

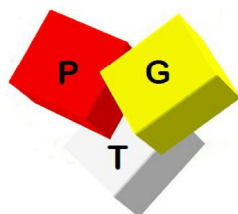


P.G.T.

# COMUNE DI ALBANO SANT'ALESSANDRO

## PROVINCIA DI BERGAMO

Servizio Pianificazione e Gestione del Territorio



### PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12 e s.m.i.

#### DOCUMENTO DI ANALISI E GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO LEGGE REGIONALE 4/2016, R.R. 7/2017 E R.R. 8/2019 "INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA"

Relazione: Rif. <b>RG/17413/21</b> Rev. 00	<b>RELAZIONE TECNICA</b>	Scala:  /
Allegato: Rif.		Data:  <b>06/10/2021</b>

Radazione:



**ECOGEO**  
di Marsetti dott. Diego  
Via F.lli Calvi, 2 - 24122 BERGAMO  
Tel. 035/27.11.55 Fax 035/23.98.82  
C.F. MRS RST 63E21 L388N - Part. IVA 02131120160  
<http://www.ecogeo.net> e-mail: [info@ecogeo.net](mailto:info@ecogeo.net)  
Posta Elettronica Certificata: [ecogeo@pec.ecogeo.net](mailto:ecogeo@pec.ecogeo.net)

*Il Professionista*  
Dott. Geol. Diego Marsetti

Collaboratori:

Dott. Geol. Etorina Gambirasio  
Dott. Claudio Bonetti  
Dott. Ing. Marco Iasi

Il Sindaco:  
Geom. Gianmario Zanga

Il Segretario Comunale:  
Dott.ssa Paola Maria Xibilia

Il Responsabile SPGT:  
Ing. Fabio Marchesi

Adottato con delibera CC N° del  
Approvato con delibera CC N° del  
Depositato presso Segreteria Comunale il  
Pubblicato sul BURL n° del

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO







- RICERCHE GEOLOGICHE
- TRATTAMENTO DELLE ACQUE
- TECNOLOGIE D'AMBIENTE
- PROTEZIONE DALLA CORROSIONE
- INFORMATICA APPLICATA

## **ECOGEO di Marsetti dott. Diego**

Via F.lli Calvi, 2 - 24122 BERGAMO  
Tel. 035/27.11.55 Fax 035/23.98.82  
C.F. MRS RST 63E21 L388N P.IVA 02131120160  
<http://www.ecogeo.net> e-mail: [info@ecogeo.net](mailto:info@ecogeo.net)

REL. RG/17413/21

# **AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI ALBANO SANT'ALESSANDRO**

*Piazza Caduti per la Patria, n.2, 24061 Albano Sant'Alessandro (BG)*

## **DOCUMENTO DI ANALISI E GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO PER IL COMUNE DI ALBANO SANT'ALESSANDRO (BG)**

**Legge Regionale 4/2016,  
R.R. 7/2017 e 8/2019 di invarianza idrologica – idraulica**

### **RELAZIONE TECNICA**

#### **INDICE**

<b>1 -</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>9</b>
<b>2 -</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>11</b>
<b>3 -</b>	<b>PROGETTO DI INVARIANZA IDROLOGICA-IDRAULICA .....</b>	<b>13</b>
3.1	INQUADRAMENTO IDROLOGICO .....	14
3.2	DEFINIZIONE DELL'EVENTO METEORICO DI PROGETTO .....	17
3.3	INDIVIDUAZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE.....	19
3.4	LIMITI DI SCARICO NEI CORPI RECETTORI.....	21
3.5	CRITERI DI CALCOLO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE.....	22
3.5.1	Metodo delle sole piogge.....	23
3.5.2	Procedura dettagliata (modello afflussi-deflussi: invaso lineare) .....	24

3.5.3	Requisiti minimi (art. 12 del R.R. n.8 del 19 Aprile 2019) .....	28
3.6	SISTEMI DI LAMINAZIONE .....	29
3.7	MISURE STRUTTURALI E NON STRUTTURALI .....	30
3.7.1	Misure strutturali .....	30
3.7.2	Misure non strutturali .....	30
<b>4 -</b>	<b>RETICOLO IDRICO COMUNALE .....</b>	<b>34</b>
4.1	RETICOLO IDRICO PRINCIPALE .....	36
4.2	RETICOLO IDRICO DEL CONSORZIO DI BONIFICA DELLA MEDIA PIANURA BERGAMASCA .....	37
4.3	RETICOLO IDRICO MINORE .....	38
<b>5 -</b>	<b>RETE FOGNARIA COMUNALE.....</b>	<b>40</b>
<b>6 -</b>	<b>DELIMITAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO.....</b>	<b>41</b>
6.1	RISCHIO IDRAULICO – QUADRO NORMATIVO .....	42
6.2	ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA (studio Murachelli 2020).....	45
6.2.1	Interventi di laminazione 1A-2A-3A .....	46
6.2.2	Studio della pericolosità idraulica - stato di fatto .....	49
6.2.3	Studio della pericolosità idraulica - post-interventi 1A-2A-3A .....	52
6.3	ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO (studio Ecogeo 2021).....	55
6.3.1	Studio del rischio idraulico - stato di fatto .....	56
6.3.2	Studio del rischio idraulico - post-interventi 1A-2A-3A.....	66
6.4	NUOVO VOLUME DI LAMINAZIONE 4A SU T. ZERRA (studio Ecogeo).....	71
6.4.1	Cassa di espansione – 1° ipotesi: con paratoia mobile .....	74
6.4.2	Cassa di espansione – 2° ipotesi: con paratoia fissa.....	79
6.5	NUOVO VOLUME DI LAMINAZIONE 5A SU VALLE BOLLA (studio Ecogeo).....	82
6.5.1	Calcolo del volume di laminazione .....	84
6.6	INSUFFICIENZE PUNTUALI SEGNALATE PER ESPERIENZA DIRETTA.....	88
6.6.1	Criticità fognaria 1.....	89
6.6.2	Criticità fognaria 2.....	91
6.6.3	Criticità fognaria 3.....	93
<b>7 -</b>	<b>MISURE DI INVARIANZA IDROLOGICA-IDRAULICA PER AMBITI DI TRASFORMAZIONE E RIQUALIFICAZIONE.....</b>	<b>94</b>
7.1	AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT1 .....	95
7.1.1	Soluzioni progettuali .....	96
7.1.2	Calcolo dei volumi di laminazione.....	99
7.2	AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT2 .....	103
7.2.1	Soluzioni progettuali .....	104
7.2.2	Calcolo del volume di laminazione .....	107
7.3	AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT3 .....	111
7.3.1	Soluzioni progettuali .....	112
7.3.2	Calcolo del volume di laminazione .....	115
7.4	AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT4 .....	118

7.4.1	Soluzioni progettuali .....	119
7.4.2	Calcolo dei volumi di laminazione.....	122
7.5	AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT5 .....	126
7.5.1	Soluzioni progettuali .....	127
7.5.2	Calcolo dei volumi di laminazione.....	130
7.6	AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT6 .....	134
7.6.1	Soluzioni progettuali .....	135
7.6.2	Calcolo dei volumi di laminazione.....	138
7.7	AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT7 .....	142
7.7.1	Soluzioni progettuali .....	143
7.7.2	Calcolo dei volumi di laminazione.....	146
<b>8 -</b>	<b>TABELLE RIEPILOGATIVE.....</b>	<b>149</b>
8.1	RIEPILOGO CRITICITÀ FOGNARIE E MISURE DI INTERVENTO .....	149
8.2	RIEPILOGO MISURE DI INVARIANZA IDROLOGICA-IDRAULICA PER GLI AMBITI DI TRASFORMAZIONE.....	150
8.3	RIEPILOGO INTERVENTI CONSIGLIATI PER MITIGAZIONE RISCHIO .....	151

## FIGURE

<b>Figura 1</b> – Confini comunali Comune di Albano Sant’Alessandro (BG).....	11
<b>Figura 2</b> - Vista dall’alto (Ortofoto) del Comune di Albano Sant’Alessandro (BG). .....	12
<b>Figura 3</b> – Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica (dal sito di ARPA Lombardia). .....	15
<b>Figura 4</b> – Ietogramma Chicago lordo (in BLU) e netto (in ROSSO) dell’evento meteorico di progetto T50. ....	18
<b>Figura 5</b> – Ambiti a diversa criticità idraulica (la freccia rossa indica il Comune di Albano Sant’Alessandro). ....	19
<b>Figura 6</b> – Classi di intervento e modalità di calcolo dei volumi di laminazione (R.R. n.8 del 19 aprile 2019). ....	22
<b>Figura 7</b> – Immagine esemplificativa di un’idrogramma di piena. ....	26
<b>Figura 8</b> – Immagine esemplificativa del processo di laminazione. ....	27
<b>Figura 9</b> – Immagine esemplificativa del sistema vasca di laminazione + pompa di sollevamento. ....	29
<b>Figura 10</b> – Immagine esemplificativa del sistema pozzo disperdente. ....	29
<b>Figura 11</b> – Reticolo Idrico del Comune di Albano Sant’Alessandro (in <b>blu</b> il reticolo idrico principale, in <b>verde</b> il reticolo idrico minore, in <b>azzurro</b> il reticolo idrico del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca). 35	
<b>Figura 12</b> – Intervento 1A: Area di laminazione in derivazione lungo il T. Zerra ad Albano S. Alessandro. ....	46
<b>Figura 13</b> – Intervento 2A: Area di laminazione in derivazione lungo il T. Seniga a Cenate Sotto. ....	47
<b>Figura 14</b> – Intervento 3A: Area di laminazione in linea lungo il T. Valle d’Albano ad Albano S. Alessandro. ....	48
<b>Figura 15</b> – Stato di fatto: Risultati modellazione idrodinamica bidimensionale ai sensi del PGRA. ....	50
<b>Figura 16</b> – Stato di fatto: Risultati modellazione idrodinamica bidimensionale ai sensi del DGR n. 2616/2011. ....	51
<b>Figura 17</b> – Stato di progetto: Risultati modellazione idrodinamica bidimensionale ai sensi del PGRA. ....	53
<b>Figura 18</b> – Stato di progetto: Risultati modellazione idrodinamica bidimensionale ai sensi del DGR n. 2616/2011. ....	54
<b>Figura 19</b> – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 1 – Stato di fatto. ....	57
<b>Figura 20</b> – Infrastrutture fognarie e reticolo idrico in Zona 1 (il retino rosso segnala l’insufficienza fognaria di via Marconi e via Gramsci). ....	58
<b>Figura 21</b> – Planimetria generale dell'intervento sul T. Valle d’Albano e particolare della soglia di attivazione... 59	
<b>Figura 22</b> – Adeguamento della sezione di deflusso del T. Zerra a monte dell’immissione del T. Valle d’Albano. ....	59
<b>Figura 23</b> – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 2 – Stato di fatto. ....	61
<b>Figura 24</b> – Infrastrutture fognarie e reticolo idrico presenti in Zona 2 (il retino rosso segnala l’insufficienza fognaria di via Marconi). ....	62
<b>Figura 25</b> – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 3 – Stato di fatto. ....	63
<b>Figura 26</b> – Infrastrutture fognarie e reticolo idrico presenti in Zona 3 (il retino rosso segnala le insufficienze fognarie). ....	64
<b>Figura 27</b> – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 4 – Stato di fatto. ....	65
<b>Figura 28</b> – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 1 – post interventi di laminazione 1A 2A 3A. ....	67
<b>Figura 29</b> – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 2 – post interventi di laminazione 1A 2A 3A. ....	68

<b>Figura 30</b> – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 3 – post interventi di laminazione 1A 2A 3A.....	69
<b>Figura 31</b> – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 4 – post interventi di laminazione 1A 2A 3A.....	70
<b>Figura 32</b> – Ubicazione planimetrica della cassa di espansione in linea 4A sul Torrente Zerra.....	71
<b>Figura 33</b> – Idrogrammi di piena di riferimento alla sezione M028, lungo il t. Zerra a monte della confluenza del .....	72
<b>Figura 34</b> – Funzionamento ideale di una cassa di espansione.....	73
<b>Figura 35</b> – Grafico Idrogrammi per cassa di espansione 4A in linea sul Torrente Zerra (T100 – IP.1).....	74
<b>Figura 36</b> – Grafico Idrogrammi per cassa di espansione 4A in linea sul Torrente Zerra (T20 – IP.1).....	76
<b>Figura 37</b> – Grafico Idrogrammi per cassa di espansione 4A in linea sul Torrente Zerra (T100 – IP.2).....	79
<b>Figura 38</b> – Ubicazione planimetrica della cassa di espansione in linea 5A sulla Valle Bolla.....	82
<b>Figura 39</b> – Ietogramma Chicago lordo (in BLU) e netto (in ROSSO) dell’evento meteorico di progetto T100... 85	
<b>Figura 40</b> – Idrogrammi di ingresso (BLU) e di uscita (ROSSO).....	86
<b>Figura 41</b> – Volumi cumulati in ingresso (VERDE), in uscita (ROSSO) e volumi invasati (BLU).....	87
<b>Figura 42</b> – Criticità fognaria 1: tronchi fognari che risultano idraulicamente insufficienti da analisi diretta.....	89
<b>Figura 43</b> – Criticità fognaria 2: insufficienza idraulica del Fosso Ranzucchetto ASA04.....	91
<b>Figura 44</b> – Ambito di trasformazione AT1.....	95
<b>Figura 45</b> – Stralcio da Carta della Permeabilità – AT1 (da PGT – Componente Geologica).....	97
<b>Figura 46</b> – Stralcio della rete fognaria nei pressi di AT1 (da PUGSS).....	97
<b>Figura 47</b> – Schema delle soluzioni progettuali ottimali per l’ambito AT1.....	98
<b>Figura 48</b> – Idrogrammi di ingresso (BLU) e di uscita (ROSSO) – AT1.....	101
<b>Figura 49</b> – Volumi cumulati in ingresso (VERDE), in uscita (ROSSO) e volumi invasati (BLU) – AT1.....	102
<b>Figura 50</b> – Ambito di trasformazione AT2.....	103
<b>Figura 51</b> – Stralcio da Carta della Permeabilità – AT2 (da PGT – Componente Geologica).....	105
<b>Figura 52</b> – Stralcio della rete fognaria nei pressi di AT2 (da PUGSS).....	105
<b>Figura 53</b> – Schema delle soluzioni progettuali ottimali per l’ambito AT2.....	106
<b>Figura 54</b> – Idrogrammi di ingresso (BLU) e di uscita (ROSSO) – AT2.....	109
<b>Figura 55</b> – Volumi cumulati in ingresso (VERDE), in uscita (ROSSO) e volumi invasati (BLU) – AT2.....	110
<b>Figura 56</b> – Ambito di trasformazione AT3.....	111
<b>Figura 57</b> – Stralcio da Carta della Permeabilità – AT3 (da PGT – Componente Geologica).....	113
<b>Figura 58</b> – Stralcio della rete fognaria nei pressi di AT3 (da PUGSS).....	113
<b>Figura 59</b> – Schema delle soluzioni progettuali ottimali per l’ambito AT3.....	114
<b>Figura 60</b> – Ambito di trasformazione AT4.....	118
<b>Figura 61</b> – Stralcio da Carta della Permeabilità – AT4 (da PGT – Componente Geologica).....	120
<b>Figura 62</b> – Stralcio della rete fognaria nei pressi di AT4 (da PUGSS).....	120
<b>Figura 63</b> – Schema delle soluzioni progettuali ottimali per l’ambito AT4.....	121
<b>Figura 64</b> – Idrogrammi di ingresso (BLU) e di uscita (ROSSO) – AT4.....	124
<b>Figura 65</b> – Volumi cumulati in ingresso (VERDE), in uscita (ROSSO) e volumi invasati (BLU) – AT4.....	125

<b>Figura 66</b> – Ambito di trasformazione AT5.....	126
<b>Figura 67</b> – Stralcio da Carta della Permeabilità – AT5 (da PGT – Componente Geologica).....	128
<b>Figura 68</b> – Stralcio della rete fognaria nei pressi di AT5 (da PUGSS).....	128
<b>Figura 69</b> – Schema delle soluzioni progettuali ottimali per l’ambito AT5.....	129
<b>Figura 70</b> – Idrogrammi di ingresso (BLU) e di uscita (ROSSO) – AT5. ....	132
<b>Figura 71</b> – Volumi cumulati in ingresso (VERDE), in uscita (ROSSO) e volumi invasati (BLU) – AT5.....	133
<b>Figura 72</b> – Ambito di trasformazione AT6.....	134
<b>Figura 73</b> – Stralcio da Carta della Permeabilità – AT6 (da PGT – Componente Geologica).....	136
<b>Figura 74</b> – Stralcio della rete fognaria nei pressi di AT6 (da PUGSS).....	136
<b>Figura 75</b> – Schema delle soluzioni progettuali ottimali per l’ambito AT6.....	137
<b>Figura 76</b> – Idrogrammi di ingresso (BLU) e di uscita (ROSSO) – AT6. ....	140
<b>Figura 77</b> – Volumi cumulati in ingresso (VERDE), in uscita (ROSSO) e volumi invasati (BLU) – AT6.....	141
<b>Figura 78</b> – Vista su base Ortofoto dell’ambito di trasformazione AT7.....	142
<b>Figura 79</b> – Stralcio da Carta della Permeabilità – AT7 (da PGT – Componente Geologica).....	144
<b>Figura 80</b> – Schema delle soluzioni progettuali ottimali per l’ambito AT7.....	144
<b>Figura 81</b> – Idrogrammi di ingresso (BLU) e di uscita (ROSSO) – AT7. ....	147
<b>Figura 82</b> – Volumi cumulati in ingresso (VERDE), in uscita (ROSSO) e volumi invasati (BLU) – AT7.....	148



## TABELLE

Tabella 1 – Parametri A1, n, GEV (dal sito di ARPA Lombardia).....	14
Tabella 2 – Parametri a, n calcolati per i diversi tempi di ritorno T.....	15
Tabella 3 – Numerazione e descrizione corsi d’acqua del RIM di Albano Sant’Alessandro.....	39
Tabella 4 – Classi di pericolosità H1, H2, H3, H4.....	43
Tabella 5 – Classi di vulnerabilità E1, E2, E3, E4.....	43
Tabella 6 – Classi di Rischio Idraulico R1, R2, R3, R4.....	44
Tabella 7 – Caratteristiche tecniche della cassa di espansione 1A.....	46
Tabella 8 – Caratteristiche tecniche della cassa di espansione 2A.....	47
Tabella 9 – Caratteristiche tecniche della cassa di espansione 3A.....	48
Tabella 10 – Caratteristiche della cassa di espansione 4A in linea sul t. Zerra – IP.1.....	75
Tabella 11 – Calcolo del volume di invaso (T100) della cassa di espansione 4A in linea sul t. Zerra – IP.1.....	76
Tabella 12 – Calcolo del volume di invaso (T20) della cassa di espansione 4A in linea sul t. Zerra – IP.1.....	78
Tabella 13 – Caratteristiche della cassa di espansione 4A in linea sul t. Zerra – IP.2.....	80
Tabella 14 – Calcolo del volume di invaso (T100) della cassa di espansione 4A in linea sul t. Zerra – IP.2.....	81
Tabella 15 – Caratteristiche della cassa di espansione 5A in linea sulla Valle Bolla.....	87
Tabella 16 – Riepilogo delle criticità fognarie e delle relative misure di intervento.....	149
Tabella 17 – Tabella riepilogativa per gli ambiti di trasformazione del Comune di Albano S. Alessandro.....	150
Tabella 18 – Riepilogo delle misure di intervento per la mitigazione del rischio idraulico.....	151

## ALLEGATI

Allegato 1 – Ambiti di Trasformazione .....	I
Allegato 2 – PUGGS Fognatura Comunale .....	II
Allegato 3 – Carta del Rischio Idraulico (senza interventi di laminazione).....	III
Allegato 4 – Carta del Rischio Idraulico (con interventi di laminazione).....	IV

## 1 -PREMESSA

A seguito dell'incarico affidato allo scrivente da parte della **AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI ALBANO SANT'ALESSANDRO** è stato redatto il presente Documento di analisi e gestione del Rischio Idraulico in conformità con:

- La **Legge Regionale 15 marzo 2016 - n. 4** "Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua", che introduce al Capo II il principio di invarianza idraulica, invarianza idrologica e drenaggio urbano sostenibile, al fine " *... di prevenire e di mitigare i fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico provocati dall'incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli e, conseguentemente, di contribuire ad assicurare elevati livelli di salvaguardia idraulica e ambientale ...*".
- Il **Regolamento Regionale 19 aprile 2019 - n. 8** "Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 "Legge per il governo del territorio"), che prevede all'art. 14 la redazione di uno Studio comunale di gestione del rischio idraulico o di un Documento semplificato del rischio idraulico comunale a seconda del livello di criticità dei bacini dei corsi d'acqua, secondo i criteri dell'art 7 del sopra citato regolamento.

Entrambi i documenti, seppur con diversi livelli di approfondimento, hanno l'obbiettivo di analizzare le condizioni di pericolosità idraulica che, associate a vulnerabilità ed esposizione del territorio analizzato, individuano le situazioni di rischio, sulle base delle quali individuare le misure strutturali e non strutturali eventualmente necessarie.

La presente relazione contiene:

- La delimitazione delle aree a rischio idraulico del territorio comunale, di cui al comma 7, lettera a), numeri 3 e 4 del R.R. 8/2019.
- L'indicazione, comprensiva di definizione delle dimensioni di massima, delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica, sia per la parte già

urbanizzata del territorio che per gli ambiti di nuova trasformazione, e l'individuazione delle aree da riservare per le stesse.

- L'indicazione delle misure non strutturali ai fini dell'attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale, quale l'incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente, nonché delle misure non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle condizioni di rischio, quali le misure di protezione civile e le difese passive attivabili in tempo reale.

Per la stesura del presente lavoro è stato consultato

- Il PGRA dell'Autorità di Bacino del Fiume Po
- Il PGT del Comune di Albano Sant'Alessandro
- Lo studio idraulico di dettaglio "Perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica inerenti ai Torrenti Zerra e Seniga all'interno del territorio dei Comuni Albano S. Alessandro, Montello, S. Paolo d'Argon e Torre dè Roveri – CIG Z5A2AF4200" del 03/2020, redatto da Studio Ing. Adriano Murachelli
- Le informazioni storiche sulla rete di drenaggio del Comune di Albano Sant'Alessandro e le informazioni recuperate presso l'ente gestore della rete e l'amministrazione comunale basate su esperienza diretta
- I rilievi topografici esistenti
- L'aerofotogrammetria dell'area

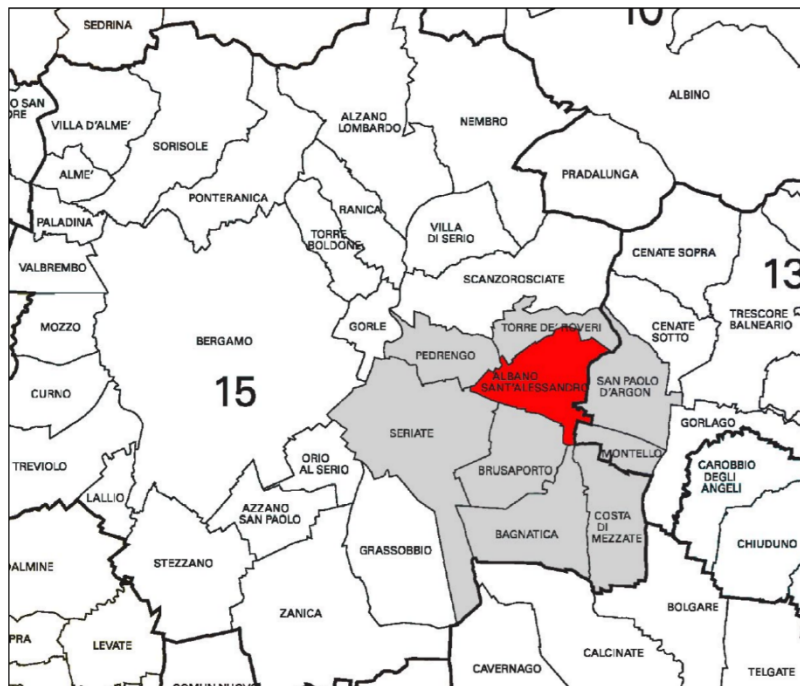
**Si fa presente, infine, che i professionisti incaricati conservano i diritti d'autore sul lavoro presentato, elaborati cartografici compresi e che la committenza può utilizzare gli stessi una sola volta e soltanto per lo specifico fine per il quale essi sono stati eseguiti.**

## 2 -INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il Comune di Albano Sant' Alessandro è un comune posto ai piedi della collina di S. Giorgio e della Valle d' Albano sulla S.S. 42 del Tonale, che si estende su di una superficie di 5,28 kmq nell'ambito del territorio della provincia di Bergamo, ed è collocato nella parte centro-orientale del territorio provinciale.

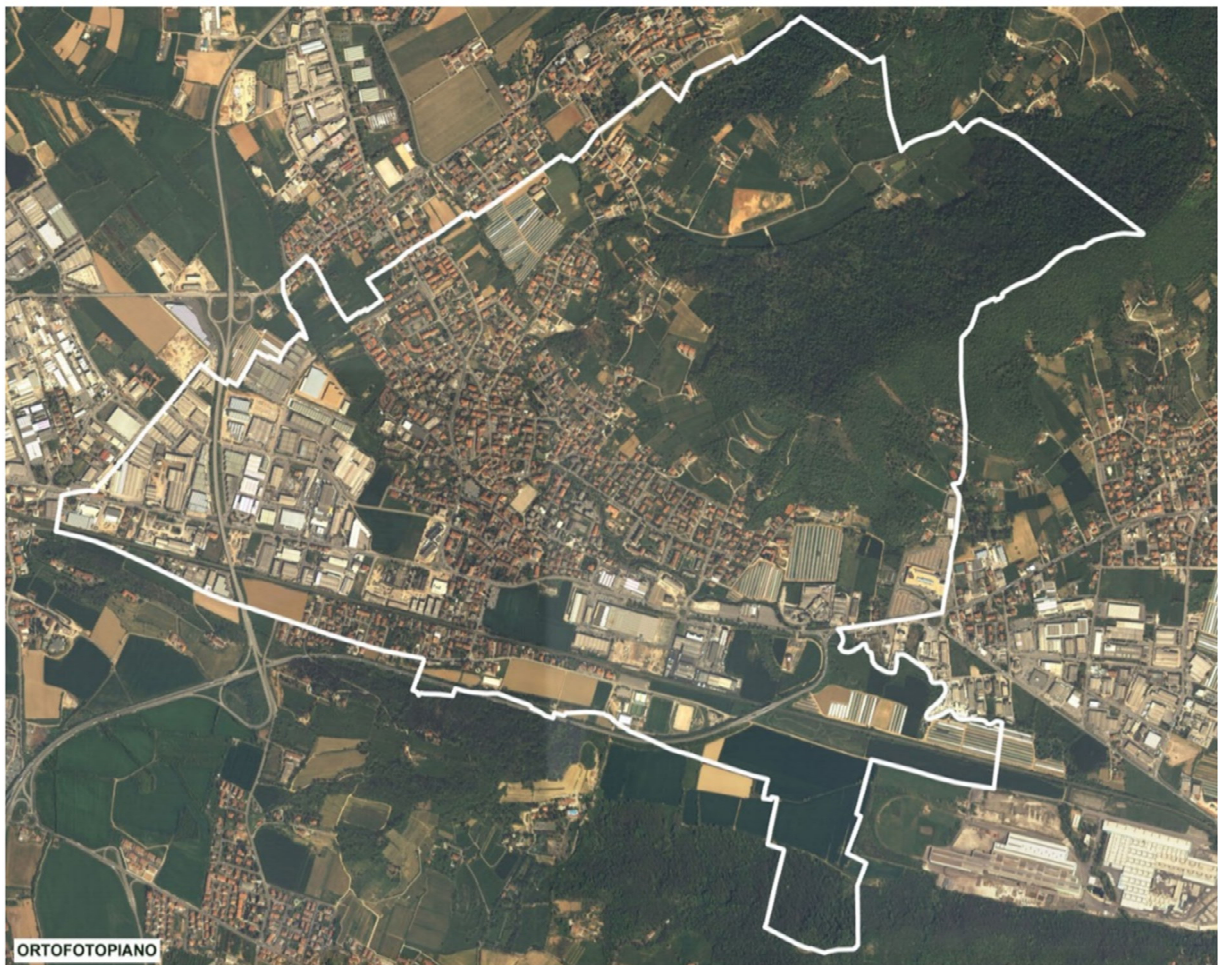
Come segnalato in **Figura 1**, il Comune confina:

- a nord con il comune di Torre de' Roveri
- ad est con i Comuni di S. Paolo d'Argon e Montello
- a sud con i Comuni di Seriate, Brusaporto, Bagnatica, Costa di Mezzate, Montello
- ad ovest con i Comuni di Pedrengo e Torre De' Roveri.



**Figura 1** – Confini comunali Comune di Albano Sant' Alessandro (BG).

Il Comune di Albano Sant' Alessandro ha un'elevata pressione insediativa di molto superiore ai comuni confinanti, che si traduce in una forte densità demografica pari a circa 1.515 ab/Kmq.



**Figura 2** - Vista dall'alto (Ortofoto) del Comune di Albano Sant'Alessandro (BG).



### **3 -PROGETTO DI INVARIANZA IDROLOGICA-IDRAULICA**

Nei seguenti paragrafi si riassumono i punti principali del decreto di invarianza idrologica-idraulica (R.R. 7/2019, aggiornato dal R.R. 8/2019), necessari per il calcolo dei volumi di laminazione di ognuno degli ambiti di trasformazione definiti nel PGT del Comune di Albano Sant'Alessandro.

Gli **ambiti di trasformazione urbanistica**, per i quali dovranno essere applicate le norme di invarianza idrologica-idraulica, sono descritti in dettaglio nel Capitolo 7 -.

### 3.1 INQUADRAMENTO IDROLOGICO

Il riferimento per l’informazione pluviometrica da utilizzare nello sviluppo degli studi previsti dal R.R. 7/2019, aggiornato dal R.R. 8/2019, (decreto di invarianza idrologica-idraulica), secondo l’allegato G dello stesso decreto, sono le **Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica** ricavate da ARPA Lombardia.

Sul sito di ARPA Lombardia è possibile accedere ai dati raster dei parametri “a” e “n” della LSPP con risoluzione al suolo di 2 km x 2 km, ricavati secondo il modello probabilistico GEV scala invariante, con stima dei parametri puntuali tramite il metodo degli L-moments e estrapolazione spaziale dei quantili.

Accedendo al sito <http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml> è possibile, tramite ricerca per comune o pluviometro, visualizzare le stazioni ed il territorio di interesse e scaricare i valori dei parametri delle LSPP stimati con la metodologia sopra indicata.

Le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica hanno espressione:

$$h_T(D) = a \cdot w_T \cdot (D)^n$$

dove h rappresenta l’altezza di pioggia, fissato un determinato tempo di ritorno T, ed è funzione di una certa durata D della precipitazione, a e  $w_T$  sono dei parametri della funzione di probabilità GEV, con cui si ritengono distribuite le precipitazioni intense.

Tale funzione assume la formula:

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

I parametri che compaiono nell’equazione precedente, presentano una variabilità spaziale e quindi variano all’interno del territorio regionale. Arpa Lombardia fornisce, per il comune di Albano Sant’Alessandro, i seguenti parametri relativi all’equazione:

Parametro	Valore
A1 - Coefficiente pluviometrico orario	29.57
N - Coefficiente di scala	0.29550001
GEV - parametro alpha	0.29809999
GEV - parametro kappa	-0.0093999999
GEV - parametro epsilon	0.82499999

**Tabella 1 – Parametri A1, n, GEV (dal sito di ARPA Lombardia).**

Da cui si ottengono i parametri caratteristici pluviometrici per i vari tempi di ritorno T:

Parametri LSPP	T = 10 anni	T = 50 anni	T = 100 anni	T = 200 anni
a	44,443	59,428	65,834	72,258
n	0,2955	0,2955	0,2955	0,2955

Tabella 2 – Parametri a, n calcolati per i diversi tempi di ritorno T.

Grazie a questi parametri si ricava il grafico riportato di seguito e denominato grafico delle curve di Possibilità Pluviometrica che indica, fissato un determinato tempo di ritorno, l'assegnata altezza di pioggia attesa in funzione della durata.

L'intensità di pioggia corrispondente è ricavabile dividendo l'altezza di precipitazione h con la durata:

$$i(D) = a \cdot w_T \cdot (D)^{n-1}$$

Tali curve sono indispensabili per poter stimare, fissato un determinato periodo di ritorno, l'altezza di pioggia attesa sull'area presa in esame, al variare della durata dell'evento meteorico considerato.

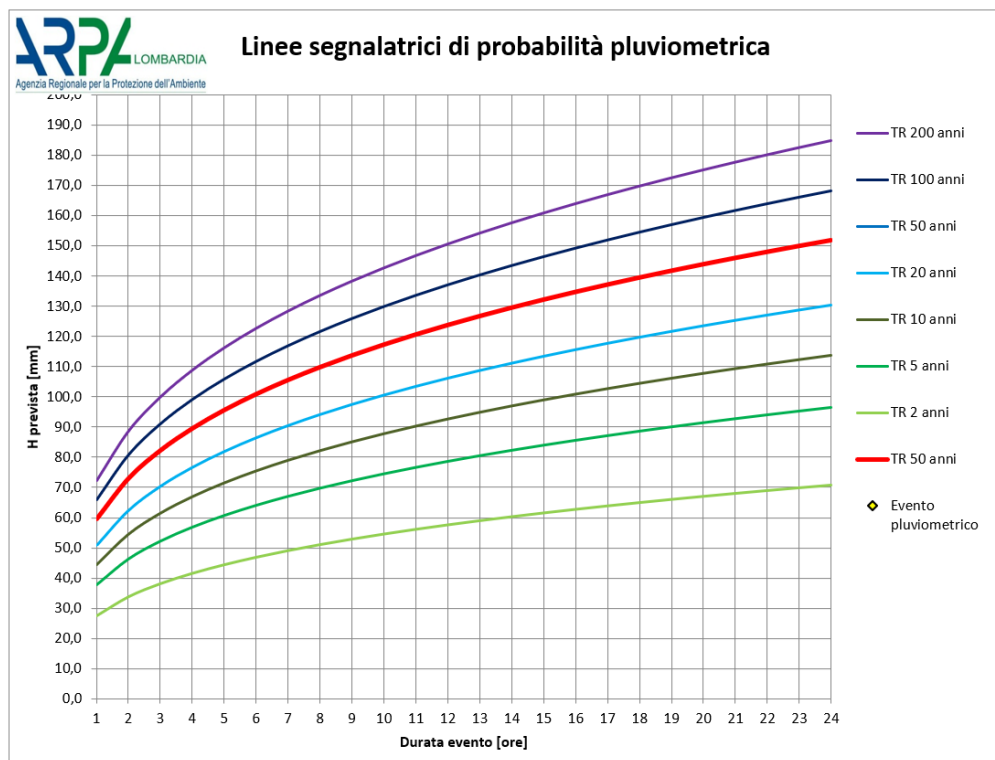


Figura 3 – Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica (dal sito di ARPA Lombardia).

In **Figura 3** è riportato il grafico delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per vari tempi di ritorno di interesse progettuale. È evidenziata con colore rosso la LSPP relativa al tempo di ritorno di 50 anni, da prendere a riferimento per la progettazione delle misure di invarianza.

### 3.2 DEFINIZIONE DELL'EVENTO METEORICO DI PROGETTO

L'evento meteorico critico viene definito, sulla base dei parametri  $a$ ,  $n$  calcolati nel Capitolo 3.1 con  $T_r = 50$  anni, da uno ietogramma di progetto, ossia un grafico che mette in relazione l'intensità di pioggia (in ordinata) con il tempo (in ascissa).

Lo ietogramma è un grafico che rappresenta, durante un evento meteorico, l'andamento dell'intensità di pioggia per un dato intervallo di tempo  $\Delta t$ . Per piccoli bacini, come quelli oggetto della presente relazione, si utilizza un passo temporale di 1 minuto.

Tra i diversi tipi di piogge sintetiche più comunemente utilizzate nella progettazione di opere idrauliche, si è scelto di utilizzare lo "**ietogramma Chicago**", che, presentando andamenti temporali non costanti, consente una migliore rappresentazione del fenomeno meteorico intenso, normalmente caratterizzato dalla presenza di picchi di intensità di pioggia.

La principale caratteristica di questo ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione dedotta dallo ietogramma stesso è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Inoltre, imponendo che la durata della pioggia sia maggiore del tempo di corrivazione del bacino, si ottiene, proprio per la caratteristica prima detta, che lo scroscio critico è certamente contenuto nella pioggia di progetto.

La costruzione dello **ietogramma Chicago lordo** (in blu in **Figura 4**) è stata eseguita numericamente, ad intervalli di 1 minuto, attraverso l'equazione:

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{tb}{r}\right)^{n-1}$$

nel tratto precedente il picco, e

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{ta}{1-r}\right)^{n-1}$$

nel tratto successivo al picco.

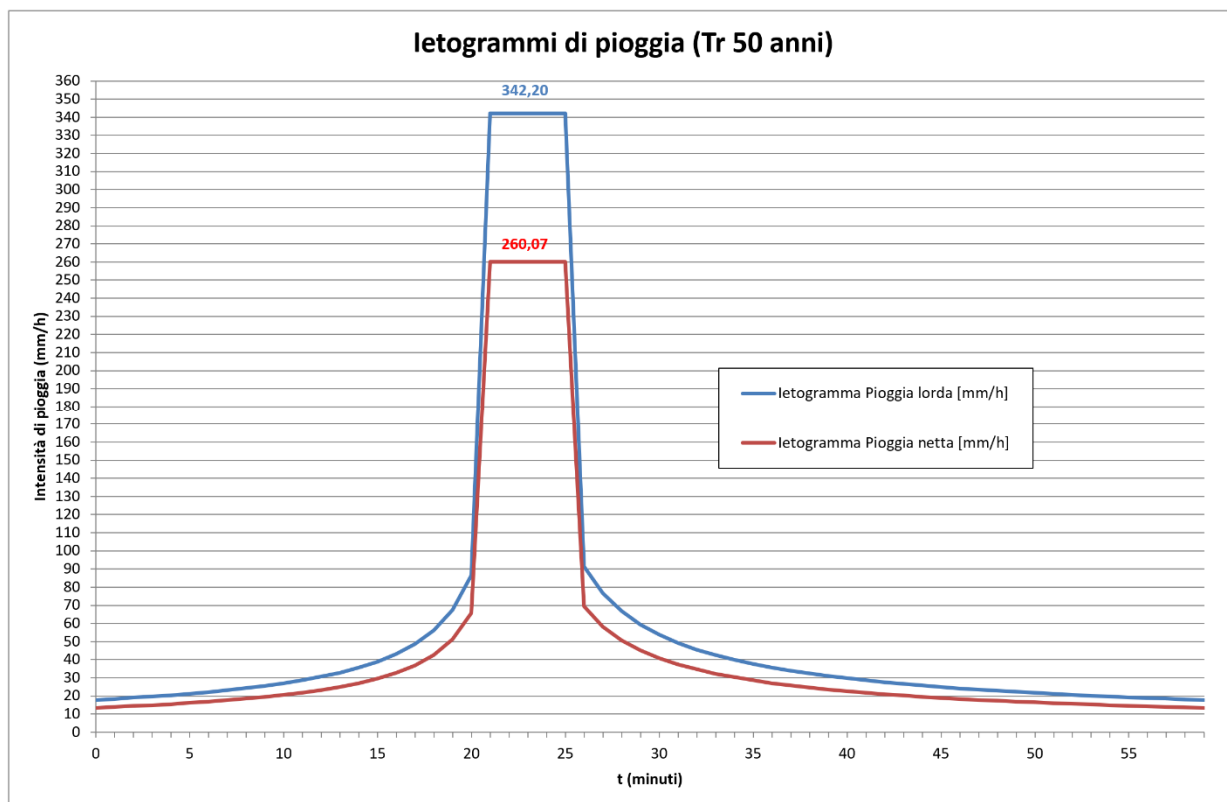
In tali equazioni,  $i(t)$  è l'intensità all'istante  $t$ ,  $a$  e  $n$  sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica,  $t_a$  e  $t_b$  i tempi (contati rispettivamente dal picco verso la fine dell'evento e dal picco verso l'inizio dello stesso),  $r$  la posizione del picco lungo l'asse dei tempi (rapporto tra il tempo di picco e la durata totale).

La posizione del picco risulta di fondamentale importanza per questo tipo di ietogramma e generalmente nei bacini urbani si ha  $0,3 < r < 0,4$ . In questo caso si è scelto di posizionarlo a  $3/8$  ( $r = 0,375$ ) della durata complessiva (1 ora) dell'evento sintetizzato.

Per ricavare lo **ietogramma Chicago netto** (in **rosso** in **Figura 4**), si moltiplica lo ietogramma lordo per un coefficiente di efflusso  $\varphi$  che definisce le perdite idrologiche per accumuli iniziali e per infiltrazione, in relazione alle tipologie del suolo e della tipologia di urbanizzazione in progetto.

Per calcolare il coefficiente di efflusso medio ponderale si è considerato che ogni ambito di trasformazione urbanistica (vedi Capitolo 7 -) sarà costituito da un 30% di superficie  $S_{perm}$  permeabile ( $\varphi_{perm} = 0,2$ ) e da un restante 70% di superficie  $S_{imp}$  impermeabile ( $\varphi_{imp} = 1$ ):

$$\varphi_{medio} = \frac{(\varphi_{perm} S_{perm}) + (\varphi_{imp} S_{imp})}{S_{tot}} = 0,76$$



**Figura 4** – Ietogramma Chicago lordo (in BLU) e netto (in ROSSO) dell'evento meteorico di progetto T50.



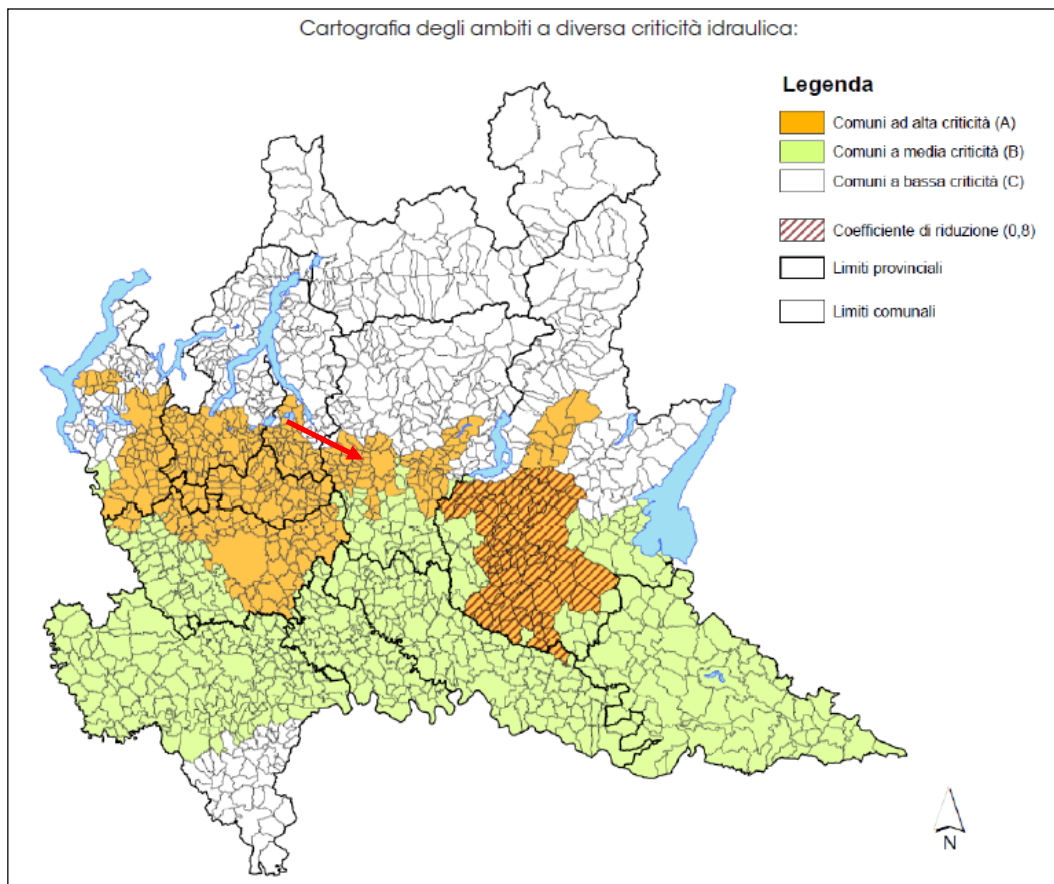
### 3.3 INDIVIDUAZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE

Le misure di invarianza idraulica ed idrologica si applicano a tutto il territorio regionale e per tutti i tipi di permeabilità del suolo, seppure con calcoli differenziati in relazione alla natura del suolo e all'importanza degli interventi. I limiti allo scarico devono essere diversificati in funzione:

- delle caratteristiche delle aree di formazione del deflusso e di possibile scarico delle acque meteoriche;
- dei differenti effetti dell'apporto di nuove acque meteoriche nei sistemi di drenaggio delle aree urbane o extraurbane, di pianura o di collina.

