



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA

Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali

Corso di Laurea in Scienze Geologiche

TESI DI LAUREA

**Revisione dei resti di *Neosqualodon* (Mammalia; Cetacea)
del Miocene inferiore della Sicilia**

Relatore:

Dott. Giovanni Bianucci

Candidato:

Diego Barucco

Correlatore:

Prof. Walter Landini

ANNO ACCADEMICO 2005-2006

Ai miei genitori

Indice

Introduzione	5
Capitolo I - Inquadramento geologico dell'area ibleiana	8
Le successioni mesozoiche.....	14
Le successioni terziarie.....	23
Analisi stratigrafica nella zona di Ragusa.....	44
Capitolo II - Gli squalodontidi nel contesto evolutivo dei cetacei	50
Gli Archeoceti.....	56
I Mysticeti.....	58
Gli Odontoceti.....	60
La superfamiglia dei Platanistoidi.....	63
La famiglia Squalodontidae.....	66
I generi della famiglia Squalodontidae.....	69
Il genere <i>Squalodon</i>	69
Il genere <i>Neosqualodon</i>	71
Capitolo III - Descrizione dei reperti: <i>Neosqualodon assenzae</i> e	
<i>Neosqualodon gemmellaroi</i>	83
<i>Neosqualodon assenzae</i>	86
<i>Neosqualodon gemmellaroi</i>	115
Capitolo IV - La dentizione nei cetacei arcaici	144
Paleocene.....	147
Eocene.....	152
Oligocene.....	162

Miocene.....	170
Morfologia funzionale dell'apparato dentario in <i>Neosqualodon</i>	179
Capitolo V - Considerazioni paleobiogeografiche.....	185
Capitolo VI - Conclusioni.....	193
Ringraziamenti.....	198
Bibliografia.....	199

Introduzione

Il presente lavoro di tesi prende in esame i resti fossili di due olotipi di cetacei odontoceti attribuiti alle specie *Neosqualodon assenzae* e *N. gemmellaroi*, provenienti da giacimenti miocenici dell'area ragusana in Sicilia. Questi olotipi sono caratterizzati da dimensioni del cranio ridotte e da denti soprannumerari con morfologie molto particolari, tali da essere stati certamente l'elemento più importante e più studiato dagli autori del passato; infatti, la collocazione tassonomica dei reperti fu dimostrata esclusivamente sulla base di queste peculiarità. Sebbene le serie dentarie abbiano delle analogie con quelle delle specie mioceniche appartenenti al genere *Squalodon*, i denti posteriori presentano denticolazioni accessorie molto più marcate.

I due olotipi furono scoperti per caso all'interno di cave di calcare e di bitume. Le date del ritrovamento non sono note con certezza, ma è presumibile che la scoperta del *N. assenzae* sia avvenuta alla fine dell'800, mentre del *N. gemmellaroi* tra la fine dell'800 e primi anni del'900. I reperti rimasero esposti nelle collezioni degli uffici amministrativi delle rispettive società che gestivano le cave, fin quando non furono donati degli istituti universitari: il *N. assenzae* all'Università di Firenze, mentre il *N. gemmellaroi* all'Università di Palermo.

Il *N. assenzae* fu il primo ad essere studiato e inizialmente fu attribuito da Forsyth Mayor in spec. ad una nuova specie di *Squalodon* che chiamò *S. assenzae*. In seguito fu Dal Piaz (1904) ad eseguire la prima descrizione approfondita dove riconobbe che il resto fossile, sebbene avesse alcune analogie con il genere *Squalodon*, differiva notevolmente per le conformazioni assunte dai denti, istituendo così il nuovo genere: *Neosqualodon*. Nel frattempo il reperto di *N. gemmellaroi* fu donato a G. Gemmellaro del Museo Paleontologico dell'Università di Palermo, il quale, dopo aver fatto eseguire un dettagliato disegno, lo conservò non dando molta importanza alla scoperta. Alcuni anni più

tardi il figlio M. Gemmellaro ne pubblica un'accurata descrizione (Gemmellaro, 1920), nella quale, confrontando le morfologie dentarie con le foto del *N. assenzae* pubblicate da Dal Piaz (1904), esprime con certezza l'appartenenza alla stessa specie.

Nel 1949 Fabiani esegue una rivisitazione dei reperti di odontoceti miocenici del territorio siciliano e, riesaminando il reperto di Palermo, si accorge che le conclusioni di Gemmellaro (1920) non concordano con quello che effettivamente sono le differenze da lui riscontrate nei denti dei due esemplari. Egli quindi decide di istituire una nuova specie, il *N. gemmellaroi*. Nel medesimo lavoro esamina anche altri resti frammentari di *Neosqualodon* che attribuisce a *N. gemmellaroi*.

L'ultima rivisitazione sistematica del genere si deve a Rothausen (1968) il quale si basa esclusivamente su un'analisi dei denti, inserendo nel suo lavoro sia alcuni reperti studiati dal Fabiani (1949) sia un frammento mandibolare con un unico dente ritrovato nei pressi di Acqui, olotipo della specie *Neosqualodon gastaldii*. Egli include nel genere due specie: il *N. assenzae* e il *N. gastaldii*, quest'ultima viene suddivisa in tre sottospecie *N. gastaldii gastaldii* (olotipo: il reperto rinvenuto ad Acqui), *N. gastaldii gemmellaroi* (olotipo: il reperto descritto da Gemmellaro nel 1920 e Fabiani nel 1949) e *N. gastaldi major* (olotipo: un frammento mandibolare e mascellare descritto da Fabiani 1949).

In questo lavoro noi non terremo conto della suddivisione sistematica proposta da Rothausen (1968) in quanto non riconosciamo nel reperto di *N. gastaldii gastaldii* caratteri diagnostici tali da considerarlo come una sottospecie distinta. Manterremo invece la suddivisione di Fabiani (1949) basate su i due reperti più completi.

Dal Piaz inserisce il genere *Nesqualodon* all'interno della famiglia Squalodontidae, uno dei più importanti gruppi di odontoceti Oligo-Miocenici. *Squalodon*, il genere tipo della famiglia, è stato così chiamato perché presenta dei denti molari e premolari vagamente simili a quelli degli squali. A sua volta la

famiglia Squalodontidae è inclusa nella superfamiglia Platanistoidea che raccoglie per lo più specie estinte.

Attualmente però il genere *Neosqualodon* è considerato *incerta sedis*, in quanto nel 1994 Muizon definisce la famiglia Squalodontidae sulla base di tre caratteri, due dei quali riguardano la porzione ventrale ed uditiva del cranio, purtroppo mancante negli olotipi delle due specie di *Neosqualodon*, come anche il terzo carattere definito sulla morfologia della scapola.

La notevole importanza di questi reperti riguarda principalmente le caratteristiche del cranio e dei denti, caratteristiche che potrebbero essere in relazione a particolari adattamenti morfo-funzionali. Non esistono, infatti, forme analoghe né all'interno della famiglia Squalodontidae né all'interno della superfamiglia Platanistoidea. Inoltre i ritrovamenti degli olotipi e dei pochi reperti frammentari attribuiti a *Neosqualodon*, sono esclusivi dell'area mediterranea, il che fa supporre una possibile distribuzione endemica del genere. Ciò giustificherebbe in parte l'insieme dei caratteri tipici del genere.

Questo lavoro si propone non solo di ridescrivere accuratamente i due olotipi ma anche di condurre un'analisi morfo-funzionale sulla base delle peculiarità riscontrate. L'analisi morfo-funzionale prenderà in considerazione ipotesi di particolari strategie trofiche, adottate dalle due specie, a partire dall'analisi delle forme denti, dalla loro disposizione e più in generale dalla struttura del cranio. Discutendo su questi aspetti, prenderemo a confronto anche le morfologie dentarie di altre forme arcaiche, osservando sia il graduale adattamento trofico dei cetacei durante il passaggio dall'ambiente continentale a quello marino, sia le varie strategie trofiche adottate prettamente in ambiente acquatico. Metteremo inoltre in risalto le somiglianze tra le morfologie dentarie di *Neosqualodon* e quelle di alcuni archeoceti e misticeti basali.

Infine tali considerazioni verranno riprese nella discussione sulle possibili origini di questo genere.

I
CAPITOLO

Inquadramento geologico dell'area ibleiana

I

Inquadramento geologico dell'area ibleiana

La Sicilia è un'isola situata in una zona pressoché centrale del mar Mediterraneo e, a livello regionale, la sua storia tettonico-sedimentaria è conseguenza delle fasi evolutive che hanno portato alla formazione della catena appenninica.

Nel discutere della geologia siciliana dobbiamo considerare le relazioni tettoniche fra l'area mediterranea e l'area atlantica già a partire dalla base del Mesozoico.

La Sicilia si suddivide in tre aree geologiche: a nord la catena Appennino-Maghrebiana, al centro la depressione di Caltanissetta, e nella porzione sud orientale l'altopiano ibleiano. Questa suddivisione è il risultato diretto dei rapporti di convergenza fra la placca africana e la placca europea (Patacca *et alii*, 1976).

La regione dell'altopiano ibleiano, di domino africano, subduce al disotto della falda di Gela rappresentata dalla depressione di Caltanissetta, lembo estremo della placca europea. La catena Appennino-Maghrebiana quindi non rappresenta altro che la zona di avanzamento del margine di placca (Patacca *et alii*, 1976).

L'altopiano Ibleiano, costituito principalmente da sequenze di calcari terziari, è strutturalmente, una vasta anticlinale che prende il nome di bulge periferico (Cogan *et alii*, 1989) il quale ha origine a partire dal Miocene e perdura per tutto il Pliocene (Cogan *et alii*, 1989).

Dalla base del Mesozoico fino a tutto il Cenozoico si manifestano due fasi tettoniche a grande scala: la prima, dal Trias medio al Cretaceo, consiste in una fase estensionale con la genesi di un rifting oceanico, la seconda, dal Cretaceo all'attuale, è una fase compressiva in cui si ha la chiusura del precedente oceano.

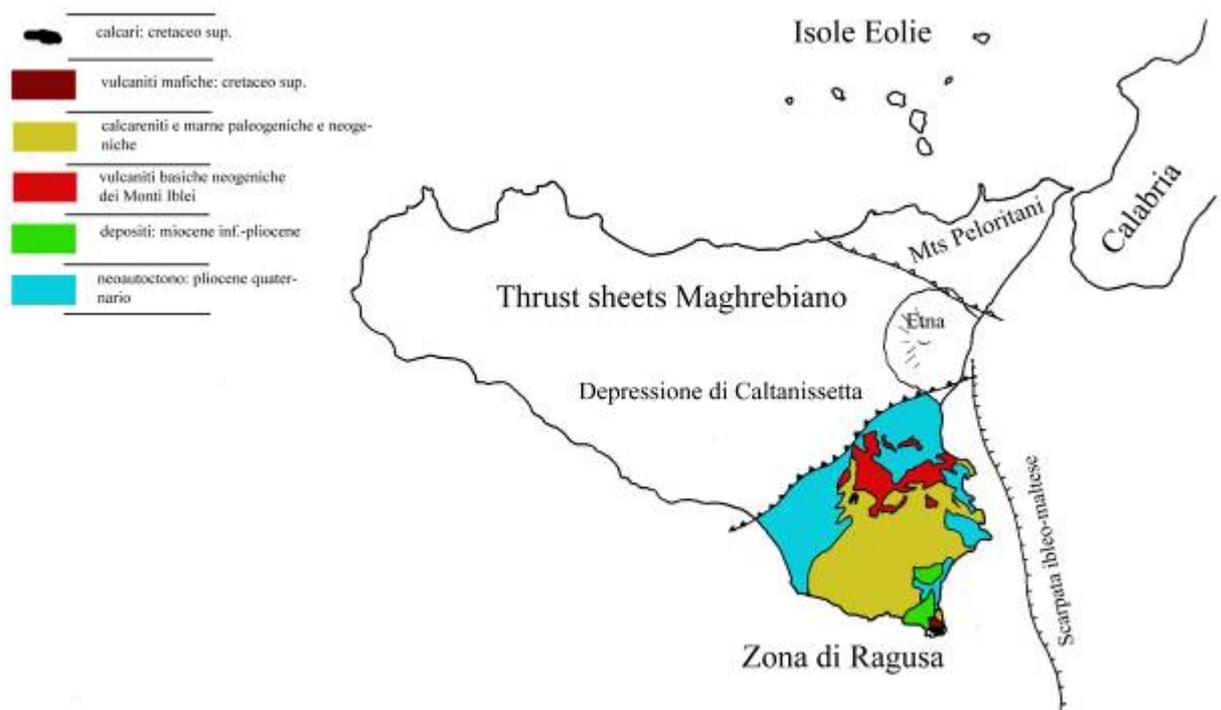


Figura 1 - Schema strutturale a grande scala della Sicilia (modificato, Petacca et alii, 1979)

Le due fasi sono da mettere in relazione con gli stadi di apertura dell'Atlantico: la prima con l'apertura dell'Atlantico meridionale che porta alla separazione a sud dell'Africa dall'America del sud, mentre a nord si crea un rifting oceanico a basso angolo a regime transtensivo (180-80 MA, formazione del mare della Tetide); questo innesca fra Africa ed Europa un rapporto di trascorrenza sinistra (Petacca *et alii*, 1979). La seconda fase è legata all'apertura dell'Atlantico settentrionale, avvenuta con un rifting a più alta velocità rispetto a quello meridionale che come conseguenza ha causato un'apparente inversione della trascorrenza. Contemporaneamente si verifica anche un avvicinamento del polo di rotazione africano con il conseguente innesco di un moto a pendolo della

placca africana e una convergenza continente-continente con collisione finale (80 MA-Attuale). Pertanto i *thrust sheet* della catena Appennino-Maghrebiana sono costituiti da sedimenti e da strutture presenti prima della compressione finale. La ricostruzione palinspastica mostra una serie continua di *host* e *graben* preesistenti e quindi di piattaforme e bacini di media profondità che evidenziano l'iniziale estensione del bacino ed una possibile trasgressione ad est del mare della Tetide (Amodio-Morelli *et alii*, 1976).

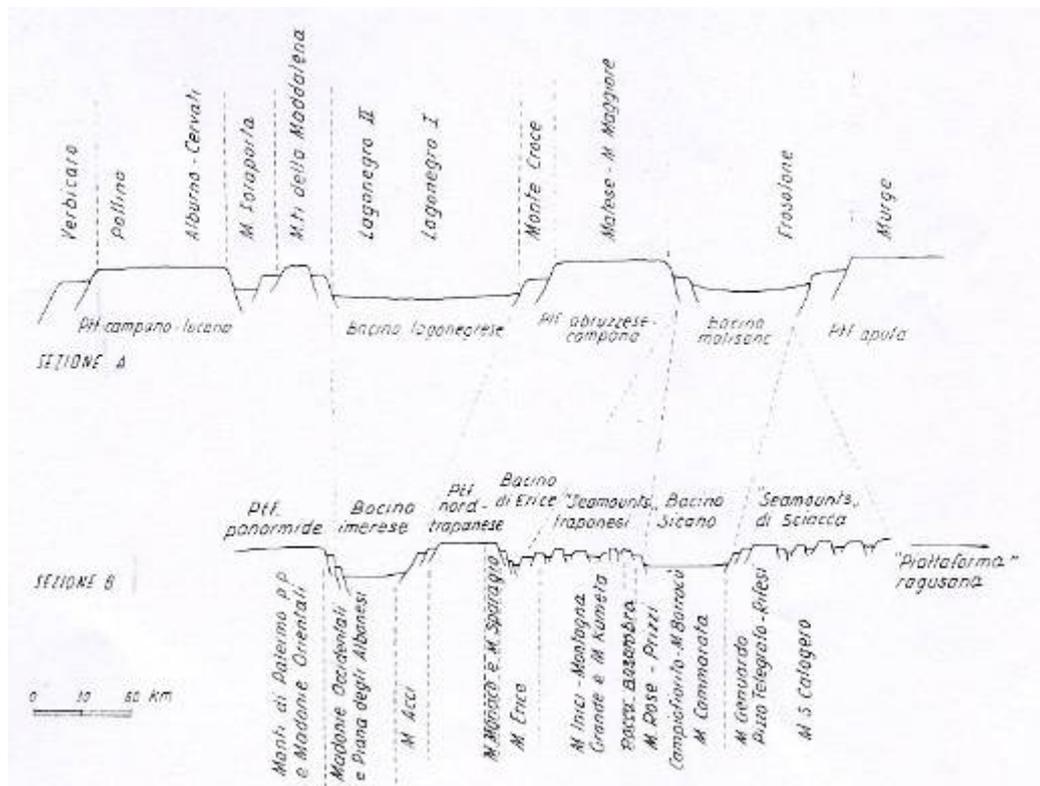


Figura 2 - Zone paleogeografiche lungo i margini apulo e ragusano nel Giurassico sup. e corrispondenti unità stratigrafico-strutturali dell'Appennino meridionale (sezione A) e della Sicilia (sezione B), (Amodio-Morelli *et alii*, 1976).

Avviene quindi l'apertura del mare della Tetide con serie di bacini e piattaforme di cui troviamo le vestigia sia sulle catene degli Appennini Magheribiani sia sulle catene dell'Abruzzo, dell'Umbria e del domino Toscano (Amodio-Morelli *et alii*, 1976).

La ricostruzione palinspastica tracciata su una linea NW-SE che comprende il dominio Ragusano, mostra a NW l'esistenza di due piattaforme: la piattaforma Panormide e la piattaforma Trapanese, separate dal bacino Imerese. Proseguendo verso SE, si hanno la serie di sea mounts Trapanesi, il bacino Sicano e i sea mounts di Sciacca; qui la relazione con il dominio Ragusano non è chiara (Amodio-Morelli *et alii*, 1976).

Il dominio ragusano in questa fase costituisce la base dell'attuale plateau hybleiano delle sequenze terziarie, successivamente piegate dall'effetto compressivo della placca africana.

Le sequenze mesozoiche nell'altopiano hybleiano non affiorano in superficie, pertanto le sequenze stratigrafiche più profonde sono conosciute solo per mezzo di studi condotti da Patacca *et alii* (1979) su colonne stratigrafiche a scopo di ricerca petrolifera e di giacimenti di gas metano.

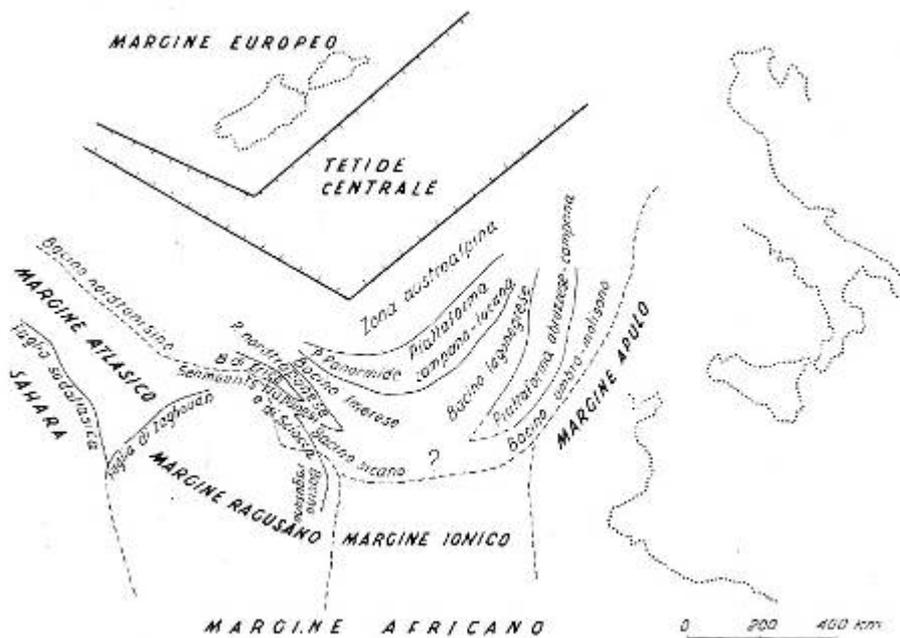


Figura 3 - Ricostruzione palinspastica della Tetide centrale nel Giurassico (Scandone *et alii*, 1974 modificato da Amodio-Morelli, 1976).

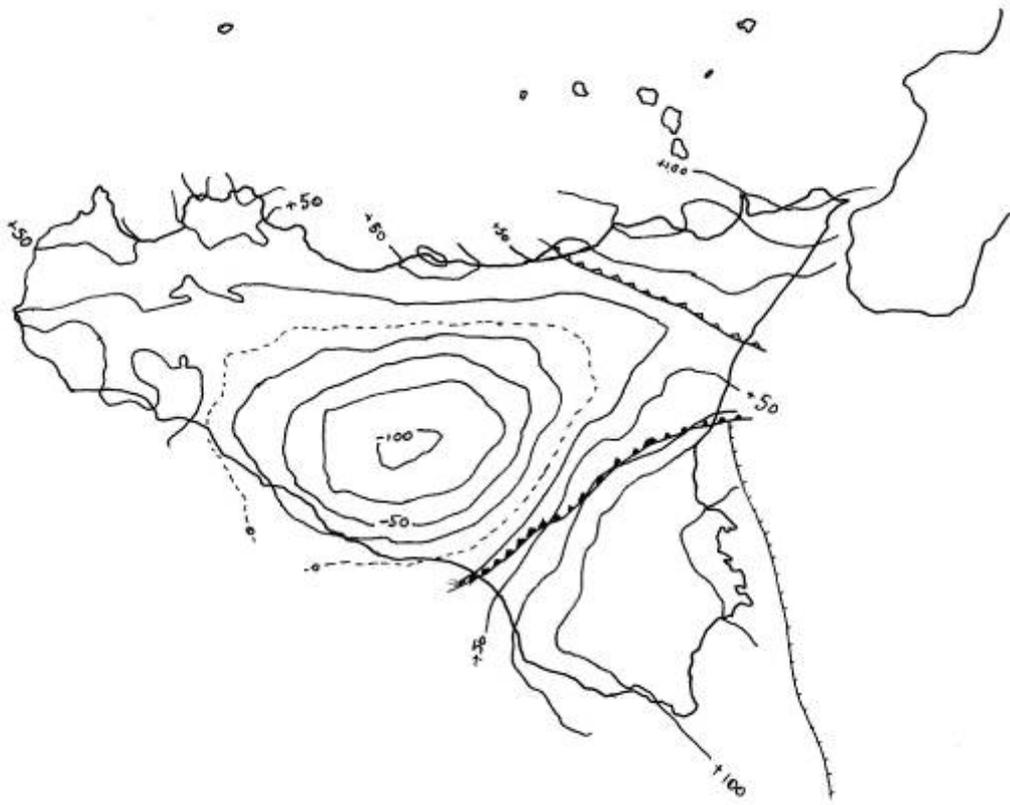


Figura 4 - Anomalie di Bouguer della regione siciliana (modificato; Patacca *et alii* 1976).

Le successioni mesozoiche

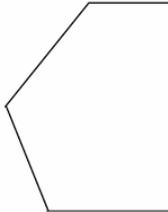
Cretaceo sup.	Maastrichtiano	FM AMERILLO: <u>Intervallo alto:</u> torbiditi con componenti pelagici.  Sea-mount vulcanici sormontati da reefs a rudiste. <u>Intervallo basso:</u> calcari fini pelagici a foraminiferi	Mb Porto Palo
	Campaniano		Mb Capo Passero
	Santoniano		
	Coniaciano		
	Turoniano		
	Cenomaniano		
Cretaceo inf.	Albiano	FM HYBLA: argille nere e argille marnose con alta componente organica. Letti carbonatici chiari. Riduzione dei tenori di ossigeno e abbassamento del livello marino FM CHIARAMONTE: depositi pelagici condensati nella parte bassa e depositi bacinali nella parte alta. Progressivo allargamento del bacino	
	Aptiano		
	Barremiano		
	Huteriviano		
	Valansiano		
	Barrisiano		
Jurassico sup.	Titoniano	FM BUCCHERI: depositi bacinali condensati su sea-mount. 	
	Kimmerigiano		Mb di SCICLI: edificio vulcanico sottomarino
	Oxfordiano		
Jurassico med.	Calloviano		
	Bathoniano		
	Bajociano		
Jurassico inf.	Adleiano	Sequenza tipica bacinale pelagica con abbondanti bivalvi pelagici e torbiditi di bassa energia. Litologie: marni e calcari marnosi, calcari con selce a radiolari. Bacino con maggiori apporti di ossigeno. FM MODICA: materiale pelagico con espansione del bacino, calcari nodulari rossi ad ammoniti, materiale grossolano di shelf e torbiditi. Sedimenti condensati. FM STREPPENNOSA: torbiditi e black shale, ambiente di bacino chiuso. Forte subsidenza e poca ossigenazione FM SIRACUSA: calcari bianchi e dolomiti Facies di piattaforma di mare basso, subtidale-intertidale aperto.	
	Toarciano		
	Pliesbachiano		
	Sinemuriano		
	Hettangiano		
Triassico sup.	Retico	FM NOTO: Pianura tidale canalizzata con pozze, sedimenti di black shale. Spiagge a ooidi FM NAFTIA: Transizione laterale di ambiente sopratidale e subtidale, dolomie con lenti e noduli di anidrite. FM GELA: dolomie di ambiente itertidale vasta pianura tidale, alghe stromatolitiche.	
	Norico		

Figura 5 - Quadro sinottico delle unità litostratigrafiche mesozoiche della zona ragusano (modificato, Patacca *et alii*, 1976).

Norico e Retico

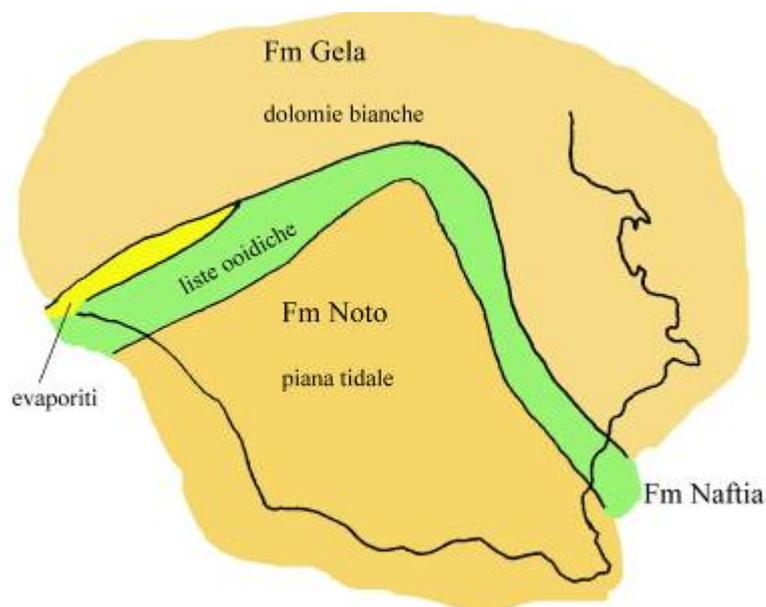


Figura 6 - Schema delle litofacies del Retico (Cogan *et alii*, 1989).

I dati sulle sequenze più profonde, seppur discontinue, profilano nel Norico, su tutto il dominio Ragusano, un'omogenea pianura tidale. Le litologie riscontrate sono una monotona sequenza di dolomie bianche con caratteristiche bandature di vari livelli algali stromatolitici spessi da pochi centimetri ad alcuni decimetri (Patacca *et alii*, 1976). La presenza di alghe stromatolitiche indica che si tratta senz'altro di un ambiente di piattaforma intertidale estremamente esteso e omogeneo nel quale si riscontrano anche formaminiferi arenacei, peloidi e oncoidi. Queste sequenze sono state attribuite alla **Formazione di Gela** (Patacca *et alii*, 1976).

Nel Norico avviene una prima suddivisione di facies con due domini paleogeografici: la zona di Siracusa e la zona di Ragusa. La prima appare interessata da condizioni di acque basse (intertidale e subtidale) con circolazione marina aperta. La seconda, invece, come un ambiente sedimentario con un complesso di canali tidali e pozze bordate a nord e ad est da spiagge (Patacca *et alii*, 1976).

Si distingue quindi la **Formazione di Naftia** adiacente e parzialmente sovrapposta alla formazione di Gela. Litologicamente non vi è grande distinzione fra le due formazioni; nella formazione di Naftia oltre ad avere sequenze dolomitiche intercalate a livelli algali si riscontrano supplementari litologie di packstone bioclastico con ooidi e ooliti che indicano certamente un ambiente di moderata energia intertidale (Patacca *et alii*, 1976). Pertanto la presenza nella parte sommitale della suddetta formazione di evaporiti in noduli di anidrite sono senz'altro la manifestazione di una generale regressione marina con ambienti sopratidali che portano alla precipitazione dei banchi evaporitici. I depositi a ooidi e ooliti forniscono l'idea di una formazione di transizione con la formazione di Gela.

Nel Retico superiore la distinzione fra i due domini si fa sempre più evidente. La seguente **Formazione di Noto** si trova sia alla base che in transizione laterale con la Formazione di Naftia, è costituita essenzialmente da dolomie nere intercalate con blackshale soprattutto nella zona centrale (Patacca *et alii*, 1976); tale area, infatti, è dominata da forti irregolarità morfologiche per la presenza di canali e pozze nelle quali la riduzione del livello marino attenua la circolazione marina. L'ambiente quindi tende a divenire anossico con sporadiche inondazioni ed esposizioni subaeree. A nord ed a est al contatto con la formazione di Naftia si riscontrano ooidi in facies di spiaggia (Patacca *et alii*, 1976).

Hettangiano - Pliesbachiano

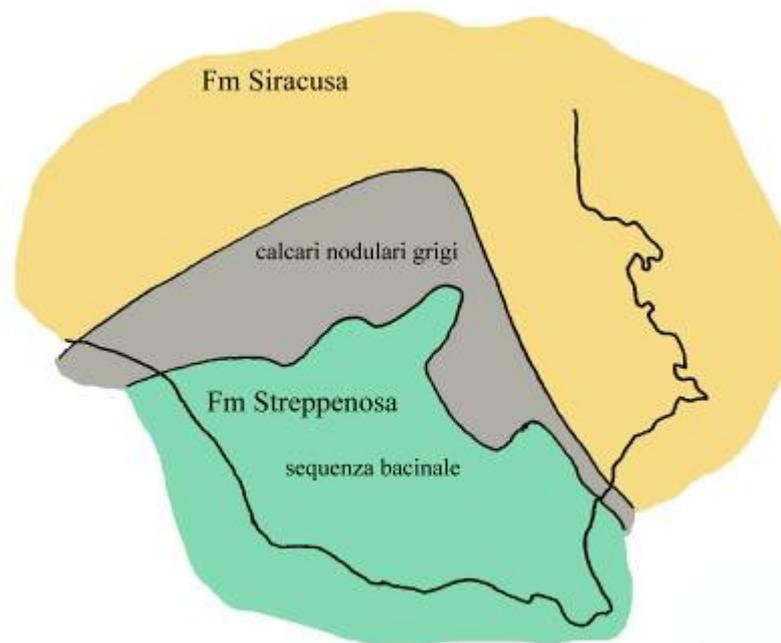


Figura 7 - Schema delle litofacies dell'Hettangiano (modificato, Cogan *et alii*, 1989).

Al Retico segue l'Hettangiano, caratterizzato da un'intensa fase sinsedimentaria che suddivide la piattaforma triassica. La direzione dei *trending* di faglie è WSW-ENE e NW-SE le quali sono accompagnate da vulcanismo basaltico fissurale (Patacca *et alii*, 1976).

La differenziazione fra i due domini cresce. A nord la **Formazione di Siracusa** poggia sulle due formazioni precedenti di Gela e di Naftia la sedimentazione è bilanciata dalla subsidenza ed è costituita ovunque da calcari tendenzialmente bianchi a ooidi-oncoidi, grainstone e packstone subordinati a calcari dolomitici. Tali litologie testimoniano la persistenza in quest'area di ambienti da subtidali a intertidali come dimostrazione dell'equilibrio instaurato fra sedimentazione e subsidenza (Patacca *et alii*, 1976).

A sud, a causa del continuo rifting oceanico, aumenta l'assottigliamento crostale con una conseguente accelerazione della subsidenza che porta al totale affondamento e annegamento dell'area paleogeografica ragusana; tale area

scende al disotto della zona fotica. A livello stratigrafico la formazione di Noto è sovrastata dalla **Formazione di Streppenosa** (Patacca *et alii*, 1976) che si è formata in un'area soggetta a forte subsidenza.

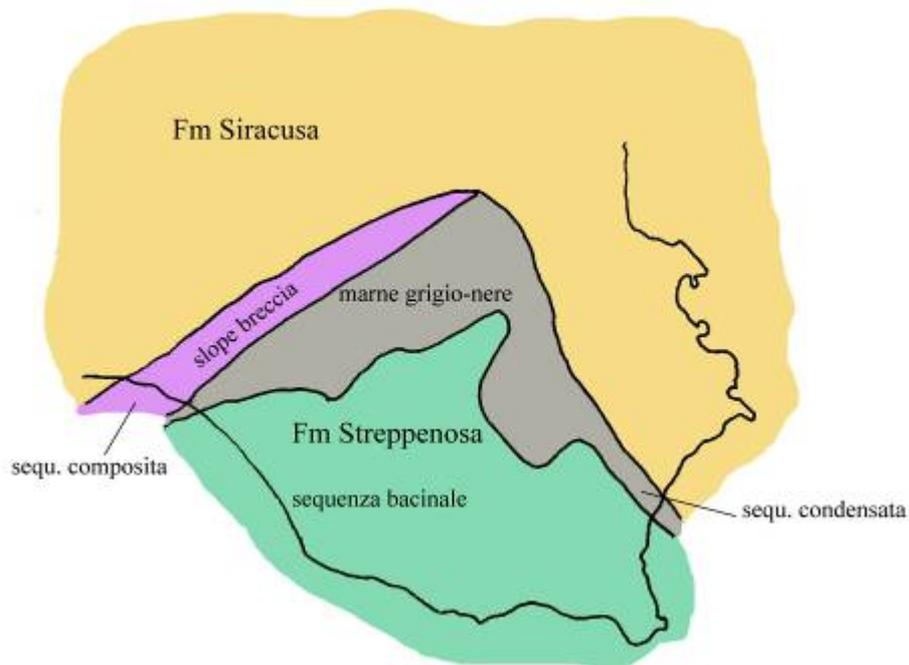


Figura 8 - Schema delle facies litologiche nel Sinemuriano (modificato, Cogan *et alii*, 1989).

Durante il Sinemuriano si ha un cambiamento nella sedimentazione: a livello granulometrico le litologie della zona di Ragusa restano invariate, ma al contrario si ha una variazione composizionale; infatti, scompaiono i livelli di *black shale* ed appaiono sedimenti carbonatici a grana fine (Patacca *et alii*, 1976). Questa differenza segna il passaggio graduale tra la Formazione di Streppenosa e la **Formazione di Modica** (Patacca *et alii*, 1976). La Formazione di Modica è presente in tutta l'area di ragusana e sovrasta la precedente formazione di Streppenosa passando in transizione laterale alla Formazione di Siracusa.

Questo cambiamento graduale è una conseguenza della variazione dell'attività tettonica avvenuta nel bacino, variazione provocata da un rallentamento della

subsidenza con una conseguente decrescita della velocità di sedimentazione e una diminuzione dell'apporto terrigeno (dalle regioni a sud).

Verso la fine del Pliensbachiano a causa della ridotta subsidenza, abbiamo il progressivo riempimento del bacino: le facies bacinali si espandono gradualmente verso la piattaforma siracusana invadendo zone in precedenza ricoperte da sedimenti neritici, nonché zone residue di alti morfologici. Questo coincide con un progressivo miglioramento della circolazione oceanica e ossigenazione su tutta l'area (Patacca *et alii*, 1976).

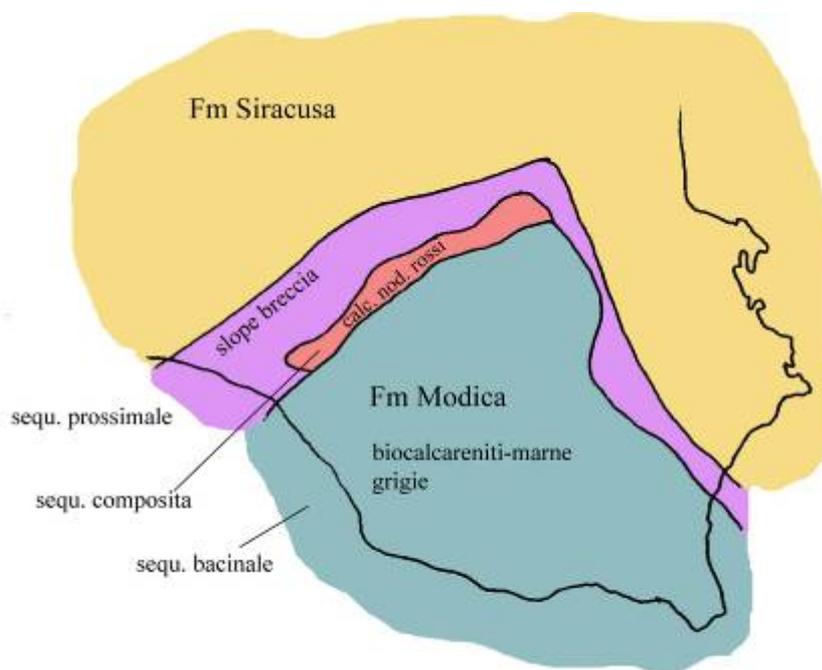


Figura 9 - Schema delle litofacies nel Pliensbachiano (modificato, Cogan *et alii*, 1989).

La progressiva invasione sull'area siracusana della facies pelagica ragusana è avvantaggiata dal fatto che, a partire dal Sinemuriano, l'area siracusana è soggetta ad un'attività tettonica con la formazione di trend di faglie iniziali WSW-ENE seguite da sistemi NW-SE. Questa attività tettonica causa un graduale approfondimento della piattaforma con il collasso immediato di tutta la zona orientale. Alla fine del Domeriano l'intera piattaforma di Siracusa

sprofonda sotto la zona fotica riducendo la distinzione fra le due aree iniziali (Patacca *et alii*, 1976).

Toarciano – Titoniano

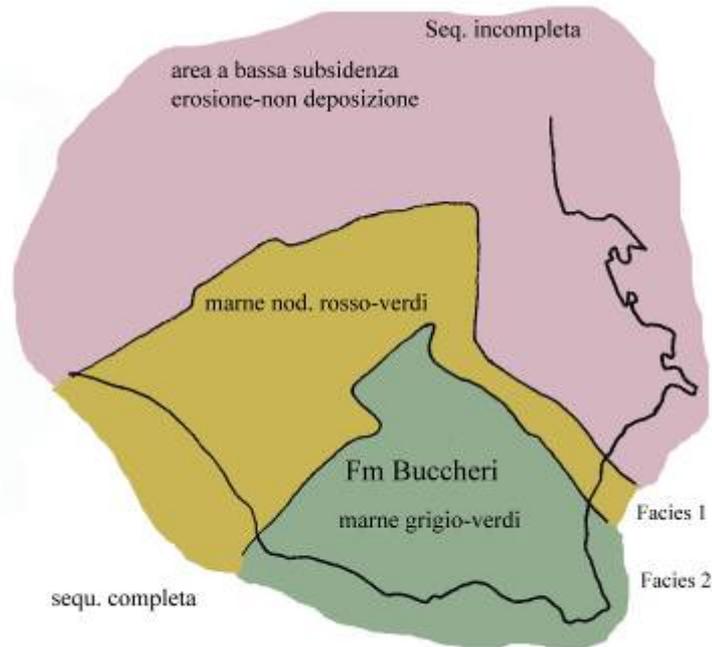


Figura 10 - Schema delle litofacies nel Toarciano (modificato, Cogan *et alii*, 1989).

Il periodo che va dal Toarciano al Batoniano non sembra essere segnato da importanti attività tettoniche, tuttavia i trend di faglie WSW-ENE e NW-SE continuano la loro azione influenzando le geometrie paleogeografiche e le facies del bacino.

L'attività tettonica riprende verso alla fine del Batoniano sino al Kimmerigiano con la manifestazione di un'intensa attività vulcanica e lo sviluppo di massicci corpi vulcanici sottomarini che modificano l'andamento morfologico del fondo marino (Patacca *et alii*, 1976).

Gli eventi geologici di questo lungo intervallo di tempo, che va dal Giurassico medio al Giurassico superiore, sono registrati nei sedimenti della **Formazione di Buccheri** che poggia sia sulla Formazione di Modica che sulla Formazione

di Siracusa con la quale ha un contatto discordante segnato da un'improvvisa variazione del rapporto argille/carbonati.

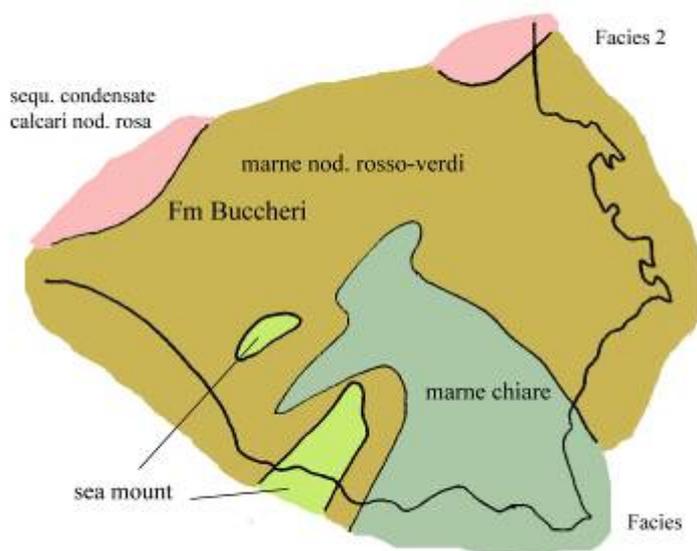


Figura 11 - Schema delle litofacies nel Kimmerigiano-Titoniano (modificato, Cogan *et alii*, 1989)

A causa dello sprofondamento della piattaforma siracusana e la conseguente uniformità di facies fra i due iniziali domini, la Formazione di Buccheri si distribuisce ampiamente su tutta l'area con una grande estensione sia orizzontale che verticale (Patacca *et alii*, 1976). Al suo interno è stato distinto il **Membro di Scicli** rappresentato da livelli basaltici e ialoclastitici di un grosso edificio vulcanico sottomarino; tali livelli sono intercalati a sequenze sedimentarie costituite da marne bacinali e calcari marnosi seguite da calcari nodulari condensati del Giurassico superiore (Patacca *et alii*, 1976).

Titoniano sup.- Albiano

In questo intervallo di tempo ritorna una nuova stasi tettonica ad eccezione di una moderata subsidenza che si manifesta con una moderata espansione del

bacino formando nell'area centrale una depressione con depositi pelagici condensati; solo successivamente l'area bacinale tenderà nuovamente ad espandersi.

Alla formazione di Buccheri segue, la **Formazione di Chiaramonte** (Patacca *et alii*, 1976). Il limite fra le due formazioni è stato stabilito sulla base dei livelli a calpionelle, poiché le litologie non cambiano.

Dall'Hauteriviano si verifica un aumento nella componente organica con riduzione dei tenori d'ossigeno legati ad un chiaro abbassamento del livello marino ed una limitata circolazione oceanica. Infatti, alla Formazione di Chiaramonte segue la **Formazione di Hybla** che si estende su tutta la regione ragusana e che giunge sino al tetto dell'Albiano.

La Formazione di Hybla consiste in argille nere o grigio-verdi e argille marnose con alta componente organica e occasionali intercalazioni di calcari marnosi bianchi. I letti di calcare appaiono fini con tessitura wackstone a radiolari e laminazione parallela che fanno dedurre un ambiente bacinale controllato da attività di corrente (Patacca *et alii*, 1976). L'età della formazione è stabilita con i globigerinoidi.

Albiano – Maastrichtiano

La Formazione di Hybla passa superiormente alla **Formazione di Amerillo** rappresentata da due diversi tipi di litologie che suddividono questa formazione in due diversi intervalli: intervallo inferiore e intervallo superiore (Patacca *et alii*, 1976).

La Formazione di Amerillo è scarsamente esposta nelle zone di Monterosso ed è in contatto con le formazioni terziarie sovrastanti.

La quiescenza tettonica prosegue sino al Turoniano dopo la quale si attivano nuovi sistemi di faglie tensionali SW-NE e WNW-ESE con un'attività

di subsidenza nella zona Noto-Chiaramonte. L'instabilità tettonica porta ad un forte accumulo di risedimenti torbidity bacinali (Patacca *et alii*, 1976). Tuttavia l'intesa attività di faglie causa una nuova attività vulcanica di tipo fissurale in corrispondenza dei punti di contatto tra le faglie come era già avvenuto nel Giurassico medio.

Si generano nuovi sea mounts isolati di origine vulcanica distribuiti su tutta un'area vasta quanto l'attuale base dell'Etna.

Un abbassamento del livello marino e l'elevazione topografica dei sea mounts fa sì le cime di questi alti strutturali giungano nella zona fotica favorendo la formazione potenti aggregati di rudiste. Gli affioramenti sparsi su tutto il plateau hybleiano ci indicano la frammentarietà della distribuzione di questi sea mounts; gli aggregati di rudiste cretacee imposte su basalti marini li troviamo: a Capo Passero, Priolo, Siracusa e Cozzo Telegrafo (Patacca *et alii*, 1976). L'elevazione di questi sea mounts ha portato, verso la fine del Cretaceo superiore, ad un'esposizione subaerea dei cono vulcanici e alla formazione di un arcipelago, mentre al disotto della tavola d'acqua proliferavano aggregati di rudiste (Patacca *et alii*, 1976).

Questa esposizione subaerea è indicata da una lacuna stratigrafica che porta a contatto le vulcaniti mafiche del Cretaceo superiore direttamente a contatto con i livelli miocenico-oligocenici.

Le successioni terziarie

Il regime di estensione oceanica del rifting continua nel Terziario inferiore e perdura fino all'Oligocene epoca dopo la quale, si innesca la collisione fra la placca africana e la placca europea; la collisione è di tipo continente-continente e la placca africana va in subduzione al di sotto della placca europea.

Nella regione siciliana il contatto del margine di placca fra il plateau hybleiano e le falde di Gela causano l'accavallamento in forma di *thrust sheet* dei precedenti bacini e piattaforme situate ad ovest dell'area ragusana.

La subduzione dell'area hybleiana, che continua ancora oggi, sviluppa un bulge periferico (per pressione da sud della placca africana) con conseguente deformazione degli strati (Cogan *et alii*, 1989).

I fattori principali che intervengono nella piegatura plastica della placca sono da ricercare nella pressione del thrust e nel carico litostatico. Assumendo, secondo Cogan *et alii* (1989), che la nostra placca sia: di spessore costante, ancorata solo ad un'estremità e a comportamento elastico, possiamo constatare lo sviluppo e l'evoluzione di un'avanfossa nel fronte della compressione e di un bulge periferico dell'area prossima alla fossa. Il modello teorizzato applicato al contesto dell'area siciliana è valido perché confermato dai dati geologici ricavati dallo studio della variazione delle successioni sedimentarie terziarie.

La forma e la posizione del bulge dipendono anche dalla storia del carico litostatico e dalla elasticità della placca, questo sviluppo può avere un significativo effetto nel succedersi degli apporti sedimentari e dei periodi di esposizione subaerea (Cogan *et alii*, 1989).

Nelle sequenze terziarie siciliane si ha che, nel caso in cui il bulge non riesce ad emergere al disopra del livello marino, l'instaurazione di condizioni di mare basso con conseguente e massiccio accumulo di carbonati; qui il fronte del bulge può agire come sorgente degli apporti sedimentari carbonatici verso la depressione della fossa di subduzione (Cogan *et alii*, 1989).

Le ricostruzioni paleogeografiche terziarie, basate sull'andamento delle successioni stratigrafiche, dimostrano una migrazione del dominio delle terre emerse: si passa da una generale predominanza di regimi di erosione/non deposizione nella zona sia ad est che a nord-est dell'area (Paleocene-Messiniano), a un progressivo spostamento dell'area emersa verso sud-ovest

(Pleistocene inferiore) dato dall'azione dell'intensa attività tettonica delle faglie che generano l'attuale altopiano ibleiano (Carbone *et alii*, 1982).

Per gran parte del terziario la regione ibleiana è suddivisa in due facies predominanti: un *settore orientale* nel quale predomina un ambiente esclusivamente di acque basse e un *settore occidentale* costituito da depositi più profondi. Fra queste due aree osserviamo la presenza di una zona di transizione costituita dalla formazione del Tellaro (Carbone *et alii*, 1982).

		Facies ovest	Facies est	
Pliocene	Superiore	Vulcaniti e marne	Vulcaniti e sabbie	
	Medio			
	Inferiore	Trubi		
Miocene	Messiniano	Evaporiti	Emersione	
	Tortoniano	<p>FM PALAZZOLO: divisa in tre aree è costituita da calcari nodulari alternati a marne. area centrale, area nord, area sud.</p> <p>FM TELLARO</p>	<p>FM MONTE CARRUBBA: zone di acque basse con emersione, calcari bianchi ad alta energia .</p> <p>FM CARLENTINI: Vulcanoclastici con livelli bioermali.</p>	
	Serravaliano	Mb Castelluccio: marne grigie, massimo approfondimento.	FM MONTI CLIMITI: alla sommità reef e barre ooidiche	
	Langhiano	Mb Giarratana: marne grigie con livelli biomicritici, sprofondamento del bacino.		
	Burdigaliano	FM RAGUSA		
		Mb Irmínio: calcari a foraminiferi e calcari massivi con letti mamosi.		
	Acquitano	Stasi tettonica e di subsidenza Calcari massivi	Mb Melilli: calcareniti pulverulente bianche, acque basse.	
	Oligocene	Chattiano	Mb. Leonardo: alternanze di calcari e marne a foraminiferi, shelf e oltre shelf > 100 m.	
Rupeliano				
Eocene	Priaboniano		Brecce	
	Luteziano			Reef
	Ypresiano	FM AMERILLO		
Paleocene		Parte alta dominata da brecce e slumps intercalati a depositi tipici di ambienti bacinali.		

Figura 12 - Quadro sinottico delle unità litostratigrafiche terziarie della zona ragusana (modificato, Cougan *et alii*, 1989).

Paleocene - Rupeliano



Figura 13 - Schema delle litofacies nel Eocene-Oligocene (Grasso *et alii*, 1982).

Il limite del Mesozoico nell'area della Sicilia sud orientale è caratterizzato da un ambiente di tipo marino con alti strutturali che in alcuni casi emergono in ambiente subaereo. Questi alti strutturali sono edifici vulcanici generati alla fine del periodo cretaceo. I basalti cretacei affiorano in zone assai limitate principalmente nel settore orientale nella zona nord di Siracusa in prossimità di Augusta e di Priolo, ma anche a Vizzini e a Porto Palo. Su questi sea mounts, al di sotto della tavola d'acqua, si impostano aggregati di rudiste.

L'esposizione subaerea è testimoniata da una lacuna sedimentaria che coinvolge parte dell'Eocene, con livelli frammentari di calcari eocenici a macroforaminiferi del Luteziano, seguiti in discordanza da calcari a lepidocicline dell'Acquitano, (Formazione di Ragusa) i quali si impostano sui calcari a rudiste del Maastrichtiano. Talvolta in prossimità delle discordanze è possibile notare sottili livelli rossastri dovuti a pedogenesi con resti di gasteropodi continentali.

Alla base dell'Acquitano, le facies orientali sono caratterizzate da calcari reciferali soggetti ad oscillazioni frequenti della tavola d'acqua, per cui certe

zone vengono alternativamente ad esposizione subaerea e ad annegamento in regimi di acque basse e moderata energia. Queste litologie passano lateralmente a sedimenti con megabrecce caratteristiche di slope, dove troviamo accumulati i residui smantellati appartenenti alla piattaforma superiore; questi, infatti, contengono breccie composte da rudiste intercalate a marne pelagiche che superiormente, passano a megabrecce composte da calcari eocenici e oligocenici a Nummuliti e ad Alveoline (Carbone *et alii*, 1982). Tali depositi hanno forti evidenze di canalizzazioni. Molto importanti a riguardo gli affioramenti nelle vicinanze di Priolo (Carbone *et alii*, 1982).

Nelle zone distali degli alti strutturali orientali verso il settore occidentale al tetto della Formazione di Amerillo si hanno sedimenti con breccie intercalate a calcari marnosi conglomerati e slumps, legati ad ambienti a dominio bacinale caratteristici del settore occidentale dell'area ragusana. Questi depositi sono datati al Paleocene-Eocene (Carbone *et alii*, 1982).

Chattiano – Langhiano

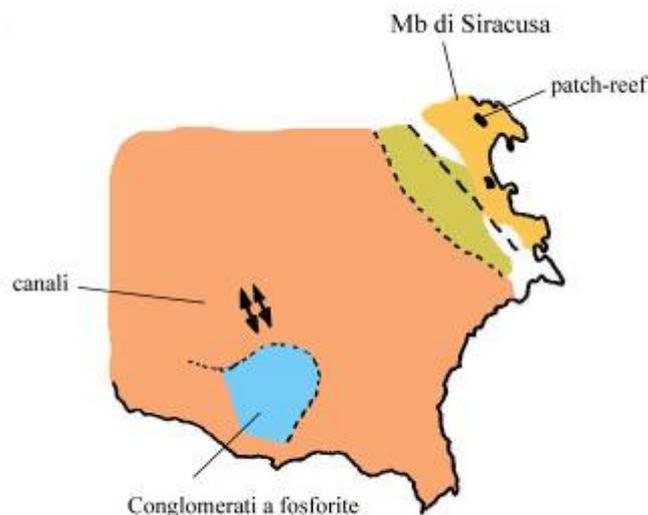


Figura 14 - Schema delle litofacies dell'Oligocene-Aquitaniiano (Grasso *et alii*, 1982).

La Formazione di Amerillo passa in continuità stratigrafica alla successiva **Formazione di Ragusa** che è presente in tutta l'area occidentale con spessori variabili fra i 200 e 539 m. Questa formazione è costituita da estese successioni marnoso-calcarenitiche deposte in ambiente variabile da pelagico a neritico.

Nella parte bassa della Formazione di Ragusa troviamo prevalenza di materiale risedimentato come torbiditi e slump breccia di ambiente di oltre shelf, pertanto tale formazione è divisibile in due membri (Carbone *et alii*, 1982).

Il **membro Leonardo** rappresenta il record maggiore di sedimenti dell'intera formazione (400 metri di spessore); gli affioramenti sono piuttosto scarsi. E' costituito da monotone sequenze di letti alternati di calcari bianco-grigio e marne a foraminiferi platonici (Pedley, 1980).

Il **membro Irminio** costituisce la parte superiore della formazione; la sua base è datata all'Aquitaniense. I livelli basali passano transizionalmente a calcari e marne del Burdigaliano (Pedley, 1980). In questo membro ritroviamo tracce di canali erosivi sottomarini.

L'aumento della componente carbonatica e la presenza di canali suggerisce una diminuzione dello spessore della tavola d'acqua, molto probabilmente causata da una stasi della subsidenza della piattaforma con ristabilizzazione del margine del bacino. La stasi sedimentaria raggiunge il minimo nell'Aquitaniense, ragion per cui giungono sempre più spesso, nella zona occidentale, risedimenti biocalcarenitici e bioclasti onshore come anche la formazione di canali subtidali per le correnti provenienti dalla zona neritica (Pedley, 1980).

Si hanno anche orizzonti fosfatici nelle vicinanze di Ragusa con resti di faune eterogenee contenenti: denti di squalo, molluschi ed echinoidi. La condizione di deposizione di acque basse è anche dimostrata dallo studio petrografico che rivela una marcata presenza di foraminiferi bentonici in letti massivi carbonatici; tale condizione caratterizza l'Aquitaniense in quanto la nuova attività tettonica inizia dal Burdigaliano con lo sprofondamento della porzione occidentale. Difatti i letti massivi carbonatici contenenti bentonici passano

superiormente a carbonati con planctonici molto simili al membro Leonardo; di conseguenza ritornano fasi di deposizione bacinale (Pedley, 1980).

