

PIANO STRALCIO PER LA TUTELA DEL SUOLO E DELLE RISORSE IDRICHE

Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania



GRUPPO DI PROGETTO

RESPONSABILE SCIENTIFICO

prof. ing. Marco Mancini (conv. n. 4/2008)
(Ordinario Costruzioni Idrauliche Politecnico di Milano)

COORDINATORE

arch. Paolo Tolentino

SEGRETERIA TECNICO OPERATIVA

aspetti tecnici: geol. Stefania Coraggio, ing. Luigi Iodice, ing. Pasquale Laezza, geol. Antonella Riccio
aspetti amministrativi e gestionali: dott. Francesco Moretta, arch. Pietro Paolo Picone
aspetti informatici: geol. Assunta Maria Santangelo, geom. Vincenzo Foglia, geom. Giovanni Viggiano

COLLABORATORI

agr. Amedeo D'Antonio (G.R.C. Settore Sperimentazione Informazione Ricerca e Consulenza in Agricoltura)
arch. Gennaro De Martino (G.R.C. Settore Urbanistica)
avv. Angelo Marzocchella (G.R.C. Settore Avvocatura)
agr. Matilde Mazzaccara (G.R.C. Settore Foreste Caccia e Pesca)
dott. Salvatore Viglietti (A.R.P.A. Campania)

IL SEGRETARIO GENERALE
dott. Giuseppe Catenacci

INDICE

1	PREMESSE	4
1.1	ELENCO ELABORATI.....	5
2	IPOTESI E CRITERI	6
3	NORMANTIVA DI RIFERIMENTO	7
4	DOCUMENTAZIONE CONSULTATA	7
5	ANALISI IDROLOGICA: STIMA DELLE PORTATE E DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA. (TAV. 02.00 & 03.00)	7
5.1	LAGNO DI QUINDICI:PORTATE AL COLMO	8
5.2	LAGNO DI AVELLA : PORTATE AL COLMO.....	9
5.3	LAGNO DI GAUDO: PORTATE AL COMO	10
5.4	LAGNO DI SOMMA: PORTATE AL COLMO	11
5.5	LAGNO DELLO SPIRITO SANTO: PORTATE AL COLMO	12
5.6	LAGNO VECCHIO O DEL CARMIGNANO: PORTATE AL COLMO	13
5.7	CANALE REGI LAGNI: PORTATE AL COLMO	14
5.8	STIMA DEGLI IDROGRAMMI DI RIFERIMENTO A PORTATA ASSEGNATA.....	16
6	RISCHIO DI ESONDAZIONE NEL CANALE REGI LAGNI	20
6.1	CAPACITÀ DI SMALTIMENTO DEL CANALE REGI LAGNI NELLO STATO ATTUALE (TAV. 02.00)	25
6.1.1	Condizioni al contorno.....	25
6.2	CAPACITÀ DI SMALTIMENTO NELLO STATO DI PROGETTO CORIN	34
6.2.1	Condizioni al contorno.....	34
6.3	PERICOLOSITÀ DI ESONDAZIONE DEL CANALE REGI LAGNI (TAV. 02.00).....	44
6.4	PORTATE AMMISSIBILI NEI REGI LAGNI NELLO STATO DI PROGETTO.....	47
7	STIMA DEL TRASPORTO SOLIDO MEDIO ANNUO ED INTERVENTI DI CONTROLLO DEL SOVRALLUVIONAMENTO NEI LAGNI PRINCIPALI (TAV. 06.01 - TAV. 06.02)	50
7.1	BACINO DEL CARMIGNANO	52
7.2	BACINO DELL'AVELLA	53
7.3	BACINO DEL GAUDO O BOSCOFANGONE	54
7.4	BACINO DEL QUINDICI	55
8	INTERVENTI SUI BACINI MONTANI AFFERENTI AI REGI LAGNI (TAV. 05.01 - TAV. 05.02 - TAV. 05.03)	57
8.1	LAGNO DI QUINDICI	57
8.1.1	Analisi idrologica idraulica	57
8.1.2	Vasca di monte QU01.....	59
8.1.3	Vasca di valle QU02.....	60
8.1.4	Riinalveamento del tratto terminale del Lagno di Quindici	62
8.1.5	Risagomatura alveo.....	63
8.1.5.1	Tratti del Lagno di Quindici	63
8.1.5.2	Lagno di Casamarciano	64
8.1.5.3	Lagno di Santa Teresa	64
8.2	LAGNO DI GAUDO	64
8.2.1	Vasca di laminazione GA01	64
8.2.2	Eliminazione del collegamento Lagno di Gaudio Lagno di Avella	67
8.2.3	Risagomatura alveo (Vedi anche Tav. 05.02 e Tav. 04.02).....	67
8.2.4	Pulizia del corso d'acqua.....	67
8.3	LAGNO DI AVELLA (O DI BOSCOFANGONE)	67
8.3.1	Vasca di laminazione AV01.....	67
8.3.2	Risagomatura alveo Lagno di Gaudio (Tav. 05.02 e Tav. 04.02).....	70
8.3.3	Risagomatura alveo Lagno di Sasso	70
8.3.4	Ripristino del canale scolmatore a nord dell'area industriale.....	71
8.3.5	Pulizia del corso d'acqua.....	71
8.4	LAGNO SOMMA.....	71
8.4.1	Vasca di Laminazione SO01.....	71
8.4.2	Interventi di messa in sicurezza del centro abitato di Marigliano	74
8.4.3	Pulizia del corso d'acqua.....	75

8.5	LAGNO DELLO SPIRITO SANTO.....	75
8.5.1	<i>Vasca di laminazione SS01</i>	75
8.5.2	<i>Interventi di messa in sicurezza del centro abitato di Pomigliano d'Arco</i>	78
8.5.3	<i>Pulizia del corso d'acqua</i>	79
8.6	LAGNO VECCHIO	79
8.6.1	<i>Analisi idrologica idraulica</i>	79
8.6.2	<i>Vasca di laminazione</i>	80
8.6.3	<i>Risagomatura alveo</i>	82
8.6.4	<i>Canale scolmatore del Lagno Vecchio</i>	83
8.6.5	<i>Pulizia del corso d'acqua</i>	83
8.7	CALCOLO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE.....	83
9	INTERVENTI DI CONTROLLO DELLE COLATE DI DETRITO NELLE VALLI DEI BACINI DI GAUDO, AVELLA QUINDICI (TAV. 06.01 - TAV. 06.02).....	84
9.1	CARATTERISTICHE E MECCANISMI.....	84
9.2	IL CALCOLO DEI VOLUMI MOBILITABILI	85
9.3	INTERVENTI DI MITIGAZIONE.....	92
9.3.1	<i>Interventi sui bacini afferenti al Lagno Avella</i>	92
9.3.2	<i>Interventi sui bacini afferenti al Lagno Gaudo</i>	92
9.3.3	<i>Interventi sui bacini afferenti al Lagno di Quindici e Intervento del Commissariato</i>	92
10	INTERVENTI DI CONTROLLO DELLE COLATE DI DETRITO SUI BACINI VESUVIANI (TAV. 07.00)	92
10.1	CARATTERISTICHE, MECCANISMI.....	92
10.2	IL CALCOLO DEI VOLUMI MOBILITATI.....	94
10.2.1	<i>Modello di Takahashi</i>	94
10.2.2	<i>Modello del Commissariato di Governo e del PAI</i>	97
10.3	INTERVENTI DI MITIGAZIONE.....	99
10.3.1	<i>Piazze di deposito</i>	99
10.3.2	<i>Interventi diffusi</i>	100
11	INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI ESONDAZIONE NELL'AREA VESUVIANA (TAV. 07.00)	100
11.1	CANALI DI GRONDA	101
12	INTERVENTI SUL RETICOLO DI BONIFICA E FOGNARIO AFFERENTI AI REGI LAGNI (TAV. 04.03)	102
12.1	DEFINIZIONE DEL TEMPO DI RITORNO SMALTIBILE DEL RETICOLO	102
12.2	PRINCIPALI CANALI FUGATORI	103
12.2.1	<i>Fugatori del collettore di Marigliano</i>	103
12.2.2	<i>Fugatore di Acerra</i>	104
12.2.3	<i>Fugatore di Caivano</i>	105
12.2.4	<i>Fugatore Badagnano Nuovo</i>	106
12.2.5	<i>Fugatore Badagnano</i>	107
12.2.6	<i>Fugatore Fellaco</i>	107
12.2.7	<i>Fugatore Caserta</i>	108
12.2.8	<i>Fugatore Marcianise</i>	108
12.2.9	<i>Fugatore Impianto Marcianise</i>	109
12.2.10	<i>Fugatore Maltempo</i>	109
12.2.11	<i>Fugatore Secondigliano all'impianto di Napoli Nord</i>	109
12.2.12	<i>Fugatore Succivo</i>	110
12.2.13	<i>Fugatore Cuparella</i>	112
12.2.14	<i>Fugatore Teverole</i>	112
12.2.15	<i>Fugatore Casaluce</i>	113
12.2.16	<i>Fugatore Parete</i>	113
12.2.17	<i>Fugatore Marcellino</i>	114
12.2.18	<i>Fugatore Casale</i>	115
12.2.19	<i>Fugatore Bonito</i>	116
12.2.20	<i>Fugatore Villa Literno</i>	117
12.2.21	<i>Canale di scarico dell'impianto di depurazione dei Regi lagni</i>	119
12.3	VERIFICA DELLA CAPACITÀ DI SMALTIMENTO NELLO STATO ATTUALE	119
12.3.1	<i>Modello idraulico</i>	119
12.3.2	<i>Capacità di smaltimento nello stato di fatto</i>	120

12.4	INTERVENTI DI PROGETTO	123
12.4.1	<i>Aspetti qualitativi</i>	123
12.4.2	<i>Aspetti quantitativi</i>	124
12.5	LAMINAZIONE SUI CANALI FUGATORI CASERTA E FELLACO	125
12.6	LAMINAZIONE ALL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI NAPOLI OVEST	125
12.7	LAMINAZIONE SUL CANALE FUGATORE DI SUCCIVO	126
12.8	LAMINAZIONE SUL CANALE FUGATORE DI MARCIANISE E ALL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE	126
12.9	INTERVENTI DI SCONNESSIONE IDRAULICA.....	127
12.10	INTERVENTI DI LAMINAZIONE IN AREE COMUNALI	127
13	INTERVENTI SUL CANALE REGI LAGNI (TAV. 04.01).....	128
13.1	RIPRISTINO SEZIONI DI PROGETTO CORIN (PROGETTO CONSORZIO BIV).....	128
13.2	MANUTENZIONE DEGLI ARGINI	129
13.3	RIPRISTINO CAPACITÀ DRENANTE DEL CANALE	131
13.4	RIPRISTINO DEL CANALE AL PIEDE D'ARGINE DESTRO DEI REGI LAGNI.....	133
14	INTERVENTI NON STRUTTURALI: SISTEMI DI ALLERTA IN TEMPO REALE	134
14.1	SOGLIE PLUVIOMETRICHE DI ALLERTA IDROMETRICA	134
14.1.1	<i>Applicazioni ed affidabilità del SISTEMA MIMI</i>	135
14.1.2	<i>Implementazione e collegamento alle aree di Allertamento</i>	136
14.2	SOGLIE PLUVIOMETRICHE DI ALLERTA DI FRANA: IL MODELLO FLAIR.....	136
15	ANALISI DEI COSTI DEGLI INTERVENTI PROPOSTI.....	137
15.1	CONFRONTO TRA INTERVENTI DI LAMINAZIONE SUI LAGNI E ADEGUAMENTO DELLA SEZIONE DEI REGI LAGNI	146
16	DEFINIZIONE DELLE PRIORITÀ DI INTERVENTO	147
16.1	ELENCO INTERVENTI.....	147
16.2	CRITERI DI DEFINIZIONE DELLE PRIORITÀ'	148
16.3	PRIORITÀ' DEGLI INTERVENTI E LORO CRONOLOGIA SUGGERITA	148
16.4	COSTI DEGLI INTERVENTI	151
17	ALLEGATO I: ANALISI IDROLOGICA PAI SUI LAGNI DI MONTE.....	151
18	ALLEGATO II: ANALISI IDROLOGICA ENEA SUL CANALE REGI LAGNI.....	158
19	ALLEGATO III: FOTOGRAFICO.....	171
19.1	LAGNO DI QUINDICI	171
19.2	LAGNO DI GAUDO	180
19.3	LAGNO DI AVELLA (O DI BOSCOFANGONE)	184
19.4	LAGNO SOMMA.....	187
19.5	LAGNO DELLO SPIRITO SANTO.....	191
19.6	LAGNO VECCHIO	196

1 PREMESSE

La presente relazione descrive il Progetto Pilota dei Regi Lagni nell'ambito del Piano Stralcio per la Tutela del Suolo e delle Risorse Idriche dell'Autorità di Bacino. Tale progetto definisce la fattibilità e la priorità degli interventi di sistemazione idraulica ed una loro stima economica necessari a risolvere le diverse criticità idrauliche ed ambientali presenti nel bacino idrografico dei Regi Lagni, che causano problemi di esondazione, di sovralluvionamento degli alvei, di rigurgito della rete di drenaggio minore e non ultimi problemi di impaludamento per cessazione della capacità di drenaggio del canale Regi Lagni.

La presente relazione non affronta gli aspetti di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane ed industriali che oggi sono scaricate legalmente e non nel canale Regi Lagni.

Gli interventi previsti rispondono agli obiettivi di risolvere le diverse e complesse criticità nell'ambito di una visione alla scala dell'intero bacino idrografico (1100 km²) afferente al canale Regi Lagni ponendo attenzione al funzionamento del complesso reticolo idrografico sia in regime di piena che al più frequente regime di portate ordinarie che tanto influenza il mantenimento dell'efficienza delle opere. Essi si basano su ipotesi e criteri di seguito riportati e risolvono tre principali problematiche:

- a) la mitigazione del rischio idraulico per tempi di ritorno centennali del canale Regi Lagni e dei principali lagni ad esso afferenti;
- b) la regimazione per tempi di ritorno decennali¹ di quella parte del reticolo di bonifica, che soprattutto nella parte di pianura, è oggi parte integrante del sistema di scolmatura delle acque bianche di importanti centri urbani;
- c) il ripristino della capacità drenante del tratto terminale del canale Regi Lagni.

La definizione degli interventi di mitigazione e di salvaguardia del rischio idraulico si configurano come una diretta prosecuzione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) secondo il D.lgs. 267/98 e della recente direttiva europea 60/2007. In tale ottica vengono assunte le risultanze delle analisi idrologiche ed idrauliche del PAI nella sua ultima revisione e delle relative aree pericolose nonché dello studio ENEA⁽²⁾ ad esso coevo sulla sola asta dei Regi Lagni.

La vastità del bacino idrografico, che misura 1100 km², la sua forte eterogeneità con aree montane e di pianura, l'intensa urbanizzazione di queste ultime, l'interconnessione tra reticolo naturale ed artificiale, l'annessione di parte del reticolo di bonifica a quello fognario determinano processi idraulici e relative problematiche assai differenti. Tra queste si ricordano quelle relative: ai bacini montani con i principali lagni, ai bacini di pianura e del relativo reticolo di bonifica oggi parte integrante del reticolo fognario d'importanti centri urbani, ai bacini vesuviani che seppur di piccola estensione presentano un reticolo di drenaggio interconnesso con strade e insediamenti abitativi. Per tale motivo, seppur nel rispetto di una visione di bacino idrografico unico gli interventi di mitigazione sono riferiti alle distinte unità morfologiche presenti.

Sono infatti affrontati per il canale Regi Lagni ed i tratti di pianura dei lagni ad esso affluente:

- 1) la laminazione delle portate di piena affluenti al canale Regi Lagni attraverso apposite vasche di laminazioni sui lagni principali
- 2) la riduzione dei processi di sovralluvionamento presenti nei tratti di pianura dei lagni attraverso il controllo del trasporto solido di fondo;
- 3) la mitigazione dei processi di esondazione dei tratti dei grandi collettori fognari che confluiscono nel canale Regi Lagni;

¹ Tale valore non altera le finalità e la significatività del presente studio di fattibilità anche alla luce della nuova norma dell'AdB NO di considerare ventennale il tempo di ritorno per la progettazione dei collettori fognari, anche alla luce del fatto che i valori di portata scaricabili nel Canale Regi Lagni siano limitati a quelli decennali.

⁽²⁾ ENEA, SEZIONE PROT-IDR, "Analisi di specifiche situazioni di degrado della qualità delle acque in Campania, in riferimento ai casi che maggiormente incidono negativamente sulle aree costiere", Febbraio 2002.

- 4) il recupero delle funzioni di capacità di drenaggio del canale Regi Lagni inibita dalle precedenti sistemazioni idrauliche;

Nelle aree montane sono affrontati invece:

- 5) la mitigazione del rischio di alluvione per colata di detrito presenti nelle parti montana dei bacini dell'Avella, del Gaudio, di Quindici e non ultimi i bacini del versante settentrionale del Vesuvio;
6) la mitigazione del rischio di alluvione presente sui bacini vesuviani caratterizzati spesso da una forte compromissione degli impluvi da parte dell'urbanizzazione;

Per quanto riguarda poi le misure di mitigazione non strutturali si è indicata la necessità di un sistema di allerta meteo-idrologica per gli eventi meteorologici estremi per l'intera area del bacino al fine di, non solo coprire quella parte di rischio non mitigato dalle opere strutturali, ma anche di fornire quella necessaria copertura nel transitorio tra la situazione odierna e quella della realizzazione delle opere.

Il costo degli interventi proposti, comprensivi degli interventi di laminazione sia sui lagni di monte che sui bacini di pianura ammonta a circa 787'610'235 euro (*vedi tabella seguente*).

IMPORTO TOTALE DEI LAVORI	€ 731'294'332
Somme a disposizione dell'amministrazione	€ 219'388'300
IMPORTO COMPLESSIVO	€ 950'682'632

L'analisi dei costi ha evidenziato che i soli interventi di laminazione sia sui lagni che sul reticolo di bonifica (pari a 222'000'000 euro), necessari data la limitata capacità di smaltimento del canale dei Regi Lagni, sono comparabili con la possibile soluzione alternativa, valutata in via preliminare, di aumentare considerevolmente la larghezza della attuale sezione del canale Regi Lagni comprensiva anche dei costi di rifacimento dei 39 ponti esistenti (pari a 253'715'618 euro). Tale confronto viene riportato nel capitolo 15.2.

La definizione degli interventi e la stima dei costi è stata quindi corredata da una lista di priorità, i cui criteri sono riportati nell'apposito capitolo, che ha permesso di definire la precedenza di alcuni interventi su altri anche in condizioni di rischio paritetico valutando l'energia dell'evento calamitoso e l'estensione delle aree urbanizzate.

1.1 ELENCO ELABORATI

Oltre alla presente relazione fanno parte del presente lavoro le tavole seguenti:

- Tav. 01.01 corografia dei bacini scolanti e reticolo idrografico
- Tav. 01.02 corografia dei sottobacini scolanti
- Tav. 02.00 analisi della capacità di smaltimento e del rischio di piena (Curve di crescita nelle sezioni dei Regi Lagni e nei lagni di monte)
- Tav. 03.00 analisi della capacità di smaltimento e del rischio di piena (Idrogramma di piena lagni di monte e volumi di laminazione dei lagni rispetto alle portate smaltibili dei Regi Lagni)
- Tav. 04.01 tavola d'insieme degli interventi sul canale dei Regi Lagni
- Tav. 04.02 tavola d'insieme degli interventi sul reticolo afferente sui Regi Lagni
- Tav. 04.03 tavola d'insieme degli interventi sul reticolo di bonifica e fognario
- Tav. 05.01 planimetria degli interventi di laminazione e sistemazione idraulica dei lagni di monte (Lagni dello Spirito Santo e di Somma)
- Tav. 05.02 planimetria degli interventi di laminazione e sistemazione idraulica dei lagni di monte (Lagni di Quindici, di Gaudio e di Avella)
- Tav. 05.03 planimetria degli interventi di laminazione e sistemazione idraulica dei lagni di monte (Lagno vecchio)

- Tav. 06.01 planimetria delle opere di controllo del materiale solido (Bacini dei lagni di Avella e Gaudò)
- Tav. 06.02 planimetria delle opere di controllo dal materiale solido (Bacino del Lagno di Quindici)
- Tav. 07.00 planimetria degli interventi sui bacini vesuviani

2 IPOTESI E CRITERI

La sistemazione idraulica si basa su ipotesi e criteri di intervento discusse e condivise con l'Autorità di Bacino.

Le ipotesi:

- a) assumono risolti gli attuali aspetti di qualità delle acque dovuti a problemi di ordinario smaltimento non corretto delle acque di fognatura dei numerosi centri abitati, nonché delle acque provenienti dalle ASI, e dai numerosi scarichi abusivi;
- b) assumono le risultanze e le ipotesi metodologiche del Piano di Assetto Idrogeologico e del Piano di Tutela delle Acque per quello che riguarda gli aspetti idrologici ed idraulici, tra i quali il mantenimento della sezione idraulica dell'asta dei Regi Lagni nelle condizioni di progetto;
- c) assumono per gli alvei "naturali" come idrogrammi di progetto quelli con tempo di ritorno centennale, secondo le Norme tecniche di attuazione del PAI, mentre assumono il tempo di ritorno decennale³ per i principali canali di bonifica presenti lungo la pianura attraversata dal canale Regi Lagni, oggi nella quasi totalità dei casi parte integrante del sistema di fognatura misto di centri urbani importanti, utilizzati come fucatori di piena;
- d) l'intervento di risagomatura delle sezioni dei Lagni, che implicano l'ampliamento della larghezza della sezione è inteso ove le risultanze del PAI individuano sezioni insufficienti nei centri urbani;
- e) l'intervento di pulizia delle sezioni idrauliche implica che viene ripristinata la sagoma della sezione del canale. E' indicato ove le risultanze del PAI individuano insufficienza idraulica fuori dalle aree urbane.

I criteri alla base della definizione degli interventi coniugano quel difficile paradigma di sviluppo del territorio compatibile con la salvaguardia ambientale, aspetto richiamato dalle recenti normative nazionale e comunitaria. In particolare nel presente studio si sono assunti criteri che permettessero di avere:

- f) opere efficienti nel tempo ed a basso impatto anche attraverso il controllo del trasporto solido al fondo;
- g) il rispetto della limitata capacità di smaltimento dell'asta dei Regi Lagni attraverso opere di laminazione sui principali affluenti;
- h) il ripristino o l'aumento della capacità di smaltimento ove possibile e specialmente sulle aste dei bacini montani dove minori sono le possibilità di laminazione, anche attraverso interventi di delocalizzazione o che interagiscono con la viabilità comunale quali l'eliminazione delle tombature, l'eliminazione dell'uso improprio di tratti di alveo usati come strada di accesso quando questi confluiscono alle opere idrauliche;
- i) la protezione dei centri abitati montani dai potenziali fenomeni di colata di detrito;
- j) il ripristino delle capacità di drenaggio dei circa ultimi 30 km del canale Regi Lagni anche al fine di un successivo bacinaggio dello stesso (non valutato in questa fattibilità);
- k) la riduzione dei processi di esondazione dei principali canali di bonifica, oggi emissari dei sistemi fognari di importanti centri abitati, sulla confluenza con il canale Regi Lagni.

³ Cfr nota 1.

3 NORMANTIVA DI RIFERIMENTO

La normativa, comunitaria, nazionale e regionale è ricca di decreti e direttive e fornisce indicazioni sulla scelte tecniche ambientali ed economico amministrativo, sia per la parte fluviale che per quella costiera proponendo la valutazione di più soluzioni e la loro definizione secondo la partecipazione tra portatori di interesse.

Tra queste si ricordano: direttiva CE 2000/60, CE 91/676 (nitrati), CE 92/43 (habitat), CE Piene 2007/7, CE rifiuti (2008), CE suolo (2008), D.lgs., 267/98 su cui è redatto il PAI regionale, D.lgs. 152/06 direttive e regolamenti sulle attività estrattive “Indirizzi guida per la gestione delle terre e rocce da scavo (APAT 2005)” Legge 443 del 2001, “Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini” (APAT-ICRAM, 2006) per quanto attiene agli ambiti demaniali marittimi (foci, lagune e stagni costieri), DGR 28/39 del 26/7/2007, Indirizzi di Piani territoriali (Ptr, PTCP, Parchi, SIC Zps, PTA), Criticità ambientali di suolo (rif 183/89) in base a APAT e Arpac carta natura.

Non verranno tralasciate specifiche norme regionali sugli scarichi su suolo ed acqua.

4 DOCUMENTAZIONE CONSULTATA

La delicatezza del territorio in esame insieme alla attività dell’Autorità di Bacino è testimoniata da numerosi documenti e studi editi da vari enti che verranno considerati. Tra questi si sono fin’ora raccolti:

- Progetto S.A.F.E.
- Enea: studio Regi Lagni
- Enea: studio Laghi Campi Flegrei
- AdB Liri Garigliano Volturno, Piano Tutela Fiume Volturno
- AdB Campania NO, Piano Assetto Idrogeologico
- AdB Campania NO, Piano tutela acque
- AdB Campania NO, Piano difesa coste
- ARPAC, Carta natura
- APAT, Carta natura APAT (carta di vulnerabilità ambientale)
- IGM 1:75000 (anno 1999)
- CTR WGS84 1:5000 (anno 2004)
- Quaderni del Presidio Territoriale – Commissario di Governo per l’Emergenza Idrogeologica in Campania

5 ANALISI IDROLOGICA: STIMA DELLE PORTATE E DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA. (TAV. 02.00 & 03.00)

L’analisi idrologica riprende i risultati di due studi, quello del PAI e quello dell’ENEA, che stimano le portate al colmo per diversi periodi di ritorno in base al metodo indiretto di trasformazione delle piogge in deflussi. In ciascuno di essi il modello probabilistico che descrive la frequenza di accadimento delle piogge brevi ed intense (Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica, LSPP) è quello della distribuzione TCEV adottato nel progetto VAPI Campania. In particolare l’analisi PAI considera i bacini idrografici dei lagni afferenti al canale Regi Lagni mentre lo studio ENEA si concentra essenzialmente sulla stima delle portate di quest’ultimo. La metodologia di stima dell’analisi del PAI e’ riportata in Allegato I., La cartografia con le sezioni di stima delle portate è quella di Tavola 01.02

Il presente lavoro trattando l’intero sistema dei canali del bacino idrografico dei Regi Lagni mette insieme i risultati dei due studi, (sviluppati nello stesso periodo e con la stessa metodologia) per fornire una stima, su tutte le aste del bacino, delle portate al colmo e dei relativi idrogrammi di piena a portata assegnata. Il solo Lago di Camaldoli-Quarto, esaminato dal PAI, non è qui considerato perché esterno al bacino idrografico dei Regi Lagni.

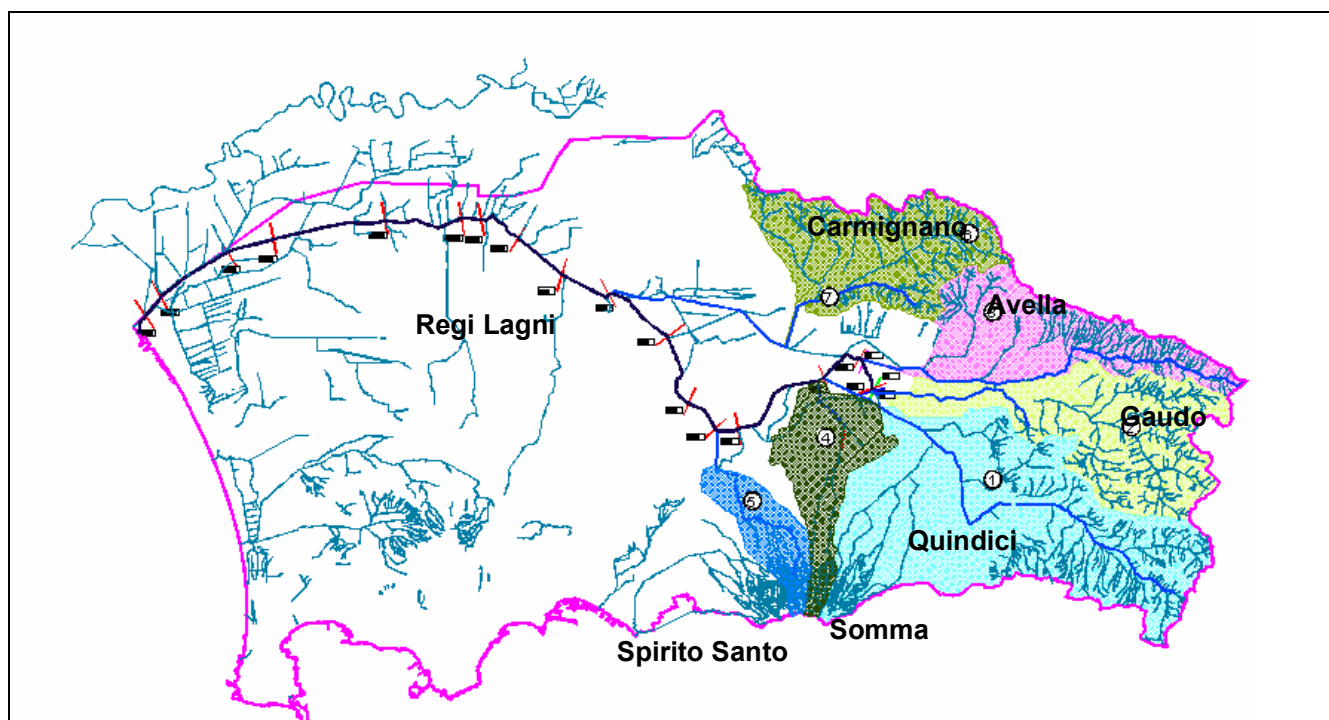


Figura 1. Il bacino idrografico dei Regi Lagni con evidenziati i bacini dei laghi di monte considerati dal PAI e le sezioni lungo il canale principali Regi Lagni considerati dall'ENEA.

Le portate di piena alla confluenza di ciascuno dei laghi principali nel canale dei regi lagni e di seguito riportata mentre sono poi specificate la stima di portate al colmo per ciascun lago.

Tabella I. Portate al colmo dei principali laghi alla confluenza con il canale principale dei Regi Lagni.

Sezione	QT=20	QT=100	QT=300
	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]
Lagno di Quindici	230.4	331.56	407.42
Lagno del Gaudio	104.73	150.71	185.2
Lagno di Avella	77.59	111.42	137.19
Lagno di Carmignano Palata	48.72	70	86.16
Lagno di Carmignano Arena	54.85	78.93	97
Lagno di Somma	50.64	72.86	89.54
Lagno di Spirito Santo	27.94	40.21	49.41

5.1 LAGNO DI QUINDICI:PORTATE AL COLMO

Il Lago di Quindici rappresenta il principale dei canali affluenti nei Regi Lagni; l'asta principale sviluppa una lunghezza di circa 22 km. Il bacino idrografico si estende su una superficie di circa 176 km², con quota massima e media rispettivamente pari a 1.100 e 160 m s.l.m. Dalla sezione di confluenza nei Regi Lagni, proseguendo verso monte, il Lago di Quindici riceve il contributo del Lago di Casamarciano e, poco più a monte, del Lago Macedonia che raccoglie le acque di alcuni torrenti vesuviani (Lago Rosario, Lago S.Teresella, Lago Costantinopoli). Ulteriori affluenti, proseguendo verso monte, sono rappresentati dai Lagni Camaldoli - Visciano, Botteghelle e della Fontanella, dai valloni Troncito, della Cantarella ed in fine dal Lago di Moschiano.

Il reticolo idrografico, nel tratto montano e pedemontano, sino alla confluenza con il Lago Botteghelle, presenta una elevata densità di drenaggio, caratterizzato dalle immissioni di numerosi affluenti e valloni di minore entità.

In Allegato III sono riportate alcune foto di tratti significativi dello stato attuale del reticolo idrografico nel tratto compreso tra il cimitero di Nola e la confluenza con il canale dei Regi Lagni.

Tabella II. Lagno di Quindici. Tabella estratta dal PAI delle caratteristiche dei bacini e dei sottobacini, con le rispettive portate.

BACINO DI QUINDICI														
BACINI con S > 15 Km ²														
Sezione	Sup [km ²]	L asta [km]	P med [m/m]	H med [m]	Ho [m]	Cf	tr R [ore]	μ _Q [m ³ /sec]	T= 20 anni		T= 100 anni		T= 300 anni	
									Q ₂₀ [m ³ /sec]	u ₂₀ [l/sec*ha]	Q ₁₀₀ [m ³ /sec]	u ₁₀₀ [l/sec*ha]	Q ₃₀₀ [m ³ /sec]	u ₃₀₀ [l/sec*ha]
a1	25,36	7,74	0,08	701	223	0,16	2,03	13,38	21,95	8,66	31,58	12,45	38,81	15,31
a3	26,64	8,85	0,08	684	182	0,18	2,13	15,05	24,55	9,22	35,52	13,34	43,4	16,29
a4	31,88	8,85	0,08	664	182	0,18	2,13	18,07	29,64	9,30	42,65	13,38	52,42	16,44
a5	34,32	9,34	0,08	562	167	0,19	2,18	20,84	34,18	9,96	49,19	14,33	60,45	17,61
a6	36,44	9,50	0,08	548	166	0,21	2,19	22,73	37,28	10,23	53,64	14,72	65,92	18,09
a7	36,70	10,31	0,07	540	155	0,22	2,27	23,03	37,75	10,29	54,34	14,81	68,77	18,20
a8	40,58	10,56	0,07	535	149	0,21	2,29	26,23	43,02	10,60	61,90	15,26	76,07	18,75
a11	47,36	12,15	0,06	497	119	0,22	2,43	28,29	46,39	9,80	66,76	14,10	88,52	18,69
a12	50,79	12,15	0,06	482	110	0,23	2,42	34,08	55,89	11,00	80,43	15,83	100,74	19,83
a13	53,53	15,20	0,05	450	71	0,23	2,65	34,58	56,70	10,59	81,60	15,24	100,26	18,73
a14	59,48	15,20	0,05	424	70	0,25	2,65	40,25	66,00	11,10	94,99	15,97	116,72	19,62
a15	60,91	16,48	0,06	416	60	0,25	2,67	41,17	67,52	11,09	97,17	15,95	119,4	19,60
a19	85,49	20,43	0,04	359	38	0,25	3,01	54,29	89,05	10,42	128,13	14,99	157,45	18,42
a20	90,03	23,40	0,04	346	35	0,26	3,19	56,84	93,23	10,36	134,15	14,90	164,85	18,31
a21	152,63	23,40	0,04	259	35	0,32	3,19	101,50	166,44	10,90	239,53	15,69	294,33	19,28
a22	162,57	25,12	0,03	253	34	0,33	3,29	128,03	209,98	12,92	302,16	18,59	371,3	22,84
a23	173,41	25,12	0,03	245	34	0,33	3,29	137,56	225,60	13,01	324,63	18,72	398,92	23,00
a24	177,85	27,20	0,03	241	28	0,34	3,41	140,49	230,40	12,95	331,66	18,64	407,42	22,91

BACINI con S < 15 Km ²														
Sezione	Sup [km ²]	L asta [km]	P med [m/m]	H med [m]	Ho [m]	Cf	tc α [ore]	μ _Q [m ³ /sec]	T= 20 anni		T= 100 anni		T= 300 anni	
									Q ₂₀ [m ³ /sec]	u ₂₀ [l/sec*ha]	Q ₁₀₀ [m ³ /sec]	u ₁₀₀ [l/sec*ha]	Q ₃₀₀ [m ³ /sec]	u ₃₀₀ [l/sec*ha]
c1	10,55	6,04	0,22	783	278	0,14	1,23	10,14	16,82	15,75	23,92	22,67	29,39	27,85
c2	11,56	8,41	0,08	748	231	0,18	1,44	12,22	20,05	17,35	28,85	24,96	35,45	30,67
b1	9,54	3,52	0,10	724	294	0,13	1,06	9,17	15,04	15,77	21,64	22,70	26,59	27,89
b2	13,74	5,38	0,08	662	229	0,16	1,38	13,84	22,7	16,52	32,66	23,76	40,14	29,20
e1	1,37	1,57	0,28	472	200	0,57	0,53	8,94	14,65	106,77	21,09	153,70	25,91	188,83
e2	2,11	2,79	0,17	393	166	0,55	0,83	10,13	16,61	78,90	23,9	113,52	29,36	139,46
f1	5,25	4,08	0,20	563	182	0,39	0,98	15,94	26,14	49,79	37,61	71,63	46,22	88,03

Di seguito si è tracciato il diagramma dei contributi unitari per tempi di ritorno di 100 anni.

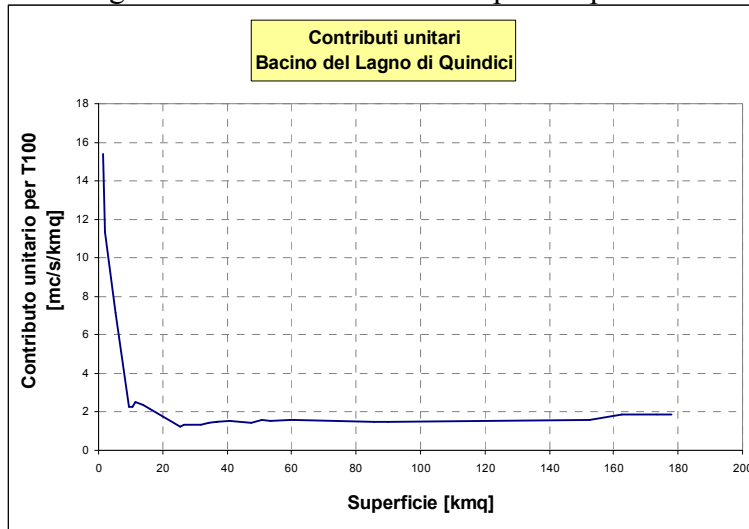


Figura 2. Lagno di Quindici. Contributi unitari per tempi di ritorno di 100 anni, tratti dal PAI.

5.2 LAGNO DI AVELLA : PORTATE AL COLMO

Il Lagno di Avella, talvolta chiamato anche di Boscofangone è il terzo affluente in destra orografica del canale principale dei Regi Lagni alla cui confluenza drena una superficie di circa 70 km². L'asta principale presenta uno sviluppo planimetrico sostanzialmente lineare, dalla sezione di immissione sino alla sua origine, alle falde del Monte Vallatrone. Lungo il suo percorso, di lunghezza complessiva pari a 25 km circa, a valle dell'abitato del comune di Cicciano, riceve l'immissione di due affluenti principali, il Lagno di Sasso, con andamento piuttosto ramificato ed il Lagno di Avella; quest'ultimo, a monte del centro urbano di Cicciano, riceve i contributi del Lagno di Roccarainola e del Torrente Clanio.

Tabella III. Lagno di Avella. Tabella tratta dal PAI delle caratteristiche dei bacini e dei sottobacini, con le rispettive portate.

BACINO DI AVELLA														
BACINI con S > 15 Km ²														
Sezione	Sup [km ²]	L asta [km]	p med [m/m]	H med [m]	Ho [m]	Cf	tr _R [ore]	μ _Q [m ³ /sec]	T= 20 anni		T= 100 anni		T= 300 anni	
									Q ₂₀ [m ³ /sec]	U ₂₀ [l/sec*ha]	Q ₁₀₀ [m ³ /sec]	U ₁₀₀ [l/sec*ha]	Q ₃₀₀ [m ³ /sec]	U ₃₀₀ [l/sec*ha]
A2	16,47	9,15	0,084	969	415	0,20	2,13	10,15	16,63	10,10	23,94	14,54	29,42	17,87
A3	22,14	12,48	0,076	876	240	0,21	2,37	13,61	22,32	10,08	32,13	14,51	39,48	17,83
A4	22,71	13,71	0,076	859	184	0,22	2,44	14,19	23,27	10,25	33,49	14,75	41,17	18,13
A5	25,07	18,20	0,064	796	65	0,22	2,72	14,59	23,92	9,54	34,42	13,73	42,31	16,87
A6	41,73	18,20	0,063	628	62	0,22	2,72	24,89	40,82	9,78	58,74	14,08	72,18	17,30
A7	42,63	19,92	0,058	619	45	0,23	2,83	25,48	41,78	9,80	60,13	14,11	73,89	17,33
A8	47,05	21,72	0,054	570	36	0,25	2,94	29,76	48,81	10,37	70,23	14,93	86,30	18,34
A9	67,37	21,72	0,054	510	35	0,28	2,94	47,29	77,56	11,51	111,61	16,57	137,15	20,36
A10	69,13	25,16	0,047	499	30	0,26	3,13	43,94	72,06	10,42	103,71	15,00	127,44	18,44
B3	16,61	5,29	0,038	380	63	0,23	2,04	13,73	22,51	13,55	32,40	19,50	39,82	23,97
E4	20,18	8,42	0,061	460	36	0,34	2,18	21,31	34,96	17,32	50,30	24,92	61,83	30,63
BACINI con S < 15 Km ²														
Sezione	Sup [km ²]	L asta [km]	p med [m/m]	H med [m]	Ho [m]	Cf	tc _G [ore]	μ _Q [m ³ /sec]	T= 20 anni		T= 100 anni		T= 300 anni	
									Q ₂₀ [m ³ /sec]	U ₂₀ [l/sec*ha]	Q ₁₀₀ [m ³ /sec]	U ₁₀₀ [l/sec*ha]	Q ₃₀₀ [m ³ /sec]	U ₃₀₀ [l/sec*ha]
A1	7,62	4,88	0,082	1125	802	0,16	1,26	7,70	12,63	16,57	18,17	23,84	22,32	29,30
B2	13,28	2,97	0,051	447	109	0,24	1,29	20,84	34,17	25,74	49,18	37,04	60,43	45,51
C1	5,07	2,40	0,183	412	179	0,56	1,03	21,84	35,82	70,60	51,55	101,60	63,35	124,64
D1	5,51	3,05	0,170	562	181	0,30	0,89	13,64	22,37	40,59	32,19	58,41	39,55	71,78
E1	10,63	3,05	0,170	493	178	0,27	1,24	19,10	31,33	29,48	45,08	42,42	55,39	52,12

Dai dati riportati sopra si è provveduto a tracciare il diagramma dei contributi unitari per tempi di ritorno di 100 anni.

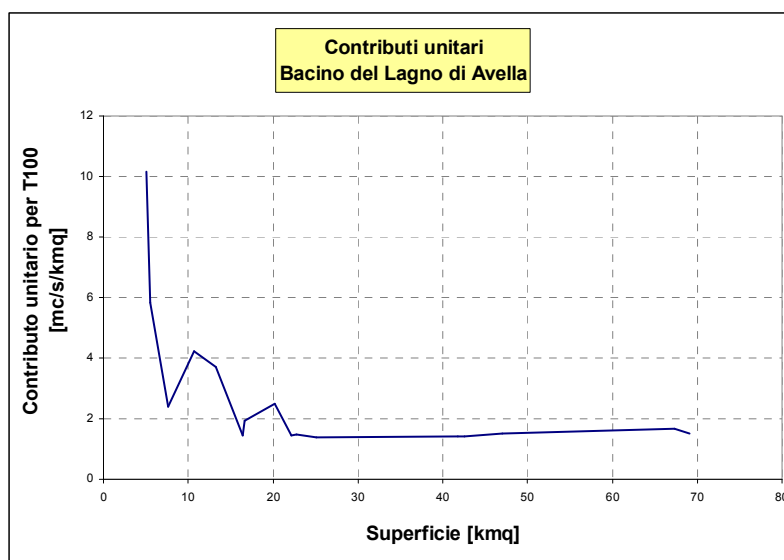


Figura 3. Lagno di Avella. Contributi unitari per tempi di ritorno di 100 anni, tratti da PAI.

5.3 LAGNO DI GAUDO: PORTATE AL COMO

Il Lagno di Gaudio è il secondo affluente in destra orografica del canale principale dei Regi Lagni e alla sezione di confluenza con questo drena una superficie di circa 85 km². Il lagno si presenta con un'asta principale di 20,5 km sino all'immissione del Vallone Acquaserta.

Il Lagno del Gaudio assume tale denominazione nel suo ultimo tratto, compreso tra l'abitato di Schiava e la sezione di immissione nei Regi Lagni. A monte di detto abitato, e sino all'immissione del Lagno di Trulo, a valle di Mugnano del Cardinale, l'alveo è denominato Torrente Sciminaro. Poco a valle dell'immissione del Lagno di Trulo confluisce il Vallone di Acquaserta. A monte dell'immissione del Lagno di Trulo il corso d'acqua cambia la sua denominazione in Lagno di Acqualonga. Proseguendo verso monte si trovano le confluenze del Vallone San Michele e del Vallone del Ponte. Ancora più a monte, in corrispondenza della confluenza con il Vallone del Gaudio, l'asta principale del corso d'acqua prosegue nel Vallone di Acqualonga sino alle sue origini, alle pendici del Monte Fado.

Tabella IV. Lagno di Gaudo. Tabella tratta dal PAI delle caratteristiche dei bacini e dei sottobacini, con le rispettive portate.

BACINO DEL GAUDO														
BACINI con S > 15 Km ²														
Sezione	Sup [km ²]	L asta [km]	P med [m/m]	H med [m]	Ho [m]	Cf	tr R [ore]	μ ₀ [m ³ /sec]	T= 20 anni		T= 100 anni		T= 300 anni	
									Q ₂₀ [m ³ /sec]	u ₂₀ [l/sec*ha]	Q ₁₀₀ [m ³ /sec]	u ₁₀₀ [l/sec*ha]	Q ₃₀₀ [m ³ /sec]	u ₃₀₀ [l/sec*ha]
a2	17,76	5,44	0,08	519	298	0,30	1,86	18,90	31,01	17,46	44,60	25,11	54,80	30,86
a3	21,97	5,44	0,08	539	298	0,34	1,86	26,00	42,63	19,40	61,36	27,93	76,38	34,31
a4	24,25	7,44	0,06	513	249	0,33	2,10	26,01	42,67	17,60	61,41	25,32	76,47	31,12
a5	27,15	7,44	0,06	514	249	0,34	2,10	30,13	49,41	18,20	71,10	26,19	87,37	32,18
a6	27,62	8,19	0,06	512	225	0,33	2,17	30,50	50,03	18,11	72,00	26,07	88,00	31,86
a7	39,98	8,19	0,06	470	225	0,31	2,12	38,58	63,27	15,83	91,07	22,78	112,00	28,01
a8	52,41	8,69	0,06	512	209	0,32	2,22	52,60	86,25	16,46	124,12	23,68	152,52	29,10
a9	53,07	10,19	0,05	509	180	0,32	2,36	52,61	86,34	16,27	123,86	23,34	146,66	27,64
a10	55,19	10,19	0,05	507	180	0,31	2,36	52,62	86,50	15,67	124,12	22,49	148,56	26,92
a11	59,92	10,60	0,05	503	167	0,33	2,39	58,81	96,45	16,10	138,79	23,16	170,55	28,46
a12	61,17	10,60	0,05	495	167	0,32	2,39	58,95	96,68	15,81	139,51	22,81	170,73	27,91
a13	64,70	12,40	0,05	439	136	0,33	2,54	59,78	98,04	15,15	141,08	21,81	173,35	26,79
a14	66,26	12,40	0,05	432	135	0,32	2,54	59,89	98,23	14,82	141,35	21,33	173,69	26,21
a15	66,88	13,77	0,04	421	114	0,32	2,65	60,55	99,31	14,85	141,91	21,22	174,82	26,14
a16	71,41	13,77	0,04	411	113	0,32	2,65	62,87	103,11	14,44	148,38	20,78	182,34	25,53
a17	75,84	16,61	0,04	374	53	0,32	2,84	63,86	104,73	13,81	150,71	19,87	185,20	24,42
a18	85,15	21,55	0,04	355	28	0,32	3,10	65,31	109,54	12,86	154,12	18,10	196,56	23,08
BACINI con S < 15 Km ²														
Sezione	Sup [km ²]	L asta [km]	P med [m/m]	H med [m]	Ho [m]	Cf	tc G [ore]	μ ₀ [m ³ /sec]	T= 20 anni		T= 100 anni		T= 300 anni	
									Q ₂₀ [m ³ /sec]	u ₂₀ [l/sec*ha]	Q ₁₀₀ [m ³ /sec]	u ₁₀₀ [l/sec*ha]	Q ₃₀₀ [m ³ /sec]	u ₃₀₀ [l/sec*ha]
b1	7,22	3,70	0,12	553	392	0,42	1,61	17,01	27,90	38,64	40,14	55,60	49,33	68,32
c1	6,35	3,30	0,09	566	392	0,20	1,42	7,83	12,84	20,22	18,48	29,10	22,70	35,75
a1	13,59	3,70	0,12	559	392	0,30	1,96	19,80	32,47	23,89	46,73	34,39	57,42	42,25
d1	4,22	4,82	0,16	623	296	0,48	1,07	15,08	24,74	58,63	35,60	84,36	43,75	103,67
f1	3,49	2,83	0,09	496	440	0,40	1,96	6,91	11,33	32,46	16,30	46,70	20,03	57,39
f3	12,67	6,90	0,09	400	224	0,22	2,32	12,36	20,27	16,00	29,16	23,01	35,84	28,29
e2	4,10	4,90	0,22	700	297	0,48	0,96	15,68	25,72	62,73	37,00	90,24	45,48	110,93
g3	11,40	5,52	0,24	600	209	0,37	1,38	26,19	42,93	37,66	61,77	54,18	75,91	66,59
h1	2,13	4,18	0,11	334	178	0,49	1,21	7,27	11,93	56,01	17,16	80,56	21,10	99,06

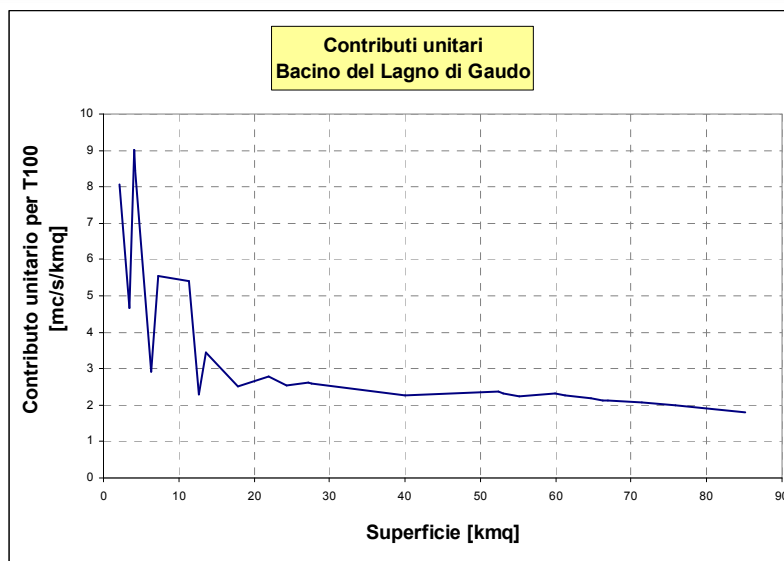


Figura 4. Lagno di Gaudo. Contributi unitari per tempi di ritorno di 100 anni, tratti dal PAI.

5.4 LAGNO DI SOMMA: PORTATE AL COLMO

Il Lagno del Somma fa parte del gruppo di lagni definiti alvei vesuviani e si sviluppa per circa 14 km dalla confluenza con il Regi Lagni, che si trova in prossimità della Masseria del Monaco, verso sud, attraversando il comune di Marigliano e raggiungendo il comune di Somma Vesuviana.

Tabella V. Lagno di Somma. Tabella tratta dal PAI delle caratteristiche dei bacini e dei sottobacini, con le rispettive portate (I bacini riferiti al Lagno di Somma sono quelli indicati da a1 a a5).

BACINI VESUVIANI														
BACINI con S > 15 Km ²														
Sezione	Sup [km ²]	L asta [km]	P med [m/m]	H med [m]	Ho [m]	Cf	tr _R [ore]	μ ₀ [m ³ /sec]	T= 20 anni		T= 100 anni		T= 300 anni	
									Q ₂₀ [m ³ /sec]	u ₂₀ [l/sec*ha]	Q ₁₀₀ [m ³ /sec]	u ₁₀₀ [l/sec*ha]	Q ₃₀₀ [m ³ /sec]	u ₃₀₀ [l/sec*ha]
a2	18,14	10,52	0,04	66	30	0,48	2,47	23,19	38,03	20,96	54,73	30,17	67,25	37,07
a3	22,15	12,72	0,03	38	27	0,51	2,68	28,22	46,29	20,90	66,61	30,07	81,85	36,95
a4	24,01	12,72	0,03	31	27	0,50	2,68	30,59	50,17	20,90	72,20	30,07	88,72	36,95
a5	24,45	14,12	0,03	28	20	0,51	2,80	30,87	50,64	20,71	72,86	29,80	89,54	36,62
a7ss	20,71	11,90	0,09	54	27	0,48	2,28	31,09	50,98	24,62	73,37	35,43	90,16	43,53
BACINI con S < 15 Km ²														
Sezione	Sup [km ²]	L asta [km]	P med [m/m]	H med [m]	Ho [m]	Cf	tc _G [ore]	μ ₀ [m ³ /sec]	T= 20 anni		T= 100 anni		T= 300 anni	
									Q ₂₀ [m ³ /sec]	u ₂₀ [l/sec*ha]	Q ₁₀₀ [m ³ /sec]	u ₁₀₀ [l/sec*ha]	Q ₃₀₀ [m ³ /sec]	u ₃₀₀ [l/sec*ha]
b2	6,98	5,92	0,03	74	36	0,42	3,95	8,10	13,28	19,02	19,11	27,36	23,48	33,63
c2	5,92	8,62	0,05	113	35	0,44	3,21	8,25	13,53	22,84	19,47	32,87	23,92	40,39
a1	12,92	8,62	0,05	92	32	0,43	4,41	13,99	22,95	17,76	33,03	25,56	40,58	31,41
a2ss	5,06	6,30	0,16	134	90	0,38	3,46	5,79	9,49	18,73	13,65	26,96	16,78	33,13
a3ss	7,77	6,30	0,16	155	80	0,40	2,97	10,10	16,57	21,32	23,84	30,67	29,29	37,69
a4ss	10,08	7,72	0,13	119	57	0,40	3,86	11,10	18,20	18,05	26,19	25,97	32,18	31,92
a5ss	11,78	7,72	0,13	102	55	0,39	4,62	11,35	18,62	15,80	26,79	22,74	32,92	27,94
a6ss	12,58	9,73	0,11	97	32	0,39	4,46	12,37	20,29	16,13	29,20	23,21	35,88	28,52
a1pt	1,56	2,99	0,06	67	61	0,56	4,84	2,11	3,46	22,16	4,98	31,88	6,12	39,18
a2pt	6,73	4,60	0,08	193	57	0,40	1,85	12,16	19,94	29,60	28,69	42,60	35,25	52,35
a3pt	3,98	5,54	0,10	111	58	0,57	2,81	7,94	13,02	32,68	18,74	47,03	23,03	57,80
v1ss	3,68	6,30	0,16	132	90	0,38	3,30	4,31	7,08	19,23	10,18	27,67	12,51	34,00
v3ss	0,44	2,57	0,07	190	100	0,57	0,86	1,11	1,82	41,50	2,62	59,72	3,22	73,39
v4ss	1,60	3,94	0,15	220	98	0,54	1,24	5,15	8,45	52,81	12,16	75,99	14,94	93,38
v6ss	2,14	4,11	0,15	195	80	0,46	1,40	5,45	8,94	41,83	12,86	60,19	15,81	73,97
v7ss	1,71	5,90	0,17	285	80	0,57	1,23	4,15	6,81	39,90	9,79	57,42	12,04	70,56
v9pt	2,18	4,54	0,06	85	28	0,46	2,11	4,34	7,11	32,64	10,24	46,97	12,58	57,71
v10pt	2,16	7,74	0,09	270	151	0,57	2,00	3,86	6,33	29,26	9,11	42,11	11,19	51,74
v11pt	1,02	1,82	0,06	120	94	0,51	1,66	2,66	4,37	42,61	6,28	61,32	7,72	75,35

Dai dati riportati sopra si è provveduto a tracciare il diagramma dei contributi unitari per tempi di ritorno di 100 anni.

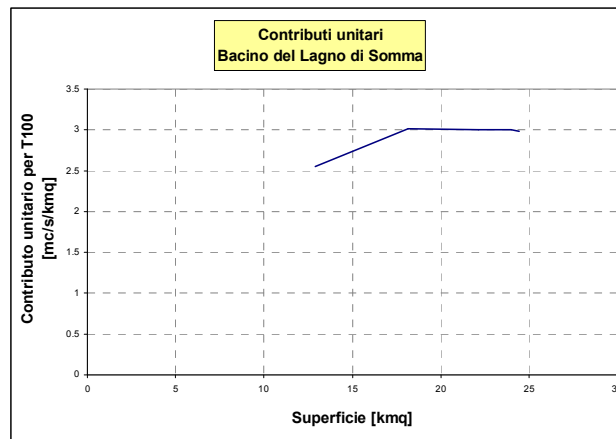


Figura 5. Lagno di Somma. Contributi unitari per tempi di ritorno di 100 anni, tratti da PAI.

5.5 LAGNO DELLO SPIRITO SANTO: PORTATE AL COLMO

Il Lagno dello Spirito Santo, così come quello di Somma, fa parte del gruppo di lagni definiti alvei vesuviani e si sviluppa per circa 20.71 km dalla confluenza con il Regi Lagni in prossimità del centro abitato di Acerra, verso sud, attraversando il comune di Pomigliano d'Arco e raggiungendo il comune di S. Anastasia.

La stima delle portate condotta dal PAI è riportata nella tabella seguente per diverse sezioni idrografiche lungo l'asta .

Tabella VI. Lagno dello Spirito Santo. Tabella tratta dal PAI delle caratteristiche dei bacini e dei sottobacini, con le rispettive portate (I bacini riferiti al Lagno di Somma sono quelli indicati da a1ss a a7ss).

BACINI VESUVIANI														
BACINI con S > 15 Km ²														
Sezione	Sup [km ²]	L _{asta} [km]	P _{med} [m/m]	H _{med} [m]	Ho [m]	Cf	tr _R [ore]	μ ₀ [m ³ /sec]	T= 20 anni		T= 100 anni		T= 300 anni	
									Q ₂₀ [m ³ /sec]	U ₂₀ [l/sec*ha]	Q ₁₀₀ [m ³ /sec]	U ₁₀₀ [l/sec*ha]	Q ₃₀₀ [m ³ /sec]	U ₃₀₀ [l/sec*ha]
a2	18,14	10,52	0,04	66	30	0,48	2,47	23,19	38,03	20,96	54,73	30,17	67,25	37,07
a3	22,15	12,72	0,03	38	27	0,51	2,68	28,22	46,29	20,90	66,61	30,07	81,85	36,95
a4	24,01	12,72	0,03	31	27	0,50	2,68	30,59	50,17	20,90	72,20	30,07	88,72	36,95
a5	24,45	14,12	0,03	28	20	0,51	2,80	30,87	50,64	20,71	72,86	29,80	89,54	36,62
a7ss	20,71	11,90	0,09	54	27	0,48	2,28	31,09	50,98	24,62	73,37	35,43	90,16	43,53
BACINI con S < 15 Km ²														
Sezione	Sup [km ²]	L _{asta} [km]	P _{med} [m/m]	H _{med} [m]	Ho [m]	Cf	tc _G [ore]	μ ₀ [m ³ /sec]	T= 20 anni		T= 100 anni		T= 300 anni	
									Q ₂₀ [m ³ /sec]	U ₂₀ [l/sec*ha]	Q ₁₀₀ [m ³ /sec]	U ₁₀₀ [l/sec*ha]	Q ₃₀₀ [m ³ /sec]	U ₃₀₀ [l/sec*ha]
b2	6,98	5,92	0,03	74	36	0,42	3,95	8,10	13,28	19,02	19,11	27,36	23,48	33,63
c2	5,92	8,62	0,05	113	35	0,44	3,21	8,25	13,53	22,84	19,47	32,87	23,92	40,39
a1	12,92	8,62	0,05	92	32	0,43	4,41	13,99	22,95	17,76	33,03	25,56	40,58	31,41
a2ss	5,06	6,30	0,16	134	90	0,38	3,46	5,79	9,49	18,73	13,65	26,96	16,78	33,13
a3ss	7,77	6,30	0,16	155	80	0,40	2,97	10,10	16,57	21,32	23,84	30,67	29,29	37,69
a4ss	10,08	7,72	0,13	119	57	0,40	3,86	11,10	18,20	18,05	26,19	25,97	32,18	31,92
a5ss	11,78	7,72	0,13	102	55	0,39	4,62	11,35	18,62	15,80	26,79	22,74	32,92	27,94
a6ss	12,58	9,73	0,11	97	32	0,39	4,46	12,37	20,29	16,13	29,20	23,21	35,88	28,52
a1pt	1,56	2,99	0,06	67	61	0,56	4,84	2,11	3,46	22,16	4,98	31,88	6,12	39,18
a2pt	6,73	4,60	0,08	193	57	0,40	1,85	12,16	19,94	29,60	28,69	42,60	35,25	52,35
a3pt	3,98	5,54	0,10	111	58	0,57	2,81	7,94	13,02	32,68	18,74	47,03	23,03	57,80
v1ss	3,68	6,30	0,16	132	90	0,38	3,30	4,31	7,08	19,23	10,18	27,67	12,51	34,00
v3ss	0,44	2,57	0,07	190	100	0,57	0,86	1,11	1,82	41,50	2,62	59,72	3,22	73,39
v4ss	1,60	3,94	0,15	220	98	0,54	1,24	5,15	8,45	52,81	12,16	75,99	14,94	93,38
v6ss	2,14	4,11	0,15	195	80	0,46	1,40	5,45	8,94	41,83	12,86	60,19	15,81	73,97
v7ss	1,71	5,90	0,17	285	80	0,57	1,23	4,15	6,81	39,90	9,79	57,42	12,04	70,56
v9pt	2,18	4,54	0,06	85	28	0,46	2,11	4,34	7,11	32,64	10,24	46,97	12,58	57,71
v10pt	2,16	7,74	0,09	270	151	0,57	2,00	3,86	6,33	29,26	9,11	42,11	11,19	51,74
v11pt	1,02	1,82	0,06	120	94	0,51	1,66	2,66	4,37	42,61	6,28	61,32	7,72	75,35

Dai dati riportati sopra si è provveduto a tracciare il diagramma dei contributi unitari per tempi di ritorno di 100 anni.

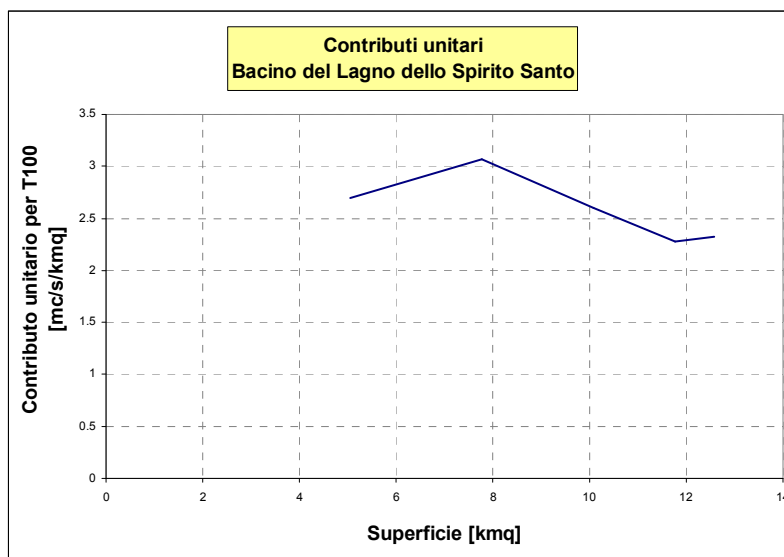


Figura 6. Lagno dello Spirito Santo. Contributi unitari per tempi di ritorno di 100 anni, tratti da PAI.

5.6 LAGNO VECCHIO O DEL CARMIGNANO: PORTATE AL COLMO

Il Lagno Vecchio è l'affluente in destra orografica del canale dei Regi Lagni in prossimità del centro abitato di Marcianise e si ritrova nel PAI come bacino del Carmignano, Il lagno riceve le acque del Lagno di Arena, proveniente da S. Felice a Canello e quelle del canale di Carmignano, proveniente da Maddaloni, e a monte della confluenza nei Regi Lagni riceve due fugatori provenienti da Nord. E' presente anche un terzo lagno, quello del Palata, proveniente da Arpaia che in base alle informazioni La stima delle portate condotta dal PAI per diverse sezioni idrografiche è riportata nella tabella seguente Il lagno di Palata è rappresentato dalle sezioni 3-5-6-7-11 mentre quello di Arena dalle sezioni 17-25-26-27.

Tabella VII. Lagno Vecchio. Tabella tratta dal PAI delle caratteristiche dei bacini e dei sottobacini, con le rispettive portate. Il lagno di Palata è rappresentato dalle sezioni 3-5-6-7-11 mentre quello di Arena dalle sezioni 17-25-26-27.

BACINO DEL CARMIGNANO															
BACINI con S > 15 Km ²															
Sezione	Sup [km ²]	L _{asta} [km]	P _{med} [m/m]	H _{med} [m]	Ho [m]	Cf	tr _R [ore]	μ _Q [m ³ /sec]	T= 20 anni		T= 100 anni		T= 300 anni		
									Q ₂₀ [m ³ /sec]	u ₂₀ [l/sec*ha]	Q ₁₀₀ [m ³ /sec]	u ₁₀₀ [l/sec*ha]	Q ₃₀₀ [m ³ /sec]	u ₃₀₀ [l/sec*ha]	
5	16,89	6,12	0,105	295	135	0,33	1,83	19,75	32,40	19,18	46,63	27,61	57,30	33,92	
7	19,38	7,17	0,094	281	105	0,32	1,95	21,31	34,95	18,04	50,30	25,96	61,80	31,90	
11	28,48	7,62	0,091	328	87	0,31	2,00	29,71	48,72	17,11	70,12	24,62	86,16	30,26	
26	28,90	8,92	0,039	92	41	0,37	2,36	32,63	53,51	18,52	77,00	26,65	94,63	32,75	
27	30,69	12,52	0,029	87	28	0,40	2,73	33,44	54,85	17,87	78,93	25,72	96,99	31,60	
BACINI con S < 15 Km ²															
Sezione	Sup [km ²]	L _{asta} [km]	P _{med} [m/m]	H _{med} [m]	Ho [m]	Cf	tc _G [ore]	μ _Q [m ³ /sec]	T= 20 anni		T= 100 anni		T= 300 anni		
									Q ₂₀ [m ³ /sec]	u ₂₀ [l/sec*ha]	Q ₁₀₀ [m ³ /sec]	u ₁₀₀ [l/sec*ha]	Q ₃₀₀ [m ³ /sec]	u ₃₀₀ [l/sec*ha]	
3	10,10	4,66	0,130	310	175	0,35	2,12	16,66	27,33	27,05	39,32	38,93	48,32	47,84	
6	14,37	6,12	0,104	283	140	0,33	2,54	19,45	31,90	22,20	45,91	31,95	56,42	39,26	
17	7,30	5,32	0,062	185	61	0,44	2,11	15,26	25,03	34,29	36,02	49,34	44,26	60,63	
25	11,06	8,92	0,039	136	43	0,40	3,46	15,07	24,72	22,34	35,57	32,15	43,71	39,51	

Dai dati riportati sopra, si è provveduto a tracciare il diagramma dei contributi unitari per tempi di ritorno di 100 anni.

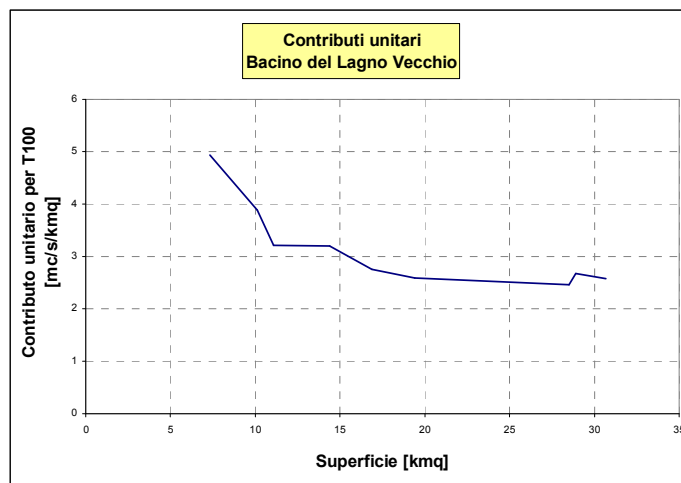


Figura 7. Lagno Vecchio. Contributi unitari per tempi di ritorno di 100 anni, tratti da PAI.

Tabella VIII. Lagni di Arena e Palata e rispettive portate al colmo (stima PAI) Il lagno di Palata è rappresentato dalle sezioni 3-5-6-7-11 mentre quello di Arena dalle sezioni 17-25-26-27 nella tabella complessiva del lagno.

Lagno di Palata Portate PAI				Lagno di di Arena Portate PAI			
Sezione	Q ₂₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Q ₃₀₀ (m ³ /s)	Sezione	Q ₂₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Q ₃₀₀ (m ³ /s)
3	27.33	39.32	48.32	17	25.03	36.02	44.26
5	31.90	45.91	56.42	25	27.35	39.35	48.36
6	32.40	46.63	57.30	26	53.50	77.00	94.60
7	34.95	50.30	61.80	27	54.85	78.93	97.00
11	48.72	70.00	86.16				

5.7 CANALE REGI LAGNI: PORTATE AL COLMO

Le portate di piena alle diverse sezione del canale dei Regi Lagni sono state stimate dallo studio ENEA precedentemente citato e riportato in allegato (Cfr. Allegato II).

Di seguito, si riportano, i valori di tali portate lungo l'asta principale. Lo studio riporta anche i valori di portata valutati per i tre lagni principali alla loro confluenza col canale principale; da notare che quest'ultimi differiscono da quelli stimati dal PAI e riportati nel capitolo precedentemente.

In questo progetto, per le sezioni dei principali lagni, si sono assunte le portate del PAI.

Tabella IX. Sezioni di calcolo della portata al colmo di piena per il canale Regi Lagni (RL) e per i tratti terminali dei Lagni principali afferenti a questo. LA=Lagno di Avella, LG=Lagno del Gaudio, LQ=Lagno di Quindici (STUDIO ENEA)

Sezione	Area tot.	Quota media	Lungh.totale	$Q_{T=20}$	$Q_{T=50}$	$Q_{T=100}$	$Q_{T=300}$	$Q_{T=500}$
	[km ²]	[m s.m.m.]	[km]	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
LA	79.5	487.4	18.650	39.89	51.31	60.38	74.97	81.77
LG	82.1	514.0	23.200	70.62	90.84	106.90	132.73	144.77
LQ	179.5	249.5	25.175	133.47	171.69	202.05	250.86	273.62
RL-1	261.6	332.7	25.175	122.42	157.46	185.31	230.07	250.95
RL-2	341.1	368.7	27.143	134.93	173.56	204.26	253.60	276.61
RL-3	356.1	358.6	29.939	138.00	177.52	208.91	259.37	282.91
RL-4	503.1	303.9	36.167	200.19	257.51	303.05	376.25	410.40
RL-5	535.8	292.6	37.476	214.24	275.58	324.32	402.66	439.20
RL-6	551.0	285.1	39.804	216.95	279.07	328.42	407.75	444.75
RL-7	576.9	273.7	44.215	234.18	301.22	354.49	440.13	480.07
RL-8	702.1	236.3	48.496	331.00	425.77	501.06	622.10	678.55
RL-9	793.8	216.1	51.626	384.35	494.40	581.82	722.37	787.93
RL-10	832.9	207.4	54.854	411.06	528.75	622.25	772.57	842.67
RL-11	853.8	203.0	57.720	415.24	534.13	628.59	780.43	851.25
RL-12	883.2	196.8	58.782	441.02	567.29	667.61	828.88	904.10
RL-13	954.2	184.9	63.349	476.14	612.46	720.77	894.88	976.09
RL-14	1028.6	172.4	68.509	512.59	659.35	775.95	963.39	1050.82
RL-15	1034.3	171.4	72.500	513.64	660.70	777.54	965.37	1052.97
RL-16	1077.1	164.7	77.098	497.45	639.87	753.03	934.93	1019.77
RL-17	1116.6	159.0	79.366	503.45	647.60	762.12	946.21	1032.08

A titolo di confronto, sono riportate le curve dei contributi unitari (portata divisa la superficie del bacino che chiude alle sezione dove è stimata la portata) in funzione della superficie; riportando le portate dei principali lagni di monte (Quindici, Gaudio, Avella), quelle calcolate dal PAI con tempo di ritorno di 100 anni, mentre per le portate del canale principale dei Regi Lagni, quelle calcolate dallo studio ENEA, con il medesimo tempo di ritorno.

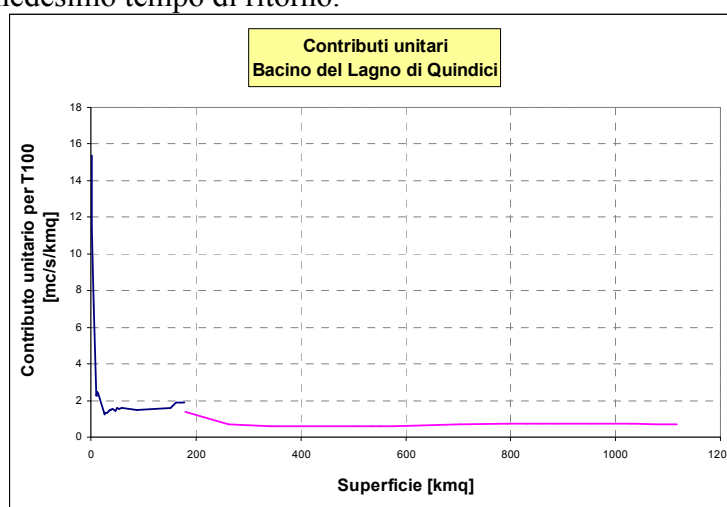


Figura 8. Lagno di Quindici. Contributi unitari, per tempi di ritorno di 100 anni, del lagno di Quindici, tratti dal PAI (linea blu) messi a confronto con i contributi unitari del canale dei Regi Lagni con portate ENEA (linea viola).

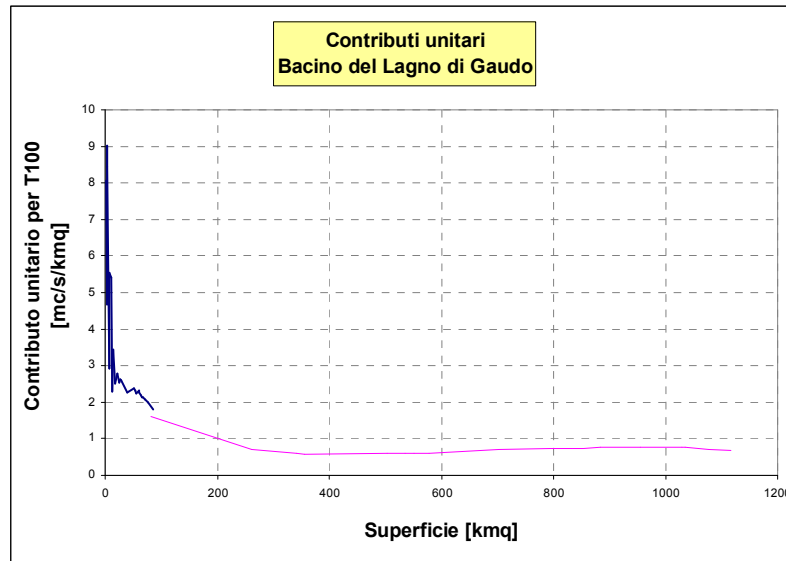


Figura 9. Lago di Gaudio. Contributi unitari, per tempi di ritorno di 100 anni, del lago di Gaudio, tratti dal PAI (linea blu) messi a confronto con i contributi unitari del canale dei Regi Lagni con portate ENEA (linea viola).

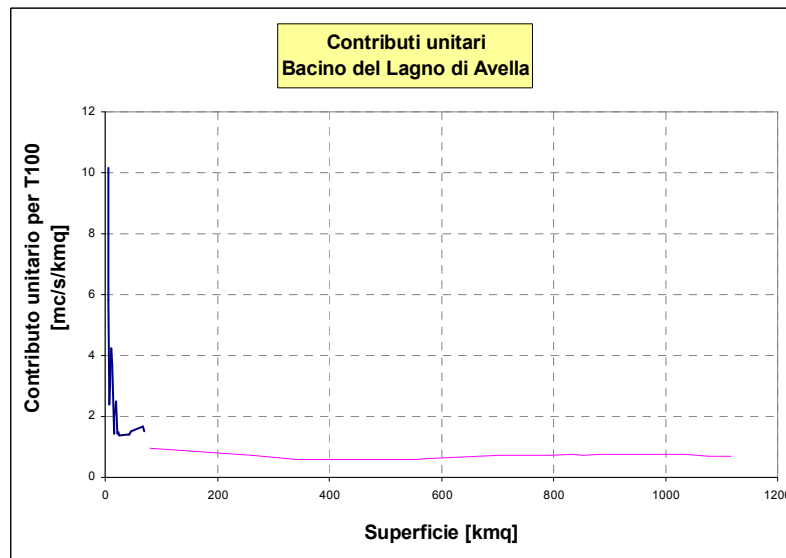


Figura 10. Lago di Avella. Contributi unitari, per tempi di ritorno di 100 anni, del lago di Avella, tratti dal PAI (linea blu) messi a confronto con i contributi unitari del canale dei Regi Lagni con portate ENEA (linea viola).

