADIMENTO E DEPAUPERAMENTO DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE

Con le bonifiche effettuate nei primi decenni del 1900, la piana del Tavoliere è divenuta un'area a grande potenzialità agricola, grazie anche alla buona disponibilità di acqua, sia in superficie che nel sottosuolo. La richiesta di acqua per l'agricoltura è notevolmente aumentata con le trasformazioni irrigue degli anni '70 e con l'introduzione di colture idroesigenti, come ortaggi e uva da tavola. Nonostante la costruzione di invasi artificiali (Occhito, Marana-Capaciotti, Osento e San Giusto), si è registrato un forte incremento d'uso delle acque sotterranee. Nel tempo, le perpetuate condizioni di disequilibrio tra domanda e offerta della risorsa idrica, hanno determinato il progressivo depauperamento della risorsa stessa. Essendo il fabbisogno di gran lunga superiore alla ricarica annua, lo stato attuale della falda superficiale risulta molto differente rispetto agli anni cinquanta del secolo scorso, quando si segnalavano condizioni di acque freatiche abbondanti. In uno studio effettuato da Altamura si mette in evidenza come, nei dintorni di Stornara e di Carapelle, il livello piezometrico della falda superficiale sia sceso di poco più di 25 m dal 1950 al 1999. L'abbassamento della superficie piezometrica ha seguito di pari passo lo sviluppo economico dell'area. Oggi, le portate dei pozzi sono spesso così esigue (1-3 l/s) da rendere necessaria la realizzazione di vasche di accumulo. Inoltre, studi di dati termometrici e pluviometrici, relativi al bacino del T. Candelaro ed al periodo di osservazione 1951-1994, hanno evidenziato una generale riduzione della quantità di pioggia totale e un aumento delle temperature di circa 0,5 °C che, assieme all'aumentata frequenza di eventi siccitosi, concorrono ad aggravare lo scenario. Al degrado quantitativo fa eco, inevitabilmente, uno scadimento qualitativo. L'incremento di salinità delle acque, direttamente legato allo sfruttamento intensivo delle falde, e il consumo eccessivo di concimi azotati, di erbicidi e fitofarmaci, assieme allo sversamento di reflui e l'abbandono di rifiuti di diversa natura, sono tra le cause principali del degrado qualitativo.



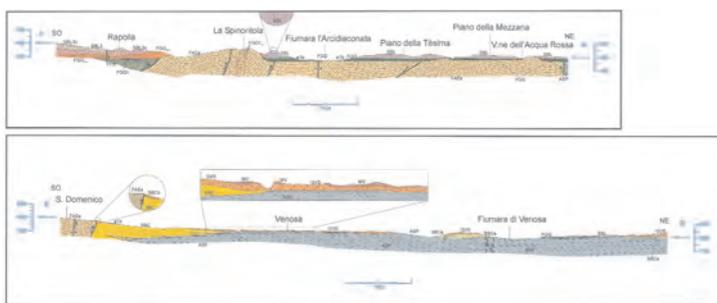
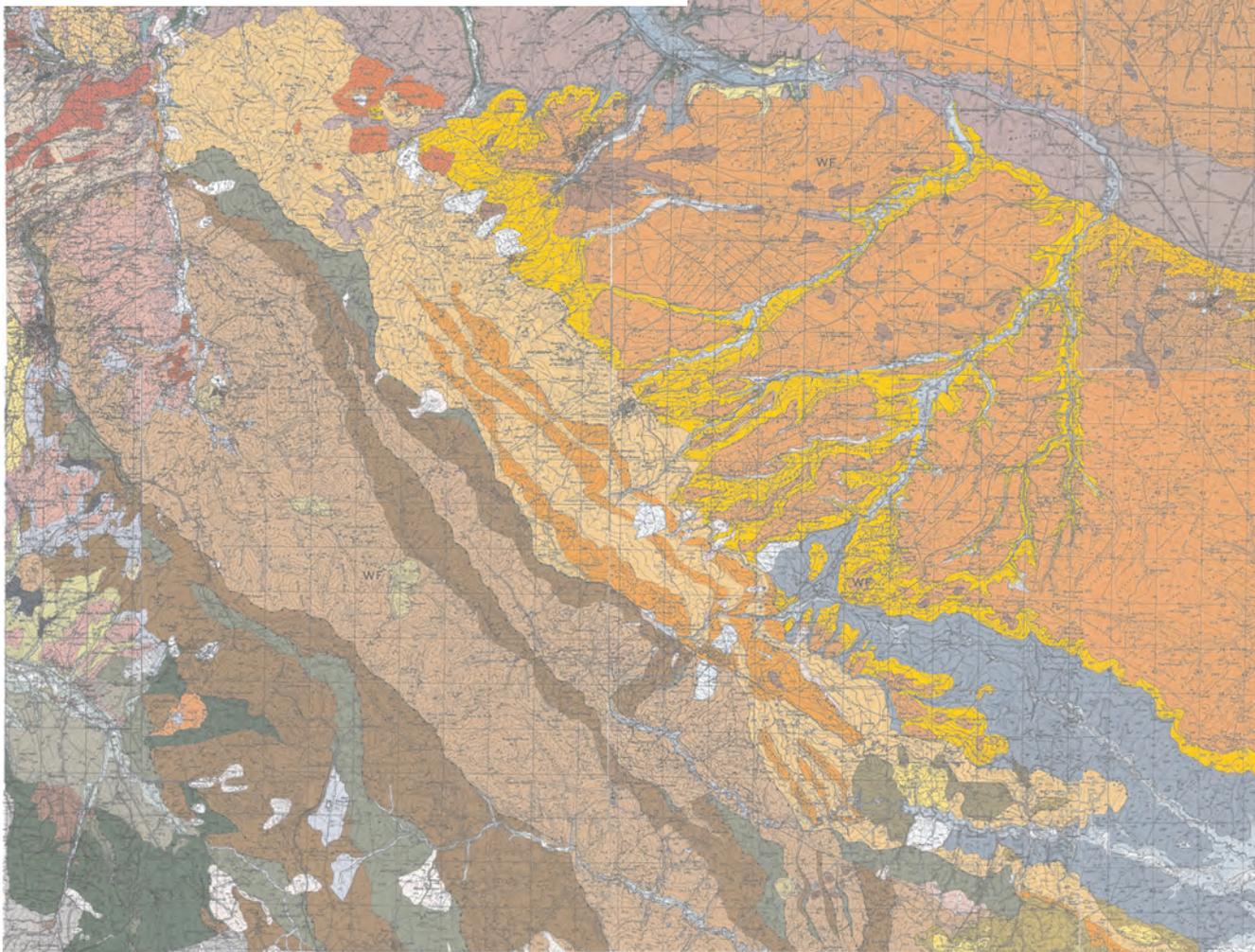
Schema idrogeologico del Tavoliere di Puglia adattato al Foglio Cerignola. Legenda: PC = acquifero fessurato-carsico profondo; PPA = acquifero poroso profondo artesiano; PPP = acquifero poroso profondo in pressione; SP = acquifero poroso superficiale.

Allestimento scientifico:
Maurizio Lazzari, Marcello Schiattarella
Coordinamento:
Chiara D'Ambrogio
Allestimento iconografico:
Silvana Falchetti



180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

FOGLIO n° 452 RIONERO IN VULTURE

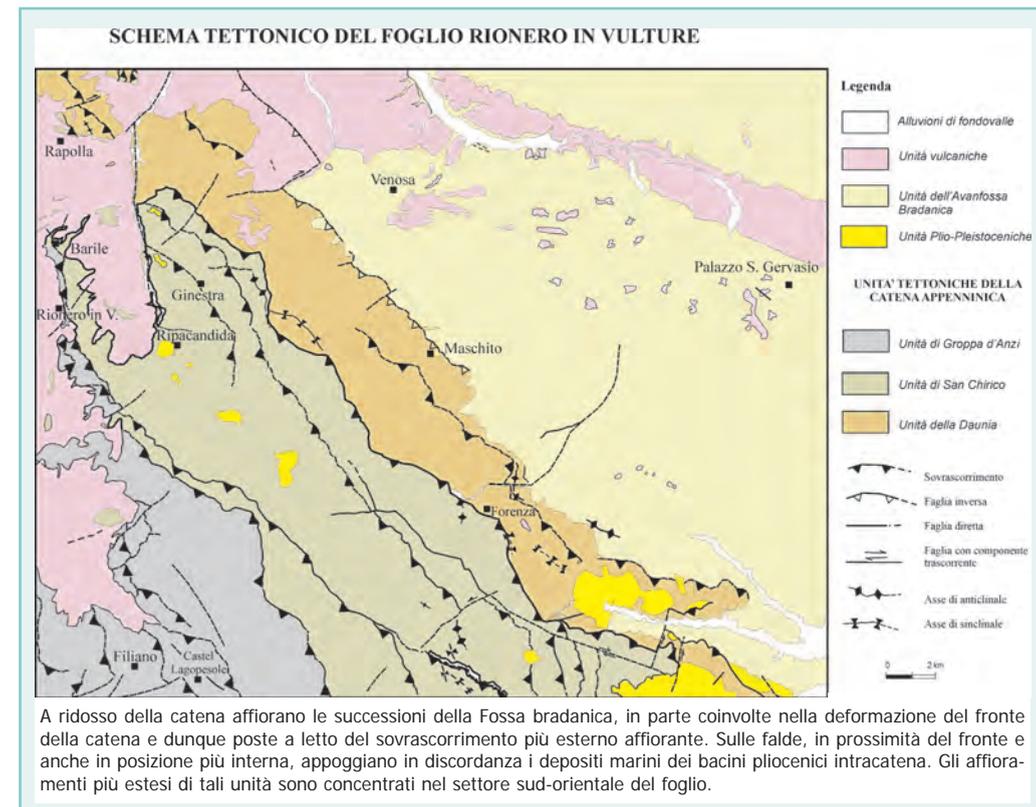
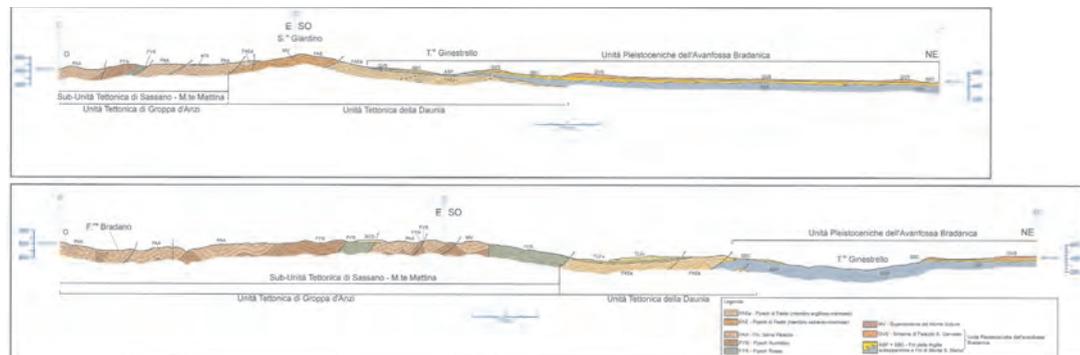
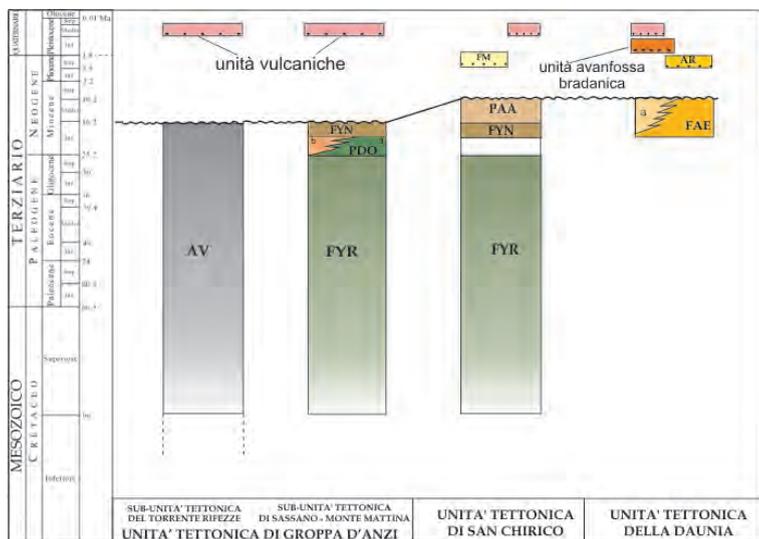