Nella porzione orientale si profilano facies totalmente differenti rispetto alla porzione occidentale, facies che sono messe in relazione agli alti strutturali ed a una maggiore stabilità tettonica che perdura fino al Tortoniano. I sedimenti che racchiudono questa fase prendono il nome di **Formazione dei Monti Climiti**. Questa formazione poggia in discordanza sui depositi vulcanici e reciferali cretacei ma anche su frammentari depositi oligo-eocenici a causa dell'irregolarità nell'andamento della morfologia del fondo marino durante il Cretaceo. All'interno della suddetta formazione è possibile trovare degli hiatus sedimentari per esposizione subaerea come nel caso della zona di Priolo e di Banca Gsira; qui sottili strati dell'Acquitano che passano in discordanza stratigrafica a livelli tortoniani a rodoliti e a clipeaster (Pedley, 1980). La zona di Priolo è da considerarsi una zona di alto strutturale con frequenti esposizioni subaeree (Carbone *et alii*, 1982).

La Formazione dei Monti Climiti è divisibile in due membri distinti.

Il **membro Melilli** ha spessori di circa 50 m ed è caratterizzata da un monotono succedersi di calcareniti pulverulente biancastre a foraminiferi con struttura a strati paralleli massivi. Il membro di Melilli costituisce la frazione più abbondante della formazione la quale passa in continuità stratigrafica al **membro di Siracusa**. Questo secondo membro ha spessore di circa 20 m ed è strettamente caratterizzato da letti massivi di biocalcareni con abbondanti alghe rodolitiche con *Clipeaster* ed Heterostegine (quest'ultime principalmente presenti alla base con livelli abbondanti). Nella parte superiore di questo membro i calcari massivi passano spesso a dei patch reef a coralli associati ad ooidi e peloidi (zona della penisola Maddalena), (Pedley, 1980).

Dalle zone interne del ragusano verso le zone esterne, situate in prossimità di Siracusa, i rapporti di spessore fra entrambi i membri variano: si osserva una progressiva riduzione degli spessori del membro di Melilli ed una più rilevante

presenza del membro di Siracusa, il quale tende a raggiungere, in prossimità delle zone di Scala Greca, spessori di 70 m (Pedley, 1980). Questa progressiva tendenza alla predominanza dei livelli più giovani nelle zone esterne è testimonianza di un'omogenea e lenta subsidenza ben bilanciata dalla deposizione di sedimenti carbonatici di zona fotica, ciò consente l'impianto di reef e barre ooidiche al tetto della formazione.

Il limite fra i due membri è segnato, in alcune zone, da livelli a *Heterostegine*. Come si osserva negli affioramenti della valle dell'Anapo nella zona della necropoli preistorica di Pantalica (Carbone *et alii*, 1982).

Langhiano-Tortoniano



Figura 15 - Schema delle litofacies del Burdigaliano-Serravalliano (modificato, Grasso *et alii*, 1982).

Nel settore occidentale, a partire dal Burdigaliano si ha un inizio di una subsidenza che provoca lo sprofondamento del fondo del bacino e nel Tortoniano raggiunge la profondità massima terziaria; il settore occidentale è costituito dalle sequenze marnose della **Formazione del Tellaro** (Carbone *et alii*, 1982).

La precedente Formazione di Ragusa va in contatto superiore sia con le calcareniti tortoniane verso l'esterno della formazione di Palazzolo (zona limitrofa alla piattaforma della formazione dei Monti Climiti), sia con la formazione del Tellaro verso l'interno (zona più distale dalla piattaforma), quest'ultima rappresenta, con i suoi due membri marnosi, il massimo approfondimento del settore occidentale. Questo sprofondamento è legato all'attivazione di un trend di faglie in direzione NE-SW.

La Formazione del Tellaro è l'insieme di due membri.

Il **membro marnoso di Giarratana**: costituito da 55 m di marne friabili di colore grigio-giallo e bianco distribuiti su letti fortemente discontinui con intercalazioni biomicritiche. E' sviluppato a nord di Vizzini al di sotto delle lave plio-pleistoceniche, e indica un ambiente bacinale (Pedley, 1980).

Il **membro marnoso di Castelluccio**: molto simile al membro di Giarratana ad eccezione di alcune variazioni cromatiche (marne grigie e grigio-gialle) e per l'assenza dei livelli biomicritici. In virtù di questo, il membro marnoso di Castelluccio rappresenta il climax della trasgressione bacinale. Esso passa lateralmente alla formazione di Palazzolo occupando una stretta striscia che va da Buscemi a Noto (Pedley, 1980).

Coeva alla Formazione del Tellaro e in transizione fra questa e la formazione dei Monti Climiti, si trova la **Formazione di Palazzolo** la quale è divisa in tre variazioni regionali: area centrale, area nord e area sud.

Area centrale

L'area centrale si trova al di sopra della valle del Tellaro ad est di Palazzolo, è in contatto transizionale con la formazione precedente; alla base, succedono alle marne nodulari giallo-grigie, alternanze di marne e sequenze biomicritiche (Pedley, 1980). A tre chilometri ad est di Palazzolo le biomicriti massive

superiori passano rapidamente ai carbonati algali e corallini della Formazione dei Monti Climiti dove al contatto troviamo i letti a Heterostegine (Pedley, 1980).

Area nord

A nord di Buscemi, il membro di Castelluccio scompare rapidamente assottigliandosi tanto da ritrovare la Formazione di Palazzolo direttamente sul membro di Giarratana; inoltre ad est di Buccheri, le litologie del membro di Giarratana passano gradualmente da marrone pallido a color crema, e fra gli strati biomicritici, i livelli delle marne diventano sempre più sottili. Tale situazione si ritrova anche nelle zone di Ferla. Nel limite superiore riscontriamo, specie nella zona di Buscemi, livelli a Heterostegine.

Area sud

Nell'area sud la Formazione di Palazzolo è presente con spessori più ampi e va a ricoprire la Formazione del Tellaro la quale a sud est del monte Renna subisce un cambiamento di facies con un'alternanza fra letti più cementati e meno cementati. Qui le due formazioni sono litologicamente indistinguibili tanto che, la Formazione di Palazzolo risulta addirittura coeva alla Formazione del Tellaro (Pedley, 1980).

Nella zona di Cava Grande ritroviamo lo sviluppo di giganteschi canali sottomarini lunghi 500 m e profondi approssimativamente 15 m (Carbone *et alii*, 1982). I canali sono individuati grazie alla base erosiva all'interno della quale troviamo intercalazioni massive di biomicrite e sottili letti di calcari e marne.

Difficile stabilire l'orientazione dei canali: una misura approssimativa indica una direzione di 50° N presso le Montagne d'Avola così come nei pressi di Cava Grande (Carbone *et alii*, 1982).

I sedimenti delle tre aree possiedono, a livello paleontologico, lievi variazioni nel contenuto di foraminiferi: a nord i planctonici sono più abbondanti che a sud. I componenti algali tendono ad aumentare andando verso la parte superiore della formazione (Pedley, 1980).

I letti a Heterostegine sono sempre più abbondanti al tetto della formazione con la presenza di interi livelli presso la valle dell'Anapo in prossimità della necropoli di Pantalica.

Tutti questi dati confermano come la Formazione di Palazzolo riflette una graduale transizione, seguita ad un maggiore evento trasgressivo, di una sedimentazione di acque basse (Carbone *et alii*, 1982).

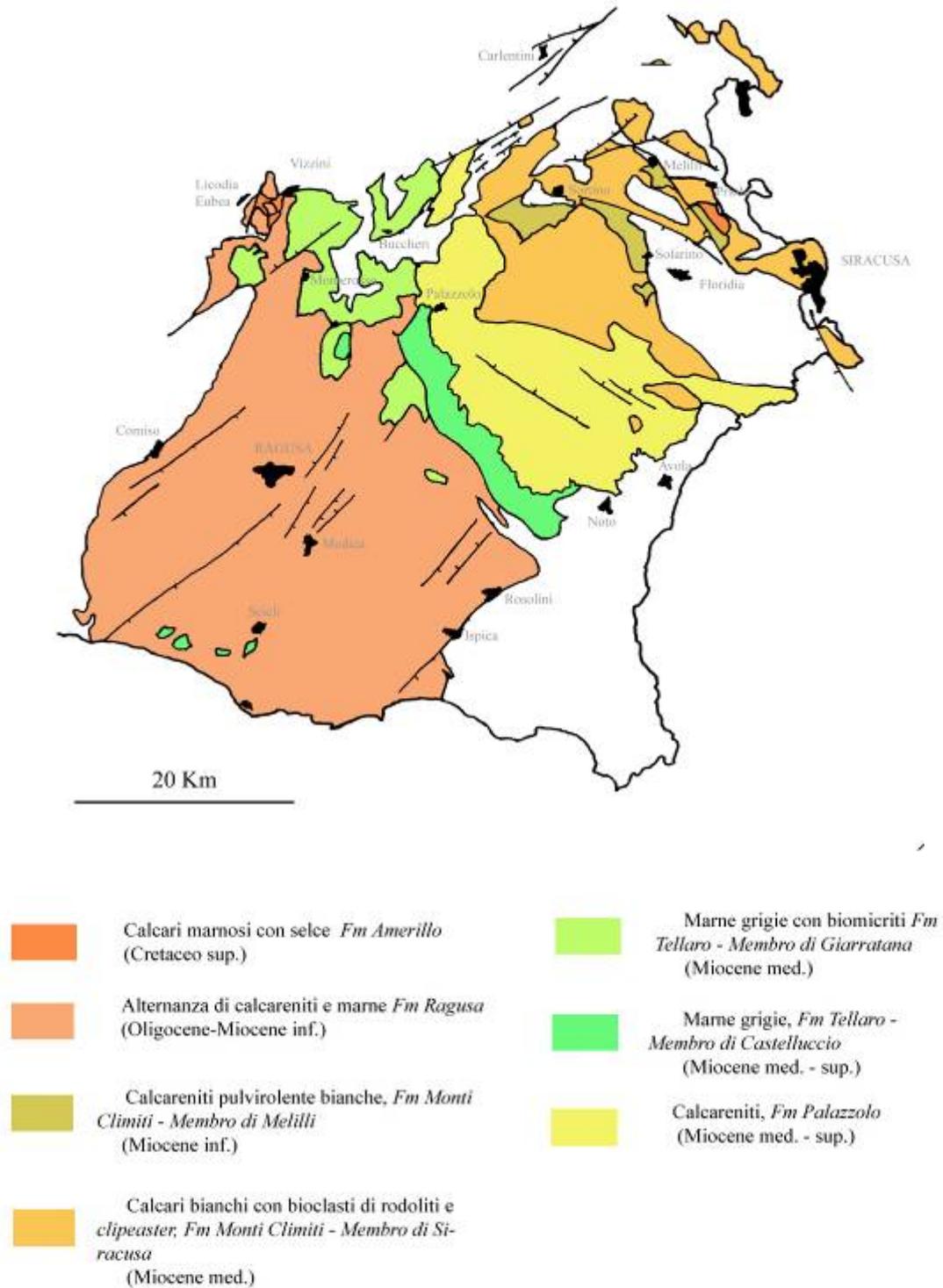


Figura 16 - Mappa litostratigrafica della regione ibleiana che mostra le principali unità (modificato; Pedley, 1980).

Tortoniano - Messiniano



Figura 17 - Schema delle litofacies nel Tortoniano (modificato; Grasso *et alii*, 1982).

A partire dal Tortoniano il periodo di stasi tettonica è bruscamente interrotto da un'improvvisa emissione vulcanica la quale si imposta su una morfologia tendenzialmente di piattaforma di shelf a sedimentazione carbonatica.

La sedimentazione dei Monti Climiti quindi è interrotta dagli eventi vulcanoclastitici della **Formazione di Carlentini** che rimodellano l'andamento del fondo marino con la formazione di nuovi sea mounts vulcanici, i quali, in certi casi arrivano ad emergere formando un piccolo arcipelago (Carbone *et alii*, 1982).

L'intera formazione di Carlentini contiene quindi depositi vulcanoclastici, dovuti ad esplosioni di tipo freatico a causa del ridotto spessore della tavola d'acqua; là dove il fondale era più profondo la potenza del livello vulcanoclastico è decisamente minore e la sequenza litologica passa direttamente ai livelli basaltici.

Il letto basale consiste in ceneri vulcaniche fini depositate sulla superficie brecciata del membro di Siracusa seguito da lave amigdaloidi fratturate. Miste ai sedimenti vulcanici ritroviamo frammenti carbonatici strappati dalla violenza

dell'evento eruttivo. La formazione è caratterizzata dalla presenza di orizzonti bioermali carbonatici che indicano una ciclicità degli eventi eruttivi (Grasso *et alii*, 1982). I livelli bioermali principali sono due.

A 5 m dalla base della formazione si instaura il primo livello bioermale con uno spessore di 1,3 m seguito da un intervallo vulcanoclastico e un successivo secondo evento bioermale più brecciato. Infine seguono i 24 m di lave vulcaniche (Grasso *et alii*, 1982).

Le bioerme contengono diverse faune a *Porites*, *Tarbellastrea* e *Favites*, con croste algali ed echinoidi. Il packing è generalmente un packstone a matrice micritica, anche se in certe sezioni si riscontrano livelli a grainstone ooidico a laminazione incrociata (Pedley, 1980).

Le componenti litologiche delle vulcanoclastiti sono due: una sequenza granulometrica graduata da fine a grossolana, e strati con strutture laviche amigdaloidi immerse in una matrice pulvirulenta.

I pillow lava si sviluppano solo localmente. Lo studio stratigrafico testimonia la successione di almeno cinque o sei eventi effusivi associati ad una zona di anomalia magnetica che si estende verso sud. L'assenza del livello superiore di bioerme coincide con l'eruzione di Cozzo Telegrafo (Grasso *et alii*, 1982).

Presso Melilli la Formazione di Carlentini è presente con livelli di argille grigie e terre rosse con croste di disseccamento all'interno delle quali troviamo abbondanti gasteropodi polmonati, che testimoniano sia l'emersione di questi edifici vulcanici sia una probabile lunga stasi eruttiva che ha permesso lo sviluppo di una flora e di una fauna.

Questi eventi vulcanici si sviluppano su un'estesa piattaforma dove ai margini si impostano scogliere e concrezioni algali; a SE, nell'area delle penisole di Maddalena e Ognina abbiamo una predominanza di faune d'alta energia con pach-reef a coralli e assenza di depositi vulcanici. Le faune sono caratterizzate da una moderata diversità di molluschi con dominanza di pettinidi (Grasso *et alii*, 1982). A SW si ha un ambiente subtidale a bassa energia che permette lo

sviluppo di croste algali e faune a bivalvi con bassa diversità. Qui, il settore più esterno della piattaforma subisce maggiormente l'influenza dell'attività vulcanica.

Al termine degli eventi effusivi che coincidono con il limite Tortoniano-Messiniano si manifesta un'ulteriore differenziazione dei domini paleogeografici.

Dopo la Formazione di Carlentini segue la **Formazione di Monte Carruba**.

Se in precedenza l'andamento topografico e morfologico modellato dall'attività vulcanica differenziava i domini di facies, ora gli ambienti di deposizione si distinguono per l'andamento dell'emergenza del fondale (Grasso *et alii*, 1982).

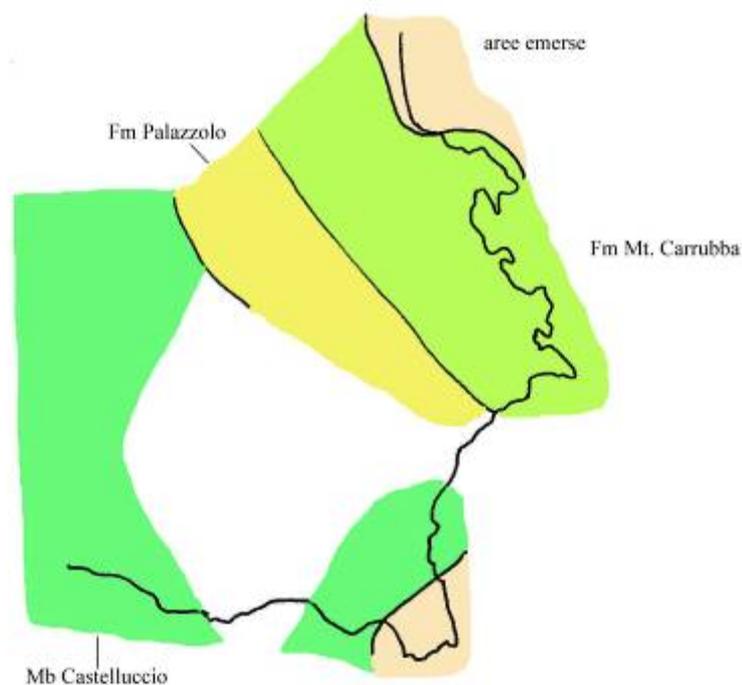


Figura 18 - Schema delle litofacies nel Messiniano inf. (modificato; Carbone *et alii*, 1982)

La crisi di salinità messiniana determina un cospicuo abbassamento del livello marino che causa l'emersione di aree in zone prima caratterizzate da domini di acque basse. Si distinguono due aree: a NE prevalgono le terre emerse, a NW,

in direzione dello slope, dominano acque più profonde con la deposizione di banchi gessiferi (Grasso *et alii*, 1982).

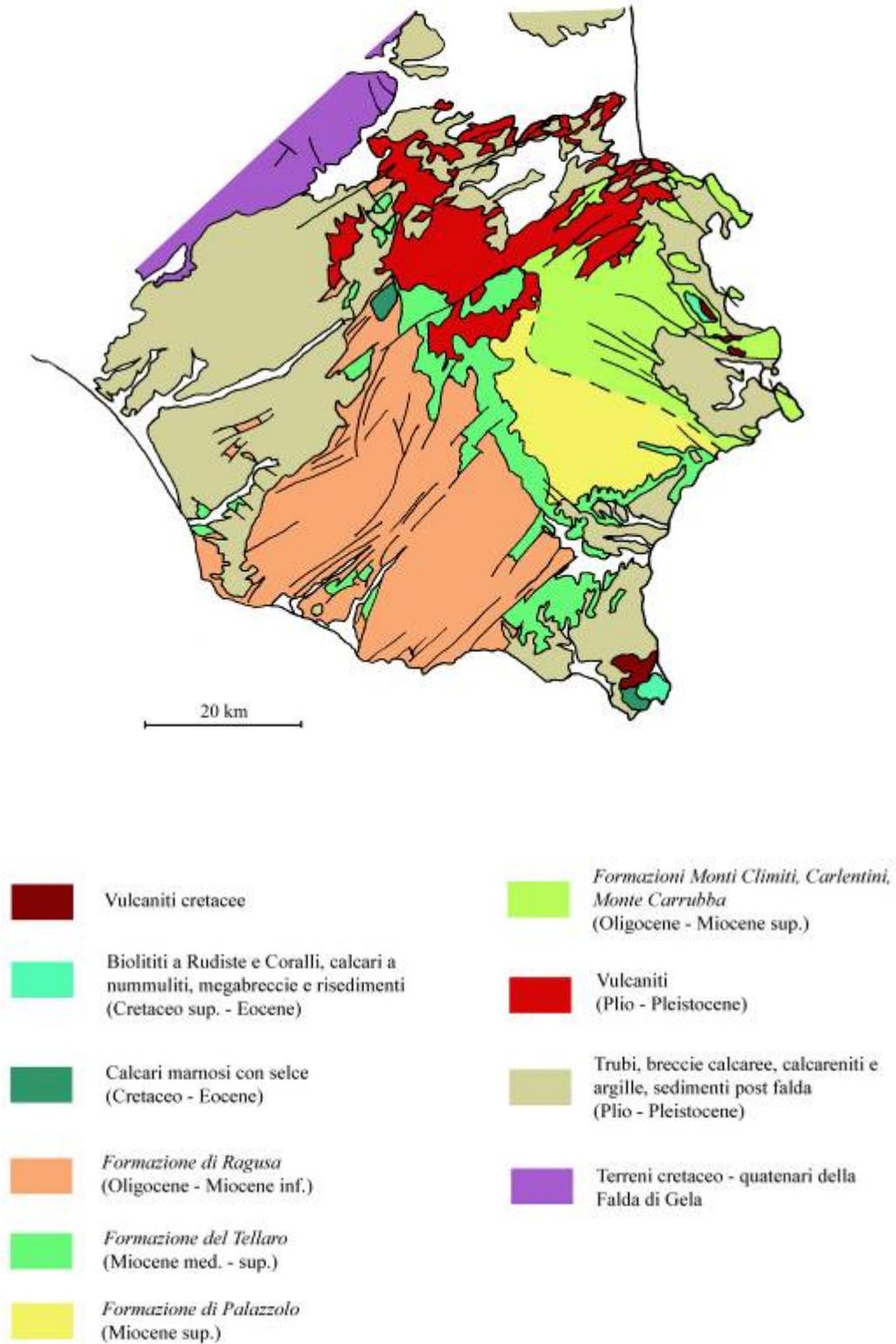


Figura 19 - Schema geologico della Sicilia sud-orientale (modificato; Carbone *et alii*, 1982).

Nelle zone con deposizione marina le associazioni fossili sono tutte esclusivamente costituite da microfaune eurialine a bassa diversità (Grasso *et alii*, 1982). Le macrofaune sono assenti. Si crea quindi una situazione paleogeografica dove, nelle sezioni di Taglia Cozzo e Agnone, si distingue un margine che separa le terre emerse dalla zona marina con depositi oolitici. Inoltre nell'area sud è presente invece una laguna di bassa energia. Ogni facies registra condizioni di salinità abnorme nelle quali, oltre ad avere la presenza esclusiva di microfaune, si riscontrano macrofaune a molluschi a bassa diversità faunistica o addirittura la deposizione di calcari totalmente sterili (Carbone *et alii*, 1982).

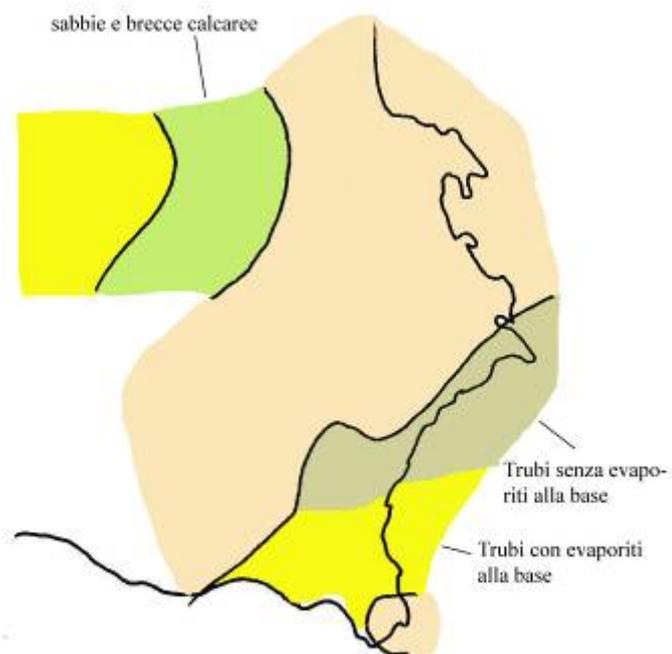


Figura 20 - Schema delle litofacies nel Pliocene inf. (modificato; Carbone *et alii*, 1982).

Solo nella sezione di Faro Santa Croce si osservano originarie condizioni di moderata diversità faunistica a pettinidi probabilmente al seguito di una maggiore circolazione marina (Grasso *et alii*, 1982).

Nel Pliocene le forze di compressione della placca portano ad un progressivo e lento inarcamento del bulge periferico, mentre a nord si eleva la catena appennino-maghrebiana.

Con l'inizio del Pleistocene abbiamo due isole: la zona sud orientale con l'altopiano ibleiano già emerso e la zona a nord, con la lunga catena appennino-magheribiana; solo nel pleistocene medio lo stretto di mare che le separa (la depressione di Caltanissetta) viene colmato con depositi continentali argillosi. Inizialmente è un bacino di acque basse poi con l'accumulo di sedimenti terrigeni, ma con la progressiva chiusura si formano due laghi fino al riempimento totale (Carbone *et alii*, 1982).

La paleogeografia siciliana assume quindi un aspetto molto simile alla geografia attuale.

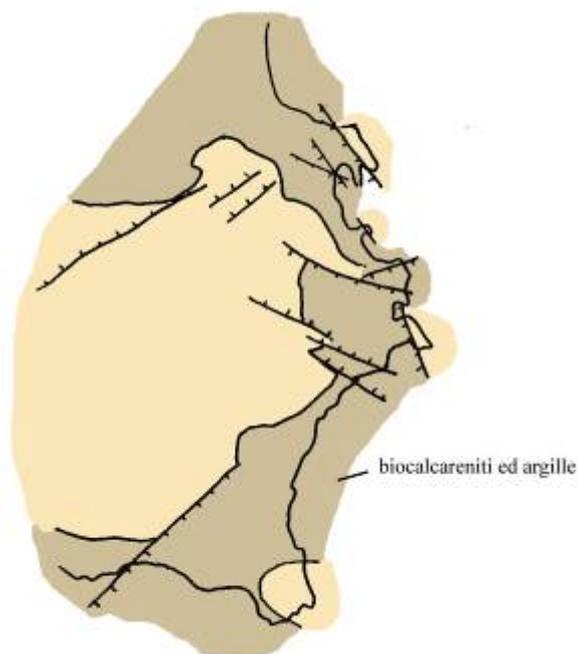
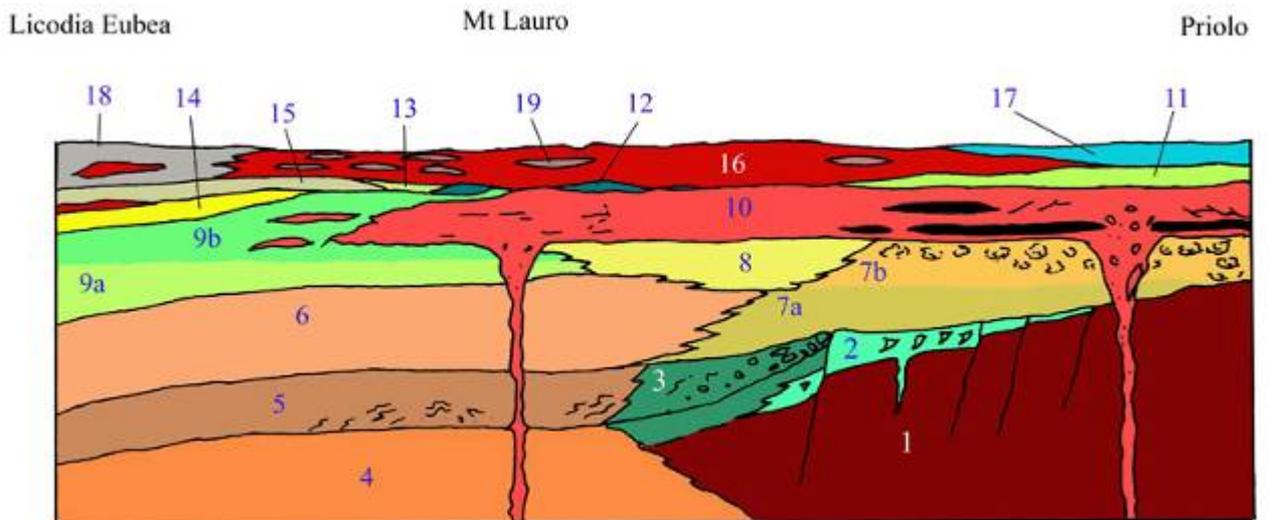


Figura 21 - Schema delle litofacies nel Pleistocene inf. (modificato; Carbone *et alii*, 1982).



W

E

- | | | | |
|---|---|--|---|
|  | 1 Vulcaniti cretacee |  | 9b Marne grigie, <i>Fm Tellaro - Membro di Castelluccio</i> (Miocene med. - sup.) |
|  | 2 Calcari e Rudiste (Cretaceo sup.) |  | 10 Vulcanoclastiti con livelli bioermali - <i>Fm Carlentini</i> (Tortoniano) |
|  | 3 Marne e calcari marnosi con intercalazioni di risedimenti e di megabreccie ad elementi cretacei ed eocenici (Cretaceo - Eocene) |  | 11 Calcari bianchi a lumachelle - <i>Fm Mt. Carrubba</i> (Tortoniano sup.) |
|  | 4 Calcari marnosi con selce <i>Fm Amerillo</i> (Cretaceo sup.) |  | 12 Breccie calcaree (pliocene ?) |
|  | 5 Calcari marnosi con selce, breccie, conglomerati e slump alla base (Paleocene-Eocene) |  | 13 Sabbie a <i>Strombus coronatus</i> (pliocene inf. - med.) |
|  | 6 Alternanza di calcareniti e marne <i>Fm Ragusa</i> (Oligocene-Miocene inf.) |  | 14 Serie evaporitica con vulcano clastiti alla sommità (Messiniano sup.) |
|  | 7a Calcareniti pulvirovente bianche, <i>Fm Monti Climiti - Membro di Melilli</i> (Miocene inf.) |  | 15 Trubi (Pliocene inf.) |
|  | 7b Calcari bianchi con bioclasti di rodoliti e <i>clipeaster</i> , <i>Fm Monti Climiti - Membro di Siracusa</i> (Miocene med.) |  | 16 Vulcaniti con lenti di sabbie (Pliocene) |
|  | 8 Calcareniti, <i>Fm Palazzolo</i> (Miocene med. - sup.) |  | 17 Calcareniti giallastre (Pleistocene inf.) |
|  | 9a Marne grigie con biomicriti <i>Fm Tellaro - Membro di Giarratana</i> (Miocene med.) |  | 18 Marne e sabbie con intercalazioni di vulcaniti (Pliocene med. - sup.) |
| | |  | 19 Sabbie a <i>G. crassaformis</i> (Pliocene) |

Figura 22 - Schema della distribuzione delle facies cretaceo-quadernarie lungo l'allineamento Licodia Eubea-Priolo (modificato; Carbone *et alii*, 1982).

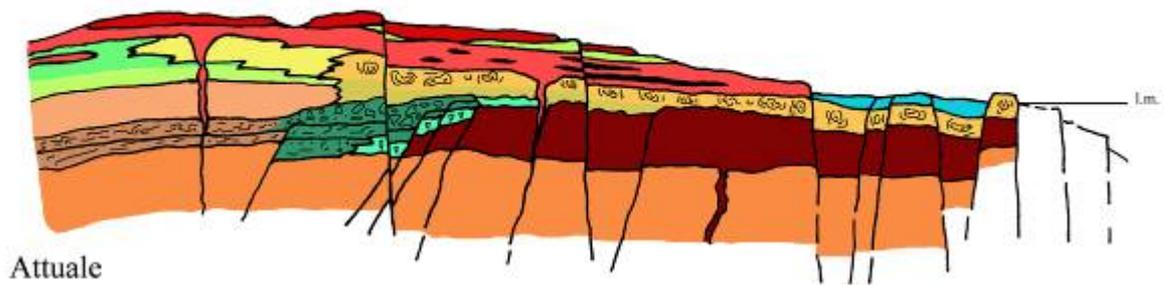
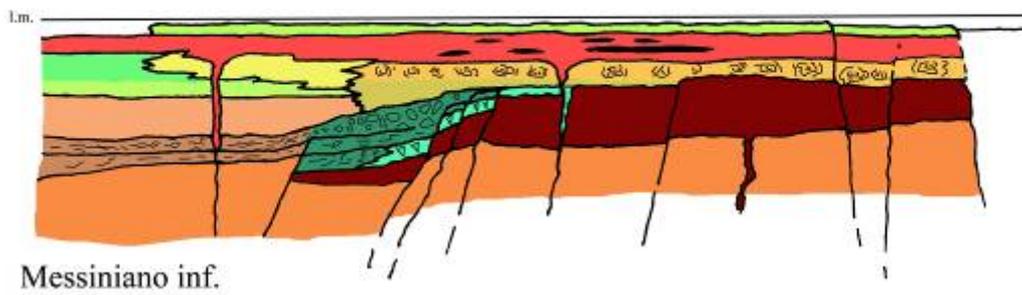
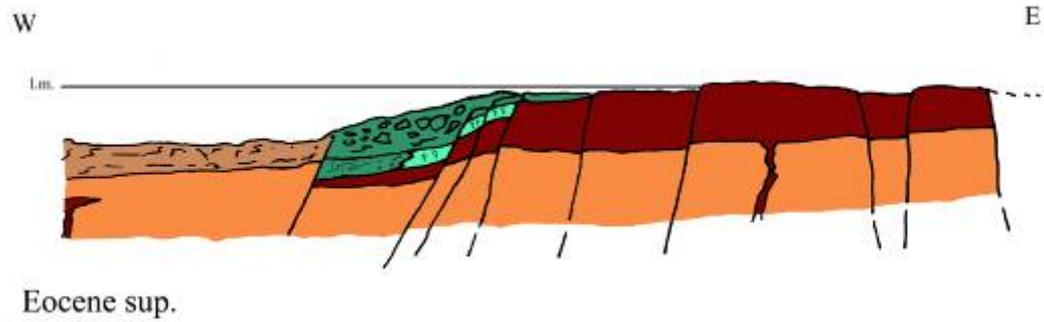


Figura 23 - Profili schematici dalla costa ionica attraverso i M. Climiti fino alle aree centrali del Plateau Ibleo, mostranti l'evoluzione tettonico-sedimentaria dall'Eocene sup. all'attuale. Legenda: vedi figura precedente (modificato; Carbone *et alii*, 1982).

Analisi stratigrafica della zona di Ragusa

I reperti del genere *Neosqualodon* analizzati in questo lavoro, sono stati scoperti nell'altopiano ibleiano nella provincia di Ragusa. Il sito del ritrovamento dell'olotipo di *Neosqualodon assenze* non è conosciuto con certezza, si ritiene che il luogo sia presso una cava nei dintorni di Scicli.

L'olotipo di *Neosqualodon gemellaroi*, così come lo *Squalodon bariensis*, studiato da Colacicchi (1960), è stato rinvenuto all'inizio del secolo scorso presso la cava di bitume di contrada Tabuna nei dintorni della città di Ragusa.

Gli affioramenti dell'area nei pressi del capoluogo ragusano appartengono alle sequenze dell'estesa Formazione di Ragusa, istituita da Rigo e Barberi nel 1959, la quale consiste in prevalenza di strati calcarei o calcarenitici alternati con regolarità a strati marnosi o calcareo marnosi. Tale formazione si estende a livello temporale dal Miocene basale al Miocene medio e comprende le età che vanno dall'Aquitaniense al Langhiano medio.

Un dettagliato studio dell'area, comprensivo dell'analisi delle litologie e del contenuto di microfossili, ha rivelato che gli affioramenti dell'area ragusana comprendono un intervallo temporale che va dall'Oligocene superiore alla base del Burdigaliano (Di Grande *et alii*, 1977). Questo studio è la fonte dei dati riportati qui di seguito relativi all'area in esame.

Lo studio dell'area è particolarmente facilitato dalle ottime condizioni dell'affioramento e dalla semplicità delle strutture geologiche. L'insieme delle successioni ha una struttura di blanda anticlinale con asse NNE-SSO.

Sono state individuate, nello specifico, tre litologie differenti: un'alternanza calcareo-marnosa, un livello a banchi calcarenitici e un'alternanza calcarenitico-marnosa. L'alternanza calcareo marnosa comprende i terreni più antichi generalmente composti da banchi calcareo bianco-grigi duri alternati a calcarei

marnosi o marne calcaree; gli spessori dei calcari duri non superano i 70 cm mentre i livelli teneri i 40 cm.

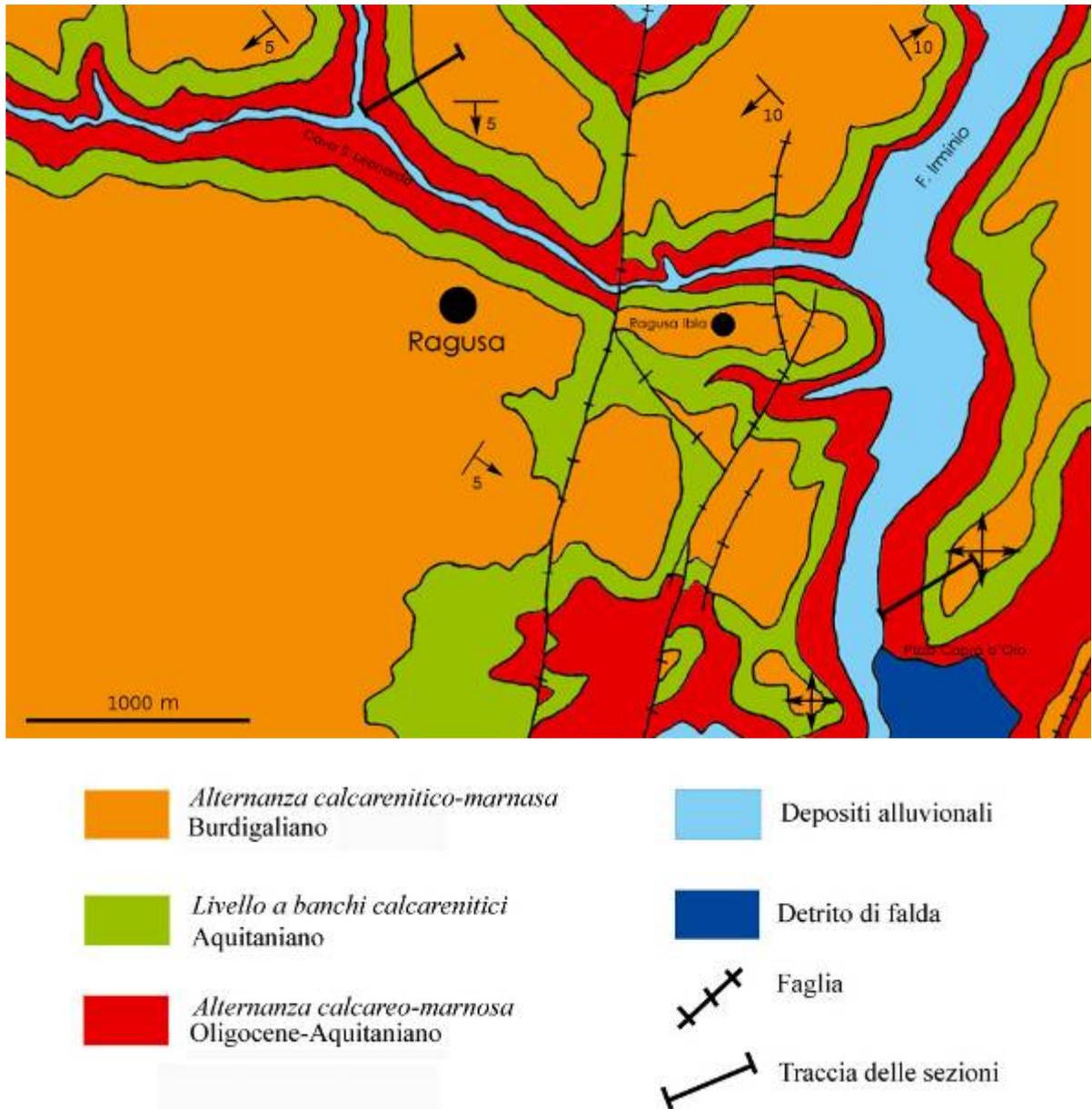


Figura 24 - Carta geologica dei dintorni di Ragusa (modificato; Di Grande *et alii*, 1977).

Nelle porzioni più basali, gli strati duri contengono liste di selce bruna e noduli, mentre i livelli teneri sono subordinati, in quanto gli strati calcarei duri che raggiungono alcuni metri, sono originati dall'unione di più livelli.

Lo spessore massimo individuato nella zona è di 119 m e corrisponde al membro di Leonardo della Formazione di Ragusa. Qui non è visibile la base del membro

il quale affiora nei pressi di Monterosso Almo mostrandosi come un conglomerato di elementi calcarei selciosi e cemento calcareo.

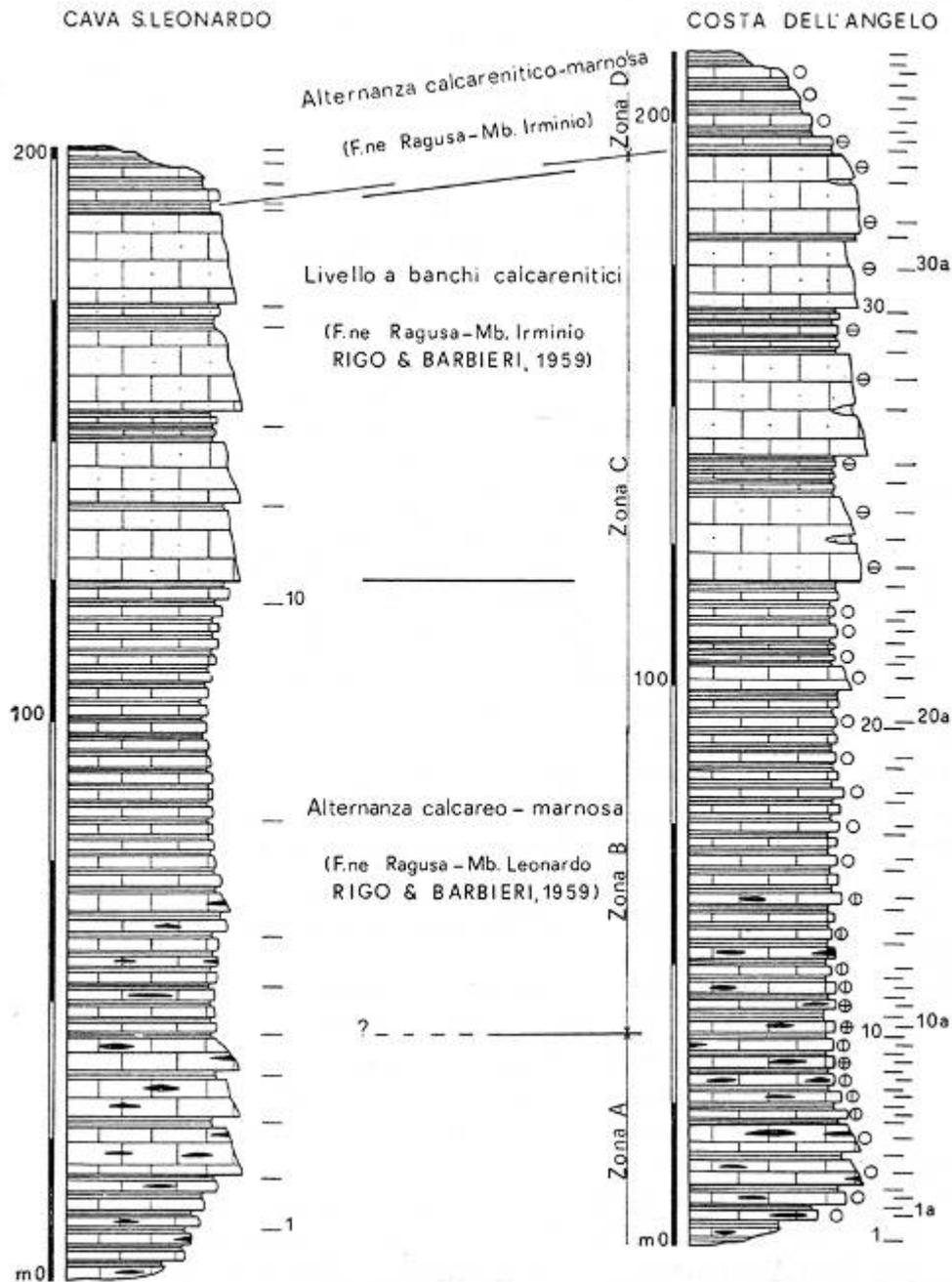


Figura 25 - Le due sezioni di Cava S. Leonardo e Pizzo di Capra d'Oro (modificato; Di Grande, 1977).

Le analisi sulla microfauna di Di Grande *et alii* (1977) dimostrano come queste litologie appartengono all'Oligocene ed in parte all'Aquitaniense, ragion per cui

non è possibile tracciare con certezza una linea certa di demarcazione fra Oligocene e Miocene.

Superiormente si trova il livello a banchi calcarenitici con una potenza massima di 75 m. Questi banchi sono costituiti da sequenze di strati calcarenitici con spessore massimo di 5 m, intervallati da sottili strati marnoso-sabbiosi di 10-15 cm. Lateralmente questi banchi calcarenitici hanno un andamento variabile e talvolta tendono ad unirsi in mancanza del giunto arenitico tenero.

Questo livello corrisponde al membro di Irminio della Formazione di Ragusa che costituisce la parte della formazione appartenente al Miocene, tuttavia gli affioramenti ragusani sono prevalentemente dell'Aquitano.

Il livello ad alternanza calcarenitico-marnosa rappresenta la porzione più alta della successione ed è costituito da un'alternanza di livelli duri calcarenitici giallastri (50-70 cm) e strati teneri calcarenitico marnosi. Questo livello differisce rispetto al precedente per il diverso spessore degli strati.

Questi strati appartengono alla parte media del membro di Irminio e le microfaune indicano un'età prevalentemente burdigaliana.

Per quanto riguarda le associazioni microfaunistiche rinvenute in tutta la successione affiorante, i tre livelli individuati mostrano rapporti fra bentos e plancton variabili.

La zona più antica dei livelli ad alternanza calcarenitico-marnosa indica una massiccia presenza di platonici con microfaune a *Globigerina*, *Globigerinita* e *Globorotalie* prive di carena, mentre nel bentos prevalgono *Nodosariidae*, *Uvigerinidae* e *Anomalinidae* con rari livelli in cui queste faune sono sostituite da *Miogypsinidae*, *Amphisteginidae* e rare *Heterostegina*. Tali associazioni indicano un ambiente di mare aperto e profondo con faune decisamente appartenenti alla porzione superiore della zona batiale.

Nel tratto dei banchi calcarenitici si assiste ad una decisa affermazione di foraminiferi di mare poco profondo (*Amphistegina*, *Miogypsina*, *Heterostegina*,

Elphidium) e ad una progressiva scomparsa dei generi tipicamente profondi (Uvigerinidae, Nodosariidae).

La terza zona, caratterizzata da letti ad alternanza calcarenitico-marnosa si divide in due fasi: la porzione basale presenta faune ad *Amphistegina*, *Miogypsina*, *Heterostegina* ed *Elphidium* insieme a numerosi frammenti di macrofossili, mentre nella parte superiore si osserva un progressivo aumento di forme planctoniche (*Globigerina* e *Globigerinoides*) e la sostituzione della fauna del benthos con prevalenza di *Melonis pompilioides* e *Cassidulinoides bradi* segnalati nell'Atlantico fra i 250 e i 500 m. La successione di queste due fasi indica un ambiente di sedimentazione poco profondo di piattaforma interna il quale passa gradualmente ad un ambiente di mare aperto medio-profondo riferito al margine esterno della piattaforma continentale.

La cava di contrada Tabuna presso la città di Ragusa, luogo di provenienza dei reperti qui esaminati, ha quindi una datazione relativa al limite fra Aquitaniano e Burdigaliano. La matrice calcarenitica del reperto di *Neosqualodon gemmellaro* potrebbe indicare una preservazione del fossile in ambiente di piattaforma interna in quanto tale granulometria è tipica di un ambiente di media energia. Escludiamo che possa trattarsi di risedimenti poiché il cranio e la mandibola sono ancora in connessione articolata.

Nel reperto di *Neosqualodon assenxae* invece è stata riscontrata una matrice calcilutitica che potrebbe indicare una sedimentazione di piattaforma esterna. Poiché non sono state condotte analisi dirette sul contenuto in microfossili non possiamo specificare le condizioni ambientali al momento della deposizione.

La diminuzione dello spessore della tavola durante le fasi finali dell'Aquitano è dovuta ad una stasi tettonica che contribuisce al progressivo riempimento del bacino. Banchi calcarenitici con intercalazioni a livelli marnoso-sabbiosi rappresentano il culmine di questa fase interrotta dalla ripresa dell'attività tettonica che inizia nel Burdigaliano e che negli affioramenti superiori dei dintorni di Ragusa è testimoniato dalla lenta scomparsa del microfaune

bentoniche di piattaforma interna e dai maggiori spessori marnosi sui livelli calcarenitici.

II
CAPITOLO

**Gli squalodontidi nel contesto evolutivo dei
cetacei**

II

Gli Squalodontidi nel contesto evolutivo dei cetacei

I cetacei rappresentano un gruppo di mammiferi riadattati alla vita in ambiente principalmente acquatico, tale riadattamento ha condotto le forme terrestri ad una serie di importanti trasformazioni fisiologiche e meccaniche tanto che hanno assunto un aspetto più simile ai pesci. Il cambiamento è la risposta dell'organismo all'ambiente acquatico dove esso necessita di trasformazioni che lo portano sia ad avere una forte resistenza a lunghi intervalli di tempo senza inspirazione, sia ad avere un contatto idrodinamico con il mezzo acquatico in modo da opporre meno attrito nei movimenti. Il cambiamento della struttura coinvolge il sistema di spostamento e le abitudini alimentari.

Il vasto gruppo dei cetacei è un gruppo monofiletico costituito da moltissime specie presenti e passate le quali hanno dato un lungo ed importante record fossile presente in moltissime località.

Effettuando ricerche più o meno sparse per tutto il globo, scandagliando vari siti ed i loro contenuti fossiliferi si è giunti alla conclusione che i cetacei si sono distaccati evolutivamente da forme terrestri, nell'antico Eocene circa 53 Ma (Fordyce e Muizon, 2001). Le località dove sono stati trovati maggiormente queste più antiche forme sono il Pakistan, l'India e recentemente anche l'Egitto (Fordyce e Muizon, 2001), pertanto è assai probabile che questi ne siano i luoghi di origine.

Attualmente sono presenti 81 specie viventi distribuite in 14 famiglie e in due

sottordini: i Mysticeti, e gli Odontoceti. Entrambi i gruppi hanno un inizio del record fossile intorno all'Eocene a 34 Ma, nell'Eocene superiore (Fordyce e Muizon, 2001). I Mysticeti uniti agli Odontoceti formano un unico clado chiamato Neoceti o Autoceti, distinto da un clado che rappresenta un gruppo parafiletico estinto che raccoglie i cetacei più primitivi con le prime forme specializzate alla vita acquatica: gli Archeoceti (Fordyce e Muizon, 2001).

La variabilità delle forme dei cetacei è fortemente diversificata sia nelle dimensioni che nelle specializzazioni adattive. Le dimensioni variano da 2 m a 33 m il che li porta ad essere attualmente gli animali più grandi del pianeta, occupando ambienti eterogenei che vanno da batimetrie di superficie a batimetrie abissali con forme di climi da tropicali a polari.

I primi studi sulla storia dei cetacei risalgono al 1670, data senz'altro celebre in quanto nei sedimenti dell'isola di Malta fu ritrovato un frammento studiato inizialmente dal naturalista e pittore siciliano Agostano Scilla; era una mandibola contenete tre denti di forma triangolare con grossi denticoli che inizialmente furono riferiti al genere *Phoca*, *Phocodon scillae* (1841), ma solo successivamente furono assimilati al genere *Squalodon*. In ultimo, in onore dello studioso siciliano fu dato il nome: *Squalodon scillae*.

Agli inizi all'800 gli studi hanno subito un'accelerazione soprattutto per i ritrovamenti in Europa e negli USA esaminati principalmente da Cuvier e Owen (1824 e 1846), mentre nei primi anni del novecento presero l'avvio più dettagliatamente gli studi di sistematica e filogenesi utilizzando ritrovamenti provenienti da molte parti del mondo, incluso l'Antartide (Fordyce e Muizon, 2001). In quegli'anni gli studi di Remigton Kellogg hanno avuto un ruolo determinante; nel 1928 pubblica un lavoro di sintesi sulla storia dei cetacei. Negl'ultimi vent'anni c'è stata una crescita molto positiva di paleontologi che si sono dedicati, in ogni parte del mondo, alla ricostruzione classificativa del record fossile dei cetacei con tecniche sempre più moderne, tra cui l'acquisizione del concetto di classificazione cladistica per mezzo di matrici numeriche basate

sull'osservazione dei caratteri morfologici, ma anche con tecniche moderne basate su analisi di tipo molecolare utilizzate dagli autori come Geisler e O'Leary o Messenger e Meczguire (Fordyce e Muizon, 2001).

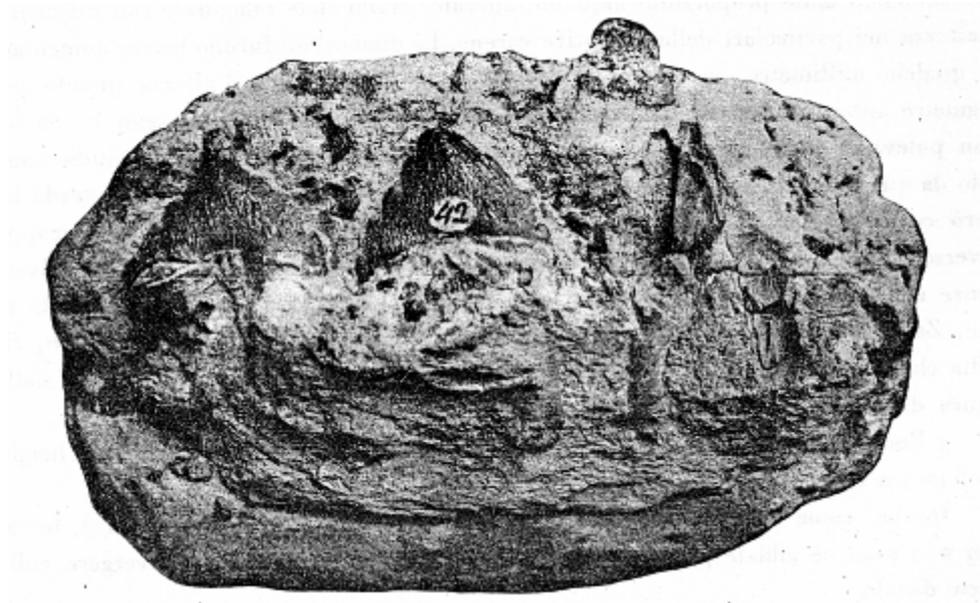


Figura 1 - Foto del reperto di Scilla: *Squalodon scillae* (Fabiani 1948).

Nell'America del Nord troviamo Barnes ed altri, nell'America del sud C. De Muizon, per il Giappone Kimura, Ichishima, Oshi, Okazaki ed altri. Nel sud-est del Pacifico ed Antartide troviamo Fordyce, per la costa Atlantica e ancora il nord America troviamo Bohaska, Hulbert, Dawson. Gli studiosi che operano nel Mar del Nord e nelle coste dell'Europa adiacenti al mar Mediterraneo sono: Rothausen, Muizon, Bianucci e Lambert, nel sud-ovest dell'Atlantico Cozzuol, mentre per l'Egitto e paesi medio orientali Gingerich e Thewissen (Fordyce e Muizon, 2001).

Per quanto riguarda l'origine dei cetacei sono state avanzate diverse ipotesi. Una di queste prevede che essi siano discendenti dai Mesonychia, un gruppo di ungulati arcaici che racchiude specie pienamente terrestri e quadrupedi (Fordyce e Muizon, 2001). Attualmente questa idea non è più molto accreditata. I più avanzati studi molecolari hanno invece messo in risalto una stretta relazione tra i cetacei e gli artiodattili ed in particolare gli ippopotami.

