

LE FORESTE DEL CARBONIFERO

QUADERNI DEL MUSEO GEOLOGICO DELLA CARNIA - 6

Pubblicazione edita con riferimento
alla mostra

Le Foreste del Carbonifero

Ampezzo
Museo Geologico della Carnia
piazza Zona Libera della Carnia, 5
33021 Ampezzo, Udine
geoampezzo@virgilio.it

Comunità Montana della Carnia

Comune di Ampezzo
Provincia di Udine

la mostra è stata curata da
Museo Geologico della Carnia di Ampezzo

coordinamento
Giuseppe Muscio, Margherita Solari

testi
Fabio Marco Dalla Vecchia, Giuseppe Muscio,
Margherita Solari, Corrado Venturini

foto
Archivio Museo Friulano di Storia Naturale, Archivio
Museo Geologico della Carnia (Ciclo Culturale
Fotografico Carnico),
Ivo Pecile

disegni
Roberto Zanella

un particolare ringraziamento a
Museo Friulano di Storia Naturale

LE FORESTE DEL CARBONIFERO

LE ALPI CARNICHE NEL CARBONIFERO

Circa 320 milioni di anni fa, durante il Carbonifero medio, l'attuale settore alpino friulano viene interessato dall'**orogenesi ercinica**: si forma così una catena montuosa, la Catena Paleocarnica, costituita da cime non molto elevate, che vengono rapidamente smantellate.

I rilievi dell'antica Catena Paleocarnica sono nati come iniziali ghirlande di isole sollevate dal mare e piegate dalle compressioni erciniche. Le isole sono poi divenute tutt'uno col vasto continente europeo di allora, al quale lentamente si sono andate saldando col proseguire delle spinte. Lì dove un tempo si estendeva una distesa di acque profonde sono adesso le basse montagne erciniche a stagliarsi contro il cielo del tardo Paleozoico.

Le neofornate montagne sono a tratti interessate da lenti movimenti verticali di abbassamento che favoriscono la formazione di ampie vallate. Le depressioni vallive richiamano le acque piovane che, raccogliendosi in torrenti e fiumi, convogliano nei delta e al mare i detriti. Essi sono formati in prevalenza da ghiaie immature e sabbie erose dai versanti. Si generano così **imponenti appa-**



Pecopteris sp. (x0,2), Cason di Lanza (Paularo), Carbonifero superiore.

Le medullosacee vivevano nelle zone più rialzate degli apparati fluviali e deltizi che 300 milioni di anni fa si estendevano dove oggi svettano le Alpi Carniche. I loro resti, trasportati dal vento o dall'acqua, si accumulavano nei depositi che i fiumi portavano verso il mare.

Neuropteris sp. (x1,5), Cason di Lanza (Paularo), Carbonifero superiore.

Sono indicate con questo nome le fronde di alcune specie di piante della famiglia Medullosaceae. Le pinnule (ovvero le ultime suddivisioni delle foglie delle felci) di *Neuropteris* sono attaccate al rachide (l'asse centrale delle foglie composte, in continuità con il picciolo, su cui sono inserite le foglioline) solamente mediante la parte centrale della base e sono più grandi di quelle dei generi *Alethopteris* e *Pecopteris*. Il genere fu comune soprattutto durante l'intervallo Carbonifero-Permiano inferiore.



Pecopteris sp. (x1), Cason di Lanza (Paularo), Carbonifero superiore.

Le pinnule di *Pecopteris* si distinguono da quelle simili di *Alethopteris* e *Neuropteris* perché hanno la base che si attacca al rachide della pinna in tutta la sua lunghezza, senza rientri e senza prolungamenti verso la pinnula precedente. Il genere apparve già nel Devoniano, fu comune durante il Carbonifero e si estinse nel Permiano.

rati deltizi che, influenzati dai progressivi abbassamenti del territorio e dalla quantità di apporti solidi convogliati dai fiumi, ora si ampliano verso mare ora invece indietreggiano, in un alternarsi di avanzamenti e arretramenti con periodici spostamenti della linea di riva.

Il settore carnico-tarvisiano è ora prossimo all'equatore. Durante il tardo Carbonifero superiore le estreme latitudini del pianeta si stanno coprendo di ghiacci risentendo di un raffreddamento globale del clima. La posizione equatoriale tutela l'area carnica da ogni possibile effetto glaciale diretto, eppure, osservando bene il territorio e la linea di costa, appare evidente un effetto particolare riferibile con certezza al glacialismo in atto: le periodiche oscillazioni del livello marino, con escursioni da pochi metri a qualche decina, raccontano indirettamente le modificazioni globali della temperatura media terrestre.

Sull'area carnica di 300 milioni di anni fa continua ad insistere un **clima caldo-umido subtropicale**; l'abbondanza di piogge consente lo sviluppo di foreste con flore palustri (licopodiali ed equisetali) concentrate nelle zone acquitrinose delle piane deltizie. Sulle pendici dei rilievi fiancheggianti le depressioni vallive trovano spazio piante di terreni più asciutti (pteridosperme, cordaiti e "felci") con esemplari di grandi dimensioni.

I fiumi trasportano verso il mare abbondanti ghiaie quarzose, sabbie e limi. Mentre le prime si depositano lungo il fronte emerso dei delta, le sabbie e i fanghi, più facilmente trasportabili dalle acque, vengono sospinti al largo adagiandosi sui fondali.

Verso il largo, dove anche le fanghiglie giungono solo occasionalmente, si sviluppano sedimenti calcarei originati dall'accumulo di infiniti gusci, impalcature ed involucri carbonatici prodotti dagli organismi più vari: fusulinidi, gasteropodi, brachiopodi, trilobiti, crinoidi, briozoi, e da vari tipi di alghe.

