



Repubblica Italiana



Comune di Cotronei



Regione Calabria

COMUNE DI COTRONEI PROVINCIA DI CROTONE



PROGETTO PER L'AMPLIAMENTO DELL'AVIOSUPERFICIE FRANCA COMMITTENTI: B&B INVESTMENTS S.R.L.



Arch. Ing. Giuseppe Antonio BAFFA
iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di
Crotone al n° 839

**PLEGS ENGINEERING AND
ARCHITECTURE S.R.L.**
Via Libertà III Trav.29- 88900 CROTONE (KR)
Cod. Fisc. 03575580794
pec: plegssrl@pec.it

Ing. Giuseppe Antonio BAFFA
Ordine Provinciale Ingegneri Crotone
N. 839

Arch. Vincenzo CROPANESE
iscritto all'Ordine degli Architetti, P.P.C. della Provincia
di Crotone al n°398



Dott. Ph. Arch. Paolo CAMILLETI
iscritto all'Ordine degli Architetti, P.P.C. della Provincia
di Rieti al n°288



Dott. Agronomo Gregorio ELIA
iscritto all'Albo dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali
della Provincia di Crotone al n° 117 (Sez.A)

Geol. Fabio INDIA
iscritto all'Ordine Regionale Geologi della Calabria
al n° 740

Dicembre 2022	scala	Rev	TAV.12
---------------	-------	-----	---------------

**INTEGRAZIONI VIA
Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee)
e 11 (Acque meteoriche)
del documento prot. n° R.U.-U.0005201**

PLEGS Engineering and Architecture SRL

Via Libertà III Traversa, 29 - 88900 Crotone KR

tel: 0962-976485

email: plegs.srl@gmail.com

PLEGS ENGINEERING AND
ARCHITECTURE S.r.l.
Via Libertà III Trav. 29
88900 CROTONE
Cod. Fisc. 03575580794



Sommario

1. Premessa	8
2. Introduzione.....	10
2.1. Attività di ricognizione sul quadro informativo attuale	11
2.2. Acquisizione dati e informazioni preliminari.....	11
2.2.1. Acquisizione dati pluviometrici.....	11
2.2.2. Acquisizione di dati territoriali riguardanti modelli digitali del terreno	11
2.2.3. Acquisizione di dati tematici per la definizione dei parametri che rientrano nell'analisi idrologica (uso del suolo, idrogeologia, pedologia, litologia);.....	11
2.3. Valutazione delle caratteristiche morfometriche del bacino	12
2.4. Elaborazioni dati pluviometrici.....	13
2.5. Modellazione Afflussi-deflussi di tipo geomorfologica per la stima degli idrogrammi sintetici	13
2.6. Modellazione 2D dei deflussi per la stima delle aree allagabili	13
3. Inquadramento dei luoghi	14
3.1. Inquadramento geografico	14
3.2. Inquadramento geologico.....	14
4. Aspetti idrogeologici dell'area e qualità delle acque.....	18
4.1. Aspetti idrogeologici dell'area e circolazione profonda delle acque	18
4.2. Qualità delle acque presenti nell'area oggetto d'intervento	21
5. Analisi pluviometriche.....	26
5.1. Premessa.....	26
5.2. Regionalizzazione delle piogge intense	26
5.2.1. Scopo delle regionalizzazioni	26
5.2.2. Procedura VAPI	26
5.2.3. Stima regionale dei parametri con i massimi giornalieri.....	27
5.2.4. Primo livello di regionalizzazione per le piogge giornaliere	28
5.2.5. Secondo livello di regionalizzazione per le piogge giornaliere	28
5.2.6. Terzo livello di regionalizzazione per le piogge giornaliere	28
5.2.7. Risultati della regionalizzazione	32
5.3. Tempo di concentrazione dei deflussi nelle sezioni di chiusura.....	32
5.4. Variabilità areale delle piogge	41
5.5. Ietogrammi sintetici	41

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

5.6. Piogge critiche	45
5.7. Piogge di durata infra-oraria.....	45
6. Trasformazione degli afflussi in deflussi superficiali.....	52
6.1. Premessa.....	52
6.2. Il metodo CN4GA per la stima dello ietogramma efficace	52
6.2.1. Il metodo CN per la stima del volume di pioggia efficace.....	53
6.2.2. Il metodo GA per la stima della distribuzione del volume di pioggia efficace nel tempo	54
6.3. L'assegnazione del Numero di Curva al bacino analizzato.....	55
6.4. Ietogrammi efficaci per il bacino oggetto di studio	62
7. Caratterizzazione idro-geomorfologica del bacino oggetto di studio.....	76
7.1. Premessa.....	76
7.2. I bacini degli affluenti dei Torrenti Cammoro e Cortaccione.....	76
7.3. Parametri fisici e morfologici dei bacini oggetto di studio.....	76
7.4. Confronto con il reticolo idrografico presente nel PGRA del ABDAM	78
7.5. Il modello di trasformazione afflussi-deflussi geomorfologico WHIUH-1par	78
8. Incanalamento dei deflussi superficiali nel reticolo idrografico	95
8.1. Premessa.....	95
8.2. Idrogrammi in sezioni significative delle aste d'interesse.....	95
9. Differenti stime della massima portata al colmo	109
9.1. Premessa.....	109
9.2. Stime delle portate di piena con modelli analitici semplificati.....	109
9.2.1. Il metodo razionale (cinematico).....	109
10. Definizione dell'idrogramma di progetto	125
11. Verifica della pericolosità idraulica e dell'associato rischio idraulico.....	128
12. Descrizione del sistema di convogliamento delle acque meteoriche e del sistema di trattamento delle acque di prima pioggia.....	153

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

Elenco Figure

FIGURA 3-1 CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA E UBICAZIONE DELLE OPERE ESISTENTI E DI PROGETTO DELLA AVIOSUPERFICIE FRANCA	15
FIGURA 3-2 PLANIMETRIA DI PROGETTO.....	16
FIGURA 4-1 BACINI IDROGRAFICI INSISTENTI SUI LAGHI ARIAMACINA, ARVO E AMPOLLINO E DELLE AREE SORGENTIZIE RICOMPRESE	19
FIGURA 4-2 FOTOGRAFIE DELLA TRINCEA NELLE COLTRI SUPERFICIALI DEI LUOGHI D'INFRASTRUTTURAZIONE.	20
FIGURA 4-3 MODELLO DELLE VELOCITÀ DELLO STENDIMENTO SISMICO N°1.....	22
FIGURA 4-4 MODELLO DELLE VELOCITÀ DELLO STENDIMENTO SISMICO N°2.....	22
FIGURA 5-1 SOTTOZONE VAPI DELLA REGIONALIZZAZIONE DI II LIVELLO	29
FIGURA 5-2 SOTTOZONE VAPI DELLA REGIONALIZZAZIONE DI III LIVELLO	31
FIGURA 5-3 SOTTOZONE VAPI DELLA REGIONALIZZAZIONE DI II LIVELLO E UBICAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO.....	33
FIGURA 5-4 SOTTOZONE VAPI DELLA REGIONALIZZAZIONE DI III LIVELLO E UBICAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO.....	34
FIGURA 5-5 SOTTOZONE VAPI DELLA REGIONALIZZAZIONE DI III LIVELLO E BACINI IDROGRAFICI INTERFERENTI CON DELL'AREA D'INTERVENTO	35
FIGURA 5-6 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PER LE SOTTOZONE OMOGENEE DI III LIVELLO C2 (SILA GRANDE E SOTTOZONA CENTRALE) E C3 (SILA GRECA) SUL BACINO IDROGRAFICO OGGETTO DI STUDIO, PER I TEMPI DI RITORNO DI 5, 10, 20, 50, 100 E 200 ANNI.	37
FIGURA 5-7 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PER LE SOTTOZONE OMOGENEE DI III LIVELLO C4 (SILA PICCOLA) E I2 (MARCHESATO) SUL BACINO IDROGRAFICO OGGETTO DI STUDIO, PER I TEMPI DI RITORNO DI 5, 10, 20, 50, 100 E 200 ANNI.	38
FIGURA 5-8 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA PER IL BACINO IDROGRAFICO OGGETTO DI STUDIO, PER I TEMPI DI RITORNO DI 5, 10, 20, 50, 100 E 200 ANNI.	40
FIGURA 5-9 DELIMITAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI INTERFERENTI CON IL TRACCIATO DELL'OPERA ED ANDAMENTO DELLE QUOTE DEL TERRENO.	42
FIGURA 5-10 ANDAMENTO TIPICO DELLO IETOGRAMMA D'INTENSITÀ ISTANTANEA TIPO "CHICAGO".	44
FIGURA 5-11 IETOGRAMMI LORDI RETTANGOLARI DI DURATA PARI A UN'ORA (ALTEZZE IN MM) AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO.	46
FIGURA 5-12 IETOGRAMMI LORDI TRIANGOLARI DI DURATA GIORNALIERA (ALTEZZE IN MM) AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO.	47
FIGURA 5-13 IETOGRAMMI LORDI TIPO CHICAGO DI DURATA GIORNALIERA (ALTEZZE IN MM) AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO.	48
FIGURA 5-14 PRIME DUE CURVE DI CASO CRITICO PER LA STAZIONE DI MISURA DI CERENZIA.	50
FIGURA 5-15 PRIME DUE CURVE DI CASO CRITICO PER LA STAZIONE DI MISURA DI CROTONEI.	51
FIGURA 6-1 SCHEMATIZZAZIONE DELL'EVOLUZIONE DEI FENOMENI FISICI CHE DETERMINANO IL DEFLUSSO SUPERFICIALE.....	53
FIGURA 6-2 SOLUZIONE DELL'EQUAZIONE DEL NUMERO DI CURVA PER PERDITE INIZIALI PARI A 20% DI S	54
FIGURA 6-3 CLASSIFICAZIONE IDROLOGICA DEI SUOLI DEI BACINI OGGETTO DI STUDIO SECONDO ROSS ET AL. (NATURE, 2018).....	57
FIGURA 6-4 CARTA GEO-LITOLOGICA REGIONALE DEI BACINI OGGETTO DI STUDIO – CLASSI LITOLOGICHE	58
FIGURA 6-5 CARTA GEO-LITOLOGICA REGIONALE DEI BACINI OGGETTO DI STUDIO – TIPOLOGIE LITOLOGICHE	59
FIGURA 6-6 CARTA GEO-LITOLOGICA REGIONALE DEI BACINI OGGETTO DI STUDIO – UNITÀ LITOLOGICHE	60
FIGURA 6-7 CARTA GEOLOGICA DEI BACINI OGGETTO DI STUDIO.....	61
FIGURA 6-8 CARTA DELL'USO DEL SUOLO SECONDO IL CORINE LAND-COVER 2018 v.2020_20u1.....	63
FIGURA 6-9 DETTAGLIO DELLA CARTA DELL'USO DEL SUOLO SECONDO IL CORINE LAND-COVER 2018 v.2020_20u1 PER I BACINI ANALIZZATI	64
FIGURA 6-10 VALORI DEL NUMERO DI CURVA ESTRATTI DAL GCN250 PER LA CONDIZIONE AMC-II	69
FIGURA 6-11 IETOGRAMMI EFFICACI PER UNA PIOGGIA CON DURATA ORARIA, DISTRIBUZIONE UNIFORME E TEMPI DI RITORNO PARI A 5, 10, 20 ANNI CALCOLATI A PARTIRE DAL NUMERO DI CURVA IN AMC-II PARI A 72 E LE PERDITE INIZIALI POSTE AL 20.0%.....	70
FIGURA 6-12 IETOGRAMMI EFFICACI PER UNA PIOGGIA CON DURATA ORARIA, DISTRIBUZIONE UNIFORME E TEMPI DI RITORNO PARI A 50, 100, 200 ANNI CALCOLATI A PARTIRE DAL NUMERO DI CURVA IN AMC-II PARI A 72 E LE PERDITE INIZIALI POSTE AL 20.0%	71
FIGURA 6-13 IETOGRAMMI EFFICACI PER UNA PIOGGIA CON DURATA GIORNALIERA, DISTRIBUZIONE TRIANGOLARE E TEMPI DI RITORNO PARI A 5, 10, 20 ANNI CALCOLATI A PARTIRE DAL NUMERO DI CURVA IN AMC-II PARI A 72 E LE PERDITE INIZIALI PARI AL 20.0%.....	72

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

FIGURA 6-14 IETOGRAMMI EFFICACI PER UNA PIOGGIA CON DURATA GIORNALIERA, DISTRIBUZIONE TRIANGOLARE E TEMPI DI RITORNO PARI A, 50, 100, 200 ANNI CALCOLATI A PARTIRE DAL NUMERO DI CURVA IN AMC-II PARI A 72 E LE PERDITE INIZIALI PARI AL 20.0%	73
FIGURA 6-15 IETOGRAMMI EFFICACI PER UNA PIOGGIA CON DURATA GIORNALIERA, DISTRIBUZIONE TIPO CHICAGO E TEMPI DI RITORNO PARI A 5, 10, 20 ANNI CALCOLATI A PARTIRE DAL NUMERO DI CURVA IN AMC-II PARI A 72 E LE PERDITE INIZIALI PARI AL 20.0%	74
FIGURA 6-16 IETOGRAMMI EFFICACI PER UNA PIOGGIA CON DURATA GIORNALIERA, DISTRIBUZIONE TIPO CHICAGO E TEMPI DI RITORNO PARI A 50, 100, 200 ANNI CALCOLATI A PARTIRE DAL NUMERO DI CURVA IN AMC-II PARI A 72 E LE PERDITE INIZIALI PARI AL 20.0%	75
FIGURA 7-1 MODELLO DIGITALE DELLE ELEVAZIONE DEL TERRENO ACQUISITO, RAPPRESENTATO SOTTO FORMA DI RILIEVO OMBREGGIATO (SU SCALA VASTA) E CON GRADAZIONE DEI COLORI (SUL BACINO DELLA IUMARELLA ZACAROGNO).....	77
FIGURA 7-2 CARTA DELLE PENDENZE MEDIE (IN GRADI) DEI BACINI OGGETTO DI STUDIO	79
FIGURA 7-3 CARTA DELLE PENDENZE MASSIME (IN GRADI) DEI BACINI OGGETTO DI STUDIO.....	80
FIGURA 7-4 CARTA DELLE ESPOSIZIONI (DIREZIONI DI DEFLUSSO) DEI BACINI OGGETTO DI STUDIO	81
FIGURA 7-5 CARTA DELLE LUNGHEZZE DEI PERCORSI DI CORRIVAZIONE NEI BACINI OGGETTO DI STUDIO.....	82
FIGURA 7-6 CARTA DELLE ESTENSIONI DELLE AREE SCOLANTI NEI BACINI OGGETTO DI STUDIO	83
FIGURA 7-7 CONFRONTO TRA IL RETICOLO IDROGRAFICO ELABORATO COSÌ COME DESCRITTO DALLA PRESENTE RELAZIONE (AZZURRO) SOVRAPPPOSTO ALLE AREE DI ATTENZIONE PREVISTE DAL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONE (GRIGIO)	84
FIGURA 7-8 CARTA DELLE VELOCITÀ DI DEFLUSSO CALCOLATE CON L'EQUAZIONE 20 E NON CALIBRATE.....	87
FIGURA 7-9 CARTA DEI TEMPI DI RESIDENZA DEI DEFLUSSI LUNGO I PERCORSI DI CORRIVAZIONE IN ASSENZA DI CALIBRAZIONE.....	88
FIGURA 7-10 CARTA DELLE VELOCITÀ DI DEFLUSSO CALIBRATE AFFINCHÉ IL TEMPO DI CORRIVAZIONE RISULTI IL 60% DEL TEMPO DI RITARDO.	89
FIGURA 7-11 CARTA DEI TEMPI DI RESIDENZA DEI DEFLUSSI LUNGO I PERCORSI DI CORRIVAZIONE CALIBRATI IN BASE AL TEMPO DI CONCENTRAZIONE DI GIANDOTTI.....	90
FIGURA 7-12 WFIUH CALIBRATO CON LE VELOCITÀ NELLE CELLE DEL RETICOLO IDROGRAFICO PER ADATTARSI AL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO N°1.	91
FIGURA 7-13 WFIUH CALIBRATO CON LE VELOCITÀ NELLE CELLE DEL RETICOLO IDROGRAFICO PER ADATTARSI AL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO N°2.	92
FIGURA 7-14 WFIUH CALIBRATO CON LE VELOCITÀ NELLE CELLE DEL RETICOLO IDROGRAFICO PER ADATTARSI AL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO N°3.	93
FIGURA 7-15 WFIUH CALIBRATO CON LE VELOCITÀ NELLE CELLE DEL RETICOLO IDROGRAFICO PER ADATTARSI AL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO N°4.	94
FIGURA 8-1 IDROGRAMMI SINTETICI A SEGUITO DI UNA PIOGGIA DISTRIBUITA RETTANGOLARMENTE SU UNA DURATA DI 1 ORA NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°1 AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO (Tr).	97
FIGURA 8-2 IDROGRAMMI SINTETICI A SEGUITO DI UNA PIOGGIA DISTRIBUITA RETTANGOLARMENTE SU UNA DURATA DI 1 ORA NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°2 AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO (Tr).	98
FIGURA 8-3 IDROGRAMMI SINTETICI A SEGUITO DI UNA PIOGGIA DISTRIBUITA RETTANGOLARMENTE SU UNA DURATA DI 1 ORA NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°3 AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO (Tr).	99
FIGURA 8-4 IDROGRAMMI SINTETICI A SEGUITO DI UNA PIOGGIA DISTRIBUITA RETTANGOLARMENTE SU UNA DURATA DI 1 ORA NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°4 AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO (Tr).	100
FIGURA 8-5 IDROGRAMMI SINTETICI A SEGUITO DI UNA PIOGGIA DISTRIBUITA TRIANGOLARMENTE SU UNA DURATA DI 24 ORE NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°1 AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO (Tr).	101
FIGURA 8-6 IDROGRAMMI SINTETICI A SEGUITO DI UNA PIOGGIA DISTRIBUITA TRIANGOLARMENTE SU UNA DURATA DI 24 ORE NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°2 AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO (Tr).	102
FIGURA 8-7 IDROGRAMMI SINTETICI A SEGUITO DI UNA PIOGGIA DISTRIBUITA TRIANGOLARMENTE SU UNA DURATA DI 24 ORE NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°3 AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO (Tr).	103
FIGURA 8-8 IDROGRAMMI SINTETICI A SEGUITO DI UNA PIOGGIA DISTRIBUITA TRIANGOLARMENTE SU UNA DURATA DI 24 ORE NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°4 AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO (Tr).	104
FIGURA 8-9 IDROGRAMMI SINTETICI A SEGUITO DI UNA PIOGGIA DISTRIBUITA SECONDO IL MODELLO CHICAGO SU UNA DURATA DI 24 ORE NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°1 AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO (Tr).	105

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

FIGURA 8-10 IDROGRAMMI SINTETICI A SEGUITO DI UNA PIOGGIA DISTRIBUITA SECONDO IL MODELLO CHICAGO SU UNA DURATA DI 24 ORE NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°2 AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO (Tr).	106
FIGURA 8-11 IDROGRAMMI SINTETICI A SEGUITO DI UNA PIOGGIA DISTRIBUITA SECONDO IL MODELLO CHICAGO SU UNA DURATA DI 24 ORE NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°3 AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO (Tr).	107
FIGURA 8-12 IDROGRAMMI SINTETICI A SEGUITO DI UNA PIOGGIA DISTRIBUITA SECONDO IL MODELLO CHICAGO SU UNA DURATA DI 24 ORE NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°4 AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO (Tr).	108
FIGURA 9-1 COEFFICIENTE DEL DEFLUSSO DI PIENA IN FUNZIONE DELLA PERMEABILITÀ DEL BACINO	110
FIGURA 9-2 PIOVOSITÀ MEDIA ANNUA PER LA REGIONE CALABRIA, FONTE ARPACAL.	113
FIGURA 9-3 TEMPERATURA MEDIA ANNUA PER LA REGIONE CALABRIA, FONTE ARPACAL.....	114
FIGURA 9-4 PIOVOSITÀ MEDIA MENSILE DI AGOSTO PER LA REGIONE CALABRIA, FONTE ARPACAL.....	115
FIGURA 9-5 TEMPERATURA MEDIA MENSILE DI AGOSTO PER LA REGIONE CALABRIA, FONTE ARPACAL.....	116
FIGURA 9-6 CARTA DELLE PENDENZE PERCENTUALI DEI VERSANTI PER CLASSI SIGNIFICATIVE DEI BACINI OGGETTI DI STUDIO	117
FIGURA 9-7 PORTATE CALCOLATE PER IL BACINO N°1 CON IL METODO RAZIONALE PER I TRE METODI DEFINIZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO INDIVIDUATI CONFRONTATE CON QUELLE CALCOLATE CON IL METODO GEOMORFOLOGICO QUI ADOTTATO PER TRE DIVERSI IETOGRAMMI EFFICACI.....	120
FIGURA 9-8 PORTATE CALCOLATE PER IL BACINO N°2 CON IL METODO RAZIONALE PER I TRE METODI DEFINIZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO INDIVIDUATI CONFRONTATE CON QUELLE CALCOLATE CON IL METODO GEOMORFOLOGICO QUI ADOTTATO PER TRE DIVERSI IETOGRAMMI EFFICACI.....	121
FIGURA 9-9 PORTATE CALCOLATE PER IL BACINO N°3 CON IL METODO RAZIONALE PER I TRE METODI DEFINIZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO INDIVIDUATI CONFRONTATE CON QUELLE CALCOLATE CON IL METODO GEOMORFOLOGICO QUI ADOTTATO PER TRE DIVERSI IETOGRAMMI EFFICACI.....	122
FIGURA 9-10 PORTATE CALCOLATE PER IL BACINO N°4 CON IL METODO RAZIONALE PER I TRE METODI DEFINIZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO INDIVIDUATI CONFRONTATE CON QUELLE CALCOLATE CON IL METODO GEOMORFOLOGICO QUI ADOTTATO PER TRE DIVERSI IETOGRAMMI EFFICACI.....	123
FIGURA 9-11 CONFRONTO TRA I VALORI DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO ASSEGNATI IN FUNZIONE DEGLI INDICI DI PERMEABILITÀ, ARIDITÀ E AMC-II E QUELLI EQUIVALENTI RICAVATI PER I TRE DIVERSI IETOGRAMMI EFFICACI CONSIDERATI IN QUESTA SEDE PER TUTTI E QUATTRO I BACINI OGGETTO DI STUDIO.....	124
FIGURA 10-1 IDROGRAMMI DUECENTENNALI DI PROGETTO.	127
FIGURA 11-1 PERIMETRAZIONE DEI CONTORNI DELLA GRIGLIA DI CALCOLO DEL MODELLO HEC-RAS.....	129
FIGURA 11-2 OPERE DI COLLETTAMENTO E DI ATTRAVERSAMENTO DEL RILEVATO IMPLEMENTATE NELLA GRIGLIA DI CALCOLO DEL MODELLO HEC-RAS PER IL TOMBAMENTO DELL'ASTA PRINCIPALE DEI QUATTRO BACINI OGGETTO DI STUDIO.....	130
FIGURA 11-3 UBICAZIONE DELLE SEZIONI SIGNIFICATIVE DI RESTITUZIONE DEI RISULTATI DI CALCOLO.....	131
FIGURA 11-4 ANDAMENTI DELLE PORTATE DEFLUENTI E DEI VOLUMI CUMULATI ATTRAVERSANTI LE SEZIONI SIGNIFICATIVE DI CALCOLO PER LE CONFIGURAZIONI ANTE-OPERAM E POST-OPERAM PER L'ASTA PRINCIPALE DEL BACINO N°1.	132
FIGURA 11-5 ANDAMENTI DELLE PORTATE DEFLUENTI E DEI VOLUMI CUMULATI ATTRAVERSANTI LE SEZIONI SIGNIFICATIVE DI CALCOLO PER LE CONFIGURAZIONI ANTE-OPERAM E POST-OPERAM PER L'ASTA PRINCIPALE DEL BACINO N°2.	133
FIGURA 11-6 ANDAMENTI DELLE PORTATE DEFLUENTI E DEI VOLUMI CUMULATI ATTRAVERSANTI LE SEZIONI SIGNIFICATIVE DI CALCOLO PER LE CONFIGURAZIONI ANTE-OPERAM E POST-OPERAM PER L'ASTA PRINCIPALE DEL BACINO N°3.	134
FIGURA 11-7 ANDAMENTI DELLE PORTATE DEFLUENTI E DEI VOLUMI CUMULATI ATTRAVERSANTI LE SEZIONI SIGNIFICATIVE DI CALCOLO PER LE CONFIGURAZIONI ANTE-OPERAM E POST-OPERAM PER L'ASTA PRINCIPALE DEL BACINO N°4.	135
FIGURA 11-8 ANDAMENTI DELL'ELEVAZIONE DELLA SUPERFICIE LIBERA DELLA CORRENTE CALCOLATI CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE ANTE-OPERAM.....	137
FIGURA 11-9 ANDAMENTI DELL'ELEVAZIONE DELLA SUPERFICIE LIBERA DELLA CORRENTE CALCOLATI CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE POST-OPERAM.....	138
FIGURA 11-10 ANDAMENTI DEL TIRANTE IDRICO DELLA CORRENTE CALCOLATI CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE ANTE- OPERAM.....	139

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

FIGURA 11-11 ANDAMENTI DEL TIRANTE IDRICO DELLA CORRENTE CALCOLATI CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE POST-OPERAM.	140
FIGURA 11-12 ANDAMENTI DEL MODULO DELLA VELOCITÀ DELLA CORRENTE CALCOLATI CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE ANTE-OPERAM.	141
FIGURA 11-13 ANDAMENTI DEL MODULO DELLA VELOCITÀ DELLA CORRENTE CALCOLATI CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE POST-OPERAM.	142
FIGURA 11-14 ANDAMENTI DELLA PORTATA PER UNITÀ DI LARGHEZZA DELLA CORRENTE CALCOLATI CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE ANTE-OPERAM.	143
FIGURA 11-15 ANDAMENTI DELLA PORTATA PER UNITÀ DI LARGHEZZA DELLA CORRENTE CALCOLATI CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE POST-OPERAM.	144
FIGURA 11-16 PERIMETRAZIONI DELLE AREE BAGNATE CALCOLATE CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE POST-OPERAM E ANTE_OPERAM.	145
FIGURA 11-17 DETTAGLIO DELLE PERIMETRAZIONI DELLE AREE BAGNATE A MONTE DEL RILEVATO CALCOLATE CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE POST-OPERAM E ANTE_OPERAM.	147
FIGURA 11-18 PROFILI DELLA SUPERFICIE LIBERA DELLA CORRENTE CALCOLATI CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE POST-OPERAM E ANTE_OPERAM PER IL BACINO N°1.	148
FIGURA 11-19 PROFILI DELLA SUPERFICIE LIBERA DELLA CORRENTE CALCOLATI CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE POST-OPERAM E ANTE_OPERAM PER IL BACINO N°2.	149
FIGURA 11-20 PROFILI DELLA SUPERFICIE LIBERA DELLA CORRENTE CALCOLATI CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE POST-OPERAM E ANTE_OPERAM PER IL BACINO N°3.	150
FIGURA 11-21 PROFILI DELLA SUPERFICIE LIBERA DELLA CORRENTE CALCOLATI CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE POST-OPERAM E ANTE_OPERAM PER IL BACINO N°4.	151
FIGURA 11-22 CONFRONTO AREE BAGNATE CALCOLATE CON IL MODELLO HEC-RAS NELLA SITUAZIONE POST-OPERAM E ANTE_OPERAM PER I BACINI OGGETTO DI STUDIO E LE AREE DI ATTENZIONE PREVISTE DAL PRGA DELLA ABDAM.	152

Elenco Tabelle

TABELLA 4-1 PARAMETRI QUALITATIVI DELLE ACQUE CAMPIONATE NEL LAGO AMPOLLINO NEL 2002.....	21
TABELLA 4-2 ESTRATTO DELLA TABELLA 9.5 DELL'ALLEGATO N°11 DEL PIANO DI GESTIONE DELLE ACQUE DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO MERIDIONALE	23
TABELLA 4-3 RIPRODUZIONE DELLA TABELLA AL "CAP. 3.7.1.1.1. CORSI D'ACQUA" DELL'ALLEGATO N°11 DEL PIANO DI GESTIONE DELLE ACQUE DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO MERIDIONALE.....	24
TABELLA 4-4 MONITORAGGIO DELLO STATO MICROBIOLOGICO DELLE ACQUE DEI LAGHI SILANI EFFETTUATO DA LEGAMBIENTE	24
TABELLA 5-1. VALORI DI ALTEZZA [MM] PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO [ANNI] E DURATE [HH] PER LE DIFFERENTI SOTTOZONE DI TERZO LIVELLO INTERFERENTI CON O IMMEDIATAMENTE PROSSIME AL BACINO IDROGRAFICO STUDIATO.	36
TABELLA 5-2 VALORI DEI COEFFICIENTI DELLE CURVE INTENSITÀ-FREQUENZE-DURATE A DUE PARAMETRI MEDIATE SULL'AREA OGGETTO DI STUDIO.	39
TABELLA 5-3. VALORI DELLE GRANDEZZE GEOGRAFICHE ED IL CORRISPONDENTE TEMPO DI CORRIVAZIONE SECONDO GIANDOTTI.	41
TABELLA 5-4. ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE RICAVATE DALL'ANALISI DELLE SERIE STORICHE OSSERVATE ALLE STAZIONI N°1580 E N°1724. QUANTILI PER ASSEGNATE FREQUENZE DI NON SUPERAMENTO PER LE SERIE AGGREGATE A 5 MINUTI E A 15 MINUTI E MASSIMI ANNUALI PER LA SERIE AGGREGATA A 15 MINUTI, PER CUI SI FORNISCE ANCHE L'EQUIVALENTE INTENSITÀ DI PRECIPITAZIONE ORARIA.....	49
TABELLA 6-1. CLASSIFICAZIONE DEI LITOTIPI IN GRUPPI IDROGEOLOGICI OMOGENEI	56
TABELLA 6-2. NUMERI DI CURVA PER LE AREE URBANIZZATE RIPORTATE NEL DOCUMENTO USDA-NRCS-CED TR-55.....	65
TABELLA 6-3. NUMERI DI CURVA PER LE AREE AGRICOLE COLTIVATE RIPORTATE NEL DOCUMENTO USDA-NRCS-CED TR-55.....	66
TABELLA 6-4. NUMERI DI CURVA PER LE AREE NATURALI RIPORTATE NEL DOCUMENTO USDA-NRCS-CED TR-55.	67
TABELLA 6-5. NUMERI DI CURVA PER LE AREE ARIDE RIPORTATE NEL DOCUMENTO USDA-NRCS-CED TR-55.....	68
TABELLA 8-1. CARATTERISTICHE SINTETICHE DEGLI IDROGRAMMI CALCOLATI NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°1. PRECIPITAZIONI DI PICCO E CUMULATE TOTALI IN MM, PORTATE DI PICCO IN M ³ /S E VOLUMI DEFLUITI IN DAM ³	95
TABELLA 8-2. CARATTERISTICHE SINTETICHE DEGLI IDROGRAMMI CALCOLATI NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°2. PRECIPITAZIONI DI PICCO E CUMULATE TOTALI IN MM, PORTATE DI PICCO IN M ³ /S E VOLUMI DEFLUITI IN DAM ³	96
TABELLA 8-3. CARATTERISTICHE SINTETICHE DEGLI IDROGRAMMI CALCOLATI NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°3. PRECIPITAZIONI DI PICCO E CUMULATE TOTALI IN MM, PORTATE DI PICCO IN M ³ /S E VOLUMI DEFLUITI IN DAM ³	96
TABELLA 8-4. CARATTERISTICHE SINTETICHE DEGLI IDROGRAMMI CALCOLATI NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL BACINO N°4. PRECIPITAZIONI DI PICCO E CUMULATE TOTALI IN MM, PORTATE DI PICCO IN M ³ /S E VOLUMI DEFLUITI IN DAM ³	96
TABELLA 9-1. VALORI DEI COEFFICIENTI ACCLIVITÀ DEI VERSANTI (<i>Ca</i>), PERMEABILITÀ TERRENI (<i>Cp</i>) E COPERTURA VEGETALE (<i>Cv</i>) IN FUNZIONE DELL'INDICE DI ARIDITÀ (<i>Ia</i>) PER LA DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO φ NEL METODO KENNESSEY.	111
TABELLA 9-2. VALORI DELLA PORTATA DI PICCO CALCOLATI CON IL METODO CINEMATICO PER DIVERSI VALORI DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO, CONFRONTATI CON QUELLI OTTENUTI IN PRECEDENZA CON IL METODO GEOMORFOLOGICO PER LA STIMA DEL IUH E IL METODO GREEN-AMPT CALIBRATO CON IL SCS-CN PER IL CALCOLO DELLE PIOGGE EFFICACI	118
TABELLA 12-1 PARAMETRI DI DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA, IPOTIZZATO COME COMPOSTO DA 5 SOTTO SETTORI INDIPENDENTI, SECONDO LE INDICAZIONI RINVENUTE NEL PIANO DI GESTIONE DELLE ACQUE DELL'ABDAM E IN ACCORDO CON I DATI DI PIOGGIA ANALIZZATI.	154

1. Premessa

A seguito delle attività di analisi e valutazione della documentazione tecnica allegata all'istanza del Proponente, con Parere n. 318 del 5 agosto 2021, la Commissione si era espressa in merito alla verifica di assoggettabilità evidenziando carenze dello Studio Preliminare e, di fatto, fornendo indicazioni utili per la predisposizione dello SIA. La Commissione ha rilevato che le suddette carenze non sono state adeguatamente riscontrate nello SIA presentato alla Commissione.

Premesso quanto sopra, con nota prot. n° R.U.-U.0005201 del 26/07/2022, il Gruppo Istruttore n. 3 ha rappresentato quanto segue: *“Lo studio di impatto ambientale (SIA) non è stato redatto in maniera adeguata sulla base dei quadri di riferimento programmatico, progettuale e ambientale (riveniente dal DPCM del 27/12/1988), nei quali il Proponente deve riportare la metodologia eseguita per la valutazione degli impatti, senza supportare le conclusioni con valutazioni quantitative e qualitative sufficienti sia per lo stato di fatto sia per le fasi di costruzione ed esercizio”.*

Ai fini del corretto espletamento delle attività istruttorie, in termini generali, il Gruppo Istruttore n. 3 ha ritenuto necessario che il Proponente provvedesse all'integrazione degli elaborati e degli studi compiuti, con gli approfondimenti di seguito elencati, in maniera additiva rispetto alla documentazione fornita a corredo dell'istanza. Infatti, nell'ambito dell'attività finora svolta dal Gruppo Istruttore n. 3 è stata rilevata la necessità di predisporre approfondimenti sullo SIA e sulle matrici ambientali relativamente a:

1. Impatti cumulativi.
2. Pianificazione regionale, provinciale e comunale e regime vincolistico.
3. Sanità pubblica.
4. Rumore e vibrazioni.
5. Atmosfera.
6. Biodiversità.
7. Consumo di suolo.
8. Gestione risorse idriche.
9. Rocce e terre da scavo.
10. Acque superficiali e sotterranee.
11. Acque meteoriche.
12. Valutazione degli impatti.
13. Scenari probabilistici sul rischio di incidenti aerei.
14. Traffico aereo.
15. Suolo e sottosuolo.
16. Analisi delle alternative.
17. Misure mitigative e preventive.
18. Monitoraggio ambientale (P.M.A.).
19. Valutazione di Incidenza Ambientale (VIncA).
20. Cantierizzazione e approvvigionamento di materiali.
21. Controdeduzioni.

La presente relazione fornisce gli approfondimenti richiesti relativamente ai punti 10 e 11, rispettivamente riguardanti le “acque superficiali e sotterranee” nonché le “Acque meteoriche”, con riferimento alle specifiche richieste:

Punto 10. Approfondimento sullo stato qualitativo delle acque, la fornitura di dati idrologici e idrogeologici in riferimento sia all'area vasta sia al sito di progetto e un ragionevole

intorno, la fornitura di documentazione con i rapporti di prova del monitoraggio idrico, l'individuazione delle azioni di progetto che possono determinare impatti significativi e negativi; fra questi, l'allungamento della pista di volo verso SE determinerà il tombamento di un tratto del reticolo idrografico esistente, attualmente caratterizzato da rischio alluvioni R1 moderato, come già determinato dal tombamento di altri tratti del reticolo effettuati per la realizzazione della pista di volo esistente, tratti già attualmente caratterizzati, in conseguenza di detti interventi, da rischio alluvioni R4 molto elevato.

- Punto 11. Valutazione quantitativa delle acque meteoriche sia per la situazione attuale sia per quelle derivanti dalle nuove impermeabilizzazioni di superfici previste dell'ampliamento dell'aviosuperficie, nonché la definizione e la descrizione approfondita del sistema di convogliamento delle acque meteoriche e dell'eventuale trattamento delle acque di prima pioggia separate da quelle in esubero.

2. Introduzione

Nella presente relazione sono descritti sia i procedimenti operativi utilizzati per la costruzione del modello di risposta idrologica dei bacini oggetto d'indagine e di interferenza con le opere esistenti e in progetto, sia i risultati ottenuti dalle modellazioni.

I sottobacini analizzati sono quelli interferenti con la struttura in progetto, localizzata dal punto di coordinate WGS84-UTM32N (E 1'162'832, N 4'365'932).

In particolare, si affronteranno con diversi gradi di approfondimento le seguenti tematiche:

- stato qualitativo delle acque;
- definizione dei dati idrologici e idrogeologici in riferimento progettuale sia all'area vasta sia sull'impronta di progetto e di un ragionevole intorno;
- definizione delle caratteristiche di tombamento dei tratti del reticolo idrografico esistente, attualmente caratterizzato da rischio alluvioni R1 moderato, al fine di evitare l'aumento del rischio alluvioni;
- valutazione quantitativa delle acque meteoriche sia per la situazione attuale sia per quelle derivanti dalle nuove impermeabilizzazioni di superfici previste dell'ampliamento dell'aviosuperficie;
- descrizione del sistema di convogliamento delle acque meteoriche e dell'eventuale trattamento delle acque di prima pioggia separate da quelle in esubero.

Il presente documento illustra i differenti argomenti geofisici affrontati per modellare la risposta idrologica dei bacini oggetto di studio, articolati secondo la sequenza delle fasi di elaborazione delle informazioni a disposizione, che hanno condotto alla determinazione degli idrogrammi di piena e delle relative portate al colmo, per prefissati tempi di ritorno (5, 10, 50, 100, 200, 500 anni), per differenti condizioni di umidità del suolo precedenti l'evento di pioggia critico (asciutto, umido, bagnato). I dati così ottenuti sono stati utilizzati per individuare le condizioni critiche da utilizzare come forzanti in ingresso alle modellazioni idrauliche dei differenti tratti, ricadenti nei bacini oggetto di studio, di interferenza con il progetto in analisi.

La richiesta di integrazioni non descrive nel dettaglio le analisi idrologiche da svolgersi per la messa a punto della catena di modelli idrologici di trasformazione degli afflussi in deflussi, da porsi al servizio dei modelli idraulici per la propagazione in alveo degli idrogrammi di piena sintetici, rimandando al Proponente la scelta del contesto teorico-concettuale-applicativa necessario a fornire gli approfondimenti richiesti.

Pertanto, sulla base delle metodologie maggiormente diffuse ed accreditate in ambito tecnico-scientifico nazionale ed internazionale, le attività da svolgersi sono articolate secondo il seguente flusso di azioni:

- a) attività di ricognizione sul quadro informativo attuale;
- b) acquisizione dati e informazioni preliminari;
- c) caratterizzazione idro-geologica dei bacini scolanti nelle sezioni idrauliche interferenti con l'opera in progetto e definizione delle caratteristiche d'infiltrazione delle piogge nei suoli;
- d) elaborazioni dati idro-pluviometrici a disposizione;
- e) valutazioni caratteristiche morfometriche bacini idrografici;
- f) modellazione afflussi-deflussi di tipo geomorfologica per la stima degli idrogrammi sintetici conseguenti ad eventi critici.

- g) propagazione degli idrogrammi più pericolosi ai fini del rischio idraulico lungo i canali tombati dall'opera in progetto;
- h) definizione delle caratteristiche delle opere di tombamento dei corsi d'acqua e definizione dell'influenza degli stessi sulle caratteristiche di deflusso sull'area vasta;
- i) definizione delle piogge brevi e risposta della superficie impermeabilizzata;
- j) quantificazione delle acque di prima pioggia e definizione degli impianti di trattamento.

In quanto segue si descrivono brevemente le attività svolte al fine di ottemperare alle singole fasi previste e la loro incidenza sulle fasi successive e sulle azioni da intraprendersi per raggiungere i risultati attesi. Per i dettagli metodologici e computazionali si rimanda ai rispettivi capitoli della presente relazione.

2.1. Attività di ricognizione sul quadro informativo attuale

I principali documenti consultati, tra gli altri, sono di seguito elencati:

- a) ABDAM (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale) - Piano stralcio per l'assetto idrogeologico Regione Calabria;
- b) Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) – Progetto VAPI (VALutazione Plene) - Sintesi del rapporto regionale nei bacini delle sezioni idrografiche di Roma e Pescara;

2.2. Acquisizione dati e informazioni preliminari

2.2.1. Acquisizione dati pluvio-idrometrici

Si è richiesta l'attivazione dell'utenza presso ARPACAL per la consultazione delle misure storiche di pioggia nelle stazioni limitrofe alle aree d'interesse. Le stazioni presenti nelle aree vaste oggetto di studio sono risultate insufficienti alla revisione locale delle regionalizzazioni di possibilità pluviometrica per gli eventi critici e, in considerazione del principio di uniformità di analisi della risposta alle precipitazioni atmosferiche nei bacini di piccole dimensioni, questa acquisizione dati non è stata svolta ai fini della definizione degli eventi estremi duecentennali.

Al contrario, si sono acquisiti i dati delle serie storiche campionate a 5 minuti, raccolte dalle due stazioni di Cerenzia (ID 1580) e Crotonei (ID 1724), con copertura temporale entrambe di circa 20 anni, con lo scopo di definire le piogge brevi per il dimensionamento degli impianti di trattamento delle acque di prima pioggia.

La ricerca di stazioni idrometriche dotate di scala di deflusso non ha fornito risultati utili.

2.2.2. Acquisizione di dati territoriali riguardanti modelli digitali del terreno

Il DEM acquisito ed analizzato nel presente studio è il TINITALY/01 (Tarquini S., Isola I., Favalli M., Battistini A. (2007) "TINITALY, a digital elevation model of Italy with a 10 meters cell size (Version 1.0)" [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/TINITALY/1.0>).

2.2.3. Acquisizione di dati tematici per la definizione dei parametri che rientrano nell'analisi idrologica (uso del suolo, idrogeologia, pedologia, litologia);

Il tematismo rasterizzato della Carta Geologica, scala 1:25'000, realizzata dalla Cassa per il Mezzogiorno nel 1959 mediante rilevamento geologico.

Il tematismo vettorializzato della Carta Geologica, scala 1:25'000, realizzata in collaborazione con l'Ordine dei Geologi della Calabria dall'analisi della Cassa per il Mezzogiorno nel 1959.

Il tematismo vettorializzato della Carta Geologica, scala 1: 500'000, ricostruita a partire dalla versione cartacea Fonte Ministero dell'Ambiente Il dataset è stato estratto dalla Carta Geologica d'Italia, estraendo la porzione relativa alla Regione Calabria.

Il tematismo vettorializzato della Carta Litologica d'Italia, scala 1:100'000, estratto dalla Carta Litologica di base Fonte ISPRA.

Il tematismo vettoriale relativo alla copertura e all'uso del suolo acquisito ed analizzato nel presente studio è il Corine LC aggiornamento del 2018.

Il DTM relativo alla tipologia idrologica del suolo acquisito ed analizzato nel presente studio è il USDA HYSOG250 (Ross, C. W. et al. (2018) ORNL Distributed Active Archive Center <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAAC/1566>).

Il DTM relativo alla caratteristica idrologica del deflusso al suolo acquisito ed analizzato nel presente studio è il GCN250 (Jaafar, H.H., Ahmad, F.A. & El Beyrouthy, N. (2019) GCN250, new global gridded curve numbers for hydrologic modeling and design. Sci Data 6, 145. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0155-x>).

2.3. Valutazione delle caratteristiche morfometriche del bacino

L'elaborazione del DEM acquisito con strumenti numerici proprietari (HAN-GIS v5) e pubblici (Q-GIS, SAGA GIS) ha avuto l'obiettivo di estrarre i seguenti livelli raster cartografici utili alle finalità dello studio:

- la perimetrazione del bacino e sottobacini idrografici a partire dalla sezione di chiusura imposta;
- il reticolo idrografico principale e secondario;
- la carta dell'orientamento del deflusso;
- la carta delle pendenze;
- la carta delle velocità di ruscellamento;
- la carta dei tempi di deflusso;
- la carta delle lunghezze di deflusso;
- la carta delle densità di drenaggio (CN);
- la carta delle aree drenanti.

L'analisi successiva delle informazioni ottenute ha permesso di determinare i principali parametri geometrici e morfometrici caratteristici del bacino e del reticolo idrografico, quali:

- superficie contribuyente;
- lunghezza asta;
- altezza massima, minima e media;
- pendenza media;
- pendenza dell'asta fluviale;
- lunghezza percorso di deflusso più lungo;
- tempo di corrivazione secondo le formulazioni più utilizzate;
- l'idrogramma istantaneo unitario.

2.4. Elaborazioni dati pluvio-idrometrici

Favorendo la ripetibilità dello studio e la confrontabilità con altri già svolti in passato, si è ricorso alla regionalizzazione svolta nel progetto VAPI, determinando le curve di possibilità pluviometrica medie a scala di sottobacino, da cui si sono poi ottenuti gli ietogrammi sintetici di pioggia al suolo secondo tre differenti distribuzioni temporali:

- costante per tutta la durata dell'evento (distribuzione rettangolare);
- linearmente crescente fino ad un massimo e, poi, linearmente decrescente (distribuzione triangolare);
- esponenzialmente crescente fino ad un massimo e, poi, esponenzialmente decrescente in modo tale che le precipitazioni nei singoli sotto-intervalli corrispondano alla precipitazione critica associata a quella durata (distribuzione Chicago).

Nel caso di specie, essendo i tempi di concentrazione dei bacini circa pari a 1 ora, le suddette distribuzioni sono degenerate in un'unica distribuzione oraria.

2.5. Modellazione Afflussi-deflussi di tipo geomorfologica per la stima degli idrogrammi sintetici

Per la trasformazione degli afflussi in deflussi e la stima delle portate di piena si è prevista sia l'applicazione di metodologie semplificate di tipo analitico a parametri concentrati (formula razionale), sia l'implementazione di metodologie che utilizzino la modellazione fisica semplificata dell'evoluzione del fenomeno d'infiltrazione nei terreni sulla base di parametri concentrati per l'area di studio, mediante l'utilizzo di software proprietari o open-source. In particolare, si è fatto ricorso alle metodologie più fisicamente basate per la modellazione dell'infiltrazione nel terreno mediante le equazioni di Green-Ampt. La complessa calibrazione dei coefficienti del modello differenziale è qui stata evitata ricorrendo all'accoppiamento dei risultati del modello di Green-Ampt con quelli previsti dal metodo del Curve-Number.

Infine, si sono svolte alcune considerazioni comparative tra i risultati qui ottenuti e quelli calcolati con il metodo razionale.

2.6. Modellazione 2D dei deflussi per la stima delle aree allagabili

Il modello numerico utilizzato per la simulazione è il "River Analysis System" (HEC-RAS) nella versione 6.1.0 del settembre 2021. Per i dettagli tecnico-scientifici e la manualistica di costruzione/input dei dati necessari alle modellazioni si rimanda al sito:

<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation.aspx>

3. Inquadramento dei luoghi

3.1. Inquadramento geografico

La presente relazione descrive l'interazione delle strutture esistenti ed in progetto per la realizzazione degli interventi di ampliamento aviosuperficie Franca sita in località Trepidò - Cotronei (cfr. Figura 3-1), all'interno del complesso turistico Villaggio Baffa a mezza via tra Trepidò e Caprara. La struttura si eleva in prossimità del lago Ampollino, sul versante orientale di un complesso montuoso che comprende le cime del Tempone Zacarogno (a sud dell'opera), del Tempone della Monaca e del Tempone della Guardiola (a ovest dell'opera), ai piedi delle sorgenti "acqua di grandine" ad una quota media di circa 1330m.

L'intervento in progetto riguarda l'allungamento della pista di volo esistente, previa modesta rotazione del tracciato. La lunghezza complessiva di progetto sarà di 1100 metri mentre la larghezza sarà pari a 60 metri di cui 40 destinati alla striscia effettiva di volo (cfr. Figura 3-2).

3.2. Inquadramento geologico

Per comodità di lettura si riportano di seguito le considerazioni del dott. geol. Fabio India contenute nella relazione geologica-geotecnica a corredo del progetto delle opere.

"L'area di studio si pone ad una quota di circa 1.300 m.s.l.m., nell'incisione valliva prodotta dal fiume Ampollino, dal cui sbarramento artificiale per mezzo di una diga a gravità, si è formato l'omonimo lago le cui acque vengono sfruttate per la produzione di energia elettrica. Questo sistema idrografico (fiume e relativo bacino), costituisce un impluvio naturale per le acque di deflusso superficiale."

"Dal punto di vista geomorfologico, il territorio è fortemente condizionato dalla litologia affiorante, dall'azione erosiva dei principali corsi d'acqua e dei loro affluenti che incidono le pianure formando dei fossi non troppo profondi."

"Il contesto geologico, all'interno del quale si colloca l'area indagata, è rappresentato prevalentemente da due complessi litoidi, uno a carattere dioritico-granitico (graniti e granodioriti) e l'altro a carattere metamorfico di medio e alto grado (paragneiss e scisti biotitici), con il primo presente in maniera rilevante sul sito oggetto di studio."

"Associato ai due complessi litoidi, si rileva in genere una limitata copertura superficiale a carattere sciolto costituita essenzialmente da sabbia e sabbia con ciottoli localmente caolinizzata (sabbioni granitici), derivante da processi di alterazione del sottostante substrato litoide e da depositi di origine colluviale ed alluvionale, che tende ad aumentare per lo più nelle zone vallive.

In particolare, il nostro sito è costituito perlopiù da un substrato metamorfico (paragneiss e scisti biotitici), facente parte dell'unità della Sila (Messina et al. 1992), costituita da quel complesso igneo-metamorfico che va sotto il nome di «Batolite Silano»."

"Dal rilevamento di campagna, su tutta l'area di studio, affiora una formazione di scisti biotitici appartenente all'era Paleozoica, caratterizzati una buona resistenza all'erosione.

Nelle zone più depresse, di accumulo, sono presenti coltri lenticolari di prodotti di soliflussione provenienti dalle zone alte più esposte al degrado, all'alterazione e al disfacimento."

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

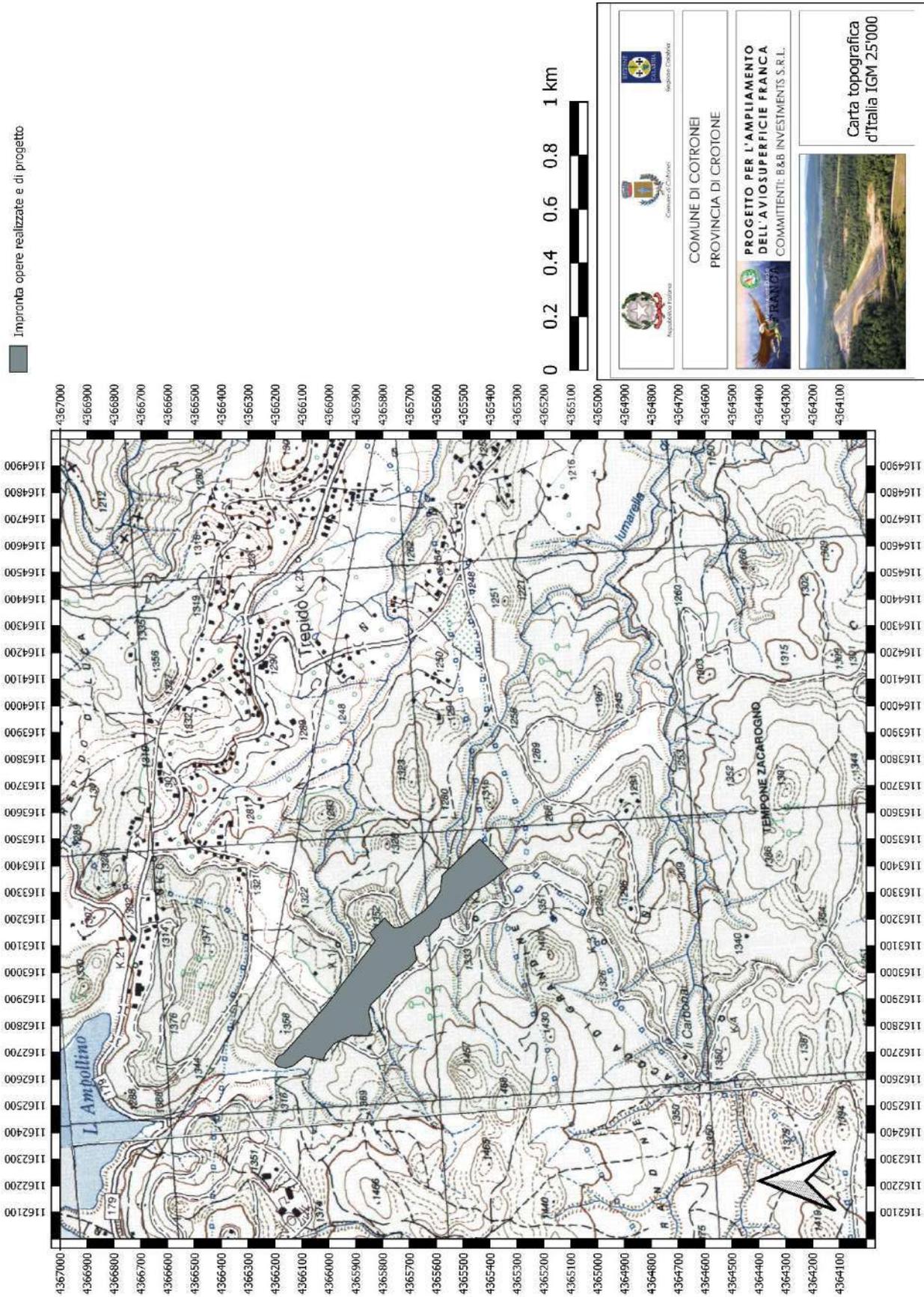


Figura 3-1 Carta topografica d'Italia e ubicazione delle opere esistenti e di progetto della aviosuperficie Franca

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

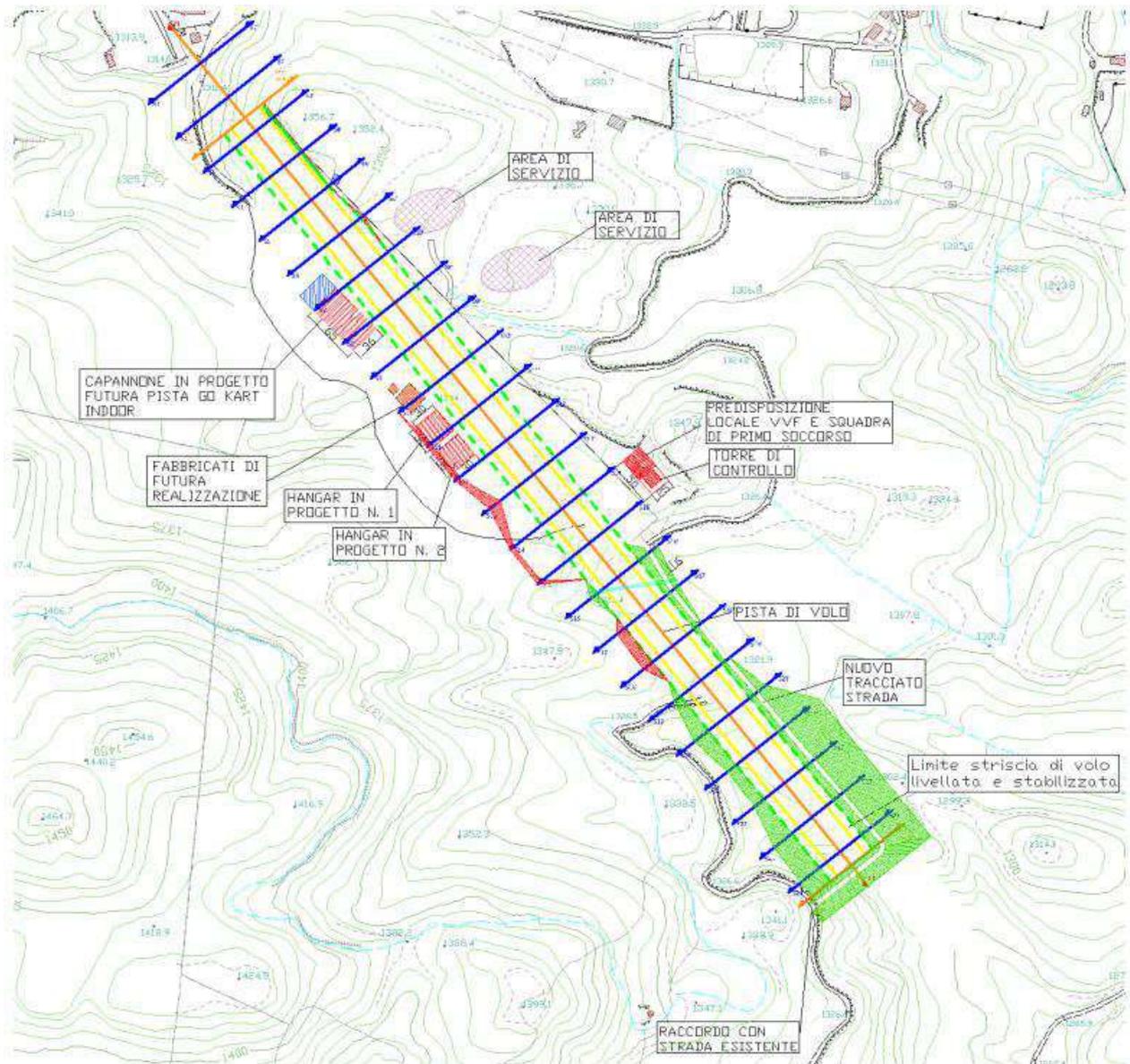


Figura 3-2 Planimetria di progetto

“L'area progettuale, coincidente con la porzione sommitale di due bacini idrografici ricade in una zona ad acclività media, che riflette le caratteristiche geolitologiche delle rocce cristalline affioranti e la loro incapacità di resistere agli agenti erosivi (morfoselezione).

A piccola scala è evidente il ruolo che i diversi sistemi morfoclimatici quaternari hanno avuto nel modellamento del paesaggio, generando forme e depositi che, a luoghi, costituiscono relitti ancora leggibili.

Gli agenti geomorfici che controllano l'evoluzione del paesaggio sono sostanzialmente di tipo lineare o di massa. Gli agenti di erosione lineare sono le aste fluviali, impostate prevalentemente su linee di debolezza tettonica che accelerano i processi erosivi.

Nei terreni sabbio-limosi non cementati di natura alluvionale prevalgono fenomeni geomorfici di erosione areale (sheet erosion o erosione da lama d'acqua). Tale processo risulta importante nei periodi di intense e persistenti precipitazioni, agendo mediante l'azione selvaggia delle acque di

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

ruscellamento (wild streams), favorendo l'asportazione del materiale fine non litificato, quale la matrice sabbiosa dei terrazzi che viene facilmente asportata dalla lama d'acqua (sheet-wash erosion).

In definitiva quindi, dalla consistenza dei terreni nonché dalla mancanza di fenomeni di dissesto di una certa rilevanza (ma solo sporadici e localizzati), si evince che il sito in esame dove saranno edificate le opere di progetto, non presenta significativi rischi di carattere geologico, tettonico, idrogeologico e geomorfologico.”

“... dall'analisi delle carte tematiche del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), si è potuto verificare che ... per quanto riguarda il rischio di alluvione, l'area progettuale ricade in parte nelle aree di attenzione del PGRA.”

4. Aspetti idrogeologici dell'area e qualità delle acque

4.1. Aspetti idrogeologici dell'area e circolazione profonda delle acque

Per comodità di lettura si riportano di seguito le considerazioni del dott. geol. Fabio India contenute nella relazione geologica-geotecnica a corredo del progetto delle opere puntualmente integrate con informazioni quantitative dedotte da fonti qualificate.

“Dal punto di vista idrogeologico i terreni affioranti nell'area vasta sede dell'opera in progetto, costituiti in prevalenza da rocce più o meno fratturate, rappresentano una gamma di materiali con un grado di permeabilità relativa da media ad alto. I limi-sabbiosi presenti nella piana alluvionale rappresentano una sorta di soglia di permeabilità che sostiene la falda superficiale costituita dall'invaso artificiale del lago Ampollino.”

Le sorgenti presenti sul versante a monte delle opere in progetto appartengono al complesso delle “acque di grandine” (cfr. Figura 4-1) e insistono sul bacino idrografico della lumarella di Migliarini e su quello della lumarella di Zacarogno (confluenti entrambi nel Fiume Tacina); hanno un regime costante, con rivenute importanti nel periodo invernale, e sono gestite dalla So.Ri.Cal. SpA ricadendo nello schema idrico “PULITREA-BRIGANTE”.

Il Piano d'Ambito dell'Autorità Idrica Calabria riporta nell'allegato 4-b la portata delle sorgenti Grandine A e B pari rispettivamente a 4 l/s e 1 l/s.

Le sorgenti sul versante Lago Ampollino (Bacino Neto) sono meno importanti, avendo carattere stagionale, e certamente disconnesse dall'area oggetto di infrastrutturazione per la presenza dell'invaso che condiziona la piezometria dell'aria, con la possibile presenza di falde in pressione al di sotto dell'invaso.

“I terreni affioranti nell'area oggetto di studio sono costituiti da litotipi diversi ognuno dei quali presenta caratteristiche idrodinamiche differenti. I vari litotipi aventi grado di permeabilità che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto vengono accorpati in Complessi Idrogeologici:

- con litotipi di origine igneo-metamorfica, localizzati alla base della successione stratigrafica e caratterizzati da una fratturazione pervasiva che ne condiziona le caratteristiche idrodinamiche;
- con litotipi sedimentari di natura granulare che poggiano in regressione sul Complesso idrogeologico precedente, caratterizzati da conglomerati a matrice limo-sabbiosa con passaggio graduale ai sabbioni di alterazione presentano condizioni idrogeologiche la cui valutazione comporta grandi difficoltà nell'ambito di studi puntuali. Questi terreni presentano un'elevata permeabilità, vista la natura granulare del terreno, e ammassi non cementati, monogranulari e allo stesso tempo saturi, se sottoposti a sollecitazioni sismiche sono soggetti a fenomeni di instabilità.
- con litotipi costituiti da materiali a ricca componente argillosa, come nel caso della base stratigrafica degli antichi fondi lacustri; in questo caso le acque sotterranee circolano preferenzialmente nei materiali a maggiore frazione sabbiosa, caratterizzati da porosità maggiore, la base della falda superiore è stata riscontrata nei litotipi argillosi-torbosi, questi terreni fungono sia da impermeabile di fondo della falda idrica alimentata dal fiume, che da limite superiore della falda sottostante.”

“Nell'analizzare gli acquiferi, ossia la fase solida (scheletro della roccia) nella quale circolano una fase liquida (acqua) ed una gassosa (aria), ci soffermiamo dapprima all'acquifero rappresentato dai depositi alluvionali.

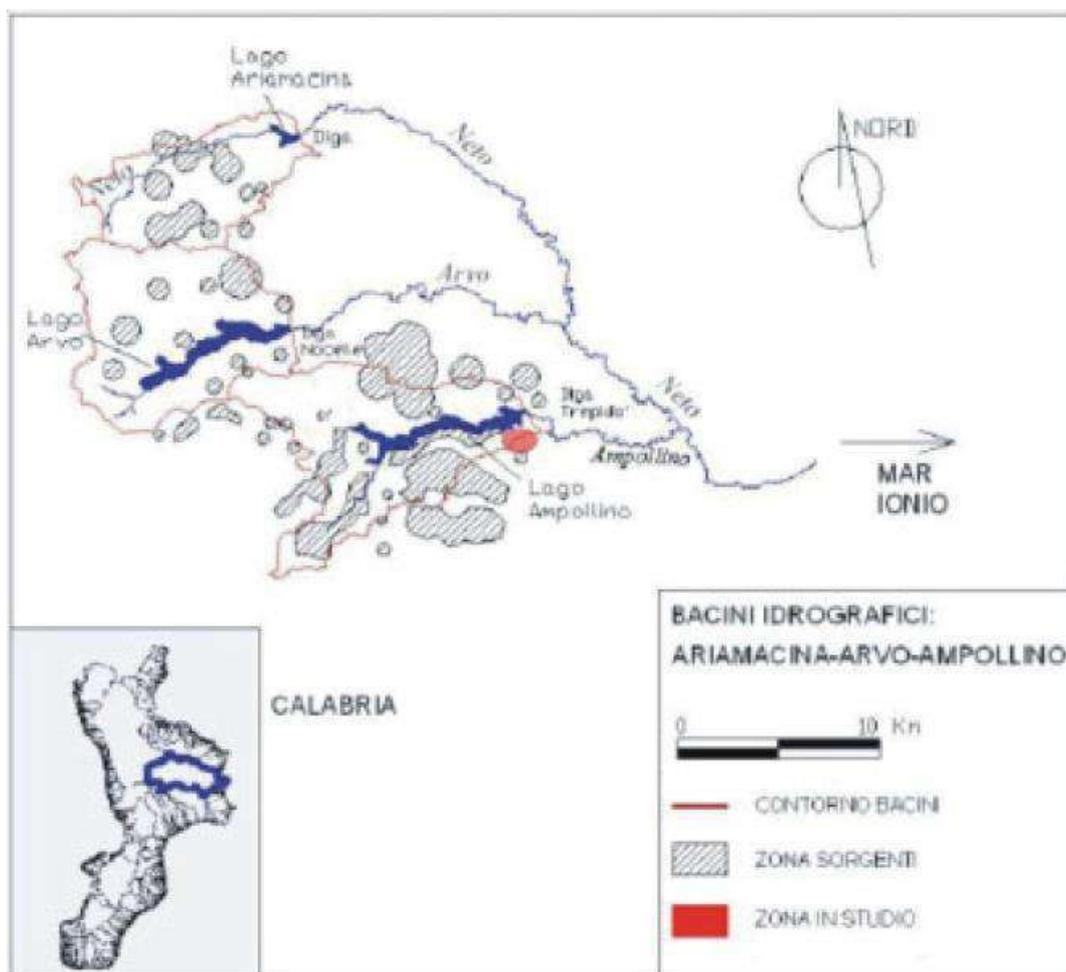


Figura 4-1 Bacini idrografici insistenti sui laghi Ariamacina, Arvo e Ampollino e delle aree sorgentizie ricomprese.

Si tratta di depositi eterogenei perché la sedimentazione fluviale è tipicamente rapida e discontinua, con condizione di deposizione dei sedimenti variabile anche in relazione allo stato giovanile, maturo o senile del corso d'acqua. Basti considerare che lungo l'alveo esiste un'accentuata selezione dei clasti, sia in senso longitudinale (granulometria crescente da monte verso valle) che in senso trasversale. (granulometria decrescente dal centro verso le sponde) ed in verticale (alternanza di sedimenti grossolani e minuti dovuti, rispettivamente, a sedimentazione in periodi di piena e di magra). In conseguenza di questi e di altri fenomeni di minore interesse idrogeologico, gli acquiferi alluvionali sono caratterizzati dalla giustapposizione disordinata di termini di varia granulometria, aggregati in lenti allungate nel senso della corrente che le ha depositate. Ciò si traduce in una circolazione idrica per falde sovrapposte, con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa.”

“Le caratteristiche di permeabilità dei terreni riscontrati nell'area variano in funzione della litologia e dello stato di alterazione delle rocce granitoidi e metamorfiche che, come accennato in precedenza, possono essere soggette a processi di argillificazione (trasformazione del minerale K-feldspato in caolino) ad opera delle acque meteoriche con una conseguente riduzione della permeabilità. Il complesso granitico/metamorfo presente è contrassegnato da caratteristiche idrogeologiche tali che ci portano ad identificarlo come un acquifero a permeabilità mista.”

“I litotipi che costituiscono la nostra area di studio, dal punto di vista idrogeologico sono così caratterizzati:

- copertura superficiale - costituita da una porzione sabbiosa localmente caolinizzata, presenta una permeabilità decisamente più elevata rispetto alla sottostante roccia metamorfica mediamente alterata e fratturata, con un coefficiente di permeabilità stimabile in $K > 10^{-6}$ m/sec (cfr. Figura 4-2);
- roccia ignea-metamorfica mediamente fratturata - presenta una permeabilità minore rispetto alla copertura superficiale ed ha un coefficiente di permeabilità stimabile in $K < 10^{-7}$ m/sec.”

“In relazione alla stratigrafia illustrata, le acque d'infiltrazione tendono a penetrare nei livelli sabbiosi permeabili superficiali, per poi attraversare la formazione granitica/metamorfica alterata per mezzo delle fratture (con velocità di filtrazione inferiori rispetto alle sabbie) e infine arrestarsi nel momento in cui incontrano il granito/scisto integro che costituisce per esse una barriera naturale a causa della sua elevata impermeabilità.”

“Durante il rilevamento in sito, non è stata rilevata la presenza di una falda idrica superficiale e data l'assenza di piezometri nella zona di interesse non è stato possibile risalire all'andamento della superficie piezometrica e alla profondità della falda freatica che si presume estesa a maggiori profondità. Per ciò che riguarda la circolazione idrica sotterranea, bisogna rammentare che normalmente, nelle magmatiti silane (graniti, granodioriti, para/orto gneiss, scisti biotitici), la permeabilità relativamente bassa dei litotipi affioranti (10^{-6} - 10^{-7} m/sec), può subire degli incrementi rispetto alle originarie condizioni, avendo subito grandi eventi tettonici che hanno dato luogo ad una serie di fratture di dimensioni variabili.”