Il territorio regionale è quindi suddiviso nelle seguenti tipologie di aree, in funzione del **livello di criticità idraulica** dei bacini dei corsi d'acqua ricettori, secondo l'elenco dell'allegato B del R.R. n. 7/2017 - R.R. n. 8/2019:

- aree **A**, ovvero ad alta criticità idraulica;
- aree **B**, ovvero a media criticità idraulica;
- aree **C**, ovvero a bassa criticità idraulica.



**Figura 5** – Ambiti a diversa criticità idraulica (la freccia rossa indica il Comune di Albano Sant'Alessandro).

I comuni appartenenti a ciascuna tipologia di area sono individuati nell'allegato C al R.R. n. 7/2017, così come sostituito dal R.R. n. 8/2019. In **Figura 5** è mostrata la suddivisione del territorio lombardo nei tre ambiti di criticità A, B e C.

Secondo l'allegato C della norma, il Comune di Albano Sant'Alessandro (indicato con la freccia rossa in **Figura 5**) ricade in **area A - alta criticità idraulica**.

### 3.4 LIMITI DI SCARICO NEI CORPI RECETTORI

Per quanto riportato nel decreto di invarianza idrologica-idraulica (R.R. n. 7/2017 - R.R. n. 8/2019), gli scarichi nel corpo ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i seguenti valori massimi ammissibili ( $U_{lim}$ ):

- per le aree **A**:  $U_{lim} = 10$  l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- per le aree **B**:  $U_{lim} = 20$  l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- per le aree **C**:  $U_{lim} = 20$  l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Nel caso del Comune di Albano Sant'Alessandro, essendo classificato in Area A, il limite di scarico nel corpo recettore di  **$u_{lim} = 10$  l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.**

### 3.5 CRITERI DI CALCOLO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE

Ai sensi dell’art. 9 del R.R n.8 del 19 aprile 2019 si è verificata la classe di intervento, definendo di conseguenza le modalità di calcolo da applicare per il progetto di invarianza idrologica ed idraulica.

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL’INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Area A, B	Area C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0,4		
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Figura 6 – Classi di intervento e modalità di calcolo dei volumi di laminazione (R.R. n.8 del 19 aprile 2019).

In questo caso, essendo il Comune di Albano Sant’Alessandro collocato in Area A, la metodologia di calcolo del volume di laminazione dipende dall’estensione della superficie di intervento ( $A_{tot}$ ) e dal coefficiente di efflusso medio ponderale ( $\phi$ ).

Come specificato nel Capitolo 7 -, le superfici di intervento per i vari ambiti di trasformazione variano tra un minimo di 0,43 ettari a un massimo 4,69 ettari. Il coefficiente di efflusso medio ponderale, calcolato nel Capitolo 3.2, è pari a 0,76 ( $> 0,4$ ). Tutti gli ambiti di trasformazione si collocano, perciò, tra le Classi di intervento 2 e 3 (**Impermeabilizzazione potenziale media** e **Impermeabilizzazione potenziale alta**). Dunque, il calcolo del volume di laminazione necessario per ogni ambito di trasformazione si calcola, a seconda dell’estensione della superficie di intervento, con il metodo delle sole piogge o con la procedura dettagliata. Di seguito verranno esposti i due metodi di calcolo:

- metodo delle sole piogge;
- procedura dettagliata (modello afflussi-deflussi: metodo dell’invaso lineare).

#### NOTA

Il volume ottenuto con i due metodi di calcolo, andrà poi confrontato con quello calcolato con i requisiti minimi dell’art.12 (Capitolo 3.5.3), e si realizzerà la laminazione con il maggiore tra i due volumi.

### 3.5.1 Metodo delle sole piogge

Nel caso di "Impermeabilizzazione potenziale media" in ambiti territoriali a criticità alta o media, il calcolo del volume di laminazione con il metodo delle sole piogge si ricava con le seguenti formule (Allegato G del R.R. 8/2019):

$$W_0 = 10 S \varphi a (t_{CRIT})^n - 3,6 Q_{u\ lim} t_{CRIT}$$

$$t_{CRIT} = Q_{u\ lim} / (2,78 S \varphi a n)^{1/(n-1)}$$

dove:

S [ha] è la superficie scolante dell'ambito di trasformazione;

$\varphi$  è il coefficiente di efflusso (= 0,76);

a, n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica (Capitolo 3.1);

$t_{CRIT}$  [ore] è la durata critica dell'evento per la vasca di laminazione;

$Q_{u\ lim}$  [l/s ha] è il valore massimo ammissibile di scarico

$$Q_{u\ lim} = u_{lim} \cdot S \text{ in caso di scarico in fognatura o in corpo idrico;}$$

$$Q_{u\ lim} = Q_{infiltrazione} \text{ in caso di dispersione nel terreno;}$$

$W_0$  [m<sup>3</sup>] è il volume di laminazione.

### 3.5.2 Procedura dettagliata (modello afflussi-deflussi: invaso lineare)

Nel caso di “Impermeabilizzazione potenziale alta” in ambiti territoriali a criticità alta o media, si deve computare in dettaglio la **trasformazione afflussi - deflussi** del bacino fino alla sezione di ingresso nell’invaso (o nel complesso degli invasi) di laminazione in progetto. La procedura si sviluppa in tre fasi.

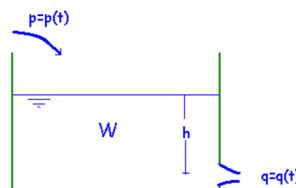
#### **Fase 1 – Definizione dell’evento critico attraverso i parametri $a$ , $n$ della Curva di Possibilità Pluviometrica e attraverso lo ietogramma di piena $i(t)$**

La fase 1 è stata sviluppata nei Capitoli 3.1 e 3.2: lo ietogramma di piena  $i(t)$  di progetto è definito in **Figura 4**.

#### **Fase 2 – Calcolo dell’idrogramma di piena $Q(t)$ e della portata di picco in ingresso alla vasca di laminazione**

Una volta definito l’evento di progetto con lo ietogramma netto (**Figura 4**), ossia gli afflussi al sistema, si devono definire i deflussi dal sistema, ossia la portata in ingresso alla vasca di laminazione. La portata in ingresso al sistema è definita dal cosiddetto idrogramma di piena, cioè un grafico che mette in relazione la portata  $Q$  in arrivo alla vasca conseguentemente all’evento critico con il tempo.

Per passare dalla pioggia in arrivo (afflussi) alla portata diretta in vasca di laminazione (deflussi), occorre scegliere un modello di trasformazione afflussi-deflussi: in questo caso si è utilizzato il “modello dell’invaso lineare” per il calcolo dell’idrogramma di piena. Questo tipo di modellazione assimila il comportamento del bacino a quello di un serbatoio soggetto ad afflussi variabili nel tempo e a deflussi dipendenti dalle caratteristiche idrauliche della sua bocca d'uscita.



La portata in entrata è rappresentata dalla precipitazione (variabile nel tempo) che si abbatte sul bacino che è calcolata come prodotto tra il coefficiente d'afflusso  $\phi$ , l'intensità di pioggia  $i$  [mm/h] (cioè lo ietogramma netto) e la superficie del bacino [ha]. La portata uscente  $q$  rappresenta la portata che transita nella sezione di chiusura, a monte della vasca di laminazione, in seguito all'evento di pioggia.



Scopo del metodo è determinare la legge  $q=q(t)$ , ossia l'andamento delle portate nel corso del tempo nella sezione di chiusura del bacino.

L'equazione che descrive l'andamento della portata nel tempo può essere ricavata applicando l'equazione di continuità al bacino:

$$p(t) - q(t) = \frac{dW}{dt}$$

Nell'ipotesi che si tratti di serbatoio lineare, il legame tra la portata uscente  $q$  ed il volume invasato  $W$  è dato dalla relazione

$$W = k \cdot q$$

in cui  $k$  è denominata "costante d'invaso".

Per la risoluzione dell'equazione suddetta, ossia la ricostruzione dell'idrogramma  $q(t)$ , è stato utilizzato il software URBIS 2003. I dati di input del modello di calcolo sono:

- ietogramma di pioggia netto;
- idrogramma unitario istantaneo (IUH), cioè la risposta del sistema all'impulso unitario  $\delta(t)$  (delta di Dirac). L'IUH serve per esprimere una serie di caratteristiche del bacino che assumiamo indipendenti dall'evento di pioggia, assumendo che il bacino si comporti come un unico invaso lineare.

L'IUH dipende esclusivamente dalla costante d'invaso  $k$  ed è dato dall'espressione

$$u(t) = \frac{1}{k} e^{-t/k}$$

Il valore della costante d'invaso  $k$  è legato al tempo di corrivazione  $t_c$  attraverso la relazione:

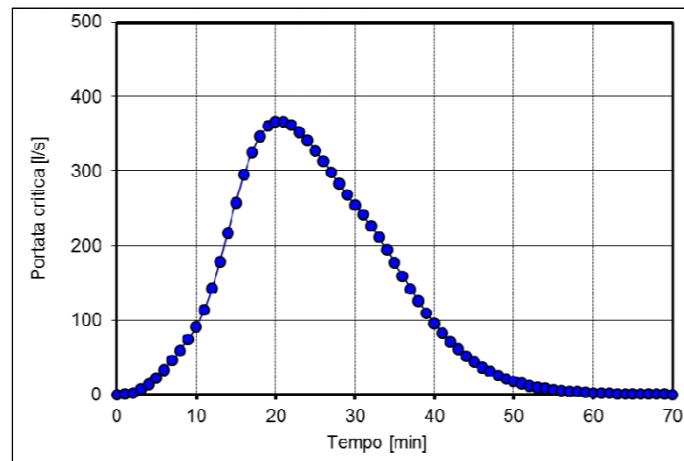
$$K = 0.7 T_c$$

dove  $t_c$  è il tempo di corrivazione massimo della rete di smaltimento acque meteoriche a monte della vasca di laminazione.

Riassumendo, i dati in ingresso per la modellazione attraverso il metodo dell'invaso lineare, per ottenere l'idrogramma di progetto, sono:

- ietogramma netto  $i(t)$  [mm/ora]
- superficie del bacino  $S$  [ha]
- tempo di corrivazione  $T_c$  [min] della rete di smaltimento a monte della vasca di laminazione (quindi la costante d'invaso  $k$ ).

Il risultato della modellazione è l'idrogramma di piena, ossia un grafico  $Q(t)$  da cui ricavare l'andamento della portata in ingresso alla vasca di laminazione nel tempo, a seguito dell'evento critico di progetto, e il conseguente valore  $Q_{max}$  di picco. In **Figura 7** si riporta un grafico esemplificativo di un idrogramma di piena.



**Figura 7** – Immagine esemplificativa di un'idrogramma di piena.

### **Fase 3 – Calcolo del volume di laminazione**

Il dimensionamento dell'invaso (o degli invasi) di laminazione avviene applicando le equazioni seguenti al fine di computare l'idrogramma uscente  $Q_u(t)$  dalla bocca (o dall'insieme delle bocche) di scarico dell'invaso (o degli invasi) e quindi verificare

- il rispetto del valore della massima portata ammissibile  $Q_{u\ max}$  (Capitolo 3.4)
- il rispetto del tempo massimo di svuotamento di ( $t_{svuot} = 48$  ore).

I fattori che influiscono sull'effetto di laminazione operato da un invaso di tipo statico sono il volume massimo in esso contenibile, la sua geometria e le caratteristiche delle opere di scarico.

Il processo di laminazione, nel tempo  $t$ , è descritto matematicamente dal seguente sistema di equazioni:

- equazione differenziale di continuità:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

- legge di efflusso che governa le opere preposte allo scarico dall'invaso o in generale allo svuotamento dell'invaso:

$$Q_u(t) = Q_u [H(t)]$$

- curva d'invaso, esprime il legame geometrico tra il volume invasato ed il battente idrico H nell'invaso:

$$W(t) = W [H(t)]$$

dove

$Q_e(t)$  rappresenta la portata entrante,

$Q_u(t)$  quella complessivamente uscente dall'insieme delle opere di scarico,

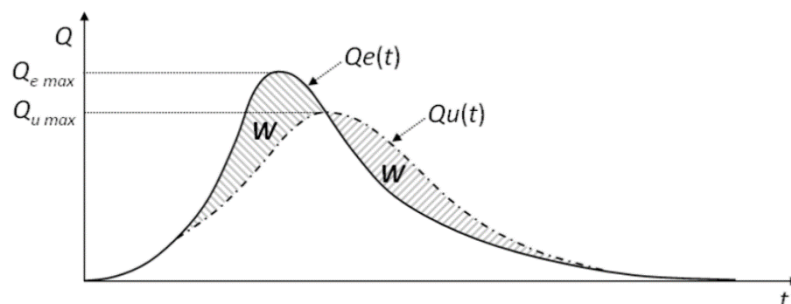
$W(t)$  il volume invasato,

$H(t)$  il battente idrico nell'invaso.

Nota l'onda di piena entrante  $Q_e(t)$  e note le funzioni riferite alle effettive caratteristiche geometriche ed idrauliche della bocca o delle bocche di scarico ed all'effettiva geometria dell'invaso, l'integrazione del sistema delle tre equazioni consente di calcolare le tre funzioni incognite  $Q_u(t)$ ,  $H(t)$  e  $W(t)$ . Il calcolo viene riferito ad un evento di piena entrante  $Q_e(t)$  selezionato come "evento di progetto" (l'idrogramma di piena) e cercando le soluzioni dimensionali affinché la portata uscente  $Q_u(t)$  sia sempre inferiore o al massimo uguale al preassegnato limite massimo  $Q_{u \max}$  indicato nel Capitolo 3.4.

Una volta risolto il sistema di equazioni e quindi calcolate le funzioni incognite  $Q_u(t)$ ,  $H(t)$  e  $W(t)$ , se ne possono individuare i rispettivi valori massimi  $Q_{u \max}$ ,  $H_{\max}$  e  $W_{\max}$ , verificando che essi siano compatibili con i vincoli assegnati. Tali valori massimi si verificano nella fase di decrescita della piena entrante e in particolare nell'istante in cui la portata in uscita  $Q_u$  diventa pari alla portata entrante  $Q_e$ .

Riportando in un grafico le onde entranti e uscenti da un invaso generico, il massimo volume d'invaso  $W_{\max}$  (cioè il volume della vasca di laminazione) è dato dall'area compresa tra le due curve fino al raggiungimento della portata uscente massima  $Q_{u \max}$  (**Figura 8**).



**Figura 8** – Immagine esemplificativa del processo di laminazione.

### 3.5.3 Requisiti minimi (art. 12 del R.R. n.8 del 19 Aprile 2019)

I volumi calcolati con i metodi sopra citati, vanno confrontati con i requisiti minimi dell'art. 12 del R.R. n.8 del 19 Aprile 2019, che impongono come volume minimo di laminazione un volume dato da:

$$W_o = W_{o \text{ min INV}} S \varphi:$$

dove:

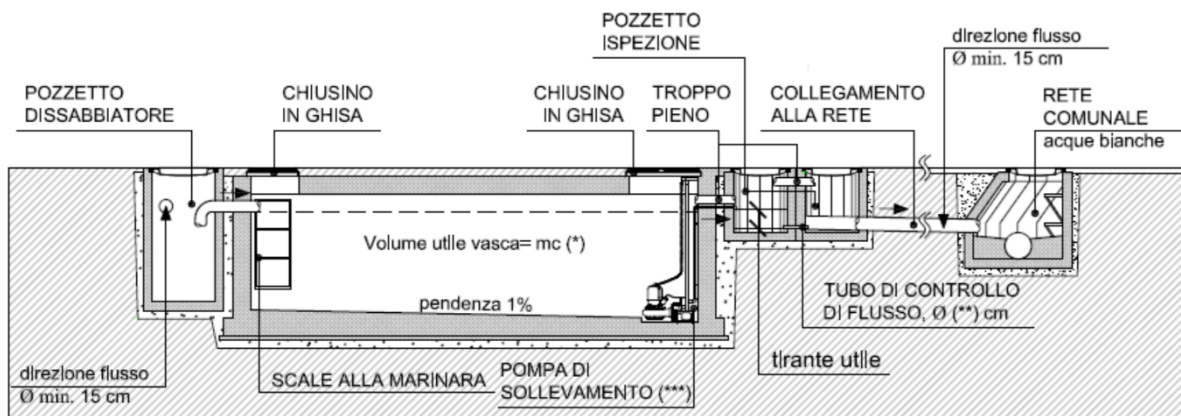
$W_{o \text{ min INV}} = 800 \text{ m}^3$  per ettaro di superficie scolante impermeabile (essendo il Comune di Albano Sant'Alessandro in area di criticità elevata A);  
S [ha] è la superficie scolante dell'ambito di trasformazione;  
 $\varphi$  è il coefficiente di efflusso (= 0,76).

Si utilizzerà per la laminazione il maggiore tra i volumi calcolati.

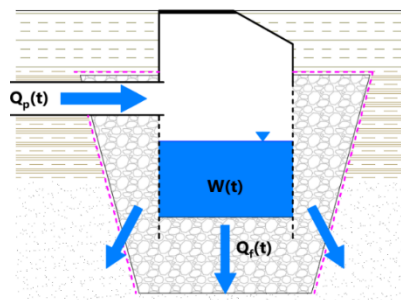
### 3.6 SISTEMI DI LAMINAZIONE

Nella pratica, la legge di efflusso  $Q_u(t)$  citata nel Paragrafo 3.5.2, è generalmente una funzione costante, infatti, il sistema di laminazione della piena installato a valle della rete di smaltimento delle acque meteoriche può essere di due tipi:

- Caso 1 (**Figura 9**): il sistema di laminazione è costituito da una vasca con all'interno una pompa di scarico verso la fognatura comunale o un corpo idrico recettore; in tal caso la portata in uscita è  $Q_u = Q_{\text{pompa}} = Q_{u \text{ max}} = \text{costante}$ ;
- Caso 2 (**Figura 10**): il sistema di laminazione è costituito da un sistema di pozzi disperdenti; in tal caso la portata in uscita dal volume di laminazione è la portata di infiltrazione che dipende dalle caratteristiche del terreno:  $Q_u = Q_{\text{infiltrazione}} = \text{costante}$ .



**Figura 9** – Immagine esemplificativa del sistema vasca di laminazione + pompa di sollevamento.



**Figura 10** – Immagine esemplificativa del sistema pozzo dispersente.

La legge di efflusso sarebbe costituita da un'equazione dipendente dal tirante idrico  $Q(t) = Q[H(t)]$  solo nel caso in cui si riesca a scaricare dalla vasca di laminazione verso il recettore con un sistema di smaltimento a gravità.

### **3.7 MISURE STRUTTURALI E NON STRUTTURALI**

Di seguito si espongono le tipologie di misure strutturali e non strutturali descritte in letteratura scientifica e inerenti al regolamento di invarianza idrologica – idraulica R.R. n. 7/2017 – R.R. n. 8/2019.

#### **3.7.1 Misure strutturali**

Le misure strutturali, per l'attuazione delle politiche di invarianza idraulica a scala comunale, consistono in opere quali pozzi disperdenti, vasche di laminazione con o senza disperdimento in falda, vie d'acqua superficiali per il drenaggio delle acque meteoriche eccezionali, atte a risolvere anche parzialmente le criticità idrauliche descritte precedentemente.

Il R.R. n. 7/2017 – R.R. n. 8/2019 indica che tali misure debbano essere individuate dal comune con l'eventuale collaborazione del gestore del servizio idrico integrato.

Attualmente, il gestore della rete fognaria del Comune di Albano Sant'Alessandro è UNIACQUE SPA.

Pertanto, le misure strutturali proposte nel presente elaborato, sono indicazioni di massima che potranno essere proposte al gestore del servizio idrico integrato al fine di una successiva pianificazione e specifica progettazione.

#### **3.7.2 Misure non strutturali**

Le misure non strutturali, per l'attuazione delle politiche di invarianza idraulica a scala comunale, sono azioni volte a ridurre la vulnerabilità degli elementi esposti al rischio idraulico e l'entità dei danni conseguenti ad un evento di piena, che vengono messe in atto senza ricorso ad opere vere e proprie, ma facendo affidamento a provvedimenti normativi di carattere urbanistico/edilizio, regole comportamentali, fino anche a procedure di protezione civile.

La definizione di queste misure può risultare complessa e richiede un coordinamento con la pianificazione comunale di carattere urbanistico e di emergenza.

Si deve intendere infatti che queste misure, da parte dell'Amministrazione comunale, possano avere i seguenti contenuti:

- individuazione di aree nelle quali è richiesta la rigorosa applicazione delle misure di invarianza idraulica e idrologica previste dal regolamento regionale, anche con meccanismi per promuovere e incentivare l'applicazione delle suddette misure all'edificato esistente e l'estensione agli interventi che non ricadono nell'ambito di applicazione;
- previsioni urbanistiche che introducano su determinate aree del territorio vincoli correlati con le politiche di recepimento dell'invarianza idraulica ed idrologica previste dal regolamento regionale, quali ad esempio il mantenimento di aree libere da qualsiasi edificazione e da riservare all'eventuale futura ubicazione di presidi di laminazione delle acque (sia quelle pluviali di drenaggio urbano che quelle di esondazione da corsi d'acqua);
- previsioni di inserimento, anche in ambiti di trasformazione di iniziativa privata, di presidi di laminazione e/o regimazione delle acque pluviali con carattere di più ampia utilità pubblica, in grado cioè di ridurre anche le criticità idrauliche di aree esterne all'ambito di intervento;
- adozione di tipologie edilizie nelle aree soggette a criticità e/o rischio idraulico che escludano edifici mono-piano, vani interrati e seminterrati, o quantomeno che prevedano la collocazione delle soglie di ingresso e del piano terreno calpestabile a quota compatibile con i tiranti idrici previsti in caso di esondazione o allagamento urbano;
- iniziative per l'informazione dei cittadini sulle aree a rischio idraulico e adozione di efficaci misure di allertamento della popolazione residente nelle aree soggette a tale rischio e conseguente adozione di procedure di gestione dell'emergenza.

Quanto sopra, elencato in modo non esaustivo, ha il solo fine di veicolare i principi concettuali del regolamento regionale e sensibilizzare l'Amministrazione comunale per il corretto approccio alla pianificazione urbanistica da intraprendere nel breve e medio periodo.

A carico degli attuatori o proponenti di interventi, le misure possono tradursi in un elenco di prescrizioni che potranno essere successivamente elaborate, adattate alla scala locale o meglio finalizzate alle peculiarità del territorio comunale per essere inserite nel piano delle regole del P.G.T. o nel regolamento edilizio per quanto concerne gli aspetti di pertinenza:

- tutti i nuovi interventi infrastrutturali ed edilizi dovranno:
  - conformarsi a quanto contenuto nella disciplina che regola l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica;
  - tendere a minimizzare l'impermeabilizzazione delle superfici e adottare, attraverso specifica ricerca, analisi e studio a cura del progettista, le soluzioni e i materiali più efficaci per la riduzione del carico idraulico generato dalla costruzione delle opere;
  - prediligere, in tutti i casi ove compatibile con i livelli di falda e con la natura litologica del terreno, sistemi di dispersione delle acque pluviali nel primo sottosuolo (eventualmente dopo trattamento primario per la rimozione di sedimenti o composti oleosi) mediante pozzi disperdenti, trincee e tubazioni drenanti, ecc.
  - prevedere il modellamento plano-altimetrico delle aree a verde pertinenziale delle residenze così da agevolare il rallentamento e l'assorbimento delle acque e, quando possibile, anche il modellamento plano-altimetrico dei cortili e dei piazzali di manovra, ancorché pavimentati, così da contribuire all'azione di laminazione e ritardo dei deflussi;
  - programmare ciclici interventi di manutenzione delle opere realizzate per garantire il mantenimento delle caratteristiche prestazionali originarie.
- in aggiunta alle misure di cui sopra e alle opere di laminazione eventualmente necessarie per conseguire i principi di invarianza idraulica ed idrologica, per gli interventi edilizi di tipo residenziale a bassa densità abitativa e con disponibilità di cortili o verde pertinenziale, dovrà essere incentivata l'installazione di serbatoi / vasche di accumulo delle acque pluviali provenienti dalle coperture degli edifici per consentirne il riuso per scopi compatibili quali l'innaffiamento, il lavaggio ed altri usi, comunque non di carattere potabile, nell'ottica di un contenimento dei consumi idrici e di un contributo alla riduzione dei deflussi.
- in relazione alle caratteristiche delle reti di smaltimento pubbliche esistenti ed in previsione di possibili interventi di ammodernamento e separazione delle stesse, tutti i nuovi interventi edilizi dovranno realizzare preferibilmente sistemi di raccolta delle acque di tipo duale, ossia con reti separate per acque bianche (pluviali non contaminate) ed acque nere (acque di scarico civile o pluviali contaminate es. da vasche di prima pioggia).
- per ogni intervento urbanistico soggetto a convenzione pubblica, dovrà essere previsto uno specifico accordo con il gestore del servizio idrico integrato, per la puntuale definizione degli interventi di adeguamento e/o potenziamento delle



infrastrutture fognarie, necessari a conseguire la completa sostenibilità degli incrementi del carico idraulico previsti.

È auspicabile, inoltre, che a carico del singolo cittadino sia promossa la consapevolezza sul grado di rischio del territorio di residenza e l'osservanza delle disposizioni di protezione civile contenute nello specifico piano, con particolare riferimento alla localizzazione delle aree di emergenza e alle misure comportamentali indicate dal piano stesso.

## 4 - RETICOLO IDRICO COMUNALE

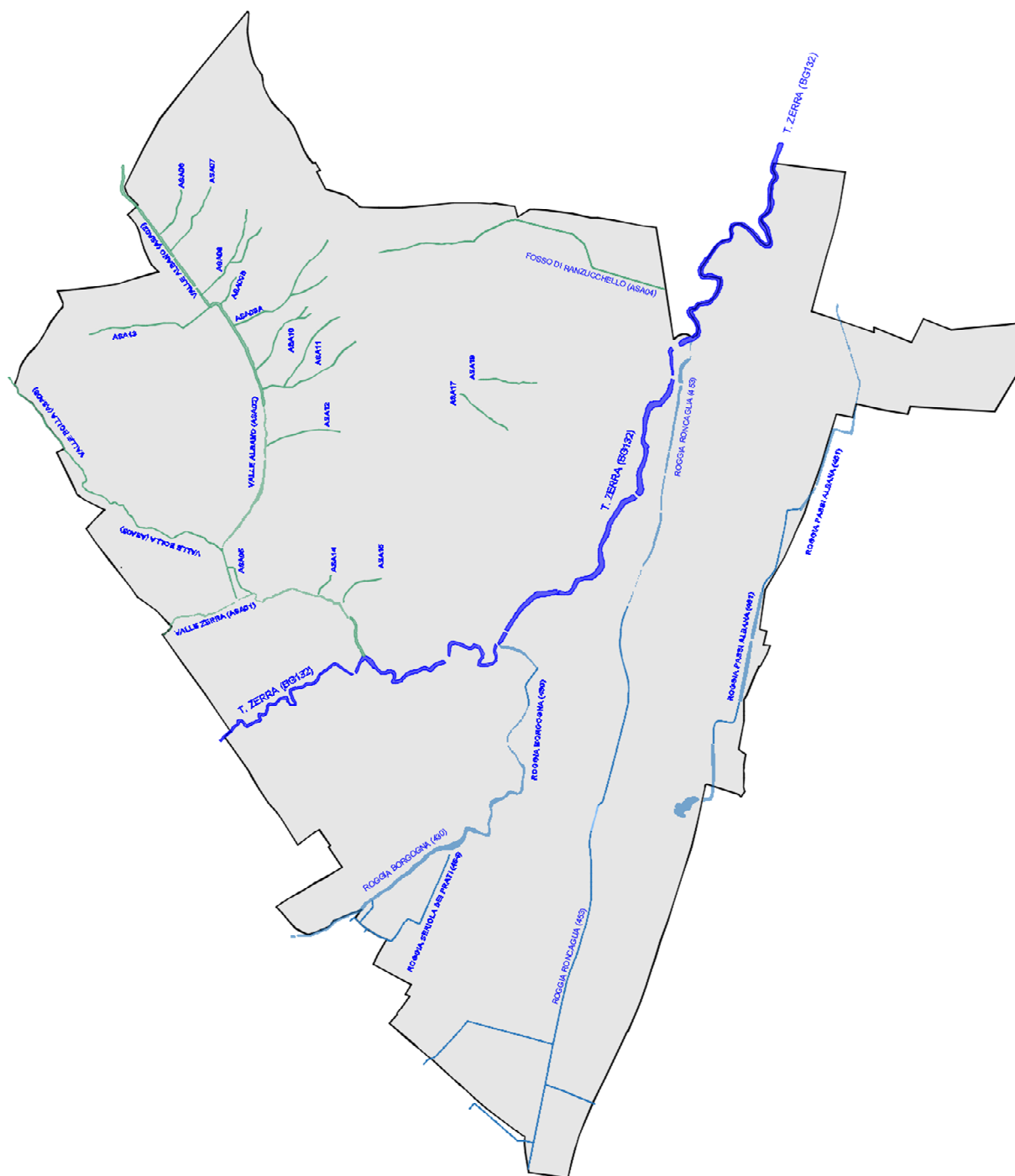
Per poter analizzare la pericolosità idraulica del territorio comunale è necessario conoscere le principali fonti di pericolo presenti. A tal fine, in questo capitolo, saranno elencati i corsi d'acqua naturali e artificiali che fanno parte del reticolo idrografico comunale, in quanto possibili origini di fenomeni di allagamento di porzioni di territorio. Verranno riportate contestualmente anche le autorità idrauliche responsabili del rilascio dei titoli abilitativi allo scarico in tali ricettori. È importante conoscere le autorità idrauliche dei singoli corsi d'acqua identificati per orientare i proponenti di interventi soggetti al rispetto dei requisiti di invarianza idraulica ed idrogeologica nelle richieste dei titoli abilitativi che devono accompagnare la presentazione dei progetti, come previsto dall'art. 6 del Regolamento.

Con riferimento alla **Figura 11**, si segnalano a tal proposito tre reticoli idrici distinti all'interno del comune di Albano Sant'Alessandro:

- Reticolo idrico principale RIP (in blu)
- Reticolo Idrico Minore RIM (in verde)
- Reticolo idrico del Consorzio di Bonifica Media Pianura Bergamasca (in azzurro)

I corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico sono numerati, come da Tavole di individuazione del RIM (*Rif. P6944-6948 – Reticolo Idrico Minore – Aggiornamento 01, redatte da Ecogeo S.r.l.*).

Nel presente elaborato, il reticolo idrico, con relativa numerazione è segnalato nelle Carte del Rischio in **Allegato 3** e **Allegato 4**.



**Figura 11** – Reticolo Idrico del Comune di Albano Sant'Alessandro (in **blu** il reticolo idrico principale, in **verde** il reticolo idrico minore, in **azzurro** il reticolo idrico del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca).

#### 4.1 RETICOLO IDRICO PRINCIPALE

L'unico corso d'acqua del Comune di Albano Sant'Alessandro appartenente al Reticolo Idrico Principale, sui quali l'esercizio delle attività di Polizia Idraulica compete alla Regione Lombardia, è il **Torrente Zerra** – con sigla identificativa **BG132**.

Sul Torrente Zerra la polizia idraulica e gli atti autorizzativi e di concessione sono di competenza della Sede Territoriale della Regione Lombardia di Bergamo e valgono le disposizioni del Regio Decreto 25 luglio 1904 n°523 - Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie, la D.G.R. n°10/883 del 31.10.2013 e successive modificazioni e integrazioni.

#### **4.2 RETICOLO IDRICO DEL CONSORZIO DI BONIFICA DELLA MEDIA PIANURA BERGAMASCA**

Appartengono al reticolo di bonifica del “Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca” i seguenti corsi d’acqua riportati nell’All. D della D.g.r. n°7/7868 del 25.01.2002:

- **Roggia Borgogna** – con sigla identificativa **430**
- **Roggia Passi Albana o Cavo Passi** – con sigla identificativa **461**
- **Roggia Roncaglia** – con sigla identificativa **453**
- **Roggia Seriola dei Prati** – con sigla identificativa **454**

Sui suddetti corsi d’acqua la polizia idraulica, la manutenzione e gli atti autorizzativi e di concessione sono di competenza del “Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca”, pertanto dovranno essere rispettate le prescrizioni indicate nel relativo regolamento di polizia idraulica, a cui si rimanda, il quale recepisce le disposizioni indicate dal R.D. n. 368 dell’8 maggio 1904.

### 4.3 RETICOLO IDRICO MINORE

La gestione del Reticolo Idrico Minore è di competenza del Comune di Albano Sant'Alessandro.

Sulla base del database topografico comunale si è individuato il Reticolo Idrico Minore del comune di Albano Sant'Alessandro. Una volta proceduto alla classificazione dei corsi d'acqua presenti nel territorio comunale, il Reticolo Idrico Minore è stato costituito da tutti quelli non appartenenti al Reticolo Idrico Principale (individuato nell'Allegato A della deliberazione n.10/883), non appartenenti al Reticolo di competenza dei Consorzi di Bonifica (individuato nell'Allegato D della deliberazione n.10/883) e che non siano canali privati.

I corsi d'acqua sono suddivisi in funzione dei bacini idrografici di appartenenza sottesi dalle aste fluviali e torrentizie del Reticolo Idrico Principale.

Gli elenchi costituenti il reticolo minore del Comune di Albano Sant'Alessandro, sono riportati in forma tabellare; per ogni corso d'acqua sono definite le seguenti informazioni:

- **Numerazione progressiva:** contiene un codice alfanumerico che identifica ogni corso d'acqua;
- **Denominazione:** contiene un toponimo del corso d'acqua, così come indicato sulle cartografie;
- **Sbocco:** contiene l'indicazione del corpo ricettore.

Di seguito si riporta la tabella relativa i corsi d'acqua del Reticolo Idrico Minore presenti sul territorio comunale di Albano Sant'Alessandro.

<b>Num. Progr.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Sbocco</b>
ASA01	Valle Zerra	Torrente Zerra
ASA02	Valle Albano	Valle Zerra
ASA03	Valle Bolla	Valle Albano
ASA04	Fosso Ranzucchello	Torrente Zerra
ASA05		Valle Zerra
ASA06		Valle Albano
ASA07		Valle Albano
ASA08		Valle Albano
ASA09 A-B		Valle Albano
ASA10		Valle Albano
ASA11		Valle Albano
ASA12		Valle Albano
ASA13		Valle Albano
ASA14		Valle Zerra
ASA15		Valle Zerra
ASA17		Si spaglia
ASA18		Si spaglia

**Tabella 3 – Numerazione e descrizione corsi d'acqua del RIM di Albano Sant'Alessandro.**

Il corso d'acqua ASA16 è stato eliminato dalle cartografie in quanto non risultano evidenze della sua presenza.

## 5 -RETE FOGNARIA COMUNALE

Oltre al reticolo idrografico descritto in precedenza, concorre a comporre il quadro della pericolosità idraulica del territorio comunale la rete fognaria a servizio delle aree urbanizzate, in quanto può essere messa in crisi da eventi meteorologici, sia a causa dell'intensità eccezionale di questi ultimi, sia a causa dell'insufficienza intrinseca delle infrastrutture di rete. La conseguenza è l'allagamento delle aree urbanizzate circostanti causate dall'incapacità della rete fognaria di drenare le precipitazioni.

Il comune di Albano Sant'Alessandro è servito da una rete fognaria mista (attualmente gestita da UNIACQUE SPA) riportata in planimetria in **Allegato 2** (Tavola PUGSS Sistema fognario – scala 1:5000).

Lo studio delle criticità relative alla fognatura comunale è descritto nel dettaglio nel Capitolo 6.6.



## 6 - DELIMITAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO

In questo Capitolo, verranno identificate tutte le aree problematiche dal punto di vista idraulico del Comune di Albano Sant'Alessandro, in particolare:

- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico, identificate da studi idrologico-idraulici specifici;
- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico, identificate da analisi diretta, per insufficienza della Rete Fognaria o del Reticolo Idrico.

Tali aree verranno sovrapposte alle vulnerabilità presenti sul territorio comunale, sia analizzando l'urbanizzazione esistente, sia le previsioni del P.G.T. vigente, ottenendo così una rappresentazione del rischio idraulico del territorio comunale, riassunto nelle Carte del Rischio Idraulico in **Allegato 3** e **Allegato 4**.

## 6.1 RISCHIO IDRAULICO – QUADRO NORMATIVO

Il **Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)**, redatto in recepimento della Direttiva 2007/60/CE (Direttiva alluvioni), introduce per gli stati membri l'obbligo di dotarsi di un quadro coordinato per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvione e di un Piano di Gestione del rischio alluvioni (PGRA) per la salvaguardia della vita umana e dei beni esposti e la mitigazione dei danni da esse derivanti. Tale obbligo è stato recepito a livello nazionale con il D.Lgs. 49/2010 che prevede la predisposizione del PGRA nell'ambito delle attività di pianificazione di bacino.

Il PRGA prevede di effettuare la mappatura della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali, che vengono così definiti:

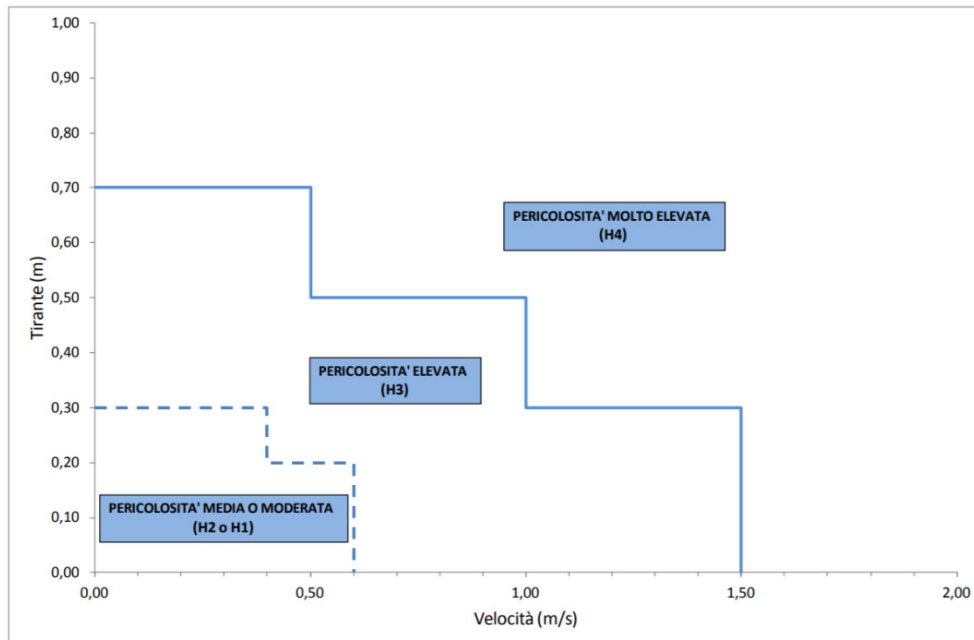
- Reticolo principale (**RP**): costituito dall'asta del fiume Po e dai suoi principali affluenti nei tratti di pianura e nei principali fondovalle montani e collinari.
- Reticolo secondario collinare e montano (**RSCM**): costituito dai corsi d'acqua secondari nei bacini collinari e montani e dai tratti montani dei fiumi principali.
- Reticolo secondario di pianura (**RSP**): costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio-bassa pianura padana.
- Aree costiere marine (**ACM**): sono le aree costiere del mare Adriatico in prossimità del delta del fiume Po.
- Aree costiere lacuali (**ACL**): sono le aree costiere dei grandi laghi alpini (Lago Maggiore, Como, Garda, ecc.).

Per ciascuno degli ambiti definiti in precedenza, sono stati individuati nel PGRA i seguenti scenari di esondazione (**classi di pericolosità**):

- **Alluvioni frequenti (H)**: estensione delle esondazioni con tempo di ritorno TR 30 - 50 anni (pericolosità massima);
- **Alluvioni poco frequenti (M)**: estensione delle esondazioni con tempo di ritorno TR 100 - 200 anni (pericolosità media);
- **Alluvioni rare (L)**: estensione delle esondazioni con tempo di ritorno TR fino a 500 anni (pericolosità minima).

Per descrivere compiutamente i passaggi che hanno portato alla definizione delle nuove classi di rischio per il Comune di Albano Sant'Alessandro, è bene riprendere quanto riportato nell' **Allegato 4 della DGR 2616/2011**, al punto 3.5:

“All’interno delle aree esondabili individuate devono essere delimitate zone a diverso livello di pericolosità idraulica, sulla base, in particolare, dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento. Per la classificazione dei diversi livelli di pericolosità idraulica si fa riferimento al grafico seguente.



**Tabella 4 – Classi di pericolosità H1, H2, H3, H4.**

Partendo dalle aree a diversa pericolosità idraulica di cui al precedente punto 3.4, si procede a una suddivisione in zone a diverso livello di rischio attuale e potenziale (ossia conseguente a eventuali successive utilizzazioni delle aree), la cui quantificazione dovrà essere effettuata mettendo in relazione la pericolosità (H), l’entità degli elementi a rischio - o danno potenziale – (E) e la vulnerabilità degli stessi (V) secondo la relazione di natura qualitativa:  $R = H \times E \times V$ . Le classi del danno potenziale sono determinate in funzione degli elementi a rischio contenuti. Si veda in proposito la seguente tabella:

DANNO POTENZIALE	ELEMENTI A RISCHIO
Grave (E4)	Centri urbani, beni architettonici, storici, artistici, insediamenti produttivi, principali infrastrutture viarie, servizi di elevato valore sociale
Medio (E3)	Aree a vincolo ambientale e paesaggistico, aree attrezzate di interesse comune, infrastrutture viarie secondarie
Moderato (E2)	Aree agricole di elevato pregio (vigneti, frutteti)
Basso (E1)	Seminativi

**Tabella 5 – Classi di vulnerabilità E1, E2, E3, E4.**

*Ponendo (a favore di sicurezza) la vulnerabilità pari a 1, il rischio idraulico deriva dall'intersezione di pericolo e danno potenziale, come di seguito riportato:*

	<b>H4</b>	<b>H3</b>	<b>H2</b>	<b>H1</b>
<b>E4</b>	R4	R4	R2	R2
<b>E3</b>	R3	R3	R2	R1
<b>E2</b>	R2	R2	R1	R1
<b>E1</b>	R1	R1	R1	R1

**Tabella 6 – Classi di Rischio Idraulico R1, R2, R3, R4.**

*La delimitazione delle aree a diverso livello di rischio sarà riportata sulla cartografia dello strumento urbanistico comunale. Le aree caratterizzate da livelli di rischio pari a R4 sono da ritenersi incompatibili con qualunque tipo di urbanizzazione, e in esse dovranno essere escluse nuove edificazioni. Ad esse viene attribuita, nella carta di fattibilità delle azioni di piano, classe 4. Le aree caratterizzate da livelli di rischio pari a R3 possono ritenersi compatibili con l'urbanizzazione a seguito della realizzazione di opere di mitigazione del rischio o mediante accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile e immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili. A tali aree viene attribuita, nella carta di fattibilità delle azioni di piano, classe 3. (...)"*

## **6.2 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA (studio Murachelli 2020)**

Si riportano in questo Capitolo i risultati dello studio idraulico “Perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica inerenti ai Torrenti Zerra e Seniga all'interno del territorio dei Comuni Albano S. Alessandro, Montello, S. Paolo d'Argon e Torre de' Roveri – CIG Z5A2AF4200” del 03/2020, redatto da Studio Ing. Adriano Murachelli.

