



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI SCIENZE MM. FF. NN.

Dipartimento di Geoscienze
Direttore Prof. Domenico Rio

TESI DI LAUREA TRIENNALE
IN
SCIENZE GEOLOGICHE

**APPLICAZIONE DELL'INDICE DI QUALITA'
MORFOLOGICA (IQM) A DUE TRATTI DEL
FIUME ADIGE**

**APPLICATION OF THE MORPHOLOGICAL
QUALITY INDEX (IQM) IN TWO REACHES
OF THE ADIGE RIVER**

Relatore: Dott. Nicola Surian

Laureando: Marco Vangelista

ANNO ACCADEMICO 2010 / 2011

INDICE	
RIASSUNTO	3
INTRODUZIONE	4
1. CONCETTI DI BASE DI GEOMORFOLOGIA FLUVIALE	6
1.1 Il sistema fluviale e la connettività dei processi	6
1.2 Morfologie degli alvei fluviali	8
1.3 Variazioni morfologiche degli alvei fluviali	10
2. METODO DI ANALISI	11
3. ANALISI DI DUE TRATTI DEL FIUME ADIGE	13
3.1 Inquadramento geografico	13
3.2 Inquadramento geologico	14
3.3 Definizioni delle unità fisiografiche	16
3.4 Tratto San Martino di Venezze (RO)	17
3.5 Tratto Rivoli Veronese (VR)	23
CONCLUSIONI	28
APPENDICE	29
BIBLIOGRAFIA	39

Riassunto

In questa tesi è stato applicato l'Indice di Qualità Morfologica (IQM) a due tratti del fiume Adige, il primo in pianura alluvionale e il secondo collocato in zona pedemontana-collinare. Per questo scopo sono stati confrontati tra loro i dati disponibili dagli anni '50 con quelli odierni, i primi importanti in quanto negli ultimi 60 anni, nel territorio italiano, si sono avuti i maggiori cambiamenti dei corsi d'acqua legati allo sviluppo antropico. I dati, rappresentati da foto aeree, lavori di sezione e piante topografiche, sono poi stati supportati da rilievi sul campo per valutarne l'impatto sul terreno. Tutte queste operazioni sono necessarie al fine di compilare la scheda di valutazione per ogni tratto con la quale ricavare l'IQM per poi assegnare ad ognuno la propria classe di merito.

Abstract

The aim of this paper is to apply the Morphological Quality Index (IQM) in two reaches of the Adige River (northern Italy).

The first reach is located in alluvial plain and the second one in a foothills zone. For this purpose, the old data from 1950, were compared with the data collected in the last years, bearing in mind that in the last sixty years there were important changes of river channels related to the human interventions.

Data and methods used in this study are photos, stratigraphic sections, maps, and field surveys. All of these operations are necessary to compile the evaluation sheets in order to obtain the IQM for both river stretches, and to assign to each one the appropriate class.

Introduzione

Questa tesi prevede l'applicazione dell'Indice di Qualità Morfologica (IQM) a due tratti del fiume Adige, uno collocato in ambito collinare-pedemontano, situato nei comuni di Cavaion Veronese e Rivoli Veronese entrambi in provincia di Verona, mentre il secondo si trova nella pianura alluvionale, compresa tra la provincia di Rovigo e quella di Padova, più precisamente tra i comuni di San Martino di Venezze (RO) ed Anguillara Veneta (PD).

L'applicazione dell'IQM, è parte integrante di una Direttiva Quadro Europea "Acque" 2000/60/CE (Water Framework Directive o WFD: EUROPEAN COMMISSION, 2000), che introduce gli aspetti idromorfologici come elementi da valutare, oltre a quelli chimico-fisici relativi alla qualità dell'acqua e agli aspetti biologici, per giungere ad una classificazione dello stato ecologico dei corsi d'acqua.

Estratto dalla normativa 2000/60 CE:

“Articolo 1

Scopo

Scopo della presente direttiva è istituire un quadro per la protezione delle acque superficiali interne, delle acque di transizione, delle acque costiere e sotterranee che:

- a) impedisca un ulteriore deterioramento, protegga e migliori lo stato degli ecosistemi acquatici e degli ecosistemi terrestri e delle zone umide direttamente dipendenti dagli ecosistemi acquatici sotto il profilo del fabbisogno idrico;
- b) agevoli un utilizzo idrico sostenibile fondato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili;
- c) miri alla protezione rafforzata e al miglioramento dell'ambiente acquatico, anche attraverso misure specifiche per la graduale riduzione degli scarichi, delle emissioni e delle perdite di sostanze prioritarie e l'arresto o la graduale eliminazione degli scarichi, delle emissioni e delle perdite di sostanze pericolose prioritarie;
- d) assicuri la graduale riduzione dell'inquinamento delle acque sotterranee e ne impedisca l'aumento, e contribuisca a mitigare gli effetti delle inondazioni e

della siccità ” (da GAZZETTA UFFICIALE DELLE COMUNITA' EUROPEE del 22/12/2000 p 5).

Per la valutazione dello stato morfologico dei corsi d'acqua italiani è stata sviluppata recentemente una nuova metodologia (RINALDI et al. 2011) che ha come prodotto finale la definizione di un indice di qualità morfologica (IQM). Questa metodologia ha dettato le linee guida per quanto riguarda lo svolgimento della presente tesi, che ha lo scopo di estendere e testare l'applicazione di questo nuovo indice.

1. Concetti di base di geomorfologia fluviale

La Geomorfologia Fluviale può essere sinteticamente definita come “studio dei processi di produzione, flusso ed immagazzinamento di sedimenti nel bacino idrografico e nell’alveo fluviale nella breve, media e lunga scala temporale, e delle forme risultanti nell’alveo e nella piana inondabile” (NEWSON & SEAR, 1993).

1.1 Il sistema fluviale e la connettività dei processi

Il sistema fluviale può idealmente essere suddiviso in tre zone secondo lo schema proposto da SCHUMM (1977):

- *zona 1* rappresenta la porzione alta del bacino, nella quale prevalgono i processi che determinano la produzione dei sedimenti in seguito a frane, erosione sui versanti;
- *zona 2* caratterizzata prevalentemente dal trasferimento dei sedimenti verso valle da parte dei corsi d’acqua principali del sistema;
- *zona 3* costituisce la porzione più valliva del sistema e rappresenta l’area di prevalente accumulo dei sedimenti;

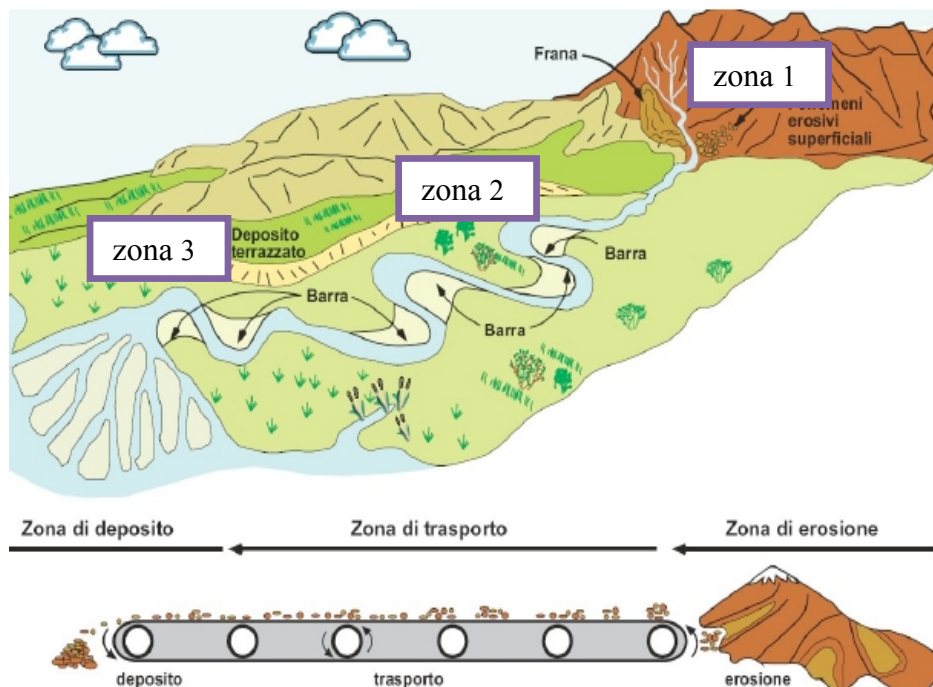


Fig.1.1 – Il corso d’acqua paragonato ad un nastro trasportatore di sedimenti (da AUTORITA’ BACINO PO 2008, modificato da KONDOLF, 1994).

In sintesi si può dire che i corsi d'acqua convogliano sedimenti dalle zone sorgenti poste nelle porzioni alte del bacino, attraverso le zone di trasferimento, alle pianure alluvionali le quali rappresentano le zone di accumulo. Secondo tale schema idealizzato, il corso d'acqua è paragonabile ad un nastro trasportatore il quale espleta la sua funzione principale nel trasferire sedimenti dalle zone di origine (versanti) verso le zone di recapito finale del sistema. Tuttavia le tre categorie di processi agiscono, in misura diversa, lungo tutto il tratto del sistema fluviale, in particolar modo dove il corso d'acqua è di tipo alluvionale a fondo mobile, dove si realizzano continui scambi di sedimenti tra le sponde ed il fondo.

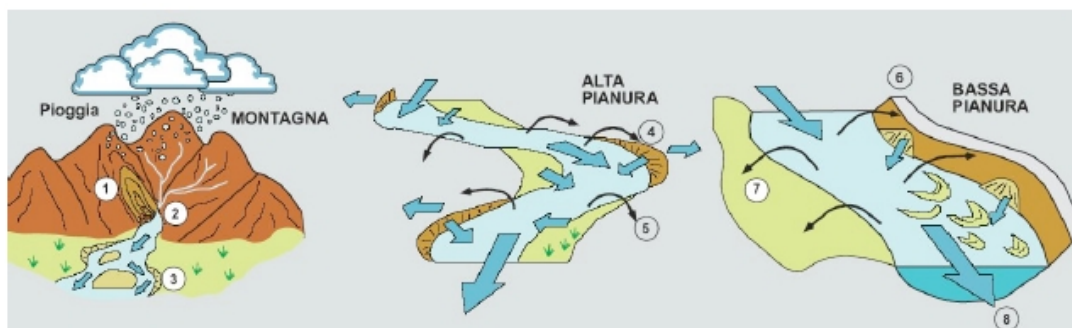


Fig.1.2 – Principali processi di interscambio di sedimenti nelle tre zone di un bacino idrografico (da AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2008, modificato da SEAR *et al.*, 2003).

Zona montana di produzione di sedimenti: (1) frane; (2) alimentazione ed eventuale sbarramento da parte dei sedimenti in alveo; (3) sedimentazione in alveo ed erosione delle sponde. Zona di trasferimento di sedimenti (alta pianura): (4) erosione delle sponde ed accrezione delle barre; (5) costruzione delle sponde per tracimazione. Zona di accumulo di sedimenti (bassa pianura): (6) erosione delle sponde per movimenti di massa; (7) deposizione di sedimenti fini nella piana inondabile; (8) trasporto di *wash load* dei sedimenti fini al mare. La suddivisione del sistema in zone ed in processi dominanti riflette anche altre caratteristiche fisiche dei corsi d'acqua, quali il confinamento e la morfologia degli alvei.

1.2 Morfologie degli alvei fluviali

La classificazione degli alvei fluviali varia a seconda che il tratto considerato si trovi in montagna o in pianura, infatti se negli alvei della zona medio-alta del bacino idrografico prevalgono dimensioni ridotte, elevate pendenze, alto grado di confinamento e dimensioni dei sedimenti elevate, nei tratti di pianura le dimensioni aumentano le pendenze diventano estremamente basse ed i sedimenti sono di dimensioni ridotte. Per questo sono stati sviluppati diversi tipi di classificazione, in base a diversi parametri ecco alcuni esempi:

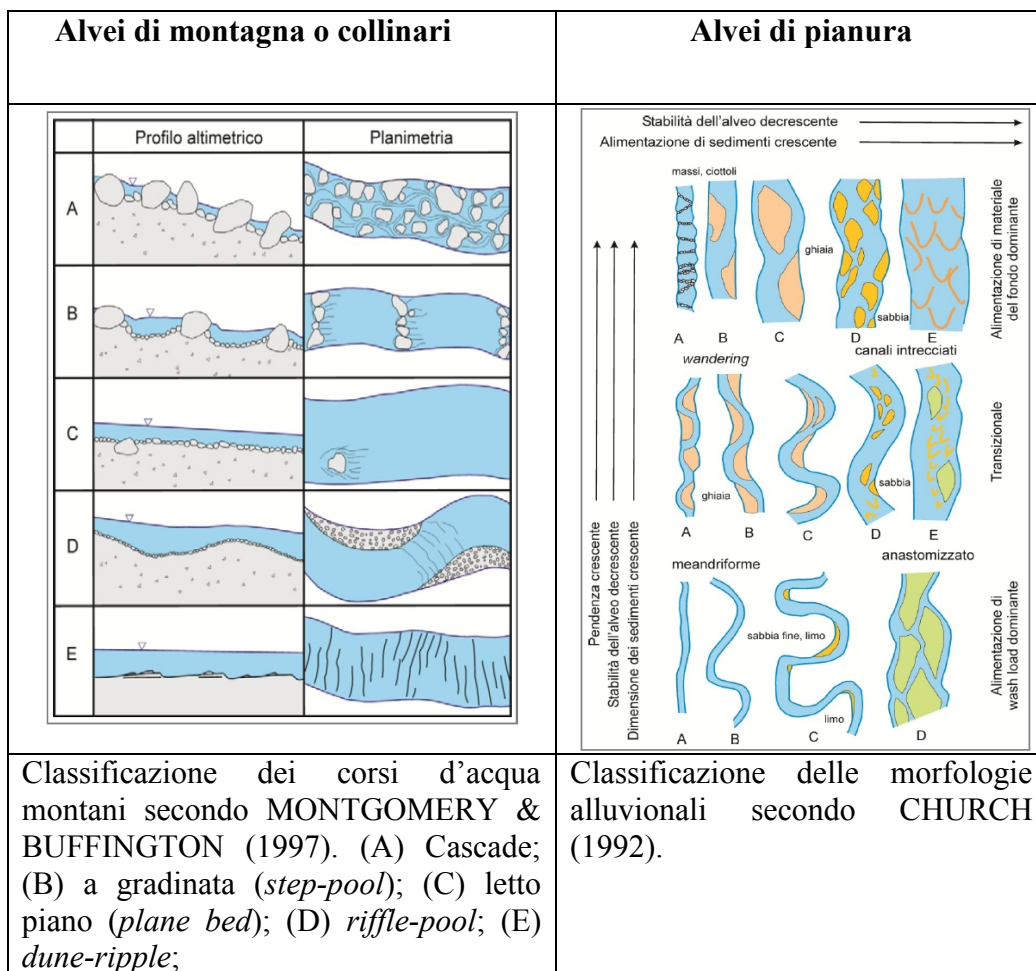


Fig. 1.3 - Esempi di classificazione delle morfologie fluviali.