Figura 4-2 Fotografie della trincea nelle coltri superficiali dei luoghi d'infrastrutturazione.

“Dalle informazioni di campo raccolte si può estrapolare un modello stratigrafico a quattro strati con miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche con la profondità (cfr. Figura 4-3 e Figura 4-4):

- il primo orizzonte (**strato 1, profondità compresa tra 0,0 e -2,30 m**), riferibile al suolo vegetale costituito in prevalenza da materiale sabbioso-limoso”;
- “il secondo orizzonte (**strato 2, profondità compresa tra -2,30 e -6,80 m**) riferibile al substrato roccioso alterato e molto fratturato immerso in una matrice sabbiosa”;
- “il terzo orizzonte (**strato 3, profondità compresa tra -6,80 e -9,70 m**) riferibile al substrato igneo/metamorfico alterato”;
- “il quarto orizzonte (**strato 4, profondità > 10 m**) riferibile al substrato igneo/metamorfico integro”.

Per quanto rappresentato dalla relazione geologica, si può concludere che:

- non è stata riscontrata la presenza una falda idrica superficiale, pur se non si può escludere la presenza di filetti idrici superficiali non uniformemente distribuiti su tutto il sito in esame in occasione di eventi meteorici di rilievo;
- le risorgive captate nell’area sono situate a monte dell’area oggetto di attuale e futura infrastrutturazione e quindi non affette dalla presenza delle strutture in essere o realizzande;
- la piattaforma dell’aviosuperficie Franca certamente insiste sul lago Ampollino e, pertanto, le acque scolanti dalla piattaforma, se non adeguatamente raccolte e trattate, potrebbero riversarsi nel lago determinandone uno scadimento qualitativo.
- Le interazioni della struttura presente e del suo progettato ampliamento non interferisce con la circolazione profonda delle acque mentre intercetta quella di superficie e, pertanto, dovrà essere convenientemente adeguata per renderla idraulicamente invariante.

4.2. Qualità delle acque presenti nell’area oggetto d’intervento

Riguardo alle caratteristiche qualitative delle acque presenti nella zona oggetto di studio si può certamente affermare che quelle prodotte dalle risorgive abbiano caratteristiche compatibili con l’uso potabile, essendo captate e distribuite dalla So.Ri.Cal. SpA.

Al contrario, le acque superficiali hanno presentato nello scorso ventennio caratteristiche di inquinamento diffuso. Nel rapporto del 2004 dei Carabinieri per la Tutela dell’Ambiente sui controlli svolti su 20 laghi del territorio italiano, il lago Ampollino presentava i parametri di qualità riscontrati dalle analisi dell’ARPA Calabria nel 2002 riportati nella Tabella 4-1, risultati non conformi all’All. 1 del Dlgs 152/99.

*Analisi a cura di: A.R.P.A. Calabria – Data: 18.09.2002
Punto di prelievo: lago Ampollino*

Parametri chimici	Valori
Coliformi totali	100 per 100 ml
Coliformi fecali	10 per 100 ml
Streptococchi fecali	2 per 100 ml
Cianofice	assenti

Tabella 4-1 Parametri qualitativi delle acque campionate nel lago Ampollino nel 2002

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

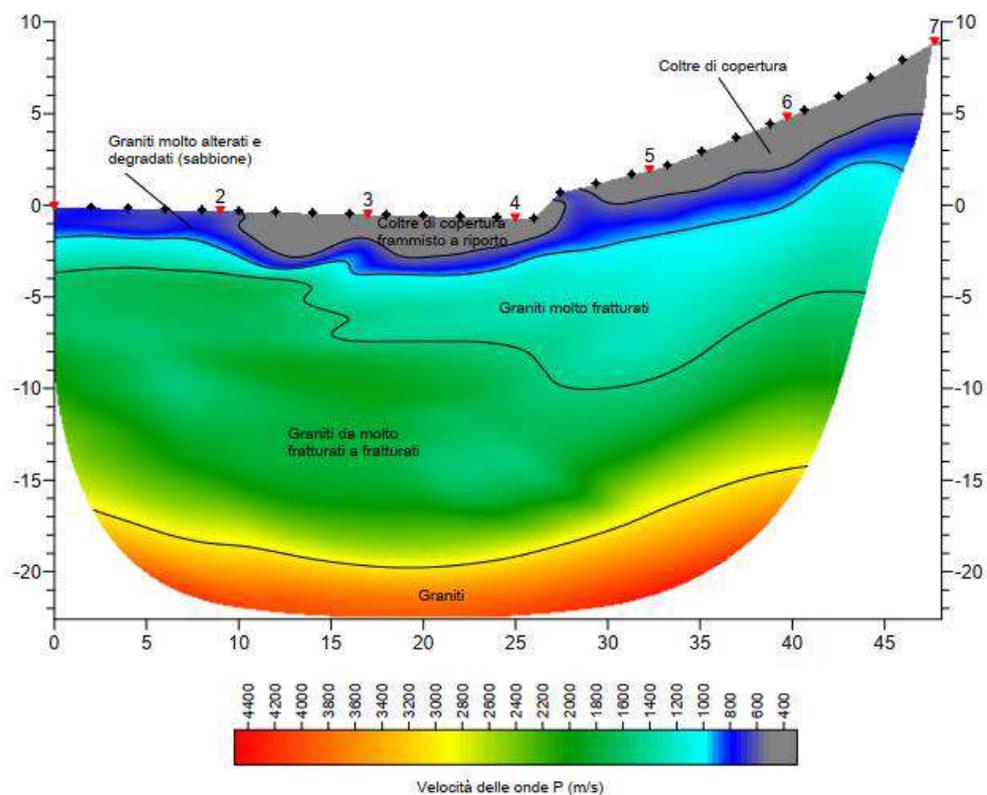


Figura 4-3 Modello delle velocità dello stendimento sismico n°1.

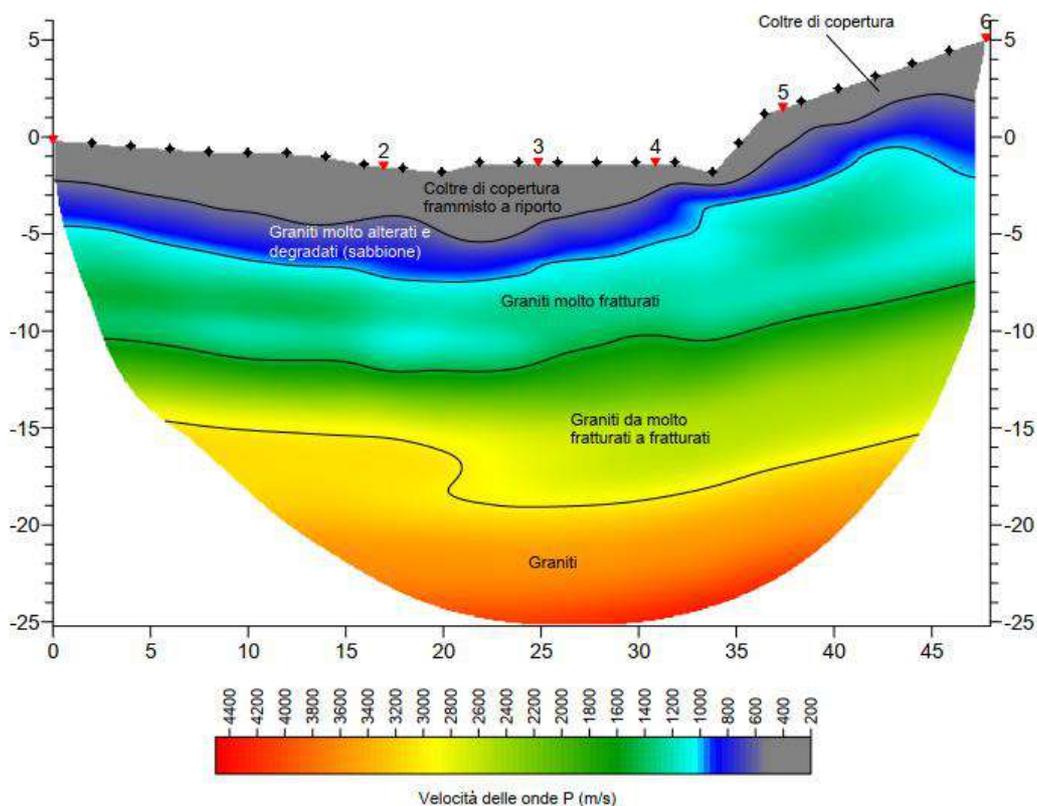


Figura 4-4 Modello delle velocità dello stendimento sismico n°2.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

Nell'allegato 11 al Piano di Gestione Acque (Direttiva Comunitaria 2000/60/CE, D.L.vo 152/06, L. 13/09, D.L. 194/09) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale sono descritti i risultati delle analisi e delle verifiche di un apposito monitoraggio, effettuato nel periodo 2005-2007, elaborati secondo la procedura definitiva nell'all. 1 del Dlgs 152/99, per quanto riguarda le acque superficiali interne e le criticità qualitative da riferirsi ai carichi antropici. In quella sede, la classificazione dello stato di qualità delle acque fu effettuata utilizzando il solo Stato Ecologico e, quindi, incompleta anche ai sensi del Dlgs 152/99. In effetti, attraverso lo stato ecologico delle acque fu possibile fornire delle indicazioni, seppure parziali, sullo stato della qualità dei corpi idrici interessati (corsi d'acqua e laghi), facendo riferimento ai criteri riportati nell'all. 1 del Dlgs 152/99 ad un determinato Stato Ecologico possono corrispondere al più solo 2 possibili situazioni di Stato Ambientale, ed in particolare, per le classi più elevate, quindi in situazioni più compromesse (classi 4 e 5), non c'è variazione dello stato ambientale indipendentemente dai risultati dello Stato Chimico, per cui le situazioni di sicuro inquinamento e/o alterazione dello stato di naturalità del corpo idrico possono essere individuate anche in assenza di determinazione dello Stato Chimico.

In particolare, facendo riferimento agli indici LIM, IBE e SECA definiti come segue, i dati per il fiume Tacina sono risultati pari a quelli riportati nella seguente :

- l'indice LIM, ossia Livello di Inquinamento espresso dai Macro-descrittori, utilizzato per la determinazione dello stato ambientale ai sensi del Dlgs 152/99, considera i valori di 75° percentile di ossigeno disciolto, BOD5, COD, azoto ammoniacale, azoto nitrico, fosforo ed Escherichia coli misurati nell'anno;
- l'Indice Biotico Esteso (IBE) si basa sull'analisi delle comunità di macro-invertebrati che colonizzano gli ecosistemi fluviali, calcolato secondo le metodologie di raccolta in campo e conferma in laboratorio previste nel "Manuale di applicazione dell'Indice Biotico Esteso: i macro-invertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acqua corrente" – Provincia Autonoma di Trento e Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente, 1997;
- Classificazione SECA (Stato Ecologico delle Acque) calcolato da una valutazione incrociata dei risultati ottenuti con l'indice LIM e con l'IBE, considerando il peggiore dei due.

Il fiume Tacina nei punti di monitoraggio il SECA presenta valore pari a 3 e 4, per tutto il periodo di monitoraggio e, quindi, lo stato ambientale era, con buona probabilità, SCADENTE (il valore 3 del punto di monitoraggio CS23 determinerebbe un giudizio sufficiente solo nel caso in cui Stato Chimico caratterizzato da valori di concentrazioni degli inquinanti che non superano i valori di soglia di cui all'all. 1 del Dlgs 152/99). Analogo discorso è stato realizzato per i laghi e gli invasi, risultando l'indice SECA per il lago Ampollino pari a 4 per entrambi gli anni di monitoraggio (cfr. Tabella 4-3) e quindi anche in questo caso con giudizio SCADENTE.

Recentemente, facendo riferimento ai monitoraggi svolti da Legambiente nel 2021 e 2022, il lago Ampollino è risultato fortemente inquinato nel 2021 ed entro i limiti nel 2022 (cfr. Tabella 4-4).

Stazione	Corpo Idrico	LIM I anno	LIM II anno	LIM biennio	IBE I anno	IBE II anno	IBE biennio	SECA I anno	SECA II anno	SECA biennio
CS23	Fiume Tacina	3	2	3	3	3	3	3	3	3
CS24		3	3	3	4	4	4	4	4	4

Tabella 4-2 Estratto della Tabella 9.5 dell'allegato n°11 del Piano di Gestione delle Acque del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

Stazione	Denominazione	I anno		II anno		Biennio	
		¶unteggio	□lasse	¶unteggio	□lasse	Classe	¶unteggio
IA01	Lago Farneta	13	4	14	4	13,5	4
IA02	Lago Tarsia	17	5	16	4	16,5	4
IA03	Lago Cecita	15	4	16	4	15,5	4
IA04	Lago Arvo	16	4	16	4	16,0	4
IA05	Lago Ampollino	14	4	15	4	14,5	4
IA06	Lago del Passante	14	4	12	3	13,0	4
IA07	Lago Angitola	0	0	16	4	16,0	0
IA08	Vasca S. Anna	0	0	16	4	16,0	0
IA09	Lago Costantino	0	0	0	0	0,0	0
IA10	Diga del Metramo	15	4	16	4	15,5	4
IA11	Lordo	15	4	17	5	16,0	4
IA12	Lago Ariamacina	13	4	14	4	13,5	4

Tabella 4-3 Riproduzione della Tabella al "cap. 3.7.1.1.1. Corsi d'acqua" dell'allegato n°11 del Piano di Gestione delle Acque del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale

I monitoraggi svolti in proprio da Legambiente hanno indagato indagati solo parametri microbiologici (Enterococchi intestinali, Escherichia coli), considerando come "inquinati" i campioni in cui almeno uno dei due parametri supera il valore limite previsto dalla normativa sulle acque di balneazione vigente in Italia (Dlgs 116/08 e decreto attuativo del 30/03/10) e "fortemente inquinati" quelli in cui i limiti vengono superati per più del doppio del valore normativo, ossia:

- INQUINATO - Enterococchi Intestinali maggiore di 500 UFC/100ml e/o Escherichia Coli maggiore di 1000 UFC/100ml;
- FORTEMENTE INQUINATO - Enterococchi Intestinali maggiore di 1000 UFC/100ml e/o Escherichia Coli maggiore di 2000 UFC/100ml.

I risultati ottenuti per la qualità delle acque per il Lago Ampollino sono con ogni probabilità da associarsi alla contingenza che vede la frazione di Trepidò sprovvista di un sistema di depurazione efficiente. In particolare, l'impianto era stato posto sotto sequestro dall'agosto 2019 ad opera del Raggruppamento Carabinieri Parchi – Stazione Parco di Cotronei e della Regione Carabinieri Forestale Calabria – Stazione di Petilia Policastro, a seguito delle analisi del campionamento delle acque in uscita che avevano rivelato il superamento del parametro relativo all'Escherichia Coli. Successivamente, in base agli accertamenti che avevano appurato come la Regione avesse reperito i fondi necessari a finanziare il potenziamento dell'impianto e la realizzazione delle ulteriori opere necessarie, l'impianto è stato dissequestrato.

Lago	Comune	Prov	Località	Punto	2022	2021	2020
Lago Arvo	San Giovanni in Fiore	CS	Lorica	Accesso principale Lungolago (lato Nord)	nei limiti	Fortemente inquinato	nei limiti
Lago Ampollino	San Giovanni in Fiore	CS	Trepidò - villaggio Palumbo	Accesso dalla Sp 61 antistante ingresso villaggio	nei limiti	Fortemente inquinato	no
Lago Cecita	Spezzano della Sila	CS	Cupone	Prelievo antistante centro visite Cupone e area parcheggio	nei limiti	Inquinato	nei limiti

Tabella 4-4 Monitoraggio dello stato microbiologico delle acque dei laghi silani effettuato da Legambiente

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

In mancanza di dettagli sulle capacità depurative del nuovo impianto a servizio di Trepidò e al fine di prevenire possibili conferimenti di acque meteoriche di dilavamento delle pavimentazioni della aviosuperficie Franca, con aggravio dello stato qualitativo delle acque del lago o con contaminazione di quelle di falda, **si è predisposto un sistema di collettamento delle acque di piattaforma e di trattamento dei volumi precipitati per i primi 15 minuti**. In questo modo si sono evitate a priori tutte le possibili interazioni tra la struttura realizzata e le formazioni ambientali idriche circostanti.

5. Analisi pluviometriche

5.1. Premessa

Come già detto, privilegiando la ripetibilità dello studio e la confrontabilità con altri già svolti in passato, si è ricorso alla regionalizzazione svolta nel progetto VAPI, determinando le curve di possibilità pluviometrica medie a scala di bacino.

5.2. Regionalizzazione delle piogge intense

5.2.1. Scopo delle regionalizzazioni

Sul territorio italiano la rete dei pluviometri registratori è molto più rada di quella che include anche i pluviometri ordinari e, benché questi ultimi vengano gradualmente sostituiti con apparecchi registratori, gran parte dell'informazione pluviometrica del passato è purtroppo fornita da pluviometri ordinari. D'altra parte, per l'accidentata morfologia del territorio italiano le caratteristiche pluviometriche sono molto variabili nello spazio. Inoltre, le singole serie pluviografiche hanno spesso una durata limitata e sono poco attendibili per le elaborazioni statistiche. La regionalizzazione delle piogge mira a superare questi limiti, utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

Il progetto VAPI (VALutazione Plene) sviluppato dal *Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche* (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) ha avuto per obiettivo la regionalizzazione delle piogge intense su tutto il territorio nazionale secondo criteri omogenei, che allo stato attuale delle elaborazioni sono riportati nel rapporto VAPI 1989 [Versace P., Ferrari E., Fiorentino M., Gabriele S., Rossi F.] e sintetizzati nel seguente paragrafo.

5.2.2. Procedura VAPI

Il metodo di regionalizzazione proposto dal programma VAPI è basato sulla *distribuzione dei valori estremi tipo I a due componenti* (TCEV1) [Rossi e Versace, 1982] [Rossi e altri, 1984], che rappresenta la distribuzione del massimo valore di una mistura di due popolazioni, costituite da:

- una *componente base*, contenente i valori medi e bassi;
- una *componente straordinaria*, contenente i valori più elevati;

e ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (log-normale, GEV, GP, ecc.) riescono a rendere conto.

La regionalizzazione viene eseguita sulle massime altezze giornaliere h_g , in modo da utilizzare anche i dati dei pluviometri ordinari. Indicando con il pedice b i parametri che si riferiscono alla componente base e con il pedice s quelli che si riferiscono alla componente straordinaria, la probabilità cumulata della distribuzione TCEV1 risulta:

$$P(h_g) = \exp\{-\exp[-\alpha_{b,g}(h_d - \varepsilon_{b,g})] - \exp[-\alpha_{s,g}(h_d - \varepsilon_{s,g})]\}$$

Equazione 1

Ponendo:

$$\alpha_{b,g} = \frac{1}{\theta_{b,g}}, \alpha_{s,g} = \frac{1}{\theta_{s,g}}, \varepsilon_{b,g} = \theta_{b,g} \ln(\Lambda_b), \varepsilon_{s,g} = \theta_{s,g} \ln(\Lambda_s), \theta^* = \frac{\theta_{s,g}}{\theta_{b,g}}, \Lambda^* = \frac{\Lambda_s}{\Lambda_b^{1/\theta^*}},$$

Equazione 2

l'Equazione 1 diventa

$$P(h_g) = \exp \left[-\Lambda_b \exp \left(-\frac{h_g}{\theta_{b,g}} \right) - \Lambda^* \Lambda_b^{1/\theta^*} \exp \left(-\frac{h_g}{\theta^* \theta_{b,g}} \right) \right]$$

Equazione 3

Si può dimostrare che:

- il coefficiente d'asimmetria $\xi(h_g)$ dipende soltanto dai parametri Λ^* e θ^* ;
- il coefficiente di variazione $\gamma(h_g)$ dipende dai parametri Λ^* , θ^* e Λ_b ;
- la media dipende da tutti e quattro i parametri Λ^* , θ^* , Λ_b e $\theta_{b,g}$ e si esprime:

$$\mu_{h_g} = \left[\ln(\Lambda_b) + 0.5772 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-\Lambda^*)^j}{j!} \Gamma \left(\frac{j}{\theta^*} \right) \right] \theta_{b,g} = \beta \theta_{b,g}$$

Equazione 4

con ovvio significato di β .

5.2.3. Stima regionale dei parametri con i massimi giornalieri

Con regionalizzazione delle altezze di pioggia $h_{g,k}$ nei diversi pluviometri $k = 1 \dots n$ s'intende l'aggregazione di tali variabili in gruppi con caratteristiche stocastiche comuni. Si richiede generalmente che i raggruppamenti abbiano anche riferimenti geografici.

Utilizzando le massime altezze di pioggia giornaliere secondo la procedura proposta da Versace, Ferrari, Gabriele e Rossi [Versace e altri, 1989], vengono considerati tre livelli di regionalizzazione, individuando:

- *al primo livello, regioni omogenee* rispetto ai parametri Λ^* e θ^* , da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di asimmetria $\xi(h_g)$;
- *al secondo livello, zone omogenee* anche rispetto al parametro Λ_b , da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di variazione $\gamma(h_g)$;
- *al terzo livello, sottozone omogenee* rispetto alla dipendenza del parametro $\theta_{b,d}$ (quindi della media μ_{h_g}) da alcune grandezze geografiche locali (quota, distanza dal mare, orientamento dei versanti).

La grandezza geografica che nell'ambito di una sottozona omogenea ha mostrato di avere maggiore influenza sulle precipitazioni è la quota z della stazione.

5.2.4. Primo livello di regionalizzazione per le piogge giornaliere

Nella ipotesi che la Calabria possa essere considerata come una unica zona pluviometrica omogenea, si sono ottenute le seguenti stime TCEV-ML:

- $\Lambda^* = 2.154$
- $\Theta^* = 0.418$

5.2.5. Secondo livello di regionalizzazione per le piogge giornaliere

Al secondo livello di regionalizzazione è stato verificato che la Calabria può essere suddivisa in 3 sottozone omogenee (cfr. Figura 5-1), denominate rispettivamente:

- Tirrenica,
- Centrale,
- Ionica,

caratterizzate rispettivamente dai valori di Λ_b e di $\eta = 1/\theta_{b,g}$ riportati nella sottostante tabella:

Sottozona	Tirrenica	Centrale	Ionica
Λ_b	48.914	22.878	10.987
η	5.173	4.414	3.681

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata all'interno della sottozona pluviometrica omogenea, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T_r e valore del coefficiente di crescita K_T :

$$T_r(K_T) = \frac{1}{1 - \exp \left[-\Lambda_b \exp(-\eta K_T) - \Lambda^* \Lambda_b^{1/\Theta^*} \exp \left(-\frac{\eta K_T}{\Theta^*} \right) \right]}$$

Equazione 5

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della Equazione 5 per cui, fissato un valore T_r del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T . Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano nella tabella seguente, i valori di K_T ottenuti numericamente dalla Equazione 5 per alcuni valori del periodo di ritorno:

$T_r(K_T)$	K_T										
	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
Tirrenica	0.92	1.22	1.45	1.69	1.78	1.95	2.04	2.32	2.6	2.98	3.27
Centrale	0.91	1.26	1.53	1.81	1.91	2.12	2.22	2.54	2.87	3.32	3.65
Ionica	0.89	1.31	1.63	1.97	2.09	2.34	2.46	2.85	3.25	3.78	4.18

5.2.6. Terzo livello di regionalizzazione per le piogge giornaliere

Nella procedura VAPI standard, al terzo livello di regionalizzazione si ipotizza generalmente che in ciascuna sottozona omogenea sussista una relazione esponenziale tra l'altezza media giornaliera e la quota z della stazione:

$$\mu_{h_g} = \exp(cz + d)$$

Equazione 6

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201



Figura 5-1 Sottozone VAPI della regionalizzazione di II livello

I parametri c e d sono calcolati per regressione sui valori di μ_{h_g} determinati in tutte le stazioni della sottozona. Per le relazioni CDF (altezza-durata-frequenza) è adottata una relazione monomia a due parametri:

$$h_{\Delta}|_{T_r} = a|_{T_r} \Delta^n$$

Equazione 7

Il valor medio di h_{Δ} si scrive quindi:

$$\mu_{h_{\Delta}} = \mu_{h_1} \Delta^n$$

Ipotesizzando che:

- a) il valore medio della massima altezza di 24 ore, $\mu_{h_{24}}$, sia proporzionale al valor medio del massimo giornaliero, μ_{h_g}

$$\mu_{h_{24}} = r \mu_{h_g}$$

Equazione 8

- b) il valore medio della massima altezza oraria, μ_{h_1} , non dipenda dall'altitudine e sia quindi costante nella sottozona, assunto pari alla media, pesata in base alla numerosità del campione, delle medie di tutte le stazioni appartenenti alla sottozona,

dalle Equazione 6 e Equazione 8 si ricava

$$\mu_{h_{24}} = r \exp(cz + d)$$

Equazione 9

e uguagliando l'Equazione 7, con $\Delta = 24$, alla Equazione 9 e risolvendo per n si ottiene:

$$n = \frac{cz + d + \ln(r) - \ln(\mu_{h_1})}{\ln(24)}$$

Equazione 10

Nel caso della Calabria r è risultato distribuito normalmente con valor medio pari a 0,875 e scarto quadratico medio 0,031. I valori dei parametri necessari alla caratterizzazione delle Equazione 7 e Equazione 9 sono riportati, per ogni Area Pluviometricamente Omogenea (APO) riportata nella Figura 5-2, nella seguente tabella:

Area Pluviometrica Omogenea	μ_{h_1}	c	d
T1 (Pollino)	27,79	0.00014	1,907
T2 (Sila grande e sottozona tirrenica)	23,75	0.00021	1,683
T3 (Alto e medio Tirreno)	26,61	0.00022	1,769
T4 (Stretto)	26,73	0.00028	1,736
C1 (Basso Crati)	21,73	0,00049	1,690
C2 (Sila grande e sottozona centrale)	23,75	0,00021	1,683
C3 (Sila greca)	31,02	0,00016	1,951
C4 (Sila piccola)	33,22	0,00032	1,840
C5 (Serre orientali)	34,99	0,00036	1,815
I1 (Alto Ionio)	24,37	0,00026	1,778
I2 (Marchesato)	30,97	0,00025	1,922
I3 (Medio e basso Ionio)	39,58	0,00043	1,953
I4 (Aspromonte meridionale)	34,13	0,00027	1,817

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

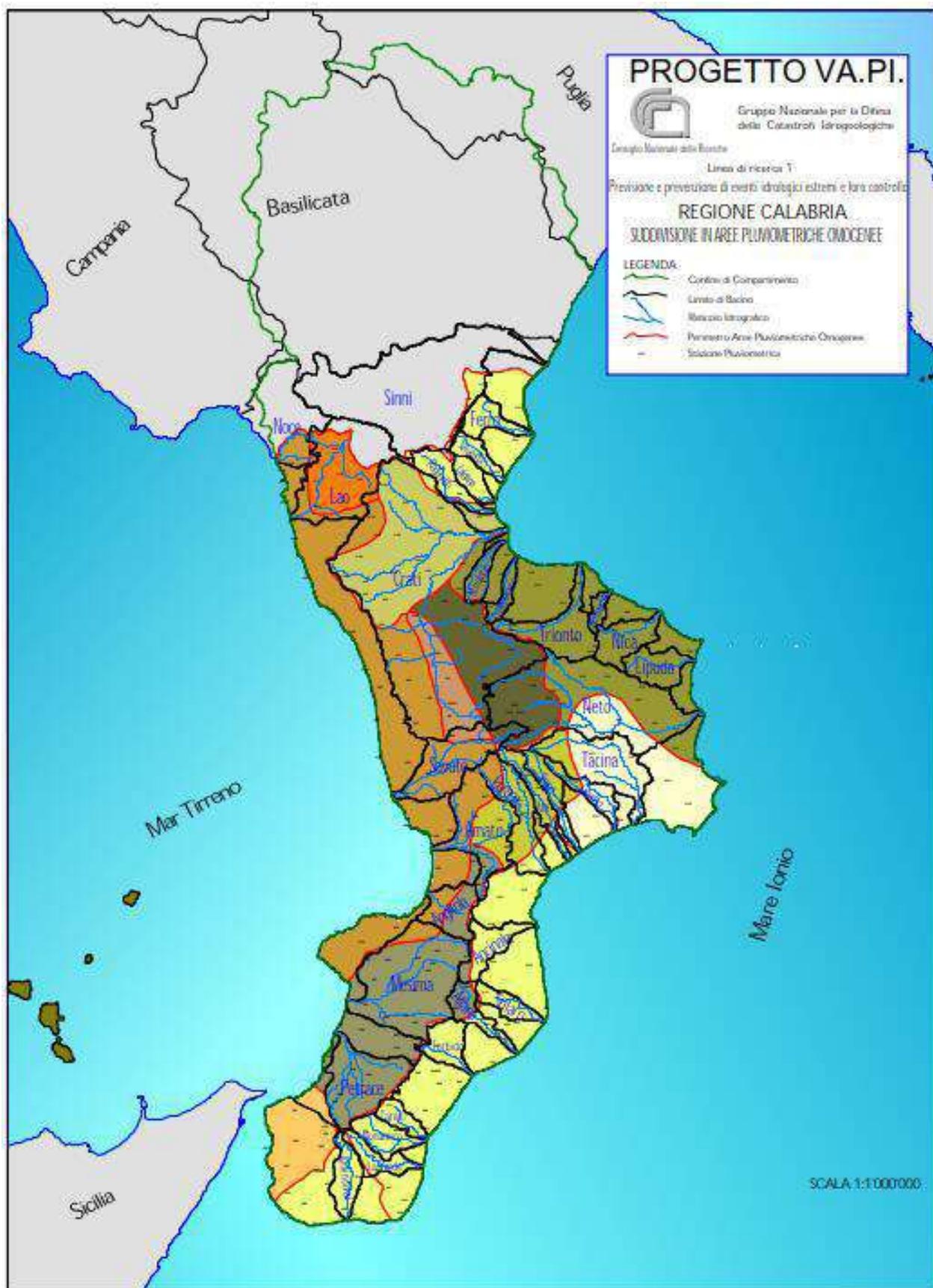


Figura 5-2 Sottozone VAPI della regionalizzazione di III livello

5.2.7. Risultati della regionalizzazione

L'applicazione della procedura VAPI [Versace P., Ferrari E., Fiorentino M., Gabriele S., Rossi F., 1989] descritta precedentemente al territorio oggetto di approfondimento parte dall'individuazione della sottozona omogenea di II livello in cui ricade il territorio d'interesse. L'ubicazione dei bacini d'interesse ricade al confine tra la sottozona omogenea Centrale e quella Ionica (cfr. Figura 5-3) e, caso singolare, all'intersezione tra le sottozone omogenee di III livello C2 (Sila grande e sottozona centrale), C3 (Sila greca), C4 (Sila piccola) e I2 (Marchesato) (cfr. Figura 5-4). Oltre la vicinanza geografica dei limiti delle aree omogenee al perimetro d'intervento, anche i bacini idrografici interferenti con l'impronta dell'opera in progetto sono effettivamente ricompresi nelle tre sottozone di III livello ricadenti nella sottozona omogenea Centrale (cfr. Figura 5-5).

In funzione dell'altezza media del bacino idrografico, risultata pari a 1387m s.l.m.m., e dei parametri caratteristici delle sottozone, sono state calcolate le curve di altezza-frequenza-durata per differenti tempi di ritorno per ciascuna sottozona di riferimento. I risultati così ottenuti, riportati nella Tabella 5-1, indicano la precipitazione giornaliera estrema, mediata su tutto bacino oggetto di studio. I risultati ottenuti esibiscono una rilevantissima variabilità dell'altezza di precipitazione, a parità di durata considerata, asseconda dell'area pluviometricamente omogenea considerata (cfr. Figura 5-6 e Figura 5-7). In ragione dell'esiguità dell'estensione dei bacini interferenti con l'area di progetto si è qui ritenuto ragionevole considerare i valori medi delle curve di possibilità pluviometrica ottenute per le quattro aree contigue. Nella Tabella 5-2 si mostrano i risultati ottenuti mediando i valori riportati nella Tabella 5-1 e quelli ottenuti mediando i coefficienti di regionalizzazione descritti nei precedenti paragrafi, con gli associati errori relativi. I risultati sono pressoché coincidenti (con errore relativo compreso tra $\pm 3\%$) e, per questo motivo, nelle successive analisi svolte con il software EBA4Sub ver. 3, si sono utilizzati i seguenti coefficienti: $\mu_{h_1} = 29,74$, $n = 0,466$. Le curve di possibilità pluviometrica adottate per il bacino idrografico oggetto di approfondimento sono risultate essere quelle rappresentate in Figura 5-8.

5.3. Tempo di concentrazione dei deflussi nelle sezioni di chiusura

Nei bacini rurali, in cui sono note solo le caratteristiche generali del bacino, il tempo di concentrazione è ricavato per mezzo di formule globali. In Italia, Giandotti (1933) ha messo a punto la seguente formula, valida per bacini di area superiore ai 10 km², che fornisce il risultato in ore:

$$T_c|_G = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{z_m}}$$

in cui

L è la lunghezza dell'asta principale [km],

A area del bacino [km²],

z_m altitudine media del bacino rispetto alla sezione di chiusura [m].

Nel caso oggetto di studio, sono quattro i bacini idrografici che sussistono a monte del perimetro dell'opera in progetto (cfr.). I parametri topografici delle quattro aree ed il risultante tempo di corrvazione di Ginadotti sono riportati nella Tabella 5-3.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

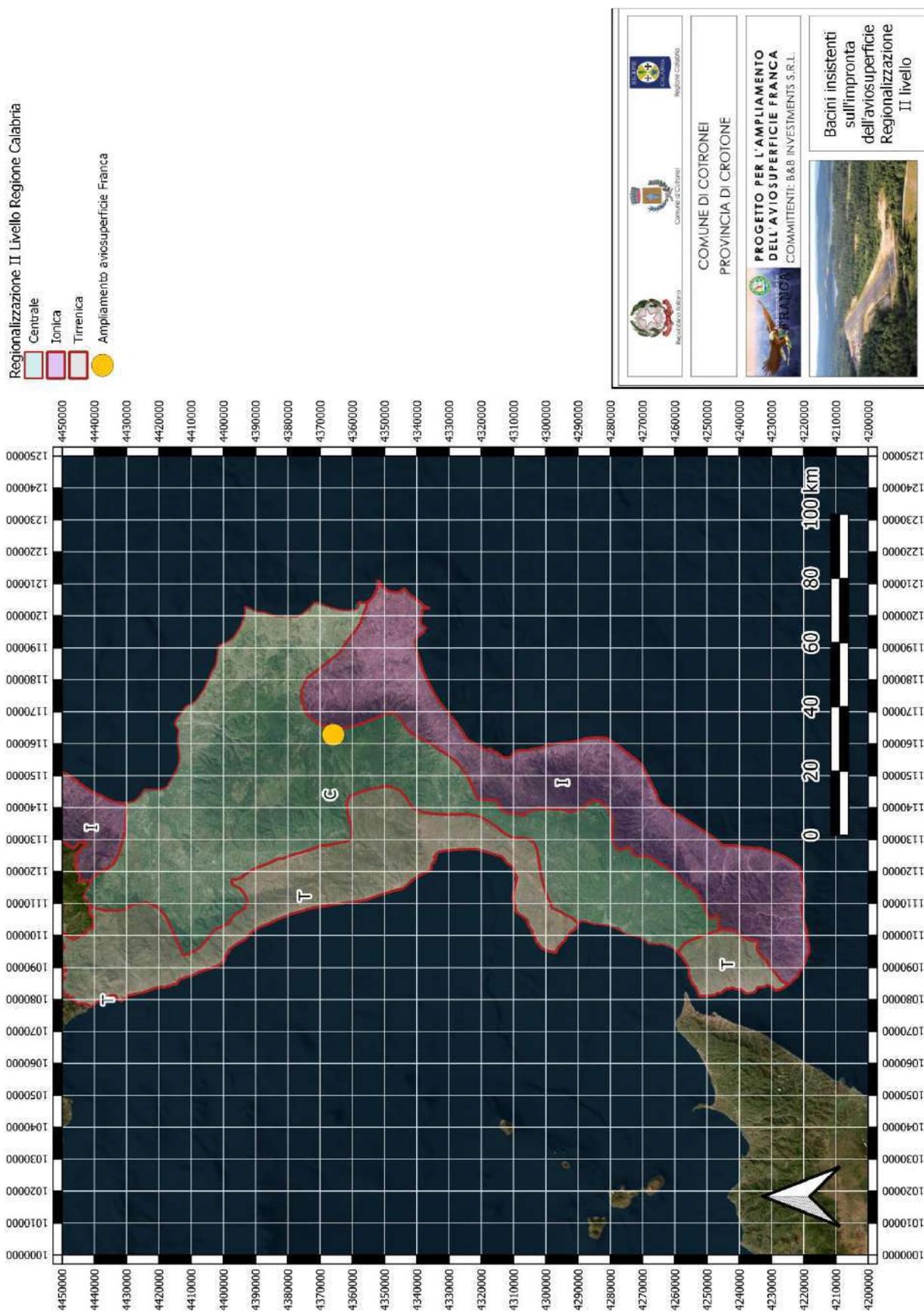


Figura 5-3 Sottozone VAPI della regionalizzazione di II livello e ubicazione dell'area d'intervento

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
 Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

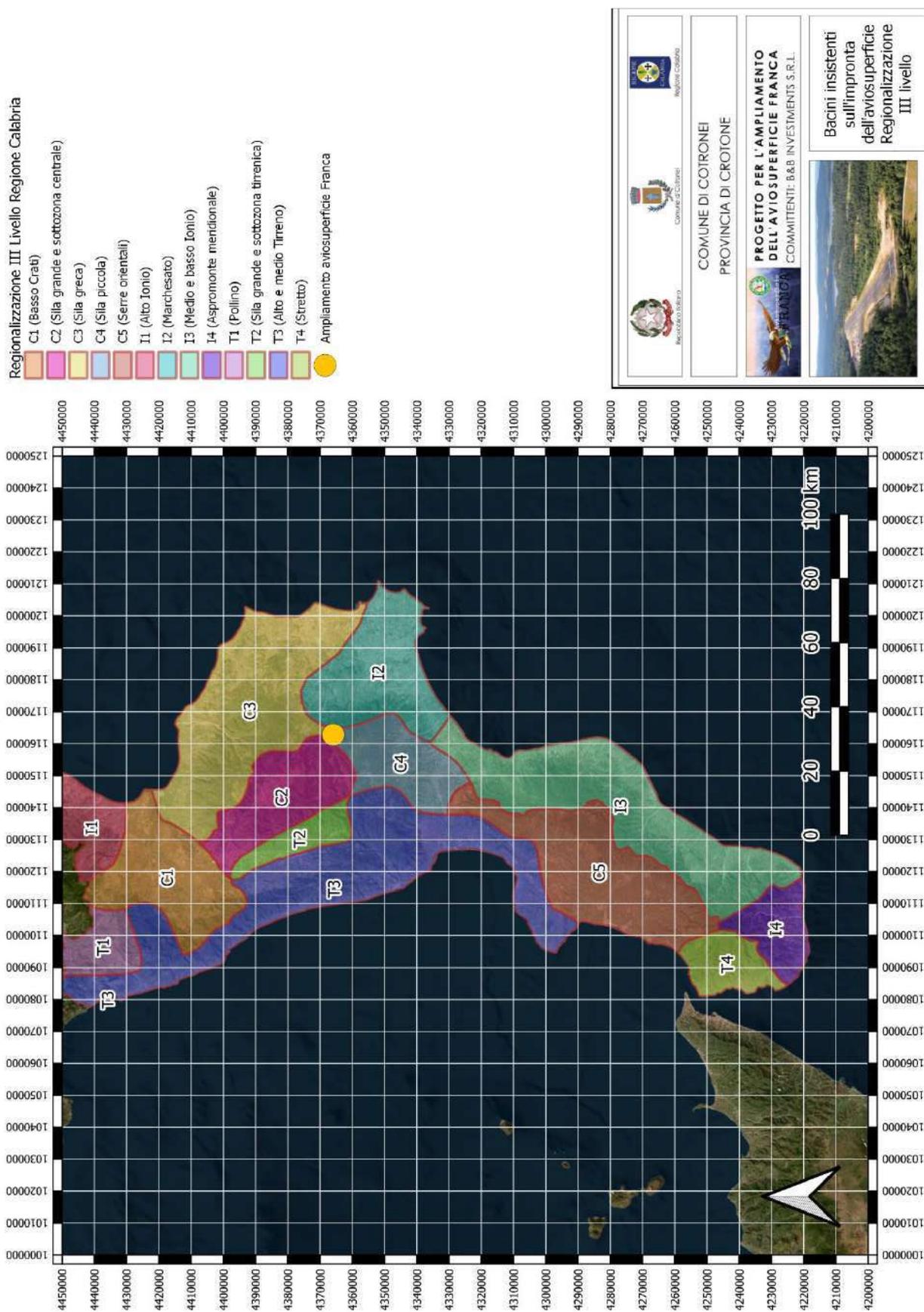


Figura 5-4 Sottozone VAPI della regionalizzazione di III livello e ubicazione dell'area d'intervento

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

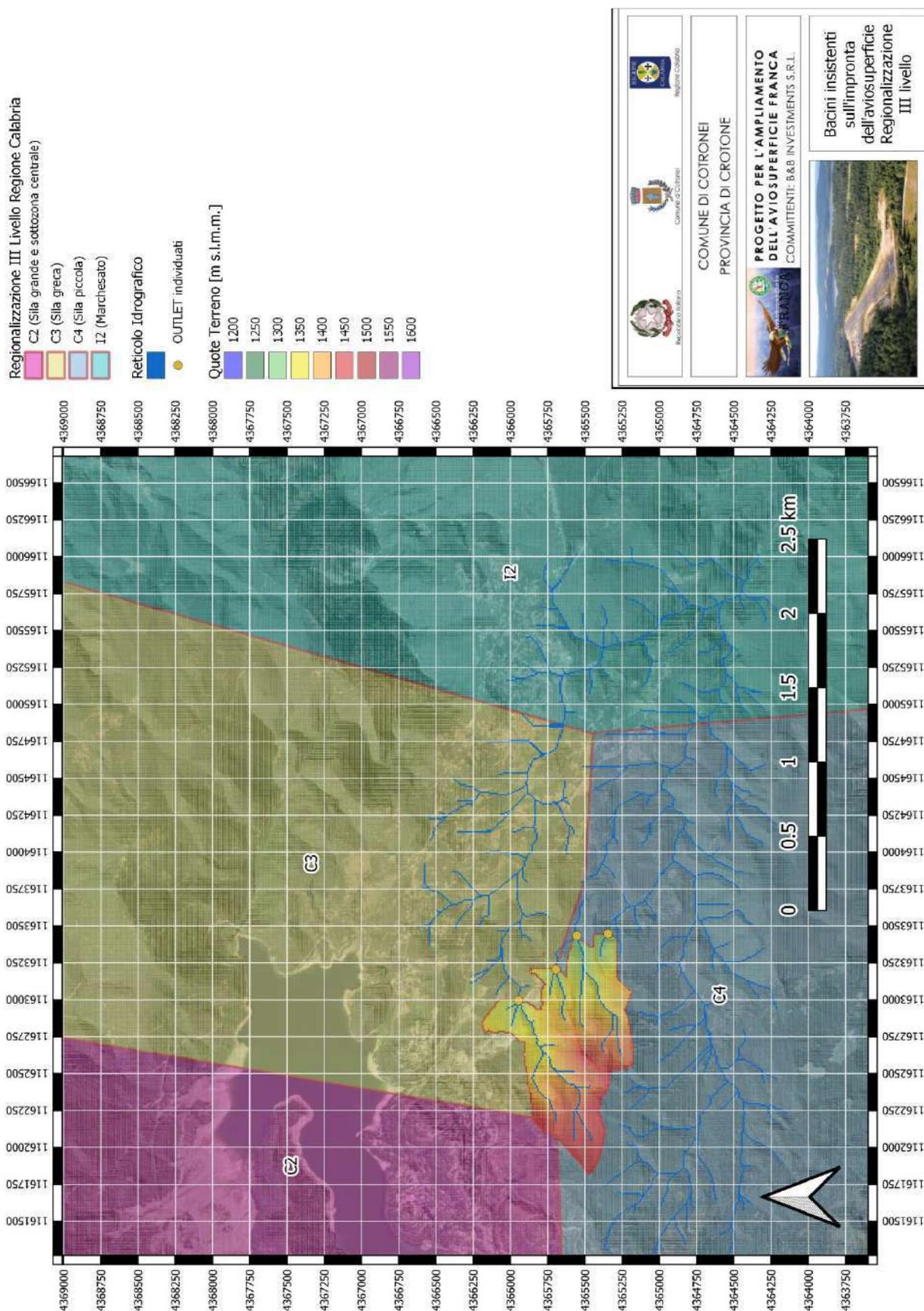


Figura 5-5 Sottozone VAPI della regionalizzazione di III livello e bacini idrografici interferenti con dell'area d'intervento

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

C2 (Sila grande e sottozona centrale)							
Δ Tr	5	10	20	50	100	200	500
1	29.9	36.3	43.0	52.7	60.3	68.2	78.9
3	46.0	55.9	66.1	81.1	92.8	104.8	121.3
6	60.4	73.3	86.7	106.4	121.7	137.5	159.1
9	70.8	85.9	101.7	124.7	142.7	161.2	186.5
12	79.2	96.2	113.8	139.6	159.7	180.4	208.7
18	92.8	112.7	133.4	163.6	187.2	211.5	244.6
24	103.9	126.2	149.3	183.1	209.5	236.7	273.8

C3 (Sila greca)							
Δ Tr	5	10	20	50	100	200	500
1	39.1	47.5	56.1	68.9	78.8	89.0	103.0
3	64.2	77.9	92.2	113.1	129.4	146.2	169.1
6	87.8	106.6	126.1	154.7	177.0	200.0	231.3
9	105.4	128.0	151.4	185.8	212.5	240.1	277.8
12	120.1	145.8	172.5	211.5	242.0	273.5	316.3
18	144.2	175.1	207.1	254.0	290.6	328.4	379.9
24	164.2	199.4	235.9	289.3	331.0	374.0	432.6

C4 (Sila piccola)							
Δ Tr	5	10	20	50	100	200	500
1	41.9	50.8	60.1	73.7	84.4	95.3	110.3
3	73.3	89.0	105.3	129.2	147.8	167.0	193.2
6	104.5	126.8	150.1	184.1	210.6	237.9	275.3
9	128.5	156.0	184.6	226.4	259.0	292.7	338.5
12	148.8	180.7	213.8	262.2	300.0	339.0	392.1
18	183.0	222.2	262.9	322.5	369.0	416.9	482.3
24	212.0	257.4	304.5	373.5	427.3	482.8	558.5

I2 (Marchesato)							
Δ Tr	5	10	20	50	100	200	500
1	40.6	50.5	61.0	76.2	88.3	100.7	117.1
3	72.0	89.5	108.2	135.1	156.5	178.5	207.6
6	103.3	128.5	155.3	194.0	224.7	256.3	298.0
9	127.6	158.8	191.9	239.6	277.6	316.6	368.2
12	148.3	184.5	223.0	278.4	322.6	367.9	427.9
18	183.2	227.9	275.5	344.0	398.6	454.5	528.6
24	212.9	264.8	320.1	399.7	463.1	528.1	614.2

Tabella 5-1. Valori di altezza [mm] per assegnati tempi di ritorno [anni] e durate [hh] per le differenti sottozone di terzo livello interferenti con o immediatamente prossime al bacino idrografico studiato.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

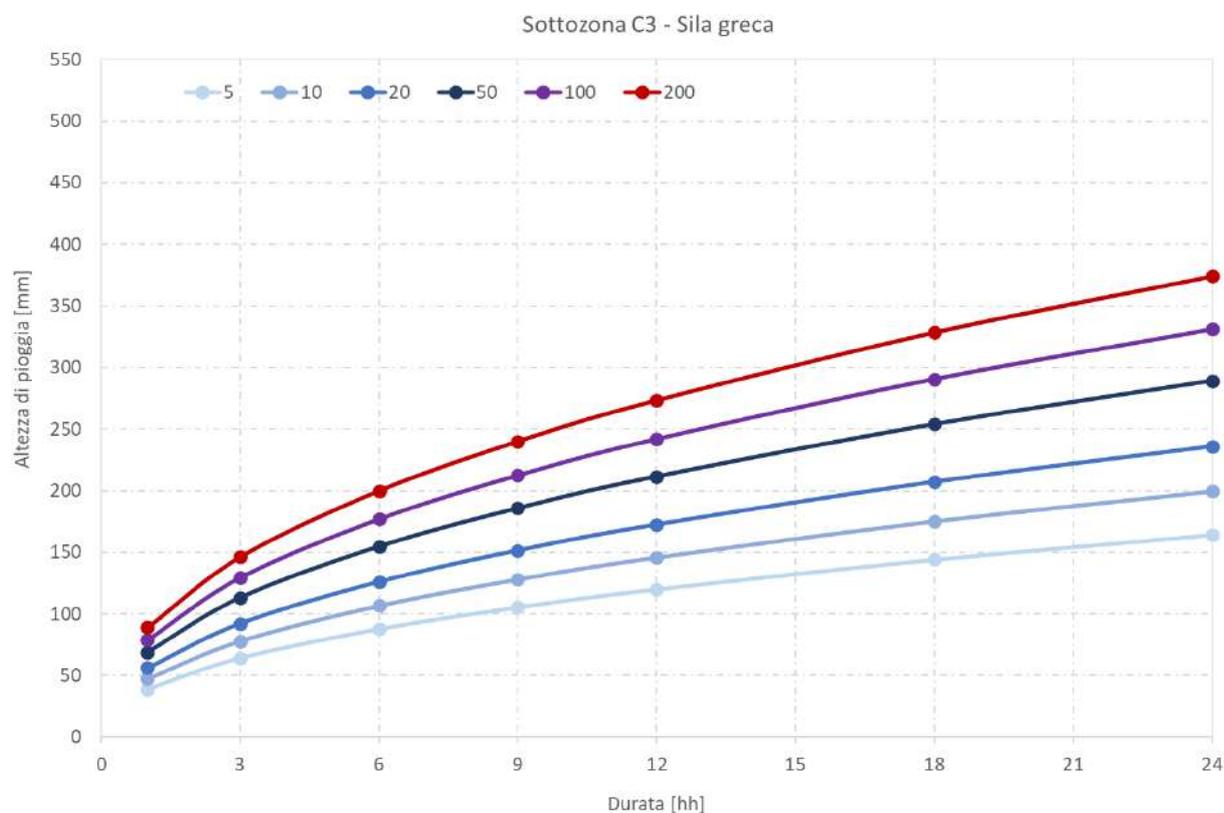
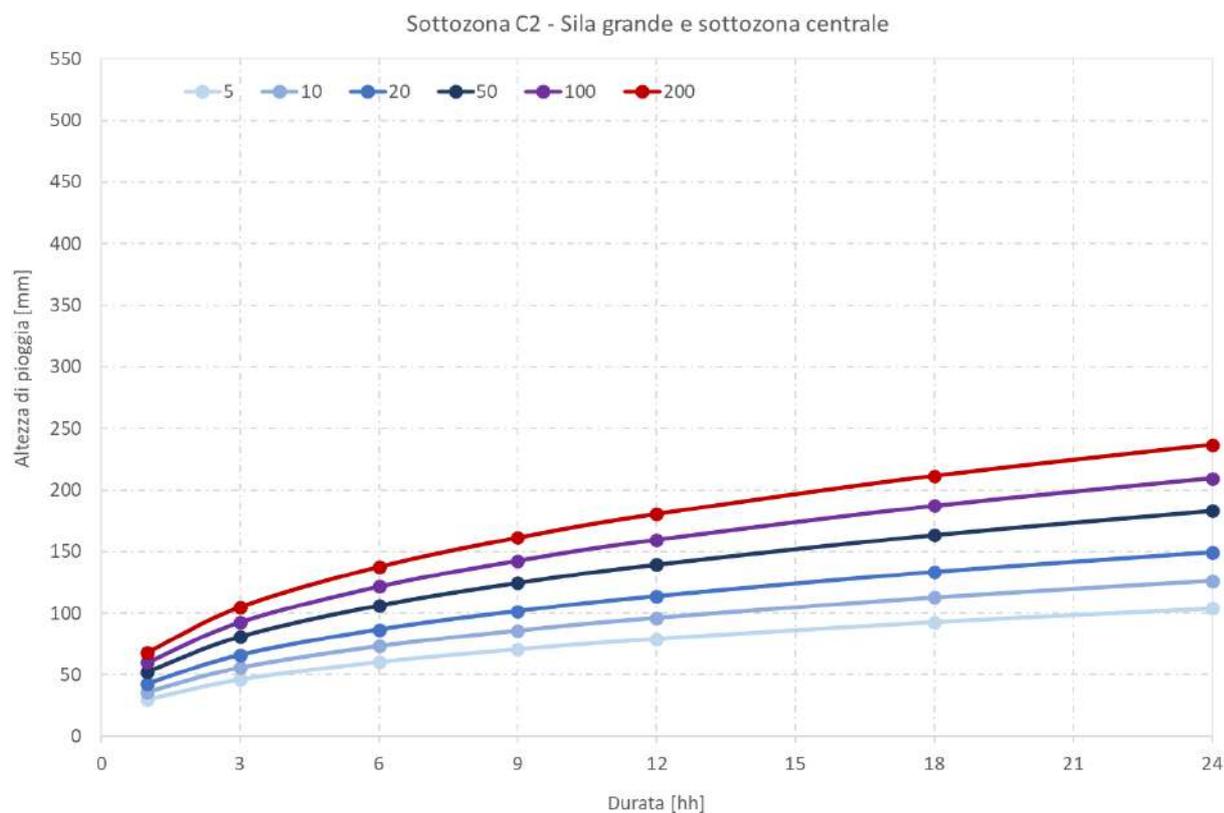


Figura 5-6 Curve di possibilità pluviometrica per le sottozone omogenee di III livello C2 (Sila grande e sottozona centrale) e C3 (Sila greca) sul bacino idrografico oggetto di studio, per i tempi di ritorno di 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

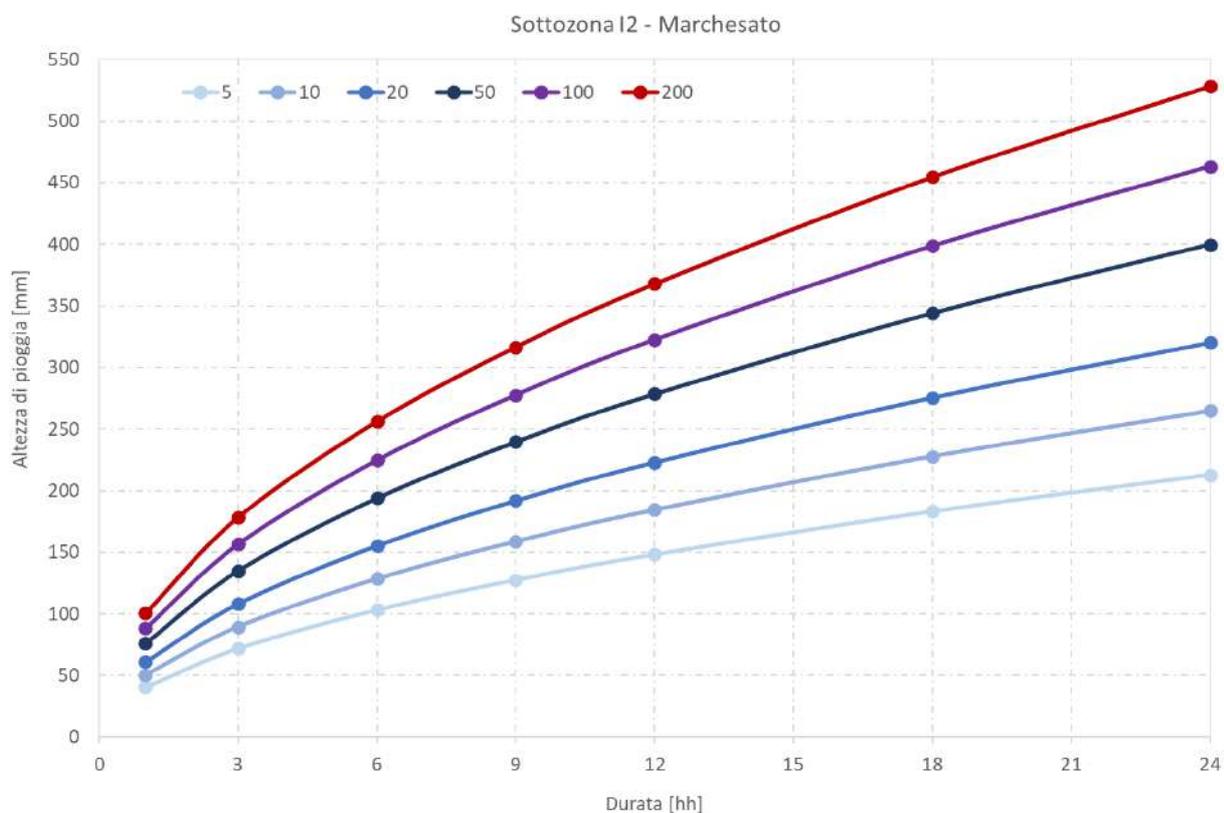
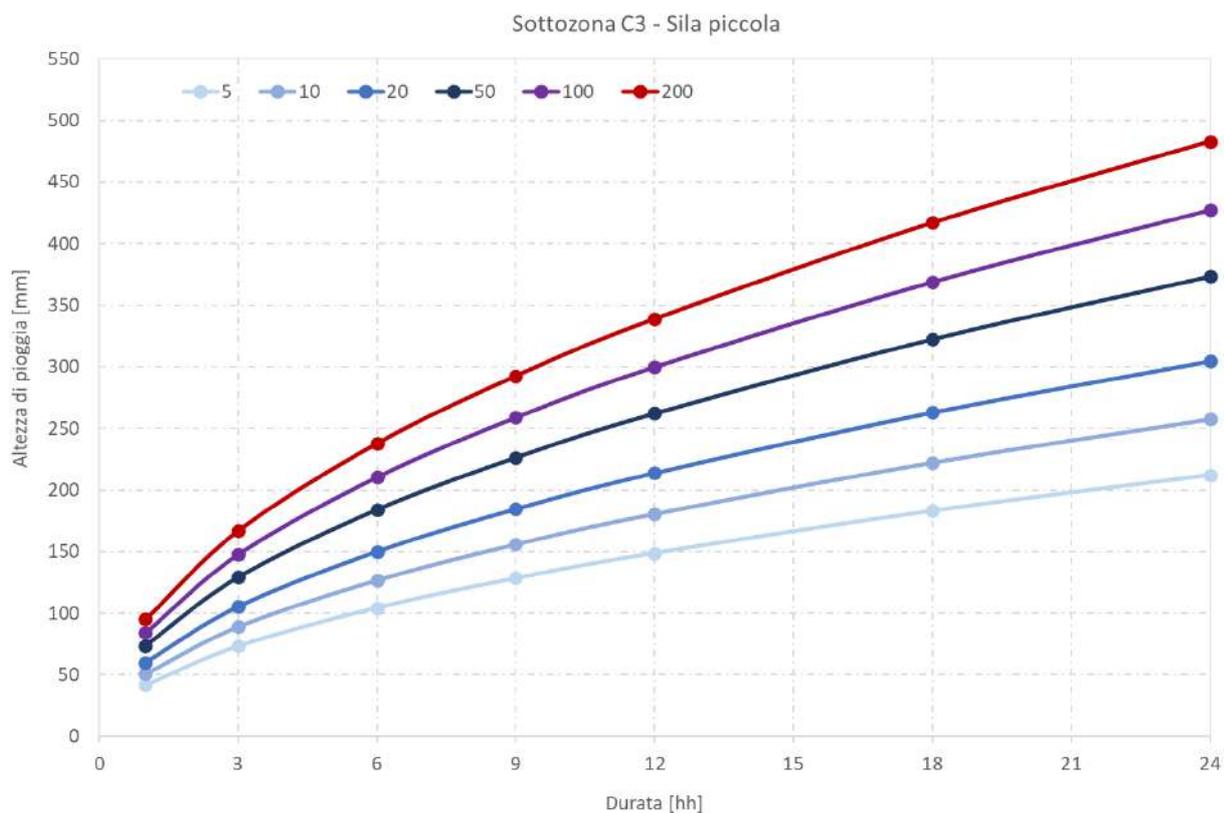


Figura 5-7 Curve di possibilità pluviometrica per le sottozone omogenee di III livello C4 (Sila piccola) e I2 (Marchesato) sul bacino idrografico oggetto di studio, per i tempi di ritorno di 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

Media dei coefficienti							
Δ Tr	5	10	20	50	100	200	500
1	38.2	47.0	56.2	69.6	80.1	91.0	105.6
3	63.8	78.4	93.8	116.2	133.8	151.9	176.2
6	88.1	108.4	129.6	160.5	184.8	209.9	243.5
9	106.5	130.9	156.6	193.9	223.3	253.6	294.2
12	121.8	149.7	179.1	221.7	255.4	290.0	336.4
18	147.1	180.9	216.4	267.9	308.5	350.3	406.4
24	168.2	206.9	247.4	306.3	352.8	400.6	464.8

Media dei valori							
Δ Tr	5	10	20	50	100	200	500
1	37.9	46.3	55.1	67.9	77.9	88.3	102.3
3	63.9	78.1	93.0	114.6	131.6	149.1	172.8
6	89.0	108.8	129.6	159.8	183.5	207.9	240.9
9	108.1	132.2	157.4	194.1	223.0	252.7	292.8
12	124.1	151.8	180.7	222.9	256.1	290.2	336.2
18	150.8	184.5	219.7	271.0	311.3	352.8	408.9
24	173.2	211.9	252.4	311.4	357.7	405.4	469.8

Errore relativo							
Δ Tr	5	10	20	50	100	200	500
1	1%	2%	2%	2%	3%	3%	3%
3	0%	0%	1%	1%	2%	2%	2%
6	-1%	0%	0%	0%	1%	1%	1%
9	-2%	-1%	-1%	0%	0%	0%	0%
12	-2%	-1%	-1%	-1%	0%	0%	0%
18	-3%	-2%	-2%	-1%	-1%	-1%	-1%
24	-3%	-2%	-2%	-2%	-1%	-1%	-1%

Tabella 5-2 Valori dei coefficienti delle curve intensità-frequenze-durate a due parametri mediate sull'area oggetto di studio.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

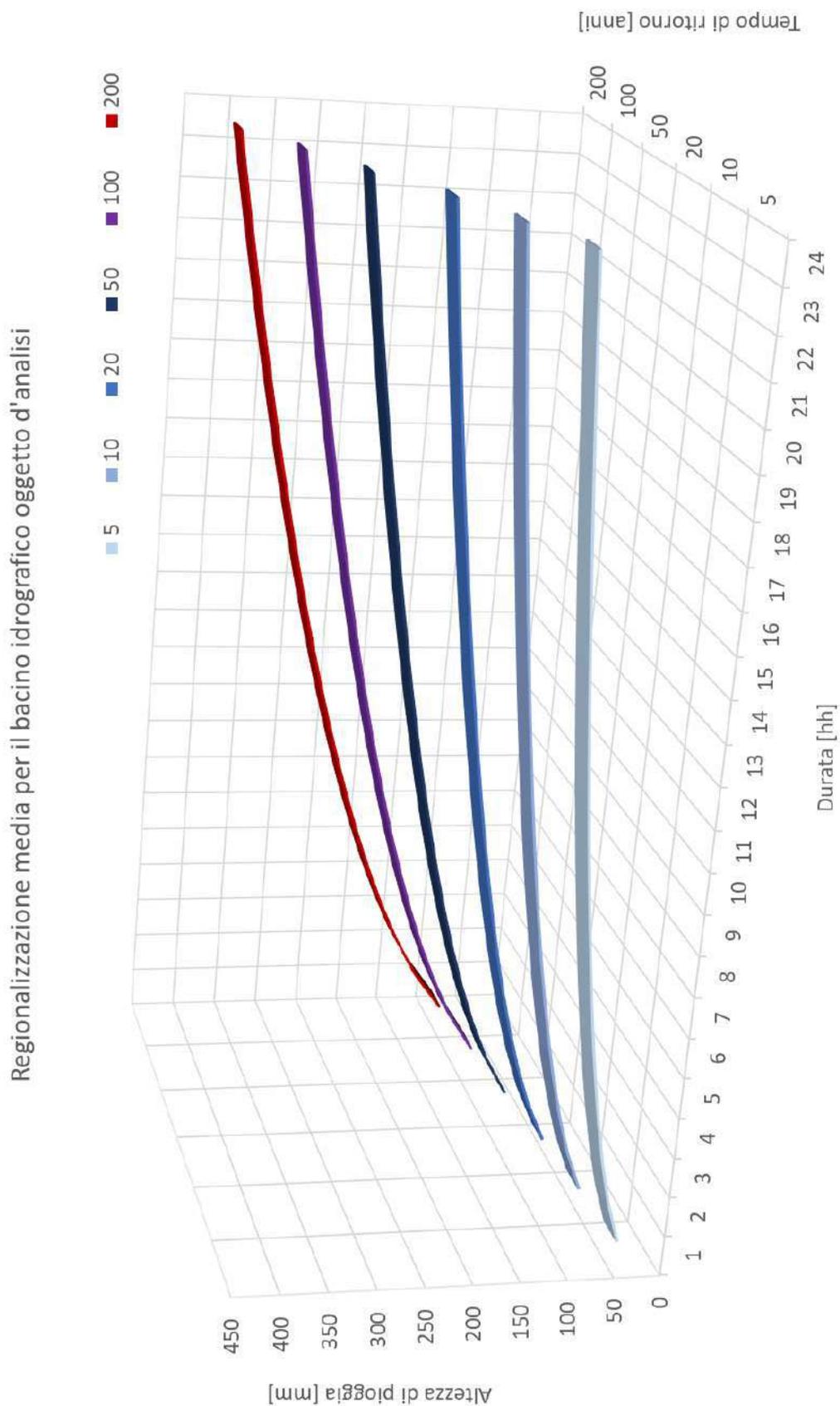


Figura 5-8 Curve di possibilità pluviometrica per il bacino idrografico oggetto di studio, per i tempi di ritorno di 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni.

Bacino	1	2	3	4
L [km]	1,2	0,4	0,9	0,2
A [km ²]	0,44	0,08	0,26	0,04
z_m [m]	79,5	35,5	82,6	38,5
Giandotti – T_c [hh]	0h 37m	0h 20m	0h 29m	0h 13m

Tabella 5-3. Valori delle grandezze geografiche ed il corrispondente tempo di corrivazione secondo Giandotti.

5.4. Variabilità areale delle piogge

Per effetto dell'elevata variabilità spaziale del fenomeno precipitazione, il volume che affluisce su una determinata area risulta minore di quello che si otterrebbe distribuendo uniformemente sulla stessa area l'altezza di pioggia caduta nel centro dello scroscio. Ciò implica la necessità di ragguagliare all'area di interesse il valore dell'altezza di pioggia calcolato nel centro dello scroscio, per un assegnato tempo di ritorno. Di fatto occorre tenere in considerazione che all'aumentare dell'area del bacino aumenta la probabilità di non contemporaneità dell'evento precipitazione sulla sua superficie. Ed è ovviamente da attendersi che per bacini di estensione limitata, l'evento pluviometrico puntuale interessi con uguale e contemporanea intensità l'intera superficie del bacino.

Di questo aspetto si tiene conto introducendo un fattore di riduzione (fattore di riduzione areale), con cui viene scalata rispetto all'area del bacino in esame la precipitazione stimata a scala locale. Il fattore di riduzione areale è direttamente dipendente dall'area A del bacino. Per il calcolo del fattore di riduzione areale si è presa in considerazione la seguente relazione (Versace P., Ferrari E., Fiorentino M., Gabriele S., Rossi F., 1989 - 1989) valida per le piogge giornaliere:

$$ARF = \frac{P_A}{P_p} = 0,732 + 0,268 \exp(-0,0018A)$$

Equazione 11

5.5. Ietogrammi sintetici

Nota la legge che governa la variazione dell'altezza di pioggia cumulata (o dell'intensità media) per un evento di determinata durata, ovvero le curve di durata-frequenza (CDF), occorre descrivere l'andamento nel tempo dell'altezza di pioggia caduta al suolo, per tutta la durata dell'evento di progetto (ietogramma lordo).

