

Monitoraggio delle acque sotterranee in aree industriali

Estratto dal Convegno “Caratterizzazione e quantificazione del trasporto solido su
piccoli bacini alpini”, Milano, 22/10/2003

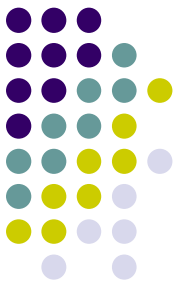
Presentazione a cura di V. Francani, P. Gattinoni, L. Scesi

Presentazione divisa in quattro parti

PARTE I

www.engeology.eu

"Caratterizzazione e quantificazione del trasporto solido
su piccoli bacini alpini"

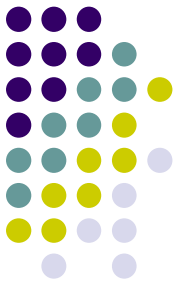


Le fonti di trasporto solido in alveo e l'evoluzione morfologica dei corsi d'acqua

V. Francani, P. Gattinoni, L. Scesi

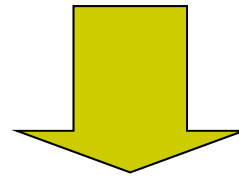
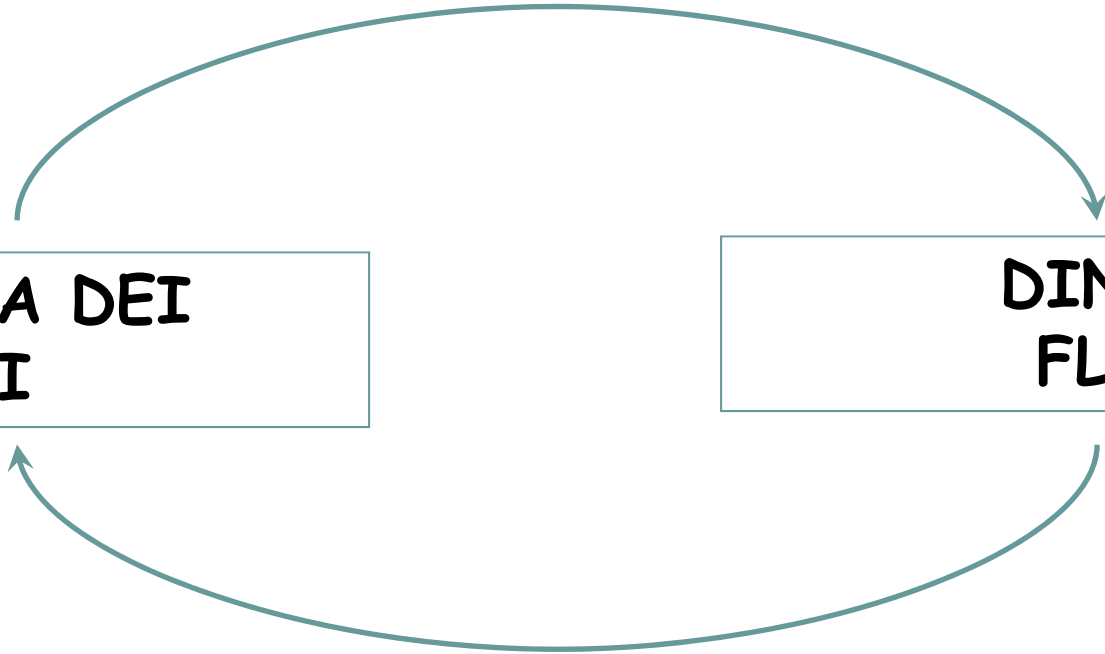


Milano,
22 ottobre 2003

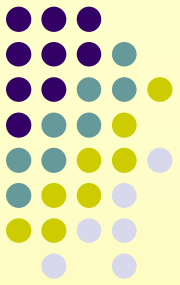


**DINAMICA DEI
VERSANTI**

**DINAMICA
FLUVIALE**

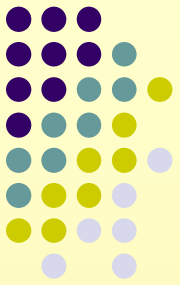


**UNA CORRETTA GESTIONE DEGLI INTERVENTI DI SISTEMAZIONE
DEGLI ALVEI FLUVIALI RICHIEDE UNA DETTAGLIATA CONOSCENZA
DEI RAPPORTI TRA I PROCESSI FLUVIALI E LE PERDITE DI
MATERIALE IN ALVEO PER INSTABILITA' DELLE SUE SPONDE O,
PIU' IN GENERALE DEI PENDII CHE LO DELIMITANO**



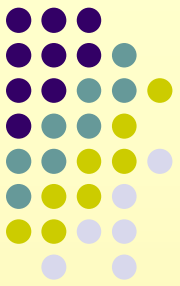
La dinamica degli alvei è spiegabile con il succedersi , lungo il corso d'acqua, di condizioni di moto differenti, che promuovono l'erosione, o il trasporto o la sedimentazione del materiale che costituisce l'alveo.