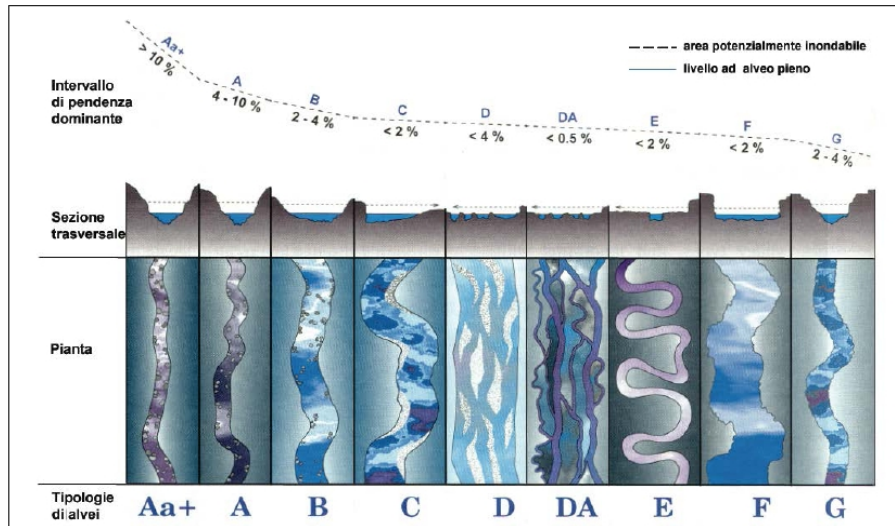


Fig. 1.4 - Classificazione delle morfologie fluviali secondo ROSGEN (1994).

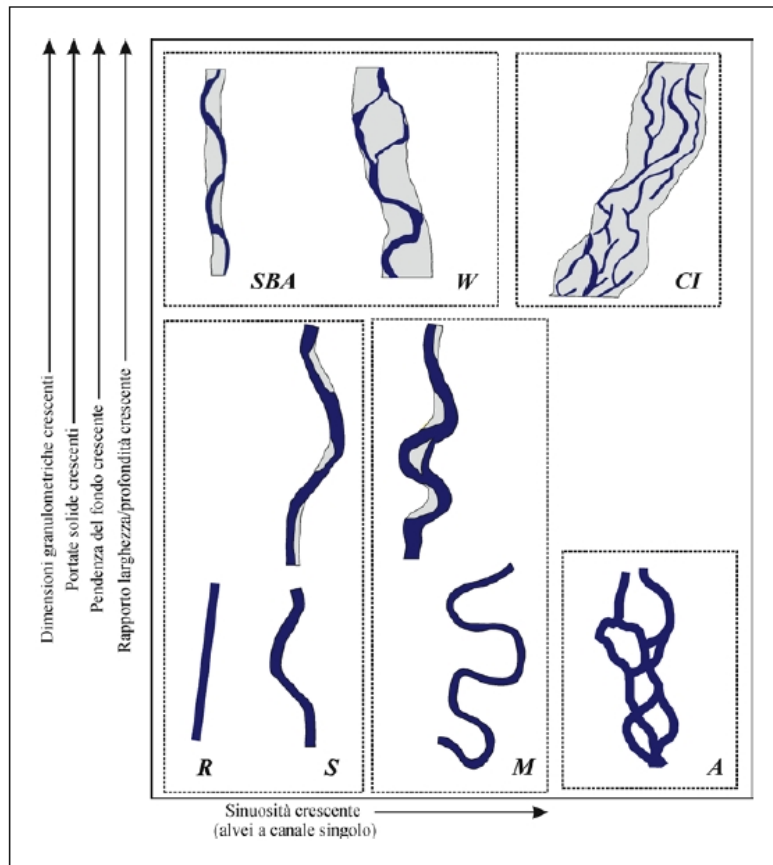


Fig. 1.5 - Morfologie fluviali e relazioni con i principali parametri di controllo. (da RINALDI, 2003, modificato). **R**: Rettilineo; **S**: Sinuoso; **M**: Meandriforme; **A**: Anastomizzato; **SBA**: Sinuoso a barre alternate; **W**: Wandering; **CI**: Canali intrecciati.

1.3 Variazioni morfologiche degli alvei fluviali

La scala temporale che preferibilmente viene utilizzata nel campo della moderna Geomorfologia Fluviale è la media scala temporale, cioè quella dell'ordine dei 100 anni (confrontabile con la scala della vita umana), seppure lo studio dell'evoluzione nel lungo termine del reticolo idrografico (catture, subsidenza ed altri fenomeni di neotettonica) può fornire utili informazioni per una migliore comprensione delle possibili cause di variazioni morfologiche degli alvei. Tuttavia, per definire le tendenze attuali, vale a dire per stabilire se un alveo è stabile o in equilibrio dinamico, è più appropriato restringere ulteriormente la scala temporale agli ultimi 10-15 anni circa (SHIELDS *et al.*, 2003). I fattori che contribuiscono al cambiamento dell'equilibrio si dividono in due gruppi:

- 1) naturali (quali variazioni climatiche ed idrologiche, movimenti tettonici, fenomeni vulcanici, variazioni del livello del mare, ecc.)
- 2) antropici i quali comprendono interventi a scala di bacino (rimboschimenti, disboscamenti, sistemazioni idraulico-forestali, urbanizzazione), che vanno a modificare il regime della portate liquide e solide, oppure interventi diretti in alveo (tagli di meandro, canalizzazioni, dighe, escavazione di inerti) che agiscono direttamente sulla forma dell'alveo.

Tra i due fattori di cambiamento, bisogna inoltre indicare la differenza di risposta da parte dell'alveo alle modificazioni in ambito temporale, che nel caso di eventi naturali è più lenta a volte impercettibile rispetto alla vita umana, mentre quando gli agenti di cambiamento sono di natura antropica la variazione per la ricerca di una nuova situazione di equilibrio, è sicuramente più veloce.

Molta importanza, in un territorio come quello italiano, viene infatti data al monitoraggio dagli anni '50 in poi, in quanto è in questo lasso temporale che ci sono state le maggiori perturbazioni agli alvei fluviali consecutive sia al prelievo di materiale che a costruzioni di dighe, manufatti, difese di sponda e tutti quegli interventi a difesa o ad uso degli insediamenti urbani.

Le variazioni hanno riguardato tutti i parametri, in generale si sono avuti un approfondimento dell'alveo dovuto ad una maggiore incisione, diminuzioni di portata che hanno prodotto una diminuzione del numero dei canali nelle morfologie di tipo intrecciato, una diminuzione della sinuosità e tutto ciò ha

portato ad una diminuzione della variazione degli alvei fino a trovare quasi tutti i corsi d'acqua ridotti a monocursali, come rappresentato nella Fig. 1.6.

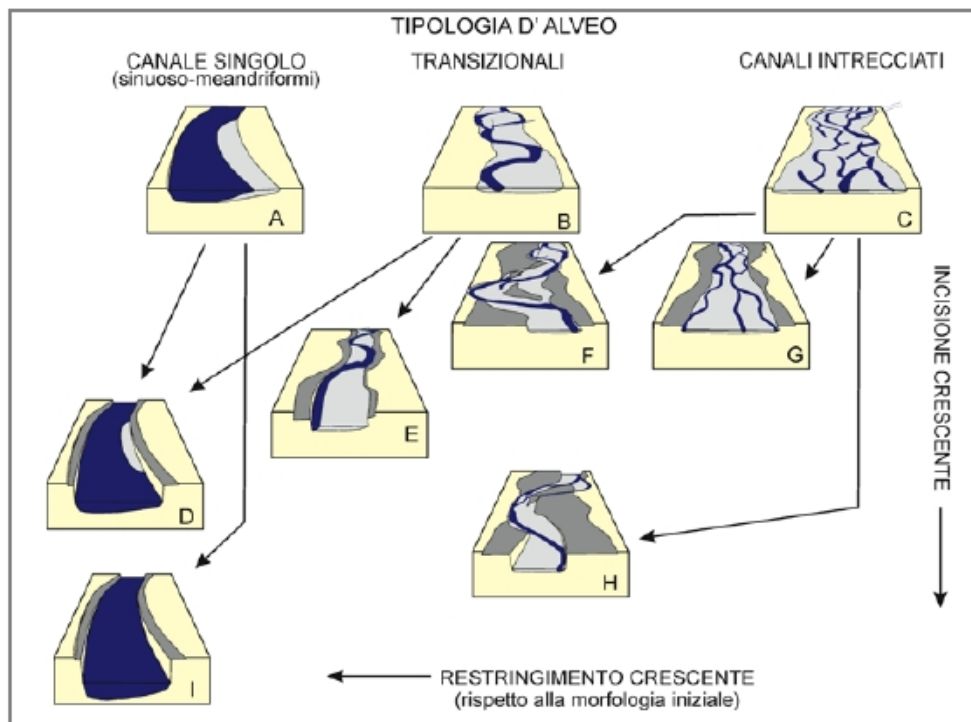


Fig.1.6 – Schema di classificazione delle variazioni morfologiche di fiumi italiani (SURIAN & RINALDI, 2003, modificato).

2. Metodo di analisi

Per l'analisi dei due tratti del fiume Adige sono state seguite le indicazioni presenti nel manuale per la compilazione delle “schede di valutazione” (RINALDI et al. 2011), che prevedono la classificazione di diversi parametri e fasi di analisi:

1. *Inquadramento e suddivisione iniziale* – in questa prima parte vengono identificati i tratti omogenei del fiume in base a simili caratteristiche fisiche dell'alveo e dell'ambiente che attraversa, il che si ottiene mediante l'utilizzo di carte geologiche, foto aeree e tutti i dati utili a tale scopo.

2. *Funzionalità geomorfologica* - viene valutato lo stato attuale del corso d'acqua in relazione ad una serie di caratteristiche morfologiche e di processi.
3. *Artificialità* – si vanno a valutare e quantificare le opere antropiche che possono interferire con la morfologia ed i processi fluviali.
4. *Variazioni morfologiche* – nell'ultima parte della scheda di valutazione, vengono valutate le variazioni del corso del fiume nel tempo tramite il confronto delle foto aeree recenti, con quelle più vecchie disponibili (anni '50).

Ad ogni voce di valutazione (indicatore) viene attribuito un punteggio che sarà proporzionale al grado di alterazione alla naturalità dell'alveo, al termine, si ricava l'Indice di Qualità Morfologica (IQM) e la classe di appartenenza.

La parte iniziale del lavoro di studio è stato costituito dall'acquisizione del materiale di documentazione come foto aeree, cartografia sia planimetrie che di sezioni, misure di portata, dove disponibile sia dati recenti che relativi ai decenni antecedenti per potere effettuare una comparazione.

Le foto aeree e le carte topografiche più recenti, disponibili in formato digitale e georeferenziate, sono state utilizzate tramite la loro applicazione in GIS come base su cui effettuare le misurazioni e poi comparate, per quanto riguarda sia le foto che le sezioni, con quelle del 1954 (volo G.A.I del 1954 REGIONE VENETO). La parte finale del lavoro di studio si è svolta sui tratti del corso del fiume, per valutare lo stato attuale e la veridicità o meno delle valutazioni fatte.

