

**AUTOSTRADA A2 "MEDITERRANEA"
COLLEGAMENTO PORTO GIOIA TAURO GATE SUD CON
AUTOSTRADA A2 - LOTTO 1 E LOTTO 2**

DG 54/17 LOTTO 1

COD. UC165

PROGETTO DEFINITIVO

COD. UC167

GRUPPO DI PROGETTAZIONE: R.T.I.: INTEGRA CONSORZIO STABILE (capogruppo mandataria)
Prometeoengineering.it S.r.l. - Dott. Geol. Andrea Rondinara

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Prof. Ing. Franco BRAGA (Integra Consorzio Stabile)

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



Direttore Tecnico:
Prof. Ing. Franco Braga

GEOLOGO:

Dott. Geol. A. CANESSA (Prometeoengineering.it S.r.l.)

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Alessandro Orsini (Integra Consorzio Stabile)

MANDANTI:



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Alessandro FOCARACCI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Giuseppe Danilo Malgeri

Dott. Geol. Andrea Rondinara

STUDI GENERALI

IDROLOGIA

Relazione di compatibilità idraulica

CODICE PROGETTO

PROGETTO
DPUC0165
DPUC0167

LIV. PROG. N. PROG.

D 21

NOME FILE

T00ID01IDRRE01C.dwg

CODICE ELAB.

T00ID01IDRRE01

REVISIONE

SCALA:

C

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C	Revisione a seguito richieste integrazioni MASE	Aprile 2023	Perilli	Pacitti	Braga
B	Revisione a seguito istruttoria ANAS	Novembre 2022	Perilli	Pacitti	Braga
A	EMISSIONE	Settembre 2022	Perilli	Pacitti	Braga

AUTOSTRADA A2 "MEDITERRANEA"
COLLEGAMENTO PORTO GIOIA TAURO SUD CON AUTOSTRADA A2
1° Lotto, dal Km 0+000 al Km 0+900
2° Lotto, dal Km 0+900 al Km 2+297

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione di compatibilità idraulica

1	PREMESSA	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO.....	5
4	PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	7
	4.1 PAI ex Autorità di Bacino Regione Calabria	7
	4.2 PGRA ex Autorità di Bacino Regione Calabria	9
	4.3 Inquadramento planimetrico degli interventi	11
5	INTERFERENZA CANALE IV	13
	5.1 Verifica tombino	14
	5.1 Norme Tecniche Costruttive 2018 (NTC)	21
	5.2 Verifica idraulica delle prescrizioni tecniche sugli attraversamenti.....	21
6	COMPATIBILITÀ IDRAULICA	25
	Figura 1 – Ubicazione asse di progetto rispetto ai bacini del fiume Mesina e Fiumara Budello	5
	Figura 2 – Interferenza tracciato con il Canale IV	6
	Figura 3 – Inserimento territorio ex A.d.B della Regione Calabria all'interno del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale.....	7
	Figura 4 – Inquadramento dell'intervento in progetto su tematismo PGRA_ Aree Pericolosità idraulica	12
	Figura 5 – Inquadramento dell'intervento in progetto su tematismo PGRA_ Aree di Rischio Idraulica	12
	Figura 6 – Interferenza tracciato con il Canale IV	13
	Figura 7 - Esempio di moto controllato dalla sezione di ingresso.....	15
	Figura 8 - Verifica del riempimento di tombini scatolari con controllo da monte (Hydraulic Charts for	16
	Figura 9 -Verifica del riempimento di tombini circolari con controllo da monte (Hydraulic Charts for the	17
	Figura 10 - Esempio di moto controllato da sezioni a valle del tombino	18
	Figura 11 - Verifica del riempimento di tombini scatolari con controllo da valle (Hydraulic Charts for the.....	19
	Figura 12 - Verifica del riempimento di tombini circolari con controllo da valle (Hydraulic Charts for the.....	20
	Figura 13 – Sezioni di calcolo tombino in moto permanente	22
	Tabella 1 – Verifica Tombino 5.00mx4.00m canale IV	22
	Tabella 2 – Verifiche Canale IV ante operam.....	23
	Tabella 2 – Verifiche Canale IV post operam.....	24

1 PREMESSA

Il presente studio nell'ambito della progettazione definitiva del collegamento Porto Gioia Tauro Sud con Autostrada A2 Mediterranea si propone di fornire:

- l'inquadramento idrologico del territorio interessato dall'opera e le caratteristiche del reticolo idrografico da questa interferito;
- una valutazione delle aree di esondazione, della loro estensione, dei corrispondenti tiranti idrici e delle velocità di deflusso in relazione a due differenti scenari Ante e Post Operam, attraverso una modellazione idraulica;
- valutazione dell'adeguatezza dei manufatti di attraversamento, esistenti e in progetto, sia in termini di sezione idraulica sia di franco di sicurezza nel rispetto delle prescrizioni fornite dagli strumenti normativi vigenti.

Le valutazioni si avvalgono di modelli matematici e numerici che sfruttano le informazioni idrologiche, topografiche e tutti i parametri fisici del territorio.

La documentazione delle attività di indagine comprende la descrizione dei dati disponibili, le metodologie utilizzate e i principali risultati conseguiti; laddove esiste un margine non eliminabile di indeterminazione, è stata svolta un'analisi di sensitività per quantificare l'incidenza di tale indeterminazione sui fenomeni di interesse.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

L'infrastruttura stradale oggetto del presente studio idraulico deve soddisfare le prescrizioni previste dalle diverse normative vigenti; in particolare gli strumenti normativi a cui si fa riferimento sono:

- Regio Decreto 25 luglio 1904, n°523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie"
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 DM 17 gennaio 2018_5.1 Ponti_5.1.2.3. Compatibilità idraulica;
- Circolare n.7 del 21 gennaio 2019_ Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018_C 5.1.2.3 Compatibilità Idraulica;
- Piano di Assetto Idrogeologico dell'ex Autorità di Bacino Regione Calabria (P.A.I. aggiornato a novembre 2021) e relative norme di attuazione Misure di Salvaguardia adottate con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 27 in data 02 agosto 2011;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'ex Autorità di Bacino Regione Calabria (piano adottato con CIP Del n.2 del 20/12/2021).
- Linee guida della progettazione - ANAS.

3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'area interessata dall'infrastruttura stradale in progetto si colloca nella parte occidentale della Regione Calabria nel territorio del Comune di Gioia Tauro.

L'idrografia della zona è caratterizzata esclusivamente dal Fiume Budello al margine meridionale della zona portuale e dal Fiume Mesina presente più a nord dopo il comune di S. Ferdinando, l'assetto morfologico pianeggiante e litologico non consente l'impostazione di aste di drenaggio, specie per l'alta permeabilità dei terreni. Questi sono sede di importanti falde freatiche organizzate, con ogni probabilità, in sacche sovrapposte e intercomunicanti.

L'intervento di progetto (vedi figura 1) si colloca in un'area compresa tra i bacini della Fiumara Budello, il Fiume Mesina e il porto di Gioia Tauro.