ASSETTO TETTONICO

L'area del Foglio è posta a cavallo tra il settore frontale della catena sud-appenninica e l'avanfossa bradanica ed è costituita - in misura equiparabile - da terreni meso-cenozoici alloctoni e da successioni clastiche plio-quadernarie marine, transizionali e continentali. Lungo il bordo occidentale del foglio sono inoltre significativamente presenti i prodotti del vulcano del Monte Vulture, largamente affioranti nell'adiacente Foglio "Melfi". Le unità alloctone della catena occupano la porzione sud-occidentale dell'area del foglio e sono organizzate in tre unità tettoniche con direzione NO-SE, che, dall'alto, sono le seguenti:

1. Unità tettonica di Groppa d'Anzi, comprendente le sub-unità tettoniche del Torrente Rifezze e di Sassano Monte Mattina, caratterizzate da terreni meso-cenozoici a dominante argillitica;
2. Unità tettonica di San Chirico, costituita dalle formazioni del Flysch Rosso, del Flysch Numidico e di Serra Palazzo;
3. Unità tettonica della Daunia, rappresentata dalla Formazione del Flysch di Faeto.

Le unità alloctone sono strutturate in un ventaglio embricato di sovrascorrimenti, come schematicamente evidente nello Schema tettonico del foglio.



A ridosso della catena affiorano le successioni della Fossa bradanica, in parte coinvolte nella deformazione del fronte della catena e dunque poste a letto del sovrascorrimento più esterno affiorante. Sulle falde, in prossimità del fronte e anche in posizione più interna, appoggiano in discordanza i depositi marini dei bacini pliocenici intracatena. Gli affioramenti più estesi di tali unità sono concentrati nel settore sud-orientale del foglio.





CARATTERI IDROGEOLOGICI GENERALI

Il Foglio "Rionero in Vulture" è caratterizzato da acquiferi a permeabilità primaria ed acquiferi a permeabilità secondaria.

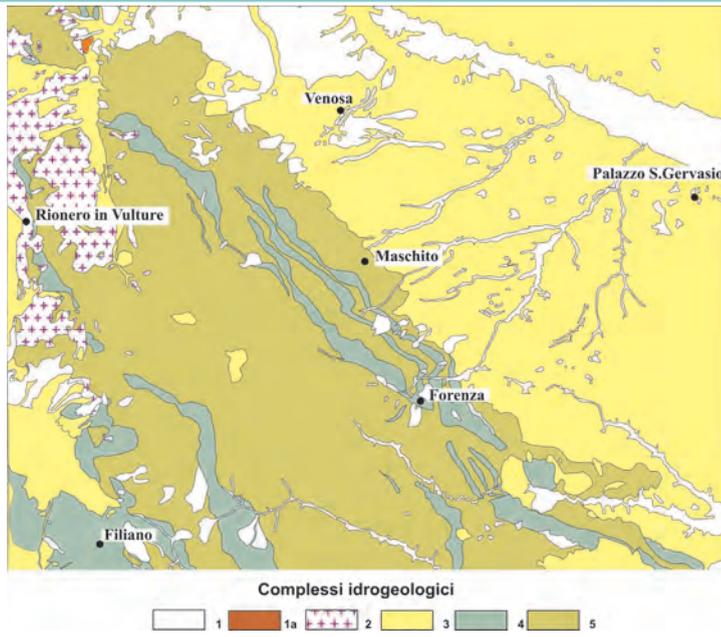
I primi sono relativi ai depositi quaternari, quali i depositi alluvionali ghiaiosi, depositi gravitativi, depositi vulcanici, depositi plio-pleistocenici dei bacini intracatena (supersistema della Fiumara di Atella e supersistema di Ariano Irpino) e dell'Avanfossa Bradanica;

i secondi sono costituiti dai litotipi delle unità tettoniche meso-cenozoiche della catena appenninica, caratterizzati fondamentalmente da una permeabilità per fratturazione legata alla presenza di sistemi di fratturazione associati a fasce cataclastiche e/o faglie anche di notevole estensione longitudinale.

In corrispondenza di queste ultime si possono formare anche falde acquifere limitate ma con circolazioni idriche sviluppate su notevoli distanze. Sui litotipi più marcatamente calcarei (FAE) le fratture sono ampliate dai fenomeni di dissoluzione che possono talora innescare fenomeni di microcarsismo.

I depositi vulcanici, complessivamente permeabili, sono sede di una estesa circolazione idrica sotterranea, il cui livello di base tamponante è costituito dalle argille del substrato pre-piocenico ed in parte plio-pleistocenico (ASP). Per la diversità dei caratteri granulometrici, tessiturali e di litificazione, i depositi piroclastici presentano un diverso grado di permeabilità, dove il grado più elevato è riscontrabile nei depositi piroclastici di caduta per la loro elevata classazione rispetto ai depositi da flusso concentrato o da flusso diluito (surge). All'interno di alcuni strati piroclastici si riscontrano spesso dei paleosuoli argillosi da considerarsi praticamente impermeabili e che separano idraulicamente gli stessi orizzonti piroclastici.

Le acque contenute nei materiali vulcanici alimentano i sottostanti acquiferi conglomeratici del ciclo sedimentario regressivo (GVS) che a loro volta poggiano stratigraficamente sulla Formazione di Monte San Marco (SBC).



Alla luce di tali considerazioni generali è stato definito uno schema idrogeologico del foglio che prevede la distinzione di sei complessi idrogeologici, definiti in funzione dell'associazione di termini litologici simili e di un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione abbastanza ristretto.

COMPLESSI IDROGEOLOGICI	UNITÀ GEOLOGICHE	DESCRIZIONE E GRADO DI PERMEABILITÀ
Sabbioso-limoso-ghiaioso (1)	a1a-a-ba-e-f- a1b-bb-LGM ₁ - SBL ₁ -SBL ₂ -MV- TLV _{1a}	Alluvioni antiche e recenti, depositi lacustri, detriti di versante, depositi di frana, piroclastiti risedimentate, permeabilità per porosità variabile da bassa a media in relazione alla granulometria dei depositi (10 ⁻⁷ > K > 10 ⁻⁸). Ove prevalgono i depositi ghiaiosi la permeabilità primaria per porosità è alta (K > 10 ⁻⁷).
Travertini (1a)	SMF ₂	Permeabilità alta per porosità e fratturazione (K > 10 ⁻⁷).
Piroclastiti e Lave (2)	SMF ₁ -SBL ₁ -SBL ₂ -SBL ₃ - FGG ₁ -FGG ₂ - LGM ₂ -SSI ₁	Lave e prodotti scorciati: permeabilità medio-alta per porosità e fratturazione (10 ⁻⁷ > K > 10 ⁻⁸). Materiali piroclastici sciolti o lufi: permeabilità variabile da bassa a media per porosità e per fratturazione per i termini idrici (10 ⁻⁶ > K > 10 ⁻⁷).
Argilloso-sabbioso- Conglomeratico (3)	BMF ₁ -SFS ₁ - FGG ₃ -FGG ₄ -MSI ₁ - SFS ₂ -FGG ₅ - GSV-SBC-ASP- SFO ₁ -RCD-SFS ₂ - TLV _{1b}	Depositi pliocenici e pleistocenici di ambiente marino e di transizione. Permeabilità per porosità variabile da bassa a media in relazione alla granulometria dei depositi (10 ⁻⁷ > K > 10 ⁻⁸). I termini prevalentemente argillosi hanno una permeabilità nulla (K > 10 ⁻⁸). Depositi flyschoidi: permeabilità alta per fratturazione e carsismo legata ad una marcata prevalenza di termini permeabili (K > 10 ⁻⁷), dove prevalgono i termini massosi impermeabili il complesso risulta permeabile per porosità e fratturazione con un grado basso (10 ⁻⁶ > K > 10 ⁻⁷).
Calcereo-marnoso (4)	FYR-PDO ₁ -FPE- FAE-TLV ₂	Depositi flyschoidi: permeabilità alta per fratturazione e carsismo legata ad una marcata prevalenza di termini permeabili (K > 10 ⁻⁷), dove prevalgono i termini massosi impermeabili il complesso risulta permeabile per porosità e fratturazione con un grado basso (10 ⁻⁶ > K > 10 ⁻⁷).
Arenaceo- Argilloso (5)	AV-FYN-PA- PDO ₂ -FAE ₂	Depositi flyschoidi: permeabilità bassa o nulla prevalentemente per porosità (10 ⁻⁶ > K > 10 ⁻⁷), medio-bassa per fratturazione diffusa.

CARATTERI IDROGRAFICI

Il Foglio 452 è caratterizzato dalla presenza di porzioni di sottobacini appartenenti a due bacini idrografici principali: il Bacino dell'Ofanto ed il Bacino del Bradano.

Bacino F. Bradano	Bacino F. Ofanto
Sottobacino del T. Cinestrello	Sottobacino di Atella
Sottobacino della Fiumarella	Sottobacino del T. Arcidiaconata
Sottobacino del T. Bradanello	Sottobacino della F.ra di Venosa

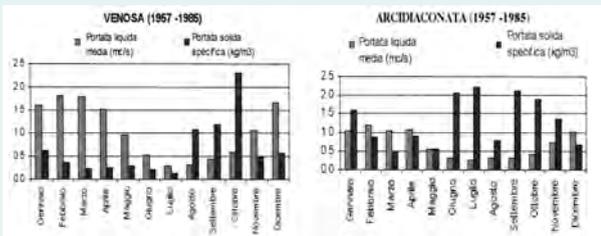
In generale, le aste fluviali non presentano portate rilevanti tanto che la maggior parte di esse è caratterizzata da regimi stagionali e talora effimeri. Infatti, l'analisi dei dati relativi agli eventi di piena storica registrati nel settore ha appurato che solo in alcuni rari casi (1929, 1951 e 1959) si sono registrati eventi di piena a carattere torrenziale che hanno prodotto diversi danni alle colture e alle abitazioni.