Per analizzare tali fenomeni, esistono diverse tecniche, semplificate attraverso diagrammi velocità-movimento dei granuli (es.Hjulstrom).



Altrettanto basilare è il concetto di pendenza di compensazione, che rappresenta l'inclinazione locale del fondo che garantisce l'equilibrio tra fenomeni di sedimentazione ed erosione, assicurando il mantenimento della conformazione esistente dell'alveo.

Una delle relazioni più semplici per determinare tale pendenza di compensazione J_c è quella di Valentini.

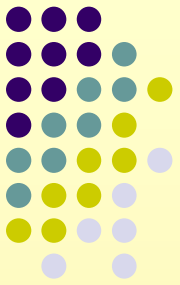


Volume di materiale mobilizzabile

L'esame della morfologia e della geologia dei bacini permette di valutare l'entità del volume di materiale che si può accumulare sui fondi-valle a seguito di un evento estremo. Tropeano e Turconi, sulla base di un'ampia raccolta di dati sui bacini alpini, hanno elaborato una relazione che consente una prima stima del **volume di materiale mobilizzabile** in seguito a un evento estremo:

$$V = (JA_r S(n+1) e^f) / 1000$$

V è il volume da calcolare, A l'area del bacino, S lo spessore medio della coltre detritica mobilizzabile e J la pendenza media del bacino. r rappresenta il rapporto fra la superficie coperta dal materiale mobilizzabile e quella del bacino, f la frequenza degli eventi alluvionali in un secolo. n costituisce la percentuale dei detriti suscettibili di mobilizzazione in tempi lunghi.



Indici di suscettibilità alla mobilizzazione

Il prodotto **JA** rappresenta il cosiddetto **indice di gradiente**, che può essere utilizzato per correlare la mobilità dei sedimenti con l'estensione delle loro fonti di alimentazione (Mosley)

Un indice simile è il CAI, **indice di contributo areale**, dato dal prodotto **JA^{0,5}**.

Bilancio del materiale solido

Q_s = portata solida / largh.sezione

$$Q_s = 2,5(J/\gamma)(Q-Q_c)$$

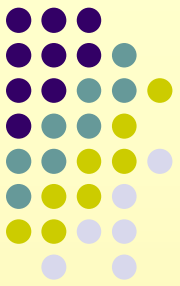
Q = portata liquida per metro di larghezza

Q_c = portata critica per metro di larghezza

$$Q_c = 0,26(\gamma-1)^{5/3} D_{40}^{3/2} J^{7/6}$$

Queste relazioni sono tra le più semplici fra quelle che vengono utilizzate per valutare l'entità del trasporto solido in alveo. Esse consentono di calcolare per ogni tratto di corso d'acqua il bilancio fra volumi solidi entranti e uscenti





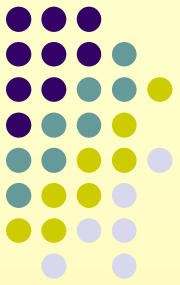
Una più accurata valutazione della portata solida, può essere fatta utilizzando formule più complesse, che richiedono però un non grande numero di ulteriori parametri; ad esempio, è nota quella di Meyer-Peter e di Muller nelle sue diverse formulazioni; è stata sperimentata recentemente con successo la relazione proposta da Preti e Pica (1998) :

$$Q_s = (0,74 \gamma_s / \gamma^* 1,8 g^{0,119}) (Q^{1,238} J^{1,68} / d^{0,594})$$

In questa relazione, che si riferisce ai casi in cui tutto il materiale di fondo è mobilizzato, γ_s rappresenta il peso specifico del solido, γ^* indica il rapporto $(\gamma_s - \gamma) / \gamma$, d il diametro medio in peso dei sedimenti dell'alveo.