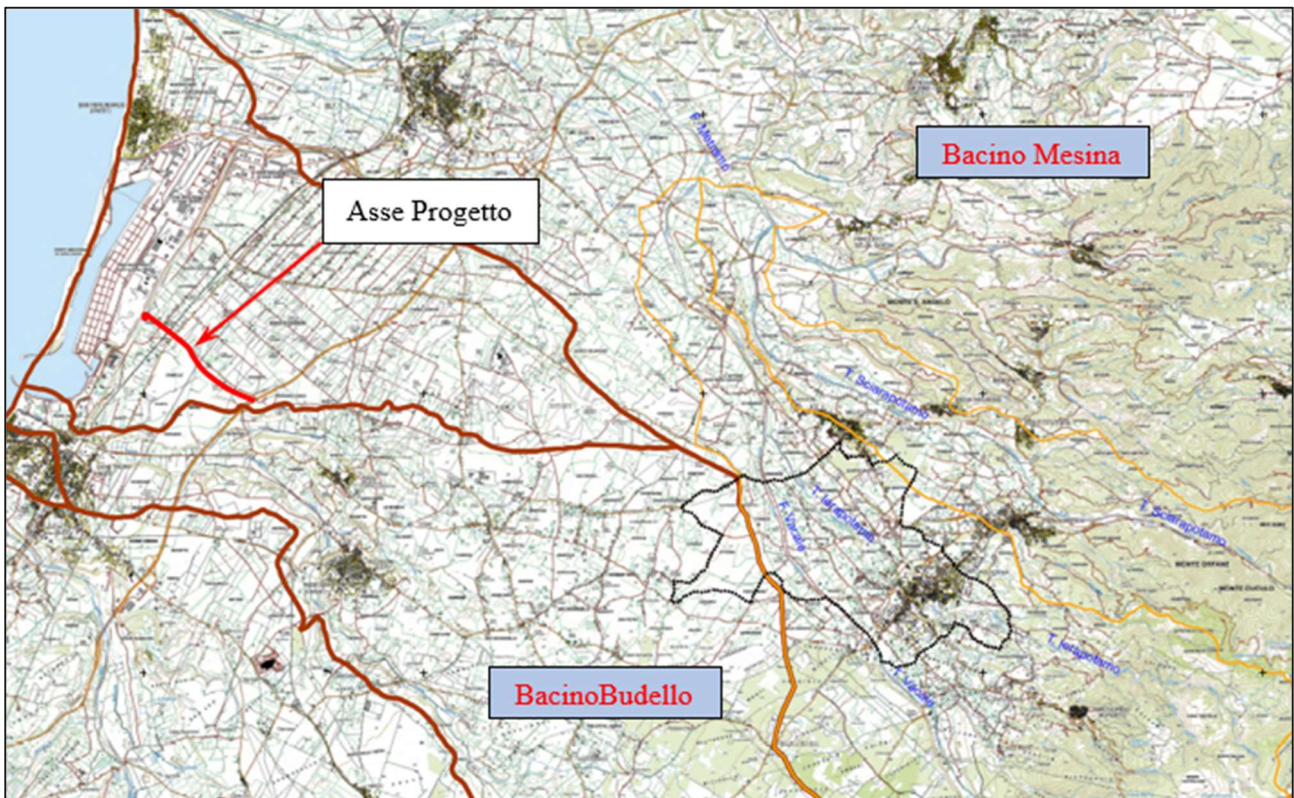


Figura 1 – Ubicazione asse di progetto rispetti ai bacini del fiume Mesina e Fiumara Budello

Il fiume Mesina è uno dei fiumi maggiori della Calabria centro-meridionale con un bacino di estensione 815 km², una lunghezza di 55 km ed una portata variabile tra i 500-1600 m³. Le sue sorgenti sono situate sulle Serre calabresi alle pendici del monte Mazzucolo (m 942), tra i comuni di Vallelonga e Simbario, in provincia di Vibo Valentia. Dopo un percorso di circa trenta km il fiume raggiunge la Piana di Gioia Tauro, e quindi la provincia di Reggio Calabria, dove in breve, nei pressi di Rosarno e al confine con il territorio di San

Ferdinando, sfocia nelle acque del Tirreno a nord di San Ferdinando. I principali affluenti sono: in sinistra il fiume Marepotamo, il fiume Metramo e il fiume Vena; in destra il fosso Cinnarello e il torrente Mammella. Come tutte le fiumare, è ricco d'acqua (spesso anche in piena) d'inverno, e quasi a secco durante il periodo estivo.

La Fiumara Budello nasce con tre rami minori non lontano da Rizziconi e sfocia nel mar Tirreno presso l'abitato di Gioia Tauro; caratterizzata da un regime idraulico di tipo torrentizio, presenta un bacino di forma ovale allungata con sviluppo Sud-Est Ovest di circa 84 km² con lunghezza d'asta di 12.450 km, una quota media di 116.43 m ed una pendenza media del 4.95 %.

La zona interessata dall'asse di progetto non presenta alcuna interferenza idraulica naturale, fiume, torrente o fosso che sia sede preferenziale di scorrimento d'acqua in caso di evento meteorico ad eccezione del canale artificiale all'altezza del km 0+036.30 dell'asse principale del progetto.

La nuova viabilità interseca il tratto iniziale del collettore denominato Canale IV che si sviluppa parallelamente alla strada vicinale Colonomo per poi piegare a sinistra dopo l'area portuale e raggiungere il mare.

Si riporta di seguito una stralcio planimetrico da ortofoto ove si evidenzia il bacino sotteso dalla sezione di chiusura in corrispondenza dell'asse del tracciato di progetto.



Figura 2 – Interferenza tracciato con il Canale IV

4 PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il tracciato di progetto della nuova viabilità si sviluppa nel comune di Gioia Tauro che ricadono nel territorio di competenza del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale. Essa è subentrata come organo competente in data 17 febbraio 2017, con l'entrata in vigore del D.M. 294 del 25 ottobre 2016 che sopprime le Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali, nello specifico inglobando dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria.



Figura 3 – Inserimento territorio ex A.d.B della Regione Calabria all'interno del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale

Gli approfondimenti necessari allo studio idrologico e idraulico e alla valutazione delle condizioni di rischio conseguenti la realizzazione dell'opera in esame, sono stati eseguiti facendo riferimento alle seguenti norme:

- Piano di Assetto Idrogeologico dell'ex Autorità di Bacino Regione Calabria (P.A.I. aggiornato a novembre 2021) e relative norme di attuazione Misure di Salvaguardia adottate con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 27 in data 02 agosto 2011;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'ex Autorità di Bacino Regione Calabria (piano adottato con CIP Del n.2 del 20/12/2021).

4.1 PAI ex Autorità di Bacino Regione Calabria

Il Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale di fatto ai sensi di legge ha acquisito le funzioni dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria dalla quale ha ripreso le disposizioni del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato e redatto ai sensi e per gli effetti della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n.

180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione. Il PAI si configura in particolare come stralcio funzionale del Piano di bacino ai sensi dell'art. 17 della legge quadro.

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) ha valore di piano territoriale di settore e rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e di pianificazione mediante il quale si pianificano e programmano le azioni e le norme d'uso finalizzate alla salvaguardia delle popolazioni, degli insediamenti, delle infrastrutture e del suolo.

Il PAI recepisce:

- i contenuti del Piano stralcio relativo alla riduzione del rischio idraulico approvato con DPCM 5 novembre 1999, in particolare per quanto attiene al quadro conoscitivo generale, all'analisi delle criticità e alla pianificazione e programmazione degli interventi di mitigazione del rischio
- i contenuti dei Piani straordinari per la rimozione delle situazioni a rischio idrogeologico più alto, redatto ai sensi del DL n. 132/99, convertito nella legge n. 226/99, approvati con delibere del Comitato Istituzionale n. 134 e 137.

Il PAI persegue l'obiettivo di garantire al territorio di competenza dell'ente preposto adeguati livelli di sicurezza rispetto all'assetto geomorfologico, relativo alla dinamica dei versanti e al pericolo di frana, all'assetto idraulico, relativo alla dinamica dei corsi d'acqua e al pericolo d'inondazione, e all'assetto della costa, relativo alla dinamica della linea di riva e al pericolo di erosione costiera.

Le finalità del PAI sono perseguite mediante:

- l'adeguamento degli strumenti urbanistici e territoriali;
- la definizione del rischio idrogeologico e di erosione costiera in relazione ai fenomeni di dissesto considerati;
- la costituzione di vincoli e prescrizioni, di incentivi e di destinazioni d'uso del suolo in relazione al diverso livello di rischio;
- l'individuazione di interventi finalizzati al recupero naturalistico e ambientale, nonché alla tutela e al recupero dei valori monumentali e ambientali presenti e/o alla riqualificazione delle aree degradate;
- l'individuazione di interventi su infrastrutture e manufatti di ogni tipo, anche edilizi, che determinino rischi idrogeologici, anche con finalità di rilocalizzazione;
- la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture adottando modalità di intervento che privilegino la conservazione e il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;
- la moderazione delle piene, la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua;
- la definizione dei programmi di manutenzione;

- l'approntamento di adeguati sistemi di monitoraggio; - la definizione degli interventi atti a favorire il riequilibrio tra ambiti montani e costieri con particolare riferimento al trasporto solido e alla stabilizzazione della linea di riva.