In particolare, la Fiumara di Atella ha registrato il 22 settembre del 1929 l'ondata di piena più disastrosa, sviluppatasi a breve distanza dalle intense precipitazioni che in quel periodo interessarono l'area (dati progetto CNR-AVI e A.S.P. Fondo Prefettura 1913-1932).

Dati sulla portata liquida di alcuni dei principali corsi d'acqua che interessano il foglio sono forniti dal Ministero LL.PP. Servizio Idrografico di Bari, relativamente alle Stazioni di F.ra di Atella - Ponte sotto Atella (1935-1970), F.ra di Venosa (1928-1970) e T. Arcidiaconata Ponte vecchio Rapolla-Lavello (1952-1970).

Stazioni	Portata media annua l/s o m ³ /s	P media annua mm
F.ra di Venosa 1928-1960 1961-1970	3,5-7,45 5,71-0,97	666 (1928-1970)
F.ra Atella 1935-1960 1961-1970	9,3-1,47 8,73-1,38	837 (1935-1970)
T. Arcidiaconata 1952-1960 1961-1970	7-0,87 4,84-0,60	772 (1952-1970)

Per quanto concerne invece i dati sulle portate solide, una prima valutazione comparativa tra la F.ra di Venosa e il T. Arcidiaconata ha evidenziato su sette anni di osservazione (1953-1960) un maggiore apporto solido della F.ra di Venosa. Tale posizione è rivista da alcuni studiosi che, basandosi su un periodo di osservazione più lungo (1957-1985) dei parametri misurati in corrispondenza delle stazioni torbiometriche e idrometriche di Ponte S. Angelo e Ponte vecchio, hanno evidenziato un maggior apporto solido del T. Arcidiaconata rispetto alla F.ra di Venosa.



ASPETTI CLIMATICI

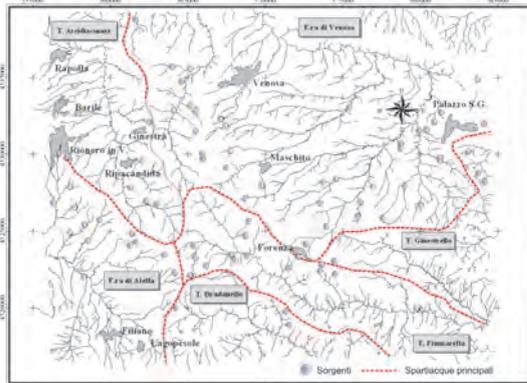
Al fine di definire le condizioni climatiche del settore esaminato sono stati considerati ed analizzati i dati pluviometrici del Servizio Idrografico Nazionale relativi alle stazioni di Atella, Melfi, Forenza, Ripacandida, Castel Lagopesole, Venosa e Palazzo S.G., relativamente al periodo di osservazione 1921-1950.

STAZIONE	PERIODO DI OSSERVAZIONE	PIOVOSITÀ mm
Castel Lagopesole	1921-1950	715
Atella	1921-1950	678
Forenza	1921-1950	733
Venosa	1921-1950	619
Ripacandida	1921-1950	688
Melfi	1921-1950	775
Palazzo S. Gervasio	1921-1950	602

Dall'analisi dei dati emerge una piovosità media annua di 687 mm. Tale regime pluviometrico è quello tipico di un clima mediterraneo con un periodo più piovoso invernale ed uno più secco estivo con le precipitazioni minime registrate nei mesi di Luglio ed Agosto. Per la stazione di Palazzo S. Gervasio i dati consultati sono relativi al periodo 1921-1980 con un dato di piovosità (632 mm/a) leggermente superiore al trentennio 1921-1950.

SORGENTI E ACQUE MINERALI

L'area del foglio è caratterizzata da un elevato numero di sorgenti di acqua dolce di cui alcune, soprattutto nel settore occidentale del foglio, mineralizzate a CO² con regime perenne e portate elevate tali da essere commercializzate e, in alcuni casi, utilizzate ad uso idropotabile per l'alimentazione idrica di alcuni centri abitati.



La distribuzione delle sorgenti è concentrata in corrispondenza dei contatti litologici tra le vulcaniti a diverso grado di permeabilità o in corrispondenza del contatto fra il substrato sedimentario impermeabile e le sovrastanti vulcaniti permeabili (sorgenti per limite di permeabilità).

Alcune sorgenti sono, invece, legate alla presenza di contatti tettonici o faglie (sorgenti per soglia di permeabilità sovrapposta o sottoposta).

Infine, la presenza di sorgenti a quote elevate è dovuta alle variazioni verticali di permeabilità all'interno dei depositi vulcanici e all'affioramento della piezometrica.

Le acque minerali di quest'area sono fondamentalmente distinguibili in due gruppi principali:

1. acque bicarbonato-alcaline ricche in sodio e potassio, utilizzate come acqua da tavola, antiuriche e antisettiche;
2. acque bicarbonato-alcalino-terrose ricche in calcio e magnesio.

In particolare, tra le sorgenti minerali merita giusta attenzione la sorgente "La Francesca", che nei primi anni di emungimento era caratterizzata da portate maggiori a 70-80 l/sec.

La sorgente "La Francesca" è una delle sorgenti più importanti del sistema idrogeologico del Monte Vulture essendo ad oggi caratterizzata da una portata di 40 l/s medi annui. Tale sorgente, captata dall'Acquedotto Pugliese con galleria drenante, è ubicata lungo il settore orientale del bacino di Atella ed è classificabile come una sorgente per limite di permeabilità definito ed alimenta i centri urbani alle pendici del Monte Vulture, con una portata media di 55 l/s lungo un fronte sorgivo di circa 60 m a ridosso di una parete di tufo vulcanico.

In Tabella sono riportate le misure delle portate mensili della sorgente valutate per il periodo di osservazione 1975-1999.

Dall'analisi di tali dati emerge una costante diminuzione della portata annua della sorgente e del suo valore medio probabilmente imputabili alle interferenze tra la sorgente stessa e le opere di captazione dinamica (notevole numero di pozzi di emungimento sia orizzontali che verticali) derivate nel corso degli anni nelle sue immediate vicinanze.

Oltre alla fonte "La Francesca", nella medesima località sono presenti numerose altre fonti commercializzate, tra cui meritano di essere menzionate la Fonte Itala, Cutolo, Traficante e Visciole, tutte ubicate tra i 475 ed i 490 metri s.l.m. e captate fin dal 1950. Tali sorgenti, caratterizzate da acque con alte concentrazioni di anidride carbonica (oltre 450 mg/l), sono determinate da una soglia di permeabilità sottoposta tra i terreni vulcanici ed il substrato sedimentario.

ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	ANNO
1975	82	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1976
1977	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1978
1979	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1979
1980	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1980
1981	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1981
1982	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1982
1983	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1983
1984	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1984
1985	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1985
1986	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1986
1987	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1987
1988	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1988
1989	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1989
1990	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1990
1991	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1991
1992	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1992
1993	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1993
1994	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1994
1995	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1995
1996	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1996
1997	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1997
1998	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1998
1999	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1999

Tra le sorgenti dell'area del Vulture sono da segnalare anche le Terme di Rapolla che scaturiscono in località Orto del Lago in corrispondenza del contatto tra vulcaniti e flysch argilloso-marnoso. Sono caratterizzate da portate modeste < 1-2 l/s, da un sensibile contenuto in ferro e temperature comprese tra i 15° e 18°. Tali acque, scoperte nel 1909 ed utilizzate per scopi terapeutici dal 1969, sono classificabili come bicarbonato-alcaline, e pur non essendo gassate presentano un residuo salino totale molto elevato.

Per quanto concerne le temperature delle acque, in generale esse variano da 13°-14° nel settore centro-orientale del Foglio a 17°-17° nel settore occidentale alle pendici del Monte Vulture.

Le sorgenti dell'area di Palazzo San Gervasio scaturiscono ai piedi di due piccoli rilievi, Serra S. Biagio e Serritelli, tra cui si sviluppa la Valle Scita ed a nord di quest'ultima in località Piano di Palazzo. Tali emergenze sorgive sono legate alla soglia di permeabilità definita, rispettivamente, tra GVS e SBC e tra SBL e GVS. Tra le sorgenti presenti in questo settore quella denominata Fontana Fico, ubicata a circa 410 m s.l.m., è certamente la più importante essendo caratterizzata da una portata media annua > di 1,5 l/sec. Le altre sorgenti dell'area di Palazzo (Fontana Rotta, Pilonè D'Errico) e più a sud nel Comune di Acerenza, Banzi (Pilonè dei Conconi) e Forenza (Mass. Accio e Mass. Zaccaria) hanno portate = di 0,6 l/sec.

Nella porzione meridionale del foglio, tra il Comune di Avigliano, località Castel Lagopesole ed i Comuni di Forenza ed Acerenza, erano presenti, almeno fino ai primi decenni del 1900, alcune sorgenti perenni con una portata anche superiore al l/sec (Fonte Inforatura, Fonte S. Antonio, Fonte del Capo Tauro che ad oggi risultano estinte).

Una nota di riguardo va indirizzata alle emergenze sorgive dell'area di Castel Lagopesole. Qui, in corrispondenza di un ripiano morfologico denominato Piano del Conte, spartiacque tra la Fiumara di Atella ed il Fiume Bradano, risiedeva fino ai primi anni '30 del secolo scorso il Lago Pesole, da cui si sviluppavano le prime diramazioni fluviali del Fiume Bradano.

La storia di questo lago, già proprietà della famiglia Doria Pamphilj, citato in diverse fonti storiche e documenti del 1200 e riportato nelle cartografie storiche del 1600 e 1800, è terminata con la bonifica del territorio avvenuta in epoca fascista. La sua natura è appunto legata all'emergenza della falda freatica con vistose scaturigini sorgive ben descritte tra l'altro dai botanici Gussone e Tenore nel 1838.

