



Regione Toscana

Settore Assetto Idrogeologico

Master Plan

degli Interventi di mitigazione del rischio idraulico sul Bacino del Torrente Carrione
in coerenza con lo “Studio idraulico del T. Carrione con analisi dei possibili interventi per la mitigazione dei rischi” e con l’ “Analisi strutturale dei manufatti di contenimento laterale e trasversali del T. Carrione. Valutazione dello stato attuale e proposte d’intervento”

**Relazione di sintesi dello Studio Idraulico dell'Università di Genova
(Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (DICCA))**



CUP:

Data:

Luglio 2016

Scala:

Elaborato:

**Allegato
A**

Oggetto: Relazione 1

Redattori:

Ing. Andrea Morelli

Ing. Francesco Piani

Il Dirigente:

Ing. Gennarino Costabile

BACINO TOSCANA NORD

Torrente Carrione

(Corso d'acqua con opere idrauliche classificate in III Categoria ai sensi del R.D. 523/904)

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA DEL SISTEMA COMPLESSIVO DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO A SEGUITO DELLO STUDIO IDRAULICO DEL BACINO ELABORATO DAL DICCA DELL'UNIVERSITA' DI GENOVA (MASTER-PLAN BACINO T.CARRIONE).

**RELAZIONE DI SUPPORTO E GUIDA TECNICA AI SUCCESSIVI LIVELLI DI PROGETTAZIONE DEL PIANO DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO PER IL SISTEMA IDRAULICO TORANO – COLONNATA – GRAGNANA – CARRIONE
(ex Art. 19 –20 -21 d.p.r. 554/99).**

INDIVIDUAZIONE DELLE TIPOLOGIE DEGLI INTERVENTI IDRAULICI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DEL SISTEMA IDRAULICO TORANO – COLONNATA – GRAGNANA – CARRIONE, E DELLE PRIORITA' DEGLI INTERVENTI PER TRATTI OMOGENEI, SULLA BASE DELLO STUDIO IDRAULICO DEL DICCA UNIGE

Finanziamenti DISPONIBILI AD OGGI:

3.900.000,00 muro crollato evento 5.11.2014 (appaltato)

2.100.000,00 TRATTO FOCE – PONTE FF.SS (da progettare)

3.000.000,00 (tratto da definire in base a priorità S.I. (DICCA UNIGE))

Ente Attuatore dell'Intervento Regione Toscana.

Responsabile del Procedimento Dott. Ing. Gennarino Costabile;

**MASTER-PLAN redatto dal personale del SETTORE ASSETTO IDROGEOLOGICO
STUDIO IDRAULICO DICCA UNIGE coordinato dal Prof. Seminara**

INDICE

1) PREMESSE.....	3
2) IDROLOGIA E PORTATE DI PROGETTO	3
3) SINTESI DEGLI STUDI IDRAULICI PRODOTTI DA DICCA UNIGE.....	4
3A) STRATEGIA PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO A SCALA DI BACINO.....	5
3B) CARATTERISTICHE IDRAULICHE DEL CORSO D'ACQUA CHE NE INDIVIDUANO TRATTI OMOGENEI AL FINE DEGLI INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA	6
<u>4) RISULTATI SINTETICI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE S.I. SEMINARA CON INDIVIDUATE LE PRIORITA' D'INTERVENTO TRATTO FOCE PONTE - AURELIA.....</u>	<u>6</u>
4A) INDICAZIONI PROGETTAZIONE IDRAULICA DEL TRATTO DI VALLE (COMMENTO TAB. 3).....	8
4B) PIANO DEGLI INTERVENTI NEL TRATTO FOCE - PONTE VERRAZZANO – PONTE AURELIA	10
<u>5) RISULTATI SINTETICI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE S.I. SEMINARA CON INDIVIDUATE LE PRIORITA' D'INTERVENTO TRATTO INTERMEDIO PONTE AURELIA – CONFLUENZA TORRENTE GRAGNANA.....</u>	<u>10</u>
5A) INDICAZIONI PROGETTUALI IDRAULICHE TRATTO INTERMEDIO (COMMENTO TAB. 5)	12
5B) PIANO INTERVENTI E PRIORITA' TRATTO INTERMEDIO PONTE AURELIA – CONFLUENZA TORRENTE GRAGNANA.....	13
<u>6) RISULTATI SINTETICI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE S.I. SEMINARA CON INDIVIDUATE LE PRIORITA' D'INTERVENTO TRATTO CITTA' DI CARRARA</u>	<u>14</u>
6A) INDICAZIONI PROGETTUALI IDRAULICHE TRATTO CITTADINO (COMMENTO TAB. 6).....	14
6B) PIANO INTERVENTI TRATTO CITTADINO.....	15
6C) NOTA SULLE PRIORITÀ DEL TRATTO CITTADINO IN COLLEGAMENTO CON LE PRIORITÀ GENERALI DEGLI INTERVENTI SUL TORRENTE CARRIONE INDIVIDUATI NELLO S.I. SEMINARA .	15
<u>7) INTERVENTI A SCALA DI BACINO BRIGLIE SELETTIVE – GALLERIA DI DERIVAZIONE VERSO TORRENTE GRAGNANA PREVISTI DALLO S.I. SEMINARA</u>	<u>16</u>
7A) PIANO INTERVENTI A SCALA DI BACINO SUGLI AFFLUENTI DEL CARRIONE (RAMO TORANO, RAMO COLONNATA, TORRENTE PESCHINA – BOCCANAGLIA, TORRENTE GRAGNANA)	18
<u>APPENDICE A - VALUTAZIONI SINTETICHE DEGLI INTERVENTI PROPOSTI IN PRECEDENZA DA ALTRI PROGETTISTI.....</u>	<u>20</u>

1) PREMESSE

A seguito degli eventi eccezionali verificatesi il 5/11/2014 sul Bacino del torrente Carrione, in particolar modo nel comune di Carrara, il Consiglio dei Ministri, con Delibera del 12.12.14, ha dichiarato lo stato di emergenza Nazionale. Con Ordinanza del Capo Dipartimento di Protezione Civile n° 215 del 24.12.14 veniva nominato Commissario delegato a fronteggiare l'emergenza il Dirigente responsabile del Settore Regionale di Protezione Civile della Regione Toscana.

Ne è seguito un primo Piano degli Interventi, approvato dal Commissario Delegato con Ordinanza n° 10 del 09.03.2015; il Piano era dettagliato nell'All. 5 e tra questi Interventi era previsto l'U7-a "Studio Idraulico e progettazione preliminare degli interventi sul t. Carrione". Il Commissario per questo intervento specifico, con Ordinanza n° 15 del 31.03.15 – n° 19 del 5.5.15 e 33 del 20.07.15 stabilì di avvalersi del Settore Regionale Difesa del Suolo. Il Settore Regionale ha affidato l'intervento U7-a al Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (DICCA) dell'Università di Genova con Decreto n. 3952 del 26/8/2015.

