



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Scuola di Scienze

Dipartimento di Geoscienze
Direttore Prof.ssa Cristina Stefani

Tesi di Laurea TRIENNALE in
GEOLOGIA

**MONITORAGGIO GEOMORFOLOGICO
DELL'ALVEO DEL FIUME RIENZA PER
VALUTARE GLI EFFETTI DI UN'IMMISSIONE
ARTIFICIALE DI SEDIMENTI**

Relatore: Prof. Nicola Surian
Correlatore: Prof. Francesco Comiti

Laureando: Davide Bronca

ANNO ACCADEMICO 2012 / 2013

Indice

Introduzione	
1. Inquadramento dell'area di studio	
1.1. Caratteristiche climatiche ed idrologiche	pag. 6
1.2. Morfologia dell'alveo	pag. 9
1.3. L'immissione artificiale di sedimenti	pag. 11
2. Metodi	
2.1. Analisi granulometrica	pag. 13
2.2. Rilievi Topografici	pag. 15
2.3. Analisi della mobilità dei sedimenti	pag. 16
3. Risultati	
3.1 Analisi granulometrica	pag. 18
3.2 Analisi delle variazioni morfologiche delle barre	pag. 20
3.3 Mobilità dei sedimenti	pag. 24
Discussione dei risultati e conclusioni	pag. 28
Bibliografia	pag. 29

Introduzione

Nel bacino del Fiume Rienza (Alto Adige) sono presenti diversi impianti idroelettrici che hanno comportato delle significative conseguenze sul trasporto solido e sulla dinamica morfologica del corso d'acqua. Per contrastare il deficit sedimentario causato da questi impianti, e quindi tendere verso un miglioramento delle condizioni morfologiche ed ecologiche del corso d'acqua, la Provincia Autonoma di Bolzano ha prescritto ai gestori di un impianto di trasferire a valle dello sbarramento una parte dei sedimenti trattenuti dallo sbarramento stesso. Questo intervento di immissione artificiale di sedimenti fa parte di un progetto più ampio sostenuto dalla provincia nella convinzione che una corretta gestione dei corsi d'acqua non possa prescindere dal miglioramento della qualità ecologica e della funzionalità geomorfologica (*Campana et al., 2012; Hecher & Vignoli, 2012*).

Lo studio condotto consiste nel monitoraggio geomorfologico dell'alveo del fiume Rienza nel tratto dove è stata realizzata questa immissione di sedimenti. Lo studio, tuttora in corso, è svolto dalla Libera Università di Bolzano (Facoltà di Scienze e Tecnologie) e dall'Università di Padova (Dipartimento di Geoscienze). L'obiettivo del monitoraggio è quello di valutare gli effetti sulla morfologia e sui sedimenti dell'alveo di questo intervento. Trattandosi di uno dei primi interventi di immissione di sedimenti realizzati in Italia, il monitoraggio pre e post intervento risulta uno strumento fondamentale per poter valutare l'efficacia dell'intervento e pianificare ulteriori interventi su questo ad altri corsi d'acqua con problematiche simili.

Nel dettaglio il monitoraggio si è basato sull'analisi dei seguenti aspetti: caratterizzazione granulometrica dei sedimenti, analisi morfologica delle barre attraverso rilievi topografici con GPS, analisi della mobilità dei sedimenti.

1. Inquadramento dell'area di studio

L'area di studio rientra nel bacino idrografico del fiume Rienza. La superficie del bacino è di 2143 km² comprendendo di fatto tutto il settore Est dell'Alto Adige. La Rienza nasce ai piedi delle tre Cime di Lavaredo ad una quota di 2200 m.s.l.m., scorre lungo la valle di Landro, alimenta poi il Lago di Dobbiaco.

In prossimità della linea dello spartiacque di Dobbiaco piega verso Ovest proseguendo per l'intera Val Pusteria fino alla confluenza con l'Isarco che avviene presso Bressanone a 565 m.s.l.m per una lunghezza totale di 80Km.

Gli affluenti principali del Rienza sono il Rio di Braies, il Rio Casies, il Rio Anterselva, l' Aurino, il Gadera, il Rio di Fundres ed il Rio Luson.

L'affluente principale è l'Aurino con una lunghezza di ca. 50 km ed un bacino idrografico di 629 km². Nel tratto superiore l'Aurino drena, l'omonima Valle Aurina, nel tratto inferiore invece drena, in un ampio fondovalle, la Val di Tures, la confluenza si trova a Brunico (810 m.s.l.m.)

Da un punto di vista geologico il bacino della Rienza è tagliato dalla linea Insubrica. La parte a Nord del lineamento appartiene al dominio metamorfico mentre la parte a Sud è caratterizzata dalle formazioni Permo-Triassiche, dalle Arenarie di Val Gardena alla Dolomia Principale.