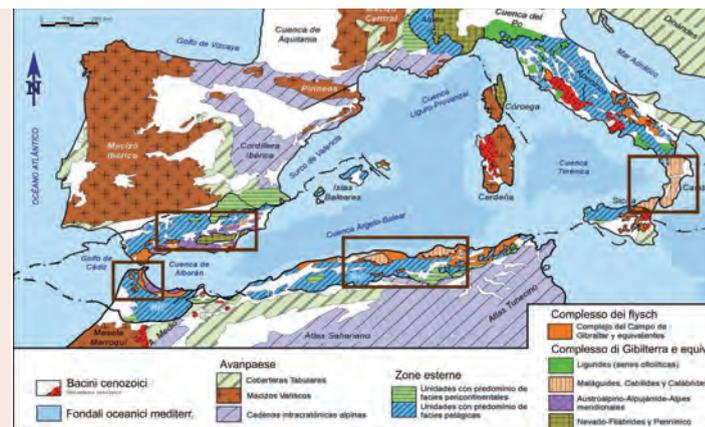
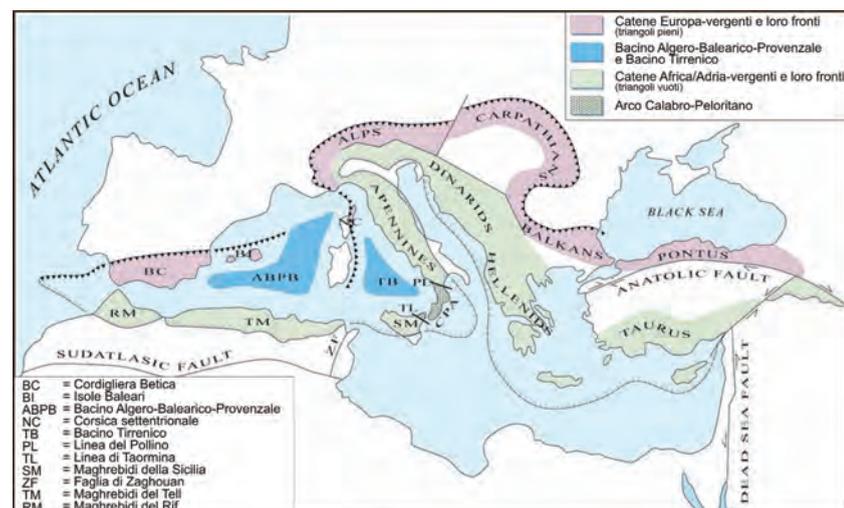
180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

Se si osserva il Bacino del Mediterraneo in una Carta Geografica attuale si nota che è circondato da due grandi catene montuose, diverse per struttura, vergenza e modalità di formazione. Queste due catene si sono formate nel Terziario, durante il processo collisionale tra Europa e Africa responsabile della chiusura dell'antico Oceano Tetide (ultima orogenesi).

La prima catena costituisce il Sistema Nord-Vergente, che si è strutturato per trasporto orogenico verso la Placca Europea, la seconda, il Sistema Sud-Vergente, che si è creato per trasporto orogenico verso la Placca Africana e le altre microplacche ad essa correlate, quali Ragusa, Apulia e Adria.

Al centro di quest'ultimo Sistema, detto anche Catena Africa-Adria vergente, che dallo Stretto di Gibilterra si estende fino alla

Turchia, si trova una peculiare e complessa struttura, conosciuta come **Arco Calabro-Peloritano (ACP)**, che connette l'Appennino, con direzioni strutturali ad andamento NO-SE, alle Maghrebidi Siciliane e Africane, a sviluppo E-O. L'ACP, per le sue molteplici e ampie caratteristiche compositive e strutturali, costituisce un laboratorio geologico di elevato interesse scientifico. Esso, infatti, attraverso le rocce che lo compongono, racconta una complessa ed affascinante storia evolutiva che ha inizio nel lontanissimo Meso-Proterozoico (1600 Ma).



ORIGINE DELLE UNITÀ STRATIGRAFICO-STRUTTURALI

Secondo il modello evolutivo recentemente più accreditato, nell'Oceano Tetide, tra le Placche Europea e Africana, esisteva un microcontinente, il Mesomediterraneo che, nel Giurassico-Cretacico, insieme alle microplacche di Ragusa, Apulia, Adria, divideva la parte occidentale dell'oceano in due rami, il Piemontese-Ligure-Nevo-Filabride, a N, e il Lucano-Maghrebide, a S.

Le unità di crosta continentale dell'ACP deriverebbero, quindi, da domini paleogeografici localizzati sul Mesomediterraneo, mentre quelle di crosta oceanica proverrebbero dall'Oceano Tetide.

Le unità dell'ACP sono le più interne della Catena Appenninico-Maghrebide e, per caratteri litologici, strutturali e tettonici, strettamente correlate alle unità affioranti nelle Kabylie Telliane (Algeria), nel Rif (Marocco) e nella Cordigliera Betica (Spagna Meridionale) - Catene del Mediterraneo Centro-Occidentale.

ARCO CALABRO-PELORITANO

LIMITI GEOLOGICI

L'arco Calabro-Peloritano si estende dalla Calabria settentrionale fino alla Sicilia nord-orientale.

I suoi limiti tettonici sono stati tradizionalmente individuati nella Linea di Taormina, a S, e nella Linea di Sanginetto, a N; sulla base di studi, in parte ancora in itinere, quest'ultimo limite è stato messo in discussione, e riproposto più a nord lungo la Linea del Pollino.

COMPOSIZIONE E STRUTTURA

L'ACP, pur essendo parte della Catena Appenninico-Maghrebide, risulta peculiare per composizione ed evoluzione. Esso è un edificio complesso, costituito dalla sovrapposizione di terreni (unità stratigrafico-strutturali o falde di ricoprimento) differenti tra loro per genesi e composizione, formatosi nel Terziario attraverso un'articolata serie di fasi tettoniche. È composto sia da unità di crosta continentale, prevalenti, formate da basamenti cristallini pre-Paleozoici e Paleozoici (plutoniti e metamorfiti) e da coperture sedimentarie Meso-Cenozoiche, sia da unità di crosta oceanica, costituite da ofioliti e coperture Mesozoiche.

Al di sopra dell'edificio Alpino così strutturato sono presenti numerosi depositi sedimentari post-orogeni, di varia genesi e composizione, con età da Miocenica ad Attuale.

STRUTTURA AD ARCO

Nel tempo, anche la peculiare struttura arcuata dell'ACP è stata sottoposta a molteplici interpretazioni.

Quelle ritenute più valide sono due:

- la prima considera tale struttura un oroclineo;
- la seconda, il prodotto della distorsione di un segmento litosferico più o meno rettilineo, originatosi in correlazione all'apertura del Mar Tirreno, nel Tortoniano-Messiniano.

Precisamente, la segmentazione e la torsione dell'Arco, nonché la sua migrazione verso SE, sono da collegare:

- i) alla formazione del Tirreno, verificatasi con massima velocità ed espansione nella parte meridionale;
- ii) alla rotazione antioraria della Penisola Italiana
- iii) alla subduzione della Placca Ionica.



Migmatiti Erciniche da Granuliti Pan-Africane



Plutoniti tardo-Erciniche

L'UNITÀ ASPROMONTE

mostra l'evoluzione geologica più complessa del Settore Meridionale perché le sue rocce documentano tre processi metamorfici e tre plutonici.

Processi metamorfici

1. Pan-Africano (600 Ma, 40Ar/39Ar su anfibolo).
2. Ercinico (314 Ma, Rb/Sr su miche)
3. Alpino (22 Ma, Rb/Sr su miche).

Processi plutonici

1. pre-Pan-Africano (Meso-Proterozoico, 1600 Ma, U/Pb su titanite).
2. tardo-Pan-Africano (550 Ma, U/Pb su zircon).
3. tardo-Ercinico (290 Ma, Rb/Sr su miche).

FOGLIO n°601 MESSINA REGGIO-CALABRIA

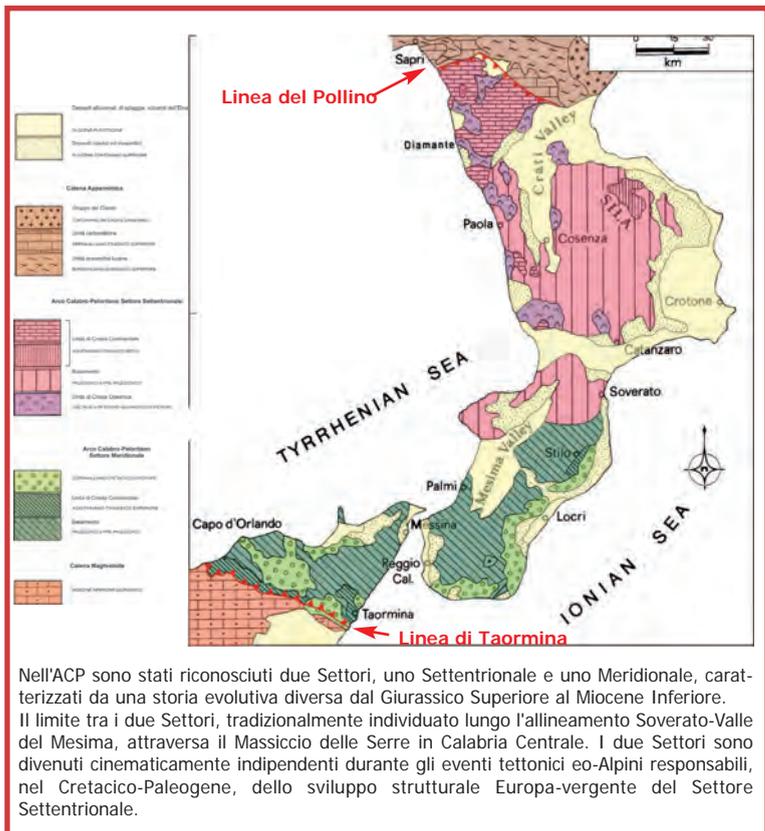




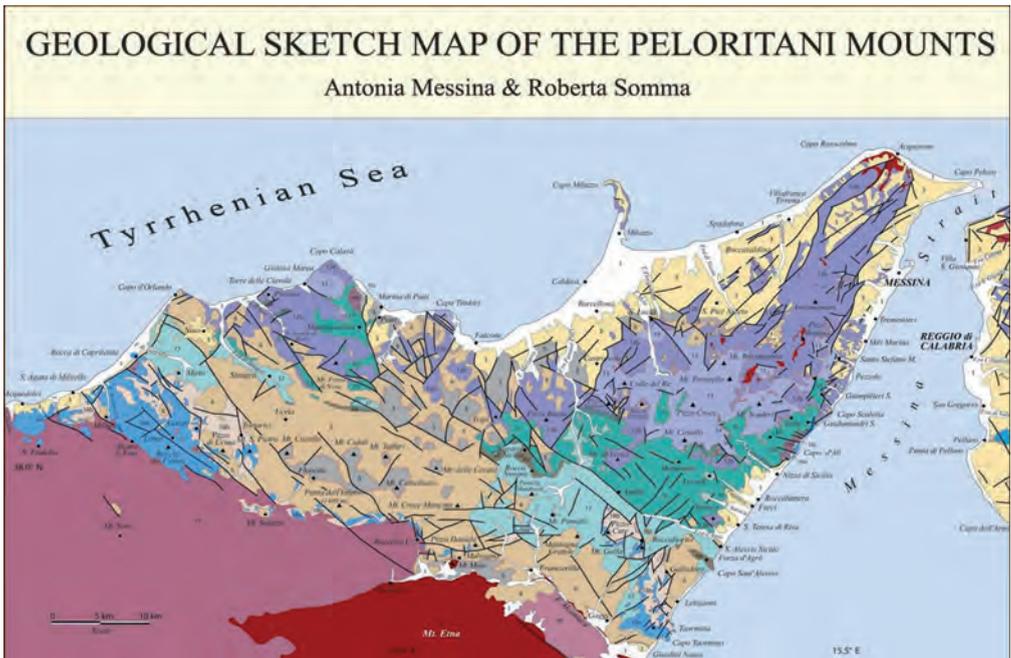
l'interno della Terra



Storia di una catena montuosa nel Bacino del Mediterraneo



Durante questo intervallo temporale, i domini paleogeografici del Mesomediterraneo che avrebbero successivamente, nell'Aquitano Superiore-Burdigaliano Inferiore, formato il Settore Meridionale, non risultano ancora deformati. Durante il Miocene Medio un regime compressivo è stato responsabile del loro avvicinamento fino al sovraccorrimiento del Settore Meridionale su quello Settentrionale. Da questa fase in poi essi sono stati sottoposti alla stessa evoluzione cinematica, accrescendosi con il margine africano. La storia successiva dell'intero Arco è analoga a quella dell'Appennino, con una tettonica prevalentemente compressiva fino al Pliocene Inferiore e una distensiva e trascorrente dal Pliocene Superiore all'Attuale.



