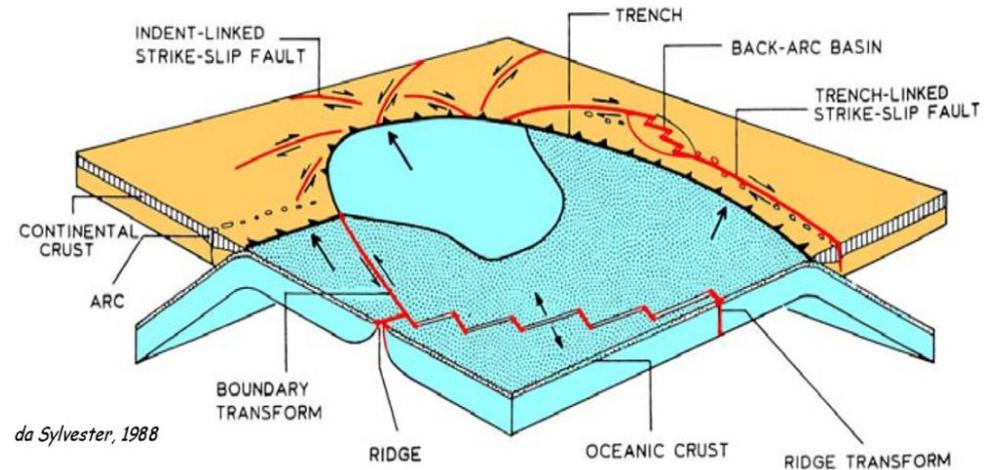


Strike-slip Faults

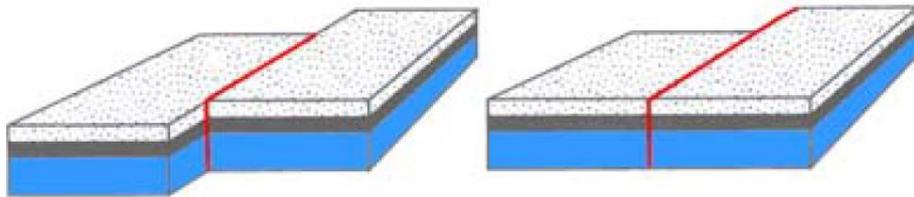


- Faglie Trasformi: associate ai margini di placca, tagliano l'intero spessore litosferico
- Faglie Trascorrenti: confinate allo spessore crostale, sono generalmente intra-continentali
- Si ha poi un terzo gruppo di faglie di *strike-slip*, associate a spostamenti all'interno di regimi tettonici distensivi o compressivi, generalmente di rigetto e profondità limitati.
- Le faglie di strike-slip generalmente producono faglie di secondo ordine dando origine a caratteristici sistemi di fratture, quali le geometrie *en-echelon*.

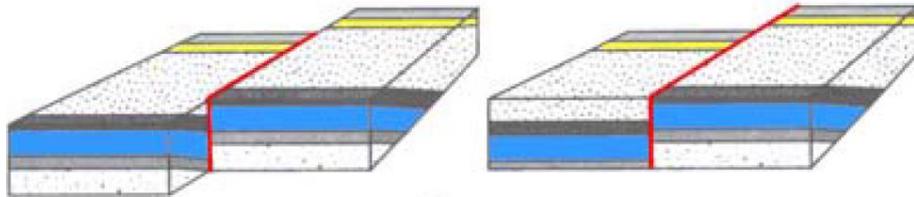
Trascorrenti destre e sinistre

Rigetto apparente

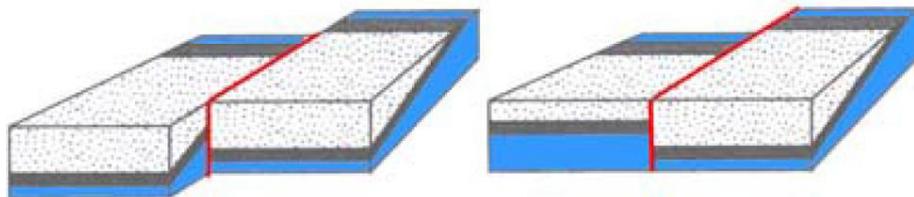
Vengono definite *destre* o *sinistre* a seconda della direzione di movimento del blocco opposto a quello dove è posizionato l'osservatore (è una definizione non ambigua, qualsiasi blocco si prenda in considerazione)



A.



B.



C.

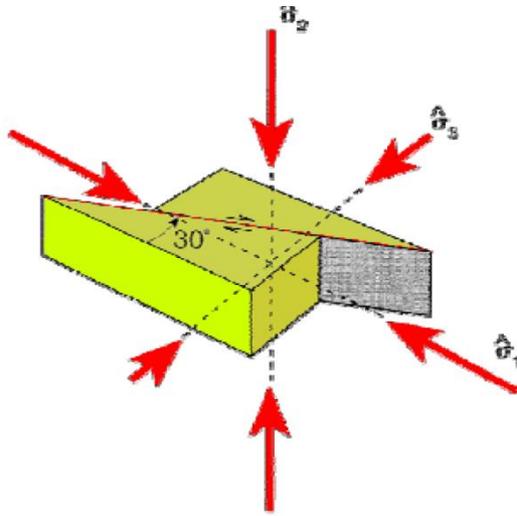
da Twiss & Moores , 1992

Effetto apparente di rigetto nel caso di Faglie trascorrenti

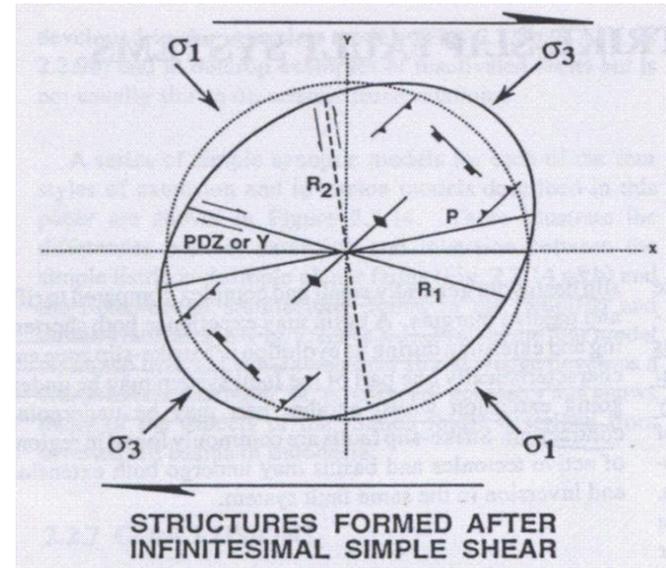


Il punto di osservazione per meglio determinarle è perpendicolarmente al vettore di spostamento e quindi dall'alto.

Strike-Slip Faults



Esempio di
faglia destra

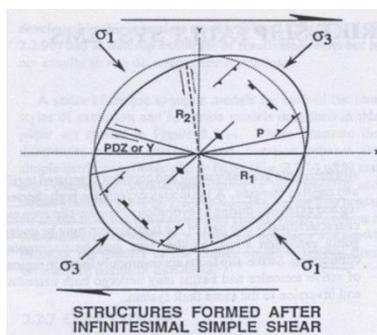


I sistemi di SS sono caratterizzati dalla associazione di strutture correlate, interpretabili in termini del classico ellissoide degli sforzi.

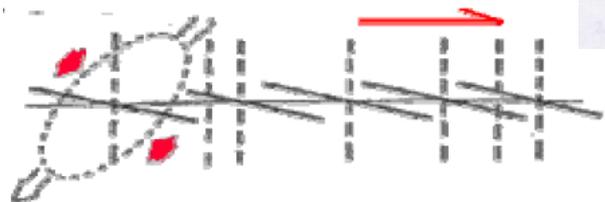
Con la prima iniziale deformazione lungo il segmento PDZ si svilupperanno gli *Shears* R1 (tipicamente orientati tra 15° e 20°) ed R2 (tipicamente orientati tra 70 e 75°), ed il P *Shear* a basso angolo (10°-15°).

Si avranno inoltre delle strutture minori associate, quali faglie distensive (perpendicolari a σ_3) e pieghe e faglie compressive (perpendicolari a σ_1). All'evolvere della deformazione (aumento del rigetto orizzontale) tali strutture ruoteranno...

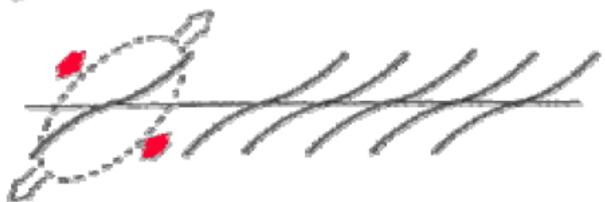
Caratteristiche principali



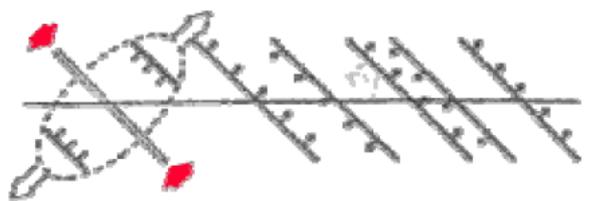
Presenza di numerose elementi strutturali legati ad una fascia di trascorrenza (esperimento di Riedel)



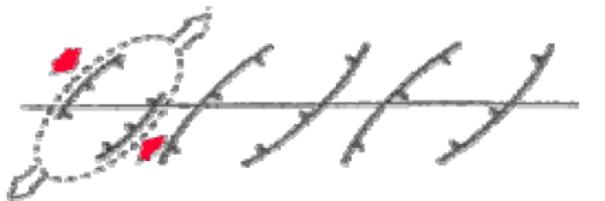
Fratture R e R'



Pieghe



Faglie normali

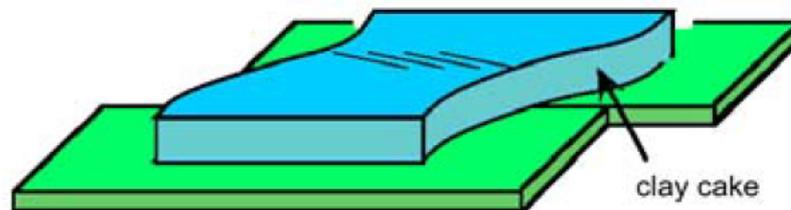


Faglie inverse



Tutte le strutture insieme

da Sylvester, 1988



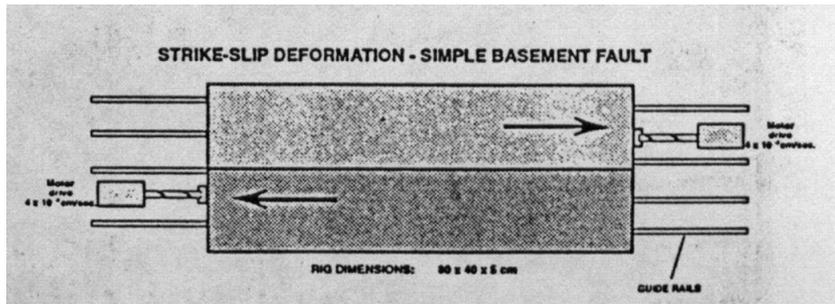
da Allmendinger

Contemporaneità di strutture distensive e compressive

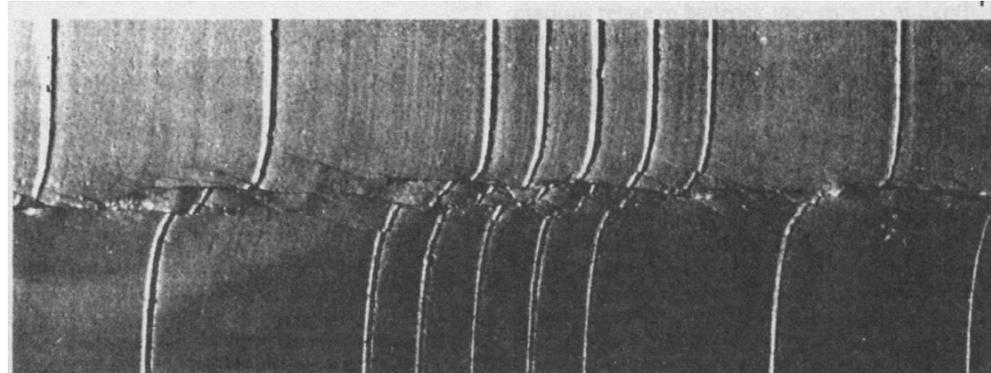
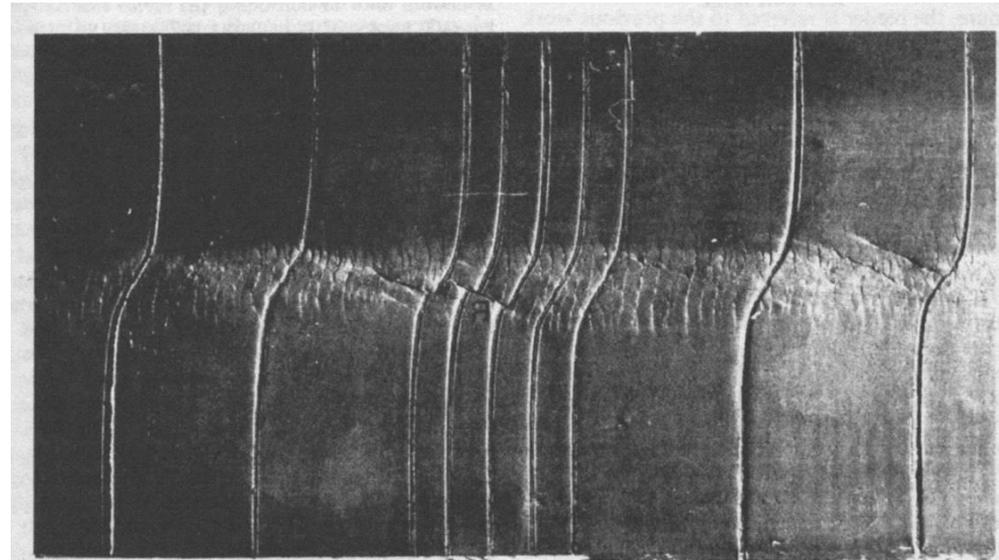
Disposizione "en echelon" delle strutture associate

Strike-Slip Faults

Shear box test:
per analizzare
l'evoluzione dei sistemi
di strutture connesse
ad una SS, si fa spesso
ricorso a *Box Test*



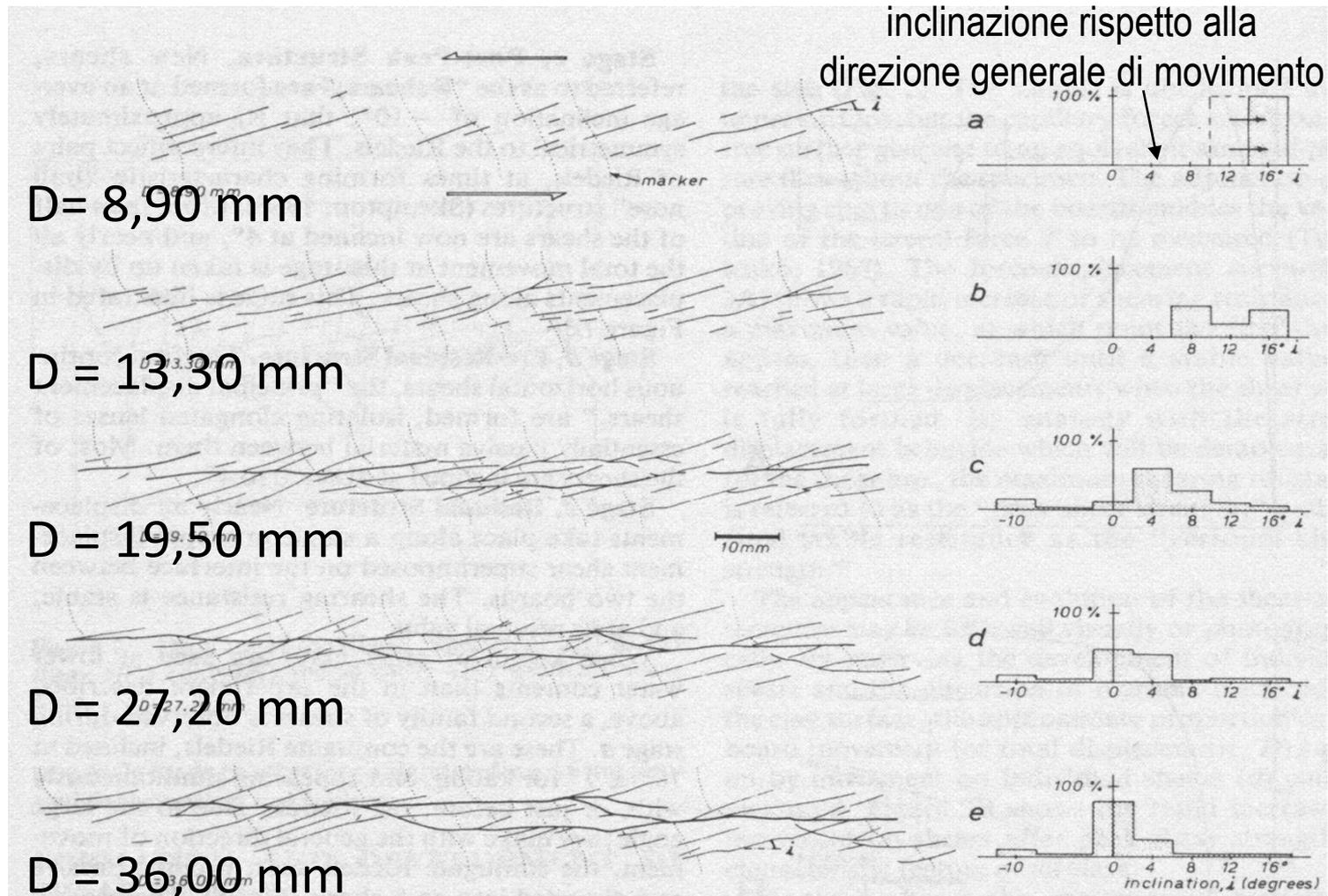
Schema di un box-test con applicazioni
di un campo di sforzo relativo ad una
trascorrenza destra



Immagini di un box-test in cui gli effetti di una
trascorrenza destra vengono analizzati in due
momenti diversi dello sviluppo delle deformazioni

Strike-Slip Faults

Evoluzione delle strutture di Riedel con il progredire del rigetto orizzontale D



Strike-Slip Faults

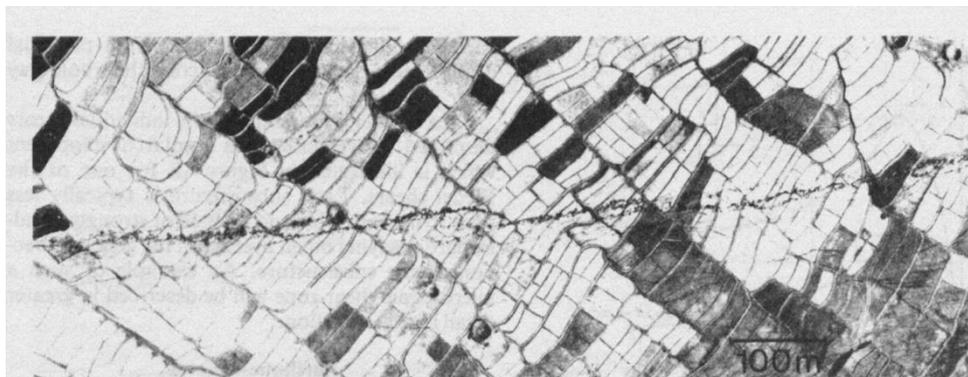
Lo sviluppo delle strutture associate ad una SS avviene in modo analogo a tutte le diverse scale.

