

AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO

PROGETTO DEFINITIVO

COD. UC 162

PROGETTAZIONE: R.T.I.: PROGIN S.p.A. (capogruppo mandataria)
CREW Cremonesi Workshop S.r.l - ART Risorse Ambiente Territorio S.r.l
ECOPLAME S.r.l. - InArPRO S.r.l.

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Paolo IORIO

IL GEOLOGO:
Dott. Geol. Giovanni CARRA (ART Ambiente Risorse e Territorio S.r.l.)

MANDANTI:



Direttore Tecnico
Dott. Arch. Claudio TURRINI



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Ivo FRESIA

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Dott. Ing. Michele CURIALE (Progin S.p.A.)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
Dott. Ing. Antonio CITARELLA



Direttore Tecnico:
Dott. Arch. Pasquale Pisano



Direttore Tecnico
Dott. Ing. Massimo T. DE IORIO

PROTOCOLLO DATA 20__

IDROLOGIA E IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA

CODICE PROGETTO

D	P	U	C	1	6	2	D	2	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

NOME FILE
T00ID00IDRRE01C

<u>CODICE</u>	T	0	0	I	D	0	0	I	D	R	R	E	0	1
ELAB.														

REVISIONE

C

SCALA:

-

C	Emissione a seguito richiesta MASE	APRILE 2024	R. MALCOTTI	R. MALCOTTI	P. IORIO
B	Istruttoria ANAS & PGRA 2021	MARZO 2022	R. MALCOTTI	R. MALCOTTI	P. IORIO
A	Emissione	MAGGIO 2020	F. BENASSI	R. MALCOTTI	P. IORIO
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 2 di 61
--	---	------------------------------

I N D I C E

INDICE 2

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1 APRILE 2024 - REVISIONE A SEGUITO RICHIESTE MASE	5
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
2.1. IL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	6
2.2. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI -II CICLO 2016-2021	8
2.2.1. Mappe di pericolosità.....	10
3. ANALISI IDROLOGICA	14
3.1. CARATTERIZZAZIONE FISIOGRAFICA DEL BACINO	14
3.2. METODO DI STIMA DELLE PORTATE AL COLMO	15
3.3. MODELLO TCEV E LEGGE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA	16
3.3.1. Parametri per durate > 1 ora	20
3.3.2. Parametri per durate < 1 ora	21
3.3.3. Modello di formazione del deflusso di piena	24
3.4. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE AL COLMO	31
4. APPROFONDIMENTI IN MERITO ALLE SERIE STORICHE PLUVIOMETRICHE E CAMBIAMENTI CLIMATICI	34
4.1. PREMESSA	34
4.2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E BANCA DATI	34
4.3. APPROCCIO METODOLOGICO STATISTICO	38
4.4. RISULTATI DELLE ANALISI STATISTICHE PER D > 1 ORA.....	40
4.4.1. Stazione di Castrovillari - id 1180 – d > 1 ora	41
4.4.2. Stazione di Laino Borgo - id 3150 – d > 1 ora	43
4.4.3. Stazione di Lungro - id 1195 – d > 1 ora.....	45
4.4.4. Confronto con parametri VAPI-Calabria.....	47
4.5. CONCLUSIONI AGGIORNAMENTO SERIE STORICHE PLUVIOMETRICHE.....	49
5. ELEMENTI DI GEOMORFOLOGIA E TRASPORTO SOLIDO	50
5.1. BACINO B04	51
5.2. BACINO B05	52
5.3. BACINO B06	53
5.4. BACINO B07	54
5.5. BACINO B08	55
5.6. BACINO B09	56
5.7. BACINO B10	56
5.8. BACINO B11	57
5.9. BACINO B12	58
5.10. BACINO B13.....	58
6. SINTESI DEI RISULTATI IDROLOGICI.....	59

ALLEGATO I - DATI PLUVIOMETRICI DELLE STAZIONI ANALIZZATE

1. INTRODUZIONE

L'intervento in progetto prevede il completamento dei lavori di ammodernamento dello svincolo di Mormanno lungo la A2 "Autostrada del Mediterraneo", nel territorio calabrese del Parco del Pollino, nel bacino idrografico del fiume Battendiero, affluente in sinistra idrografica del fiume Lao, all'altezza del Lago del Pantano.

Dal punto di vista amministrativo tutte le alternative sviluppate ricadono interamente nel territorio del comune di Mormanno, in provincia di Cosenza.

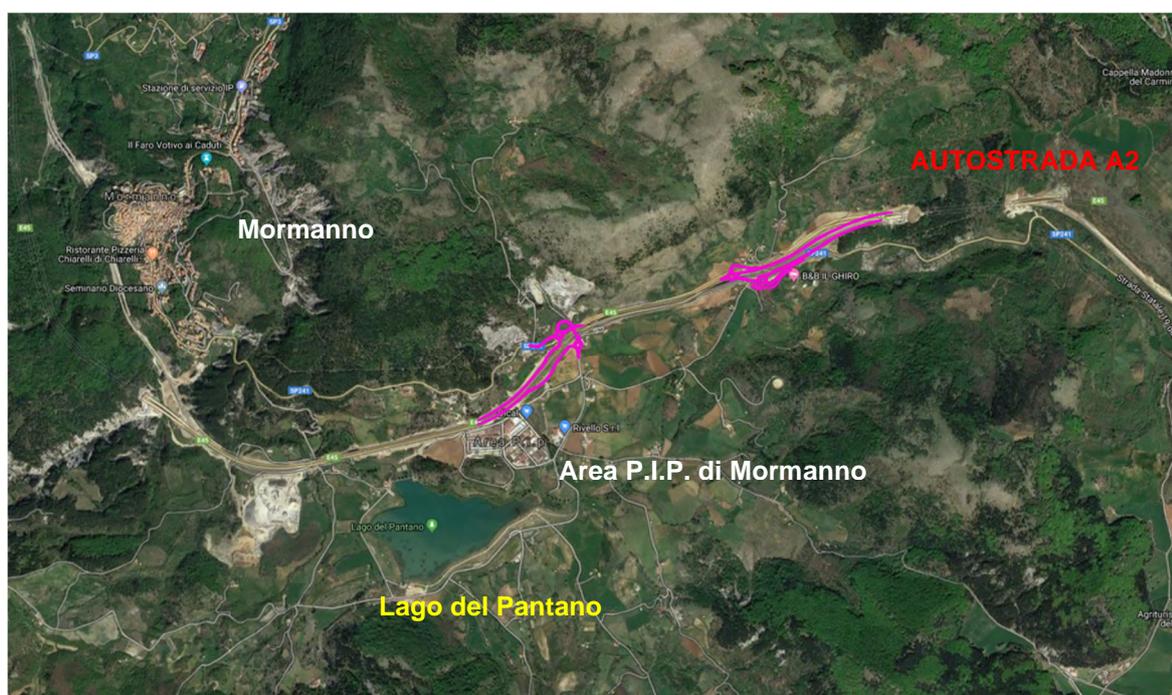


Figura 1: Inquadramento da ortofoto dell'area degli interventi in progetto; in magenta indicazione degli interventi progettuali previsti

Nell'analisi complessiva idraulica è necessario evidenziare come i nuovi svincoli in progetto si inseriscano al contorno di un sistema autostradale già realizzato: sia gli eventuali nuovi attraversamenti che il nuovo sistema di drenaggio di piattaforma e di versante non possono che dare continuità alla funzionalità delle opere esistenti. A tal fine è fondamentale la conoscenza dello stato dei luoghi e delle opere esistenti (rilievi topografici, progetto as-built, sopralluoghi).

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 4 di 61
--	---	------------------------------

L'inquadramento normativo connesso alle attività idrologiche ed idrauliche consente di poter delimitare i vincoli attorno ai quali costruire/inserire il progetto. Nel quadro complessivo, si pone particolare attenzione alle norme definite dal Distretto Idrografico regionale (PAI e Direttiva Alluvioni), nonché alle norme tecniche delle costruzioni NTC2018.

L'attività idrologica sviluppata è coerente con gli approcci regionali e nazionali, e tiene conto, mediante opportune assunzioni, delle necessarie cautele che gli eventi alluvionali meteorici impongono.

L'attività ha previsto la preliminare definizione del reticolo idrografico: il reticolo è stato mappato mediante diversi livelli cartografici, che comprendono la carta IGM 25.000, la CTR 10.000, il rilievo celerimetrico di progetto autostradale.

Definito il reticolo, sono state individuate le interferenze con le opere stradali esistenti e in progetto, oltre ai bacini ad esse sottesi (vedasi tavola "Corografia").

In linea di approccio generale in teoria si possono individuare tre livelli di reticolo/bacino idrografico:

1. il reticolo idrografico "demaniale";
2. i compluvi e fossi, per i quali sono previste validazioni tecniche progettuali secondo schemi di verifica anche semplificati (inlet-outlet control);
3. i bacini di versante, per i quali sono previste verifiche semplificate di moto uniforme.

Nel caso in esame NON sono state riscontrate interferenze con reticolo idrografico studiato/mappato nel Piano di Assetto Idrogeologico (aree a pericolosità idraulica, vedasi tavola "PAI"), né il progetto interferisce con le aree di allagamento del fiume Battendiero, tuttavia, a seguito dell'aggiornamento PGRA 2021 risultano essere presenti diverse Aree di Attenzione, per le quali sono state condotte specifiche analisi idrauliche.

Sulla scorta di tale analisi cartografica, sono state codificate tutte le interferenze, così come descritto nella tavola "Planimetria delle interferenze idrauliche".

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 5 di 61
--	---	------------------------------

L'analisi idrologica determina le portate al colmo di piena nelle sezioni di attraversamento dei corsi d'acqua lungo il percorso stradale per i tempi di ritorno di riferimento del progetto.

La stima delle portate è stata elaborata con riferimento ai metodi regionali sviluppati nello studio CNR-GNDICI, "La valutazione delle piene in Calabria (VA.PI)", secondo le linee Guida per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idraulico (PAI) della Regione Calabria. I dati pluviometrici del PAI, riconducibili alla fine degli anni 90, sono stati appositamente aggiornati per le stazioni disponibili adiacenti l'area di intervento.

Sono n.15 in particolare i bacini idrografici per i quali è stata condotta l'analisi idrologica: in virtù di alcune modifiche alle scelte progettuali stradali, alcuni di questi bacini possono NON risultare più interferenti.

1.1 Aprile 2024 - Revisione a seguito richieste MASE

Il presente documento viene revisionato nell'Aprile 2024 a seguito delle richieste/osservazioni pervenute da parte della COMMISSIONE TECNICA DI VERIFICA DELL'IMPATTO AMBIENTALE – VIA E VAS, Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica.

Nel proseguo tutte le modifiche conseguenti sono evidenziate in rosso.

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 6 di 61
--	---	------------------------------

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Le analisi sono state svolte nel rispetto della seguente normativa regionale e nazionale:

- R.D. n°523 del 1904 e ss.mm.ii.
- D.Lgs. n°152 del 2006
- D.M. 11.03.1988 e Circolare 9.1.1996 n.218/24/3 del Ministero LL.PP.
- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 06/06/2001 - "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"
- D.M. 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni e successive circolari
- N.T.A. e Linee Guida del Piano Stralcio per l'Assetto Idrologico
- Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Regione Calabria, approvato con delibera di Giunta Regionale n.900 del 31.10.2001
- Piano Gestione Rischio Alluvioni – Ciclo 2016-2021

A seguire alcuni approfondimenti riguardanti la normativa di Pianificazione di settore idraulica.

2.1. IL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale PAI, è redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione. Il PAI è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato. Il PAI ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale. Il PAI Calabria è stato approvato con delibera di Giunta Regionale n.900 del 31.10.2001 con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici.

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 7 di 61
--	---	------------------------------

Il PAI ha definito pericolosità idraulica e rischio non a livello estensivo sul reticolo principale e secondario ma solo in tronchi potenzialmente critici ai fini dello smaltimento della portata di piena, individuati secondo le metodologie descritte nelle Linee Guida allegate alla Relazione generale di piano.

In tali tratti sono state definite 3 classi di pericolosità idraulica corrispondenti a tempi di ritorno crescenti, come descritto nella tabella a seguire.

Tabella 1: PAI classi di pericolosità idraulica (P)

TR	P
50	P1
200	P2
500	P3

In corrispondenza di tali tratti critici sono quindi stati definiti gli elementi soggetti a rischio (E) di essere colpiti da eventi calamitosi; tali elementi sono stati suddivisi in coerenza con la normativa vigente, secondo le seguenti classi:

Tabella 2: PAI classi elementi a rischio (E)

Classe	Descrizione
E1	Case sparse - Impianti sportivi e ricreativi - Cimiteri - Insediamenti agricoli a bassa tecnologia - Insediamenti zootecnici.
E2	Reti e infrastrutture tecnologiche di secondaria importanza e/o a servizio di ambiti territoriali ristretti (acquedotti, fognature, reti elettriche, telefoniche, depuratori,...) - Viabilità secondaria (strade provinciali e comunali che non rappresentino vie di fuga) - Insediamenti agricoli ad alta tecnologia - Aree naturali protette, aree sottoposte a vincolo ai sensi del D. L.vo 490/99.
E3	Nuclei abitati - Ferrovie - Viabilità primaria e vie di fuga - Aree di protezione civile (attesa, ricovero e ammassamento) - Reti e infrastrutture tecnologiche di primaria importanza (reti elettriche e gasdotti) - Beni culturali, architettonici e archeologici sottoposti a vincolo - Insediamenti industriali e artigianali - Impianti D.P.R. 175/88.
E4	Centri abitati - Edifici pubblici di rilevante importanza (es. scuole, chiese, ospedali, ecc.).

In questo modo, posta cautelativamente la Vulnerabilità pari a 1, è stato possibile definire le diverse classi di rischio secondo l'usuale formula:

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 8 di 61
-----------------------------------	--	---------------------

$$R_i = H_i \cdot E \cdot V$$

Le classi di rischio adottate nel PAI conformi alla normativa in materia sono descritte nella seguente tabella.

Tabella 3: PAI classi di rischio idraulico (Ri)

R1	RISCHIO MODERATO: per il quale i danni sociali, economici e 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, la interruzione di 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 ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.

Il presente progetto NON interferisce con aree individuate dal PAI (v. tavola "PAI").

2.2. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI -II CICLO 2016-2021

In data 29 dicembre 2020 è stato adottato il "progetto del primo aggiornamento del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale – Il ciclo (2016-2021)", di cui all'art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e all'art. 7 del D.Lgs. 49/2010 del distretto idrografico, predisposto al fine degli adempimenti previsti dal comma 3 dell'art. 14, della Direttiva medesima.

Nuove aree a rischio potenziale significativo di alluvione sono state definite nell'ambito della revisione e aggiornamento della Valutazione Preliminare, che ha segnato l'inizio del II ciclo di gestione 2016-2021. Le perimetrazioni del I ciclo sono state interamente confermate per le aree con attribuzione di pericolosità, con esclusione di quegli ambiti per i quali sono disponibili elementi di approfondimento, che sono stati oggetto, appunto, dell'aggiornamento II ciclo.

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 9 di 61
--	---	------------------------------

La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE stabilisce che le mappe di pericolosità mostrino l'area geografica che può essere inondata in corrispondenza di tre diversi scenari di probabilità:

- a) scarsa probabilità o scenari di eventi estremi;
- b) media probabilità di alluvioni (tempo di ritorno ≥ 100 anni);
- c) elevata probabilità di alluvioni.

In corrispondenza di ciascuno scenario, è compito degli stati membri fornire le informazioni sull'estensione delle alluvioni e sulla profondità o livello delle acque e dove opportuno sulle velocità del flusso o sulle portate.

Agli stati membri è, dunque, consentita una flessibilità nell'assegnazione dei valori di probabilità d'inondazione ai diversi scenari. A tale proposito il D.Lgs. 49/2010, attuativo della Direttiva Alluvioni, stabilisce che siano da considerarsi scenari di elevata probabilità o alluvioni frequenti quelli corrispondenti a tempi di ritorno fra 20 e 50 anni, mentre sono da considerarsi scenari di probabilità media o alluvioni poco frequenti quelli corrispondenti a tempi di ritorno fra 100 e 200 anni. Ne consegue che siano da considerarsi scenari di scarsa probabilità o scenari di eventi estremi, quelli corrispondenti a tempi di ritorno superiori a 200 anni.

Per quanto riguarda le alluvioni di origine fluviale, l'unità distrettuale Regionale Calabria e Interregionale Lao, ha utilizzato per le modellazioni i seguenti tempi di ritorno:

- P1 – Scarsa probabilità – TR = 500 anni;
- P2 – Media probabilità – TR = 200 anni;
- P3 – Elevata probabilità – TR = 50 anni.

L'aggiornamento delle mappe di pericolosità si è basato sui seguenti elementi:

- Integrazione studi - Sulla base dei nuovi studi disponibili, ed in particolare derivanti varianti ai piani stralcio;
- Integrazione eventi - Derivanti da rapporti di evento/studi relativi a fenomeni alluvionali significativi;
- Ambito costiero - Sono state aggiunte le perimetrazioni derivanti dai Piani Stralcio di Erosione Costiera delle UoMSx Sele, e Calabria/Lao, non presenti nel I ciclo;

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 10 di 61
--	---	-------------------------------

- Processi di versante con mobilitazione di sedimenti.
- Ulteriori contenuti della valutazione preliminare - Essenzialmente costituiti da aree riferite al reticolo minore; tali aree costituiscono perimetrazioni di larga massima, per le quali è necessario procedere a studi di approfondimento per la precisa definizione dei livelli di pericolosità.

