

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITA' degli studi DI BOLOGNA

Scuola di Scienze

Tesi di Laurea Triennale in Scienze Geologiche

**Osservazioni sull'evoluzione morfologica di medio e
breve termine del corso del medio e basso Tagliamento**

Candidato:

Piccolo Celeste

Relatore:

Dott. Cremonini Stefano

AA 2017-2018
Sessione Dicembre 2018

Indice

Riassunto	pag. 2
Parole chiave	pag.2
1- Introduzione e obiettivi	pag.3
2 – Contesti	pag.4
2.1-Contesto Geografico	pag.4
2.2-Contesto Geologico	pag.5
2.3-Contesto Geomorfologico e Paleoidrografico	pag.7
2.4-Contesto Idrografico/Idraulico	pag.13
3 - Materiali e metodi	pag.14
3.1-Materiali	pag.14
3.2-Metodi	pag.16
4 – Dati	pag.18
4.1- Cartografia	pag.18
4.2 – Altimetria	pag.19
4.3-Rilevamento	pag.22
5 - Risultati	pag.23
5.1- Cartografia	pag.23
5.2 -Altimetria	pag.30
5.3-Rilevamento	pag.33
6 - Discussione	pag.35
6.1-Cartografia	pag.35
6.2- Altimetria	pag.36
7 - Conclusioni	pag.37
Ringraziamenti	pag.38
Bibliografia	pag.39
Sitografia	pag.41

RIASSUNTO

Questo lavoro si incentra sullo studio di parte del tronco del medio e basso fiume Tagliamento.

La ragione principale che ha spinto tale scelta è stata la mancanza di studi riguardanti questo tratto del fiume, mentre invece è risultato altamente studiato nel corso degli anni, il tronco dell'alto Tagliamento.

Essendo il fiume più lungo del Friuli Venezia Giulia lo studio dell'intero corso risulta essere molto importante considerando anche la sua potenziale pericolosità.

Sono state utilizzate tre differenti metodologie per svolgere questo lavoro; un'analisi cartografica tramite la realizzazione di planimetrie d'alveo che tratta l'arco temporale dal 1789 al 2017, un confronto altimetrico da profili longitudinali e un rilevamento sull'alveo per la realizzazione di un'analisi speditiva delle granulometrie.

Grazie a queste metodologie si è potuto classificare il fiume in sei tipologie d'alveo differenti ben riconoscibili.

Lo studio dei cambiamenti della morfologia meandriforme conferma la stabilità dei meandri da Latisana a Bevazzana mentre dimostra una maggiore mobilità dei meandri del tronco a monte di Latisana. Infine si è potuto riscontrare che l'evoluzione altimetrica del talweg, se pur negativa, pare di entità minore rispetto a quella di altri fiumi italiani.

Parole Chiave: Tagliamento, evoluzione idrografica, alveo meandriforme, alveo braided, planimetria d'alveo, profilo longitudinale.

Abstract

This work focuses on the study of part of the reach of the middle and lower Tagliamento River.

The main reason for this choice was the lack of studies on this river reach, whereas the stretch of the upper Tagliamento was exhaustively studied over the years.

Being the longest river in Friuli Venezia Giulia, the study of the whole course is very important considering also its potential dangerous role.

Three different methods have been used to carry out this work.

1) A cartographic analysis was performed throughout the creation of riverbed planform covering the period between 1789 and 2017.

2) A comparison among the river longitudinal profiles.

3) A field survey concerning the river for the sediment grain size of the river bars in the middle reach of the middle Tagliamento.

Six kind of riverbed were recognized: a) two braided types with different braiding index, b) a sinuous type with gravel bars, c) two meandering facies with different lateral mobility and d) lower sinuous type.

The analysis of the meandering changes states that the stability of the meanders downstream of Latisana up to Bevazzana and a higher mobility of the river reach upcurrent of Latisana. Finally the apparent erosive trend of the Tagliamento River is lower with respect to the others Italian rivers.

Key words: Tagliamento, hydrographic evolution, meandering riverbed, braided riverbed, riverbed planform, river longprofile

Capitolo 1

Introduzione e obiettivi

Il corso del fiume Tagliamento è caratterizzato dal susseguirsi di differenti morfologie d'alveo, da Pinzano (apice di conoide) scendendo verso valle segue un percorso che da braided diventa meandriforme ed infine sinuoso.

Questo studio si occupa del tratto del basso Tagliamento e parte del medio Tagliamento, mentre, il tronco braided in apice di conoide risulta ampiamente studiato, il tratto dove il fiume cambia la sua morfologia da braided a meandriforme fino alla foce, tratto considerato, non è stato oggetto di ricerche e studi significativi.

Una delle ragioni principali di questa mancanza è che in Italia lo studio dei fiumi meandriformi è avvenuto solo dopo il 1970 (Surian & Rinaldi 2003), mentre sono sempre stati ampiamente studiati i fiumi di tipo braided.

I fiumi meandriformi presentano curve che si susseguono lungo il corso d'acqua e sono tipici di tratti fluviali a ridotta pendenza del talweg.

Associato alle morfologie meandriformi c'è sempre del sedimento di granulometria in genere sabbiosa di fondo.

Il meandro presenta un lato convesso dove si deposita il materiale originando delle barre e un lato concavo dove il fiume erode la sponda dando origine ad una scarpata (Franco Ricci Lucchi, Sedimentologia, vol II).

Nella zona di massima curvatura del lobo di meandro sono presenti le massime depressioni erosive del fondale denominate pools.

Tra due lobi di meandro consecutivi, caratterizzati da pool, si trovano tratti di raccordo denominati riffles. Questi sono forme di fondo che vanno a rappresentare all'interno di un profilo longitudinale degli alti topografici.

I meandri sono soggetti a migrazione trasversale della curva, che, si verifica per la presenza di processi erosivi e deposizionali a carico delle due sponde e del sedimento in transito. Questa migrazione dei meandri e delle rispettive barre porta ad un aumento della sinuosità che può dare origine al taglio di collo del meandro (salto del meandro) quando la rottura avviene in corrispondenza del riffle oppure ad una avulsione vera e propria quando la rotta avviene all'entrata della curva.

Lo studio dei fiumi si è sempre svolto partendo dalla planimetria d'alveo, gli studi sulla profondità dell'alveo risultano invece essere poco presenti. Anche nel tronco del Tagliamento, oggetto di questo studio, non si è approfondito da parte degli Autori il problema della profondità del talweg e la sua variazione nel tempo.

Il motivo principale di tale scelta è legato alla strumentazione, alla precisione del lavoro e all'elevato costo necessario per lo studio sulla profondità d'alveo.

Il fiume Tagliamento è in Europa uno dei fiumi che ha subito meno interventi antropici nel corso della storia, questo ci permette di effettuare un'analisi sulla sua naturale evoluzione.

Il lavoro effettuato si è posto come obiettivi: una ricostruzione storica della morfologia del fiume, una verifica dei cambiamenti altimetrici verificando se il fiume ha sperimentato erosione ed infine una ricerca su campo atta a identificare la zona di transizione granulometrica tra ghiaia e sabbia.

Capitolo 2 – Contesti

2.2- Contesto geografico

Il fiume Tagliamento scorre per 178km, dal suo punto di origine presso il passo Mauria (1298m slm) si sviluppa da ovest verso est, attraversando i rilievi calcareo-dolomitici.

Giunto nei pressi della località di Venzone(UD) cambia direzione procedendo verso sud-sud ovest fino alla stretta di Pinzano al Tagliamento dove entra in pianura. Da qui si dirige verso sud scorrendo in un ampio alveo a canali intrecciati (braided), che nei pressi di San Paolo inizia ad evolvere verso morfologie monocursali caratteristiche della bassa pianura (Surian et al.2009).

Il basso Tagliamento, segue un percorso a meandri giungendo fino alla foce sulle coste dell'Adriatico.

Amministrativamente è localizzato tra le regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia.

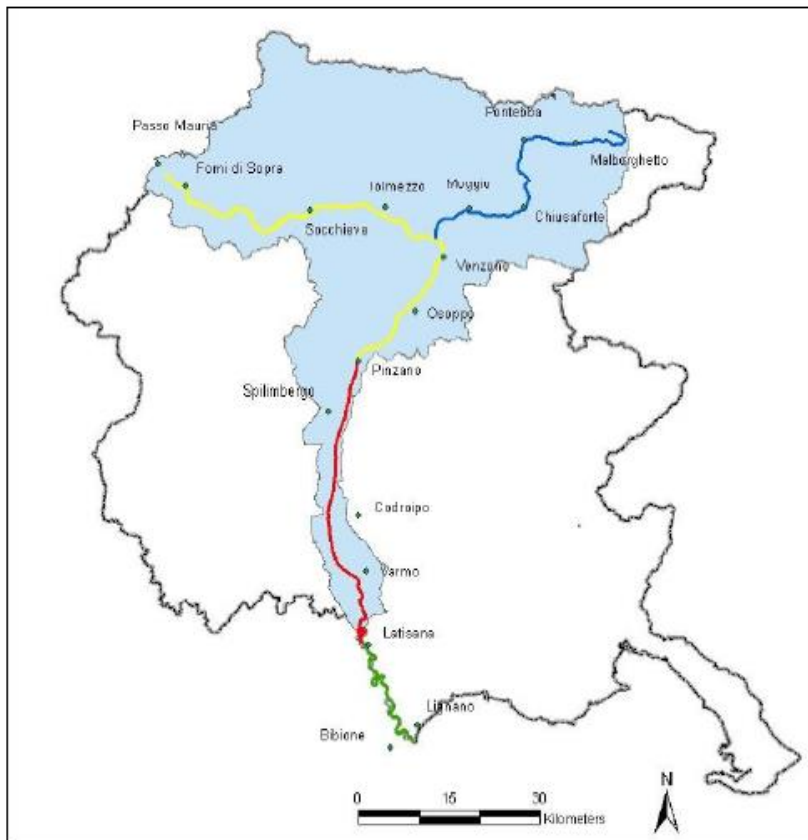


Figura 1- Il giallo rappresenta l'alto Tagliamento, il rosso il medio Tagliamento e il verde il basso Tagliamento. Il corso fluviale in azzurro è il Fella, l'area colorata di azzurro rappresenta il bacino idrografico mentre il contorno in grigio i limiti del Friuli Venezia Giulia.

2.3- Contesto geologico

L'area del bacino montano del Tagliamento è caratterizzata da una prevalenza di substrato roccioso sedimentario e in parte minore, metamorfico, la cui storia si protrae dal Paleozoico. Registrando così due cicli orogenici, il ciclo orogenico ercinico (Paleozoico) e quello alpino (Mesozoico-Cenozoico). Per quanto riguarda la litologia il bacino montano viene diviso in 3 fasce ciascuna con sviluppo est-ovest (Monegato & Stefani, 2010) da nord a sud:

- Settore Ordoviciano-Permiano (460-310 Ma): rocce sedimentarie e vulcaniche in parte metamorfosate.
- Settore Permiano-Triassico Medio (310-228 Ma): dolomie e rocce vulcaniche.
- Settore Triassico Inferiore-Cenozoico (228 Ma-oggi): comprendente rocce evaporitiche formatesi durante la crisi di salinità del Messiniano.

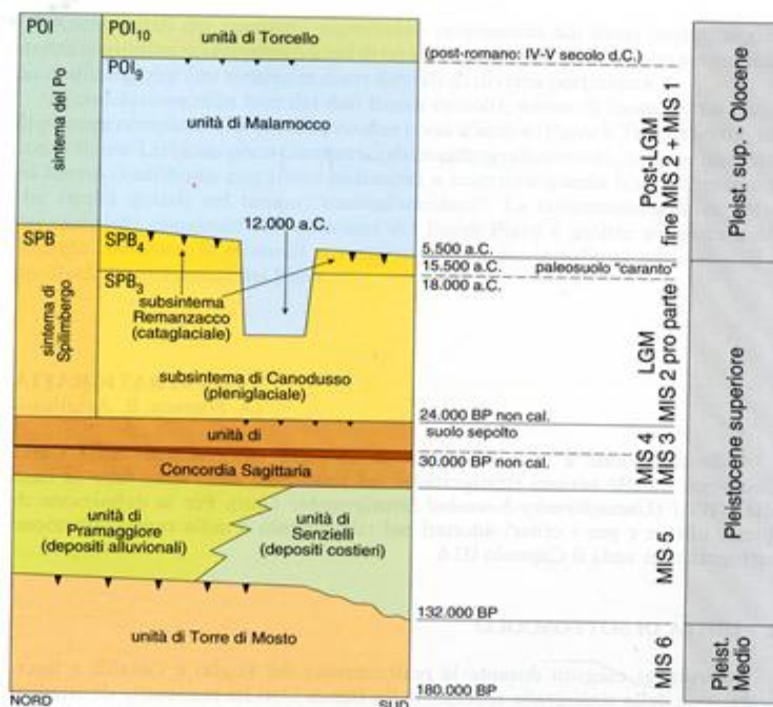


Figura 2- Schema dei rapporti stratigrafici nel Foglio 107 (Fontana et al, 2014)

Il bacino di pianura, interessato dallo scorrere del medio e basso Tagliamento, ha iniziato a subire intense modificazioni a partire dal Pliocene, quando la trasgressione che caratterizzò il periodo portò la foce del paleo-Tagliamento nell'area occupata oggi dalla località di Osoppo.