Il settore carnico pare trasformato in un paradiso amazzonico. La caratteristica più evidente in questa nuova ed inaspettata rivoluzione del territorio è proprio la vegetazione che colora e modifica il paesaggio. Tra le piante si scorgono **anfibi e i primi rettili**, le cui impronte restano impresse sulle rive melmose dei numerosi acquitrini e sono in parte destinate a fossilizzarsi.

Ad intervalli regolari, il mare riguadagna le posizioni conquistate in precedenza dai delta e quando questo accade intere aree coperte da vegetazione soccombono alla forza delle mareggiate. Le piante sono abbattute con forza ed accatastate presso le rive, sopra i sedimenti ancora molli. Successivamente, fanghi e sabbie marine le ricoprono consentendo la formazione di perfette impronte delle cortecce, dei rami e delle foglie. Ogni loro più piccolo solco o nervatura è registrato con precisione assoluta.

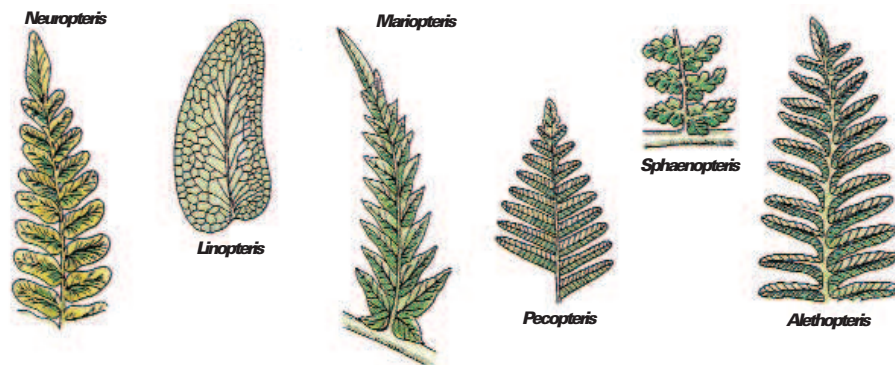
Sono tutti dati estremamente utili ai fini sia della ricostruzione dell'evoluzione biologica del pianeta, sia della comprensione dell'ambiente che dominava l'alto Friuli di allora e, infine, risultano indispensabili per assegnare un'età ai sedimenti correlandoli con altre successioni rocciose coeve depositate, ad esempio, nei settori europei e americani.

Si passa così attraverso il limite Carbonifero-Permiano, situato all'incirca 300 milioni di anni fa. Nel tardo Carbonifero superiore e nel Permiano inferiore i movimenti verticali del territorio, generalmente in abbassamento, hanno determinato lungo particolari fasce una transizione



L'area di Passo Pramollo (sopra le bancate del Monte Auernig) e di Cason di Lanza (Paularo, sotto), sono quelle più note per gli affioramenti del Carbonifero superiore.

Le flore fossili che provengono da queste due zone mostrano leggere differenze nella loro composizione, legate alle età leggermente diverse delle rocce affioranti ed alle condizioni paleogeografiche e paleoambientali.



Forma delle "foglie" più diffuse nei depositi del Carbonifero superiore delle Alpi Carniche.

dall'ambiente continentale a quello marino.

I "resti" delle antiche foreste

Le foreste carbonifere hanno lasciato in questo territorio significative testimonianze. In particolare nei livelli dell'insieme di formazioni rocciose che viene definito come "Permo-Carbonifero Pontebbano" si trovano stupendi resti di vegetali, fossili che arricchiscono le collezioni di numerosi musei in tutto il mondo.

Dalla fascia di confine fra Italia ed Austria, in particolare nelle zone di Cason di Lanza (Paularo) e Passo Pramollo (Pontebba), provengono lastre di arenarie e siltiti con fronde di felci arborescenti (*Pecopteris*, *Alethopteris*, *Neuropteris*) perfettamente conservate, ma anche frammenti di rami e tronchi, semi ed altri resti di vegetali.

Più in dettaglio i resti vegetali sono diffusi soprattutto nei livelli del "Gruppo di Pramollo" (che riunisce le rocce delle Formazioni di Pizzul, Auernig, Carnizza e Corona) datati al Moscoviano-Gzeliano (Carbonifero superiore, circa 310-300 milioni di anni fa)

La vita nelle foreste carbonifere

Le foreste attuali rappresentano ecosistemi particolarmente ricchi di biodiversità e, pro-



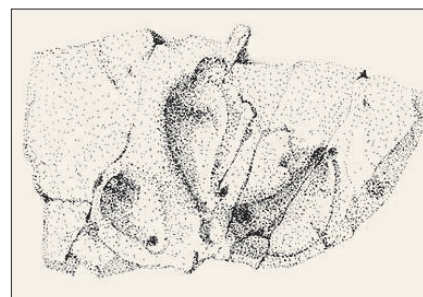
Cyperites bicarinatus e ?*Filicales* (x1), Passo Pramollo (Pontebba), Carbonifero superiore. Le sottili strutture allungate nella parte inferiore destra della lastra sono le tipiche foglie di *Sigillaria* alle quali è stato attribuito il nome *Cyperites* quando ancora non ci si era resi conto che fossero le foglie di quella pianta. La fronda sulla sinistra potrebbe avere sporiferi e quindi appartenere ad una "vera" felce.



L'impronta dell'ala, lunga una decina di centimetri, di un antico progenitore delle libellule. Nella lastrina, rinvenuta presso Passo Pramollo, si notano altri frammenti di vegetali.



