

ACCORDO DI COLLABORAZIONE SCIENTIFICA TRA REGIONE TOSCANA

E

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE

DELL'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE

PER

***ATTIVITA' DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO  
IDRAULICO NELLA REGIONE TOSCANA***

## **Attività "C"**

### **Modellazione idraulica a fondo Mobile**

# **Relazione di Sintesi**

*Gruppo di Lavoro:*

Enio Paris (Referente UNIFI), Lorenzo Minatti (Referente CERAFRI), Luca Solari (UNIFI), Pina De Cicco (UNIFI), Laura Boschi (UNIFI), Beatrice Mengoni (RT), Sofia Morandi (RT)

**Firenze, gennaio 2014**

## SINTESI DELLE ATTIVITA' E DEI RISULTATI

Nell'ambito dell'Accordo stipulato in data 19 dicembre 2012 tra la Regione Toscana e il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze, il Programma delle Attività "C" prevede lo studio della dinamica fluviale e del trasporto solido applicato ai corsi d'acqua: Frigido, Ombrone Pistoiese, Bisenzio, Orcia, Gretano, Trasubbie, Albegna.

Ai fini della stima del bilancio sedimentologico i tratti di interesse dei corsi d'acqua oggetto dello studio, sono stati suddivisi in sottotratti che presentano caratteristiche morfologiche e sedimentologiche tali da potersi ritenere omogenei (Tabella 1). I dettagli della metodologia di suddivisione in sottotratti omogenei sono riportati nella Relazione Finale Attività "C" (cap. 1.1).

Tabella 1 – Corsi d'acqua oggetto dello studio: lunghezza ed estensione del tratto di interesse e numero di sottotratti omogenei

Corso d'acqua	Lunghezza del tratto di interesse [Km]	Estensione	Numero di sottotratti omogenei
Frigido	6	Da Massa alla foce	4
Ombrone Pistoiese	34	Da Ponte di Calciaiola alla confluenza con il fiume Arno	7
Bisenzio	47	Da Mercatale alla confluenza con il fiume Arno	8
Orcia	8	Da Stazione di Sant'Angelo Cinigiano alla confluenza con il fiume Ombrone GR	4

<b>Gretano</b>	10	Da L'Aratrice alla confluenza con il fiume Ombrone GR	4
<b>Trasubbie</b>	13	Da Baccinello alla confluenza con il fiume Ombrone GR	4
<b>Albegna</b>	17	Dal Ponte della Marsiliana alla foce	5

Per quanto riguarda l'elaborazione delle curve di durata per ciascuno dei corsi d'acqua studiati, per le portate con durate  $d < 1$  giorni/anno (basse durate) si è fatto ricorso al codice Alto; mentre per le portate con durate  $d \geq 1$  giorni/anno si sono utilizzati i dati del Servizio Idrologico come riportato in Tabella 2. Le due serie di dati sono state interpolate mediante la trasformazione di Gibrat a tre parametri.

Tabella 2 – Stazioni idrometriche considerate per ogni corso d'acqua

<b>Corso d'acqua</b>	<b>Stazione del Servizio Idrologico</b>
<b>Frigido</b>	Canevara
<b>Ombrone Pistoiese</b>	Ponte di Calciola Poggio a Caiano
<b>Bisenzio</b>	Gamberame San Piero a Ponti
<b>Orcia</b>	Monte Amiata
<b>Gretano</b>	Ponte di Torriella
<b>Trasubbie</b>	La Castellina
<b>Albegna</b>	Montemerano

Le curve di durata sono state quindi ricavate per ogni sottotratto di ciascun corso d'acqua mediante un'interpolazione spaziale delle curve ottenute per le singole stazioni del Servizio Idrologico (nel cap. 1.2 della Relazione Finale

Attività “C” si spiega in dettaglio il metodo adottato nell’elaborazione delle curve di durata e nell’assegnazione delle stesse ad ogni singolo sottotratto).

In generale, l’analisi delle curve di durata permette di ritenere le stesse affidabili in quanto non si sono riscontrate particolari anomalie nei risultati ottenuti, ad eccezione dei fiumi Frigido ed Albegna. In essi, infatti, si osserva che la funzione di Gibrat interpola bene sia i valori di Alto (basse durate) che quelli ottenuti dai dati idrologici (alte durate) eccetto che per le durate pari a 1 e 10 giorni/anno. Per tale ragione, ai soli fini del bilancio sedimentologico, in tutti i sottotratti tali valori sono stati sostituiti con i valori assunti dalla funzione di Gibrat.