3. Analisi di due tratti del fiume Adige

3.1 Inquadramento geografico

Il fiume Adige nasce da una sorgente vicina al lago di Resia, a quota 1586 m s.l.m., ha un bacino imbrifero di circa 12.100 km² ed un percorso di 409 km che lo porta a sfociare nel mare Adriatico in località Porto Fossone (RO) tra la foce del fiume Brenta ed il delta del fiume Po. Il bacino idrografico è compreso tra le province di Bolzano, Trento, Verona e piccole porzioni anche Vicenza ed in territorio svizzero (parte della Val Monastero nel Cantone dei Grigioni). Dalla sorgente fino a Merano il fiume attraversa la Val Venosta, successivamente il fiume attraversa l'omonima Val d'Adige da Bolzano fino a Trento infine attraversa la Val Lagarina da Trento fino a Verona. Dalla Val Lagarina, l'Adige assume i caratteri dei fiumi di pianura, ovvero diventa meandriforme monocursale fino alla località di Albaredo, a valle di Verona, dove il fiume chiude il suo bacino tributario. Da qui al Mare Adriatico, per circa 110 km, il fiume è per lo più pensile. Le quote dell'alveo sono: a Glorenza 920 m s.l.m., a Merano 294 m s.l.m., a Bolzano 236 m s.l.m., a Borghetto 118 m s.l.m., a Pescantina 79 m s.l.m., a Verona 62m s.l.m., a Legnago 12 m s.l.m., a Boara Pisani 3,7 m s.l.m., a Cavarzere -1,2 m s.l.m.. La larghezza della sezione varia da un minimo da 40 m nel tratto Merano-Bolzano ad un massimo di circa 270 m tra i cigli arginali interni a Zevio (VR). La pendenza di fondo tra il lago di Resia, nei pressi della sorgente, e il confine settentrionale della provincia di Verona passa dal 53 allo 0,91 ‰, mentre nel tratto successivo, da Borghetto fino alle Bocche di Sorio è dell'1,3 ‰ e scende allo 0,55 ‰ sino ad Albaredo. Successivamente scende allo 0,37 ‰ sino a Legnago, 0,20 ‰ sino a Boara Pisani, 0,19 ‰ fino a Cavarzere e poi rimane attorno allo 0,18 ‰ fino alla foce.

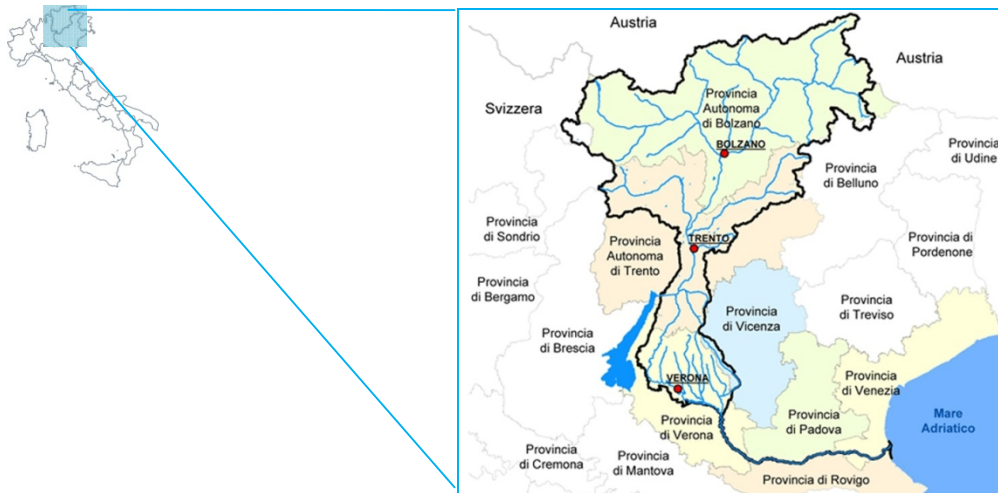


Fig.3.1 – Il bacino idrografico del fiume Adige (da AUTORITA' DI BACINO NAZIONALE DEL FIUME ADIGE).

3.2 Inquadramento geologico

Dal punto di vista geologico il bacino dell'Adige è suddiviso in tre zone strutturali ben distinte:

- Zona Pennidica;
- Zona dell'Austroalpino;
- Zona delle Alpi Meridionali.

Questa suddivisione è derivata dalla evoluzione strutturale della Catena Alpina, caratterizzata da una complessa e prolungata sequenza di eventi deformativi, metamorfici e magmatici, particolarmente attivi nel tardo Paleozoico (Ciclo Ercinico) e nel Cretacico - Terziario (Ciclo Alpino).

Una netta separazione delle sopraccitate Unità Tettoniche è determinata dalla cosiddetta Linea Insubrica che, passando per il Tonale e Merano e proseguendo per la Val Pusteria, separa le unità metamorfiche delle falde austroalpine, a Nord, dalla serie delle Alpi meridionali, a Sud. Altri elementi strutturali minori, ma sempre significativi, interessano la regione e i più ricorrenti sono: il sistema di faglie e fratture giudicariese e il sistema scledense, nonché le pieghe e i sovrascorrimenti ad andamento circa E-O nella regione dolomitica.

La litologia che caratterizza le singole zone è così schematizzabile.

Nella fascia delle Austridi, che occupa la gran parte dell'Alto Adige e un'area limitata a NW del Trentino, si distinguono:

- basamento scistoso cristallino, che strutturalmente comprende vari complessi (Breonie; zona Merano-Mules-Anterselva e Venosta; Turntaler e Monteneve;
- Oetztal-Silvretta; Mazia e Slingia);
- copertura mesozoica, anch'essa distinta in vari complessi (Stilves-Corno Bianco; Tribulaun-Cime Bianche di Telves e Monteneve; lembi in Val Venosta detti "Dolomiti dell'Engadina").

Nella fascia delle Pennidi (tra Valle Isarco e Valle Aurina) si distinguono pure vari complessi che, dal basso all'alto, sono:

- complesso Tux-Gran Veneziano;
- complesso Greiner-Picco dei Tre Signori;
- complesso dei Calcescisti con ofioliti.

Il primo è costituito da gneiss granitici con subordinati paragneiss, micascisti, quarziti e marmi; il secondo da micascisti granatiferi prevalenti, con intercalazioni di quarziti e marmi; il terzo da calcescisti con ofioliti: in pratica associazioni varie di metasedimenti, metavulcaniti, serpentini.

Nella successione stratigrafica delle Alpi Meridionali, a cui appartengono i gruppi dolomitici delle valli Gardena, Badia, Fassa e Non, la catena del Lagorai e i gruppi montuosi calcareo-dolomitici della Val d'Adige e quelli vulcanico-sedimentari dei Monti Lessini, è più agevole distinguere le unità competenti (compatte, massicce, coerenti) da quelle incompetenti (molto stratificate, a contenuto argilloso, erodibili), (AUTORITA' DI BACINO NAZIONALE DEL FIUME ADIGE: *orogenesi del bacino del fiume Adige*).

3.3 Definizione delle unità fisiografiche

Utilizzando i criteri di suddivisione delle unità fisiografiche, il bacino del fiume Adige essere separato in quattro segmenti:

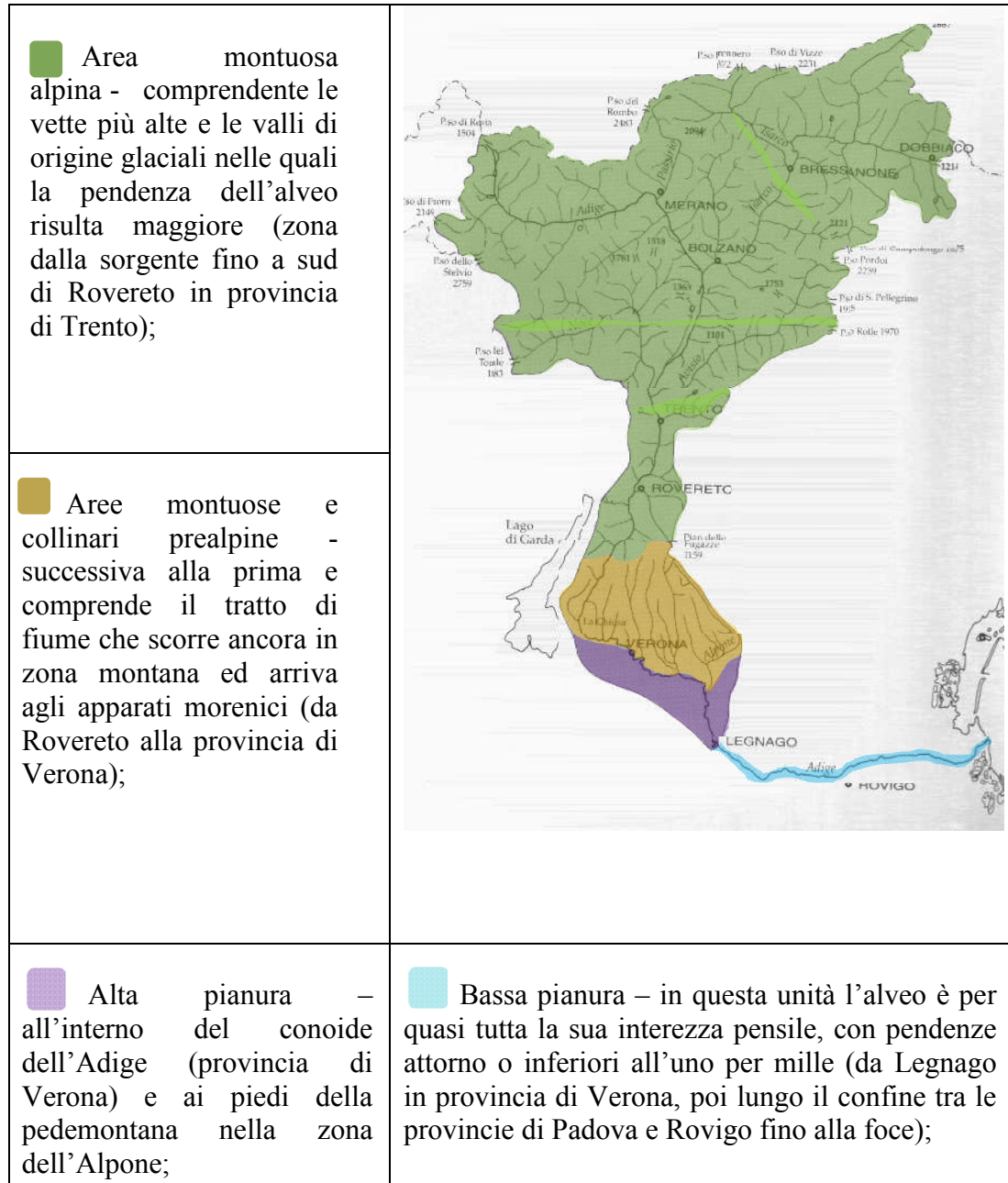


Fig 3.2 – Unità fisiografiche (AUTORITA' DI BACINO NAZIONALE DEL FIUME ADIGE modificato).

3.4 Tratto San Martino di Venezze (RO)

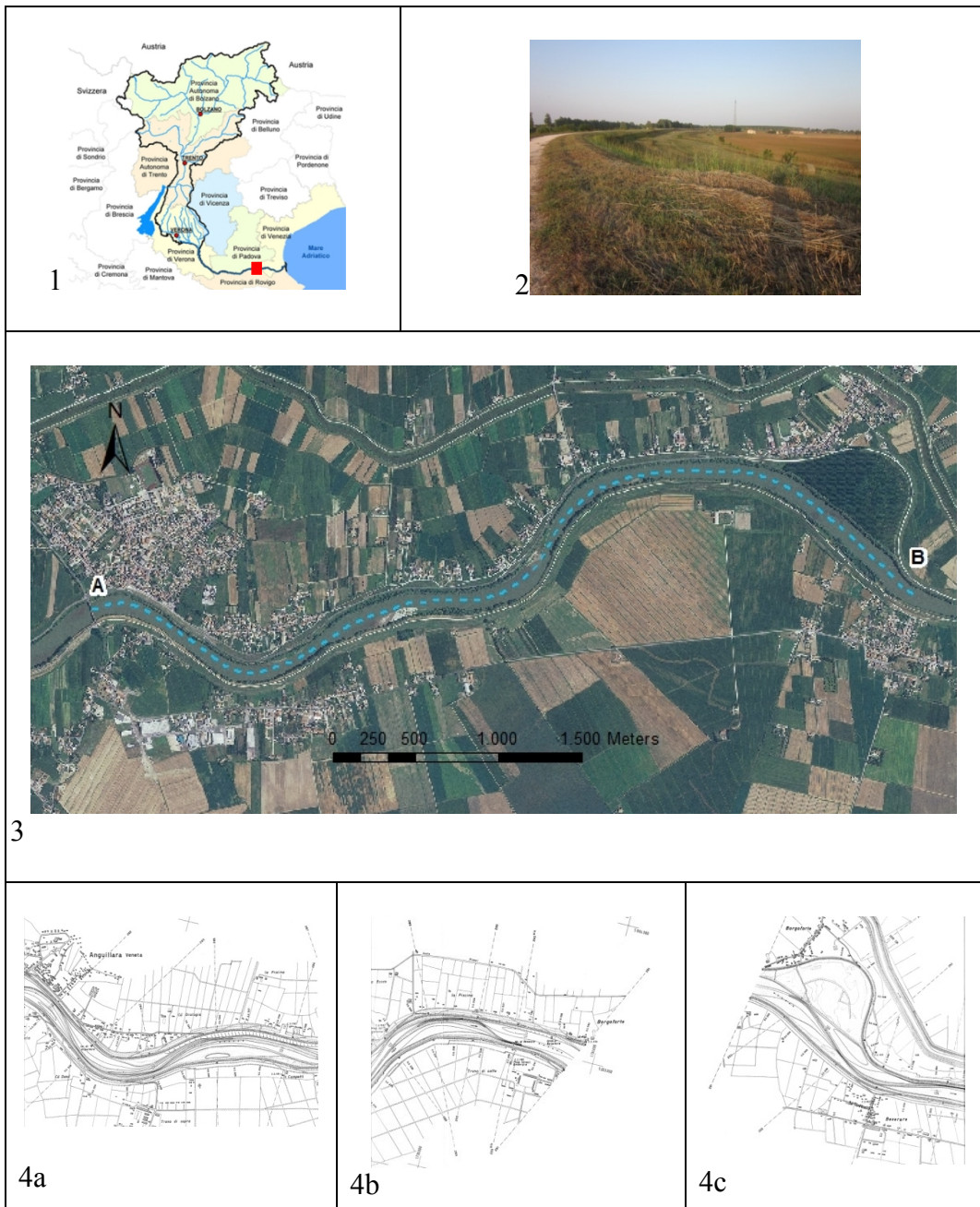


Fig.3.3 – Inquadramento geografico: 1- collocazione; 2- panoramica che mette in evidenza argine e area golenale; 3 – foto aerea del tratto di fiume; 4 a,b,c – parti della carta topografica dello stesso tratto anno 1954 del Magistrato alle Acque (da GENIO CIVILE REGIONE VENETO PROVINCIA DI ROVIGO).