Impronta della zampa anteriore destra di *Limnopus*, un anfibio primitivo; sotto, il relativo disegno. Proviene dalla zona della Val Dolce a Nord di Cason di Lanza (Paularo).



tabilmente, lo erano anche in passato.

La difficoltà di fossilizzazione in ambiente continentale ed il fatto che molti degli animali presenti fossero invertebrati hanno fatto sì che le testimonianze giunte sino a noi siano piuttosto scarse.

Molti erano certamente gli insetti, non quelli impollinatori (non vi erano le piante a fiori) ma altri di grandi dimensioni, simili alle attuali libellule; eccezionale è il rinvenimento presso Passo Pramollo delle tracce fossili delle loro ali.

Anche alcuni dei grandi anfibio hanno lasciato alcune impronte a testimonianza della loro presenza.

Interessanti e ricche sono anche le faune che provengono dai livelli circa coevi depositatisi negli ambienti marini che bordavano le aree emerse o che ad esse si sostituivano nelle fasi di incremento del livello marino. Vi si trovano resti fossili di Brachiopodi, Briozoi, Trilobiti, Bivalvi, Gasteropodi.



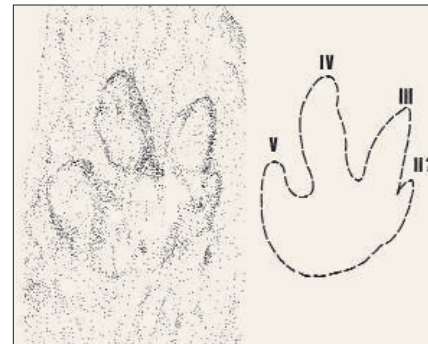
Sigillaria sp. (x0,3), Passo Pramollo (Pontebba), Carbonifero superiore. *Sigillaria* è il nome attribuito al tronco di una pianta dell'Ordine Lepidodendrales strettamente imparentata con i piccoli calamaria e lycopodio attuali. Si trattava di veri e propri "alberi" che potevano superare i 20 metri di altezza ed avevano un fusto diritto che terminava con un gran ciuffo di foglie allungate e sottili.



Alethopteris sp. (x 0,8), Cason di Lanza (Paularo), Carbonifero superiore. Sono indicate con il nome di *Alethopteris* le fronde di alcune specie di piante della famiglia Medullosaceae diffuse tra il Carbonifero superiore ed il Permiano inferiore in Europa e Nord America; se ne conoscono quasi 60 specie diverse.



Impronta della zampa anteriore destra di *Hylopus* cfr. *hardingi*, un anfibio primitivo; sotto il relativo disegno. Proviene dal Monte Auernig, ad Est di Passo Pramollo (Pontebba).





I VEGETALI E LA LORO CLASSIFICAZIONE

I vegetali conservati nei livelli del Carbonifero della Carnia appartengono a raggruppamenti (taxa) diversi.

La sistematica delle piante è, in generale, meno nota di quella degli animali, ma così come le specie e i generi animali vengono raggruppati in famiglie, ordini, classi e phyla, la sistematica dei vegetali è basata anch'essa su specie e generi riuniti in famiglie, ordini, classi e divisioni (anziché phyla).

Oggigiorno, rispetto alla tassonomia classica, basata soprattutto su aspetti morfologici, viene preferita la sistematica filogenetica che, semplificando, tiene conto della storia evolutiva dei taxa. Su queste basi alcuni taxa considerati separati (come Alge Verdi, Briofite, Pteridofite, Gimnosperme e Dicotiledoni) sono invece gruppi molto affini, che derivano da un progenitore comune, e dovrebbero essere considerati solo come gradi di organizzazione diversi all'interno di uno stesso raggruppamento (secondo le visioni più recenti, alcuni dei raggruppamenti del passato hanno infatti perso valore).

I Vegetali includono le **Alge** (glaucofite, rodofite e alghe verdi) e le **Embriofite** (le piante terrestri). I vegetali terrestri più primitivi appartengono alla **Divisione Bryophyta** (diffusi dall'Ordoviciano all'Attuale) che include vegetali di piccole dimensioni come epatiche e muschi, privi di vasi conduttori e legati ad ambienti umidi.

Le più primitive piante vascolari (**Divisione Tracheophyta**) appartengono alla **Classe Rhyniopsida** (Siluriano superiore-Devoniano superiore) e sono prive di vere foglie e radici.

La **Classe Psilopsida** (Devoniano-Attuale) è costituita da piccole piante, prive di vere radici e di foglie (oggi sono presenti solo due generi).

La **Classe Lycopodiopsida** (Devoniano-Attuale) si riproduceva mediante spore ed ebbe una grande diffusione nelle foreste del Carbonifero superiore, soprattutto con l'Ordine Lepidodendrales costituito da veri e propri "alberi". Oggi è rappresentata dal solo *Lycopodium*,