Riguardo quest'ultimo aspetto, per l'Unità distrettuale Calabria sono state inserite aree a pericolosità potenziale P3*, produttive di un rischio potenziale.

2.2.1. Mappe di pericolosità

Dalla consultazione delle cartografie, si osserva come nel caso in esame NON siano state riscontrate interferenze con quanto mappato nel fido studiato/mappato nel Piano di Assetto Idrogeologico (aree a pericolosità idraulica, vedasi tavola "PAI"), né il progetto interferisce con le aree di allagamento del fiume Battendiero.

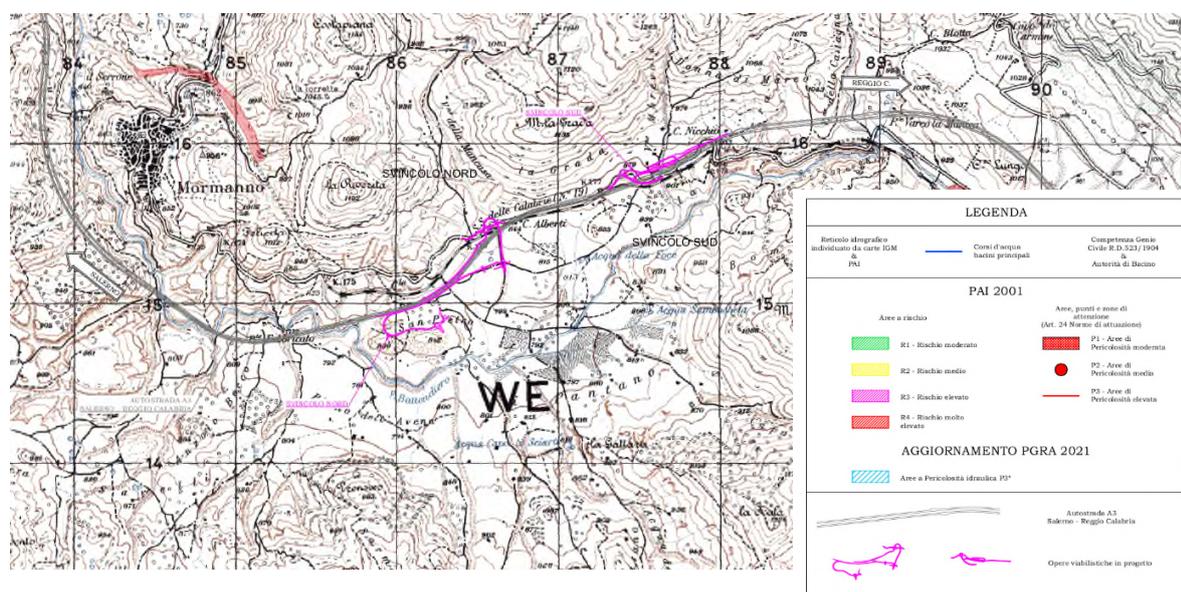


Figura 2: PAI – Carta della pericolosità idraulica

Nelle nuove perimetrazioni del II ciclo del PGRA, di cui si riporta un estratto in Figura 3, sono individuate numerose aree a pericolosità potenziale P3* (campite in azzurro in figura) diffuse lungo tutto il reticolo idrografico, principale e secondario.

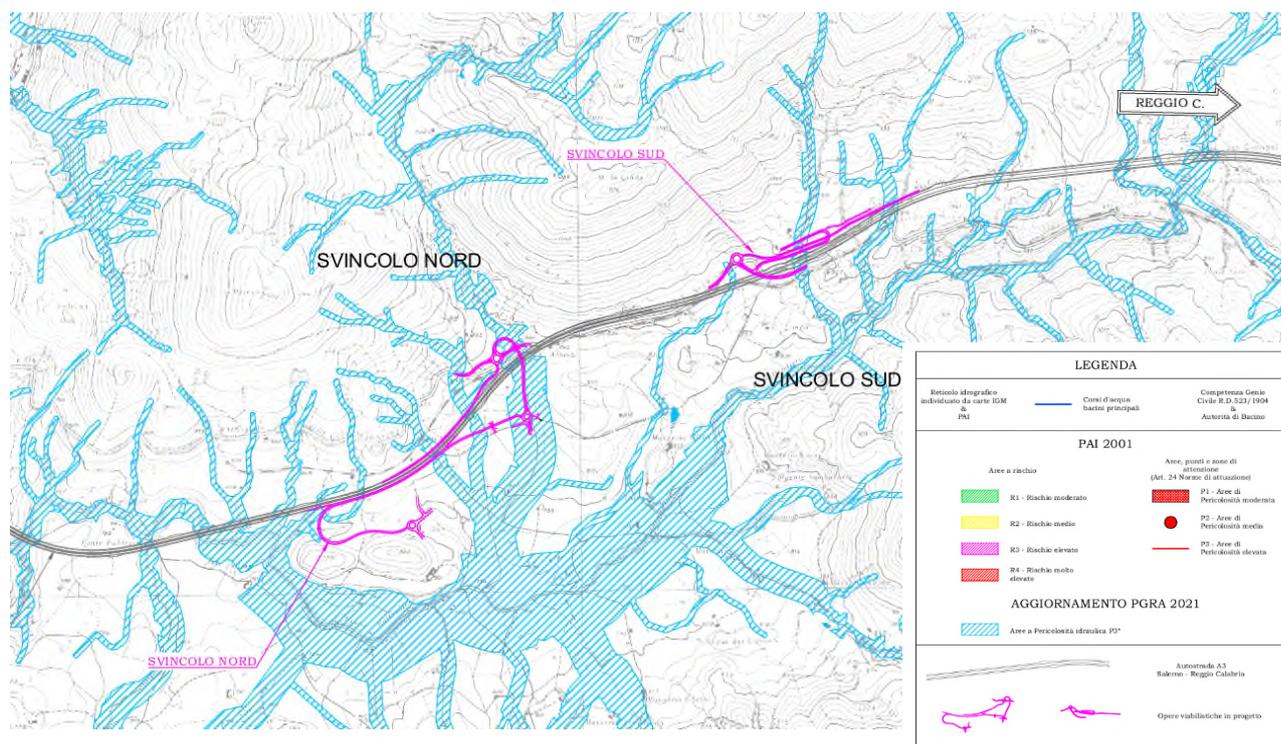


Figura 3: Aree di pericolosità da alluvione PGRA II ciclo; in magenta è evidenziato l'intervento in progetto.

Si tratta, rispetto al PAI, sostanzialmente di ulteriori aree suscettibili di allagamento, delimitate mediante criteri morfologici e storico-inventariali in considerazione della fenomenologia e del grado di approfondimento conoscitivo disponibile o, talvolta, attraverso geometrie speditive (buffer, aree di attenzione, ecc.). A queste aree è stato attribuito cautelativamente un livello di pericolosità proprio delle alluvioni frequenti (P3, appunto).

Tale approccio è stato utilizzato nel PGRA lungo le aste del reticolo superficiale della Calabria non interessate dalle modellazioni di approfondimento idraulico del PAI.

In merito al PGRA, la Delibera N.2 della Conferenza Istituzionale Permanente (CIP) del Distretto Idrografico del 20 dicembre 2019, stabilisce che nelle aree individuate dalle perimetrazioni di pericolosità del PGRA II ciclo,

“tutte le nuove attività e i nuovi interventi a farsi devono essere tali da:

- a) migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 12 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

- b) *non comportare significative alterazioni morfologiche o topografiche ed un apprezzabile pericolo per l'ambiente e le persone;*
- c) *non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;*
- d) *non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;*
- e) *non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;*
- f) *garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque;*
- g) *limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;*
- h) *rispondere a criteri di basso impatto ambientale facendo ricorso, laddove possibile, all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica."*

Sempre secondo le disposizioni della Delibera:

"Nelle aree a pericolosità elevata P3 sono consentiti esclusivamente:

- a) *gli interventi volti a ridurre la vulnerabilità dei beni esposti, nonché gli interventi idraulici di manutenzione volti alla mitigazione del rischio di alluvioni, tali da migliorare significativamente le condizioni di funzionalità idraulica, da non aumentare il rischio di inondazione a valle e da non pregiudicare la possibile attuazione di una sistemazione idraulica definitiva.*
- b) *interventi di demolizione senza ricostruzione;*
- c) *gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del D.P.R. 380/2001 e s. m. e i., senza aumento di superficie o volume, sempreché non concorrano ad incrementare il carico insediativo;*
- d) *la manutenzione, l'ampliamento o la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché non producano un significativo incremento del valore del rischio idraulico dell'area;*
- e) *l'espianto e il reimpianto di colture.*

Gli interventi di cui alla lett. a) e d), ad esclusione di quelli di manutenzione di cui alla lett.d), devono essere corredati da uno studio di compatibilità idraulica con i contenuti previsti nelle norme di attuazione del PAI della UoM nella quale ricadono."

Con particolare riferimento alle codifiche attribuite ai bacini, i corsi d'acqua interessati dalle aree P3* del PGRA sono: B05 - B06 - B07 - B08 - B10 - B11 - B13.

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 13 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

In tutti i casi citati sono stati svolte delle specifiche verifiche idrauliche consone al livello di intervento previsto: di tipo modellistico monodimensionale per i corsi d'acqua (B.08 e B.11) e di tipo Inlet-Outlet control per il dimensionamento dei tombini sui compluvi.

In generale le verifiche semplificate in moto uniforme hanno riguardato solo il dimensionamento delle reti di drenaggio di piattaforma (fossi, collettori e canalette/cunette).

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 14 di 61
--	---	-------------------------------

3. ANALISI IDROLOGICA

3.1. CARATTERIZZAZIONE FISIOGRAFICA DEL BACINO

L'individuazione del reticolo idrografico e la caratterizzazione fisiografica dei bacini è stata condotta in conformità a:

- Tavole I.G.M. alla scala 1:25.000;
- Cartografia CTR alla scala 1:10.000 della Regione Calabria;
- DEM, di maglia 20 x 20 m;
- Rilievo aerofotogrammetrico realizzato per il progetto autostradale "asse principale".

La perimetrazione dei bacini è stata limitata ai soli corsi d'acqua interferenti con le opere in progetto, e per ciascun bacino individuato, sono state determinate:

- Superficie del bacino S [km^2], attraverso elaborazione GIS;
- Altitudine massima H_{max} [m.s.l.m.], altitudine media H_{mean} [m.s.l.m.], altitudine minima (altitudine sezione di chiusura) H_{min} [m.s.l.m.], attraverso un'elaborazione di analisi statistica in GIS (valore medio, minimo e massimo) sulle quote altimetriche delle celle del DEM racchiuse all'interno del perimetro di ciascun bacino idrografico analizzato;
- Pendenza media del bacino i_v [m/m]: attraverso elaborazione GIS, analizzando le pendenze medie delle celle del modello digitale ricadenti all'interno del bacino in questione;
- Lunghezza dell'asta L [km]: rappresentando digitalmente il corso d'acqua e stimandone la lunghezza in GIS.

Gli interventi progettuali ricadono nel bacino idrografico del fiume Battendiero, affluente in sinistra idrografica del fiume Lao.

Le caratteristiche fisiografiche dei principali bacini individuati sono illustrate in Tabella 4.

La delimitazione dei bacini, effettuata su base cartografica CTR 1:10.000, è riportata nei relativi elaborati grafici (Corografie), assieme alle interferenze tra reticolo idrografico e gli interventi in progetto, che ne costituiscono le sezioni di chiusura.

I bacini barrati NON interferiscono con gli interventi di progetto.

Tabella 4: Caratteristiche fisiografiche e morfometriche dei bacini.

BACINO ID	S [km ²]	H			L [km]	i _v %
		min [m s.l.m.]	max [m s.l.m.]	mean [m s.l.m.]		
B01	3.10	774	1428	999	3.3	31
B02	0.22	788	1125	918	0.9	48
B03	0.11	799	1088	898	0.8	39
B04	0.02	804	840	818	0.2	19
B05	0.13	817	975	873	0.6	34
B06	0.11	822	1125	911	0.8	35
B07	0.17	823	1150	926	0.9	39
B08	2.06	839	1425	1075	3.1	38
B09	0.13	844	1125	950	0.5	59
B10	0.20	865	1125	972	0.6	48
B11	0.75	891	1425	1188	2.0	38
B12	0.06	894	1100	954	0.6	33
B13	0.19	900	1225	1016	0.8	45
B14	0.10	925	1250	1039	0.8	42
B15	0.34	924	1264	1114	1.3	44

3.2. METODO DI STIMA DELLE PORTATE AL COLMO

L'obiettivo dell'analisi idrologica, basata su approcci di tipo probabilistico, è la caratterizzazione delle piene fluviali, in termini di portate al colmo e di forma degli idrogrammi.

In questa sede, è stata sostanzialmente adottata e confermata la metodologia di modellazione idrologica definita dall'ex Autorità di Bacino della Regione Calabria nel "Piano di Stralcio per l'Assetto Idrogeologico" (anno 2001). Il Piano, a sua volta, adotta come riferimento fondamentale la procedura del rapporto Valutazione delle Piene in Calabria (VAPI, 1989) per quanto riguarda l'analisi statistica delle piogge, in modo da risalire alle portate attraverso un metodo di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali.

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 16 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

La metodologia è in linea con i criteri di progettazione adottati per la progettazione delle opere esistenti, realizzate sotto l'asse principale autostradale, a monte e a valle delle quali opere si intende realizzare le nuove oggetto del presente progetto.

3.3. MODELLO TCEV E LEGGE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

In accordo con quanto indicato dall'ex Autorità di Bacino nel PAI, e precedentemente nel rapporto "Valutazione delle Piene in Calabria", per la costruzione delle CPP si è fatto ricorso al modello statistico TCEV (Two Component Extreme Value). Questo modello, messo a punto nell'ambito del progetto VAPI-CNR, consente di determinare parametri statistici univoci per un medesimo territorio, utilizzando tutti i dati registrati nelle stazioni interne alla regione in esame.

Il modello TCEV è caratterizzato da 4 parametri, Λ_1 e Θ_1 , relativi alla componente di base (rispettivamente numero di eventi medio annuo e media della componente di base), Λ_2 e Θ_2 , relativi alla componente straordinaria. La funzione di distribuzione di probabilità cumulata del modello ha la seguente espressione:

$$P(x_d) = \exp\left(-\Lambda_1 \exp\left(-\frac{x_d}{\Theta_1}\right) - \Lambda_2 \exp\left(-\frac{x_d}{\Theta_2}\right)\right)$$

Dove:

- $P(x_d)$ = probabilità di avere un evento di intensità minore di x_d ;
- x_d = altezza di pioggia massima annuale di assegnata durata d ;
- Λ_1 , Θ_1 , Λ_2 , e Θ_2 sono i quattro parametri della TCEV.

Si può dimostrare che il coefficiente di asimmetria G dipende solo dai parametri Λ^* , Θ^* così definiti:

$$\Lambda^* = \frac{\Lambda_2}{\left(\Lambda_1 \left(\frac{1}{\Theta^*}\right)\right)}$$

$$\Theta^* = \frac{\Theta_2}{\Theta_1}$$

Mentre il coefficiente di variazione CV dipende, in aggiunta, anche dal parametro Λ_1 .

Sulla base della stima regionale dei parametri è possibile definire delle zone all'interno delle quali il valore del coefficiente di asimmetria G viene assunto come costante e risultano quindi costanti anche i parametri Λ^* , Θ^* che lo determinano. Tali zone sono dette zone omogenee al 1° livello di regionalizzazione.

Nel VAPI l'analisi delle piogge giornaliere ha portato alla verifica dell'ipotesi che la Calabria sia una regione pluviometricamente omogenea, nella quale si possa ritenere costante il coefficiente di asimmetria, con parametri pari a: $\Lambda^*=0,418$ e $\theta^*=2,154$.

Al secondo livello di regionalizzazione è stato verificato che la Calabria può essere suddivisa in 3 sottozone omogenee, denominate rispettivamente Tirrenica, Centrale, Ionica, caratterizzate dai valori di Λ_1 riportati nella seguente tabella:

Tabella 5: Secondo livello di regionalizzazione; parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Calabria

Sottozona	Θ^*	Λ^*	Λ_1	η
Tirrenica	2.154	0.418	48.914	5.173
Centrale			22.878	4.414
Ionica			10.987	3.681

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata all'interno della sottozona pluviometrica omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita K_T :

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda^* \Lambda_1 \frac{1}{\theta^*} e^{-\frac{\eta k}{\theta^*}})}$$

Invertendo questa espressione, fissando un valore T del tempo di ritorno, è possibile ricavare il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T . In Tabella 6 si riportano i valori di K_T ottenuti per alcuni valori del periodo di ritorno.

Tabella 6: Valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le piogge in Calabria alcuni valori del tempo di ritorno T.

Sottozona	TR	2	5	10	20	25	50	100	200	500
Tirrenica	K_T	0.92	1.22	1.45	1.69	1.78	2.04	2.32	2.60	2.98
Centrale	K_T	0.91	1.26	1.53	1.81	1.91	2.22	2.54	2.87	3.32
Ionica	K_T	0.89	1.31	1.63	1.97	2.09	2.46	2.85	3.25	3.78

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 18 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

Il terzo livello di regionalizzazione consiste nella individuazione di legami tra valori medi delle serie storiche ed i parametri geografici che caratterizzano le località in cui sono installate le stazioni di misura. Nel caso della Calabria si è stata osservata, all'interno di aree omogenee, una buona relazione tra la media annuale dei massimi giornalieri e la quota.