L'UNIGE ha prodotto, in base alla Convenzione, tre elaborazioni: una prima "PRELIMINARE", una seconda "INTERMEDIA ed una Terza "FINALE".

2) IDROLOGIA E PORTATE DI PROGETTO

Dati del Bacino:

Superficie = 46,6 Km²;

Lunghezza Totale = 15.4 Km;

Alveo Inciso fino a ponte FF.SS. PI-GE: circa 13 km.;

Tratto pensile dal ponte FF.SS GE-PI fino alla foce: circa 2.4 km.

L'idrologia a supporto di tutta la modellazione idraulica, è stata quella sviluppata dall'Università di Firenze, Prof. Castelli, che ha aggiornato il precedente modello Regionale, con i dati pluviometrici più recenti (piogge registrate nel periodo 2001 – 2012). Le nuove C.S.P.P. mostrano valori di piogge che sollecitano i bacini Toscani, in generale, maggiori rispetto alle elaborazioni delle serie storiche precedenti. Questo in particolare per la zona Nord della regione Toscana, peraltro caratterizzata da una particolare orografia e conformazione che da sempre la espone a fenomeni particolarmente intensi in termini di piogge e, di conseguenza, di piene. Un dato su tutti: i picchi di piogge sulle Alpi Apuane toccano valori medi annui attorno a 3.000 mm, unici per il territorio centrale dell'Italia. In particolare, si segnala che nel periodo idrologico 2009 – 2012 esaminato e considerato nello Studio Idrologico del Prof. Castelli ma con un trend confermato dall'elaborazione C.F.R. fino al 2014 (All. 3 a questa relazione) gli eventi pluviometrici su tempi di ritorno duecentennali sembrano caratterizzati da valori fino al 25 % maggiori delle elaborazioni delle serie precedenti.

Di seguito sono riportati i valori più significativi su tempi di ritorno trentennali e duecentennali che sono importanti per lo sviluppo delle progettazioni che saranno esaminate nei punti successivi.

Corso d'acqua	Q30 Viti [mc/s]	Q30 Castelli [mc/s]	Q200 Viti [mc/s]	Q200 Castelli [mc/s]	(Q200C-Q200V)/Q200 C [%]
Carrione Foce	212	306	425	460	7
Colonnata	54	110	117	162	27
Torano	63	108	133	157	15
Gagnana	62	56	122	86	-42

Tab. 1 – Confronto tra la portata trentennale e duecentennale per i tratti dei corsi d'acqua significativi nel bacino del Carrione. Studio Idrologico Viti 2003 – Studio Idrologico Castelli 2012.

Tenuto conto che la portata è una grandezza derivata dai dati di pioggia, con margini di incertezza e di approssimazione superiori, viste le già citate elaborazioni del C.F.R., i due studi idrologici sopra menzionati rappresentano verosimilmente le realtà meteorologiche fino ai primi anni 2000 (Studio Viti) e quella considerando anche gli ultimi anni (Studio Castelli). La differenza tra i due studi può quindi essere interpretata come risultato della dinamica dell'evoluzione più recente dei fenomeni meteo-idrologici certificata anche da diversi studi a livello nazionale e internazionale. Fatte queste considerazioni, anche le variazioni tra le portate dei due differenti studi cadono all'interno del range di variazione delle precipitazioni, eccezion fatta per il torrente Gragnana. La variazione è minima in termini di portata duecentennale per il tratto a valle della confluenza del torrente Gragnana. Questo risultato significa che i due studi idrologici confrontati non presentano differenze sostanziali nella descrizione del bacino nel suo complesso.

Corso d'acqua Nell'abitato Carrara	Q30 Viti [mc/s]	Q30 Castelli [mc/s]	Q200 Viti [mc/s]	Q200 Castelli [mc/s]	(Q200C- Q200V)/Q200 C [%]
Carrione a monte ponte Apuana		218	230	320	28

Tab. 2 - Confronto tra la portata trentennale e duecentennale per il tratto cittadino del Carrione. Studio Idrologico Viti 2003 – Studio Idrologico Castelli 2012.

Alcune considerazioni più approfondite merita il tratto cittadino del torrente Carrione. Si nota dall'analisi della tabella che la portata duecentennale “Viti” è simile a quella trentennale “Castelli”. Lo Studio Idraulico del DICCA sottolinea come il tratto cittadino sia caratterizzato da forti criticità, indicando in 80-90 mc/s la massima portata attualmente transitabile (ridotta addirittura a 60 mc/s per la presenza del Ponte della Bugia), valori molto inferiori sia a quelli trentennali che, a maggior ragione, a quelli duecentennali. Per approfondimenti si veda la parte successiva di questa relazione, in cui si esplicano gli interventi nei diversi tratti del corso d'acqua.

Visto che il bacino è stato spesso protagonista di eventi intensi, alcuni dei quali disastrosi, numerosi sono stati anche gli studi idrologici-idraulici, le indagini, gli interventi compiuti su di esso. Non deve, però, destare stupore il fatto che i dati alla base delle progettazioni precedenti (ad esempio, lo studio del Prof. Viti) si discostino da quelli delle nuove modellazioni idrologiche idrauliche, in virtù della diversa numerosità e accuratezza dei dati attualmente disponibili.

3) SINTESI DEGLI STUDI IDRAULICI PRODOTTI DA DICCA UNIGE

I dettagli dello studio idraulico possono essere facilmente reperiti nella relazione del Prof. Seminara. In questa relazione si vogliono sottolineare gli elementi essenziali che potranno essere utili per i successivi livelli di progettazione. Gli interventi dovranno portare a una riduzione del rischio idraulico a scala di bacino e dovranno quindi essere integrati in una logica unitaria, come deriva appunto dallo studio di DICCA. Lo studio individua tutte le criticità del bacino, ivi compresa la parte montana del bacino con i rami di Torano e di Colonnata e il torrente Gragnana, e gli interventi che dovrebbero portare a una mitigazione del rischio idraulico, basandosi sulla portata duecentennale, come stabiliscono (anche se non in maniera specifica a livello di normativa nazionale di progetto di opere idrauliche) alcune Leggi Nazionali (dal D.Lgs. 189/98,...)

Lo Studio Idraulico prodotto da DICCA UNIGE (da adesso in poi denominato S.I. Prof. Seminara), analizza l'intero Bacino, individuando le criticità sia di natura geomorfologica sia quelle derivanti dagli impatti antropici, particolarmente forti e significativi in tale territorio, tenuto conto che tutto

questo bacino è storicamente sfruttato per l'estrazione del marmo e quindi fortemente condizionato dai prodotti di scarto di queste lavorazioni.

3A) STRATEGIA PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO A SCALA DI BACINO

Dall'analisi dell'intero bacino, dalle valutazioni sulla geomorfologia dello stesso, sugli interventi antropici, sull'utilizzo del territorio, sul trasporto solido e sulla base dei risultati della modellazione idraulica, le cui portate in ingresso derivano dallo studio idrologico del Prof. Castelli (2014), lo S.I. del Prof Seminarà, individua a scala di bacino una strategia fondata su una serie di interventi, a diverse priorità, per la riduzione del rischio idraulico.