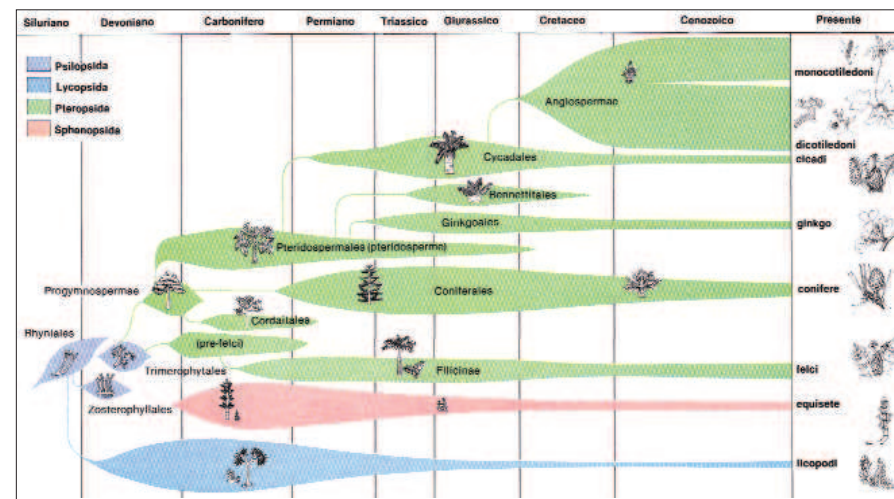
La **Classe Sphenopsida** (Devoniano-Attuale) include le Equisetali, caratterizzate da rami e foglie sviluppati in verticilli alternati e tipiche di ambienti umidi. Sono simili all'odierno *Equisetum*, o "coda di cavallo". Alcuni autori considerano le Equisetali come i più antichi rappresentanti della **Divisione Pteridophyta**, piante già evolute con fusto, vere radici, foglie e un sistema vascolare.

La **Classe Filicopsida** (Devoniano-Attuale) include vari ordini tra i quali Filicales (le vere fel-

Fronda di "felce arborescente" del genere *Pecopteris*. Fra Passo Pramollo e Cason di Lanza, vi sono numerosi affioramenti fossiliferi ricchi in resti di questi (ad altri) vegetali del Carbonifero (1,5x).



In un bosco attuale convivono spesso conifere (come pini ed abeti che fanno parte delle Gimnosperme), fiori ed erbe così come faggi sono Angiosperme (piante con i fiori); sui tronchi sono frequenti muschi e licheni.



Lo schema illustra in modo semplificato l'evoluzione delle piante: con il Triassico (inizio del Mesozoico) il precedente manto vegetale viene gradualmente sostituito, con la diffusione delle Gimnosperme, da piante come Benettiali e Cicadali. Questi vegetali hanno grosse strutture fogliari ed un aspetto palmiforme. Alla fine del Mesozoico compaiono le prime Angiosperme, piante provviste di fiori.

ci).

Le "piante superiori" venivano in passato riunite sotto le classi **Gymnospermopsida** (piante che producono semi e non necessitano di un ambiente umido per svilupparsi: Pteridospermales o "felci con i semi", Devoniano-Cretaceo; Cordaitali, Carbonifero-Permiano; Ginkgoali, Permiano-Attuale; Cicadofite, Carbonifero superiore-Attuale); Voltziales, Carbonifero superiore-Triassico e Coniferali, Carbonifero superiore-Attuale) e **Angiospermopsida** (Cretaceo inferiore-Attuale, suddivise in passato in Monocotiledoni e Dicotiledoni, includendo così tutte le piante con i fiori). Oggigiorno le piante superiori hanno una nuova sistematica molto più complessa, anche se non ancora ben definita.

Quelle che chiamavamo angiosperme fanno oggi parte della **Divisione Magnoliophyta**, mentre le gimnosperme comprendono le **Divisioni Pinophyta, Ginkgophyta, Cycadophyta e Gnetophyta**. Tutte queste divisioni vengono riunite nella **Superdivisione Spermatophyta**.

LA CONQUISTA DELLE TERRE EMERSE

L'evoluzione della vita sulla Terra è punteggiata dal susseguirsi di momenti significativi. Uno di questi si verifica nell'Ordoviciano, circa 450 milioni di anni fa, quando alcune semplici forme vegetali "escono dall'acqua" colonizzando, per prime, le terre emerse.

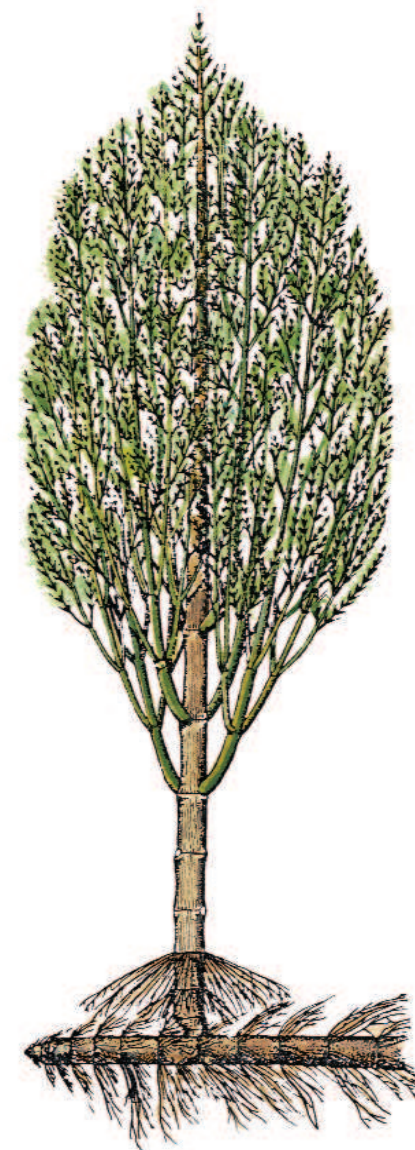
Questa conquista è resa possibile dal fatto che l'atmosfera terrestre mostra una significativa presenza di ossigeno: solo quando viene raggiunto un valore pari a circa il 10% dell'ossigeno attualmente presente nell'atmosfera è possibile la diffusione della vita sulle terre emerse.

Come noto, una delle caratteristiche fondamentali delle piante è la fotosintesi: essa costituisce un'importante via metabolica che consiste nell'organizzazione del carbonio atmosferico presente come CO_2 in composti organici, con scarto di O_2 .