La sperimentazione ha stabilito che la portata solida può essere approssimata utilizzando la relazione :

$$Q_s = 12900 CAI^{1,61}$$



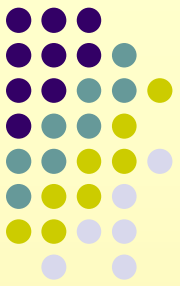
Il parametro T rappresenta lo sforzo della corrente tangenziale alla parete, è dato dalla relazione :

$$T = Q^{3/8} J^{13/16} / \gamma * g^{3/16} d^{15/16}$$

Quando T è inferiore a 0,2 il trasporto è assente

Fra $0,2 < T < 0,5$ vengono rimossi solo i sedimenti fini e il fondo si corazza

Per valori maggiori di 0,5, il fondo è mobilizzabile



La pendenza di equilibrio risulta calcolabile con la semplice relazione (Rodriguez-Iturbe , Rinaldo e al.,1992)

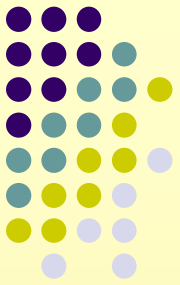
$$J_c = CAI$$

In queste condizioni, è possibile che per molti tratti d'alveo, la pendenza di equilibrio sia raggiunta, e che si non avvenga più trasporto né erosione del letto del fiume.

In queste condizioni, continua l'erosione delle sponde, che in alcuni corsi d'acqua rappresentano una perenne fonte di detrito .

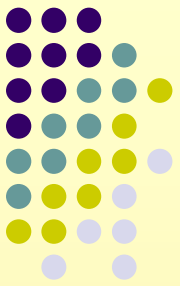
Questo accade anche quando il letto del fiume assume una struttura “corazzata” per la sovrapposizione dei ciottoli grossolani ai sedimenti più fini.

Profili di fondo



E' quindi necessario ricorrere alla costruzione dei profili di fondo dei corsi d'acqua del bacino, suddividendo i tratti nei quali viene superata la pendenza di equilibrio (tratti in erosione); quelli in equilibrio; quelli in cui la pendenza è inferiore a quella di compensazione.

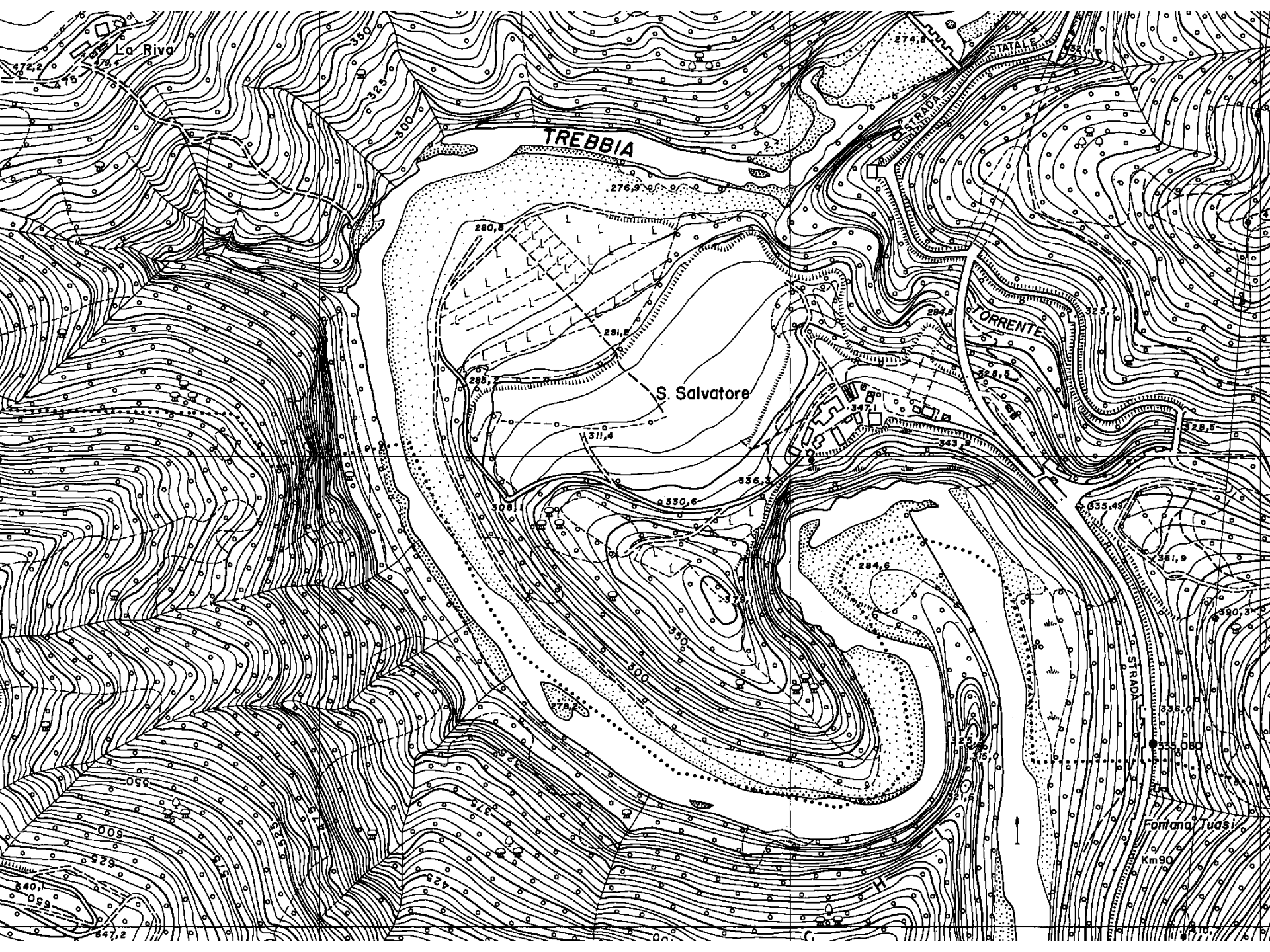
In questi prevalgono i fenomeni di deposizione e sovralluvionamento.