5.8 STIMA DEGLI IDROGRAMMI DI RIFERIMENTO A PORTATA ASSEGNATA

La definizione dell'idrogramma di piena, è come noto problema complesso potendosi avere per uno stesso periodo infinite forme di idrogramma, aspetto ben noto nell'ambito scientifico. La mancanza di dati e l'obiettivo di pianificazione del presente lavoro, suggeriscono l'applicazione di metodi semplificati che però garantiscono il controllo sul volume dell'idrogramma uguale a quello della precipitazione netta sul bacino di monte. L'idrogramma di piena per assegnate portate al colmo è stato calcolato con il metodo proposto dal SCS⁽⁴⁾. Questo assegna la forma triangolare dell'idrogramma ipotizzando che il tempo di base, T_b , sia dato dalla relazione $T_b = \frac{2W}{Q_{max}}$, dove W è il volume dell'idrogramma pari al volume di pioggia netta e Q_{max} la portata al colmo stimata.

⁽⁴⁾ Chow V. ,D. R. Maidment and L. W Mays Applied Hydrology, Mc Graw Hill, 1988

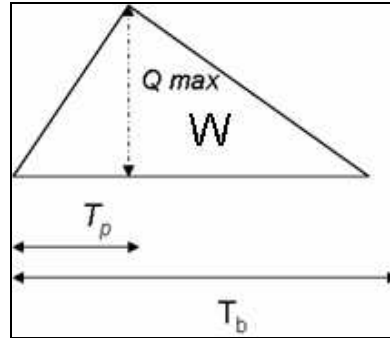


Figura 11. Idrogramma di forma triangolare di volume W , tempo di base T_b , tempo di picco T_p , portata al colmo Q_{max}

Il volume dell'idrogramma di piena è calcolato per ciascun valore di portata al colmo ad assegnato tempo di ritorno, per una durata pari al tempo di corrivazione che genera la portata assegnata. Una volta stimato il volume di pioggia netta è quindi possibile calcolare i tempi caratteristici dell'idrogramma note le relazioni:

$$T_p = \frac{T_b}{2,67}$$

$$T_b - T_p = 1,67 * T_p$$

Utilizzando tale metodologia in base alle portate al colmo già calcolate nel PAI sono stati stimati gli idrogrammi di piena dei principali lagni generalmente alla confluenza con il Canale dei Regi Lagni, ma anche in sezioni lungo di Quindici. Di seguito sono riportati in Tabella seguente i parametri che servono al calcolo dell'idrogramma.

Tabella X. Parametri di calcolo dell'idrogramma di pien ad assegnata portata al colmo.

	S	L	H _{med}	H ₀	tr PAI	t _c	idT100	C _f	Q _{nette}	W _{piogge nette}
	[kmq]	[km]	[m]	[m]	[ore]	[ore]	[mm/h]		mc/s	[mc]
Qu01	90.03	23.4	346	35	3.19	5.3273	20	0.26	130.04	2,494,007
Qu02	177.85	27.2	241	28	3.41	5.6947	19	0.34	319.14	6,542,703
Ga01	75.84	16.61	374	53	2.84	4.7428	22	0.32	148.31	2,532,245
Av01	69.13	25.16	499	30	3.13	5.2271	20	0.26	99.85	1,879,017
So01	24.45	14.12	28	20	2.8	4.676	21	0.51	72.74	1,224,455
Ss01	20.71	11.9	54	27	2.28	3.8076	25	0.48	69.03	946,265
Ca01	74.34	26.8	87	20	3.13	5.2271	20	0.33	136.29	2,564,645

Dove:

S = superficie del bacino tratta dal PAI

L = lunghezza dell'asta principale tratta dal PAI

H_{med} e H₀ rispettivamente la quota media sul livello del mare e la quota della sezione di chiusura del bacino

trPAI = tempo di ritardo (da PAI)

t_c = tempo di corrivazione calcolato come: $t_c = 1.67 tr$

id_{T100} = valore di intensità di pioggia ottenuto dalle curve di possibilità pluviometriche fornite dal PAI con tempo di ritorno di 100 anni

C_f = coefficiente di afflusso secondo il PAI

Q_c = portate al colmo : $Q_c = \frac{i(tc)_{T100} * C_f * S}{3,6}$ per tempo di ritorno di 100 anni

W_{pioggenette} = volume di piogge nette $W_{pioggenette} = 3600 * Q_c * t_c$ con tempo di ritorno di 100 anni

Le figure successive riportano gli idrogrammi così calcolati

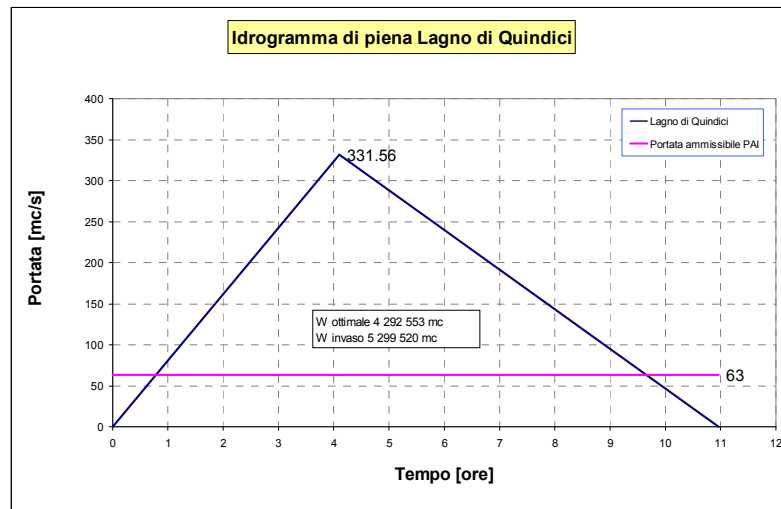


Figura 12. Lago di Quindici. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni.

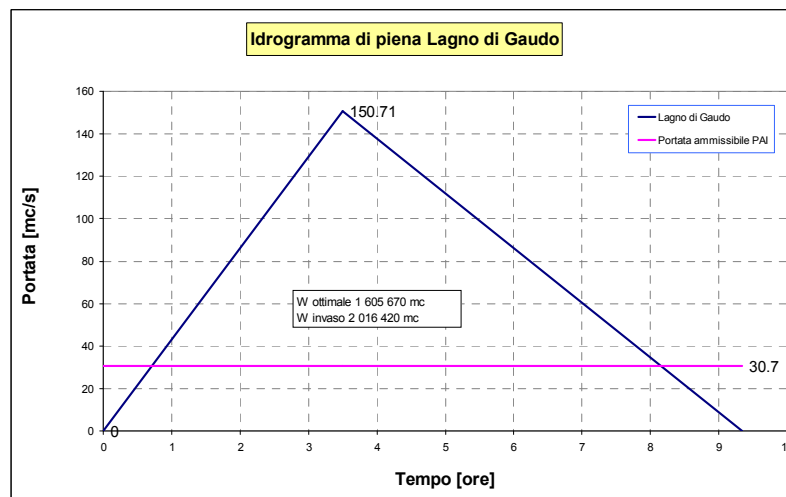


Figura 13. Lago di Gaudio. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni.

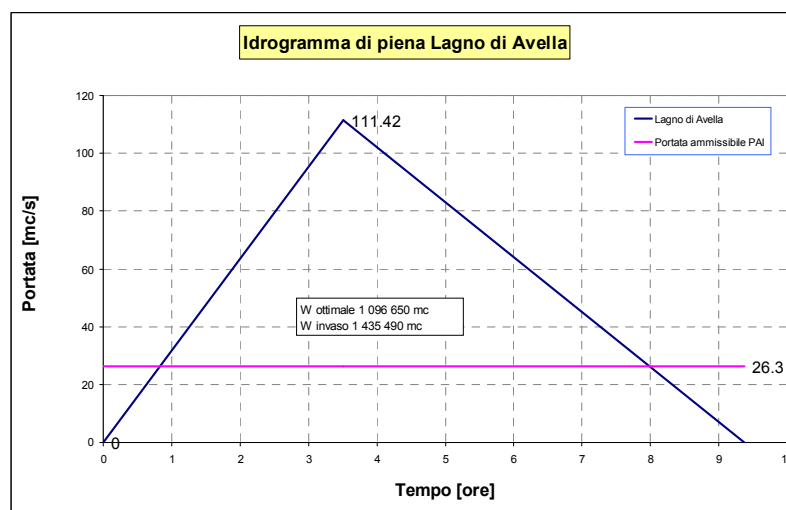


Figura 14. Lago di Avella. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni.

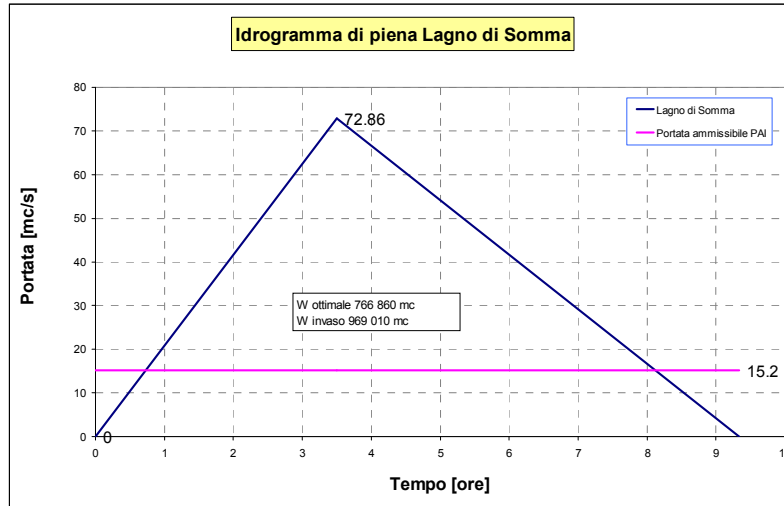


Figura 15. Lagno di Somma. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni.

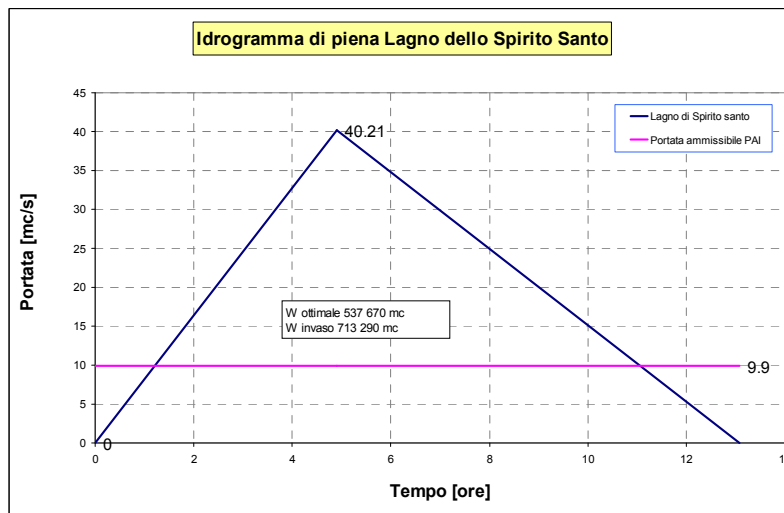


Figura 16. Lagno dello Spirito Santo. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni.

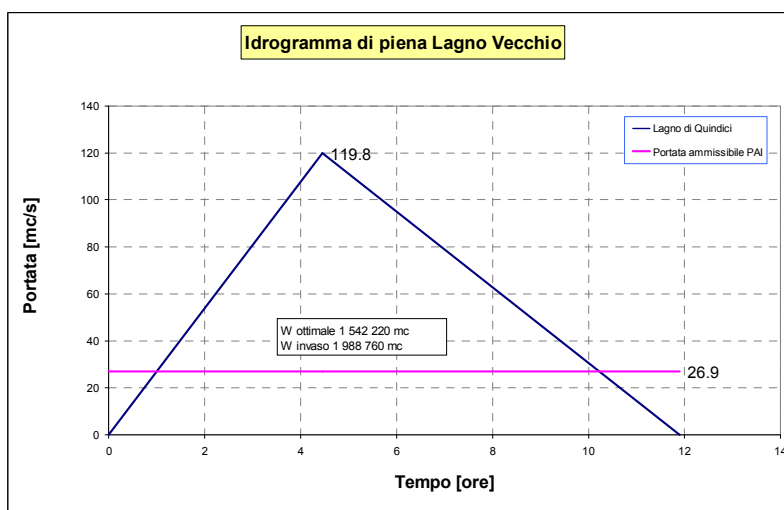


Figura 17. Lagno Vecchio. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni.

6 RISCHIO DI ESONDAZIONE NEL CANALE REGI LAGNI

Sono di seguito analizzate le situazione di pericolosità idraulica per i corsi d'acqua potenzialmente soggetti a fenomeni di piena che non appartengono al sistema di fognatura dei centri abitati della pianura. In particolare sono stati riassunti le risultanze del PAI per i principali lagni e per i bacini vesuviani mentre per quanto riguarda il canale dei Regi Lagni l'analisi di rischio e' stata condotta utilizzando i risultati dello studio ENEA e rendendo congruenti le probabilità di occorrenza delle piene del progetto CORIN all'attuale PAI. Si ricorda infatti che mentre il PAI e lo studio ENEA utilizzano la recente metodologia di stima delle portate prevista dal progetto Nazionale VAPI⁽⁵⁾, che si basa sulla distribuzione TCEV⁽⁶⁾ (Rossi e Versace , 1985), il Progetto CORIN stima le portate al colmo con la ben nota distribuzione di Gumbel.

La figura di seguito riporta le sezioni di analisi dei principali sottobacini analizzati, poi riportati nella *Tavola 01.00*.

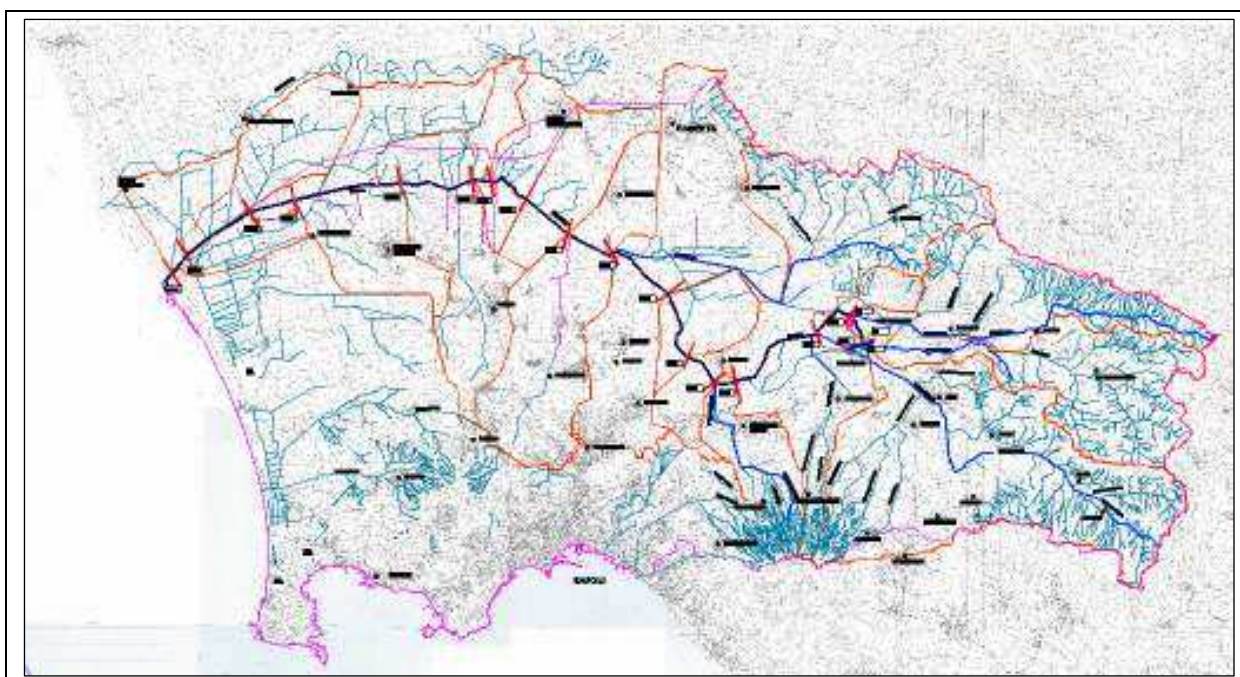


Figura 18. Sottobacini e sezioni di chiusura del canale principale dei Regi Lagni e dei principali lagni di monte.

Viene riportato di seguito un estratto della Relazione Generale del Progetto Definitivo “Interventi Per L'adeguamento Della Funzionalità Idraulica Dell'alveo Dei Regi Lagni E Dei Canali Influenti”, redatto dal Consorzio Generale di Bonifica del Bacino Inferiore del Volturno (di seguito abbreviato con ConsBIV), che riporta una descrizione dettagliata del canale principale dei Regi Lagni. Tale progetto e le sezioni allegate sono state utilizzate per i modelli idraulici del presente studio.

⁽⁵⁾ Valutazione delle Piene in Campania (VAPI Campania), Rapporto Regionale Campania, a cura di ROSSI F, VILLANI P. CNR-GNDICI, 1994.

⁽⁶⁾ Two Component Extreme Value distribution, Rossi e Versace, 1982; Rossi et al., 1984

Di seguito per completezza si riporta un estratto dalla Relazione Generale: “

In particolare, in un primo tratto, di lunghezza pari a circa 12,0 km (da progr. 0,00 m - Sez. Ponte delle Tavole a progr. 12.115,0 m - Sez. Ponte Raccordo FF.SS. Alfa Sud) e pendenza media del fondo alveo pari al $3,0 \text{ ‰}$ (per diecimila), le sezioni risultano costituite, procedendo da monte verso valle, da una *savenella centrale* di larghezza pari a 2,0 m (Sezioni Tipo 1, 2 e 3) e 4,0 m (Sezioni Tipo 4) ed inclinazione delle sponde pari a $3/2$ (b/h), con altezza del piano golenale dal fondo dell'alveo costante e pari a 1,50 metri e larghezza della golena variabile tra 1,250 m (Sezione Tipo 1), 2,825 m (Sezione Tipo 2), 5,325 metri (Sezione Tipo 3) e 6,325 metri (Sezione Tipo 4). Al di sopra del piano golenale le sponde risultano elevate di 3,6 metri, con inclinazione (b/h) pari a $3/2$, per complessivi 5,1 metri di altezza dal fondo alveo (v. Fig.2).

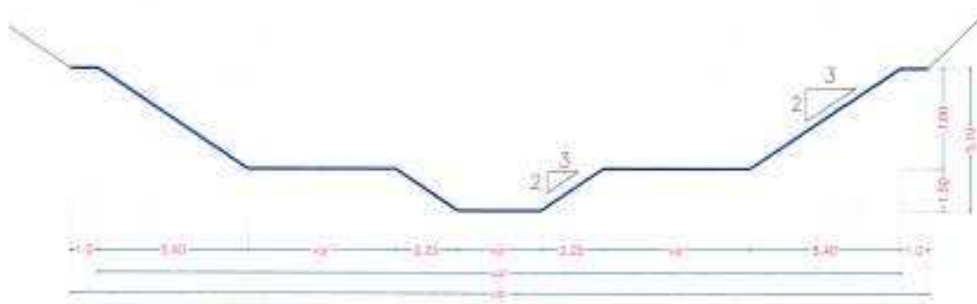


Fig.2 – Sezione Tipo

Segue un secondo tratto, di lunghezza pari a circa 11,6 km (da progr. 12.115,0 m - Sez. Ponte Raccordo FF.SS. Alfa Sud a progr. 23.704,0 m – pochi metri a monte delle immissioni dei Lagni Vecchio e Gorgone) e pendenza media del fondo alveo dell'ordine del $6,0 \text{ ‰}$ (per diecimila), in cui si susseguono, alternandosi, n.4 tipologie di sezioni. Queste risultano costituite, procedendo da monte verso valle, da una *savenella centrale* di larghezza pari a 4,0 m (Sezioni Tipo 5, 6, 7 e 8) e ed inclinazione delle sponde pari a $3/2$ (b/h), con altezza del piano golenale dal fondo dell'alveo costante e pari a 1,50 metri.

In particolare, la Sezione Tipo 5 (Tratti I, II e III), simmetrica rispetto al proprio asse, è costituita da larghezza della golena pari a 7,325 metri, con elevazione delle sponde, valutata al di sopra del piano golenale, di 3,6 metri ed inclinazione (b/h) pari a $3/2$, per complessivi 5,1 metri di altezza dal fondo alveo e 33,95 metri di larghezza.

La Sezioni Tipo 6 (Tratti I e II), asimmetrica rispetto al proprio asse, di dimensioni simili alla Sezione Tipo 5, si differenzia da quest'ultima per la presenza, in destra idraulica, di una sponda verticale, realizzata da una paratia in c.a. di altezza pari a 4,0 m, valutata dal piano golenale, e da una larghezza della golena pari a 12,725 metri, per complessivi 33,95 metri di larghezza (v. Fig.3).

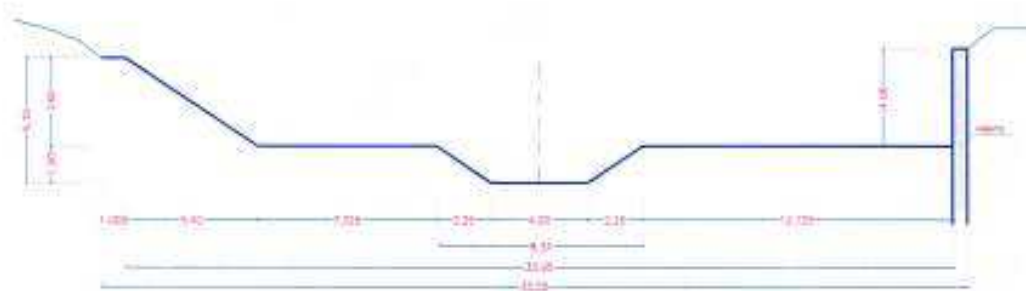


Fig.3 – Sezione Tipo 6

La Sezioni Tipo 7 (Tratti I, II, III e IV), anch'essa asimmetrica rispetto al proprio asse, è costituita da una *savenella centrale* di larghezza pari a 4,0 m ed inclinazione delle sponde pari a 3/2 (b/h), con altezza del piano golenale dal fondo dell'alveo costante e pari a 1,50 metri. La larghezza della golena sinistra misura 7,325 m, con inclinazione della sponda pari a 3/2 (b/h); in destra idraulica, la larghezza della golena misura 8,325 m, con inclinazione della sponda pari a 1/1 (b/h) ed altezza pari a 3,6 m, valutata dal piano golenale; la larghezza complessiva della sezione è pari a 33,15 m (v.Fig.4).

In fine, la Sezione Tipo 8 (Tratti I e II), asimmetrica rispetto al proprio asse, è costituita da una *savenella centrale* di larghezza pari a 4,0 m ed inclinazione delle sponde pari a 3/2 (b/h), con altezza del piano golenale dal fondo dell'alveo costante e pari a 1,50 metri. La larghezza della golena sinistra misura 12,725 m, con sponda verticale realizzata da una paratia in c.a. di altezza pari a 4,0 m; in destra idraulica, la larghezza della golena misura 8,325 m, con inclinazione della sponda pari a 1/1 (b/h) ed altezza pari a 3,6 m, valutata dal piano golenale; la larghezza complessiva della sezione è pari a 33,15 m (v.Fig.5).

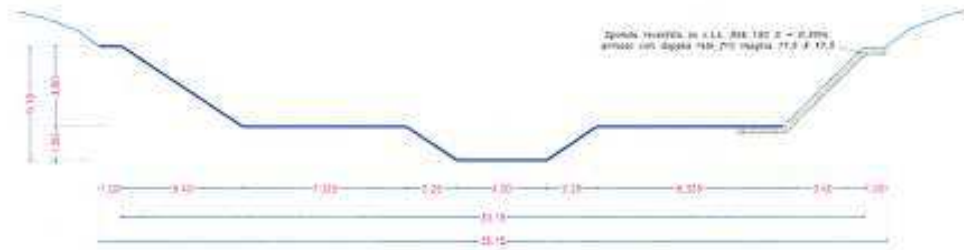


Fig.4 – Sezione Tipo 7



Fig.5 – Sezione Tipo 8

Il terzo tratto, di lunghezza pari a circa 1,3 km (da progr. 23.704 m a progr.25.000,0 m circa) e pendenza media del fondo alveo pari al 5,0 ‰ (per diecimila), è caratterizzato dalla Sezione Tipo 9. Tale sezione risulta costituita da una *savenella centrale* di larghezza pari a 11,5 m ed inclinazione delle sponde pari a 3/2 (b/h), con

altezza del piano golenale dal fondo dell'alveo costante e pari a 1,50 metri e larghezza della golena pari 4,325 m. Al di sopra del piano golenale le sponde risultano elevate di 3,6 metri, con inclinazione (b/h) pari a 3/2, per complessivi 5,1 metri di altezza dal fondo alveo. La larghezza complessiva della sezione risulta pari a 35,45 m (v.Fig.6).

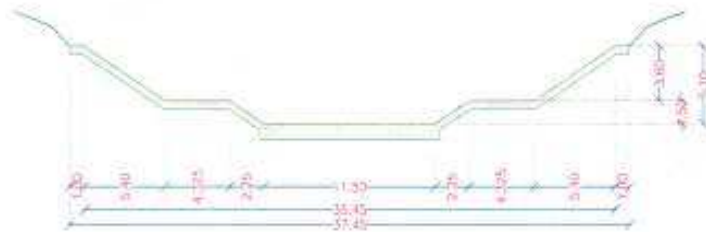


Fig.6 – Sezione Tipo 9

Il quarto tratto, di lunghezza pari a circa 17,6 km (da progr. 36.530 m a progr.54.182 m) e pendenza media del fondo alveo decrescente e variabile tra il 7,0 ‰ e l'1,0 ‰ (per diecimila), è costituito dalle Sezioni Tipo 12, 13, 14 e 15. Procedendo da monte verso valle, da una *savenella centrale* di larghezza pari a 11,5 m (Sezioni Tipo 9), 15,5 m (Sezioni Tipo 10) e 25,0 metri (Sezione Tipo 11) ed inclinazione delle sponde pari a 3/2 (b/h), con altezza del piano golenale dal fondo dell'alveo costante e pari a 1,50 metri e larghezza della golena variabile tra 4,325 m (Sezione Tipo 9), 3,320 m (Sezione Tipo 10) e 2,30 metri (Sezione Tipo 11). Al di sopra del piano golenale le sponde risultano elevate di 3,6 metri, con inclinazione (b/h) pari a 3/2, per complessivi 5,1 metri di altezza dal fondo alveo. Le larghezze complessive delle sezioni risultano pari a 35,45 m (Sezione Tipo 9), 37,44 (Sezione Tipo 10) e 46,90 (Sezione Tipo 11) (v.Fig.7).



Fig.7 – Sezione Tipo

Il quinto ed ultimo tratto, di lunghezza pari a 1,5 km (da progr. 54.182 m a progr. 55.692,30 m – sezione di foce) e pendenza media del fondo alveo dell'ordine del 4,0 ‰ (per diecimila), è realizzato di sezione sub-rettangolare, di dimensioni (bxh) pari a 80,0 x 4,0 metri (Sezione Tipo 16).

»

6.1 CAPACITÀ DI SMALTIMENTO DEL CANALE REGI LAGNI NELLO STATO ATTUALE (TAV. 02.00)

La verifica della capacità di smaltimento del canale principale dei Regi Lagni, nelle condizioni di stato attuale, è stata eseguita in moto permanente con l'ausilio del codice di calcolo HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System, U.S. Army Corps of Engineers).

La verifica è stata compiuta adottando la geometria rilevata dal ConsBIV e riportata in allegato al Progetto Definitivo da loro redatto "Interventi Per L'adeguamento Della Funzionalità Idraulica Dell'alveo Dei Regi Lagni E Dei Canali Influenti".

Quasi tutte le 53 sezioni idrauliche riportate nel suddetto progetto definitivo, sono state inserite nel modello, i risultati sono riportati solo per le 17 sezioni corrispondenti a quelle utilizzate nel progetto CORIN.

La capacità di smaltimento è stata effettuata per tentativi, inserendo nel modello una portata e incrementando il valore per ogni singola sezione di un certo delta. Con portata smaltibile si intende quella che garantisce un franco di 50 cm.

Occorre tener conto che essendo stato utilizzato un codice di calcolo in moto permanente (HEC-RAS) che tiene conto dell'effetto di rigurgito della corrente, in alcune sezioni si hanno delle portate di smaltimento che garantiscono un franco maggiore rispetto a 0.5 m, in quanto il raggiungimento della situazione limite sul franco si verifica in una sezione posizionata a monte.

6.1.1 . Condizioni al contorno

Per lo svolgimento della verifica sono stati impiegati i valori di scabrezza e le condizioni al contorno riportati nella tabella seguente. Il valore di scabrezza pari a $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ è giustificato dalla presenza di materiale limoso depositato sul fondo, dalla presenza di vegetazione e di grandi quantitativi di materiale di rifiuto.

La condizione al contorno di valle è stata posta pari a 1.5 m rispetto al fondo . Tale livello tiene conto della marea, dell'altezza d'onda la frangimento e del wind set up.



Figura 19. Canale principale dei Regi Lagni in corrispondenza della confluenza con il Lagno dello Spirito Santo (Sezione RL4). La foto è rappresentativa dello stato di sovralluvionamento e vegetazionale presente (Fonte AdBNO – 2001).

Tabella XI. Condizioni al contorno impiegate nel modello idraulico.

Sezione	Superficie bacino	Scabrezza Strickler	Portata utilizzata per la verifica idraulica senza franco
	[kmq]	[m ^{1/3} /s]	[mc/s]
RL-1	261,60	30	29
RL-2	341,10	30	29
RL-3	356,10	30	39

Sezione	Superficie bacino	Scabrezza Strickler	Portata utilizzata per la verifica idraulica senza franco
	[kmq]	[m ^{1/3} /s]	[mc/s]
RL-4	503,10	30	65
RL-5	535,80	30	72
RL-6	551,00	30	82
RL-7	576,90	30	90
RL-8	702,10	30	105
RL-9	793,80	30	95
RL-10	832,90	30	105
RL-11	853,80	30	140
RL-12	883,20	30	190
RL-13	954,20	30	150
RL-14	1028,60	30	160
RL-15	1034,30	30	160
RL-16	1077,10	30	312
RL-17	1116,60	30	315

I dati disponibili non riportano rilievi dei ponti esistenti sui Regi Lagni. Nella costruzione del modello si è proceduto a inserire i 36 ponti presenti ipotizzando una geometria verosimile.

La geometria è stata dedotta dalla cartografia e dai sopralluoghi. Ci sono 2 tipologie di ponti la prima con impalcato orizzontale senza pile e la seconda con le pile.

Lo spessore dell'impalcato è stato assunto pari a 1 m e la quota di riferimento dell'intradosso è stata assunta un metro inferiore della quota delle sommità della sponda rilevata. Le pile sono state ipotizzate di larghezza pari a 2 m e interasse di 12 m.

Di seguito si riportano le tabelle delle grandezze geometriche e idrauliche delle 17 sezioni della simulazione dello stato attuale per le portate smaltibili senza franco.

Tabella XII. Grandezze geometriche.

Sezione PAI	Portata in moto permanente	Distanza progressiva	Quota fondo	Quota sponda SX	Quota sponda DX
	(m ³ /s)	(m)	(m sm)	(m sm)	(msm)
RL-1	29	0	24,36	26,7	26,74
RL-2	29	1934	23,12	26,05	26,12
RL-3	39	4694	21,59	26,19	26,57
RL-4	65	10923	20,37	23,82	23,81
RL-5	72	12318	18,53	22,43	23,13
RL-6	82	14583	17,96	22,13	22,88
RL-7	90	19008	15,88	20,09	22
RL-8	105	23315	12,79	16,41	16,35
RL-9	95	26407	10,59	15	15,1
RL-10	105	29241	8,97	13,18	13,22
RL-11	140	32084	7,24	11,95	12,02
RL-12	190	33212	6,82	11,4	11,4
RL-13	150	37796	4,93	10,98	10,76
RL-14	160	44352	2,38	5,65	5,72
RL-15	160	47094	1,7	5,18	5,02
RL-16	312	51746	0,97	4,22	4,27
RL-17	315	53119	0,83	4,08	4,13

Tabella XIII. Canali Regi Lagni grandezze idrauliche.

Sezione PAI	Portata in moto permanente	Fondo alveo	tirante	altezza critica	energia	Velocità media	Area bagnata	Franco SX	Franco DX
	(m ³ /s)	(msm)	(msm)	(msm)	(msm)	(m/s)	(m ²)	(m)	(m)
RL-1	29	24,36	26,4	25,13	26,44	0,82	35,37	0,3	0,21
RL-2	29	23,12	25,52	24,53	25,55	0,8	36,46	0,53	0,6
RL-3	39	21,59	25,32	22,83	25,33	0,5	78,25	0,87	1,25
RL-4	65	20,37	23,8	21,97	23,84	0,88	73,49	0,02	0,01
RL-5	72	18,53	22,31	20,47	22,35	0,9	79,86	0,12	0,82
RL-6	82	17,96	21,91	19,41	21,94	0,83	99,7	0,22	0,97
RL-7	90	15,88	20,12	17,8	20,17	0,95	95,29	-0,03	1,88
RL-8	105	12,79	15,63	14,08	15,72	1,37	76,72	0,78	0,72
RL-9	95	10,59	14,84	12,04	14,87	0,78	122,1	0,16	0,26
RL-10	105	8,97	12,25	10,46	12,33	1,19	88,52	0,93	0,97
RL-11	140	7,24	11,68	9,15	11,75	1,16	120,87	0,27	0,34
RL-12	190	6,82	10,61	8,57	10,72	1,44	131,79	0,79	0,79
RL-13	150	4,93	8,25	6,24	8,31	1,09	137,67	2,73	2,51
RL-14	160	2,38	5,62	3,61	5,65	0,79	202,42	0,03	0,1
RL-15	160	1,7	5	2,76	5,03	0,69	231,17	0,18	0,02
RL-16	312	0,97	4,24	2,6	4,37	1,59	196,36	-0,02	0,03
RL-17	315	0,83	2,89	2,47	3,28	2,77	113,62	1,19	1,24

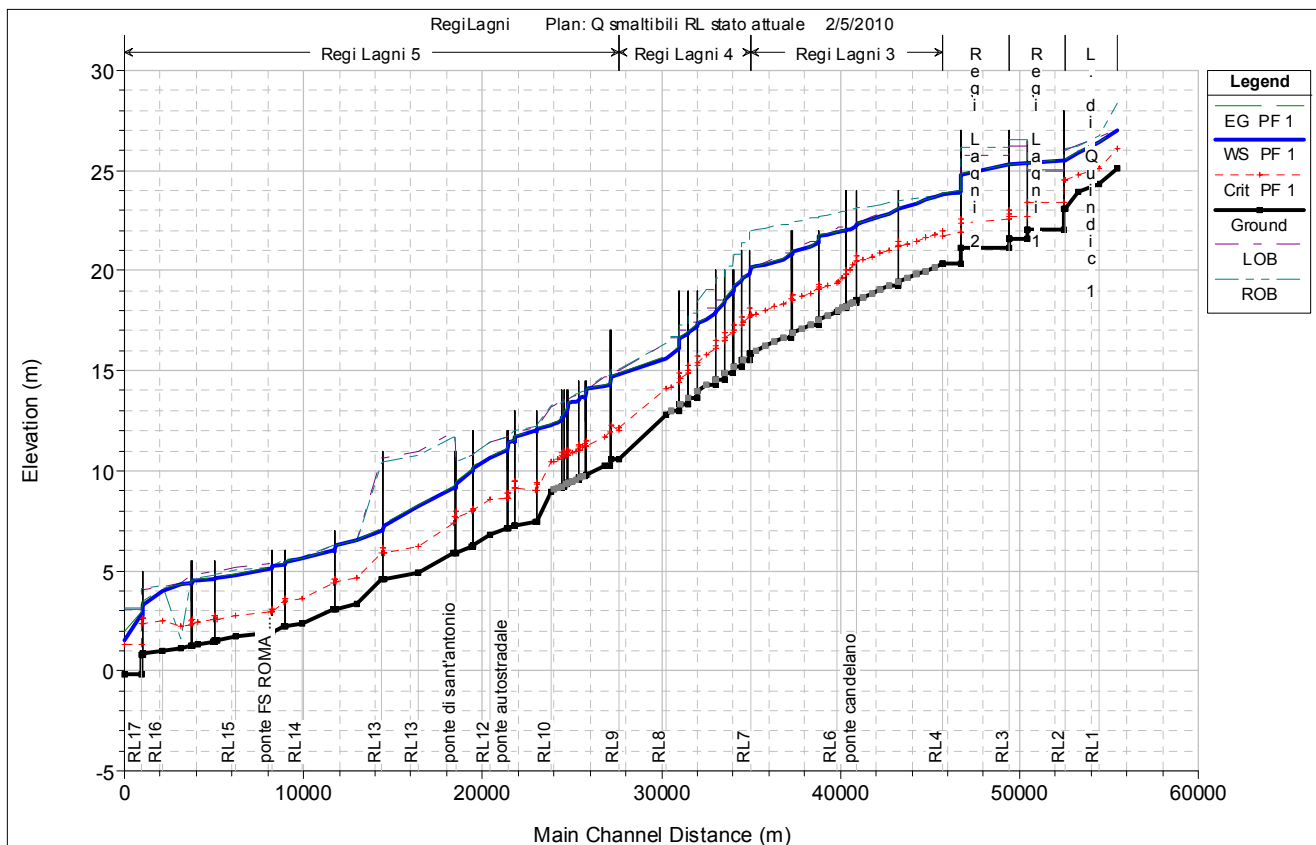
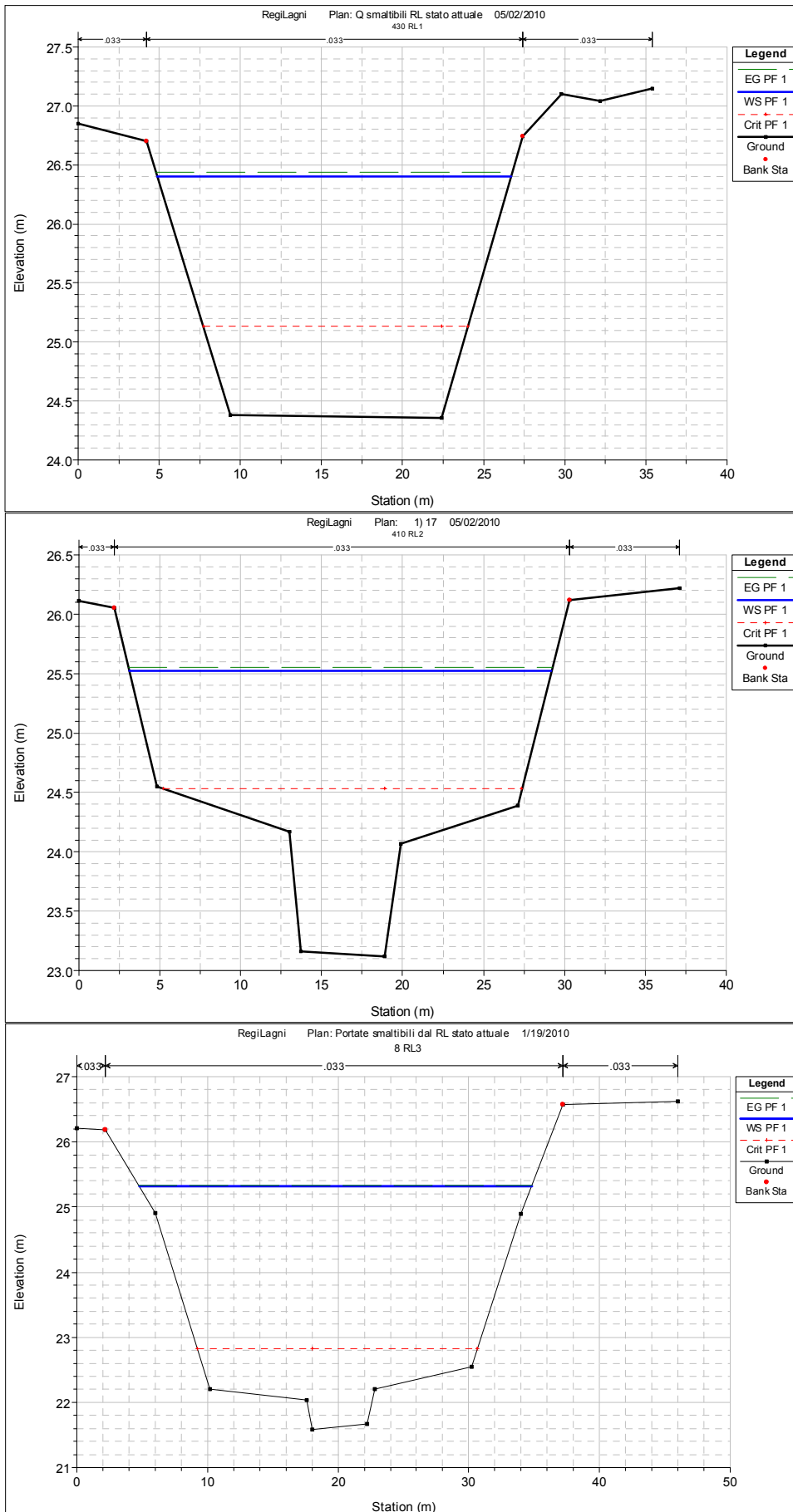
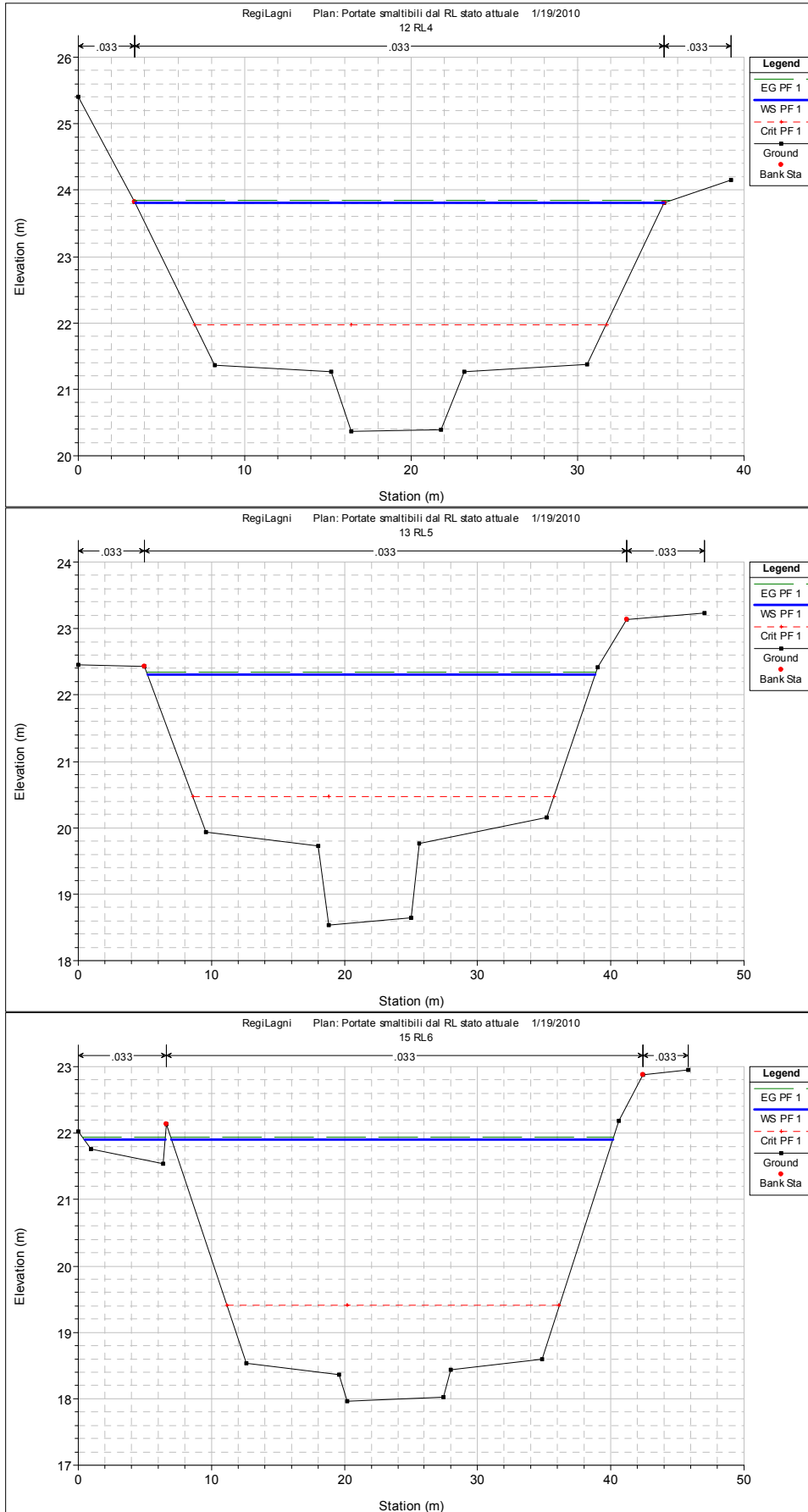
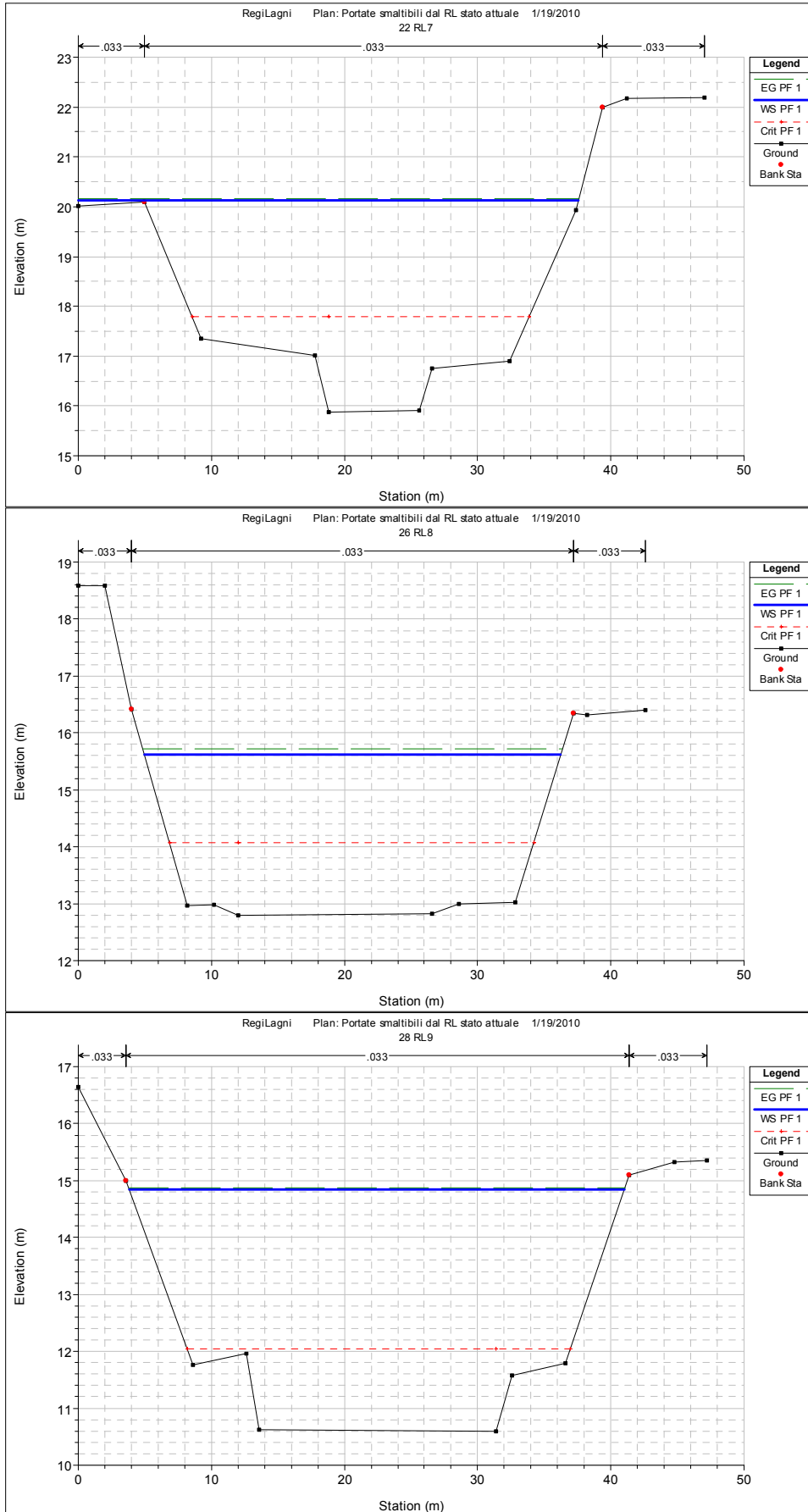


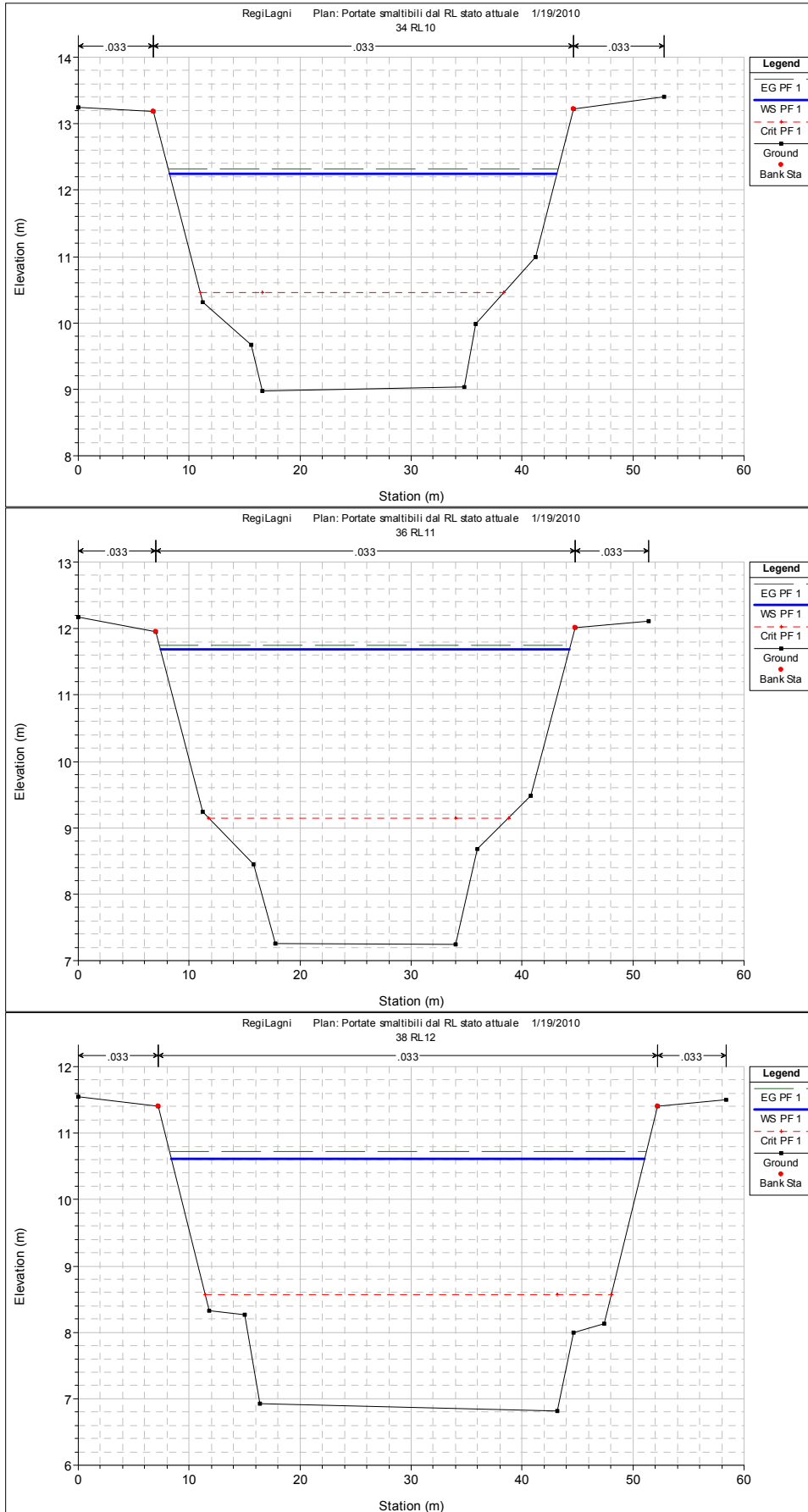
Figura 20. Profilo di moto permanente del canale dei Regi Lagni con le portate smaltibili in condizioni attuali.

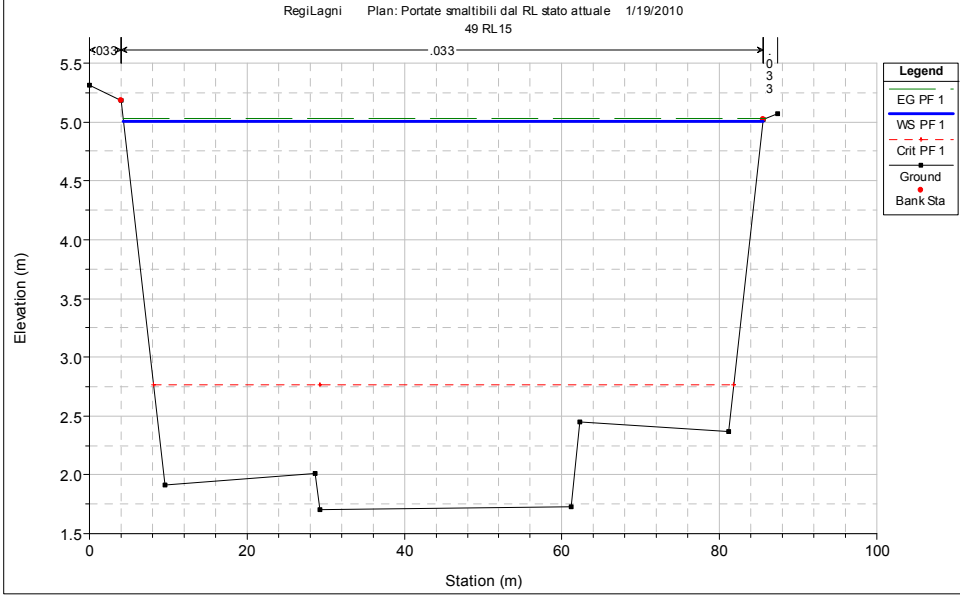
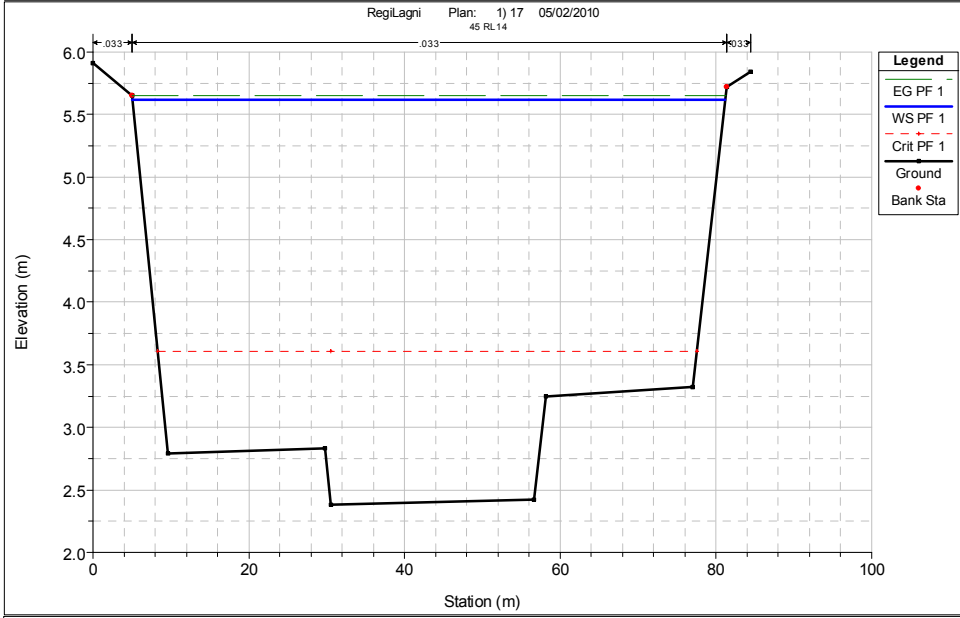
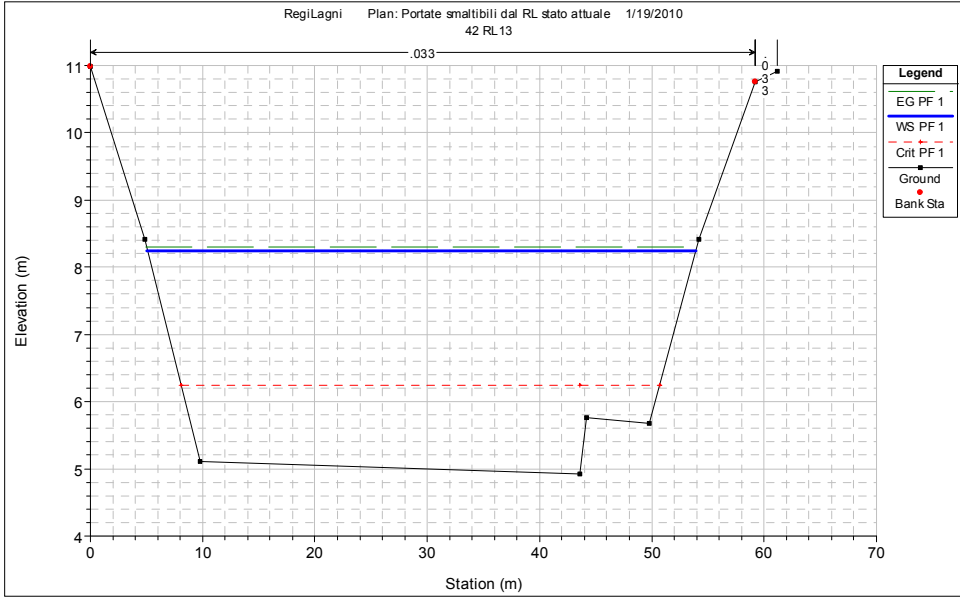
Il profilo evidenzia una corrente lenta a volte rigurgitata dalla presenza delle pile del ponte. Di seguito si riportano le sezioni impiegate nel modello idraulico, con le grandezze calcolate dal modello (tirante in blu altezza critica in rosso energia in verde).











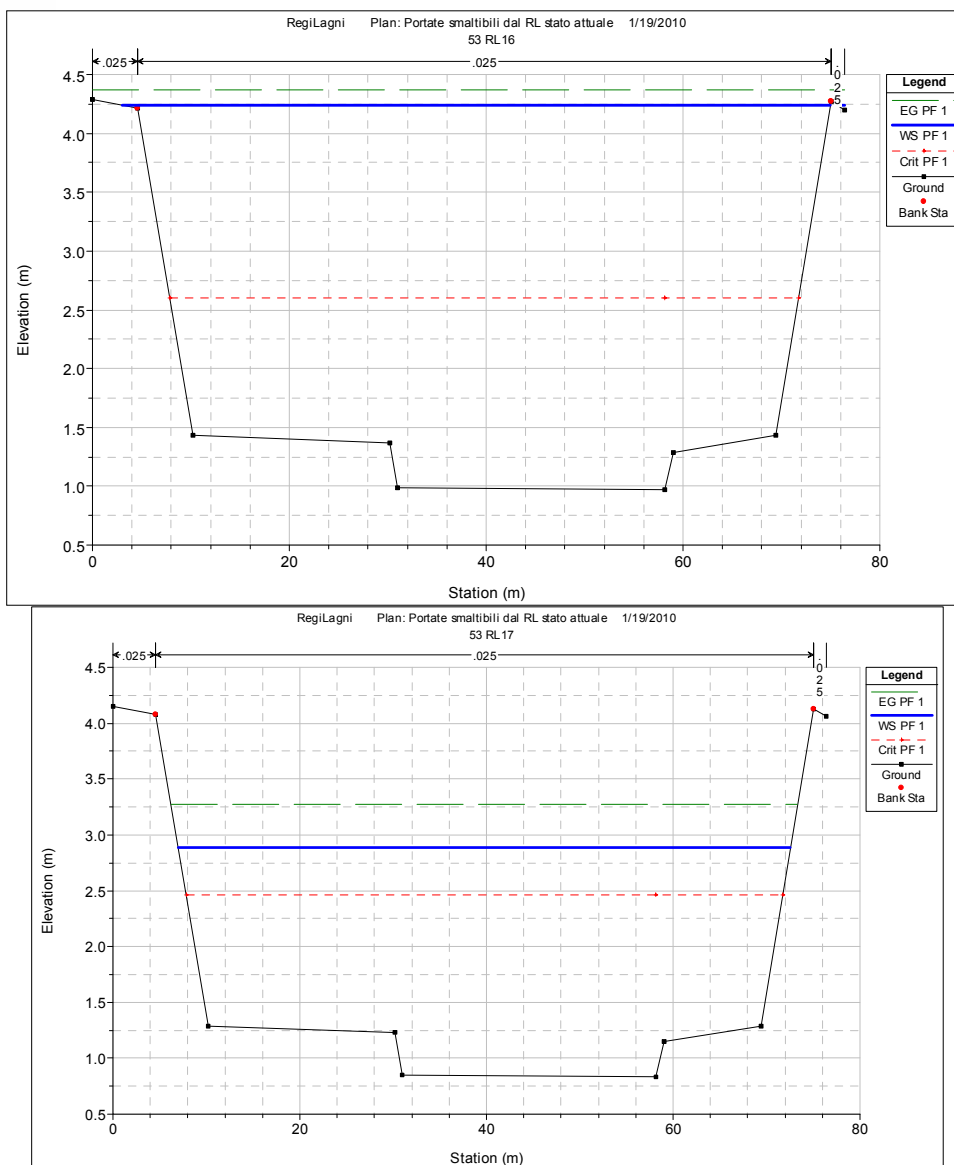


Figura 21. Stato attuale: sezioni con tirante per la portata smaltibile.

I valori di portata smaltibili dalle varie sezioni del canale principale dei Regi Lagni, ottenuti dal modello idraulico, sono riportati nella tabella seguente (ultima colonna a destra).

Tabella XIV. Tabella con le portate smaltibili dal canale principale dei Regi Lagni in condizioni attuali.

Sezione	S	Q smaltibile stato attuale
	[kmq]	[mc/s]
RL-1	261,60	29
RL-2	341,10	29
RL-3	356,10	39
RL-4	503,10	65
RL-5	535,80	72
RL-6	551,00	82
RL-7	576,90	90
RL-8	702,10	105
RL-9	793,80	95
RL-10	832,90	105

Sezione	S	Q smaltibile stato attuale
	[kmq]	[mc/s]
RL-11	853,80	140
RL-12	883,20	190
RL-13	954,20	150
RL-14	1028,60	160
RL-15	1034,30	160
RL-16	1077,10	312
RL-17	1116,60	315

6.2 CAPACITÀ DI SMALTIMENTO NELLO STATO DI PROGETTO CORIN

La verifica della capacità di smaltimento del canale principale dei Regi Lagni, nelle condizioni di progetto (progetto CORIN), è stata eseguita anche in questo caso in moto permanente con l'ausilio del codice di calcolo HEC-RAS (*Vedi anche capitolo precedente*).

La geometria adottata è stata ottenuta dal Progetto Definitivo redatto dal ConsBIV (*Vedi anche capitolo precedente*) e riportata in forma schematica nel capitolo precedente.

La capacità di smaltimento è stata calcolata come per lo stato di fatto.

6.2.1 Condizioni al contorno

Per lo svolgimento della verifica sono stati impiegati i valori di scabrezza e le condizioni al contorno riportati nella tabella seguente. Il valore di scabrezza è stato valutato pari a $55 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, valore coerente con sezioni pulite e rivestite in cemento.

La condizione al contorno di valle è stata posta pari a 1.5 m rispetto al fondo. Tale livello tiene conto della marea, dell'altezza d'onda la frangimento e del wind set up

Tabella XV. Condizioni al contorno impiegate nel modello idraulico.

Sezione	Superficie	Scabrezza Strickler	Portata utilizzata per la verifica idraulica nel modello senza i ponti	Portata utilizzata per la verifica idraulica nel modello con i ponti
	[km ²]	[m ^{1/3} /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
RL-1	261,60	55	109	109
RL-2	341,10	55	139	139
RL-3	356,10	55	139	139
RL-4	503,10	55	139	139
RL-5	535,80	55	156	150
RL-6	551,00	55	156	156
RL-7	576,90	55	246	200
RL-8	702,10	55	266	200
RL-9	793,80	55	290	200
RL-10	832,90	55	300	230
RL-11	853,80	55	350	280
RL-12	883,20	55	375	330
RL-13	954,20	55	380	330
RL-14	1028,60	55	390	350
RL-15	1034,30	55	410	380
RL-16	1077,10	55	455	455
RL-17	1116,60	55	460	460

Le simulazioni sono state effettuate sia in presenza degli attraversamenti (36 ponti modellati come nello stato di fatto) sia in assenza degli stessi. Le portate smaltibili assicurano un franco di 0.5 m. Di seguito si riportano le tabelle delle grandezze geometriche e idrauliche delle 17 sezioni della simulazione dello stato di progetto per le portate smaltibili con franco di 0.5 m.

Tabella XVI. Grandezze geometriche del modello in stato di progetto senza i ponti.

Sezione PAI	Portata in moto permanente	Distanza progressiva	Quota fondo	Quota sponda SX	Quota sponda DX
	(m^3/s)	(m)	($m sm$)	(msm)	(msm)
RL-1	109	0	21,61	26,71	26,71
RL-2	139	1934	21,03	26,13	26,13
RL-3	139	4694	19,88	24,98	24,98
RL-4	139	10923	18,94	24,04	24,04
RL-5	156	12318	17,62	22,72	22,72
RL-6	156	14583	17,31	22,41	22,41
RL-7	246	19008	15,27	20,37	20,37
RL-8	266	23315	11,49	16,61	16,54
RL-9	290	26407	10,29	15,39	15,39
RL-10	300	29241	8,4	13,5	13,5
RL-11	350	32084	7	12,1	12,1
RL-12	375	33212	6,51	11,61	11,61
RL-13	380	37796	4,27	8,32	8,32
RL-14	390	44352	1,75	6,05	6,05
RL-15	410	47094	1,17	5,47	5,47
RL-16	455	51746	0,53	4,83	4,83
RL-17	460	53119	-0,47	3,83	3,83

Tabella XVII. Grandezze idrauliche modello in stato di progetto senza i ponti.

Sezione PAI	Portata in moto permanente	Fondo alveo	tirante	altezza critica	energia	Velocità media	Area bagnata	Franco SX	Franco DX
	(m^3/s)	(msm)	(msm)	(msm)	(msm)	(m/s)	(m^2)	(m)	(m)
RL-1	109	21,61	26,08	24,55	26,28	1,95	55,77	0,63	0,63
RL-2	139	21,03	25,07	24	25,35	2,33	59,73	1,06	1,06
RL-3	139	19,88	24,28	22,84	24,49	2,02	68,66	0,7	0,7
RL-4	139	18,94	23,28	21,56	23,41	1,59	87,19	0,76	0,76
RL-5	156	17,62	21,89	20,36	22,06	1,83	85,04	0,83	0,83
RL-6	156	17,31	21,52	20,05	21,7	1,88	83,14	0,89	0,89
RL-7	246	15,27	19,19	18,61	19,79	3,41	72,08	1,18	1,18
RL-8	266	11,49	15,89	14,33	16,22	2,55	104,42	0,72	0,65
RL-9	290	10,29	14,64	13,09	14,96	2,53	114,56	0,75	0,75
RL-10	300	8,4	12,68	11,26	13,04	2,67	112,23	0,82	0,82
RL-11	350	7	11,36	10,1	11,83	3,05	114,92	0,74	0,74
RL-12	375	6,51	10,62	9,14	10,98	2,68	139,96	0,99	0,99
RL-13	380	4,27	6,94	6,5	7,6	3,61	105,22	1,38	1,38
RL-14	390	1,75	5,48	3,53	5,62	1,62	240,71	0,57	0,57
RL-15	410	1,17	4,87	2,92	5	1,57	261,06	0,6	0,6
RL-16	455	0,53	3,84	2,39	4,04	1,98	229,43	0,99	0,99
RL-17	460	-0,47	1,5	1,39	2,19	3,67	125,4	2,33	2,33

Tabella XVIII. Grandezze geometriche con la portata smaltibile nello stato di progetto in presenza degli attraversamenti.

Sezione PAI	Portata in moto permanente (<i>m³/s</i>)	Distanza progressiva (<i>m</i>)	Quota fondo (<i>m</i>)	Quota sponda SX (<i>m</i>)	Quota sponda DX (<i>m</i>)
RL-1	109	0	21,61	26,71	26,71
RL-2	137	1934	21,03	26,13	26,13
RL-3	137	4694	19,88	24,98	24,98
RL-4	137	10923	18,94	24,04	24,04
RL-5	150	12318	17,62	22,72	22,72
RL-6	156	14583	17,31	22,41	22,41
RL-7	200	19008	15,27	20,37	20,37
RL-8	200	23315	11,49	16,61	16,54
RL-9	200	26407	10,29	15,39	15,39
RL-10	230	29241	8,4	13,5	13,5
RL-11	280	32084	7	12,1	12,1
RL-12	330	33212	6,51	11,61	11,61
RL-13	330	37796	4,27	8,32	8,32
RL-14	350	44352	1,75	6,05	6,05
RL-15	380	47094	1,17	5,47	5,47
RL-16	455	51746	0,53	4,83	4,83
RL-17	460	53119	-0,47	3,83	3,83

Tabella XIX. Grandezze idrauliche con la portata smaltibile nello stato di progetto in presenza degli attraversamenti.

