

2. GEODIVERSITÀ

Introduzione

La **geodiversità** descrive la varietà dei fenomeni geologici e dei relativi processi presenti in una data area. Essa è correlata sia agli ambienti (es. vulcanico, glaciale, ecc.), sia alle tematiche (es. stratigrafia, geomorfologia, ecc.). Essa è inoltre strettamente connessa alla biodiversità, soprattutto tramite due matrici ambientali che svolgono la funzione di anello di congiunzione tra mondo vivente e non vivente:

- la pedosfera, cioè il suolo, formato da una componente organica e da una inorganica;
- l'idrosfera, cioè l'acqua, che pur essendo un elemento inorganico, costituisce il fondamento insostituibile di qualsiasi sistema biologico.

Come accade per la biodiversità, che può essere analizzata a vari livelli gerarchici di approfondimento (solitamente si indicano i livelli ecosistemico, interspecifico e intraspecifico) anche per la geodiversità occorre stabilire il livello d'analisi ed il campo d'indagine. Ad esempio, data un'area di studio, è possibile analizzarne la geodiversità dal punto di vista litologico, geomorfologico, paleontologico, ecc., individuando in tal modo un campo d'indagine. Dato un campo d'indagine, ad esempio la geodiversità litologica, è possibile analizzarla per famiglie genetiche (rocce magmatiche, metamorfiche e sedimentarie), oppure all'interno di una famiglia genetica per tipologie di roccia (ad esempio tra le magmatiche effusive si possono distinguere lave, piroclastiti, ecc.), o ancora all'interno di una tipologia di roccia per formazioni; in tal modo si è individuato il livello gerarchico di analisi della geodiversità all'interno del campo d'indagine prescelto. Nel panorama scientifico il concetto stesso di Geodiversità è di istituzione piuttosto recente, risalendo all'inizio degli anni '90 del secolo scorso. Esso è stato coniato in assonanza al termine biodiversità, nella speranza di raggiungere anche per la conservazione

del patrimonio naturale geologico gli ottimi risultati ed il pressoché unanime consenso internazionale raggiunto dalla biodiversità per la conservazione del patrimonio naturale biologico.

Si forniscono di seguito alcune tra le prime definizioni coniate per la geodiversità:

- l'insieme (quindi, per l'appunto, la diversità) degli aspetti, associazioni, sistemi e processi geologici, geomorfologici ed edafici (SHARPLES, 1995).
- le testimonianze della storia della terra (testimonianze della vita passata, degli ecosistemi e degli ambienti) e l'insieme dei processi (biologici, idrologici ed atmosferici) agenti sulle rocce, sulla geomorfologia e sul suolo (EBERHARD, 1997).

Alcune definizioni più recenti ampliano la prospettiva, definendo la Geodiversità come:

- il legame tra popoli, paesaggi e culture; la varietà degli ambienti geologici, dei fenomeni e dei processi che costituiscono paesaggi, rocce, minerali, fossili e suoli, fornendo il supporto per la vita sulla Terra (STANLEY, 2001; 2002).
- la naturale variabilità (diversità) delle strutture geologiche (rocce, minerali, fossili), geomorfologiche (morfologie, processi) ed edafiche. Essa include i loro assetti, relazioni, proprietà, interpretazioni e sistemi (GRAY, 2004).

Come si vede non esiste una totale uniformità di vedute, ma è comunque possibile individuare due principi comuni a tutte le definizioni sopra riportate:

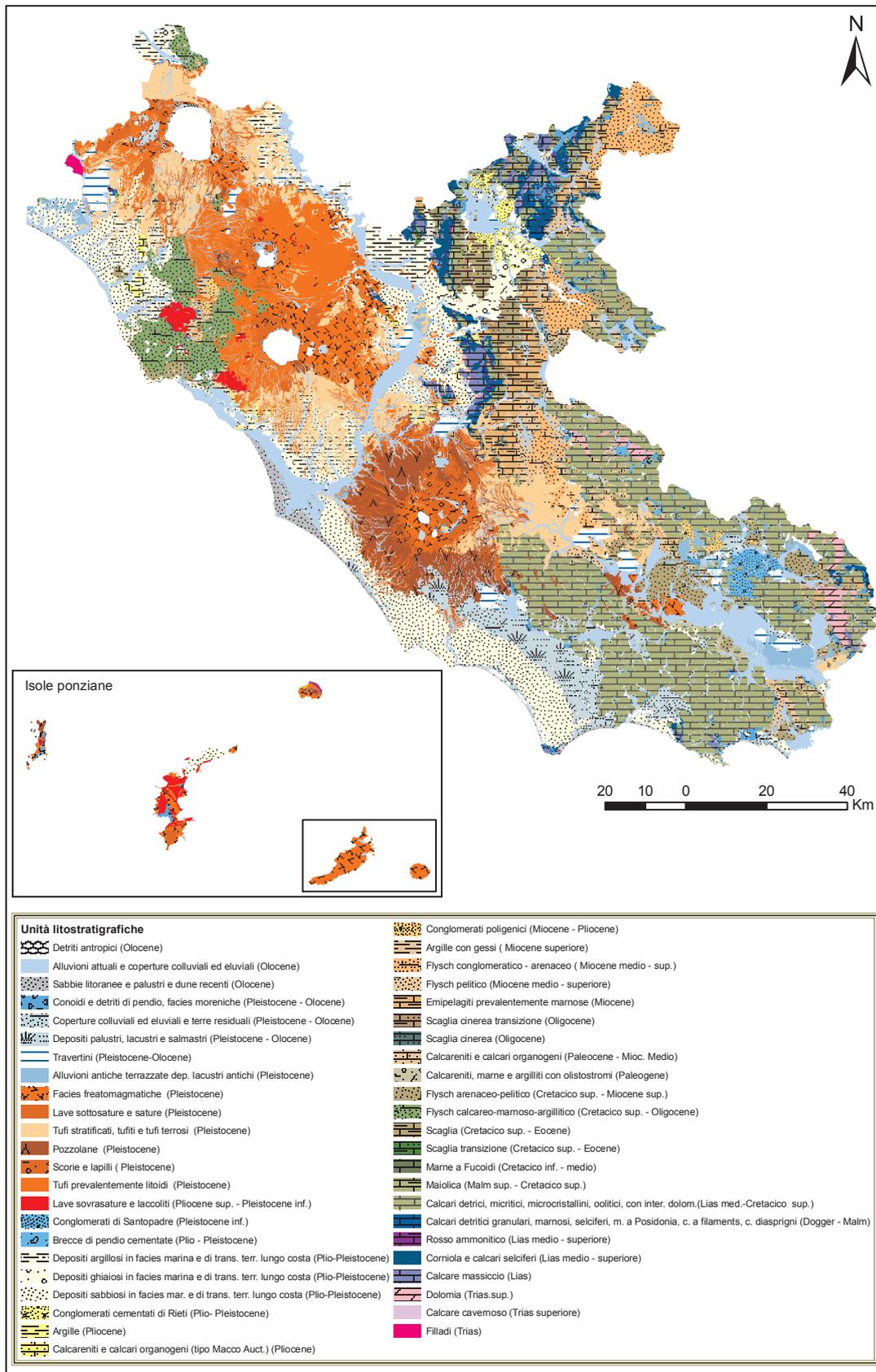
- 1) la Geodiversità riguarda la diversità abiotica;
- 2) la Geodiversità deve interrogarsi sulle sue relazioni con il mondo vivente.

Una cosa appare comunque certa: la tutela della Geodiversità è una componente essenziale, assieme alla tutela della biodiversità, per garantire la conservazione del patrimonio naturale.

Il Monte Venere



CARTA LITOLOGICA DELLA REGIONE LAZIO



da: Praturlon *et alii* (2002), modificato

La diversità geologica del Lazio

La storia geologica del Lazio è lunga e complessa. Essa è ben rappresentata all'interno del Sistema delle Aree Protette, dove affiorano molte delle litologie che ne hanno segnato l'evoluzione. Tale rappresentatività viene descritta qui di seguito sia dal punto di vista litostratigrafico, con riferimento alle articolazioni litostratigrafiche della successione geologica regionale, estrapolate dalla Carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo (Accordi et al., 1988) e dal Modello litostratigrafico-strutturale della Regione Lazio (Bigi et al., 1988), sia dal punto di vista idrogeologico, con riferimento alla carta idrogeologica del territorio della Regione Lazio (Boni et alii, 1986), alla carta dei sistemi idrogeologici del Lazio (Brunamonte et alii, 1983) ed allo studio sugli acquiferi vulcanici laziali di Capelli et alii, 2005.

Sequenze carbonatiche meso-cenozoiche

– Quarziti da medie a fini sottilmente stratificate con subordinate intercalazioni di filladi (Triassico). Dolomie massive grigie e calcari dolomitici, talora stromatolitici, di piattaforma interna, con resti di Megalodonti e Diplopore (Triassico sup.). Mudstones e mudstones marnosi di ambiente pelagico a foraminiferi planctonici (Cretacico sup.-Paleogene). Arenarie e siltiti flyschoidi (Miocene).

Questa sequenza sedimentaria affiora nell'isola di Zannone, compresa nel PN del Circeo.

– Dolomie e mudstones dolomitici biancastri e grigi massivi, a luoghi brecciati e laminati. Mudstones e wackestones a peloidi e spicole di spugne. Packstones a foraminiferi bentonici (*Triasina hantkeni*) e piccoli lamellibranchi. Mudstones e wackestones dolomitici grigi scuri in banchi a *Conchodon* (Norico-Retico).

Si tratta di una sequenza triassica rinvenibile in affioramento nelle immediate vicinanze di Marcellina, nel PNR Monti Lucretili.

– Dolomie bianche stratificate e laminate con resti di pesci, livelli lignitiferi e flora continentale a conifere (*Brachyphyllum*). Dolomie bianche e grigie subcristalline, massive, con lamellibranchi e gasteropodi (*Megalodus gumbeli*, *Worthenia*). Mudstones laminati stromatolitici (sequenze ciclotemiche) con alghe

dasycladacee (*Gyroporella*, *Diplopore*). Dolomie massive brecciate sterili. (Norico-Retico).

Si tratta della Formazione "Dolomie di Filettino" Auct. che affiorano anche nelle vicinanze del paese di Vallepiedra, all'interno del PNR Monti Simbruini.

– Dolomie massive bianche e grigie, a luoghi brecciate e cariate. Dolomie con tessiture relitte di calcari di piattaforma, a luoghi con noduli di selce. Presenti rari resti di lamellibranchi e cefalopodi. Packstones e grainstones ad intraclasti e granuli rivestiti, a megalodontidi, Trocholine ed alghe dasycladacee (*Palaeodasyclus mediterraneus*). Grainstones ad ooidi. Mudstones e wackestones a foraminiferi bentonici, *Cayeuxia* e *Thaumtoporella*. Mudstones a piccoli gasteropodi ed ostracodi. Calcari vadosi a pisoidi. (Lias inf.).

Si tratta principalmente della Formazione "Calccare Massiccio" Auct. che affiora estesamente nel PNR Monti Lucretili e nelle vicine RNR Monte Catillo e Macchia di Gattaceca e Macchia del Barco, costituendo anche gli alti strutturali del Monte Soratte e del promontorio del Circeo. Questi terreni costituiscono le cime del Monte Cotento e del Monte Tarino, le vette più elevate del PNR Monti Simbruini ed affiorano estesamente sul versante laziale del PN d'Abruzzo, Lazio e Molise.

– Mudstones (radiolari, spicole di spugne, foraminiferi bentonici, brachiopodi) con intercalazioni di livelli biodetritici; presenti slumpings, flussotorbiditi, megabrecce con fauna di piattaforma (Lias medio-sup.).

Questa successione si rinviene in affioramento nel PNR Monti Lucretili e nella vicina RNR Monte Catillo, oltre che negli alti strutturali del Monte Soratte e del promontorio del Circeo.

– Mudstones e wackestones a peloidi e foraminiferi bentonici. Mudstones dolomitici laminati con strutture inter-sopratidali (loferiti). Mudstones stromatolitici. Mudstones sterili o con ostracodi e Characee. Mudstones e wackestones con fossili interi (Calcari a Requienia, Calcari a Perna). Packstones e grainstones a peloidi e intraclasti con foraminiferi bentonici e alghe dasycladacee. Rudstones e floatstones litoclastici di riempimento di canali tidali. Marne e argille verdastre a Orbitolina, a luoghi ricche di Characee. Packstones

e grainstones oolitici o bioclastici di spiaggia e barra di laguna. (Dogger-Cretacico inf.).

Questa successione, che termina con la Formazione "Marne a Orbitolina" Auct., affiora estesamente in tutte le aree protette costituite da successioni calcaree di piattaforma: la RNR Montagne della Duchessa, i PNR Monti Simbruini, Monti Aurunci, Riviera d'Ulisse, Monti Ausoni e Lago di Fondi, il versante laziale del PN d'Abruzzo, Lazio e Molise, il MN Grotte di Falvaterra e Rio Obaco.

– Grainstones bioclastici e ad ooidi, con granuli abrasivi e arrotondati provenienti da coralli, idrozoi, alghe rosse, echinodermi. Rudstones e boundstones di scogliera a prevalenti coralli ed alghe rosse (Calcari a *Ellipsactinia*). Wackestones e packstones con fossili interi (Calcari a Nerinee). Mudstones a foraminiferi bentonici ed alghe verdi o dolomitici sterili. (Dogger-Cretacico inf.).

Tra le aree protette regionali questa litofacies affiora solo sul versante laziale del PN d'Abruzzo, Lazio e Molise.

– Argille e marne grigie ricche in brachiopodi, con tracce di Zoophycos. Marne grigio scure con ooidi e litoclasti sparsi, resti di brachiopodi ed echinodermi. Calcari selciferi a radiolari e lamellibranchi pelagici (livelli a "filaments"). Mudstones dolomitici fogliettati con Ammoniti e piccoli bivalvi. Calcari oolitici e biodetritici in banchi e lenti (Lias sup.-Titonico).

Si tratta di formazioni riconducibili al "Rosso Ammonitico" Auct. E ai "Calcari a Posidonia" Auct., in facies di transizione e bacino che affiorano nel territorio del PNR Monti Lucretili, nella RNR Monte Catillo e nel MN Gole del Farfa.

– Mudstones marnosi nodulari con hard-grounds e numerosi hiatus sedimentari. I noduli mostrano addensamenti di radiolari, *Globochaete*, spicole di spugne, ostracodi, piccoli gasteropodi, ammoniti, brachiopodi, echinodermi. La parte marnosa mostra abbondanza di "filaments". Livelli di dolomie macrocristalline (Lias medio-Giurassico sup.).

Si tratta di terreni di transizione in serie condensata, che affiorano nella RNR Macchia di Gattaceca e Macchia del Barco.

– Grainstones e rudstones bioclastici ed oolitici in banchi e strati, spesso gradati e classati, con fitto addensamento dei granuli; resti di organismi di piattaforma. Intercalazioni di mudstones microbioclastici

a Tintinnidi nella parte bassa e a Rotalipore e *Orbitolina* in quella alta e di selce in straterelli e noduli. (Giurassico sup.-Cretacico inf.).

La litofacies, che comprende le Formazioni "Maiolica" e "Marne a fucoidi" Auct., affiora in maniera abbastanza estesa nel PNR Monti Lucretili e nel MN Gole del Farfa.

– Grainstones e packstones con foraminiferi bentonici (Cuneoline, Orbitoline, *Dicyclina Schlumbergeri*, *Cisalveolina fallax*), alghe verdi e frammenti di rudiste. Mudstones e wackestones a peloidi, a volte dolomitici, sterili o scarsamente fossiliferi (Miliolidi, ostracodi, Rotaline, Characee, piccoli gasteropodi). Banchi fangosi a rudiste (Radiolitidi) spesso in posizione di vita. Mudstones dolomitici laminati e bioturbati con strutture inter-sopracotidali. (Cretacico sup.-Paleocene).