I bacini idrografici dei torrenti Zerra e Seniga, interessati con elevata frequenza da problematiche idrauliche relative prevalentemente a locali fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua in concomitanza di eventi meteorici di maggiore intensità, sono stati oggetto di studio idrologico-idraulico a scala di bacino redatto dall'Ing. Adriano Murachelli nel 2017 tramite un apposito tavolo tecnico composto da Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca, Regione Lombardia (UTR Bergamo), Uniacque S.p.A. (gestore del servizio idrico integrato) e dai Comuni di Torre De' Roveri, Scanzorosciate, Albano Sant'Alessandro, Cenate Sotto, San Paolo d'Argon, Montello, Costa di Mezzate e Bagnatica.

Lo studio sopracitato del 03/2020, sempre a cura dell'Ing. Adriano Murachelli, rappresenta un ulteriore approfondimento ed aggiornamento delle indagini idrologico-idrauliche effettuate in quella sede, intervenute a seguito di ulteriori informazioni raccolte e fornite dai Comuni interessati e focalizzate sul rispettivo territorio comunale.

In particolare, sono state perimetrate le aree di pericolosità in due diversi scenari:

- lo scenario senza interventi (stato di fatto),
- lo scenario in cui siano stati realizzati gli interventi 1A, 2A e 3A.

Dove:

- L'intervento 1A consiste nella realizzazione di una vasca di laminazione in derivazione lungo il Torrente Zerra in Comune di Albano S. Alessandro;
- L'intervento 2A consiste nella realizzazione di una cassa di espansione in derivazione sul Torrente Seniga in Comune di Cenate Sotto
- L'intervento 3A consiste nella realizzazione di una vasca di laminazione in linea sul Torrente Valle d'Albano in Comune di Albano S. Alessandro.

### 6.2.1 Interventi di laminazione 1A-2A-3A

L'**intervento 1A** prevede la realizzazione di una cassa di espansione in derivazione in sponda destra del Torrente Zerra, ubicata in un'area di pertinenza fluviale e nel Comune di Albano S. Alessandro. L'area risulta delimitata fisicamente dall'alveo del torrente e dal rilevato della tangenziale (**Figura 12**).



**Figura 12** – Intervento 1A: Area di laminazione in derivazione lungo il T. Zerra ad Albano S. Alessandro.

Area complessiva (mq)	33'300
Area al netto degli argini (mq)	23'350
Volume di invaso (mc)	91'600
Quota di massimo invaso (m s.l.m)	233.70
Quota di coronamento delle arginature esterne (m s.l.m)	234.70
Quota di coronamento delle arginature lato fiume (m s.l.m)	234.20-235.50
Quote di fondo cassa di progetto (m s.l.m)	229.90-230.60
Quote di P.C. allo stato di fatto (m s.l.m)	232.00-233.50
Volume di scavo stimato (m <sup>3</sup> )	57'000

**Tabella 7** – Caratteristiche tecniche della cassa di espansione 1A.



L'**intervento 2A** prevede la realizzazione di una cassa di espansione in derivazione, senza riprofilatura del piano campagna, sul Torrente Seniga, a monte dell'immissione del BG06904, in Comune di Cenate Sotto. L'opera prevista risulta ubicata in un'area di pertinenza già fluviale, in sponda sinistra del Torrente Seniga (**Figura 13**).



**Figura 13** – Intervento 2A: Area di laminazione in derivazione lungo il T. Seniga a Cenate Sotto.

Area complessiva (mq)	11'000
Area al netto degli argini (mq)	6'400
Volume di invaso (mc)	16'500
Quota di massimo invaso (m s.l.m)	253.5
Quota di coronamento delle arginature esterne (m s.l.m)	254.5
Quota di coronamento delle arginature lato fiume (m s.l.m)	254.5
Quote di fondo P.C. (m s.l.m) allo stato di fatto e di progetto	250.6-252.3

**Tabella 8** – Caratteristiche tecniche della cassa di espansione 2A.

Per il miglioramento delle condizioni idrauliche del Torrente Valle d'Albano in Comune di Albano S. Alessandro. L'intervento 3A è relativo alla realizzazione di una cassa di espansione in linea in un'area attualmente non edificata, a monte del tratto urbano (Figura 14). L'area di invaso si trova prevalentemente in sponda destra, mentre la sponda sinistra è caratterizzata dalla presenza di un versante che sale ripidamente a poca distanza dall'alveo; l'area allo stato attuale risulta destinata a prato.

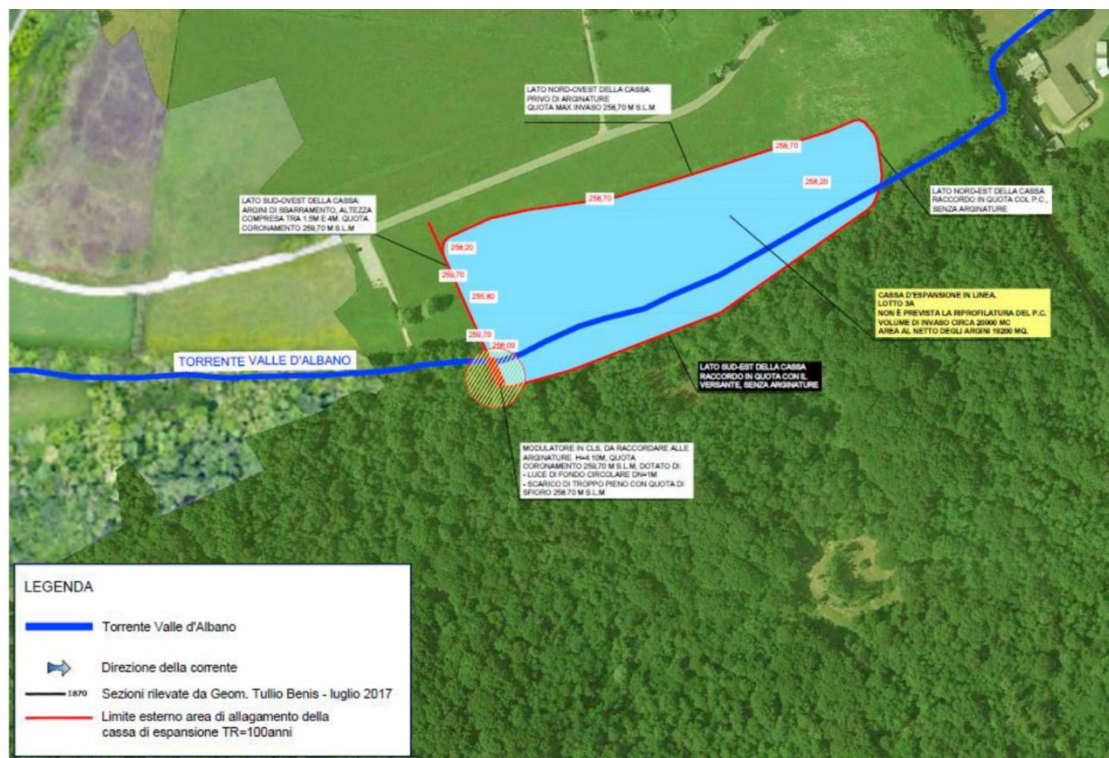


Figura 14 – Intervento 3A: Area di laminazione in linea lungo il T. Valle d'Albano ad Albano S. Alessandro.

Area complessiva (mq)	19'200
Volume di invaso (mc)	20'000
Quota di massimo invaso (m s.l.m)	258.70
Quota di coronamento delle arginature (m s.l.m)	259.70
Quote di fondo piano campagna (m s.l.m) allo stato di fatto e di progetto	256.00-259.70

Tabella 9 – Caratteristiche tecniche della cassa di espansione 3A.

Per maggiori informazioni, riferirsi alla relazione idrologica-idraulica CIG Z5A2AF4200 redatta da Ing. Murachelli in data 03/2020.



## 6.2.2 Studio della pericolosità idraulica - stato di fatto

Si riportano di seguito i risultati dello studio Murachelli (relazione idrologico-idraulica CIG Z5A2AF4200 del 03/2020) nel quale sono state aggiornate le fasce di pericolosità e si sono ridefinite le aree allagabili in funzione del tempo di ritorno nell'area oggetto di studio (torrenti Zerra e Seniga e Valle di Albano per i Comuni di Albano S. Alessandro, Montello, San Paolo d'Argon e Torre de Roveri) attraverso una modellizzazione idrodinamica bidimensionale con il software HEC-RAS.

Lo studio è stato condotto nell'ipotesi di "stato di fatto", cioè con l'assenza delle tre opere di laminazione (1A - 2A - 3A) riportate nel Capitolo 6.2.1.

In **Figura 15** si riportano, a titolo esemplificativo, le perimetrazioni aggiornate dallo studio Murachelli delle aree a diversa pericolosità idraulica secondo quanto prescritto dal PGRA (Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni).

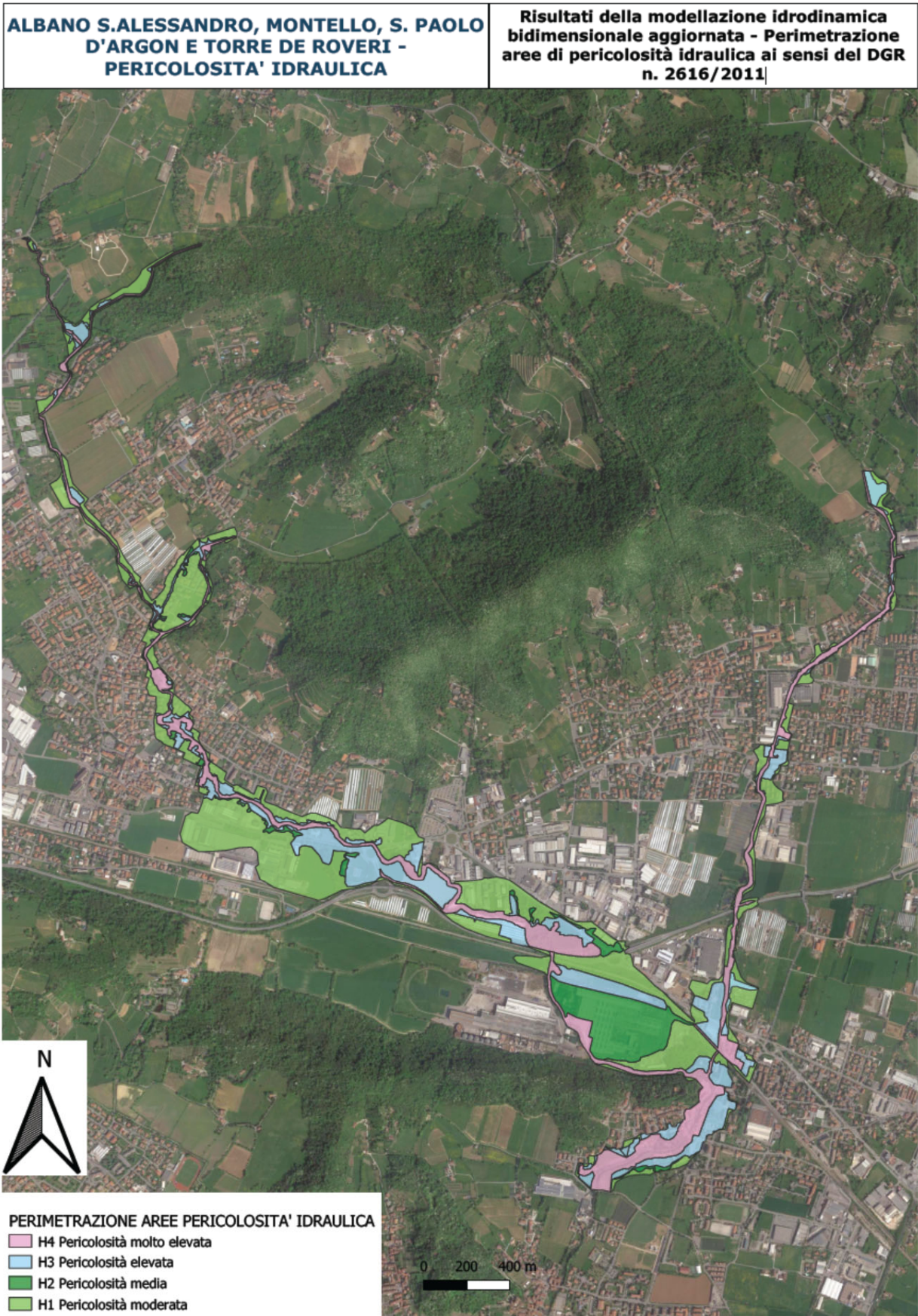
In **Figura 16** si riportano, a titolo esemplificativo, le perimetrazioni aggiornate dallo studio Murachelli delle aree a diversa pericolosità idraulica secondo quanto prescritto dal DGR N. 2616/2011.

Per maggiori informazioni, riferirsi alla relazione idrologica-idraulica CIG Z5A2AF4200 redatta da Ing. Murachelli in data 03/2020.



**Figura 15** – Stato di fatto: Risultati modellazione idrodinamica bidimensionale ai sensi del PGRA.





**Figura 16** – Stato di fatto: Risultati modellazione idrodinamica bidimensionale ai sensi del DGR n. 2616/2011.

### 6.2.3 Studio della pericolosità idraulica - post-interventi 1A-2A-3A

Si riportano di seguito i risultati dello studio Murachelli (relazione idrologico-idraulica CIG Z5A2AF4200 del 03/2020) nel quale sono state aggiornate le fasce di pericolosità e si sono ridefinite le aree allagabili in funzione del tempo di ritorno nell'area oggetto di studio (torrenti Zerra e Seniga e Valle di Albano per i Comuni di Albano S. Alessandro, Montello, San Paolo d'Argon e Torre de Roveri) attraverso una modellizzazione idrodinamica bidimensionale con il software HEC-RAS.

Lo studio è stato condotto nell'ipotesi in cui siano state realizzate le tre opere di laminazione (1A - 2A - 3A) riportate nel Capitolo 6.2.1.

In **Figura 17** si riportano, a titolo esemplificativo, le perimetrazioni aggiornate dallo studio Murachelli delle aree a diversa pericolosità idraulica secondo quanto prescritto dal PGRA (Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni).

In **Figura 18** si riportano, a titolo esemplificativo, le perimetrazioni aggiornate dallo studio Murachelli delle aree a diversa pericolosità idraulica secondo quanto prescritto dal DGR N. 2616/2011.

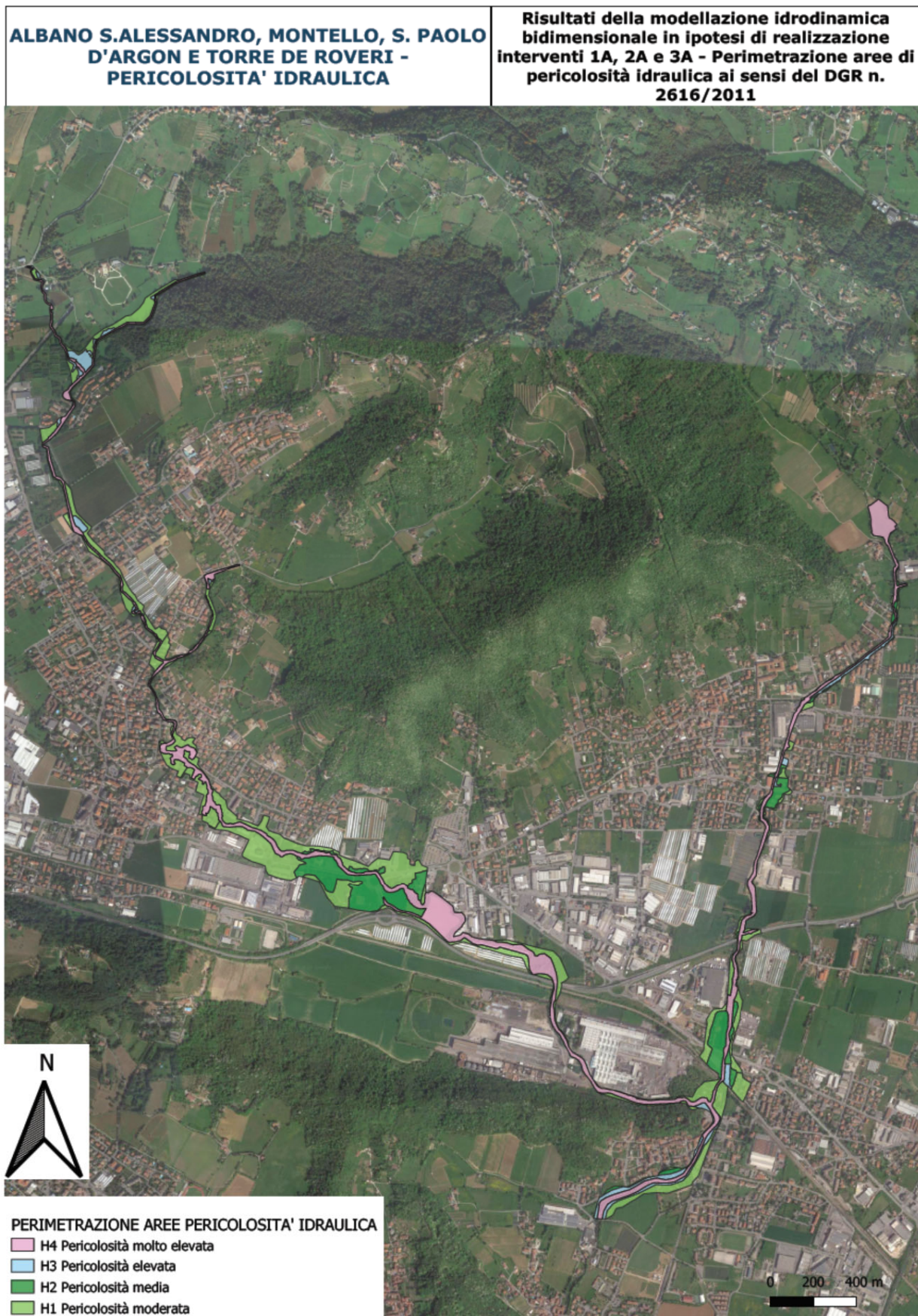
Per maggiori informazioni, riferirsi alla relazione idrologica-idraulica CIG Z5A2AF4200 redatta da Ing. Murachelli in data 03/2020.





**Figura 17** – Stato di progetto: Risultati modellazione idrodinamica bidimensionale ai sensi del PGRA.





**Figura 18** – Stato di progetto: Risultati modellazione idrodinamica bidimensionale ai sensi del DGR n. 2616/2011.

### 6.3 ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO (studio Ecogeo 2021)

Le aree di pericolosità del Capitolo 6.2 sono state riportate, a partire dagli “shape-files”, su base cartografica e sono state sovrapposte alle vulnerabilità presenti sul territorio comunale, sia analizzando l’urbanizzazione esistente, sia considerando le previsioni del P.G.T. vigente (Tavola PR2.1 – Assetto e disciplina del 05/2019), per ottenere così una rappresentazione del Rischio Idraulico del territorio comunale di Albano S. Alessandro secondo le direttive riportate nel Capitolo 6.1.

Il comune di Albano Sant'Alessandro è attraversato sia dal Torrente Zerra, che dalla Valle di Albano, e come si può vedere dalle figure precedenti sulla pericolosità idraulica, presenta alcune zone abitate soggette ad esondazione, e quindi a rischio idraulico. In particolare, il Torrente Zerra scorre in una zona molto urbanizzata (quindi a classe di vulnerabilità potenziale massima E4).









Anche in questo caso si è diviso lo studio del rischio in due scenari:

- lo scenario senza interventi (stato di fatto),
- lo scenario in cui siano stati realizzati gli interventi 1A, 2A e 3A.

Le aree di rischio idraulico sono riassunte nelle Carta del Rischio Idraulico per lo stato di fatto, riportata in **Allegato 3** e nella Carta del Rischio Idraulico con interventi di laminazione, riportata in **Allegato 4**.

### 6.3.1 Studio del rischio idraulico - stato di fatto

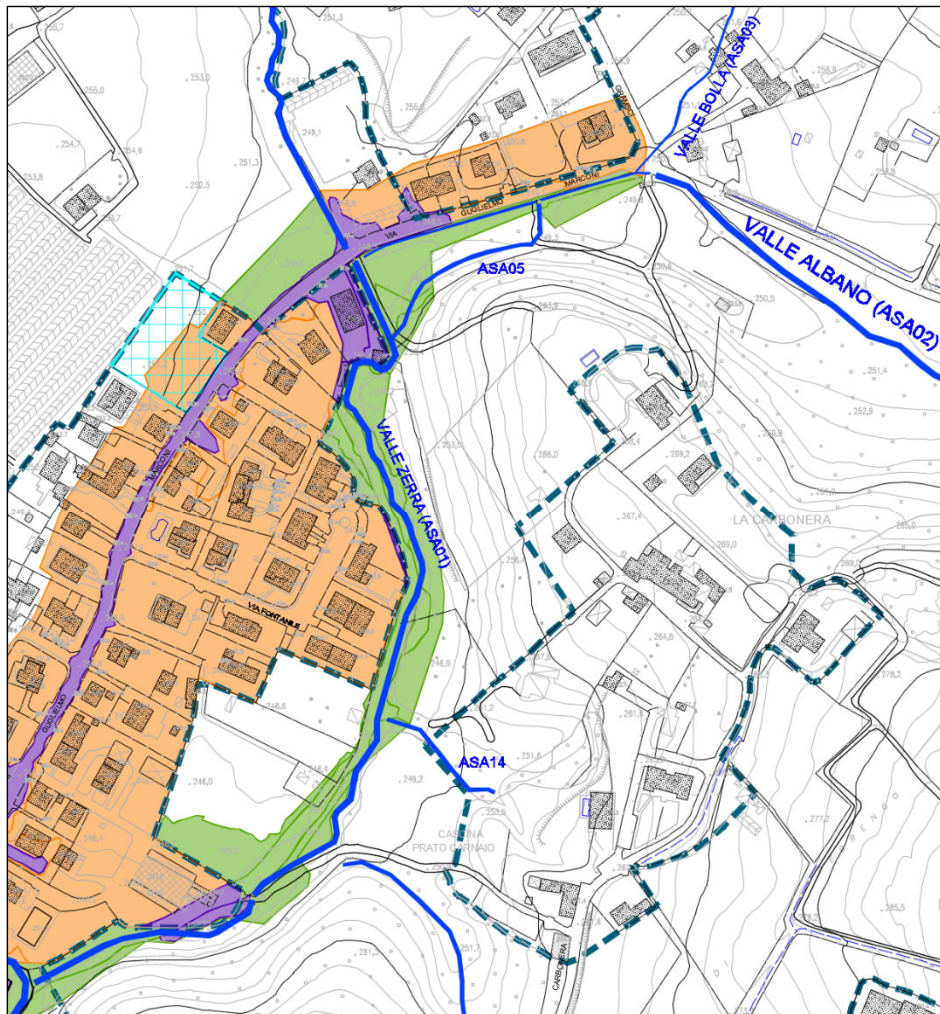
Con riferimento alla legenda richiamata sotto, si riportano di seguito gli stralci delle zone a maggiore rischio, tratti dalla Carta del Rischio Idraulico per lo stato di fatto, riportata in **Allegato 3**.

	<b>RISCHIO 1 - AREE DI RISCHIO MODERATO O NULLO</b> Aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche situazioni di rischio idraulico: si tratta di aree interessate da fenomeni di esondazione non frequenti del reticolo idrico e di aree non antropizzate.
	<b>RISCHIO 2 - AREE DI RISCHIO MEDIO</b> Aree per le quali gli studi hanno rilevato ridotte situazioni di rischio idraulico: si tratta di aree urbanizzate o industriali che rientrano nelle zone di esondazione del reticolo idrico in caso di evento raro.
	<b>RISCHIO 3 - AREE DI RISCHIO ELEVATO (assenti nel territorio comunale)</b> Aree per le quali gli studi hanno rilevato situazioni di elevato rischio idraulico: si tratta di aree soggette a vincolo paesaggistico-ambientale che rientrano nelle zone di esondazione del reticolo idrico in caso di evento frequente.
	<b>RISCHIO 4 - AREE DI RISCHIO MOLTO ELEVATO</b> Aree per le quali gli studi hanno rilevato situazioni di altissimo rischio idraulico: si tratta di aree urbanizzate o industriali che rientrano nelle zone di esondazione del reticolo idrico in caso di evento frequente.
	<b>ALVEO DEL TORRENTE ZERRA</b>
	<b>AREE DI ESONDAZIONE / INSUFFICIENZA FOGNARIA IN ZONE ABITATE SEGNALATE DAL COMUNE DI ALBANO SANT'ALESSANDRO PER ESPERIENZA DIRETTA</b>
	<b>Ambiti di futura trasformazione</b>
	<b>Ambiti di trasformazione attualmente in corso</b>



## **ZONA 1 – via Gramsci, via Marconi**

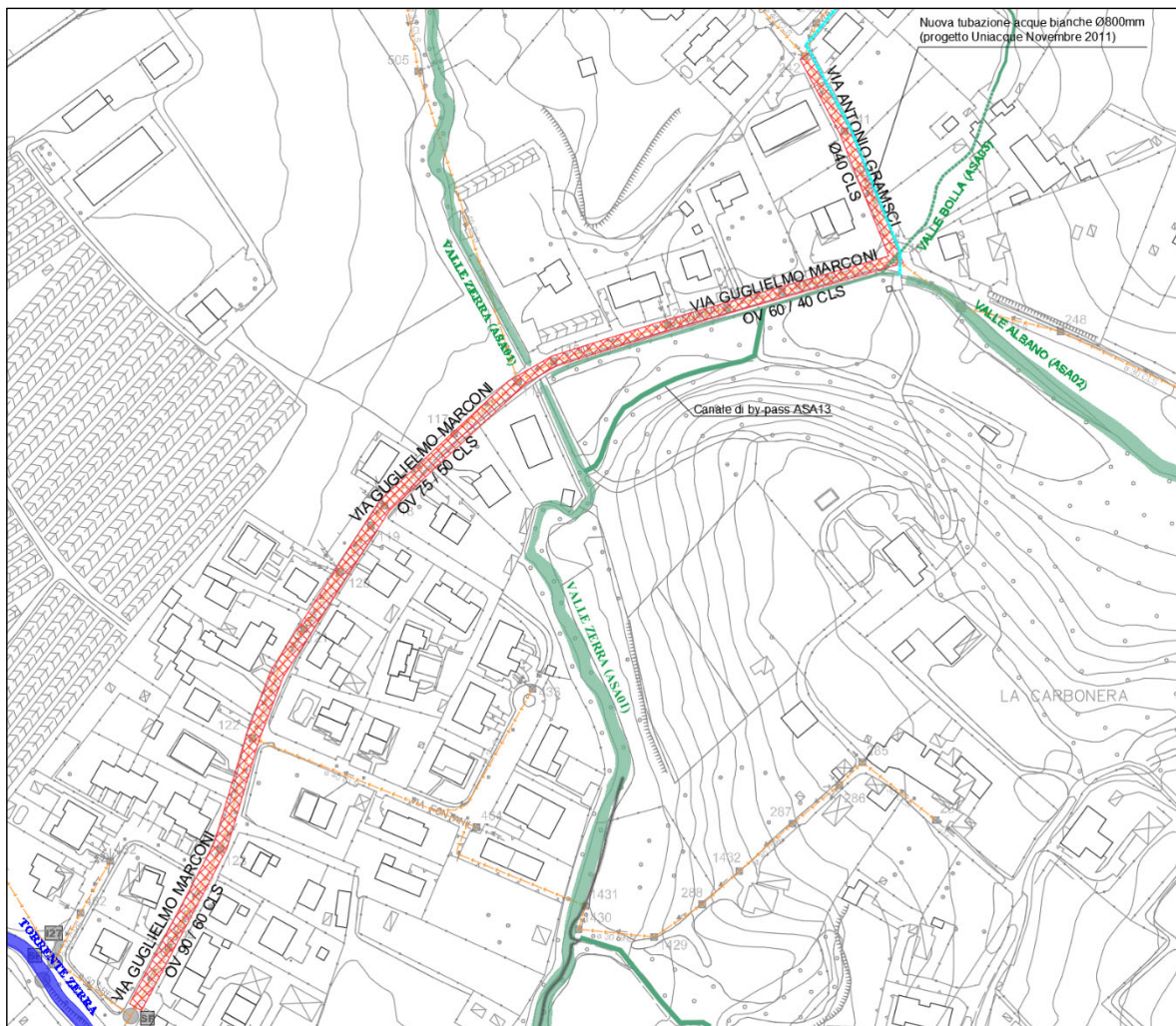
Per quanto riguarda la Zona 1 (**Figura 19**), si ravvisa un'area caratterizzata da frequente insufficienza idraulica nella zona di via Gramsci – via Marconi, che risulta spesso allagata in caso di eventi meteorici intensi (rischio massimo R4). La problematica è già stata segnalata anche da analisi diretta dall'amministrazione comunale (Capitolo 6.6).



**Figura 19 – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 1 – Stato di fatto.**

All'altezza di via Gramsci – via Marconi si accumulano le acque:

1. del reticolo idrico Valle Albano ASA02;
2. del reticolo idrico intubato Valle Bolla ASA03;
3. del tubo per acque bianche Ø800mm di via Gramsci, che si immette ancora nel reticolo ASA02 (per maggiori informazioni, riferirsi al progetto UniAcque del Novembre 2011, "Lavori per adeguamento fognature acque bianche e nere di via Astori e via Gramsci" 90/09-FOG).



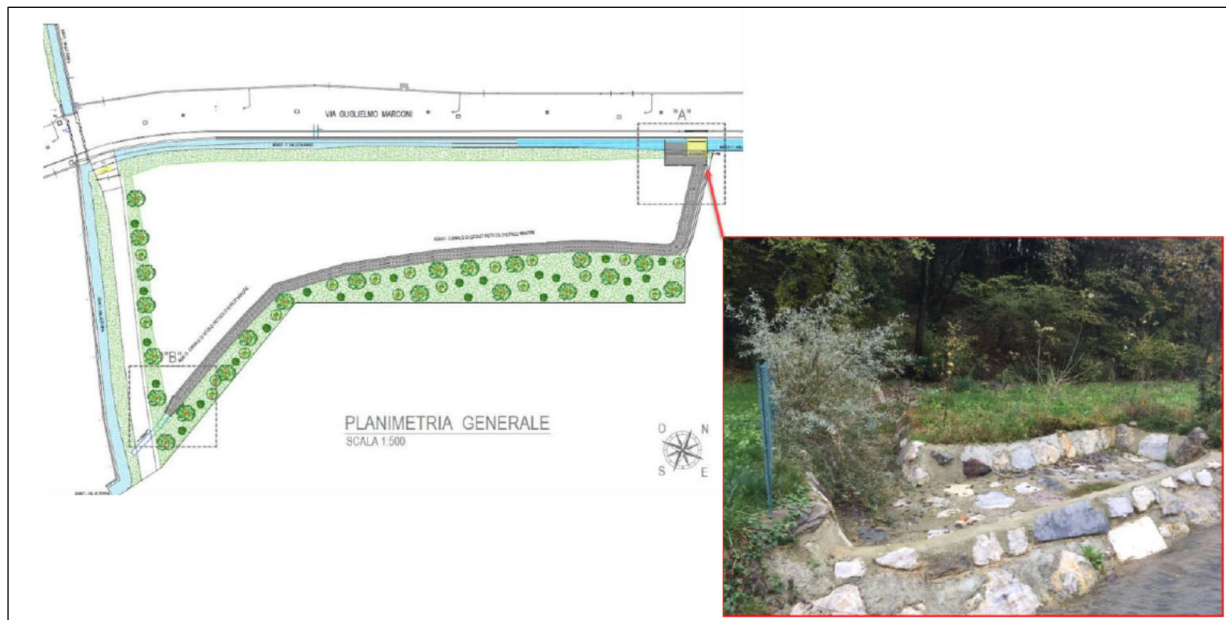
**Figura 20** – Infrastrutture fognarie e reticolo idrico in Zona 1 (il retino rosso segnala l'insufficienza fognaria di via Marconi e via Gramsci).

Attualmente, il reticolo idrico ASA02 confinante con la via Marconi non regge il carico idraulico in arrivo, con conseguenti esondazioni in strada. Inoltre la fognatura comunale di via Marconi (servita da una tubazione ovoidale OV 60/40 – 75/50 – 90/60) ha sicuramente, in caso di piena, lo scarico rigurgitato dal Torrente Zerra all'altezza dello sfioratore SF segnalato in **Figura 20**.

Per arginare il problema, è stato realizzato un canale di by-pass ASA05 con collettore di scarico nel corpo idrico Valle Zerra ASA01 (progetto GM ingegneria del Gennaio 2018, **Figura 21**). Tale intervento ha ripercussioni positive sulla porzione di territorio comunale adiacente alla stessa via Marconi, dato che la piattaforma stradale stessa convogliava i volumi di esondazioni e li propagava verso sud interessando i quartieri prospicienti tale viabilità.



L'opera ha migliorato la situazione, ma non ha comunque risolto il problema definitivamente, in quanto si evidenziano ancora frequenti insufficienze idrauliche su via Marconi.



**Figura 21** – Planimetria generale dell'intervento sul T. Valle d'Albano e particolare della soglia di attivazione.

Il torrente Zerra è stato oggetto di un ulteriore intervento di locale adeguamento della sezione di deflusso, nel tratto immediatamente a monte della confluenza del T. Valle d'Albano, al fine di ridurre i processi di esondazione potenziale lungo la viabilità e gli abitati adiacente ad una doppia curva del torrente (**Figura 22**).



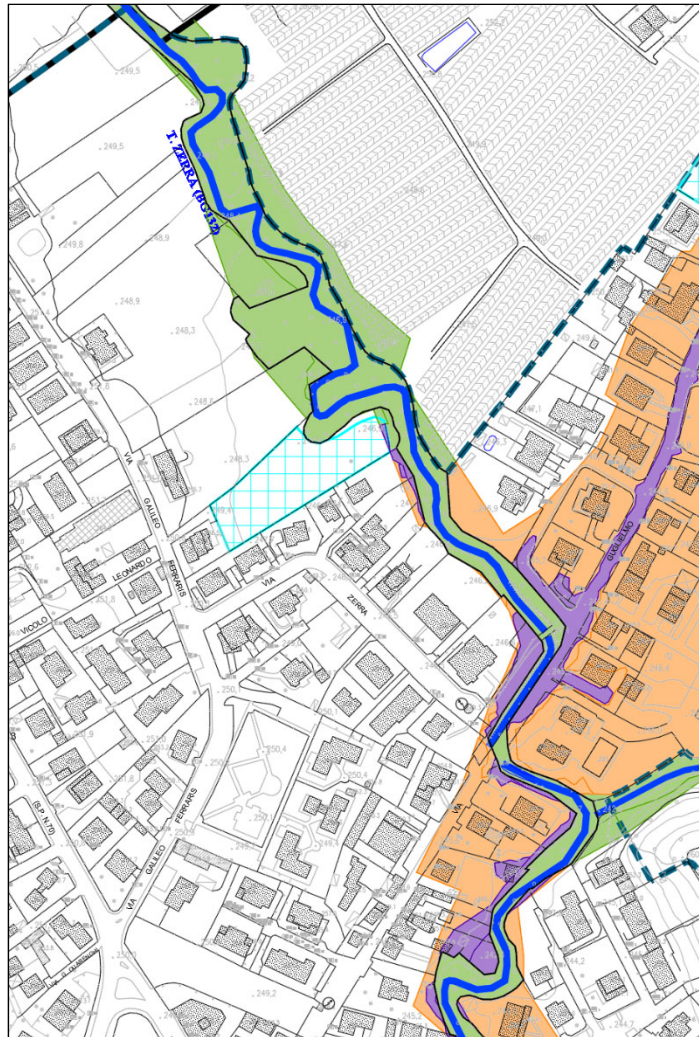
**Figura 22** – Adeguamento della sezione di deflusso del T. Zerra a monte dell'immissione del T. Valle d'Albano.

L'intervento 3A in progetto (cassa di espansione in linea sul reticolo Valle di Albano: vedi Capitolo 6.2.1), verrebbe realizzato a monte dell'area a rischio, e quindi risulterebbe essere un forte elemento di mitigazione del rischio idraulico nella Zona 1.

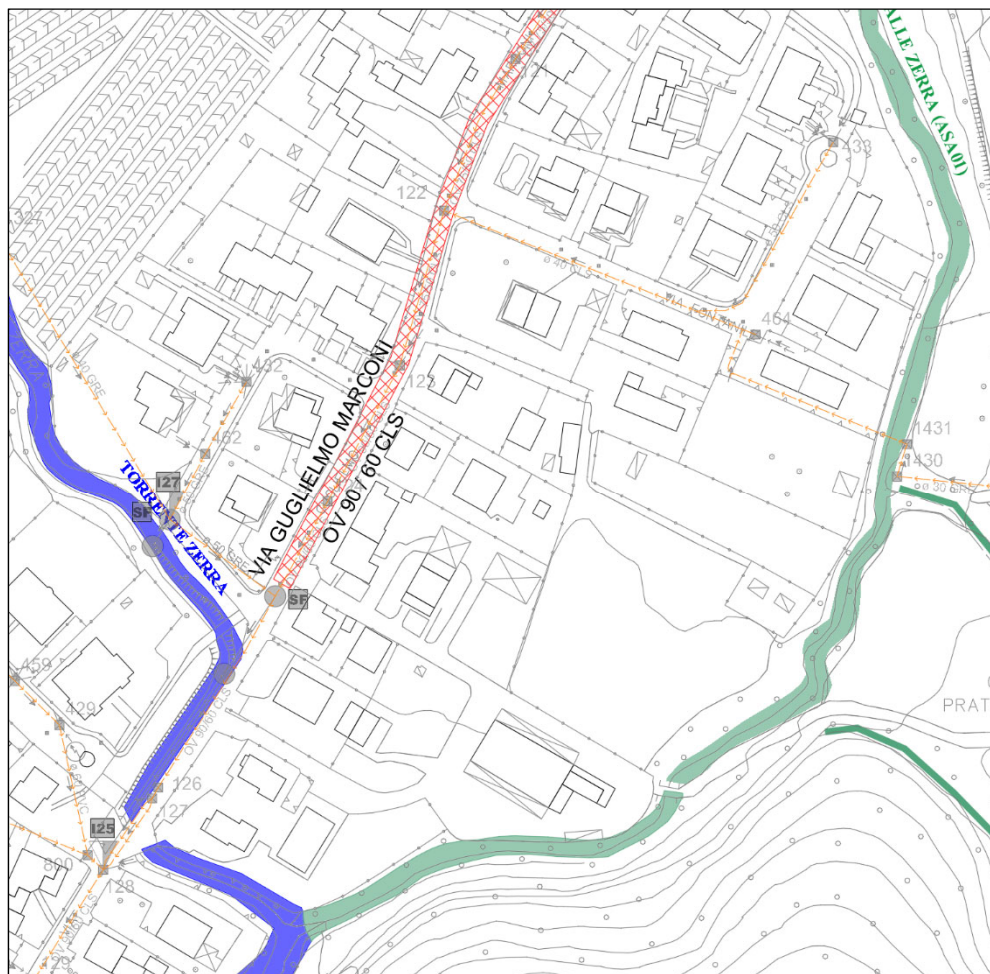
## **ZONA 2 – via Marconi**

La Zona 2 (**Figura 23**), evidenzia l'area di esondazione del Torrente Zerra proprio all'altezza di via Marconi (rischio massimo R4), zona in cui, peraltro, agiscono i vari sfioratori SF della fognatura comunale segnalati in **Figura 24**. L'esondazione del Torrente provoca anche il rigurgito degli sfioratori e le conseguenti insufficienze fognarie su via Marconi (servita da una tubazione ovoidale OV 60/40 – 75/50 – 90/60). La problematica è già stata segnalata anche da analisi diretta dall'amministrazione comunale (Capitolo 6.6).

L'intervento 3A in progetto (cassa di espansione in linea sul reticolo Valle di Albano: vedi Capitolo 6.2.1), verrebbe realizzato a monte dell'area a rischio, e quindi risulterebbe essere un forte elemento di mitigazione del rischio idraulico nella Zona 2.



**Figura 23** – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 2 – Stato di fatto.

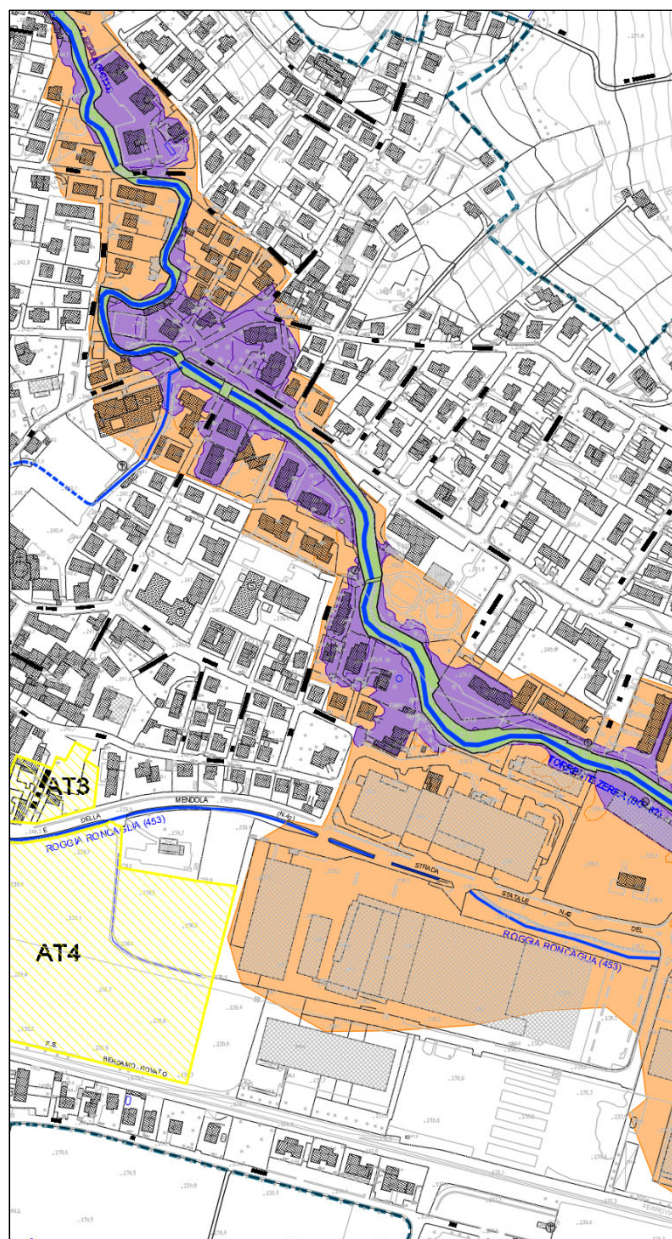


**Figura 24** – Infrastrutture fognarie e reticolo idrico presenti in Zona 2 (il retino rosso segnala l'insufficienza fognaria di via Marconi).