Per ciascuna categoria di rischio in conformità al DPCM 29 settembre 1998, sono definiti quattro livelli:

- R1: rischio moderato per il quale i danni sociali ed economici al patrimonio ambientale sono marginali
- R2: rischio medio per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
- R3: rischio elevato per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, interruzione della funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale
- R4: rischio molto elevato per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio.

4.2 PGRA ex Autorità di Bacino Regione Calabria

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'appennino Meridionale prevede l'adozione delle disposizioni del Piano di gestione del rischio di alluvioni (di seguito denominato PGRA) della AdB nazionale dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, AdB interregionale Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore, AdB regionale Puglia, AdB regionale Basilicata, AdB regionale Calabria, AdB regionale Campania centrale e AdB regionale Campania Sud redatte ai sensi della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 finalizzato alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio delle Unit Of Management (U.O.M.) Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) è un Piano introdotto dalla Direttiva Comunitaria 2007/60 (cd.'Direttiva Alluvioni') con la finalità di costruire un quadro omogeneo a livello distrettuale per la valutazione e la gestione dei rischi da fenomeni alluvionali, al fine di ridurre le conseguenze negative nei confronti della vita e salute umana, dell'ambiente, del patrimonio culturale, delle attività economiche e delle infrastrutture strategiche.

Il PGRA, recepisce i contenuti dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), dei loro aggiornamenti ed ha valore di piano sovraordinato rispetto alla pianificazione territoriale e urbanistica. Il PGRA agisce in sinergia con i PAI vigenti. Il processo di pianificazione a ciclo sessennale è suddiviso in fasi successive e tra loro strettamente concatenate, in particolare il primo ciclo di attuazione si è concluso nel 2016 quando sono stati definitivamente approvati i PGRA per tutti i distretti idrografici. Il secondo ciclo è in corso di completamento con le attività che porteranno, nel dicembre 2021, all'approvazione del PGRA Il ciclo, articolato, come da normativa, nelle seguenti fasi di cui alcune già svolte:

- fase 1: valutazione preliminare del rischio di alluvioni (conclusa nel dicembre 2018);
- fase 2: I riesame delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvione (conclusa nel dicembre 2019);

- fase 3: realizzazione del Progetto di Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (da adottato nel dicembre 2020) attualmente in fase di consultazione;
- fase 4: realizzazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni – Il ciclo (da concludersi entro il 22 dicembre 2021), alla conclusione della fase di consultazione e partecipazione.

La Conferenza Istituzionale Permanente (CIP) dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale - nella seduta del 20/12/2019, con Delibera n. 1 - ha, preso atto del primo riesame delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (mappe Il ciclo) delegando il Segretario Generale a provvedere tempestivamente all’aggiornamento dei vigenti PAI – Rischio Idraulico, al fine di allineare le perimetrazioni degli stessi alle nuove aree individuate dalle mappe Il ciclo e non presenti nei medesimi PAI (cd. aree bianche) o comunque con differente perimetrazione.

Al fine di recepire il disposto della suindicata delibera CIP, il Segretario Generale, con DS n.210 del 09/04/2020 ha provveduto a dare avvio alle procedure di aggiornamento per tutti i PAI vigenti. Nell’ambito di una prima valutazione dei contenuti di tali procedure di aggiornamento sono emerse alcune criticità, che non consentono sempre l’integrazione nei PAI stessi delle “nuove” mappe del PGR (Il ciclo) senza opportuni approfondimenti di studio.

In particolare, per il territorio calabrese, il Comitato Istituzionale dell’ex Autorità di Bacino (come avvenuto, per il piano frane) nella seduta del 11 aprile 2016, ha adottato un progetto di aggiornamento del vigente PAI (PAI 2001) contenente una significativa ripermetrazione delle aree a rischio da alluvioni (praticamente estesa a tutto il reticolo idrografico). Tale nuova ripermetrazione, che non modificava la vigenza del PAI 2001, è stata soggetta a pubblicazione sul sito dell’Autorità ed inviata ai comuni per eventuali osservazioni, al fine di giungere ad una definizione condivisa con gli Enti Locali delle mappe di pericolosità, da adottare come progetto di variante al PAI vigente. Tuttavia, tale percorso, in seguito alle intervenute nuove norme in materia di riorganizzazione delle Autorità, risulta, allo stato, non perfezionato. Pertanto, è stato ritenuto necessario inserire tali aree nelle mappe Il ciclo del PGR (in quanto oggetto di una determinazione istituzionale) onde evitare problemi di ordine amministrativo e, al contempo, adottare, in via precauzionale un provvedimento finalizzato all’incolumità della popolazione e dei beni, anche per non incorrere in eventuali reati di natura penale. Contestualmente alla presa d’atto del I riesame delle Mappe di pericolosità e rischio di alluvioni, la CIP, con delibera n.2 ha applicato anche su tali aree, non presenti nel PAI vigente, delle misure di salvaguardia fino all’aggiornamento del PAI e comunque per un massimo di 90 gg dalla pubblicazione delle mappe su G.U (fino al 14/07/2020). Al fine della ripermetrazione dei vari livelli di rischio del territorio calabro, l’Autorità d’intesa con la Regione, ha avviato il percorso di aggiornamento del PAI e di rivisitazione dello stesso e che confluirà nel PGR. Il tutto è stato impostato e verrà realizzato nell’ottica della gestione del rischio teso a considerare, valutare e consentire un equilibrio tra la disponibilità del sistema territoriale e gli usi dello stesso.

4.3 Inquadramento planimetrico degli interventi

Nelle immagini seguenti sono riportate le aree interessate da esondazione associate al Reticolo Idrografico in relazione a scenari caratterizzati da:

- P1 (pericolosità bassa) aree allagabili con tempo di ritorno di 500 anni;
- P2 (pericolosità media) aree allagabili con tempo di ritorno di 200 anni;
- P3 (pericolosità elevata) aree allagabili con tempo di ritorno di 50 anni;

Sulla base della pericolosità idraulica e la classe di danno associata all'area soggetta ad esondazione è possibile individuare anche la classe di rischio del territorio con scenari caratterizzati da:

- R1 (Rischio moderato) per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli;
- R2 (Rischio medio) per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività socio-economiche;
- R3 (Rischio elevato) per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale;
- R4 (Rischio molto elevato) per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.

Di seguito si riporta la matrice per l'individuazione delle classi di Rischio:

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R4	R2
	D3	R4	R3	R2
	D2	R3	R2	R1
	D1	R2	R1	R1

Si riportano di seguito 2 stralci planimetrici su ortofoto della zona interessata dall'intervento stradale di progetto evidenziato in bianco ove si riportano le aree di pericolosità idraulica e di rischio idraulico.

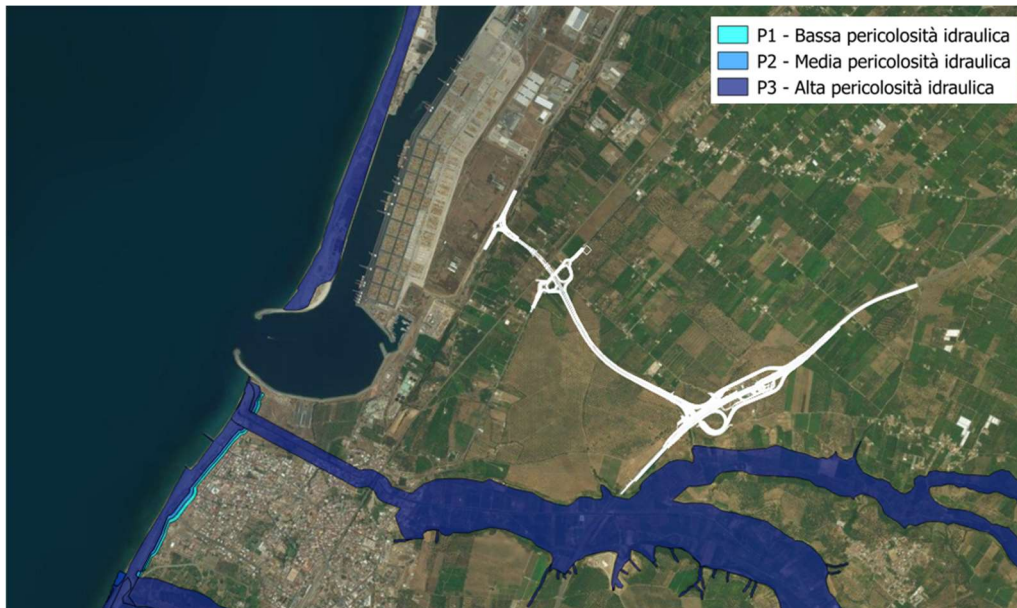


Figura 4 – Inquadramento dell'intervento in progetto su tematismo PGRA_ Aree Pericolosità idraulica



