

PNRR - Misura M2.C2 - Intervento 4.2 Sviluppo Trasporto Rapido di Massa

**Realizzazione Trasporto Rapido Costiero Rimini Fiera - Cattolica**  
**2<sup>a</sup> tratta Rimini FS - Rimini Fiera (CUP D91E20000170001)**

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA



## STUDI ED INDAGINI PRELIMINARI

## IDROLOGIA E IDRAULICA

## RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

### RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Roberto D'Andrea

#### Gruppo di lavoro

Arch. Gilberto Avella  
Ing. Arianna Bichicchi  
Sig.ra Elisa Canevari  
Geom. Barbara Dominici  
Arch. Matteo Massanelli



#### SUPPORTO SPECIALISTICO

Geologia e modellazione sismica  
Responsabile - Dott. Geol. Carlo Copioli  
Collaboratori - Dott. Geol. Gianni Amantini  
- Dott. Geol. Fabio Vannoni  
Indagini Geognostiche - INTERGEO S.r.l.  
Risoluzioni Interferenze - Ing. Gianluca Vitali  
Piano del verde - Arch. Serena Corbelli

### PROGETTAZIONE



Ing. Andrea  
Spinosa

### Responsabile integrazione prestazioni specialistiche

Ing. Pietro Caminiti

#### Responsabili di Disciplina

Ing. Pietro Caminiti - *Infrastruttura*  
Ing. Maurizio Falzea - *Opere Strutturali*  
Ing. Angela Tortorella - *Impianti*  
Arch. Alessandro Cacciatore - *Architettura e Sistemazioni Urbane*  
Ing. Massimo Plazzi - *Idrologia e Idraulica*  
Ing. Davide Salvo - *Capitolati e Documenti Economici*  
Ing. Fabrizio Conti - *Coordinatore Sicurezza in fase di Progettazione*  
Ing. Andrea Spinosa - *Pianificazione dei trasporti e ACB*  
Dott. Geol. Ignazio Giuffrè - *Geologia*

### SUPPORTO SPECIALISTICO

Ambiente



Archeologia



COMMESSA

TRC2

FASE

PFTE

DISCIPLINA

IDR

TIPO/NUMERO

RT001

REV.

B

SCALA

-

NOME FILE

TRC2-PFTE-IDR-RT-001-B

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	DIC_2022	EMISSIONE	M. PLAZZI	M. PLAZZI	P. CAMINITI
B	FEB_2023	AGGIORNAMENTO PER RICHIESTE RUP	M. PLAZZI	M. PLAZZI	P. CAMINITI
C	-	-	-	-	-

## SOMMARIO

1.	GENERALITÀ .....	2
2.	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO DELL'AREA.....	5
2.1.	RETICOLO FLUVIALE PRINCIPALE .....	5
2.1.1.	FIUME MARECCHIA.....	5
2.1.2.	PORTO CANALE DI RIMINI .....	7
2.2.	RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA.....	9
2.3.	AMBITO COSTIERO.....	11
2.4.	RETE FOGNARIA URBANA.....	12
3.	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	24
3.1.	PAI – PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO .....	24
3.1.1.	PERICOLOSITÀ ALLUVIONALE DEL RETICOLO FLUVIALE PRINCIPALE .....	25
3.1.2.	PERICOLOSITÀ ALLUVIONALE DEL RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA.....	27
3.1.3.	PERICOLOSITÀ ALLUVIONALE NELL'AMBITO COSTIERO .....	29
3.1.4.	APPLICAZIONE DEL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI .....	30
3.2.	PGRA – PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI .....	34
3.3.	REGOLAMENTO DI POLIZIA IDRAULICA.....	39
3.4.	REGOLAMENTI DI FOGNATURA .....	42
4.	ANALISI IDROLOGICA .....	44
4.1.	CARATTERISTICHE CLIMATICHE: ACQUISIZIONE DEI DATI RELATIVI A PRECIPITAZIONI E CLIMA.....	44
4.2.	ELABORAZIONE STATISTICA DEI DATI PLUVIOMETRICI E DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA IN FUNZIONE DEI TEMPI DI RITORNO .....	45
4.2.1.	PIOGGE DI DURATA SUPERIORE ALL'ORA (TP > 1H).....	46
4.2.2.	PIOGGE DI DURATA INFERIORE ALL'ORA (TP < 1H).....	50
5.	ANALISI IDRAULICA.....	55
5.1.	RETICOLO FLUVIALE PRINCIPALE .....	55
5.1.1.	FIUME MARECCHIA.....	57
5.1.2.	PORTO CANALE DI RIMINI .....	76
5.2.	RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA.....	84
5.2.1.	SCOLO DOSSETTO .....	85
5.2.2.	SCOLO DOSSO .....	86
5.2.3.	SCOLO MATRICE SPULE .....	88
5.3.	RETE FOGNARIA URBANA.....	91
5.4.	CARATTERISTICHE GENERALI DELLA RETE FOGNARIA IN PROGETTO .....	95
5.4.1.	METODO RAZIONALE PER IL CALCOLO DELLE PORTATE IN INGRESSO (SOLLETTAZIONE IDROLOGICA) .....	103
5.4.2.	FORMULA DI CHEZY IN MOTO UNIFORME PER IL CALCOLO DELLE PORTATE SMALTIBILI (RISPOSTA IDRAULICA) .....	104



## 1. GENERALITÀ

La presente relazione idrologico - idraulica si inserisce nell'ambito della progettazione di fattibilità tecnica ed economica della nuova linea tramviaria del Trasporto Rapido Costiero (TRC) – 2<sup>a</sup> tratta Rimini FS – Rimini Fiera.

Si riporta nelle figure seguenti, a livello planimetrico, il tracciato della nuova infrastruttura, quasi ovunque contiguo (sul lato opposto alla linea di battigia del Mare Adriatico) al rilevato della linea ferroviaria Bologna-Ancona; sono da esse facilmente evincibili i punti delle principali interferenze idrauliche (Fiume Marecchia e Porto Canale di Rimini), ma all'interno della presente relazione saranno comunque affrontate puntualmente anche tutte le interferenze, dirette o indirette, con il reticolo secondario di bonifica e la rete fognaria urbana.

In termini di pericolosità idraulica (e quindi di elevato rischio idraulico, alla luce della notevole vulnerabilità idraulica del tessuto urbano e dell'alto danno atteso potenziale conseguente) verrà adeguatamente inquadrato il problema proveniente dal reticolo idrografico principale e secondario di pianura, così come anche nell'ambito costiero, cioè il fenomeno delle mareggiate marine, sia in termini di condizioni di valle per gli studi idraulici condotti sul reticolo idrografico con sbocco a mare, sia soprattutto in termini di possibile allagamento delle aree di sedime dell'opera in relazione a fenomeni eccezionali di livello marino (e moto ondoso) in corrispondenza della spiaggia riminese.

Nel prosieguo della presente relazione, in sintesi, una volta inquadrata idrograficamente la porzione territoriale sulla quale insistono le opere in progetto e verificati tutti i vincoli sovraordinati in termini di pianificazione settoriale, verranno esplicitate in primis le considerazioni e i calcoli idraulici di verifica e di dimensionamento utili per le scelte progettuali fondamentali sui manufatti principali (ponti/viadotti sul reticolo idrografico principale) ed in secundis verranno effettuate tutte le analisi idrologiche necessarie e le scelte tipologiche di fondo sul sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche drenate dalla piattaforma stradale in oggetto, atte ad indirizzare da subito (e a rendere chiari i vincoli ineludibili e da rispettare/soddisfare) ogni attività progettuale di dettaglio delle successive fasi di progettazione definitiva/esecutiva.

La relazione è articolata nelle seguenti fasi:

- Inquadramento dell'area dal punto di vista idrografico;
- Inquadramento dell'area dal punto di vista normativo;
- Analisi dell'idrologia dell'area;
- Analisi dell'idraulica dell'area e descrizione della rete idraulica di progetto, con individuazione dei recapiti finali disponibili;
- Scelta degli schemi tipologici costruttivi per la nuova fognatura.

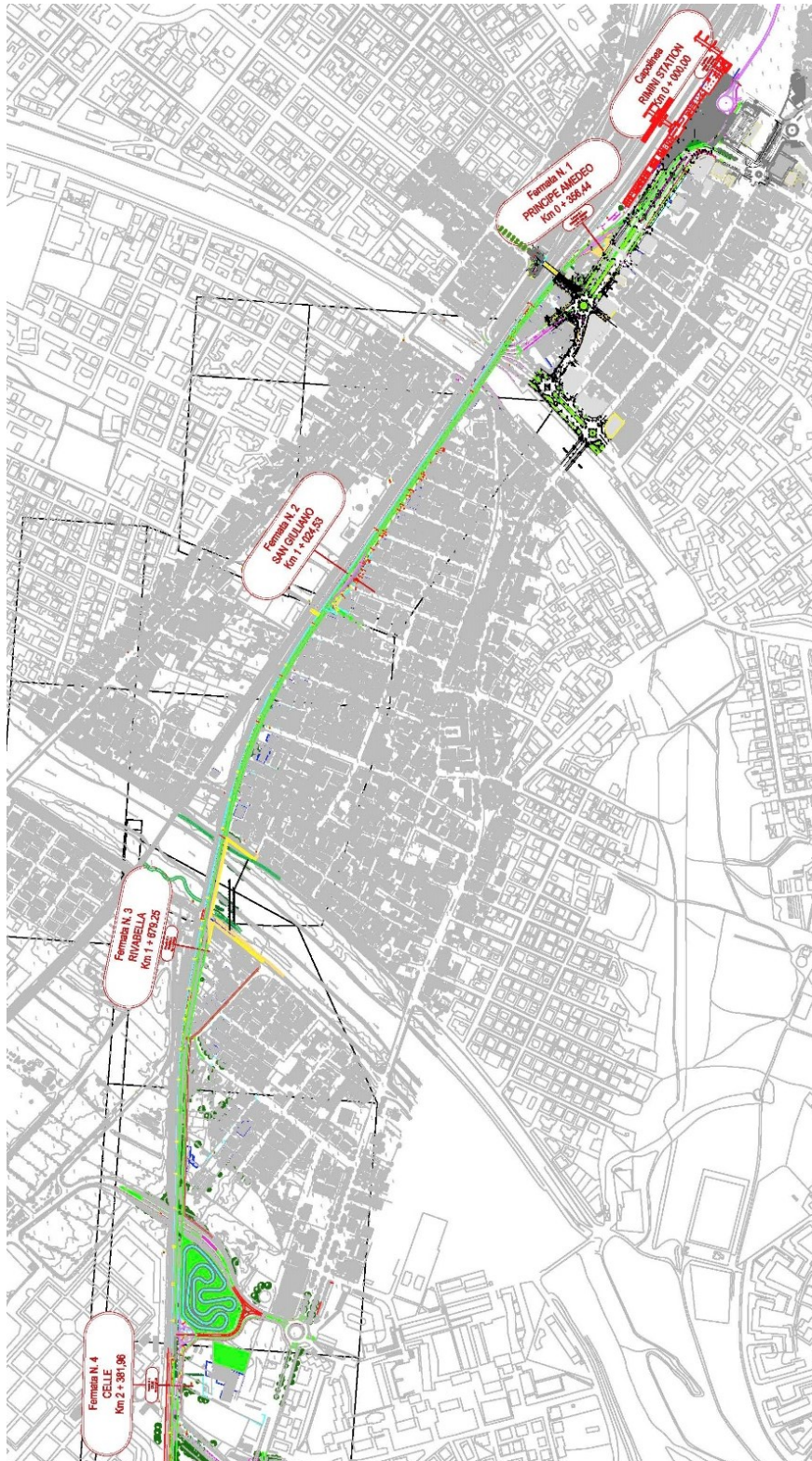


Figura 1. Inquadramento planimetrico della nuova linea TRC “2<sup>a</sup> tratta Rimini FS – Rimini Fiera”  
Porzione Est: da Rimini Stazione FFSS a via Sacramora





Figura 2. Inquadramento planimetrico della nuova linea TRC "2<sup>a</sup> tratta Rimini FS – Rimini Fiera"  
Porzione Ovest: da via Sacramora a Rimini Fiera

## 2. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO DELL'AREA

La nuova sede stradale di progetto si sviluppa per circa 4,25 km parallelamente alla sede ferroviaria esistente, attraversando tutta la porzione centrale ed occidentale del territorio comunale di Rimini, praticamente in area costiera o, specialmente nel tratto vicino alla Fiera di Rimini, di retroguardia di pianura, caratterizzate da pendenze molto esigue e tessuto urbano intensivo e sviluppato pressoché lungo l'interezza del sedime delle nuove opere.

Tale aspetto rende ancor più importante e delicata la fase di studio e di progetto di tutte le opere idrauliche o d'interferenza idraulica, in un territorio che la recente pianificazione settoriale ha individuato ad importante grado di vulnerabilità e pericolosità idraulica.

La nuova sede stradale del TRC, così come la ferrovia esistente, interseca da nord a sud una serie di corsi d'acqua e fossi con recapito finale a mare, i quali vengono bypassati mediante opere di scavalco in adiacenza a quelle ferroviarie.

### 2.1. RETICOLO FLUVIALE PRINCIPALE

I corsi d'acqua principali, procedendo da nord verso sud, sono due e sono costituiti dal fiume Marecchia e dal Porto canale di Rimini.

In realtà, come meglio specificato anche nel seguito, questi due fondamentali corpi idrici superficiali sono da sempre storicamente interconnessi, ed ancor più da circa un secolo, allorché il tratto finale a mare del vecchio corso interno a Rimini del fiume Marecchia fu deviato più a nord ed il vecchio alveo fu destinato a varie riprese ad altri usi (parco urbano, porto canale), mantenendo però la funzione idraulica solo in concomitanza di piene eccezionali, grazie ad uno scolmatore dei picchi di portata a mare attraverso una soglia arginale ribassata di sfioro laterale, in destra idraulica del fiume, atta a sfruttare questa seconda via di collettamento a mare di un'aliquota importate della portata di piena. Di fatto, oggi l'alveo principale a mare del Fiume Marecchia è rappresentato da quello chiamato anche "Nuovo Deviatore Marecchia", mentre quello che era l'alveo originario del Marecchia costituisce da tempo il "Porto Canale di Rimini", fungendo da scolmatore di piena solo per eventi importanti eccedenti una certa portata nell'alveo principale (stimabile in circa 400 mc/s).

#### 2.1.1. Fiume Marecchia

Il Fiume Marecchia nasce sulle pendici del monte Zucca (1236 m) sull'Alpe della Luna nel territorio toscano, in località Forconaia, attraversa il territorio con direzione antiappenninica (NNE-SSO) come altri fiumi emiliani e romagnoli. Percorre circa 80 km, occupando un bacino di circa 540 kmq e sfocia in mare attraverso un canale artificiale costruito a cavallo tra gli anni Venti e Trenta e posto più a settentrione del canale naturale. L'originario alveo naturale è stato ritombato e sistemato a parco fulo al Ponte di Tiberio. Il porto canale, originaria foce del fiume, ha mantenuto la sua funzione grazie ad uno sbarramento posto poco più a valle del ponte romano.

Da Ponte Verucchio fino a Rimini gli affluenti maggiori sono in riva destra il fosso Mavone che si getta all'altezza di Vergiano e, in prossimità di Rimini, il torrente Ausa. In riva sinistra l'affluente maggiore è il fosso Budriolo che confluisce all'altezza di S. Martino in Riparotta.



Come tutti i corsi d'acqua riminesi il fiume Marecchia presenta carattere torrentizio con andamento tortuoso ma sostanzialmente rettilineo fino a Santarcangelo, poi verso la costa il minor gradiente idraulico costringe le acque a divagare formando due ampie curve che determinano una leggera forma di meandrazione. L'ultimo tratto in prossimità dell'abitato di Rimini, assume un carattere fluviale, con portate continue tutto l'anno e con il tracciato pressoché canalizzato. Per quanto concerne le portate, dati i tempi di corrivazione abbastanza bassi, si può affermare che le entità variano sensibilmente poco dopo il verificarsi di eventi piovosi. Da portate nulle si passa a portate medie intorno a 5-10 mc/s fino a portate di piena che superano le centinaia di metri cubi al secondo, fino a portate eccezionali con tempi di ritorno secolari o plurisecolari che superano i mille mc/s.

È da segnalare che, poco a monte dello scolmatore verso il parco Tiberio e quindi nel porto canale di Rimini, il fiume Marecchia completa il suo bacino tributario complessivo con l'apporto (artificiale, da deviazione del suo corso naturale, prima con sbocco a mare, avvenuto tra il 1967 e il 1972) in destra idraulica del Torrente Ausa.

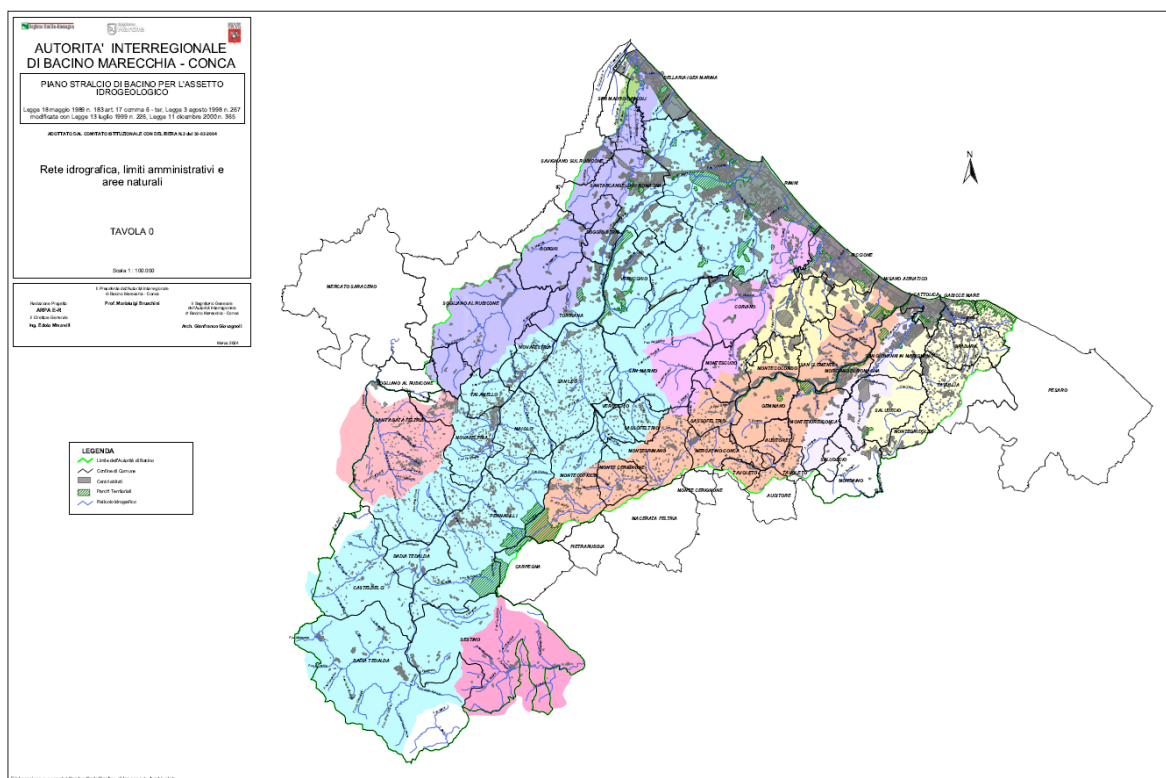


Figura 3. Estratto della Tavola 0 di PAI – Prima Adozione 2004: in colore azzurro il bacino idrografico del F. Marecchia

Esso ha origine dalla confluenza di vari fossi nella Repubblica di S. Marino all'altitudine di 465 m. slm., dove è chiamato Fosso della Fiocca. Esso si sviluppa per complessivi 17,2 km circa attraversa un territorio dapprima tormentato per la presenza di calanchi sempre con direzione NWSE poi all'uscita del territorio della Repubblica converge verso N raggiungendo il mare a S dell'abitato di Rimini. Si tratta in generale di un corso d'acqua con basse portate, intorno a 0.5 mc/s di media, che attraversando litologie per lo più fini presenta depositi della stessa natura. L'alveo si configura non molto ampio ed incassato tra i depositi.

Come tutti i corsi d'acqua con sedime per lunghi tratti interagente con importanti tessuti urbani, il torrente Ausa accoglie numerosi scarichi fognari lungo il suo corso e le scarse portate tendono a diminuirne il processo di diluizione.

A causa dei problemi di natura igienica che tali condizioni comportano, come già accennato, negli anni sessanta e settanta il corso nel suo tratto terminale, prima di attraversare l'abitato di Rimini, è stato deviato con un canale deviatore verso nord in modo da immettere le acque nel F. Marecchia. Attualmente l'originario percorso a mare è stato riempito ed una tombinatura raccoglie le acque fognarie che vengono scaricate a mare dopo essere state depurate da un impianto sito poco più a monte della strada litoranea. L'area corrispondente all'originario alveo è stata sistemata a Parco cittadino (Parco F.lli Cervi).

Nonostante le portate medie siano basse, il T. Ausa, pur con tempi di corrivazione diversi rispetto al fiume Marecchia, in occasione di piogge intense, è soggetto a piene improvvise e di notevole entità.

### *2.1.2. Porto Canale di Rimini*

È importante di seguito riassumere sinteticamente le caratteristiche assai particolari del Porto Canale di Rimini ed alcuni cenni storici inerenti ai suoi cambiamenti "strategici" nel tempo.

Di fatto, oggi il Porto canale di Rimini coincide con il tratto finale dell'alveo storico del fiume Marecchia che attraversa Rimini nella sua parte centrale. Il corso naturale del fiume venne modificato a seguito dell'evento alluvionale del settembre 1910 per ovviare alla insufficiente capacità di smaltimento delle portate di piena. A tale scopo fu quindi realizzato un canale deviatore, ultimato nel luglio del 1942, con sbocco a mare, collocato in sinistra idraulica al Fiume Marecchia, immediatamente a valle della SS n. 16 Adriatica.

Alla complessità di questo nodo idraulico di Rimini si aggiunge inoltre la confluenza del torrente Ausa, immediatamente a monte dell'imbocco del Deviatore (anche per il Torrente Ausa si tratta di un nuovo inalveamento, completato nel 1947 e voluto per analoghi motivi di sicurezza idraulica dell'abitato di Rimini).

Il Porto Canale di Rimini ed il Deviatore Marecchia (attuale alveo principale del fiume) presentano numerose intersezioni con la viabilità locale e con le linee ferroviarie (Bologna – Ancona e Ravenna – Rimini). In particolare, gli attraversamenti ferroviari in corrispondenza del deviatore hanno mostrato funzionamenti fortemente critici in concomitanza degli eventi di piena, rendendo indispensabile, con i nuovi dati e strumenti informatici disponibili a partire dalla fine del secolo scorso, l'esecuzione di una serie di studi e interventi mirati alla soluzione della problematica idraulica del nodo di Rimini.

A questi, come meglio specificato al Paragrafo 5.1.2, ci si è riferiti per la stima dei principali parametri e delle grandezze idrauliche di riferimento, in base ai quali progettare adeguatamente le nuove opere (in primis, il nuovo ponte sul Porto Canale).

L'idrodinamica dell'asta del Porto canale di Rimini è condizionata, oltre che dalla sua conformazione e dalla presenza di alcuni punti singolari quali pile dei ponti e immissione di scarichi fognari, anche dalle condizioni a monte (bacino di Tiberio) e di valle (imboccatura portuale).



Mentre le condizioni a valle sono regolate da fenomeni ciclici quali maree, moto ondoso, che solo talvolta assumono la connotazione di eventi estremi (mareggiate), le condizioni a monte sono intese sempre associate ad eventi meteorici straordinari, tipicamente identificabili con le piene del fiume Marecchia e con la conseguente deviazione di una frazione delle portate di piena del deviatore verso l'aveo storico del Marecchia (oggi Parco Urbano XXV Aprile nel primo tratto e Porto Canale nel segmento finale di collegamento a mare).

L'innescò di tale sfioratore laterale del Fiume Marecchia avviene in corrispondenza del superamento della soglia esistente a quota + 3,90 ad opera degli eventi di piena che transitano nel Deviatore Marecchia (a partire da portate in fiume  $Q > 400$  mc/s).



Figura 4. Foto aerea del Porto Canale (o canale Tiberio) dal bacino del Ponte Tiberio fino allo sbocco a mare



Figura 5. Particolare della foto aerea del Porto Canale dal Bacino del Ponte Tiberio fino al P.te della Resistenza

## 2.2. RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA

Come si evince chiaramente dalla corografia ufficiale degli scoli consorziali riportata in figura alla pagina seguente, desunta dal GIS del Consorzio di Bonifica della Romagna territorialmente competente sull'intera area d'intervento, le interferenze con il reticolo di scoli - tombinati o a cielo aperto - in gestione all'Ente risultano limitati e di complessità di risoluzione relativamente modesta. In generale, tutti i canali di bonifica della riviera riminese sono di solito di lunghezza e bacini abbastanza limitati, ma soprattutto fortemente antropizzati nell'ultimo secolo e per questo, in molti casi, assimilabili più a dorsali fognarie bianche rilevanti che a reticoli naturali di raccolta delle acque superficiali territoriali, cioè di vera e propria bonificazione.

Procedendo da Est verso Ovest, sono tre gli scoli interferenti con il sedime della nuova linea "TRC2":

- Scolo Dossetto
- Scolo Dosso
- Scolo Matrice Spule

Si specifica da subito che essi sono tutti simili per bacino, funzione, configurazione e geometria/dimensione alle fognature urbane di tipo bianco/misto, ma ciò non esula dalla necessità di adempiere a tutti gli obblighi normativi ed autorizzativi/concessori che sempre vigono nella fascia di rispetto dei 10 metri dai canali consortili, come previsto dal R.D. 368/1904 e s.m.i., in presenza o meno di sedime demaniale.

Al paragrafo 5 verranno evidenziati gli aspetti idraulici/progettuali e al Paragrafo 3 gli aspetti normativi da tenere in debita considerazione nelle successive fasi di progettazione definitiva ed esecutiva.



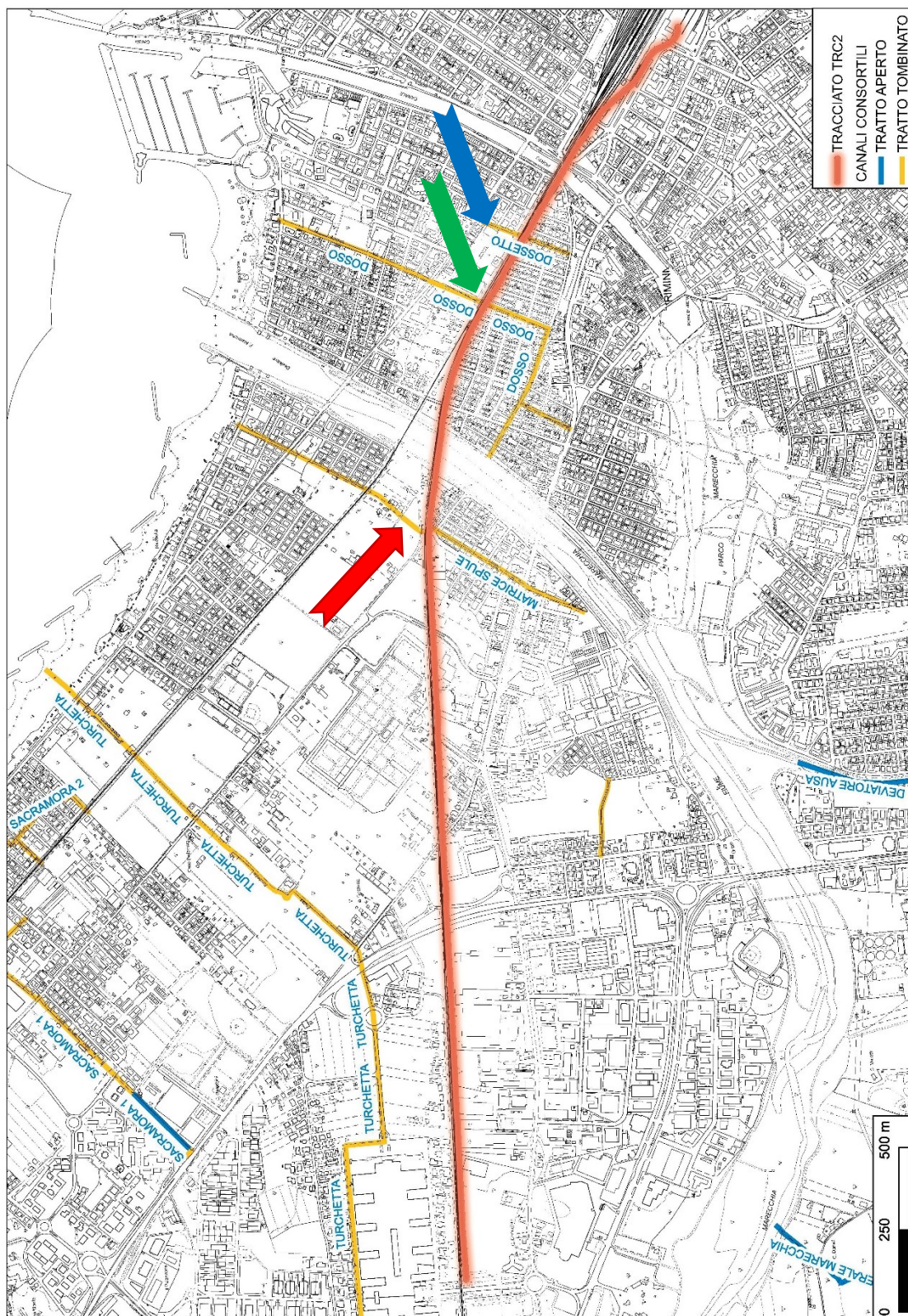


Figura 6. Estratto del GIS del Consorzio di Bonifica della Romagna sull'area d'intervento



### 2.3. AMBITO COSTIERO

La vicinanza al mare Adriatico dell'area d'intervento rende fondamentale il ruolo dei fenomeni idraulici marini e la stima delle principali grandezze fisiche ad essi legate, in primis in termini di massimi livelli idrici potenzialmente registrabili all'altezza della battigia e quindi dei punti di confluenza a mare del reticolo idrografico del territorio (principale, ma anche secondario).

In particolare, due sono gli aspetti da valutare, nelle presenti attività progettuali, che possono influenzare le scelte assunte e quindi la tipologia e/o la configurazione geometrica delle opere:

- In termini diretti, occorre valutare la pericolosità alluvionale che, in concomitanza di eventi estremi (mareggiate), può arrivare ad interessare la porzione territoriale su cui trova sedime la linea in progetto. Su questo, come si vedrà più dettagliatamente al Paragrafo 3, il recente Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) ha provveduto ad una precisa perimetrazione delle aree costiere allagabili, per eventi a crescente tempo di ritorno (fino ad eventi plurisecolari): l'esito di tali attività pianificatorie ha escluso tutta l'area qui in esame da tale "rischio".
- In termini indiretti, occorre valutare precisamente i livelli massimi del mare (a ricorrenza prefissata –  $Tr = 100$  anni) da utilizzare come condizione di valle (nei punti di confluenza – vedasi figura successiva) negli studi condotti sul reticolo idrografico principale (Fiume Marecchia + Deviatore – Porto Canale di Rimini) al fine di valutare correttamente, mediante simulatore matematico, i livelli idrici corrispondenti alla piena eccezionale di riferimento (a ricorrenza prefissata –  $Tr = 200$  anni) esattamente in corrispondenza dei nuovi ponti di attraversamento del "TRC2". Per queste stime e simulazioni si rimanda ai contenuti del Paragrafo 5.

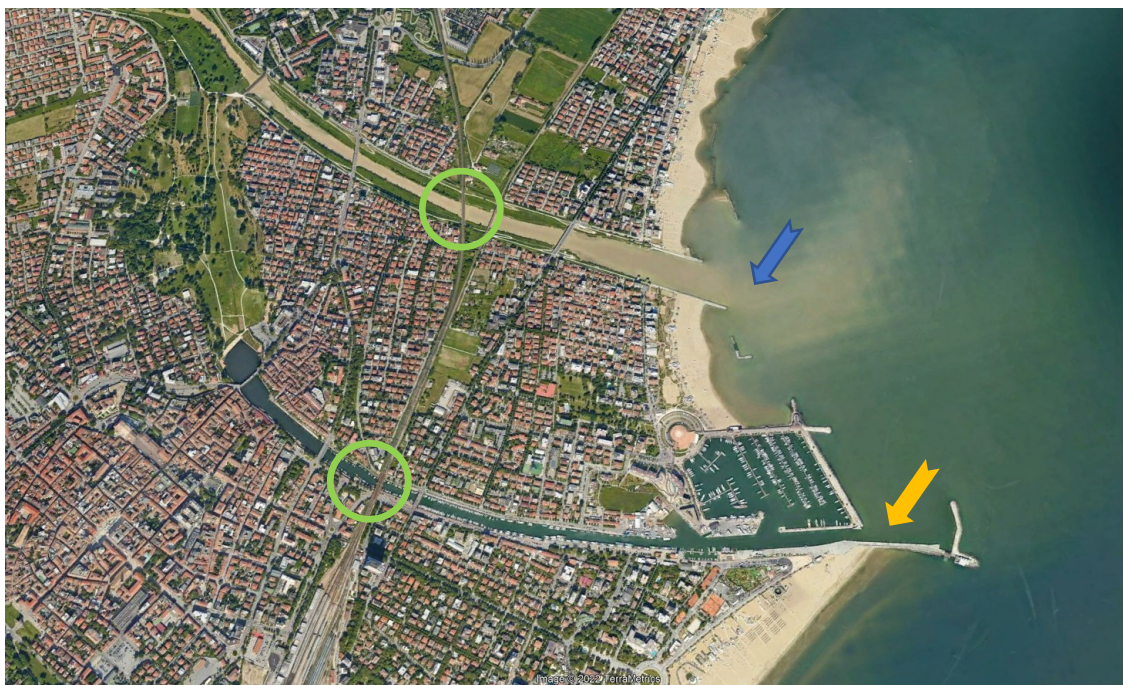


Figura 7. Visione aerea dei punti di sbocco a mare del Fiume Marecchia e del Porto Canale di Rimini; con cerchietti di colore verde, la posizione dei nuovi manufatti di attraversamento del "TRC2" su tale reticolo idrografico principale.

## 2.4. RETE FOGNARIA URBANA

In ultimo, a livello di raccolta e smaltimento capillare delle acque meteoriche in ambiente urbano e periurbano riminese provvede tutta la rete fognaria cittadina (bianca e mista) che, unitamente alla rete per acque reflue (nera), è interamente in carico gestionale a HERA S.p.A.

L'assetto planimetrico attuale di tale rete fognaria, con indicazione abbastanza precisa delle relative caratteristiche dimensionali e materiche delle condotte e della posizione dei principali pozzetti d'ispezione, è stato gentilmente fornito da HERA S.p.A (su richiesta specifica di PMR - Patrimonio Mobilità Provincia di Rimini P.M.R. s.r.l. consortile) e di tale quadro viene data evidenza nelle figure successive. Tale rete fungerà (unitamente, se ritenuto ammissibile dal competente Consorzio di Bonifica della Romagna, ad alcuni scoli di bonifica attraversati dal nuovo tracciato della tratta Rimini FF.SS – Rimini Fiera) da recettore per le acque meteoriche tributarie della nuova piattaforma stradale, previo inserimento – dove necessario, in casi di aumento delle superficie impermeabilizzate – dei necessari dispositivi di laminazione (volumi di accumulo temporaneo e strozzature limitatrici terminali) per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali, così come previsto dalle normative vigenti settoriali e dettagliatamente illustrato al Paragrafo 3.1.4 della presente relazione.

Nel Paragrafo 5 si procederà all'individuazione, propedeutica ad ogni attività di progettazione specifica della rete di drenaggio della nuova piattaforma stradale – sicuramente composta, costituita da più tipologie di schema di captazione ed evacuazione delle portate e suddivisa in più sottoreti indipendenti di piccole dimensioni, da compartimentare nel dettaglio sulla scorta dell'assetto planoaltimetrico delle opere e altresì delle indicazioni di HERA S.p.A. sulle dorsali fognarie esistenti da privilegiare come recettori delle acque meteoriche -, dell'elenco completo dei potenziali recettori fognari da utilizzare come corpi riceventi delle acque meteoriche della tratta in progetto.