Le prime indicazioni, sulle scelte progettuali, vengono derivate dalla modellazione idraulica dello Stato Attuale del corso d'acqua. Indipendentemente dalla valutazione sui tempi di ritorno da associare agli eventi, lo stato attuale permette il transito di una portata pari a:

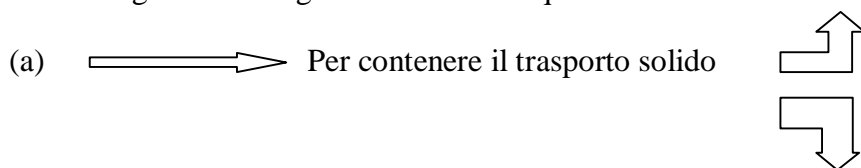
- 170-180 mc/s nel tratto pensile (a valle del ponte FF.SS. GE-PI);
- 100-130 mc/s nel tratto intermedio (fino all'immissione del torrente Gragnana – alveo inciso);
- 60-90 mc/s nel tratto cittadino (fino alla confluenza Torano – Colonnata).

Questi dati, paragonati alle portate associate ai vari tempi di ritorno (Tab. 1 e Tab. 2), danno subito conto della impossibilità di mitigare il rischio idraulico con interventi convenzionali (adeguare sezioni implica demolire case, viabilità e ponti che sono a ridosso e sul corso d'acqua, abbassare il profilo del fondo comporta considerazioni sulla quota da raggiungere, sulla velocità che si instaura, sul trasporto solido, sull'equilibrio raggiunto dal corso d'acqua).

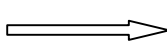
Pertanto, lo S.I. Seminarà individua una serie di interventi (complessi), a diversa priorità, che tengono conto dello stato dei luoghi o meglio dello stato dell'intero bacino, e che mirano essenzialmente al transito della portata trentennale per il tratto intermedio e pensile e di una portata pari a 140 mc/s nel tratto cittadino (comunque inferiore alla Q₃₀ che in questo tratto sarebbe 220 mc/s), con la realizzazione di un by-pass. Per quanto riguarda la mitigazione del rischio da eventi duecentennali, viene suggerita la realizzazione di invasi nella parte alta del bacino che entrino in funzione per eventi superiori a quelli caratterizzati da Q₃₀ e che limitino anche il trasporto solido a valle. Gli interventi proposti possono essere schematizzati come segue:

Sistemazione idrauliche diffuse sui versanti

Per migliorare la regimazione delle acque e ostacolare le colate detritiche dei ravaneti instabili

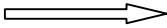


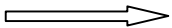
Realizzazione di una serie di briglie selettive sui tre sottobacini più importanti che formano il sistema idraulico, con una doppia funzione: fermare il trasporto solido verso valle (che è una delle variabile che impatta sulla sicurezza idraulica a valle), realizzare dei piccoli invasi che riducono la portata verso valle, permettendo di dimensionare idraulicamente i tratti con portate minori, compatibili con i forti vincoli territoriali (abitati cresciuti a ridosso del corso d'acqua e numerosi ponti non adeguati).

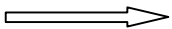
(b)  Individua due diversi tratti del corso d'acqua, come già detto in precedenza: quello cittadino con capacità molto limitata ed uno di valle (a valle della confluenza con il torrente Gragnana) con capacità più elevata. I due tratti hanno diversa portata di progetto:

{Q_{valle}} = Q_{Tr=30} (variabile verso valle tra circa 270 mc/s e 310 mc/s alla foce);
{Q_{città}} = 140 mc/sec. < Q_{Tr=30} (in quel tratto 220 mc/sec)

Tenuto conto che, con la strategia dei piccoli invasi, comunque non si riusciva ad ottenere nel tratto cittadino una portata compatibile con quella che poteva transitare in sicurezza, è stato individuato un ulteriore intervento: un by-pass di collegamento tra ramo di Torano e torrente Gragnana tramite una galleria in grado di derivare la portata di 80 mc/s (differenza tra la portata trentennale nel tratto cittadino, valutata 220 mc/s e portata massima contenibile in alveo ottenuta con gli interventi esaminati nei punti successivi, valutata in 140 mc/s). In sostanza 80 mc/s sono assegnati ad una galleria che collega il tratto di valle del Torano, con quello di Gragnana (in fase iniziale, prima della realizzazione degli invasi si può pensare di derivazione una portata superiore, fino a 105 mc/s). La galleria di derivazione sarà di circa 550 m e 6 m di diametro, collegando il ramo di Torano del Carrione con il torrente Gragnana.

(c)  Procedendo adesso da valle verso monte, lo S.I. Seminara individua la sezione tipo da realizzare dal ponte di Via G. da Verrazzano fino a valle (circa 100 m) del ponte RFI (L ≈ 2200 m). Con modesti adeguamenti idraulici dei muri, fatti salvi gli adeguamenti statici forniti dallo studio G.P.A., senza quindi demolizioni impattanti, l'intervento adatta il corso d'acqua nell'impronta attuale alla portata di progetto Q30 = 310 mc/s con 1 m di franco circa (non sono previste demolizioni di ponti).

(d)  Tratto intermedio dal ponte Aurelia alla confluenza con il torrente Gragnana (L ≈ circa 4000 m.). In questo tratto, fatto salvo la verifica statica dei muri argine e qualche locale adeguamento idraulico, la strategia adottata permette di ottenere il transito della portata “Obiettivo” (Q30) attraverso la demolizione di ponti ed attraversamenti privati (di cui, tra l'altro, sarebbe da verificare la regolarità amministrativa). Sono sette (7) gli attraversamenti da eliminare.

(e)  Tratto cittadino: il transito della portata “obiettivo” (Q= 140 mc/sec) si ottiene eliminando tre attraversamenti di cui due di scarso valore sia storico che architettonico e che probabilmente sono due verosimili abusi recenti o di recente ristrutturati che sono il Ponte Forti ed il Fabbricato Forti. Mentre il terzo è il “controverso” ponte della Bugia che però è la massima strozzatura esistente sia per lo studio “Viti” che “Seminara”. A queste demolizioni si aggiunge una riprofilatura del fondo a cavallo del ponte della Bugia eliminato (abbassamento di 1 m) ed a valle ponte delle Lacrime (60 cm). Ulteriori verifiche dovranno essere compiute sui muri argini e sulle finestre delle abitazioni, da chiudere se interessate dalle portate in transito.

3B) CARATTERISTICHE IDRAULICHE DEL CORSO D'ACQUA CHE NE INDIVIDUANO TRATTI OMOGENEI AL FINE DEGLI INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

- Conduttanza $K_s = 35 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ tratto dalla foce al ponte R.F.I. GE-PI (pensile);
- Conduttanza $K_s = 30 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ tratto dal ponte R.F.I. GE-PI alla confluenza con il torrente Gragnana (inciso)
- Conduttanza $K_s = 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ tratto nell'abitato di Carrara (inciso).