Inoltre, per il fiume Bisenzio, dal confronto delle curve di durata ricavate per le stazioni di Gamberame (monte) e di San Piero a Ponti (valle) per il periodo 1994-1997 (Tabella 86 in appendice alla Relazione finale Attività “C”), si osservano incrementi di portata da monte verso valle maggiori alle basse durate (1, 10, 60, 91 e 135 giorni/anno) piuttosto che alle alte. Le portate con durate medio - alte (es. 182 giorni/anno) mostrano infatti incrementi minori spostandosi da Gamberame a San Piero a Ponti, se non addirittura riduzioni, anche notevoli (-3.7% nel caso della portata con durata 274 giorni/anno e -30.43% nel caso di quella con durata 355 giorni/anno).

La riduzione dei deflussi registrati durante la maggior parte dell’anno (per le durate alte) passando da monte a valle non è tuttavia un fenomeno soltanto relativo al periodo 1994-1997. Una tendenza analoga si osserva infatti anche mettendo a confronto le curve di durata delle due stazioni elaborate considerando tutto il periodo di dati a disposizione per ciascuna stazione (Tabella 87 in appendice alla Relazione finale Attività “C”). E’ probabile che tali anomalie siano da imputare a derivazioni idriche a monte della traversa di Santa Lucia e/o a abbassamenti generalizzati della quota d’alveo.

Il bilancio sedimentologico su scala medio-annua dei tratti di interesse è stato effettuato mediante l’utilizzo, per la stima del trasporto solido, del criterio di Ackers-White (1973) che tiene conto dell’hiding factor (cap. 1.4 della

Relazione Attività “C”). I risultati dei bilanci sedimentologici in termini di tendenze evolutive e di volumi solidi trasportati sono da ritenersi affidabili. In particolare i risultati ottenuti sono i seguenti:

– Fiume Frigido

Tabella 3 - Volumi solidi annui espressi in tonnellate/anno e bilancio sedimentologico del fiume Frigido

Sottotratto	V[ton/yr]	dep/eros [ton/yr]	tendenza
1	$1.61 \cdot 10^5$	0.00	-
2	$7.08 \cdot 10^3$	$1.54 \cdot 10^5$	deposito
3	$5.41 \cdot 10^4$	$-4.70 \cdot 10^4$	erosione
4	$3.06 \cdot 10^2$	$5.38 \cdot 10^4$	deposito

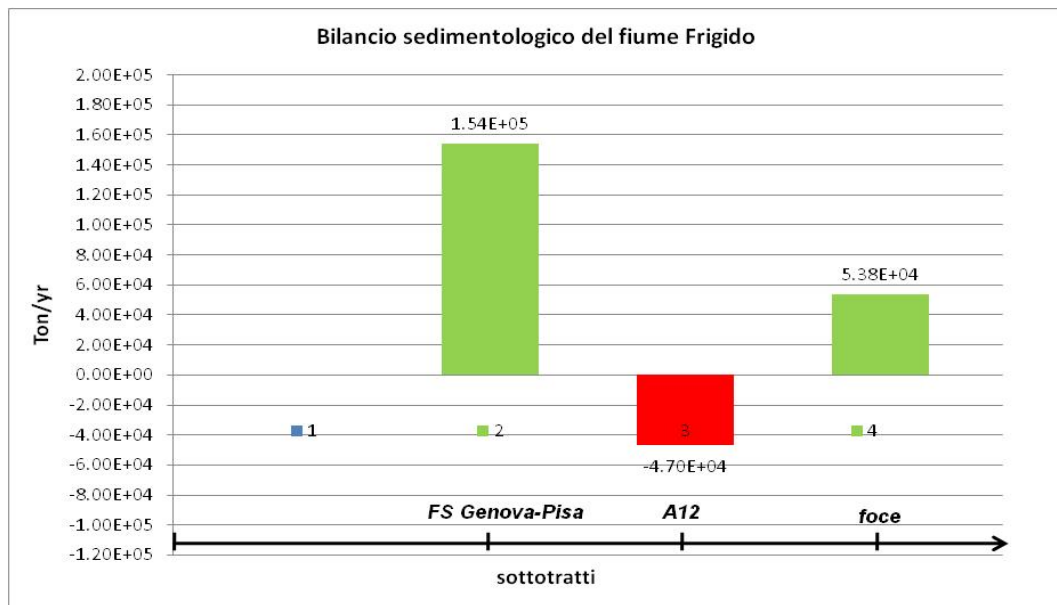


Figura 1 - Bilancio Sedimentologico del fiume Frigido: tendenze evolutive

– Fiume Ombrone Pistoiese

Tabella 4 - Volumi solidi annui espressi in tonnellate/anno e bilancio sedimentologico del fiume Ombrone Pistoiese