Le moderne analisi cladistiche hanno permesso di razionalizzare il concetto stesso di classificazione, con il preciso scopo di mettere in evidenza le possibili correlazioni fra i vari gruppi sotto i molteplici aspetti di caratteristiche morfologiche e molecolari.

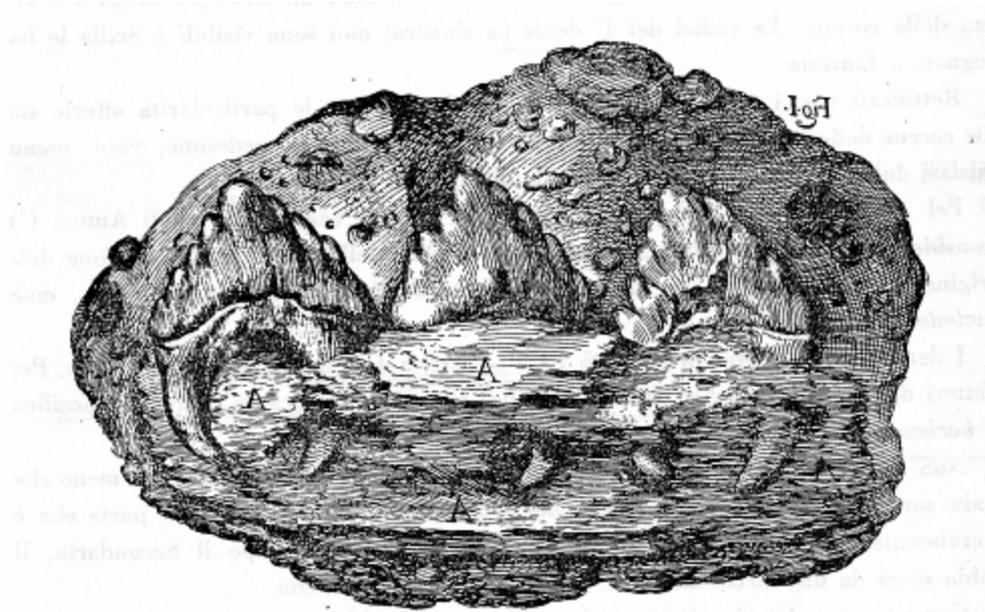


Figura 2 - Incisione eseguita da Scilla e pubblicata nel 1670 (Fabiani 1949).

Le analisi molecolari hanno il vantaggio di far uso dei caratteri che riguardano le parti molli delle specie attuali che integrate con i caratteri specifici delle ossa, favoriscono le correlazioni filogeniche su un più ampio spettro.

Nonostante ciò, molti sono i dubbi che coinvolgono le relazioni fra i vari gruppi di cetacei e la loro diversificazione, soprattutto, in quei casi in cui abbiamo una scarsa qualità del materiale fossile.

Prima dell'avvento degli studi sulle analisi molecolari, le relazioni fra i gruppi di: *Physeteridae*, *Ziphiidae*, *Monodontidae*, *Platanistidae*, *Escherichtiidae* e *Balenidae*, non erano ben chiare. Con l'avvento delle moderne tecniche di indagine unite all'utilizzo della teoria cladistica, si è giunti ad una migliore risoluzione d'indagine sia all'interno dei vari gruppi estinti, sia nelle relazioni specifiche dell'intero gruppo dei cetacei con i mammiferi terrestri.

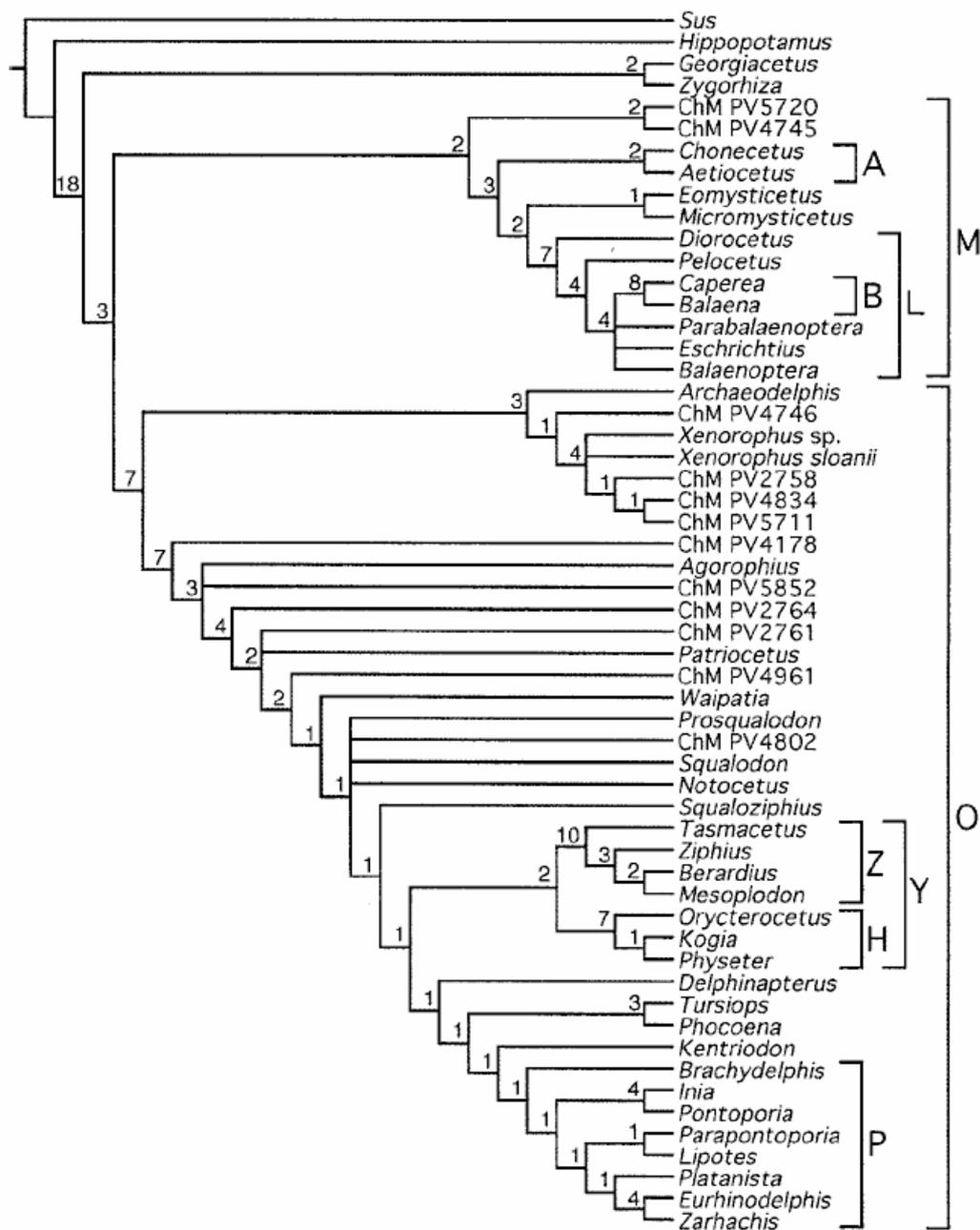


Figura 3 - Cladogramma di Geisler e Sanders effettuato sulla base di 304 caratteri su 56 taxa estinti e viventi (Geisler e Sanders 2003).

Vari autori nel corso dei loro studi hanno sempre esaminato e considerato, sulla base dei propri lavori, varie teorie di classificazione con diversi cladogrammi che non accontentano di certo tutti, soprattutto per il più complesso dei tre sottogruppi dei mammiferi marini, quello degli Odontoceti.

L'alta diversificazione tassonomica è unita ad un'alta disparità strutturale che ha come conseguenza moltissimi problemi nelle variazioni specifiche e morfologiche, soprattutto, per quanto riguarda i gruppi fossili.

Meno difficoltà si hanno nel gruppo dei misticeti e archeoceti in quanto la diversificazione è meno accentuata ed esistono meno specie.

Gli archeoceti

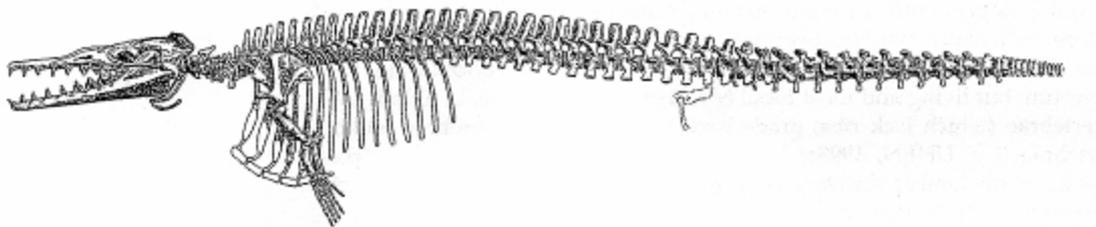


Figura 4 - *Zygorhiza kochi* (Kellogg, 1936).

Gli archeoceti rappresentano i cetacei più antichi conosciuti e convenzionalmente vengono considerati un sottordine dei cetacei. Essi sono strettamente legati con i moderni cetacei per una serie di caratteristiche fisiologiche che le portano a ritenere come siano gli antenati di tutti i gruppi attuali o estinti, il cranio degli archeoceti, infatti, contiene sia caratteristiche appartenenti ai misticeti che agli odontoceti sebbene in forma più primitiva. Il loro cranio manca del tutto della proiezione telescopica delle ossa, comune a tutti gli altri gruppi di cetacei. Il clado degli archeoceti è parafiletico (Fordyce e Muizon 2001).

L'importanza degli studi comparativi delle ossa craniche è stata accompagnata di recente con un'analisi dello scheletro postcraniale rivelando forti variazioni nella configurazione generale delle singole specie che come conseguenza ha portato ad una maggiore precisazione nelle descrizioni e nelle classificazioni cladistiche. Le cause di questo ampliamento di studi sono da imputarsi ai sempre più numerosi ritrovamenti in Egitto, in Pakistan e in India.

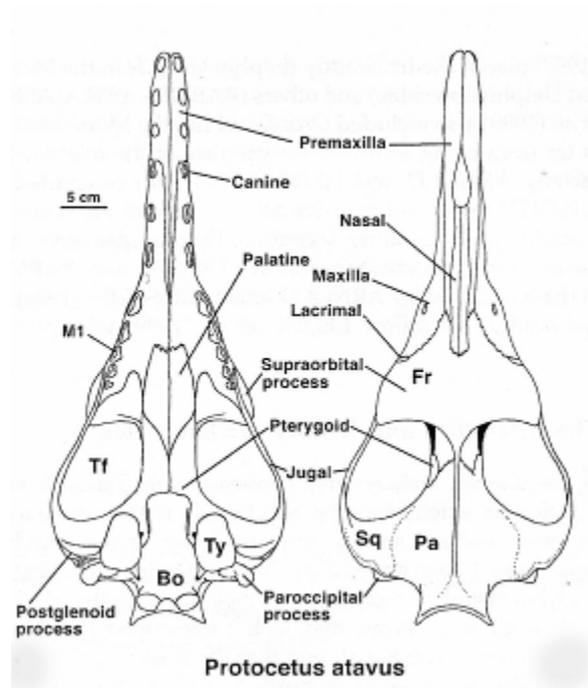


Figura 5 - Ricostruzione di *Protocetus atavus* (Fordyce e Muizon, 2001).

Tutt'ora si ha una più chiara visione delle varie suddivisioni all'interno di questo sottordine il quale si divide nelle seguenti famiglie: Protocetidae, Remingtonocetidae, Ambulocetidae, Pakicetidae, Basilosauridae e Kekenodontidae (Fordyce e Muizon, 2001). La maggior parte di queste forme di antichi cetacei sono eoceniche e i reperti vengono in massima parte da depositi fluviali e marino costieri (Fordyce e Muizon, 2001). Gli archeoceti avevano ancora uno stretto legame con le terre emerse dalle quali provengono; la loro origine e l'iniziale diffusione avvenne nell'antico mare della Tetide in quanto i ritrovamenti sono stati effettuati sulle rive che cingevano questo mare che all'epoca si estendeva fra l'India e l'Africa a sud dell'Eurasia (Fordyce e Muizon 2001).

Gli archeoceti assumono un ruolo molto importante in quanto sono un fondamentale punto di partenza per l'interpretazione dell'origine delle varie linee filetiche che hanno condotto alle forme moderne.

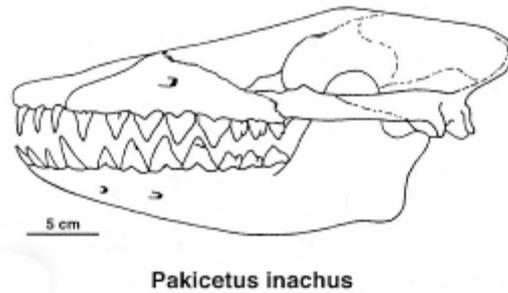


Figura 6 - *Pakicetus inachus* (Gingerich e Russell, 1981)

I mysticeti

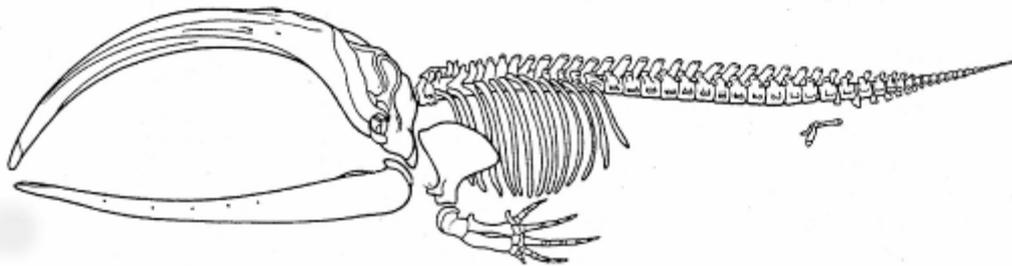


Figura 7 - *Balena mysticetus* (Fordyce e Muizon, 2001).

I mysticeti insieme agli odontoceti contengono forme tutt'ora viventi le quali hanno avuto una storia evolutiva tutt'ora d'incerta interpretazione; la relazione che lega i mysticeti, gli odontoceti e gli archeoceti non è ancora chiarita, poiché non è stato stabilito da quali famiglie di archeoceti si siano evoluti i gruppi moderni.

La più importante differenza che separa i mysticeti dagli odontoceti è il sistema trofico adottato che, con tutta probabilità, è responsabile delle profonde variazioni morfologiche e strutturali subite dalle ossa craniche.

I mysticeti (oggi rappresentati dai gruppi principali delle Balenottere e Balene) si nutrono per mezzo del filtraggio dell'acqua per opera di strutture sottili chiamate fanoni i quali facendo passare l'acqua trattengono le prede (filtrazione) che successivamente vengono ingerite. Essi sono i più grandi animali attualmente viventi sul nostro pianeta con dimensioni che possono raggiungere i 33 metri di

lunghezza e masse dell'ordine delle 100000 kg (Fordyce e Muizon, 2001).

I primi mysticeti iniziano ad apparire già nell'Eocene superiore (*Llanocetus* è, infatti, datato 34,2 Ma) e le ipotesi prendono in considerazione una derivazione da alcune forme di basilosauri, anche se non ci sono ritrovamenti che possano pienamente confermare tale provenienza (Fordyce e Muizon, 2001).

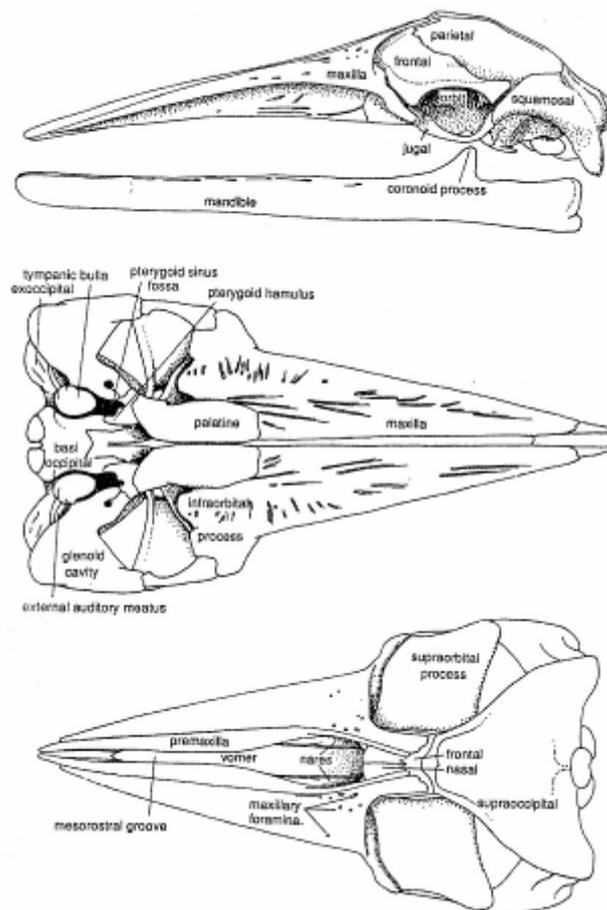


Figura 8 - *Balaenoptera acutorostrata* (Fordyce e Muizon, 2001).

L'importante elemento distintivo di un mysticete nelle ossa craniche è dato dal mascellare che si estende dietro e sotto l'osso del frontale intorno all'orbita. Inoltre non abbiamo la presenza di denti, ma di alcune strutture organiche cartilaginee chiamate fanoni (le forme arcaiche sono provviste di denti); la riduzione del processo coronoide e il raccorciamento della regione intertemporale antero-posteriore parte della telescopica del cranio (Ridgway e Harrison, 1985).

Gli odontoceti

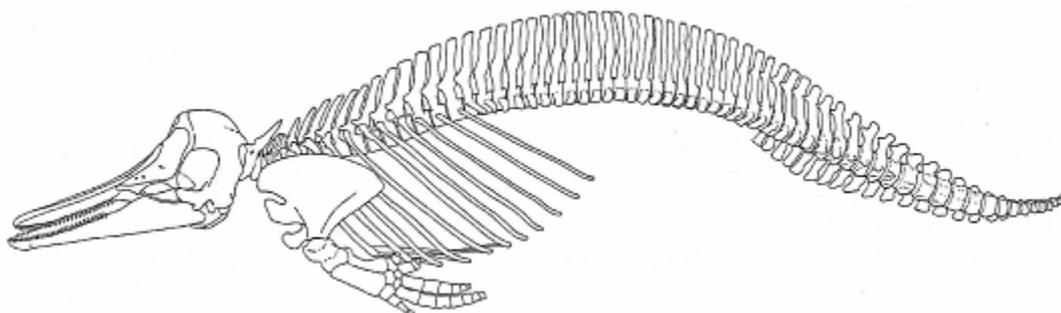


Figura 9 - *Lagenorhynchus obscurus* (Fordyce e Muizon, 2001).

Insieme ai mysticeti gli odontoceti è un sottordine di cetacei rappresentato attualmente ed è caratterizzato dalla presenza di numerose famiglie, ciascuna provvista di molti generi e innumerevoli specie.

Gli odontoceti viventi sono caratterizzati da specie con dimensioni molto eterogenee; sono provvisti, per la maggior parte, di denti; hanno la capacità di percepire le alte frequenze con lo scopo dell'ecolocazione che ha raggiunto, nel corso della loro evoluzione, un notevole perfezionamento rispetto alle specie più arcaiche.

Le più vecchie forme di odontoceti finora trovate risalgono all'Oligocene inferiore, ma la maggiore diversificazione si è avuta a partire dal Oligocene superiore. Oggi sono presenti 10 famiglie e 69 specie contro le 4 famiglie e 10 specie dei mysticeti (Fordyce e Muizon, 2001).

Tutti gli odontoceti fossili e viventi hanno un distintivo e unico insieme di ossa del cranio nel quale il mascellare si estende dietro e sopra il frontale, andando a costruire l'arcata dell'orbita. I due mascellari e le ossa presenti nelle vicinanze formano una faccia voluminosa dove si innestano i muscoli associati ai tessuti molli del naso. Nelle specie viventi questa struttura implica un potente sviluppo del sistema di ecolocazione a causa della presenza di un organo chiamato melone, posto al di sopra delle ossa facciali (Fordyce e Muizon, 2001). E' possibile che questo sistema di ecolocazione abbia cominciato a comparire ed a

evolversi sin dall'Oligocene ed è probabile che sia anche stata una chiave fondamentale nell'origine dell'intero gruppo degli odontoceti.

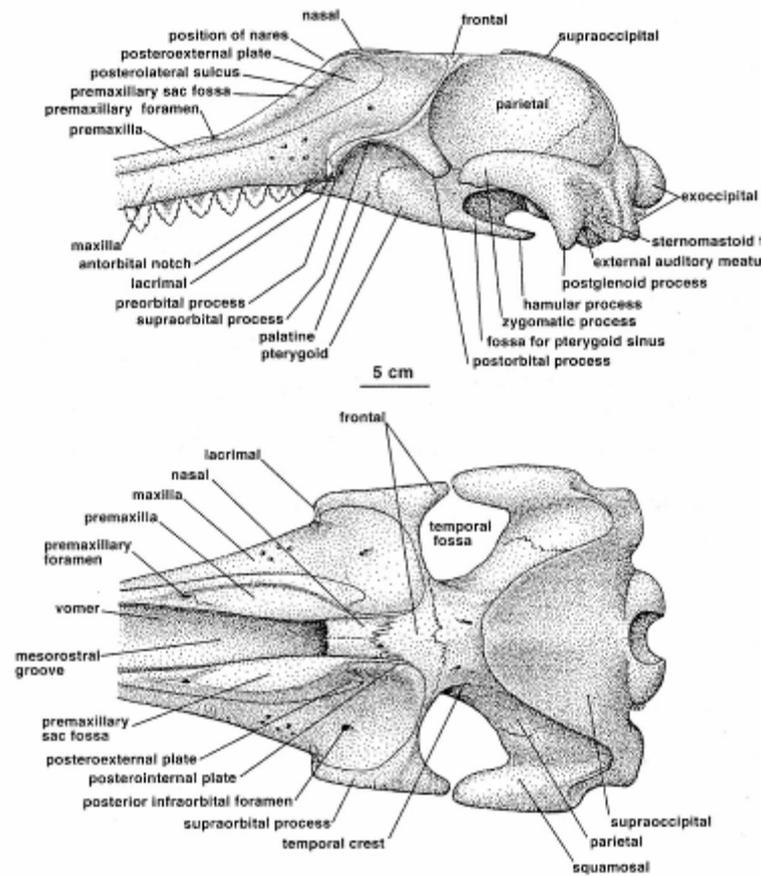


Figura 10 - Ricostruzione laterale e dorsale del cranio di *Agorophius* (Fordyce, 1981).

Fra le principali tendenze evolutive che portano ad una maggiore distinzione degli odontoceti troviamo: un rostro molto lungo, crescita dell'asimmetria facciale, sviluppo di una scatola cranica più arrotondata, perdita degli organi olfattivi, sviluppo di una o più complesse sinuosità nella base del cranio, raccorciamento delle regioni intertemporali come l'effetto di telescopia che coinvolge le ossa facciali, raccorciamento del collo (Fordyce e Muizon, 2001).

Fra le prime forme basali di odontoceti troviamo la famiglia degli Agorophiidae, in quanto alcuni studiosi pensano che le forme di questa famiglia siano gli ancestri basali dal quale poi si sono differenziali i successivi gruppi, mentre altri ritengono che gli agorophiidi siano una delle diverse specie differenziate dagli

archeoceti e che non abbiamo lasciato discendenti. In effetti, gli agorophiidi sembrano preludere l'avvento della successiva e importante famiglia degli Squalodontidi che dominerà quasi per tutto il miocene, pertanto gli agorophiidi si possono considerare come dei “pre-squalodontidi”. Essi possiedono già molte caratteristiche che saranno comuni nel gruppo successivo miocenico.

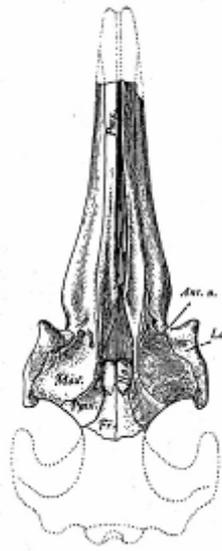


Figura 11 - *Xenorophus sloani* (Kellogg, 1928).

I generi conosciuti della famiglia degli Agorophidae sono: *Agorophius* e *Xenorophus*.

Lo *Xenorophus sloani* è uno dei più basali odontoceti conosciuti e descritti, pertanto l'importanza del reperto è fondamentale. Fra le caratteristiche principali di questo esemplare abbiamo che le ossa sopraorbitali delle regioni facciali non sono depresse, suggerendo quindi che i muscoli naso-facciali fossero molto estesi posteriormente; i parietali sono molto ben esposti lungo tutta la regione interparietale e il sopraoccipitale è relativamente ripido. Questo genere mostra caratteri derivati come un lacrimale largo e un processo sopraorbitale del mascellare molto ampio il quale si protende posteriormente. Per quanto riguarda i denti lo *X. sloani* è polidonte con la presenza di 10 denti mascellari muniti di denticolazioni (Fordyce e Muizon, 2001).

Un'altra forma basale è l'*Archeodelphis* anch'esso fra i più arcaici odontoceti descritti; di questo genere ne è conosciuta una sola specie. Le caratteristiche del cranio sono: il processo sopraorbitale del mascellare è molto simile a quello degli archeoceti e la fossa facciale è collocata sotto il livello dell'orbita sulla base del rostro, il nasale è relativamente lungo e il processo dello squamoso è sottile (Fordyce e Muizon, 2001). Questo genere è molto importante in quanto è presente una sinapomorfia chiave degli odontoceti: il mascellare copre posteriormente il frontale e si estende più avanti del processo anterorbitale (Fordyce e Muizon, 2001). Lo *X. sloani* e l'*A. patrius* sono simili nella caratteristica di un lacrimale ampio e nella regione palato-pterigoidea (Whitmore e Sanders, 1977).

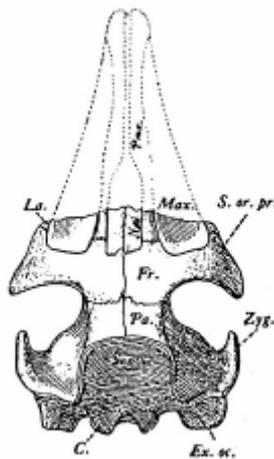


Figura 12 - *Archeodelphis patrius* (Kellogg, 1924).

La superfamiglia dei Platanistoidi

Il sottordine degli odontoceti si suddivide in 8 superfamiglie a loro volta suddivise in molteplici famiglie, la superfamiglia dei platanistoidi è quella che raccoglie gruppi arcaici di odontoceti costituite da generi prevalentemente estinti (oggi sopravvive solo un genere rappresentato da due specie) fra i quali la

famiglia degli Squalodontidi che sarà al centro della nostra trattazione.

Il gruppo dei platanistoidi comprende le seguenti famiglie dall'Oligocene all'attuale: Squalodontidae, Squalodelphinidae, Waipatiidae, Dalpiazinidae, Platanistidae. Tutti questi gruppi vengono unificati sulla base delle caratteristiche delle ossa dell'udito. Per la maggior parte si tratta di forme marine, anche se i Platanistidae sono in parte fluviali.

Di queste famiglie sopraelencate quella che presenta più generi con reperti in buono stato di conservazione e pertanto molto ben conosciuta, è quella degli Squalodontidi i quali sono cetacei geograficamente molto diffusi; essi sono caratterizzati da: un lungo rostro e denti molari di forma triangolare simili agli squali, dai quali hanno derivato il nome.

Il genere *Squalodon* ha avuto l'assunzione di moltissime specie, spesso descritte e inserite nel genere sulla base di frammenti di mandibola contenenti pochi denti. Questa situazione ha portato la necessità di definire meglio le caratteristiche di questo importante genere in modo da evitare inutili attribuzioni. De Muizon (1994) ha descritto la superfamiglia Platanistoidea definendo, sulla base di una descrizione morfologica, tre regioni anatomiche: la scapola, la regione uditiva e le ossa del palatino.

1 – La *scapola*. Questa superfamiglia ha subito modificazioni importanti: il processo caracoideo è una piccola protuberanza arrotondata, il processo acromiale è localizzato sul bordo anteriore della scapola così che il processo sopraspinoso è molto ridotto o assente.

2 – La *regione uditiva*. I Platanistoidea e gli Squalodelphidae (sister group dei Platanistoidea) mostrano la presenza di una profonda fossa subcircolare localizzata dorsalmente al processo spinoso dello squamoso, la quale è mancante negli'altri gruppi di cetacei. Questa struttura plesiomorfica potrebbe rappresentare una semplice estensione del sinus peribullare che sostiene il periotico e la porzione timpanica. Inoltre essa presenta una vascolarizzazione

suggerendo una seconda funzione legata all'apporto di sangue; è associata al foramen spinosum.

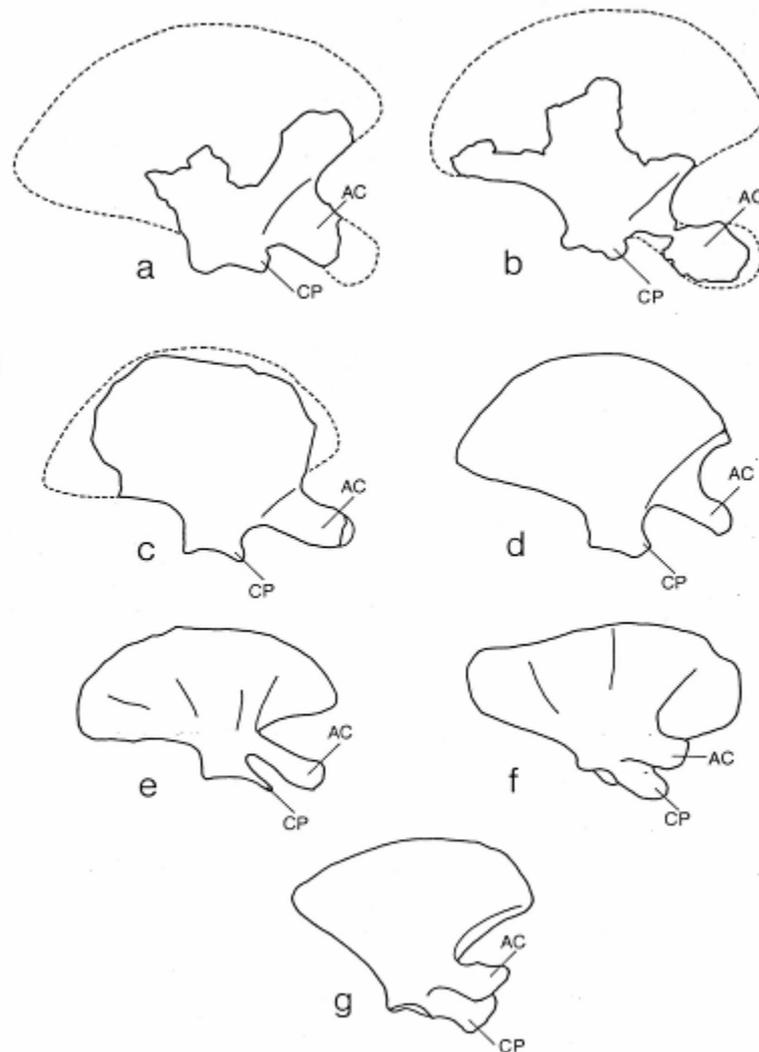


Figura 13 - Visione laterale della scapola di alcuni odontoceti: a) *Squalodon*, b) *Prosqualodon*, c) *Notocetus*, d) *Platanista*, e) *Eurinodelphis*, f) *Pontoporia*, g) *Phocoena*. AC acromiale; CP processo caracoide (Muizon 1994).

3 – I *palatini*. Nei *Platanista* osserviamo che lo pterigoide ricopre totalmente il palatino e la parte posteriore del mascellare. La condizione plesiomorfica prevede che i mascellari siano totalmente separati dagli pterigoidi e dai palatini, tale condizione è presente negli Archeoceti, negli Agorophiidae e nei primitivi Ziphiidae.

Queste caratteristiche che delimitano i platanistoidea forniscono la base

descrittiva della famiglia che sarà approfondita in questo lavoro.

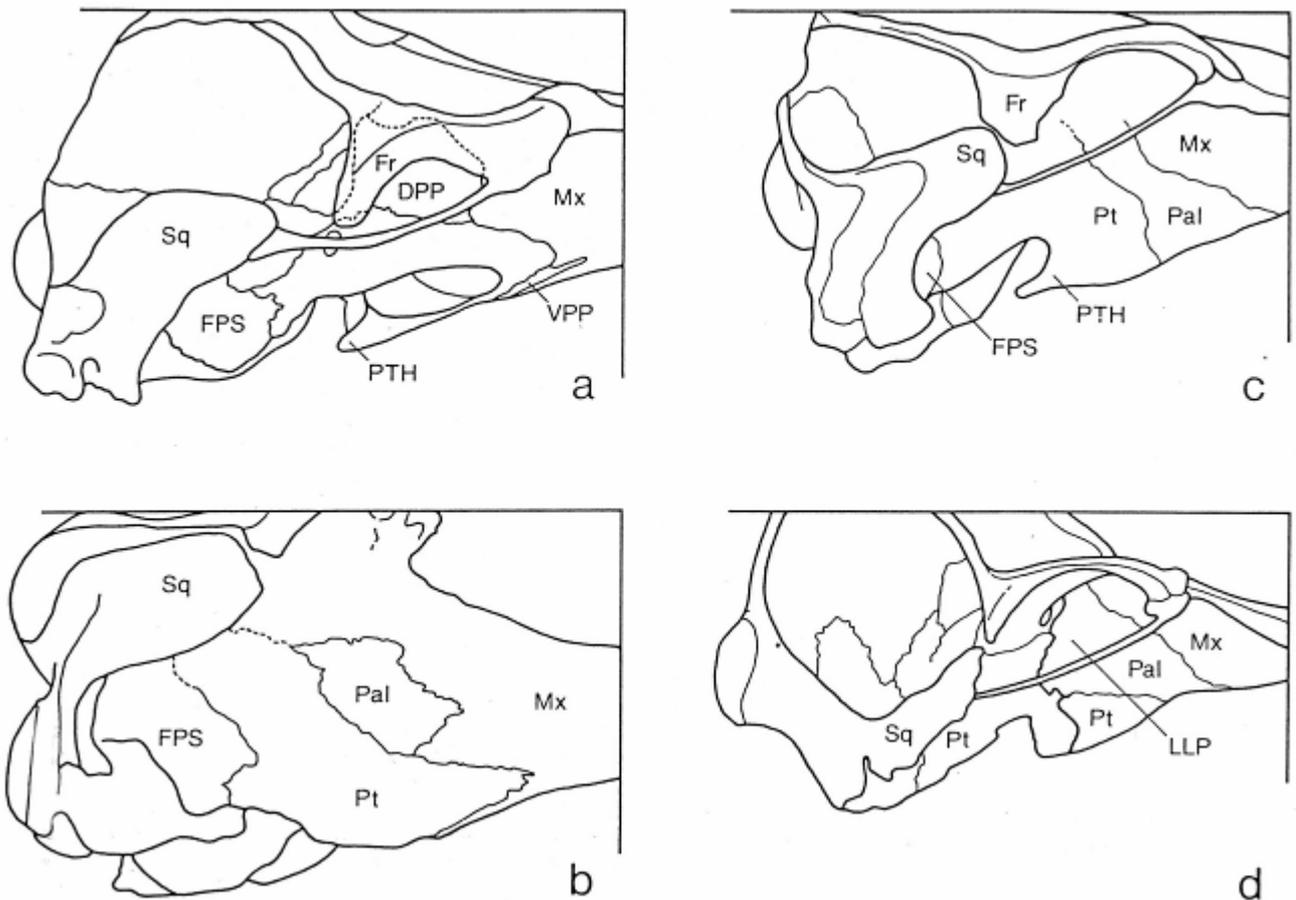


Figura 14 - Visione laterale dei crani di alcuni odontoceti. a) *Squalodon*; b) *Pomatodelphis*; c) *Eurhinodelphis*; d) *Delphinus*. DPP, parte dorsale del palatino; FPS, processo falciforme dello squamoso; Fr, frontale; LLP, lamina laterale del palatino; Mx, mascellare; Pal, palatino; Pt, pterigoidi; PTH, hamulo pterigoideo; Sq, squamoso; VPP, parte ventrale del palatino (Muizon 1994).

La famiglia Squalodontidae

Il gruppo degli squalodontidi, è stato nel corso del miocene inferiore-medio, una presenza importante e cosmopolita, la quale ha dato origine a diversi importanti generi con forme eterogenee. Essi presentano sia caratteristiche primitive che evolute come conseguenza del fatto che alcune forme sono state ritenute ancestri di gruppi moderni viventi.

Definire la famiglia degli Squalodontidi non è cosa facile in quanto i vari generi

in essa contenuti sono molto eterogenei, inoltre a causa dell'esistenza di una molteplicità rilevante di frammenti attribuiti a nuovi ed incerti generi di squalodonti, ampliano o rendono il panorama enormemente complesso e variegato. A livello descrittivo le diverse forme di squalodontidi sono state associate a strette parentele con altri gruppi peculiari di odontoceti sia estinti che non come ad esempio con i Physeteridae e gli Eurhinodelphoidea o gli Agorophiidi (dai quali si sostiene che essi discendano). *Neosqualodon* tutt'oggi di collocazione incerta, fu inserito in passato da Dal Piaz come genere della famiglia degli squalodontidi per certe affinità della struttura del cranio ma in particolare per la morfologia dentaria. In questo lavoro si analizzeranno le caratteristiche della famiglia Squalodontidae e si confronteranno i resti dei due crani esaminati in un raffronto sia morfo-descrittivo sia cladistico, soffermandoci, in particolar modo sui denti.

La famiglia Squalodontidae attualmente contiene i seguenti generi: *Squalodon*, *Eosqualodon*, *Kelloggia*, *Phoberodon*.

I generi *Kelloggia* e *Phoberodon* potrebbero collocarsi come specie all'interno di *Squalodon*, pertanto attualmente non ci sono ulteriori dati più sicuri che potrebbero portare ad una maggiore certezza.

La famiglia degli Squalodontidi è un gruppo di cetacei il cui record fossile va dall'Oligocene al Miocene, in quest'arco di tempo la maggiore abbondanza di reperti si concentra fra l'Oligocene superiore al Miocene inferiore medio nelle rocce dell'Europa, dell'Australia e Nuova Zelanda.

Come detto poc'anzi questo record fossile è ricco, per massima parte, di reperti molto frammentari e incompleti i quali rendono difficile in molti casi una precisa determinazione. Una buona percentuale di resti di squalodontidi è costituita da denti isolati e mandibole certamente inutilizzabili per una qualsiasi determinazione specifica a causa dell'alta variabilità intraspecifica che coinvolge queste ossa. Altri ritrovamenti frequenti ed importanti sono le ossa della regione

uditiva che costituiscono un valido elemento per una determinazione specifica, con l'unico e non indifferente problema che spesso tali ritrovamenti sono isolati e non è possibile associare la specie di appartenenza. Quindi molti periotici e bulle rimangono senza classificazione. Solo quelle che vengono ritrovate in associazione con il cranio sono importanti per una ricostruzione filogenetica.

La famiglia Squalodontidae rappresenta un gruppo conservativo che contiene molti caratteri primitivi sia negli elementi ossei del cranio, sia in quelli postcraniali. I caratteri derivati tendono ad essere rari e le sinapomorfie, usate per la diagnosi di questa famiglia, si potrebbero interpretare come acquisizioni indipendenti dei vari taxa; se considerate da sole non sono molto utili (Muizon 1991).

Le relazioni filetiche degli squalodontidi sono state più volte interpretate da vari autori che, nel corso dell'ultimo secolo, si sono espressi in considerazioni spesso discordanti fra loro.

Abel (1914) sostenne che la famiglia degli Squalodontidae discendesse dagli agorophiidi considerato come il gruppo ancestro dei Physetheridae, Ziphidae, Eurhinodelphidae e Platanistidae, al contrario Slijper (1936) considerò gli Squalodontidae come i progenitori dei Delphinidae, degli Eurhinodelphidae e dei Platanistidae. In effetti, anche Rothausen (1968) ammise che i Delphinoidea e i Platanistoidea avessero origine negli squalodontoidi.

Il rapporto con la famiglia degli agorofiidi è stato interpretato, secondo certi autori, con una relazione che vede tale famiglia un primitivo sister group degli Squalodontidae o degli ancestri (Abel 1914; Dal Piaz 1977). Winge (1921) include *Agorophius* in Squalodontidae, mentre Rothausen (1968) considera *Agorophius* come un membro della superfamiglia degli Squalodontoidea insieme a *Patriocetus*, *Microzeuglodon* e *Agriocetus*. In particolare *Patriocetus* fu considerato da Abel (1914) e da Winge (1921) come un misticete ma successivamente, sia Whitmore e Sanders (1977) che Fordyce (1981), collocarono questo esemplare come un odontocete primitivo ma non

appartenente agli Squalodontidae. Sempre Fordyce (1981) ha ristretto la famiglia degli Agorophidae alla sola specie conosciuta *Agorophius pigmaeus*, dichiarando la possibile esistenza di altri taxa appartenenti a questa famiglia ma che ancora non sono conosciuti.

La famiglia Squalodontidae contiene quattro generi definiti sulla base di caratteri certi: *Squalodon*, *Eosqualodon*, *Kelloggia*, *Phoberodon*.

I generi della famiglia Squalodontidae

Del genere *Phoberodon* sono preservati solamente due crani i quali hanno la regione pterigoido-palatina danneggiata e non sono associati a nessun osso del periotico o bulla. La scapola mostra le synapomorfie che secondo il Muizon, lo relazionano ai platanistoidi.

Il genere *Eosqualodon* è conosciuto per mezzo di un cranio molto ben preservato relativo alla specie *E. latirostris* il quale mostra uno scarso sviluppo della fossa subcircolare nello squamoso come osservato in *Squalodon*, inoltre si evidenzia la perdita del processo caracoide della scapola.

Il genere *Squalodon*

Il lavoro di Dal Piaz (1916) ci fornisce una breve rassegna storica dei vari studiosi succeduti negli studi a partire dalle prime pubblicazioni del 1837 da parte Meyer il quale fondò il genere *Pachydon*. Dopo quella data, come conseguenza dei pochi reperti e delle conoscenze dei cetacei marini ancora agli albori, il genere *Squalodon* ha avuto varie vicende, ma nel 1840 Gradeolup

fonda il genere. Successivamente questi reperti sottoposti a continue revisioni hanno cambiato interpretazione: *Crenidelphinus* (Laurillard 1844), *Delphinoides* (Pedroni 1845), *Zeuglodon* (Müller 1849), *Champsodelphis* (Gervais 1848-52), *Rhizoprion* (Jourdan 1861). Ma nel 1865 compare la monografia di Van Beneden sul genere *Squalodon*, nel quale egli fornisce una solida base costruita dall'insieme dei caratteri fondamentali atti a descrivere con più solida determinazione il genere.

Lo stato dell'arte più moderno ha fornito ai vari autori e studiosi un panorama più completo grazie alla scoperta di molti più reperti taluni anche completi, che ha permesso di tracciare un quadro ben più chiaro della descrizione e collocazione di questo importante gruppo di odontoceti.

Lo studio di Muizon (1991) sulla rivisitazione del genere *Squalodon*, un eccellente reperto di *Squalodon bariensis*, ha portato ad una migliore descrizione del genere sulla base dei caratteri definiti per la superfamiglia dei Platanistoidea ed ha potuto confermare il collocamento del genere *Squalodon* all'interno di questo gruppo.

Le caratteristiche evidenziate che confermano le affinità con i Platanistoidi sono:

1 – Presenza di una bassa fossa circolare al disotto della quale mostra una profonda e piccola fossa che registra una fase preliminare nello sviluppo dell'ampia e profonda fossa subcircolare ritrovata negli Squalodelphidae e nei Platanistidae. Questa caratteristica è stata registrata da Muizon (1987) come una synapomorfia appartenente alle due famiglie e conseguentemente essa è incipiente in *Squalodon* e dimostra che questo genere appartiene al sister-group dei Platanistidae e Squalodelphidae. Questo carattere è presente anche in *Eosqualodon* e *Phoberondon*.

2 – L'elevazione della cresta anteriore della cavità articolare sul lato ventrale del periotico di *Squalodon* costituisce una fase preliminare dello sviluppo della neoformazione osservata nel periotico dei Platanistoidi e degli Squalodelphidae.

Questa caratteristica evidenzia l'appartenenza di questo genere ai platanistoidi, ma poiché il periotico degli altri generi di Squalodontidae non sono sconosciuti o sono non descritti, non è possibile definire questo carattere come una synapomorfia.

3 – La morfologia della sutura maxillo-palatina mostra in particolare, in *Squalodon bariensis*), una tipica condizione dei platanistoidi e dei squalodelfidi. Le ossa del palatino sono parzialmente sovrapposte da un'espansione posteriore del mascellare la quale isola una larga porzione postero-laterale del palatino e una piccola porzione ventro-mediale. Questa condizione in *Squalodon* è tuttavia più primitiva rispetto ai Platanistidae, ma essa è presente altrove meno sviluppata.

Il genere *Neosqualodon*

La storia di questo nuovo gruppo di squalodontidi inizia con la scoperta e l'analisi di quel reperto che successivamente prese il nome di *Neosqualodon assenzae*. Non è possibile stabilire con esattezza la data del ritrovamento dell'esemplare, ma è molto probabile che ciò sia avvenuto intorno alla fine dell'800. E' molto dubbia anche la zona del ritrovamento, il Dal Piaz (1904) lo riferisce al “calcare miocene medio di Scicli presso Ragusa”.

Inizialmente questo reperto era stato riferito da Forsyth Major ad una nuova specie di *Squalodon*, lo *Squalodon assenzae* Major. L'esemplare da allora sino ad oggi è conservato nella collezione del Museo Paleontologico dell'università di Firenze sotto il numero di catalogo IGF-4469.

Nel 1904 Dal Piaz pubblica un lavoro nel quale descrive con maggiore dettaglio l'esemplare confrontandolo con altre specie del genere *Squalodon* e con altri generi della famiglia degli squalodontoidi. L'iniziale impressione che ebbe Dal Piaz fu quella che la morfologia dei denti si allontanava da quella degli

Squalodon per avvicinarsi a quella dell'allora conosciuto *Phocodon scillae* descritto attraverso il famoso reperto di mandibola pubblicato nel 1670 da Agostino Scilla trovato a Malta. Fabiani riguardo al reperto di Scilla scrisse così: "A primo aspetto, questi avanzi, si giudicherebbero appartenenti ad uno *Squalodon*. Infatti, fra i vari gruppi di odontoceti fino ad ora noti, quello che presenta maggiori affinità con i resti raccolti a Scicli è appunto quello degli Squalodonti specie se l'esame si limita puramente alla forma della corona di denti" (Fabiani 1949).

Dal Piaz pur descrivendo le ossa del cranio si sofferma principalmente in un'accurata descrizione dei denti per mezzo dei quali egli colloca questo nuovo genere nella famiglia degli squalodontoidi. Sebbene la somiglianza dei denti fosse molto evidente, le differenze che Dal Piaz notò, come la forma e il numero dei premolari, erano tali da fondare un nuovo genere: "Noi veniamo con ciò a concludere come il fossile di Scicli debba essere riferito ad un nuovo genere pel quale, allo scopo di ricordare la sua appartenenza alla famiglia Squalodontidae, propongo il nome *Neosqualodon*" (Dal Piaz, 1904).

Ecco infine come egli descrive le caratteristiche di questo nuovo genere: "Questo nuovo genere, ha la forma del cranio, specie superiormente, molto simile a quella di *Squalodon*, ma si distingue da esso, perché presenta un numero di molari assai maggiore, per lo meno dieci, tutti a radici nettamente divise e un poco divaricate e tutti a corona triangolare profondamente dentellata tanto sull'orlo anteriore, quanto su quello posteriore. Pel nome della specie, *Assenzae*, ho conservato quello dato da Forsyth Major".

Un paio di anni prima della pubblicazione del Dal Piaz e precisamente nel 1902 il noto industriale il sig. A. P. Brown dona al Museo geologico dell'università di Palermo il resto di un cetaceo rinvenuto in una delle sue cave di asfalto in contrada Tabuna in prossimità di Ragusa. Direttore del museo era all'epoca G. Gemmellaro che prese in consegna il reperto e ne tentò un restauro isolando il fossile dalla roccia bituminosa che lo rivestiva. Purtroppo durante tale

operazione si verificò una rottura fra la porzione anteriore e quella posteriore, compresa un frammento di mandibola che conservava tre denti. Ci riferisce l'evento il figlio Mariano Gemmellaro nella prima ed importante pubblicazione del 1920 nel quale descrive la specie e classifica questo esemplare come *Neosqualodon assenzae*. Purtroppo M. Gemmellaro non precisa a quale altezza sia avvenuto il distacco della porzione posteriore, né se sia stata tentata una ricostruzione, l'esemplare da noi esaminato, infatti, non presenta la porzione posteriore del neurocranio. G. Gemmellaro non dà inizialmente molta importanza al reperto riproponendosi di studiarlo in seguito ma nel frattempo Dal Piaz nel 1904 fonda il nuovo genere sul reperto poc' anzi citato conservato a Firenze.

Lo studio dell'esemplare della cava di bitume di contrada Tabuna viene affrontato da M. Gemmellaro (1920) che alla luce della pubblicazione di Dal Piaz scrive così: "Basta dare uno sguardo alle figure del *Neosqualodon assenzae* F. Major, pubblicare dal prof. Dal Piaz, ed a quelle del cranio di Ragusa che forma l'oggetto di questa memoria, per convincersi subito della perfetta identità specifica dei due esemplari.". Gemmellaro quindi stabilisce l'appartenenza alla specie *N. assenzae* il suo reperto sulla base, come poi descrive in seguito, della somiglianza della serie dentaria. Egli quindi completa la diagnosi di Dal Piaz (1904) riferita al genere *Neosqualodon* (1904): "Cranio di forma simile a quello di *Squalodon*. Regione frontale non molto sfuggente; cavità parieto-temporali di forma allungata; ossa squamose di piccole dimensioni; fugali lunghi e sottili. Serie dentaria di forma sempre più semplice da dietro in avanti. Denti posteriori con corona palmata, compressa, ristretta alla base, dentata ai margini, fornita di un intaglio verticale, mediano. Denti seguenti con corone più o meno triangolari, compresse, dentate pria soltanto sul margine posteriore, poi con margini semplici, mostranti sempre lo intaglio verticale, mediano. Da una forma coronale all'altra si passa insensibilmente, per gradi. I denti anteriori hanno corona di forma conico-allungata e sono leggermente ricurvi; mancano dell'intaglio

verticale mediano.

La radice dei denti mostra due branche anche in quelli abbastanza anteriori del rostro. Solo dal canino in avanti è certa l'esistenza di radici ad una sola branca.”.



Figura 16 - Visione laterale destra della mandibola di *N. gemmellaroi*, disegno pubblicato da M. Gemmellaro nel 1920.

Di seguito riporta la formula dentaria stimando ventisei denti per lato fra molari e premolari (non distinguendo entrambe le categorie) un canino e tre incisivi. Come si evince dalle parole di Gemmellaro il ruolo dei denti riveste sempre una rilevante importanza nella descrizione dell'esemplare.

L'attribuzione di questo esemplare alla specie *assenzae* fu proposta da Gemmellaro solo dall'osservazione delle figure pubblicate dal Dal Piaz dell'esemplare di Scicli. Dubitiamo a tal punto che il Gemmellaro lo avesse visionato direttamente in quanto con un'osservazione diretta avrebbe di certo notato che a partire dalla configurazione del cranio i due esemplari mostrano delle differenze come per i denti, egli nota, infatti, la forma palmata dell'esemplare di contrada Tabuna senza, in effetti, osservare che i molari dell'*assenzae* non hanno forma palmata ma una più decisa configurazione triangolare.

Nel 1949 Ramiro Fabiani dell'istituto di Padova in un lavoro nel quale egli eseguiva una revisione di tutti gli odontoceti conosciuti nel ragusano, ristudia l'esemplare di Gemmellaro confrontandolo con l'esemplare conservato a



Figura 15 - Disegno del *Neosqualodon gemmellaroii* conservato a Palermo, pubblicato da M. Gemmellaro nel 1920.

Firenze, stabilendo la loro non perfetta identità. Nell'aprile del 1949 pubblica in anteprima la notizia con un disegno di confronto della serie dentaria mandibolare dei due esemplari, egli scrive così: "Riesaminando recentemente l'esemplare illustrato da Mariano Gemmellaro per un lavoro che ho in corso su tutto il materiale di Odontoceti del Langhiano della regione ragusana, confrontandolo con l'originale del *Neosqualodon assenzae* di Scicli [...], mi sono convinto che i due esemplari non possono invece considerarsi specificatamente identici" (Fabiani, 1949).



Figura 17 - Frammento mandibolare prossimale dell'esemplare di *N. gemmellaro*i contenente tre denti molari, Gemmellaro 1920.

Egli quindi stabilisce una nuova specie appartenente allo stesso genere e la chiama *Neosqualodon gemmellaro*i, in onore della famiglia di studiosi del museo di Palermo. L'esemplare tutt'ora conserva questo nome ed è esposto al Museo Paleontologico di Palermo con il numero di catalogo 801.

Fabiani rileva che la descrizione di Gemmellaro del *N. gemmellaro*i mette in rilievo di per se, delle caratteristiche che sono specifiche dell'esemplare e con si ritrovano in quello di Scicli, differenze che vanno al di là di variazioni di carattere intraspecifico; stessa cosa, aggiunge, per la stima della formula dentaria: "[...] che solo per estrapolazione al quanto arbitraria, può considerarsi comune con quella, finora ignota, dell'individuo di Scicli".

Nel suo lavoro di rassegna di odontoceti miocenici siciliani Fabiani enumera a *N. gemmellaro*i altri resti di esemplari dei quali uno ne indica la collocazione al museo di Palermo che tutt'ora non risulta esposto. A suo dire sono reperti molto

frammentari in cui non è possibile effettuare una descrizione utile fuorché dei denti riconducibili al *N. gemmellaroi*. Data l'impossibilità di reperire questi resti in questo lavoro non saranno descritti.

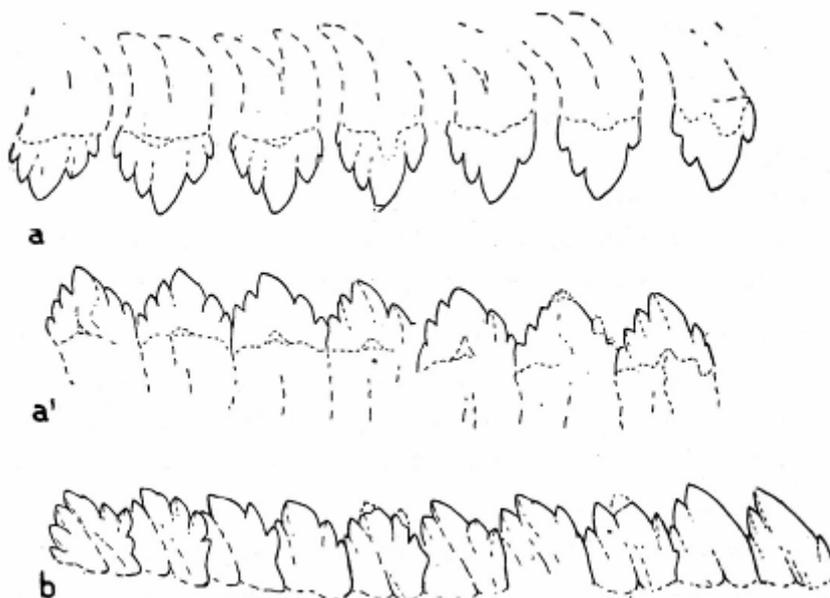


Figura 18 - Confronto del Fabiani (1949) fra la serie mascellare (a) e mandibolare (a') del *N. assenxae* e la serie mandibolare (b) del *N. gemmellaroi*.