Questa successione affiora estesamente in tutte le aree protette costituite da successioni calcaree di piattaforma: le vette più elevate nella RNR Montagne della Duchessa, gli altipiani sommitali nel PNR Monti Simbruini, alcuni affioramenti all'interno del PNR Monti Aurunci e del PNR Riviera d'Ulisse, il PNR Monti Ausoni e Lago di Fondi, le RNR Lago di Posta Fibreno e Lago di Canterno.

– Mudstones a planctonici (Globotruncanidi, Globorotalidi) con frequenti intercalazioni di materiale bioclastico gradato in strati e banchi, proveniente dalla piattaforma. Rudstones e floatstones in corpi canalizzati. Mudstones, diaspri varicolori e argille in fitte alternanze con episodi biodetritici fini. (Cretacico sup.-Eocene medio).

La litofacies, che comprende le formazioni "Scaglia bianca" e "Scaglia Rossa" Auct., affiora nel PNR Monti Lucretili e sul versante laziale del PN d'Abruzzo, Lazio e Molise.

– Grainstones bioclastici con marcato impacchettamento, gradazione, granulometria variabile dal conglomerato al silt, strutture da slumping e intercalazioni di livelli micritici pelagici. Associazione fossile rimaneggiata di organismi prevalentemente di piattaforma (Rudiste, Echinidi). Conglomerati in corpi canalizzati prodotti dall'erosione di aree di piattaforma. (Cretacico sup.-Paleocene).

È una litofacies di rampa carbonatica che affiora sul versante laziale del PN d'Abruzzo, Lazio e Molise.

– Packstones e grainstones bioclastici ricchi in macroforaminiferi, in strati e banchi spesso con anda-

mento irregolare; intercalazioni di mudstones pelagici marnosi. Conglomerati di materiale di piattaforma in corpi canalizzati (Eocene-Oligocene).

Questi terreni affiorano nel PNR Monti Lucretili, presso l'abitato di Licenza, e nella RNR Monte Navegna e Monte Cervia.

– Mudstones marnosi e marne fogliettate, a foraminiferi planctonici, con bioturbazioni e slumps; intercalazioni di livelli e corpi calcarenitici (macroforaminiferi, echinidi, alghe rosse) (Miocene inf.-medio).

La litofacies, che comprende le Formazioni "Calcari di Guadagnolo" e "Marne con cerrognà" Auct., affiora sul versante laziale del PN d'Abruzzo, Lazio e Molise, nel PNR Monti Lucretili, nella RNR Monte Navegna e Monte Cervia e nel MN Valle delle Cannuccete.

– Packstones e grainstones fini con fauna pelagica e bentonica (Globigerinidi, Macroforaminiferi, Briozoi, Echinidi, Lamellibranchi). Grainstones e rudstones organogeni in strati e banchi (briozoi, coralli, echinidi, litotamni). (Miocene medio).

La litofacies comprende la Formazione "Calcari a briozoi e litotamni" Auct. e rappresenta terreni di rampa carbonatica depositi in acque basse che affiorano estesamente in molte aree protette del Lazio: PNR Monti Simbruini, PNR Monti Lucretili, RNR Monte Navegna e Monte Cervia, RNR Montagne della Duchessa, RNR Lago di Posta Fibreno, RNR Lago di Canterno.

Sequenze flyschoidi e complessi alloctoni

– Complesso ofiolitifero. Depositi terrigeni con breccie ofiolitifere (Cretacico sup.-Paleogene).

Incluse dagli Autori nelle unità "Liguridi", affiorano nella RNR Monte Rufeno.

– Argilliti e siltiti fissili, varicolori o brune, con frequenti patine manganesifere, attribuibili a sedimentazione emipelagica. A luoghi sono presenti intercalazioni litoidi di diversa natura che mostrano tracce di sedimentazione da flussi torbiditici diluiti. (Cretacico sup.-Eocene medio).

Questa litofacies alloctona, costituita da facies emipelagiche e pelagiche, affiora tra le aree protette regionali solo nel PNR Marturanum e nel MN Grotte di Falvaterra e Rio Obaco.

– Successione argillitica con intercalazioni litoidi calcaree, silicee tipo "palombino", marnose e arenacee.

Le argilliti sono scure, fissili e si presentano in pacchi di spessore variabile da qualche decimetro a qualche metro. Gli strati litoidi, nettamente subordinati come spessore, presentano chiari segni di risedimentazione. La parte alta della successione è costituita in prevalenza da marne e calcari marnosi e subordinatamente da argilliti ed arenarie; anche in questa porzione sono frequenti le strutture che richiamano meccanismi deposizionali di tipo torbiditico. (Cretacico sup.).
La litofacies, di natura argilloso-calcareo, affiora nel PNR Marturanum e nelle RNR Monte Rufeno e Monterano.

– Torbiditi calcarenitiche da medie a grossolane con macroforaminiferi, intercalate a calcari marnosi, marne e rare argilliti. Si trova al tetto della facies argilloso-calcareo, a luoghi tramite l'interposizione di argilliti in facies emipelagiche e pelagiche. (Eocene medio-sup.).

La litofacies, di natura calcareo-marnosa, affiora tra le aree protette del Lazio solo nel PNR Marturanum e, per un'estensione assai modesta, nel PNR Bracciano-Martignano.

– Arenarie a granulometria da media a fine con locali facies microconglomeratiche, in strati di spessore variabile dai 10-20 cm fino al metro, con rari interstrati siltosi. A volte nelle arenarie sono presenti deboli laminazioni parallele; più frequentemente appaiono fortemente alterate e con tipiche forme di disfacimento sferoidale. (Oligocene?).

A questa facies di natura arenacea appartiene un piccolissimo affioramento di arenarie dell'Aquitano, presente sul promontorio del Circeo.

– Marne e calcari marnosi in strati sottili, dello spessore di pochi centimetri, di colore grigio azzurro e ricche di foraminiferi planctonici. La parte alta presenta generalmente una maggiore componente argillo-marnosa. Lo spessore complessivo è di poche decine di metri. (Serravalliano-Tortoniano).

Si tratta di emipelagiti che comprendono la Formazione "Marne a Orbulina" Auct. e che affiorano nella RNR Monte Navegna e Monte Cervia.

– Lenti conglomeratiche, strati e banchi calcarenitici oppure nuvole di clasti carbonatici all'interno degli strati arenacei. Nel Lazio sono localizzate nella parte bassa dei flysch e a volte ne costituiscono la base.

Questa facies, di natura essenzialmente carbonatica, si rinvia in piccoli affioramenti nel PNR Monti Sim-

bruini, nel MN La Selva e nella RNR Monte Navegna e Monte Cervia, dove le facies sono correlabili alle "Brecce della Renga" Auct.

– Corpi arenacei organizzati in grossi banchi spesso amalgamati, con spessore complessivo anche superiore a 10 metri. Scarse strutture transfacciali e impronte basali; localmente intercalate nei banchi arenacei compaiono successioni torbiditiche arenaceo-siltose di potenza complessiva inferiore a 10 metri e costituite da strati di spessore variabile da 50 cm al metro. (Tortoniano). Successioni di banchi arenacei massivi, a cogoli, assai potenti, separati da pochi cm di pelite spesso discontinua e con strutture da deformazione viscoplastica alla base. (Tortoniano-Messiniano).

Questa facies arenacea massiva affiora estesamente nella RNR Monte Navegna e Monte Cervia e, più limitatamente, sul versante laziale del PN Gran Sasso e Monti della Laga.

– Fitta alternanza di strati sottili ciascuno formato da un intervallo arenaceo che sfuma a pelite. Numero sono le impronte organiche alla base degli strati, meno diffuse le strutture transfacciali. Queste successioni vengono sporadicamente interrotte da banchi arenacei di spessore superiore al metro, a granulometria medio-grossolana. (Tortoniano-Messiniano).

Si tratta di una facies pelitico-arenacea che costituisce l'intera dorsale dei Monti della Laga, mentre limitati affioramenti di facies correlabili si rinvencono anche nel PNR Monti Aurunci e nei MN La Selva, Bosco Faito.

Sequenze marine e continentali sin-postorogeniche

– Conglomerati poligenici con clasti provenienti dai complessi flyschoidi, con intercalazioni di sabbie e argille. Conglomerati poligenici ad elementi estranei alle serie locali, giacenti su termini diversi dal substrato meso-cenozoico.

Un piccolo affioramento di questi terreni è presente nei pressi di Fonte Moscova, all'interno del PNR Monti Simbruini.

– Argille grigio-azzurre e turchine, marne a foraminiferi planctonici (*Globorotalia punctulata*, *G. margaritae*, *G. bononiensis*, *Globigerinoides obliquus*) e bentonici (*Planulina ariminensis*, *Martinottiella communis*), molluschi (*Chlamys angelonii*, *Neopycnodonte navicularis*, *Amyclina semistriata*, *Dentalium*, *Clio pyramidata*). (Pliocene inf. e medio).

Questa litofacies affiora nell'area romana, interessan-

do il PNR del Pineto, la RNR Monte Mario, il PNR dell'Inviolata e le RNR Nomentum e Marcigliana.

– Argille, sabbie, marne, conglomerati e calcareniti a foraminiferi planctonici (*Globorotalia punctulata*, *G. margaritae*, *G. crassaformis*, *Globigerinoides obliquus*) e bentonici (*Florilus boueanum*, *Cibicoides pseudoungerianus*, *Elphidium decipiens*), molluschi (*Turritella tricarinata*, *Callista italica*). (Pliocene).

Si tratta di sedimenti marini pliocenici che si rinvencono soprattutto a nord del Tevere, nelle RNR Tuscania, Monte Rufeno e Monterano, nel MN Bosco del Sasseto e nel PNR Marturanum.

– Argille, calcareniti, puddinghe e brecce stratificate e cementate, a luoghi incoerenti, a foraminiferi planctonici (*Globorotalia punctulata*, *G. margaritae*) e bentonici (*Orthomorphina bassanii*). (Pliocene inf.).

La litofacies affiora in limitati lembi lungo le coste meridionali del Lazio e costituisce il promontorio di Scauri, nel PNR Riviera d'Ulisse.

– Argille, sabbie, a luoghi con intercalazioni ghiaiose, calcareniti, banchi arenacei, "Macco", contenenti foraminiferi planctonici (*Globorotalia inflata*, *G. bononiensis*, *G. crassaformis*, *Globigerinoides obliquus*, *G. elongatus*) e bentonici (*Bulimina marginata*, *Florilus boueanum*, *Amphistegina lessonii*), molluschi, brachiopodi, briozoi, echinidi, balani. (Pliocene sup.).
Alcuni piccoli lembi riferibili a questa litofacies affiorano nel PNR Monti Lucretili.

– Sabbie, conglomerati poligenici sciolti o cementati, argille, calcareniti con foraminiferi planctonici (*Globorotalia truncatulinoides*, *Globigerina pachyderma*) e bentonici (*Hyalinaea baltica*, *Valvulineria bradyana*, *Astrononion citae*), ostracodi (*Cytheropteron testudo*), molluschi (*Arctica islandica*, *Cochlodesma praetenue*, *Buccinum humphreysianum*), celenterati (*Cladocora coespitosa*) ed altri organismi marini. (Pleistocene inferiore).

La litofacies affiora nella RNR Monte Casoli di Bommarzo, nella RNS Litorale Romano, nelle RNR Tenuta dei Massimi, Valle dei Casali, Insugherata, Tenuta di Acquafredda, Monte Mario, Marcigliana, Nomentum, Macchia di Gattaceca e Macchia del Barco, Nazzano-Tevere Farfa, nei MN Corviano, Quarto degli Ebrei e Tenuta di Mazzalupetto, Parco della Cellulosa, nel PNR del Pineto.

– Sabbie, marne e argille contenenti a volte mate-

riale vulcanico, conglomerati, calcareniti cementate fossilifere ("panchina"), con molluschi (*Strombus bubonius*, *Conus testudinarius*, *Cantharus viverratus*, *Spondylus gaederopus*, *Cardita senegalensis*). (Pleistocene medio-sup.).

Questa litofacies è presente nelle RNS Saline di Tarquinia e Litorale Romano e nella RNR Macchiatonda.

– Depositi argillosi, sabbiosi a molluschi (*Melanopsis affinis*, *Cerastoderma edule*). Depositi argilloso-sabbiosi, con concrezioni calcaree, a molluschi (*Potamides giulii*, *Hinia reticulata*). Conglomerati più o meno cementati con livelli sabbioso-argillosi a ostracodi dulcicoli, molluschi e foraminiferi (*Ammonia beccarii*, *A. perlucida*, *Elphidium semistriatum*). (Pliocene-Pleistocene inf.).

Questa litofacies essenzialmente salmastra presenta un affioramento in parte contenuto all'interno della RNR Monte Catillo.

– Depositi argillosi a *Cerastoderma edule* e resti di piante; tufiti; ghiaie a matrice arrossata. Argille a molluschi (*Venerupis senescens*, *Cerastoderma edule*). (Pleistocene medio-sup.).

Questa litofacies affiora solo in riva sinistra del Tevere, poco prima della foce ed è compresa all'interno della RNR Tenuta dei Massimi.

– Depositi argillosi a *Cerastoderma edule*; torbe di laguna. (Olocene).

Si tratta di terreni presenti in prossimità della linea di costa, a sud del Tevere, che rientrano anche all'interno della RNS Litorale Romano.

– Sabbioni rossastri degli antichi cordoni con concrezioni ferrifere e livelli a ciottolotti silicei di elaborazione fluviale, a luoghi con argille di alterazione. (Pleistocene medio-sup.).

La litofacies comprende la formazione della "Duna rossa antica" Auct., che affiora nelle RNS Litorale Romano e Tenuta di Castelporziano, nelle RNR Tor Caldara, Decima-Malafede e Villa Borghese di Nettuno, nel PN del Circeo e nei PNR Riviera d'Ulisse, Monti Ausoni e Lago di Fondi.

– Spiagge recenti, dune mobili attuali e dune consolidate grigie, depositi interdunali, tumuleti, con molluschi terrestri (*Helicella contermina*, *Papillifera solida*, *Cochlicella acuta*). (Olocene).

Si tratta in pratica delle spiagge attuali, che con poche eccezioni interessano tutte le coste basse del Lazio.

La litofacies si rinviene pertanto in quasi tutte le aree protette costiere: le RNS Saline di Tarquinia, Litorale Romano e Tenuta di Castelporziano, le RNR Macchiatonda e Tor Caldara, il MN Palude di Torre Flavia, il PN del Circeo ed il PNR Riviera d'Ulisse.

– Depositi argillosi – sabbiosi contenenti molluschi lacustri stratigraficamente poco significativi. (Plio-Pleistocene).

Questa facies lacustre affiora, tra le aree protette regionali, solamente nei pressi del paese di Camerata Nuova, nel PNR Monti Simbruini.

– Depositi argillosi, marnosi, sabbiosi, diatomitici, lignitici, contenenti resti di gasteropodi dulcicoli e terrestri (*Valvata piscinalis*, *Planorbis planorbis*, *Lymnaea stagnalis*, *Vertigo antivertigo*, *Helix ligata*), bivalvi (*Dreissena polymorpha*, *Pisidium nitidum*), vertebrati (*Elephas antiquus*, *Hippopotamus amphibius*, *Cervus elaphus*, *Bos primigenius*) e diatomee (*Melosira arenaria*). (Pleistocene medio-sup.).

Questa litofacies continentale interessa la RNR Lago di Posta Fibreno ed il MN Fiume Fibreno e Rio Cappello.

– Depositi argilloso-terrosi, sabbiosi; colmamenti di conche lacustri-palustri; terreni torbosi umiferi; torbe; sabbie litorali dei laghi; tufiti a stratificazione minuta. Spesso contenenti gasteropodi e bivalvi dulcicoli (*Planorbis*, *Limnaea*, *Neritina*, *Physa*, *Bithynia*, *Pisidium*). (Olocene).

Si tratta di una litofacies schiettamente continentale, che affiora lungo le sponde dei principali bacini lacustri del Lazio. Questi terreni sono compresi nei PNR Bracciano-Martignano e Castelli Romani, Monti Ausoni e lago di Fondi, nelle RNR Lago di Vico, Laghi Lungo e Ripasottile, Tor Caldara, nel PN del Circeo, nel MN Giardino di Ninfa.