Sezione PAI	Portata in moto permanente (<i>m³/s</i>)	Fondo alveo (<i>msm</i>)	tirante (<i>msm</i>)	altezza critica (<i>msm</i>)	energia (<i>msm</i>)	Velocità media (<i>m/s</i>)	Area bagnata (<i>m²</i>)	Franco SX (<i>m</i>)	Franco DX (<i>m</i>)
RL-1	109	21,61	26,15	24,55	26,33	1,91	57,11	0,56	0,56
RL-2	137	21,03	25,33	23,98	25,55	2,07	66,08	0,8	0,8
RL-3	137	19,88	24,52	22,83	24,69	1,82	75,12	0,46	0,46
RL-4	137	18,94	23,28	21,55	23,41	1,57	87,41	0,75	0,75
RL-5	150	17,62	22,24	20,32	22,36	1,56	96,14	0,48	0,48
RL-6	156	17,31	21,57	20,05	21,75	1,84	84,82	0,84	0,84
RL-7	200	15,27	19,65	18,33	19,93	2,33	85,96	0,72	0,72
RL-8	200	11,49	15,6	13,94	15,82	2,1	95,25	1,01	0,94
RL-9	200	10,29	14,97	12,59	15,1	1,58	126,68	0,42	0,42
RL-10	230	8,4	12,51	10,88	12,75	2,16	106,48	0,99	0,99
RL-11	280	7	11,71	9,75	11,95	2,2	127,46	0,39	0,39
RL-12	330	6,51	10,44	8,94	10,76	2,49	132,71	1,17	1,17
RL-13	330	4,27	7,47	6,3	7,8	2,55	129,63	0,85	0,85
RL-14	350	1,75	5,58	3,42	5,69	1,41	248,11	0,47	0,47
RL-15	380	1,17	5,02	2,84	5,12	1,39	272,71	0,45	0,45
RL-16	455	0,53	4,22	2,38	4,38	1,75	260,05	0,61	0,61
RL-17	460	-0,47	1,5	1,39	2,19	3,67	125,4	2,33	2,33

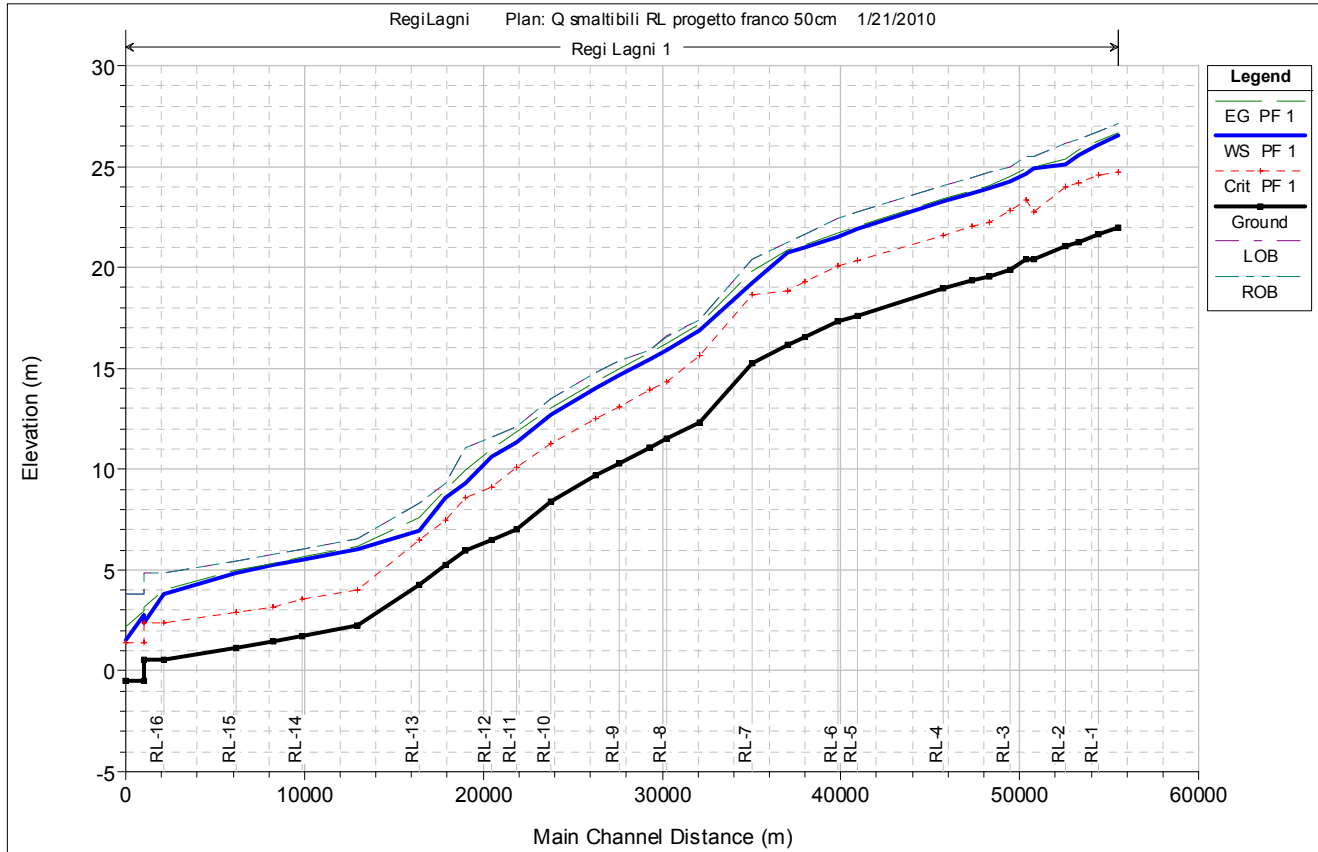


Figura 22. Profilo del canale principale dei Regi Lagni con le portate smaltibili e geometria di progetto (senza ponti)

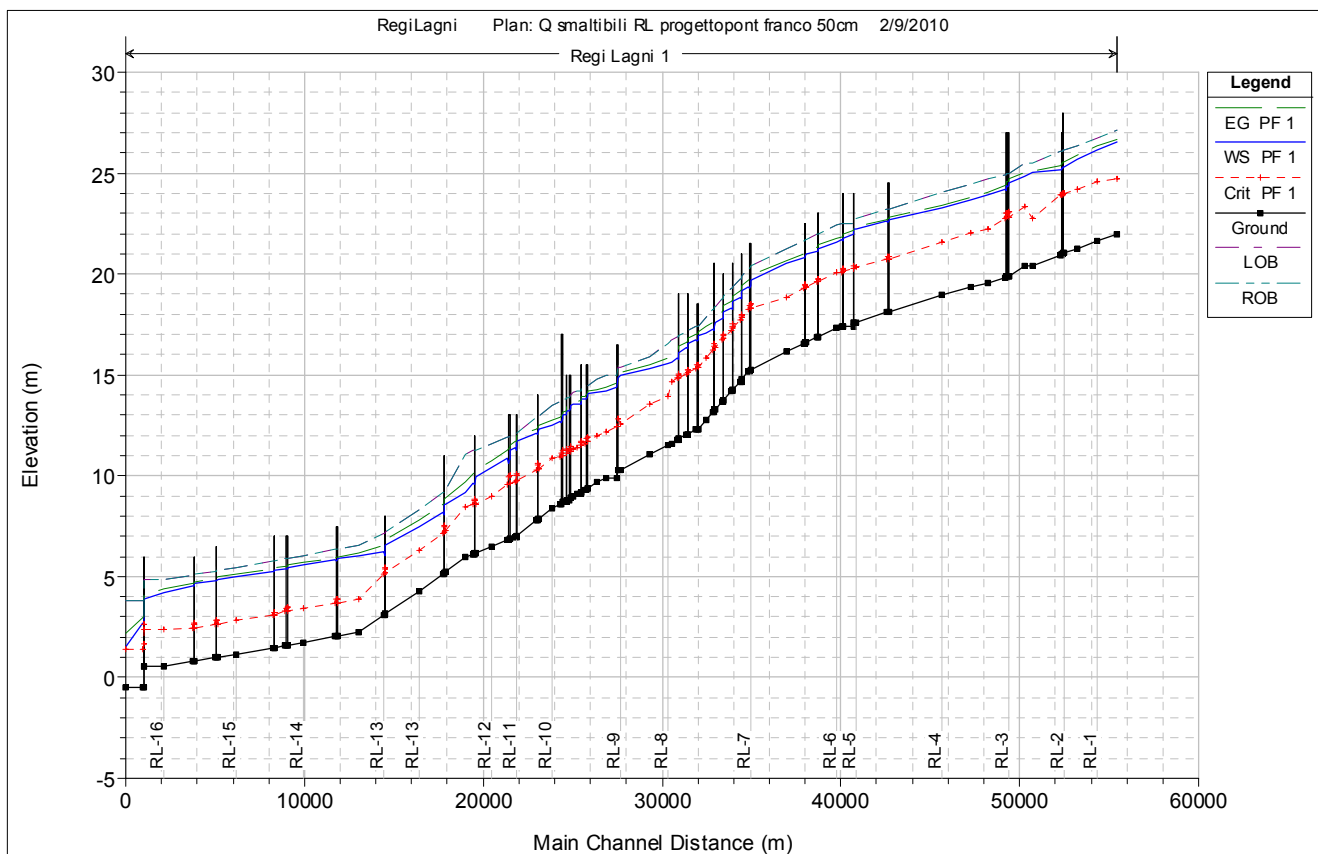
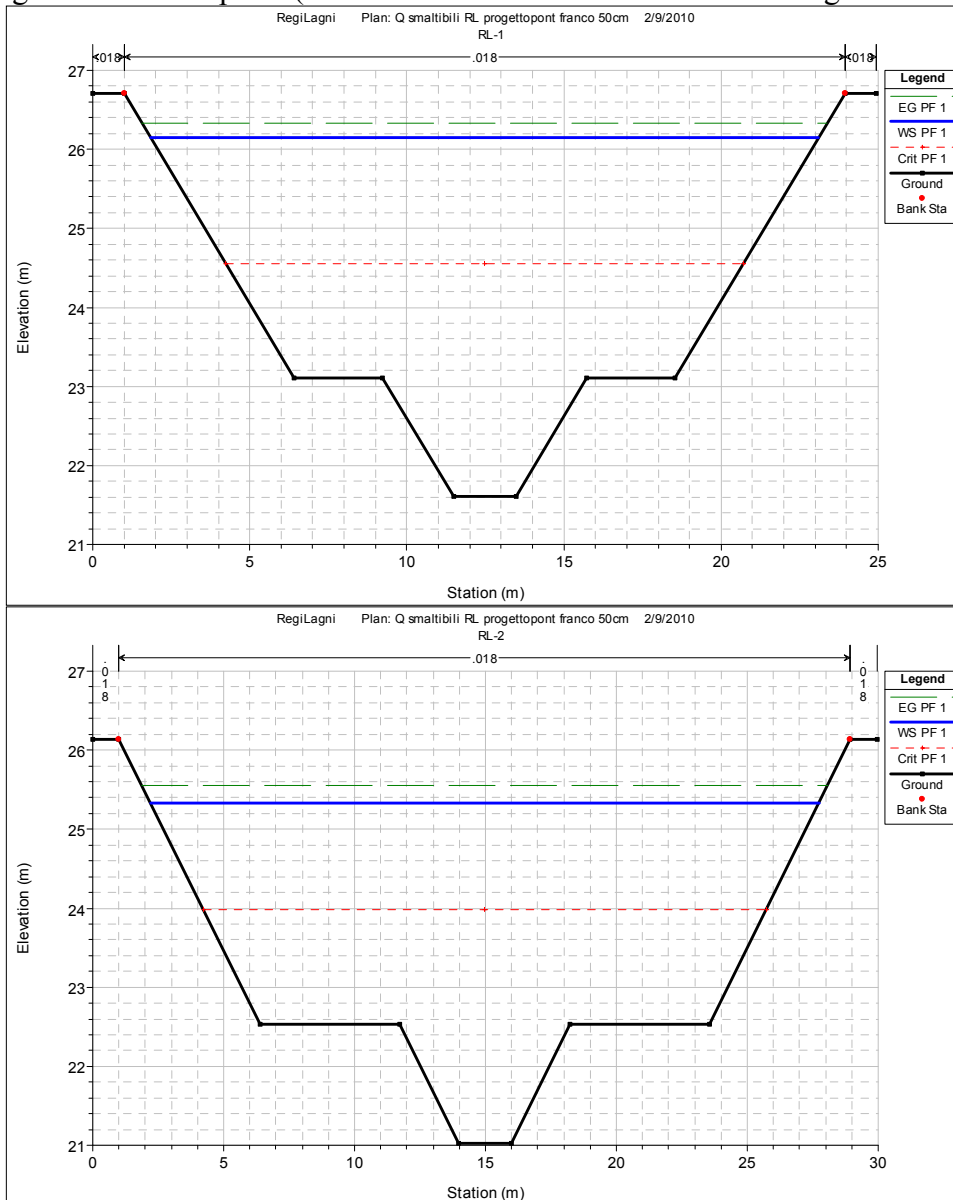


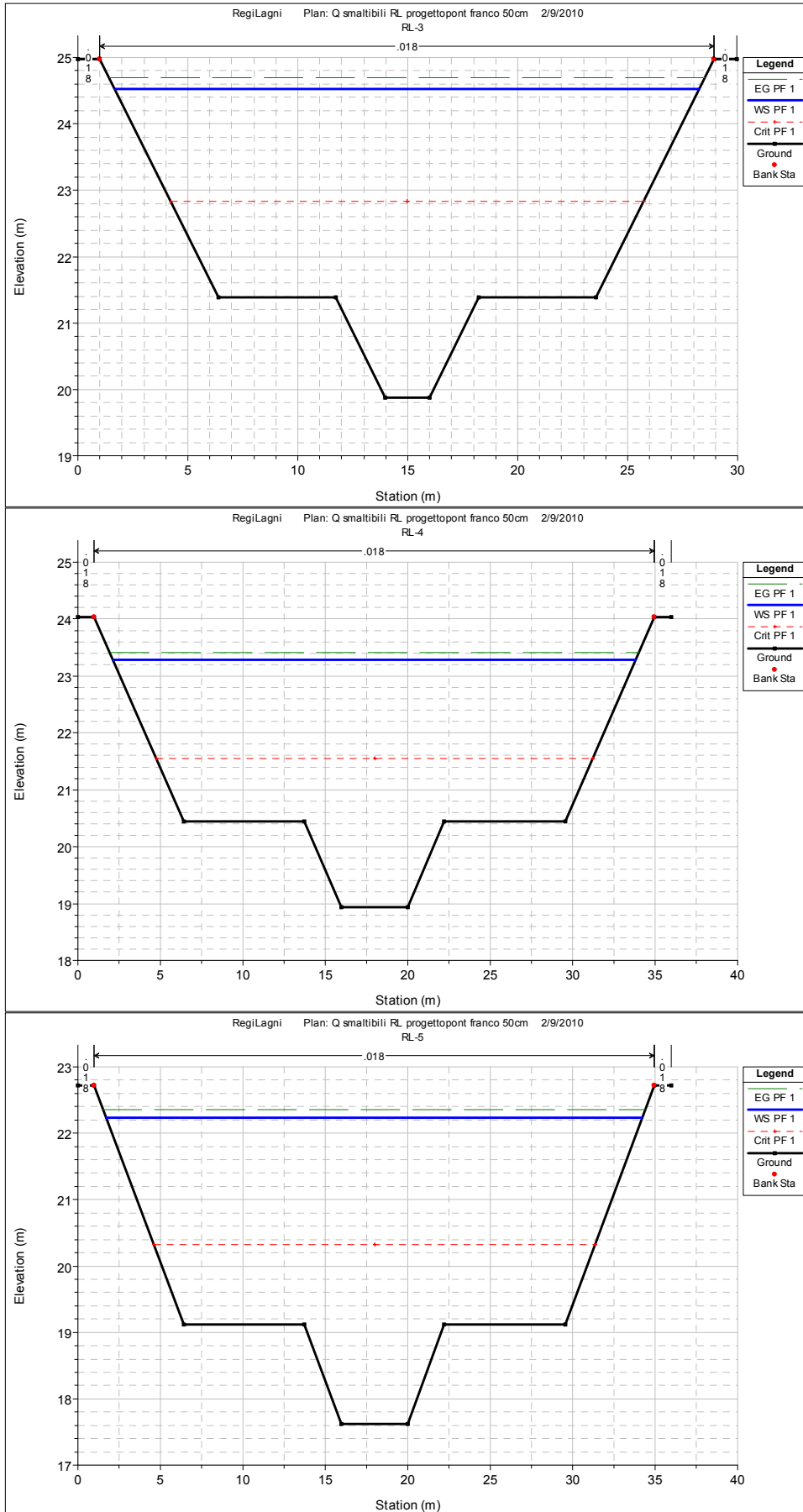
Figura 23. Profilo del canale principale dei Regi Lagni con le portate smaltibili e geometria di progetto

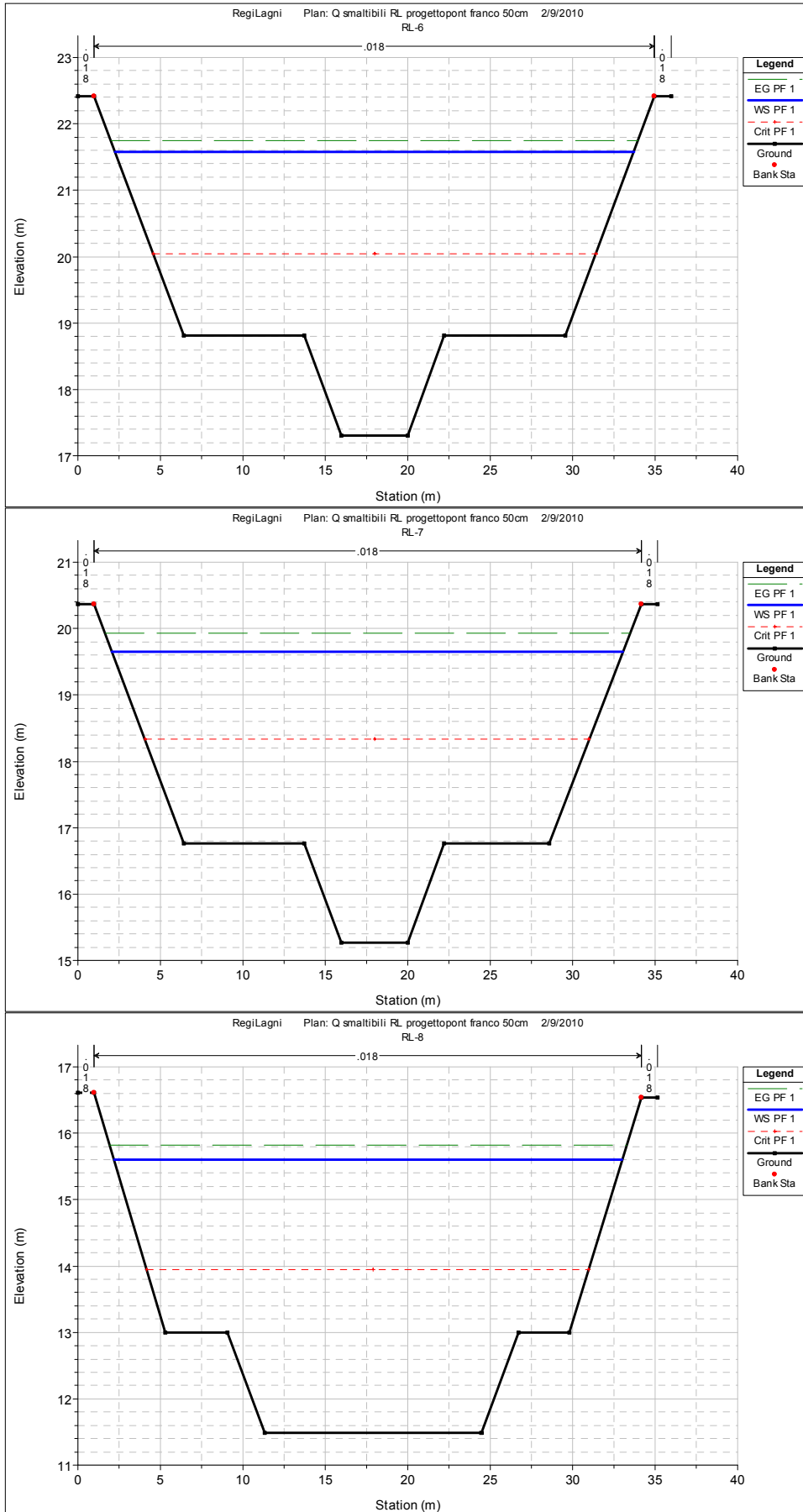
(con ponti)

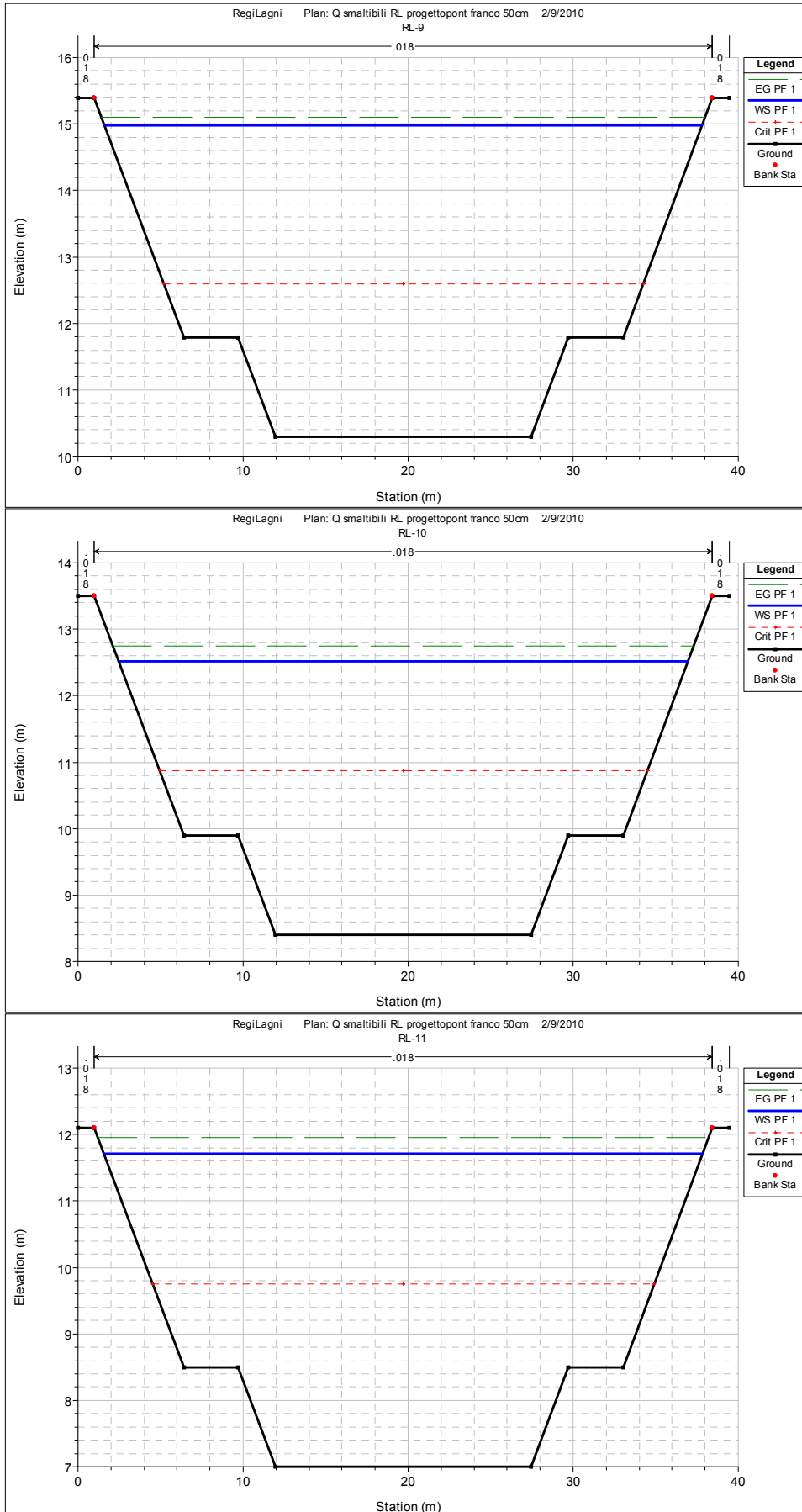
Le simulazioni con la geometria con gli attraversamenti evidenziano come le maggiori criticità dei ponti si hanno in corrispondenza dei tratti tra la sezione RL 8 e RL 10 e dei tratti tra la sezione RL-13 e RL 15. In questo ultimo tratto dove la sezione è molto larga i ponti presentano pile in alveo che influenzano il regime della corrente e la sezione dei Regi Lagni presenta un'altezza della sponda di 4 m rispetto ai 5 m delle sezioni a valle e a monte; questo riduce notevolmente la capacità di smaltimento.

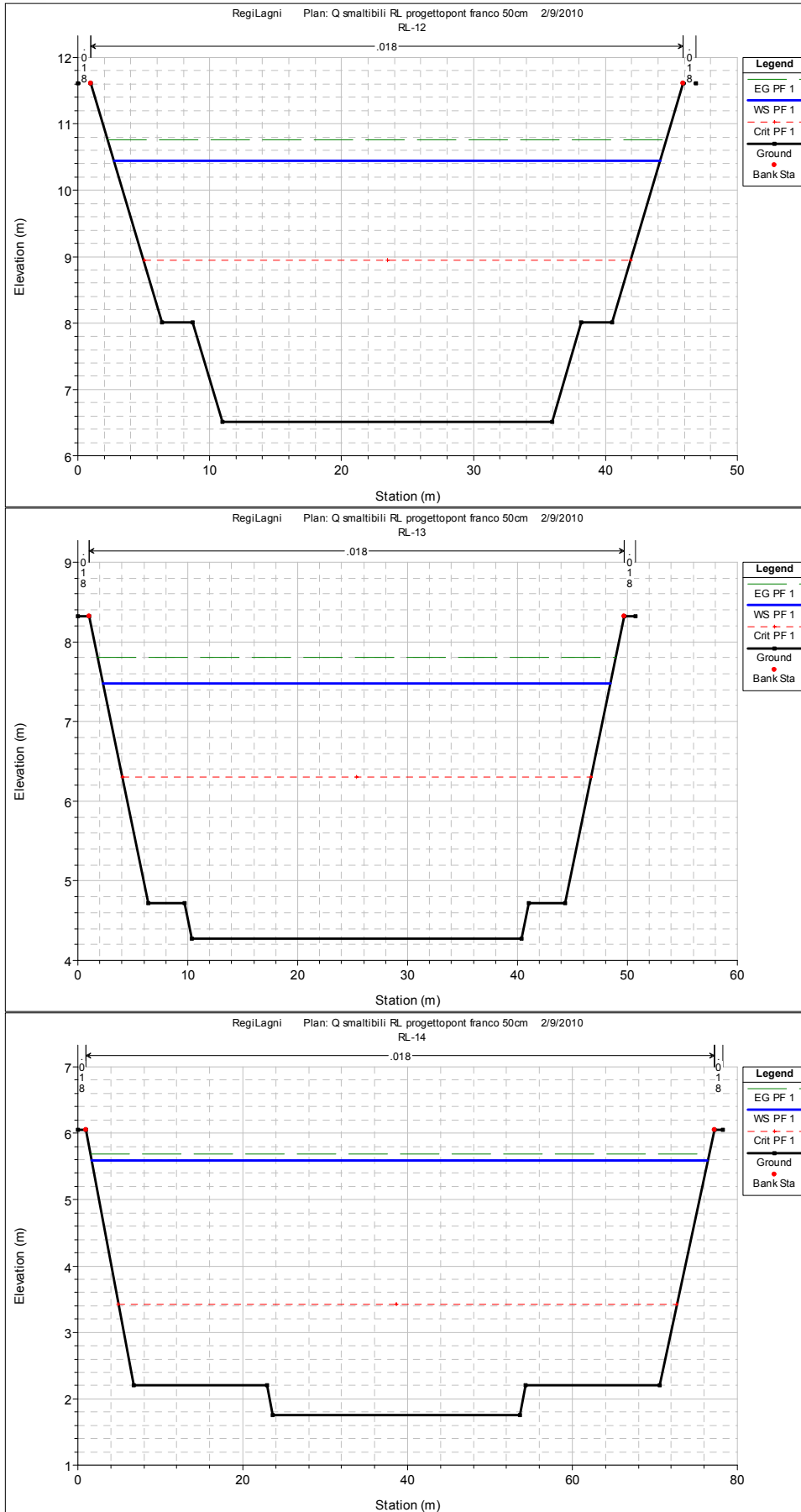
Di seguito si riportano le sezioni impiegate nel modello idraulico, con le grandezze calcolate dal modello nella geometria con i ponti (tirante in blu altezza critica in rosso energia in verde).











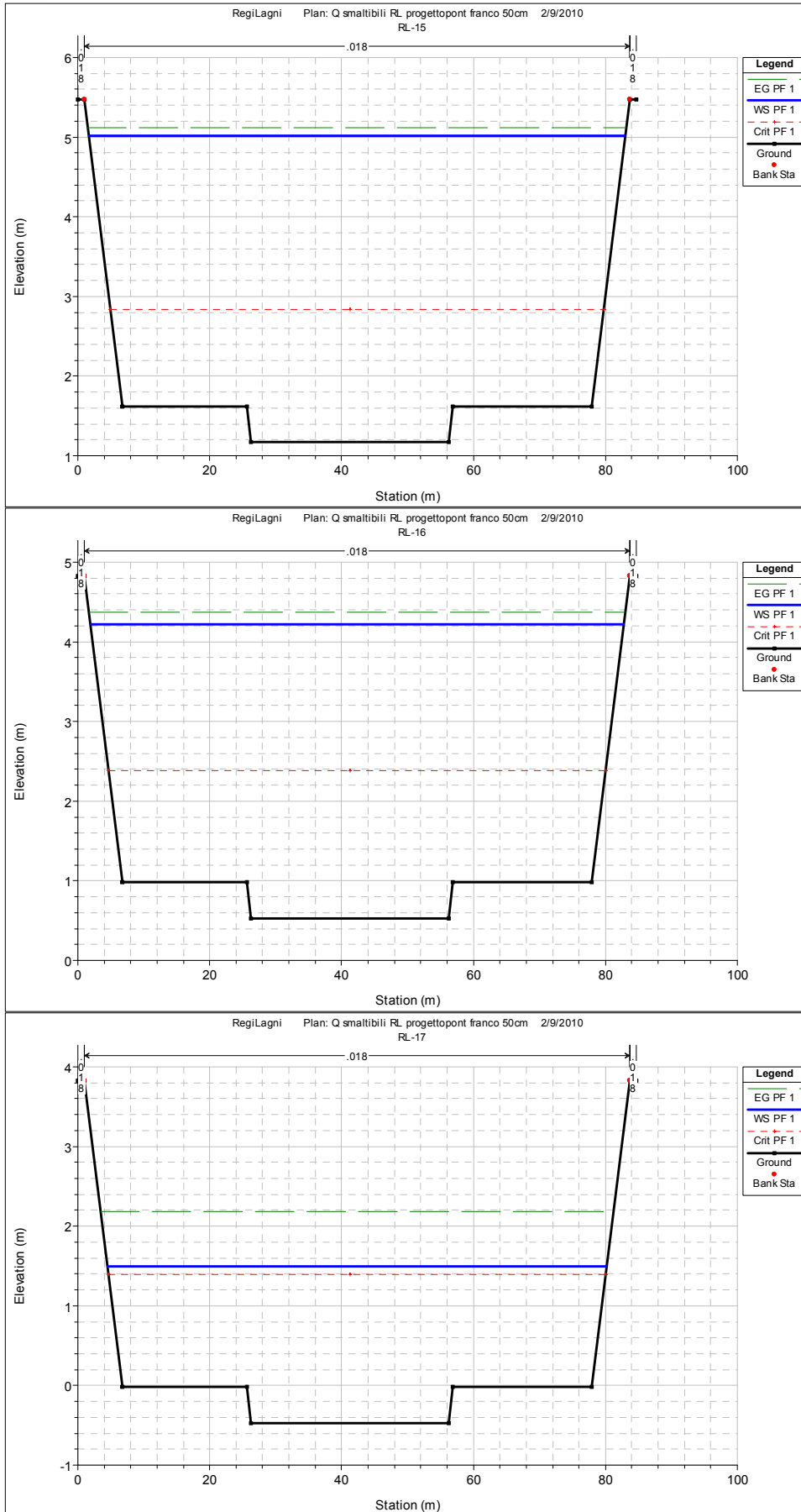


Figura 24. Stato di progetto con i ponti: sezioni con tirante per la portata smaltibile

I valori di portata smaltibili dalle varie sezioni del canale principale dei Regi Lagni, ottenuti come risultato dal modello idraulico con e senza ponti, sono riportati nella tabella riepilogativa seguente. I valori di portata ottenuti nella geometria senza i ponti sono confrontabili con quelli calcolati in moto uniforme dal progetto CORIN fino alla sezione RL -7 mentre risultano un po' inferiori per la parte di valle.

Le portate smaltibili con l'inserimento dei ponti risultano inferiori per un 10-30 % rispetto alle simulazioni senza ponti, tali differenze sono localizzate nella non adeguatezza dei manufatti posti tra la sezione RL -7 e la RL-14

Tabella XX. Tabella di confronto tra portate idrologiche calcolate dal CORIN (utilizzate nel PAI) e le portate smaltibili nelle condizioni di progetto.

Sezione	Superficie	Qcorin,50	Q smaltibili dal Regi Lagni (senza ponti)	Q smaltibili dal Regi Lagni (con ponti)
	[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
RL-1	261,60	94,70	109	109
RL-2	341,10	133,00	139	139
RL-3	356,10	147,30	139	139
RL-4	503,10	147,20	139	139
RL-5	535,80	159,50	156	150
RL-6	551,00	165,00	156	156
RL-7	576,90	170,50	246	200
RL-8	702,10	311,80	266	200
RL-9	793,80	387,20	290	200
RL-10	832,90	406,30	300	230
RL-11	853,80	424,30	350	280
RL-12	883,20	424,30	375	330
RL-13	954,20	489,80	380	330
RL-14	1028,60	536,40	390	350
RL-15	1034,30	546,90	410	380
RL-16	1077,10	568,50	455	455
RL-17	1116,60	568,50	460	460

La tabella mostra dei valori maggiori rispetto allo stato attuale, giustificato dal fatto di avere delle sezioni idrauliche di area maggiore, per l'asportazione del materiale depositato e scabrezza minore.

La differenza di portata tra un tronco e il successivo dei lagni principali è il valore di portata scaricabile dagli affluenti nel canale dei Regi Lagni nel rispetto delle condizioni di progetto dello stesso canale sia in termini di portate e sia rispetto al tirante idrico.

I valori di portata smaltibile dai vari affluenti sono coerenti con i valori di portata ammissibile riportati nel PAI.

6.3 PERICOLOSITÀ DI ESONDAZIONE DEL CANALE REGI LAGNI (TAV. 02.00)

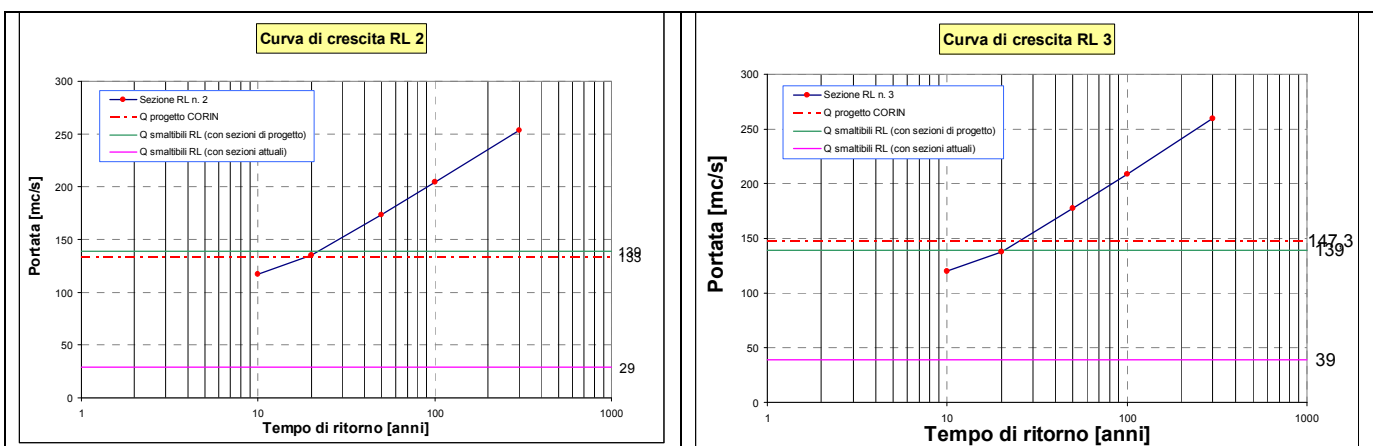
I risultati ottenuti dai modelli idraulici, riportati nei capitoli precedenti, sono stati messi a confronto con le portate idrologiche dello studio ENEA e quelle del progetto CORIN.

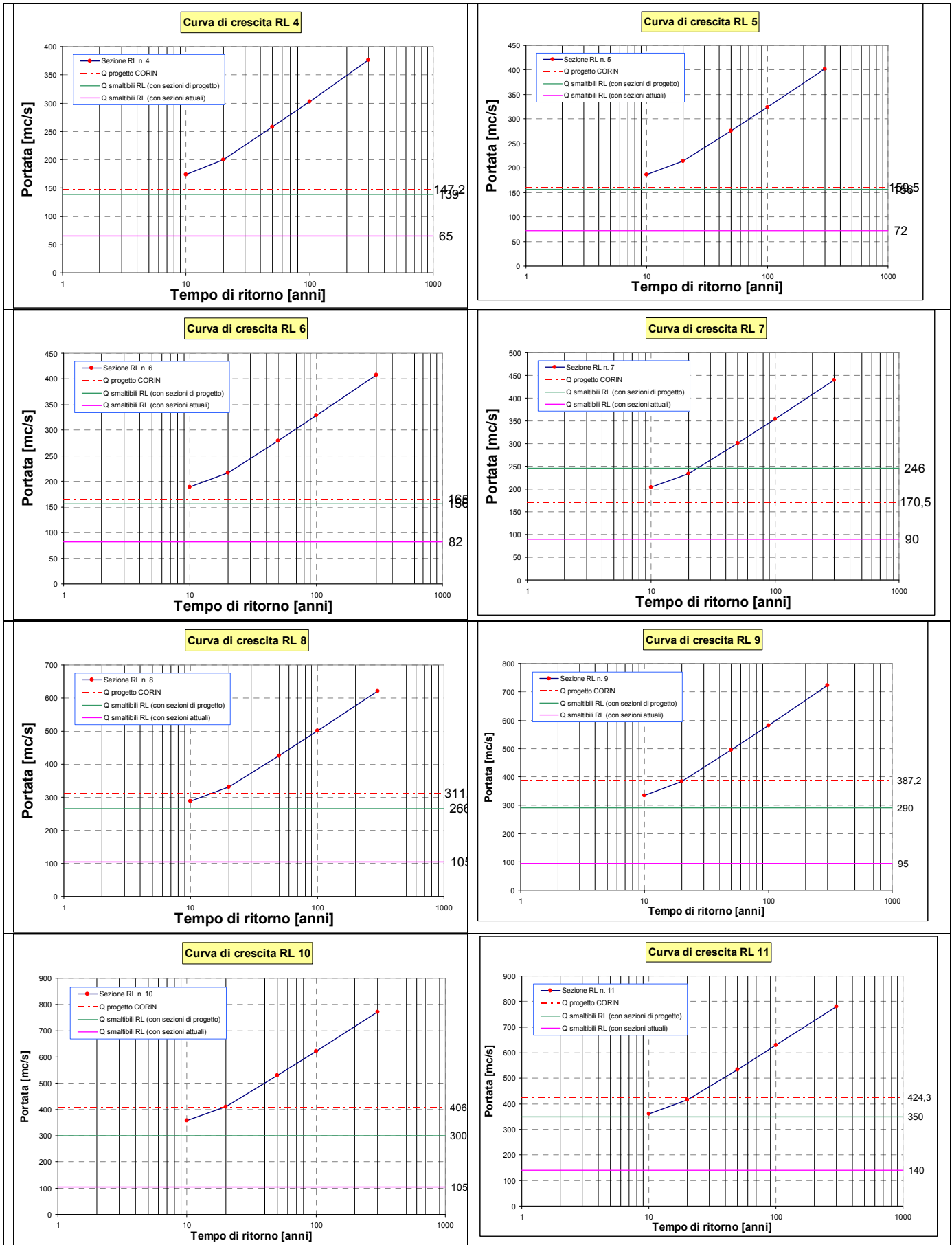
Tabella XXI. Tabella riepilogativa delle portate idrologiche calcolate dal CORIN (utilizzate nel PAI) e quelle calcolate nello studio ENEA. Portate smaltibili con geometria attuale e geometria di progetto (senza ponti).

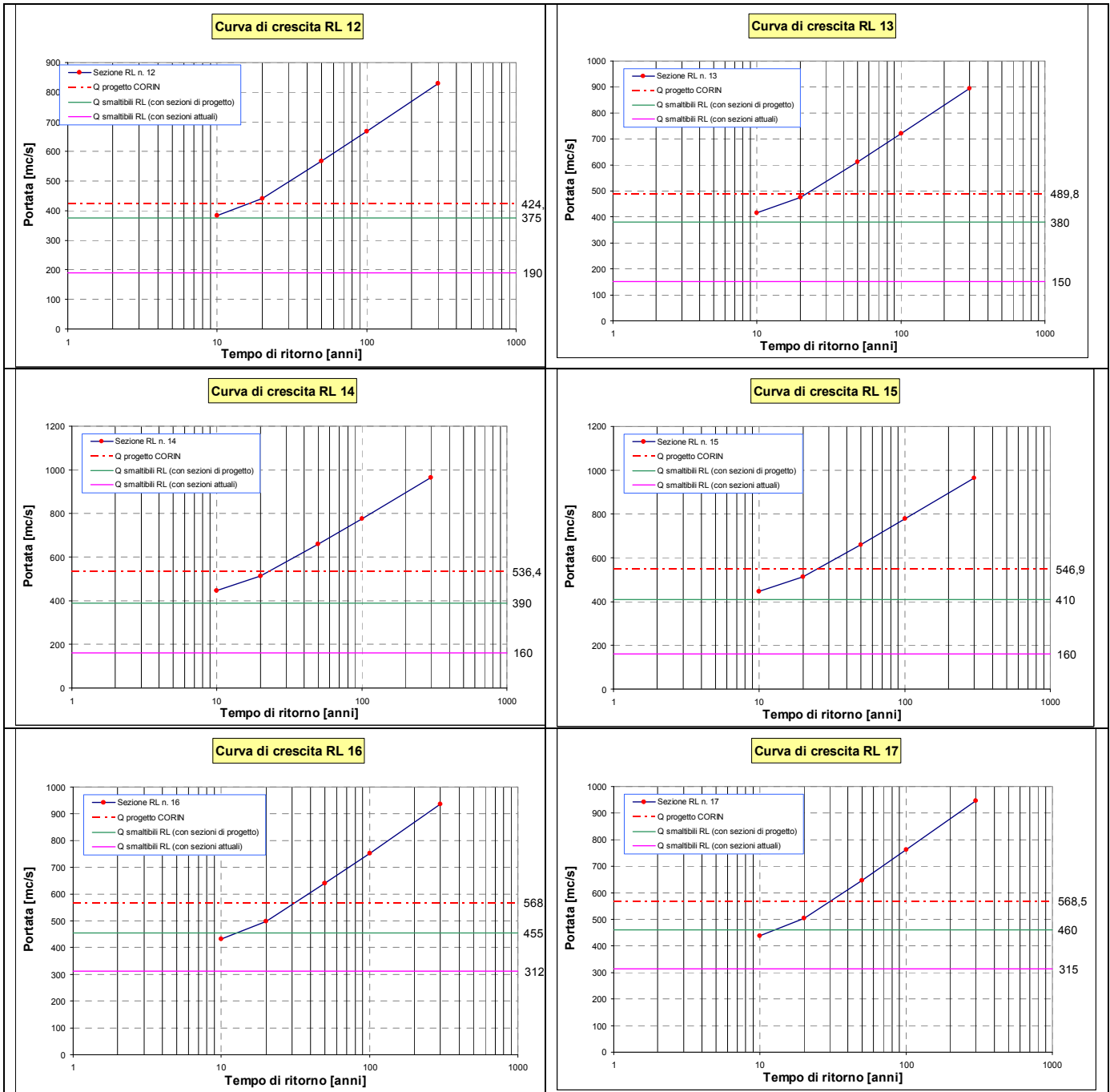
Sezione	Mu Id	QT=10	QT=20	QT=50	QT=100	QT=300	Q _{corin,50} (PAI)	Q smaltibili dal Regi Lagni - stato attuale	Q smaltibili dal Regi Lagni - stato di progetto - modello senza ponti	Q smaltibili dal Regi Lagni - stato di progetto - modello con ponti
								[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]
RL-1	60,55	106,51	122,42	157,47	185,31	230,08	94,70	29	109	109
RL-2	66,74	117,40	134,94	173,57	204,27	253,61	133,00	29	139	139
RL-3	68,26	120,07	138,00	177,51	208,91	259,37	147,30	39	139	139
RL-4	99,02	174,18	200,19	257,57	303,05	376,26	147,20	65	139	139
RL-5	105,97	186,40	214,24	275,57	324,31	402,65	159,50	72	156	150
RL-6	107,31	188,76	216,95	279,07	328,42	407,75	165,00	82	156	156
RL-7	115,83	203,74	234,17	301,22	354,48	440,11	170,50	90	246	200
RL-8	163,72	287,98	330,99	425,76	501,05	622,09	311,80	105	266	200
RL-9	190,11	334,40	384,35	494,39	581,82	722,36	387,20	95	290	200
RL-10	203,32	357,64	411,05	528,74	622,24	772,56	406,30	105	300	230
RL-11	205,39	361,28	415,25	534,14	628,60	780,44	424,30	140	350	280
RL-12	218,14	383,71	441,01	567,28	667,59	828,86	424,30	190	375	330
RL-13	235,51	414,26	476,14	612,46	720,77	894,88	489,80	150	380	330
RL-14	253,54	445,98	512,59	659,35	775,95	963,39	536,40	160	390	350
RL-15	254,06	446,89	513,64	660,71	777,55	965,37	546,90	160	410	380
RL-16	246,05	432,80	497,44	639,87	753,02	934,93	568,50	312	455	455
RL-17	249,02	438,03	503,44	647,58	762,10	946,20	568,50	315	460	460

Nella tabella seguente sono riportate le curve di crescita delle portate idrologiche ENEA, tratto per tratto, confrontate con la portata smaltibile nei Regi Lagni, stimata in base alle condizioni di stato attuale e di progetto senza ponti (progetto CORIN).

Tabella XXII. Curve di crescita con portate idrologiche dello studio ENEA per le varie sezione del canale principale dei Regi Lagni. In rosso è rappresentata la portata CORIN, in verde la smaltibile in condizioni di progetto e in viola la smaltibile in condizione attuale.







Il confronto mostra come le portate idrologiche ENEA siano di valore superiore alle portate smaltibili e a quelle stimate dal CORIN: quest'ultime corrispondono a delle portate idrologiche ENEA con tempo di ritorno di 10/15 anni.

I grafici mostrano come le sezioni del canale principale siano insufficienti allo smaltimento di portate idrologiche con tempi di ritorno superiori a 10/15 anni.

6.4 PORTATE AMMISSIBILI NEI REGI LAGNI NELLO STATO DI PROGETTO

La tabella seguente mostra lo schema delle portate che afferiscono nei diversi tratti del canale dei Regi Lagni. Per ciascuno di questi tratti è anche riportata nello stato di buon funzionamento (stato progetto) la capacità di smaltimento del canale per i singoli tratti.

Vengono calcolate le portate smaltibili sia in moto permanente (cap 6.2) che in moto vario.

Queste ultime sono state ricavate per considerare l'effetto diffusivo dovuto all'invaso di rete, come si osserva i valori non mostrano differenze sostanziali anche se si ritiene necessario uno studio più approfondito della circolazione degli idrogrammi di piena all'interno del reticolo principale del bacino Regi Lagni allorché sarà disponibile una geometria dei canali più accurata.

Tabella XXIII. Valore delle portate dei canali che afferiscono nei diversi tratti del canale del Regi lagni e delle portate smaltibili dal canale Regi Lagni.

progressiva	Nome affluenti	Q idrologica affluenti	Q ammis. Affluenti	Sez. Regi lagni	Q CORIN	Q smaltibili RL, Moto perm.	Q RL Moto Vario
(m)		(mc/s)	(mc/s)		(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)
0				RL_1	95	109	
1'934	L Gaudio	151	31				
				RL_2	133	139	34
	L Avella	111	26				
	Bacino naturale	6	6				
4'694	L Quindici	332	63	RL_3	147	139	62.6
5'038	L Somma	73	15				
10'923	bacino naturale (in sinistra)	5.3	5.3	RL_4	147	139	125
12'318	L Spirito Santo	40	10	RL_5	159	156	145
14'311	Fugatore di Badagnano	7	7				
14'583	Scolmatori fognature di Acerra	6	6	RL_6	165	156	155
17'719	Depuratore di Acerra	5	5				
18'254	fugatore di Acerra	40	40				
	L Carmignano	103	19				
19'008				RL_7	170	246	220
	Bacino naturale	3.2	3.2				
23'315				RL_8	312	266	220
	fugatore Fellaco	37	15				
	Fugatore Caserta	37	15				
23'526	Fugatore Secondigliano	70	35				
23'526	Impianto di depuratore di Napoli Nord	9.5	9.5				
23'616	Fugatore Marcianise	30	17				
26'183	Fugatore Succivo	90	50				
26'407				RL_9	387	290	265-315
26'821	Impianto di depurazione di Marcianise	7.5	7.5				
26'821	Scolmatore impianto Marcianise	30	11				
29'007	Fugatore Maltempo	18	18				
29'241	Bacino naturale (in sinistra)	26	26	RL_10	406	300	314-340
31'829	Fugatore Teverole	4.6	4.6				
32'084	Fugatore Cuparella	15	15	RL_11	424	350	354
	Bacino naturale	8	8				
33'028	Fugatore Casaluce	5.5	2.38				
33'212				RL_12	424	375	364
34'254	Fugatore Parete -Frignano	32	32				
34'868	Fugatore Marcellino	32	21				
37'796	Bacino Naturale (canali)	10	10	RL_13	489	380	400

progressiva	Nome affluenti	Q idrologica affluenti	Q ammis. Affluenti	Sez. Regi lagni	Q CORIN	Q smaltibili RL, Moto perm.	Q RL Moto Vario
(m)		(mc/s)	(mc/s)		(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)
40'483	Fugatore Casale	12	5				
42'912	Fugatore Bonito	7					
42'912	Bacino Naturale (canali)	14	14				
44'352	Fugatore Villa Literno	40	40	RL_14	536	390	400-420
	Bacino naturale	2.8	2.8				
47'094				RL_15	547	410	428
	Bacino Naturale	17	17				
49'141	Impianto di Depurazione Regi Lagni	6.8	6.8				
51'746				RL_16	568	455	442
	Bacino naturale (sinistra)	7	7				
	Bacino Naturale(destro)	10	10				
53'119	Bacino naturale	12.7	12.7	RL_17	568	460	455

Di seguito si riportano gli schemi planimetrici con le portate nello stato di fatto e nello stato di progetto

7 STIMA DEL TRASPORTO SOLIDO MEDIO ANNUO ED INTERVENTI DI CONTROLLO DEL SOVRALLUVIONAMENTO NEI LAGNI PRINCIPALI (TAV. 06.01 - TAV. 06.02)

L'obiettivo di tale analisi, seppur con una metodologia empirica, serve alla definizione di massima delle vasche di accumulo del materiale solido di fondo, al fine di ridurre il forte sovralluvionamento che si osserva nei tratti di pianura dei lagni, che drenano bacini montani e quindi nello stesso canale dei Regi Lagni. La riduzione del trasporto a valle è ipotizzato attraverso un sistema di vasche di accumulo svuotabili con frequenza almeno annuale.

Come noto tale sovralluvionamento è determinato dalla produzione di sedimento nelle aree montane e dalla limitatissime pendenze degli alvei in esame nei loro tratti vallivi. Le limitate capacità di trasporto al fondo, nei tratti di pianura dei lagni, causano soprattutto nella fase di esaurimento degli idrogrammi di piena ordinaria sedimentazione del materiale solido trasportato.

La stima delle quantità di materiale mobilitate e il loro valore medio annuo è un'operazione assai complessa che dipende dall'idrodinamica dell'alveo e dalle sorgenti di trasporto lungo gli alvei e le parti montane dei bacini.

In questa fase, visto la tipologia di dati e la vastità del bacino, viene utilizzato il metodo di Gavrilovic⁷ per la stima dei volumi medi annui prodotti.

Il metodo in oggetto è un metodo empirico per la stima del volume medio di sedimenti prodotto complessivamente sui versanti e nelle aste dei bacini idrografici proposto dall'autore nel 1959 per i bacini del sud-est della ex Jugoslavia.

Viene utilizzato come metodologia indicativa della capacità di produzione di sedimenti a scala di bacino e, a fronte della forse più diffusa metodologia RUSLE, fornisce non solo l'erosione media annua ma anche parte del materiale di fondo lungo le aste. La relazione proposta per il calcolo del volume medio annuo di materiale che si raccoglie alla sezione di chiusura, è:

$$G = W * B \text{ (m}^3\text{/anno)}$$

in cui W è la quantità media di sedimenti distaccatasi e B, detto coefficiente di ritenzione, tiene conto del processo di risedimentazione del materiale eroso all'interno del bacino.

A sua volta W è calcolata come:

$$W = T * h * \pi * Z^3 * F \text{ (m}^3\text{/anno)}$$

dove:

T è un coefficiente di temperatura, calcolato in base alla relazione: $T = \left[\left(\frac{t}{10} \right) + 0,1 \right]^{\frac{1}{2}}$, t = temperatura media annua del bacino (°C), h è l'altezza media di precipitazione annuale nel bacino (mm/anno); F è l'area del bacino (km²); Z è un coefficiente di erosione $Z = X * Y * \left(\varphi + I^{\frac{1}{2}} \right)$ dove X è il coefficiente che esprime l'azione protettiva della copertura vegetale e dell'intervento antropico (0,05 - 1,0), Y è il coefficiente dell'erodibilità del suolo, φ esprime il tipo e il grado del processo di erosione ed infine I è

⁷ Gavrilovic S (1959) Methode de la classification des bassins torrentiels et equations nouvelles pour le calcul des hautes eaux et du debit solide (Method for classification of stream basins and new equations for the calculation of high water flood and sediment load). Vadoprievreda, Belgrade

la pendenza media % del bacino. I valori di X, Y e ϕ sono riportati in apposite tabelle contenute nel manuale applicativo, costruite sulla base di più di 20 anni di esperimenti in questo campo.

Il fattore B è espresso come:

$$B = \frac{(O * D)^{\frac{1}{2}}}{0,25 * (L + 10)}$$

in cui: O = perimetro del bacino (km); D = dislivello del bacino (km); L = lunghezza dell'asta principale (km).

Tabella XXIV. Valori dei fattori X, Y, ϕ per il calcolo del coefficiente di erosione della formula di Gavrilovic e relativi valori per il caso di studio

Tipi di copertura vegetale	X
Foreste miste e macchie di vegetazione dense, foreste con radure e sottobosco	0,05-0,20
Foreste resinose con scarso sottobosco, macchie di vegetazione rade	0,20-0,40
Foreste e macchie di vegetazione degradate, pascoli	0,40-0,60
Pascoli e terre coltivate degradate	0,60-0,80
Superfici senza copertura vegetale	0,80-1,00
Valori del fattore d'erosibilità del suolo	Y
Tipo di roccia – sottosuolo	
Rocce dure, resistenti all'erosione	0,2-0,6
Rocce medio-resistenti all'erosione	0,6-1,0
Rocce friabili, stabilizzate (scisti, argille compatte, ecc.)	1,0-1,3
Sedimenti, morene, argille e altre rocce poco resistenti	1,3-1,8
Sedimenti fini e terre, non resistenti all'erosione	1,8-2,0
Valori del fattore "phi", che esprime i processi di erosione visibile	phi
Tipo e grado di erosione sul versante di bacino	
Erosione debole nel bacino	0,1-0,2
Erosione in coltri detritiche sul 20-50% del bacino	0,3-0,5
Erosione in coltri detritiche, frane, erosione carsica	0,6-0,7
50-80% del bacino con fenomeni franosi ed erosivi	0,8-0,9
Bacino interamente interessato da fenomeni franosi ed erosivi	1

Per determinare la sezione di chiusura dei sottobacini su cui effettuare la stima della quantità di materiale eroso annualmente sono state fatte alcune considerazioni preliminari sui bacini dei Regi Lagni: in particolare si sono cercate eventuali vasche di accumulo già presenti nei bacini, si è valutata la posizione dei centri abitati e l'orografia del territorio. Si sono dunque riconosciuti: per il bacino di Quindici i sottobacini op26QU e op27QU (Tav. 06.02); per il bacino dell'Avella tre sottobacini (op09AV, op10AV, op11AV Tav. 06.01); un sottobacino per il bacino del Gaudo (op05GA Tav. 06.01) e tre sottobacini per il bacino di Carmignano (op01CA, op02CA, op03CA).

Come esposto di seguito, nel caso del sottobacino op26QU (sottobacino di Quindici) e op05GA (sottobacino del Gaudo) la sezione di chiusura è in corrispondenza di una vasca di accumulo esistente. Per i restanti sottobacini la sezione di chiusura è stata scelta in funzione della presenza di centri abitati (nelle vicinanze dei quali la sezione di chiusura è stata posta a monte dello stesso centro abitato) e del cambio di pendenza (in particolare il passaggio da zone montuose a zone di pianura, che rappresentano possibili zone di sedimentazione).

Una volta individuata l'estensione e le caratteristiche del bacino sono necessari i dati di precipitazione media annua (ricavati dalla relazione idraulica del PAI), la temperatura media annua (www.meteoam.it Atlante climatico d'Italia, stazione di Grazzanise) e i valori dei coefficienti necessari alla valutazione del coefficiente di erosione Z (coefficienti X, Y, ϕ). Tutti questi valori (consideranti costanti per tutti i bacini) sono raccolti nella tabella seguente.

Tabella XXV. dati climatici (temperatura media e pioggia media annua) e coefficienti di Gavrilovic

t [°C]	15
--------	----

h [mm/anno]	60.02
X	0.6
Y	1.4
φ	0.6

Nelle seguenti tabelle sono raccolti i risultati, divisi per sottobacini, ottenuti mediante l'analisi effettuata con il metodo di Gavrilovic.

7.1 BACINO DEL CARMIGNANO

Il bacino del Carmignano è stato suddiviso in tre sottobacini come è possibile osservare nella figura seguente

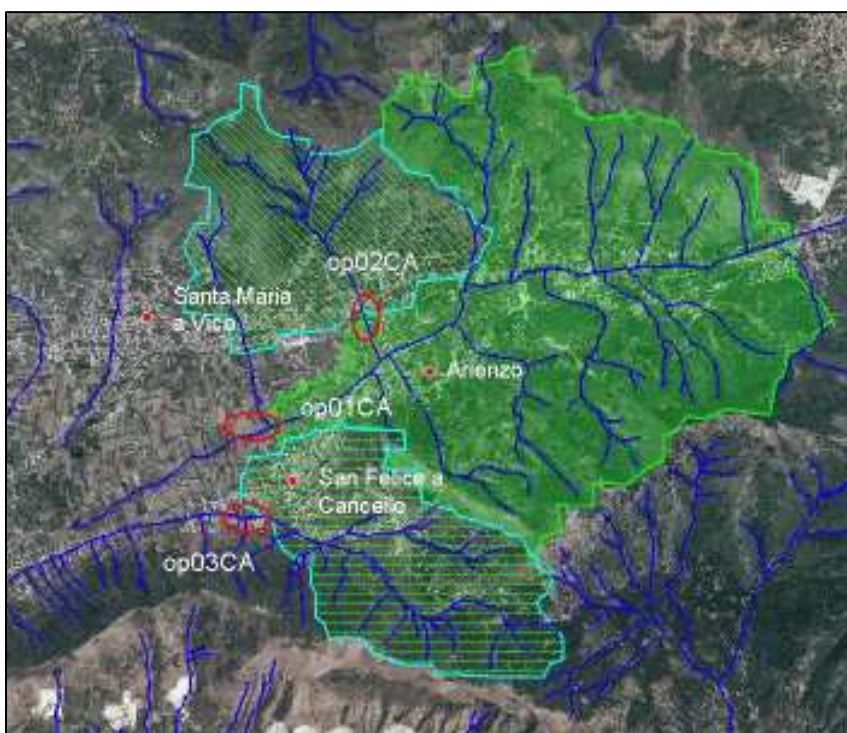


Figura 25. bacino del Carmignano con reticolo idrografico, sottobacini e vasche di accumulo

Nella tabella seguente sono raccolti i dati salienti e il volume di materiale mobilitato generato dal singolo sottobacino drenato dalla vasca di raccolta.

Tabella XXVI. Caratteristiche dei sottobacini, volume di materiale eroso e volume della vasca di raccolta per i sottobacini del Carmignano.

Sottobacino	A [km ²]	Parametri Gavrilovic					P [km]	D [m]	L [km]	I [%]	Materiale eroso e mobilitato [m ³ /anno]	Volume previsto della vasca di accumulo [m ³]
		T [°C]	H [mm/anno]	X	Y	φ						
op01CA	18.74	15	60.02	0.6	1.4	0.6	24.496	727	9.620	26.29	40578	40000
op02CA	6.13	15	60.02	0.6	1.4	0.6	12.364	641	5.973	31.09	12179	12000
op03CA	6.12	15	60.02	0.6	1.4	0.6	12.988	514	6.744	26.53	9566	10000

Nella figura seguente viene mostrato il particolare delle sezioni di chiusura dei bacini con il possibile posizionamento delle vasche di accumulo e sedimentazione.

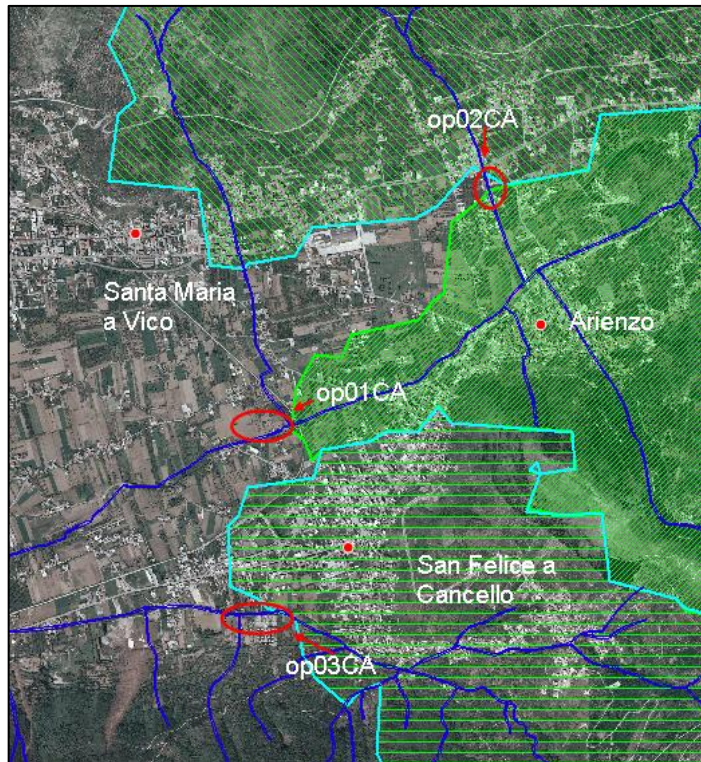


Figura 26. Particolare delle vasche di accumulo dei sottobacini del Carmignano

7.2 BACINO DELL'AVELLA

Per il bacino dell'Avella sono state riconosciute tre posizioni in cui è possibile ipotizzare la realizzazione di vasche per l'accumulo di sedimenti, e in queste tre posizioni sono state posizionate le sezioni di chiusura dei tre sottobacini, denominati con le sigle op09AV, op10AV e op11AV, *Tav. 06.01*). Come si può osservare dalla seguente figura il posizionamento delle vasche, è nella zona di variazione morfologica della pendenza.

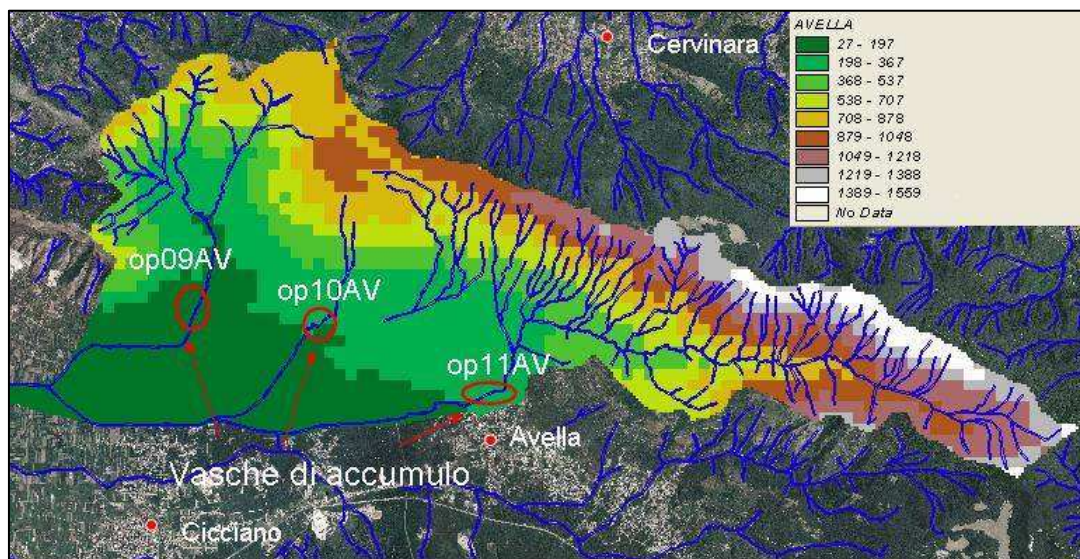


Figura 27. possibile posizionamento delle vasche di accumulo di sedimenti per il bacino dell'Avella (rif sottobacini op09AV; op10AV; op11AV)

Nelle tabelle seguenti sono raccolti i dati per i singolo sottobacini.

Tabella XXVII. Caratteristiche dei sottobacini, volume di materiale eroso e volume della vasca di raccolta per i sottobacini dell'Avella.

Sottobacino	A [km ²]	Parametri Gavrilovic					P [km]	D [m]	L [km]	I [%]	Materiale eroso e Mobilitato [m ³ /anno]	Volume previsto della vasca di accumulo [m ³]
		T [°C]	H [mm/anno]	X	Y	φ						
op09AV	12.74	15	60.02	0.6	1.4	0.6	16.4	791	5.440	34.91	33589	esistente
op10AV	15.46	15	60.02	0.6	1.4	0.6	17.66	1092	7.925	27.78	39569	40000
op11AV	22.74	15	60.02	0.6	1.4	0.6	29.91	1333	13.300	42.80	86395	esistente

Le tre vasche per il controllo del trasporto solido sono posizionate Sul Torrente Cranio, sul Lagno di Roccarainola Lagno di Sasso a monte rispettivamente dei centri abitati di Avella, Roccarainola Cicciano . Il loro svuotamento deve essere assicurato da mezzi meccanici ed il materiale raccolto potrà essere utilizzato a mare per il ripascimento.

Sul versante tra il Lagno Sasso e il Lagno di Roccarainola è stato inoltre posizionato un canale pedemontano di trattenuta dell'erosione superficiale.

7.3 BACINO DEL GAUDO O BOSCOFANGONE

Data la forma del bacino e la morfologia dello stesso, in questo caso si è provveduto a considerare un solo sottobacino (op05GA, Tav. 06.01), come è possibile osservare nella figura seguente. Inoltre, la presenza di una vasca di accumulo già esistente (come da fonti PAI), ha vincolato ulteriormente la scelta del posizionamento della sezione di chiusura del sottobacino.

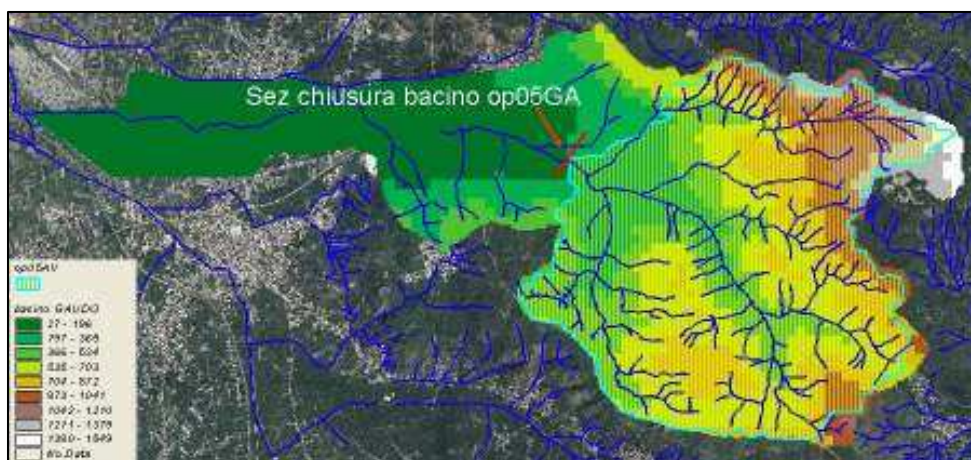


Figura 28. sottobacino op05GA

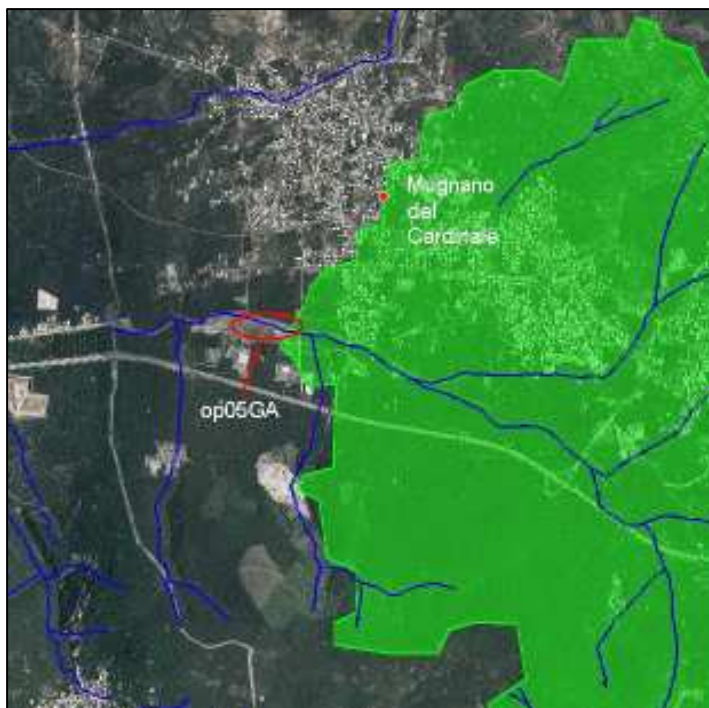


Figura 29. Localizzazione della vasca di accumulo op05GA

Tabella XXVIII. Caratteristiche dei sottobacini, volume di materiale eroso e volume della vasca di raccolta per il bacino del Gaudo

Sottobacino	A [km ²]	Parametri Gavrilovic					P [km]	D [m]	L [km]	I [%]	Materiale eroso e mobilitato [m ³ /anno]	Volume previsto della vasca di accumulo [m ³]
		T [°C]	H [mm/anno]	X	Y	φ						
op05GA	58.19	15	60.02	0.6	1.4	0.6	35.425	1325	14.457	32.00	187382	esistente

7.4 BACINO DEL QUINDICI

In questo caso, come detto precedentemente, i sottobacini considerati sono 2 (op26QU, op27QU, Tav. 06.02).



Figura 30. sottobacini op26QU e op27QU

Per il sottobacino op26QU la scelta della sezione di chiusura è stata principalmente vincolata alla presenza di una vasca di accumulo esistente per i sedimenti e non a caratteristiche morfologiche o

antropiche del territorio: come si può notare dalle figure seguenti in cui si può osservare il particolare della vasca di accumulo a valle della sezione di chiusura.

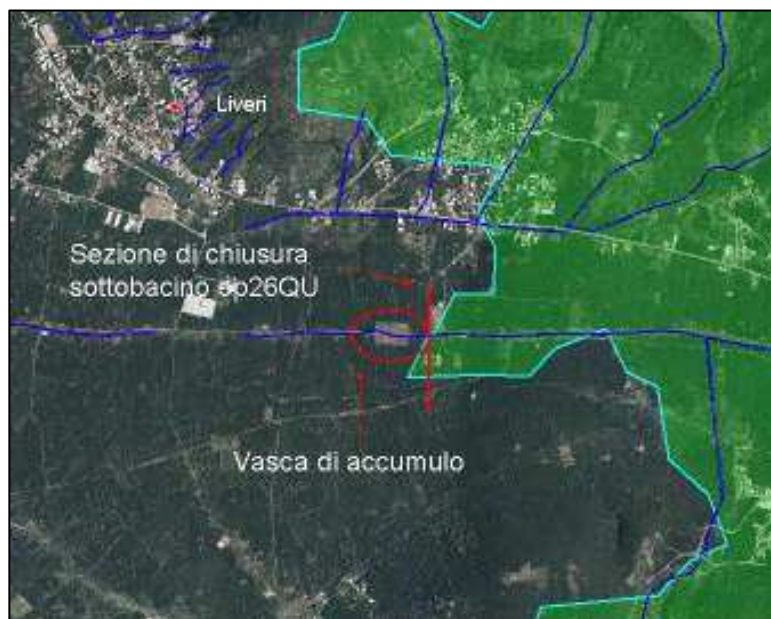


Figura 31. Particolare sezione di chiusura del sottobacino op26QU

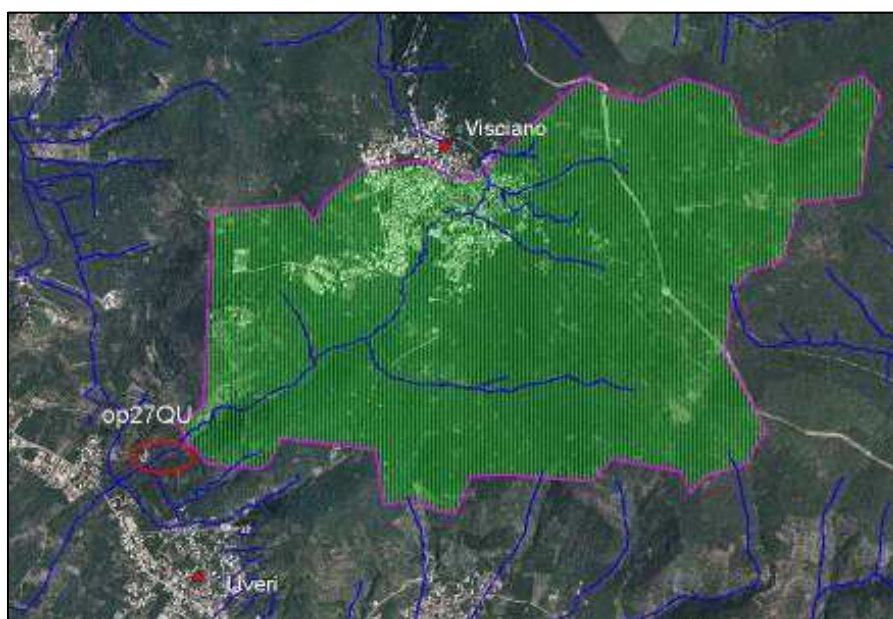


Figura 32. Bacino affluente alla vasca di accumulo del sottobacino op27QU

Tabella XXIX. Caratteristiche dei sottobacini, volume di materiale eroso e volume della vasca di raccolta per i sottobacini di Quindici

Sottobacino	A [km ²]	Parametri Gavrilovic					P [km]	D [m]	L [km]	I [%]	Materiale eroso e mobilitato [m ³ /anno]	Volume previsto della vasca di accumulo [m ³]
		T [°C]	H [mm/anno]	X	Y	φ						
op26QU	51.30	15	60.02	0.6	1.4	0.6	43.346	992	16.901	44.22	179295	esistente
op27QU	6.47	15	60.02	0.6	1.4	0.6	13.194	364	5.790	12.30	5490	6000

Oltre alle vasche decritte in questo caso è previsto un canale pedemontano di trattenuta dell'erosione superficiale ai piedi del versante Est del comune di Palma Campania che permette di sconnettere le acque di ruscellamento del versante dalla viabilità comunale.

8 INTERVENTI SUI BACINI MONTANI AFFERENTI AI REGI LAGNI (TAV. 05.01 - TAV. 05.02 - TAV. 05.03)

L'analisi del rischio di esondazione evidenzia che la capacità di smaltimento del canale regi lagni e' ben inferiore alle portate con tempo di ritorno cinquantennali anche nella condizione di maggiore efficienza idraulica ossia quella di alveo sgombro dagli attuali sovralluvionamenti e blocchi di vegetazione incontrollata.

Gli effetti di tale analisi sulla effettiva pericolosità risultano puramente teorici fino a che non verranno eliminate le criticità idrauliche sui lagni afferenti. Infatti ad oggi la maggior parte dei lagni che confluiscono nel canale principale risultano a loro volta affetti da insufficienze idrauliche significative con relative esondazioni incontrollate, che impediscono alle acque di raggiungere le sezioni del Canale Regi Lagni.

Tali considerazioni impongano che vada ridotta la portata di piena afferente dai bacini dei Lagni principali così come anche evidenziato nel PAI attraverso vasche di laminazione.

Per il dimensionamento di tali vasche si è assunta come portata smaltibile a valle della vasca quella ammissibili nei regi Lagni a Valle della confluenza. Tale valore coincide con quello del PAI e viene riportato nella seguente tabella.

La capacità di smaltimento del canale varia da monte (sez RL_1) a valle sez. (RL 17) in funzione della geometria delle sezioni del canale che presenta sezioni tipo differenti nei suoi diversi tratti. La capacità di smaltimento è stata stimata tratto per tratto, sulla geometria del progetto CORIN, assumendo un franco di 0.5 m. (Vedi capitolo 6.2). I valori riportati in Tab. XXIII confermano in linea di massima le portate ammissibili individuate dal PAI. Per Tale motivo nel rpesente studio si sono assunte le portate del PAI.

Tabella XXX. Tabella con le portate idrologiche e smaltibili secondo il PAI.

Sezione	QT=20	QT=100	QT=300	Qsmaltibili da PAI T50
	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]	[mc/s]
Lagno di Quindici	230,4	331,56	407,42	63
Lagno del Gaudio	104,73	150,71	185,2	30,7
Lagno di Avella	77,59	111,42	137,19	26,3
Lagno di Carmignano Palata	48,72	70	86,16	12,9
Lagno di Carmignano Arena	54,85	78,93	97	6,4
Lagno di Somma	50,64	72,86	89,54	15,2
Lagno di Spirito Santo	27,94	40,21	49,41	9,9

8.1 LAGNO DI QUINDICI

8.1.1 Analisi idrologica idraulica

Il confronto tra la curva di crescita alla sezione di confluenza con i Regi Lagni (sez a24 PAI), che drena una superficie di circa 176 km², e la portata ammissibile nel canale regi Lagni evidenzia un grave differena tra la portata ain arrivo al canale e quella ammissibile nei regi Lagni.

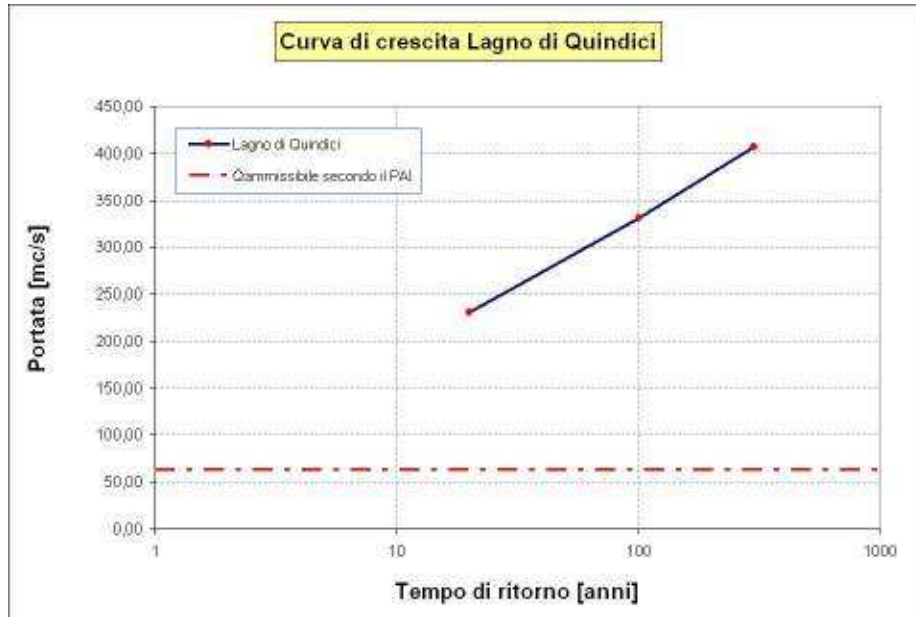


Figura 33. Lagno di Quindici. Curva di crescita delle portate con valori tratti dal PAI.

La riduzione della portata ai valori ammissibili può essere ottenuta con un processo di laminazione sebbene a fronte di occupazione di larghe aree comunque all'interno della perimetrazione delle aree pericolose PAI.

L'idrogramma di piena corrispondente alla porta al colmo centennale è calcolato in ipotesi di forma triangolare per assegnata portata utilizzando la metodologia di stima dell'idrogramma di piena per assegnata portata descritta precedentemente (cfr. Cap. 5.3). Come si osserva dal confronto di quest'ultimo con la portata ammissibile i volumi di invaso anche per laminazione ottimale sono ragguardevoli.