Questo tratto, della lunghezza di 5800m del fiume Adige, si trova in piena pianura alluvionale con uno sviluppo lungo la direzione WE, l'alveo è di tipo

pensile ed ha una pendenza di circa lo 0,19 %. I sedimenti sono per lo più sabbiosi si tratta perciò, secondo la classificazione, di un tratto di bassa pianura non confinato. Per la totalità del tratto, il fiume scorre all'interno di arginature artificiali poste a difesa delle zone abitate, che hanno visto le loro dimensioni aumentare col passare dei secoli in seguito ad eventi calamitosi.

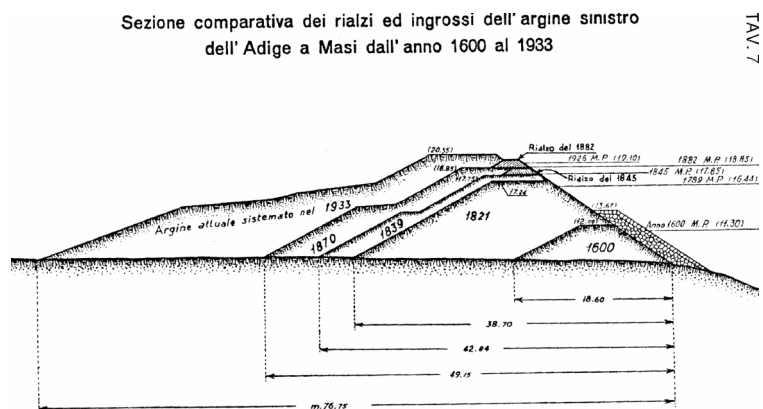


Fig.3.4 – Esempio di sezione arginale e relativi rialzi nel corso dei secoli (da atti del convegno “Il fiume Adige stato delle conoscenze e problematiche gestionali” atti del convegno Verona 6-7-8 aprile 1989 p.46).

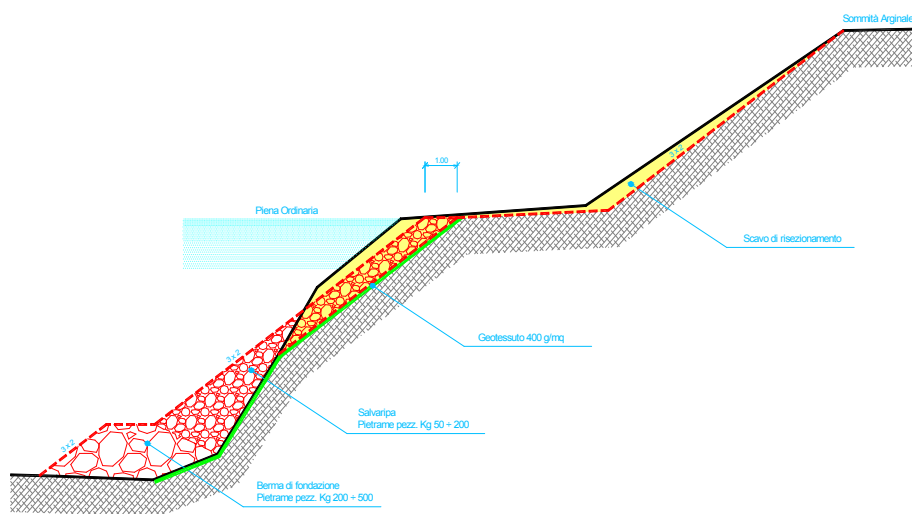


Fig.3.5 – Sezione arginale e scogliera di difesa delle arginature (GENIO CIVILE REGIONE VENETO PROVINCIA DI ROVIGO).

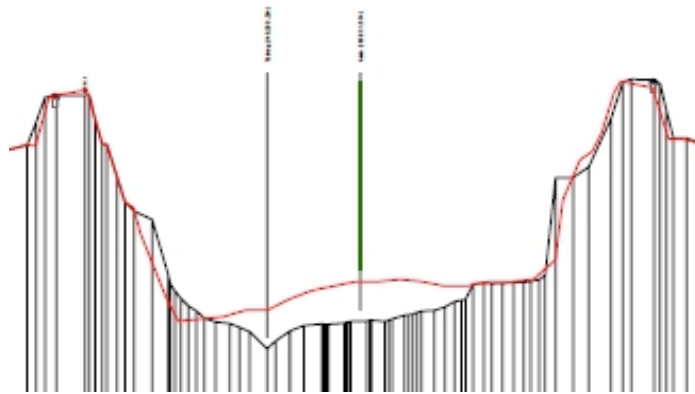
Attualmente la dinamica del fiume si svolge obbligatoriamente all'interno di queste arginature artificiali e, dato il tempo trascorso, si può definire questo come l'unico percorso possibile dovuto all'estrema antropizzazione delle aree attraversate. Il fiume nel tratto in esame, si presenta a canale singolo con una

larghezza variabile con un minimo di poco inferiore a 100 m ad un massimo di 150 m, ad andamento classificabile come sinuoso. All'interno dell'alveo sono riconoscibili tramite foto aeree, barre laterali di natura prevalentemente sabbiosa il che indica una certa dinamica fluviale. La fascia erodibile laterale, si limita a pochi metri ed è contenuta all'interno delle barriere a scogliera poste come protezione degli argini (*fig. 3.4*), mentre per quanto riguarda la continuità longitudinale, risulta ininterrotta, uniche eccezioni sono i residui di un argine verso la parte terminale più a E della zona esaminata in prossimità della località di Beverare. Le variazioni dell'alveo quindi, non possono che avvenire in senso verticale come evidenziato dalle sezioni sormontate (1954 – 1996; da AUTORITA' DI BACINO NAZIONALE DEL FIUME ADIGE) messe a confronto nella tabella 3.2. Dalla comparazione si nota che nel lasco temporale di circa 40 anni si è avuto, in questo tratto, un approfondimento di qualche metro dell'alveo per quasi tutta la sezione, ciò può essere riconducibile al fatto che in quel periodo il fiume Adige era oggetto di prelievi di materiale sabbioso per costruzioni. Mentre nel periodo più recente, la profondità media dell'alveo si può considerare invariata se non si prendono in esame gli spostamenti laterali, questo in seguito alla fine dei prelievi.



Fig.3.6 – Sezioni dell'alveo su Google Earth (AUTORITA' DI BACINO NAZIONALE DEL FIUME ADIGE).

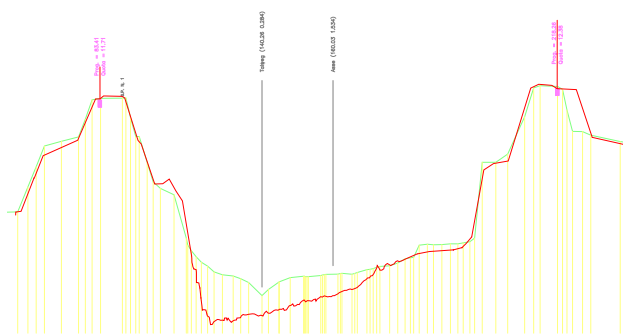
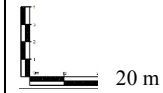
Sezione n° 1317



— 1954

— 1996

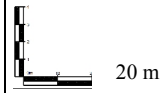
4 m



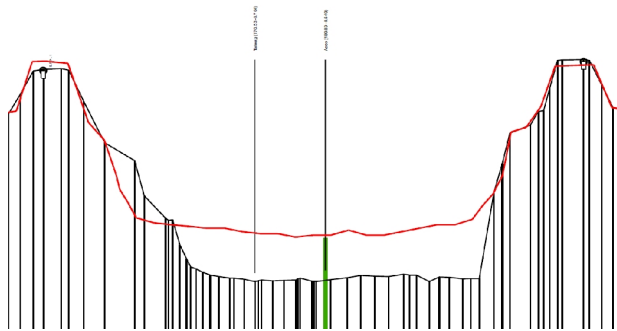
— 1996

— 2009

4 m



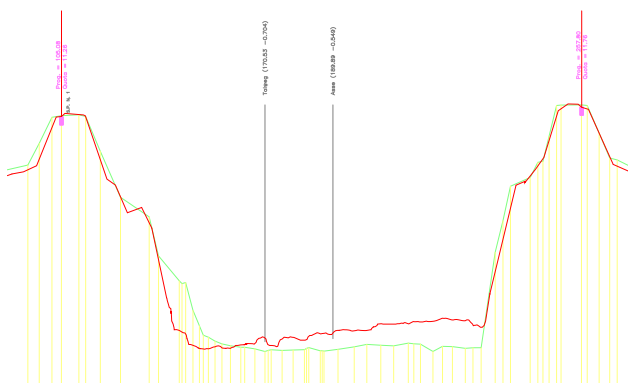
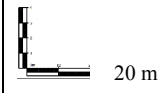
Sezione n° 1323



— 1954

— 1996

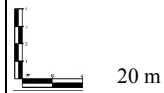
4 m

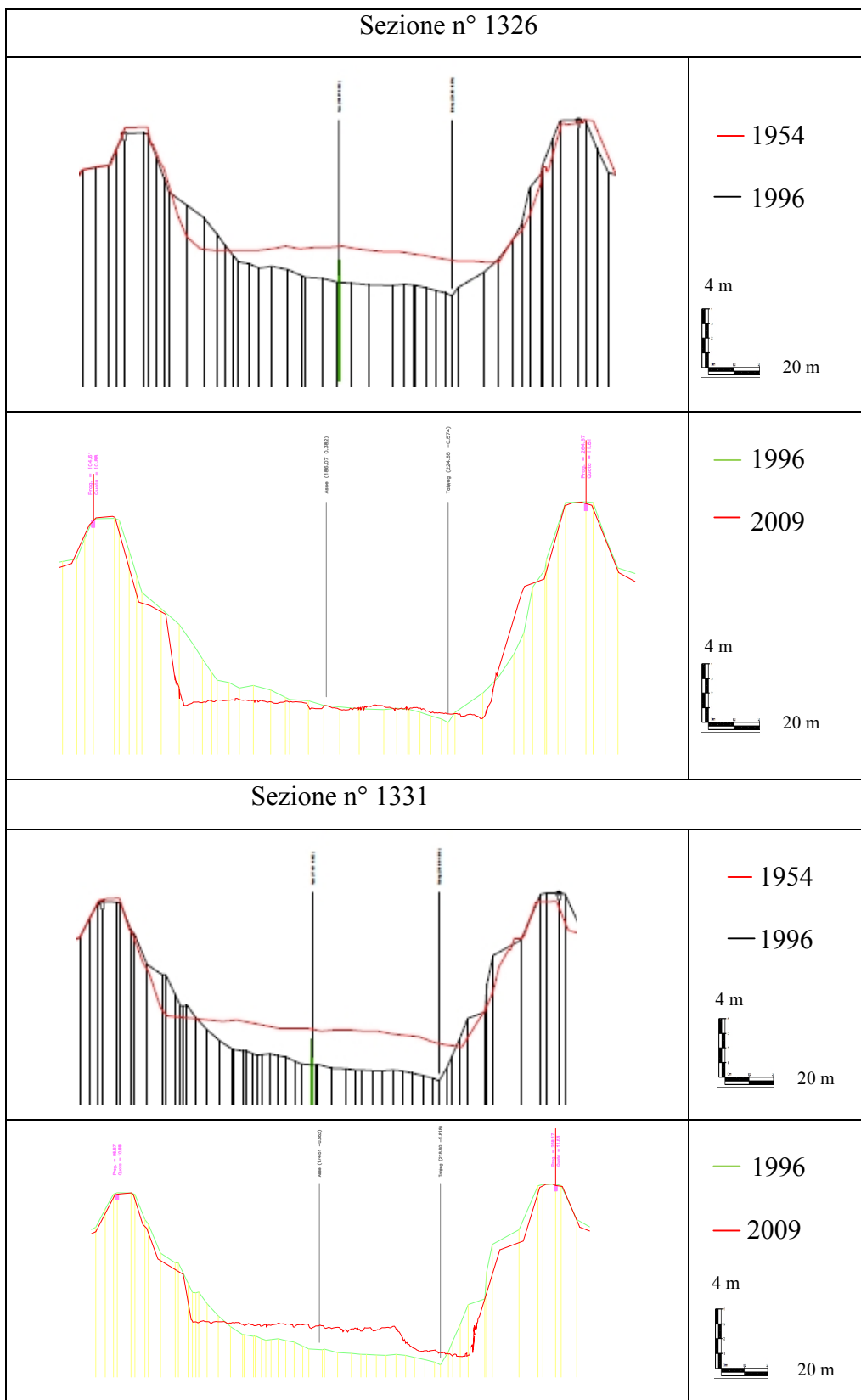


— 1996

— 2009

4 m





Tab.3.1 – Sezioni a confronto 1954-1996 (AUTORITA' DI BACINO NAZIONALE DEL FIUME ADIGE) 1996-2009 (GENIO CIVILE REGIONE VENETO PROVINCIA DI ROVIGO)

Del corso del fiume originale ad andamento meandriforme, ne rimangono solo alcune tracce rivelate dalle foto aeree e quello che ora scorre in questo tratto è un fiume dall'alveo molto alterato, confinato entro argini artificiali che annullano i movimenti laterali inoltre, il forte controllo esercitato a monte del tratto delle portate sia liquide che solide, limita i normali cicli delle piene, tutti questi fattori comportano una valutazione di elevata artificialità e ciò ha portato a valutare il tratto come scadente con un IQM = 0,35.