– Depositi argilloso-sabbiosi a volte lignitiferi, con ciottoli più o meno cementati, a volte contenenti ostracodi dulcicoli (*Lyocypris gibba*, *Candona angulata*, *C. neglecta*), molluschi dulcicoli terrestri (*Corbicula fluminalis*, *Lymnaea palustris*, *Planorbis corneus*, *Vallonia pulchella*, *Vertigo pygmaea*) e vertebrati (*Elephas antiquus*, *Dicerorhinus*, *Hippopotamus*). Conglomerati poligenici ben cementati in banchi. Diatomiti contenenti a volte resti di gasteropodi freddi (*Zonites*, *Vertigo*) e di piante (*Abies*). (Plio-Pleistocene).

Questi terreni affiorano nelle RNS Litorale Romano e

Tenuta di Castelporziano, nei MN Quarto degli Ebrei e Tenuta di Mazzalupetto, Parco della Cellulosa, nelle RNR Insugherata, Tenuta dei Massimi, Valle dei Casali, Tenuta di Acquafredda, Monte Navegna e Monte Cervia, Nazzano-Tevere Farfa, Laghi Lungo e Ripasottile, nel PNR del Pineto.

– Travertini da litoidi a terrosi con intercalazioni sabbioso-argillose; travertini in formazione; detrito di travertini, banchi travertinosi, a volte contenenti resti di gasteropodi terrestri (*Cepaea nemoralis*, *Monacha carthusiana*) e dulcicoli (*Limnaea truncatula*, *Succinea oblunga*) e resti di vegetali (*Typha*, *Carex*, *Alnus*). (Plio-Pleistocene-Olocene).

Sebbene i depositi travertinosi siano piuttosto diffusi sul territorio regionale, gli affioramenti all'interno delle aree protette sono di modeste dimensioni e limitati al PNR Monti Simbruini, al MN Area Verde Viscogliosio-ex cartiera Tritto ed alle RNR Selva del Lamone, Monte Casoli di Bomarzo e Monte Catillo.

– Depositi sabbiosi, ghiaiosi, conglomeratici poco cementati, a stratificazione a volte incrociata, localmente contenenti gasteropodi dulcicoli (*Planorbis planorbis*, *Bithynia tentaculata*) e flore palustri (*Carex*). Livelli torbosi intercalati. (Olocene).

Si tratta di una litofacies fluvio-lacustre che affiora nella RNR dei Laghi Lungo e di Ripasottile, nelle RNS Litorale Romano e Tenuta di Castelporziano e nel PNR Castelli Romani.

– Alluvioni antiche, terrazzate, ghiaioso sabbiose e conglomeratiche, a volte a stratificazione incrociata, con gasteropodi terrestri (*Monacha carthusiana*, *Cernuella profuga*), vertebrati (*Elephas antiquus*, *Bos primigenius*) e piante (*Tsuga*, *Carya*). Conglomerati poligenici e sabbioni rossastri ferrettizzati. Paleosuoli intercalati nelle alluvioni. (Plio-Pleistocene).

Questa litofacies affiora nei pressi di Subiaco, nel PNR Monti Simbruini e nella RNR Antiche città di Fregellae e Fabrateria Nova e Lago di San Giovanni Incarico.

– Alluvioni attuali terrazzate, ghiaioso-sabbiose e conglomeratiche, a volte a stratificazione incrociata. Colmate di vecchi alvei. (Olocene).

La litofacies affiora in tutte le zone interessate da deposizione fluviale post-glaciale; le aree protette regionali dove essa è presente sono le RNR Monte Rufeno, Monte Casoli di Bomarzo, Nazzano-Tevere Farfa, Macchiatonda, Nomentum, Valle dei Casali, Tenuta dei Massimi, Laurentino-Acqua Acetosa, Valle

dell'Aniene, Marcigliana, Decima-Malafede, Antiche città di Fregellae e Fabrateria Nova e Lago di San Giovanni Incarico, i MN Palude di Torre Flavia, Grotte di Falvaterra e Rio Obaco, Parco della Cellulosa, i PNR Aguzzano, Valle del Treja, Marturanum e Riviera d'Ulisse, Bosco Faito, le RNS Litorale Romano e Tenuta di Castelporziano.

– Detriti e conoidi più o meno cementati e ferrettizzati; brecce di pendio cementate, a volte con fori di Litodomi indicanti antiche linee di costa, a volte stratificate in alto sui versanti; brecce antiche tettonizzate; depositi alluvio-glaciali (morenico rimaneggiato); terre rosse argillo-ocracee a volte con gasteropodi terrestri (*Cepaea nemoralis*, *Pomatias elegans*), paleosuoli. (Plio-Pleistocene).

Si tratta di depositi clastici continentali, che si rinven- gono nelle RNR del Monte Navegna e Monte Cervia e di Monte Catillo, nei PNR Monti Simbruini, Monti Aurunci e Riviera d'Ulisse.

– Detrito di falda, conoidi attuali, depositi terrosi di fondovalle, terre rosse, depositi di fondo di doline, coperture eluviali di bacini lacustri, frane, discariche, bonifiche; tufi pedogenizzati. (Olocene).

Questa litofacies interessa sia pendii acclivi in zone montane sia aree pianeggianti e si rinviene nelle RNR Montagne della Duchessa, Monte Casoli di Bomarzo, Lago di Canterno, Lago di Posta Fibreno, nei PNR Monti Simbruini, Castelli Romani, Monti Lucretili, Monti Ausoni e Lago di Fondi e Monti Aurunci, nei PN d'Abruzzo, Lazio e Molise e del Circeo, nei MN Mola della Corte-Settecannelle-Capodacqua, Corviano, Torrecchia Vecchia, Giardino di Ninfa.

– Depositi morenici, morene frontali e cordoni laterali a elementi eterometrici poligenici, smussati, raramente striati. Depositi fluvioglaciali (Pleistocene medio-sup.).

La litofacies interessa le zone sommitali di alcuni parchi di montagna, come la RNR Montagne della Duchessa e il gruppo delle Mainarde, sul versante laziale del PN d'Abruzzo, Lazio e Molise.

Complessi vulcanici

– Vulcaniti acide. Colate laviche ed ignimbriche, cupole di ristagno e domi con composizione variabile da riolitica a trachitica. La litologia prevalente è massiva e litoide. Vi sono comprese le vulcaniti sottomarine delle isole ponziane.

Vulcaniti riferibili a questa litofacies affiorano nell'isola di Zannone, compresa nel PN del Circeo, e nel MN Valle dell'Arcionello.

– Lave sottosature. Colate di lava da tefritiche a leucitiche provenienti da apparati centrali, da fessure, da centri locali e da coni di scorie.

I termini effusivi sottosaturi affiorano nelle RNR Selva del Lamone, Tuscania e Lago di Vico, nei PNR Bracciano-Martignano, Appia Antica e Castelli Romani, nella RNS Isole di Ventotene e Santo Stefano e nel MN Valle dell'Arcionello.

– Piroclastiti di lancio. Prodotti prevalentemente incoerenti costituiti da livelli lapilloso-sabbiosi e cineritici. Prodotti relativi alla edificazione di coni di scorie locali e all'attività stromboliana di edifici centrali maggiori.

Le piroclastiti di ricaduta interessano le RNR Selva del Lamone, Tuscania, Macchia di Gattaceca e Macchia del Barco, Marcigliana, Lago di Vico, Tenuta dei Massimi, Insugherata, Valle dei Casali, Tenuta di Acquafredda, i PNR Bracciano-Martignano, Veio, Valle del Treja, Inviolata, Pineto e Castelli Romani, la RNS Litorale Romano, i MN Galeria antica, Parco di Villa Clementi e Fonte di Santo Stefano, Quarto degli Ebrei e Tenuta di Mazzalupetto, Lago di Giulianello, Madonna della Neve, Bosco Faito.

– Colate piroclastiche. Prodotti prevalentemente coerenti a matrice cineritico-pomicea con litici a dimensioni variabili, a struttura caotica e massiva. La loro messa in posto è legata a diversi tipi di fenomenologie: collasso di una nuvola eruttiva, colata direttamente dal cratere, esplosione iniziale o finale legata all'estrusione di domi a chimismo differenziato. Localmente presentano un elevato grado di fratturazio-

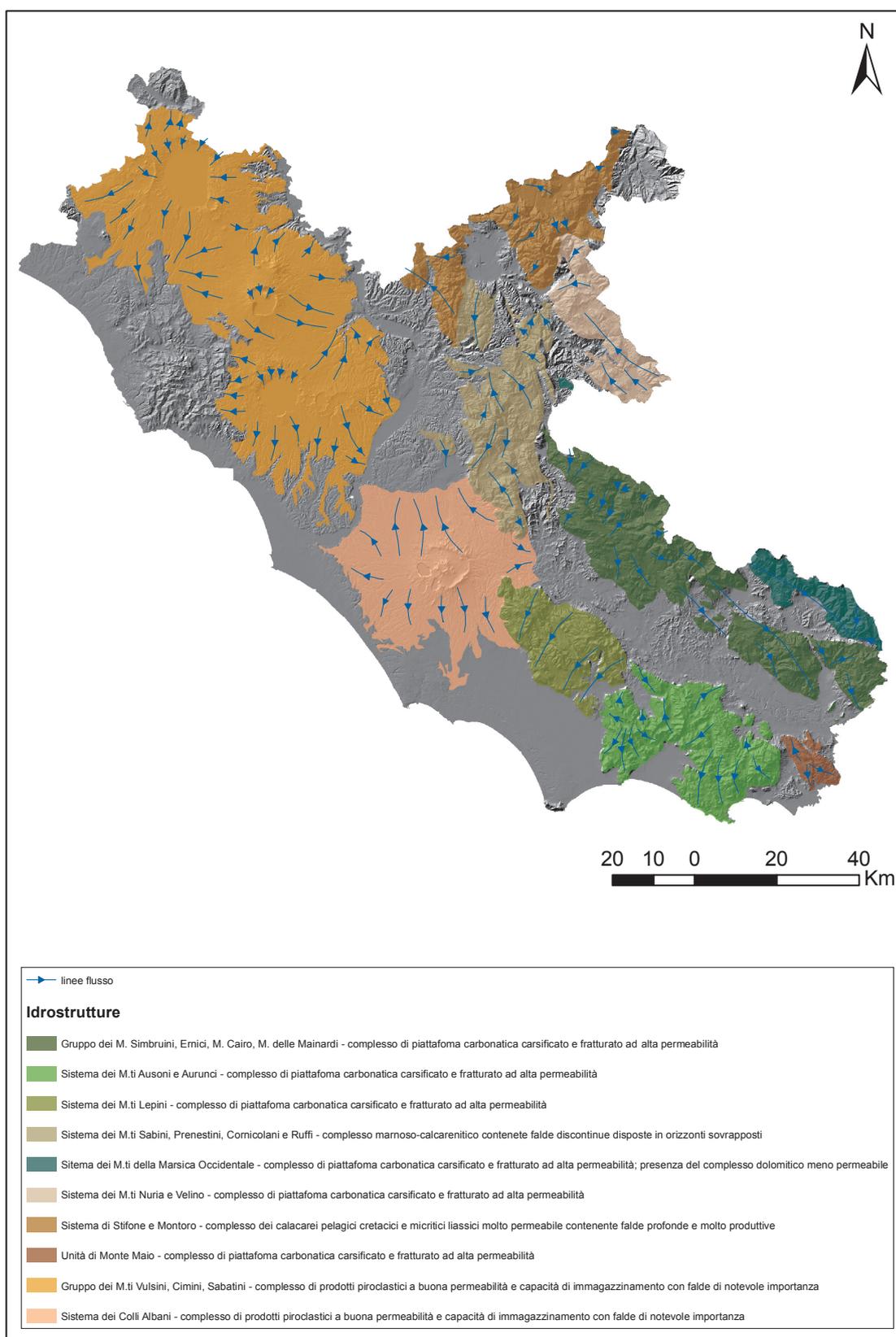
ne. Nell'ambito di ogni colata si possono osservare rapide variazioni di facies, da omogeneamente compatte a meno litoidi, di aspetto scoriaceo-pozzolanece dovute al diverso grado di vescicolazione e di espansione laterale e longitudinale che le diverse zone della colata hanno raggiunto in funzione delle condizioni di partenza del magma e degli ostacoli incontrati lungo il percorso. Da segnalare, inoltre, la presenza di facies sottilmente stratificate spesso presenti a separazione delle singole unità.

Le piroclastiti di flusso interessano le RNR Selva del Lamone, Lago di Vico, Monterano, Insugherata, Tenuta di Acquafredda, Marcigliana, Nomentum, Valle dell'Aniene, Decima-Malafede, Laurentino-Acqua Acetosa, Monte Casoli di Bomarzo, i PNR Bracciano-Martignano, Marturanum, Appia Antica, Antichissima Città di Sutri, Veio, Valle del Treja, Pineto, Aguzzano e Castelli Romani, le RNS Litorale Romano, Tenuta di Castelporziano e Isole di Ventotene e Santo Stefano, i MN Pian Sant'Angelo, Parco di Villa Clementi e Fonte di Santo Stefano, Valle dell'Arcionello, Corviano, Forre di Corchiano, Lago di Giulianello, Torrecchia Vecchia.

– Piroclastiti idromagmatiche. Prodotti prevalentemente coerenti costituiti da clasti vulcanici e sedimentari di dimensioni variabili ed a prevalente matrice siltoso-sabbiosa. Presentano strutture sedimentarie particolari tipo impronte d'impatto, livelli a lapilli accrezionari, stratificazione parallela ed incrociata. Caratteristica è l'alternanza di livelli di ricaduta aerea e di strati messi in posto per flusso.

Le piroclastiti idromagmatiche interessano la RNR Lago di Vico ed i PNR Bracciano-Martignano, Veio e Castelli Romani.

CARTA DELLE IDROSTRUTTURE DELLA REGIONE LAZIO



da: Boni *et alii* (1986), modificato

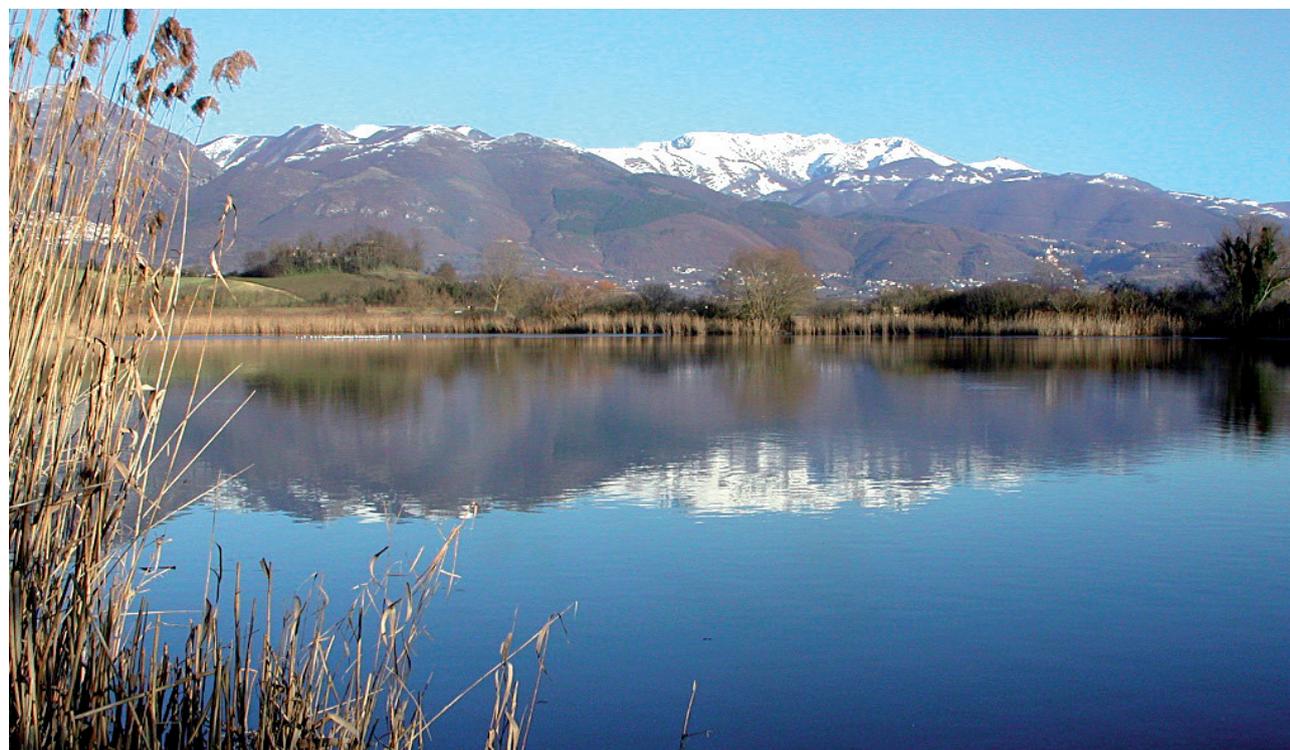
Assetto idrogeologico del Lazio

L'evoluzione geologica del Lazio ha portato alla formazione di diverse unità e strutture idrogeologiche ben definite, contraddistinte da peculiari circolazioni idriche sotterranee e da sorgenti lineari e puntuali significative di cui rappresentano il punto di emergenza. Nelle aree naturali protette si mira alla salvaguardia e alla conservazione durevole degli habitat e delle specie animali e vegetali, al mantenimento della biodiversità e della geodiversità. Tutte queste componenti devono la loro esistenza alla primaria fonte di vita: l'acqua.