Sottotratto	V [ton/yr]	dep/eros [ton/yr]	tendenza
1	$9.19 \cdot 10^4$	0.00	-
2	$1.78 \cdot 10^4$	$7.40 \cdot 10^4$	deposito
3	$1.36 \cdot 10^4$	$4.26 \cdot 10^3$	deposito
4	$4.18 \cdot 10^3$	$9.39 \cdot 10^3$	deposito
5	$5.09 \cdot 10^4$	$-4.67 \cdot 10^4$	erosione
6	$1.26 \cdot 10^3$	$4.96 \cdot 10^4$	deposito
7	$1.55 \cdot 10^3$	$-2.86 \cdot 10^2$	erosione

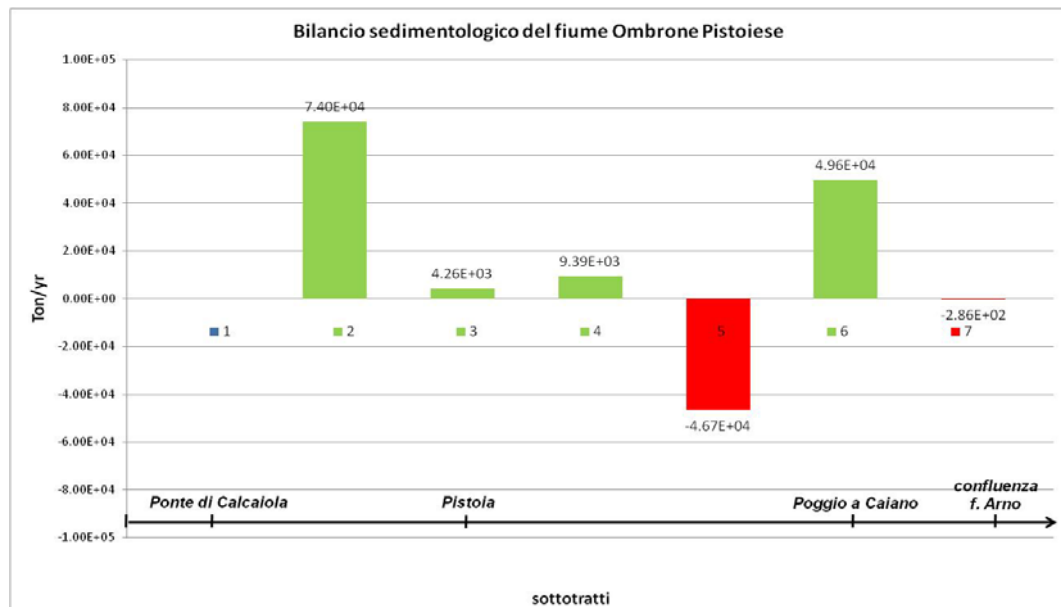


Figura 2 - Bilancio Sedimentologico del fiume Ombrone Pistoiese: tendenze evolutive

Il bilancio evidenzia una tendenza all'erosione nei soli sottotratti 5 e 7, mentre nel tratto pistoiese fino ad Agliana (sottotratti da 1 a 4) ed in quello a monte di Poggio a Caiano (sottotratto 6) si ha una tendenza al deposito.

Il profilo d'alveo rilevato dagli Uffici del Genio Civile negli anni '80 in corrispondenza dei tratti 3-4-5 si colloca, rispetto ai rilievi LIDAR 2009 utilizzati per gli stessi tratti in questo studio, a quote superiori di circa 1-2 m in media, mostrando quindi come l'alveo abbia subito una significativa erosione durante gli ultimi 30 anni.

I risultati del bilancio sedimentologico mostrano un alveo molto prossimo all'equilibrio nei tratti 3-4 (la tendenza alla sedimentazione dei tratti in Figura 14 non coinvolge grandi quantità di materiale solido) ed un alveo ancora in erosione nel tratto 5: tutto ciò indica probabilmente che l'assestamento dell'alveo verso il profilo di equilibrio si sia ad oggi concluso nei tratti 3-4, mentre sia ancora in corso nel tratto 6.