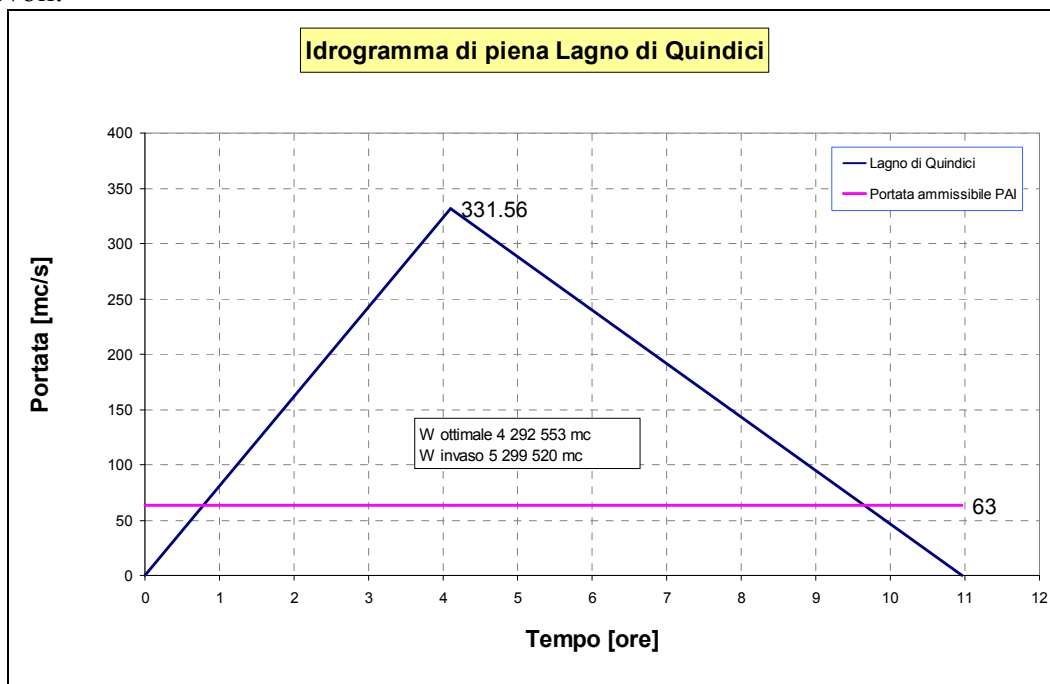


Figura 34. Lagno di Quindici alla confluenza con i Regi Lagni Idrogramma T0100 e portata ammissibile

Inoltre dall'analisi delle insufficienze del Lagno (cfr PAI) si evince che ci sono forti insufficienze della sezione all'interno dell'abitato di Nola.

Le due problematiche suggeriscono di ridurre le portate al colmo con due vasche di laminazione poste in serie, disposte una a monte del centro abitato di Nola (QU01) e l'altra immediatamente a monte della nuova confluenza del Lagno di Quindici. (QU02) (Tav. 03.00).

Quest'ultima comporta un'opera di riinalveamento del Lagno di Quindici all'interno dell'esistente lagno di Frezze che confluisce a valle delle immissioni del Gaudio e dell'Avella. Tale soluzione risponde a due esigenze tra loro sinergiche: la prima di ridurre la portata del Canale Regi Lagni in un'area industriale particolarmente sensibile, la seconda dettata dalla disponibilità dell'area di laminazione esistente intorno al Lagno di Frezza.

8.1.2 Vasca di monte QU01

La vasca QU01 è localizzata a monte del centro abitato di Nola, in prossimità del cimitero. Poiché in questo tratto il lagno di Quindici è arginato su entrambi i lati la vasca verrà realizzata in derivazione.

Il volume di laminazione è stimato con l'espressione di Marone (1971)⁸ (qui usata in prima approssimazione anche se l'invaso potrebbe essere in derivazione), generalmente utilizzata per un primo dimensionamento di invasi di laminazione scritta nella forma classica:

$$\frac{Q_{lam}}{Q_{ind}} = 1 - \frac{W_{vasca}}{W_{idr}}$$

che esprime il rapporto tra la portata laminata (Q_{lam}) e quella indisturbata (Q_{ind}) in funzione del rapporto tra volume invasato nella vasca (W_{vasca}) e il volume indisturbato, (W_{idr}).

La portata laminata è quella ammissibile ricavata dalle analisi di pericolosità del PAI ed è $Q_{lam} = 18 \text{ mc/s}$

La portata in ingresso alla vasca, Q_{ind} è quella idrologica (stimata dal PAI) ridotta dell'effetto di diffusione indotto dal volume di invaso del lagno lungo circa 23.4 km con pendenze che si mantengono intorno al 0.1%. Tale effetto, tipico di una laminazione in linea, è stato calcolato in via di prima approssimazione, anche in mancanza di una geometria di dettaglio, tramite l'uso della espressione di Marone (1971)⁹ Mancini ed al (2000)¹⁰, scritta come:

$$\frac{Q_{ingresso}}{Q_{ind}} = 1 - \frac{W_{rete}}{W_{idr}}$$

dove:

$Q_{ingresso}$ è la portata in ingresso alla vasca,

Q_{ind} è la portata idrologica

W_{idr} è il volume dell'idrogramma alla sezione di ingresso della vasca

Q_{ind} è la portata di piena indisturbata in ingresso alla vasca;

W_{rete} è il volume di invaso in rete.

L'idrogramma in ingresso è calcolato con l'espressione dell'SCS avendo assegnato la portata al colmo come descritto precedentemente.

Di seguito si riporta l'idrogramma triangolare in ingresso alla vasca il volume ottimale di laminazione ed il volume della vasca calcolato con la formula di Marone.

⁸ MARONE, V., *Calcolo di massima di un serbatoio di laminazione*, *L'energia Elettrica*, n. 9, 1971, 561-567.

⁹ MARONE, V., *Calcolo di massima di un serbatoio di laminazione*, *L'energia Elettrica*, n. 9, 1971, 561-567.

¹⁰ MANCINI M., MONTALDO N., ROSSO R., "Effetti di laminazione di un sistema d'invasi artificiali nel bacino del fiume Toce *L'Acqua*, 2000.

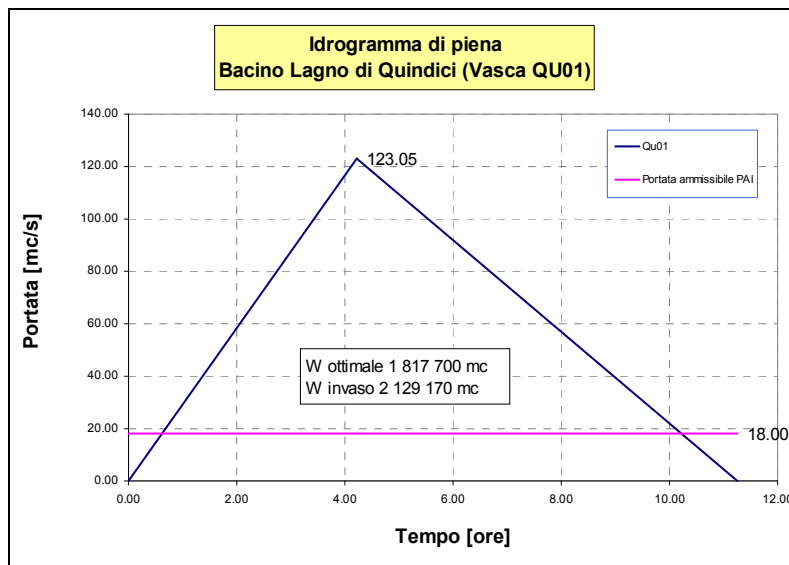


Figura 35. Lagno di Quindici, vasca QU01. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni, il diagramma è stato calcolato considerando il volume invaso nel reticolo idrografico di monte

Tabella XXXI.

Tabella riepilogativa della vasca di laminazione QU01.

Area Bacino Idrografico (kmq)	Q ₁₀₀ PAI (mc/s)	Q ₁₀₀ idraulica ingresso (mc/s)	Q _{amm} uscita (mc/s)	W idrogramma (mc)	W vasca (mc)	Superficie vasca (mq)
Sez A20 =90.03	134.15	123.05	18	2'494'0.07	2'129'165	851'666

La superficie individuata sulla planimetria allegata è stata ottenuta ipotizzando una altezza di battente di 2,5 m per una superficie di circa 851'666mq contornata da una cintura arginale alta 3 m (Figura seguente) (Vedi anche Tav. 05.02).

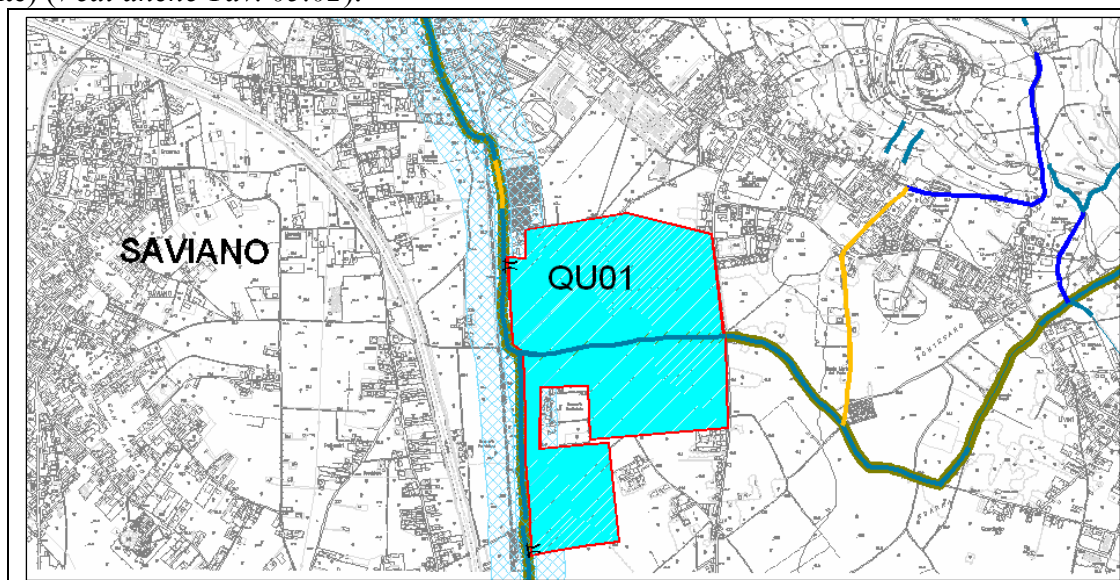


Figura 36. Lagno di Quindici, vasca QU01. Ubicazione della vasca di laminazione. Sulla cartografia sono state riportate le aree esondate tratte dalla tavola "Carta della Pericolosità per Fenomeni di Esondazione e di Alluvionamento" del PAI.

8.1.3 Vasca di valle QU02

La vasca QU02 vista le sue notevoli dimensioni si presenta come un'area di laminazione controllata alla confluenza del Lagno di Frezza con i Regi Lagni, come indicato nell'estratto planimetrico riportato di seguito con una modalità di funzionamento in linea.

Il volume di laminazione è calcolato con l'espressione di Marone scritta nella forma classica:

$$\frac{Q_{lam}}{Q_{ind}} = 1 - \frac{W_{vasca}}{W_{idr}}$$

ed i cui termini sono precedentemente descritti. Nel caso specifico tale vasca è in serie alla vasca QU01 e per tale motivo risente dell'effetto di attenuazione di questa sull'idrogramma in ingresso.

La portata laminata è quella imposta dalla capacità di smaltimento dei regi lagni, $Q_{lam}=63$ mc/sec

La portata in ingresso, Q_{ind} , alla vasca è quella che considera l'effetto di laminazione della vasca QU01 in aggiunta al contributo di piena del bacino residuo. Essa in prima approssimazione può calcolarsi sempre dalla espressione di Marone scritta come:

$$\frac{Q_{ingresso}}{Q_{ind}} = 1 - \frac{(W_{vasca} + W_{rete})}{W_{idr}}$$

dove:

W_{idr} è il volume dell'idrogramma alla sezione di ingresso della vasca

Q_{ind} è la portata di piena indisturbata in ingresso alla vasca;

W_{vasca} è il volume della vasca QU01

W_{rete} è il volume di invaso in rete comprensivo del tratto tra le due vasche e a monte della QU01.

L'idrogramma in ingresso è calcolato con l'espressione dell'SCS avendo assegnato come portata al colmo quella in ingresso stimata precedentemente.

Di seguito si riporta l'idrogramma triangolare in ingresso alla vasca il volume ottimale di laminazione ed il volume della vasca calcolato con la formula di Marone

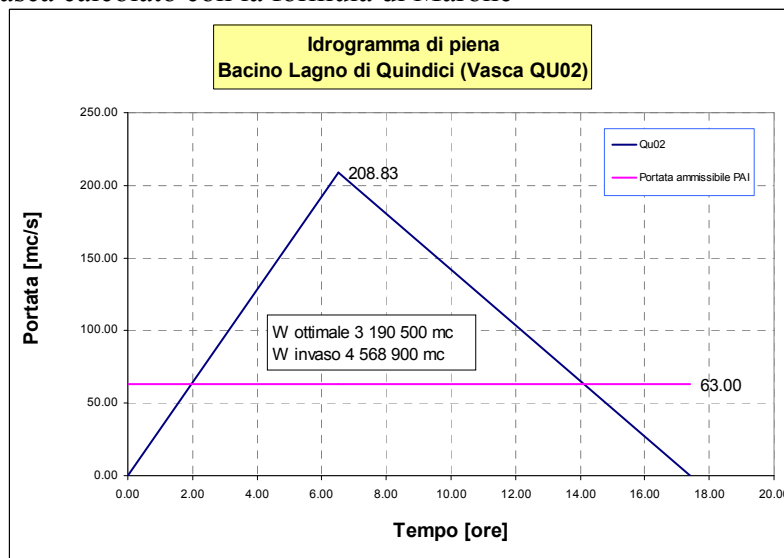


Figura 37. Lagno di Quindici vasca QU02. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni, il diagramma è stato calcolato considerando il volume invaso nel reticolo idrografico di monte.

La tabella seguente riporta una sintesi delle principali grandezze della vasca mentre i valori ottenuti dai calcoli eseguiti sono riportati in fondo al capitolo.

Tabella XXXII. Valori riepilogativi della vasca di laminazione QU02.

Area Bacino Idrografico (kmq)	Q_{100} PAI (mc/s)	Q_{100} idraulica ingresso (mc/s)	Q_{amm} uscita (mc/s)	W idrogramma (mc)	W vasca (mc)	Superficie vasca (mq)
177.85	331.56	208.83	63	6'542'703	4'568'871	1'827'548

La localizzazione di questa vasca implica una superficie moto elevata reperibile solo a ridosso del canale Regi Lagnidove si immette il lagno di Frezza. Ciò comporta un intervento di deviazione del Lagno di Quindici, che non confluirà più nel canale dei Regi Lagni in corrispondenza del Ponte delle

Tavole, ma dovrà proseguire seguendo il tracciato del Lagno di Frezza che verrà opportunamente dimensionato.

Il tratto iniziale del Lagno di Frezza si presenta completamente ostruito dai treni di lavorazione agricola ed appena rintracciabile sulla superficie. Esso dovrà quindi essere ripristinato tramite un intervento di risagomatura della sezione nel tratto ostruito, mentre il tratto terminale è attualmente funzionante e utilizzato come fugatore del sistema fognario.

La deviazione del corso dell'alveo del Lagno di Quindici verrà eseguita attraverso la realizzazione di un manufatto ripartitore di portata in corrispondenza del Ponte delle Tavole che serva a convogliare le portate di magra nell'attuale canale dei Regi Lagni e quelle di piena verso la vasca di laminazione QU02 (Figura seguente e *Tav. 05.02*).

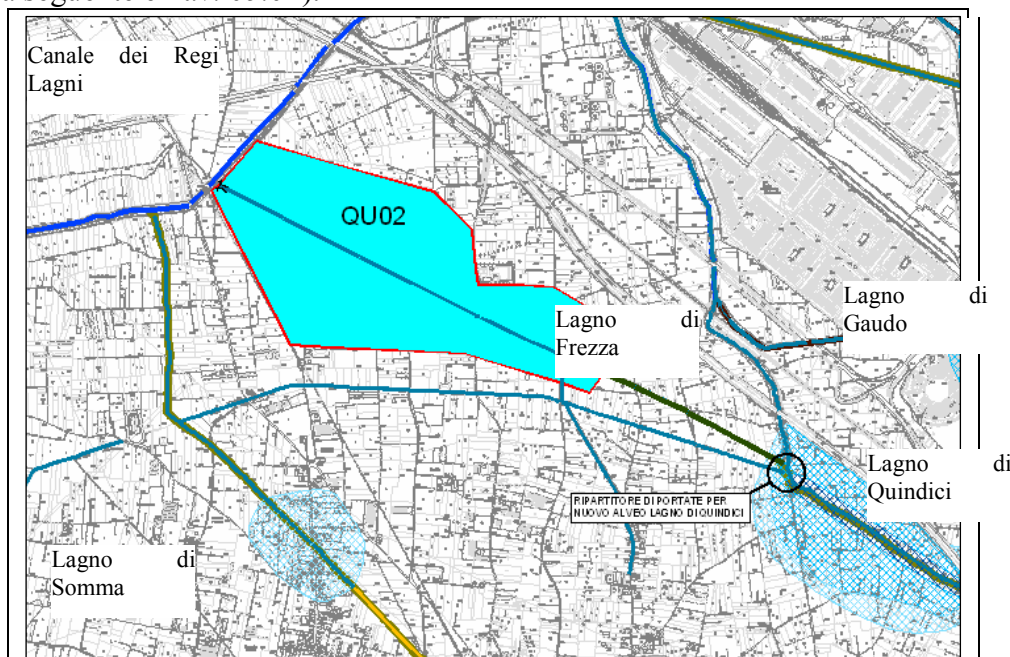


Figura 38. Lagno di Quindici. Ubicazione della vasca QU02 e del ripartitore. Sulla cartografia sono state riportate le aree esondate tratte dalla tavola "Carta della Pericolosità per Fenomeni di Esondazione e di Alluvionamento" del PAI.

8.1.4 Riinalveamento del tratto terminale del Lagno di Quindici

Come descritto precedentemente, l'ubicazione della vasca QU02 nelle aree attraversate dal lagno di Frezza comporta un intervento di deviazione e riinalveamento del Lagno di Quindici nel Lagno di Frezza ed un adeguamento di quest'ultimo alle nuove portate. Il tratto in questione, si sviluppa dal Ponte delle Tavole fino all'intersezione con il fugatore di Via Sentino, riportato nell'estratto planimetrico seguente (*Tav. 05.02*).

L'intervento di riinalveamento consiste nello scavo della nuova sezione, con area dimensionata opportunamente per lo smaltimento delle portate, la realizzazione del rivestimento delle sponde e dello spostamento dei sottoservizi e ogni altro onere necessario per la realizzazione dell'intervento.

In corrispondenza del Ponte delle Tavole è previsto la realizzazione di partitore in cemento per le portate di magra e quelle di piena.

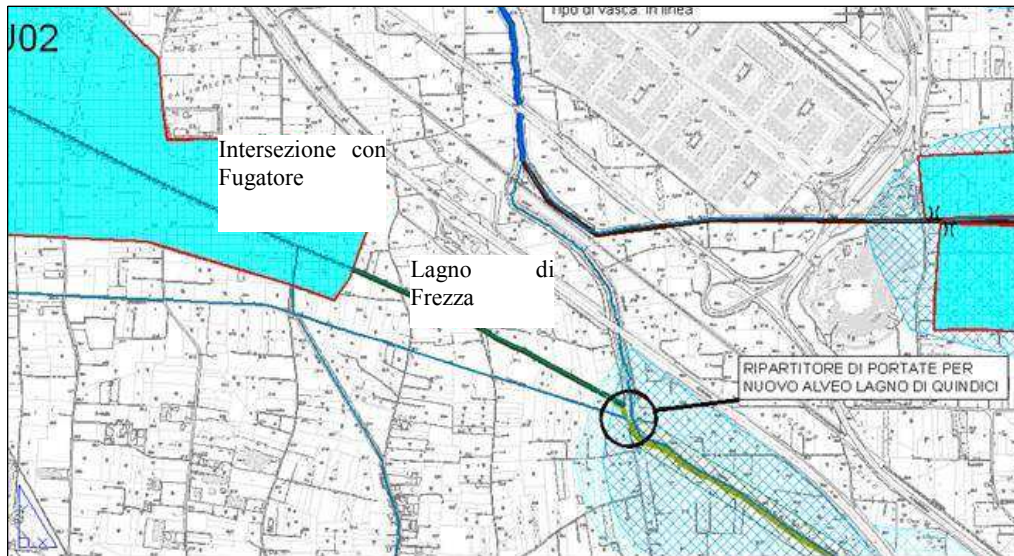


Figura 39. Tratto del lagno di Frezza da ripristinare al fine di deviarci il Lagno di Quindici.

8.1.5 Risagomatura alveo

Dove il PAI individua delle aree di esondazione e in base ai criteri definiti in questo studio sono stati previsti degli interventi di risagomatura dell'alveo. Tali interventi si rendono necessari in quanto la sezione in tali tratti risulta idraulicamente insufficiente.

Gli interventi di risagomatura consistono nell'adeguamento delle sezioni alla portata smaltibile e comprendono interventi di demolizione e rifacimento delle sponde, delle tombature, la demolizione dei manufatti che possono intralciare il normale defluire dell'acqua, l'allargamento della sezione e l'asportazione dal materiale depositato.

8.1.5.1 Tratti del Lagno di Quindici

L'analisi dei luoghi evidenzia che sono necessari:

- interventi di pulizia dell'alveo che prevedono l'eliminazione della vegetazione presente in alveo e sulle sponde e l'asporto del materiale depositato. Questi sono necessari in vari tratti del Quindici (Tav. 05.02 e Tav. 04.02) ed inoltre tra il cimitero di Nola e l'attuale confluenza con il Canale dei Regi Lagni. In quest'ultimo tratto la sezione risulta infatti compatibile con la portata laminata di 18 mc/s prevista dal PAI ottenibile con la vasca QU01.
- interventi di risagomatura ed eliminazione dei tratti tombati in prossimità di Nola ed alla confluenza del Santa Teresella con il Quindici (Figura seguente)

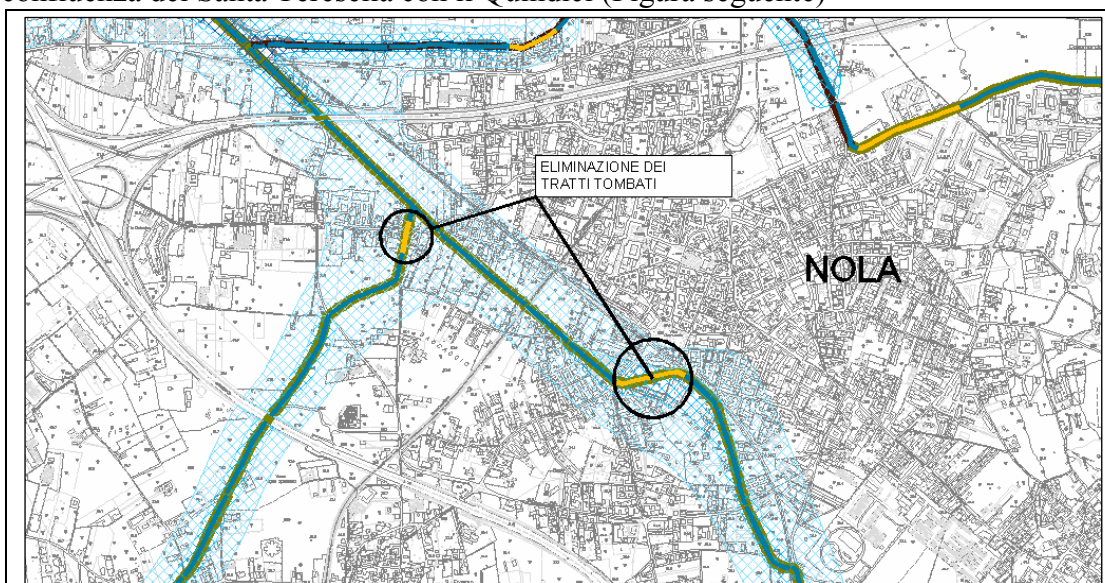


Figura 40. Lagno di Quindici. tratti tombati da eliminare.

8.1.5.2 Lagno di Casamarciano

Sono previsti degli interventi di risagomatura sul Lagno di Casamarciano, tra l'autostrada Napoli-Canosa e la confluenza con il Lagno di Quindici. Si prevede anche di eliminare il tratto tombato presente sotto Via San Pietro (*Vedi anche Tav. 05.02 e Tav. 04.02*).

8.1.5.3 Lagno di Santa Teresa

Gli interventi di risagomatura sono previsti in prossimità del centro abitato di Saviano. Inoltre si prevede l'eliminazione del tratto tombato presente in prossimità della confluenza con il Lagno di Quindici.

8.2 LAGNO DI GAUDO

8.2.1 Vasaca di laminazione GA01

La portata idrologica indisturbata alla confluenza con i Regi Lagni risulta incompatibile alla capacità di smaltimento di quest'ultimo come evidenziato dal confronto tra la curva di crescita delle portate e la portata ammissibile nel canale Regi Lagni calcolata per la sezione di confluenza con i Regi Lagni (sez a18 PAI).

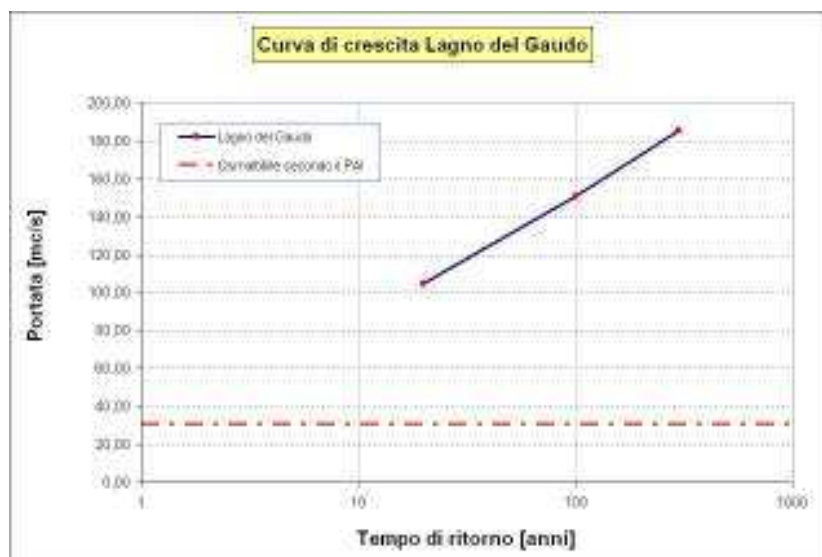


Figura 41. Lagno di Gaudo. Curva di crescita delle portate con valori tratti dal PAI.

L'idrogramma di piena ad assegnata portata a colmo ($T=100$) è stato stimato con il metodo del SCS prima descritto alla sezione sezione A18 del PAI in corrispondenza del nuovo centro commerciale "Vulcano Buono". Nello stesso grafico viene riportata la portata ammissibile di 30,7 m³/s, indicata dal PAI e che corrisponde alla portata ammissibile nel canale Regi Lagni rispettando le condizioni di progetto del canale stesso (*cfr. tab. pag. 141 del Volume 2 del PAI*).

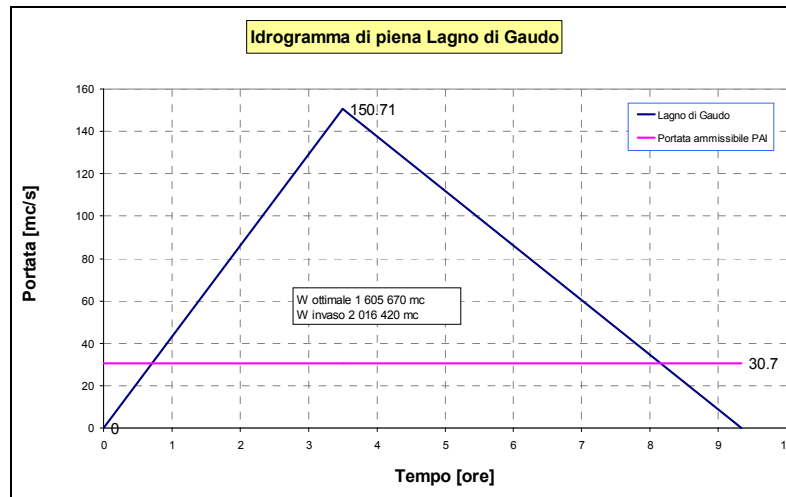


Figura 42. Lagno di Gaudio. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni.

La differenza tra portata al colmo e quella ammissibile nel canale regi Lagni impone la realizzazione di una vasca di laminazione (*Vedi anche Tav. 03.00*).

La vasca GA01 è localizzata a monte del complesso industriale di Nola. Poiché in questo tratto il lagno di Gaudio è pensile rispetto alla piana circostante la vasca verrà realizzata in derivazione.

In data 10 novembre 2009 è stato effettuato un sopralluogo nel tratto compreso tra il frazione di San Donato e l'area del nuovo centro commerciale "Vulcano Buono", le cui foto sono riportate nell'*Allegato III*.

Il volume di laminazione è stimato con l'espressione di Marone (1971)¹¹ (qui usata in prima approssimazione anche se l'invaso potrebbe essere in derivazione), generalmente utilizzata per un primo dimensionamenti di invasi di laminazione scritta nella forma classica:

$$\frac{Q_{lam}}{Q_{ind}} = 1 - \frac{W_{vasca}}{W_{idr}}$$

che esprime il rapporto tra la portata laminata (Q_{lam}) e quella indisturbata (Q_{ind}) in funzione del rapporto tra volume invasato nella vasca (W_{vasca}) e il volume indisturbato, (W_{idr}).

La portata laminata è quella ammissibile ricavate dalle analisi di pericolosità del PAI ed è $Q_{lam}=30.7$ mc/s

La portata in ingresso alla vasca, Q_{ind} è quella idrologica (stimata dal PAI) ridotta dell'effetto di diffusione indotto dal volume di invaso del lagno. Tale effetto, tipico di una laminazione in linea, è stato calcolato in via di prima approssimazione, anche in mancanza di una geometria di dettaglio, tramite l'uso della dell'espressione di Marone (1971)¹² Mancini ed al (2000)¹³, scritta come:

$$\frac{Q_{ingresso}}{Q_{ind}} = 1 - \frac{W_{rete}}{W_{idr}}$$

dove:

$Q_{ingresso}$ è la portata in ingresso alla vasca,

Q_{ind} è la portata idrologica

W_{idr} è il volume dell'idrogramma alla sezione di ingresso della vasca

Q_{ind} è la portata di piena indisturbata in ingresso alla vasca;

W_{rete} è il volume di invaso in rete.

¹¹ MARONE, V., *Calcolo di massima di un serbatoio di laminazione, L'energia Elettrica*, n. 9, 1971, 561-567.

¹² MARONE, V., *Calcolo di massima di un serbatoio di laminazione, L'energia Elettrica*, n. 9, 1971, 561-567.

¹³ MANCINI M., MONTALDO N., ROSSO R., "Effetti di laminazione di un sistema d'invasi artificiali nel bacino del fiume Toce *L'Acqua*, 2000.

L'idrogramma in ingresso è calcolato con l'espersione dell'SCS avendo assegnato la portata al colmo come descritto precedentemente.

Di seguito si riporta l'idrogramma triangolare in ingresso alla vasca il volume ottimale di laminazione ed il volume della vasca calcolato con la formula di Marone

Il Volume di laminazione è stato calcolato sia come volume ottimale pari alla differenza tra l'idrogramma in ingresso e la portata ammissibile a valle sia attraverso la stima fornita dalla formulazione di Marone.

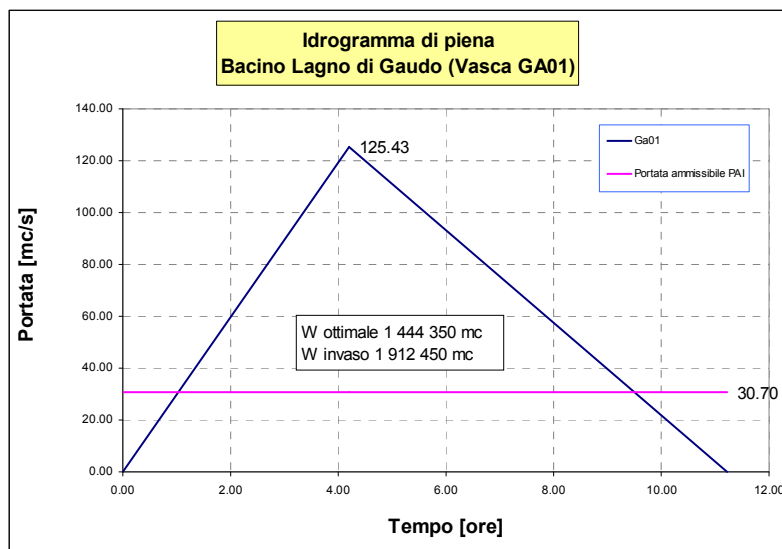


Figura 43. Lagno di Gaudio. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni considerando il volume invasato nel reticolo idrografico di monte.

La tabella seguente riporta una sintesi delle principali grandezze della vasca mentre i valori ottenuti dai calcoli eseguiti sono riportati in fondo al capitolo

Tabella XXXIII. Principali grandezze della vasca di laminazione del Lagno di Gaudio.

Area Bacino Idrografico (kmq)	Q ₁₀₀ PAI (mc/s)	Q ₁₀₀ idraulica ingresso (mc/s)	Q _{amm} uscita (mc/s)	W idrogramma (mc)	W vasca (mc)	Superficie vasca (mq)
85	190.71	125.43	30.7	2'342'345	1'912450	765'000

La superficie della vasca è di 765'000 mq, calcolata ipotizzando di invasare il volume di laminazione con un battente di 2.5 m e quindi con un rilevato di cintura arginale di 3 m di altezza e la sua ubicazione è riportata in figura seguente (Vedi anche Tav. 05.02).

La localizzazione di questa vasca implica ancora una superficie molto elevata ricavata a monte dell'area industriale in arre già inondabili (Figura seguente)

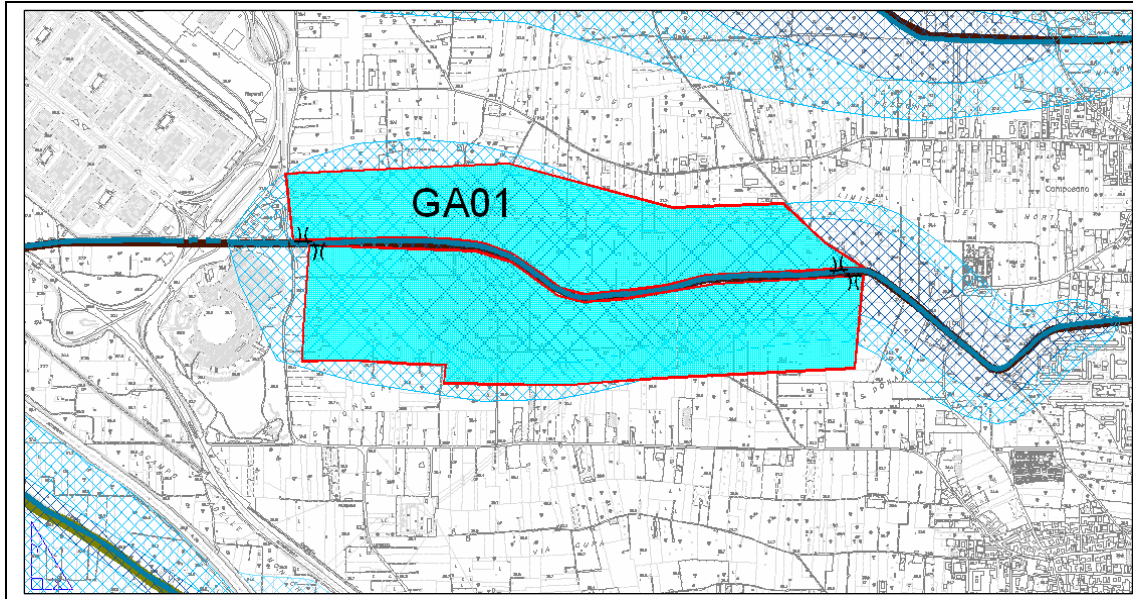


Figura 44. Lagno di Gaudo. Ubicazione della vasca di laminazione. Sulla cartografia sono state riportate le aree esondate tratte dalla tavola “Carta della Pericolosità per Fenomeni di Esondazione e di Alluvionamento” del PAI

8.2.2 Eliminazione del collegamento Lagno di Gaudo Lagno di Avella

In prossimità del centro abitato di Tufino è presente un collegamento tra i lagni di Gaudo e quello di Avella. La sua funzione è quella di convogliare la portata di piena del Gaudo nel Lagno di Avella.

Poiché il PAI individua da tale collegamento fino al centro abitato di Mugnano del Cardinale delle aree di esondazione si deduce che tale sistema non è funzionale.

Si prevede quindi l’eliminazione di tale collegamento e la conseguente risagomatura del tratto che si sviluppa da Mugnano del Cardinale fino alla confluenza con il canale dei Regi Lagni.

8.2.3 Risagomatura alveo (Vedi anche Tav. 05.02 e Tav. 04.02)

Gli interventi di risagomatura consistono nell’adeguamento delle sezioni alla portata smaltibile e comprendono interventi di demolizione e rifacimento delle sponde, delle tombature, la demolizione dei manufatti che possono intralciare il normale defluire dell’acqua, l’allargamento della sezione e l’asportazione dal materiale depositato.

Gli interventi di risagomatura sono previsti:

- nel tratto dal centro abitato di Mugnano del Cardinale fino al collegamento Gaudo-Avella in quanto il PAI individua insufficienze della sezione con relative aree di di esondazione
- nel tratto dal collegamento Gaudo-Avella alla confluenza con il canale dei Regi Lagni dove la sezione idraulica deve essere adeguata a quella portata di piena del Gaido che precedentemente veniva scolmata in parte nel Lagno di Avella.

8.2.4 Pulizia del corso d’acqua

Sono previsti degli interventi di pulizia dell’alveo su tutti i tratti principali, tali interventi prevedono eliminazione della vegetazione presente in alveo e sulle sponde e l’asporto del materiale depositato. I tratti individuati sono mostrati sulle tavole allegate (Vedi anche Tav. 05.02 e Tav. 04.02).

8.3 LAGNO DI AVELLA (O DI BOSCOFANGONE)

8.3.1 Vasca di laminazione AV01

La portata idrologica indisturbata alla confluenza con i Regi Lagni risulta incompatibile alla capacità di smaltimento di quest’ultimo come evidenziato dal confronto tra la curva di crescita delle portate e

la portata ammissibile nel canale Regi Lagni calcolata per la sezione di confluenza con i Regi Lagni (sez A10 PAI).

Di seguito si riporta la curva di crescita alla sezione di confluenza con i Regi Lagni e la portata ammissibile individuata dal PAI.

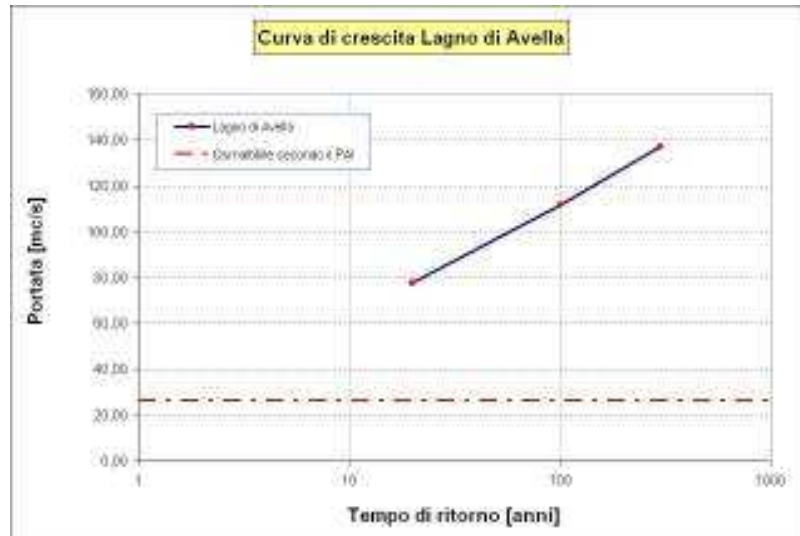


Figura 45. Lagno di Avella. Curva di crescita delle portate con valori tratti dal PAI.

Dai dati a disposizione è stato tracciato l'idrogramma di piena alla sezione A10 del PAI, che chiude in corrispondenza della confluenza con il Regi Lagni per tempi di ritorno di 100 anni. Nello stesso grafico viene aggiunta la portata ammissibile di 26,3 m³/s, prescritta dal PAI e che corrisponde alla portata che può recapitare nel canale Regi Lagni rispettando le condizioni di progetto del canale stesso (Vedere tabella a pag. 141 del Volume 2 del PAI).

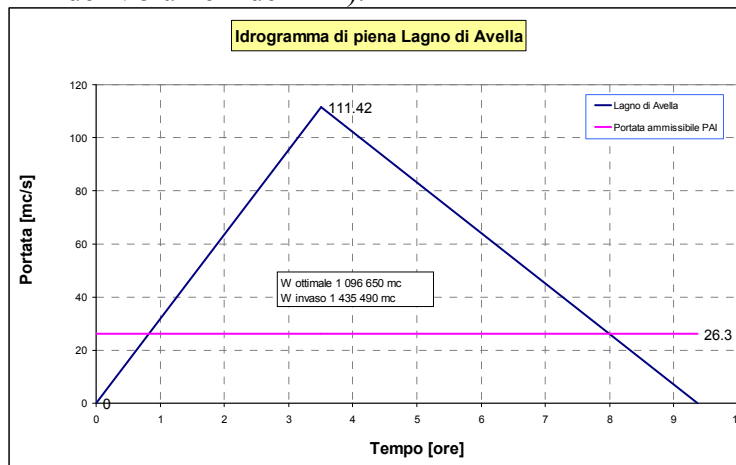


Figura 46. Lagno di Avella. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni.

Come si nota dal precedente idrogramma la portata con tempo di ritorno di 100 anni è notevolmente superiore alla portata ammissibile prescritta dal PAI, si è quindi presa in considerazione la realizzazione di una vasca di laminazione (*Vedi anche Tav. 03.00*).

La vasca AV01 è localizzata a monte del complesso industriale di Nola e la sua tipologia potrà essere in linea.

Il volume di laminazione è stimato con l'espressione di Marone (1971)¹⁴ (qui usata in prima approssimazione anche se l'invaso potrebbe essere in derivazione), generalmente utilizzata per un primo dimensionamenti di invasi di laminazione scritta nella forma classica:

¹⁴ MARONE, V., *Calcolo di massima di un serbatoio di laminazione*, *L'energia Elettrica*, n. 9, 1971, 561-567.

$$\frac{Q_{lam}}{Q_{ind}} = 1 - \frac{W_{vasca}}{W_{idr}}$$

che esprime il rapporto tra la portata laminata (Q_{lam}) e quella indisturbata (Q_{ind}) in funzione del rapporto tra volume invasato nella vasca (W_{vasca}) e il volume indisturbato, (W_{idr}).

La portata laminata è quella ammissibile ricavate dalle analisi di pericolosità del PAI ed è $Q_{lam}=26.3$ mc/s

La portata in ingresso alla vasca, Q_{ind} è quella idrologica (stimata dal PAI) ridotta dell'effetto di diffusione indotto dal volume di invaso del lago. Tale effetto, tipico di una laminazione in linea, è stato calcolato in via di prima approssimazione, anche in mancanza di una geometria di dettaglio, tramite l'uso della dell'espressione di Marone (1971)¹⁵ Mancini ed al (2000)¹⁶, scritta come:

$$\frac{Q_{ingresso}}{Q_{ind}} = 1 - \frac{W_{rete}}{W_{idr}}$$

dove:

$Q_{ingresso}$ è la portata in ingresso alla vasca,

Q_{ind} è la portata idrologica

W_{idr} è il volume dell'idrogramma alla sezione di ingresso della vasca

Q_{ind} è la portata di piena indisturbata in ingresso alla vasca;

W_{rete} è il volume di invaso in rete.

L'idrogramma in ingresso è calcolato con l'espersione dell'SCS avendo assegnato la portat al colmo come descritto precedentemente.

Di seguito si riporta l'idrogramma triangolare in ingresso alla vasca il volume ottimale di laminazione ed il volume della vasca calcolato con la formula di Marone

Il Volume di laminazione è stato calcolato sia come volume ottimale pari alla differenza tra l'idrogramma in ingresso e la portata ammissibile a valle sia attraverso la stima fornita dalla formulazione di Marone.

Nella figura seguente viene riportato l'idrogramma di piena; i calcoli eseguiti per il volume d'invaso e le rispettive tabelle sono riportati in fondo al capitolo.

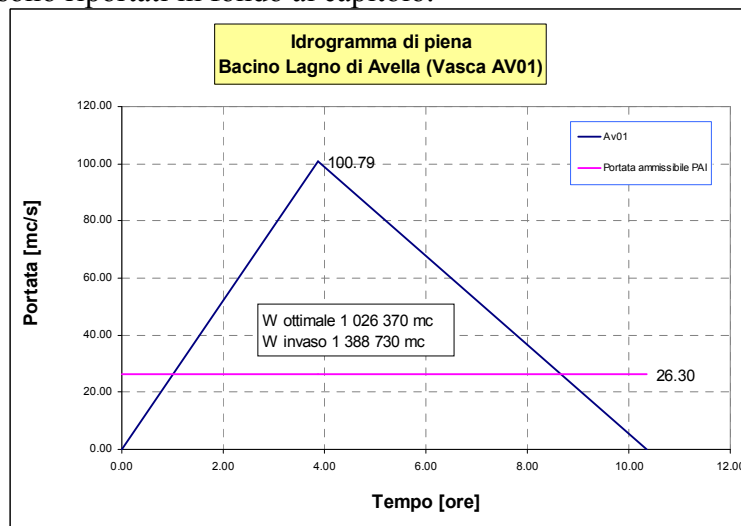


Figura 47. Lagno di Avella. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni considerando il volume invasato nel reticolo idrografico di monte.

La tabella seguente riporta una sintesi delle principali grandezze della vasca mentre i valori ottenuti dai calcoli eseguiti sono riportati in fondo al capitolo

¹⁵ MARONE, V., *Calcolo di massima di un serbatoio di laminazione*, *L'energia Elettrica*, n. 9, 1971, 561-567.

¹⁶ MANCINI M., MONTALDO N., ROSSO R., "Effetti di laminazione di un sistema d'invasi artificiali nel bacino del fiume Toce *L'Acqua*, 2000.

Tabella XXXIV. Principali grandezze della vasca di laminazione del Lagno di Gaudo.

Area Bacino Idrografico (kmq)	Q ₁₀₀ PAI (mc/s)	Q ₁₀₀ idraulica ingresso (mc/s)	Q _{amm} uscita (mc/s)	W idrogramma (mc)	W vasca (mc)	Superficie vasca (mq)
69.13	111.42	100.79	26.3	1'879'017	1'388'730	555'000

La localizzazione di questa vasca implica ancora una superficie moto elevata ricavata all'intereno delle aree inondabili perimetrata dal PAI (Figura seguente e Tav. 05). La superficie della vasca è di 555'000 mq, calcolata ipotizzando di invasare il volume di laminaione con un battente di 2.5 m e quindi con un rilevato di cintura arginale di 3 m di altezza e la sua ubicazione è riportata in figura seguente (Vedi anche Tav. 05.02).

Nella figura sono riportate anche le vasche esistenti di Cutignano a sud e Risignano a nord, che presentano delle dimensione di laminazione insufficienti ai fini della laminazione rispetto alla vasca calcolata nel presente studio. Esse verranno utilizzate per il controllo dei sedimenti.

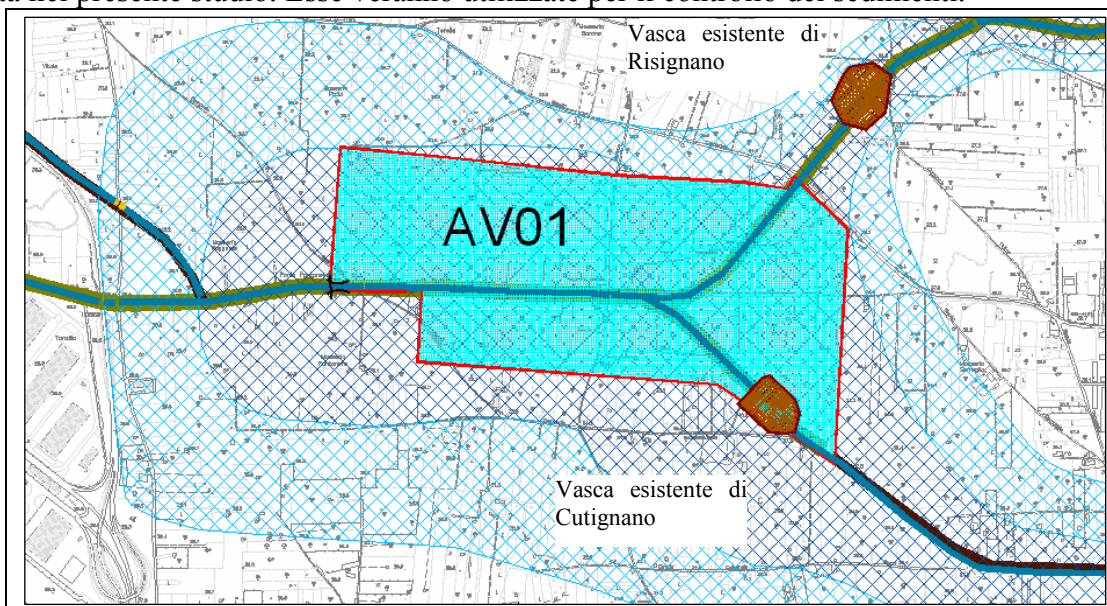


Figura 48. Lagno di Avella. Ubicazione della vasca di laminazione. Sulla cartografia sono state riportate le aree esondate tratte dalla tavola "Carta della Pericolosità per Fenomeni di Esondazione e di Alluvionamento" del PAI..

8.3.2 Risagomatura alveo Lagno di Gaudo (Tav. 05.02 e Tav. 04.02)

Gli interventi di risagomatura consistono nell'adeguamento delle sezioni alla portata smaltibile e comprendono interventi di demolizione e rifacimento delle sponde, delle tombinature, la demolizione dei manufatti che possono intralciare il normale defluire dell'acqua, l'allargamento della sezione e l'asportazione dal materiale depositato.

Gli interventi di risagomatura sono previsti:

- dal collegamento con il Lagno del Gaudo fino alla vasca di laminazione AV01. In tali aree il PAI individua delle aree di esondazione. Tali interventi si rendono necessari in quanto la sezione in tali tratti risulta idraulicamente insufficiente
- in prossimità del centro abitato di Cicciano dove è anche presente un tratto tombinato che verrà eliminato.

8.3.3 Risagomatura alveo Lagno di Sasso

L'intervento di risagomatura viene previsto dal Villaggio Gescal situato a nord di Cicciano fino alla vasca di laminazione AV01.

8.3.4 Ripristino del canale scolmatore a nord dell'area industriale

Durante il sopralluogo è risultata l'esistenza di un manufatto modulatore in cemento (vedi foto in Allegato fotografico) in buone condizioni, tale struttura è collegata ad un canale scolmatore che costeggia a nord l'area industriale fino a confluire nel canale dei Regi Lagni. Il tratto iniziale di tale scolmatore risulta interamente ostruito mentre il tratto terminale sembra essere in discrete condizioni in quanto sembra essere utilizzato come canale di gronda per le aree a nord. Il progetto prevede quindi il ripristino di tale canale scolmatore.

8.3.5 Pulizia del corso d'acqua

Sono previsti degli interventi di pulizia dell'alveo su tutti i tratti principali, tali interventi prevedono eliminazione della vegetazione presente in alveo e sulle sponde e l'asporto del materiale depositato. I tratti individuati sono mostrati sulle tavole allegate (*Vedi anche Tav. 05.02 e Tav. 04.02*).

8.4 LAGNO SOMMA

8.4.1 Vasca di Laminazione SO01

La portata idrologica indisturbata alla confluenza con i Regi Lagni (sup. bacino 25 kmq) risulta incompatibile alla capacità di smaltimento di quest'ultimo come evidenziato dal confronto tra la curva di crescita delle portate e la portata ammissibile nel canale Regi Lagni calcolata per la sezione di confluenza con i Regi Lagni (sez A05 PAI). Di seguito si riporta la curva di crescita alla sezione in esame .

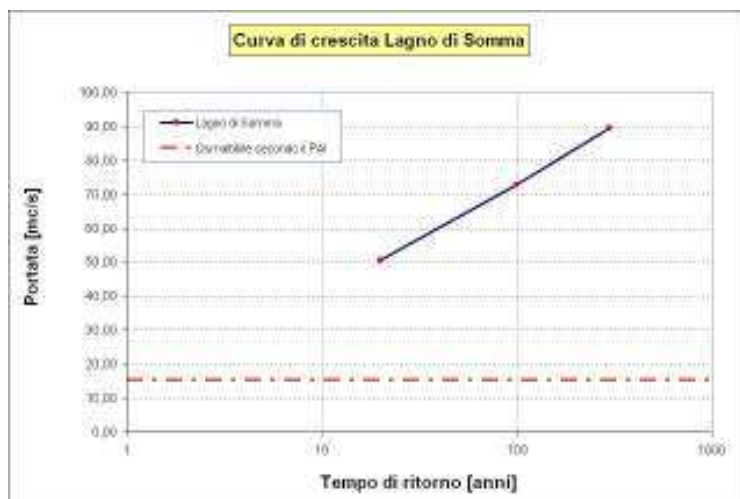


Figura 49. Lagno di Somma. Curva di crescita delle portate con valori tratti dal PAI.

Si è quindi tracciato l'idrogramma di piena alla sezione A5 del PAI, per tempi di ritorno di 100 anni con il metodo SCS descritto in precedenza. Nello grafico viene riportata l'idrogramma e la portata di 15,2 mc/s, indicata dal PAI come portata ammissibile nel canale Regi Lagni. (Tabella a pag. 141 del Volume 2 del PAI).

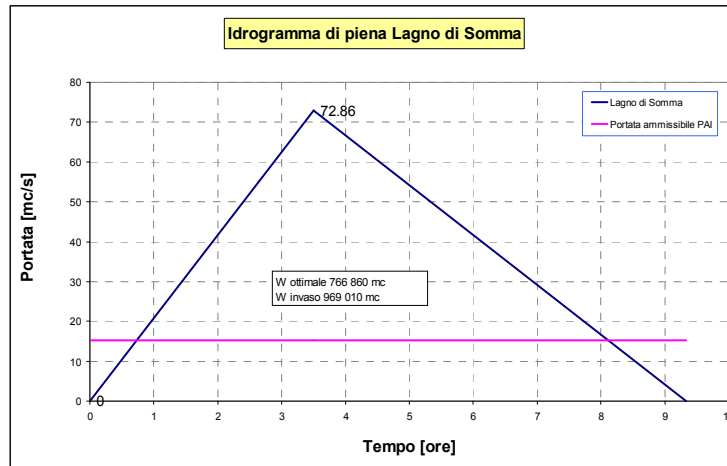


Figura 50. Lagno di Somma. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni.

La forte differenza tra le portate di pocco e quella ammissibile comporta di considerare un intervento di laminazione (*Vedi anche Tav. 03.00*).

La vasca SO01 è localizzata a valle del centro abitato di Marigliano quai in prossimità del canale regi lagni e la sua tipologia è prevista in linea.

Il volume di laminazione è stimato con l'espressione di Marone (1971)¹⁷ (qui usata in prima approssimazione anche se l'invaso potrebbe essere in derivazione), generalmente utilizzata per un primo dimensionamenti di invasi di laminazione scritta nella forma classica:

$$\frac{Q_{lam}}{Q_{ind}} = 1 - \frac{W_{vasca}}{W_{idr}}$$

che esprime il rapporto tra la portata laminata (Q_{lam}) e quella indisturbata (Q_{ind}) in funzione del rapporto tra volume invasato nella vasca (W_{vasca}) e il volume indisturbato, (W_{idr}).

La portata laminata è quella ammissibile ricavate dalle analisi di pericolosità del PAI ed è $Q_{lam}=26.3$ mc/s

La portata in ingresso alla vasca, Q_{ind} è quella idrologica (stimata dal PAI) ridotta dell'effetto di diffusione indotto dal volume di invaso del lagno Tale effetto, tipico di una laminazione in linea, è stato calcolato in via di prima approssimazione, anche in mancanza di una geometria di dettaglio, tramite l'uso della dell'espressione di Marone (1971)¹⁸ Mancini ed al (2000)¹⁹, scritta come:

$$\frac{Q_{ingresso}}{Q_{ind}} = 1 - \frac{W_{rete}}{W_{idr}}$$

dove:

$Q_{ingresso}$ è la portata in ingresso alla vasca,

Q_{ind} è la portata idrologica

W_{idr} è il volume dell'idrogramma alla sezione di ingresso della vasca

Q_{ind} è la portata di piena indisturbata in ingresso alla vasca;

W_{rete} è il volume di invaso in rete.

L'idrogramma in ingresso è calcolato con l'espressione dell'SCS avendo assegnato la portata al colmo come descritto precedentemente.

Di seguito si riporta l'idrogramma triangolare in ingresso alla vasca il volume ottimale di laminazione ed il volume della vasca calcolato con la formula di Marone

¹⁷ MARONE, V., *Calcolo di massima di un serbatoio di laminazione*, *L'energia Elettrica*, n. 9, 1971, 561-567.

¹⁸ MARONE, V., *Calcolo di massima di un serbatoio di laminazione*, *L'energia Elettrica*, n. 9, 1971, 561-567.

¹⁹ MANCINI M., MONTALDO N., ROSSO R., "Effetti di laminazione di un sistema d'invasi artificiali nel bacino del fiume Toce *L'Acqua*, 2000.

Il Volume di laminazione è stato calcolato sia come volume ottimale pari alla differenza tra l'idrogramma in ingresso e la portata ammissibile a valle sia attraverso la stima fornita dalla formulazione di Marone.

Nella figura seguente viene riportato l'idrogramma di piena; i calcoli eseguiti per il volume d'invaso e le rispettive tabelle sono riportati in fondo al capitolo.

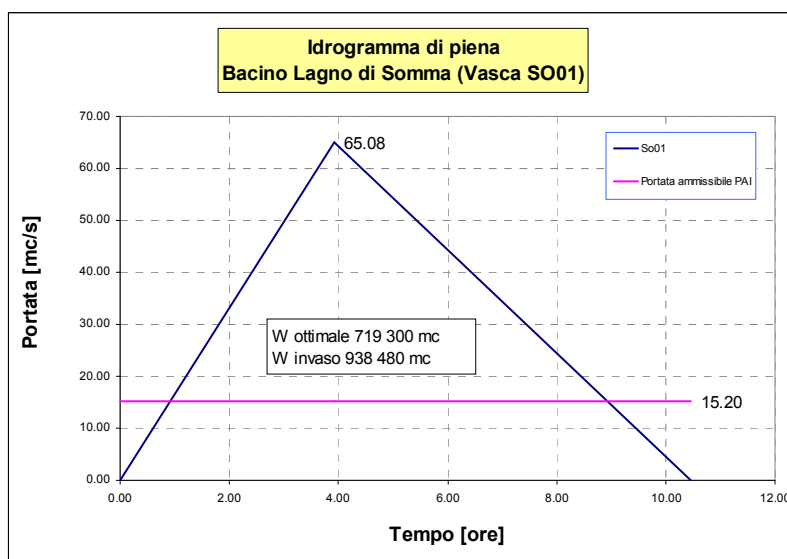


Figura 51. Lagno di Somma. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni considerando il volume invasato nel reticolo idrografico di monte.

La tabella seguente riporta una sintesi delle principali grandezze della vasca mentre i valori ottenuti dai calcoli eseguiti sono riportati in fondo al capitolo

Tabella XXXV. Principali grandezze della vasca di laminazione del Lagno di Somma.

Area Bacino Idrografico (kmq)	Q_{100} PAI (mc/s)	Q_{100} idraulica ingresso (mc/s)	Q_{amm} uscita (mc/s)	W idrogramma (mc)	W vasca (mc)	Superficie vasca (mq)
40.00	72.86	65.08	14.20	1'224'455	925'374	375'392

La localizzazione di questa vasca implica ancora una superficie moto elevata ricavata all'intereno delle aree inondabili perimetrata dal PAI (Figura seguente e Tav. 05.01). La superficie della vasca è di 375'392 mq, calcolata ipotizzando di invasare il volume di laminazione con un battente di 2.5 m e quindi con un rilevato di cintura arginale di 3 m di altezza e la sua ubicazione è riportata in figura seguente (Vedi anche Tav. 05.02).

Tale vasca verrà opportunamente realizzata in comparti; infatti il dimensionamento considera anche il volume di laminazione necessario al reticolo fognario (collettore di Marigliano). Infatti il Lagno di Somma svolge anche la funzione di fugatore del collettore di Marigliano a valle del manufatto ripartitore. (cfr. capitolo 12.2.2)

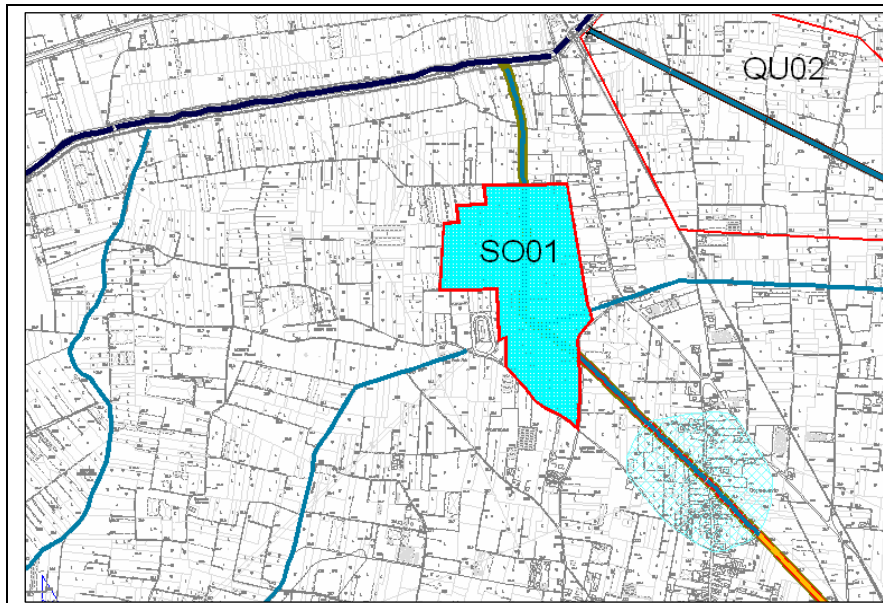


Figura 52. Lagno di Somma. Ubicazione della vasca di laminazione. Sulla cartografia sono state riportate le aree esondate tratte dalla tavola “Carta della Pericolosità per Fenomeni di Esondazione e di Alluvionamento” del PAI

8.4.2 Interventi di messa in sicurezza del centro abitato di Marigliano

I Lagno di Somma attraversa l’abitato di Marigliano con una sezione tombinata. Tale tratto si sviluppa dalla vasca di laminazione esistente a monte del centro di Marigliano (vedi Allegato Fotografico) che sembra risalire alle opere della cassa del Mezzogiorno, attraversa il centro abitato e termina a valle della frazione di Lausdomini (Vedi figura seguente).

La sezione utile della tombinatura risulta essere rettangolare di 4 m di larghezza e 3 m di altezza. Il suo stato di manutenzione evidenzia problemi di sicurezza idraulica dovuti all’accumulo di materiale all’interno della tombinatura, alla presenza di sottoservizi che riducono la sezione utile, presenza di manufatti e sezioni della tombinatura non adeguate allo smaltimento della portata di piena.

Gli interventi previsti, contabilizzati nel computo metrico (Tav. 05.01 e Tav. 04.02) sono tutti mirati al ripristino dell’efficienza idraulica della tombinatura; essi possono riassumersi in:

- l’asportazione per l’intero tratto del materiale depositato,
- rimozione dei manufatti e dei sottoservizi che comportano una riduzione della sezione utile,
- il rifacimento di quei tratti che non sono verificati idraulicamente,
- il rifacimento delle pareti e delle coperture ammalorate,
- Pulizia e ripristino della capacità di invaso della Vasca.

Nelle successive fasi di progettazione si potrebbe approfondire l’opportunità di riadeguare anche la vasca esistente di Marigliano situata a monte del centro abitato. La figura seguente e le tavole mostrano l’ubicazione della vasca esistente denominata SO01bis. In questo caso si ridurrà parzialmente il volume della vasca posta a valle.

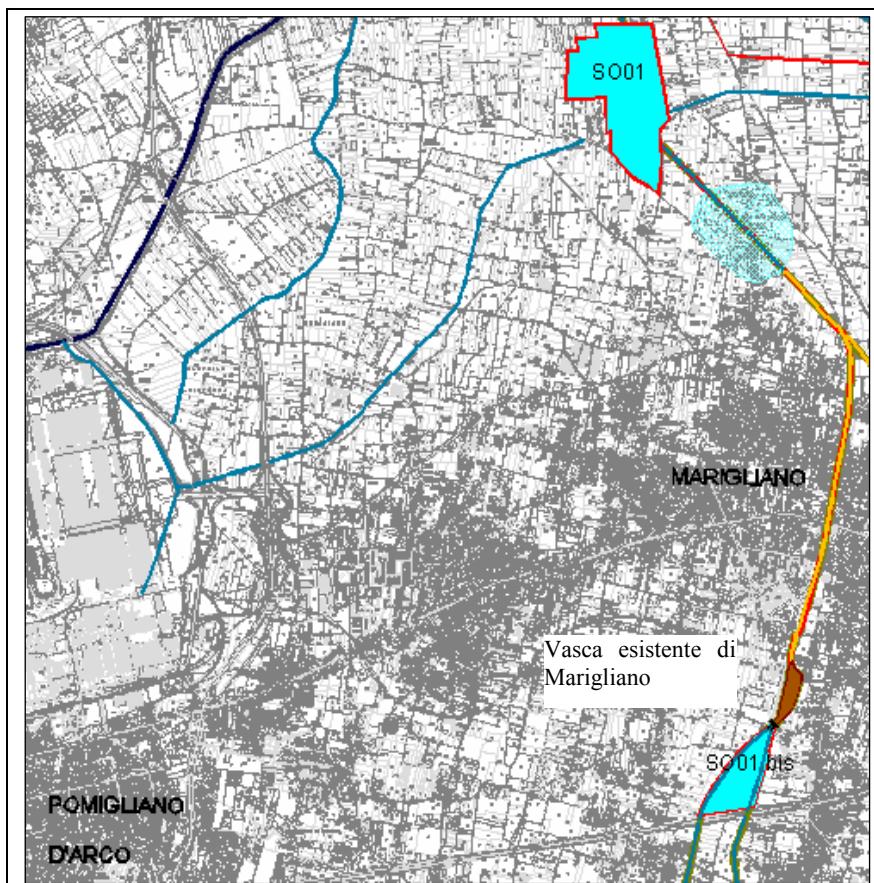


Figura 53. Lagno di Somma. Tratto tombato che attraversa in centro abitato di Marigliano e ubicazione della vasca SO01 a monte dell'area urbanizzata di Marigliano.

8.4.3 Pulizia del corso d'acqua

Sono previsti degli interventi di pulizia dell'alveo su tutti i tratti principali, tali interventi prevedono eliminazione della vegetazione presente in alveo e sulle sponde e l'asporto del materiale depositato. I tratti individuati sono mostrati sulle tavole allegate (*Vedi anche Tav. 05.01 e Tav. 04.02*).

8.5 LAGNO DELLO SPIRITO SANTO

8.5.1 Vasca di laminazione SS01

La portata idrologica indisturbata alla confluenza con i Regi Lagni (sup. bacino 21 kmq) risulta incompatibile alla capacità di smaltimento di quest'ultimo come evidenziato dal confronto tra la curva di crescita delle portate e la portata ammissibile nel canale Regi Lagni calcolata per la sezione di confluenza con i Regi Lagni (sez. a7ss PAI). Di seguito si riporta la curva di crescita alla sezione in esame .



Figura 54. Lagno di Spirito Santo. Curva di crescita delle portate con valori tratti dal PAI.

Si è quindi tracciato l'idrogramma di piena alla sezione A5 del PAI (tav.01.02), per tempi di ritorno di 100 anni con il metodo SCS descritto in precedenza. Nel grafico viene riportata l'idrogramma e la portata di 9.9 mc/s, indicata dal PAI come portata ammissibile nel canale Regi Lagni. (Tabella a pag. 141 del Volume 2 del PAI).

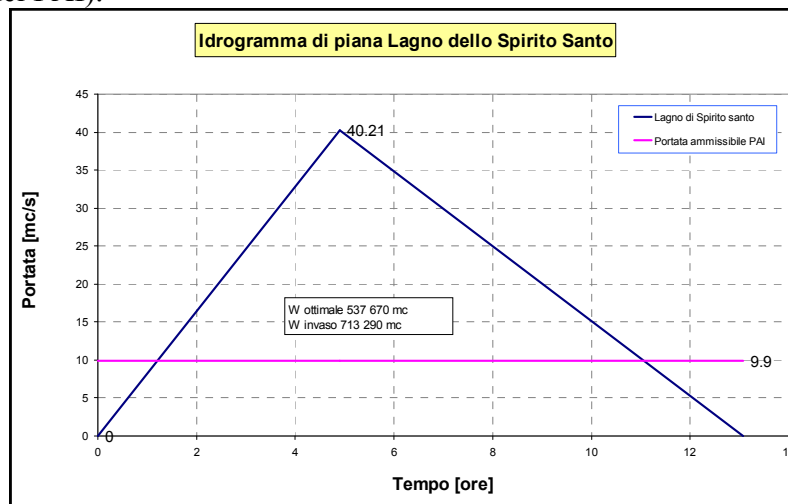


Tabella XXXVI. Lagno dello Spirito Santo. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni.

La forte differenza tra le portate di picco e quella ammissibile comporta di considerare un intervento di laminazione (Vedi anche Tav. 03.00).

La vasca SS01 è localizzata a valle del centro abitato di Pomigliano d'Arco. La vasca verrà realizzata in linea.

Il volume di laminazione è stimato con l'espressione di Marone (1971)²⁰ (qui usata in prima approssimazione anche se l'invaso potrebbe essere in derivazione), generalmente utilizzata per un primo dimensionamenti di invasi di laminazione scritta nella forma classica:

$$\frac{Q_{lam}}{Q_{ind}} = 1 - \frac{W_{vasca}}{W_{idr}}$$

che esprime il rapporto tra la portata laminata (Q_{lam}) e quella indisturbata (Q_{ind}) in funzione del rapporto tra volume invasato nella vasca (W_{vasca}) e il volume indisturbato, (W_{idr}).

La portata laminata è quella ammissibile ricavate dalle analisi di pericolosità del PAI ed è $Q_{lam}=9.9$ mc/s

²⁰ MARONE, V., *Calcolo di massima di un serbatoio di laminazione*, *L'energia Elettrica*, n. 9, 1971, 561-567.

La portata in ingresso, Q_{ind} , alla vasca è quella che considera l'effetto di laminazione della vasca QU01 in aggiunta al contributo di piena del bacino residuo. Essa in prima approssimazione può calcolarsi sempre dalla espressione di Marone scritta come:

$$\frac{Q_{ingresso}}{Q_{ind}} = 1 - \frac{(W_{vasca} + W_{rete})}{W_{idr}}$$

dove:

W_{idr} è il volume dell'idrogramma alla sezione di ingresso della vasca

Q_{ind} è la portata di piena indisturbata in ingresso alla vasca;

W_{vasca} è il volume della vasca QU01

W_{rete} è il volume di invaso in rete comprensivo del tratto tra le due vasche e a monte della QU01.

L'idrogramma in ingresso è calcolato con l'espressione dell'SCS avendo assegnato come portata al colmo quella in ingresso stimata precedentemente.

Di seguito si riporta l'idrogramma triangolare in ingresso alla vasca il volume ottimale di laminazione ed il volume della vasca calcolato con la formula di Marone

Il Volume di laminazione è stato calcolato sia come volume ottimale pari alla differenza tra l'idrogramma in ingresso e la portata ammissibile a valle sia attraverso la stima fornita dalla formulazione di Marone.

Nella figura seguente viene riportato l'idrogramma di piena; i calcoli eseguiti per il volume d'invaso e le rispettive tabelle sono riportati in fondo al capitolo.

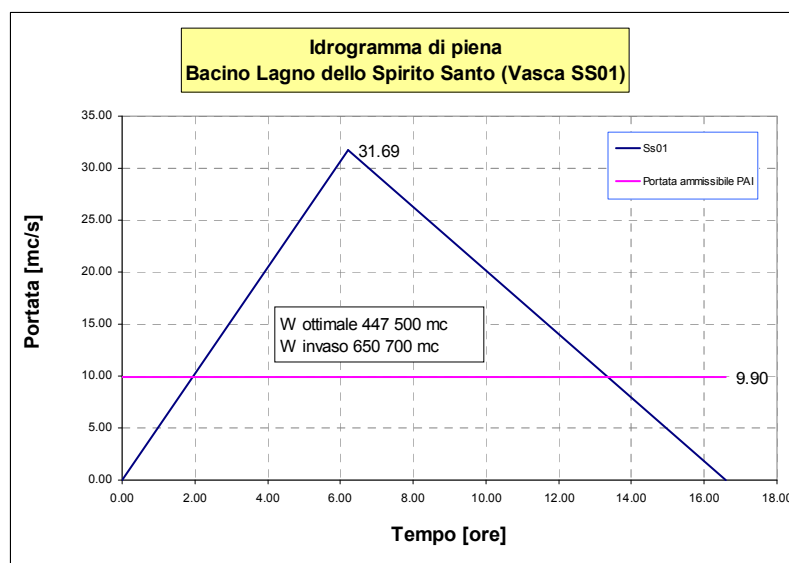


Figura 55. Lagno dello Spirito Santo. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni considerando il volume invasato nel reticolo idrografico di monte. La tabella seguente riporta una sintesi delle principali grandezze della vasca mentre i valori ottenuti dai calcoli eseguiti sono riportati in fondo al capitolo

Tabella XXXVII. Principali grandezze della vasca di laminazione del Lagno di Somma.

Area Bacino Idrografico (kmq)	Q_{100} PAI (mc/s)	Q_{100} idraulica ingresso (mc/s)	Q_{amm} uscita (mc/s)	W idrogramma (mc)	W vasca (mc)	Superficie vasca (mq)
20.71	40.21	26.55	9.90	946'255	593'461	260'300

La localizzazione di questa vasca implica ancora una superficie molto elevata ricavata all'interno delle aree inondabili perimetrate dal PAI (Figura seguente e Tav. 05.01). La superficie della vasca è di 375'392 mq, calcolata ipotizzando di invasare il volume di laminazione con un battente di 2.5 m e

quindi con un rilevato di cintura arginale di 3 m di altezza e la sua ubicazione è riportata in figura seguente (Vedi anche Tav. 05.02).

Tale vasca verrà opportunamente realizzata e strutturata in più comparti; infatti tale vasca svolge anche una funzione della laminazione della fognatura di Pomigliano D'Arco; il Lago di Spirito Santo svolge anche la funzione di fagotatore del collettore di Pomigliano d'Arco (cfr. capitolo 11.2)

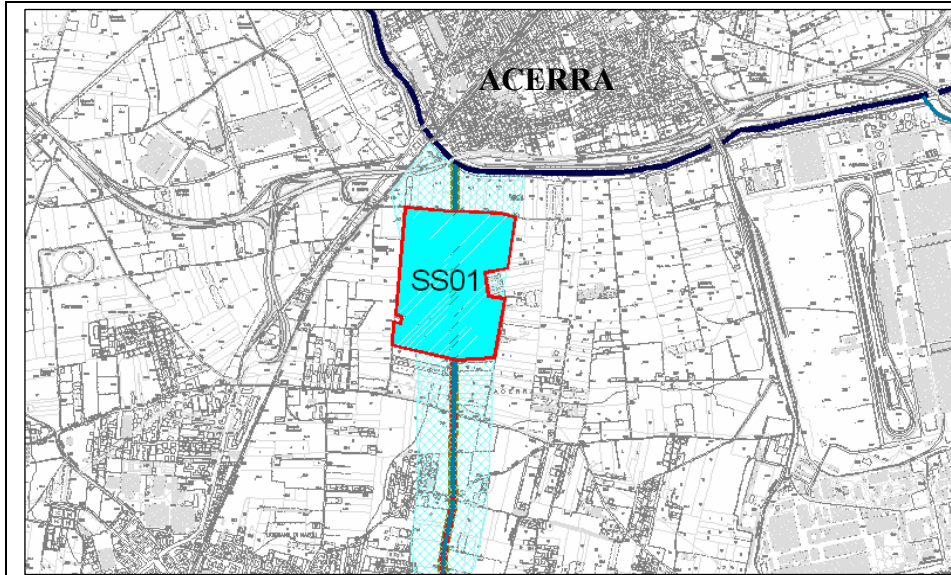


Figura 56. Lago di Spirito Santo. Ubicazione della vasca di laminazione. Sulla cartografia sono state riportate le aree esondate tratte dalla tavola “Carta della Pericolosità per Fenomeni di Esondazione e di Alluvionamento” del PAI

8.5.2 Interventi di messa in sicurezza del centro abitato di Pomigliano d'Arco

La situazione del Lago di Spirito Santo si presenta analoga a quello visto per il Lago di Somma; è presente un tratto tombinato che si sviluppa dalla vasca esistente di Guadagno, ubicata a monte del centro abitato, attraversa il centro abitato di Pomigliano d'Arco e termina nei pressi di Licignano di Napoli (Vedi figura seguente).