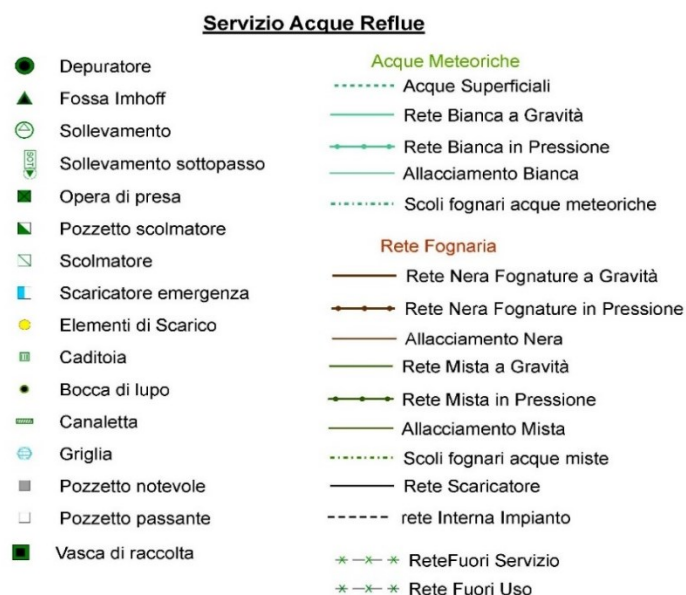


Figura 8. Legenda dei principali simboli utilizzati nella cartografia di HERA S.p.A. delle reti fognarie



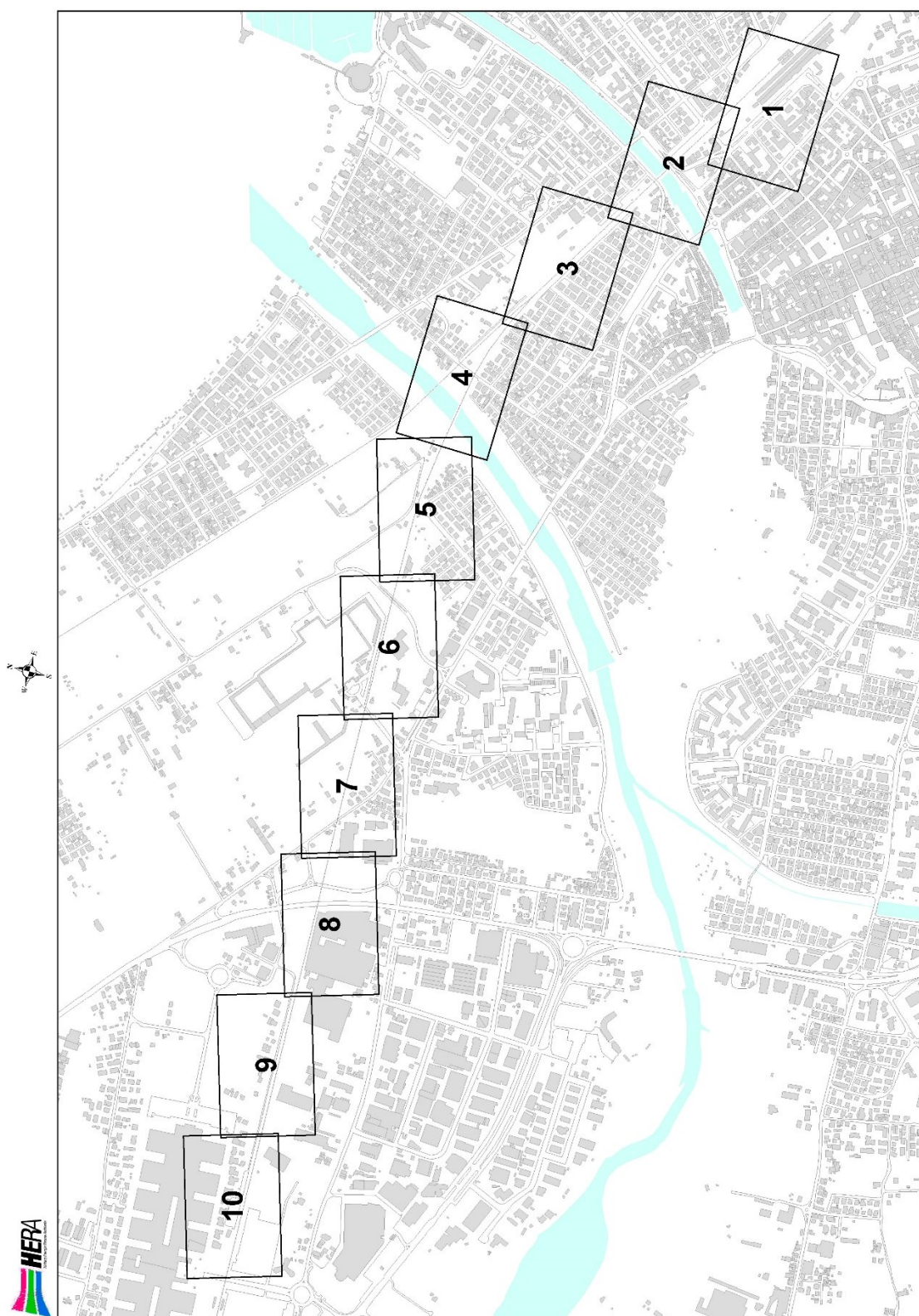


Figura 9. Strisciata mosaicata planimetricamente rappresentativa delle tavole di dettaglio fornite da HERA S.p.A. Procedendo da Est verso Ovest: da Tavola 1 (zona Stazione FF.SS. Rimini) a Tavola 10 (zona Fiera di Rimini)



Figura 10. Tavola 1 di dettaglio delle reti fognarie in gestione a HERA S.p.A.



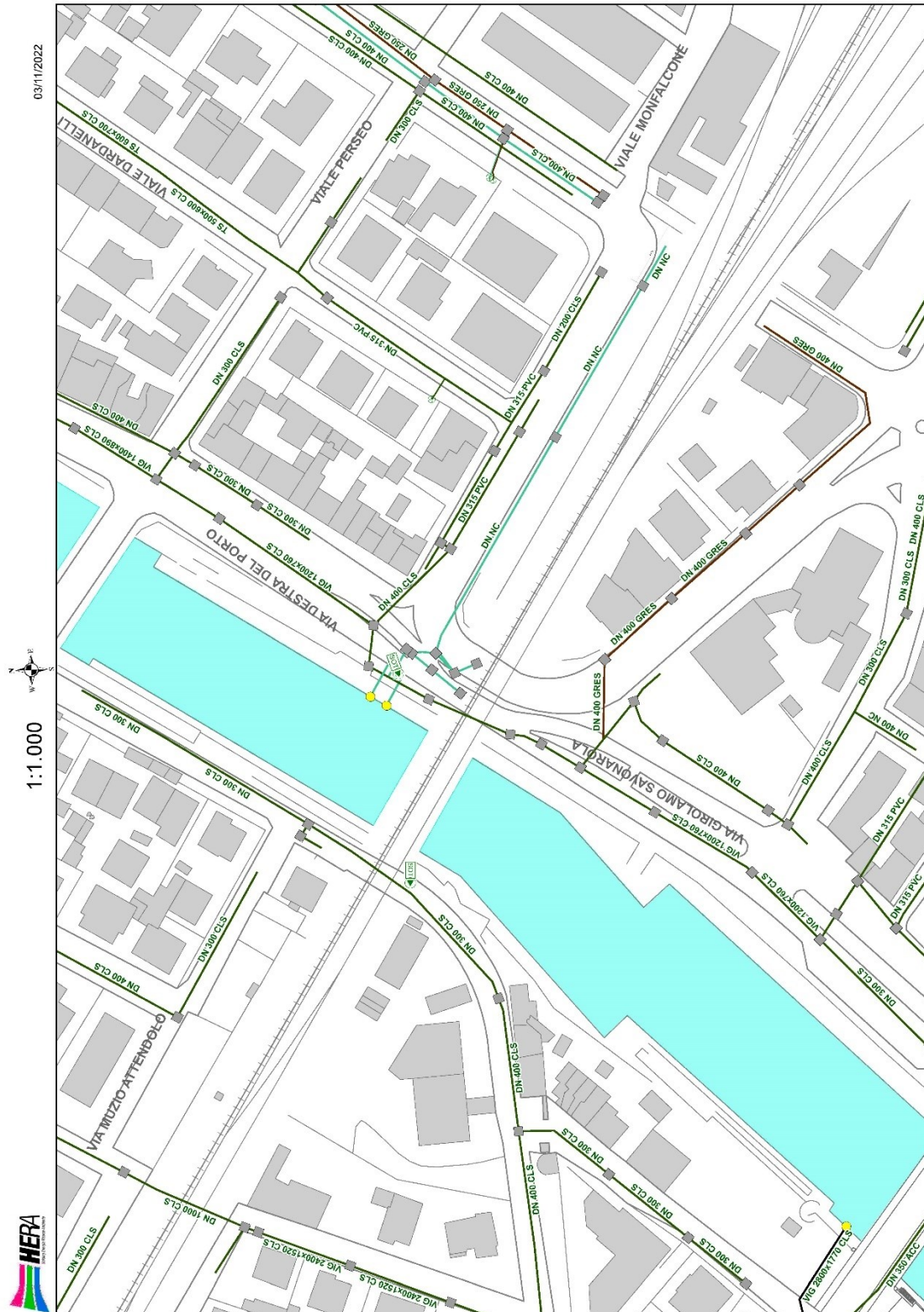


Figura 11. Tavola 2 di dettaglio delle reti fognarie in gestione a HERA S.p.A.





Figura 12. Tavola 3 di dettaglio delle reti fognarie in gestione a HERA S.p.A.



Figura 13. Tavola 4 di dettaglio delle reti fognarie in gestione a HERA S.p.A.



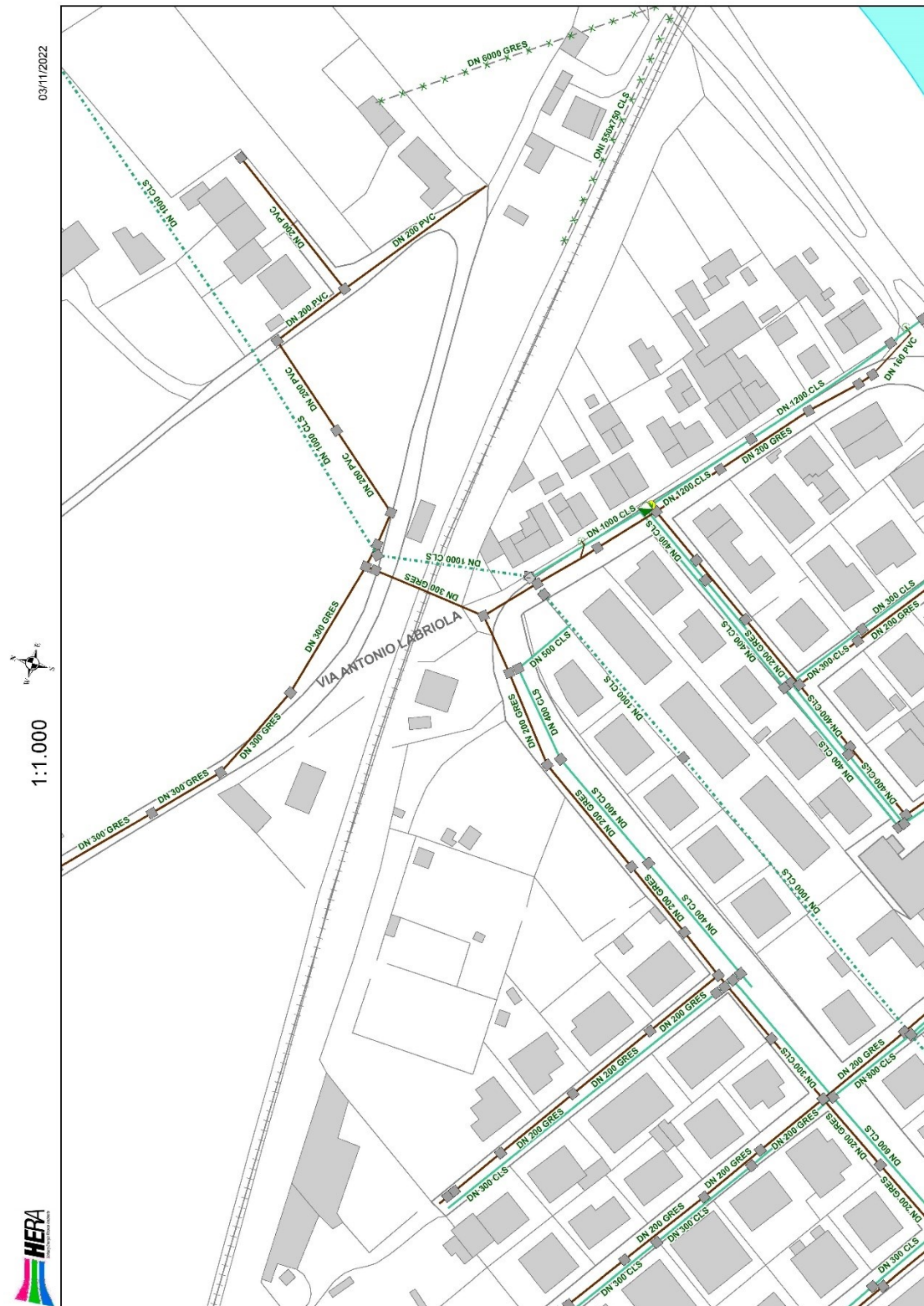


Figura 14. Tavola 5 di dettaglio delle reti fognarie in gestione a HERA S.p.A.



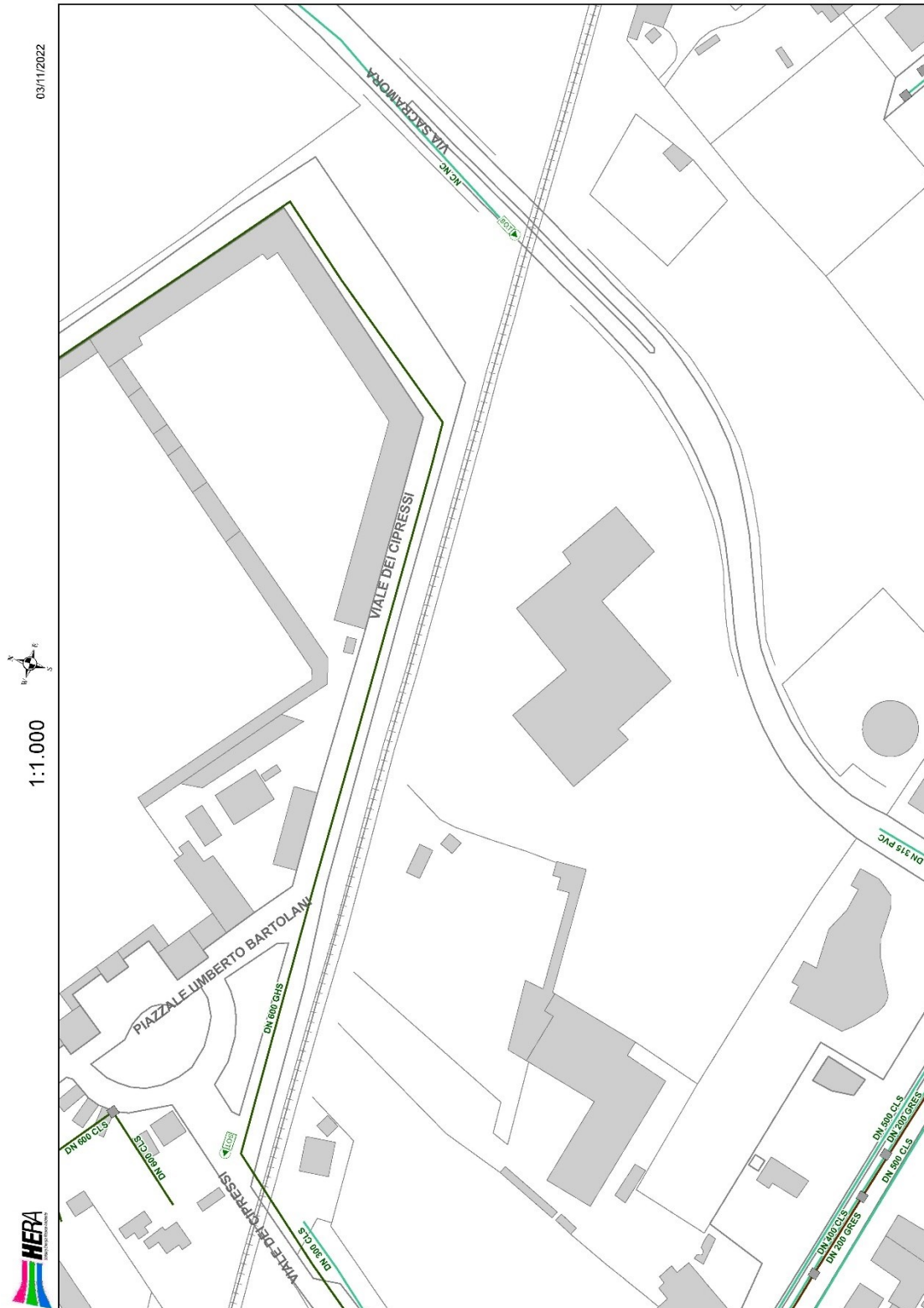


Figura 15. Tavola 6 di dettaglio delle reti fognarie in gestione a HERA S.p.A.



Figura 16. Tavola 7 di dettaglio delle reti fognarie in gestione a HERA S.p.A.



Figura 17. Tavola 8 di dettaglio delle reti fognarie in gestione a HERA S.p.A.





Figura 18. Tavola 9 di dettaglio delle reti fognarie in gestione a HERA S.p.A.



Figura 19. Tavola 10 di dettaglio delle reti fognarie in gestione a HERA S.p.A.

### 3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Una volta inquadrata dettagliatamente l'area, al Paragrafo 2, sotto l'aspetto idrografico, ad ogni livello gerarchico, risulta di fondamentale importanza definire preventivamente il quadro normativo, che nell'ultimo ventennio è andato a comporsi sempre più e ad articolarsi in Piani territoriali idraulici di natura diversa, che forniscono norme di riferimento anche sotto l'aspetto progettuale oltre che urbanistico-pianificatorio.

Oltre ad essi, esistono poi Regolamenti e/o Linee guida utilizzati dagli Enti gestori, a vario titolo, della rete di drenaggio secondaria ed urbana delle acque meteoriche, in primis il Consorzio di Bonifica della Romagna e HERA S.p.A.

Di tutti questi strumenti si riportano estratti normativi e grafici che rappresentano da un lato un utile riferimento tecnico per la presente attività progettuale, dall'altro la definizione ufficiale delle aree a diverso grado di "pericolosità idraulica" nei confronti di potenziali fenomeni idraulici (allagamenti, esondazioni, mareggiate, ...) a crescente tempo di ritorno (i.e. frequenza media di accadimento dell'evento).

Tutte queste informazioni e dati dovranno poi essere portati a sistema nelle successive fasi progettuali; solamente i valori già conosciuti delle principali grandezze fisiche (ad esempio, i livelli di piena bisecolare del reticolo idrografico principale, per la definizione delle quote d'intradosso degli impalcati dei nuovi ponti/viadotti) vengono fin d'ora già fissati ed assunti quali parametri di progetto fondamentali ed inderogabili.

Si riportano nel seguito gli estratti cartografici/normativi degli strumenti di pianificazione inerenti le problematiche idrauliche relative all'ambito interessato dal progetto.

#### 3.1. PAI – PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Questo fondamentale Piano Stralcio è stato redatto dall'allora Autorità Interregionale di Bacino Marecchia-Conca nel marzo 2004 e, successivamente, a più riprese dalla stessa modificato ed integrato, fino all'ultima "Variante 2016" di coordinamento e recepimento del PGRA (vedasi, a tal proposito, anche il successivo paragrafo 3.2) 1<sup>a</sup> ciclo, definitivamente adottato nel marzo 2016.

Si segnala che dal 17 febbraio 2017, con l'entrata in vigore del D.M. 25 ottobre 2016, l'Autorità di Bacino Marecchia-Conca, assieme ad altre Autorità di Bacino del territorio regionale (Reno, Fiumi Romagnoli), è stata soppressa per confluire nell'Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po; il Piano resta vigente e quindi questo non ha comportato alcuna novità sulla validità e cogenza delle Norme di Piano sul territorio di pertinenza, entro il quale ricade interamente il sedime delle opere qui oggetto di trattazione.

Per tale motivo, esse – così come evincibili dall'elaborato "Norme di Piano – Variante 2016", ed in particolare al Titolo II "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali" - saranno opportunamente elencate e richiamate nel seguito, distintamente per tipologia di reticolo/corpo idrico "responsabile" della pericolosità idraulica sitospecifica.



### 3.1.1. Pericolosità alluvionale del reticolo fluviale principale

Il primo estratto riportato fa riferimento alla tavola 4.1 del Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità Interregionale di Bacino Marecchia-Conca, inerente il reticolo fluviale principale dell'area indagata.


Questo strumento, il cui ultimo aggiornamento risale come detto alla Variante del 2016, individua gli alvei e le fasce di territorio inondabili per piene con tempi di ritorno fino a 200 anni e per piene con tempi di ritorno di 500 anni dei principali corsi d'acqua presenti sul suo territorio di pertinenza, oltre alle fasce ad alta vulnerabilità idrologica.

Il piano definisce una strategia di gestione finalizzata a salvaguardare le dinamiche idrauliche naturali con particolare riferimento alle esondazioni e alla evoluzione morfologica degli alvei, a salvaguardare la qualità ambientale dei corsi d'acqua attraverso la tutela dall'inquinamento dei corpi idrici e dei depositi alluvionali permeabili ad essi direttamente connessi, a favorire il mantenimento e/o il ripristino dei caratteri di naturalità del reticolo idrografico morfologica.


Infine, il Piano Stralcio formula indirizzi generali relativi alle scelte insediative per la mitigazione del rischio idraulico e predispone un programma di interventi per prevenire e risolvere le situazioni di rischio.


Relativamente all'intervento qui in progetto, il tracciato previsto attraverserà il "sistema composito del Fiume Marecchia" sia in corrispondenza del Deviatore Marecchia (attuale alveo principale) che del Porto Canale di Rimini (scolmatore di piena del Marecchia).


## Legenda

 Ambito di competenza PAI Marecchia-Conca

### FASCE FLUVIALI

 Alveo (art.8)

 Fascia con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni nella situazione pre-interventi (art. 9)

 AVI - Fasce ad alta vulnerabilità idrologica


 Delimitazione della fascia di territorio con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 500 anni (art. 10)

Figura 20.

Legenda della Tavola 4.1 di PAI – Variante 2016

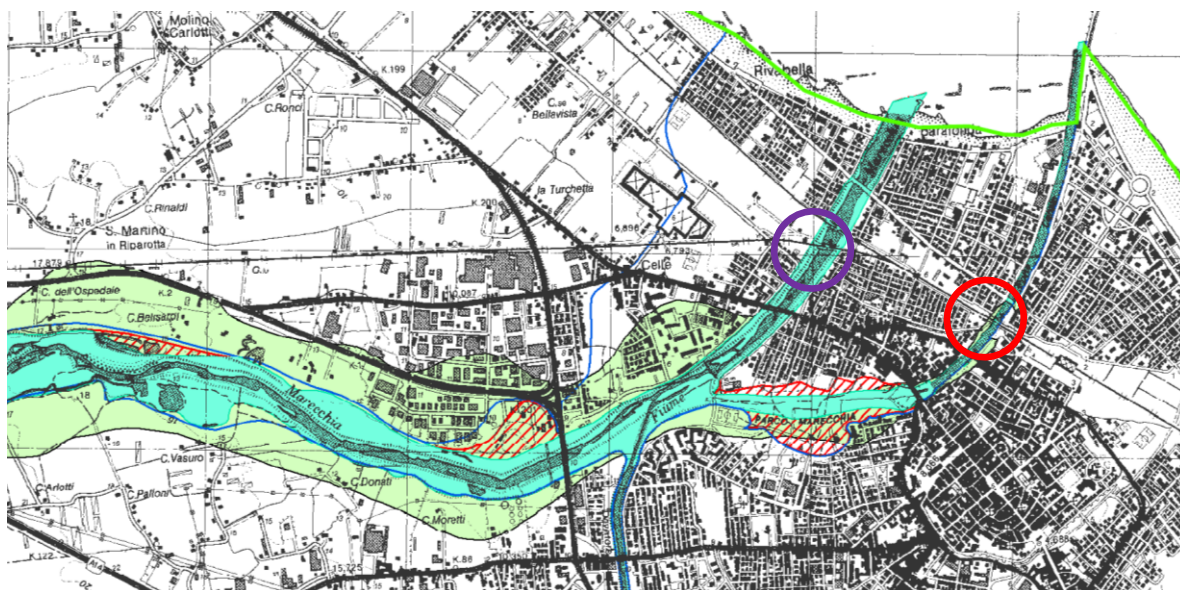


Figura 21. Estratto della Tavola 4.1 di PAI – Variante 2016

Di fatto, il tracciato della nuova linea “TRC2” si svilupperà, in minima parte, entro la fascia esondabile caratterizzata da tempi di ritorno pari a 500 anni (delimitata con linea blu, senza particolari vincoli/prescrizioni), mentre in corrispondenza dei due ponti sul Deviatore Marecchia e sul Porto Canale di Rimini le delimitazioni dell’alveo e della fascia fluviale interessata dalle piene bisecolori (Tr = 200 anni) coincidono, in quanto i livelli di piena risultano ivi contenuti entro i cigli arginali. Per questo tipo di pericolosità idraulica da reticolo idrografico principale, occorre fare riferimento agli Art. 8 “Alvei”, Art. 9 “Fasce di territorio di pertinenza dei corsi d’acqua: a) fasce con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni - b) fasce ad alta vulnerabilità idrologica - c) fasce ripariali - d) fasce arginali” e Art. 10 “Fasce di territorio con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno di 500 anni” delle Norme di Piano del citato Piano Stralcio, ai quali si rimanda testualmente per ogni approfondimento ulteriore.

Come si può chiaramente evincere da essi, l’opera in progetto, grazie alla sua configurazione plano-altimetrica (fortemente sopraelevata per lunghi tratti rispetto al piano campagna/strada attuale e con sedime lineare e di estensione areale modesta), oltre che per la sua natura di infrastruttura strategica di pubblica utilità, risulta pienamente compatibile con i principi e gli obiettivi del PAI.

Si segnala, inoltre, che già nella prima versione (2004) del PAI, come si evince dalla figura seguente, i ponti ferroviari delle linee per Ravenna (a valle) e per Bologna (a monte) sul Deviatore Marecchia erano stati catalogati come attraversamenti idraulicamente “non adeguati” rispetto a certi eventi eccezionali di piena (vedasi figura seguente); in particolare, quello principale sulla linea BO-AN risulta sofferente nei confronti della piena bisecolori (ma performante per la Tr = 50 anni) in ragione del suo imponente impalcato (di spessore di oltre 2 metri) e della quota inferiore di intradosso dello stesso (a quota di circa 3.80 m s.l.m), tale per cui di fatto il franco idraulico in corrispondenza di tale infrastruttura diventa pressoché nullo (solitamente da garantire nella misura di almeno 100-150 cm). Di tale circostanza si terrà debita considerazione per le assunzioni progettuali, di tipo idraulico, di cui al Paragrafo 5.1.1 della presente relazione.



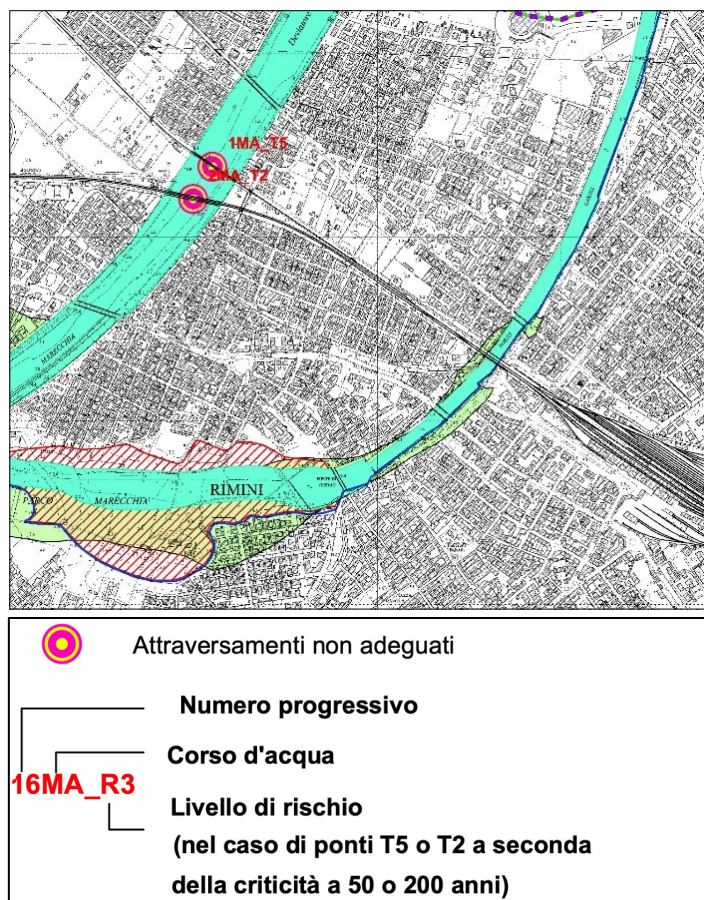


Figura 22. Estratto della Tavola 4.1 di PAI – Prima adozione 2004

### 3.1.2. Pericolosità alluvionale del reticolo secondario di pianura

Il secondo estratto riportato fa riferimento alla tavola 5.1 del Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità Interregionale di Bacino Marecchia-Conca, inerente il reticolo secondario di pianura dell'area indagata: tali perimetrazioni risultano integralmente mutate dal PGRA 1^ ciclo del 2016, così come già accennato in precedenza. Questo strumento, il cui ultimo aggiornamento risale come detto alla Variante del 2016, individua le fasce di territorio alluvionabili dal reticolo secondario di pianura per alluvioni "frequenti" con tempi di ritorno fino a 10 anni [P3] e per alluvioni "poco frequenti" con tempi di ritorno di fino a 100 anni [P2].

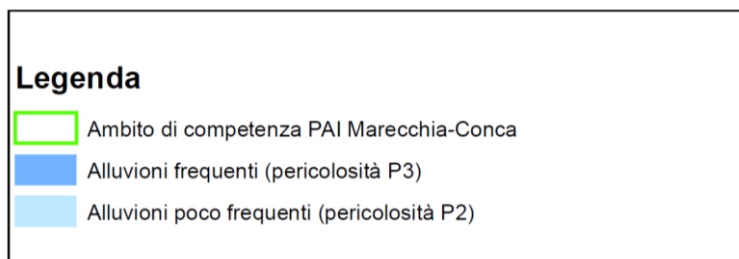


Figura 23. Legenda della Tavola 5.1 di PAI – Variante 2016

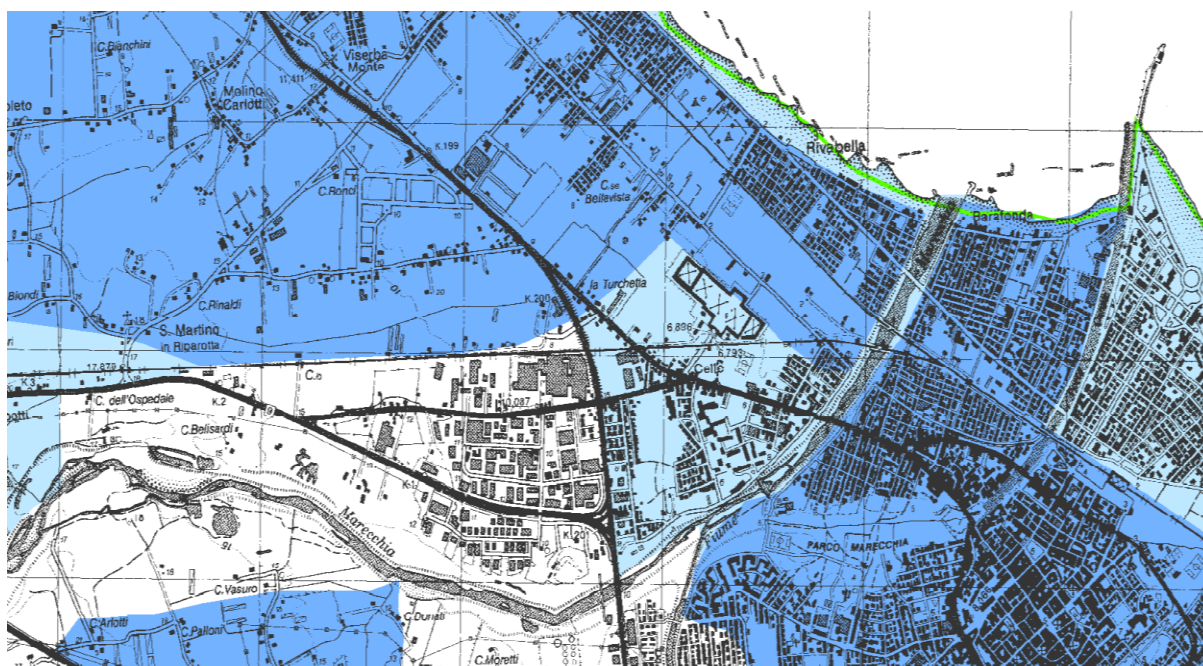


Figura 24. Estratto della Tavola 5.1 di PAI – Variante 2016

Di fatto, il tracciato della nuova linea “TRC2” si svilupperà:

- per la porzione est, dalla stazione FF.SS. di Rimini al Deviatore Marecchia, entro la fascia esondabile [P3] caratterizzata da tempi di ritorno pari a 10 anni (delimitata con colore blu, senza particolari vincoli/prescrizioni se non – quale misura di salvaguardia - il divieto di realizzazione di seminterrati/interrati, se non idraulicamente protetti, fattispecie qui non presente);
- per la porzione centrale, dal Deviatore Marecchia alla Statale Adriatica S.S. 16, entro la fascia esondabile caratterizzata da tempi di ritorno pari a 100 anni (delimitata con colore azzurro, senza particolari vincoli/prescrizioni);
- per la porzione ovest, dalla Statale Adriatica S.S. 16 alla Fiera di Rimini, in territorio esente da qualunque livello di pericolosità d’allagamento da reticolo di pianura.

Per questo tipo di pericolosità idraulica da reticolo secondario di pianura, occorre fare riferimento al Titolo IV “Norme in materia di coordinamento tra il Piano Stralcio di bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI) ed il Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA)” delle Norme di Piano del citato Piano Stralcio ed in particolare agli art. 19 “Finalità generali e ambito territoriale di riferimento”, art. 20 “Coordinamento del Piano Stralcio con le Mappe della pericolosità e del rischio di alluvione del PGRA” e art. 21 “Coordinamento del Piano Stralcio con le Misure del PGRA”, ai quali si rimanda testualmente per ogni approfondimento ulteriore.

Relativamente all’Art. 21, inoltre, si segnalano le ulteriori indicazioni fornite dall’ex Autorità di Bacino con la nota di “Chiarimenti e precisazioni in merito all’applicazione del Comma 2 dell’Art. 21 delle Norme di Piano del PAI” [Prot. 573 del 19.10.2016], in merito all’interpretazione dei vincoli/divieti in materia di spazi accessibili seminterrati e/o interrati.



Il PAI richiama sempre all'Art. 21 la necessità, entro un periodo limitato di tempo, dell'emanazione da parte dell'Autorità di bacino di una "Direttiva per la sicurezza idraulica della pianura" che comprenda "... i principi, i criteri ed i riferimenti tecnici per la redazione degli studi idraulici di approfondimento volti ad una più puntuale e dettagliata definizione delle aree inondabili e delle caratteristiche del potenziale fenomeno alluvionale, quali, ad esempio, i valori dei livelli idrici al di sopra del piano di campagna raggiungibili per eventi dei diversi tempi di ritorno presi a riferimento, fornendo così uno strumento per un approccio omogeneo su tutto il territorio dell'Autorità di Bacino ...".

Ad oggi, la citata Direttiva non risulta ancora emanata, né ad essa sopperiscono – come supporto tecnico – i vari Enti locali; pertanto, l'impianto normativo risulta carente del fondamentale strumento/metodo di definizione del tirante idrico di riferimento, valore difficilmente stimabile da parte dei progettisti senza i necessari elementi conoscitivi di base.

In termini del tutto qualitativi, d'altro canto, le opere qui in progetto risultano, senza ombra di dubbio, coerenti e compatibili con gli obiettivi e i principi delle Norme di Piano del PAI, in quanto il nuovo piano viabile della linea non risulta mai in scavo, cioè a quote più basse della campagna attuale, ma semmai sempre in rilevato, cioè con quote più alte del terreno. Inoltre, tale "differenziale altimetrico positivo" è notevolmente marcato specialmente nella porzione est (da poco dopo la stazione FF.SS. fin oltre il Deviatore Marecchia) e nella porzione centrale (dal Deviatore Marecchia fino alla via Capelli, vicino alla Statale Adriatica), che come visto in precedenza sono proprio le aree perimetrate a pericolosità idraulica alta [P3] e media [P2] da reticolo secondario di pianura.

In conclusione, l'opera in progetto, grazie alla sua configurazione plano-altimetrica (fortemente sopraelevata per lunghi tratti rispetto al piano campagna/strada attuale e con sedime lineare e di estensione areale modesta), oltre che per la sua natura di infrastruttura strategica di pubblica utilità, risulta pienamente compatibile con i principi e gli obiettivi del PAI.

### 3.1.3. Pericolosità alluvionale nell'ambito costiero

Il terzo estratto riportato fa riferimento alla tavola 6.1 del Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità Interregionale di Bacino Marecchia-Conca, inerente l'ambito costiero dell'area indagata e specificatamente il pericolo rappresentato dalle "alluvioni marine": tali perimetrazioni risultano integralmente mutate dal PGRA 1<sup>a</sup> ciclo del 2016, così come già accennato in precedenza. Questo strumento, il cui ultimo aggiornamento risale come detto alla Variante del 2016, individua le fasce di territorio alluvionabili dal mare per alluvioni "frequenti" con tempi di ritorno fino a 10 anni [P3], per alluvioni "poco frequenti" con tempi di ritorno di fino a 100 anni [P2] e per alluvioni "rare" con tempi di ritorno plurisecolari [P1] .