In altri termini, si deve definire la distribuzione nel tempo delle quantità di pioggia precipitate al suolo. A priori non è ovviamente nota la forma dello ietogramma lordo e, generalmente, essa è fortemente variabile, nonché discontinua. Generalmente, quindi, si ricorre all'uso di forme analitiche presentate in letteratura tecnica. Nel caso oggetto della presente relazione, si è fatto riferimento a tre diverse tipologie di idrogrammi sintetici:

- lo ietogramma rettangolare;
- lo ietogramma triangolare;
- lo ietogramma Chicago.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

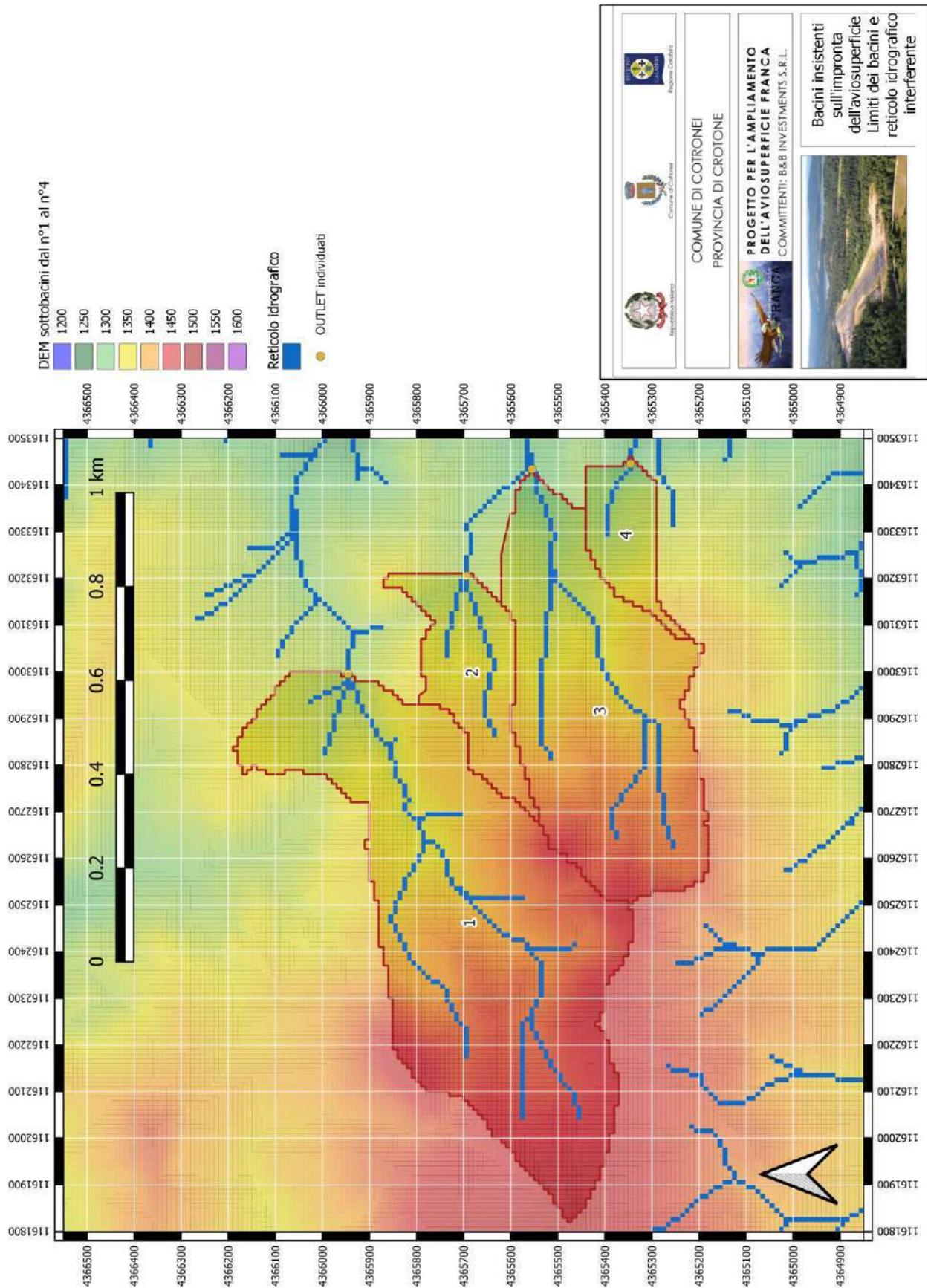


Figura 5-9 Delimitazione dei bacini idrografici interferenti con il tracciato dell'opera ed andamento delle quote del terreno.

Gli ietogrammi lordi sono stati calcolati con il software EBA4SUB ver 3.0, sviluppato in collaborazione con l'Università Di Viterbo "La Tuscia" (Piscopia et Al. 2015), che adopera una discretizzazione principale dei passi temporali di un'ora, ed un secondo passo temporale sub-orario definibile dall'utente (in questo caso fissato pari a 5 minuti).

Lo ietogramma rettangolare o costante è dedotto dalle CDF con l'ipotesi che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia costante per tutta la sua durata. La quantità di pioggia precipitata al suolo in ogni intervallo si ottiene quindi dividendo l'altezza totale, prevista dalla CDF per l'assegnata durata della pioggia, per il numero di intervalli temporali considerati.

Lo ietogramma triangolare, o linearmente crescente e decrescente, è dedotto dalle CDF con l'ipotesi che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia linearmente crescente da zero fino al massimo, raggiunto per un tempo pari ad una frazione della durata dell'evento (qui fissata pari a 8/10), per poi decrescere nuovamente linearmente fino a zero. La quantità di pioggia precipitata al suolo in ogni intervallo si ottiene quindi integrando l'intensità per l'intervallo temporale considerato.

Infine, lo ietogramma Chicago si costruisce, con la tecnica a blocchi alternati, considerando per ciascun sotto intervallo temporale l'altezza critica fornita dalla CDF per la durata coincidente con il sotto-intervallo considerato e distribuendo la precipitazione in funzione di quanto già ottenuto per gli intervalli di durata inferiore.

Lo ietogramma di tipo Chicago, generalmente, rappresenta meglio le caratteristiche degli eventi di pioggia reali, in quanto presenta un picco di intensità simile a quello che si osserva nella maggior parte degli eventi intensi di pioggia ed inoltre rappresenta anche l'andamento nel tempo delle piogge antecedenti e seguenti l'istante del picco.

Lo ietogramma Chicago è poco sensibile alla variazione della durata totale dell'evento meteorico. Infatti, il picco dello ietogramma rimane la stessa per durate progressivamente maggiori, aggiungendosi solo due "code" all'inizio ed alla fine dell'evento. Pur essendo dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica, risente solo in minima parte, se la durata complessiva è sufficientemente lunga, della sottostima dei volumi insita nel procedimento di definizione delle curve stesse. Inoltre contiene in sé, proprio per il modo in cui è costruito, le piogge critiche per tutte le durate parziali.

Infatti, come già detto, la principale caratteristica di questo tipo di ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione del suddetto ietogramma è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Inoltre, un'ulteriore caratteristica di questo ietogramma è quella di poter posizionare il picco di intensità all'inizio, alla fine o in posizione intermedia nel periodo di durata dell'evento.

Si ritiene che lo ietogramma Chicago, rispetto ad altri tipi di ietogramma, sia più aderente alla realtà degli eventi meteorici intensi i quali non sono mai caratterizzati da un andamento temporale costante delle precipitazioni; inoltre si verifica che i picchi d'intensità sono i maggiori responsabili dei colmi di piena specialmente nei bacini di piccole dimensioni. S'ipotizza nel caso della distribuzione temporale dello ietogramma Chicago che l'intensità di precipitazione cresca in maniera continua fino a raggiungere un picco massimo (qui fissato pari a 8/10 della durata complessiva dell'evento), oltre il quale tende a decrescere gradualmente. Lo ietogramma assume quindi l'andamento riportato nello schema di Figura 5-10, che si ottiene facilmente noti i parametri a ed n della CDF.

Quindi, per il Chicago, l'idea di base è quella di costruire uno ietogramma che sia interamente consistente con la curva di probabilità pluviometrica. La curva ottenuta per lo ietogramma dovrà quindi avere la proprietà che, per ogni durata Δ , il volume massimo ottenuto sia pari alla relativa ordinata h_{Δ} della curva di probabilità pluviometrica stessa (Keifer and Chu, 1957).

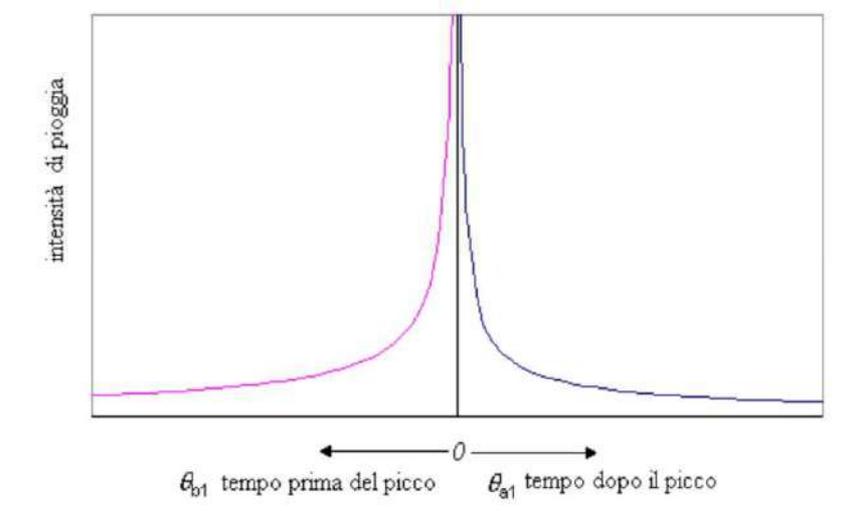


Figura 5-10 Andamento tipico dello ietogramma d'intensità istantanea tipo "Chicago".

Definita la curva di probabilità pluviometrica nella forma monomia $h_{\Delta} = a\Delta^n$, si deve tener conto che l'intensità media di pioggia risulta pari a

$$\bar{i}_{\Delta}|_{T_r} = a|_{T_r}\Delta^{n-1}$$

Equazione 12

mentre l'intensità istantanea di precipitazione corrisponde alla derivata dell'altezza di pioggia cumulata h rispetto alla durata:

$$i(t)|_{T_r} = a|_{T_r}nt^{n-1}$$

Equazione 13

La parte crescente della curva ($0 \leq t \leq r\Delta$) è fornita dalla relazione:

$$i(t)|_{T_r} = a|_{T_r}n\left(\Delta - \frac{t}{r}\right)^{n-1}$$

Equazione 14

in cui

$a|_{T_r}$ è il coefficiente di proporzionalità della CDF con tempo di ritorno pari a T_r ;

n è l'esponente della CDF;

Δ è la durata dell'evento meteorico;

r è la posizione del picco, variabile a 0 a 1 (qui assunto pari a 0.4).

La parte decrescente del grafico ($r\Delta \leq t \leq \Delta$) è invece fornita dalla relazione:

$$i(t)|_{T_r} = a|_{T_r}n\left(\frac{t}{r} - \Delta\right)^{n-1}$$

Equazione 15

Come detto, per il calcolo degli ietogrammi ci si è avvalsi del software EBA4SUB v.3, assumendo il picco di precipitazione dopo un tempo pari al 70% della durata, fissata coincidente con il tempo di corruzione.

5.6. Piogge critiche

Il *Rapporto Calabria del VAPI* ha elaborato un modello probabilistico, relativo alle piogge brevi che impiega l'informazione regionale stabilita per i massimi annuali delle piogge giornaliere. Per impiegare l'informazione regionale, si è assunta l'ipotesi che la curva di crescita, stabilita per i massimi delle piogge giornaliere, sia valida anche per rappresentare la distribuzione di probabilità dei coefficienti probabilistici di crescita dei massimi annuali delle piogge di durata inferiore.

Considerate le scale geografiche dei bacini oggetto di studio e l'ordine di grandezza dei relativi tempi di concentrazione stimati (per eccesso) con la formula del Giandotti, la durata critica dell'evento da considerarsi dovrebbe essere sulla scala delle decine di minuti.

Le informazioni pluviometriche a scala sub-oraria tuttavia non hanno una copertura sufficiente per verificare l'attendibilità dell'assunzione fatta in sede di stesura del *Rapporto Calabria*. Inoltre, il metodo di calcolo dell'idrogramma di progetto qui utilizzato (metodo fisicamente basato sulla stima dell'infiltrazione nei suoli) non garantisce che la massima portata al colmo venga ottenuta con un evento di pioggia pari al tempo di concentrazione del bacino. Questo perché il metodo adottato utilizza le informazioni geomorfologiche per determinare la concentrazione lungo i versanti dei ruscellamenti superficiali, calcolati come differenza tra la pioggia precipitata le perdite iniziali (percentuale di imbibimento delle matrici e di adesione alle superfici) e la quota parte infiltrata nei terreni.

Pertanto, per tempi di concentrazione così brevi, in questa sede, si è preferito verificare più durate critiche dell'evento e diverse distribuzioni temporali dello ietogramma lordo, stabilendo a posteriori quale evento si sia dimostrato critico, ossia abbia dato luogo alla massima portata di picco. Nello specifico si è assunto:

- una pioggia uniforme con durata di un'ora;
- una pioggia con distribuzione triangolare con durata giornaliera;
- una pioggia con distribuzione tipo Chicago con durata giornaliera.

Nella Figura 5-11, Figura 5-12 e Figura 5-13 si riportano i grafici degli ietogrammi sintetici ottenuti per gli eventi pluviometrici con tempo di ritorno $T_r = 5, 10, 20, 50, 100, 200$. Si annota che, Nel caso in esame, la riduzione areale espressa dall'Equazione 11 è risultata talmente esigua da non essere applicata (coefficiente di riduzione pari al 99,96%).

5.7. Piogge di durata infra-oraria

Il *Rapporto Calabria del VAPI* ha elaborato un modello probabilistico, relativo alle piogge brevi che impiega l'informazione regionale stabilita per i massimi annuali delle piogge giornaliere, ossia si è assunta l'ipotesi che la curva di crescita, stabilita per i massimi delle piogge giornaliere, sia valida anche per rappresentare la distribuzione di probabilità dei coefficienti probabilistici di crescita dei massimi annuali delle piogge di durata inferiore. Estendere tale assunzione alle piogge di durata inferiore a quella oraria appare un'ipotesi azzardata alla luce delle informazioni presentate dalla letteratura internazionale di settore; è noto infatti che a scala sub oraria il tasso di crescita dell'intensità di pioggia diminuisca al diminuire della durata.

Pertanto, si è dato luogo all'analisi delle registrazioni storiche della nuova rete pluviometrica della ARPACAL per le stazioni più vicine con lo scopo di definire le curve di caso critico su scala infra-giornaliera e infra-oraria. Le stazioni più vicine al sito d'intervento sono risultate la n° 1580 (stazione di Cerenzia) e la n°1724 (stazione di Crotonei) che presentavano serie storiche di durata circa decennale a scala di aggregazione di 5 minuti.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

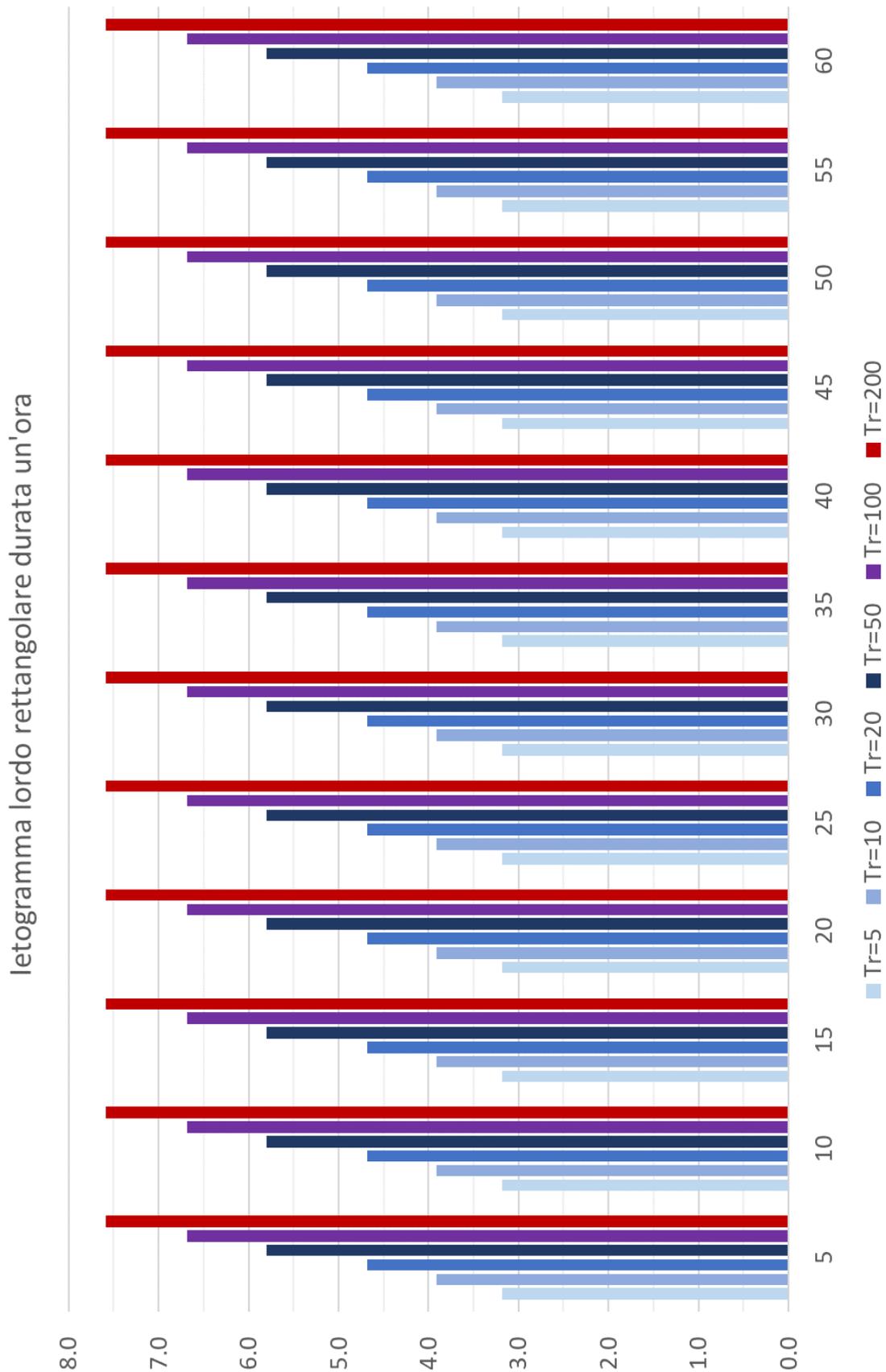


Figura 5-11 Ietogrammi lordi rettangolari di durata pari a un'ora (altezze in mm) al variare del tempo di ritorno.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

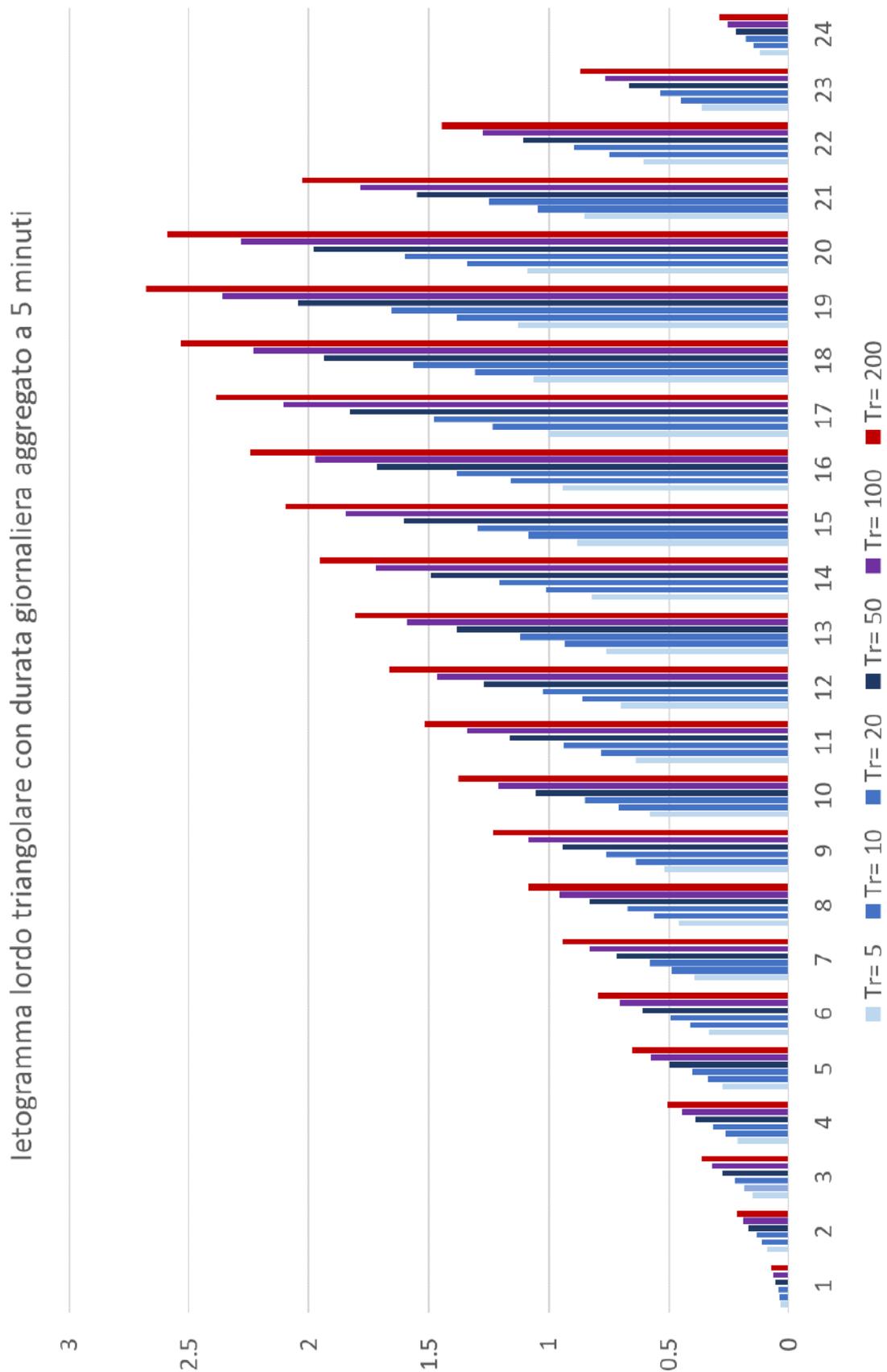


Figura 5-12 Ietogrammi lordi triangolari di durata giornaliera (altezze in mm) al variare del tempo di ritorno.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

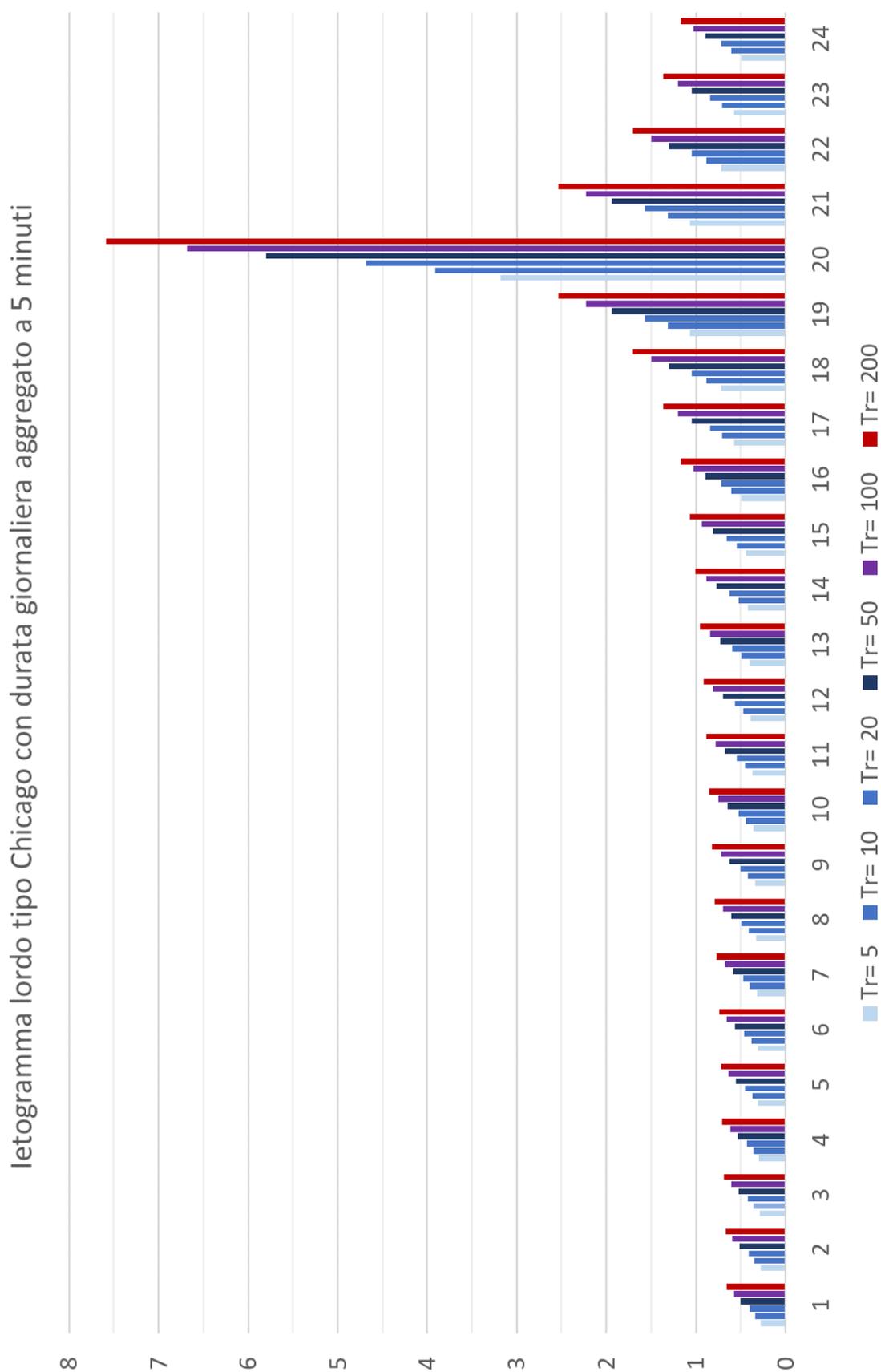


Figura 5-13 Ietogrammi lordi tipo Chicago di durata giornaliera (altezze in mm) al variare del tempo di ritorno.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

L'analisi delle serie storiche ha fornito i risultati sintetizzati in Tabella 5-4 e le prime due curve di caso critico rappresentate nella Figura 5-14 per la stazione di Cerenzia e nella Figura 5-15 per la stazione di Crotoni.

Dunque, per la stazione di Cerenzia, le piogge nei nove anni dal 2000 al 2008 hanno riversato al suolo per il 95% delle volte meno di 2,4 mm in 15 minuti e meno di 1,2 mm in cinque minuti. Similmente, anche per la stazione di Crotoni le piogge nei nove anni dal 2000 al 2008 hanno riversato al suolo per il 95% delle volte meno di 2,6 mm in 15 minuti e meno di 1,2 mm in cinque minuti. I massimi valori registrati delle altezze precipitate al suolo sono stati per la stazione di Cerenzia, 28,6 mm in 15 minuti e 11,6 mm in cinque minuti e, per la stazione di Crotoni, 22,8 mm in 15 minuti e meno di 10,2 mm in cinque minuti.

1580 - Cerenzia						1724 - Crotoni					
Massimi annuali			Quantili delle serie			Massimi annuali			Quantili delle serie		
ΔT_{aggr}	5 min	15 min	ΔT_{aggr}	5 min	15 min	ΔT_{aggr}	5 min	15 min	ΔT_{aggr}	5 min	15 min
Y	H	H	Q	H	H	Y	H	H	Q	H	H
[-]	[mm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
1999	6.2	14.4	0	0.2	0.2	1999	0.0	0.0	0	0.1	0.1
2000	10.2	18.6	5	0.2	0.2	2000	0.0	0.0	5	0.2	0.2
2001	7.4	13.8	10	0.2	0.2	2001	6.6	11.4	10	0.2	0.2
2002	11.6	28.6	20	0.2	0.2	2002	7.0	12.2	20	0.2	0.2
2003	9.8	19.8	50	0.2	0.4	2003	10.2	21.2	50	0.2	0.4
2004	3.4	6.0	80	0.4	1	2004	7.2	17.4	80	0.4	1.0
2005	9.2	22.8	90	0.8	1.6	2005	8.4	12.6	90	0.8	1.8
2006	9.4	16.8	95	1.2	2.4	2006	6.4	11.0	95	1.2	2.6
2007	0.4	0.6	100	11.6	28.6	2007	0.0	0.0	100	10.2	22.8
2008	0.0	0.0	max	11.6	28.6	2008	0.0	0.0	max	10.2	22.8
2009	0.0	0.0	media	2.7	6.3	2009	0.0	0.0	media	2.4	5.8
2010	0.0	0.0				2010	0.0	0.0			
2011	0.0	0.0				2011	0.0	0.0			
2012	0.0	0.0				2012	0.0	0.0			
2013	9.8	21.0				2013	8.8	21.8			
2014	11.0	17.0				2014	9.2	20.2			
2015	5.8	10.8				2015	10.0	19.0			
2016	7.8	14.0				2016	7.8	19.2			
2017	6.2	8.4				2017	5.4	9.4			
2018	10.4	20.4				2018	10.2	22.8			
2019	9.0	16.6				2019	7.8	14.6			
2020	7.0	12.8				2020	7.0	16.8			
2021	10.2	27.6				2021	7.2	14.8			
2022	5.2	11.6				2022	9.4	15.8			
max	11.6	28.6				max	10.2	22.8			
media	8.3	16.7				media	8.0	16.3			

Tabella 5-4. Altezze di precipitazione ricavate dall'analisi delle serie storiche osservate alle stazioni n°1580 e n°1724. Quantili per assegnate frequenze di non superamento per le serie aggregate a 5 minuti e a 15 minuti e massimi annuali per la serie aggregata a 15 minuti, per cui si fornisce anche l'equivalente intensità di precipitazione oraria.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

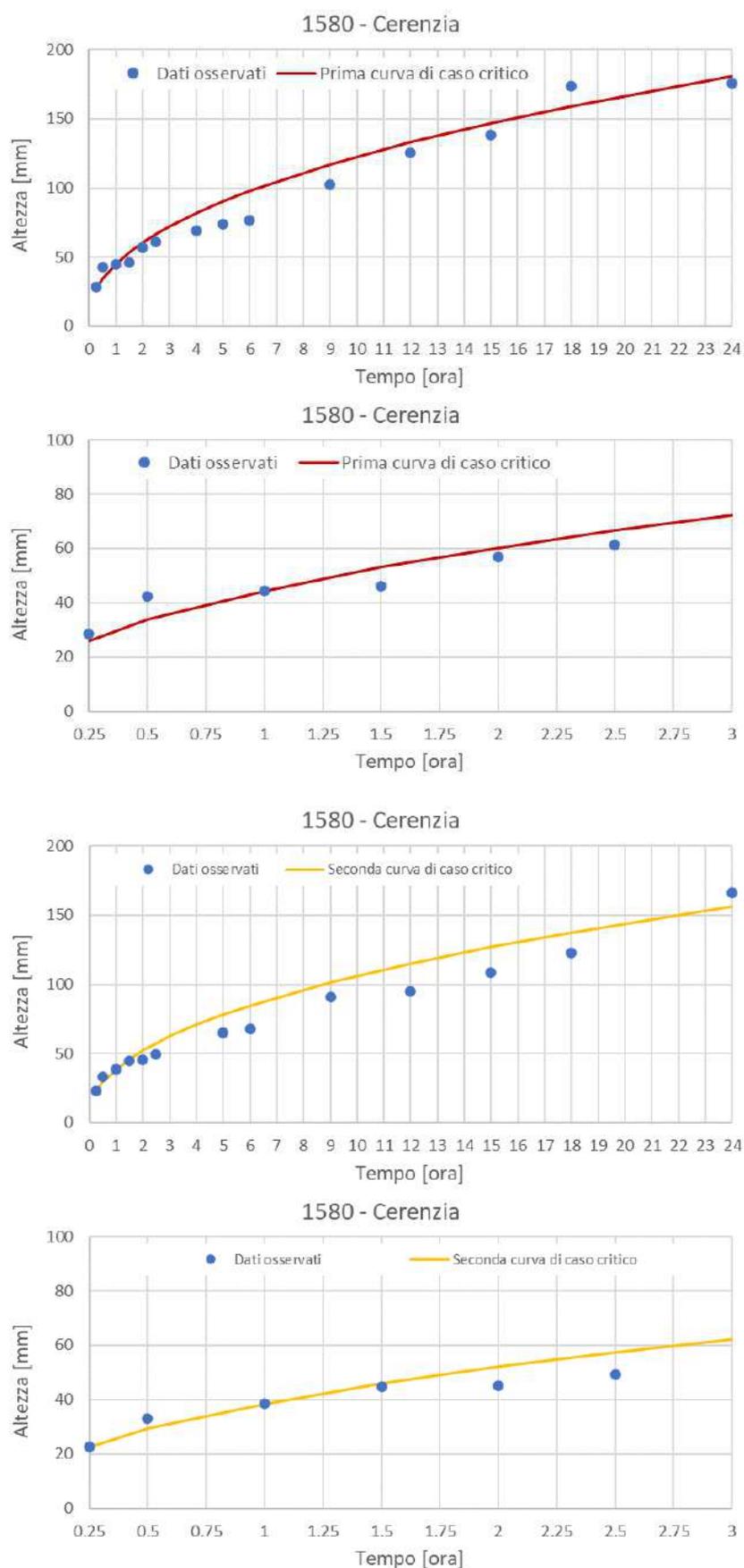


Figura 5-14 Prime due curve di caso critico per la stazione di misura di Cerenzia.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

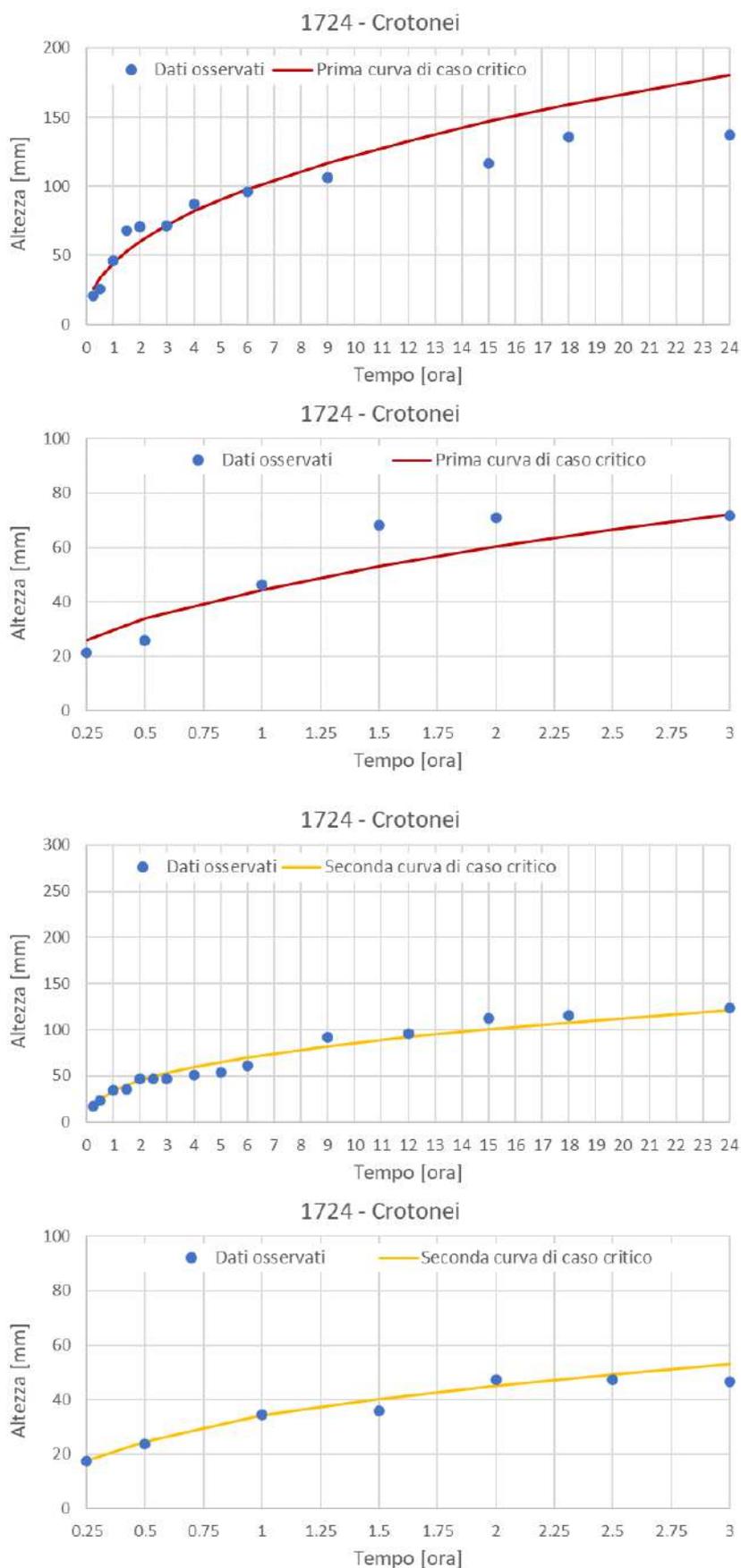


Figura 5-15 Prime due curve di caso critico per la stazione di misura di Crotonei.

6. Trasformazione degli afflussi in deflussi superficiali

6.1. Premessa

Per la trasformazione degli afflussi in deflussi, si è utilizzata preferenzialmente una metodologia che utilizzasse la modellazione fisica semplificata dell'evoluzione dell'infiltrazione nei terreni sulla base di parametri concentrati per l'area di studio, mediante l'applicazione di software proprietari o open-source. Nello specifico, nello studio descritto dalla presente relazione, si è applicata una metodologia che coniuga il diffusissimo metodo parametrico del Numero di Curva (SCS-CN), sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS) del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, con la soluzione dell'equazione differenziale semplificata d'infiltrazione nei suoli proposta da Green-Ampt (metodo del CN4GA). Per applicare tale metodologia si è ricorso all'utilizzo del software proprietario EBA4SUB ver 3, meglio descritto nella pubblicazione Piscopia et Al. (2015).

In quanto segue, si forniscono dapprima i sintetici principi dei modelli matematici utilizzati per la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali. Successivamente si dettaglieranno le informazioni sito-specifiche utilizzate per l'applicazione del metodo CN4GA e si illustreranno i risultati ottenuti. Infine, si formuleranno le valutazioni critiche sui risultati raggiunti.

6.2. Il metodo CN4GA per la stima dello ietogramma efficace

L'interazione tra il terreno e la pioggia che precipita al suolo che coinvolge numerosi parametri fisici rappresentativi di differenti fenomeni, tra i quali un ruolo prevalente è svolto dall'infiltrazione. È esperienza comune che solo parte dell'acqua che bagna un terreno si trasforma in deflusso superficiale e la quantità di acqua che non si infiltra nel terreno dipende essenzialmente dalla porosità del suolo e dal suo grado di saturazione iniziale.

Con riferimento alla Figura 6-1 si deve quindi determinare l'andamento temporale della pioggia efficace, ossia la frazione dell'altezza di pioggia precipitata al suolo (altezza lorda o ragguagliata) in un determinato intervallo temporale che non è stata persa per infiltrazione, evaporazione, ristagno.

Nel presente studio gli ietogrammi efficaci, per differenti condizioni del terreno, differenti tempi di ritorno delle piogge lorde e per differenti ietogrammi, sono stati stimati applicando la procedura di recente proposta (Grimaldi et al., 2013a, Grimaldi et al., 2013b) che si basa sul metodo del Curve Number (CN) e sull'equazione di Green-Ampt (GA), denominata CN4GA (Curve Number for Green Ampt). In pratica si ritiene che il metodo del CN sia efficiente nel determinare il volume di deflusso diretto a scala giornaliera, essendo stato oggetto di estese calibrazioni con numerose parcelle sperimentali ed essendo ampiamente applicato in letteratura. La necessità di combinarlo con l'equazione GA deriva dal fatto che il metodo del CN non può essere applicato per studiare l'evoluzione nel tempo di un evento pluviometrico a scala sub-giornaliera (Woodward et al., 2010). Pertanto, con il metodo del CN si stabilisce il volume ruscellato per l'intero evento e con l'equazione GA si distribuisce tale volume nel tempo.

In pratica, si calibrano i coefficienti dell'equazione GA in modo tale che la pioggia efficace calcolata per ciascun intervallo temporale abbia una cumulata coincidente con il volume efficace calcolato mediante il metodo CN. In conclusione, il metodo necessita dell'assegnazione di un solo parametro, il CN, desumibile dalle tabelle presenti nei manuali NRCS.

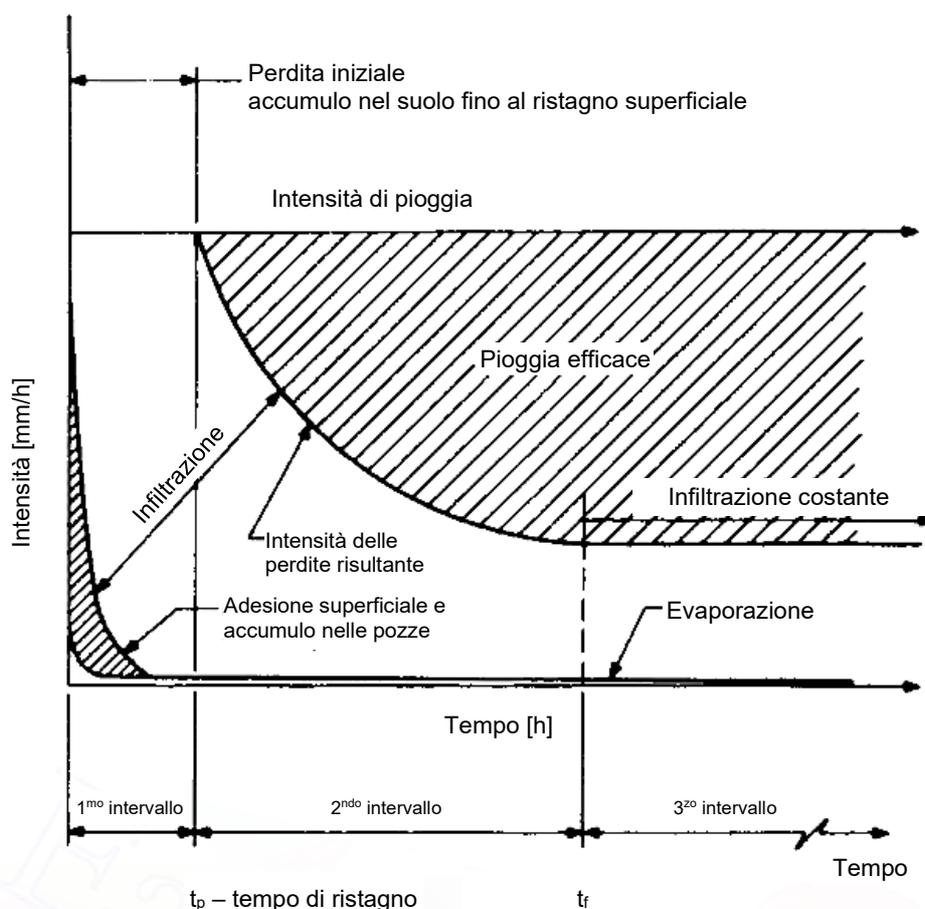


Figura 6-1 Schematizzazione dell'evoluzione dei fenomeni fisici che determinano il deflusso superficiale

6.2.1. Il metodo CN per la stima del volume di pioggia efficace

La stima della cumulata efficace totale è effettuata tramite la formula del CN (NRCS, 2008):

$$P_e = \begin{cases} \frac{P_t^2}{P_t + S} & \text{per } P_t > 0 \\ 0 & \text{per } P_t \leq 0 \end{cases}$$

Equazione 16

dove P_e è la precipitazione efficace cumulata (mm), P_t è la precipitazione trasformata, ossia la precipitazione lorda cumulata P (mm) meno le perdite iniziali (I_a), cioè la cumulata di precipitazione maggiore di zero utile per avere il deflusso iniziale, S rappresenta la massima ritenzione idrica possibile (mm), funzione del CN secondo la relazione $S = 25400/CN - 254$.

Il CN è un indice (cfr. Figura 6-2) che assume valori da 0 (condizioni di uso e tipo di suolo per cui tutta la precipitazione si perde e non si verifica il deflusso) a 100 (condizioni in cui non ci sono perdite e tutta la precipitazione si trasforma in deflusso) ed è ben classificato per un elevato numero di tipi e usi di suolo. Le perdite iniziali (I_a) rappresentano tutte le perdite iniziali, comprese le frazioni d'acqua ristagnate nelle depressioni orografiche, quelle aderite alle superfici spiccate dal piano campagna (vegetazionali o antropiche che siano), nonché le frazioni inizialmente evaporate o infiltrate. Pertanto I_a risulta fortemente variabile anche se generalmente correlato con le caratteristiche litologiche e di copertura del terreno.

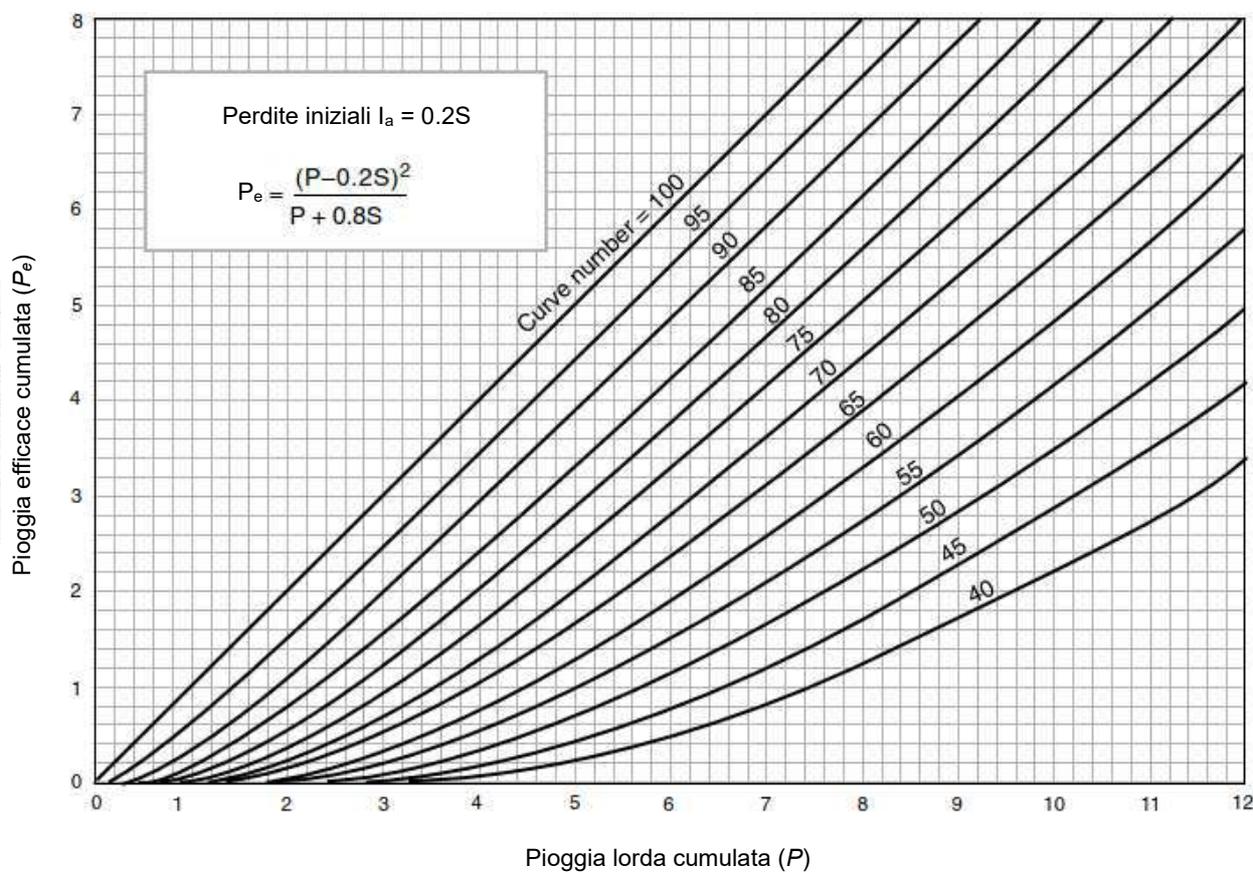


Figura 6-2 Soluzione dell'equazione del Numero di Curva per perdite iniziali pari a 20% di S

Generalmente si pone $I_a = \lambda S$ in cui, ovviamente, λ rappresenta la percentuale di perdite iniziali. Come riportato dal rapporto di sintesi del metodo CN, molti studi effettuati su piccoli bacini agricoli hanno mostrato che le perdite iniziali possano approssimativamente essere ugagliate al 20%.

I principali fattori per stabilire il numero di curva da assegnare al bacino sono:

- il gruppo idrologico dei suoli (HSG)
- il tipo di copertura del suolo e la sua specifica lavorazione
- le condizioni di saturazione dei suoli antecedenti l'evento (AMC)

6.2.2. Il metodo GA per la stima della distribuzione del volume di pioggia efficace nel tempo

Risolviendo l'equazione di Green-Ampt (Green and Ampt, 1911; Mein and Larson, 1973) è possibile calcolare l'evoluzione dell'infiltrazione nel tempo e, quindi, determinare l'altezza di pioggia efficace istante per istante come differenza tra quella precipitata e l'infiltrazione calcolata secondo la seguente espressione:

$$q_i(t) = \begin{cases} i(t) & \text{per } t \leq t_p \\ K_s \left(1 + \frac{\Delta\theta\Delta\Phi}{Q_i(t)} \right) & \text{per } t > t_p \end{cases}$$

Equazione 17

dove $q_i(t)$ è l'intensità di infiltrazione al tempo t , $i(t)$ è l'intensità di pioggia al tempo t , $Q_i(t)$ è l'infiltrazione cumulata sempre al tempo t , K_s è la conducibilità idraulica del suolo assunto saturo, t_p è il tempo di ristagno, $\Delta\Phi$ è la differenza tra il potenziale matriciale alla superficie del suolo (Φ_{surf} , in genere posto = 0) e quello che si instaura in corrispondenza del limite inferiore del fronte di inumidimento (Φ_{front}), e $\Delta\theta$ rappresenta il cosiddetto deficit di contenuto di acqua del suolo, cioè la differenza fra il contenuto di acqua alla saturazione completa (θ_s) e il contenuto di acqua iniziale nel profilo di suolo (θ_0).

La soluzione della Equazione 17 si consegue ipotizzando che il tempo di ristagno si raggiunga quando la cumulata dell'altezza di precipitazione uguagli, al generico istante t , il valore delle perdite iniziali ($I_a = \lambda S$) e stimando i parametri caratteristici ($K_s, \Delta\Phi, \Delta\theta$) in modo tale che il volume efficace cumulato a fine evento sia pari a quello calcolato con l'Equazione 16. Precedenti studi hanno mostrato che i parametri ($\Delta\Phi, \Delta\theta$) sono praticamente ininfluenti, per cui si possono inserire di default i valori relativi a tipi di suoli medi (Grimaldi et al., 2013b). La condizione obiettivo è quindi raggiunta variando principalmente il K_s .

6.3. L'assegnazione del Numero di Curva al bacino analizzato

Come già detto, i principali fattori per stabilire il numero di curva da assegnare al bacino sono:

- le condizioni di saturazione dei suoli antecedenti l'evento (AMC),
- il gruppo idrologico dei suoli (HSG),
- il tipo di copertura del suolo e la sua specifica lavorazione.

Il valore di CN è classificato, anche, rispetto alle condizioni di umidità del suolo preesistenti (AMC) all'evento analizzato e al periodo dell'anno di riferimento (Classi I, II e III). Le classi sono definite in funzione del valore dell'altezza di pioggia cumulata per i cinque giorni che precedono l'evento (Mihalik et Al. 2008) e in particolare:

- la classe AMC-I presenta un'altezza cumulata inferiore a 12.7mm nella stagione di riposo vegetazionale ed inferiore a 35.6mm nella stagione di crescita vegetazionale.
- la classe AMC-II presenta un'altezza cumulata compresa tra 12.7 e 28mm nella stagione di riposo vegetazionale e compresa tra 35.6 e 53.4mm nella stagione di crescita vegetazionale.
- la classe AMC-III presenta un'altezza cumulata superiore a 28mm nella stagione di riposo vegetazionale e superiore a 53.4mm nella stagione di crescita vegetazionale.

Tali condizioni sono state tutte considerate nel calcolo degli ietogrammi efficaci, tuttavia, in assenza di informazioni o ipotesi di lavoro aggiuntive (in ogni caso non dettate dal buon senso ma strettamente quantificabili), è prassi riferirsi alle condizioni medie AMC-II.

I suoli sono classificati in gruppi idrologici per caratterizzare l'intensità minima d'infiltrazione sul suolo brullo, in condizioni di permanente imbibimento, intendendo per intensità minima di infiltrazione il rateo a cui l'acqua penetra nel terreno dalla sua superficie e si muove al suo interno. Tale rateo è chiaramente influenzato dalle condizioni in superficie e dal profilo del terreno. Convenzionalmente si sono stabilite quattro classi idrologiche per i suoli (A,B,C,D); degli intervalli numerici approssimati per il tasso d'infiltrazione nei terreni dei differenti gruppi idrologici furono pubblicati da Musgrave (USDA 1955). I quattro gruppi idrologici sono così definiti:

- il gruppo idrologico HSG-A ha una scarsa capacità di produrre deflussi superficiali (ossia buona capacità drenante) anche in condizioni di saturazione. Sono costituiti principalmente

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

da profili profondi di sabbie e/o pietrame, in condizioni di buon/eccessivo drenaggio, e presentano un tasso d'infiltrazione maggiore di 7.5 mm/h.

- il gruppo idrologico HSG-B ha una modesta capacità di produrre deflussi superficiali (ossia moderata capacità drenante) anche in condizioni di saturazione. Sono costituiti principalmente da profili profondi o moderatamente profondi di misti granulari con percentuali modeste di fini e ghiaie, in condizioni di moderato/buon drenaggio, e presentano un tasso d'infiltrazione compreso tra 3.8 e 7.5 mm/h.
- il gruppo idrologico HSG-C ha una moderata capacità di produrre deflussi superficiali (ossia modesta capacità drenante) anche in condizioni di saturazione. Sono costituiti principalmente da profili con lenti che ostacolano il movimento in profondità dell'acqua e profili di misti granulari a maggioranza di fini o fini e presentano un tasso d'infiltrazione compreso tra 1.3 e 3.8 mm/h.
- il gruppo idrologico HSG-D ha una buona capacità di produrre deflussi superficiali (ossia scarsa capacità drenante) anche in condizioni di saturazione. Sono costituiti principalmente da profili argillosi di varia natura o di suoli superficiali sovrapposti a strati impermeabili di roccia e presentano un tasso d'infiltrazione inferiore a 1.3 mm/h.

Ross et Al. (2018) hanno pubblicato sulla rivista Nature, sezione dati scientifici, il database globale HYSOGs250m delle classi idrologiche dei suoli per l'attribuzione del CN. Incrociando questo strato informativo con i limiti del bacino oggetto di studio si è potuto determinare la classe idrologica dei suoli per celle di lato pari a 250m (cfr. Figura 6-3). Dalla figura si desume che la classe idrologica dei suoli è la C, con moderate capacità di produrre deflussi.

La capacità di produrre deflusso è senz'altro confermata dalla cartografia geo-litologica delle aree (cfr. Figura 6-4, Figura 6-5 e Figura 6-6), con presenza assoluta di granito sia come classificazione, sia come tipologia, sia come unità litologica, così come dalla cartografia geologica regionale, con assoluta presenza di rocce granitiche (cfr. Figura 6-7).

Sulla moderata o buona capacità di produrre deflusso e, quindi, sull'appartenenza dei terreni al gruppo C oppure D (cfr. Tabella 6-1), si deve valutare il grado di fratturazione.

GRUPPO "A"

Tufi incoerenti, pozzolane, ceneri, scorie, lapilli (si presentano in strati e banchi, dune, depositi sabbiosi di origine eolica a ridosso di spiagge);
Rocce calcaree (calcarei dolomitici, c. marnosi, travertini, calcareniti, breccie calcaree, calcari organogeni) fossilifere, organogene, molto fratturate, gessi salgemma;
Limi, sabbie, ghiaie, ciottoli, (formano depositi alluvionali di origine fluviale o lacustre, tali materiali formano le pianure alluvionali, i con di deiezione, i terrazzi fluviali);
Falde e con di detrito, macerati, composti da cumuli di frammenti rocciosi, di solito angolosi, talora più o meno cementati (breccie di pendio), si trovano ai piedi dei versanti montuosi ripidi e presentano tracce più o meno evidenti di stratificazione.

GRUPPO "B"

Morene ed in generale depositi glaciali;
Coltri eluviali e colluviali - costituite prevalentemente da sabbie e limi con minori quantità di ghiaie, variamente mescolati fra loro;
Conglomerati, breccie, sabbioni e sabbie cementate (ciottoli, ghiaie, sabbie e limo a vari gradi di cementazione);
Rocce tipo molto fratturate

GRUPPO "D"

Rocce eruttive (o magmatiche) intrusive -graniti, sieniti dioriti, gabbri;
Rocce eruttive (o magmatiche) effusive - porfidi trachiti, lipariti, fonoliti, porfiriti, andesiti, basalti, tefriti, leucititi;
Rocce argillose - argilloscisti, argille varie, depositi argillosi di origine lacustre, banchi argillosi di origine fluviale intercalati spesso nei sedimenti alluvionali, depositi eluviali (ferretto, terra rossa) e colluviali argillosi che possono coprire sottostanti rocce permeabili rendendo così impermeabile il terreno;
Rocce metamorfiche - gneiss, micascisti, quarziti, filladi, scisti anfibolici, talcscisti, e scisti di natura silicea;

GRUPPO "C"

Rocce sedimentarie compatte - dolomie, marne, arenarie, tufi cementati, pomici, alternanza di argille e arenarie, di argille e calcari;
Rocce dolomitiche compatte;
Rocce calcaree compatte;
Rocce tipo fratturate;

Tabella 6-1. Classificazione dei litotipi in gruppi idrogeologici omogenei

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

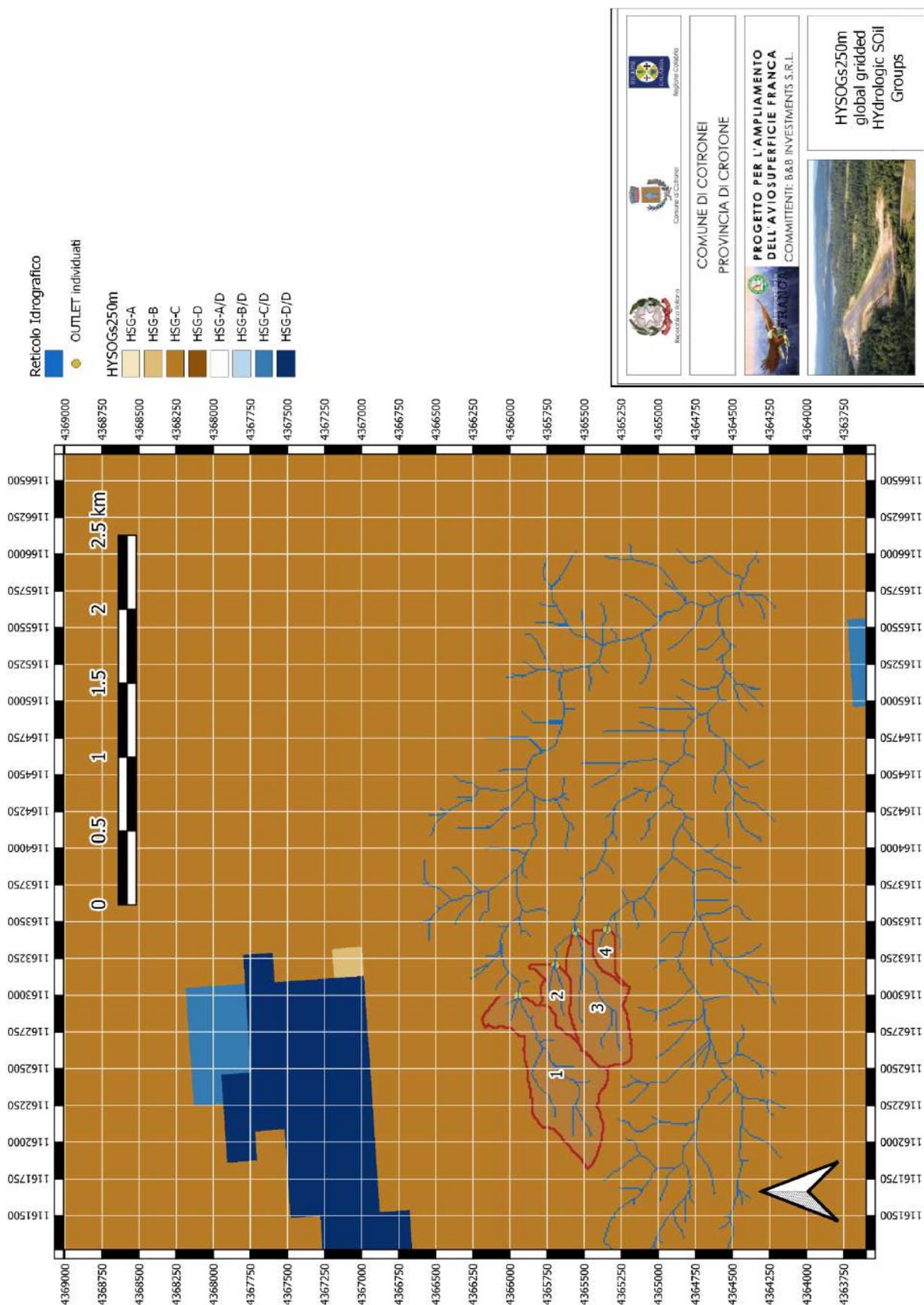


Figura 6-3 Classificazione idrologica dei suoli dei bacini oggetto di studio secondo Ross et Al. (Nature, 2018)

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

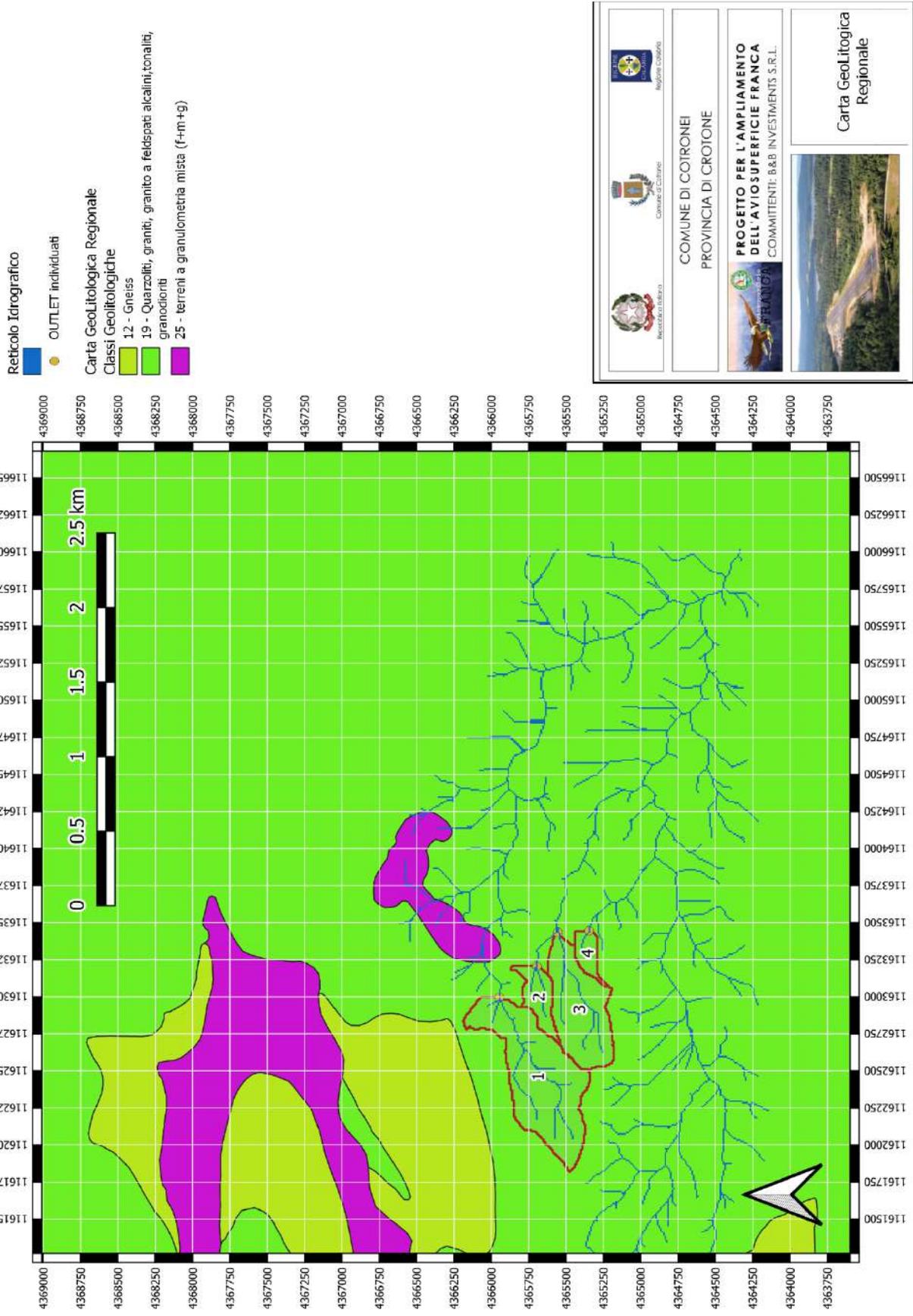


Figura 6-4 Carta geo-litologica regionale dei bacini oggetto di studio – Classi Litologiche

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

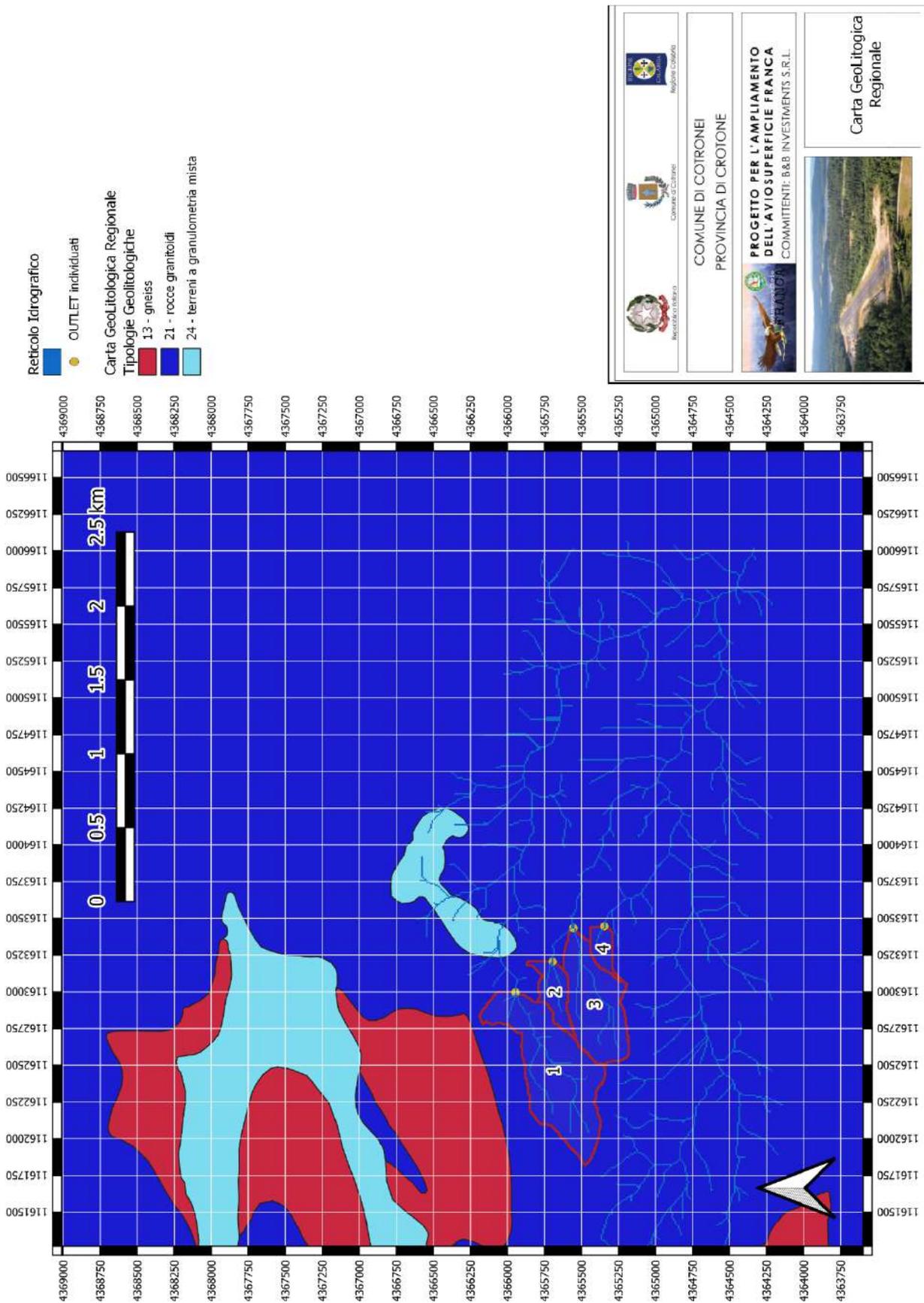


Figura 6-5 Carta geo-litologica regionale dei bacini oggetto di studio – Tipologie Litologiche

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

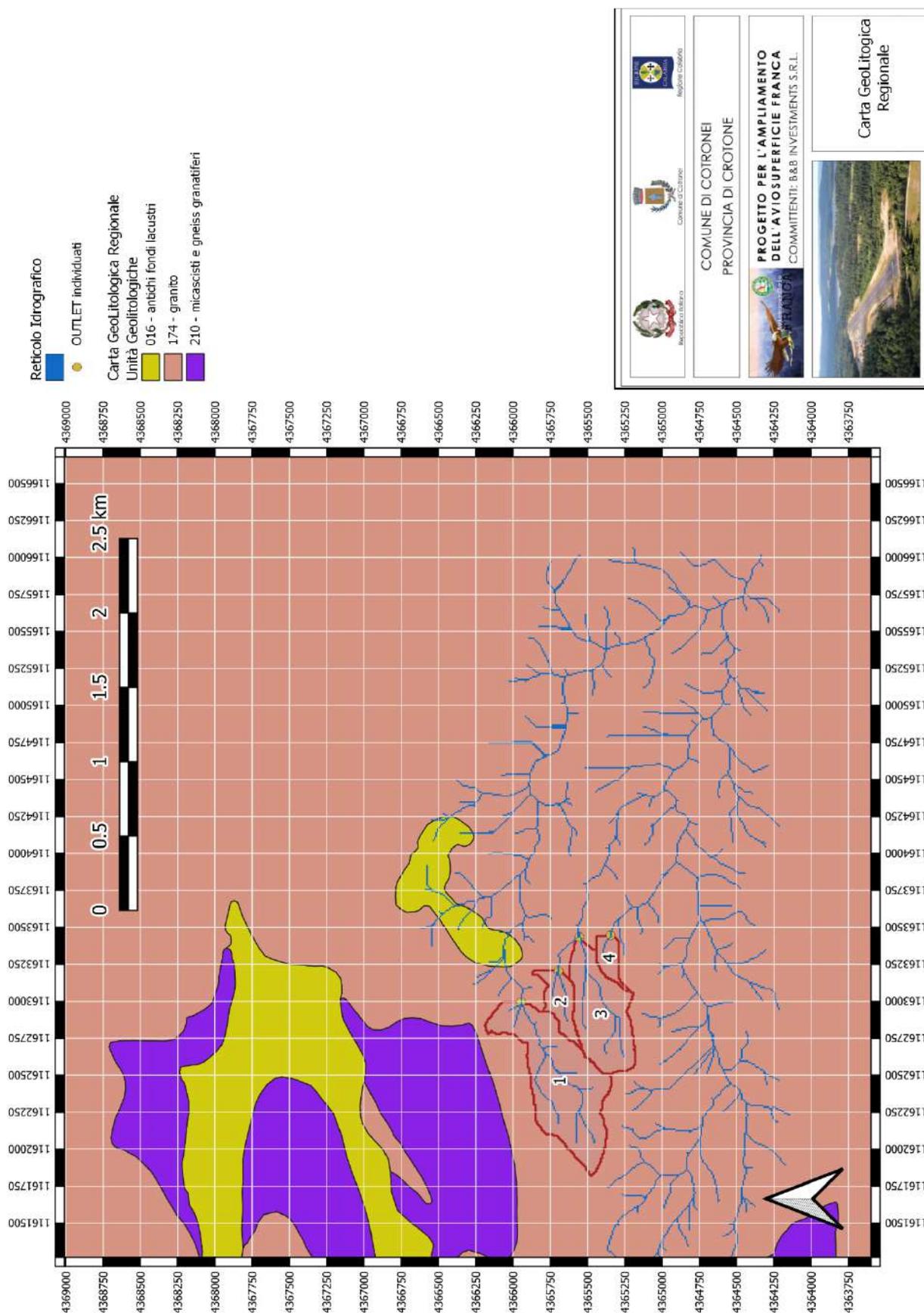


Figura 6-6 Carta geo-litologica regionale dei bacini oggetto di studio – Unità Litologiche

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

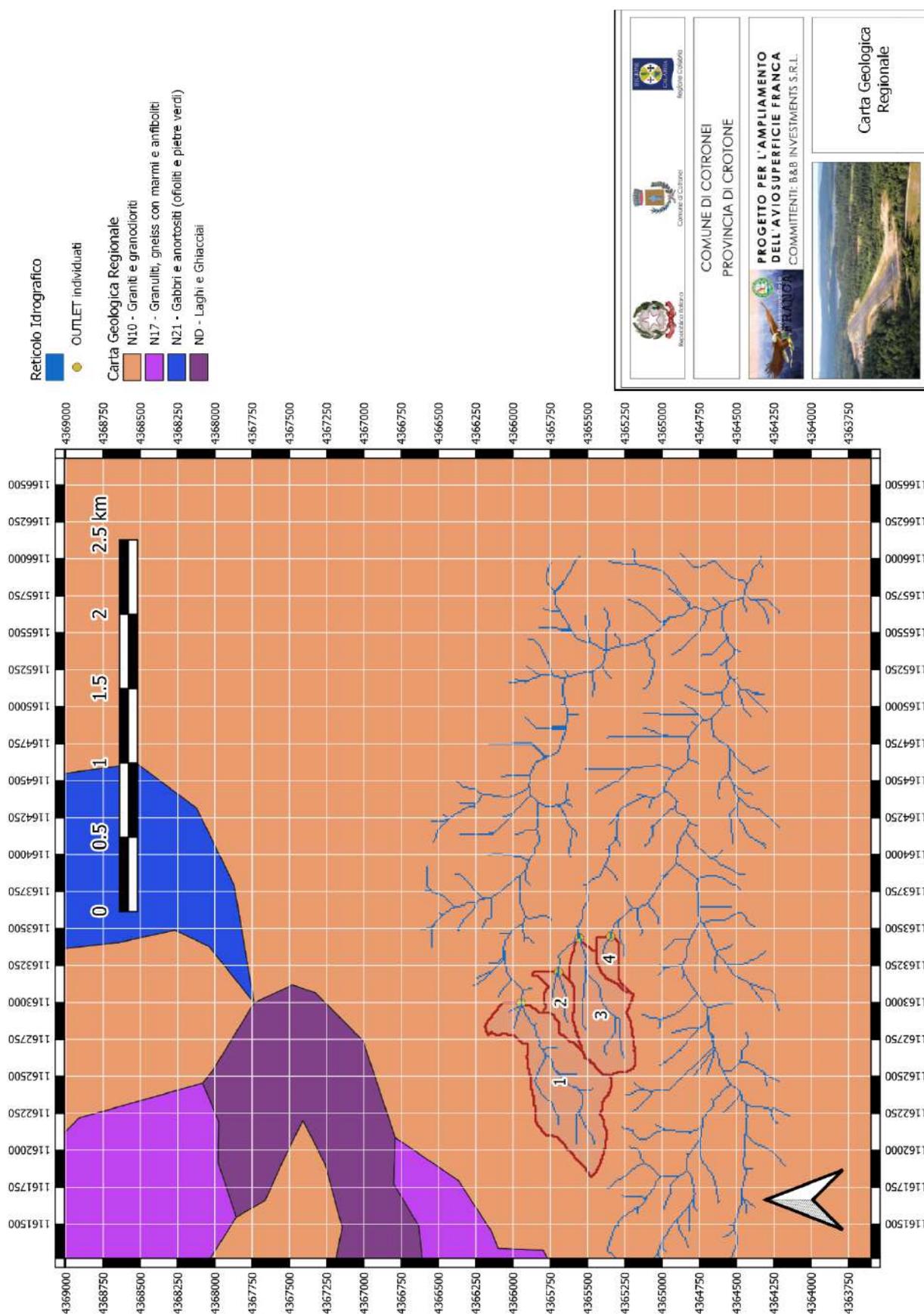


Figura 6-7 Carta geologica dei bacini oggetto di studio

Infine, l'ulteriore informazione per assegnare il CN medio al bacino oggetto di studio è il tipo di copertura del suolo e la sua specifica lavorazione. Per definire tale informazione si è ricorso ai dati del "Copernicus Land Monitoring Service" della Comunità Europea e, specificamente, al prodotto Corine Land Cover (CLC) 2018 v.2020_20u1 (cfr. Figura 6-8 e Figura 6-9). Risulta che l'area oggetto di analisi è coperta da una foresta di conifere e di alberi a foglia larga, mentre l'unica destinazione antropica dei suoli è quella sportiva e ricreativa della aviosuperficie Franca.