Si è pertanto ipotizzato che l'intera regione possa essere suddivisa in aree omogenee in ciascuna delle quali esiste una correlazione tra i valori della media del massimo annuale dell'altezza di precipitazione giornaliera $m[h_g]$ e la quota sul mare Z, h , del tipo:

$$m[h_g] = C Z + D$$

in cui C e D sono due parametri variabili da area ad area.

Nel caso della Calabria sono state individuate 13 aree pluviometriche omogenee i cui coefficienti sono riportati in Tabella 7.

Se si analizzano i valori delle medie del massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata d , $m[h(d)]$, relative alle diverse stazioni che ricadono in un'APO, si nota che per ogni stazione esista, per d compreso tra 1 e 24 ore un legame del tipo:

$$m[h(d)] = a d^n$$

essendo a ed n due parametri variabili da sito a sito.

Si è notato, inoltre, che il rapporto:

$$r = \frac{m[h_g]}{m[h_{(24)}]}$$

Con medie relative ad uno stesso periodo di funzionamento, comprendente cioè solo gli anni per cui sono disponibili entrambi i valori, varia molto poco passando da una stazione all'altra. Nel caso della Calabria r può essere ritenuto costante per tutta la regione e pari a 0.875.

Sotto queste ipotesi si ottiene la seguente relazione:

$$n = \frac{C Z + D + \log r - \log a^*}{\log 24}$$

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 19 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

Nella seguente Tabella 7 sono riportati i valori dei parametri necessari alla caratterizzazione delle diverse aree pluviometriche omogenee.

Tabella 7 : Parametri caratteristici delle aree pluviometriche omogenee.

Area Pluviometrica Omogenea	cod.	a*	C	D	r
Pollino	T1	27.79	0.00014	1.907	0.875
Sila grande - sottozona tirrenica	T2	23.75	0.00021	1.683	0.875
Alto e medio Tirreno	T3	26.61	0.00022	1.769	0.875
Stretto	T4	26.73	0.00028	1.736	0.875
Basso Crati	C1	21.73	0.00049	1.690	0.875
Sila grande - sottozona centrale	C2	23.75	0.00021	1.683	0.875
Sila greca	C3	31.02	0.00016	1.951	0.875
Sila piccola	C4	33.22	0.00032	1.840	0.875
Serre orientali	C5	34.99	0.00036	1.815	0.875
Alto Ionio	I1	24.37	0.00026	1.778	0.875
Marchesato	I2	30.97	0.00025	1.922	0.875
Medio e basso Ionio	I3	39.58	0.00043	1.953	0.875
aspromonte meridionale	I4	34.13	0.00027	1.817	0.875

3.3.1. Parametri per durate > 1 ora

Le 13 aree pluviometriche omogenee individuate al terzo livello di regionalizzazione sono riportate in uno specifico elaborato cartografico del PAI vigente (Figura 4).

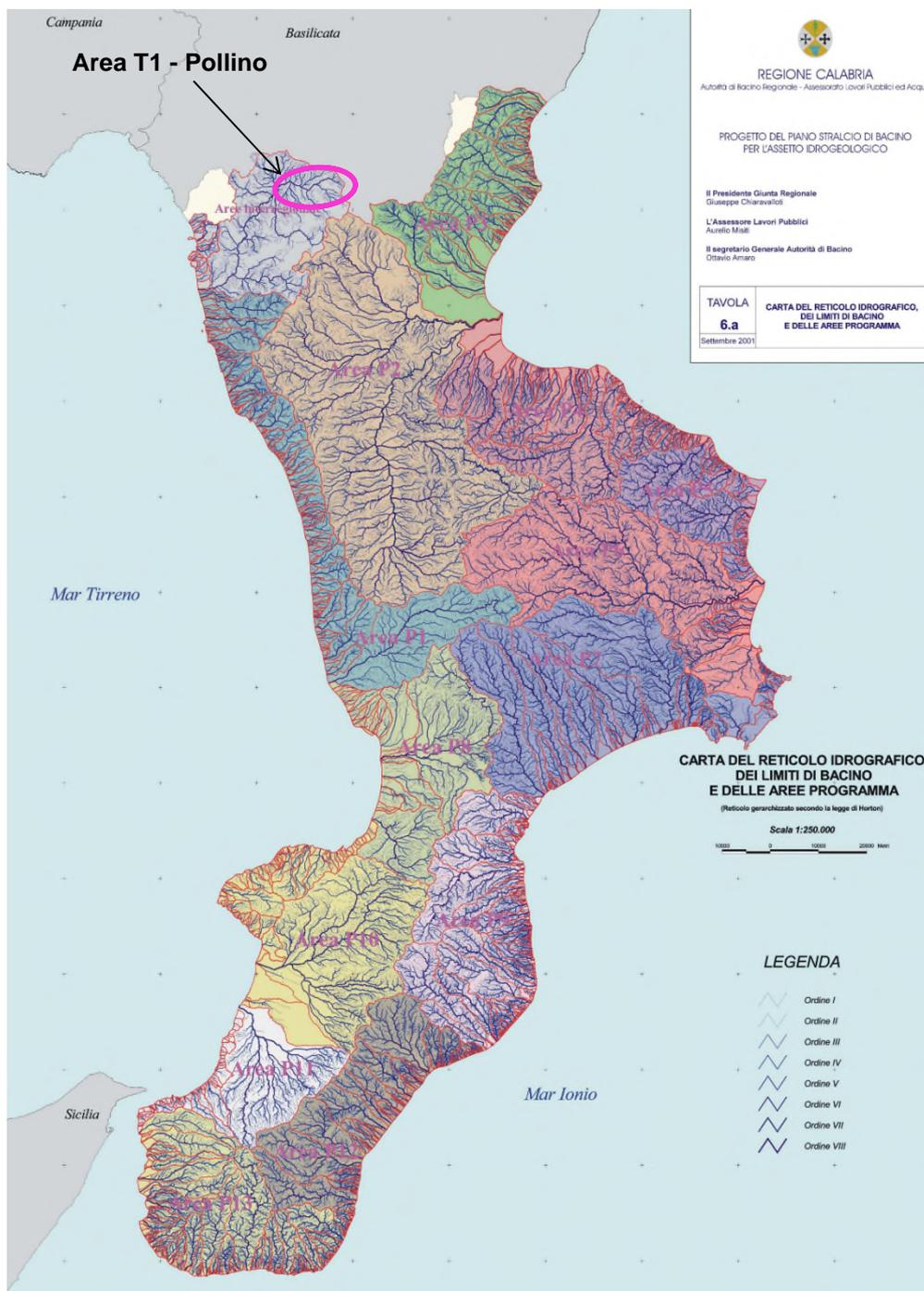


Figura 4: Carta delle aree pluviometriche omogenee; in magenta è evidenziata l'ubicazione degli interventi all'interno dell'area omogenea T1 – Pollino.

Gli interventi progettuali in esame ricadono nell'area omogenea "Pollino - T1", che presenta i parametri idrologici riportati nella seguente Tabella 8. Come Z è stato cautelativamente assunto il valore dia altitudine minimo di 818 m s.l.m., individuato tra i valori medi ottenuti dalla caratterizzazione morfometrica dei bacini, descritta in precedenza.

Tabella 8: Parametri caratteristici dell'area omogenea "T1 – Pollino".

AREA OMOGENEA	T1
Z = quota media [m slm]	818
a*	27.79
C	0.00014
D	1.907
r	0.875

Da questi valori è stato possibile determinare i parametri a ed n delle curve di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno d'interesse (Tabella 9). Per il tempo di ritorno pari a 1 anno, i parametri sono stati determinati attraverso una regressione lineare da quelli calcolati per tempi di ritorno con K_T noto.

Tabella 9: Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica, per assegnato tempo di ritorno, $d > 1 \text{ora}$.

AREA OMOGENEA T1 - POLLINO									
TR	1	5	10	20	25	50	100	200	500
K_T		1.22	1.45	1.69	1.78	2.04	2.32	2.60	2.98
a	16	34	40	47	49	57	64	72	83
n	0.376	0.376	0.376	0.376	0.376	0.376	0.376	0.376	0.376

3.3.2. Parametri per durate < 1 ora

Poiché la metodologia di calcolo messa a punto nel PAI trae origine da dati di altezze di pioggia di durata superiori ad 1 ora, non risulta corretto estrapolare le curve di possibilità pluviometrica per durate brevi con la stessa procedura. Infatti, nel caso si riscontrino bacini aventi tempi di corrivazione inferiori a 1 ora, come accade nelle verifiche per il drenaggio delle acque di piattaforma, l'utilizzo dei parametri calcolati nel capitolo precedente può portare ad una sottostima delle intensità di pioggia.

Per ovviare a tale errore, per le durate brevi ed intense si è proceduto adottando una metodologia di stima derivante da osservazioni sperimentali.

In letteratura sono infatti disponibili numerosi studi ed esperienze che mostrano come le altezze d'acqua massime associate ad eventi di breve durata, siano correlate a quelle determinate per tempi di pioggia di un'ora secondo uno schema tipico.

Più in dettaglio, definendo il parametro $\rho(t) = h(t)/h(1)$, ovvero il rapporto tra l'altezza di pioggia per durata t e quella per durata di 1 ora, è stato notato (Bell, 1969; Goswami, 1973) come esso risulti poco dipendente dalla località considerata, fintantoché si considerino durate brevi ($t < 2$ ore).

Ad analoghe conclusioni sono pervenuti altri Autori, analizzando serie di dati relative a diverse regioni del mondo, ad esempio Goswami (1973) relativamente alle precipitazioni in India, o Jennings (1950) e Hershfield ed Engman (1981), nell'ambito di uno studio per una curva inviluppo delle massime piogge osservate nel mondo.

Per quanto riguarda il territorio italiano, il parametro $\rho(t)$ è stato calcolato in alcuni studi disponibili in letteratura; si segnalano in particolare (per significatività dei dati) quelli relativi al pluviometro di Roma Macao, su un campione di 8 anni (Domanico, 1986 e Calenda et al., 1993), e a quello di Milano Monviso, su un campione di 17 anni (Piga et al., 1990).

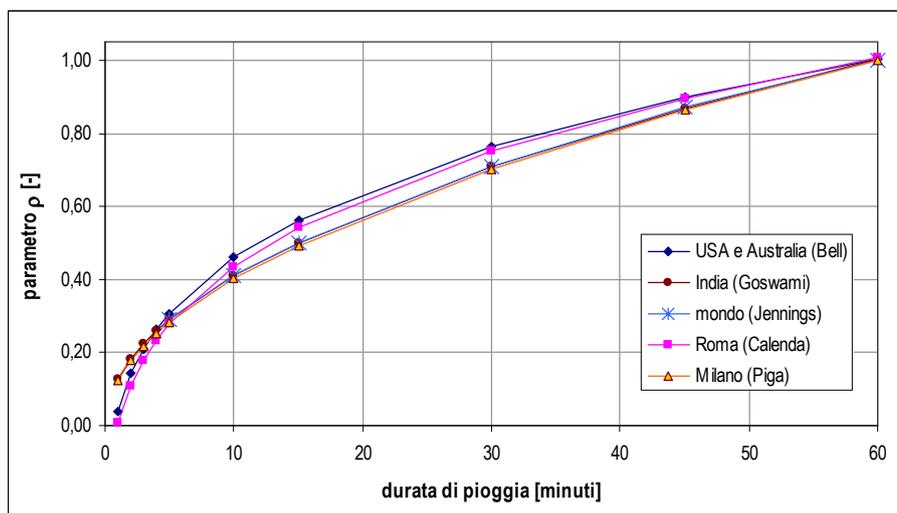


Figura 5: Andamento del parametro $\rho(t)$ ottenuto in diversi studi.

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 23 di 61
--	---	-------------------------------

La Figura 5 mette a confronto i valori medi del parametro $\rho(t)$ ottenuti negli studi citati. Si osserva come effettivamente le differenze riscontrate tra i vari siti appaiano modeste, e si riscontri un andamento tipico poco dipendente dalla località considerata.

In particolare, tutte le curve presentano all'incirca lo stesso valore per durate di circa 5 minuti, mentre gli scostamenti sono massimi tra i 15 e i 30 minuti. Tutte le curve assumono ovviamente valore unitario per $t = 1$ ora.

In conformità a tali osservazioni sperimentali, è stata sviluppata da Hydrodata S.p.A. una metodologia di stima in grado di fornire i parametri di precipitazione necessari ad una valutazione più accurata delle portate di piena su piccoli bacini, per i quali il tempo di pioggia critica è inferiore all'ora.

In particolare, l'andamento di $\rho(t)$ è stato assunto come totalmente indipendente dalla località, e cautelativamente pari all'involuppo dei valori di Figura 5, così da introdurre unicamente possibili errori di sovrastima dell'altezza di pioggia.

In funzione dei parametri (a, n) della curva di possibilità pluviometrica (CPP) di progetto, espressa nella forma monomia $h=a \cdot t^n$, si ottengono le altezze di pioggia $h(t)$ relative a durate di 60 e 120 minuti. Applicando ad $h(60)$ i valori assunti per il parametro $\rho(t)$, si ricavano quindi i valori di $h(t)$ per durate inferiori.

Diagrammando su un piano bi-logaritmico $[\ln(t), \ln(h)]$ i punti ottenuti, per durate comprese tra 5 e 120 minuti, la validità della forma monomia (legge di potenza) come curva di adattamento dei dati presuppone che essi giacciono approssimativamente su una retta.

Eseguendo pertanto una regressione lineare (con il metodo dei minimi quadrati) nel campo bi-logaritmico è possibile determinare i parametri della retta interpolante e pertanto ricavare (a', n') , parametri della curva di possibilità pluviometrica per $t < 60$ minuti.

I valori di $h(t)$ stimati mediante $\rho(t)$, per $t < 60$ minuti, dipendono da $h(60)$, ovvero unicamente da a (essendo t espresso in ore nella formula monomia, per $t=1$ si ottiene $h=a$). Estendendo la regressione anche all'altezza di pioggia per durate di 2 ore, anche il parametro n viene preso in conto nella regressione; questo permette di ottenere minori errori qualora la curva (a', n') sia utilizzata per la stima di portate prossime all'ora.

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 24 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

Attraverso la metodologia sopra descritta, partendo dai valori in Tabella 9, è stato possibile determinare i parametri a e n per le durate inferiori l'ora.

Tabella 10: Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica, per assegnato tempo di ritorno, $d < 1$ ora.

TR	1	5	10	20	25	50	100	200	500
a	16	34	40	47	50	57	65	73	83
n	0.448	0.448	0.448	0.448	0.448	0.448	0.448	0.448	0.448

3.3.3. Modello di formazione del deflusso di piena

Attraverso l'applicazione di modelli di formazione del deflusso superficiale, è possibile depurare lo ietogramma delle piogge lorde $i(t)$ dagli effetti dell'intercettazione dovuti alla copertura vegetale, alla detenzione superficiale nei piccoli invasi naturali, all'infiltrazione nel terreno e all'effetto di saturazione dello stesso, per valutare l'intensità di pioggia netta $p(t)$ che contribuisce al deflusso di piena.

A riguardo, si è scelto di utilizzare il metodo Curve Number (CN-SCS) del Soil Conservation Center. Ipotesi alla base di tale metodo è che, in un evento di piena, il volume specifico del deflusso superficiale P , sia proporzionale a quello precipitato I , depurato dall'assorbimento iniziale I_a , in ragione del rapporto tra volume specifico infiltrato F , e un volume specifico S , che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno.

$$P = (I - I_a) \frac{F}{S} \quad (1)$$

Sostituendo a F l'espressione ottenuta dall'equazione di continuità:

$$F = I - I_a - P \quad (2)$$

Si ottiene la relazione che fornisce il deflusso superficiale P .

$$P = \frac{(I - I_a)^2}{I - I_a + S} \quad (3)$$

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 25 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

Una volta determinati i valori di pioggia netta per ciascun bacino, è stato applicato il metodo razionale per la stima delle portate al colmo.

Secondo questo metodo, valido per bacini di modesta estensione (<100 km² come quelli in esame), la portata di piena è espressa come prodotto tra l'intensità di precipitazione (i) di assegnata durata e tempo di ritorno (T), il coefficiente di assorbimento (Φ), la superficie del bacino (A) e il coefficiente di laminazione ε(t):

$$Q = i[\theta_c, T, r(\theta_c, A)] \cdot \Phi \cdot A \cdot \varepsilon(\theta_c) \quad (4)$$

Dove con θ_c si è indicato il valore di durata critica, mentre $r(\theta_c, A)$, rappresenta il fattore di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino, espresso in funzione della durata θ_c e della superficie del bacino A.

Durata critica: tempo di corrivazione e di formazione

In linea generale, la durata di pioggia critica (θ_c) è calcolabile come somma del tempo di corrivazione (t_c) più il tempo di formazione del deflusso superficiale (t_f).

Tuttavia, nei casi in esame, si è scelto di assumere la durata di pioggia critica (θ_c) pari al solo tempo di tempo di corrivazione, ritenendo trascurabile il tempo di formazione del deflusso superficiale, data la modesta estensione dei bacini, mai superiore ad 1 km².

Infatti, il t_f esprime il tempo di formazione del deflusso superficiale prima che inizi a scorrere sul bacino e dipende dalla capacità di assorbimento del suolo e dall'intensità e durata della pioggia lorda. È verificato che per bacini di piccole dimensioni, tale tempo non sia mai superiore al 50% del tempo di corrivazione, e pertanto la scelta di ritenerlo nullo è a favore di sicurezza.

Il tempo di corrivazione (t_c) di un bacino è definito come quello che una particella idrica, caduta nel punto del bacino più lontano dalla sezione di chiusura, impiega a raggiungere la sezione stessa. Può essere determinato attraverso la formula del Soil Conservation Service:

$$t_c = 1.67 \cdot 2.587 \frac{L^{0.8}}{1900 i_v^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} \quad (5)$$

Dove:

i_v , è la pendenza media dei versanti del bacino [%];

L , è la lunghezza dell'asta fluviale in metri.