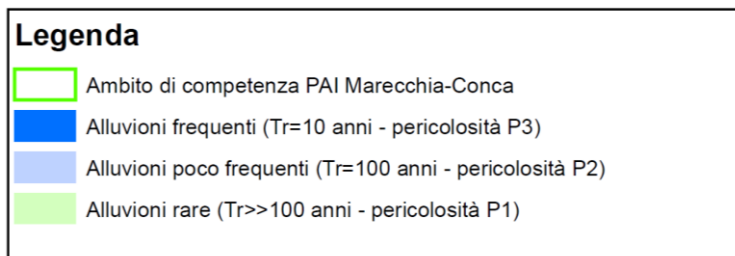


Figura 25. Legenda della Tavola 6.1 di PAI – Variante 2016



Figura 26. Estratto della Tavola 6.1 di PAI – Variante 2016

Di fatto, il tracciato della nuova linea “TRC2” si svilupperà integralmente in aree esenti da potenziali fenomeni alluvionali di origine marina.

A puro titolo informativo, si ricorda comunque che per questo tipo di pericolosità idraulica da alluvione marina occorre fare riferimento sempre al Titolo IV “Norme in materia di coordinamento tra il Piano Stralcio di bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI) ed il Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA)” delle Norme di Piano del citato Piano Stralcio ed in particolare ai già citati art. 19 “Finalità generali e ambito territoriale di riferimento”, art. 20 “Coordinamento del Piano Stralcio con le Mappe della pericolosità e del rischio di alluvione del PGRA” e art. 21 “Coordinamento del Piano Stralcio con le Misure del PGRA”, ai quali si rimanda testualmente per ogni approfondimento ulteriore.

In conclusione, l’opera in progetto è senz’altro compatibile con i principi e gli obiettivi del PAI.

#### 3.1.4. Applicazione del principio dell’invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali

In ultimo, è di rilevante importanza sotto l’aspetto progettuale un tema molto importante introdotto, a livello normativo, proprio dal PAI (fin dalla prima adozione del 2004) e che gli strumenti di pianificazione locale (provinciale e comunale) hanno immediatamente recepito: l’invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali che determinano un incremento netto delle superfici impermeabili.

A tal proposito, si riporta testualmente l’Art. 11 “Interventi per la mitigazione del rischio idraulico e per il mantenimento o ripristino della funzionalità idraulica e della qualità ambientale” delle Norme di Piano del PAI vigente, con particolare riguardo al Comma 3 Lettera a1):

1. Ai fini della mitigazione del rischio idraulico nell’ambito territoriale di riferimento e del mantenimento o ripristino della funzionalità idraulica e della qualità ambientale, il Piano Stralcio prevede interventi puntuali, direttamente correlati alle situazioni in atto, e interventi diffusi, atemporalmente, relativi all’intero bacino.

2. *Gli interventi puntuali, distinti in: interventi strutturali (opere di regimazione idraulica e di difesa idraulica, interventi di adeguamento delle infrastrutture di attraversamento, interventi di rinaturalizzazione; interventi manutentivi con carattere di urgenza) e misure di tipo non strutturale (misure di allarme), sono localizzati nelle tavole di piano (Allegato 4) e descritti nella tab. 1 delle presenti Norme. Le aree destinate alle opere di regimazione idraulica e di difesa idraulica vanno salvaguardate dagli strumenti urbanistici comunali per il recepimento delle opere indicate. L'attuazione degli interventi, secondo le priorità rapportate ai diversi gradi di rischio, avviene attraverso i Programmi triennali di intervento di cui agli artt. 69 ss del D. Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.; tali Programmi triennali di intervento devono includere anche uno specifico programma di monitoraggio che documenti le dinamiche evolutive della morfologia dei corsi d'acqua, dei caratteri biologici e dell'andamento del trasporto solido, questi ultimi letti in rapporto alle caratteristiche pedologiche e di utilizzo dei bacini di riferimento dei corsi d'acqua. Le richieste di finanziamento saranno attivate sulla base dei Programmi di triennali intervento e delle priorità da questi individuate.*

3. *Gli interventi diffusi riguardano:*

*a) il controllo della quantità delle acque meteoriche che vengono fatte defluire nei corsi d'acqua; a tal fine gli strumenti urbanistici generali devono prevedere che:*

*a1) in assenza di specifiche disposizioni emanate dalle Regioni e/o di studi generali condotti dagli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica comunali, negli interventi attuabili attraverso piani urbanistici attuativi, venga effettuata la raccolta delle acque meteoriche in invasi di laminazione tali da garantire un rilascio al corpo idrico ricettore non superiore a 10 l/s per ettaro di superficie drenata interessata dall'intervento ed in ogni caso con capacità pari ad almeno 350 m<sup>3</sup> per ogni ettaro di superficie effettivamente impermeabilizzata. Laddove si accerti la necessità di volumi di laminazione superiori al parametro minimo fissato dal presente comma (350 m<sup>3</sup>/ha) considerando il rilascio specifico massimo ammissibile (10 l/s per ha), si adotterà tale maggior valore. In caso contrario, ovvero di volumi definiti con riferimento al rilascio massimo stabilito (10 l/s per ha) inferiori a 350 m<sup>3</sup>/ha di superficie impermeabilizzata, dovrà invece adottarsi il suddetto valore minimo per il dimensionamento del serbatoio di laminazione, riducendo coerentemente il rilascio massimo ammissibile sul ricettore terminale. Gli invasi di laminazione possono avere capacità inferiore rispetto a quanto sopra disciplinato, o, solo per interventi di superficie inferiore a 5.000 m<sup>2</sup> di superficie territoriale, possono non essere previsti, se il loro dimensionamento viene verificato da apposito studio che documenti le modalità di smaltimento delle acque meteoriche in rapporto alle caratteristiche e alla capacità di smaltimento delle portate di piena dei corpi idrici ricettori;*

*a2) negli interventi in zona agricola relativi a drenaggi tubolari interrati in sostituzione della rete scolante superficiale, vengano realizzati invasi con capacità corrispondente al volume della rete scolante eliminata, per garantire la permanenza di acqua di superficie nel territorio agricolo; il rilascio graduale delle acque degli invasi nei corsi d'acqua riceventi, finalizzato a compensare la diminuzione del tempo di corrivazione e l'incremento di apporto d'acqua, dovrà avvenire con modalità concordate con l'Autorità idraulica responsabile del corso d'acqua ricevente;*



*b) il controllo della qualità delle acque reflue urbane che vengono fatte defluire nei corsi d'acqua; a tal fine va effettuato l'adeguamento a quanto disposto dall'art. 105 (Scarichi in acque superficiali) e dall'art. 106 (Scarichi di acque reflue urbane in corpi idrici ricadenti in aree sensibili) del D. Lgs. n. 152/2006 e s.m.i., ricadendo i tratti di 10 km dalla linea di costa dei corsi d'acqua a questa afferenti nelle "aree sensibili" elencate all'art. 91, comma 1 lett. d) del citato D. Lgs.;*

*c) il controllo dell'apporto idrico e solido che perviene nei corsi d'acqua dai versanti collinari e montani; a tal fine vanno programmati e realizzati gli interventi strutturali areali (idraulico-forestali, idraulico-agrari, di forestazione) riguardanti i versanti con fenomeni di dissesto idrogeologico comportanti significative ricadute sulle dinamiche fluviali;*

*d) il controllo dei volumi d'acqua esondabili; a tal fine va attuato un programma di interventi manutentivi relativi sia agli alvei che alle opere idrauliche che assicurino il regolare deflusso, senza intralci, delle acque e, conseguentemente, il non ampliamento delle aree nelle quali è prevista l'esondazione.*

Tale principio d'invarianza idraulica è stato poi recepito e dettagliato all'interno della vigente variante al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP 2012), che la Provincia di Rimini ha approvato con la delibera di Consiglio Provinciale n. 12 del 23 aprile 2013, comprensiva dell'estensione del PTCP 2007 al territorio dell'Alta Valmarecchia, del recepimento delle disposizioni vigenti in tema di tutela delle acque e della carta forestale aggiornata per tutto il territorio provinciale.

Nello specifico, trattasi dell'Art. 2.5 "Mitigazione del rischio idraulico e funzionalità idraulica" delle Norme di Attuazione del PTCP, che si riporta testualmente:

*1.(P) I Comuni, nella predisposizione degli strumenti urbanistici generali e comunque entro due anni dall'entrata in vigore del presente Piano, redigono uno studio generale volto alla individuazione delle eventuali aree urbane esposte al rischio idraulico connesso allo smaltimento delle acque meteoriche e assumono idonee misure di mitigazione in particolare prevedendo la localizzazione e la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque a servizio di più ambiti o complessi insediativi, esistenti e di previsione, in accordo con le Autorità competenti individuando gli interventi a carico dei soggetti privati.*

*2. (P) In assenza dello studio generale di cui al precedente comma 1, negli interventi attuativi di trasformazione urbana e di nuova urbanizzazione devono essere previsti, quali opere di presidio idraulico, invasi di laminazione tali da garantire un rilascio al corpo idrico ricettore non superiore a 10 l/s per ettaro di superficie drenata interessata dall'intervento ed in ogni caso con capacità pari almeno a 350 m<sup>3</sup> per ogni ettaro di superficie effettivamente impermeabilizzata. Il corretto dimensionamento delle opere di presidio idraulico e delle opere di recapito al corpo idrico ricettore dovranno essere determinate con specifico studio idraulico. Nel caso in cui dal calcolo del volume di laminazione necessario a garantire il rispetto del rilascio massimo ammissibile di 10 l/sec per ettaro di superficie drenata, risultasse un valore superiore ai 350 m<sup>3</sup> per ogni ettaro di superficie impermeabilizzata, si procederà al conseguente maggiore dimensionamento delle opere di laminazione. Se viceversa il volume di laminazione necessario risultasse inferiore a 350 m<sup>3</sup> per ogni ettaro di superficie impermeabilizzata, non potendo derogare alla capacità minima delle opere di laminazione, sarà necessario ridurre di conseguenza il rilascio sul ricettore terminale.*

*Le opere di laminazione possono avere capacità inferiore a 350 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie impermeabilizzata o possono non essere previste (solo per interventi inferiori a 5.000 m<sup>2</sup> di superficie territoriale), se il loro dimensionamento viene verificato da apposito studio specifico che documenti la modalità di smaltimento delle acque meteoriche in rapporto alle caratteristiche e alla capacità di smaltimento delle portate di piena dei corpi idrici ricettori fino al ricettore finale e alle eventuali criticità connesse al rischio idraulico dell'area urbana afferente ai medesimi ricettori.*

*3.(P) Nell'attuazione delle previsioni urbanistiche, nonché negli interventi di riqualificazione urbana o di sostituzione degli insediamenti esistenti e nei singoli interventi edilizi, deve essere ridotta al minimo l'impermeabilizzazione dei suoli prevedendo usi che non ne pregiudichino la permeabilità e perseguendo la tendenziale riduzione della superficie impermeabile. I Comuni definiscono la percentuale di superficie (non inferiore al 30% della superficie territoriale) che deve essere mantenuta permeabile in profondità e la realizzazione di opere di compensazione per la riduzione degli effetti dovuti alla impermeabilizzazione. Tali opere sono definite dai Comuni sulla base delle indicazioni dell'Autorità di Bacino interregionale Marecchia e Conca e dei gestori della rete scolante.*

*4.(D) Nella realizzazione di interventi edilizi, anche singoli, di riqualificazione o di nuova costruzione i Comuni devono prevedere la realizzazione di idonei sistemi di raccolta e riutilizzo delle acque piovane al fine di ridurre il rischio idraulico connesso al deflusso delle acque meteoriche e di favorire il risparmio idrico.*

*5.(D) Per quanto riguarda le modalità di gestione delle acque di prima pioggia, anche in relazione agli interventi di cui ai precedenti commi 1 e 2, si rinvia alle disposizioni dell'art. 10.2 delle presenti norme.*

*6.(P) Nel territorio agricolo deve essere mantenuta, a carico dei conduttori dei fondi, la rete scolante superficiale. In caso di sostituzione dei fossi con drenaggi tubolari interrati devono essere realizzati invasi con capacità corrispondente al volume della rete scolante eliminata al fine di garantire la permanenza di acqua di superficie nel territorio agricolo.*

*7.(D) I Comuni assumono nel Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE) norme organiche e di dettaglio in attuazione delle finalità e delle disposizioni di cui al presente articolo; per il territorio agricolo faranno riferimento anche al "Regolamento provinciale in materia di difesa del suolo" approvato dal Consiglio provinciale con delibera n. 25 del 9 aprile 2001.*

In ultimo, come si illustrerà sinteticamente nei successivi paragrafi 3.3 e 3.4, anche i diversi Enti gestori dei potenziali corpi recettori (solitamente, canali consortili o, più frequentemente, la rete fognaria mista o bianca pubblica) hanno emanato in materia linee guida e/o regolamenti con metodologie di calcolo e dimensionamento, prescrizioni, particolari costruttivi ed indicazioni generali sulla corretta ed ottimale progettazione e realizzazione dei dispositivi di laminazione invariati.

Come richiamato più dettagliatamente al paragrafo 5, tutte queste disposizioni normative e tecniche andranno adeguatamente utilizzate e recepite in fase di progettazione definitiva ed esecutiva delle opere ed in particolare di quelle della piattaforma stradale della nuova strada "TRC2", in quanto risultante quella maggiormente impermeabilizzante i terreni attuali di sedime dell'opera.

L'aspetto positivo di questo specifico progetto è che il combinato dei vari aspetti connotanti il sito ed il progetto - cioè l'elevato tasso di impermeabilizzazione attuale dei luoghi oggetto d'intervento, la modesta superficie complessiva dell'impronta planimetrica delle opere, la necessaria "frammentazione" in più sottoreti di fognatura bianca a servizio dei singoli tratti di nuova strada tributari ognuno di un diverso corpo recettore esistente (fognario o di bonifica), l'implementazione nella nuova piattaforma di notevoli dispositivi fognari (condotte, drenaggi, canalette grigliate, caditoie, pozzetti d'ispezione, ...) che possono garantire intrinsecamente un buon volume d'accumulo e laminazione delle acque di pioggia - fa sì che i volumi di laminazione da reperire saranno normalmente contenuti a valori modesti, spesso automaticamente reperibili integralmente nei normali volumi fognari progettati.

Al più, nei casi di invarianza idraulica più "spinta", occorrerà, in fase di progettazione successiva, prevedere una maggiorazione (sovradimensionamento) delle dorsali fognarie a servizio della piattaforma stessa, senza necessità di ulteriori sistemi puntuali quali vasche di laminazione interrato o depressioni morfologiche a cielo aperto, tra l'altro di difficile, se non impossibile, individuazione nell'ambito urbano denso ed intensivo caratterizzante la zona urbana riminese d'intervento.

### 3.2. PGRA – PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI

Lo strumento di pianificazione principale, dal 2017, è diventato il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) introdotto dal D.Lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE, che ne prescrive, tra l'altro, una cadenza sessennale di aggiornamento.

Il primo PGRA, per il periodo 2009-2015, è stato approvato nella primavera 2016 e poi recepito, come visto, dal PAI vigente con apposita Variante di coordinamento a fine 2016.

Dopo un analogo percorso di elaborazione, adozione, osservazioni (e relativo recepimento/riassetto) ed approvazione finale, il 16 dicembre 2021 sono divenuti vigenti gli elaborati del II° ciclo del PGRA.

Rispetto a quanto già recepito dal PAI come PGRA 1<sup>a</sup> ciclo, le recentissime modifiche introdotte dal PGRA 2<sup>a</sup> ciclo hanno apportato alcune importanti affinamenti e/o integrazioni, ad esempio come perimetrazioni delle aree allagabili o del loro grado di pericolosità. Le novità introdotte da tali aggiornamenti cartografici delle aree allagabili (II° ciclo PGRA) di cui al Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po n. 42/2022: "Art. 9 della deliberazione C. I. n. 4 del 17 dicembre 2015 e s.m.i.: approvazione di aggiornamenti cartografici delle aree allagabili di cui alle "mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni del distretto idrografico del fiume Po relative al II ciclo sessennale di pianificazione (pubblicate in ottemperanza alle disposizioni della deliberazione cip n. 8/2019) e correzioni di errori materiali", alla stregua delle analoghe fasce di PAI vigente sono diventate automaticamente già cogenti, in regime di salvaguardia, ai sensi di quanto previsto dall' Art. 3 Comma 3 del Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po n. 131/2021.

Il PGRA, come già accennato in precedenza, riguarda tutti gli aspetti legati alla gestione del rischio di alluvioni: la prevenzione, la protezione, la preparazione e il ritorno alla normalità dopo il verificarsi di un evento, comprendendo al suo interno anche la fase di previsione delle alluvioni e i sistemi di allertamento, oltre alla gestione in fase di evento.



Sono di seguito riportati gli estratti delle mappe della pericolosità del PGRA nell'intorno dell'area interessata dal progetto, che riproducono in differenti gradazioni di blu i diversi gradi di pericolosità idraulica, individuando, come rappresentato sulla legenda di figura successiva:

- aree caratterizzate da alluvioni rare con tempi di ritorno ultracentennale, o a bassa probabilità di allagamento, denominate L-P1
- aree caratterizzate da alluvioni poco frequenti con tempi di ritorno di 100 anni, o a media probabilità di allagamento, denominate M-P2
- aree caratterizzate da alluvioni frequenti con tempi di ritorno di 10 anni, o ad alta probabilità di allagamento, denominate H-P3.

Le mappe rappresentate sono tre, dato che le pericolosità idraulica indagata è connessa, come già in precedenza, a tre diverse potenziali fonti di rischio; rispettivamente:

- ad eventuali esondazioni da reticolo principale,
- ad eventuali fenomeni di spagliamento connessi al reticolo secondario di pianura,
- ad eventuali fenomeni di "ingressione" marina.

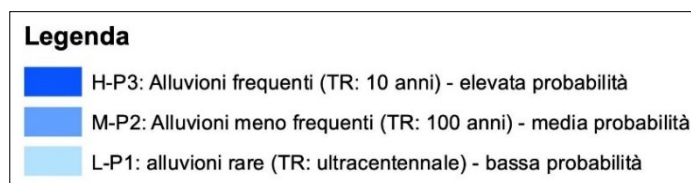


Figura 27. Legenda delle mappe di pericolosità del PGRA 2^ ciclo (2015-2021)

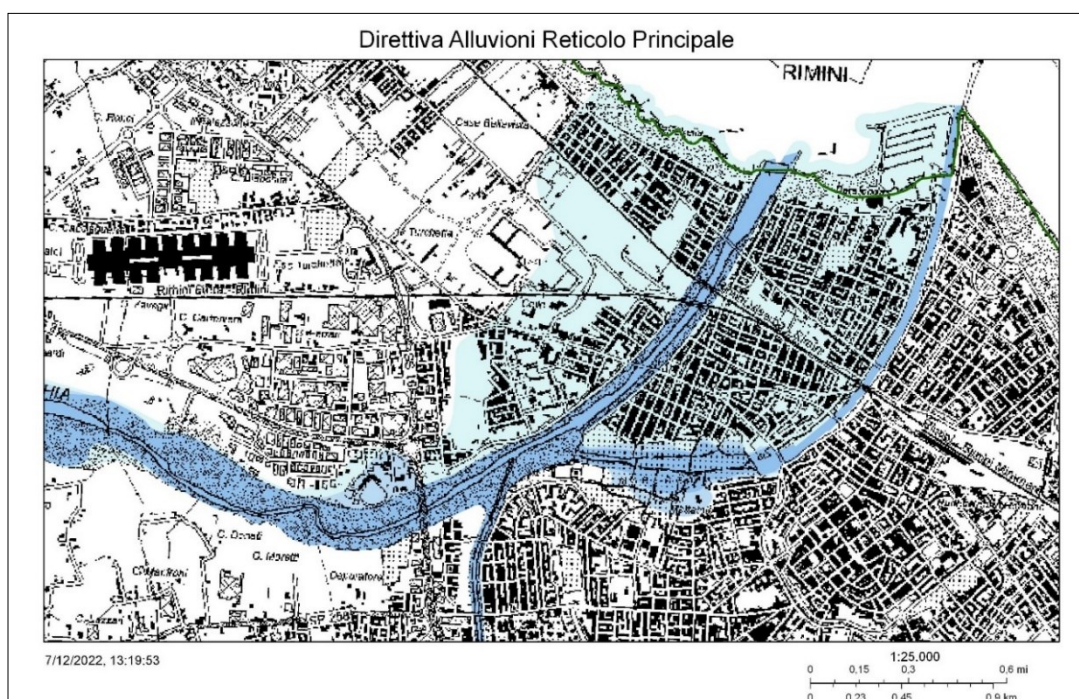


Figura 28. Mappa di pericolosità del PGRA 2^ ciclo per il Reticolo Principale



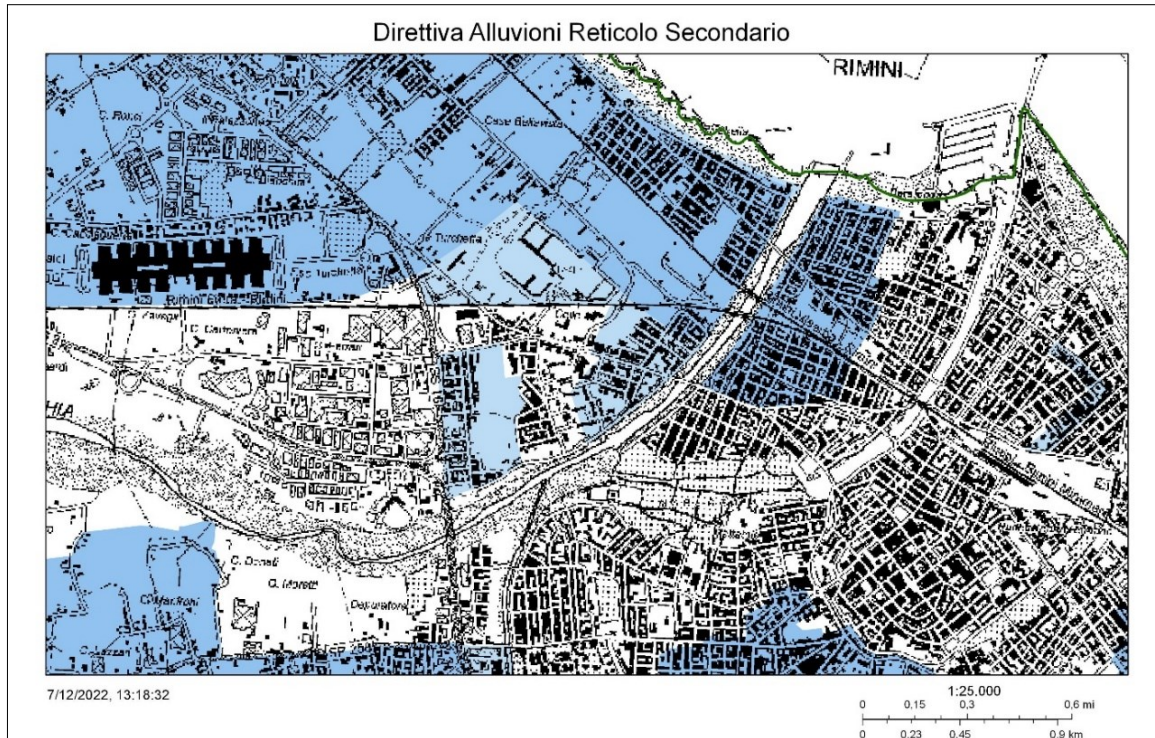


Figura 29. Mappa di pericolosità del PGRA 2<sup>a</sup> ciclo per il Reticolo Secondario di Pianura

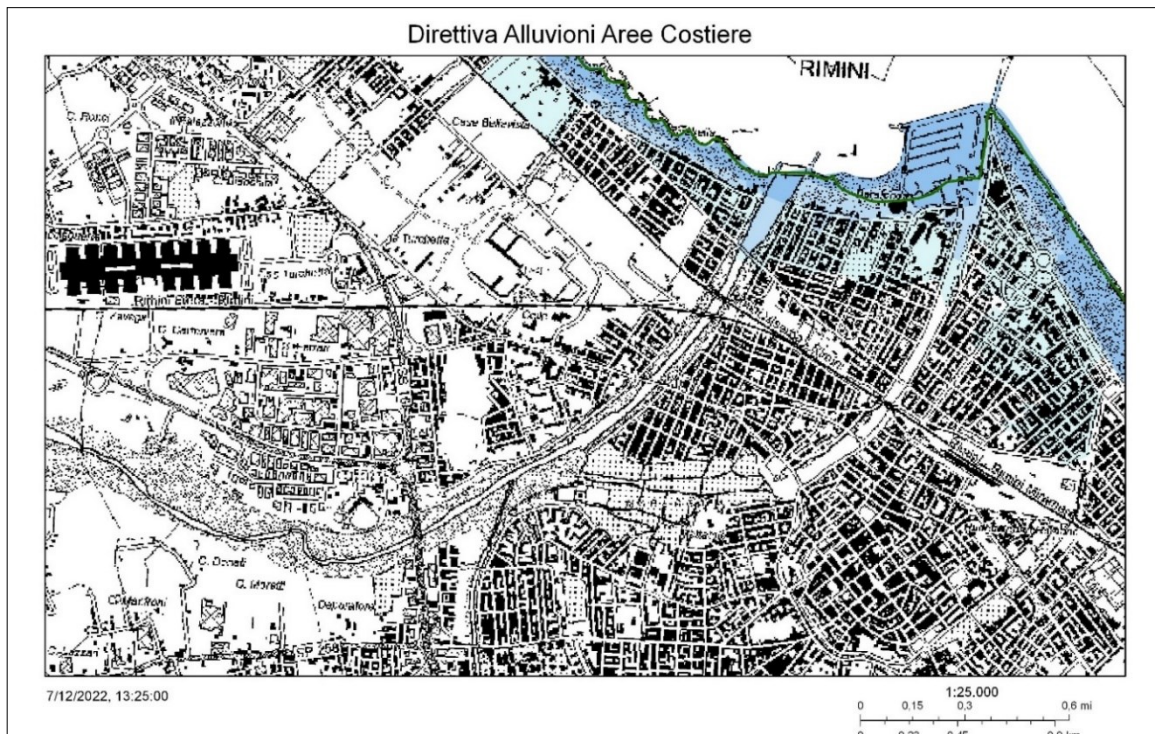


Figura 30. Mappa di pericolosità del PGRA 2<sup>a</sup> ciclo per l'area costiera



Si evidenzia che, rispetto alle mappe del 1<sup>o</sup> ciclo, poco cambia per il reticolo principale e l'ambito costiero (esondazioni da fiume solo per eventi plurisecolari – P1 – e assenza di alluvioni marine nell'area d'intervento), mentre si riduce notevolmente la fascia di allagamento da reticolo secondario di pianura (i.e. l'aggiornamento delle mappe ha escluso tutta la porzione est dell'intervento, da via Borgatti/Spinelli alla stazione FF.SS. di Rimini). Ciò significa che l'intervento in progetto, già conforme al PAI come visto al paragrafo 3.1 precedente, risulterà a maggior ragione compatibile con le risultanze del recentissimo PGRA 2<sup>o</sup> ciclo.

La Direttiva Alluvioni pone altresì la necessità di individuare le unità territoriali di gestione del rischio dove le condizioni di rischio potenziale sono particolarmente significative. Tali aree, denominate aree a rischio significativo di alluvioni (APSR), sono individuate:

- a livello regionale dall'autorità di bacino distrettuale,
- a livello locale dalle varie regioni afferenti al distretto.

La porzione di territorio oggetto d'intervento per le presenti opere in progetto interessa un'area APSFR (area a rischio significativo di alluvioni di livello regionale) individuata all'interno dell'unità ITIO1319 Marecchia-Conca (il piano distrettuale parla di Unit of Management), per la quale sono state elaborate le tavole dei tiranti idrici per gli scenari di pericolosità alluvionale di:

- bassa probabilità (L-P1),
- media probabilità (M-P2),
- elevata probabilità (H-P3).

Gli estratti di queste mappe sono riportati rispettivamente, con lo stesso ordine logico di quelle precedenti, nelle prossime tre figure delle pagine seguenti, con annessa la relativa legenda.

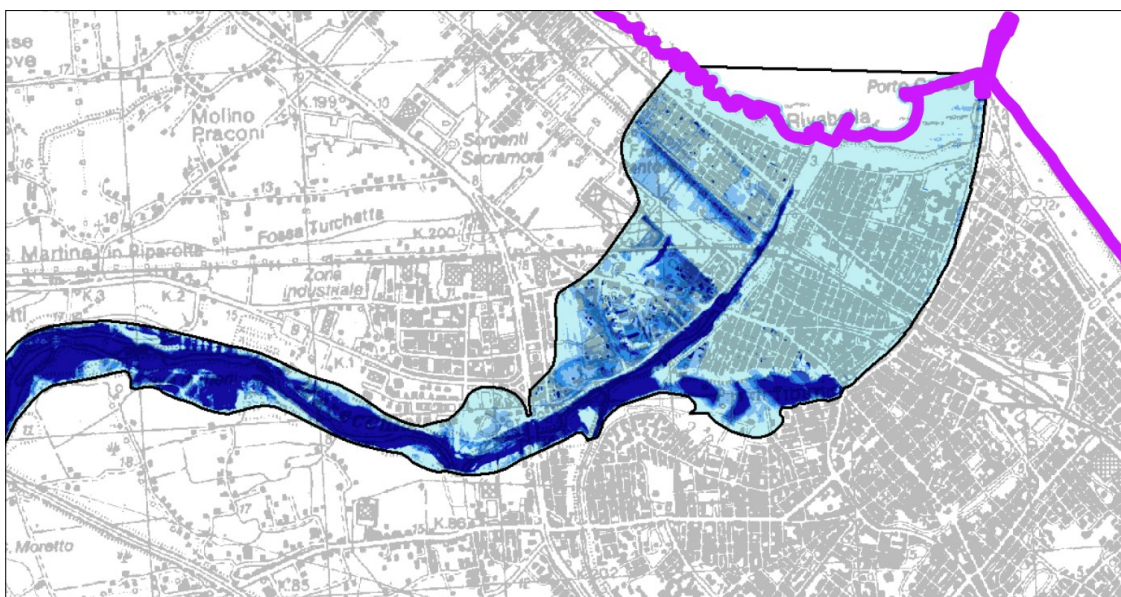


Figura 31. Mappa dei tiranti idrici per le aree a rischio potenziale significativo (APSR) - Scenario P1-L



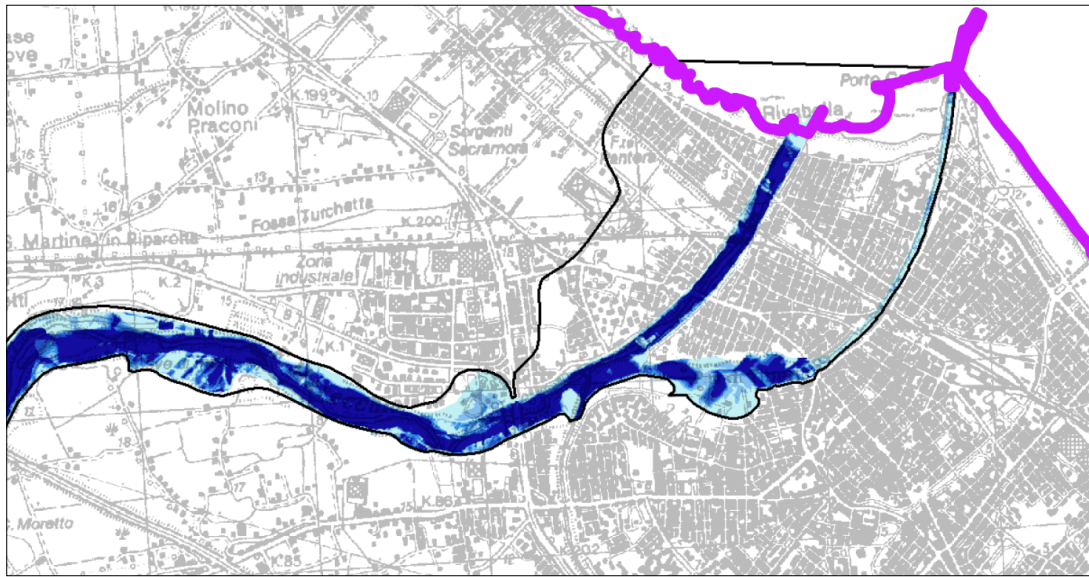


Figura 32. Mappa dei tiranti idrici per le aree a rischio potenziale significativo (APSFR) - Scenario P2-M

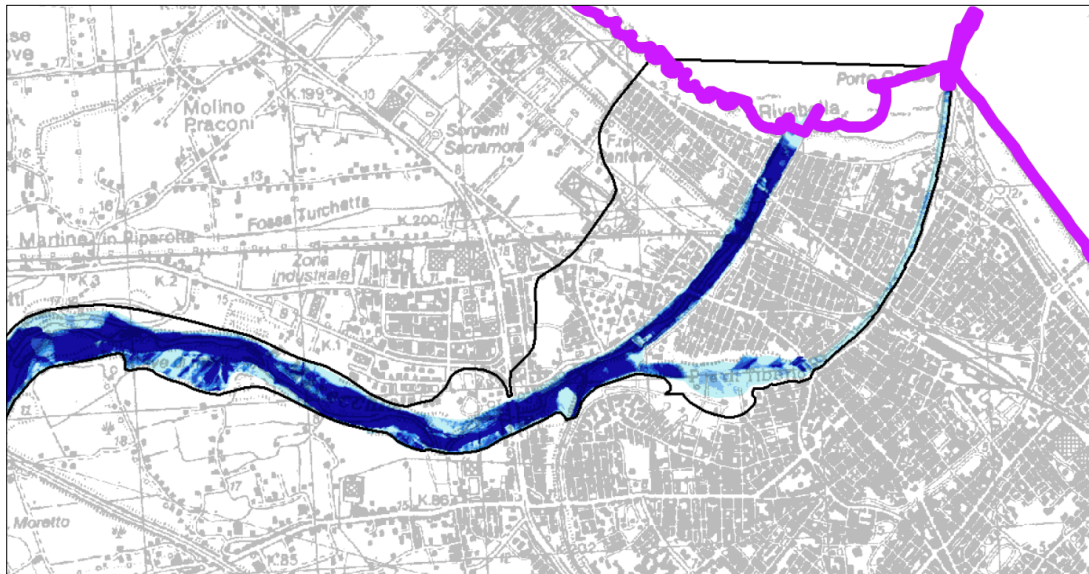


Figura 33. Mappa dei tiranti idrici per le aree a rischio potenziale significativo (APSFR) - Scenario P3-H

Tiranti	
<span style="color: lightblue;">■</span>	altezza < 0.5 m
<span style="color: blue;">■</span>	0.5 m ≤ altezza < 1.0 m
<span style="color: darkblue;">■</span>	1.0 m ≤ altezza < 1.5 m
<span style="color: black;">■</span>	1.5 m ≤ altezza < 2.0 m
<span style="color: black;">■</span>	altezza ≥ 2.0 m

Figura 34. Legenda delle classi dei tiranti idrici per le aree a rischio potenziale significativo (APSFR)

Tali mappe confermano, in ragione di due circostanze evincibili chiaramente dalla loro lettura critica, la compatibilità e coerenza idraulica dell'opera in progetto e della sua configurazione altimetrica con il PGRA 2<sup>a</sup> ciclo, in quanto:

- I tiranti idrici delle APSFR riguardano il solo alveo del Deviatore Marecchia e del Porto Canale di Rimini (sfioratore di piena del Fiume Marecchia stesso) e non producono fuoriuscite laterali in campagna sia nello Scenario P2-M che nello scenario P3-H, il che significa che fino ad eventi bisecolari le piene fluviali risultano ancora contenute entro argini. Per questo motivo occorre unicamente garantire ai ponti in alveo della nuova "TRC2" gli adeguati franchi rispetto a tali tiranti (i.e. quota d'intradosso degli impalcati ben al di sopra dei livelli massimi di piena) e la minimizzazione di ostruzioni trasversali alla corrente (pile, spalle): tale condizione sarà garantita in ragione delle assunzioni progettuali esplicitate al Paragrafo 5;
- I tiranti idrici delle APSFR riguardano anche porzioni territoriali esterne all'alveo del Deviatore Marecchia e del Porto Canale di Rimini (sfioratore di piena del Fiume Marecchia stesso), a causa di fuoriuscite laterali in campagna, nel solo Scenario P1-L (ricorrenza plurisecolare), ricorrenza media rara da utilizzarsi per la predisposizione dei Piani di Protezione Civile ma non da assumersi a riferimento per i parametri sollecitanti di progetto. Nonostante tale importante premessa, si rileva comunque che anche in tale Scenario P1 i tiranti risultano quasi ovunque inferiori a 50 cm tra il Porto canale di Rimini e via Sacramora, in una zona dove la piattaforma stradale della nuova linea "TRC2" presenterà quote più alte delle quote terreno sottostanti ben maggiori.

### 3.3. REGOLAMENTO DI POLIZIA IDRAULICA

Come già evidenziato al precedente Paragrafo 2, le interferenze con il reticolo di scoli - tombinati o a cielo aperto - in gestione al Consorzio di Bonifica della Romagna sono puntuali, in numero limitato e di complessità di risoluzione relativamente modesta. Per tale tipologia di reticolo, tutte le azioni (progetti, lavori, attività lavorative, distanze di rispetto, infrastrutture interferenti, ...) che rientrano nella fascia di rispetto (10 metri dal ciglio e/o dal limite demaniale e/o dal filo esterno della tombinatura) di tali canali devono essere conformi al vigente Regolamento di Polizia Consorziale (in attuazione del R.D. 368/1904) ed essere oggetto di nullaosta idraulico e/o autorizzazione e/o concessione da parte dell'Ente stesso. A tal proposito, è dirimente l'Art. 1 del citato Regolamento, che si riporta testualmente nella figura di pagina seguente.