La trasformazione delle informazioni sul gruppo idrologico e sull'uso e copertura dei suoli è stata ottenuta da Hadi et Al. (2019) utilizzando le corrispondenze riportate nelle tabelle dalla Tabella 6-2 alla Tabella 6-5. Gli Autori hanno pubblicato sulla rivista Nature, sezione dati scientifici, il database globale GCN250 per l'attribuzione del CN su base geografica per le tre condizioni antecedenti di umidità dei suoli. Incrociando tali database con i limiti dei bacini oggetto di studio si è ottenuta la distribuzione cartografica riportata nella Figura 6-10 per la condizione antecedente di umidità dei suoli in classe II.

6.4. Ietogrammi efficaci per il bacino oggetto di studio

Applicando il software EBA4SUB ver 3.0 alle condizioni caratteristiche identificate per il numero di curva $CN = 72$ e per le perdite iniziali $\lambda = 0.2$, si sono ottenuti gli ietogrammi efficaci riportati nelle figure dalla Figura 6-11 alla Figura 6-16.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

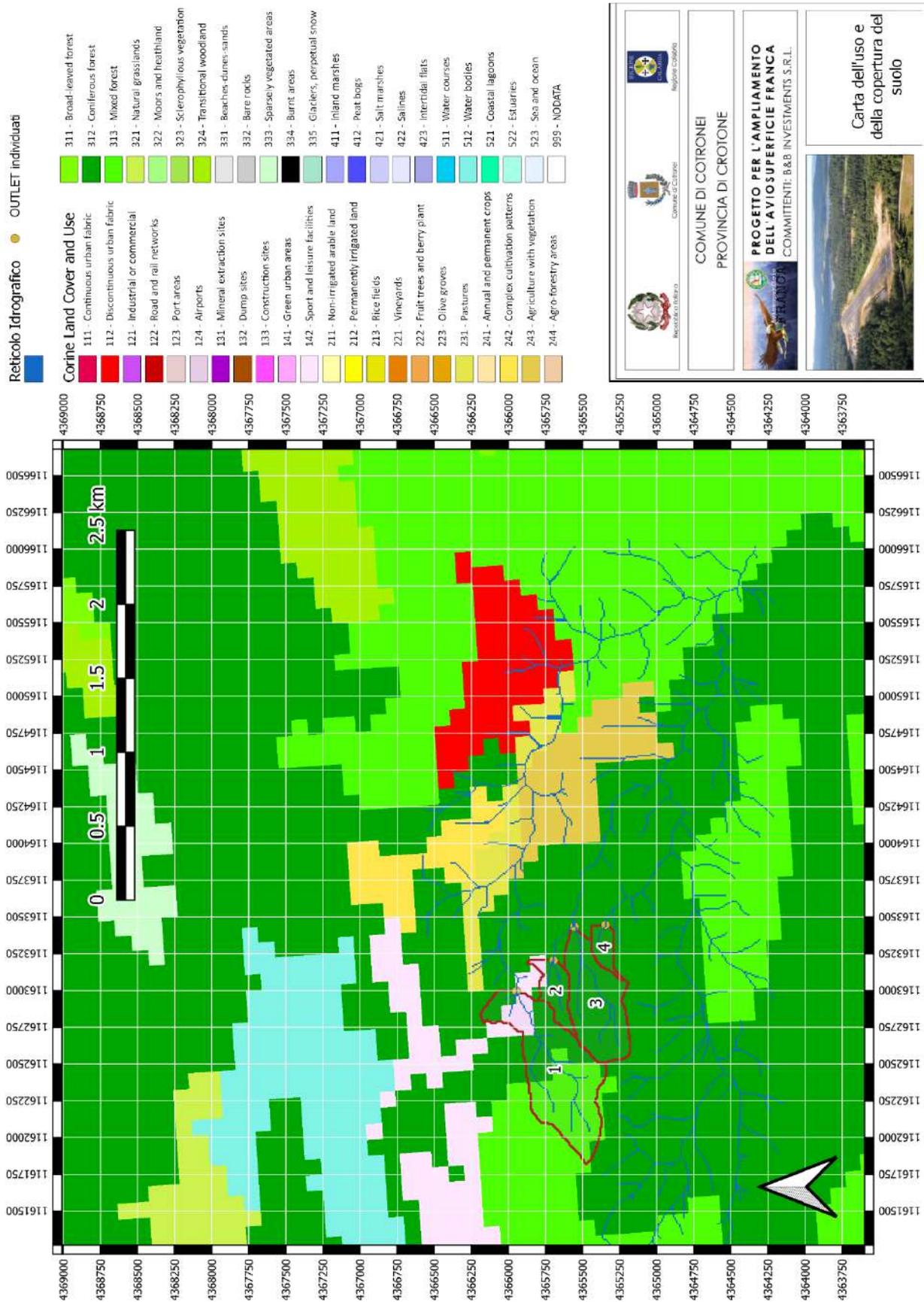


Figura 6-8 Carta dell'uso del suolo secondo il Corine Land-Cover 2018 v.2020_20u1

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
 Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

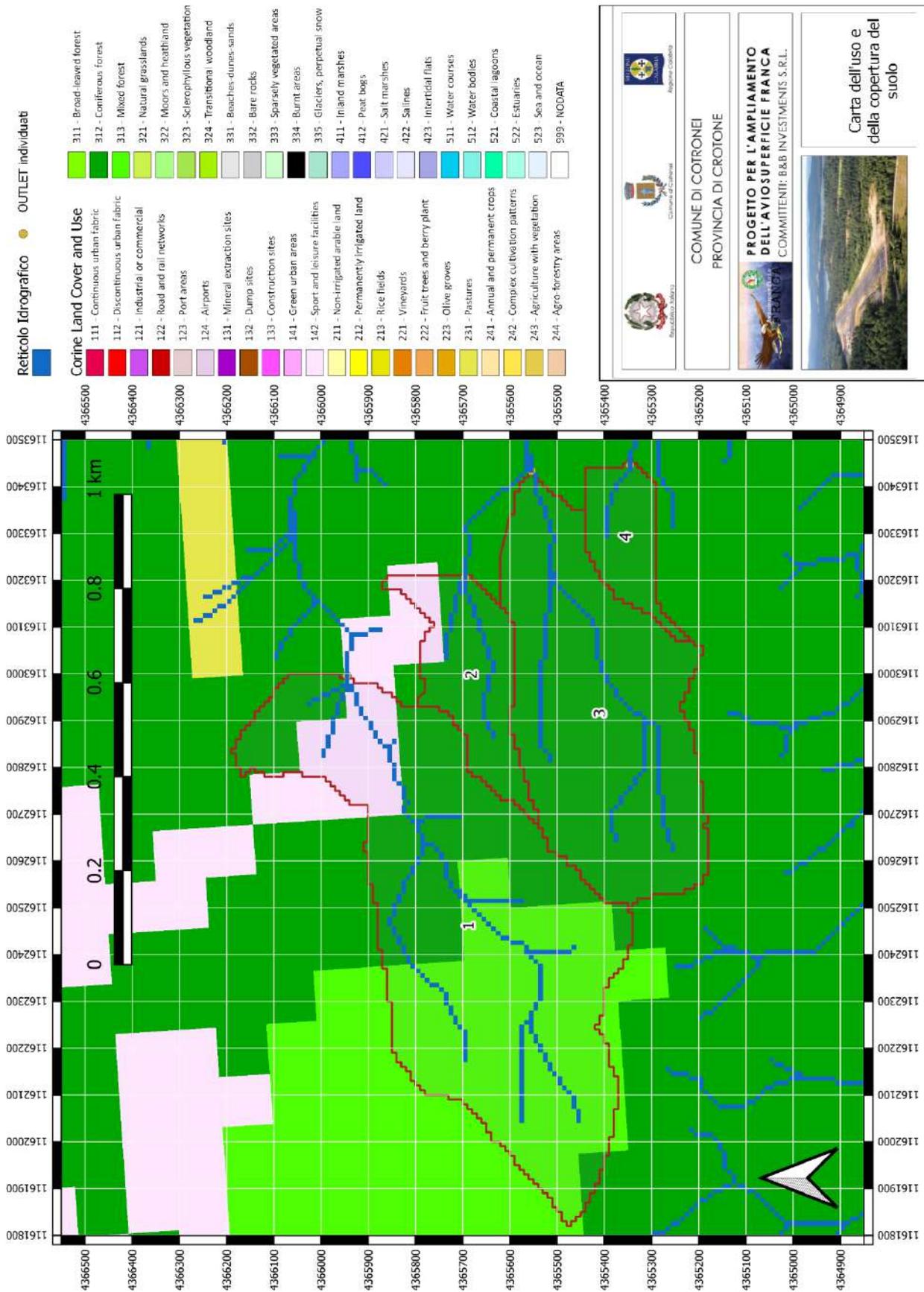


Figura 6-9 Dettaglio della carta dell'uso del suolo secondo il Corine Land-Cover 2018 v.2020_20u1 per i bacini analizzati

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

Table 2-2a Runoff curve numbers for urban areas ^{1/}

Cover description	Average percent impervious area ^{2/}	Curve numbers for hydrologic soil group			
		A	B	C	D
<i>Fully developed urban areas (vegetation established)</i>					
Open space (lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.) ^{3/} :					
Poor condition (grass cover < 50%)		68	79	86	89
Fair condition (grass cover 50% to 75%)		49	69	79	84
Good condition (grass cover > 75%)		39	61	74	80
Impervious areas:					
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right-of-way)		98	98	98	98
Streets and roads:					
Paved; curbs and storm sewers (excluding right-of-way)		98	98	98	98
Paved; open ditches (including right-of-way)		83	89	92	93
Gravel (including right-of-way)		76	85	89	91
Dirt (including right-of-way)		72	82	87	89
Western desert urban areas:					
Natural desert landscaping (pervious areas only) ^{4/}		63	77	85	88
Artificial desert landscaping (impervious weed barrier, desert shrub with 1- to 2-inch sand or gravel mulch and basin borders)		96	96	96	96
Urban districts:					
Commercial and business	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Residential districts by average lot size:					
1/8 acre or less (town houses)	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
2 acres	12	46	65	77	82
<i>Developing urban areas</i>					
Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation) ^{5/}					
		77	86	91	94
Idle lands (CN's are determined using cover types similar to those in table 2-2c).					

^{1/} Average runoff condition, and $I_a = 0.2S$.

^{2/} The average percent impervious area shown was used to develop the composite CN's. Other assumptions are as follows: impervious areas are directly connected to the drainage system, impervious areas have a CN of 98, and pervious areas are considered equivalent to open space in good hydrologic condition. CN's for other combinations of conditions may be computed using figure 2-3 or 2-4.

^{3/} CN's shown are equivalent to those of pasture. Composite CN's may be computed for other combinations of open space cover type.

^{4/} Composite CN's for natural desert landscaping should be computed using figures 2-3 or 2-4 based on the impervious area percentage (CN = 98) and the pervious area CN. The pervious area CN's are assumed equivalent to desert shrub in poor hydrologic condition.

^{5/} Composite CN's to use for the design of temporary measures during grading and construction should be computed using figure 2-3 or 2-4 based on the degree of development (impervious area percentage) and the CN's for the newly graded pervious areas.

Tabella 6-2. Numeri di Curva per le aree urbanizzate riportate nel documento USDA-NRCS-CED TR-55.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

Table 2-2b Runoff curve numbers for cultivated agricultural lands ¹

Cover description			Curve numbers for hydrologic soil group			
Cover type	Treatment ²	Hydrologic condition ³	A	B	C	D
Fallow	Bare soil	—	77	86	91	94
	Crop residue cover (CR)	Poor	76	85	90	93
		Good	74	83	88	90
Row crops	Straight row (SR)	Poor	72	81	88	91
		Good	67	78	85	89
	SR + CR	Poor	71	80	87	90
		Good	64	75	82	85
	Contoured (C)	Poor	70	79	84	88
		Good	65	75	82	86
	C + CR	Poor	69	78	83	87
		Good	64	74	81	85
	Contoured & terraced (C&T)	Poor	66	74	80	82
		Good	62	71	78	81
C&T+ CR		Poor	65	73	79	81
	Good	61	70	77	80	
Small grain	SR	Poor	65	76	84	88
		Good	63	75	83	87
	SR + CR	Poor	64	75	83	86
		Good	60	72	80	84
	C	Poor	63	74	82	85
		Good	61	73	81	84
	C + CR	Poor	62	73	81	84
		Good	60	72	80	83
	C&T	Poor	61	72	79	82
		Good	59	70	78	81
C&T+ CR	Poor	60	71	78	81	
	Good	58	69	77	80	
Close-seeded or broadcast legumes or rotation meadow	SR	Poor	66	77	85	89
		Good	58	72	81	85
	C	Poor	64	75	83	85
		Good	55	69	78	83
	C&T	Poor	63	73	80	83
Good	51	67	76	80		

¹ Average runoff condition, and $I_a=0.2S$

² Crop residue cover applies only if residue is on at least 5% of the surface throughout the year.

³ Hydraulic condition is based on combination factors that affect infiltration and runoff, including (a) density and canopy of vegetative areas, (b) amount of year-round cover, (c) amount of grass or close-seeded legumes, (d) percent of residue cover on the land surface (good $\geq 20\%$), and (e) degree of surface roughness.

Poor: Factors impair infiltration and tend to increase runoff.

Good: Factors encourage average and better than average infiltration and tend to decrease runoff.

Tabella 6-3. Numeri di Curva per le aree agricole coltivate riportate nel documento USDA-NRCS-CED TR-55.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

Table 2-2c Runoff curve numbers for other agricultural lands ^{1/}

Cover description	Hydrologic condition	Curve numbers for hydrologic soil group			
		A	B	C	D
Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing. ^{2/}	Poor	68	79	86	89
	Fair	49	69	79	84
	Good	39	61	74	80
Meadow—continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay.	—	30	58	71	78
Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element. ^{3/}	Poor	48	67	77	83
	Fair	35	56	70	77
	Good	30 ^{4/}	48	65	73
Woods—grass combination (orchard or tree farm). ^{5/}	Poor	57	73	82	86
	Fair	43	65	76	82
	Good	32	58	72	79
Woods. ^{6/}	Poor	45	66	77	83
	Fair	36	60	73	79
	Good	30 ^{4/}	55	70	77
Farmsteads—buildings, lanes, driveways, and surrounding lots.	—	59	74	82	86

^{1/} Average runoff condition, and $I_a = 0.2S$.

^{2/} **Poor:** <50% ground cover or heavily grazed with no mulch.

Fair: 50 to 75% ground cover and not heavily grazed.

Good: > 75% ground cover and lightly or only occasionally grazed.

^{3/} **Poor:** <50% ground cover.

Fair: 50 to 75% ground cover.

Good: >75% ground cover.

^{4/} Actual curve number is less than 30; use CN = 30 for runoff computations.

^{5/} CN's shown were computed for areas with 50% woods and 50% grass (pasture) cover. Other combinations of conditions may be computed from the CN's for woods and pasture.

^{6/} **Poor:** Forest litter, small trees, and brush are destroyed by heavy grazing or regular burning.

Fair: Woods are grazed but not burned, and some forest litter covers the soil.

Good: Woods are protected from grazing, and litter and brush adequately cover the soil.

Tabella 6-4. Numeri di Curva per le aree naturali riportate nel documento USDA-NRCS-CED TR-55.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

Table 2-2d Runoff curve numbers for arid and semiarid rangelands ^{1/}

Cover description	Hydrologic condition ^{2/}	Curve numbers for hydrologic soil group			
		A ^{3/}	B	C	D
Herbaceous—mixture of grass, weeds, and low-growing brush, with brush the minor element.	Poor		80	87	93
	Fair		71	81	89
	Good		62	74	85
Oak-aspen—mountain brush mixture of oak brush, aspen, mountain mahogany, bitter brush, maple, and other brush.	Poor		66	74	79
	Fair		48	57	63
	Good		30	41	48
Pinyon-juniper—pinyon, juniper, or both; grass understory.	Poor		75	85	89
	Fair		58	73	80
	Good		41	61	71
Sagebrush with grass understory.	Poor		67	80	85
	Fair		51	63	70
	Good		35	47	55
Desert shrub—major plants include saltbush, greasewood, creosotebush, blackbrush, bursage, palo verde, mesquite, and cactus.	Poor	63	77	85	88
	Fair	55	72	81	86
	Good	49	68	79	84

^{1/} Average runoff condition, and $I_{a} = 0.2S$. For range in humid regions, use table 2-2c.

^{2/} Poor: <30% ground cover (litter, grass, and brush overstory).

Fair: 30 to 70% ground cover.

Good: > 70% ground cover.

^{3/} Curve numbers for group A have been developed only for desert shrub.

Tabella 6-5. Numeri di Curva per le aree aride riportate nel documento USDA-NRCS-CED TR-55.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

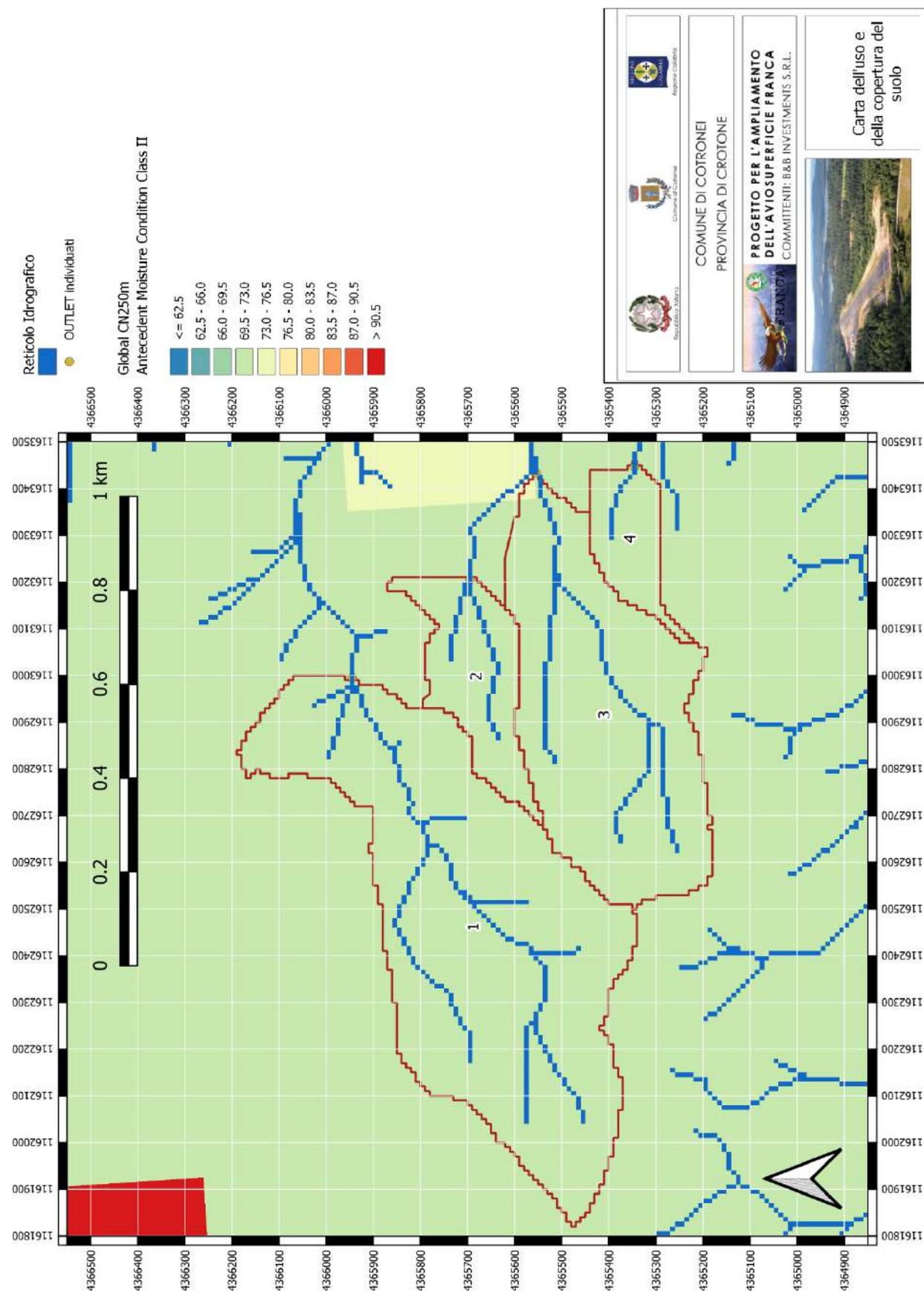


Figura 6-10 Valori del Numero di Curva estratti dal GCN250 per la condizione AMC-II

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

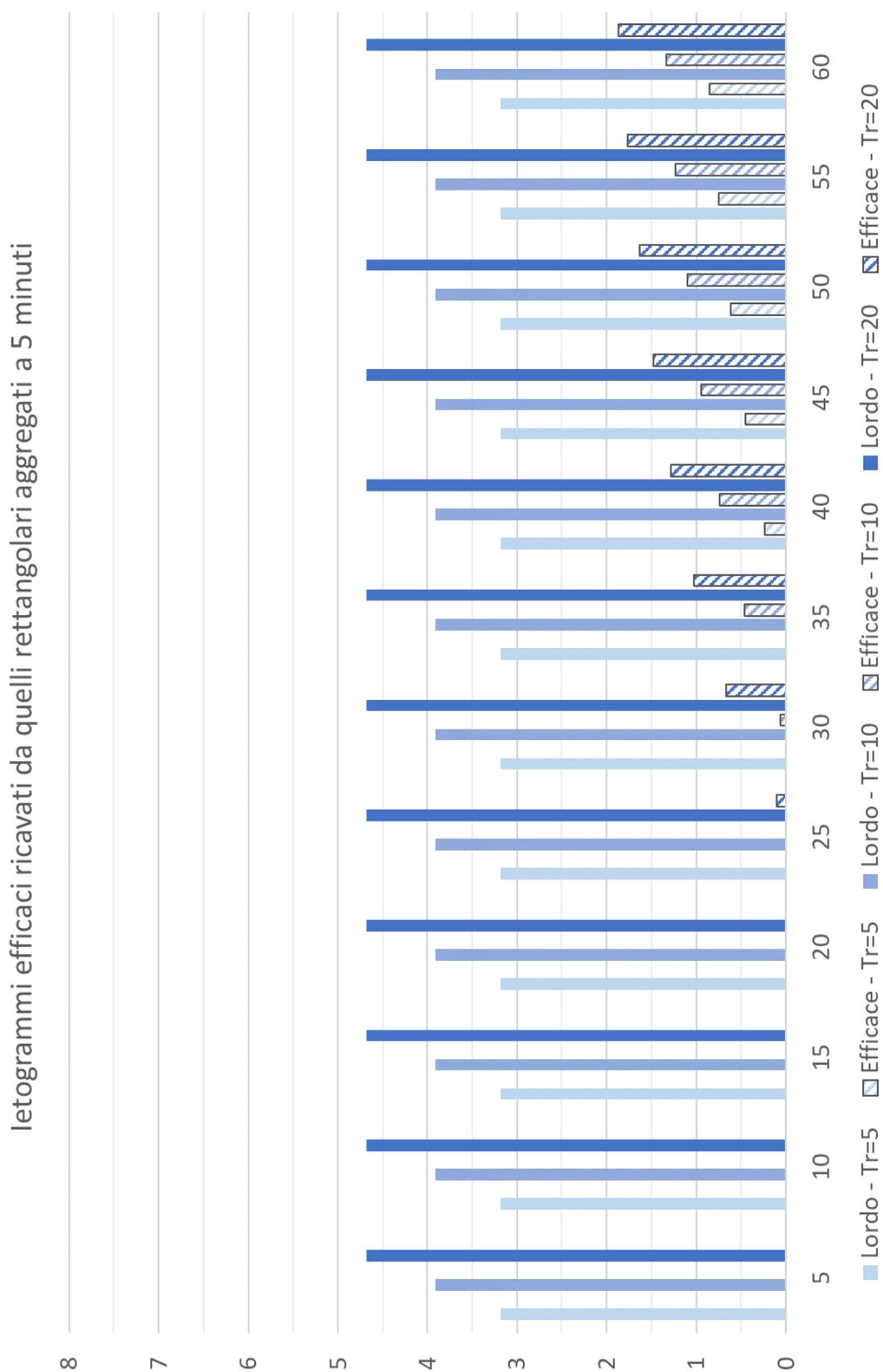


Figura 6-11 letogrammi efficaci per una pioggia con durata oraria, distribuzione uniforme e tempi di ritorno pari a 5, 10, 20 anni calcolati a partire dal Numero di Curva in AMC-II pari a 72 e le perdite iniziali poste al 20.0%

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

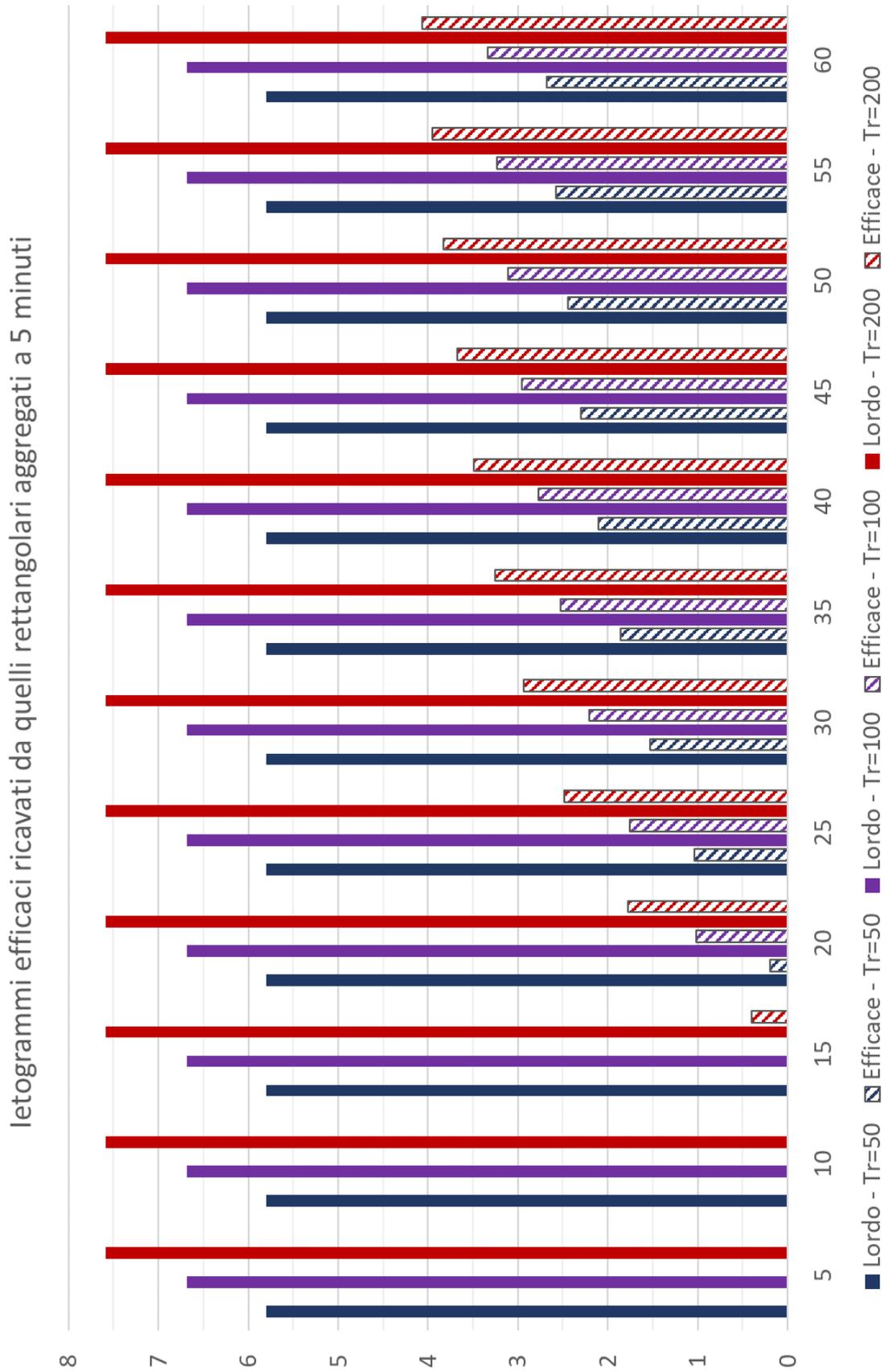


Figura 6-12 Ietogrammi efficaci per una pioggia con durata oraria, distribuzione uniforme e tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 anni calcolati a partire dal Numero di Curva in AMC-II pari a 72 e le perdite iniziali poste al 20.0%

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

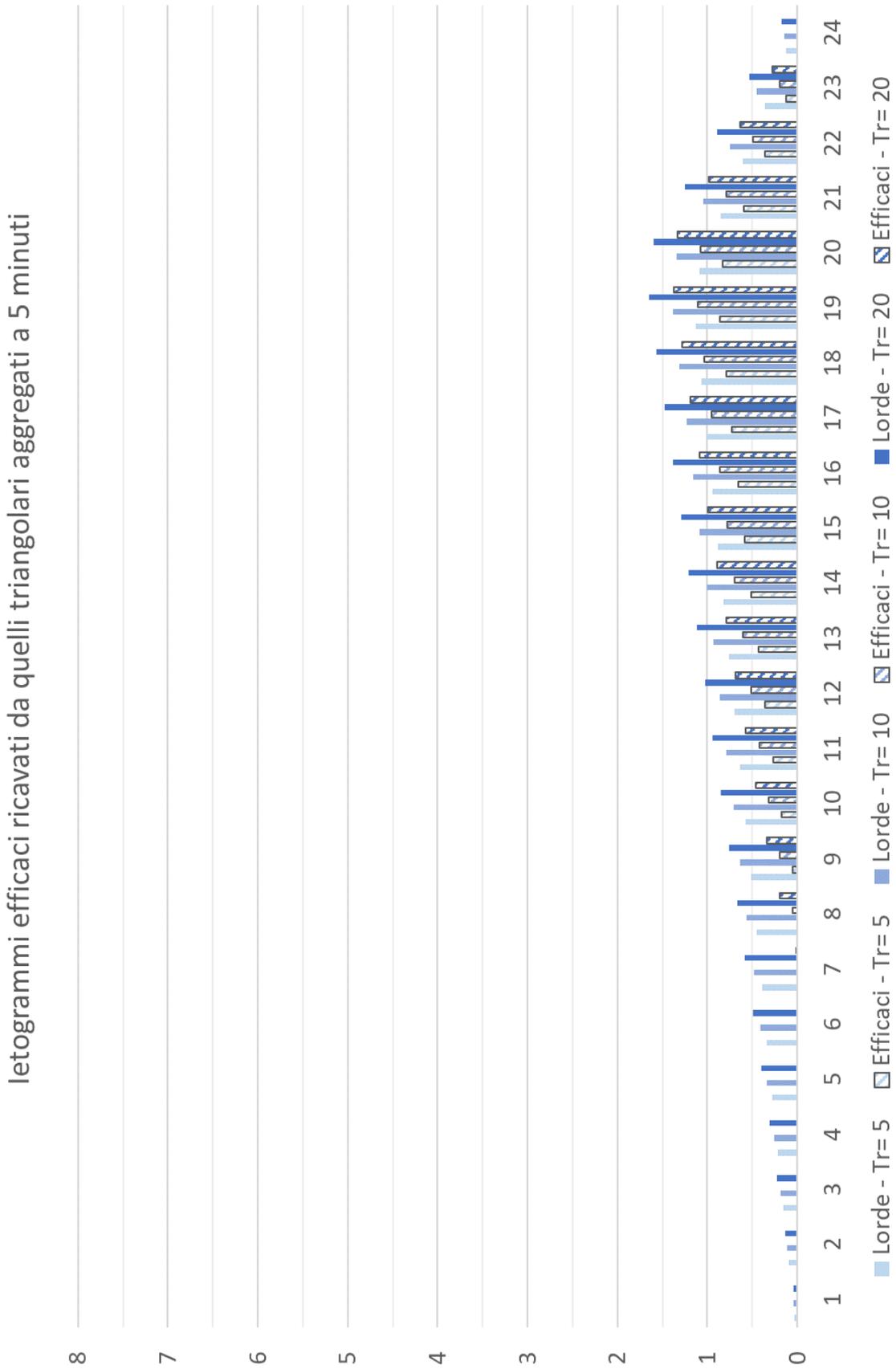


Figura 6-13 letogrammi efficaci per una pioggia con durata giornaliera, distribuzione triangolare e tempi di ritorno pari a 5, 10, 20 anni calcolati a partire dal Numero di Curva in AMC-II pari a 72 e le perdite iniziali pari al 20.0%

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

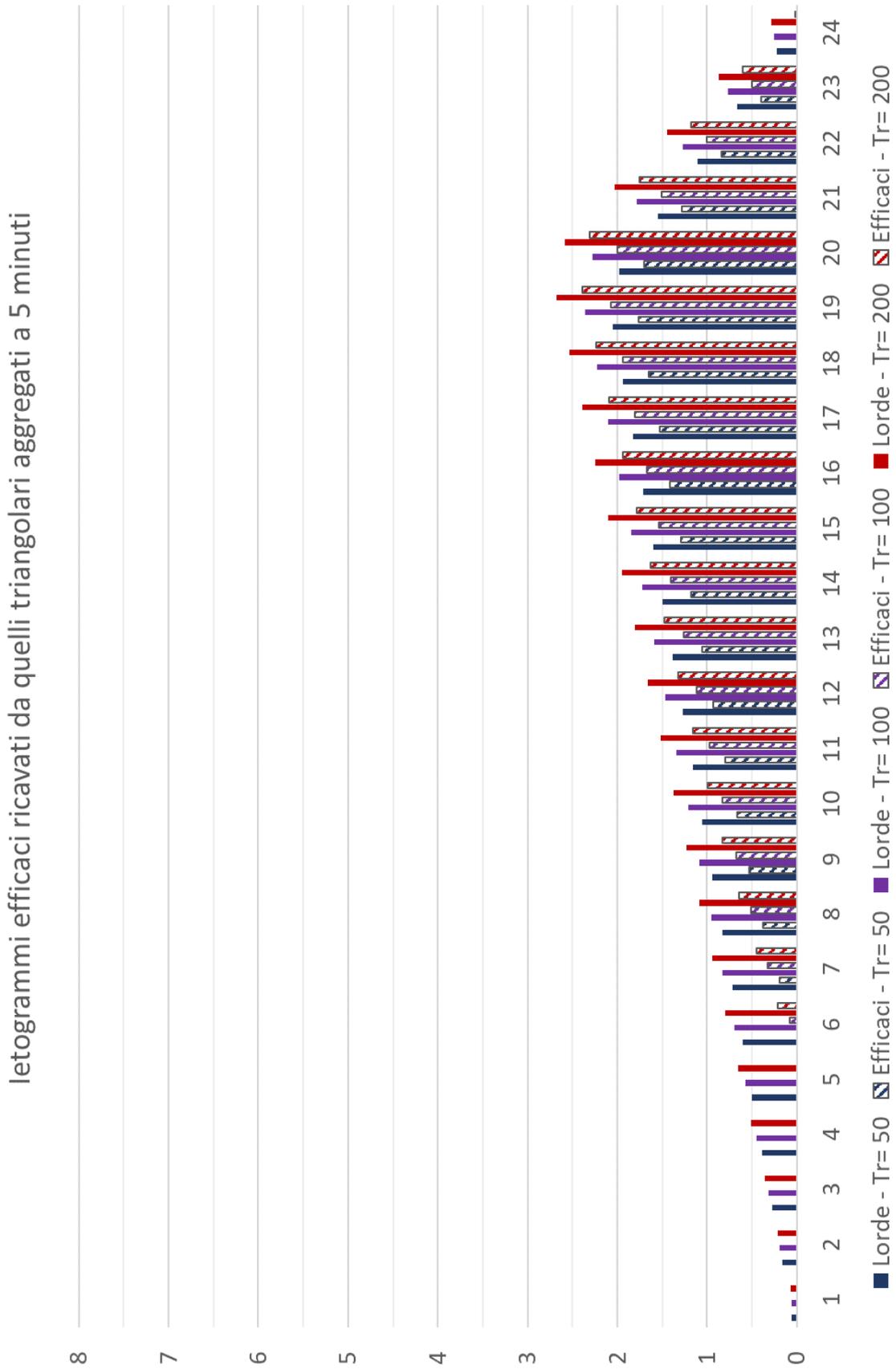


Figura 6-14 letogrammi efficaci per una pioggia con durata giornaliera, distribuzione triangolare e tempi di ritorno pari a, 50, 100, 200 anni calcolati a partire dal Numero di Curva in AMC-II pari a 72 e le perdite iniziali pari al 20.0%

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

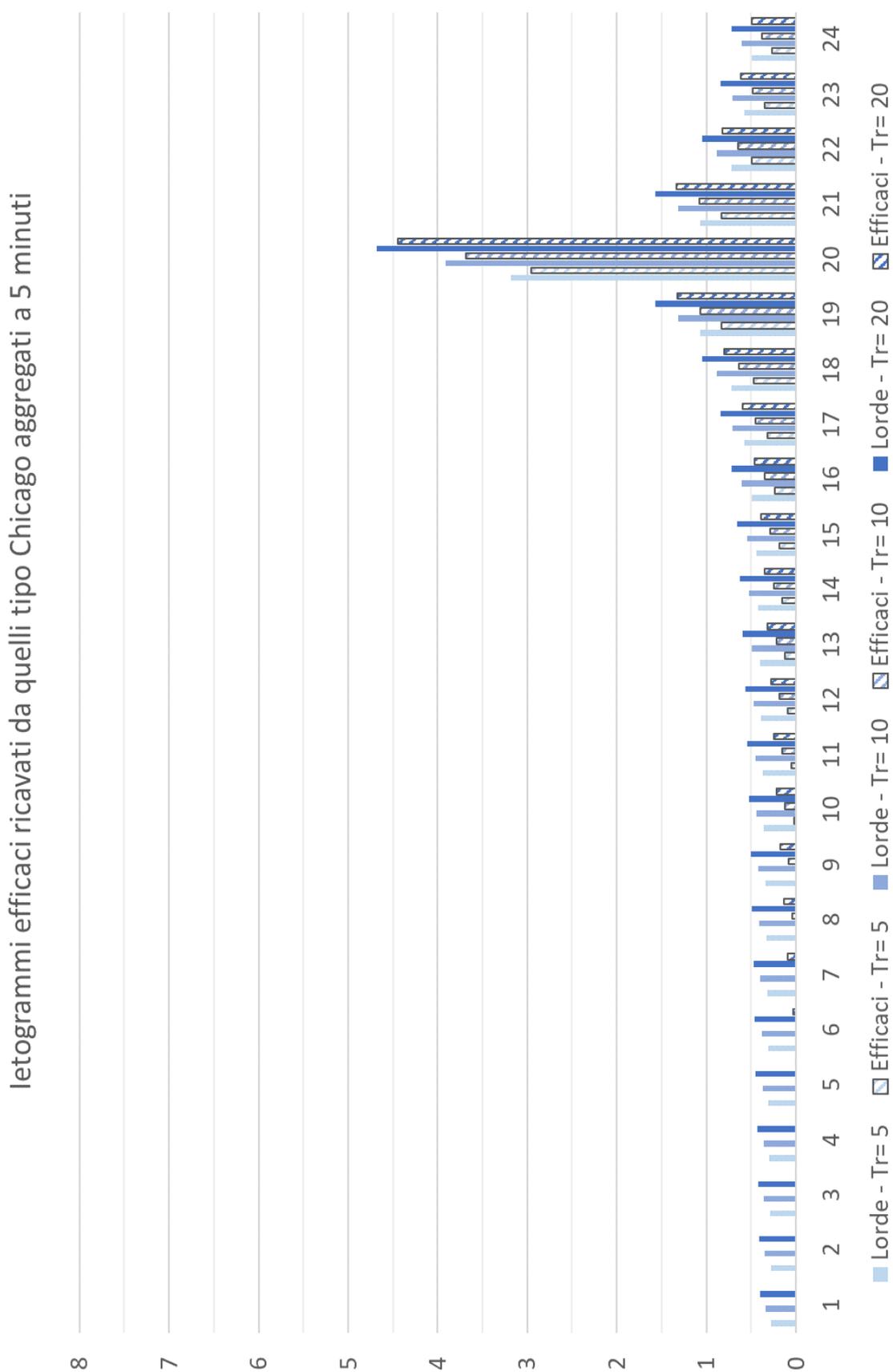


Figura 6-15 letogrammi efficaci per una pioggia con durata giornaliera, distribuzione tipo Chicago e tempi di ritorno pari a 5, 10, 20 anni calcolati a partire dal Numero di Curva in AMC-II pari a 72 e le perdite iniziali pari al 20.0%

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

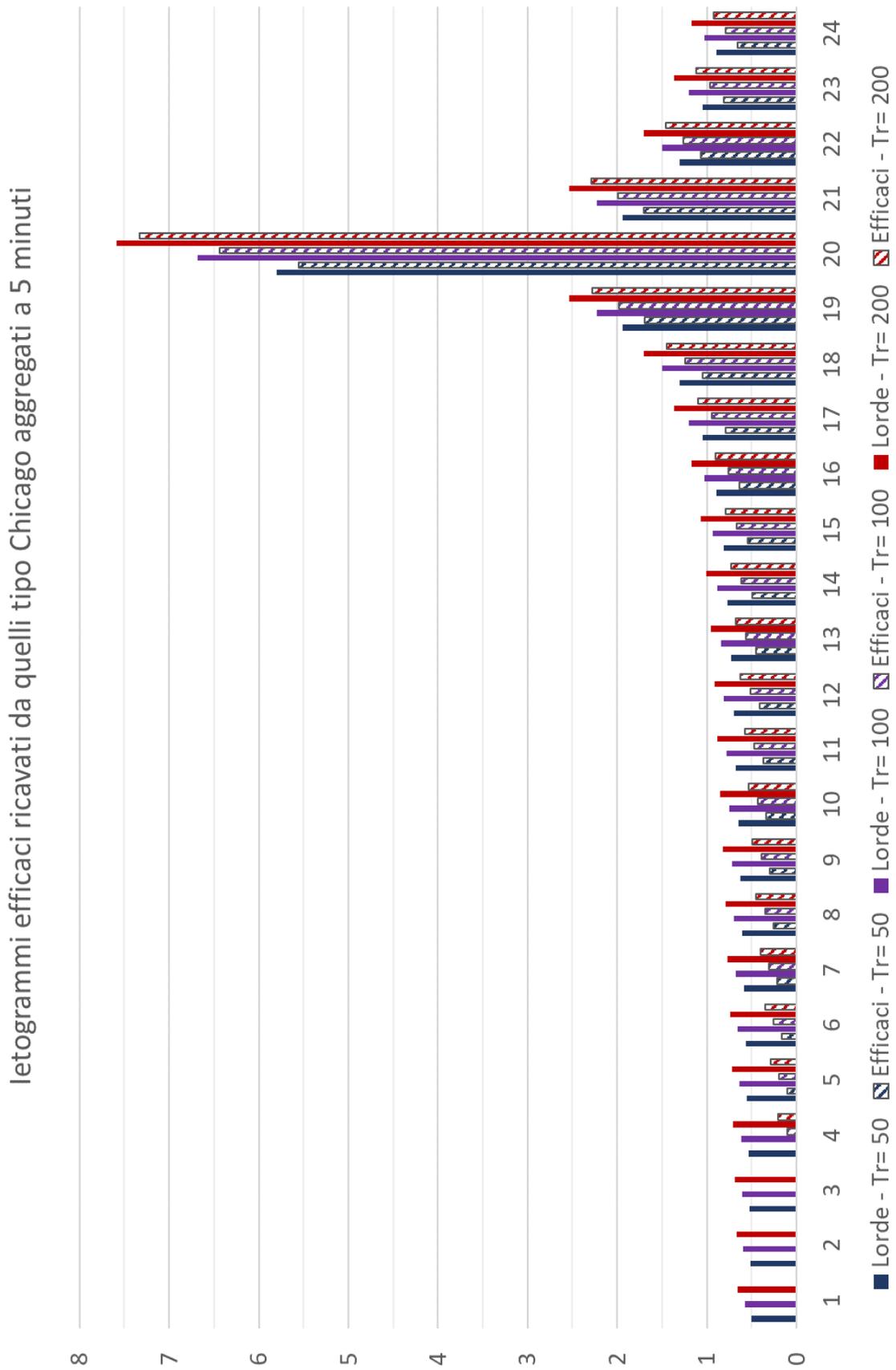


Figura 6-16 letogrammi efficaci per una pioggia con durata giornaliera, distribuzione tipo Chicago e tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 anni calcolati a partire dal Numero di Curva in AMC-II pari a 72 e le perdite iniziali pari al 20.0%

7. Caratterizzazione idro-geomorfologica del bacino oggetto di studio

7.1. Premessa

Per la trasformazione degli afflussi in deflussi si è ricorso all'utilizzo di metodologie basate sulla modellazione geomorfologica dell'area di studio, mediante l'applicazione di software proprietari o open-source. In dettaglio, nello studio descritto dalla presente relazione si è applicata una metodologia per la stima dell'idrogramma istantaneo unitario basata sulla funzione d'ampiezza, chiamata WFIUH-1par. Per applicare tale metodologia si è ricorso all'utilizzo del software proprietario EBA4SUB ver 3 (Piscopio, Grimaldi, Petroselli, 2015).

In quanto segue, si dettagliano dapprima le informazioni sito-specifiche ricavate dal DEM dei bacini oggetto di studio. Successivamente, si forniscono i sintetici principi dei modelli matematici utilizzati per la stima dell'idrogramma istantaneo unitario. Infine, si illustrano i risultati ottenuti.

7.2. I bacini degli affluenti dei Torrenti Cammoro e Cortaccione

La caratterizzazione fisiografica delle aste fluviali dei corsi d'acqua d'interesse e dei rispettivi bacini tributari è stata eseguita mediante il supporto di strumenti applicativi software dedicati all'idrologia, operanti in ambiente GIS, utilizzando il modello digitale del terreno acquisito, rappresentato nella Figura 7-1, ritagliato a partire dalla sezione di chiusura di coordinate WSG84-UTM32N (E1'166'000, N4'364'330) e (E1'166'000, N4'364'340).

NON è stato effettuato il ricondizionamento utilizzando le informazioni disponibili riguardanti la configurazione del reticolo di deflusso dei corsi d'acqua oggetto di studio. Tale scelta è stata operata per avere un elemento di paragone con cui valutare l'attendibilità delle analisi svolte e del DEM utilizzato. Pertanto si è scelto di non incidere il DEM a disposizione con il reticolo e ricondizionare il DEM "solo" per evitare la presenza di conche di depressione ed aree piane, ove non è possibile univocamente stabilire la direzione di deflusso. Pertanto, nelle fasi iniziali delle analisi, si è provveduto ad un riprocessamento del DEM (depitting), al fine di eliminare gli eventuali ostacoli al naturale deflusso delle acque i cui risultati.

Infine, è utile sottolineare che le analisi che seguono, riguardanti la caratterizzazione idro-geomorfologica dei luoghi, ha precisato gli eventuali sottobacini di natura endoreica, non direttamente comunicanti con il bacino principale per via superficiale, ma connessi ad esso solo per via sotterranea, freatica e/o carsica. Tali sottobacini, pur essendo connessi dal punto di vista idrologico e idrogeologico, hanno contributi trascurabili ai fini della valutazione del rischio idraulico legato al deflusso delle portate estreme, determinato nei piccoli e medi bacini direttamente dalle superfici scolanti.

7.3. Parametri fisici e morfologici dei bacini oggetto di studio

A partire dal DEM ritagliato come sopra, si è individuato il reticolo idrografico e si sono potuti identificare i punti di interazione con l'opera esistente e quella in progetto (cfr. Figura 7-1). Essi giacciono sulle seguenti sezioni, che sono state prese come sezioni di chiusura di altrettanti bacini:

- (E1'162'990, N4'365'940) e (E1'162'990, N4'365'950);
- (E1'163'210, N4'365'690) e (E1'163'210, N4'365'700);
- (E1'163'410, N4'365'540) e (E1'163'410, N4'365'550);
- (E1'163'450, N4'365'340) e (E1'163'450, N4'365'350).

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

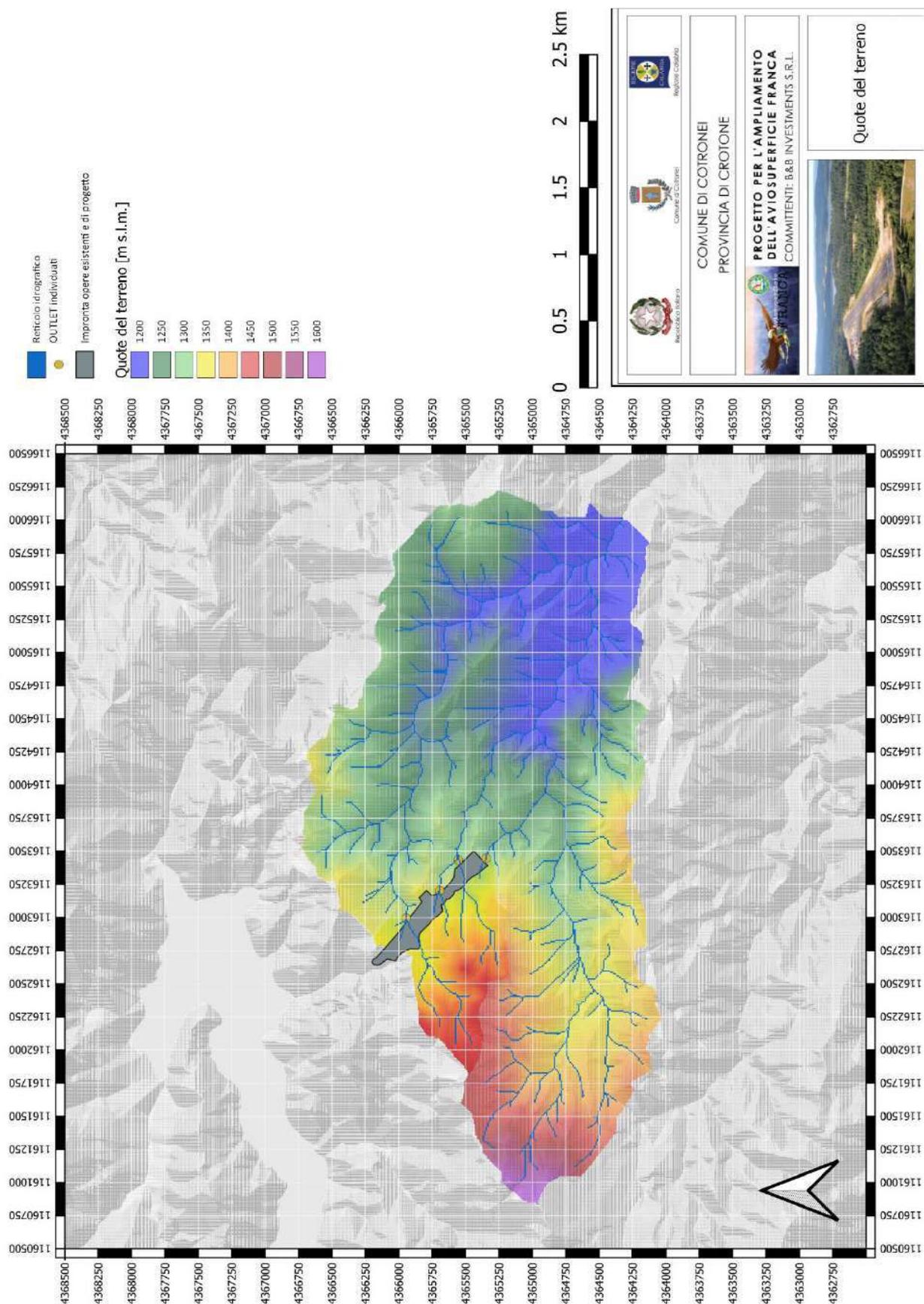


Figura 7-1 Modello Digitale delle Elevazione del terreno acquisito, rappresentato sotto forma di rilievo ombreggiato (su scala vasta) e con gradazione dei colori (sul bacino della lumarella Zacarogno)

Attraverso ulteriori elaborazioni eseguite mediante l'utilizzo di strumenti statistici ed operatori matematici applicati al DEM in ambiente GIS, nonché attraverso l'uso delle "routines" messe a disposizione da SAGAGIS, si è proceduto alla determinazione dei principali parametri fisici, morfometrici ed idrologici, caratteristici dell'intero bacino idrografico.

L'analisi della distribuzione cartografica delle elevazioni del terreno ha permesso il calcolo della carta delle pendenze dei versanti medie (cfr. Figura 7-2), calcolata come media dei valori corrispondenti alle otto direzioni cardinali analizzabili, e massime (cfr. Figura 7-3).

L'analisi delle pendenze di versante ha permesso di calcolare anche le direzioni di deflusso secondo la tecnica D8, ossia secondo la massima pendenza di pendio tra le otto pendenze definibili secondo le direzioni cardinali. In pratica si assume che tutto il deflusso che si dirige in basso dalla singola cella confluisca nella cella con maggior differenza di quota; tale assunzione permette di ottenere, con successive analisi, reticoli idrografici mono-connessi e continui, tali da permettere un'agevole valutazione del IUH così come successivamente descritto. I risultati delle analisi di esposizione dei versanti sono riportati nella Figura 7-4.

Avendo definito in ogni punto della cartografia disponibile la direzione di deflusso sono poi facilmente definibili due grandezze idrologiche, ossia:

- la lunghezza del percorso di deflusso dal generico punto della cartografia fino alla sezione di chiusura del bacino (cfr. Figura 7-5);
- la dimensione delle aree di monte contribuenti al deflusso nel generico punto della cartografia (cfr. Figura 7-6).

Avendo calcolato per ciascun punto della cartografia la dimensione delle aree contribuenti al deflusso da monte, è facilmente identificabile il reticolo idrografico come involuppo di tutte le celle che drenano superfici a monte con area superiore ad una fissata soglia (nel caso in esame si è fissata come soglia il valore di 50he). Il risultato è rappresentato in gran parte delle cartografie illustrate nel presente rapporto.

7.4. Confronto con il reticolo idrografico presente nel PGRA del ABDAM

Come precedentemente indicato, il DEM non è stato inciso lungo il reticolo idrografico già elaborato dall'Autorità di Bacino del Distretto dell'Appennino Meridionale in sede di Piano di Gestione del Rischio Idraulico per non orientare "convenientemente" il deflusso superficiale ottenibile dal DEM e, soprattutto, per avere un elemento di confronto finale per valutare l'attendibilità e l'affidabilità delle elaborazioni eseguite.

Il confronto tra il reticolo idrografico estratto dal DEM processato così come descritto dalla presente relazione e le aree di attenzione presenti nel PGRA del ABDAM è riportato in Figura 7-7. Il confronto è risultato più che soddisfacente, tenendo in considerazione che lo scopo dell'analisi è quello di collegare le differenti aree contribuenti del bacino alla sezione di chiusura.