Indicato con D il rigetto orizzontale, avremo:

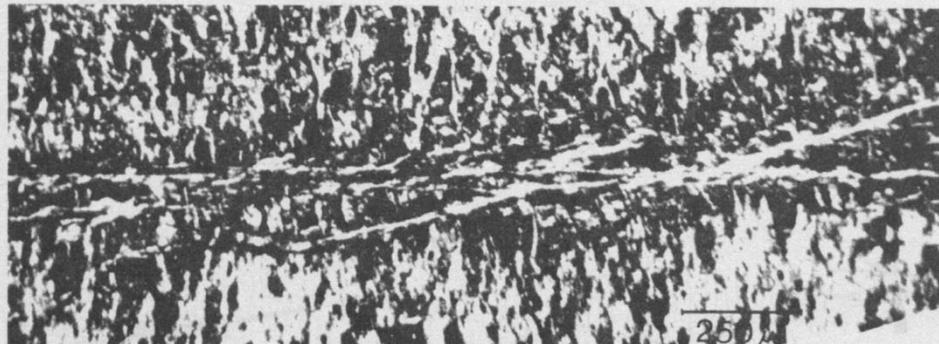
Es.: Faglia sismica,
foto aerea,
 $D = 250$ cm

Es.: Shear Box test su caolino,
 $D = 8$ mm

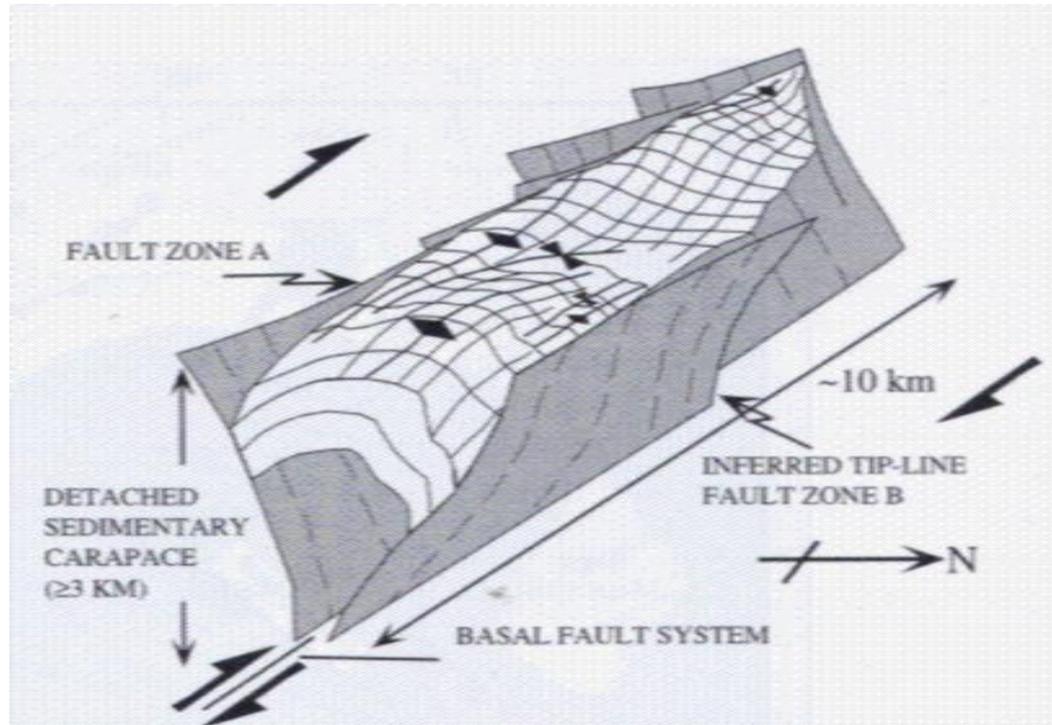
Es.: Shear Box test su caolino,
dettaglio,
 $D = 3$ mm



A



Le faglie di SS in affioramento sono caratterizzate da sistemi di fratture, con una direzione prevalente comune e disposte *en-echelon*.

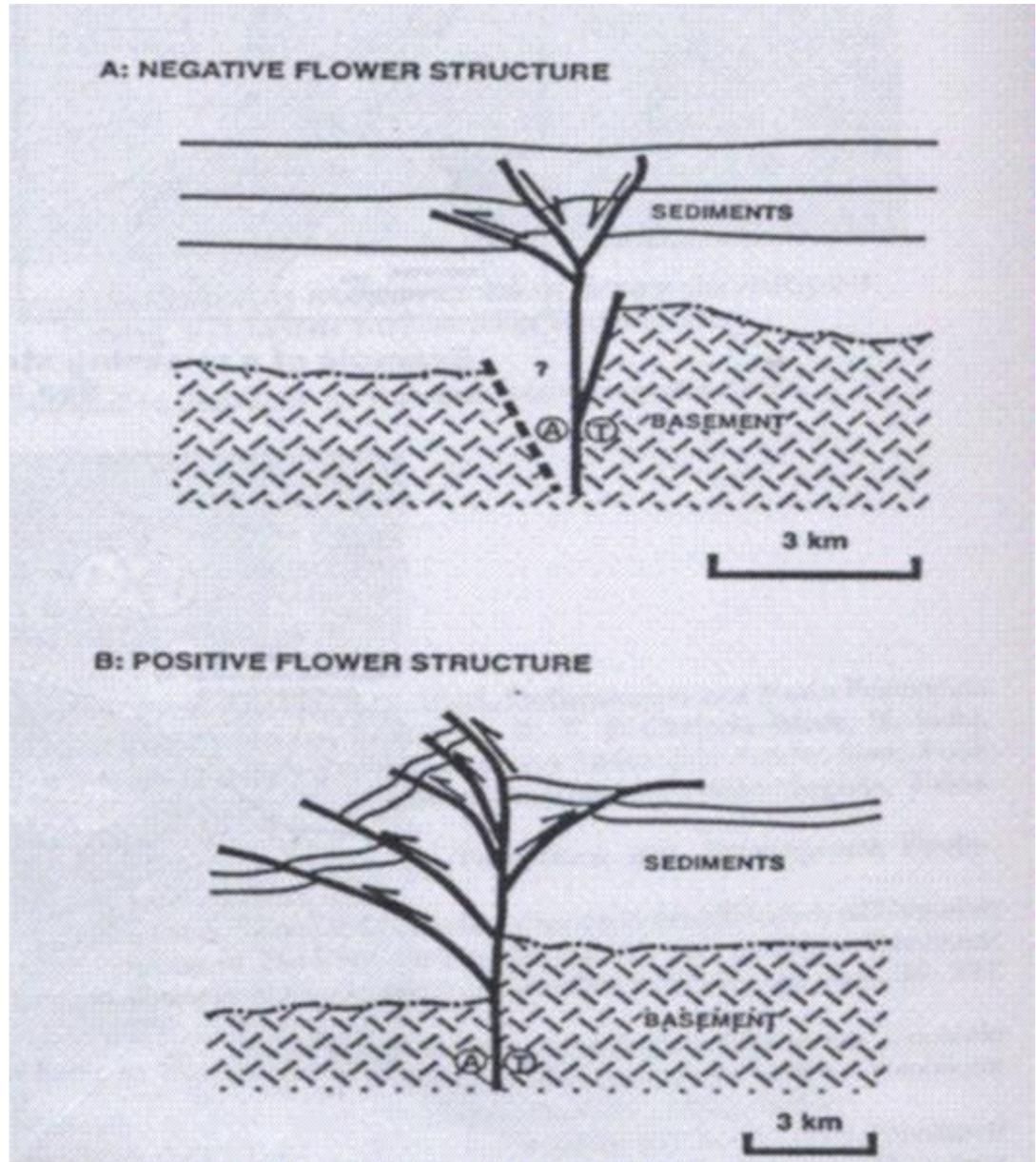


In sezione sismica tali strutture potranno essere più o meno complicate, generalmente tendenti a definire delle strutture a fiore

Le strutture a fiore saranno:

- negative
in caso di
transtensione,

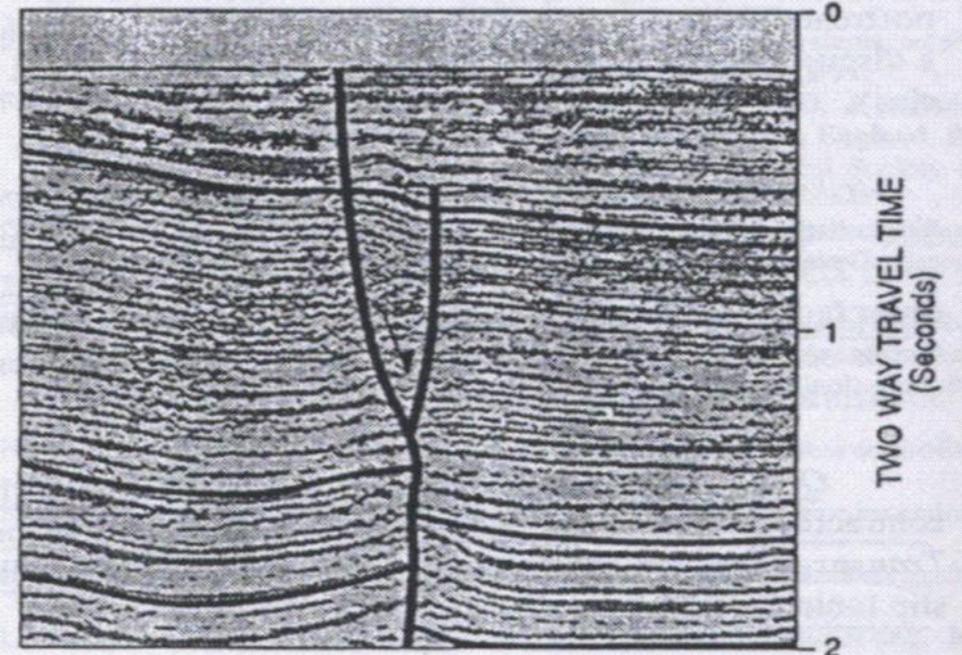
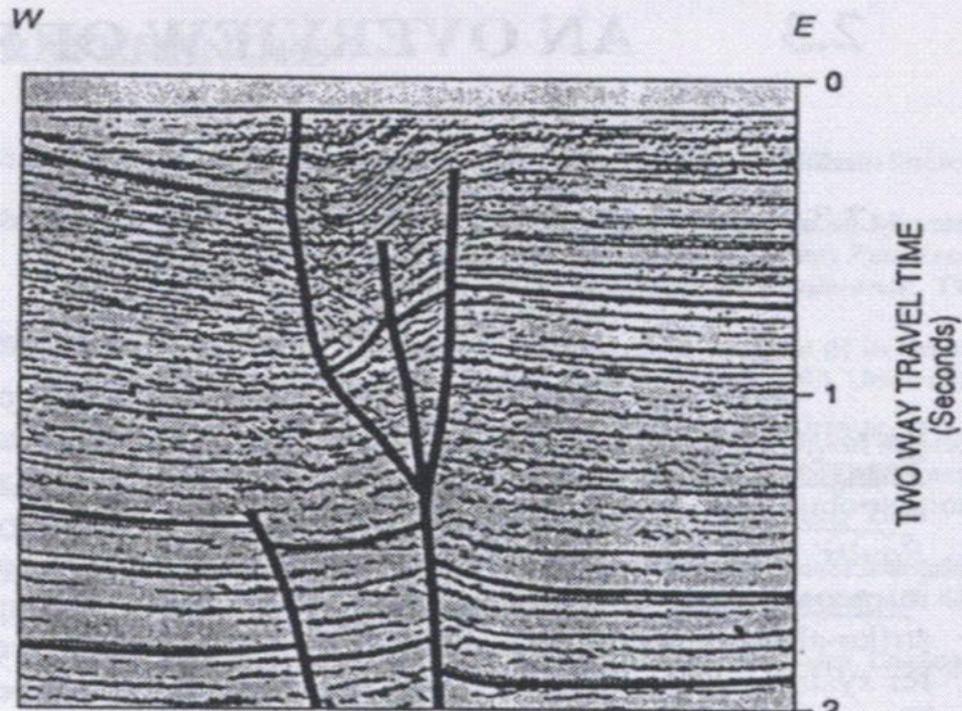
- positive
in caso di
traspressione.



**Esempi lungo
profili sismici che attraversano la
stessa struttura tettonica:**

**struttura a fiore negativa
transensione** →

**struttura a fiore
positiva
transpressione** →

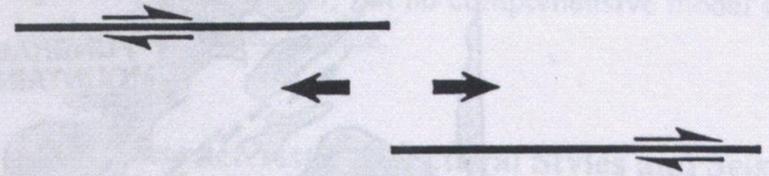


STRUCTURAL INTERPRETATION IN SEDIMENTARY BASINS

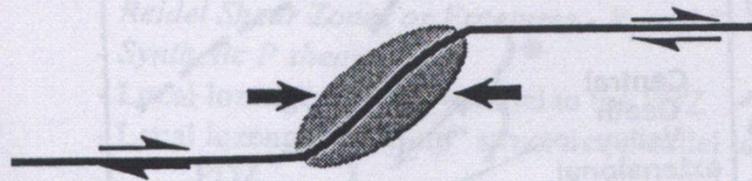
A. RELEASING BEND



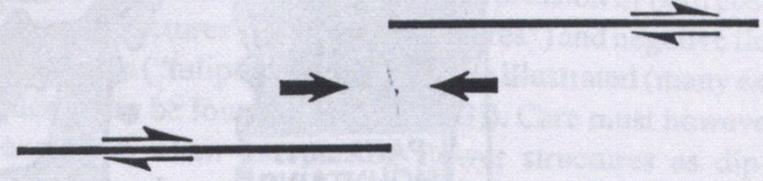
A. RELEASING STEPOVER/JOG



B. RESTRAINING BEND



B. RESTRAINING STEPOVER/JOG



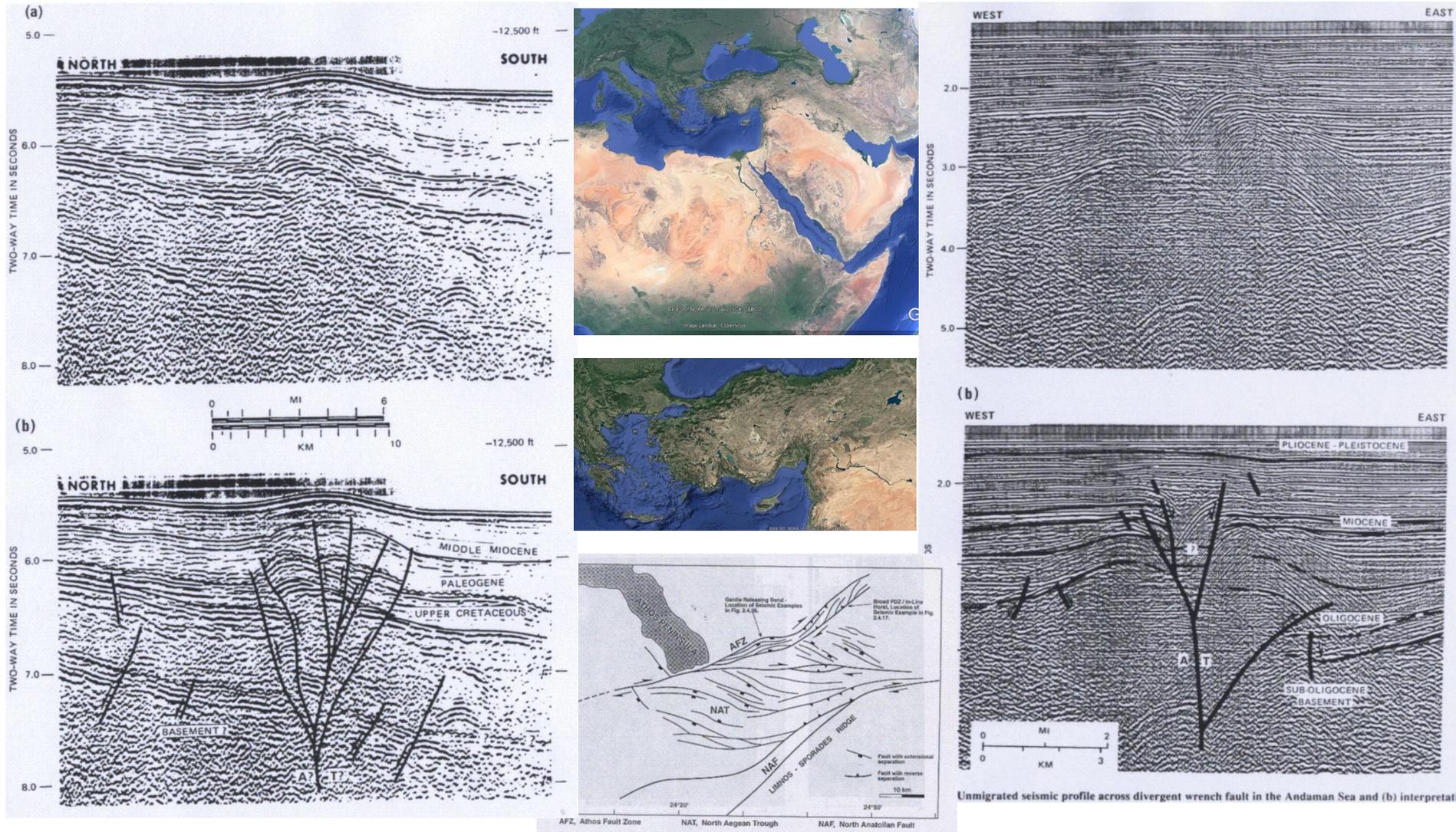
Qualora la faglia di SS assuma in pianta un andamento curvilineo, si avrà:

- **Releasing Band**, in cui si potranno sviluppare bacini in distensione
- **Restraining Band**, in cui si potranno sviluppare pieghe e *thrusts*

Strutturazioni analoghe si avranno anche in situazioni di faglia segmentata e geometrie *en-echelon*.