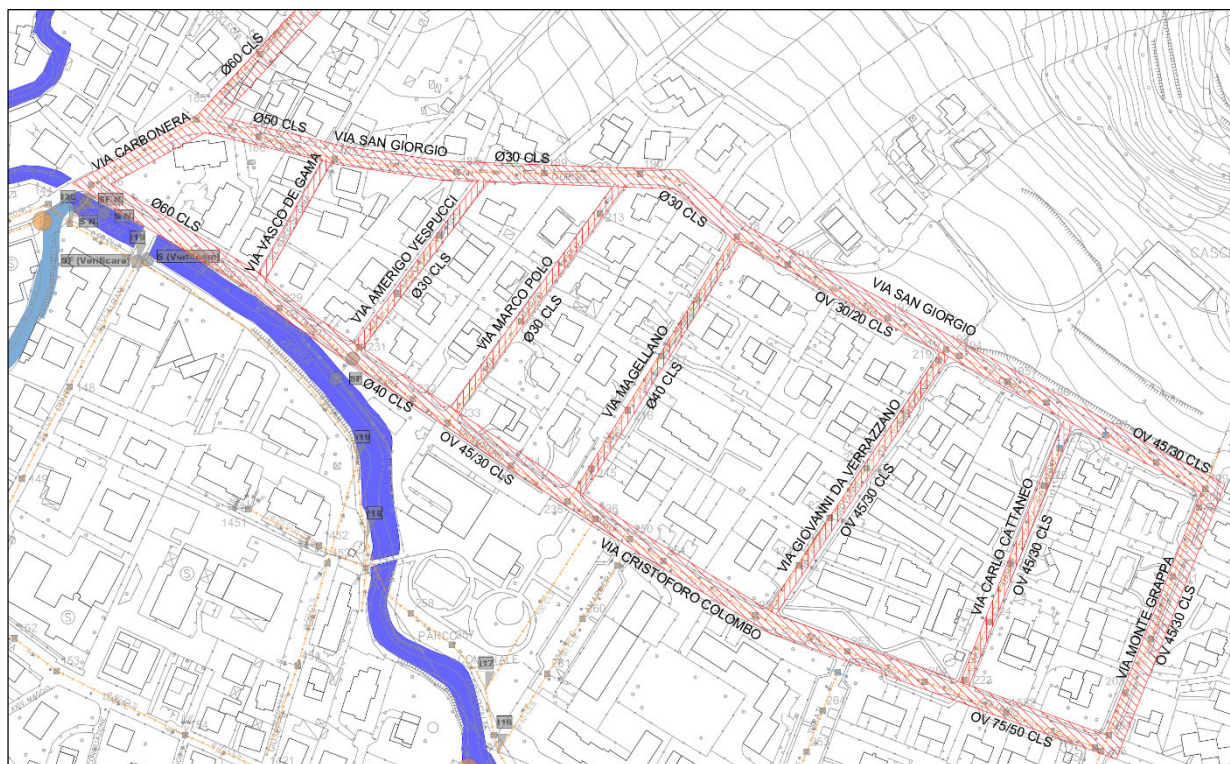


### **ZONA 3 – centro abitato**

La Zona 3 (**Figura 25**), evidenzia le aree di esondazione del Torrente Zerra che invadono in diversi punti il centro abitato (rischio massimo R4). Anche in questo caso, gli sfioratori SF della fognatura comunale, segnalati in **Figura 26**, verrebbero rigurgitati in caso di piena mandando in crisi i tronchi fognari delle zone limitrofe (via San Giorgio, via Carbonera, via Monte Grappa, via Cristoforo Colombo e vie traverse). La problematica è già stata segnalata anche da analisi diretta dall'amministrazione comunale (Capitolo 6.6).



**Figura 25 – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 3 – Stato di fatto.**



**Figura 26** – Infrastrutture fognarie e reticolo idrico presenti in Zona 3 (il retino rosso segnala le insufficienze fognarie).



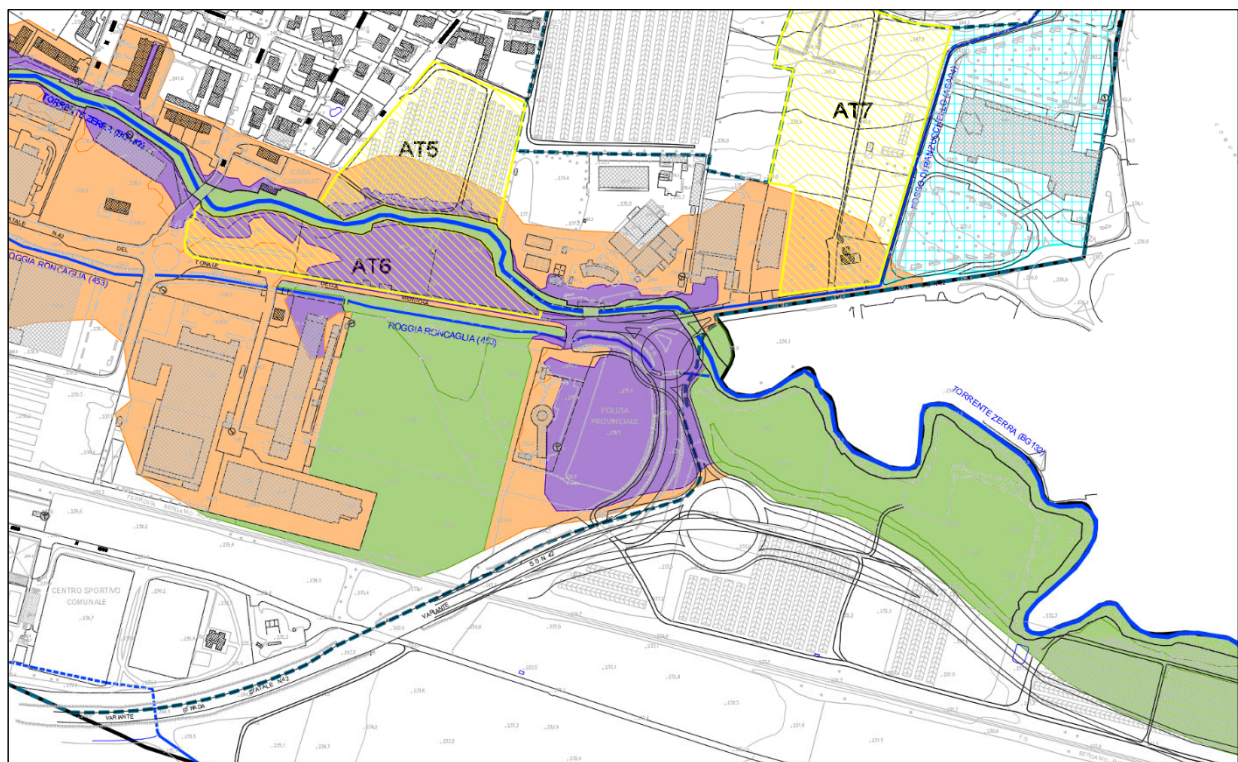
## **ZONA 4 – area produttiva-industriale**

La Zona 4 (**Figura 27**), evidenzia le aree di esondazione del Torrente Zerra che invadono in diversi punti aree ad elevata vulnerabilità; principalmente si tratta di insediamenti produttivi-industriali (rischio massimo R4). Non si sono ravvisate in questa zona delle insufficienze dal punto di vista della fognatura comunale.

Risulta evidente che gli ambiti di trasformazione AT5, AT6 e AT7 (Capitoli 7.5 - 7.6 - 7.7) rientrano nelle aree di esondazione del Torrente Zerra. In particolare,

- L'ambito di trasformazione AT5 contiene una parte dell'area a rischio medio R2, (evento raro) e una parte a rischio molto elevato R4 (evento frequente);
- L'ambito di trasformazione AT6 risulta essere quasi totalmente in area a rischio molto elevato R4 (evento frequente);
- L'ambito di trasformazione AT7 contiene una parte dell'area a rischio medio R2, (evento raro).









L'intervento 1A in progetto (cassa di espansione in derivazione sul Torrente Zerra: vedi Capitolo 6.2.1), verrebbe realizzato subito a valle delle aree a rischio, e quindi risulterebbe essere un forte elemento di mitigazione del rischio idraulico nella Zona 4.



**Figura 27 – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 4 – Stato di fatto.**

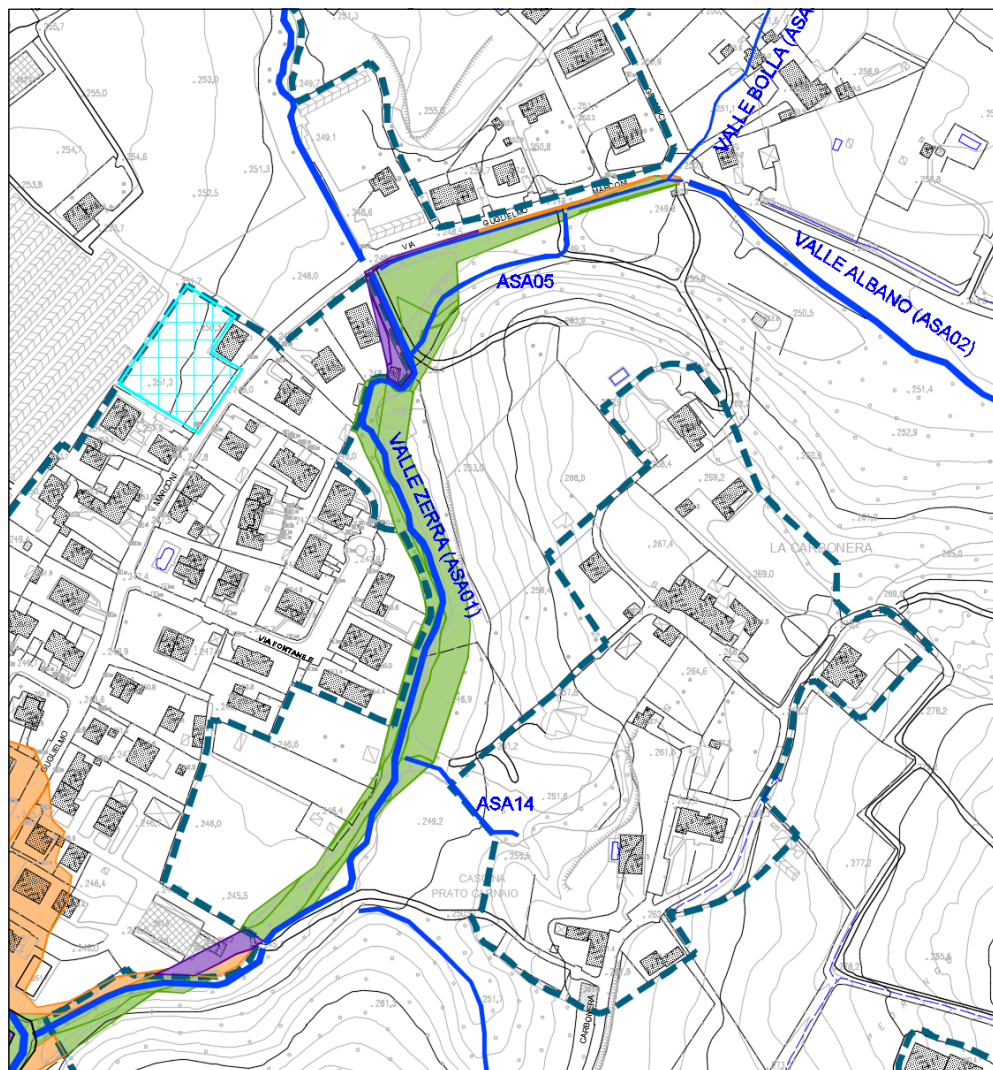
### 6.3.2 Studio del rischio idraulico - post-interventi 1A-2A-3A

Con riferimento alla legenda richiamata sotto, si riportano di seguito gli stralci delle zone a maggiore rischio, tratti dalla Carta del Rischio Idraulico con interventi di laminazione, riportata in **Allegato 4**.

	<b>RISCHIO 1 - AREE DI RISCHIO MODERATO O NULLO</b> Aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche situazioni di rischio idraulico: si tratta di aree interessate da fenomeni di esondazione non frequenti del reticolo idrico e di aree non antropizzate.
	<b>RISCHIO 2 - AREE DI RISCHIO MEDIO</b> Aree per le quali gli studi hanno rilevato ridotte situazioni di rischio idraulico: si tratta di aree urbanizzate o industriali che rientrano nelle zone di esondazione del reticolo idrico in caso di evento raro.
	<b>RISCHIO 3 - AREE DI RISCHIO ELEVATO (assenti nel territorio comunale)</b> Aree per le quali gli studi hanno rilevato situazioni di elevato rischio idraulico: si tratta di aree soggette a vincolo paesaggistico-ambientale che rientrano nelle zone di esondazione del reticolo idrico in caso di evento frequente.
	<b>RISCHIO 4 - AREE DI RISCHIO MOLTO ELEVATO</b> Aree per le quali gli studi hanno rilevato situazioni di altissimo rischio idraulico: si tratta di aree urbanizzate o industriali che rientrano nelle zone di esondazione del reticolo idrico in caso di evento frequente.
	<b>ALVEO DEL TORRENTE ZERRA</b>
	<b>AREE DI ESONDAZIONE / INSUFFICIENZA FOGNARIA IN ZONE ABITATE SEGNALATE DAL COMUNE DI ALBANO SANT'ALESSANDRO PER ESPERIENZA DIRETTA</b>
	<b>Ambiti di futura trasformazione</b>
	<b>Ambiti di trasformazione attualmente in corso</b>

## **ZONA 1 – via Gramsci, via Marconi**

Con riferimento a quanto già esposto nel Capitolo 6.3.1, si valutano in questa fase i miglioramenti apportati in Zona 1 dalla eventuale presenza delle opere di laminazione 1A-2A-3A (vedi Capitolo 6.2.1).



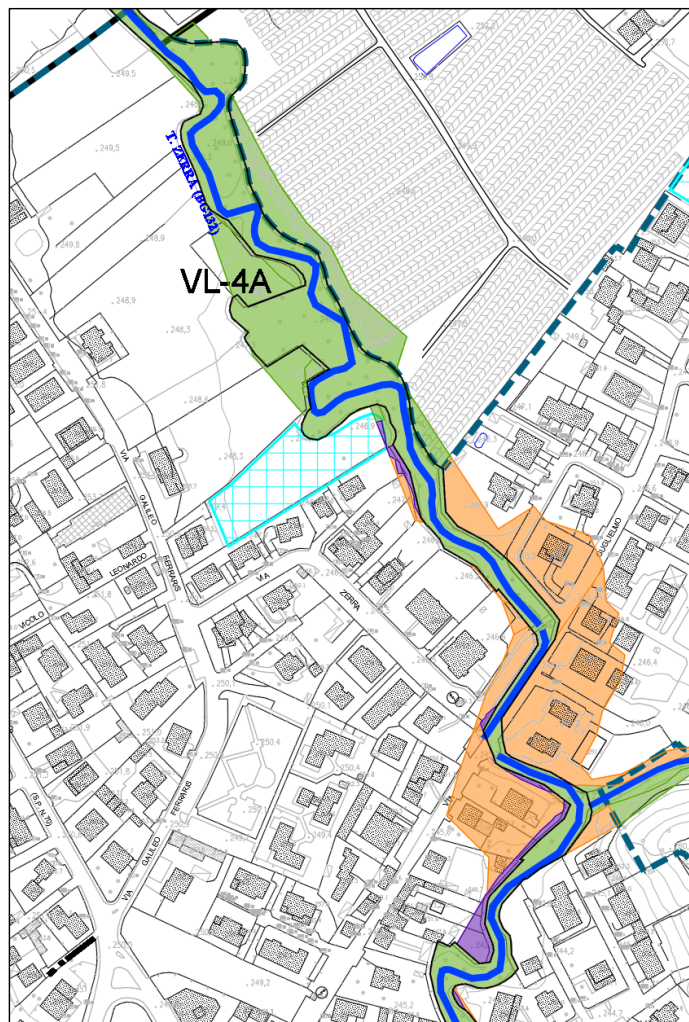
**Figura 28 – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 1 – post interventi di laminazione 1A 2A 3A.**

La **Figura 28** mostra un quadro del rischio idraulico molto migliorato rispetto a quanto si vede per lo Stato di Fatto. Tuttavia, la via Marconi risulterebbe ancora essere una strada soggetta ad esondazione frequente del reticolo idrico; inoltre, come detto già in precedenza:



## **ZONA 2 – via Marconi**

Con riferimento a quanto già esposto nel Capitolo 6.3.1, si valutano in questa fase i miglioramenti apportati in Zona 2 dalla eventuale presenza delle opere di laminazione 1A-2A-3A (vedi Capitolo 6.2.1).

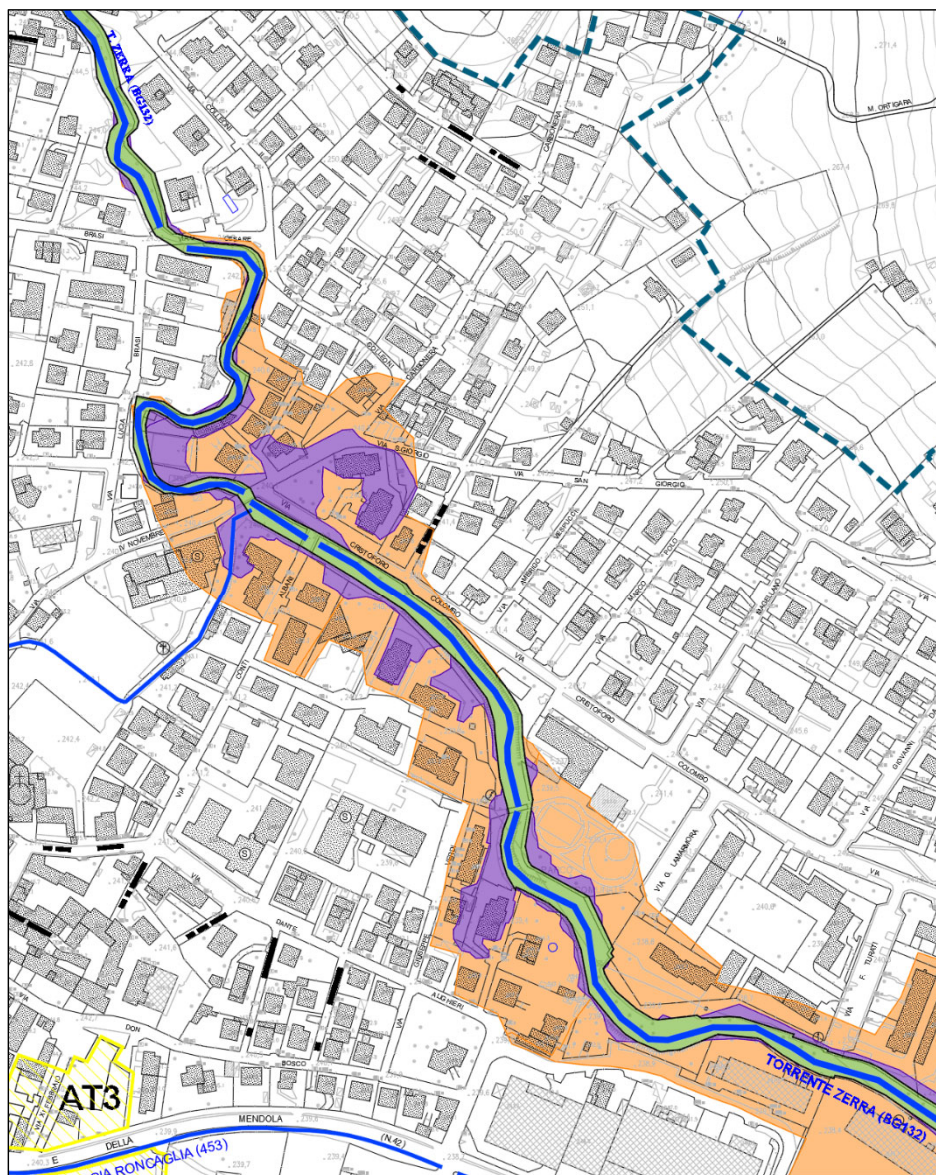


**Figura 29** – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 2 – post interventi di laminazione 1A 2A 3A.

La **Figura 29** mostra un quadro del rischio idraulico molto migliorato rispetto a quanto si vede per lo Stato di Fatto: ad esempio non ci sarebbero più aree a rischio R4 e il centro abitato sarebbe soggetto ad esondazioni solo in caso di evento raro (aree a rischio R2).

### **ZONA 3 – centro abitato**

Con riferimento a quanto già esposto nel Capitolo 6.3.1, si valutano in questa fase i miglioramenti apportati in Zona 3 dalla eventuale presenza delle opere di laminazione 1A-2A-3A (vedi Capitolo 6.2.1).



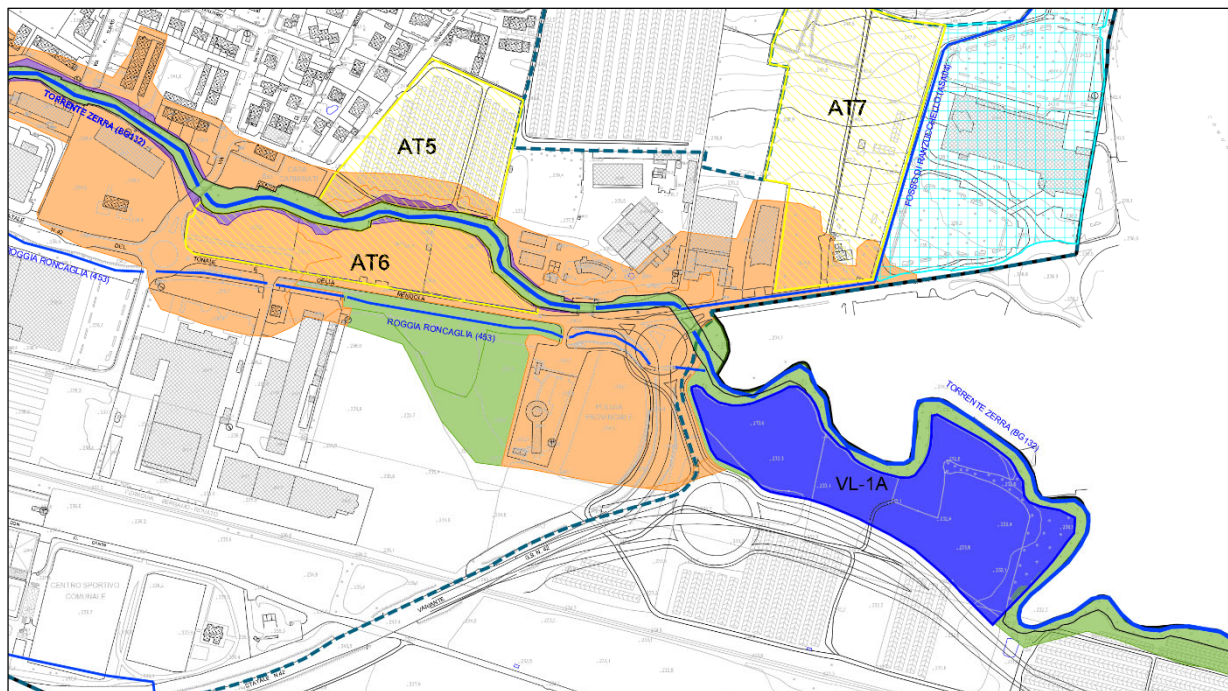
**Figura 30** – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 3 – post interventi di laminazione 1A 2A 3A.

La **Figura 30** mostra una situazione di forte pericolosità per il centro abitato soprattutto nella zona di immissione della Roggia Borgogna nel Torrente Zerra. La situazione risulterebbe essere solo leggermente migliorata a seguito degli interventi di laminazione.



## **ZONA 4 – area produttiva-industriale**

Con riferimento a quanto già esposto nel Capitolo 6.3.1, si valutano in questa fase i miglioramenti apportati in Zona 4 dalla eventuale presenza delle opere di laminazione 1A-2A-3A (vedi Capitolo 6.2.1).



**Figura 31 – Aree a RISCHIO IDRAULICO in Zona 4 – post interventi di laminazione 1A 2A 3A.**

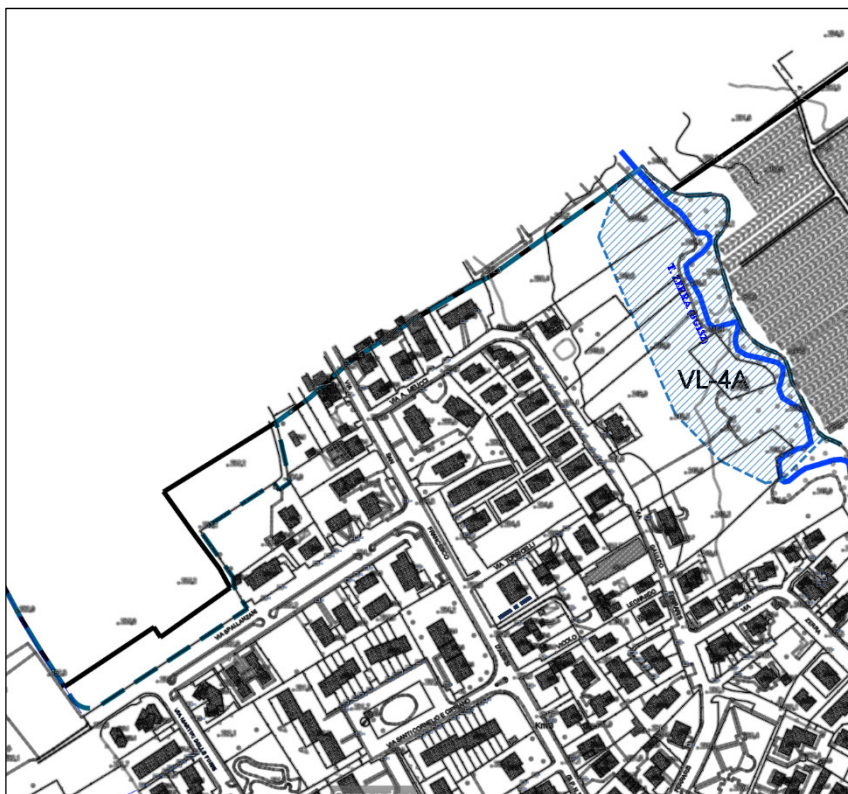
Risulta evidente che la situazione di rischio idraulico verrebbe migliorata dagli interventi di laminazione in progetto. In particolare, non ci sarebbero più aree a rischio R4 e gli ambiti di trasformazione AT5, AT6 e AT7 (Capitoli 7.5 - 7.6 - 7.7) rientrerebbero nelle aree di esondazione del Torrente Zerra solo in caso di evento raro (rischio R2).

#### 6.4 NUOVO VOLUME DI LAMINAZIONE 4A SU T. ZERRA (studio Ecogeo)

Dallo studio idraulico del Capitolo 6 - si evince che, anche a seguito della realizzazione dei volumi di laminazione 1A-2A-3A (descritti nel Capitolo 6.2.1), vi sono ancora aree soggette a rischio idraulico elevato nel centro abitato di Albano Sant’Alessandro.

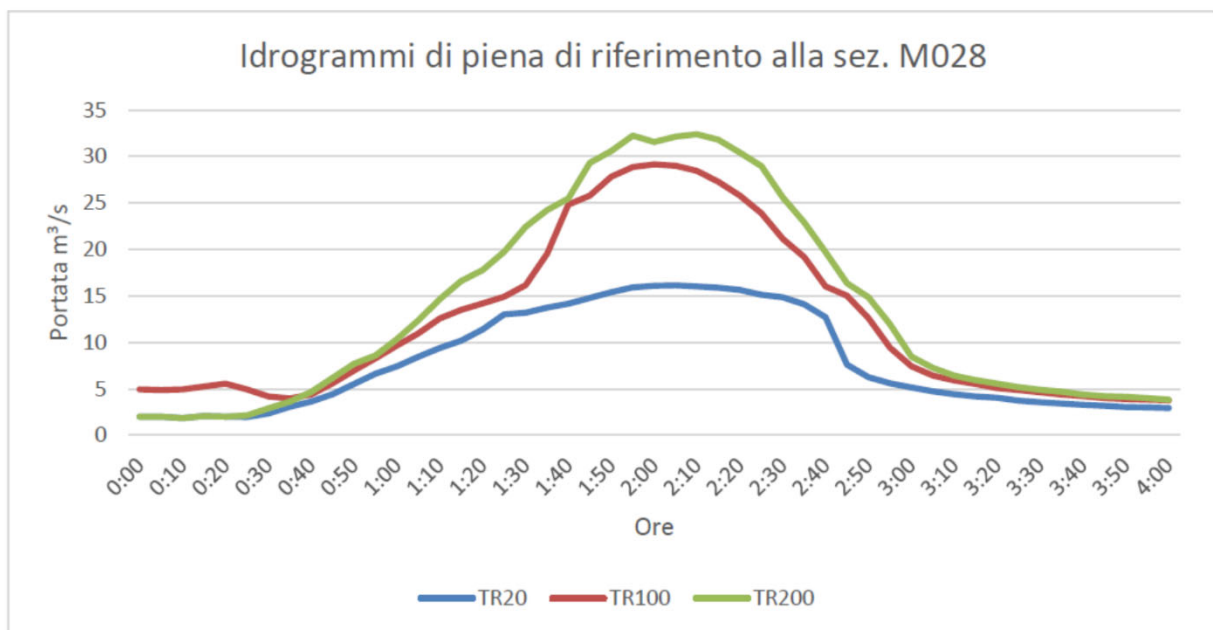
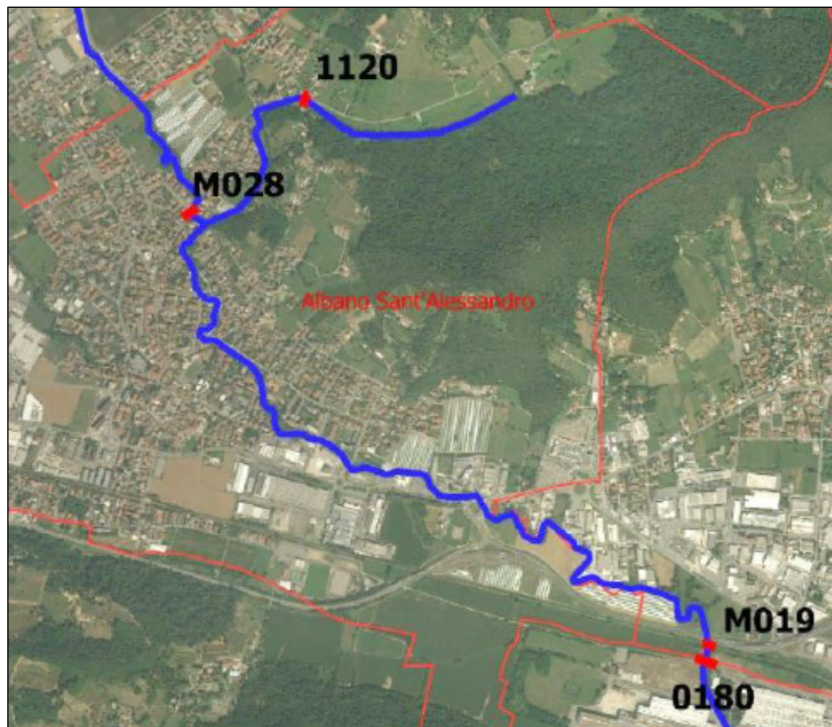
Per tale ragione, si consiglia la realizzazione di un’ulteriore cassa di espansione (**4A**) in linea sul Torrente Zerra nell’area indicata in **Figura 32** e nella Carta del Rischio Idraulico con interventi di laminazione, riportata in **Allegato 4**. Quest’opera di laminazione avrebbe come effetto immediato, la risoluzione dei problemi idraulici di via Marconi (Zona 1 – Capitolo 6.3) e del centro abitato, in quanto ridurrebbe le portate di quel tratto di Torrente. In questo modo, oltre a ridurre ulteriormente il rischio di esondazione del Torrente Zerra, si ridurrebbero anche gli eventi di rigurgito degli scarichi fognari (vedi Capitolo 6.6).

L’area in questione, considerando le previsioni del P.G.T. vigente (Tavola PR2.1 – Assetto e disciplina del 05/2019) è classificata come area adibita ad “Attrezzature, parcheggi e verde pubblico”. Risulta essere, perciò un’area idonea alla realizzazione dell’opera di laminazione.



**Figura 32** – Ubicazione planimetrica della cassa di espansione in linea 4A sul Torrente Zerra.

Per il dimensionamento di massima del volume di laminazione, si è preso come riferimento l'idrogramma di piena della sezione M028, tratto da “Perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica inerenti ai Torrenti Zerra e Seniga all'interno del territorio dei Comuni Albano S. Alessandro, Montello, S. Paolo d'Argon e Torre de Roveri – CIG Z5A2AF4200” del 03/2020, redatto da Studio Ing. Adriano Murachelli.



**Figura 33** – Idrogrammi di piena di riferimento alla sezione M028, lungo il t. Zerra a monte della confluenza del t. Valle Albano per tempi di ritorno T20 - T100 e T200 anni.



L'idrogramma di piena indica le portate del Torrente Zerra per tempi di ritorno T20, T100 e T200 anni. La cassa di espansione andrà dimensionata per un evento meteorico con tempo di ritorno T100 anni, a cui corrisponde una portata massima in ingresso di circa  $Q_{\max i} = 29 \text{ mc/s}$  (Figura 33).

Per il dimensionamento della cassa di espansione, in questa fase, si vuole valutare un volume di laminazione  $W$  e una portata di laminazione  $Q_{\max u}$  idonei al contenimento delle portate in ingresso del Torrente Zerra.

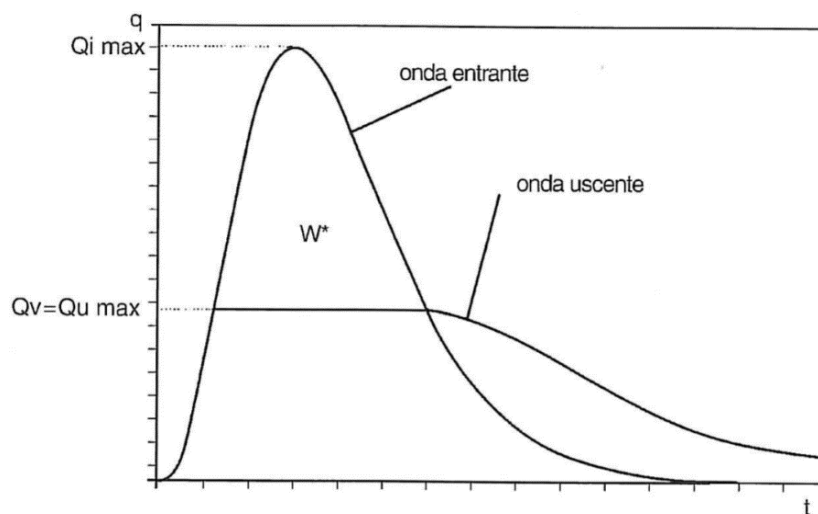


Figura 34 – Funzionamento ideale di una cassa di espansione.

#### NOTA

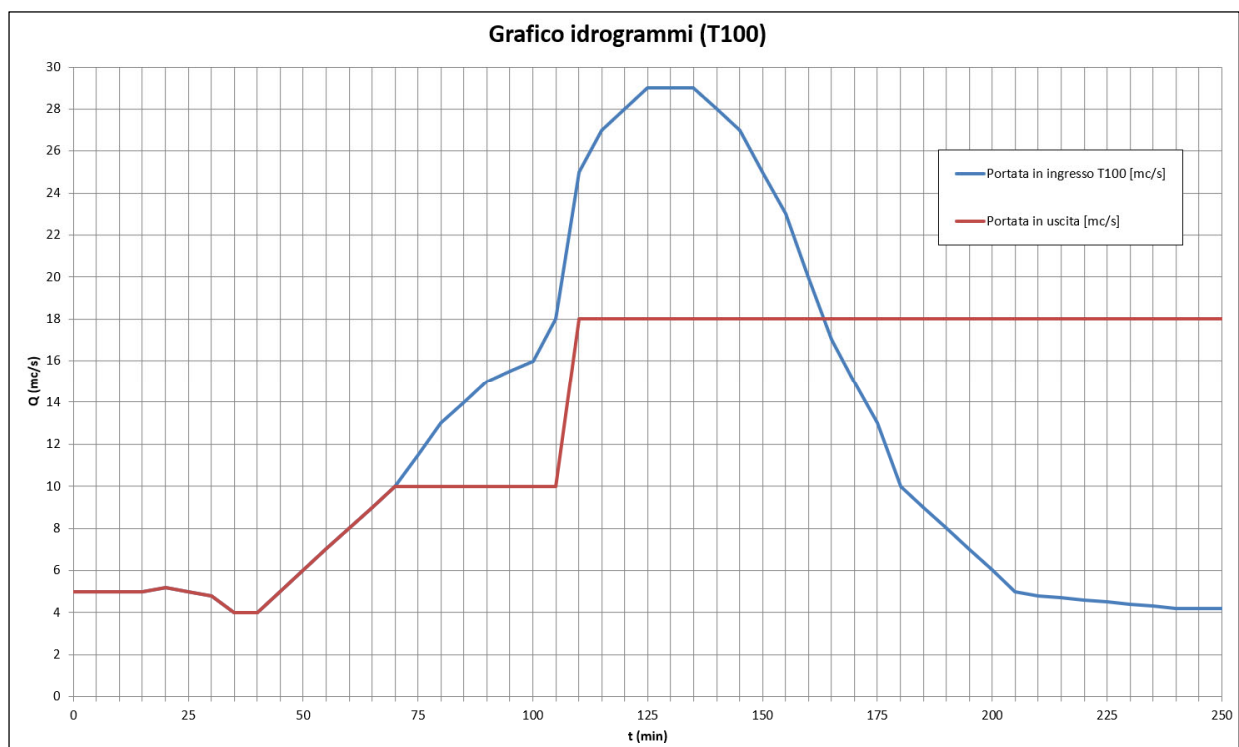
In questa fase si è calcolato un volume di laminazione di massima (con ipotesi di "laminazione perfetta"). Si rimanda a studi idraulici di dettaglio, successivi al presente elaborato, per la definizione delle opere di presa, di derivazione e per una eventuale modellazione idrodinamica del fenomeno di laminazione.

### 6.4.1 Cassa di espansione – 1° ipotesi: con paratoia mobile

Come prima ipotesi, si può pensare ad un'opera di derivazione con sbarramento a **paratoia mobile** che:

- lasci passare indisturbate verso valle le portate in ingresso inferiori a 10 mc/s;
- mantenga una portata in uscita  $Q_{\max u} = 10$  mc/s finché le portate in ingresso non raggiungono i 18 mc/s;
- si sollevi in modo da mantenere una portata in uscita  $Q_{\max u} = 18$  mc/s in caso di portate in ingresso superiori.

Nel seguente grafico (**Figura 35**), si vede l'idrogramma in ingresso ricostruito per riottenere l'idrogramma  $Q_{100}$  anni di **Figura 33** e l'idrogramma in uscita ipotizzando l'opera di derivazione sopra descritta.



**Figura 35** – Grafico Idrogrammi per cassa di espansione 4A in linea sul Torrente Zerra (T100 – IP.1).

La cassa di espansione così dimensionata avrebbe una pianta di base **A = 18000 mq** e un volume di invaso **W = 37500 mc**: nella tabella seguente si vede che, con un evento meteorico 100-ennale:

- dopo 75 min la cassa comincia a riempirsi;
- il massimo volume invasato dalla cassa di espansione si avrebbe dopo 160 min, dopodiché comincia lo svuotamento.

<b>W<sub>invaso</sub></b> <b>(mc)</b>	<b>A<sub>base</sub></b> <b>(mq)</b>	<b>H<sub>media ACQUA</sub></b> <b>(m)</b>	<b>Tipologia di</b> <b>scarico</b>	<b>Q20<sub>in max</sub></b> <b>(mc/s)</b>	<b>Q100<sub>in max</sub></b> <b>(mc/s)</b>	<b>Q<sub>out max</sub></b> <b>(mc/s)</b>
37500	18000	2,08	Paratoia mobile	16	29	10 - 18

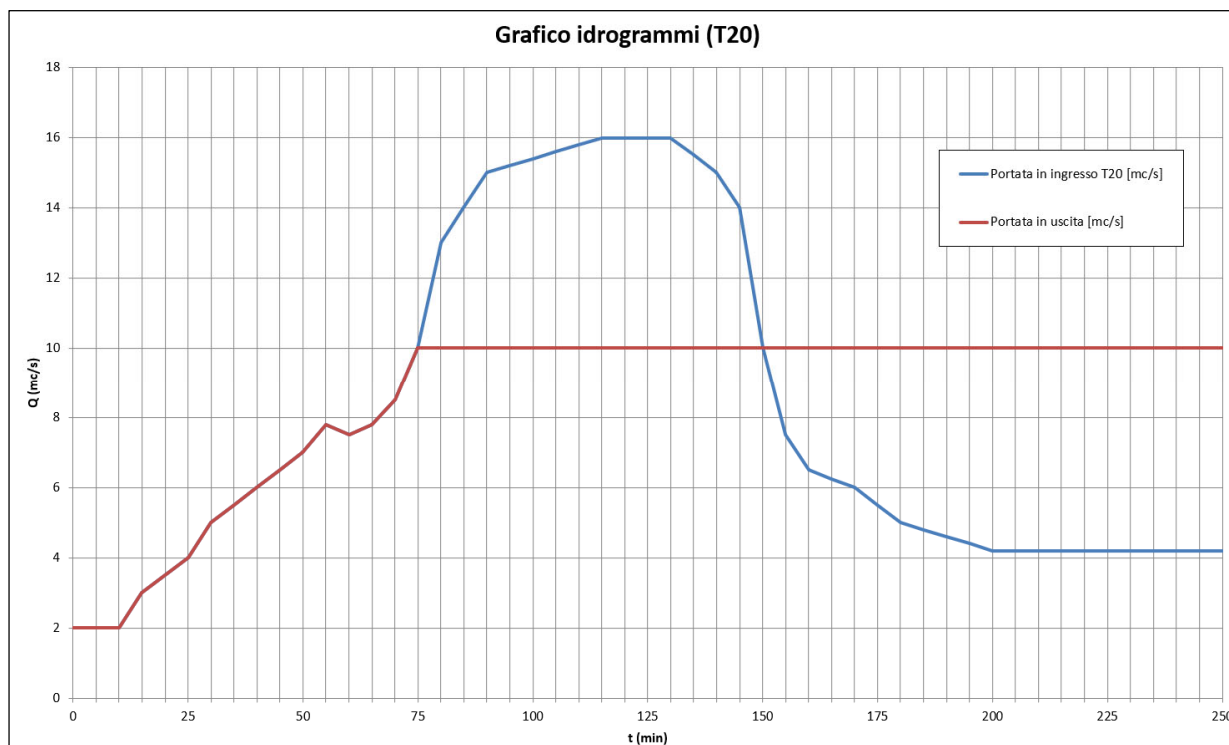
Tabella 10 – Caratteristiche della cassa di espansione 4A in linea sul t. Zerra – IP.1.