Nell'ACP sono stati riconosciuti due Settori, uno Settentrionale e uno Meridionale, caratterizzati da una storia evolutiva diversa dal Giurassico Superiore al Miocene Inferiore. Il limite tra i due Settori, tradizionalmente individuato lungo l'allineamento Soverato-Valle del Mesima, attraversa il Massiccio delle Serre in Calabria Centrale. I due Settori sono divenuti cinematicamente indipendenti durante gli eventi tettonici eo-Alpini responsabili, nel Cretacico-Paleogene, dello sviluppo strutturale Europa-vergente del Settore Settentrionale.

Settore settentrionale



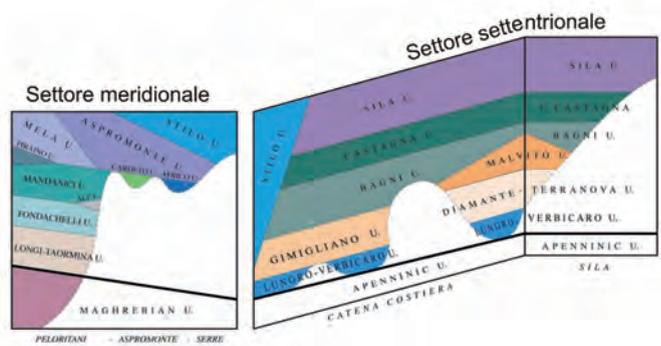
Comprende, da N verso S, i domini geografici della Catena Costiera, Massiccio della Sila e delle Serre Settentrionali e risulta formato da unità stratigrafico-strutturali sia di crosta oceanica sia di crosta continentale.

Le unità di crosta oceanica, quali resti dell'antico Oceano Tetide, sono costituite da substrati magmatici con relativa copertura sedimentaria, entrambi di età Mesozoica e interessati da un metamorfismo Alpino di alta pressione/bassa temperatura.

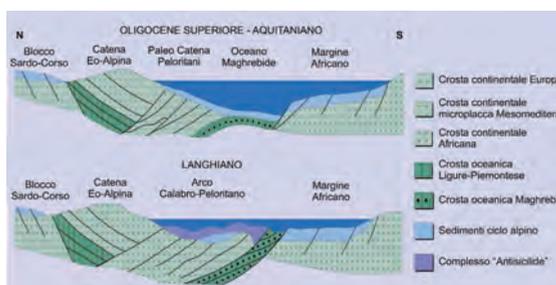
Le unità di crosta continentale, originatesi dal Mesomediterraneo, sono composte da basamenti metamorfici e plutonici pre-Paleozoici e Paleozoici, e dalle coperture sedimentarie Mesozoiche di quest'ultimi. Le strutture tettoniche del Settore sono sia Paleogeniche Europa-vergenti sia Neogene Africa-Adria-vergenti.

Sulla base della composizione e della storia evolutiva di ogni unità di crosta continentale dell'ACP, nel Settore Settentrionale, come in quello Meridionale, sono state dedotte:

- sequenze metamorfoc-plutoniche pre-Paleozoiche, interessate da più eventi metamorfici (Pan-Africano, Ercinico e Alpino) e plutonici (tardo-PanAfricano, tardo-Ercinico);
- sequenze sedimentario-vulcaniche Paleozoiche, interessate da un evento Ercinico o più processi metamorfici (Ercinico e Alpino) e da un evento plutonico (tardo-Ercinico).



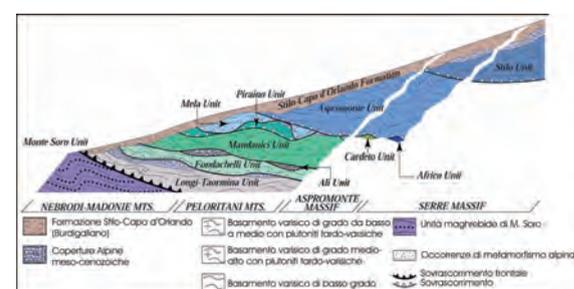
Settore meridionale



Comprende i Massicci delle Serre e dell'Aspromonte, in Calabria Meridionale, ed i M. Peloritani in Sicilia Nord-Orientale.

È costituito da una pila di dieci unità tettoniche Alpine di crosta continentale, geneticamente non correlate, strutturate con trasporto orogenico Africa-vergente, durante l'Aquitano. Sulla base della composizione e storia evolutiva di ciascuna unità si riconosce la presenza di:

- una sequenza metamorfoc-plutonica pre-Paleozoica nell'Unità dell'Aspromonte. Detta Unità è priva di copertura sedimentaria Meso-Cenozoica;
- sequenze sedimentario-vulcaniche Paleozoiche nelle rimanenti unità, gran parte delle quali presentano resti di originarie coperture Mesozoiche e o Meso-Cenozoiche. La sequenza magmatica pre-Paleozoica dell'Unità dell'Aspromonte è datata radiometricamente su meta-ultramafiti (corpi metrici in paraderivati) Meso-Proterozoico per un antico evento plutonico.



Le sequenze sedimentario-vulcaniche paleozoiche sono datate su base micropaleontologica utilizzando la presenza di fossili guida (Acritarchi, Conodonti, Tentaculiti, resti di piante).

Tali sequenze sono formate da sedimenti pelitico-arenacei, intercalati da carbonati e vulcaniti e vulcanoclastiti da basiche (metabasiti s. l.) ad acide (porfiroidi).

Le vulcaniti correlate a differenti ambienti tettonici hanno un'età da Cambriano a Carbonifero.

Tutte le sequenze Paleozoiche sono state interessate da un evento metamorfico Ercinico, con caratteri differenti nelle diverse unità. Solo alcune Unità mostrano storie evolutive più complesse, documentate da relitti eclogitici eo-Ercinici e da un evento plutonico tardo-Ercinico, responsabile di un metamorfismo di contatto nell'Unità di Stilo. Nelle Unità di Cardeto e di Ali è stata riconosciuta una sovrimpronta metamorfica Alpina, che ha cancellato i caratteri pre-Ercinici dei basamenti.

Le coperture sedimentarie mesozoiche o meso-cenozoiche hanno età variabile da Triassico Medio-Superiore ad Aquitaniano e comprendono depositi clastici in facies da continentale a transizionale (Triassico Medio-Superiore(?)-Hettangiano), successioni di carbonati di piattaforma (Giurassico Inferiore) e di facies bacinale (Giurassico Inferiore-Eocene).



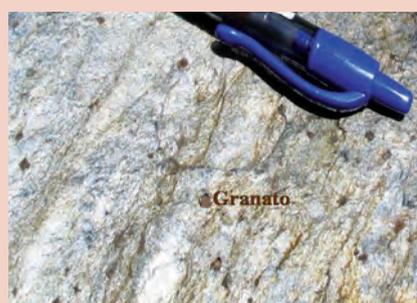
Eclogite eo-ercinica riequilibrata in anfibolite ercinica



Pieghe in Meta-calcarei alpini di tipo Medolo



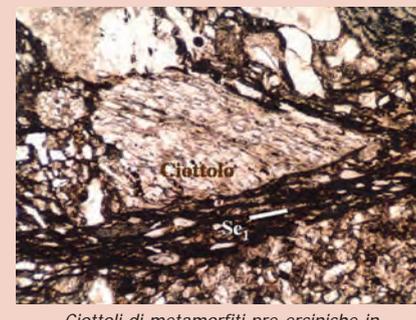
Piegia metrica in Quarziti grafitose erciniche