Figura 5 – Inquadramento dell'intervento in progetto su tematismo PGRA_ Aree di Rischio Idraulica

Come si evince dalle planimetrie precedenti, l'intervento infrastrutturale in tutto il suo sviluppo è estraneo ad aree di Pericolosità Idraulica e di Rischio Idraulico di qualsiasi grado.

5 INTERFERENZA CANALE IV

Come ricordato in precedenza non si rilevano interferenze del tracciato di progetto con il reticolo idrografico naturale presente sul territorio.

Si individua tuttavia un'interferenza idraulica alla pk 0+036.30 circa col canale artificiale Canale IV, già denominato Fosso Fangaro secondo la CTR 1:25000, secondo quanto desunto dall'elaborato "GRS - Planimetria reti esistenti" nell'agglomerato industriale di Gioia Tauro – Rosarno – San Ferdinando redatto dal CORAP (Consorzio Regionale per lo sviluppo delle Attività Produttive).

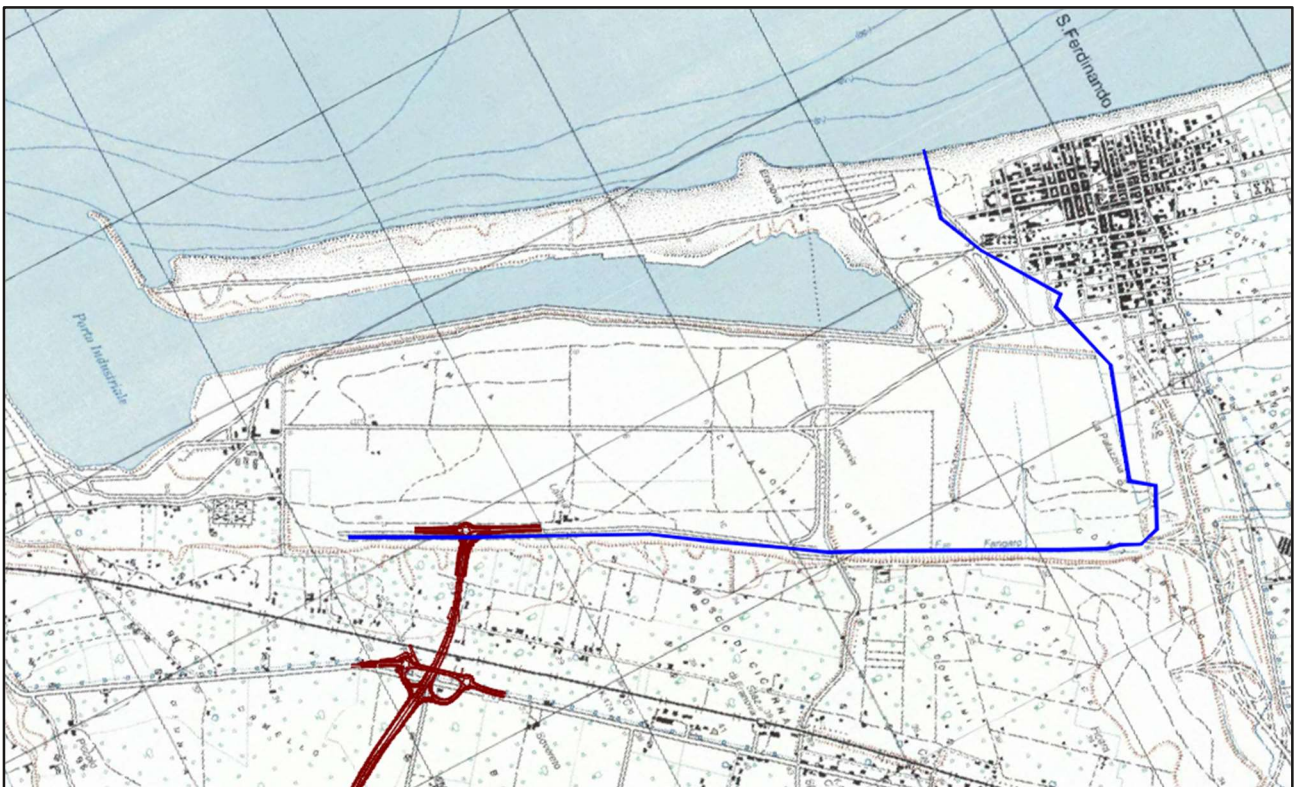


Figura 6 – Interferenza tracciato con il Canale IV

Il Canale IV è un canale trapezoidale in terra con dimensioni indicative di 3.00mx1.00m circa con sponde inclinate 2 su 3 e con pendenza longitudinale prossima a $p=0.20\%$; esso corre parallelo alla strada vicinale Colonomo con direzione sud-nord verso Rosarno.

Si sviluppa in una zona pressoché pianeggiante sul tratto di terreno ribassato tra la viabilità esistente e la scarpata di versante est lungo un'area non soggetta a pericolosità idraulica a protezione presumibilmente dell'area portuale.

Si evidenzia che la presenza della nuova viabilità non modifica l'attuale modalità di raggiungimento del canale da parte dell'acqua afferente al bacino sotteso; ciò è dovuto al fatto che le linee di massima pendenza del versante sono in pratica parallele all'asse di progetto.

La sezione di chiusura in corrispondenza del tracciato di progetto sottende un'area di circa 2.15 Km² per la quale si stima, in ottemperanza alle NTC2018, una portata di progetto duecentennale pari a $Q_{200}=6.76\text{m}^3$.

L'interferenza è risolta tramite uno scatolare in cls 5.00m x 4.00m preceduto e seguito da una zona di transizione lunga L=9m costituita da una canale trapezoidale variabile da 3.00mx1.00m a 5.00mx1.00m circa con sponde inclinate H/V=3/2 rivestito in materassi tipo Reno.

Per la soluzione indicata, data la variazione della sezione idraulica (trapezoidale, rettangolare, trapezoidale), si procede con la verifica del tombino sul valore della portata massima duecentennale sotto l'ipotesi di moto permanente.

5.1 Verifica tombino

Il progetto prevede la realizzazione di tombini per ripristinare il reticolo idraulico superficiale di versante interrotto dal tracciato stradale; il funzionamento idraulico dei manufatti di attraversamento a sezione chiusa dipende da numerosi fattori quali:

- la pendenza;
- la sezione;
- la forma;
- la scabrezza;
- i livelli liquidi a monte e a valle del collettore.

Il comportamento idraulico dei tombini è piuttosto complesso perché può ricadere sia nel campo dell'idraulica a pelo libero che in quello delle condotte in pressione, in funzione della portata transitante.

Le verifiche idrauliche compiute sono finalizzate a determinare che l'altezza d'acqua agli imbocchi siano compatibili con il funzionamento delle opere di attraversamento senza interessare l'infrastruttura stradale.

La verifica dei tombini è stata condotta mediante il software HY-8 vers.7.60 sviluppato dalla Federal Highway Administration; il software consente di automatizzare la verifica di attraversamenti stradali definita nella pubblicazione FHWA-NHI-01-020 "Hydraulic design of Highway Culverts" (settembre 2001, aggiornata a maggio 2005) della medesima FHWA.