Da questo momento l'avanzamento della sedimentazione di materiale grossolano porterà ad una progressiva regressione del limite costiero.

Con l'inizio dell'età Pleistocenica, il susseguirsi di ripetute glaciazioni che interessarono la regione hanno, attraverso la loro azione erosiva, ampliato il fondovalle.

Con il ritiro dei ghiacciai pleistocenici e l'aumento della temperatura, nel corso dell'Olocene il Tagliamento è andato incontro ad una fase d'incisione dovuta dalla

diminuzione del trasporto solido (Fontana et al. 2004) legato al rimboschimento dei versanti ormai liberi dai ghiacciai (Descroix and Gautier, 2002).

In figura 2 sono riportati i sintemi e subsintemi istituiti per l'area geografica in studio, il sintema di Spilimbergo comprende il massimo sviluppo del conoide del Tagliamento sepolto a varia profondità sotto la successione olocenica costituita dalle unità di Malamocco e Torcello.

Nella figura 3 è dettagliata ulteriormente la presenza delle incisioni tardi glaciali al tetto del paleoconoide e la successiva evoluzione morfologico stratigrafica in corrispondenza di Latisana.

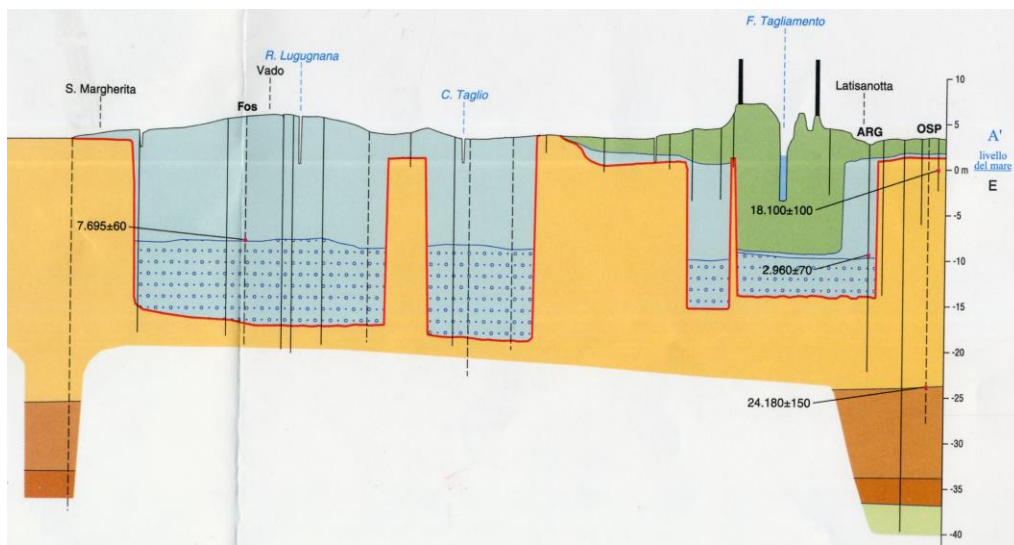


Figura 3- Dettaglio della sezione stratigrafica del foglio 107 (Fontana et al,2014)

2.3 - Contesto geomorfologico e paleoidrografico

Nella pianura veneto-friulana interessata dai depositi di materiale grossolano, il deflusso delle acque e il trasporto di sedimenti durante il Pleistocene hanno portato alla formazione di megaconoidi (Fontana et al,2008).

La superficie attuale del megaconoide presenta aggradazione in forma di piccoli lobi di conoidi sovrainposti che hanno origine dal termine dell'incisione principale nei pressi delle località di Arzene e Rivis (Fontana et al,2008).

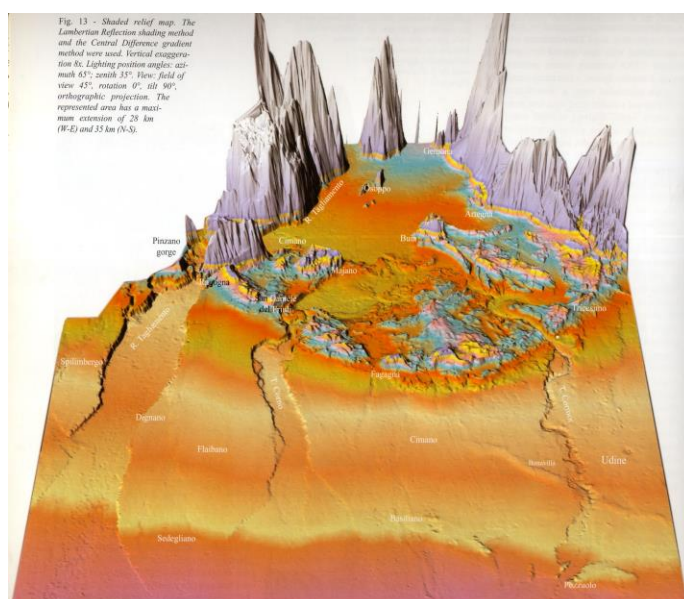


Figura 4- Porzioni apicale e mediana del megafan e il relativo sistema d'incisione del Tagliamento, (Venturini et al 2004)

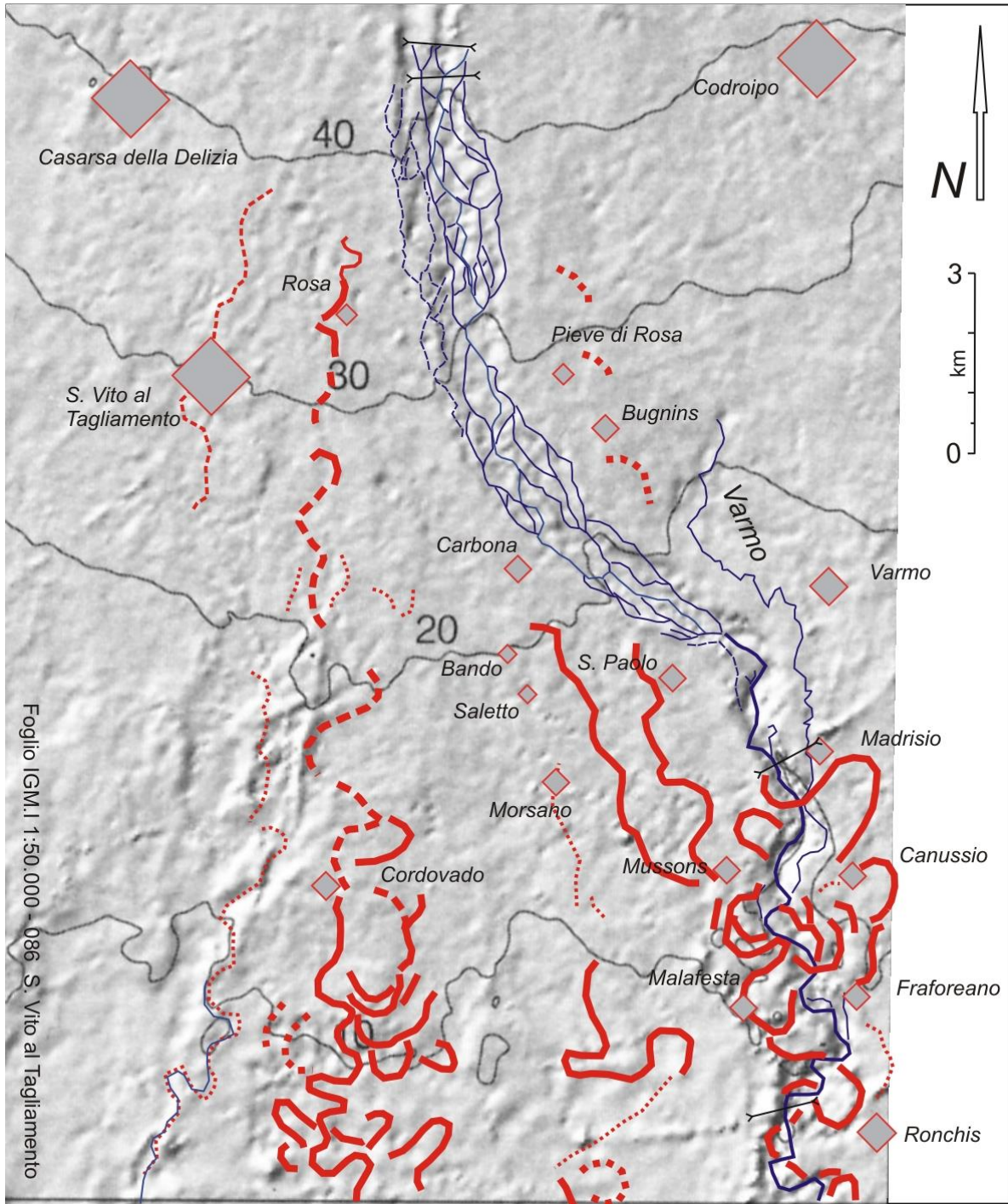


Figura 5- Morfologia della superficie del lobo minore di conoide del Tagliamento tra Casarsa e Latisana con evidenziati i paleoalvei del fiume. Il dtm è derivato da (Zanferrari et al 2014)

A differenza della pianura padana, quella veneto-friulana è oggi caratterizzata da una notevole prossimità del limite della catena alpina all'ambito costiero adriatico (Fontana et al,2008).

Dal margine inferiore del conoide si riscontra lo sviluppo di una fascia di bassa pianura caratterizzata da dossi fluviali e lateralmente da ambiti lagunari alcuni ancora attivi.

In particolare nell'area da Portogruaro a Latisana si rileva la presenza di almeno 3 dossi fluviali appartenenti al fiume Tagliamento di differenti dimensioni e di età storica.

In particolare un dosso attivo in età romana è riscontrabile tra le località di Cordovado, Fossalta, Vado e Lugugnana mentre il dosso attuale si estende dalla località di Latisana fino a Bevazzana diminuendo progressivamente di dimensioni.

Come si nota in figura 6, già a Latisanotta il dosso presenta un'altezza di 3 metri.

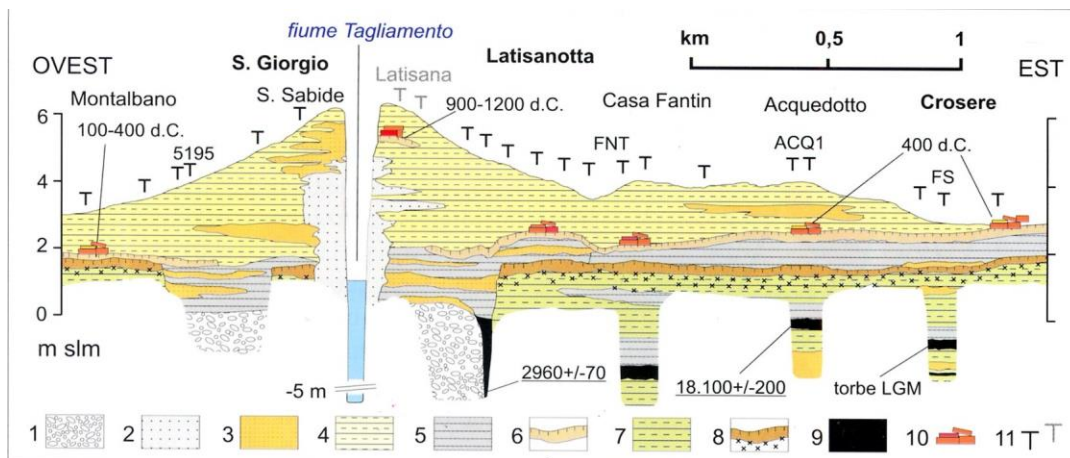


Figura 6- Sezione stratigrafica del dosso fluviale del Tagliamento a Latisanotta da (Fontana et al 2006)

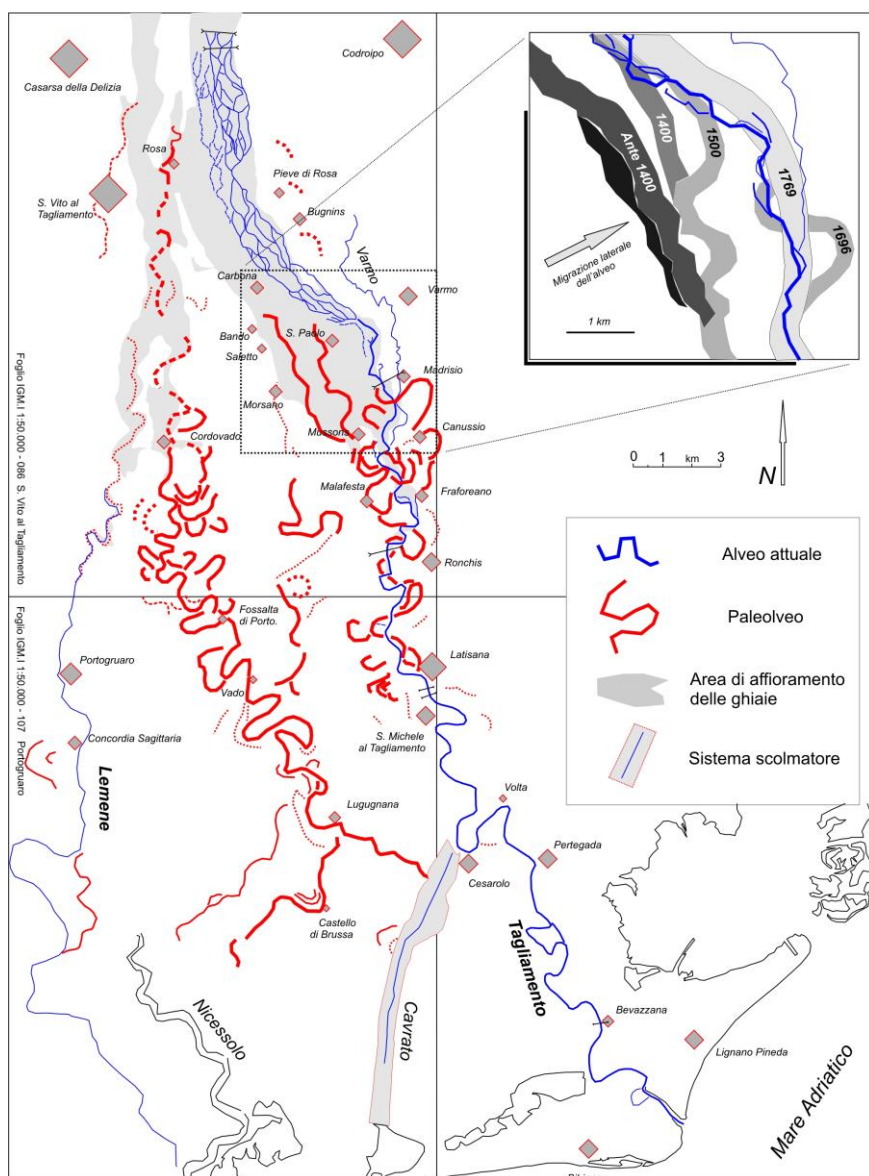


Figura 7- Alveo attuale del Tagliamento da Casarsa al mare e relative tracce dei paleoalvei derivate da Zanferrati et.al (2014) e Fontana et.al (2014).