Procedendo da Est verso Ovest, sono tre gli scoli interferenti con il sedime della nuova linea "TRC2", di importanza secondaria (cioè non a rilevante funzione idraulica come i canali principali, secondo le definizioni di cui all'Art. 3 del citato Regolamento di Polizia):

- Scolo Dossetto
- Scolo Dosso
- Scolo Matrice Spule

Essi risultano tutti tombinati con tubazioni/manufatti di diametro/forma variabile nei punti d'interesse e con "assetto d'interferenza" con le infrastrutture lineari esistenti, in primis la linea ferroviaria BO-AN (e di conseguenza anche con quelle qui in progetto) diversificate, così come meglio descritto dettagliatamente al Paragrafo 5.

 <p>Consorzio di Bonifica della Romagna</p>	<p><b>REGOLAMENTO DI POLIZIA IDRAULICA</b> per la conservazione e la polizia delle opere pubbliche di bonifica e loro pertinenze in attuazione del R.D. 08/05/1904 n. 368</p>		
		Rev.03	Data 09/04/2015

**Approvazioni:**

Proposto con:	Delibere CA n° 1051/2014/CA del 18/11/2014 e n. 1165 del 24/03/2015
Adottato con:	Delibera Consiglio di Amministrazione n. 047 del 02/12/2014
Approvato con:	Delibera Consiglio di Amministrazione n. 049 del 09/04/2015
Esaminato dalla Giunta Regione-Emilia Romagna Direzione Generale Affari Istituzionali e Legislativi	Atto n. PG/2015/508797 del 17/07/2015

**Art. 1**

**Oggetto del Regolamento**

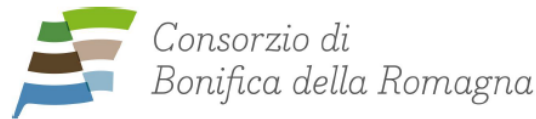
Il Consorzio di bonifica è Ente di diritto pubblico, ai sensi dell'art. 862 c.c., dell'art. 59 del R.D. 13 febbraio 1933, n. 215, e dell'art. 12 della legge regionale 2 agosto 1984, n. 42.

In applicazione del R.D. 368/1904, della L. R. 42/1984 e ss.mm., L. R. n. 5/2009 e del vigente Statuto consorziale approvato con Deliberazione di Giunta della Regione Emilia-Romagna n. 1380/2010 come modificata con Delibera di Giunta Regionale n. 62 del 23/01/2012, il Consorzio adotta il presente Regolamento, che disciplina:

1. la conservazione e manutenzione delle opere pubbliche di bonifica e irrigazione;
2. gli obblighi connessi alla realizzazione, esercizio, manutenzione di manufatti posti in essere da terzi nei canali ed altre opere pubbliche di bonifica, irrigazione e loro pertinenze;
3. le immissioni di acque meteoriche;
4. la salvaguardia della rete consortile, delle opere pubbliche di bonifica di competenza del Consorzio e delle relative zone di rispetto, anche al fine di perseguire la salvaguardia degli equilibri idrogeologici ed ambientali;
5. la disciplina delle opere sui cavi e reti irrigue

Figura 35. Frontespizio e Art. 1 del vigente Regolamento di Polizia Idraulica del Consorzio di Bonifica della Romagna





**REGOLAMENTO DI POLIZIA IDRAULICA  
CONSORZIALE  
ALLEGATO TECNICO**

	Regolamento di polizia idraulica consorziale	Allegato 2		
	<b>Allegato Tecnico</b>	Rev. 3	Data 09/04/2015	Pag. 2 di 62

Revisione	Descrizione
2	Adottato con delibera del Consiglio di Amministrazione n. 047 del 02/12/2014
3	Approvato con delibera del Consiglio di Amministrazione n. 049 del 09/04/2015
3	Esaminato senza riscontro di vizi di legittimità dalla Regione Emilia Romagna, Direzione generale Affari istituzionali e legislativi come da comunicazione n. PG/2015/508797 del 17/07/2015

	Regolamento di polizia idraulica consorziale	Allegato 2		
	<b>Allegato Tecnico</b>	Rev. 3	Data 09/04/2015	Pag. 3 di 62

**SOMMARIO**

SOMMARIO .....	2
PARALLELISMI .....	4
ATTRAVERSAMENTI .....	19
PARTICOLARI TIPOLOGICI IMMISIONI E RIVESTIMENTI PROTETTIVI IN ALVEO .....	23
LINEE GUIDA PER CALCOLI E VERIFICHE IDRAULICHE .....	31
LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DEI DISPOSITIVI DI INVARIANZA IDRAULICA .....	42
PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER OPERE PREESISTENTI.....	58

Figura 36. Frontespizio e Sommario dell'Allegato Tecnico al Regolamento di Polizia Idraulica del Consorzio

Si rileva, più specificatamente per gli aspetti legati alle future fasi successive di progettazione, che il Regolamento di Polizia Consorziata contiene anche un dettagliato “*Allegato Tecnico*” da prendere obbligatoriamente a riferimento per tutte le attività progettuali, realizzative o di verifica (per sanatoria/tollerabilità) di qualunque tipo di opera od attività, fissa o transitoria, che venga a ricadere nella fascia di rispetto pari sempre a 10 metri, sia per i canali principali che per quelli secondari.

In particolare, vengono caratterizzate tutte le modalità e le caratteristiche delle opere (con relativi livelli di calcolo necessario) quali parallelismi, attraversamenti, scarichi e rivestimenti in alveo.

Inoltre, cosa molto importante per la presente progettazione, vengono predefiniti, relativamente alla tematica dell’invarianza idraulica, sia le metodologie di calcolo (in ragione dei bacini interessati e soprattutto dell’estensione territoriale oggetto di trasformazione e tributaria di un nuovo scarico fognario per acque meteoriche avvenute come recettore uno scolo) sia le modalità costruttive, generali e/o di particolari costruttivi, inerenti alle varie tipologie previste per il reperimento dei volumi di laminazione compensativi (sovradimensionamento fognario, depressioni morfologiche, vasche interrate). Inoltre, vengono indicate le formule da adottare per il calcolo delle strozzature limitatrici terminali e altresì fissato, per le stesse, un diametro minimo funzionale (125 mm) atto ad evitare pericolose occlusioni/parzializzazioni indesiderate.

In ultimo, vengono fissati i coefficienti udometrici da garantire allo scarico di fognature a servizio di bacini oggetto d’invarianza idraulica; in particolare, l’obiettivo progettuale è di limitare il coefficiente udometrico post intervento delle aree passate da permeabili ad impermeabili a 10 l/s per ha, pari cioè a quello medio per aree agricole pre-intervento urbanistico (valore stabilito dal Consorzio di Bonifica della Romagna, competente per i territori della pianura romagnola).

Per le aree già impermeabilizzate (nel caso qui in esame, molto presenti, soprattutto nelle due porzioni estreme del tracciato planimetrico della nuova linea “TRC2”) si considera un coefficiente udometrico cautelativo pari a 90 l/s per ha, valore suggerito sempre dal Consorzio stesso.

### 3.4. REGOLAMENTI DI FOGNATURA

In primis, ogni attività progettuale e costruttiva sulle fognature urbane (quindi pubbliche) esistenti (o in progetto) per acque meteoriche (ed anche per acque reflue o di tipo misto/unitario), essendo queste in capo a HERA S.p.A. nell’intero territorio riminese, devono essere rispondenti alle prescrizioni, indicazioni e metodologie di calcolo del “*Documento tecnico DA.DT.FD.001. Principali prescrizioni tecniche per la progettazione e la realizzazione di reti fognarie – Rev.0 - 2019*” ed annesso Allegato 1, quest’ultimo contenente tutte le principali specifiche tecniche di riferimento per le tubazioni di materiale vario (PVC, PEAD, PP, Ghisa, ...) ed i relativi raccordi, allacciamenti e dispositivi di coronamento in ghisa (vedasi il Paragrafo 5.3 della presente relazione, al quale si rimanda integralmente).

Di tale documento occorrerà tenere debito conto in sede di progettazione definitiva/esecutiva del sistema minuto di drenaggio meteorico della piattaforma stradale del “TRC2”, concertando con HERA S.p.A. ogni dettaglio costruttivo delle opere in progetto interferente con la rete fognaria esistente.

Di una certa utilità, specialmente in caso di installazione/rifacimento di eventuali manufatti di pretrattamento che dovessero rendersi necessari per specifiche situazioni (i.e. per acque reflue domestiche provenienti da attività commerciali di ristorazione come ristoranti, bar, mense e/o per particolari aree pavimentate soggette all'obbligo di intercettazione e trattamento in sito delle acque di prima pioggia/reflue di dilavamento) e per le modalità di (ri)allaccio alle reti fognarie pubbliche di terminali privati di scarico, risulta essere il vigente *"Regolamento del Servizio Idrico Integrato"* (ATO 9 Provincia di Rimini, 2007), con relative Appendici.

Esso corrisponde al più completo ed esaustivo quadro tecnico-normativo di riferimento per tutto ciò che riguarda le reti private (e le relative modalità di servizio) del servizio idrico integrato, cioè correlato agli ambiti della fognatura e depurazione e a quello acquedottistico, per la fornitura di acqua potabile. Per il caso qui in esame, possono essere d'interesse la Sezione Prima *"Disposizioni comuni per il Servizio Idrico Integrato"* e soprattutto alla Sezione Terza *"Servizi di fognatura e depurazione"* (con particolare riguardo ai Capi I e III).

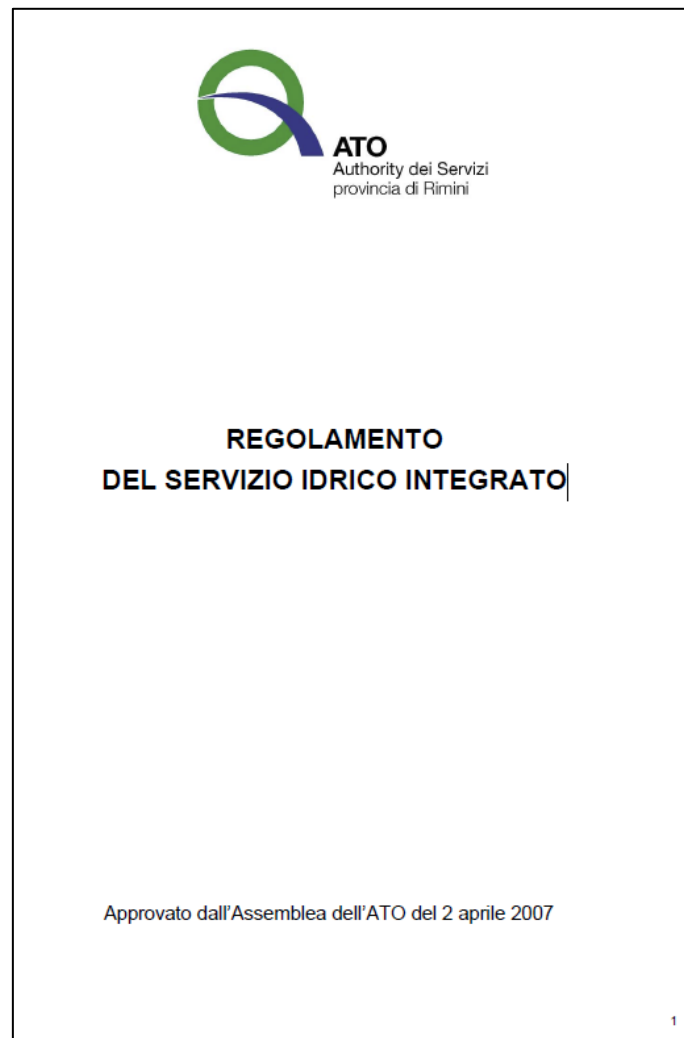


Figura 37. Frontespizio del *"Regolamento del Servizio Idrico Integrato"* (ATO 9 Provincia di Rimini, 2007)



## 4. ANALISI IDROLOGICA

Per analogia e congruenza progettuale (e tenuto conto del fatto che pochi anni sono passati e che pertanto i più recenti dati di pioggia misurati ai pluviometri della zona utilizzati per le analisi statistiche del caso non possono incidere/modificare se non trascurabilmente le leggi di possibilità climatica già disponibili), si continua in questa relazione ad usare quanto già definito dettagliatamente in sede di progettazione esecutiva del 1<sup>a</sup> stralcio della linea TRC da Rimini FS a Riccione FS.

### 4.1. CARATTERISTICHE CLIMATICHE: ACQUISIZIONE DEI DATI RELATIVI A PRECIPITAZIONI E CLIMA

Si riporta di seguito una breve descrizione delle caratteristiche climatiche generali relative alle aree oggetto di analisi. Il territorio oggetto di studio si estende sulla pianura costiera, caratterizzata climaticamente da un'efficace e frequente ventilazione, che va progressivamente intensificandosi verso il confine marchigiano per l'azione combinata delle circolazioni di brezza costa-rilievi.

La progressiva vicinanza dei rilievi verso Sud influenza in modo sensibile il movimento delle masse d'aria per cui si determina un apporto meteorico annuo superiore ad altre località della fascia costiera e temperature più miti per l'azione regolatrice del mare. Non si tratta comunque di precipitazioni molto abbondanti sia perchè l'Adriatico non è un mare in grado di modificare sensibilmente lo stato igrometrico delle masse d'aria che lo attraversano sia perchè i rilievi collinari prossimi alla pianura costiera non sono contrafforti tali da esercitare una marcata azione di sbarramento nei confronti delle masse aeree in movimento. Sempre per la presenza del mare sul territorio è ridotta la frequenza del numero di giorni con gelo e delle formazioni nebbiose, mentre intensa è l'attività temporalesca. Se l'orografia non è in grado di modificare in modo decisivo il regime pluviometrico costiero, la presenza della struttura appenninica nel suo complesso assume proprio in questa zona litoranea un ruolo molto importante nei confronti dei flussi aerei provenienti dal Tirreno (correnti sudoccidentali).

Con tipi di tempo da Sud-Ovest la fascia costiera si trova interessata con una certa frequenza nel corso dell'anno, da fenomeni orografici di sottovento orografico. Correnti fohnizzate (venti catabatici caldi e secchi) discendono dai crinali nelle valli e nella pianura sottostante, determinando improvvisi e consistenti rialzi termici, specie nella stagione invernale e primaverile, coinvolgendo nella quasi totalità dei casi la zona costiera in oggetto. Nel periodo invernale il territorio è interessato nel suo complesso alternativamente dall'anticiclone russo che determina l'afflusso di correnti fredde e relativamente asciutte da NE e da E e dalle depressioni nord-atlantiche che apportano aria umida e più temperata, con annuolamenti e precipitazioni. In primavera il territorio è spesso soggetto all'azione esercitata dalle depressioni di origine mediterranea o che si generano sul Golfo di Genova con precipitazioni che risultano inferiori a quelle invernali, ma che da aprile-maggio possono assumere carattere di rovescio per la presenza di attività temporalesca. In estate prevalgono regimi barici livellati con circolazioni di brezza (mare-terra). Non sono rare in questa stagione le depressioni di origine termica che, alimentate da aria instabile filtrata attraverso i principali sistemi vallivi alpini, possono dar luogo a linee di instabilità con imponenti corpi nuvolosi e spesso fenomeni temporaleschi.

L'autunno è la classica stagione delle perturbazioni: le precipitazioni sono più abbondanti e in molte località si registra il massimo pluviometrico dell'anno generalmente in novembre. Le perturbazioni possono essere alimentate da depressioni presenti sul Mediterraneo o sul Golfo di Genova, ma generalmente sono connesse alle grandi perturbazioni atlantiche, giungendo sul territorio dai quadranti occidentali.

Le informazioni sulla climatologia del tratto costiero riminese sono stati raccolti dall'Osservatorio Meteorologico annesso all'Istituto tecnico di Rimini (posto a 44° 4' 16" lat. e 12° 34' 53" long. ), i cui dati degli anni 1903-1927 e 1928-33 sono stati pubblicati da Borghi (*Borghi G. "Riccione. Origine e sviluppo di un centro balneare" Edizioni comune di Riccione 1935*) nella sua pubblicazione sulla nascita del comune di Riccione.

Il Borghi cita anche la presenza di un osservatorio a Riccione istituito nel 1933, ma i cui dati non erano sufficienti per stilare un quadro climatico soddisfacente.

Il Buli (*Buli U. "Studi su alcuni terreni delle colline riminesi" - Giornale di geologia – 1935, Bologna*) nei suoi studi idrogeologici pubblica alcuni dati idrometrici della regione riminese dal 1883-1932 che offrono uno specchio interessante di circa un cinquantennio intorno al passaggio del secolo. Si tratta di dati pluviometrici e di temperatura.

Attualmente le informazioni sui principali parametri meteorologici inerenti il territorio sono fornite dal Servizio Idrografico dello Stato che ha registrato i dati relativi alla stazione meteo di Lido di Rimini posta a 2 m s.l.m., dalla stazione di Cattolica posta a 10 m s.l.m. (*i valori della stazione di Cattolica sono stati considerati solo per le piogge di elevata intensità e breve durata – vedasi il paragrafo successivo*) e dalla stazione meteorologica di Rimini Aeroporto posta a 12 mt s.l.m., di proprietà del servizio meteorologico dell'Aeronautica Militare dislocata a Miramare, al confine nord del territorio di Riccione (*di questa stazione è disponibile la serie storica ventennale 1958-78 e, seppur con qualche intervallo di non funzionamento per determinati periodi, dal 1979 a tutt'oggi. I parametri misurati dalla stazione sono la temperatura massima, media e minima, l'umidità massima, media e minima, la precipitazione, l'intensità del vento medio giornaliero, del vento massimo orario e la direzione prevalente da cui spira il vento in gradi sessagesimali. I valori sono espressi come giornaliera, come medi o totali per decenni mensili e come medi o totali mensili*) e dalla stazione meteorologica MTX sita a Rimini presso il Parco XXV Aprile, a monte del ponte di Tiberio e posta a 5 m s.l.m.

#### 4.2. ELABORAZIONE STATISTICA DEI DATI PLUVIOMETRICI E DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA IN FUNZIONE DEI TEMPI DI RITORNO

La curva di possibilità pluviometrica, che fornisce l'altezza di pioggia associata ad una certa durata e relativa ad un prefissato tempo di ritorno, è espressa nella forma:

$$h = a t^n$$

Essa è stata calcolata elaborando i dati pluviometrici disponibili (di seguito riportati), con la legge probabilistica doppio esponenziale di Gumbel, o dei valori estremi.

Sono state quindi elaborate, separatamente e con il metodo di Gumbel, le piogge relative alle diverse durate, rispettivamente per tempi di pioggia superiore all'ora e tempi di pioggia inferiore all'ora (piogge di grande intensità e breve durata).

La probabilità "P" di non superamento è espressa dalla relazione:

$$P = e^{-e^{-y}}$$

dove "e" è la base dei logaritmi Neperiani; "y", detta variabile ridotta, è data dalla:

$$y = \alpha(h - u)$$

essendo "α" e "u" due parametri funzioni della media aritmetica "m" degli "n" valori massimi a disposizione e dello scarto quadratico medio "σ<sub>x</sub>".

L'applicazione del metodo dei momenti conduce alle seguenti espressioni per il calcolo dei parametri della distribuzione statistica:

$$\alpha = \frac{1,285}{\sigma_x}$$

$$u = \mu - 0,45\sigma_x$$

L'applicazione del metodo prevede, in sintesi, il calcolo preventivo delle cinque coppie di valori (m, σ<sub>x</sub>), caratteristici di ogni durata, e successivamente il calcolo delle cinque coppie dei parametri delle distribuzioni (α,u) utilizzando il metodo dei momenti. Note quindi le cinque leggi di distribuzione di probabilità è possibile, scelti gli opportuni valori dei tempi di ritorno desiderati, ottenere le altezze di pioggia per le varie durate e per ciascun tempo di ritorno.

Il calcolo delle altezze di pioggia "h" di durata variabile (1, 3, 6, 12, 24 per tp > 1h, 10', 20', 30', 60' per tp < 1h) relative ai tempi di ritorno Tr prefissati è stato eseguito con la seguente formula:

$$h(Tr) = u - \frac{1}{\alpha} \ln[-\ln(P(Tr))]$$

con P(Tr) = 1-1/Tr, probabilità di non superamento.

Per valutare i due parametri α ed n della curva di possibilità climatica, i valori ricavati con la precedente formula sono stati riportati su un cartogramma logaritmico avente in ascissa la durata (in ore) ed in ordinata l'altezza di pioggia (in mm), la retta interpolante è stata ricavata con il criterio dei minimi quadrati, ottenendo il valore dell'esponente "n" che costituisce il coefficiente angolare della retta di interpolazione. Nel caso i coefficienti di regressione siano molto alti (così come verificato), le interpolazioni eseguite possono essere considerate largamente attendibili e rappresentative delle condizioni pluviometriche locali.

#### 4.2.1. Piogge di durata superiore all'ora (tp > 1h)

Per individuare i parametri delle curve segnalatrici di possibilità climatica  $h = a t^n$ , si è fatto riferimento agli eventi di pioggia verificatesi nelle località di Cattolica e Rimini Lido, nell'intervallo di tempo compreso tra il 1935 e il 1970, con l'aggiunta di alcune indicazioni puntuali fornite dalle stazioni di Rimini Aeroporto e di Rimini MTX relative agli anni più recenti (vedasi la tabella seguente).



	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1937	45.0	60.0	69.0	72.4	75.4
1938	42.4	56.0	69.4	76.4	77.0
1939	25.0	36.2	53.0	79.4	101.0
1940	15.6	34.0	53.6	65.6	87.2
1941	24.2	34.8	57.6	68.8	69.0
1942	42.0	60.0	76.2	98.8	112.0
1943	16.6	19.2	25.8	34.2	45.6
1946	39.4	42.0	42.6	57.2	75.6
1947	20.0	32.4	43.8	46.0	59.2
1948	40.6	76.4	78.0	78.4	87.8
1949	42.8	49.6	50.0	58.2	62.8
1950	22.8	31.6	30.8	52.4	53.2
1951	24.0	38.8	39.0	43.0	61.8
1952	52.0	53.2	53.2	54.6	58.4
1953	19.6	32.2	33.4	44.4	57.4
1954	11.8	19.8	20.8	32.4	35.6
1955	33.4	44.4	53.4	65.4	67.6
1956	34.0	68.8	98.0	118.0	148.6
1957	22.8	32.2	37.6	42.2	42.2
1958	21.0	28.8	31.0	38.8	54.2
1959	32.2	39.4	48.0	81.2	116.8
1960	32.0	44.2	45.6	45.6	45.6
1961	75.0	85.6	98.8	98.8	98.8
1962	21.0	42.0	61.4	73.2	87.6
1963	37.0	46.2	46.8	52.4	53.0
1964	38.8	43.0	52.2	57.0	83.0
1965	58.6	62.6	62.6	97.0	98.2
1966	19.4	33.6	54.2	77.8	91.2
1967	27.0	30.0	30.6	37.8	65.0
1968	34.4	51.8	62.2	84.6	94.8
1969	35.8	57.4	57.4	77.2	83.0
1970	37.0	73.0	94.2	120.8	125.0
1978					89.8
1979					87.8
1980					48.4
1981					37.0
1982					55.8
1983					28.0
1984					42.4
1985					64.0
1986					29.8
1987					28.6
1988					33.2
1989					114.0
1990					56.6
1991					65.0
1992					77.0
1993					46.0
1994					64.0
1995					76.0

Tabella 1. Serie di dati pluviometrici disponibili nell'area indagata, in ordine di tempo di pioggia Tp (1-24 h)

Si sono prese in considerazione le precipitazioni di massima intensità della durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore riscontrate nell'intervallo di tempo considerato e per ciascun tempo di pioggia si è selezionato anno per anno il valore massimo riscontrato fra le due stazioni. I dati rilevati in questo modo individuano un campione sufficientemente grande per poter eseguire una stima attendibile dei parametri statistici di una popolazione.

Assumendo come legge di distribuzione di probabilità la statistica di Gumbel, i cui parametri possono essere stimati mediante l'elaborazione statistica dei dati del campione descritto precedentemente, si è in grado di legare i valori estremi delle altezze di pioggia del campione (per un determinato tempo di pioggia) con la probabilità di ottenere valori minori dei massimi considerati. Noto tale legame e definita la probabilità di non superamento della variabile, mediante la definizione di tempo di ritorno, ne ricaviamo, sempre per un determinato tempo di pioggia, un'altezza di pioggia caratteristica col tempo di ritorno prefissato. I parametri delle curve sono stati individuati considerando dei tempi di ritorno  $T_r = 10, 20, 50, 75, 100, 200, 500$  e 1000 anni.

Nella tabella che segue si riportano i valori statistici da adottare nell'applicazione del metodo dei momenti:

	durate				
	1ora	3ore	6ore	12ore	24ore
<b>Max</b>	75.0	85.6	98.8	120.8	148.6
<b>min</b>	11.8	19.2	20.8	32.4	28.0
$\mu$	32.6	45.6	54.1	66.6	70.3
<b>Var</b>	182.9	262.0	392.1	547.3	719.4
$\sigma_x$	13.5	16.2	19.8	23.4	26.8
$\alpha$	0.095	0.079	0.065	0.055	0.048
<b>u</b>	26.514	38.316	45.158	56.035	58.270

Tabella 2. Dati statistici ottenuti della Legge di Gumbel per  $T_p = 1-24$  ore

Dalle cinque coppie di valori  $\alpha$  ed  $u$  si ottengono le altezze di pioggia relative a ciascuna durata oraria per ogni tempo di ritorno prefissato:

$T_r$	$P$ (htr)	1ora	3ore	6ore	12ore	24ore
<b>1000</b>	0.999	99.2	125.3	151.6	181.8	202.4
<b>500</b>	0.998	91.9	116.6	140.9	169.2	188.0
<b>100</b>	0.990	74.9	96.3	116.0	139.8	154.3
<b>200</b>	0.995	82.3	105.0	126.8	152.5	168.8
<b>75</b>	0.987	71.9	92.6	111.6	134.5	148.2
<b>50</b>	0.980	67.6	87.5	105.3	127.1	139.7
<b>20</b>	0.950	57.8	75.7	90.9	110.1	120.3
<b>10</b>	0.900	50.2	66.7	79.8	97.0	105.2

Tabella 3. Altezze di pioggia relative alle varie durate di pioggia  $T_p = 1-24$  ore per ciascun  $T_r$  considerato

Si sono ottenute così 5 altezze di pioggia critica per i corrispettivi tempi di pioggia, e per ciascun tempo di ritorno considerato. Siamo ora in grado di valutare i due parametri della curva di possibilità climatica  $a$  ed  $n$ , mediante interpolazione grafica o con il metodo dei minimi quadrati. In questa sede è stata applicata la prima metodologia, ponendo su cartogramma logaritmico, rispettivamente, i tempi di pioggia in ascissa e le altezze di pioggia in ordinata:

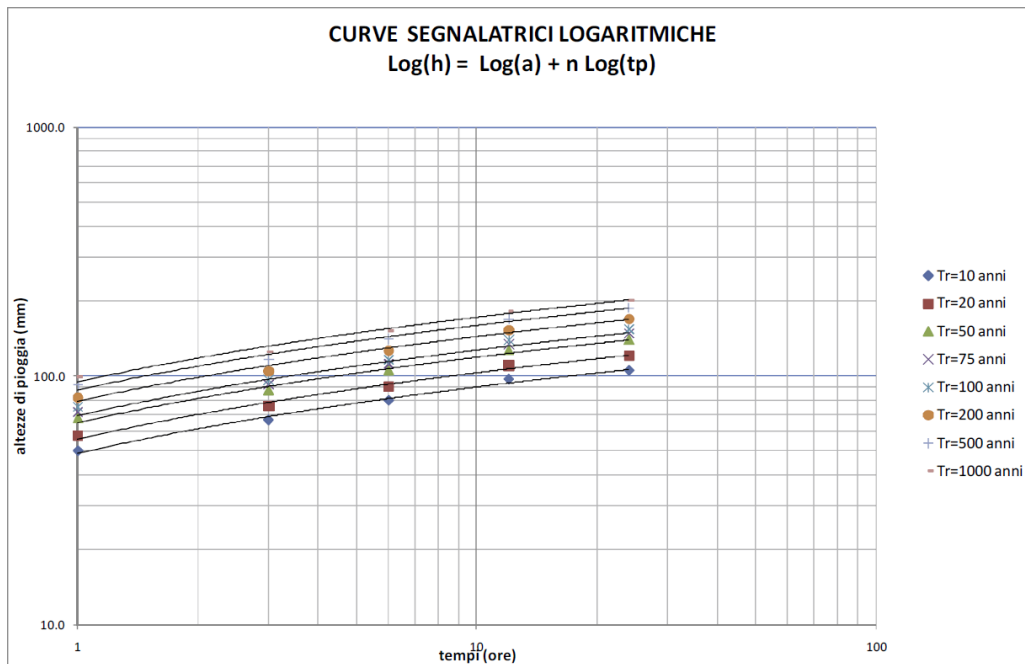


Figura 38. Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica ottenute su base logaritmica per Tp = 1-24 ore

o, analogamente, su base lineare:

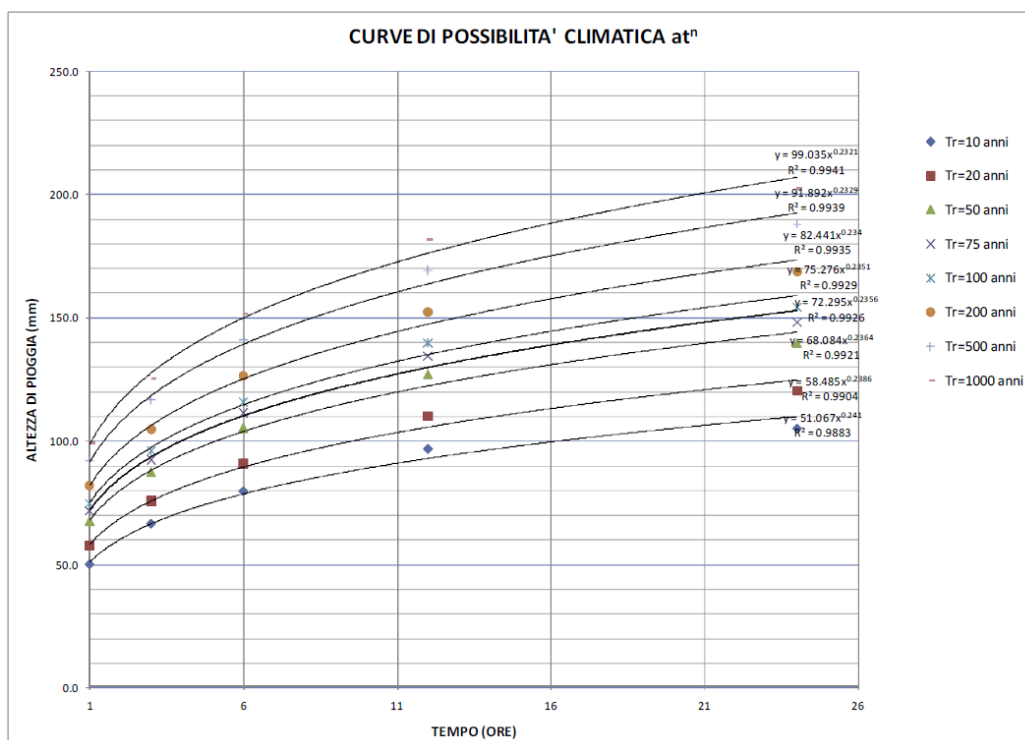


Figura 39. Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica ottenute su base lineare per Tp = 1-24 ore



Le curve di possibilità climatica ottenute, per gli eventi pluviometrici prolungati ( $T_p > 1$  h), sono le seguenti:

$h = 51.067 t^{0.2410}$	Tr = 10 anni
$h = 58.485 t^{0.2386}$	Tr = 20 anni
$h = 68.084 t^{0.2384}$	Tr = 50 anni
$h = 72.295 t^{0.2356}$	Tr = 75 anni
$h = 75.276 t^{0.2356}$	Tr = 100 anni
$h = 82.441 t^{0.2340}$	Tr = 200 anni
$h = 91.892 t^{0.2329}$	Tr = 500 anni
$h = 99.035 t^{0.2321}$	Tr = 1000 anni

I coefficienti di regressione ottenuti, per ciascuna equazione, risultano i seguenti:

$R^2=0.9904$	Tr = 10 anni
$R^2=0.9883$	Tr = 20 anni
$R^2=0.9921$	Tr = 50 anni
$R^2=0.9926$	Tr = 75 anni
$R^2=0.9929$	Tr = 100 anni
$R^2=0.9935$	Tr = 200 anni
$R^2=0.9939$	Tr = 500 anni
$R^2=0.9941$	Tr = 1000 anni

#### 4.2.2. Piogge di durata inferiore all'ora ( $t_p < 1$ h)

Lo stesso metodo è stato applicato per la definizione delle curve per le piogge con durata inferiore (o uguale) all'ora (piogge di grande intensità e breve durata) con tempi di ritorno di 5, 10, 25, 50 e 100 anni.

I valori della pioggia considerati sono riferiti alle stazioni meteo di Rimini Lido e di Cattolica del Servizio Idrografico (vedasi la tabella seguente).

	10min	20min	30min	1ora
1922			20.4	
1923				
1924				
1925			22.1	
1926				
1927			19.0	
1928				
1929				
1930				
1931				
1932				
1933				
1934				34.8
1935				12.8
1936	26.8	26.8		26.8
1937		11.0	45.0	45.0
1938	10.4		32.2	42.4
1939		16.6		25.0
1940	15.4	15.4		15.6
1941			20.0	24.2
1942			23.0	42.0
1943			15.0	15.8
1944				
1945				
1946			20.0	39.4
1947			14.4	14.6
1948			35.4	40.6
1949			34.8	42.8
1950			13.8	22.8
1951			19.6	24.0
1952		17.4	34.6	52.0
1953	10.2	16.0	18.6	19.6
1954				11.8
1955		16.0		33.0
1956	8.4			13.0
1957		21.4		22.8
1958				15.0
1959		20.6		33.2
1960		12.3	28.0	32.0
1961		14.0	63.0	75.0
1962		20.4	20.4	21.0
1963		15.2	22.0	37.0
1964		20.4	38.0	38.8
1965	15.3			58.6
1966	8.0	11.6	15.6	19.4
1967	10.2	14.0	23.6	27.0
1968		19.0		34.4
1969		10.6		35.8
1970	12.0	12.0	16.2	37.0
1971	12.0			
1972				48.0
1973			18.4	24.0
1974	13.5	16.4		30.4
1975	8.3	13.0	17.2	29.0
1976			38.0	50.0
1982				

Tabella 4. Serie di dati pluviometrici disponibili nell'area indagata, in ordine di tempo di pioggia Tp (10-60 min)

Si sono prese in considerazione le precipitazioni di massima intensità della durata di 0.17, 0.33, 0.50, 1 ore riscontrate nell'intervallo di tempo considerato e per ciascun tempo di pioggia si è selezionato anno per anno il valore massimo riscontrato fra le due stazioni. I dati rilevati in questo modo individuano un campione sufficientemente grande per poter eseguire una stima attendibile dei parametri statistici di una popolazione.

Come già detto in precedenza, assumendo come legge di distribuzione di probabilità la statistica di Gumbel, i cui parametri possono essere stimati mediante l'elaborazione statistica dei dati del campione descritto precedentemente, si è in grado di legare i valori estremi delle altezze di pioggia del campione (per un determinato tempo di pioggia) con la probabilità di ottenere valori minori dei massimi considerati. Noto tale legame e definita la probabilità di non superamento della variabile, mediante la definizione di tempo di ritorno, ne ricaviamo, sempre per un determinato tempo di pioggia, un'altezza di pioggia caratteristica col tempo di ritorno prefissato. I parametri delle curve sono stati individuati considerando dei tempi di ritorno  $T_r = 5, 10, 25, 50$  e 100 anni.