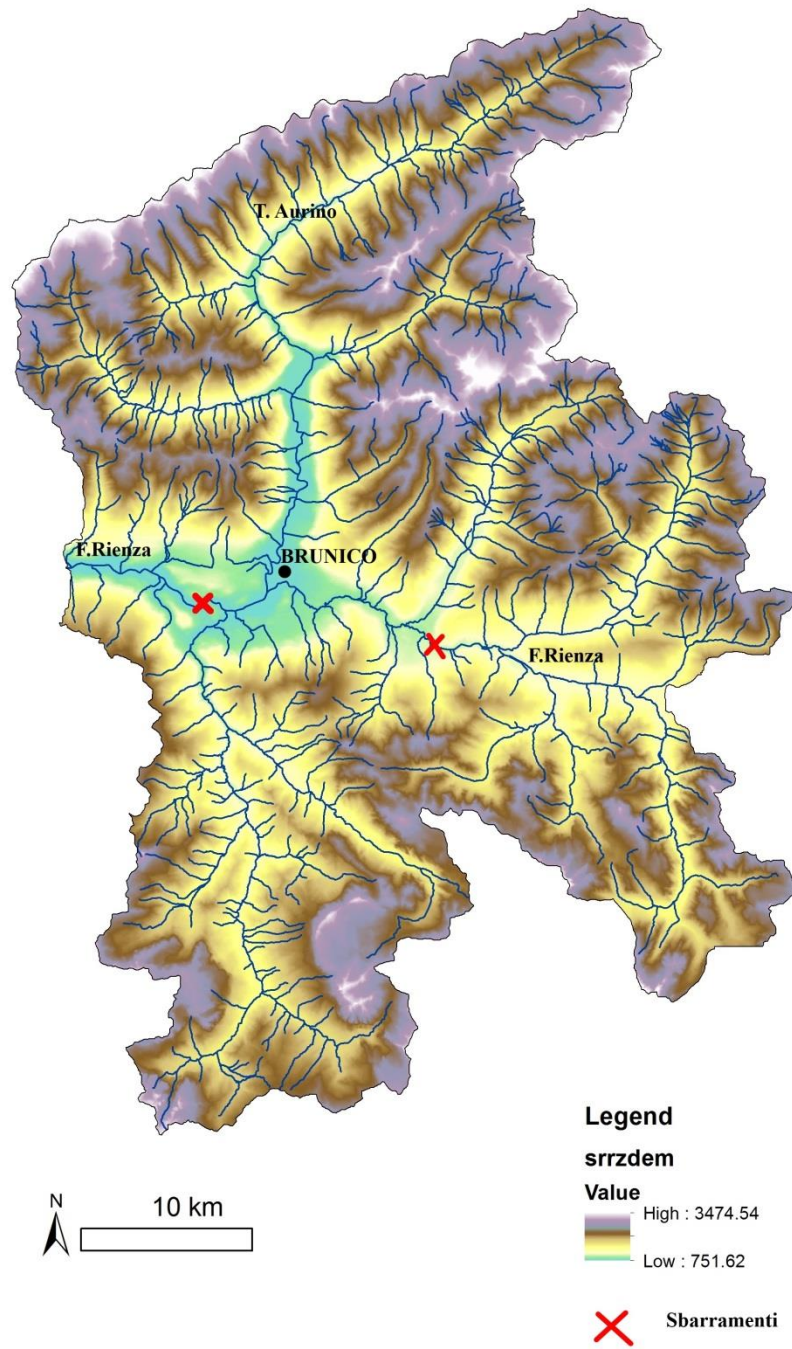


Figura 1 bacino del Rienza con indicati i due principali sbarramenti artificiali, quello di Valdaora a est di Brunico e quello di Kniepass a ovest; i colori rappresentano differenti fasce altimetriche.

1.1. Caratteristiche climatiche ed idrologiche

Il clima del bacino del Rienza è di tipo continentale alpino, caratterizzato da inverni lunghi e rigidi e periodi estivi brevi con elevata escursione termica. Da un punto di vista altimetrico, la quota massima è raggiunta dal Picco dei tre Signori (3498 m s.l.m.) la minima a Bressanone (565 m s.l.m.). Quindi pur rimanendo in un contesto di tipo continentale alpino, sono presenti vari microclimi, le cui differenze sono accentuate dalla considerevole estensione del bacino e dalla particolare conformazione orografica del territorio.

In generale le precipitazioni sono modeste attestandosi attorno ai 700 mm annui nella Val Pusteria, dove sono concentrate principalmente nel periodo estivo a carattere temporalesco .

La zona con le maggiori precipitazioni risulta essere concentrata lungo la linea dello spartiacque delle Alpi Aurine (oltre 1000 mm/anno). La zona si trova ad una quota elevata (diverse cime superano i 3000 m s.l.m.) ed è ricca di ghiacciai e nevai alimentati per 9-10 mesi all'anno da precipitazioni nevose.

Questa riserva idrica viene drenata parzialmente nel periodo estivo garantendo all'Aurino e successivamente alla Rienza, quella portata indispensabile per il funzionamento delle centrali idroelettriche presenti.

Sotto questo profilo quindi la Rienza è definibile come un corso d'acqua a prevalente alimentazione glaciale e nivale.

Nella Rienza, attualmente esistono oltre ad alcune piccole e medie centrali idroelettriche, tre grandi centrali, collocate a Brunico, a Kniepass ed a Bressanone. Due lunghi tratti di acqua residua, derivati per scopi idroelettrici si trovano fra la diga di Monguelfo e Brunico e fra la diga di Rio di Pusteria e Bressanone.

Il drenaggio superficiale della Rienza è in accordo con quanto ci si aspetta dall'analisi dei parametri climatici. Per caratterizzare questo aspetto viene presentato l'idrogramma relativo al primo periodo del 2013 con i riferimenti relativi ai rilievi compiuti, viene poi presentata la tabella con i dati storici delle piene.

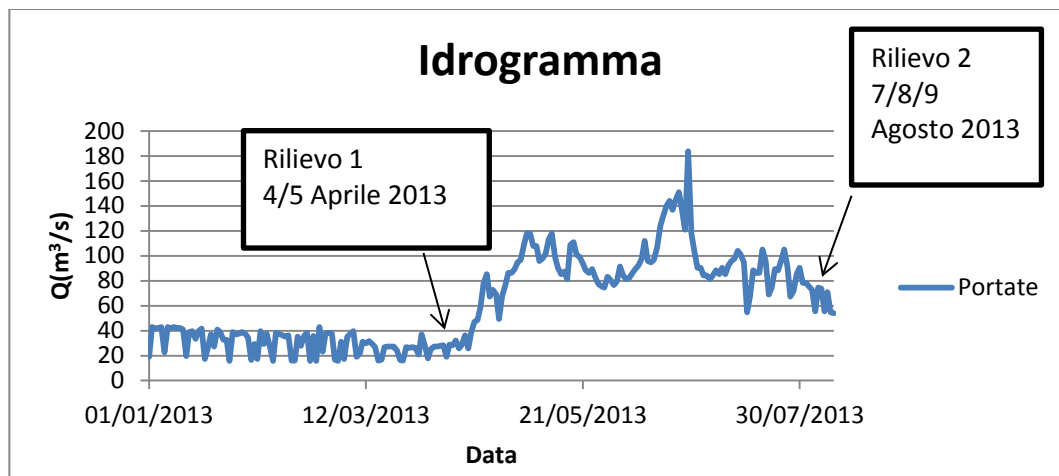


Figura 2 Idrogramma del F. Rienza alla stazione di Vandoies (Bz), relativi al periodo 1/01/2013 - 10/08/2013

Osservando l'andamento dell'idrogramma è possibile individuare nel periodo in questione tre diversi regimi fluviali.