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
F1	A	A1	C	V1	A
F2	C	A2	C	V2	A
F4	*	A3	A	V3	C
F5	B	A4	A	Indici e classe	
F7	C	A5	A	<i>Stot</i>	83
F8	C	A6	C+12	<i>S max</i>	128
F9	*	A7	C+12	IAM	0,65
F10	*	A8	B	IQM	0,35
F11	A	A9	A		
F12	C	A10	C	Classe	Scadente
F13	B	A11	B		
		A12	C		

Tab.3.2 – Valutazione morfologica e classe di merito

3.5 Tratto Rivoli Veronese (VR)

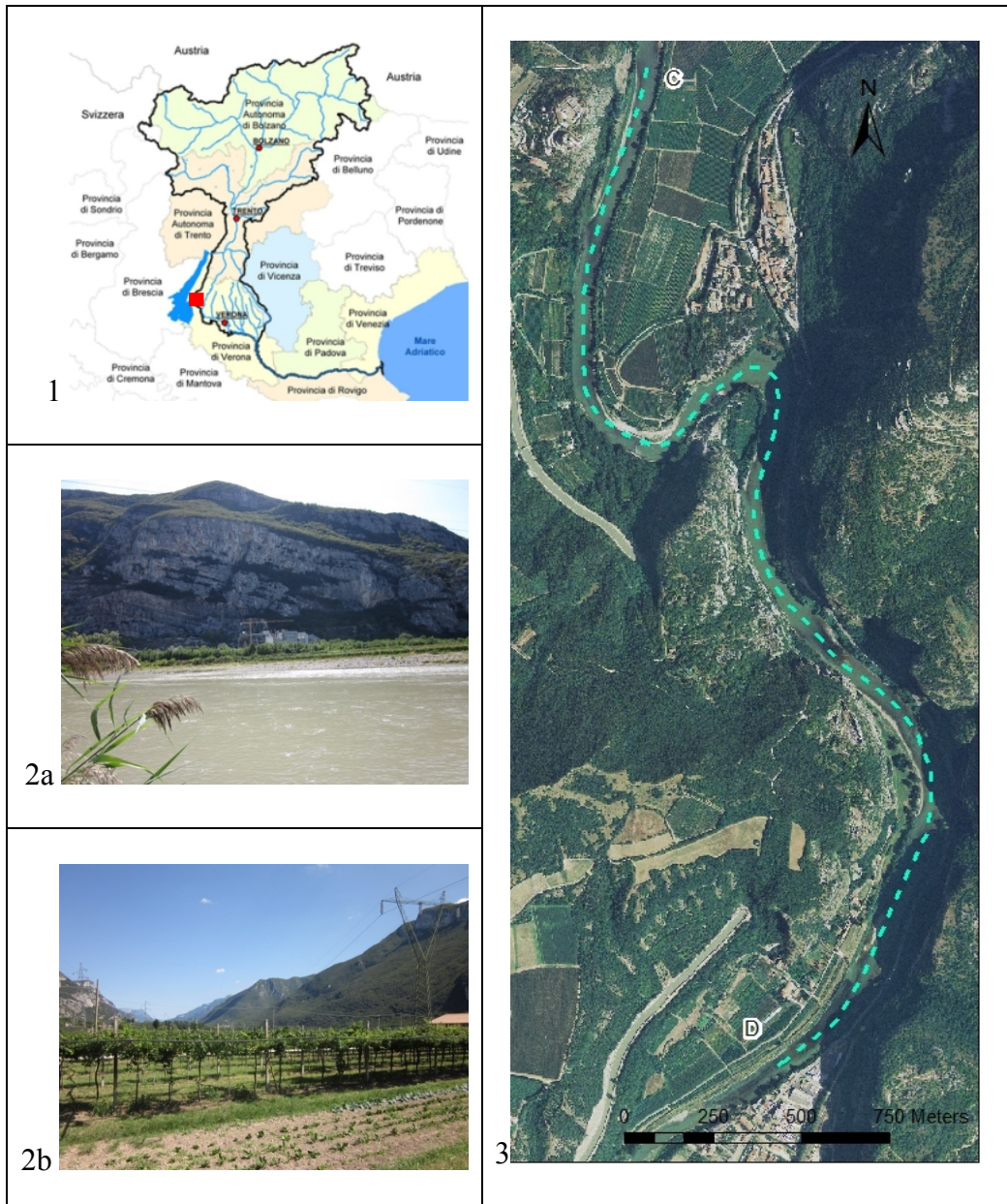


Fig.3.7 – Inquadramento geografico: 1- collocazione; 2 – panoramica (a) ambiente di collina; (b) alveo dell’Adige in Valle Lagarina coltivato, vista S-N; 3 – foto aerea del tratto di fiume;

Questa parte del corso del fiume Adige presa in esame, viene classificata come zona fisiografica: *pedemontana-collinare*, infatti si trova nel tratto terminale di montagna prima di sfociare in pianura. Il tratto della lunghezza di 4000 m che scorre con direzione N-S in Valle Lagarina, potrebbe essere diviso in due parti,

la parte superiore più a N di circa 1 km, dove le pareti della valle non si trovano a diretto contatto con l'alveo che ha indice di confinamento $> 1,5$ e il restante corso del fiume, i restanti 2,5 km, avente le pareti a diretto contatto con l'alveo, con indice di confinamento pari a 1 e quindi tutto il tratto viene valutato come confinato, a canale singolo, larghezza media di 60 m con sedimenti dominanti a ghiaia o piccoli ciottoli, la pendenza media di circa 1‰. Il settore del tratto più settentrionale che scorre su deposito colluviale, è caratterizzato da una larghezza fino a 300 m ed abbastanza alterato, ad W c'è l'autostrada che corre parallela mentre nel lato in sinistra Adige si trovano arginature e a seguire campi coltivati direttamente in ciò che era alveo. Proseguendo verso S, le pareti si trovano a diretto contatto con l'alveo nel lato destro mentre a sinistra scorre la strada statale 12 e la ferrovia nel tratto finale più valle e con i loro elementi di costruzione e protezione, evitano il diretto contatto e quindi limitano i naturali processi tra versante ed alveo, come si può notare nella sezione n° 800.

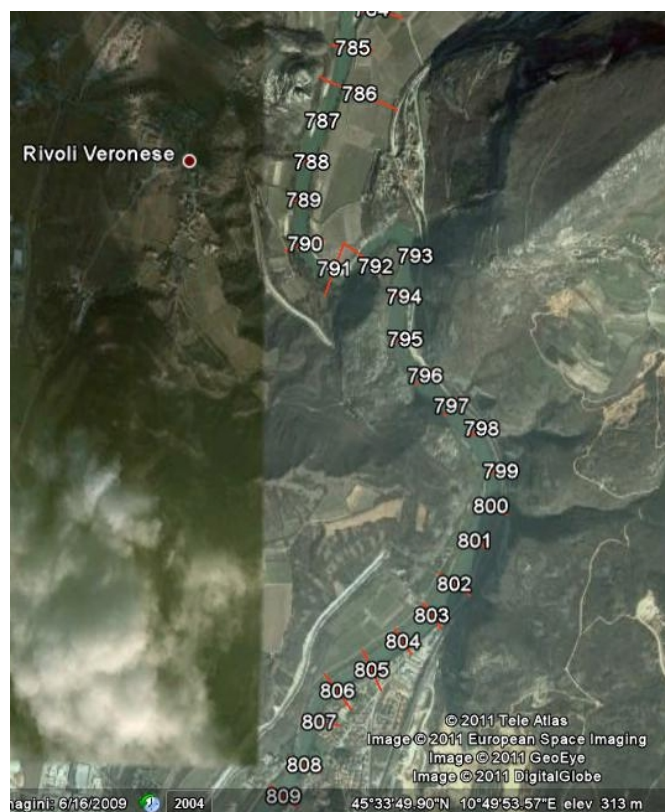
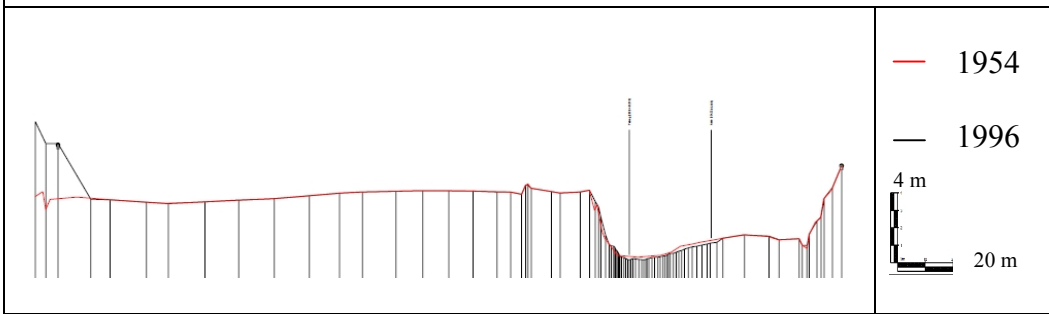
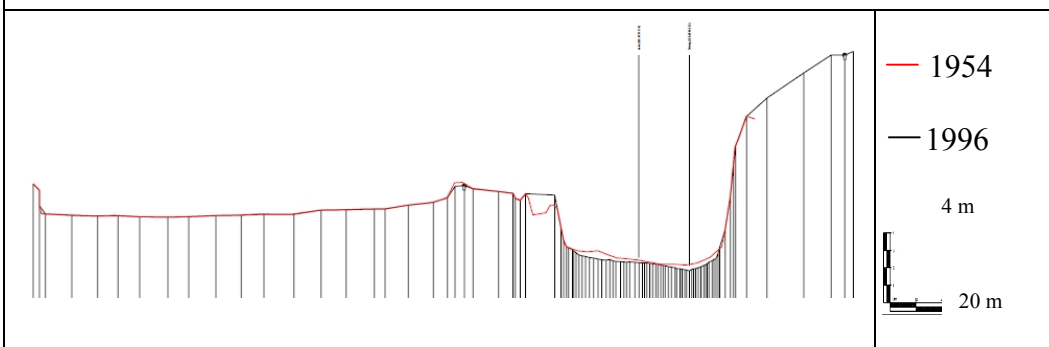


Fig.3.8 – Sezioni dell'alveo su Google Earth (AUTORITA' DI BACINO NAZIONALE DEL FIUME ADIGE).