La verifica proposta dalla FHWA intende stabilire il tipo di funzionamento del tombino, che può essere controllato da monte (inlet control) o da valle (outlet control) e ricavare in base ad esso il grado di riempimento della sezione.

Il "controllo da monte" si realizza quando il tombino può convogliare più portata di quanta transiti attraverso l'ingresso; la sezione di controllo si localizza appena oltre l'ingresso come sezione ad altezza critica e prosegue in regime supercritico (vedi figura seguente).

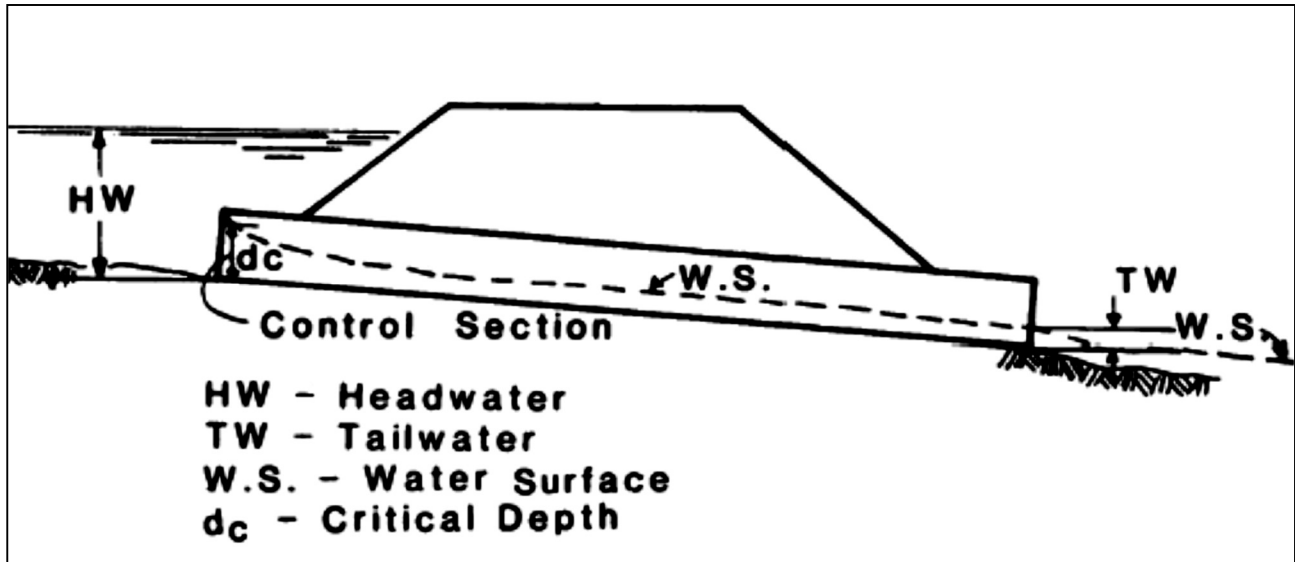


Figura 7 - Esempio di moto controllato dalla sezione di ingresso

Il livello idrico a monte è stato valutato sulla base dei diagrammi sperimentali delle figure in seguito riportate (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA).

I diagrammi seguenti forniscono tale livello in condizioni di "controllo da monte" rispettivamente per tombini scatolari e circolari, prendendo in considerazione la portata di progetto e la geometria dell'ingresso (forma e area della sezione).

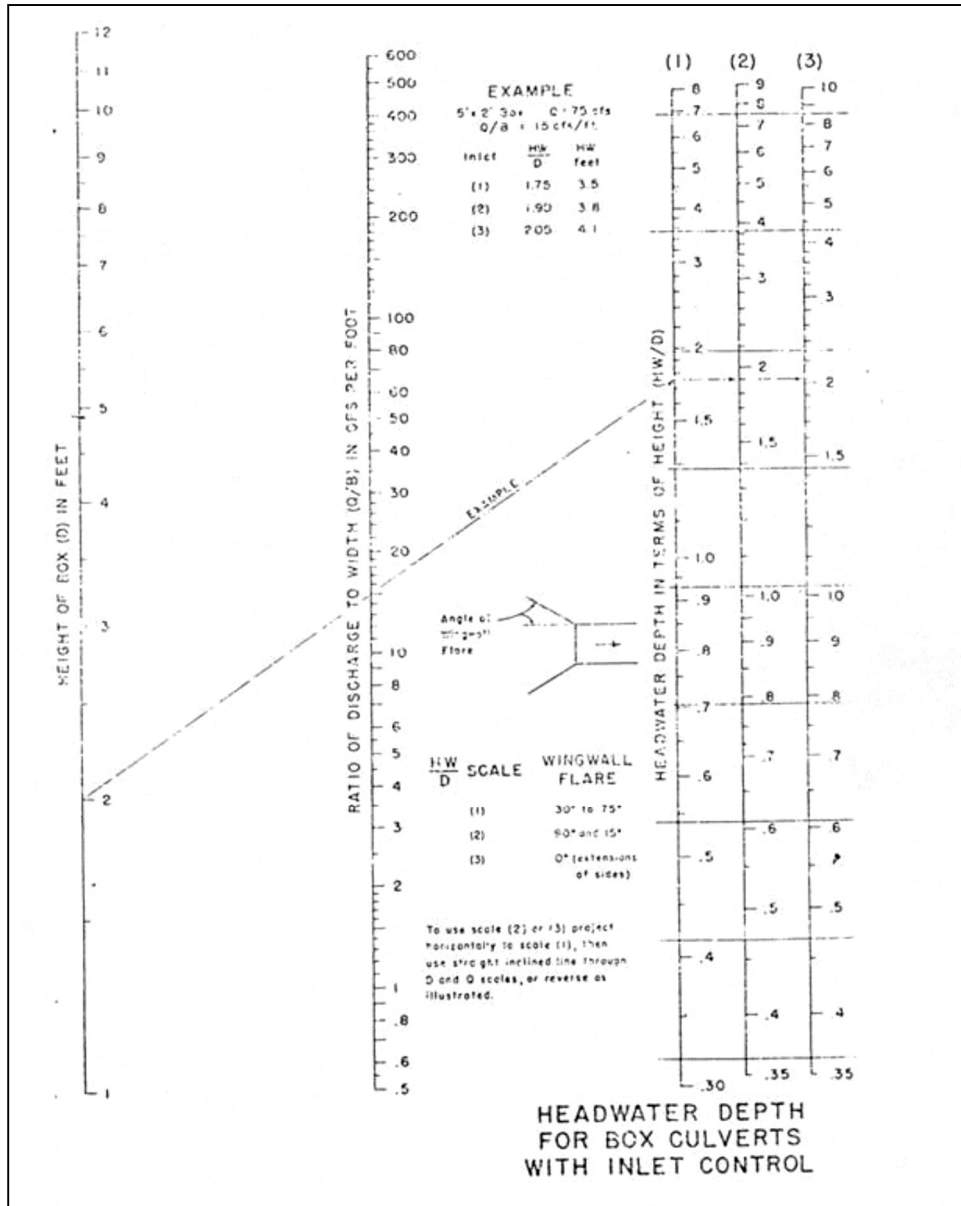


Figura 8 - Verifica del riempimento di tombini scatoari con controllo da monte (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)