Fillade a biotite e granato ercinica

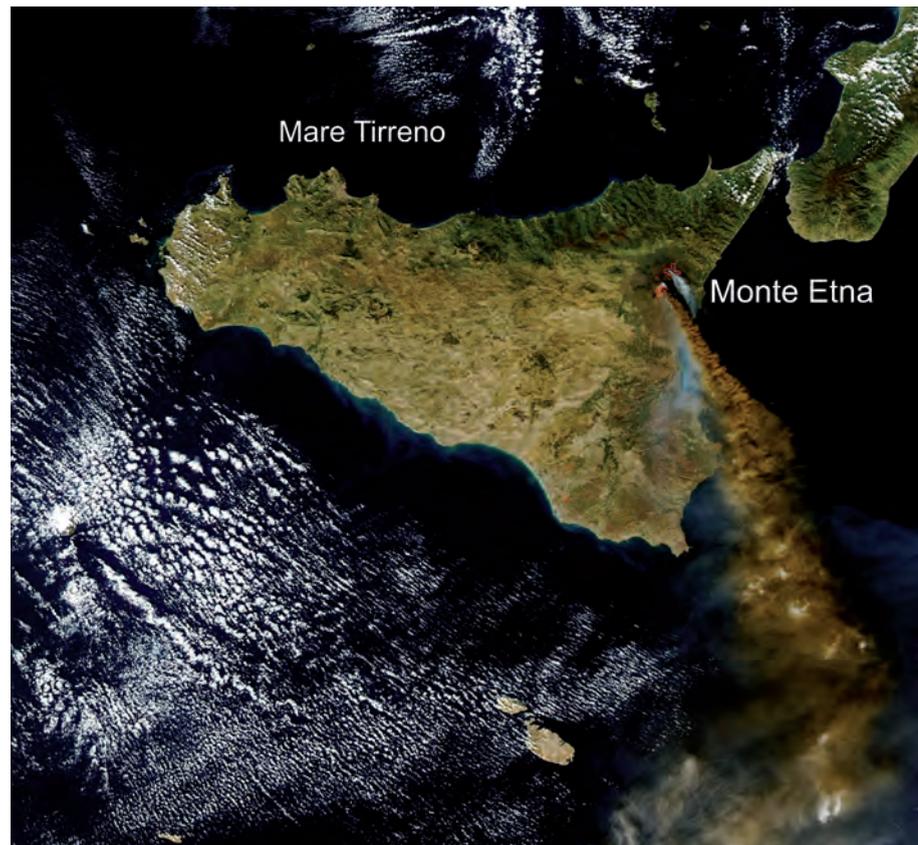


Mineralizzazione a solfuri in Marmi ercinici



Ciottoli di metamorfiti pre-erciniche in Meta-conglomerato ercinico

180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

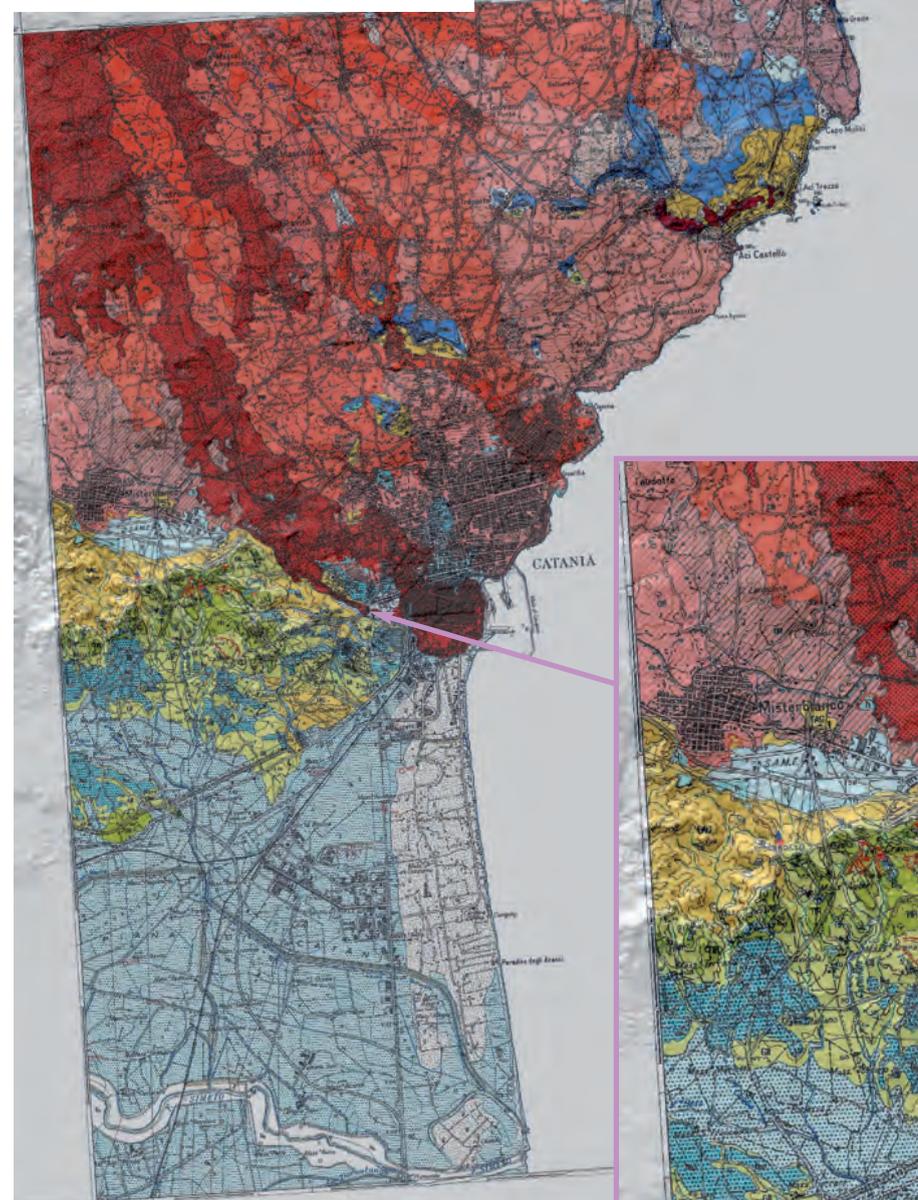


Il Monte Etna è uno stratovulcano di natura basaltica, alto 3340 m s.l.m., localizzato in Sicilia orientale lungo la costa Ionica dove ricopre una superficie di circa 1250 km². Il Monte Etna è uno dei vulcani più attivi del mondo e la sua spettacolare attività eruttiva è descritta nelle fonti storiche da oltre 2000 anni.

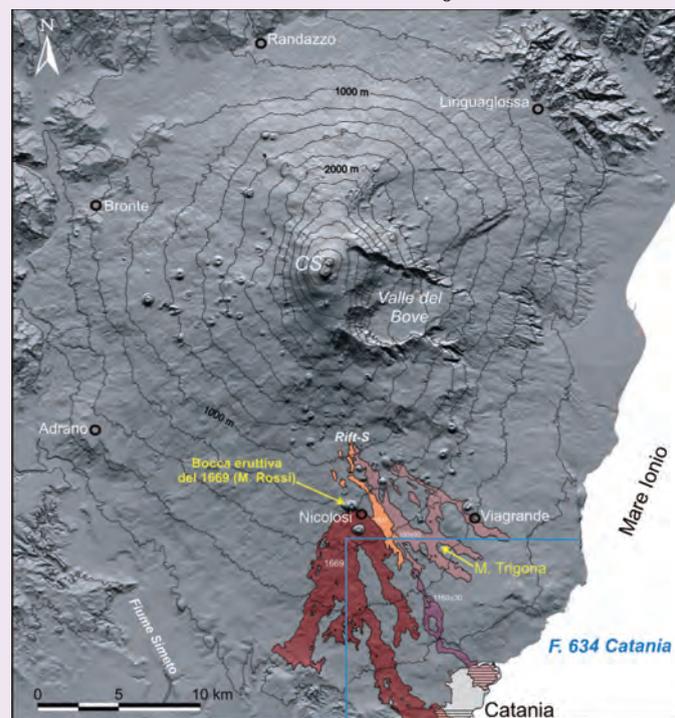
Oggi, grazie a tecniche moderne quali la fotografia satellitare, è possibile osservare direttamente l'attività del vulcano; nell'immagine satellitare è chiaramente visibile la colonna eruttiva generata durante l'eruzione 202-2003.

Il vulcano è caratterizzato principalmente da un'attività effusiva con l'emissione di colate laviche che si verificano o dai crateri sommitali o da bocche eruttive che si aprono lungo i fianchi del vulcano. In maniera minore esso è anche caratterizzato da un'attività esplosiva ai crateri sommitali le cui tipologie più comuni sono l'esplosioni di tipo Stromboliano e gli eventi di fontana di lava.

FOGLIO n° 634 CATANIA



Il foglio Catania costituisce una limitata porzione della periferia sud-orientale del Monte Etna localizzata ad una distanza di circa 18 km dalla zona sommitale del vulcano, ricoprendo solamente il 15 % dell'intera superficie dell'edificio vulcanico. I dati geologici contenuti in tale foglio, pertanto, possono essere utilizzati solamente per fornire alcune considerazioni generali sulla valutazione della pericolosità vulcanica limitatamente all'area ricadente nel foglio. Il foglio Catania è in gran parte costituito da colate laviche riferibili all'attività eruttiva degli ultimi 15.000 anni le cui fessure eruttive sono localizzate nel fianco sud del vulcano lungo il sistema di fessure denominato Rift di S.



I rilievi geologici unitamente all'analisi dell'attività eruttiva storica hanno evidenziato che gran parte dell'area urbana ed extraurbana è costituita da colate laviche prodotte durante l'attività degli ultimi 4000 anni da fessure eruttive localizzate in una fascia del medio versante sud-orientale. Nel foglio Catania è presente solamente una fessure eruttiva di età preistorica che è rappresentata dal piccolo cono di scorie di M. Trigona localizzato ad una quota di circa 450 m.

Le fessure eruttive del vulcano sono costituite da singoli coni di scorie di forma generalmente tronco conica o da una serie di coni di scorie coalescenti allineati secondo la direzione della fessura. Il Rift di S è caratterizzato dalla massima concentrazione di fessure eruttive dell'intero edificio vulcanico, rappresentando uno dei principali settori di intrusione magmatica del vulcano.

Età preistorica

Attività esplosiva 1974

Coni di scorie sul versante occidentale dell'Etna



Le fessure eruttive del Rift di S si sviluppano dalla base dei crateri sommitali principalmente verso S e SE mostrando un'ampia distribuzione lungo la fascia pedemontana compresa tra i 900 ed i 600 m s.l.m..

Dall'analisi dell'attività eruttiva degli ultimi 330 anni risulta che il Rift di S è il più attivo fra tutti i sistemi di fessure eruttive presenti sul vulcano, e che la maggior parte di esse sono localizzate ad una quota superiore ai 1600 m s.l.m..

Nella foto sono visibili i crateri sommitali: VOR = voragine centrale, CNE = cratere di NE formatosi nel 1911, BN = Bocca Nuova formatosi nel 1968, CSE = cratere di SE formatosi nel 1971.



La Valle del Bove con il campo lavico dell'eruzione 2004-2005 in formazione



rischi naturali



Il vulcano e la sua città

Il foglio Catania costituisce il settore a più alta urbanizzazione dell'intero edificio vulcanico. Infatti, in quest'area è localizzata la città di Catania e gran parte dell'area extraurbana costituita da numerosi centri di piccole dimensioni che si estendono senza soluzione di continuità dall'area metropolitana fino ad una quota di circa 500 m s.l.m. dove risiedono circa 500.000 persone. Pertanto, nella valutazione della pericolosità vulcanica di quest'area sono da prendere in considerazione quegli eventi eruttivi che sono caratterizzati dall'apertura di fessure eruttive a quote inferiori ai 1900 m.

Considerando che la lunghezza media delle colate laviche storiche è compresa tra i 5 e i 10 km l'eventuale apertura di fessure nella parte alta del vulcano non comporterebbe seri rischi per i centri abitati del versante sud-orientale che si estendono fino ad una quota massima di circa 700 m.



Durante l'attività eruttiva degli ultimi 2000 anni l'apertura di fessure eruttive a quote inferiori ai 1800-1600 m ha portato alla formazione di colate laviche i cui fronti hanno raggiunto in alcuni casi la linea di costa.

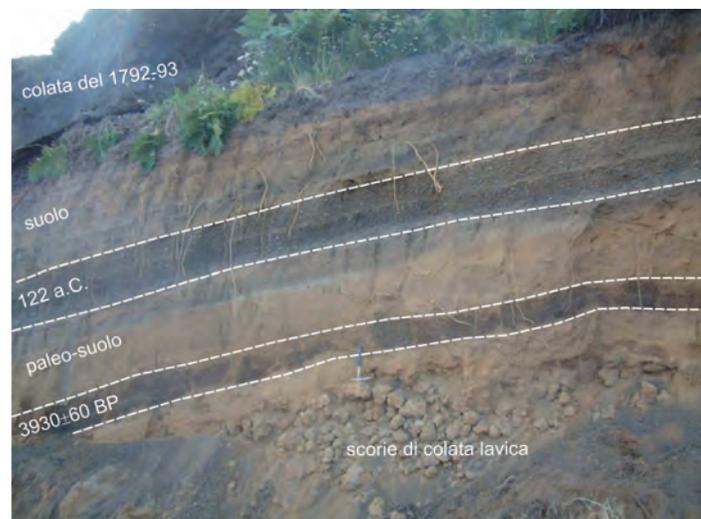
Nel Foglio Catania sono presenti i fronti di una colata lavica di epoca Romana (300±100 AD, 350±50 AD), una colata lavica di epoca Medievale (1160±30 AD), e le colate laviche relative alle eruzioni del 1537 e del 1669.