Il Fabiani infine cita in un interessante confronto un reperto ritrovato nei sedimenti miocenici di Aquì in provincia di Alessandria, tale resto fu studiato da Brant (1873) che gli dà il nome di *Squalodon gastaldii*. Successivamente Dal Piaz esaminando dal vivo il pezzo osserva che, in effetti, esso è riconducibile al genere *Neosqualodon*, aggiungendo che le illustrazioni fornite dal Brant sono del tutto erronee tanto che non potevano essere sufficienti per identificarne la specie, Fabiani nota già dai disegni che i denti sembrano rassomigliare al *N. gemmellaroi*, ma appena ha la possibilità di osservare del vivo il pezzo conclude che si tratta di un'altra cosa.

In tre punti egli esprime che le figure di Brant non riproducono fedelmente il pezzo, che la morfologia del dente è più simile al *N. assenxae* che al *N. gemmellaroi*, in ultimo decreta che sebbene sussista una certa somiglianza col primo non è assimilabile da nessuna delle due specie quindi ritiene che si tratti di

una specie distinta che chiama *Neosqualodon gastaldii*.

Osservando il disegno che Fabiani riporta del dente affiancandolo per confronto al primo molare del *N. gemmellaroi* e *N. assenxae* sembra essere, dal punto di vista



Figura 19 - Disegno comparativo del Fabiani (1949) fra *N. assenxae* (b), *N. gastaldii* (a) e *N. gemmellaroi* (c).

morfologico, una via di mezzo fra entrambe le forme. Il *N. gastaldii* presenta questo

primo molare di forma sub-triagonale con i denticoli molto pronunciati e di forma lanceolata i quali ricordano più il *N. gemmellaroi*, mentre presenta parzialmente il solco mediano. La forma ha la tendenza a divenire palmata in quanto i denticoli alla base del bordo anteriore e del bordo posteriore divergono leggermente rispetto all'asse del dente dell'apice della corona. Questo però non si verifica nell'*assenxae* dove l'asse di tutti i denticoli è parallelo all'apice rispettando una forma più triangolare.

Nel 1923, quindi un anno prima della pubblicazione di M. Gemmellaro, Kellogg pubblica una revisione generale delle specie e dei generi dei cetacei fossili conosciuti all'epoca, egli inserisce in questo catalogo anche il genere *Neosqualodon*, con due specie il *N. assenxae* e il *N. gastaldii*. Naturalmente il *N. gemmellaroi* non era ancora stato distinto e il Kellogg nella sua descrizione del *N. assenxae* fa riferimento solo all'esemplare di Firenze menzionando solamente il lavoro di Dal Piaz (1904) e non prendendo in considerazione la pubblicazione di M. Gemmellaro del 1920.

Nella descrizione di questo esemplare Kellogg lo considera strettamente

relazionato al *N. gastaldii*.

Per una rivisitazione più moderna del gruppo dei *Neosqualodon* bisogna attendere il 1968, quando Karlheinz Rothausen pubblica una raccolta descrittiva di odontoceti miocenici italiani, in questo lavoro l'autore raggruppa le due specie di *Neosqualodon gastaldii* e *Neosqualodon gemmellaroi* sotto un'unica forma: il *Neosqualodon gastaldii*, suddividendo le varie morfologie in sotto specie. Per l'esattezza egli stabilisce tre sottospecie: il *Neosqualodon* di Acqui viene ribattezzato *Neosqualodon gastaldii gastaldii*, l'esemplare conservato a Palermo *Neosqualodon gastaldii gemmellaroi*, mentre la terza sottospecie prende il nome di *Neosqualodon gastaldii major* identificata sugli esemplari del Fabiani che descrisse nel lavoro del 1949 come secondo esemplare del *Neosqualodon gemmellaroi*.

La specie del *Neosqualodon assenzae* rimane inalterata. Nello stabilire tali sottospecie Rothausen (1968), come i suoi predecessori, si basa soprattutto sulla morfologia dei denti e sulla forma della mandibola; l'osservazione della posizione e direzione dei denticoli basali porta alla distinzione delle morfologie palmate e triangolari che secondo l'autore distinguono in generale le due specie di *Neosqualodon*, l'*assenzae* dal *gastaldii*, che a sua volta suddivide quest'ultima specie nelle tre sottospecie sopramenzionate.

Le tre sottospecie vengono successivamente diagnosticate secondo un grado morfologico dei denti che coinvolge la forma palmata data dalla asimmetria del dente, che di solito ha l'apice della corona rivolto posteriormente, e dalla direzione degli apici dei denticoli basali.

Il *Neosqualodon gastaldii gastaldii* presenta morfologia dentaria molto più simile all'*assenzae*, in accordo con il Fabiani, secondo il Rothausen la corona non è simmetrica e i denticoli basali hanno la tendenza a divergere conferendo un aspetto moderatamente palmare al dente. Non viene però considerato dall'autore la presenza del solco mediano presente in tutte e tre le sottospecie.

Il *Neosqualodon gastaldii gemmellaroi* a detta dell'autore presenta dei denti più

grandi rispetto al precedente gruppo a causa di un'accentuata morfologia palmata data da un aumento della divergenza dei denticoli basali i quali assumono un aspetto distintivo.

L'ultimo gruppo, il *Neosqualodon gastaldii major* è descritto solamente sul resto di due mandibole dei quali il Rothausen ci fornisce l'immagine di un particolare della mandibola dove si trovano due denti ben conservati ed ancora nella loro collocazione originaria. Il Fabiani aveva associato questo reperto alla specie di *N. gemmellaroi* per la caratteristica forma palmata ed asimmetrica dei denti, anche se viene da notare che essendo i due denti ancora in posizione e poiché molto probabilmente si tratta di due denti prossimali, non presentano la caratteristica di sovrapposizione che invece, nel esemplare del *N. gemmellaroi* descritto da Fabiani stesso, è evidente.

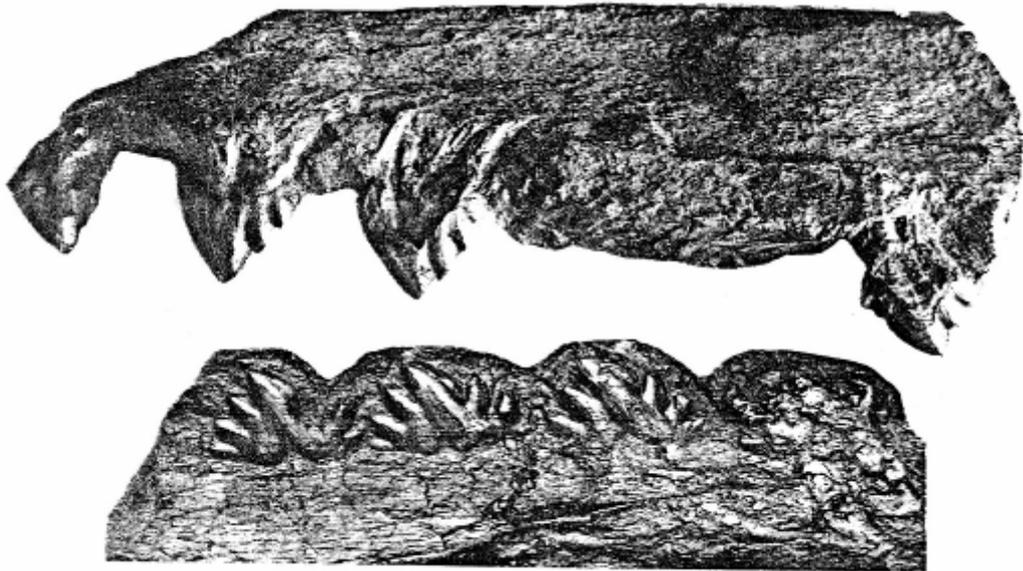


Figura 20 - Frammento mascellare e mandibolare dell'esemplare N°2 di *N. gemmellaroi* descritto da Fabiani (1949) di seguito rinominato da Rothausen (1968) *N. gastaldii mayor* (foto da Fabiani 1949).

Al di là di questa considerazione Rothausen, dall'osservazione di questo reperto, registra una maggiore ampiezza basale delle corone che mette in evidenza una forma più ampia e palmata; elemento distintivo divengono pertanto le maggiori

dimensioni dei denticoli basali di configurazione opposta rispetto a quanto invece è osservato nel *N. assenzae*.



Figura 21 - Foto del dente mandibolare del *N. gastaldii* conservato a Padova di seguito rinominato da Rothausen (1968) *N. gastaldii gastaldii* (foto G. Bianucci).

Rothausen successivamente pubblica un lavoro in cui analizza i resti fossili di cetacei del gruppo degli Squalodontoidea gettando delle considerazioni su una filogenesi nell'esame dei reperti dai livelli dell'Oligocene medio a quelli del Miocene medio. Riguardo al genere *Neosqualodon* egli sostiene che tale gruppo non discenda direttamente dagli Agorophidae ma che sia una linea indipendente nella fase evolutiva che egli chiama eosqualodontide. La fase eosqualodontide rappresenta secondo l'autore una fase successiva a quella protosqualodontide la quale raccoglie il genere delle forme più evolute di *Squalodon*. Rothausen è stato l'ultimo studioso che si è occupato da vicino dei reperti del genere *Neosqualodon*, successivamente tale genere è stato solo citato da autori più moderni come Muizon e Fordyce.

Muizon (1991) definisce *Neosqualodon* un genere molto simile agli altri gruppi di squalodontidi come *Squalodon*, *Eosqualodon* e *Phoberodon*, egli non può provare la connessione piena con il gruppo dei platanistidi a causa della

mancanza della scapola e di altri elementi del cranio fondamentali per una più precisa collocazione. Infine aggiunge che i denti di *Neosqualodon* differiscono da tutti gli altri squalodontidi per le dimensioni e forma dei denticoli.

In una pubblicazione successiva Muizon (1994) approfondisce il discorso sui caratteri degli squalodontidi e le relazioni con i platanistidi osservando i generi principali della famiglia Squalodontidae. Per quanto riguarda il genere *Neosqualodon* afferma che tale genere sia probabilmente derivato da forme squalodontoidi, anche se nessuna delle caratteristiche dei platanistoidi è possibile osservare sulle specie di questo genere. Egli non include tale genere nella famiglia e addirittura aggiunge che *Neosqualodon* non appartiene neanche alla superfamiglia Platanistoidea.

Nella più recente revisione, Muizon e Fordyce (2003), il genere *Neosqualodon* viene inserito in *incerta sedis* come possibile Squalodontidae.

III
CAPITOLO

**Descrizione dei reperti: *Neosqualodon*
assenzae e *Neosqualodon gemmellaroi***

III

Descrizione dei reperti: *Neosqualodon assenzae* e *Neosqualodon gemmellaroi*

Materiali e metodi - Le descrizioni sono basate sull'osservazione diretta dei reperti e sull'analisi del materiale fotografico raccolto. Le misure sono state fatte con un calibro micrometrico, mentre le foto contenute in questo lavoro sono state scattate con una fotocamera digitale Nikon Coolpix 4300 fornita di obiettivo da 24 mm e una fotocamera digitale compatta Sanyo.

Al museo Paleontologico di Firenze (P.F.) è stato esaminato il reperto relativo all'esemplare di *Neosqualodon assenzae* costituito da due pezzi separati: il cranio e il ramo mandibolare destro (IGF4469); inoltre sono stati visionati alcuni denti isolati appartenenti al fossile.

L'esemplare di *Neosqualodon gemmellaroi* (No. 801) è stato osservato al museo Geologico "G. G. Gemmellaro" di Palermo (G.G.P) dove oltre al cranio sono conservati tre denti incastonati in un frammento di osso appartenenti al fossile. Sono state scattate delle foto e sono state raccolte varie misurazioni. E' stato chiesta la visione del frammento mandibolare relativo a *N. gastaldii major*, ma per problemi di catalogazione non è stato possibile rintracciare il fossile nei magazzini.

Presso l'Università degli Studi di Catania è stato visionato il reperto attribuito a *Squalodon bariensis* (Colacicchi, 1960) e di seguito considerato dal Rothausen (1968) un paratipo di *S. dalpiazzi*. Sono state ottenute fotografie e misure ma soprattutto sono state osservate le caratteristiche dentarie tipiche del genere *Squalodon* che hanno confermato la netta separazione fra *Neosqualodon* e *Squalodon*.

Nella tarda primavera del 2004 sono stati segnalati dal dott. Gianni Insacco del Museo Marino di Comiso, il ritrovamento di resti di odontoceti dai livelli di calcare della cava di Contrada Tabuna che ad un primo esame sono stati associati probabilmente a *Neosqualodon*. Si tratta in particolare di un frammento di rostro con numerosi denti in buone condizioni di preservazione. Inoltre, provenienti sempre dalla stessa località, sono stati esaminati: il resto di un cranio di un possibile *Neosqualodon* in condizioni di preservazione molto critiche e il resto di un neurocranio con cavità encefalica di difficile attribuzione. Questi resti fossili sono stati utilizzati per effettuare delle comparazioni con i due esemplari esposti in questo lavoro.

Paleontologia sistematica

Ordine Cetacea Brisson, 1762

Sottordine Odontoceti Flower, 1867

Sudefamiglia Platanistoidea Simpson, 1945

Famiglia Squalodontidae Brant, 1873

Genere tipo – *Squalodon*

Generi inclusi – *Squalodon*, *Patriocetus*, *Phoeberodon*, *Kellogia*, *Eosqualodon*.

Genere *Neosqualodon* Dal Piaz, 1904

Specie tipo – *Neosqualodon assenzae* per i caratteri dentari che maggiormente contraddistinguono il genere all'interno della famiglia.

Specie incluse – *Neosqualodon assenzae*, *Nesqualodon gemmellaroi*, *Neosqualodon gastaldii*.

Diagnosi – Genere della famiglia Squalodontidae il quale si distingue per i seguenti caratteri:

- sviluppo soprannumerario dei denti, oltre 30;
- annullamento degli spazi diastemici fra i denti posteriori con conseguente sovrapposizione;
- denti di piccole dimensioni con forme triangolari e sub-triangolari;
- denti posteriori caratterizzati da accentuate denticolazioni accessorie;
- Cranio di piccole dimensioni (caratteristica riscontrata sia negli esemplari esaminati che in altri reperti);

Specie *Neosqualodon assenzae* Dal Piaz, 1904

1904 - *Neosqualodon assenzae* – Dal Piaz, pag. 4-19; fig. 1a, 1b, 2, 3, 3b, 4a, 4b, 5a, 5b, 5a, 6b

1920 – *Neosqualodon assenzae*, Gemmellaro, pp. 3, 13, 34

1927 – *Neosqualodon assenzae*, Fabiani, pp. 522, 523

1949a – *Neosqualodon assenzae*, Fabiani, pp. 428-430

1949b – *Neosqualodon assenzae*, Fabiani, pp. 4-10, 20-25; fig. 1, 2; Tav. I, fig. 1-4

1968 – *Nesqualodon assenzae*, Rothausen, pp. 10-11

1986 – *Neosqualodon assenzae*, Pilleri, pp. 12, Tav. V

Materiale – presente solo l’olotipo, IGF4469 (Museo Paleontologico di Firenze); cranio con 7 denti; frammento prossimale del calco interno del ramo mandibolare destro con 8 denti; tre denti isolati.

Località tipo e datazione – Sicilia sud-orientale, altopiano ibleiano; cava presso Scicli a sud-ovest di Modica in provincia di Ragusa, sequenze di calcari bianchi della Formazione di Ragusa (Oligocene sup. – Burdigaliano).

Diagnosi emendata – La specie si distingue all’interno del genere per i seguenti caratteri:

- denti posteriori di forma triangolare e sub-triangolare;

- limitata sovrapposizione dei denti posteriori;
- elevata estensione laterale dell'osso premascellare nel cranio;

Descrizione generale – Il reperto del *N. assenxae* è lungo anteroposteriormente 256 mm; tale misura non rappresenta l'originaria lunghezza condilobasale, in quanto il cranio è incompleto, manca anteriormente della porzione più distale del rostro e posteriormente è troncato all'altezza delle narici. In veduta dorsale si osserva che il lato destro del neurocranio è più preservato del sinistro ed è quindi visibile con chiarezza il processo sopraorbitale del mascellare e del frontale, entrambi discretamente integri; ciò ha permesso di stimare la larghezza massima del neurocranio (196,4 mm) raddoppiando la misura tra la linea mediana e il processo posterorbitale destro (98,2 mm).

Il resto fossile è inglobato in una calcilutite biancastra ed ha subito una deformazione diagenetica litostatica diretta dorsoventralmente che ha portato il reperto ad assumere dorsalmente una forma concava apprezzabile in veduta laterale. Pertanto non è possibile valutare l'altezza delle ossa neurocraniali e la loro forma in veduta laterale.

Ventralmente il restauro originario ha portato allo scoperto l'ampia porzione del frontale, che risulta molto ben conservata, e di parte dei palatini, mentre la zona degli pterigoidi è mancante. Tuttavia i restauratori hanno lasciato dei cordoni di matrice con il fine di ottenere un sostegno all'osso in quanto molto fragile.

Dorsalmente il cranio presenta varie fratture. In particolare è troncato da una frattura che lo taglia alla base del rostro e nonostante ciò è possibile apprezzare una buona preservazione delle ossa premascellari e una discreta preservazione del mascellare posteriore destro. La cavità mesorostrale è riempita da sedimento, ma è ben circoscritta dal margine mediale dei premascellari; frontalmente, dove il rostro è troncato, è apprezzabile una sezione della cavità mesorostrale.

Dei denti rostrali sono preservati solo quelli destri, mentre nell'arcata sinistra sono visibili solamente i calchi.

Sono presenti resti del ramo mandibolare destro. La porzione ossea che la costituiva è mancante ad eccezione di una piccola porzione presente sul margine dorsale; la sua forma è delineata dal riempimento della cavità interna del sedimento calcilutitico. Con una buona approssimazione possiamo quindi avere un'idea precisa di quale fosse la sua forma originaria soprattutto posteriormente. La lunghezza anteroposteriore del reperto incompleto è di 296,3 mm, mentre l'altezza posteriore è di 145,6 mm. Progressivamente l'altezza tende a ridursi sino ad assottigliarsi sensibilmente in corrispondenza della troncatura. Come già aveva notato Dal Piaz questo assottigliamento rappresenta l'andamento della cavità interna e non il reale profilo dell'osso. Distalmente l'osso, così come si osserva per tutti gli squalodontoidi, doveva sicuramente avere un maggiore spessore di quello valutabile dal modello interno, sia per contenere interamente le radici dei denti.

I denti del *N. assenzae* hanno un'evidente somiglianza con quelli del *N. gemmellaroi*; l'elemento che associa le due forme è dato dai denticoli fortemente pronunciati e dal soprannumero dei molari. I denti *N. assenzae* differiscono tuttavia da quelli di *N. gemmellaroi* per la forma più triangolare e non palmata, inoltre in *N. assenzae* non si hanno sovrapposizioni negli spazi diastemici.

Se consideriamo l'aspetto generale del cranio, osserviamo che in veduta dorsale esso mostra un'estensione laterale più pronunciata rispetto a *N. gemmellaroi*.

Neurocranio – Il neurocranio, come detto poc'anzi è deformato dorsalmente; questa deformazione però non sembra coinvolgere la porzione dell'orbita e le serie dentarie né le zone preservate del rostro più distali, ma sembra piuttosto concentrarsi nella zona facciale del cranio, anteriormente alle narici. La deformazione è osservabile come una leggera piegatura che ha il suo fulcro di massimo strain anteriormente alle narici, dove la cavità mesorostrale raggiunge, in veduta dorsale, la massima estensione laterale. In veduta dorsale il cranio non ha subito nessuna particolare deformazione.

Non è visibile nessuna asimmetria e così come nel *N. gemmellaroi* riteniamo che essa fosse presente e di lieve entità più in evidenza nella porzione retrostante le narici, data la condizione arcaica delle caratteristiche del reperto.

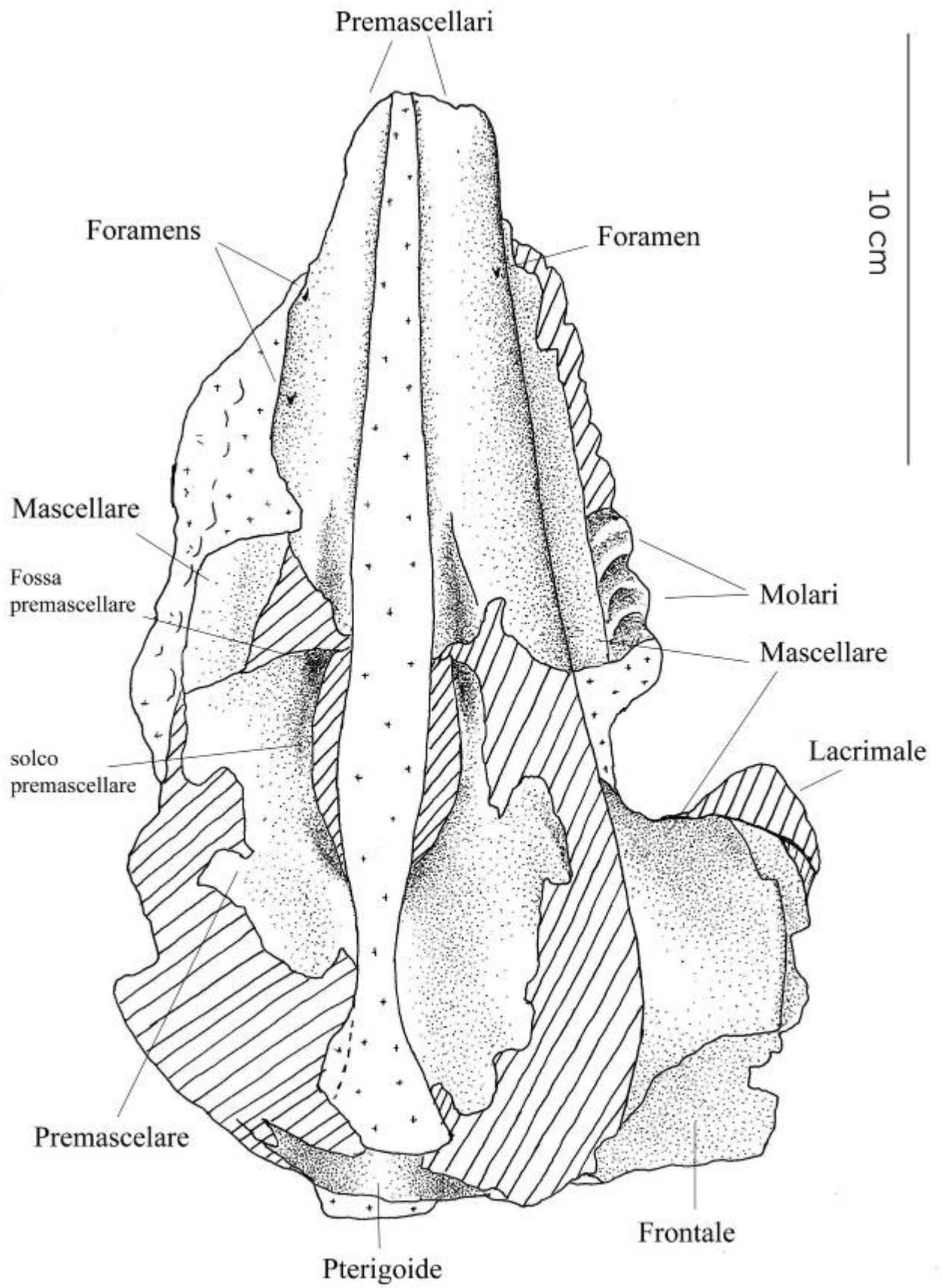
Rostro – il rostro costituisce circa il 60% del reperto conservato ed è costituito principalmente dai premascellari in quanto i mascellari sono scarsamente conservati; pertanto in vista dorsale la sua forma è delineata principalmente dall'andamento delle ossa premascellari. Il profilo dorsale è rettilineo e si allarga sempre più prossimalmente sino a raggiungere l'intaccatura anterorbitale la quale è mal conservata. La porzione laterale destra è più integra e possiamo scorgere le radici dei denti mascellari ricurvi e che ci danno un'indicazione della reale estensione del rostro.

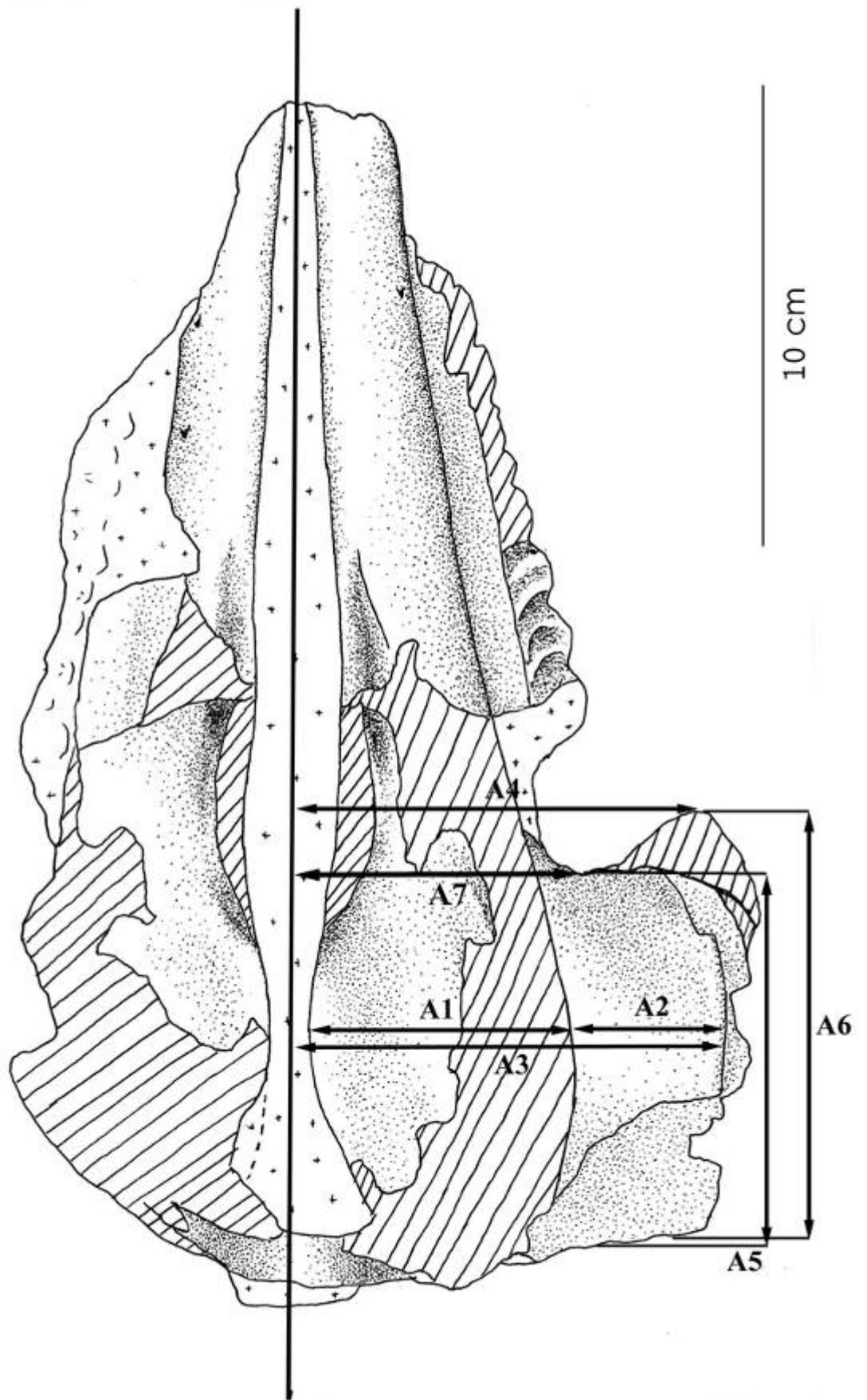
Sempre in veduta dorsale scorgiamo, riempita di sedimento, la cavità mesorostrale che, in rapporto alla totale estensione laterale del rostro, risulta essere stretta con un progressivo allargamento che raggiunge la massima ampiezza all'altezza dell'intaccatura anterorbitale.

In veduta laterale destra, scorgiamo la forma appiattita del rostro, anche se a causa dello schiacciamento diagenetico, non possiamo con certezza valutare il suo reale spessore.



Figura 26 - Cranio, veduta dorsale.





A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
58,4*	32,2	95,4	90,3	85,4	93,8	95,7

* *misure in millimetri*

Premascellare – i premascellari costituiscono un elemento importante per la caratterizzazione di questo esemplare in quanto in veduta dorsale presentano una larghezza relativa più grande rispetto ad altri gruppi di cetacei arcaici. Entrambi i due premascellari sono discretamente conservati in particolare il premascellare destro conserva una porzione dorsale più ampia rispetto a quello sinistro. Il profilo laterale è rettilineo così come mediale ed entrambi evidenziano un andamento regolare.

Sempre in veduta dorsale la porzione di rostro premascellare più distale si presenta con una superficie liscia e priva d'irregolarità, in quello destro è presente un foramen situato a circa 125 mm dall'intaccatura anterorbitale, mentre in quello sinistro è visibile, sia il foramen corrispettivo simmetrico, sia un secondo più prossimale che è assente nel premascellare destro; questo secondo foramen dista poco meno di tre centimetri dal primo. Tutti e tre hanno un diametro più piccolo di un millimetro e la loro apertura è rivolta anteriormente.

Non è possibile osservare direttamente la presenza dei foramen premascellari in quanto situati in corrispondenza della frattura centrale del rostro. In prossimità dei foramen premascellari è possibile distinguere la presenza dei solchi premascellari.

Molto ben evidente è il solco posteromediale che percorre il margine mediale del premascellare fino all'altezza dell'intaccatura anterorbitale. In prossimità del foramen mascellare è presente nel solco posteromediale, la fossa premascellare. Anteriormente al foramen premascellare è visibile il solco anteromediale, d'aspetto lanceolato che termina all'altezza del terzo molare mascellare.

A causa della rottura del margine esterno dei premascellari non è possibile osservare il solco posterolaterale; tuttavia nel premascellare destro, lungo il margine laterale all'altezza dell'intaccatura anterorbitale, si osservano tracce del solco posterolaterale.

I solchi posterolaterali e posteromediali delimitano il sacco premascellare che è qui ben visibile nel premascellare destro. La superficie è liscia e poco depressa; non mostra particolari irregolarità.

Il premascellare sovrascorre ampiamente sul mascellare sia lungo il rostro che nel neurocranio dove si sovrimpone sulla porzione di mascellare che non comprende il processo sopraorbitale.

Come abbiamo già sottolineato, la notevole estensione laterale dei premascellari è messa ben in rilievo se raffrontata all'estensione dei mascellari, inoltre la loro massima estensione è espressa in corrispondenza dell'orbita dove, entrambe le ossa, rappresentano la maggiore superficie facciale.

E' molto probabile che nella superficie anteriore dei premascellari fosse presente almeno un foramen in quanto nella porzione rotta del premascellare sinistro è presente un calco interno di una cavità pressoché tubolare identificabile come il continuo del foramen infraorbitale.

Mascellare – a parte un esiguo frammento di mascellare sinistro, il mascellare destro è il solo conservato, incompleto e mancante sia della porzione anteriore che posteriore. La superficie dorsale sovrimposta al frontale costruisce il processo sopraorbitale che in veduta laterale si presenta piuttosto piatta e compressa.

Sulla superficie dorsale il mascellare, anteriormente, è leggermente depresso in prossimità dell'intaccatura anterorbitale, mentre posteriormente è convesso; il margine laterale dell'osso è leggermente rialzato. Data la mancanza del margine posteriore non conosciamo il suo andamento ed è possibile supporre che il

mascellare ricoprisse quasi del tutto il bordo posteriore del frontale. Nel margine laterale in veduta dorsale la copertura del frontale da parte del mascellare è solo parziale. In veduta dorsale, in corrispondenza dell'intaccatura anterorbitale, il mascellare presenta un margine laterale danneggiato tanto che non è possibile apprezzare la forma e l'estensione di questa intaccatura.

In veduta ventrale i mascellari vanno a costruire la base del rostro che nel nostro reperto è parzialmente visibile a causa della presenza della matrice. La superficie è leggermente convessa percorsa da leggere rugosità parallele alla linea mediale. A causa della matrice che ricopre ancora parzialmente la superficie ventrale del cranio, non è possibile valutare l'estensione posteriore dei mascellari e l'andamento delle suture con i palatini e i frontali.

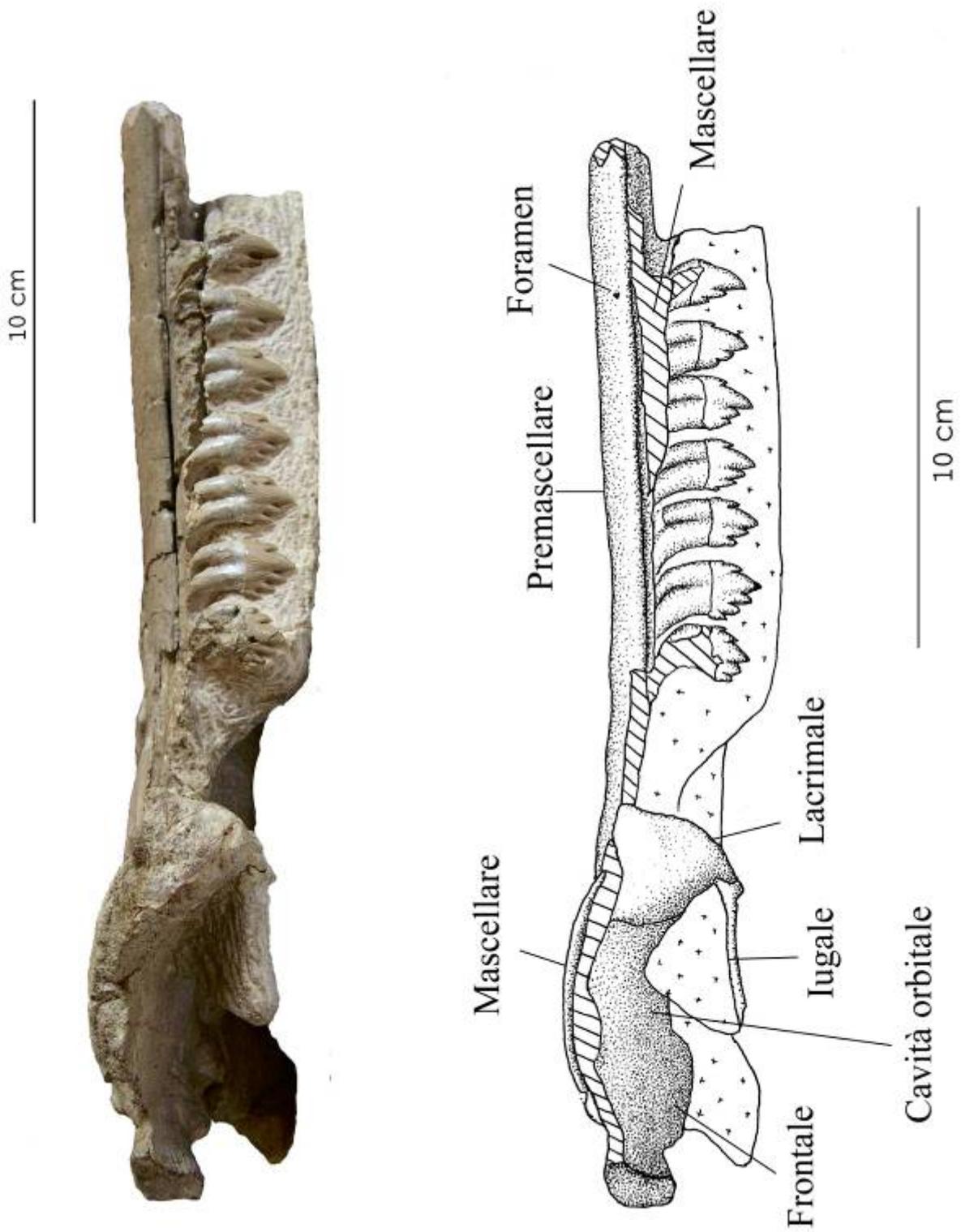
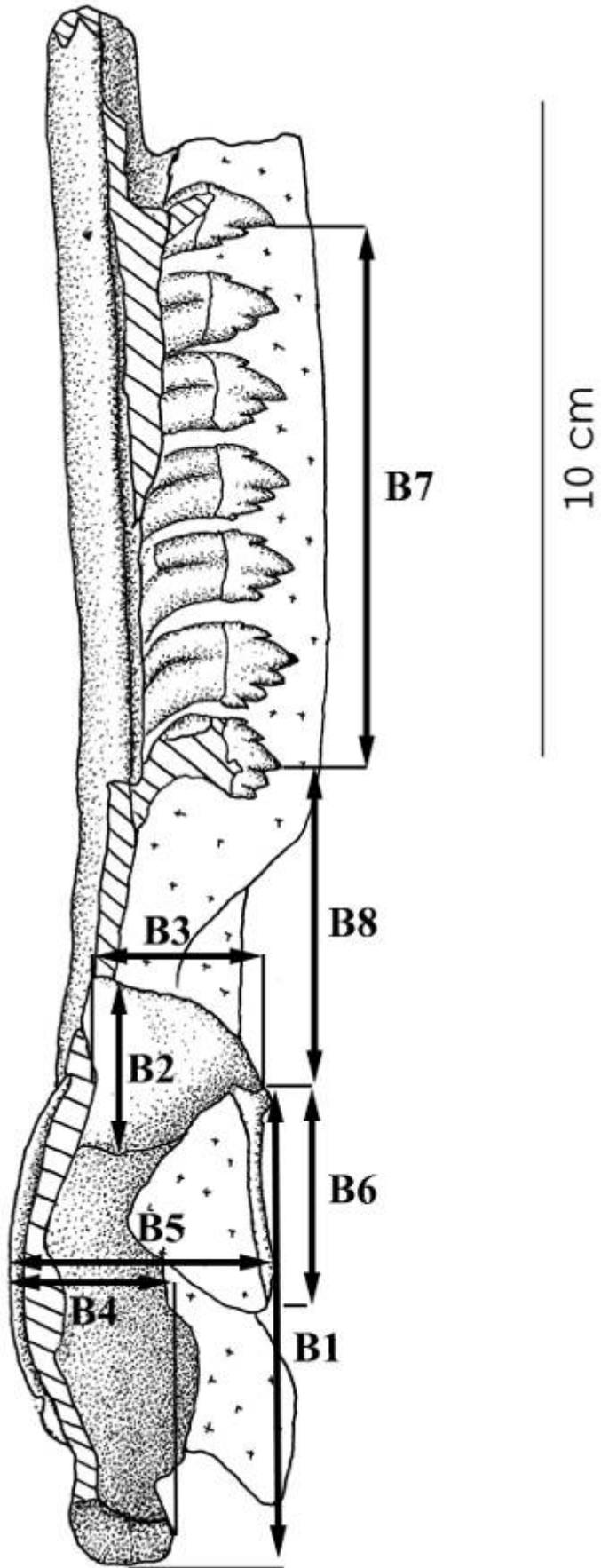


Figura 27 - Cranio, veduta laterale sinistra.



B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
78,4*	21,2	27,1	26,4	41,5	35,8	85,7	52,2

**misure in millimetri*

Lacrimale e iugale – sono presenti solo quelli sul lato destro del cranio; lo iugale è incompleto ed è rappresentato da un frammento lungo tre centimetri.

In veduta dorsale il lacrimale presenta una superficie abrasa, mentre il suo margine laterale è integro; in questa veduta è difficile distinguere la sutura che lo connette al frontale a causa del cattivo stato di conservazione. La superficie si presenta leggermente convessa, mentre l'estremità apicale anteriore termina con una punta arrotondata.

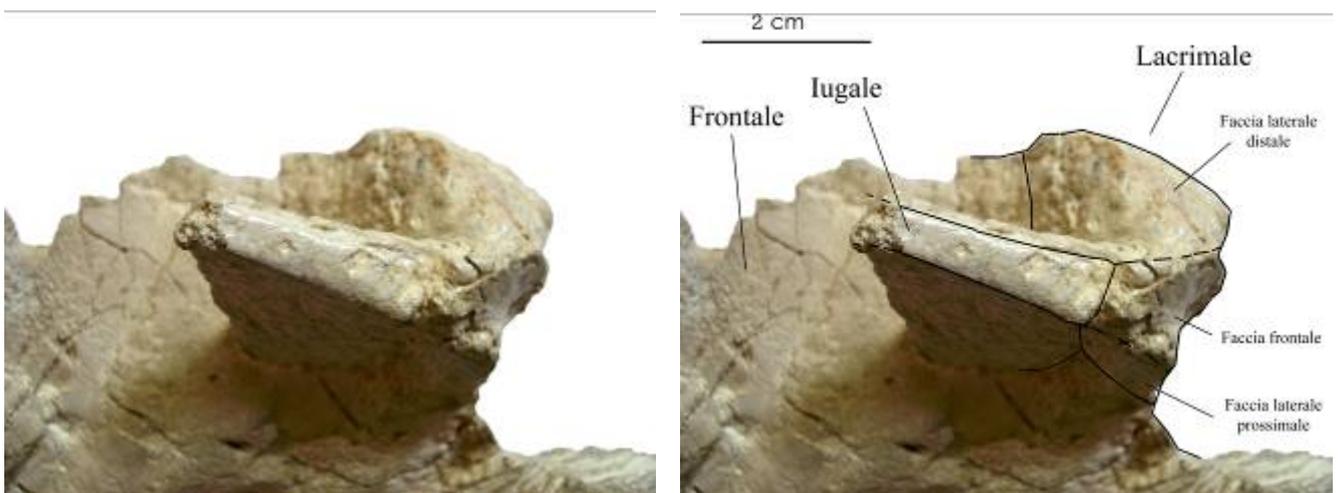


Figura 28 - Iugale e lacrimale veduta ventrale.

In veduta ventrale lo iugale rivela una struttura piuttosto definita costituita da più superfici a contatto con bordi angolati. È ben visibile la sutura con il frontale, la quale ha un andamento ricurvo con concavità rivolta anteriormente e la sutura con lo iugale con un aspetto rettilineo e concavo anteriormente. La superficie totale del lacrimale è suddivisa in tre facce: la prima costituisce il margine mediale è convessa e di forma trapezoidale, si connette con il frontale; la seconda è la superficie posta anteriormente ed è ampia e contigua alla precedente, con aspetto subrettangolare convesso. Tale superficie è in contatto

posteriormente con lo iugale e lateralmente con la terza superficie che costituisce il margine laterale ad andamento subverticale. In veduta laterale questa terza superficie presenta una leggera abrasione ma che non impedisce di apprezzare la leggera convessità. Ha un aspetto triangolare, il margine anteriore è verticale e mentre quello posteriore è obliquo.

Lo iugale è presente come un piccolo frammento di circa tre centimetri che ci dà un'idea chiara della morfologia generale dell'osso. Dal Piaz (1904) aveva osservato, nella prima descrizione di questo esemplare, che tale osso risultava avere uno spessore maggiore rispetto agli altri gruppi da lui studiati di squalodontidi. In effetti, in veduta ventrale lo iugale mostra un rilevante spessore, mentre in veduta laterale è più sottile, anche se si allarga anteriormente nei pressi della sutura con il lacrimale. Sempre in veduta laterale è disposto orizzontalmente, anche se non possiamo dire se tale direzione sia conseguenza della deformazione diagenetica o una caratteristica dell'esemplare; inoltre, esso è leggermente ricurvo con convessità dorsale. Il margine mediale è rettilineo, mentre quello laterale è ricurvo.

Frontale – così come per le ossa precedenti è preservato solo il frontale destro che è in buone condizioni, soprattutto la superficie ventrale.

Il frontale è sovrascorso dal mascellare che dorsalmente lo ricopre quasi interamente ad eccezione di una stretta fascia laterale. In veduta dorsale il frontale è visibile come questa stretta fascia ha un margine laterale parzialmente integro. A causa della mancata preservazione del mascellare è visibile, in questa veduta, la superficie dorsale piatta del frontale. Il margine posteriore è integro e ben conservato ad eccezione di una leggera abrasione che coinvolge il margine dorsale del bordo posteriore tanto che tale margine appare irregolare.

In veduta ventrale l'osso si mostra integro e la superficie è ben conservata; questa rappresenta il tetto della cavità orbitale e possiede una concavità non molto pronunciata. La superficie è percorsa da leggere rugosità e solchi che

vanno a convergere verso il canale del nervo mascellare il quale sfocia nel bordo posteriore toccando anche il margine più prossimale del frontale. A parte la presenza di questi solchi obliqui la superficie si presenta molto liscia. Sul frontale ha sbocco il foramen infraorbitale che in sezione appare pressoché circolare e rivolto posteriormente.

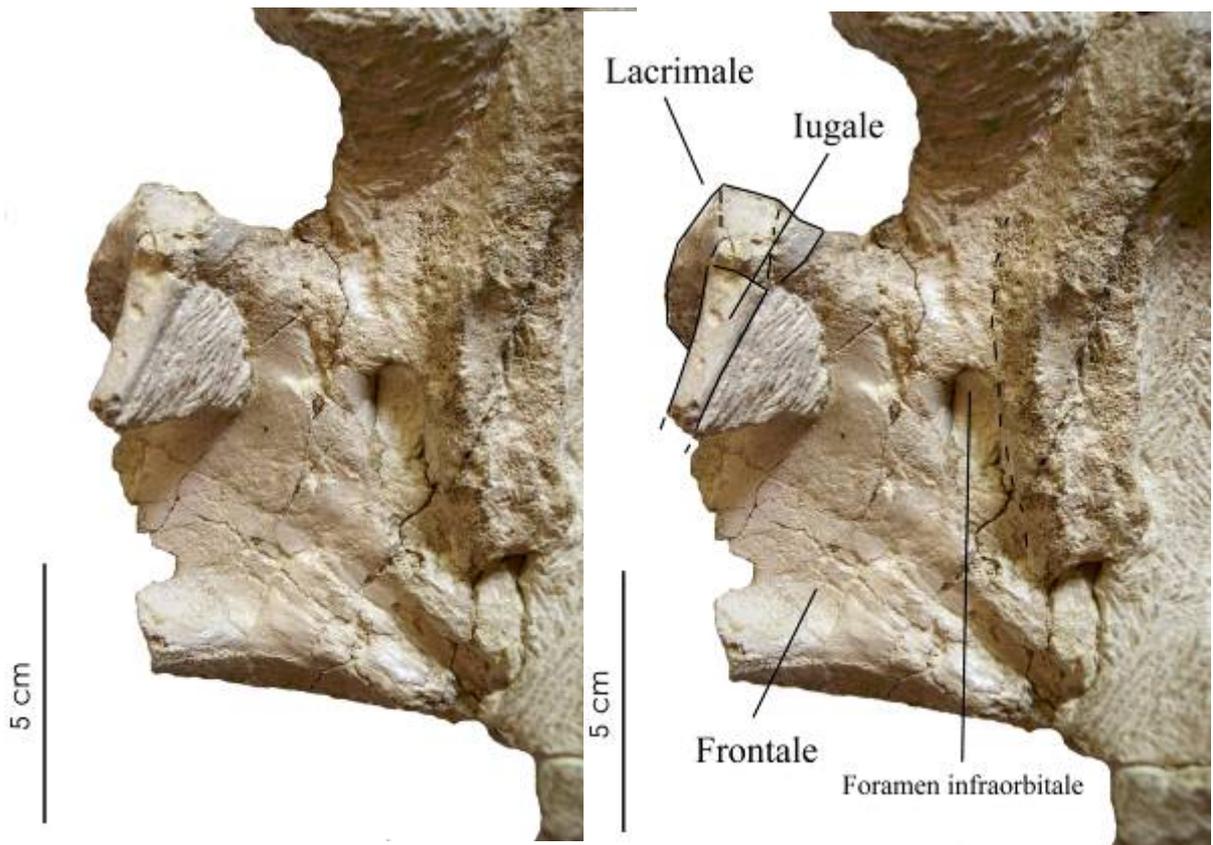


Figura 29 - Particolare del frontale e della cavità orbitale, veduta ventrale.

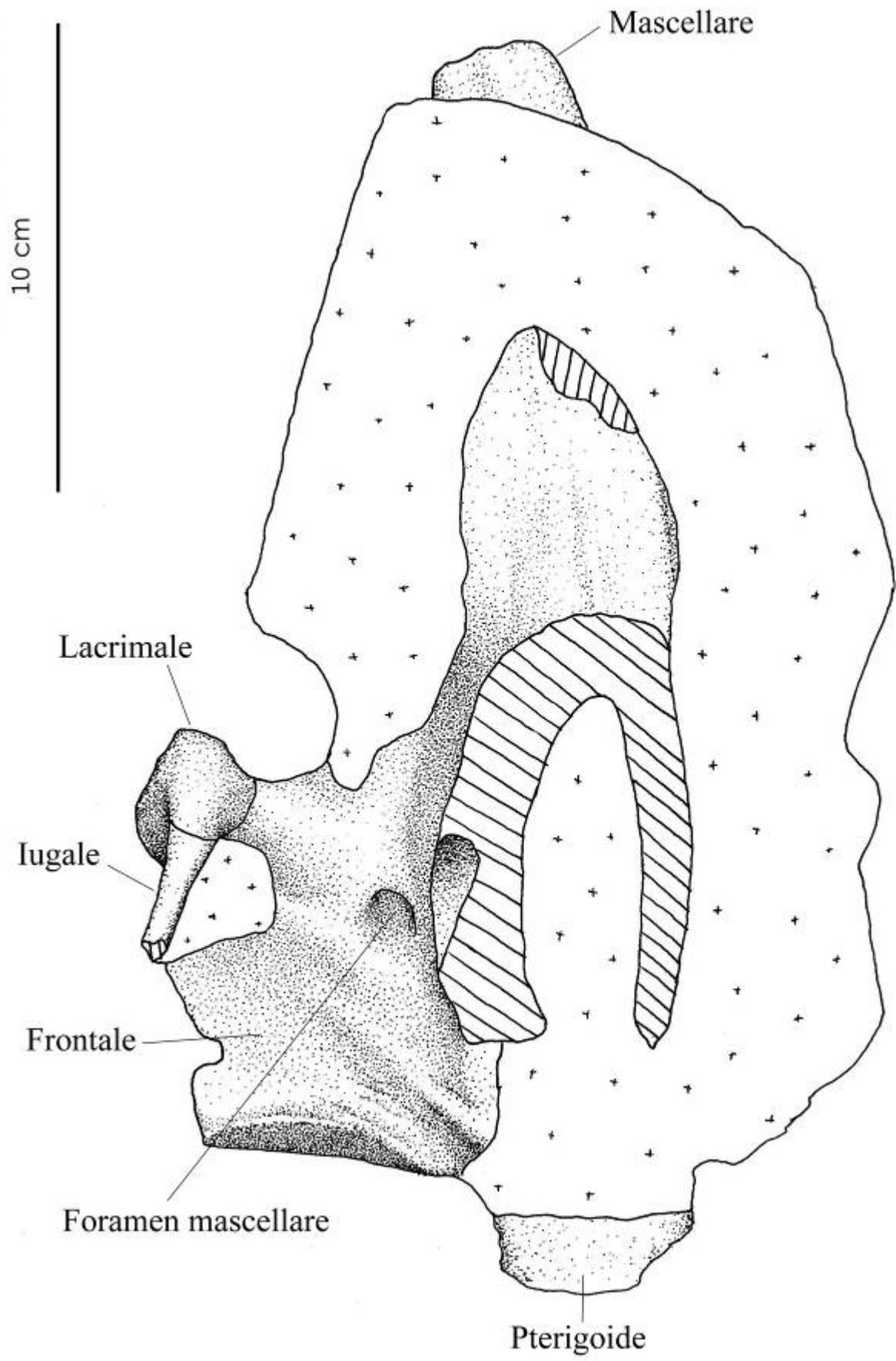
A causa della precaria preservazione delle superfici ventrali non è possibile osservare la sutura fra il frontale e l'osso del palatino.

Anteriormente il frontale confina con il lacrimale e con il mascellare che da qui dovrebbe poi andare a costruire la base del rostro, ma non è possibile osservare il confine fra queste due ossa, sia per un generale decorticamento, sia per residui di matrice calcarea che si confondono con l'osso.

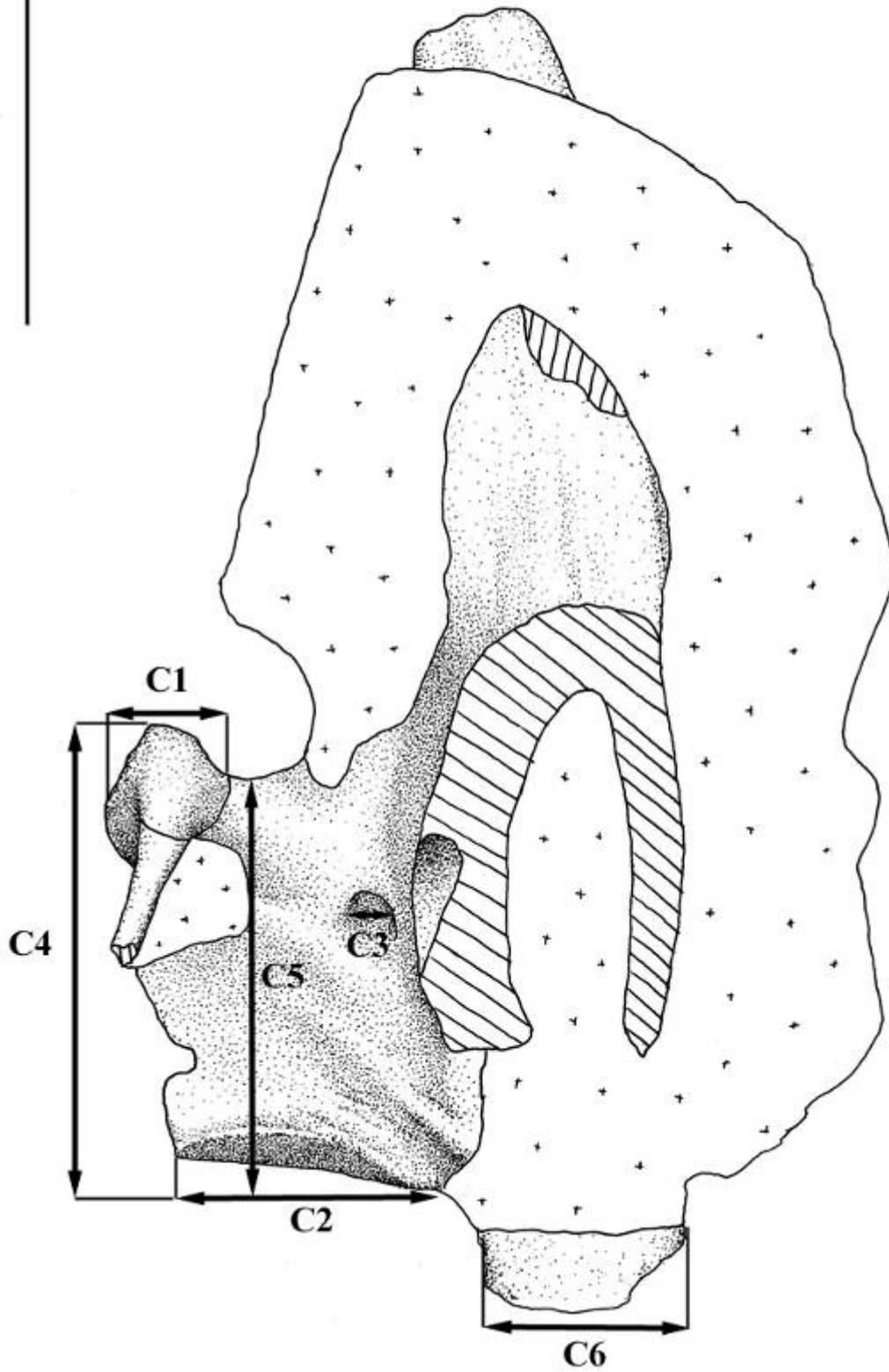
10 cm



Figura 30 - Cranio, veduta ventrale



10 cm



C1	C2	C3	C4	C5	C6
28,3*	57,4	8,8	100	88,8	42,6

**misure in millimetri*

Palatino – L'identificazione del palatino è molto controversa a causa del confine poco chiaro che tale osso ha con il frontale. In veduta ventrale il frontale confina con l'osso del palatino, visibile come una cresta rialzata con buona parte della superficie integra. Sulla sommità di questa cresta è visibile una concavità interpretabile come la cavità amulare dello pterigoide, mentre la superficie sub verticale d'osso che la costeggia, rappresenta la porzione laterale del palatino. La cavità amulare degli pterigoidi sembra in questo caso estendersi nei palatini e il bordo subverticale di questa cavità rappresenta il margine laterale dei palatini stessi. La lamina degli pterigoidi potrebbe essere assente in quanto il margine distale della fossa amulare è parzialmente integro, ciò sarebbe in contrasto con le morfologie degli Squalodontidi è più vicino a forme come gli Eurhinodelphidi nei quali questa lamina è assente.