<b>t</b> <b>(min)</b>	<b>Q in T100</b> <b>[m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Q out</b> <b>[m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>W in</b> <b>[m<sup>3</sup>]</b>	<b>W in</b> <b>CUMULATO</b> <b>[m<sup>3</sup>]</b>	<b>W out</b> <b>[m<sup>3</sup>]</b>	<b>W out</b> <b>CUMULATO</b> <b>[m<sup>3</sup>]</b>	<b>VOLUME</b> <b>INVASATO</b> <b>[m<sup>3</sup>]</b>
0	5,00	5,00	1500,00	1500,00	1500,00	1500,00	0,00
5	5,00	5,00	1500,00	3000,00	1500,00	3000,00	0,00
10	5,00	5,00	1500,00	4500,00	1500,00	4500,00	0,00
15	5,00	5,00	1500,00	6000,00	1500,00	6000,00	0,00
20	5,20	5,20	1560,00	7560,00	1560,00	7560,00	0,00
25	5,00	5,00	1500,00	9060,00	1500,00	9060,00	0,00
30	4,80	4,80	1440,00	10500,00	1440,00	10500,00	0,00
35	4,00	4,00	1200,00	11700,00	1200,00	11700,00	0,00
40	4,00	4,00	1200,00	12900,00	1200,00	12900,00	0,00
45	5,00	5,00	1500,00	14400,00	1500,00	14400,00	0,00
50	6,00	6,00	1800,00	16200,00	1800,00	16200,00	0,00
55	7,00	7,00	2100,00	18300,00	2100,00	18300,00	0,00
60	8,00	8,00	2400,00	20700,00	2400,00	20700,00	0,00
65	9,00	9,00	2700,00	23400,00	2700,00	23400,00	0,00
70	10,00	10,00	3000,00	26400,00	3000,00	26400,00	0,00
75	11,50	10,00	3450,00	29850,00	3000,00	29400,00	450,00
80	13,00	10,00	3900,00	33750,00	3000,00	32400,00	1350,00
85	14,00	10,00	4200,00	37950,00	3000,00	35400,00	2550,00
90	15,00	10,00	4500,00	42450,00	3000,00	38400,00	4050,00
95	15,50	10,00	4650,00	47100,00	3000,00	41400,00	5700,00
100	16,00	10,00	4800,00	51900,00	3000,00	44400,00	7500,00
105	18,00	10,00	5400,00	57300,00	3000,00	47400,00	9900,00
110	25,00	18,00	7500,00	64800,00	5400,00	52800,00	12000,00
115	27,00	18,00	8100,00	72900,00	5400,00	58200,00	14700,00
120	28,00	18,00	8400,00	81300,00	5400,00	63600,00	17700,00
125	29,00	18,00	8700,00	90000,00	5400,00	69000,00	21000,00
130	29,00	18,00	8700,00	98700,00	5400,00	74400,00	24300,00
135	29,00	18,00	8700,00	107400,00	5400,00	79800,00	27600,00
140	28,00	18,00	8400,00	115800,00	5400,00	85200,00	30600,00
145	27,00	18,00	8100,00	123900,00	5400,00	90600,00	33300,00
150	25,00	18,00	7500,00	131400,00	5400,00	96000,00	35400,00
155	23,00	18,00	6900,00	138300,00	5400,00	101400,00	36900,00
<b>160</b>	<b>20,00</b>	<b>18,00</b>	<b>6000,00</b>	<b>144300,00</b>	<b>5400,00</b>	<b>106800,00</b>	<b>37500,00</b>
165	17,00	18,00	5100,00	149400,00	5400,00	112200,00	37200,00

170	15,00	18,00	4500,00	153900,00	5400,00	117600,00	36300,00
175	13,00	18,00	3900,00	157800,00	5400,00	123000,00	34800,00
180	10,00	18,00	3000,00	160800,00	5400,00	128400,00	32400,00
185	9,00	18,00	2700,00	163500,00	5400,00	133800,00	29700,00
190	8,00	18,00	2400,00	165900,00	5400,00	139200,00	26700,00
195	7,00	18,00	2100,00	168000,00	5400,00	144600,00	23400,00
200	6,00	18,00	1800,00	169800,00	5400,00	150000,00	19800,00
205	5,00	18,00	1500,00	171300,00	5400,00	155400,00	15900,00
210	4,80	18,00	1440,00	172740,00	5400,00	160800,00	11940,00
215	4,70	18,00	1410,00	174150,00	5400,00	166200,00	7950,00
220	4,60	18,00	1380,00	175530,00	5400,00	171600,00	3930,00
225	VOLUME COMPLETAMENTE SVUOTATO						

**Tabella 11 – Calcolo del volume di inaso (T100) della cassa di espansione 4A in linea sul t. Zerra – IP.1.**

Con riferimento alla **Figura 36**, questa soluzione riuscirebbe a laminare anche le portate con tempi di ritorno T20 (in blu in **Figura 33** Q20 = circa 16 mc/s). Quindi la cassa di espansione avrebbe una funzione più frequente, e non solo per eventi di piena molto rari. Nel caso di piene 20ennali, la paratoia mobile resterebbe fissa per far passare 10 mc/s, e il volume necessario in questo caso (massimo inaso) sarebbe **W = 21750 mc**: la cassa di espansione risulterebbe riempita del **58% del volume totale** (37500 mc).



**Figura 36 – Grafico Idrogrammi per cassa di espansione 4A in linea sul Torrente Zerra (T20 – IP.1).**

Nella tabella seguente si vede che, con un evento meteorico 20-ennale:

- dopo 80 minuti la cassa comincia a riempirsi;
- il massimo volume invasato dalla cassa di espansione si avrebbe dopo 150 minuti, dopodiché comincia lo svuotamento.

t (min)	Q in T20 [m <sup>3</sup> /s]	Q out [m <sup>3</sup> /s]	W in [m <sup>3</sup> ]	W in CUMULATO [m <sup>3</sup> ]	W out [m <sup>3</sup> ]	W out CUMULATO [m <sup>3</sup> ]	VOLUME INVASATO [m <sup>3</sup> ]
0	2,00	2,00	600,00	600,00	600,00	600,00	0,00
5	2,00	2,00	600,00	1200,00	600,00	1200,00	0,00
10	2,00	2,00	600,00	1800,00	600,00	1800,00	0,00
15	3,00	3,00	900,00	2700,00	900,00	2700,00	0,00
20	3,50	3,50	1050,00	3750,00	1050,00	3750,00	0,00
25	4,00	4,00	1200,00	4950,00	1200,00	4950,00	0,00
30	5,00	5,00	1500,00	6450,00	1500,00	6450,00	0,00
35	5,50	5,50	1650,00	8100,00	1650,00	8100,00	0,00
40	6,00	6,00	1800,00	9900,00	1800,00	9900,00	0,00
45	6,50	6,50	1950,00	11850,00	1950,00	11850,00	0,00
50	7,00	7,00	2100,00	13950,00	2100,00	13950,00	0,00
55	7,80	7,80	2340,00	16290,00	2340,00	16290,00	0,00
60	7,50	7,50	2250,00	18540,00	2250,00	18540,00	0,00
65	7,80	7,80	2340,00	20880,00	2340,00	20880,00	0,00
70	8,50	8,50	2550,00	23430,00	2550,00	23430,00	0,00
75	10,00	10,00	3000,00	26430,00	3000,00	26430,00	0,00
80	13,00	10,00	3900,00	30330,00	3000,00	29430,00	900,00
85	14,00	10,00	4200,00	34530,00	3000,00	32430,00	2100,00
90	15,00	10,00	4500,00	39030,00	3000,00	35430,00	3600,00
95	15,20	10,00	4560,00	43590,00	3000,00	38430,00	5160,00
100	15,40	10,00	4620,00	48210,00	3000,00	41430,00	6780,00
105	15,60	10,00	4680,00	52890,00	3000,00	44430,00	8460,00
110	15,80	10,00	4740,00	57630,00	3000,00	47430,00	10200,00
115	16,00	10,00	4800,00	62430,00	3000,00	50430,00	12000,00
120	16,00	10,00	4800,00	67230,00	3000,00	53430,00	13800,00
125	16,00	10,00	4800,00	72030,00	3000,00	56430,00	15600,00
130	16,00	10,00	4800,00	76830,00	3000,00	59430,00	17400,00
135	15,50	10,00	4650,00	81480,00	3000,00	62430,00	19050,00
140	15,00	10,00	4500,00	85980,00	3000,00	65430,00	20550,00
145	14,00	10,00	4200,00	90180,00	3000,00	68430,00	21750,00
<b>150</b>	<b>10,00</b>	<b>10,00</b>	<b>3000,00</b>	<b>93180,00</b>	<b>3000,00</b>	<b>71430,00</b>	<b>21750,00</b>
155	7,50	10,00	2250,00	95430,00	3000,00	74430,00	21000,00
160	6,50	10,00	1950,00	97380,00	3000,00	77430,00	19950,00
165	6,25	10,00	1875,00	99255,00	3000,00	80430,00	18825,00
170	6,00	10,00	1800,00	101055,00	3000,00	83430,00	17625,00
175	5,50	10,00	1650,00	102705,00	3000,00	86430,00	16275,00

180	5,00	10,00	1500,00	104205,00	3000,00	89430,00	14775,00
185	4,80	10,00	1440,00	105645,00	3000,00	92430,00	13215,00
190	4,60	10,00	1380,00	107025,00	3000,00	95430,00	11595,00
195	4,40	10,00	1320,00	108345,00	3000,00	98430,00	9915,00
200	4,20	10,00	1260,00	109605,00	3000,00	101430,00	8175,00
205	4,20	10,00	1260,00	110865,00	3000,00	104430,00	6435,00
210	4,20	10,00	1260,00	112125,00	3000,00	107430,00	4695,00
215	4,20	10,00	1260,00	113385,00	3000,00	110430,00	2955,00
220	4,20	10,00	1260,00	114645,00	3000,00	113430,00	1215,00
225	VOLUME COMPLETAMENTE SVUOTATO						

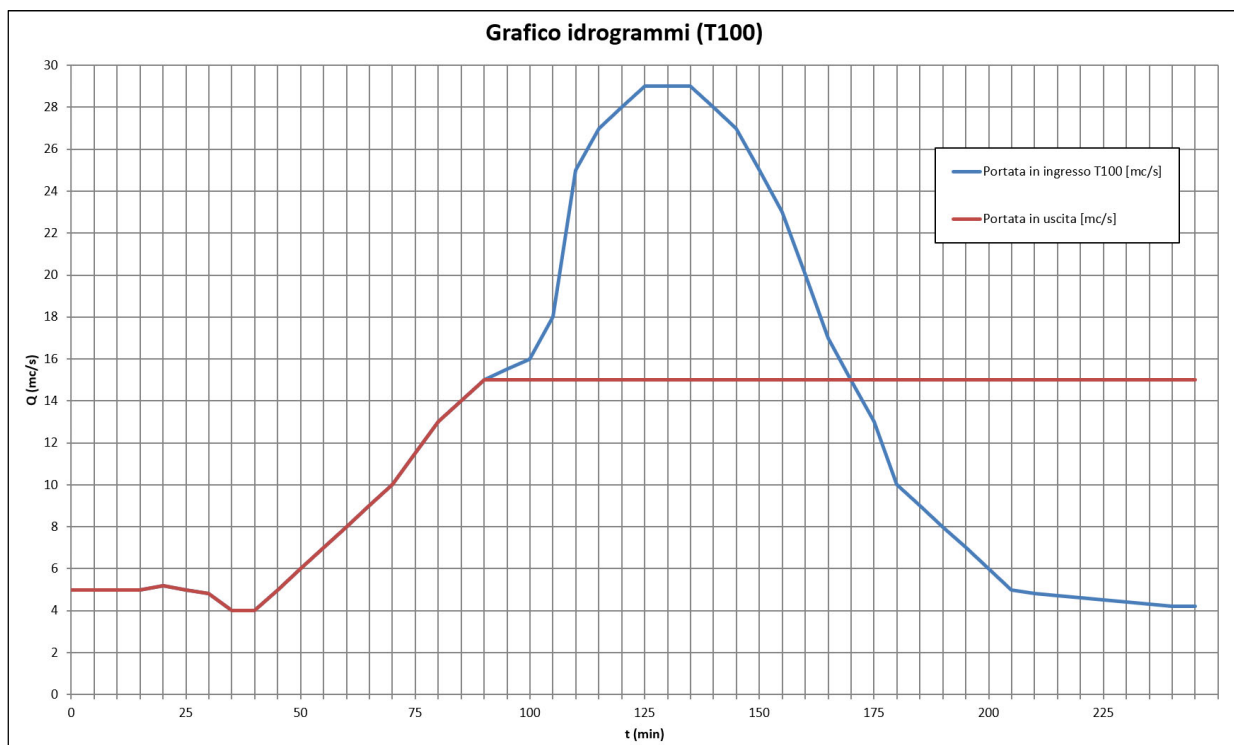
**Tabella 12 – Calcolo del volume di invaso (T20) della cassa di espansione 4A in linea sul t. Zerra – IP.1.**

La **soluzione 1**, per quanto sia più complessa da realizzare essendo a paratoia mobile, entrerebbe in funzione per quasi tutti gli eventi meteorici di una certa intensità: per le piene 20-ennali, la cassa abbatterebbe la portata di piena da 16 a 10 mc/s, mentre per le piene 100-ennali abbatterebbe la portata di piena da 29 a 18 mc/s.

### 6.4.2 Cassa di espansione – 2° ipotesi: con paratoia fissa

Come seconda ipotesi, si è ipotizzata un'opera di derivazione con **paratoia fissa**, che lasci passare indisturbate le portate inferiori a  $Q = 15$  mc/s: il volume di laminazione comincia a riempirsi dal momento in cui le portate in ingresso superano questa soglia, che è stata scelta come portata di laminazione.

Nel seguente grafico (**Figura 37**), si vede l'idrogramma in ingresso ricostruito per riottenere l'idrogramma Q100 anni di **Figura 33** e l'idrogramma in uscita ipotizzando l'opera di derivazione sopra descritta: l'idrogramma in uscita  $Q(t)$  è un grafico con portate uguali alle portate entranti se inferiori a 15 mc/s; per portate in ingresso maggiori, diventa costante con linea pari alla portata  $Q = 15$  mc/s la portata con cui si svuota il volume di laminazione.



**Figura 37** – Grafico Idrogrammi per cassa di espansione 4A in linea sul Torrente Zerra (T100 – IP.2).

La cassa di espansione così dimensionata avrebbe una pianta di base **A = 18000 mq** e un volume di invaso **W = 39450 mc**: nella tabella seguente si vede che, con un evento meteorico 100-ennale:

- dopo 95 min la cassa comincia a riempirsi;
- il massimo volume invasato dalla cassa di espansione si avrebbe dopo 170 min, dopodiché comincia lo svuotamento.

<b>W<sub>invaso</sub></b> <b>(mc)</b>	<b>A<sub>base</sub></b> <b>(mq)</b>	<b>H<sub>media ACQUA</sub></b> <b>(m)</b>	<b>Tipologia di</b> <b>scarico</b>	<b>Q20<sub>in max</sub></b> <b>(mc/s)</b>	<b>Q100<sub>in max</sub></b> <b>(mc/s)</b>	<b>Q<sub>out max</sub></b> <b>(mc/s)</b>
39450	18000	2,19	Paratoia fissa	16	29	15

Tabella 13 – Caratteristiche della cassa di espansione 4A in linea sul t. Zerra – IP.2.

<b>t</b> <b>(min)</b>	<b>Q in T100</b> <b>[m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>Q out</b> <b>[m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>W in</b> <b>[m<sup>3</sup>]</b>	<b>W in</b> <b>CUMULATO</b> <b>[m<sup>3</sup>]</b>	<b>W out</b> <b>[m<sup>3</sup>]</b>	<b>W out</b> <b>CUMULATO</b> <b>[m<sup>3</sup>]</b>	<b>VOLUME</b> <b>INVASATO</b> <b>[m<sup>3</sup>]</b>
0	5,00	5,00	1500,00	1500,00	1500,00	1500,00	0,00
5	5,00	5,00	1500,00	3000,00	1500,00	3000,00	0,00
10	5,00	5,00	1500,00	4500,00	1500,00	4500,00	0,00
15	5,00	5,00	1500,00	6000,00	1500,00	6000,00	0,00
20	5,20	5,20	1560,00	7560,00	1560,00	7560,00	0,00
25	5,00	5,00	1500,00	9060,00	1500,00	9060,00	0,00
30	4,80	4,80	1440,00	10500,00	1440,00	10500,00	0,00
35	4,00	4,00	1200,00	11700,00	1200,00	11700,00	0,00
40	4,00	4,00	1200,00	12900,00	1200,00	12900,00	0,00
45	5,00	5,00	1500,00	14400,00	1500,00	14400,00	0,00
50	6,00	6,00	1800,00	16200,00	1800,00	16200,00	0,00
55	7,00	7,00	2100,00	18300,00	2100,00	18300,00	0,00
60	8,00	8,00	2400,00	20700,00	2400,00	20700,00	0,00
65	9,00	9,00	2700,00	23400,00	2700,00	23400,00	0,00
70	10,00	10,00	3000,00	26400,00	3000,00	26400,00	0,00
75	11,50	11,50	3450,00	29850,00	3450,00	29850,00	0,00
80	13,00	13,00	3900,00	33750,00	3900,00	33750,00	0,00
85	14,00	14,00	4200,00	37950,00	4200,00	37950,00	0,00
90	15,00	15,00	4500,00	42450,00	4500,00	42450,00	0,00
95	15,50	15,00	4650,00	47100,00	4500,00	46950,00	150,00
100	16,00	15,00	4800,00	51900,00	4500,00	51450,00	450,00
105	18,00	15,00	5400,00	57300,00	4500,00	55950,00	1350,00
110	25,00	15,00	7500,00	64800,00	4500,00	60450,00	4350,00
115	27,00	15,00	8100,00	72900,00	4500,00	64950,00	7950,00
120	28,00	15,00	8400,00	81300,00	4500,00	69450,00	11850,00
125	29,00	15,00	8700,00	90000,00	4500,00	73950,00	16050,00
130	29,00	15,00	8700,00	98700,00	4500,00	78450,00	20250,00
135	29,00	15,00	8700,00	107400,00	4500,00	82950,00	24450,00
140	28,00	15,00	8400,00	115800,00	4500,00	87450,00	28350,00
145	27,00	15,00	8100,00	123900,00	4500,00	91950,00	31950,00
150	25,00	15,00	7500,00	131400,00	4500,00	96450,00	34950,00
155	23,00	15,00	6900,00	138300,00	4500,00	100950,00	37350,00
160	20,00	15,00	6000,00	144300,00	4500,00	105450,00	38850,00
165	17,00	15,00	5100,00	149400,00	4500,00	109950,00	39450,00



<b>170</b>	<b>15,00</b>	<b>15,00</b>	<b>4500,00</b>	<b>153900,00</b>	<b>4500,00</b>	<b>114450,00</b>	<b>39450,00</b>
175	13,00	15,00	3900,00	157800,00	4500,00	118950,00	38850,00
180	10,00	15,00	3000,00	160800,00	4500,00	123450,00	37350,00
185	9,00	15,00	2700,00	163500,00	4500,00	127950,00	35550,00
190	8,00	15,00	2400,00	165900,00	4500,00	132450,00	33450,00
195	7,00	15,00	2100,00	168000,00	4500,00	136950,00	31050,00
200	6,00	15,00	1800,00	169800,00	4500,00	141450,00	28350,00
205	5,00	15,00	1500,00	171300,00	4500,00	145950,00	25350,00
210	4,80	15,00	1440,00	172740,00	4500,00	150450,00	22290,00
215	4,70	15,00	1410,00	174150,00	4500,00	154950,00	19200,00
220	4,60	15,00	1380,00	175530,00	4500,00	159450,00	16080,00
225	4,50	15,00	1350,00	176880,00	4500,00	163950,00	12930,00
230	4,40	15,00	1320,00	178200,00	4500,00	168450,00	9750,00
235	4,30	15,00	1290,00	179490,00	4500,00	172950,00	6540,00
240	4,20	15,00	1260,00	180750,00	4500,00	177450,00	3300,00
245	4,20	15,00	1260,00	182010,00	4500,00	181950,00	60,00
250	VOLUME COMPLETAMENTE SVUOTATO						

**Tabella 14 – Calcolo del volume di invaso (T100) della cassa di espansione 4A in linea sul t. Zerra – IP.2.**

La **soluzione 2**, per quanto sia più semplice da realizzare essendo a paratoia fissa, entrerebbe in funzione solo per eventi meteorici molto intensi: per le piene 20-ennali, ad esempio, la cassa di espansione risulterebbe praticamente inutilizzata, mentre per le piene 100-ennali abbatterebbe la portata di piena da 29 a 15 mc/s.

## 6.5 NUOVO VOLUME DI LAMINAZIONE 5A SU VALLE BOLLA (studio Ecogeo)

Dallo studio idraulico del Capitolo 6 - si evince che, anche a seguito della realizzazione dei volumi di laminazione 1A-2A-3A (descritti nel Capitolo 6.2.1), vi sono ancora aree soggette a rischio idraulico elevato nel centro abitato di Albano Sant'Alessandro. In particolare, si era evidenziata una forte criticità nella zona di via Guglielmo Marconi – via Antonio Gramsci (Zona 1 – Capitolo 6.3).

Per tale ragione, laddove si dovessero riscontrare ancora delle problematiche in tale area anche a seguito della realizzazione delle opere di laminazione 1A-2A-3A-4A, si consiglia la realizzazione di un'ulteriore cassa di espansione (**5A**) in linea sulla Valle Bolla.

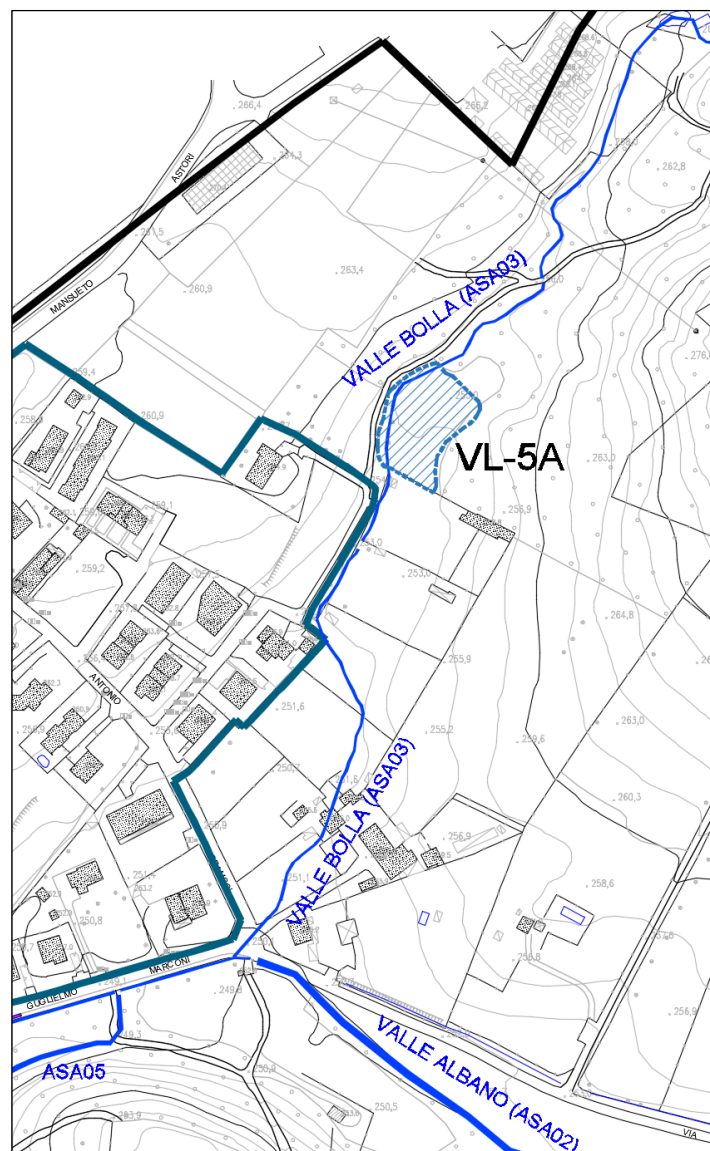


Figura 38 – Ubicazione planimetrica della cassa di espansione in linea 5A sulla Valle Bolla.

La Valle Bolla è un corso d'acqua a carattere torrentizio, che si riversa nella Valle d'Albano proprio all'altezza dell'incrocio tra via Marconi e via Gramsci. Quindi, operare una laminazione a monte di quest'area porterebbe beneficio immediato in termini di regimazione idraulica e si ridurrebbero anche gli eventi di rigurgito degli scarichi fognari (vedi Capitolo 6.6).

La posizione della cassa di espansione è indicata in **Figura 38** e nella Carta del Rischio Idraulico con interventi di laminazione **Allegato 4**. L'area in questione, considerando le previsioni del P.G.T. vigente (Tavola PR2.1 – Assetto e disciplina del 05/2019) è classificata come area verde, e perciò risulta essere un'area idonea alla realizzazione dell'opera di laminazione.

#### NOTA

In questa fase si è calcolato un volume di laminazione di massima (con ipotesi di "laminazione perfetta"). Si rimanda a studi idraulici di dettaglio, successivi al presente elaborato, per la definizione delle opere di presa, di derivazione e per una eventuale modellazione idrodinamica del fenomeno di laminazione.

### 6.5.1 Calcolo del volume di laminazione

Nel caso della Valle Bolla, non si ha a disposizione un'idrogramma delle portate in ingresso (come accadeva per il T. Zerra). Siccome la Valle Bolla ha carattere torrentizio, l'alveo si riempie d'acqua solo in caso di evento meteorico intenso. Per tale ragione, l'idrogramma delle portate in ingresso si può calcolare con metodi idrologici (trasformazione afflussi-deflussi con il programma URBIS 2003), considerando un evento meteorico con tempo di ritorno 100 anni.

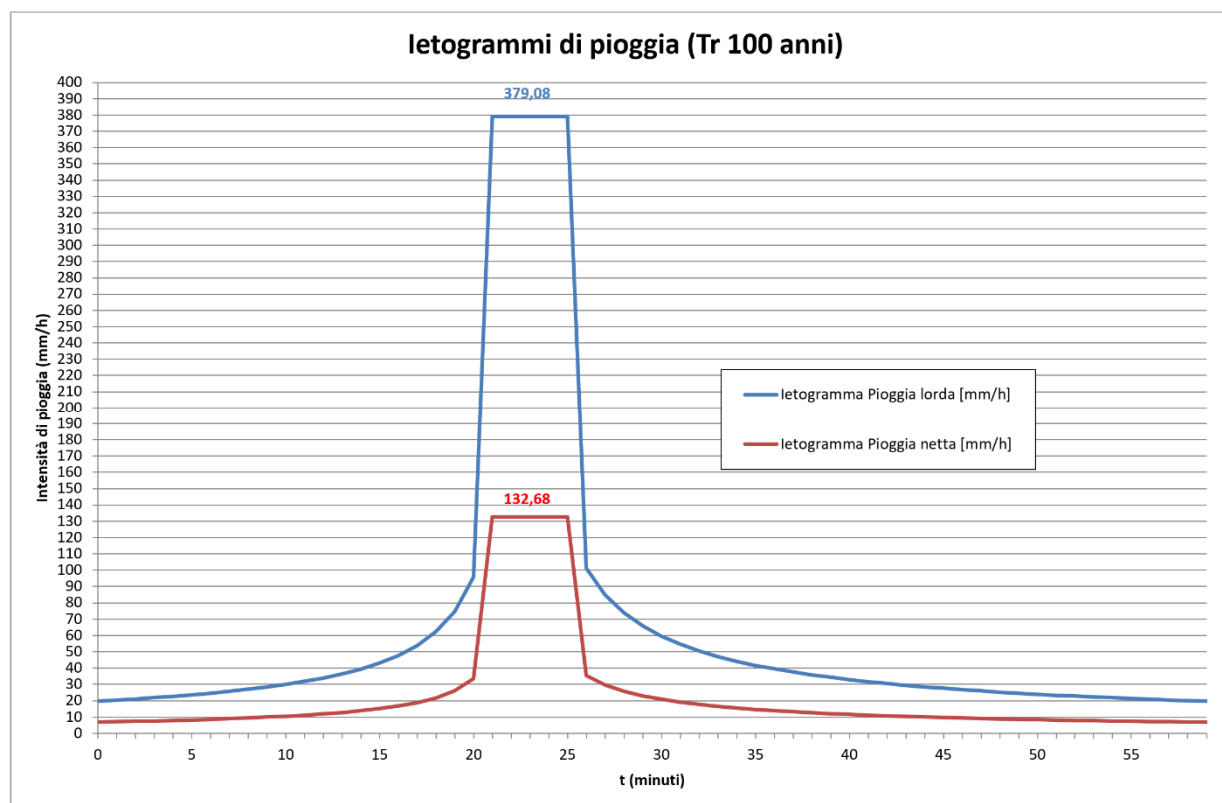
#### Definizione dell'evento critico (ietogramma) di progetto

L'evento meteorico critico viene definito, sulla base dei parametri  $a$ ,  $n$  calcolati nel Capitolo 3.1 con  $Tr = 100$  anni, da uno ietogramma di progetto, ossia un grafico che mette in relazione l'intensità di pioggia (in ordinata) con il tempo (in ascissa).

Come spiegato nel Capitolo 3.5.2, tra i diversi tipi di piogge sintetiche più comunemente utilizzate nella progettazione di opere idrauliche, si è scelto di utilizzare lo "Ietogramma Chicago" netto e lordo (**Figura 39**) con i seguenti parametri in ingresso:

Dati di input URBIS 2003 – IETOGRAMMI DI PIOGGIA			
Tempo di ritorno	$Tr$	100	anni
Parametro idrologico $Tr$ 100 (Capitolo 3.1)	$a$	65,834	mm/h
Parametro idrologico $Tr$ 100 (Capitolo 3.1)	$n$	0,2955	-
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,35	-
Durata dell'evento meteorico critico	$t$	60	min
Posizione del picco dello ietogramma	$r$	0,375	-
Passo temporale	$\Delta t$	1	min

Il coefficiente di efflusso medio ponderale si è considerato pari a  $\varphi = 0,35$ , essendo che il bacino di influenza della Valle Bolla è in larga parte non urbanizzato, e quindi caratterizzato da una percentuale molto elevata di perdite idrologiche. Si ipotizza, in sostanza che il 35% della pioggia che cade sul bacino di influenza sia conferito nel corso d'acqua.



**Figura 39** – Ietogramma Chicago lordo (in BLU) e netto (in ROSSO) dell'evento meteorico di progetto T100.

### Definizione delle portate (idrogrammi) di ingresso e uscita

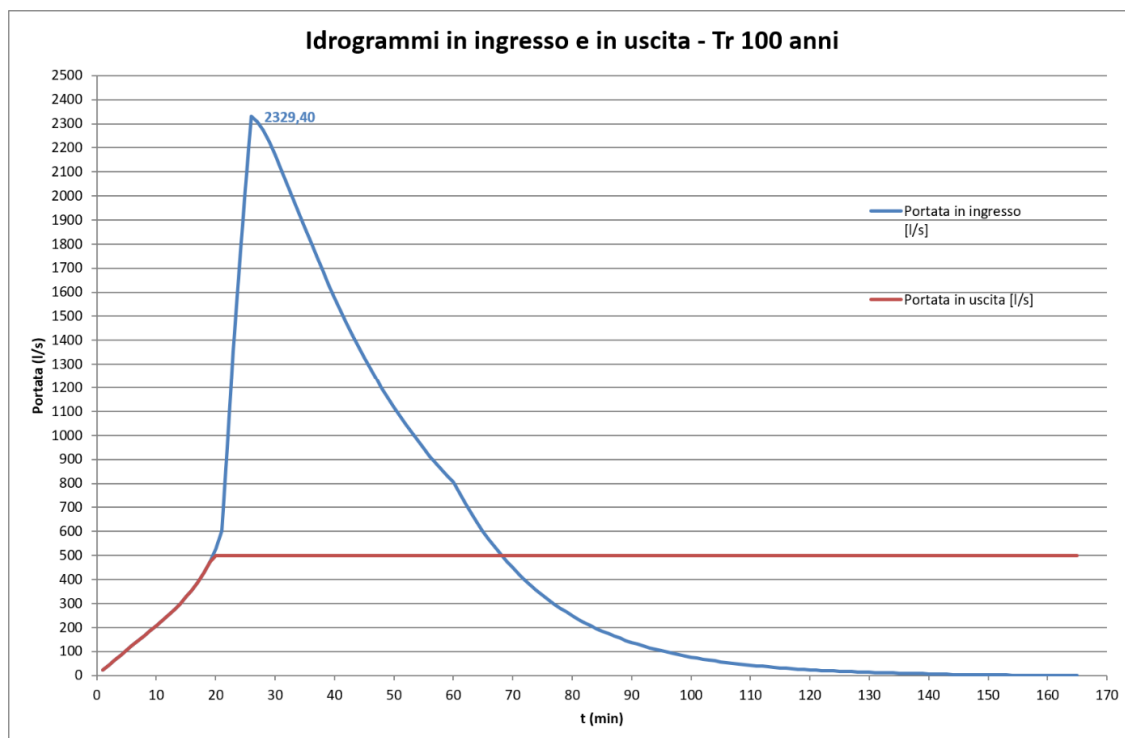
Come spiegato nel Capitolo 3.5.2, per ricavare l'idrogramma di piena  $Q(t)$  in ingresso, si è utilizzato il software URBIS 2003, in cui sono stati inseriti i dati di input qui riportati.

<u>Dati di input URBIS 2003 – IDROGRAMMI DI PORTATA ENTRANTE E USCENTE</u>			
Tempo di ritorno	Tr	100	anni
Parametro idrologico Tr 100 (Capitolo 3.1)	a	65,834	mm/h
Parametro idrologico Tr 100 (Capitolo 3.1)	n	0,2955	-
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,35	-
Durata dell'evento meteorico critico	t	60	min
Posizione del picco dello ietogramma	r	0,375	-
Passo temporale	$\Delta t$	1	min
Bacino di influenza Valle Bolla	S	20,45	ha
Costante di invaso	k	17	min
Portata di laminazione	Q out	0,5	m <sup>3</sup> /s
Ietogramma netto di progetto tipologia Chicago	Vedi <b>Figura 39</b> ( $i_{max} = 132,68$ mm/ora)		



L'idrogramma in uscita  $Q(t)$  è un grafico con portate uguali alle portate entranti se inferiori a 500 l/s; per portate in ingresso maggiori, diventa costante con linea pari alla portata  $Q = 500$  l/s (in **ROSSO** in **Figura 40**) ossia la portata con cui si svuota il volume di laminazione.

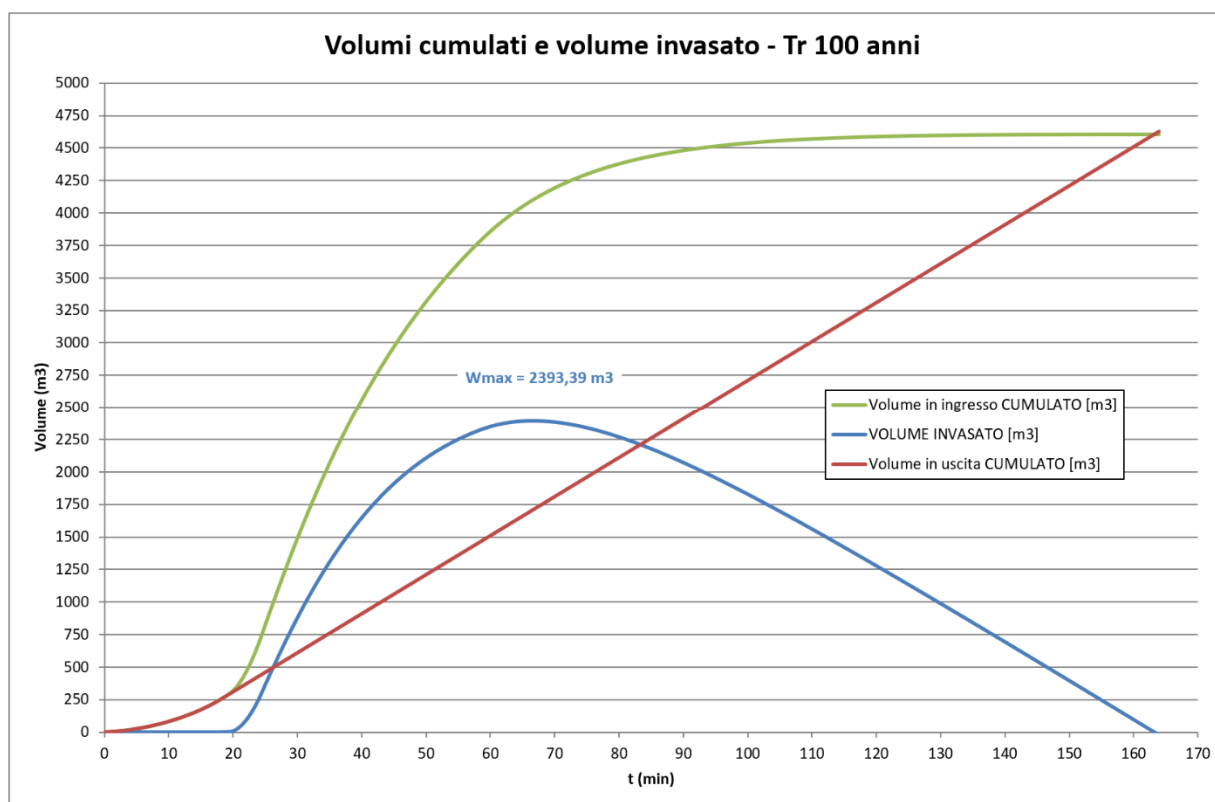
In questo caso si è ipotizzata un'opera di derivazione con paratoia fissa, che lasci passare indisturbate le portate inferiori a  $Q = 0,5$  mc/s (500 l/s): il volume di laminazione comincia a riempirsi dal momento in cui le portate in ingresso superano questa soglia, che è stata scelta come portata di laminazione.



**Figura 40** – Idrogrammi di ingresso (BLU) e di uscita (ROSSO).

### Definizione del volume di laminazione

Con riferimento al grafico in **Figura 41**, noto l'andamento delle portate in ingresso e in uscita dalla vasca, si è ricavato il volume di laminazione necessario calcolando l'andamento dei volumi cumulati entranti (in **VERDE**) e uscenti (in **ROSSO**) e facendone la differenza. La differenza massima tra volumi cumulati entranti e volumi cumulati uscenti (volume invasato in **BLU**) rappresenta il volume di laminazione necessario della cassa di espansione. Analizzando il grafico di **Figura 41**, si conclude che, a seguito della simulazione con modello afflussi-deflussi, il volume di laminazione necessario sarebbe  **$W = 2393,39$  m<sup>3</sup>**.



**Figura 41** – Volumi cumulati in ingresso (VERDE), in uscita (ROSSO) e volumi invasati (BLU).

A seguito del dimensionamento di massima, si ha una cassa di espansione in linea sulla Valle Bolla con le seguenti caratteristiche:

<b>W</b> <sub>invaso</sub> <b>(mc)</b>	<b>A</b> <sub>base</sub> <b>(mq)</b>	<b>H</b> <sub>med ACQUA</sub> <b>(m)</b>	<b>Tipologia di scarico</b>	<b>Q100</b> <sub>in max</sub> <b>(l/s)</b>	<b>Q100</b> <sub>in max</sub> <b>(mc/s)</b>	<b>Q</b> <sub>out max</sub> <b>(l/s)</b>	<b>Q</b> <sub>out max</sub> <b>(l/s)</b>
2395	1750	1,37	Paratoia fissa	2329,4	2,33	500	0,5

**Tabella 15** – Caratteristiche della cassa di espansione 5A in linea sulla Valle Bolla.

## **6.6 INSUFFICIENZE PUNTUALI SEGNALATE PER ESPERIENZA DIRETTA**

Sono state segnalate dall'Amministrazione Comunale di Albano Sant'Alessandro delle aree specifiche caratterizzate da insufficienze fognarie che comportano rischi di allagamenti e di disagi per la circolazione sulle strade a causa dell'inadeguatezza delle infrastrutture a fronte di fenomeni meteorologici rilevanti.

Si segnalano a tal proposito le seguenti criticità fognarie:

1. via San Giorgio, Carbonera, Monte Grappa, Cristoforo Colombo e vie traverse
2. via Sant'Alessandro
3. via Giuseppe Marconi / via Antonio Gramsci

### 6.6.1 Criticità fognaria 1

L'amministrazione comunale di Albano Sant'Alessandro ha segnalato in via San Giorgio, via Carbonera, via Monte Grappa, via Cristoforo Colombo e nelle vie traverse dei frequenti allagamenti dovuti ad insufficienza dei tronchi fognari.

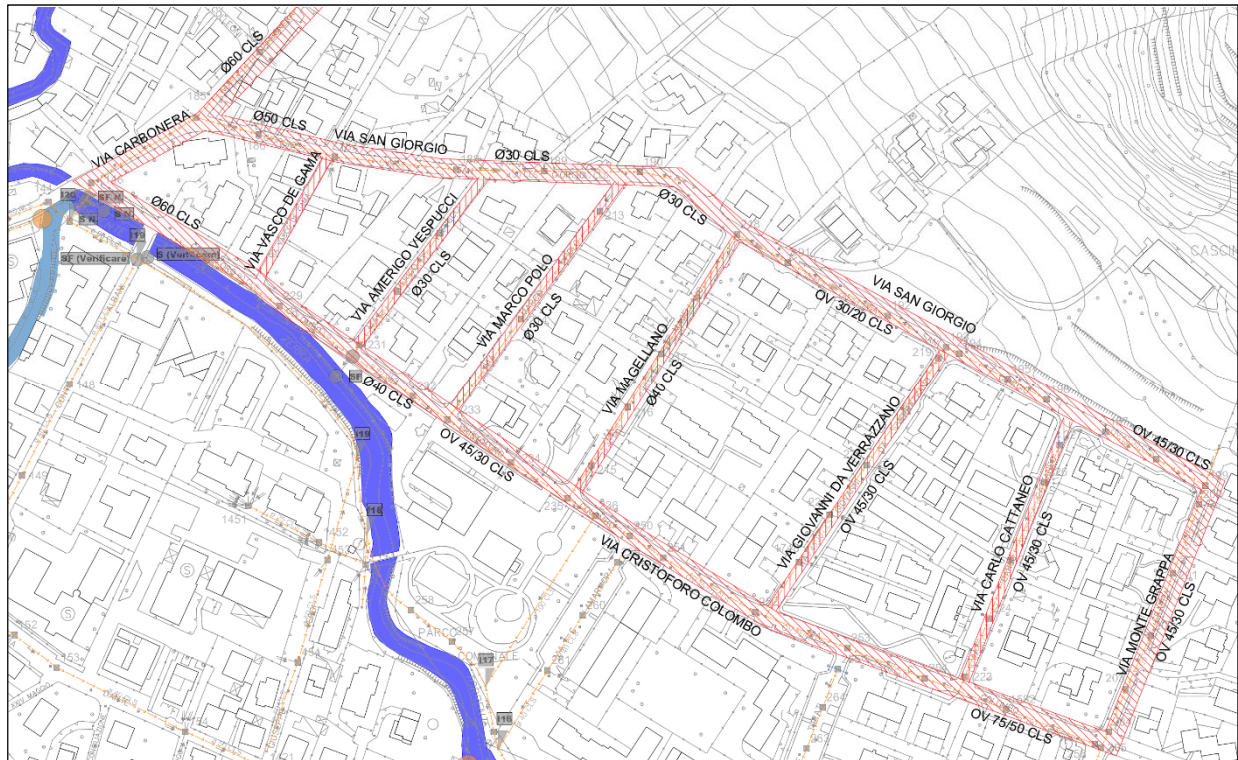


Figura 42 – Criticità fognaria 1: tronchi fognari che risultano idraulicamente insufficienti da analisi diretta.

Come si può vedere dalla Tavola PUGSS Sistema fognario (**Allegato 2** - Tavola PUGSS Sistema fognario – scala 1:5000), la fognatura dell'area in esame scarica nel Torrente Zerra tramite diversi sfioratori e sistemi di scarico.