Il primo va da gennaio a inizio aprile (termina pochi giorni dopo il rilevamento) l'intero periodo è caratterizzato da portate sotto media, con una tendenza al ribasso che culmina nei primi giorni d'aprile. Il periodo è contraddistinto da periodiche oscillazioni diurne, queste variazioni dipendono dalla gestione degli impianti idroelettrici.

Il secondo termina a fine giugno, l'intero periodo ha portate sopra media, questo perché al flusso di base va a sommarsi la fusione delle neve, in questa fase i picchi corrispondono alle giornate più calde. Il 24 Giugno si assiste all'evento di piena ($184\text{m}^3\text{s}^{-1}$) dopo giornate molto calde il passaggio di un fronte freddo determina precipitazioni nel bacino, il successivo repentino calo della portata è in relazione con il calo termico a seguito del passaggio del fronte. L'evento è stato molto breve (solo due ore con portata oltre i $180\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$).

L'ultimo periodo corrisponde ai mesi di luglio e agosto, la portata è superiore alla media, le oscillazioni che si osservano sono dovute in parte alla gestione degli impianti e in parte agli eventi temporaleschi che interessano il bacino.

Tabella 1 Dati storici delle massime piene annuali relativi alla stazione di Vandoies (Bz)

Data	Portata(m³/s)	T. di ritorno (anni)
1987	358	36,0
1991	319	18,0
2009	319	18,0
1998	311	9,0
1997	284	7,2
2001	278	6,0
1999	262	5,1
2004	228	4,5
2011	226	4,0
2010	223	3,6
2012	219	3,3
1989	216	3,0
1981	215	2,8
1982	214	2,6
1994	212	2,4
1980	208	2,3
1979	200	2,1
2000	200	2,1
2008	187	1,9
1986	185	1,8
1988	185	1,8
2002	185	1,8
2007	184	1,6
2013*	184	1,6
1993	182	1,4
1985	181	1,4
1996	178	1,3
1990	176	1,3
1983	173	1,2
2006	172	1,2
1995	167	1,2
2003	165	1,1
1984	162	1,1
2005	152	1,1
1992	132	1,0

**il picco è relativo al periodo 1/01/2013 – 10/08/2013*

Come si evince dai tempi di ritorno quella di giugno è stata una piena ordinaria (Tr 1,6 anni)

1.2. Morfologia dell'alveo

Nel tratto iniziale lungo la Val di Landro, l'alveo della Rienza è identificabile con il tipo cascade (*Montgomery e Buffington, 1997*).

Nel primo tratto Pusterese la portata è ancora bassa, ($2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ portata media a Monguelfo), il tracciato fluviale è prevalentemente rettilineo, in vari tratti l'alveo risulta essere canalizzato a seguito di interventi antropici.

A sud di Monguelfo la continuità dell'alveo è interrotta dallo sbarramento di Valdora che determina nel tratto a valle fenomeni di hydropeaking (ossia variazioni significative di portata a scala giornaliera). L'unità morfologica in tale tratto dominante sembra essere quella dei riffle pool.

Tra lo sbarramento di Monguelfo e quello di Kniepass, confluisce l'Aurino, conseguentemente la Rienza aumenta in modo consistente la sua portata media attestandosi attorno a $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Dopo la centrale di Kniepass grazie al monitoraggio eseguito sul posto si è potuto osservare in maniera più precisa la morfologia dell'alveo.

Questo continua ad avere un tracciato prevalentemente rettilineo, sono evidenti gli interventi di canalizzazione (difese spondali) dell'alveo in prossimità della strada statale e dei centri urbani.

Nel punto dove c'è stata l'immissione di sedimento la larghezza è di circa 30 m.

Nella situazione di portata media l'alveo risulta quasi totalmente inondato, rimane esposta solo qualche piccola porzione più elevata delle barre.

Le barre sono prevalentemente di tipo laterale, anche se in prossimità del monitoraggio più a valle (località San Sigismondo) è presente (oltre alla barra laterale monitorata) anche una barra centrale vegetata (Figura 3).

L'unità morfologica prevalente è quella dei riffle pool.

Il fondo è prevalentemente ciottoloso ed i clasti, da un punto di vista morfometrico, vanno, a seconda della dimensione, da sub-arrotondati a sub-angolosi con sfericità mediamente bassa.



Figura 3 Barra centrale in località San Sigismondo (Bz), la foto è stata scattata dalla barra laterale monitorata.



Figura 4 Barra naturale a monte in località Chienes (Bz)

1.3. L'immissione artificiale di sedimenti

Tale immissione aveva come scopo quello di contrastare il deficit sedimentario causato dallo sbarramento di Kniepass e quindi di tendere verso un miglioramento delle condizioni morfologiche ed ecologiche del corso d'acqua.

I sedimenti relativi al lavoro in questione, sono stati prelevati a nord dello sbarramento nel comune di San Lorenzo di Sebato, nel punto dove il torrente Gadera confluisce nella Rienza. Il materiale raccolto mediante l'uso di ruspe è stato caricato su camion e trasportato qualche km a valle dello sbarramento, dove è stata creata una barra laterale, il volume di sedimenti è pari a 4000 m³.



Figura 5 Localizzazione della barra artificiale, si nota la sua disposizione laterale in destra idrografica con l'accesso utilizzato per i lavori di messa in posto. E' interessante notare anche il livello del Rienza equivalente ad una portata di circa 30m³/s.

2. METODI

Il monitoraggio è stato focalizzato a sud della centrale di Kniepass, questo è un impianto ad acqua fluente con centrale accollata allo sbarramento, l'invaso occupa una superficie di 9,0 ha per un volume d'invaso di 480.000 m³.

Il monitoraggio è stato esteso a tre barre fluviali, la barra artificiale e due barre naturali una a monte e l'altra a valle dell'artificiale.