Mandibola – La mandibola è molto simile a quella delle forme di squalodontidi conosciuti. Nel nostro esemplare ne è conservata solo la traccia della parte più prossimale sino al decimo dente molare. Ciò che vediamo non è altro che il calco della cavità mandibolare; infatti, in prossimità dei denti, come aveva già notato Dal Piaz (1909), l'altezza della mandibola in corrispondenza dei denti più distali preservati non identifica la reale estensione dell'osso ma quella della cavità interna. La rilevante esposizione delle radici dentarie dei denti distali fa ipotizzare un notevole spessore dell'osso in corrispondenza delle porzioni più distali. A causa della troncatura non è possibile stabilire con certezza quanto la mandibola si estendesse anteriormente.

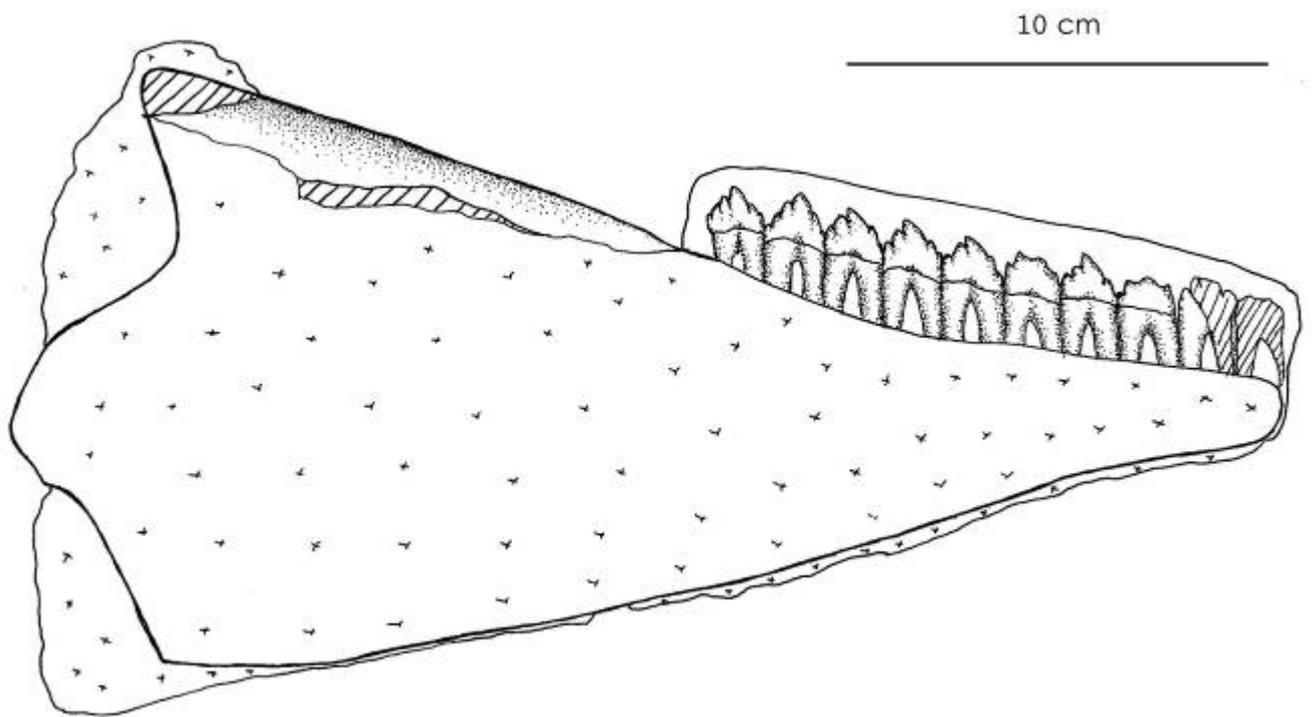
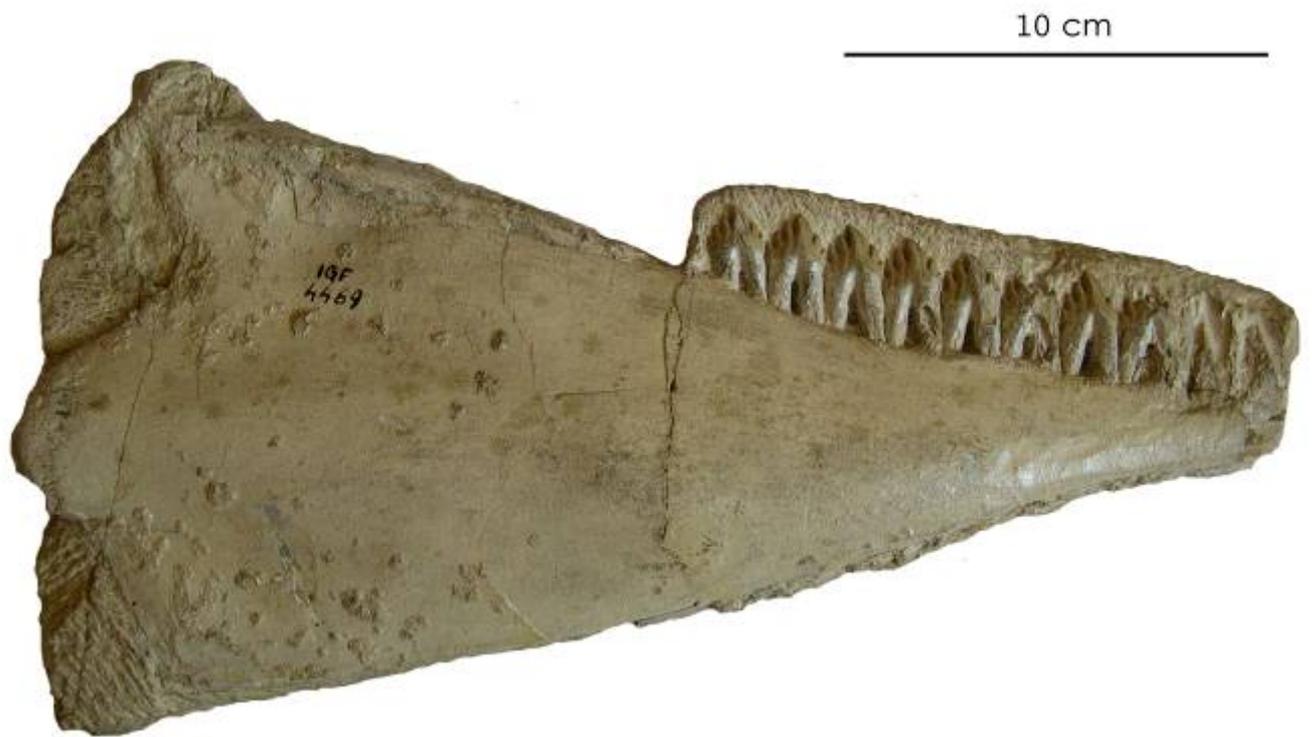
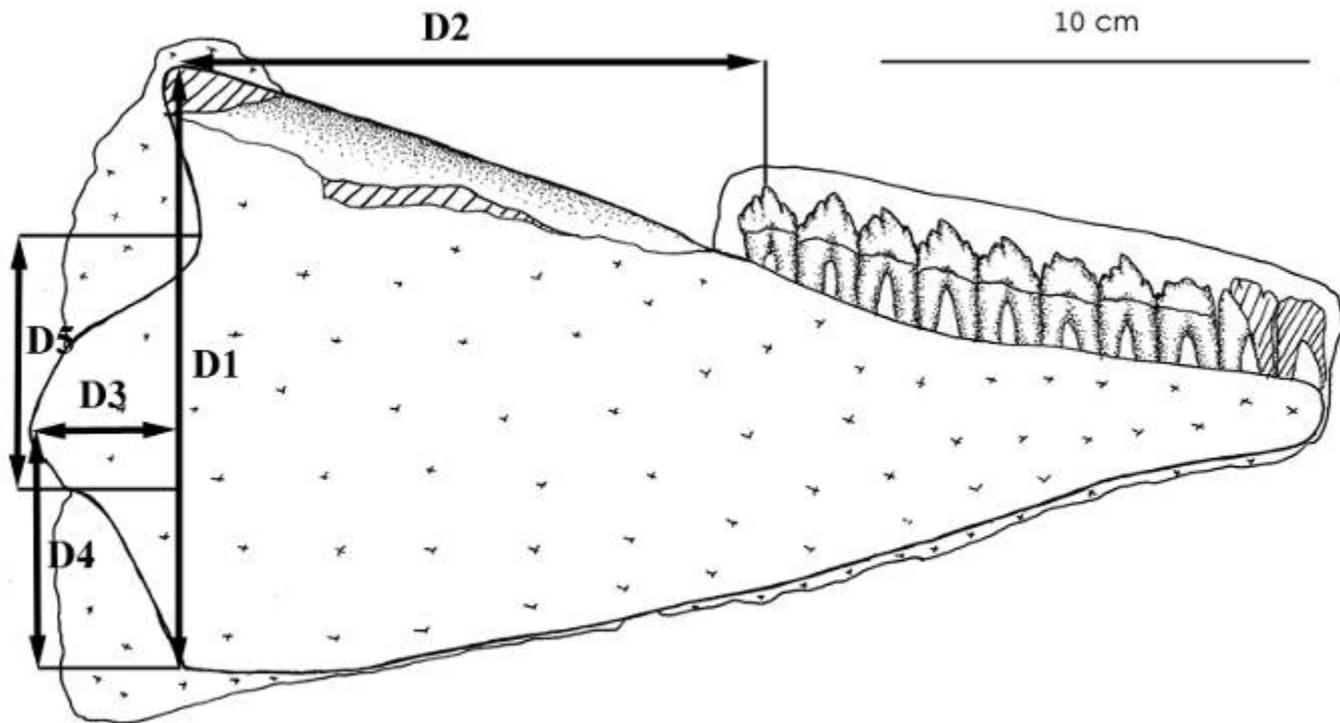


Figura 31 - Ramo mandibolare destro, veduta laterale.



D1	D2	D3	D4	D5
134,9*	132,5	38,6	55,6	65,9

**misure in millimetri*

E' preservata solamente una piccola porzione di osso che costituisce una minima parte del margine dorsale prossimale. L'estremità prossimale della mandibola non è molto dissimile da quelle conosciute nelle specie di squalodontidi.

L'apofisi dorsale prossimale presenta una forma slanciata con un profilo ad angolo acuto, mentre l'apofisi ventrale prossimale forma un angolo ottuso. Il processo caracoideo è asimmetrico in quanto il bordo dorsale è più obliquo rispetto a quello ventrale più orizzontale. Il bordo laterale del processo è rotto nella sua estremità inferiore ed è quasi rettilineo.

La superficie laterale della mandibola di solito presenta spessori dell'osso molto esigui; il calco interno riproduce esattamente l'andamento della superficie esterna. Si osserva che la mandibola presenta il classico rigonfiamento del corpo

centrale. Data l'assenza delle superfici ossee non possiamo valutare la presenza di foramina.

Denti – così come nell'esemplare di *Neosqualodon gemmellaroi* i denti del *N. assenxae* sono stati la causa primaria di distinzione che ha in passato indirizzato gli autori per la collocazione sistematica nel gruppo degli squalodontidi. In effetti, la forma triangolare della corona in cui sono presenti profondi denticoli, è affine sia alle forme di squalodontidi miocenici sia a forme più arcaiche come *Agorophius* e *Patriocetus*.

L'esemplare è eterodonte polidonte. Purtroppo sia nel mascellare che nella mandibola, entrambe destre, sono preservati solamente i molari, quindi ci è impossibile stabilire quale fosse il reale numero dei denti presenti. Il numero dei molari è maggiore rispetto a quello degli squalodontidi, carattere che fu utilizzato come elemento principale per fondare il nuovo genere *Neosqualodon* al quale fu successivamente riferito anche *N. gemmellaroi*.

I denti mandibolari sono dieci, in buono stato di conservazione e degli ultimi due (quelli più distali) sono visibili solo i calchi. La corona è solcata da piccole coste che percorrono verticalmente il dente; medialmente è presente una leggera depressione che prosegue la depressione causata dal solco della doppia radice. Tutti e dieci denti hanno una radice biforcata. La forma della corona, in tutta la serie, è triangolare e nelle sue proporzioni varia poco dal dente più prossimale a quello più distale. Sono presenti evidenti denticolazioni; il bordo posteriore della corona ha tre denticoli (escluso il denticolo apicale) che hanno un profilo approssimativamente lanceolato e apici leggermente arrotondati; il denticolo alla base è di solito più piccolo degli altri due e nei denti più prossimali può presentare alla base del bordo posteriore un piccolo tubercolo.

5 cm

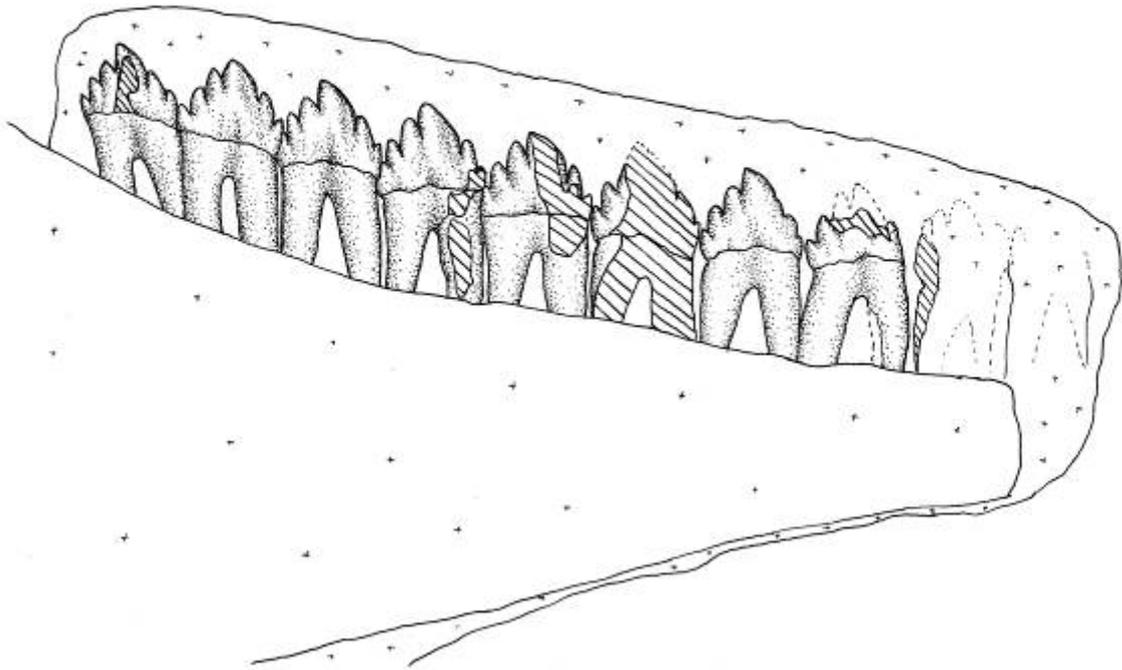
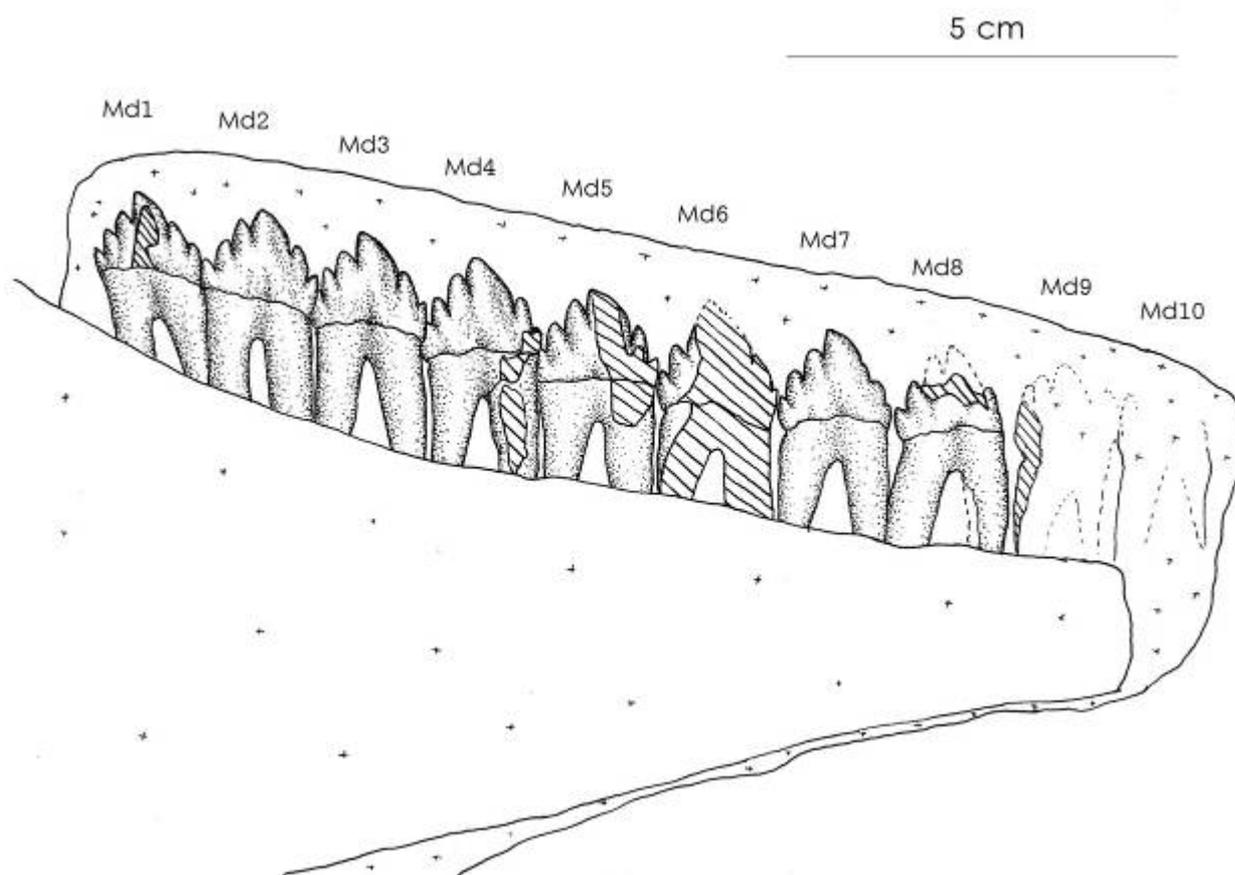


Figura 32 - Ramo mandibolare sinistro, veduta laterale.



	MD1	MD2	MD3	MD4	MD5	MD6	MD7	MD8	MD9	MD10
Larghezza	11,8	12,8	13	13,2	13,6	13,5	13,3	13	12	=
Altezza	9,3	10,2	10,5	10,6	10,4	=	10,4	=	=	=

Tabella delle misure relative alle corone dei denti mandibolari (valori in mm).

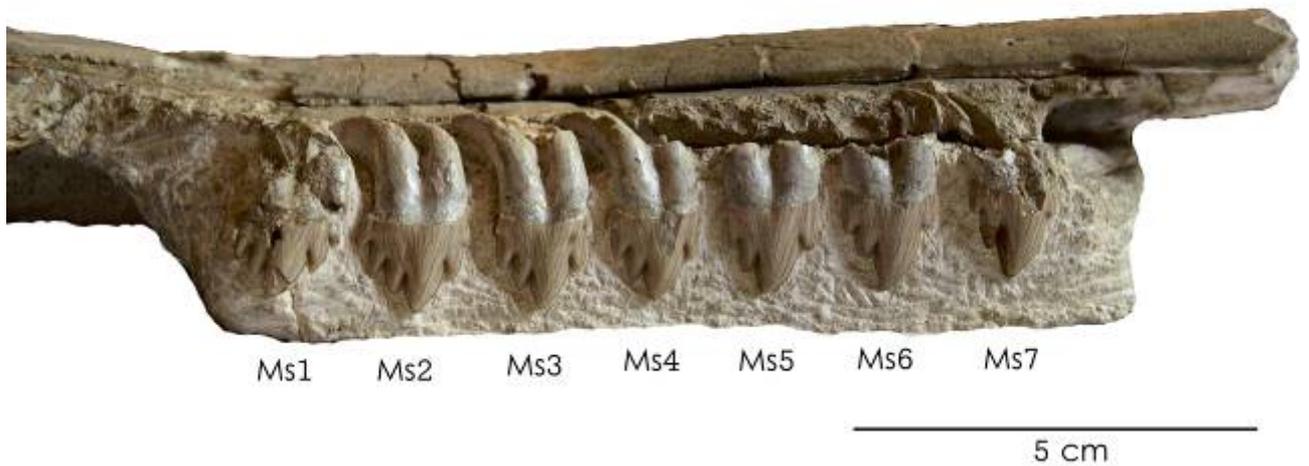


Figura 33 - Serie molare mascellare destra, veduta laterale.

	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	MS6	MS7
L.	11,5	10,6	10,3	10,5	10,8	10,7	10,5
A.	9	9,9	10,2	10,4	9,9	10,2	11,2

Tabella delle misure relative alle corone dei denti mascellari (valori in mm)

Il denticolo centrale che rappresenta l'apice del dente ed è asimmetrico; l'apice è rivolto posteriormente di modo che il bordo posteriore sia più corto rispetto a quello anteriore il quale presenta un margine leggermente convesso; questa caratteristica è comune nei denti mandibolari del *N. gemmellaroi*. I denticoli anteriori sono due, quello alla base, più piccolo, ha la tendenza ad avere l'apice in direzione divergente rispetto all'altro il quale è rivolto posteriormente. Nei denti più distali i denticoli anteriori si riducono, l'ottavo dente possiede anteriormente un solo denticolo.

In denti mandibolari sono leggermente sovrapposti: il dente che segue è sovrascorso da quello che lo precede; questa sovrapposizione coinvolge i primi cinque denti, il quinto e il sesto, infatti, hanno i rispettivi bordi a contatto tangente, così come il sesto e il settimo, mentre dal settimo e ottavo in poi i denti

sono distaccati. Tuttavia la sovrapposizione è di entità inferiore rispetto a quella del *N. gemmellaroi*.

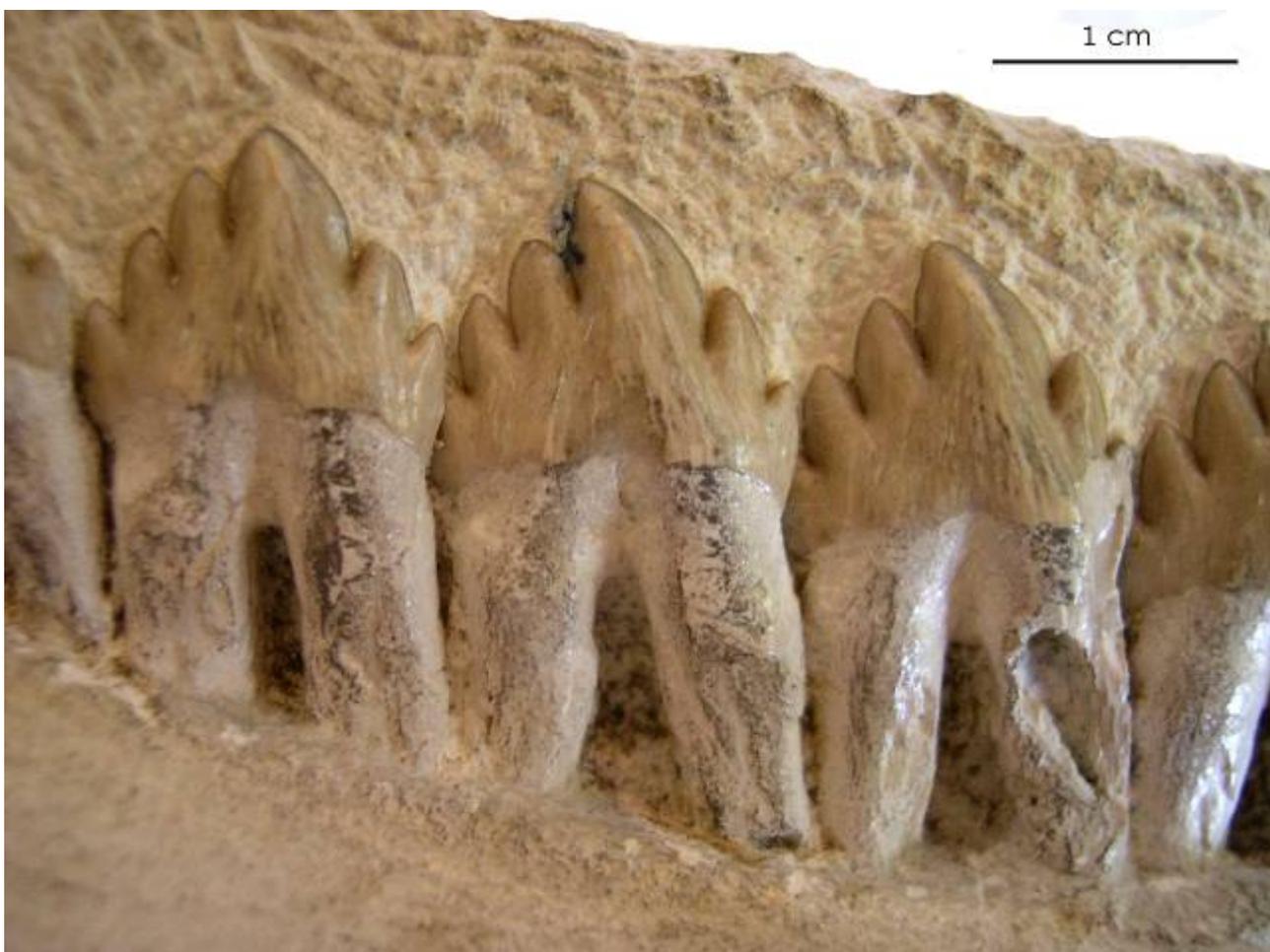


Figura 34 - Particolare dei molari mandibolari, veduta laterale.

I denti mascellari sono molto simili a quelli mandibolari, con la sola differenza che la variazione di forma (dal più prossimale al più distale) della serie è più pronunciata. Sono preservati solo sette denti. La corona varia, dai denti posteriori a quelli anteriori, da una forma triangolare a base larga fino ad una triangolare più slanciata con una base corta. Si suppone quindi che il numero dei molari mascellari fosse molto più ridotto rispetto a quello dei denti mandibolari, ciò è probabilmente dovuto ad una diversa distanza diastemica. Nei denti mascellari osserviamo che i singoli denti sono ben spaziati e tale distanza si mantiene costante fino al sesto dente; il settimo presenta uno spazio diastemico maggiore. Qui il sovraffollamento è più limitato rispetto alla mandibola.

Le radici dei denti mascellari sono ben esposte in quanto il mascellare rostrale è in larga parte mancante; si osserva come esse siano ricurve posteriormente a differenza di quelle mandibolari che al contrario sono verticali (non è da escludere che la parte terminale fosse ricurva posteriormente).



Figura 35 - Particolari dei molari mascellari, veduta laterale.

La depressione mediale dei denti mascellari è molto meno pronunciata rispetto a quella dei denti mandibolari e tende a sparire nei denti più distali.

Il dente più prossimale della serie mascellare ha una corona molto bassa e larga, i denticoli sono molto evidenti: tre sul bordo posteriore e due su quello anteriore.

Con il secondo molare l'altezza del dente è maggiore rispetto alla larghezza. Il denticolo apicale ha un aspetto più simmetrico rispetto al precedente e di conseguenza non ha la tendenza a protrarsi posteriormente, poiché il bordo anteriore è meno convesso.

I denticoli anteriori tendono a ridursi dal terzo in poi: nel terzo molare, infatti, il denticolo alla base si riduce ad un semplice ed arrotondato tubercolo e nel quarto molare scopre del tutto. Il secondo denticolo anteriore persiste in tutti i molari presenti, diminuendo progressivamente il proprio sviluppo.

Anche il denticolo alla base del bordo posteriore ha la tendenza a sparire e nel sesto dente non è più visibile, portando il numero dei denticoli posteriori a due.

Il settimo dente presenta un denticolo apicale relativamente più grande rispetto ai precedenti.

Comparazioni – *N. assenxae* presenta marcate differenze rispetto ai gruppi più arcaici rivelando una condizione evolutiva paragonabile agli squalodontidi. Questa specie differisce da *Agorophius pygmaeus* per il maggiore grado di ricoprimento posteriore del mascellare sul frontale come anche l'estensione posteriore del frontale. La condizione in *N. assenxae* in questo caso è molto simile a *Squalodon*. La proiezione posteriore dell'osso premascellare in *Agorophius* non va oltre il processo postorbitale, cosa che non avviene in *N. assenxae*, dove nonostante il limite posteriore del premascellare non è preservato, si osserva che l'estensione antero-posteriore del premascellare supera l'arcata sopraorbitale.

La massima estensione laterale del premascellare in *N. assenxae* avviene principalmente a metà dell'arcata sopraorbitale, in *Squalodon calvertensis* tale estensione cade poco anteriormente al processo postorbitale come in *S. bariensis* mentre, in *S. bellunensis* avviene in corrispondenza del processo postorbitale.

In *Patriocetus* l'estensione massima dei premascellari è anteriore al processo anterorbitale e i mascellari non sono in contatto con l'osso sopraoccipitale, mentre in *Waipatia maerewhenua* l'estensione laterale dei premascellari è raggiunta in corrispondenza del processo anterorbitale così come avviene in *Eosqualodon*.

La posizione della massima estensione laterale dei premascellari è da mettere in relazione al grado di telescopia del premascellare stesso, si osserva, infatti, che tale estensione nei generi oligocenici è raggiunta in prossimità o anteriormente il processo anterorbitale mentre nelle forme mioceniche, tipo *Squalodon* si ha in corrispondenza o in prossimità del processo posterorbitale. *N. assenzae* riscontriamo qui una condizione intermedia fra i generi oligocenici e miocenici.

L'arco sopraorbitale in *N. assenzae* ha un profilo simmetrico e i processi anterorbitale e posterorbitale hanno dimensioni ridotte, nonostante ciò la morfologia mostra una somiglianza con il genere *Squalodon*. In rapporto alle dimensioni del cranio l'estensione antero-posteriore dell'orbita ha un maggiore sviluppo che in *S. bellunensis* e *S. bariensis* mentre è molto simile a *Eosqualodon*. L'orbita, rispetto alle dimensioni del cranio, ha un'estensione laterale maggiore in confronto a *Squalodon*, e più simile a *N. assenzae* mentre il processo posterorbitale ha una lunghezza dorso-ventrale maggiore.

In *N. assenzae* il lacrimale è presente ed è in buone condizioni, le dimensioni in rapporto con l'estensione antero-posteriore dell'arcata sopraorbitale anche qui risultano molto simili a *Eosqualodon*, in particolare a *E. langewieschei* il quale presenta una minore robustezza dell'arcata sopraorbitale rispetto a *S. bellunensis* e *S. bariensis*, così come in *N. assenzae*.

Nei generi prettamente oligocenici il lacrimale ha uno sviluppo molto ridotto (*Agorophius* e *Patriocetus*), mentre in *Eosqualodon*, forma tardo-oligocenica, le dimensioni del lacrimale raggiungono proporzioni tali da essere confrontabili con il genere *Squalodon*. Se ipotizziamo che l'aumento delle dimensioni del lacrimale dall'oligocene al miocene, indica un aumento della specializzazione, il genere *Neosqualodon* rappresenterebbe la massima espressione di questa tendenza.

Specie *Neosqualodon gemmellaroi*, Fabiani 1949

1920 – *Neosqualodon assenzae*, Gemmellaro, pp. 3-36, fig. 1-4

1949a – *Neosqualodon gemmellaroi*, Fabiani, pp. 428-430

1949b – *Neosqualodon gemmellaroi*, Fabiani, pp. 3-5, Tav. I, Fig. 5-8

1968 – *Neosqualodon gastaldii gemmellaroi*, Rothausen, pp. 13, Tav. II, Fig. 7

1986 – *Neosqualodon gastaldii gemmellaroi*, Pilleri, pp. 12

Materiale – presente solo l’olotipo con numero di catalogo 801 conservato presso il Museo Paleontologico Gemmellaro di Palermo; cranio con 7 denti; frammento prossimale del calco interno del ramo mandibolare destro con 8 denti; tre denti isolati.

Località tipo e datazione – Sicilia sud-orientale, altopiano ibleiano; presso la cava di contrada Tabuna a est della città di Ragusa, zona caratterizzata da sequenze di calcari bianchi della Formazione di Ragusa (Oligocene sup. – Burdigaliano).

Diagnosi emendata – La specie si distingue all’interno del genere per i seguenti caratteri:

- denti posteriori di forma palmata bilobata;
- elevata sovrapposizione dei denti posteriori;
- denti posteriori fortemente protesi posteriormente;
- cranio e rostro affusolati;

Descrizione generale - Il resto del *N. gemmellaroi* ha una lunghezza antero-posteriore di 517 mm ed una larghezza massima di 70 mm. Tali misure sono effettuate sul resto del cranio incompleto e come tali non rispettano le reali dimensioni originarie, in quanto sia la porzione apicale del rostro, la zona posteriore del cranio e la parte laterale destra sono mancanti. Trascurando una possibile presenza di debole asimmetria del cranio, possiamo stimare la sua

lunghezza massima misurando e raddoppiando la distanza dell'estremità del mascellare sinistro (in vista dorsale) all'asse mediano. Così facendo si ottiene una larghezza massima presunta di 106,6 mm.

Il cranio si presenta mal conservato ed ancora inglobato nella sua matrice calcarenitica, il che non consente un'indagine completa soprattutto nella zona ventrale del neurocranio. In vista posteriore è bene evidente come il cranio sia deformato per compressione diagenetica dei sedimenti che ha agito secondo un vettore obliquo laterodorsale destro. L'effetto di questa deformazione è evidenziato dalla non completa sovrapposizione del rostro sulla mandibola la quale quindi diviene visibile in veduta dorsale. Non possiamo definire con certezza il verso della compressione perché non conosciamo la giusta orientazione del cranio rispetto ai sedimenti al momento del ritrovamento.

L'esemplare è eterodonte polidonte con un maggiore sviluppo della polidontia dei molari rispetto al genere *Squalodon*, in questo genere il numero dei molari oscilla da sei a quattro; tale distinzione fu adottata dal Fabiani (1949) osservando lo sdoppiamento della radice per la serie mandibolare. Nel nostro esemplare notiamo che questa caratteristica coinvolge anche i denti più distali. Vedremo più avanti che in questo caso non sarà possibile applicare la regola che prevede la distinzione fra molari e premolari in base allo sdoppiamento della radice. L'osservazione delle caratteristiche dentarie si rileva di fondamentale interesse in quanto esso diviene un elemento primario a prescindere dall'analisi delle ossa craniche e che contraddistingue questo gruppo. Dal Piaz (1904) ha creato il genere *Neosqualodon* distinguendolo dagli altri squalodontidi proprio sulla base dei caratteri dei denti.

In veduta laterale l'esemplare mostra un neurocranio poco sviluppato in altezza e molto in lunghezza, valutabile dal modesto rialzamento posteriore dei premascellari. Anche dall'osservazione del profilo del mascellare sinistro risulta come tale innalzamento fosse assai modesto.



Figura 36 - Foto allo stato attuale del reperto di *Neosqualodon gemmellaroi*.

A causa delle cattive condizioni della superficie dorsale del cranio e dell'evidente deformazione non possiamo valutare la ben nota asimmetria poc'anzi descritta, caratteristica della maggior parte degli odontoceti. E' probabile che tale asimmetria fosse poco accentuata in quanto questa peculiarità diviene molto pronunciata nelle forme più derivate. Come vedremo dalla descrizione in dettaglio, il *N. gemmellaroi* mostra degli aspetti che lo avvicinano a forme arcaiche.

La parte posteriore del cranio non è completa, ma è troncata in un punto anteriore alla zona encefalica e posteriore ai nasali: tale osservazione è basata sul fatto che in sezione non è visibile alcuna traccia della cavità encefalica. Sempre nella zona posteriore è visibile, in veduta dorsale sul lato destro, un frammento osseo di forma triangolare che potrebbe rappresentare il sopraoccipitale o la parte superiore del vomere, fortemente compresso dalla deformazione. In veduta posteriore sono invece visibili due cavità asimmetriche, delineate da una struttura centrale a forma di clessidra, e che potrebbero rappresentare una sezione delle coane. Tuttavia, data la forte deformazione orizzontale del cranio e la sua frammentarietà nella zona posteriore, possiamo promuovere solamente delle ipotesi basate principalmente sulla posizione delle singole parti ossee non ben distinguibili. Si evince da questo sguardo generale che l'esemplare in questione aveva una forma molto stretta e allungata sia nel rostro che in tutto il neurocranio.

Neurocranio - In veduta laterale il cranio presenta un basso sviluppo in altezza. Seguendo anteroposteriormente la linea di sutura fra il mascellare e il premascellare si nota come essa presenta una pendenza poco marcata, che ricalca l'andamento del profilo dorsale del premascellare. Tale profilo all'altezza del processo anteorbitale assume una pendenza più accentuata. Seguendo i lineamenti ossei fra il premascellare e il mascellare, in veduta dorsale, è possibile collocare la posizione delle narici all'altezza del processo posteorbitale, così come in altre forme arcaiche come *Squalodon bariensis* e *Waipatia marewhenua*.



Figura 37 - Foto di sinistra, veduta laterale destra del cranio e di parte del rostro; foto di destra veduta laterale sinistra.

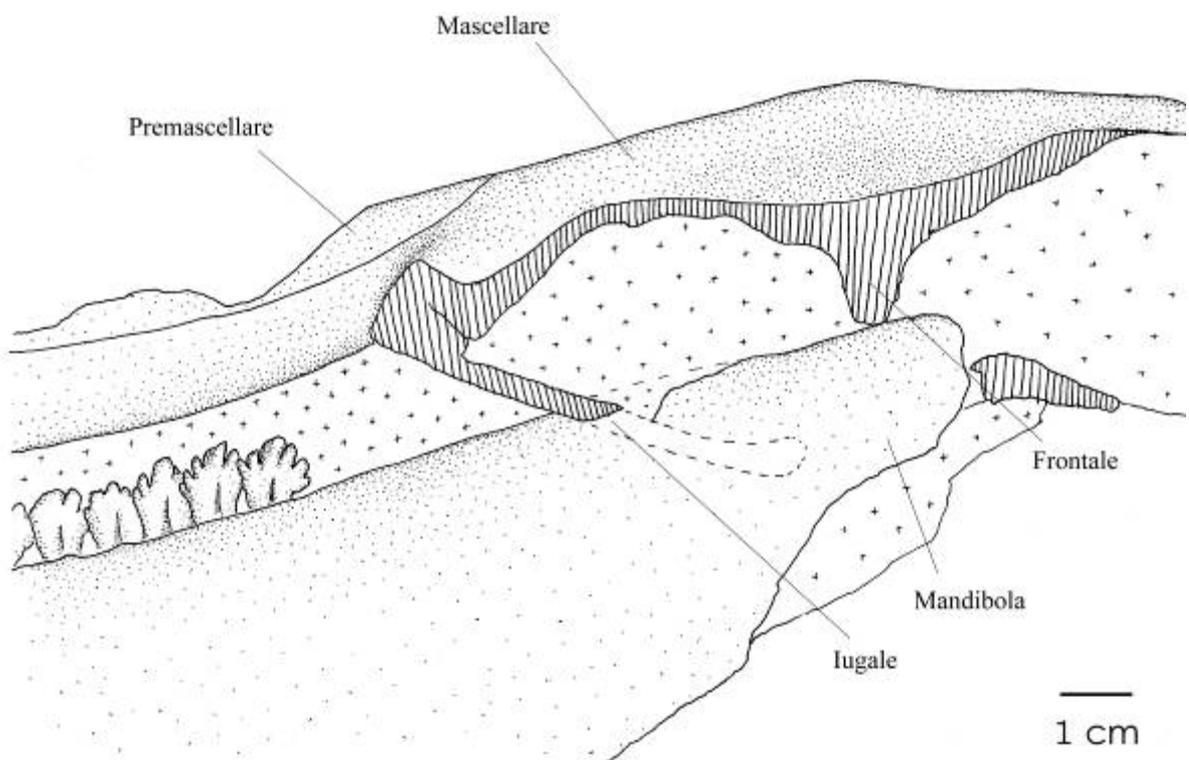
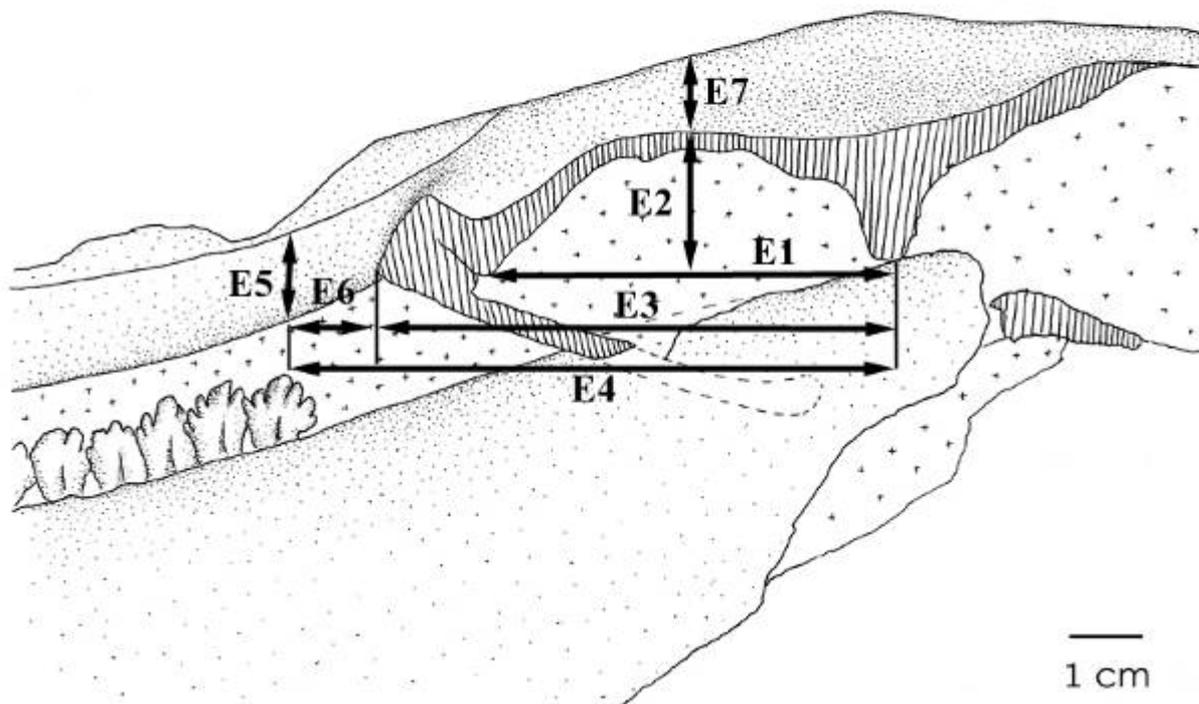


Figura 38 - Particolare del cranio (veduta laterale sinistra) in prossimità della cavità orbitale.



E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
69,6	23,8*	86,2	10,19	14,7	16,6	11,9

*Tabella delle misure in mm della porzione orbitale destra; *misura incompleta.*

Rostro – Del rostro ne è conservata solamente una porzione prossimale (ad eccezione di un insignificante frammento posto a 2/3 dell'intera lunghezza rostrale). E' tuttavia possibile ricostruirne il profilo generale in veduta dorsale, tenuto conto della mandibola, meglio conservata e ancora articolata al cranio. Pertanto si può estrapolare che il rostro fosse molto lungo (circa l'80% della lunghezza dell'intero cranio) e molto assottigliato. Esso mostra in veduta dorsale, un rapido assottigliamento già dagli incavi anterorbitali, e raggiungeva una larghezza minima costante ad un terzo della sua lunghezza.

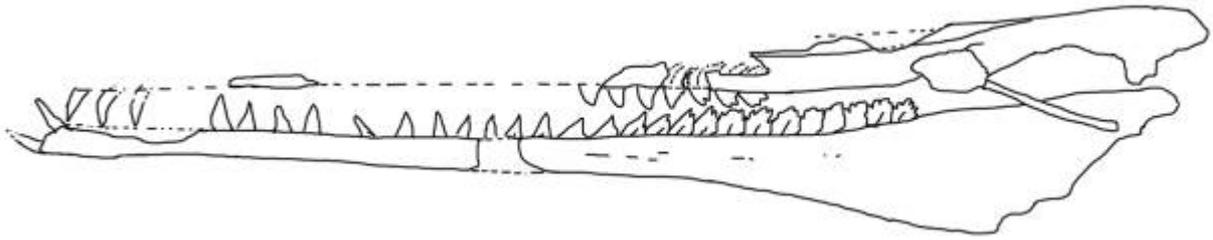


Figura 39 - Disegno schematico effettuato sul disegno di Gemmellaro.

In veduta dorsale, nella parte posteriore del rostro conservata, è visibile la cavità mesorostrale circoscritta dai due premascellari. Purtroppo le cattive condizioni di preservazione non consentono di tracciare con certezza il profilo di questa cavità, infatti, il cranio, dorsalmente, ha subito un'erosione che ha portato al decorticamento della sua porzione destra. La cavità mesorostrale, ricostruita tenuto conto di queste considerazioni, si presentava molto stretta nella parte distale conservata del rostro. Prossimalmente si allargava a fuso raggiungendo la massima larghezza davanti alle intaccature anterorbitale, mentre, posteriormente, a causa del maggiore allargamento dei premascellari in corrispondenza del processo anterorbitale, era più stretta.

Premascellare - E' preservato solamente parte del premascellare sinistro, mentre di quello destro ne rimane qualche frammento. La superficie del premascellare sinistro è fortemente abrasa ad eccezione di una porzione situata all'altezza dell'orbita. Questa porzione, quasi integra, fornisce una stima molto approssimativa dell'altezza raggiunta dai premascellari in veduta laterale; l'elevazione appare assai modesta e sottolinea il caratteristico appiattimento dorsoventrale.

Molto ben conservata è la sutura fra il premascellare e il mascellare che costituisce un valido elemento per la ricostruzione del profilo laterale dei premascellari. Tale sutura, tuttavia, è conservata solamente per una porzione prossimale del rostro e pertanto non è possibile stabilire se arrivasse fino all'estremità del rostro (denotando un carattere più evoluto) o, come nel caso della maggior parte delle forme arcaiche, terminasse lateralmente prima

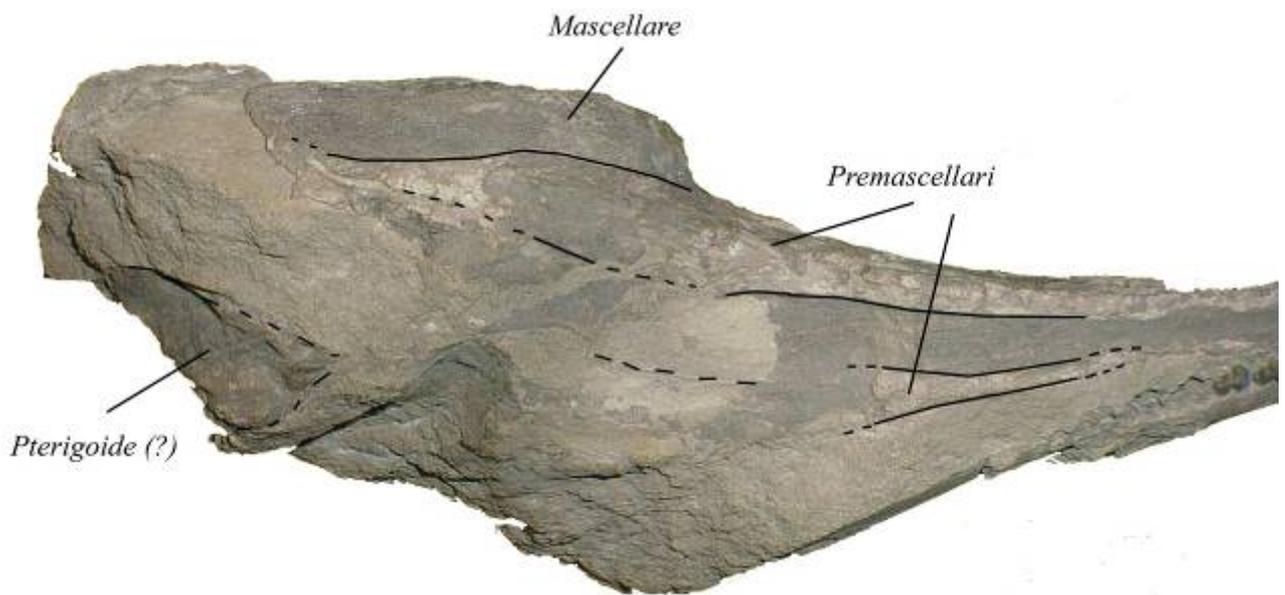


Figura 40 - Veduta dorsale del cranio.

dell'estremità, con la parte anteriore del rostro formata esclusivamente dai premascellari. Considerando le diverse caratteristiche arcaiche del nostro esemplare riteniamo quest'ultima ipotesi come la più plausibile.

Mascellare - Fra le ossa craniali, il mascellare sinistro presenta una migliore conservazione non essendo abraso dorsalmente, come invece avviene per il premascellare sinistro. Tuttavia esso mostra all'altezza dell'orbita, insieme al frontale, un profilo danneggiato. La porzione rostrale del mascellare preservata costituisce circa il 20% della lunghezza originaria stimata del rostro. In veduta dorsale il premascellare sinistro, discretamente conservato, ha quindi la caratteristica forma a "clava": sottile lungo il rostro e posteriormente larga sino a raggiungere una massima estensione laterale in prossimità della cavità orbitale.

In veduta laterale il mascellare rostrale mantiene uno spessore costante nel rostro. All'altezza dell'orbita il margine dorso-laterale del mascellare, in veduta laterale, diviene suborizzontale. Esso forma un leggero incavo in corrispondenza del processo posterorbitale e dietro di questo, risale, formando la cresta ascendente della fossa temporale. Questa cresta ha una pendenza piuttosto bassa paragonabile con l'andamento del profilo dorsale del neurocranio; il bordo della cresta, così come tutto il margine laterale della cresta del mascellare e del frontale, è abrasa.

All'estremità posteriore il mascellare termina con una rottura al disotto della quale è conservato il calco interno dell'endocranio che continua ancora posteriormente.

In veduta dorsale, il mascellare nel rostro appare molto stretto rispetto al premascellare, esso mostra un profilo laterale concavo e il suo spessore aumenta prossimalmente. Dietro al processo anterorbitale il mascellare aumenta ulteriormente in larghezza, anche se la sua reale estensione non è ben valutabile, a causa della già menzionata incompleta preservazione del suo margine laterale in corrispondenza dell'arcata orbitale. Ciò che è preservato indica che il processo

sopraorbitale del mascellare era più lungo che largo. In corrispondenza e posteriormente al processo postorbitale il mascellare si allarga ulteriormente.

La mancanza del lacrimale non ci permette di fare osservazioni sulla forma o profondità dell'incavo anterorbitale. Dal raffronto con il disegno di Gemmellaro (1920), nel quale il lacrimale era ancora presente, si evince che la rottura fra il lacrimale e il frontale sia avvenuta in corrispondenza della sutura fra i due. Tale osservazione unita ad un'analisi del margine laterale del mascellare preservato in veduta dorsale, ci permette di avere un'idea approssimativa dell'andamento di tale incavo ed in particolare ci porta a supporre quanto fosse stretto ed angolato. Non sono visibili foramina sulla superficie dorsale conservata del mascellare.

Frontale - Negli odontoceti adulti il frontale è ricoperto dorsalmente dal mascellare (effetto della telescopia) e confina posteriormente con il sopraoccipitale e anteriormente con i nasali. Lateralmente, dall'avanti verso il retro, il frontale delimita, insieme al mascellare, il processo anterorbitale (insieme anche al lacrimale), l'arcata orbitale e il processo postorbitale e la cresta temporale.

Purtroppo a causa dell'abrasione del margine laterale del neurocranio, in corrispondenza dell'arcata sopraorbitale, non è possibile conoscere i rapporti di sovrapposizione fra il frontale e il mascellare.

Il processo anterorbitale del frontale, in veduta laterale, mostra la superficie esterna abrasa ma che non pregiudica la forma e l'estensione dorsoventrale; appare di forma triangolare con l'estremità ventrale arrotondata. Il processo postorbitale, più allungato dorsoventralmente, anch'esso con la superficie laterale abrasa; ha una forma subtriangolare con i bordi laterali ricurvi, quello anteriore va a costituire il profilo dorsale dell'arcata orbitale, quello posteriore, la cresta ascendente del temporale.

Lacrimale, iugale, squamoso - Le considerazioni su queste ossa craniali sono effettuate tramite le osservazioni condotte sull'accurato disegno fatto eseguire dal Gemmellaro nei primi del novecento (1920); infatti, come già detto poc' anzi, la recente rivisitazione del reperto ha messo in luce la mancanza del lacrimale e di buona parte dello iugale. Riteniamo utile descrivere comunque questa porzione data l'apparente particolarità che il disegno del Gemmellaro mette in evidenza.

Sebbene nel disegno non venga riportata la distinzione fra il mascellare e il frontale, è ben visibile la sutura fra il lacrimale e il mascellare. Inoltre dal disegno di Gemmellaro sembra riconoscibile anche la sutura tra il lacrimale ed il frontale. Confrontando il disegno di Gemmellaro con il reperto nelle condizioni attuali, si evince che questa sutura è ancora visibile sulla superficie di rottura del processo anteorbitale, successiva al disegno del Gemmellaro.