Gli sfioratori e gli scarichi fognari verso il Torrente Zerra risultano essere rigurgitati dalla piena del Torrente, in caso di evento meteorico intenso. Il mancato scarico verso il recettore provoca il riempimento delle tubazioni delle vie limitrofe (via San Giorgio, via Carbonera, via Monte Grappa, via Cristoforo Colombo e vie traverse).

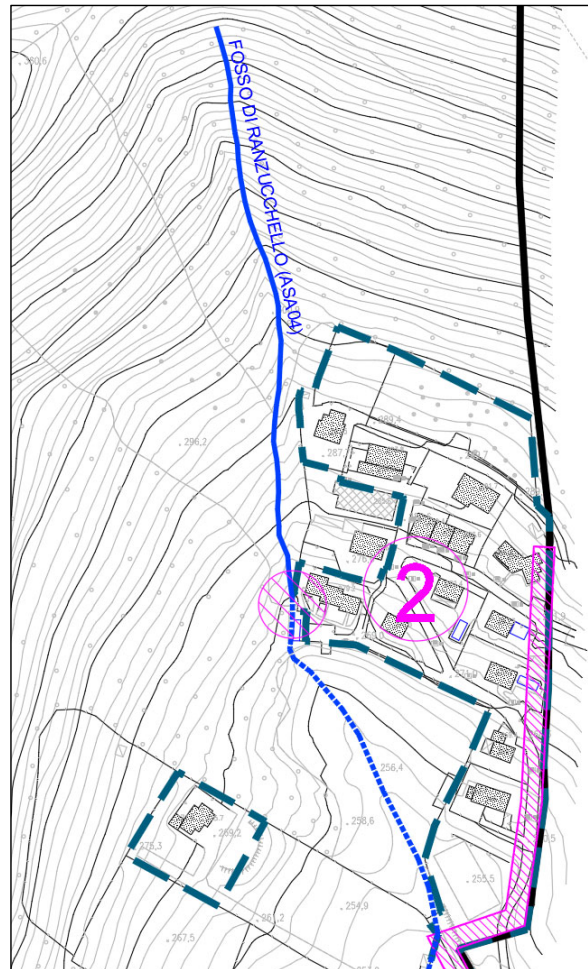
Si consiglia di migliorare le condizioni di piena del Torrente Zerra tramite opere di laminazione a larga scala (1A-2A-3A-4A-5A), senza intervenire direttamente sul sistema fognario, che sembrerebbe ben dimensionato.

Nel caso, a seguito della realizzazione delle opere di laminazione prescritte nel presente documento, si dovessero verificare ulteriori problematiche, bisognerà necessariamente ricorrere all'aumento dei diametri delle tubazioni.



### 6.6.2 Criticità fognaria 2

L'amministrazione comunale di Albano Sant'Alessandro ha segnalato in via S. Alessandro dei frequenti allagamenti dovuti ad insufficienza idraulica del Fosso Ranzucchello ASA04.



**Figura 43** – Criticità fognaria 2: insufficienza idraulica del Fosso Ranzucchello ASA04.

In via Sant'Alessandro non è attualmente presente una rete fognaria per le acque bianche. Tutte le acque vengono scaricate nel Fosso Ranzucchello che va a sua volta ad immettersi nel Torrente Zerra. Il fosso è per larga parte intubato, e all'imbocco del tubo (cerchiato in rosa in **Figura 43**) si segnalano fuoriuscite dell'acqua che vanno a creare disagio nelle zone abitate.

In questo caso, l'insufficienza idraulica va imputata sia alle condizioni di piena del recettore (Torrente Zerra), sia all'assenza di un tronco fognario parallelo al Fosso Ranzucchello su via Sant'Alessandro.

Si consiglia di migliorare le condizioni di piena del Torrente Zerra tramite opere di laminazione a larga scala (1A-2A-3A-4A-5A), e di intervenire direttamente sul sistema fognario installando una rete fognaria parallela al Fosso Ranzucchello che raccolga le acque meteoriche dell'area in questione, sgravando il reticolo idrico.

### 6.6.3 Criticità fognaria 3

L'amministrazione comunale di Albano Sant'Alessandro ha segnalato in via Marconi e via Gramsci dei frequenti allagamenti dovuti anche ad insufficienza dei tronchi fognari. Si è lungamente parlato della questione nel Capitolo 6.3.1, dove si evidenziavano soprattutto le problematiche relative alle esondazioni del reticolo (**Figura 28** e **Figura 29**).

Come si può vedere dalla Tavola PUGSS Sistema fognario (**Allegato 2** - Tavola PUGSS Sistema fognario – scala 1:5000), la fognatura dell'area in esame scarica nel Torrente Zerra tramite diversi sfioratori e sistemi di scarico.

Gli sfioratori e gli scarichi fognari di via Marconi verso il Torrente Zerra risultano essere rigurgitati dalla piena del Torrente, in caso di evento meteorico intenso. Il mancato scarico verso il recettore provoca il riempimento delle tubazioni e la conseguente insufficienza fognaria.

Si consiglia di migliorare le condizioni di piena del Torrente Zerra tramite opere di laminazione a larga scala (1A-2A-3A-4A-5A), senza intervenire direttamente sul sistema fognario, che sembrerebbe ben dimensionato.

Nel caso, a seguito della realizzazione delle opere di laminazione prescritte nel presente documento, si dovessero verificare ulteriori problematiche, bisognerà necessariamente ricorrere all'aumento dei diametri delle tubazioni.

## **7 - MISURE DI INVARIANZA IDROLOGICA-IDRAULICA PER AMBITI DI TRASFORMAZIONE E RIQUALIFICAZIONE**

In linea generale, per tutti gli ambiti di trasformazione previsti dal P.G.T. (Piano delle Regole) sono da applicarsi i principi di invarianza idraulica e idrologica così come dettati dal R.R. 7/2017 – R.R. 8/2019.

Le misure saranno da individuare, per ogni singolo caso, sulla base di quanto emergerà dagli approfondimenti condotti in sede progettuale, e più specificatamente dovranno essere contemplate e definite dal “progetto di invarianza idraulica ed idrologica”.

A tale scopo, la progettazione potrà essere orientata anche sulla base dei contenuti indicati dal presente studio ai paragrafi 3.7 e 3.7.2 relativi alle misure “strutturali” e “non strutturali” di invarianza idraulica ed idrologica.

Per gli ambiti di nuova trasformazione previsti dal vigente P.G.T. (Ambiti di trasformazione urbanistica AT1-7, illustrati nella Tavola in **Allegato 1**) si è proceduto in questa sede ad indicare elementi tecnici sulla scorta dei quali orientare la programmazione / progettazione delle misure di invarianza.

Nel seguito vengono proposte le analisi riportanti le caratteristiche principali degli ambiti e le ipotesi di intervento in ottemperanza ai principi di invarianza a cui risultano assoggettati.

## 7.1 AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT1

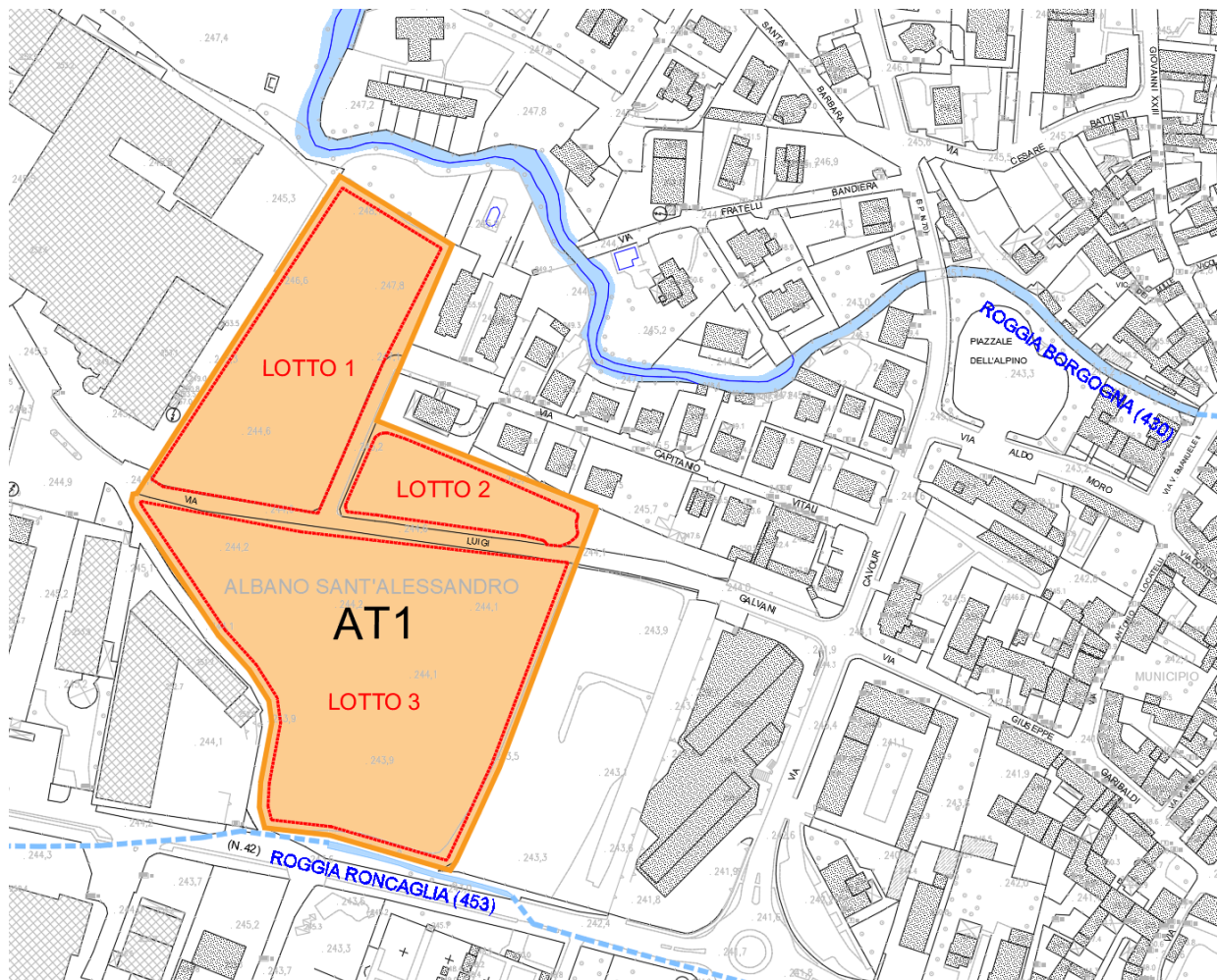


Figura 44 – Ambito di trasformazione AT1.

Con riferimento alla Carta del Rischio Idraulico per lo stato di fatto, riportata in **Allegato 3** e alla Carta del Rischio Idraulico con interventi di laminazione, riportata in **Allegato 4**, l'ambito di trasformazione **AT1** è un'area **NON soggetta a rischio idraulico**.



### 7.1.1 Soluzioni progettuali

Con riferimento a quanto esposto nel Capitolo 3.6, a proposito dei sistemi di laminazione, per definire un idoneo sistema di smaltimento delle acque meteoriche dal volume di laminazione, sarà necessario valutare diverse casistiche.

1. Occorre innanzitutto analizzare le informazioni derivanti dalle carte geologiche (**Figura 45**) e svolgere delle analisi penetrometriche puntuali per ottenere dei corretti parametri di permeabilità del terreno. Nel caso in cui la permeabilità del terreno sia idonea ( $K = 10^{-3}$  o  $10^{-4}$  m/s o comunque non inferiore a  $10^{-5}$  m/s), si può prevedere di smaltire le acque per infiltrazione tramite:

- a. Vasche di laminazione con fondo filtrante
- b. Batterie di pozzi disperdenti

purché le vasche e i pozzi abbiano in totale un volume di laminazione che rispetti i criteri di invarianza idrologica-idraulica.

Nello specifico, l'ambito di trasformazione AT1 presenta un terreno superficiale caratterizzato da una buona permeabilità, ipotizzabile intorno a  $10^{-4}$  m/s, che rende applicabile lo smaltimento delle acque per infiltrazione.

Si può prevedere di utilizzare la fognatura comunale (**Figura 46**) o il reticolo idrico superficiale come recettori in caso di "troppo pieno" nei sistemi di infiltrazione.

2. Nel caso in cui, a seguito di puntuali prove penetrometriche, il terreno non dovesse risultare idoneo all'infiltrazione, si può valutare la presenza di un corpo idrico recettore (un'asta del reticolo idrico minore o principale) in cui scaricare la portata limite nel rispetto dei criteri del decreto di invarianza idrologica-idraulica. Nello specifico, l'ambito di trasformazione AT1 è strettamente confinante con il Reticolo idrico superficiale (Roggia Borgogna a nord, Roggia Roncaglia a sud). Si può perciò prevedere dei volumi di laminazione con scarico controllato della portata limite verso il Reticolo idrico superficiale.

La **soluzione progettuale ottimale** (**Figura 47**), è quella di prevedere dei sistemi di infiltrazione nelle aree a buona permeabilità, con eventuale scarico di troppo pieno in fognatura comunale o in corpo idrico. In particolare, si può prevedere un unico grande volume di laminazione, oppure, più verosimilmente un volume di laminazione suddiviso secondo le tre lottizzazioni ipotizzate.

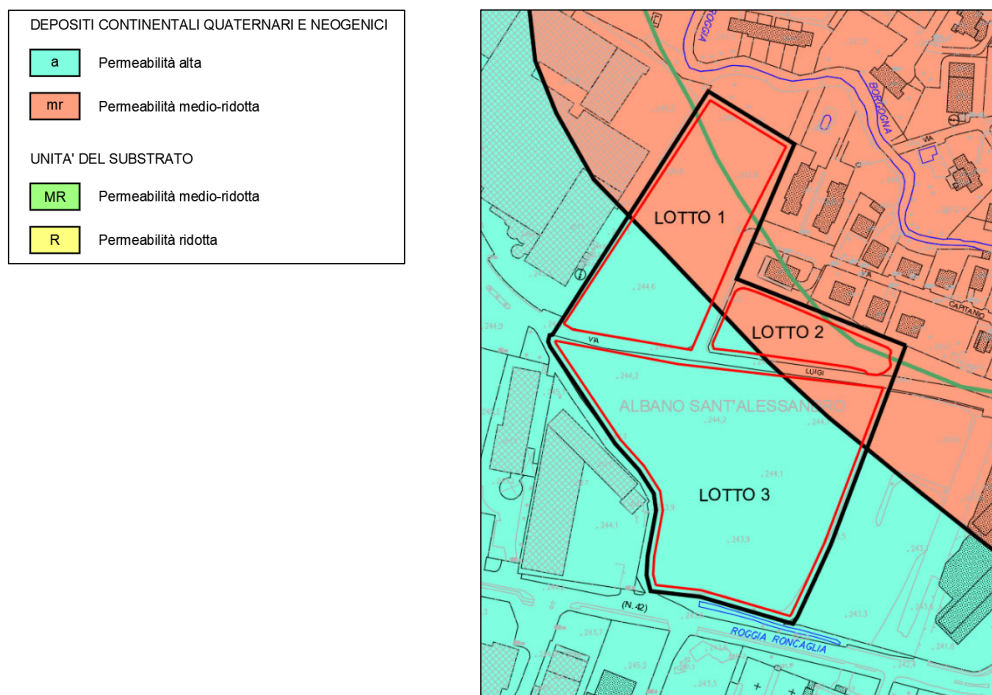


Figura 45 – Stralcio da Carta della Permeabilità – AT1 (da PGT – Componente Geologica).



Figura 46 – Stralcio della rete fognaria nei pressi di AT1 (da PUGSS).

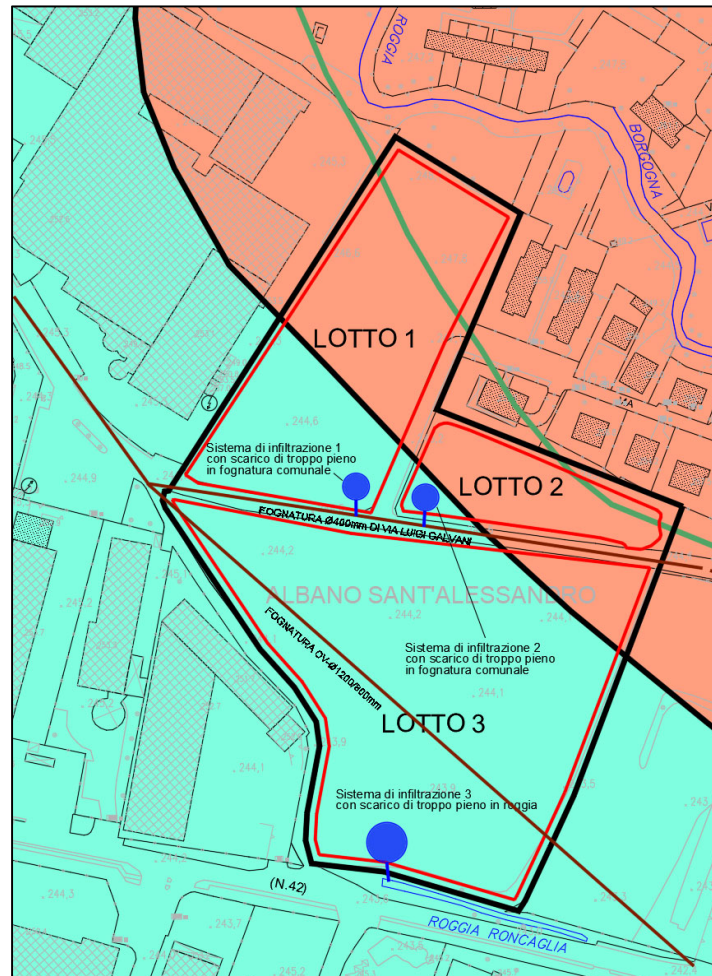


Figura 47 – Schema delle soluzioni progettuali ottimali per l'ambito AT1.

### CONSIDERAZIONI

**Soluzione 1** – L'ipotesi di smaltimento delle acque per infiltrazione è sempre la prima da prendere in considerazione in quanto non si andrebbero a sovraccaricare di ulteriori portate la fognatura comunale e i corpi idrici superficiali. Il funzionamento dei pozzi perdenti o delle vasche di laminazione a fondo filtrante diventa difficoltoso per terreni con permeabilità  $K < 10^{-5}$  m/s. Per tale ragione, prima di procedere alla realizzazione dei sistemi di infiltrazione, sarà necessario verificare il parametro K con puntuali indagini geologiche.

**Soluzione 2** – L'ipotesi di prevedere uno o più invasi di laminazione con scarico controllato in corpo idrico superficiale è da prendere in considerazione solo in caso di incapacità drenanti del terreno.

### 7.1.2 Calcolo dei volumi di laminazione

Per lo smaltimento delle acque meteoriche, in tale ambito di trasformazione, la superficie totale è di 3,03 ha, di cui si è tenuto conto di un 70% di area impermeabilizzata e un 30% di area verde (coefficiente di efflusso medio ponderale:  $\varphi = 0,76$ ). Per quanto specificato ai sensi del R.R. 8/2019 (Capitolo 3.5, **Figura 6**), essendo:

- Superficie interessata dall'intervento  $1 \text{ ha} < S_{\text{intervento}} < 10 \text{ ha}$
- Coefficiente di efflusso  $\varphi > 0,4$

consegue: Classe di intervento 3 (impermeabilizzazione potenziale alta) e calcolo del volume di laminazione con la procedura dettagliata (Capitolo 3.5.2), confrontato con i requisiti minimi dell'art.12 del R.R. 8/2019 (Capitolo 3.5.3).

#### Calcolo di $W_o$ con i REQUISITI MINIMI dell'art.12 del R.R. 8/2019

Superficie di intervento	S	3,03	ha
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,76	-
Limite di scarico per R.R. 8/2019	$U_{\text{lim}}$	10	l/s ha
Portata massima di scarico in recettore	$Q_{\text{scarico}}$	<b>23</b>	<b>l/s</b>
Volume minimo di laminazione	$W_{o \text{ min INV}}$	800	$\text{m}^3/\text{ha imp}$
Volume minimo	<b><math>W_o \text{ (min)}</math></b>	<b>1839,7</b>	<b><math>\text{m}^3</math></b>

Con i requisiti minimi dell'art.12 del R.R. 8/2019, si calcola un volume totale di laminazione di  $1840 \text{ m}^3$  con scarico controllato in fognatura o in corpo idrico di una portata totale massima di 23 l/s.

#### Calcolo di $W_o$ con la PROCEDURA DETTAGLIATA

Con la procedura dettagliata, si vuole calcolare il volume di laminazione necessario a smaltire la portata in ingresso alla vasca, considerando una portata in uscita pari alla portata  $Q_f$  di infiltrazione. Infatti, dalle indagini geologiche sul territorio (*rif. PGT, P6931 Allegato 05 Permeabilità*), si evidenziano buone capacità filtranti del terreno (si può considerare una permeabilità  $K = 10^{-4} \text{ m/s}$ ) e profondità della falda da piano campagna -12 metri.

Potendo svuotare il volume di infiltrazione tramite infiltrazione negli strati superficiali del terreno, la portata totale di scarico del volume di laminazione non sarà 23 l/s (valida per scarico in corpo idrico o in fognatura), ma andrà calcolata con la formula di Sieker:

$$Q_f = 1000 \frac{K L + z}{2 L + \frac{z}{2}} A_f$$

dove:

$Q_f$  è la portata dispersa per infiltrazione;

$K$  è la permeabilità del terreno;

$L$  è il dislivello tra falda e pozzi / vasca;

$z$  è l'altezza dello strato drenante dei pozzi / vasca;

$A_f$  è la superficie netta di infiltrazione dei pozzi / vasca.

Siccome il volume minimo di laminazione deve essere in ogni caso pari ad almeno 1840 m<sup>3</sup>, si può pensare di valutare, per il calcolo della portata di infiltrazione, una vasca alta 3 metri con pianta filtrante di base circa 215 mq. Con questa ipotesi, la portata d'infiltrazione totale è quella determinata di seguito:

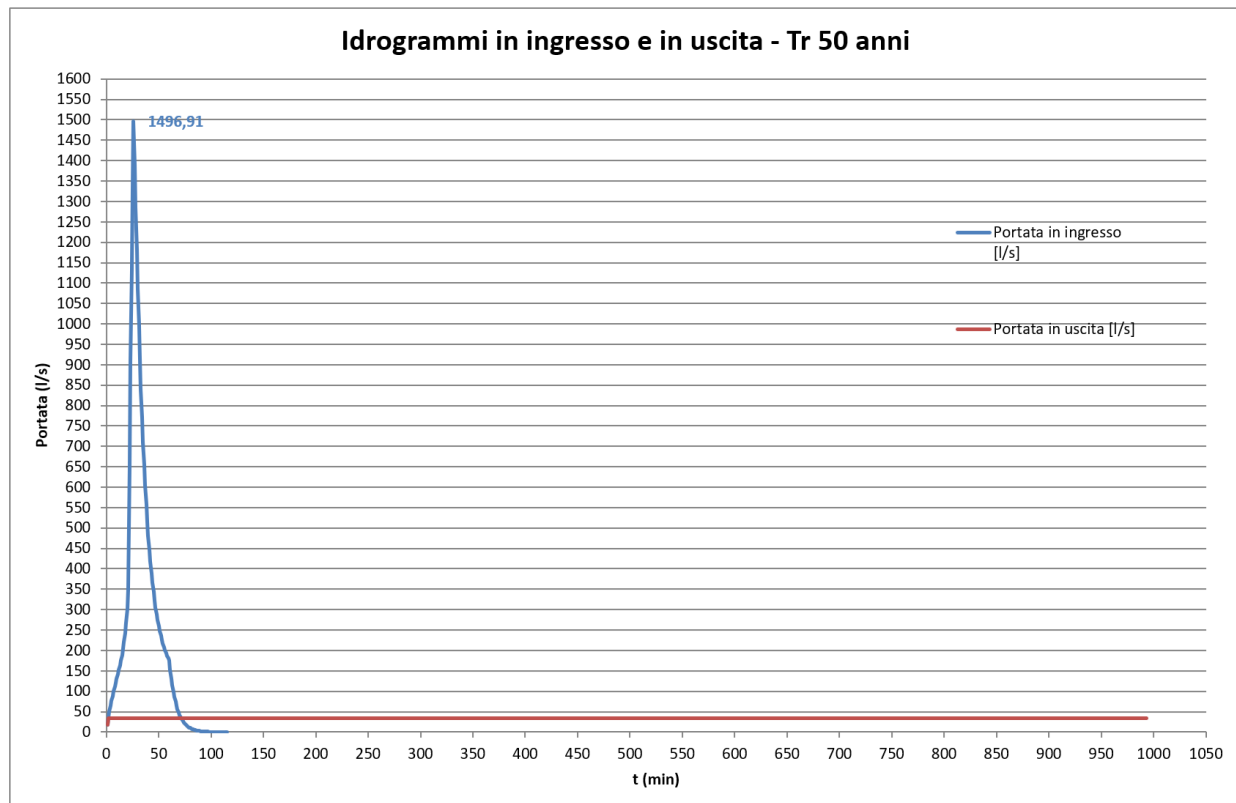
<u>Calcolo della portata di infiltrazione</u>			
Coefficiente di permeabilità	K	m/s	10 <sup>-4</sup>
Altezza vasca	z	m	3
Dislivello tra vasca e falda	L	m	12,00
Superficie netta infiltrazione	$A_f$	m <sup>2</sup>	615
Volume totale vasca	V	m <sup>3</sup>	1840
<b>Portata infiltrata totale</b>	<b><math>Q_f</math></b>	<b>l/s</b>	<b>34</b>

Come spiegato nel Capitolo 3.5.2, per ricavare l'idrogramma di piena  $Q(t)$  in ingresso, si è utilizzato il software URBIS 2003, in cui sono stati inseriti i dati di input qui riportati.

<u>Dati di input URBIS 2003</u>			
Tempo di ritorno	Tr	50	anni
Parametro CPP	a	59,428	mm/h
Parametro CPP	n	0,2955	-
Superficie di intervento	S	3,03	ha
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,76	-
Portata di scarico	$Q_f$	34	l/s
Costante di invaso	k	7	min
Durata evento	$t_{evento}$	60	min
Tempo di discretizzazione	$\Delta t$	1	min
Ietogramma netto di progetto tipologia Chicago	Vedi <b>Figura 4</b> ( $i_{max} = 260,07$ mm/ora)		



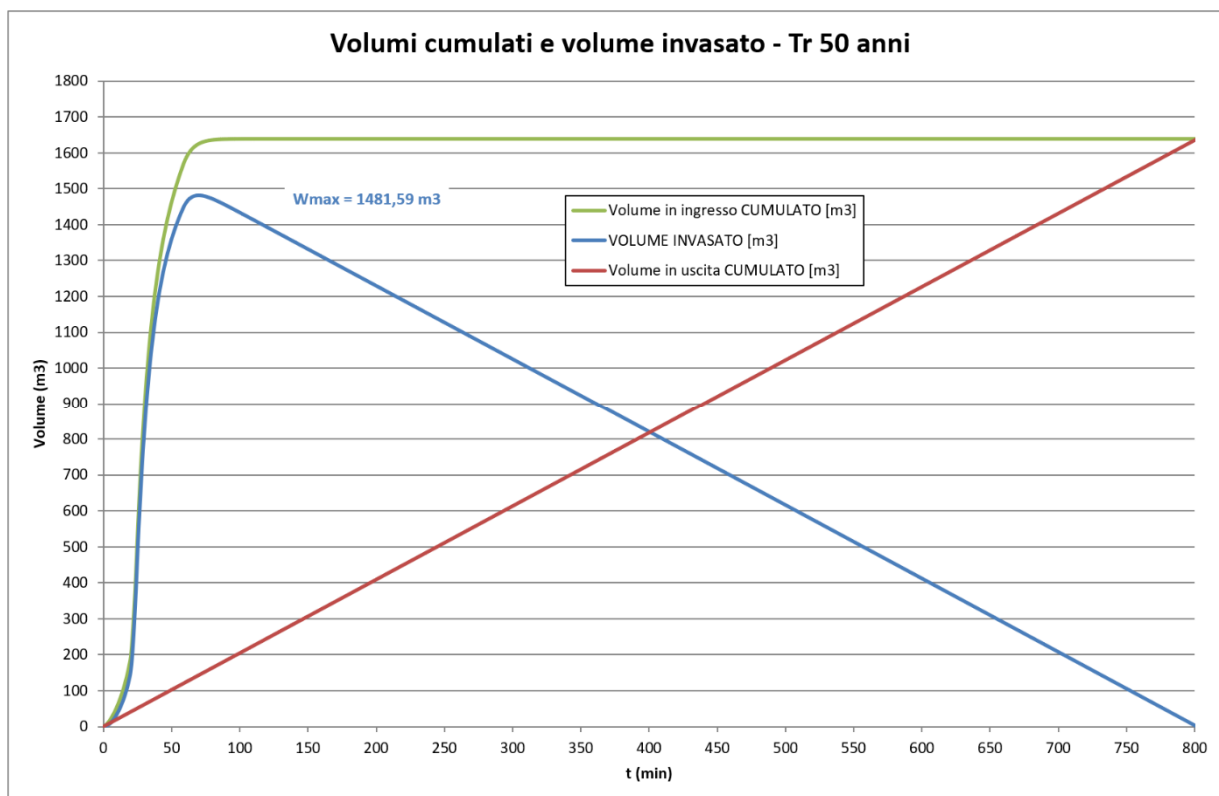
Il risultato della modellazione afflussi-deflussi è riportato in **BLU** in **Figura 48**. L'idrogramma in uscita  $Q(t)$  è semplicemente un grafico costante con linea pari alla portata  $Q_r = 34$  l/s (in **ROSSO** in **Figura 48**) ossia la portata con cui si svuota il volume di laminazione.



**Figura 48** – Idrogrammi di ingresso (BLU) e di uscita (ROSSO) – AT1.

Con riferimento al grafico in **Figura 49**, noto l'andamento delle portate in ingresso e in uscita dalla vasca, si è ricavato il volume di laminazione necessario calcolando l'andamento dei volumi cumulati entranti (in **VERDE**) e uscenti (in **ROSSO**) e facendone la differenza. La differenza massima tra volumi cumulati entranti e volumi cumulati uscenti (volume invasato in **BLU**) rappresenta il volume di laminazione necessario della vasca.

Analizzando il grafico di **Figura 49**, si conclude che, a seguito della simulazione con modello afflussi-deflussi, il volume di laminazione necessario per l'ambito di trasformazione AT1 sarebbe di  $1481,59 \text{ m}^3$ , che è minore del volume richiesto dai requisiti minimi ( $1840 \text{ m}^3$ ).



**Figura 49** – Volumi cumulati in ingresso (VERDE), in uscita (ROSSO) e volumi invasati (BLU) – AT1.

Questo significa che le capacità filtranti del terreno permetterebbero la realizzazione di un volume di laminazione minore, tuttavia, per quanto affermato nel decreto di invarianza R.R. 8/2019:

**Per l'ambito AT1 si dovrà realizzare un volume totale di laminazione, suddivisibile in 3 o più parti, di 1840 m<sup>3</sup>, con smaltimento delle acque per infiltrazione (si può prevedere eventualmente una tubazione di troppo pieno verso la fognatura comunale o verso la Roggia Roncaglia).**

**NOTA**

I risultati ottenuti dall'analisi sono verosimili, ma puramente indicativi in quanto basati su un'ipotesi di futura impermeabilizzazione e non su dati da progetto esecutivo.

## 7.2 AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT2

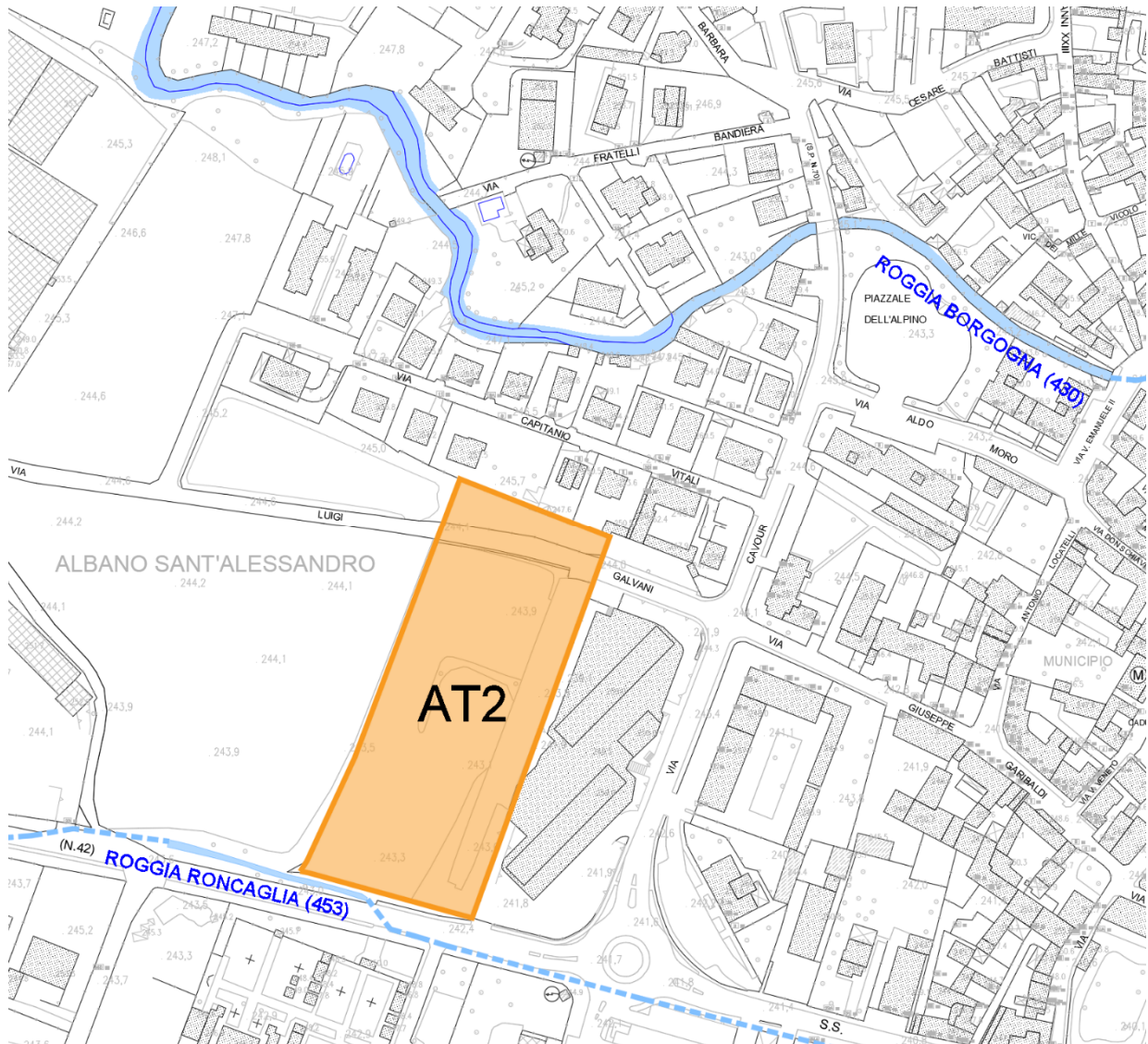


Figura 50 – Ambito di trasformazione AT2.

Con riferimento alla Carta del Rischio Idraulico per lo stato di fatto, riportata in **Allegato 3** e alla Carta del Rischio Idraulico con interventi di laminazione, riportata in **Allegato 4**, l'ambito di trasformazione **AT2 è un'area NON soggetta a rischio idraulico.**

### 7.2.1 Soluzioni progettuali

Con riferimento a quanto esposto nel Capitolo 3.6, a proposito dei sistemi di laminazione, per definire un idoneo sistema di smaltimento delle acque meteoriche dal volume di laminazione, sarà necessario valutare diverse casistiche.

1. Occorre innanzitutto analizzare le informazioni derivanti dalle carte geologiche (**Figura 51**) e svolgere delle analisi penetrometriche puntuali per ottenere dei corretti parametri di permeabilità del terreno. Nel caso in cui la permeabilità del terreno sia idonea ( $K = 10^{-3}$  o  $10^{-4}$  m/s o comunque non inferiore a  $10^{-5}$  m/s), si può prevedere di smaltire le acque per infiltrazione tramite:

- a. Vasche di laminazione con fondo filtrante
- b. Batterie di pozzi disperdenti

purché le vasche e i pozzi abbiano in totale un volume di laminazione che rispetti i criteri di invarianza idrologica-idraulica.

Nello specifico, l'ambito di trasformazione AT2 presenta un terreno superficiale caratterizzato da una buona permeabilità, ipotizzabile intorno a  $10^{-4}$  m/s, che rende applicabile lo smaltimento delle acque per infiltrazione.

Si può prevedere di utilizzare la fognatura comunale (**Figura 52**) o il reticolo idrico superficiale come recettori in caso di "troppo pieno" nei sistemi di infiltrazione.

2. Nel caso in cui, a seguito di puntuali prove penetrometriche, il terreno non dovesse risultare idoneo all'infiltrazione, si può valutare la presenza di un corpo idrico recettore (un'asta del reticolo idrico minore o principale) in cui scaricare la portata limite nel rispetto dei criteri del decreto di invarianza idrologica-idraulica. Nello specifico, l'ambito di trasformazione AT2 è strettamente confinante con il Reticolo idrico superficiale (Roggia Roncaglia a sud). Si può perciò prevedere dei volumi di laminazione con scarico controllato della portata limite verso il Reticolo idrico superficiale.

La **soluzione progettuale ottimale** (**Figura 53**) è quella di prevedere un sistema di infiltrazione nell'area a buona permeabilità, con eventuale scarico di troppo pieno in fognatura comunale o in corpo idrico.

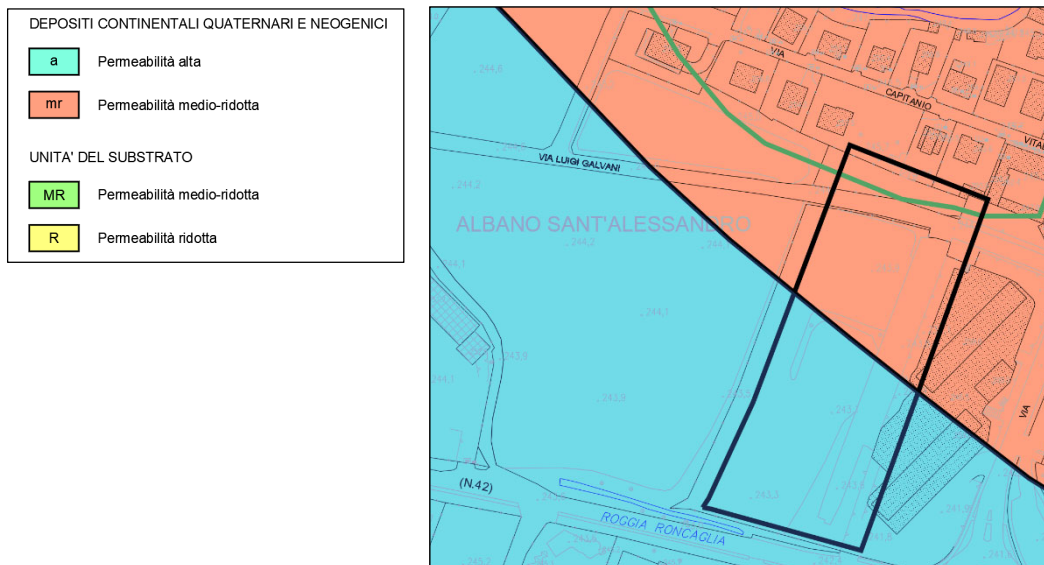


Figura 51 – Stralcio da Carta della Permeabilità – AT2 (da PGT – Componente Geologica).



Figura 52 – Stralcio della rete fognaria nei pressi di AT2 (da PUGSS).



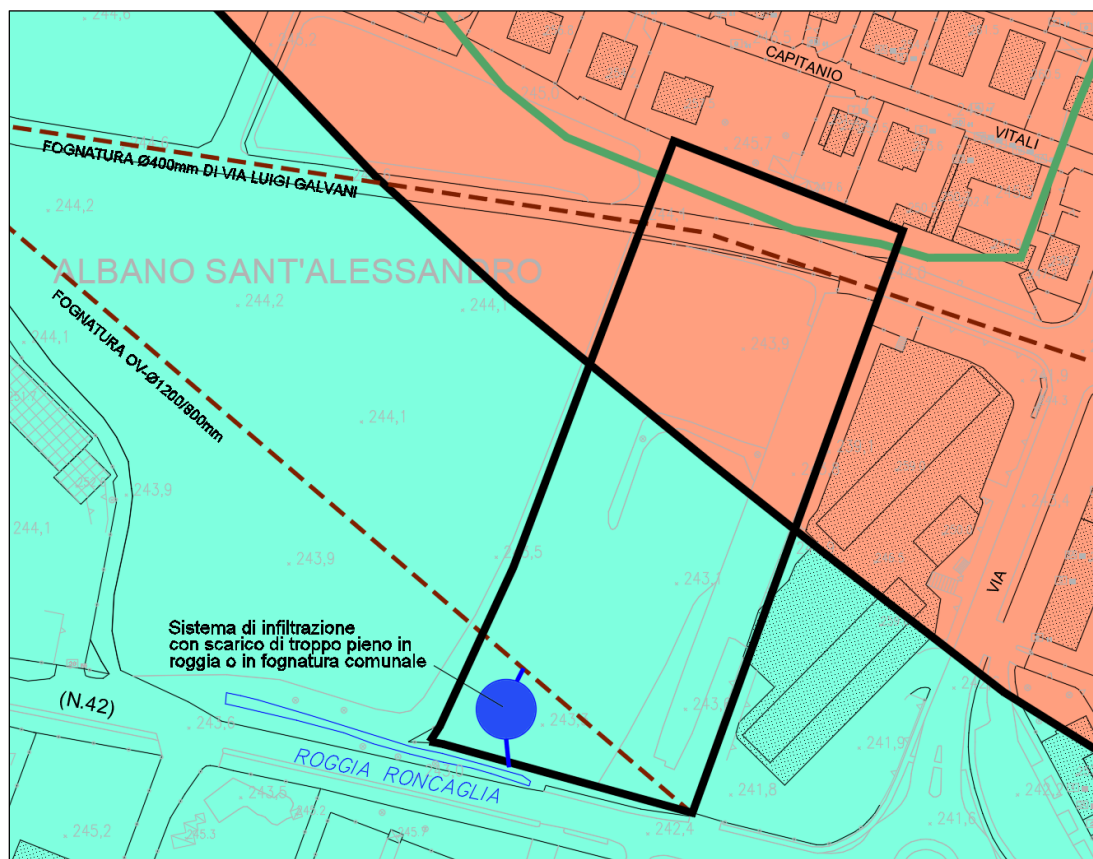


Figura 53 – Schema delle soluzioni progettuali ottimali per l'ambito AT2.

### CONSIDERAZIONI

**Soluzione 1** – L'ipotesi di smaltimento delle acque per infiltrazione è sempre la prima da prendere in considerazione in quanto non si andrebbero a sovraccaricare di ulteriori portate la fognatura comunale e i corpi idrici superficiali. Il funzionamento dei pozzi perdenti o delle vasche di laminazione a fondo filtrante diventa difficoltoso per terreni con permeabilità  $K < 10^{-5}$  m/s. Per tale ragione, prima di procedere alla realizzazione dei sistemi di infiltrazione, sarà necessario verificare il parametro K con puntuali indagini geologiche.

**Soluzione 2** – L'ipotesi di prevedere uno o più invasi di laminazione con scarico controllato in corpo idrico superficiale è da prendere in considerazione solo in caso di incapacità drenanti del terreno.