I profili sismici che attraversano queste architetture strutturali daranno spesso evidenza di strutture a fiore: i segmenti di faglia superficiali convergono su un'unica faglia profonda sub-verticale

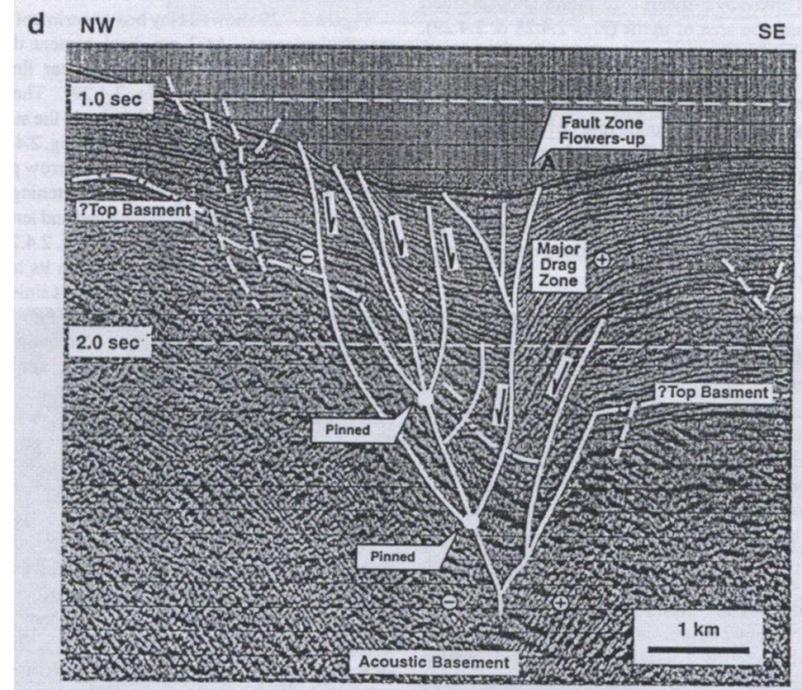
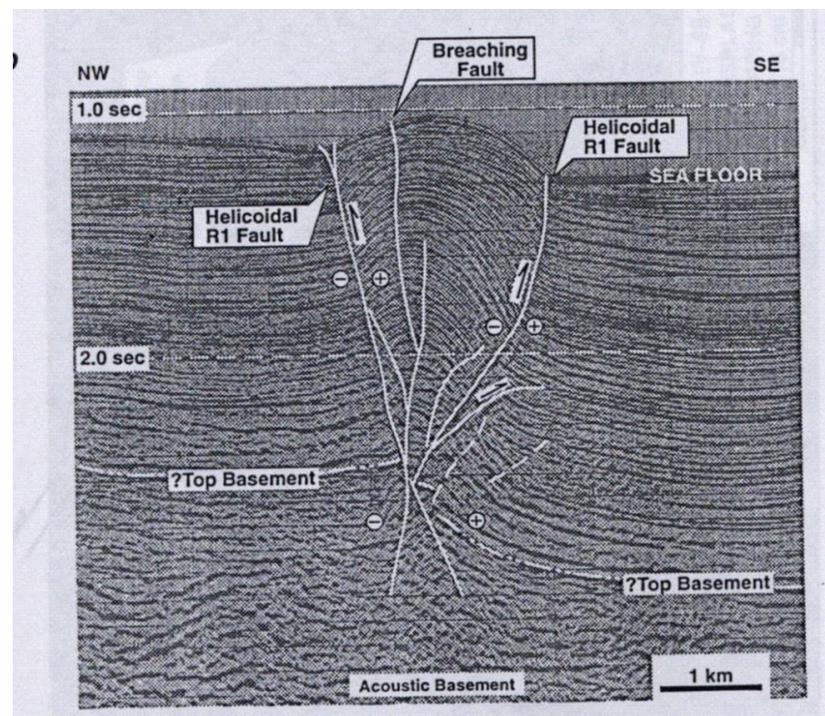
Esempio di struttura a fiore lungo un profilo sismico non migrato, nel Mar Egeo, prosecuzione occidentale della faglia Nord-Anatolica



Sistema N-Anatolico:

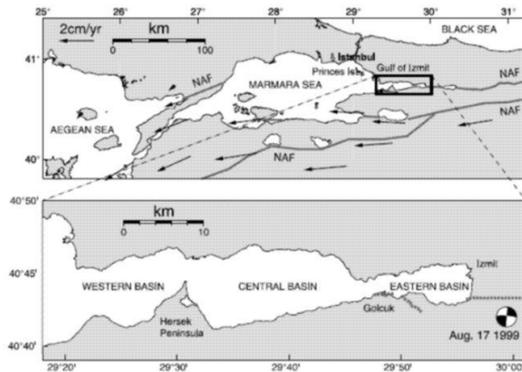
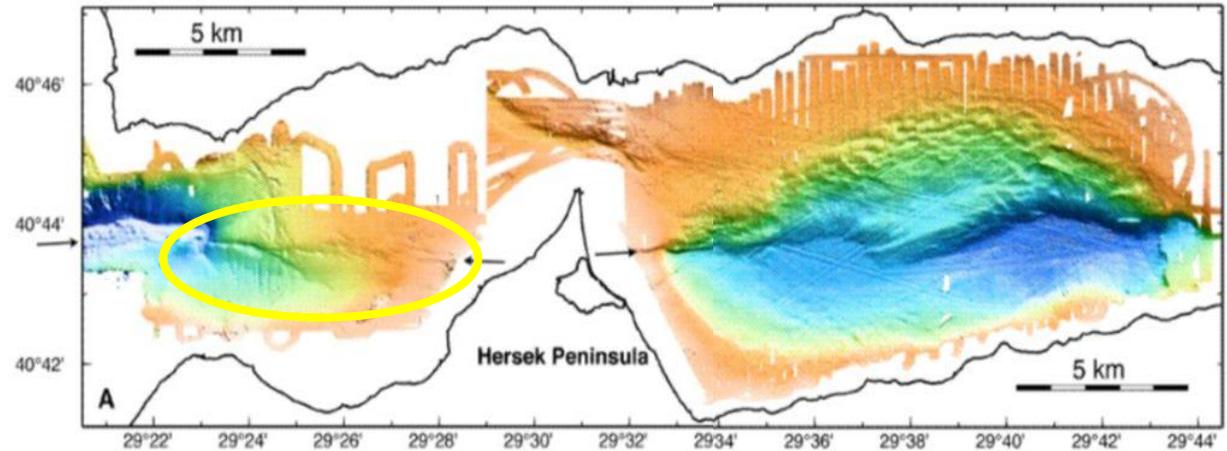
evidenza di transpressione →

evidenza di transtensione →



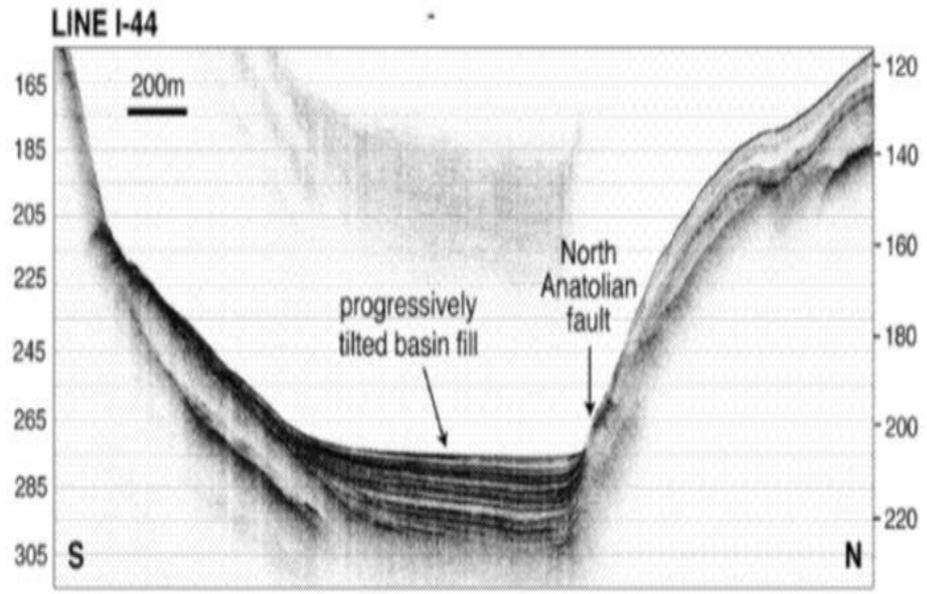
Esempio di SS regionale

Sistema N-Anatolico Golfo di Izmit



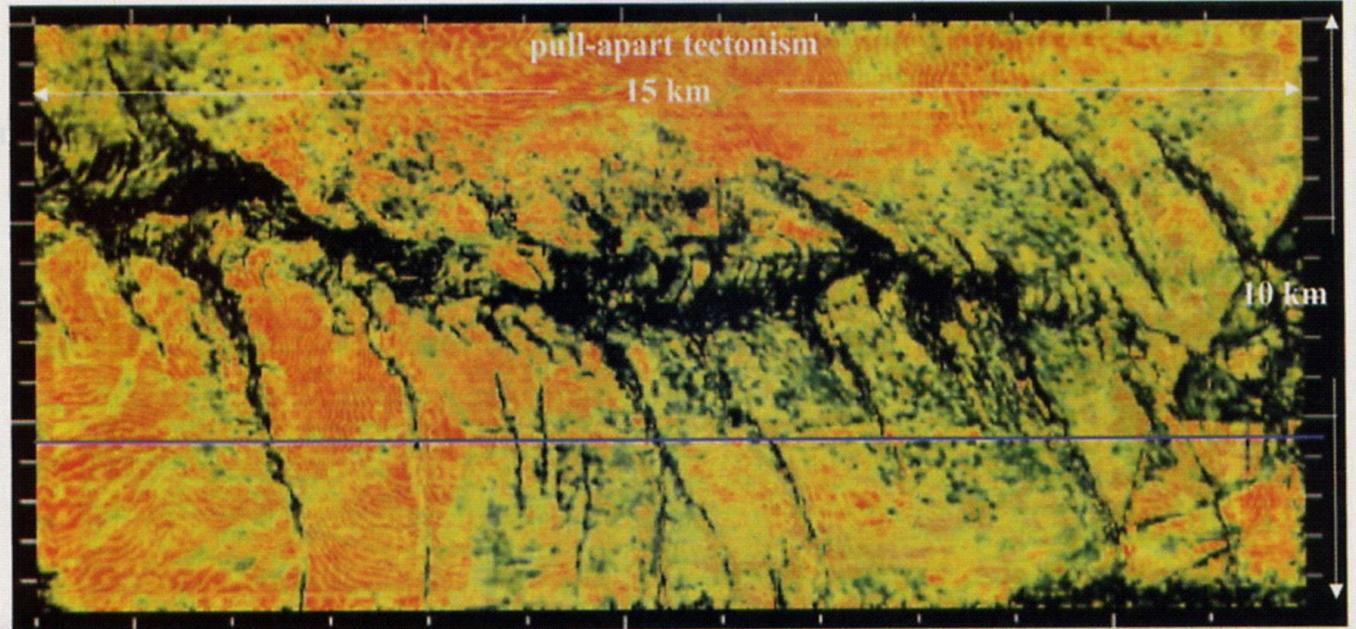
L'indagine *Multibeam* mette in luce il sistema di faglie *en-echelon* che tagliano il fondo mare.

Il profilo *CHIRP* mette in luce la presenza di *growth strata* che tarano la deformazione recente della faglia (sedimenti superficiali), ubicata in corrispondenza del margine settentrionale del bacino.



Strike-slip regionale e strutture di *Riedel* connesse

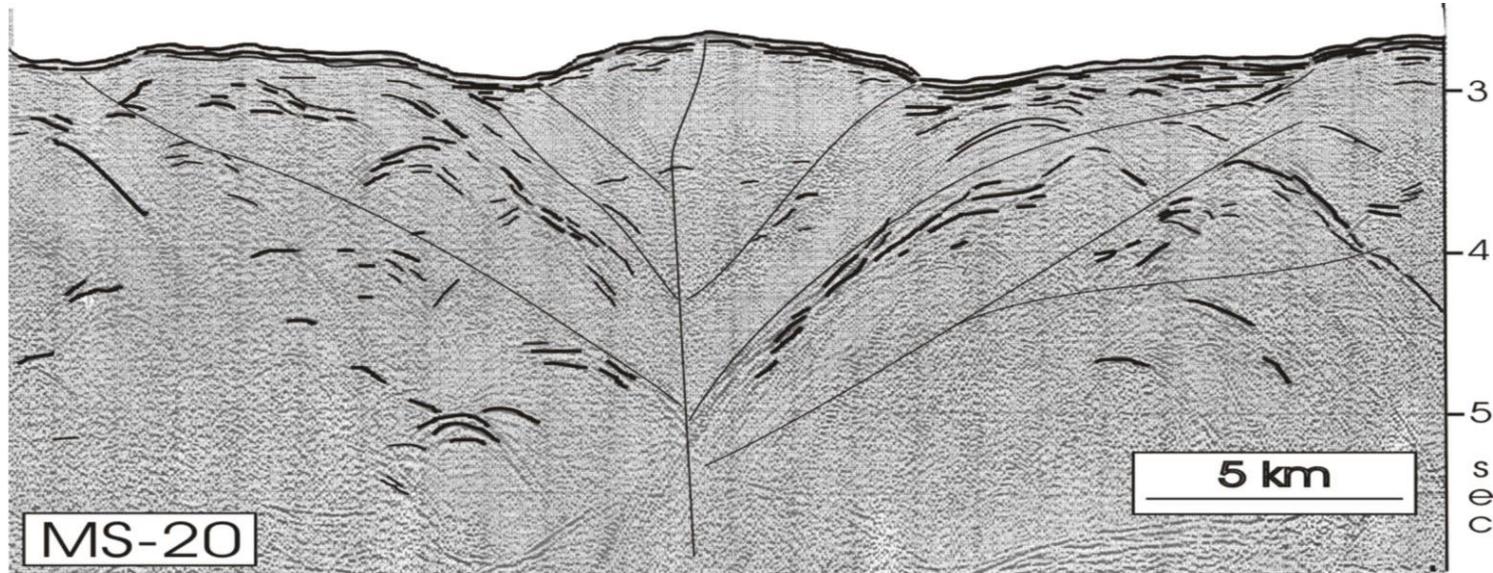
*Time
slice*



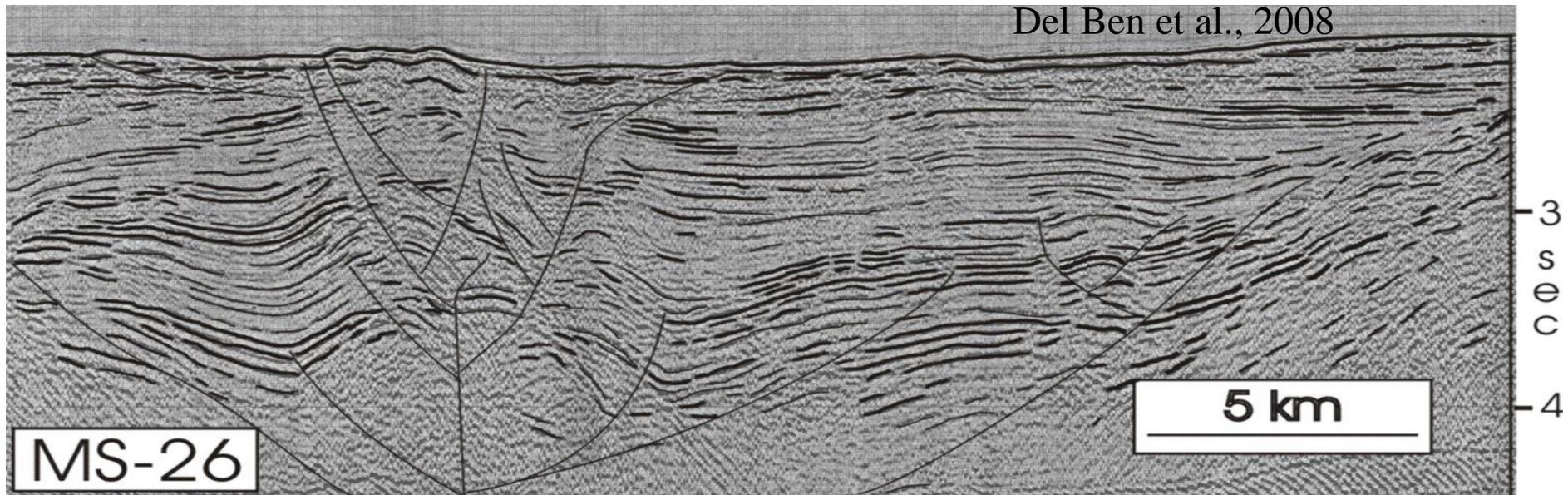
**Profilo
sismico**



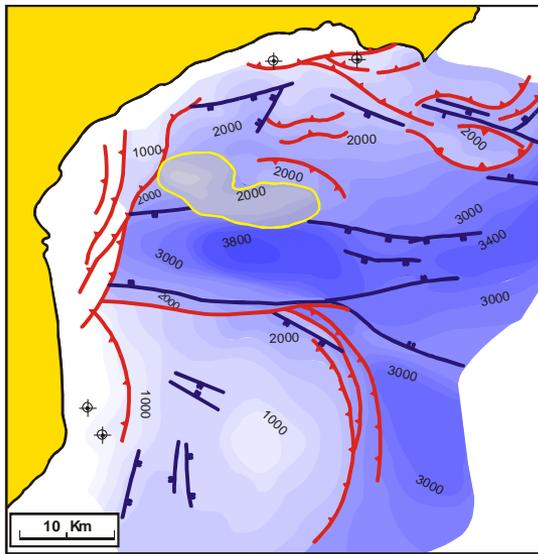
Faglie di SS
nell'Arco
Calabro:
transpressione



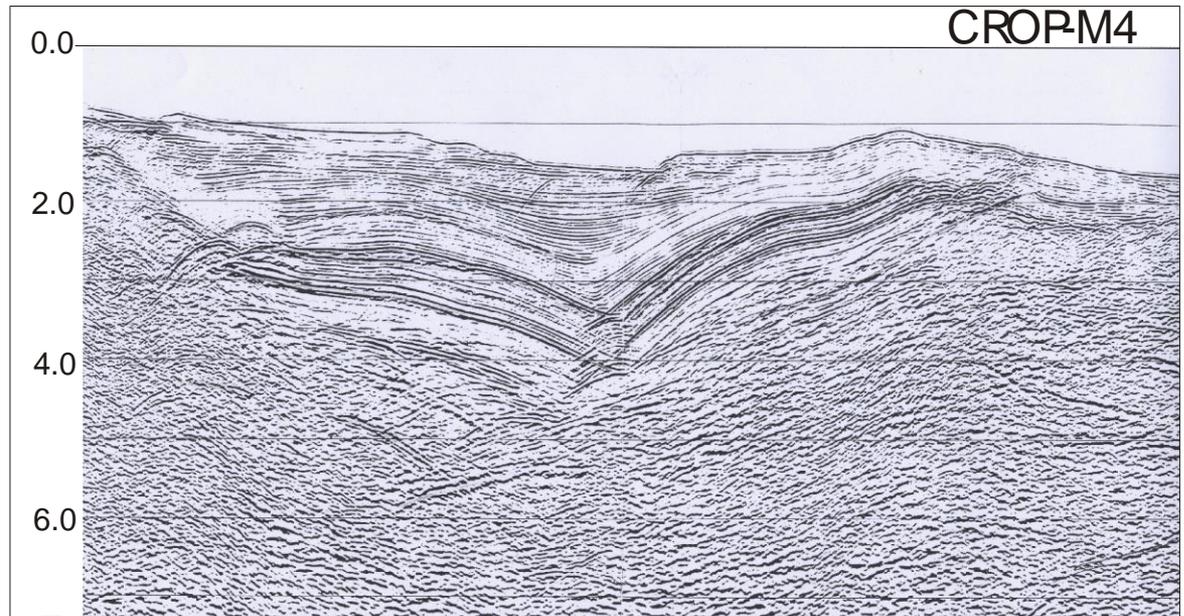
Del Ben et al., 2008



Faglia di SS nell'Arco Calabro: transpressione attiva (deformazione del fondo mare), dopo probabile inversione tettonica da transtensione (ispessimento della serie sedimentaria → originaria tettonica transtensiva associata a struttura a fiore negativa)



Faglia di SS nell'Arco Calabro:
evidenza di transtensione



Faglia di SS in Tirreno Meridionale:

transpressione attiva (!) I meccanismi focali mettono in luce un generale regime compressivo, caratterizzante l'ultima fase tettonica del margine

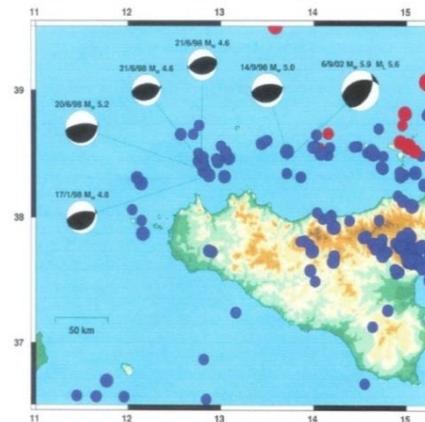
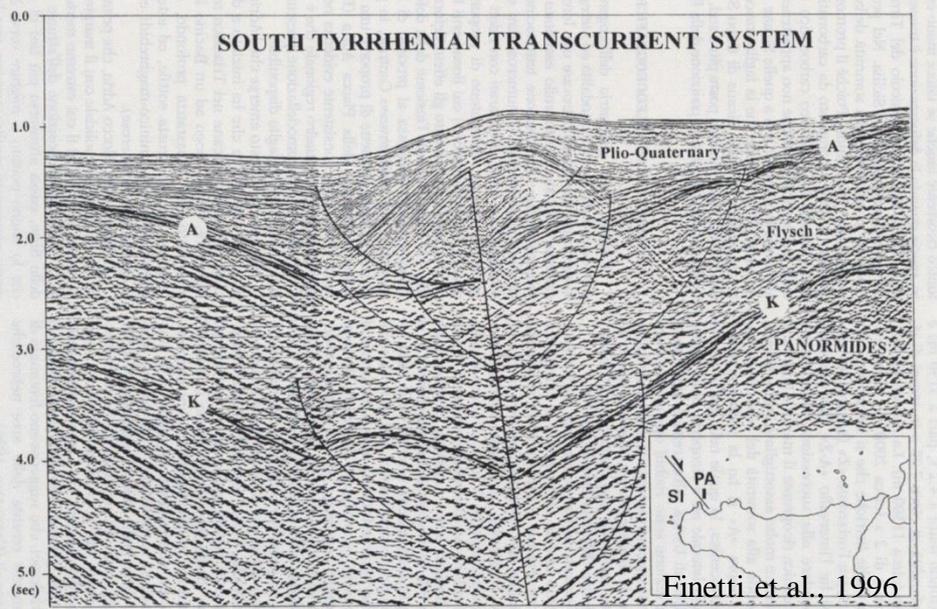
tirrenico-siciliano,

impostatasi

successivamente

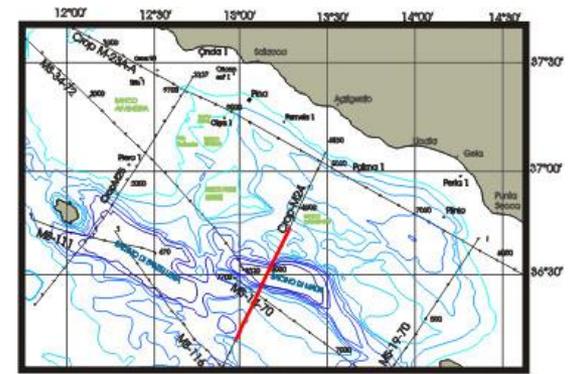
ad una fase di

prevalente strike-slip.