Nella tabella che segue si riportano i valori statistici da adottare nell'applicazione del metodo dei momenti:

	durate			
	10min	20min	30min	1ora
<b>Max</b>	26.8	39.4	63.0	75.0
<b>min</b>	8.0	10.6	13.8	11.8
$\mu$	12.5	17.3	25.5	31.7
<b>Var</b>	26.6	40.6	129.3	190.9
$\sigma_x$	5.2	6.4	11.4	13.8
$\alpha$	0.249	0.202	0.113	0.093
<b>u</b>	10.221	14.384	20.375	25.442

Tabella 5. Dati statistici ottenuti della Legge di Gumbel per  $T_p$  10-60 min

Dalle cinque coppie di valori  $\alpha$  ed  $u$  si ottengono le altezze di pioggia relative a ciascuna durata oraria per ogni tempo di ritorno prefissato:

<b>Tr</b>	<b>P (htr)</b>	<b>0.17</b>	<b>0.33</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>
5	0.8000	16.2	21.8	33.6	41.6
10	0.9000	19.2	25.5	40.3	49.6
25	0.9600	23.1	30.2	48.7	59.8
50	0.9800	25.9	33.7	54.9	67.4
100	0.9900	28.7	37.2	61.1	74.9

Tabella 6. Altezze di pioggia relative alle varie durate di pioggia per ciascun  $T_r$  considerato per  $T_p$  10-60 min

Si sono ottenute così 5 altezze di pioggia critica per i corrispettivi tempi di pioggia, e per ciascun tempo di ritorno considerato. Siamo ora in grado di valutare i due parametri della curva di possibilità climatica  $a$  ed  $n$ , mediante interpolazione grafica o con il metodo dei minimi quadrati. In questa sede è stata applicata la prima metodologia, ponendo su cartogramma logaritmico, rispettivamente, i tempi di pioggia in ascissa e le altezze di pioggia in ordinata:



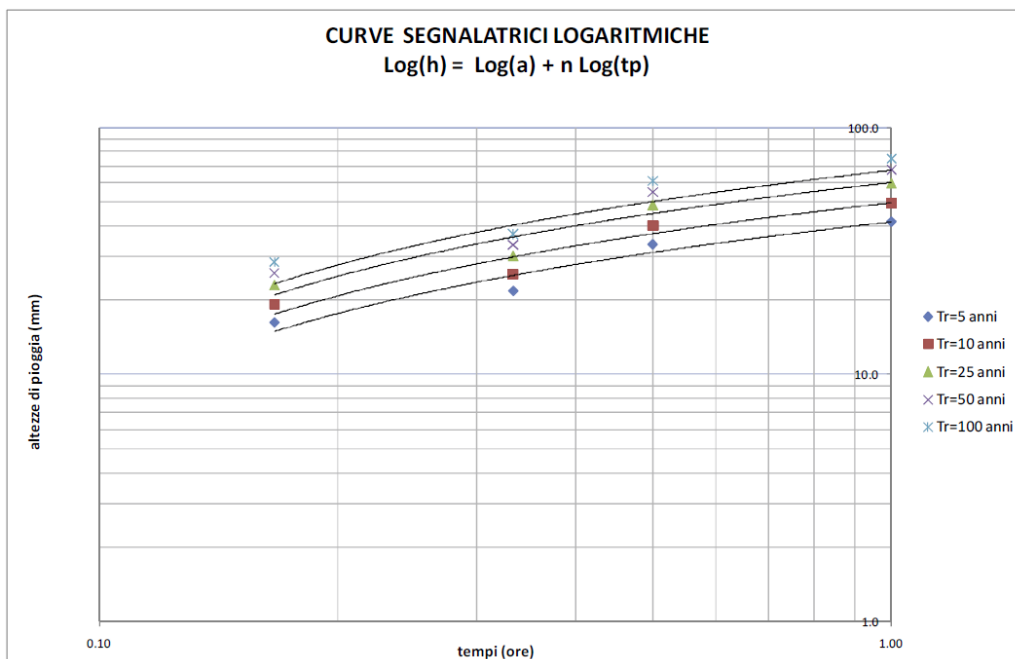


Figura 40. Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica ottenute su base logaritmica per Tp 10-60 min

o, analogamente, su base lineare:

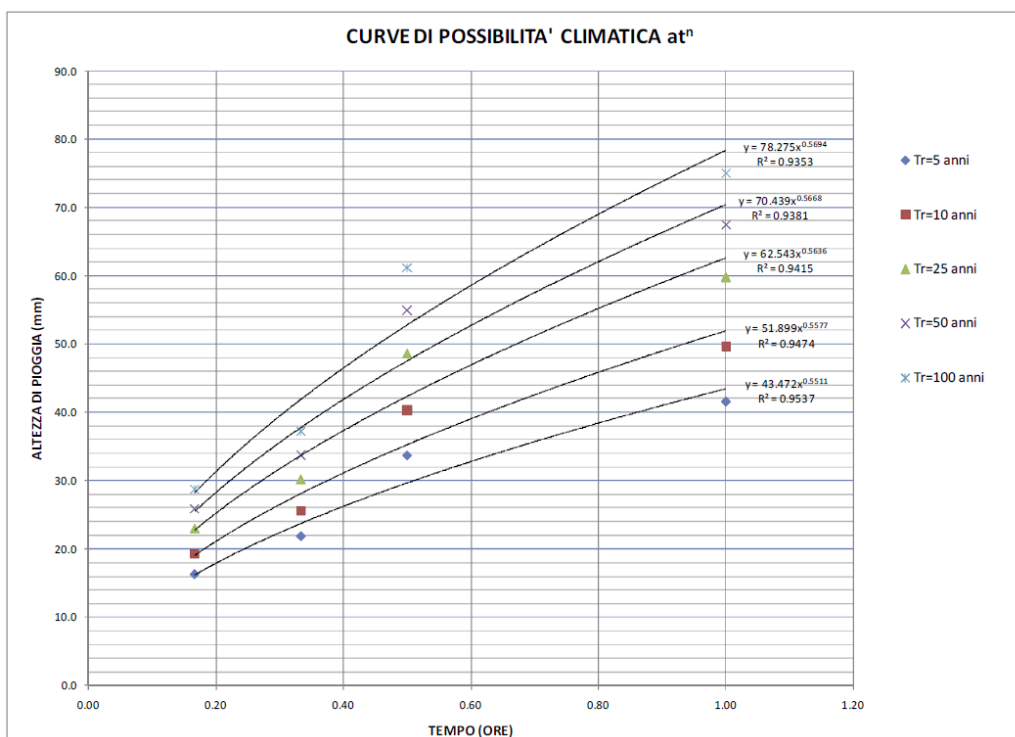


Figura 41. Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica ottenute su base lineare per Tp 10-60 min

Le curve di possibilità climatica ottenute sono, per gli eventi pluviometrici brevi e intensi ( $T_p \leq 1$  h), le seguenti:

$h = 43.472 t^{0.5511}$	Tr = 5 anni
$h = 51.899 t^{0.5577}$	Tr = 10 anni
$h = 62.543 t^{0.5636}$	Tr = 25 anni
$h = 70.439 t^{0.5668}$	Tr = 50 anni
$h = 78.275 t^{0.5694}$	Tr = 100 anni

I coefficienti di regressione ottenuti, per ciascuna equazione, risultano i seguenti:

$R^2=0.9537$	Tr = 5 anni
$R^2=0.9474$	Tr = 10 anni
$R^2=0.9415$	Tr = 25 anni
$R^2=0.9381$	Tr = 50 anni
$R^2=0.9353$	Tr = 100 anni

## 5. ANALISI IDRAULICA

Alla luce dell'assetto idrografico dell'area, dettagliatamente descritto ed esaminato al paragrafo 2 e dei vincoli normativi imposti dalla pianificazione settoriale vigente di cui al Paragrafo 3, si è proceduto ad impostare una corretta verifica idraulica delle nuove opere, analizzando in primis tutti i dati e le indicazioni già disponibili (soprattutto sul reticolo idrografico principale) grazie al fatto che oramai, proprio per la redazione dei Piani vigenti da quasi un ventennio e/o per la realizzazione di recenti opere pubbliche o il loro studio di fattibilità (quali ad esempio il Ponte di via Coletti sul Deviatore Marecchia o la realizzazione di passerelle galleggianti e fisse sul Porto Canale tra il ponte di Tiberio e il Ponte dei Mille), sono stati già predisposti numerosi studi idraulici, su apposita modellistica numerica, da parte di autorevoli professionisti del settore, molti dei quali commissionati proprio per la stesura del Piani e la necessaria perimetrazione delle aree soggette ad allagamento/alluvione.

Ove possibile, e soprattutto ove ritenuto che tali risultati siano assolutamente affidabili e confidenti, si è qui deciso di assumere i dati già disponibili, anche nell'ottica della "non duplicazione" di attività già sviluppate e di "congruenza e compatibilità idraulica" con analoghe assunzioni e scelte fatte per opere limitrofe sui medesimi corpi idrici.

### 5.1. RETICOLO FLUVIALE PRINCIPALE

Come già rimarcato nei paragrafi precedenti, le due interferenze idrauliche principali della nuova linea tramviaria "TRC2" con l'assetto idrografico dell'area sono rappresentati dai due importanti attraversamenti fluviali, a sud-est quello sul Porto Canale di Rimini (vecchio alveo originario del Marecchia, e ora scolmatore delle sole piene eccezionali) e a nord-ovest quello sul Deviatore Marecchia, attualmente a tutti gli effetti tratto terminale dell'alveo principale del Fiume Marecchia. In entrambi i casi, i nuovi ponti sono in contiguità a quelli esistenti e le quote d'imposta del piano viabile della nuova opera sono condizionate (vincolate) da quest'ultimi: pertanto, la loro configurazione geometrica è fortemente influenzata dall'assetto geometrico e trasportistico attuale.

Preso atto di ciò, d'altro canto, la presente attività progettuale, assumendo come evento di piena di riferimento quella bisecolare ( $Tr = 200$  anni) nel fiume Marecchia e quella monosecolare ( $Tr = 100$  anni) per la condizione di valle a mare (livello della mareggiata a oltre 2 m s.l.m.) - circostanza che implica evidentemente una probabilità combinata dei due eventi eccezionali ben oltre la ricorrenza bisecolare ( $Tr = 200$  anni) - ha cercato, così come indicato e perseguito anche dalla vigente normativa in campo strutturale, come il D.M. 17 gennaio 2018 di aggiornamento delle «*Norme tecniche per le costruzioni*» (NTC 2018), di minimizzare il più possibile l'interferenza delle nuove strutture (pile, spalle, impalcati) con l'idrodinamica di piena dei corpi idrici attraversati, in primis in termini di innalzamento dell'intradosso dell'impalcato a "quote di sicurezza" (i.e. input ottimale: ad oltre 150 cm dal massimo livello di piena bisecolare) ed in secundis annullando ove possibile la presenza delle pile entro l'alveo (o riducendone il numero, qualora non possibile annullarle, impostandone anche il sedime al di fuori dell'alveo centrale ove si registra il flusso principale di piena, cioè andando a margine del ciglio golenale) ed inoltre impostando le spalle/pile esterne a filo con i corpi arginali maestri, evitando così per esse ogni tipo di interferenza potenziale.



Vista l'importanza ricoperta dalle NTC 2018, si riporta di seguito un estratto del paragrafo più significativo per le opere qui in progetto, cioè quello riguardante la compatibilità idraulica dei ponti, cioè il paragrafo 5.1.2.3 "Compatibilità idraulica":

*" .... Quando il ponte interessa un corso d'acqua naturale o artificiale, il progetto deve essere corredato da uno studio di compatibilità idraulica costituito da una relazione idrologica e da una relazione idraulica riguardante le scelte progettuali, la costruzione e l'esercizio del ponte.*

*L'ampiezza e l'approfondimento dello studio e delle indagini che ne costituiscono la base devono essere commisurati all'importanza del problema e al livello di progettazione. Deve in ogni caso essere definita una piena di progetto caratterizzata da un tempo di ritorno  $T_r$  pari a 200 anni ( $T_r=200$ ).*

*Coerentemente al livello di progettazione, lo studio di compatibilità idraulica deve riportare:*

- l'analisi idrologica degli eventi di massima piena e stima della loro frequenza probabile;*
- la definizione dei mesi dell'anno durante i quali siano da attendersi eventi di piena, con riferimento alla prevista successione delle fasi costruttive;*
- la definizione della scala delle portate nelle condizioni attuali, di progetto, e nelle diverse fasi costruttive previste, corredata dal calcolo del profilo di rigurgito indotto dalla presenza delle opere in alveo, tenendo conto della possibile formazione di ammassi di detriti galleggianti;*
- la valutazione dello scavo localizzato con riferimento alle forme ed alle dimensioni di pile, spalle e relative fondazioni, nonché di altre opere in alveo provvisoriale e definitive, tenendo conto della possibile formazione di ammassi di detriti galleggianti oltre che dei fenomeni erosivi generalizzati conseguenti al restringimento d'alveo;*
- l'esame delle conseguenze di urti e abrasioni dovuti alla presenza di natanti e corpi flottanti.*

*Il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati la sezione del corso d'acqua interessata dalla piena di progetto e, se arginata, i corpi arginali.*

*Qualora fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce netta minima tra pile contigue, o fra pila e spalla del ponte, non deve essere inferiore a 40 m misurati ortogonalmente al filone principale della corrente. Per i ponti esistenti, eventualmente interessati da luci nette di misura inferiore, è ammesso l'allargamento della piattaforma, a patto che questo non comporti modifiche dimensionali delle pile, delle spalle o della pianta delle fondazioni di queste, e nel rispetto del franco idraulico come nel seguito precisato.*

*In tutti gli altri casi deve essere richiesta l'autorizzazione all'Autorità competente, che si esprime previo parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.*

*Nel caso di pile e/o spalle in alveo, cura particolare è da dedicare al problema delle escavazioni in corrispondenza delle fondazioni e alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle tenuto anche conto del materiale galleggiante che il corso d'acqua può trasportare. In tali situazioni, una stima anche speditiva dello scalzamento è da sviluppare fin dai primi livelli di progettazione.*

*Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1,50 m, e comunque dovrà essere scelto tenendo conto di considerazioni e previsioni sul trasporto solido di fondo e sul trasporto di materiale galleggiante, garantendo una adeguata distanza fra l'intradosso delle strutture e il fondo alveo. Quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco idraulico deve essere assicurato per una ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m.*

*Il franco idraulico necessario non può essere ottenuto con il sollevamento del ponte durante la piena. Lo scalzamento e le azioni idrodinamiche associate al livello idrico massimo che si verifica mediamente ogni anno (si assuma  $Tr = 1,001$ ) devono essere combinate con le altre azioni variabili adottando valori del coefficiente  $\Psi_0$  unitario.*

*Lo scalzamento e le azioni idrodinamiche associati all'evento di piena di progetto devono essere combinate esclusivamente con le altre azioni variabili da traffico, adottando per queste ultime i coefficienti di combinazione  $\Psi_1 \dots$ ".*

Si procede, quindi, nel seguito, alla disamina dei vari studi idraulici disponibili e alla conseguente determinazione dei parametri idraulici assunti per tali importanti opere.

#### 5.1.1. Fiume Marecchia

Il tracciato della nuova linea "TRC2" attraversa, in adiacenza ed appena a sud del ponte attuale della linea ferroviaria BO-AN, l'alveo del Deviatore del Fiume Marecchia.

È importante caratterizzare brevemente il ponte esistente (del quale si riportano due riprese fotografiche prospettiche, da monte – ove sarà ubicato anche il nuovo ponte - e da valle), sotto l'aspetto meramente idraulico, in quanto esso influenza ovviamente le scelte del nuovo ponte della "TRC2".

L'impalcato, nel punto più basso, presenta quote medie dell'ordine di 3.80 m s.l.m.

Le spalle sono ben impostate a filo dei corpi arginali esterni e sono presenti n. 8 pile interne; inoltre, è importante notare che la golena in sinistra idraulica è molto più grande di quella in destra idraulica.

In sintesi, procedendo da est verso ovest, vi è, dopo la spalla destra, la pila n. 1 in golena destra (tra spalla e pila n. 1 passa la pista fluviale), poi la pila n. 2 all'altezza della scarpatina dell'alveo centrale e dunque a margine dell'acqua. Poi vi sono, all'interno del fondo alveo perennemente bagnato, anche nei periodi estivi di magra, le pile n. 3, n. 4 e n. 5. Passando alla porzione sinistra del fiume, si ha poi la pila n. 6, anch'essa – come la pila n. 2 - all'altezza della scarpatina dell'alveo centrale e dunque a margine dell'acqua; poi le pile n. 7 e n. 8 sono ben impostate sul piano golenale sinistro, per arrivare infine alla spalla ovest (tra spalla e pila n. 8 passa la pista fluviale).

La luce complessiva del ponte tra le due spalle è di circa 130 metri, con campate costanti di circa 14.5 metri di ampiezza.

Alla luce di tali dati (e della normativa vigente), le scelte progettuali qui assunte al fine di ottimizzare il comportamento idrodinamico anche in condizioni di piena eccezionale della nuova struttura, che sarà poi nel dettaglio configurata in ogni particolare nelle fasi successive di progettazione, sono le seguenti:

- Impostazione della quota d'intradosso del nuovo ponte ad almeno 150 cm dal livello della piena biscolore stimata all'altezza dell'attuale ponte della linea ferroviaria BO-AN (condizione non garantita da quest'ultimo), in piena conformità con le indicazioni delle NTC 2018, anche se questo comporta – alla luce delle contestuali quote di progetto del piano viabile della nuova piattaforma del "TRC2" – un notevole sforzo progettuale per il contenimento dello spessore dell'impalcato stesso;
- Le spalle del nuovo ponte saranno in linea con quelle del ponte esistente;

- Si prevede la presenza per il nuovo attraversamento di sole n. 2 pile (anziché n. 8), in linea con le pile n. 2 e n. 6 dell'attuale ponte ferroviario; in pratica, le due nuove pile saranno in linea con le due che sono già attualmente all'altezza della scarpatina dell'alveo centrale e dunque a margine dell'acqua, in corrispondenza circa del piede alveo centrale. Esse dovranno essere adeguatamente protette rispetto all'alveo centrale, eventualmente in accoppiamento con quelle del ponte ferroviario, con difese in massi e/o gabbionate (da definirsi di concerto con l'Autorità idraulica competente, l'Agenzia Regionale, nelle successive fasi progettuali), in modo da ricomprenderle all'interno delle rispettive golene e non avere così alcuna nuova pila in alveo. Questa scelta configura una campata di circa 29 metri in destra idraulica, una campata centrale di circa 58 metri, una campata in sinistra idraulica di circa 43 metri.
- La forma/tipologia delle pile dovrà garantire, in sede di successiva progettazione, coefficienti di forma atti alla massima riduzione possibile di turbolenze e fenomeni di dissipazione energetica.



Figura 42. Ripresa fotografica da monte (dall'argine destro) del ponte esistente sul Fiume Marecchia della linea ferroviaria BO-AN, in adiacenza del quale viene realizzato il nuovo ponte della linea tramviaria "TRC2" in progetto



Figura 43. Ripresa fotografica da valle (dall'argine sinistro) del ponte esistente sul Fiume Marecchia della linea ferroviaria BO-AN, a monte del quale viene realizzato il nuovo ponte della linea tramviaria "TRC2" in progetto



In merito alla necessaria definizione del primo punto del precedente elenco (livello di piena bisecolare nel fiume Marecchia → quota dell'intradosso dell'impalcato del nuovo ponte), risulta di grande utilità lo "Studio idrologico ed idraulico del tratto terminale del Fiume Marecchia finalizzato all'analisi del nodo idraulico di Rimini" (Prof. Ing. A. Brath, Autorità interregionale di Bacino Marecchia-Conca, 2005), già utilizzato per la recente progettazione (e realizzazione) del nuovo ponte di via Coletti (previa demolizione e ricostruzione del vecchio ponte) appunto sul Deviatore Marecchia.

Si riportano di seguito il frontespizio ed un estratto delle parti più significative, per il presente progetto, di tale studio, cioè il paragrafo 4 dello "Studio idraulico del Fiume Marecchia dalla SS16 al mare", condotto con l'ausilio di uno dei più performanti modelli di simulazione idraulica fluviale, in regime di moto vario: MIKE 11, del Danish Hydraulic Institute (DHI).



## AUTORITÀ INTERREGIONALE DI BACINO MARECCHIA - CONCA

### STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO DEL TRATTO TERMINALE DEL FIUME MARECCHIA FINALIZZATO ALL'ANALISI DEL NODO IDRAULICO DI RIMINI



#### RELAZIONE II REVISIONE

Prof. Ing. Armando Brath  
Via G. Spataro, 1- 40134 Bologna  
Tel.051-6153945 Fax 051-4392309

Collaborazioni:  
Ing. Patrizia Ercoli

Settembre 2005

Figura 44. Frontespizio dello "Studio idrologico ed idraulico del tratto terminale del Fiume Marecchia finalizzato all'analisi del nodo idraulico di Rimini" (Prof. Ing. A. Brath, Autorità interregionale di Bacino Marecchia-Conca, 2005)



## INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. RASSEGNA DEGLI STUDI IDROLOGICI PRECEDENTI	5
3. STIMA DELLE PORTATE DI ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO	12
3.1 Premessa	12
3.2. Dati idrologici disponibili e costituzione della base dati idropluviometrici	13
3.3. Percorsi metodologici adottati per la stima delle portate di piena	28
3.4. Stima diretta della portata di piena di assegnato tempo di ritorno	29
3.5. Stima indiretta della portata di piena di assegnato tempo di ritorno attraverso l'implementazione di una modellistica afflussi-deflussi.	40
4. STUDIO IDRAULICO DEL FIUME MARECCHIA DALLA SS16 AL MARE	57
5. POSSIBILI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'ASTA FLUVIALE DEL TORRENTE MARECCHIA DALLA SS16 AL MARE	71
6. CONCLUSIONI	80
ALLEGATO 1 - PROFILI DI PIENA NELL'ALVEO DEL FIUME MARECCHIA (DALLA SS 16 ALLA BRIGLIA "RIMINI") E NEL DEVIATORE (DALLA BRIGLIA AL MARE)	83
ALLEGATO 2 -INTEGRAZIONI	100
PREMESSA	101
A2.A CALCOLO DELL'ALTEZZA MEDIA DELLA SOGLIA DI ACCESSO ALL'ALVEO STORICO IN FUNZIONE DELLA PORTATA DA SFIORARE	101
A2.B STUDIO DEL COMPORTAMENTO IDRAULICO DEL SISTEMA AL VARIARE DELLE CONDIZIONI DI MAREA	106
A2.C ULTERIORI APPROFONDIMENTI	114

#### **4. STUDIO IDRAULICO DEL FIUME MARECCHIA DALLA SS16 AL MARE**

Lo studio idraulico si concentra sull'analisi del tratto terminale del nuovo alveo del Fiume Marecchia che si estende dalla sezione immediatamente a monte del ponte della SS 16 allo sbocco a mare (deviatore Marecchia), comprendendo anche la valutazione del comportamento idraulico della soglia sfiorante che immette nell'alveo storico del Fiume Marecchia.

Il tratto ha una lunghezza complessiva di circa 2,4 km e si inserisce in un territorio fortemente urbanizzato, come dimostrano i numerosi attraversamenti, stradali e ferroviari, ivi presenti.

Lo studio idraulico del Torrente Marecchia si è articolato in tre fasi:

- reperimento di elaborati, rapporti e studi precedenti relativi alla medesima problematica ed analisi degli stessi;
- raccolta e omogeneizzazione dei dati esistenti, consistenti in rilievi topografici di dettaglio della parte emersa dell'alveo, della batimetria e delle strutture (ponti, attraversamenti, briglie) presenti nel tratto oggetto dell'analisi;
- predisposizione del modello idraulico di moto stazionario mediante inserimento, secondo le modalità specifiche del codice numerico utilizzato, dei dati di natura più prettamente geometrico - topografica (sezioni trasversali e strutture), dei coefficienti di scabrezza e delle condizioni al contorno, intese come valori di portata in ingresso a monte e livelli di medio mare a valle.

La prima fase del lavoro ha avuto come obiettivo principale quello di assimilare i risultati già disponibili, in modo da acquisire un quadro sufficientemente completo dell'area da analizzare, della sua evoluzione storica nel tempo, delle problematiche già evidenziate, delle scelte di natura progettuale fatte, delle ipotesi avanzate e delle aspettative prospettate. In tal senso, sono stati esaminati i documenti messi a disposizione dall'Autorità di Bacino, fra cui il *"Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico"* dell'Autorità Interregionale di Bacino Marecchia - Conca (2000) e lo *"Studio idraulico del Torrente Marecchia dalla SS N° 16 al mare"* (Comune di Rimini, 1996), già citati nella parte idrologica della relazione.

L'attività di raccolta, trattamento ed omogeneizzazione dei dati topografici e geometrici, supportata dall'Autorità Interregionale di Bacino Marecchia-Conca, è stata affrontata contemporaneamente all'analisi degli studi precedenti e si è rilevata piuttosto gravosa, sia a

causa della mole di dati disponibili, sia della difficoltà di rendere intrinsecamente compatibile e tradurre un'informazione piuttosto disomogenea disponibile in un formato adatto ad essere utilizzato per gli scopi della modellazione matematica.

Il materiale di partenza messo a disposizione presenta, infatti, un elevato grado di dettaglio della descrizione topografica dell'alveo del deviatore e del Fiume Marecchia, ma una certa disomogeneità.

Le sezioni trasversali rilevate sono divise in due gruppi, relativi a due diverse campagne di rilievo (rispettivamente marzo 2000 e luglio 2001):

- il primo insieme copre il tratto che va dalla sezione immediatamente a monte del ponte della SS16 Adriatica (sezione 38), alla sezione a tergo del ponte di via XXIII Settembre (sezione 15), con numerazione progressiva e decrescente (38 – 15), mantenuta per congruenza e chiarezza anche negli elaborati del presente studio, per un totale di 24 sezioni poste ad una distanza media l'una dall'altra di circa 58 metri. Il posizionamento delle sezioni sulla Carta Tecnica Regionale è indicato nella planimetria riportata nell'Allegato A;
- il secondo insieme, costituito da 49 sezioni, parte dalla sezione caratterizzata da codice 49, coincidente con la sezione rilevata a filo del ponte di via XXIII Settembre, lato valle, e arriva alla sezione 1, in prossimità dell'estremità del pontile, a mare; la distanza parziale media tra le sezioni, per questo gruppo, è di circa 22 metri (v. Allegato A).

L'elenco delle sezioni trasversali esaminate e utilizzate è riportato, per completezza, in Tabella 21. Per un certo numero di sezioni del secondo gruppo (dalla 49 alla 1, a valle del ponte di via XXIII Settembre), l'informazione di base, relativa all'andamento topografico delle sponde e degli argini dell'alveo, è completata con la descrizione di dettaglio dell'andamento del fondo, rilevato mediante batimetria con ecoscandaglio secondo linee più o meno coincidenti con quelle delle sezioni trasversali. Alcune delle strisciate batimetriche, aventi andamento che si discosta in modo piuttosto pronunciato da una linea all'incirca ortogonale alla direzione del flusso, non sono state ritenute utili ai fini della descrizione del fondo delle sezioni trasversali. Laddove possibile, invece, è stata effettuata una proiezione della quota rilevata sull'asse della sezione più prossima. Tutti i valori sono stati, comunque, esaminati e confrontati tra loro e con i dati corrispondenti reperiti sugli altri elaborati topografici, al fine di evitare di compiere errori sensibili nell'interpretazione dell'andamento effettivo del fondo alveo. In base a tale analisi, alcune quote ritenute poco affidabili o relative ad una situazione particolare e localizzata nello spazio e nel tempo sono state scartate.

Le restanti sezioni, per le quali non si dispone di analogo definizione per la parte centrale dell'alveo, sono caratterizzate da un fondo descritto da soli tre punti e, quindi, da un grado di dettaglio e precisione sicuramente inferiore rispetto alle altre.

In particolare in corrispondenza dei ponti e delle strutture (briglie) si sono, in alcuni casi, notati valori di quote di fondo discordanti tra i diversi rilievi esaminati, probabilmente anche a causa della elevata mobilità del fondo e dell'accumulo localizzato di materiale e sedimenti.

Particolare attenzione è stata posta, inoltre, nella descrizione dei ponti e delle strutture presenti nel tratto studiato, caratterizzato, in tal senso, da una complessità piuttosto elevata.

Nei 2400 metri di interesse, infatti, insistono cinque ponti, costituiti da un numero di luci variabile da un minimo di 6 ad un massimo di 9, ed una briglia.

Ai fini dell'affidabilità dei risultati della modellazione matematica risulta necessario rappresentare il più fedelmente possibile il comportamento idraulico del sistema. Di conseguenza, nelle simulazioni idrauliche condotte, si è ritenuto fondamentale descrivere accuratamente tutti i manufatti presenti; le strutture sono state quindi rappresentate attenendosi il più possibile alle caratteristiche reali, desunte dai rilievi topografici esaminati. Per quanto riguarda i ponti, in particolare, ciascuna luce è stata, singolarmente descritta nel modello, simulandone l'eventuale comportamento in pressione e/o al sormonto, in modo da riuscire a valutare il rigurgito prodotto a monte dalla struttura in alveo in diverse condizioni di deflusso.

Va segnalato che tale impostazione costituisce uno degli elementi di differenziazione da studi già eseguiti, in particolare dallo "Studio idraulico del fiume Marecchia dalla S.S. n° 16 Adriatica al mare" (Comune di Rimini, 1996), nel quale non era stato considerato "l'eventuale funzionamento in pressione dei ponti, poichè tale situazione non è ritenuta comunque ammissibile". Se è possibile concordare con quest'ultima valutazione di merito, va comunque detto che nella situazione attuale alcuni dei manufatti esistenti funzionano effettivamente in pressione, per cui appare indispensabile, per rappresentare fedelmente il comportamento del sistema nella configurazione attuale, prevedere all'interno del modello tale modalità di funzionamento, anche se sarebbe auspicabile che, nella realtà, essa non si verificasse.

Un'attenzione ed una cura particolari sono stati riservati, in questa fase, alla descrizione geometrica/funzionale, nel modello idraulico, del nodo di partizione alveo storico/deviatore del fiume Marecchia. Come già ricordato, l'alveo storico del fiume, il cui tracciato attraversa il centro della città di Rimini, è oggi adibito a parco pubblico (Parco Urbano "XXV Aprile") e come tale non più interessato dal deflusso delle portate in condizioni idriche normali. Esso rimane, tuttavia, idraulicamente connesso a quello che è attualmente il corso principale del Marecchia mediante un manufatto di sfioro, costituito da un argine in terra normalmente adibito



a pista ciclabile e, risulta, quindi, allagabile per determinati valori di portata tali da provocare il sormonto della struttura.

Vista la peculiarità del territorio in cui il sistema si inserisce, l'uso e la fruizione attuale del vecchio alveo e la difficoltà di smaltimento dei deflussi, in occasione di piene particolarmente intense, nel deviatore, lo scopo principale delle verifiche idrauliche effettuate in questa fase è stato, quindi, quello di valutare con ragionevole precisione le condizioni in cui si verifica il sormonto della soglia di sfioro e il conseguente interessamento del tratto del vecchio incile in caso di piena. Non è stato, invece, ricostruito il deflusso, nei diversi scenari ipotizzati, lungo l'intero tratto di alveo storico, dalla soglia al mare, ma l'attenzione si è concentrata, coerentemente con l'impostazione richiesta allo studio, sulla determinazione del valore di portata defluente nel deviatore tale da provocare un sormonto dell'argine in destra idraulica in corrispondenza del nodo di interesse e sulla valutazione della ripartizione delle portate tra alveo storico e deviatore nei vari scenari idrologici.

A tale scopo, immediatamente a monte della briglia cosiddetta "Rimini", sottostante la passerella pedonale, e dell'inizio vero e proprio del manufatto deviatore delle portate di piena al mare, è stato collegato, alla progressiva 857.9 m (misurata da monte a partire, si ricorda, dal ponte della SS16), all'incirca a metà tra le sezioni 26 e 25, un ramo fluviale fittizio, costituito da tre sole sezioni, rappresentative di un breve tratto dell'alveo storico del Marecchia.

Il modello matematico rappresenta, quindi, abbastanza fedelmente l'ingresso all'alveo storico, costituito, secondo la conformazione attuale dell'area, dalla strada ciclabile che corre lungo l'argine destro del deviatore che di fatto si comporta, nel caso di livelli di piena superiori rispetto alle condizioni normali di deflusso o di magra, da vera e propria soglia sfiorante del tipo a parete grossa. In tale zona, infatti, la sezione di deflusso del fiume si allarga e l'argine del deviatore in destra presenta un abbassamento sommitale rispetto alle quote che si osservano immediatamente a monte e a valle.

La geometria della sezione di sfioro, costituita allo stato attuale da un rilevato in terra, è stata desunta dalle quote riportate in planimetria in corrispondenza dell'asse della strada ciclabile; la soglia in questione sostituisce una vecchia soglia di sfioro in calcestruzzo, rilevabile nella sezione 25, le cui superfici emergenti, tuttora visibili, sono poste ad una quota media di circa 3.33 m s.l.m. La quota minima della soglia attuale di alimentazione dell'alveo storico, coincidente con la pista di collegamento fra le sponde del deviatore, risulta, invece, essere pari a circa 3.9 m s.l.m. Nelle simulazioni numeriche la soglia in questione non è stata considerata erodibile durante la tracimazione dell'onda di piena: tale ipotesi risulta essere, infatti, la più cautelativa per il deviatore.

E' opportuno rilevare che l'impostazione adottata presenta alcune significative differenze rispetto ad un precedente studio in cui si affrontava una simile problematica di verifica idraulica del tratto terminale del Marecchia, precisamente il già citato "Studio idraulico del fiume Marecchia dalla S.S. n° 16 Adriatica al mare" (Comune di Rimini, 1996). Tali differenze sono riconducibili soprattutto alle significative modifiche che la geometria della soglia ha subito a seguito dell'esecuzione di lavori espletati in loco successivamente alla redazione dello studio citato. Infatti, in quella sede la soglia era considerata posta a quota 4.10 m.s.m., con sottostante soglia in cls a quota 3.33 m.s.m.. Quest'ultima quota è identica a quella rilevata ed assunta in occasione del presente studio, mentre sussiste una differenza di 20 cm tra la quota della soglia di sfioro del rilevato in terra attuale, essendo come detto poc'anzi la quota rilevata in occasione del presente studio pari a 3.9 m.s.m. Inoltre, nello studio citato del Comune di Rimini, era stata considerata, oltre all'eventualità che la soglia di sfioro del rilevato in terra una volta tracimata rimanesse integra, anche l'ipotesi che essa venisse (istantaneamente) rimossa dalla corrente sfiorante nell'alveo storico, determinando l'abbassamento della quota di sfioro effettiva al livello della soglia in cls. I lavori eseguiti nel frattempo hanno portato a consolidare in maniera significativa la soglia preesistente, per cui l'ipotesi formulata nello studio citato, di possibile erosione della soglia del rilevato in terra fino alla quota della soglia di sfioro, appare al giorno d'oggi scarsamente plausibile. Di conseguenza in questa sede si è ritenuto di considerare che la soglia di sfioro sia inderogabile. Ciò, oltre che per effetto dei lavori di ringrosso e consolidamento del rilevato costituente la soglia, anche per altre ragioni. In primo luogo, ove si volesse considerare correttamente gli effetti di una possibile erosione della soglia, occorrerebbe riferirsi a modelli che mettano in conto la dinamica evolutiva dell'erosione della stessa in occasione del sormonto, superando le forti limitazioni che derivano dall'ipotesi di asportazione istantanea. In secondo luogo, come già indicato poc'anzi, dato che oggetto del presente studio è la verifica del deviatore, la situazione più critica si verifica chiaramente in caso di perfetta tenuta della soglia del rilevato in terra; ben altro scenario dovrebbe essere invece considerato in caso di verifica dell'alveo storico.

Va comunque osservato che le ipotesi qui perseguite non implicano una valutazione di merito specifica dell'adeguatezza della soglia sfiorante a resistere alle sollecitazioni derivanti dal sormonto, valutazione che esula dalle finalità del presente studio.

Il breve ramo rappresentativo dell'alveo storico/parco pubblico, infine, è schematizzato semplicemente come area di invaso e di accumulo dei volumi di piena sfiorati, senza entrare nella valutazione del suo comportamento dinamico, né dell'entità dell'allagamento provocato

dall'esonazione. Si sottolinea comunque che tale impostazione potrebbe consentire, in seguito, se ritenuto necessario, di affinare l'analisi, valutando le condizioni di deflusso nell'alveo storico.

Conclusa le operazioni di acquisizione di tutte le informazioni topografiche messe a disposizione per l'esecuzione dello studio e quelle di omogeneizzazione-vaglio delle stesse, il database di sezioni ottenuto è stato, quindi, utilizzato per lo studio idraulico.

*Tabella 21 - Elenco delle sezioni rilevate utilizzate nel modello numerico, con relativo codice identificativo, distanza parziale (m), distanza progressiva con origine a monte (m) e indicazione della localizzazione delle principali strutture*

	Sez.	Parz [m]	Prog [m]	Note
I gruppo sezioni (38 – 15)	38		0	
	37	51.56	51.56	Ponte SS 16 Adriatica
	36	65.25	116.81	
	35	64.32	181.13	
	34	46.81	227.94	
	33	41.62	269.56	
	32	53.61	323.17	
	31	67.1	390.27	
	30	46.71	436.98	
	29	76.1	513.08	
	28	124.35	637.43	
	27	108.27	745.7	
	26	71.89	817.59	
	25	86.27	903.86	Briglia
	24	36.98	940.84	
	23	28.53	969.37	
	22	43.44	1012.81	
	21	32.37	1045.18	
	20	18.89	1064.07	
19	18.1	1082.17		
18	82.95	1165.12		
17	43.07	1208.19		
16	45.84	1254.03		
15	87.34	1341.37	M. Ponte via XXIII Settembre	
II gruppo sezioni (49 – 1)	49	14.874	1356.244	V. Ponte XXIII Settembre
	48	13.44	1369.684	
	47	8.57	1378.254	
	46	18.23	1396.484	
	45	21.88	1418.364	
	44	40.64	1459.004	
	43	44.97	1503.974	
	42	47.39	1551.364	
	41	47.67	1599.034	
	40	10.87	1609.904	
	39	17.89	1627.794	
38	26.18	1653.974		

37	23.95	1677.924	
36	16.81	1694.734	
35	13.35	1708.084	
34	17.21	1725.294	
33	24.36	1749.654	M. Ponte Fs Bo-Otranto
32	11.96	1761.614	V. Ponte Fs Bo-Otranto
31	12.14	1773.754	
30	9.51	1783.264	
29	22.05	1805.314	
28	26.09	1831.404	
27	11.32	1842.724	
26	7.19	1849.914	M. Ponte Fs Ra-Ri
25	7.13	1857.044	V. Ponte Fs Ra-Ri
24	24.98	1882.024	
23	9.23	1891.254	
22	15.17	1906.424	
21	26.44	1932.864	
20	42.72	1975.584	
19	45.86	2021.444	
18	11.88	2033.324	
17	14.02	2047.344	
16	14.54	2061.884	
15	14.05	2075.934	
14	8.77	2084.704	
13	5.8	2090.504	M. Ponte Via Coletti
12	13.02	2103.524	V. Ponte Via Coletti
11	13.26	2116.784	
10	12.94	2129.724	
9	10.34	2140.064	
8	13.77	2153.834	
7	22.43	2176.264	
6	27.19	2203.454	
5	27.44	2230.894	
4	49.79	2280.684	
3	45.25	2325.934	
2	42.15	2368.084	
1	33.93	2402.014	Mare

Dopo aver definito l'impianto geometrico del sistema, si è passati, quindi, alla fase vera e propria di calcolo delle condizioni di deflusso in moto permanente nel tratto di interesse del fiume Marecchia precedentemente descritto, sollecitando il modello idraulico con valori di portata desunti sulla scorta dei risultati dello studio idrologico.