Fra di esse le eruzioni del 1160±30 e del 1669 rappresentano gli eventi attesi a più alto rischio vulcanico che possono interessare l'area urbanizzata di questo foglio, in quanto le fessure eruttive sono localizzate rispettivamente ad una quota di 460-360 m e 700 m all'interno della fascia dei paesi dell'interland catanese.



In particolare, l'eruzione del 1669 costituisce l'evento eruttivo più distruttivo conosciuto di epoca storica durante il quale in 122 giorni furono eruttati circa 100 milioni di metri cubi di lava, formando un campo lavico esteso 37,5 km² che raggiunse una lunghezza massima di 15 km. Durante quest'eruzione i flussi lavici distrussero completamente nove paesi e una piccola parte della città di Catania.

Nella stampa (1792) sono elencati i nove centri abitati distrutti dalla colata del 1669 ed è visibile lo sviluppo della colata che raggiunse e superò le mura medievali di Catania spingendosi in mare per circa 1 km.



Un ulteriore fattore che deve essere attentamente considerato per una corretta valutazione della pericolosità vulcanica dell'Etna, in aggiunta alla pericolosità legata ai processi di invasione lavica, è quello connesso alle eruzioni di tipo esplosivo. Recenti studi realizzati sui prodotti piroclastici dell'attività esplosiva dell'Etna hanno permesso di ricostruire la storia eruttiva di quest'attività permettendo così di definire la pericolosità vulcanica delle eruzioni esplosive.

In particolare l'analisi dei depositi piroclastici eruttati durante gli ultimi 12.000 anni ha permesso di riconoscere tre tipologie principali di eruzioni esplosive attese all'Etna:

1. fontane di lava e/o piccole subpliniane (volume di piroclastici eruttato da 1 a 10 milioni di m³). Esempio eruzione del 1990;
2. eruzioni subpliniane (volume di piroclastici eruttato intorno a 100 milioni di m³). Esempio eruzione del 3930±60 anni dal presente;
3. eruzioni pliniane (volume di piroclastici eruttato intorno a 1000 milioni di m³). Esempio eruzione del 122 a.C..

Le tre tipologie costituiscono delle eruzioni di breve durata (da meno di un'ora a pochi giorni) che avvengono ai crateri sommitali con la formazione di una colonna eruttiva responsabile della caduta di materiale piroclastico di varia granulometria (bombe, lapilli e cenere) in funzione della distanza dalla bocca eruttiva.

La valutazione dell'impatto sul territorio e sulla popolazione di queste tre tipologie di eruzioni esplosive è strettamente connessa con la magnitudo dell'evento.



Un ulteriore evento eruttivo che completa il quadro delle tipologie di eruzioni esplosive attese all'Etna sono le eruzioni laterali caratterizzate da un'intensa e prolungata attività esplosiva, come quella che ha caratterizzato le eruzioni del 2001 e 2002-03. Durante tali eruzioni laterali la formazione di una colonna di cenere ha prodotto, specialmente nel 2002-03, un'abbondante ricaduta di materiale piroclastico per diversi mesi su tutto il vulcano, causando notevoli danni alle aree coltivate e all'economia locale in conseguenza, in particolare della prolungata chiusura dell'aeroporto di Catania. In particolare, nel basso versante sud-orientale del vulcano si sono depositati durante i tre mesi di eruzione circa 15 kg/m² di cenere e lapilli.

Ripresa aerea da sud della colonna eruttiva generata durante l'eruzione del 2002-2003 da una bocca esplosiva localizzata a 2800 metri di quota nel versante meridionale del vulcano

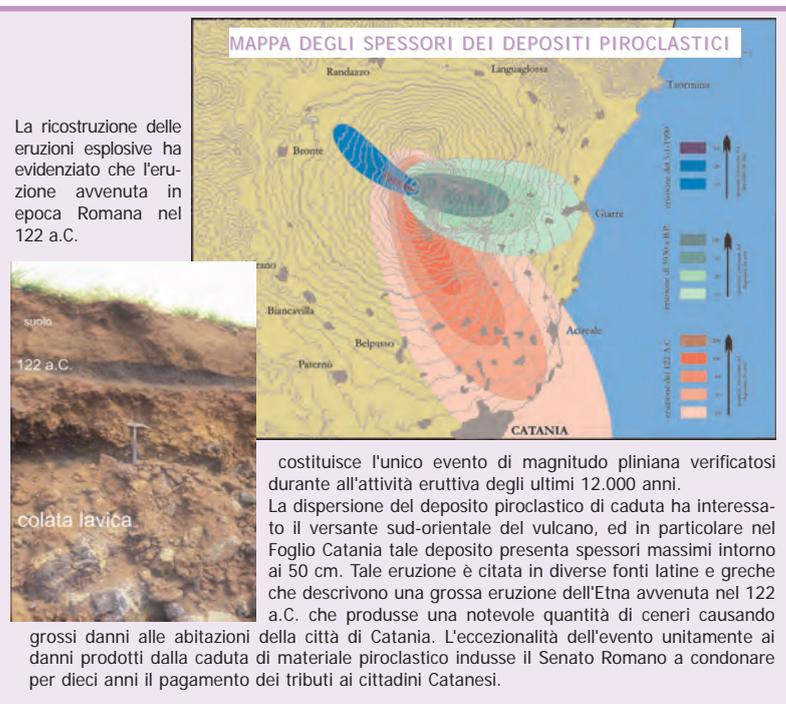


Foto dell'eruzione del 1886, scattata da Catania

Complessivamente gli eventi di tipo fontane di lava, come quelli avvenuti ad esempio al Cratere di SE nel 2007, e/o piccole subpliniane costituiscono le eruzioni più attese, mentre l'eruzioni di magnitudo pliniana rappresentano il massimo evento atteso.

Dall'analisi dell'attività eruttiva storica degli ultimi 330 anni è stato evidenziato che questa tipologia di eruzioni laterali caratterizzate da una forte esplosività, come quella del 2002-03, si sono verificate nel: 1763, 1811, 1852-53, 1886 e nel 1892. In conclusione, per ciò che concerne la pericolosità vulcanica da eruzioni esplosive si può dire che l'Etna produce frequenti e relativamente violente eruzioni esplosive di medio-bassa intensità dai crateri sommitali ed in casi eccezionali intense eruzioni di magnitudo subpliniane e pliniane; mentre occasionalmente si possono verificare prolungate eruzioni laterali caratterizzate dalla formazione di colonne di cenere.



Getto di lava ripreso durante l'evento di fontana di lava verificatosi al Cratere di SE il 4 settembre 2007.

Coordinamento:
 Marco Pantaloni

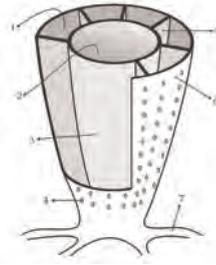
Allestimento iconografico:
 Fernanda Pilato

180^{mq} di CARTE GEOLOGICHE

SUCCESSIONE SEDIMENTARIA PRE-DISCORDANZA SARDA E...



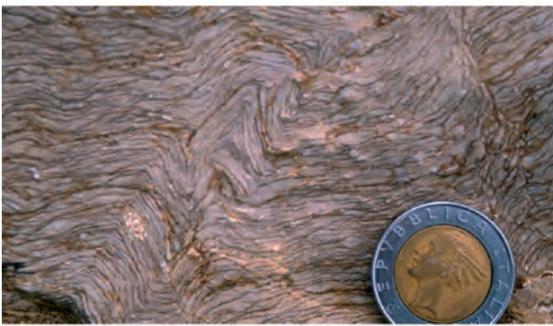
Calcarei oolitici con archeociati della formazione di Nebida (NEB2a) alla base del membro di Punta Manna, a N di Medau de is Spinas.



- 1 - spazio
- 2 - cavità centrale
- 3 - parete interna
- 4 - poro (tutti i setti e le pareti hanno dei pori, qui non rappresentati)
- 5 - setto
- 6 - parete esterna
- 7 - rizoide



Alternanze millimetriche di livelli quarzosi (chiaro) e pelitici (scuro) piegati della formazione di Cabitzza (CAB); campione proveniente dalla zona di cerniera della sinclinale di Punta is Pilus. Sezione sottile in luce naturale.



Calcarei nodulari intensamente piegati della formazione di Campo Pisano (CPI), strada Carbonia - Perdaxius.

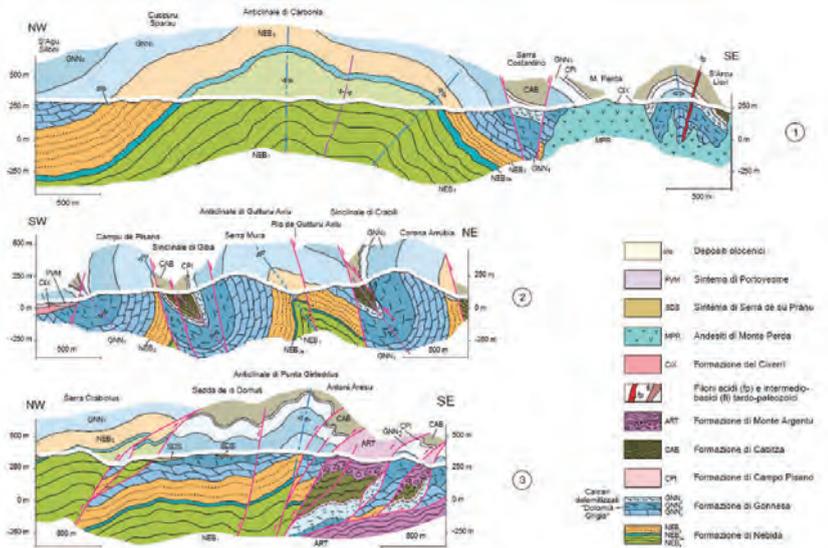


Aspetto caratteristico della Dolomia rigata (GNN1), Serra Narboni.