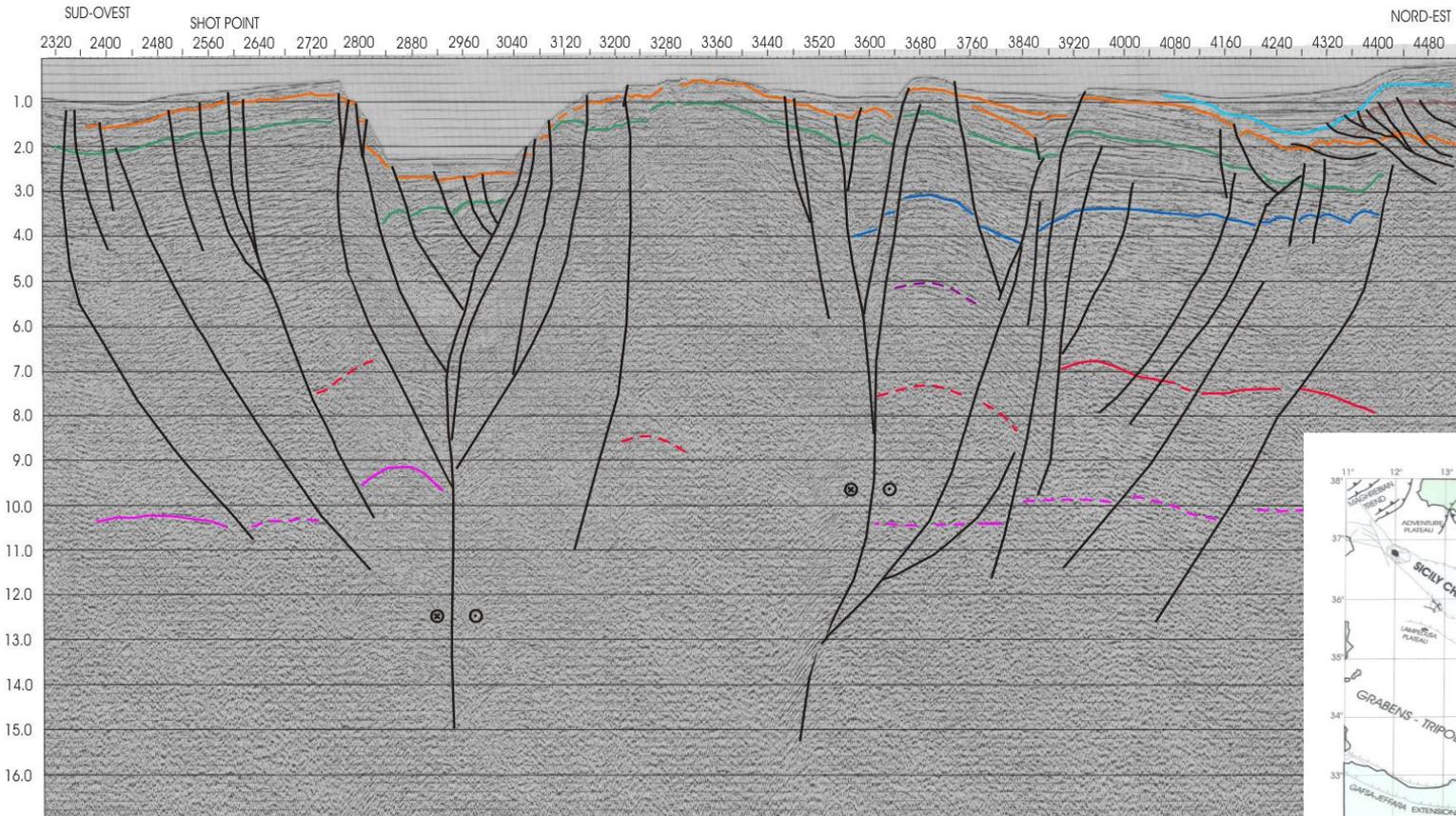
Sistema di SS destro nel Canale di Sicilia: esempio di transtensione regionale

SEZIONE SISMICA CROP M 24 S.P. 2320-4480

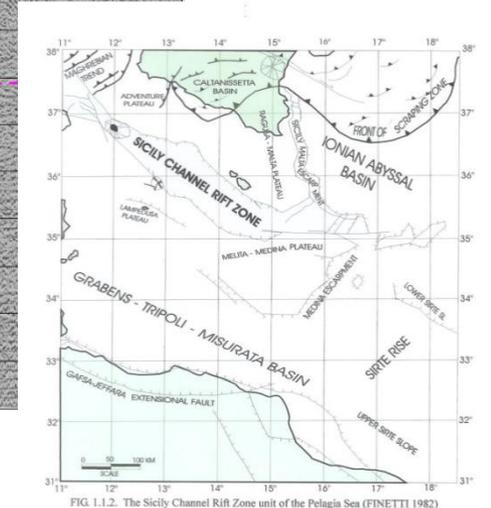


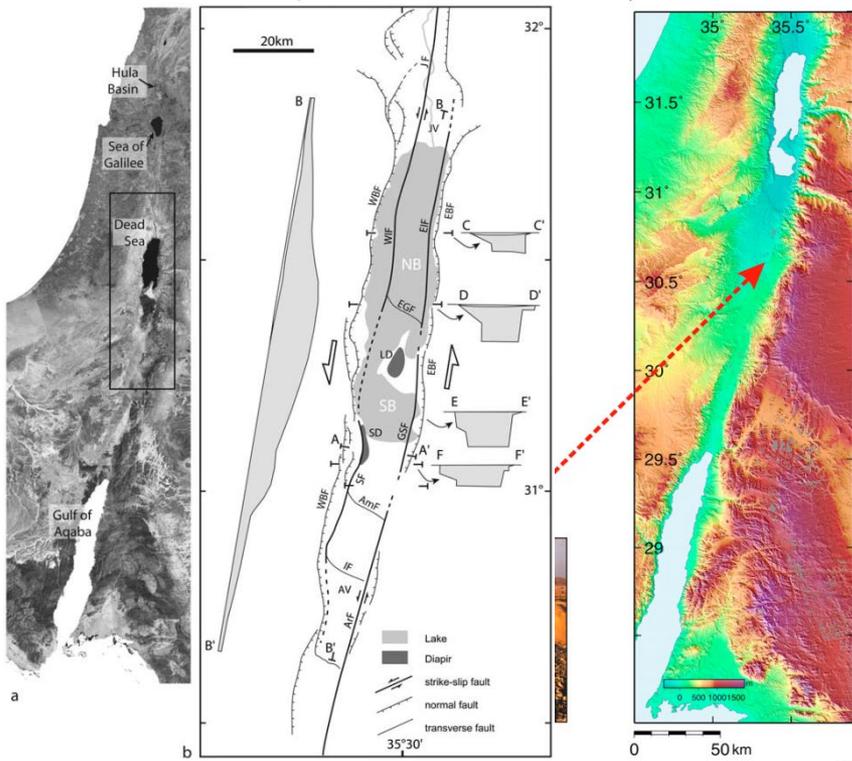
GRABEN DI MALTA

FALDA DI GELA

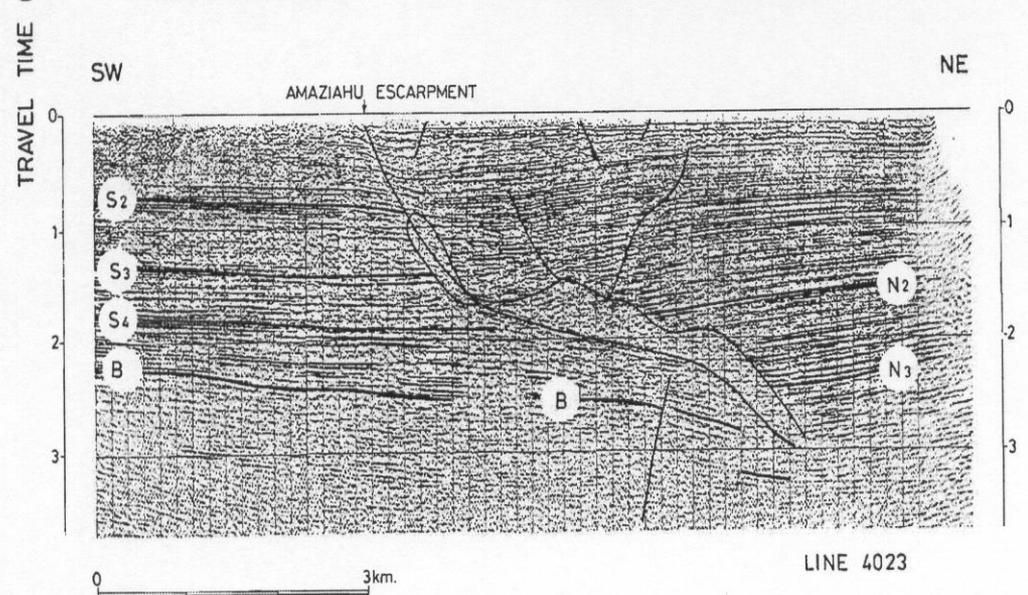
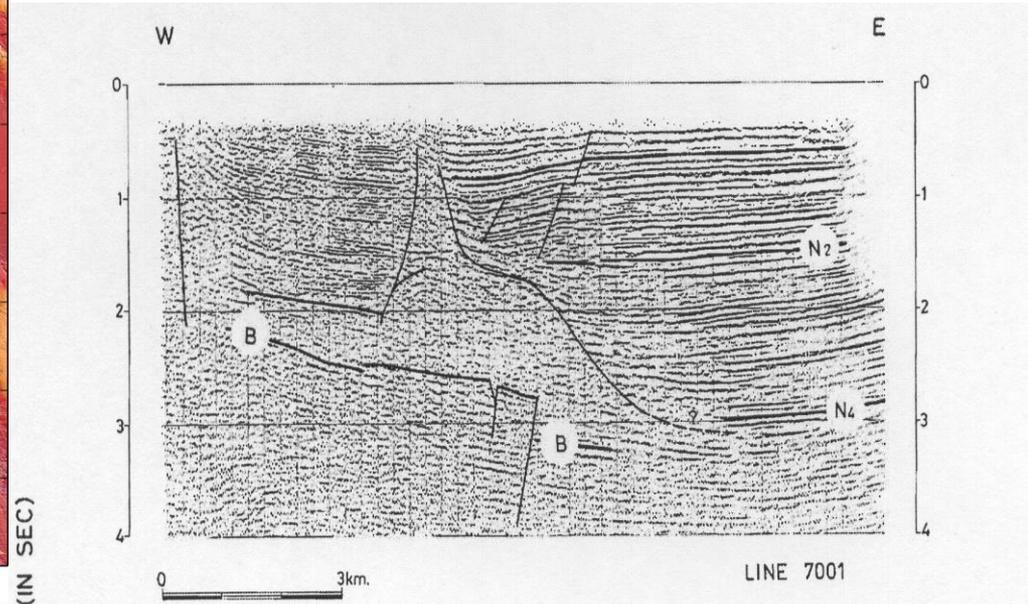


Top Pliocene Medio
Ms



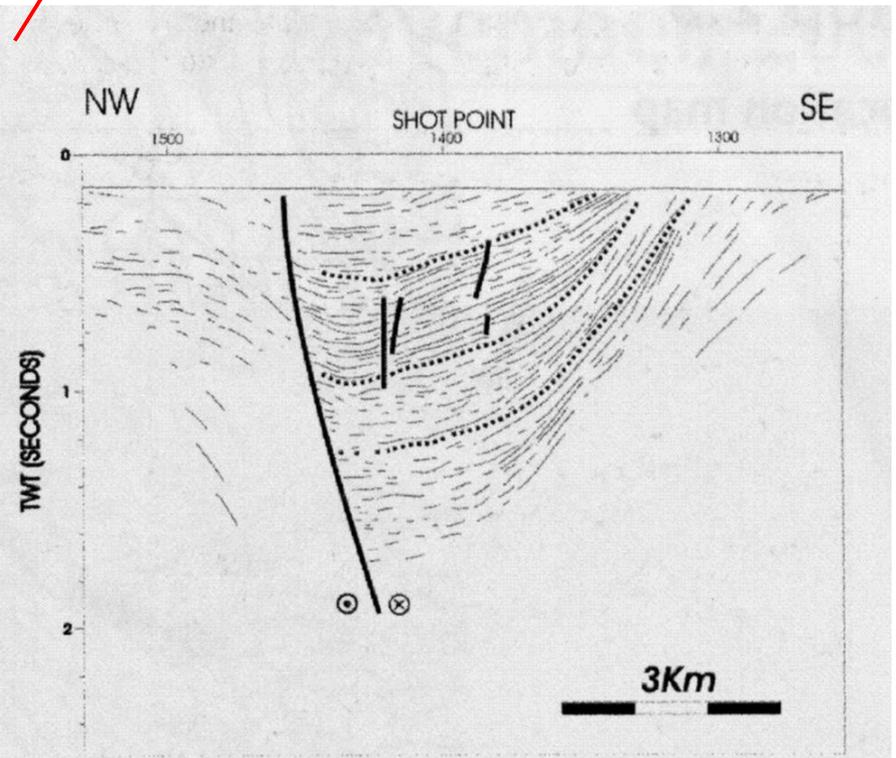
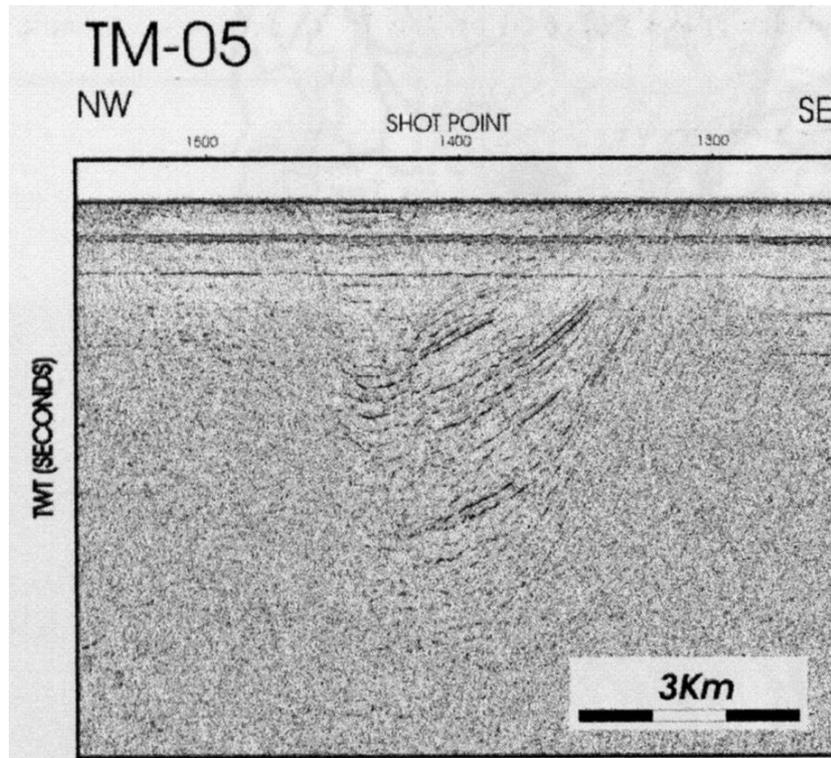
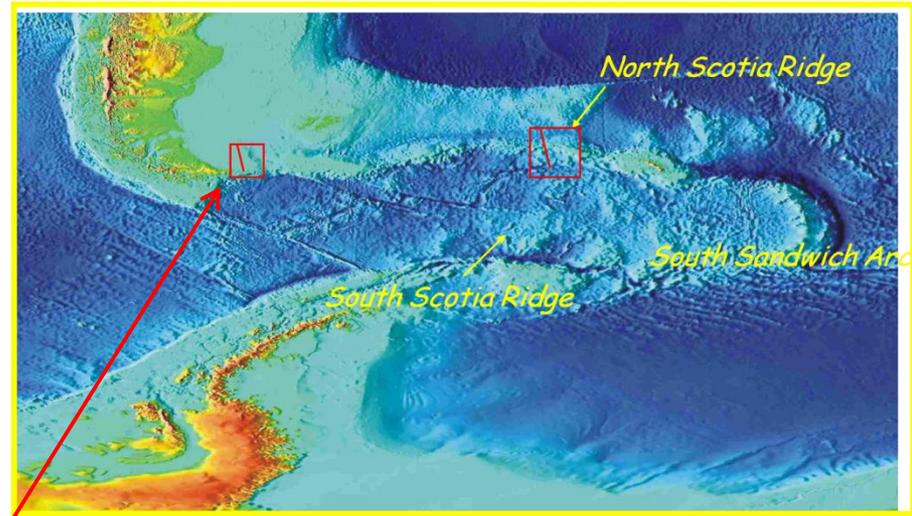


Strike-slip del Mar Morto:
 non sempre è chiara la tettonica di strike-slip con le sue
 classiche strutture