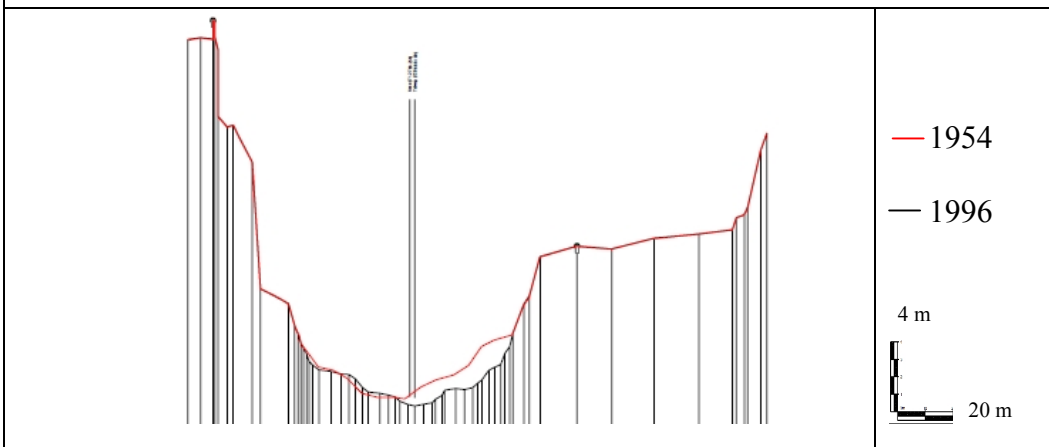
Sezione n° 786



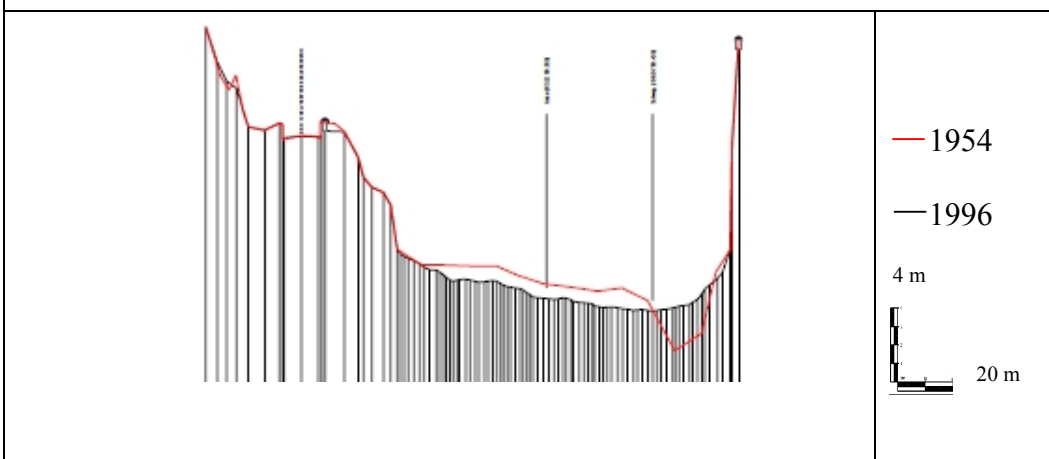
Sezione n° 790

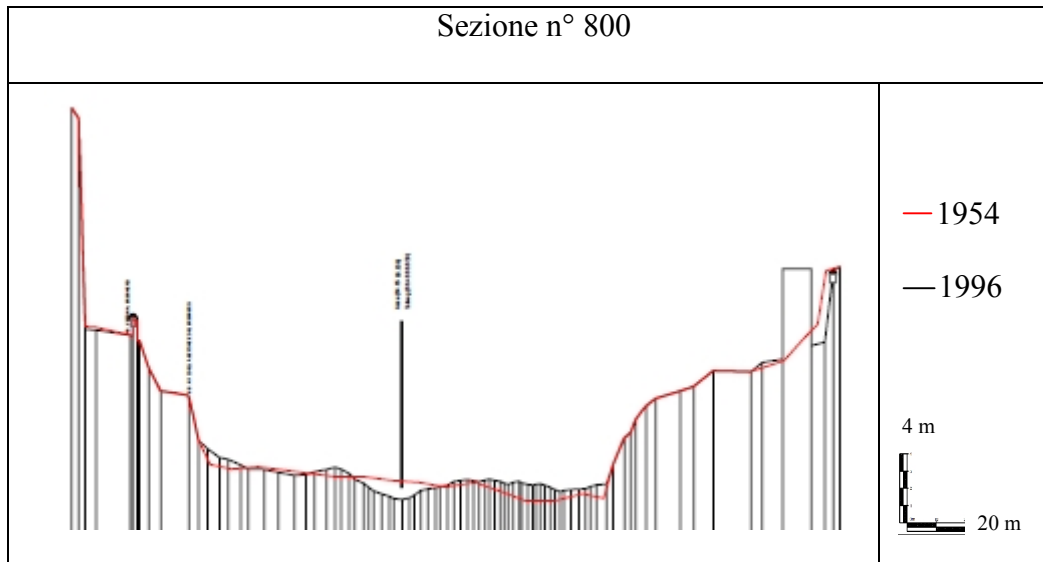


Sezione n° 793



Sezione n° 796





Tab.3.3 – Alcune sezioni a confronto anni 1954-1996 (AUTORITA' DI BACINO NAZIONALE DEL FIUME ADIGE)

In generale in questa porzione il fiume viene posto in *classe di qualità moderato*, questa valutazione è dovuto principalmente alle alterazioni laterali causate, come prima accennato, da arginature che limitano o escludono gli scambi con i versanti se non per un unico tratto di circa 1,5 km da un solo lato. Altro elemento che abbassa la valutazione è dato dal fatto che a monte oltre alla già citata galleria Mori-Torbole, è presente una presa a monte del tratto in località Marco, che convoglia una parte cospicua di acqua, fino a $135 \text{ m}^3/\text{s}$, alla centrale idroelettrica ENEL di Bussolengo (VR) attraverso il canale artificiale Biffis che scorre sul lato destro parallelo al corso naturale e comporta una limitazione all'apporto d'acqua e con esso anche una diminuzione di sedimenti nell'alveo in esame. Per quanto riguarda la funzionalità morfologica, l'intero tratto è privo di sbarramenti e dal confronto con le sezioni del 1954 con quelle del 1996, si nota che il corso era ed è rimasto a canale singolo e non vi sono state variazioni evidenti di quota dell'alveo.

Funzionalità		Artificialità		Variazioni	
F1	A	A1	C	V1	A
F3	B	A2	B2	V2	A
F6	A	A3	A	V3	A
F7	*	A4	B	Indici e classe	
F9	A	A5	A	<i>Stot</i>	49
F10	A	A6	C+12	<i>S max</i>	108
F11	C	A9	A	IAM	0,45
F12	C	A10	B	IQM	0,55
F13	C	A11	B		
		A10	B	Classe	Moderato
		A11	B		
		A12	B		

Tab.3.4 – Valutazione morfologica e classe di merito

Conclusioni

Il fiume analizzato risente delle numerose opere artificiali come dighe a sbarramento totale utilizzate per la produzione di energia elettrica, opere di rettifica dei meandri che si sono succedute negli anni, presenti soprattutto nel tratto montano tra le province di Bolzano, Trento ma anche più a valle nella città di Verona.

Valutando i due tratti, emerge che il corso del fiume Adige risulta molto più alterato nella zona di pianura che nel tratto pedemontano, questo è abbastanza ovvio dato che nel tratto di pianura attraversa zone densamente abitate ed industrializzate e, considerando le dimensioni del fiume, attualmente sarebbe illogico che potesse avere libertà di movimento. Questo si nota analizzando i dati ottenuti tramite le schede, che mostrano come in entrambi i tratti in questione i valori maggiori, che equivalgono ad una forte alterazione morfologica, riguardino proprio la mobilità laterale. Per quanto riguarda la continuità longitudinale, risulta essere non alterata nei tratti esaminati non essendoci sbarramenti a limitarla. Altro fattore che abbassa la qualità morfologica è legato al flusso delle acque, fortemente regolamentato per quanto riguarda le piene soprattutto a monte del tratto di Rivoli Veronese, con la già citata galleria Mori-Torbole, entrata in funzione nel 1960 capace di scaricare nel lago di Garda fino a $500\text{m}^3/\text{s}$, per poi proseguire a valle con tutte le opere di prelievo per uso irriguo e potabile, che limitano le portate formative capaci di modellare l'alveo. Attualmente non essendoci prelievo di materiale dal fondo sembra corrispondere una stabilizzazione della quota dell'alveo, almeno nell'ultimo periodo (sezioni 1996-2009), questo testimonia come la quantità di apporto di sedimento sia in equilibrio con ciò che viene prelevato.

Appendice

Schede di valutazione

SCHEDA DI VALUTAZIONE PER ALVEI SEMI- NON CONFINATI

Versione 1 - Gennaio 2011

GENERALITA'

Data 22/07/2011 Operatori Vangelista Marco
 Bacino Adige Corso d'acqua Adige
 Estremità monte _____ Estremità valle _____
 Codice Segmento 1 Codice Tratto 1 - 2 Lunghezza tratto (m) 5800m

INQUADRAMENTO E SUDDIVISIONE INIZIALE

1. Inquadramento fisiografico

Ambito fisiografico p CM=Collinare-montano, P=Pianura Unità fisiografica Bassa pianura

2. Confinamento

Grado confinamento (%) _____ >90, 10-90, ≤10
 Indice confinamento _____ 1-1.5, 1.5-n, >n (n=5 alvei canale singolo; n=2 alvei a canali multipli e wandering)
 Classe confinamento _____ SC=Semiconfinato, NC=Non Confinato

3. Morfologia alveo

Immagine utilizzata n° 16080 volo 2000 (nome, anno)
 Indice sinuosità 1.2 1-1.05, 1.05-1.5, >1.5
 Indice intrecciamento _____ 1-1.5, >1.5 Indice anastomizzazione _____ 1-1.5, >1.5
 Tipologia S R=Rettilineo, S=Sinuoso, M=Meandriforme, SBA= Transizionale sinuoso barre alternate,
 W= Transizionale wandering, CI= Canali intrecciati, A= Anastomizzato
 Configurazione fondo NC R=Roccia, G=Gradinata, LP=Letto piano, RP=Riffle Pool, D=Dune
 (solo per morfologie R, S, M, SBA) A= Artificiale, NC= non classificabile (elevata profondità o forte alterazione)
 Pendenza media fondo 0,19 ‰, Larghezza media alveo (m) 100
 Sedimenti (dominanti) alveo S/L A=Argilla, L=Limo, S=Sabbia, G=Ghiaia, C=Ciottoli, M=Massi

4. Altri elementi per delimitazione tratto

Monte Ponte su S.P. 92 valle Curva vecchio argine loc. Beverare
 discontinuità pendenza, affluente, diga, artificializzazione, variazioni dimensioni pianura e/o confinamento,
 variazioni larghezza alveo, variazioni granulometria sedimenti, altro (specificare) _____

Altri dati / informazioni eventualmente disponibili

Area drenaggio (sottesa alla chiusura del tratto) (km²) 12000
 Diametro sedimenti D₅₀ (mm) _____ Unità _____ F=Fondo, B=Barra (SU=superficiale, SO=sottostrato)
 Portate liquide M M=misurate, S=stimate, ND=non disponibili
 Stazione idrometrica (se M) Boara Pisani Portata media annua (m³/s) 211 anno 2009
 Portate massime (indicare anno e Q quando noti) 02/11/1928 1700m³ Q_{1,5} (m³/s) _____

FUNZIONALITA' GEOMORFOLOGICA

Continuità

	parz.	prog.	conf.
F1 Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso			A
A Assenza di alterazioni della continuità di sedimenti e materiale legnoso	0		
B Lieve alterazione (ostacoli nel flusso ma non intercettazione)	3		
C Forte alterazione (forte discontinuità di forme per intercettazione)	5	0	

F2 Presenza di piana inondabile

	parz.	prog.	conf.
F2 Presenza di piana inondabile			A
A Presenza di piana inondabile continua (>66% tratto) ed ampia	0		
B Presenza di piana inondabile discontinua (10 - 66%) di qualunque ampiezza o >66% ma stretta	3		
C Assenza o presenza trascurabile (≤10% di qualunque ampiezza)	5	5	

Non si valuta nel caso di alvei in ambito montano lungo conoidi a forte pendenza (>3%)

La piana è trascurabile o assente

parz.: punteggi parziali (cerchiare) prog.: punteggi progressivi livello confidenza tra A e B _____
 conf.: livello di confidenza nella risposta, con M=Medio, B=Basso (Alto viene omissso) livello confidenza tra B e C _____

IDRAIM: sistema di valutazione IDRomorfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d'acqua

F4 Processi di arretramento delle sponde			
A	Presenza di frequenti sponde in arretramento soprattutto sul lato esterno delle curve	0	
B	Sponde in arretramento poco frequenti in quanto impedito da opere e/o scarsa dinamica alveo	2	
C	Completa assenza oppure presenza diffusa di sponde instabili per movimenti di massa	3	

Non si valuta in caso di alvei rettilinei o sinuosi a bassa energia (bassa pianura, basse pendenze e/o basso ts al fondo)

F5 Presenza di una fascia potenzialmente erodibile			
A	Presenza fascia potenzialmente erodibile ampia e per >66% tratto	0	
B	Presenza fascia erodibile ristretta o ampia ma per 33-66% tratto	2	
C	Presenza fascia potenzialmente erodibile di qualunque ampiezza per ≤33% tratto	3	7

Le fasce sono presenti per tutta la lunghezza delle due sponde ma di ampiezza molto limitata

Morfologia

Configurazione morfologica

F7 Forme e processi tipici della configurazione morfologica			
A	Assenza (≤5%) di alterazioni della naturale eterogeneità di forme attese per la tipologia fluviale	0	
B	Alterazioni per porzione limitata del tratto (≤33%)	3	
C	Consistenti alterazioni per porzione significativa del tratto (>33%)	5	12

Tratto soggetto a rettifiche in seguito a rotte nel tempo

F8 Presenza di forme tipiche di pianura			
A	Presenti forme di pianura attuali (laghi meandro abbandonato, canali secondari, ecc.)	0	
B	Presenti tracce forme pianura non attuali (abbandonate dopo anni '50) ma riattivabili	2	
C	Completa assenza di forme di pianura attuali o riattivabili	3	15

Si valuta solo per fiumi meandriformi (oggi e/o in passato) in ambito fisiografico di pianura

Tracce di alveo meandriforme impossibili da riattivare

Configurazione sezione

F9 Variabilità della sezione			
A	Assenza o presenza localizzata (≤5% tratto) di alterazioni naturale eterogeneità della sezione	0	
B	Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzione limitata del tratto (≤33%)	3	
C	Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzione significativa del tratto (>33%)	5	

Non si valuta in caso di alvei rettilinei, sinuosi, meandriformi per loro natura privi di barre (bassa pianura, basse pendenze e/o basso trasporto al fondo) (naturale omogeneità di sezione)

Non valutato tratto di bassa pianura

Struttura e substrato alveo

F10 Struttura del substrato			
A	Naturale eterogeneità sedimenti e clogging poco significativo	0	
B	Corazzamento o clogging accentuato in varie porzioni del sito	2	
C1	Corazzamento o clogging accentuato e diffuso (>90%) e/o affioramento occasionale substrato	5	
C2	Affioramento diffuso del substrato per incisione o rivestimento fondo (>33% tratto)	6	

Non si valuta nel caso di fondo sabbioso, nonché di corso d'acqua profondo per il quale non è possibile osservare il fondo

Fondo prevalentemente sabbioso e profondo

F11 Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni			
A	Presenza significativa di materiale legnoso	0	
C	Presenza molto limitata o assenza di materiale legnoso	3	15

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perfluviale

Presenza sia lungo che all'interno dell'alveo

IDRAIM: sistema di valutazione IDR morfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d'acqua