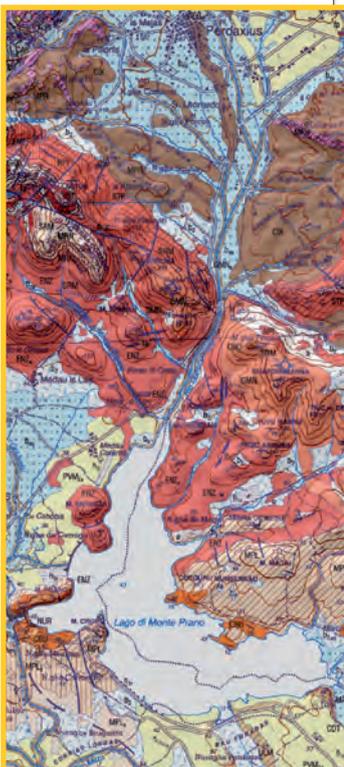
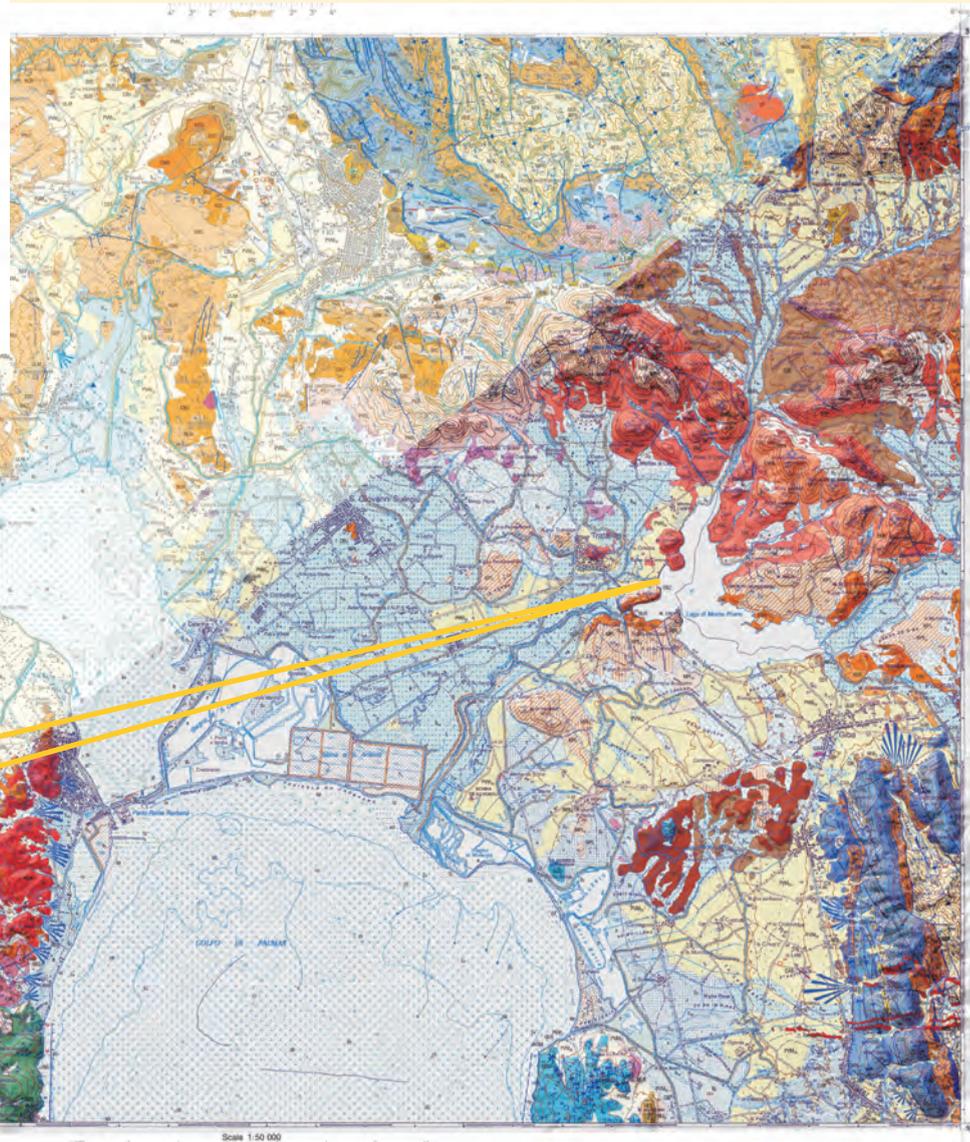
... POST-DISCORDANZA SARDA



Metaconglomerati alla base della formazione di Monte Argentu (AGU). I clasti sono appiattiti sulla superficie di scistosità (S2) immergente verso ENE di 82°. Case Procaxius.



FOGLIO n°564 CARBONIA





terra e vita



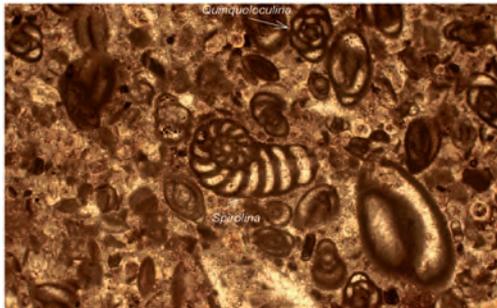
I fossili e la storia geologica della Sardegna

SUCCESSIONE SEDIMENTARIA PALEOGENICA

COMPLESSO INTRUSIVO FILONIANO TARDO/PALEOZOICO



Successione vulcano-sedimentaria permiana, formazione di Guardia Pisani (GPI). Le pieghe hanno assi orientati circa E-W e sono probabilmente riconducibili alla tettonica Oligocene-Aquitano. A Est di Barbusi.



Sezione sottile (nicols paralleli) di calcari a milioliti (Milioliteo, MLI) tra cui si distinguono Quinqueloculina e Spirolina. Ingrandimento 10x. Campione proveniente da Monte Rosmarino.



Resto di un vertebrato nei calcari lacustri della formazione del Cixerri (CIX). Località Biddazzoni.

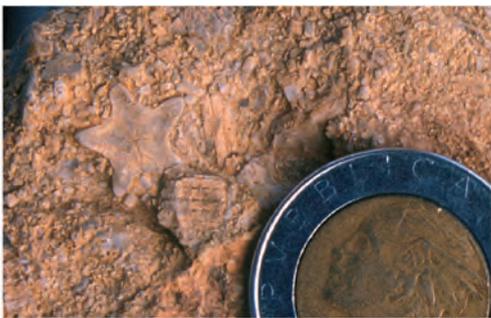


Marne (chiarie) e argille (rossicce) della formazione del Cixerri (CIX) ricoperte in discordanza angolare dai conglomerati di Medadeddu del Miocene inferiore. Località Medadeddu.

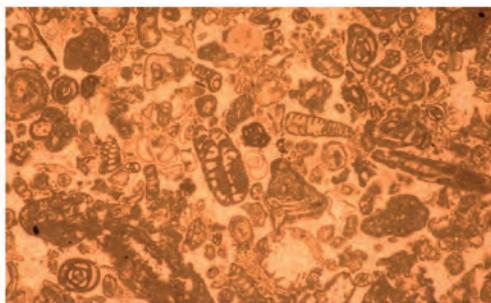


Calcari a "lumachelle" del Lignifero (LGN). Campo sportivo di Serbariu.

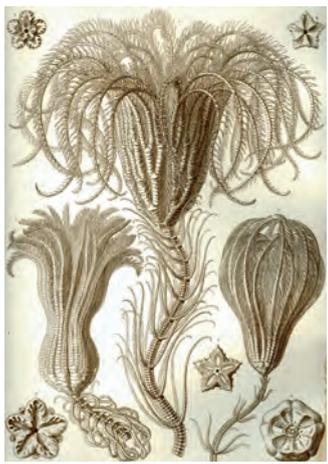
SUCCESSIONE SEDIMENTARIA MESOZOICA



Calcare a crinoidi della formazione di Guardia sa Baracca (GUB). A Est di Monte sa Perda



Calcari urgoniani (URG) fossiliferi in sezione sottile, nicols paralleli, ingrandimento circa 4x. Campione proveniente da S'Araigraxiu (Maladroxia)



Riproduzione della tavola n. 20 dal lavoro di Ernst Haeckel's "Kunstformen der Natur" (1904), che illustra gli organismi classificati come crinoidi.

SUCCESSIONE VULCANICA MIOCENICA



Brecce piroclastiche clasto-sostenute a blocchi monogenici ed eterometrici con giunti radiali da raffreddamento (ad es. nel grosso blocco chiaro a sinistra); alla base si trova un deposito piroclastico di Saduxa con sparsi litici e pomici centimetriche (andesitici di Sa Gruxita, GRXa). Località Monte San Michele Arenas.

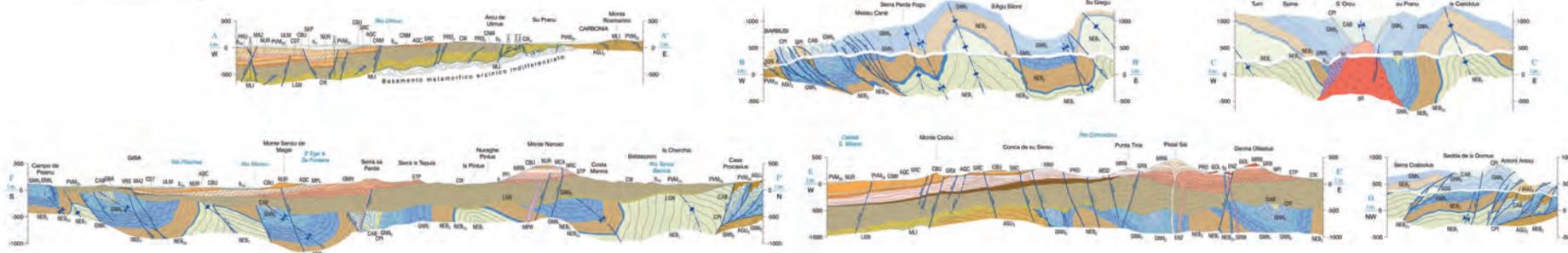
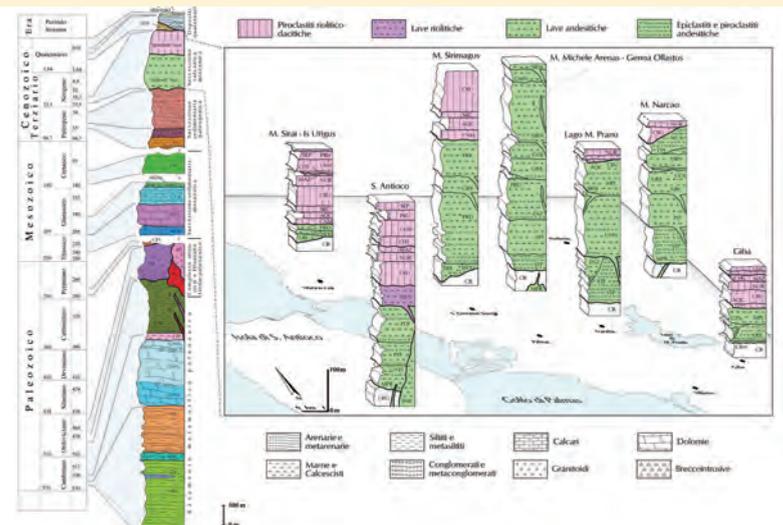


Parte alta della successione stratigrafica del gruppo di Cala Lunga. ULM: rioliti iperalcaline di Monte Ulmus; PRU: rioliti di Paringianu. Costa occidentale dell'isola di Sant'Antioco

SUCCESSIONE QUATERNARIA



Arenarie poco cementate di origine eolica del Pleistocene superiore (PVM2b) con i tipici "set" di aggradazione; fronte di cava presso Medadeddu.



l'interno della Terra

terra e vita

oceani

suolo

acque
sotterranee

rischi naturali

cambiamenti
climatici

terra e salute

risorse naturali

megalopoli