– Fiume Bisenzio

Tabella 5 - Volumi solidi annui espressi in tonnellate/anno e bilancio sedimentologico del fiume Bisenzio

Sottotratto	V [ton/yr]	dep/eros [ton/yr]	tendenza
1	$1.31 \cdot 10^4$	0.00	-
2	$6.72 \cdot 10^3$	$6.37 \cdot 10^3$	deposito
3	$1.41 \cdot 10^3$	$5.31 \cdot 10^3$	deposito
4	$4.77 \cdot 10^3$	$-3.36 \cdot 10^3$	erosione
5	$3.84 \cdot 10^2$	$4.38 \cdot 10^3$	deposito
6	$8.56 \cdot 10^3$	$-8.17 \cdot 10^3$	erosione
7	$1.47 \cdot 10^4$	$-6.14 \cdot 10^3$	erosione
8	$2.32 \cdot 10^4$	$-8.47 \cdot 10^3$	erosione

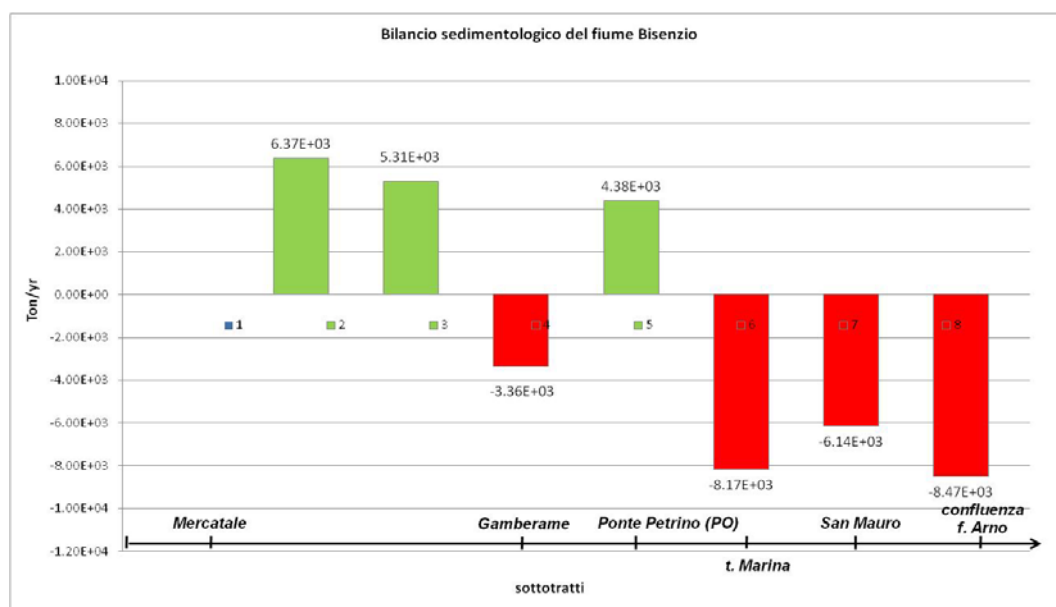


Figura 3 - Bilancio Sedimentologico del fiume Bisenzio: tendenze evolutive

Il bilancio evidenzia una tendenza all'erosione nel sottotratto 4 (che si estende da La Briglia a S. Lucia) e nei sottotratti 6, 7, e 8 (da Ponte Petrino alla

confluenza con il fiume Arno); mentre a monte di Gamberame e nel tratto cittadino pratese (sottotratto 5) risulta una tendenza al deposito.

Grazie alla disponibilità del profilo longitudinale del fondo dell'alveo tra il Ponte dell'Autostrada Firenze-Mare e La Villa (Campi Bisenzio) degli anni '80, confrontandolo con quello relativo ai rilievi topografici degli anni 2000, è stato possibile verificare i risultati del bilancio sedimentologico in termini di tendenze evolutive. Nei profili d'alveo delle Tavole BIS2.1 e BIS2.2 si osserva che in venti anni circa (dagli anni '80 al 2000) il fondo dell'alveo ha subito un abbassamento medio di 1.5-2 metri, mostrando pertanto una tendenza all'erosione. Tale osservazione trova riscontro nei risultati del bilancio sedimentologico (sottotratto 6).