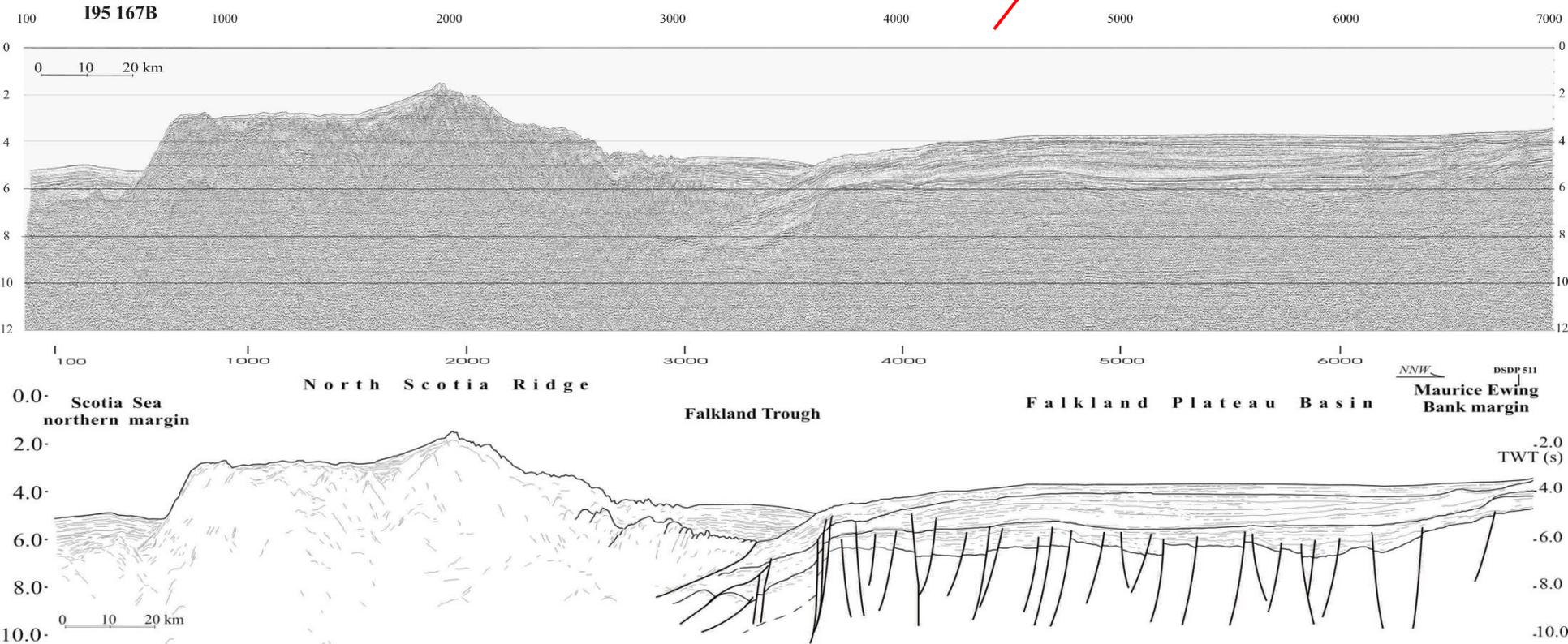
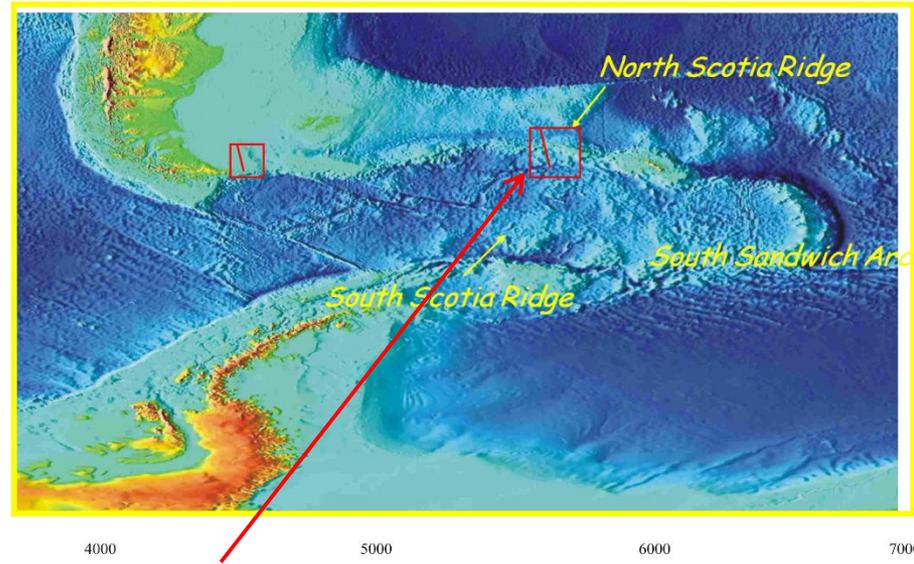


Del Ben Anna - Interpretazione Sismica – Inversione Tettonica

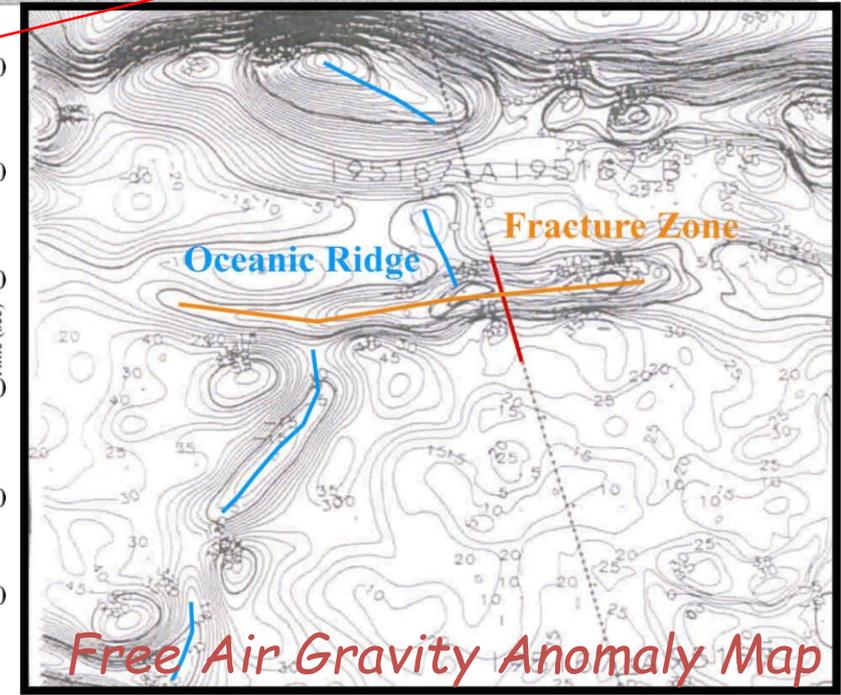
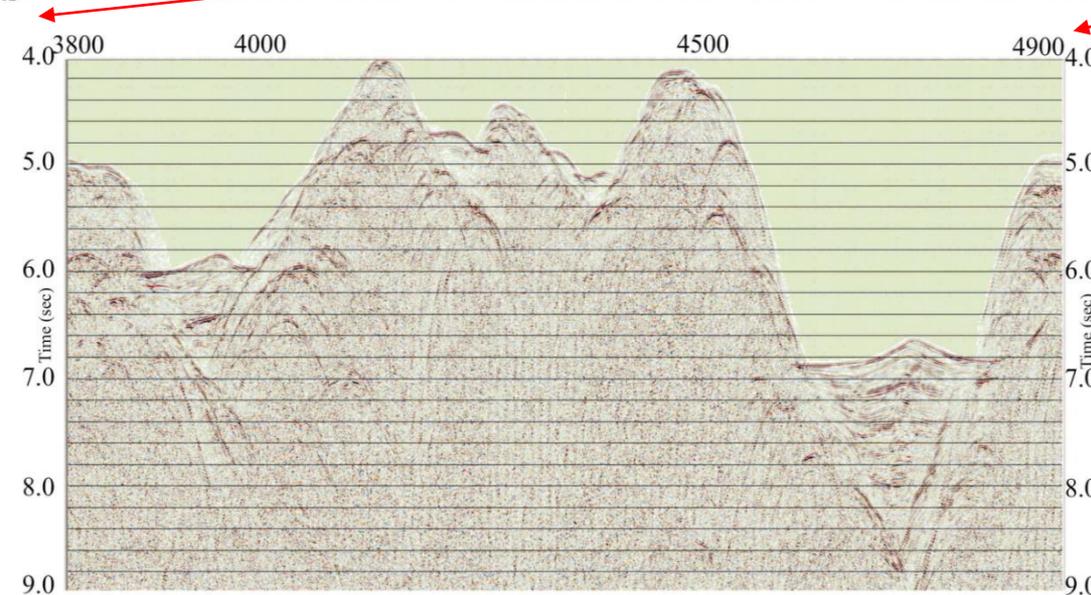
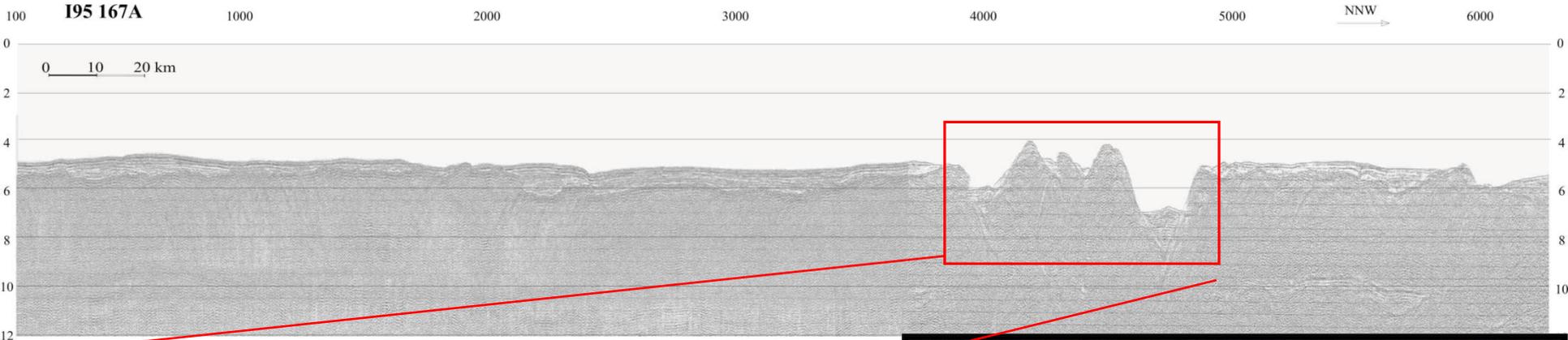
Trasforme sinistra del
North Scotia Ridge
in cui si ipotizza
tettonica di transtensione:
evidenze sismiche



Trasforme sinistra del North Scotia Ridge: evidenze sismiche di transpressione

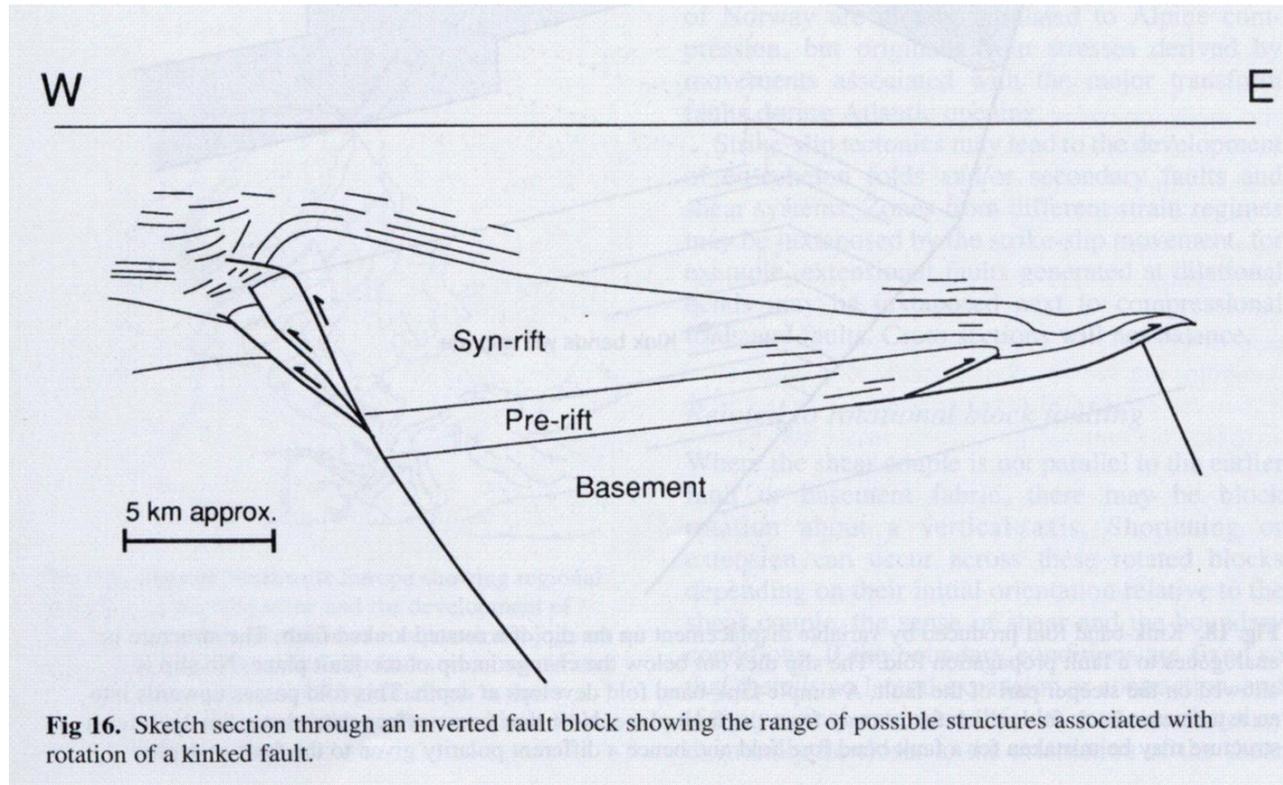


Trasforme trasversale al *ridge* non più attivo nella Placca dello *Scotia Sea*



INVERSIONE TETTONICA

Inversione tettonica



Il concetto di inversione tettonica prevede la riattivazione di
- una faglia distensiva attraverso una deformazione compressiva:
si parla in tal caso di Inversione Tettonica Positiva (es. in figura)
- o di una faglia compressiva attraverso una deformazione
distensiva: si parla in tal caso di Inversione Tettonica Negativa



(b) **es. di Inversione Tettonica Positiva**

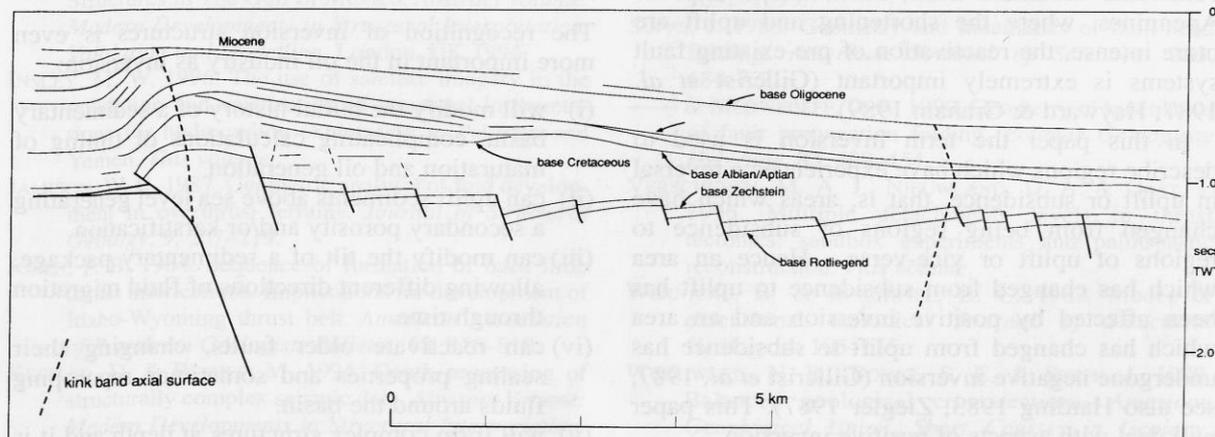


Fig. 1. An example of a fold produced by rotational faulting from the southern part of the North Sea. (a) Uninterpreted seismic data. (b) Line drawing showing the major stratigraphic picks. Note the long, gently-dipping back limb and the short hooked forelimb. (From the South Hewett Fault Zone. Drawn from Badley *et al.* 1989).

Le situazioni in cui più facilmente si hanno Inversioni Tettoniche sono:

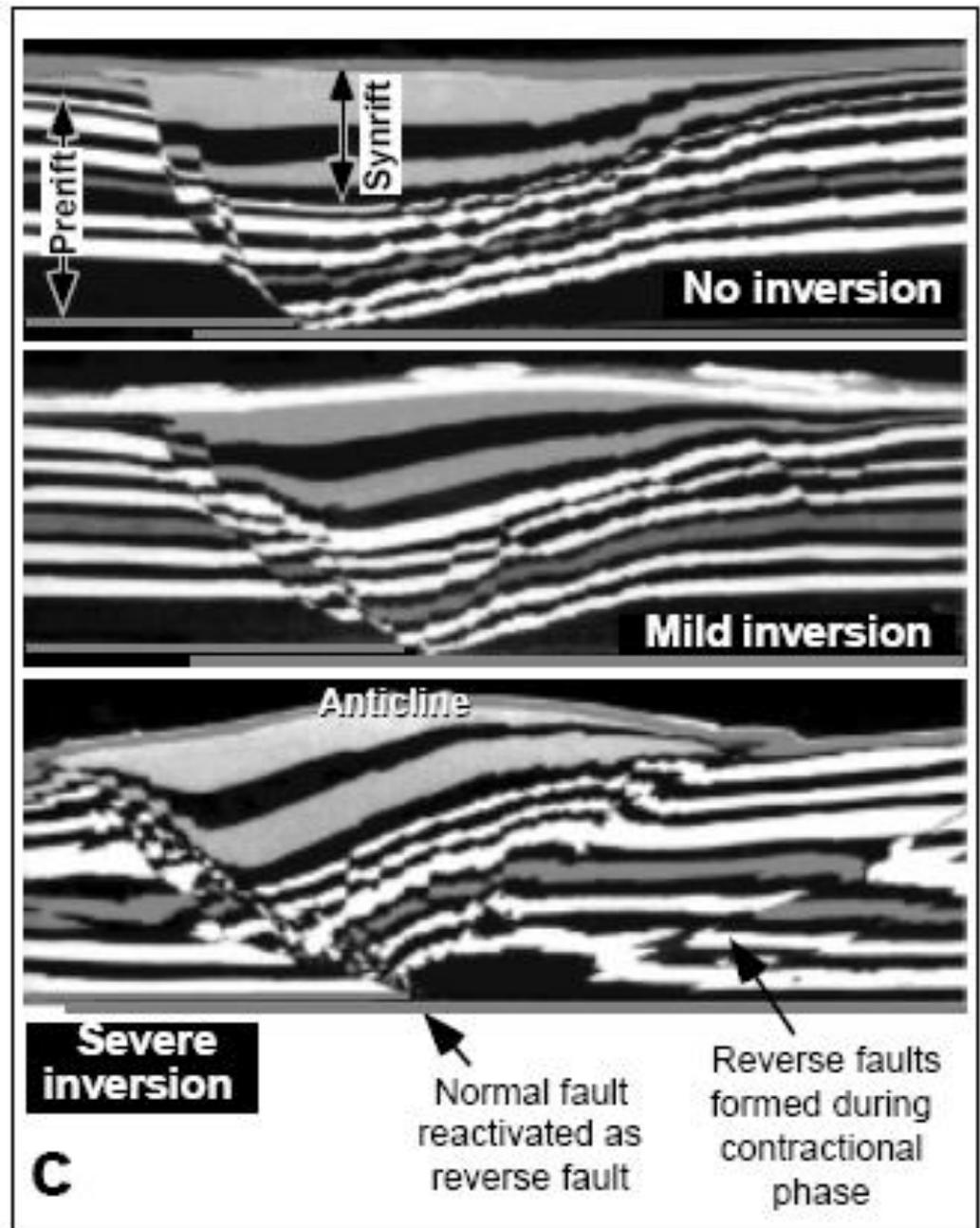
-Variazione del campo di sforzi in seguito a variazione del moto delle placche; →

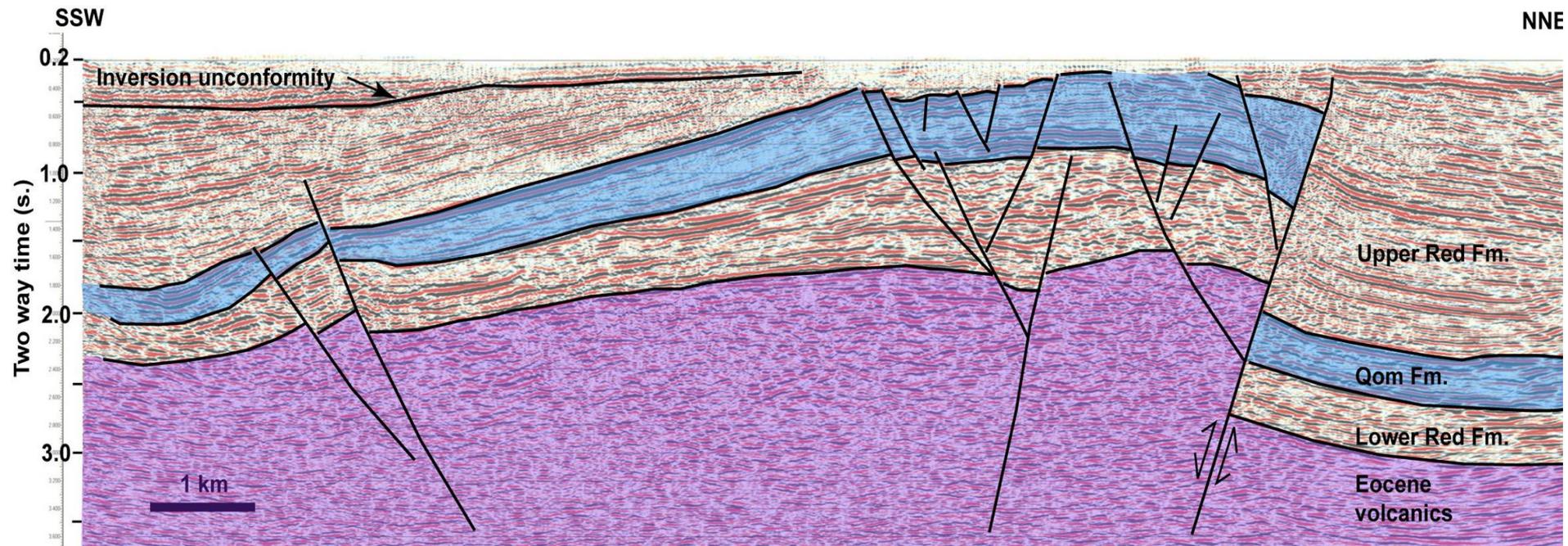
-Inversione derivante da subduzione (faglie distensive dell'avampaese invertite in compressione quando l'avampaese venga coinvolto nelle compressioni);

-Inversione derivante da sollevamento isostatico;

-Inversione dovuta ad halocinesi;

-Inversione dovuta a *slumping*.