Vegetazione fascia perfluviale

F12 Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perfluviale			
A	Ampiezza di formazioni funzionali elevata	0	
B	Ampiezza di formazioni funzionali intermedia	2	
C	Ampiezza di formazioni funzionali limitata	3	18

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perfluviale

F13 Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti lungo le sponde			
A	Estensione lineare formazioni funzionali >90% lunghezza massima disponibile	0	
B	Estensione lineare formazioni funzionali 33-90% lunghezza massima disponibile	3	
C	Estensione lineare formazioni funzionali ≤33% lunghezza massima disponibile	5	21

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perfluviale

ARTIFICIALITA'

Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte				parz.	prog.	conf.
A1 Opere di alterazione delle portate liquide						
A	Alterazioni nulle o poco significative (≤10%) delle portate formative e con TR>10 anni	0				
B	Alterazioni significative (>10%) delle portate con TR>10 anni	3				
C	Alterazioni significative (>10%) delle portate formative	6				27

Presenza elevata di dighe e galleria Mori-Torbole

A2 Opere di alterazione delle portate solide			
A	Assenza di opere di alterazione del flusso di sedimenti o presenza trascurabile (dighe con area sottesa <5% e/o altre opere trasversali con area sottesa <33%)	0	
B1	Presenza di dighe (area sottesa 5-33%) e/o opere con totale intercettazione (area 33-66%) e/o opere con intercettazione parziale/nulla (area >33% pianura/collina o >66% ambito montano)	3	
B2	Presenza di dighe (area sottesa 33-66%) e/o opere con totale intercettazione (area sottesa >66% o all'estremità a monte del tratto)	6	
C1	Presenza di dighe (area sottesa >66%)	9	
C2	Presenza di diga all'estremità a monte del tratto	12	36

Le dighe sono in numero elevato nel tratto montano (invasi idroelettrici) inoltre dighe di sbarramento totale nell'attraversare la città di Verona

Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto

A3 Opere di alterazione delle portate liquide			
A	Alterazioni nulle o poco significative (≤10%) delle portate formative e con TR>10 anni	0	
B	Alterazioni significative (>10%) delle portate con TR>10 anni	3	
C	Alterazioni significative (>10%) delle portate formative	6	36

Non sono presenti

A4 Opere di alterazione delle portate solide			
A	Assenza di qualsiasi tipo di opera di alterazione del flusso di sedimento/legname	0	
B	Ambito pianura/collina: presenza briglie, traverse, casse in linea ≤1 ogni 1000 m Ambito montano: briglie di consolidamento ≤1 ogni 200 m e/o briglie aperte	4	
C	Ambito pianura/collina: presenza briglie, traverse, casse in linea >1 ogni 1000 m Ambito montano: briglie di consolidamento >1 ogni 200 m e/o briglie di trattenuta a corpo pieno oppure presenza di diga e/o invaso artificiale all'estremità a valle del tratto (qualunque ambito)	6	

Nel caso la densità di opere trasversali, incluse soglie e rampe (vedi A9), è >1 ogni n, aggiungere 12 dove n=100 m in ambito montano, o n=500 m in ambito di pianura/collina

Non sono presenti

IDRAIM: sistema di valutazione IDRomorfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d'acqua

A5 Opere di attraversamento			A
A	Assenza di opere di attraversamento	0	
B	Presenza di alcune opere di attraversamento (≤ 1 ogni 1000 m in media nel tratto)	2	
C	Presenza diffusa di opere di attraversamento (> 1 ogni 1000 m in media nel tratto)	3	36

Unica presenza il ponte sulla s.p. 92 all'inizio del tratto a monte

Opere di alterazione della continuità laterale

A6 Difese di sponda			A
A	Assenza o solo difese localizzate ($\leq 5\%$ lunghezza totale delle sponde)	0	
B	Presenza di difese per $\leq 33\%$ lunghezza totale sponde (ovvero somma di entrambe)	3	
C	Presenza di difese per $> 33\%$ lunghezza totale sponde (ovvero somma di entrambe)	6	
Nel caso di difese di sponda per quasi tutto il tratto ($> 80\%$), aggiungere			12 48

Elevate anche all'interno degli argini

A7 Arginature			A
A	Argini assenti o distanti oppure presenza argini vicini o a contatto $\leq 10\%$ lunghezza sponde	0	
B	Presenza intermedia di argini vicini e/o a contatto (a contatto $\leq 50\%$ lunghezza sponde)	3	
C	Presenza elevata di argini vicini e/o a contatto (a contatto $> 50\%$ lunghezza sponde)	6	
Nel caso di argini a contatto per quasi tutto il tratto ($> 80\%$), aggiungere			12 60

Per tutta la lunghezza del tratto

Opere di alterazione della morfologia dell'alveo e/o del substrato

A8 Variazioni artificiali di tracciato			B
A	Assenza di variazioni artificiali di tracciato note in passato (tagli meandri, spostamenti alveo, ecc.)	0	
B	Presenza di variazioni di tracciato per $\leq 10\%$ lunghezza tratto	2	
C	Presenza di variazioni di tracciato per $> 10\%$ lunghezza tratto	3	62

Sono riconoscibili alcuni tagli di meandro in seguito a rotte

A9 Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato			A
A	Assenza soglie o rampe e rivestimenti assenti o localizzati ($\leq 5\%$ tratto)	0	
B	Presenza soglie o rampe (≤ 1 ogni m) e/o rivestimenti $\leq 25\%$ permeabili e/o $\leq 15\%$ impermeabili	3	
C1	Presenza soglie o rampe (> 1 ogni m) e/o rivestimenti $\leq 50\%$ permeabili e/o $\leq 33\%$ impermeabili	6	
C2	Presenza di rivestimenti $> 50\%$ permeabili e/o $> 33\%$ impermeabili	8	62

$m=200 m$ in ambito montano; $m= 1000 m$ in ambito di pianura/collina

Nel caso di rivestimenti del fondo (permeabili e/o impermeabili) per quasi tutto il tratto ($> 80\%$), aggiungere 12

Interventi di manutenzione e prelievo

A10 Rimozione di sedimenti			B
A	Assenza di significativa attività di rimozione recente (ultimi 20 anni) e in passato (da anni '50)	0	
B	Moderata attività in passato ma assente di recente (ultimi 20 anni), oppure assente in passato ma presente di recente	3	
C	Intensa attività in passato oppure moderata in passato e presente di recente	6	68

Presente dagli anni '50 fino a fine anni '70

A11 Rimozione di materiale legnoso			A
A	Assenza di interventi di rimozione di materiale legnoso almeno negli ultimi 20 anni	0	
B	Rimozione parziale negli ultimi 20 anni	2	
C	Rimozione totale negli ultimi 20 anni	5	70

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perfluviale

Qualche rimozione parziale negli anni

IDRAIM: sistema di valutazione IDR morfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d'acqua

A12 Taglio della vegetazione in fascia perifluviale			
A	Vegetazione arborea sicuramente non soggetta ad interventi negli ultimi 20 anni	0	
B	Taglio selettivo nel tratto e/o raso su ≤50% del tratto negli ultimi 20 anni	2	
C	Taglio raso su >50% del tratto negli ultimi 20 anni	5	75

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perifluviale

Taglio quasi completo negli ultimi anni (2009/2010)

VARIAZIONI MORFOLOGICHE

V1 Variazioni della configurazione morfologica (si applica solo ad alvei con larghezza >30 m)			
		parz.	prog. conf.
A	Assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto ad anni '50	0	
B	Variazioni di configurazione morfologica tra tipologie contigue rispetto ad anni '50	3	
C	Variazioni di configurazione morfologica tra tipologie non contigue rispetto ad anni '50	6	75

Non sono presenti variazioni

V2 Variazioni di larghezza (si applica solo ad alvei con larghezza >30 m)			
A	Variazioni di larghezza nulle o limitate (≤15%) rispetto ad anni '50	0	
B	Variazioni di larghezza moderate (15-35%) rispetto ad anni '50	3	
C	Variazioni di larghezza intense (>35%) rispetto ad anni '50	6	75

Limitate dalle arginature

V3 Variazioni altimetriche (si applica solo ad alvei con larghezza >30 m)			
A	Variazioni della quota del fondo trascurabili (fino 0.5 m)	0	
B	Variazioni della quota del fondo limitate o moderate (≤ 3 m)	4	
C1	Variazioni della quota del fondo intense (> 3 m)	8	
C2	Variazioni della quota del fondo molto intense (> 6 m)	12	83

Non si valuta nel caso di assoluta mancanza di dati, informazioni ed evidenze sul terreno

Verificate dal confronto di sezioni 1954/1996 probabile causa le intense escavazioni negli anni passati

Scostamento totale:

Stot = 83

Scostamento massimo:

Smax = 142 - Sna = 128

dove Sna = somma dei punteggi massimi degli indicatori non applicati

Indice di Alterazione Morfologica:

IAM = Stot / Smax = 0.65

se Stot > Smax si assume IAM = 1

Indice di Qualità Morfologica:

IQM = 1 - IAM = 0.35

Classe di qualità del tratto:

scadente

0 ≤ IQM < 0.3: Pessimo o Cattivo; 0.3 ≤ IQM < 0.5: Scadente o Scarso; 0.5 ≤ IQM < 0.7: Moderato o Sufficiente; 0.7 ≤ IQM < 0.85: Buono; 0.85 ≤ IQM < 1.0: Elevato

SCHEDA DI VALUTAZIONE PER ALVEI CONFINATI
Versione 1 - Gennaio 2011

GENERALITA'

Data 30/07/2011 Operatori Vangelista Marco
 Bacino Adige Corso d'acqua Adige
 Estremità monte _____ Estremità valle _____
 Codice Segmento 2 Codice Tratto 2 - 2 Lunghezza tratto (m) 4000 m

INQUADRAMENTO E SUDDIVISIONE INIZIALE

1. Inquadramento fisiografico
 Unità fisiografica Pedemontano - collinare

2. Confinamento
 Grado confinamento (%) 60 % >90, 10-90 Indice confinamento 1,2 (1-1.5)

3. Morfologia alveo
 Immagine utilizzata n° 123020/060 volo 1987 (nome, anno)
 Numero canali CS CS=canale singolo, CM/W=canali multipli o wandering
 Confinato a canale singolo (CS):
 Configurazione fondo NC R=Roccia, C=Colluviale, G=Gradinata, LP=Letto piano, RP=Riffle Pool, D=Dune
 A= Artificiale, NC= non classificabile (elevata profondità o forte alterazione)
 Confinato a canali multipli o wandering (CM/W):
 Indice intrecciamento 1-1.5, >1.5 Indice anastomizzazione 1-1.5, >1.5
 Tipologia W W= Transizionale wandering, C/= Canali intrecciati, A= Anastomizzato
 Pendenza media fondo 1 ‰ Larghezza media alveo (m) 60
 Sedimenti (dominanti) alveo G/C A=Argilla, L=Limo, S=Sabbia, G=Ghiaia, C=Ciottoli, M=Massi

4. Altri elementi per delimitazione tratto
 Monte Inizio contatto alveo-parete W Valle Sbocco in valle
 discontinuità pendenza, affluente, diga, artificializzazione, variazioni confinamento, variazioni larghezza alveo,
 variazioni in granulometria sedimenti o configurazione fondo, altro (specificare) _____

Altri dati / informazioni eventualmente disponibili
 Area drenaggio (sottesa alla chiusura del tratto) (km²) 11.100km²
 Diametro sedimenti D₅₀ (mm) _____ Unità _____ F=Fondo, B=Barra (SU=superficiale, SO=sottostrato)
 Portate liquide M M=misurate, S=stimate, ND=non disponibili
 Stazione idrometrica (se M) Verona Portata media annua (m³/s) 106 anno 2009 Q_{1.5} (m³/s) _____
 Portate massime (indicare anno e Q quando noti) _____

FUNZIONALITA' GEOMORFOLOGICA

		parz.	prog.	conf.
F1	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso			
A	Assenza di alterazioni della continuità di sedimenti e materiale legnoso	0		A
B	Lieve alterazione (ostacoli nel flusso ma non intercettazione)	3		
C	Forte alterazione (forte discontinuità di forme per intercettazione)	5	0	
Non vi sono interruzioni nel tratto				
F3	Connessione tra versanti e corso d'acqua			
A	Pieno collegamento tra versanti e corridoio fluviale (>90% tratto)	0		A
B	Collegamento per porzione significativa del tratto (33-90%)	3		
C	Collegamento per piccola porzione tratto (≤33%)	5	3	
Il lato sx è delimitato dalla s.s.12 l'unico tratto a diretto contatto con il versante è di circa 1,5km lato dx.				

parz.: punteggi parziali (cerchiare) prog.: punteggi progressivi livello confidenza tra A e B

--

 conf: livello di confidenza nella risposta, con M=Medio, B=Basso (Alto viene omissso) livello confidenza tra B e C

--

IDRAIM: sistema di valutazione IDRomorfologica, Analisi e Monitoraggio dei Corsi d'Acqua

Morfologia

Configurazione morfologica

F6 Morfologia del fondo e pendenza della valle (si applica a confinati a canale singolo)		B	
A	Forme di fondo coerenti con la pendenza media della valle	0	
B	Forme di fondo non coerenti con la pendenza media della valle	3	
C	Completa alterazione delle forme di fondo	5	3

Non si applica nel caso di confinato con fondo in roccia, nonché nel caso di corso d'acqua profondo per il quale non è possibile osservare la configurazione del fondo