L'attività di rilievo è stata compiuta in due diverse uscite, la prima nei giorni 4 e 5 aprile 2013 la seconda nei giorni 7,8,9 agosto 2013.

Il primo rilievo è stato compiuto poco dopo l'immissione artificiale di sedimento in un periodo di magra fluviale.

Il secondo è stato realizzato dopo il consistente deflusso primaverile, che ha determinato una certa dinamica morfologica delle barre.

Figura 6 Immagine satellitare con la localizzazione delle barre, a sinistra i puntini gialli evidenziano la barra naturale a monte, i rossi la barra artificiale e i gialli a destra la barra naturale a valle



0 55 110 220 330 440
Meters

2.1. Analisi granulometrica

L'analisi granulometrica è stata eseguita in campagna utilizzando una griglia dotata di diversi passanti la cui misura è compresa nella scala di Wentworth. Le classi granulometriche considerate sono evidenziate nella tabella(2). Per le dimensioni maggiori si è provveduto a misurare l'asse b dei clasti direttamente con il metro. La metodologia di rilevamento scelta è dettata, in parte dalle caratteristiche morfologiche delle barre fluviali e in parte dall'esigenza teorica di ottenere una curva granulometrica finale statisticamente consistente (*Bunte & Abt, 2001*). Per questi motivi si è pensato di effettuare diversi stendimenti di una cordella metrica(da 50 m) e di considerare il clasto intercettato dallo stendimento con equidistanza di 2 m.

L'analisi è stata compiuta sulla barra artificiale e sulla barra naturale a valle.

La superficie stimata (corrispondente al periodo di rilievo) per la barra artificiale è di 2008 m² ; su questa barra, per avere una buona rappresentanza statistica, sono stati misurati più di 500 clasti. Nella barra naturale invece l'estensione è di 179 m² e sono stati misurati circa 100 clasti. Tale valore è comunque significativo considerando che i sedimenti sono meno classati in questa barra.

Le condizioni idrometriche hanno consentito di effettuare l'analisi granulometrica solo nel primo rilievo di aprile.

Passante(mm)	Classe (mm)	Denominazione
2	0-2	sabbia
2,8	2 < - 2,8	ghiaia molto fine
4	2,8 < - 4	ghiaia fine
5,6	4 < - 5,6	
8	5,6 < - 8	ghiaia media
11	8 < - 11	
16	11 < - 16	ghiaia grossolana
22,6	16 < - 22,6	
32	22,6 < - 32	
45	32 < - 45	ghiaia molto grossolana
64	45 < - 64	
90	64 < - 90	ciottolo piccolo
128	90 < - 128	
180	128 < - 180	ciottolo grande
	180 < - 256	
	256 < - 362	masso piccolo
	362 < - 512	
	512 < - 724	masso medio
	724 < - 1024	
	1024 < - 1448	masso grande
	1448 < - 2048	

Tabella 2 Classificazione dimensionale dei sedimenti (scala di Wentworth), con la dimensione dei passanti nella griglia utilizzata per il rilievo

2.2. Rilievi Topografici

I rilievi topografici sono stati eseguiti, sia ad aprile che ad agosto 2013, mediante l'uso di un GPS topografico Leica Viva GNSS.

I rilievi sono stati eseguiti in due modalità differenti in maniera tale da poter disporre di una consistente serie di dati per poter analizzare la morfologia delle barre e le eventuali variazioni a seguito degli eventi idrologici.

Nella prima modalità sono stati presi dei punti in maniera aleatoria cercando di ottenere una copertura completa delle barre al fine di poter ricostruire dei DTM. Sono stati presi poi una serie di punti relativi al livello del pelo libero e a quello di massima piena. Per quest'ultimo la corretta attribuzione della posizione non è stata agevole, in quanto solo in un numero limitato di punti sono stati rinvenuti evidenti segni (ad es. accumulo di piccoli detriti di vegetazione) del massimo livello raggiunto dalle piene.

Nella seconda modalità sono state considerate delle sezioni trasversali, precisamente tre nella barra artificiale e tre nella barra naturale a valle.

Le sezioni sono state prese considerando l'intera larghezza della barra, dalla zona sommersa (fino a 1m d'acqua) alla scarpata che delimita l'alveo in destra idrografica. Il passo di misurazione da un estremo all'altro è stato di circa un punto per metro.

2.3. Analisi della mobilità dei sedimenti

L'analisi è stata compiuta in tutte e tre le barre monitorate. La morfologia e la granulometria delle barre ha suggerito di effettuare un monitoraggio della mobilità, basandosi su singoli clasti di diverse dimensioni posti in vari punti delle barre.

Nel rilievo compiuto ad aprile quindi sono stati selezionati una serie di clasti che sono stati progressivamente numerati mediante l'uso di spray colorati.

Questo tipo di tecnica, ossia l'uso di clasti colorati come traccianti, è piuttosto diffusa in alvei con fondo grossolano (si veda ad esempio *Mao & Surian, 2010*)

Per ogni clasto numerato è stata presa la posizione e la quota con il GPS con lo strumento posizionato immediatamente a monte del clasto.

Nel rilievo d'agosto si è provveduto alla ricerca dei clasti numerati. In prima battuta si è optato per un riconoscimento visivo mediante la lettura diretta dei numeri. La portata relativamente elevata del corso d'acqua ha consentito il ritrovamento di un numero limitato di clasti con la modalità sopra descritta.

Si è così resa necessaria una ricerca sistematica fatta tramite l'uso della funzione ("trova punto") del GPS. Questo tipo di analisi ha consentito di valutare quali clasti si sono mobilizzati tra aprile e agosto 2013 e le eventuali distanze percorse.

Infine correlando la posizione altimetrica dei clasti con quella misurata dei livelli di piena è stato possibile stimare il tirante idraulico ed ottenere quindi una stima degli sforzi di taglio associati ai diversi clasti numerati e quindi nelle diverse porzioni delle barre.

Oltre a questo sono state colorate anche alcune strisce colorate (precisamente 5 nella barra artificiale).

Questo è stato fatto per integrare le conclusioni deducibili da un confronto altimetrico di sezioni (rilievo topografico) con la necessità di un riscontro visivo immediato relativamente alla mobilitazione della barra. Delle strisce, con il GPS, sono stati presi i punti estremi.