Tra il I millennio a.C. e l'alto Medioevo il fiume scorreva lungo il ramo che da Cordovado passava per Teglio, Fossalta, Vado e Lugugnana dove attualmente scorre il canale della Roggia Lugugnana.

In corrispondenza del paese Tagliamento il fiume si divideva in due bracci, il principale che giungeva al mare attraverso l'attuale località di Valle Vecchia e il secondo in corrispondenza dell'attuale tratto terminale del fiume a sud di Cesarolo (Frassine et al 2013).

L'attuale percorso del Tagliamento si è attivato a partire dell'Alto Medioevo tra il VI e X secolo quando un'avulsione innescata a valle di San Vito al Tagliamento ha costretto il fiume ad utilizzare due passanti il primo per Concordia Sagittaria (dalle depressioni originate ora scorre il fiume Lemene) il secondo per Latisana (Frassine et al 2013).

La portata era quindi suddivisa in due alvei distinti fino al X secolo, per un limitato periodo storico (2-3 secoli) sono rimasti attivi 3 alvei differenti, questa constatazione implica che la suddivisione della portata originale del Tagliamento proveniente da monte non ha permesso lo sviluppo o la conservazione degli eventuali apparati deltizi. Questa fase di notevole precarietà idrografica ha condotto al seppellimento di estese porzioni della città di Concordia e alla formazione del dosso esistente lungo il Tagliamento a valle di Madrisio (Frassine et al 2013).

A partire dal X secolo circa, l'unica direttrice seguita dal fiume è stata quella passante per Latisana, che ha poi subito dei cambiamenti solo in limitati tratti (Frassine et al 2013).

In quest'ultimo periodo storico l'unicità dell'alveo ha permesso lo sviluppo di un apparato deltizio in continua evoluzione che ad oggi rappresenta l'unico esemplare moderno di forma cuspidale del mar Adriatico (Castiglioni, 1979).

L'inflessione presente nella località di Mottaron dei Frati (Bibione) richiama molto probabilmente l'esistenza di un'antica bocca lagunare, già presente in età romana (veGal) e non di una vera forma deltizia.

Come è possibile notare da figura 8, la morfologia del fiume dall'epoca romana ad oggi è rimasta molto simile; il fiume si è sempre ripartito in meandri simili a quelli presenti tutt'oggi ubicati nella medesima fascia longitudinale.

E' possibile notare una ripartizione in tronchi in entrambe le direttrici, un primo tronco caratterizzato da un alveo più largo e bassa sinuosità (attualmente a canali intrecciati) e un secondo tronco con un alveo più ristretto ed elevato indice di sinuosità (sia in epoca romana che oggi di tipo meandriforme).

Le due direttrici di flusso di età romana e attuale individuate principalmente attraverso le foto tracce dei rispettivi paleoalvei sono rappresentati in figura 7 fino all'attuale zona deltizia.

Nel riquadro di figura 7 è illustrata la migrazione laterale dell'alveo dal 1400 al 1800. Si tratta di una vera migrazione laterale che non ha variato la posizione del tronco meandriforme a valle e non di una serie di avulsioni.

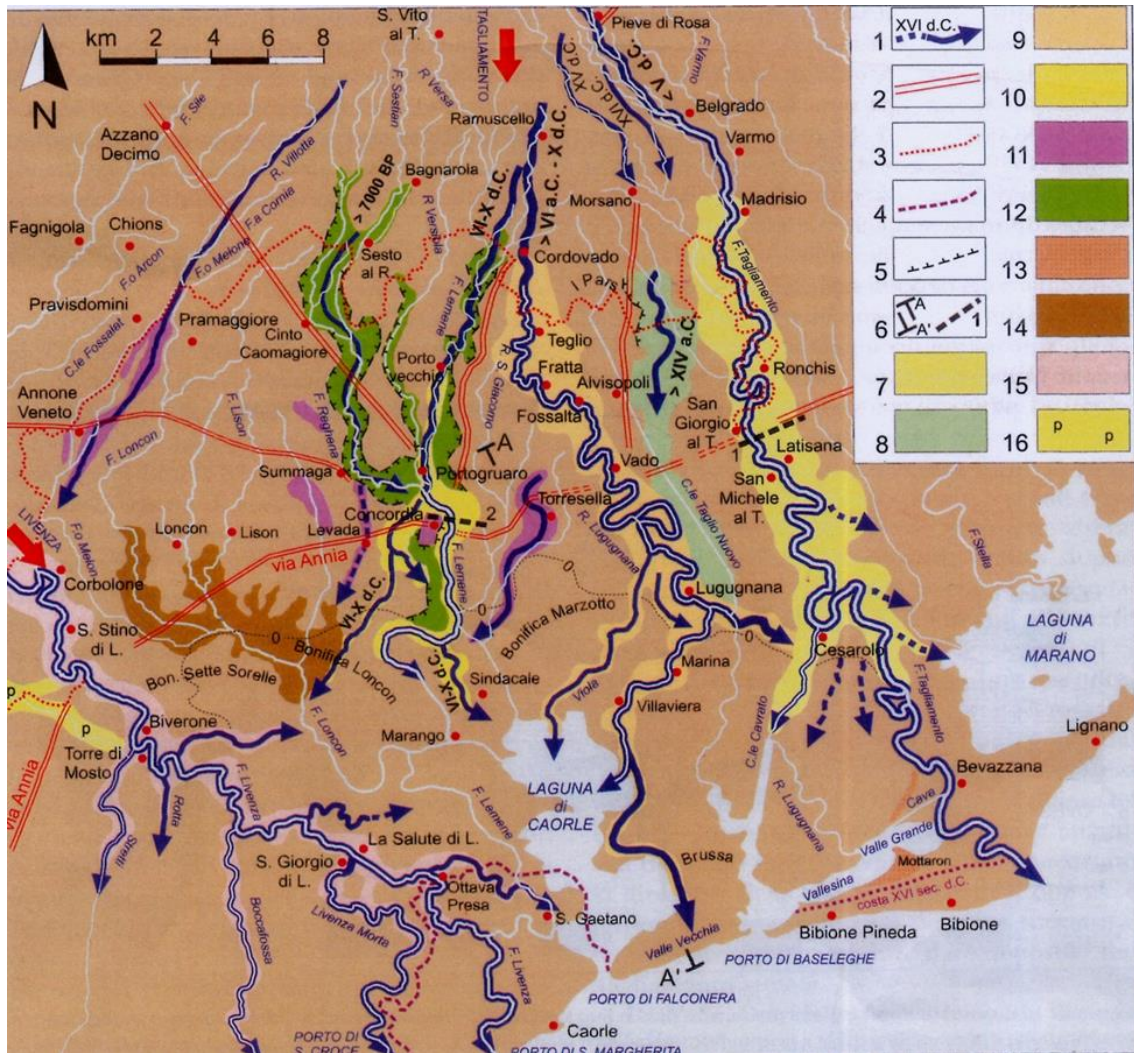


Figura 8- Diretrici del fiume Tagliamento (da Frassine et al 2013)

Per quanto riguarda la geometria dell'alveo nel tronco braided la profondità è limitata ed è compresa tra 1,5 e 1,75 metri rispetto ai terrazzi golenali laterali, mentre, nel tronco meandriforme la profondità dell'alveo varia da 7,5 a 12 metri (in curva di meandro), la larghezza dell'alveo desunta da cartografia si aggira intorno a 1800m nel tronco braided e nel tronco meandriforme tra i 100 e i 150 metri in alvei di magra. I raggi di curvatura medi nel tratto meandriforme raggiungono i 200 metri.

2.4 - Contesto idrografico/idraulico

Il bacino idrografico del Tagliamento comprende circa 2480 Km² di superficie. All'interno del bacino idrografico sono presenti, per uso idroelettrico, 3 bacini idrici che rappresentano il 3 % della superficie totale (Surian et al,2008).

Rappresenta una delle aree più piovose d'Italia, tenendo conto che la piovosità media italiana è stimata circa in 1000mm/anno, quella del Tagliamento registrata negli ultimi 50 anni da 14 stazioni del bacino montano risulta essere pari a 1830 mm/anno (adBVe, 1998): il divario tra le due risulta essere notevole.

La portata del fiume varia notevolmente tra flussi di piena e flussi di magra classificando il bacino del Tagliamento come di tipo torrentizio; portate maggiori si hanno in autunno e primavera, mentre la stagione estiva e quella invernale sono caratterizzate da flussi di magra (Maione e Machne, 1982).

Alla stazione idrometrica di Venzone la portata massima è risultata di 4050 m³ /s tra il 1932 e il 1973, con una portata minima di 15 m³ /s e una portata media di 81 m³ /s (Ziliani et Surian, 2012).

Per far fronte a tali portate il tratto del Tagliamento è interamente arginato su entrambe le sponde, all'altezza di Cesarolo ha inizio in sponda destra un ampio canale con la funzione di scolmatori di piena artificiale denominato Cavrato.

La portata del fiume Tagliamento alla stretta di Latisana risulta essere come massimo di 4500 m³ /s mentre a valle del Cavrato di 1500 m³ /s, quando invece il canale del Cavrato viene attivato la sua portata massimo risulta essere di 3000 m³ /s (adBVe, 1998).

Gli studi condotti fino ad ora hanno dimostrato l'esistenza di almeno 3 fasi erosive sviluppate dalla fine del 19 secolo e protratte fino agli anni '80 del 20 secolo seguite da un'apparente fase di inversione nell'ultimo ventennio (80-90) (Zilian,Surian,2012).

Le tendenze evolutive del fiume dalla fine del 19 secolo alla fine degli anni 90 sono state caratterizzate da restringimento della sezione di canale da 1250 a 540 metri ed da un'incisione dell'alveo di circa 1 metro con una leggerissima inversione verso la fine degli anni '90(Surian et al,2009).

In un'altra pubblicazione sono invece dichiarati dai 2 ai 4 metri d'incisione del talweg(Surian et al, 2009).

Capitolo 3 - Materiali e metodi

3.1 - Materiali

Per il presente studio si sono utilizzate differenti tipologie di materiali comprendenti: materiali cartografici storici, materiali relativi all'altimetria dell'alveo e dati provenienti da rilevamento sul campo relativi alla granulometria.

Di seguito vengono riportate in tabella le indicazioni specifiche riguardanti la cartografia utilizzata.

Cartografia utilizzata	Anno della levata e aggiornamento	Zone considerate	Scala
Fondazione Benetton-Studi e Ricerche a cura di KriegsKarte Anton Von Zack.	1789-1805	Ronchis, Latisana, Cesarolo e Foce	1: 28.738,075
I.G.M.I	Levata 1891	Varmo, Latisana, Cesarolo e Foce	1:25000
I.G.M	Levata 1927	Varmo, Latisana, Cesarolo e Foce	1:25000
I.G.M	Levata 1951	Varmo, Latisana, Cesarolo e Foce	1:25000

Tabella 1-Elenco della cartografia utilizzata

Per quanto riguarda le livellazioni lungo l'alveo fluviale le fonti vengono riportate nella tabella sottostante.