Valutazione effettuata sugli argini

F7 Forme e processi tipici della configurazione morfologica (si applica a canali multipli o wandering)			
A	Assenza ($\leq 5\%$) di alterazioni della naturale eterogeneità di forme attesa per la tipologia fluviale	0	
B	Alterazioni per porzione limitata del tratto ($\leq 33\%$)	3	
C	Consistenti alterazioni per porzione significativa del tratto ($> 33\%$)	5	

Non valutata

Configurazione sezione

F9 Variabilità della sezione		A	
A	Assenza o presenza localizzata ($\leq 5\%$ tratto) di alterazioni naturale eterogeneità della sezione	0	
B	Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzione limitata del tratto ($\leq 33\%$)	3	
C	Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzione significativa del tratto ($> 33\%$)	5	3

Valutata sulla parte di alveo affiorante lungo gli argini

Struttura e substrato alveo

F10 Struttura del substrato		B	
A	Naturale eterogeneità sedimenti e clogging poco significativo	0	
B	Clogging accentuato in varie porzioni del sito	2	
C1	Clogging accentuato e diffuso ($> 90\%$)	5	
C2	Completa alterazione del substrato per rivestimento del fondo ($> 33\%$ tratto)	6	3

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o fondo sabbioso, nonché nel caso di corso d'acqua profondo per il quale non è possibile osservare il fondo

Valutata sulla parte di alveo affiorante lungo gli argini

F11 Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni		A	
A	Presenza significativa di materiale legnoso	0	
C	Presenza molto limitata o assenza di materiale legnoso	3	6

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perfluviale

La presenza naturale è limitata alla fascia perfluviale è forte la presenza di coltivazioni

Vegetazione fascia perfluviale

F12 Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perfluviale		A	
A	Ampiezza di formazioni funzionali elevata	0	
B	Ampiezza di formazioni funzionali intermedia	2	
C	Ampiezza di formazioni funzionali limitata	3	9

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perfluviale

Limitata a pochi metri

F13 Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti lungo le sponde		A	
A	Estensione lineare formazioni funzionali $> 90\%$ lunghezza massima disponibile	0	
B	Estensione lineare formazioni funzionali $33-90\%$ lunghezza massima disponibile	3	
C	Estensione lineare formazioni funzionali $\leq 33\%$ lunghezza massima disponibile	5	14

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perfluviale

Coltivazioni a vigneto sulla piana inondabile, quindi forte alterazione della vegetazione naturale

IDRAIM: sistema di valutazione IDRomorfologica, Analisi e Monitoraggio dei Corsi d'Acqua

ARTIFICIALITA'

Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte

		parz.	prog.	conf.
A1	Opere di alterazione delle portate liquide			A
A	Alterazioni nulle o poco significative ($\leq 10\%$) delle portate formative e con $TR > 10$ anni	0		
B	Alterazioni significative ($> 10\%$) delle portate con $TR > 10$ anni	3		
C	Alterazioni significative ($> 10\%$) delle portate formative	6	20	

Sono elevate nella parte montana del bacino canali poco a monte del tratto Mori-Torbole $500\text{m}^3/\text{s}$ Biffis $135\text{m}^3/\text{s}$

A2 Opere di alterazione delle portate solide

A	Assenza di opere di alterazione del flusso di sedimenti o presenza trascurabile (dighe con area sottesa $< 5\%$ e/o altre opere trasversali con area sottesa $< 33\%$)	0		
B1	Presenza di dighe (area sottesa 5-33%) e/o briglie di trattenuta non colmate (area 33-66%) e/o briglie di trattenuta colmate o briglie di consolidamento (area $> 66\%$)	3		
B2	Presenza di dighe (area sottesa 33-66%) e/o briglie di trattenuta non colmate (area sottesa $> 66\%$)	6		B
C1	Presenza di dighe con area sottesa $> 66\%$	9		B
C2	Presenza di diga all'estremità a monte del tratto	12	26	

Valutazione sommaria su indicazioni dell'Autorità di Bacino dei manufatti a monte

Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto

A3	Opere di alterazione delle portate liquide			A
A	Alterazioni nulle o poco significative ($\leq 10\%$) delle portate formative e con $TR > 10$ anni	0		
B	Alterazioni significative ($> 10\%$) delle portate con $TR > 10$ anni	3		
C	Alterazioni significative ($> 10\%$) delle portate formative	6	26	

Non sono presenti

A4 Opere di alterazione delle portate solide

A	Assenza di qualsiasi tipo di opera di alterazione del flusso di sedimento/legname	0		A
B	Presenza briglie di consolidamento ≤ 1 ogni 200 m e/o briglie aperte	4		
C	Presenza briglie di consolidamento > 1 ogni 200 m e/o briglie di trattenuta a corpo pieno oppure presenza di diga e/o invaso artificiale all'estremità a valle del tratto	6		
Nel caso la densità di opere trasversali, incluse soglie e rampe (vedi A9), è > 1 ogni 100 m, aggiungere		12	26	

Non sono presenti

A5 Opere di attraversamento

A	Assenza di opere di attraversamento	0		A
B	Presenza di alcune opere di attraversamento (≤ 1 ogni 1000 m in media nel tratto)	2		
C	Presenza diffusa di opere di attraversamento (> 1 ogni 1000 m in media nel tratto)	3	30	

Non sono presenti

Opere di alterazione della continuità laterale

A6	Difese di sponda			A
A	Assenza o solo difese localizzate ($\leq 5\%$ lunghezza totale delle sponde)	0		
B	Presenza di difese per $\leq 33\%$ lunghezza totale sponde (ovvero somma di entrambe)	3		
C	Presenza di difese per $> 33\%$ lunghezza totale sponde (ovvero somma di entrambe)	6		
Nel caso di difese di sponda per quasi tutto il tratto ($> 80\%$), aggiungere		12	42	

Sono presenti lungo tutto il tratto lato sx, mentre a dx si interrompono per circa 1,5 km poi riprendono

Opere di alterazione della morfologia dell'alveo e/o del substrato

A9	Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato			B
A	Assenza soglie o rampe e rivestimenti assenti o localizzati ($\leq 5\%$ tratto)	0		
B	Presenza soglie o rampe (≤ 1 ogni 200 m) e/o rivestimenti $\leq 25\%$ permeabili e/o $\leq 15\%$ imperm.	3		
C1	Presenza soglie o rampe (> 1 ogni 200 m) e/o rivestimenti $\leq 50\%$ permeabili e/o $\leq 33\%$ imperm.	6		
C2	Presenza di rivestimenti $> 50\%$ permeabili e/o $> 33\%$ impermeabili	8		

Nel caso di rivestimenti del fondo (permeabili e/o impermeabili) per quasi tutto il tratto ($> 80\%$), aggiungere

12 42

Non sono presenti

IDRAIM: sistema di valutazione IDRomorfologica, Analisi e Monitoraggio dei Corsi d'Acqua

Interventi di manutenzione e prelievo

A10 Rimozione di sedimenti		parz.	prog.	conf.
A	Assenza di interventi di rimozione di sedimenti almeno negli ultimi 20 anni	0		A
B	Rimozioni localizzate negli ultimi 20 anni	3		
C	Rimozioni diffuse negli ultimi 20 anni	6	45	

Non si applica nel caso di alveo con fondo in roccia

Da informazioni Genio Civile

A11 Rimozione di materiale legnoso		parz.	prog.	conf.
A	Assenza di interventi di rimozione di materiale legnoso almeno negli ultimi 20 anni	0		A
B	Rimozione parziale negli ultimi 20 anni	2		
C	Rimozione totale negli ultimi 20 anni	5	47	

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perfluviale

Da informazioni Genio Civile

A12 Taglio della vegetazione in fascia perfluviale		parz.	prog.	conf.
A	Vegetazione arborea sicuramente non soggetta ad interventi negli ultimi 20 anni	0		B
B	Taglio selettivo nel tratto e/o raso su $\leq 50\%$ del tratto negli ultimi 20 anni	2		B
C	Taglio raso su $> 50\%$ del tratto negli ultimi 20 anni	5	49	

Non si valuta al di sopra del limite del bosco o in corsi d'acqua con naturale assenza di vegetazione perfluviale

Fonte Genio Civile

VARIAZIONI MORFOLOGICHE

V1 Variazioni della configurazione morfologica (si applica solo ad alvei con larghezza > 30 m)		parz.	prog.	conf.
A	Assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto ad anni '50	0		A
B	Variazioni di configurazione morfologica rispetto ad anni '50	3	49	

Da confronto con le foto aeree volo G.A.I. 1954/55 l'alveo è rimasto a canale singolo

V2 Variazioni di larghezza (si applica solo ad alvei con larghezza > 30 m)		parz.	prog.	conf.
A	Variazioni di larghezza nulle o limitate ($\leq 15\%$) rispetto ad anni '50	0		A
B	Variazioni di larghezza $> 15\%$ rispetto ad anni '50	3	49	

Confronto di sezione 1954-1996 l'alveo è rimasto uguale

V3 Variazioni altimetriche (si applica solo ad alvei con larghezza > 30 m)		parz.	prog.	conf.
A	Variazioni della quota del fondo trascurabili (fino 0.5 m)	0		A
B	Variazioni della quota del fondo limitate o moderate (≤ 3 m)	4		
C	Variazioni della quota del fondo intense (> 3 m)	8	49	

Non si valuta nel caso di assoluta mancanza di dati, informazioni ed evidenze sul terreno

Confrontando le sezioni 1954-1996 non ci sono state variazioni significative

Scostamento totale:

Stot = 49

Scostamento massimo:

Smax = 119 - Sna = 108

dove Sna = somma dei punteggi massimi degli indicatori non applicati

Indice di Alterazione Morfologica:

IAM = Stot / Smax = 0,45

se Stot > Smax si assume IAM = 1

Indice di Qualità Morfologica:

IQM = 1 - IAM = 0,55

Classe di qualità del tratto:

Moderato

0 \leq IQM < 0.3: Pessimo o Cattivo; 0.3 \leq IQM < 0.5: Scadente o Scarso; 0.5 \leq IQM < 0.7: Moderato o Sufficiente;
0.7 \leq IQM < 0.85: Buono; 0.85 \leq IQM < 1.0: Elevato

Bibliografia

AUTORITA' DI BACINO NAZIONALE DEL FIUME ADIGE (1996). *Rilievi topografici e geognostici del sistema arginale del fiume Adige*.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2008). *Il recupero morfologico ed ambientale del Fiume Po. Il contributo del programma generale di gestione dei sedimenti del Fiume Po*. Edizioni Diabasis, 50 pp.

BRIERLEY G.J. & FRYIRS K.A. (2005). *Geomorphology and River Management. Applications of the River Styles Framework*. Blackwell Publishing, 398 pp.

CHURCH M.A. (1992). *Channel Morphology and Typology*. In: P.Callow and Petts, G.E. (Eds), *The Rivers Handbook*, Oxford, Blackwell, 126 – 143.

COMUNE DI VERONA. Atti del convegno 6-7-8 aprile 1989 (1989) – *Il fiume Adige. Stato delle conoscenze e problematiche gestionali*, 341pp.

GAZZETTA UFFICIALE DELLE COMUNITA' EUROPEE: *Normativa 2000/60 CE del 22/12/2000* pp 5,6-327

KONDOLF G.M. (1994). *Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining*. *Landscape and Urban Planning*, 28, 225-243.

ISPRA (2009). *Implementazione della Direttiva 2000/60/CE - Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici*:
<http://www.sintai.sinanet.apat.it/view/index.faces>.

ISPRA (2011). MASSIMO RINALDI NICOLA SURIAN FRANCESCO COMITI MARTINA BUSSETTINI *Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua* Versione 1.

MONTGOMERY D.R. & BUFFINGTON J.M. (1997). *Channel-reach morphology in mountain drainage basins*. Geological Society of America Bulletin, 109 (5), 596-611.

ROSGEN, D.L. (1994). *A classification of natural rivers*. Catena, Vol. 22, 169-199. Elsevier Science, B.V., Amsterdam.

SHIELDS F.D. JR., COPELAND R.R., KLINGEMAN P.C., DOYLE M.W. & SIMON A. (2003). *Design for stream restoration*. Journal of Hydraulic Engineering, 575-584.

SCHUMM S.A. (1977). *The Fluvial System*. Wiley, New York, 338 pp.

SEAR D.A., NEWSON M.D. & BROOKES A. (1995). *Sediment-related river maintenance: the role of fluvial geomorphology*. Earth Surface Processes and Landforms, 20, 629-647.

SURIAN N. & RINALDI M. (2003). *Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy*. Geomorphology, 50 (4), 307-326.

Link utili

AUTORITA' DI BACINO NAZIONALE DEL FIUME ADIGE
<http://www.bacino-adige.it>

REGIONE VENETO (foto aeree)
<http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/>

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il Dott. Surian Nicola per la stesura di questa tesi e per la pazienza avuta nei miei confronti, l'Ing. Guarino Luca dell'Autorità di Bacino Nazionale del fiume Adige ed il Geom. Pellegrino Raffaele del Genio Civile Regione Veneto Provincia di Rovigo per la disponibilità e tutto il materiale messi a disposizione.

Un ringraziamento affettivo va soprattutto a mia moglie Barbara e sua madre Marcella per l'enorme supporto dato e l'alto grado di sopportazione avuto nei miei confronti in questi anni e a mio figlio Martino per essere arrivato.

Ringrazio i miei giovani compagni di studio in particolare Fabio, Stefano, Marco e Miriam, per tutti gli appunti passati e l'aiuto profuso in questi anni, i miei colleghi ed amici del Nucleo Sommozzatori dei Vigili del Fuoco di Venezia soprattutto Matteo e Mario per le ore d'acqua fatte al mio posto.