4) RISULTATI SINTETICI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE S.I. SEMINARA CON INDIVIDUATE LE PRIORITA' D'INTERVENTO TRATTO FOCE PONTE - AURELIA

Stato Attuale

Tratto	Progressiva (m.)	arginature	Portata transito	Criticità	priorità
---------------	-------------------------	-------------------	-------------------------	------------------	-----------------

Foce ponte - Ferroviario a Mare		Da verificare staticamente	Q30 con franco insufficiente	Manca il franco idraulico	2
Ponte a mare			Q30		2
Ponte ferroviario a mare – ponte Via G. da Verrazzano	100	Da verificare staticamente ed idraulicamente	La Q30 (320 mc/sec) esonda 270 m a monte dello sbocco a mare	Manca il franco idraulico	2
Ponte Via G. da Verrazzano			Q30 senza franco (interessa l'impalcato)		2
Ponte Via G. da Verrazzano – Ponte Covetta	Da 100 a 1600	Da verificare idraulicamente e staticamente	Minore di Q30 ovvero Q = 180 mc/sec circa	Sezioni inadeguate	1
Ponte Covetta		Rigurgita verso monte	Minore di Q30 ovvero Q = 180 mc/sec circa	Sezione ristretta	1
Ponte Covetta – Ponte Menconi	Da 1600 a 1900	Da verificare idraulicamente e staticamente	Minore di Q30 ovvero Q = 180 mc/sec circa	Sezioni inadeguate	1
Ponte Menconi		Sormontato	Minore di Q30 ovvero Q = 180 mc/sec circa	Influenzato rigurgito ponte Covetta	1
Ponte Menconi – Ponte FF. SS. GE-PIDa 1600 a 1900	Da 1900 a 2350	Da adeguare idraulicamente e staticamente	idem	Sezione inadeguata	1
Ponte FF.SS. GE-PI		Adeguato con precisazioni sulle necessità manutentive ed eliminazione briglia di monte	Lavori R.F.I. completati Q30	Depositi esterno curva	
Ponte FF.SS. GE-PI – Ponte Aurelia	Da 2350 a 2800	Da approfondire con modellazione idraulica su Progetto Definitivo, Staticamente da verificare		Tratto di transizione tra alveo pensile ed inciso. Nella modellazione “Seminara” la Q30 non è contenuta tra le arginature	2

				attuali	
Ponte Aurelia	2800		Q30 con franco ridotto	Verificare con Modellazione idraulica a supporto Progetto Definitivo	2

Tab. 3 - Tratto Foce Ponte FF. SS. GE-PI (L ≈ 2200 m)

4A) INDICAZIONI PROGETTAZIONE IDRAULICA DEL TRATTO DI VALLE
(Commento Tab. 3)

Nello Stato attuale, il corso d'acqua (Carrione dalla foce al ponte della Aurelia) è in grado di far transitare come portata massima, con 1 m di franco, una portata di 180 mc/s, minore della portata trentennale (306 mc/sec), con criticità sia legate alle arginature di confinamento esistenti, sia ad alcuni attraversamenti.

La soluzione progettuale proposta dallo S.I. Seminara per questo tratto prevede:

- Dalla foce (in realtà dal ponte su Via G. da Verrazzano perché dopo è praticamente interessato dall'andamento del moto ondoso) alla sezione 28 – 29 (100 m a monte ponte FF.SS. GE-PI) realizzazione di una sezione (fig. 1) trapezia con gaveta, tale da garantire un canale di magra che permetta il transito di circa 50 mc/s (in modo da controllare il trasporto solido del corso d'acqua).

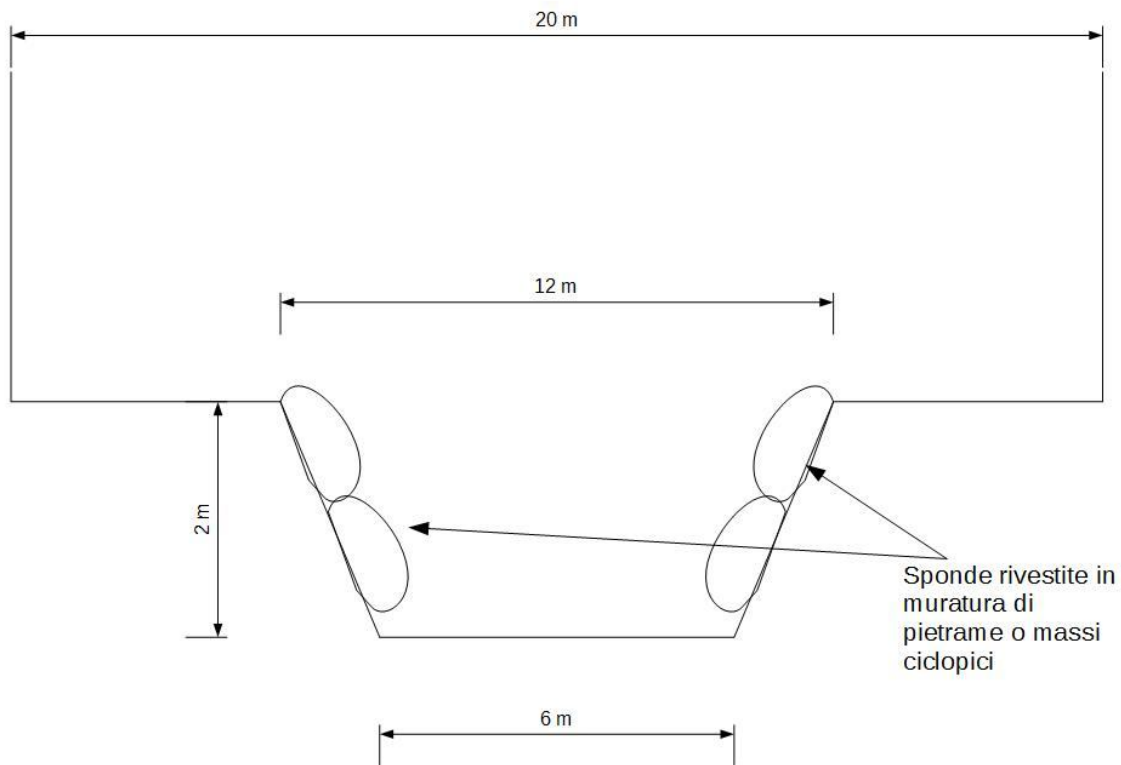


Fig. 1 – Sezione tipo da realizzare nel tratto pensile. Si noti la presenza di un alveo di magra per portate fino a 50 mc/s.