## 7.2.2 Calcolo del volume di laminazione

Per lo smaltimento delle acque meteoriche, in tale ambito di trasformazione, la superficie totale è di 1,25 ha, di cui si è tenuto conto di un 70% di area impermeabilizzata e un 30% di area verde (coefficiente di efflusso medio ponderale:  $\varphi = 0,76$ ). Per quanto specificato ai sensi del R.R. 8/2019 (Capitolo 3.5, **Figura 6**), essendo:

- Superficie interessata dall'intervento  $1 \text{ ha} < S_{\text{intervento}} < 10 \text{ ha}$
- Coefficiente di efflusso  $\varphi > 0,4$

consegue: Classe di intervento 3 (impermeabilizzazione potenziale alta) e calcolo del volume di laminazione con la procedura dettagliata (Capitolo 3.5.2), confrontato con i requisiti minimi dell'art.12 del R.R. 8/2019 (Capitolo 3.5.3).

### Calcolo di $W_o$ con i REQUISITI MINIMI dell'art.12 del R.R. 8/2019

Superficie di intervento	S	1,25	ha
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,76	-
Limite di scarico per R.R. 8/2019	$U_{\text{lim}}$	10	l/s ha
Portata massima di scarico in recettore	$Q_{\text{scarico}}$	<b>9,5</b>	<b>l/s</b>
Volume minimo di laminazione	$W_{o \text{ min INV}}$	800	$\text{m}^3/\text{ha imp}$
Volume minimo	<b><math>W_o \text{ (min)}</math></b>	<b>760</b>	<b><math>\text{m}^3</math></b>

Con i requisiti minimi dell'art.12 del R.R. 8/2019, si calcola un volume totale di laminazione di  $760 \text{ m}^3$  con scarico controllato in fognatura o in corpo idrico di una portata totale massima di 9,5 l/s.

### Calcolo di $W_o$ con la PROCEDURA DETTAGLIATA

Con la procedura dettagliata, si vuole calcolare il volume di laminazione necessario a smaltire la portata in ingresso alla vasca, considerando una portata in uscita pari alla portata  $Q_f$  di infiltrazione. Infatti, dalle indagini geologiche sul territorio (*rif. PGT, P6931 Allegato 05 Permeabilità*), si evidenziano buone capacità filtranti del terreno (si può considerare una permeabilità  $K = 10^{-4} \text{ m/s}$ ) e profondità della falda da piano campagna -12 metri.

Potendo svuotare il volume di infiltrazione tramite infiltrazione negli strati superficiali del terreno, la portata totale di scarico del volume di laminazione non sarà 9,5 l/s (valida per scarico in corpo idrico o in fognatura), ma andrà calcolata con la formula di Sieker:

$$Q_f = 1000 \frac{K L + z}{2 L + \frac{z}{2}} A_f$$

dove:

$Q_f$  è la portata dispersa per infiltrazione;

$K$  è la permeabilità del terreno;

$L$  è il dislivello tra falda e pozzi / vasca;

$z$  è l'altezza dello strato drenante dei pozzi / vasca;

$A_f$  è la superficie netta di infiltrazione dei pozzi / vasca.

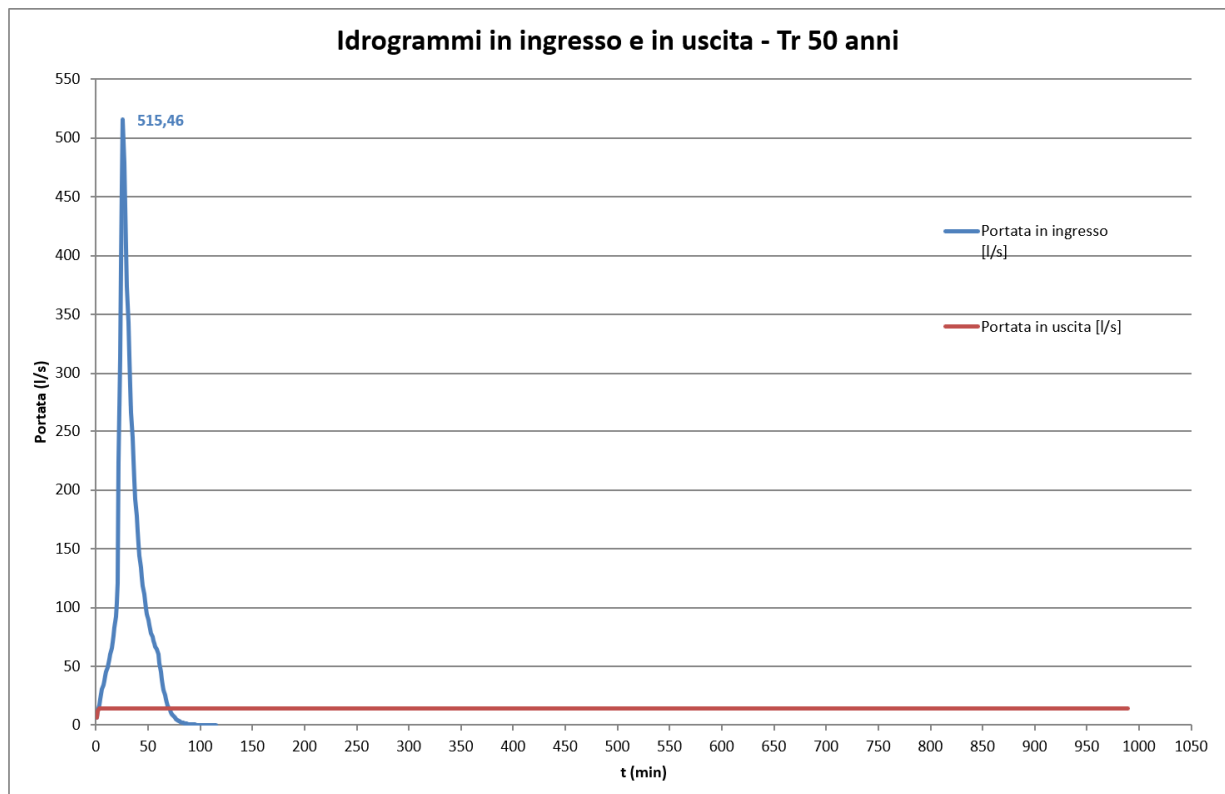
Siccome il volume minimo di laminazione deve essere in ogni caso pari ad almeno 760 m<sup>3</sup>, si può pensare di valutare, per il calcolo della portata di infiltrazione, una vasca alta 3 metri con pianta filtrante di base circa 255 mq. Con questa ipotesi, la portata d'infiltrazione totale è quella determinata di seguito:

<u>Calcolo della portata di infiltrazione</u>			
Coefficiente di permeabilità	$K$	m/s	10 <sup>-4</sup>
Altezza vasca	$z$	m	3
Dislivello tra vasca e falda	$L$	m	12,00
Superficie netta infiltrazione	$A_f$	m <sup>2</sup>	255
Volume totale vasca	$V$	m <sup>3</sup>	760
<b>Portata infiltrata totale</b>	<b><math>Q_f</math></b>	<b>l/s</b>	<b>14</b>

Come spiegato nel Capitolo 3.5.2, per ricavare l'idrogramma di piena  $Q(t)$  in ingresso, si è utilizzato il software URBIS 2003, in cui sono stati inseriti i dati di input qui riportati.

<u>Dati di input URBIS 2003</u>			
Tempo di ritorno	$Tr$	50	anni
Parametro CPP	$a$	59,428	mm/h
Parametro CPP	$n$	0,2955	-
Superficie di intervento	$S$	1,25	ha
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,76	-
Portata di scarico	$Q_f$	14	l/s
Costante di invaso	$k$	7	min
Durata evento	$t_{evento}$	60	min
Tempo di discretizzazione	$\Delta t$	1	min
Ietogramma netto di progetto tipologia Chicago	Vedi <b>Figura 4</b> ( $i_{max} = 260,07$ mm/ora)		

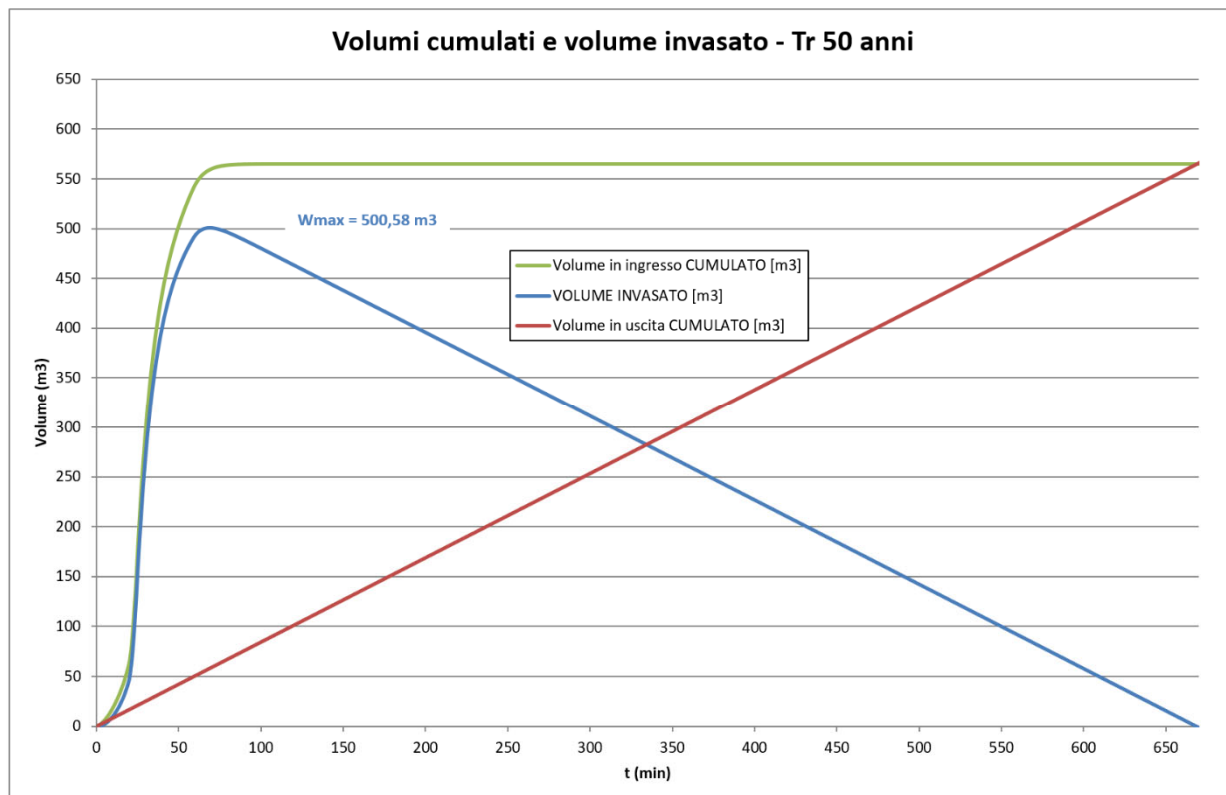
Il risultato della modellazione afflussi-deflussi è riportato in **BLU** in **Figura 54**. L'idrogramma in uscita  $Q(t)$  è semplicemente un grafico costante con linea pari alla portata  $Q_r = 14$  l/s (in **ROSSO** in **Figura 54**) ossia la portata con cui si svuota il volume di laminazione.



**Figura 54** – Idrogrammi di ingresso (BLU) e di uscita (ROSSO) – AT2.

Con riferimento al grafico in **Figura 54**, noto l'andamento delle portate in ingresso e in uscita dalla vasca, si è ricavato il volume di laminazione necessario calcolando l'andamento dei volumi cumulati entranti (in **VERDE**) e uscenti (in **ROSSO**) e facendone la differenza. La differenza massima tra volumi cumulati entranti e volumi cumulati uscenti (volume invasato in **BLU**) rappresenta il volume di laminazione necessario della vasca.

Analizzando il grafico di **Figura 54**, si conclude che, a seguito della simulazione con modello afflussi-deflussi, il volume di laminazione necessario per l'ambito di trasformazione AT2 sarebbe di  $500,58 \text{ m}^3$ , che è minore del volume richiesto dai requisiti minimi ( $760 \text{ m}^3$ ).



**Figura 55** – Volumi cumulati in ingresso (VERDE), in uscita (ROSSO) e volumi invasati (BLU) – AT2.

Questo significa che le capacità filtranti del terreno permetterebbero la realizzazione di un volume di laminazione minore, tuttavia, per quanto affermato nel decreto di invarianza R.R. 8/2019:

**Per l'ambito AT2 si dovrà realizzare un volume totale di laminazione di 760 m<sup>3</sup>, con smaltimento delle acque per infiltrazione (si può prevedere una eventuale tubazione di troppo pieno verso la fognatura comunale o verso la Roggia Roncaglia).**

**NOTA**

I risultati ottenuti dall'analisi sono verosimili, ma puramente indicativi in quanto basati su un'ipotesi di futura impermeabilizzazione e non su dati da progetto esecutivo.



### 7.3 AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT3

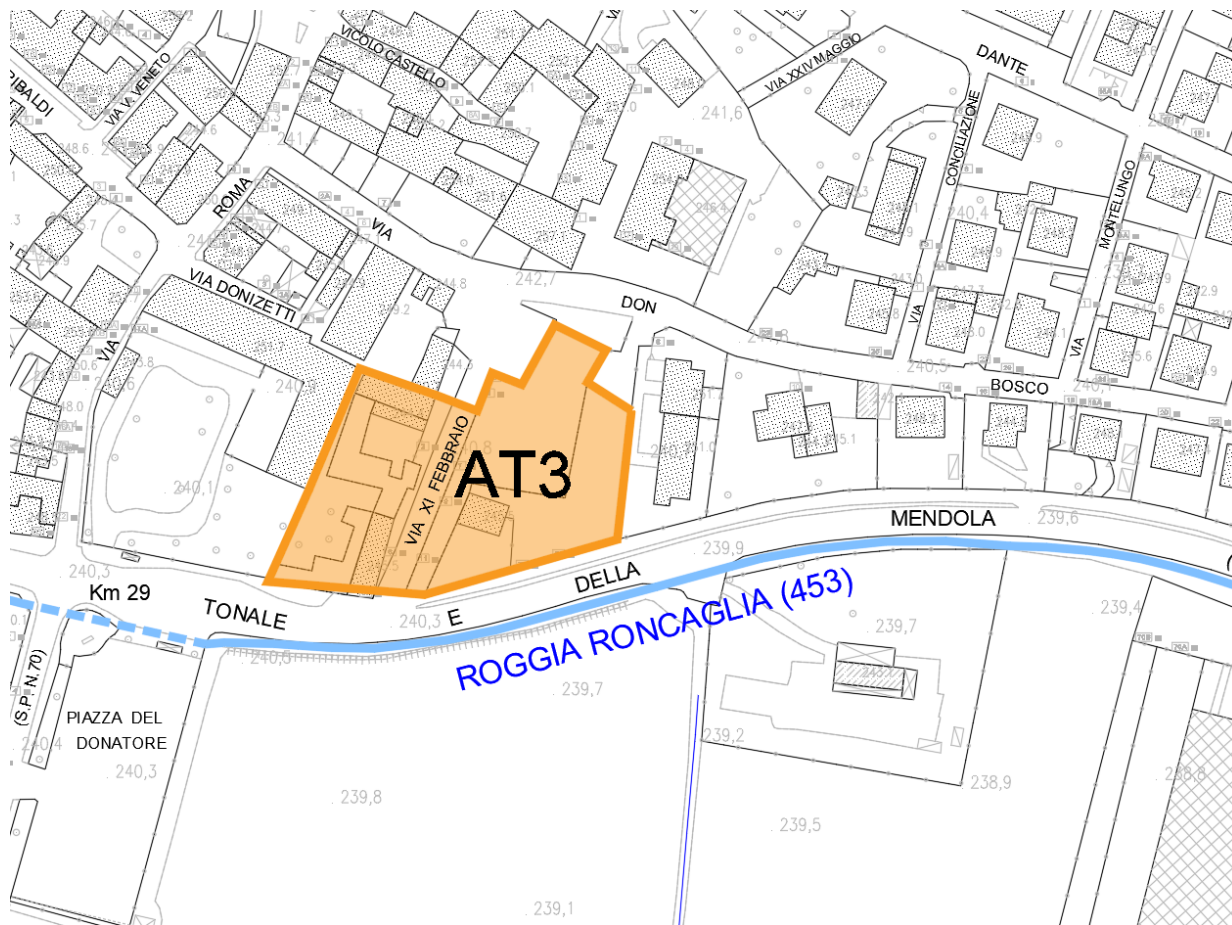


Figura 56 – Ambito di trasformazione AT3.

Con riferimento alla Carta del Rischio Idraulico per lo stato di fatto, riportata in **Allegato 3** e alla Carta del Rischio Idraulico con interventi di laminazione, riportata in **Allegato 4**, l'ambito di trasformazione **AT3** è un'area **NON soggetta a rischio idraulico**.

### 7.3.1 Soluzioni progettuali

Con riferimento a quanto esposto nel Capitolo 3.6, a proposito dei sistemi di laminazione, per definire un idoneo sistema di smaltimento delle acque meteoriche dal volume di laminazione, sarà necessario valutare diverse casistiche.

1. Occorre innanzitutto analizzare le informazioni derivanti dalle carte geologiche (**Figura 57**) e svolgere delle analisi penetrometriche puntuali per ottenere dei corretti parametri di permeabilità del terreno. Nel caso in cui la permeabilità del terreno sia idonea ( $K = 10^{-3}$  o  $10^{-4}$  m/s o comunque non inferiore a  $10^{-5}$  m/s), si può prevedere di smaltire le acque per infiltrazione tramite:

- a. Vasche di laminazione con fondo filtrante
- b. Batterie di pozzi disperdenti

purché le vasche e i pozzi abbiano in totale un volume di laminazione che rispetti i criteri di invarianza idrologica-idraulica.

Nello specifico, l'ambito di trasformazione AT3 presenta un terreno superficiale caratterizzato da una buona permeabilità, ipotizzabile intorno a  $10^{-4}$  m/s, che rende applicabile lo smaltimento delle acque per infiltrazione.

Si può prevedere di utilizzare la fognatura comunale (**Figura 58**) o il reticolo idrico superficiale come recettori in caso di "troppo pieno" nei sistemi di infiltrazione.

2. Nel caso in cui, a seguito di puntuali prove penetrometriche, il terreno non dovesse risultare idoneo all'infiltrazione, si può valutare la presenza di un corpo idrico recettore (un'asta del reticolo idrico minore o principale) in cui scaricare la portata limite nel rispetto dei criteri del decreto di invarianza idrologica-idraulica. Nello specifico, l'ambito di trasformazione AT3 è strettamente confinante con il Reticolo idrico superficiale (Roggia Roncaglia a sud). Si può perciò prevedere dei volumi di laminazione con scarico controllato della portata limite verso il Reticolo idrico superficiale.

La **soluzione progettuale ottimale** (**Figura 59**) è quella di prevedere un sistema di infiltrazione nell'area a buona permeabilità, con eventuale scarico di troppo pieno in corpo idrico.

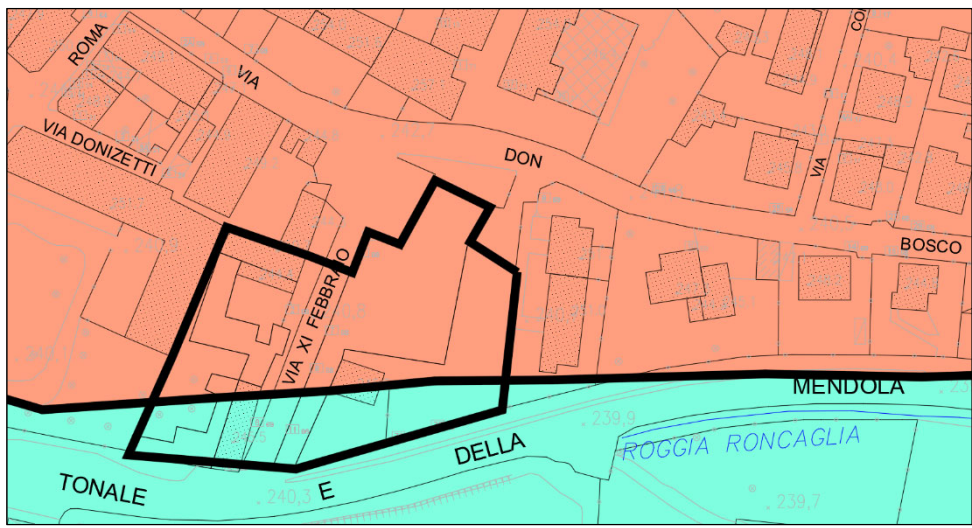
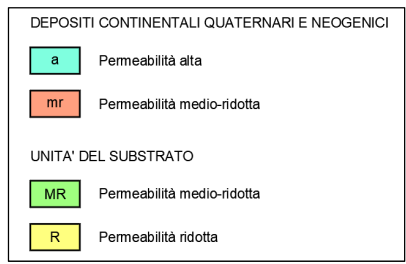


Figura 57 – Stralcio da Carta della Permeabilità – AT3 (da PGT – Componente Geologica).



Figura 58 – Stralcio della rete fognaria nei pressi di AT3 (da PUGSS).

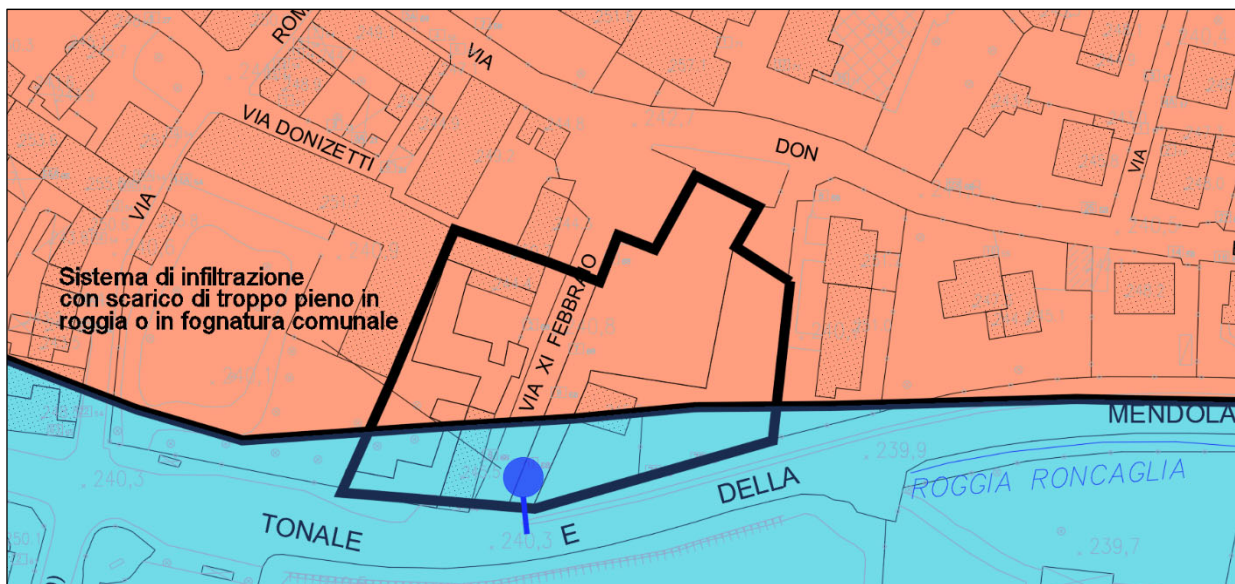


Figura 59 – Schema delle soluzioni progettuali ottimali per l’ambito AT3.

### CONSIDERAZIONI

**Soluzione 1** – L’ipotesi di smaltimento delle acque per infiltrazione è sempre la prima da prendere in considerazione in quanto non si andrebbero a sovraccaricare di ulteriori portate la fognatura comunale e i corpi idrici superficiali. Il funzionamento dei pozzi perdenti o delle vasche di laminazione a fondo filtrante diventa difficoltoso per terreni con permeabilità  $K < 10^{-5}$  m/s. Per tale ragione, prima di procedere alla realizzazione dei sistemi di infiltrazione, sarà necessario verificare il parametro K con puntuali indagini geologiche.

**Soluzione 2** – L’ipotesi di prevedere uno o più invasi di laminazione con scarico controllato in corpo idrico superficiale è da prendere in considerazione solo in caso di incapacità drenanti del terreno.



### 7.3.2 Calcolo del volume di laminazione

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque meteoriche, in tale ambito di trasformazione, la zona edificabile è di 0,426 ha), di cui si è tenuto conto di un 70% di area impermeabilizzata e un 30% di area verde (coefficiente di efflusso medio ponderale:  $\phi = 0,76$ ). Per quanto specificato ai sensi del R.R. 8/2019 (Capitolo 3.5, **Figura 6**), essendo:

- Superficie interessata dall'intervento  $0,1 \text{ ha} < S_{\text{intervento}} < 1 \text{ ha}$
- Coefficiente di efflusso  $\phi > 0,4$

consegue: Classe di intervento 2 (impermeabilizzazione potenziale media) e calcolo del volume di laminazione con il metodo delle sole piogge (Capitolo 3.5.1), confrontato con i requisiti minimi dell'art.12 del R.R. 8/2019 (Capitolo 3.5.3).

#### **Calcolo di $W_o$ con i REQUISITI MINIMI dell'art.12 del R.R. 8/2019**

Superficie di intervento	S	0,426	ha
Coefficiente di efflusso	$\phi$	0,76	-
Limite di scarico per R.R. 8/2019	$U_{\text{lim}}$	10	l/s ha
Portata massima di scarico in recettore	$Q_{\text{scarico}}$	<b>3,24</b>	<b>l/s</b>
Volume minimo di laminazione	$W_{o \text{ min INV}}$	800	$\text{m}^3/\text{ha imp}$
Volume minimo	<b><math>W_o \text{ (min)}</math></b>	<b>259</b>	<b><math>\text{m}^3</math></b>

Con i requisiti minimi dell'art.12 del R.R. 8/2019, si calcola un volume totale di laminazione di  $260 \text{ m}^3$  con scarico controllato in fognatura o in corpo idrico di una portata totale massima di 3,24 l/s.

#### **Calcolo di $W_o$ con il METODO DELLE SOLE PIOGGE**

Con la procedura dettagliata, si vuole calcolare il volume di laminazione necessario a smaltire la portata in ingresso alla vasca, considerando una portata in uscita pari alla portata  $Q_f$  di infiltrazione. Infatti, dalle indagini geologiche sul territorio (*rif. PGT, P6931 Allegato 05 Permeabilità*), si evidenziano buone capacità filtranti del terreno (si può considerare una permeabilità  $K = 10^{-4} \text{ m/s}$ ) e profondità della falda da piano campagna -12 metri.



Potendo svuotare il volume di infiltrazione tramite infiltrazione negli strati superficiali del terreno, la portata totale di scarico del volume di laminazione non sarà 3,24 l/s (valida per scarico in corpo idrico o in fognatura), ma andrà calcolata con la formula di Sieker:

$$Q_f = 1000 \frac{K L + z}{2 L + \frac{z}{2}} A_f$$

dove:

$Q_f$  è la portata dispersa per infiltrazione;

$K$  è la permeabilità del terreno;

$L$  è il dislivello tra falda e pozzi / vasca;

$z$  è l'altezza dello strato drenante dei pozzi / vasca;

$A_f$  è la superficie netta di infiltrazione dei pozzi / vasca.

Siccome il volume minimo di laminazione deve essere in ogni caso pari ad almeno 259 m<sup>3</sup>, si può pensare di valutare, per il calcolo della portata di infiltrazione, una vasca alta 2,5 metri con pianta filtrante di base circa 104 mq. Con questa ipotesi, la portata d'infiltrazione totale è quella determinata di seguito:

<u>Calcolo della portata di infiltrazione</u>			
Coefficiente di permeabilità	$K$	m/s	10 <sup>-4</sup>
Altezza vasca	$z$	m	3
Dislivello tra vasca e falda	$L$	m	12,00
Superficie netta infiltrazione	$A_f$	m <sup>2</sup>	104
Volume totale vasca	$V$	m <sup>3</sup>	260
<b>Portata infiltrata totale</b>	<b><math>Q_f</math></b>	<b>l/s</b>	<b>5,69</b>

Di seguito si riportano i risultati del calcolo con il metodo delle sole piogge, considerando in ingresso, l'evento meteorico con tempo di ritorno 50 anni, e in uscita la portata di infiltrazione.

Tempo di ritorno	$Tr$	50	anni
Parametro CPP	$a$	59,428	mm/h
Parametro CPP	$n$	0,2955	-
Superficie di intervento	$S$	0,426	ha
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,76	-
Durata critica	$Dw$	4,26	ore
Portata di scarico (infiltrazione)	<b><math>Q_{scarico}</math></b>	<b>5,69</b>	<b>l/s</b>
Volume di laminazione	<b><math>Wo</math></b>	<b>208</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
Tempo di svuotamento	<b><math>t_{svuot}</math></b>	<b>10,15</b>	<b>ore</b>

Analizzando i risultati, si conclude che il volume di laminazione necessario per l'ambito di trasformazione AT3 sarebbe di 208 m<sup>3</sup>, che è minore del volume richiesto dai requisiti minimi (259 m<sup>3</sup>).

Questo significa che le capacità filtranti del terreno permetterebbero la realizzazione di un volume di laminazione minore, tuttavia, per quanto affermato nel decreto di invarianza R.R. 8/2019:

**Per l'ambito AT3 si dovrà realizzare un volume totale di laminazione di 260 m<sup>3</sup>, con smaltimento delle acque per infiltrazione (si può prevedere una eventuale tubazione di troppo pieno verso la Roggia Roncaglia).**

NOTE

I risultati ottenuti dall'analisi sono verosimili, ma puramente indicativi in quanto basati su un'ipotesi di futura impermeabilizzazione e non su dati da progetto esecutivo.

## 7.4 AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT4

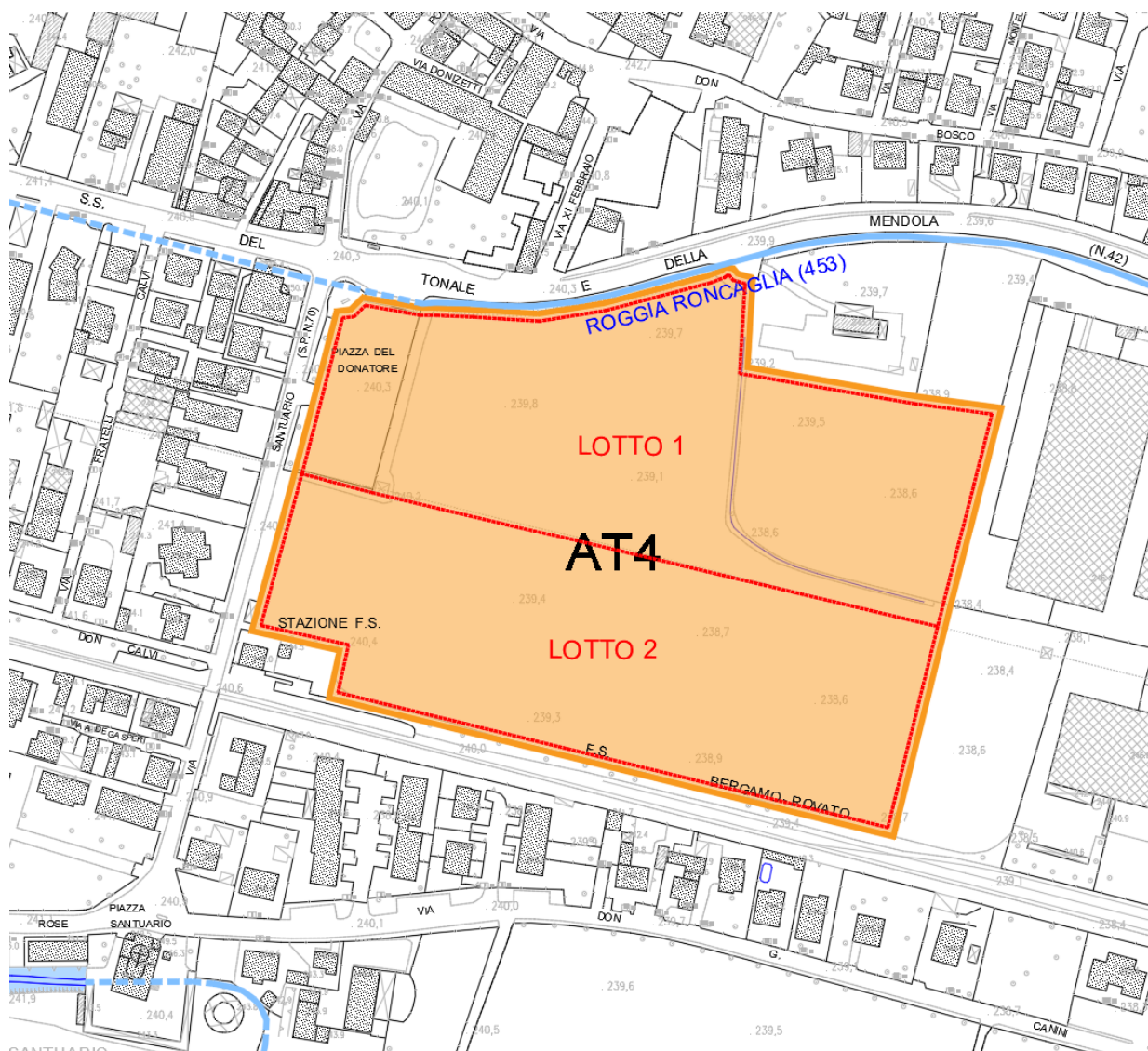


Figura 60 – Ambito di trasformazione AT4.

Con riferimento alla Carta del Rischio Idraulico per lo stato di fatto, riportata in **Allegato 3** e alla Carta del Rischio Idraulico con interventi di laminazione, riportata in **Allegato 4**, l'ambito di trasformazione **AT4** è un'area **NON soggetta a rischio idraulico**.

### 7.4.1 Soluzioni progettuali

Con riferimento a quanto esposto nel Capitolo 3.6, a proposito dei sistemi di laminazione, per definire un idoneo sistema di smaltimento delle acque meteoriche dal volume di laminazione, sarà necessario valutare diverse casistiche.

1. Occorre innanzitutto analizzare le informazioni derivanti dalle carte geologiche (**Figura 61**) e svolgere delle analisi penetrometriche puntuali per ottenere dei corretti parametri di permeabilità del terreno. Nel caso in cui la permeabilità del terreno sia idonea ( $K = 10^{-3}$  o  $10^{-4}$  m/s o comunque non inferiore a  $10^{-5}$  m/s), si può prevedere di smaltire le acque per infiltrazione tramite:

- a. Vasche di laminazione con fondo filtrante
- b. Batterie di pozzi disperdenti

purché le vasche e i pozzi abbiano in totale un volume di laminazione che rispetti i criteri di invarianza idrologica-idraulica.

Nello specifico, l'ambito di trasformazione AT4 presenta un terreno superficiale caratterizzato da una buona permeabilità, ipotizzabile intorno a  $10^{-4}$  m/s, che rende applicabile lo smaltimento delle acque per infiltrazione.

Si può prevedere di utilizzare la fognatura comunale (**Figura 62**) o il reticolo idrico superficiale come recettori in caso di "troppo pieno" nei sistemi di infiltrazione.

2. Nel caso in cui, a seguito di puntuali prove penetrometriche, il terreno non dovesse risultare idoneo all'infiltrazione, si può valutare la presenza di un corpo idrico recettore (un'asta del reticolo idrico minore o principale) in cui scaricare la portata limite nel rispetto dei criteri del decreto di invarianza idrologica-idraulica. Nello specifico, l'ambito di trasformazione AT4 è strettamente confinante con il Reticolo idrico superficiale (Roggia Roncaglia a nord). Si può perciò prevedere dei volumi di laminazione con scarico controllato della portata limite verso il Reticolo idrico superficiale.

La **soluzione progettuale ottimale** (**Figura 63**), è quella di prevedere dei sistemi di infiltrazione nelle aree a buona permeabilità, con eventuale scarico di troppo pieno in fognatura comunale o in corpo idrico. In particolare, si può prevedere un unico grande volume di laminazione, oppure, più verosimilmente un volume di laminazione suddiviso secondo le due lottizzazioni ipotizzate.

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI E NEOGENICI	
a	Permeabilità alta
mr	Permeabilità medio-ridotta
UNITA' DEL SUBSTRATO	
MR	Permeabilità medio-ridotta
R	Permeabilità ridotta

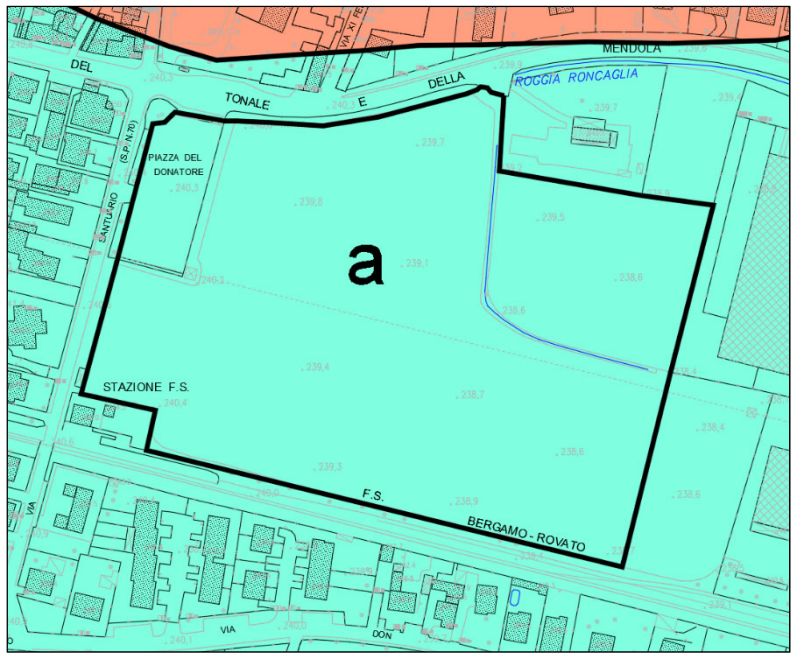


Figura 61 – Stralcio da Carta della Permeabilità – AT4 (da PGT – Componente Geologica).



Figura 62 – Stralcio della rete fognaria nei pressi di AT4 (da PUGSS).



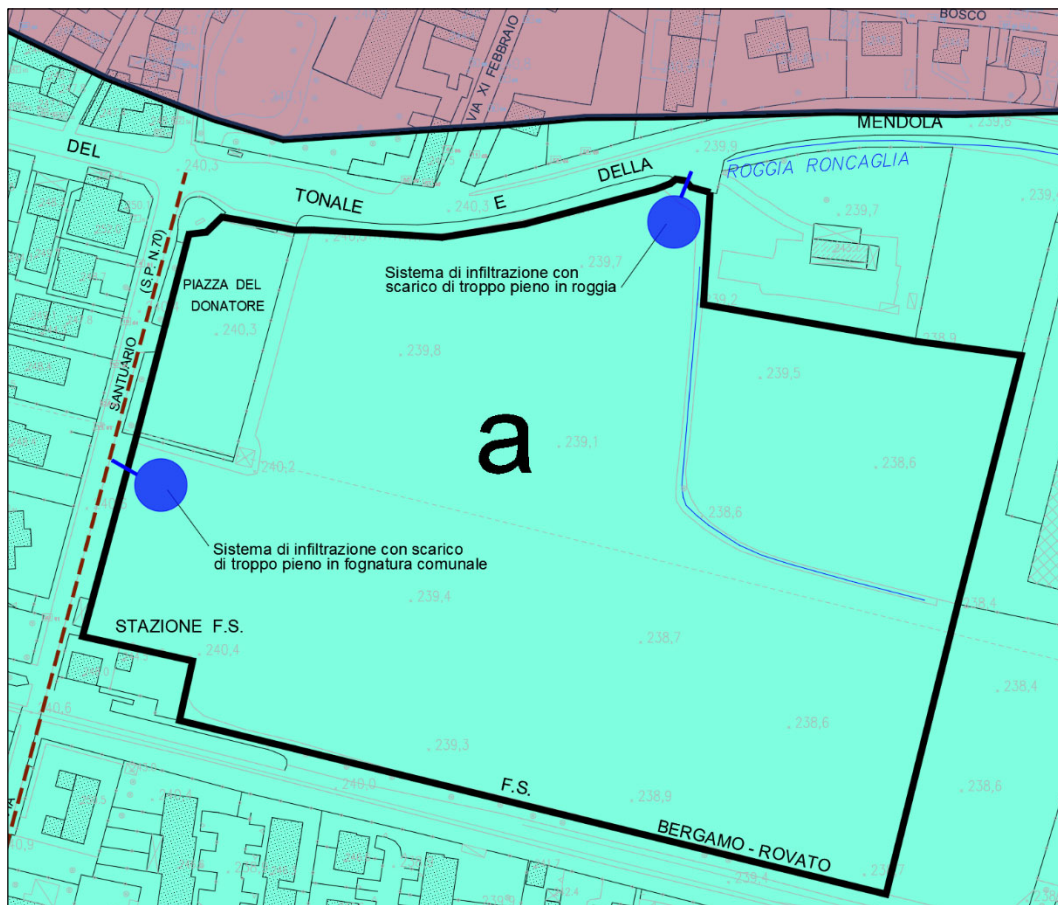


Figura 63 – Schema delle soluzioni progettuali ottimali per l'ambito AT4.

### CONSIDERAZIONI

**Soluzione 1** – L'ipotesi di smaltimento delle acque per infiltrazione è sempre la prima da prendere in considerazione in quanto non si andrebbero a sovraccaricare di ulteriori portate la fognatura comunale e i corpi idrici superficiali. Il funzionamento dei pozzi perdenti o delle vasche di laminazione a fondo filtrante diventa difficoltoso per terreni con permeabilità  $K < 10^{-5}$  m/s. Per tale ragione, prima di procedere alla realizzazione dei sistemi di infiltrazione, sarà necessario verificare il parametro K con puntuali indagini geologiche.

**Soluzione 2** – L'ipotesi di prevedere uno o più invasi di laminazione con scarico controllato in corpo idrico superficiale è da prendere in considerazione solo in caso di incapacità drenanti del terreno.

### 7.4.2 Calcolo dei volumi di laminazione

Per lo smaltimento delle acque meteoriche, in tale ambito di trasformazione, la superficie totale è di 4,64 ha, di cui si è tenuto conto di un 70% di area impermeabilizzata e un 30% di area verde (coefficiente di efflusso medio ponderale:  $\varphi = 0,76$ ). Per quanto specificato ai sensi del R.R. 8/2019 (Capitolo 3.5, **Figura 6**), essendo:

- Superficie interessata dall'intervento  $1 \text{ ha} < S_{\text{intervento}} < 10 \text{ ha}$
- Coefficiente di efflusso  $\varphi > 0,4$

consegue: Classe di intervento 3 (impermeabilizzazione potenziale alta) e calcolo del volume di laminazione con la procedura dettagliata (Capitolo 3.5.2), confrontato con i requisiti minimi dell'art.12 del R.R. 8/2019 (Capitolo 3.5.3).

#### **Calcolo di $W_o$ con i REQUISITI MINIMI dell'art.12 del R.R. 8/2019**

Superficie di intervento	S	4,64	ha
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,76	-
Limite di scarico per R.R. 8/2019	$U_{\text{lim}}$	10	l/s ha
Portata massima di scarico in recettore	$Q_{\text{scarico}}$	<b>35,26</b>	<b>l/s</b>
Volume minimo di laminazione	$W_{o \text{ min INV}}$	800	$\text{m}^3/\text{ha imp}$
Volume minimo	<b><math>W_o \text{ (min)}</math></b>	<b>2213,12</b>	<b><math>\text{m}^3</math></b>

Con i requisiti minimi dell'art.12 del R.R. 8/2019, si calcola un volume totale di laminazione di  $2215 \text{ m}^3$  con scarico controllato in fognatura o in corpo idrico di una portata totale massima di 35,26 l/s.