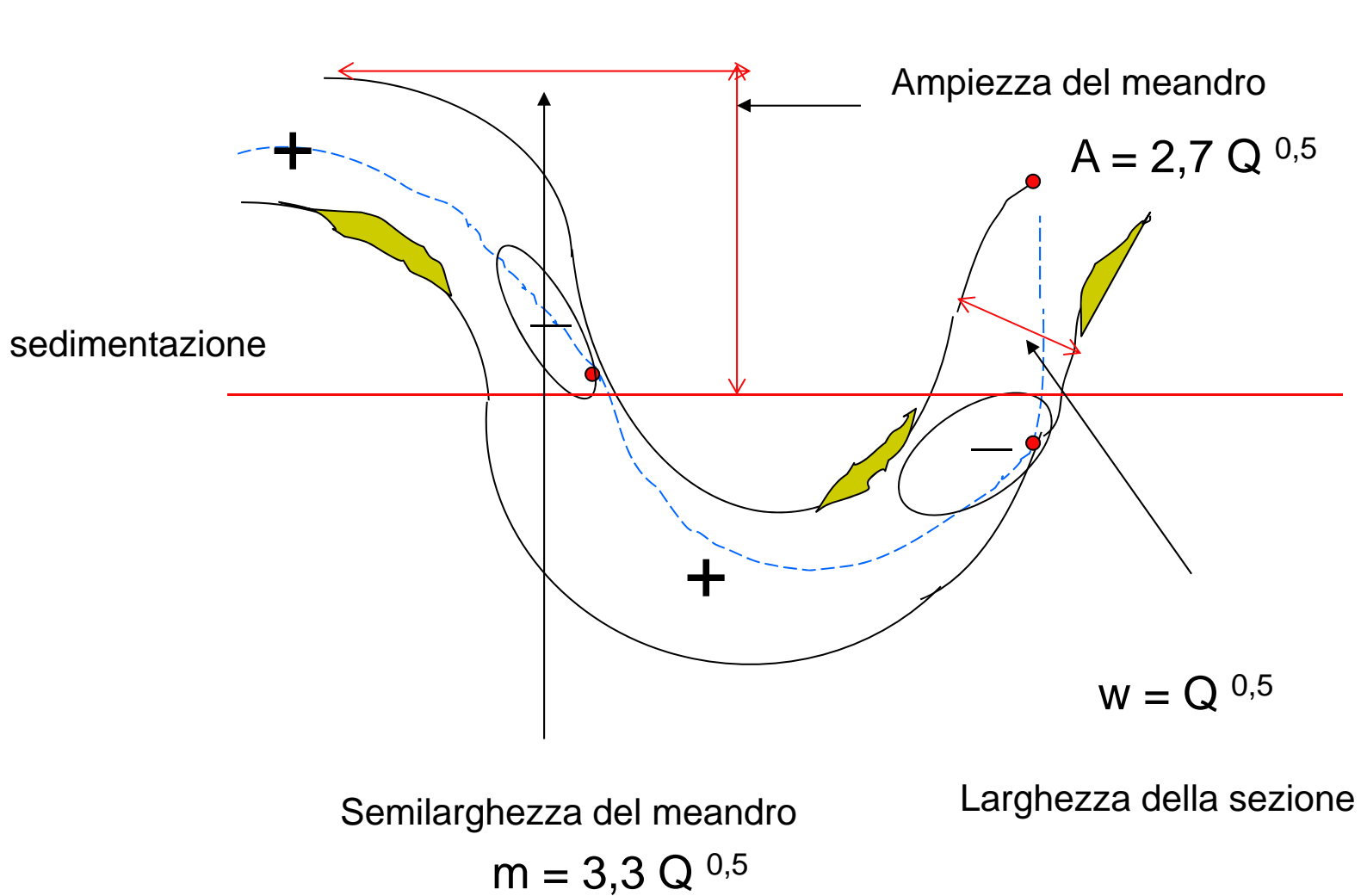


Fonti di detrito

In alcune circostanze, gli alvei raggiungerebbero l'equilibrio se non avvenissero fenomeni che apportano materiale in eccesso, anche senza interventi antropici. Questi fatti sono legati

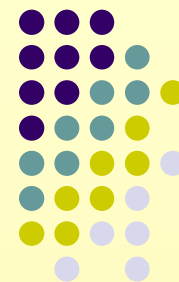
- a) Alla formazione di meandri e alla loro evoluzione
- b) Alla dissimmetria del percorso del filo della corrente rispetto all'alveo
- c) Alle variazioni del rilievo dovute a fattori neotettonici e alla subsidenza, che variano la pendenza del fondo