Il lavoro è stato organizzato in tre gruppi diversi di simulazioni, corrispondenti a differenti classi di portate in ingresso:



- a) il sistema è stato preliminarmente testato per portate, man mano crescenti, partendo da valori modesti e tali da non interessare completamente la sezione del deviatore e le luci dei ponti, fino ad arrivare a valori tali da produrre, per alcuni degli attraversamenti, una situazione di deflusso in pressione. In tale gruppo di simulazioni preliminari, si è considerato il contributo dell'Ausa trascurabile e l'intera portata è stata immessa nell'estremità di monte del modello idraulico, in corrispondenza della sezione immediatamente a tergo della Strada Statale 16 Adriatica. Tale prima operazione ha avuto lo scopo di calibrare alcuni parametri caratteristici del modello, quali il passo di calcolo,  $dt$ , la massima distanza di interpolazione delle sezioni di calcolo,  $dx$ , la durata complessiva minima della simulazione tale da garantire il raggiungimento delle condizioni di moto permanente, e altre costanti specifiche utilizzate dal modello per la risoluzione del sistema di equazioni di De Saint Venant. Il tratto in esame presenta, infatti, una certa complessità geometrica, dovuta, come già accennato, sia alla presenza di numerose strutture ed opere in alveo, a distanza anche piuttosto ridotta l'una dall'altra, sia alla variabilità della pendenza locale del fondo in alcune zone. Ciò comporta, in fase di calcolo, una spiccata sensibilità del modello al variare delle condizioni al contorno e la necessità di porre particolare attenzione nella definizione delle quantità sopra indicate. Sono state, dunque, effettuate diverse prove, allo scopo di pervenire alla definizione di una configurazione tale da garantire un giusto compromesso tra stabilità e accuratezza dei risultati. Ulteriore scopo di tale gruppo di prove è stato quello di pervenire all'individuazione della portata di innesco della soglia dell'alveo storico, cioè del valore minimo di portata a partire dal quale il manufatto di sfioro può venire sormontato e l'area oggi destinata a parco interessata dall'allagamento;
- b) in seconda analisi il sistema è stato sollecitato con i valori di portata desunti dallo studio idrologico ampiamente descritto in precedenza, corrispondenti ad assegnati valori del tempo di ritorno dell'evento considerato, variabili da un minimo di 20 ad un massimo di 1000 anni;
- c) per completezza, infine, si sono presi in esame alcuni ulteriori valori di portata, di particolare interesse in quanto desunti dai precedenti studi idraulici esaminati, soffermandosi soprattutto sulla ricostruzione del profilo di pelo libero per i colmi di piena derivanti dai risultati dell'analisi idrologica effettuata con il metodo della regionalizzazione V.A.P.I. modificata, assunti come riferimento nel P.A.I. per il tracciamento delle aree di pertinenza fluviale nel tratto in esame. In particolare, si sono considerate portate in ingresso a monte pari a  $1202 \text{ m}^3/\text{s}$  (cui secondo il P.A.I. si può

attribuire tempo di ritorno pari a 100 anni) e  $1480 \text{ m}^3/\text{s}$  (avente, secondo il P.A.I., tempo di ritorno pari a 200 anni), decurtati del contributo del torrente Ausa, calcolato, per le simulazioni del gruppo c), supponendo un evento di piena avente stessa ricorrenza, che viene, invece, immesso nella sezione di confluenza tra Ausa e Marecchia.

Per quanto riguarda la condizione al contorno di valle, sono stati esaminati, per ciascuno dei valori di portata presi in considerazione, i risultati conseguenti ad un livello medio del mare relativo a tempi di ritorno pari a 1, 10 e 100 anni corrispondenti rispettivamente a 1.3, 1.7 e 2.1 m.s.l.m.m.

Per quanto riguarda il coefficiente di scabrezza assegnato al tratto indagato, non essendo possibile, con i dati di cui si dispone, effettuare una vera e propria calibrazione di tale parametro, si è ritenuto sufficientemente rappresentativo delle condizione medie di manutenzione e pulizia dell'alveo un valore del coefficiente di Gauckler Strickler pari a  $30 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$ ; allo scopo di verificare l'influenza di tale parametro sui livelli, tuttavia, alcune simulazioni sono state effettuate imponendo un valore del coefficiente di Gauckler Strickler leggermente più alto (pari a  $35 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$ ) nel deviatore.

In tutti i calcoli numerici effettuati, come precedentemente detto, si è prestata particolare attenzione alla riproduzione da parte del modello del comportamento del nodo idraulico deviatore – alveo storico, al fine di definire in maniera corretta la ripartizione tra deviatore ed alveo storico delle portate in arrivo da monte.

Passando ad un esame dettagliato dei risultati ottenuti, per ciascuna delle configurazioni di calcolo implementate, l'attenzione si è concentrata in particolare sui seguenti aspetti:

- profili di piena lungo l'alveo principale del torrente Marecchia e lungo il deviatore ed analisi delle criticità presenti relativamente, in particolare a:
  - franco di sicurezza in corrispondenza di ponti ed attraversamenti;
  - eventuale superamento delle quote arginali in destra e sinistra idraulica e conseguente allagamento delle aree prospicienti il corso del torrente;
- entrata in funzione della soglia sfiorante di ingresso all'alveo storico e valutazione delle portate sfiorate.

Il primo gruppo di simulazioni effettuate (“a” nell’elenco precedente), consistente nel sollecitare il sistema con portate costanti e man mano crescenti, oltre a permettere la definizione dei parametri del modello menzionati, porta a concludere che l’innescò della soglia sfiorante si verifica a partire da un colmo di piena in ingresso al nodo di poco superiore a  $400 \text{ m}^3/\text{sec}$

(corrispondente ad un tempo di ritorno di circa 3-4 anni): in corrispondenza a tale valore, infatti, si verifica un limitato sormonto dell'argine e un trascurabile ingresso di portata alla zona di invaso (circa 1.6 m<sup>3</sup>/sec). Il valore individuato risulta piuttosto prossimo a quello ottenuto nello "Studio Idraulico del Fiume Marecchia dalla S.S. n° 16 "Adriatica" al mare" (1996), ove il sormonto avveniva per una portata pari a 440 m<sup>3</sup>/sec, avendo peraltro assunto in quella sede, come visto in precedenza, una quota di sfioro un pò più elevata di quella desunta dal rilievo topografico preso a base del presente studio e qui adottata.

Un colmo di piena di tale entità, inoltre, non provoca situazioni di rischio per gli attraversamenti presenti lungo l'alveo principale del Marecchia, ove il franco di sicurezza è ampiamente rispettato sia al di sotto degli impalcati dei ponti che lungo i rilevati arginali. Ovviamente ciò non avviene per il breve tratto in sponda destra corrispondente all'area di affiancamento dell'Ausa: già per tale valore della portata, quindi, potrebbe verificarsi un travaso dei volumi di piena in Ausa, ipotizzando quest'ultimo in condizioni di deflusso di magra.

Per portate man mano crescenti fino a 700 m<sup>3</sup>/sec, lo scenario non cambia sensibilmente, a meno di un maggiore interessamento dell'alveo storico e di una riduzione del franco in corrispondenza degli attraversamenti che, tuttavia, non sono ancora eccessivamente sollecitati. L'attraversamento che gode dei tiranti d'aria minori è quello della ferrovia Ravenna – Rimini.

I risultati di tale gruppo di simulazioni sono sintetizzati nella Tabella 22, ove si riportano, per ciascun valore di portata in ingresso all'entrata di monte del tratto esaminato (in corrispondenza della SS 16) l'entità della portata sfiorata al nodo partitore verso l'alveo storico e del franco in corrispondenza degli attraversamenti stradali e ferroviari che insistono sul tratto esaminato. I risultati evidenziati si riferiscono a una scabrezza uniforme pari a 30 m<sup>1/3</sup>/sec e un livello medio del mare alla foce pari a 2.1 m (T<sub>r</sub>= 100 anni).

Tabella 22. Risultati ottenuti per alcuni valori di portata in ingresso al nodo (simulazioni del gruppo a)

Portata di input Q <sub>i</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Portata sfiorata nell'alveo storico Q <sub>sfior</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Portata transitante nel deviatore Q <sub>dev</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Franchi in corrispondenza degli attraversamenti Dh [m]				
			Ponte SS16	Ponte XXIII sett.	Ponte FS Bo-An	Ponte FS Ri-Ra	Ponte via Coletti
400	1.6	398.4	2.05	2.36	1.28	0.90	2.65
500	10.2	489.8	1.73	2.09	1.12	0.77	2.59
600	23.3	576.7	1.46	1.81	0.97	0.64	2.52
700	40.4	659.6	1.22	1.59	0.81	0.51	2.45
800	61.1	738.9	1.02	1.38	0.66	0.38	2.38

L'esame dei risultati ottenuti sollecitando il sistema deviatore – alveo storico con i valori di portata desunti dall'analisi idrologica per tempi di ritorno pari a 20, 50, 100, 200 e 500 anni, riassunti nella Tabella 23, supponendo la scabrezza del tratto pari a  $30 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$  e il livello del mare alla foce del deviatore pari a 2.1 m.s.l.m.m., porta ad interessanti riflessioni sul funzionamento del vecchio alveo, sull'effetto da questo indotto sul tratto di valle e, infine, sul diverso grado di sofferenza dei manufatti di attraversamento della viabilità ferroviaria e cittadina.

Nella tabella è riportato per ciascun tempo di ritorno, T, la portata in ingresso al nodo (ponte SS16) desunta dallo studio idrologico, il contributo dell'Ausa (dato dalla differenza della portata alla foce di assegnato tempo di ritorno T, e la portata a monte della confluenza di pari T), la portata che risulta sfiorata nell'alveo storico e quella che transita nel deviatore, e i franchi minimi che si hanno in corrispondenza dei vari manufatti di attraversamento. Questi sono stati calcolati rispetto alla quota di intradosso di ciascuna struttura e, quando negativi, indicano situazioni di sommergenza della stessa che si riflettono in un funzionamento in pressione del manufatto.

Si fa osservare che, per le modalità con cui è valutato, il contributo ipotizzato da parte dell'Ausa alla piena del Fiume Marecchia relativo ad un evento di tempo di ritorno T risulta concettualmente entità ben diversa dalla portata di assegnato T dello stesso corso d'acqua. Ciò si riflette in una significativa differenza dei valori numerici delle due grandezze; pertanto i valori dei contributi dell'Ausa riportati in tabella non possono essere in alcun modo considerati utili per eventuali verifiche della funzionalità idraulica di tale corso d'acqua.

Tabella 23 - Risultati del gruppo di simulazioni b). Il franco è calcolato rispetto alla quota dell'intradosso di ciascun ponte; se negativo indica funzionamento pressione del ponte.

T <sub>r</sub> [anni]	Portata di input Q <sub>i</sub> [m <sup>3</sup> /s]		Q valle imm. Ausa [m <sup>3</sup> /s]	Q sfiorata in alveo storico Q <sub>sfior</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>dev</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Franchi in corrispondenza degli attraversamenti Dh [m]				
	Marecchia SS16	Contributo Ausa				Ponte SS16	Ponte XXIII sett.	Ponte FS Bo- An	Ponte FS Ri- Ra	Ponte via Coletti
20	765	55	820	65	755	1.06	1.41	0.67	0.37	2.39
50	933	67	1000	108	892	0.65	0.97	0.39	0.14	2.25
100	1065	76	1141	144	997	0.42	0.71	0.22	-0.02	2.15
200	1195	85	1280	182	1098	0.16	0.54	0.07	-0.21	2.08
500	1374	98	1472	237	1234	-0.15	0.11	-0.21	-0.40	1.93



Tutti i profili di piena delle simulazioni dei gruppi *a*), *b*) e *c*) sono riportati nell'Allegato 1 alla presente relazione. Quelli relativi al gruppo *a*) sono riportati alle pagine 1.2 (Q=400 mc/s), 1.3 (Q=500 mc/s), 1.4 (Q=600 mc/s), 1.5 (Q=700 mc/s) e 1.6 (Q=800 mc/s).

I profili relativi al gruppo *b*) sono rappresentati ancora in Allegato 1, alle pagine da 1.7 a 1.15. I profili relativi al gruppo *c*) sono rappresentati alle pagine 1.16 e 1.17 dell'Allegato 1.

Per un maggior dettaglio, i profili del gruppo *b*) sono rappresentati anche nella tavole allegate, B (T=20 anni), C (T=50 anni), D (T=100 anni) ed E (T=200 anni). In questi ultimi è inoltre riportato, per T pari a 100 (Allegato D) e 200 anni (Allegato E), il confronto tra i livelli ottenuti imponendo una condizione di valle del mare alla foce pari a 2.1 m.s.l.m.m. (T=100 anni) e 1.7 m.s.l.m.m. (T=10 anni). Come si può notare, l'effetto della variazione del livello marino si risente lungo tutto il deviatore, ma gli scarti sono modesti a monte del ponte XXIII Settembre (circa 2 cm), mentre arrivano a circa 10 cm in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario della linea Rimini-Ravenna, per aumentare progressivamente verso la foce e raggiungere il valore massimo di 40 cm, corrispondente alla differenza fra le due quote del mare imposte a valle.

Supponendo la soglia sfiorante di ingresso al tratto dismesso del fiume Marecchia nell'attuale configurazione geometrica, ipotizzando, inoltre, un'adeguata capacità di smaltimento dello stesso, tale da non condizionare il funzionamento della soglia, la situazione che si viene a determinare, desumibile anche dall'analisi dei profili di pelo libero allegati, mostra come gli eventi 20-ennali e 50-ennali, corrispondenti a portate massime nel deviatore pari rispettivamente a 755 e 892 m<sup>3</sup>/sec, risultano compatibili con l'efficienza idraulica del deviatore, a fronte di una portata massima in ingresso nell'alveo storico di circa 65 m<sup>3</sup>/sec per T = 20 anni e di circa 108 m<sup>3</sup>/sec per T = 50 anni.

I franchi in corrispondenza degli attraversamenti più sfavoriti sono comunque modesti già per tali valori del tempo di ritorno, essendo nel caso T=50 anni il franco pari a 39 cm al ponte della linea ferroviaria Bologna-Ancona e 14 cm al ponte della Rimini-Ravenna.

Il verificarsi di un evento centennale, invece, induce nel sistema una non trascurabile sofferenza. In tal caso, infatti, la portata immediatamente a monte del manufatto sfiorante, pari a 1141 m<sup>3</sup>/sec si divide in 144 m<sup>3</sup>/sec, che entrano nell'alveo storico, e 997 m<sup>3</sup>/sec nel deviatore vero e proprio.

Per una più agevole analisi dei risultati, la porzione del fiume Marecchia in esame può essere divisa, di fatto, in tre tratti, caratterizzati da una diversa portata transitante:

- l'asta compresa tra la SS16 e l'ingresso del torrente Ausa;
- il tratto compreso tra la confluenza dell'Ausa e il nodo partitore;
- la porzione restante, dalla sezione immediatamente a valle della diramazione dell'alveo storico (identificabile anche con la briglia sotto la passerella pedonale) e la foce in mare, che costituisce il deviatore vero e proprio.

Nel breve tratto compreso tra la SS16 e l'ingresso del torrente Ausa (di lunghezza pari a circa 500 m), la portata di tempo di ritorno centennale, il cui valore ammonta a 1065 m<sup>3</sup>/sec, transita con livelli idrici sempre inferiori alle sommità arginali in sinistra idraulica, mentre in sponda destra tra le sezioni 32 e la 29, in cui i rilevati del Marecchia sono notevolmente ribassati, si avrebbe un superamento delle stesse, con eventuale tracimazione del Marecchia nell'Ausa; l'effetto di tale tracimazione non è stato, tuttavia, preso in considerazione in quanto il tratto terminale dell'Ausa non risulta descritto nel modello essendo il contributo di tale corso d'acqua apportato con una immissione concentrata.

Il franco che si determina rispetto alla quota dell'intradosso del ponte della Strada Statale Adriatica è, inoltre, sufficientemente cautelativo (circa 40 cm).

Tra l'immissione dell'Ausa e il nodo partitore, la sezione di deflusso risulta ancora idonea a contenere le portate transistanti, caratterizzate, per tempo di ritorno di 100 anni, da un colmo pari a 1141 m<sup>3</sup>/sec.

A valle della passerella pedonale, infine, i livelli idrici sono sempre contenuti entro i rilevati arginali, ma causano franchi piuttosto ridotti sotto gli impalcati dei ponti che si incontrano procedendo verso la foce. Particolarmente sollecitati risultano, infatti, gli attraversamenti delle linee ferroviarie Bologna-Ancona, a monte, e Rimini-Ravenna, a valle: mentre il primo, tuttavia, dispone di un tirante d'aria di circa 22 cm (inferiore, comunque, ai valori di sicurezza normalmente considerati accettabili per manufatti esistenti, compresi tra 50 cm e un metro), il secondo ha franco nullo e comincia a funzionare in pressione.

Un valore di picco dell'onda di piena di circa 997 m<sup>3</sup>/sec può essere, quindi, considerato, nell'attuale configurazione geometrica degli attraversamenti, come il massimo smaltibile dal deviatore senza implicare un funzionamento in pressione dei ponti.

La situazione peggiora, naturalmente nell'ipotesi di un evento di piena con ricorrenza duecentennale: la portata in ingresso a monte, pari a 1195 m<sup>3</sup>/sec, provoca un franco ridotto anche per il ponte della SS16; il funzionamento comincia ad essere in pressione anche per il manufatto della linea Bologna – Ancona, ove transita una portata di 1098 m<sup>3</sup>/sec, che tiene conto dell'apporto da monte dell'immissione dell'Ausa (che contribuisce per un valore di 85 m<sup>3</sup>/sec) e dalla sottrazione operata dell'alveo storico, che fa diminuire il colmo di una quantità

pari a  $182 \text{ m}^3/\text{sec}$ , mentre immediatamente a valle, a tergo del ponte della ferrovia Rimini-Ravenna si ha funzionamento in pressione con battente calcolato dal modello in circa 20 cm. Il ponte XXIII settembre ha ancora un buon franco (pari a circa 50 cm) e nessun problema manifesta l'ultimo degli attraversamenti, il ponte di via Coletti, avente, anche in questo caso, un franco ampiamente superiore al metro.

La portata 500-ennale mette in crisi tre delle opere trasversali che insistono sul tratto che funzionano in pressione.

In nessuno dei casi esaminati si verifica, invece, il sormonto dell'impalcato da parte dell'onda di piena per nessuno dei ponti presenti nel deviatore.

Le analisi effettuate supponendo la scabrezza del deviatore pari a  $35 \text{ m}^{1/3}/\text{sec}$  portano a concludere che il profilo si abbassa mediamente di circa 10 cm nel tratto.

Si sottolinea che i livelli simulati dal modello tengono in conto il restringimento della sezione di deflusso dovuta alla presenza delle pile, ma non l'eventuale e probabile ostruzione parziale o totale delle luci causata dalla presenza di materiale sedimentario o vegetale (arbusti, tronchi d'albero, rami), trasportato dalla corrente, causa, naturalmente, di un aumento dei tiranti idrici a tergo dei ponti e di una loro maggiore sollecitazione. Di conseguenza le effettive condizioni di deflusso potrebbero risultare più critiche di quelle, già molto gravose, risultanti dalla modellazione matematica effettuata in questa sede.

In conclusione, l'analisi dei risultati ottenuti simulando il deflusso di portate di piena di diversa entità (variabili da 400 a  $1400 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) evidenzia che la massima officiosità attribuibile al Deviatore, corrispondente a franco nullo in corrispondenza dell'attraversamento più sfavorito, è pari a circa  $997 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Si ribadisce come tale valore deve essere, tuttavia, assunto con una certa cautela non tenendo conto di eventuali ostruzioni delle luci che intercorrano durante l'evento e di possibili incrementi della scabrezza dell'alveo dovuti a crescita di vegetazione e scarsa manutenzione.

70

Figura 45. Paragrafo 4 dello "Studio idrologico ed idraulico del tratto terminale del Fiume Marecchia finalizzato all'analisi del nodo idraulico di Rimini" (Prof. Ing. A. Brath, Autorità interregionale di Bacino Marecchia-Conca, 2005)

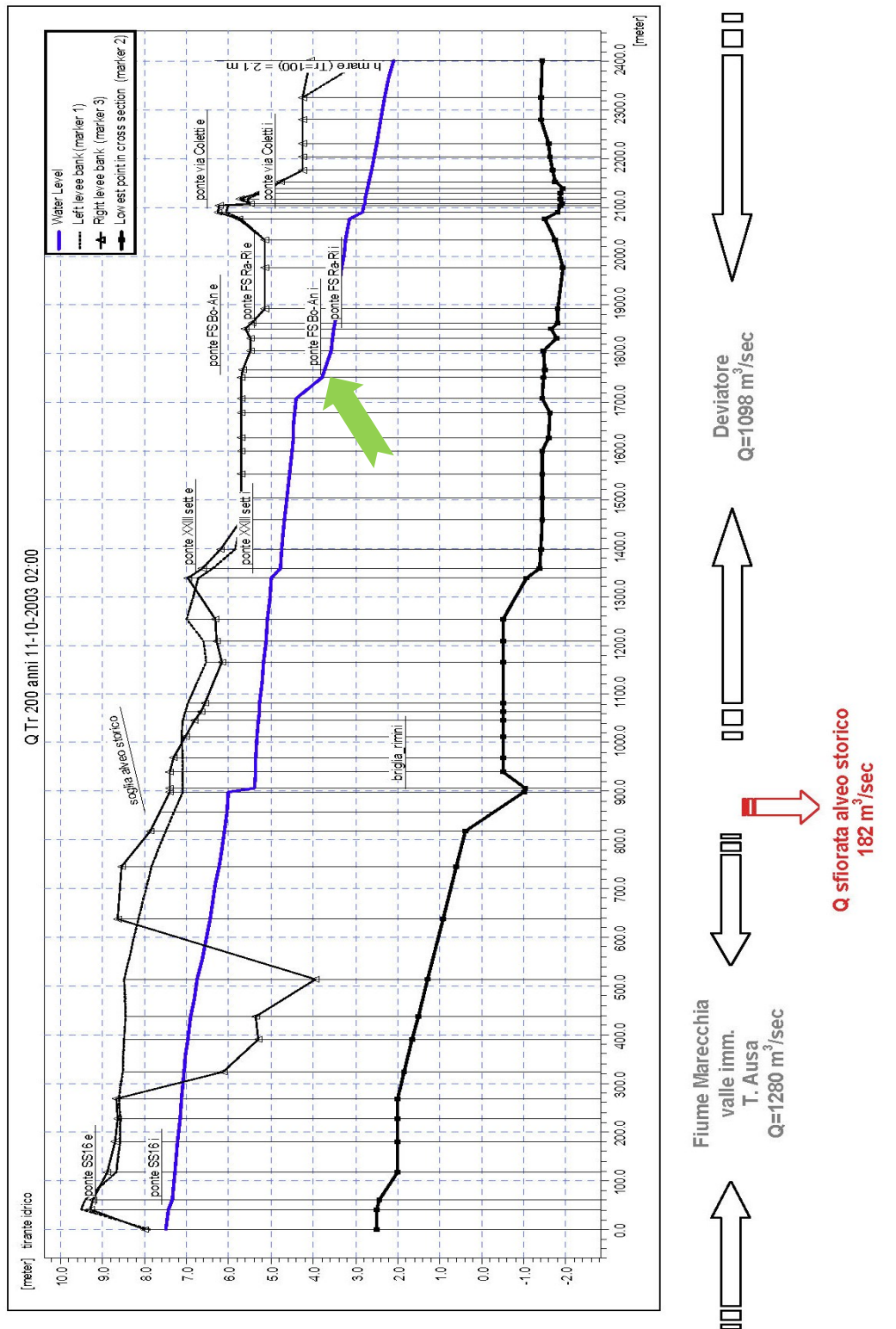


Figura 46. Profilo di piena bisecolare nel F. Marecchia desunto dallo "Studio idrologico ed idraulico del tratto terminale del Fiume Marecchia finalizzato all'analisi del nodo idraulico di Rimini" (Prof. Ing. A. Brath, Autorità interregionale di Bacino Marecchia-Conca, 2005) – Con freccia verde, è indicato il livello di piena in corrispondenza del nuovo ponte



Si segnala preventivamente un unico aspetto, molto importante per le risultanze poi ottenute.

In tale studio, sono state stimate prima tutte le sollecitazioni idrologiche (portate) a vario tempo di ritorno (e quindi anche i picchi di piena del Fiume Marecchia per  $Tr = 200$  anni, coincidenti con le condizioni al contorno di monte) e poi i livelli marini, sempre a diverso tempo di ritorno  $Tr$ , che costituiscono la fondamentale (vista la vicinanza del mare) condizione al contorno di valle del sistema qui in esame. Per quest'ultima, si è assunta quella più severa e cautelativa, cioè il livello massimo a mare (ipotizzato, tra l'altro, contestuale all'arrivo del picco a Rimini) a ricorrenza secolare ( $Tr = 100$  anni), stimato già con altri studi della Regione Emilia-Romagna in circa + 2.1 m s.l.m.

Come risultanza principale di tale studio, oltre ai valori tabellati in relazione, è possibile estrapolare dall'Appendice 1 (a pag. 96) il profilo di piena, nel Marecchia e Deviatore Marecchia (vedasi la figura precedente), corrispondente all'evento bisecolare di piena, con livello secolare a mare, quest'ultimo determinante una pesante condizione rigurgitante verso monte.

Da esso, si evince chiaramente che il massimo livello di piena con  $Tr = 200$  anni, anche ipotizzando le condizioni al contorno più estreme (mareggiata secolare allo sbocco, contestuale alla piena fluviale), è stimabile in + 3.70 m s.l.m. circa, condizione che determina un pressoché totale azzeramento del franco idraulico dall'impalcato nel ponte esistente della linea ferroviaria.

Qui invece si impone, come già accennato in precedenza, al nuovo attraversamento della "TRC2" il pieno soddisfacimento delle prescrizioni progettuali imposte dalle Norme Tecniche per le Costruzioni vigente, che richiedono un franco utile ottimale di 150 cm. Conseguentemente, la quota d'intradosso media del nuovo ponte dovrà essere pari a circa + 5.20 m s.l.m.

#### 5.1.2. Porto Canale di Rimini

Il tracciato della nuova linea "TRC2" attraversa, in adiacenza ed appena a sud del ponte attuale della linea ferroviaria BO-AN, anche l'alveo del Porto Canale di Rimini, vecchio alveo storico del Fiume Marecchia e ora avente la sola funzione idraulica di scolmatore di piena in concomitanza di soli eventi importanti.

È importante caratterizzare brevemente il ponte esistente (del quale si riportano due riprese fotografiche prospettiche, da monte – ove sarà ubicato anche il nuovo ponte - e da valle), sotto l'aspetto meramente idraulico, in quanto esso influenza ovviamente le scelte del nuovo ponte della "TRC2".

L'impalcato, nel punto più basso, presenta quote medie dell'ordine di circa + 4.00 m s.l.m.

Le spalle in questo caso sono abbastanza lontane dall'alveo vero proprio (i.e. speco d'acqua del canale), per la presenza di varie arterie stradali a margine del porto canale; infatti, esso è costeggiato:

- in destra idraulica, più esternamente dalle vie Graziani/Rodi e più internamente dalle vie Savonarola/Destra del Porto;
- In sinistra idraulica, dalle vie Madonna della Scala/Sinistra del Porto;
- Le due alinee precedenti conducono ad un assetto geometrico del ponte ferroviario tale per cui le spalle esterne sono impostate ben al di fuori dell'alveo utile del Porto Canale (i.e. scolmatore di piena del Fiume Marecchia) e tra esse via siano n. 4 pile;
- quelle d'interesse in questa sede sono le due pile "centrali, ricomprendenti lo speco d'acqua del porto canale.



Figura 47. Ripresa fotografica da monte (da sponda destra) del ponte esistente sul Porto Canale di Rimini della linea ferroviaria BO-AN, in adiacenza del quale viene realizzato il nuovo ponte della linea tramviaria "TRC2" in progetto



Figura 48. Ripresa fotografica da valle (da sponda sinistra) del ponte esistente sul Porto Canale di Rimini della linea ferroviaria BO-AN, a monte del quale viene realizzato il nuovo ponte della linea tramviaria "TRC2" in progetto

In sintesi, procedendo da est verso ovest, vi è, dopo la spalla destra (impostata ad est di Via Graziani/Rodi) la pila n. 1 ricompresa tra l'aiuola spartitraffico che divide via Graziani/Rodi (sovrappassate) da via Savonarola/Destra del Porto e a seguire la pila n. 2 in sponda destra, che divide il vero e proprio canale da via Savonarola/Destra del Porto (sovrappassate).

Tra la pila n. 2 ed il canale vi è una pista ciclopedonale. Poi vi è la pila n. 3, centrale, proprio in mezzo al porto canale, all'interno del fondo alveo perennemente bagnato.

Poi, vi è la pila n. 4 in sponda sinistra, che divide il vero e proprio canale da via Madonna della Scala/Sinistra del Porto. In ultimo, vi è la spalla sinistra ad ovest di via Madonna della Scala/Sinistra del Porto (sovrappassate).

La luce complessiva del ponte tra le due spalle è di circa 84 metri, con campate di ampiezza variabile (da 10-14 metri circa delle campate esterne di sovrappasso stradale a 25 metri circa delle due campate centrali di sovrappasso del Porto Canale).

Alla luce di tali dati (e della normativa vigente), le scelte progettuali qui assunte al fine di ottimizzare il comportamento idrodinamico anche in condizioni di piena eccezionale (i.e. la massima portata sfiorata alla soglia arginale in testa al Parco Tiberio, in destra idraulica del Fiume Marecchia, pari attualmente a poco meno di 200 mc/s secondo lo studio del Prof. Ing. A. Brath visto al paragrafo 5.1.1 precedente, ma potenzialmente stimabile fino a 300 mc/s in caso di alveo del Fiume Marecchia particolarmente vegetato e/o di condizioni a mare ancora più severe) della nuova struttura, che sarà poi nel dettaglio configurata in ogni particolare nelle fasi successive di progettazione, sono le seguenti:

- Impostazione della quota d'intradosso del nuovo ponte ad almeno 150 cm dal livello della piena biscolore stimata all'altezza dell'attuale ponte della linea ferroviaria BO-AN (condizione, come si vedrà nel seguito, già garantita anche da quest'ultimo), in piena conformità con le indicazioni delle NTC 2018, condizione che non comporta – alla luce delle contestuali quote di progetto del piano viabile della nuova piattaforma del "TRC2" – un particolare sforzo progettuale per il contenimento dello spessore dell'impalcato stesso;
- Si prevede di evitare (i.e. la pila n. 3 del ponte esistente) la presenza di pile all'interno dell'alveo del porto canale, in modo da annullare qualunque tipo di interazione tra la nuova struttura e l'idrodinamica, sia in tempo asciutto che in periodi di piena, delle correnti idriche nel Porto Canale;
- Le pile di sostegno della porzione centrale del nuovo ponte, cioè dell'unica campata sovrappassante il Porto canale, saranno circa in allineamento con la pila n. 2 e la pila n. 4 prima descritte, per una luce complessiva di quasi 50 metri;

In merito alla necessaria definizione del primo punto del precedente elenco (livello di piena biscolore nel Porto Canale di Rimini → quota dell'intradosso dell'impalcato del nuovo ponte), risulta di grande utilità la "*Relazione di compatibilità idraulica*" redatta dal gruppo di progettazione del Comune di Rimini per il progetto esecutivo denominato "Tiberio – Comparto 4 – Canale" (Arch. F. Dellarosa, Comune di Rimini, 2016), già utilizzata per la recente progettazione (e realizzazione) di varie opere di riqualificazione e valorizzazione del Canale Tiberio nel tratto compreso tra Ponte di Tiberio e Ponte dei Mille (una passerella galleggiante su moduli in calcestruzzo armato con nucleo di polistirolo espanso ad alta densità, rivestito con assito di legno, di collegamento tra banchina destra e sinistra del Canale - una passerella in acciaio zincato e verniciato, grigliato metallico con sovrastante piano di calpestio in legno, in quota a sbalzo lungo il lato delle mura in sponda destra – un balcone in acciaio zincato e verniciato, grigliato metallico con sovrastante piano di calpestio in legno, aggettante da Piazza Pirinela sul Canale, con accesso mediante pedana rialzata di 40 cm, rivestita in legno, posta sulla Piazza stessa - rampe di discesa in struttura leggera, permeabile all'acqua, con travi in acciaio zincato e verniciato e grigliato metallico con sovrastante piano di calpestio in doghe di legno montate con fughe di almeno 0.5 cm, per l'abbattimento delle barriere architettoniche in banchina destra e sinistra).

Si riportano di seguito il frontespizio ed un estratto delle parti più significative, per il presente progetto, di tale relazione, cioè il paragrafo nel quale si mettono a sistema tutti gli studi idrologico-idraulici (già disponibili e pienamente affidabili) sul tratto di Porto canale d'interesse (cioè studiato almeno fino al Ponte della Resistenza e ricomprendente dunque l'attuale ponte ferroviario ed il sedime del futuro attraversamento del "TRC2"), per arrivare ad assunzioni fondamentali e cautelative sotto l'aspetto della compatibilità idraulica con il reticolo idrografico interferente (i.e. il Porto Canale).





Comune di Rimini

Direzione Lavori Pubblici e Q.U.  
Edilizia pubblica e valorizzazione del patrimonio

Via Rosaspina n.21 - 47900 Rimini  
tel. 0541 704433 - fax 0541 704810  
www.comune.rimini.it  
Francesca.dellarosa@comune.rimini.it  
c.f.-p.iva 00304260409

### RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA PROGETTO TIBERIO – COMPARTO 4

Redatta da arch. Francesca Dellarosa

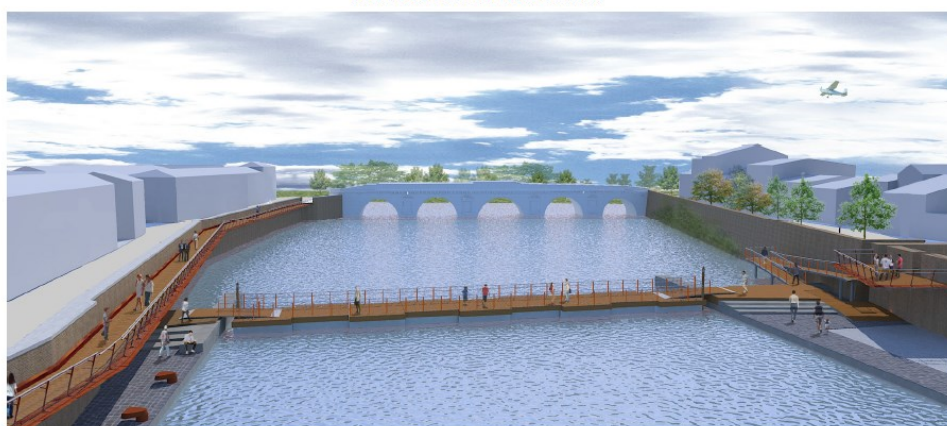


Figura 49. Frontespizio della “Relazione di compatibilità idraulica” del progetto esecutivo denominato “Tiberio – Comparto 4 – Canale” (Comune di Rimini, 2016).

Le considerazioni riportate nella succitata “*Relazione di compatibilità idraulica*” sono state desunte, infatti, dai principali studi e modelli idraulici condotti all’interno del tratto di Porto Canale d’interesse, che va dal Ponte di Tiberio al Ponte della Resistenza, nel caso di scenario straordinario/limite caratterizzato da portata di piena nel Deviatore Marecchia con  $Tr = 200$  anni e  $Q_{PC} = 300$  mc/s che sfiora in alveo storico (i.e. Porto Canale), considerando inoltre il concomitante sovrizzo all’imboccatura del Porto Canale dovuto ad una potenziale marea straordinaria a ricorrenza secolare ( $Tr = 100$  anni), pari a +2,10 s.l.m.m.

Fondamentalmente, la disamina degli studi di riferimento disponibili ha ricompreso i seguenti n. 3 elaborati:

- A) Autorità Interregionale Marecchia – Conca: “*Studio idrologico ed idraulico del tratto terminale del fiume Marecchia finalizzato all’analisi del nodo idraulico di Rimini. Relazione II revisione*” (A. Brath – 2005), già utilizzato sul Fiume Marecchia al precedente paragrafo;
- B) Comune di Rimini - Settore Lavori Pubblici: “*Sistemazione idraulica del bacino del Ponte di Tiberio e primo intervento di manutenzione e consolidamento dei Bastioni medievali*” (A. Bizzarri – 1996)
- C) Comune di Rimini – Settori Lavori Pubblici: “*Progetto idraulico del Parco Marecchia e definizione del modello idraulico del Porto Canale dal Bacino di Tiberio fino allo sbocco a mare*” (Alpina Acque Srl e Cesi – 2006)



Di ognuno di essi, vengono richiamati i principali aspetti inerenti le opere in progetto.