7.5. Il modello di trasformazione afflussi-deflussi geomorfologico WHIUH-1par

Il modello di trasformazione afflussi-deflussi utilizzato nel presente studio si basa sulla caratterizzazione geomorfologica della funzione di risposta unitaria ed istantanea del bacino, ossia su un modello IUH (Instantaneous Unit Hydrograph) di tipo geomorfologico, nello specifico basato sulla funzione di ampiezza.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

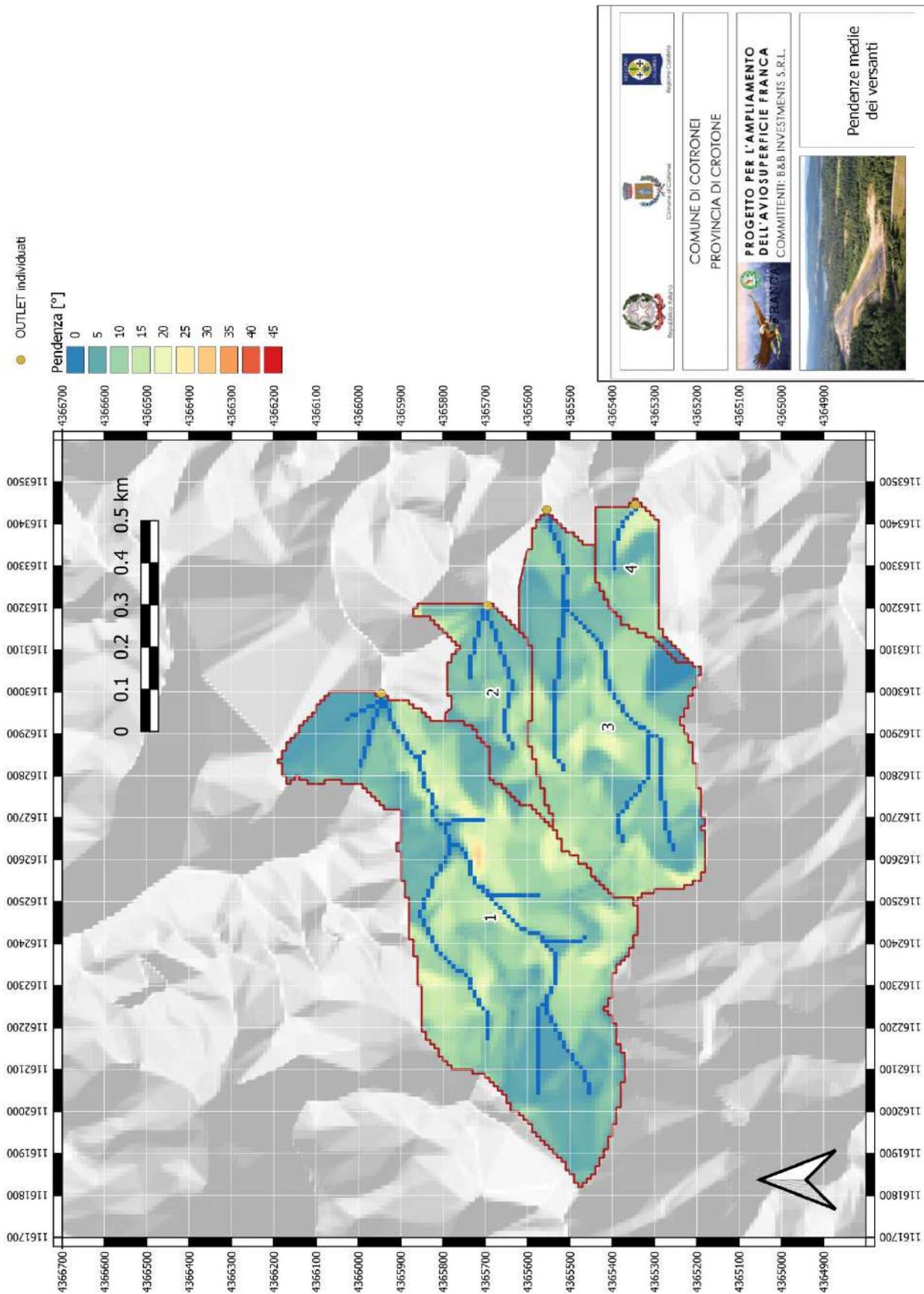


Figura 7-2 Carta delle pendenze medie (in gradi) dei bacini oggetto di studio

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

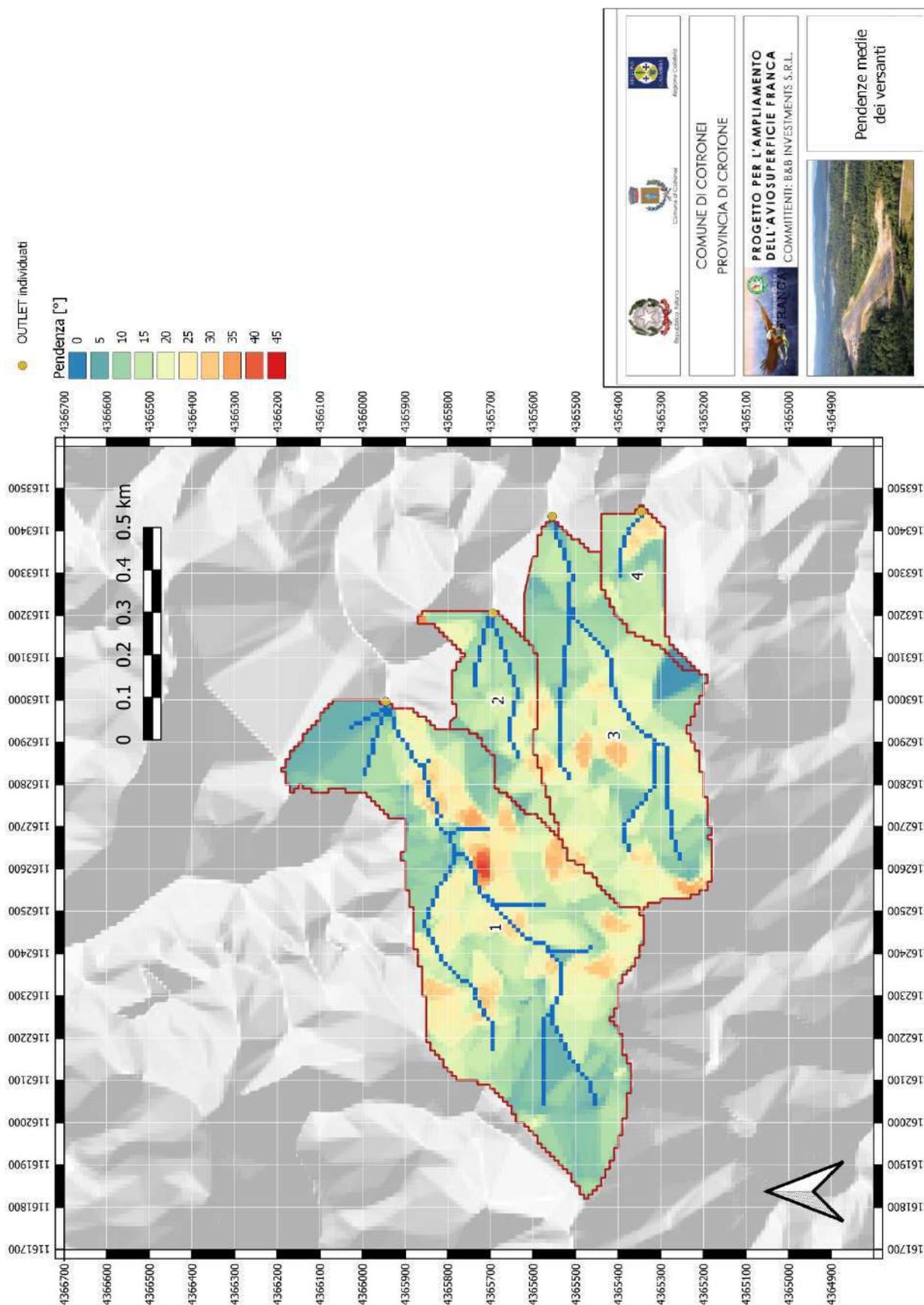


Figura 7-3 Carta delle pendenze massime (in gradi) dei bacini oggetto di studio

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

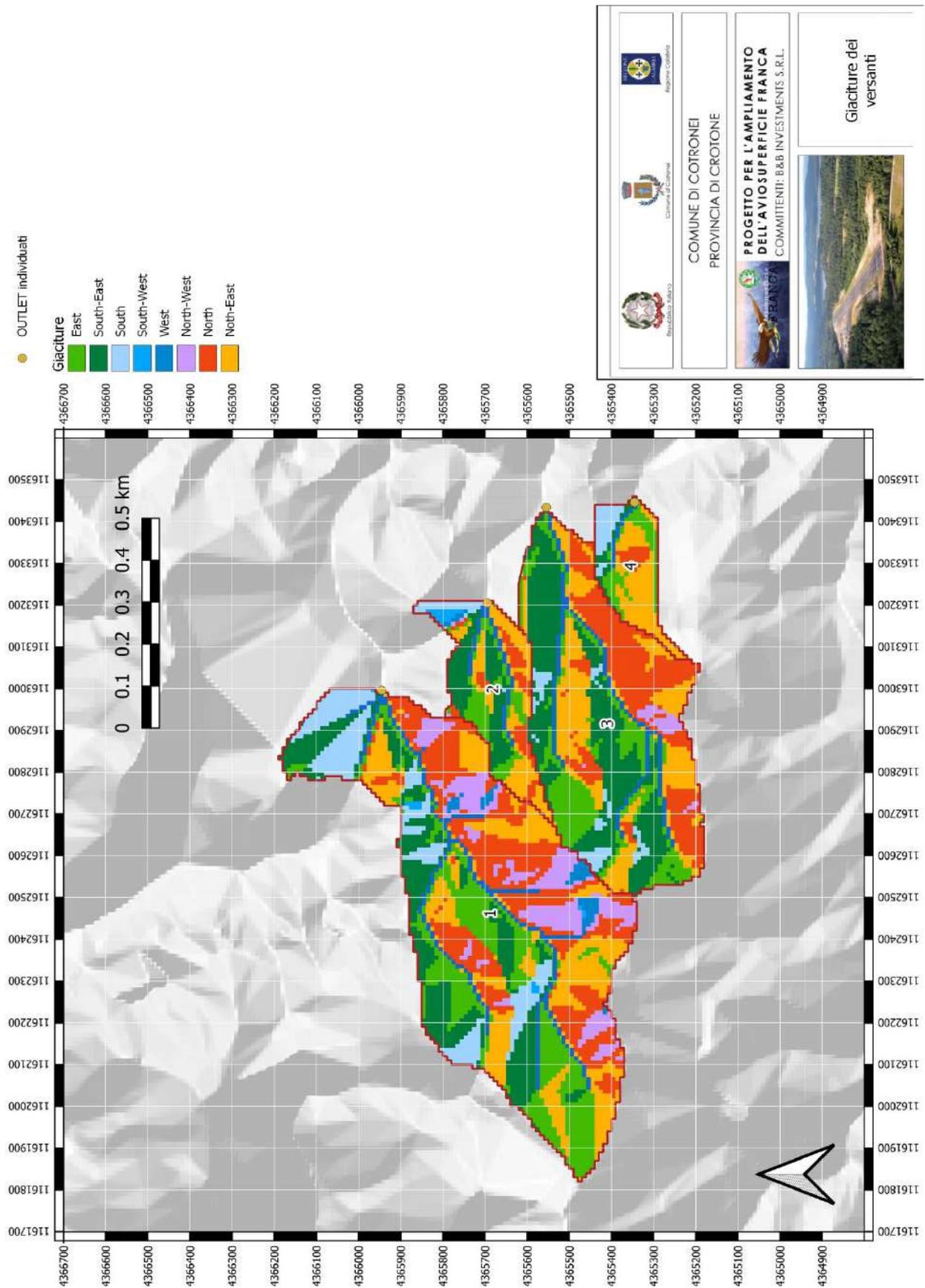


Figura 7-4 Carta delle esposizioni (direzioni di deflusso) dei bacini oggetto di studio

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

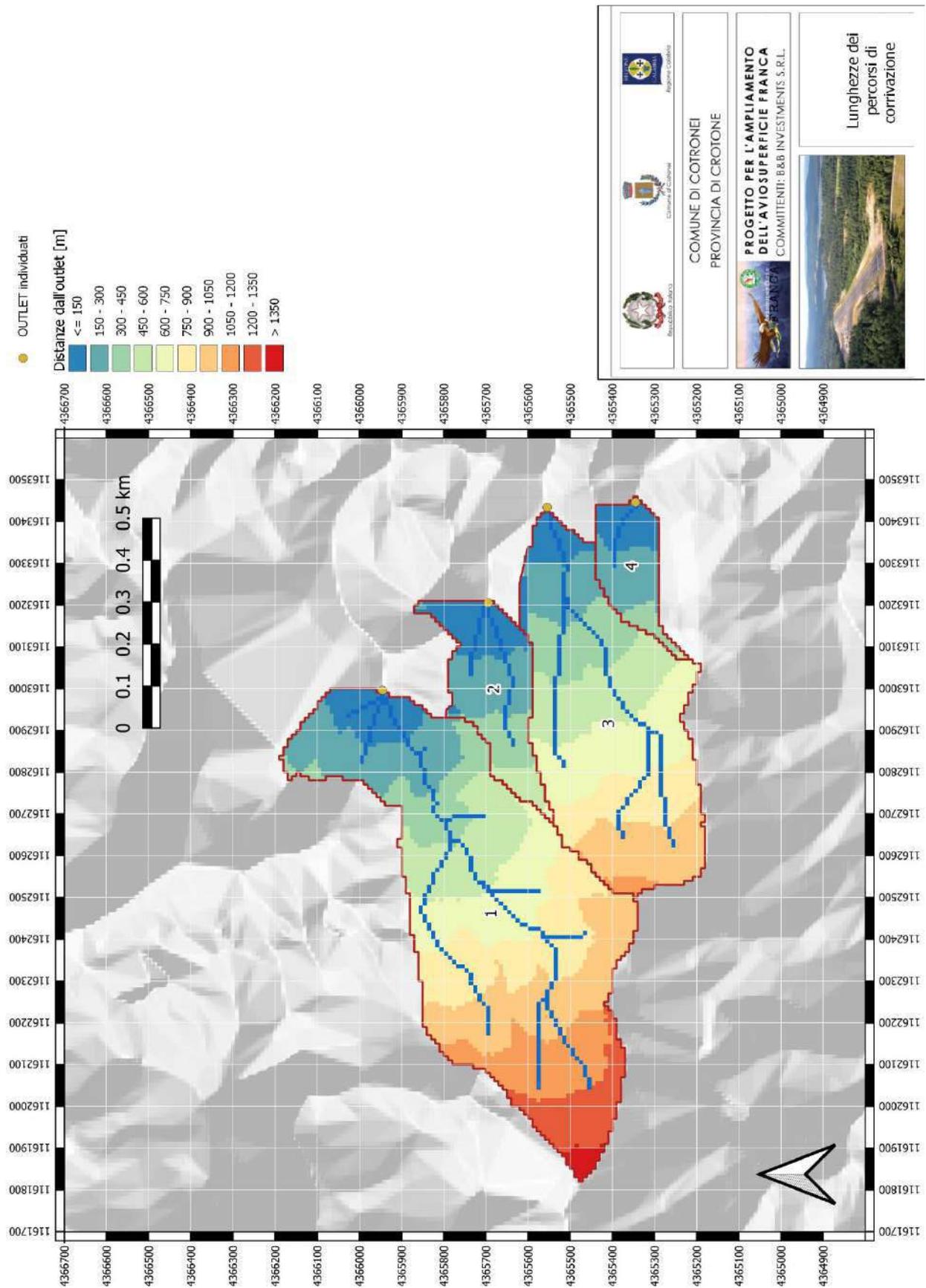


Figura 7-5 Carta delle lunghezze dei percorsi di corrivazione nei bacini oggetto di studio

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

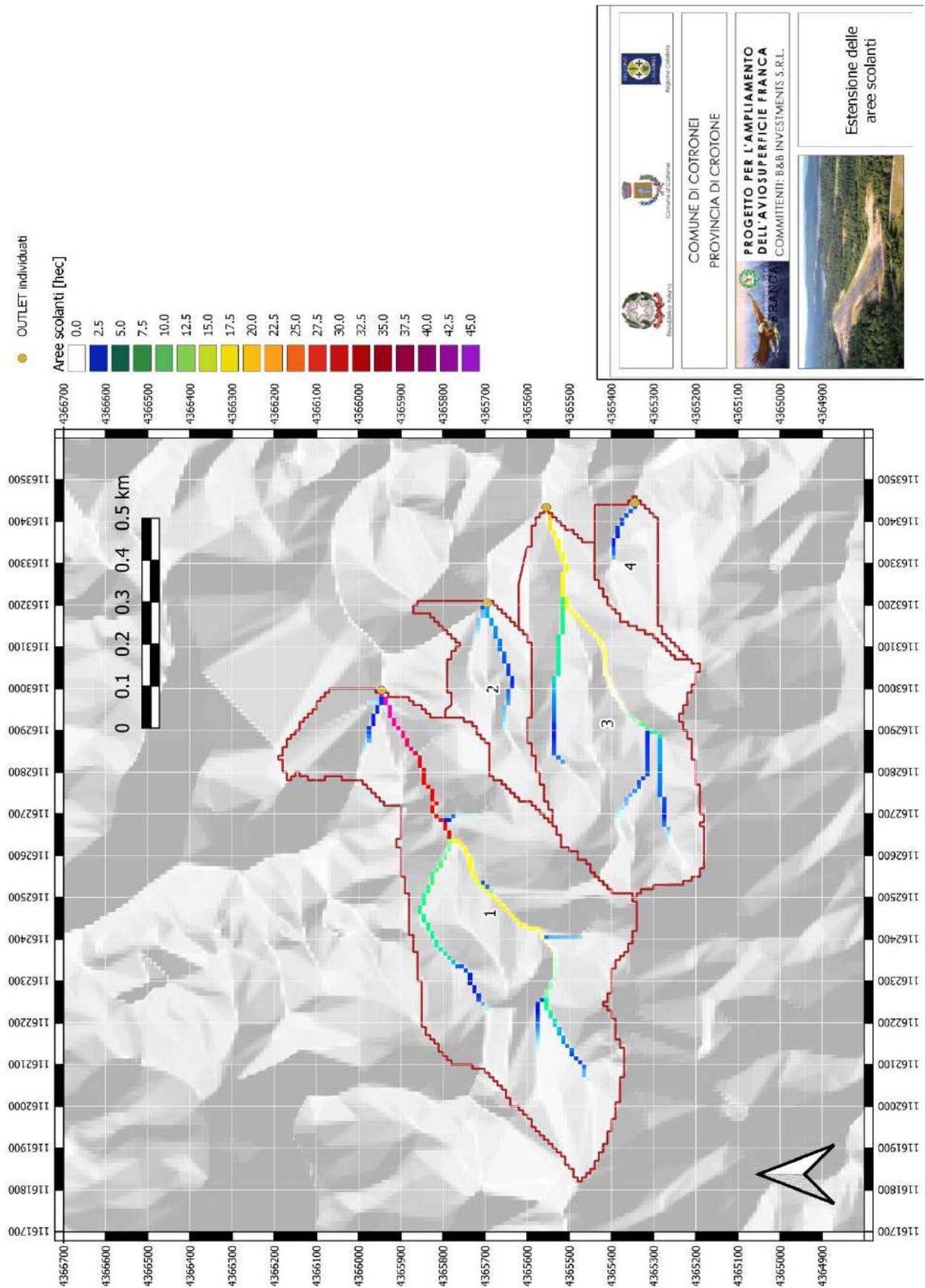


Figura 7-6 Carta delle estensioni delle aree scolanti nei bacini oggetto di studio

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

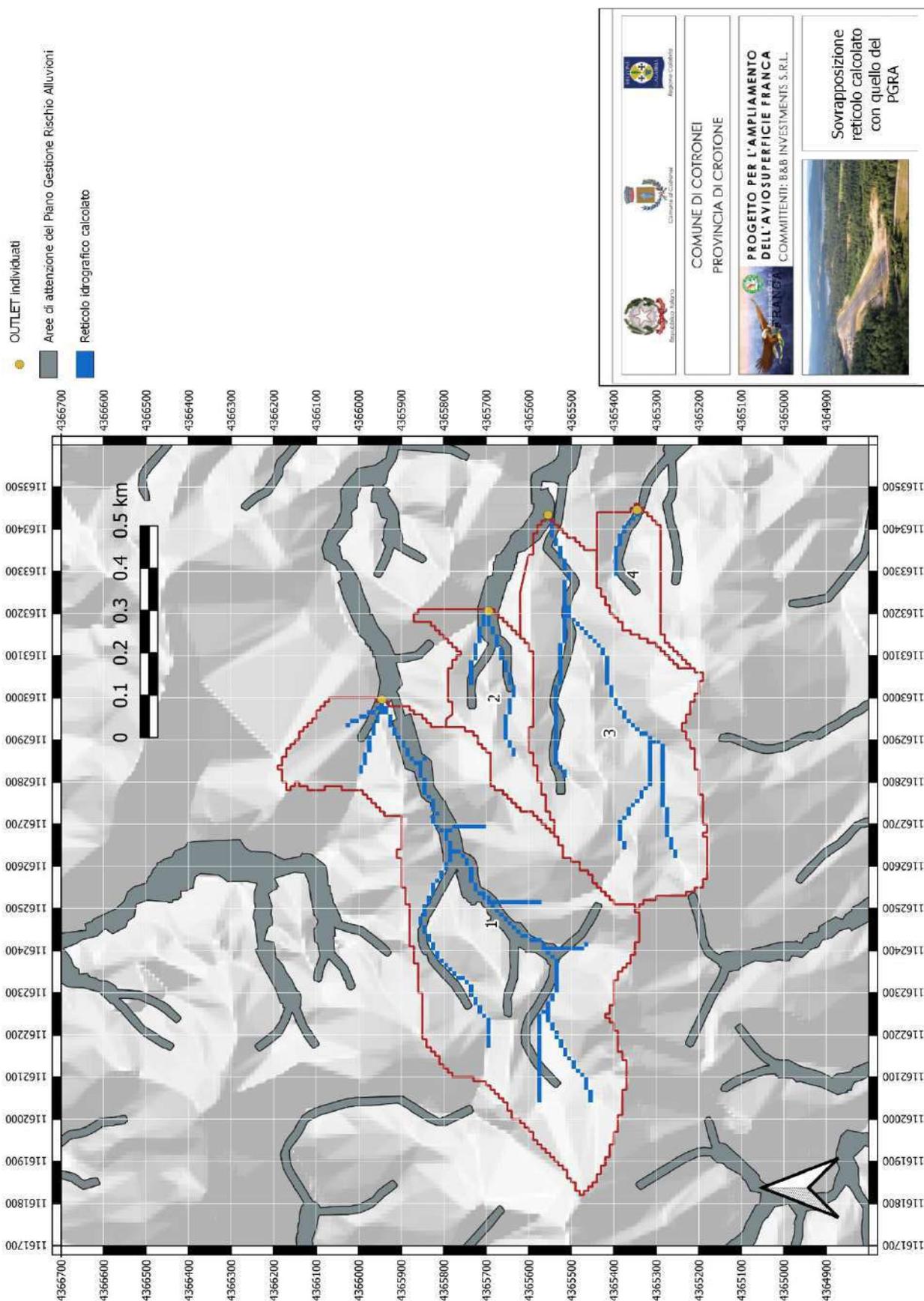


Figura 7-7 Confronto tra il reticolo idrografico elaborato così come descritto dalla presente relazione (azzurro) sovrapposto alle aree di attenzione previste dal Piano di Gestione del Rischio Alluvione (grigio)

L'approccio di tipo IUH ipotizza che il bacino idrografico reagisca alla forzante idrologica (i.e. evento di pioggia) come un sistema lineare e pertanto la funzione di risposta alla forzante sia unicamente caratterizzata dalla sua funzione di risposta impulsiva. Se $I(\tau)$ è l'intensità di pioggia in mm/h e $\Delta\tau$ un intervallo infinitesimo espresso in ore, allora $I(\tau)\Delta\tau$ è la pioggia in mm, cioè l'input del sistema lineare nell'intervallo $\Delta\tau$; il conseguente deflusso, sfasato di $(t - \tau)$, è pari a $I(\tau)u(t - \tau)\Delta\tau$. La risposta complessiva del bacino si ottiene tramite l'integrale di convoluzione che integra le risposte dei singoli impulsi pluviometrici:

$$Q(t) = \sum_0^t I(\tau_i)u(t - \tau_i)\Delta\tau$$

Equazione 18

I modelli IUH sono di tipo concentrato e quindi presuppongono che la pioggia efficace sia uniformemente distribuita sull'area del bacino. La forma dell'IUH è assunta costante per tutto il tempo di evoluzione dell'evento ed indipendente dal tipo di precipitazione. L'ipotesi di base dei modelli geomorfologici è che la forma dell'IUH coincida con la distribuzione dei tempi di corrivazione delle singole gocce di pioggia precipitate (uniformemente) sul bacino. Seguendo tale ipotesi la stima dell'IUH è immediata tramite la funzione di ampiezza (WF) definita come la distribuzione della lunghezza dei percorsi di drenaggio del bacino, intesi come lunghezza dei percorsi effettuati dalla pioggia ruscellante in superficie seguendo la direzione di deflusso per raggiungere la sezione di chiusura. Nota la WF, tramite una operazione di riadattamento delle distanze in tempi attraverso l'imposizione di un campo di velocità, variabile da cella a cella della cartografia, si stima l'IUH del bacino.

In pratica, la stima dei tempi di residenza o inter-arrivo (ovvero dei tempi che impiega la pioggia caduta sulla generica cella a raggiungere la sezione di chiusura) si effettua scalando la matrice delle distanze idrologiche di versante e di canale rispettivamente con la velocità di deflusso sulla singola cella di versante e di canale secondo la seguente relazione:

$$T_i = \sum \frac{L_h}{v_h} + \sum \frac{L_c}{v_c}$$

Equazione 19

dove T_i è il tempo di inter-arrivo per la generica cella i del bacino, L_h e L_c , v_h e v_c sono rispettivamente, a seconda che si attraversi una cella di versante (hillslope) o di canale (channel), le distanze e le velocità di deflusso che si incontrano lungo il percorso dalla cella i alla sezione di chiusura.

Mentre la stima delle lunghezze L_h e L_c è immediatamente eseguibile analizzando il DEM, ovvero le lunghezze L_h sono la somma di tutte le distanze percorse all'interno del reticolo idrografico mentre le lunghezze L_c sono la somma di tutte le distanze percorse sui versanti, la scelta dei valori delle velocità è determinante, in quanto condiziona la forma dell'IUH finale.

In recenti studi di letteratura (Grimaldi et al., 2010) sono stati analizzati alcuni schemi empirici per la definizione cella-cella della velocità sul versante verificando che, nonostante la semplice natura della formula utilizzata, alcune di esse permettono di definire in maniera realistica la componente cinematica dei versanti. In dettaglio, le velocità sono variabili da cella a cella e sono stimate applicando la formula NRCS:

$$\begin{aligned} v_i &= a\sqrt{s} && \text{per } s \leq 0.04 \\ v_i &= a\sqrt{0.05247 + 0.06363 \cdot s - 0.182 \cdot e^{-62.38s}} && \text{per } s > 0.04 \end{aligned}$$

Equazione 20

in cui s è la pendenza (adimensionale) della singola cella e a un coefficiente funzione dell'uso del suolo (Haan et al., 1994; McCuen, 1998). Per evitare valori non-realistici delle velocità di deflusso nelle singole celle di versante si fissano a priori un valore minimo e massimo ammissibili delle singole velocità.

I risultati per le velocità di deflusso calcolati secondo l'Equazione 20 sono riportati nella Figura 7-8 e i tempi totali di deflusso corrispondenti sono riportati nella Figura 7-9.

Ponendo $v_c = \varphi v_i$, è possibile rendere il modello WFIUH dipendente da una sola variabile da calibrare: la costante di proporzionalità della velocità assunta nelle celle "canale" φ . Tale costante può essere determinata imponendo il rispetto di una particolare condizione per il WFIUH risultante. Si può richiedere che la durata complessiva del WFIUH coincida con il tempo di corrivazione del bacino (T_c), oppure che il tempo associato al centroide del WFIUH coincida con il tempo di ritardo del bacino (T_l). Nel presente lavoro è stata adottata la seconda possibilità, cioè utilizzare come calibrazione la velocità di canale relativa al tempo di ritardo del bacino, secondo quanto riportato in Grimaldi et al. (2013). Il tempo di ritardo è stimato a partire dal tempo di corrivazione del bacino seguendo l'approccio empirico proposto dal NRCS, secondo il quale esso coincide con il 60% del tempo di corrivazione del bacino.

I risultati per le velocità di deflusso, calibrate come sopra esplicitato, sono riportati nella Figura 7-10. Corrispondentemente, i tempi totali di deflusso sono riportati nella Figura 7-11.

Integrando nel tempo i contributi provenienti dalle differenti aree con differenti tempi di residenza si ottiene la distribuzione specifica del WFIUH per i bacini oggetto di studio, che nel caso descritto dalla presente relazione sono riportati nelle Figura 7-12, Figura 7-13, Figura 7-14 e Figura 7-15.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

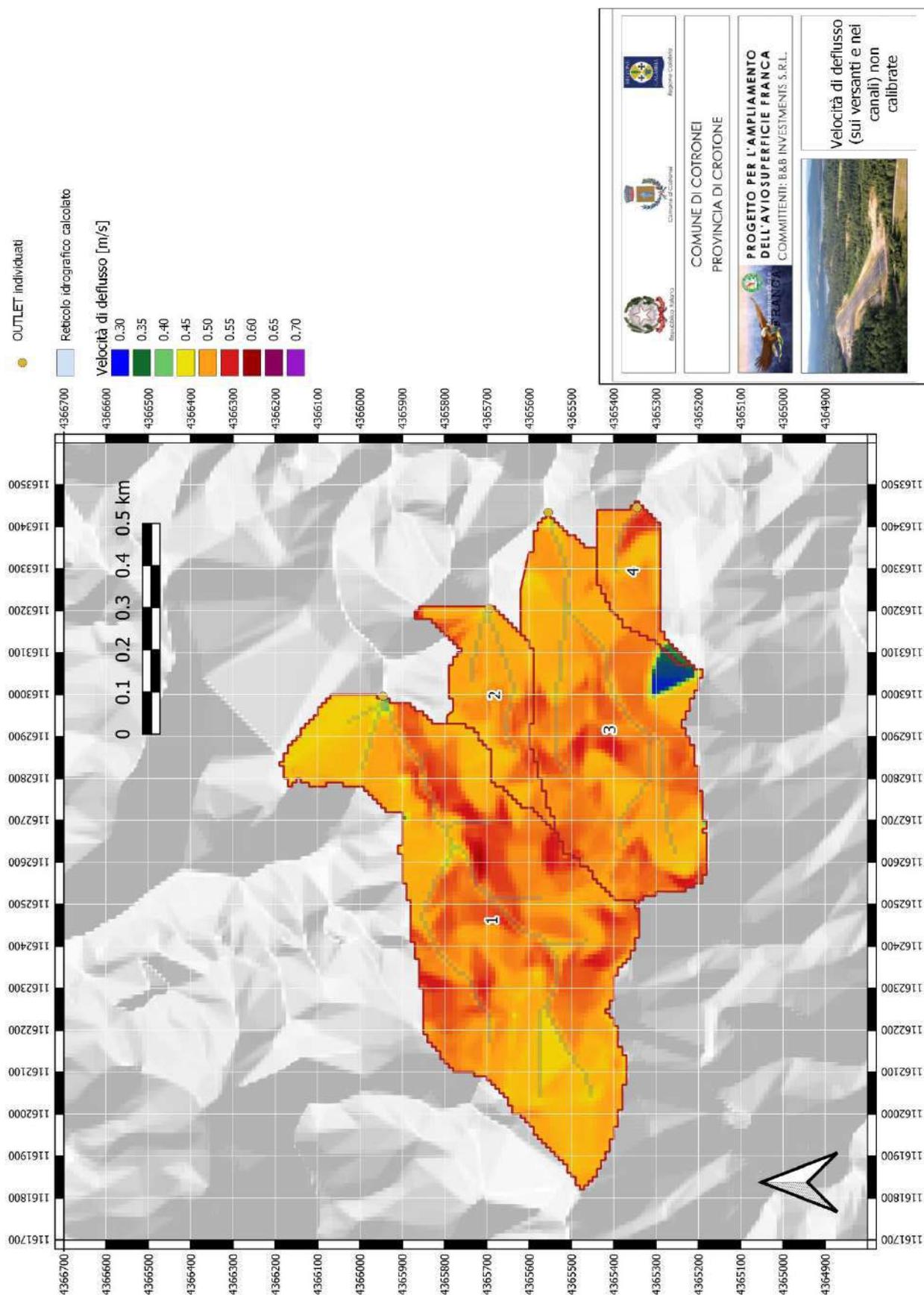


Figura 7-8 Carta delle velocità di deflusso calcolate con l'Equazione 20 e non calibrate

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

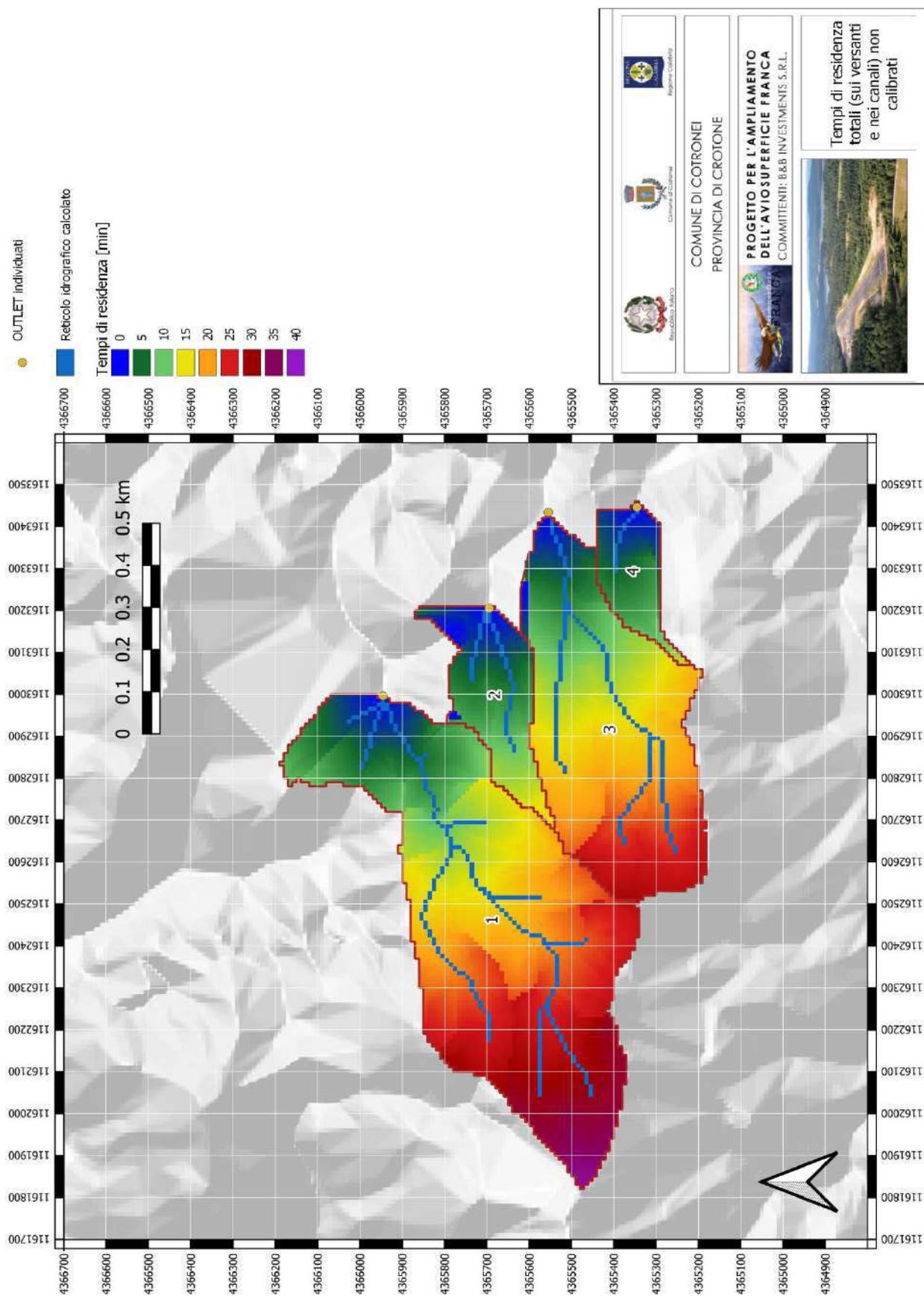


Figura 7-9 Carta dei tempi di residenza dei deflussi lungo i percorsi di corrivazione in assenza di calibrazione

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

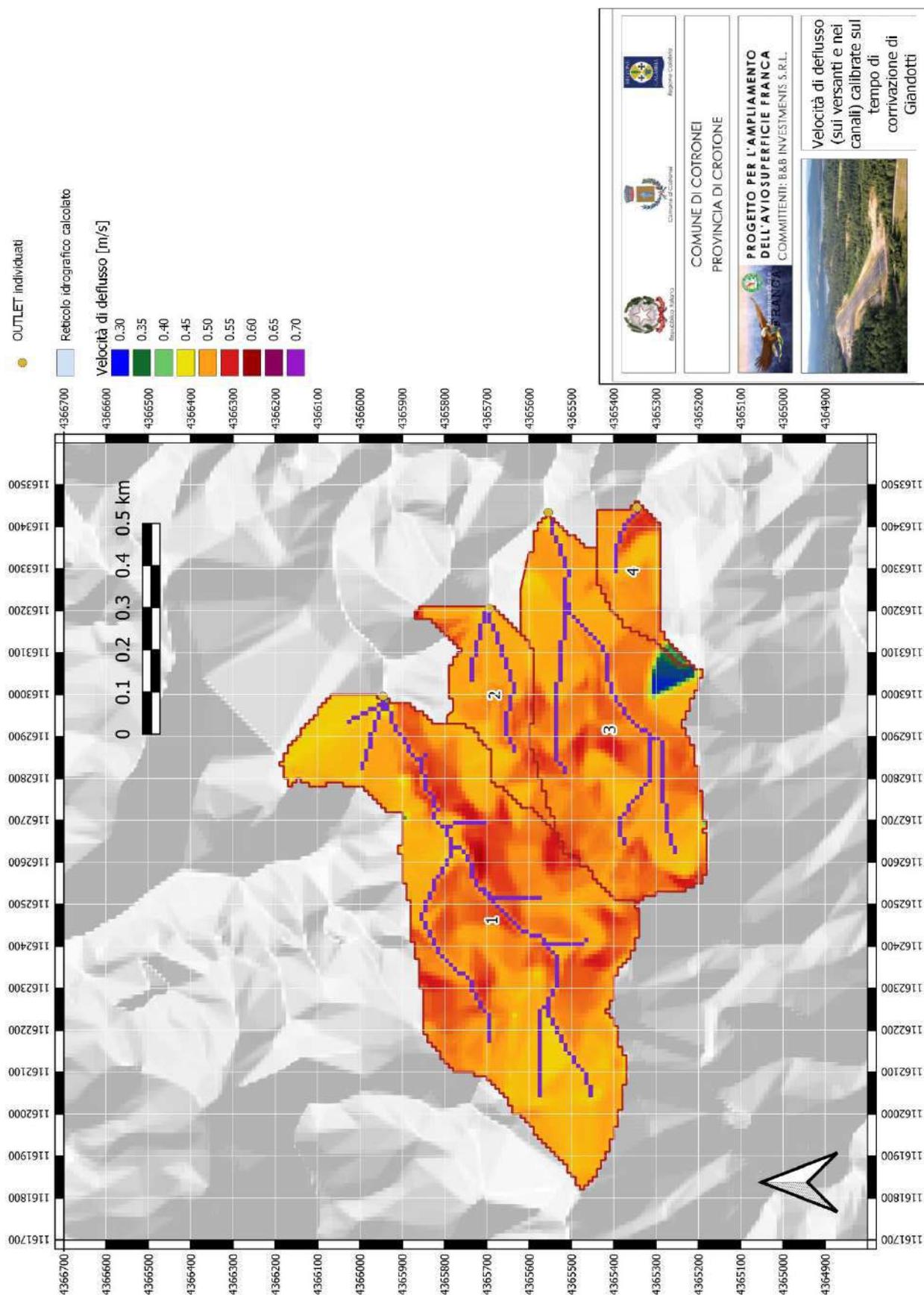


Figura 7-10 Carta delle velocità di deflusso calibrate affinché il tempo di corruzione risulti il 60% del tempo di ritardo

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

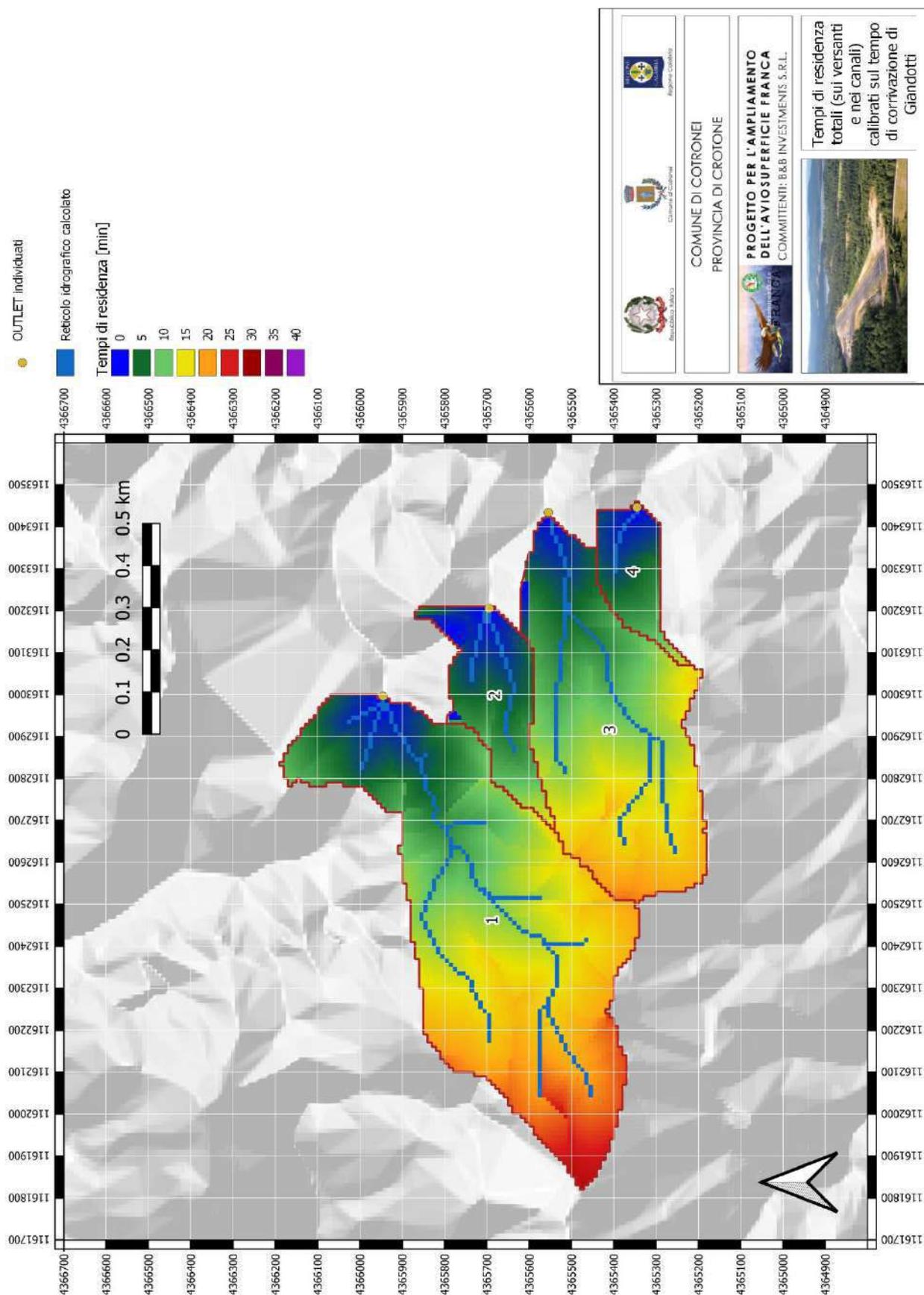


Figura 7-11 Carta dei tempi di residenza dei deflussi lungo i percorsi di corrivazione calibrati in base al tempo di concentrazione di Giandotti

Funzione di risposta unitaria ed istantanea del bacino n°1

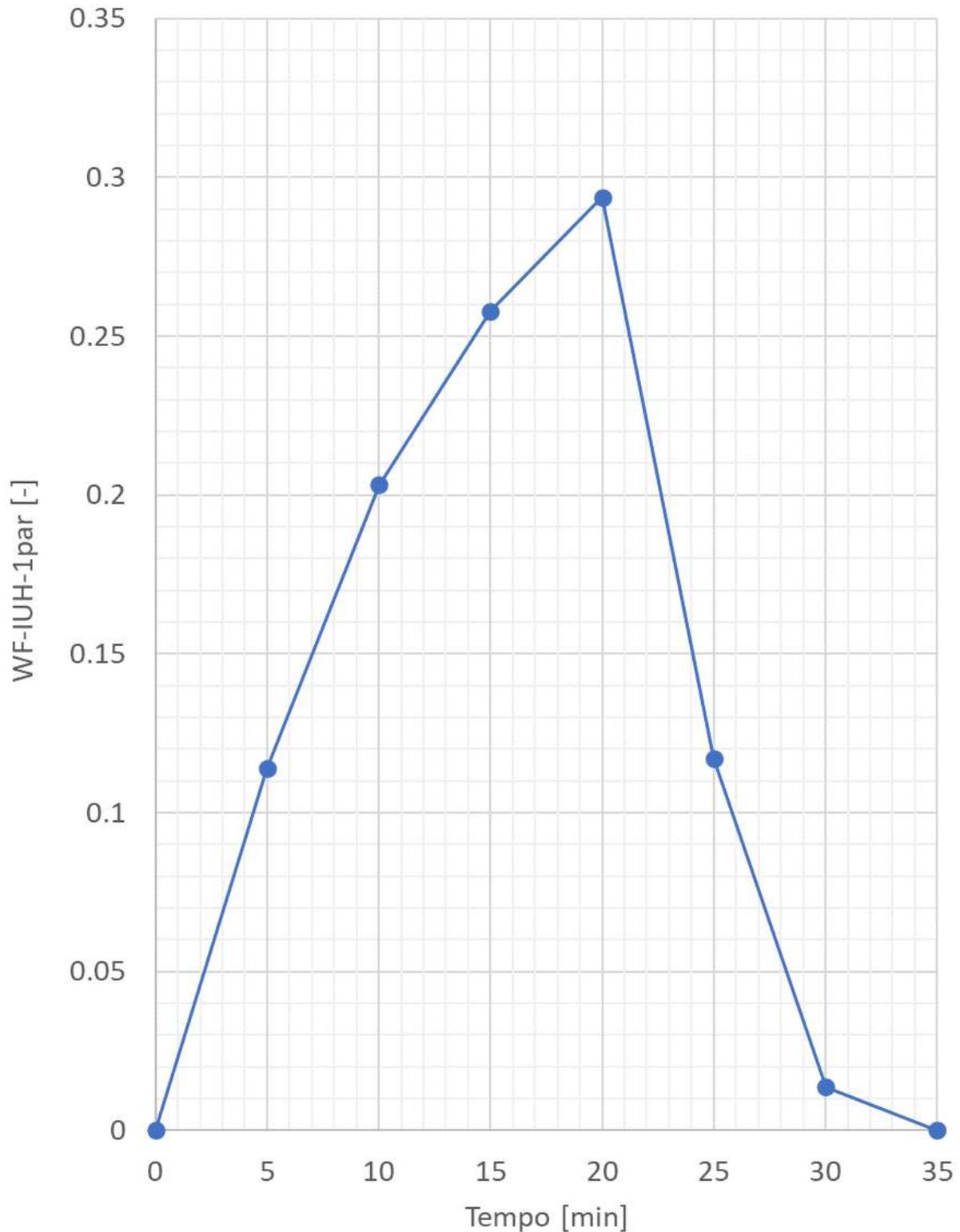


Figura 7-12 WFIUH calibrato con le velocità nelle celle del reticolo idrografico per adattarsi al tempo di corrivazione del bacino n°1.

Funzione di risposta unitaria ed istantanea del bacino n°2

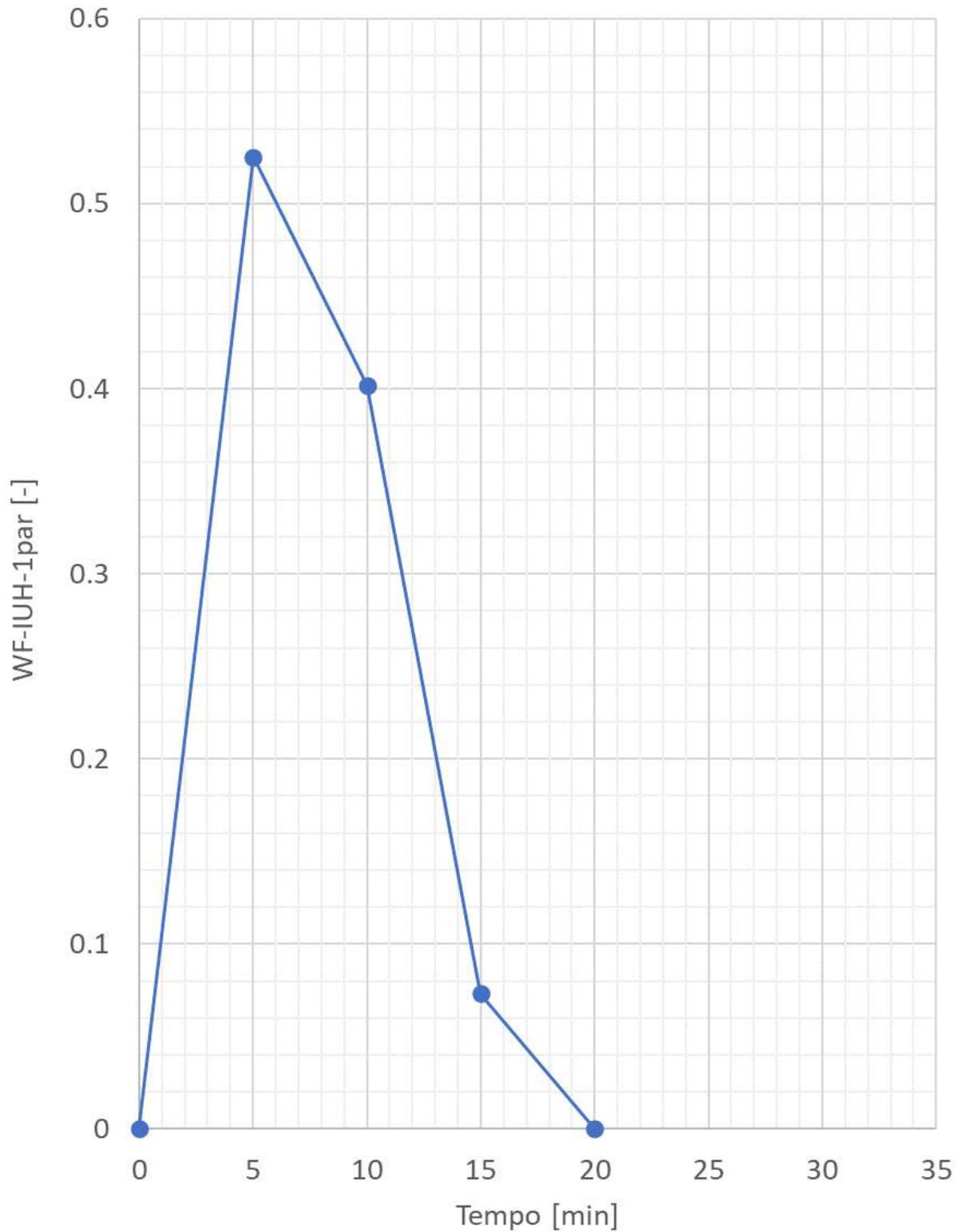


Figura 7-13 WFIUH calibrato con le velocità nelle celle del reticolo idrografico per adattarsi al tempo di corrivazione del bacino n°2.

Funzione di risposta unitaria ed istantanea del bacino n°3

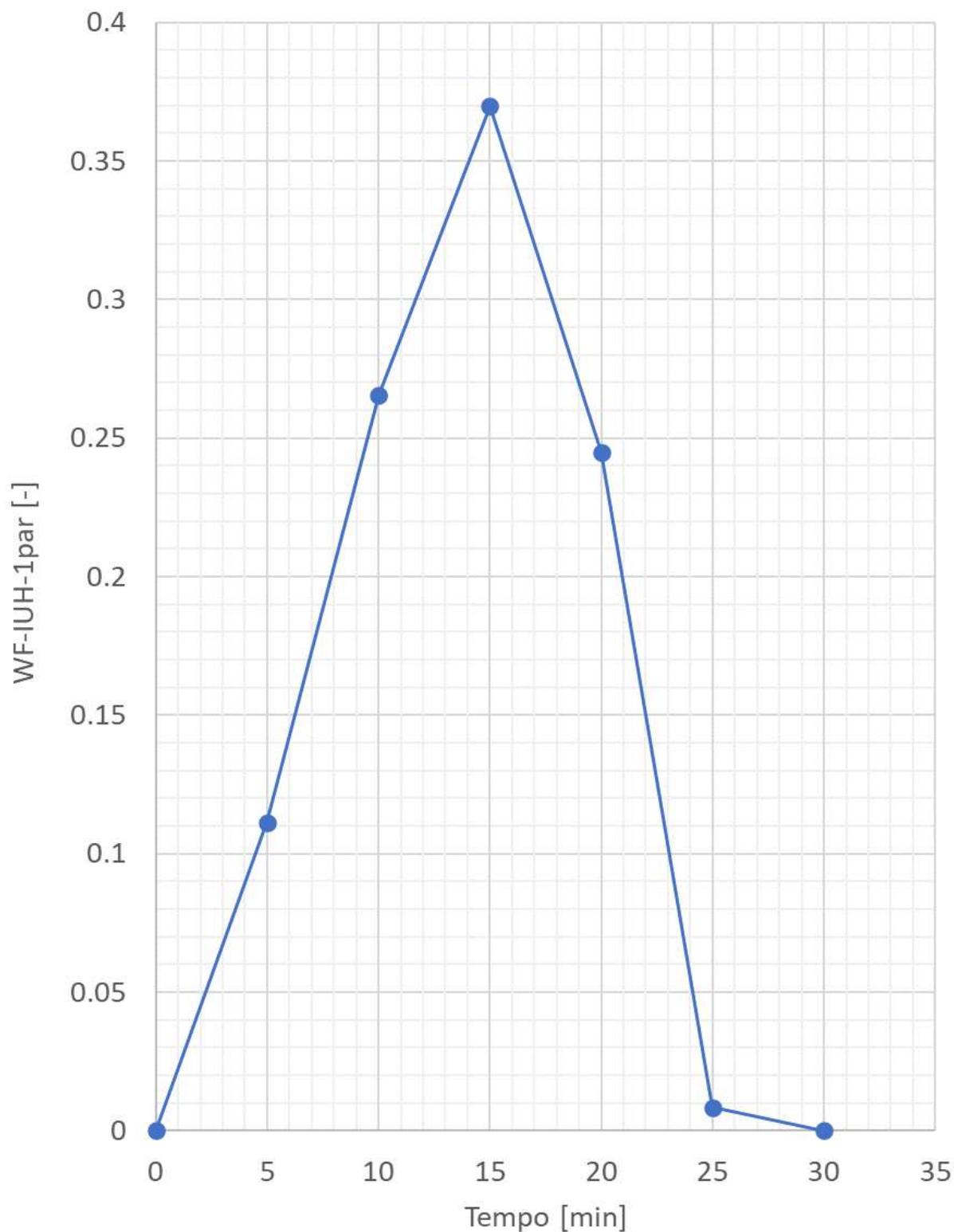


Figura 7-14 WFIUH calibrato con le velocità nelle celle del reticolo idrografico per adattarsi al tempo di corrivazione del bacino n°3.

Funzione di risposta unitaria ed istantanea del bacino n°4

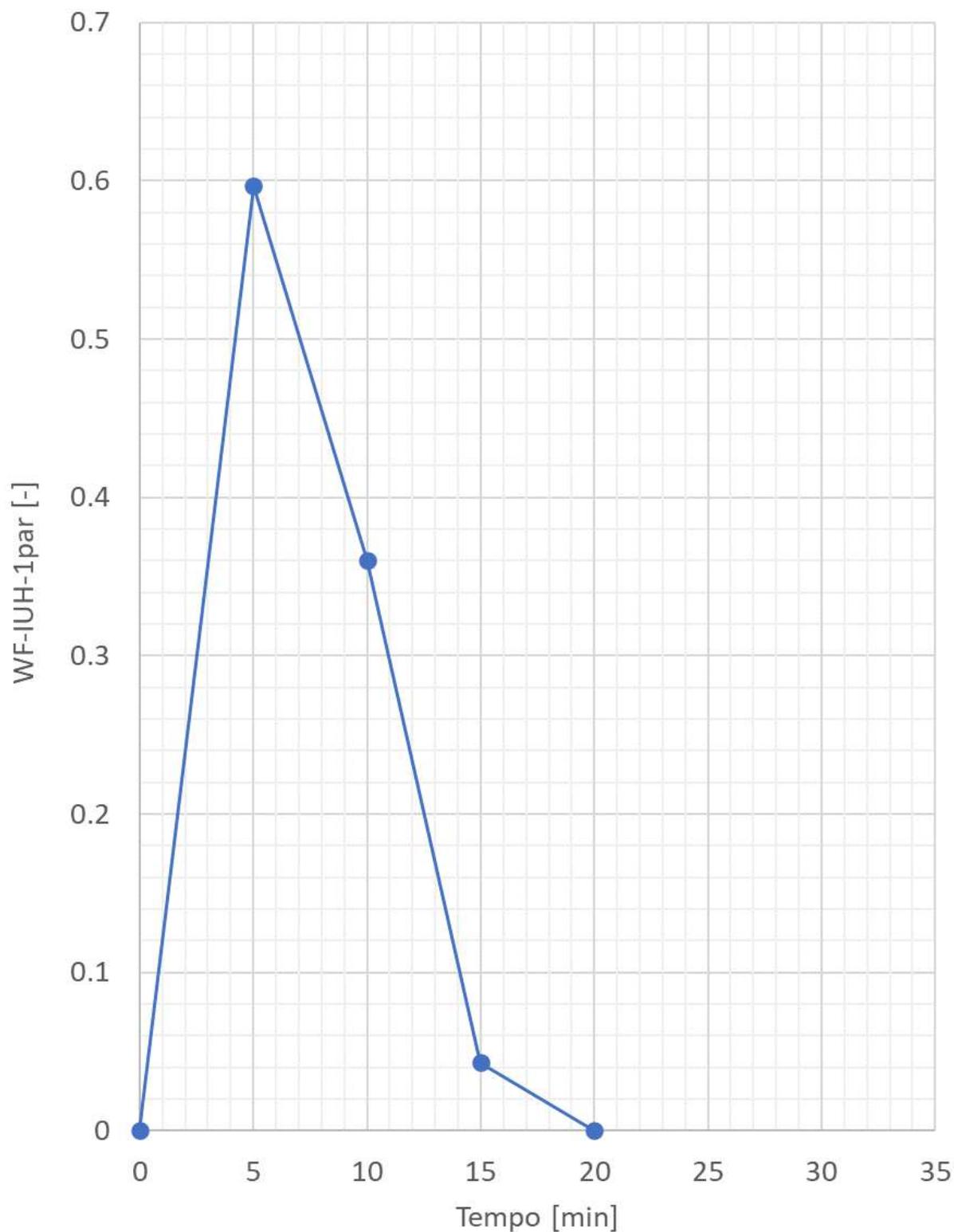


Figura 7-15 WFIUH calibrato con le velocità nelle celle del reticolo idrografico per adattarsi al tempo di corrivazione del bacino n°4.

8. Incanalamento dei deflussi superficiali nel reticolo idrografico

8.1. Premessa

Avendo già illustrato i metodi di calcolo per la stima degli ietogrammi efficaci nonché per la stima del WFIUH geomorfologico dei bacini, il calcolo degli idrogrammi di progetto è semplicemente effettuato convolvendo le informazioni sopra citate.

Ricordando che gli ietogrammi efficaci sono stati stimati per tre differenti ietogrammi lordi, corrispondenti a differenti durate di pioggia e differenti distribuzioni temporali delle precipitazioni, tutti per una medesima condizione di umidità del terreno antecedente l'evento meteorico critico, e che gli ietogrammi lordi erano stati calcolati per sei tempi di ritorno, si ha che sono stati calcolati 18 idrogrammi, 3 per ciascun tempo di ritorno dell'evento meteorico, da cui si estrarrà quello di progetto.

In quanto segue si descrivono i risultati per i bacini d'interesse.

8.2. Idrogrammi in sezioni significative delle aste d'interesse

Gli idrogrammi sono stati calcolati nella sezione di chiusura dei bacini. In quanto segue, si riportano gli idrogrammi di ottenuti in formato grafico (cfr. figure dalla Figura 8-1, alla Figura 8-12) e sintetico (cfr. tabelle da Tabella 8-1 a Tabella 8-4) in termini di altezza efficace massima e cumulata nonché portata di picco e volume defluiti.

L'analisi critica dei risultati al fine di selezionare l'idrogramma di progetto è rimandata ad un capitolo successivo, in attesa di illustrare i risultati ottenuti con metodologie parametriche semplificate.

In ogni caso è possibile immediatamente anticipare alcune considerazioni:

- le precipitazioni più durature producono, logicamente, maggiori volumi defluiti;
- le superfici più estese producono, logicamente, maggiori valori di portata al colmo;
- le precipitazioni più durature non producono necessariamente valori di portata al colmo maggiori;
- per definizione, la distribuzione delle piogge secondo il modello Chicago presenta la massima altezza di precipitazione efficace a prescindere dalla sua durata;
- la massima altezza di precipitazione efficace della distribuzione secondo il modello Chicago aumenta all'aumentare del ritardo con cui si verifica rispetto all'inizio dell'evento.

BACINO n°1 – superficie di 44 ettari

<i>T_r</i>	Distribuzione Rettangolare – 1h						Distribuzione triangolare – 24h						Distribuzione tipo Chicago – 24h					
	5	10	20	50	100	200	5	10	20	50	100	200	5	10	20	50	100	200
Precipitazioni efficaci																		
<i>P_p</i>	0,9	1,3	1,9	2,7	3,3	4,1	0,9	1,1	1,4	1,8	2,0	2,4	2,9	3,7	4,4	5,6	6,4	7,3
<i>C</i>	2,9	5,9	9,8	16,7	22,9	29,9	89,0	122,2	158,6	212,8	256,5	302,0	89,0	122,2	158,6	212,8	256,5	302,0
Deflussi																		
<i>Q_p</i>	0,9	1,5	2,2	3,3	4,1	5,1	1,1	1,4	1,8	2,3	2,7	3,1	3,8	4,7	5,8	7,2	8,4	9,5
<i>V</i>	1,1	2,3	3,8	6,5	8,8	11,4	34,7	47,7	61,8	83,0	100,0	117,7	34,7	47,7	61,8	83,0	100,0	117,7

Tabella 8-1. Caratteristiche sintetiche degli idrogrammi calcolati nella sezione di chiusura del bacino n°1. Precipitazioni di picco e cumulate totali in mm, portate di picco in m³/s e volumi defluiti in dam³.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

BACINO n°2 – superficie di 8 ettari

T _r	Distribuzione Rettangolare – 1h						Distribuzione triangolare – 24h						Distribuzione tipo Chicago – 24h					
	5	10	20	50	100	200	5	10	20	50	100	200	5	10	20	50	100	200
Precipitazioni efficaci																		
P _p	0,9	1,3	1,9	2,7	3,3	4,1	0,9	1,1	1,4	1,8	2,0	2,4	2,9	3,7	4,4	5,6	6,4	7,3
C	2,9	5,9	9,8	16,7	22,9	29,9	89,0	122,2	158,6	212,8	256,5	302,0	89,0	122,2	158,6	212,8	256,5	302,0
Deflussi																		
Q _p	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
V	0,1	0,2	0,4	0,6	0,9	1,1	3,4	4,6	6,0	8,1	9,7	11,5	3,4	4,6	6,0	8,1	9,7	11,5

Tabella 8-2. Caratteristiche sintetiche degli idrogrammi calcolati nella sezione di chiusura del bacino n°2. Precipitazioni di picco e cumulate totali in mm, portate di picco in m³/s e volumi defluiti in dam³.

BACINO n°3 – superficie di 26 ettari

T _r	Distribuzione Rettangolare – 1h						Distribuzione triangolare – 24h						Distribuzione tipo Chicago – 24h					
	5	10	20	50	100	200	5	10	20	50	100	200	5	10	20	50	100	200
Precipitazioni efficaci																		
P _p	0,9	1,3	1,9	2,7	3,3	4,1	0,9	1,1	1,4	1,8	2,0	2,4	2,9	3,7	4,4	5,6	6,4	7,3
C	2,9	5,9	9,8	16,7	22,9	29,9	89,0	122,2	158,6	212,8	256,5	302,0	89,0	122,2	158,6	212,8	256,5	302,0
Deflussi																		
Q _p	0,6	0,9	1,4	2,0	2,5	3,0	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,3	2,8	3,4	4,3	5,0	5,6
V	0,7	1,4	2,3	3,9	5,3	6,9	20,6	28,2	36,6	49,2	59,3	69,8	20,6	28,2	36,6	49,2	59,3	69,8

Tabella 8-3. Caratteristiche sintetiche degli idrogrammi calcolati nella sezione di chiusura del bacino n°3. Precipitazioni di picco e cumulate totali in mm, portate di picco in m³/s e volumi defluiti in dam³.

BACINO n°4 – superficie di 4 ettari

T _r	Distribuzione Rettangolare – 1h						Distribuzione triangolare – 24h						Distribuzione tipo Chicago – 24h					
	5	10	20	50	100	200	5	10	20	50	100	200	5	10	20	50	100	200
Precipitazioni efficaci																		
P _p	0,9	1,3	1,9	2,7	3,3	4,1	0,9	1,1	1,4	1,8	2,0	2,4	2,9	3,7	4,4	5,6	6,4	7,3
C	2,9	5,9	9,8	16,7	22,9	29,9	89,0	122,2	158,6	212,8	256,5	302,0	89,0	122,2	158,6	212,8	256,5	302,0
Deflussi																		
Q _p	0,05	0,07	0,10	0,14	0,18	0,22	0,05	0,06	0,07	0,1	0,11	0,13	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
V	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,4	2,0	2,6	3,4	4,1	4,9	1,4	2,0	2,6	3,4	4,1	4,9

Tabella 8-4. Caratteristiche sintetiche degli idrogrammi calcolati nella sezione di chiusura del bacino n°4. Precipitazioni di picco e cumulate totali in mm, portate di picco in m³/s e volumi defluiti in dam³.

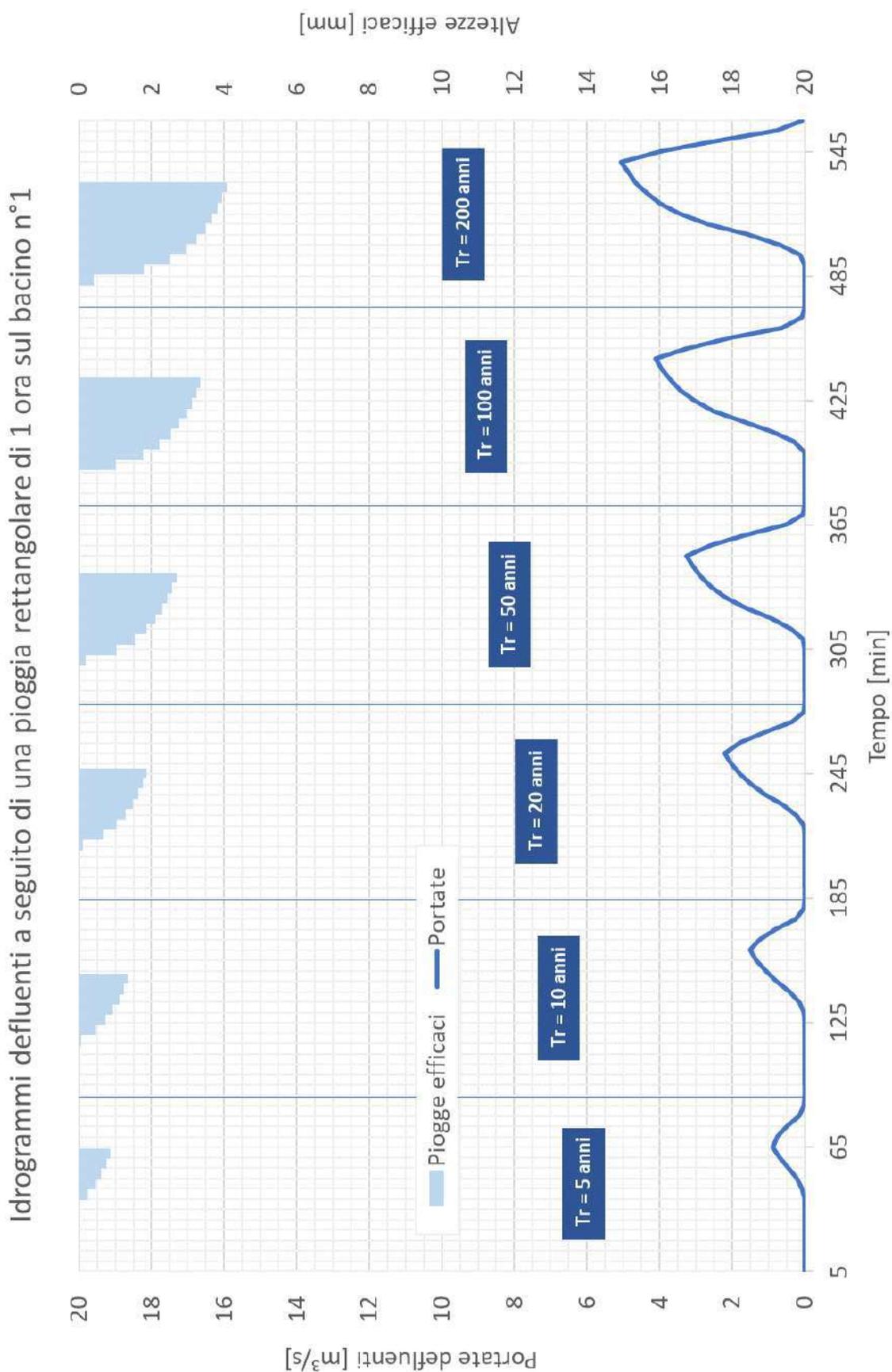


Figura 8-1 Idrogrammi sintetici a seguito di una pioggia distribuita rettangolarmente su una durata di 1 ora nella sezione di chiusura del bacino n°1 al variare del tempo di ritorno (Tr).

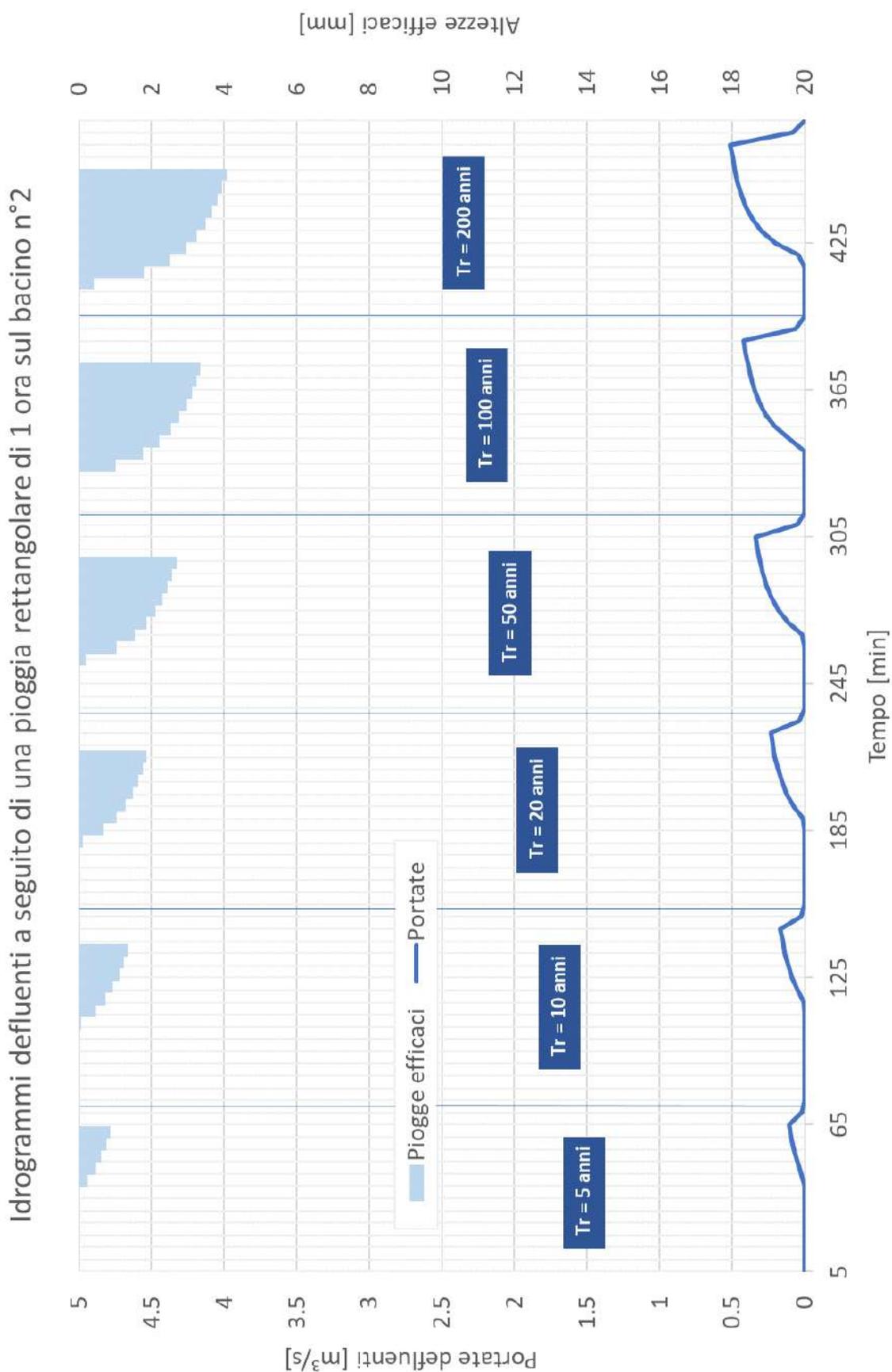


Figura 8-2 Idrogrammi sintetici a seguito di una pioggia distribuita rettangolarmente su una durata di 1 ora nella sezione di chiusura del bacino n°2 al variare del tempo di ritorno (Tr).

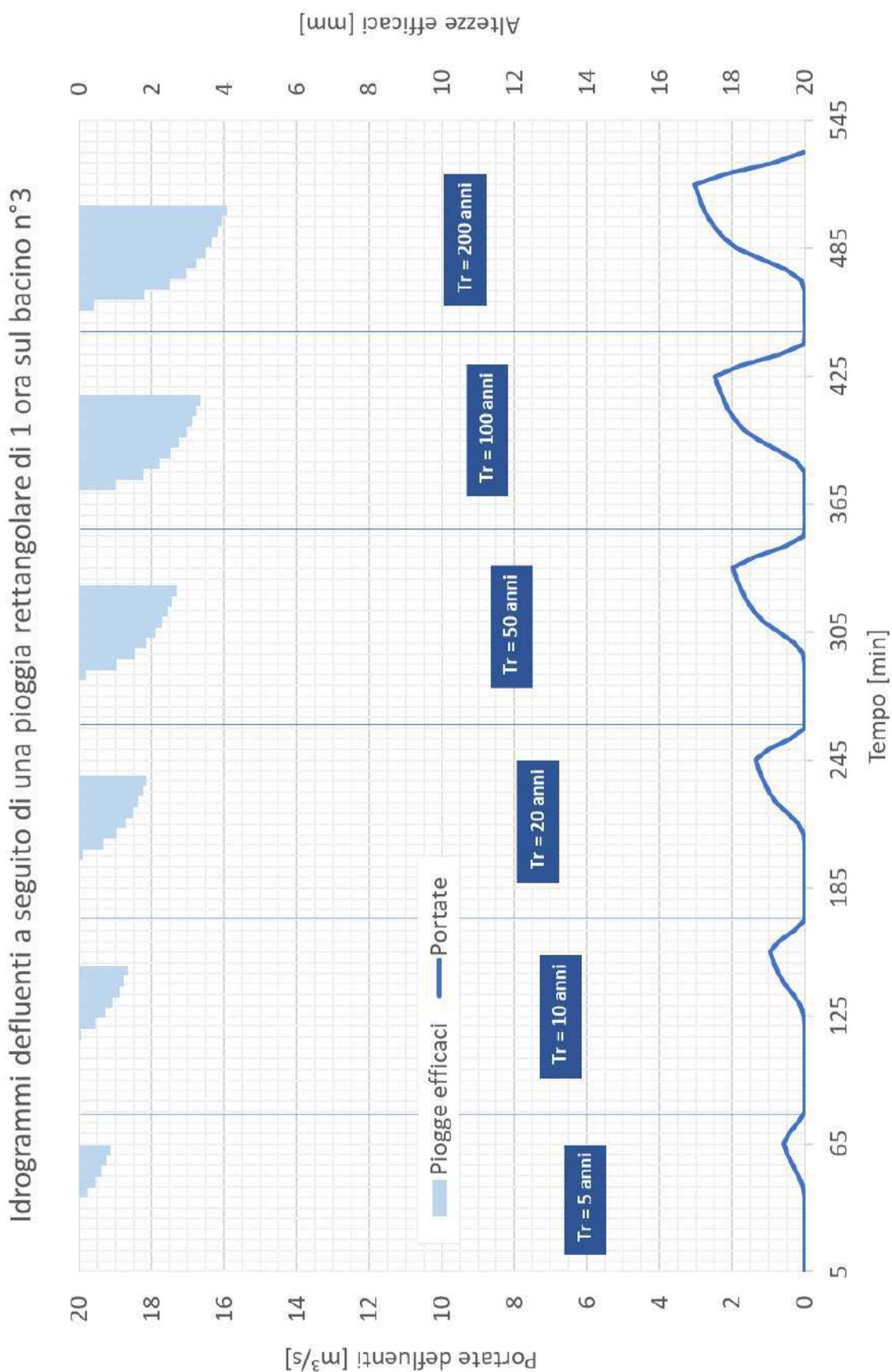


Figura 8-3 Idrogrammi sintetici a seguito di una pioggia distribuita rettangolarmente su una durata di 1 ora nella sezione di chiusura del bacino n°3 al variare del tempo di ritorno (Tr).