Lo sviluppo comportò, nell'ambiente di centinaia di milioni di anni fa, un radicale cambiamento all'interno dell'atmosfera originaria con un significativo incremento della

Annularia stellata (1,5), Cason di Lanza (Paularo), Carbonifero superiore.

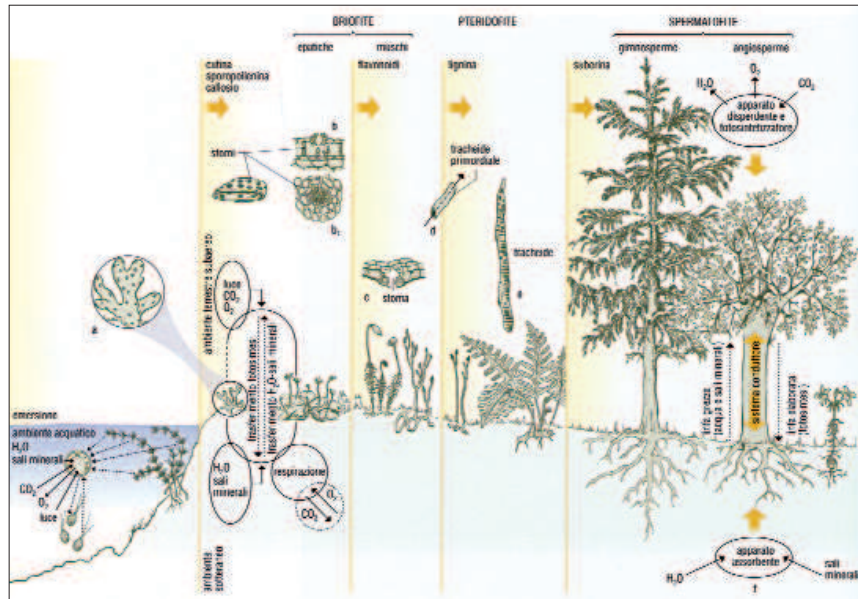
Nel Carbonifero esistevano equiseti giganti, parenti stretti delle attuali code di cavallo (Ordine Equisetales), che raggiungevano i 30 metri di altezza. All'inizio del XIX secolo le fronde di questi equiseti, caratterizzate da foglie disposte a circolo sui verticilli, furono chiamate *Annularia*, mentre al tronco ed alle radici, trovate separate, furono attribuiti nomi diversi. A destra, ricostruzione di *Calamites*, nome dato a tronco e rami di un vegetale le cui foglie sono note come *Annularia*.



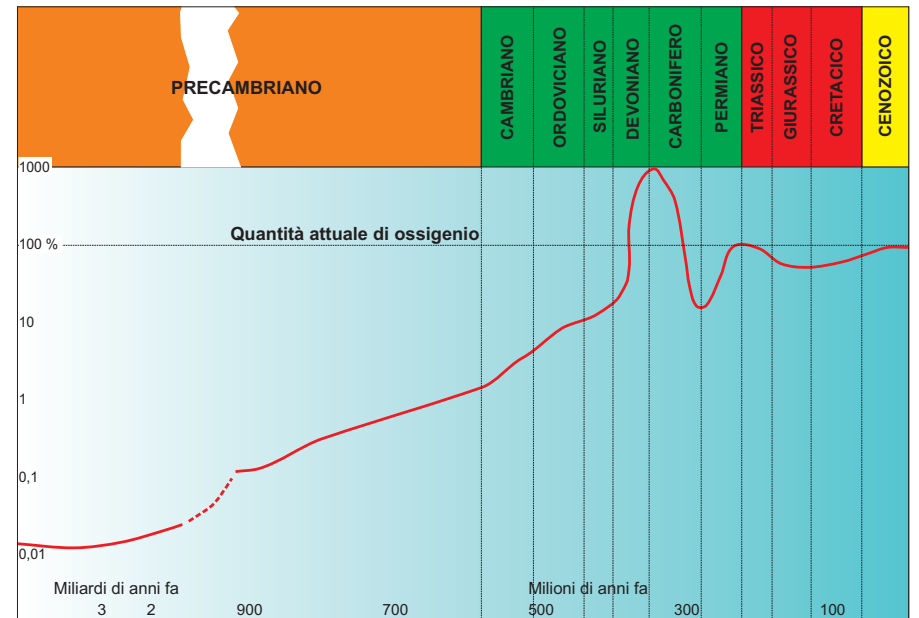
quantità di ossigeno inizialmente presente. Le piante rappresentano quindi un elemento fondamentale per lo sviluppo di organismi aerobi seguito poi dal consolidarsi della vita nell'ambiente sub-aereo.

I primi vegetali terrestri

Fu già durante l'Ordoviciano che le piante avviarono la loro conquista delle terre emerse: avevano già struttura complessa con qualcosa di simile ad un apparato radicale, fusto e foglie; prive di fiori, si riproducevano per mezzo di spore. È probabile che fossero simili alle attuali briofite con forme paragonabili alle alghe ma dotate di un "fusto" di sostegno. Dopo la diversificazione avvenuta durante il Siluriano, a metà Devoniano la maggior parte