Essendo una formula empirica, il valore di t_c si esprime in ore.

I valori del tempo di corrivazione e della durata critica vengono riportati in Tabella 11, nella quale viene considerato nullo il tempo di formazione.

Tabella 11: Valori del tempo di corrivazione e della durata critica per i bacini considerati.

Bacino ID	T_c [ore]	θ_c [ore]
B04	0.2	0.2
B05	0.2	0.2
B06	0.2	0.2
B07	0.2	0.2
B08	0.5	0.5
B09	0.2	0.2
B10	0.2	0.2
B11	0.3	0.3
B12	0.2	0.2
B13	0.2	0.2

Altezze di pioggia ragguagliata (hr)

La pioggia ottenuta, calcolata per la durata critica θ_c di ogni bacino, viene ragguagliata all'area tramite il parametro r , secondo la formulazione utilizzata anche nel progetto VAPI (Valutazione delle Piene in Italia, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche), che fa riferimento al Flood Studies Report:

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) \theta_c^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(A)))} \quad \text{per } A < 20 \text{ km}^2$$

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) \theta_c^{(-0.40+0.003832 (4.6-\ln(A)))} \quad \text{per } A > 20 \text{ km}^2$$

Dove:

θ_c = durata critica della precipitazione;

A = superficie del bacino [km²].

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 27 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

Altezze di pioggia nette (h_n)

Il valore del coefficiente di afflusso è stato calcolato con il metodo SCS-Curve Number che permette di ricavare la pioggia netta ottenendo h_n dalla (3):

$$h_n = \frac{(h_r(\theta) - 0.2 S)^2}{(h_r(\theta) + 0.8 S)} \quad (6)$$

Dove:

h_r = precipitazione meteorica ragguagliata [mm];

S = massima capacità di assorbimento del bacino per infiltrazione [mm].

Il parametro S dipende fondamentalmente dalla combinazione di due fattori: la natura geopedologica del terreno e l'uso/copertura del suolo. L'effetto combinato di questi due fattori è rappresentato globalmente dal parametro adimensionale CN ($0 < CN < 100$), legato a S dalla relazione:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (7)$$

I valori del parametro di assorbimento CN sono stati ricavati secondo la metodologia elaborata dal CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona) per conto e in coordinamento della Protezione Civile Nazionale.

La carta CN è costruita sulla base delle informazioni sull'uso suolo, la litologia e la permeabilità a disposizione. La procedura prevede inizialmente l'associazione a ogni tipologia di copertura del territorio di un valore di CN secondo la classificazione riportata in Tabella 12.

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 28 di 61
--	---	-------------------------------

Tabella 12: Valori di Curve Number in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo.

Descrizione	CN
1111 - TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO	95
1112 - TESSUTO RESIDENZIALE RADO	95
1121 - TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME	95
1122 - FABBRICATI RURALI	95
1211 - INSEDIAMENTO INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI	95
1212 - INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI SERVIZI	95
1221 - RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI	95
1222 - RETI FERROVIARIE E SPAZI ANNESSI	95
1223 - GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO E SMISTAMENTO MERCI	99
1224 - IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE	95
123 - AREE PORTUALI	95
124 - AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	95
131 - AREE ESTRATTIVE	75
1321 - DISCARICHE	75
1322 - DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO, CIMITERI DI AUTOVEICOLI	75
133 - CANTIERI	95
141 - AREE VERDI URBANE	70
1421 - AREE RICREATIVE E SPORTIVE	95
1422 - AREE ARCHEOLOGICHE	75
143 - CIMITERI	95
2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	60
2112 - PRATI ARTIFICIALI	75
2121 - SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	60
2122 - RISAIE	99
2123 - VIVAI	70
2124 - COLTURE IN SERRA	75
221 - VIGNETI	60
222 - FRUTTETI E FRUTTI MINORI	60
223 - OLIVETI	60
231 - PRATI STABILI	75
2411 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	60
2412 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	99
2413 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI	60
242 - SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	60
243 - AREE PREV. OCCUPATE DA COLTURE AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	70
244 - AREE AGROFORESTALI	70
3111 - BOSCHI DI LATIFOGIE	50
31121 - PIOPPETI SALICETI EUCALITTETI	50
31122 - SUGHERETE	65

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 29 di 61
--	---	--------------------------

Descrizione	CN
31123 - CASTAGNETI DA FRUTTO	50
31124 - ALTRO	50
3121 - BOSCHI DI CONIFERE	70
3122 - CONIFERE A RAPIDO ACCRESCIMENTO	70
313 - BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGIE	60
321 - AREE A PASCOLO NATURALE	75
3221 - CESPUGLIETI ED ARBUSTETI	65
3222 - FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE	65
3231 - MACCHIA MEDITERRANEA	65
3232 - GARIGA	65
3241 - AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	70
3242 - AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	70
3311 - SPIAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
3312 - AREE DUNALI NON COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
3313 - AREE DUNALI COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
3315 - LETTI DI TORRENTI DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	99
332 - PARETI ROCCIOSE E FALESIE	75
333 - AREE CON VEGETAZIONE RADA > 5% E < 40%	75
411 - PALUDI INTERNE	99
421 - PALUDI SALMASTRE	99
422 - SALINE	75
423 - ZONE INTERTIDALI	99
5111 - FIUMI, TORRENTI E FOSSI	99
5112 - CANALI E IDROVIE	99
5121 - BACINI NATURALI	99
5122 - BACINI ARTIFICIALI	99
5211 - LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI A PRODUZIONE ITTICA NATURALE	99
5212 - ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI	99
522 - ESTUARI E DELTA	99
5231 - AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA NATURALE	99
5232 - ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	99

La determinazione del valore di CN da attribuire a ciascun bacino è stata realizzata con un'elaborazione in ambiente GIS, utilizzando come base il file .SHP "Corine Land Cover 2012", fornito da ISPRA.

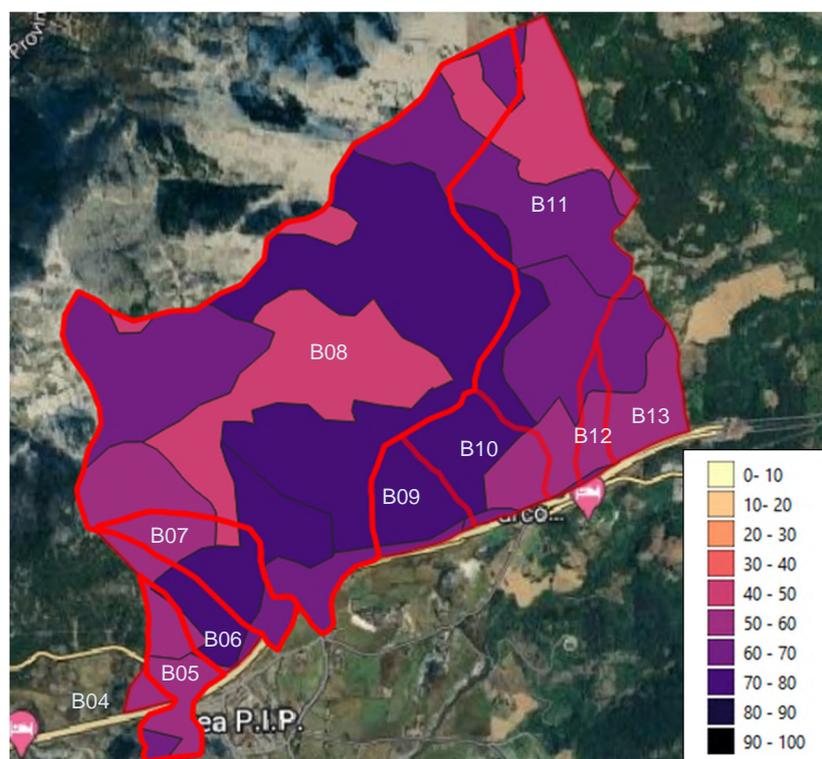


Figura 6: Inquadramento dei bacini idrografici con i rispettivi valori del CNII.

I valori di CNII determinati per ciascun bacino idrografico sono riportati nella seguente Tabella 13.

Tabella 13: Valori di CNII determinati per ciascun bacino mediante "Corine Land Cover 2012".

Bacino ID	CNII
B01	62
B02	64
B03	63
B04	60
B05	60
B06	70
B07	67
B08	66
B09	74
B10	70
B11	64
B12	63
B13	64
B14	62
B15	63

Come si può notare, i valori determinati attraverso “Corine Land Cover 2012” presentano marcate differenze tra un bacino e l’altro, nonostante questi ultimi ricadano in una area di modesta estensione e apparentemente omogenea.

Pertanto, per le successive computazioni si è ritenuto opportuno adottare un valore di CN univoco per tutti i bacini e maggiormente cautelativo. È stato quindi considerato un valore di **CNII** = 70, pari al 75esimo percentile dei valori ottenuti dall’elaborazione in GIS.

I valori di **CNII** determinati per ciascun bacino idrografico, sono rappresentativi di valori medi di umidità. Per considerare elevate condizioni di umidità antecedenti all’evento, è necessario incrementare ulteriormente i valori del **CNII** tramite fattori correttivi, ottenendo i valori di **CNIII** riportati in Tabella 14. Per il conseguente calcolo delle portate viene applicato il valore **AMCIII** di terreno saturo.

Tabella 14: Valori del parametro CN uniformati per ciascun bacino.

Bacino ID	CNII	CNIII
B01	70	84
B02	70	84
B03	70	84
B04	70	84
B05	70	84
B06	70	84
B07	70	84
B08	70	84
B09	70	84
B10	70	84
B11	70	84
B12	70	84
B13	70	84
B14	70	84
B15	70	84

3.4. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE AL COLMO

Una volta stabiliti i parametri delle curve di possibilità pluviometrica da utilizzare, i valori di durata critica e di CN per ciascun bacino, sono state ricavate le altezze di pioggia lorda per assegnato tempo di ritorno. I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella.

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 32 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

Tabella 15: Valori delle altezze di pioggia lorda per ciascun bacino, per assegnato tempo di ritorno.

Bacino ID	Pioggia lorda [mm]							
	h5	h10	h20	h25	h50	h100	h200	h500
B01	27	32	38	40	45	52	58	66
B02	17	21	24	25	29	33	37	42
B03	17	21	24	25	29	33	37	42
B04	17	21	24	25	29	33	37	42
B05	17	21	24	25	29	33	37	42
B06	17	21	24	25	29	33	37	42
B07	18	21	24	26	29	33	38	43
B08	26	31	36	37	43	49	55	63
B09	17	21	24	25	29	33	37	42
B10	17	21	24	25	29	33	37	42
B11	22	27	31	33	38	43	48	55
B12	17	21	24	25	29	33	37	42
B13	17	21	24	25	29	33	37	42
B14	17	21	24	25	29	33	37	42
B15	19	23	27	28	32	37	41	47

Questi valori sono stati ragguagliati all'estensione del bacino di appartenenza, attraverso il parametro r.

Tabella 16: Valori delle altezze di pioggia ragguagliata per ciascun bacino, per assegnato tempo di ritorno.

Bacino ID	r [-]	Pioggia ragguagliata, hr [mm]							
		h5	h10	h20	h25	h50	h100	h200	h500
B01	0.93	25	30	35	37	42	48	54	62
B02	0.96	17	20	23	24	28	31	35	40
B03	0.97	17	20	23	24	28	32	36	41
B04	0.98	17	20	24	25	28	32	36	41
B05	0.96	17	20	23	24	28	32	35	41
B06	0.97	17	20	23	24	28	32	36	41
B07	0.96	17	20	23	25	28	32	36	41
B08	0.93	24	28	33	35	40	46	51	58
B09	0.96	17	20	23	24	28	32	35	41
B10	0.96	17	20	23	24	28	31	35	40
B11	0.95	21	25	30	31	36	41	45	52
B12	0.97	17	20	23	25	28	32	36	41
B13	0.96	17	20	23	24	28	31	35	40
B14	0.97	17	20	23	24	28	32	36	41
B15	0.95	18	22	25	27	31	35	39	45

In seguito, applicando il metodo SCS-Curve Number, sono stati ricavati i valori delle altezze di pioggia netta.

Tabella 17: Valori delle altezze di pioggia netta per ciascun bacino, per assegnato tempo di ritorno.

Bacino ID	S [mm]	Pioggia netta, h_n [mm]							
		h5	h10	h20	h25	h50	h100	h200	h500
B01	47	4	6	9	10	13	17	21	27
B02	47	4	2	3	3	5	7	9	12
B03	47	4	2	3	4	5	7	9	12
B04	47	1	2	3	4	5	7	10	13
B05	47	1	2	3	4	5	7	9	12
B06	47	1	2	3	4	5	7	9	13
B07	47	1	2	3	4	5	7	10	13
B08	47	3	5	8	9	12	16	19	25
B09	47	1	2	3	4	5	7	9	12
B10	47	1	2	3	3	5	7	9	12
B11	47	2	4	6	7	9	12	16	20
B12	47	1	2	3	4	5	7	9	13
B13	47	1	2	3	3	5	7	9	12
B14	47	4	2	3	4	5	7	9	12
B15	47	4	3	4	5	7	9	11	15

Infine, a conclusione dell'analisi, è stato possibile ricavare le portate al colmo nella sezione di chiusura di ciascun bacino individuato, i cui risultati sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 18: Valori di durata critica e delle portate al colmo nella sezione di chiusura di ciascun bacino, per assegnato tempo di ritorno.

Bacino ID	Q_c [m ³ /s]							
	TR5	TR10	TR20	TR25	TR50	TR100	TR200	TR500
B01	6.1	9.7	13.9	15.6	20.8	26.9	33.4	42.6
B02	0.3	0.7	1.1	1.3	1.9	2.6	3.4	4.6
B03	0.2	0.4	0.6	0.7	1.0	1.4	1.8	2.4
B04	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4
B05	0.2	0.4	0.7	0.8	1.1	1.5	2.0	2.7
B06	0.2	0.3	0.6	0.7	0.9	1.3	1.7	2.3
B07	0.3	0.5	0.9	1.0	1.5	2.0	2.7	3.6
B08	4.1	6.6	9.6	10.8	14.5	18.8	23.5	30.1
B09	0.2	0.4	0.7	0.8	1.1	1.5	2.0	2.7
B10	0.3	0.6	1.0	1.2	1.7	2.3	3.0	4.1
B11	1.5	2.5	3.7	4.2	5.8	7.6	9.6	12.5
B12	0.1	0.2	0.3	0.3	0.5	0.7	0.9	1.2
B13	0.3	0.6	0.9	1.1	1.6	2.2	2.9	3.9
B14	0.2	0.3	0.5	0.6	0.9	1.2	1.6	2.1
B15	0.6	1.1	1.7	2.0	2.8	3.8	4.9	6.5

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 34 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

4. APPROFONDIMENTI IN MERITO ALLE SERIE STORICHE PLUVIOMETRICHE E CAMBIAMENTI CLIMATICI

4.1. PREMESSA

Il presente capitolo approfondisce gli aspetti idrologici connessi all'aggiornamento delle serie storiche pluviometriche e all'utilizzo delle stesse rispetto alle valutazioni dei cambiamenti climatici in corso.

Le serie di dati pluviometrici alla base delle elaborazioni statistiche utilizzate nel VAPI-Calabria per la determinazione delle Curve di Possibilità Pluviometrica, curve che definiscono la frequenza negli anni (Tempo di ritorno) con cui si verificano eventi di una certa entità, sono ferme alla fine degli anni '80, e pertanto non tengono conto dei dati pluviometrici registrati successivamente.

La presente attività non intende aggiornare la regionalizzazione VAPI-Calabria, bensì approfondire come, nell'intorno dell'area di intervento progettuale ANAS, i più recenti dati registrati nelle stazioni pluviometriche disponibili si confrontino con i dati storici.

La finalità ultima è, pertanto, comprendere se sia possibile ritenere le curve VAPI-Calabria ancora statisticamente rappresentative del fenomeno piovoso, in virtù dei riscontrati cambiamenti climatici nell'ultimo ventennio.

4.2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E BANCA DATI

Per il recupero dei dati di precipitazione, sono state considerate le stazioni pluviometriche ricadenti nella provincia di Cosenza, in quella che VAPI-Calabria considera come zona omogenea T1 – Pollino, in cui sono previsti gli interventi progettuali.

Dalla sezione relativa al monitoraggio del sito "ARPACAL – Centro funzionale Multirischi", sono state individuate tutte le stazioni pluviometriche disponibili. Di queste sono state acquisite le precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi, per durate sia superiori che inferiori all'ora. La Figura 7 riporta l'ubicazione delle stazioni, mentre la seguente Tabella 19 sono indicati i dati caratteristici di ciascuna stazione.



Figura 7: Ubicazione delle stazioni pluviometriche ARPA nel territorio d'interesse.

Tabella 19: Stazioni ARPA con pluviometro registratore presenti nel territorio d'interesse.