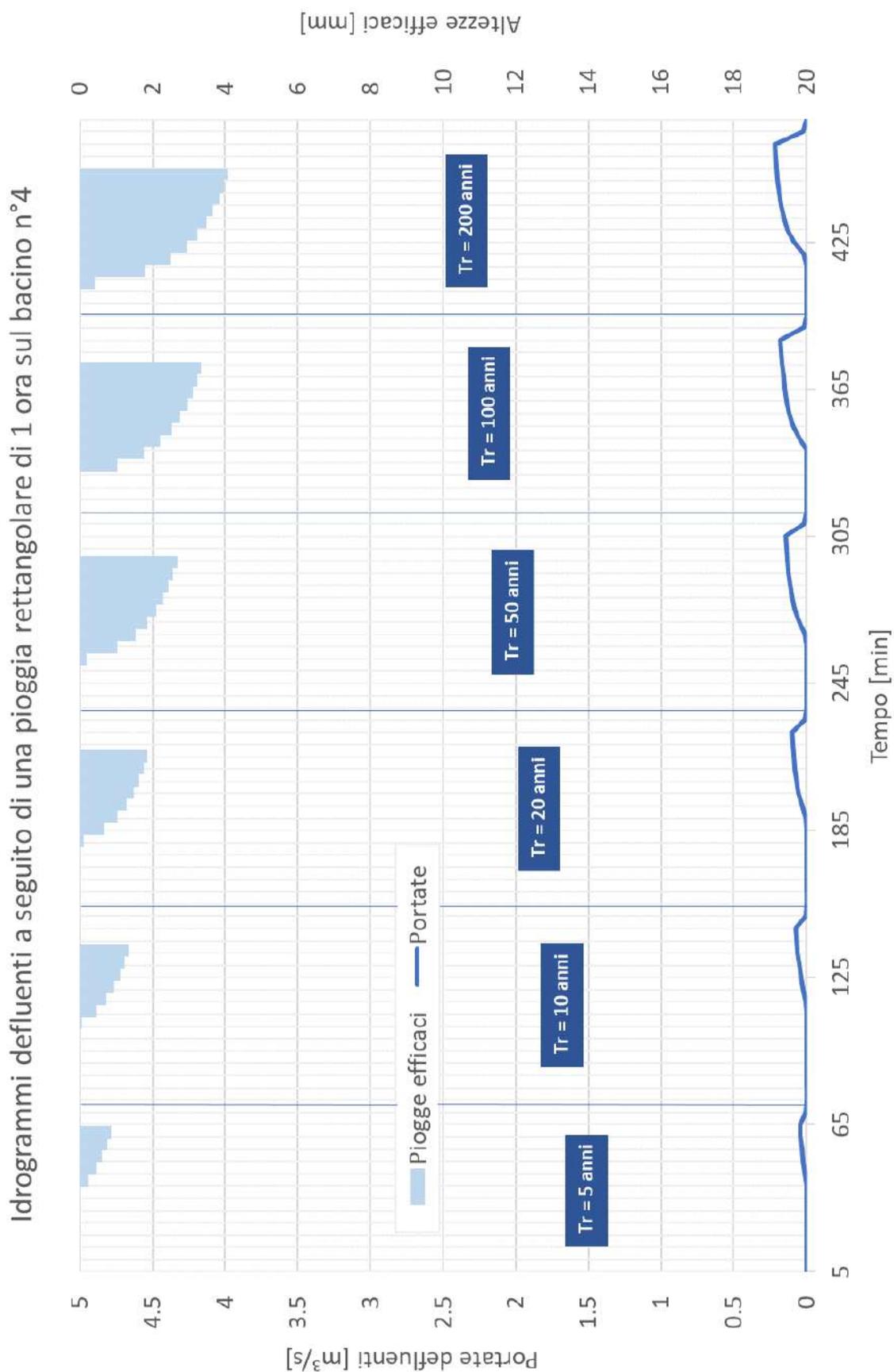


Figura 8-4 Idrogrammi sintetici a seguito di una pioggia distribuita rettangolarmente su una durata di 1 ora nella sezione di chiusura del bacino n°4 al variare del tempo di ritorno (Tr).

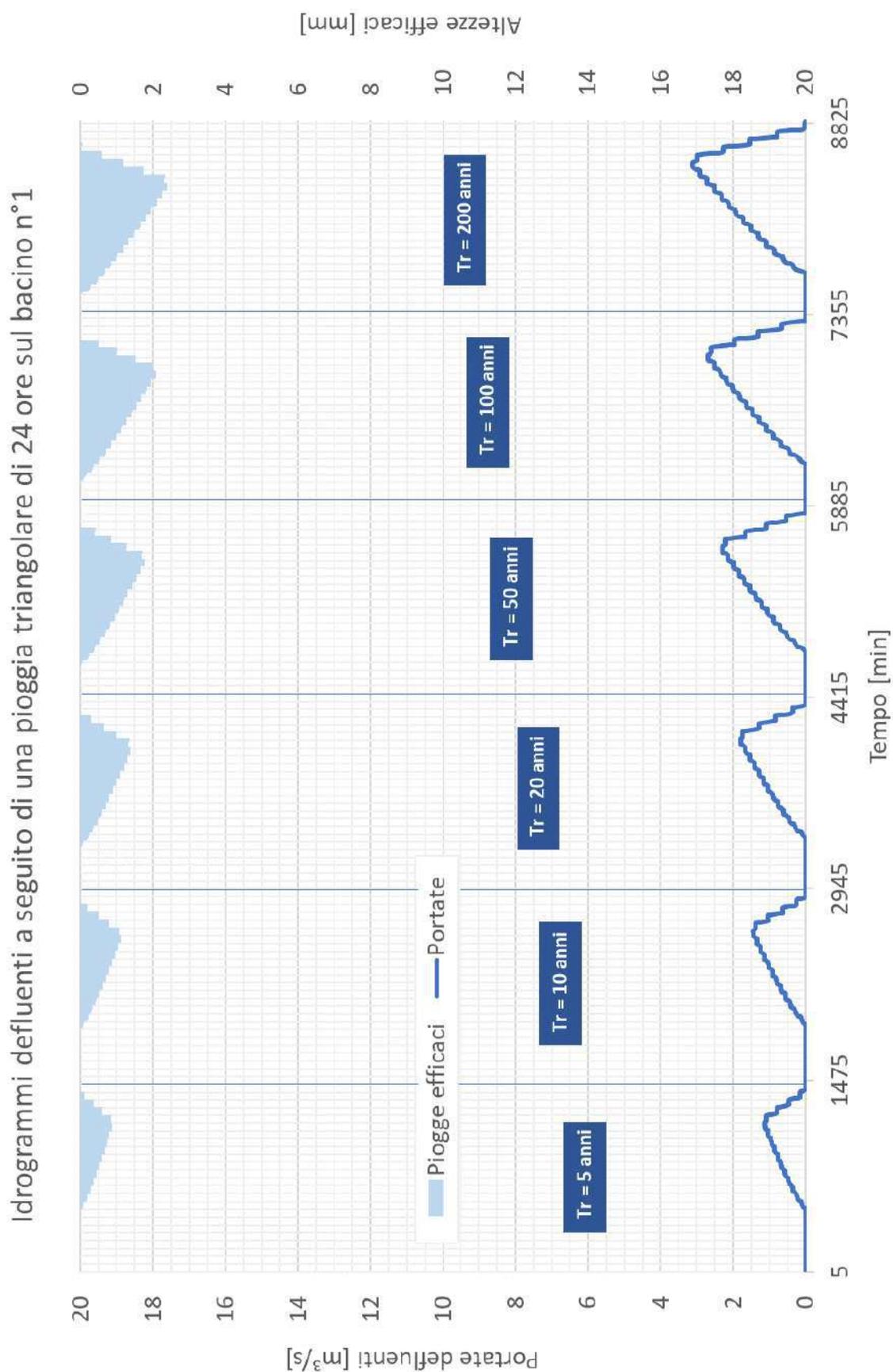


Figura 8-5 Idrogrammi sintetici a seguito di una pioggia distribuita triangolarmente su una durata di 24 ore nella sezione di chiusura del bacino n°1 al variare del tempo di ritorno (Tr).

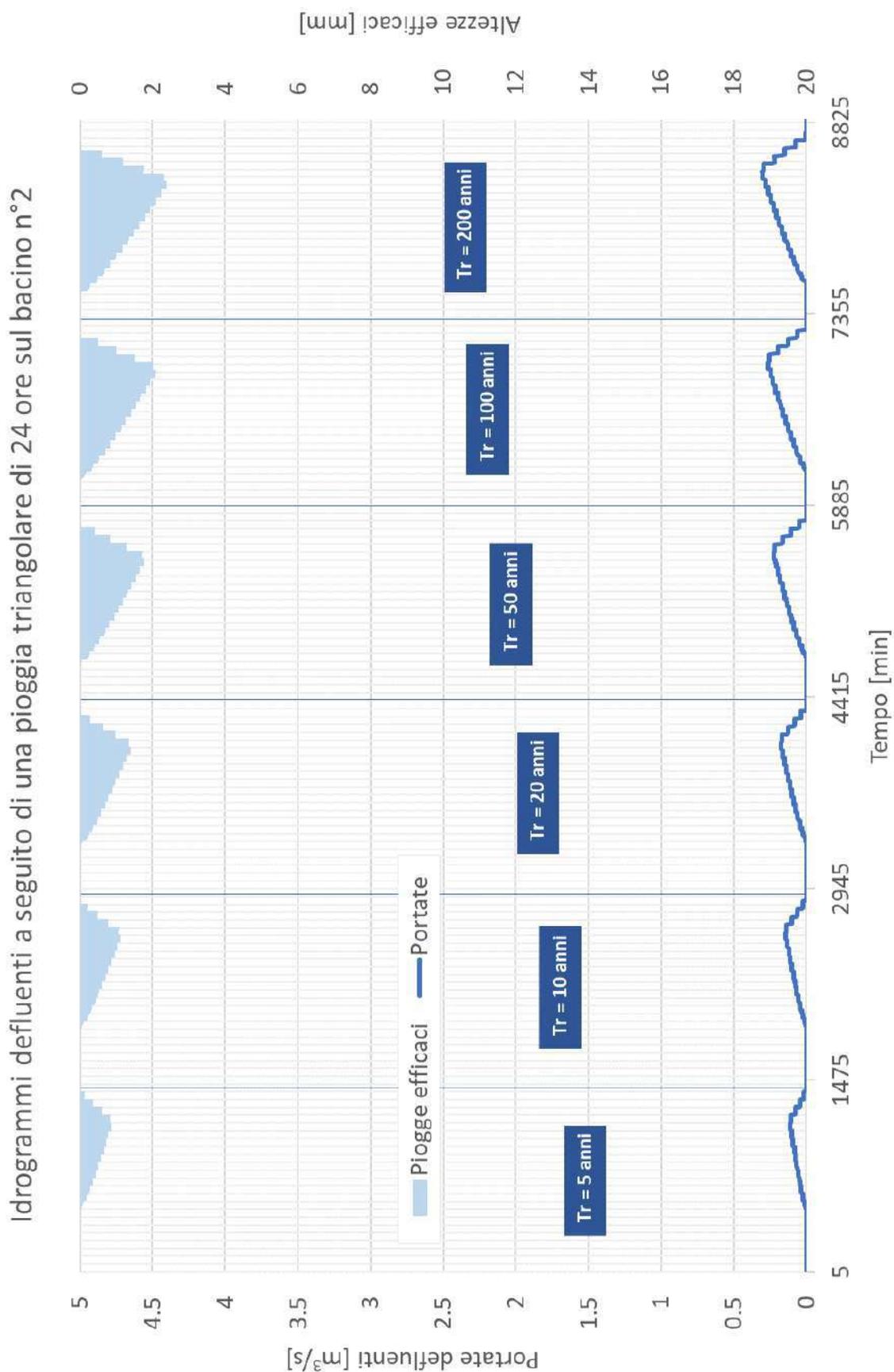


Figura 8-6 Idrogrammi sintetici a seguito di una pioggia distribuita triangolarmente su una durata di 24 ore nella sezione di chiusura del bacino n°2 al variare del tempo di ritorno (Tr).

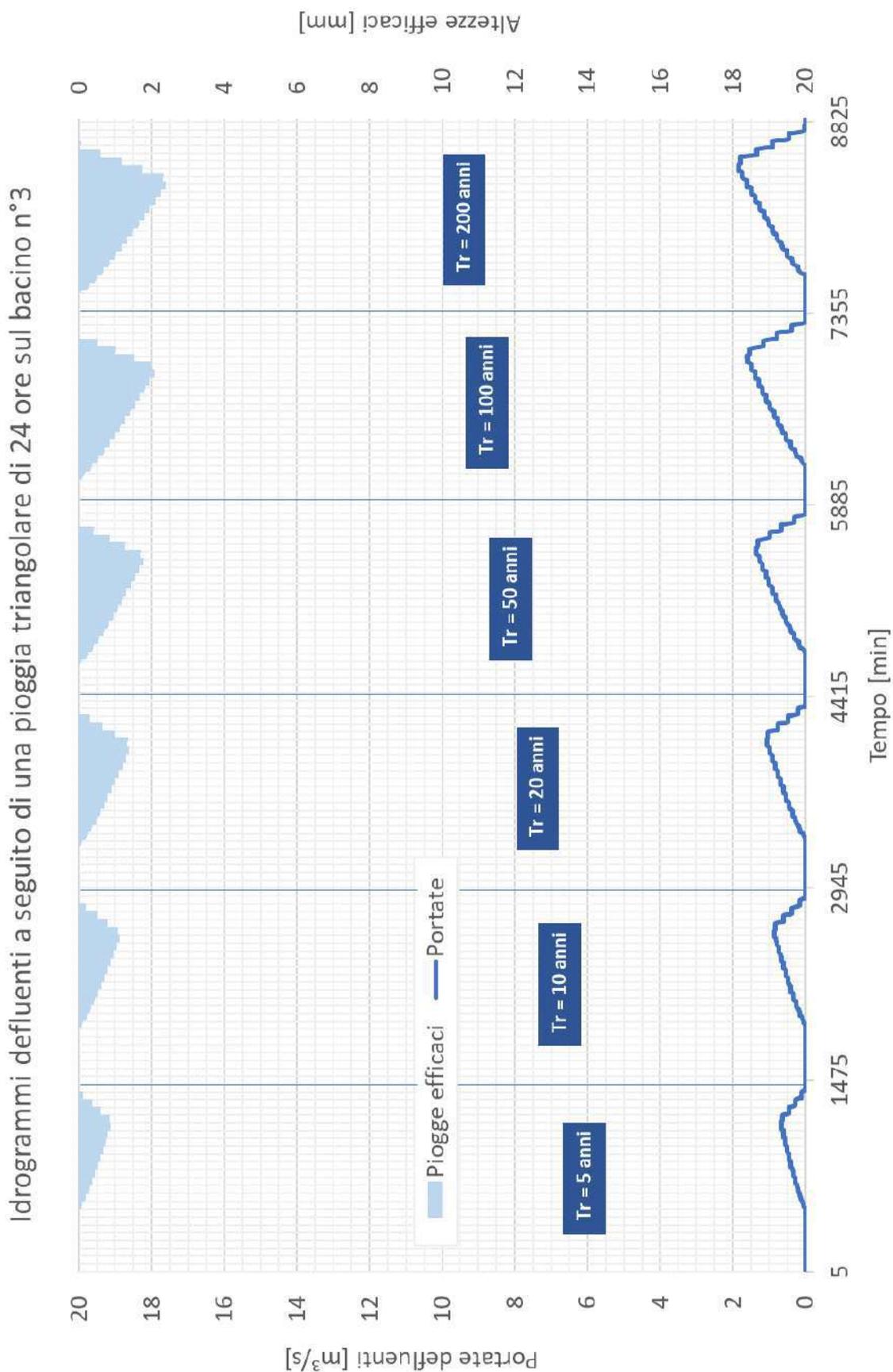


Figura 8-7 Idrogrammi sintetici a seguito di una pioggia distribuita triangolarmente su una durata di 24 ore nella sezione di chiusura del bacino n°3 al variare del tempo di ritorno (Tr).

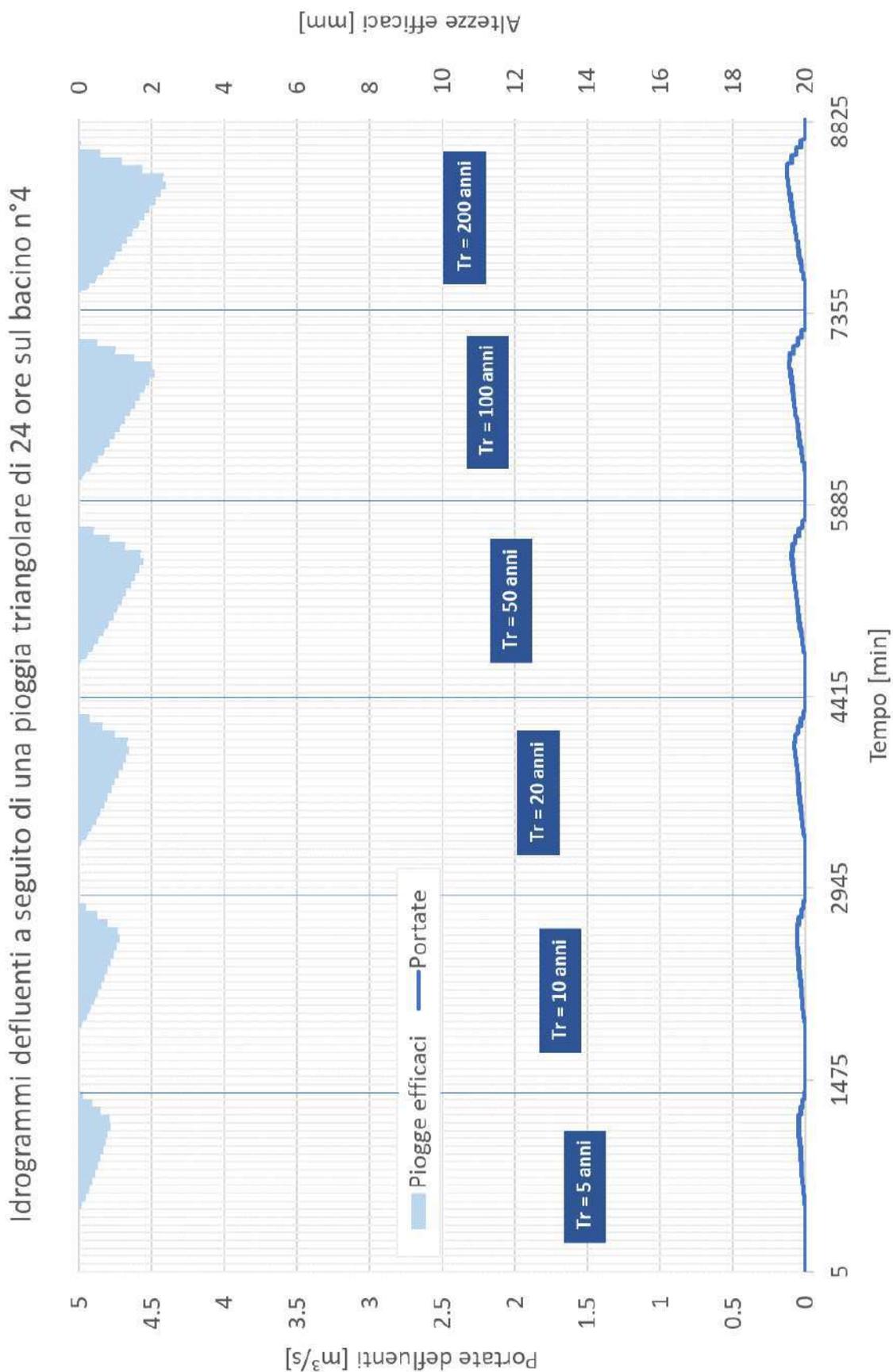


Figura 8-8 Idrogrammi sintetici a seguito di una pioggia distribuita triangolarmente su una durata di 24 ore nella sezione di chiusura del bacino n°4 al variare del tempo di ritorno (Tr).

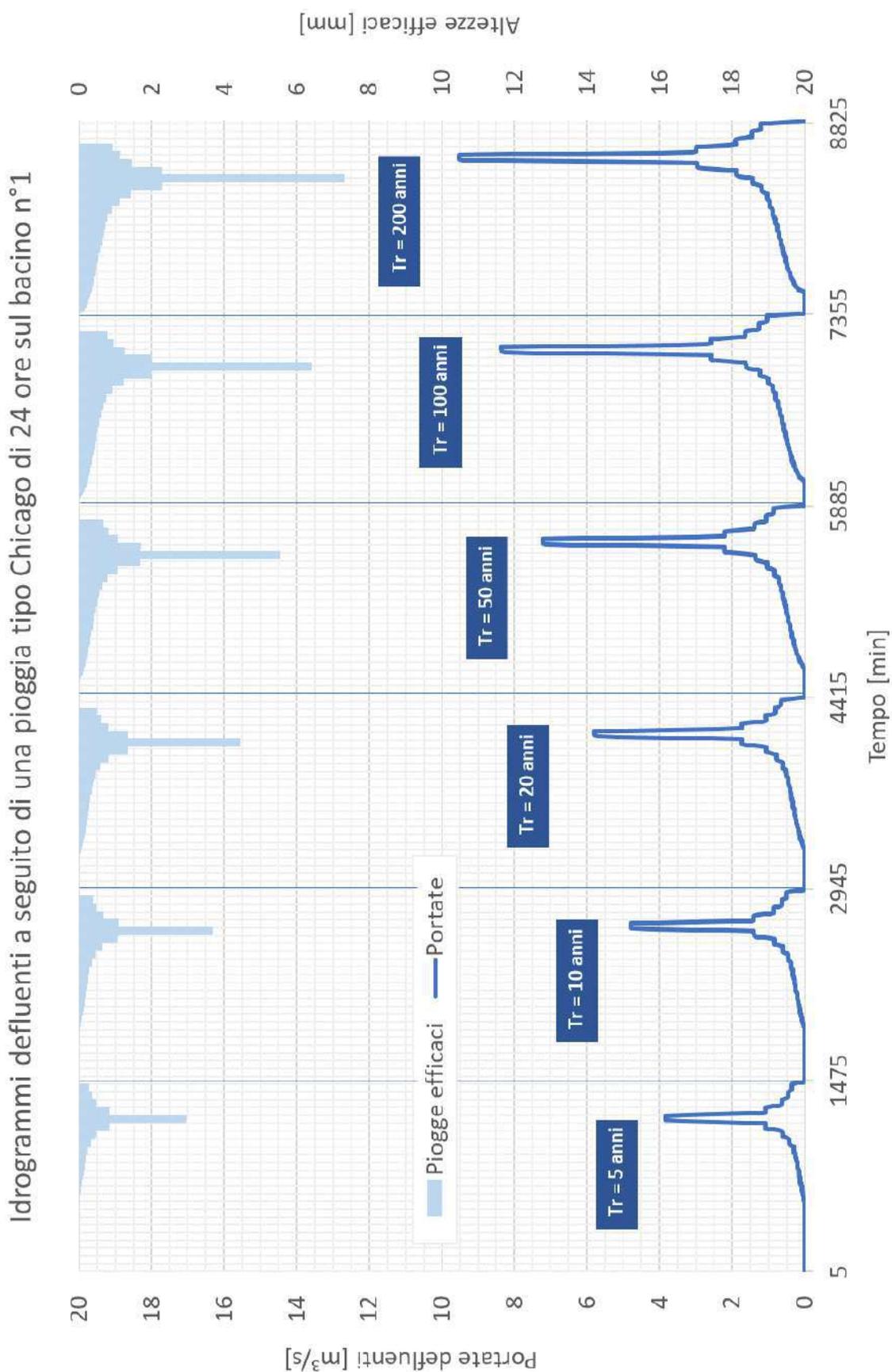


Figura 8-9 Idrogrammi sintetici a seguito di una pioggia distribuita secondo il modello Chicago su una durata di 24 ore nella sezione di chiusura del bacino n°1 al variare del tempo di ritorno (Tr).

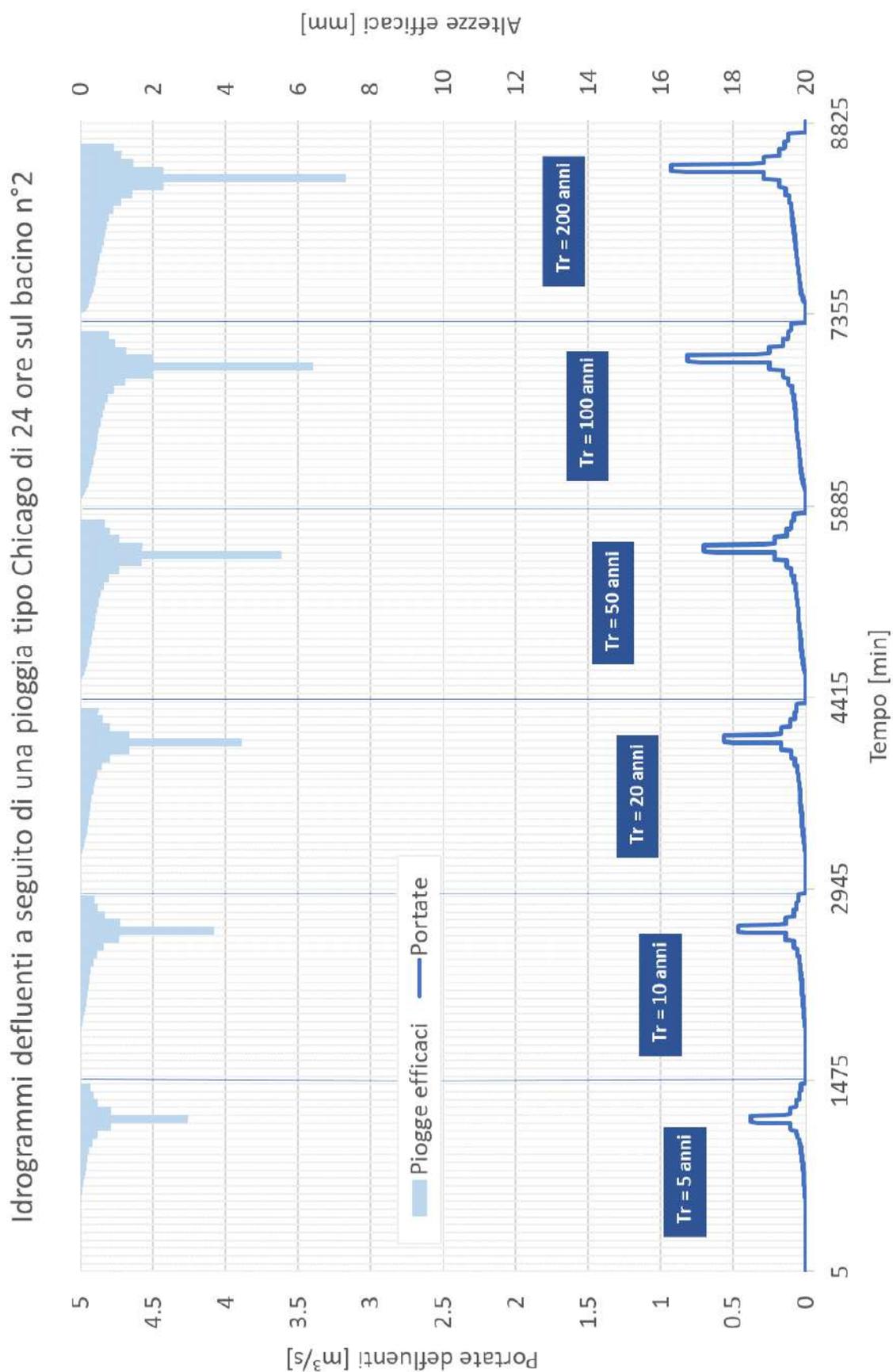


Figura 8-10 Idrogrammi sintetici a seguito di una pioggia distribuita secondo il modello Chicago su una durata di 24 ore nella sezione di chiusura del bacino n°2 al variare del tempo di ritorno (Tr).

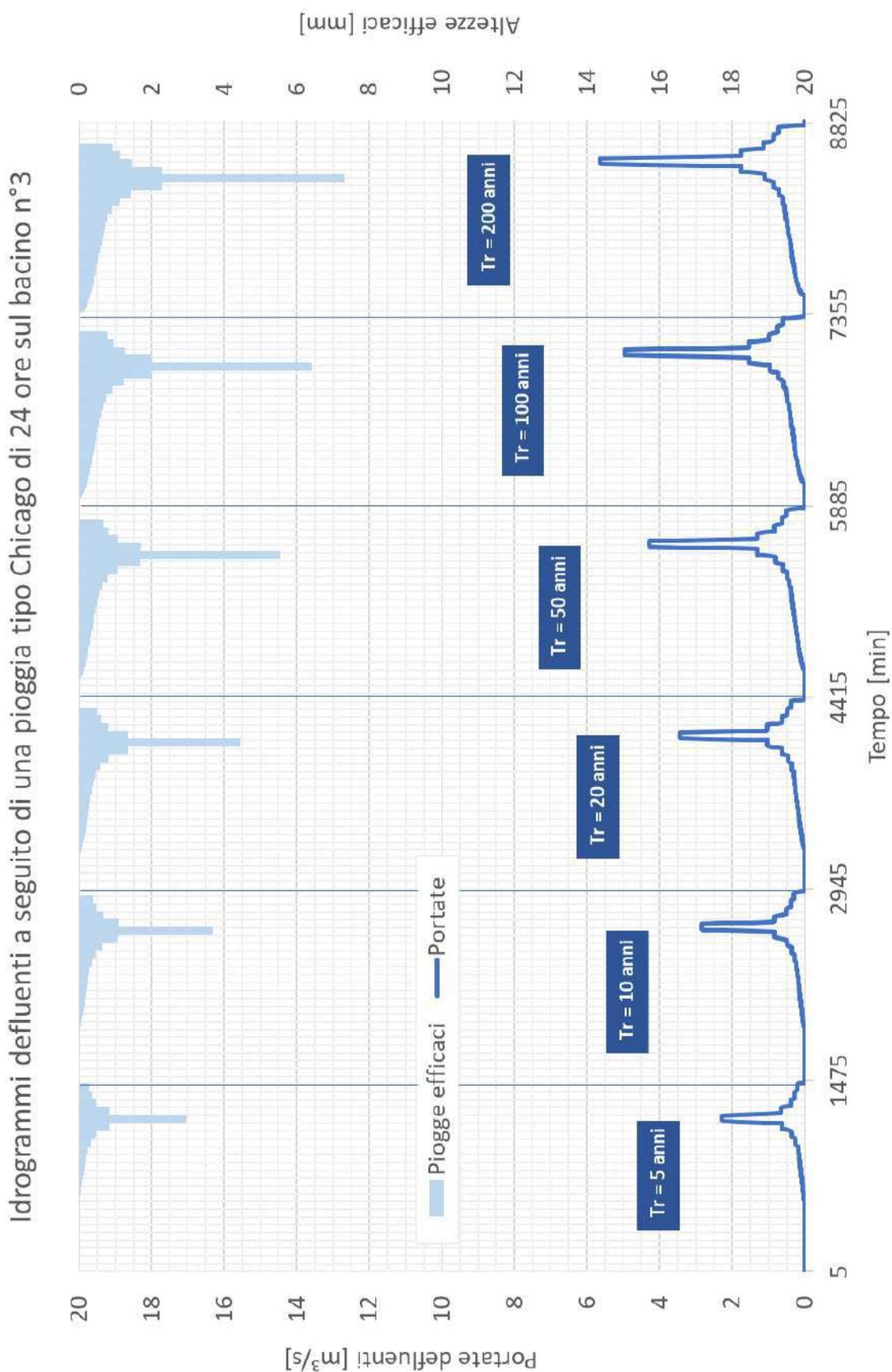


Figura 8-11 Idrogrammi sintetici a seguito di una pioggia distribuita secondo il modello Chicago su una durata di 24 ore nella sezione di chiusura del bacino n°3 al variare del tempo di ritorno (Tr).

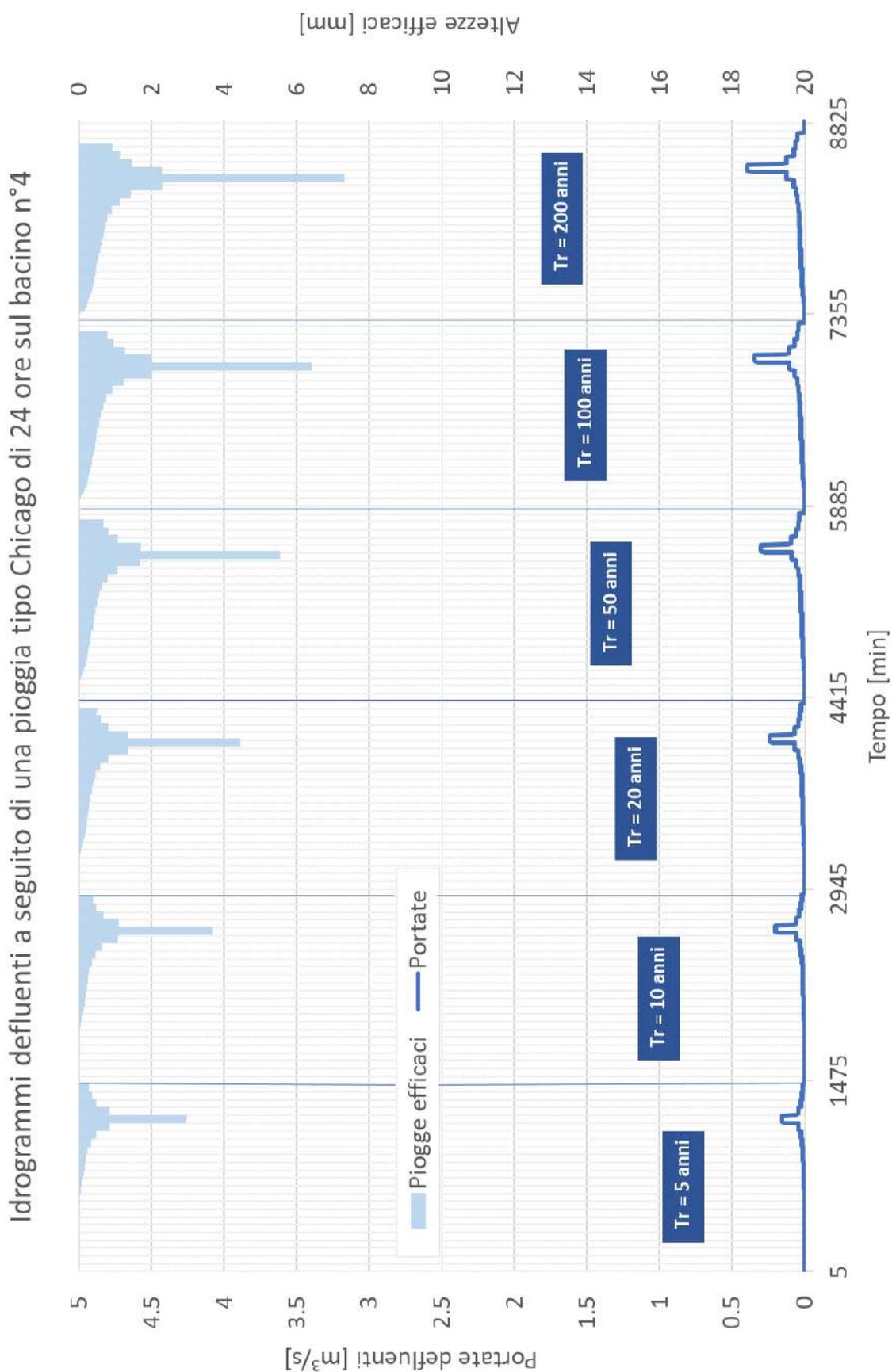


Figura 8-12 Idrogrammi sintetici a seguito di una pioggia distribuita secondo il modello Chicago su una durata di 24 ore nella sezione di chiusura del bacino n°4 al variare del tempo di ritorno (Tr).

9. Differenti stime della massima portata al colmo

9.1. Premessa

Tra i modelli analitici semplificati si è scelto di utilizzare il metodo razionale in ragione della sua larghissima diffusione.

In quanto segue si illustra l'applicazione del metodo razionale ai bacini d'interesse.

9.2. Stime delle portate di piena con modelli analitici semplificati

9.2.1. Il metodo razionale (cinematico)

Il metodo razionale ha alla base le seguenti dall'ipotesi:

- che la pioggia sia uniformemente distribuita nello spazio e nel tempo;
- che la portata al colmo Q_{T_r} con assegnato tempo di ritorno T_r sia la maggiore tra le portate al colmo di tutti gli eventi di piena ad intensità costante ricavati dalla curva di probabilità pluviometrica con tempo di ritorno T_r ;
- che, a parità di tempo di ritorno T_r , la portata al colmo maggiore sia prodotta dall'evento con durata uguale al tempo di corrivazione T_c del bacino;
- che la portata al colmo Q_{T_r} dell'evento di piena causato da una precipitazione, rappresentata da un ietogramma a intensità costante di durata T_c , sia proporzionale al prodotto dell'intensità di pioggia ragguagliata i_{T_r} e dell'area del bacino A , attraverso un coefficiente di proporzionalità φ che comprende l'effetto delle perdite.

La portata Q_{T_r} al colmo della piena, per un prefissato tempo di ritorno, è fornita dalla seguente relazione:

$$Q_{T_r} = \frac{\varphi A h_{T_r}(T_c) k_{ARF}}{3.6 T_c} \quad [m^3/s]$$

Equazione 21

in cui:

- φ è il coefficiente di deflusso che tiene conto linearmente di tutte le perdite;
- T_c [ore] è il tempo di corrivazione del bacino;
- $h_{T_r}(T_c)$ [mm] è l'altezza di pioggia di durata T_c per il tempo di ritorno T_r , ricavata dalla corrispondente curva di probabilità pluviometrica (ragguagliata all'intero bacino);
- k_r rappresenta il coefficiente di ragguaglio spaziale delle piogge;
- A [km²] è l'area del bacino sotteso dalla sezione in cui si calcola la portata al colmo.

Tale modello è certamente adatto alla descrizione delle dinamiche di trasformazione afflussi-deflussi in bacini come quelli in esame, caratterizzati da un'asta principale di deflusso fortemente incisa ad elevata pendenza longitudinale e reticolo di drenaggio semplificato di ordine gerarchico basso, e con deflusso che si verifica quasi esclusivamente durante eventi di pioggia intensa.

Il parametro φ nell'Equazione 21 riveste il ruolo cruciale di schematizzare la trasformazione e la concentrazione degli afflussi in deflussi ed è ricavabile secondo diverse logiche. Qui si sono considerati i seguenti approcci:

- a. definizione del coefficiente di deflusso in funzione dell'indice di permeabilità dei suoli (cfr. Figura 9-1 fonte Autorità di Bacino Distretto Appennino Centrale);

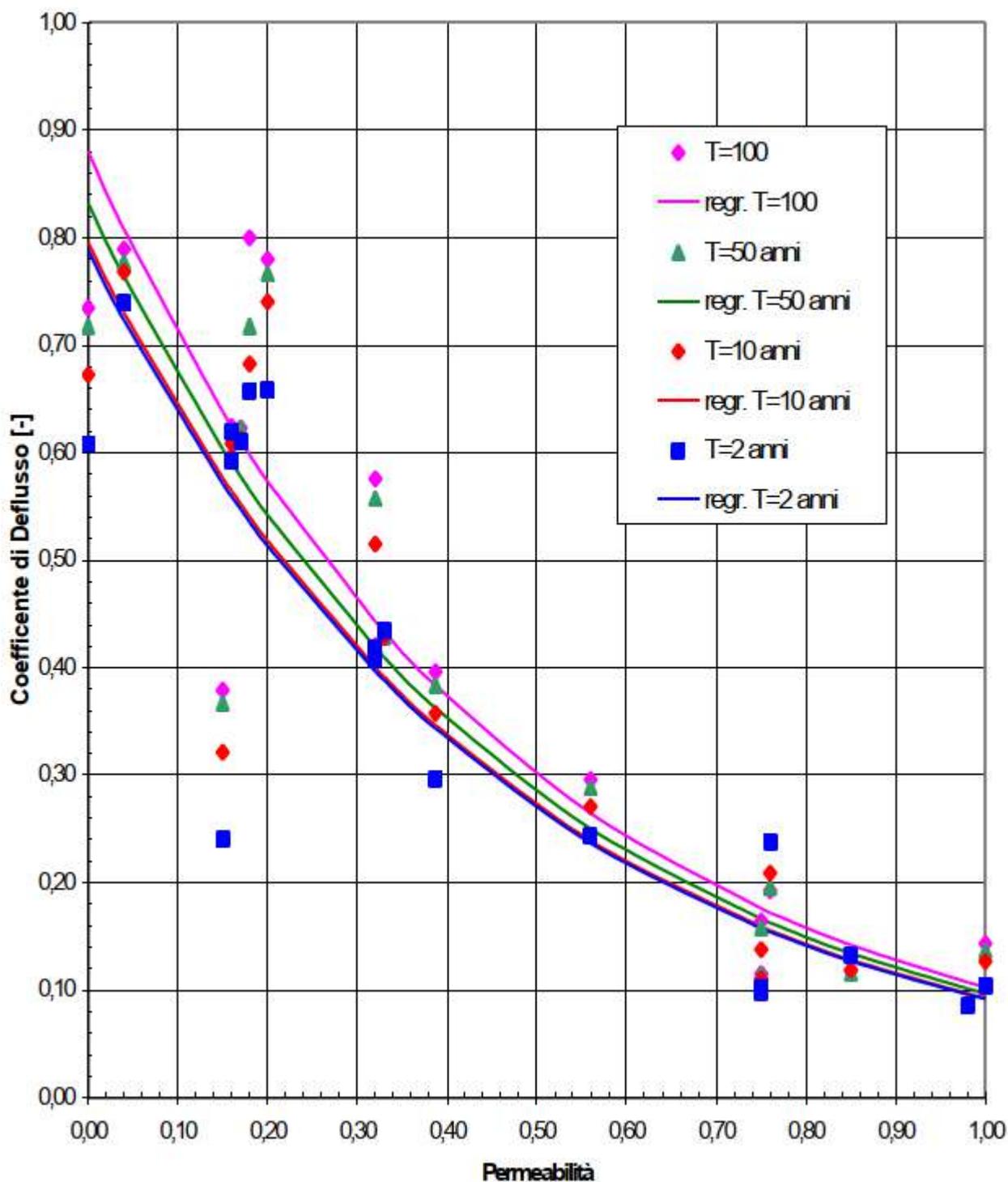


Figura 9-1 Coefficiente del deflusso di piena in funzione della permeabilità del bacino

- b. definizione del coefficiente di deflusso in funzione del Numero di Curva CN assegnato, ossia tale da determinare il medesimo volume netto defluito;
- c. definizione del coefficiente di deflusso in funzione della pendenza, della copertura del suolo, della lito-geologia dei terreni e del regime climatico (metodo Kennessey).

Riguardo al metodo di cui al precedente punto a, si è stimato che la permeabilità dei suoli possa avere un indice pari a 0,25 (moderatamente impermeabili). Dalla curva di Figura 9-1 risulta che il coefficiente di deflusso varia tra circa 0,45 e 0,5 al variare del tempo di ritorno.

Riguardo al metodo di cui al precedente punto b, data la dipendenza della pioggia considerata dal tempo di concentrazione del bacino, il coefficiente di deflusso varia sia al variare del tempo di ritorno, sia al variare del bacino considerato. L'intervallo di valori ottenuti è compreso tra 0,0 e 0,6.

Riguardo al metodo di cui al precedente punto c, l'applicazione del metodo Kennessey (Kennessey 1930, Tardi & Vittorini 1977, Colombetti & Mattioli 1991) che tiene conto delle caratteristiche climatiche del bacino, attraverso un indice di aridità (I_a):

$$I_a = \frac{\frac{P}{T+10} + 12\frac{p}{t}}{2}$$

Equazione 22

P = precipitazione annua (mm);

T = temperatura media annua;

p = precipitazione media mese più arido;

t = temperatura media mese più arido;

sulla base delle quali si discretizzano classi di tre parametri (cfr. Tabella 9-1):

- C_a = acclività dei versanti;
- C_p = permeabilità terreni;
- C_v = copertura vegetale.

Individuate le classi di riferimento le si discretizza sul bacino determinando la percentuale di superficie del bacino che rientra in ciascuna classe ed ottenendo un valore mediato sull'intero bacino di C_a , C_v e C_p .

Coefficiente di Acclività (C_a)		$I_a < 25$	$25 \leq I_a \leq 40$	$I_a > 40$
Ca 1	> 35%	0.22	0.26	0.30
Ca 2	10% - 35%	0.12	0.16	0.20
Ca 3	3.5% - 10%	0.01	0.03	0.05
Ca 4	< 3.5%	0.00	0.01	0.03
Coefficiente di Permeabilità (C_p)		$I_a < 25$	$25 \leq I_a \leq 40$	$I_a > 40$
Cp 1	Molto bassa	0.21	0.26	0.30
Cp 2	Bassa	0.17	0.21	0.25
Cp 3	Mediocre	0.12	0.16	0.20
Cp 4	Buona	0.06	0.08	0.10
Cp 5	Elevata	0.03	0.04	0.05
Coefficiente di copertura Vegetale (C_v)		$I_a < 25$	$25 \leq I_a \leq 40$	$I_a > 40$
Cv 1	Roccia nuda	0.26	0.28	0.30
Cv 2	Pascoli	0.17	0.21	0.25
Cv 3	Terra coltivata, boscata	0.07	0.11	0.15
Cv 4	Bosco d'alto fusto	0.03	0.04	0.05

Tabella 9-1. Valori dei coefficienti acclività dei versanti (C_a), permeabilità terreni (C_p) e copertura vegetale (C_v) in funzione dell'indice di aridità (I_a) per la determinazione del coefficiente di deflusso φ nel metodo Kennessey.

Nella Figura 9-2 è riportata la distribuzione dell'altezza di pioggia media annuale per la Regione Calabria elaborata dall'ARPACAL, mentre nella Figura 9-3 è riportata la distribuzione dell'altezza di pioggia media mensile del mese meno piovoso e più caldo (agosto) sempre elaborata dall'ARPACAL. Nella Figura 9-4 e nella Figura 9-5 sono riportate le distribuzioni delle temperature medie rispettivamente annuali e mensili (agosto) elaborate per l'intera Regione Calabria dall'ARPACAL.

Da queste cartografie si possono ricavare i seguenti valori:

$$P = 1350 \text{ (mm)},$$

$$T = 10 \text{ (}^\circ\text{C)},$$

$$p = 31,3 \text{ (mm)},$$

$$t = 16 \text{ (}^\circ\text{C)},$$

da cui si determina il seguente valore dell'indice di aridità:

$$I_a = 45,5.$$

Le carte delle pendenze mostrate in precedenza erano espresse in gradi e mal si adattano alla classificazione riportata nella Tabella 9-1, per cui le informazioni sono state rielaborate in termini di pendenza percentuale e sono state riportate nella Figura 9-6, dalla cui analisi si è stabilito che per i bacini oggetto d'indagine si hanno le seguenti frequenze percentuali:

ca 1	$s < 3.5\%$	0%,
ca 2	$3.5\% \leq s < 10\%$	2%,
ca 3	$10\% \leq s < 35\%$	72%,
ca 4	$s \geq 35\%$	26%,

a cui corrisponde un coefficiente di deflusso per acclività C_a pari al 0,224.

Riguardo al coefficiente relativo alla permeabilità terreni, dalla descrizione geologica dei luoghi e dalla cartografia geologica (cfr. Figura 6-7), da quella geo-litologica (cfr. Figura 6-4, Figura 6-5 e Figura 6-6) e considerando la cartografia HySoG250m che definisce i suoli con moderata capacità di generare deflussi (cfr. Figura 6-3), si sono stabilite le seguenti frequenze percentuali:

cp 1	p molto bassa	25%,
cp 2	p bassa	75%,
cp 3	p mediocre	0%,
cp 4	p buona	0%,
cp 5	p elevata	0%,

a cui corrisponde un coefficiente di deflusso per permeabilità C_p pari al 0,263.

Infine, riguardo al coefficiente relativo all'uso dei suoli, ricordando la distribuzione dell'uso e della copertura dei suoli (cfr. Figura 6-8), si sono stabilite le seguenti frequenze percentuali:

cv 1	roccia nuda	25%
cv 2	pascoli	0%,
cv 3	Terra coltivata	0%,
cv 4	Bosco d'alto fusto	75%,

a cui corrisponde un coefficiente di deflusso per permeabilità C_v pari al 0,113.

Il coefficiente di deflusso totale è risultato pari a 0,6.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

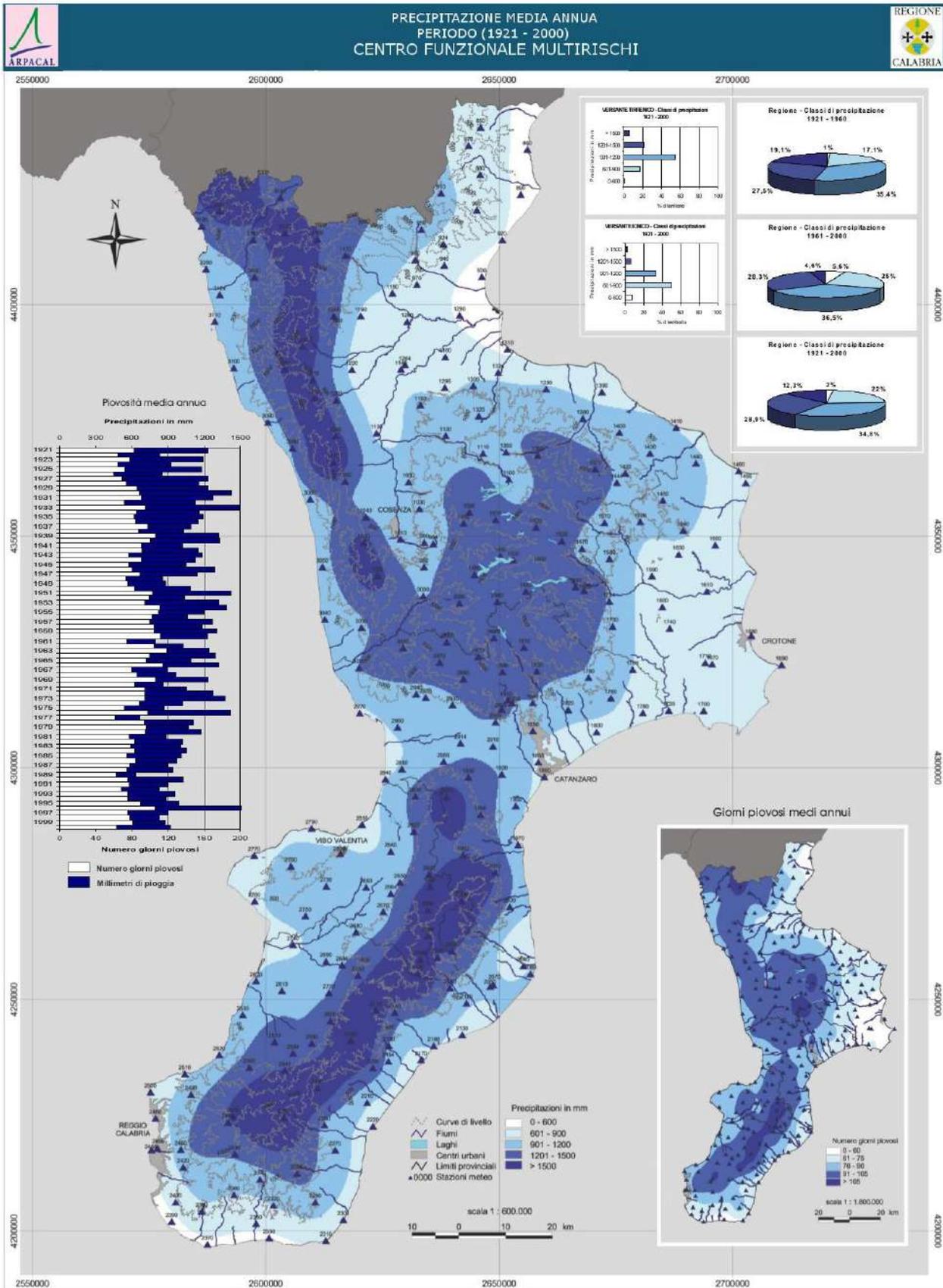


Figura 9-2 Piovosità media annua per la Regione Calabria, fonte ARPACAL.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

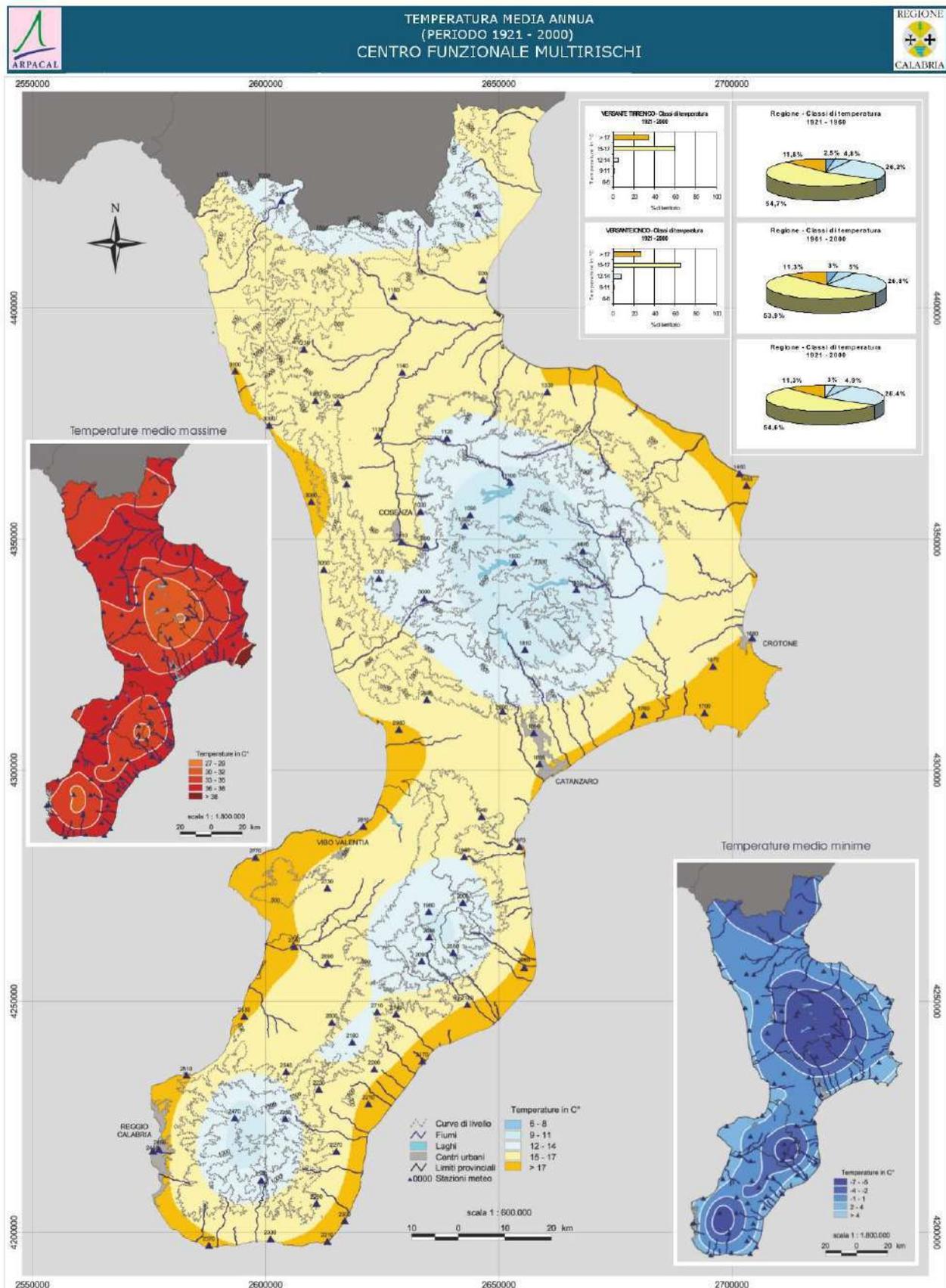


Figura 9-3 Temperatura media annua per la Regione Calabria, fonte ARPACAL.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

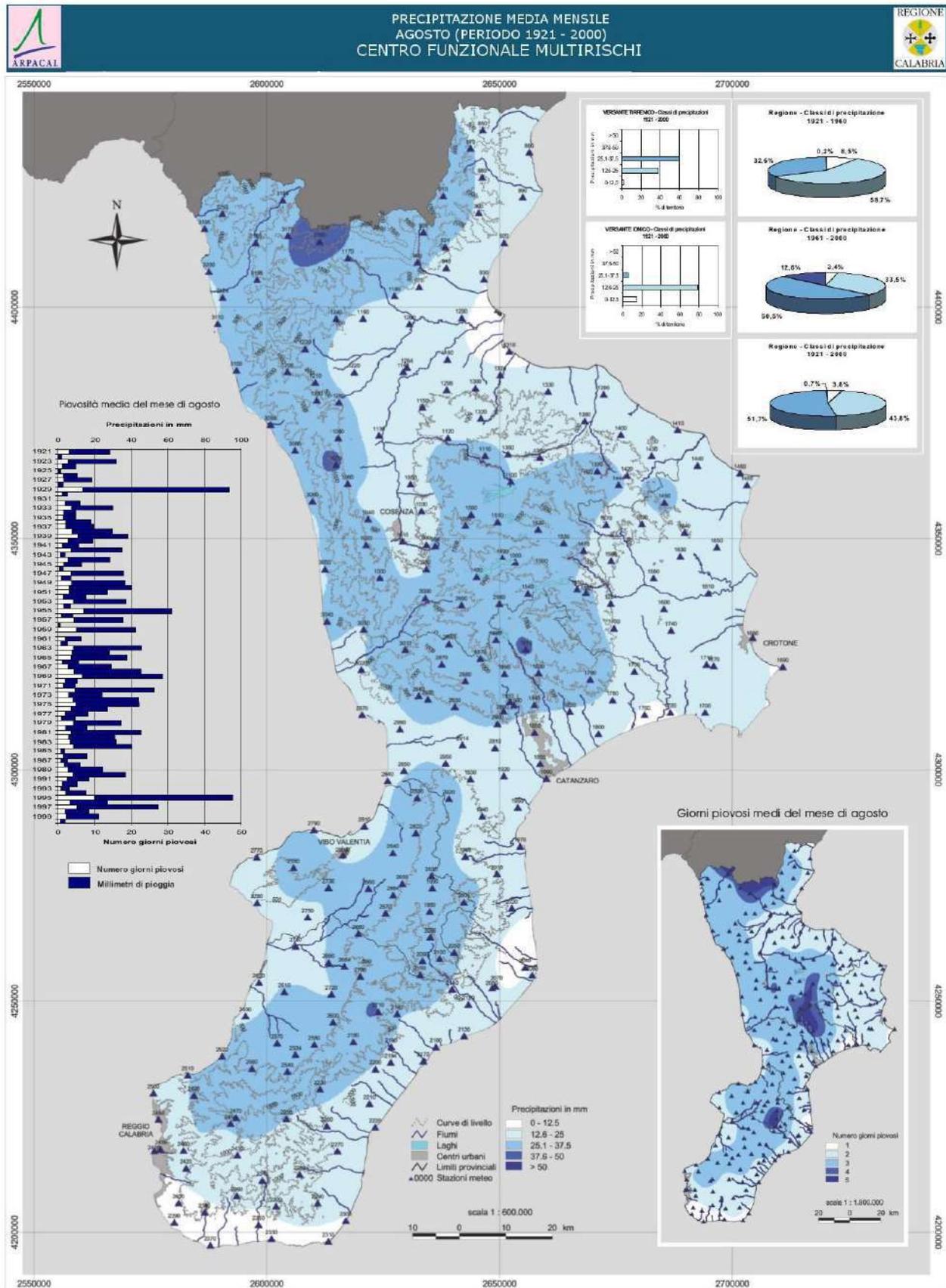


Figura 9-4 Piovosità media mensile di AGOSTO per la Regione Calabria, fonte ARPACAL.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

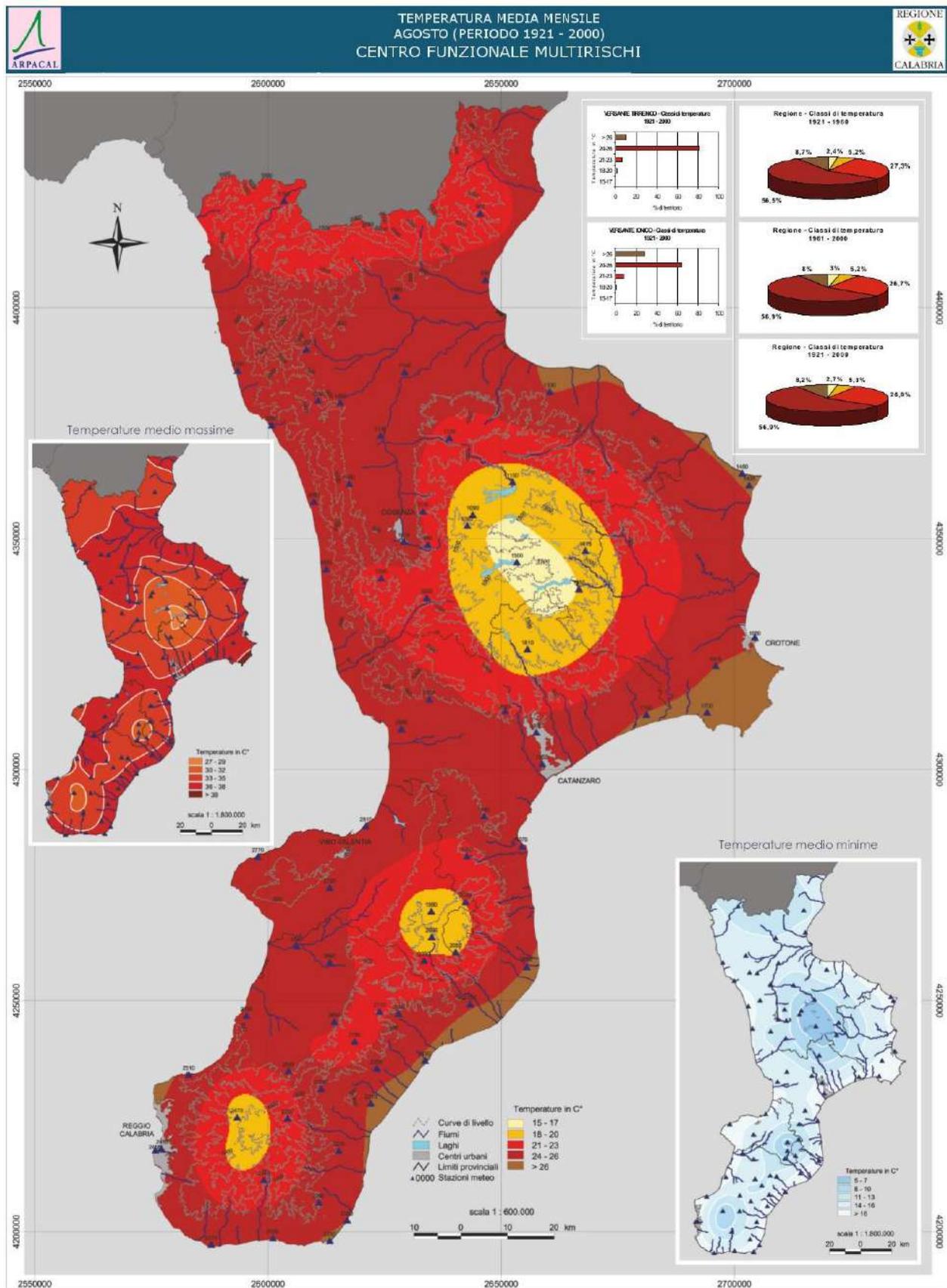


Figura 9-5 Temperatura media mensile di AGOSTO per la Regione Calabria, fonte ARPACAL.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

Sulla base di quanto indicato in precedenza, i risultati ottenuti per i bacini oggetto di studio sono riportati nella Tabella 9-2, in cui sono riportati anche i valori ottenuti precedentemente con il metodo geomorfologico per la stima del IUH e il metodo Green-Ampt calibrato con il SCS-CN per il calcolo delle piogge efficaci e il relativo coefficiente di deflusso equivalente, ricavato come se la portata geomorfologica fosse stata ottenute mediante la formula razionale.

Tr [yy]	h _{d,t} [mm]	Metodo Razionale						Green-Ampt calibrato con SCS-CN					
		k _d [-]			Q _p [m ³ /s]			k _d [-]			Q _p [m ³ /s]		
		Ind _p	Ind _{AMC-II}	Ind _{ar}	Ind _p	Ind _{AMC-II}	Ind _{ar}	Rett _{1h}	Tri _{24h}	Chi _{24h}	Rett _{1h}	Tri _{24h}	Chi _{24h}
Bacino n°1													
5	30.7	0.46	0.04	0.60	2.8	0.2	3.6	0.15	0.18	0.63	0.9	1.1	3.8
10	37.7	0.47	0.20	0.60	3.5	1.4	4.4	0.20	0.19	0.64	1.5	1.4	4.7
20	45.1	0.48	0.25	0.60	4.2	2.2	5.3	0.25	0.20	0.66	2.2	1.8	5.8
50	55.9	0.49	0.32	0.60	5.4	3.5	6.6	0.30	0.21	0.66	3.3	2.3	7.2
100	64.4	0.50	0.37	0.60	6.3	4.7	7.6	0.33	0.21	0.67	4.1	2.7	8.4
200	73.1	0.51	0.41	0.60	7.3	5.9	8.6	0.36	0.22	0.66	5.1	3.1	9.5
Bacino n°2													
5	30.7	0.46	0.00	0.60	0.5	0.0	0.7	0.09	0.10	0.33	0.1	0.1	0.4
10	37.7	0.47	0.30	0.60	0.7	0.4	0.8	0.12	0.10	0.33	0.2	0.1	0.5
20	45.1	0.48	0.36	0.60	0.8	0.6	1.0	0.14	0.10	0.33	0.2	0.2	0.6
50	55.9	0.49	0.44	0.60	1.0	0.9	1.3	0.16	0.11	0.34	0.3	0.2	0.7
100	64.4	0.50	0.48	0.60	1.2	1.2	1.4	0.17	0.11	0.34	0.4	0.3	0.8
200	73.1	0.51	0.52	0.60	1.4	1.4	1.6	0.19	0.11	0.34	0.5	0.3	0.9
Bacino n°3													
5	30.7	0.46	0.02	0.60	1.9	0.1	2.5	0.14	0.17	0.55	0.6	0.7	2.3
10	37.7	0.47	0.24	0.60	2.4	1.2	3.1	0.18	0.18	0.55	0.9	0.9	2.8
20	45.1	0.48	0.30	0.60	2.9	1.9	3.7	0.23	0.18	0.56	1.4	1.1	3.4
50	55.9	0.49	0.37	0.60	3.7	2.8	4.5	0.26	0.19	0.57	2.0	1.4	4.3
100	64.4	0.50	0.42	0.60	4.4	3.7	5.2	0.29	0.18	0.57	2.5	1.6	5.0
200	73.1	0.51	0.46	0.60	5.0	4.6	5.9	0.30	0.18	0.57	3.0	1.8	5.6
Bacino n°4													
5	30.7	0.46	0.00	0.60	0.4	0.0	0.6	0.05	0.05	0.17	0.0	0.0	0.2
10	37.7	0.47	0.38	0.60	0.5	0.4	0.7	0.06	0.05	0.17	0.1	0.1	0.2
20	45.1	0.48	0.44	0.60	0.7	0.6	0.8	0.07	0.05	0.17	0.1	0.1	0.2
50	55.9	0.49	0.51	0.60	0.8	0.9	1.0	0.08	0.06	0.17	0.1	0.1	0.3
100	64.4	0.50	0.55	0.60	1.0	1.1	1.2	0.09	0.06	0.17	0.2	0.1	0.3
200	73.1	0.51	0.59	0.60	1.2	1.3	1.4	0.10	0.06	0.17	0.2	0.1	0.4

Tabella 9-2. Valori della portata di picco calcolati con il metodo cinematico per diversi valori del coefficiente di deflusso, confrontati con quelli ottenuti in precedenza con il metodo geomorfologico per la stima del IUH e il metodo Green-Ampt calibrato con il SCS-CN per il calcolo delle piogge efficaci

Le figure dalla Figura 9-7 alla Figura 9-10 mostrano il confronto tra le portate ottenute con il metodo razionale e quello geomorfologico qui adottato per i quattro bacini studiati mentre la Figura 9-11 confronta i valori del coefficiente di deflusso assegnato e di quello equivalente per tutti e quattro i bacini d'interesse. Come si deduce dalle figure, per i bacini n°1 e 3 più estesi, le metodologie risultate più cautelative sono state il metodo di Kennessey (con coefficiente di deflusso costante) e il metodo geomorfologico con ietogramma efficace di tipo Chicago. In particolare, per il bacino n°1 più esteso, la portata al picco determinata con l'approccio geomorfologico è risultata sostanzialmente identica a quella stimata il metodo di Kennessey per i tempi di ritorno più piccoli, per poi presentare uno scarto sempre più grande al crescere del tempo di ritorno a favore del valore stimato con la metodologia geomorfologica. Al contrario, per il bacino n°3 meno esteso, la tendenza appena descritta si è invertita; per bassi valori del tempo di ritorno le stime sostanzialmente coincidono per poi divergere all'aumentare del tempo di ritorno, in questo caso, con scarto a favore della stima effettuata con il metodo di Kennessey.