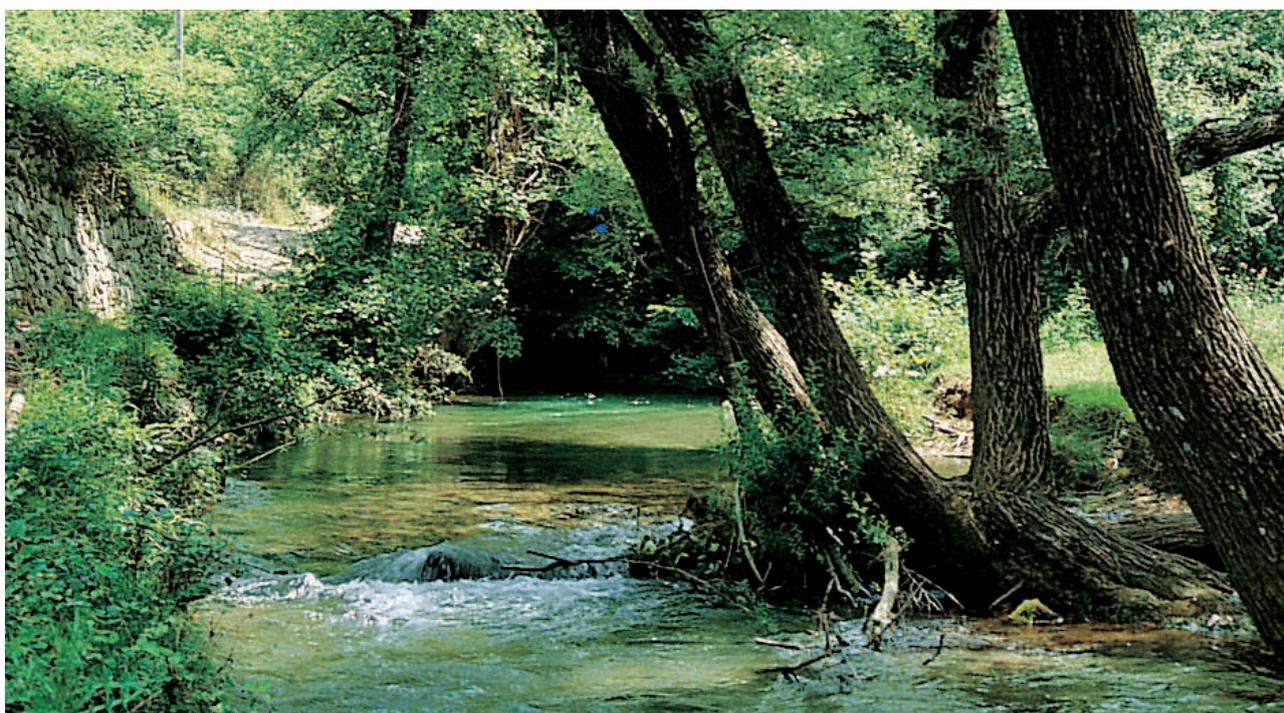
Essa rappresenta un bene essenziale da preservare e tutelare in quanto vitale per tutti gli ecosistemi. Pertanto risulta sempre maggiore la necessità di tutelare e proteggere la struttura idrogeologica, che permette all'acqua di circolare nel sottosuolo e di giungere a noi attraverso sorgenti, fiumi o captazioni. In altre parole: se si vuole proteggere una sorgente non è sufficiente un'attenta tutela dell'area ad essa strettamente adiacente, ma è indispensabile preservare la struttura, il sistema o l'unità che essa sottende. In alcuni casi è necessario proteggere, oltre all'acquifero, anche l'intera area di alimentazione. Il "sistema

acqua" rappresenta, quindi, un elemento costitutivo del patrimonio geologico da conservare e un bene sensibile da proteggere, cercando di intraprendere azioni di tutela che mirino ad un razionale equilibrio tra i fabbisogni antropici e le esigenze ambientali. In questo contesto la conoscenza delle sorgenti quali punti sensibili (geositi) del "sistema acqua" ci offre, pertanto, un valido ausilio per poter pianificare la sua corretta gestione all'interno del più complesso sistema delle aree naturali protette. In assenza di un'adeguata gestione delle risorse idriche sotterranee e superficiali è possibile che si verifichi, nel tempo, il prosciugamento delle risorgive, delle sorgenti e dei corsi d'acqua, sede unica di specie protette e vulnerabili. A valido sostegno di questa problematica, il DL 18 agosto 2000 n° 258 promulga alcune disposizioni correttive ed integrative del DL 11 maggio 1999 n° 152, in materia di tutela delle acque, tra le quali rientra anche il ruolo fondamentale riconosciuto agli enti gestori delle aree naturali protette nel controllo delle concessioni idriche.

In termini qualitativi nella Regione Lazio è possibile riscontrare due principali tipi di acquifero, sostanzial-



Il lago di Ripasottile con, sullo sfondo, i Monti Reatini (foto di E. Peroni, Archivio ARP).



Il fiume Simbrivio presso Vallepietra (Archivio Iter).

mente diversi ma altrettanto importanti per il loro apporto d'acqua: l'acquifero carbonatico e l'acquifero vulcanico.

Idrostrutture carbonatiche

Gli acquiferi carbonatici (costituiti da sequenze calcareo-dolomitiche di piattaforma e da sequenze calcareo-silico-marnose di bacino) rappresentano un complesso ad alta permeabilità per carsismo e fratturazione lungo fessure e/o condotti carsici epigei e ipogei. Essi sono continui ed arealmente estesi, a regime impulsivo e con flusso prevalentemente verticale. Possono, inoltre, essere "liberi" (con superficie piezometrica oscillante stagionalmente) o "imprigionati" all'interno delle strutture sepolte. In questi tipi di acquiferi la zona di ricarica è vasta e il ruscellamento superficiale risulta trascurabile, in quanto l'acqua si infiltra nel substrato a causa del carsismo assai evoluto. Essi rappresentano, infine, data la loro importanza ed estensione regionale, la principale fonte di acqua per uso idropotabile. Gli acquiferi costituiti da complessi di piattaforma carbonatica (Giurassico inferiore-Cretacico superiore) sono caratterizzati da una potente sequenza di calcari e calcari dolomitici indifferenziati, privi di intercalazioni significative e comprendenti lembi miocenici trasgressivi, estremamente fratturati e carsificati e quindi ad altissima permeabilità. Essi alimentano numerose sorgenti pedemontane con portate elevate. Ad esempio il sistema

dei Monti Lepini-Ausoni-Aurunci, caratterizzato da un deflusso idrico sotterraneo in direzione NE-SW, riveste una notevole importanza nell'alimentazione dei principali gruppi di sorgenti per "soglia di permeabilità sovrainposta" che si trovano in corrispondenza del contatto tra le formazioni carbonatiche e quelle terrigene della Pianura Pontina: Ninfa, Cavata-Cavatella, Sardellane-Uffente e Laghi del Vescovo, tutti identificati come geositi. Mentre per il Sistema dei Monti Lepini non è riscontrabile alcuna area protetta, nel Sistema dei Monti Ausoni-Aurunci ricadono il PNR Monti Aurunci ed il PNR Monti Ausoni e Lago di Fondi; la loro estensione areale cumulativa ricopre circa metà della struttura idrogeologica. Il Gruppo dei Monti Simbruini-Ernici-Monte Cairo-Mainarde presenta, invece, una circolazione idrica sotterranea con deflusso in direzione sud-orientale e sottende rilevanti sorgenti quali Capo d'Acqua, Pertuso e Cassino. In esso sono localizzati il PNR Monti Simbruini e la RNR Lago di Canterno. Il Sistema dei Monti Nuria e Velino, con deflusso idrico a direzione SE-NW, alimenta la sorgente del Peschiera, che rappresenta una delle più importanti captazioni per il fabbisogno idropotabile della città Roma; all'estremità sud-orientale ricade la RNR Montagne della Duchessa. Il Sistema dei Monti della Marsica Occidentale presenta, invece, una circolazione idrica sotterranea polidirezionale, anche se il deflusso principale in direzione SW risulta quello maggiormente significativo, alimentando le sorgenti del Fibreno. Rispetto alle altre strutture carbonatiche

esso si differenzia per la presenza di un complesso dolomitico meno permeabile. A questa struttura idrogeologica afferisce il Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise, che ne ricopre quasi totalmente l'estensione. L'Unità di Monte Maio, dalle dimensioni più ridotte, è caratterizzata invece da un deflusso idrico sotterraneo radiale che alimenta modeste sorgenti nell'area basale al contatto con i depositi terrigeni. Il Sistema Monti Sabini-Prenestini-Cornicolani-Ruffi, ascrivibile ad un ambiente deposizionale marino in facies di transizione, è caratterizzato da un complesso marnoso-calcarenitico spesso centinaia di metri, contenente falde discontinue disposte in orizzonti sovrapposti che alimentano piccole sorgenti e corsi d'acqua perenni come il Fiume Aniene. Lo scorrimento idrico sotterraneo segue diverse direttrici. Ad esso afferiscono il PNR Monti Lucretili e le RNR Monte Catiello e Monti Navegna e Cervia, ricoprendone circa 1/3 dell'estensione. Il Sistema di Stifone-Montoro è una struttura idrogeologica annessa ad un dominio di bacino pelagico, caratterizzato da un complesso calcareo-silico-marnoso potente oltre 600 metri e costituito da calcari dolomitici, selciferi e marnosi molto permeabile e contenente falde profonde e molto produttive. Nella porzione laziale la circolazione idrica sembra essere orientata in direzione nord-occidentale, con emergenze significative in territorio umbro; esso apporta un contributo sostanziale all'alimentazione del Tevere.

Idrostrutture vulcaniche

Gli acquiferi vulcanici (costituiti da lave e piroclastici) sono complessi a media-bassa permeabilità per porosità e fessurazione, ad eccezione delle intercalazioni laviche che presentano alta permeabilità e costituiscono i "dreni" preferenziali del flusso idrico. In essi la zona di ricarica è poco estesa e il deflusso idrico è radiale. Essi sono caratterizzati da terreni litologicamente differenziati che regolano circolazioni idriche sovrapposte e sospese. Il deflusso idrico sotterraneo, tuttavia, è disciplinato anche dalla paleomorfologia. L'eterogeneità dei terreni a diversa permeabilità sia verticale che orizzontale determina l'esistenza di acquiferi "imprigionati", con sorgenti ad emergenza per lo più lineare (in alveo). I complessi vulcanici ricoprono circa un terzo del territorio regionale. Sono stati riconosciuti come idrostrutture il Gruppo dei Monti Vulsini, Cimini e Sabatini e il Sistema dei Colli Albani, costituiti da complessi di

prodotti piroclastici plio pleistocenici indifferenziati a buona permeabilità e capacità di immagazzinamento e dal complesso delle lave e delle ignimbriti litoidi ad essi intercalate. Questi complessi contengono falde di notevole importanza nell'economia idrogeologica regionale, con acque sia potabili sia mineralizzate a notevole contenuto gassoso prodotto dall'attività vulcanica residuale. In ogni edificio vulcanico una falda molto estesa alimenta il lago principale, che occupa la depressione centrale, con numerose sorgenti e tutti i corsi d'acqua perenni che solcano le pendici degli apparati. Ad esse afferiscono totalmente o parzialmente i PNR Bracciano-Martignano, Veio, Appia Antica, Castelli Romani, Valle del Treja; le Riserve Regionali Selva del Lamone, Tuscania, Lago di Vico, Monte Casoli di Bomarzo e diverse aree gestite dall'Ente Regionale RomaNatura.

Idrostrutture minori

Oltre alle idrostrutture carbonatiche e vulcaniche fin qui citate, esistono nel Lazio aree in cui non è stato riscontrato alcun sistema acquifero ben delimitato, anche rispetto agli interscambi idrici con le strutture adiacenti. Ciò non significa che tali aree siano del tutto prive di circolazione idrica; sono però ascrivibili a complessi a diversa permeabilità che tuttavia non figurano come idrostrutture a carattere regionale. Ad esempio la Tolfa, la catena dei Monti della Laga e porzioni della Valle Latina sono zone caratterizzate da complessi a bassa permeabilità per fessurazione costituiti da sequenze calcareo-argillose-arenacee che determinano, generalmente, le soglie di permeabilità dei sistemi acquiferi carbonatici con falde in pressione. In area protetta ricadono la porzione laziale del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga e la RNR Monte Rufeno. Lungo la valle del Tevere, nella Maremma Laziale, nella Pianura Pontina e nella Valle Latina affiorano, invece, complessi litologici a permeabilità da media ad alta per porosità costituiti da arenarie, sabbie, calcareniti, limi e argille caratterizzate dalla presenza di falde idriche a debole profondità, sovente drenate dal reticolo idrografico. Anche in questo caso non sono state ascritte a questi complessi delle vere e proprie strutture idrogeologiche. Su di essi ricadono diverse aree protette d'ampia rilevanza come il Parco Nazionale del Circeo, le Riserve Statali di Castelporziano e del Litorale Romano, le RNR Marcigliana e Laghi Lungo e Ripasottile.

Un indice multiparametrico per la valutazione della Geodiversità Litologica della Regione Lazio

Il concetto di “geodiversità” è divenuto piuttosto popolare nella comunità scientifica, soprattutto negli ultimi anni. In molti ormai parlano di geodiversità, ma lo fanno sempre dal punto di vista qualitativo, il che è sicuramente importante ma lascia un notevole spazio alla soggettività. L’Agenzia Regionale Parchi, al fine di pianificare efficacemente la conservazione delle aree regionali di maggior pregio, ha messo a punto uno strumento di valutazione quantitativa della geodiversità, per il momento limitato agli aspetti litologici. Attraverso un’analisi multiparametrica delle diverse componenti individuate come maggiormente significative nello studio della geodiversità di un’area in ambito litologico, è stato infatti predisposto un modello teorico gestito in ambiente GIS che ha portato alla definizione di un Indice di Geodiversità Litologica (Fattori *et alii*, 2009).

La geodiversità litologica, intesa come caratteristica intrinseca del sistema abiotico, è stata considerata

come funzione della combinazione di diversi parametri (trattati singolarmente nei paragrafi successivi):

1. rarità litologica;
2. diversità litologica;
3. frammentazione litologica.

Ad ognuno di questi parametri, disponibili in formato .shp, sono stati attribuiti dei “pesi” relativi alla loro presunta importanza nella valutazione comparativa delle componenti della geodiversità.