NOME STAZIONE	PROVINCIA	ID ARPA SENSORE	EST	NORD	QUOTA
			[m]	[m]	m slm
Campotene	CS	3160	2611377	4414163	965
Cassano allo Ionio	CS	970	2632960	4404509	250
Castrovillari	CS	1180	2627432	4402480	353
Castrovillari Camerata	CS	1185	2628993	4398921	58
Cerchiara di Calabria	CS	924	2638363	4413209	-
Laino Borgo	CS	3150	2603376	4423156	250
Lungro	CS	1195	2616324	4399143	-
Mormanno	CS	3170	2604830	4415472	820
Papisidero	CS	3180	2597843	4414067	219

Per quanto riguarda le precipitazioni di durata superiore all'ora, le serie storiche estratte dagli annali idrologici presentano una numerosità di dati differente da stazione a stazione. Si va da un massimo di 51 dati per le stazioni di Castrovillari e Laino Borgo, ad un minimo di 3 anni disponibili per la stazione di Campotene. Per la stazione di Mormanno, invece, non è presente alcun dato validato. Inoltre, per le stazioni di Cerchiara di Calabria e Papisidero, pur avendo un significativo numero di anni di osservazioni, queste si interrompono rispettivamente agli anni 1950 e 1974, rendendo di fatto tali serie inutilizzabili

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 36 di 61
--	---	-------------------------------

in quanto non aggiornate. Le serie storiche più aggiornate arrivano fino all'anno 2012 ma sono costituite da un ridotto numero di anni di osservazione (stazioni di Cassano allo Jonio, Castrovillari Camerata e Lungro).

Per i dati relativi alle durate inferiori all'ora, essendo le registrazioni iniziate più recentemente, il numero di anni di osservazione disponibili si riduce sensibilmente. Le stazioni con il maggior numero di osservazioni sono ancora Castrovillari (13 anni disponibili) e Laino Borgo (11 anni). In tutte le altre stazioni di misura non si ha un numero di osservazioni significativo per un'analisi probabilistica o, addirittura, non si dispone di alcuna osservazione.

La seguente Tabella 20 riporta la numerosità e la distribuzione dei dati estratti dagli annali idrologici.

Tabella 20: Numero e anni di osservazioni pluviometriche estratte dagli annali idrologici; in rosso le stazioni utilizzate per l'analisi probabilistica.

NOME STAZIONE	d<1h			d>1h		
	N. anni osserv.	Da	A	N. anni osserv.	Da	A
Campotenesese	3	2002	2004	3	2002	2004
Cassano allo Jonio	1	2003	2003	9	2003	2012
Castrovillari	13	1988	2004	51	1928	2005
Castrovillari Camerata	-	-	-	8	2005	2012
Cerchiara di Calabria	-	-	-	16	1931	1950
Laino Borgo	11	1988	2005	51	1939	2005
Lungro	4	2002	2005	11	2002	2012
Mormanno	-	-	-	-	-	-
Papasidero	-	-	-	28	1923	1974

Alla luce di quanto esposto, per le successive elaborazioni probabilistiche delle piogge intense, sono state considerate solamente alcune stazioni pluviometriche. Sono state sviluppate le serie di Castrovillari e Laino Borgo, le uniche con una significativa numerosità del campione di dati, e quella di Lungro, scelta in quanto stazione più piovosa tra quelle aggiornate fino al 2012.

Tabella III — Precipitazioni massime di durata 1-3-6-12-24 ore.

Anno 1994

BACINO E STAZIONE	INTERVALLO														
	1 ora			3 ore			6 ore			12 ore			24 ore		
	mm	INIZIO		mm	INIZIO		mm	INIZIO		mm	INIZIO		mm	INIZIO	
		giorno	mese		giorno	mese		giorno	mese		giorno	mese		giorno	mese
San Giorgio Albanese	13,0	21	ott	29,4	21	ott	40,2	21	ott	62,4	21	ott	80,0	22	ott
Schiavonea	19,4	21	ott	32,4	21	ott	35,0	21	ott	62,4	2	ott	90,6	22	ott
TRIONTO															
Longobucco	10,0	11	apr	26,4	7	feb	50,0	7	feb	69,0	7	feb	100,7	22	ott
Bocchigliero	23,0	21	ott	35,0	21	ott	39,6	21	ott	64,4	21	ott	91,0	22	ott
TRA TRIONTO E NETO															
Scala Coeli	17,0	1	feb	44,0	1	feb	74,0	1	feb	84,0	1	feb	101,1	22	ott
Ciro' Marina Volvito	28,0	19	ott	42,6	19	ott	63,2	19	ott	72,4	19	ott	79,0	19	ott
NETO															
San Giovanni in Fiore	28,8	8	lug	33,6	21	ott	61,8	21	ott	102,2	21	ott	148,0	21	ott
Trepido'	23,0	18	feb	46,4	18	feb	74,0	18	feb	117,1	18	feb	136,7	18	feb
Santa Severina	22,0	20	dic	48,0	20	dic	74,0	20	dic	110,7	20	dic	123,1	20	dic
TRA NETO E TACINA															
Crotone	26,2	11	feb	34,0	11	feb	40,2	20	gen	58,2	20	gen	58,4	20	gen
Isola di Capo Rizzuto	16,8	9	gen	23,4	6	feb	34,0	20	gen	36,4	20	gen	36,4	19	gen
TRA ALLI E CORACE															
Catanzaro	33,6	21	ott	42,6	21	ott	66,0	21	ott	101,4	21	ott	171,6	21	ott

Figura 8: Estratto dell'Annale Idrologico Parte I, Tabella III, precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi.

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 38 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

4.3. APPROCCIO METODOLOGICO STATISTICO

Come noto l'analisi statistica consiste nell'individuare una distribuzione di probabilità che interpreti i dati osservati relativi alla variabile aleatoria del massimo annuale di altezza di pioggia per assegnata durata, e il legame tra questa altezza e il tempo di ritorno. A questo scopo è frequente l'utilizzo della distribuzione asintotica del massimo valore, meglio nota come distribuzione di Gumbel.

Per il confronto omogeneo dei risultati, si utilizzerà quella di Gumbel come unica distribuzione di probabilità.

La legge probabilistica di Gumbel è espressa nella forma:

$$P(h_d) = e^{-e^{-\left(\frac{h_d - u_d}{\alpha_d}\right)}}$$

La legge dipende dai due parametri α_d e u_d , i quali possono essere stimati utilizzando il metodo dei momenti, che conduce alle seguenti relazioni:

$$\alpha_d = 0.778 * \sigma_d$$

$$u_d = \mu_d - 0.5772 * \alpha_d$$

Ove μ_d e σ_d sono la media e lo scarto quadratico medio del campione di dati per la durata d . Le rette di distribuzione che interpolano i valori osservati sul piano probabilistico di Gumbel per ogni durata d hanno equazione:

$$y = \frac{h_d - u_d}{\alpha_d}$$

ove y è la variabile ridotta,

$$y = -\ln(-\ln(P(h_d)))$$

Si calcola la frequenza cumulata F con la formula di Weibull:

$$F_i = \frac{i}{N + 1}$$

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 39 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

dove i rappresenta il numero di valori minori od uguali a quello considerato, coincidente con la posizione di ciascuna osservazione nel vettore ordinato in senso crescente ed N è la numerosità del campione.

Confondendo la frequenza cumulata con la probabilità di non superamento P , è possibile ricavare il valore della variabile ridotta y_i relativo a ciascuna osservazione h_{d_i} risultando così immediato il tracciamento dei punti sperimentali sul piano probabilistico di Gumbel ed il loro confronto con le rette di distribuzione.

Quando siano state eseguite per ciascuna durata le elaborazioni precedenti, e si sia verificato l'adattamento dei campioni alla legge di Gumbel, si può procedere alla stima delle curve di possibilità pluviometrica. Ricordando il legame tra la probabilità di non superamento P ed il tempo di ritorno T :

$$P = \frac{T - 1}{T}$$

ed invertendo la legge di distribuzione di Gumbel, si ottiene:

$$h_d(T) = u_d - \alpha_d \ln \left(\ln \left(\frac{T}{T - 1} \right) \right)$$

La formula consente di calcolare, per ciascuna delle durate d_1, \dots, d_i , il valore di altezza di pioggia per un qualsivoglia tempo di ritorno T .

Disponendo i valori corrispondenti alle cinque durate ($d = 1, 3, 6, 12$ e 24 ore), su un piano $d-h$, è possibile individuare mediante un'espressione interpolare secondo legge di potenza l'equazione della curva di possibilità pluviometrica i cui parametri n ed a variano con T .

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 40 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

4.4. RISULTATI DELLE ANALISI STATISTICHE PER D > 1 ORA

In questo capitolo si riportano i risultati delle analisi statistiche condotte sulle serie storiche delle stazioni di Castrovillari, Laino Borgo e Lungro.

Dalla Tabella III degli Annali Idrologici è stato possibile estrapolare le precipitazioni massime annuali, per le durate 1, 3, 6, 12 e 24 ore. Le serie storiche di Castrovillari e Laino Borgo contano ciascuna 51 anni di osservazioni, fino all'anno 2005. La stazione di Lungro, invece, è aggiornata al 2012 ma ha solamente 11 anni di osservazioni.

Adottando una distribuzione probabilistica di Gumbel, per le tre stazioni sono state ricostruite le rispettive curve di possibilità pluviometrica per i tempi di ritorno di 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200 e 500 anni, per le durate superiori all'ora.

A conclusione delle analisi statistiche è stato fatto un confronto tra i valori delle altezze di pioggia ottenuti elaborando i tre diversi set di dati e quelli determinati applicando i parametri del terzo livello di regionalizzazione VAPI-Calabria, per l'area omogenea T1-Pollino.

La regionalizzazione proposta da VAPI-Calabria, infatti, suddivide il territorio di competenza in differenti aree pluviometricamente omogenee (riportate in Figura 4), alle quali sono associati parametri statistici che generano curve specifiche per ogni zona.

I parametri VAPI, come anticipato, sono basati sull'analisi delle serie storiche osservate sino alla fine degli anni Ottanta alle stazioni pluviometriche regionali. Il confronto, con le serie aggiornate ai più recenti anni disponibili, ha lo scopo di verificare come gli eventi meteorologici intensi registrati negli ultimi anni influiscano sulle tendenze pluviometriche della zona d'intervento.

Nell'**Allegato I** a conclusione della presente relazione sono riportati, per ogni stazione analizzata, i dati pluviometrici originali utilizzati.

4.4.1. Stazione di Castrovillari - id 1180 – d > 1 ora

Tabella 21: Parametri statistici stimati per la stazione di Castrovillari.

	d=1h	d=3h	d=6h	d=12h	d=24h
N. dati serie	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Media $\mu=m(x_i)$	21.15	29.61	37.41	46.98	58.33
Std. Dev.(x_i) σ	8.81	10.71	11.72	14.76	20.66
Coeff. variazione V	0.416	0.362	0.313	0.314	0.354
v^2	0.173	0.131	0.098	0.099	0.125
α	0.15	0.12	0.11	0.09	0.06
u	17.18	24.79	32.13	40.34	49.04
ln (μ)	3.05	3.39	3.62	3.85	4.07
ln (θ)	0.00	1.10	1.79	2.48	3.18

Tabella 22: Altezze di pioggia corrispondenti alle assegnate durate per la stazione di Castrovillari.

T anni	KT	d=1h	d=3h	d=6h	d=12h	d=24h
		h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
2	-0.16	19.99	27.98	35.35	44.40	55.13
5	0.72	26.24	36.74	46.41	58.29	72.38
10	1.30	30.38	42.54	53.74	67.49	83.80
20	1.87	34.35	48.10	60.76	76.32	94.76
25	2.04	35.61	49.86	62.99	79.12	98.24
50	2.59	39.50	55.30	69.86	87.74	108.94
100	3.14	43.35	60.69	76.67	96.30	119.57
200	3.68	47.19	66.07	83.46	104.83	130.16
500	4.40	52.25	73.16	92.42	116.08	144.13

Tabella 23: Valori dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica ottenuti per la stazione di Castrovillari.

Durate $\theta \geq 1$ ora	T	2	5	10	20	25	50	100	200	500
	a (T)		19.9	26.1	30.2	34.2	35.4	39.3	43.1	46.9
n		0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321	0.321

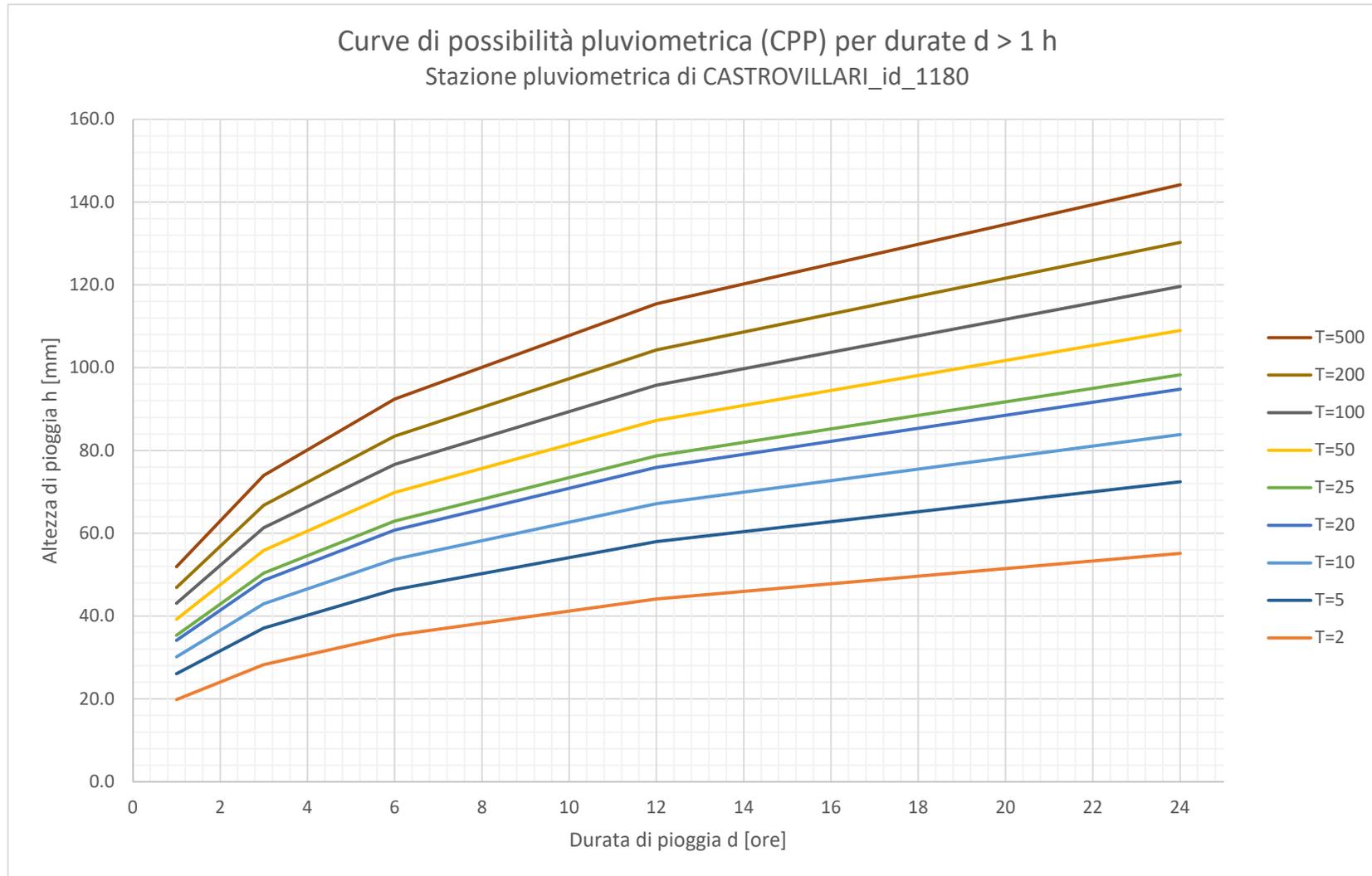


Figura 9: Curve di possibilità pluviometrica per le durate superiori all'ora, per i vari tempi di ritorno. Stazione di Castrovillari.

4.4.2. Stazione di Laino Borgo - id 3150 – d > 1 ora

Tabella 24: Parametri statistici stimati per la stazione di Laino Borgo.

	d=1h	d=3h	d=6h	d=12h	d=24h
N. dati serie	51.00	51.00	51.00	51.00	51.00
Media $\mu=m(x_i)$	27.10	40.84	55.02	73.50	97.80
Std. Dev. $(x_i) \sigma$	10.46	11.53	15.26	17.55	26.91
Coeff. variazione V	0.386	0.282	0.277	0.239	0.275
v^2	0.149	0.080	0.077	0.057	0.076
α	0.12	0.11	0.08	0.07	0.05
u	22.39	35.65	48.15	65.60	85.69
ln (μ)	3.30	3.71	4.01	4.30	4.58
ln (θ)	0.00	1.10	1.79	2.48	3.18

Tabella 25: Altezze di pioggia corrispondenti alle assegnate durate per la stazione di Laino Borgo.

T anni	KT	d=1h	d=3h	d=6h	d=12h	d=24h
		h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
2	-0.16	25.73	38.77	52.23	69.77	92.84
5	0.72	33.12	49.91	67.24	89.83	119.53
10	1.30	38.02	57.29	77.18	103.11	137.20
20	1.87	42.72	64.37	86.72	115.85	154.14
25	2.04	44.21	66.61	89.74	119.89	159.52
50	2.59	48.80	73.53	99.06	132.33	176.08
100	3.14	53.35	80.39	108.31	144.69	192.52
200	3.68	57.89	87.23	117.52	157.00	208.90
500	4.40	63.88	96.26	129.68	173.24	230.51

Tabella 26: Valori dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica ottenuti per la stazione di Laino Borgo.