N° elaborato	Soggetto esecutore	Anno rilevamento	Scala(orizzontale e verticale)	Tipo di elaborato	Tronco interessato	Tipologia di elaborato	Ubicazione proprietario
1	Barigazzi	1970	Orizzontale(PR OFILO): 1:10.000 Verticale(PROFILO): 1:200 Scala tavole 1:5.000	Profilo longitudinale e tavole	Casarsa-Foce	Originale cartaceo	AdBVe
2	Barigazzi	1982	1:10.000	Profilo longitudinale	Pinzano-Foce	Da file relazione protezione civile FVG	Reggiani et Verschelling (2005)
3	GeoTup	2001	1:5000	Profilo longitudinale	Pinzano - Dignano	Da file relazione del 1982	Reggiani et Verschelling (2005)
4	G.C.S-065-	2004	Orizzontale: 1:500 Verticale: 1:100	sezioni trasversali	Pertegada-Foce	Originale cartaceo	AdBVe
5	Protezione civile FVG	Dopo 2008		sezioni	intero	Power point	Garlatti.C (dopo 2008)

Tabella 2-Elenco degli elaborati utilizzati per le livellazioni lungo l'alveo

La qualità dei dati derivati da queste tipologie di documentazione è quindi molto varia e di fatto risulta possibile utilizzare quantitativamente soltanto gli elaborati n° 1 e 4.

La consultazione dell'elaborato 2 permette di verificare che successivamente al rilievo del 1970 venne probabilmente eseguito un secondo rilievo che mostra un profilo longitudinale sostanzialmente simile a quello precedente, con leggerissime variazioni di quota.

Per quanto riguarda l'elaborato 5 risulta sostanzialmente simile a quello del 2004, e parrebbe un aggiornamento.

Oltre a questi materiali sono state utilizzate foto satellitari da Google Earth© e Cartografia geologica.

3.2 – Metodi

In questo studio sono state utilizzate differenti metodologie operative: analisi cartografica di differenti levate, analisi di granulometria speditiva sul campo e confronto di profili longitudinali.

In primo luogo si è provveduto alla realizzazione di un confronto cartografico del corso del fiume Tagliamento da monte della località di Ronchis alla foce grazie all'utilizzo di cartografia storica appartenente alle levate sopra riferite (Tabella 1).

Dalle carte di ogni levata sono state effettuate delle scansioni divise per zone, queste scansioni sono state georeferenziate con l'ausilio di Qgis collegandosi online alla copertura regioni zona WGS84-UTM33/Copertura regioni zona WGS84UTM32(da:http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/raster/IGM_25000.map&).

Per quanto riguarda le annate del 1891,1927 e 1951 si tratta di scansioni di cartografia dell'I.G.M fornite presso l'Autorità di Bacino di Venezia(adBVe).

Una volta ottenute le topografie georeferenziate di ogni carta sempre grazie all'utilizzo del programma Qgis si è creata per ogni annata una planimetria d'alveo; le diverse planimetrie sono state poi confrontate tra loro per individuare i cambiamenti di morfologia del Tagliamento nel corso del tempo.

Sono stati poi individuati per ogni levata a disposizione i limiti nel tronco braided ad alto indice di canalizzazione, braided a basso indice di canalizzazione, meandriforme e sinuoso.

E' stato inoltre possibile definire i limiti dei tronchi del fiume Tagliamento del 2017 grazie alle scene satellitari di Google Earth ©.

Si sono confrontati due profili longitudinali del fiume Tagliamento, il primo del 1970 e il secondo del 2004.

E' stato scansionato il profilo 1970 dall'originale assieme alle sezioni del 1969, i dati del profilo longitudinale sono stati tabulati con excell per verificare la congruenza con l'elaborato grafico.

Il profilo del 2004, invece, è stato ottenuto da tabulazione excell dei dati di quota del talweg forniti dalle sezioni trasversali.

Per ubicare le sezioni si è eseguita una georeferenziazione delle coordinate degli estremi calcolandone la distanza progressiva dallo 0 di foce secondo il talweg.

Si è svolto un rilevamento sul campo con lo scopo di verificare la granulometria speditiva nel corso del Tagliamento dalla località di Rosa proseguendo verso Carbona, San Paolo, Bolzano, Ronchis e San Giorgio al Tagliamento, tutte le località sono situate nella sponda idrografica destra del fiume. (fig.9.1;fig 9.2).

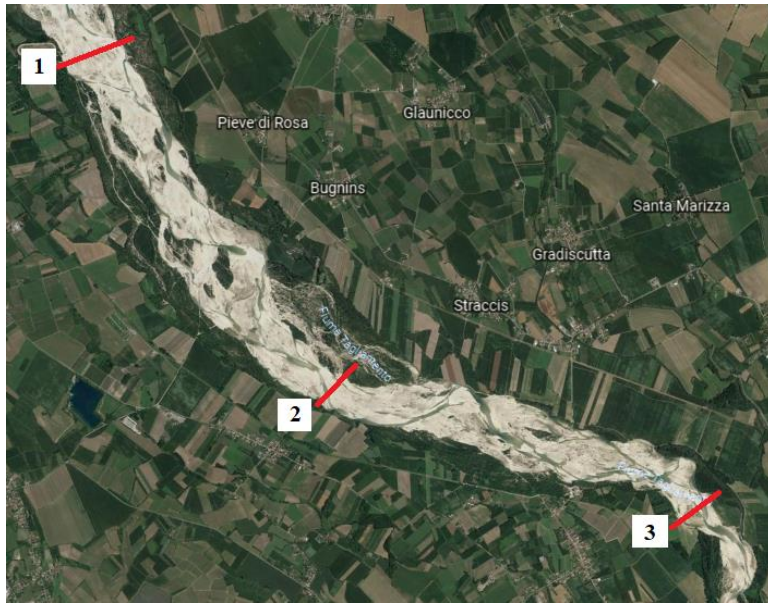


Figura 9.1-Prime 3 sezioni: Rosa, Camino e San paolo da foto satellitare Google Earth © 2017



Figura 9.2-Sezione 4,5 e 6 da foto satellitare Google Earth © 2017

Capitolo 4 – Dati

4.1 – Cartografia

Vengono riportate di sotto le planimetrie realizzate(Fig.10).

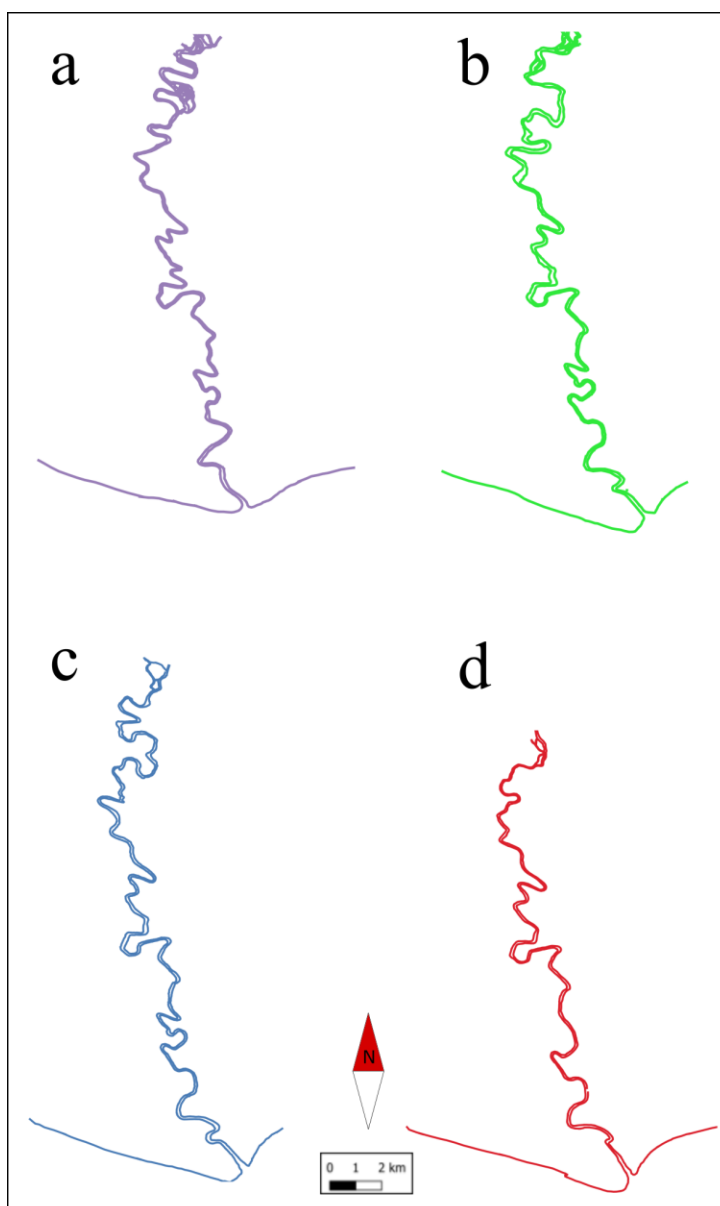


Figura 10-Planimetrie d'alveo realizzate con Qgis, in ordine a: 1789-1805, b: 1891, c: 1927 e d: 1951

4.2 - Altimetria

Il profilo longitudinale del fiume Tagliamento del 1970 è riportato in figura 10.1 e 10.2, mentre, il profilo longitudinale del 2004 è riportato in figura 10.3.

Per un ulteriore confronto si è consultato il profilo del 1982 riportato in figura 10.4.

Dal profilo longitudinale del 1970 si sono ricavate le pendenze che risultano essere:

- 2.9 m/km (all'altezza del Ponte della Delizia)
- 2,4 m/km (Carbona-Bugnins)
- 1,4 m/km (San Paolo-Varmo)
- 0,9 m/km (Ronchis)
- 0,015 m/km (Latisana)

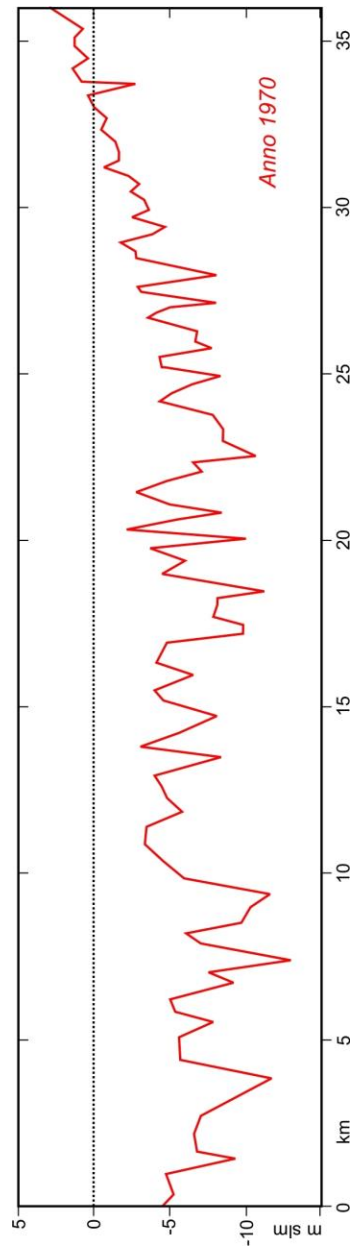
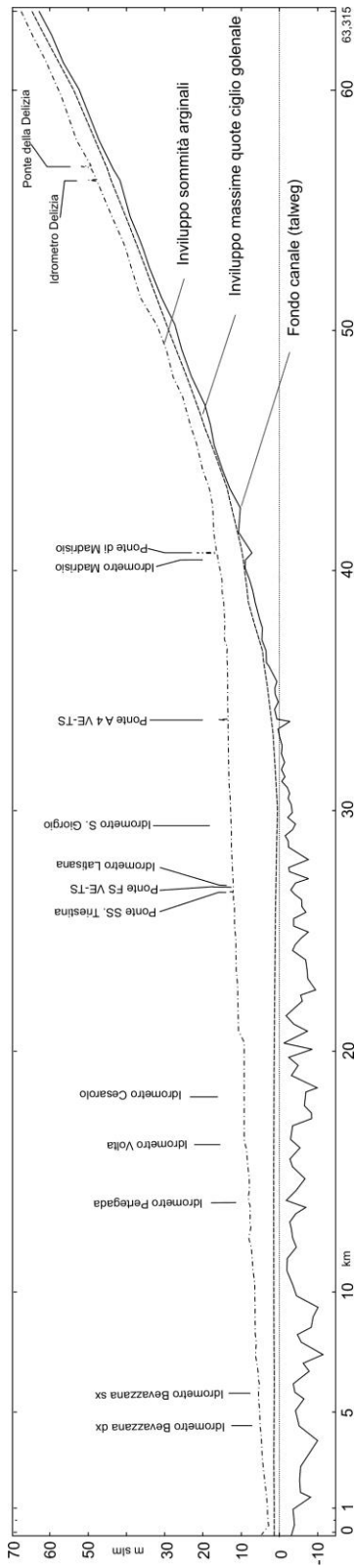


Figura 11.1-Profilo longitudinale del 1970. A) sono riportati il fondo canale, il ciglio golenale e la sommità arginale come riportati da scansione dell'elaborato cartaceo originale.

Figura 11.2-Profilo longitudinale numerico del 1970, in rosso è indicato il profilo altimetrico del fondo del tronco inferiore del fiume come risulta dai dati numerici originali presenti nell'elaborato cartaceo.