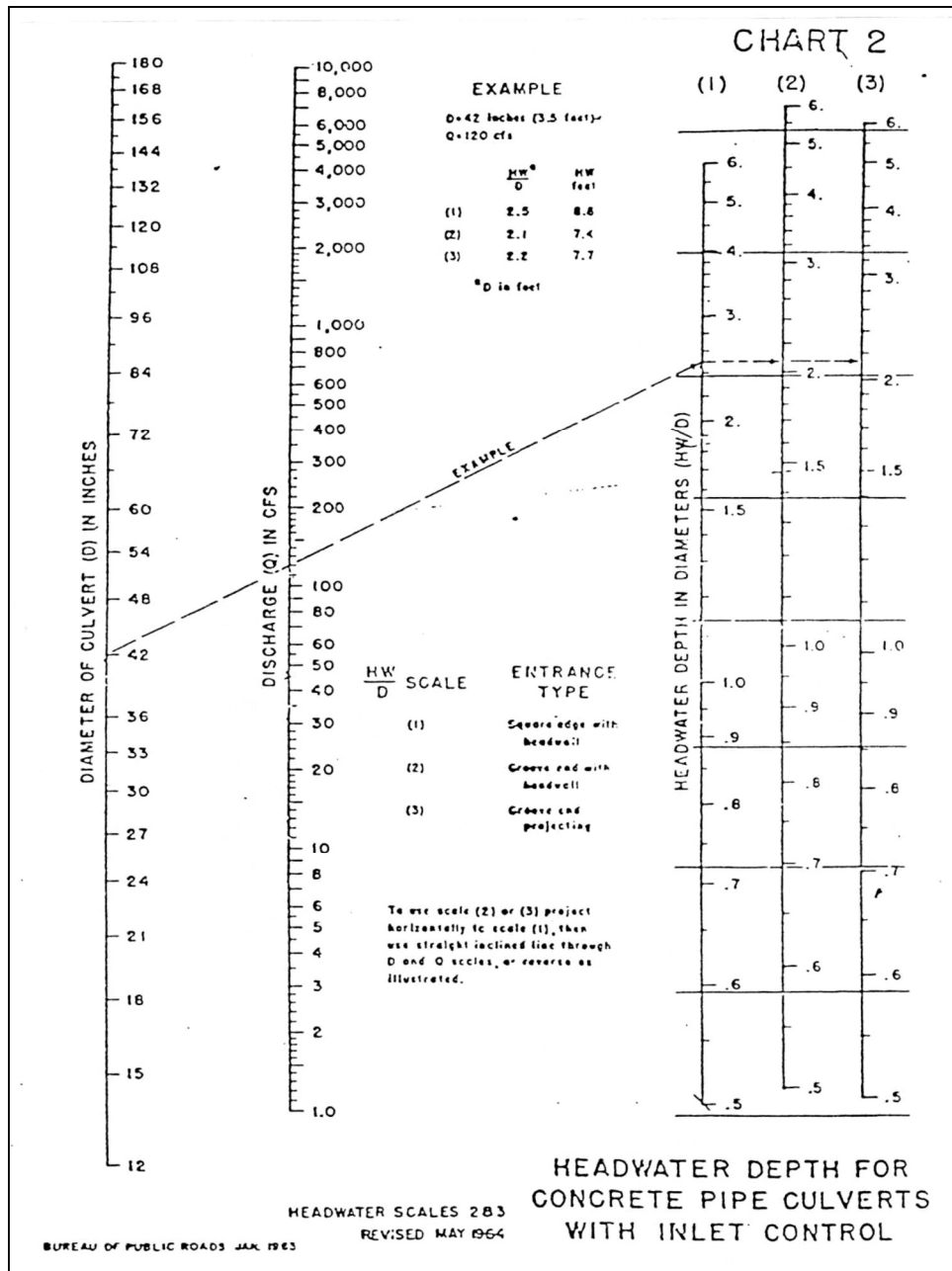


Figura 9 -Verifica del riempimento di tombini circolari con controllo da monte (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)

Il "controllo da valle" si verifica quando il tombino non è in grado di convogliare tanta portata quanta ne accetta l'ingresso; la sezione di controllo si localizza all'uscita del tombino o più a valle. In queste condizioni il moto può essere sia a pelo libero che in pressione.

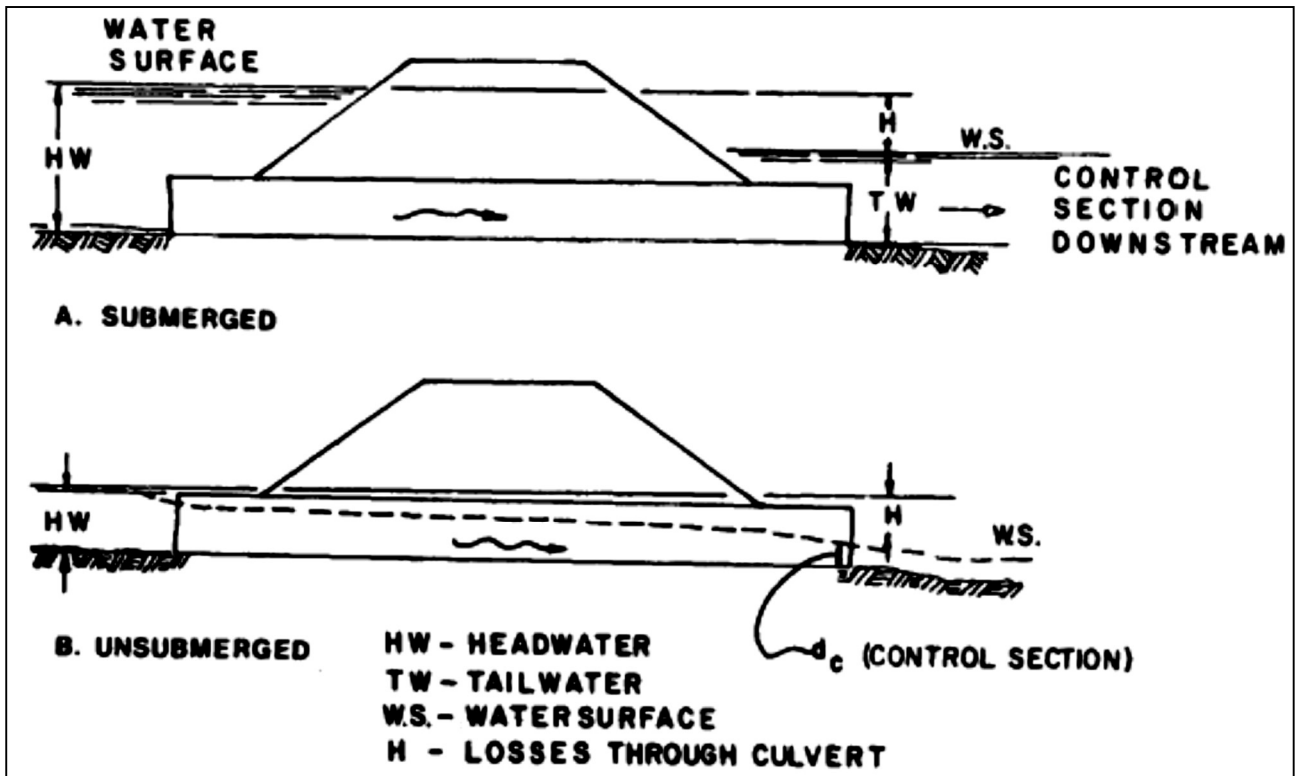


Figura 10 - Esempio di moto controllato da sezioni a valle del tombino

I diagrammi seguenti, nel caso di funzionamento per "controllo da valle", consentono di valutare il livello idrico tenendo conto della scabrezza, della lunghezza della canna e di eventuali livelli idrici a valle.