La sezione utile della tombinatura risulta essere rettangolare di 4 m di larghezza e 3 m di altezza. Il suo stato di manutenzione evidenzia problemi di sicurezza idraulica dovuti a: l'accumulo di materiale all'interno della tombinatura, presenza di sottoservizi che riducono la sezione utile, presenza di manufatti e sezioni della tombinatura non adeguate allo smaltimento della portata di piena.

Gli interventi previsti, contabilizzati nel computo metrico (Tav. 05.01 e Tav. 04.02) sono tutti mirati al ripristino dell'efficienza idraulica della tombinatura essi possono riassumersi in:

- l'asportazione per l'intero tratto del materiale depositato,
- rimozione dei manufatti e dei sottoservizi che comportano una riduzione della sezione utile,
- il rifacimento di quei tratti che non sono verificati idraulicamente,
- il rifacimento delle pareti e delle coperture ammalorate,
- Pulizia e ripristino della capacità di invaso della Vasca.

Nelle successive fasi di progettazione si potrebbe approfondire l'opportunità di riadeguare anche la vasca esistente di Guadagno situata a monte del centro abitato di Pomigliano D'Arco. La figura seguente e le tavole mostrano l'ubicazione della vasca esistente denominata SS01bis. In questo caso si ridurrà parzialmente il volume della vasca posta a valle.

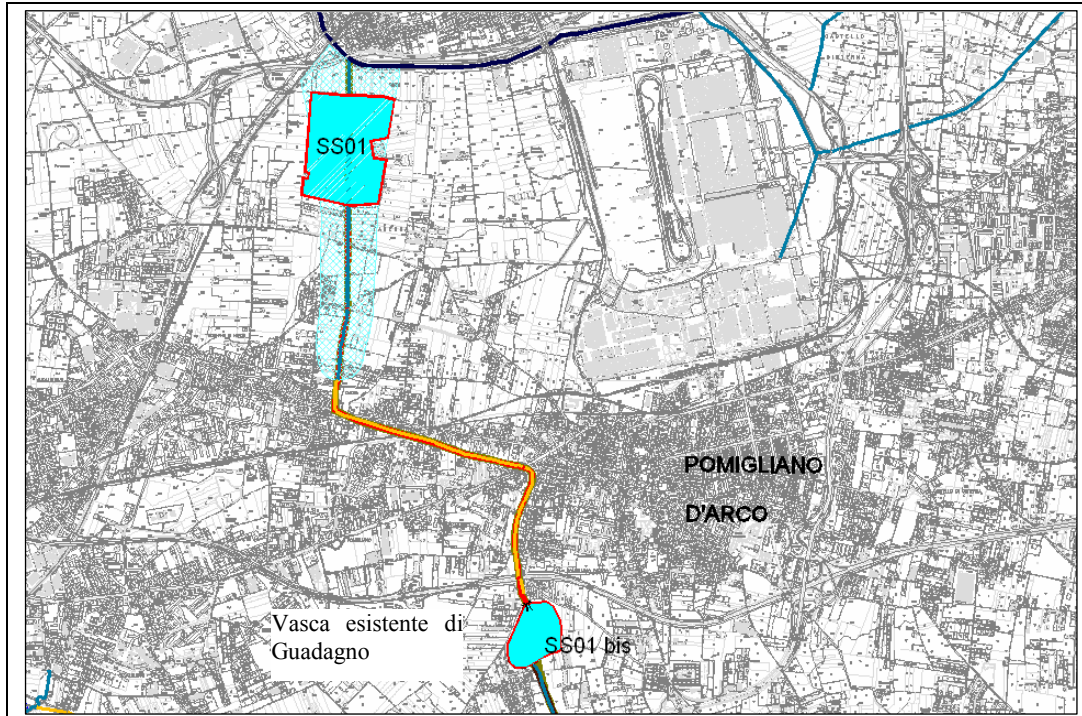


Figura 57. Lagno dello Spirito Santo. Tratto tombato che attraversa in centro abitato di Pomigliano d'Arco e ubicazione della vasca a monte.

8.5.3 Pulizia del corso d'acqua

Sono previsti degli interventi di pulizia dell'alveo su tutti i tratti principali, tali interventi prevedono eliminazione della vegetazione presente in alveo e sulle sponde e l'asporto del materiale depositato. I tratti individuati sono mostrati sulle tavole allegate (*Vedi anche Tav. 05.01 e Tav. 04.02*).

8.6 LAGNO VECCHIO

Il Lagno Vecchio è l'affluente in destra orografica del canale dei Regi Lagni in prossimità del centro abitato di Marcianise e si ritrova nel PAI come bacino del Carmignano, Il lagno riceve le acque del Lagno di Arena, proveniente da S. Felice a Canello e quelle del canale di Carmignano, proveniente da Maddaloni, e a monte della confluenza nei Regi Lagni riceve due fucatori provenienti da Nord (Caserta e Fellaco). E' presente anche un terzo lagno, quello del Palata, proveniente da Arpaia che in base alle informazioni affluisce alla rete di fognatura nel Collettore di San Felice a Canello (Figura 62)

Il reticolo del Lagno Vecchio presenta una serie di insufficienze anche dovute all'interferenza con infrastrutture.

Il presente studio, analizzate le aree di pericolosità idraulica e di relativo rischio e propone di realizzare un canale scolmatore del Lagno Vecchio che sotto passando la ferrovia passi a monte delle aree abitate che si trovano ad Ovest della ferrovia. Tale canale dovrà avere una sezione di almeno di 30 mq per smaltire la portata centennale di 120 mc/s stimata per l'intero bacino.

Tale canale sarà a sua volta immissario della vasca di laminazione CA01 che dovrà limitare la portata in arrivo a circa 27 mc /s per garantire l'ammissibilità allo smaltimento nel canale dei Regi Lagni.

8.6.1 Analisi idrologica idraulica

La stima della portata e' quindi ricavata per la sezione di ingresso della vasca che sottende un'area di 74.30 km² I valori di portata al colmo sono stati stimati con la metodologia indiretta secondo le informazioni del PAI e utilizzando i contributi unitari del Lagno di Avella che si presenta molto simile dal punto di vista idrologico.

Di seguito si riportano le curve di crescita dei Lagni di Palata (riferita alla sez. 11 PAI) e di Arena (riferita alla sez. 27 PAI). I valori riportati sono stati ottenuti dal PAI.

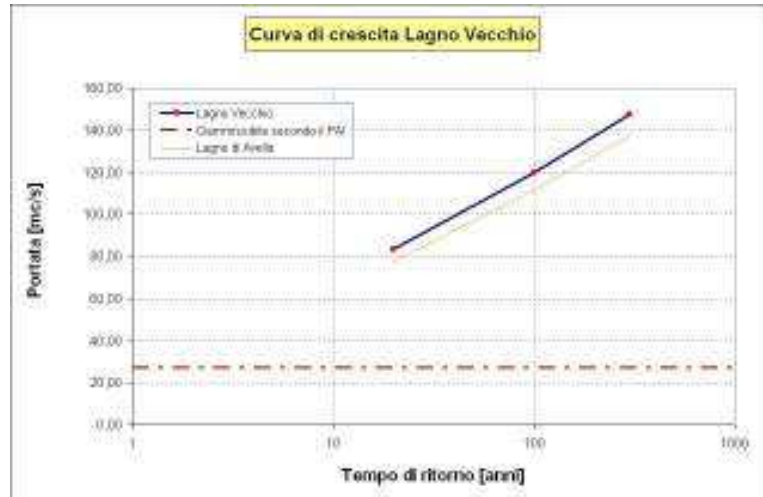


Figura 58. Lagno Vecchio: Curva di crescita delle portate con valori stimati alla sezione di ingresso della cassa ($S= 70.3 \text{ kmq}$) e con i coeff Unitari tratti dal bacino adiacente dell'Avella

Per analogia alle stime PAI, ed anche in considerazione di differenze tra le portate stimate con i due metodi che possono considerarsi all'interno della varianza di stima è stata adottata la stima di portata calcolata con i coefficienti unitari del Bacino dell'Avella.

In base a tali valori si è calcolato l'idrogramma di piena alla sezione in ingresso alla vasca con la metodologia dell'idrogramma triangolare. Il grafico di figura seguente riporta l'idrogramma di piena e la portata di 26,9 mc/s ammissibile per lo smaltimento nel canale regi lagni come indicato dal PAI. (Vedere tabella a pag. 141 del Volume 2 del PAI).

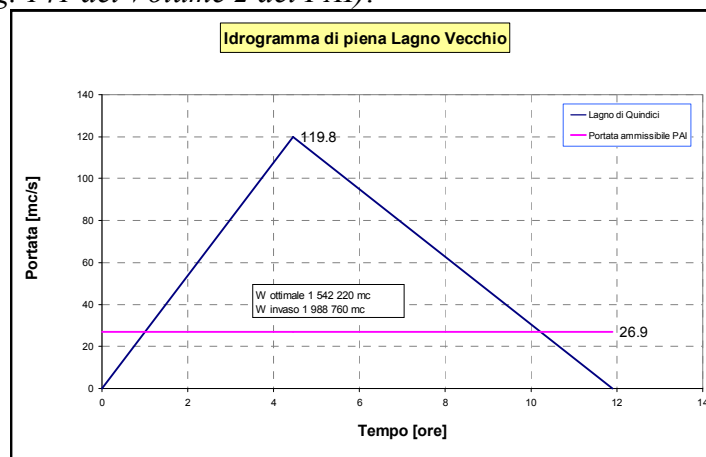


Figura 59. Lagno Vecchio. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni.

Come si nota dal precedente idrogramma la portata con tempo di ritorno di 100 anni è notevolmente superiore alla portata ammissibile prescritta dal PAI, si è quindi presa in considerazione la realizzazione di una vasca di laminazione (Vedi anche Tav. 03.00).

8.6.2 Vasca di laminazione

La vasca CA01 è localizzata a valle del centro abitato di Canello e verrà realizzata in linea.

Il volume di laminazione è stimato con l'espressione di Marone (1971) generalmente utilizzata per un primo dimensionamenti di invasi di laminazione scritta nella forma classica:

$$\frac{Q_{lam}}{Q_{ind}} = 1 - \frac{W_{vasca}}{W_{idr}}$$

che esprime il rapporto tra la portata laminata (Q_{lam}) e quella indisturbata (Q_{ind}) in funzione del rapporto tra volume invasato nella vasca (W_{vasca}) e il volume indisturbato, (W_{idr}).

La portata laminata è quella ammissibile ricavate dalle analisi di pericolosità del PAI ed è $Q_{lam}=26.90$ mc/s

La portata in ingresso alla vasca, Q_{ing} è quella idrologica appositamente stimata sul Lagno Vecchio (a valle della confluenza del Lagno Palata e del canale Carmignano).

Tale portata è stata poi ridotta dell'effetto di diffusione indotto dal volume di invaso del lagno. Tale effetto, tipico di una laminazione in linea, è stato calcolato in via di prima approssimazione, anche in mancanza di una geometria di dettaglio, tramite l'uso della dell'espressione di Marone scritta come:

$$\frac{Q_{ingresso}}{Q_{ind}} = 1 - \frac{W_{rete}}{W_{idr}}$$

dove:

$Q_{ingresso}$ è la portata in ingresso alla vasca,

Q_{ind} è la portata idrologica

W_{idr} è il volume dell'idrogramma alla sezione di ingresso della vasca

Q_{ind} è la portata di piena indisturbata in ingresso alla vasca;

W_{rete} è il volume di invaso in rete.

L'idrogramma in ingresso è calcolato con l'espressione dell'SCS avendo assegnato la portata al colmo come descritto precedentemente.

Di seguito si riporta l'idrogramma triangolare in ingresso alla vasca il volume ottimale di laminazione ed il volume della vasca calcolato con la formula di Marone

Il Volume di laminazione è stato calcolato sia come volume ottimale pari alla differenza tra l'idrogramma in ingresso e la portata ammissibile a valle sia attraverso la stima fornita dalla formulazione di Marone.

Nella figura seguente viene riportato l'idrogramma di piena; ed i calcoli eseguiti per il volume d'invaso e le rispettive tabelle sono riportati in fondo al capitolo

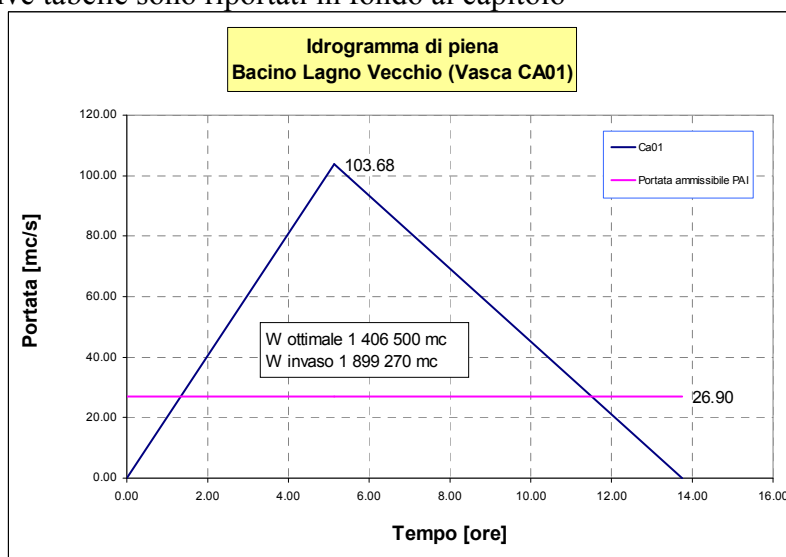


Figura 60. Lagno Vecchio. Idrogramma di piena per tempi di ritorno di 100 anni considerando il volume invasato nel reticolo idrografico di monte.

La tabella seguente fornisce come negli altri casi le principali grandezze della cassa.

Figura 61. Principali grandezze della vasca di laminazione del Lagno Vecchio.

Area Bacino Idrografico (kmq)	Q ₁₀₀ PAI (mc/s)	Q ₁₀₀ idraulica ingresso (mc/s)	Q _{amm} uscita (mc/s)	W idrogramma (mc)	W vasca (mc)	Superficie vasca (mq)
74.34	119.8	103.68	26.90	2'564'645	1'899'270	759'707

La localizzazione di questa vasca implica ancora una superficie moto elevata ricavata all'interno delle aree inondabili perimetrate dal PAI (Figura seguente e Tav. 05.01). La superficie della vasca è di 759'707 mq, calcolata ipotizzando di invasare il volume di laminazione con un battente di 2.5 m e quindi con un rilevato di cintura arginale di 3 m di altezza e la sua ubicazione è riportata in figura seguente (Vedi anche Tav. 05.02).

Una particolarità di questa vasca è la possibilità di poter realizzare la bocca di uscita con uno sfioratore a calice in modo da sfruttare l'importante sezione del Collettore della valle Caudina e quindi la portata di uscita della vasca si immette nei Regi Lagni all'altezza del Fugatore dell'impianto di Depurazione di Acerra (cfr. capitolo 11.2.2-12.2.6-7)

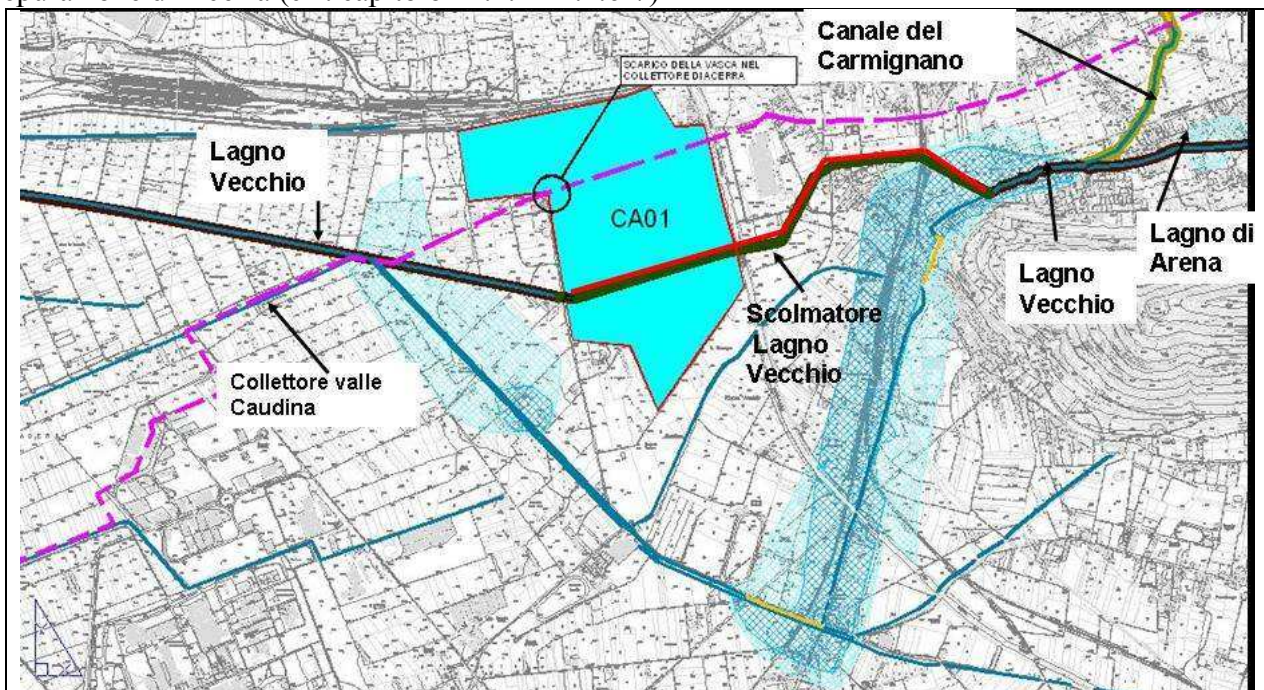


Figura 62. Lagno Vecchio. Ubicazione della vasca di laminazione CA01, delle aree PAI, e del reticolo idrografico naturale ed artificiale. Si noti in linea continua rossa lo scolmatore del Lagno Vecchio proposto ed in linea tratteggiata fucsia il collettore della valle caudina utilizzabile come uscita della vasca di laminazione

8.6.3 Risagomatura alveo

Gli interventi di risagomatura consistono nell'adeguamento delle sezioni alla portata smaltibile e comprendono interventi di demolizione e rifacimento delle sponde, delle tombature, la demolizione dei manufatti che possono intralciare il normale defluire dell'acqua, l'allargamento della sezione e l'asportazione dal materiale depositato.

Gli interventi di risagomatura sono previsti:

- Sul lagno Vecchio nel tratto a valle dalle vasca fino al fugatore Fellaco, e nel tratto tra la confluenza tra il canale del Carmignano e il lagno di Arena e l'inizio dello scolmatore
- Sul Lagno Arena nel tratto urbanizzato a Valle di san Felice a Cannello

Il lagno del Palata viene intercettato e deviato nel Lagno Arena, in questo modo viene sgravata anche il collettore di San felice a cancello.

Tali interventi sono indicati nelle tavole allegate (*Vedi anche Tav. 05.03 e Tav. 04.02*).

8.6.4 Canale scolmatore del Lagno Vecchio

Tra gli interventi è prevista la realizzazione di un canale scolmatore del Lagno Vecchio che intercetta le portate del Lagno arena e del canale Carmignano a valle della loro confluenza nel comune di Canello. Il canale sotto passa il sedime ferroviario e passa a monte della ferrovia e delle aree abitate che si trovano ad Ovest della ferrovia e segue più a sud il collettore della Valle Caudina fino ad immettersi nel Lagno Vecchio. Tale canale lungo 4000 m dovrà avere una sezione di almeno di 30 mq per smaltire la portata centennale di 120 mc/s stimata per l'intero bacino.

Tale canale sarà a sua volta immissario della vasca di laminazione CA01 che dovrà limitare la portata in arrivo a circa 27 mc /s per garantire l'ammissibilità allo smaltimento nel canale dei Regi Lagni.

8.6.5 Pulizia del corso d'acqua

Sono previsti degli interventi di pulizia dell'alveo su tutti i tratti principali, tali interventi prevedono eliminazione della vegetazione presente in alveo e sulle sponde e l'asporto del materiale depositato. I tratti individuati sono mostrati sulle tavole allegate (*Vedi anche Tav. 05.03 e Tav. 04.02*).

8.7 CALCOLO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva di stima delle portate al colmo per le diverse sezioni studiate e quella di stima dei volumi di laminazione delle casce. Nelle tabelle sono presente le grandezze utilizzate nell'applicazione del metodo del SCS per il calcolo dell'idrogramma ad assegnata portata e di Marone per il calcolo del volume di laminazione.

Tabella XXXVIII. Parametri morfologici e idrologici per la stima delle portate al colmo

Sezione	S	L	Hmed	H ₀	tr PAI	tc	idT100	Cf	Qc	Widrogrammae	Wrete
	[kmq]	[km]	[m]	[m]	[ore]	[ore]	[mm/h]	-	mc/s	[mc]	[mc]
Qu01	90.03	23.4	346	35	3.19	5.3273	20	0.26	130.04	2'494'007	206'448
Qu02	177.85	27.2	241	28	3.41	5.6947	19	0.34	319.14	6'542'703	292'728
Ga01	75.84	16.61	374	53	2.84	4.7428	22	0.32	148.31	2'532'245	424'800
Av01	69.13	25.16	499	30	3.13	5.2271	20	0.26	99.85	1'879'017	179'200
So01	24.45	14.12	28	20	2.8	4.676	21	0.51	72.74	1'224'455	178'650
Ss01	20.71	11.9	54	27	2.28	3.8076	25	0.48	69.03	946'265	321'390
Ca01	74.34	26.8	87	20	3.13	5.2271	20	0.33	136.29	2'564'645	345'000

Tabella XXXIX. valori utilizzati per il calcolo dei volumi di laminazione.

Sezione	S	Qc T100 PAI	QmaxT100monte	Tbscs	Tpscs	QammT100	Wott.Lamin	Wlaminazione	Area invaso battente 2,5 m
	[kmq]	[mc/s]	[mc/s]	[h]	[h]	[mc/s]	[mc]	[mc]	[mc]
Qu01	90.03	134.15	123.05	11.26	4.22	18	1'817'695	2'129'165	851'666
Qu02	177.85	331.56	208.83	17.41	6.52	63	3'190'513	4'568'871	1'827'548
Ga01	75.84	150.71	125.43	11.22	4.20	30.7	1'444'350	1'912'445	764'978
Av01	69.13	111.42	100.79	10.36	3.88	26.3	1'026'370	1'388'728	555'491
So01	24.45	72.86	62.23	10.93	4.09	15.2	699'345	925'374	375'392
Ss01	20.71	40.21	26.55	19.80	7.42	9.9	372'196	593'461	260'276
Ca01	74.34	119.8 ²¹	103.68	13.74	5.15	26.9	1'406'521	1'899'270	759'708

²¹ Valore calcolato con il contributo unitario del bacino dell'Avella

Dove:

- S = superficie del bacino tratta dal PAI [Kmq]
- L = lunghezza dell'asta principale tratta dal PAI [m]
- H_{med} e H_0 rispettivamente la quota media sul livello del mare e la quota della sezione di chiusura del bacino
- tr_{PAI} = tempo di ritardo tratto dal PAI [ore]
- $t_c = 1.67 t_r$ = tempo di corrivazione [ore]
- $i(tc)_{T100}$ è l'intensità di pioggia ottenuta dalle curve di possibilità pluviometriche fornite dal PAI con tempo di ritorno di 100 anni [mm/h]
- C_f = coefficiente di afflusso tratto dal PAI [-]
- $Q_C = \frac{i(tc)_{T100} * C_f * S}{3,6}$ portata al colmo con il metodo della corrivazione per T=100 anni
- $W_{idrogramma} = 3600 * Q_{nette} * t_c$ volume dell'idrogramma [mc]
- W_{rete} = volume invasato nell'asta calcolato ipotizzando una sezione tipo di dimensioni 4 m di larghezza e 2 m di altezza per la lunghezza dell'asta principale.
- $Q_{C T100}$ è la portata al colmo del PAI con tempo di ritorno di 100 anni

9 INTERVENTI DI CONTROLLO DELLE COLATE DI DETRITO NELLE VALLI DEI BACINI DI GAUDO, AVELLA QUINDICI (TAV. 06.01 - TAV. 06.02)

9.1 CARATTERISTICHE E MECCANISMI

I bacini idrografici di testata, anche noti come di primo ordine, si presentano con una morfologia tipica di aree soggette a sviluppare frane superficiali noti anche come "soil slip" e quindi loro possibile evoluzione in colate di detrito a diversa reologia.

Le colate di detrito sono, come noto, un processo complesso di propagazione di miscele fangose, acqua e solido dove le concentrazioni di materiale solido ne condizionano le caratteristiche reologiche. Essi sono causate dalla combinazione di più fattori interagenti di tipo idrologico, morfologico e geologico e sono caratterizzati da processi fisici di tipo geotecnico ed idraulico.

Il dominio di studio è quello dei valloni o bacini del primo ordine del lago di Quindici del Lago di Gaudo e del Lago di Avella, che presentano in linea generale caratteristiche geologiche strutturali e morfologiche simili²²

La struttura geologica di questi valloni presenta uno strato carbonatico più o meno profondo ricoperto da coltri di materiali piroclastici risalenti alla attività vulcanica del monte Somma Vesuvio, che presentano spessori molto variabili dai decimetri ai metri. Queste coltri presentano ovviamente strutture e tessiture molto complesse, in quanto ai processi deposizionali originari, che ancora caratterizzano gli strati più profondi, si sono sovrapposti i processi di dilavamento, dislocazione ed alterazione che caratterizzano gli strati superficiali²³.

La morfologia dei valloni presi in esame mostra aspetti comuni tra di loro, in particolare questi si presentano con una successione di cornice morfologica, canalizzazioni sub verticali detti anche bacini di ordine zero (ZOB) carichi di depositi colluviali, una cornice morfologica e quindi un canale

²² Piano Assetto Idrogeologico, AdBNO Regione Campania, 2002.

²³ AV. Quaderni del Presidio territoriale n° 0 , Aprile 2005, Commissario di governo per l'emergenza idrogeologica in Campania

principale con uno spessore più o meno importante di coltre detritiche, fino poi a raggiungere il conoide antico e quello più recente.

Da un punto di vista idraulico le caratteristiche di questi ammassi rispecchiano la complessità del deposito presentando in generale, localmente, una elevata porosità, alta conducibilità idraulica, e curve di ritenzione con forti gradienti di suzione; all'interno del dominio possono poi essere caratterizzati da un'elevata variazione di permeabilità all'interno dei bacini che possono quindi causare situazione tensionali nei terreni di tipo non drenato. Infine alla base del deposito si riscontrano spesso presenze di falde modeste che scorrono sia all'interfaccia del deposito piroclastico con il substrato calcareo sia all'interno delle fessurazione dell'ammasso carbonatico.

I meccanismi che conducono alla formazione della colata, che raggiungendo il conoide determina poi i ben noti danni nell'impatto con il centro abitato, sono oggetto di un acceso dibattito tecnico scientifico incentrato non tanto sulle cause scatenanti, che nella stragrande maggioranza dei casi sono riconducibili ai volumi di precipitazione meteorica ricevuti dal sistema, quanto ai fenomeni che portano alla generazione della colata. Infatti ad un primo distacco della coltre superficiale dovuto a rottura per taglio lungo una superficie di scorrimento può seguire poi il processo di colata vero e proprio all'interno di controlli morfologici.

Il primo processo è sicuramente determinato, soprattutto nelle parti di monte dei versanti dall'infiltrazione della precipitazione meteorica nel suolo e dalla sua propagazione all'interno della matrice porosa che determina la riduzione di coesione apparente del suoli in strati sempre più profondi (Mancini ed al, 2003)²⁴. Il secondo processo è la propagazione di tale colata nel canale sottostante processo che può essere amplificato sia da una liquefazione dei terreni sia dal contributo solido alla colata, fornita dal fondo impluvio, la cui erosione comporta anche il contributo solido del versante che su questo gravava ed a cui viene eroso il piede.

A fronte di una ampia bibliografia tecnica scientifica esistente sulla descrizione dei meccanismi di propagazione risulta assai difficile la stima dell'idrogramma di colata e quindi i relativi volumi e portate al colmo, elementi essenziali per il dimensionamento di sistemi di difesa passiva quali vasche di accumulo e canali di gronda.

Una descrizione maggiore e sicuramente più accurata si ritrova nell'ampia bibliografia tecnico scientifica che ha per oggetto queste aree di studio, sia per la loro complessità strutturale che ne ha storicamente stimolato la ricerca delle scuole di geologia e di geotecnica, sia per i recenti eventi del 1998 e del 2004 che hanno interessato i versanti delle aree in esame.

Tra i principali studi condotti sull'argomento, bisogna annoverare: lo studio del ruolo predisponente al dissesto dei tagli artificiali presenti nella coltre piroclastica operati, in maniera diffusa, lungo i versanti per la costruzione di strade e sentieri di montagna (Celico & Guadagno, 1998); la caratterizzazione stratigrafica e le particolari proprietà fisiche dei suoli della coltre piroclastica (Guadagno et al, 2000); l'esistenza di soglie idrologiche empiriche alle quali può essere indicativamente riferito l'innescio delle frane ed il ruolo delle condizioni pluviometriche antecedenti l'evento (Chirico ed al, 2000; De Vita, 2000, Fiorillo & Wilson, 2004; Guadagno, 1991).

9.2 IL CALCOLO DEI VOLUMI MOBILITABILI

Come noto la determinazione del volume di una colata di detrito, per la complessità del processo fisico è questione di intenso dibattito scientifico e di ricerca che si evidenzia da un punto di vista tecnico in una elevata variabilità delle diverse metodologie di stima. Queste seguono approcci, empirici, statistici ed alla base fisica generalmente caratterizzati da una elevata parametrizzazione tipica di studi di dettaglio.

²⁴ Mancini, M. D. Rabuffetti, Sensitivity of rainfall thresholds triggering soil slip to soil hydraulic parameter and hillslope geometry, Fast slope movements prediction and prevention for risk mitigation, pp.349-355, ed. L. Picarelli, Patron Editrice, 2003.

Tuttavia la stima dei volumi è sicuramente la variabile di progetto più importante nella progettazione delle vasche di accumulo o piazze di deposito, noti anche come interventi di difesa passiva a monte dei centri abitati a rischio.

Nel caso specifico, anche a fronte della vastità dell'area di studio e nei limiti di uno studio di fattibilità, si è proceduta ad una stima di tipo empirico basata su due diversi approcci:

- la definizione di una legge di regressione tra contributi unitari di volume mobilitato ed area di drenaggio, nell'ipotesi che geologia e morfologia dei valloni e processi di colata possano ritenersi omogenei nelle aree montane dei tre bacini del Quindici, Avella e Gaudio.
- la definizione di coefficiente di mobilitazione del versante che moltiplicato per il volume mobilitabile del vallone permette di definire il volume della colata²⁵

Il primo approccio ricava il calcolo del volume mobilitato dalla perimetrazione delle aree di colata avvenuta per i valloni di Quindici²⁶ nell'evento 1998 e anche da un confronto con quelli delle aree di Sarno²⁷. In particolare sono stati esaminati le osservazioni disponibili delle varie colate di detrito nei valloni del Bacino del Quindici interessati dall'evento del 1998. Per tali bacini sono stati stimati i volumi mobilitati dal prodotto delle aree mobilitate osservate per uno spessore medio di ciascun vallone. I valori ottenuti per ciascun vallone hanno permesso di tracciare la curva di regressione dei contributi unitari in funzione dell'area del bacino preso in considerazione e di estrapolare da tale curva i valori dei volumi mobilitati negli altri sottobacini del Quindici, Gaudio e Avella.

Il secondo approccio, che è poi quello utilizzato dal PAI, si calcola sempre dall'osservazione disponibile il coefficiente di mobilitazione CM, per ogni singolo vallone, definito come:

$$CM = \frac{AreaMob.}{AreaTotale}$$

dove: *AreaMob* è l'area mobilitata durante l'evento catastrofico del Sarno 1998, ed *AreaTotale* è la superficie del vallone preso in considerazione.

La media del valore di CM e degli spessori di coltre rimovibili ottenute dai dati a disposizione permette di definire una legge empirica di prima approssimazione per la valutazione del volume mobilitabile:

$$W_{s\text{ mobilitato}} = S * s_m * CM_m$$

dove S è la superficie del bacino preso a riferimento;

s_m è lo spessore medio della coltre rimovibile;

CM_m è il valore di CM medio su tutti i bacini osservati.

Nelle figure seguenti sono riportate, per ciascun vallone del Bacino del Quindici interessato dagli eventi del 1998, le aree mobilitate (in arancione chiaro) e mobilitabili (in arancione scuro). Le figure sono tratte dal Quaderno del Presidio territoriale n° 0, Aprile 2005, Commissario di governo per l'emergenza idrogeologica in Campania.

²⁵ Calcaterra D., Piano Assetto Idrogeologico, AdBNO regione Campania, 2002

²⁶ Nappi, A., P. Sarno, Stima dei volumi mobilizzabili nel territorio di quindici, Quaderno n° O, ed. P. Versace, Comm. Governo, 2005.

²⁷ Caruso, A, I. Lupica, V. Calmieri, L.M. Puzilli, Stima dei volumi mobilizzabili nel territorio di Sarno, Quaderno n° O, ed. P. Versace, Comm. Governo, 2005.

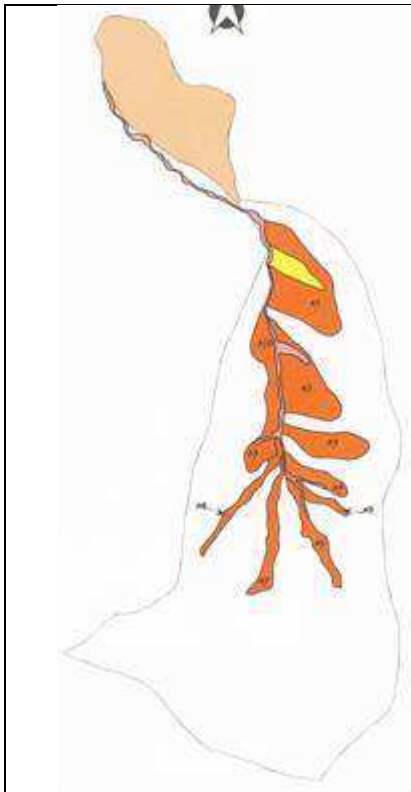


Figura 63. Vallone Bocca dell'Acqua
(Superficie = 0,83 km²)

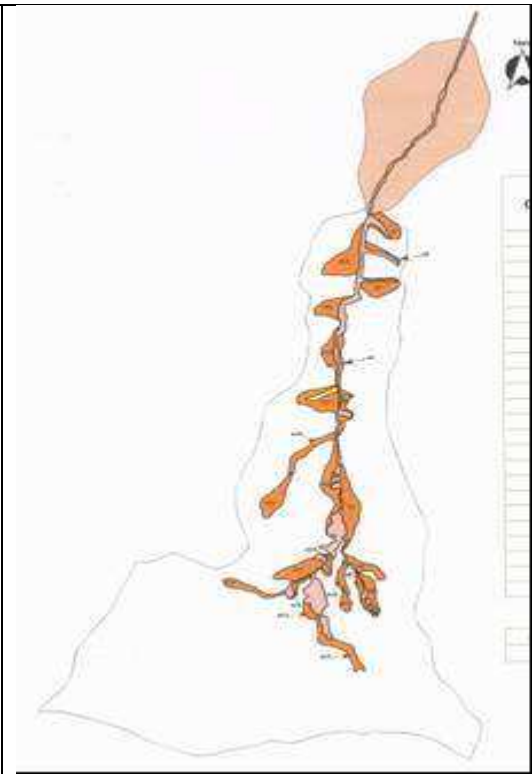


Figura 63 bis. Vallone Cantarella
(Superficie = 1,79 km²)

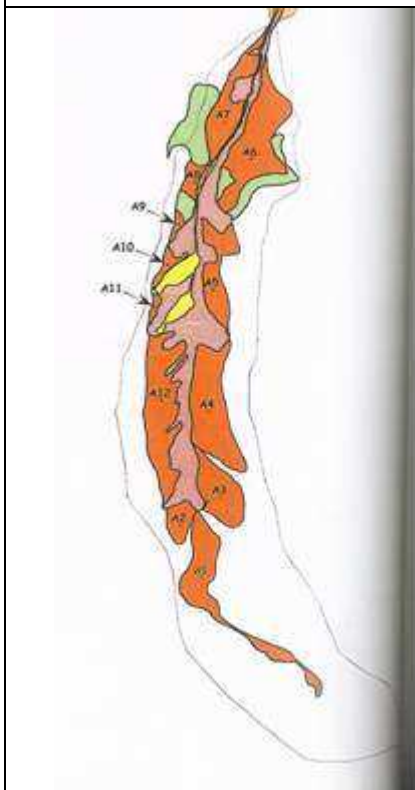


Figura 64. Vallone Cisierno
(Superficie = 0,32 km²)



Figura 65. Vallone Colafasulo
(Superficie = 1,11 km²)

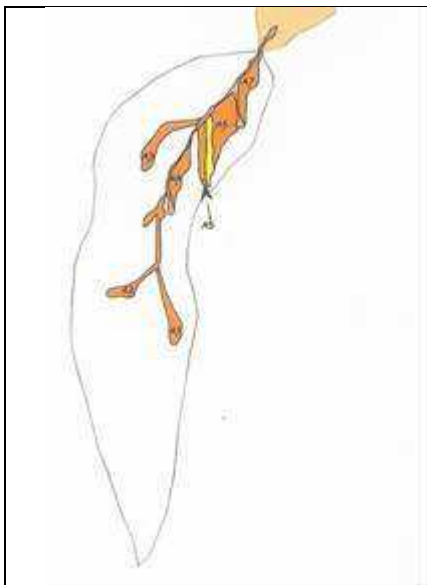


Figura 66. Vallone Mercolino
 (Superficie = 0,26 km²)

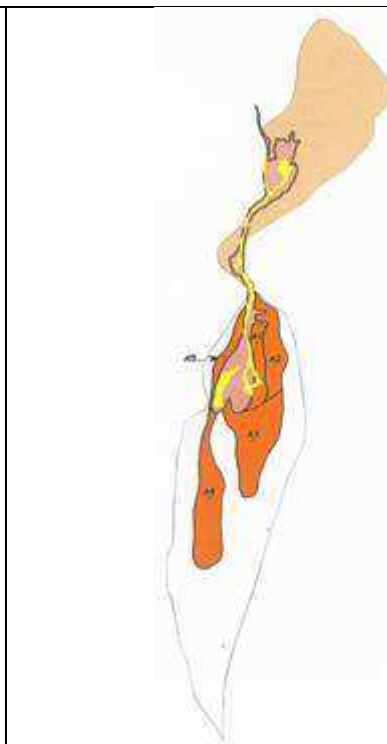


Figura 67. Vallone Paragnano
 (Superficie = 0,20 km²)

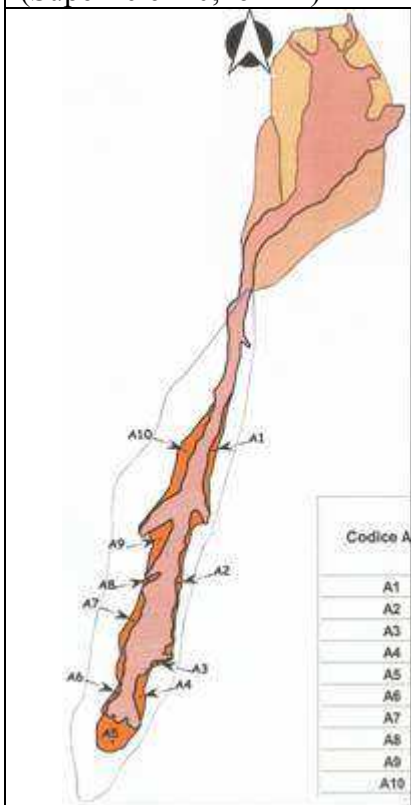


Figura 68. Vallone Pietra della Valle I
 (Superficie = 0,14 km²)

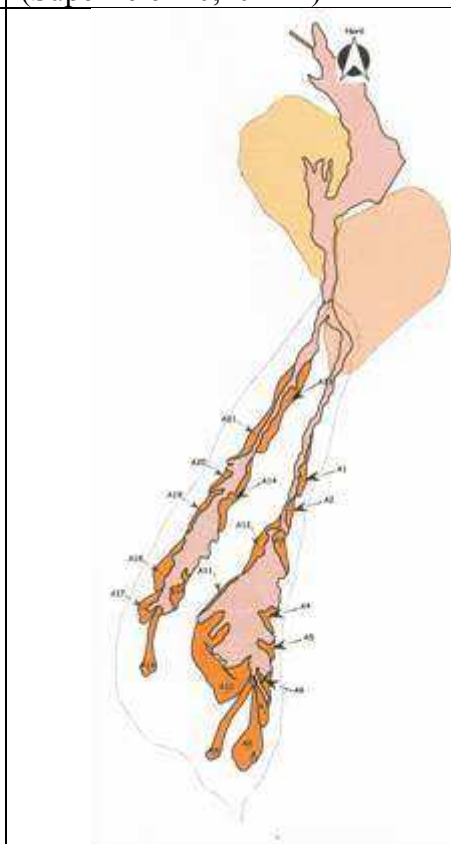
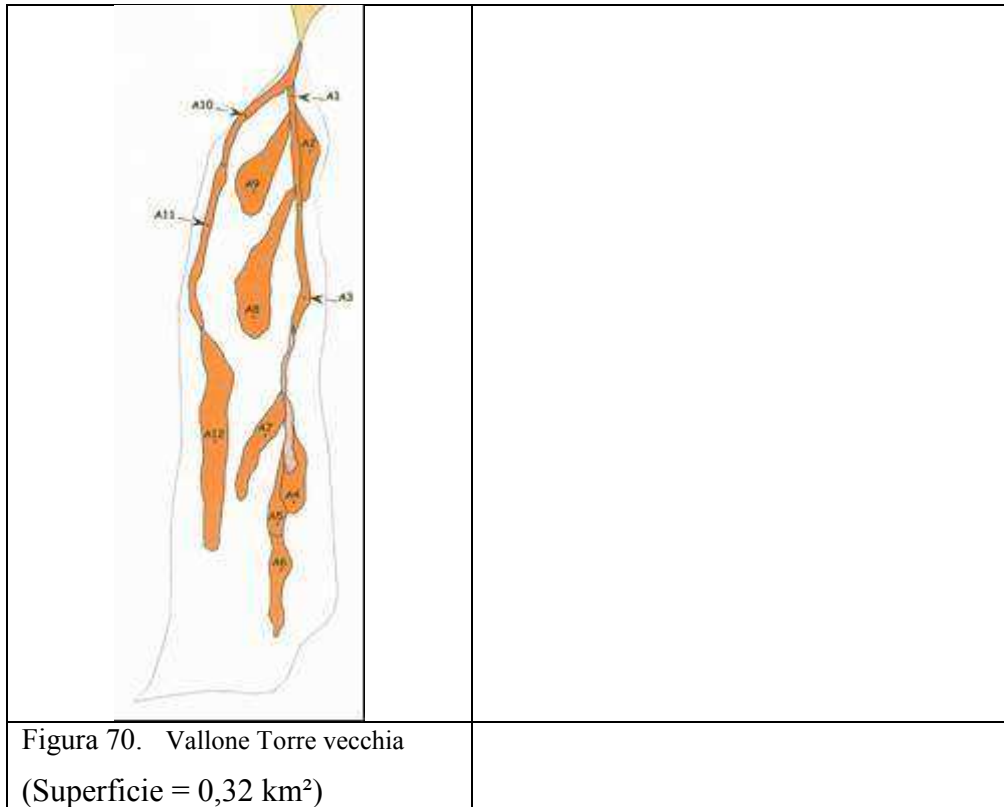


Figura 69. Vallone Pietra della Valle II
 (Superficie = 0,55 km²)



Nella seguente tabella riepilogativa, si riportano i volumi mobilitabili calcolati da tali dati e i rispettivi contributi unitari. Tali valori vengono confrontati con i volumi calcolati con la metodologia del CM medio. Nell'ultima riga sono riportati i valori medi degli spessori delle coltri rimovibili e il valore CM medio.

Tabella XL. Valloni del bacino del Quindici interessate dalle colate del 1998

Bacino	area	aree effettivamente mobilitate	spessore medio ²⁸	volume mobilitato	CU volume mobilitato	CM	volumi mobilitabili con CM medio
	[km ²]	[m ²]	[m]	[m ³]	[m ³ /km ²]		[m ³]
Vallone Pietra della Valle I	0,14	39'536	1,33	52'583	381'431	0,29	14'283
Vallone Bocca dell'Acqua	0,83	24'365	0,86	20'954	25'317	0,03	85'753
Vallone Torre Vecchia	0,32	1'263	0,98			0,00	32'764
Vallone Mercolino	0,26	4'959	0,53			0,02	26'544
Vallone Pietra della Valle II	0,55	126'784	1,25	158'480	285'632	0,23	57'487
Vallone Paragnano	0,20	14'676	1,30	19'079	95'874	0,07	20'618
Vallone Cisierno	0,32	42'817	1,23	52'665	162'463	0,13	33'587
Vallone Colafasulo	1,11	76'131	0,94	71'563	64'442	0,07	115'061
Vallone Cantarella	1,79	61'709	1,15	70'965	39'651	0,03	185'438
Vallone San Francesco	0,17			105'619	634'276		17'253
Vallone Connola	0,94			100'000	106'383		97'394
media			1,06			0,10	

²⁸ Valore tratto dal Quaderno dei Presidi redatto dal Commissariato di Governo per l'Emergenza del rischio idrogeologico in Campania

I contributi unitari dei volumi mobilitati in funzione dell'area del bacino calcolati sui valloni del Bacino del Quindici e sui valloni del Bacino del Sarno sono di seguito riportati.

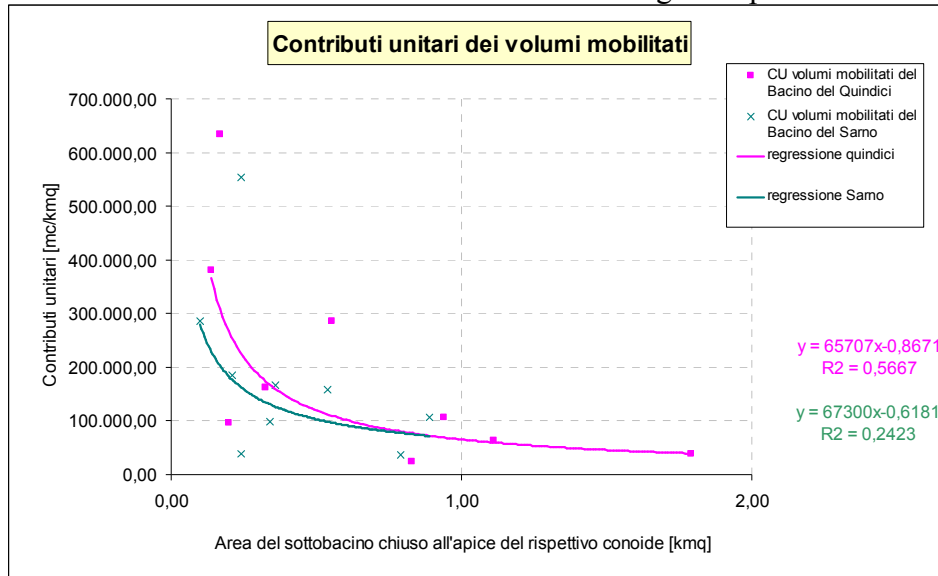


Figura 71. Contributi unitari dei volumi mobilitati per i bacini del Quindici e quelli di Sarno.

La stima dei volumi mobilitati è quindi riportata con i due approcci (Figura seguente) in funzione dell'area del bacini..

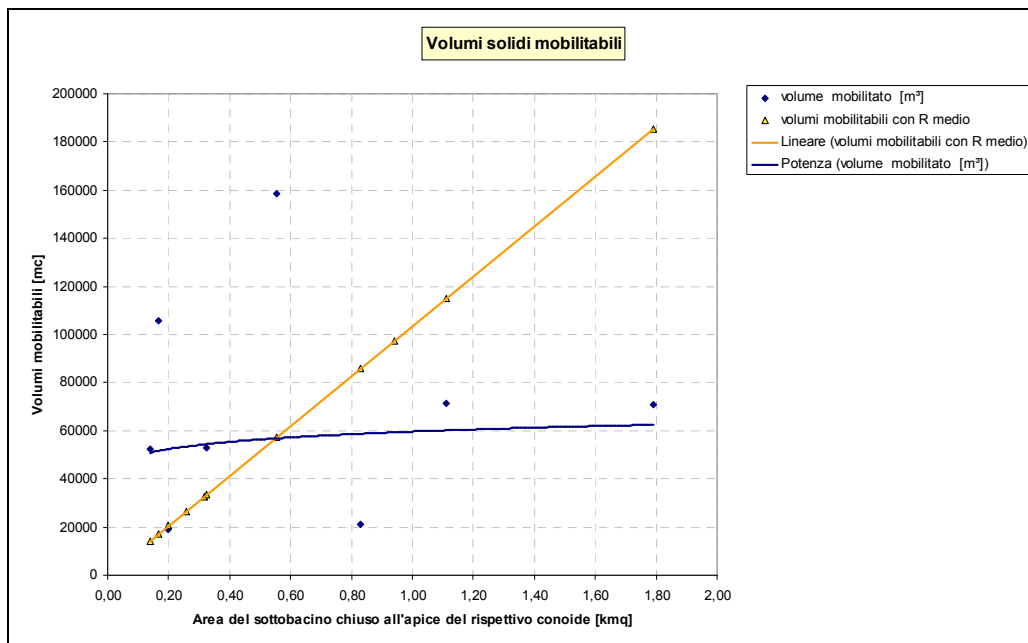


Figura 72. Confronto dei volumi mobilitabili con le due metodologie.

Dal confronto tra i due approcci si osserva che assumere il coefficiente CM costante non sembra riprodurre quel fenomeno di attenuazione con l'area che la scarsa osservazione evidenzia anche per bacini inferiori ai 2 kmq. Inoltre considerare il CM costante produce per aree superiori a quelle delle osservazioni, valori del volume crescenti linearmente con l'area producendo quindi una sovrastima dei volumi mobilitati su aree maggiori di quella delle poche osservazioni disponibili. Per tale motivo non

e' stata quindi applicata al calcolo dei volumi , ma viene solo riportata nel presente studio a titolo di confronto.

In definitiva il calcolo dei volumi mobilitati sui sottobacini del Quindici, Gaudio e dell'Avella è ottenuto dalla funzione empirica che descrive il contributo unitario del volume mobilitato in funzione dell'area, ottenuta dalla analisi di regressione prima mostrata sebbene la varianza spiegata da questa si modesta.

Tabella XLI. Stima dei volumi solidi mobilitati nei sottobacini Quindici Gaudio ed Avella. (AV indica il bacino dell'Avella, GA indica il bacino del Gaudio e QU indica il bacino del Quindici)

Codice intervento			S	Metodo del Contributo unitario	Volume solido con il metodo del Contributo unitario	Volume solido mobilitato con il contributo unitario costante (PAI)
			[kmq]	[mc/kmq]	[mc]	[mc]
op	1	AV	11,37	7'983	90'766	1'178'049
op	2	AV	0,60	102'324	61'394	62'166
op	3	AV	0,50	119'849	59'925	51'805
op	4	AV	2,14	33'971	72'698	221'726
op	5	AV	1,00	65'707	65'707	103'610
op	6	AV	1,59	43'952	69'884	164'740
op	7	AV	0,83	77'229	64'100	85'997
op	8	AV	0,97	67'466	65'442	100'502
Somma			19,00		549915	1968595
op	1	GA	1,62	43'246	70'058	167'849
op	2	GA	0,87	74'140	64'502	90'141
op	3	GA	11,59	7'851	90'997	1'200'843
op	4	GA	2,81	26'825	75'378	291'145
Somma			16,89		300935	1749978
op	1	QU	0,91	71'306	64'889	94'285
op	2	QU	2,45	30'211	74'017	253'845
op	3	QU	5,70	14'528	82'807	590'579
op	4	QU	0,24	226'480	54'355	24'866
op	5	QU	0,22	244'229	53'730	22'794
op	6	QU	0,06	753'489	45'209	6'217
op	7	QU	0,54	112'112	60'541	55'950
op	8	QU	0,43	136'594	58'735	44'552
op	9	QU	0,66	94'207	62'177	68'383
op	10	QU	1,22	55'300	67'467	126'405
op	11	QU	0,55	110'343	60'688	56'986
op	12	QU	0,33	171'834	56'705	34'191
op	13	QU	0,16	321'899	51'504	16'578
op	14	QU	0,05	882'541	44'127	5'181
op	15	QU	10,75	8'381	90'092	1'113'810
op	16	QU	11,20	8'088	90'584	1'160'435
op	17	QU	1,56	44'684	69'707	161'632
op	18	QU	1,70	41'475	70'508	176'137
op	19	QU	0,73	86'323	63'015	75'636
op	20	QU	2,09	34'675	72'470	216'545
op	21	QU	1,40	49'080	68'712	145'054
op	22	QU	0,71	88'427	62'783	73'563

op	23	QU	0,12	413'098	49'572	12'433
op	24	QU	2,55	29'181	74'412	264'206
op	25	QU	1,13	59'100	66'783	117'080
Somma			47,46		1615590	4917344

9.3 INTERVENTI DI MITIGAZIONE

Gli interventi previsti dallo studio sono indicati nelle Tav. 06.01 (per il bacino del Lagno di Avella e di Gaudio) e nella Tav. 06.02 (per il bacino del Lagno di Quindici) e possono essere raggruppati in due tipologie:

1. interventi puntuali per protezione dei centri abitati (piazze di deposito del materiale di colata) localizzati in base all'elevato Rischio PAI
2. interventi diffusi per il controllo e la riduzione del materiale solido mobilizzato (briglie selettive, opere di dissipazione sul fondo alveo, consolidamento del fondo dell'impluvio, riforestazione, consolidamento dei versanti anche con tecniche di ingegneria naturalistica, inerbimento e rimboschimento) localizzati lungo versanti ed impluvi più inclini all'innescio di colata.

La tipologia degli interventi e la loro puntuale localizzazione e dimensionamento dovrà presentare un grado di dettaglio maggiore nelle fasi più approfondite della progettazioni.

9.3.1 Interventi sui bacini afferenti al Lagno Avella

Gli interventi sui bacini afferenti al Lagno di Avella sono ubicati sul versanti a Nord e rispettivamente:

- Sugli impluvi affluenti del Torrente Clanio a salvaguardia del centro abitato di Avella
- Sugli impluvi afferenti al Lagno di Roccarainola a salvaguardia del centro di Roccarainola in comune di Cicciano
- Sul Lagno di Sasso a Salvaguardia del centro di Cicciano

Sui Conoidi interessati dallo sbocco di questi impluvi individuati come Aree a Rischio alto sono previste piazze di deposito e interventi per il controllo e la riduzione del materiale solido.

9.3.2 Interventi sui bacini afferenti al Lagno Gaudio

Gli interventi sui bacini afferenti al Lagno di Gaudio sono ubicati fondamentalmente sugli affluenti a nord e ad est al torrente Sciminaro a salvaguardia del centro abitato di Mugnano del Cardinale.

Sul versante a sud del torrente Sciminaro gli interventi sono minori.

9.3.3 Interventi sui bacini afferenti al Lagno di Quindici e Intervento del Commissariato

Nel tratto a monte del Lagno di Quindici, in prossimità dei centri abitati di Lauro e di Quindici sono presenti degli interventi realizzati (Tav. 06.02).dal Commissariato a seguito dei fenomeni franosi verificatesi nell'area di Sarno-Quindici del 1998 (cfr Quaderno n°0 dei Quaderni del Presidio Territoriale – Commissario di Governo per l'Emergenza Idrogeologica in Campania).

Gli ulteriori interventi proposti in questa sede sono fondamentalmente ubicati sul versante nord tra Lauro e Livrieri e sui versanti afferenti all'alveo dei Camldoli e al Lagno di Casa Marciano a salvaguardia del centro abitato.

10 INTERVENTI DI CONTROLLO DELLE COLATE DI DETRITO SUI BACINI VESUVIANI (TAV. 07.00)

10.1 CARATTERISTICHE, MECCANISMI

I bacini in esame sono quelli del Versante Nord del monte Somma che presentano, anche grazie alla loro struttura geologica, un reticolo idrografico poco gerarchizzato con pendenza elevata che si

sviluppa con una morfologia lineare lungo le generatrici coniche che caratterizzano il versante Nord del Monte Somma. Queste incisioni possono spiegarsi anche con il processo di erosione idrica della matrice piroclastica e di colate successive in assenza di un controllo geologico preponderante, essendo la matrice piroclastica sovrapposta a rami di lava profonda (Figura seguente).

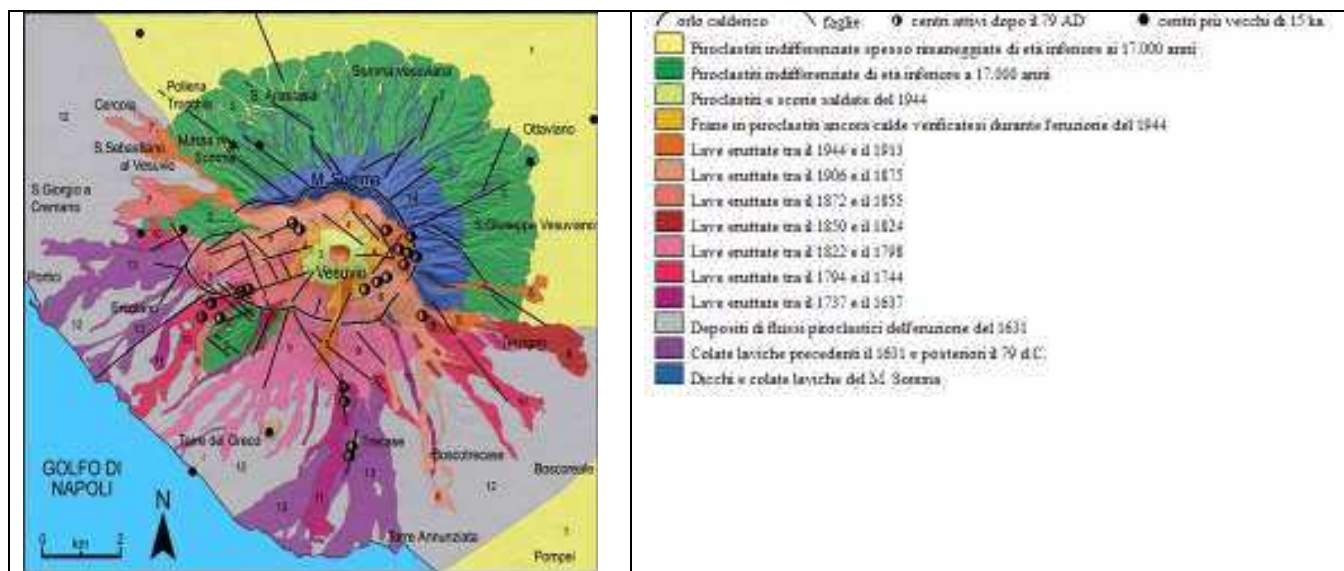


Figura 73. Carta geologica de complesso Somma Vesuvio. Si osservino l'imponente copertura piroclastica e le lingue di lava profonda del versante settentrionale²⁹.

Si osserva quindi una serie di canali disposti a raggiera, che si sviluppano dalla sommità del monte Somma fino alle propaggini dei centri abitati che occupano la parte sommitale degli antichi conoidi.



Figura 74. Foto satellitare del cono del Somma Vesuvio. Si osservi il reticolo poco gerarchizzato della parte settentrionale (fonte Google)

La morfologia descritta unitamente allo sviluppo urbano dei numerosi comuni lungo la parte terminale di questi impluvi hanno generato nel tempo una pericolosa commistione tra reticolo idrografico e centro abitato dando luogo a quella tipologia di "alveo strada" che anche nel PAI viene evidenziata come situazione di estremo rischio.

²⁹G.Orsi, S.de Vita, F.Sansivero, http://www.ov.ingv.it/volcanology/vesuvio/frm_vesuvio_vulc.htm

Il consolidamento nel tempo di tale situazione comporta che la mitigazione del rischio idrogeologico debba necessariamente essere affrontata con un approccio sinergico tra interventi strutturali e sistemi di allerta idrogeologica. Tra i primi sono stati individuati vasche di accumulo per colate di detrito, canali di gronda a difesa dei centri abitati ed interventi di adeguamento della rete idrografica, mentre per quelle situazioni in cui la presenza insediativa rende superflua la difesa strutturale si sono previsti sistemi di allarme meteo ideologico per eventi idrogeologici estremi ed interventi di delocalizzazione. Come noto la stima della portata solida è soggetta ad incertezze dovute sia alla parametrizzazione dei modelli di calcolo sia alla rappresentatività stessa di questa. Nello specifico caso sia la morfologia descritta, le elevate pendenze dell'alveo, le sue caratteristiche geologiche nonché la tessitura del materiale piroclastico che occupa il fondo valle dei canaloni fanno sì che i processi di trasporto solido che si instaurano durante eventi meteorici intensi possa assumere la tipologia di colata detritica di tipo pietroso.

Nello specifico, vista la tipologia degli impluvi e l'alta densità del reticolo idrografico, la genesi della colata sembra maggiormente legata alla formazione di deflussi di piena alveati in grado di rifornirsi di materiale solido sia dal fondo alveo che dai possibili scivolamenti di versanti che la colata stessa erode al piede.

10.2 IL CALCOLO DEI VOLUMI MOBILITATI

Il calcolo del volume mobilitato in queste particolari situazione viene affrontato considerando due metodologie: quella che considera la colata di detrito come direttamente legata all'idrogramma di piena, e quella di tipo speditivo del Commissariato di Governo anche applicata nel PAI.

10.2.1 Modello di Takahashi

Il modello utilizzato per i canaloni del Monte Somma è quello di Takahashi³⁰, successivamente studiato anche da Tubino e Lanzoni (Tubino e Lanzoni, 1993) al contrario di quello utilizzato per i valloni del Quindici, del Gaudo e dell'Avella.

La portata della corrente detritica Q_d , nel caso di colate originate dallo scorrimento di una portata liquida Q_l di acqua chiara su di un ammasso granulare completamente saturo, viene stimata attraverso la seguente formula:

$$Q_d = \frac{c_*}{c_* - c_\infty} Q_l$$

dove :

c_* è la concentrazione dei sedimenti depositati nel letto in condizioni statiche nel caso di massimo "impaccamento";

c_∞ è la concentrazione volumetrica di equilibrio dei solidi (fini e grossolani) trasportati dalla corrente in moto uniforme.

Questa relazione, ricavata sulla base di ipotesi molto semplificative della realtà del fenomeno (Ashida et al., 1976), è stata in seguito confermata da esperimenti condotti da vari autori (Hashimoto et al., 1976; Tubino e Lanzoni, 1993) ed anche utilizzata dal Public Works Research Institute (PWRI) giapponese.

I lavori citati riportano un valore della Q_d anche 10 volte superiore alla portata liquida Q_l che ha innescato il fenomeno.

La concentrazione c_∞ viene stimata sulla base del modello di moto uniforme di Takahashi (1978) in funzione dell'inclinazione del fondo, β , e dell'angolo d'attrito interno del materiale ϕ attraverso la relazione seguente:

³⁰ Takahashi., T., Debris Flow, Taylor & Francis /Balkema, 2007

$$c_{\infty} = \frac{\rho_m \tan \vartheta}{(\rho_s - \rho_m)(\tan \phi - \tan \vartheta)}$$

Sperimentalmente è stato verificato da vari autori che esiste un limite superiore per c_{∞} , pari a circa il 90% della concentrazione volumetrica di massimo impaccamento, c^* , e quindi la concentrazione di equilibrio della miscela va riscritta nella forma:

$$c_{\infty} = \text{Min} \left(\frac{\rho_m \tan \vartheta}{(\rho_s - \rho_m)(\tan \phi - \tan \vartheta)}; 0,9c^* \right)$$

dove c^* viene normalmente posta pari alla concentrazione del letto granulare indisturbato dal quale si origina la corrente detritica.

Una volta calcolato l'idrogramma della colata detritica è possibile calcolarsi quello della portata solida Q_s moltiplicandola per la concentrazione solida della colata:

$$Q_s = Q_d * C_{\infty}$$

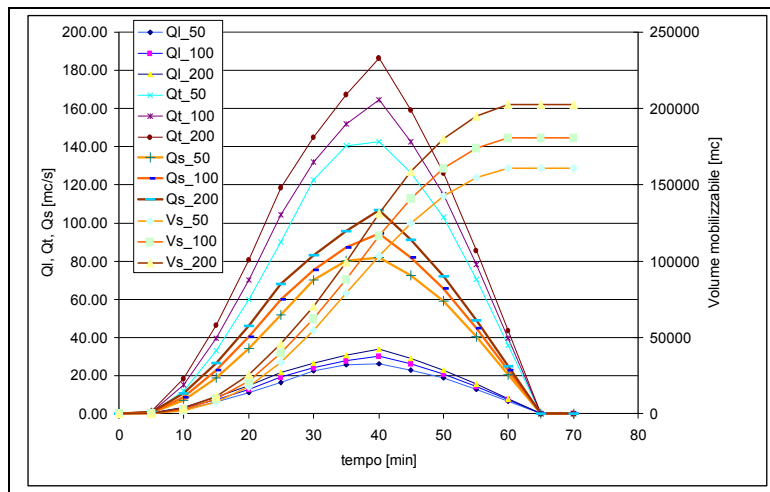


Figura 75. Esempio di idrogrammi di piena e volumi solidi mobilizzabili

Nel caso specifico si riporta una stima del fattore di proporzionalità tra portata solida e liquida,

$$\frac{c^*}{c^* - c_{\infty}} = 5 \text{ preso come riferimento per la stima delle portate solide e dei relativi idrogrammi di colata.}$$

Tabella I. Stima del fattore di proporzionalità tra portate di colate e portate liquide.

DATI			
Densità del fluido interstiziale	$\rho_m =$	1,20	[kg/dmq]
Densità del materiale rimovibile	$\rho_s =$	2,65	[kg/dmq]
Pendenza impluvio	$\vartheta =$	0,26	[°]
Angolo d'attrito del materiale	$\phi =$	0,70	[°]
	$C^* =$	0,65	adimensionale
VALORI OTTENUTI			
	$C_{\infty} =$	0,51	adimensionale
Fattore di proporzionalità	$=$	4,74	adimensionale
approssimato a		5	adimensionale

Il volume solido si ottiene dall'area l'idrogramma di piena triangolare calcolato per la portata solida, dove la base risulta essere uguale a quella dell'idrogramma della portata liquida e l'altezza quella della portata solida calcolata precedentemente.

Considerando che il volume mobilitato sia costituito da materiale incoerente e di granulometria di bassa-media dimensione con una porosità del 40%, si è poi considerata una successiva diminuzione di volume, dovuta alla fuoriuscita dell'acqua e alla compattazione dei vuoti.

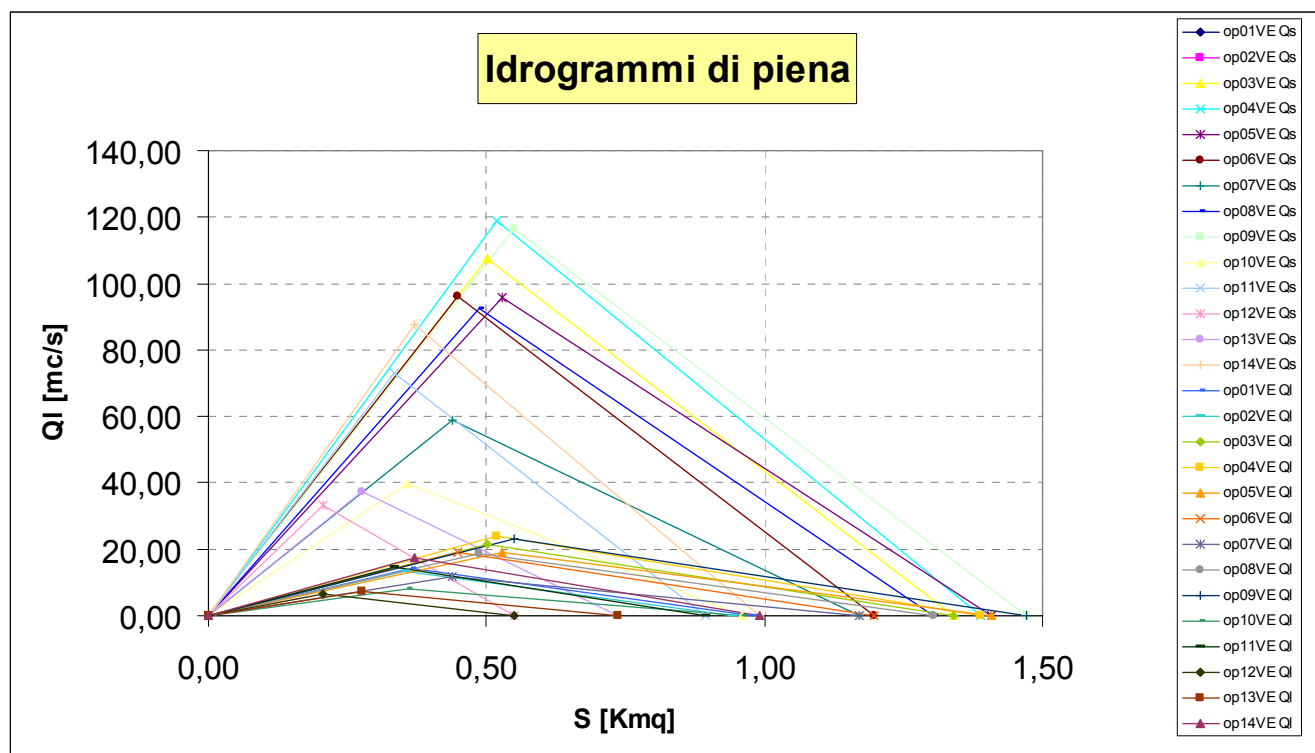


Figura 76. Idrogrammi di piena liquidi e di colta dei bacini dell'area vesuviana per le diverse sezioni sottese da ciascuna vasca di accumulo.

La tabella seguente riporta i parametri dei bacini presi in considerazione e i valori dei volumi ottenuti, sia per quelli mobilitati e sia per quelli depositati.

Tabella XLII. Bacini Vesuviani: volume solido mobilitato e volume solido depositato stimati per un ideogramma liquido di piena per T100.

Codice	S	L	Hmed	H0	tc	id T100	Cf	Qliquida T100	Wnetto	Tb SCS	Portata Solida per fattore 5	Volume solido mobilitato	Volume solido depositato
	[kmaq]	[km]	[m]	[m]	[ore]	[mm/h]		[mc/s]	[mc]	[h]	mc/s	[mc]	[mc]
op01VE	1,11	2,6	628,95	200	0,49	92	0,5	14,18	25.006	0,98	70,92	125.028	75.017
op02VE	1,05	2,48	628,95	200	0,47	91	0,5	13,27	22.545	0,94	66,35	112.724	67.634
op03VE	2,01	3,62	628,95	200	0,67	77	0,5	21,50	51.847	1,34	107,48	259.236	155.541
op04VE	2,31	3,61	628,95	200	0,69	74	0,5	23,74	59.294	1,39	118,71	296.469	177.881
op05VE	1,86	4,14	628,95	200	0,70	74	0,5	19,12	48.453	1,41	95,58	242.263	145.358
op06VE	1,71	3,13	628,95	200	0,60	81	0,5	19,24	41.488	1,20	96,19	207.438	124.463
op07VE	1,06	3,72	628,95	200	0,59	80	0,5	11,78	24.818	1,17	58,89	124.090	74.454
op08VE	1,71	3,71	628,95	200	0,65	78	0,5	18,53	43.453	1,30	92,63	217.264	130.358
op09VE	2,4	3,99	628,95	200	0,74	70	0,5	23,33	61.758	1,47	116,67	308.792	185.275
op10VE	0,59	3,25	628,95	200	0,48	97	0,5	7,95	13.726	0,96	39,74	68.628	41.177
op11VE	1,05	2,2	628,95	200	0,45	100	0,5	14,58	23.444	0,89	72,92	117.218	70.331
op12VE	0,33	1,5	628,95	200	0,27	145	0,5	6,65	6.567	0,55	33,23	32.835	19.701
op13VE	0,45	2,28	628,95	200	0,37	120	0,5	7,50	9.946	0,74	37,50	49.728	29.837
op14VE	1,37	2,35	628,95	200	0,50	92	0,5	17,51	31.215	0,99	87,53	156.075	93.645

La portata liquida è stata calcolata per il tempo di ritorno di 100 anni con il metodo razionale; dove i parametri sono quelli assunti dal PAI. Si osservi che il coefficiente di afflusso è stato amplificato al valore $C_f = 0.5$ anziché $C_f = 0.3$ utilizzato dal PAI per tenere conto, sebbene in modo assai approssimato, della peculiarità che i processi di colata su tali aree possono presentare. Infatti essi generalmente si innescano su alvei saturi, ossia per superamento di una soglia di volume di pioggia accumulatosi nella coltre piroclastica.

La forma dell'idrogramma liquido ed il suo volume sono invece stati calcolati con il metodo SCS.

10.2.2 Modello del Commissariato di Governo e del PAI

Con questa metodologia il volume potenziale solido mobilitato viene calcolato con una metodologia speditiva, che per chi scrive non sembra rappresentare la dinamica dei processi di colata descritti in questi canali, sebbene le stime dei volumi mobilitati non si discostano dal modello di Takahashi.

Il volume solido del modello del Commissariato di Governo è :

$$V_S = S * z * CM$$

dove:

S [mq] e la superficie del bacino,

z [m] è lo spessore movimentabile assunto pari a 1.0 m è lo spessore di coltre di detrito mobilitabile corrispondente allo spessore superficiale che in corrispondenza di un evento di pioggia si satura e perde la sua coesione;

CM [-] è il coefficiente di mobilitazione che rappresenta in modo empirico la quota parte del volume mobilitabile del bacino che si trasforma in colata.

L' AdBNO, consiglia di assumere per tale coefficiente un valore 0.10, valore utilizzato anche dal Commissariato di Governo per i lavori inerenti all'evento del Sarno del 1998. Tale valore fornisce valori comparabili al metodo di Takahashi.

Nella tabella seguente vengono riportati i valori ottenuti confrontato le due metodologie. Sebbene esse presentano valori non molto diversi la metodologia a base fisica sembra più rappresentativa del fenomeno ed ulteriormente utilizzabile in fasi di progettazione più avanzate.

Tabella XLIII. Tabella comparativa dei volumi solido depositato per T100 tra metodo di prima stima e metodo dell'idrogramma di piena.

Codice	S	Calcolo dei volumi con metodologia dell'idrogramma	Calcolo dei volumi con metodologia di prima stima
	[kmq]	[mc]	[mc]
op01VE	1,11	125.028	111.000
op02VE	1,05	112.724	105.000
op03VE	2,01	259.236	201.000
op04VE	2,31	296.469	231.000
op05VE	1,86	242.263	186.000
op06VE	1,71	207.438	171.000
op07VE	1,06	124.090	106.000
op08VE	1,71	217.264	171.000
op09VE	2,4	308.792	240.000
op10VE	0,59	68.628	59.000
op11VE	1,05	117.218	105.000
op12VE	0,33	32.835	33.000
op13VE	0,45	49.728	45.000
op14VE	1,37	156.075	137.000

Di seguito viene riportata una tabella riepilogativa dei contributi unitari e i relativi grafici per tempo di ritorno 100 anni.

Tabella XLIV. Tabella riepilogativa dei contributi unitari per T100 calcolati con il modello di Takahashi che richiede la stima dell'idrogramma di piena.