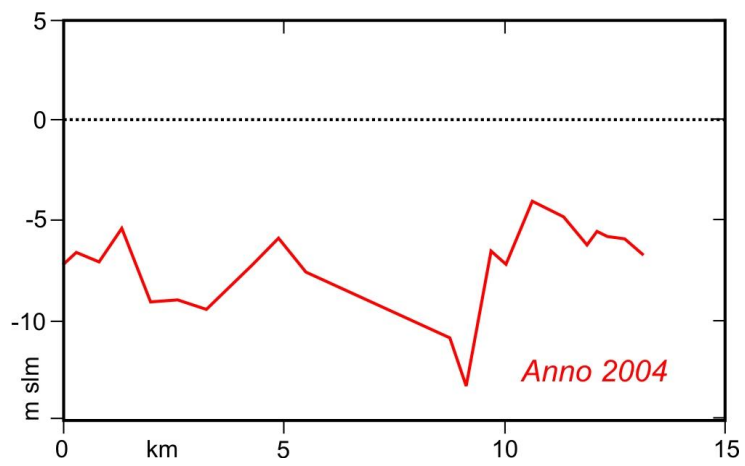


Figura 11.3-Profilo longitudinale numerico del 2004

Si mostra inoltre il profilo di fondo relativo al tratto a valle di Latisana del 1982.

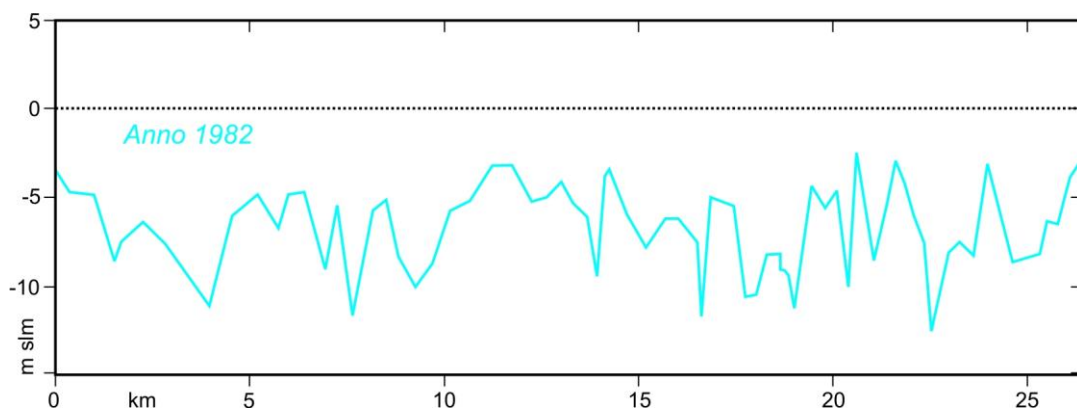


Figura 11.4-Profilo longitudinale grafico del 1982

4.3 – Rilevamento in alveo

Per quanto riguarda il rilevamento in alveo effettuato i dati ottenuti sono risultati i seguenti:

N° della sezione	Altezza scarpata d'incisione principale(m)	Altezza scarpata minore in alveo	Altezza della barra sul pelo dell'acqua	Profondità dei singoli canali	Lunghezza della sezione(m)	Clasto massimo(cm)	Clasto medio(cm)
1	5,5	2	72 cm	30 cm	44	13	6,98
2	3	2	60cm	150 cm	17,60	9	4,225
3	2	1,5	15cm	200 cm	38,4	7,3	3,2
4	3	2	101 cm	+200 cm	8	6	3,95
5	10	8	40 cm	+200 cm	20	4	2,09
6	10	8	30 cm	+1m	5	0	0

Tabella 3- Dati ottenuti dal rilevamento sull'alveo

Per le barre ghiaiose, i clasti si sono misurati attraverso l'ausilio di un metro, 20 campioni per ogni barra, con un passo di campionamento che varia da 0,4 metri a 2,2 metri.

I campioni di sabbia raccolti presentano un diametro compreso tra i 2mm e 0.06 mm e vengono classificati come sabbia grossolana.

Capitolo 5 – Risultati

5.1 - Cartografia

Grazie allo studio cartografico è stato possibile differenziare il corso del Tagliamento in più zone caratterizzate da una precisa morfologia.

Da Nord verso Sud incontriamo braided ad alto indice di canalizzazione, braided a basso indice di canalizzazione, sinuoso con barre ghiaiose, meandriforme caratterizzato da alta mobilità laterale diacronica, meandriforme con bassa o nulla velocità d'evoluzione e sinuoso.

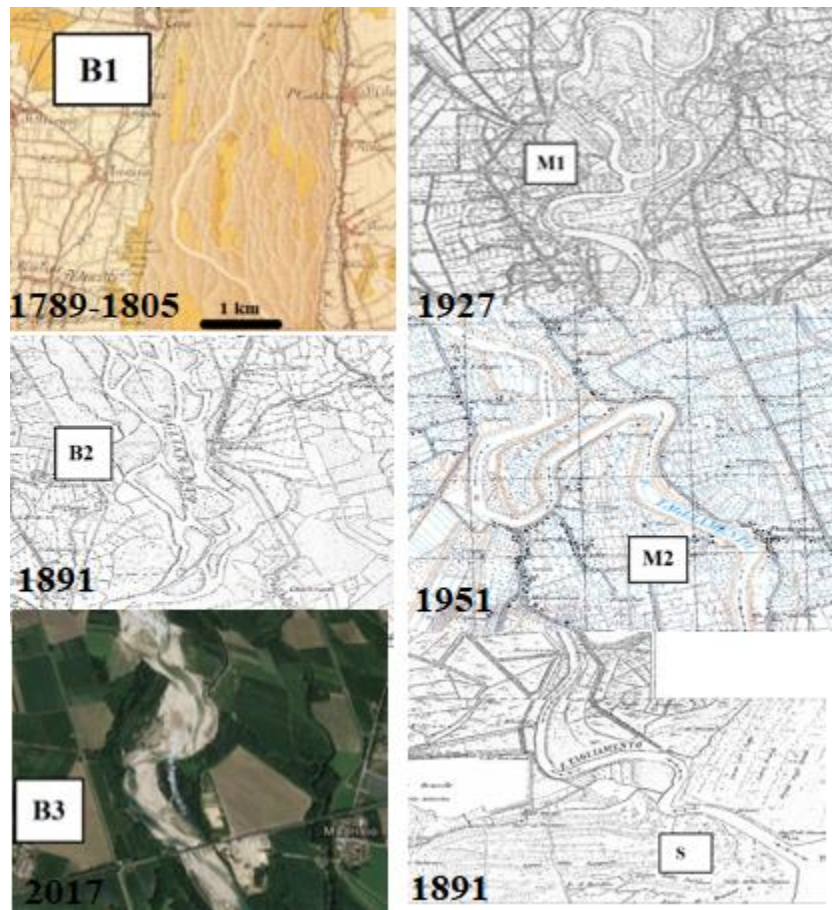


Figura 12-Divisione delle diverse tipologie morfologiche del fiume Tagliamento esemplificate in diverse annate



Figura 13-Transizione tra braided a basso indice di canalizzazione e canale sinuoso con barre; a destra carta dell'I.G.M del 1951 e a sinistra l'immagine del 2017 presa da Google Earth ©

Nelle tabelle sottostanti sono indicati i limiti tra due differenti morfologie per le differenti annate considerate in questo studio (tabella 4 e tabella 5).

SOGLIE TIPOLOGICHE D'ALVEO	1798/1805	1891	1927	1951	2017
B1/B2	Carbona- Bugnins	San Paolo- Varmo	??	San Paolo- Varmo	Carbona- Bugnins
B2/B3	-	-	-	-	San Paolo- Varmo
B2/M1	Mussions- Canusso	Mussions- Canusso	500m monte Mussions	Malafesta- Fraforeano	San Paolo- Varmo
B3/M1	-	-	-	-	Mussions- Canusso
M1/M2	Latisana	Latisana	1km monte Latisana	1 km monte Latisana	Latisana
M2/S	Bevazzana	Bevazzana	Bevazzana	Bevazzana	Bevazzana

Tabella 4-Località dove avviene la transizione tra due diverse morfologie fluviali nelle diverse levate considerate da questo studio

B1	Braided ad alto indice d'intrecciamento e grande ampiezza dell'alveo di piena	$<8Li<10$
B2	Braided a basso indice d'intrecciamento e grande ampiezza dell'alveo di piena	$2<Li<3$
B3	Sinuoso con ampie barre ghiaiose	
M1	Meandriforme caratterizzato da alta mobilità laterale diacronica	
M2	Meandriforme con bassa o nulla velocità d'evoluzione	
S	Sinuoso	Is

Tabella 5-Corrispondenza tra la simbologia e la definizione del tipo di morfologia fluviale considerata, con Li si intende l'indice di intrecciamento mentre Is indice di sinuosità.

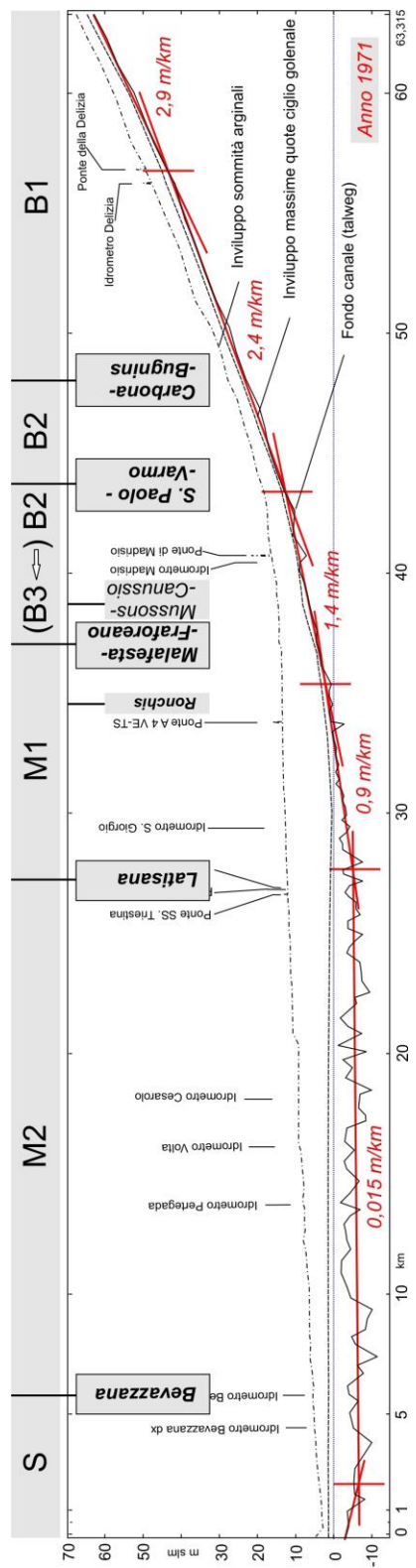


Figura 14-Individuazione dei tronchi caratterizzati dalle diverse tipologie d'alveo sul profilo del 1970 con l'indicazione delle pendenze nei sotto tratti indicati.

Le pendenze indicate in figura 12 mettono in evidenza come il tronco maggiormente interessato da un elevato dislivello risulta essere in corrispondenza della transizione tra B3-B2 e M1.

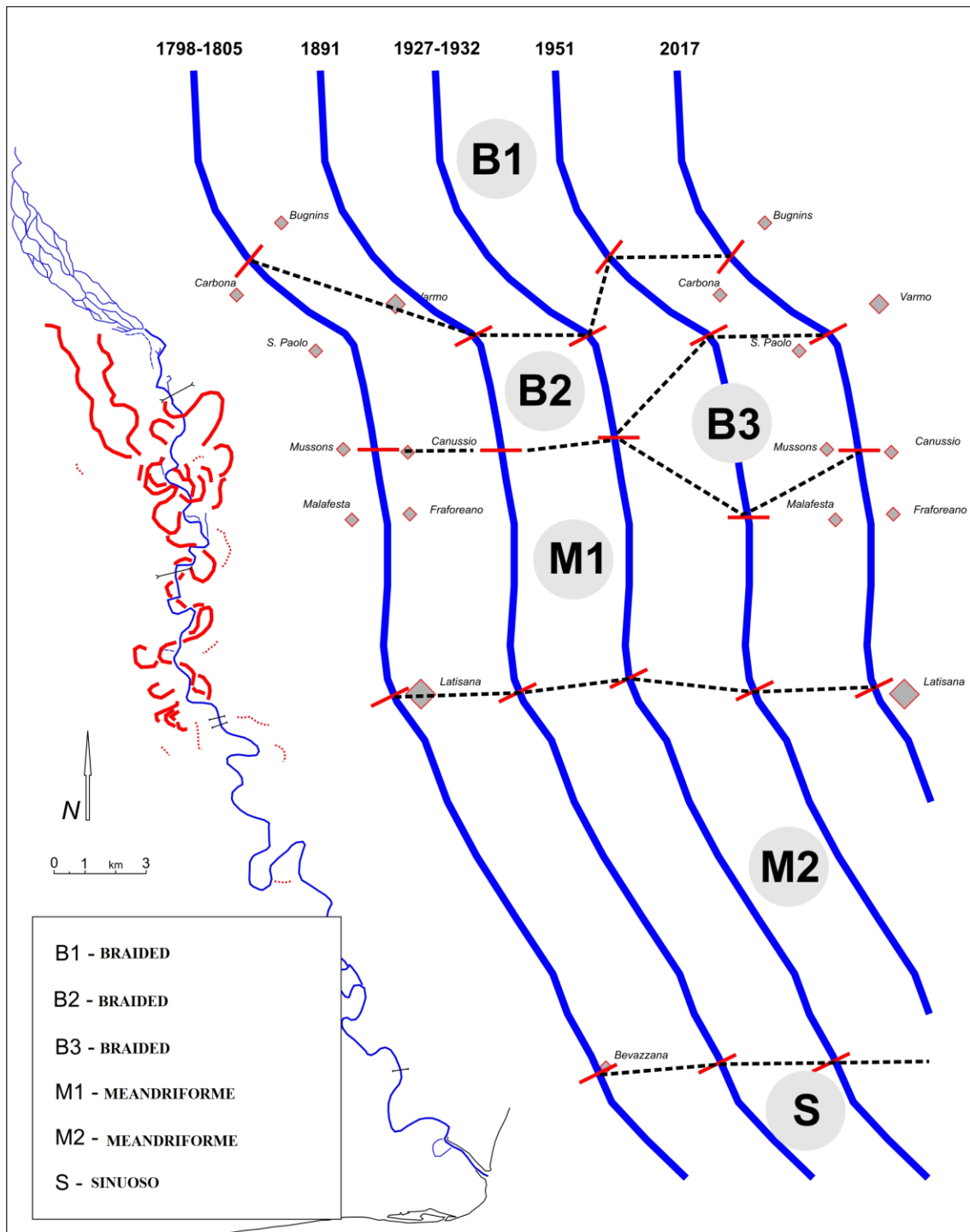


Figura 15-Posizione delle soglie di transizione nelle diverse levate

Attraverso l'arco temporale considerato si può notare la mobilità longitudinale delle soglie di transizione in particolare del modello braided mentre le soglie B2-M1-M2-S dimostrano una fissità diacronica. L'unica eccezione è rappresentata dalla tipologia B3 che modifica la fissità della soglia B2-M1.