Durate $\theta \geq 1$ ora	T	2	5	10	20	25	50	100	200	500
	a (T)		25.3	32.6	37.4	42.1	43.5	48.1	52.5	57.0
n		0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406

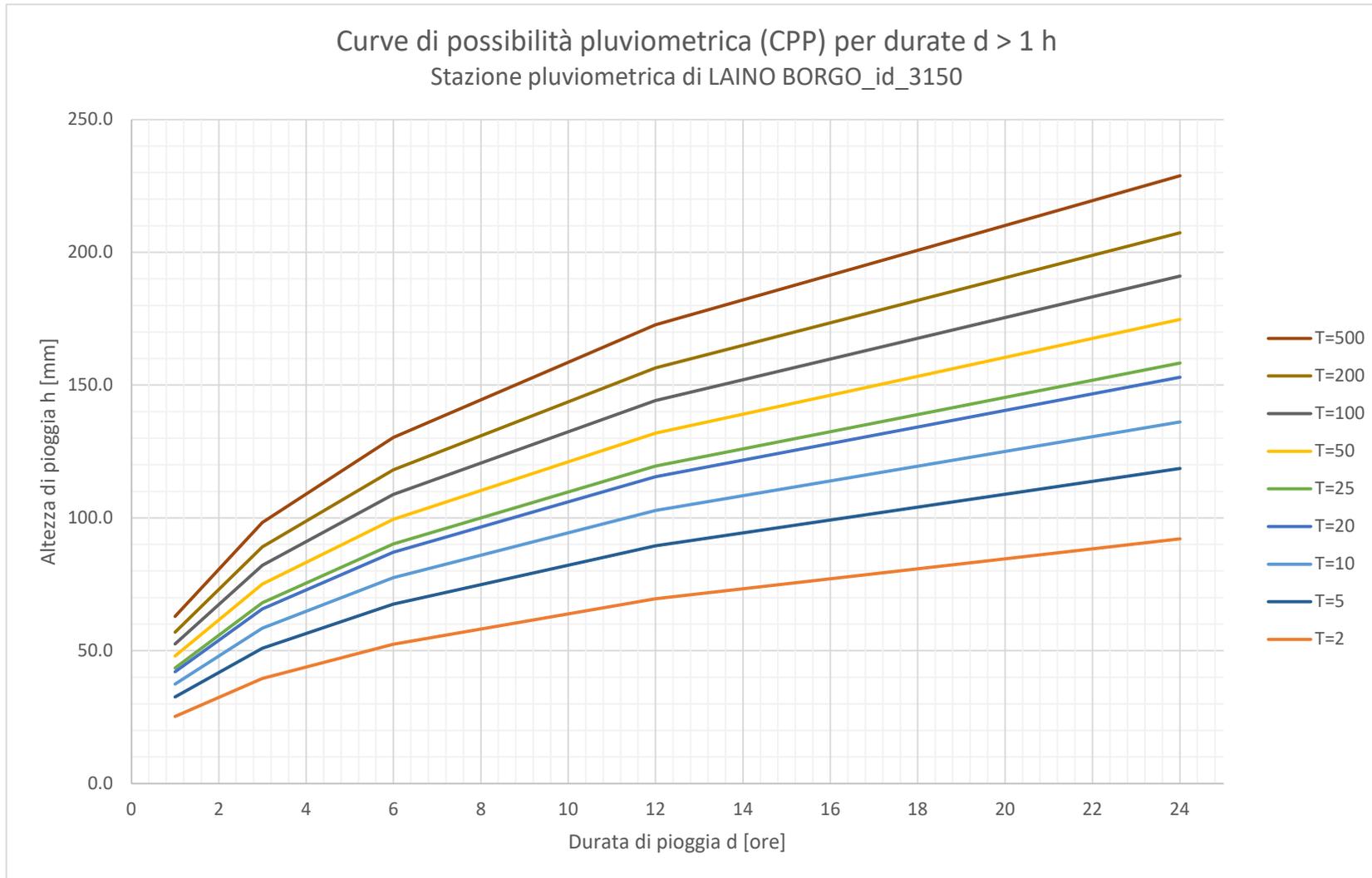


Figura 10: Curve di possibilità pluviometrica per le durate superiori all'ora, per i vari tempi di ritorno. Stazione di Laino Borgo.

4.4.3. Stazione di Lungro - id 1195 – d > 1 ora

Tabella 27: Parametri statistici stimati per la stazione di Lungro.

	d=1h	d=3h	d=6h	d=12h	d=24h
N. dati serie	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
Media $\mu=m(x_i)$	19.22	26.62	33.58	45.75	58.15
Std. Dev. $(x_i) \sigma$	6.73	6.01	7.37	8.06	11.30
Coeff. variazione V	0.350	0.226	0.219	0.176	0.194
v^2	0.123	0.051	0.048	0.031	0.038
α	0.19	0.21	0.17	0.16	0.11
u	16.19	23.91	30.27	42.12	53.06
ln (μ)	2.96	3.28	3.51	3.82	4.06
ln (θ)	0.00	1.10	1.79	2.48	3.18

Tabella 28: Altezze di pioggia corrispondenti alle assegnate durate per la stazione di Lungro.

T anni	KT	d=1h	d=3h	d=6h	d=12h	d=24h
		h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
2	-0.16	18.15	25.14	31.72	43.21	54.92
5	0.72	23.89	33.09	41.74	56.86	72.27
10	1.30	27.68	38.34	48.38	65.90	83.76
20	1.87	31.33	43.39	54.74	74.57	94.78
25	2.04	32.48	44.99	56.76	77.32	98.27
50	2.59	36.04	49.92	62.98	85.79	109.04
100	3.14	39.57	54.81	69.15	94.20	119.73
200	3.68	43.09	59.69	75.30	102.57	130.38
500	4.40	47.74	66.12	83.41	113.63	144.43

Tabella 29: Valori dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica ottenuti per la stazione di Lungro.

Durate $\theta \geq 1$ ora	T	2	5	10	20	25	50	100	200	500
	a (T)		17.6	23.1	26.8	30.3	31.4	34.9	38.3	41.7
n		0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353

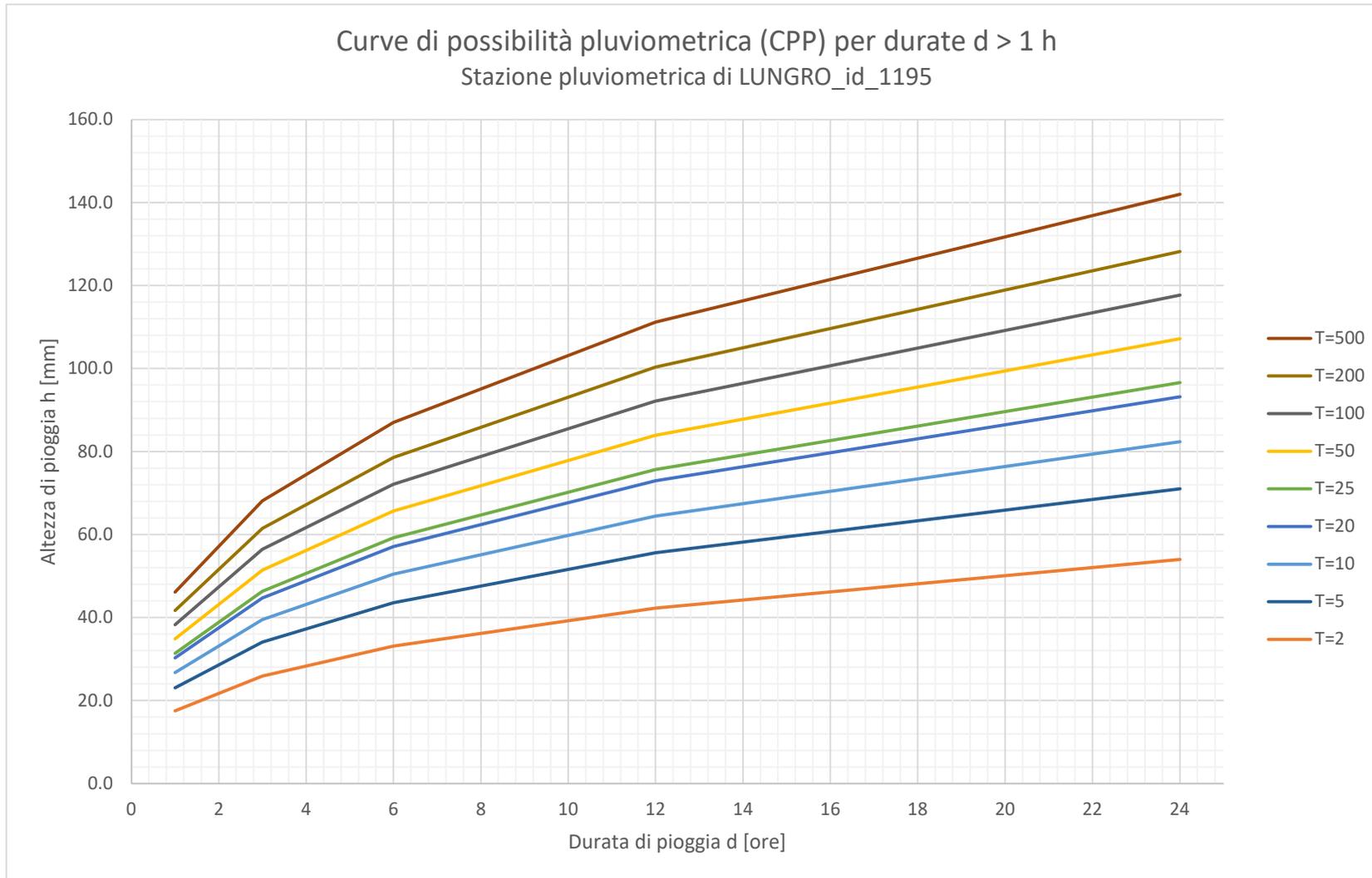


Figura 11: Curve di possibilità pluviometrica per le durate superiori all'ora, per i vari tempi di ritorno. Stazione di Lungro.

4.4.4. Confronto con parametri VAPI-Calabria

Determinate le curve di possibilità pluviometrica delle tre stazioni, per diversi tempi di ritorno, si è proceduto confrontando i risultati con i parametri della regionalizzazione VAPI-Calabria. In particolare, applicando i valori a e n VAPI per la zona omogenea T1-Pollino, si ottengono le altezze di pioggia per durate superiori all'ora, riportate nella seguente Tabella 30, confrontabili con quelle determinate per le singole stazioni.

Tabella 30: Altezze di pioggia corrispondenti alle assegnate durate per la zona omogenea T1-Pollino del VAPI.

Durate $\theta \geq 1$ ora										
Durate (ore)	T	2	5	10	20	25	50	100	200	500
1		25.6	33.9	40.3	47.0	49.5	56.7	64.5	72.3	82.8
3		38.7	51.3	60.9	71.0	74.8	85.7	97.5	109.3	125.2
6		50.2	66.6	79.1	92.2	97.1	111.3	126.6	141.9	162.6
12		65.2	86.4	102.7	119.7	126.1	144.5	164.3	184.1	211.1
24		84.6	112.2	133.3	155.4	163.7	187.6	213.3	239.1	274.0

Il grafico in Figura 12 riporta l'andamento delle curve di possibilità pluviometrica per i tempi di ritorno 200 e 20 anni, individuate per le tre stazioni analizzate e con la procedura VAPI.

Dall'osservazione delle curve indicatrici, emerge significativamente come le altezze di pioggia ottenute con metodo di regionalizzazione siano maggiori, a parità di tempo di ritorno, di quelle ottenute dall'elaborazione statistica sui dati di Castrovillari, Laino Borgo e Lungro. Questo indicherebbe che gli eventi più recenti che sono stati integrati nelle serie storiche contribuiscono, almeno per le stazioni analizzate, a generare curve meno gravose in termini di altezza di pioggia, per le durate superiori all'ora.

L'andamento delle CPP di Laino Borgo, seppur mostrando valori pluviometrici inferiori, è molto simile a quello indicato dalle curve VAPI. Invece, le curve ottenute per le stazioni di Castrovillari e Lungro (rispettivamente in verde e rosso nel grafico), oltre ad indicare altezze di pioggia più basse sia di quelle VAPI e di Laino Borgo, presentano una tendenza di crescita all'aumentare della durata differente e sensibilmente inferiore.

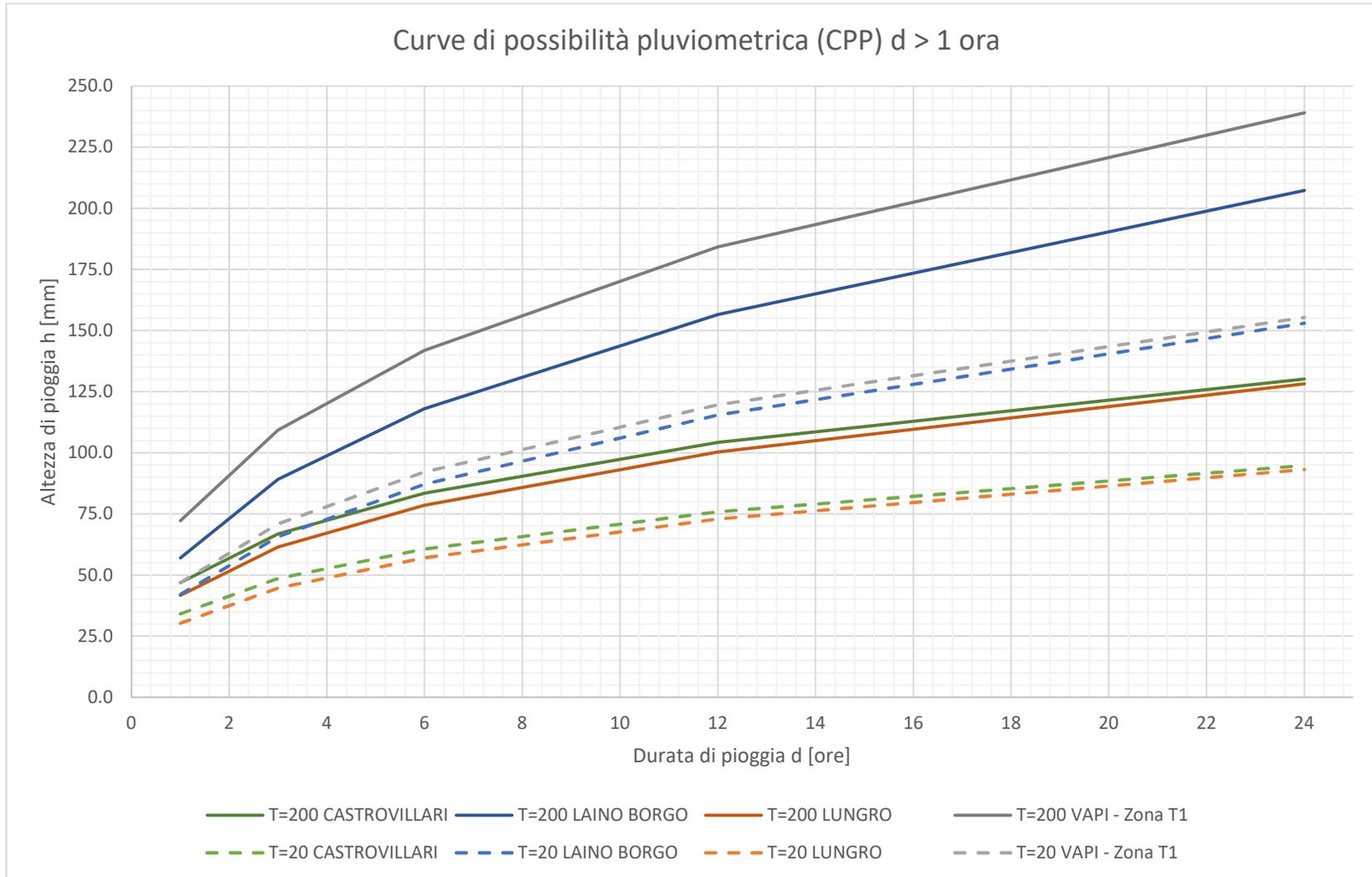


Figura 12: Confronto tra le curve di possibilità pluviometrica, per $d > 1$ ora, per i tempi di ritorno 200 e 20 anni.

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 49 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

4.5. CONCLUSIONI AGGIORNAMENTO SERIE STORICHE PLUVIOMETRICHE

L'attività è stata svolta al fine di comprendere se la metodologia di regionalizzazione delle piogge "Valutazione delle piene in Calabria", condotta a fine anni '80, possa ritenersi ancora ammissibile per la definizione degli eventi piovosi.

L'integrazione delle serie di dati pluviometrici, fino agli anni più recenti disponibili, ha permesso di ricostruire, seppur nel ristretto ambito delle stazioni indagate, delle curve di possibilità pluviometrica per durate $d > 1$ ora.

I risultati ottenuti da queste curve indicano, per tutti i casi esaminati, altezze di pioggia inferiori rispetto a quelle ottenute con i parametri di regionalizzazione della metodologia VAPI-Calabria.

Alla luce di queste considerazioni, il confronto dei parametri VAPI-Calabria con le serie storiche aggiornate evidenzia che, almeno per la zona omogenea esaminata, questi possano ancora essere rappresentativi dei fenomeni piovosi estremi.

5. ELEMENTI DI GEOMORFOLOGIA E TRASPORTO SOLIDO

Da un punto di vista geomorfologico l'area risulta fortemente influenzata dall'assetto tettonico locale, in quanto sono chiaramente visibili numerose incisioni, scarpate, rotture di pendenza e settori pianeggianti di origine probabilmente legata alla presenza di una tettonica recente.

Il corso d'acqua principale e l'unico a carattere perenne è il Fiume Battendiero, che in questa zona si ripresenta maggiormente inciso e interessa uno stretto settore vallivo impostato entro rilievi calcareo-dolomitici del Monte Cerviero e di località Donna di Marco. Questo settore è caratterizzato anche dalla presenza di una copertura discontinua di depositi fluviolacustri sabbiosi limosi e da depositi alluvionali recenti che ricopre il substrato formato dalla Formazione delle Dolomie e che sigilla le strutture tettoniche presenti al suo interno.