Pertanto gli interventi nel primo tratto FOCE – PONTE AURELIA (L = 2800-3000 m) sono:

- Tratto Foce – Ponte Verrazzano** \Rightarrow **non necessitano interventi prioritari**
- Ponte Verrazzano – Ponte via Covetta** \Rightarrow **realizzazione sezione tipo con alveo magra (fig. 1) PRIORITARIO**
- Ponte via Covetta – Ponte via Menconi** \Rightarrow **realizzare sezione tipo (fig. 1) e allargamento delle sezioni (dalla sezione 20L fino a 24) fino a una larghezza di 21 m (in alternativa rialzare ponte via menconi) NON PRIORITARIO**
- Ponte via Menconi – Ponte FFSS GE-PI** \Rightarrow **Prima del ponte RFI termina la realizzazione della sez tipo fig 1 (alla sez . 28, circa 100 m a valle ponte RFI) Progetto concluso RFI di allargamento ponte ferroviario (con aggiunta di un fornice. Il progetto prevede anche l'abbassamento del fondo di circa 2,5 m con realizzazione di briglia a monte.**

Secondo lo studio Seminara questo abbassamento non va realizzato ma va riprofilato il fondo fino a raggiungere una pendenza con $i = 0.0096$).
PRIORITARIO

Ponte FFSS – Ponte Aurelia \implies riprofilatura del fondo come indicato al punto precedente

4B) PIANO DEGLI INTERVENTI NEL TRATTO FOCE - PONTE VERRAZZANO – PONTE AURELIA

LOTTO	ADEGUAMENTO IDRAULICO	ADEGUAMENTO STATICO	PRIORITA'
Ponte Via G. da Verrazzano – Ponte Covetta L = 1400 m	SI	SI	MAX esiste in questo tratto già un lotto appaltato (Ricostruzione Muro crollato) pertanto per completare questo tratto si utilizzeranno i 2.100.000 € già disponibili
Ponte via Covetta – Ponte Menconi L = 400 m circa	SI	SI	MAX per adeguamenti statici ed idraulici.
Ponte Menconi – Ponte RFI L = 400 m	SI	SI	MAX Intervento di raccordo delle soluzioni idrauliche a valle del Ponte RFI (lavori finiti). Eliminare briglia e realizzare pendenza 0.0096.
Ponte RFI – Ponte Aurelia L = 600	SI	SI	MAX per un tratto a monte ponte vanno adeguate quote idrauliche e raccordo a monte ponte RFI (Lotto VIII ex Provincia di Carrara)
Tot L = 2800 m - 3000			

Tab. 4 – Possibile suddivisione dei lavori in lotti per il tratto Foce – Ponte SS. 1

FINE ALVEO PENSILE TRATTO
 TRATTO PIU' PERICOLOSO
 PER ROTTURE ARGINALI

5) RISULTATI SINTETICI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE S.I. SEMINARA CON INDIVIDUATE LE PRIORITA' D'INTERVENTO TRATTO INTERMEDIO PONTE AURELIA – CONFLUENZA TORRENTE GRAGNANA

Stato Attuale

Tratto	Progressiva (m.)	arginature	Portata transito	Criticità	priorità
Ponte Aurelia – Ponte Brigate Partigiane	3500	Da verificare staticamente	Q30		1 (per le condizioni statiche dei muri di contenimento)
Ponte Brigate Partigiane			Q30		
Non ci sono attraversamenti	4000	Da verificare staticamente i muri di contenimento	A monte della sezione s50 Q30=295 mc/s		2 (accertamenti sulle condizioni statiche delle difese spondali)
A monte Ponte Via piave	4500	Da verificare sponda ditta Italconvoy	Q30		1 (accertamenti statici su muri contenimento)
A monte Ponte Via Marconi	5000	Da verificare idraulicamente e staticamente	Q30: 295 fino a s60 286 fino a s62 280 fino a s67		2
Ponte Via Marconi			Q30 in pressione		2
Ponte Via Marconi – a monte Ponte Via XX Settembre	5500	Da verificare staticamente	Q30 (278 mc/s) con idoneo franco		
Ponte via XX Sett. - Ponte via Stabbio fino poco a monte attraversamento Peghini	5800		Q= 150 mc/s di transito per attraversamento Peghini Q30=278 mc/s	In questo tratto insiste l' attraversamento privato Peghini che condiziona il deflusso, ma anche il Ponte di Via Stabbio non è adeguato al transito di Q30 (rialzamento di almeno 1,25 m e allargamento sezione a monte)	1
Da attraversamento Peghini fino a Ponte privato Figaia	6000		Q= 100 mc/sec Q30=278 mc/s	In questo tratto il deflusso è condizionato dalla Passerella Figaia (Sez. 85)	1
Ponte di via	6400	Verificare	Q30:		2

Elisa e passerella privata (S 91.3)		adeguatezza statica muri contenimento	278 mc/s fino a s90 270 mc/s a monte di s90		
Passerella (S. 93.4) Ponte Via S. Martino, Passerella (S.98.1) accesso privato (S. 98.A)	6700		Q = 130 mc/s Q30=270 mc/s	Tratto fortemente condizionato dagli attraversamenti privati che condizionano anche il deflusso attraverso Ponte S. Martino	1
Fino a monte di via Cavour	7000		Q= 100 mc/s Q30=270 mc/s	Questo tratto è condizionato dal ponte di via Grappoli, che con il rigurgito ostacola il deflusso anche da ponte Cavour che comunque è adeguato alla Q30	1

Tab. 5 - Tratto intermedio (alveo inciso) dal ponte dell'Aurelia fino alla confluenza con il torrente Gragnana (L=4200 m)

5A) INDICAZIONI PROGETTUALI IDRAULICHE TRATTO INTERMEDIO (Commento tab. 5)

Nel tratto intermedio, in generale, si evidenzia che anche se è necessario verificare il comportamento statico dei muri di contenimento delle portate di transito fino alla Q30, gli ostacoli più importanti al deflusso sono costituiti dagli attraversamenti. Di fatto in questo tratto per garantire il transito della Q30 **è necessario demolire (e/o ricostruire a quote adeguate se possibile), da valle verso monte:**

Ponte via Stabbio quota impalcato + 1.25 m rispetto alla quota attuale (vedi indicazioni studio G.P.A);

Passerella Peghini;

Ponte Figaia;

Attraversamento Sez. 93.4;

Attraversamento Sez. 98.1;

Attraversamento Sez. 98.A;

Ponte via Groppoli (“antico ponte romano”).

Totale 7 attraversamenti da DEMOLIRE o “ADEGUARE”.