Per quanto riguarda le planimetrie ottenute hanno permesso una descrizione accurata della morfologia del fiume nei differenti periodi storici.

Dal confronto tra i 1789-1805 e il 1891 si evince che il corso del fiume dalla foce alla località di Pertegada non presenta evidenti modifiche.

I meandri che caratterizzano il corso del fiume da Bevazzana a Pertegada, risultanti dalle due planimetrie sono i medesimi, apparentemente la curva si sta trasformando in un vero lobo di meandro.

Il meandro a San Filippo e il lobo immediatamente a valle risultano scomparire nel 1891 o per causa naturali o per cause antropiche.

Da Latisanotta a Ronchis le curve del fiume risultano molto diverse, la curva di meandro nei pressi di Ronchis nel 1891 risulta maggiormente marcata.

Tra il 1891 e il 1927 nel tratto del fiume da foce a Latisana il percorso a meandri risulta invariato.

Proseguendo verso monte si può notare un restringimento dell'alveo tra Latisana e Latisanotta che risulta essere dell'ordine di 200 metri.

A monte di Latisanotta il Tagliamento va incontro nel 1927 ad un taglio di collo di meandro. Da Latisanotta fino al passaggio ad una morfologia a canali intrecciati nei pressi di Mussons si può notare come i meandri si siano spostati nel corso del tempo creando delle curve sempre più marcate.

L'isola Pingerli, a monte della foce, risulta scomparire nel 1951, così come l'isola di Picchi, in entrambi i casi il fiume ha effettuato un salto di meandro o di tipo naturale o di origine antropica.

Proseguendo il corso del fiume fino alla località di Latisana non sono visibili cambiamenti di morfologia.

A Latisanotta, sempre, tra il '27 e il '51 il fiume ha subito un taglio di collo di meandro, da Latisanotta procedendo verso monte i meandri risultano, come nelle annate precedenti più mobili, nei pressi di Ronchis è possibile notare un altro taglio di collo di meandro.

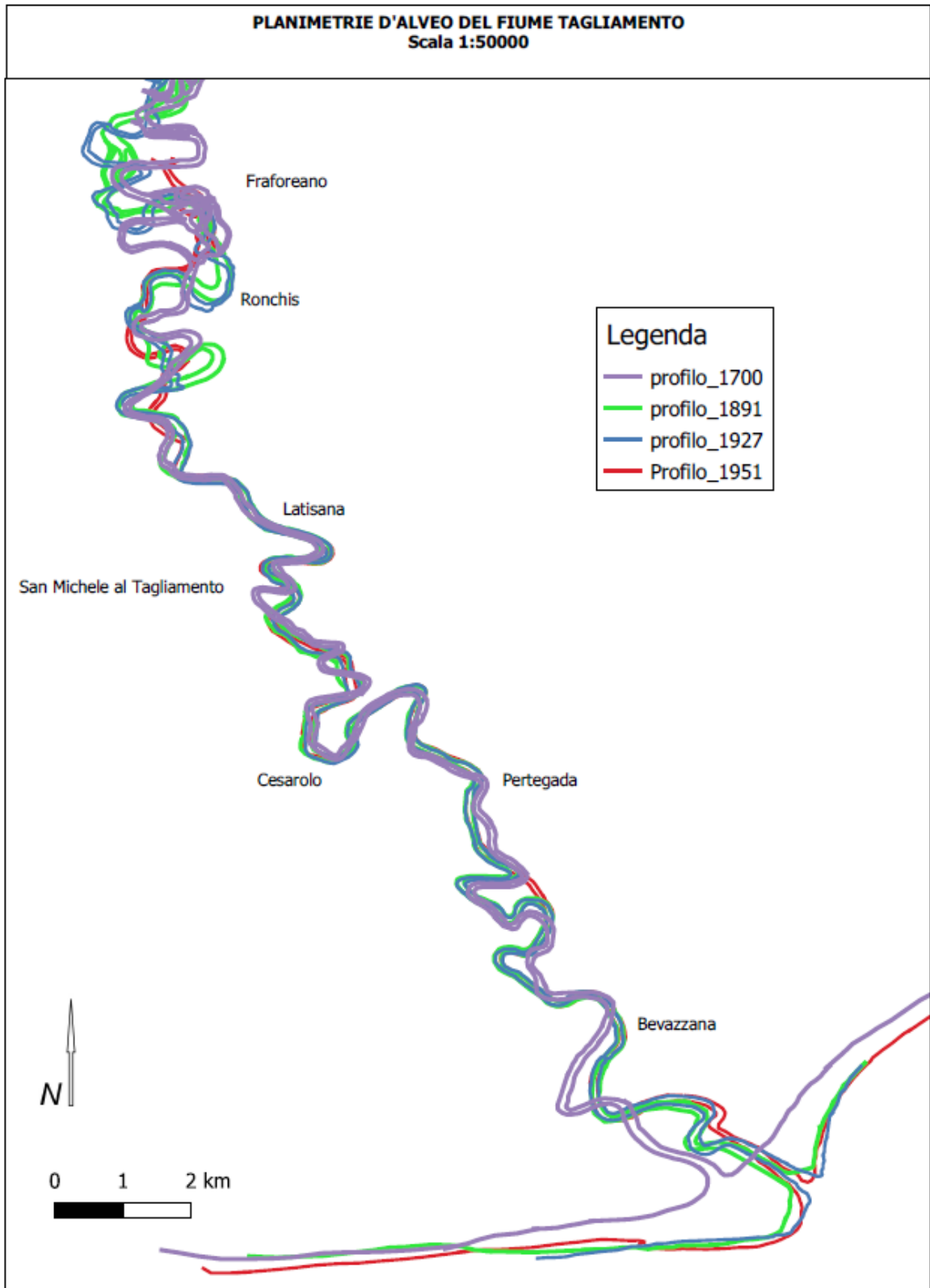


Figura 16: -Planimetrie d'alveo sovrapposte realizzate con Qgis

5.2- Altimetria

Grazie al confronto dei due profili longitudinali del fiume Tagliamento a disposizione, quello del 1970 e quello del 2004 è stato possibile analizzare il processo di erosione del talweg nel corso di quasi 40 anni.

Dal confronto tra i due profili riportato in figura (fig.17) notiamo come il talweg del solo tronco inferiore limitato ad un tratto di soli 14 km a monte della foce non abbia apparentemente subito grandi modificazioni, tenendo comunque presente che nel 2004 il numero di sezioni disponibili risulta carente rispetto all'anno 1970.

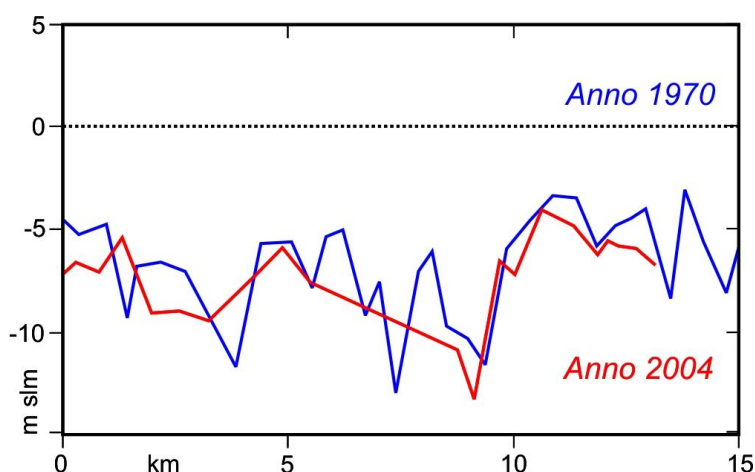


Figura 17-Confronto del profilo longitudinale del 1970 e quello del 2004

Si può notare come non ci sia una corrispondenza esatta tra l'ubicazione delle sezioni del 2004 dovuta probabilmente a limitati problemi di georeferenziazione.

Nella figura 18 si è tentato di paragonare la levata del 1982 a quella del 1970 si può notare una buona corrispondenza tra i due profili in particolare se si considera il trattamento solo grafico del profilo più recente.

Lo spazio temporale di 12 anni parrebbe non aver indotto grandi mutamenti sebbene qualche lieve differenza esista tra i due profili legata probabilmente al transito momentaneo di volumi di sedimento oppure alla diversificazione del numero di sezioni.

Un tentativo per co registrare la curva del 2004 con quella del 1970 è stato fatto così come del 1982 su 1970, resta confermato un accordo di massima sulle quote del fondale nelle due levate. Nel caso del confronto tra il 1970 e il 2004 una variazione minima potrebbe essere stimata intorno a circa massimo 1,5 metri di variazione in negativo, considerando due sezioni trasversali ubicate nello stesso luogo.

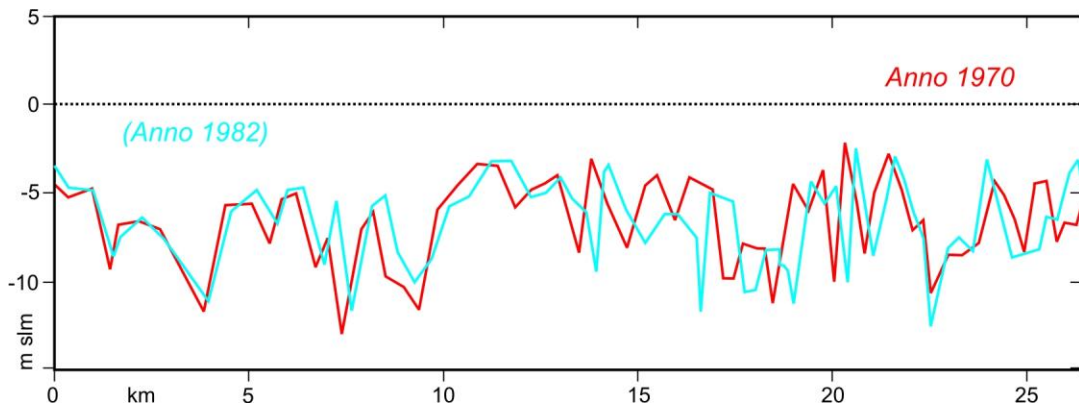


Figura 18- Confronto tra il profilo longitudinale de 1982 e 1970

Le sezioni trasversali del 1969 presentano le isobate lungo il corso del fiume Tagliamento, questa informazione è molto utile perché ci permette di conoscere dove il corso del fiume risulta essere più profondo.
 Da figura 17 è possibile osservare una successione di riffle and pool nel meandro del fiume a monte della località di Sant'Anna.

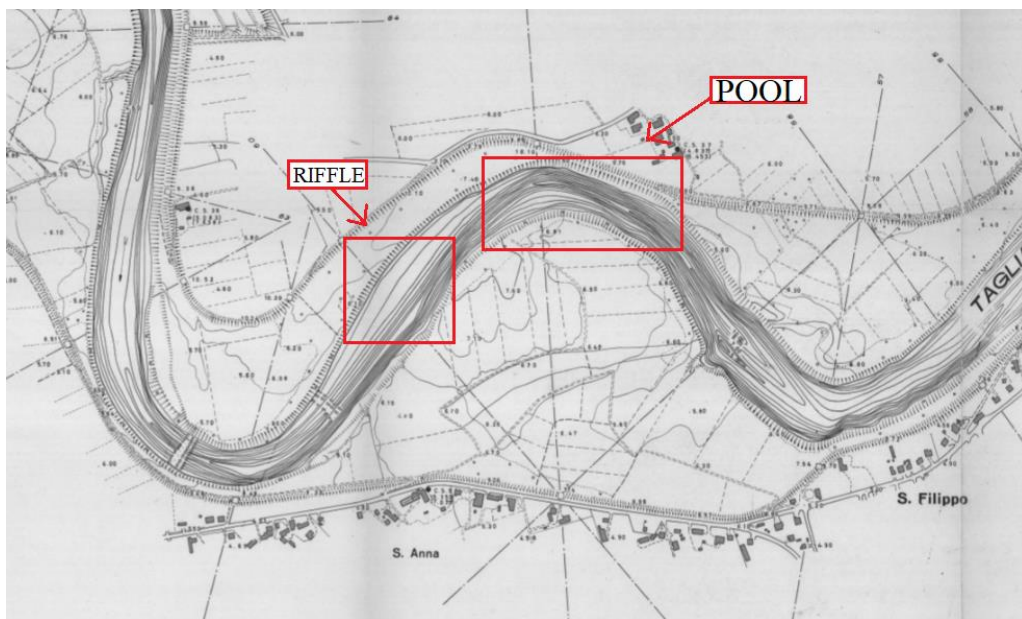


Figura 19-illustrazione attraverso le isobate della sezione n° del 1969 che evidenzia i pool e i riffle (per cortesia di AdBVe)

La porzione terminale dei profili longitudinali a foce mostra una tendenza alla contropendenza, questo perché prelude all'estinzione del canale fluviale e alla comparsa della barra di foce. (Fig.18).