- d) Alle asimmetrie della struttura geologica, che spinge all'erosione delle sponde





Geometria dei meandri

Erosione di sponda per variazioni di forma dei meandri



a) Nel caso di formazione dei meandri, questi sono soggetti alle variazioni climatiche di lungo periodo, le quali impongono variazioni della portata media annua. La forma dei meandri dipende dalla larghezza w dell'alveo.

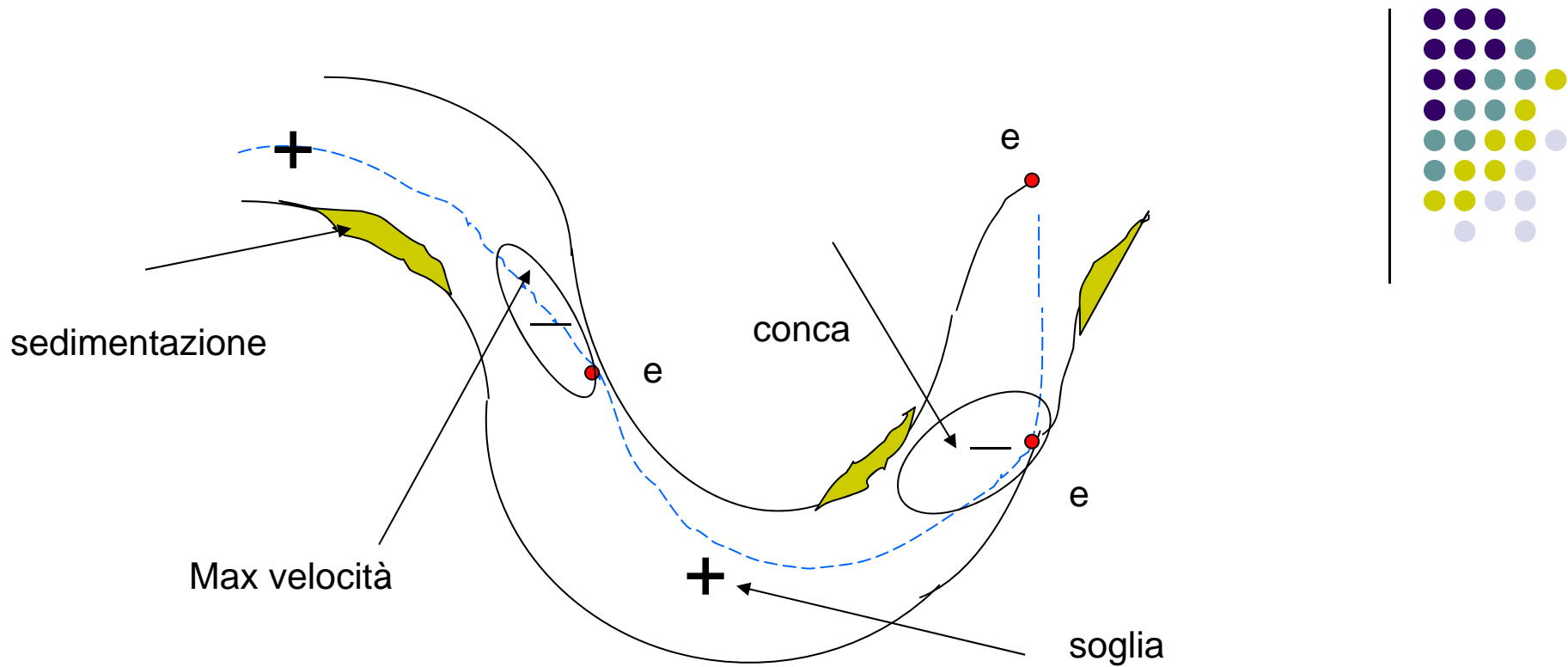
b) Dal momento che la larghezza w del fiume è all'incirca calcolabile dalla:

$$w = Q^{0,5}$$

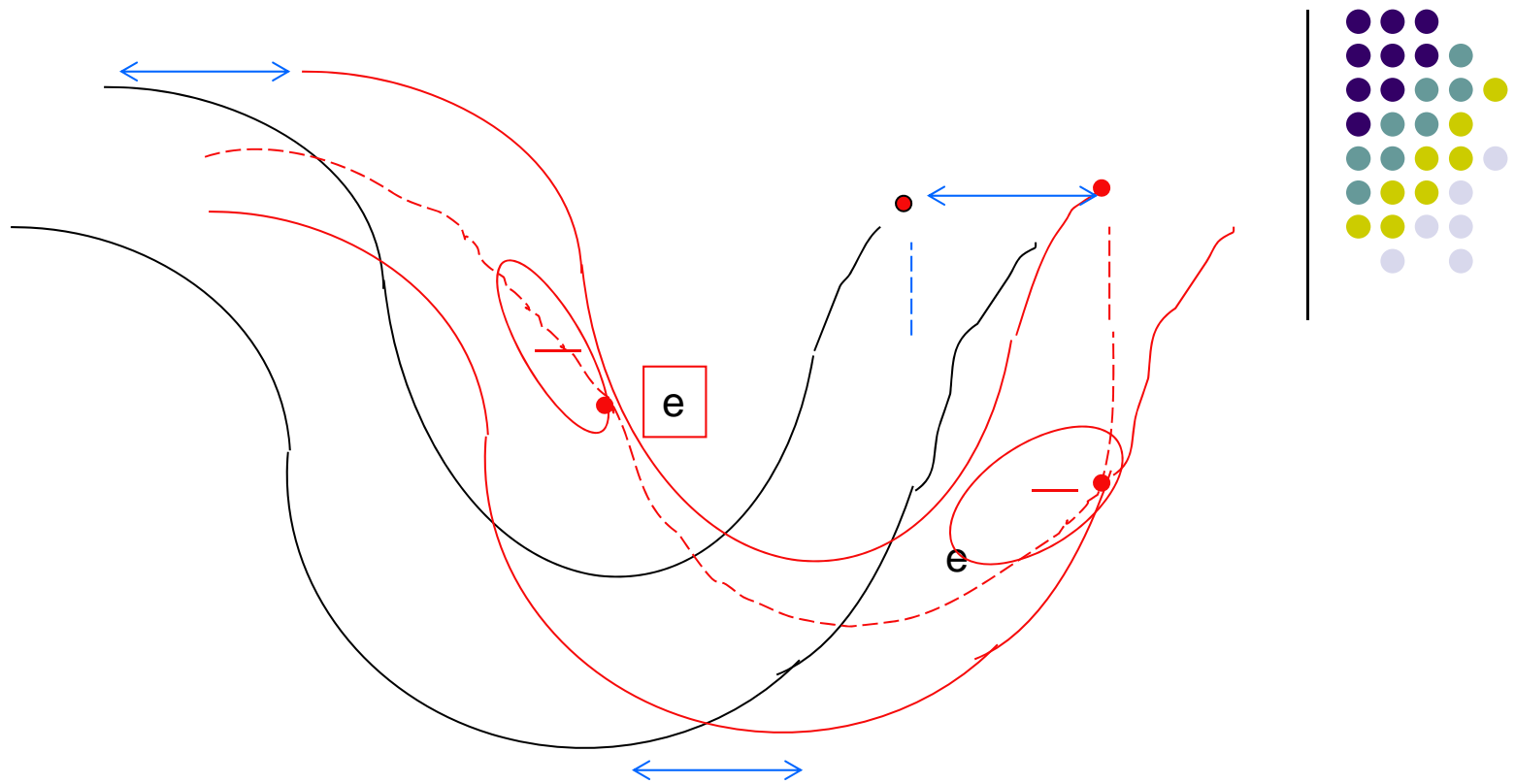
c) la lunghezza dei meandri M (distanza fra due vertici successivi) è pari a circa $6,6 Q^{0,5}$