Normal fault activity during deposition of the Lower Red and Qom Formations. Numerous secondary normal faults are present.

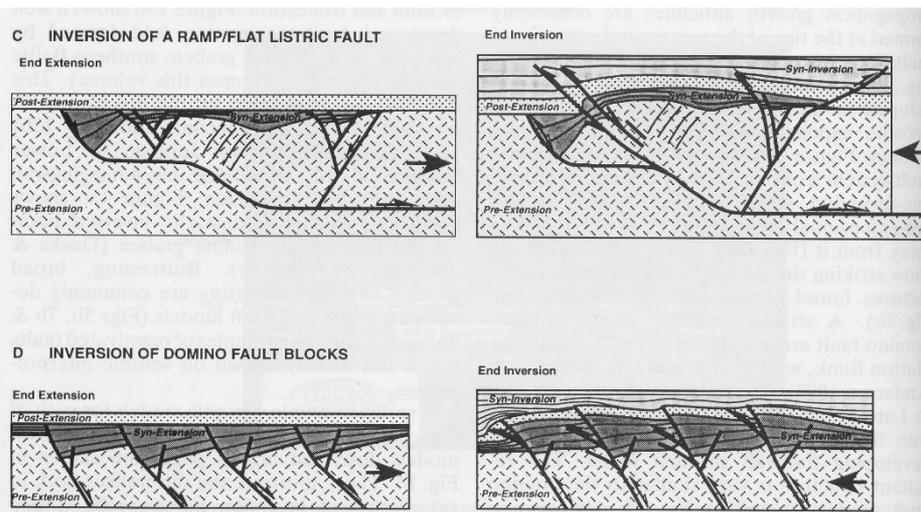
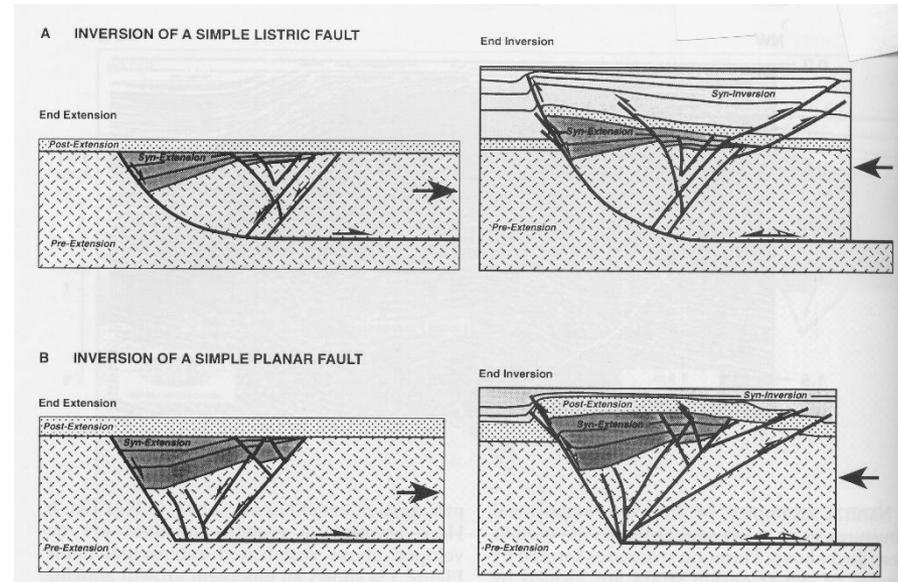
Inversion during deposition of the Upper Red Formation is clearly marked by a shallow angular unconformity present in the southern half of the seismic line.

Image from Morley et al. (2009)

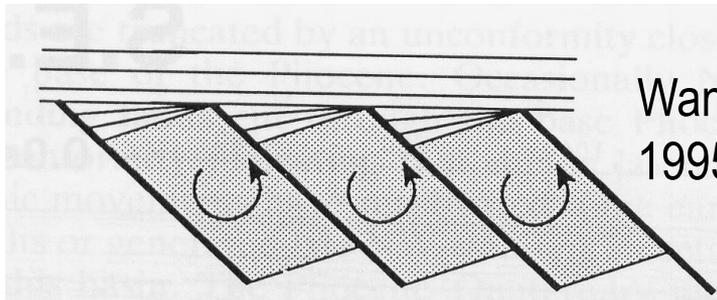
Structural development of a major Late Cenozoic basin and transpressional belt in Central Iran: the Central Basin in the Qom-Saveh area.

Virtual Seismic Atlas: www.seismicatlas.org

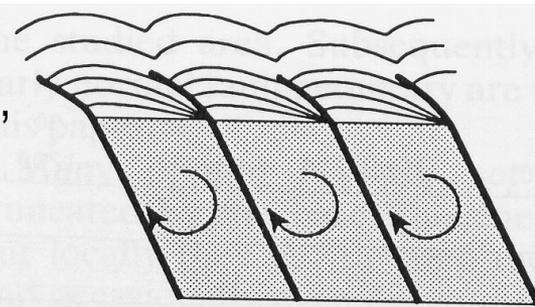
Le geometrie prodotte dall'Inversione Tettonica dipendono direttamente dalle geometrie relative alla fase tettonica precedente



In letteratura l'inversione positiva prevale su quella negativa: ciò sarebbe dovuto, almeno in parte, alla migliore possibilità di riconoscimento di inversione positiva lungo i profili sismici.



Wang et al.,
1995



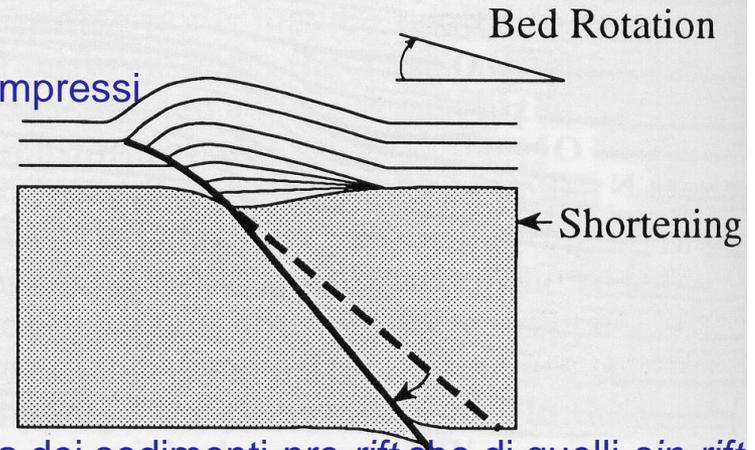
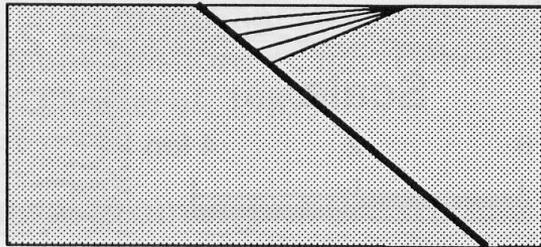
Rifting: Block Rotation

Pre-rift: block rotation and extension
Syn-rift: growth sedimentation

Inversion: Back Rotation

Pre-rift: reverse block rotation & contraction
Syn-rift: folding

Durante la *back-rotation* i sedimenti *sin-rift* saranno compressi in una serie di pieghe e faglie compressive.



Rotazione dell' *hangingwall*: comporta deformazione sia dei sedimenti *pre-rift* che di quelli *sin-rift*.

Rifting

Pre-rift: extension
Syn-rift: growth sedimentation

Wang et al., 1995

Inversion: Fault Block Flexural Cantilever

Pre-rift: contraction & cantilever flexure
Syn-rift: folding and rotation

Ipotesi di inversione tettonica nell'avampaese Apulo

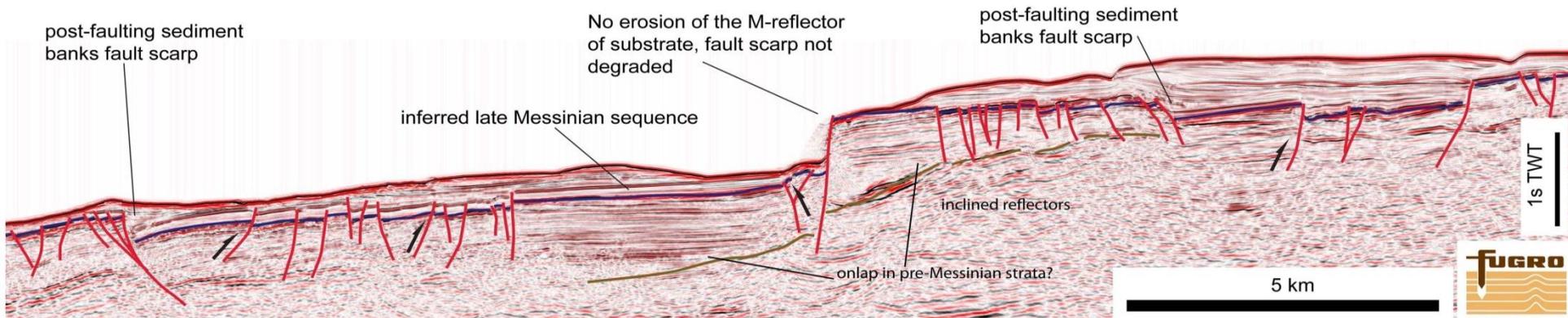
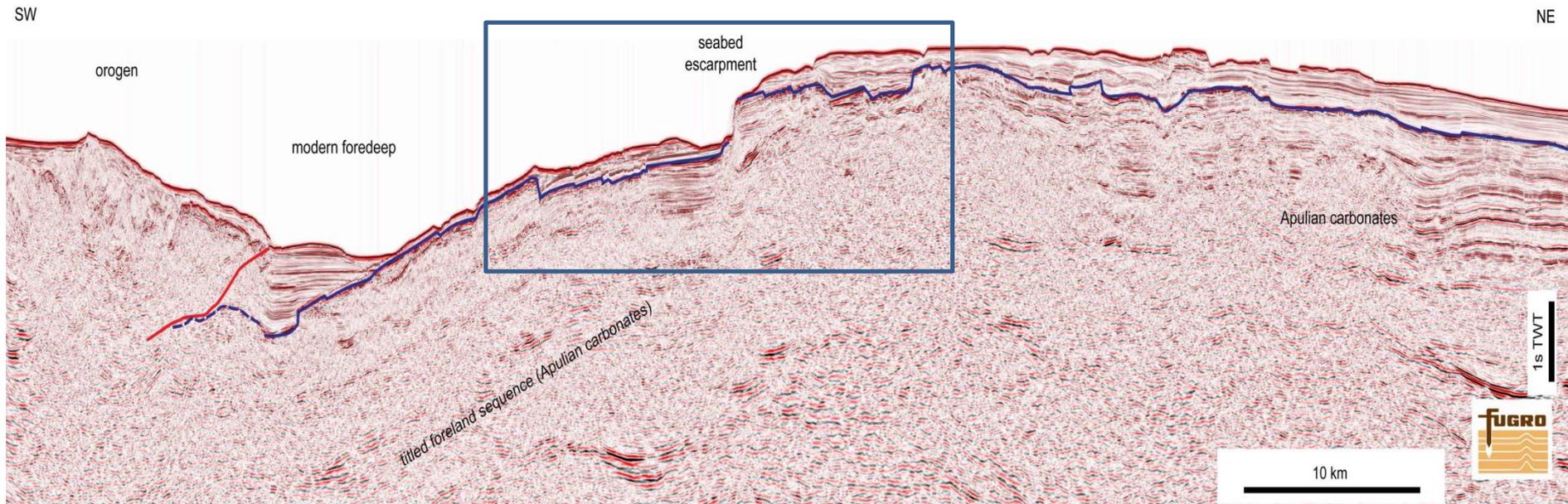
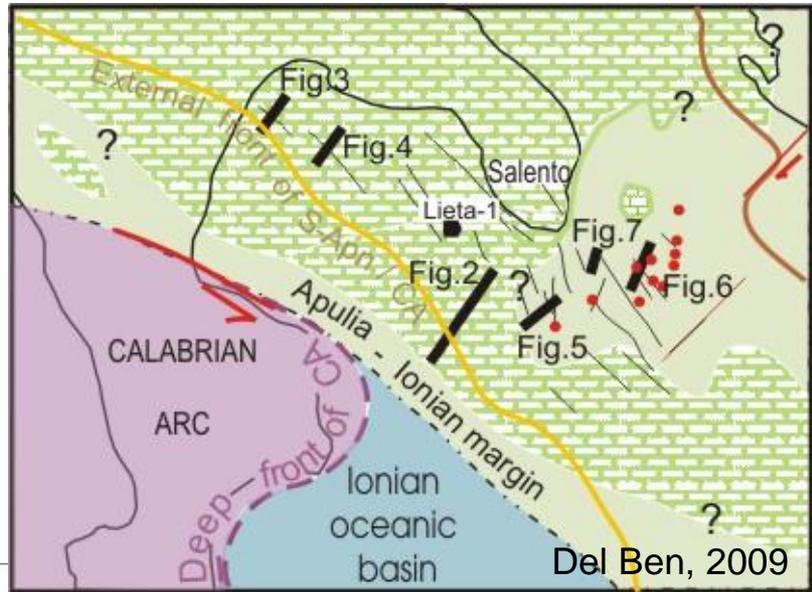
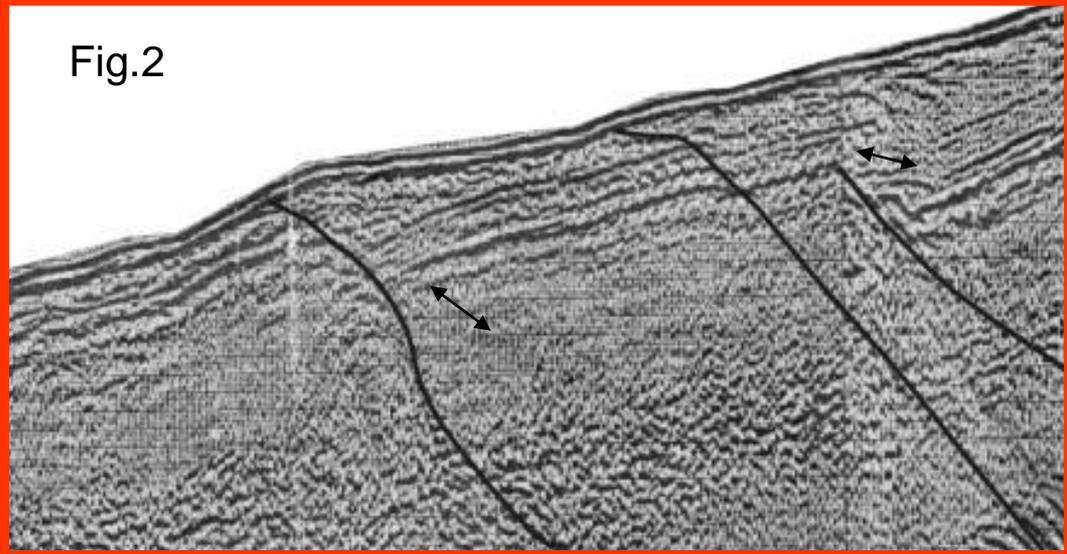


Fig.2



Fronte
Arco Calabro

10 km

Bacino di
foredeep
Plio-Quat.

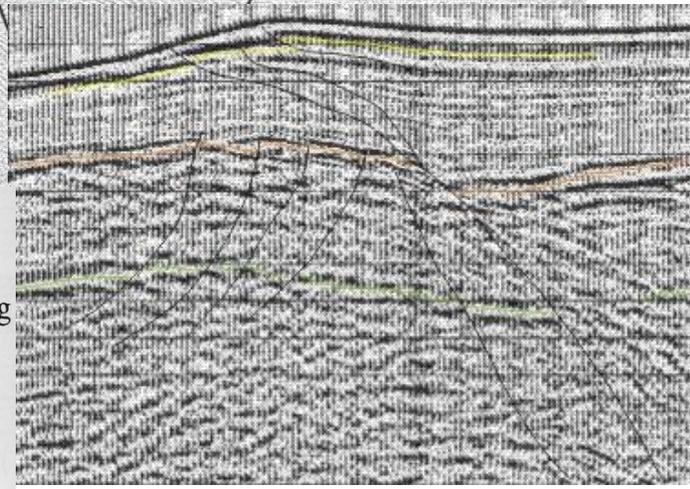
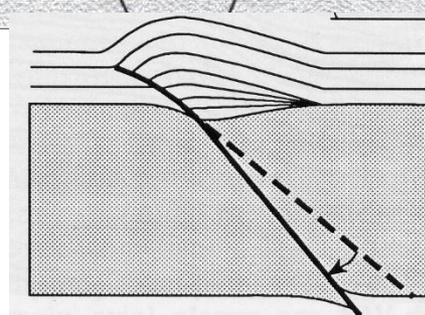
Tilting e fratturazione
della Piattaforma Apula
nel post-Messiniano