Questi andamenti, logicamente, si riflettono negli andamenti del coefficiente di deflusso (cfr. Figura 9-11), con quelli equivalenti maggiori e minori del valore stimato con il metodo di Kennessey rispettivamente per il bacino n°1 e per quello n°3. È utile sottolineare che il metodo di Kennessey non riproduce la variabilità del coefficiente di deflusso al variare del tempo di ritorno delle piogge, ossia non rappresenta correttamente la non-linearità del fenomeno di trasformazione degli afflussi in deflussi superficiali, presentando un valore del coefficiente di deflusso costante per tutti i tempi di ritorno.

La differenza tra gli andamenti presentati dai bacini n°1 e n°3 è da attribuire principalmente alla estensione superficiale dei bacini e del relativo tempo di concentrazione stimato con Giandotti, che determina una stima delle piogge intense e brevi certamente distorta tanto più quanto più il tempo di corrivazione è inferiore all'ora. È noto infatti che le curve di possibilità pluviometrica per le scale sub-orarie presentano un tasso di crescita diverso da quello presentato per le scale temporali orarie; estrapolare quest'ultimo per rappresentare le piogge brevi determina certamente un errore in eccesso delle altezze precipitate, tanto maggiore quanto più piccola è la durata della pioggia critica.

La stima delle piogge brevissime sui bacini n°2 e 4 è certamente la fonte di distorsione che determina una stima delle portate di picco circa doppie (bacino n°2) e triple (bacino n°4) rispetto alla metodologia geomorfologica qui utilizzata.

Dalle figure suddette si nota anche che l'approccio geomorfologico applicato a ietogrammi efficaci triangolari giornalieri determina sempre stime della portata al colmo notevolmente inferiori a tutte le altre, questo perché gran parte del volume precipitato è distribuito su intervalli temporali precedenti e successivi al picco di pioggia. Pertanto, questa schematizzazione del fenomeno piovoso (durata giornaliera e distribuzione linearmente prima crescente e poi decrescente) non sarà più considerata in quanto segue.

Infine, sempre dalle figure suddette, si nota anche che l'approccio geomorfologico applicato a ietogrammi efficaci rettangolari giornalieri determina stime della portata al colmo paragonabili con quelle ottenute mediante il metodo razionale con coefficiente di deflusso calcolato utilizzando l'equivalenza con il metodo SCS-CN per il bacino n°1. In tutti gli altri casi la portata di picco è risultata notevolmente inferiore alle altre previsioni. Pertanto, anche questa schematizzazione del fenomeno piovoso (durata oraria e distribuzione uniforme) non sarà più considerata in quanto segue.

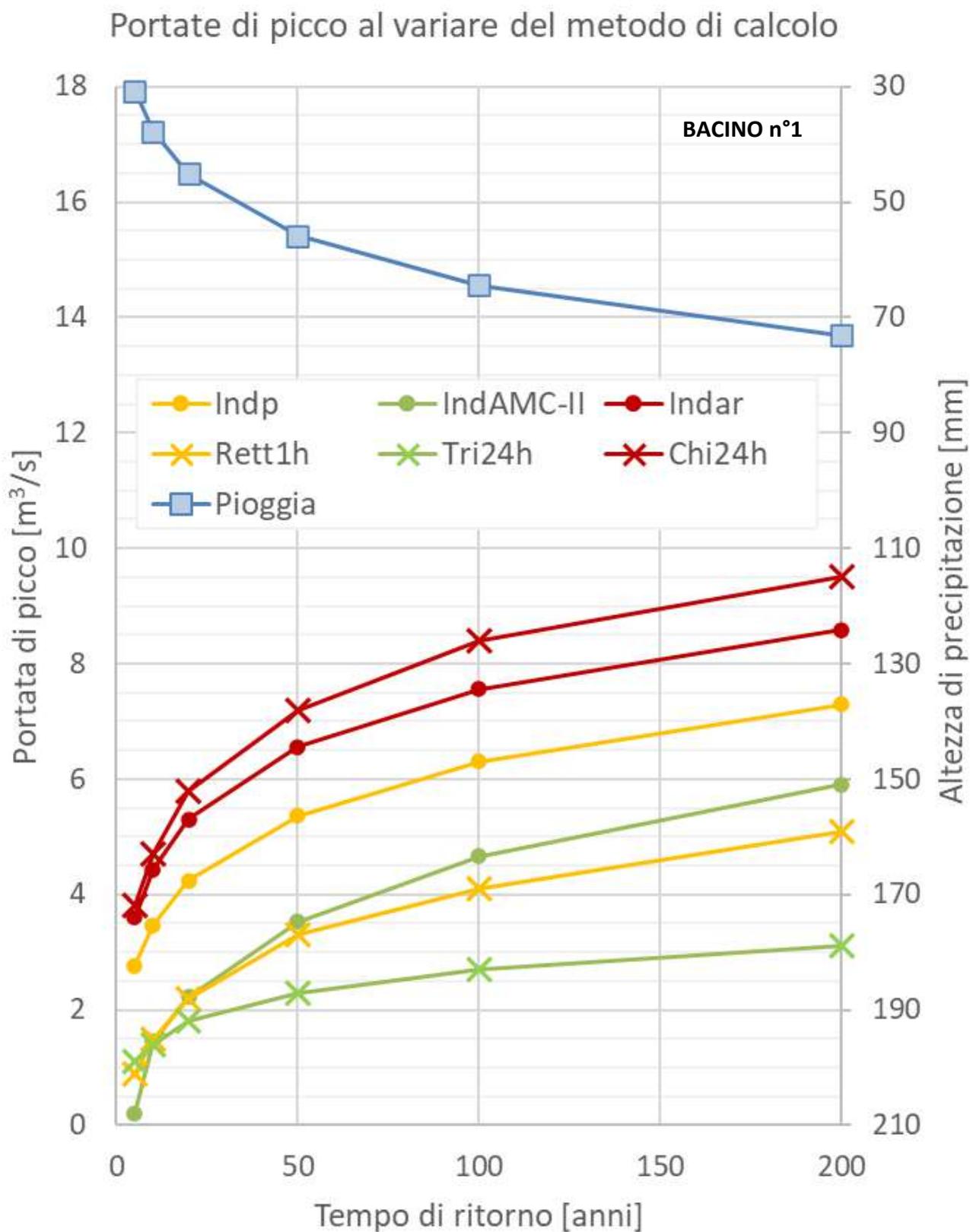


Figura 9-7 Portate calcolate per il bacino n°1 con il metodo razionale per i tre metodi definizione del coefficiente di deflusso individuati confrontate con quelle calcolate con il metodo geomorfologico qui adottato per tre diversi ietogrammi efficaci.

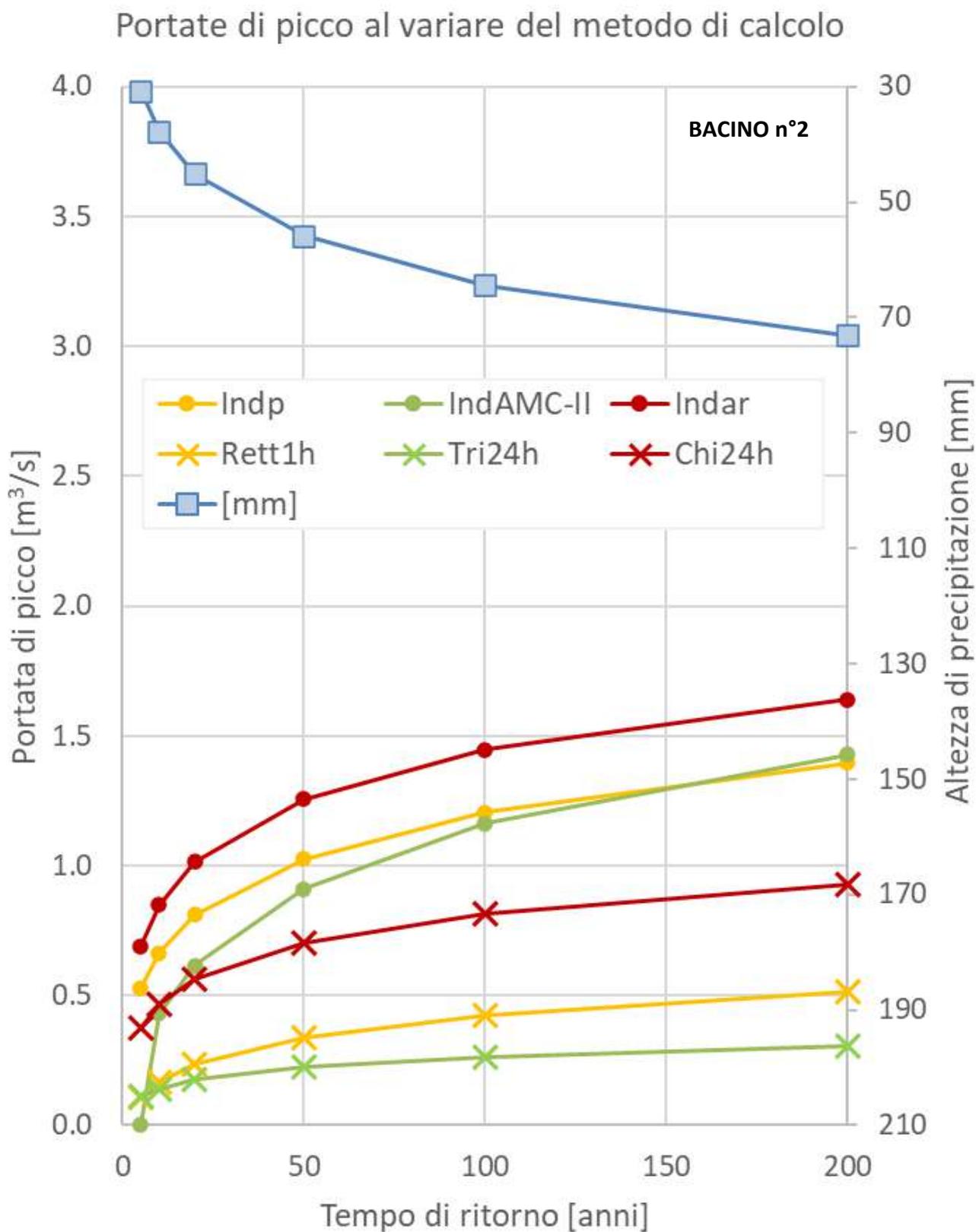


Figura 9-8 Portate calcolate per il bacino n°2 con il metodo razionale per i tre metodi definizione del coefficiente di deflusso individuati confrontate con quelle calcolate con il metodo geomorfologico qui adottato per tre diversi ietogrammi efficaci.

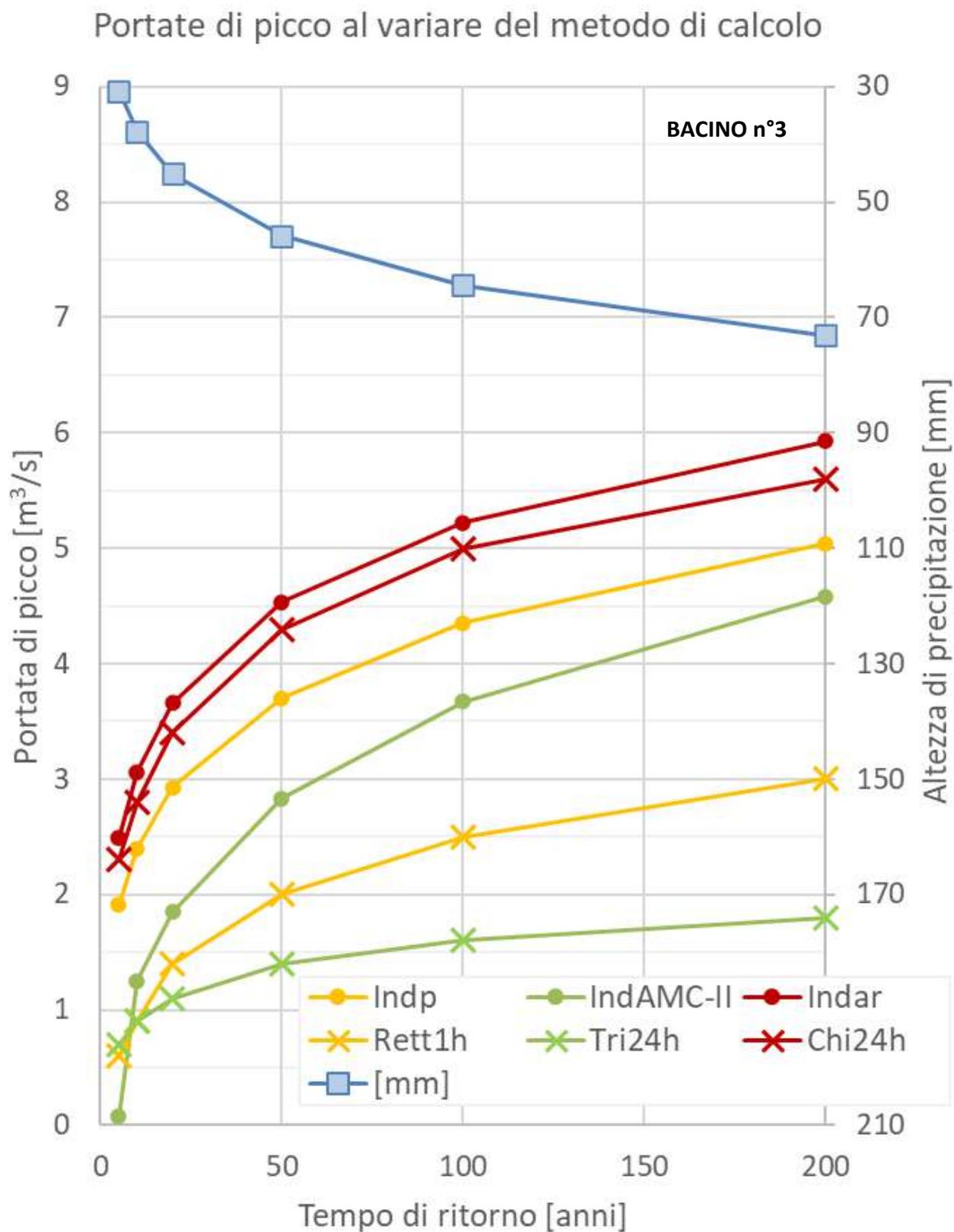


Figura 9-9 Portate calcolate per il bacino n°3 con il metodo razionale per i tre metodi definizione del coefficiente di deflusso individuati confrontate con quelle calcolate con il metodo geomorfologico qui adottato per tre diversi ietogrammi efficaci.

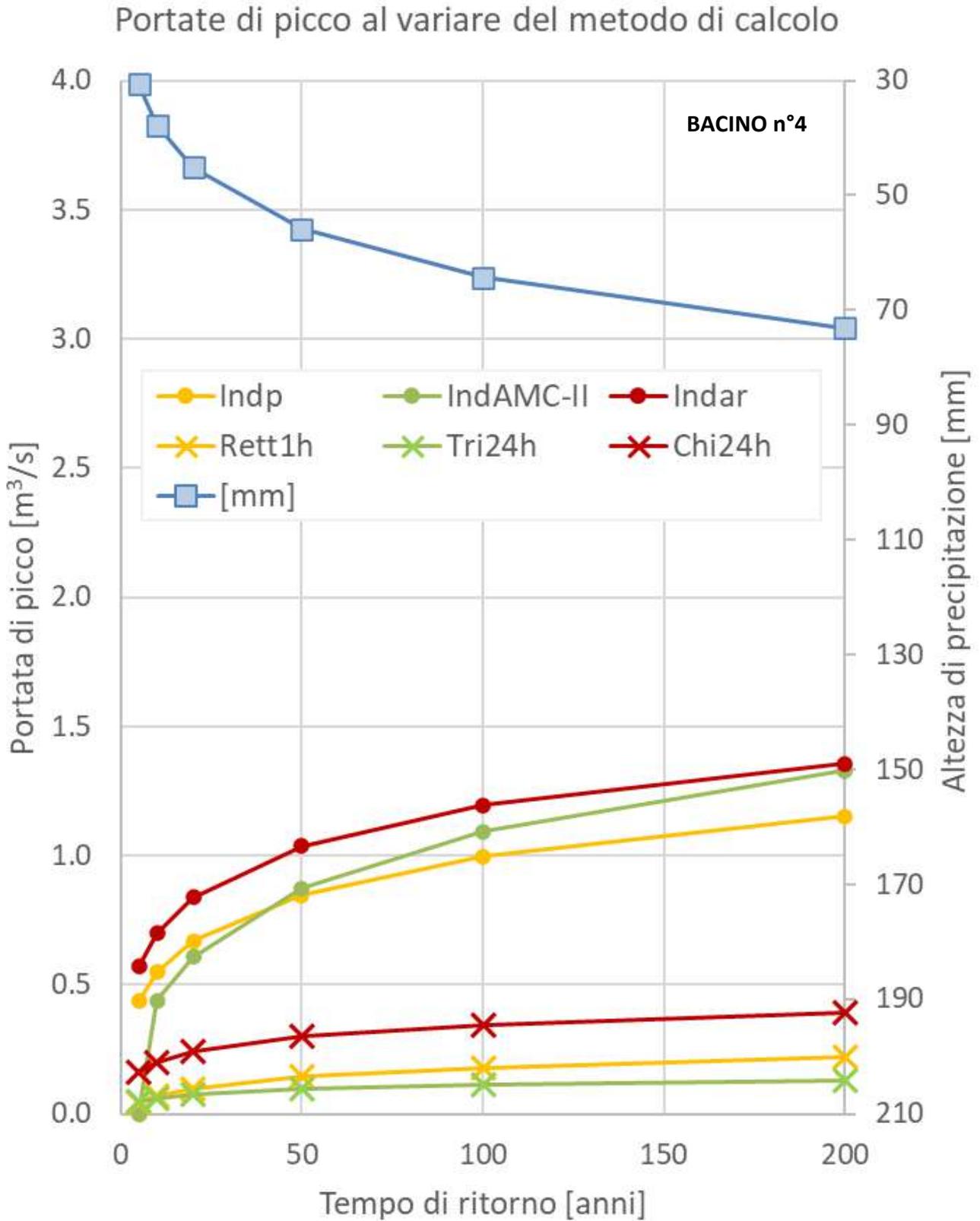


Figura 9-10 Portate calcolate per il bacino n°4 con il metodo razionale per i tre metodi definizione del coefficiente di deflusso individuati confrontate con quelle calcolate con il metodo geomorfologico qui adottato per tre diversi ietogrammi efficaci.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

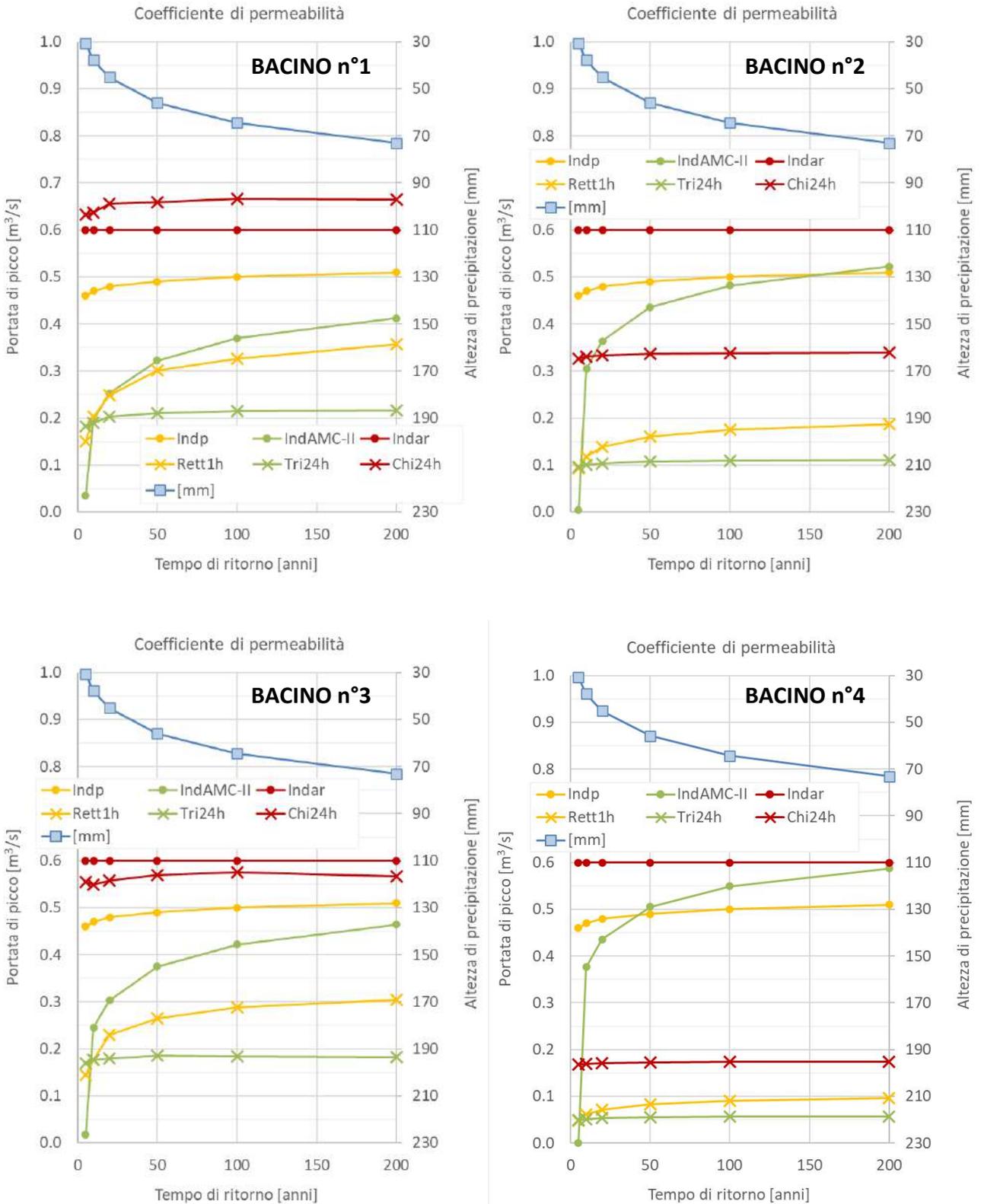


Figura 9-11 Confronto tra i valori del coefficiente di deflusso assegnati in funzione degli indici di permeabilità, aridità e AMC-II e quelli equivalenti ricavati per i tre diversi ietogrammi efficaci considerati in questa sede per tutti e quattro i bacini oggetto di studio.

10. Definizione dell'idrogramma di progetto

In quanto segue si sintetizzano i risultati ottenuti valutando criticamente, per quanto possibile, le differenze ottenute e riportando le conclusioni sugli indirizzi da adottarsi nelle modellazioni idrauliche descritte nei paragrafi che seguiranno.

Innanzitutto, si evidenziano le differenze tra i valori delle altezze di pioggia cadute al suolo per le differenti durate considerate nel presente studio. Tale discrasia è la maggior causa della divergenza dei risultati ottenuti con l'approccio geo-morfologico e quello lineare-cinematico. Tuttavia, si vuole subito evidenziare che la ricostruzione delle piene estreme in un bacino non dipende esclusivamente dall'altezza di pioggia caduta ma anche (soprattutto) dalle condizioni di imbibimento dei suoli precedentemente l'evento meteorico.

Per tali motivi, nell'identificazione degli idrogrammi critici non appare immediatamente come un insanabile vulnus l'eventuale scostamento di stima delle precipitazioni al suolo, che devono essere trasformate in altezze efficaci ai fini della formazione del deflusso. In questo passaggio fisico-logico si concentrano la maggioranza delle incertezze sullo stato effettivo dei luoghi, quali:

- l'effettiva distribuzione degli scrosci di pioggia nel tempo e sull'intera superficie del bacino, chiaramente fortemente variabile da evento ad evento e, per un medesimo evento, dall'esposizione e dalla quota dei versanti;
- la permeabilità effettiva dei suoli, funzione non solo della facies specifica ma particolarmente dallo stato di alterazione dello strato superficiale e sub-superficiale, da cui dipende fortemente l'infiltrazione nei suoli della pioggia caduta al suolo;
- la copertura dei suoli ed il suo stato di conservazione, da cui dipende la capacità di ritenzione in superficie di parte degli afflussi e, soprattutto la frazione di perdite iniziali per adesione ed imbibimento delle superfici diverse dal suolo.

Tali caratteristiche, fortemente variabili nello spazio e nel tempo, devono essere mediate in singoli parametri rappresentativi di tutto il bacino per poter essere utilizzati con le metodologie a parametri concentrati qui considerate. Pertanto, secondo il principio di cautela, si considereranno nel prosieguo solo i risultati dei metodi più cautelativi ossia: il metodo razionale con il coefficiente di deflusso stimato in accordo con il metodo di Kennessey e il metodo geomorfologico qui adottato con lo ietogramma giornaliero distribuito secondo il modello Chicago.

A favore del secondo approccio si annotano le seguenti motivazioni:

- il metodo di Kennessey non riproduce la variabilità del coefficiente di deflusso al variare del tempo di ritorno delle piogge, ossia non rappresenta correttamente la non-linearità del fenomeno di trasformazione degli afflussi in deflussi superficiali, presentando un valore del coefficiente di deflusso costante per tutti i tempi di ritorno che determina una perdita percentuale costante degli afflussi, mentre quest'ultima presenta un valore inversamente proporzionale all'altezza di precipitazione;
- il metodo CN4GA qui utilizzato con l'approccio geomorfologico coniuga un modello di infiltrazione degli afflussi nei suoli fisicamente basato (equazione differenziale di Green-Ampt) che non ha bisogno di essere calibrato su dati freametrici o idrometrici (in questo caso mancanti) in quanto è vincolata a fornire i medesimi risultati cumulati calcolati con il metodo SCS-CN, largamente utilizzato a livello mondiale per determinare il volume scolante da una particella di versante;

- ☑ il metodo di Kennessey si basa comunque su delle valutazioni soggettive del tecnico operatore nella stima delle percentuali di frequenza da associare alle diverse classi del coefficiente di deflusso per il tipo e per l'uso dei suoli;
- ☑ il metodo CN4GA qui utilizzato con l'approccio geomorfologico si basa esclusivamente sull'attribuzione del Numero di Curva al bacino oggetto di studio, valore sostanzialmente preso a riferimento dalla comunità tecnico-scientifica internazionale e assegnato all'intero territorio mondiale da un database pubblicato dalla rivista Nature;
- ☑ il metodo razionale non fornisce né l'idrogramma di portate, né il volume totale dei deflussi, per cui definire una variazione della portata dei deflussi che attraversano la sezione di chiusura del bacino risulta un'operazione del tutto arbitraria e basata su modelli concettuali che male si adattano ai piccoli bacini montani;
- ☑ il metodo geomorfologico qui utilizzato si basa sull'analisi delle informazioni di quota delle celle con cui le aree del bacino oggetto di studio sono state discretizzate. Pertanto, l'idrogramma unitario e istantaneo delle piogge è stimato, pur sempre con un metodo cinematico, sull'effettiva distanza delle singole celle dalla sezione di chiusura, adattando la velocità dei deflussi nel reticolo idrografico affinché sia rispettata la condizione che il tempo di ritardo dell'idrogramma unitario coincida con il tempo di concentrazione stimato con la formula del Giandotti;
- ☑ data la contiguità dei bacini è preferibile, a parere dello scrivente, considerare un unico evento piovoso critico di durata comparabile con quella considerata alla base della regionalizzazione adottata (durata giornaliera);
- ☑ l'assunzione fatta nella "Relazione Calabria" del VAPI, ossia quella che le piogge di breve durata (inferiore a quella giornaliera) presenti fattori di crescita paragonabili a quelli stimati sulla durata giornaliera è tanto più incerta quanto più breve è la durata dell'evento e, per durate dell'ordine delle decine di minuti certamente scorretta.

Alla luce di quanto sopra annotato, la scelta degli idrogrammi di progetto per le simulazioni dei perimetri bagnati associati al deflusso delle portate duecentennali è ricaduta su quelli calcolati con il metodo geomorfologico a seguito di un evento piovoso descritto dallo ietogramma giornaliero distribuito secondo il modello Chicago. Per i bacini dal numero 1 al 4 gli idrogrammi di progetto sono rappresentati per comodità di lettura nella Figura 10-1 e riprendono quelli mostrati nella Figura 9-7, Figura 9-8, Figura 9-9 e Figura 9-10 per i quattro diversi bacini e per tempi di ritorno duecentennali.

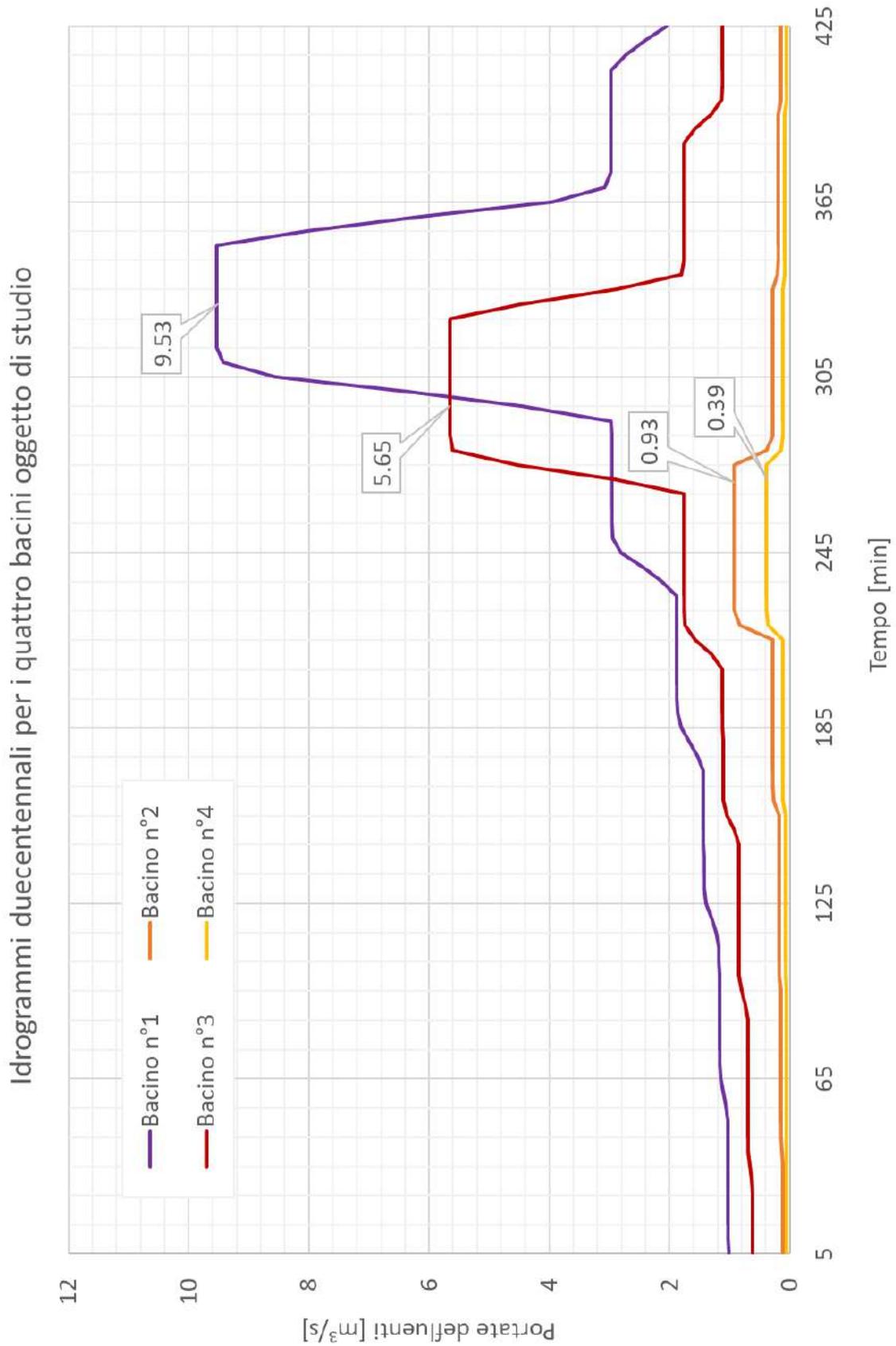


Figura 10-1 Idrogrammi duecentennali di progetto.

11. Verifica della pericolosità idraulica e dell'associato rischio idraulico

Per determinare la classe di rischio idraulico, prima ancora di stabilire il valore economico delle opere civili, infrastrutturali, industriali, economiche o insediative interessate da eventuali esondazioni dei corsi d'acqua presenti nelle aree d'interesse, è necessario definire la pericolosità idraulica ossia l'estensione delle aree soggette ad eventuale esondazione. Con tale scopo sono stati costruiti due modelli numerici le cui caratteristiche di griglia (cfr. Figura 11-1) sono di seguito elencate:

- struttura della cella di calcolo esagonale;
- numero di celle pari a 28'009;
- dimensione media della faccia di bordo pari a 4m;
- dimensione media della cella di calcolo pari a 17m²;
- dimensione massima della cella di calcolo pari a 36m²;
- dimensione minima della cella di calcolo pari a 8m².

Le caratteristiche del terreno utilizzate nelle simulazioni sono le seguenti:

- elevazione della superficie del terreno assegnata in accordo al DEM TinItaly;
- coefficiente di scabrezza costante sull'area pari a 0,12.

Le caratteristiche delle opere di attraversamento del rilevato ipotizzate nelle simulazioni sono state le seguenti (cfr. Figura 11-2):

- per il collettamento delle acque del bacino n°1 si sono utilizzate 7 tubazioni ϕ 800 disposte a quinconce;
- per il collettamento delle acque del bacino n°2 si sono utilizzate 2 tubazioni ϕ 800;
- per il collettamento delle acque del bacino n°3 si sono utilizzate 8 tubazioni ϕ 800 disposte in fila;
- per il collettamento delle acque del bacino n°4 si è utilizzata 1 tubazione ϕ 400 .

Con i modelli predisposti sono state calcolate le perimetrazioni delle aree interessate dai deflussi nelle condizioni ante-operam (ossia in assenza totale dell'opera dell'aviosuperficie Franca) e post-operam (ossia in presenza dell'opera dell'aviosuperficie Franca come prevista dal progetto in esame dalla Commissione VIA). Le caratteristiche salienti delle soluzioni numeriche ottenute mediante il software HEC-RAS sono state:

- passo temporale d'avanzamento adattivo, controllato dal numero di Courant compreso tra 0,8 e 2,5, corrispondente a passi temporali variabili tra 0,05s e 0,2s;
- condizione iniziale d'alveo vuoto;
- condizione ai contorni di ingresso imposta, cautelativamente, secondo gli idrogrammi di Figura 10-1, calcolati nei punti del reticolo immediatamente a valle dell'opera stessa;
- condizione ai contorni di uscita fissata secondo la pendenza critica, per la lumarella di Zacarogno pari a 4,146% e per la lumarella di Migliariti pari a 2,783%;
- sistema di equazioni risolte denominato "diffusion-wave";
- tolleranza volumetrica d'avanzamento temporale 2mm;
- tolleranza d'avanzamento temporale della superficie libera 2mm.

I risultati ottenuti nelle sezioni di ingresso alla griglia (input) e di ingresso/uscita al/dal sistema di collettamento (cfr. Figura 11-3), in termini di portate e volumi cumulati defluenti, sono illustrati nelle figure dalla Figura 11-4 alla Figura 11-7, da cui si deduce immediatamente la stabilità temporale delle simulazioni svolte (coincidenza di volumi defluiti finali).

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

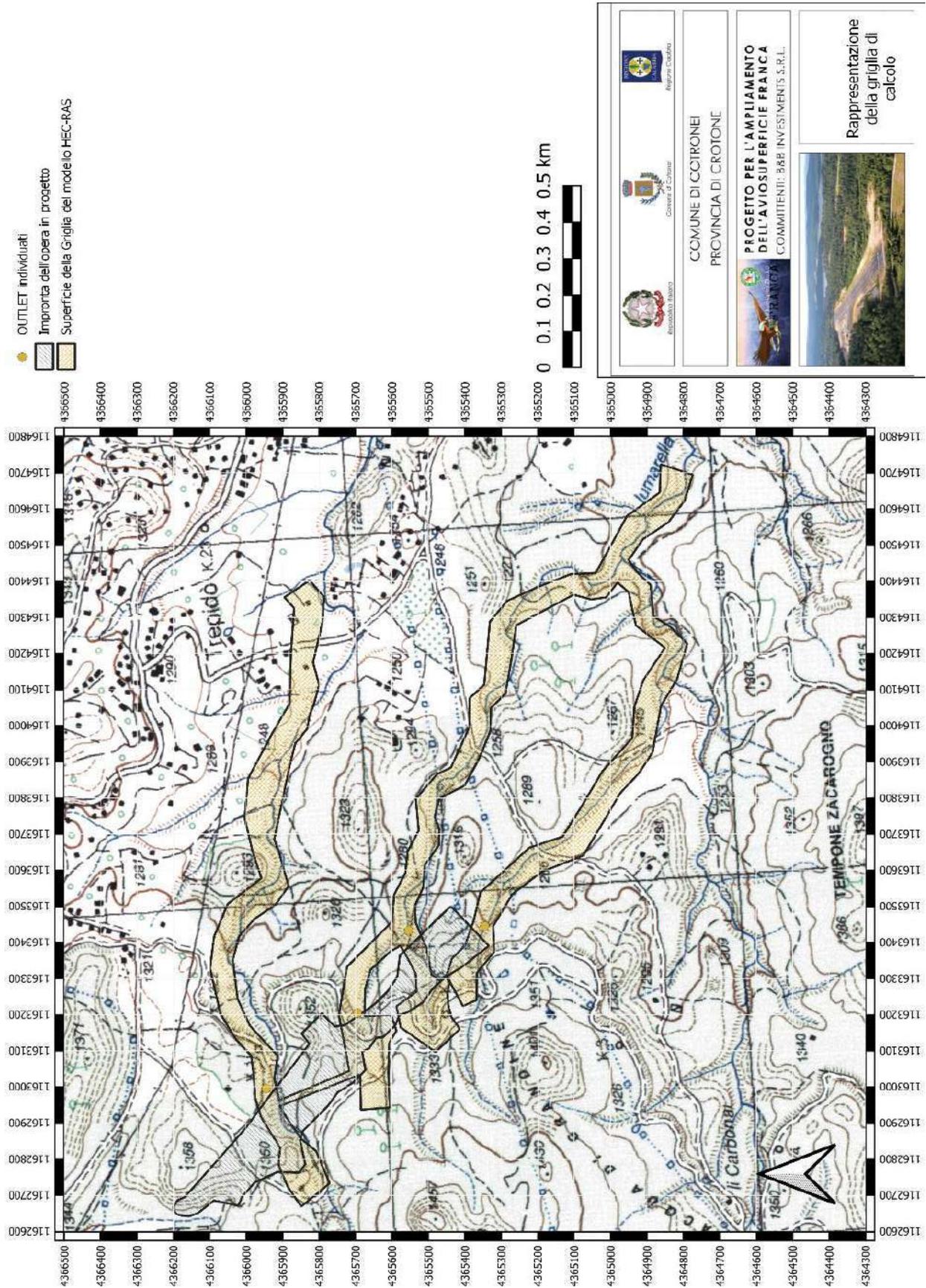


Figura 11-1 Perimetrazione dei contorni della griglia di calcolo del modello HEC-RAS.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

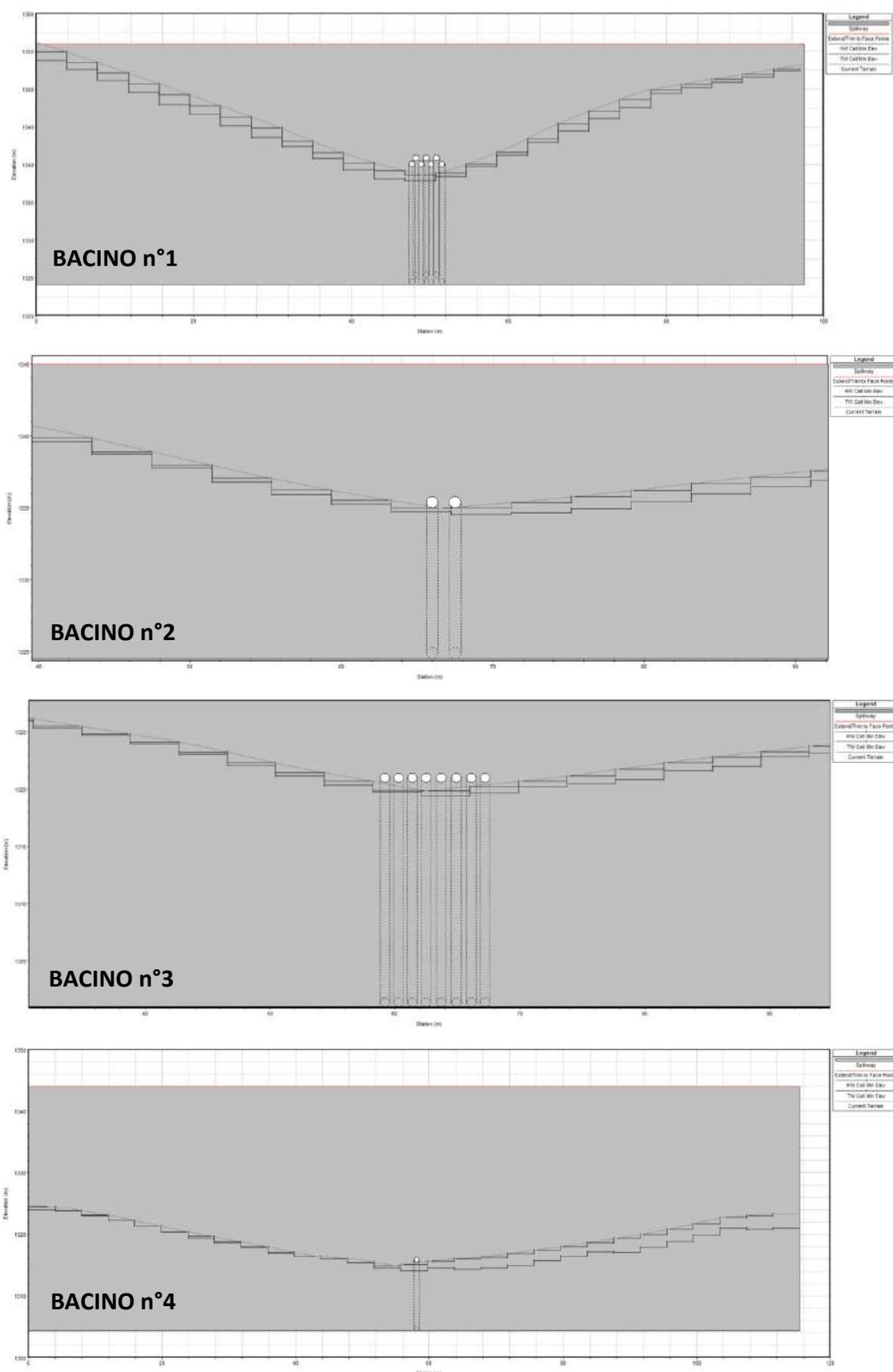


Figura 11-2 Opere di collettamento e di attraversamento del rilevato implementate nella griglia di calcolo del modello HEC-RAS per il tombamento dell'asta principale dei quattro bacini oggetto di studio.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

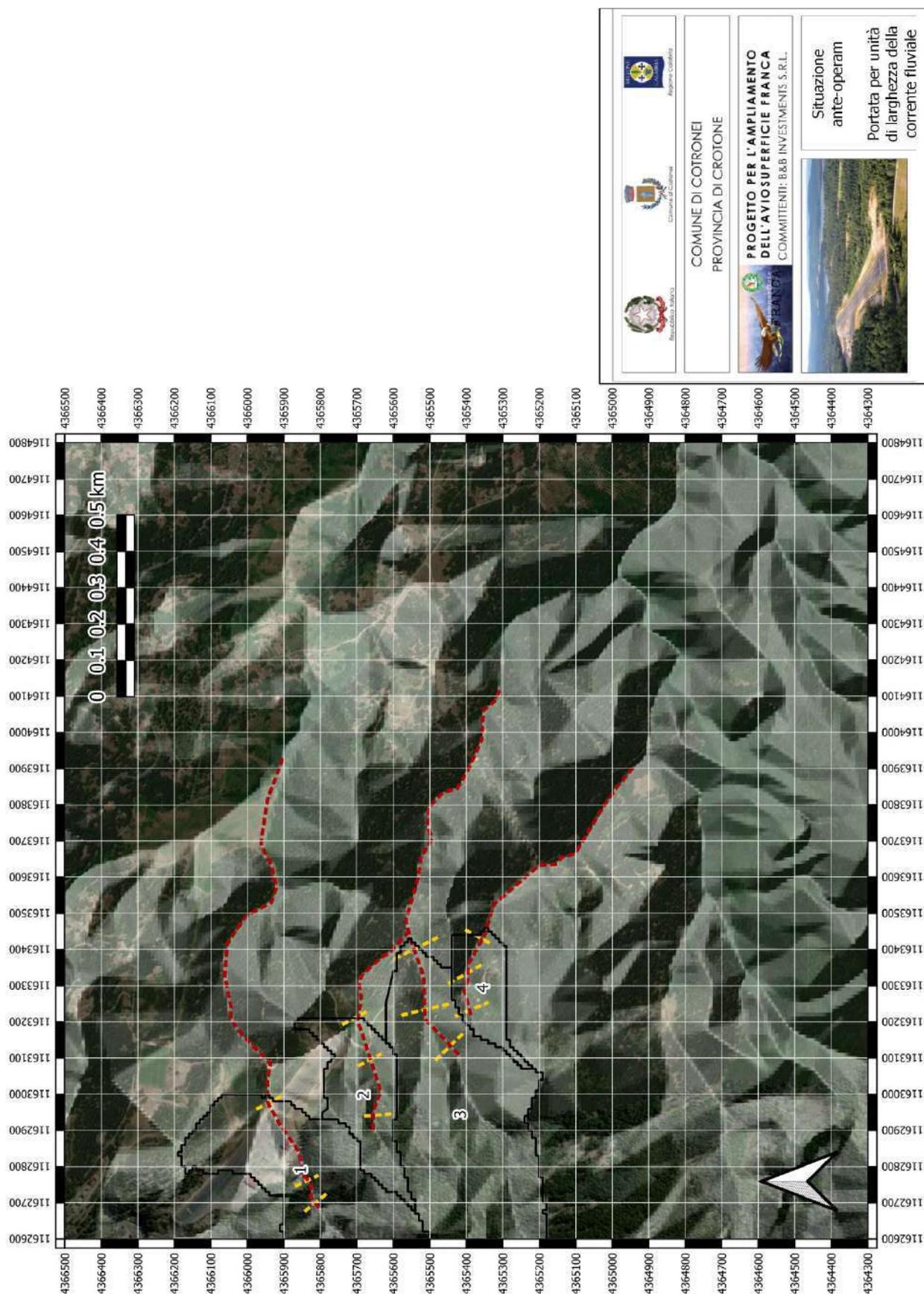


Figura 11-3 Ubicazione delle sezioni significative di restituzione dei risultati di calcolo.

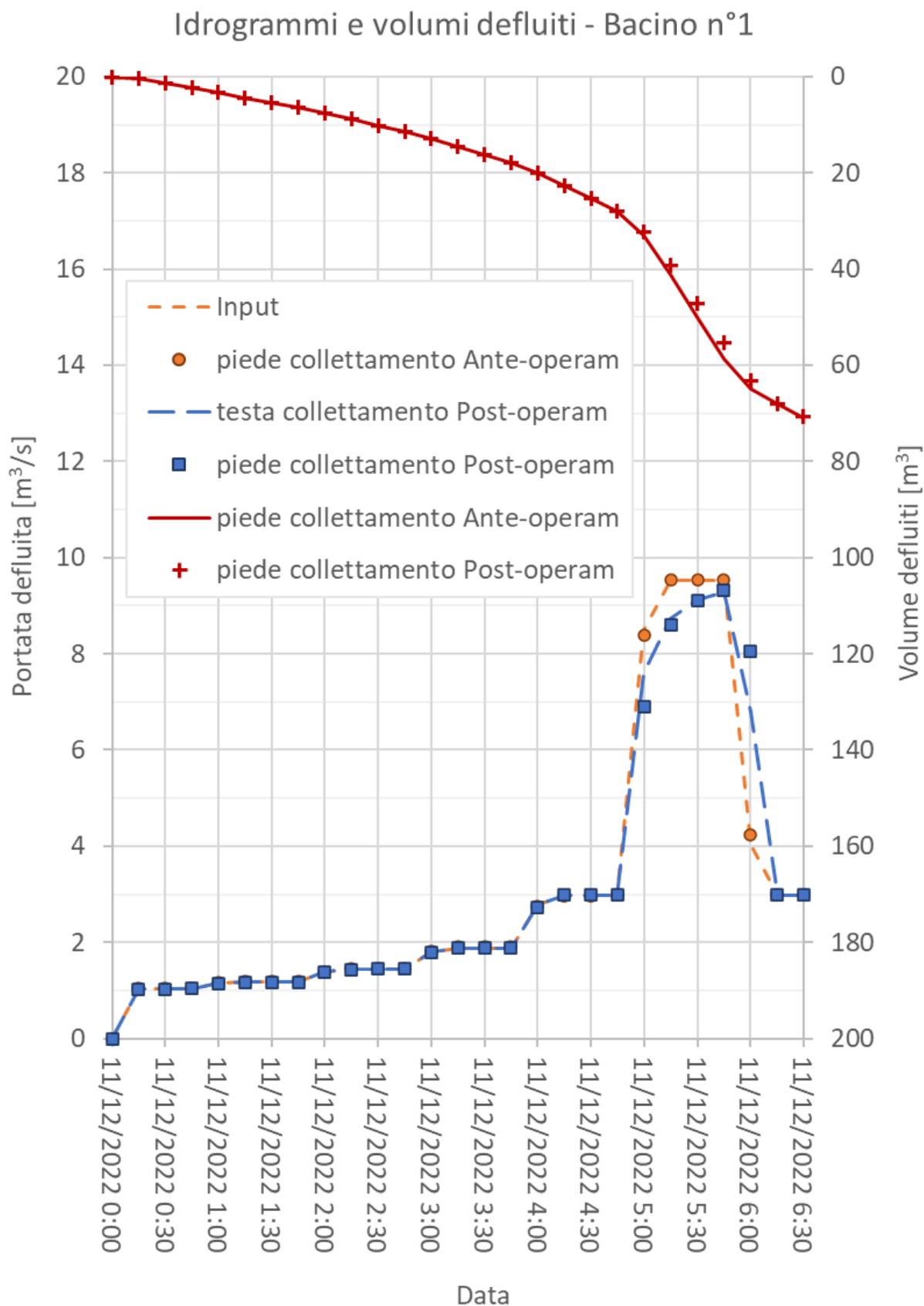


Figura 11-4 Andamenti delle portate defluenti e dei volumi cumulati attraversanti le sezioni significative di calcolo per le configurazioni ANTE-OPERAM e POST-OPERAM per l'asta principale del bacino n°1.

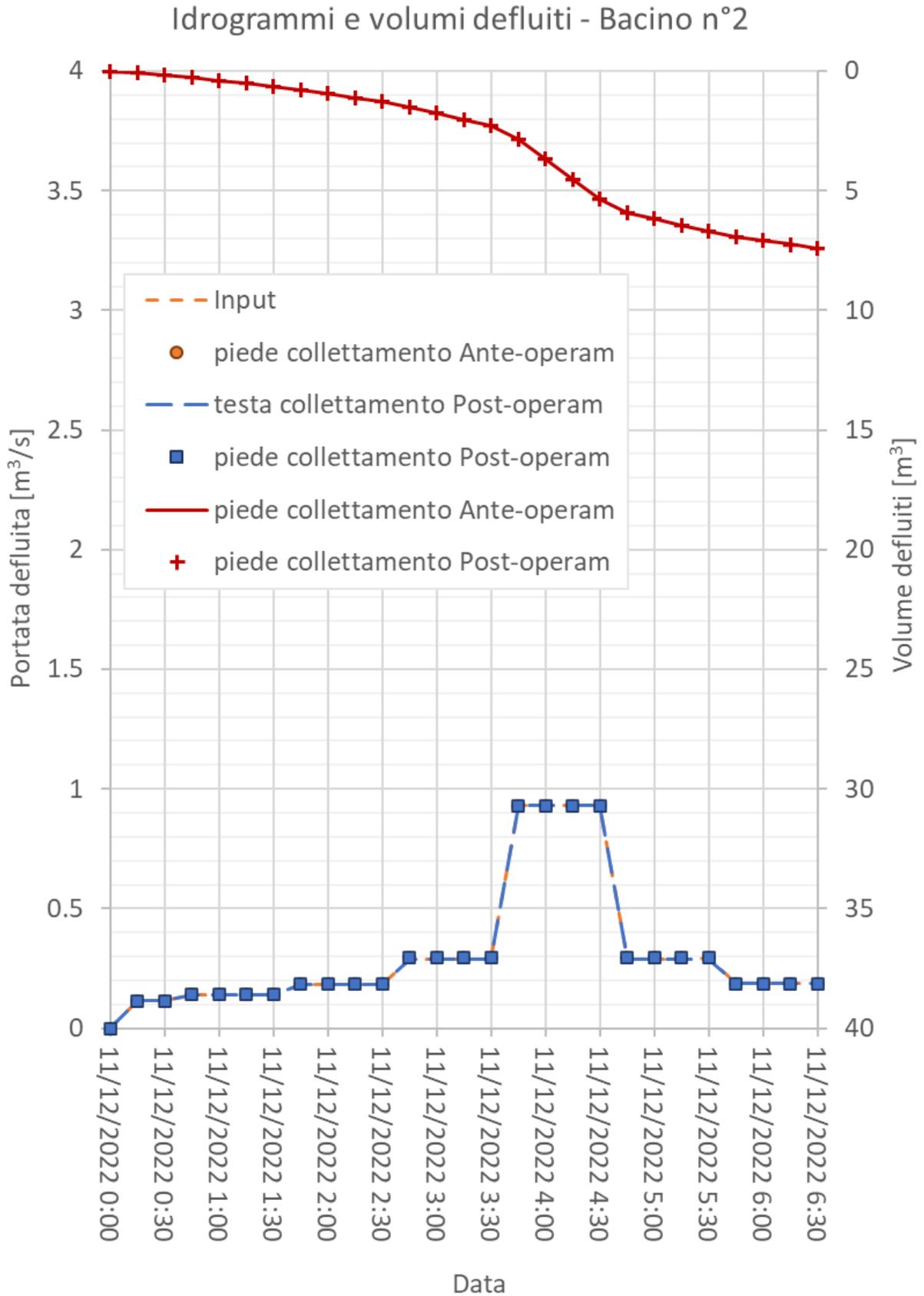


Figura 11-5 Andamenti delle portate defluenti e dei volumi cumulati attraversanti le sezioni significative di calcolo per le configurazioni ANTE-OPERAM e POST-OPERAM per l'asta principale del bacino n°2.

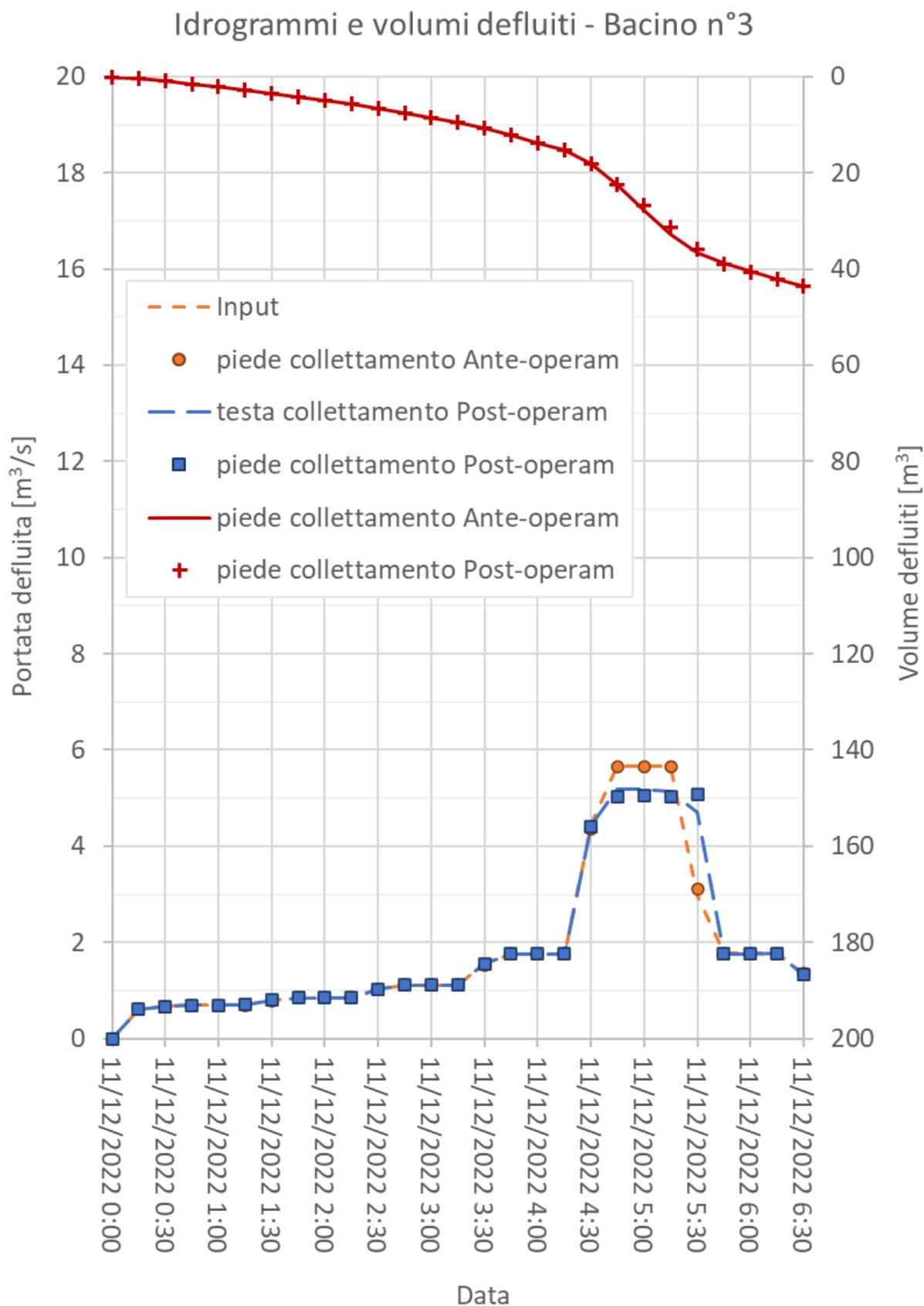


Figura 11-6 Andamenti delle portate defluenti e dei volumi cumulati attraversanti le sezioni significative di calcolo per le configurazioni ANTE-OPERAM e POST-OPERAM per l'asta principale del bacino n°3.

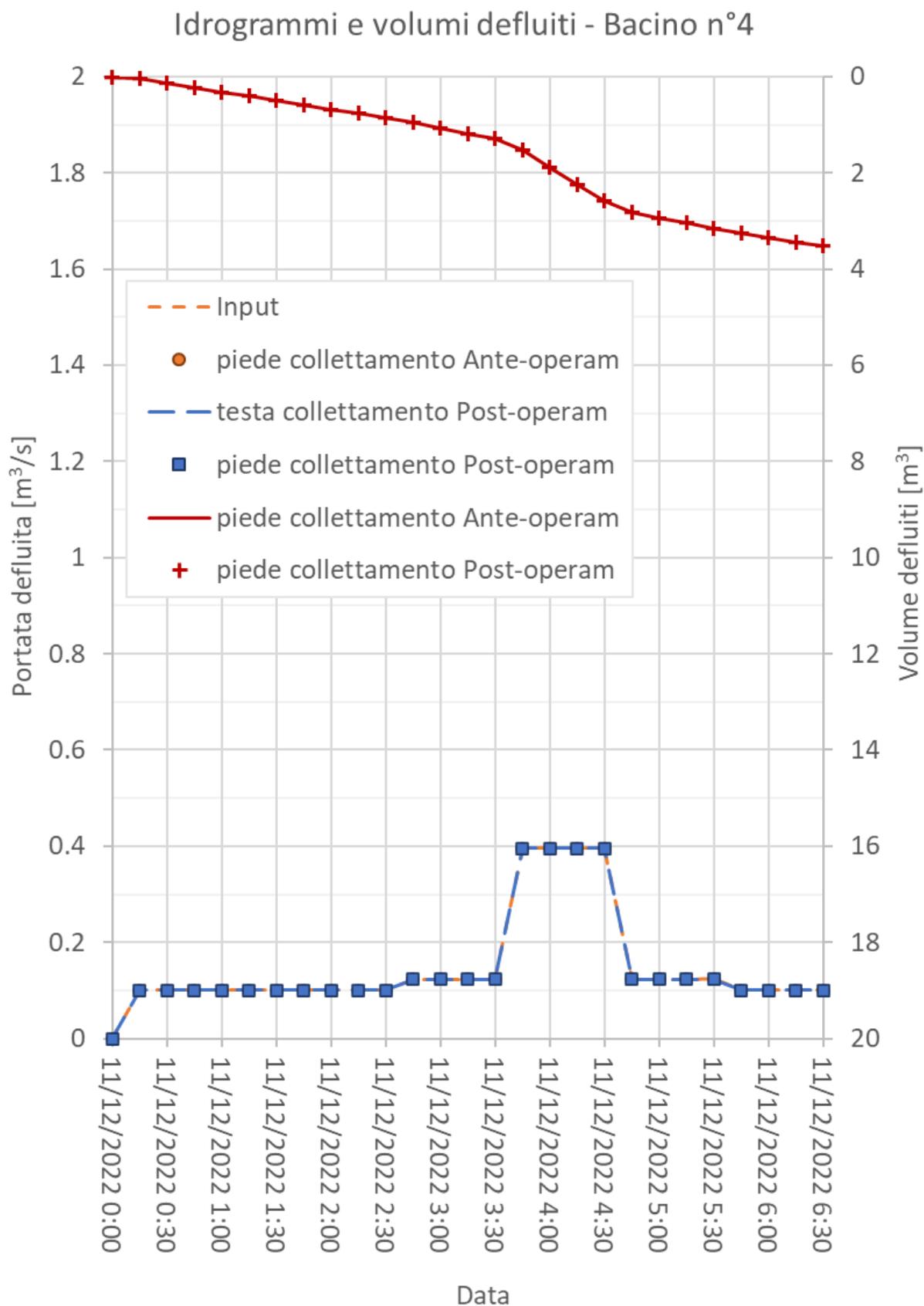


Figura 11-7 Andamenti delle portate defluenti e dei volumi cumulati attraversanti le sezioni significative di calcolo per le configurazioni ANTE-OPERAM e POST-OPERAM per l'asta principale del bacino n°4.

Per i bacini n°2 e n°4, le precedenti Figura 11-5 e Figura 11-7 mostrano una perfetta trasparenza idraulica del rilevato e della particolare configurazione dell'opera di collettamento e trasporto delle acque fluviali, con idrogrammi di ingresso e uscita dal sistema di attraversamento del rilevato isocroni.

Per i bacini n°1 e n°3 le precedenti Figura 11-4 e Figura 11-6 mostrano una tendenza alla laminazione introdotta dal rilevato e dalla particolare configurazione dell'opera di collettamento e trasporto delle acque fluviali, con idrogrammi di ingresso e uscita dal sistema di attraversamento del rilevato sfalsati nel tempo e con portate di picco leggermente inferiori a quelle previste in ingresso alla griglia di calcolo; tali andamenti sono conseguenza dell'effetto di blocco della corrente in corrispondenza dell'opera di captazione e conseguente rigurgito a monte della corrente fluida. In particolare, date le forti pendenze dei tratti d'alveo considerati e in ragione della non modesta portata defluente, l'opera di attraversamento del rilevato ipotizzata in questa sede determina una riduzione della velocità della corrente, con conseguente profilo di rigurgito a monte, soprattutto per le perdite di carico concentrate agli imbocchi delle tubazioni, in questa sede considerati a baionetta. Anche i diametri delle tubazioni non risultano ottimizzati in funzione del numero di linee da disporre, essendo prevalso il criterio di scelta dei diametri commerciali di semplice reperimento commerciale.

Tali opere di captazione e convogliamento delle acque torrentizie dovranno essere necessariamente ottimizzate in fase di progettazione definitiva ed esecutiva, per **indurre il minor disturbo possibile alla corrente fluida**. In questa sede, tale ottimizzazione non è stata svolta in accordo al principio di precauzione, simulando la soluzione tecnica di più semplice realizzazione tecnica che, contemporaneamente, producesse il maggior grado di disturbo alla corrente a monte dell'opera in progetto, così da verificare quelli che, in occasione di una precipitazione duecentennale, possono essere considerati i tiranti idrici più alti ottenibili a monte del rilevato e, conseguentemente, la più vasta impronta del perimetro bagnato realizzabile.

I risultati ottenuti su pianta cartografica per la configurazione ante-operam e quella post-operam sono illustrati rispettivamente nella Figura 11-8 e Figura 11-9 per quanto riguarda l'elevazione della superficie libera della corrente, nella Figura 11-10 e Figura 11-11 per quanto riguarda il tirante idrico della corrente, nella Figura 11-12 e Figura 11-13 per quanto riguarda il modulo della velocità della corrente, nonché nella Figura 11-14 e Figura 11-15 per quanto riguarda la portata per unità di larghezza della corrente.

I risultati mostrati nelle suddette figure confermano quanto precedentemente desunto dall'analisi degli idrogrammi nelle sezioni significative di ingresso-uscita dal sistema di collettamento. Infatti, tutti i parametri caratteristici della corrente fluida a valle del rilevato risultano coincidenti, sia in termini assoluti, sia in termini di occupazione dei terreni attraversati. Al contrario, nelle aree a monte del rilevato, solo per i bacini n°1 e n°3, si nota l'aumento del perimetro bagnato delle aree occupate dai deflussi, con una diminuzione della velocità e un aumento del tirante idrico locale della corrente (a cui corrisponde una diminuzione della portata per unità di larghezza della sezione d'alveo bagnata). Dunque, in questi casi non si può parlare di trasparenza idraulica e si devono necessariamente analizzare le risultanze in funzione dell'invarianza idraulica per le aree a monte e a valle dell'opera.

Riguardo alle condizioni di valle si è già detto che queste risultano immutate per tutti i bacini oggetto di studio, dunque si ha certamente l'invarianza idraulica dell'opera in progetto, che, anzi, produce un leggero miglioramento delle condizioni di deflusso, laminando leggermente i picchi di piena. Tale risultato è confermato anche dai perimetri delle aree bagnate, totalmente sovrapponibili (cfr. Figura 11-16).