**5B) PIANO INTERVENTI E PRIORITA' TRATTO INTERMEDIO PONTE AURELIA –
CONFLUENZA TORRENTE GRAGNANA**

LOTTO	ADEGUAMENTO IDRAULICO	ADEGUAMENTO STATICO	PRIORITA'
Ponte Aurelia – Ponte Brigate Partigiane – Ponte via Piave - Ponte via Marconi L = (4900m – 3000 m) =1900 m.	NO	SI	MAX da verificare staticamente i muri argine ma non ci sono modifiche da fare per il transito della portata di progetto (sponda dx muri Italconvoy già compromessi).
Ponte via Marconi – Ponte via XX Settembre L = 5500 – 4900 = 600 m	NO	SI	MAX da verificare staticamente i muri argine ma non ci sono modifiche da fare per il transito della portata di progetto
200 m. a monte del Ponte via XX Settembre – Ponte via Stabbio - Ponte Elisa – passerella sez. 91.3 L = 6300 – 5500 = 800 m	SI	SI	MAX Fortemente critico per la presenza di attraversamenti assolutamente non idonei. Eliminare attraversamento privato ponte Peghini, ponte Figaia. L'impalcato del Ponte via Stabbio deve essere rialzato di 1,25 m. Questo tratto limita la portata di transito a 100 mc/sec. Il Ponte via Elisa e la passerella sez 91.3 non hanno problemi,
Passerella sez 91.3 – passerella sez. 93.4 – ponte di via S. Martino – passerella 98.1 , 98. A – ponte via Grappoli ponte via Cavour, fino a 150 m. a monte ponte via Cavour (confluenza Gragnana) L = 700 m			MAX Fortemente critico per la presenza di attraversamenti inadeguati idraulicamente. Sono da eliminare gli attraversamenti localizzati alla sez. 93.4 – 98.1 e 98.A ed il ponte di via Grappoli che condiziona il deflusso anche attraverso il ponte di via Cavour. Il Ponte di via S. Martino funziona in pressione per la Q30 (priorità 2)
Tot L = 4000 m			

FINE TRATTO INTERMEDIO

**6) RISULTATI SINTETICI DELLE MODELLAZIONI IDRAULICHE S.I. SEMINARA
CON INDIVIDUATE LE PRIORITA' D'INTERVENTO TRATTO CITTA' DI
CARRARA**

Per esaminare il tratto del torrente Carrione nell'abitato cittadino, non è possibile una illustrazione schematica, come già fatto per i tratti di valle, in quanto la larghezza media del corso d'acqua di 10 m e gli attraversamenti presenti, del tutto insufficienti, non permettono di valutare una sistemazione idraulica che permetta il transito della portata trentennale che in questo tratto è di circa 220 mc/s. La portata massima che può transitare allo stato attuale è compresa tra 60 e 90 mc/s per la presenza, essenzialmente, per il sistema Ponte delle Lacrime-Ponte Forti-Fabbricato Forti (che limita la portata massima a 90 mc/s) e per il Ponte della Bugia (la massima "strozzatura" con una portata massima di 60 mc/s).

Pertanto lo S.I. "Seminara" valuta la massima portata che può defluire eliminando o modificando o adeguando il minor numero possibile di attraversamenti, ovvero quelli di maggior impatto sulle portate defluenti, fissando delle invarianti idrauliche (larghezza e pendenza del fondo compatibile con l'equilibrio del corso d'acqua e le velocità di transito della portata di progetto).

Quindi considera di non andare avanti nell'escavo del corso d'acqua (ipotesi alla base dello S.I. Viti in parte realizzato dal Comune di Carrara con interventi in via di conclusione) che reputa non efficace e compatibile con le pendenze e le sezioni idrauliche (se non in tratti limitati e per spessori minori). Alla luce di queste considerazioni, lo S.I. Seminara ritiene che la massima portata che può transitare in questo tratto del Carrione sia 140 mc/s, nettamente inferiore alla portata trentennale "Castelli" e pressoché uguale alla duecentennale "Viti".

In base a queste valutazioni la modellazione idraulica porta a considerare rispetto agli attraversamenti la situazione evidenziata nella tabella 6.

attraversamento	Progressiva (m.)	arginature	Portata transito	Criticità	priorità
Ponte via Apuana	7000	Da verificare perché fanno da argini pareti di abitazioni	$Q_{\text{progetto}} = 140$ mc/s		
Ponte Baroncino	7150		Q_p		
Ponte delle Lacrime	7250		$Q = 90$ mc/s	Idem	
Ponte Forti			$Q = 90$ mc/s	Eliminare	1
Fabbricato Forti in attraversamento torrente	7300	Da verificare idraulicamente e staticamente	$Q = 90$ mc/s	Eliminare o rialzare	1
Ponte Bugia	7500	Rigurgita verso monte	$Q = 60$ mc/s	Eliminare o rialzare	1

Tab. 6 - Tratto Abitato di Carrara. Il tratto va dalla progressiva 7000 fino alla 7950 a valle confluenza Carrione ramo Torano e Ramo Colonnata. Attraversamenti adeguati alla portata di progetto $Q = 140$ mc/s.

**6A) INDICAZIONI PROGETTUALI IDRAULICHE TRATTO CITTADINO (Commento
tab. 6)**

La proposta progettuale dello S.I. “Seminara” individua i seguenti interventi nel tratto del Carrione che attraversa il centro di Carrara:

Ponte Forti – eliminare;

Fabbricato Forti – eliminare (o rialzamento del solaio più basso);

Ponte della Bugia – eliminare (un rialzamento di un ponte in muratura di pietrame sembra non realizzabile).

Inoltre prevede una modesta riprofilatura del fondo introducendo una soglia a monte del Ponte della Bugia, abbassando il fondo di circa 1 m fino alla briglia più a valle (già esistente). Questo intervento permette di ottenere una pendenza, in quel tratto di 1,1% – 1,3%, con velocità della corrente non eccessive.

Allargamento della sezione del corso d’acqua fino a 11 m in testa ai muri spondali tra le sezioni 123 e 124 (allargamento realizzabile in destra idraulica dove sono presenti aree destinate a deposito o con edifici apparentemente dismessi).

Riprofilatura del fondo, più modesta, a valle del ponte delle Lacrime (abbassamento quota fondo di circa 60 cm);

Rivedere le quote dei muri di sponda per contenere la portata di progetto e, **ancora più importante**, verificare che le pareti delle case che fanno da muri d’argine di fatto, non abbiano aperture interessate dai livelli di piena. Qualora questa condizione non sussista, la cosa più sicura è provvedere a murare queste aperture o munirle di presidi idraulici (chiusure a tenuta stagna) che però devono prevedere idonee informative di Protezione Civile in capo al Comune di Carrara.