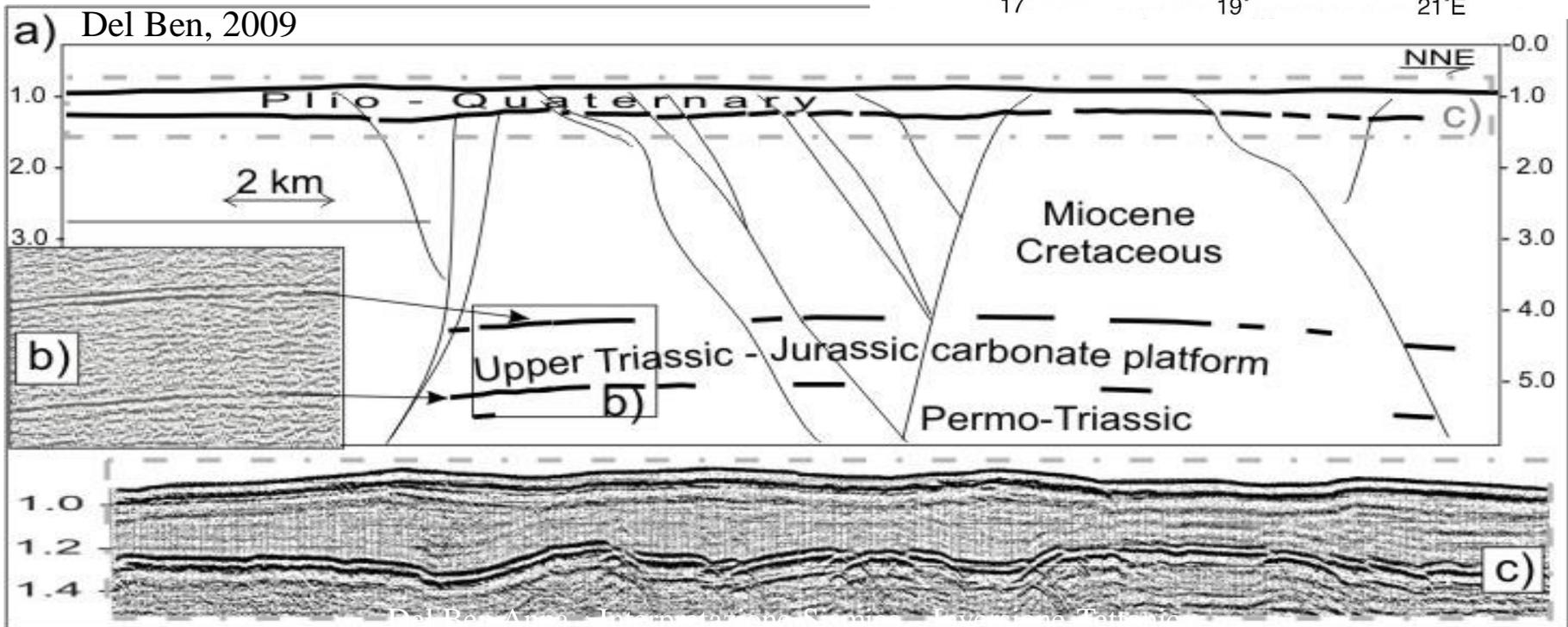
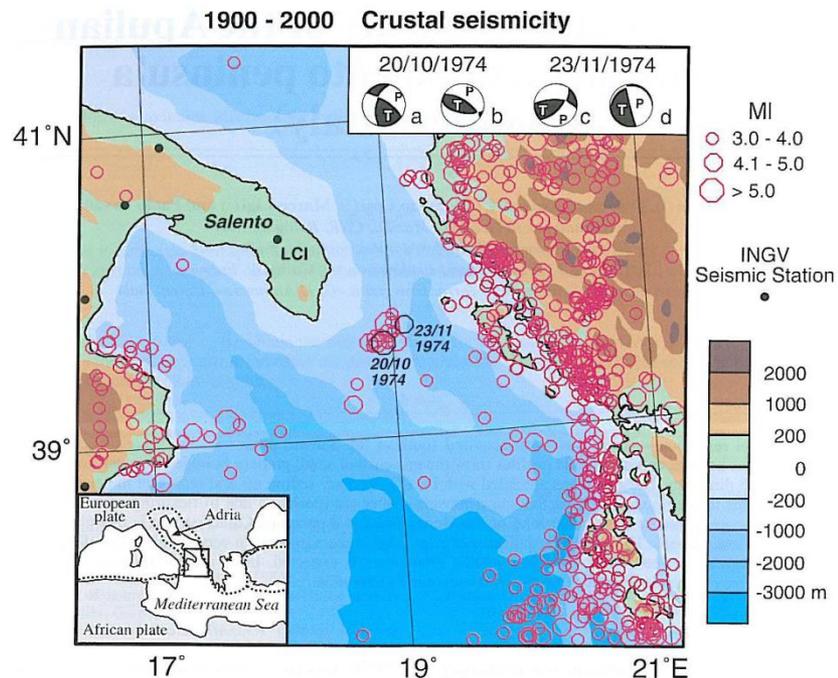
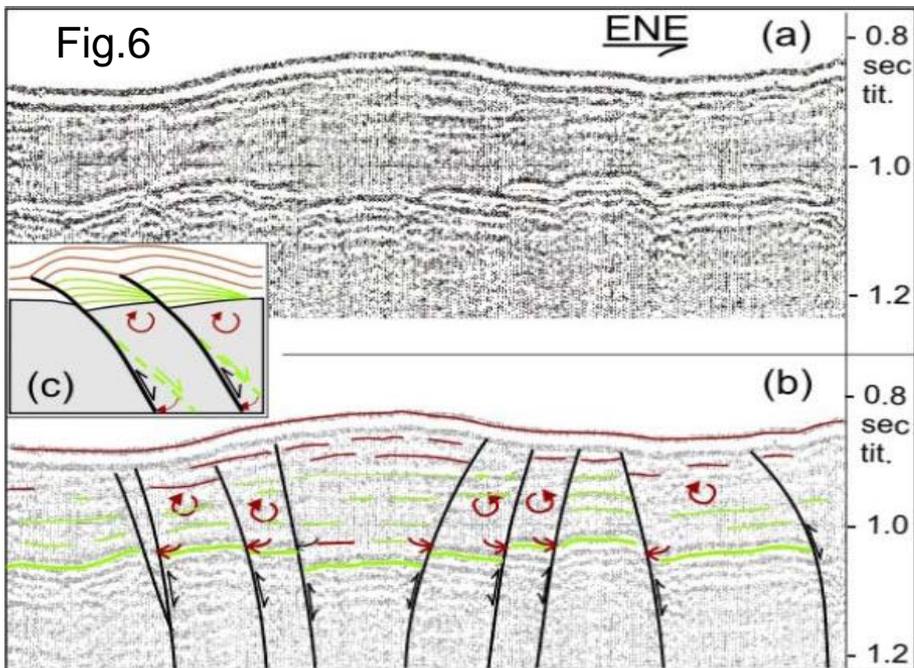
-1.0

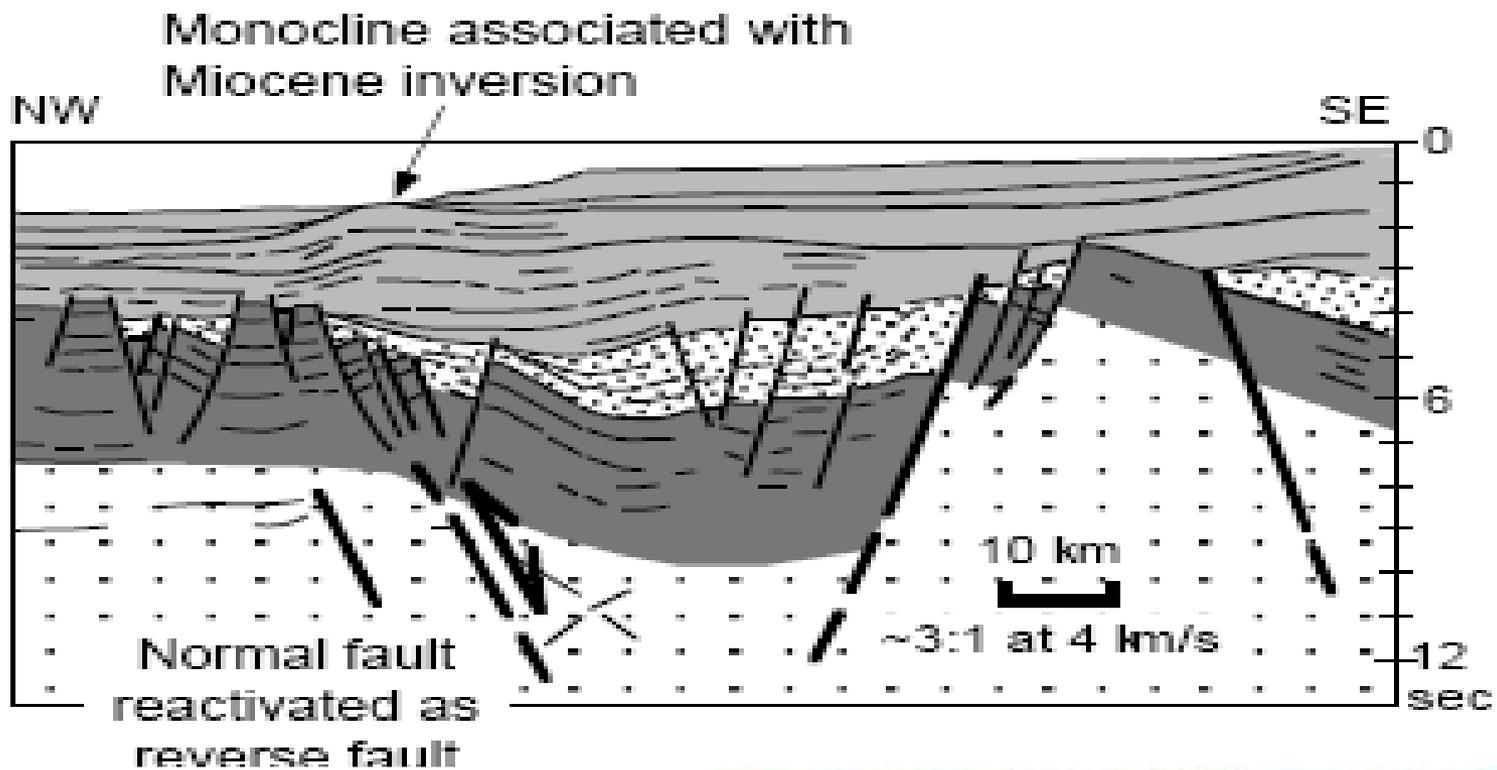
-2.0



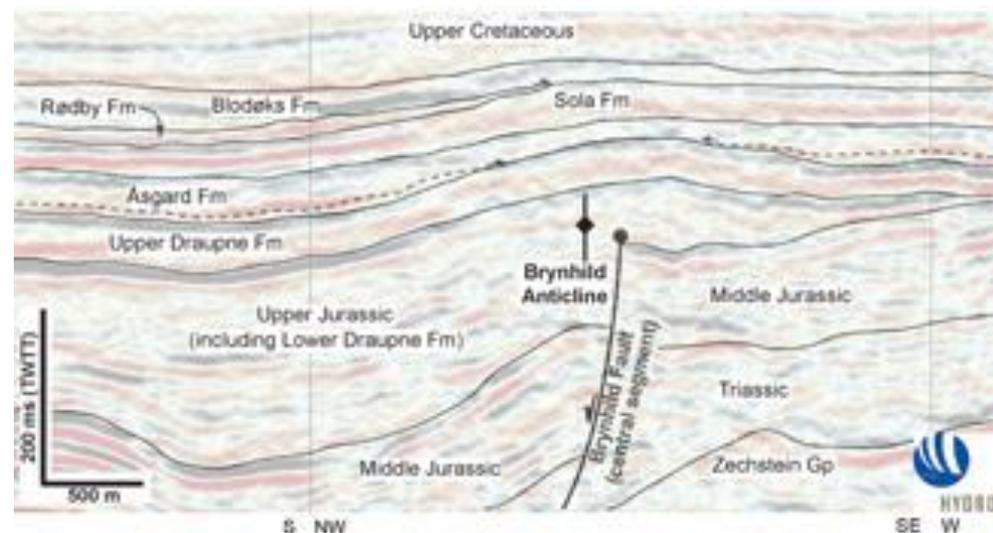
Shortening



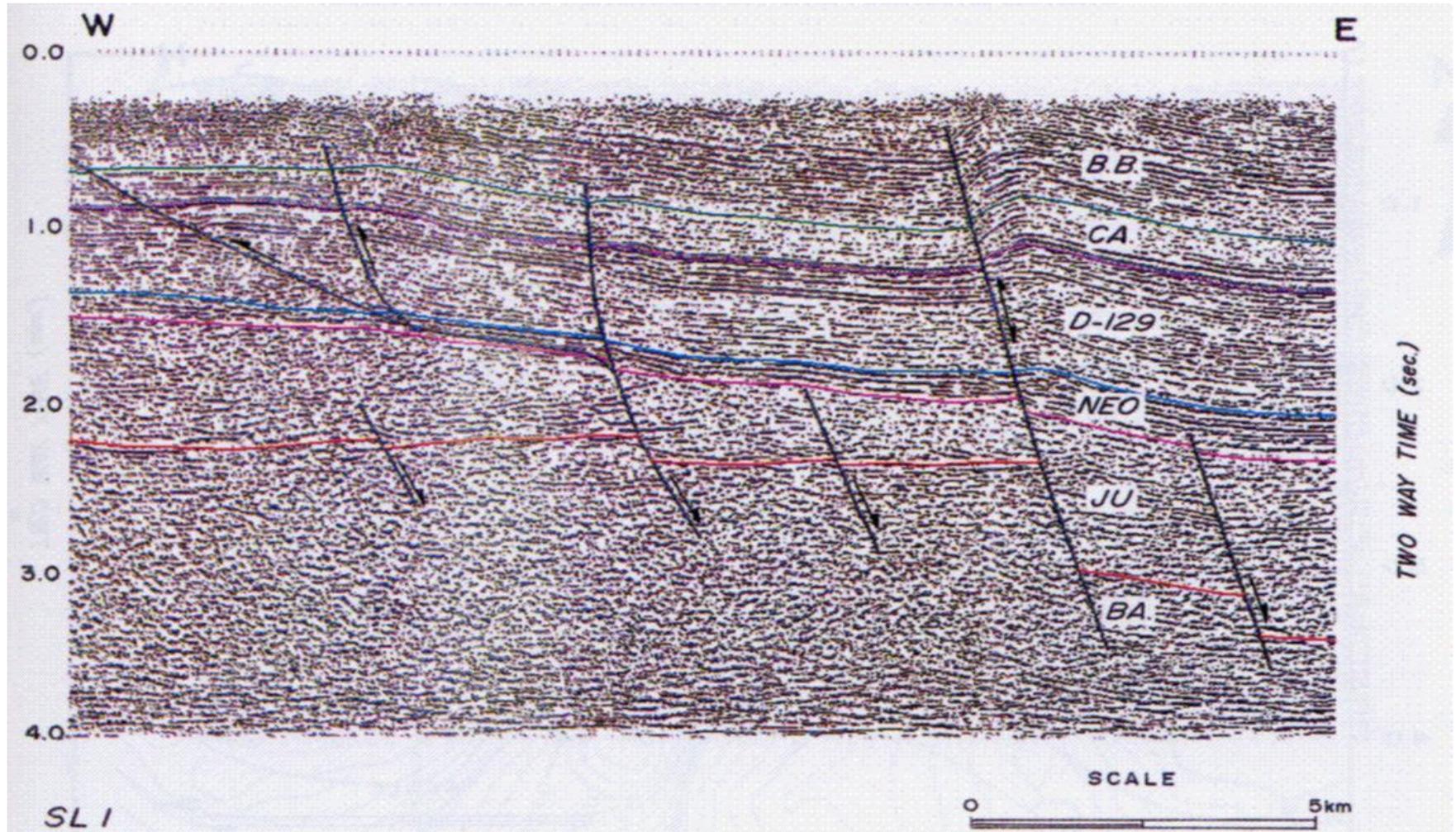




Si hanno molti esempi di riattivazioni di faglie (piani di debolezza) a tutte le scale: da faglie litosferiche a faglie o pieghe che interessano una parte ridotta della serie sedimentaria (come in figura, nella serie plastica più superficiale).

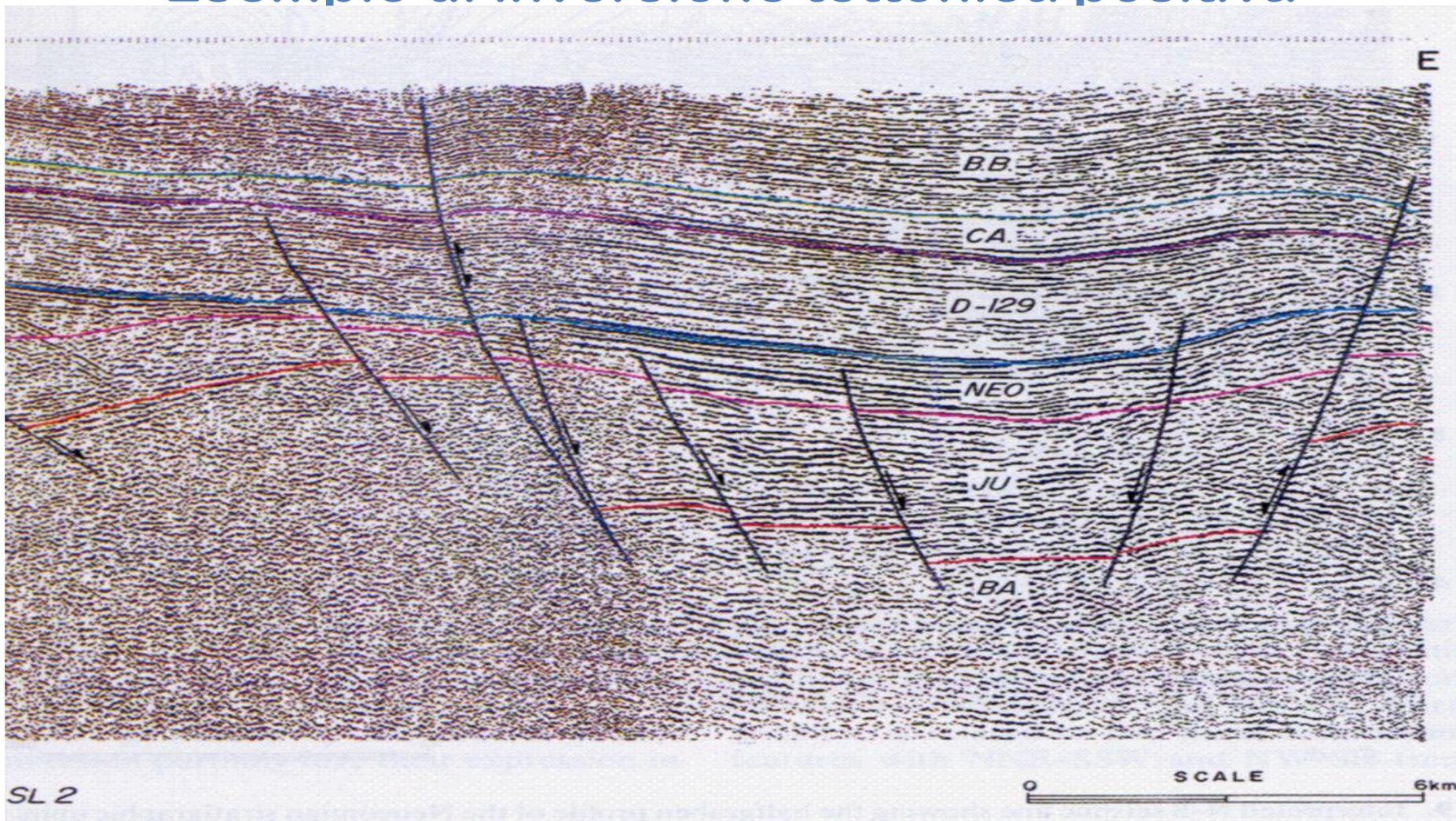


Inversione tettonica



L'inversione tettonica è stata evidenziata soprattutto in situazioni in cui, durante le prime fasi compressive di un orogene, i bacini preesistenti vengono incorporati in sistemi di pieghe e *thrust*.

Esempio di inversione tettonica positiva



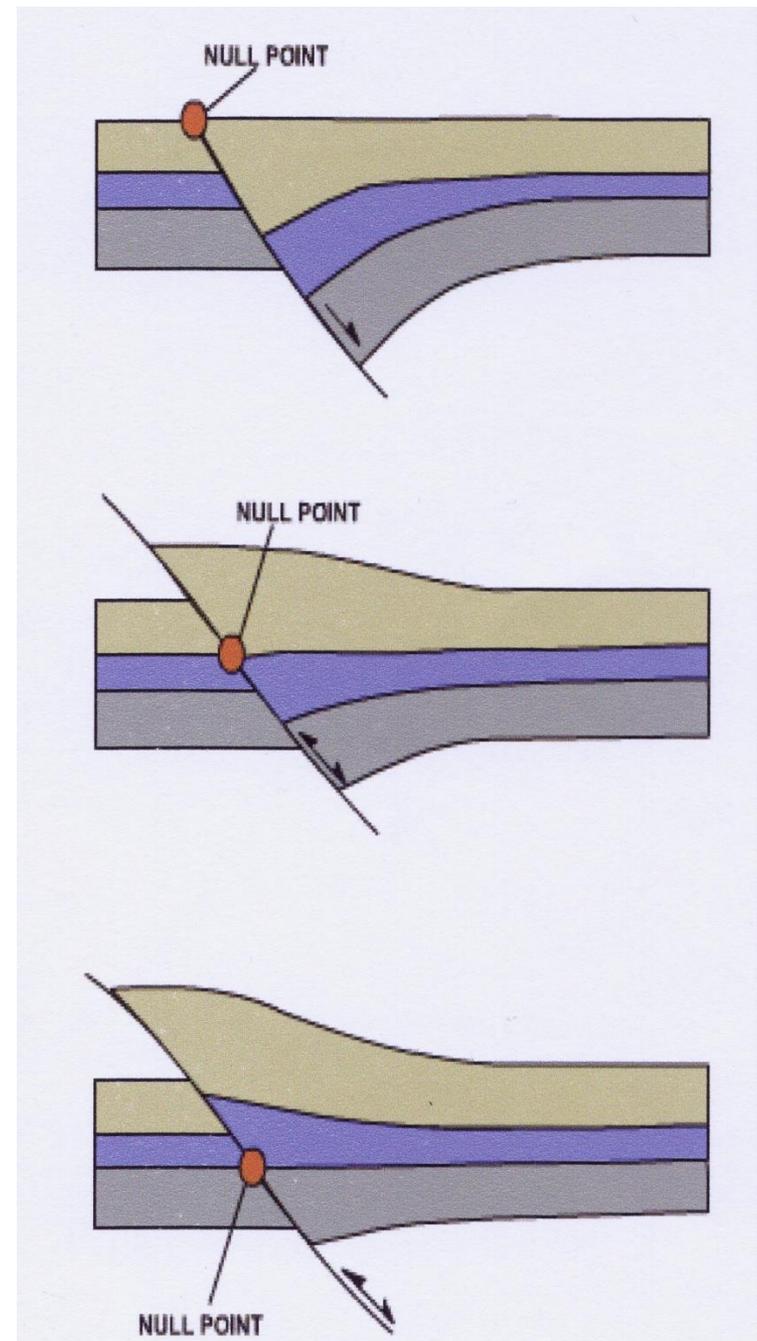
Qui, le faglie antiche, oggi disattivate, mostrano tettonica distensiva; le uniche due faglie ancora attive, originariamente di carattere distensivo, evidenziano una tettonica compressiva recente.