Le incisioni e corsi d'acqua secondari tributari provenienti nel settore nord e intersecanti gli interventi progettuali in destra idrografica del F. Battandiero, presentano un andamento poco ramificato ed un pattern sub-dendritico. Hanno una leggera tendenza all'approfondimento e sono connessi a forme di erosione caratteristiche, quali scarpate fluviali e tipiche vallecicole a V con scarso materiale detritico sul fondo. Vista la limitata estensione dei relativi bacini e l'assenza di risorgive, il deflusso idrico superficiale è assente e limitato in corrispondenza di eventi piovosi di elevata intensità. I processi deposizionali sono invece di secondaria importanza e producono accumuli di materiale alluvionale poco spessi ed estesi.

Le interferenze idrografiche più significative sono rappresentate dai ruscelli che drenano le acque dal Vallone della Mancusa (vedasi cap. 5.5) e dal Vallone Murevola (cap. 5.8).

Il Vallone della Mancusa, subito a nord dello svincolo nord, è attualmente caratterizzato dalla presenza di una chiara fase erosiva e appare in grado di sviluppare fenomeni di trasporto di massa di versante, facilitati dall'acclività dei versanti ancora lontana dalla configurazione di equilibrio. Lungo il corso d'acqua, tuttavia, NON sono presenti depositi caratteristici da trasporto solido torrentizio.

Il Vallone Murevola, in corrispondenza dell'imbocco lato Reggio Calabria della galleria Donna di Marco, è caratterizzato, a valle dell'autostrada, dalla presenza di un vecchio conoide alluvionale parzialmente re inciso e attualmente quiescente; il deflusso idrico superficiale è assente e non regimato e non sono presenti evidenze di trasporto solido lungo l'esigua sezione geometrica di deflusso. Inoltre, i sondaggi posti sulla paleo-conoide descrivono un sottile strato di materiale alluvionale che maschera un substrato situato a poca profondità e fortemente tettonizzato.

Nei sottocapitoli successivi verranno rappresentate le interferenze principali e quelle secondarie; queste ultime, come già descritto, vista la limitata estensione e le osservazioni di campo, in cui non si sono osservate evidenze di trasporto solido, non si configurano come un vero e proprio corso d'acqua ma come una semplice incisione fluviale o compluvio, tale da non generare fenomeni di trasporto solido di tipo torrentizio.

Nel presente settore, inoltre, non si segnala la presenza di significativi fenomeni di dissesto di versante, ad esclusione di locali modesti processi che hanno prodotto delle incisioni impostate sia in depositi che in dolomie altamente fratturate.

5.1. BACINO B04



Figura 13: Vista planimetrica dell'attraversamento (fonte Google Earth, anno 2023) e dettaglio del compluvio in arrivo da monte (fonte Google Maps, anno 2019).

Posizionandosi sulla SP241 in corrispondenza della zona in cui transita il reticolo idrografico, si evince che non vi sia l'effettiva presenza di un corso d'acqua, bensì di un compluvio.

5.2. BACINO B05



Figura 14: Vista planimetrica dell'attraversamento (fonte Google Earth, anno 2023)

Di seguito vengono riportate le immagini dei compluvi in arrivo da monte.



Figura 15: Immagini dei compluvi in arrivo da monte in sinistra (immagine a sinistra) e in destra (immagine in destra) idraulica.

Posizionandosi sulla SP241 in corrispondenza della zona in cui transita il reticolo idrografico, si evince che non vi sia l'effettiva presenza di una netta incisione, bensì di un compluvio di versante.

5.3. BACINO B06



Figura 16: Vista planimetrica dell'attraversamento (fonte Google Earth, anno 2023) e immagine del compluvio in arrivo da monte dalla'autostrada (fonte Google Maps, anno 2018)

Posizionandosi sulla SP241 in corrispondenza della zona in cui transita il reticolo idrografico, si evince che non vi sia l'effettiva presenza di una incisione fluviale, bensì la presenza di una strada sterrata promiscua.



Figura 17: Immagini dei compluvi in arrivo da monte in sinistra (immagine a sinistra) e in destra (immagine a destra) idraulica.

5.4. BACINO B07

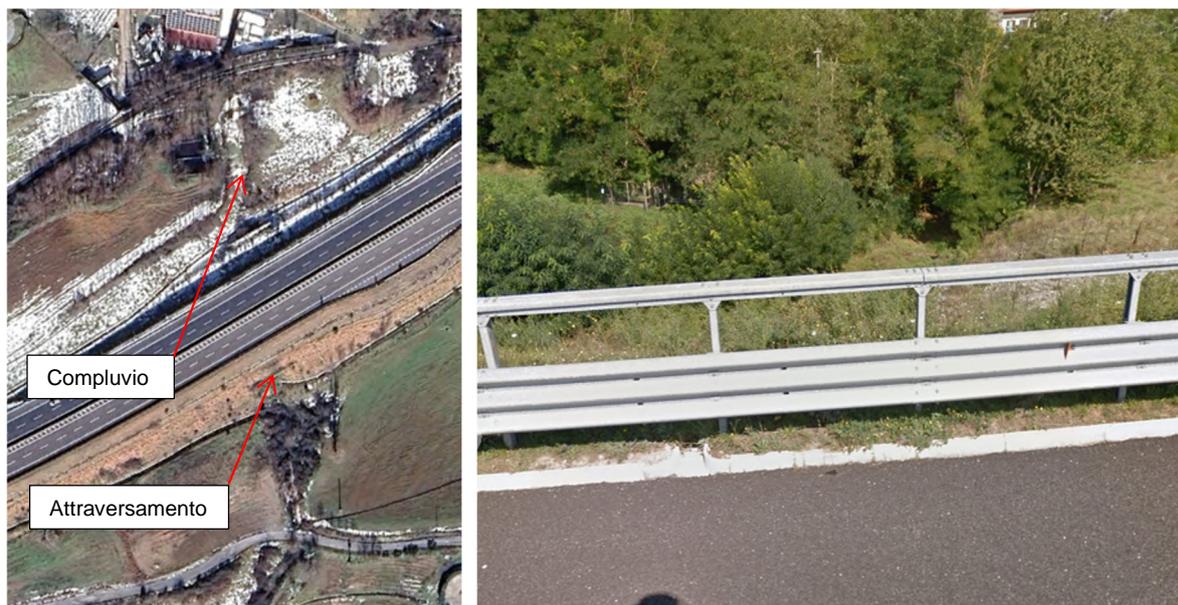


Figura 18: Vista planimetrica dell'attraversamento (fonte Google Earth, anno 2023) e immagine del compluvio in arrivo da monte dall'autostrada (fonte Google Maps, anno 2018)

Posizionandosi sulla SP241 in corrispondenza della zona in cui transita il reticolo idrografico, si evince che non vi sia l'effettiva presenza di un corso d'acqua, bensì di un fosso adiacente la strada comunale.



Figura 19: Immagine dei fosso stradale in arrivo da monte.

5.5. BACINO B08

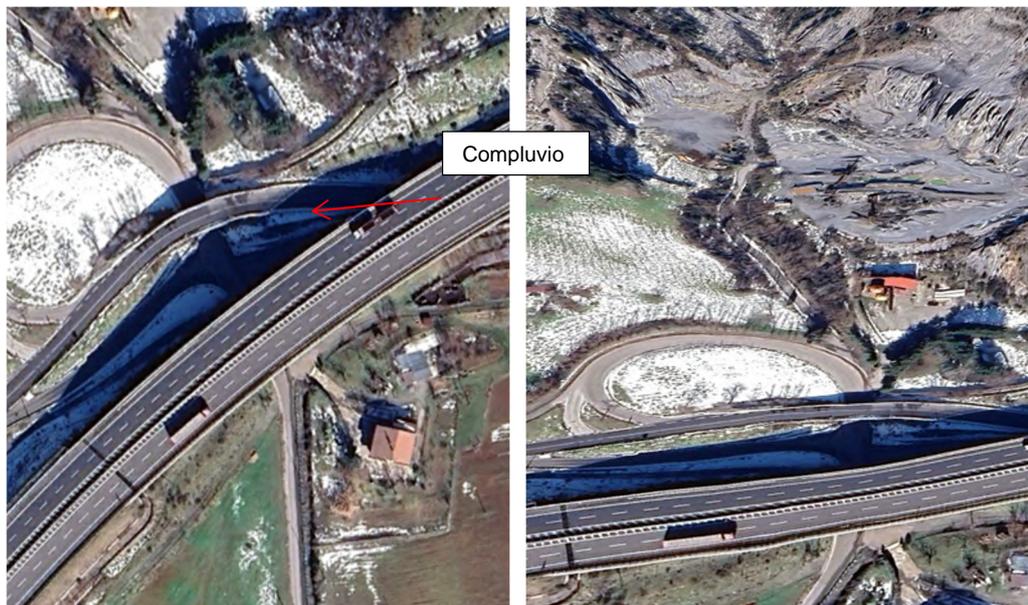


Figura 20: Vista planimetrica (fonte Google Earth, anno 2023) e vista 3D (fonte Google Maps, anno 2018) del corso d'acqua che affianca Contrada Colle Carroso.

Posizionandosi sulla SP241 in corrispondenza della zona in cui transita il reticolo idrografico, si evince la presenza di un corso d'acqua le cui caratteristiche sono state descritte precedentemente.



Figura 21: Vista verso monte del corso d'acqua che affianca Contrada Colle Carroso (fonte Google Maps, anno 2023).

5.6. BACINO B09



Figura 22: Vista planimetrica del compluvio (fonte Google Earth, anno 2023)

Come è evidente, dove l'analisi cartografica indica il transito del reticolo idrografico non si evince la presenza di alcun corso d'acqua.

5.7. BACINO B10



Figura 23: Vista planimetrica (fonte Google Earth, anno 2023) e vista da monte (fonte Google Maps, anno 2017) del compluvio.

Il sistema di reticolo idrografico descritto nelle corografie, è descritto nella realtà dai fossi autostradali.

5.8. BACINO B11

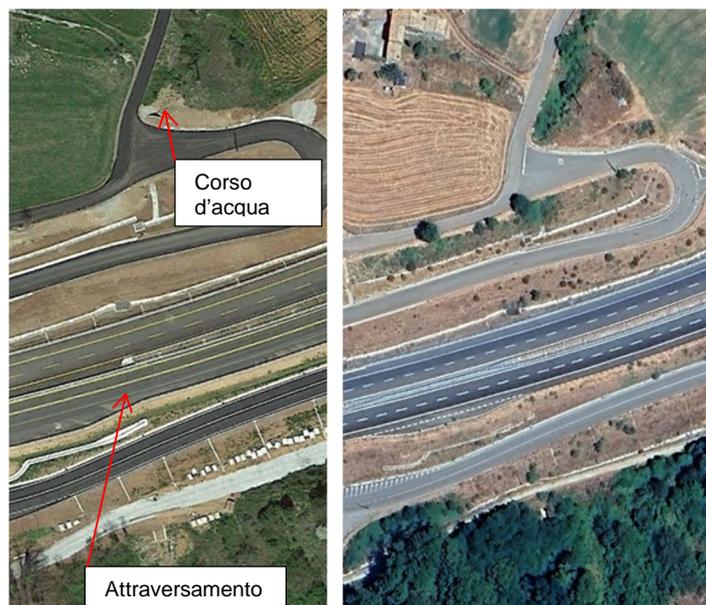


Figura 24: Viste planimetriche del corso d'acqua per l'anno 2016 (a sinistra, fonte Google Earth) e per l'anno 2023 (a destra fonte Google Earth)

Posizionandosi sulla Contrada Vallera in corrispondenza della zona in cui transita il reticolo idrografico, si evince la presenza del rio, ma senza evidenze di trasporto solido.

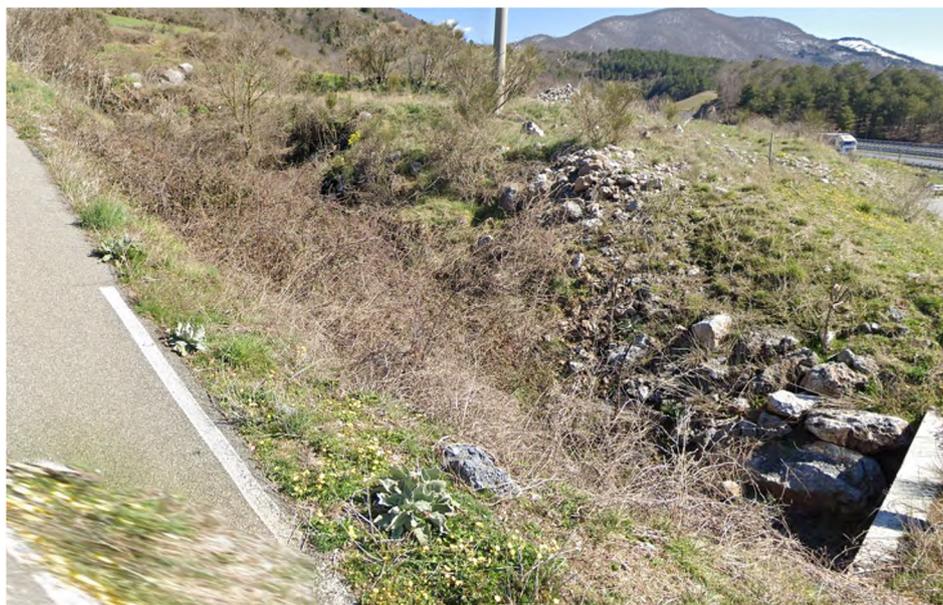


Figura 25: Vista verso monte del corso d'acqua che affianca Contrada Vallera (fonte Google Maps, anno 2023).

5.9. BACINO B12



Figura 26: Vista planimetrica (fonte Google Earth, anno 2023) e vista da monte dall'autostrada (fonte Google Maps, anno 2023) del compluvio.

Osservando l'area nel suo insieme si evince che il reticolo idrografico individuato dalla corografia in realtà è descritto dal sistema di fossi di guardia autostradali.

5.10. BACINO B13



Figura 27: Vista planimetrica (fonte Google Earth, anno 2023) e vista da monte dall'autostrada (fonte Google Maps, anno 2017) del compluvio.

Osservando l'area nel suo insieme si evince che il reticolo idrografico non individua la presenza di un corso d'acqua, ma di fossi di guardia autostradali.

6. SINTESI DEI RISULTATI IDROLOGICI

Di seguito si riportano i valori da adottare nel progetto in esame per le successive verifiche idrauliche in termini di parametri idrologici e valori di portata di riferimento.

Parametri idrologici

Le curve di possibilità climatica adottate, secondo la metodologia descritta, si riferiscono a durate sia superiori che inferiori a 1 ora:

Tabella 31: Parametri a e n di progetto delle curve di possibilità pluviometrica.

TR	1	5	10	20	25	50	100	200	500
d < 1 ora									
a	16	34	40	47	50	57	65	73	83
n	0.448	0.448	0.448	0.448	0.448	0.448	0.448	0.448	0.448
d > 1 ora									
a	16	34	40	47	49	57	64	72	83
n	0.376	0.376	0.376	0.376	0.376	0.376	0.376	0.376	0.376

Portate al colmo nelle sezioni d'interferenza

Nella tabella a seguire sono descritti i valori di portata di progetto duecentennale dei bacini individuati come interferenti al tracciato stradale. Si evidenzia per ciascun bacino il valore di portata specifica q, ottenuto rapportando la portata al colmo con la superficie sottesa.

In virtù di alcune modifiche alle scelte progettuali stradali, alcuni di questi bacini (evidenziati in corsivo) possono NON risultare più interferenti.

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 60 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

Tabella 32: Valori delle portate al colmo TR200 anni nella sezione di chiusura di ciascun bacino.

Bacino ID	Area (km ²)	ϑ_c (ore)	CNIII	TR200	q (m ³ s ⁻¹ km ⁻²)	PGRA	Intervento
SVINCOLO NORD							
B01	3.10			33.4	11	X	<i>Non interferente con l'attuale revisione progettuale</i>
B02	0.22			3.4	15	X	<i>Non interferente con l'attuale revisione progettuale</i>
B03	0.11			1.8	16	X	<i>Non interferente con l'attuale revisione progettuale</i>
B04	0.02	0.20	84	0.3	16	- (Compluvio)	Sistemazione fondo alveo allo sbocco dell'opera autostradale esistente
B05	0.13	0.20	84	2.0	15	X (Compluvio)	Prolungamento tombino autostradale. Nuovo Tombino sotto rampa 2-2 0+425
B06	0.11	0.20	84	1.7	16	X (Compluvio)	Prolungamento opera esistente monte/valle
B07	0.17	0.20	84	2.7	15	X (Compluvio)	Prolungamento opera esistente monte + nuova opera a valle dell'opera esistente autostradale su rampa di uscita
B08	2.06	0.50	84	23.5	11	X (Rio)	Raccordo con viabilità esistente mediante rotonde. Tempo di ritorno di verifica pari alla capacità di deflusso delle opere esistenti.
SVINCOLO SUD							
B09	0.13	0.20	84	2.0	15	-	<i>Non interferente con l'attuale revisione progettuale</i>
B10	0.20	0.20	84	3.0	15	X (Compluvio)	Drenaggio di versante. Afferente al nuovo tombino DN1800 circa 70% del bacino.
B11	0.75	0.30	84	9.6	13	X (Rio)	Tombino esistente.
B12	0.06	0.20	84	0.9	16	- (Compluvio)	Nuovo tombino a monte di esistente
B13	0.19	0.20	84	2.9	15	X (Compluvio)	Tombino esistente
B14	0.10			1.6	16	-	<i>Non interferente con l'attuale revisione progettuale</i>
B15	0.34			4.9	14	X	<i>Non interferente con l'attuale revisione progettuale</i>

RELAZIONE IDROLOGICA REV. C	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA NUOVO SVINCOLO DI MORMANNO	Pag. 61 di 61
-----------------------------------	--	----------------------

Perimetrazione PAI

Nel caso in esame NON sono state riscontrate interferenze con reticolo idrografico studiato/mappato nel Piano di Assetto Idrogeologico vigente, né il progetto interferisce con le aree di allagamento del fiume Battendiero presso il Lago di Pantano.