Lo studio è stato effettuato utilizzando come tema-tismo di base la Carta Litologica del Lazio (Reg. Lazio - Univ. Roma Tre, 2003, modificata ARP, 2008 mediante l’accorpamento di alcune formazioni tra cui scaglie, conglomerati ed alluvioni).

Il modello elaborato è perfettamente riproducibile in qualsiasi contesto, a partire da dati litologici omogenei per un dato ambito geografico.

L’attendibilità dell’analisi finale è influenzata dai fattori di seguito enunciati:



La vetta del Pizzo Deta, sui Monti Ernici (foto di M. Marino).

- a) scelta della dimensione delle celle costituenti il GRID di riferimento;
- b) aggiornamento e livello di dettaglio delle basi tematiche utilizzate;
- c) accuratezza geometrica nella perimetrazione dei singoli poligoni;
- d) attribuzione empirica del punteggio alle diverse classi in cui sono stati suddivisi i parametri di riferimento, motivata dalle finalità del lavoro relative all'elaborazione del PRANP (Piano Regionale Aree Naturali Protette) e della RER (Rete Ecologica Regionale) della Regione Lazio.

Metodologia adottata

Per la valutazione della geodiversità litologica nel territorio oggetto di studio si è operato utilizzando un sistema modellistico, tipo "SINTACS R5" (Civita & De Maio, 2001), gestito in ambiente GIS e così strutturato:

- a) selezione dei parametri mediante i quali s'intende valutare la geodiversità litologica del territorio della Regione Lazio, tenendo conto della tipologia, frequenza e validità delle informazioni di base reperite. I parametri presi in considerazione sono: rarità litologica, diversità litologica e frammentazione litologica.
- b) Ciascuna cella della griglia di riferimento presenta valori numerici che esprimono in maniera concreta la presenza sul territorio del parametro geologico indagato. Il valore numerico ottenuto determina l'attribuzione di un punteggio crescente compreso tra 0 e 5. La suddivisione degli intervalli dei valori numerici in base ai quali viene assegnato il pun-

teggio è stata effettuata su base logaritmica nel caso della rarità litologica, al fine di evidenziare i valori percentualmente più bassi di affioramento delle varie litologie, essendo la rarità di una data classe litologica inversamente proporzionale alla sua area di affioramento. Per gli altri parametri, invece, è stato applicato il metodo di classificazione degli intervalli naturali (Jenks, 1963).¹

I punteggi ottenuti per ogni singolo parametro vengono moltiplicati per coefficienti numerici, che descrivono l'importanza relativa che essi assumono su scala regionale e, successivamente, vengono sommati tra loro ottenendo un valore "grezzo e/o normalizzato" associabile ad un grado di geodiversità litologica.

Da tali premesse risulta che il modello è stato elaborato su base empirica e non è sotteso da alcun algoritmo definito. Esso è però stato affinato e calibrato mediante numerose verifiche al fine di ottenere uno strumento di calcolo che assicurasse il maggior livello possibile di oggettività nell'attribuzione dei valori numerici ed una soddisfacente affidabilità nella riproduzione dei risultati.

Valutazione dei singoli parametri ed elaborazione delle carte dei punteggi

Il file di base (Carta Geologica del Lazio, Reg. Lazio - Univ. Roma Tre, 2003, modificata ARP 2008) contiene una descrizione litologica divisa in 3 classi litologiche gerarchicamente organizzate, denominate Macroclassi (comprendenti 3 termini), Mesoclassi (comprendenti 6 termini) e Microclassi (comprendenti 38 termini).

¹ Lo schema di classificazione degli intervalli naturali (natural breaks), proposto da JENKS (1963), comporta la migliore disposizione dei valori in classi mediante la comparazione iterativa delle sommatorie degli scarti quadratici tra i valori osservati in ciascuna classe e le medie della classe. La classificazione ritenuta migliore è quella che identifica intervalli nella distribuzione ordinata dei valori che minimizzano la somma degli scarti quadratici nelle classi.

$$SSD_{i...j} = \sum_{k \in i}^j (A[k] - M_{i...j})^2$$

SSDi ... j = suddivisione statistica tra i e j

A = insieme di valori ordinati da 1 a N

1 ≤ i < j ≤ N

M_{i...j} = media della classe compresa tra i e j

In pratica i valori vengono inizialmente ripartiti in un numero prestabilito di gruppi e ridistribuiti successivamente in modo da minimizzare la varianza all'interno di ciascun gruppo e massimizzarla tra i vari gruppi.

Macroclassi	Mesoclassi	Microclassi	
Metamorfiche	Metapeliti	Filladi (Trias)	
Magmatiche effusive	Lave	Lave sottosature e sature (Pleist.)	
		Lave sovrasature e laccoliti (Plioc. Sup.-Pleist. Inf.)	
	Piroclastiti	Tufi prevalentemente litoidi (Pleist.)	
		Pozzolane (Pleist.)	
		Scorie e lapilli (Pleist.)	
		Tufi stratificati, tufti e tufi terrosi (Pleist.)	
		Facies freatomagmatiche (Pleist.)	
	Sedimentarie	Rocce carbonatiche	Calcareniti, marne e argilliti con olistostromi (Paleogene)
			Emipelagiti prevalentemente marnose (Mioc.)
Calcari detritici, micritici, microcristallini, oolitici con intercalazioni dolomitiche (Lias med.-Cret. Sup.)			
Travertini (Pleist.-Oloc.)			
Calcareniti e calcari organogeni (tipo "Macco" Auct.) (Plioc.)			
Calcareniti e calcari organogenici (Paleoc-Mioc. Med.)			
Scaglia cinerea (Olig.)			
Scaglia (Cret. Sup.-Eoc.)			
Marne a Fucoidi (Cret. Inf.-med.)			
Maiolica (Malm sup.-Cret. Sup.)			
Calcari detritici granulati, marnosi, selciferi, marne a Posidonia, calcari a filamenti, calcari diasprigni (Dogger-Malm)			
Rosso ammonitico (Lias med.-sup.)			
Corniola e calcari selciferi (Lias med.-sup.)			
Calcere massiccio (Lias)			
Dolomia (Trias. Sup.)			
Rocce clastiche		Depositi palustri, lacustri e salmastri (Pleist.-Oloc.)	
		Depositi ghiaiosi e in facies marina e di transizione terrigena lungo costa (Plio-pleist.)	
		Depositi sabbiosi e in facies marina e di transizione terrigena lungo costa (Plio-pleist.)	
		Depositi argillosi e in facies marina e di transizione terrigena lungo costa (Plio-pleist.)	
		Argille (Plioc.)	
		Conglomerati cementati (Mioc.-Pleist.)	
		Flysch calcareo-marnoso-argillitico (Cret. sup.-Olig.)	
		Flysch conglomeratico-arenaceo (Mioc. Med.-sup.)	
		Flysch arenaceo-pelitico (Cret. sup.-Mioc. Sup.)	
		Flysch pelitico (Mioc. med-sup.)	
		Argille con gessi (Mioc. Sup.)	
		Sedimenti incoerenti	Conoidi e detriti di pendio, facies moreniche (Pleist.-Oloc.)
			Alluvioni attuali, coperture colluviali ed eluviali, terre residuali (Pleist.-Oloc.)
	Alluvioni antiche terrazzate, depositi lacustri antichi (Pleist.)		
Sabbie litoranee e palustri e dune recenti (Oloc.)			

Sono state sottratte al computo delle superfici le acque marine e lacustri, i detriti antropici (in quanto non rappresentativi di fenomeni geologici) ed i territori appartenenti alla Città del Vaticano.

Nel presente lavoro sono state considerate esclusivamente le microclassi litologiche.

Il territorio della Regione Lazio è stato suddiviso in due griglie a maglia quadrata: la prima con celle di 1 km di lato e la seconda con celle di 5 km di lato. Entrambe le griglie derivano dal ricampionamento della griglia utilizzata nel progetto PAUNIL, anch'essa a maglia quadrata con celle di 10 km di lato. La griglia PAUNIL è proiettata sul fuso 33 N, datum ED 50, ed è estesa verso W anche al settore coperto dal fuso 32 N; in questo modo si è ottenuto che tutte le celle a maglia quadrata avessero la stessa superficie senza deformazioni nella fascia di contatto tra i due fusi.

Le due griglie utilizzate per le analisi (celle con 1 km e 5 km di lato) sono state ritenute le più idonee a rappresentare la geodiversità litologica laziale e sono state scelte anche per uniformità con gli altri indici biotici ed urbanistici utilizzati nella redazione del

PRANP (Piano Regionale Aree Naturali Protette), della RER (Rete Ecologica Regionale) della Regione Lazio e di studi settoriali in campo faunistico regionale. Tutti i calcoli relativi alla determinazione dei parametri che compongono l'Indice di Geodiversità Litologica sono stati effettuati su entrambe le griglie.

Determinazione del parametro "Rarità Litologica" (RL)

Il parametro Rarità Litologica è stato determinato calcolando la frequenza degli affioramenti delle 38 microclassi litologiche sul territorio regionale, espressa in percentuale con approssimazione alla terza cifra decimale. In base ai loro valori di frequenza le 38 microclassi litologiche sono state suddivise in 5 classi di rarità litologica, con intervalli ripartiti logaritmicamente in base 10. A ciascuna classe di rarità litologica è stato attribuito un punteggio da 1 a 5. Nella Regione Lazio non si riscontra tuttavia la classe di Rarità Litologica "Molto rara" e pertanto a nessuna cella è stato attribuito il punteggio 5.

Classe di Rarità Litologica	Intervallo	Punteggio
Molto rara	0,001-0,01	5
Rara	0,01-0,1	4
Abbastanza rara	0,1-1	3
Comune	1-10	2
Molto comune	10-100	1

A ciascuna cella della griglia viene attribuito un valore di Rarità Litologica corrispondente al punteggio della microclasse più rara in essa presente. Tale procedura consente di evidenziare i maggiori valori di rarità litologica presenti nella cella che, in caso di media dei valori di rarità, risulterebbero diluiti a causa della maggiore estensione delle microclassi più comuni.

Determinazione del parametro "Diversità Litologica" (DL)

Il parametro Diversità Litologica è stato determinato calcolando, per ogni singola cella della griglia di riferimento, l'SDI (*Shannon's Diversity Index*), che rappresenta la misura di diversità relativa tra i diversi patch (38 microclassi litologiche) all'interno della sin-

gola cella, che si esprime anche come l'abbondanza proporzionale, in termini di superficie dei patch, di ogni tipologia all'interno della singola cella (McGarigal & Marks, 1994). L'indice di Shannon, compreso tra 0 e ∞ , è dato da:

$$SDI = - \sum (A_i / A) \lg_2 (A_i / A)$$

A_i = area dei patch che appartengono alla microclasse litologica "i"

A = area totale della cella

Per le celle marginali l'area totale corrisponde alla superficie coperta dalle microclassi litologiche, escludendo dal computo la superficie vuota.

Ottenuti così i valori attribuiti alle singole celle, si sono

assegnati dei punteggi compresi tra 1 e 5 per ogni classe individuata dalla suddivisione in intervalli na-

turali (JENKS, 1963) dell'intero *range* secondo le tabelle riportate di seguito:

Griglia 1 km

Classe di Diversità Litologica	Intervallo SDI	Punteggio
Estremamente diversa	1,66-2,92	5
Molto diversa	1,19 - 1,65	4
Diversa	0,75-1,18	3
Abbastanza diversa	0,29-0,74	2
Poco diversa	0,00-0,28	1

Griglia 5 Km

Classe di Diversità Litologica	Intervallo SDI	Punteggio
Estremamente diversa	2,36 - 3,63	5
Molto diversa	1,82 - 2,35	4
Diversa	1,30 - 2,81	3
Abbastanza diversa	0,68 - 1,29	2
Poco diversa	0,00-0,67	1

Le celle con punteggio massimo corrispondono a quelle in cui il grado di diversità litologica è maggiore.

Determinazione del parametro "Frammentazione Litologica" (FL)

Il parametro Frammentazione Litologica è stato determinato calcolando il numero di poligoni presenti in ogni cella, utilizzando le 38 microclassi litologiche, secondo l'algoritmo sviluppato da Elkie *et alii* (1999) relativo alla *Patch Analysis* utilizzata in ambito naturalistico per la definizione degli indici di frammentazione del territorio. In particolare è stata utilizzata la funzione "numero di tessere" (*number of patches*:

"NumP"). Per quanto riguarda le isole pontine, i valori di frammentazione litologica sono stati attribuiti in maniera semi-automatica, escludendo dal computo i poligoni relativi ai numerosissimi scogli, di dimensioni anche estremamente ridotte.

In base ai valori di frammentazione litologica ottenuti sono state individuate 5 classi di frammentazione litologica, applicando il metodo di classificazione degli intervalli naturali (JENKS, 1963)¹. A ciascuna classe di frammentazione litologica è stato attribuito un punteggio da 1 a 5, che viene poi riportato a ciascuna cella. Si riportano di seguito le tabelle riepilogative relative sia alla griglia con maglia di 1 km sia a quella con maglia di 5 km.

Griglia 1 km

Classe di Frammentazione Litologica	Intervallo NumP	Punteggio
Estremamente frammentata	13-22	5
Molto frammentata	9-12	4
Frammentata	6-8	3
Abbastanza frammentata	3-5	2
Poco frammentata	1-2	1

Griglia 5 km

Classe di Frammentazione Litologica	Intervallo NumP	Punteggio
Estremamente frammentata	72-129	5
Molto frammentata	47-71	4
Frammentata	29-46	3
Abbastanza frammentata	15-28	2
Poco frammentata	1-14	1

Calcolo dell'Indice di Geodiversità Litologica (IGL)

Si definisce "Indice di Geodiversità" il valore connesso alla variabilità delle emergenze geologiche e dei processi abiotici presenti in un dato territorio.

Nel nostro caso è stata presa in considerazione la "Geodiversità litologica", cioè la porzione della geodiversità *latu sensu* determinata dalla variabilità delle litologie affioranti nel territorio della Regione Lazio. L'"Indice di Geodiversità Litologica" deriva dalla combinazione pesata dei tre parametri "Rarità Litologica" (RL), "Frammentazione Litologica" (FL) e "Diversità Litologica" (DL) secondo la seguente relazione:

$$IGL = 3DL + 2RL + FL$$

Si è stabilito di assegnare un peso maggiore alla "Di-

versità Litologica" e alla "Rarità Litologica" perchè ritenute maggiormente significative e rappresentative della realtà geologica analizzata. La "Frammentazione Litologica", pur essendo un parametro da non sottovalutare, risulta condizionato maggiormente dal livello di dettaglio della base tematica utilizzata e dalla correttezza e accuratezza nella perimetrazione dei singoli poligoni. In base a tali considerazioni si è ritenuto opportuno attribuire a FL un "peso" minore rispetto agli altri 2 parametri.

Da questa sommatoria pesata sono state individuate 5 classi di Geodiversità Litologica, suddividendo i valori ottenuti (che possono oscillare tra un minimo di 6 e un massimo di 30) in intervalli uguali secondo la tabella riportata di seguito. A ciascuna classe di Geodiversità Litologica è stato attribuito un punteggio da 1 a 5, che viene poi riportato a ciascuna cella. Questa classificazione è uguale per entrambe le griglie di riferimento.

Griglia 5 km e griglia 1Km

Classe di Geodiversità Litologica	Intervallo IGL	Punteggio
Geodiversità estremamente alta	26 - 30	5
Geodiversità alta	21 - 25	4
Geodiversità media	16 - 20	3
Geodiversità bassa	11 - 15	2
Geodiversità estremamente bassa	6 - 10	1

Analisi dei dati

Il presente studio è stato condotto utilizzando due griglie a maglia quadrata, una con celle di 1 km di lato ($A = 1 \text{ km}^2$) ed una con celle di 5 km di lato ($A = 25 \text{ km}^2$). Tale scelta è stata motivata dalla necessi-

tà di stimare in che misura la dimensione delle celle utilizzate influisce sui parametri considerati. L'analisi comparata dei risultati ottenuti permette quindi di effettuare alcune considerazioni operative sull'efficacia e sui limiti del metodo utilizzato e sull'attendibilità dell'indice di geodiversità litologica.