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

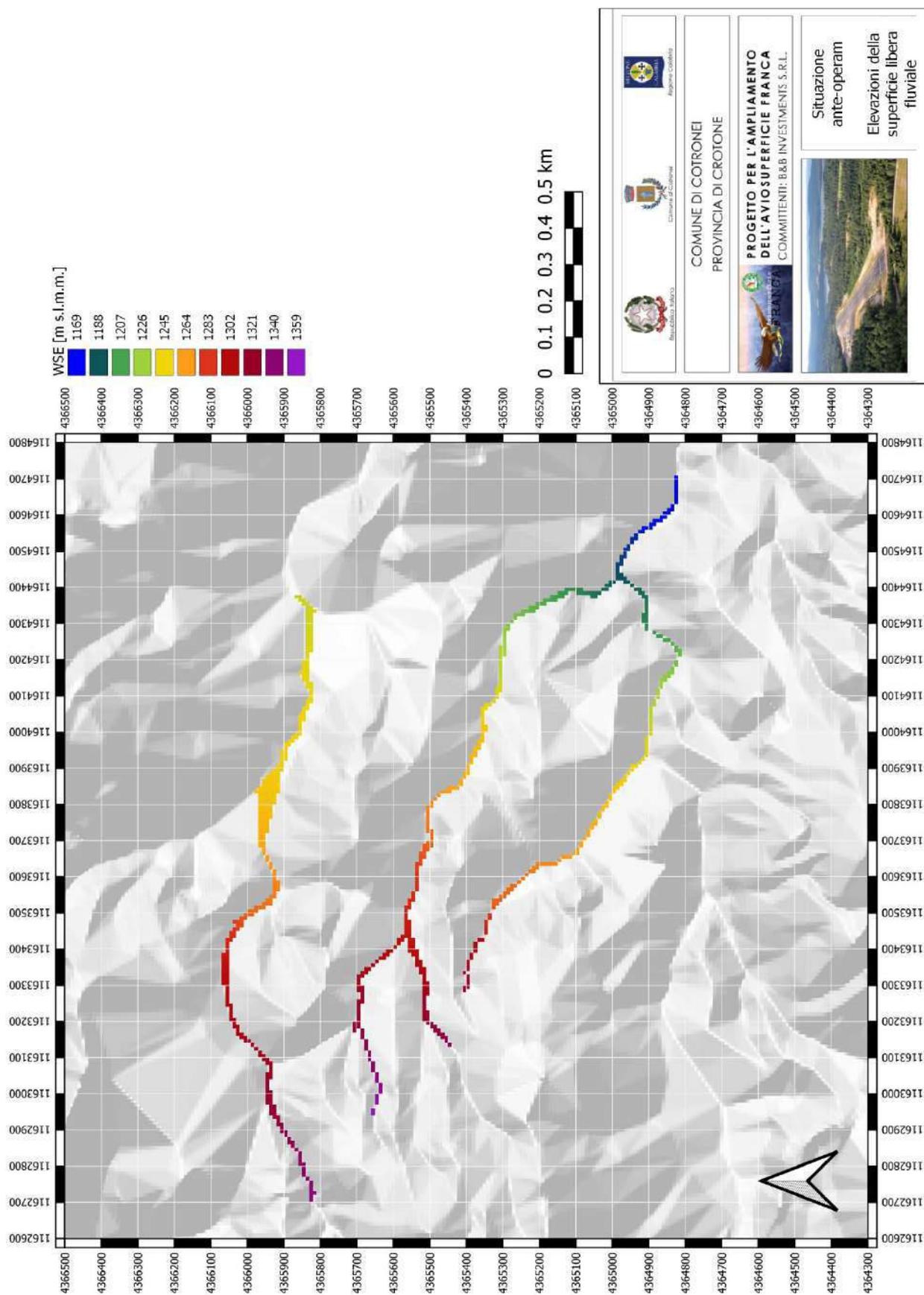


Figura 11-8 Andamenti dell'elevazione della superficie libera della corrente calcolati con il modello HEC-RAS nella situazione ANTE-OPERAM.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

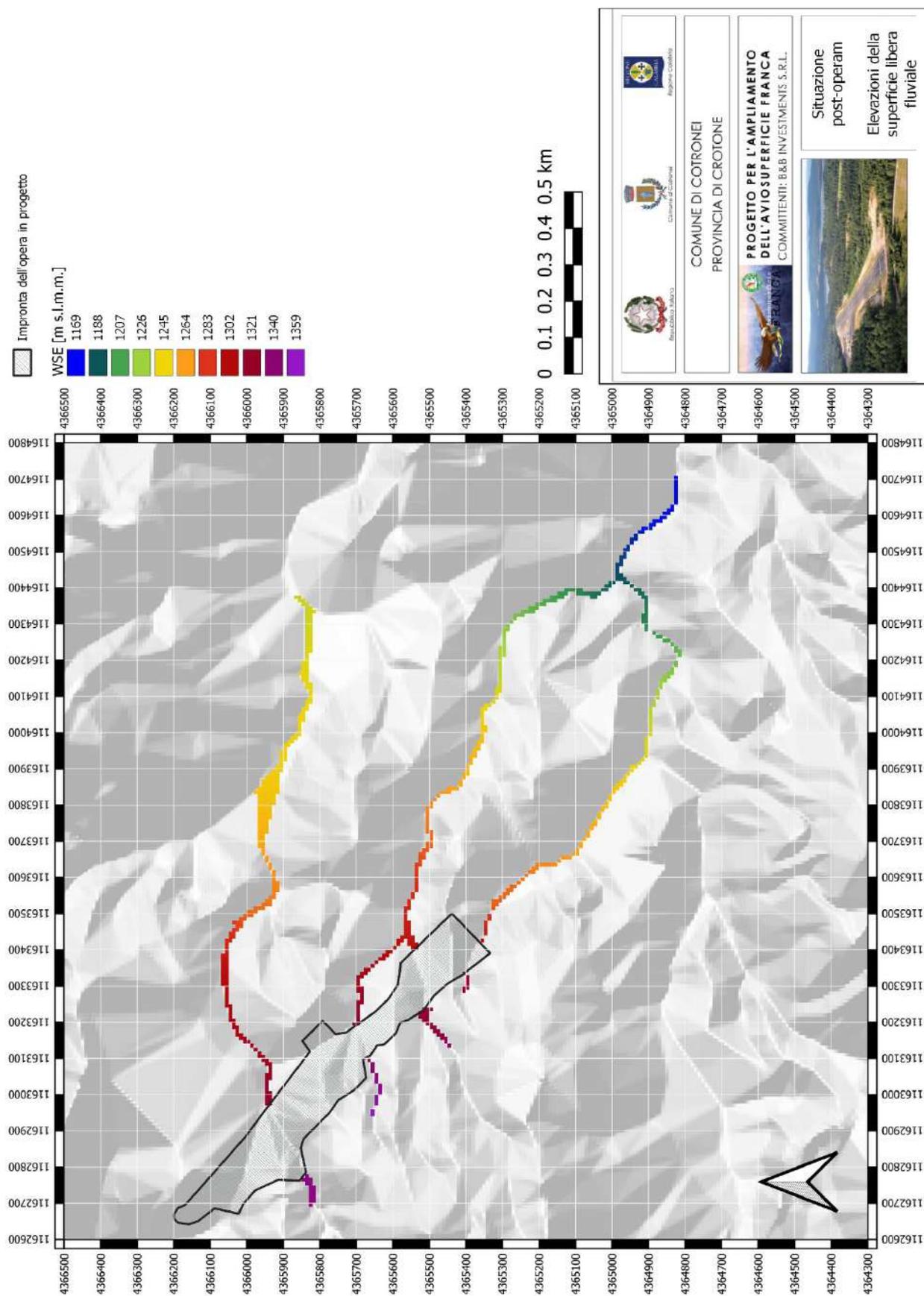


Figura 11-9 Andamenti dell'elevazione della superficie libera della corrente calcolati con il modello HEC-RAS nella situazione POST-OPERAM.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

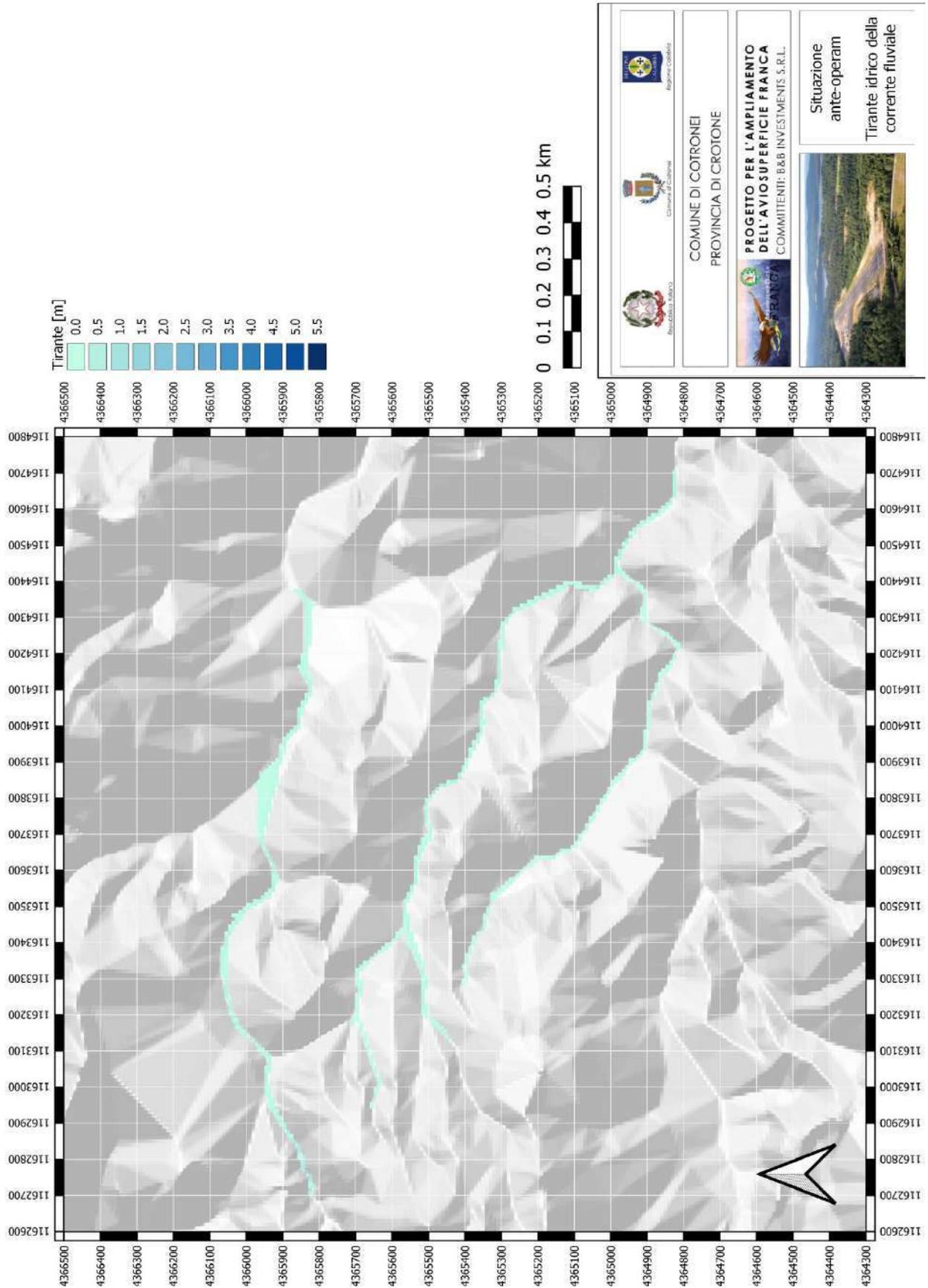


Figura 11-10 Andamenti del tirante idrico della corrente calcolati con il modello HEC-RAS nella situazione ANTE-OPERAM.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

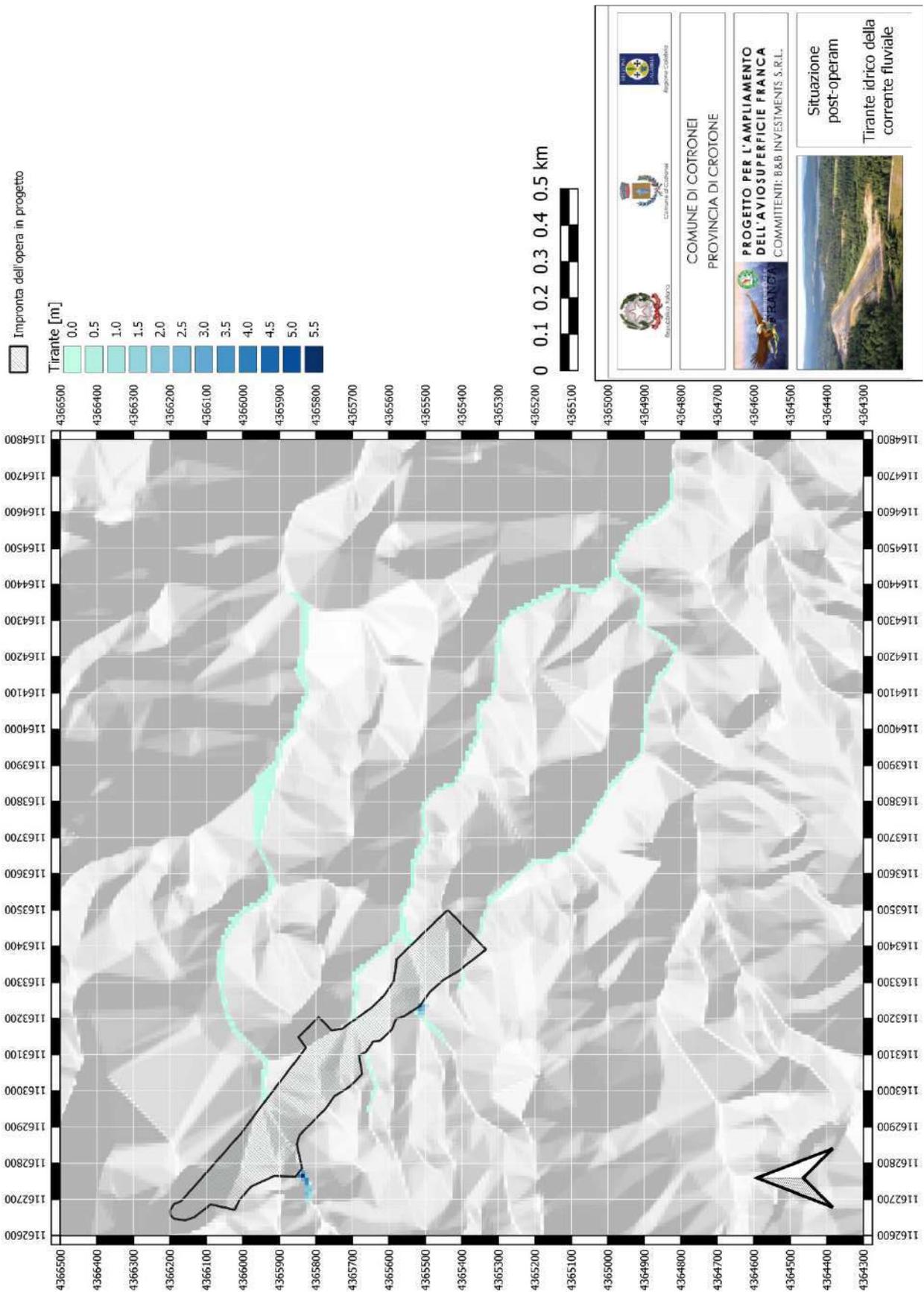


Figura 11-11 Andamenti del tirante idrico della corrente calcolati con il modello HEC-RAS nella situazione POST-OPERAM.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

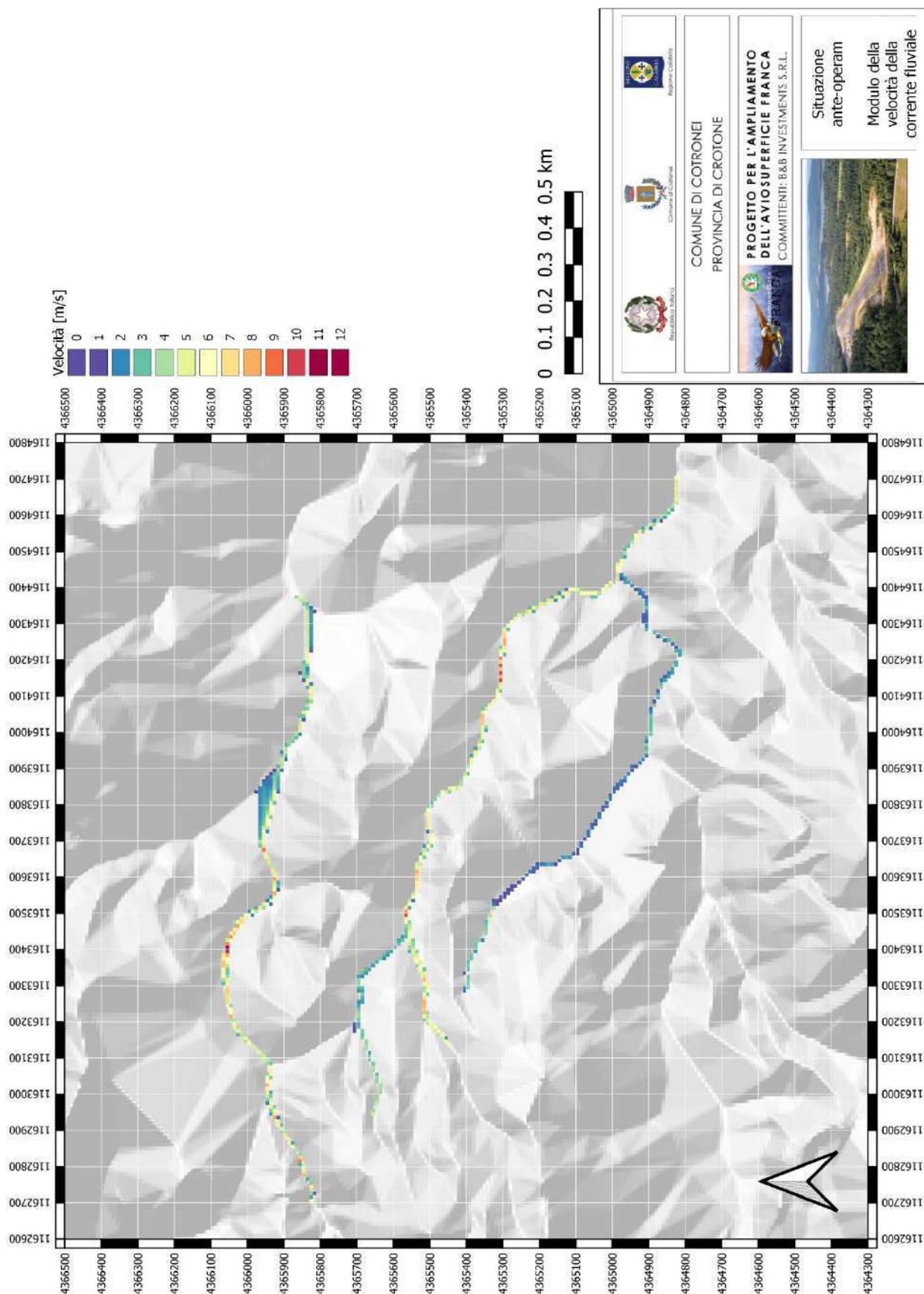


Figura 11-12 Andamenti del modulo della velocità della corrente calcolati con il modello HEC-RAS nella situazione ANTE-OPERAM.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

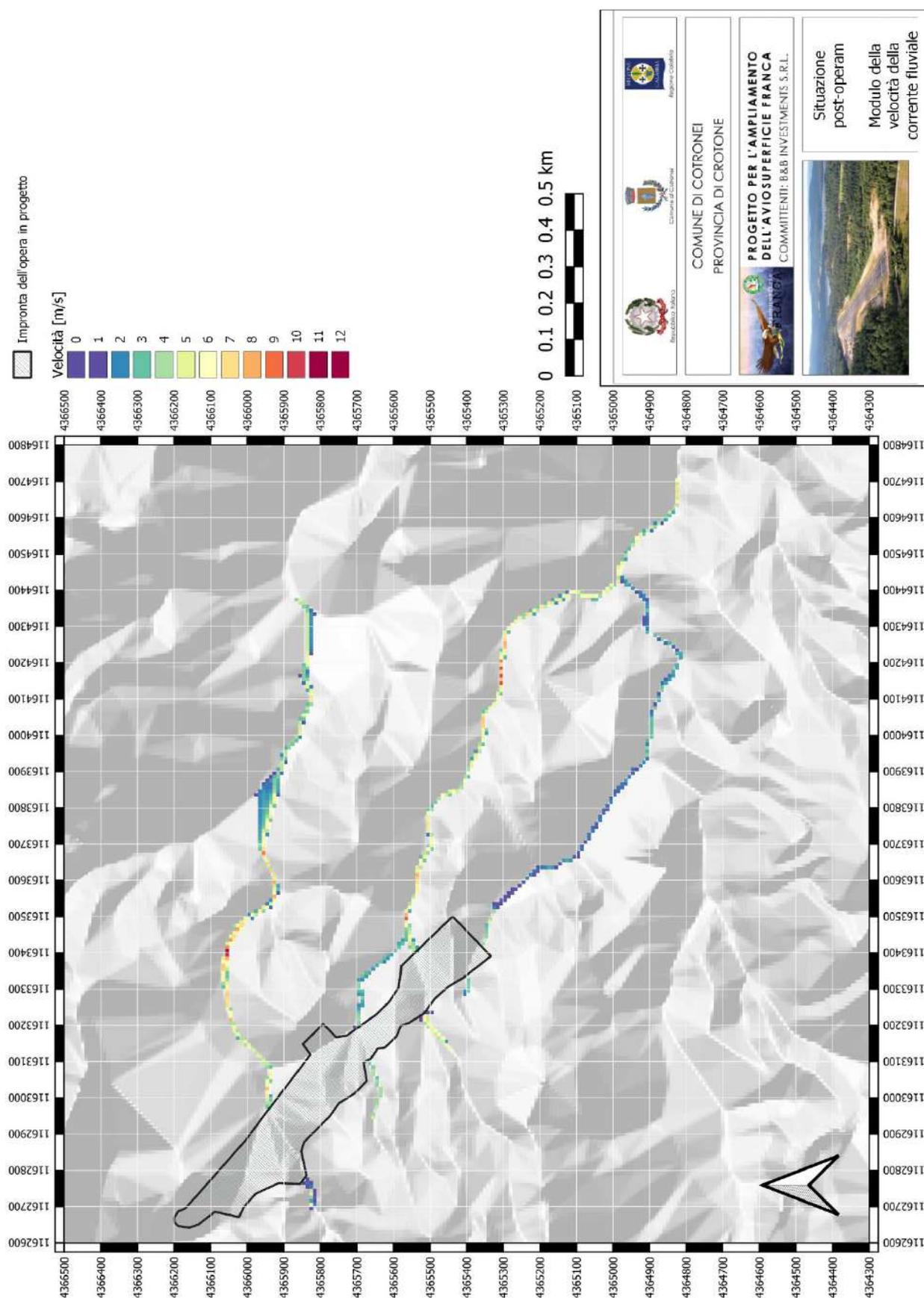


Figura 11-13 Andamenti del modulo della velocità della corrente calcolati con il modello HEC-RAS nella situazione POST-OPERAM.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

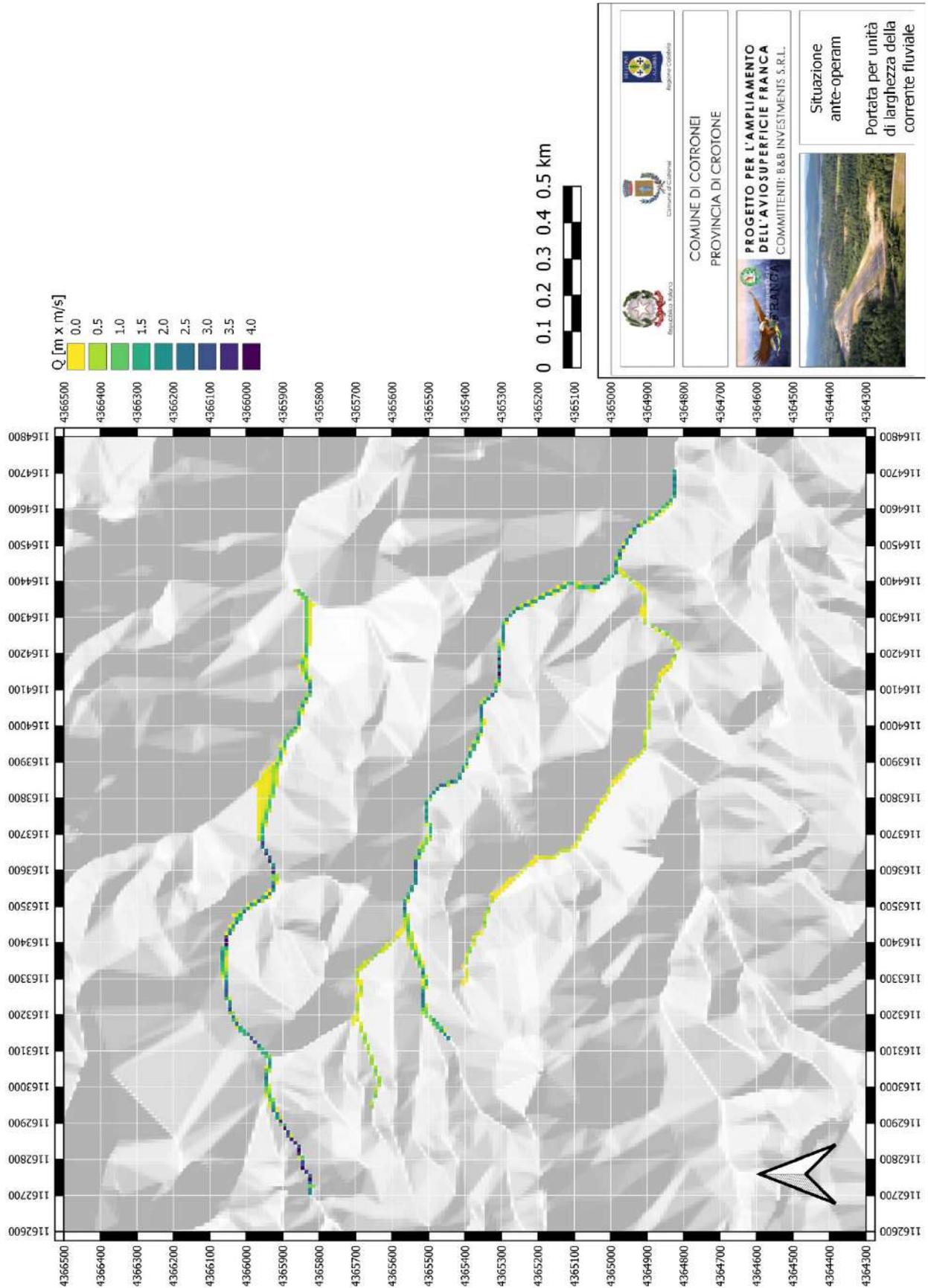


Figura 11-14 Andamenti della portata per unità di larghezza della corrente calcolati con il modello HEC-RAS nella situazione ANTE-OPERAM.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

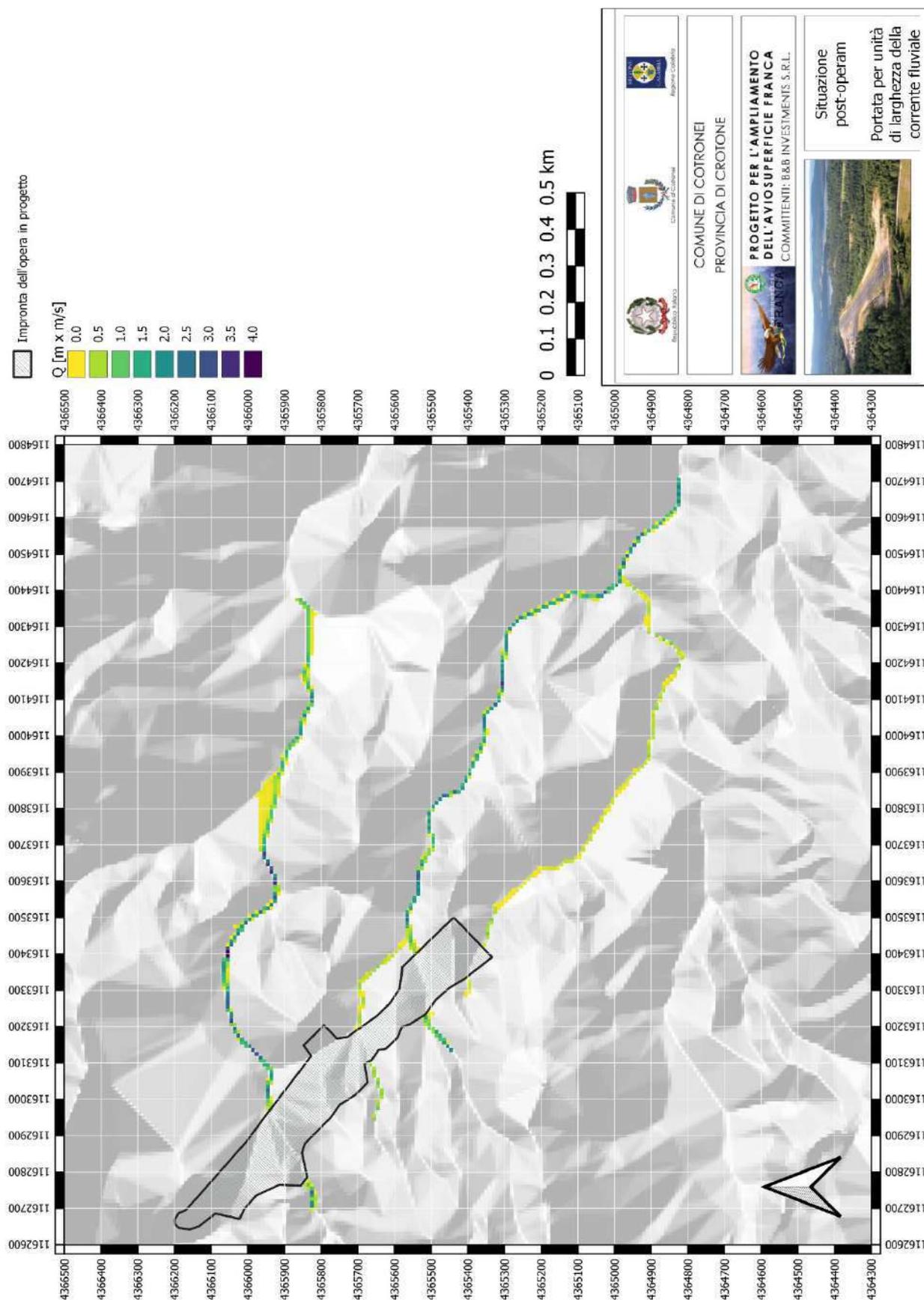


Figura 11-15 Andamenti della portata per unità di larghezza della corrente calcolati con il modello HEC-RAS nella situazione POST-OPERAM.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

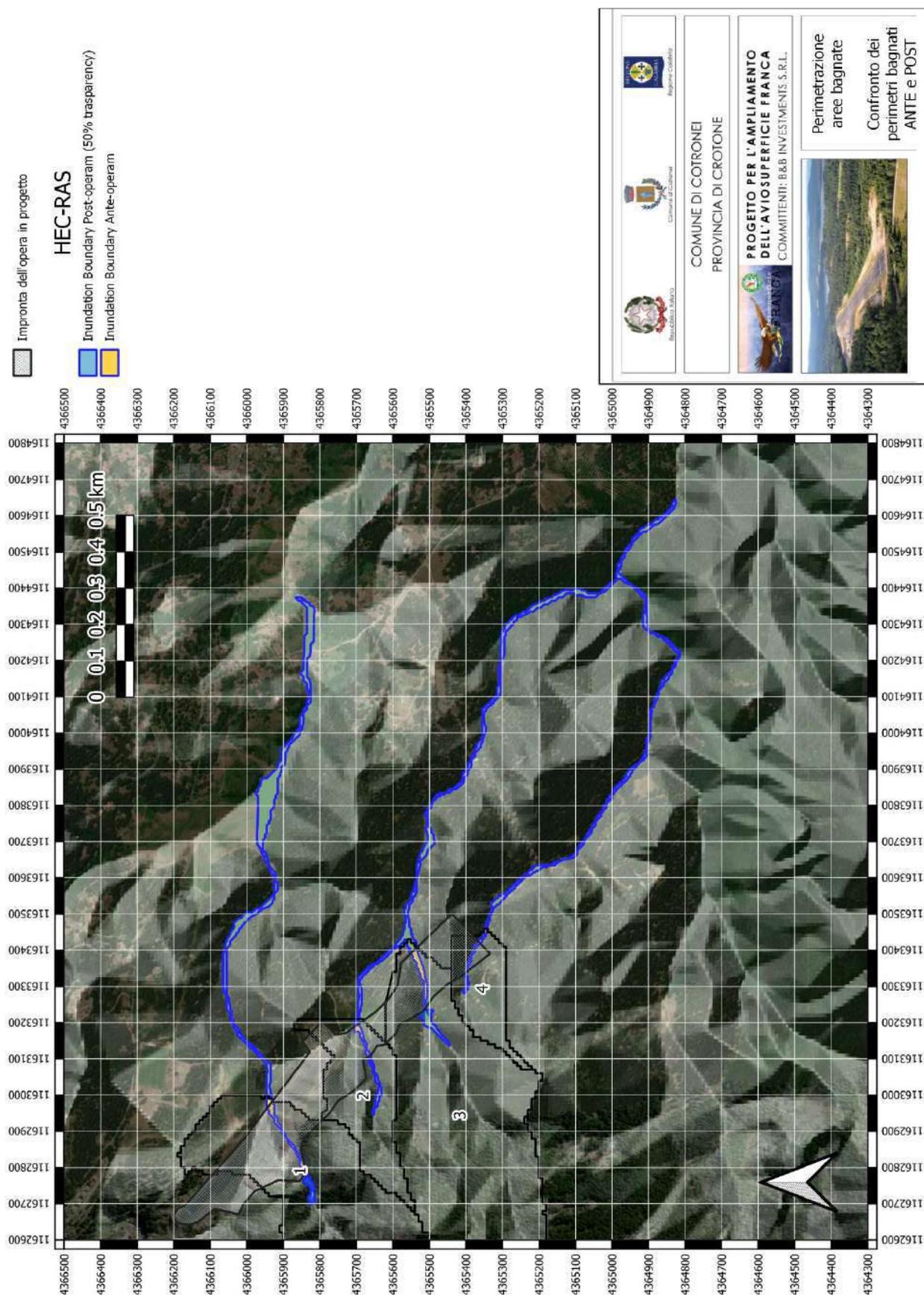


Figura 11-16 Perimetrazioni delle aree bagnate calcolate con il modello HEC-RAS nella situazione POST-OPERAM e ANTE_OPERAM.

Riguardo alle condizioni di monte, la Figura 11-17 mostra il dettaglio della sovrapposizione delle perimetrazioni delle aree bagnate ottenute a monte della struttura, da cui si evince immediatamente la modestissima portata areale della variazione indotta, riconducibili a:

- l'allargamento massimo del perimetro bagnato trasversalmente alla corrente di circa 9m per sponda e per una risalita verso monte di circa 75m, nel caso del bacino n°1;
- l'allargamento massimo del perimetro bagnato trasversalmente alla corrente di circa 15m per sponda e per una risalita verso monte di circa 35m, nel caso del bacino n°3.

Tali analisi sono corroborate dall'andamento dei profili di rigurgito ottenuti lungo gli assi dei torrenti oggetto di studio, riportati nelle figure dalla Figura 11-18 alla Figura 11-21. Al riguardo si ritiene opportuno sottolineare che l'ampiezza del tirante lungo il rigurgito di monte è anche influenzato dalle quote di fondo delle tubazioni costituenti il sistema di collettamento. Queste ultime, in mancanza di un progetto dettagliato a livello esecutivo sono state approssimate per eccesso per non incorrere in errori di calcolo (le quote del terreno intorno ai tombinamenti devono necessariamente essere inferiori alla quota di fondo delle tubazioni). Ancora, date le dimensioni di alcune opere di collettamento, avvolte notevolmente inferiori a quelle della cella di calcolo e, soprattutto a quelle del DEM dei terreni, **le informazioni qui ricavate sulla estensione delle aree soggette ad ampliamento del contorno bagnato si devono considerare cautelative.**

In sede di progettazione di dettaglio (definitiva e/o esecutiva) sarà necessario ripetere le simulazioni numeriche bidimensionali per verificare come i dettagli del terreno e quelli di realizzazione delle opere di collettamento (quote di fondo, inviti laterali, inviti del solaio, forma e dimensione effettiva della canalizzazione) influiscano sull'estensione del rigurgito di monte.

Dunque, nello scenario più cautelativo possibile, si è ottenuto che l'aggravio della pericolosità idraulica, calcolata per principio di precauzione su un'area con tirante idrico limite di 0mm e velocità limite di 0m/s, interessa una superficie di circa ¼ di ettaro (2'400m²). **Tali aree non presentano però alcun rischio idraulico**, poiché non confinano con alcun insediamento antropico, di qualsiasi natura. Inoltre, le acque laminate non hanno alcuna possibilità di esondare ulteriormente, essendo confinate dagli alti versanti montani e dallo stesso rilevato. Dunque, si è dimostrato che non esiste un aumento del rischio idraulico indotto dall'opera in analisi e, quindi, si può affermare che vi sia invarianza idraulica sia per le aree limitrofe, sia per quelle a distanza dall'opera.

Infine, la sovrapposizione dei perimetri bagnati ottenuti dal calcolo numerico nelle condizioni di ANTE e POST-operam con quelli previsti dal Piano di Gestione del Rischio di Allagamento predisposto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (cfr. Figura 11-22) mostra che le aree soggette ad aumento dell'estensione dei contorni bagnati sono ricomprese nelle aree oggetto di attenzione e che, ove i perimetri non siano sovrapponibili, le discrasie presenti non sono ascrivibili all'ampiezza delle aree bagnate ma al tracciato del talweg delle lumarelle. Per tali motivi, nei successivi passi progettuali, si dovrà dettagliare la conoscenza dei luoghi d'intervento predisponendo una campagna conoscitiva dei luoghi svolta in campo e presso le banche dati Regionali.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

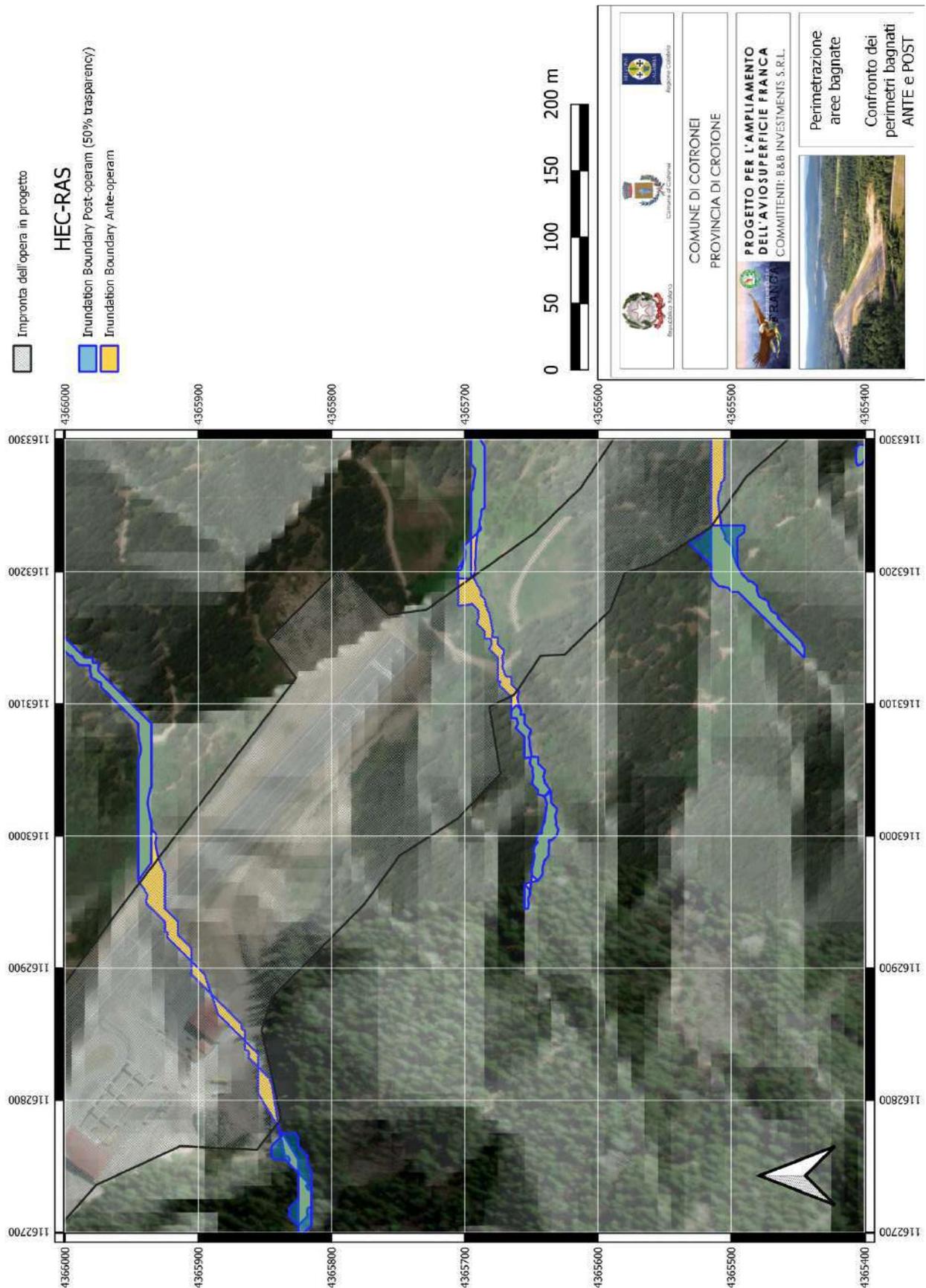


Figura 11-17 Dettaglio delle perimetrazioni delle aree bagnate a monte del rilevato calcolate con il modello HEC-RAS nella situazione POST-OPERAM e ANTE_OPERAM.

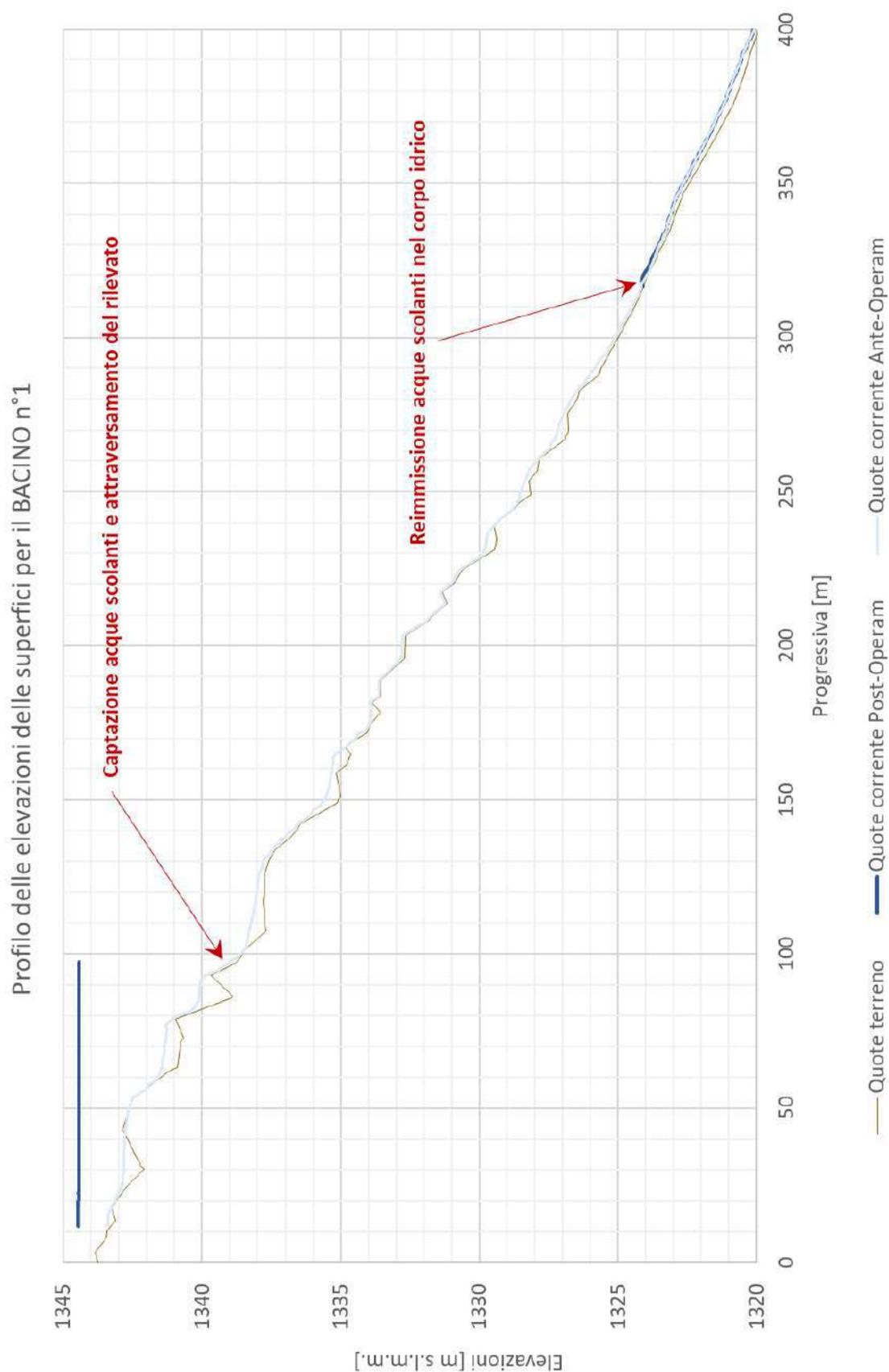


Figura 11-18 Profili della superficie libera della corrente calcolati con il modello HEC-RAS nella situazione POST-OPERAM e ANTE_OPERAM per il bacino n°1.

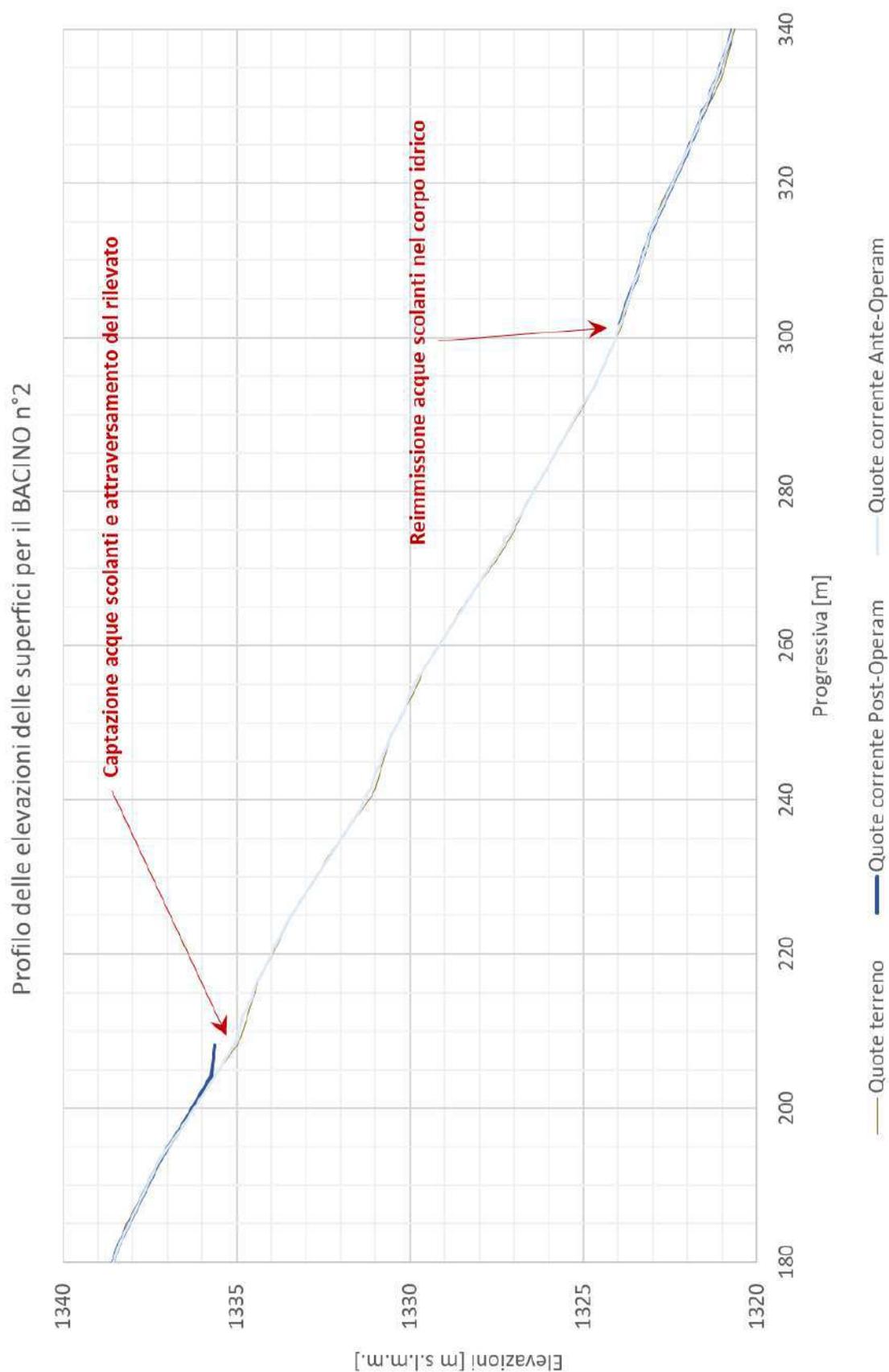


Figura 11-19 Profili della superficie libera della corrente calcolati con il modello HEC-RAS nella situazione POST-OPERAM e ANTE_OPERAM per il bacino n°2.

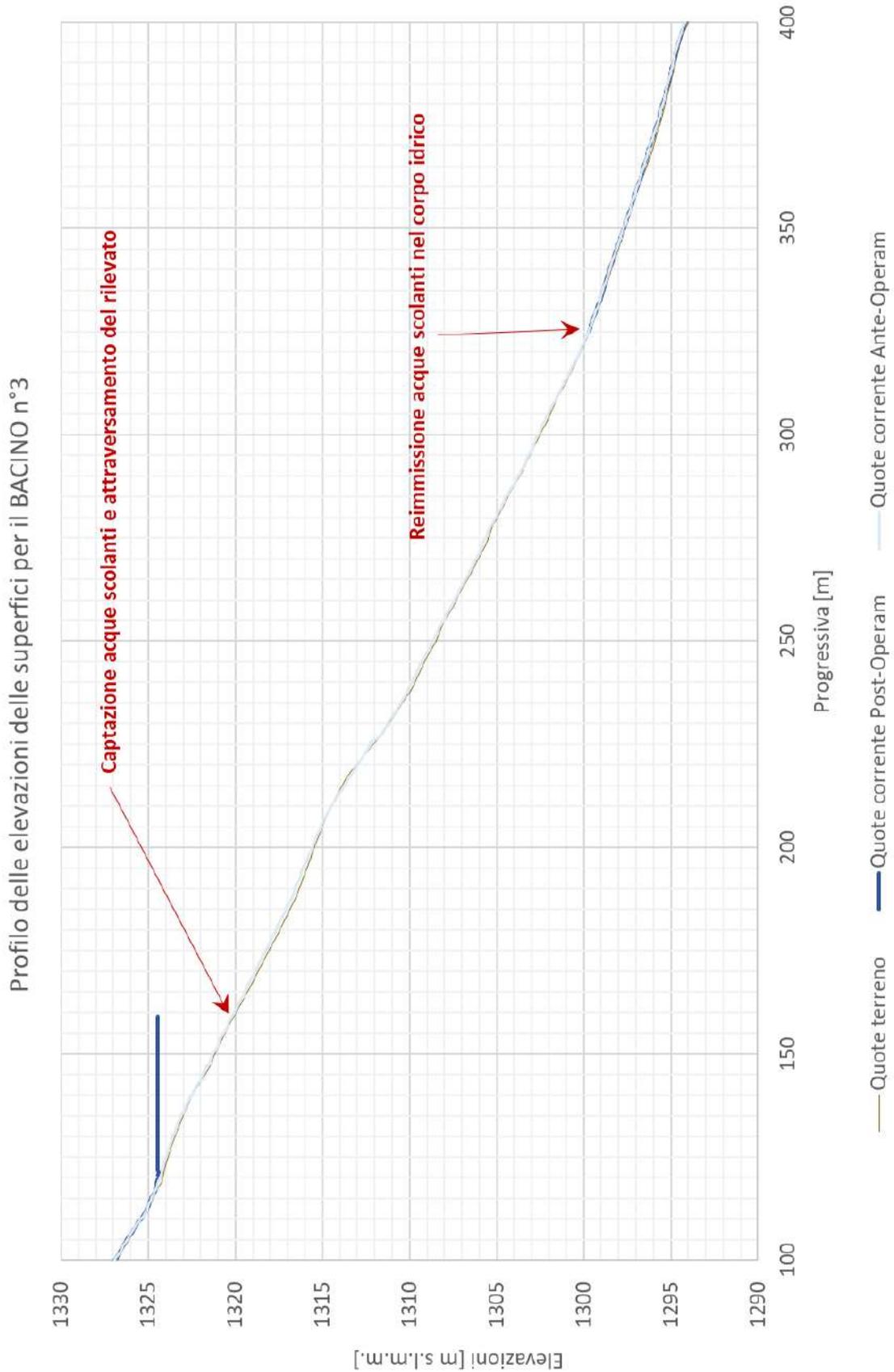


Figura 11-20 Profili della superficie libera della corrente calcolati con il modello HEC-RAS nella situazione POST-OPERAM e ANTE_OPERAM per il bacino n°3.

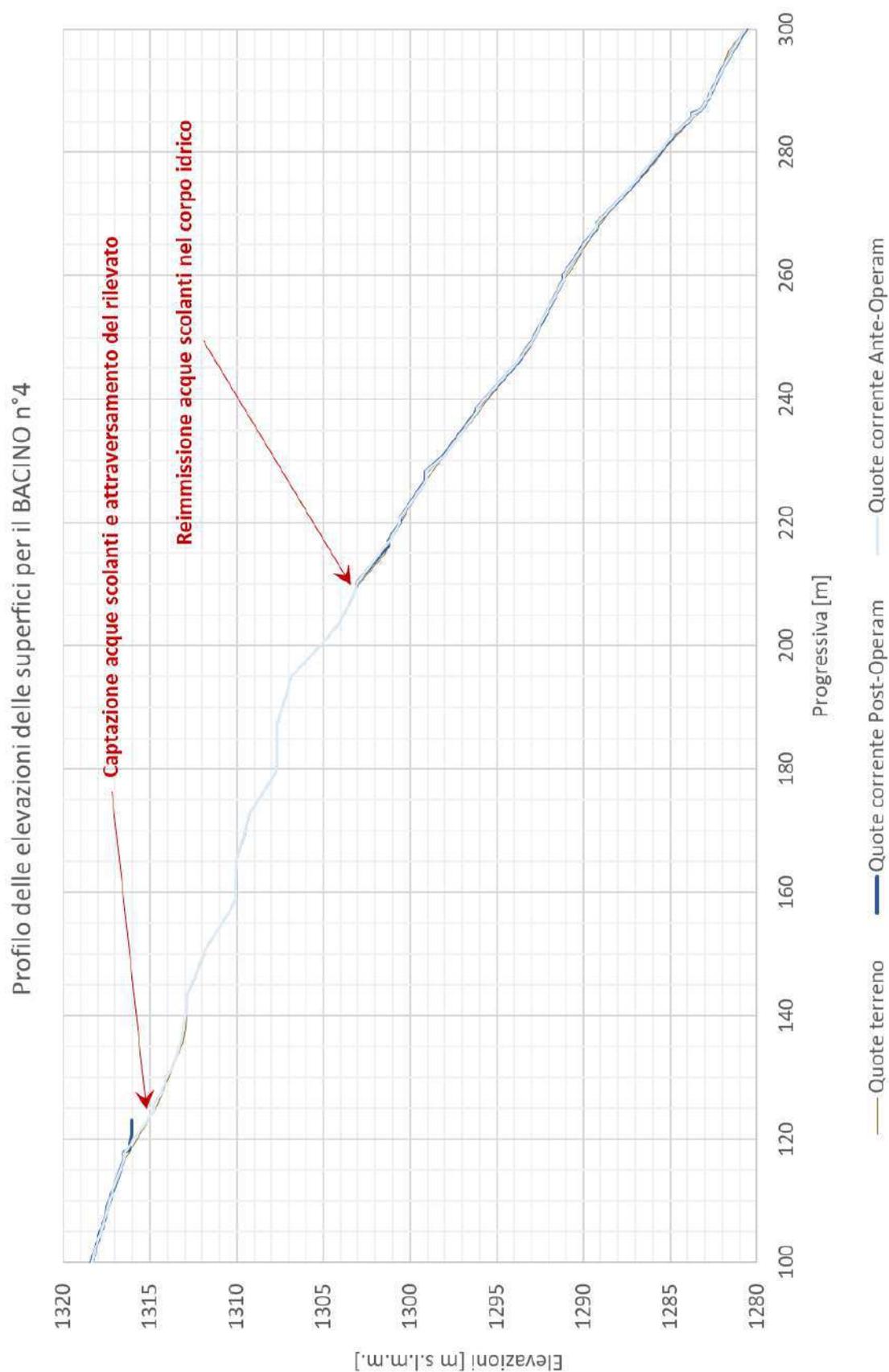


Figura 11-21 Profili della superficie libera della corrente calcolati con il modello HEC-RAS nella situazione POST-OPERAM e ANTE_OPERAM per il bacino n°4.

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

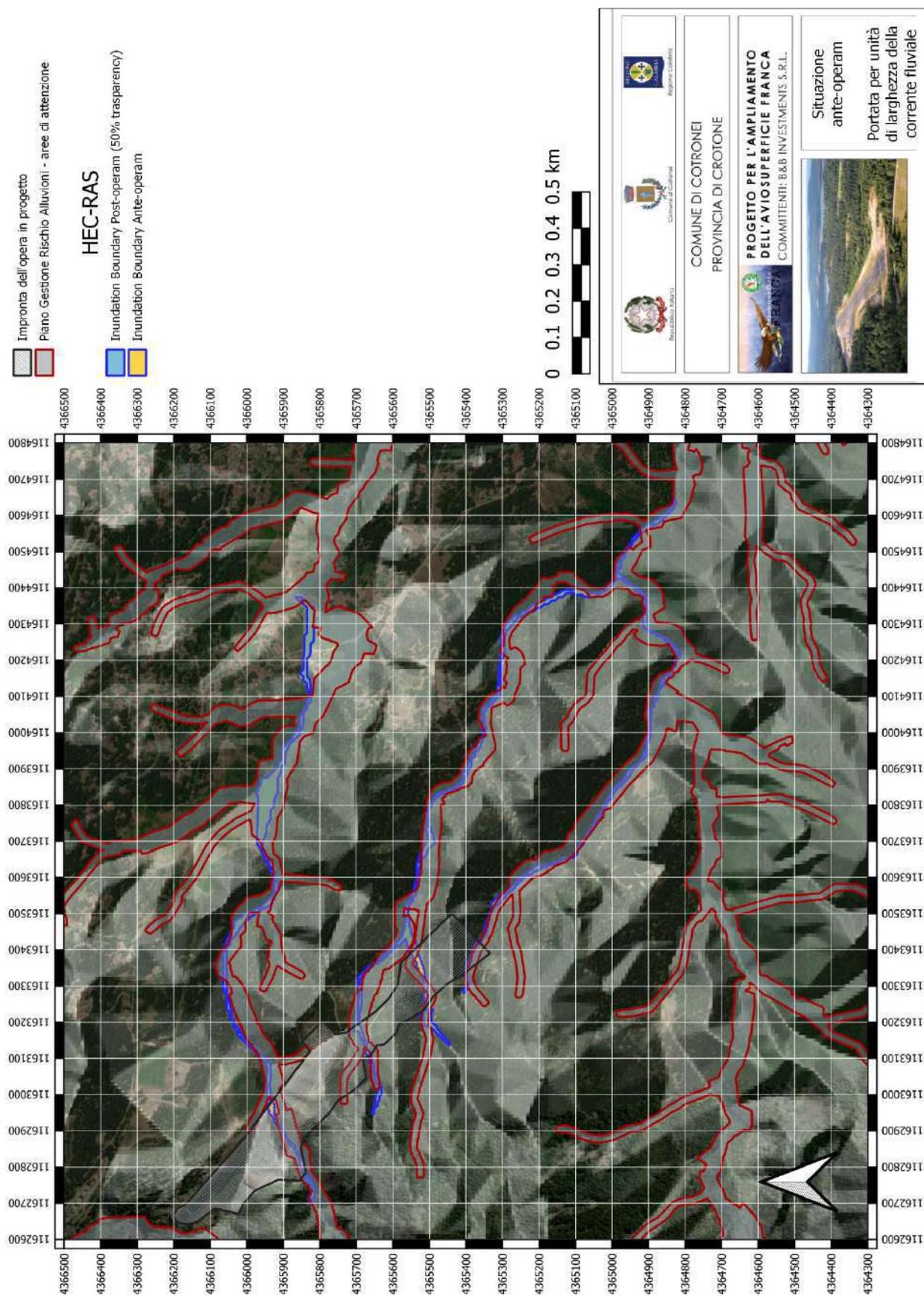


Figura 11-22 Confronto aree bagnate calcolate con il modello HEC-RAS nella situazione POST-OPERAM e ANTE_OPERAM per i bacini oggetto di studio e le aree di attenzione previste dal PRGA della ABDAM.

12. Descrizione del sistema di convogliamento delle acque meteoriche e del sistema di trattamento delle acque di prima pioggia

Nella normativa ambientale di riferimento regionale, la legge del 26/05/1997, n°9, parzialmente abrogata dalla L.R. del 18/05/2017, n°18 ad eccezione degli articoli da 6 a 29 e da 57 a 60, con decorrenza dal 19.05.2017, l'unico riferimento alle acque di prima pioggia si ritrova all'art. 21 – comma 3, che cita (verbatim): “le fognature convoglianti acque bianche devono essere dotate di dispositivi idonei ad evitare fenomeni di inquinamento dei corpi idrici da parte delle acque di prima pioggia”. Nessuna definizione delle “acque di prima pioggia” viene operativamente riportata. Pertanto, in quanto segue si farà riferimento alla definizione riportata dal Piano di Gestione delle acque – allegato n°15 “programmi di misure da piani di tutela e piani d’ambito” volume 1, in cui si legge (verbatim):

“Le acque di prima pioggia sono costituite dalle acque di scorrimento superficiale defluite nei primi istanti di un evento di precipitazione e di norma caratterizzate da elevate concentrazioni di sostanze inquinanti, spesso superiori a quelle registrate negli stessi reflui in condizioni ordinarie. A seguito degli eventi di precipitazione, infatti, le acque meteoriche operano il dilavamento delle superfici causando il trasporto in fognatura di sostanze inquinanti tra le quali, principalmente, solidi sedimentabili (organici o inorganici), elementi nutritivi, batteri, oli, grassi e metalli pesanti. L'inquinamento provocato dalle acque di scorrimento superficiale delle aree urbanizzate è ormai riconosciuto come una delle maggiori cause nell'alterazione della qualità dei corpi idrici ricettori. La corretta gestione di tali acque richiede anzitutto la determinazione dei volumi di acqua meteorica effettivamente interessati dal fenomeno. La difficoltà principale risiede nel fatto che la qualità delle acque di prima pioggia, per la natura dei processi che regolano il dilavamento degli inquinanti dalle superfici urbane, risulta fortemente dipendente dalla specificità del sito in esame e in particolare dalle caratteristiche idrologiche, climatiche e morfologiche dell'area drenata. Inoltre, il picco di inquinamento dipende dall'intensità dell'evento meteorico: nel caso, ad esempio, di pioggia di bassa intensità il dilavamento degli inquinanti potrebbe risultare praticamente nullo. L'individuazione delle portate che necessitano di captazione e trattamento è quindi vincolata a un'accurata caratterizzazione delle acque di prima pioggia in termini quali-quantitativi.

Sulla scorta dell'esperienza della Regione Lombardia, per la quantificazione delle acque di prima pioggia si identificano le stesse nei primi 5 mm di acqua uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante servita dalla fognatura. Per il calcolo delle portate si assume che tale valore si verifichi in un periodo di tempo di 15 minuti per eventi meteorici distanziati tra loro di almeno 48 ore. I coefficienti di afflusso alla rete sono considerati pari a: 1 per superfici lastricate od impermeabilizzate e 0,3 per superfici permeabili di qualsiasi tipo. Restano escluse da tale computo le superfici coltivate.

Considerando i suddetti parametri e tenendo conto della prassi progettuale consolidata, il volume di acque di prima pioggia da contenere e/o sottoporre a trattamento risulta compreso tra 25 e 50 m³ per ettaro. Sulla base della definizione data dalla Regione Lombardia e di considerazioni derivanti da approfondimenti storici e tecnici sulle situazioni locali collegate agli eventi meteorici, si propone la seguente definizione delle acque di prima pioggia: le acque di prima pioggia sono identificate come i primi 40 m³ di acqua per ettaro sulla superficie scolante servita dalla fognatura, per eventi meteorici distanziati tra loro di almeno 7 giorni. Tale definizione è giustificata dall'aver considerato un coefficiente di afflusso medio tra quelli normalmente utilizzati per superfici impermeabilizzate e non.”

Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS

Punti 10 (Acque superficiali e sotterranee) e 11 (Acque meteoriche) del documento prot. n° R.U.-U.0005201

Nella Tabella 12-1 Parametri di dimensionamento dell'impianto di trattamento delle acque di prima pioggia, ipotizzato come composto da 5 sotto settori indipendenti, secondo le indicazioni rinvenute nel Piano di Gestione delle Acque dell'ABDAM e in accordo con i dati di pioggia analizzati, si riportano le valutazioni per il calcolo del volume e della portata delle acque di prima pioggia, per ciascun settore in cui si ipotizza di dividere le aree dell'avio superficie, considerando cinque sottoreti di drenaggio e trattamento delle acque meteoriche di piattaforma, secondo la proposta dell'ABDAM secondo le indicazioni della Regione Lombardia e in accordo con i dati di pioggia breve ed intensa analizzati nel §5.7. I dati normativi sono stati utilizzati per definire il volume delle acque da sottoporre a trattamento mentre quelli osservati sono stati utilizzati per il dimensionamento preliminare delle condotte fognarie e orientare la scelta tra il trattamento statico e quello in continuo.

In particolare, il volume da sottoporre a trattamento risulta maggiore quando si faccia riferimento alle indicazioni contenute nel Piano di Gestione delle Acque dell'ABDAM, essendo pari a 567 m³ contro i 423 m³ previsti dalla normativa lombarda. A tale volume corrisponde un'altezza di precipitazione equivalente pari a 7 mm su tutta l'area equivalente, ossia ragguagliata al coefficiente di deflusso 0,3 per le parti non impermeabili, oppure pari a 4 mm su tutta l'area oggetto di lavori, ossia considerata tutta impermeabilizzata.

Pertanto, **in un dimensionamento statico dell'impianto di trattamento**, si dovrebbero porre in opera 5 serbatoi di 113 m³ ciascuno, uno per ogni sottorete di trattamento. Tale soluzione è realizzabile utilizzando 4 moduli prefabbricati da cm 246x630 h250 per ciascuna sottorete.

	R.L.	ABDAM	Dati - 5 min	Dati - 15 min
H _{app} [mm]	5	7	8	17
D [s]	900	-	300	900
A _{tot} [m ²]	141'666	141'666	141'666	141'666
A _{0,3} [m ²]	81'539	-	81'539	81'539
A ₁ [pista] [m ²]	51'773	-	51'773	51'773
A ₁ [torre] [m ²]	1'295	-	1'295	1'295
A ₁ [hangar] [m ²]	1'873	-	1'873	1'873
A ₁ [kart] [m ²]	1'423	-	1'423	1'423
A ₁ [off.] [m ²]	3'763	-	3'763	3'763
A ₁ [tot] [m ²]	60'126	-	60'126	60'126
A _{eq} [m ²]	84'588	-	84'588	84'588
V [m ³]	423	567	694	1'396
Q [l/s]	470	-	2'312	1'551
V _{sect} [m ³]	-	113	-	-
Q _{sect} [l/s]	-	-	462	-
V _{x sep} [m ³]	-	-	-	125
V _{x sed} [m ³]	-	-	-	25

Tabella 12-1 Parametri di dimensionamento dell'impianto di trattamento delle acque di prima pioggia, ipotizzato come composto da 5 sotto settori indipendenti, secondo le indicazioni rinvenute nel Piano di Gestione delle Acque dell'ABDAM e in accordo con i dati di pioggia analizzati.

Invece, **in un dimensionamento in continuo dell'impianto di trattamento**, considerando un contenuto di olii miscelati con l'acqua minore di $0,85 \text{ g/cm}^3$ ed un contenuto medio di sabbie leggere e polveri, il tempo di residenza da garantire dovrebbe essere pari a circa 15 minuti (16,6) e si dovrebbero porre in opera 5 serbatoi di 25 m^3 ciascuno per la sedimentazione, uno per ogni sottorete di trattamento, e 5 serbatoi di $75\text{-}125 \text{ m}^3$ ciascuno per la separazione degli oli, a seconda dell'effettivo contenuto di oli nelle acque di prima pioggia. Tale soluzione è realizzabile utilizzando 2 moduli prefabbricati da cm $220 \times 300 \text{ h}210$ per la sedimentazione e da 6 a 10 moduli prefabbricati, sempre da cm $220 \times 300 \text{ h}210$, per la separazione. Le vasche di separazione dovranno essere equipaggiate con appositi vani di raccolta e stoccaggio oli minerali, facilmente estraibili dalle vasche, e con un filtro a coalescenza prima dell'uscita dal sistema, equipaggiato di sistema di immissione aria e/o acqua in contro flusso per la pulizia del filtro stesso. Il sistema di trattamento dovrà poi prevedere uno scolmatore per permettere il deflusso della portata in eccesso, stimabile dai dati osservati in circa 350 l/s .

I pre-dimensionamenti qui annotati dovranno essere verificati nella fase esecutiva anche in funzione dei costi del sistema di rilancio e pulizia delle vasche dello schema statico e all'effettivo contenuto di oli presenti sulla superficie di piattaforma, facilmente determinabili mediante campionamento delle acque di prima pioggia scolante dall'attuale struttura. Tutto per ottenere un optimum economico-funzionale che parta dalle determinazioni qui riportate.

L'impianto di trattamento è il terminale finale della rete di captazione e collettamento delle acque superficiali di piattaforma che è costituito dalla rete di cunette a cielo aperto, dimensionati per il passaggio di una portata massima pari a 500 l/s . Per cunette triangolari con sponda esterna verticale e nell'ipotesi che il raggio idraulico sia assimilabile all'altezza idrica h si può esplicitata la seguente equazione per determinare il battente idrico:

$$h = \left(\frac{j}{0.375 K_s \sqrt{i}} Q \right)^{3/8}$$

Equazione 23

in cui j è la pendenza trasversale della cunetta, i è la pendenza longitudinale della cunetta e K_s è il coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler. Nota quindi la portata Q , si calcola il battente h , e la relativa larghezza di pelo libero W risulta essere:

$$W = \frac{h}{j}$$

Il calcolo è stato effettuato considerando un valore di K_s pari a $70 \sqrt[3]{m}/s$, una pendenza trasversale pari a 12.7% e la pendenza longitudinale pari a 1.7%, risultando una profondità ed una larghezza della vena fluida rispettivamente pari a $0,225 \text{ m}$ e $1,765 \text{ m}$.

Tali indicazioni, che non alterano il computo delle superfici scolanti o la loro natura permeabile (si è fatto qui ricorso alla formulazione suggerita dall'ABDAM che non differenzia la superficie scolante in funzione del grado di permeabilità) dovranno essere confermate in sede di esecutivo, mediante confronto con cunette di diversa conformazione, per la definizione del mino ingombro e del minor costo possibile.