– Fiume Orcia

Tabella 6 - Volumi solidi annui espressi in tonnellate/anno e bilancio sedimentologico del fiume Orcia

Sottotratto	V[ton/yr]	dep/eros [ton/yr]	tendenza
1	$1.22 \cdot 10^5$	0.00	-
2	$5.27 \cdot 10^2$	$1.21 \cdot 10^5$	deposito
3	$6.09 \cdot 10^4$	$-6.03 \cdot 10^4$	erosione
4	$3.39 \cdot 10^3$	$5.75 \cdot 10^4$	deposito

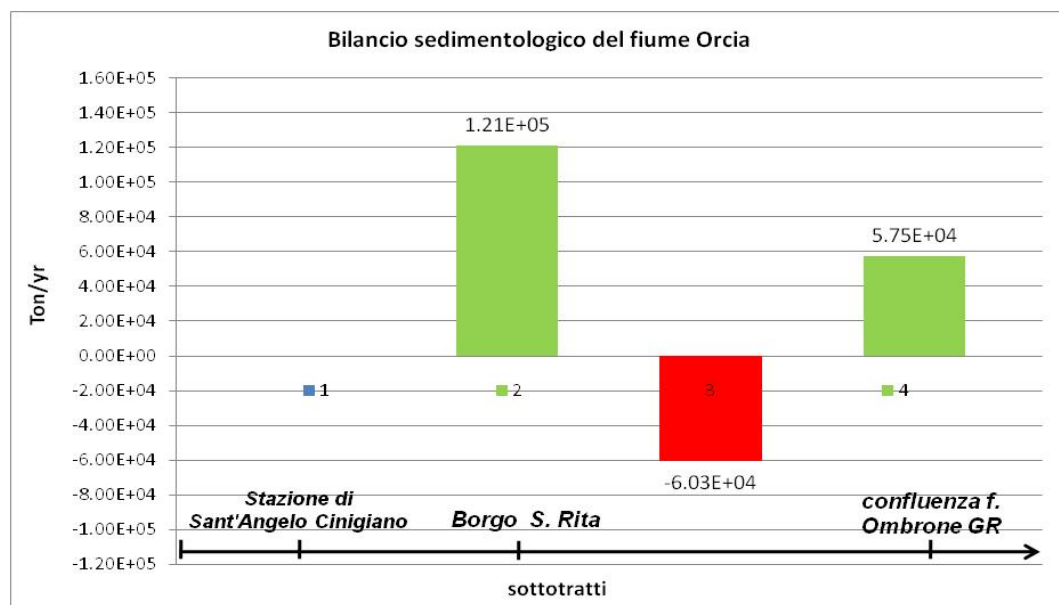


Figura 4 - Bilancio Sedimentologico del fiume Orcia: tendenze evolutive



– Torrente Gretano

Tabella 7 - Volumi solidi annui espressi in tonnellate/anno e bilancio sedimentologico del torrente Gretano

Sottotratto	V[ton/yr]	dep/eros [ton/yr]	tendenza
1	$6.14 \cdot 10^4$	0.00	-
2	$3.96 \cdot 10^4$	$2.18 \cdot 10^4$	deposito
3	$1.55 \cdot 10^4$	$2.41 \cdot 10^4$	deposito
4	$1.81 \cdot 10^4$	$-2.16 \cdot 10^3$	erosione