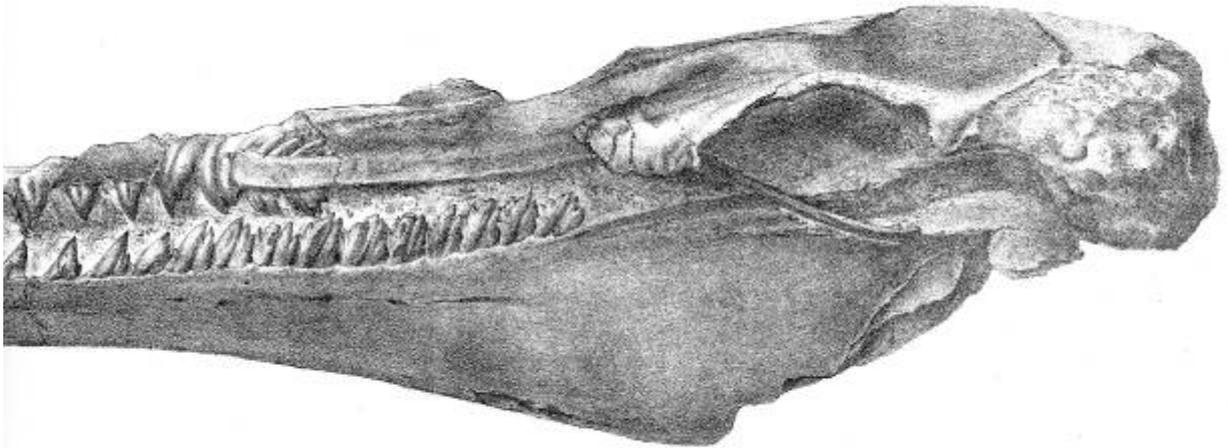


Figura 41 - Particolare del disegno di Gemmellaro nel quale sono visibili il lacrimale, lo iugale, e lo squamoso.

Il lacrimale mostra un pronunciato sviluppo anteroposteriore che lo porta ad estendersi anteriormente sino all'altezza del primo molare. In veduta laterale ha un aspetto piuttosto robusto ed è di forma sub-rettangolare allungata in senso anteroposteriore. L'estremità anteriore è rotta.

Dal lacrimale si diparte lo iugale del quale attualmente è conservata solo una porzione anteriore. Tuttavia sulla superficie laterale della mandibola è ancora conservata traccia della matrice che originariamente era stata lasciata per sorreggere lo iugale. L'impronta coincide con l'estensione dello iugale disegnato da Gemmellaro.

Lo iugale appare sottile e allungato e non presenta, in prossimità dell'attacco con il lacrimale, particolari ispessimenti.

Controversa, è l'interpretazione di una struttura probabilmente ossea, visibile nel disegno di Gemmellaro che corrisponde per posizione al processo zigomatico dello squamoso. In effetti, osservando la superficie della mandibola nel suo stato attuale, si individua il profilo di un'impronta che corrisponde come forma a quella osservata nel disegno. Riteniamo quindi probabile che all'epoca della realizzazione del disegno fosse presente anche un frammento anteriore del processo zigomatico caratterizzato da una superficie dorsale integra molto convessa; l'apice del processo era posto anteriormente al processo posterorbitale.

Vomere, pterigoidi - In veduta posteriore e ventrale sono visibili dei resti ossei non particolarmente significativi, interpretati sulla base della forma e della posizione, come frammenti degli pterigoidi e della superficie dorsale della lamina del vomere. In veduta posteriore questo insieme è notevolmente deformato e asimmetrico, è visibile una struttura ossea in sezione a forma di clessidra che circonda le due cavità delle coane riempite di matrice; queste cavità appaiono di forma subtubolare allungate anteroposteriormente. La cavità sinistra manca della porzione ossea che la delimita ed è preservata solo come calco interno. Non ha un andamento circolare regolare, poiché il suo margine ventrale è concavo. Della cavità destra rimane solo una sezione subcircolare posta più anteriormente rispetto alla precedente.

In veduta dorsale, nell'estremità posteriore del cranio è presente una porzione d'osso subtriangolare in cattive condizioni; ventralmente è unito alla struttura a



1 cm

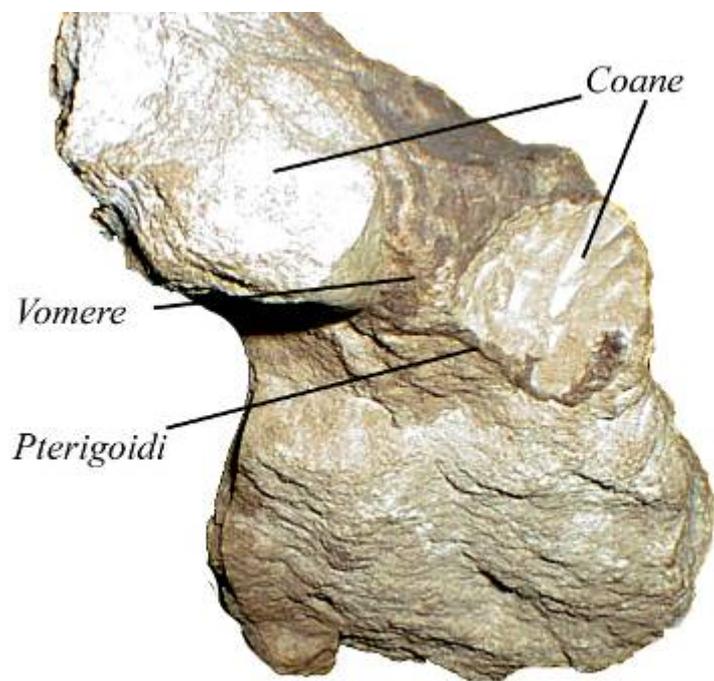


Figura 42 - Veduta posteriore del cranio.

classidra del vomere e che pertanto ipotizziamo si tratti della porzione dorsale di questo.

Mandibola - Sono presenti entrambi i rami mandibolari, anche se non completi. Il ramo mandibolare destro manca: della porzione posteroventrale compreso il condilo mandibolare, di alcuni frammenti più distali e dell'estremità apicale. Il ramo mandibolare sinistro è più frammentario: manca totalmente della porzione posteriore fino all'altezza dei primi molari (è preservata solo parte del calco della cavità mandibolare) ed è anche assente l'estremità anteriore.

In veduta laterale il ramo mandibolare sinistro presenta una morfologia comune agli odontoceti arcaici per lo sviluppo molto pronunciato in altezza della sua parte posteriore rispetto allo spessore del neurocranio. Lungo il rostro la mandibola è molto sottile con un andamento piuttosto regolare che la porta ad assottigliarsi distalmente. I profili dorsali e ventrali sono piuttosto regolari e non presentano particolarità. La superficie laterale è liscia e regolare nella parte prossimale ma all'altezza del terzo e quarto dente (contati dal più prossimale al più distale) sono presenti dei foramina che scolpiscono la superficie con dei solchi di breve lunghezza in direzione anteroposteriore. Sino al settimo dente ne sono presenti tre di dimensioni differenti: i primi hanno una doppia apertura rivolta anteriormente e posteriormente, il terzo ha un'apertura singola rivolta anteriormente. Più distalmente la superficie non è ben conservata ed è difficile riuscire a distinguere la presenza di eventuali altri foramina. Tuttavia sono visibili dei profondi solchi simili ai precedenti che ci indicano la probabile presenza di altre serie di foramina.

Nel ramo mandibolare sinistro nella porzione preservata più prossimale sono visibili due evidenti foramina: il primo ha la stessa morfologia a doppia apertura, il secondo è rivolto anteriormente e sono presenti due profondi solchi che da esso si dipartono radialmente con un basso angolo.

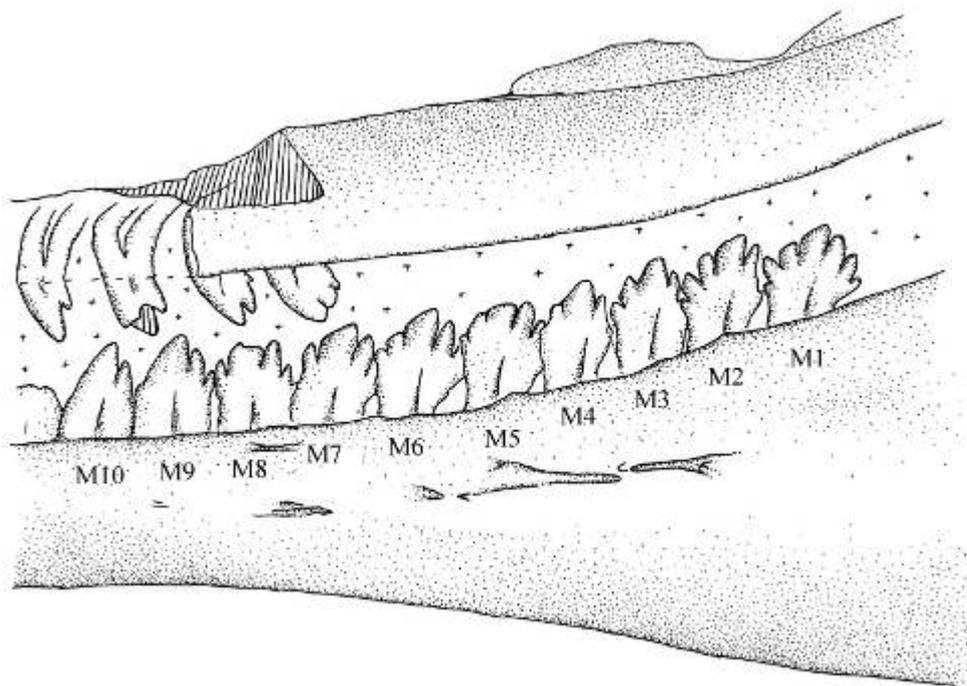
Sempre distalmente i rami mandibolari non mostrano una superficie laterale liscia ma solcata da lunghi solchi meno pronunciati nel ramo destro e più numerosi e incisi nel ramo sinistro.

In veduta ventrale, prossimalmente, il ramo mandibolare sinistro presenta il tipico rigonfiamento della superficie laterale che indica la presenza della cavità mandibolare.

Denti - La morfologia e la disposizione dei denti rappresentano gli aspetti più caratteristici del *N. gemmellaro*, soprattutto per la loro unicità tra gli squalodontoidi, che mostra anche delle affinità con certi gruppi di odontoceti arcaici. Dal Piaz (1909) così come Fabiani (1949) ammisero che, date le non buone condizioni delle ossa del cranio, i denti erano gli elementi maggiormente discriminanti di questo gruppo, tanto che essi stessi basarono la classificazione sistematica del reperto principalmente sulle osservazioni della morfologia dentaria.

Il *N. gemmellaro* è polidonte eterodonte con un forte sviluppo nella polidontia dei molari tanto da separarlo nettamente dal genere *Squalodon* nel quale i molari non superano il numero di sei. Nel nostro caso risulta difficile distinguere le varie classi dentarie. Dal Piaz per differenziare i molari dai premolari nel gruppo degli squalodontidi definì come molari quei denti provvisti di doppia radice e premolari quelli che invece presentavano i rami fusi. Nell'esemplare esaminato non possiamo seguire questo principio in quanto anche i denti più distali si presentano biradiculati; adotteremo quindi un diverso principio per la distinzione delle due classi dentarie in questo esemplare. Chiameremo premolari quei denti che: 1) non presentano alla base nella corona denticolazioni, al massimo solo un piccolo tubercolo; 2) hanno l'asse dentario verticale e non inclinato rispetto al piano mandibolare, ciò implica che l'apice del dente deve essere anch'esso verticale o subverticale e non proteso posteriormente.

Tenendo conto di questi fattori il nostro esemplare è provvisto di circa tredici o quattordici molari contati nel ramo mandibolare sinistro nel quale si ha la sequenza più integra e dove purtroppo mancano il tredicesimo e il quattordicesimo dente. Se effettuiamo un nuovo confronto con il disegno del Gemmellaro possiamo notare che in quest'ultimo i denti erano in condizioni migliori. Nel ramo destro: tale suddivisione appare più evidente, sebbene posteriormente la mandibola manca del tutto, si contano tre integri e cinque calchi di molari per un numero complessivo di otto. Denomineremo i molari con la lettera M seguita da un numero che sarà crescente dal più prossimale al più distale.



1 cm



Figura 43 - Particolare della serie dentaria prossimale mandibolare sinistra.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
L.	12	10,3*	9,2*	9,2*	9,9*	10,9*	10	9,6*	9,4*	9*	9,6*	8,2	-
A.	10,3	11,8	11,7*	11,8*	12,2*	12,6	12,4	10,6*	12,4	8*	10,5	12,1	-

Più difficile è invece la distinzione fra i premolari, il canino e gli incisivi. Distalmente le condizioni di preservazione dei denti sono molto scarse, i premolari mantengono la radice biforcata sino al 23°mo dente (contando dal primo molare più prossimale e considerando solo i denti preservati); il 24°mo non è in buone condizioni ed è leggermente al di fuori del suo alveolo, esso mostra una radice unica a differenza del precedente dove alla base della corona è presente un principio di biforcazione. Tuttavia le non buone condizioni lasciano il dubbio su tale distinzione.

Considereremo come canino il 24°mo dente e lo denomineremo C e i premolari PM seguiti da un numero in progressione dal più prossimale al più distale.

Davanti al canino ci aspettiamo di trovare gli incisivi che nel nostro caso non sono conservati ad eccezione di uno integro e di due frammenti forse appartenenti al rostro. Denominiamo questi denti con la sigla I seguita da un numero crescente dal più prossimale al più distale.

Il conteggio dei molari è di tredici, mentre per i premolari è di dodici, questi ultimi sono calcolati tenendo conto dei calchi presenti e degli spazi diastemici, là dove il dente e il calco sono assenti. Sul numero degli incisivi invece viene effettuata una stima più imprecisa dato che nella mandibola ne è conservato solamente uno. Nel disegno del Gemmellaro, tuttavia la parte apicale della mandibola era ancora preservata, poiché è visibile l'ultimo incisivo totalmente proteso in orizzontale inoltre nel disegno sono ben visibili tre incisivi appartenenti al rostro e che forniscono informazioni sull'entità degli spazi diastemici. Stimiamo dunque una presenza di circa sei o al massimo sette incisivi.

In totale in un ramo mandibolare sono presenti 33 denti stimati: 13 molari, 12 premolari, 1 canino e circa 6-7 incisivi. Questa conclusione concorda anche con quella di Dal Piaz (1909) che propose un numero approssimativo di trenta denti per i rispettivi rami mandibolari.

Non è possibile conteggiare con certezza i denti nel rostro in quanto incompleto, sono visibili solamente 4 molari, 2 premolari e 3 incisivi.

La forma dei denti, dei molari in particolare, del *N. gemmellaroi* è del tutto particolare ed unica in tutto il gruppo degli odontoceti. Essi hanno una forma palmata a causa della presenza di denticoli che tendono a disporsi in modo raggiato sul profilo del dente. Tali denticoli non hanno una forma triangolare, ma assumono un aspetto lanceolato quasi romboidale. Le corone hanno una superficie liscia ed incisa da un profondo solco mediano che conferisce un aspetto bilobato; questo solco è presente anche nei premolari sebbene meno profondo. Denomineremo con le lettere AC l'apice del dente, con i numeri romani la serie dei denticoli posteriori con progressione crescente dal più vicino all'apice AC al più distante, e con numeri arabi i denticoli anteriori con la medesima progressione. Osserviamo quindi che i molari sino a M8 hanno un numero di denticoli costante: 3 posteriori (1, 2, 3) e 2 anteriori più uno molto piccolo (I II, III). Da M9 in poi i denti cominciano ad assumere un aspetto più simile a quello dei premolari (secondo le premesse fatte poc'anzi): in primo luogo i denticoli I e II subiscono un distanziamento da AC mentre i denticoli 1 e 2 (il 3 non è visibile in M9) non subiscono particolari modificazioni; in secondo luogo, la corona perde l'aspetto palmare ed assume una forma più triangolare e snella. I denticoli I e II scompaiono del tutto in M10, il bordo anteriore è leggermente convesso e liscio. I denticoli posteriori, a differenza di quelli anteriori, tendono a permanere; in M11 e M12 il denticolo 1, il solo presente, si trova a metà del bordo posteriore; mentre M13 è l'ultimo dente della serie a possedere un denticolo; 1 è posto alla base della corona.



Figura 44 - Veduta laterale sinistra; (*) mancante.

	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7
L.	-	5,3	6,3	-	-	3,8	4,3
A.	-	8,7	8,9	-	-	6,1	6,6

	PM8	PM9	PM10	PM11	PM12	C	I
L.	-	-	5	4,8	4,3	4,8	4,3
A.	-	-	8,1	8,6	5,3*	7,1*	12,9

	m1	m2	m3	m4	m5	pm1
L.	8,2	8,7	7,4	6,1	5	7,4
A.	16,9	7,4	9,3	8,6	9,5	9,2

*Tabelle delle misure in mm della larghezza (L) e dell'altezza (A) dei denti mascellari e mandibolari del lato sinistro. *misura incompleta.*

Riassumendo, nella serie dei molari la forma da M1 a M13 varia tendenzialmente da un aspetto palmato ad una forma triangolare in cui si ha un maggiore sviluppo in altezza, questa tendenza è anche espressa con la regressione e la scomparsa della serie dei denticoli anteriori e successivamente con la perdita dei denticoli posteriori. Questa caratteristica regressione dei denticoli è anche osservabile nelle serie dentarie delle specie del genere *Squalodon*.

La serie dei premolari possiedono una variazione minore per quanto riguarda la loro forma. I primi mostrano una foggia triangolare poco longilinea: la corona è più compressa lateralmente rispetto ai molari più distali, questi, infatti, sono leggermente più conici e più allungati. Sulla loro superficie è presente anche il breve solco mediano e sono tendenzialmente equilateri.

Il canino non differisce molto dai precedenti premolari come forma: la corona ha una è chiaramente conica, la base ha una sezione circolare e non è presente il solco mediano, infine la radice è unica. Si osserva chiaramente come il profilo sia meno simmetrico rispetto ai premolari: il bordo posteriore è rettilineo mentre

quello anteriore e lievemente ricurvo. Il canino mostra quindi caratteristiche intermedie fra premolari e incisivi.

Gli incisivi hanno una forma conica, sono maggiormente sviluppati in lunghezza e ricurvi rispetto ai premolari.

L'ultimo incisivo presente sulla mandibola è orizzontale e il suo alveolo è posto sull'apice della mandibola.

La morfologia dei molari presenti nel rostro ricalca quella dei molari mandibolari; il loro numero è di 4 (quelli preservati) e mancano dei denticoli anteriori, mentre, posteriormente, sono visibili tre denticoli nel molare più prossimale. Nei successivi i denticoli posteriori scompaiono sino ad arrivare nell'ultimo molare in cui è presente, sul bordo posteriore, un solo denticolo posto medialmente. I molari rostrali più prossimali somigliano come forma e disposizione dei denticoli agli ultimi molari della serie mandibolare con la differenza che rispetto a questi, i molari rostrali sono collocati posteriormente.

Tenendo conto degli spazi diastemici (considerando la riduzione dello spazio diastemico per i denti più prossimali) possiamo stimare il numero dei molari sul mascellare ad un numero totale di circa 11 denti. Il primo dei premolari del mascellare si trova fra M11 e M12 della mandibola, supponendo che lo spazio diastemico degli alveoli del rostro sia uguale a quello degli alveoli della mandibola possiamo stimare la presenza di 13 premolari superiori; naturalmente questo conteggio è eseguito sull'ipotesi che la posizione del canino del rostro corrisponda a quella del canino sulla mandibola.

Non sappiamo a questo punto se il numero degli incisivi nel mascellare corrispondesse al numero degli incisivi della mandibola. Noi abbiamo stimato il numero degli incisivi mandibolari tenendo conto dei 3 incisivi rostrali e delle loro rispettive distanze diastemiche; nel gruppo degli squalodontidi, il numero degli incisivi superiori corrisponde quasi sempre a quello degli incisivi inferiori,

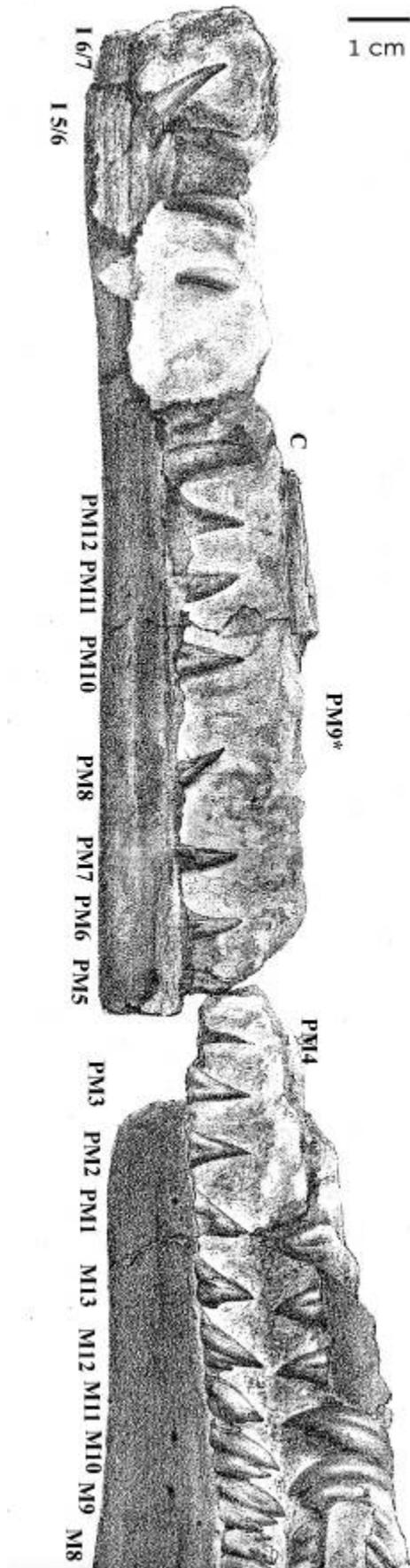


Figura 45 - Nomenclatura dentaria nel disegno di Gemmellaro (1920); (*) mancante.

quindi siamo inclini a credere che il numero degli incisivi presenti nel rostro del nostro esemplare fosse di 7.

Sulla base delle stime suddette pensiamo che il numero dei denti presenti nel rostro fosse leggermente inferiore a quello dei denti sulla mandibola, e che tale numero fosse compreso fra 30 e 32 denti. Certo è che rispetto alla serie dentaria inferiore, nella serie superiore abbiamo una riduzione dei molari ed un aumento del numero dei premolari.

La disposizione dei denti rappresenta un altro aspetto distintivo di questa specie. Se osserviamo la serie dei molari presenti nella mandibola, notiamo come lo spazio diastemico sia nullo con un'evidente sovrapposizione parziale delle corone. I molari leggermente reclinati posteriormente si succedono secondo un embriciamento che porta il dente posteriore a sovrapporsi a quello anteriore che lo segue, si compone così una sequenza dentaria che non ha riscontro in nessun'altra specie di odontoceti viventi o fossili.

Verso i molari più distali questa sovrapposizione tende a diminuire sino ad annullarsi intorno al molare M10 dove i denti si affiancano toccandosi. Da questo limite lo spazio diastemico dei denti mandibolari aumenta sino a divenire costante per tutta la sequenza dei premolari.

Nell'arcata mascellare i molari distali corrispondenti non presentano la sovrapposizione, ma sono ben spaziati; non è possibile dire se i molari più prossimali fossero sovrapposti.

Osservando i rapporti fra i molari più interni della mandibola e la loro forma palmata è possibile vedere come il parziale ricoprimento tenda a lasciare, alla base delle corone, uno spazio triangolare più o meno ampio, spazio che tende, fra i molari più distali, ad annullarsi; questa tendenza è manifestata dal progressivo cambio di forma dei molari.

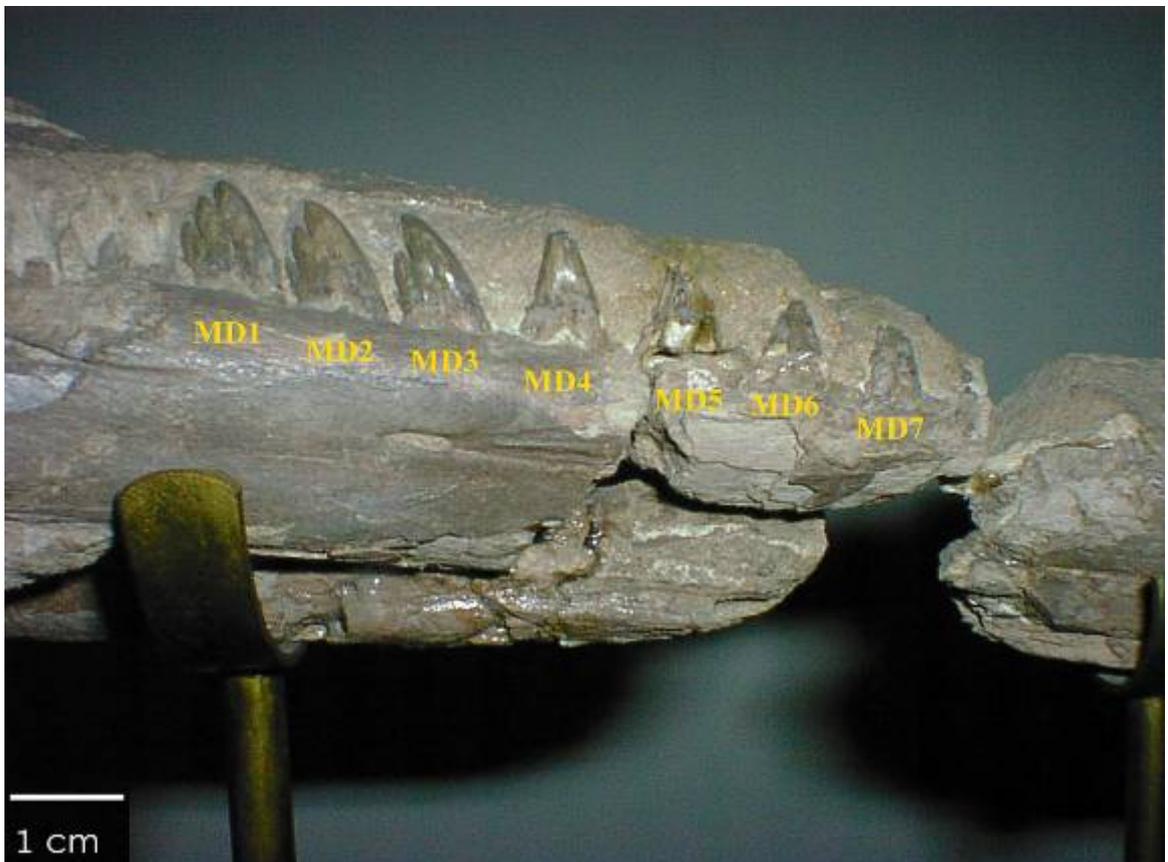


Figura 46 - Particolare del frammento del ramo mandibolare destro.



Figura 47 - Foto dei due premolari del ramo mandibolare destro.

	MD1	MD2	MD3	MD4	MD5	MD6	MD7	PMD1	PMD2
L.	7,3	7,9	5,7	5,4	4,7*	4,2*	3,8*	8,2	4,4
A.	10,3	10,3	11	7*	2,7*	4,5*	4,1*	4,2	5*

Tabella delle misure in mm della larghezza (L) e dell'altezza (A) dei mandibolari del lato destro. *misura incompleta.

Comparazioni – Il cranio di *N. gemmellaroi* differisce dal genere *Squalodon* per le dimensioni ridotte, per un profilo laterale affusolato ed un rostro molto sottile. I crani del genere *Squalodon* sono caratterizzati principalmente da crani robusti e di notevoli dimensioni come ad esempio *S. bellunensis*.

In base alle osservazioni delle ossa del cranio è possibile escludere stretti legami di questo reperto con i generi oligocenici. Sebbene la parte posteriore del cranio non sia preservata, il mascellare copre il frontale proiettandosi oltre il limite posteriore dell'arcata sopraorbitale, ciò evidenzia un livello di telescopia paragonabile a quella osservata negli squalodontidi miocenici.

Data la scarsa preservazione del margine interno del premascellare in veduta dorsale è difficile determinare a che altezza si colloca la massima estensione del premascellare. Considerando i resti nelle condizioni attuali, la massima estensione dei premascellari avviene all'altezza media dell'arcata sopraorbitale così come avviene in *N. assenxae*, diversamente negli squalodontidi oligocenici (*Patriocetus*, *Waipatia*, *Agorophius*).

Il profilo laterale sinistro è parzialmente compromesso da un decorticamento dorsale delle ossa oltre da un moderato schiacciamento. E' possibile tuttavia compiere un paragone dei rapporti geometrici fra l'andamento della sutura mascellare-frontale in prossimità del processo posterorbitale e il profilo del tetto della fossa temporale. In *N. gemmellaroi* questi due margini sono paralleli come nelle specie *S. bariensis* e *S. bellunensis*.

In *W. maerewhenua* i due profili sono posteriormente divergenti. In *S. calvertensis* il profilo della cresta temporale è parallelo con l'intero profilo superiore del cranio.

In *N. gemmellaroi* la cresta temporale è molto più bassa rispetto a *S. bariensis*, *S. bellunensis*, *W. maerewhenua* e simile a *S. calvertensis*.

Per quanto riguarda l'arcata sopraorbitale in *N. gemmellaroi*, questa si presenta ampia e dal profilo basso simile a *W. maerewhenua* con uno spessore molto esiguo diversamente a quanto osservato in *S. bariensis* e *S. bellunensis*, in queste due specie il processo posterorbitale è più basso rispetto al processo anterorbitale tanto che l'arcata assume una forma asimmetrica diversamente da quanto avviene sia in *N. gemmellaroi* sia in *W. maerewhenua*.

Il lacrimale nel genere *Neosqualodon* ha dimostrato avere dimensioni maggiori rispetto agli altri odontoceti miocenici. In *N. gemmellaroi* in veduta laterale questo ha un notevole sviluppo anteroposteriore con una forma subrettangolare diversamente a quanto osservato in *N. assenxae*, *Squalodon* ed *Eosqualodon*. Nei generi Oligocenici il lacrimale ha uno sviluppo molto ridotto come in *Agorophius*, *Patriocetus*, e *Eosqualodon*.

Tuttavia poiché in *N. gemmellaro* tale osservazione è condotta sul disegno del Gemmellaro questa caratteristica non è del tutto chiara.

IV
CAPITOLO

La dentizione nei cetacei arcaici

IV

La dentizione nei cetacei arcaici

A causa di una scarsa presenza di dati per quanto riguarda le morfologie craniche dei due esemplari di *Neosqualodon*, i denti rivestono una notevole importanza. Sebbene non siano considerabili come elementi che possano garantire una distinzione specifica precisa, è possibile in ogni modo utilizzarli per una ricostruzione sommaria delle linee filetiche.

Prima di affrontare un'analisi specifica dei caratteri arcaici e derivati relativi alle morfologie dentarie degli odontoceti miocenici, osserveremo quali siano state le trasformazioni dalle forme terrestri paleoceniche a quelle acquatiche più moderne, tenendo conto della morfologia funzionale.

I cetacei sono mammiferi adattati alla vita acquatica e come tali hanno subito profonde modificazioni anatomiche per ottenere una maggiore mobilità nel mezzo acquatico. Un cambio così radicale di ambiente comporta una drastica variazione delle morfologie corporee così come delle abitudini alimentari; i cetacei, rispetto ai loro progenitori terrestri, passano da una dieta basata su vertebrati e invertebrati terrestri ad una dieta basata su vertebrati e invertebrati marini. E' logico pensare che il cambio delle abitudini alimentari porti ad una profonda modificazione dei denti, così come delle altre strutture anatomiche utilizzate per l'alimentazione. Massare (1987) in un lavoro dedicato alla dentizione dei rettili marini mesozoici, mette in relazione le morfologie dentarie con la possibile dieta ipotizzata in parte sulla base dei residui alimentari fossili contenuti nello stomaco. L'autore conclude che la tipologia di animale predato implica una specifica configurazione della forma dei denti efficace per la

predazione. Massare mette in risalto un parallelismo tra i rettili mammiferi e i cetacei anche per quanto riguarda le trasformazioni morfologiche dei denti. Partendo dal principio che la forma del dente non può svincolarsi dalla sua funzione, il dente diviene un importante strumento per determinare non solo il tipo di dieta ma anche il meccanismo di nutrizione.

Il meccanismo di nutrizione delle varie specie di animali è un importante fattore di discriminazione evolutiva che permette per mezzo di adattamenti, di occupare nicchie ecologiche vuote. Questo fattore unito all'adattamento ambientale è uno dei vettori più importanti che permette la differenziazione di una specie o di un gruppo.

Ben sappiamo come attualmente l'ordine dei cetacei è suddiviso in due grandi sottordini viventi, gli odontoceti e i misticeti. Questi due gruppi molto distinti, hanno alla base adattamenti trofici molto differenti che, nel corso dell'evoluzione, li hanno portati ad occupare nicchie ecologiche ben precise. L'adattamento ad un'alimentazione così diversa ha causato sia la modifica dell'apparato masticatore sia della morfologia dell'intero organismo. Ad esempio la filtrazione adottata dai misticeti con tutte le sue varianti ha provocato: un notevole aumento nelle dimensioni del corpo, una radicale riconfigurazione dell'apparato boccale con la scomparsa dei denti e l'adozione di strutture cartilaginee chiamati fanoni. Negli odontoceti i caratteri riscontrati indicano un'evoluzione mirata ad un aumento dell'efficacia della predazione costituita da una dieta principalmente piscivora, inoltre lo sviluppo dell'ecolocazione segna una caratteristica distintiva molto importante che fornisce agli odontoceti grandi potenzialità trofiche.

In questo panorama individuare i caratteri dentari abbinati alla funzionalità specifica si rivela come un importante strumento che riguarda la vita e l'evoluzione degli odontoceti marini.

Paleocene

Il Paleocene è il periodo che vede l'affermazione dei mammiferi dopo l'estinzione di massa dei rettili dinosauroidi; essi radiano e tendono ad occupare tutte le nicchie lasciate libere dai loro predecessori, pertanto in questa fase troviamo certamente tutti gli antenati dei gruppi dei mammiferi moderni tra cui anche dei cetacei. Gli autori O'Leary e Uhen (1999) sostengono che il gruppo dei cetacei si separa già alla base del Paleocene da ungulati primitivi come *Dissacus* e *Pachycaena*.

L'analisi di ricostruzione filogenetica, relativa ai cetacei primitivi e ai loro possibili progenitori, viene centrata essenzialmente sulla morfologia dentaria in quanto i denti sono le strutture anatomiche meglio conservate di questi mammiferi. O'Leary (1998) discute e analizza le principali variazioni morfologiche dentarie dei gruppi paleocenici sulla base delle sezioni occlusali, stabilendo due direttrici principali: la prima, comprende forme essenzialmente terrestri paleoceniche, la seconda, forme sia terrestri che semi-acquatiche dalle quali sono derivati i gruppi basali dei cetacei.

I denti delle forme paleoceniche indicano una dieta carnivora continentale, sono robusti, in sezione occlusale domina una forma trigonica che tende a variare da genere a genere nelle proporzioni principali. Nel profilo la corona ricalca la robustezza con basi molto larghe e poco slanciate, mentre la forma generale è in certi casi, triangolare. La polidontia è assente, tipico delle forme continentali; l'eterodontia è molto accentuata, il tutto supportato da radici molto spesse in mascelle e mandibole altrettanto forti.

O'Leary (1998) osserva come la forma basale trigonica può essere esaminata prendendo in considerazione due misure: la lunghezza e la larghezza. Nel riportare i due indici in un grafico si nota come le forme strettamente legate ad una dieta continentale hanno una la lunghezza che domina sulla larghezza e ma

man mano che ci avviciniamo ai gruppi basali dei cetacei (*Ambulocetus*, *Pakicetus* e *Nalacetus*) la lunghezza diminuisce e aumenta la larghezza.

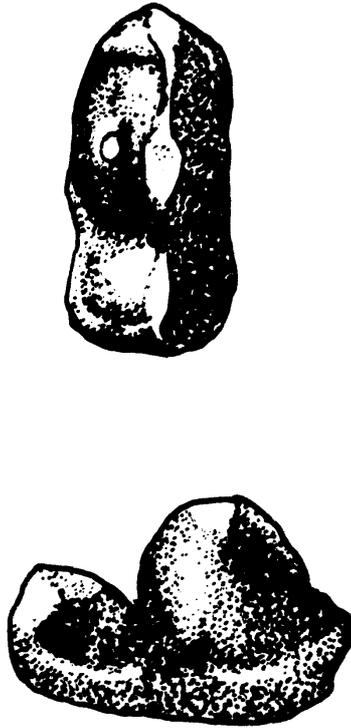


Figura 48 - Molare di *Dissacus* (modificato, O'Leary 1998).

In un altro lavoro O'Leary *et alii* (1999) mettono in relazione due aspetti che sembrano essere connessi nella trasformazione dalle forme terrestri alle forme acquatiche: l'assenza o la presenza di superfici taglienti nelle corone dentarie e l'articolazione del sacro e dell'ileo.

Gli autori hanno osservato che le forme terrestri paleoceniche mostrano delle serie dentarie molto robuste ed hanno corone molto spesse e arrotondate e che, a partire dal genere *Pakicetus*, sui denti iniziano a comparire delle facce piatte che conferiscono al dente un aspetto slanciato e tagliente. In contemporanea con la comparsa di questo carattere si osserva gradualmente la perdita dell'articolazione fra il sacro e l'ileo. L'adattamento acquatico porta quindi ad una modificazione sia dell'apparato locomotore sia dell'apparato masticatore; il

movimento e la nutrizione sono fattori importanti per l'adattamento al nuovo ambiente.

Altro aspetto che riguarda la caratterizzazione specifica della morfologia dentaria, è la suddivisione delle estremità coniche: l'impostazione generale della forma viene mantenuta anche nelle forme derivate. In accordo con la nomenclatura adottata da Gingerich (1990) nell'analisi sulla dentizione di *Pakicetus*, il protoconide è l'apice del dente, il paraconide si trova sul bordo posteriore, mentre sul bordo anteriore troviamo il metaconide o trigonide e alla base un hypoconide o talonide. Nelle forme dentarie paleoceniche questa configurazione è ben riconoscibile.

In *Dissacus* ad esempio troviamo la presenza di un protoconide e un metaconide molto sviluppati mentre il paraconide è molto ridotto, le corone sono molto robuste e di forma ovoidale in veduta laterale. In sezione occlusale l'aspetto è quello tipico delle forme trigonoidi. In *Pachycaena*, la sezione occlusale è simile a *Dissacus* così come lo sviluppo del paraconide, protoconide e metaconide, con la differenza che in veduta laterale la corona ha una forma più triangolare e meno ovoidale.

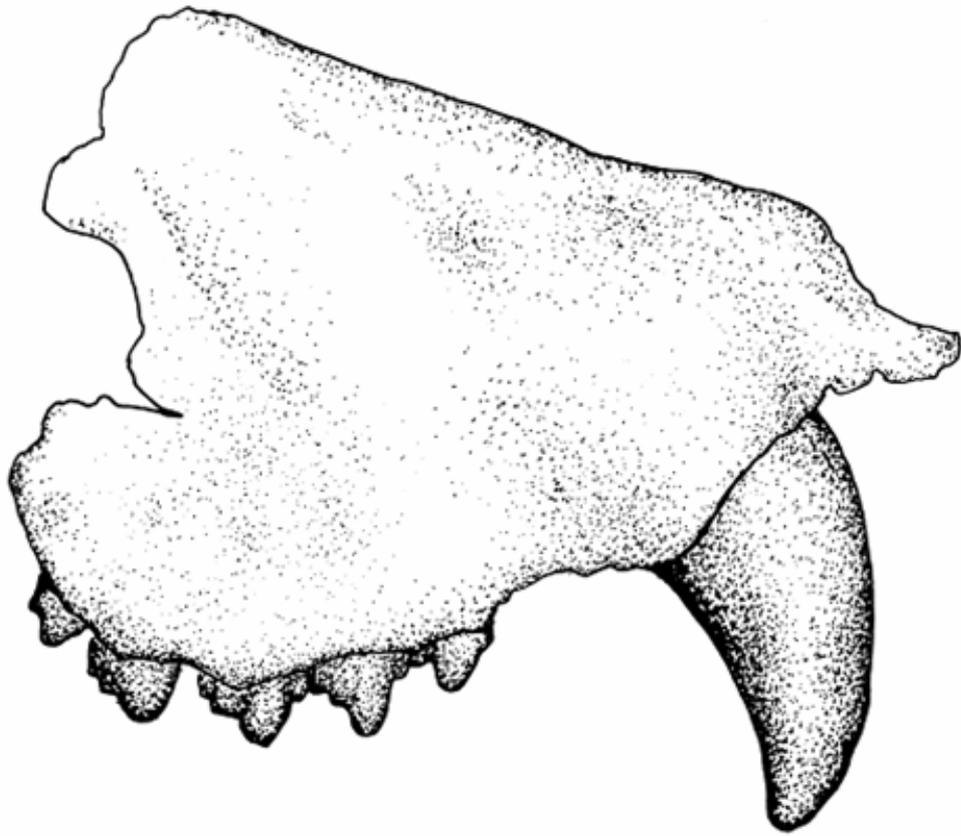


Figura 49 - *Pachycaena gigantea*, frammento rostrale in veduta laterale (modificato, O'Leary e Rose 1995).



Figura 50 - *Pachycaena gigantea*, mascellare destro in veduta occlusale (modificato, O'Leary e Rose 1995).

In *Hapalodectes*, genere ancora più primitivo, il protoconide e il metaconide sono molto sviluppati al pari di *Dissacus*, mentre a differenza di quest'ultimo, il paraconide è molto più distinto.

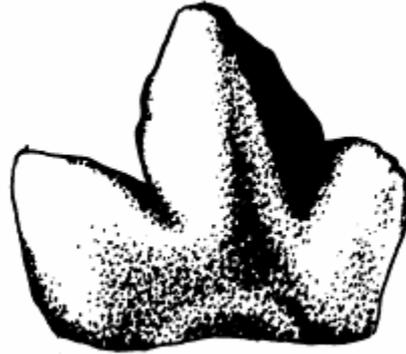


Figura 51 - *Hapalodectes*, dente molare (modificato, O'Leary 1998).

O'Leary *et alii* (1999) ritengono che l'intaccatura fra il protoconide e il metaconide, che in forme primitive paleoceniche ed eoceniche è molto evidente, sia un elemento costante e distintivo della dentizione dei cetacei durante tutto il processo d'adattamento dall'ambiente terrestre all'ambiente acquatico.

L'impostazione delle corone dentarie con una distinzione così netta fra protoconide e metaconide consegue ad una forma asimmetrica della corona stessa. Tra gli squalodontoidei oligocenici e miocenici troviamo tuttavia esemplari con corone dentarie simmetriche che potrebbero indicare traiettorie filogeniche differenti o diversamente derivate.

Sempre O'Leary (1998) include nell'analisi cladistica forme paleoceniche ancora più primitive appartenenti al possibile ceppo d'origine del gruppo dei Mesonychia. *Triisodon*, *Microclaenodon* possiedono un grande sviluppo dell'intaccatura fra il protoconide e il metaconide, entrambi molto distinti; in particolare in *Triisodon*, i coni hanno quasi la stessa altezza, mentre in *Microclaenodon* il protoconide è molto più prominente.

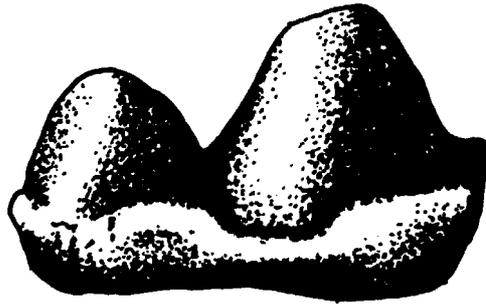


Figura 52: dente molare di *Trisodon* (modificato, O'Leary 1998).



Figura 53: dente molare di *Microclanodon* (modificato, O'Leary 1998).

L'intaccatura che si sviluppa fra i due conoidi, è un elemento ancestrale che si propaga come filo conduttore nelle forme più tarde oligoceniche e mioceniche. La presenza di questo carattere è un elemento distintivo per le forme più antiche che si propaga anche nelle forme più evolute come un antico retaggio, e tende a scomparire.

Eocene

L'epoca eocenica vede l'effettivo adattamento di alcune linee di mammiferi all'ambiente acquatico. Appare e si definisce il più antico gruppo di cetacei: gli Archeoceti, con forme semi-acquatiche che in principio vivono in prossimità di coste e successivamente radiano in mare aperto, con l'acquisizione di un

adattamento sempre più specializzato. L'analisi di questo gruppo riveste un'importanza molto elevata se si vuole tracciare una traiettoria che spieghi la successiva comparsa dei due sottordini moderni, gli odontoceti e i misticeti. Come già detto in precedenza le modificazioni dell'apparato dentario riflettono profondamente l'adattamento alla vita acquatica e vanno in parallelo con altre modificazioni anatomiche.

Fra le forme basali eoceniche troviamo *Pakicetus*, *Ambulocetus*, e *Nalacetus*. Secondo gli autori O'Leary e Uhen (1999) questi generi sono già adattati alla vita acquatica, come dimostra la progressiva scomparsa dell'articolazione fra l'ileo e il sacro, anche se è più che probabile che tali forme siano ancora legate alle coste. Gli stessi autori fanno coincidere il primo adattamento acquatico sia con la scomparsa dell'articolazione sacrale che con la comparsa nei denti di facce piane le quali conferiscono ai denti un aspetto più tagliente e slanciato.

Nalacetus, il più antico gruppo di cetacei, presenta un dente nel quale troviamo, rispetto ai mammiferi paleocenici come *Dissacus*, la presenza di queste facce piane nelle corone. A parte questo carattere, la struttura generale non è molto dissimile da quella dei denti dei mammiferi terrestri progenitori dei cetacei.

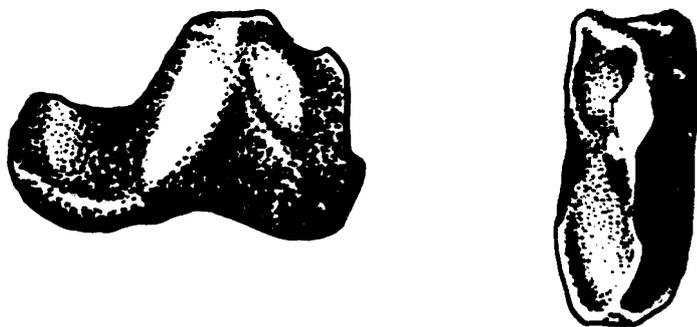


Figura 54: *Nalacetus*, veduta labiale e oclusale (modificato, O'Leary e Uhen 1999).

Troviamo il protoconide sviluppato e separato dall'intaccatura centrale dal metaconide, inoltre posteriormente è situato il paraconide più piccolo. In sezione

occlusale il dente è piatto. O'Leary (1998) individua in *Nalacetus* nella sezione occlusale nel bordo anteriore, la stessa rientranza prossimale della cavità molare che si osserva in *Pakicetus*.

Pakicetus è una delle più antiche specie di cetacei conosciute e i suoi ritrovamenti sono concentrati principalmente nell'area pakistana. Gingerich e Russell (1990) hanno affrontato lo studio sulla dentizione di *Pakicetus* ed hanno individuato due tipologie dentarie costituite le prime, da denti decidui, le seconde da denti permanenti.



Figura 55 - *Pakicetus*, veduta labiale e occlusale (modificato, O'Leary e Uhen 1999).

Nella specie *P. inachus* Gingerich e Russell (1990) osservano che entrambe le serie dentarie mandibolari e mascellari presentano una maggiore eterodontia fra molari e premolari; è possibile, infatti, distinguere fra denti mandibolari: i premolari, un canino e gli incisivi. Nei molari riscontriamo la sequenza tipica della denticolazione primitiva, così come il profilo in veduta occlusale rivela un aspetto tipicamente trigonide piramidale. I premolari sono molto più slanciati e meno massicci con forme spiccatamente triangolari e profili che in veduta

occlusale sono molto appiattiti. Il canino e gli incisivi sono longilinei e leggermente ricurvi tanto che ricordano quelli tipici degli squalodontidi. Hanno una sezione ellittica.

Una tale trasformazione, con la tendenza ad una spiccata eterodontia, con il progressivo abbandono di forme dentarie più massicce e l'assunzione di denti con forme triangolari appiattite, è sintomatico di un adattamento verso un tipo di trofismo acquatico con diete a base di pesci e crostacei dove la masticazione avviene in maniera sempre meno frequente. Tuttavia in queste forme non ancora totalmente acquatiche, possiamo trovare diete che includono anche piccoli vertebrati continentali; i molari sono ancora robusti e con superfici occlusali ampie che sembrano indicare una tendenza alla masticazione tipica di mammiferi continentali.

Un altro gruppo di cetacei eocenici e del quale abbiamo solo resti molto frammentari, è la famiglia dei *Remingtonocetidae*. Nella zona del Pakistan sono conosciuti due generi appartenenti a questo gruppo: *Remingtonocetus* e *Dalanistes*. Thewissen e Bajpai (2001) hanno esaminato alcuni resti di molari attribuiti a *Dalanistes* precedentemente rapportati al genere *Remingtonocetus* del quale si conosce una serie dentaria prossimale.

Le caratteristiche dentarie di questi gruppi evidenziano un ulteriore e più mirato adattamento ad una dieta di tipo acquatico. Le corone sono triangolari e presentano ancora una denticolazione che si rifà ai gruppi più primitivi, in particolar modo nei denti più prossimali. Il protoconide è più sviluppato rispetto agli altri conidi, eccetto il molare posteriore dove il protoconide e il metaconide anteriore hanno lo stesso sviluppo; la base della corona in questo dente è larga e la forma triangolare poco slanciata ma in ogni modo regolare. Nei denti anteriori il metaconide si riduce e il dente assume una base più stretta e una maggiore altezza. Nel bordo posteriore si distingue quello che dovrebbe essere il paraconide, mentre alla base del bordo anteriore forse un ipoconide. In veduta occlusale, nella parte buccale del dente si osserva una protuberanza come

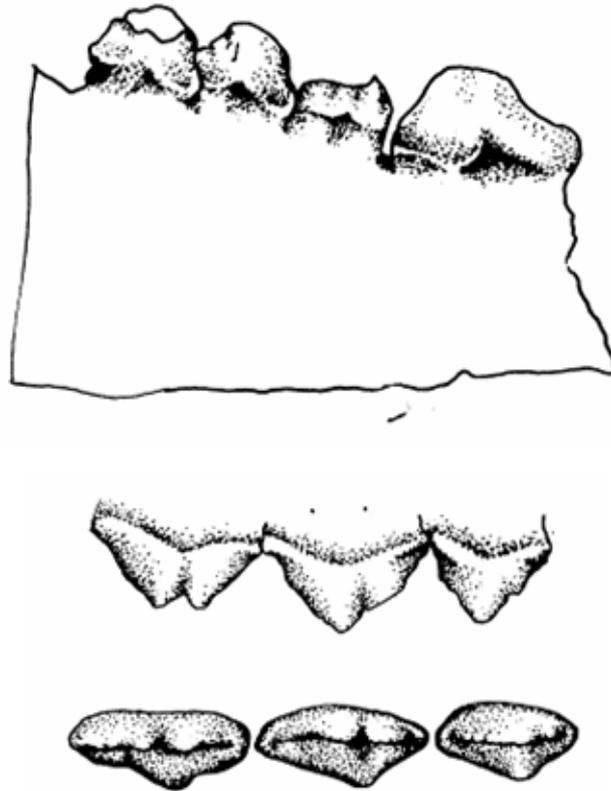


Figura 56 - Sopra *Dalanistes ahmedi* (RUSB 2521) particolare di mandibola, sotto *Remingtonocetus* (RUSB 2630) veduta labiale e oclusale (modificato; Thewissen e Bajpai 2001).



Figura 57 - Dente di remingtonocetus non identificato, veduta linguale (modificato, Thewissen e Bajpai 2001).

probabile retaggio delle forme trigonoidi. La specie *Dalanistes ahmedi*, esaminata dagli autori, ha le corone dentarie frammentarie e la serie mandibolare con una pronunciata eterodontia. Le corone sono triangolari biradicate e nei denti più distali si osserva anche una sovrapposizione. Il molare più prossimale

ha una base molto larga e il bordo posteriore leggermente concavo che potrebbe indicare l'intaccatura fra il protoconide e il metaconide.

Gli autori ritengono possibile la formazione di denticolazioni accessorie in questo gruppo, come si osserva dall'esame del resto di un dente isolato attribuito al genere *Remingtonocetus*, il quale presenta lo sviluppo sul bordo posteriore di un ulteriore denticolo, tanto da rendere dubbia l'identificazione del metaconide.

Non è da escludere che la formazione e lo sviluppo di denticolazioni secondarie in queste forme rappresenti il punto di partenza per la comparsa nelle forme evolute oligoceniche e mioceniche di serie dentarie con denti provvisti di numerosi denticoli come nel nostro caso relativo al genere *Neosqualodon*.

Fra i gruppi più evoluti dell'Eocene troviamo i Dorudontinae che rappresentano un migliore adattamento all'ambiente acquatico con un maggiore svincolamento dall'ambiente terrestre e probabilmente anche da quello litorale. Nei Dorudontinae non sono più identificabili i caratteri, osservati nei precedenti e più primitivi gruppi relativi alle distinzioni delle denticolazioni standard, in quanto nelle corone compaiono serie di denticolazioni accessorie molto simili a quelle che poi si ritrovano in forme più evolute ed in particolare in *Neosqualodon*. Nel gruppo dei Dorudontinae Gingerich e Uhen (2001) includono i generi: *Dorudon*, *Zygorhiza*, *Saghacetus*, e il più recente *Chrysocetus*.

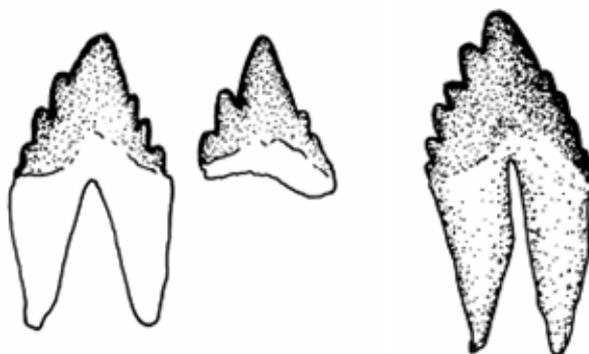


Figura 58 - Premolari di *Chrysocetus healyorum* in veduta buccale, notare le alte corone e il numero considerevole di denticoli (modificato, Uhen e Gingerich 2001).

Così come mostrato dai due autori citati sopra tutte le serie dentarie ritrovate in queste forme riportano la presenza di numerosi denticoli accessori; tali serie inoltre hanno la caratteristica di avere un numero limitato di denti con minore eterodontia rispetto alle forme basali.

La tendenza sembra quella di una minore eterodontia fra i molari e i premolari rispetto a *Pakicetus*, *Nalacetus* e *Remigtonocetus* ed un aumento della polidontia.

I denti sono appiattiti e di forma triangolare con uno sviluppo di numerosi denticoli, soprattutto in *Chrysocetus*. Si nota come in questo genere il numero dei denticoli è maggiore nei molari rispetto ai premolari dove i denticoli secondari hanno la tendenza a scomparire nelle corone dei denti più distali. Tale scomparsa avviene principalmente nei denticoli del bordo anteriore, meno pronunciati, mentre nel bordo posteriore i denticoli diminuiscono il loro sviluppo in altezza per retrocedere lungo la corona. In quello che sembra il premolare più distale, troviamo sul bordo anteriore tre piccoli denticoli ormai ridotti a tubercoli, sul bordo posteriore due denticoli molto pronunciati il primo del quale sembra lontanamente ricordare il metaconide.

In effetti, O'Leary e Uhen (1999) osservano che nel bordo posteriore, l'intaccatura fra il denticolo più vicino all'apice e quello che lo segue, potrebbe essere proprio l'intaccatura che nelle forme basali rappresenta la separazione fra protoconide e metaconide. Il protoconide e il metaconide subiscono un'ulteriore suddivisione in denticoli secondari. Nei molari sia di *Chrysocetus* sia di *Zygorhiza* ritroviamo una forte tendenza sul bordo posteriore delle corone ad un marcato aumento della denticolazione, mentre sul bordo anteriore sono assenti. Tuttavia in *Dorudon* il bordo posteriore di un molare presenta un piccolo tubercolo che sembra indicare la presenza del paraconide. Nei premolari invece predomina lo sviluppo di denticolazioni su entrambi i bordi. I denticoli di queste forme possiedono punte arrotondate e forme tendenzialmente lanceolate.