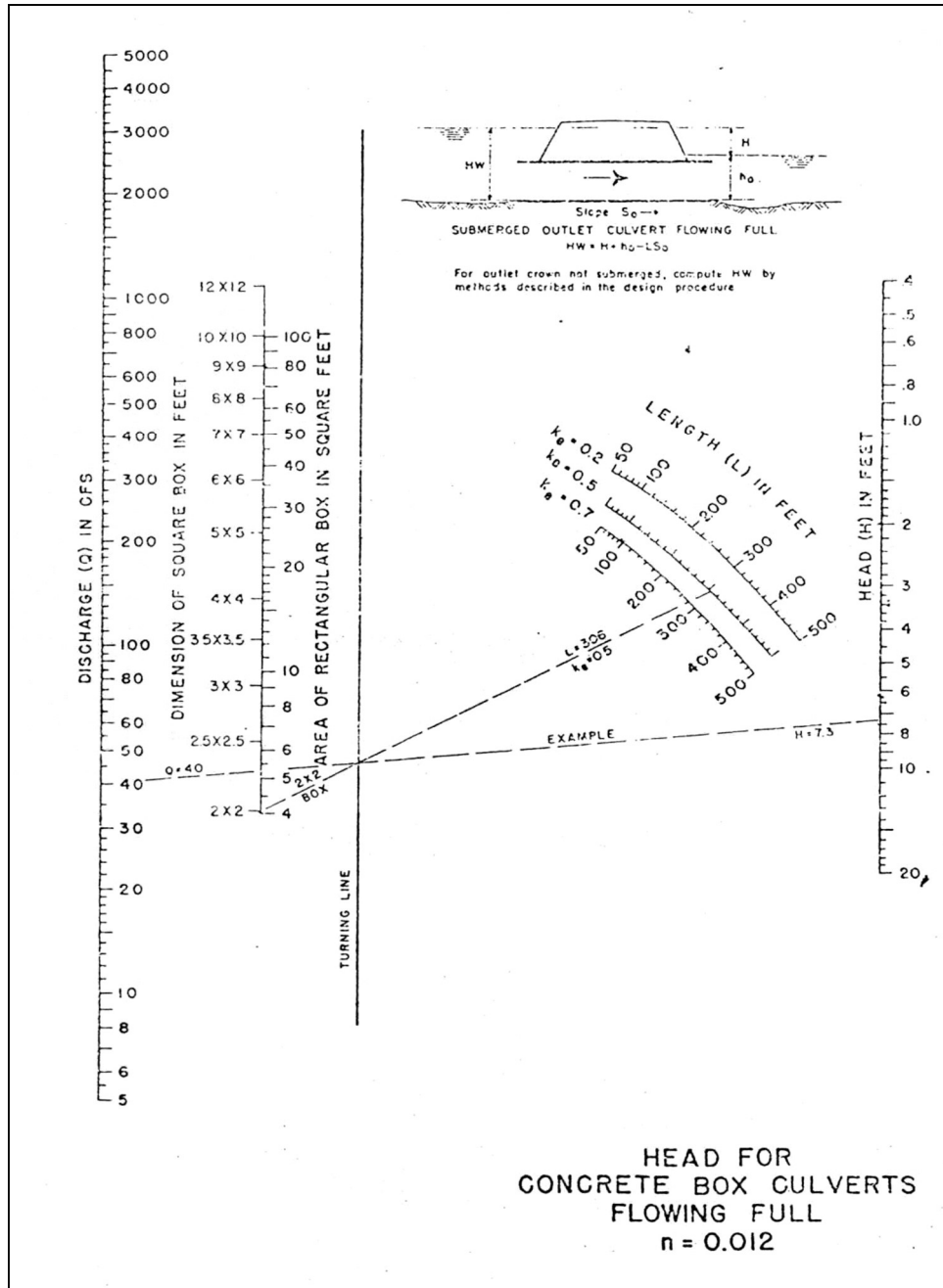


Figura 11 - Verifica del riempimento di tombini scatolari con controllo da valle (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)

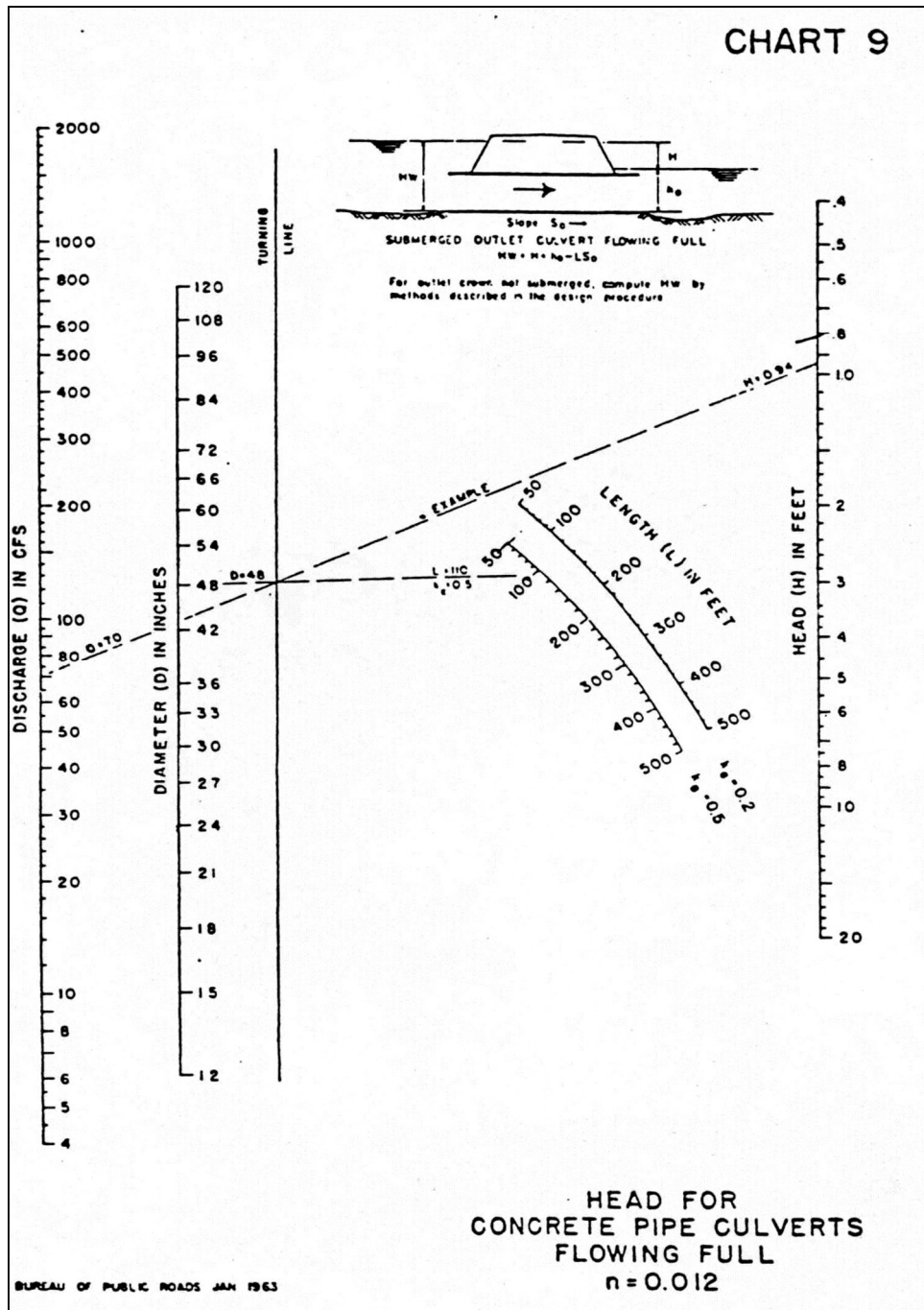


Figura 12 - Verifica del riempimento di tombini circolari con controllo da valle (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)

5.1 Norme Tecniche Costruttive 2018 (NTC)

Le Norme Tecniche Costruttive 2018 al punto 5.1.2.3, prescrivono che la nuova struttura di attraversamento deve essere rapportata ad un evento di progetto con $Tr=200$ anni.

Per i tombini si fa riferimento alla Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento NTC 2018 DM 17 gennaio 2018 ove si specifica che [...] *intendendosi per tombino un manufatto ... in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m³/s. [...]*

- *nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m;*

- *il calcolo idraulico è da sviluppare prendendo in considerazione le condizioni che si realizzano nel tratto del corso d'acqua valle del tombino;*

- *il massimo rigurgito previsto a monte del tombino deve garantire il rispetto del franco idraulico nel tratto del corso d'acqua a monte;*

- *nel caso sia da temersi l'ostruzione anche parziale del manufatto da parte dei detriti galleggianti trasportati dalla corrente, è da disporre immediatamente a monte una varice presidiata da una griglia che consenta il passaggio di elementi caratterizzati da dimensioni non superiori alla metà della larghezza del tombino; in alternativa il tombino è da dimensionare assumendo che la sezione efficace ai fini del deflusso delle acque sia ridotta almeno alla metà di quella effettiva [...]*

- *i tratti del corso d'acqua immediatamente prospicienti l'imbocco e lo sbocco del manufatto devono essere protetti da fenomeni di scalzamento e/o erosione, e opportune soluzioni tecniche sono da adottare per evitare i fenomeni di sifonamento. [...]*

5.2 Verifica idraulica delle prescrizioni tecniche sugli attraversamenti

A seguito dell'applicazione della metodologia precedentemente illustrata e in base alla portata calcolata nella "Relazione idrologica" T00ID00IDRRE01A si riportano di seguito i risultati delle verifiche idrauliche effettuate tramite software HY-8 per i 1 tombino in disamina.