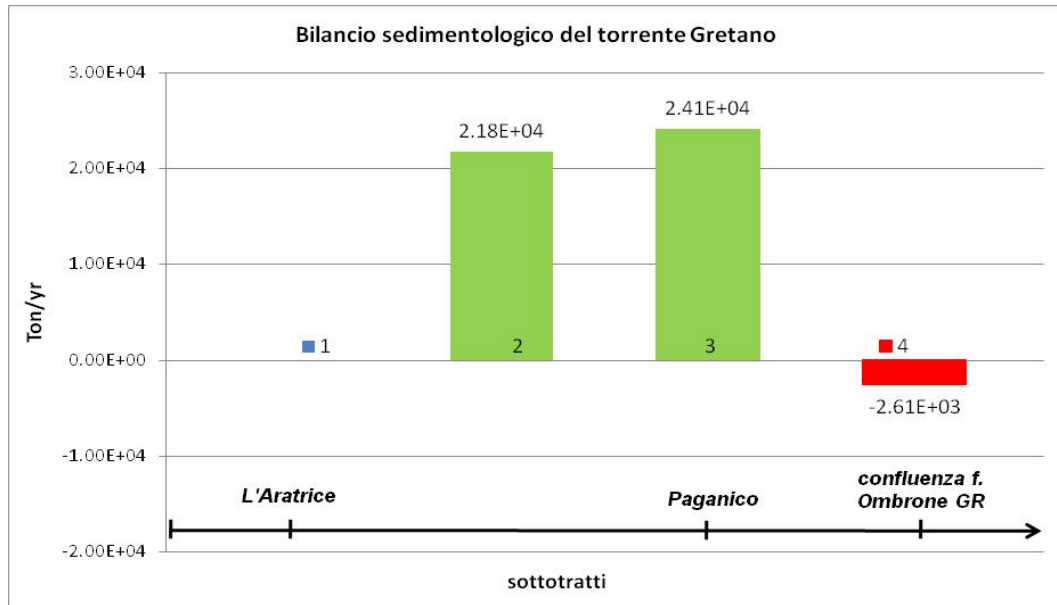


Figura 5 - Bilancio Sedimentologico del torrente Gretano: tendenze evolutive

– Torrente Trasubbie

Tabella 8 - Volumi solidi annui espressi in tonnellate/anno e bilancio sedimentologico del torrente Trasubbie

Sottotratto	V[ton/yr]	dep/eros [ton/yr]	tendenza
1	$1.28 \cdot 10^4$	0.00	-
2	$1.65 \cdot 10^4$	$-3.73 \cdot 10^3$	erosione
3	$1.27 \cdot 10^4$	$1.49 \cdot 10^5$	deposito
4	$2.42 \cdot 10^4$	$-1.15 \cdot 10^4$	erosione

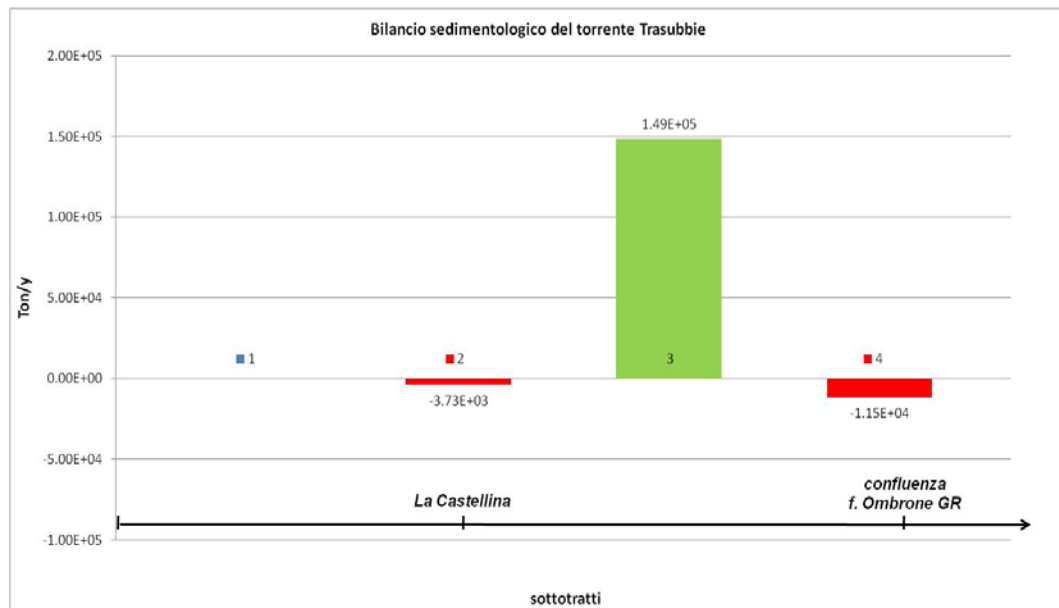


Figura 6 - Bilancio Sedimentologico del torrente Trasubbie: tendenze evolutive

Il bilancio evidenzia una tendenza al deposito nel solo sottotratto 3 mentre nel tratto di monte e in quello di valle si ha una tendenza all'erosione. Il consistente deposito che si osserva in corrispondenza del sottotratto 3 si ritiene essere dovuto all'apporto solido fornito dal torrente Trasubbino, stimato pari a  $1.45 \cdot 10^5$  tonnellate/anno.