d) l'ampiezza A dei meandri è invece $A = 2,7 Q^{0,5}$

e) Queste variazioni dell'assetto dei meandri provoca erosione di sponda su larghissimi tratti con lenta progressione nel tempo, ma è caratterizzata spesso da episodi isolati spesso catastrofici

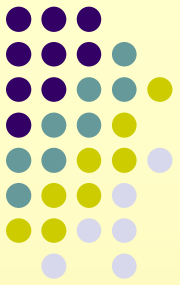


Lungo il corso d'acqua, il filo della corrente è asimmetrico rispetto alle sponde, e produce dei punti di erosione preferenziale dove è ad esse tangente scavati in alveo (conche) e nelle ripe. Queste conche risultano separate da punti di alto (+) detti soglie. Sulla sponda opposta, dove la velocità della corrente è molto bassa, si ha sedimentazione



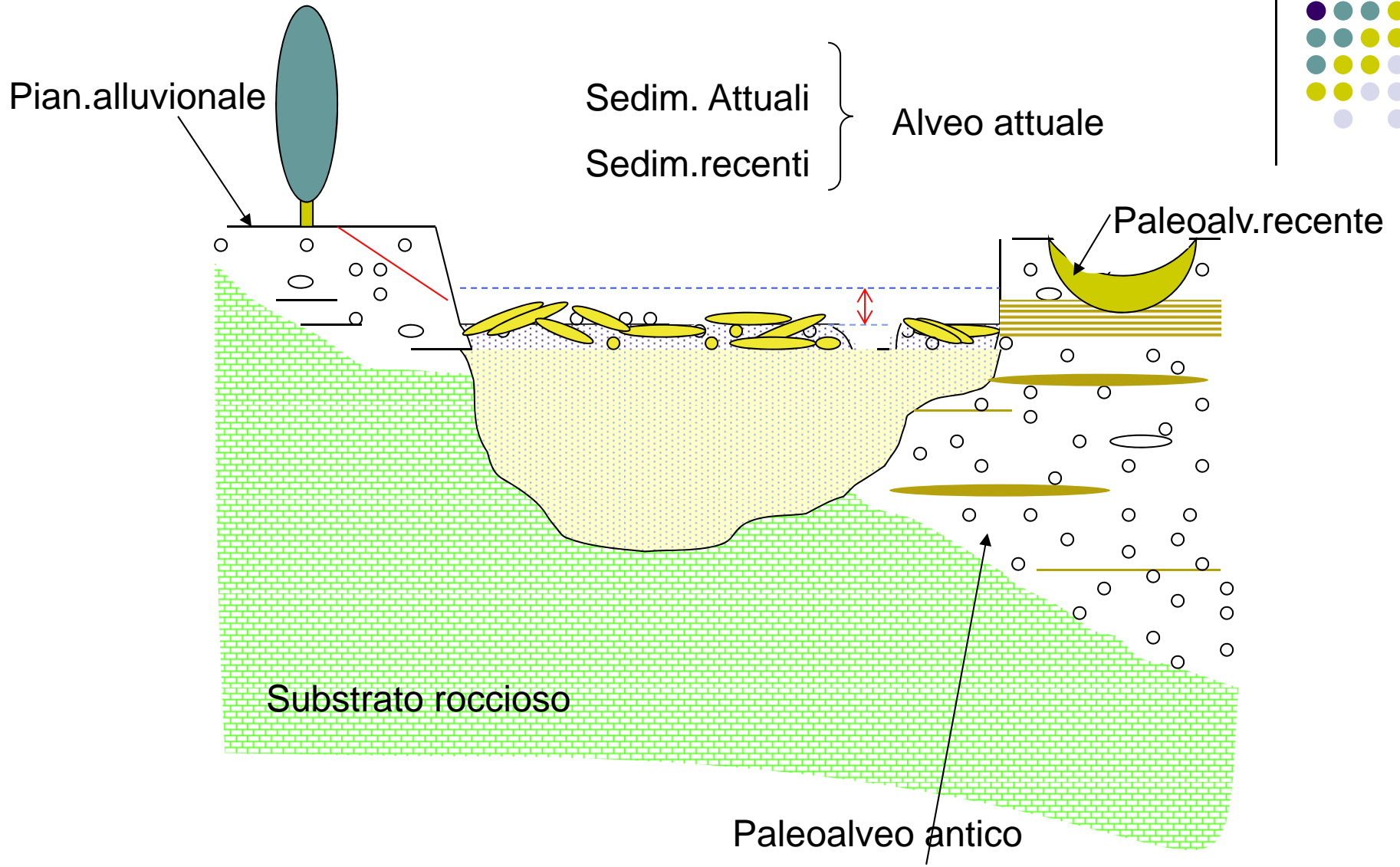
Questo fenomeno produce una traslazione verso valle dei meandri, indicata con la doppia freccia, che produce l'erosione dei tratti sponda lungo tutta la valle fluviale.