Le psilofitali sono le più antiche piante terrestri, vivono in paludi, hanno un sistema di filamenti (rizoidi) che fungono da radici e originano il primo, insolito, manto vegetale: basso, strisciante, una sorta di foresta nana che non raggiunge il mezzo metro di altezza. Il disegno (tratto dall'Atlante della Vita, Utet ed.) rappresenta schematicamente le modalità di conquista delle terre emerse da parte dei vegetali e le successive fasi evolutive. Le piante terrestri derivano dalle Alghe Verdi e, per la conquista della terraferma, dovettero progressivamente svincolarsi dall'acqua attraverso una serie di adattamenti. Le forme di passaggio sarebbero rappresentate dalle Briofite, (Muschi, Epatiche) veri organismi pionieri. In essi si nota già una tendenza a sviluppare organi specializzati, cioè un primitivo organo di ancoraggio al substrato e un rudimentale fusticino con piccole foglie. Il passo successivo fu effettuato prima dalle Psilofitali e poi da felci arboreescenti, equiseti, lycopodi, che svilupparono un sistema vascolare (quello che serve per condurre la linfa dalle radici alle foglie): le piante sintetizzano la lignina con la formazione di tracheidi (le cellule fondamentali nella produzione del legno). Le felci arboreescenti (dotate di semi), oggi estinte, costituirono la via evolutiva più importante, in quanto il seme implica la capacità di svincolare la riproduzione dall'acqua. Successivamente, dal Permiano, si diffusero le prime Spermatofite (come le conifere attuali) fino a che, con le Angiosperme (piante con fiori), la vegetazione assume un aspetto simile all'attuale.



delle strutture e funzioni tipiche delle piante attuali erano presenti (radici, foglie e legno) ed alla fine del Devoniano i semi si erano evoluti. Nel tardo Devoniano era stato raggiunto un significativo grado di sofisticazione che consentì la formazione di boschi con alberi ad alto fusto.

Nel grafico è rappresentata la quantità di ossigeno in atmosfera nell'arco degli oltre 4,5 miliardi di anni di storia della Terra. Solo quando viene raggiunto un valore pari a circa il 10% dell'ossigeno attualmente presente nell'atmosfera è possibile la diffusione della vita nelle terre emerse.

Le prime foreste

Nel Devoniano (circa 400 milioni di anni fa) si verifica quindi una forte diffusione dei vegetali che porta, come già detto, ad un sostanziale mutamento nel paesaggio terrestre, con la comparsa delle prime piante arboree e le prime foreste.

Esse raggiungono la massima diffusione durante il Carbonifero, favorite in ciò dalle condizioni paleogeografiche e paleoclimatiche. Molte terre emerse, infatti, sono distribuite nell'area tropicale e sono bagnate da mari poco profondi.



Calamites sp. (x0,4), Cason di Lanza (Paularo), Carbonifero superiore. È il tronco dell'equiseto gigante del Carbonifero: nella regione equatoriale, dove al tempo era situata la Carnia, questi vegetali formavano vere e proprie foreste, contribuendo alla formazione dei grandi depositi di carbone dai quali il periodo trae il nome

Le piante del Carbonifero

La vegetazione delle foreste carbonifere assomiglia a quella odierna solo nell'aspetto: le conifere e le piante da fiore, come detto, si evolveranno solo molto più tardi. Le piante carbonifere rappresentano, soprattutto, gli enormi parenti degli attuali licopodi, equiseti e felci: piante che oggi sono alte pochi decimetri avevano allora progenitori che si sviluppavano per decine di metri in altezza.

Tra le **Licopodiali** due generi sono molto diffusi durante il Paleozoico: i lepidodendri e le sigillarie. I primi, alti fino a 30 metri, presentano ramificazioni dicotomiche con rami rivestiti di foglie aghiformi disposte a spirale. Le sigillarie hanno invece l'aspetto delle odierne palme, con foglie disposte a ciuffi che raggiungono la lunghezza anche di un metro. La superficie del tronco mostra evidenti cicatrici disposte in file verticali, simili a sigilli, da cui il nome.

Note come "felci con semi", le **Pteridosperme** hanno l'aspetto delle felci ma, rispetto a queste, producono semi all'estremità dei rami (le felci odierne si riproducono, invece, per mezzo di spore) e raggiungono dimensioni notevolmente superiori, fino ad alcune decine di metri: vengono per questo chiamate anche "felci arboreescenti".

I rinvenimenti fossili di queste piante sono sempre frammentari e, spesso, a parti diverse della stessa pianta (fusto, radici, foglie) sono stati attribuiti nomi diversi. Fra i fusti più comuni di queste felci arboreescenti vi sono *Medullosa* e *Suttcliffia* ma le cui foglie sono note come *Alethopteris*, *Pecopteris* e *Neuropteris*.

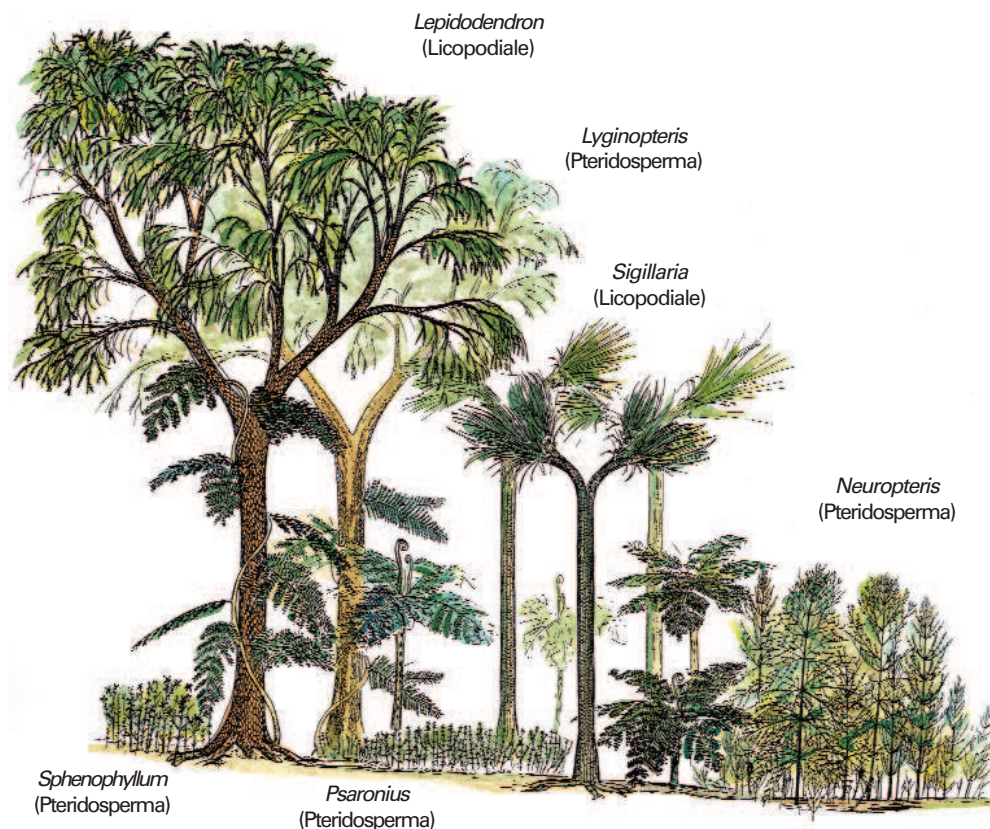
Alle **Equisetali** appartengono sia forme arboree che erbacee. La caratteristica comu-