6B) PIANO INTERVENTI TRATTO CITTADINO

LOTTO	ADEGUAMENTO IDRAULICO	ADEGUAMENTO STATICO	PRIORITA’
Ponte Apuana Confluenza Torano – Colonnata L =1000 m.	Si (verificare muri sponda e aperture sulle case che fanno da sponda interessate dai livelli idrici di progetto)	SI	MAX Eliminazione ponte Forti Eliminazione fabbricato Forti (o rialzo solaio più basso) Ponte della Bugia Messa in sicurezza o chiusura aperture (finestre) presenti negli edifici Rimodulazione del profilo del fondo Allargamento di sezione
Tot L = 1000 m			

FINE TRATTO CITTADINO

6C) NOTA SULLE PRIORITÀ DEL TRATTO CITTADINO IN COLLEGAMENTO CON LE PRIORITÀ GENERALI DEGLI INTERVENTI SUL TORRENTE CARRIONE INDIVIDUATI NELLO S.I. SEMINARA

- Il tratto cittadino è stato oggetto di interventi di escavo di notevole entità (derivanti dalle indicazioni dello S.I. Viti) nel tratto a valle del ponte del Baroncino che sarebbero dovuti proseguire verso il ponte della Bugia. Lo S.I. Seminara prevede escavi molto più modesti nel tratto a cavallo del Ponte della Bugia che comunque è considerato maggiore strozzatura idraulica su tutto il tratto (si veda appendice A sulla valutazione dello S.I. Viti a supporto degli interventi del Comune di Carrara nel tratto cittadino individuati come – Monte e

Valle). Questi interventi sono stati, quindi, giudicati non idonei e non compatibili con lo S.I. Seminara (C.S.P.P. aggiornate al 2012 Studio Castelli).

- Pertanto, nel tratto cittadino, la priorità è l'eliminazione dei ponti; la riprofilatura idraulica è solo successiva e complementare. L'attività di demolizione dei ponti (e/o eventuale ricostruzione a quote idraulicamente compatibili con il deflusso della portata massima individuata dallo S.I. Seminara in 140 mc/s) a carico del Comune (proprietario di tutti gli attraversamenti e del Fabbricato Forti) può essere avviata in parallelo con il resto degli interventi, considerato anche che tali interventi, se comparati con gli altri necessari alla mitigazione del rischio idraulico nel bacino, risultano tutto sommato modesti, ma necessitano di tempi tecnici non trascurabili.
- Tenuto conto che attualmente il tratto cittadino permette il transito di una portata massima di 60-90 mc/s (simile a quella del tratto intermedio che è stimata in 100 mc/s) e che comunque gli interventi previsti permettono di raggiungere una portata massima di 140 mc/s (molto inferiore alla Q30), appare prioritario passare, fin da subito, ai livelli di progettazione esecutiva degli invasi e del by-pass in modo da ottenere una efficace mitigazione del rischio idraulico a scala di bacino, almeno in tempi medi (5 anni). Considerando che i primi interventi risalgono al 2003, ad oggi non sono conclusi ma anzi sono stati valutati poco appropriati a produrre una efficace mitigazione del rischio, sia per le variazioni dai progetti originali che hanno introdotto altri elementi di incertezza, sia per la situazione fortemente compromessa, dal punto di vista idraulico, dell'abitato di Carrara, la demolizione dei ponti e gli altri interventi appaiono non più procrastinabili.
- Diventano quindi prioritari gli interventi dello sbarramento-opera di presa della galleria di derivazione, la galleria stessa e le due briglie selettive sul torrente Gragnana, oltre che la progettazione di tutte le altre briglie previste nello S.I. Seminara, per avere finalmente una progettazione unitaria a scala di bacini, nonché tempi e costi.
- Prioritario, inoltre, diventa intervenire sul tratto di valle, sia perché pensile sia perché insiste su un importante zona abitativa ed industriale e le opere idrauliche esistenti indagate dallo Studio G.P.A. mostrano incertezze sulla sicurezza statica oltre che idraulica. E' naturale, sui corsi d'acqua, operare da valle verso monte, anche se in questo caso la strategia deve essere avviata contemporaneamente anche da monte, proprio per le complesse scelte idrauliche operate.
- Nel tratto intermedio, gli interventi idraulicamente non prioritari lo diventano da punto di vista statico a seguito dei risultati delle indagini statiche (G.P.A.) già citate.
- Si conclude sottolineando che questo sarà il criterio guida della individuazione delle priorità generali di intervento in base alle risorse rese disponibili anno per anno.

7) INTERVENTI A SCALA DI BACINO BRIGLIE SELETTIVE – GALLERIA DI DERIVAZIONE VERSO TORRENTE GRAGNANA PREVISTI DALLO S.I. SEMINARA

Lo S.I. Seminara, prevede, per far funzionare il sistema idraulico con le portate di progetto di realizzare il seguente schema idraulico:

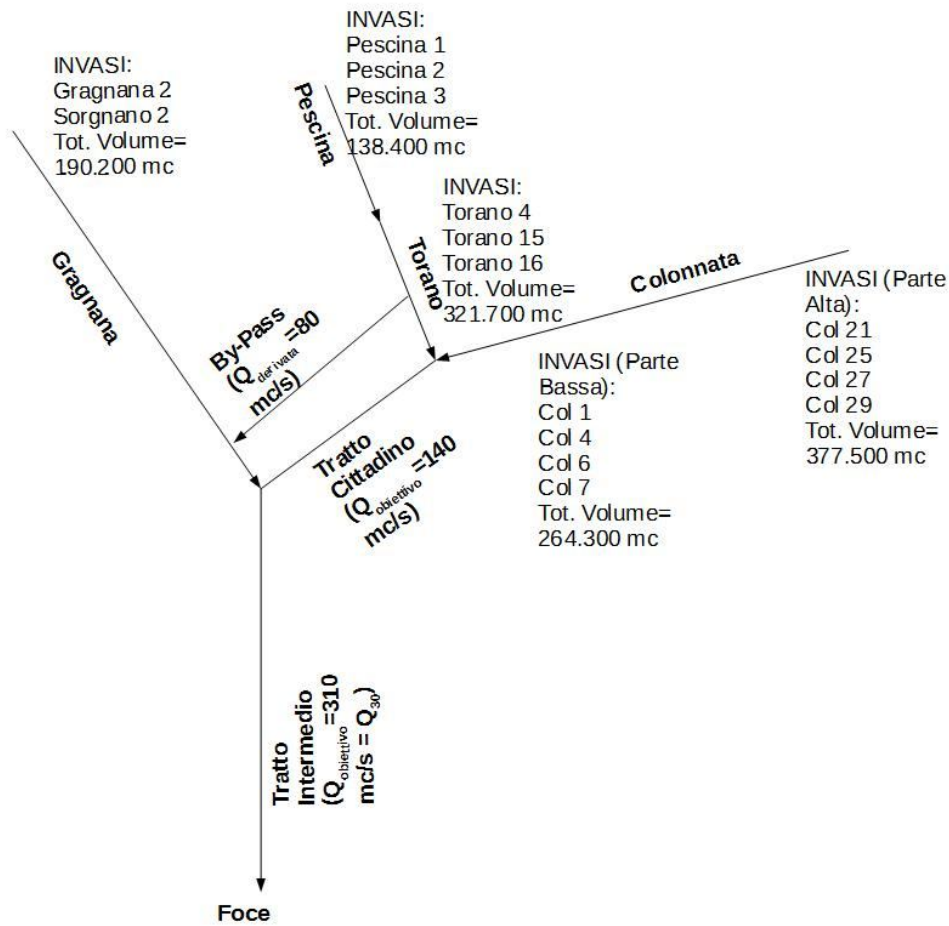


Fig. 2 - Grafo schema idraulico Bacino

Totale Briglie Selettive 16 per un volume totale di 1.290.000 mc

Caratteristiche Briglie/traverse:

Altezza H 14 m. con pettini fino a 15 m (per il trasporto solido), funzionamento a bocca tarata, larghezza da definire, altezza bocca a = 2 m.