Codice	S	Qliquida T100	Q solida	V solido mobilitato	V solido addensato	CU volumi solidi mobilitati	CU volumi liquidi	CU portate solide	CU portate liquide
	[kmq]	[mc/s]	[mc/s]	[mc]	[mc]	[mc/Kmq]	[mc/Kmq]	[mc/Kmq]	[mc/Kmq]
op01VE	1,11	14,18	70,92	125.028	75.017	112638	22528	64	13
op02VE	1,05	13,27	66,35	112.724	67.634	107356	21471	63	13
op03VE	2,01	21,50	107,48	259.236	155.541	128973	25795	53	11
op04VE	2,31	23,74	118,71	296.469	177.881	128342	25668	51	10
op05VE	1,86	19,12	95,58	242.263	145.358	130249	26050	51	10
op06VE	1,71	19,24	96,19	207.438	124.463	121309	24262	56	11
op07VE	1,06	11,78	58,89	124.090	74.454	117066	23413	56	11
op08VE	1,71	18,53	92,63	217.264	130.358	127055	25411	54	11
op09VE	2,4	23,33	116,67	308.792	185.275	128663	25733	49	10
op10VE	0,59	7,95	39,74	68.628	41.177	116318	23264	67	13
op11VE	1,05	14,58	72,92	117.218	70.331	111637	22327	69	14
op12VE	0,33	6,65	33,23	32.835	19.701	99499	19900	101	20
op13VE	0,45	7,50	37,50	49.728	29.837	110507	22101	83	17
op14VE	1,37	17,51	87,53	156.075	93.645	113923	22785	64	13

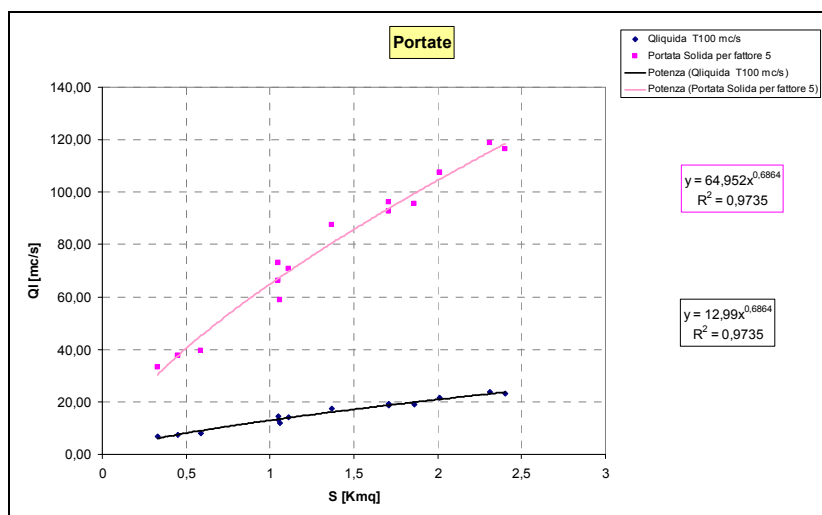


Figura 77. Diagramma delle portate liquide e delle corrispettive portate solide in funzione dell'area di bacino

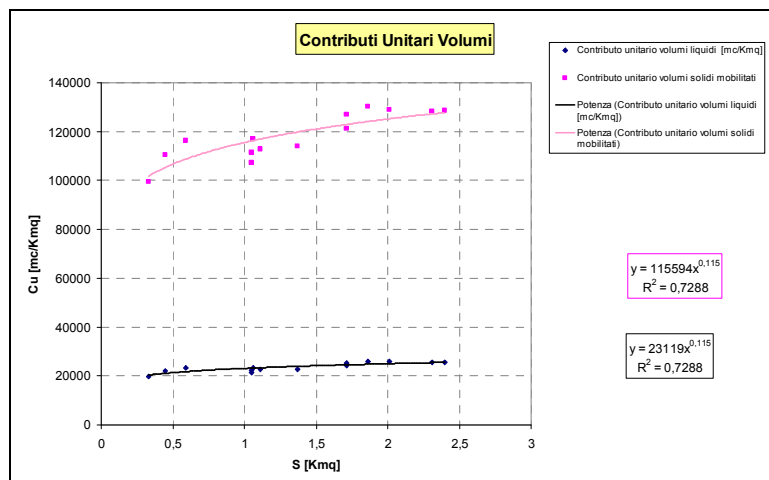


Figura 78. Diagramma dei contributi unitari dei volumi liquidi.

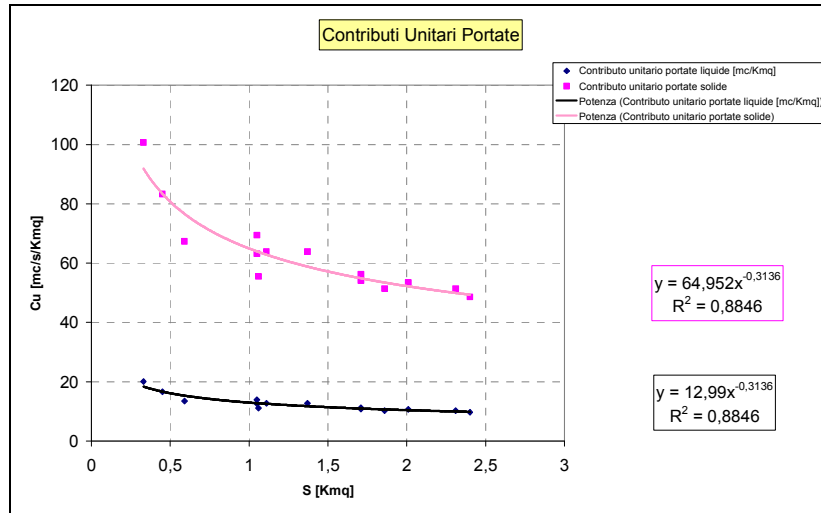


Figura 79. Diagramma dei contributi unitari dei volumi solidi.

10.3 INTERVENTI DI MITIGAZIONE

10.3.1 Piazze di deposito

A seguito del calcolo dei volumi di materiale solido potenziale depositato per i singoli bacini dell'area vesuviana, si è provveduto a localizzare le piazze di deposito per il contenimento del materiale di colata detritica. La Tav. 07.00 riporta in planimetria la posizione di tali piazza di deposito.

A causa della morfologia dei luoghi e della pendenza dei versanti, nonché dei problemi di urbanizzazione dell'area presa in oggetto, le piazze di deposito riescono a contenere solo una parte del volume mobilizzato. Il restante volume mobilizzabile dovrà essere controllato e contenuto tramite interventi diffusi che verranno trattati nel capitolo successivo.

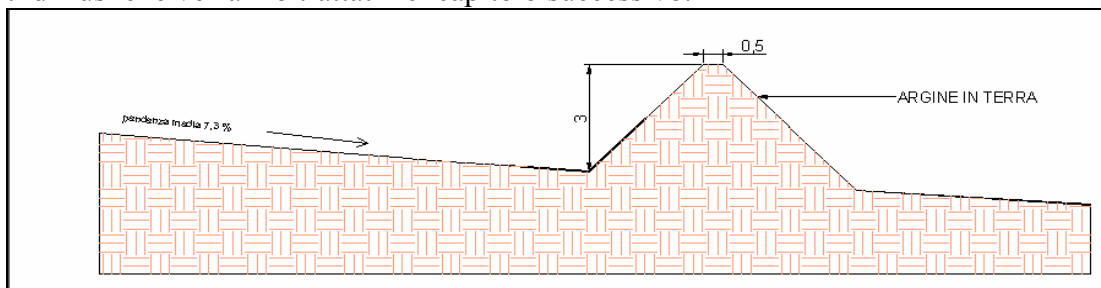


Figura 80. Sezione tipo dell'argine di contenimento delle piazza di deposito.

In alcune situazioni, a causa della morfologia e della struttura ramificata degli alvei, nonché dell'estensione del centro abitato esposto a più impluvi, sono state previste delle piazze di deposito che ricevono più valloni come nel caso dell'Amendolara. Nelle foto seguenti vengono riportate delle opere di esempio eseguite dopo gli eventi di Sarno 1998.



Figura 81. Vasca di Episcopo presso Sarno. Esempio di piazza di deposito a più ingressi e due uscite (fonte: Quaderni del Presidio Territoriale – Commissario di Governo per l’Emergenza Idrogeologica in Campania).



Figura 82. Vasca di Episcopo presso Sarno. Foto panoramica della piazza di deposito vista nella foto precedente (fonte: Quaderni del Presidio Territoriale – Commissario di Governo per l’Emergenza Idrogeologica in Campania).

10.3.2 Interventi diffusi

Opportuni interventi diffusi saranno previsti sia lungo gli impluvi al fine di inibire il rifornimento della colata dall’alveo, sia lungo i versanti. In particolare tali interventi diffusi sono: briglie selettive, opere di dissipazione sul fondo alveo, consolidamento del fondo dell’impluvio, consolidamento dei versanti anche con tecniche di ingegneria naturalistica, inerbimento e rimboschimento le cui tipologie sono ben noti sia dall’esperienza tecnica che di ricerca scientifica.

11 INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI ESONDAZIONE NELL’AREA VESUVIANA (TAV. 07.00)

L’area dei bacini vesuviani presenta un rischio elevato dovuto alla intensa urbanizzazione ed all’interazione di questa con i tratti terminali dei canali del vesuvio come ben evidenziato dal PAI. Come noto i bacini dell’area vesuviana sono caratterizzati da piccoli corsi d’acqua con comportamento idrologico ed idraulico torrentizio. Si tratta di fossi e valloni che sono, di norma completamente asciutti, essendo solo di rado interessati dalla presenza di piccole sorgenti di quota; la presenza di acqua è, pertanto, osservabile solo nei periodi piovosi e nei periodi ad assi immediatamente successivi.

Il rischio di esondazione è fondamentalmente dovuto a due tipologie di interazione dell’attività antropica con gli alvei:

- la riduzione delle sezioni alveate nei centri abitati o il loro attraversamento in sezioni chiuse o tombate soprattutto nelle aree più vallive alle falde del Vesuvio (Pomigliano d'Arco, Marigliano, Somma Vesuviana etc)
- un uso dei corsi d'acqua come vie di accesso alle campagne ed alle molte nuove aree urbane che si sono sviluppate lungo questi corsi d'acqua., noti come "alvei strada".

Per tale motivo gli interventi di mitigazione del rischio di esondazione prevedono:

- la prima tipologia in primis interventi di miglioramento delle capacità di smaltimento e in estrema ratio canali di gronda in grado di alleggerire ed a volte deviare il flusso idrico da un corso d'acqua ad un altro che presenta ovviamente possibilità di adeguamento alle nuove portate.
- la seconda tipologia, il convogliamento delle acque di piena in sezioni alveate ricavate all'interno dell'alveo strada. dato sia le esigue portate (piccole aree) sia le elevate pendenze.

11.1 CANALI DI GRONDA

Lo scopo principale di tali interventi è quello tipico dei canali deviatori. Essi sono da considerarsi interventi di ultima che deviano/ scolmano il corso d'acqua principale ormai compromesso nella sua capacità di smaltimento in corsi d'acqua adiacenti in grado anche ad interventi di risagomatura di smaltire le nuove più elevate portate.

I canali di gronda sono stati rappresentati sulla Tav. 07.00 e sono stati tracciati planimetricamente tenendo conto della morfologia e dei vincoli insediativi dell'area.

Due le tipologie realizzative ipotizzate:

- la prima realizzata con l'argine di valle in terra rivestito con lastre di calcestruzzo,
- la seconda tipologia prevede la realizzazione di un canale in calcestruzzo

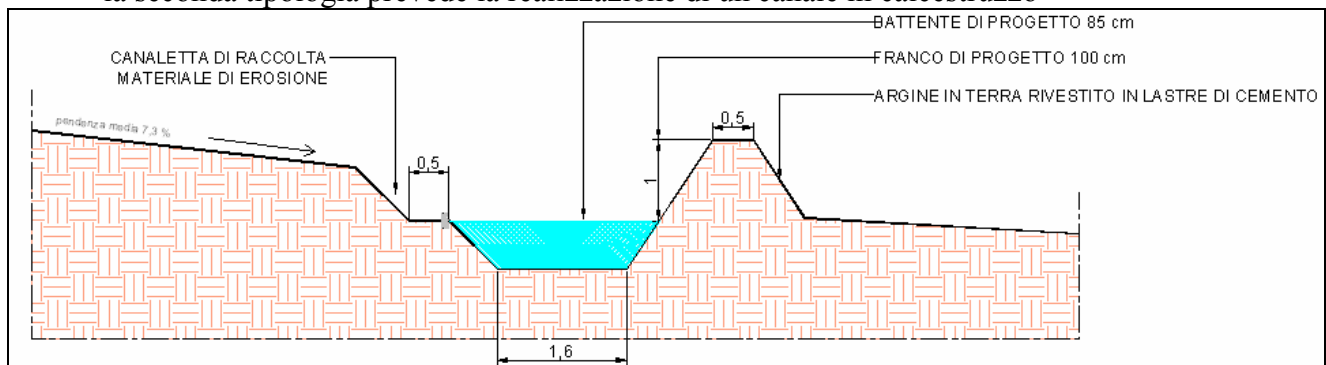


Figura 83. Sezione tipo di un canale gronda con un battente di progetto di 85 cm calcolato in moto uniforme per una portata di 27,40 m³/s.

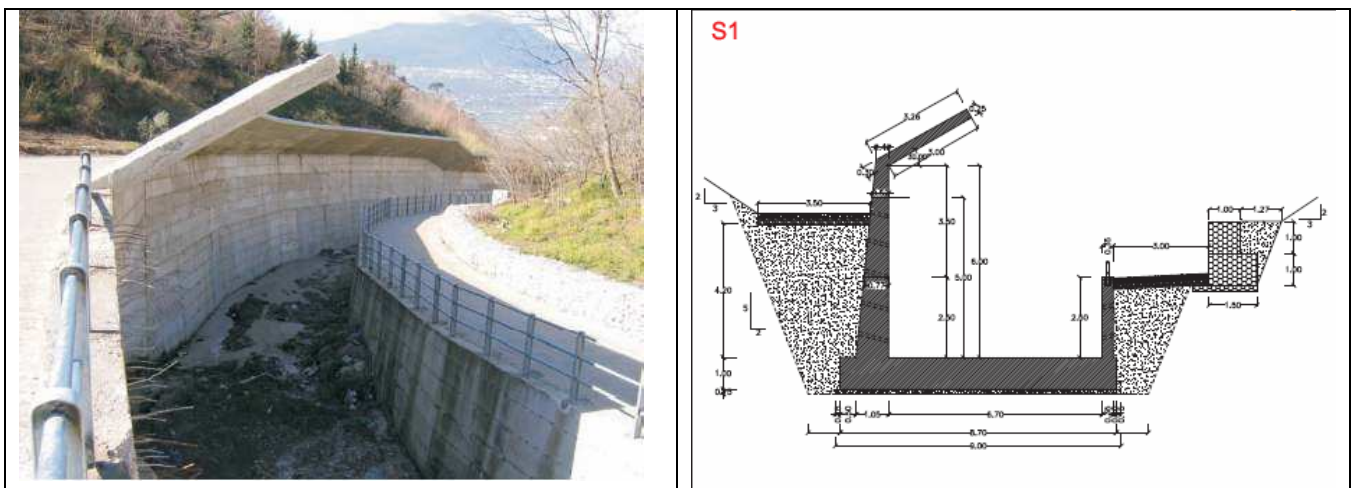


Figura 84. Vallone Cantariello. Esempio di canale di gronda realizzato in calcestruzzo (fonte: Quaderni del Presidio Territoriale – Commissario di Governo per l’Emergenza Idrogeologica in Campania).

Il Dimensionamento di questi canali è aspetto assai delicato³¹ per i gravi danni che la fallanza di questi sistemi di deviazione delle acque possono arrecare. Il canale è dimensionato in questa fattibilità in moto uniforme con granco di 1 m. La portata di progetto ha tempo di ritorno di 300 anni assunto che il suo superamento possa poi provocare situazioni di danno molto gravi.

Tabella XLV. Tabella riepilogativa dei parametri utilizzati per il calcolo della portata T300 di progetto. Tc = tempo di corrivazione, Φ coefficiente d'afflusso, T tempo di ritorno, a ed n parametri di piovosità.

Parametri bacino	
tc [h]	1
Φ	0,5
Parametri LSPP	
T[anni]	300
a	79
n	0,32
Q[m ³ /s]	27,40

12 INTERVENTI SUL RETICOLO DI BONIFICA E FOGNARIO AFFERENTI AI REGI LAGNI (TAV. 04.03)

Nella parte di Valle dei Regi Lagni fundamentalmente a valle del comune di Acerra, il contributo di piena ai Regi Lagni è dovuto essenzialmente a due elementi:

- le portate di piena delle reti fognarie consortili che attraverso i Fugatori di piena scaricano le portate meteoriche
- le portate derivanti dalla rete di bonifica molto fitta soprattutto nella zona pianeggiante posta a sud nella fascia costiera tra i regi Lagni e il Lago Patria e a nord posta tra l'alveo dei Regi Lagni e l'alveo del Fiume Volturno e interessa i Comuni di Castel Volturno, cancello Arnone, Grazianise fino a S. Maria Capua a Vetere.

Il contributo di questa parte è comunque molto rilevante e ammonta a più di 600 Km² su un bacino complessivo di 1100 km².

Tale bacino è costituito da zone densamente urbanizzate costituite dai comuni circa il 40 % e aree verdi di campagna e coltivate con una percentuale di circa il 60%.

Nella tavola 04.03 sono evidenziati questi due reticoli assieme agli impianti di depurazione presenti sul bacino indagato che sono partendo dalla foce: impianto di depurazione dei Regi Lagni, di Marcianise, di Napoli Nord e di Acerra all'interno dell'ATO 2 e gestiti dalla Hydrogest srl e l'impianto di Nola che fa parte dell'ATO 3.

Il reticolo di bonifica gestito dal Consorzio generale di bonifica del bacino inferiore del Volturno drena le acque della pianura e le scarica nei regi Lagni o nel controfosso di destra dei Regi Lagni a volte a gravità a volte, per problemi di quota attraverso sollevamento con stazioni idrovore, posizionate soprattutto verso la foce dei regi Lagni.

Anche i canali di bonifica hanno forme e tipologia di sezione simili a quelle fognarie; da veri e propri canali in c.a. a alvei naturali in terra.

Tra i canali più rilevanti ci sono il canale Casapesenna, il canale Apramo, Canale Tamerici, il Lagno Vergine, canale Salvatore, canale Sant'angelo

12.1 DEFINIZIONE DEL TEMPO DI RITORNO SMALTIBILE DEL RETICOLO

Il reticolo di bonifica e fognario viene usualmente dimensionato per tempi di ritorno di 10 o 20 anni nel caso specifico si è assunto il valore decennale in base a diversi criteri quali: la limitazione imposta su queste portate smaltibili dalla capacità di smaltimento del Canale Regi Lagni, il non aggravare il

³¹ Versace, L. ed al; Quaderni del Presidio Territoriale – Commissario di Governo per l'Emergenza Idrogeologica in Campania, 2001.

reticolo con ulteriori opere, la considerazione che l'evento pluviometrico ventennale comporta incrementi di altezza di precipitazione lorda per le diverse durate critiche tra il 10% ed il 15% valori modulati dal coefficiente di assorbimento e dalla propagazione in rete nonché contenuti nei franchi di progetto e ininfluenti sulla fattibilità delle opere e dei costi stimati nel presente studio pilota, anche alla luce dei nuovi indirizzi normativi (giugno 2011) che prevedono un tempo di ritorno di 20 anni, presentati successivamente alla data di redazione e approvazione del presente studio di fattibilità (febbraio 2010). In ogni caso una loro verifica sarà condotta nelle successive fasi di progettazione.

La linea di possibilità pluviometrica è riportata in Figura 2.11 del Cap. 18 e la sua espressione per 20 anni di tempo di ritorno è pari a $h=40.2 t^{0.34}$ con differenze di altezze di pioggia per le durate critiche in questione di circa il 10 -15% rispetto alla pioggia decennale.

Va quindi ricordato che ciò che vincola la portata dei fugatori è la capacità di smaltimento del Canale Regi Lagni le cui portate sono regolate con laminazioni che devono lasciar defluire a valle portate non superiori a tempi di ritorno decennali, sebbene spesso il singolo fugatore consente di smaltire una portata superiore ai 10 anni (si veda Tabella pag. 123).

La portata con tempo di ritorno decennale (sulla base delle linee segnalatrici dello studio Enea) risulta infatti compatibile quasi sempre con la capacità di smaltimento del reticolo stesso e anche compatibile alla portata smaltibile del Canale dei Regi Lagni nella sua parte di valle.

Di seguito si descrivono i bacini di valle con il reticolo afferente. Le informazioni sono in parte desunte dal Piano di Tutela delle acque, in parte ottenute dalla Hydrogest e poi verificate nella maggior parte dei casi in campo attraverso numerosi sopralluoghi.

12.2 PRINCIPALI CANALI FUGATORI

I canali fugatori sono a valle di partitori scolmatori di piena che in tempo di pioggia regolano la ripartizione delle portate tra l'impianto di depurazione e il ricettore finale; in particolare i partitori inviano nei fugatori la portata in eccesso rispetto a quella pari a 5 volte la portata nera media. Tali partitori sono costituiti a volte da scaricatori a salto di fondo e a volte con sfioratori laterali.

I fugatori sono costituiti da canali per lo più a cielo aperto con sezione artificiale in c.a. o in terra di forma rettangolare o trapezia incisi rispetto al piano campagna.

L'immissione nei Regi Lagni avviene ad un livello superiore rispetto al fondo dei regi Lagni attraverso dei salti di fondo.

In alcuni casi in sezioni naturali l'immissione avviene attraversando l'argine dei regi Lagni con una struttura tipo armco e a volte si immettono alla quota di fondo dei Regi Lagni

12.2.1 Fugatori del collettore di Marigliano

I canali Fugatori del collettore di Marigliano sono costituiti dal Lagno di Somma e da un secondo canale che inizia dal partitore posto sulla strada del Lagnuolo (figura seguente) con un canale artificiale trapezio con sponde rivestite con lastre in c.a. di dimensioni 3.0 x 2.0 m (figura seguente in sinistra) e dopo circa 1.2 km si immette nel Lagno di Frezza che ha una sezione naturale trapezia con base minore di 7 m e altezza 3 m (figura seguente).



Figura 85. fugatore del collettore di Marigliano e lago di Fezze

Il lago Somma ha una sezione trapezia di base minore variabile da 6 a 9 m e altezza 3 m, a valle del collettore presenta una sezione in parte naturale e in parte con sponde rivestite in c.a.



Figura 86. Lago somma a valle del collettore di Marigliano

Il collettore di Marigliano, ha una lunghezza di 6.7 km e si sviluppa in 5 tronchi aventi differenti caratteristiche tecniche; in particolare la sezione varia da uno speco semiovoidale 80x150 m a uno di dimensioni 100 x 150 m. Esso riceve le portate miste di Marigliano, Mariglianella, Scisciano e Frascatoli e scolma le portate meteoriche nei canali fugatori sopra descritti; le portate nere vengono inviate all'impianto di depurazione di Nola attraverso il collettore C.

12.2.2 Fugatore di Acerra

Il canale Fugatore di Acerra ha una sezione rettangolare di dimensioni 7.50 x 3.90 m ed è lungo 2.5 km, ha origine dalla zona ASI di Acerra alla confluenza del collettore Montefibre e l'Emissario della Valle Caudina.

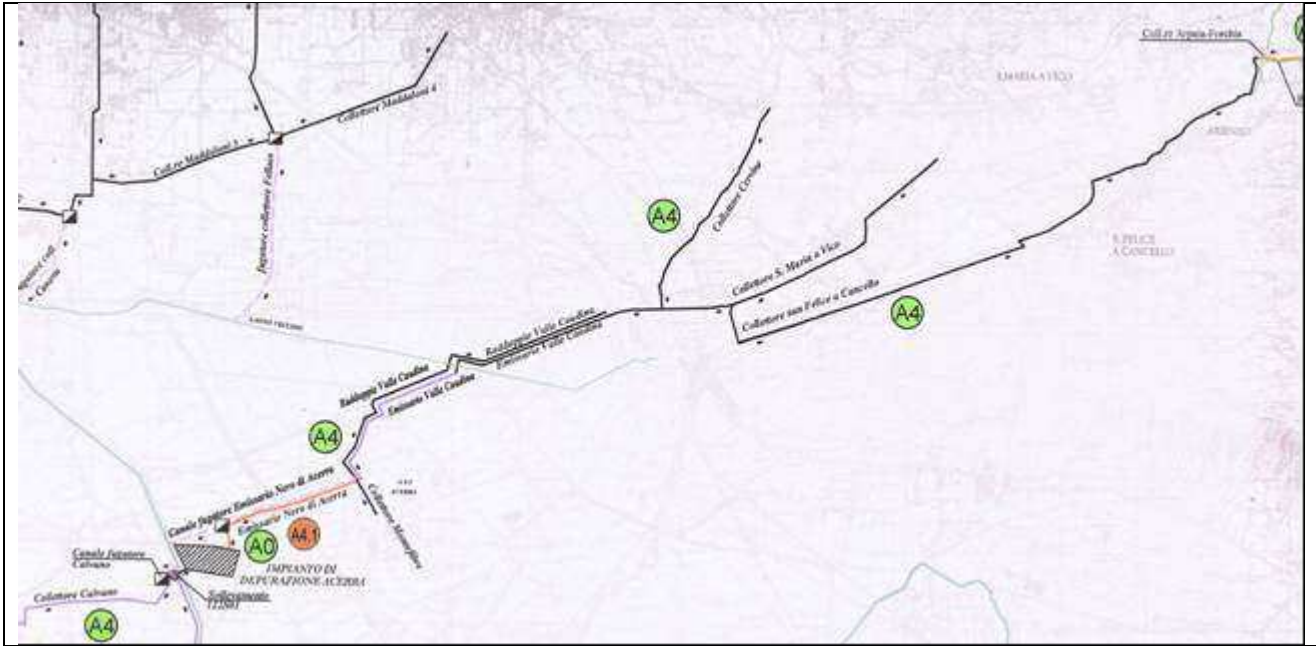


Figura 87. Schema planimetrico del Fugatore di Acerra

Scarica nei Regi Lagni a nord dell'impianto di depurazione di Acerra.

Il bacino afferente è molto grande in particolare collette la zona di Arienzo e san Felice a Castello, Santa Maria Vico e Cervino attraverso i rispettivi collettori. Sembra che anche le acque del Fiume Palata vengano deviate nella fognatura all'altezza di san Felice a Castello.

La tabella sotto riportata riassume le grandezze dei collettori afferenti al Fugatore di Acerra con le relative lunghezze e il volume di invaso della rete supposta piena all'80% del riempimento.

Codice da piano tutela	dimensioni sezione collettore (m)	lunghezza (m)	volume rete (riempimento 80%)
collettore valle Caudina n 107	rect 4.4 x 1.9	5'302	4'250
collettore santa mariua a vico n 108	rect 2.7 x 2.65	4'083	23'371
collettore S. felice a Castello n 108 bis	rect 2.5 x 2.2	5'960	26'224
collettore Cervino n 109	rect 2.4x1.65	1'200	3'802
	rect 2.4 x 2.2	1'287	5'436
	rect 3 x 2.2	723	3'817
		18'555	66'900

L'impianto di depurazione di Acerra scarica in tempo di pioggia circa 5 mc/s.

Il centro abitato di Acerra possiede 3 fugatori posti rispettivamente sui collettori basso e Alto che scaricano nei Regi Lagni in sponda destra e sollevano le portate nere nel collettore di Pomigliano D'Arco.

12.2.3 Fugatore di Caivano

Il canale Fugatore di Caivano ha una sezione rettangolare di dimensioni 9.0 x 2.6 m ed è lungo 250 m, ha origine dal Partitore posto in corrispondenza del collettore Caivano vicino alla stazione di sollevamento del collettore di Pomigliano d'arco che riceve i contributi di portata nera dai collettori di Casalnuovo, Capo Mazza, S. Marco Saggese, Badagnano (Afragola) e Caivano e attraverso varie stazioni di sollevamento riceve i contributi di Acerra.

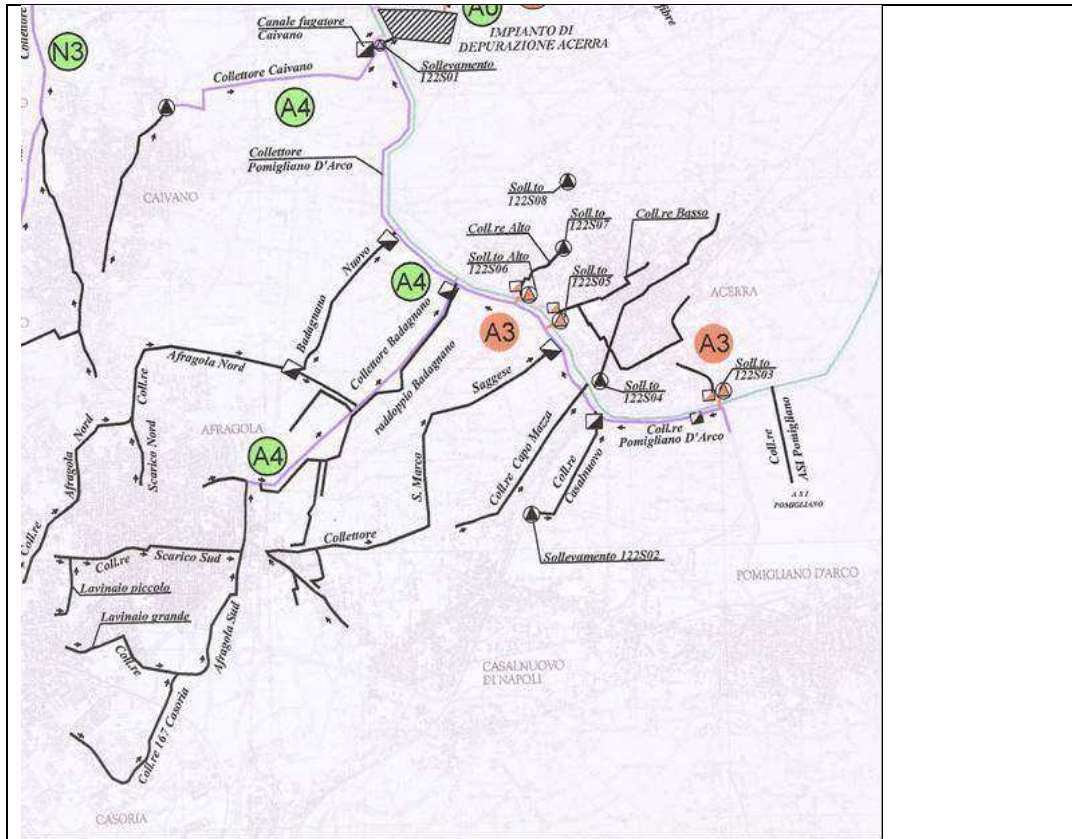


Figura 88. Il fuggatore scarica nei Regi Lagni in sponda sinistra di fronte l'impianto di depurazione di Acerra.

Codice da piano tutela	dimensioni sezione collettore (m)	lunghezza (m)	volume rete (riempimento 80%)
collettore caivano n 111	rect 8 x 2.5	2'375	38'000
collettore di pomigliano d'arco n 113	rect 3.2 x 2.2	2'974	16'750
		5'349	54'750

12.2.4 Fuggatore Badagnano Nuovo

Il canale Fuggatore di Badagnano nuovo ha una sezione rettangolare di dimensioni 4.0 x 2.2 m ed è lungo 2.1 km, ha origine dal Partitore posto in corrispondenza del collettore di Badagnano nuovo che deriva dallo scolmatore posto sul collettore Afragola Nord.

Il fuggatore scarica nei Regi Lagni in sponda sinistra di fronte del centro abitato di Acerra.

Il collettore invia le portate nere nel collettore di Pomigliano d'arco e l'eccesso nel fuggatore.

Di seguito sono riportate le grandezze geometriche dei collettori afferenti al fuggatore

Codice da piano tutela	dimensioni sezione collettore (m)	lunghezza (m)	volume rete (riempimento 80%)
collettore Afragola Nord n 118	rect 1.0 x 1.5	2'387	2'864
	rect 1.8 x 1.8	1'504	3'898
	rect 2.0 x 1.8	750	2'160
	rect 2.80 x 1.8	1'000	4'032
		5'641	12'955

12.2.5 Fugatore Badagnano

Il canale Fugatore di Badagnano ha una sezione rettangolare di dimensioni 4.0 x 2.6 m ed è lungo 100 m, ha origine dal Partitore posto in corrispondenza del collettore di Badagnano e del suo raddoppio che riceve il collettore di Afragola sud, Casoria.

Il fugatore scarica nei Regi Lagni in sponda sinistra 1 km a monte del fugatore di Badagnano Nuovo.

Il collettore invia le portate nere nel collettore di Pomigliano d'Arco e l'eccesso nel fugatore.

Di seguito sono riportate le grandezze geometriche dei collettori afferenti ai fugatori

Codice da piano tutela	dimensioni sezione collettore (m)	lunghezza (m)	volume rete (riempimento 80%)
collettore di pomigliano d'arco n 113	rect 1.8 x 1.8	1'564	4'054
	CIRC DN 2000	1'219	766
	rect 2.2 x 2	821	2'890
collettore Badagnano n 115	rect 4 x 2.6	3'150	26'208
collettore Afragola sud n 116	rect 2 x 1.8	4'000	11'520
collettore Casalnuovo	rect 3.8 x 1.6	1'230	5'983
		11'984	51'420

I contributi di questi fugatori sono diffusi tra la sezione RL-5 e la sezione RL-7 dei regi lagni a monte della confluenza con il Lago Vecchio.

12.2.6 Fugatore Fellaco

Il canale Fugatore Fellaco ha una sezione variabile come evidenziato nella tabella sotto riportata e termina nel Lago Vecchio con una sezione trapezia di dimensioni 10.0 x 2.5 m dopo aver sottopassato la stazione ferroviaria. E lungo complessivamente 2.6 km, ha origine dal Partitore posto in corrispondenza del collettore di Maddaloni (4) e riceve le portate meteoriche di Maddaloni, S. Marco evangelista S. Nicola La Strada. Le portate nere diluite proseguono fino all'impianto di Marcianise lungo i tratti successivi del Collettore Maddaloni.



Forma sezione	dimensioni sezione collettore (m)	lunghezza (m)
RETT	6,00X3,70	119
TRAP	6,00X4,00	1'134
TRAP	10,00X4,00	547
TRAP TOMB	10,00X2,5	445
TRAP	10,00X2,5	391
		2'636

Codice da piano tutela	dimensioni sezione collettore (m)	lunghezza (m)	volume rete (riempimento 80%)
collettore Fellaco n 128	rett ca 2 x3	2'773	13'310
	rett ca3 x3	1'693	12'190
	rett 4x3	907	8'707
	rett 5 x4	882	14'112
maddaloni 4 n 127	rect 3*3	1'370	9'864
		7'625	58'183

12.2.7 Fugatore Caserta

Il canale Fugatore Caserta ha una sezione trapezia di dimensioni 6.0 x 6.0 m è lungo complessivamente 1.3 km, e termina nel Lagno Vecchio. Il fugatore ha origine dal Partitore posto in corrispondenza del collettore di Maddaloni (3) e riceve le portate meteoriche di Caserta, S. Marco evangelista S. Nicola La Strada. Le portate nere diluite proseguono fino all'impianto di Marcianise lungo i tratti successivi del Collettore Maddaloni.

Codice da piano tutela	dimensioni sezione collettore (m)	lunghezza (m)	volume rete (riempimento 80%)
collettore caserta n 130	rect 3x 3	1'613	11'614
	rect 4 x 4	4'161	53'261
	rect 6x3.5	876	14'717
collettore maddaloni 3 n 126	rect 2*2	1'830	5856
	rect 2*3.5	670	3'752
		9'150	89'199

12.2.8 Fugatore Marcianise

Il canale Fugatore di Marcianise ha una sezione rettangolare di dimensioni 4.40 x 3.8 m è lungo complessivamente 1.2 km, e termina nei Regi lagni in sponda destra poco a valle della confluenza con il Lagno vecchio. Il fugatore ha origine dal Partitore posto in corrispondenza del collettore di Maddaloni (2) e riceve le portate meteoriche di Capodrise e Marcianise attraverso il collettore Marcianise Orientale. Le portate nere diluite proseguono fino all'impianto di Marcianise lungo i tratti successivi del Collettore Maddaloni.

Codice da piano tutela	dimensioni sezione collettore (m)	lunghezza (m)	volume rete (riempimento 80%)
collettore maddaloni 2 n 125	rect 3x 3	2'500	18'000
collettore marcianise n 132	rect 3x 4	4850	34'920
		7'350	52'920

12.2.9 Fugatore Impianto Marcianise

Il canale Fugatore dell'impianto di Marcianise è posizionato in corrispondenza dell'impianto stesso sulla sponda destra dei Regi Lagni. Esso riceve le portate di Recale, Portico di Caserta e di Macerata Campania e le portate provenienti dall'ultima tratto del Collettore Maddaloni e del Collettore Capua.

12.2.10 Fugatore Maltempo

Il canale Fugatore di Maltempo ha una sezione varia (vedi tabelle seguente) e nell'ultimo tratto è rettangolare di dimensioni 8.0 x 3.0 m è lungo complessivamente 2 km e termina nei Regi lagni in sponda destra a valle dell'impianto di Marcianise.

Forma sezione	dimensioni sezione collettore (m)	lunghezza (m)
RETT	4,7x2,4	26
RETT	4,70X2,4	631
RETT. TOMB	5,00X3,00	330
RETT	8,00X3,00	493
RETT	8,00X3,00	63
TRAP	8,00X3,00	553
		2'096

Il fugatore ha origine dal Partitore posto in corrispondenza della confluenza tra il collettore di Capua e Collettore Maltempo e riceve le portate meteoriche di Curti e Casapulla attraverso i sopraccitati collettori. Le portate nere diluite proseguono fino all'impianto di Marcianise lungo il tratto successivo del Collettore Capua.

Codice da piano tutela	dimensioni sezione collettore (m)	lunghezza (m)	volume rete (riempimento 80%)
collettore Maltempo n 139	rett ca 2 x3	759	3643.2
	rett ca3 x3	2'121	15271.2
	rett 5x3	5'720	68'640
collettore Capua n 136	rect 2*2	2'715	8688
		11'315	96'242

12.2.11 Fugatore Secondigliano all'impianto di Napoli Nord

Il canale Fugatore di Secondigliano ha una sezione rettangolare di dimensioni 7.5 x 4.4 m è lungo complessivamente 1.3 km, e termina nei Regi lagni in sponda sinistra poco a valle della confluenza con il Lago vecchio. Il fugatore ha origine dal Partitore posto in corrispondenza del collettore Secondigliano all'altezza dell'impianto di depurazione Napoli Ovest. Esso riceve le portate meteoriche di Casa Vatore, Arzano, Frattamaggiore, Cardito, Caivano Crispano, Orta di Atella. Le

portate nere diluite vengono trattate all'impianto di Depurazione Napoli Ovest. La portata nera di pioggia scaricata dall'impianto è pari a 9.5 mc/s.

Codice da piano tutela	dimensioni sezione collettore (m)	lunghezza (m)	volume rete (riempimento 80%)
COLLETORE SECONDIGLIANO n 120	RECT 3.5 X3.2	497	4 453
	4.3*3.2	2 870	31 593
	4.6*3.6	3 114	41 254
	5.7*3.6	3 408	55 946
	7.5*4.4	1 322	34 901
collettore n 121	2*2	4 374	13 997
COLLETORE Lagnetiello n 122	2.6*1.8	990	3 707
collettore di Orta di Atella n 123	1.8*2.2	648	2 053
	4*2.2	2 415	17 002
		19 638	204 905

12.2.12 Fugatore Succivo

Il Fugatore di Succivo è un canale in c.a. di forma trapezia e dimensioni variabili da 4 m x 4m a 6 x 4 m (si veda tabella successiva) ed è lungo 5,5 km.

Forma sezione	dimensioni sezione collettore (m)	lunghezza (m)
TRAP	4,00X4,00	969
RETT	4,00X4,00	974
RETT	4,00X4,00	1 000
RETT	6,00X4,00	2 208
RETT	6,00X4,00	29
RETT	6,00X4,00	319
		5 499

Ha origine dall'impianto di grigliatura di Succivo il fugatore è posizionato a valle del partitore che riceve i collettori di Laviniano di Melito e il collettore Giuliano-Succivo. Il partitore invia la portata nera diluita preventivamente sgrigliata nel collettore nero Sinistra Regi lagni che convoglia le portate nere diluite all'impianto dei Regi Lagni.

Le portate eccedenti in tempo di pioggia vengono inviate al canale fugatore attraverso uno sfioratore. Il fugatore di Succivo riceve 1.5 km a valle rispetto all'impianto di sgrigliatura il fugatore di Gricignano, Che riceve le portate del collettore di Gricignano (sezione rettangolare 2 x 2 m lungo circa 3 km che porta le acque di Aversa)

Il fugatore di Succivo riceve le portate meteoriche di Succivo, S. Arpino, Frattaminore, Orta di Atella, S. Antimo, Casandrino, Melito di Napoli, Grumo Nevano (attraverso i collettori consortili riportati in tabella).

Codice da piano tutela	dimensioni sezione collettore (m)	lunghezza (m)	volume rete (riempimento 80%)
lavinaio di melito (146)	sez. rect in c.a		
	2.2*1.8	2 626	8 319
	3*2	1 050	5 040
	3.5*2	381	2 134
	3.5*2.5	1 651	11 557
	5.5*2.5	1 760	19 360
collettore S antimo n 147	rect 1.5 x 1.8	2 274	4 912
collettore Grumo Nevano n 148	2.2 x 1.8	1 792	5 677
	2.2 x 2.5	350	1 540
collettore Frattamaggiore n 149	2.2 x 2.5	785	3 454
collettore Giuliano Succivo n 150	rect 3x 3	2 081	14 983
	rect 4x 3	4 042	38 803
	rect 5x 4	957	15 312
		19 749	131 091



Figura 89. Fugatore Succivo dall'impianto di pretrattamento (visto da monte)



Figura 90. Fugatore Succivo: immissione del fugatore di Gricignano (visto da valle)

12.2.13 Fugatore Cuparella

Il Fugatore Cuparella ha una sezione trapezia di dimensioni 4.20 x 2.0 m è lungo complessivamente 3.7 km e termina nei Regi lagni in sponda destra a valle del fugatore Maltempo. Il fugatore ha origine dal Partitore posto in corrispondenza della confluenza tra collettore Capua e il collettore S. M. Capua Vetere ovest e riceve le portate meteoriche di S. Maria Capua a Vetere e S. Tammaro. Le portate nere diluite proseguono fino all'impianto di Marcianise lungo i tratti successivi del Collettore Capua.

Codice da piano tutela	dimensioni sezione collettore (m)	lunghezza (m)	volume rete (riempimento 80%)
collettore Capua n 136	dn 1200	2'361	534
	dn 1400	1'721	530
collettore s. maria capua vetere	dn 600	1'657	94
	rect 2 x 2	4793	15'338
		10'532	16'495



Figura 91. Immissione del fugatore Cuparella nei Regi Lagni

12.2.14 Fugatore Teverole

Il Fugatore Teverole ha una sezione trapezia di dimensioni 2 x 1.90 m è lungo complessivamente 4 km e termina nei Regi lagni in sponda sinistra all'altezza del fugatore Cuparella. Il fugatore ha origine dal Partitore posto in corrispondenza del collettore Teverole e riceve le portate meteoriche Teverola e Aversa.

Il fugatore riceve anche la parte delle portate meteoriche che arrivano dal partitore di Casaluce (Collettore Casaluce)

Le portate nere diluite vengono inviate al collettore nero in sinistra dei Regi Lagni e proseguono fino all'impianto dei Regi Lagni.



Figura 92. Fugatore Teverola: sopra a valle della confluenza del fugarore Casaluce, sotto immissione nei Regi Lagni

Nella prima parte del fugarore è evidente la mancanza di manutenzione e si rileva il passaggio di portate fognarie (presenza di sporcizia sulle sponde vedi foto precedenti)

12.2.15 Fugatore Casaluce

Il Fugatore Casaluce ha una sezione ovoidale 1.20 x 2.10 m è lungo complessivamente 3.8 km e termina nei Regi Lagni in sponda sinistra a valle del Fugatore Teverola. Il fugarore ha origine dal Partitore posto in corrispondenza del collettore Casaluce e riceve le portate meteoriche di Casaluce. Le portate nere diluite vengono inviate al collettore nero in sinistra dei Regi Lagni e proseguono fino all'impianto dei Regi Lagni.

12.2.16 Fugatore Parete

Il Fugatore Parete ha una sezione trapezia di dimensioni 3.0 x 2.50 m è lungo complessivamente 2.7 km e termina nei Regi Lagni in sponda sinistra a valle del Fugatore Casaluce. Il fugarore ha origine dal Partitore posto in corrispondenza del collettore Frignano e riceve le portate meteoriche di Frignano e Trentola Ducenta. Al collettore di Frignano arriva anche il collettore Parete lungo circa 7.6 km (dimensioni 3.5 x 3m)

Le portate nere diluite vengono inviate al collettore nero in sinistra dei Regi Lagni e proseguono fino all'impianto dei Regi Lagni.

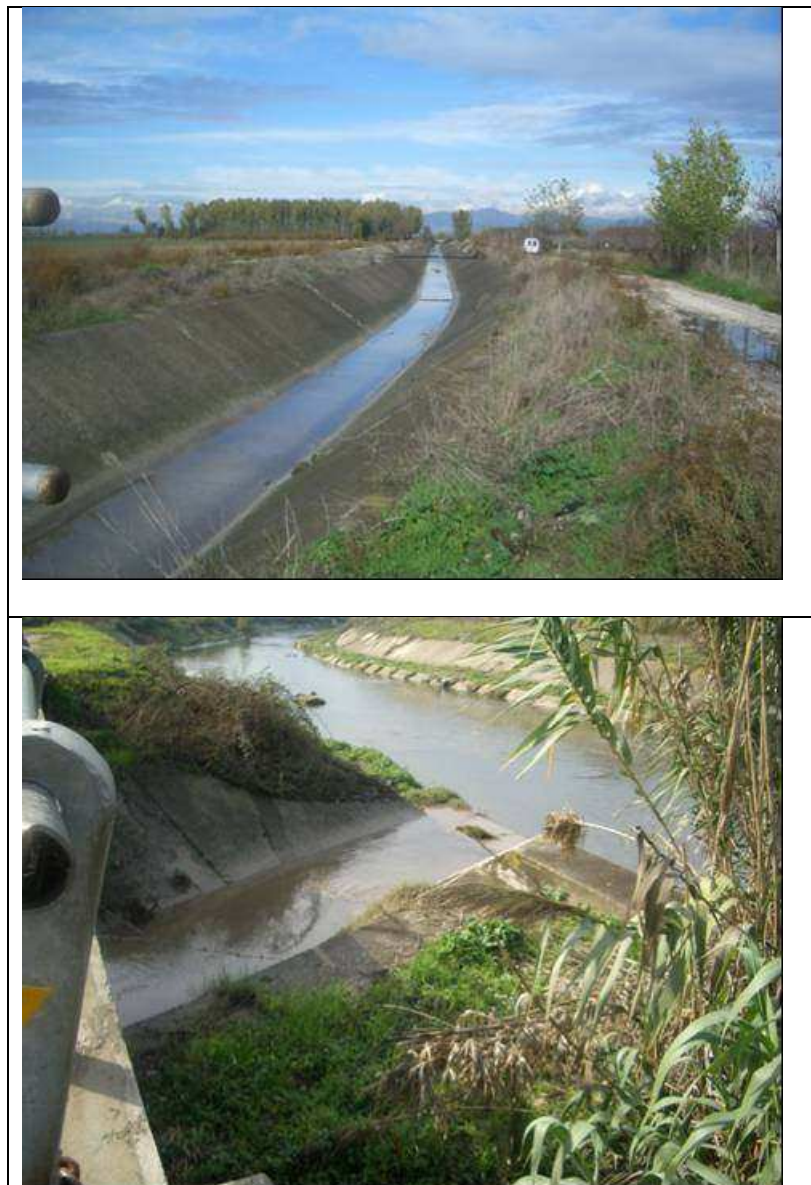


Figura 93. Fugatore Parete: sopra a valle del partitore, sotto immissione nei Regi Lagni

12.2.17 Fugatore Marcellino

Il Fugatore Marcellino ha una sezione rettangolare di dimensioni 4.0 x 2.0 m è lungo complessivamente 2.4 km e termina nei Regi Lagni in sponda sinistra a valle del Fugatore Casaluce con una sezione ad Armco di dimensioni 4 m. Il fugatore ha origine dal Partitore posto in corrispondenza del collettore Marcellino e riceve le portate meteoriche di Marcellino e Villa di Briano. Al collettore di Marcellino arriva anche il collettore Briano e vari collettori comunali. Le portate nere diluite vengono inviate al collettore nero in sinistra dei Regi Lagni e proseguono fino all'impianto dei Regi Lagni.

Di seguito si riporta un estratto planimetrico con i quattro fugatori sopra citati.

Dai sopralluoghi effettuati si nota come questi 4 fugatori si immettano nei regi Lagni attraverso dei salti di fondo (si vedano figure precedenti); in questa zona si nota sia lungo le sponde dei regi Lagni sia lungo il tracciato dei fugatori la presenza di rifiuti abbandonati.

Le sezioni in c.a. sono in buono stato manutentivo mentre alcuni tratti del fugatore Teverole necessitano di manutenzione (presenza di vegetazione e rifiuti).

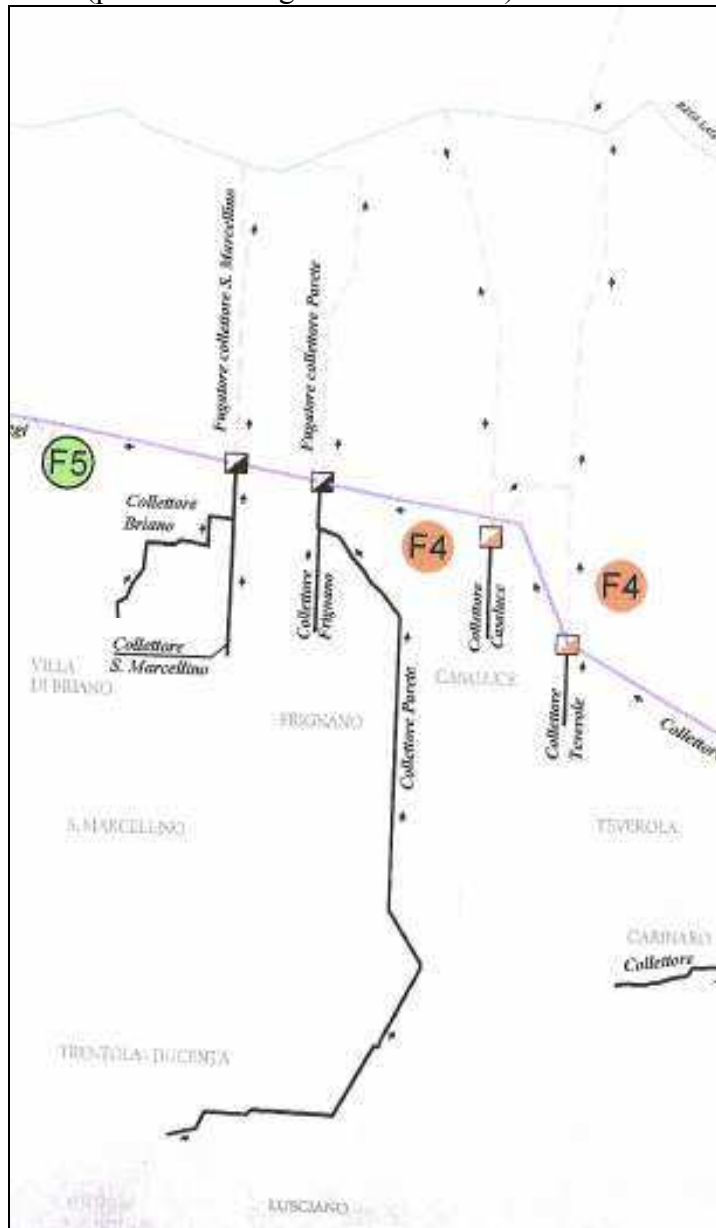


Figura 94. Schema planimetrico con i fugatori Teverola, Casaluce, Parete e Marcellino

Figura 95. Fugatore Maltempo

12.2.18 Fugatore Casale

Il Fugatore Casale ha una sezione rettangolare di dimensioni di circa 3.0 x 2.0 m è lungo complessivamente 2 km e termina nei Regi Lagni in sponda sinistra a monte del Ponte Casale. Esso ha origine dal partitore Casale (vicino alla stazione di sollevamento che dovrebbe sollevare le portate nere nel collettore nero sinistra Regi Lagni) dove confluiscono i collettori di Casal di Principe, Collettore Orientale e collettore Difesa Casale



Figura 96. Fugatore Casale: sopra al partitore (a sinistra in giallo la stazione di sollevamento), sotto a meta (in fondo di vede l'argine dei Regi Lagni)

Nel fugatore è evidente la presenza di portate fognarie e la mancanza di manutenzione e si rileva il passaggio di portate fognarie (presenza di sporcizia sulle sponde).

12.2.19 Fugatore Bonito

Il Fugatore Bonito ha una sezione rettangolare di dimensioni di circa 2.0 x 2.0 m è lungo complessivamente 3.5 km e termina nei Regi Lagni in sponda sinistra a valle del Ponte Casale.

Esso ha origine dal partitore Bonito Posto in corrispondenza del Collettore Bonito; in tale fugatore arrivano le portate meteoriche di S. Cipriano di Aversa (in futuro dovrebbero arrivare anche le portate di Casapesenna che ad oggi finiscono nell'alveo Gallinelle).

Le portate nere proseguono verso il partitore di Casale dove raggiungono il collettore nero sinistra regi lagni.



Figura 97. Fugatore Bonito: sopra vista del fugatore dall'argine dei regi lagni verso monte , sotto l'immissione nei Regi Lagni con armco che attraversa l'argine (di fronte si vede l'immissione in destra nei Regi Lagni del Fiumarella sempre attraverso Armco)

Dai sopralluoghi si evince la presenza di portate fognarie e che l'immissione nei Regi Lagni avviene sul fondo alveo (non sembra essere disconnessa idraulicamente).

12.2.20 Fugatore Villa Literno

Il Fugatore Villa Literno ha una sezione trapezia in c.a. di dimensioni di circa 6.0 x 2.0 m è lungo complessivamente 1.2 km e termina nei Regi Lagni in sponda sinistra a valle del Ponte della SP 81 (via Diaz).

Esso ha origine dal partitore Villa Literno costituito da uno sfioratore laterale; ad esso pervengono le portate meteoriche dell'alveo Gallinelle (riceve le fognature di Casapesenna), del Collettore Villa Literno e delle fognature minori di Villa Literno. Le portate nere diluite che pervengono dal collettore nero sinistro regi lagni vengono inviate all'impianto di depurazione dei Regi lagni attraverso il collettore Alto



Figura 98. Fugatore Villa Literno: a sinistra il partitore a destra le immisioni dei tre collettori nel fugatore

Le sponde del canale fugatore sono state rialzate con un muro verticale di circa 1 m poichè in piena l'acqua fuoriusciva dalla sezione (figura seguente).



Figura 99. Fugatore Villa Literno dal partitore verso valle (si notano i due muri rialzati sugli argini)

L'immissione nei Regi Lagni avviene attraverso un manufatto che sottopassa l'argine costituito da una sezione in c.a. rettangolare con un setto al centro, la quota di immissione è tale da risentire il rigurgito della portata dei Regi Lagni (si vedano figure seguenti).



Figura 100. Fugatore Villa Literno: immissione nei Regi Lagni: attraversamento dell'alveo sinistro dei regi lagni (a sinistra a monte dell'argine) a destra verso i Regi Lagni

12.2.21 Canale di scarico dell'impianto di depurazione dei Regi lagni

All'impianto dei regi Lagni arriva il collettore alto; la portata trattata dall'impianto ammonta a circa 7 mc/s il resto bypassa l'impianto e scarica nei regi Lagni con un canale che risente del rigurgito delle portate transitanti nei regi Lagni.

12.3 VERIFICA DELLA CAPACITÀ DI SMALTIMENTO NELLO STATO ATTUALE

12.3.1 Modello idraulico

La verifica della capacità di smaltimento del sistema Regi Lagni canali fugatori è stato effettuato in moto vario attraverso il modello Infoworks CS. Tale modellazione tiene conto della capacità di invaso dei fugatori e collettori fognari posti a monte.

Nel modello idraulico gli idrogrammi sono stati ricavati attraverso la trasformazioni afflussi deflussi utilizzando il metodo dell'invaso e utilizzando la depurazione delle piogge lorde attraverso il coefficiente di afflusso i cui valori sono stati presi in coerenza con il PAI e con lo studio dell'Enea³² ($\Phi_{IMP}= 0.6 \Phi_{perm}=0.13$).

Nel modello sono stati inserite le superfici dei bacini scolanti (come da relazione Enea) nei nodi corrispondenti ai Partitori dei Fugatori (inserendo come capacità di invaso nella rete di monte i valori ricavati dalle tabelle riportate nel capitolo precedente), si sono suddivisi i 17 bacini afferenti alle sezioni dei Regi Lagni in sinistra e destra per tenere in considerazione del reale contributo che arriva dai bacini afferenti alle reti fognarie.

In mancanza di fonti di rilievo precise si sono fatte delle semplificazioni a livello geometrico della rete simulata; in particolare per le pendenze dei canali fugatori si è ipotizzata uno 0.2 % per tutti i fugatori, tale pendenza risulta pari alla pendenza del terreno, la scabrezza è stata considerata con un coefficiente di strikler pari a 60 per le sezioni in c.a. e a 40 per quelle miste.

Per quanto riguarda le quote di immissione nel Regi Lagni si sono utilizzate quelle desumibili dai sopralluoghi; in particolare i fugatori si immettono sempre con un salto di fondo tranne nei casi di Villa Literno, Bonito e Casale in cui la quota di immissione è quasi coincidente con quella del fondo del canale dei Regi Lagni.

La taratura sul coefficiente di ruscellamento per le aree miste (urbanizzate e non) è stato effettuato riproducendo per il bacino di Succivo la portata misurata all'impianto di grigliatura (circa 100 mc/s).

³² Si veda volume 5 – studio idrologico canale Regi Lagni redatto dall'Enea

Il programma riceve come dati in ingresso la pioggia lorda; tale pioggia è stata ricavata dalle linee segnalatrici dell'Enea, ed è costituita da uno ietogramma Chicago di durata 8 ore.

La linea segnalatrice ha per tempi di ritorno di 10 anni la seguente espressione $h=35.09 d^{0.32}$ la figura seguente mostra la linea segnalatrice per 10 anni di tempo di ritorno.

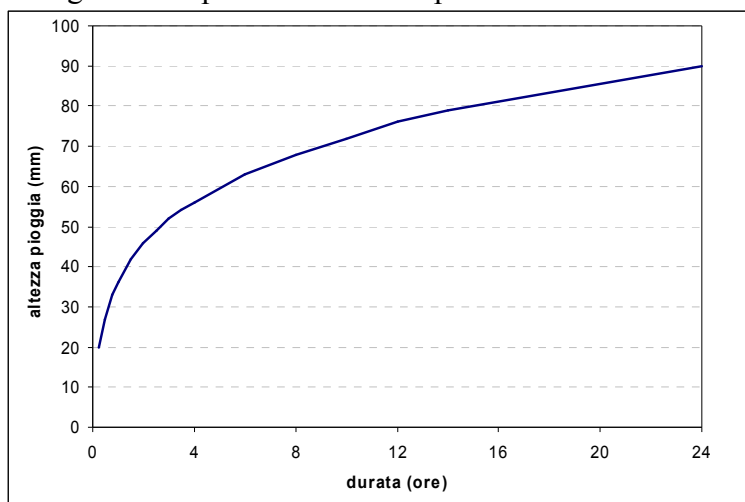


Figura 101. Linea segnalatrice presa dall'ENEA (T=10 anni) per la sottozona pluviometrica omogenea n° 2 e quota 10 msm

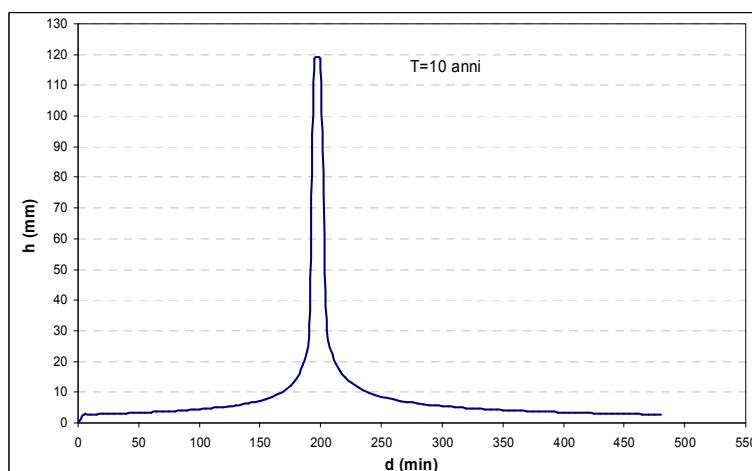


Figura 102. Ietogramma lordo Chicago (T=10 anni)

Nel modello idraulico si sono poste come condizioni al contorno di valle quella di porre un livello pari a 1.5 msm che tiene conto del livello della marea dell'altezza d'onda di frangimento e del wave set up.

12.3.2 Capacità di smaltimento nello stato di fatto

Le simulazioni dello stato di fatto sono state effettuate ipotizzando che dai Lagni di monte arrivi la portata di progetto ossia quella a valle delle laminazioni e che sul resto del bacino piova in modo uniforme una pioggia con tempo di ritorno di 10 anni.

La planimetria sotto riportata mostra la schematizzazione dei regi lagni con i fugatori sopra citati e riportati nella tavola 04.03 a fronte della simulazione dello "stato di fatto" come sopra definito.

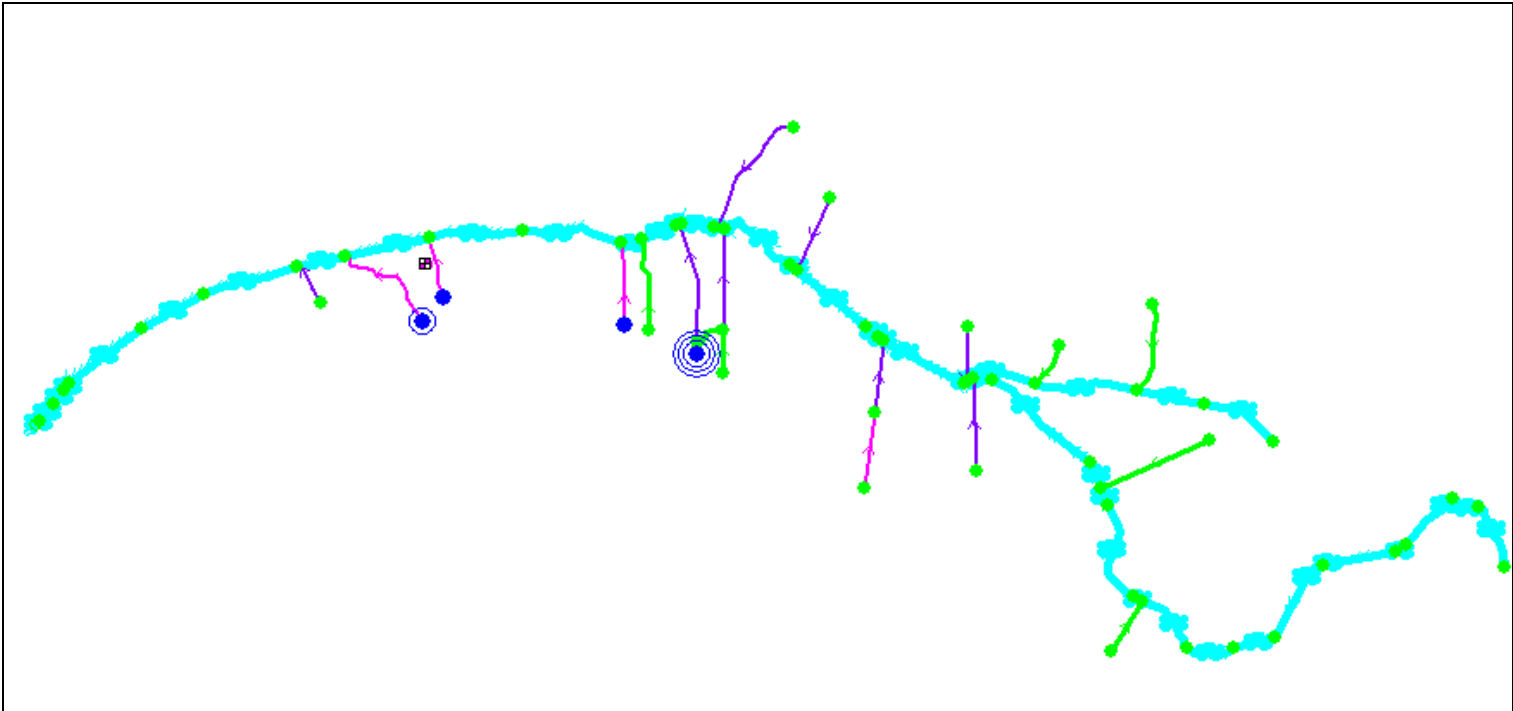
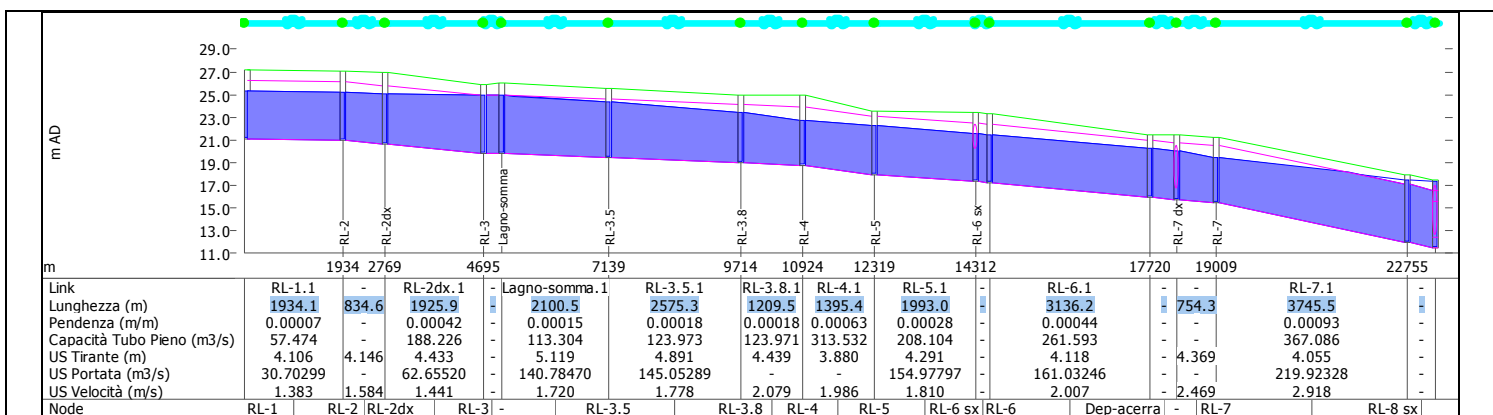


Figura 103. Planimetria della simulazione stato attuale per T= 10 anni

Dalla figura si evincono le seguenti condizioni dei fugatori:

1. Fugatori viola indicano che i fugatori sono in grado di smaltire la portata che gli arriva da monte ma sono rigurgitati dal livello idraulico che si ha nei Regi Lagni; il livello dei regi lagni a valle dell'immissione del lago Vecchio (sez. 8) è tale da far rigurgitare tutti i fugatori (questo fenomeno è presente in maniera più o meno accentuata nei fugatori di Villa Literno, Casaluce, Maltempo, Cuparella, Parete, Succivo, Secondigliano, Marcellanise oltre che agli impianti di depurazione dei Regi Lagni, Marcellanise e Secondigliano)
2. Fugatori rosa sono insufficienti a convogliare la portata in arrivo questo provoca delle esondazioni lungo il percorso dei fugatori nelle zone non urbanizzate posizionate tre il partitore e i regi lagni
3. colore blu sui nodi evidenziano gli allagamenti presenti interni ai centri urbani o comunque dei mal funzionamenti delle reti fognarie poste a monte dei partitori (questo succede da valle verso monte nella zona del partitore di Bonito, Casale, Marcellino e Casaluce)



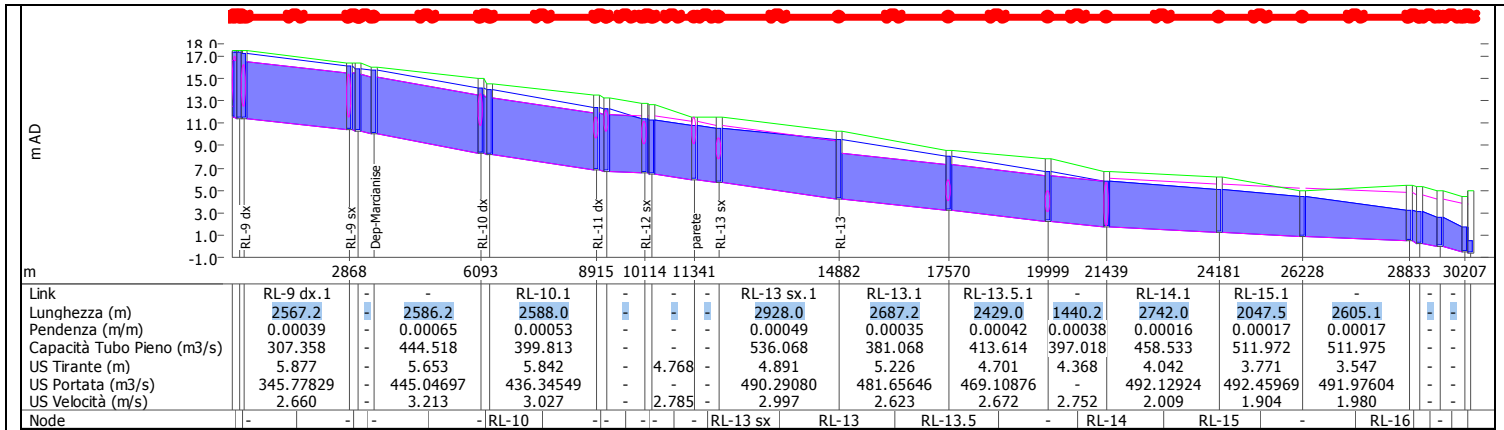


Figura 104. Profilo idraulico dei regi Lagni per simulazione T=10 anni sopra la porte a monte della confluenza con il lago vecchio (da sez. RL-01 a RL-08) sotto la parte di valle

Il livello nei Regi Lagni a valle della confluenza con il Lago Vecchio e fino alla sezione 14 è sopra la sponda e si ha quindi esondazione dei regi lagni

Le simulazioni mostrano come a fronte di una portata in arrivo dalla parte di monte di 220 mc/s a valle dell'immissione del lago vecchio si assiste a un notevole aumento delle portate; in particolare i maggiori contributi arrivano proprio tra la sezione 8 e la sezione 10 in particolare:

Fugatore di Succivo (90 mc/s)

Impianto depurazione Napoli Nord (70 mc/s)

Fugatore di Caserta (37 mc/s)

Fugatore di Fellaco (37 mc/s)

Fugatore Marcianise e Bypass dell'impianto di depuratore di Marcianise (60 mc/s)

Mentre per la parte a valle del fugatore Cuparella i maggiori contributi sono:

Fugatori di Villa Literno (40 mc/s)

Fugatore di Frignano (32 mc/s)

Fugatore di Marcellino (32 mc/s)

Di seguito si riassumono le caratteristiche geometriche e idrauliche dei fugatori

fugatore	aree bacini	sup Imp	□ perm	□ IMP	Forma sezione	largh	altezza	Q (T= 10 anni)	Capacità Tubo
	(kmq)	(kmq)	(%)	(%)		mm	mm	(m3/s)	(m3/s)
maltempo	15.25	3.54	40	60	OREC	8000	3000	17.80	90.43
Dep-Marcianise	25.00	5.80	40	60				30.00	
cuparella	8.15	2.45	0	100	OREC	4200	2000	15.35	21.21
teverole	7.19	0.93	100	0	OREC	2000	1900	4.61	7.54
casaluce	18.41	4.77	24	76	EGG2	1200	2100	5.46	2.38
Frignano	18.41	4.77	24	76	OT1:1	3000	2500	32.15	40.88
Marcellino	18.41	4.77	24	76	OREC	4000	2000	32.16	21.05
casale	8.19	2.12	24	76	OREC	3000	2000	12.24	9.68
Bonito	8.19	2.12	24	76	OREC	2000	2000	7.05	5.46
Villa literno	24.62	6.38	24	76	trap	6000	4000	39.15	76.14
badagnano	13.30	2.11	83	17	OREC	4420	2200	6.97	27.30
acerra	40.00	5.20	100	0	OREC	7500	3900	30.00	118.55
caserta	31.28	8.48	17	83	OT1:1	6000	6000	36.99	383.01
secondigliano	44.46	13.34	0	100	OREC	7500	4400	70.05	138.93
fellaco	31.28	8.48	17	83	OT1:1	10000	2500	36.99	116.22
marcianise	16.72	4.62	14	86	OREC	4400	3800	30.00	51.49
succivo	69.84	18.93	17	83	OREC	6000	4000	90.68	90.43

La precedente situazione non si verificherebbe nel caso di portate nulle in arrivo dei lagni di monte (a valle delle laminazioni) come mostrato nel seguente profilo idraulico.

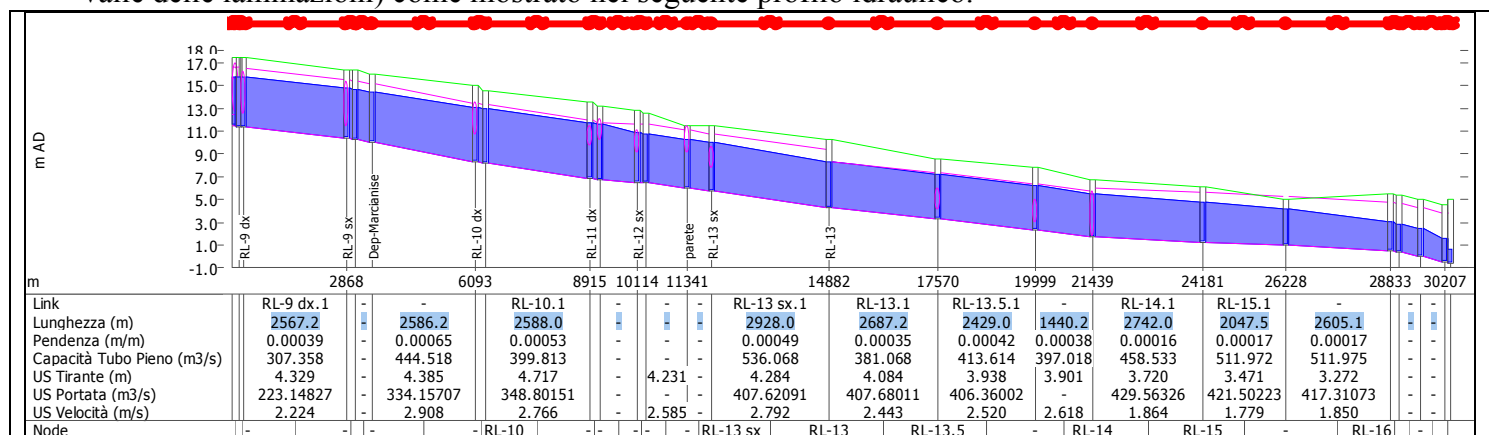


Figura 105. Profilo idraulico dei regi Lagni per simulazione T=10 anni senza portate le portate dai lagni di monte (tratto a valle della confluenza)

12.4 INTERVENTI DI PROGETTO

Gli interventi proposti sul reticolo minore sono in grado di garantire un franco di 0.5 m per eventi con 10 anni di tempo di ritorno. Tale portata risulta quasi sempre compatibile con la capacità di smaltimento dei canali fuggatori.

Gli interventi proposti sono di due tipi; i primi sono atti a garantire una migliore qualità delle acque nei Regi Lagni e gli altri riguardano i problemi quantitativi di riduzione delle portate di piena.

12.4.1 Aspetti qualitativi

Gli interventi qualitativi partono dai seguenti presupposti:

- Gli impianti di depurazione esistenti siano adeguati al trattamento alle portate in arrivo;
- Le zone industriali (ASI) siano dotate di impianti di depurazione tali da limitare l'uscita a quanto può essere trattato dall'impianto di depurazione di competenza
- Vengano trattati localmente gli scarichi dei Caseifici
- i fuggatori esistenti siano in funzione e dimensionati in modo da attivare gli sversamenti nei fuggatori solo dopo aver inviato alla depurazione una portata pari a 5 volte la portata nera media
- vengano realizzati gli interventi previsti nei progetti della Hydrogest (ad oggi infatti esistono ancora degli scarichi di fognature miste che arrivano ai regi Lagni e dei partitori che non esistono e non funzionano.)

La proposta è quella di realizzare delle vasche di prima pioggia a monte di ciascun partitore; tali vasche che sono realizzate in c.a e sono chiuse e impermeabili hanno lo scopo di catturare la prima parte delle piogge che per il dilavamento di superfici inquinate contengono la maggior parte di inquinamento. Le vasche si svuotano attraverso un pompaggio con una portata commisurata su uno svuotamento in 48 ore e inviano le portate nel collettore nero e quindi all'impianto di depurazione per essere trattate in tempo asciutto.