– Fiume Albegna

Tabella 9 - Volumi solidi annui espressi in tonnellate/anno e bilancio sedimentologico del fiume Albegna

Sottotratto	V[ton/yr]	dep/eros [ton/yr]	tendenza
1	$3.92 \cdot 10^3$	0.00	-
2	$4.79 \cdot 10^4$	$-4.40 \cdot 10^4$	erosione
3	$2.19 \cdot 10^3$	$4.57 \cdot 10^4$	deposito
4	$1.52 \cdot 10^3$	$6.72 \cdot 10^2$	deposito
5	$6.05 \cdot 10^4$	$-5.90 \cdot 10^4$	erosione

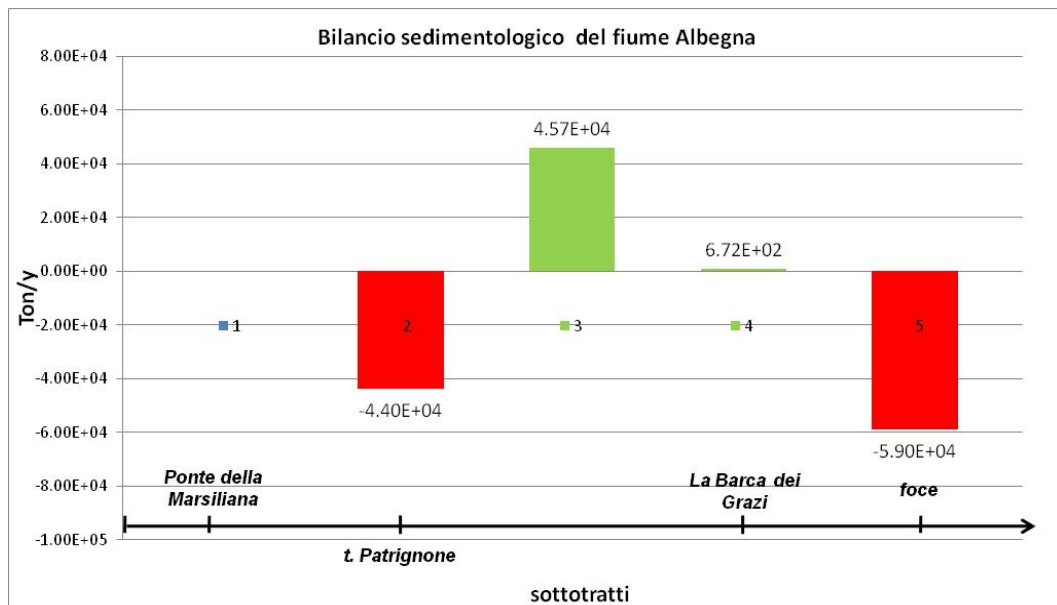


Figura 7 - Bilancio Sedimentologico del fiume Albegna: tendenze evolutive

Il bilancio evidenzia una tendenza all'erosione nei sottotratti 2 e 5 mentre dalla confluenza con il torrente Patrignone a circa 4 Km dalla foce (sottotratti 3 e 4) si ha una tendenza al deposito.

Il risultato ottenuto dal bilancio sedimentologico è stato valutato analizzando il confronto dei profili longitudinali del fondo alveo degli anni '60 e del 2008 nel tratto compreso tra il ponte Barca dei Grazi e la foce, e le misure del fondo dell'alveo effettuate nel 2012 in corrispondenza del ponte S.S. Aurelia e del ponte Barca dei Grazi.

Dal confronto dei profili longitudinali si osserva che nel tratto compreso tra il ponte Barca dei Grazi e la foce (che comprende metà del sottotratto 4 e metà

del 5) si ha tendenza all'erosione in prossimità del ponte Barca ed innalzamento della quota del thalweg a valle del ponte stesso. Il bilancio sedimentologico, tuttavia, non ha come risultato una tendenza al deposito, bensì all'erosione.

La tendenza all'erosione nel sottotratto 5 ottenuta dal bilancio sedimentologico è invece in accordo con le misure puntuali del fondo alveo effettuate nel 2012 in corrispondenza del ponte S.S. Aurelia e del ponte Barca dei Grazi. Tuttavia, l'assenza di misure del fondo nel tratto compreso tra i due ponti non permette di stabilire con certezza la tendenza evolutiva del tratto stesso. Da quanto appena detto si conclude che si rendono necessari ulteriori approfondimenti circa le tendenze evolutive del thalweg nel tratto di valle del fiume Albegna.