Figura 7 Clasti numerati e striscia colorata di giallo sulla barra artificiale in località Chienes

3. Risultati

3.1. Analisi Granulometrica

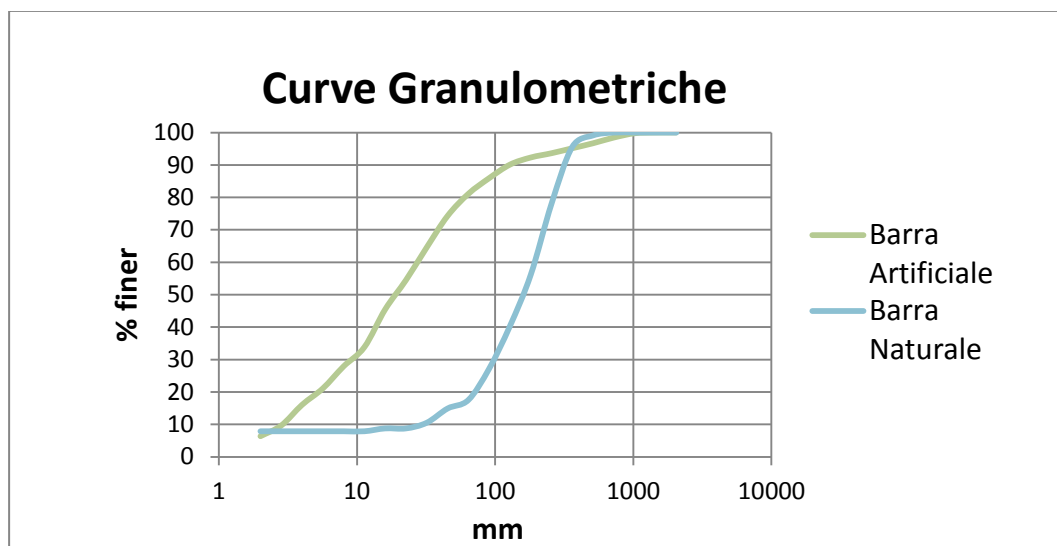


Figura 8 curve granulometriche relative alla barra artificiale e alla barra naturale di valle

Dal grafico di figura(8) risulta evidente la diversa granulometria della barra artificiale rispetto a quella naturale. Cominciando dalle granulometrie più fini, si può notare come in entrambe le barre sia presente della sabbia ma in quantità inferiori al 10%. Nella classe della ghiaia fine e media (2 – 11 mm) si nota un'importante differenza; la classe infatti è totalmente assente nella barra naturale mentre è ben rappresentata in quella artificiale, focalizzandoci sui 10mm possiamo notare come ad essi corrisponda un D10 per la barra naturale e un D30 per quella artificiale. Crescendo con la granulometria la forbice tra le due curve tende a rimanere costante in corrispondenza delle ghiaie grossolane e dei ciottoli. In corrispondenza del D50 la distanza tra le curve è tale che la granulometria equivalente risulta essere pari a 21mm per la barra artificiale, e a 162mm per quella naturale.

Oltre i 256 mm le curve tornano ad avvicinarsi, quindi la percentuale relativa di massi è maggiore nella barra naturale.

Le curve vanno poi a concludersi in maniera simile, quindi in entrambe le barre sono presenti massi con dimensioni che arrivano al metro.

In sintesi quindi la barra artificiale immessa ha una prevalenza di ghiaia fine e media mentre scarseggiano i ciottoli e i massi di media dimensione.

La barra naturale è invece costituita in prevalenza da ciottoli.

3.2. Analisi delle variazioni morfologiche delle barre

Presentiamo i risultati ottenuti dall'analisi delle variazioni altimetriche delle sezioni trasversali, il DTM di confronto delle barre è ancora in fase di elaborazione e non sarà presentato in questo lavoro.