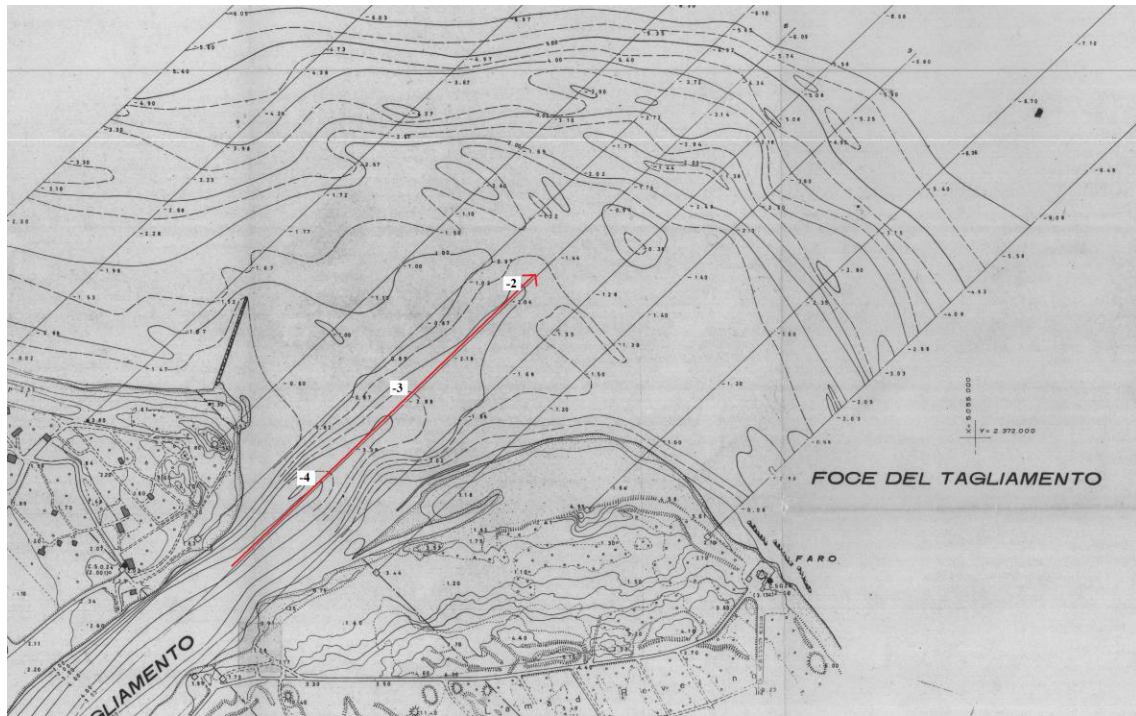


Figura 20-Zoom di tavola n°5 del 1969 fiume Tagliamento, “magistrato alle acque ufficio idrografico” ottenute presso AdBVe, scala 1:5000, altimetria del fiume Tagliamento ottenuta tramite le isobate, i numeri sono i metri di profondità s.l.m.

5.3-Rilevamento in alveo

Per quanto riguarda l'analisi speditiva di granulometria effettuata durante il rilevamento del fiume Tagliamento si è dimostrato, andando a misurare il diametro dei clasti nelle barre ghiaiose, che i clasti procedendo verso valle diminuiscono la loro grandezza fino a scomparire completamente dando spazio alla sabbia.

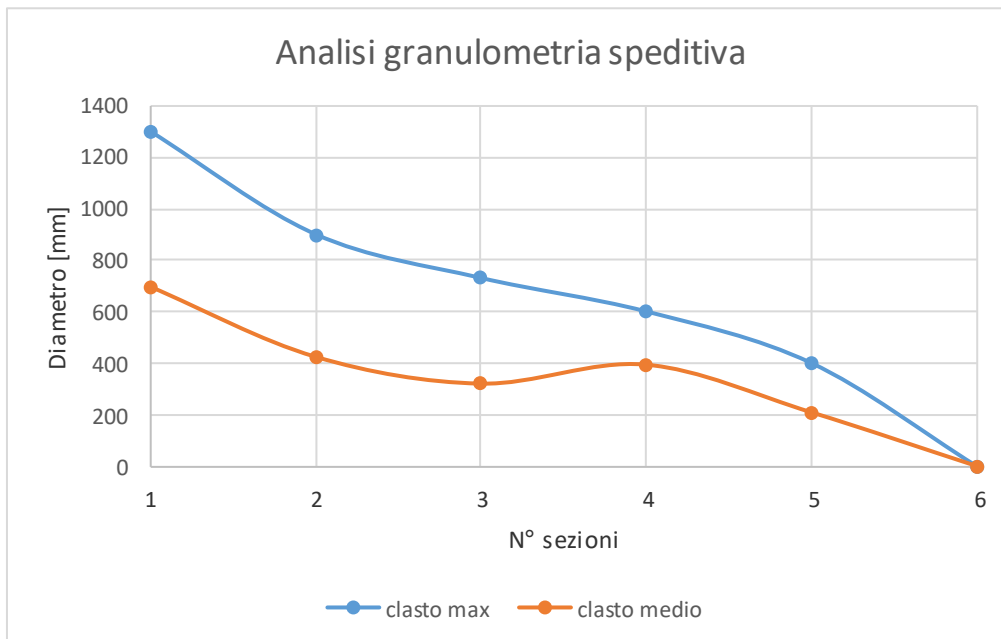


Tabella 6-Risultati ottenuti dal rilevamento sull'alveo

Questo rilevamento ha permesso di ubicare in particolare la transizione tra depositi ghiaiosi e depositi sabbiosi la quale si individua circa 1100m a valle del ponte autostradale come riportato in figura sottostante.

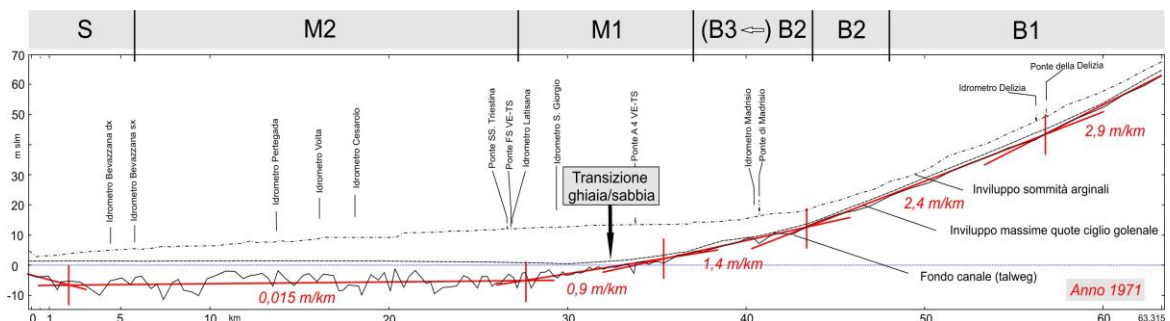


Figura 21-Profilo longitudinale del 1970 con evidenziate le pendenze e la transizione ghiaia/sabbia.

Nella tabella sottostante (Tab.7) sono indicati tutti i dati raccolti sul campo.

N° della sezione	Altezza scarpata d'incisione principale(m)	Altezza scarpata minore in alveo	Altezza della barra sul pelo dell'acqua	Profondità dei singoli canali	Lunghezza della sezione(m)	Clasto massimo(cm)	Clasto medio(cm)
1	5,5	2	72 cm	30 cm	44	13	6,98
2	3	2	60cm	150 cm	17,60	9	4,225
3	2	1,5	15cm	200 cm	38,4	7,3	3,2
4	3	2	101 cm	+200 cm	8	6	3,95
5	10	8	40 cm	+200 cm	20	4	2,09
6	10	8	25cm	+1 m	-	-	-

Tabella 7-Elenco delle informazioni raccolte durante il rilevamento sull'alveo del Tagliamento

Capitolo 6 – Discussione

6.1- Cartografia

Per quanto riguarda lo studio cartografico, è necessario tenere in considerazione la bontà dei risultati ottenuti. Se si considera la carta di Von Zack, nella zona deltizia la georeferenziazione non risulta attendibile per la mancanza di punti di controllo, problema che è spesso riscontrabile nella referenziazione della cartografia di aree costiere (Bitelli et.al, 2012), questo tipo di problematica potrebbe riscontrarsi anche verso monte per circa un kilometro.

Qualitativamente si comprende come una diversa metodologia di referenziazione non ordinaria potrebbe migliorare la georeferenziazione eliminando una notevole parte del disaccordo nella co registrazione tra le varie levate.

Dalla figura 15 è possibile notare come con la fine del 19 secolo sia avvenuto e perdurato fino agli anni '30 uno spostamento longitudinale verso valle della transizione B1-B2. Questo tipo di movimento longitudinale del limite è stato già riscontrato nei corsi d'acqua della pianura padana (Rimondi, 2018).

Dal 1927 la transizione B1-B2 è variata e il tronco B3 è comparso nel 1951.

Il tronco B3 è una forma di marcata anomalia comportamentale che disegna un restringimento ed approfondimento dell'alveo, questa anomalia è sicuramente legata all'impatto antropico che comincia dopo gli anni'30 attraverso l'estrazione di inerti dall'alveo, questa nuova tipologia morfologica è in sostituzione tra le forme B2 e M1.

Considerando generalmente B1-B2-B3 come braided la discesa verso valle del limite ha motivazioni climatiche legate alla terminazione della Piccola Età Glaciale (Brunetti et al,2000).

La fine della piccola età glaciale ha comportato un incremento delle precipitazioni, sono state rilevate intense precipitazioni nel nord d'Italia nell'ultimo ventennio (Buffoni et al,2003; Cremonini,2003).

Si nota come a fronte di questo tipo di variabilità risulti invece costante l'ubicazione delle soglie tipologiche più a valle. Questo può trovare motivo nel forte condizionamento legato alla transizione ghiaie-sabbie certamente imposto in questo caso dalla fortissima diminuzione di pendenza imposta dalla vicinanza con la linea di costa e dall'approfondimento dell'alveo che si registra a Latisana anziché dalla semplice diminuzione di granulometria dei clasti e della subsidenza del bacino (Parker and Cui, 1998).

In conclusione il dato di maggiore interesse è rappresentato dalla stabilità di lungo termine del canale fluviale a valle di Latisana, dato che sembra caratterizzare già dalle fine del 19 secolo il corso fluviale.

6.2- Altimetria

Inserendo i valori limite delle pendenze del limite B2/B3-M1 quindi 1,4 m/km e 0,9 m/km nel diagramma di Schumm 1981 (Fig.22) si può notare come il fiume in questo punto si localizza nell'area di transizione tra braided e meandriforme.

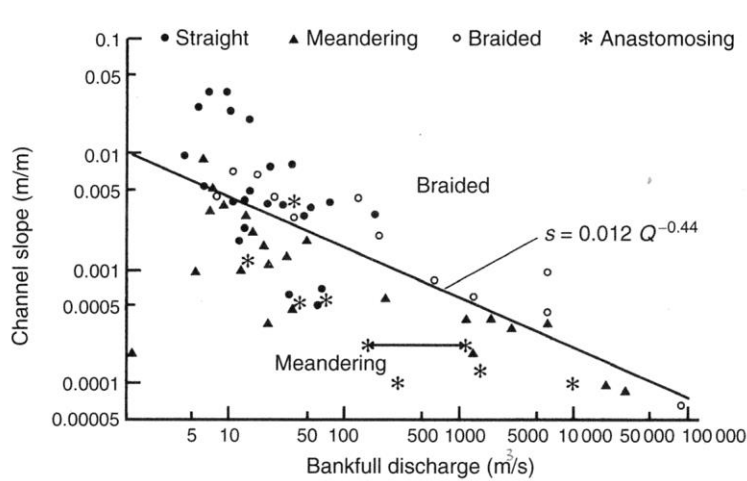


Figura 22-Diagramma di Schumm in unità decimali (Condolf, Piegay,2003, Fig.11.3)

L'area di intervallo tra le due tipologie morfologiche varia con la portata, se la portata è alta il fiume tende a restare braided, quando la portata diminuisce tende alla forma meandriforme. Quando, ad esempio, si verificano portate piccole il fiume tenderà ad una morfologia meandriforme prima, portando il limite B3-M1 indicativamente verso monte.