Erosione di sponda per riduzione di pendenza



- a) Quando per motivi naturali o antropici, varia la pendenza dell'alveo, a parità di portata media, la velocità della corrente aumenta o diminuisce proporzionalmente alla pendenza J .
- b) Indicando con d la profondità media dell'alveo, notiamo che essa risente degli aumenti di pendenza per l'incremento di velocità della corrente, che produce erosione: esiste un rapporto fra Q, J, d e la velocità media v che Leopold definisce con la relazione :
- c) $v = d^{0,75} J^{0,5} / r$, in cui r rappresenta la rugosità , che è calcolabile da tabelle (Strickler) e relazioni empiriche, come $r = Q^{0,3}$.
- d) Secondo Leopold, da queste elaborazioni risulta che
 $w = Qr / d^{0,75} J^{0,5}$.
- e) Abbiamo pertanto che, riducendosi la pendenza, la larghezza della sezione fluviale tende ad aumentare, ponendo in condizioni critiche le sponde.

Principali strutture di interesse geologico

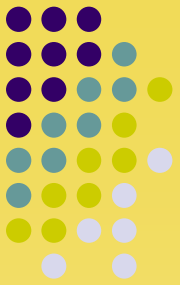


Valutazione preliminare di stabilità



	zona alta del bacino	zona mediana del bacino	zona bassa del bacino
Evidenze di erosione	strutture a blocchi sospese vecchi alvei vecchi franamenti strutture sottoscavate radici esposte alvei stretti incisi terrazzi franamenti di sponda letti corazzati/compattati grandi spessori di ghiaia in sponde con materiale fine al tetto	vecchi alvei strutture sottoscavate radici esposte alvei stretti incisi terrazzi franamenti di sponda letti corazzati/compattati grandi spessori di ghiaia in sponde con materiale fine al tetto	vecchi alvei strutture sottoscavate radici esposte alvei stretti incisi terrazzi franamenti di sponda grandi spessori di ghiaia in sponde con materiale fine al tetto
Evidenze di accumulo	strutture sepolte suoli sepolti grandi barre non compatte erosioni di sponda in magra molte barre non vegetate grandi spessori di materiale fine in sponde con ghiaia al tetto grandi ostruzioni ai ponti	strutture sepolte suoli sepolti grandi barre non compatte erosioni di sponda in magra molte barre non vegetate grandi spessori di materiale fine in sponde con ghiaia al tetto grandi ostruzioni ai ponti	strutture sepolte suoli sepolti grandi sponde in materiale fine erosioni di sponda in magra molte barre non vegetate grandi spessori di materiale fine in sponde con ghiaia al tetto grandi ostruzioni ai ponti
Evidenze di stabilità	barre e sponde vegetate letti compatti coperti da resti vegetali rare erosioni di sponda vecchie strutture in posizione	barre e sponde vegetate letti compatti coperti da resti vegetali rare erosioni di sponda vecchie strutture in posizione	barre e sponde vegetate letti compatti coperti da resti vegetali rare erosioni di sponda vecchie strutture in posizione

Tabella 1: Principali indicatori di stabilità/instabilità dell'alveo rilevabili sul terreno.



INDICI DI INSTABILITA' DELL'ALVEO

Simon e Downs (1998)

Parametri:

materiali dell'alveo (roccia,blocchi,ghiaia,sabbia,misto,argilla o limo)

protezione artificiale: presente, assente

stadio di evoluzione del corso d'acqua

percentuali di ostruzioni

presenza di fenomeni di erosione di sponda

vicinanza a una curvatura

angolo di incidenza del flusso

percentuale di protezione vegetale