Si indicano nella figura seguente i riferimenti delle sezioni alle quali sono riferite le grandezze idrauliche del deflusso per il tombino analizzato.

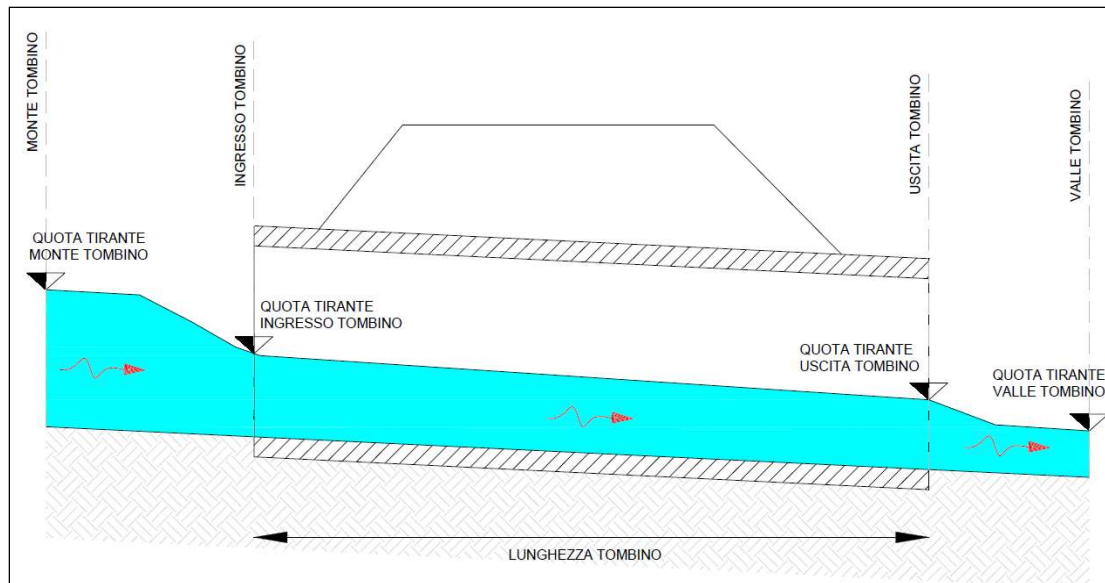


Figura 13 – Sezioni di calcolo tombino in moto permanente

Si riporta di seguito l'analisi dei tiranti e dei franchi per il tombino 5.00m x 4.00m in cls con $K_s=67 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ al km 0+036.30 associato al canale trapezoidale in materassi tipo reno con dimensioni 3.00x1.00m con sponde H/V=3/2 in ingresso e uscita con $K_s=33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

Progressiva	Km + m	0+036.30
Bacino	-	Canale IV
Canale ingresso e uscita	Trapezoidale con sponda H/V=3/2	3.00x1.00
Tombino scatolare	-	5.00x4.00
Portata	m^3/s	6.76
Lunghezza tombino	m	95
Pendenza tombino e canale	%	0.20
Tirante canale monte tombino	m	1.29
Tirante ingresso tombino	m	1.18
Tirante uscita tombino	m	1.15
Altezza moto uniforme	m	1.52
Altezza critica	m	0.57
Velocità tombino	m/s	1.17
Tirante canale valle tombino	m	1.15
Velocità valle tombino	m/s	1.24
Massimo riempimento tombino	%	30
Franco minimo canale	m	-
Franco tombino	m	2.82

Tabella 1 – Verifica Tombino 5.00mx4.00m canale IV

In base ai risultati ottenuti si deduce che l'attraversamento di progetto soddisfa i requisiti richiesti dalle NTC2018 in quanto il tirante presente nel tombino offre un franco di 2.82m superiore a 0.50m e un riempimento pari al 30% inferiore al massimo consentito del 67% (2/3 altezza sezione).

Facendo riferimento alla configurazione ante operam poiché la sezione esistente trapezoidale con dimensioni 3.00x1.00m con sponde H/V=3/2 è costante nello spazio con una pendenza media di circa p=0.20% si analizza il deflusso in condizioni di moto uniforme.

L'analisi è effettuata mediante l'equazione di Chezy di seguito riportata:

$$Q = K_s \cdot R_H^{2/3} \cdot A \cdot i^{1/2} \quad (m^3/s)$$

dove:

- Q =portata di progetto (m³/s);
- K_s =coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler (m^{1/3}/s);
- A =area della sezione bagnata (m²);
- R_H =raggio idraulico (m);
- i =pendenza motrice coincidente con la pendenza del fondo (m/m).

Assumendo un coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler pari a 33 m^{1/3}/s relativo a canali in terra o rivestiti i materassi tipo Reno si rileva che la massima portata a rive piene è 4.71m³/s.

Elemento idraulico	Pendenza (%)	Portata massima a rive piene Q (m ³ /s)	Tirante idraulico (m)	Franco su sponda (m)	Velocità (m/s)
Canale in terra - Canale Trapezoidale in materassi tipo Reno 3.00mx1.00m	0.20	4.71	1.00	0.00	1.05

Tabella 2 – Verifiche Canale IV ante operam

Da quanto sopra riportato è evidente che il canale naturale nella situazione attuale non riesce a contenere la portata duecentennale; tuttavia si evidenzia che la testa del canale è a circa -0.50m dal piede del rilevato stradale e a -1.00m dal piano viabile.

Tenendo conto del fatto che il fosso è posto nell'impluvio naturale nel terreno situato tra la strada e la scarpata di versante est, l'eccesso di portata può defluire comunque nell'area "golenale" del canale esistente senza interessare il rilevato stradale attuale.

Supponendo che il collettore abbia un'altezza 1.50m si avrebbe che:

Elemento idraulico	Pendenza (%)	Portata di progetto Q (m ³ /s)	Tirante idraulico (m)	Franco sponda (m)	Franco piede rilevato (m)	Franco piano viabile (m)	Velocità (m/s)
Canale in terra Canale Trapezoidale in materassi tipo Reno 3.00mx1.00m	0.20	6.76	1.21	0.29	0.29	0.79	1.16

Tabella 3 – Verifiche Canale IV post operam

Tali valori sono concordi con le caratteristiche del deflusso in moto uniforme a valle dell'attraversamento già indicate nelle verifiche del tombino.

Rispetto alla situazione ante operam la presenza dello scatolare 5.00mx4.00m provoca un innalzamento del tirante fino a 1.29m con un incremento di circa 14cm nel tratto immediatamente a monte dell'opera idraulica.

6 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Come già evidenziato l'intero progetto in tutto il suo sviluppo è estraneo ad aree di Pericolosità Idraulica e di Rischio Idraulico di qualsiasi grado.

L'analisi dei risultati delle calcolazioni idrauliche dell'unico corpo idrico interferito dalla infrastruttura in progetto, evidenzia che le differenze di deflusso tra le condizioni ante e post operam non sono tali da ritenersi apprezzabili in merito alla officiosità idraulica del canale.

In particolare si riscontra un leggero variazione locale nei livelli a monte di circa 14cm e nulla a valle del tratto in studio; tale condizione non implica allagamenti ulteriori rispetto a quelli rilevati nella situazione ante operam.

Alla luce di quanto sopra esposto, le condizioni di rischio idraulico relative alla configurazione finale di progetto risultano ammissibili in relazione all'attuale assetto idraulico poiché lo sviluppo dell'infrastruttura stradale sul territorio non genera un aggravio di rischio idraulico rispetto a quello e non preclude la possibilità di futuri interventi per la riduzione degli eventuali rischi presenti. Il progetto in esame è dunque compatibile con la configurazione attuale dei luoghi e rispetta le norme della legislazione vigente in merito alla protezione dai rischi idraulici.