A) Lo studio dell'ing. A. Brath, realizzato nel settembre 2005, per Autorità Interregionale Marecchia – Conca denominato *“Studio idrologico ed idraulico del tratto terminale del fiume Marecchia finalizzato all'analisi del nodo idraulico di Rimini. Relazione II<sup>a</sup> revisione”* mirava a definire il comportamento del deviatore Marecchia e a individuarne le criticità in funzione delle ipotesi fatte sulla soglia sfiorante e pertanto in funzione delle ipotesi di maggiore o minore coinvolgimento dell'alveo storico allo smaltimento delle portate di piena.

I dati principali desumibili dall'incrocio dello studio di Alpina Acque e da quello del Prof. Brath (rif. Pag. 5 Elab. 1.3, relazione finale con valutazione dei risultati e ipotesi progettuali del “Progetto idraulico del Parco Marecchia e definizione del modello idraulico del Porto canale dal bacino del Ponte di Tiberio fino allo sbocco a mare” ) sono:

- L'innesco della soglia sfiorante allo stato attuale si manifesta per portate di ingresso al nodo di poco superiori a 400 mc/s a fronte di una quota di sfioro di + 3,90 m s.m.:
- Per portate crescenti fra 400 e 800 mc/s e ipotizzando un livello medio del mare alla foce pari a + 2,10 s.m. con  $Tr=100$  anni si ha via via un maggior interessamento dell'alveo storico e valori sempre più ridotti dei franchi sotto gli attraversamenti presenti sul Deviatore Marecchia;
- Ipotizzando le medesime condizioni di livello marino alla foce (+2,10 s.m) e considerando i valori di portata desunti dall'analisi idrologica, per  $Tr = 200$  anni si ottiene una  $Q$  sfiorata in alveo storico = 182 mc/s, per  $Tr = 500$  anni si ottiene una  $Q$  sfiorata in alveo storico = 237 mc/s.
- Sono stati riportati gli effetti sui profili idraulici e sui franchi in corrispondenza degli attraversamenti per portate di ingresso pari a 200 anni e per livelli del mare corrispondenti a scenari con  $Tr = 100$  anni (tab. a pag 6 dell'elab. 1.3).
- Con riferimento ad un evento di piena con  $t=200$  anni ( $Q=1280$  mc/s), le portate sfiorabili nell'alveo storico alla quota di sfioro attuale di 3,9 m s.m sono pari a 208 mc/s (pag. 7)
- Il Parco Marecchia è stato infatti compartimentato considerando un evento straordinario di piena con  $T= 200$  anni , ed un livello di marea (sovralzo all'imboccatura) pari a 2,10 s.m. con  $T=100$  anni. Per tali scenari, d'altro canto, non sono state definite le corrispondenti sezioni nel Canale Tiberio in quanto lo studio riguardava principalmente la messa in sicurezza del Parco XXV Aprile.

B) Lo Studio commissionato all'ing. A. Bizzarri nel 1996 dal Comune di Rimini - Settore Lavori Pubblici denominato *“Sistemazione idraulica del bacino del Ponte di Tiberio e primo intervento di manutenzione e consolidamento dei Bastioni medievali”* sottolinea che :

- La rimozione della traversa mobile posta a valle del ponte di Tiberio costituiva elemento significativo di riduzione del rischio idraulico lungo il parco urbano (e infatti non è più presente);
- Nei lunghi periodi in cui la portata del Marecchia non supera i 400 mc/s, il rinnovo delle acque nel porto canale e nel Bacino di Tiberio è estremamente modesto o nullo, essendo legato a modeste correnti residue di marea, agli ingressi di alcuni scaricatori di piena e a scambi ridottissimi con la falda oltre che alle acque di scolo del Parco, alle piogge e all'evaporazione sullo specchio liquido.

L'ing. Bizzarri non aveva relazionato il proprio studio ad un tempo di ritorno  $Tr$  specifico e non aveva definito le sezioni all'interno del Porto Canale nel tratto di interesse.

C) Nell'ambito dello studio denominato "Progetto idraulico del Parco Marecchia e definizione del modello idraulico del Porto Canale dal Bacino di Tiberio fino allo sbocco a mare", commissionato dal Comune di Rimini ad Alpina Acque Srl e Cesi nel 2006, teso ad analizzare quali punti del Parco Marecchia presentassero delle criticità, è stato elaborato anche il modello idraulico del Porto Canale dal bacino del Ponte di Tiberio fino allo sbocco a mare.

Tale modello teneva conto dell'influenza dei natanti omeggiati in modo continuativo ai lati del Porto Canale fino all'altezza della ex briglia mobile e considerava la briglia già assente, in quanto nel 2006 si presentava parzialmente demolita e con una Delibera di Giunta approvata che ne decretava la rimozione.

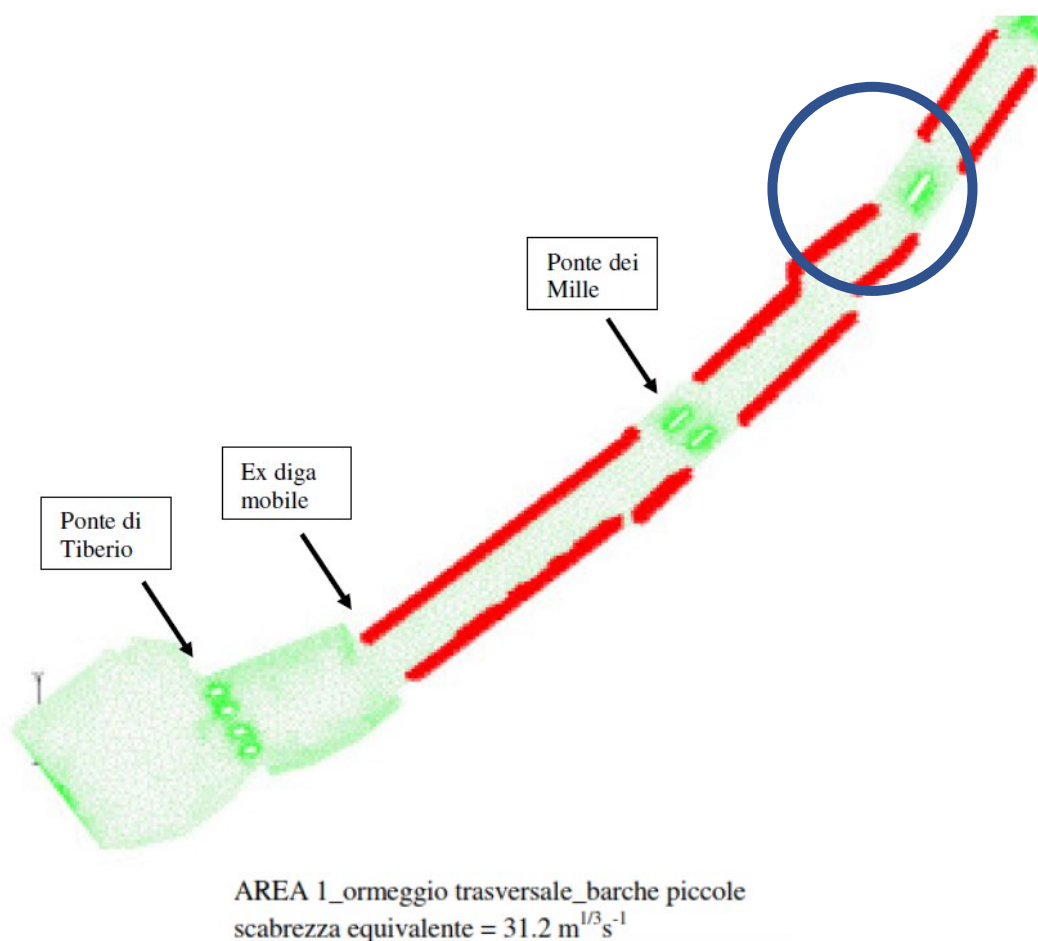


Figura 50. Definizione nel modello idraulico delle zone di ormeggio e del coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler

Il Parco (ri-profilatura del Parco XXV Aprile) è stato compartimentato considerando un tempo di ritorno di 200 anni e un livello di marea max di h. 2,10 m (i.e. con tempo di ritorno di 100 anni).

Dai grafici riportati nell'Elaborato 1.1 "Studio mediante modello numerico del Porto canale di Rimini", a pag 77, si evince che, in condizioni straordinarie dettate solo da eventi di piena con  $Q = 300 \text{ mc/s}$  e sovrалzo all'imboccatura nullo, le elevazioni raggiunte nel Canale nel tratto fra il Ponte di Tiberio e il Ponte dei Mille vanno da + 1,3 m s.l.m.m e 0,8 m s.l.m.m.

In corrispondenza del ponte della linea ferroviaria BO-AN, invece, qui oggetto di indagine, il livello raggiunto dall'acqua si attesta sui 0,55 m s.l.m.m (vedasi figura successiva).

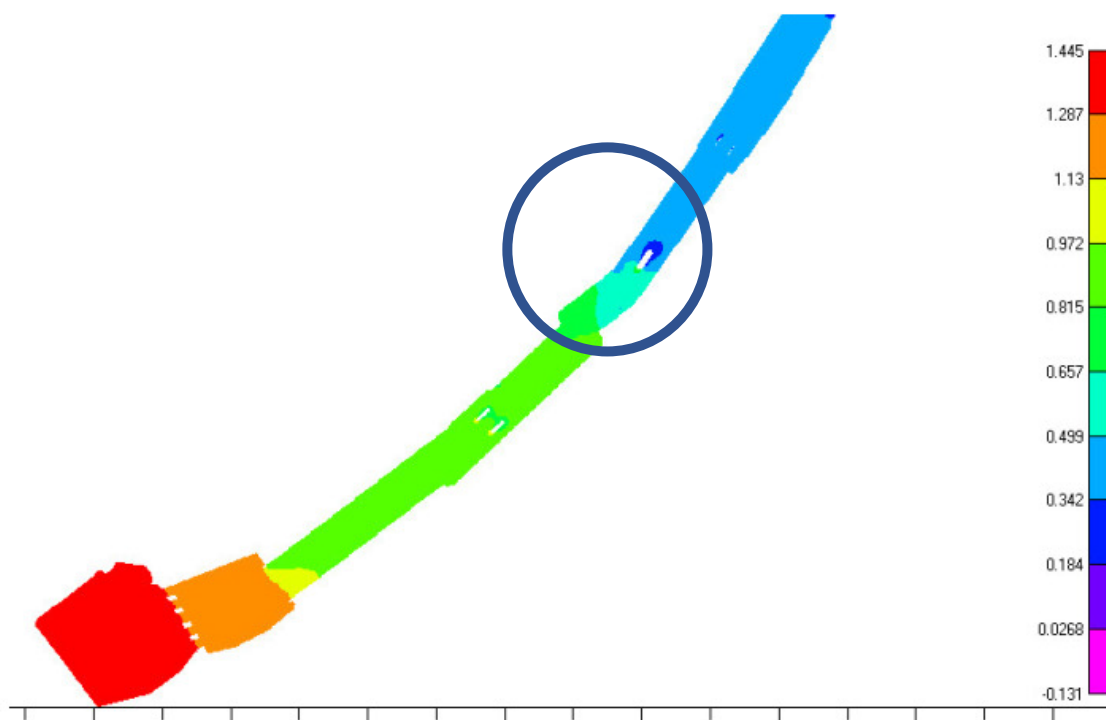


fig. 5.9 – Elevazioni raggiunte nel Porto Canale (intero dominio, in alto, dettaglio della prima metà del canale, in basso) al termine della simulazione dello scenario straordinario N. 5\_Qpiena = 300 mc/s e sovrzalzo all'imboccatura nullo.

Figura 51. Livelli idrici raggiunti nel Porto Canale per la simulazione del seguente scenario straordinario: Qpiena = 300 mc/s e sovrzalzo all'imboccatura nullo (livello medio mare)

Dai grafici riportati nell'Elaborato 1.1 "Studio mediante modello numerico del Porto canale di Rimini", a pag 95, si evince che, in condizioni straordinarie dettate solo da eventi di piena  $Q = 300$  mc/s (con  $Tr = 200$  anni e più) e sovrzalzo all'imboccatura = +2,10 (con  $Tr = 100$  anni), le elevazioni raggiunte nel Canale nel tratto fra il Ponte di Tiberio e il Ponte dei Mille vanno da + 2,60 m s.l.m.m a 2,35 m s.l.m.m.

In corrispondenza del ponte della linea ferroviaria BO-AN, invece, qui oggetto di indagine, il livello raggiunto dall'acqua si attesta circa sui 2,25 m s.l.m.m. (vedasi figura successiva).

In sintesi, si evince chiaramente che il massimo livello di piena con  $Tr = 200$  anni, anche ipotizzando le condizioni al contorno più estreme (mareggiata secolare allo sbocco, contestuale alla piena bisecolare sfiorante dalla soglia sul Marecchia), è stimabile in + 2.25 m s.l.m. circa, condizione che determina attualmente la presenza di un franco idraulico ottimale dall'impalcato nel ponte esistente della linea ferroviaria BO-AN (a quota circa +4.00 m s.l.m.), pari a circa 175 cm.

Anche per il nuovo ponte della "TRC2" si impone, come già accennato in precedenza, il pieno soddisfacimento delle prescrizioni progettuali imposte dalle Norme Tecniche per le Costruzioni vigente, che richiedono un franco utile ottimale di 150 cm. Conseguentemente, la quota d'intradosso media del nuovo ponte non dovrà mai essere inferiore a circa + 3.75 m s.l.m. e, se possibile, tendere ad essere pari o superiore alla quota d'intradosso dell'impalcato dell'attuale ponte ferroviario adiacente, a circa + 4.00 m s.l.m.

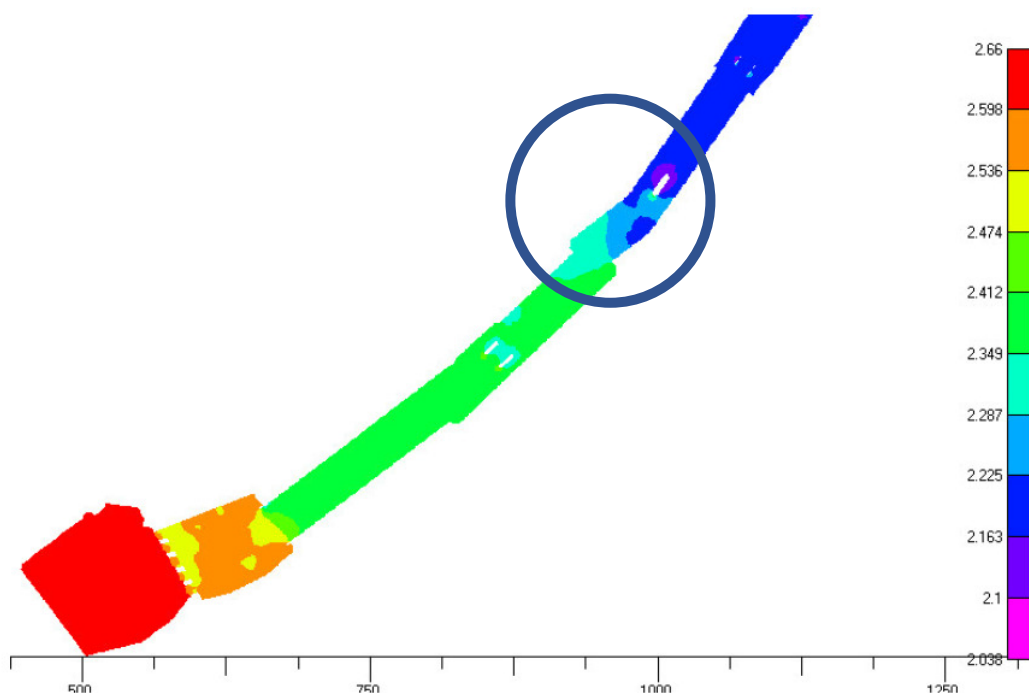


fig. 5.27 – Elevazioni raggiunte nel Porto Canale (intero dominio, in alto, dettaglio della prima metà del canale, in basso) al termine della simulazione dello scenario straordinario N. 14\_ Qpiena = 300 mc/s e sovrizzo all'imboccatura pari a 2.10 m s.l.m.m

Figura 52. Livelli idrici raggiunti nel Porto Canale per la simulazione del seguente scenario straordinario: Qpiena = 300 mc/s e sovrizzo all'imboccatura a 2.1 m s.l.m.m. (mareggiata Tr = 100 anni)

Si ribadisce l'opportunità/necessità di evitare nel nuovo attraversamento la presenza della pila centrale, anche in ragione del regime cinematico che si verrà a determinare nell'alveo del Porto canale in concomitanza con lo sfioro imponente (fino a 300 mc/s) nel Porto Canale.

In presenza delle condizioni idrauliche assunte, infatti, l'andamento delle velocità dell'acqua all'interno del tratto di Porto Canale indagato - riportato nell'immagine sottostante, tratta sempre dallo Studio Idraulico di Alpina Acque e Cesi - è tale per cui nel tratto tra Ponte dei Mille e Ponte della Resistenza i valori assoluti tendono ad essere importanti (oltre 2 m/s) e tali da generare potenzialmente, nel tempo, pericolosi fenomeni erosivi e dissipativi sulle strutture in elevazione e sulle fondazioni delle stesse.



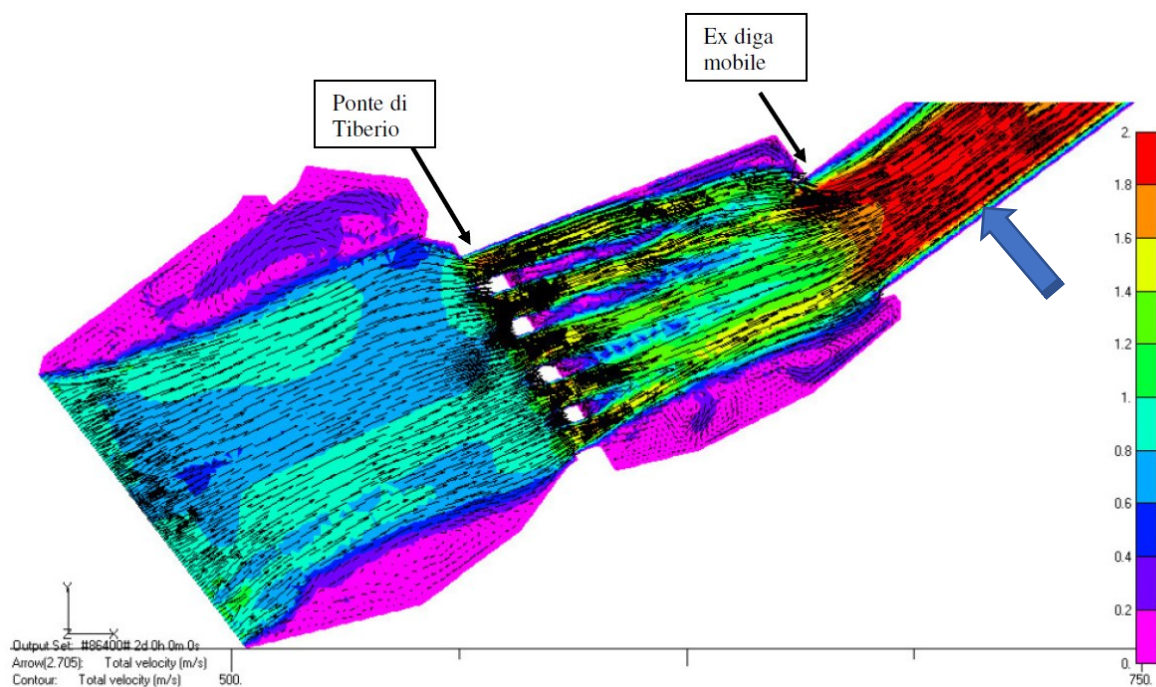


Figura 53. Campo delle velocità nel Porto Canale per la simulazione dello scenario straordinario con  $Q_{piena} = 300 \text{ mc/s}$  e sovrалzo all'imboccatura pari a 2,10 m s.l.m.m. (mareggiata  $T_r = 100$  anni)

## 5.2. RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA

Come già evidenziato al precedente Paragrafo 2, le interferenze con il reticolo di scoli - tominati o a cielo aperto - in gestione al Consorzio di Bonifica della Romagna sono puntuali, in numero limitato e di complessità di risoluzione relativamente modesta.

In generale, tutti i canali di bonifica della riviera riminese sono di solito di lunghezza e bacini abbastanza limitati, ma soprattutto fortemente entropizzati nell'ultimo secolo e per questo, in molti casi, assimilabili più a dorsali fognarie bianche rilevanti che a reticoli naturali di raccolta delle acque superficiali territoriali, cioè di vera e propria bonificazione.

Procedendo da Est verso Ovest, sono tre gli scoli interferenti con il sedime della nuova linea "TRC2", tutti tominati con tubazioni/manufatti di diametro variabile nei punti d'interesse:

- Scolo Dossetto
- Scolo Dosso
- Scolo Matrice Spule

Si ribadisce che essi sono tutti simili per bacino, funzione, configurazione e geometria/dimensione alle fognature urbane di tipo bianco/misto, ma ciò non esula dalla necessità di adempiere a tutti gli obblighi normativi ed autorizzativi/concessori che sempre vigono nella fascia di rispetto dei 10 metri dai canali consortili, come previsto dal R.D. 368/1904 e s.m.i., in presenza o meno di sedime demaniale.

Tali obblighi sono principalmente di due tipi:

- Mantenimento di adeguate distanze di rispetto (ed implementazione di eventuali opere di protezione statica, da concordare con il competente Consorzio di Bonifica della Romagna) delle nuove opere del "TRC2" dai tombinamenti in essere sugli scoli, sia in termini di attraversamenti che di parallelismi, secondo i dettami del vigente "Regolamento di Polizia idraulica consorziale" e le ulteriori prescrizioni dell'Ente rilasciate in sede di espressione di parere di competenza, al fine di preservarne integralmente la funzione idraulica e la resistenza statica;
- In caso di utilizzo di tali scoli come recettori delle acque meteoriche della nuova piattaforma stradale, occorrerà realizzare il manufatto di scarico secondo modalità costruttive concordate con l'Ente, previa valutazione idraulica d'invarianza idraulica conforme con l'Art. 11 del PAI, l'Art. 2.5 del PTCP di Rimini e le ulteriori indicazioni dell'Allegato Tecnico al vigente "Regolamento di Polizia Idraulica consorziale" e/o prescrizioni dell'Ente maturate in sede di espressione di parere di competenza e/o di rilascio della necessaria autorizzazione/concessione, ai sensi di legge.

Nel seguito, si procede alla descrizione sintetica delle caratteristiche tipologiche, dimensionali ed idrauliche dei n. 3 tombinamenti dei citati scoli, al fine di evidenziare eventuali problematiche e/o aspetti particolari da risolvere in sede di progettazione definitiva/esecutiva.

#### 5.2.1. *Scolo Dossetto*

Come si evince dalla Tavola 2/10 dei sottoservizi fognari, fornita da HERA S.p.A. e riportata al Paragrafo 2.4 della presente relazione, in corrispondenza del sedime della nuova piattaforma del "TRC2" lo scolo Dossetto risulta già tombinato, con un DN 500 CLS, al di sotto del piano viabile del sottopasso pedonale esistente sulla linea ferroviaria BO-AN, che collega via Spinelli a via Montecuccoli, che sarà da progetto prolungato a sud.



Figura 54. Vista da monte del manufatto di sottopasso dello scolo Dossetto sulla linea ferroviaria BO-AN



Figura 55. Vista da valle del manufatto di sottopasso dello scolo Dossetto sulla linea ferroviaria BO-AN

Di fatto, quindi, basterà, durante queste lavorazioni di prolungamento del sottovia esistente, preservare le medesime distanze (ed integrità strutturale) del tombinamento DN 500 attuale (si veda il precedente rilievo fotografico, con punti di ripresa da monte e da valle, del sottovia pedonale sotto il quale è posato lo scolo). Si tenga conto che, da rilievi ad hoc effettuati assieme a personale dell'Ente gestore HERA, la tombinatura attuale risulta assai superficiale, in quanto dall'apertura della botola ubicata pochi metri a valle del sottovia ferroviario lo scorrimento di fondo è a circa 100 cm dal piano strada.

Nel caso lo scolo Dossetto divenisse anche recettore di una porzione della nuova piattaforma stradale, dovranno essere attuati tutti i dispositivi d'invarianza idraulica più volte richiamati; nel caso specifico, risultando molte delle aree sedime dell'opera già oggi in buona parte impermeabili o semimpermeabili, si avrà che l'incremento delle stesse sarà modesto e conseguentemente i volumi da reperire saranno anch'essi limitati e tali da essere allocati tutti nelle stesse fogne bianche in progetto e relativi manufatti (pozzetti, camerette, caditoie, ...), al più necessitando un loro leggero sovradimensionamento rispetto alle mere esigenze di officiosità idraulica.

### 5.2.2. Scolo Dosso

Come si evince dalla Tavola 3/10 dei sottoservizi fognari, fornita da HERA S.p.A. e riportata al Paragrafo 2.4 della presente relazione, in corrispondenza del sedime della nuova piattaforma del "TRC2" lo scolo Dossetto risulta già tombinato, con un DN 800 CLS, al di sotto del piano viabile del sottopasso pedonale esistente sulla linea ferroviaria BO-AN, che collega via Borgatti (angolo via Spinelli) a via Coletti (attraverso la pista che costeggia il lato est del campo sportivo di San Giuliano di Rimini), che sarà da progetto prolungato a sud.





Figura 56. Vista da monte del manufatto di sottopasso dello scolo Dosso sulla linea ferroviaria BO-AN



Figura 57. Vista da valle del manufatto di sottopasso dello scolo Dosso sulla linea ferroviaria BO-AN



Di fatto, quindi, basterà, durante queste lavorazioni di prolungamento del sottovia esistente, preservare le medesime distanze (ed integrità strutturale) del tombinamento DN 500 attuale (si veda il precedente rilievo fotografico, con punti di ripresa da monte e da valle, del sottovia pedonale sotto il quale è posato lo scolo). Si tenga conto che, da rilievi ad hoc effettuati assieme a personale dell'Ente gestore HERA, la tombinatura attuale risulta assai superficiale (appena a monte del sottovia ferroviario lo scorrimento di fondo è a circa 120 cm dal piano strada).

Nel caso lo scolo Dosso divenisse anche recettore di una porzione della nuova piattaforma stradale, dovranno essere attuati tutti i dispositivi d'invarianza idraulica più volte richiamati; nel caso specifico, risultando molte delle aree sedime dell'opera già oggi in buona parte impermeabili o semimpermeabili, si avrà che l'incremento delle stesse sarà modesto e conseguentemente i volumi da reperire saranno anch'essi limitati e tali da essere allocati tutti nelle stesse fogne bianche in progetto e relativi manufatti (pozzetti, camerette, caditoie, ...), al più necessitando un loro leggero sovradimensionamento rispetto alle mere esigenze di officiosità idraulica.

### 5.2.3. *Scolo Matrice Spule*

Come si evince dalla Tavola 5/10 dei sottoservizi fognari, fornita da HERA S.p.A. e riportata al Paragrafo 2.4 della presente relazione, in corrispondenza del sedime della nuova piattaforma del "TRC2" lo scolo Matrice Spule risulta già "quasi integralmente" tombinato, presumibilmente con un DN 1000 CLS, al di sotto del rilevato della linea ferroviaria BO-AN; l'attraversamento risulta ubicato a sud (monte) su via Labriola, poco a est del curvone su via Vincini, e a nord (valle) sempre su via Labriola, nella porzione stradale avente giacitura al di là della linea ferroviaria.



Figura 58. Vista da monte del manufatto di sottopasso dello scolo Matrice Spule sulla linea ferroviaria BO-AN





Figura 59. Dettaglio dell'imbocco di monte del sottopasso dello scolo Matrice Spule sulla linea ferroviaria BO-AN



Figura 60. Vista da valle del manufatto di sottopasso dello scolo Matrice Spule sulla linea ferroviaria BO-AN





Figura 61. Dettaglio dell'imbocco di valle del sottopasso dello scolo Matrice Spule sulla linea ferroviaria BO-AN


Rispetto ai due casi precedenti (Dossetto e Dosso), vi sono due aspetti peculiari:

- L'attraversamento esistente è sotto il rilevato ferroviario e "sbuca", su entrambi i fronti, in manufatti in mattoni entro i quali lo scolo torna brevemente, per pochi metri per lato, a cielo aperto, provenendo da monte (sud) al di sotto dell'area cortiliva di abitazione privata al civico 49 di via Labriola e a valle (nord) ripartendo tombinato al di sotto del piano stradale di via Labriola e poi dei campi adiacenti (si veda il precedente rilievo fotografico, con punti di ripresa da monte e da valle e relativi dettagli dei manufatti di raccordo tra le tombinature in arrivo/partenza e quella specifica sottopassante il rilevato della linea ferroviaria BO-AN). Ciò comporta che nelle successive fasi di progettazione, oltre a dover preservare l'integrità strutturale del tombinamento DN 1000 attuale (si tenga conto che, da appositi sopralluoghi effettuati in sito, essa risulta assai superficiale), di concerto con il competente Consorzio di Bonifica della Romagna andranno definiti tipologia e dimensioni ed eseguiti i calcoli statici ed idraulici del più opportuno manufatto di completamento e/o sostituzione di quello esistente appena a monte della linea ferroviaria BO-AN, creando ivi un'apposita cameretta d'ispezione con botola d'accesso dalla sede viabile della nuova linea "TRC2";
- Nel caso lo scolo Matrice Spule divenisse anche recettore di una porzione della nuova piattaforma stradale, dovranno essere attuati tutti i dispositivi d'invarianza idraulica più volte richiamati; nel caso specifico, risultando molte delle aree sedime dell'opera oggi in buona parte permeabili o semimpermeabili, si avrà che l'incremento delle stesse sarà più significativo e conseguentemente i volumi da reperire saranno anch'essi, in termini unitari, più importanti: occorrerà quindi verificare, in sede di progettazione successiva, che essi siano ancora tali da essere allocati tutti nelle stesse fogne bianche in progetto e relativi manufatti (pozzetti, camerette, caditoie, ...), procedendo ad un loro più spinto sovradimensionamento rispetto alle mere esigenze di officiosità idraulica.

### 5.3. RETE FOGNARIA URBANA

In generale, come già anticipato al Paragrafo 3.4, ogni attività progettuale e costruttiva sulle fognature urbane esistenti (o in progetto) per acque meteoriche (ed anche per acque reflue o di tipo misto/unitario), essendo queste in capo a HERA S.p.A. nell'intero territorio riminese, devono essere rispondenti alle prescrizioni, indicazioni e metodologie di calcolo del "Documento tecnico DA.DT.FD.001. Principali prescrizioni tecniche per la progettazione e la realizzazione di reti fognarie – Rev.0 - 2019" ed annesso Allegato 1, quest'ultimo contenente tutte le principali specifiche tecniche di riferimento per le tubazioni di materiale vario (PVC, PEAD, PP, Ghisa, ...) ed i relativi raccordi, allacciamenti e dispositivi di coronamento in ghisa.

Di tale documento occorrerà tenere debito conto in sede di progettazione definitiva/esecutiva, concertando con HERA S.p.A. ogni dettaglio costruttivo delle opere in progetto interferente con la rete fognaria esistente.


 DIREZIONE ACQUA	<b>DOCUMENTO TECNICO</b>		DA.DT.FD.001
	<b>Principali prescrizioni tecniche per la progettazione e la realizzazione di reti fognarie</b>		
	Rev. 0		PAG. 1 DI 44

REV. 0	DATA: 18/06/2019	NATURA DELLE MODIFICHE:	
REDAZIONE E AGGIORNAMENTO	SIGLA FD - CT	DATA 18/06/2019	FIRMA S. GIOVANNINI
VERIFICA DI CONFORMITA'	SIGLA FD - EMILIA FD - ROMAGNA	DATA 19/06/19	FIRMA GN. SCARCELLI P. MARTINELLI
VERIFICA DI COERENZA	SIGLA SAT - DSQA	DATA 19/06/19	FIRMA S. PILAN
APPROVAZIONE	SIGLA FD	DATA 19/06/19	FIRMA E. CAPOROSSI
APPROVAZIONE ED EMISSIONE	SIGLA DA	DATA 20/06/2019	FIRMA F. FOGACCI

I contenuti del presente documento sono riservati ai loro destinatari e di proprietà del Gruppo Hera. Ogni divulgazione, riproduzione, distribuzione non autorizzata o non conforme alle finalità è proibita, anche ai sensi dell'art. 2043 del codice civile.




	<b>DOCUMENTO TECNICO</b>	<b>DA.DT.FD.001</b>
	<b>Principali prescrizioni tecniche per la progettazione e la realizzazione di reti fognarie</b>	
	<b>Rev. 0</b>	<b>PAG. 2 DI 44</b>

## INDICE

<b>1</b>	<b>Scopo e ambito di applicazione</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Definizioni</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Riferimenti normativi</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Prescrizioni generali</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Criteri di dimensionamento</b> .....	<b>10</b>
5.1	Calcolo delle portate .....	10
5.2	Velocità di riferimento.....	14
<b>6</b>	<b>Prescrizioni tecniche</b> .....	<b>14</b>
6.1	Tubazioni .....	14
6.2	Allacciamenti fognari .....	16
6.3	Pozzetti di ispezione e organi di sezionamento .....	16
6.3.1	Prescrizioni generali .....	16
6.3.2	Pozzetto di curva, incrocio o innesto .....	20
6.3.3	Pozzetti di salto .....	21
6.4	Caditoie.....	22
6.5	Botole .....	25
6.6	Impianti di sollevamento .....	25
6.7	Scolmatori .....	25
6.8	Sistemi di accumulo acque di prima pioggia, vasche di prima pioggia .....	26
6.9	Invasi di laminazione .....	28
6.10	Pozzetti degrassatori e fosse tipo Imhoff su impianti privati .....	30
<b>7</b>	<b>Elaborati di progetto</b> .....	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>Norme tecniche per l'esecuzione diretta delle opere di urbanizzazione</b> .....	<b>34</b>
8.1	Prescrizioni funzionali alla presa in carico delle opere da parte di Hera .....	34
8.2	Controllo qualità e norme tecniche .....	35
8.2.1	Premessa.....	35
8.2.2	Requisiti impresa esecutrice.....	35
8.2.3	Qualità e accettazione dei materiali.....	35
8.2.4	Prove sui materiali.....	36
8.2.5	Materiali per rinterrati scavi e opere stradali .....	36
8.2.6	Accettazione dei materiali.....	36
8.3	Tubazioni .....	38
<b>9</b>	<b>Norme per l'esecuzione dei lavori</b> .....	<b>38</b>
9.1	Attività lavorative a carico del soggetto attuatore e di Hera Spa .....	38
9.1.1	Attività lavorative a carico e cura del soggetto attuatore.....	38
9.1.2	Attività lavorative a cura di Hera S.p.A. ....	39
9.2	Esecuzione degli scavi .....	39
9.2.1	Dimensioni degli scavi .....	40
9.3	Posa in opera .....	40
<b>10</b>	<b>Modalità di consegna dell'opera</b> .....	<b>42</b>
10.1	Collaudo delle reti fognarie .....	42
10.2	Rilievo delle opere eseguite e restituzione cartografica .....	42
10.3	Documentazione necessaria per l'acquisizione di opere afferenti al SII .....	42
<b>11</b>	<b>Documentazione allegata</b> .....	<b>44</b>

Figura 62. Frontespizio e Indice del "Documento tecnico DA.DT.FD.001. Principali prescrizioni tecniche per la progettazione e la realizzazione di reti fognarie – Rev.0 – 2019" (HERA, 2019)

	DA.DT.FD.001 - Principali prescrizioni tecniche per la progettazione e la realizzazione di reti fognarie		
	ALLEGATO 1	Rev.0	PAG. 1 DI 1
	Elenco specifiche tecniche di riferimento		

Di seguito si riportano le specifiche tecniche di riferimento, disponibili nel PIA di Direzione Acqua nella sezione Documenti/Standardizzazione:

1. 109518 Tubi in ghisa per fognature a gravità e in pressione
2. 109618 Raccordi in ghisa per condotte fognarie a gravità
3. 109718 Tubo di PVC-U a parete strutturata per fognature e scarichi interrati non in pressione
4. 109818 Tubo a parete strutturata in polietilene per condotte fognarie non in pressione
5. 102406 Tubo di PVC-U (non plastificato) a parete compatta per fognature e scarichi interrati non in pressione
6. 100504 Dispositivi di coronamento e chiusura in ghisa (botole e griglie)
7. 103207 Allacciamenti fognari a gravità

Figura 63. Frontespizio dell'Allegato 1 del "Documento tecnico DA.DT.FD.001. Principali prescrizioni tecniche per la progettazione e la realizzazione di reti fognarie – Rev.0 – 2019" (HERA, 2019)

Oltre all'aspetto del corretto dimensionamento/progetto delle nuove reti, sarà molto importante anche risolvere tutte le possibili interferenze planoaltimetriche tra le opere stradali/strutturali in progetto e la rete fognaria esistente o, più nello specifico, tra le reti fognarie esistenti e quelle di progetto, sia in termini di eventuali punti di scarico tra le seconde e le prime o, eccezionalmente, di sovrappasso altimetrico (senza commistione) tra esse.