Figura 59 - a sinistra, terzo premolare di *Dorudon atrox*, a destra, *Zygorhiza kochii*, visione linguale (modificato, Uhen e Gingerich, 2001).

La tendenza ad una suddivisione così pronunciata della corona nelle denticolazioni riflette certamente una specializzazione trofica importante almeno per questi gruppi.

Una tale struttura del dente potrebbe essere adottata da forme che non praticano come sistema di nutrimento la masticazione o la lacerazione. I bordi non taglienti e i denticoli arrotondati ostacolano sia la masticazione che la lacerazione, come le intaccature più profonde e larghe fra i denticoli stessi. Se si osserva la dentizione negli squali ed in particolare nella specie *Carcharodon carcharias*, specie specializzata nella lacerazione della preda e la successiva ingestione, le corone dentarie presentano una denticolazione molto fine con innumerevoli cuspidi estremamente taglienti, cosa che invece non troviamo nelle forme di *Dorudon*. Come vedremo lo scarso sviluppo della denticolazione che si avrà nelle forme di odontoceti miocenici come il genere *Squalodon*, potrebbe rappresentare una convergenza trofica in cui i denti con una denticolazione poco sviluppata, vengono parzialmente utilizzati per la lacerazione prima dell'ingestione.

La dentizione dei focidi è caratterizzata da una denticolazione molto sviluppata e particolare che indica un meccanismo trofico adottato è la suzione (Werth 2000). Catturata la preda all'interno della cavità orale, per mezzo di muscoli boccali, l'acqua viene spinta verso l'esterno attraverso le fessure dei denti e la preda è ingerita.

Nel contesto di uno sviluppo anormale della denticolazione dentaria nel tardo Eocene, Mitchell (1989) segnala un nuovo genere e una nuova specie *Llanocetus denticrenatus* provvista di denti con denticoli molto sviluppati e ben spaziati; inoltre il frammento di mandibola riferito a questa specie rivela una distanza diastemica molto pronunciata. Mitchell inserisce questo nuovo genere in una nuova famiglia Llanocetidae all'interno dell'infraordine Crenaticei, coordinato con il nuovo infraordine dei misticeti Chaeomysticeti. Il reperto viene quindi inserito sotto la linea filetica dei misticeti per le caratteristiche trofiche dei denti e per l'elevata distanza diastemica. Secondo l'autore, la nutrizione in questo esemplare avviene per filtrazione a causa della profondità delle intaccature dei denticoli e dello spazio diastemico.

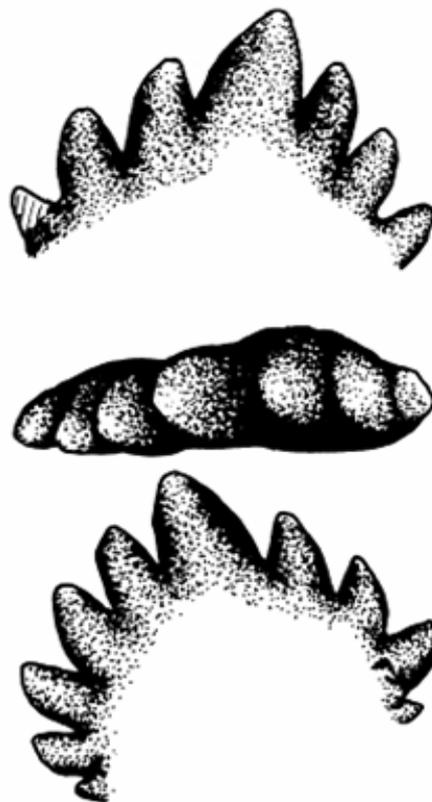


Figura 60 - Corona di *Llanocetus denticrenatus* (USNM 183022), veduta mediale, dorsale e laterale (modificato, Mitchell, 1989).

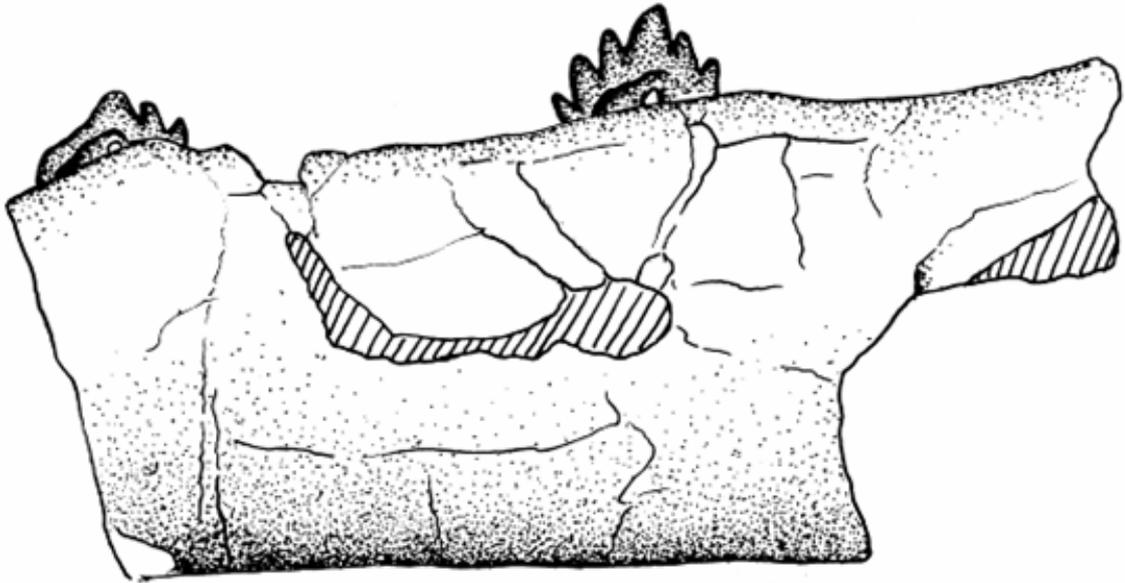


Figura 61 - *Llanocetus denticrinatus*, frammento di mandibola in veduta interna (modificato, Mitchel 1989).

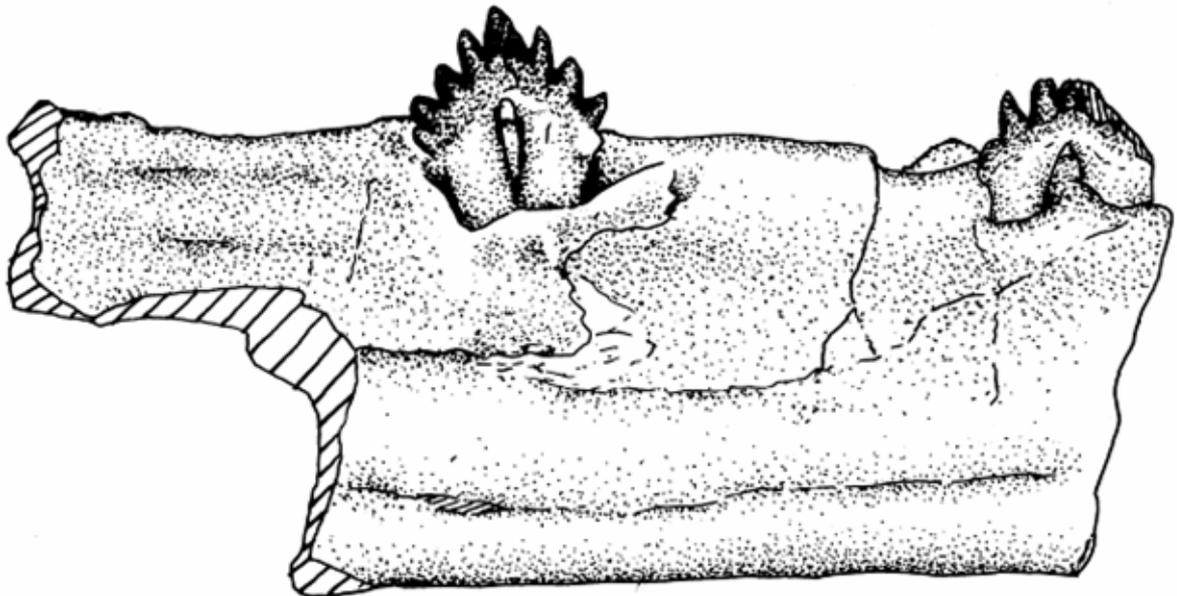


Figura 62 - *Llanocetus denticrinatus*, frammento di mandibola in veduta esterna (modificato, Mitchel 1989).

I denti di *L. denticrinatus* hanno una corona bassa e il dente ha struttura raggiata molto simile alla struttura dei denti dell'esemplare di Palermo riferito da Rothausen (1968) a *Neosqualodon gastaldi major*. Nella mandibola sono preservati solo due denti i quali hanno delle radici bilobate molto spesse. Dalla parte buccale il dente sporge molto dall'alveolo, e in questa porzione è parzialmente ricoperto dalla gengiva. Dalla parte labiale sporge buona parte della corona.

L'indizio che ha portato Mitchell (1989) a collocare questo reperto nel ramo basale di misticeti, è stato principalmente la morfologia dentaria e l'elevato spazio diastemico fra i denti che sembra indicare un primitivo adattamento alla filtrazione.

La presenza di questa specie nel tardo Eocene dimostra come già in questa fase era presente una specializzazione trofica la quale ha portato alla successiva distinzione fra misticeti e odontoceti.

Oligocene

L'Oligocene vede l'affermarsi dei due principali sottordini di cetacei: gli odontoceti e i misticeti. Le forme che ritroviamo negli odontoceti oligocenici rispecchiano in massima parte tutte le caratteristiche salienti che ritroveremo nel Miocene, soprattutto nel tardo Oligocene dove si ha la comparsa dei primi squalodontidi. Lo sviluppo dell'ecolocazione degli odontoceti e il modello trofico di filtrazione dei misticeti, trovano nell'Oligocene, le proprie radici evolutive.

Nell'Oligocene ritroviamo ancora forme residue di archeoceti, ma il maggior numero di reperti è rappresentato dagli odontoceti. Importanti risultano essere *Xenorophus* del quale si conosce una sola specie. Certamente il genere più importante conosciuto dell'Oligocene è senza dubbio *Agorophius*. Inizialmente

ritenuto l'antenato degli squalodontidi, successivamente è stato considerato semplicemente una linea della fase pre-squalodontide (Fordyce 1981).

La morfologia dentaria in *Agorophius* è diversa da quelle viste fino ad ora e si avvicina più al gruppo degli squalodontidi che al gruppo dei neosqualodontidi o alle forme arcaiche di basilosauridi come *Dorudon*. Fordyce (1981) sostiene tuttavia che il genere sia derivato da archeoceti dorudontini: per il numero massimo di sei denti, per la polidontia ed eterodontia e per la presenza di due o più radici nei denti mascellari (la presenza di una terza radice vestigiale è un carattere primitivo, Rothausen 1968).

I denti di *Agorophius pygmaeus* sono caratterizzati da un'alta corona con un piccolo angolo apicale di forma triangolare e bordi anteriore e posteriore con la stessa lunghezza. I denti sono piatti in veduta occlusale. Sono presenti denticoli lungo i margini della corona; tali denticoli sono poco pronunciati, ed hanno una forma triangolare e asimmetrica.



Figura 63 - dente di *Agorophius pygmaeus* (modificato, Fordyce 1981).

La superficie dei denti è rugosa ed al centro troviamo un solco mediano che corrisponde all'inizio dello sdoppiamento della radice. Alcune radici appaiono fondersi nella porzione basale come è possibile osservare nell'esemplare eocenico di *Llanocetus denticrenatus*. Fordyce (1981) inoltre osserva la presenza posteriormente di una terza radice vestigiale probabilmente antico retaggio di forme più primitive.

Fra i fossili dell'Oligocene basale troviamo la segnalazione di Fordyce (1989) relativa al frammento di una mandibola di un nuovo esemplare che presenta caratteristiche dentarie che secondo l'autore lo avvicinano ad una forma primitiva di misticete. Fordyce mette in relazione questa morfologia dentaria quella di *Zygorhiza kochii*, una specie appartenente, al gruppo della famiglia Dorudontinae. Nel reperto ZMT 62 descritto da Fordyce sono presenti i frammenti basali di tre denti mascellari, lungo i margini della corona sono visibili dei denticoli molto pronunciati ma di piccole dimensioni rispetto all'insieme della corona stessa; gli apici sono arrotondati e distribuiti con orientazioni ad andamento raggiato, molto simile a quanto avviene in *Llanocetus denticrenatus*. La forma della corona è dissimile dall'esemplare eocenico, infatti, risulta essere molto larga e slanciata come in *Zygorhiza* e quindi affine alle morfologie del gruppo Dorudontinae.

Il modo in cui sono distribuiti i denticoli basali fa supporre che il numero dei denticoli su entrambi i bordi della carena fosse alto. Tuttavia non è possibile verificare questa ipotesi in quanto superiormente le corone sono danneggiate.

E' presente un solco mediano profondo che diventa più accentuato verso la base della corona; sono inoltre visibili delle cristae rugosae. Lo spazio diastemico è piuttosto ampio e diminuisce nei denti posteriori; si tratta quindi di una specie con una pronunciata eterodontia e una scarsa polidontia, il che indica uno stadio primitivo ancora legato a caratteristiche strettamente eoceniche.

Fordyce (1989) sostiene che possa trattarsi di una forma basale del gruppo dei misticeti. I denticoli arrotondati con una consistenza molto fragile e uno spazio diastemico ampio fanno supporre un meccanismo di nutrizione per filtrazione o suzione come abbiamo visto in *Llanocetus denticrenatus* in cui queste caratteristiche erano molto evidenti.

Patriocetus è un genere molto importante dell'Oligocene superiore che possiede caratteristiche evolute le quali lo collocano in una fase pre-squalodontide. La morfologia dentaria, in particolare nella serie mandibolare della specie

Patriocetus kazakhstanicus, presenta caratteri decisamente intermedi fra le forme primitive ed evolute della famiglia degli Squalodontidae.

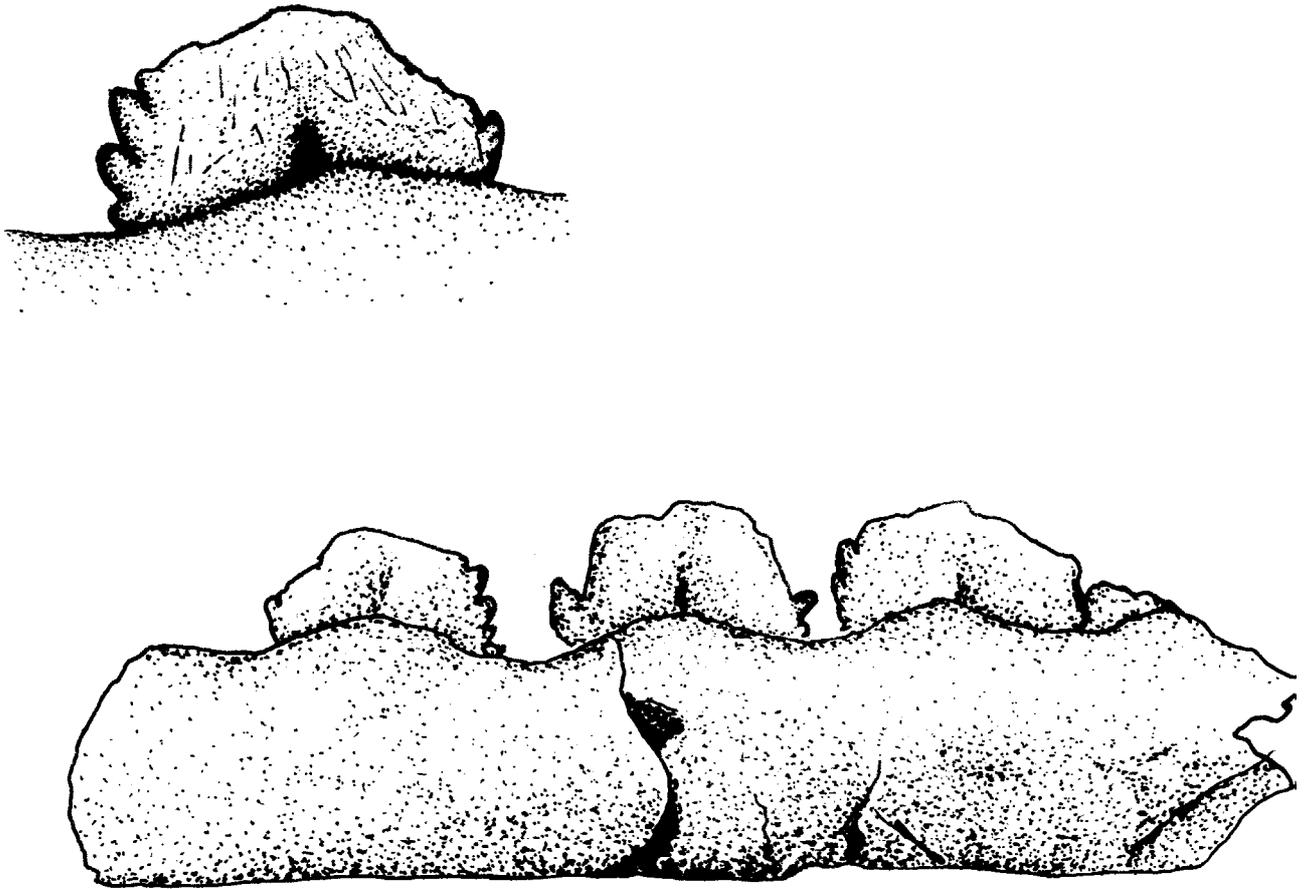


Figura 64 - Reperto ZMT 62, in alto premolare in veduta linguale; in basso, frammento di mandibola, in veduta esterna (modificato, Fordyce 1989).

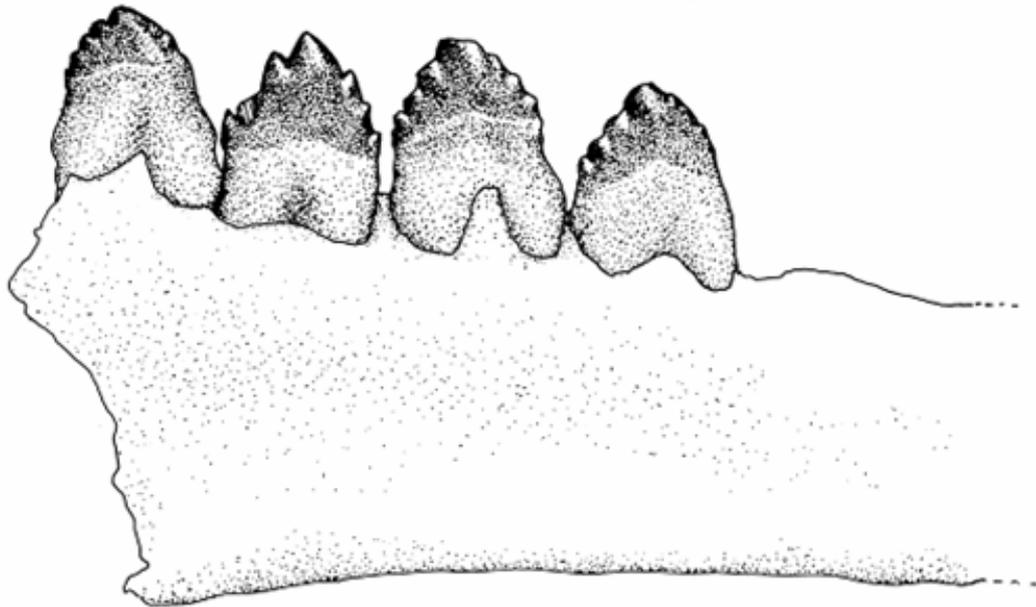


Figura 65 - *Patriocetus kazakhstanicus*, frammento del ramo mandibolare sinistro porzione prossimale, veduta esterna (modificato, Dubrovo e Sanders 2000).

Nel reperto esaminato da Dubrovo e Sanders (2000), il ramo mandibolare destro mostra una serie di quattro molari ed un premolare distale. I denti sono molto simili a quelli del genere *Squalodon*; presentano corone di forma triangolare asimmetrica con denticoli molto pronunciati soprattutto quelli posti sul bordo posteriore; inoltre i denti sono leggermente rivolti posteriormente. L'esemplare è polidonte eterodonte in misura tale da confermare la posizione intermedia fra le forme meno evolute rispetto a quelle più evolute. Nei quattro denti prossimali il bordo posteriore possiede tre denticoli; nel primo molare troviamo alla base un piccolo tubercolo. Nel bordo anteriore dei primi tre denti sono presenti tre denticoli meno pronunciati rispetto all'altro bordo; nel quarto dente ne sono visibili solo due a causa della rottura della corona alla base del dente. Il primo molare è più piccolo rispetto agli'altri tre e con un apice meno prospiciente. I denticoli e l'apice dentario sono appuntiti e le intaccature che separano i denticoli, in particolar modo quelli presenti nel bordo posteriore, sono ampie ed allargate, con forma a V.

I denti molari sono provvisti di doppia radice e la distinzione fra molari, premolari, canino ed incisivi è ben evidente.

Patriocetus rappresenta già uno stato avanzato dell'evoluzione dei cetacei odontoceti e si avvicina molto al gruppo degli squalodontidi miocenici.

I caratteri dei denti, in particolare dei molari, indicano un tipo di meccanismo trofico che ha come principio la parziale lacerazione della preda a causa degli apici notevolmente appuntiti. La larghezza fra i denticoli, soprattutto nel bordo interno, ha la funzione di bloccare la preda.

Altro genere dello stadio pre-squalodontide è *Waipatia*, con una sola specie conosciuta *W. maerewhenua* descritta da Fordyce (1994). La morfologie dentarie di questa specie non sono molto dissimili da *Patriocetus*, sebbene i denticoli siano più arrotondati e le intaccature che le separano siano molto più serrate. L'esemplare è eterodonte con una sviluppata polidontia tipica degli squalodontidi. Rispetto a quest'ultimi, gli incisivi anteriori hanno uno sviluppo più limitato in lunghezza. I molari posteriori sono asimmetrici, sono rivolti posteriormente e presentano un limitato sviluppo di denticolazioni: nel margine posteriore se ne contano tre, nel margine anteriore due, poco sviluppati. Nei denti anteriori, i denticoli del margine anteriore hanno la tendenza, lungo lo sviluppo della serie dentaria, a diminuire di numero, mentre denticoli del margine posteriore sono presenti fino all'ottavo dente (contando dai denti posteriori). I molari sono biradiculati. Diversamente da *Patriocetus*, i denticoli e l'apice sono più arrotondati. La distanza diastemica fra i denti è simile alle forme squalodontidi ma differente da quella che si riscontra nel genere *Neosqualodon*.

Dai sedimenti dell'Oligocene superiore dell'Ashiya Group proviene la specie *Metasqualodon symmetricus*, i cui resti sono molto frammentari ed incompleti per effettuare una completa analisi della morfologia dentaria (Okazaki, 1987). I denti più prossimali conservati sono dei premolari, forniti alla base di denticoli sviluppati. Il più importante è il dente del reperto KMNH VP 000,008 che si trova in un buono stato di conservazione.



Figura 66 - *Metasqualodon symmetricus*, premolare in veduta linguale (modificato, Okazaki 1987).

Si tratta di un premolare dalla forma triangolare con due denticoli molto sviluppati alla base del margine posteriore: il denticolo inferiore è più piccolo ed è appuntito, mentre il denticolo superiore è arrotondato. Alla base del margine anteriore è visibile un solo denticolo con un punta leggermente arrotondata. L'apice è anch'esso arrotondato. Sulla corona sono presenti delle *cristae rugosae* ed è visibile un modesto solco mediano dal lato linguale. In visione oclusale il dente si mostra piuttosto convesso, tipico dei premolari. Una simile morfologia per un premolare è tipica sia delle forme arcaiche (vedi *Dorudon*), sia degli squalodontidi. Tuttavia la presenza di una denticolazione pronunciata con gli apici con direzione divergente simili a quelli che ritroviamo nei molari di *Neosqualodon*, evidenziano una possibile specializzazione trofica affine con quella del gruppo miocenico sotto esame.

Dall'Ashiya Group Okazaki (1988) segnala un'altra interessante, taxon identificato da resti molto frammentari oggi attribuiti ad un odontoceto *incerta sedis*. Il reperto KMNH VP 000,011 è costituito da un frammento di mandibola con due denti, mentre KMNH VP 000,012 è un dente isolato.



Figura 67 - Dente isolato (KMNH VP 000,012), veduta linguale (modificato, Ozakaki 1988).

I denti di questo odontoceto sono molto peculiari e sembrano rappresentare una via intermedia fra le forme arcaiche di misticeti e le forme di odontoceti squalodontidi. Tuttavia l'autore associa la specie ad un probabile nuovo genere di squalodontide. L'esemplare è eterodonte polidonte e, dall'osservazione degli alveoli della mandibola di KMNH VP 000,011, le distanze diastemiche sono piuttosto ridotte portando i denti ad affiancarsi ma senza sovrapporsi. Il dente dell'esemplare KMNH VP 000,012 è ben conservato ed è molto interessante osservare la distribuzione e le dimensioni dei denticoli. La forma è simmetrica e il denticolo apicale è molto ridotto ed ha le stesse dimensioni dei denticoli del margine posteriore. Entrambi i margini della corona sono leggermente convessi e conferiscono al dente una forma vagamente triangolare. I denticoli sono pronunciati ed hanno pressoché le stesse dimensioni, tuttavia i denticoli del margine posteriore sono più pronunciati di quelli del margine anteriore. Un carattere distintivo è la differenza nel numero dei denticoli del margine anteriore e del margine posteriore; in quest'ultimo si contano sei denticoli che diminuiscono di dimensione verso la base della corona; nel margine anteriore contiamo solo tre. I denticoli sono leggermente appuntiti e le intaccature sono a V molto stretta a causa dei bordi convessi. In veduta oclusale, il dente mostra

una curiosa forma convessa: la superficie buccale è concava con un largo solco mediale, mentre la superficie labiale è appiattita e vagamente convessa.

I denti dell'esemplare KMNH VP 000,011 sono molto simili al precedente, sebbene il molare sia danneggiato. Il premolare è triangolare e il denticolo apicale ha uno sviluppo limitato simile al denticolo prossimo lungo il margine posteriore. In questo margine sono presenti tre denticoli anch'essi leggermente appuntiti e con intaccature a V stretta. Nel bordo anteriore sono visibili denticoli, ma con tutta probabilità vi era un denticolo basale non più visibile per la rottura del dente.

Miocene

E' un momento importante nell'evoluzione dei cetacei odontoceti, anche per la radiazione del gruppo degli squalodontidi, rappresentato da diversi generi tra cui uno dei più significativi è certamente *Squalodon*.

Dall'esame delle morfologie dentarie del gruppo *Squalodon* è evidente come vi sia, rispetto alle precedenti forme oligoceniche, una maggiore specializzazione trofica che caratterizza tutte le specie del genere. Contemporaneamente a *Squalodon* radia il genere *Neosqualodon* che, rappresenta una diversa linea di specializzazione, infatti, Symeonidis *et alii* (2004) distinguono nel Miocene due gruppi evolutivi distinti: il primo, è costituito da *Neosqualodon*, il secondo, da *Squalodon* che comprende anche il genere *Eosqualodon*.

Il trend della dentizione degli squalodontidi rappresenta una forma transizionale fra gli archeoceti più primitivi e gli odontoceti attuali. La progressiva tendenza alla polidontia e all'omodontia nei cetacei odontoceti, indica una specializzazione dei denti limitata alla cattura e al blocco della preda. Nella fase *Squalodon* la dentizione ha ancora una doppia funzione di bloccaggio della preda per mezzo degli incisivi anteriori e la successiva lacerazione per mezzo dei

denti posteriori prima dell'ingestione; non si esclude in questo caso l'ingestione per suzione con espulsione dell'acqua dalla cavità boccale per mezzo di una pressione negativa.

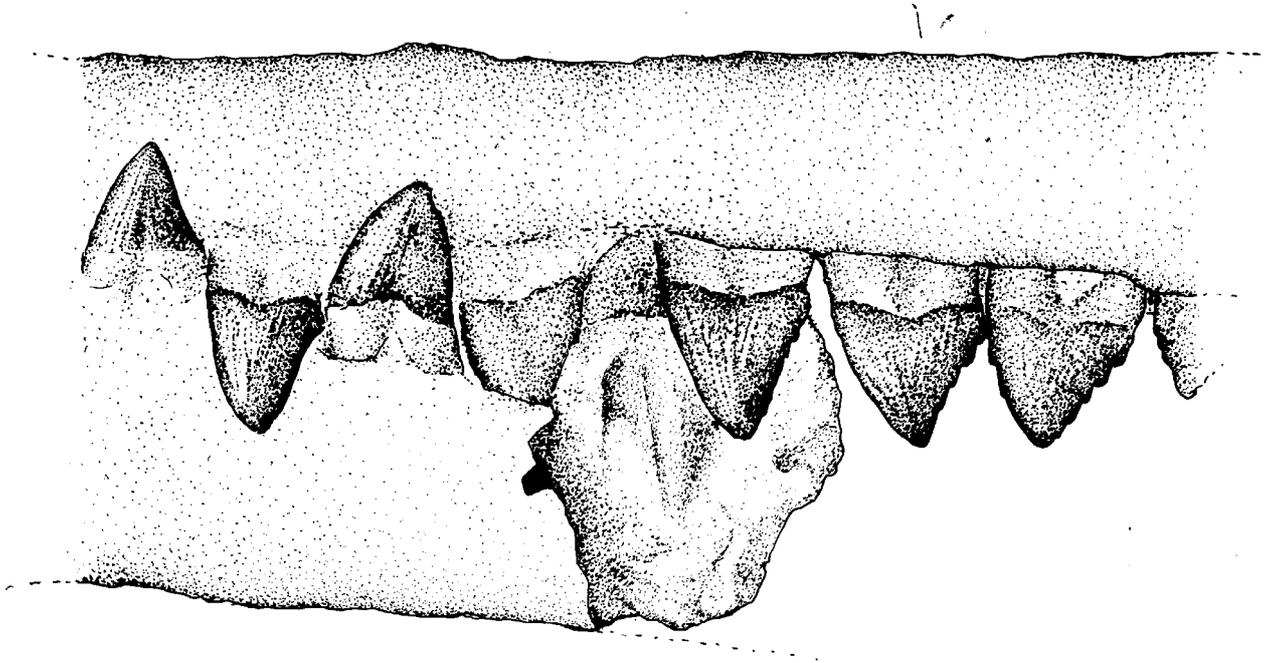


Figura 68 - *Squalodon bariensis*, particolare prossimale del rostro con mandibola (modificato, Dal Piaz 1916).

Le specie del genere *Squalodon* presentano denti posteriori di forma triangolare con margini piuttosto regolari e rettilinei; i premolari sono slanciati e robusti generalmente simmetrici, così come gli incisivi. I denti molari sono provvisti di denticoli i quali, però sono molto meno pronunciati rispetto a quelli che ritroviamo in *Neosqualodon*; gli apici sono arrotondati diversamente a quanto avviene in *Patriocetus*.

Gli autori (Rothausen, 1968; Symeonidis *et alii*, 2004) si soffermano nell'osservazione delle denticolazioni. Le specie di *Squalodon* più primitive presentano nei denti posteriori, un numero di denticoli minore rispetto alle forme più evolute; inoltre, l'apice è più grande rispetto alle dimensioni dei denticoli stessi. Le specie primitive *S. bellunensis* *S. bariensis* possiedono sul bordo

posteriore tre denticoli rispetto a *S. catulli* il quale invece presenta un numero di 5-6.

Una certa importanza riveste anche la presenza delle *cristae rugosae* (Rothausen 1968, Symeonidis *et alii* 2004), in quanto le forme più primitive sono caratterizzate da un numero inferiore rispetto alle forme più evolute.

Il genere *Eosqualodon* include due specie (Rothausen 1968), *E. latirostris* e *E. Langewischei* caratterizzate da denti con corone simmetriche provviste di quattro denticoli, sia anteriori che posteriori, con un numero moderato di *cristae rugosae*. Rothausen (1968) considera questo genere una fase più primitiva rispetto a *Squalodon* (stadio *Eosqualodon*), ma in realtà, a causa della scarsità dei reperti è difficile stabilire con certezza se siamo di fronte a forme più primitive o meno primitive. Se si tiene conto delle conclusioni di Symeonidis *et alii* (2004), ovvero che con l'aumentare del grado evolutivo si ha una certa crescita nel numero dei denticoli accessori, il genere *Eosqualodon* si troverebbe una posizione intermedia fra le forme primitive di *S. bellunensis*, *S. bariensis*, e *S. catulli*, in contrasto con le ipotesi di Rothausen. *Eosqualodon* potrebbe tuttavia rappresentare una terza linea evolutiva nel gruppo dei squalodontoidei, linea fortemente generalizzata per la bassa densità delle *cristae rugosae* (Symeonidis *et alii* 2004).

Come caratteri principali per valutare il grado di specializzazione dentaria vengono considerati: l'aumento della denticolazione (in particolare quella posteriore), l'aumento della densità delle *cristae rugosae* (Rothausen 1968), e una maggiore tendenza alla polidontia. Tuttavia in alcune forme i tre caratteri si sviluppano in maniera non correlata. *S. bellunensis* è considerato il più primitivo rappresentante del genere, poiché in alcuni casi, i denti più posteriori hanno registrato la presenza di una terza radice vestigiale (Rothausen 1968). Il numero dei denticoli si attesta intorno a 3 e la densità delle *cristae rugosae* è di 10-11 ogni 5 mm. Se osserviamo *S. bariensis*, esso presenta un maggior numero di denti posteriori (12 contro gli 11 di *S. bellunensis*) che indica, secondo l'autore,

uno stadio leggermente più avanzato, al contrario la densità delle cristae rugosae è più bassa.

La mancata convergenza di questi caratteri sta ad indicare che essi non siano strettamente correlati ad un preciso fattore evolutivo, ma ad una variabilità intraspecifica all'interno del genere *Squalodon* e quindi il loro sviluppo non dipende dall'evoluzione di strategie trofiche.

Caso a parte è l'aumento della polidontia e delle denticolazioni messa in relazione con la diminuzione delle dimensioni dei denticoli.

Entrambi i caratteri visti nell'ottica dei gruppi degli squalodontoidi miocenici concordano con il grado di avanzamento evolutivo, ma si scontrano se consideriamo le serie dentarie dei gruppi eocenici ed oligocenici, in particolare con la famiglia Dorodontinae. Il genere *Dorudon* ha dimostrato possedere specie con denti provvisti di un alto numero di denticoli posteriori, il che fa pensare che in questo gruppo tale carattere non indichi un grado evolutivo ma piuttosto un adattamento trofico. L'aumento del numero di denticolazioni nelle famiglie Squalodontidae e Durodontinae è tipico di una convergenza evolutiva data dall'adozione dello stesso tipo di meccanismo trofico.

Resta il fatto che anche le morfologie dentarie del genere *Neosqualodon* non indicano necessariamente uno stadio evolutivo primitivo, così come dimostrano le osservazioni sulle ossa del cranio che collocano il genere ad un livello evolutivo affine allo stadio *Squalodon*; dunque le caratteristiche morfologiche dei denti del genere *Neosqualodon* riflettono più una specializzazione trofica che un minor grado evolutivo. Tuttavia non si può escludere che l'evidenza di una denticolazione pronunciata, sia un retaggio di forme più primitive.

Il problema della polidontia s'inserisce in questo percorso in modo più definito; è evidente, infatti, come da forme non polidonti, come i Dorodontinae, si passi a forme polidonti, come gli Squalodontidae ed in particolare *Nesqualodon*. Vi è quindi una forte tendenza alla polidontia nei generi più moderni, tendenza che deve essere necessariamente connessa anche ad altri fattori, legati alle

dimensioni del cranio e al trofismo. I delfinidi attuali rappresentano la massima espressione della polidontia e dell'omodontia nei cetacei.

Il rapporto fra le dimensioni del cranio in rapporto con il marcato sviluppo di una polidontia, gioca un ulteriore legame sulla strategia trofica. Se confrontiamo i generi *Squalodon* e *Neosqualodon* vediamo come lo sviluppo della polidontia, è differente: in *Neosqualodon* il marcato sviluppo del numero dei denti è accompagnato da dimensioni ridotte del cranio rispetto a *Squalodon*.

Fordyce (1982) affronta il problema della polidontia delle forme mioceniche ed in particolare degli squalodontidi, basandosi sullo studio di un reperto frammentario rappresentato da un ramo mandibolare con una dentizione anomala (OU 5069). In questa mandibola sono presenti tre alveoli di cui uno danneggiato. Intramezzati fra due di questi si trovano le tracce di due denti troncati alla base della corona. Dall'osservazione degli alveoli si evince che il frammento mandibolare è riferibile ad una porzione mediana dell'intera mandibola e che gli alveoli appartengono a dei premolari in quanto presentano una radice unica e non biforcata come invece avviene nei denti premolari. Il reperto testimonia una fase di passaggio fra forme non polidonti a forme polidonti tipiche degli squalodontidi. Tale passaggio si è verificato con la comparsa di denti intramezzati soprannumerari fra i denti principali e le cause di una tale anomalia non sono ancora chiare. L'autore fornisce un'ipotesi partendo dalla presenza della terza radice comune nei cetacei più antichi, descrivendo come sia possibile che questa, ad un certo punto dell'evoluzione, si sia separata dal dente principale, portando con se anche un frammento di corona fino a costituire un dente vero e proprio. Ciò non spiega, però, la polidontia dei denti anteriori (*Neosqualodon*) in quanto la terza radice, nei cetacei ancestrali, si trova principalmente nei denti posteriori.

L'autore infine fornisce un'altra ipotesi: l'anomalia è stata prodotta da un'anormale attivazione della lamina dentale che genera una cavità di cemento. L'esemplare a cui apparteneva la mandibola, era vecchio di 29-32 anni circa

(Fordyce 1982), indicando che la morte non è avvenuta per una cattiva occlusione causata da questa anomalia. Ciò potrebbe rappresentare il punto di partenza per uno sviluppo radicale della polidontia negli odontoceti, la quale ha garantito condizioni di adattabilità che hanno trovato una vincente selettività naturale.

La polidontia si è in ogni caso manifestata anche nei mysticeti in convergenza con quella degli odontoceti.

Fra gli esemplari del Miocene basale, *Nesqualodon* manifesta il massimo sviluppo della polidontia dove ritroviamo con serie di denti che hanno la tendenza a divenire omologhi nella serie distale.

N. gemmellaroi rispetto a *N. assenzae* è caratterizzato da una polidontia più marcata, con sovrapposizione dei denti. Tuttavia il numero dei denticoli posteriori è tipico delle forme arcaiche mioceniche, sia sul margine posteriore sia sul margine anteriore, dove riscontriamo la presenza di tre denticoli; nel bordo anteriore, nei denti più prossimali, vi è la presenza di un piccolo tubercolo alla base. Più volte autori del passato (Gemmellaro, 1920; Fabiani, 1949; Dal Piaz, 1904) hanno fatto riferimento alla curiosa forma palmata dei denti causata dalla direzione raggiata dei denticoli sulla corona. Questo aspetto sembra associare *N. gemmellaroi* a *Llanocetus denticrinatus* dove la struttura del dente riproduce una forma distintamente raggiata, anche se riscontriamo delle differenze importanti. L'intaccatura di separazione dei denticoli di *Llanocetus denticrinatus* è a "V" larga, mentre in *N. gemmellaroi* è a "V" stretta. Questa distinzione permette di fare alcune osservazioni precise: un'intaccatura a "V" larga crea una maggiore separazione fra i denticoli causando una più alta fragilità del dente che in questo caso non sopporterebbe sforzi troppo eccessivi. Un'intaccatura a "V" stretta permette una maggiore robustezza del dente, rispetto al precedente, con una migliore resistenza allo stress meccanico.

I caratteri che riscontriamo in *N. gemmellaroi* sono quindi una spiccata polidontia con sovrapposizione dei denti e serie di denticoli con un profilo

lenticolare. La forma palmata dei denti molari è simile, seppur con dovute differenze, a *L. denticrinatus*, il che potrebbe far supporre un meccanismo di nutrizione per filtrazione. Ciò però non è in linea con il fatto che in *N. gemmellaroi* i denticoli non appaiono separati tanto quanto il misticete ancestrale. La maggiore robustezza del dente potrebbe dimostrare che il tipo di trofismo utilizzato da *N. gemmellaroi* era limitato alla suzione anziché alla filtrazione.

L'eccesso di polidontia potrebbe essere messo in relazione con le riduzioni delle dimensioni del cranio: una tale diminuzione porta ad una diversa tipologia di prede rispetto a *Squalodon*. La forma dei denti anteriori, premolari ed incisivi, indica principalmente una dieta a base di pesci e di cefalopodi: catturata la preda per mezzo dei denti anteriori essa viene bloccata dalle serie di molari posteriori costituiti da una fitta rete di denticoli, a questo punto avviene l'espulsione dell'acqua dalla bocca per mezzo di una pressione negativa. L'acqua sarebbe espulsa dalle intercapedini triangolari individuate fra i denti molari posteriori caratterizzati da una forma vistosamente palmata e dagli spazi dell'intaccature dei denticoli anteriori. Se così fosse, il bloccaggio della preda, dopo essere stata afferrata dai denti anteriori, avverrebbe principalmente per mezzo delle denticolazioni posteriori favorite dal fatto che i molari sono rivolti posteriormente. Si osserva che nella maggior parte dei casi le denticolazioni posteriori sono sempre più sviluppate rispetto a quelle anteriori.

La morfologia dentaria di *N. assenxae* è molto simile a quella che ritroviamo negli archeoceti come i Dorudontinae. Lo sviluppo della polidontia è alto ma minore dell'esemplare di Palermo: la sovrapposizione dei denti è solamente parziale, inoltre i denti sono molto più regolari con forme triangolari con denticolo apicale pressoché verticale. Gli apici dei denticoli sono meno arrotondati (differenza dovuta ad usura?), alcuni risultano più appuntiti, mentre le intaccature non sono molto dissimili da *N. gemmellaroi*, sebbene si evidenzia un maggiore allargamento fra gli apici.

La notevole somiglianza fra *N. assenzae* e le forme eoceniche-oligoceniche si contrappone alla polidontia e alla morfologia del cranio, più vicini agli squalodontoidi. Le caratteristiche dentarie osservate (la notevole polidontia e il maggiore allargamento delle intaccature fra i denticoli accessori) indicano presumibilmente un meccanismo trofico per suzione. Le ridotte dimensioni del cranio in linea con l'aumento della polidontia, e una denticolazione molto accentuata hanno la funzione, come abbiamo visto in *N. gemmellaroi*, di garantire un efficace bloccaggio della preda.

In questo contesto, *N. gastaldii major*, specie descritta solamente da un frammento di mandibola e di mascellare, rappresenta un caso a parte. Il frammento di mandibola fornito di quattro denti (di cui integri soltanto tre) è decisamente il più interessante.

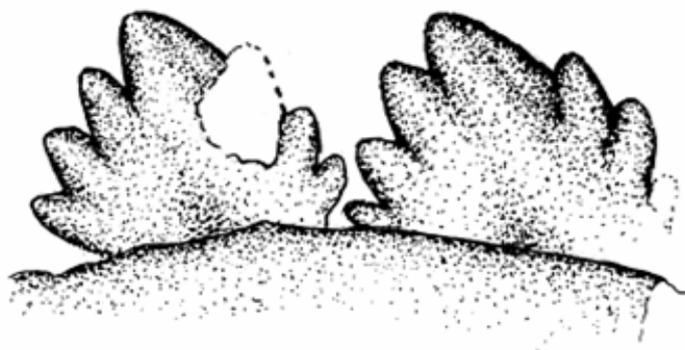


Figura 69 - *Neosqualodon gastaldii major*, denti molari in veduta linguale (modificato, Rothausen 1968).

La morfologia dentaria è affine a *N. gemmellaroi* ma con delle evidenti differenze. Si contano tre denticoli, sia posteriori sia anteriori; il denticolo apicale è leggermente più grande rispetto a quelli accessori ed è rivolto posteriormente. I denticoli sono acuminati (Fabiani 1949) e le intaccature, soprattutto tra denticoli del margine posteriore, sono a forma di “V” larga, tanto da apparire più distanziati rispetto a come osservato in *N. gemmellaroi* e *N. assenzae*. La forma generale dei denti mandibolari è sub triangolare ciò li avvicina più al *N. assenzae* che al *N.*

gemmellaro; tuttavia i denticoli anteriori, sebbene ricurvi posteriormente, conferiscono ai denti una forma lontanamente raggiata. Non abbiamo alcuna sovrapposizione fra i denti e i più prossimali sono quasi a contatto. I denti mandibolari, che riteniamo essere i più prossimali della serie, non sono soprannumerari e non vi sono sovrapposizioni: quest'aspetto tende ad avvicinare il *N. gastaldi major* a *N. assen**zae*.

La serie mascellare contiene quattro denti, tre distali separati da uno mancante ed uno più proximale. Si tratta con ogni probabilità di denti premandibolari, infatti, sono molto simili a quelli che ritroviamo nell'esemplare di *N. gemmellaro* dai quali differiscono per gli apici più acuminati e per la forma triangolare. Essi mostrano due denticoli posteriori in più uno più piccolo alla base e nessuno sul bordo anteriore; il più proximale possiede anche due denticoli anteriori basali. Hanno forma triangolare asimmetrica con apici rivolti posteriormente; il margine anteriore è convesso.

Interessante è invece la serie mandibolare che ci fornisce qualche indicazione sul meccanismo di nutrizione. Il richiamo ad una somiglianza con la serie dentaria di *L. denticrinatus* è piuttosto immediata, sia per la tendenza ad assumere una forma raggiata, sia per lo spazio diastemico anche se minore rispetto all'esemplare eocenico e simile a quello degli altri reperti riferiti a *Neosqualodon*. La corona è più bassa rispetto a *N. gemmellaro* e più alta rispetto a *L. denticrinatus* e presenta un solco mediale molto ben visibile simile a *N. gemmellaro*. Nell'insieme la morfologia dentaria di *N. gastaldi major* differisce da quella di *N. assen**zae* e si avvicina molto a *N. gemmellaro* per le seguenti caratteristiche: ridotto spazio gengivale (la base del colletto è a contatto con l'osso), corona rivolta posteriormente, evidente solco mediale e margine anteriore del denticolo apicale fortemente convesso. I caratteri che lo contraddistinguono da *N. gemmellaro* sono: corona più bassa e di forma subtriangolare, nessuna sovrapposizione dei denti e quindi la presenza di un

maggiore spazio diastemico (questa caratteristica lo avvicina a *N. assenxae*), intaccature fra i denticoli più aperte.

La funzionalità di questa tipologia dentaria sembra essere affine a *N. gemmellaroi*: la forte inclinazione del dente con i denticoli posteriori molto esposti e con intaccature allargate potrebbe indicare una funzione di bloccaggio della preda dopo il trasporto e la conseguente ingestione per suzione, l'acqua espulsa avrebbe possibilità di defluire dalle intaccature dei denticoli posteriori della serie dentaria mandibolare le quali nell'occlusione, a causa di uno spazio diastemico più largo, formano una sorta di gabbia. Anche qui è da escludere che una simile morfologia dentaria possa servire per lacerare o schiacciare in quanto ciò comprometterebbe l'integrità dei denticoli sottoposti ad un maggiore stress meccanico.

Morfologia funzionale dell'apparato dentario in *Neosqualodon*

La morfologia funzionale, legata alla morfologia dentaria negli esemplari del genere *Neosqualodon*, è di fondamentale importanza, poiché ci fa comprendere quanto sia ampia la distanza con il più rappresentativo genere *Squalodon*.

Werth (2000) individua quattro tipologie di trofismo adottate dai mammiferi marini: filtrazione, suzione, da preda e pascolo. Nel nostro lavoro abbiamo citato le prime tre; la suzione e la predazione rappresentano i due meccanismi più antichi adottati dai primi mammiferi marini.

Il meccanismo di suzione adottato da molti mammiferi marini, si manifesta con l'ingestione e il trasporto della preda a causa di una pressione negativa generata per via orale da un'espansione faringea. La preda è trattenuta, mentre l'acqua nella cavità è espulsa attraverso la bocca.

Attualmente per la gran parte dei mammiferi marini che adottano il meccanismo di suzione le prede più comuni, sono i cefalopodi pelagici, i molluschi bivalvi e

secondariamente gli invertebrati bentonici (Werth 2000). In particolare, il gruppo dei delfini (odontoceti) si è specializzato verso una dieta piscivora, con lo sviluppo di un rostro allungato fornito di numerosissimi denti acuminati omodonti. Al contrario il gruppo dei focidi (pinnipedi) è caratterizzato da una grande varietà di rostri con denti molto particolari e di grande variabilità morfologica. Proprio l'analisi delle dentature dei focidi si dimostra di utilissima comparazione per lo studio morfologico-funzionale di *Neosqualodon*. Nei focidi, e più in generale nei pinnipedi, riscontriamo corone grandi di forma triangolare con denticoli accessori molto pronunciati e robusti che in alcuni casi assumono un'accentuata configurazione ricurva ad uncino. Gli autori (Werth, 2000) hanno osservato che in questo gruppo, maggiore è la complessità del dente, maggiori sono le sue dimensioni e minore è il numero di denti presenti. Le forti uncinature posteriori hanno la funzione sia di trattenere la preda saldamente durante l'espulsione dell'acqua, sia di favorire la fuoriuscita dell'acqua marina (Es: *Erignathus barbatus*, *Lobodon carcinophagus*, *Hydruga leptonyx*).

La relazione tra aumento della complessità del dente e il numero dei denti in *Neosqualodon* è opposta a quella che si riscontra nei focidi. In *Neosqualodon* maggiore è il numero dei denticoli, maggiore è il numero dei denti della serie e minore sono le dimensioni dei denti. Ciò mette in evidenza una relazione tra il numero dei punti di presa e l'efficacia nell'afferrare la preda. Una serie dentaria mandibolare e mascellare, se fornita di un numero basso di denti, fornirà un bloccaggio della preda non efficace nell'atto della suzione.

Riscontriamo nei generi miocenici due tipologie: dimensioni e robustezza marcate ma riduzione dello sviluppo dei denticoli (*Squalodon*), alto numero dei denti con dimensioni ridotte e forte sviluppo dei denticoli.

Nei pinnipedi troviamo la prima soluzione: il numero dei denti e dei denticoli è minore rispetto a quello di *Neosqualodon*, con la presenza di una suddivisione arcaica fra metaconide, protoconide, e paraconide; queste strutture possono assumere morfologie complesse.

Noi ipotizziamo che gli esemplari riferiti a tale genere utilizzino la suzione come meccanismo di nutrizione; il fenomeno della polidontia e la presenza di denticolazioni molto evidenti, in particolar modo sul margine posteriore delle corone, la presenza di spazi fra i denti e di spaziature delle intaccature fra denticoli, sono indizi che fanno allontanare l'idea di un meccanismo di nutrizione per predazione.

Siamo anche concordi con Maureen e O'Leary (1998) nel ritenere che il maggiore sviluppo di denticolazioni posteriori sia un'antica derivazione della suddivisione fra protoconide e metaconide degli archeoceti.

I primi archeoceti con molta probabilità non usavano il meccanismo di suzione ma le morfologie dentarie riscontrate in *Pakicetus* e *Nalacetus*, indicano che i denti erano usati come mezzo per tranciare e schiacciare; nelle corone, infatti, si riscontrano delle facce piane che conferiscono al dente un aspetto più slanciato e una carena dentaria liscia e tagliente. La configurazione trigonide, antico retaggio dei mammiferi continentali, mostra una superficie occlusale più ampia rispetto a forme dentarie successive biradicate e compresse.

Al contrario le morfologie riscontrate in *Dorudon* testimoniano che con ogni probabilità questo gruppo sia stato fra i primi ad impiegare la suzione; le morfologie dentarie mostrano tutti quei caratteri che abbiamo riscontrato nelle forme di *Neosqualodon*. *Zygorhiza* è un chiaro esempio nel quale i molari sono fortemente caratterizzati dalla presenza di denticolazioni con apici arrotondati; la maggiore presenza di denticolazioni posteriori mostra che il sistema di bloccaggio della preda era già stato impiegato anche in questo gruppo arcaico; osserviamo, infatti, che nei molari più prossimali vi è la totale assenza di denticoli anteriori, questo potrebbe essere dovuto al fatto che la polidontia non essendo ancora in uno stadio avanzato necessita all'animale un maggior numero di punti di presa. Il meccanismo di suzione è ipotizzato per il fatto che gli apici sono fortemente arrotondati o sub arrotondati, mostrando come il meccanismo di lacerazione non è contemplato da questo tipo di morfologie.

Diversamente avviene in *Squalodon* nel quale riscontriamo le seguenti caratteristiche: denticolazioni meno pronunciate, spazi diastemici più ampi, minore polidontia (rispetto a *Neosqualodon*), e maggiori dimensioni del cranio.

Le corone sono fornite di denticoli molto piccoli e le carene sono molto taglienti, i denti premaxillari sono quasi privi del tutto di denticolazioni le quali appaiono come tubercoli, inoltre i denti sono molto robusti. Questi elementi potrebbero indicare che i generi *Squalodon* e *Eosqualodon*, non abbiano adottato come meccanismo trofico la suzione. La convergenza morfologica con la dentizione presente negli squali è a favore di questa conclusione (le forme lanceolate dei denti premaxillari con carene taglienti).

Il reperto di *S. bariensis* analizzato dal Dal Piaz (1916) è fossilizzato con la mandibola e il rostro serrati, e pertanto chiarisce alcuni aspetti dell'occlusione dentaria. Nel rostro conservato osserviamo che l'occlusione avviene con l'incastro dei denti nei rispettivi spazi diastemici opposti; inoltre il dente mascellare superiore è strettamente connesso al dente mandibolare che lo segue; l'incastro fra i due è molto serrato e l'incrocio è simile ad una forbice. L'effetto "tagliola" avviene con la coppia del dente mascellare e del dente mandibolare. Il bordo anteriore del dente mandibolare (in particolare dei premolari) non ha denticolazioni e si presenta fortemente convesso ed ha, la funzione di lacerazione durante la chiusura della bocca. L'aspetto ricurvo dei denti e la maggiore presenza di denticoli (sebbene poco sviluppati) favoriscono una migliore presa della preda.

I delfinidi rappresentano un esempio di adattamento al meccanismo trofico della suzione che ha come base una dieta piscivora. Nei delfini troviamo un rostro allungato e sottile nel quale sono presenti molti piccoli denti acuminati. I denti hanno la funzione di bloccaggio e di perforazione della preda durante il trasporto prima della suzione.

In *N. gemmellaroii* vediamo che i premolari hanno forme triangolari molto strette alla base rispetto a *Squalodon*. Nelle serie dentarie distali *N. gemmellaroii*

mostrano un'analogia con i delfinidi per la polidontia e l'omodontia. Questo indicherebbe che la dieta di *N. gemmellaroi* fosse prevalentemente piscivora. Anche la mandibola di Comiso appartenente probabilmente a *Neosqualodon*, presenta una dentatura nella porzione distale essenzialmente omodonte.

Consideriamo anche che un cranio di minori dimensioni fornito di pochi denti privi di denticolazioni ha meno punti di presa sulla preda. *Squalodon* possiede meno denti e il minor numero di punti di appoggio che si traduce con una maggiore robustezza del dente (e del cranio).