Sulla base delle superfici evidenziate nella tabella sotto riportata si prevede la realizzazione di 13 vasche di prima pioggia per un totale di 140.000 mc (oltre a circa 100.000 mc per le 4 vasche di prima pioggia accoppiate ad una vasca volano). Il parametro utilizzato è quello di 25 mc/ha di superficie impermeabile come da PRRA della Regione Lombardia. Tali vasche sono state posizionate nell'immediate vicinanze dei partitori a valle degli stessi in quanto esistono gli spazi necessari; uno studio più di dettaglio potrà individuare l'opportunità di unire in un unico luogo più vasche qualora poste nelle vicinanze o collegarle tra loro.

In corrispondenza delle vasche si potrebbero realizzare dei punti di presidio (si veda ad esempio l'impianto di grigliatura si Succivo) e controllo del territorio (attivando anche una rete di telecontrollo in tempo reale accentrata all'impianto di depurazione di competenza) che faciliterebbe la gestione e la manutenzione di un territorio così ampio e non privo di problematiche.

Fugatore	sup Impermeabile bacino	Volumi Vasche prima pioggia	Q pompa per svuotamento
	kmq	(mc)	(mc/s)
maltempo	3.54	8'850	0.051
Dep-Marcianise	5.80	14'500	0.084
cuparella	2.45	6'000	0.035
teverole	0.93	2'350	0.014
casaluce	4.77	12'000	0.069
Frignano	4.77	12'000	0.069
Marcellino	4.77	12'000	0.069
casale	2.12	5'300	0.031
Bonito	2.12	5'300	0.031
Villa literno	6.38	16'000	0.092
badagnano	2.11	5'300	0.031
acerra	5.20	13'000	0.075
caserta	8.48	21'200	0.123
secondigliano	13.34	33'350	0.193
fellaco	8.48	21'200	0.123
marcianise	4.62	12'000	0.067
succivo	18.93	47'000	0.274

I volumi evidenziati in rosso corrispondono a vasche di prima pioggia accoppiate a vasche volano che sono descritte nel capitolo successivo

12.4.2 Aspetti quantitativi

Gli interventi proposti consistono nella riduzione delle portate scaricate nei Regi Lagni attraverso una laminazione in vasche volano.

Tali interventi sono stati localizzati per la maggior parte sui bacini afferenti ai regi lagni dalla sezione RL 8 alla RL 10 poiché in questo tratto si hanno le maggiori concentrazioni di portate.

Gli interventi sono stati ubicati, se possibile, in corrispondenza degli impianti di depurazione esistenti, la laminazione realizzata attraverso vasche volano è stata pensata con un primo comparto chiuso e impermeabile commisurato alle prime piogge, un secondo comparto impermeabile ma a cielo aperto e la restante parte come un laghetto o comunque inserita in un recupero ambientale laddove permesso (non in corrispondenza dei depuratori).

Gli interventi previsti sono:

1. Vasca laminazione sul Lago Vecchio (o in linea sui fugatori Caserta e Fellaco) di 345.000 mc
2. Vasca volano all'impianto di depurazione di Napoli Nord di 190.000 mc
3. Vasca volano o Laminazione in linea sul fugatore a Succivo di 250.000 mc
4. Vasca di laminazione all'impianto di Marcianise di 125.000 mc e volanizzazione in linea sul fugatore Marcianise di 50.000 mc
5. Sistema di paratoie con funzione di chiusura in corrispondenza delle immissioni dei 4 fugatori rigurgitati (Bonito, Casale, Marcellino e Teverole) e degli scarichi dei 4 depuratori Marcianise, Regi Lagni, Napoli Nord e Acerra per evitare che il rigurgito dei livelli di piena dei Regi Lagni arrivi fino ai partitori e agli impianti di depurazione.
6. Adeguamento delle fognature con volanizzazione a San Cipriano e Frignano e Casaluce o rispettivamente in linea nei fugatori stessi

12.5 LAMINAZIONE SUI CANALI FUGATORI CASERTA E FELLACO

Questo intervento deve ridurre la portata immessa dal Lagno Vecchio nei Regi Lagni alla sezione 8 che deve essere 30 mc/s. I maggiori apporti sono dovuti ai Fugatori Caserta e Fellaco; si prevede una laminazione di 345.000 mc (di cui 42.000 mc come comparto di prime piogge) tale vasca riduce la portata di picco da 57 mc/s a 30 mc/s (si veda figura seguente).

La vasca potrebbe essere posizionata nella porzione di area costituita dal triangolo disponibile tra il Lagno Vecchio e i Regi lagni oppure si potrebbe optare per una laminazione in linea sui canali fugatori che per le loro dimensioni hanno un volume di invaso in linea pari a 155.000 mc.

Tale laminazione potrebbe essere realizzata attraverso la realizzazione di un canale parallelo a quello del fugatore come espansione golenale in linea. In questo modo si riduce notevolmente l'esproprio dei terreni ad una fascia di 10 m intorno al canale esistente e si sfrutta la capacità di invaso del canale stesso.

La scelta dell'intervento più adeguato sarà dettata da uno studio di maggior dettaglio in accordo e con la condivisione degli enti locali.

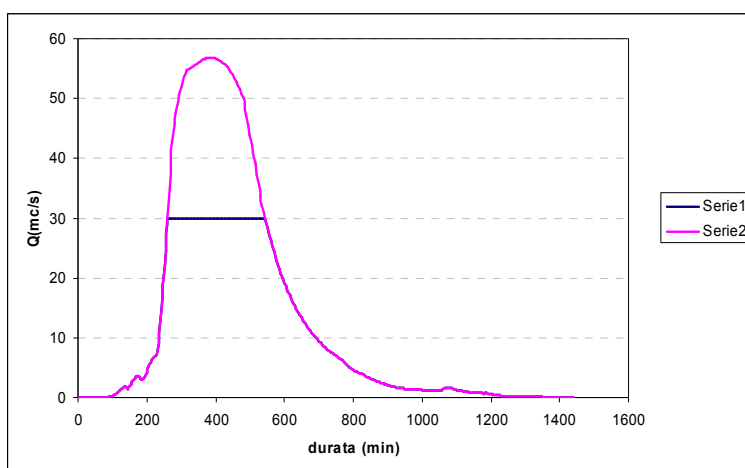


Figura 106. Laminazione sul Lagno Vecchio in rosa idrogramma in ingresso in blu idrogramma in uscita dalla vasca

12.6 LAMINAZIONE ALL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI NAPOLI OVEST

Questo intervento deve ridurre la portata immessa a valle della sezione 8 nei Regi Lagni da 70 mc/s a 35 mc/s

Si prevede una laminazione di 190.000 mc (di cui 33.000 mc come comparto di prime piogge) tale vasca riduce la portata da 70 mc/s a 35 mc/s (si veda figura seguente).

La vasca potrebbe essere posizionata nella parte adiacente l'attuale impianto di depurazione in una porzione di area di 140 m x 400 m con un battente di 3.5 m.

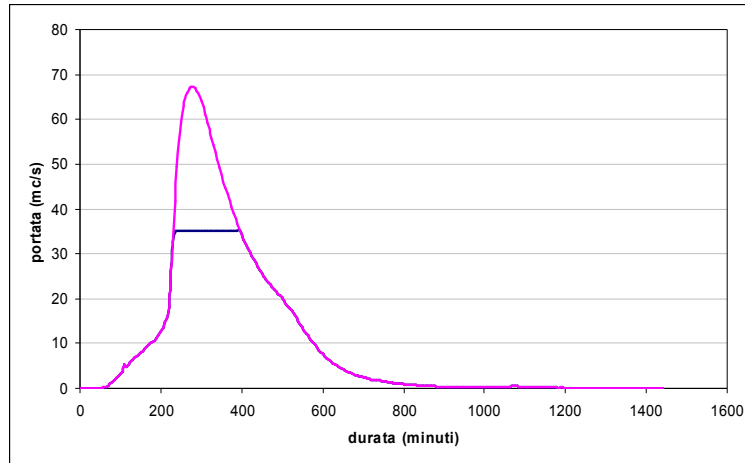


Figura 107. Laminazione sul Collettore Secondigliano in rosa idrogramma in ingresso in blu idrogramma in uscita dalla vasca

12.7 LAMINAZIONE SUL CANALE FUGATORE DI SUCCIVO

Questo intervento deve ridurre la portata immessa alla sezione 9 nei Regi Lagni da 90 mc/s a 50 mc/s. Si prevede una laminazione di 250.000 mc (di cui 47.000 mc come comparto di prime piogge) tale vasca riduce la portata da 90 mc/s a 50 mc/s (si veda figura seguente).

La vasca potrebbe essere posizionata nella zona dell'impianto di sgrigliatura (sicuramente per il comparto prime piogge) oppure potrebbe essere realizzato una volanizzazione in linea come per i fugatori di Caserta e Fellaco; in tal caso si sfrutterebbe il volume di invaso del fugatore che è pari a 175.000 mc.

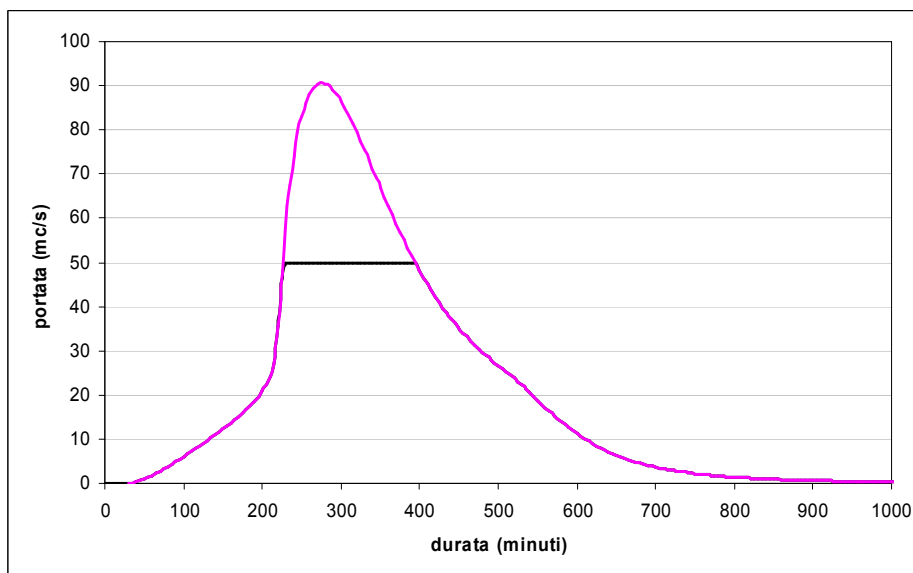


Figura 108. Laminazione sul Fugatore Succivo in rosa idrogramma in ingresso in blu idrogramma in uscita dalla vasca

12.8 LAMINAZIONE SUL CANALE FUGATORE DI MARCIANISE E ALL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE

L'intervento prevede una vasca di laminazione all'impianto di Marcianise di 125.000 mc, che riduce la portata da 30 mc/s a 11 mc/s, che potrebbe essere ubicata in corrispondenza dell'impianto. Tale vasca avrebbe un comparto di prime piogge di 14.500 mc.

La seconda volanizzazione potrebbe essere realizzata in linea sul fugatore Marcianise è pari a 50.000 mc di cui 12.000 mc di prime piogge e consentirebbe un abbattimento della portata da 30 mc/s a 17 mc/s. La capacità di invaso in linea del fugatore è pari a 16.000 mc.

I due interventi potrebbero essere ridotti ad uno unico realizzando un'unica vasca posizionata all'impianto di depurazione di Marcianise e adeguando il collettore di adduzione alla stessa (ultimo tratto del collettore Maddaloni).

La scelta dell'intervento più opportuno dovrà essere individuata in uno studio di maggior dettaglio anche con un'adeguata analisi tecnica e d economica delle differenti soluzioni.

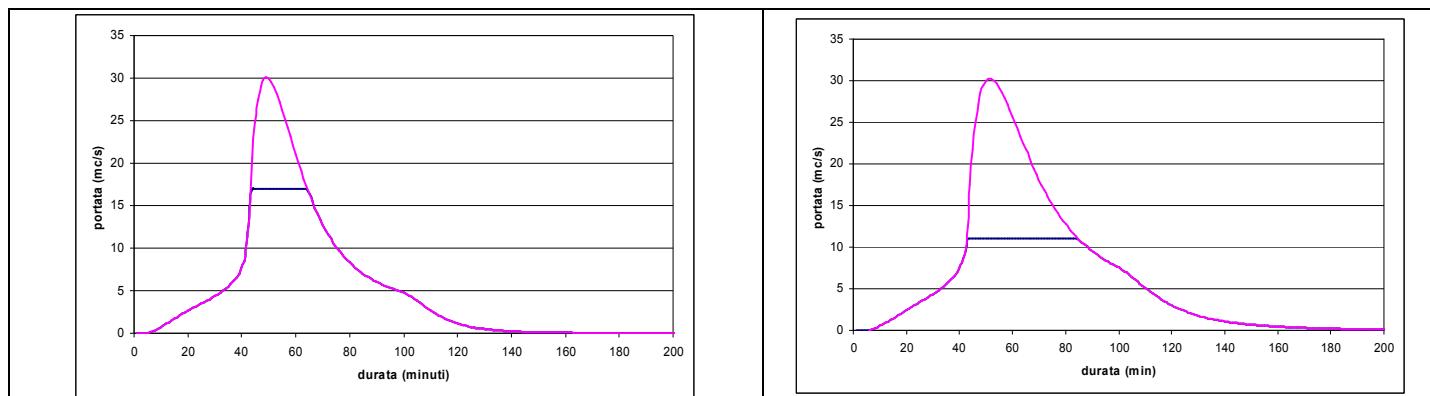


Figura 109. a sinistra Laminazione sul Fugatore Marcianise a destra all'impianto di depurazione di Marcianise in rosa idrogramma in ingresso in blu idrogramma in uscita dalla vasca

12.9 INTERVENTI DI SCONNESSIONE IDRAULICA

Per eliminare i problemi del rigurgito dei fugatori e degli scarichi degli impianti di depurazione presenti nella parte di valle dei Regi Lagni si è pensato di proporre delle paratoie automatiche asservite ad una misura di livello (o delle chiuse) con funzione di disconnessione idraulica dei canali dai Regi Lagni.

In particolare si sono previsti due tipologie di chiuse:

- quelle in corrispondenza degli scarichi dei 4 depuratori Marcianise, Regi Lagni, Napoli Nord, Acerra sono asservite a delle stazioni pompaggio che permettono di sollevare e scaricare le portate depurate nei Regi Lagni anche in caso di piena
- quelle in corrispondenza delle immissioni dei 4 fugatori Bonito, Casale, Marcellino e Teverole costituite da paratoie con degli sfioratori laterali in linea ai fugatori atti ad inviare la portata in eccesso in zone di esondazione controllata nel caso del fugatore Marcellino e Teverole e nel canale di guardia di sinistra dei Regi Lagni nel caso del fugatore di Bonito e Casale.

Questo sistema permette, quando il livello dei Regi Lagni è in piena, di svincolare i livelli e di evitare che il rigurgito dovuto ai livelli di piena dei Regi Lagni arrivi fino ai partitori delle reti fognarie.

12.10 INTERVENTI DI LAMINAZIONE IN AREE COMUNALI

Questi interventi sono atti ad adeguare le fognature comunali e a realizzare degli invasi di laminazione che adeguino le portate in uscita dalle vasche a quelle smaltibili dai canali fugatori di valle.

Tali interventi sono localizzati:

1. a San Cipriano sui fugatori Bonito e Casale per ridurre la portata in ingresso complessivamente di circa 5 mc/s
2. a Frignano in corrispondenza del fugatore Marcellino che deve limitare la portata in arrivo dai 32 mc/s a 21 mc/s attraverso una vasca volano o una laminazione in linea
3. e Casaluce in corrispondenza del fugatore Casaluce che andrebbe riadeguato nel tratto verso il fugatore Teverole o andrebbe realizzata una vasca di laminazione per limitare le portate a quelle compatibili con la sezione ovoidale.

Per questi interventi è necessario un studio più approfondito sulle problematiche delle reti fognarie comunali di monte e un rilievo di dettaglio dei fugatori stessi

13 INTERVENTI SUL CANALE REGI LAGNI (TAV. 04.01)

13.1 RIPRISTINO SEZIONI DI PROGETTO CORIN (PROGETTO CONSORZIO BIV)

Nel dicembre 2007 il Consorzio Generale di Bonifica del Bacino Inferiore del Volturno (ConsBIV) ha presentato un progetto definitivo di ripristino delle sezioni di progetto intitolato *“Interventi per l’adeguamento della funzionalità idraulica dell’alveo dei Regi Lagni e dei canali influenti”*.

Di seguito vengono riportati alcuni estratti della relazione generale che ne spiegano le motivazioni e presentano gli interventi previsti.

“1. PREMESSA

Nell'ambito degli interventi di "Sistemazione definitiva dell'Asta Valliva dei Regi Lagni", di cui all'ordinanza Commissariale n.3830 del 18 marzo 2005, il Commissario di Governo per l'Emergenza Idrogeologica nella Regione Campania - Delegato ex OO.P.C.M. 2499/97 e successive - ha affidato al Consorzio Generale di Bonifica del Bacino Inferiore del Volturno l'incarico di garantire il prosieguo delle attività di gestione e manutenzione delle *“opere realizzate nell'Asta Valliva dei Regi Lagni”*.

In tale contesto, al fine di limitare le situazioni di rischio idraulico connesse alle condizioni di deflusso delle portate di piena, compromesse dalla notevole presenza di materiale terroso accumulatosi all'interno delle sezioni idrauliche del canale principale dei Regi Lagni, il presente progetto definitivo prevede *“interventi per l’adeguamento della funzionalità idraulica dell’alveo dei Regi Lagni e dei principali canali influenti”*, consistenti principalmente nella rimozione del materiale terroso depositatosi sul fondo dell'alveo, ivi compresi i tronchi terminali dei principali fossi affluenti.”

Fa seguito la descrizione degli interventi.

“4. CRITERI DI PROGETTO E DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

4.1 - La situazione attuale delle sezioni idriche del canale dei Regi Lagni evidenzia, fenomeni di interrimento tali da richiedere interventi di pulizia tesi a ripristinare la funzionalità idraulica, garantendo il convogliamento a valle delle portate di piena che possono impegnare il canale.

Un'indicazione sulla necessità ed urgenza di tali interventi è rappresentata dai volumi di interrimento che interessano il tratto di canale preso in esame, con percentuali di ostruzione delle sezioni idriche, ottenute dal rapporto tra la sezione idrica lorda (comprensiva del franco di sicurezza) disponibile al deflusso e la sezione occupata dal materiale depositato, decisamente rilevanti.

Ulteriore problematica, di carattere idraulico, riguarda le situazioni rilevate in corrispondenza dei principali attraversamenti (stradali e ferroviari), con restringimento delle luci dovuto all'accumulo di materiale, unito alla minore larghezza della sezione.

Occorre precisare che l'intervento di pulizia degli alvei, previsto nel presente progetto, non si configura come intervento di risoluzione definitiva delle problematiche connesse al flusso di materiale solido verso valle, bensì a far sì che con esso risulti possibile dare inizio ad un'analisi delle dinamiche dei processi di interrimento e di degrado ambientale mediante attività di studio, monitoraggio e controllo delle capacità di accumulo e trasporto di tutti i principali elementi della rete idrografica del bacino dei Regi Lagni.”

“Al fine di consentire negli anni a venire attività di controllo, monitoraggio e manutenzione dell'alveo, lungo il tratto oggetto degli interventi ricompresi nel presente progetto, nonché lungo i tratti terminali dei maggiori affluenti, ulteriori interventi riguardano:

- il ripristino del piano di coronamento della struttura arginale dell'alveo, con il fine di rendere possibile la percorrenza dello stesso con mezzi meccanici, nonché l'accesso in alveo in corrispondenza delle rampe di discesa esistenti;
- nell'ambito dell'intervento di ripristino del piano di coronamento, la predisposizione per una futura energizzazione lungo l'alveo, consistente nella realizzazione di un "cavidotto" per il passaggio di cavi elettrici di alimentazione, da utilizzare per impianti di pubblica illuminazione, apparecchiature di misura e controllo e dispositivi sicurezza.

In particolare, gli interventi risultano così articolati:

Intervento 1 - Ripristino della sezione idraulica

L'intervento in oggetto prevede il ripristino dell'efficienza delle sezioni idrauliche mediante rimozione di materiale solido e detriti trasportati dalla corrente, depositati in alveo.

In particolare, l'intervento prevede l'asportazione di materiali dal fondo e dalle pareti dell'alveo, con impiego di mezzi e attrezzature di idonee caratteristiche e dimensioni, il paleggio del materiale, il tiro in alto, il deposito temporaneo in cumuli sui cigli arginali, il successivo carico sui mezzi di trasporto ed il trasporto a rifiuto.

Detto intervento è previsto da realizzarsi:

- lungo l'asta dei Regi Lagni, per un tratto di lunghezza pari a circa 52 km, con asportazione di circa 1.600.000 m³ di materiale. Per tener conto dell'ulteriore accumulo di materiale che verrà a realizzarsi presumibilmente nell'arco di tempo compreso tra il rilievo dei suddetti volumi e l'esecuzione dei lavori, è stata prevista una maggiorazione del 5% dei volumi complessivi innanzi indicati;
- lungo i principali canali influenti (Lagni Quindici, Gaudio, Boscofangone e Pizzopontone), per complessivi 4 km di lunghezza e 65.625 m³, avendo considerato, anche in questo caso, una maggiorazione del 5% per tener conto dell'ulteriore accumulo di materiale che verrà a realizzarsi presumibilmente nell'arco di tempo compreso tra il rilievo dei suddetti volumi e l'esecuzione dei lavori;
- lungo i canali secondari (Lagni Somma e S.Spirito, Mastantonino, Vecchio e Gorgone, Lavinaio di Melito), per uno sviluppo complessivo di 3 km e per 21.000 m³ di materiale (20.000 x 1,05), valutati a partire dalla sezione di confluenza nel canale dei Regi Lagni e risalendo verso monte.”

Fanno seguito la descrizione dei successivi interventi, che qui si riporta solo l'intervento 2 per conoscenza, mentre i successivi si rimanda alla Relazione Generale del ConsBIV.

“Intervento 2 - Adeguamento funzionale del piano di coronamento arginale

L'intervento in esame prevede il ripristino e l'adeguamento del piano di coronamento della struttura arginale lungo diversi tratti d'alveo dei Regi Lagni e dei Canali Principali, con il fine di rendere possibile la percorrenza degli stessi con mezzi meccanici e l'accesso in alveo, in corrispondenza delle rampe di discesa esistenti, opportunamente ubicate, per lo svolgimento di interventi di manutenzione che il Consorzio di Bonifica ordinariamente esegue.”

Per ulteriori informazioni e per la consultazione degli elaborati si rimanda al progetto redatto dal Consorzio.

13.2 MANUTENZIONE DEGLI ARGINI

L'attuale stato degli argini richiede operazioni di pulizia dalla vegetazione e manutenzione. Nelle figure seguenti sono evidenti delle situazioni di degrado che compromettono la capacità di smaltimento del canale.

Le principali problematiche rilevate dai sopralluoghi effettuati sono:

- La mancanza su alcuni tratti delle sponde del canale delle lastre di calcestruzzo con cui era stato rivestito il canale, si osserva la presenza dell'impermeabilizzazione (manto nero).
- La presenza di notevoli quantità di rifiuti depositati sulle sponde
- La presenza di folta vegetazione

Sono quindi da prevedere delle operazioni di verifica della struttura del canale e di manutenzione; la verifica coinvolgerà la capacità di tenuta della struttura arginale e la funzionalità del rivestimento, la manutenzione dovrà comprendere le operazioni di pulizia e ripristino della sezione di progetto nonché il rifacimento dei tratti di rivestimento che sono stati asportati.

Tali operazioni non sono state inserite nel computo come singola voce ma rientrano nell'art. 21 relativo agli interventi di competenza del ConsBIV in quanto attuale ente è responsabile della manutenzione del canale.



Figura 110. Canale dei Regi Lagni all'altezza del fuggatore Cuparella, materiale di rifiuto depositato lungo l'argine.



Figura 111. Canale dei Regi Lagni, materiale di rifiuto depositato lungo l'argine e ammaloramento del rivestimento in calcestruzzo.



Figura 112. Canale dei Regi Lagni, il rivestimento in calcestruzzo è stato asportato ed è visibile la guaina impermeabilizzata (confluenza con il fiumarella).

13.3 RIPRISTINO CAPACITÀ DRENANTE DEL CANALE

L'analisi della documentazione del PAI dell'AdBNO, in particolare dalla "Carta della Pericolosità per Fenomeni di Esondazione e di Alluvionamento" risulta che il corso del canale dei Regi Lagni è interessato da fenomeni di falda sub-affiorante lungo circa tutto il suo tracciato; il fenomeno viene confermato anche dal Piano di Tutela delle Acque che nella "Carta della piezometria della falda superficiale III tornata di misure Maggio 2003" mostra delle quote piezometriche confrontabili con quelle del piano campagna (Figura seguente).

Infatti l'attuale rivestimento in calcestruzzo del canale Regi Lagni impedisce qualsiasi capacità di drenaggio della falda. Si è quindi ipotizzato un intervento di ripristino della capacità drenante del canale che permettesse, in condizioni di magra ossia di canale semi vuoto, di drenare parte dell'acqua presente nella falda superficiale, con conseguente abbassamento del suo livello e possibile utilizzo di queste acque a scopo irriguo. Quest'ultimo aspetto potrebbe risolvere o attenuare molto quella situazione controversa che vede in un territorio ricco di acqua sotterranea problemi di intrusione di cuneo salino per un eccessivo prelievo da pozzi.

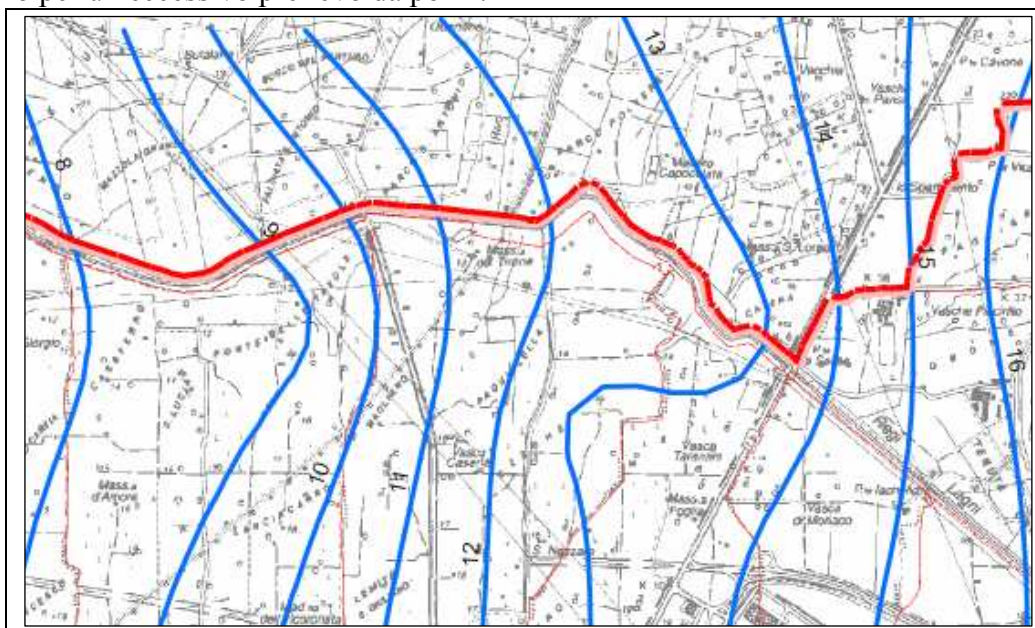


Figura 113. Estratto della "Carta della piezometria della falda superficiale III tornata di misure Maggio 2003" (Piano di Tutela delle Acque). L'area mostrata si trova a nord di Aversa.

La differenza di quota tra il piano campagna e la falda superficiale si manifesta con valori intorno a 1 m nella situazione più gravosa, quella localizzata nella figura precedente, e si mantiene in media nell'ordine di circa 2 m lungo lo sviluppo del canale dei Regi Lagni.

L'intervento proposto consiste nel demolire una parte del fondo alveo, realizzato in lastre di calcestruzzo, per una larghezza di 2 m, e di riempire lo scavo ottenuto con materiale ad alta capacità drenante.

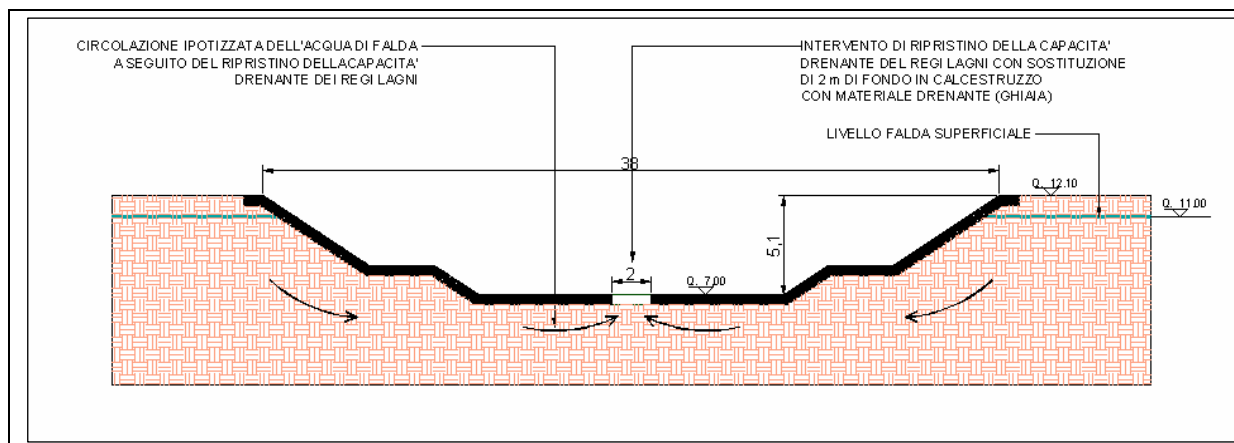


Figura 114. Sezione del canale dei Regi Lagni (RL12), lo schema mostra la situazione che si verifica nella condizione più gravosa dove la differenza di quota di tra il piano campagna e la falda superficiale presenta valori intorno a 1 m., che rispetto alla sezione di fondo del canale può significare anche differenze di 4 m.

La situazione meno gravosa, riportata nella figura successiva, si verifica nel tratto finale del canale dei Regi Lagni tra la foce e il comune di Villa Literno. In questo caso la differenza di quota tra falda e fondo canale è di 0,25 m.

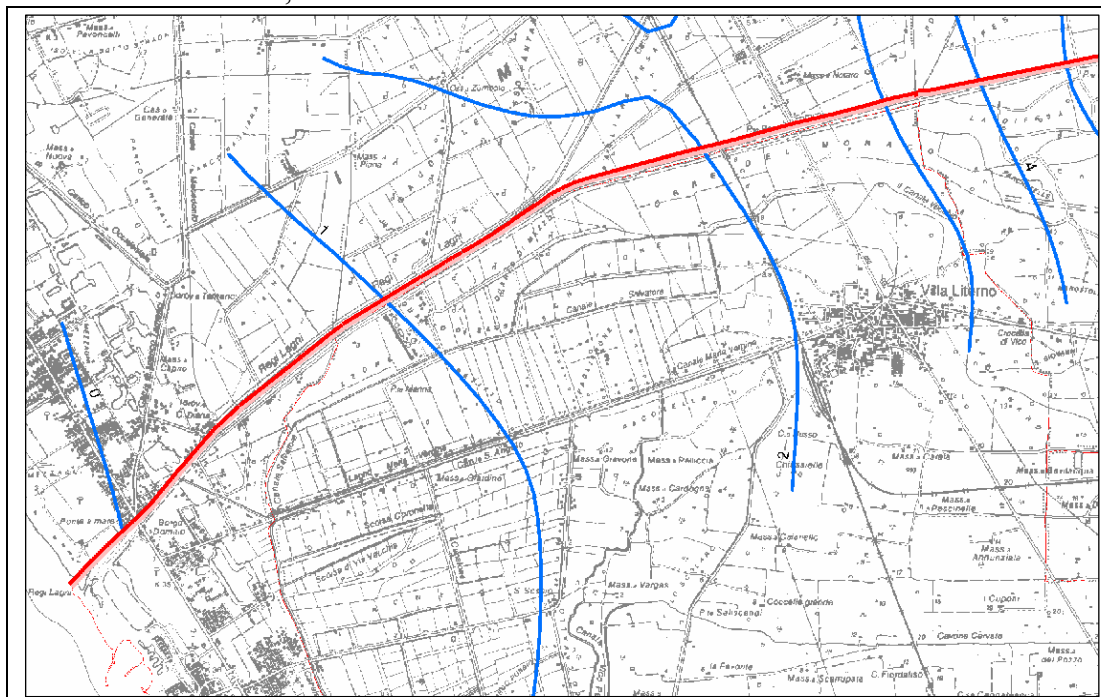


Figura 115. Estratto della "Carta della piezometria della falda superficiale III tornata di misure Maggio 2003" (Piano di Tutela delle Acque). L'area mostrata si trova in prossimità della foce del canale.

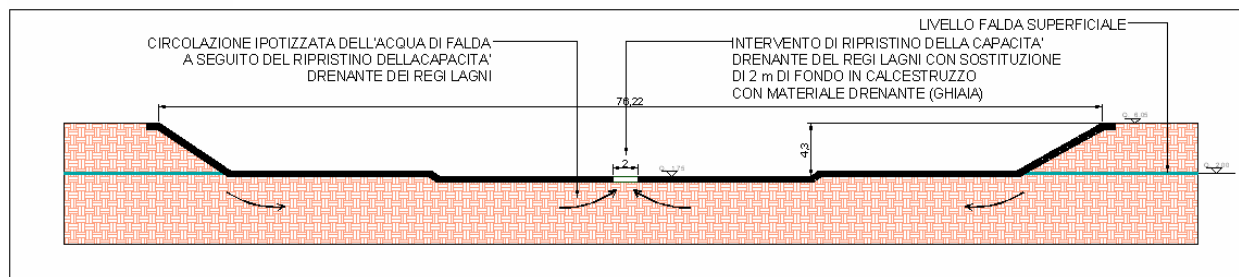


Figura 116. Sezione del canale dei Regi Lagni (RL14), lo schema mostra la situazione che si verifica nella condizione meno gravosa. In questo caso la differenza di quota tra falda e fondo canale è di 0,25 m.

Stimare un valore di portata drenata dal canale e' sicuramente arduo in questa fase in assenza di dati più precisi sulle quote del fondo alveo, sulla caratterizzazione dell'acquifero, nonché sulla sua dinamica temporale. Tuttavia nell'ambito di tale fattibilità una prima stima può essere fatta per unità di lunghezza rispetto a condizioni di stima della permeabilità saturata media e per differenza tra quota della falda

Per il calcolo della portata drenata dal canale principale dei Regi Lagni si è utilizzata la seguente espressione:

$$Q = \frac{K * \Delta h}{d} * L * b$$

dove si ipotizzano in questo studio di fattibilità dei valori medi rappresentativi del sistema (tabella seguente).

Tabella XLVI. Parametri medi del sistema acquifero canale Regi Lagni assunti in prima approssimazione

parametro	Valore	tipo
<i>K</i>	$5 * 10^{-4}$ m/s	(coefficiente di permeabilità medio dell'acquifero lungo il tracciato)
Δh	1.00	Differenza piezometrica media tra superficie freatica e livello idrico nel canale .
<i>d</i>	1.0 m	(percorso medio del flusso complessivo dello spessore del rivestimento)
<i>L</i>	30'000 m	(lunghezza dalla foce del tratto del canale interessato all'interazione con l'acquifero)
<i>B</i>	2 m	(larghezza della trincea sul fondo alveo)

L'intervento viene previsto sui 30 km terminali del canale come mostrato nella Tav. 04.01 allegata al presente progetto.

La portata totale drenata alla foce risulta quindi assumere un valore di primo tentativo di essere pari a 30 mc/sec. Tale valore va preso come indicativo per l'estrema variabilità che i parametri da cui dipende possono presentare lungo lo sviluppo del canale. E' comunque un dato significativo di portata che suggerisce secondo chi scrive approfondimenti ulteriori ai fini di una corretta gestione della risorsa idrica.

13.4 RIPRISTINO DEL CANALE AL PIEDE D'ARGINE DESTRO DEI REGI LAGNI

Dal sopralluogo effettuato lungo il canale principale dei Regi Lagni e da osservazioni eseguite da immagini dall'alto risulta ancora presente il canale di piede d'argine destro mentre quello sinistro risulta ormai compromesso. Il canale destro come ogni canale di piede d'argine ha la funzione di ricevere le acque di drenaggio delle superfici scolanti che non riescono più a raggiungere la sezione del corso d'acqua principale per la presenza dei rilevati arginali dei Regi Lagni in questo caso. Il canale a piede d'argine si presenta in condizioni mediocri, talvolta interrotto in alcuni punti e produce oggi allagamenti anche frequenti e indipendenti dal regime dei Regi Lagni. In questa fattibilità se ne è

previsto il ripristino con operazioni di pulizia e di manutenzione dei manufatti di immissione presenti nonché con la realizzazione dei tratti mancanti e dei corretti recapiti in punti del canale principale.

14 INTERVENTI NON STRUTTURALI: SISTEMI DI ALLERTA IN TEMPO REALE

La situazione di elevato disordine idraulico ed idrogeologico in generale dell'intero sistema del bacino dei regi lagni, la tipologia delle situazione di rischio impongono che unitamente alla realizzazione degli interventi strutturali ipotizzati in questo lavoro venga realizzato, come intervento non strutturale, un sistema di allerta per la previsioni dei processi idrogeologici intensi, al fine di garantire la sicurezza del territorio con quella sempre auspicabile sinergia tra interventi strutturali, non strutturali e misure di mitigazione. Nel caso specifico tale sistema deve garantire sia la protezione delle popolazione nella situazione attuale senza opere in quella a regime ad opere effettuate, ma anche nel transitorio tra le due.

I sistemi di allerta sia per i processi di piena che per le frane superficiali si basano su una modellazione del sistema fisico cui si riferiscono (alvei fluviali e bacini di idrologici afferenti o versanti e valloni per i processi di piena o di frana rispettivamente) e sul monitoraggio della precipitazione. Questa è sia quella effettivamente caduta che quella prevista da modellistica meteorologica. Tali sistemi vanno ovviamente integrati alla pianificazione di emergenza ed a tutte quelle misure che la popolazione esposta a questi fenomeni deve seguire come prescritto nei piani di protezione civile comunali.

Una tipologia di tali sistemi che qui si propongono è quello basato su soglie limite di precipitazione che individuano quella sollecitazione in grado di determinare situazione di piena o frana. per tale motivo verrà integrata, di concerto con gli enti preposti (ARPAC, Protezione Civile), l'attuale rete di monitoraggio delle principali grandezze idrologiche al fine di predisporre un sistema di monitoraggio in tempo reale. Di seguito vengono presentate due approcci tra loro sinergici uno per le piene ed uno sulle frane. entrambi questi sistemi derivano da applicazioni ed esperienze operative.

14.1 SOGLIE PLUVIOMETRICHE DI ALLERTA IDROMETRICA

Le soglie pluviometriche di allerta idrometrica (SoPAI) definiscono la quantità di precipitazione lorda, che per assegnata durata genera una portata di guardia in una prefissata sezione del reticolo idrografico (Mancini)³³. In tal modo è possibile definire se una precipitazione prevista o in atto possa essere causa di portate superiori a quella di guardia, in funzione della capacità di smaltimento del corso d'acqua, dell'area e della capacità di assorbimento del bacino sotteso e quindi destare stati di allerta negli organismi preposti alle funzioni di protezione civile. Le soglie di precipitazione ricercano la soluzione inversa della classica trasformazione afflussi meteorici in deflussi di piena. Infatti, assunta una portata di guardia nelle sezioni caratteristiche di un tronco fluviale, si determina tramite modellistica numerica distribuita la quantità di precipitazione lorda sul bacino sotteso dalla sezione, che per diverse durate determina la portata di piena assegnata. Il valore di portata è a sua volta definito come quella che determina un livello idrico, che transita con un franco medio di 1m per ciascun tronco principale del reticolo idrografico di cui è nota la geometria.

Le Soglie di precipitazione integrano, migliorandolo, l'attuale sistema di soglia pluviometriche riferito alla sola Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica nelle zone di allertamento, implementando nello strumento soglia: a) la tipologia della precipitazione, b) la sua variabilità spaziale, c) la formazione del deflusso di piena, d) la propagazione nel reticolo fluviale, e) la capacità

³³ Mancini, M., F. Valsecchi, Un sistema informativo ai fini di protezione civile per l'analisi del rischio di esondazione indotto dai ponti stradali: il caso di studio della Provincia di Lecco, *Ambiente e Territorio*, 2007

Ravazzani, G., Mancini, M., Giudici, I., Amadio, P., Effects of soil moisture parameterization on a real-time flood forecasting system based on rainfall thresholds. In: Quantification and Reduction of Predictive Uncertainty for Sustainable Water Resources Management (Proceedings of Symposium HS2004 at IUGG2007, Perugia, July 2007), IAHS Publ. 313, 407-416., 2007.

di smaltimento delle sezioni del reticolo fluviale anche in considerazione delle opere idrauliche di mitigazione eventualmente eseguite.

14.1.1 Applicazioni ed affidabilità del SISTEMA MIMI

Il sistema MIMI (Modellistica Integrata Meteo Idrologica), implementa in tempo reale il confronto tra SoPAI e precipitazione meteorica prevista o in atto individuando il livello di pericolosità di piena su prefissati tratti del reticolo idrografico con preassegnato anticipo temporale, supportando l'attuale sistema di decisioni per le emanazioni degli stati di emergenza. Il sistema **filtra** le previsioni meteo individuando gli stati di allerta non solo in funzione dell'evento meteorico, ma anche attraverso le caratteristiche del bacino e del reticolo fluviale.

Il sistema MIMI, è attualmente operativo e controllabile attraverso internet a livello prototipale sul bacino dell'Arno (www.cfr.toscana.it) accessibile solo agli utenti autorizzati, mentre su alcuni piccoli bacini della Provincia di Lecco (www.viaprovincia.lecco.it/idraulico.html) il concetto di SoPAI è applicato al sistema di allerta dei ponti provinciali che presentano criticità sia per effetto di portate liquide che portate di colate detritiche.

Il sistema presenta aspetti di affidabilità e robustezza: la robustezza è garantita dal principio di funzionamento e dall'architettura del sistema che lo svincola da quella serie di problematiche tipiche dei classici modelli afflusso-deflusso usati in tempo reale, l'affidabilità è calcolata sia su eventi storici che su scenari sintetici generati con un modello stocastico. I risultati ottenuti hanno mostrato un valore dell'indice di affidabilità in media superiore all'80% sia per dati storici (Tabella I) che per quelli sintetici (Tabella II).

Tabella XLVII. Risultati dell'analisi di affidabilità del sistema di preallerta MIMI sulla base dei dati idropluviometrici storici.

TIPO DI ALLARME	Sezione di Nave di Rosano		Sezione di Subbiano		Sezione di Pontassieve		Sezione di S. Piero a Ponti		Sezione di Poggio a Caiano	
	N° eventi	%	N° eventi	%	N° eventi	%	N° eventi	%	N° eventi	%
NO ALLARME	8	66.67	9	52.94	15	65.21	3	75	11	91.67
GIUSTO ALLARME	2	16.67	2	11.76	4	17.39	0	0	1	8.33
FALSO ALLARME	1	8.33	3	17.66	1	4.35	1	25	0	0
MANCATO ALLARME	1	8.33	1	5.88	1	4.35	0	0	0	0
ALLARME TARDIVO	0	0.00	2	11.76	2	8.70	0	0	0	0
N°eventi significativi	12		17		23		4		12	
Indice di affidabilità [%]	83.34 %		64.7 %		82.6 %		75 %		100 %	

Tabella II. Risultati dell'analisi di affidabilità del sistema di preallerta MIMI sulla base di uno scenario sintetico di 500 anni di precipitazioni. Il numero di eventi che compare ha generato portate significative rispetto alla portata di soglia

TIPO DI ALLARME	Sezione di Nave di Rosano		Sezione di Subbiano		Sezione di Pontassieve		Sezione di S. Piero a Ponti		Sezione di Poggio a Caiano	
	N° eventi	%	N° eventi	%	N° eventi	%	N° eventi	%	N° eventi	%
NO ALLARME	197	49.87	331	52.54	405	53.71	116	44.11	153	76.88
GIUSTO ALLARME	110	27.85	197	31.27	261	34.62	90	34.22	33	16.59
FALSO ALLARME	13	3.29	36	5.71	43	5.70	24	9.13	1	0.50
MANCATO ALLARME	56	14.18	56	8.89	40	5.31	29	11.02	11	5.53
ALLARME TARDIVO	19	4.81	10	1.59	5	0.66	4	1.52	1	0.50
N°eventi significativi	395		630		754		263		199	
Indice di affidabilità [%]	77.72%		83.81%		88.33%		78.33 %		93.47%	

14.1.2 Implementazione e collegamento alle aree di Allertamento

Il calcolo delle SoPAI e la loro implementazione nel sistema MIMI verrà condotto nel rispetto delle attuali aree di allertamento ai fini di un graduale passaggio dalla procedura ora implementata, per le sezioni idrografiche del reticolo fluviale relative alle principali aree di pericolosità di esondazione PAI ed in funzione della tipologia di allagamento. Tale sistema rientra nelle misure di salvaguardia previste dalla normativa nazionale (267/98) e permette una ottimizzazione nella predisposizione degli interventi di protezione civile ai fini della gestione dei piani di allagamento (Dir UE 2006/60).

Il lavoro di implementazione del sistema segue più fasi:

1. Individuazione delle sezioni idrauliche di interesse verranno individuate, di concerto con gli organismi regionali preposti, in modo sinergico alle aree di pericolosità idrauliche identificati dai Piani di assetto idrogeologico e Piani Stralcio Fasce Fluviali.
2. Calcolo delle soglie di precipitazione (SoPAI) attraverso modellistica idrologica distribuita in funzione della variabilità spaziale e temporale della precipitazione dell'assorbimento del bacino, della propagazione in alveo nonché della capacità di smaltimento del tratto di corso d'acqua di interesse ;
3. Implementazione delle SoPAI nel sistema MIMI che definirà in tempo reale la soglia da confrontare con la precipitazione prevista ed in atto in funzione dello stato di umidità del suolo. Il sistema calcola la precipitazione areale e controlla l'inizio e la fine di un evento meteorico aspetto quest'ultimo assai legato alla genesi di mancati allarmi.
4. Indicazione operative rispetto ai piani di protezione civile

14.2 SOGLIE PLUVIOMETRICHE DI ALLERTA DI FRANA: IL MODELLO FLAIR

Il presente sistema è quello realizzato dal Commissariato di Governo in seguito agli eventi di Sarno e di Quindici del 1998 FLAIR (Forecasting of Landslides Induced by Rainfalls; Sirangelo e Versace, 1992, 2000)³⁴ proposto da Sirangelo e Versace e successivamente sviluppato dagli stessi autori in altri lavori.

Tale modello costituisce uno strumento semplice dell'interazione tra precipitazione e movimenti franosi, utilizzabile a fini predittivi, tramite la descrizione di un legame piogge-frane attraverso una *funzione di mobilizzazione* $Y(t)$. Questa dipende dalla quantità d'acqua infiltratasi nel sottosuolo esprime l'attitudine del corpo franoso all'instabilità. In particolare, il legame tra la funzione di mobilizzazione e le piogge antecedenti è espresso mediante la convoluzione tra *l'intensità di infiltrazione* $I(t)$ ed una *funzione di trasferimento* $\psi(t)$. Questa funzione modella il legame tra l'infiltrazione e la stabilità del corpo frana, sintetizzando i fenomeni fisici che avvengono sul versante.

La possibilità di adottare varie espressioni per la funzione $\psi(t)$ conferisce grande flessibilità al modello, consentendo di rappresentare situazioni caratterizzate da meccanismi di innesco anche molto diversi tra loro. La probabilità di mobilizzazione di un versante può essere legata al valore della funzione $Y(t)$ in diversi modi. Tra tutti quello più semplice ed utilizzato è lo schema a soglia che identifica un valore critico Y_{cr} al cui superamento è associato il movimento franoso.

Il modello si presta ad essere utilizzato anche in campo previsionale. Infatti, utilizzando la modellazione stocastica o quella meteorologica per la previsione delle precipitazioni nelle ore successive all'istante di previsione, diventa possibile prevedere se, in un dato orizzonte temporale, la funzione di mobilizzazione supererà o meno il valore critico Y_{cr} .

L'uso di queste procedure consente di realizzare sistemi di preannuncio in grado di valutare, sulla base delle precipitazioni registrate e di quelle previste, la probabilità che possa verificarsi un movimento franoso.

³⁴ Versace P., Sirangelo B., Iritano G. (2000). "Soglie pluviometriche di innesco dei fenomeni franosi". L'ACQUA. Vol 3, pp. 113-130 ISSN:1125-1255.

Il modello permette di definire una fase di attenzione, una fase di preallarme e una fase di allarme in base alla precipitazione cumulata osservata o prevista.

I valori soglia dovranno essere verificati anche attraverso analisi di dettaglio del processo di infiltrazione sui versanti e sulla relativa propagazione del fronte di infiltrazione luogo di annullamento della coesione apparente e causa della formazione di una superficie di scivolamento se non strutturalmente presente. L'analisi di dettaglio prevederà l'individuazione di siti campioni per struttura e tessitura dei suoli e quindi delle analisi idrologiche del suolo volte ad individuare, oltre ai parametri più tradizionali quella componente della struttura del suolo individuata dalle curve di ritenzione.

Il modello FLAIR potrà quindi essere introdotto e reso compatibile alla struttura informatica di MIMI in modo da poter gestire in un unico sistema l'allerta sia sulle frane che sulle piene.

15 ANALISI DEI COSTI DEGLI INTERVENTI PROPOSTI

Gli interventi su un dominio esteso, quale quello in esame, sono molteplici, tra loro indipendenti e formati da più opere che costituiscono singoli progetti. Tale suddivisione permette all'Amministrazione una programmazione ed una gestione delle opere e dei relativi finanziamenti.

Di seguito viene riportata la sintesi dei costi degli interventi proposti.

art.	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	C. U.	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
1	Realizzazione di vasche di laminazione comprensivo di realizzazione di argini, movimentazione di terre, manufatti per il controllo della portata entrante e uscente, vasche di raccolta del trasporto solido e ogni altro intervento connesso.					
	vasca QU_01	mc	2'129'165	€ 10,00	€ 21'291'654	
	vasca QU_02	mc	4'568'871	€ 10,00	€ 45'688'710	
	vasca GA_01	mc	1'912'445	€ 10,00	€ 19'124'454	
	vasca AV_01	mc	1'388'728	€ 10,00	€ 13'887'283	
	vasca SO_01	mc	938'480	€ 10,00	€ 9'384'801	
	vasca SS_01	mc	650'691	€ 10,00	€ 6'506'907	
	vasca CA_01	mc	1'899'270	€ 10,00	€ 18'992'702	
	Somma =	mc	11'588'381		€ 134'876'511	€ 134'876'511
2	Intervento di rinalveamento dei nuovi tratti dei laghi di monte. L'intervento consiste nello scavo della nuova sezione di area opportuna per lo smaltimento delle portate, comprensivo della realizzazione del rivestimento delle sponde e dello spostamento dei sottoservizi e ogni altro onere necessario per la realizzazione dell'intervento.					
	Lagno di Quindici	m	1'400,00	€ 1'500,00	€ 2'100'000	
	Lagno Vecchio (bacino del Carmignano)	m	2'800,00	€ 1'500,00	€ 4'200'000	
					€ 6'300'000	€ 6'300'000

art.	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	C. U.	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
3	Interventi di risagomatura dei lagni di monte per adeguare la sezione alla portata smaltibile, comprensivo di eventuale rifacimento delle sponde, del fondo, rimozione di materiale depositato, rifacimento dei sottoservizi ed ogni altro intervento connesso.					
	Lagno di Quindici	m	6'900,00	€ 1'500,00	€ 10'350'000	
	Lagno di Avella	m	8'800,00	€ 1'500,00	€ 13'200'000	
	Lagno di Gaudio	m	16'500,00	€ 1'500,00	€ 24'750'000	
	Lagno di Spirito Santo	m	2'000,00	€ 1'500,00	€ 3'000'000	
	Lagno Vecchio (bacino del Carmignano)	m	7'700,00	€ 1'500,00	€ 11'550'000	
					€ 62'850'000	€ 62'850'000
4	Interventi di rifacimento di ponti stradali/ferroviario inadeguati alla capacità di smaltimento dell'alveo, comprensivo di demolizione e ricostruzione dei ponti e realizzazione di tutte le opere accessorie.					
	Lagno di Quindici	a corpo			€ 1'500'000	
	Lagno di Avella	a corpo			€ 1'800'000	
	Lagno di Gaudio	a corpo			€ 3'300'000	
	Lagno di Spirito Santo	a corpo			€ 600'000	
	Lagno Vecchio (bacino del Carmignano)	a corpo			€ 1'800'000	
					€ 9'000'000	€ 9'000'000
5	Interventi di messa in sicurezza dei centri abitati di Marigliano e di Pomigliano d'Arco, gli interventi sono costituiti dalla eliminazione delle tombature sui rispettivi lagni, rifacimento dei rivestimento degli alvei e adeguamento dei manufatti presenti.					

art.	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	C. U.	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
	Lagno di Somma	m	5'500,00	€ 1'500,00	€ 8'250'000	
	Lagno di Spirito Santo	m	3'450,00	€ 1'500,00	€ 5'175'000	
					€ 13'425'000	€ 13'425'000
6	Interventi di pulizia degli alvei, comprensivi di asporto e trasporto in discarica di materiale depositato lungo l'alveo per ripristinare la capacità di deflusso ottimale.					
	Lagno di Quindici	m	61'000,00	€ 40,00	€ 2'440'000	
	Lagno di Avella	m	28'500,00	€ 40,00	€ 1'140'000	
	Lagno di Gaudio	m	31'450,00	€ 40,00	€ 1'258'000	
	Lagno di Somma	m	11'900,00	€ 40,00	€ 476'000	
	Lagno di Spirito Santo	m	15'900,00	€ 40,00	€ 636'000	
	Lagno Vecchio (bacino del Carmignano)	m	32'700,00	€ 40,00	€ 1'308'000	
	Lagni nell'area vesuviana	m	41'800,00	€ 40,00	€ 1'672'000	
					€ 8'930'000	€ 8'930'000
7	Realizzazione di interventi di controllo delle colate detritiche, costituiti da interventi puntuali come piazze di deposito, briglie selettive ed altro e interventi areali come riforestazione, stabilizzazione dei versanti con tecniche di ingegneria naturalistica ed altro.					
	bacino del Lagno del Quindici	mc	1'615'590	€ 60,00	€ 96'935'400	
	bacino del Lagno di Avella	mc	549'915	€ 60,00	€ 32'994'900	
	bacino del Lagno di Gaudio	mc	300'935	€ 60,00	€ 18'056'100	
	bacino dell'area Vesuviana	mc	1'390'672	€ 60,00	€ 83'440'320	
	Somma		3'857'112		€ 231'426'720	€ 231'426'720

art.	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	C. U.	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
8	Realizzazione di interventi di controllo del trasporto solido nei bacini dei lagni di monte. Si considerano solo le nuove realizzazioni, laddove esistono delle vasche di decantazione non sono prese in considerazione.					
	bacino del Lagno del Quindici	mc	5'500	€ 10,00	€ 55'000	
	bacino del Lagno di Avella	mc	125'970	€ 10,00	€ 1'259'700	
	Somma		131'470,00		€ 1'314'700	€ 1'314'700
9	Interventi di rifacimento/adequamento dei tratti tombati che attraversano i centri abitati in zona vesuviana					
		m	6'300	€ 1'500,00	€ 9'450'000	
					€ 9'450'000	€ 9'450'000
10	Interventi di recupero degli alvei strada in area vesuviana					
		m	9'400	€ 1'500,00	€ 14'100'000	
					€ 14'100'000	€ 14'100'000
11	Realizzazione di canali di gronda a monte dei centri abitati in area vesuviana.					
		m	1'470,00	€ 3'000,00	€ 4'410'000	
					€ 4'410'000	€ 4'410'000
12	Intervento di ripristino della capacità drenante dell'asta principale dei Regi Lagni, costituito dalla demolizione di parte del fondo alveo per una larghezza di 2 m e riempimento con materiale drenante.					
	asta principale dei Regi Lagni	m	30'000,00	€ 200,00	€ 6'000'000	

art.	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	C. U.	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
					€ 6'000'000	€ 6'000'000
13	Interventi di ripristino dei canali piede d'argine dell'asta principale dei Regi Lagni					
	in destra asta principale dei Regi Lagni	m	30'150,00	€ 15,00	€ 452'250	
	in sinistra asta principale dei Regi Lagni	m	30'150,00	€ 40,00	€ 1'206'000	
					€ 1'658'250	€ 1'658'250
14	Realizzazione di vasche di laminazione a servizio della rete fognaria consortilecostituite da una Porzione a cielo aperto e da un comparto impermeabile interrata con funzione di vasca di prima pioggia questul'ultima dotata di apparecchiature elettomeccaniche					
<i>a</i>	<i>Vasca all'impianto di Napoli Nord</i>					
	comparto di prime piogge con opere elettromeccaniche	mc	35'000	€ 420,00	€ 14'700'000,00	
	comparto permeabile	mc	155'000	€ 20,00	€ 3'100'000,00	
<i>b</i>	<i>Vasca all'impianto di Marcianise</i>					
	comparto di prime piogge con opere elettromeccaniche	mc	25'000	€ 420,00	€ 10'500'000,00	
	comparto permeabile	mc	100'000	€ 20,00	€ 2'000'000,00	
<i>c</i>	<i>Vasca all'impianto di pretrattamento di Succivo</i>	mc				
	comparto di prime piogge con opere elettromeccaniche	mc	50'000	€ 420,00	€ 21'000'000,00	
	comparto permeabile	mc	200'000	€ 20,00	€ 4'000'000,00	
<i>d</i>	<i>Vasca di Laminazione sul Lago Vecchio</i>					
	comparto di prime piogge con opere elettromeccaniche	mc	42'500	€ 420,00	€ 17'850'000,00	
	comparto permeabile	mc	300'000	€ 20,00	€ 6'000'000,00	

art.	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	C. U.	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
	Somma =	mc	315'000,00		€ 79'150'000,00	€ 79'150'000,00
15	Realizzazione di 13 vasche di prima pioggia a valle degli scolmatori verso i fugatori costituite da un comparto impermeabile interrato dotato di apparecchiature elettromeccaniche per il sollevamento alla rete nera consortile					
	Porzione impermeabile interrata	mc	140'000,00	€ 400,00	€ 56'000'000,00	
	Apparecchiature elettromeccaniche	mc	140'000,00	€ 20,00	€ 2'800'000,00	
					€ 58'800'000,00	€ 58'800'000,00
16	Realizzazione di opere per la disconnessione idraulica dei canali dai Regi Lagni attraverso paratoie mobili e asservite a telecontrollo					
	sui fugatori	cad	4,00	€ 300'000,00	€ 1'200'000,00	
					€ 1'200'000,00	€ 1'200'000,00
17	Realizzazione di opere per la disconnessione idraulica degli scarichi dei depuratori consortili in caso di piena del canale dai Regi Lagni attraverso paratoie mobili e realizzazione di un impianto di sollevamento per lo scarico della portata depurata					
	sugli scarichi dei depuratori	cad	5,00	€ 500'000,00	€ 2'500'000,00	
					€ 2'500'000,00	€ 2'500'000,00
18	Realizzazione degli interventi sulle reti fognarie di San Cipriano e Frignano e Casaluce attraverso una volanizzazione localizzata o rispettivamente in linea nei fugatori serviti dalle chiuse					

art.	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	C. U.	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
	San Cipriano	a corpo			€ 2'500'000,00	
	Frignano	a corpo			€ 1'500'000,00	
	Casaluce	a corpo			€ 1'000'000,00	
					€ 5'000'000,00	€ 5'000'000,00
19	Imprevisti	a corpo	0,10	€ 146'650'000,00		€ 14'665'000,00
20	Sistemi di monitoraggio in tempo reale					
		a corpo	1,00	€ 3'000'000,00	€ 3'000'000	
					€ 3'000'000	€ 3'000'000
21	Progetto Definitivo "Interventi per l'adeguamento della funzionalità idraulica dell'alveo dei Regi Iagni e dei canali influenti. Comprensivo di costi di manutenzione e di rifacimento dei rivestimenti in calcestruzzo.					
		a corpo	1,00	€ 26'000'000,00	€ 26'000'000	
					€ 26'000'000	€ 26'000'000
22	Imprevisti					
	Oneri di discarica calcolati il 10% degli interventi Art. 1, Art. 2, Art. 3, Art. 5, Art 6, Art 21.	a corpo	0,10	€ 252'381'511,15	€ 25'238'151	
	Delocalizzazioni	cad	30,00	€ 400'000,00	€ 12'000'000	
					€ 37'238'151	€ 37'238'151

<i>art.</i>	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	C. U.	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
TOT	IMPORTO TOTALE DEI LAVORI					€ 731'294'332
	Somme a disposizione dell'ammistrazione		0,30	€ 731'294'332,27		€ 219'388'300
TOT	IMPORTO COMPLESSIVO					€ 950'682'632

15.1 CONFRONTO TRA INTERVENTI DI LAMINAZIONE SUI LAGNI E ADEGUAMENTO DELLA SEZIONE DEI REGI LAGNI

Di seguito viene riportato una stima dei costi relativi ad un ipotetico intervento di adeguamento della sezione del canale principale dei Regi Lagni.

art.	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	C. U.	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
1	Disboscamento e demolizione vecchio rivestimento					
		mc	178'200	€ 260,00	€ 46'332'000,00	
					€ 46'332'000,00	€ 46'332'000,00
2	Scavo vecchio argine					
		mc	2'802'195	€ 5,00	€ 14'010'975,00	
					€ 14'010'975,00	€ 14'010'975,00
3	Scavo nuovo alveo					
		mc	2'533'680	€ 2,62	€ 6'638'241,60	
		mc	2'084'880	€ 2,62	€ 5'462'385,60	
		mc	2'979'200	€ 2,62	€ 7'805'504,00	
			7'597'760		€ 19'906'131,20	€ 19'906'131,20
4	Smaltimento a discarica					
		mc	7'775'960	€ 1,32	€ 10'264'267,20	
					€ 10'264'267,20	€ 10'264'267,20
5	Espropri					
		mc	496'800	€ 5,00	€ 2'484'000,00	
		mc	408'800	€ 5,00	€ 2'044'000,00	
		mc	744'800	€ 5,00	€ 3'724'000,00	
					€ 8'252'000,00	€ 8'252'000,00
6	Realizzazione nuovo argine terra					
		mc	2'802'195	€ 5,00	€ 14'010'975,00	
					€ 14'010'975,00	€ 14'010'975,00
7	Lastra rivestimento e impermeabilizzazione					
		mc	178'200	€ 100,00	€ 17'820'000,00	
					€ 17'820'000,00	€ 17'820'000,00
8	Sottoservizi					
			0,20	€ 130'596'348,40	€ 26'119'269,68	
					€ 26'119'269,68	€ 26'119'269,68
9	Rifacimento ponti stradali (n° 24)					
		mq	14'400	€ 2'500,00	€ 36'000'000,00	
					€ 36'000'000,00	€ 36'000'000,00

art.	DESCRIZIONE	U.M.	QUANTITA'	C. U.	IMPORTO PARZIALE	IMPORTO TOTALE
10	Rifacimento ponti autostradali (n° 8)					
		mq	16'000	€ 2'500,00	€ 40'000'000,00	
					€ 40'000'000,00	€ 40'000'000,00
11	Rifacimento ponti ferroviari (n° 7)					
		mq	4'200	€ 5'000,00	€ 21'000'000,00	
					€ 21'000'000,00	€ 21'000'000,00
TOT	IMPORTO TOTALE DEI LAVORI					€ 253'715'618,08
	Somme a disposizione dell'amministrazione		0,30	€ 253'715'618,08		€ 76'114'685,42
TOT	IMPORTO COMPLESSIVO					€ 329'830'303,50

16 DEFINIZIONE DELLE PRIORITÀ DI INTERVENTO

16.1 ELENCO INTERVENTI

Sono elencati gli interventi previsti nel progetto, ordinandoli da valle verso monte.

INTERVENTI DI VALLE

- Ripristino sezioni di progetto CORIN (progetto Consorzio BIV)
- Ripristino capacità drenante del canale
- Ripristino del canale al piede d'argine destro dei Regi Lagni
- Interventi sul reticolo di bonifica e fognario afferenti ai Regi Lagni

INTERVENTI SUI LAGNI

- Lagno di Quindici (Risagomatura, rinalveamento, pulizia)
- Lagno di Gaudio (Risagomatura, rinalveamento, pulizia)
- Lagno di Avella (o di Boscofangone) (Risagomatura, rinalveamento, pulizia)
- Lagno Somma (Risagomatura, rinalveamento, pulizia)
- Lagno dello Spirito Santo (Risagomatura, rinalveamento, pulizia)
- Lagno Vecchio (Risagomatura, rinalveamento, pulizia)

INTERVENTI DI MONTE

- Interventi di controllo del trasporto solido di fondo nei principali lagni dei bacini montani
- Interventi di controllo delle colate di detrito sui bacini montani
- Interventi di controllo delle colate di detrito sui bacini vesuviani
- Realizzazione dei canali di gronda sui bacini vesuviani

- Eliminazione degli alvei strada e tratti tombati, adeguamento delle principali criticità idrauliche nell'area dei bacini vesuviani
- Interventi non strutturali: sistemi di allerta in tempo reale

16.2 CRITERI DI DEFINIZIONE DELLE PRIORITA'

La definizione delle priorità degli interventi è stata fatta in base ai criteri elencati di seguito.

1 *Zone soggette a colate di detrito*

Criterio: capacità di trasporto delle colate detritiche in funzione del valore di rischio riportato sulle tavole del PAI.

- 1.1.1 Rischio alto
 - Priorità 1 – colate che interessano aree urbanizzate estese
 - Priorità 2 – colate che interessano aree urbanizzate limitate
- 1.1.2 Rischio medio
 - Priorità 3
- 1.1.3 Rischio basso
 - Priorità 4

2 *Zone soggette a esondazione*

2.1 Criterio: capacità di trasporto della corrente liquida in funzione del valore di rischio riportato sulle tavole del PAI.

- 1.1.1 Rischio alto
 - Priorità 1 – alta capacità di trasporto della corrente
 - Priorità 2 – bassa capacità di trasporto della corrente
- 1.1.2 Rischio medio
 - Priorità 3
- 1.1.3 Rischio basso
 - Priorità 4

1.2 Criterio: Gli interventi si svolgono da valle verso monte raggruppandoli per sottobacino.

1.3 Criterio: Interventi sul reticolo di bonifica e fognario.

1.4 Criterio: Interventi di valle del canale dei Regi Lagni.

16.3 PRIORITA' DEGLI INTERVENTI E LORO CRONOLOGIA SUGGERITA

Nella tabella seguente si riportano gli interventi suddivisi per ordine cronologico di realizzazione e la priorità.

Visto che la classificazione del rischio non è così dettagliata per differenziare ulteriormente la classe di rischio alto, per gli interventi di controllo delle colate detritiche, si è adottato un criterio in base al quale, in situazioni di rischio alto, la priorità viene valutata in funzione alla estensione delle aree abitate che sono direttamente legate alla quantità di elementi vulnerabili (V) presenti su tale area. Per tale motivo il criterio di ulteriore classificazione delle aree di rischio alto è quello d'estensione dell'area pericolosa sul centro abitato. Nella tabella seguente, i valori di rischio sono quelli definiti dal PAI e l'estensione dell'area urbanizzata viene stimata dalla cartografia CTR: dal confronto dei due valori sono stati ottenuti i valori di priorità.

INTERVENTI NON STRUTTURALI				
Tipo intervento				Priorità
Sistemi di allerta in tempo reale - Intervento p)				0
INTERVENTI STRUTTURALI				
Interventi di controllo delle colate detritiche				
Interventi sui bacini vesuviani - Interventi m) - n) - o)				
Codice intervento	Area bacino sotteso	Rischio PAI	Presenza urbanizzazione	Priorità
	[kmq]			
op01VE	1,11	Alto	Media	2
op02VE	1,05	Medio	Media	3
op03VE	2,01	Alto	Media	2
op04VE	2,31	Alto	Media	2
op05VE	1,86	Alto	Media	2
op06VE	1,71	Alto	Media	2
op07VE	1,06	Alto	Media	2
op08VE	1,71	Alto	Alta	1
op09VE	2,4	Medio	Media	3
op10VE	0,59	Alto	Media	2
op11VE	1,05	Medio	Media	3
op12VE	0,33	Alto	Media	2
op13VE	0,45	Medio	Alta	2
op14VE	1,37	Medio	Alta	2
Interventi di protezione da colate detritiche sui bacini dei laghi di monte - Intervento l)				
op01AV	11,37	Alto	Alta	1
op02AV	0,60	Alto	Media	2
op03AV	0,50	Alto	Media	2
op04AV	2,14	Alto	Media	2
op05AV	1,00	Alto	Media	2
op06AV	1,59	Alto	Media	2
op07AV	0,83	Alto	Media	2
op08AV	0,97	Alto	Media	2
op01GA	1,62	Medio	Media	3
op02GA	0,87	Medio	Media	3
op03GA	11,59	Alto	Alta	1
op04GA	2,81	Alto	Alta	1
op01QU	0,91	Alto	Media	2
op02QU	2,45	Alto	Alta	1
op03QU	5,70	Medio	Media	3
op04QU	0,24	Alto	Media	2
op05QU	0,22	Alto	Alta	1
op06QU	0,06	Alto	Media	2
op07QU	0,54	Alto	Alta	1
op08QU	0,43	Alto	Alta	1
op09QU	0,66	Medio	Media	3
op10QU	1,22	Alto	Alta	1
op11QU	0,55	Alto	Alta	1

op12QU	0,33	Alto	Media	2
op13QU	0,16	Alto	Media	2
op14QU	0,05	Alto	Alta	1
op15QU	10,75	Medio	Media	3
op16QU	11,20	Alto	Alta	1
op17QU	1,56	Alto	Media	2
op18QU	1,70	Alto	Media	2
op19QU	0,73	Alto	Media	2
op20QU	2,09	Alto	Media	2
op21QU	1,40	Medio	Media	3
op22QU	0,71	Medio	Media	3
op23QU	0,12	Alto	Alta	1
op24QU	2,55	Alto	Alta	1
op25QU	1,13	Alto	Media	2
Sistemazione lagni di monte				
Tipo intervento				Priorità
Bacino del Lagno di Avella - Interventi g) – k)				4
Bacino del Lagno del Gaudio - Interventi f) – k)				5
Ripristino sezioni di progetto CORIN (progetto Consorzio BIV) da sezione RL1 a sezione RL9 1° LOTTO - Intervento a)				6
Bacino del Lagno di Quindici - Interventi e) – k)				7
Bacino del Lagno Vecchio - Interventi j) – k)				8
Bacino del Lagno di Somma - Interventi h) – k)				9
Bacino del Lagno dello Spirito Santo - Interventi i) – k)				10
Ripristino sezioni di progetto CORIN (progetto Consorzio BIV) da sezione RL10 a sezione RL17 2° LOTTO - Intervento a)				11
Sistemazioni bonifica di valle				
Tipo intervento				Priorità
Interventi sul reticolo di Bonifica e fognario afferente ai Regi Lagni - Intervento d)				12
Adeguamento delle fognature con volanizzazione a San Cipriano e Frignano e Casaluce o rispettivamente in linea nei fugatori stessi e realizzazione di sistemi di chiuse				13
Vasca volano all'impianto di depurazione di Napoli Nord di 190.000 m ³				14
Vasca volano o Laminazione in linea a Succivo di 250.000 m ³				15
Vasca di laminazione all'impianto di Marcianise e volanizzazione in linea sul fugatore Marcianise di 125.000 m ³ e 50.000 m ³				16
Sistemazioni a valle del canale dei Regi Lagni				
Tipo intervento				Priorità
Pulizia del canale al piede d'argine sinistro dei Regi Lagni dal Ponte Casale al Ponte di Villa Litterno (SP18)				17
Ripristino del canale al piede d'argine destro dei Regi Lagni - Intervento c)				18
Ripristino capacità drenante del canale - Intervento b)				19

16.4 COSTI DEGLI INTERVENTI

Interventi sui bacini vesuviani - Interventi m) - n) - o)	€ 125'239'520
Colate detritiche sui bacini dei lagni di monte - Intervento l)	€ 147'986'400
Bacino del Lagno di Avella - Interventi g) – k)	€ 34'109'712
Bacino del Lagno del Gaudio - Interventi f) – k)	€ 52'945'700
Ripristino sezioni di progetto CORIN (progetto Consorzio BIV) da sezione RL1 a sezione RL9 1° LOTTO - Intervento a)	€ 14'300'000
Bacino del Lagno di Quindici - Interventi e) – k)	€ 91'612'400
Bacino del Lagno Vecchio - Interventi j) – k)	€ 41'455'773
Bacino del Lagno di Somma - Interventi h) – k)	€ 19'921'881
Bacino del Lagno dello Spirito Santo - Interventi i) – k)	€ 17'449'697
Ripristino sezioni di progetto CORIN (progetto Consorzio BIV) da sezione RL10 a sezione RL17 2° LOTTO - Intervento a)	€ 14'300'000
Interventi sul reticolo di Bonifica e fognario afferente ai Regi Lagni - Intervento d)	€ 161'315'000
Ripristino del canale al piede d'argine destro dei regi lagni - Intervento c)	€ 1'658'250
Ripristino capacità drenante del canale - Intervento b)	€ 6'000'000
Interventi non strutturali: sistemi di allerta in tempo reale - Intervento p)	€ 3'000'000
	€ 731'294'332

17 ALLEGATO I: ANALISI IDROLOGICA PAI SUI LAGNI DI MONTE

“INTRODUZIONE

Obiettivo principale dello studio di seguito illustrato è la valutazione delle portate al colmo di piena che possono defluire, nelle sezioni del reticolo idrografico in esame, con assegnato periodo di ritorno, T.

In via più dettagliata, i valori della portata Q_T , corrispondenti al periodo di ritorno T, possono essere stimati a partire da una relazione del tipo:

$$Q_T = \xi_Q K_T \quad (1)$$

dove:

ξ_Q e' un parametro centrale della distribuzione di probabilità della variabile idrologica Q, massimo annuale della portata istantanea (ad esempio: la media, la mediana, il valore modale, etc.)

K_T e' un coefficiente amplificativo, denominato coefficiente di crescita col periodo di ritorno T espresso dalla relazione

$$K_T = K_T(T) \quad (2)$$

che dipende, per una data regione omogenea rispetto alle portate al colmo di piena, solo dal particolare modello probabilistico adottato e dallo specifico parametro ξ_Q preso a riferimento.

Una stima sufficientemente attendibile del parametro ξ_Q può essere effettuata, a causa della sua scarsa variabilità campionaria, già in base a pochi dati. Viceversa, l'affidabilità della stima dei parametri contenuti nell'espressione di K_T e, quindi, l'attendibilità della stima di K_T , risulta fortemente influenzata dal ridotto numero di dati generalmente a disposizione. Di conseguenza, mentre la valutazione di K_T può essere effettuata solo in base ad un'analisi regionale, condotta su due distinti livelli (I e II Livello di analisi regionale), la valutazione del parametro ξ_Q va effettuata tenendo conto, soprattutto, delle peculiarità proprie dello specifico bacino preso in esame (analisi regionale di III Livello).

Nel caso in esame, per la scarsità dei dati di portata disponibili e per la molteplicità dei parametri da introdurre in eventuali legami di regressione tra il valore di ξ_Q e le caratteristiche climatiche e

fisiografiche dei bacini, risulta praticamente impossibile procedere ad un'analisi regionale di III Livello.

L'alternativa a tale analisi consiste nel ricorrere ad una tecnica basata sull'accoppiamento di un adeguato modello di trasformazione afflussi/deflussi con un processo di massimizzazione (approccio variazionale).

Tanto premesso, nel seguito viene dapprima brevemente illustrata la metodologia utilizzata per la valutazione del parametro centrale della distribuzione di probabilità ricavata a partire da dati pluviometrici e fisiografici caratteristici dei bacini presi in esame.

Successivamente, sono illustrate le tecniche utilizzate per la valutazione dei diversi componenti del modello di trasformazione afflussi/deflussi preso a riferimento.

La metodologia utilizzata fa riferimento a quella proposta su scala nazionale dal progetto VAPI del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI). In particolare viene adottato un modello probabilistico a doppia componente (TCEV) che interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte di eventi (eventi massimi ordinari ed eventi massimi straordinari).

Le elaborazioni relative alla applicazione di tale modello fanno riferimento ad una procedura di regionalizzazione gerarchica in cui i parametri vengono valutati a scale regionali differenti, in funzione dell'ordine statistico.