Alethopteris sp. (x0,5), Cason di Lanza (Paularo), Carbonifero superiore. La caratteristica immediatamente identificabile di questa pianta è la presenza di una proiezione della base di ciascuna "pinnula" che si proietta ed attacca alla base della pinnula precedente. In Friuli *Alethopteris* è frequente nei depositi più antichi del Carbonifero superiore, mentre in quelli più recenti domina il genere *Pecopteris*.



Fra i fusti più comuni di felci arboreescenti vi sono *Medullosa* (a destra) e *Suttcliffia* cui appartengono le foglie note come *Alethopteris*, *Pecopteris* e *Neuropteris*.



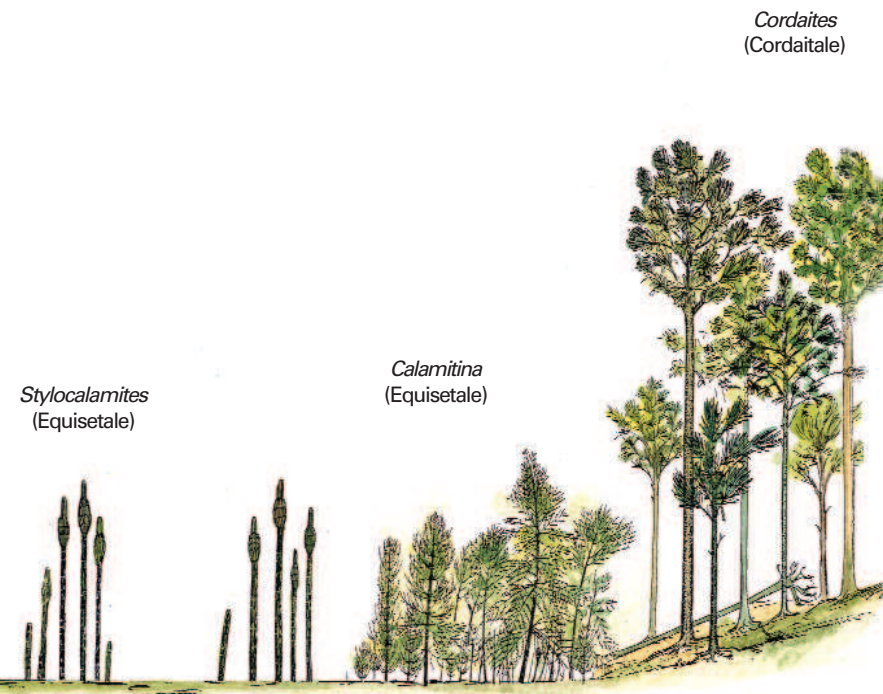
ne è il tronco suddiviso in una serie di "articoli" ed i rami posti fra un segmento e l'altro del fusto. Fra le Equisetali più diffuse del Carbonifero vi sono le *Calamites*, nome dato a tronco e rami di un vegetale le cui foglie sono note come *Annularia*. Si tratta di alberi molto simili agli equiseti attuali che, però, sono oggi alti pochi decimetri.

L'evoluzione successiva

L'innovazione evolutiva continua dopo il Paleozoico, anche se la maggior parte dei gruppi vegetali escono relativamente indenni dalla grande estinzione del passaggio fra Permiano e Triassico (ovvero al limite fra Paleozoico e Mesozoico). Questo importante evento nella storia della vita sulla Terra ha però preparato il terreno per l'evoluzione delle Angiosperme (piante a fiori) dalla fine del Triassico (circa 200 milioni di anni fa), gruppo che poi si espande nel Cretaceo e Terziario.

L'ultimo gruppo di piante ad evolversi sono state quelle che chiamiamo "erbe", (che sono per la maggior parte Graminacee) che divengono significative dalla metà del Terziario (circa 30-40 milioni di anni fa). Le erbe, così come altri gruppi, mostrano nuovi meccanismi metabolici, adatti a sopravvivere alle basse concentrazioni di CO₂ e al clima caldo e asciutto, comune nel

Nelle zone acquitrinose, durante il Carbonifero, si sviluppavano licopodiali ed equisetali mentre i "boschi" dei rilievi circostanti erano popolati da pteridosperme (felci arboreescenti) e cordaitali (progenitori delle attuali conifere).



corso degli ultimi 10 milioni di anni. Ciò ha comportato un enorme sviluppo e diffusione delle erbe a scapito di quei gruppi che, rimanendo ancorati a vie metaboliche più semplici, non ebbero più lo sviluppo di un tempo.