Analisi del parametro "Rarità litologica" (RL)

Questo parametro è stato determinato calcolando la frequenza degli affioramenti delle 38 microclassi litologiche sul territorio regionale, attribuendo a ciascuna cella della griglia un valore corrispondente al punteggio della microclasse più rara in essa presente. Su entrambe le griglie utilizzate si evidenziano gli stessi territori a maggior valore di RL corrispondenti all'area dei Monti Romani e all'isola di Zannone. Elevati valori di RL caratterizzano anche le zone costiere, l'area della Tolfa, le caldere di Bracciano e di Vico, le catene montuose carbonatiche in facies di transizione (Monti Reatini, Lucretili e Marsicani), la valle del Fiume Sacco e buona parte della catena dei Monti Simbruini, caratterizzata dall'affioramento dei termini più antichi della successione carbonatica in facies di piattaforma. La scelta della griglia influenza, invece, la distribuzione delle classi più basse di RL, la cui presenza è inversamente proporzionale alla superficie delle celle. Tale situazione si verifica perché l'aumento della superficie territoriale considerata determina un aumento della probabilità di incontrare classi litologiche con valori di rarità alti, a scapito della classe più bassa di RL. A meno di questa limitazione, i valori di RL delle due griglie utilizzate risultano tra loro ampiamente confrontabili. La griglia con celle di 1 km di lato evidenzia, come zone a bassa RL, la maggior parte delle catene montuose carbonatiche in facies di piattaforma (Monti Ernici, Lepini, Ausoni, Aurunci, Montagne della Duchessa) e lunghi tratti della valle del Fiume Tevere. Tali aree, per i motivi precedentemente illustrati, non compaiono nella griglia con celle di 5 km di lato.

Analisi del parametro "Diversità Litologica" (DL)

I valori di DL delle due griglie utilizzate risultano tra loro ampiamente confrontabili, a testimoniare l'indipendenza di tale parametro dalle dimensioni della cella.

Il parametro presenta una distribuzione territoriale estremamente frammentata, consentendo però l'individuazione di elementi territoriali ben caratterizzati. I territori a maggior valore di DL sono le catene montuose dei Monti Reatini e Lucretili, il massiccio del Monte Cairo, i Monti Navegna e Cervia, il distretto vulcanico vulsino, le isole Pontine occidentali e l'area marginale dei distretti vulcanici sabatino e laziale, al limite con i terreni non vulcanici.

I territori a minor valore di DL sono costituiti dalle aree pianeggianti (Pianura romana, Valle del fiume Tevere,

Agro pontino), dalle catene montuose carbonatiche in facies di piattaforma e dai Monti della Laga.

La Diversità Litologica mostra quindi un'evidente correlazione con la geomorfologia fluviale: valori di DL più elevati si hanno nei sistemi articolati a forre ed altipiani vulcanici, dove l'erosione fluviale porta a giorno le sequenze vulcaniche ed il basamento pre-vulcanico, mentre al contrario corsi d'acqua maturi come il Tevere presentano bassi valori di DL.

La Diversità Litologica è altresì condizionata dalla tettonica: le catene montuose carbonatiche in facies di transizione presentano un comportamento essenzialmente duttile, con motivi a pieghe e sovrascorrimenti molto più articolati rispetto alle unità carbonatiche di piattaforma, che presentano tettonica essenzialmente fragile con piastroni carbonatici rigidi e disarticolati in blocchi da sistemi di faglie.

Analisi del parametro "Frammentazione Litologica" (FL)

I valori di FL delle due griglie utilizzate risultano tra loro ampiamente confrontabili, a testimoniare l'indipendenza di tale parametro dalle dimensioni della cella.

I territori a maggior valore di FL sono le catene montuose dei Monti Reatini, il distretto vulcanico vulsino, le isole Pontine occidentali e l'area marginale dei distretti vulcanici sabatino e laziale, al limite con i terreni non vulcanici.

I territori a minor valore di FL sono costituiti dalle aree pianeggianti (Pianura romana, Valle del Tevere, Agro pontino), dalle catene montuose carbonatiche in facies di piattaforma e dai Monti della Laga.

La Frammentazione Litologica, come già la Diversità Litologica, mostra anch'essa un'evidente correlazione con la geomorfologia fluviale: anche qui i più alti valori di FL corrispondono ai sistemi di forre ed altipiani vulcanici, mentre al contrario corsi d'acqua maturi presentano bassi valori di FL. Alti valori di FL sono presenti anche ai margini della catena dei Monti Reatini, sia in corrispondenza del fronte del sovrascorrimento, sia nella zona di Leonessa.

Analisi dell'Indice di Geodiversità Litologica (IGL)

L'Indice di Geodiversità Litologica costituisce un valore numerico pesato che sintetizza la diversità geologica (Geodiversità), su base litologica, presente in ciascuna cella della griglia utilizzata. La geodiversità deriva quindi dalla combinazione pesata dei tre fat-

tori in grado di influenzare la diversità litologica di un territorio: la frequenza delle formazioni affioranti (espressa dalla Rarità litologica), la complessità della loro distribuzione spaziale (espressa dalla Frammentazione Litologica) e la loro eterogeneità (espressa dalla Diversità Litologica come abbondanza relativa delle superfici occupate da ogni classe litologica).

La natura complessa dell'IGL e i pesi numerici introdotti al suo interno per ponderarne le componenti, determinano l'impossibilità di esprimere valutazioni o di ipotizzare motivazioni geologiche per i valori ottenuti. In altre parole i valori numerici dell'IGL, pur traendo origine da un dato fortemente territoriale come la carta litologica regionale, derivano da calcoli troppo complessi per stabilire collegamenti immediati con il territorio stesso. Tale situazione, che ad una prima analisi potrebbe sembrare un limite, si rivela invece come una reale risorsa, perché impedisce di formulare considerazioni condizionate dall'abitudine e dall'esperienza. I valori di IGL divengono quindi un'espressione oggettiva (a meno dei pesi numerici attribuiti soggettivamente) della geodiversità litologica regionale.

I valori di IGL delle due griglie utilizzate risultano tra loro ampiamente confrontabili, tranne che per una minore presenza nella griglia con celle di 5 km di lato della classe di valore più basso di IGL rispetto a quanto accade nella griglia con celle di 1 km di lato. Tale situazione è probabilmente dovuta alla dipendenza dalla dimensione delle celle dei valori più bassi del parametro RL.

I territori a maggior valore di IGL sono i Monti Romani, i margini E ed W dei Monti Reatini, i Monti Cornicolani, il margine SW del distretto vulcanico sabatino. A contatto con il sedimentario, le isole di Ponza e Zannone. Valori mediamente alti di IGL si hanno anche in corrispondenza del distretto vulcanico vulsino, dei margini del distretto vulcanico laziale, dei Monti Lucretili, della valle del Sacco e del massiccio del Monte Cairo.

I valori più bassi di IGL corrispondono alle pianure costiere (Maremma laziale, Pianura Romana ed Agro Pontino), alla valle del fiume Tevere, ai Monti della

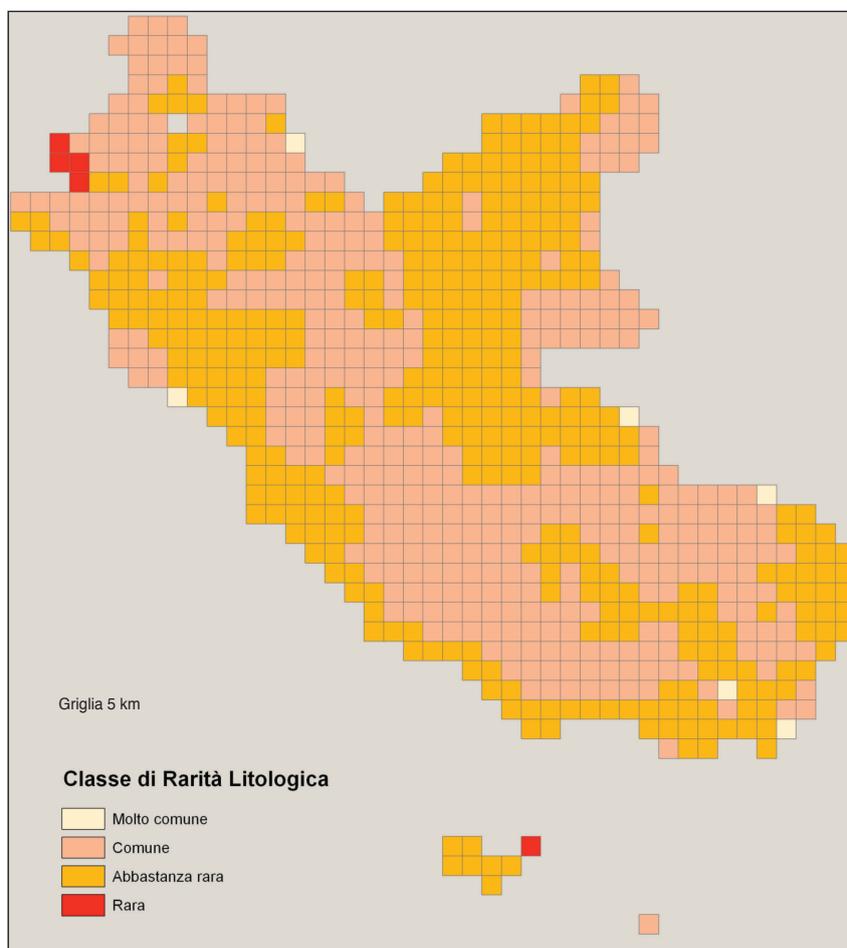
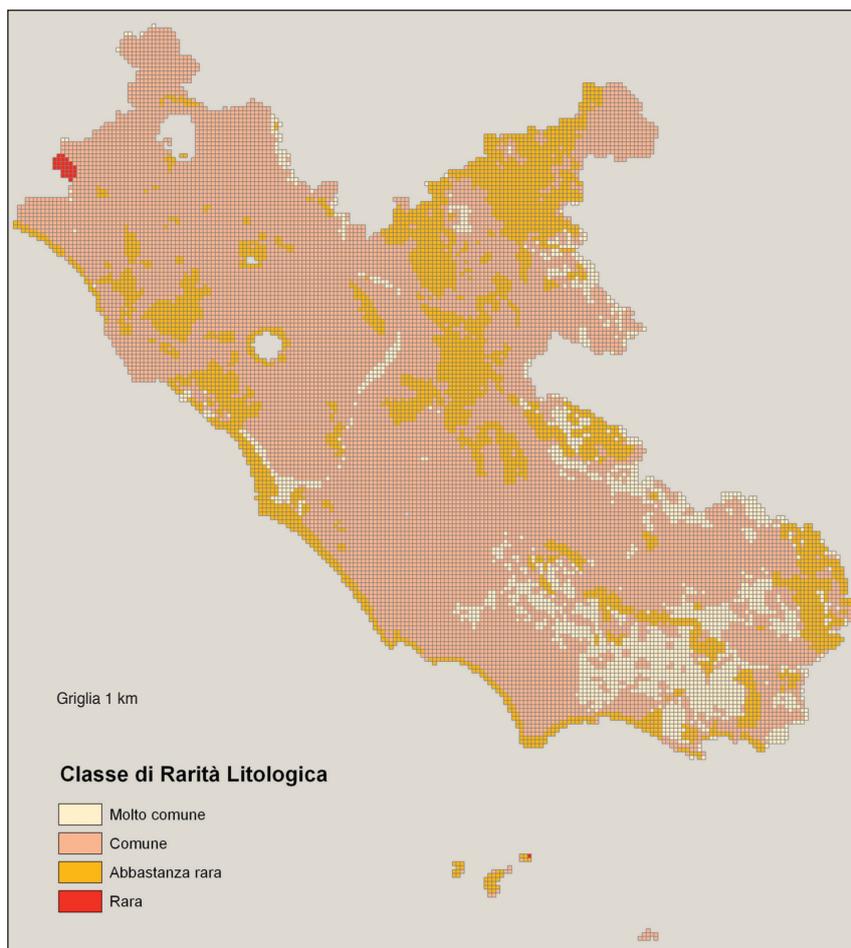
Laga ed alle catene montuose carbonatiche in facies di piattaforma.

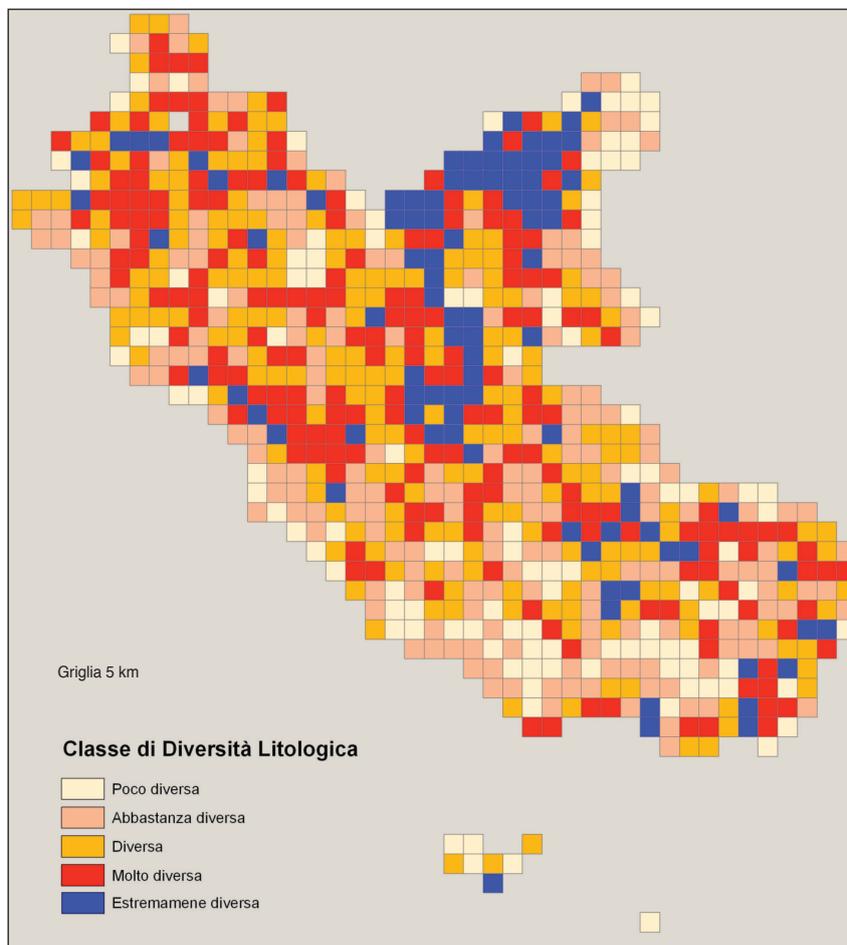
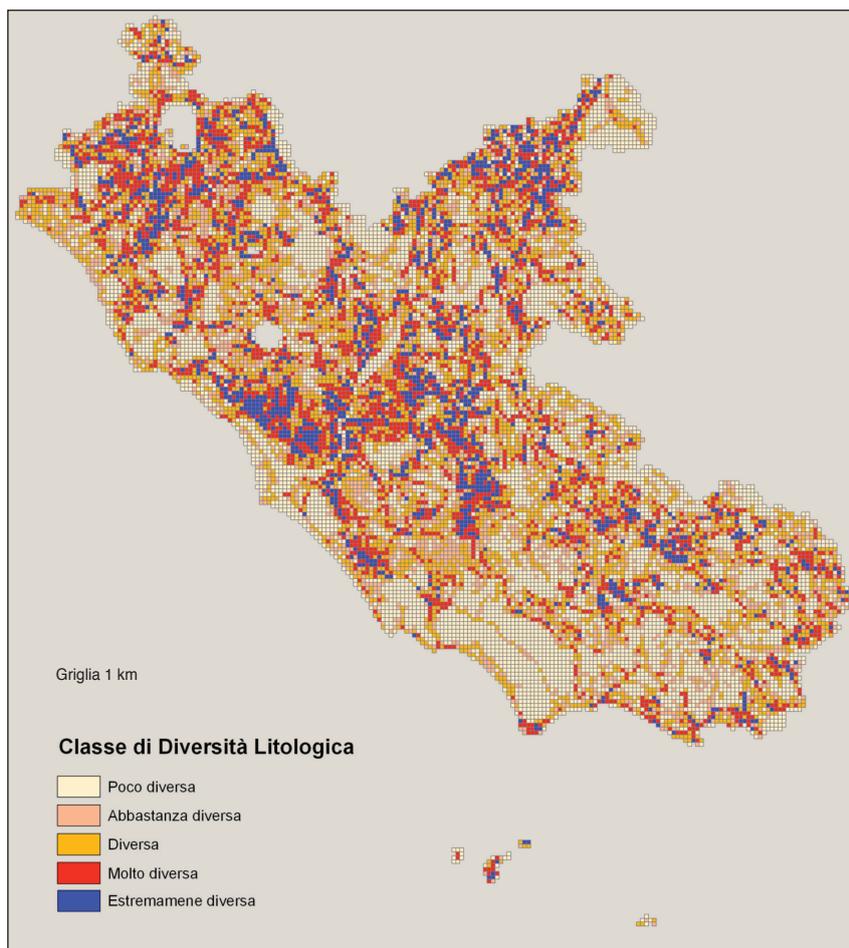
Conclusioni