Relativamente al valore da assegnare al periodo di ritorno T , prendendo a riferimento le tre classi di valori riportate dal DPCM del 29/09/98 ($T=20-50$ anni; $T=100-200$ anni; $T=300-500$ anni) si è fatto riferimento ai valori 20 anni, 100 anni e 300 anni.

1. SCELTA DEL MODELLO PROBABILISTICO

La stima dei massimi istantanei di una variabile aleatoria (altezza di pioggia, intensità di pioggia, portata di piena, etc.) corrispondenti ad assegnati valori del periodo di ritorno T può essere effettuata attraverso una metodologia di tipo probabilistico con diversi tipi di approcci. Tra questi, vengono spesso utilizzati il modello di Gumbel e il modello T.C.E.V.

Il modello di Gumbel, molto diffuso in campo tecnico, quando applicato all'analisi dei massimi annuali delle altezze di pioggia o delle portate al colmo di piena tende a sottostimare i valori più elevati osservati nel passato (valori corrispondenti ai periodi di ritorno più elevati).

Il modello T.C.E.V. (Two Components Extreme Value) risulta maggiormente rispondente alle esigenze di un'attenta valutazione delle altezze di pioggia o delle portate al colmo di piena che possono defluire nei tronchi di un corso d'acqua.

Di fatto, il modello T.C.E.V. costituisce una generalizzazione del modello di Gumbel. Esso risulta, infatti, costituito dal prodotto di due leggi di Gumbel, la prima delle quali destinata ad interpretare e descrivere, in chiave probabilistica, i massimi valori ordinari e, la seconda, quelli straordinari (aventi, secondo il classico modello di Gumbel, una probabilità di superamento inferiore del 5% e, quindi, tali da potersi ritenere eccezionali).

In base a tale modello, la generica variabile $T X$ (altezza o intensità di pioggia, portata al colmo, etc.) corrispondente ad un assegnato valore del periodo di ritorno T può trarsi dall'espressione:

$$T = \frac{1}{1 - \exp\left[-\Lambda_1 e^{-\eta K_T} - \Lambda_2 \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta K_T/\theta_*}\right]} \quad (3)$$

Dove

$$K_T = \frac{X_T}{\mu_X} \quad (4)$$

- è il quantile normalizzato rispetto alla media μ_X per periodo di ritorno T ,
- Λ^* e Θ^* sono parametri adimensionali dipendenti solo dal coefficiente di asimmetria e, pertanto, stimabili solo sulla base di un'indagine regionale ad amplissima scala (Analisi regionale di I Livello);
- ΛI è il numero medio di eventi indipendenti, di tipo ordinario, che si determinano nella zona (e, pertanto, è una caratteristica climatica di una zona omogenea che può essere valutata una volta noti Λ^* e Θ^* , attraverso un'analisi regionale di II Livello);
- η è un parametro strettamente dipendente da ΛI , Λ^* e Θ^* .

Nel caso specifico la variabile aleatoria presa in esame è il massimo annuale dell'altezza di pioggia $h_{d,T}$ di assegnata durata d , corrispondente al periodo di ritorno T

La legge

$$h_{d,T} = h_{d,T}(d, T) \quad (5)$$

viene, come noto, denominata "curva di probabilità pluviometrica per assegnato periodo di ritorno T ."

La (5) assume notoriamente l'espressione:

$$h_{d,T} = \zeta_{hd} * K_T \quad (6)$$

dove

- ζ_{hd} è il parametro centrale della distribuzione di probabilità del massimo annuale della altezza di pioggia in assegnata durata (per es. il valore modale (ε) o la media (μ), ovvero parametri legati a momenti del primo ordine).
- K_T è il coefficiente di crescita col periodo di ritorno T , che dipende per una data regione omogenea rispetto ai massimi annuali delle altezze di pioggia, dal modello probabilistico adottato e dal parametro ζ_{hd} preso a riferimento.

Per quanto concerne la variabile ζ_{hd} essa si assume comunemente corrispondente al valore della media μ_{hd} dei massimi annuali di pioggia di durata d

$$\zeta_{hd} = \mu_{hd} \quad (7)$$

Con riferimento al modello probabilistico TCEV si ha inoltre:

$$K_T = K_T(T, \eta, \Lambda^*, \Theta^*, \Lambda I) \quad (8)$$

essendo Λ^* , Θ^* , ΛI i parametri della distribuzione.

2. CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE DEL BACINO

Al fine di conseguire valutazioni del parametro μ_{hd} (media dei massimi annuali dell'intensità media di pioggia di durata d), si è ritenuto necessario fare riferimento ai dati provenienti da tutte e sole quelle stazioni pluviometriche che, ricadendo direttamente nelle aree di studio o nelle loro immediate vicinanze, possono fornire dati utili circa i valori massimi delle intensità medie di pioggia i_d di durata d .

In particolare, sono state prese a riferimento 50 stazioni di misura dell'altezza di pioggia (pluviometri e pluviografi), per le quali la denominazione e le caratteristiche principali sono riportate nella Tabella II.

I dati relativi a ciascuna stazione di misura, le medie aritmetiche, gli scarti ed i valori modali che da essi si ricavano sono invece riportati, nelle Tabelle III.

Sulla base delle condizioni geomorfologiche, l'intera area di studio è stata divisa in tre diverse sottozone indicate nella planimetria schematica di figura 1, come sottozone n. 1 n. 2 e n. 3.

A partire da tali dati, si è innanzitutto individuato il tipo di modello di regressione in base al

$$\mu_{i_d} = \frac{\mu_{h_d}}{d}$$

quale caratterizzare il legame esistente tra i valori dell'intensità media di pioggia

le durate d prese a riferimento e le quote z sul livello del mare relative alle singole stazioni di misura considerate; successivamente, si è passati a stimare i parametri in esso contenuti eseguendo una analisi di gruppo (cluster analysis) attraverso la massimizzazione del coefficiente di determinazione della regressione multipla.

Per quanto riguarda la forma del legame di regressione, si è fatto riferimento all'espressione:

$$\mu_{i_d} = \frac{I_o}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{C+Dz}} \quad (9)$$

che presenta, rispetto alle più diffuse forme di tipo monomio, i seguenti vantaggi:

- per durate $d \rightarrow 0$, risulta $\mu_{i_d} \rightarrow I_o$ e, quindi, anche per durate ridotte si ottengono valori non troppo elevati dell'intensità media di pioggia nella durata d ;
- la derivata di μ_{i_d} rispetto a d si presenta continua in tutto l'intervallo di durate, il che la rende notevolmente più duttile nella ricerca della durata critica con un approccio variazionale;
- compare direttamente la quota z sul livello del mare.

Posto:

$$Y = \log_{10} \mu_{i_d} \quad (10)$$

$$X_1 = \log_{10} \left(1 + \frac{d}{d_c}\right) \quad (11)$$

$$X_2 = z \log_{10} \left(1 + \frac{d}{d_c}\right) = z X_1 \quad (12)$$

$$A_0 = \log_{10} I_o \quad (13)$$

$$A_1 = -C \quad (14)$$

$$A_2 = -D \quad (15)$$

la (9) può scriversi nella forma

$$Y = A + A_1 X_1 + A_2 X_2 \quad (16)$$

nella quale le costanti A_i possono ricavarsi in base ad un modello di regressione lineare multipla, valutando per tentativi il valore del parametro dc in corrispondenza del quale si ottiene la massima correlazione tra il modello ed i dati.

Dal Rapporto VA.PI. ("Valutazione delle piene in Campania" elaborato dal G.N.D.C.I. del CNR) i valori di Λ^* e Θ^* validi per l'intera Regione Campania sono i seguenti:

$$\Lambda^* = 0.224, \quad \Theta^* = 2.536, \quad \Lambda I = 37, \quad \eta = 4.909$$

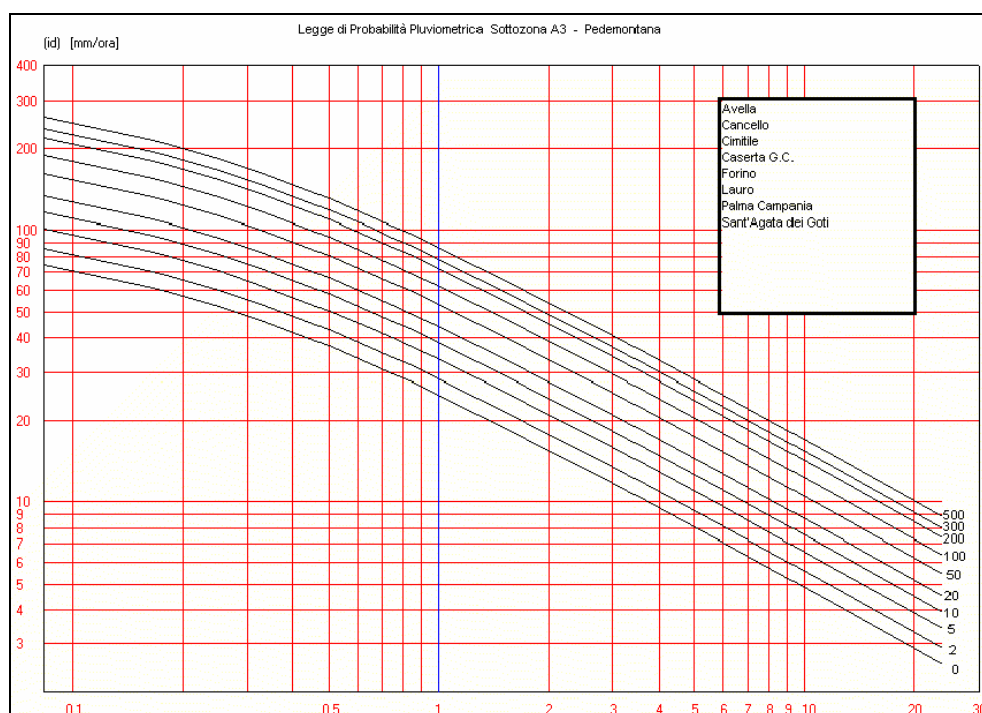
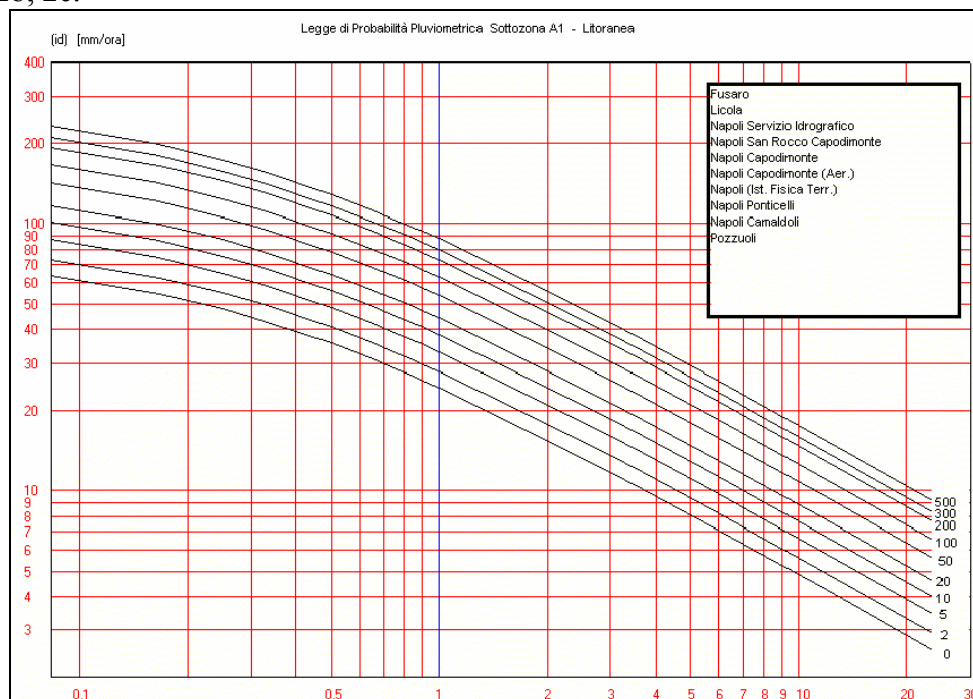
I valori del coefficiente di crescita K_T sono riportati, per differenti periodi di ritorno T , nella successiva Tabella 1

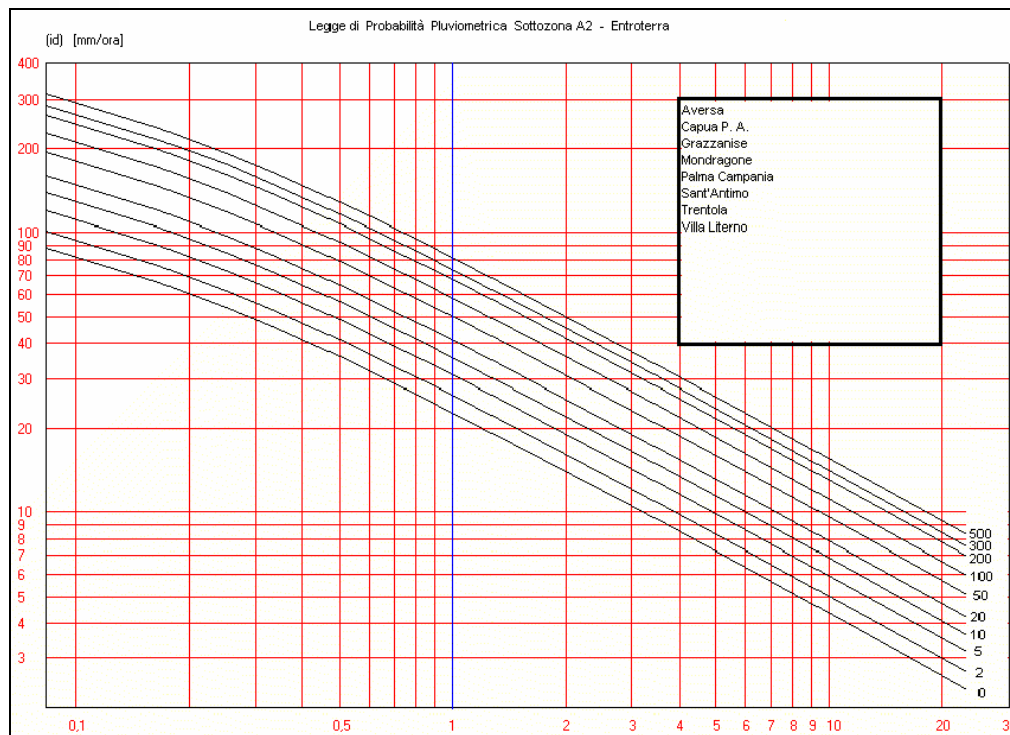
Tabella 1: Coefficienti di crescita K_T per differenti valori del periodo di ritorno T

T	2	10	20	50	100	300
K_T	0.87	1.38	1.64	2.03	2.36	2.90

In corrispondenza dei vari valori di dc , gli altri parametri assumono rispettivamente i valori riportati nella Tabella IV.

In definitiva, l'espressione del legame $\mu_d = \mu \cdot d$ (d) e' stata specializzata per le rispettive sottozone ed ha consentito di tracciare le "curve di probabilita' pluviometrica" riportate nelle Figg. 2a, 2b, 2c.





3. MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI

Nella scelta del modello di trasformazione afflussi/deflussi si è tenuto conto della estensione e delle caratteristiche morfometriche dei bacini da esaminare.

In particolare per i bacini montani di superficie inferiore a 15 Km² per la valutazione delle portate piena si è ritenuto opportuno fare riferimento al metodo della corrivazione ed in particolare alla formula razionale:

$$Q = C_f \cdot i(tc) \cdot S \quad (17)$$

nella quale t_c è il tempo di corrivazione del bacino calcolato con la nota formula di Giandotti:

$$t_c = (4 \cdot S^{0,5} + 1.5 \cdot L) / (0.8 \cdot (H_{med} - H_o)^{0,5}) \quad (18)$$

in cui

- L = lunghezza dell'asta principale in Km;
- S = superficie totale del bacino in Km²;
- H_m = quota media del bacino in m;
- H_o = quota della sezione di chiusura in m;

Per gli altri bacini il modello di trasformazione afflussi/deflussi utilizzato è quello di Nash a tre serbatoi (lineari, uguali e disposti in serie).

Tale scelta risulta così motivata:

il modello risulta tra quelli più idonei a ricostruire eventi di piena effettivamente osservati in bacini strumentati;

a parità dei primi due parametri, il modello ha una forma simile all'IUH di tipo Weibull (utilizzato nella procedura VAPI per la Regione Campania), che fornisce, asintoticamente, la effettiva risposta di un bacino idrografico ad un evento meteorico.

Come è noto, il modello di Nash contiene due parametri:

il numero n di serbatoi;

il tempo di ritardo K_0 relativo al singolo serbatoio.

L'idrogramma di piena è fornito dalla risoluzione dell'integrale di convoluzione

$$Q(t) = \int_0^t p(\tau)u(t-\tau)d\tau \quad (19)$$

nel quale la funzione u(t) rappresenta l'IUH del modello.

L'espressione dell' IUH e' la seguente:

$$u(t) = \frac{1}{(n-1)! K_o} \left(\frac{t}{K_o} \right)^{n-1} e^{-\frac{t}{K_o}} \quad (20)$$

E' possibile dimostrare che $K_0 = tr/n$, essendo tr il tempo di ritardo del bacino. Ne consegue che, nel caso in esame, avendo scelto $n=3$, occorrerà valutare solo il tempo di ritardo tr di ciascuno dei bacini sottesi dalle singole sezioni prese a riferimento.

Quest'ultimo può essere valutato con diversi approcci:

- Formule di Desbordes (I e II)
- Formula di Shaake
- Formula di Rossi (1974)
- Metodo VAPI-Rapporto Campania

Le formule di Desbordes e di Shaake sono state tarate con riferimento a bacini urbani e rurali di limitata estensione e non sembrano, pertanto, applicabili al particolare contesto.

La formula proposta da Rossi (1974), di struttura molto semplice, è stata tarata sui bacini naturali e, pertanto, risulta senz'altro utilizzabile ai nostri fini. Essa è data, in particolare, dall'espressione:

$$t_r = 0.77 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.295} \quad (21)$$

essendo L la lunghezza dell'asta principale (in Km), P la pendenza media dell'asta principale (in m/m) e tr il tempo di ritardo del bacino (in ore).

La pendenza media dell'asta principale è fornita dalla formula di Taylor & Schwartz, che può essere applicata dopo aver suddiviso il profilo del corso d'acqua principale in una serie di NT tratti di lunghezza Li e pendenza Pi

$$\left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right) = \sum_{i=1}^{NT} \frac{L_i}{\sqrt{P_i}} \quad (22)$$

I valori di Li e Pi sono stati dedotti dai profili longitudinali delle aste principali, così come tratti dalla cartografia presa a riferimento.

Una seconda alternativa possibile per il calcolo del tempo di ritardo è quella proposta da Rossi e Villani (1995) nell'ambito del citato progetto VAPI del C.N.R. denominato "Valutazione delle Piene in Campania".

$$t_r = \frac{C_{f1}}{C_f} p_p \frac{1.25}{3.6c_1} \sqrt{Sp_p} + \frac{C_{f2}}{C_f} (1-p_p) \frac{1.25}{3.6c_2} \sqrt{S(1-p_p)} \quad (23)$$

dove:

p_p = percentuale del bacino considerabile come completamente permeabile;

C_f = coefficiente di afflusso

S = superficie del bacino (in Km²);

Le costanti c1 e c2 rappresentano celerità di propagazione; I loro valori si assumono pari a:

$$c1 = 0.25 \text{ m/s}$$

$$c2 = 1.70 \text{ m/s}$$

che rappresentano la migliore taratura ottenibile a partire dai dati idrometrografici disponibili per la Regione Campania.

Nel caso in esame, per la determinazione del tempo di ritardo t_r si è preferito fare ricorso alla relazione (21).

4. VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI AFFLUSSO

Nelle valutazioni di seguito riportate si è fatto riferimento all'approccio proposto da Rossi & Villani nel 1995, in virtù del quale la stima del coefficiente di afflusso C_f è fornita dalla relazione:

$$C_f = C_{f1} p_p + C_{f2} (1 - p_p) \quad (24)$$

con $C_{f1} = 0.13$, $C_{f2} = 0.60$ e p_p pari alla percentuale delle aree del bacino che si comportano come completamente permeabili alle precipitazioni.

La corretta valutazione di p_p risulta, pertanto, di fondamentale importanza ai fini della valutazione di C_f e, quindi, ai fini della valutazione sia delle medie delle portate al colmo di piena che delle portate al colmo di piena corrispondenti ad assegnato periodo di ritorno T .

A tale scopo, si è condotta una specifica indagine sulle caratteristiche di permeabilità dei terreni ricadenti all'interno dei diversi sottobacini in cui è stata preventivamente suddivisa l'area di intervento.

La stima delle percentuali di aree impermeabili I ($I = 1 - p_p$) e' stata effettuata attraverso le relazioni proposte da Celico e De Innocentis (1995) nell'ambito del progetto VAPI:

$$B = 0.84 - 0.85 \cdot I$$

$$Dd = 0.51 + 2.25 \cdot I$$

$$A = 21.2 - 15.7 \cdot I$$

in cui

- Dd e' la densità di drenaggio

- B e' la vegetazione, ovvero la copertura boschiva

- A e' la pendenza media dei versanti, ovvero l'acclività

Pertanto, con riferimento al generico bacino, ricavati da apposita cartografia tematica i valori di B , Dd ed A , sono stati calcolati i corrispondenti valori di I e, quindi, di C_f . Il valore di C_f utilizzato nei calcoli delle portate al colmo di piena è stato assunto, caso per caso, pari al maggiore dei tre valori ottenuti.

I valori del coefficiente di afflusso, relativi ai diversi sottobacini individuati, insieme alle caratteristiche geometriche ed ai tempi di ritardo t_r , sono riportati nella Tabella del Capitolo 5."

18 ALLEGATO II: ANALISI IDROLOGICA ENEA SUL CANALE REGI LAGNI

In seguito si riporta un estratto dello studio condotto dall'ENEA:

“Schema dello studio idrologico

Nello studio idrologico condotto sul Canale dei Regi Lagni sono state risolte le seguenti distinte problematiche:

- a) *valutazione delle massime precipitazioni che possono verificarsi, con assegnata probabilità di superamento, in preassegnati intervalli di tempo di durata d (curve di probabilità pluviometriche);*
- b) *valutazione delle portate massime istantanee Q_T che possono affluire, a determinate sezioni delle aste fluviali di maggiore interesse, in corrispondenza di assegnati periodi di ritorno T ;*

- c) individuazione delle aree a rischio di alluvione;
- d) valutazione delle curve medie di durata delle portate, rappresentative delle durate per cui assegnati valori delle portate defluenti in determinate sezioni di tronchi d'alveo sono superate.

Queste ultime sono altresì propedeutiche alla simulazione delle variazioni che le caratteristiche di qualità delle acque defluenti lungo gli stessi tronchi possono subire sia per effetto dell'immissione degli effluenti dai cinque impianti dislocati lungo gli stessi Regi Lagni che per fenomeni di inquinamento diffusi e concentrati.

Obiettivo delle analisi idrologiche è la valutazione delle portate al colmo di piena che possono affluire, a preassegnati tronchi del reticolo idrografico, con assegnata probabilità di superamento. In particolare, allo scopo di valutare in modo sufficientemente attendibile le attuali capacità di convogliamento dei diversi tronchi dei Regi Lagni, si vogliono determinare i valori delle portate che possono essere superati, mediamente, una sola volta ogni T anni, essendo T il periodo di ritorno preso a riferimento (T =numero medio di anni che bisogna attendere prima che si verifichi un insuccesso, quale, ad esempio, il superamento del valore di portata posto a base del dimensionamento di un rilevato arginale).

I tempi di ritorno assegnati al calcolo sono .10, 20, 30 e 50 anni

Nello specifico caso del Canale dei Regi Lagni, non risultano disponibili misure di portata effettuate sistematicamente, anche nei periodi di piena. Non è stato possibile, pertanto, procedere ad una valutazione diretta, sufficientemente attendibile, dei parametri idrologici caratteristici.

Di conseguenza, è stato fatto ricorso al secondo dei metodi indicati, cercando di sfruttare al meglio le informazioni disponibili in merito a:

caratteristiche di piovosità della zona;

caratteristiche di permeabilità delle aree colanti;

caratteristiche fisiografiche sia delle aste principali dei corsi d'acqua che dei bacini sottesi dalle sezioni prese a riferimento nelle valutazioni.

Per una lettura completa della metodologia e delle formule di calcolo adottate compreso il modello di trasformazione Afflussi/Deflussi si vede in allegato la documentazione annessa.

La valutazione della media dei massimi annuali delle portate istantanee al colmo di piena, μ_Q , può essere effettuata con un *approccio variazionale*, in uno con l'utilizzazione di un adeguato *modello di trasformazione Afflussi/Deflussi*.

Curve di probabilità pluviometrica

Sulla base di tali osservazioni, il Servizio Idrografico elabora e pubblica, anno per anno, sui cosiddetti *Annali Idrologici*, le seguenti informazioni:

altezze di pioggia relative a piogge di breve durata e notevole intensità, h_d^*

massimi annuali h_d delle altezze di pioggia nelle durate $d = 1$ ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore e 24 ore;

massimi annuali h_d^{**} delle altezze di pioggia cumulate in durate da uno a cinque giorni consecutivi, ottenute mediante un processo di massimizzazione della somma delle altezze di pioggia registrate dalle ore 9.00 di un giorno alle ore 9.00 del giorno successivo.

Rapportando le altezze di pioggia di assegnata durata alla durata stessa, si potrà ottenere l'*intensità media di pioggia* in quella stessa durata presa a riferimento, e il massimo annuale di tale grandezza.

Viceversa, all'aumentare della durata della pioggia, aumenta la percentuale δ della superficie del bacino che, ad un certo istante, viene a contribuire alla formazione della portata di piena. In particolare, per durate di pioggia uguali o superiori al cosiddetto *tempo di corrivazione del bacino* (che rappresenta il tempo impiegato dalle particelle d'acqua che provengono dalle zone più distanti ed in quota del bacino per affluire alla sezione di chiusura del bacino stesso), tutte le

aree del bacino contribuiscono alla formazione delle portate di piena e, pertanto, la percentuale di superficie contribuente alla formazione del deflusso di piena è pari al 100% ($\delta = 1$).

Poiché, a meno di un fattore moltiplicativo costante con l'altezza di pioggia (il cosiddetto *coefficiente di afflusso* C_f), la portata al colmo di piena risulta pari al prodotto dell'intensità media di pioggia μ_{i_d} per l'area contribuente $A_{c,d}$, si avrà il prodotto di una funzione più o meno decrescente con la durata di pioggia per un fattore crescente con la durata d .

Modalità di sviluppo dell'approccio variazionale

In assenza di misure dirette di portate, la valutazione della media dei massimi annuali delle portate al colmo di piena, μ_Q , può essere effettuata con un *approccio variazionale*, considerando eventi di pioggia di intensità costante nella durata d presa a riferimento, calcolando l'idrogramma $\{Q(t)\}_d$ corrispondente attraverso un adeguato modello di trasformazione Afflussi/Deflussi, individuandone il massimo Q_d^* e calcolando poi μ_Q come il massimo, al variare della durata d , dei valori Q_d^* .

L'approccio variazionale consta di numerosi passi, qui di seguito descritti:

si considera un evento meteorico caratterizzato: a) da una durata d ; b) da un'altezza cumulata di pioggia nella durata d pari a μ_{h_d} , essendo μ_{h_d} la media dei massimi annuali delle altezze di pioggia nella durata d ; valutabile avvalendosi di formule di regressione dedotte sulla base delle coppie di valori (d, μ_{h_d}) ;

si individuano, in base ad uno dei modelli di trasformazione delle piogge in piogge efficaci ai fini della formazione del ruscellamento superficiale, la media dei massimi annuali della pioggia netta $\mu_{h_d}^*$ e l'altezza di pioggia netta $\mu_{h_d}^*$;

si calcola il coefficiente di afflusso, $C_{f,d}$, relativo a piogge di durata d , come $\frac{\mu_{h_d}^*}{\mu_{h_d}}$;

si valuta l'intensità media di pioggia efficace ai fini della formazione del ruscellamento superficiale,

$$\mu_{i_d}^* = \frac{\mu_{h_d}^*}{d} = \frac{C_{f,d} \cdot h_d}{d} = C_{f,d} \cdot \frac{h_d}{d} = C_{f,d} \cdot \mu_{i_d};$$

si valuta la portata media di afflusso meteorico nella durata d efficace ai fini della formazione del deflusso di piena:

$$p_d = C_{f,d} \cdot \mu_{i_d} \cdot A \quad (2.12)$$

si immette tale portata in un modello di trasformazione Afflussi/Deflussi, ottenendo l'idrogramma di piena corrispondente $\{Q(t)\}_d$;

si individua il massimo, al variare del tempo t , della funzione $\{Q(t)\}_d$

$$Q_d^* = \max_t \{[Q(t)]_d\} \quad (2.13)$$

si fissa un nuovo valore di d , e si torna al punto 1;

si ripete il procedimento indicato nei punti da 1 a 8 per un certo numero di volte, avendo cura di procedere per intervalli di durata Δd non troppo elevati;

10. si calcola il massimo, al variare della durata d dell'evento, della grandezza Q_d^*

$$Q_* = \max_d \{Q_d^*\} \quad (2.14)$$

11. si ammette che la media μ_Q dei massimi annuali delle portate istantanee al colmo di piena, risulti pari a Q_* , per cui

$$\mu_Q = Q_* = \max_d \{Q_d^*\} \quad (2.15)$$

Curve di probabilità pluviometrica

Per l'individuazione delle curve di probabilità pluviometrica sono state considerate, inizialmente, tutte le 46 stazioni ricadenti nell'area di interesse Tabella 2.II e rappresentate nella Figura 2.1 f.t.) (Tabella 2.III). per le quali i dati sono stati tratti dagli *Annali Idrologici*.

Va precisato che l'analisi idrologica ha preso in considerazione solo 33 stazioni, scartando le rimanenti 13 (evidenziate in Tabella 2.III) o per l'esiguità dell'informazione pluviometrica o per la particolare collocazione geografica.

Sulla base di considerazioni geomorfologiche, è stato possibile individuare che il bacino dei Regi Lagni ricade in almeno tre diverse sottozone, indicate, nella planimetria schematica di Figura 2.2, come sottozone n. 1, n. 2 e n. 3, sulla base di considerazioni che tengono conto dell'orografia regionale e dell'esposizione al passaggio di perturbazioni meteoriche.

Una suddivisione simile, effettuata però con riferimento al solo bacino dei Regi Lagni, è riportata nella Figura 2.3 f.t (denominata Individuazione delle sottozone pluviometriche omogenee rispetto ai massimi annuali dell'altezza di pioggia in assegnate durate).

Considerate le stazioni ricadenti in ciascuna delle sottozone, sono state costruite le curve di probabilità pluviometrica al fine di verificare la effettiva omogeneità nell'ambito dell'intera area investigata.

Successivamente, è stata verificata la possibilità che l'accorpamento delle sottozone n. 2 e n. 3 costituisca, a sua volta, una sottozona pluviometrica omogenea.

Dall'andamento delle curve riportate nelle Figure 2.4, 2.5 e 2.6, tracciate per tre differenti valori della quota sul livello del mare ($z=1000$ m; $z=100$ m; $z=10$ m), si evince che la curva di probabilità pluviometrica relativa alla sottozona 1 coincide con quella relativa all'area globale, mentre differenze sostanziali si hanno tra le curve relative alle altre sottozone.

Pertanto, per il calcolo delle portate al colmo di piena, nel caso dei lagni di Quindici, Avella e Gaudò, si è utilizzata la curva relativa alla sottozona n.1, mentre per l'asta valliva dei Regi Lagni, si è fatto riferimento a medie pesate dei valori assunti, per ciascuna durata, dalle altezze di pioggia ritraibili da ciascuna delle due curve di probabilità pluviometrica.

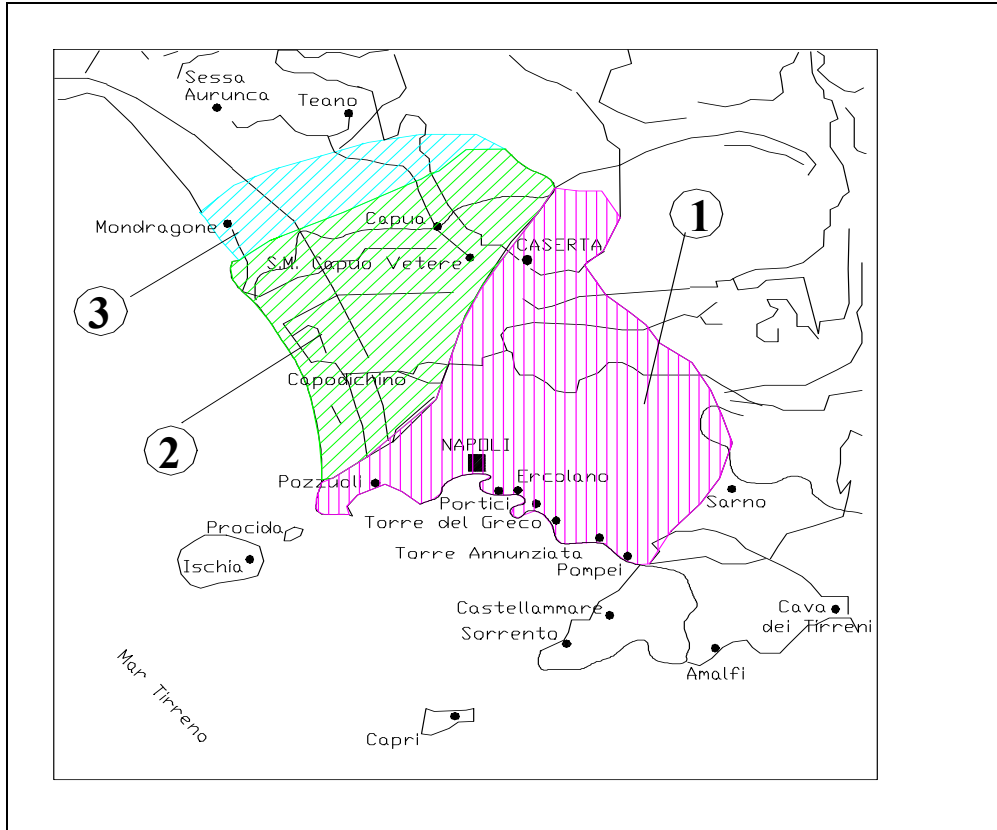


Figura 2.2 - Individuazione delle sottozone pluviometriche

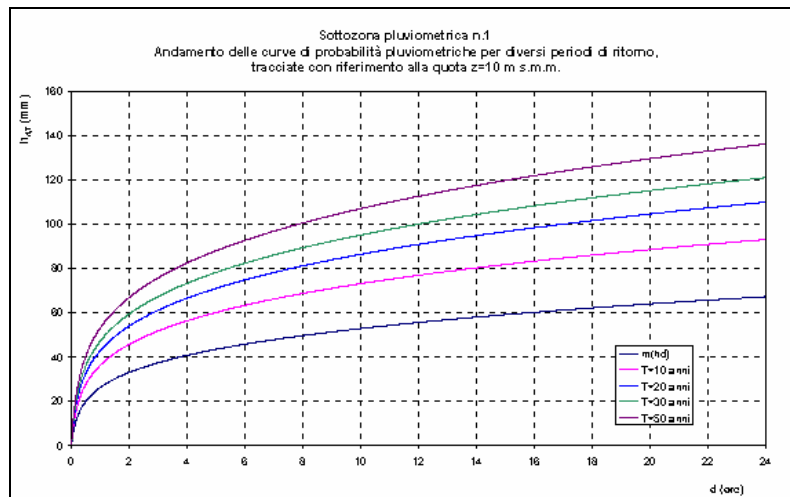


Figura 2.7 – Sottozona pluviometrica n. 1: Curve di probabilità pluviometriche tracciate per diversi periodi di ritorno, con riferimento alla quota z=10 m s.m.m.

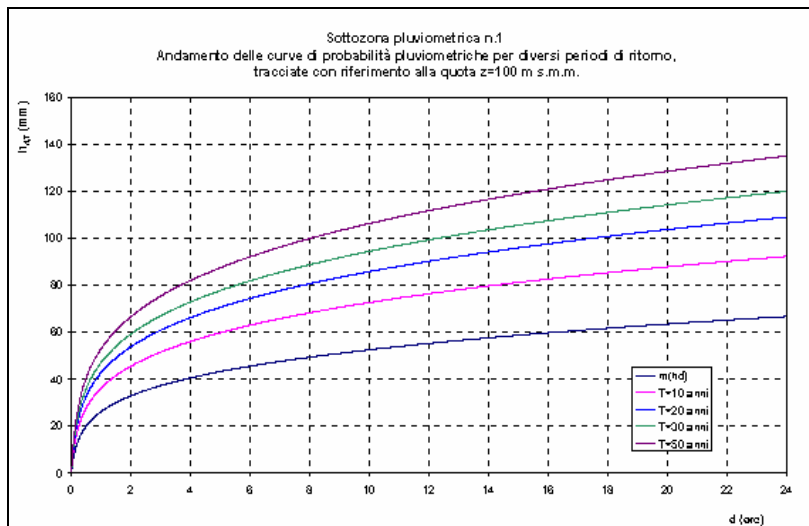


Figura 2.8 – Sottozona pluviometrica n. 1: Curve di probabilità pluviometriche tracciate per diversi periodi di ritorno, con riferimento alla quota z=100 m s.m.m.

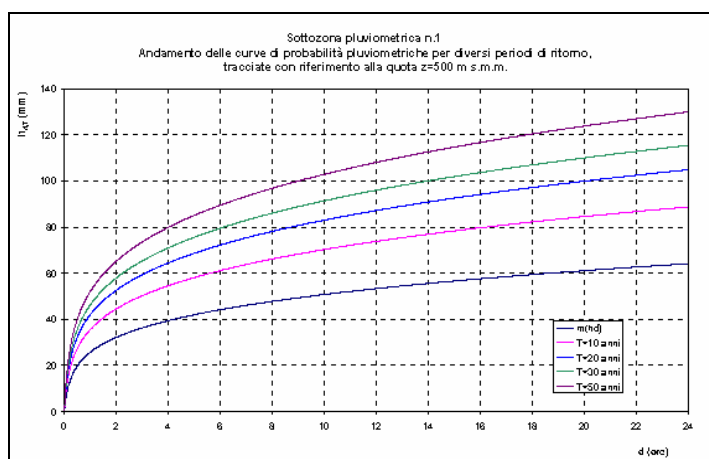


Figura 2.9 – Sottozona pluviometrica n. 1: Curve di probabilità pluviometriche tracciate per diversi periodi di ritorno, con riferimento alla quota z=500 m s.m.m.

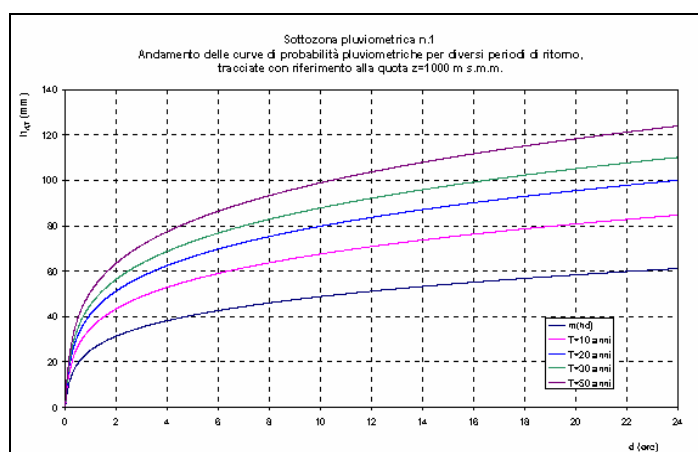


Figura 2.10 – Sottozona pluviometrica n. 1: Curve di probabilità pluviometriche tracciate per diversi periodi di ritorno, con riferimento alla quota z=1000 m s.m.m.

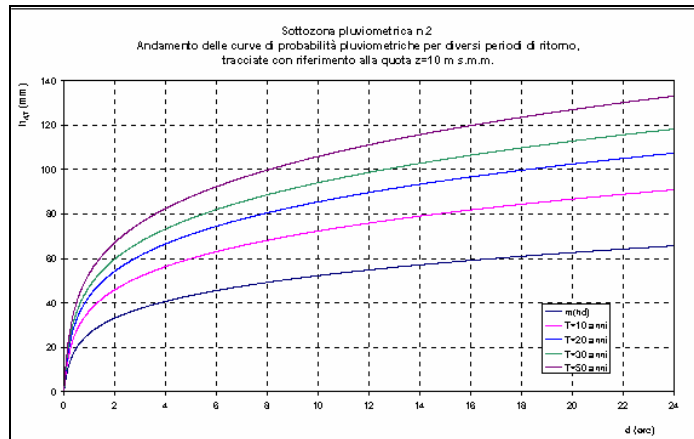


Figura 2.11 – Sottozona pluviometrica n. 2: Curve di probabilità pluviometriche tracciate per diversi periodi di ritorno, con riferimento alla quota z=10 m s.m.m.

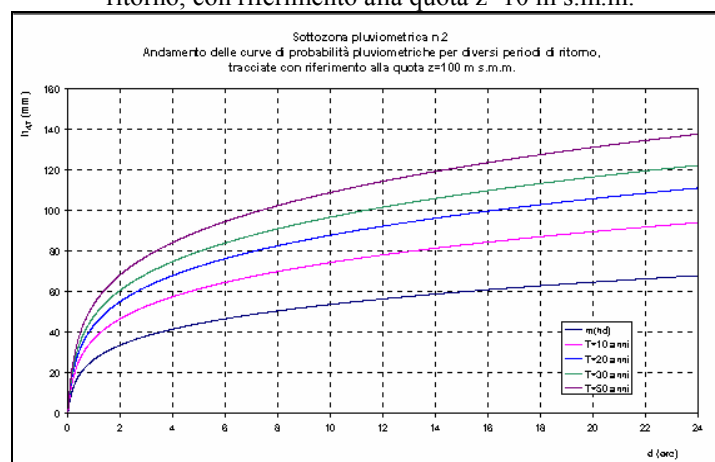


Figura 2.12 – Sottozona pluviometrica n. 2: Curve di probabilità pluviometriche tracciate per diversi periodi di ritorno, con riferimento alla quota z=100 m s.m.m.

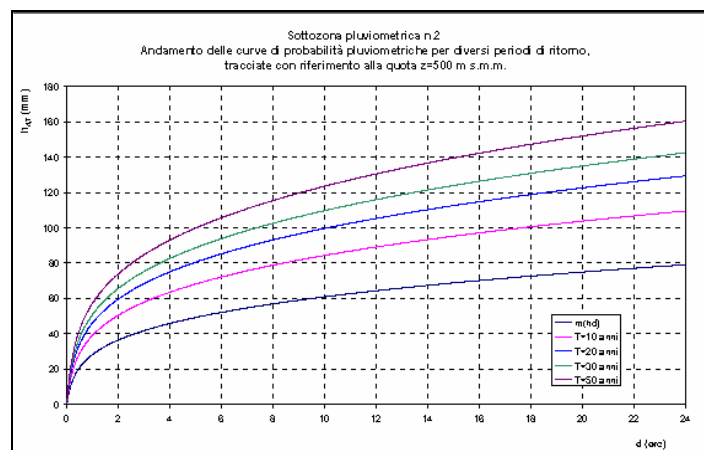


Figura 2.13 – Sottozona pluviometrica n. 2: Curve di probabilità pluviometriche tracciate per diversi periodi di ritorno, con riferimento alla quota z=500 m s.m.m.

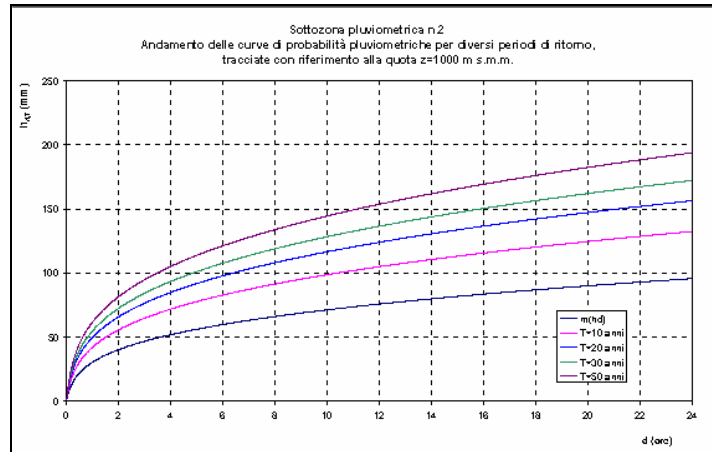


Figura 2.14 – Sottozona pluviometrica n. 2: Curve di probabilità pluviometriche tracciate per diversi periodi di ritorno, con riferimento alla quota z=1000 m s.m.m.

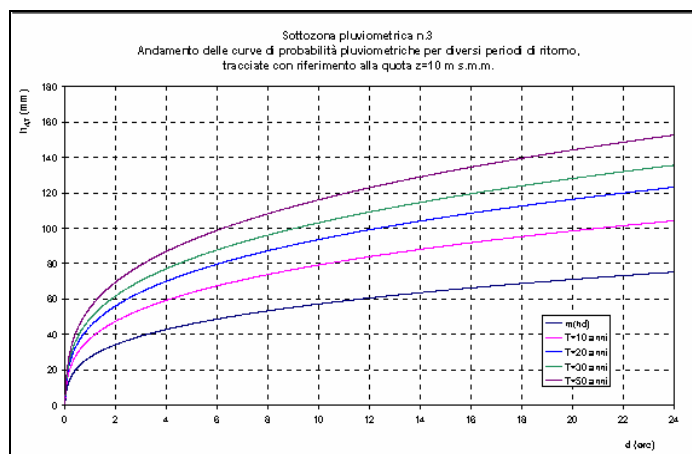


Figura 2.15 – Sottozona pluviometrica n. 3: Curve di probabilità pluviometriche tracciate per diversi periodi di ritorno, con riferimento alla quota z=10 m s.m.m.

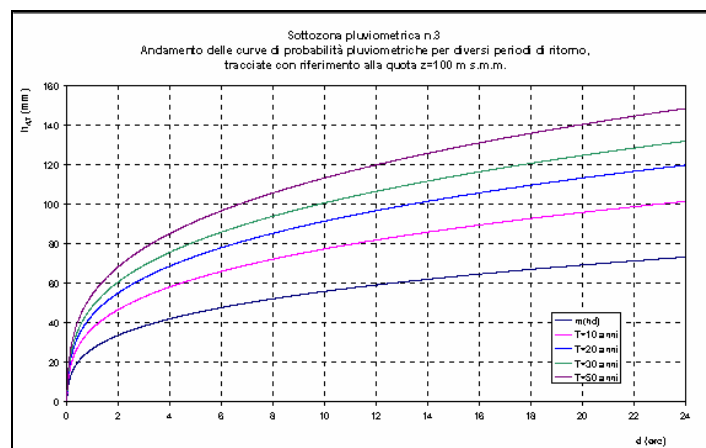


Figura 2.16 – Sottozona pluviometrica n. 3: Curve di probabilità pluviometriche tracciate per diversi periodi di ritorno, con riferimento alla quota z=100 m s.m.m.

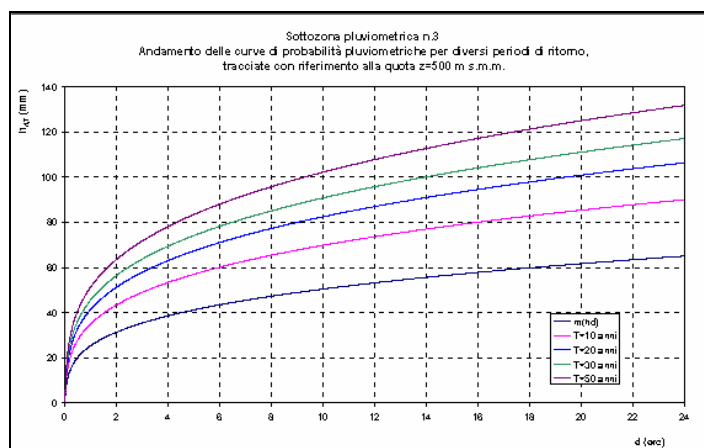


Figura 2.17 – Sottozona pluviometrica n. 3: Curve di probabilità pluviometriche tracciate per diversi periodi di ritorno, con riferimento alla quota $z=500$ m s.m.m.

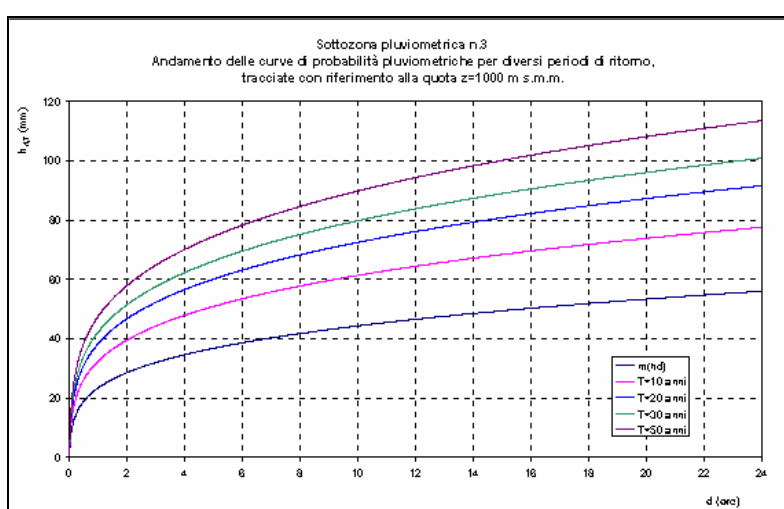


Figura 2.18 – Sottozona pluviometrica n. 3: Curve di probabilità pluviometriche tracciate per diversi periodi di ritorno, con riferimento alla quota $z=1000$ m s.m.m.

Modello di trasformazione Afflussi/Deflussi

Il modello di trasformazione Afflussi/Deflussi che è stato utilizzato è un modello "di evento", di tipo "concettuale", "lineare" e "stazionario". Esso è il modello di Nash a tre serbatoi lineari, uguali, disposti in serie. Tale scelta risulta motivata da tre distinte circostanze:

1. una volta tarati i parametri in esso contenuti, risulta tra quelli più idonei a ricostruire eventi di piena effettivamente osservati in bacini strumentati;
2. a parità dei primi due parametri, ha una forma simile all'IUH di tipo Weibull (utilizzato nella procedura VAPI per la Regione Campania), che fornisce, asintoticamente, la effettiva risposta di un bacino idrografico ad un evento meteorico;
3. è di facile applicabilità.

Valutazione del coefficiente di afflusso

La valutazione del coefficiente di afflusso deve tenere conto del tipo di approccio utilizzato per la valutazione della portata al colmo.

Ad esempio, la ben nota formula di Turazza, molto usata agli inizi del secolo nel campo delle bonifiche, fa riferimento ad una durata critica di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino, per cui i coefficienti empirici ivi utilizzati devono, necessariamente, risultare molto alti (anche dell'ordine di 0.5-0.6). Shaake e altri autori propongono, a loro volta, che la durata critica di pioggia sia pari al tempo di ritardo, per cui il coefficiente di piena da essi utilizzato si presenta, di converso, abbastanza basso (dell'ordine di 0.25-0.30).

Nel caso in esame, poiché si utilizza l'approccio variazionale precedentemente illustrato, si perviene a durate critiche intermedie fra il tempo di ritardo e quello di corrivazione, per cui la taratura del coefficiente di afflusso deve, necessariamente, risentire di questa circostanza.

A tale scopo, nelle valutazioni qui di seguito riportate si è fatto costante riferimento all'approccio proposto da Rossi e Villani nel 1995, in virtù del quale il valore di C_f è dato da:

$$C_f = C_{f_1} p_p + C_{f_2} (1 - p_p) \quad (2.27)$$

con $C_{f_1} = 0.13$, $C_{f_2} = 0.60$ e p_p pari alla percentuale delle aree del bacino che si comportano come completamente permeabili alle precipitazioni.

La corretta valutazione di p_p risulta, pertanto, di fondamentale importanza ai fini della valutazione di C_f e, quindi, ai fini della valutazione sia delle medie delle portate al colmo di piena che delle portate al colmo di piena corrispondenti ad assegnato periodo di ritorno T .

Di conseguenza, nell'ambito delle presenti analisi, si è cercato di effettuarne una valutazione il più possibile oggettiva e rigorosa, ottenibile solo alla luce della determinazione prima, e del successivo incrocio poi, di tutta una serie di informazioni sulle caratteristiche geologiche dei terreni di copertura e sulla natura delle superfici.

A tale scopo, avvalendosi delle carte geologiche in scala 1:100.000 prodotte dall'I.G.M., preventivamente rasterizzate e, quindi, georiferite, si è condotta un'attenta indagine sulle caratteristiche di permeabilità dei terreni di copertura ricadenti all'interno dei diversi sottobacini in cui è stata preventivamente suddivisa l'area di intervento (cfr. Figura 2.23 f.t., denominata *Caratterizzazione geologica dell'area di interesse*), individuando e perimetrando ben 14 diversi tipi di litotipi.

Successivamente, utilizzando le ortofoto, si è passati al riconoscimento e alla perimetrazione delle superfici a diverso uso del suolo, distinguendo, più in particolare, le aree urbanizzate da quelle non urbanizzate e, all'interno di queste ultime, le superfici boscate da quelle non boscate (cfr. Figura 2.24 f.t., denominata *Carta delle coperture boschive e delle aree urbanizzate*).

A seconda dei litotipi e del tipo di ricoprimento, si sono successivamente individuate, incrociando le informazioni tratte dalle due cartografie precedentemente richiamate, ben 26 diversi tipi di situazioni in grado di dare origine ad altrettante tipologie di aree a diversa capacità di produrre ruscellamento superficiale (Figura 2.25 f.t., denominata *Caratterizzazione delle superfici in relazione alla loro capacità di produrre ruscellamento superficiale in conseguenza di eventi meteorici*).

A partire dalle informazioni riportate sulla predetta cartografia, si sono poi individuate, per aggregazione, sei diverse tipologie di *aree a permeabilità equivalente* (cfr. Figura 2.26 f.t., denominata *Carta delle superfici a pari permeabilità equivalente*).

I valori delle percentuali p_p delle aree che, giusta la definizione datane, possono essere considerate, equivalentemente, completamente permeabili, sono quelle riportate nella successiva Tabella 2.VII.

Tabella 2.VII - Valori delle percentuali di aree equivalentemente permeabili relative alle singole classi di superfici

Classe	1	2	3	4	5	6
Permeabilità equivalente (p.p.e)	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9

Per ciascuno dei sottobacini, sono state quindi individuate le medie pesate dei valori di permeabilità relativi alle aree caratterizzate dalle diverse classi di permeabilità equivalente,

assumendo quale funzione di peso il rapporto tra l'area con cui la singola classe è presente nel sottobacino e l'area complessiva del sottobacino.

Valutazione del tempo di ritardo tr.

Il tempo di ritardo di un bacino è stato valutato con il Metodo VAPI-Rapporto Campania (Villani e Rossi, 1994).

In base all'interpretazione dei risultati del modello di trasformazione Afflussi/Deflussi da adottato, Rossi e Villani, l'espressione:

$$t_r = \frac{C_{f_1}}{C_f} p_p \frac{1.25}{3.6c_1} \sqrt{Sp_p} + \frac{C_{f_2}}{C_f} (1 - p_p) \frac{1.25}{3.6c_2} \sqrt{S(1 - p_p)} \quad (2.28)$$

dove, oltre ai simboli già introdotti, S rappresenta la superficie del bacino (in Km²), mentre le costanti c_1 e c_2 rappresentano celerità di propagazione. I loro valori sono:

$$c_1 = 0.25 \text{ m/s}$$

$$c_2 = 1.70 \text{ m/s}$$

che rappresentano la migliore taratura ottenibile a partire dai dati idrometrografici disponibili per la Regione Campania.

Valutazione delle portate al colmo - Applicazione della metodologia VAPI

A partire dai dati morfometrici, di permeabilità e di piovosità disponibili in base alle analisi effettuate, procedendo da monte verso valle si sono potuti valutare, per ciascuna delle sezioni di interesse:

le aree complessive di ciascuno dei bacini sottesi dalle singole sezioni prese a riferimento;

la percentuale media p_p di aree completamente permeabili ricadenti all'interno di ciascuno dei bacini;

i valori dei coefficienti di afflusso C_f relativo a ciascun bacino;

i valori del tempo di ritardo;

per ciascuna durata di pioggia d , il valore $\mu_{i_d} = \mu_{i_d}(d)$,

in base all'approccio variazionale impiegato nello studio idrologico, le medie dei massimi annuali delle portate al colmo di piena, $\mu_Q = \max_d \{Q_d^*\}$. *valori delle medie dei massimi annuali*

delle portate al colmo di piena in tal modo individuate sono riportati nella successiva Tabella 2.VIII.

Tabella 2.VIII - Sezioni prese a riferimento per il calcolo della portata al colmo di piena

Sezione	Area tot. [Km ²]	Quota media [m s.m.m.]	Lungh.totale [km]	P _p	C _f	t _r [ore]	μ _Q [m ³ /s]
LA	79.5	487.4	18.650	0.78	0.230	4.48	19.73
LG	82.1	514.0	23.200	0.70	0.270	4.45	34.93
LQ	179.5	249.5	25.175	0.59	0.310	4.83	66.02
RL-1	261.6	332.7	25.175	0.75	0.248	8.66	60.55
RL-2	341.1	368.7	27.143	0.75	0.248	9.89	66.74
RL-3	356.1	358.6	29.939	0.75	0.248	10.11	68.26
RL-4	503.1	303.9	36.167	0.71	0.266	10.71	99.02
RL-5	535.8	292.6	37.476	0.70	0.271	10.75	105.97
RL-6	551.0	285.1	39.804	0.70	0.271	10.9	107.31
RL-7	576.9	273.7	44.215	0.69	0.276	10.86	115.83
RL-8	702.1	236.3	48.496	0.64	0.299	10.53	163.72
RL-9	793.8	216.1	51.626	0.62	0.309	10.67	190.11
RL-10	832.9	207.4	54.854	0.61	0.313	10.67	203.32
RL-11	853.8	203.0	57.720	0.61	0.313	10.81	205.39
RL-12	883.2	196.8	58.782	0.60	0.318	10.74	218.14
RL-13	954.2	184.9	63.349	0.59	0.323	10.91	235.51
RL-14	1028.6	172.4	68.509	0.58	0.327	11.08	253.54
RL-15	1034.3	171.4	72.500	0.58	0.327	11.11	254.06
RL-16	1077.1	164.7	77.098	0.59	0.323	11.59	246.05
RL-17	1116.6	159.0	79.366	0.59	0.323	11.8	249.02

Legenda

LA=Lagno di Avella;
LG=Lagno del Gaudò;

RL=Regi Lagni;
LQ=Lagno di Quindici

La valutazione delle portate al colmo di piena corrispondenti ad assegnati periodi di ritorno risulta a sua volta possibile in base all'applicazione dell'espressione (2.1) e dei valori di K_T dedotti dalla Tabella 2.I.

Tabella 2.IX - Portate al colmo di piena corrispondenti
a periodi di ritorno T= 20, 50, 100, 300 e 500 anni

<i>Sezione</i>	$Q_{T=20}$ (m ³ s ⁻¹)	$Q_{T=50}$ (m ³ s ⁻¹)	$Q_{T=100}$ (m ³ s ⁻¹)	$Q_{T=300}$ (m ³ s ⁻¹)	$Q_{T=500}$ (m ³ s ⁻¹)
LA	39.89	51.31	60.38	74.97	81.77
LG	70.62	90.84	106.90	132.73	144.77
LQ	133.47	171.69	202.05	250.86	273.62
RL-1	122.42	157.46	185.31	230.07	250.95
RL-2	134.93	173.56	204.26	253.60	276.61
RL-3	138.00	177.52	208.91	259.37	282.91
RL-4	200.19	257.51	303.05	376.25	410.40
RL-5	214.24	275.58	324.32	402.66	439.20
RL-6	216.95	279.07	328.42	407.75	444.75
RL-7	234.18	301.22	354.49	440.13	480.07
RL-8	331.00	425.77	501.06	622.10	678.55
RL-9	384.35	494.40	581.82	722.37	787.93
RL-10	411.06	528.75	622.25	772.57	842.67
RL-11	415.24	534.13	628.59	780.43	851.25
RL-12	441.02	567.29	667.61	828.88	904.10
RL-13	476.14	612.46	720.77	894.88	976.09
RL-14	512.59	659.35	775.95	963.39	1050.82
RL-15	513.64	660.70	777.54	965.37	1052.97
RL-16	497.45	639.87	753.03	934.93	1019.77
RL-17	503.45	647.60	762.12	946.21	1032.08

19 ALLEGATO III: FOTOGRAFICO

19.1 LAGNO DI QUINDICI

In data 10 novembre 2009 è stato effettuato un sopralluogo dagli scriventi nel tratto compreso tra il cimitero di Nola e la confluenza con il canale dei Regi Lagni. Di seguito sono riportate le foto più rappresentative riprese durante il sopralluogo. Sono anche riportate alcune foto fornite dal Dott. Del Gaudio e quelle relative ad altri sopralluoghi effettuati dagli scriventi.



Figura 117. Lagno di Quindici. Vista verso valle della vasca Fossato situata nei pressi di Marzano di Nola. (Gentile concessione del Dott. Del Gaudio – dicembre 2009)



Figura 118. Lagno di Quindici. Vista verso monte in corrispondenza della confluenza con l'Alveo Camaldoli. La sezione si presenta arginata e con materiale vegetale in alveo.



Figura 119. Lagno di Quindici. Vista verso monte della confluenza con l'Alveo Camaldoli, visibile al centro della foto, mentre il Lagno di Quindici proviene da sinistra. Confrontando con la foto precedente si può notare come il materiale solido trasportato sia in quantità maggiore proveniente dall'alveo di Camaldoli.



Figura 120. Lagno di Quindici. Vista verso monte. Tratto a sud del cimitero di Nola. La sezione si presenta arginata ed è presente materiale solido sul fondo. La quota attuale del fondo alveo è all'incirca la stessa del piano campagna.



Figura 121. Lagno di Quindici. Vista verso valle. Tratto adiacente al cimitero di Nola.



Figura 122. Lagno di Quindici. Vista verso monte. Curva in corrispondenza del cimitero di Nola. Come si può notare è presente materiale solido depositato.



Figura 123. Lagno di Quindici. Vista verso monte. Tratto a nord del cimitero di Nola. E' visibile il parapetto del ponte della strada di accesso al cimitero. Si nota come anche in questo caso il materiale depositato sia di grandi quantità, la luce del ponte è quasi per metà ostruita dal materiale depositato.



Figura 124.

Lagno di Quindici. Vista verso valle. Tratto a nord del cimitero di Nola.



Figura 125.

Lagno di Quindici. Vista verso valle del tratto in prossimità del centro abitato di Nola.



Figura 126.

Lagno di Quindici. Vista verso monte del tratto tombinato presente nel centro dell'abitato di Nola. Il tratto tombinato è soggetto a intasamenti con conseguente verificarsi di eventi di esondazione, il presente progetto prevede la sua eliminazione.



Figura 127. Lagno di Quindici. Vista dell'interno del tratto tombinato presente nel centro dell'abitato di Nola. La figura mostra l'intasamento causato dal materiale trasportato, prima dell'intervento di pulizia eseguito nel 2008. (Gentile concessione del Dott. Del Gaudio – 2008)



Figura 128. Lagno di Quindici. Vista dell'interno del tratto tombinato presente nel centro dell'abitato di Nola. La figura mostra le fasi di pulizia dal materiale depositato, eseguite nel 2008. Da notare la presenza del tubo della fognatura. (Gentile concessione del Dott. Del Gaudio – 2008)



Figura 129. Lagno di Quindici. Vista verso valle del tratto situato a valle della tombinatura.



Figura 130. Lagno di Santa Teresa. Vista verso monte. Il Santa Teresa è un affluente minore del Lagno di Quindici, in questa foto è visibile l'uscita dal tratto tombinato che attraversa la zona sud di Nola.



Figura 131. Lagno di Quindici. Vista verso valle del tratto in corrispondenza della confluenza del Lagno di Santa Teresa.



Figura 132. Lagno di Quindici. Vista verso valle del lagno nel tratto a ovest dell'abitato di Nola.



Figura 133.
provinciale per Nola

Lagno di Quindici. Vista verso valle. Manufatto di attraversamento della strada



Figura 134.

Lagno di Quindici. Vista verso valle. Tratto a ovest del centro abitato di Nola



Figura 135.
di Quindici.

Lagno di Casamarciano. Vista verso monte in prossimità della confluenza con il Lago



Figura 136. Lagno di Quindici. Vista verso valle in prossimità della confluenza con il Lagno di Casamarciano.



Figura 137. Lagno di Quindici. Vista verso valle in prossimità della zona commerciale di Nola.



Figura 138. Lagno di Quindici. Vista verso valle in prossimità dell'attraversamento dell'autostrada A16. E' visibile materiale di rifiuto depositato sul fondo.



Figura 139. Lagno di Quindici. Vista verso valle in prossimità del Ponte delle Tavole. In quest'ultimo tratto l'alveo è ostruito da fitta vegetazione.



Figura 140. Lagno di Quindici. Vista verso valle in prossimità del Ponte delle Tavole. La sezione del Lagno di Quindici superato il Ponte delle Tavole si allarga, presenta forma composta e le sponde sono rivestite in calcestruzzo.



Figura 141. Lagno di Frezza. In prossimità del Ponte delle Tavole. Il lagno non è più visibile per il suo interrimento.

19.2 LAGNO DI GAUDO

Il sopralluogo è stato effettuato anche sul tratto del lagno del Gaudo compreso tra il frazione di San Donato e l'area del nuovo centro commerciale "Vulcano buono". Di seguito sono riportate le foto più rappresentative riprese durante il sopralluogo. Sono anche riportate alcune foto fornite dall'AdBNO, eseguite durante i rilievi del 2001.



Figura 142. Lagno di Gaudo. Visto verso valle della vasca Purgatorio (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 143. Lagno di Gaudo. Visto verso valle in prossimità del collegamento Avella-Gaudo (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 144. Lagno di Gaudo. Visto verso monte del manufatto in cemento per la regolazione del collegamento Avella - Gaudo (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 145. Lagno di Gaudio. Visto verso valle dal ponte della frazione di San Donato. In tale tratto si può notare come la sezione rimanga regolare ed è interessato da deposito dovuto a trasporto solido di fondo. Tale tratto è pensile.



Figura 146. Lagno di Gaudio. Vista verso monte dal ponte della frazione di San Donato. Come nella foto vista precedentemente la sezione si mantiene regolare.



Figura 147. Lagno di Gaudio. Vista verso valle. Il luogo si trova a circa 600 m a valle del ponte della frazione di San Donato. Come si può notare da tale punto verso valle la sezione è completamente ostruita da



Figura 148. Lagno di Gaudio. Il corso d'acqua trovando la sezione ostruita, vista nella figura precedente, ha inciso un argine e si è riversato nella campagna laterale.



Figura 149. Lagno di Gaudio. Vista verso valle in prossimità del raccordo stradale della zona industriale nominata CIS. Sullo sfondo a sinistra si intravede il nuovo centro commerciale "Vulcano buono". La foto riprende un manufatto in calcestruzzo realizzato alcuni anni fa e mai entrato in funzione, posizionato sul percorso del lagno. La funzione di tale manufatto non è chiara, è stato ipotizzato che serva per laminare il Lagno di Gaudio. Attualmente il lagno viene deviato a sinistra di tale manufatto. Da osservare che le quote di tale manufatto non sono coerenti con le quote del fondo del lagno.



Figura 150. Lagno di Gaudo. Vista verso monte del tratto deviato adiacente del manufatto visto nella foto precedente. Da notare la sezione ristretta e completamente invasa dalla vegetazione.



Figura 151. Lagno di Gaudo. Tratto a valle del manufatto visto nella foto precedente. La sezione è stata rifatta durante i lavori di realizzazione del centro commerciale “Vulcano buono”. Il fondo è stato rivestito con materassi Reno mentre le sponde sono state realizzate con gabbionate. La sezione attualmente si presenta invasa da vegetazione.



Figura 152. Lagno di Gaudo. Visto verso monte della soglia posizionata alla confluenza con il canale dei Regi Lagni (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 153. Lagno di Gaudio. Visto verso monte della confluenza con il canale dei Regi Lagni (Fonte AdBNO – 2001).

19.3 LAGNO DI AVELLA (O DI BOSCOFANGONE)

Il tratto osservato è compreso tra la confluenza con il canale dei Regi Lagni e il modulatore situato presso la Masseria Ruggente. Di seguito sono riportate le foto più rappresentative riprese durante il sopralluogo. Sono anche riportate alcune foto fornite dall'AdBNO, eseguite durante i rilievi del 2001.



Figura 154. Lagno di Avella. Visto verso monte della confluenza con il canale dei Regi Lagni (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 155. Lagno di Avella. Visto verso monte del tratto situato all'interno della zona industriale. Il tratto fotografato presenta una sezione regolare e costante ed è rivestito in calcestruzzo. Non è presente materiale depositato né la presenza di vegetazione in alveo. In primo piano è visibile un manufatto in calcestruzzo prefabbricato, tale struttura si ripresenta all'incirca ogni 150 m di sviluppo dell'alveo per tutto il tratto compreso all'interno della zona industriale, la sua utilità è sconosciuta, si ipotizza che abbia funzione puramente estetica per la presenza di giardini pensili. La sua presenza non influisce sul deflusso dell'acqua.



Figura 156. Lagno di Avella. Vista verso valle in prossimità del raccordo stradale della zona industriale. Come nella foto vista precedentemente la sezione si mantiene regolare e si presenta pulita da sedimenti e vegetazione.



Figura 157. Lagno di Avella. Vista verso monte in prossimità della Masseria Ruggente. La sezione come nelle foto precedenti si mantiene costante e regolare ed è pulita da sedimenti e vegetazione. Al centro è visibile il manufatto del modulatore in ottimo stato ma non più funzionante a causa dell'interramento del canale scolmatore situato in destra orografica (nella foto non è visibile perché completamente interrato e coperto di vegetazione; nella foto si troverebbe a sinistra)



Figura 158. Lagno di Avella. Visto verso valle del manufatto modulatore. La foto è stata ripresa nel 2001 (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 159. Lagno di Avella. Visto verso monte dell'imbocco del canale scolmatore. La foto è stata ripresa nel 2001 e mostra la sua sezione completamente pulita; attualmente il canale si presenta completamente interrato (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 160.
AdBNO – 2001).

Lagno di Avella. Visto verso monte della confluenza con il Lagno di Sasso (Fonte



Figura 161.

Lagno di Avella. Visto verso valle della Vasca di Cutignano (Fonte AdBNO – 2001).

19.4 LAGNO SOMMA

In data 29 dicembre 2009 è stato eseguito un sopralluogo del tratto a monte del centro abitato di Somma Vesuviana. Di seguito sono riportate le foto più rappresentative riprese durante il sopralluogo. Sono anche riportate alcune foto del tratto a valle del centro abitato di Somma fornite dall'AdBNO, eseguite durante i rilievi del 2001.



Figura 162.

Lagno di Somma. Visto verso monte del tratto in prossimità della confluenza con il canale dei Regi lagni (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 163.
(Fonte AdBNO – 2001).

Lagno di Somma. Visto verso monte del tratto a nord del centro abitato di Marigliano



Figura 164.

Lagno di Somma. Visto verso valle della vasca di Marigliano situata a sud del del centro abitato di Marigliano (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 165. Lago di Somma. Vista verso valle della vasca di Marigliano situata a sud del centro abitato di Marigliano. Al centro della fotografia è visibile il manufatto di regolazione delle portate situato all'imbocco del tratto tombinato che attraversa il centro abitato (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 166. Lago di Leone. Vista verso monte del Lago di Leone. In secondo piano è visibile il ponte di Via Circumvallazione.



Figura 167. Lago di Leone. Ponte di Via Circumvallazione. È visibile un accentuato ammaloramento del ponte, in particolare il distacco di parte del piano di calpestio del marciapiede.



Figura 168. Vista verso monte del Lagno di Leone. Tratto a monte del ponte di Via Circumvallazione. Si può notare un accesso carraio sulla destra e la presenza dei pali dell'elettricità, tale tratto viene utilizzato per la viabilità locale.



Figura 169. Vista verso monte del Lagno di Leone. Tratto in corrispondenza del ponte di via Aldo Moro.



Figura 170. Vista verso valle del Lagno di Leone. Tratto in corrispondenza del ponte della ferrovia, visibile in secondo piano.

19.5 LAGNO DELLO SPIRITO SANTO

In data 29 dicembre 2009 è stato eseguito un sopralluogo del tratto compreso tra il centro abitato di Pomigliano d'Arco e quello di Somma Vesuviana. Di seguito sono riportate le foto più rappresentative riprese durante il sopralluogo. Sono anche riportate alcune foto fornite dall'AdBNO, eseguite durante i rilievi del 2001.



Figura 171.
AdBNO – 2001).

Lagno di Spirito Santo. Manufatto di confluenza con il canale dei Regi Lagni (Fonte



Figura 172.

Lagno di Spirito Santo. Vista verso monte del tratto terminale prima della confluenza con il canale dei Regi Lagni (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 173. Lagno di Spirito Santo. Vista verso monte dello sbocco del tratto tombato che attraversa il centro abitato di Pomigliano d'Arco (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 174. Lagno di Spirito Santo. Vista verso valle della vasca Guadagno, situata a sud del centro abitato di Pomigliano d'Arco. Nel centro della figura è visibile il manufatto di regolazione delle portate. (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 175. Lagno di Spirito Santo. Vista verso monte della vasca Guadagno.



Figura 176. Lagno di Spirito Santo. Vista verso monte della vasca Guadagno. In primo piano è visibile il manufatto in cemento per la regolazione delle portate.



Figura 177. Lagno di Sorbo. Vista verso valle del tratto in prossimità del cimitero.



Figura 178. Lagno di Sorbo. Vista verso monte del tratto in prossimità del cimitero.



Figura 179.
Orlando.

Lagno di Spirito Santo. Vista verso valle del tratto in prossimità del ponte di Via



Figura 180.
Orlando.

Lagno di Spirito Santo. Vista verso valle del tratto in prossimità del ponte di Via



Figura 181.

Lagno di Spirito Santo. Vista verso valle del tratto in prossimità del ponte della ferrovia. Sono presenti degli accessi carrai ed è visibile la presenza di veicoli parcheggiati; in questo tratto l'alveo

del lago è utilizzato per la viabilità locale.



Figura 182. Lago di Amendolare. Vista verso monte in prossimità del ponte di Via Circumvallazione, visibile in secondo piano. È visibile la realizzazione di un sottopasso all'interno dell'alveo del lago.



Figura 183. Lago di Amendolare. Vista verso monte tratto a monte del centro abitato di Somma. Anche in questo caso l'alveo è utilizzato per la viabilità locale.



Figura 184. Lagno di Amendolare. Vista verso monte del tratto a monte del centro abitato di Somma. Sono visibili degli accessi pedonali e carrai.



Figura 185. Lagno di Santa Maria. Vista verso monte del tratto a monte del centro abitato di Somma. Sono visibili degli accessi pedonali e carrai.



Figura 186. Lagno di Santa Maria. Vista verso monte. È visibile in secondo piano una traversa nascosta dalla vegetazione.

19.6 LAGNO VECCHIO

Sul Lagno Vecchio (Bacino del Carmignano) non è stato eseguito nessun sopralluogo. Di seguito sono riportate le foto più rappresentative fornite dall'AdBNO, eseguite durante i rilievi del 2001.



Figura 187. Lagno di Arena (Bacino del Carmignano). Vista verso monte del tratto situato in prossimità del centro abitato di Botteghino (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 188. Lagno di Palata (Bacino del Carmignano). Vista verso monte del tratto situato in prossimità del centro abitato di San Marco (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 189. Canale del Carmignano (Bacino del Carmignano). Vista verso monte del tratto situato in prossimità della frazione di Masseria Grande (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 190. Lagno di Arpaia (Bacino del Carmignano). Vista verso monte del tratto situato in prossimità del centro abitato di San felice a Canello (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 191. Lagno di Arpaia (Bacino del Carmignano). Vista verso valle del tratto situato in prossimità del centro abitato di San felice a Canello (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 192. Lagno di Arpaia (Bacino del Carmignano). Vista verso monte del tratto situato in prossimità del centro abitato di San felice a Canello (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 193. Lagno di Arpaia (Bacino del Carmignano). Vista verso monte del tratto situato in prossimità del centro abitato di San felice a Canello (Fonte AdBNO – 2001).



Figura 194. Lagno di Arpaia (Bacino del Carmignano). Vista verso monte del tratto situato in prossimità del centro abitato di San felice a Canello (Fonte AdBNO – 2001).