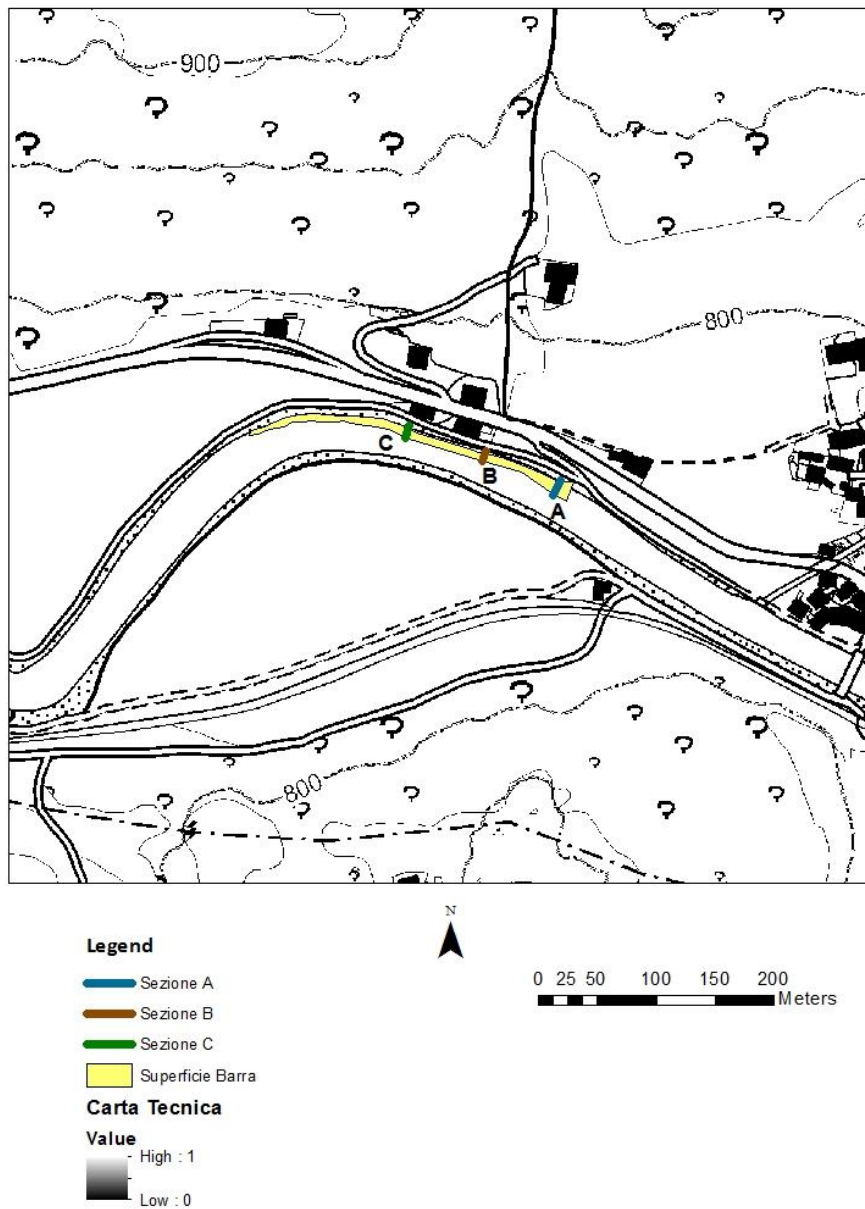


Figura 9 Localizzazione delle sezioni trasversali nella barra artificiale

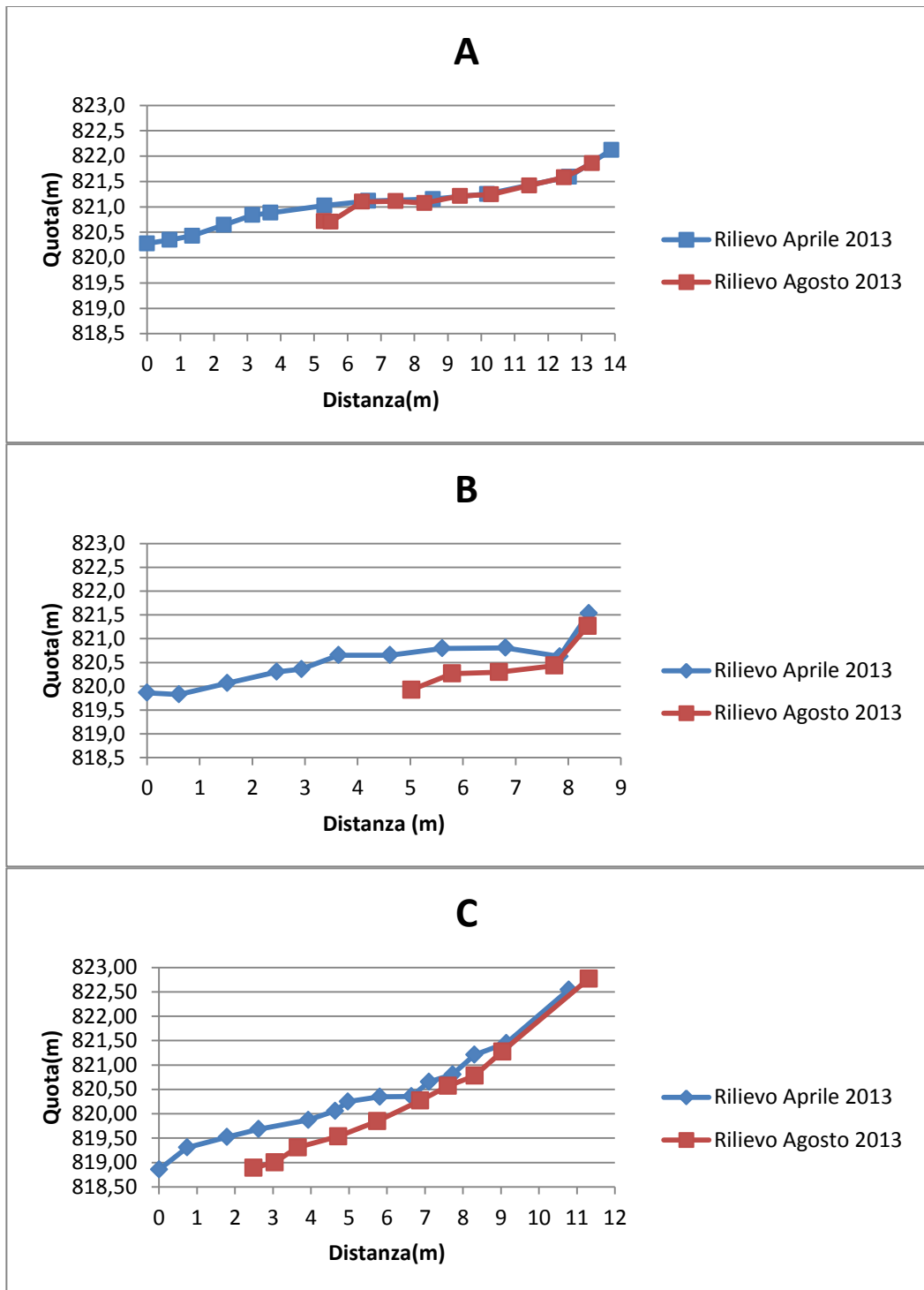


Figura 10 confronto delle sezioni topografiche rilevate sulla barra artificiale

Osservando l'andamento delle 3 sezioni, appare chiaramente come la barra artificiale abbia subito una consistente erosione. La rimozione del materiale ha comportato una riduzione della larghezza della barra e una diminuzione della quota.

Nel rilievo di agosto, a causa della portata maggiore, è stato possibile rilevare le sezioni per un'estensione più limitata rispetto al rilievo effettuato in aprile. Possiamo però ritenere, per quanto osservato al momento del rilievo, che i punti più interni rilevati rappresentino il nuovo limite tra barra e canale. Assumendo questo dato possiamo quantificare la riduzione di larghezza della barra in 5 m per la sezione A, 5 m per la sezione B e 2 m per la sezione C.

Le sezioni B e C evidenziano che c'è stata anche una significativa erosione verticale della barra, con abbassamenti della quota della barra fino a 80 cm.

Le cause sono probabilmente imputabili a vari fattori quali la forma artificiale data alla barra, le caratteristiche idrodinamiche del tratto e la granulometria della barra stessa.