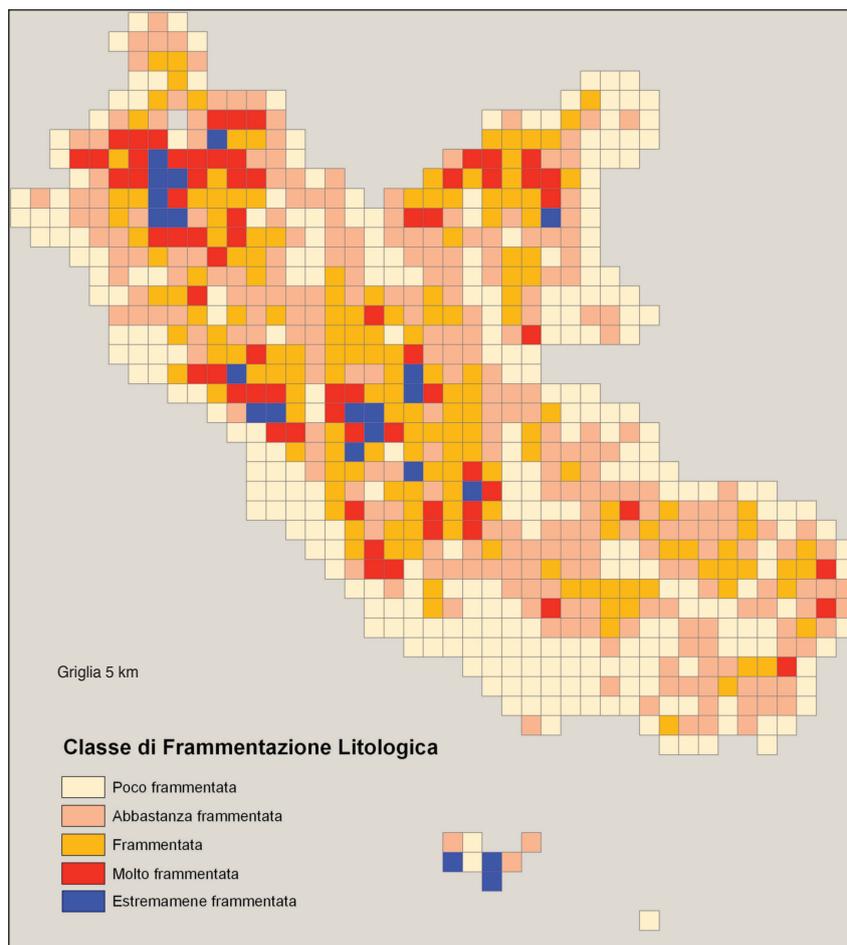
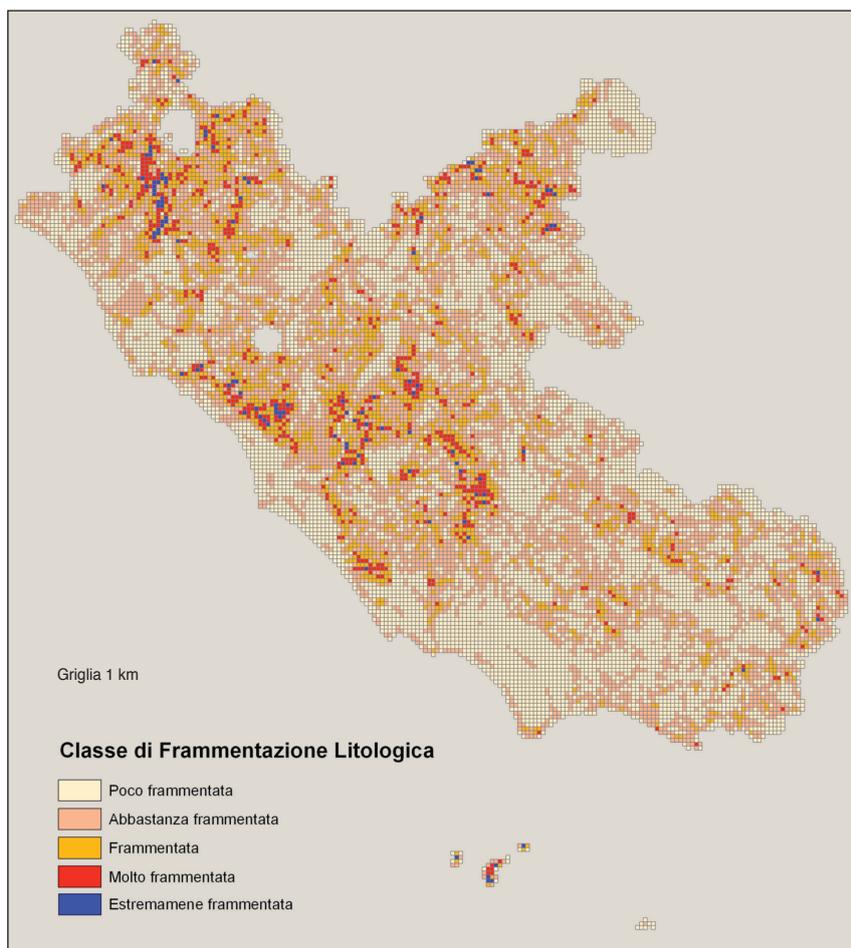
L'Indice di Geodiversità Litologica costituisce un valore numerico pesato che sintetizza la diversità geologica, su base litologica presente in ciascuna cella della griglia utilizzata. La geodiversità deriva quindi dalla combinazione pesata dei tre fattori che influenzano sulla diversità litologica di un territorio: 1) La Rarità Litologica, che indica la frequenza delle formazioni affioranti; 2) la Frammentazione Litologica, che indica la complessità della distribuzione spaziale delle formazioni affioranti; 3) la Diversità Litologica, che indica l'eterogeneità delle formazioni affioranti, in termini di abbondanza relativa delle superfici occupate da ogni classe litologica.

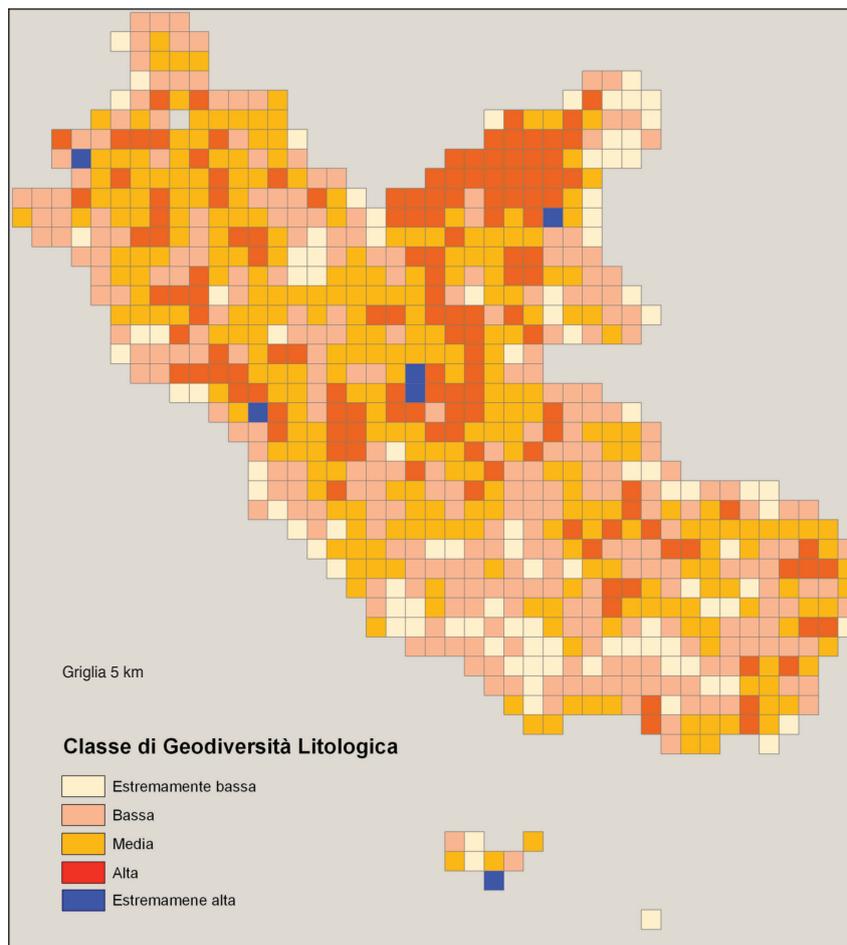
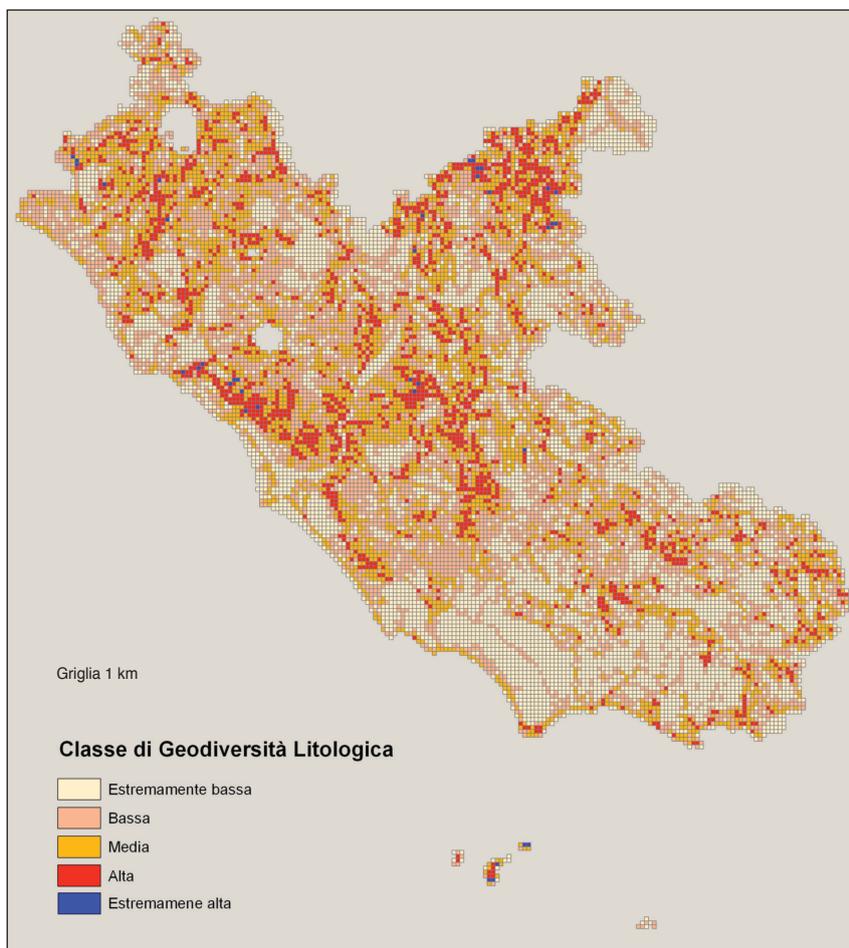
Il presente studio dimostra la maggiore efficacia della griglia con celle di 1 km di lato nella rappresentazione della Geodiversità litologica regionale, sia per il miglior funzionamento da essa assicurato al parametro Rarità Litologica sia per il maggiore dettaglio territoriale che tale griglia possiede. Quest'ultima caratteristica risulta di particolare rilevanza per gli studi di pianificazione su scala regionale, dove la griglia a maglia minore consente un migliore dettaglio nella perimetrazione di aree ad alto valore di geodiversità. L'Indice di Geodiversità Litologica è stato elaborato al fine di introdurre un elemento di oggettività qualitativa nel dibattito scientifico attualmente in corso sulla geodiversità, che in gran parte si svolge tramite il dialogo tra visioni della realtà fortemente soggettive. L'oggettività qualitativa dell'IGL è assicurata dal distacco esistente tra l'IGL stesso e la realtà territoriale, dovuto alla complessità dell'elaborazione dei calcoli.

L'oggettività quantitativa dell'IGL è invece costituita dal valore numerico attribuito all'indice in ciascuna cella della griglia utilizzata.









La carta della geodiversità dei distretti vulcanici cimino e vicano

Donatella de Rita & Corrado Cimarelli

Università degli Studi Roma Tre, Dip. Scienze Geologiche

La carta della geodiversità dei distretti cimino e vicano è stata elaborata per evidenziare i diversi litotipi vulcanici che hanno contribuito alla modellazione del paesaggio ed hanno determinato lo sviluppo delle attività dell'uomo in funzione delle loro caratteristiche e fruibilità. La variazione litologica e morfologica del substrato roccioso è il fattore determinante la geodiversità, che si ripercuote sulla diversità degli ecosistemi e delle forme viventi. Nel caso di aree vulcaniche, questi fattori assumono particolare rilevanza per la grande varietà di materiale eruttato dai vulcani in uno spazio limitato,

anche nel corso di una sola eruzione, capace di determinare un'ampia varietà di morfologie che col tempo, quando il vulcano andrà in estinzione, tenderanno a caratterizzare l'area vulcanica stessa. La diversità dei materiali vulcanici condiziona lo sviluppo di biodiversità animale e vegetale e

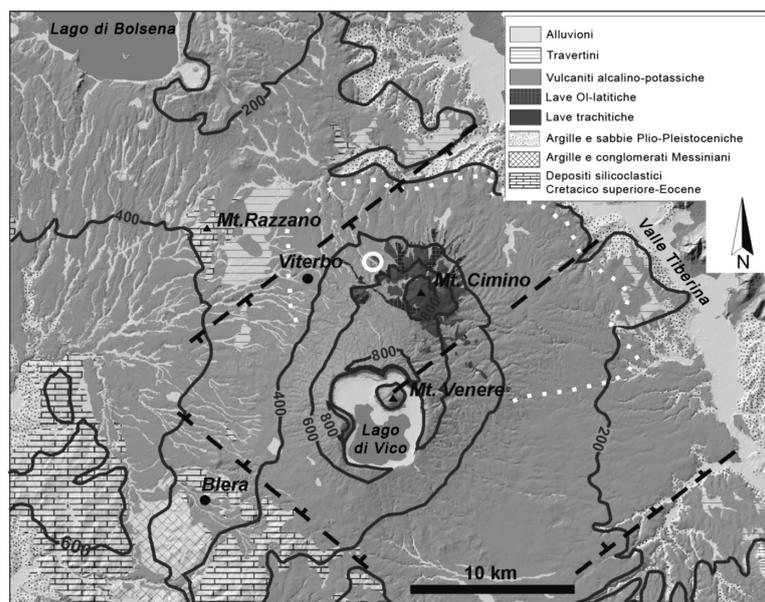
determina anche un diverso adattamento dell'uomo all'ambiente, con ripercussioni sulla tipologia e sulla distribuzione degli insediamenti.