L'analisi dei profili anche se molto limitata pare evidenziare una tendenza alla non eccessiva erosione dell'alveo in qualche misura con la limitata erosione di fondo riconosciuta nel tronco braided dagli studi più recenti (Zuliani&Surian 2012).

Questa caratteristica discosta il fiume dal comportamento medio dei fiumi padani (Rimondi 2018; Rinaldi et al 2010) questa differenza è dovuta ad un minore impatto antropico sul bacino montano rispetto a quanto accaduto in particolare in area emiliana (Zuliani, Surian et al 2012).

Il rapporto tra l'erosione del talweg anche se limitata e l'eventuale erosione costiera nella zona deltizia del fiume è solo parzialmente evidenziata oggi dagli studi relativi a questo ultimo tema.

Infatti la zona deltizia ad oggi risulta essere in erosione (Gordini et al,1996)

L'apporto solido del fiume Tagliamento ridotto come si evince dagli ultimi studi (Zuliani & Surian,2012) non è probabilmente sufficiente a controbilanciare totalmente l'erosione costiera che infatti risulta prevalere (Gordini et al,1996)

Capitolo 7 – Conclusioni

Lo studio condotto ha permesso l'individuazione di sei tipologie di alveo, di cui cinque mostrano variazioni diacroniche in tutte le levate considerate ed una sesta, aggiunta come risultato della degradazione antropica dell'alveo, rappresenta una variante recente delle tipologie naturali preesistenti.

E' risultata molto evidente la transizione nettissima nel profilo longitudinale del fiume esistente tra il piede della zona di conoide (forme braided) e la pianura a dosso alluvionale con pendenze dell'ordine dello 0,015 metri per km.

Sempre dal profilo longitudinale è emerso che nel ponte di Latisana, localizzato a ben 26 km a monte della foce, le quote d'alveo risultino a livello del mare sottolineando come la quota del livello marino condiziona la transizione granulometrica ghiaia-sabbia. Questa forte inginocchiatura tra la zona di conoide e la pianura a dosso alluvionale del talweg evidenzia anche una differenza fondamentale tra l'alveo del Tagliamento e gli alvei padani interni in particolare il Trebbia, il Panaro, la Secchia e il Taro, questi ultimi infatti mostrano in genere l'interposizione di un lungo tratto di profilo ad inclinazione varia tra la zona di conoide e la zona di influenza costiera marino diretta.

Questo tratto intermedio del talweg, maggiormente interessato dall'orizzontalità, non è presente nel caso del fiume Tagliamento perché come affermato in precedenza la pianura veneto-friulana è più stretta e non ne permette lo sviluppo.

L'analisi effettuata, che considera l'arco temporale di due secoli, permette di notare il restringimento dell'alveo braided ed una sostanziale costanza e stabilità dell'alveo meandriforme (M2).

Interessanti si sono mostrati i tronchi di tipo B2 ed M1 che rappresentano le forme di raccordo tra la pianura media conoide e la bassa pianura le quali risultano caratterizzate dalla massima dinamicità e anche sensibilità all'impatto antropico, con la transizione da tipo B2 a tipo B3.

I dati prodotti da questo studio non sono comunque tali da permettere il riconoscimento di una eventuale inversione di tendenza nella rialimentazione sedimentaria dell'alveo come indicato dagli Autori nella zona di alveo braided.

Inoltre la non disponibilità di rilievi altimetrici in alveo precedenti gli anni '30 non è in grado di evidenziare per comparazione le dinamiche erosive eventualmente verificatesi anteriormente agli anni '50 nel corso medio inferiore del fiume.

Ringraziamenti

Si ringrazia il prof. Stefano Cremonini per l'aiuto, il supporto e la continua disponibilità nella realizzazione di questo elaborato.

Si ringrazia il Dott. Giorgio Gris per avermi fornito presso l'Autorità di Bacino di Venezia i dati necessari per lo svolgimento di questo lavoro.

Si ringrazia la Dott. Valentina Amadori per il supporto fornito e l'immensa disponibilità nell'utilizzo del programma Qgis.

Si ringrazia l'Ing. Giorgia Gatta presso dicam per la disponibilità dimostrata

Si ringrazia Ing. Claudio Garlatti per la cortesia della segnalazione sulla simulazione del modello di piena del servizio della protezione civile regione Friuli Venezia Giulia.

Si ringraziano mio padre per l'aiuto sul campo anche in condizioni di tempo sfavorevole e tutte le persone che ho conosciuto in questo percorso universitario.

Bibliografia

- Autorità di Bacino dei fiumi dell'Alto Adriatico, 1998. Piano di Bacino del Fiume Tagliamento: Piano stralcio per la sicurezza idraulica del medio e basso corso. Relazione, 118 pp.
- Bassan V., Bertani B., Bondesan A., Fontana A., Fontolan G., Furlanetto P., Magri S., Meneghel M., Mozzi P., Primon S., Rossellini R., Vitturi A., 2004. Geomorfologia della provincia di Venezia. Venezia, 513 pp.
- Bitelli G., Cremonini S., Gatta G., 2012 a. Analysis of Pre-Geodetic Maps in Search of Construction Steps Details. In Bateira C. (ed.), Cartography - A Tool for Spatial Analysis, ISBN 978-953-51-0689-0, 75-98. (on line available at: <http://www.intechopen.com/books/cartography-a-tool-for-spatial-analysis>)
- Bitelli G., Cremonini S., Gatta G., 2014. Cartographic heritage: toward unconventional methods for quantitative analysis of pre-geodetic maps. Journal of Cultural Heritage, 15, 183-195.
- Brunetti, M., Buffoni, L., Maugeri, M., Nanni, T., 2000 b: Precipitati on intensity trends in Northern Italy. Int. J. Climatol., 20, 1017-1031.
- Castiglioni G B., 1979. Geomorfologia UTET, pp 4
- Cremoni S., 2003, Alcune considerazioni sul profilo longitudinale del fiume Reno (Italia), in Anni di ricerche e studi di geografia LIX(2003) ,Bologna, pp.1-29.
- Descroix L., Gautier E., 2002. Water erosion in the southern French Alps: climatic and human mechanisms. Catena, 50, 53-85.
- Mathias G., Piegay, 2003. Tools in fluvial geomorphology, Wiley, 688pp.
- Fontana A., Mozzi P., Bondesan A., 2004. L'evoluzione geomorfologica della pianura veneto-friulana, in Bondesan A., Meneghel M. (a cura di), Note illustrative della Carta geomorfologica della provincia di Venezia, Esedra, Padova.
- Fontana A., 2006. Evoluzione geomorfologica della bassa pianura friulana e sue relazione con le dinamiche insediative antiche. Pubblicazione n° 47 comune di Udine Edizione del Museo Friulano di Storia Naturale, Udine.
- Fontana A., Mozzi P., Bondesan A., 2008. Alluvial megafans in the Venetian-Friulian Plain (north-eastern Italy): evidence of sedimentary and erosive phases during Late Pleistocene and Holocene. Quaternary International, 189(1), 71-90.
- Fontana A., Bondesan A., Meneghel M., Toffoletto F., Vitturi A., Bannan V., 2014. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50000-F107 Portogruaro. Piacenza, 187pp, 2 tavole
- Frassine M., Fontana A., Bezzi A. 2014, Viabilità romana nel territorio di Morsano al Tagliamento (PN): la direttrice Concordia-Norico dal telerilevamento allo scavo archeologico, Journal of Ancient Topography, 23, pp 107-128.
- Garlatti C., dopo 2008. Modelli idraulici a supporto delle decisioni per una corretta gestione del servizio di piena: il fiume Tagliamento. Presentazione power point disponibile online: <http://www.protezionecivile.fvg.it/getDoc.php?file=23028.pdf>
- Gordini E., Marocco R., Ramella R., Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale OGS, Trieste. 1996. Dinamica morfologica del delta del fiume Tagliamento (Adriatico Settentrionale) in relazione ai possibili interventi di ripascimento. Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences. 19(1), 2006-45-65
- I.G.M.I., Carta Topografica d'Italia alla scala 1:25000, levate ad anno 1891, 1927 e 1951
- Maione U., Machne G., 1982. Studio sulla formazione e sulla propagazione delle piene del fiume Tagliamento. Relazione Tecnica. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia.

- Marchetti, M., 2008. CLIMA E ATTIVITÀ UMANE COME CAUSE DEI CAMBIAMENTI FLUVIALI - IL CASO DEL FIUME PO, IN *Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences* 21(1B), 2008 - 241-250, 10pp
- Ministero delle infrastrutture e dei trasporti provveditorato interregionale per le opere pubbliche-Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia, Consorzio "Venezia Nuova". 2016. Aggiornamento del piano per il recupero geomorfologico e ambientale della laguna di Venezia, 388pp.
- Monegato G., Stefani C., 2010. Stratigraphy and evolution of a long-lived fluvial system in the southeastern Alps (NE Italy): the Tagliamento conglomerate. *Austrian Journal of Earth Sciences*. 103 (2) 33-49.
- Parker G., Cui Yantao., 1998. The arrested gravel front: stable gravel-sand transitions in rivers, Part 1: Simplified analytical solution. In *Journal of Hydraulic Research* vol 36
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia Comune di Rivignano Teor progettista Nonino, A., 2015. Studio preliminare alla formazione delle Direttive del nuovo PRGC. Udine, 162pp.
- Reggiani P., Vershelling E., 2005. Simulazione matematica della transizione di un'onda di piena centennale sul medio e basso Tagliamento. Relazione tecnica per i comuni di Spilimbergo, San Daniele del Friuli, Dignano, Pinzano e Ragogna, Udine, 61pp.
- Ricci Lucchi, F., 1980. Sedimentologia parte 2 Ambienti sedimentari e facies. Bologna, 545pp.
- Rimondi, A., 2018. "Relazioni tra parametri morfometrici caratteristici di alvei meandriformi italiani". Tesi di laurea magistrale in geologia e territorio discussa presso il dipartimento bigea università di Bologna anno accademico 2017-2018 sessione 3. Relatore Cremoni, S., n° pagine (inedita).
- Rinaldi M., Pellegrini L., Surian N., Maraga F., Turrutto O., 2010. Attuali conoscenze dell'evoluzione recente di corsi d'acqua del Bacino Padano ed implicazioni per la gestione e riqualificazione fluviale. *Biologia Ambientale*, 24 (1): 29-40.
- Surian N., Rinaldi M., 2003. Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. Autorità di Bacino dei fiumi dell'Alto Adriatico, Dorsoduro 3593, 30123 Venice, Italy, pp. 307-326.
- Surian, N., Rinaldi, M., Pellegrini, L., Audisio, C., Maraga, F., Teruggi, L., Turitto, O., Ziliani, L., 2009a. Channel adjustments in northern and central Italy over the last 200 years. In: James L.A., Rathburn S.L., Whittecar G.R. (Eds.), *Management and Restoration of Fluvial Systems with Broad Historical Changes and Human Impacts*, Geological Society of America Special Paper 451, 83-95, DOI: 10.1130/2009.2451(05).
- VENTURINI C., PONDRELLI M., FONTANA C., DELZOTTO S. & DISCENZA K., 2003*. Geologic map of the Carnic Alps (1:25,000 scale, western and eastern sheets). 4 European Congress on regional Geoscientific cartography and information Systems. Proceedings, Vol. I, Reg. Emilia-Romagna, 31-33.
- Venturini C., Astori A., Cisotto., 2004. The late Quaternary evolution of the Friuli upper plain (NE Italy). In: Paquarè G., Venturini C., Gropelli G. (eds), *Mapping geology in Italy*, Roma, 95-106 pp.
- Von Zack Fondazione Benetton-Studi e Ricerche (a cura di). *KriegsKarte Anton von Zack 1798-1805 - Karte des Herzogtums Venedig, Band II - Militaerische Beschreibungen, II. 2 voll, più Tavole*. Ristampa anastatica, Treviso.
- Zanferrari, A., 2006. La geologia del bacino montano del Tagliamento: dagli antichi oceani alle montagne d'oggi, tratto da "il Tagliamento". CiErre, 26pp

Zanferrari.A , Avigliano.R , Fontana.A , Paiero.G,2014. Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50000-F86 San Vito al Tagliamento. Firenze,190pp, 1 tavole

Zilian.L, Surian.N, 2012. Evolutionary trajectory of channel morphology and controlling factors in a large gravel-bed river.Padova,104pp

Sitografia

http://www.adbve.it/Documenti/DELIBERE_CI/DEL01/De107all/Relazione7.html

<http://www.regione.fvg.it/rafv/export/sites/default/RAFVG/ambiente-territorio/tutela-ambiente-gestione-risorse>

[naturali/FOGLIA206/FOGLIA21/allegati/Vulnerabilita_naturale_de1_FVG.pdf](http://www.regione.fvg.it/rafv/export/sites/default/RAFVG/ambiente-territorio/tutela-ambiente-gestione-risorse/naturali/FOGLIA206/FOGLIA21/allegati/Vulnerabilita_naturale_de1_FVG.pdf)

<https://www.google.it/intl/it/earth/>

<http://www.vegal.net/index.php?area=2&menu=1&page=126&CTLGIDC=1&CTLGIDP=175&lingua=4>

<http://www.adbve.it/Documenti/00/tagliamento2.htm>

<http://www.isprambiente.gov.it/it>

http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/WMS_v1.3/raster/IGM_25000.map

<http://www.assiemeperiltagliamento.org/Q4014.00.pdf>