Perimetrazione PGRA

L'intervento interferisce con aree P3*: per tali interferenze idrografiche sono svolte specifiche analisi idrauliche:

- di tipo modellistico monodimensionale per i corsi d'acqua (B.08 e B.11);
- di tipo Inlet-Outlet control per il dimensionamento dei tombini sui compluvi;
- di tipo semplificato in moto uniforme per il dimensionamento delle reti di drenaggio di piattaforma (fossi, collettori e canalette/cunette).

ALLEGATO I

Dati pluviometrici delle stazioni analizzate

INDICE

CASTROVILLARI	1
LAINO BORGO.....	4
LUNGRO.....	7

CASTROVILLARI

Stazione di Castrovillari (cod. 1180) - Durate < 1 ora

Piogge massime annuali di durata 15-20-30 minuti

SERIE DEI MASSIMI ANNUALI						
Anno	Data	Max 15 min	Data	Max 20 min	Data	Max 30 min
1988	»	12.6	»	»	23-ott	14
1991	15-ago	16.2	15-ago	16.6	21-gen	21
1994	22-lug	8.8	21-ott	9.6	21-ott	11.4
1995	03-ago	14.8	03-ago	15.4	03-ago	18
1996	04-ott	8.4	04-ott	9.4	04-ott	11
1997	25-lug	14.2	25-lug	14.4	25-lug	14.6
1998	18-mag	7.6	18-mag	7.8	18-mag	8.2
1999	24-lug	22.2	24-lug	23.2	24-lug	23.2
2000	08-set	11.6	08-set	15.6	08-set	19.4
2001	05-set	8.4	05-set	10.6	05-set	13.8
2002	07-ott	15	07-ott	16.2	07-ott	18.6
2003	16-giu	15	16-giu	15.8	16-giu	17.4
2004	04-nov	14.2	04-nov	18.2	04-nov	21.8
13 anni disponibili						

Stazione di Castrovillari (cod. 1180) - Durate > 1 ora

Piogge massime annuali di durata 1-3-6-12-24 ore

SERIE DEI MASSIMI ANNUALI										
Anno	Data	Max 1 h	Data	Max 3 h	Data	Max 6 h	Data	Max 12 h	Data	Max 24 h
1928	19-lug	31.5	19-lug	31.5	19-lug	31.5	19-lug	33.8	19-lug	33.8
1929	14-ago	21.9	08-ott	24.2	15-nov	28	15-nov	37.9	15-nov	43
1930	14-giu	16.7	20-dic	28	20-dic	41.2	20-dic	47.8	20-dic	56.4
1931	14-nov	12.4	13-gen	14	09-nov	34	08-nov	41.4	08-nov	41.4
1932	»	13	»	23	»	31.8	»	44.4	»	65.2
1934	15-giu	35	15-giu	36.2	15-giu	36.2	15-giu	36.2	21-ott	58
1935	03-set	22	03-set	26.2	04-dic	36.4	04-dic	60	04-dic	82.4
1936	29-set	27	29-set	39	29-set	45.4	29-set	56.2	29-set	62.4
1937	11-set	21	11-set	33.2	11-set	44.2	11-set	51	10-set	72.4
1938	15-set	16	19-lug	24	19-lug	27.4	19-lug	28.4	17-dic	34.8
1939	25-ago	32	29-set	59	29-set	72.2	29-set	88.2	29-set	88.4
1940	»	15.4	»	24.8	»	41	»	73	»	92.2
1945	21-nov	12.8	21-nov	28.8	21-nov	40	21-nov	66.8	20-nov	81.2
1946	05-ott	12.8	08-mar	25.4	08-mar	44	08-mar	52.4	08-mar	52.4
1947	»	49.2	»	49.4	»	49.4	»	»	»	»
1950	10-mag	19.4	10-mag	21.2	19-dic	23	19-dic	36.4	24-gen	51.4
1951	»	»	»	»	»	»	»	59	»	80
1952	01-mag	29.4	01-mag	32.6	01-mag	32.6	01-mag	32.6	21-mag	36
1959	26-mag	14.6	05-set	20.2	13-nov	30	24-nov	48	24-nov	52.6
1960	20-set	20	06-ott	41.4	06-ott	51.6	06-ott	51.8	06-ott	54.6
1962	21-set	25.2	21-set	25.2	21-set	25.2	13-feb	33.4	13-feb	38.4
1963	13-dic	8	13-dic	16	12-dic	30.4	12-dic	44.2	12-dic	49.4
1964	25-giu	37	25-giu	37.2	09-ott	40.2	08-ott	47.4	08-ott	59.4
1965	22-set	30	22-set	49	22-set	53	22-set	79.4	21-set	110.6
1966	26-set	20.4	22-apr	26.6	22-apr	41.2	22-apr	59.2	22-apr	83.4
1967	02-dic	27	02-dic	55	02-dic	69.2	02-dic	72.2	02-dic	74
1968	09-nov	23	09-nov	40.2	09-nov	48.8	05-feb	59.5	05-feb	66.8
1969	15-set	22	13-ott	43	13-ott	59	13-ott	67	13-ott	84.6
1970	01-ott	19.5	01-ott	34.6	01-ott	44.6	01-ott	52.8	01-ott	52.8
1971	22-nov	7.6	22-nov	17	22-nov	28	22-nov	40	22-nov	50.5
1972	24-lug	27	24-lug	32.2	24-lug	32.2	18-gen	33.6	18-gen	66.4
1973	04-dic	25.8	04-dic	32.2	04-dic	43.4	14-feb	51.4	24-gen	72.2
1977	07-set	22.8	07-set	22.8	07-set	22.8	09-ott	27	09-ott	27
1978	07-set	18.8	07-set	31.4	07-set	38.2	07-set	39.2	20-ott	58.4
1979	02-ott	13.8	02-ott	20.8	11-gen	29.2	11-gen	42.8	11-gen	52
1981	01-dic	8.6	01-dic	15.6	01-dic	25.2	01-dic	32	01-dic	32
1983	27-set	14.2	27-set	26.6	27-set	31.6	27-set	39.4	27-set	46.2
1988	05-mar	9	05-mar	15	05-mar	18.6	16-set	19.8	05-mar	23.4
1991	21-gen	34	21-gen	45.4	21-gen	49.6	21-gen	53.6	21-gen	60.2

SERIE DEI MASSIMI ANNUALI

Anno	Data	Max 1 h	Data	Max 3 h	Data	Max 6 h	Data	Max 12 h	Data	Max 24 h
1994	21-ott	14.6	21-ott	23	21-ott	37.4	21-ott	55	21-ott	77.4
1995	03-ago	21.8	03-ago	22.4	03-ago	22.4	13-mar	33.8	13-mar	42.8
1996	19-mar	14.6	04-ott	31.4	04-ott	37.6	04-ott	44.8	03-ott	71.8
1997	23-nov	17.6	23-nov	25	13-nov	36	13-nov	41.6	19-nov	48.4
1998	20-nov	12.2	25-mar	22	25-mar	22.8	18-mag	29.6	24-mar	40.2
1999	24-lug	36.2	24-lug	40.4	24-lug	43	24-lug	46	23-lug	46.2
2000	08-set	31.6	08-set	42	08-set	50.4	08-set	72.6	08-set	118.6
2001	05-set	19.8	05-set	21.8	14-gen	32.4	14-gen	37.6	13-nov	44.6
2002	07-ott	19.4	07-ott	23.4	06-dic	26	03-apr	30.4	03-apr	39.6
2003	16-giu	19.8	04-feb	24.2	04-feb	42.2	04-feb	46.2	04-feb	48.6
2004	04-nov	25.6	04-nov	25.8	03-nov	30.2	04-nov	43.8	07-nov	62
2005	29-giu	8.4	06-mag	11.2	06-mag	19.6	06-mag	28.4	25-gen	30.2
51 anni disponibili										

LAINO BORGO

Stazione di Laino Borgo (cod. 3150) - Durate < 1 ora

Piogge massime annuali di durata 15-20-30 minuti

SERIE DEI MASSIMI ANNUALI						
Anno	Data	Max 15 min	Data	Max 20 min	Data	Max 30 min
1988	26-giu	19.6	»	»	26-giu	34.6
1994	04-ott	13	04-ott	16.6	04-ott	22.6
1995	06-set	13.6	06-set	16	06-set	19.4
1996	06-set	11.2	20-set	14	20-set	14.8
1997	08-ott	15.6	08-ott	19.8	08-ott	26.6
1999	08-set	17.6	08-set	20.6	08-set	23
2000	26-nov	7.4	26-nov	9	26-nov	10
2001	05-set	22.4	05-set	26.4	05-set	33.2
2002	20-ago	12	20-ago	13.2	20-ago	13.8
2004	16-ott	11.2	16-ott	12.2	16-ott	13.4
2005	29-mag	18.4	29-mag	20.6	29-mag	22.4
11 anni disponibili						

Stazione di Laino Borgo (cod. 3150) - Durate > 1 ora

Piogge massime annuali di durata 1-3-6-12-24 ore

SERIE DEI MASSIMI ANNUALI										
Anno	Data	Max 1 h	Data	Max 3 h	Data	Max 6 h	Data	Max 12 h	Data	Max 24 h
1939	29-set	40	29-set	68	29-set	96	29-set	113.3	29-set	140.9
1940	»	25.4	»	44.8	»	59.8	»	91.2	»	128.3
1941	24-feb	17.6	24-feb	51	24-feb	73	24-feb	89.2	24-feb	97.4
1942	09-nov	23	25-gen	39	25-gen	53	25-gen	66.6	25-gen	90.6
1943	08-ott	39.2	08-ott	56	08-ott	59.2	07-ott	86.6	07-ott	86.6
1945	09-nov	23	09-nov	47	09-nov	67	09-nov	100.1	09-nov	114.6
1946	05-ott	33.8	05-ott	47	04-ott	61.4	09-dic	68	09-dic	83.8
1947	17-nov	21.2	27-ago	30	16-mag	49	16-mag	62.6	04-feb	87.8
1952	11-ott	27.4	11-ott	50	11-ott	56.6	01-feb	62	01-feb	154.8
1953	12-set	36	11-feb	53	11-feb	73	11-feb	93	11-feb	123.5
1954	26-ott	23	26-ott	30.6	30-gen	35	30-gen	55	30-gen	78.8
1955	16-ago	38	16-ago	39.2	01-set	49.8	15-set	61	14-feb	95.8
1956	26-ott	15.2	19-nov	25	19-nov	41.4	19-nov	55.2	19-nov	67
1958	16-apr	25	14-giu	43	16-apr	52.4	25-dic	66	25-dic	108.1
1959	11-lug	26	16-gen	40	16-gen	53	21-dic	70.6	16-gen	104.8
1960	16-apr	31.4	16-apr	34.2	28-set	46	15-feb	54	10-ott	76
1961	03-giu	22	03-giu	33.2	23-dic	35	23-dic	56	23-dic	77.4
1962	28-ott	23.6	28-ott	33.4	28-ott	34.4	26-dic	60.6	16-dic	85.6
1963	12-dic	21	12-dic	46.6	16-dic	69.4	16-dic	83.6	12-dic	103.6
1964	09-ott	43.4	09-ott	50.2	31-mar	81	31-mar	105.6	31-mar	120.5
1965	13-nov	20	25-dic	38.8	19-nov	49.4	12-nov	80	12-nov	127.3
1966	31-ago	61.6	31-ago	62.4	31-ago	62.4	31-ago	65.2	12-gen	110.3
1967	02-lug	31.5	02-lug	32	01-lug	53	01-lug	63.6	05-gen	76
1968	01-set	19.4	07-gen	32	07-gen	60	17-dic	88.6	17-dic	168.5
1969	17-set	27.3	17-set	32	17-dic	32	14-mar	45.5	14-mar	57.2
1971	15-set	20.6	15-set	37.4	22-nov	66	22-nov	99	22-nov	107.6
1972	14-lug	20.4	12-feb	37.4	12-feb	51	12-feb	61.4	12-feb	86.8
1974	02-ott	22.2	01-mag	37	01-mag	56.6	01-mag	95.6	30-apr	152.7
1975	17-ott	27.4	17-ott	35	17-ott	43.2	17-ott	59	17-ott	67
1977	15-gen	17.8	16-nov	27.4	16-nov	37.8	06-dic	52.4	15-nov	53.8
1978	31-ago	20.2	31-ago	20.2	31-ago	37	31-ago	52	20-ott	62.6
1979	29-ago	29.6	04-gen	45	04-gen	83.6	11-gen	116.8	11-gen	134.1
1980	09-nov	23.4	10-nov	48.8	10-nov	59.4	09-nov	80.2	09-nov	111.5
1981	18-ago	16.6	15-gen	31.4	15-gen	51.2	15-gen	66.2	19-dic	84.2
1982	06-ott	13.4	06-ott	28	13-dic	36.6	13-dic	55.6	13-dic	82.2
1983	29-giu	15.8	29-giu	27.8	22-dic	51	22-dic	77.4	22-dic	101.5
1984	19-nov	11.2	19-nov	23.6	24-gen	36	19-nov	63.8	19-nov	88.8
1988	26-giu	45.8	26-giu	57.4	30-gen	66	30-gen	90.2	29-gen	115.5
1993	02-ott	27.6	05-set	32.2	13-nov	42.4	24-dic	58.2	26-dic	70.2

SERIE DEI MASSIMI ANNUALI

Anno	Data	Max 1 h	Data	Max 3 h	Data	Max 6 h	Data	Max 12 h	Data	Max 24 h
1994	04-ott	34	04-ott	55.8	04-ott	70.8	03-ott	71	03-ott	71
1995	05-set	33.8	05-set	51.2	31-dic	59.8	24-feb	70.4	05-set	85.2
1996	20-nov	17.8	28-nov	45	28-nov	75.2	28-nov	87.2	28-nov	95.6
1997	08-ott	34.4	08-ott	37.4	14-ott	42.8	21-dic	57.2	21-dic	84.8
1998	08-ago	39.6	13-set	43.6	04-mag	53.6	04-mag	87.4	04-mag	141.8
1999	06-nov	25.8	06-nov	47.6	06-nov	59.2	19-nov	79.8	18-nov	83.8
2000	02-ott	13.4	02-ott	24.6	02-ott	35.4	02-ott	66.8	01-ott	96.8
2001	05-set	50.8	05-set	51.8	05-set	54.6	05-set	56.8	27-nov	60.2
2002	12-set	19.6	12-set	32.2	18-nov	40	29-ago	52.2	21-feb	63.8
2003	05-ott	45	05-ott	71.2	05-ott	86.8	05-ott	96.2	05-ott	104.8
2004	27-gen	17.8	27-gen	46	27-gen	73.6	27-gen	87	27-gen	131.2
2005	29-mag	23.2	28-dic	29.4	27-dic	34.2	27-dic	65.6	27-dic	85
51 anni disponibili										

LUNGRO

Stazione di Lungro (cod. 1195) - Durate < 1 ora

Piogge massime annuali di durata 15-20-30 minuti

SERIE DEI MASSIMI ANNUALI						
Anno	Data	Max 15 min	Data	Max 20 min	Data	Max 30 min
2002	01-set	18.2	01-set	22.6	01-set	28.4
2003	29-set	8.2	29-set	10.2	29-set	12.4
2004	13-ott	8.8	13-ott	9.8	13-ott	11.8
2005	22-ott	10.4	22-ott	11.2	22-ott	12.4
4 anni disponibili						

Stazione di Lungro (cod. 1195) - Durate > 1 ora**Piogge massime annuali di durata 1-3-6-12-24 ore**

SERIE DEI MASSIMI ANNUALI										
Anno	Data	Max 1 h	Data	Max 3 h	Data	Max 6 h	Data	Max 12 h	Data	Max 24 h
2002	01-set	36.6	01-set	42.8	01-set	47	03-apr	54.4	03-apr	79
2003	29-set	16.2	29-set	22	08-ott	28.2	15-ott	39.6	15-ott	48.8
2004	12-ott	15	12-ott	24.4	12-ott	27.8	07-nov	45	07-nov	62.8
2005	22-ott	14	22-ott	20.6	06-mag	23	06-mag	32.6	26-feb	43.6
2006	16-set	21.6	16-set	24.8	28-feb	35	27-feb	46.6	27-feb	48.6
2007	07-ott	23.6	27-mag	28.8	07-ott	35.8	13-feb	48.8	12-feb	50.2
2008	22-lug	14.6	22-nov	29.8	22-nov	44.2	22-nov	57.6	11-dic	67.4
2009	02-mag	21.2	18-ott	26.8	13-gen	37.8	13-gen	56.4	24-set	72
2010	24-mag	14.4	02-gen	23.8	02-gen	30.4	01-gen	43.6	09-mar	62.4
2011	19-set	19.8	19-set	25.4	19-set	27.2	19-set	36.8	19-set	50.6
2012	10-ago	14.4	14-apr	23.6	14-apr	33	14-apr	41.8	13-apr	54.2
11 anni disponibili										