Per evidenziare questi aspetti, nel redigere la carta delle geodiversità dei distretti vulcanici cimino e vicano è stata data enfasi alla natura delle lave eruttate dai due vulcani, alla configurazione morfologica dei domi cimino e alla grande varietà di depositi piroclastici presenti. L'utilizzo di simboli appropriati ha reso leggibili i principali eventi che si sono succeduti nel tempo nei due distretti vulcanici.

Le lave sono state distinte, in base al loro contenuto in SiO_2 , in *lave da medie a sature* e *lave da medie a sottosature*. Dalla composizione chimico-petrografica

del magma, infatti, dipendono molti caratteri importanti che condizionano il comportamento eruttivo di un vulcano e le caratteristiche litologiche e morfologiche dei depositi. Le lave da medie a sature, ricche in SiO_2 , sono viscosi e tendono a scorrere con difficoltà dando generalmente luogo a brevi colate tozze o ad accumuli che restano confinati nelle immediate vicinanze del punto di emissione (domi di lava). Al contrario le lave sottosature, povere di SiO_2 , sono più fluide e danno luogo generalmente ad espandimenti che possono percorrere anche parecchi km dal punto di

emissione. Le loro morfologie sono dolci (plateau) e gli spessori limitati. Queste diversità sono apprezzabili nel paesaggio vicano-cimino, dove le lave acide che caratterizzano il vulcano cimino hanno formato dei domi le cui alture relative sono le forme topograficamente più elevate dell'area. Queste alture hanno ospitato, ed ospitano ancora oggi, piccoli paesi che sono stati roccheforti medievali. Per l'altitudine ed il clima queste aree hanno una vegetazione ricca e diversificata e sono per lo più destinate al pascolo. I domi cimino, che rappresentano anche il vulcanismo più antico risalente a circa 1-2 milioni di anni fa, presentano poi morfologie diverse in funzione della viscosità della lava eruttata. I domi più vicini al M. Cimino hanno forme circolari con un basso valore di eccentricità (rapporto tra base ed altezza del domo) e pendii scoscesi, e possono dunque essere classificati come *plug* e domi peleani (domi di lave molto viscosi in cui l'estensione del deposito lavico coincide più o meno con il condotto di alimentazione). I domi più lontani



tato, ed ospitano ancora oggi, piccoli paesi che sono stati roccheforti medievali. Per l'altitudine ed il clima queste aree hanno una vegetazione ricca e diversificata e sono per lo più destinate al pascolo. I domi cimino, che rappresentano anche il vulcanismo più antico risalente a circa 1-2 milioni di anni fa, presentano poi morfologie diverse in funzione della viscosità della lava eruttata. I domi più vicini al M. Cimino hanno forme circolari con un basso valore di eccentricità (rapporto tra base ed altezza del domo) e pendii scoscesi, e possono dunque essere classificati come *plug* e domi peleani (domi di lave molto viscosi in cui l'estensione del deposito lavico coincide più o meno con il condotto di alimentazione). I domi più lontani

dal M. Cimino mostrano forme maggiormente irregolari, hanno mediamente altezze minori e pendii più dolci; spesso sono allungati, con alti valori dell'indice di eccentricità; rientrano nella categoria dei *low lava dome* e *coulée* (forme tozze e corte di colate laviche meno viscosi delle precedenti, che si formano in genere per un breve scorrimento su di un piano inclinato). La distribuzione di questi due gruppi di domi, concentrici e radiali rispetto al Monte Cimino, è dovuta al processo di risalita del corpo magmatico che ha originato il vulcanismo. Il corpo intrusivo, dopo essersi intruso come criptodomo, al contatto tra le argille del Plio-Pleistocene e le unità alloctone dei flysch tolfetani si è fratturato in maniera radiale e tangenziale, permettendo così al magma più interno di risalire in superficie lungo le fratture estensionali. I domi più esterni rispetto al Monte Cimino, essendosi messi in posto su di un substrato inclinato, hanno potuto fluire maggiormente dando luogo così a forme debolmente eccentriche, più dolci e topograficamente meno elevate (Cimarelli & de Rita, 2006). Le forme tozze e dai pendii scoscesi dei domi subcircolari contrastano con le forme delle colate di lava olivin-latitica, più sottosature e più fluide, che sono state eruttate nelle fasi finali del vulcanismo cimino, e con quelle leucitiche eruttate intorno ai 400.000 anni fa dal vulcano di Vico, che formano dei plateau.

Anche i depositi piroclastici mostrano sostanziali differenze litologiche connesse alle modalità di eruzione, trasporto e sedimentazione. I depositi di ricaduta da vulcani monogenetici hanno estensioni limitate che coincidono con la forma dell'edificio stesso, come i coni di scorie che si sono edificati sull'edificio centrale maggiore di Vico, mentre i depositi di ricaduta da apparati poligenetici hanno elevata estensione e formano estese coltri capaci di ammantare la topografia su cui ricadono. Nel caso del vulcano di Vico si tratta dei depositi relativi alla fase di costruzione dell'edificio centrale, tra 400.000 e 200.000 anni fa (*Tufi stratificati varicolori di Vico*, Mattias & Ventriglia, 1970) e dei depositi dell'attività di costruzione del piccolo edificio di Monte Venere. I depositi delle colate piroclastiche hanno diverse litologie che ne hanno determinato un diverso utilizzo da parte dell'uomo in funzione dei caratteri geotecnici. I depositi delle colate piroclastiche non consolidate di aspetto pozzolanaceo in cui la componente iuvenile è rappresentata da scorie, pomice o lapilli in una matrice cineritica più o meno abbondante, sono, infatti, cavati per lo più a scopo cementizio. Nell'area

cimino-vicana comprendono i depositi delle ignimbrite A e B (Locardi, 1965) del vulcano di Vico, depositate tra 200.000 e 150.000 anni fa e relative alla fase maggiormente esplosiva del vulcano. I depositi delle colate piroclastiche litoidi vengono cavati per ricavarne i classici blocchetti di tufo utilizzati come pietra da costruzione. A questa categoria appartiene il deposito dell'ignimbrite C (Locardi, 1965) o "Tufo rosso a scorie nere" (Mattias e Ventriglia, 1970) del vulcano di Vico, eruttata circa 150.000 anni fa. Infine i depositi delle colate piroclastiche saldate, emesse ad alta temperatura, provengono dalla fase esplosiva del vulcano cimino che ha seguito la messa in posto del corpo intrusivo e dei domi, e sono cavati per ricavarne materiale ornamentale. Un cenno a parte meritano i depositi freatomagmatici, connessi ai processi di interazione acqua/magma presenti nel solo distretto vicano dove rappresentano il prodotto della fase finale di attività dello stratovulcano nel periodo delle grandi eruzioni ignimbritiche (Ignimbrite D e Tufi finali; Locardi, 1965). Tali eruzioni si sono verificate per l'interazione del magma in risalita con le acque di un lago che si era instaurato nella depressione calderica sommitale del vulcano a seguito delle eruzioni delle ignimbrite A, B, e C (Bertagnini & Sbrana 1987). I depositi presentano caratteristiche strutture sedimentarie come ondulazioni e stratificazioni incrociate dei letti cineritici e sono spesso parzialmente cementati per zeolitizzazione.

Sono poi stati cartografati insieme le alluvioni, i depositi lacustri e il detrito di versante recente ed attuale. Sono i depositi lasciati nei fondovalle dai corsi d'acqua, la sedimentazione lacustre del lago di Vico e l'accumulo di materiale detritico alla base dei rilievi. La maggior parte di questi depositi si è sedimentata in tempi geologici molto recenti, a partire dalla fine dell'attività vulcanica (meno di 90.000 anni fa). Ai bordi del lago di Vico i depositi lacustri costituiscono terrazze morfologiche attestanti diversi momenti in cui il livello delle acque del lago si è trovato a quote maggiori rispetto alle attuali. I depositi detritici ai piedi dei rilievi sono invece per lo più costituiti da blocchi di lave dei domi o dei depositi ignimbritici, mescolati a materiale sabbioso-argilloso e derivanti dallo smantellamento erosivo del carapace dei domi e dei *plateaux* delle ignimbrite.

Nell'area vicano-cimina sono inoltre presenti travertini di origine chimica, la cui deposizione in corrispondenza di fratture subsuperficiali è connessa alla circolazione di acque arricchite in carbonato di calcio.

La geodiversità in ambiente carbonatico: un esempio dal settore sabino-cornicolano-lucretile dell'Appennino laziale

Domenico Cosentino, Paola Cipollari & Vincenzo Pasquali

Università degli Studi Roma Tre, Dip. Scienze Geologiche

Il concetto di geodiversità per le rocce carbonatiche è particolarmente efficace. Esistono infatti, e sono esistite anche nel passato geologico, varie ambientazioni naturali per la deposizione di carbonati, sia in ambiente marino sia in ambiente continentale. Le rocce che derivano dalla litificazione di questi sedimenti carbonatici sono molto diverse tra loro in termini di struttura e tessitura, mostrando quindi una notevole geodiversità litologica e mineralogica.

La dorsale appenninica laziale è prevalentemente una dorsale carbonatica. In essa prevalgono rocce meso-cenozoiche (Trias-Miocene superiore) a prevalente composizione carbonatica. Si tratta di carbonati marini depositi in ambiente tropicale o sub-tropicale, in corrispondenza di un sistema Piattaforma Carbonatica (PC)-Bacino Pelagico (BP) individuatosi nel Giurassico inferiore (Lias medio) in seguito ad un evento tettonico regionale.

Oltre ai due *end-member* del sistema deposizionale (PC e BP), nelle aree di transizione sono molto diffusi ambienti a sedimentazione carbonatica estremamente ridotta, riconducibili a settori di Piattaforma Carbonatica Pelagica (PCP).

Non c'è dubbio che l'ambiente marino più importante per la produzione di particelle carbonatiche (*carbonate factory*) sia quello di acque marine poco

profonde, in ambiente temperato-caldo (PC), per la gran quantità di organismi a guscio calcareo che colonizzano questo tipo di ambiente. Se raffrontati con ambienti a deposizione carbonatica in acque basse temperato-fredde e con l'ambiente pelagico (BP), questi ambienti deposizionali presentano le più elevate velocità di sedimentazione carbonatica (Fig. 1). Negli ambienti di PCP si raggiungono le velocità di sedimentazione più basse in assoluto, con rapporto anche di 1/10 rispetto a quelli di BP.

Nel settore sabino-cornicolano-lucretile dell'Appennino laziale questi tre diversi ambienti a sedimentazione carbonatica prevalente sono ben rappresentati. Nell'area in esame, i carbonati di acque basse temperato-calde (PC) sono presenti con la *Dolomia principale* (Retico, Trias superiore) e con il *Calccare massiccio* (Hettangiano-Sinemuriano p.p., Lias inferiore). Entrambe queste formazioni carbonatiche appartengono alla *Paleo-piattaforma appenninica*, che durante il Trias superiore-Lias inferiore caratterizzava il margine sud-occidentale dell'Oceano Tetide.

I carbonati pelagici sono ben presenti nella successione giurassico-terziaria del settore sabino-cornicolano-lucretile, anche se spesso risultano contaminati da flussi detritici provenienti dalle aree a produzione carbonatica (PC). Nell'ambito di un sistema a

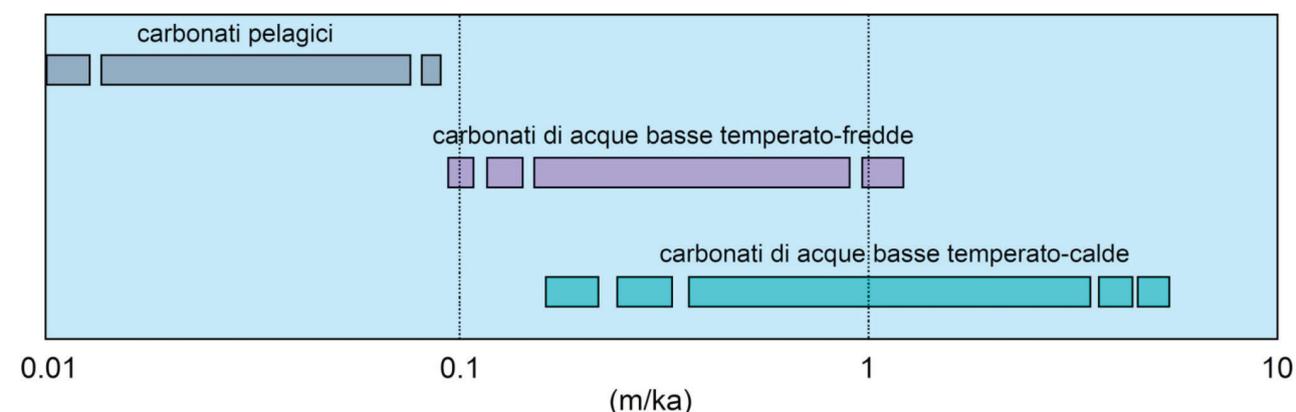


Fig. 1 – Velocità di sedimentazione di carbonato in funzione di profondità e temperatura delle acque. Gli ambienti di PCP, non riportati nel grafico, mostrano velocità di sedimentazione pari a 1/10 di quella dei carbonati depositi nei BP.



Fig. 2 - Calcarei dolomitici a *Megalodon* sp. appartenenti alla *Dolomia principale* del Monte Morra (Trias superiore, Retico).

deposizione carbonatica prevalente, la presenza di frequenti flussi carbonato-clastici nella successione sedimentaria rappresenta un elemento di specificità e di geodiversità nel panorama geologico regionale dell'Appennino centrale. Tale elemento di specificità porta alla particolare denominazione della successione come "*Successione sabina*", indicativa di un ambiente di transizione in un sistema PC-BP.

Infine, i depositi associati alle ambientazioni di PCP sono molto particolari, di spessore estremamente ridotto, generalmente a struttura nodulare e molto ricchi in resti fossili (prevalentemente ammoniti, lamelli-branchi pelagici, articoli di crinoidi, ecc.), che risultano spesso addensati a causa dello scarso apporto di sedimento carbonatico su questi altofondi pelagici.

Nell'ambito del settore sabino-cornicolano-lucretile dell'Appennino centrale, sono stati individuati nove geositi, alcuni dei quali legati alla geodiversità in ambiente carbonatico specifica dell'area cornicolano-lucretile, altri riguardanti elementi tettonici di particolare importanza regionale.

Nell'ambito dei geositi a valenza stratigrafica, sul versante occidentale del Monte Morra, è stata segnalata una località d'affioramento dei depositi di PC del Trias superiore, caratterizzati da calcari dolomitici con abbondanti resti di grossi *Megalodon* sp. Questo geosito, vista la rarità d'affioramento in Appennino di rocce triassiche fossilifere, riveste una particolare im-

portanza per la ricostruzione della storia geologica dell'intera Regione Lazio.

Gli altri geositi proposti riguardano alcuni aspetti caratteristici dell'ambiente di sedimentazione di PCP, molto diffuso sui Monti Cornicolani e in alcune aree dei Monti Lucretili. In particolare è stata segnalata una località, nel Comune di Montecelio, dove è possibile osservare il *Calcare massiccio* silicizzato, che è esclusivo delle zone di paleoscarpata degli altofondi pelagici. Sempre associato all'evoluzione delle PCP, un altro geosito riguarda i filoni sedimentari presenti nel *Calcare massiccio* (S. Angelo Romano), dovuti alla tettonica medio liassica che ha smembrato la vecchia piattaforma appenninica, dando origine agli altofondi pelagici delle PCP.

Per quanto riguarda i depositi associati all'evoluzione di un BP, nel Comune di Vicovaro è stato segnalato un geosito dove è possibile osservare le caratteristiche tipiche di un ambiente di mare profondo, che ha deposto alla fine del Cretacico inferiore (Aptiano-Albiano) la formazione delle *Marne a fucoidi*. Infine, per quanto riguarda i depositi carbonatici in ambiente di transizione, caratterizzati da intercalazioni carbonato-clastiche, a Fosso dei Ronci (Comune di Vicovaro) è stato segnalato un affioramento di *Scaglia cinerea detritica*, caratterizzata da frequenti *debris flow* carbonatici, tipici dell'ambiente di transizione ("*Successione sabina*").