È importante, in ultimo, approfondire in questa sede anche l'aspetto dei potenziali recapiti disponibili delle acque meteoriche della nuova piattaforma stradale "TRC2".

Salvo casi eccezionali, da concordare con l'Agenzia Regionale competente sul reticolo idrografico principale, non si prevedono a questo livello di progettazione nuovi scarichi di fognatura bianca tributari del Deviatore Marecchia e del Porto canale di Rimini, per non interferire in alcun modo con le strutture esistenti (ponti e relative spalle/pile, argini fluviali, banchine, ...) e/o di progetto, di rilevante importanza e complessità, anche alla luce del fatto che si dispone sul territorio di una rete minore di scoli e fognature bianche/miste capillare ed atta alla funzione, previo, come sempre ribadito, l'inserimento dei necessari dispositivi d'invarianza idraulica.

Si elencano di seguito, procedendo da est (Stazione di Rimini) verso ovest (Fiera di Rimini) tutte le fogne bianche e miste che "potenzialmente" potranno fungere da recettore di porzioni della nuova piattaforma stradale (ed aree annesse, quali fermate e marciapiedi, oltre alle acque provenienti dalla sede ferroviaria e captate dalla nuova rete fognaria della "TRC2"), ovviamente previo inserimento – come già visto anche al paragrafo 5.2. per i n. 3 canali di bonifica Dossetto, Dosso e Matrice Spule, anch'essi possibili recettori delle piogge tributarie della nuova strada – dei necessari dispositivi garanti dell'invarianza idraulica della trasformazione "impermeabilizzante" dei suoli (i.e. volumi di accumulo temporaneo e strozzatura finale).

Ubicazione della dorsale fognaria	Dimensione e materiale	Tipologia rete fognaria
VIA DANTE ALIGHIERI	DN 300 – SCAT 700X1000 CLS	MISTA
PIAZZALE CESARE BATTISTI -GIARDINI SILVER SIROTTI	DN 300/400/600/800 CLS – TS 400X400/500X600 – SCAT 500X800/1000X100 CLS	MISTA
VIA SAVONAROLA	VIG 1200X760 CLS	MISTA
VIA DESTRA DEL PORTO	N.C.	BIANCA
VIA MADONNA DELLA SCALA - VIA SINISTRA DEL PORTO	DN 300 CLS	MISTA
VIA GUIDANTONI – VIA GULLI	DN 1000 CLS (SOTTO LINEA BO-AN) - VIG 2400X1520 CLS	MISTA
VIA SPINELLI – VIA MONTECUCCOLI	DN 500 (SOTTOVIA LINEA BO-AN)	SCOLO CONSORTILE DOSSETTO
VIA SPINELLI	DN 300/400 CLS	MISTA
VIA BORGATTI – CAMPO SPORTIVO SAN GIULIANO	DN 800 (SOTTOVIA LINEA BO-AN)	SCOLO CONSORTILE DOSSO
VIA SPINELLI	DN 300/400 CLS	MISTA
VIA GATTORNO	DN 300 CLS	MISTA
VIA SALETTA	DN 300 CLS	MISTA
VIA CORONELLI	DN 300 CLS	MISTA
VIA VENDEMINI	DN 300 CLS	MISTA
VIA GEMELLI	DN 200 PVC	MISTA
VIA ZAVAGLI	DN 300 N.C. – DN 500 PVC (SOTTOVIA VIA ZAVAGLI) – SCAT 300X300 MUR	BIANCA/MISTA
VIA SEMPIONE	DN 300 CLS	MISTA
VIA LABRIOLA – VIA VINCINI	DN 1000 (SOTTO LINEA BO-AN)	SCOLO CONSORTILE MATRICE SPULE
VIA MANZINI	DN 300 CLS	BIANCA
VIA SIMBENI	DN 300 CLS	BIANCA
VIA SACRAMORA	N.C. (CON SOLLEVAMENTO)	BIANCA
VIALE DEI CIPRESSI	DN 300 CLS – DN 600 GH	BIANCA/MISTA
VIA CELLE	DN 300 CLS	BIANCA
VIA POPILIA	DN 300 CLS	BIANCA
VIA CAPELLI	DN 200/400 PVC/CLS (CON SOLLEVAMENTO)	BIANCA
VIA TEODORICO	DN630 PVC – DN 600 CSL (SOTTO LINEA BO-AN)	BIANCA
PARCHEGGI SUD 1 E 2 FIERA RIMINI	N.C. (FOGNATURE PRIVATE)	BIANCA

**Tabella 7. Elenco dei potenziali recapiti fognari delle acque meteoriche della piattaforma stradale “TRC2”**



## 5.4. CARATTERISTICHE GENERALI DELLA RETE FOGNARIA IN PROGETTO

Lo schema della rete di smaltimento idraulico viene qui concepito e “metaprogettato” con soluzioni tecniche e tecnologiche semplici ed ispirate a pochi schemi/sezioni tipologici molto funzionali, in coerenza con quanto già progettato nel 1<sup>a</sup> stralcio “TRC1” da Rimini FS a Riccione FS, al fine di garantire la piena efficacia ed efficienza del sistema di raccolta delle acque piovane che scorrono sulla piattaforma stradale, mediante un sistema di captazione e convogliamento delle stesse ai recapiti finali disponibili.

In estrema sintesi, il sistema di captazione sarà caratterizzato – similmente al “TRC1” - da griglie con caditoie sifonate (dim. interne 50x50cm) poste sul ciglio destro (strada sempre monofalda) ad interasse massimo di 25 metri, le quali raccolgono le acque di dilavamento superficiali convogliate nella cunetta laterale trapezoidale (larga 40 cm ed alta 4 cm) ricavata a margine strada togliendo lo strato di usura.

Le acque captate dalla griglia e raccolte nel pozzetto a caditoia sottostante vengono poi inviate ad un collettore principale, secondo due possibili schemi idraulici (vedasi figure seguenti):

- mediante collegamento con tubo in PEAD DN160 (fognolo) al condotto fognario posto sotto l’asse strada. L’allaccio avviene in genere attraverso due modalità: o mediante immissione diretta con braga o mediante scarico in pozzetto di ispezione e confluenza (dim. interne 100x100cm).
- con collettore principale passante all’interno delle caditoie stesse, che fungono dunque anche da pozzettini d’ispezione.

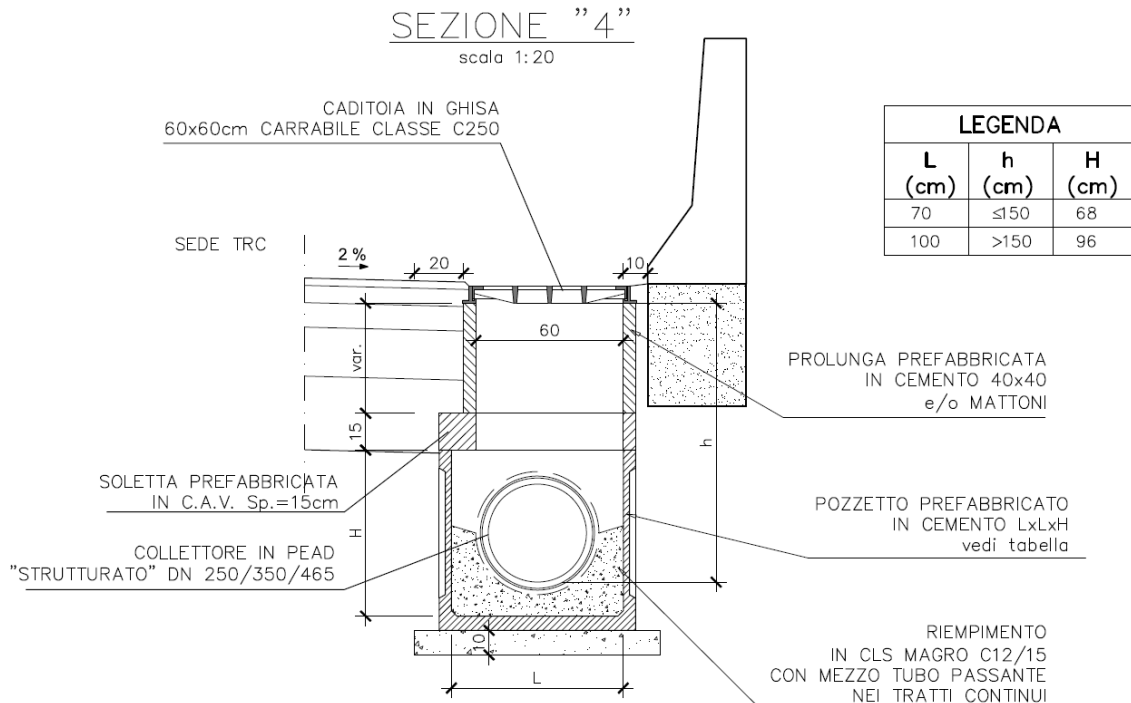


Figura 64. Sezione tipo di posa (adottata nel 1<sup>a</sup> stralcio “TRC1”) con schema di smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma con condotta fognaria posta a margine, in linea con le caditoie “passanti”

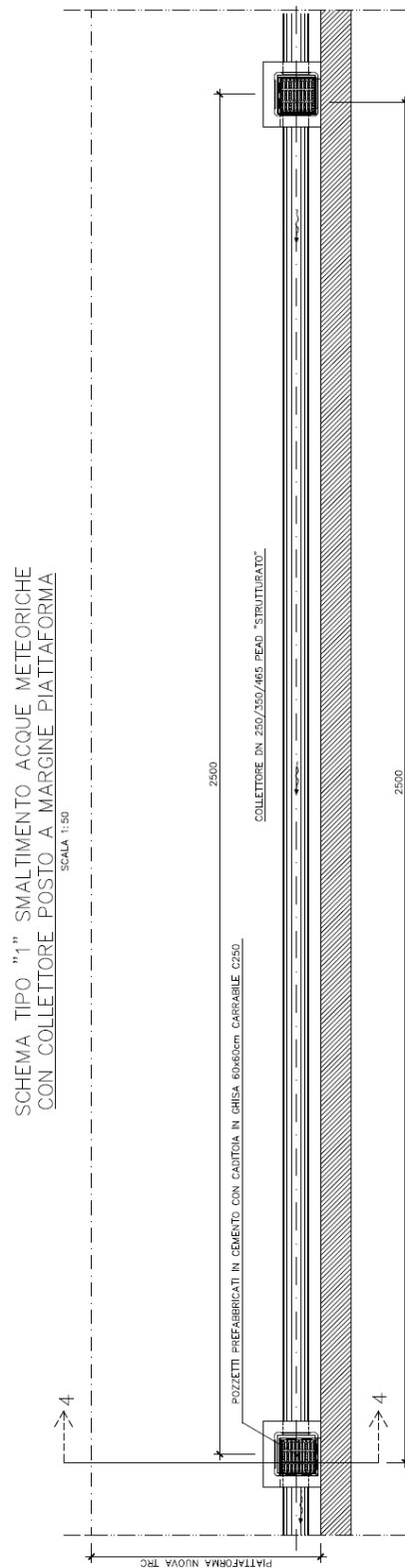


Figura 65. Schema di smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma con condotta fognaria posta a margine, in linea con le caditoie "passanti" (adottata nel 1<sup>a</sup> stralcio "TRC1")

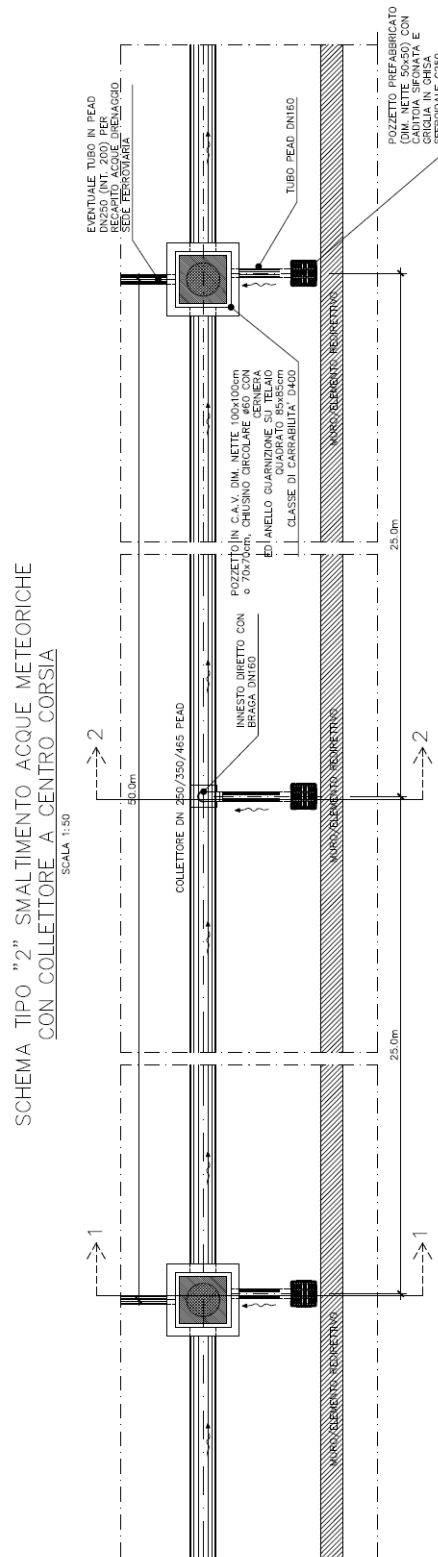


Figura 66. Schema di smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma con condotta fognaria posta a centro corsia, con caditoie "collegate" (adottata nel 1<sup>a</sup> stralcio "TRC1")

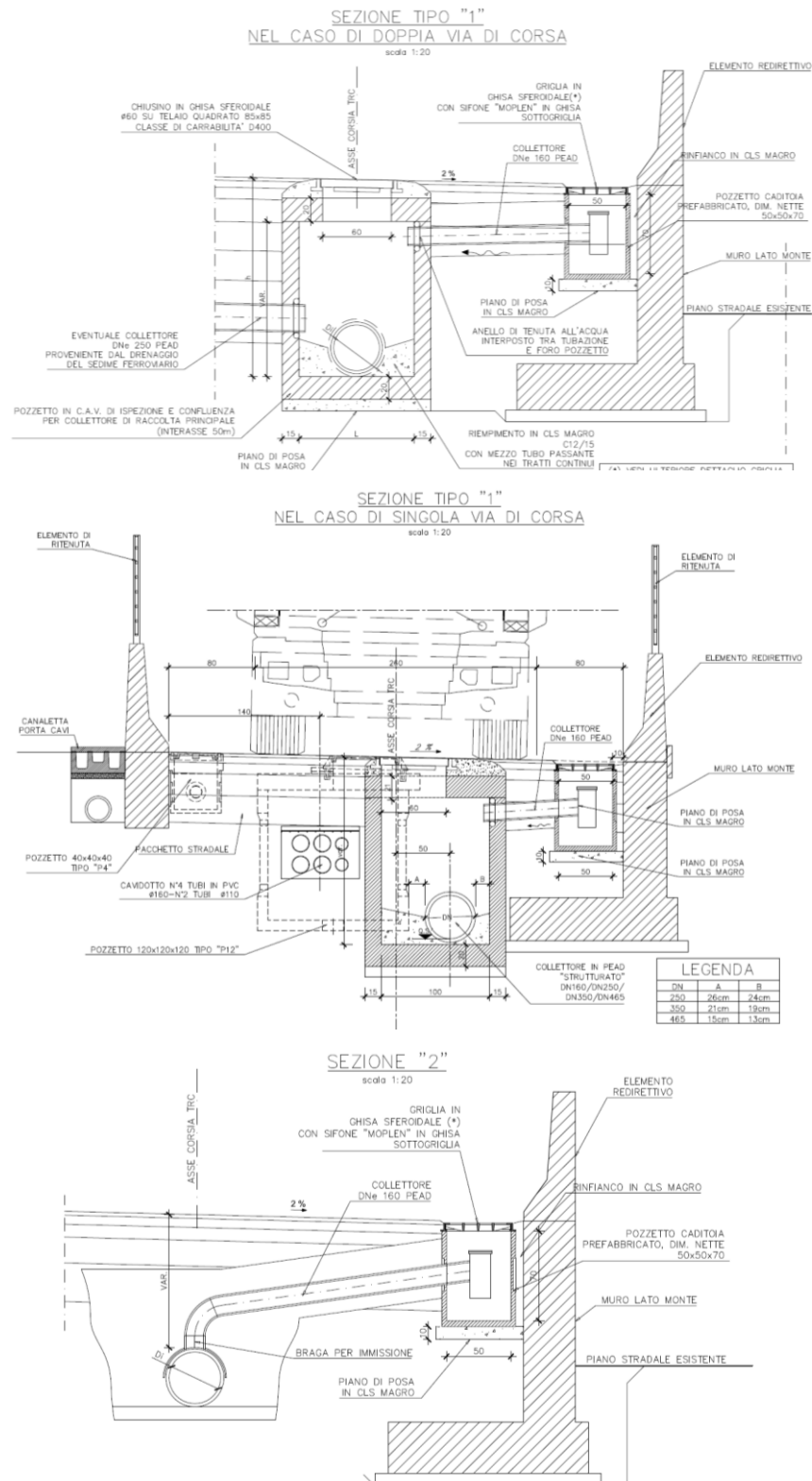


Figura 67. Sezioni tipo di posa (adottate nel 1° stralcio "TRC1") con schema di smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma con condotta fognaria posta a centro corsia, con caditoie "collegate"



Il collettore principale è caratterizzato da un tubo in PEAD strutturato corrugato o materiale similare di equipollenti prestazioni idrauliche e statiche (concordato con HERA S.p.A.), di diametro variabile (DN<sub>INT</sub> 216, 300 e 400, fatte salve eventuali esigenze volumetriche per l'invarianza idraulica, nel qual caso si opterà sempre per i materiali plastici fino a DN 630/800 e per il cls da DN 800 in su), con la funzione di collettare le acque meteoriche al recapito finale.

Nei tratti in cui si verifica un brusco cambiamento di pendenza longitudinale dell'asse stradale (compluvi) si disporranno cautelativamente due caditoie affiancate, per garantire una maggiore probabilità di intercettazione delle acque piovane.

Le scelte che verranno adottate circa lo sviluppo globale della rete idraulica – in primis, la suddivisione in più microbacini idraulici tributari dei singoli punti di scarico/conferimento delle acque meteoriche - sono chiaramente influenzate sia dallo sviluppo plano-altimetrico della sede stradale di progetto, sia dalla presenza dei recapiti disponibili (vedasi il precedente Paragrafo 5.3) e da eventuali vincoli/ostacoli al raggiungimento ed utilizzo di questi ultimi. Tale attività, fondamentale per tutta la progettazione successiva di dettaglio, dovrà essere risolta e definita completamente prima di ogni altra azione, di concerto con tutti gli Enti gestori a vario titolo. Nella maggioranza dei casi lo scarico alla rete idrografica naturale si verifica "indirettamente", cioè mediante allaccio alla rete fognaria comunale esistente (mista e bianca).

SEZIONE "1" CON SCHEMA DI SCARICO IN FOGNA ESISTENTE

scala 1:20

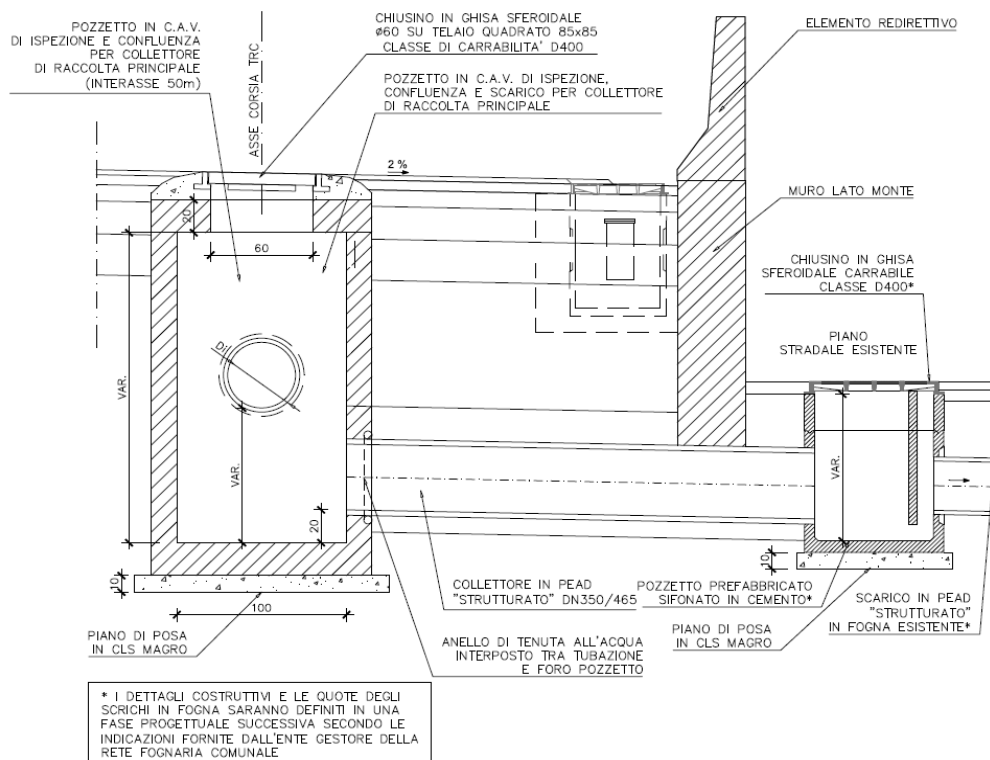


Figura 68. Schema di sezione tipo per lo scarico fognario al recettore finale fognario (N.B. situazione simile si ha anche per lo scarico in scolo di bonifica tombinato, da concordare con il Consorzio di Bonifica della Romagna)

Come detto, la modalità di allaccio sarà definire più precisamente nelle successive fasi di dettaglio, secondo le indicazioni fornite dall'ente gestore della rete fognaria comunale (HERA S.p.A.). Lo schema generale indicativo è quello riportato nella figura precedente.

Ulteriori considerazioni vanno fatte in merito allo smaltimento delle acque provenienti dalla sede ferroviaria, in affiancamento alla nuova sede del "TRC2", per il quale andranno recepite le prescrizioni di RFI S.p.A., così come già avvenuto per il 1<sup>a</sup> stralcio delle opere.

Già per il "TRC1", infatti, erano state seguite le prescrizioni dettate dall'Ente gestore della linea ferroviaria e, dopo un percorso di avvicinamento per passi (e pareri successivi) alla soluzione ottimale, si era arrivati a definire la scelta di tubi dreno microfessurato e successiva posa sovrastante (esclusa dall'appalto) di un cunicolo portacavi con coperchio calpestabile, secondo lo schema tipologico rappresentato nelle figure delle pagine seguenti.

Lo schema planimetrico ed in sezione qui indicato in fase di progettazione di fattibilità tecnica ed economica (vedansi le due figure successive) potrà ovviamente subire delle variazioni (oltre che, ovviamente, per le ulteriori prescrizioni che RFI S.p.A. dovesse esprimere in sede di espressione di parere), essendo la posa dei tubi drenanti legata all'andamento altimetrico del terreno dell'area ferroviaria, alla posizione dei pozzetti di allaccio della rete idraulica della "TRC2" ed alle corrispondenti quote di scorrimento.

Occorre far presente, infatti, che in gran parte dei casi non esistono attraversamenti idraulici atti a recepire le acque della sede ferroviaria, pertanto i tubi microforati saranno allacciati alla rete fognaria di progetto.

In linea generale, così come già assunto in fase di progettazione esecutiva del 1<sup>a</sup> stralcio "TRC1", potrà non considerarsi - come apporto idrologico alle portate entranti nei collettori fognari principali della nuova piattaforma stradale - il contributo delle acque meteoriche provenienti dalla sede ferroviaria nella verifica idraulica dei collettori di progetto del "TRC2".

Si rimarca, d'altro canto, che - come meglio specificato di seguito - come standard prestazionale richiesto ai collettori principali si fissa in questa sede, così come già per il "TRC1", l'evento pluviometrico eccezionale a ricorrenza cinquantennale ( $Tr = 50$  anni), sicuramente molto elevato e dunque garante di un buon grado di sicurezza idraulica (i.e. rischio idraulico residuale molto basso).

Inoltre, i tempi di afflusso in rete mediante tubi microforati risulteranno verosimilmente molto "allungati" rispetto ai tempi di corrivazione stimati per le opere idrauliche (in primis, condotte principali) della nuova sede stradale, circostanza (i.e. asincronia notevole dei momenti di picco di portata) che avvalorerà ulteriormente la scelta "semplificativa" di non considerare nei calcoli di dimensionamento della nuova fognatura le acque della sede ferroviaria.

In ultimo, così come fatto per le opere del "TRC1", si ribadisce che nei tratti in cui non vi sia evidenza di un preesistente smaltimento della sede ferroviaria lato monte, non compromesso dalla realizzazione della "TRC2", in fase di progettazione definitiva/esecutiva non si prevederanno interventi di drenaggio.

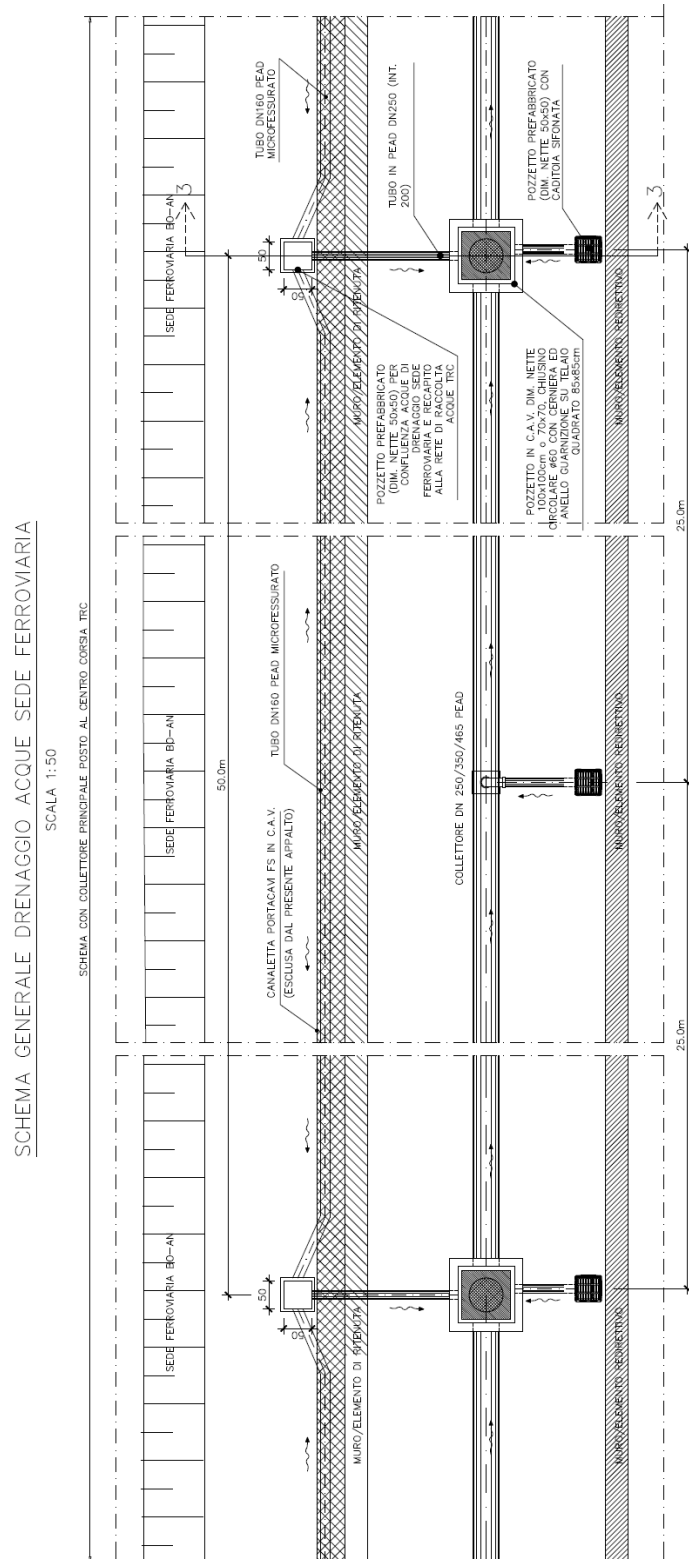


Figura 69. Schema generale di drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche della sede ferroviaria della contigua linea BO-AN (adottata nel 1<sup>a</sup> stralcio "TRC1")

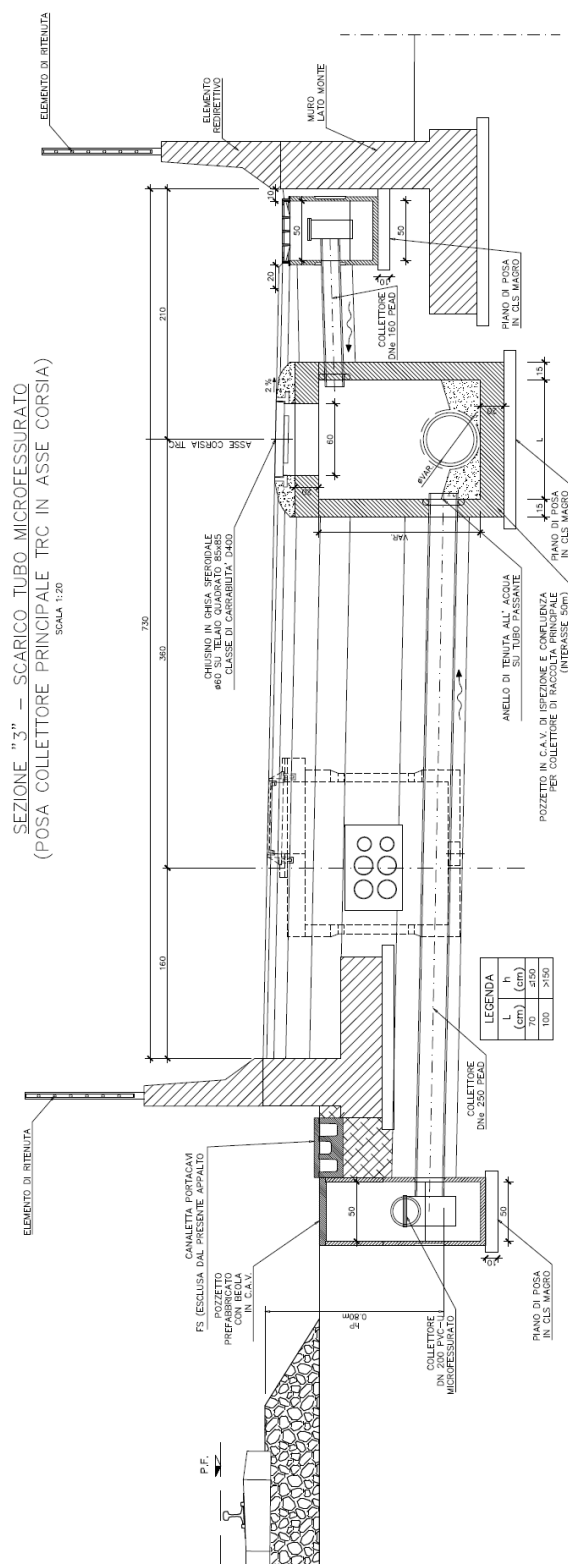


Figura 70. Sezione tipo di posa con schema generale di drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche della sede ferroviaria della contigua linea BO-AN (qui nell'ipotesi di collettore fognario principale della "TRC2" in asse corsia)



#### 5.4.1. Metodo razionale per il calcolo delle portate in ingresso (sollecitazione idrologica)

Per il calcolo delle portate in ingresso alla rete fognaria si utilizzerà, come già fatto per le verifiche del 1<sup>a</sup> tratto "TRC1" tra Rimini FS e Riccione FS, il noto "metodo razionale".

La formula razionale per la previsione della portata di massima piena è direttamente dedotta dal metodo cinematico, nell'ipotesi che la durata della pioggia critica sia pari al tempo di corrivazione  $t_c$ :

$$Q_{\max} = \Phi \frac{I \cdot A \cdot r}{3600}$$

dove:

$Q_{\max}$  è la portata massima espressa in l/s;

$A$  è la superficie del bacino (piattaforma stradale interessata) in  $m^2$ ;

$\phi$  è il coefficiente di deflusso (assunto cautelativamente sempre pari a 0.95);

$I$  è l'intensità di precipitazione (mm/h) corrispondente ad una durata della precipitazione pari al tempo di corrivazione  $t_c$

$r$  è il coefficiente di ritardo posto pari a  $1/A^{1/6}$

$t_c$  è il tempo di corrivazione in ore calcolato nel seguente modo:  $t_c = (L/v/3600)+0.083$  (quest'ultimo addendo pari al tempo di accesso in rete, fissato in 5 minuti), essendo  $L$  la lunghezza dell'asta principale del bacino (in m) e  $v$  la velocità media di scorrimento lungo l'asta (in m/s).

La formula razionale è rigorosa sotto le seguenti ipotesi:

- intensità di precipitazione uniforme nello spazio e costante nel tempo;
- coefficiente di deflusso costante durante l'evento e indipendente dall'intensità di precipitazione;
- modello lineare stazionario di trasformazione afflussi-deflussi;
- portata nulla all'istante iniziale.

Il coefficiente  $\phi$  è un coefficiente minore dell'unità tramite il quale si tiene globalmente conto del complesso delle perdite del bacino (infiltrazione nel terreno, ritenzione nelle depressioni superficiali, ruolo della vegetazione, ...) a causa delle quali la portata al colmo è minore della portata di pioggia.

Nel caso specifico della presente attività di progettazione idraulica, il coefficiente di deflusso viene assunto pari a 0.95, data la scarsa permeabilità delle superfici drenate e nell'ottica di sviluppare sempre stime e valutazioni conservative e a favore di sicurezza.

Il calcolo dell'intensità di precipitazione dovrà essere eseguito considerando le seguenti curve di possibilità pluviometrica:  $h = a \cdot t^n$  elaborate sui dati pluviometrici raccolti per durate di pioggia inferiori all'ora (vedasi il Paragrafo 4), ossia per piogge intense e di breve durata, maggiormente significative per le opere di drenaggio urbano (trattandosi quasi sempre di piccoli bacini e ridotti tempi di corrivazione), con i seguenti tempi di ritorno  $T_r$  (come già assunto per il "TRC1"):

- $h = 70.439 t^{0.5668}$  per  $Tr = 50$  anni, adottata per il calcolo delle portate nei collettori fognari principali e nella canaletta ferroviaria;
- $h = 62.543 t^{0.5636}$  per  $Tr = 25$  anni, adottata per il calcolo delle portate in arrivo agli impianti di sollevamento, per le cunette alla francese lato ferrovia e per le canalette grigliate;
- $h = 51.89 t^{0.5577}$  per  $Tr = 10$  anni, adottata per il calcolo dell'interasse delle caditoie.

#### 5.4.2. Formula di Chezy in moto uniforme per il calcolo delle portate smaltibili (risposta idraulica)

Per il calcolo delle portate smaltibili (i.e. officiosità idraulica) dalla rete fognaria in progetto nei suoi vari componenti (condotte fognarie, tubi fessurati di drenaggio ferroviario, cunette laterali, canalette grigliate, ...) nelle successive fasi progettuali si utilizzerà, come già fatto per le verifiche del 1<sup>a</sup> tratto "TRC1" tra Rimini FS e Riccione FS, la nota formula di Chezy in moto uniforme, da ritenersi assolutamente sufficiente ed adeguata alla complessità/entità dei fenomeni idraulici indagati e delle relative grandezze fisiche (portata, velocità, ...):

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

in cui:

Q è la portata smaltita dal manufatto in m<sup>3</sup>/sec;

$\chi$  è il coefficiente di scabrezza, nella forma di Gauckler-Strickler =  $k_s \cdot R^{1/6}$ ;

A è l'area bagnata in m<sup>2</sup>;

R è il raggio idraulico della sezione [m], dato dal rapporto tra l'area bagnata e il perimetro bagnato;

i è la pendenza longitudinale;

$k_s$  è il coefficiente di scabrezza, da porre pari a 65-70 per i collettori in cls, 75-80 per le cunette (valore usualmente adottato e fornito da dati di letteratura per le cunette in cls o asfaltate), e 90-100 per i collettori in materiale plastico.

Formulazioni e fogli di calcolo più specifici potranno essere adottati per i calcoli di verifica di manufatti minori o situazioni particolari (ad es., l'interasse delle caditoie), in coerenza con quanto già realizzato per il 1<sup>a</sup> stralcio "TRC1".

In ultimo, si sottolinea che in fase di successiva progettazione definitiva/esecutiva, oltre a tutte le verifiche sopra elencate di natura idrologica-idraulica, andranno sviluppate le verifiche statiche, di tutte le tipologie di tubo e per le varie modalità/profondità di posa, dei collettori fognari in progetto.

Si ritiene, d'altro canto, superflua la redazione di una verifica al galleggiamento delle stesse, alla luce del combinato di condizioni (opera spesso sopraelevata rispetto al piano campagna attuale, falda freatica relativamente profonda, profondità di posa delle tubazioni fognarie relativamente modesta, ...) caratterizzanti l'opera in progetto e l'ambito territoriale d'intervento, che rendono scarse o addirittura nulle le spinte idrostatiche verso l'alto.