L'**inversione** è **totale** quando la serie precedente alle due fasi tettoniche, distinte ed opposte, risulta a rigetto zero.

Lungo la faglia si avrà un **punto nullo** dove il rigetto è pari a zero.

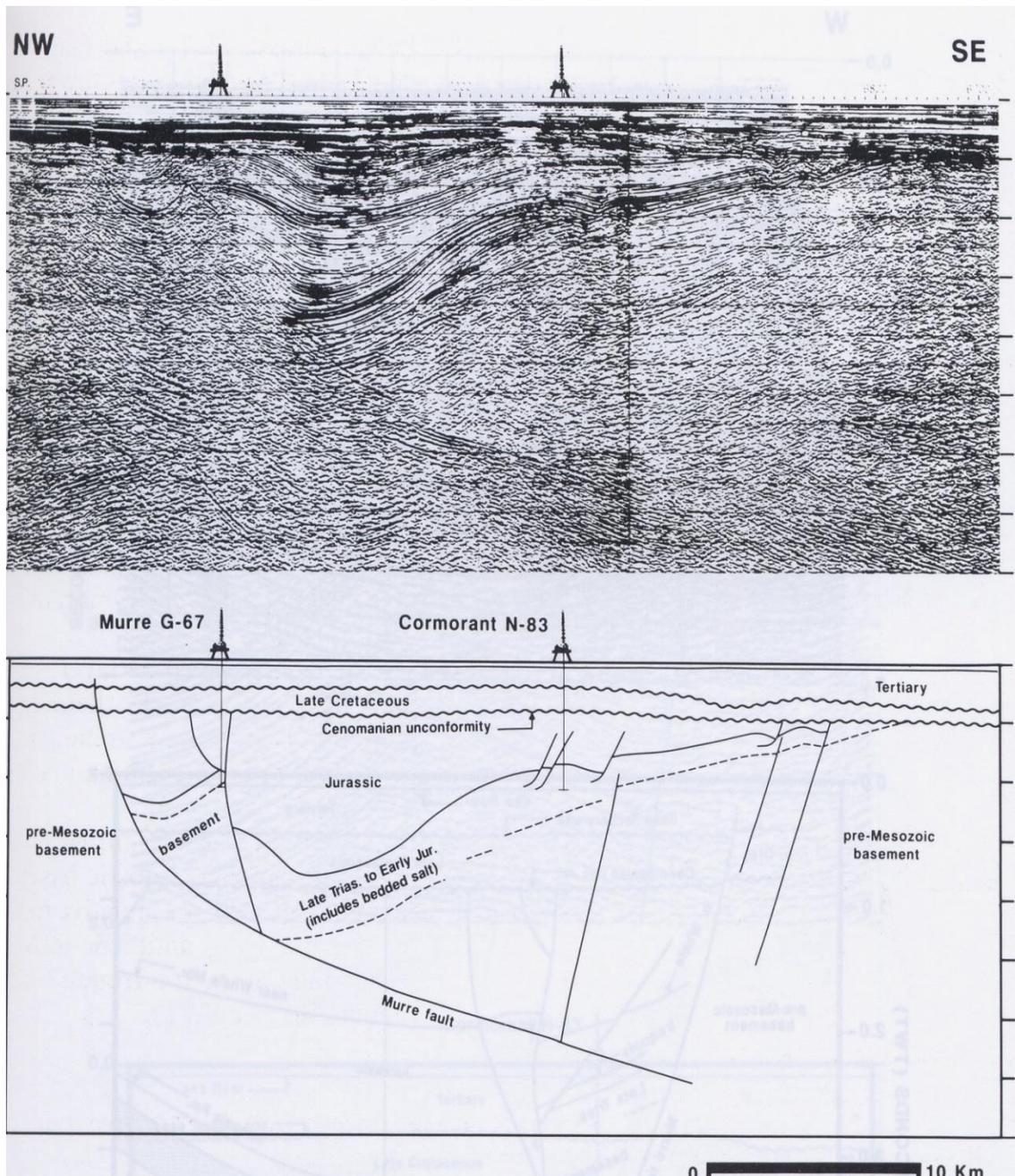
Il punto nullo separa in maniera netta una zona sottostante, dove si riconosce la distensione (componente residua della prima fase tettonica), da una soprastante, dove si riconosce la compressione

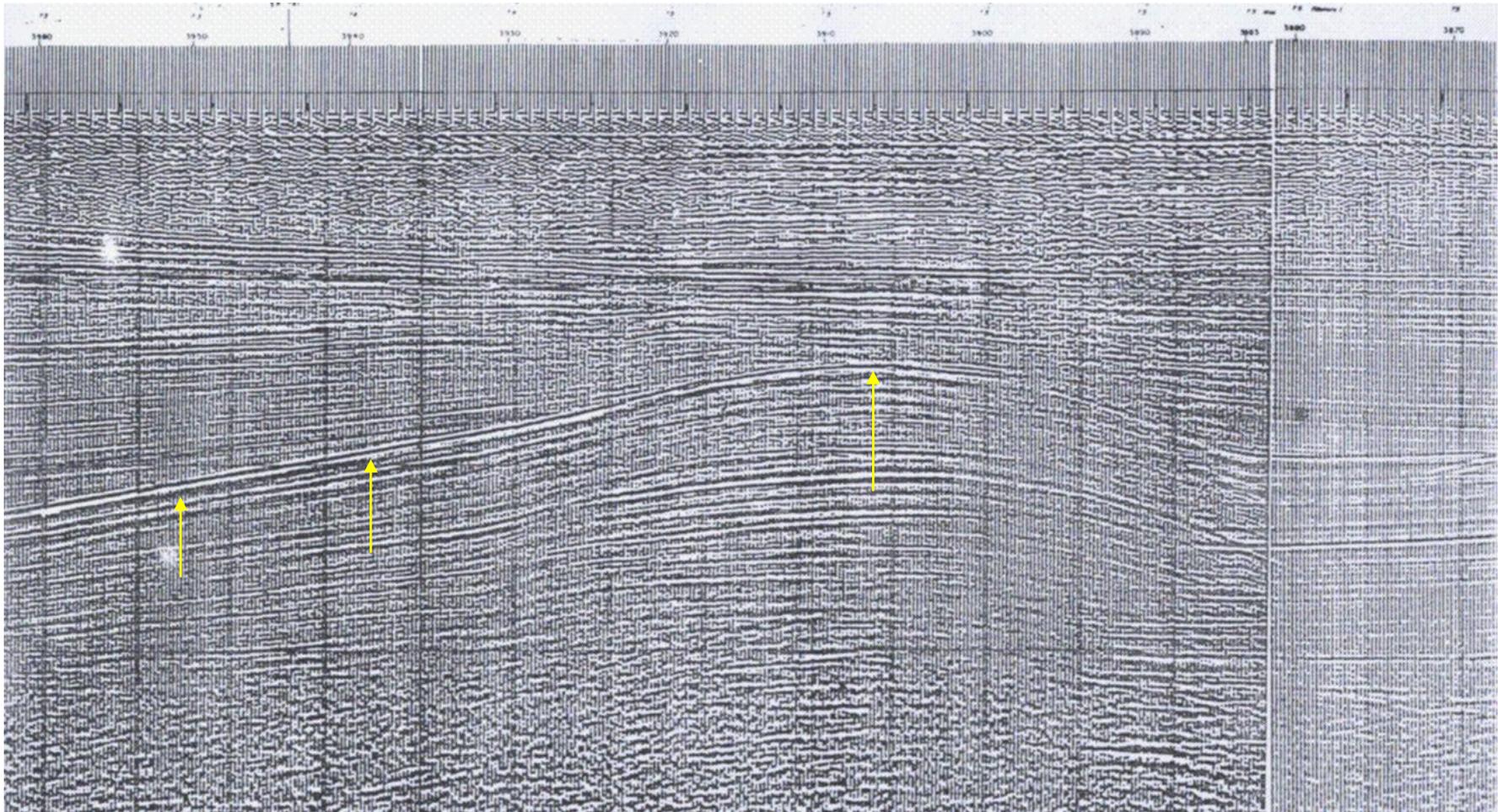
(viceversa nell'inversione negativa).



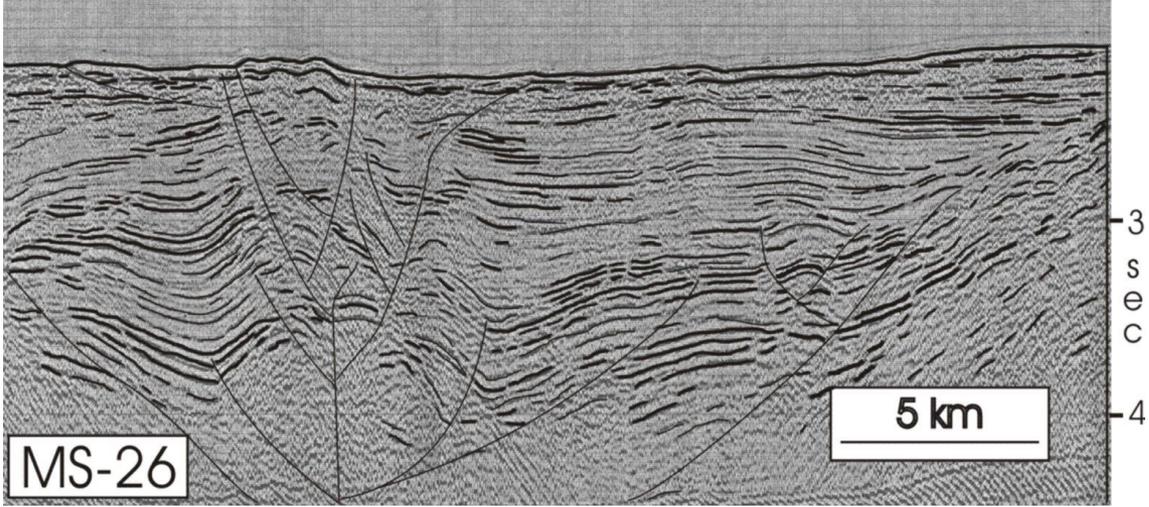
Gli elementi geometrici associati alla inversione tettonica sono:

- *Fold Growth* (anticlinale sopra la faglia riattivata)
- Spostamento del depocentro distante dalla faglia
- Ampia arcuatura e sollevamento
- Inversione del *tilting* nei blocchi fagliati
- Presenza di *back-thrust*
- Strutture di "*pop-up*" sviluppate contro la faglia distensiva

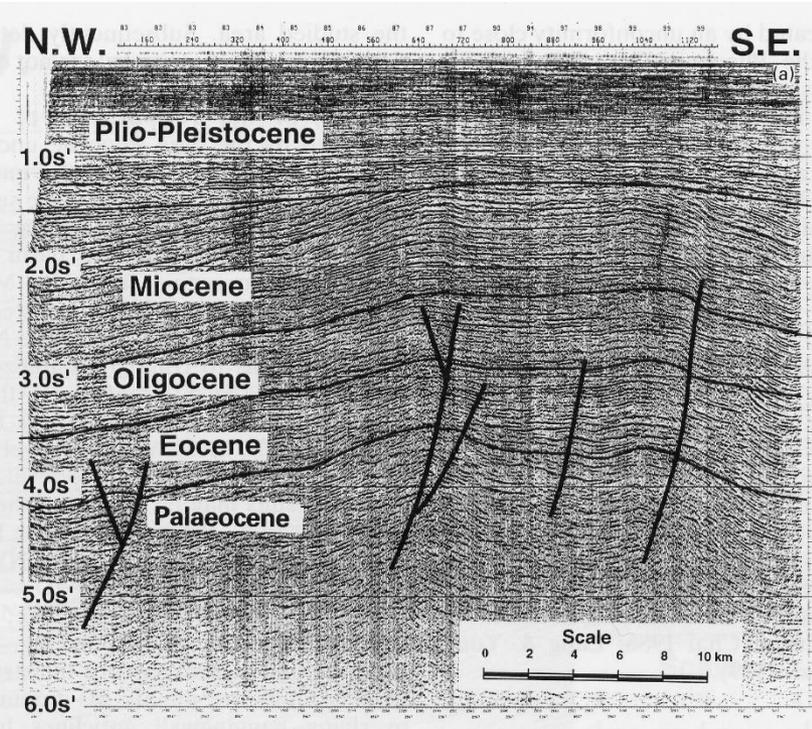
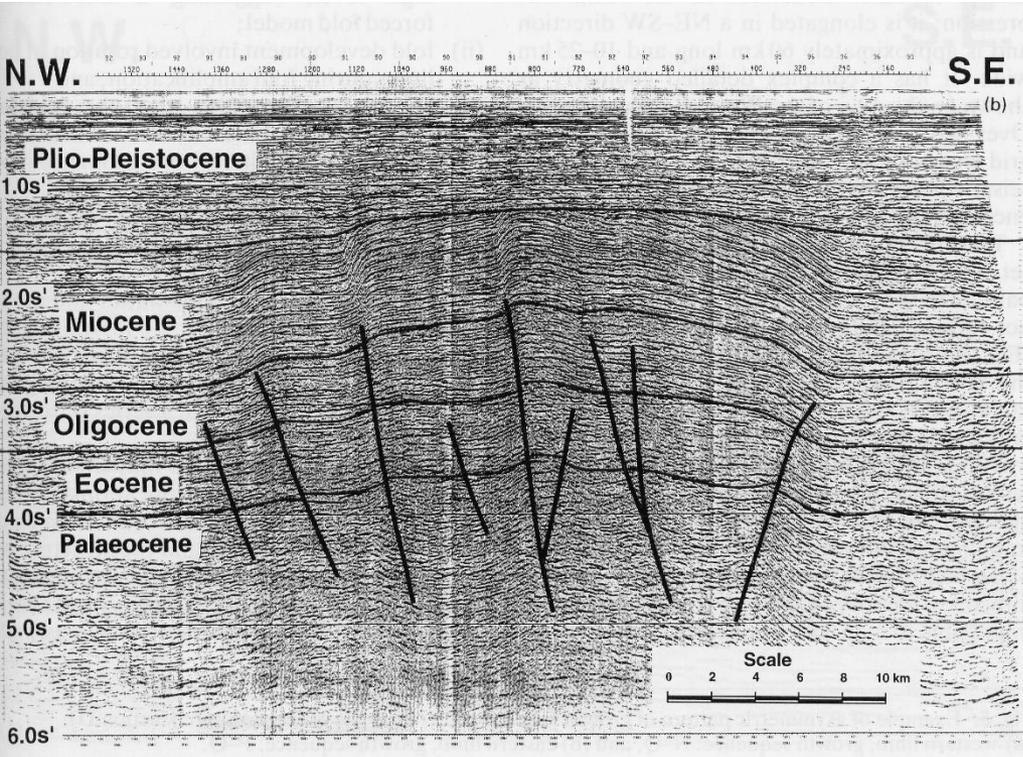




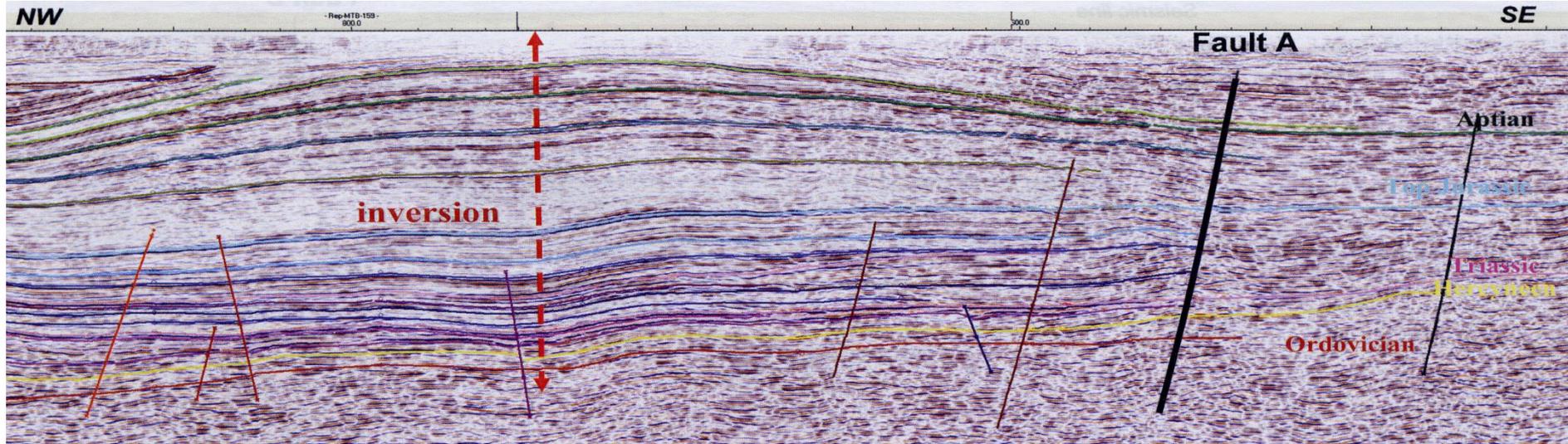
Esempio di inversione tettonica positiva in Adriatico centrale: la serie pre-Messiniana limitata dai due riflettori, risulta più spessa in corrispondenza dell'alto dell'anticlinale prodotta dalla fase tettonica compressiva, più recente rispetto alla precedente fase distensiva.



Lungo i sistemi di *strike-slip* si può assistere all'inversione tettonica della componente secondaria (distensiva o compressiva): la transtensione evolvi in transpressione (esempio in figure, a sinistra offshore dell'Arco Calabro), o viceversa.



Del Ben Anna - Interpretazione Sismica – Inversione Tettonica



Esempio di inversione tettonica in Tunisia

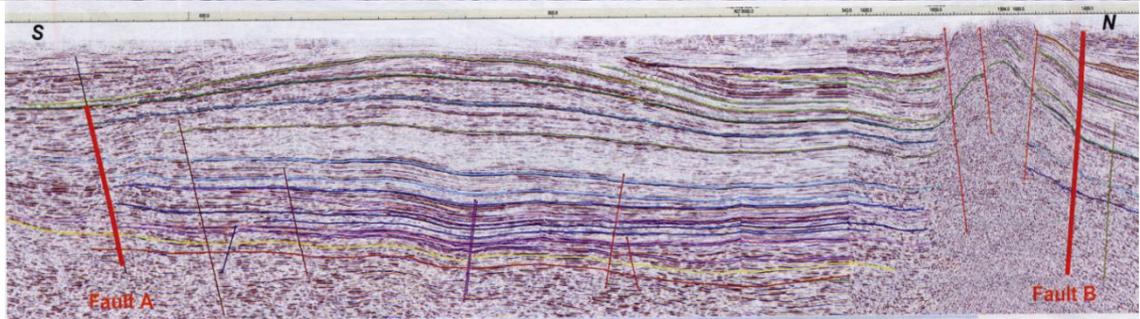


Figure 8 Composite seismic line through the Fejej Graben.