Non è possibile determinare con certezza di come avvenisse l'occlusione negli esemplari riferiti a *N. gemmellaroi* e *N. assenzae*. Nelle serie dentarie conservate si osserva come in entrambe le specie la serie mascellare possiede spazi diastemici più ampi rispetto alla serie mandibolare. E' probabile che l'occlusione avvenisse in modo differente rispetto a *Squalodon*; infatti, l'assenza di spazi diastemici fra i denti molari mandibolari non permette un incastro alternato.

Il reperto di Comiso discretamente conservato mostra la mandibola e il mascellare serrati. Poiché si tratta di una porzione mediale di rostro, non sono visibili i molari tuttavia si può osservare che in questo caso l'occlusione avviene in maniera molto simile a *Squalodon*.

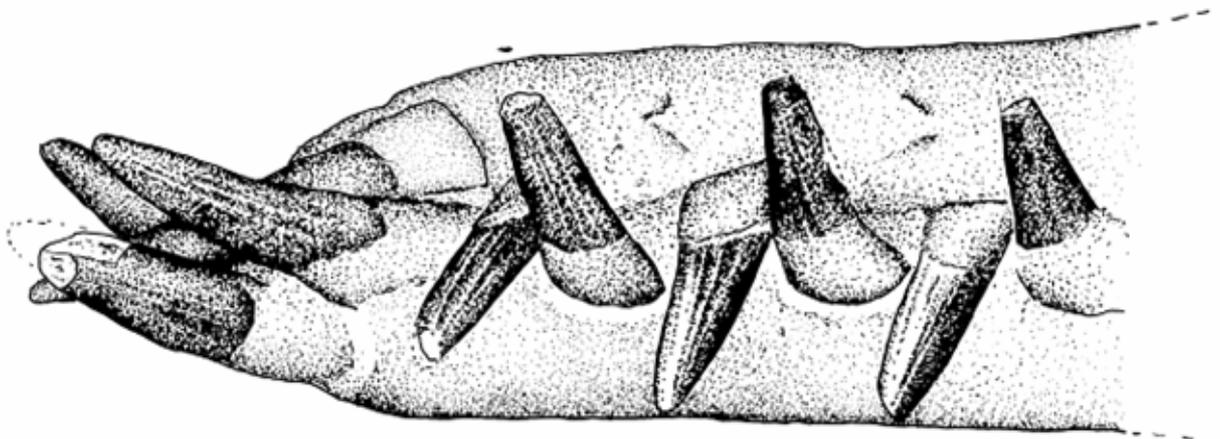


Figura 70 - *Squalodon bariensis*, porzione di rostro distale con mandibola (modificato, Dal Piaz 1916).

In ultimo dall'osservazione degli incisivi anteriori abbiamo un'ulteriore conferma di una dieta prevalentemente piscivora. In *N. gemmellaroi* la distribuzione degli incisivi ricalca quella in *Squalodon* indicandone una funzione simile.

Gli incisivi anteriori hanno il compito di afferrare la preda, che viene poi portata verso l'interno della bocca. Secondo Massare (1987) esiste una correlazione diretta fra la dieta e la morfologia dentaria, Massare analizza i resti di pasto fossilizzati nello stomaco di rettili mesozoici mettendoli in relazione con le forme dentarie. Gli incisivi di cetacei presqualodontidi e squalodontidi sono molto simili a quelli dei plesiosauroidi; nei resti rinvenuti nello stomaco di questi rettili mesozoici si osserva la presenza di piccoli pesci oltre a varie ossa di pterodattili. E' pertanto molto probabile che il forte sviluppo degli incisivi negli squalodontidi, che inizia con le forme presqualodontidi, sia sintomatico di specializzazione sempre più efficace verso una dieta piscivora.

V
CAPITOLO

Considerazioni paleobiogeografiche

V

Considerazioni paleobiogeografiche

La diffusione degli odontoceti a partire dall'Oligocene avviene in tutta l'area protomediterranea ed in particolare in due aree marine distinte: il mare della Tetide (l'attuale Mediterraneo) connesso con l'Oceano Indiano per mezzo di una larga via marina che permette l'ingresso di faune tropicali (Rögl 1998), e la Paratetide, isolata a nord dall'Oceano Indiano ma connessa ad ovest con la Tetide.

Le prime faune a squalodontidi oligocenici si ritrovano in alcuni siti come ad esempio nel Caucaso con il ritrovamento di *Kellogia barbara* (Mchedlidze, 1976), in Romania e in Austria. Importante anche il ritrovamento di una nuova specie di *Patriocetus* dell'Oligocene nel Kazakhstan (Dubrovo & Sanders, 2000). Resti fossili di specie del genere *Squalodon* sono piuttosto rare e gli unici ritrovamenti dell'Oligocene sono nell'area rumena i quali restano di dubbia attribuzione a causa della frammentarietà dei reperti (Symeonidis *et alii*, 2002).

I più antichi e sicuri resti di *Squalodon* risalgono al Miocene inferiore fra l'Aquitano e il Burdigaliano questi resti fossili si rinvennero in vari siti del Mediterraneo e delle coste dell'Oceano Atlantico.

Nell'Aquitano persiste ancora la via marina fra la Tetide e l'Oceano Indiano che favorisce l'ingresso di faune ad invertebrati marini tropicali nella Tetide e nella Paratetide orientale. Qui, infatti, esiste una via marina situata a sud nell'attuale area anatolica (Rögl 1998).

Risalgono a questa età i ritrovamenti della fauna ad odontoceti delle sabbie di Belluno nel nord Italia, corrispondenti all'area nord del mare della Tetide.

Attualmente sono state rinvenute faune anche in Romania nella Paratetide centrale, nelle località di Felsoesztergaly (Horenè Strhàre) e Mucin (Symeonidis *et alii*, 2003).

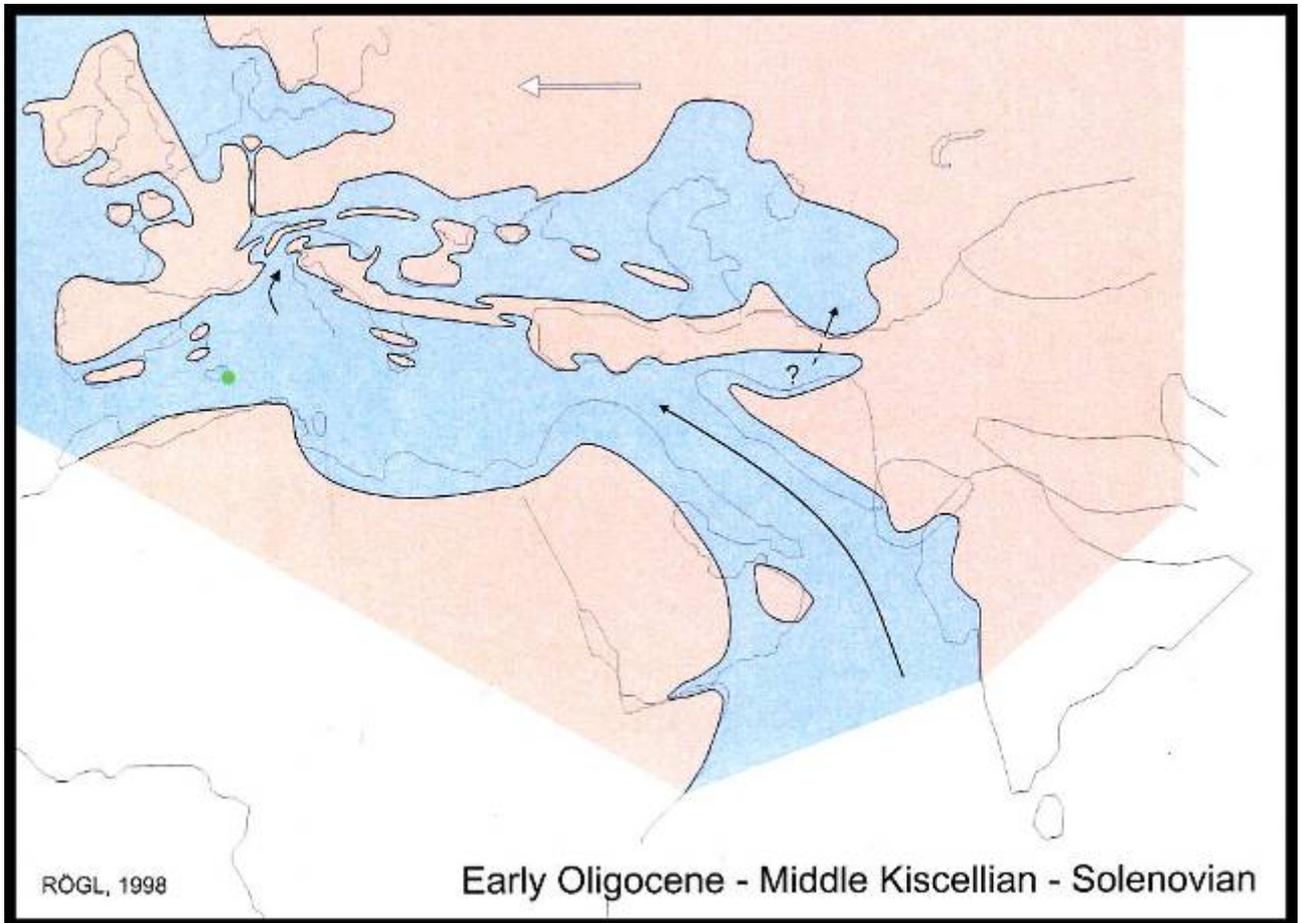


Figura 71 - Ricostruzione paleogeografica all'inizio dell'Oligocene; indica la località di Ragusa origine dei reperti di *Neosqualodon* (modificato; Rögle 1998).

Nell'Oligocene tutta l'area ragusana, così come testimoniato dai microfossili, era dominata da un ambiente marino profondo di tipo batiale. Ma già alla fine dell'Oligocene e per tutto l'Aquitaniense, nell'area ragusana si depositano le sequenze carbonatiche della Formazione di Ragusa che si estende per tutta l'attuale Sicilia sud orientale. Questa formazione si è depositata in una vasta piattaforma carbonatica che confinava a nord con un'area emersa; secondo Rögl (1998), quest'area era una delle tante isole che formavano un vasto arcipelago nell'area ovest della Tetide e che si estendeva all'interno della via marina fra la Tetide e l'Oceano Atlantico.

A partire dall'Aquitaniense, la stasi di subsidenza permette il riempimento del bacino e l'emersione di alti strutturali. Ecco quindi che alla fine dell'Acquitaniense s'instaura nell'area ragusana un ambiente marino poco profondo con presenza di faune tropicali provenienti dall'Oceano Indiano e di faune provenienti dall'Atlantico.

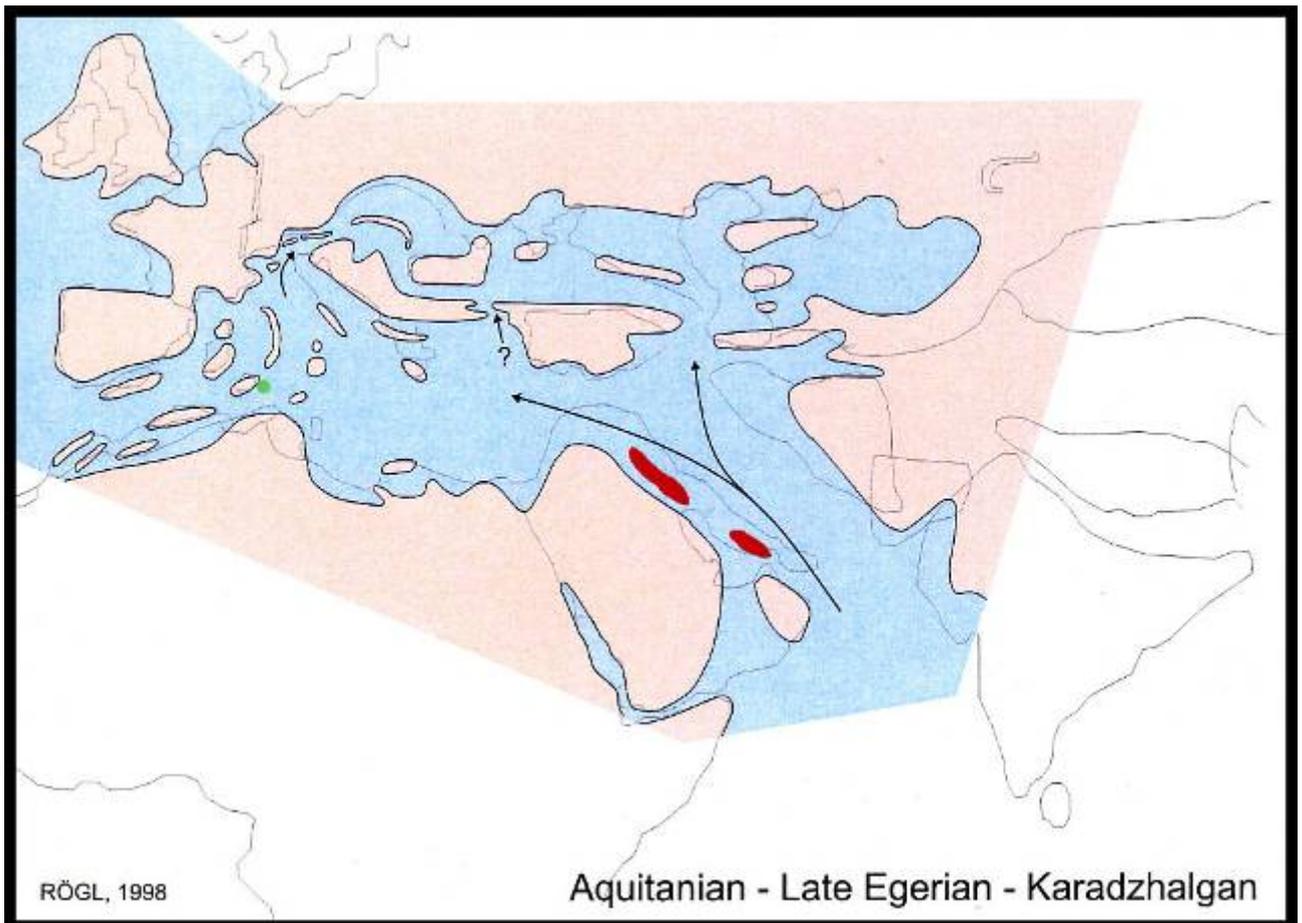


Figura 72 - Ricostruzione paleogeografica nell'Aquitaniense; le zone rosse indicano le località caratterizzate da depositi evaporitici (modificato; Rögl 1998).

Queste condizioni favoriscono la diffusione di odontoceti squalodontidi nella Tetide e nella Paratetide centrale e presumibilmente anche nella Paratetide orientale.

Verso la fine dell'Aquitaniense e l'inizio del Burdigaliano si ha la chiusura della via marina fra la Tetide e l'Oceano Indiano ma anche l'isolamento della Paratetide (Rögl 1998). Nella Paratetide Centrale si verifica una regressione marina che porta alla scomparsa delle faune a vertebrati che nel corso del tempo

divengono sempre più rari in tutta la regione (Symeonidis, 2002). Il mare della Tetide a questo punto è connesso solo con l'Oceano Atlantico, per questa ragione scompaiono principalmente faune tropicali con una netta prevalenza delle faune Atlantiche. Dai siti paleontologici riferiti a questa età si rinvencono numerosi denti di squalo e vari odontoceti tra cui diverse specie di Squalodontidi (Symeonidis, 2002).

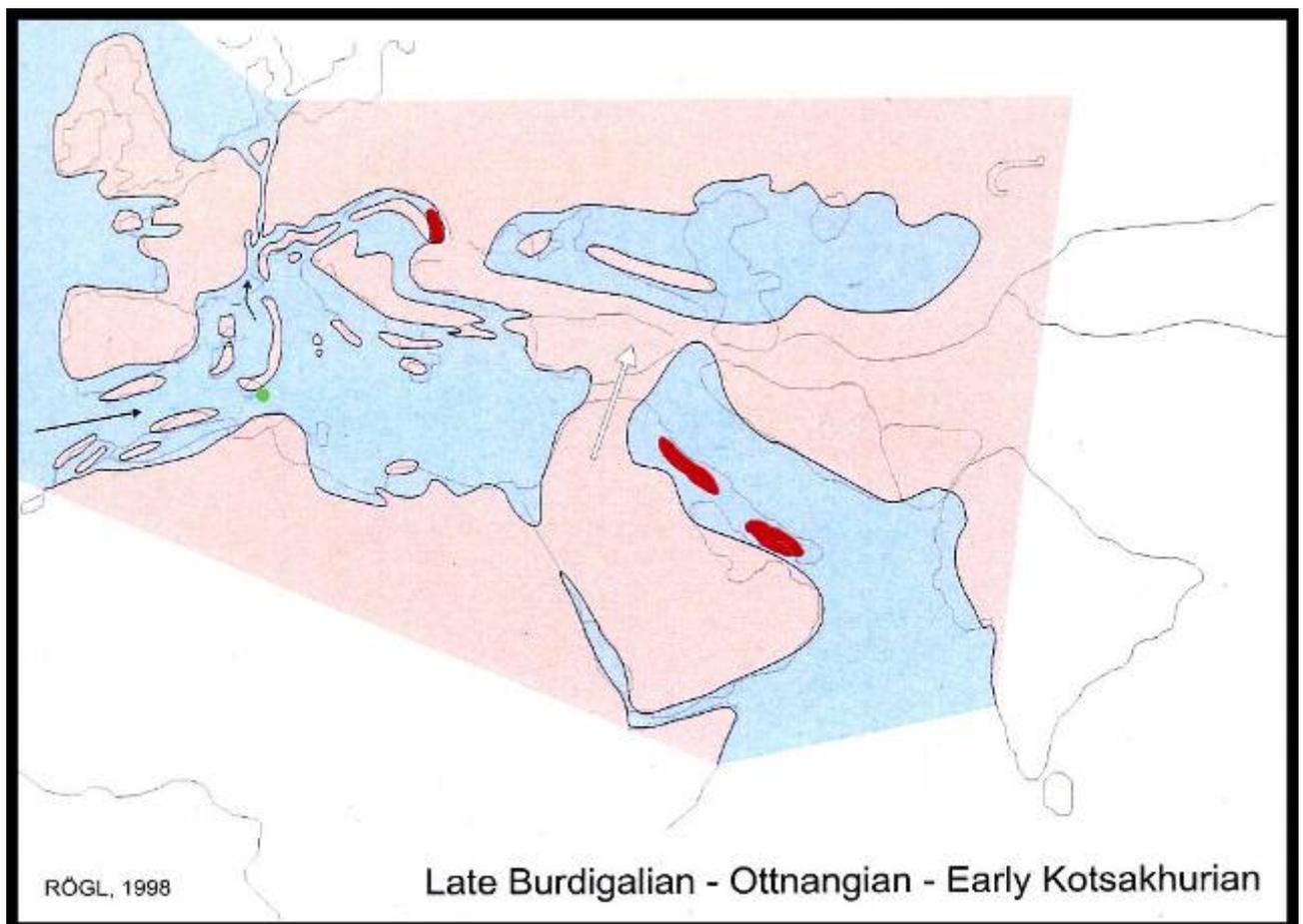


Figura 73: Ricostruzione paleogeografica della fine del Burdigaliano (modificato; Rogle, 1998)

E' proprio dalla base del Burdigaliano che provengono i resti di *Neosqualodon* dell'area ragusana; tale periodo coincide con una ripresa dell'attività tettonica che porta al progressivo sprofondamento della piattaforma carbonatica. La chiusura della via di comunicazione con l'Oceano Indiano limita la circolazione marina provocando un sostanziale cambiamento delle condizioni ambientali marine ne consegue quindi una variazione delle faune marine a vertebrati e

invertebrati. Symeonidis *et alii* (2002) elencano i siti burdigaliani che hanno restituito faune a *Squalodon* sia nell'area della Tetide che nelle coste atlantiche. Nonostante la presenza di ben quattro siti certi tra cui: Barie (Saint-Paul-Trois-Chateaux), Lèognan (Bordeaux), Anversa e Ragusa, i ritrovamenti dei resti di *Neosqualodon* sono stati rinvenuti solamente nell'area

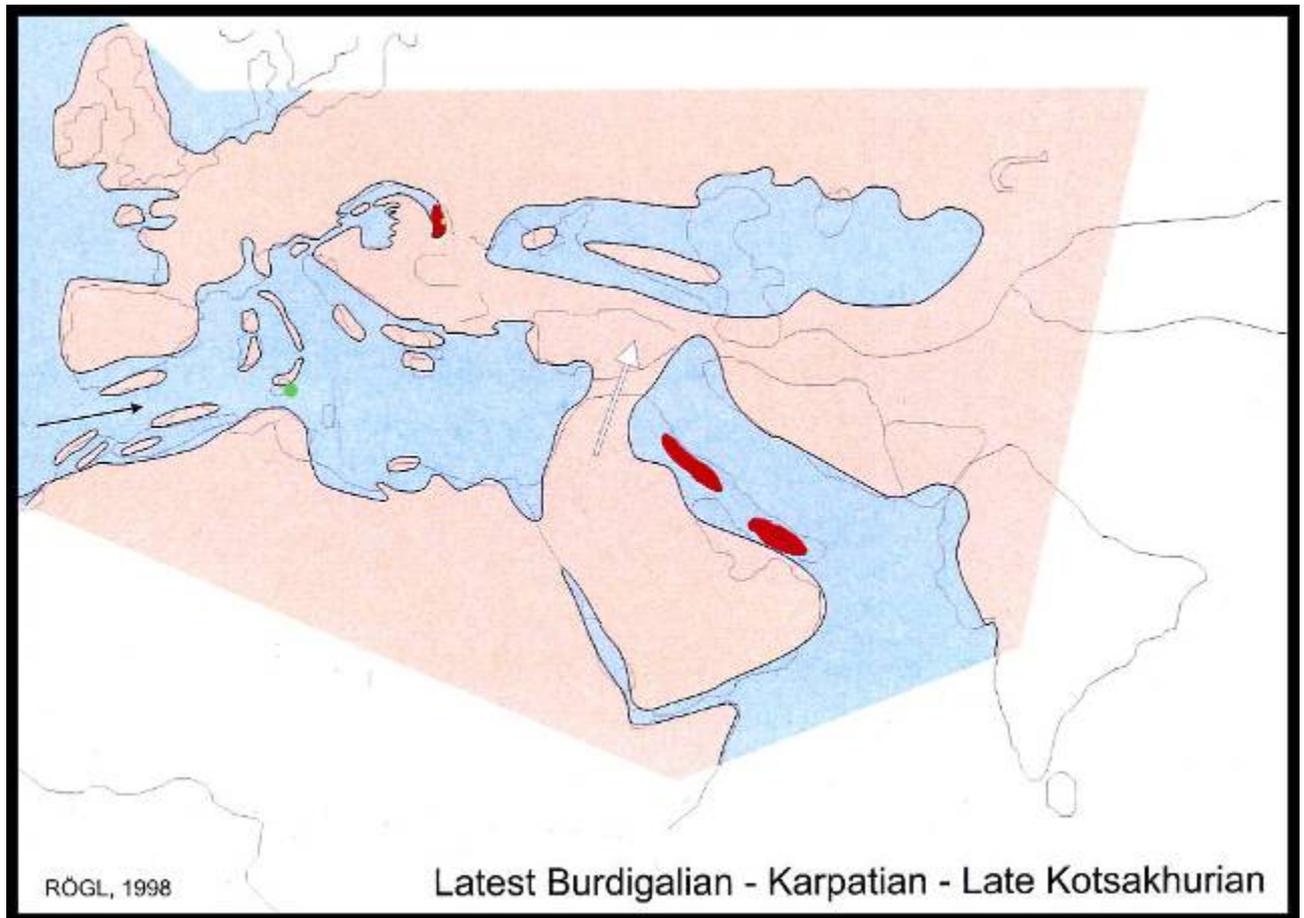


Figura 74 - Ricostruzione paleogeografica nel tardo Burdigaliano (modificato; Rögle 1998).

ragusana e nel nord Italia presso Acqui. Ciò porta ad ipotizzare che *Neosqualodon* sia un genere di carattere prettamente endemico dell'area premediterranea. Purtroppo i dati disponibili sono molto scarsi a causa del basso numero dei reperti quindi le conclusioni sono esposte sulla base dei pochi elementi in possesso.

La barriera naturale con l'Oceano Indiano potrebbe essere stata la causa per cui una o più specie si siano differenziate dal gruppo *Squalodon* adattandosi alle nuove condizioni ambientali in un mare chiuso, ricco di arcipelaghi e con bassa

profondità. Le dimensioni ridotte del cranio e quindi probabilmente anche dell'intero corpo del cetaceo potrebbero essere la conseguenza di un adattamento ad ambiente più circoscritto. La diminuzione delle dimensioni a sua volta potrebbe aver avuto un effetto anche su una diversa strategia trofica con una conseguente trasformazione dell'apparato dentario come sostenuto nel capitolo precedente. Questa ipotesi di endemicità è basata sul fatto che attualmente non sono stati trovati resti di *Neosqualodon* fuori dall'area mediterranea e lungo le antiche linee di costa dell'Atlantico. L'antica via di comunicazione con l'Atlantico avrebbe avuto, in questo caso, la funzione di interporre un'ulteriore barriera naturale per le specie endemiche nei confronti di un ambiente oceanico in cui vi erano temperature basse e correnti marine più intense nonché una probabile pressione competitiva verso altri gruppi di odontoceti.

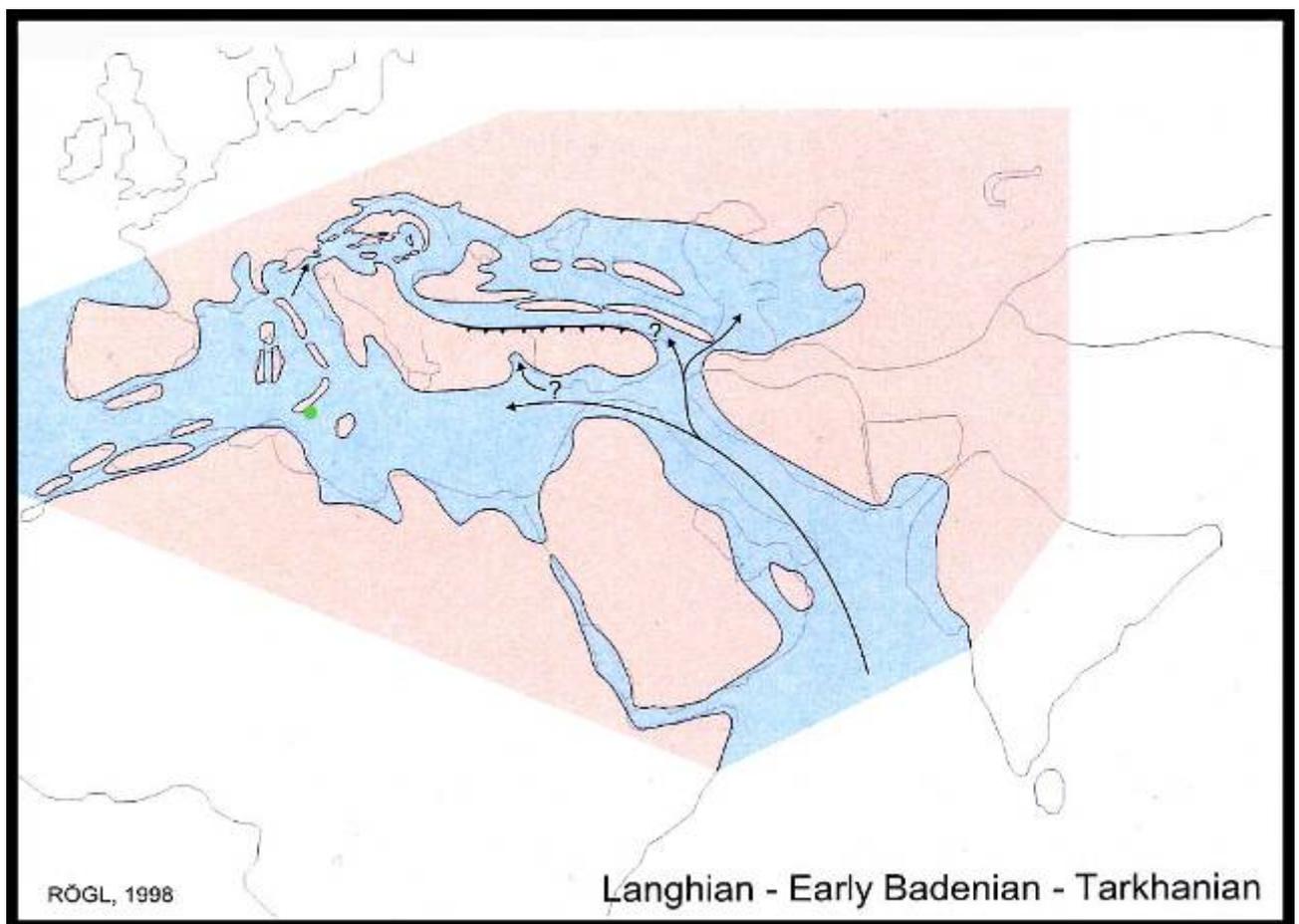


Figura 75 - Ricostruzione paleogeografica nel Langhiano (modificato; Rögle, 1998).

Con l'inizio del Langhiano si verifica una nuova riapertura della via di comunicazione con l'Oceano Indiano e con la Paratetide con la conseguente penetrazione di faune tropicali (Rögl 1998). Si assiste ad una progressiva diminuzione del genere *Squalodon* nell'area mediterranea e nella Paratetide probabilmente provocata più dall'arrivo di odontoceti più moderni che da cambiamenti ambientali (Symeonidis *et alii*, 2002). E' probabile che la lenta estinzione abbia coinvolto anche il genere *Neosqualodon* e ciò sia avvenuto in misura nettamente più rapida rispetto a *Squalodon*, a causa della maggiore specializzazione del genere e della presunta limitata diffusione.

Nuove indagini future potranno confermare o confutare le ipotesi proposte sul carattere endemico del genere *Neosqualodon*, nonché spiegare se l'origine del genere sia da ricercare all'interno della famiglia Squalodontidae o se *Neosqualodon* derivi da un gruppo di odontoceti assestante e più arcaico.

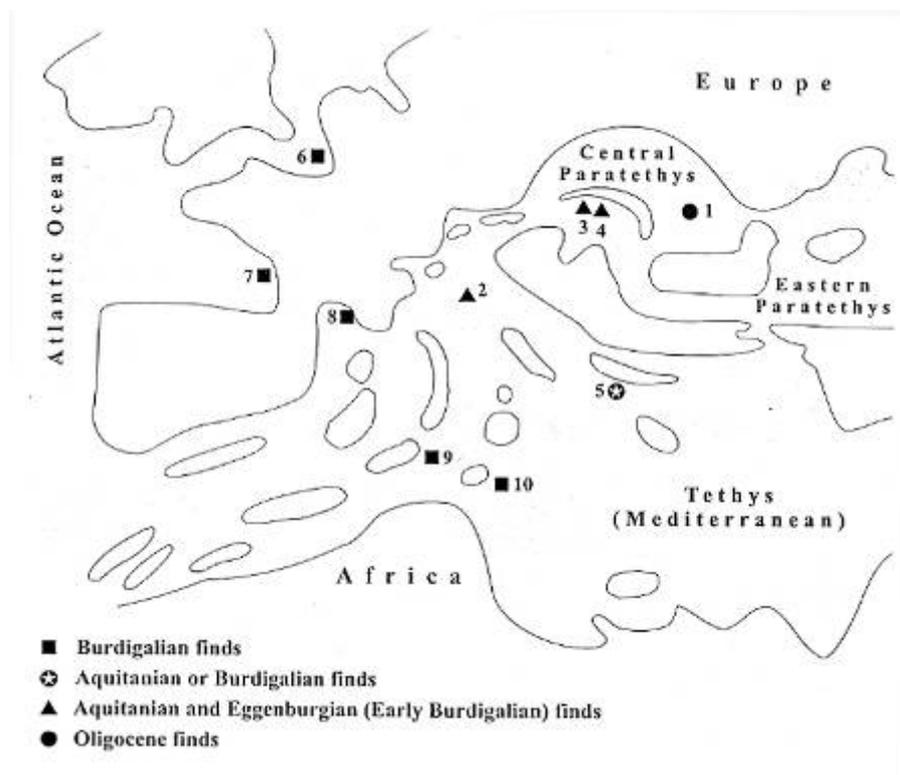


Figura 76 - Ricostruzione paleogeografica dell'Aquitano del mare della Tetide e della Paratetide nella quale sono stati riportati i siti paleontologici che hanno restituito fossili di *Squalodon*. 1) Suslanesti; 2) Belluno; 3) Felsoeztergály (Hornè Strharè); 4) Mucìn; 5) Tsotilion; 6) Anversa; 7) Leognan, Bordeaux; 8) Barie, Saint-Paul-Trois-Chateaux; 9) Ragusa, Sicily; 10) Malta. (Symeonidis *et alii*, 2002).

VI
CAPITOLO

Conclusioni

VI

Conclusioni

In questo lavoro abbiamo preso in esame i reperti di *N. assenzae* e *N. gemmellaroi* descrivendone le morfologie ossee e dentarie. L'analisi del cranio ha mostrato delle profonde differenze rispetto ai vari generi della famiglia Squalodontidae, in particolare: nelle ridotte dimensioni del cranio, nelle serie dentarie soprannumerarie, e nelle morfologie dentarie; in *N. assenzae* abbiamo riscontrato un notevole sviluppo della estensione laterale dei premascellari, mentre in *N. gemmellaroi* un rostro longilineo e un elevato grado di sovrapposizione dei denti mascellari posteriori. Tuttavia l'impostazione delle ossa del cranio ricalca, in linea generale, quello di altri squalodontoidi soprattutto per il grado di telescopica dei premascellari (*N. assenzae*) paragonabile al genere *Squalodon*; inoltre non è stata riscontrata nessuna asimmetria evidente nei due crani esaminati, quindi concludiamo che *Neosqualodon* presenta caratteristiche primitive simili agli squalodontoidi del Miocene basale.

Muizon (1991) dichiarò che le caratteristiche riscontrate in *Neosqualodon* portavano ad ipotizzare la possibilità che questo gruppo potesse appartenere ad una nuova famiglia di odontoceti. Sulla base di tutti i caratteri da noi esaminati e considerando la struttura complessiva del cranio noi riteniamo possibile questa ipotesi, tuttavia a causa della mancanza di quelle parti ossee fondamentali individuate dallo stesso Muizon (1991) per stabilire o meno l'appartenenza del genere alla famiglia Squalodontidae, non è possibile definire una collocazione

sistematica precisa. Solo il ritrovamento di resti fossili più completi potrà con certezza chiarire questo punto.

Nonostante la presenza di caratteristiche primitive tipiche delle specie del Miocene basale, abbiamo riscontrato nei due crani esaminati un alto grado di specializzazione probabilmente provocato da un particolare adattamento trofico. Questo ci ha condotto ad un'attenta valutazione delle morfologie dentarie sotto il profilo morfo-funzionale; tale valutazione ha preso in esame l'evoluzione dell'apparato dentario dei cetacei in relazione all'adattamento trofico, prima in ambiente terrestre, poi in ambiente acquatico. Le caratteristiche dentarie in *Neosqualodon* evidenziano un trofismo differente rispetto a *Squalodon*; i denti, infatti, sono molto più piccoli e con uno sviluppo della denticolazione tale da scartare l'ipotesi di un tipo di strategia trofica che avesse come scopo la lacerazione della preda. Noi riteniamo che simili morfologie dentarie siano indice di un trofismo per suzione in cui la preda, dopo essere stata intrappolata, viene ingerita per mezzo di una pressione negativa all'interno della cavità boccale che provoca l'espulsione dell'acqua attraverso le fessure dell'intricata serie di denticolazioni fra i denti mandibolari e mascellari. Questa valutazione è basata su una notevole somiglianza con le morfologie dentarie di archeoceti (*Zygoriza*, *Dorudon*) e soprattutto con i denti dei reperti eocenici e oligocenici attribuiti a misticeti basali (*Llanocetus denticrinatus*) dove si ritiene che questo tipo di strategia trofica fosse utilizzata.

Aggiungiamo anche che le lievi differenze nelle morfologie dentarie fra *N. assenzae* e *N. gemmellaroi* potrebbero riflettere una specializzazione ad un particolare tipo di dieta. In *N. gemmellaroi* i denti mandibolari posteriori possiedono apici con un certo grado di rotondità che secondo le considerazioni morfo-funzionali di Massare (1987), potrebbero indicare una dieta prevalentemente basata su cefalopodi. Al contrario, gli apici leggermente più acuminati di *N. assenzae* e le forme sub-triangolari dei denti mandibolari

posteriori ed una maggiore robustezza del cranio, indicherebbero una dieta piscivora.

L'importanza di queste considerazioni morfo-funzionali e della particolare specializzazione di *Neosqualodon* va ad alimentare l'ipotesi dell'origine endemica del gruppo.

E' stato stabilito che il reperto di *N. gemmellaroi* risale circa alla base del Burdigaliano, in questo periodo nell'area mediterranea si ha la chiusura della via di comunicazione con l'Oceano Indiano, ciò impedisce l'ingresso di faune tropicali in quanto rimane aperta solo la via di comunicazione con l'Oceano Atlantico. La diminuzione di circolazione oceanica ha avuto come conseguenza sia un cambiamento nella tipologia delle prede, sia un mutamento delle condizioni ambientali che potrebbe aver provocato una maggiore competizione spingendo alcune specie di odontoceti ad occupare nuove nicchie trofiche. Noi riteniamo che la forte spinta di speciazione indotta dal mutamento delle condizioni marine alla base del Burdigaliano, possa essere stata la causa dell'origine endemica di *Neosqualodon*. Le ridotte dimensioni del cranio e quindi presumibilmente anche del corpo, potrebbero essere state provocate dalla spinta ad occupare nicchie caratterizzate da prede di piccole dimensioni e da un ambiente marino più circoscritto a causa di una limitata circolazione oceanica. Un ambiente ricco di arcipelaghi, così come mostrato nelle ricostruzioni paleogeografiche burdigaliane di Rögl (1998), potrebbe aver favorito questo mutamento.

La scoperta di nuovi reperti più completi sarà decisiva per verificare le ipotesi avanzate in questo lavoro, che avranno lo scopo di determinare con certezza una collocazione sistematica, ma anche per stabilire l'origine endemica del genere e se questa sia da mettere in relazione ai mutamenti marini avvenuti nel Burdigaliano. Questo aspetto risulta di particolare importanza per valutare quanto l'evoluzione dei gruppi di squalodontidi basali possa essere stata influenzata da particolari mutamenti ambientali e paleogeografici nell'area

mediterranea e di quanto sia stata ampia la varietà specifica nell'utilizzo di nuove strategie trofiche.

Ringraziamenti

A conclusione di questo studio mi è doveroso rendere alcuni sentiti ringraziamenti. Primi fra tutti devo esprimere immensa gratitudine a miei genitori ai quali questa tesi è dedicata, per avermi sostenuto con grande pazienza e per avermi infuso una perseverante fiducia in tutti questi anni di studio.

Un forte ringraziamento va al mio relatore Dott. Giovanni Bianucci che durante lo svolgimento di questo lavoro è stato una guida fondamentale per i molteplici suggerimenti, per la sua sempre presente disponibilità e per aver perfezionato la mia metodologia d'indagine nello studio paleontologico.

Desidero esprimere la mia profonda gratitudine alla Prof.ssa Laura Bonfiglio e la Dott.ssa Gabriella Mangano del Dipartimento di Scienze Naturali dell'Università di Messina per avermi aiutato nel reperire i contatti con le università e i musei siciliani che conservano gran parte dei reperti utilizzati per l'analisi discusse in questa tesi.

Sono grato al Dott. Gianni Insacco del Museo Marino di Comiso (RG) per avermi dato la possibilità di visionare molti reperti inediti citati e la Dott.ssa Carolina Di Patti del Museo Geologico "G. G. Gemmellaro" di Palermo per la visione del reperto *N. gemmellaro*.

Sono riconoscente, perché mi sono stati sempre vicini: mia sorella Giada, Rosario, mia nonna Rosetta, mio zio Marcello e mio zio Fabio.

Voglio ringraziare il mio grande amico Salvo per avermi assistito nei viaggi e nelle ricerche in Sicilia dei reperti trattati nella presente tesi; inoltre, ringrazio Mariangela, Emiliano, Simone, Davide, Alessandro e tutti gli amici del CODAS. Infine, sono grato per la compagnia in tutti questi anni di studio a Pisa: Marco, Paolo, Marta, Massimo, Frank, Ivan, Simone, Domenico, Foscolo, Alessandro, Massimiliano, Sara, Luigia, Andrea, Salvo.

Quest'ultimo ritaglio lo riservo al fedele Totò.

Bibliografia

AMODIO-MORELLI, L., BONARDI, G., COLONNA, V., DIETRICH, D., GIUNTA, G., IPPOLITO, F., LIGUORI, V., LORENZONI, S., PAGLIONICO, A., PERRONE, V., PICCARRETA, G., RUSSO, M., SCANDONE, P., ZANETTIN-LORENZONI, E., ZUPPETTA, A., 1976. *L'arco Calabro-Peloritano nell'orogene Appenino-Magherebide*. – Memorie della Società Geologica Italiana, Vol. 17; pp. 1-60.

BARNES, L. G., e MITCHELL, E., 1978. *Cetacea* - Reprinted for private distribution from *Evolution African Mammals*, Vincent J. Maglio and H.B.S. Cooke (Ed). Cambridge: Harvard Press.

BIANUCCI, G., e LANDINI, W., 2001. *Change in diversity, ecological significance and biogeographical relationships of the Mediterranean Miocene toothed whale fauna*. - *Geobios* 35 (2002) Mèmoire spècial n° 24, pp. 19-28

CARBONE, S., GRASSO, M., e LENTINI, F., 1982. *Considerazioni sull'evoluzione geodinamica della Sicilia sud-orientale dal Cretaceo al Quaternario*. – Memorie della Società Geologica Italiana, Vol. 24; pp. 367-386.

COGAN, J., RIGO, L., GRASSO, M., e LERCHE, I., 1989. *Flexural tectonics of Southeastern Sicily*. – *Journal of Geodynamics*, Vol. 11; pp. 189-241.

DAL PIAZ, G., 1904. *Neosqualodon nuovo genere della famiglia degli squalodontidi*. - *Mem. Soc. Paleo. Suisse* Vol. 31 (1905); pp. 1-19.

- 1916. *Gli odontoceti del Miocene bellunese, parte seconda Squalodon*. – Memorie dell'Istituto geologico dell'Università di Padova, Vol. 4; pp. 1-94.

DOOLEY, Jr. A. C., 2003. *A review of the eastern north american squalodontidae (Mammalia: Cetacea)*. – *Jeffersoniana*, Vol. 11; pp. 1-26

DUBROVO, I. A., e SANDERS, A. E., 2000. *A new species of Patriocetus (Mammalia, Cetacea) from the late Oligocene of Kazakhstan*. – *Journal of Vertebrate Paleontology* Vol. 20 n. 3; pp. 577-590.

COLACICCHI, R., 1960. *Squalodon bariensis nel calcare bituminoso miocenico di Ragusa (Sicilia)*. – *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, Vol. 1, n. 1; pp. 17-32.

FABIANI, R., 1927. *Resti di Mammiferi del Terziario e del Quaternario di Ragusa in Sicilia*. – *Rend. Acc. Naz. dei Lincei*, serie 6, Vol. 6, 2°sem., fasc. 2; pp. 521-524.

- 1949a. *Osservazione sulle forme di Neosqualodon del Miocene della Sicilia* - *Rend. Acc. Naz. dei Lincei*, serie VIII, Vol. 6, fasc. 4, pp. 428-430

- 1949b. *Gli odontoceti del Miocene inferiore della Sicilia*. – *Memorie dell'Istituto Geologico dell'Università di Padova*, Vol. 16; 10 fig., 2 tav. pp. 1-3.

FORDYCE, R. E., 1980. *Whale Evolution and Oligocene southern ocean environments*. – *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, Vol. 31; pp. 319-336.

- 1981. *Systematics of the odontocete Agorophius pygmaeus and the family Agorophiidae (Mammalia: Cetacea)*. – *Journal of Paleontology*, Vol. 55, n. 5; pp. 1028-1045.

- 1982. *Dental anomaly in a fossil squalodon dolphin from New Zealand, and the evolution of polydonty in whales.* – New Zealand Journal of Zoology, Vol. 9; pp. 419-426.
- 1989a. *Problematic Early Oligocene toothed whale (Cetacea, ?Misticeti) from Waikari, North Canterbury, New Zealand.* - New Zealand Journal of Geology and Geophysics, Vol. 32; pp. 385-390.
- 1989b. *Whales, dolphins, porpoises.* – Earth science, summer 1989; pp. 21-23.
- 1994. *Waipatia maerewhenua, New Genus and New Species (Waipatiidae, New Family), an Archaic Late Oligocene Dolphin (Cetacea: Odontoceti: Platanistoidea) from New Zealand.* - Proceedings of the San Diego Museum of Natural History, Vol. 29; pp. 147-176.

FORDYCE, E., e MUIZON C., 2001. *Evolutionary history of cetaceans: a review.* – Secondary Adaptation of Tetrapods to Life in Water, J-M. Mazin & V. de Buffrènil (eds.); pp. 169-233.

GEISLER, J. H. e SANDERS, A., 2003. *Morphological Evidence for the Phylogeny of Cetacea.* – Journal of Mammalian Evolution, Vol. 10, n. 1/2; pp. 23-109.

GEMMELLARO, M., 1920. *Il Neosqualodon assenzae Forsyth Major sp. del Museo Geologico della Univ. di Palermo.* – Giornale delle Scienze Naturali ed Economiche di Palermo, Vol. 32; pp. 121-153, pl. I.

GINGERICH P. G., e RUSSELL, D. E., 1990. *Dentition of Early Eocene Pakicetus (Mammalia, Cetacea).* – Contrib. Mus. Paleontol. Univ. Michigan Vol. 28; pp. 1-20.

GINGERICH, P. D., RAZA, S. M., ARIF, M., ANWAR, M., e ZHOU, X., 1994. *New whale from the Eocene of Pakistan and the origin of cetacean swimming*. – Nature, Vol. 368; pp. 844, 3 fig.

GINGERICH, P. D., e UHEN, M. D., 1996. *Ancalocetus simonsi, a new Dorudontine Archeocete (Mammalia, Cetacea) from the early late Eocene of Wadi Hitan, Egypt*. – Contributions from the Museum of Paleontology the University of Michigan, Vol. 89, n. 13, pp. 359-401.

GINGERICH, P. D., HAQ, M., ZALMOUT, I., KHAN, I. H., e MALKANI, M. S., 2001. *Origin of Whales from Early Artiodactyls: Hands and Feet of Eocene Protocetidae from Pakistan*. – Science, Vol. 293; pp. 2239-2242.

GINSBURG, L., e JANVIER, P., 1975. *les mammifères marins des faluns de la Touraine et de l'Anjou: faune, gisements et paléobiologie*. Bull. Soc. Et. sci. N. S., T., Vol. 9; pp. 73-96.

GOTTFRIED, M. D., e BOHASKA, D. J., 1994. *Miocene Cetaceans of the Chesapeake Group*. – Proceedings of the San Diego Museum of Natural History, Vol. 29; 5 fig., pp. 229-238.

GRANDE, A., GRASSO, M., e ROMEO M., 1977. *Stratigrafia dei terreni affioranti nei dintorni di Ragusa*. – Rivista Italiana di Paleontologia, Vol. 83, n. 1; pp. 137-178.

GRASSO, M., LENTINI, F., LOMBARDO, G., e SCAMARDA, G., 1979. *Distribuzione delle facies Cretaceo-Mioceniche lungo l'allineamento Augusta-M. Lauro (Sicilia Sud-Orientale)*. – Bollettino della Società Geologica Italiana, Vol. 98; pp. 175-188.

GRASSO, M., LENTINI, F., e PEDLEY, H. M., 1982. *Late Tortonian-Lower Messinian (Miocene) paleogeography of SE Sicily: information from two new formations of the Sortino Group.* – Sedimentary Geology, Vol. 32; pp. 279-300.

HANNA, G. D. e McLELLAN, M. E., 1924. *A new species of whale from the type locality of the Monterey Group.* – Proceedings of the California Academy of Sciences, Vol. 13, n. 14; pp. 237-241.

HULBERT, R. C., PETKEWICH, R. M., BISHOP, G. A., BUKRY, D., e ALESHIRE, D. P., 1998. *A new middle Eocene protocetid whale (Mammalia: Cetacea: Archeoceti) and associated biota from Georgia.* – Journal of Paleontology, Vol. 72, n. 5; pp. 907-927.

KAZÀR, E., 2003. *Miocene toothed whales (Cetacea: Odontoceti) in the Carpathian basin.* – Ph D. Thesis Eötvös Loránd University, Department of Paleontology, Budapest. Vol. 10, pp. 1-10.

KELLOGG, R., 1923. *Description of two squalodonts recently discovered in the Calvert Cliffs, Maryland; and notes on the shark-toothed Cetaceans.* – Proceeding of the United States National Museum, Vol. 62, Art. 16; pp. 1-69.

- 1928a. *The history of whales-Their adaptation to life in the water.* – The Quarterly review of Biology, Vol. 3, n. 1; pp. 29-76.

- 1928b. *The history of whales-Their adaptation to life in the water (concluded).*

– The Quarterly review of Biology, Vol. 3, n. 2; pp. 174-208.

LIPPS, J. H., e MITCHELL, E., 1976. *Trophic model for adaptive radiations and extinction of pelagic marine mammals.* – *Paleobiology*, Vol. 2; 2 fig., pp. 147-155.

MASSARE, J. A., 1987. *Tooth morphology and prey preference of Mesozoic marine reptiles.* – *Journal of Vertebrate Paleontology*, Vol. 7, n. 2; pp. 121-137.

MEAD, J. G., e HEYNING, J. E., 1997. *Thermoregulation in the Mounths of Feeding Gray Whales.* – *Science*, Vol. 278; pp. 1138-1139.

MCHEDLIZE, G., 1976. *General features of the historical development of Cetacea (in Russian, English summary).* – *Akademia Nauk Gruzinskoi S.S.R., Institut Paleobiologii, Metsnierba, Tbilisi, Georia*; pp. 136.

MITCHELL, E. D., 1989. *A New Cetacean from the Late Eocene La Meseta Formation, Seymour Island, Antartic Peninsula.* – *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Vol. 46; pp. 2219-2235.

MUIZON, C., 1991. *A new Ziphiidae (Cetacea) from the Early Miocene of Washington State (USA) and phylogenetic analysis of the major group of odontocetes.* – *Bulletin du Musèum national d'Histoire naturelle, Paris*, Vol. 4 serie 12 C (3-4); 17 fig., pp.279-326.

- 1994. *Are the Squalodonts Related to Platanistoids?.* – *Proceedings of the San Diego Museum of Natural History*, Vol. 29; 6 fig., pp. 135-146.

O'LEARY, M. A., e ROSE, K. D., 1995. *new Mesonychian dentitions from the Paleocene and Eocene of the Bighorn Basin, Wyoming.* – *Annales of Carnegie Museum*, Vol. 64, n. 2; pp. 147-172.

O'LEARY, M. A., 1998. *Phylogenetic and Morphometric Reassessment of the Dental Evidence for a Mesonychian and Cetacean Clade*. – In: *The Emergence of Whales*, Thewissen (Ed.). Plenum Press, New York; pp. 133-161.

- 2001. *The Phylogenetic Position of Cetaceans: Further Combined Data Analyses, Comparisons with the Stratigraphic Record and a Discussion of Character Optimization*. – *American Zoology*, Vol. 41; pp. 487-506.

O'LEARY, M. A., e UHEN, M. D., 1999. *The time of origin of whales and the role of behavioral changes in the terrestrial-aquatic transition*. *Paleobiology*, Vol. 25, n. 4; pp. 534-556.

OKAZAKI, Y., 1987. – *Additional materials of Metasqualodon symmetricus (Cetacea: Mammalia) from the Oligocene Ashiya Group, Japan*. – *Bull. Kitakyushu Mus. Nat. Hist.*, Vol. 7; pp. 133-138.

- 1988. *Oligocene squalodont (Cetacea: Mammalia) from the Ashia Group, Japan*. *Bull. Kitakyushu Mus. Nat. Hist.*, Vol. 8; pp. 75-80.

PAQUIER, V., 1894. *Etude sur quelques cetaces du Miocene*. – *Memoires de la Société Geologique de France*, tom. 4, Vol. 19, mem. 12; pp 3-20.

PATACCA, E., SCANDONE, P., GIUNTA, G., e LIGUORI, V., 1979. *Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa Zone (Southeastern Sicily)*. – *Geologica Romana*, Vol. 18; pp. 331-369.

PAUL, C. R. C., 1999. *The paradigm Method*. – In: *Functional Morphology of the Invertebrate Skeleton*, E. Savazzi (Ed.); pp. 25-28.

PIVORUNAS, A., 1979. *The feeding Mechanisms of Baleen Whales*. – *American Scientist*, Vol. 67; pp. 432-440.

PILLERI, G., 1986. *The Oligo-Miocene Cetacea of the Italian waters with a bibliography of the fossil Cetacea of Italy (1670-1986)*. – Brain Anatomy Institute University of Berne (Switzerland); pp. 7-74.

PEDLEY, H. M., *Sedimentology and paleoenvironment of the southeast Sicilian tertiary platform carbonates*. – Sedimentary Geology, Vol. 28; pp. 273-291.

RÖGL, von F., 1998. *Paleogeographic Considerations for Mediterranean and Paratethys Seaways (Oligocene to Miocene)*. – Annales des Naturhistorischen Museum in Wien, Vol. 99 A; pp. 279-310.

ROTHAUSEN, K. 1968. *Die Squalodontidae (Odontoceti, Mamm.) im Oligozän und Miozän Italiens*. – Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova, Vol. 26, pp. 1-18.

- 1970. *Marine Reptilia and Mammalia and problem Oligocene-Miocene boundary*. – Giornale di Geologia Vol. 2, n. 35, fasc. 1; pp. 181-189.

SAVAZZI, E., 1999. *Introduction to Functional Morphology*. – In: Functional Morphology of the Invertebrate Skeleton, E. Savazzi (Ed.); pp. 3-8.

SYMEONIDIS, N. K., KAZAR, E., e ROUSSIAKIS, S., 2002. *Shark-toothed dolphin remains (Mammalia, Cetacea, Squalodontidae) from the Early Miocene of Greece*. – Annales des Naturhistorischen Museum in Wien, 105 A; pp. 307-331.

THEWISSEN, J. G. M., e BAJPAI, S., 2001. *Dental Morphology of Remigtonocetidae (Cetacea, Mammalia)*. – Journal of Paleontology, Vol. 75, n. 2; pp. 463-465.

THOMASON, J., 1998. *Functional Morphology*. – Encyclopedia of Paleontology; pp. 445-503.

UHEN, M. D. e GINGERICH, P. D., 2001. *New genus of Dorudontine Archeocete (Cetacea) from the middle-to-late Eocene of South Carolina*. – Marine Mammal Science, Vol. 17, n. 1; pp. 1-34.

UNGAR, P. S., BEAUPRE, S., 2000. *Feeding adaptations: vertebrates*. – Encyclopedia of Paleontology; pp. 465-473.

WERTH, A., 2000. *Feeding in marine mammals*. – In: Schwenk, K. (Ed.), Feeding. Academic Press 2 New York; pp. 487-526.

WHITMORE, F. C., 1994. *Neogene Climatic Change and the Emergence of the Modern Whale Fauna of the North Atlantic Ocean*. – Proceedings of the San Diego Museum of Natural History, Vol. 29; pp. 223-227.

WHITMORE, F. C. e SANDERS, A. E., 1976. *Review of the Oligocene Cetacea*. – Systematic Zoology, Vol. 25, n. 4; pp. 304-320.