Questo schema deve essere verificato nel dettaglio per valutare con più certezza il volume da invasare in modo da poter ottenere una portata massima di 140 mc/s da far transitare nel tratto cittadino del Carrione, senza aggravamento di rischio idraulico per il torrente Gragnana, che dovrà contenere la sua portata duecentennale ($Q_{200} = 86$ mc/s, secondo lo studio Castelli) aumentata della portata proveniente dalla galleria in derivazione ($Q = 80$ mc/s).

Lo S.I. Seminara individua alcuni invasi la cui efficienza di laminazione è talmente bassa che, anche se non realizzati, sono tali da non pregiudicare in maniera sostanziale il comportamento dell'intero sistema, permettendo ancora di laminare efficacemente le portate duecentennali. Tali invasi sono tutti sul bacino del ramo di Colonnata e sono quelli denominati Col6, Col4, Col7, Col1, Col27.

Sulla base di tali considerazioni il numero di invasi si riduce da 16 a 11

Dallo S.I. Seminara comunque si evince che:

- il torrente Gragnana, con opportuni interventi nel tratto terminale, permette il transito di una portata fino a circa 170 mc/sec. Gli interventi previsti riguardano essenzialmente il Ponte della Lugnola, che rappresenta l'unico ostacolo significativo nel tratto a valle dell'arrivo del by-pass e

possono essere descritti come: rimozione dell'arco, innalzamento dell'intradosso di 0,5 m, aumento della larghezza a 11 m oppure rimozione dell'arco e aumento della larghezza a 13 m.

Gli interventi assegnati al Commissario sulla parte alta del bacino, a monte dell'abitato di Carrara, non dovrebbero subire variazioni sostanziali in quanto progettati per valori simili alle Q30 derivanti dallo S.I. Seminara e in particolare:

- Torano Q30 = 108 mc/s;
- Colonnata Q30 = 110 mc/s.

**7A) PIANO INTERVENTI A SCALA DI BACINO SUGLI AFFLUENTI DEL CARRIONE
(Ramo Torano, Ramo Colonnata, Torrente Pescina – Boccanaglia, torrente Gragnana)**

LOTTO	Impatti	Geologia	PRIORITA'
Torano 15 (opera di presa del by-pass Torano-Gragnana) Galleria e traversa sul torrente	Interferisce con un edificio in disuso. Situato a monte di diversi edifici, non dovrebbe raggiungere la segheria e il laboratorio di scultura. Possibili interazioni con la viabilità.	Versanti affetti da pericolosità geomorfologica. Preventiva sistemazione dei versanti pericolosi	MAX
Torano 4	Devono essere modificate viabilità ed altre opere per rendere l'opera inserita in quel contesto	Da verificare, ma dalle carte esistenti non sono evidenziati particolari problematiche	
Torano 16	Non significativi	In sinistra frana attiva con erosione superficiale, in ammasso roccioso alterato. Eventuali disgaggi /chiodature. Rimuovere riporti antropici a monte del Ponte di Sponda	
Gragnana 2 e Sorgnano 2 sul torrente Gragnana	Non significativi	Preventivo accertamento della necessità interventi di sistemazione versanti	Successiva al livello precedente (2) vista la capienza del tratto finale del t. Gragnana comunque da verificare con progettazione che deve partire insieme a interventi in priorità (1)
Pescina – Boccanaglia Pe1 , Pe 2, Pe 3	Non significativi	Preventivo accertamento della necessità interventi per fenomeni dissesto sull'asta	4

		fluviale per materiale di cava grossolano	
Colonnata parte alta bacino Col 29, Col 21, Col 25			6
Tot 11 Briglie/Traverse			V \approx 1.000.000 mc

**APPENDICE A - VALUTAZIONI SINTETICHE DEGLI
INTERVENTI PROPOSTI IN PRECEDENZA DA ALTRI
PROGETTISTI**

In relazione agli S.I. a supporto degli interventi precedenti, specie nell'abitato di Carrara, si deve notare che:

- La non corrispondenza del rilievo a quanto riscontrato con un successivo rilievo del 2015 commissionato dalla R.T. a supporto dello S.I. Seminara;
- I primi interventi progettati a seguito dell'evento del 2003 impattavano sui manufatti presenti nel tratto cittadino, prevedendo tra l'altro interventi sul ponte via Cavour (apertura di una delle luci chiusa), scatolare lungo via Carriona, quindi demolizione e ricostruzione della viabilità (scatolare 4x3) escavo fino a -1.50 m rispetto all'attuale.
- Successivamente, veniva proposto di liberare la luce occlusa del ponte delle Lacrime, demolizione ponte della Bugia, modifica attraversamento Forti, allargamenti di sezione fino ad arrivare alla soluzione di compromesso, realizzata dal comune di Carrara, che prevedeva il solo escavo.
- Sull'idrologia e sulla modellazione si è già detto ai punti precedenti.

Questa modalità di procedere dal 2003 ad oggi, mostra che esiste un serio problema per mettere in sicurezza l'abitato del centro cittadino di Carrara, perché la situazione è fortemente compromessa sia a monte che nel centro abitato dove il torrente è soffocato. Quindi soluzioni semplici di mitigazione del rischio non sembrano realizzabili. La soluzione scelta alla fine dal Comune di Carrara è quella che opera solo sul torrente Carrione, non considerando quello che c'è attorno per non incorrere nelle difficoltà verso varie sensibilità della cittadinanza, evidenziate anche negli incontri cittadini di presentazione dello S.I. Seminara. Ma che questa non sia la soluzione idraulica che tiene conto di tutte le variabili del sistema, prima fra tutte il trasporto solido, appare evidente, così come scavare i corsi d'acqua deve avere un limite legato all'equilibrio del corso d'acqua stesso. Pertanto, con le considerazioni evidenziate nei diversi ragionamenti sviluppati in questa relazione di accompagnamento dello S.I. Seminara, si ritiene che questo processo alla base dello S.I. abbia dato una risposta complessiva, ragionevole e compatibile per definire con una serie di interventi complessi, costosi e da realizzare in un tempo di 5 – 10 anni, valutando ed agendo su più variabili e non nascondendo il fatto che lo stato attuale dell'abitato di Carrara e quindi del Carrione, non permettono scelte semplici ma dolorose per raggiungere livelli accettabili di mitigazione del rischio.

Il Responsabile del Procedimento
Dott. Ing. Gennarino Costabile