La forma tridimensionale della barra non è ricostruibile in maniera esatta mancando i dati relativi alla situazione pre - immissione. Basandosi però sull'osservazione planimetrica della barra è plausibile ritenere che le quantità maggiori di sedimento siano state depositate nel tratto iniziale dove è posta la sezione A. In questo tratto quindi ha prevalso un'erosione di tipo laterale, la parte esterna della barra è stata sommersa solo per brevi periodi e con un tirante idraulico relativamente modesto.

Verso valle invece, sezioni B e C, la minor quantità di sedimento ha consentito un'interazione maggiore della barra con la corrente. Queste porzioni della barra sono state soggette a tiranti e quindi a sforzi tangenziali maggiori con evidenti conseguenze sulla topografia.

Questo fatto è ulteriormente accentuato dalla topografia del tracciato fluviale della zona. La barra infatti va a concludersi a valle, nel settore concavo di un meandro dove l'erosione è molto intensa.

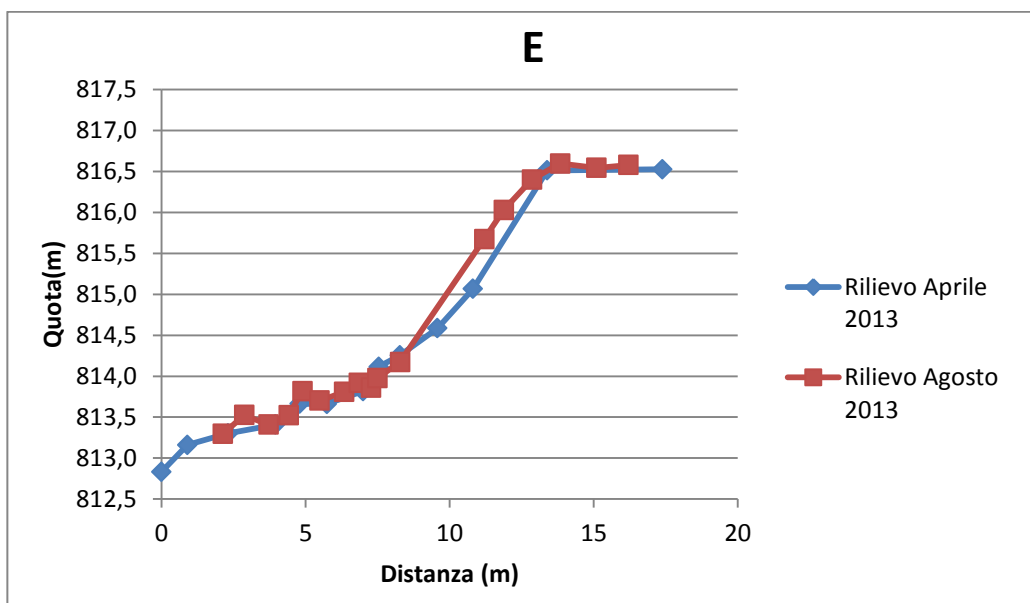


Figura 11 Sezione misurata nella barra naturale a valle: confronto tra il rilievo topografico di aprile e agosto 2013.

La sezione dimostra come la barra naturale non abbia subito mobilitazione.

3.3. Mobilità dei sedimenti

I risultati relativi al movimento subito dai clasti nelle 3 barre monitorate sono:

Barra Artificiale						
N°	Asse B(cm)	Movimento	d(m)	h (m)	τ (Nm ⁻²)	Note
2	60	no		1,0	49	
4	56	no		1,0	53	
5	35	no		1,2	62	
65	33	no		0,9	44	
66	21	si		0,9	46	non trovato
69	32	si	21,0	1,4	70	
70	30	si	1,2	1,1	57	
71	35	si	3,5	1,1	55	
77	97	no		1,2	59	
85	42	no		1,3	66	
86	22	no		1,2	61	
90	36	no		1,3	67	
97	28	no		1,2	59	
103	23	si	1,9	1,2	61	
104	34	si	70,4	1,2	63	
106	19	si	2,6	1,5	77	
108	69	no		1,3	66	
111	57	no		1,6	80	
112	21	no		1,3	66	
116	41	no		1,4	74	
l1.1	60	no		1,1	59	
l1.2	22	si	0,6	0,8	41	
l1.3	21	si	0,1	0,9	46	
l1.4	20	no		0,8	43	
l1.5	11	si	0,2	0,7	37	
l1.6	19	si	0,6	0,6	30	
l2.1	10	si	3,5	1,4	69	

Tabella 3 La tabella riporta solo i clasti che si sono potuti monitorare ad agosto nella barra artificiale, equivalenti al 36% dei clasti numerati ad aprile.

d: distanza di trasporto; h: massimo tirante di piena; τ : sforzo di taglio

Barra Naturale Monte						
N°	Asse B(cm)	Movimento	d(m)	T. idraulico (m)	τ (Nm ⁻²)	Note
127	24	?		1,7	52	Dim si, colore no
129	30	no		1,3	41	
130	35	no		1,5	46	
133	52	no		1,7	53	
134	32	no		1,5	46	
135	17	si		1,7	52	non trovato
137	20	no		1,5	46	
138	21	si		1,4	44	ruotato
139	22	no		1,3	41	
140	29	no		1,3	41	
141	14	si		1,6	49	non trovato
142	29	no		1,6	50	
143	52	no		1,6	50	
144	18	no		1,6	50	
145	65	no		1,5	47	
146	22	no		1,6	51	
148	18	no		1,3	42	
149	38	no		1,7	52	
151	21	no		1,4	44	
152	16	no		1,5	47	
153	37	no		1,7	54	
154	17	no		1,6	50	
155	14	no		1,5	47	
158	22	no		1,6	50	
163	19	no		1,6	51	
169	18	no		1,5	47	
170	18	no		1,7	53	

Tabella 4 . La tabella riporta solo i clasti che si sono potuti monitorare ad agosto nella barra naturale a monte, equivalenti al 52% dei clasti numerati ad aprile.

d: distanza di trasporto; h: massimo tirante di piena; τ : sforzo di taglio

Barra naturale Valle				
N°	Asse B (cm)	Movimento	Distanza(m)	Note
14	52	no		
15	32	no		
18	28	no		
19	41	no		
27	20	no		
36	15	si	0,61	
40	19	no		
49	19	no		
55	18	no		
62	17	?		