Ricostruzione di una foresta del Carbonifero in Carnia.



LA FOSSILIZZAZIONE DEI VEGETALI

La fossilizzazione è un processo grazie al quale resti di organismi animali e vegetali vissuti nel passato o tracce degli stessi possono conservarsi nei sedimenti della crosta terrestre, divenendo fossili.

Affinché questo processo possa verificarsi è necessario che l'organismo, alla sua morte, sia rapidamente isolato dagli agenti esterni distruttivi, acquistando così una sufficiente stabilità fisico-chimica rispetto al sedimento che lo ingloba. Nella maggior parte dei casi la fossilizzazione consente il buon riconoscimento delle forme originali dei fossili.

Le forme di fossilizzazione più note sono mineralizzazione, incrostazione, mummificazione, inglobamento, carbonificazione.

Fra le varie mineralizzazioni è la silicizzazione, peraltro rara, che permette la conservazione anche dei dettagli dei vegetali. Sono note le foreste fossili che presentano proprio questa conservazione (Arizona, New Mexico, Argentina...).

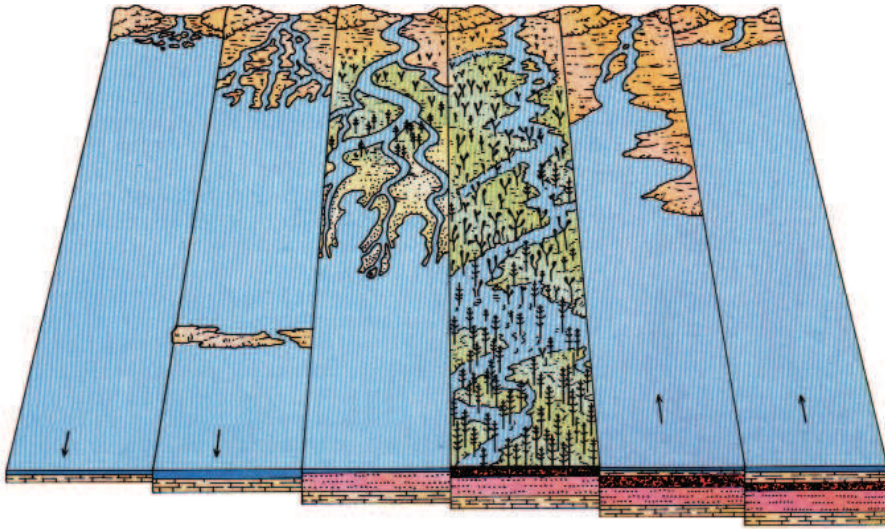
Delle grandi e antiche foreste che coprivano il nostro pianeta non rimangono più tracce se non i loro resti fossili. Il processo di fossilizzazione che più comunemente interessa i resti vegetali, la carbonificazione, quando si



Tronco silicizzato nella "petrified forest" del New Mexico (Usa).

Sigillaria sp. (x1), Passo Pramollo (Pontebba), Carbonifero superiore.

Il genere *Sigillaria* visse durante il Carbonifero e si estinse all'inizio del Permiano. I suoi resti fossili sono stati trovati in tutti i paesi che a quel tempo si trovavano a latitudini equatoriali. Il fusto era privo di lignina (assimile alla cellulosa è il componente fondamentale del legno); sono evidenti le caratteristiche cicatrici poligonali lasciate sulla sua superficie dalla caduta delle foglie.



sviluppa nella sua completezza, porta alla trasformazione dei resti organici in carbone, che non reca più tracce della struttura originaria dell'organismo.

Il processo comporta una continua perdita di atomi di idrogeno e ossigeno, con il conseguente graduale incremento del carbonio. I resti vegetali fossili sono, come detto, riconoscibili solo se la carbonificazione non è completa.

Questo processo, molto diffuso, di fossilizzazione a carico dei vegetali ha portato alla formazione dei grandi giacimenti di carbone fossile soprattutto per il periodo Carbonifero, risalenti a circa 360-300 milioni di anni fa. Durante questo lasso di tempo geologico grandi aree della terra, oggi corrispondenti a Cina, India, Australia, Africa, Nordamerica e parte dell'Europa, erano coperte di vasti acquitrini, circondati da lussureggianti foreste la cui crescita era favorita da un clima caldo-umido di tipo tropicale. I resti di queste antiche foreste costituiscono la base degli accumuli di carbone fossile. La loro ge-

L'evoluzione di un'area costiera illustra anche la modalità di genesi dei depositi di carbone: un delta fluviale avanza progressivamente, con lo sviluppo di rigogliose foreste, la sedimentazione poi cala ed il mare riprende ad occupare le terre precedentemente abbandonate. Questo ciclo può ripetersi più volte e ciò spiega la ciclicità dei depositi di carboni originati da grandi accumuli di resti vegetali.

nesi è dovuta soprattutto all'azione di particolari batteri anaerobici, che, come detto, attaccando i resti vegetali, eliminano l'ossigeno e l'azoto e li arricchiscono così indirettamente di carbonio.

Anche per quanto riguarda le foreste carbonifere del Friuli sono associabili ridotti livelli di carbone, noti per l'area di Passo Pramollo. Più diffusi sono invece i depositi di carbone presenti nei livelli del Triassico.



Foto di:

Ivo Pecile 8, 16

Archivio Museo Friulano di Storia Naturale 10b, 11, 13

Archivio Museo Geologico della Carnia 4, 5, 6, 10a, 12, 14,
17, 21, 22, 28

Wikiedia commons (Serge Laviolette) 29