Tabella 5 La tabella riporta solo i clasti che si sono potuti monitorare ad agosto nella barra naturale a valle, equivalenti al 20% dei clasti numerati ad aprile

Per ottenere questi risultati si è proceduto nel modo seguente: la distanza (d) di trasporto dei clasti, è stata ottenuta plottando nel software GIS i punti GPS corrispondenti alla posizione dei clasti ad aprile e ad agosto. Quindi, mediante la specifica funzione del programma, si è calcolata l'eventuale distanza percorsa dai clasti.

Per la stima del tirante idraulico (h) si è provveduto innanzitutto a stimare la pendenza longitudinale delle barre, utilizzando un DTM con risoluzione di 2,5 m. Successivamente si sono considerati i punti topografici relativi ai livelli di piena e questi sono stati interpolati con le rette di pendenza del pelo libero ricavate dal DTM. Per associare questi punti, misurati sul terreno con GPS, è stato necessario applicare una trasformazione per passare da quote ellissoidiche a quote geoidiche (*Di Girolamo*). In questo modo conoscendo le dimensioni delle barre si è potuto correlare la posizione di ogni clasto con il rispettivo tirante, dato dalla differenza tra la quota del livello di piena nel punto e quella del clasto.

Nella barra naturale a valle la mancanza di un riferimento adeguato per il livello di piena ha impedito di procedere nel calcolo.

Ottenuto il tirante, si è potuto calcolare lo sforzo di taglio (τ) con la seguente formula: $\tau = (d * g * R * S)$ dove :

d= densità dell'acqua 1000 Kg/m³

g = accelerazione di gravità, $9,8 \text{ m/s}^2$

R = raggio idraulico: rapporto tra (area sezione/perimetro bagnato); generalmente

R può essere sostituito con il tirante (h)

S = pendenza del fondo (adimensionale), pari allo 0,52% nella barra artificiale, 0,32% nella naturale a monte e 0,52% nella naturale a valle.

Discussione e conclusioni

L'attività di monitoraggio sinora svolta ha permesso di fare una prima analisi qualitativa e quantitativa sulla dinamica del fiume Rienza nel tratto che è stato soggetto ad un'immissione artificiale di sedimenti.

I risultati hanno messo in evidenza il diverso comportamento della barra artificiale rispetto a quelle naturali. Nel complesso la barra artificiale ha subito un'erosione importante, sia laterale che verticale, e parte dei clasti di dimensioni maggiori (anche superiori a 30 cm) hanno subito trasporto.

Le barre naturali invece non hanno riportato variazioni significative sia da un punto di vista morfologico che della mobilità dei sedimenti.

Il diverso comportamento può essere spiegato considerando i seguenti aspetti. La granulometria della barra artificiale è nettamente meno grossolana di quelle naturali. Pertanto i sedimenti possono essere trasportati anche con portate non particolarmente elevate, come quelle che si sono verificate nel periodo in esame. Inoltre va osservato che i sedimenti nella barra artificiale non presentavano alcuna struttura, a differenza di quelli nelle barre naturali (es. embriciatura). Anche questo aspetto ha certamente favorito, a parità di sforzo di taglio, alla mobilità dei sedimenti nella barra artificiale

E' molto probabile, sulla base delle osservazioni effettuate (dimensioni granulometriche e mobilità dei sedimenti), che le barre naturali nel tempo abbiano subito un processo di corazzamento,

Pertanto la piena di giugno, con $Tr = 1,6$ anni, non è stata sufficiente per determinare trasporto al fondo in tali barre. Su queste barre il trasporto è stato quasi esclusivamente composto da materiale fine in sospensione (nel rilievo d'agosto sono stati osservati depositi di sabbia ai margini della barra).

Alla luce dei fatti si ritiene che l'intervento di riqualificazione, dal punto di vista morfologico, può essere valutato positivamente come test per possibili interventi successivi. Interventi che per produrre gli effetti sperati dovranno essere più incisivi, impiegando maggiori quantità di sedimento e provvedendo ad una disposizione del materiale più capillare lungo il tracciato fluviale.

Bibliografia

D. Campana et. al. (2012) Variazioni morfologiche storiche del torrente Aurino ed effetti ecologici dei recenti interventi di riqualificazione: risultati preliminari. In: G. Trentini, M. Monaci, A. Goltara, F.Comiti, W.Gallmetzer, B.Mazzorana Riquilificazione fluviale e gestione del territorio, 2° convegno italiano sulla riqualificazione fluviale Bolzano 6-7 novembre 2012, pp.113-133.

P. Hecher, G. Vignoli (2012) Riquilificazione del Rio Mareta: pianificazione e prime fasi d'attuazione. In: G. Trentini, M. Monaci, A. Goltara, F.Comiti, W.Gallmetzer, B.Mazzorana Riquilificazione fluviale e gestione del territorio, 2° convegno italiano sulla riqualificazione fluviale Bolzano 6-7 novembre 2012, pp.239- 249.

D.R. Montgomery & J.M. Buffington (1997) Channel- reach morphology in mountain drainage basins. Geological Society of American Bulletin, 109 (5), 596-611

A. Di Girolamo. Le quote dei punti determinati con GPS. Variazioni locali degli scostamenti geoidici in Trentino Alto Adige. Ufficio per il rilevamento geodetico- Regione Autonoma Trentino Alto Adige.

K. Bunte, S. R. Abt (2001) Sampling Surface and Subsurface Particle-Size Distributions in Wadable Gravel- and Cobble-Bed Streams for Analyses in Sediment Transport, Hydraulics, and Streambed Monitoring. Cap 1,2

L.Mao e N. Surian (2010) Observation on sediment mobility in a large gravel bed-river. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/geomorph

M. Rinaldi, N. Surian, F. Comiti, M. Bussetini (2011) Manuale tecnico-operativo per la valutazione e il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua
Versione 1. Cap 2, pp 7-30.