#### **Calcolo di $W_o$ con la PROCEDURA DETTAGLIATA**

Con la procedura dettagliata, si vuole calcolare il volume di laminazione necessario a smaltire la portata in ingresso alla vasca, considerando una portata in uscita pari alla portata  $Q_f$  di infiltrazione. Infatti, dalle indagini geologiche sul territorio (*rif. PGT, P6931 Allegato 05 Permeabilità*), si evidenziano buone capacità filtranti del terreno (si può considerare una permeabilità  $K = 10^{-4} \text{ m/s}$ ) e profondità della falda da piano campagna -12 metri.

Potendo svuotare il volume di infiltrazione tramite infiltrazione negli strati superficiali del terreno, la portata totale di scarico del volume di laminazione non sarà 35,26 l/s (valida per scarico in corpo idrico o in fognatura), ma andrà calcolata con la formula di Sieker:

$$Q_f = 1000 \frac{K L + z}{2 L + \frac{z}{2}} A_f$$

dove:

$Q_f$  è la portata dispersa per infiltrazione;

$K$  è la permeabilità del terreno;

$L$  è il dislivello tra falda e pozzi / vasca;

$z$  è l'altezza dello strato drenante dei pozzi / vasca;

$A_f$  è la superficie netta di infiltrazione dei pozzi / vasca.

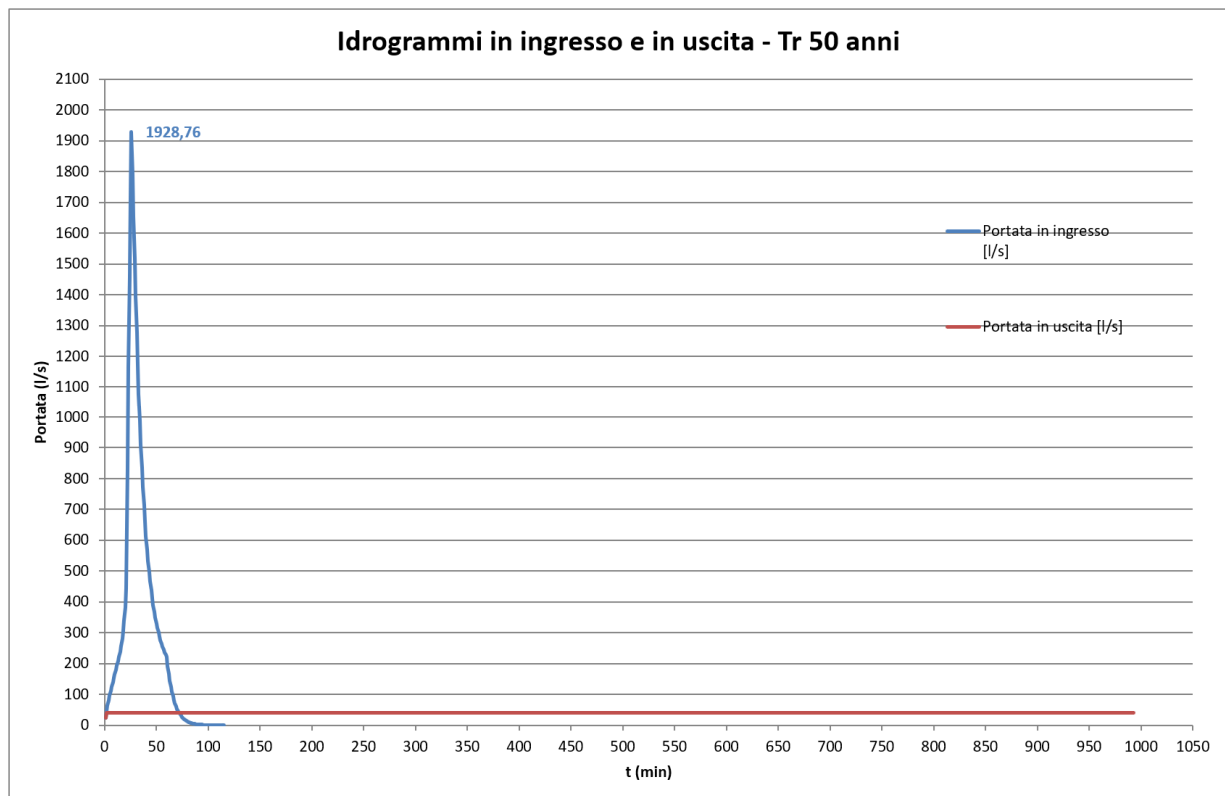
Siccome il volume minimo di laminazione deve essere in ogni caso pari ad almeno 2213,12 m<sup>3</sup>, si può pensare di valutare, per il calcolo della portata di infiltrazione, una vasca alta 3 metri con pianta filtrante di base circa 738 mq. Con questa ipotesi, la portata d'infiltrazione totale è quella determinata di seguito:

<u>Calcolo della portata di infiltrazione</u>			
Coefficiente di permeabilità	$K$	m/s	10 <sup>-4</sup>
Altezza vasca	$z$	m	3
Dislivello tra vasca e falda	$L$	m	12,00
Superficie netta infiltrazione	$A_f$	m <sup>2</sup>	738
Volume totale vasca	$V$	m <sup>3</sup>	2213
<b>Portata infiltrata totale</b>	<b><math>Q_f</math></b>	<b>l/s</b>	<b>41</b>

Come spiegato nel Capitolo 3.5.2, per ricavare l'idrogramma di piena  $Q(t)$  in ingresso, si è utilizzato il software URBIS 2003, in cui sono stati inseriti i dati di input qui riportati.

<u>Dati di input URBIS 2003</u>			
Tempo di ritorno	$Tr$	50	anni
Parametro CPP	$a$	59,428	mm/h
Parametro CPP	$n$	0,2955	-
Superficie di intervento	$S$	4,64	ha
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,76	-
Portata di scarico	$Q_f$	41	l/s
Costante di invaso	$k$	7	min
Durata evento	$t_{evento}$	60	min
Tempo di discretizzazione	$\Delta t$	1	min
Ietogramma netto di progetto tipologia Chicago	Vedi <b>Figura 4</b> ( $i_{max} = 260,07$ mm/ora)		

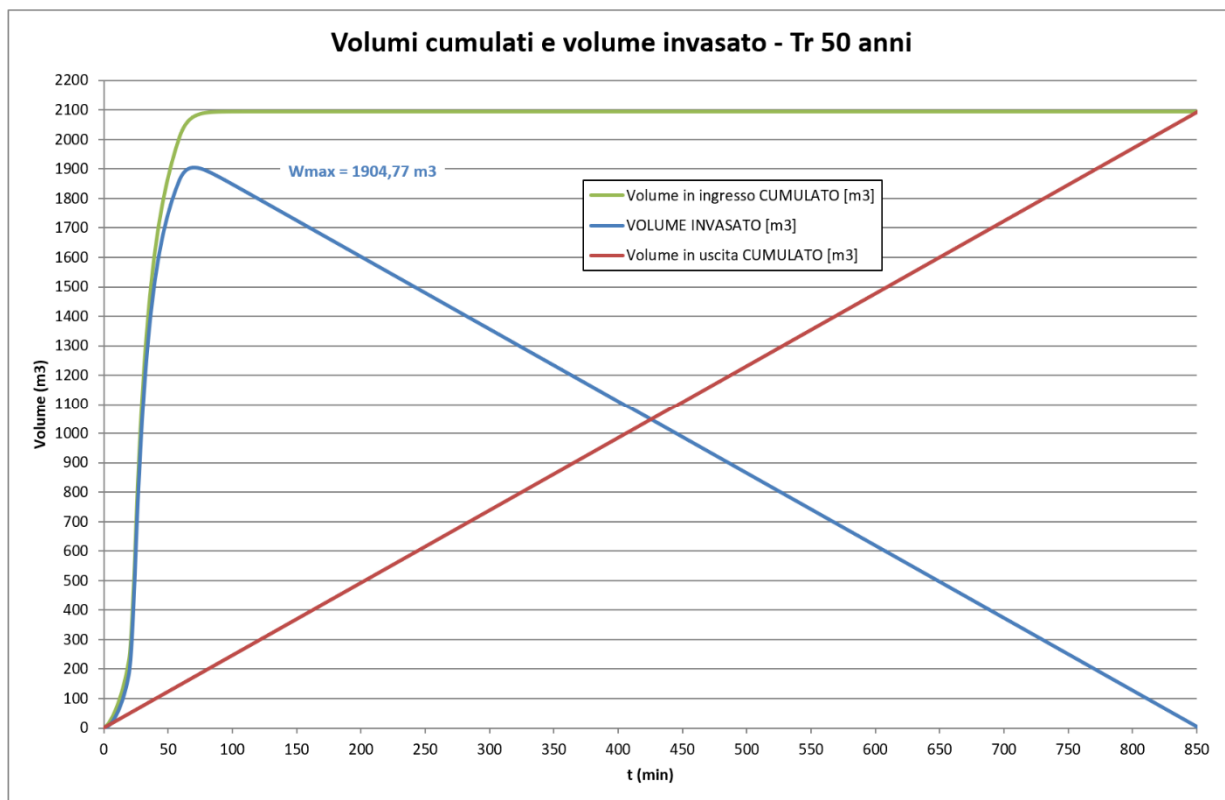
Il risultato della modellazione afflussi-deflussi è riportato in **BLU** in **Figura 64**. L'idrogramma in uscita  $Q(t)$  è semplicemente un grafico costante con linea pari alla portata  $Q_r = 41$  l/s (in **ROSSO** in **Figura 64**) ossia la portata con cui si svuota il volume di laminazione.



**Figura 64** – Idrogrammi di ingresso (BLU) e di uscita (ROSSO) – AT4.

Con riferimento al grafico in **Figura 65**, noto l'andamento delle portate in ingresso e in uscita dalla vasca, si è ricavato il volume di laminazione necessario calcolando l'andamento dei volumi cumulati entranti (in **VERDE**) e uscenti (in **ROSSO**) e facendone la differenza. La differenza massima tra volumi cumulati entranti e volumi cumulati uscenti (volume invasato in **BLU**) rappresenta il volume di laminazione necessario della vasca.

Analizzando il grafico di **Figura 65**, si conclude che, a seguito della simulazione con modello afflussi-deflussi, il volume di laminazione necessario per l'ambito di trasformazione AT4 sarebbe di 1904,77 m<sup>3</sup>, che è minore del volume richiesto dai requisiti minimi (2213 m<sup>3</sup>).



**Figura 65** – Volumi cumulati in ingresso (VERDE), in uscita (ROSSO) e volumi invasati (BLU) – AT4.

Questo significa che le capacità filtranti del terreno permetterebbero la realizzazione di un volume di laminazione minore, tuttavia, per quanto affermato nel decreto di invarianza R.R. 8/2019:

**Per l'ambito AT4 si dovrà realizzare un volume totale di laminazione, suddivisibile in 2 o più parti, di 2213 m<sup>3</sup>, con smaltimento delle acque per infiltrazione (si può prevedere eventualmente una tubazione di troppo pieno verso la fognatura comunale o verso la Roggia Roncaqlia).**

**NOTA**

I risultati ottenuti dall'analisi sono verosimili, ma puramente indicativi in quanto basati su un'ipotesi di futura impermeabilizzazione e non su dati da progetto esecutivo.



## 7.5 AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT5

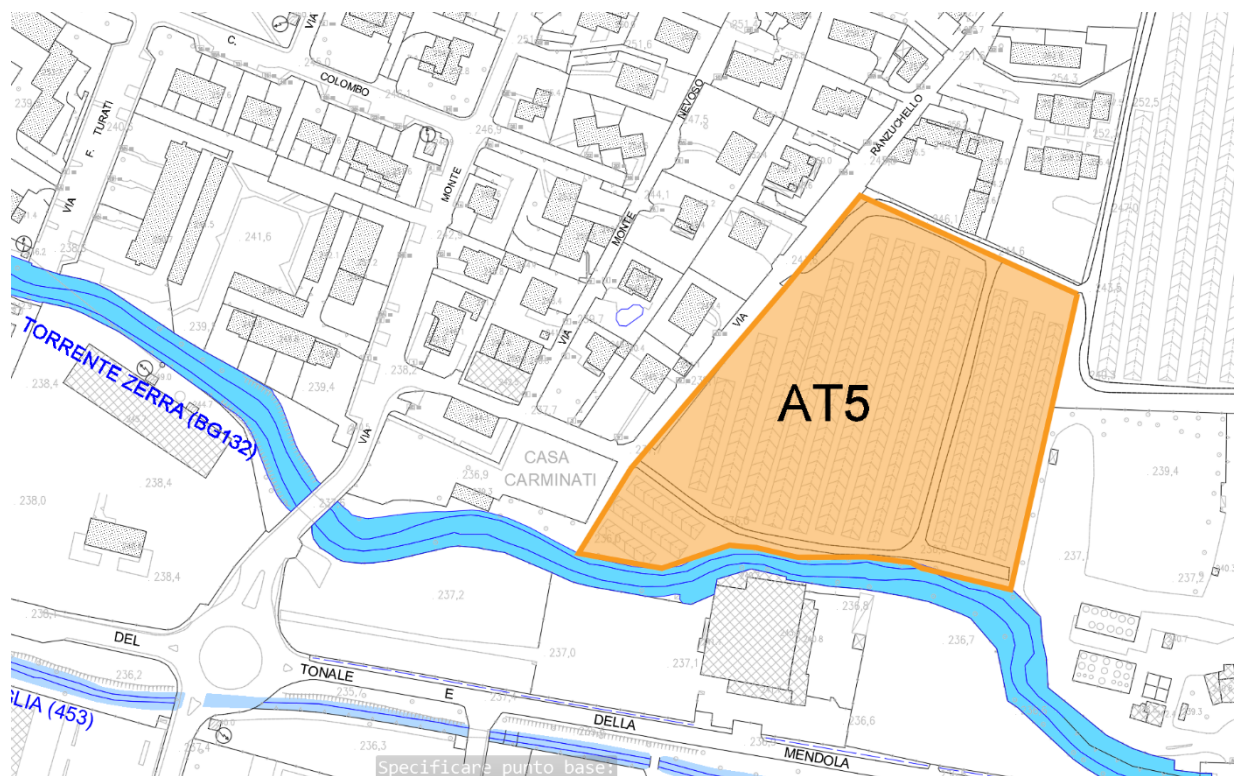


Figura 66 – Ambito di trasformazione AT5.

Con riferimento alla Carta del Rischio Idraulico per lo stato di fatto, riportata in **Allegato 3** e alla Carta del Rischio Idraulico con interventi di laminazione, riportata in **Allegato 4**, l'ambito di trasformazione **AT5 è un'area parzialmente soggetta a rischio idraulico**.

La aree assumono classe di fattibilità diversa a seconda della assenza o della presenza di interventi. Pertanto per gli interventi edilizi consentiti in tale area si rimanda alle disposizioni relative alla classe di fattibilità (classe 4a, classe 3e, classe 2a) in cui ricade ai sensi delle Norme Tecniche di Attuazione della relazione del PGT Geologico (REL.PG/17411/21 al Capitolo 22).

Si consiglia di non prevedere aree a danno potenziale massimo nelle zone interessate dall'esondazione del Torrente Zerra.

### 7.5.1 Soluzioni progettuali

Con riferimento a quanto esposto nel Capitolo 3.6, a proposito dei sistemi di laminazione, per definire un idoneo sistema di smaltimento delle acque meteoriche dal volume di laminazione, sarà necessario valutare diverse casistiche.

1. Occorre innanzitutto analizzare le informazioni derivanti dalle carte geologiche (**Figura 67**) e svolgere delle analisi penetrometriche puntuali per ottenere dei corretti parametri di permeabilità del terreno. Nel caso in cui la permeabilità del terreno sia idonea ( $K = 10^{-3}$  o  $10^{-4}$  m/s o comunque non inferiore a  $10^{-5}$  m/s), si può prevedere di smaltire le acque per infiltrazione tramite:

- a. Vasche di laminazione con fondo filtrante
- b. Batterie di pozzi disperdenti

purché le vasche e i pozzi abbiano in totale un volume di laminazione che rispetti i criteri di invarianza idrologica-idraulica.

Nello specifico, l'ambito di trasformazione AT5 presenta un terreno superficiale caratterizzato da una buona permeabilità, ipotizzabile intorno a  $10^{-4}$  m/s, che rende applicabile lo smaltimento delle acque per infiltrazione.

Si può prevedere di utilizzare la fognatura comunale (**Figura 68**) o il reticolo idrico superficiale come recettori in caso di "troppo pieno" nei sistemi di infiltrazione.

2. Nel caso in cui, a seguito di puntuali prove penetrometriche, il terreno non dovesse risultare idoneo all'infiltrazione, si può valutare la presenza di un corpo idrico recettore (un'asta del reticolo idrico minore o principale) in cui scaricare la portata limite nel rispetto dei criteri del decreto di invarianza idrologica-idraulica. Nello specifico, l'ambito di trasformazione AT5 è strettamente confinante con il Reticolo idrico superficiale (Torrente Zerra a sud). Si può perciò prevedere dei volumi di laminazione con scarico controllato della portata limite verso il Reticolo idrico superficiale.

La **soluzione progettuale ottimale** (**Figura 69**), è quella di prevedere dei sistemi di infiltrazione nelle aree a buona permeabilità, con eventuale scarico di troppo pieno in corpo idrico.

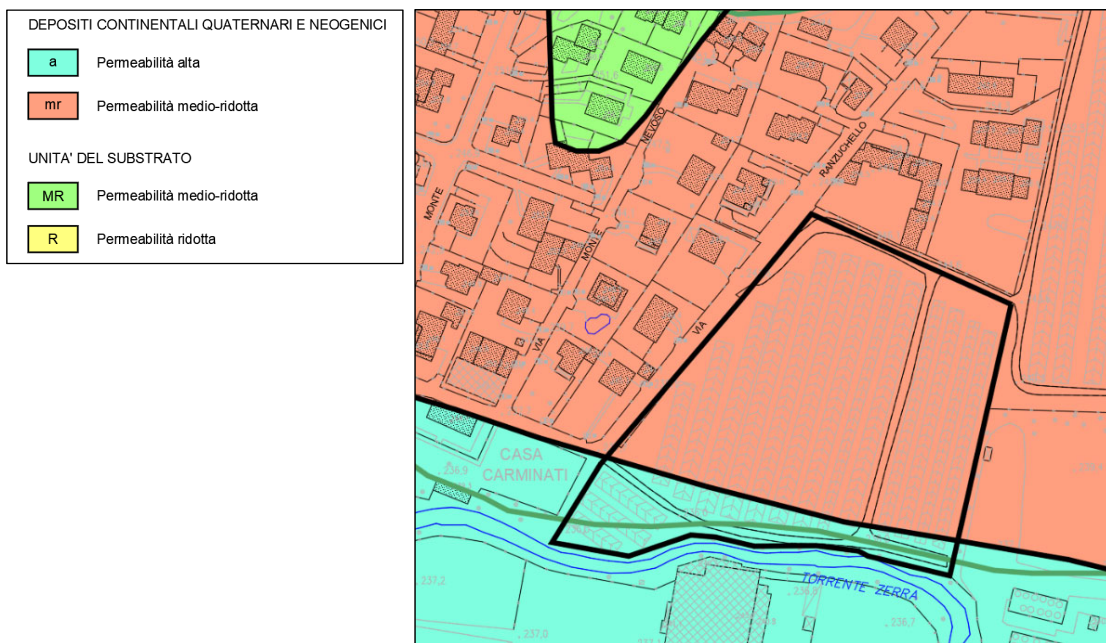


Figura 67 – Stralcio da Carta della Permeabilità – AT5 (da PGT – Componente Geologica).



Figura 68 – Stralcio della rete fognaria nei pressi di AT5 (da PUGSS).

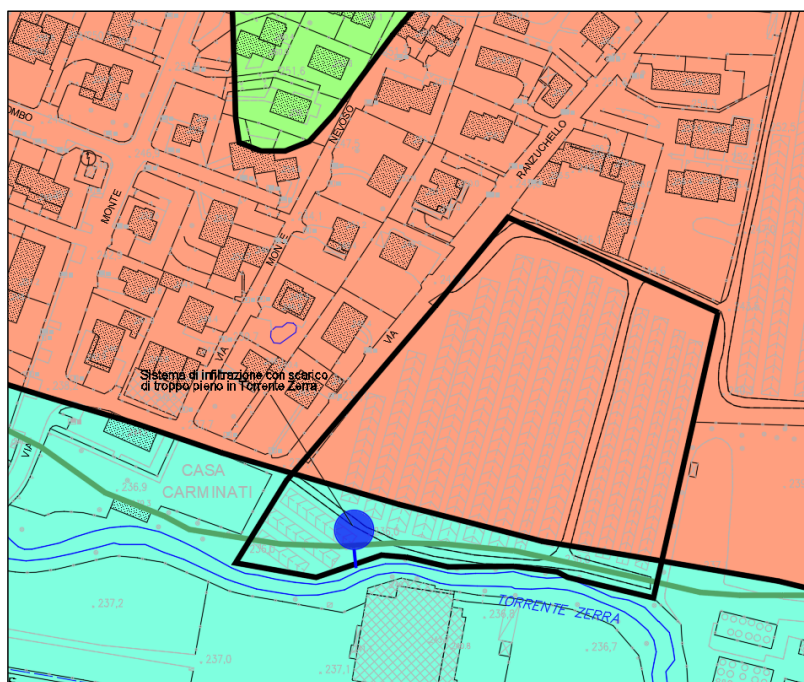


Figura 69 – Schema delle soluzioni progettuali ottimali per l'ambito AT5.

### CONSIDERAZIONI

**Soluzione 1** – L'ipotesi di smaltimento delle acque per infiltrazione è sempre la prima da prendere in considerazione in quanto non si andrebbero a sovraccaricare di ulteriori portate la fognatura comunale e i corpi idrici superficiali. Il funzionamento dei pozzi perdenti o delle vasche di laminazione a fondo filtrante diventa difficoltoso per terreni con permeabilità  $K < 10^{-5}$  m/s. Per tale ragione, prima di procedere alla realizzazione dei sistemi di infiltrazione, sarà necessario verificare il parametro K con puntuali indagini geologiche.

**Soluzione 2** – L'ipotesi di prevedere uno o più invasi di laminazione con scarico controllato in corpo idrico superficiale è da prendere in considerazione solo in caso di incapacità drenanti del terreno.



### 7.5.2 Calcolo dei volumi di laminazione

Per lo smaltimento delle acque meteoriche, in tale ambito di trasformazione, la superficie totale è di 1,97 ha, di cui si è tenuto conto di un 70% di area impermeabilizzata e un 30% di area verde (coefficiente di efflusso medio ponderale:  $\varphi = 0,76$ ). Per quanto specificato ai sensi del R.R. 8/2019 (Capitolo 3.5, **Figura 6**), essendo:

- Superficie interessata dall'intervento  $1 \text{ ha} < S_{\text{intervento}} < 10 \text{ ha}$
- Coefficiente di efflusso  $\varphi > 0,4$

consegue: Classe di intervento 3 (impermeabilizzazione potenziale alta) e calcolo del volume di laminazione con la procedura dettagliata (Capitolo 3.5.2), confrontato con i requisiti minimi dell'art.12 del R.R. 8/2019 (Capitolo 3.5.3).

#### **Calcolo di $W_o$ con i REQUISITI MINIMI dell'art.12 del R.R. 8/2019**

Superficie di intervento	S	1,97	ha
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,76	-
Limite di scarico per R.R. 8/2019	$U_{\text{lim}}$	10	l/s ha
Portata massima di scarico in recettore	$Q_{\text{scarico}}$	<b>14,9</b>	<b>l/s</b>
Volume minimo di laminazione	$W_{o \text{ min INV}}$	800	$\text{m}^3/\text{ha imp}$
Volume minimo	<b><math>W_o \text{ (min)}</math></b>	<b>1197,76</b>	<b><math>\text{m}^3</math></b>

Con i requisiti minimi dell'art.12 del R.R. 8/2019, si calcola un volume totale di laminazione di  $1200 \text{ m}^3$  con scarico controllato in fognatura o in corpo idrico di una portata totale massima di 14,9 l/s.

#### **Calcolo di $W_o$ con la PROCEDURA DETTAGLIATA**

Con la procedura dettagliata, si vuole calcolare il volume di laminazione necessario a smaltire la portata in ingresso alla vasca, considerando una portata in uscita pari alla portata  $Q_f$  di infiltrazione. Infatti, dalle indagini geologiche sul territorio (*rif. PGT, P6931 Allegato 05 Permeabilità*), si evidenziano buone capacità filtranti del terreno (si può considerare una permeabilità  $K = 10^{-4} \text{ m/s}$ ) e profondità della falda da piano campagna -12 metri.



Potendo svuotare il volume di infiltrazione tramite infiltrazione negli strati superficiali del terreno, la portata totale di scarico del volume di laminazione non sarà 14,9 l/s (valida per scarico in corpo idrico o in fognatura), ma andrà calcolata con la formula di Sieker:

$$Q_f = 1000 \frac{K L + z}{2 L + \frac{z}{2}} A_f$$

dove:

$Q_f$  è la portata dispersa per infiltrazione;

$K$  è la permeabilità del terreno;

$L$  è il dislivello tra falda e pozzi / vasca;

$z$  è l'altezza dello strato drenante dei pozzi / vasca;

$A_f$  è la superficie netta di infiltrazione dei pozzi / vasca.

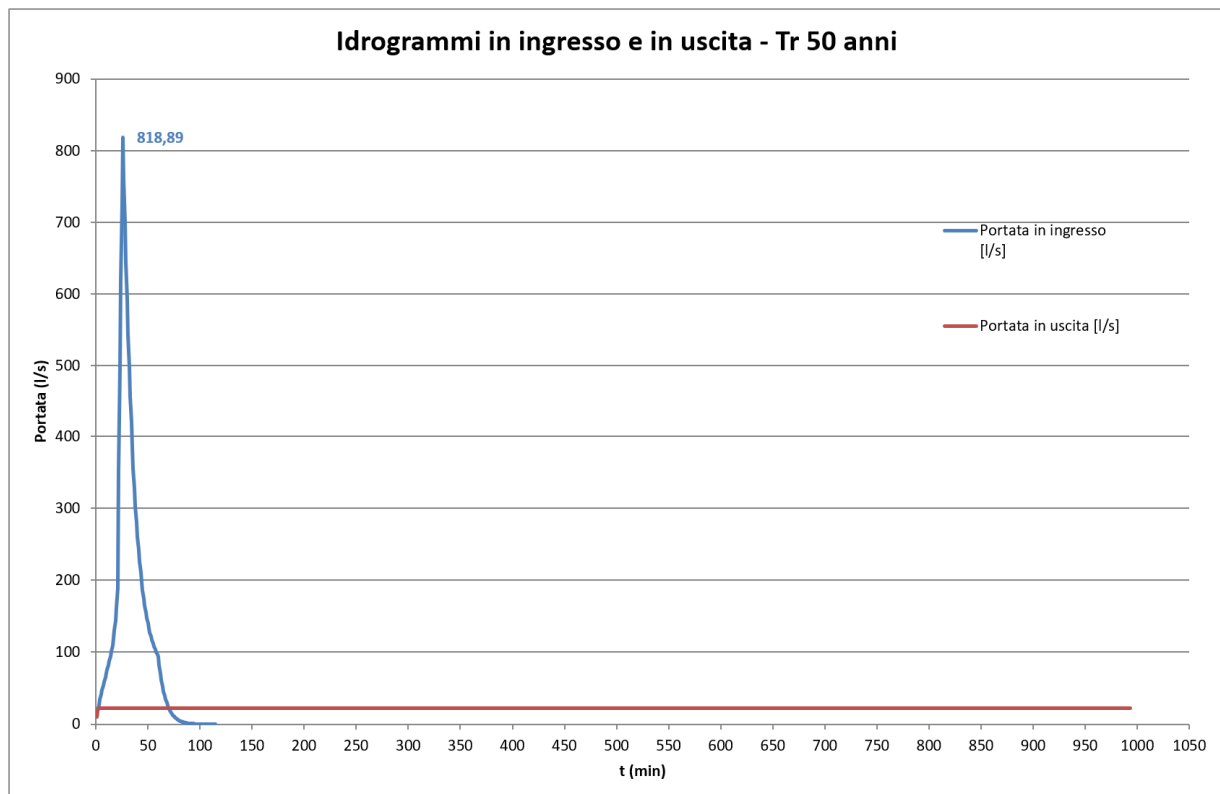
Siccome il volume minimo di laminazione deve essere in ogni caso pari ad almeno 1197,76 m<sup>3</sup>, si può pensare di valutare, per il calcolo della portata di infiltrazione, una vasca alta 3 metri con pianta filtrante di base circa 400 mq. Con questa ipotesi, la portata d'infiltrazione totale è quella determinata di seguito:

<u>Calcolo della portata di infiltrazione</u>			
Coefficiente di permeabilità	K	m/s	10 <sup>-4</sup>
Altezza vasca	z	m	3
Dislivello tra vasca e falda	L	m	12,00
Superficie netta infiltrazione	$A_f$	m <sup>2</sup>	400
Volume totale vasca	V	m <sup>3</sup>	1200
<b>Portata infiltrata totale</b>	<b><math>Q_f</math></b>	<b>l/s</b>	<b>22,22</b>

Come spiegato nel Capitolo 3.5.2, per ricavare l'idrogramma di piena  $Q(t)$  in ingresso, si è utilizzato il software URBIS 2003, in cui sono stati inseriti i dati di input qui riportati.

<u>Dati di input URBIS 2003</u>			
Tempo di ritorno	Tr	50	anni
Parametro CPP	a	59,428	mm/h
Parametro CPP	n	0,2955	-
Superficie di intervento	S	1,97	ha
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,76	-
Portata di scarico	$Q_f$	22,22	l/s
Costante di invaso	k	7	min
Durata evento	$t_{\text{evento}}$	60	min
Tempo di discretizzazione	$\Delta t$	1	min
Ietogramma netto di progetto tipologia Chicago	Vedi <b>Figura 4</b> ( $i_{\text{max}} = 260,07$ mm/ora)		

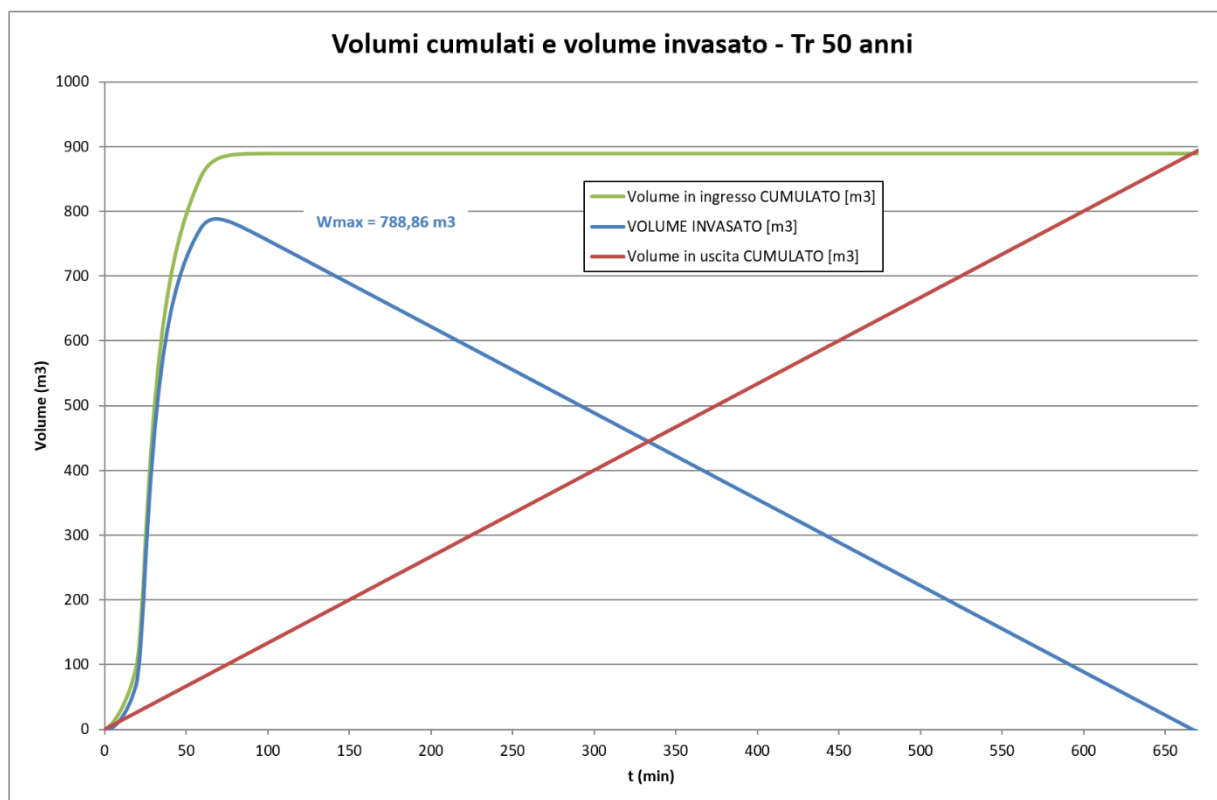
Il risultato della modellazione afflussi-deflussi è riportato in **BLU** in **Figura 64**. L'idrogramma in uscita  $Q(t)$  è semplicemente un grafico costante con linea pari alla portata  $Q_f = 22,22$  l/s (in **ROSSO** in **Figura 64**) ossia la portata con cui si svuota il volume di laminazione.



**Figura 70** – Idrogrammi di ingresso (BLU) e di uscita (ROSSO) – AT5.

Con riferimento al grafico in **Figura 71**, noto l'andamento delle portate in ingresso e in uscita dalla vasca, si è ricavato il volume di laminazione necessario calcolando l'andamento dei volumi cumulati entranti (in **VERDE**) e uscenti (in **ROSSO**) e facendone la differenza. La differenza massima tra volumi cumulati entranti e volumi cumulati uscenti (volume invasato in **BLU**) rappresenta il volume di laminazione necessario della vasca.

Analizzando il grafico di **Figura 71**, si conclude che, a seguito della simulazione con modello afflussi-deflussi, il volume di laminazione necessario per l'ambito di trasformazione AT5 sarebbe di  $788,86 \text{ m}^3$ , che è minore del volume richiesto dai requisiti minimi ( $1197,76 \text{ m}^3$ ).



**Figura 71** – Volumi cumulati in ingresso (VERDE), in uscita (ROSSO) e volumi invasati (BLU) – AT5.

Questo significa che le capacità filtranti del terreno permetterebbero la realizzazione di un volume di laminazione minore, tuttavia, per quanto affermato nel decreto di invarianza R.R. 8/2019:

**Per l'ambito AT5 si dovrà realizzare un volume totale di laminazione di 1200 m<sup>3</sup>, con smaltimento delle acque per infiltrazione (si può prevedere eventualmente una tubazione di troppo pieno verso la fognatura comunale o verso il Torrente Zerra).**

**NOTA**

I risultati ottenuti dall'analisi sono verosimili, ma puramente indicativi in quanto basati su un'ipotesi di futura impermeabilizzazione e non su dati da progetto esecutivo.

## 7.6 AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT6

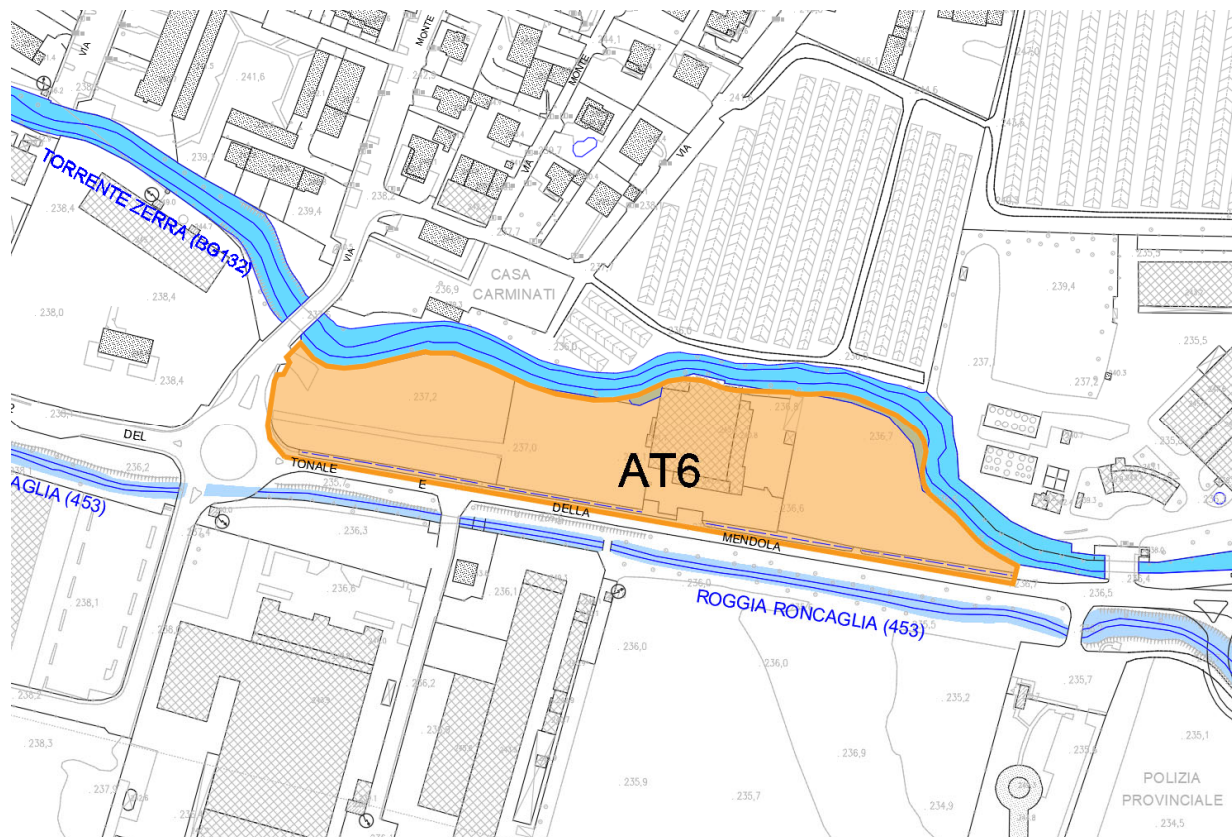


Figura 72 – Ambito di trasformazione AT6.

Con riferimento alla Carta del Rischio Idraulico per lo stato di fatto, riportata in **Allegato 3** e alla Carta del Rischio Idraulico con interventi di laminazione, riportata in **Allegato 4**, l'ambito di trasformazione **AT6 è un'area soggetta a rischio idraulico**. In particolare, si tratta di un'area attualmente a rischio massimo R4; a seguito della realizzazione dei volumi di laminazione (Capitolo 6.2.1) diventerebbe a rischio R2.

Le aree assumono classe di fattibilità diversa a seconda della assenza o della presenza di interventi. Pertanto per gli interventi edilizi consentiti in tale area si rimanda alle disposizioni relative alla classe di fattibilità (classe 4a, classe 3e) in cui ricade ai sensi delle Norme Tecniche di Attuazione della relazione del PGT Geologico (REL.PG/17411/21 al Capitolo 22).

Si consiglia di non prevedere aree a danno potenziale massimo nelle zone interessate dall'esondazione del Torrente Zerra.

### 7.6.1 Soluzioni progettuali

Con riferimento a quanto esposto nel Capitolo 3.6, a proposito dei sistemi di laminazione, per definire un idoneo sistema di smaltimento delle acque meteoriche dal volume di laminazione, sarà necessario valutare diverse casistiche.

1. Occorre innanzitutto analizzare le informazioni derivanti dalle carte geologiche (**Figura 73**) e svolgere delle analisi penetrometriche puntuali per ottenere dei corretti parametri di permeabilità del terreno. Nel caso in cui la permeabilità del terreno sia idonea ( $K = 10^{-3}$  o  $10^{-4}$  m/s o comunque non inferiore a  $10^{-5}$  m/s), si può prevedere di smaltire le acque per infiltrazione tramite:

- a. Vasche di laminazione con fondo filtrante
- b. Batterie di pozzi disperdenti

purché le vasche e i pozzi abbiano in totale un volume di laminazione che rispetti i criteri di invarianza idrologica-idraulica.

Nello specifico, l'ambito di trasformazione AT6 presenta un terreno superficiale caratterizzato da una buona permeabilità, ipotizzabile intorno a  $10^{-4}$  m/s, che rende applicabile lo smaltimento delle acque per infiltrazione.

Si può prevedere di utilizzare la fognatura comunale (**Figura 74**) o il reticolo idrico superficiale come recettori in caso di "troppo pieno" nei sistemi di infiltrazione.

2. Nel caso in cui, a seguito di puntuali prove penetrometriche, il terreno non dovesse risultare idoneo all'infiltrazione, si può valutare la presenza di un corpo idrico recettore (un'asta del reticolo idrico minore o principale) in cui scaricare la portata limite nel rispetto dei criteri del decreto di invarianza idrologica-idraulica. Nello specifico, l'ambito di trasformazione AT6 è strettamente confinante con il Reticolo idrico superficiale (Torrente Zerra a nord e Roggia Roncaglia a sud). Si può perciò prevedere dei volumi di laminazione con scarico controllato della portata limite verso il Reticolo idrico superficiale.

La **soluzione progettuale ottimale** (**Figura 75**), è quella di prevedere dei sistemi di infiltrazione nelle aree a buona permeabilità, con eventuale scarico di troppo pieno in corpo idrico.



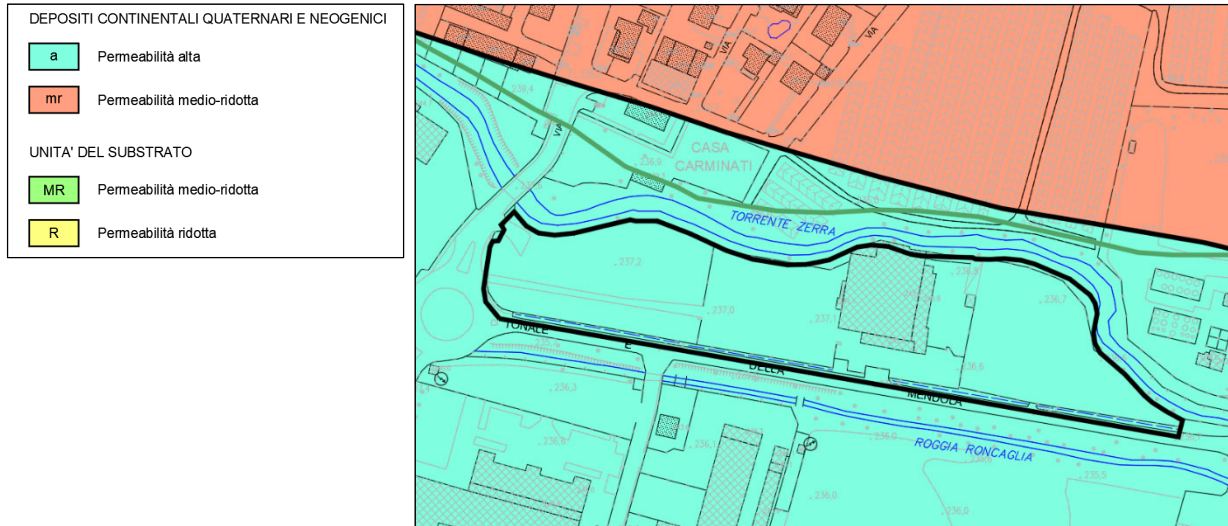


Figura 73 – Stralcio da Carta della Permeabilità – AT6 (da PGT – Componente Geologica).

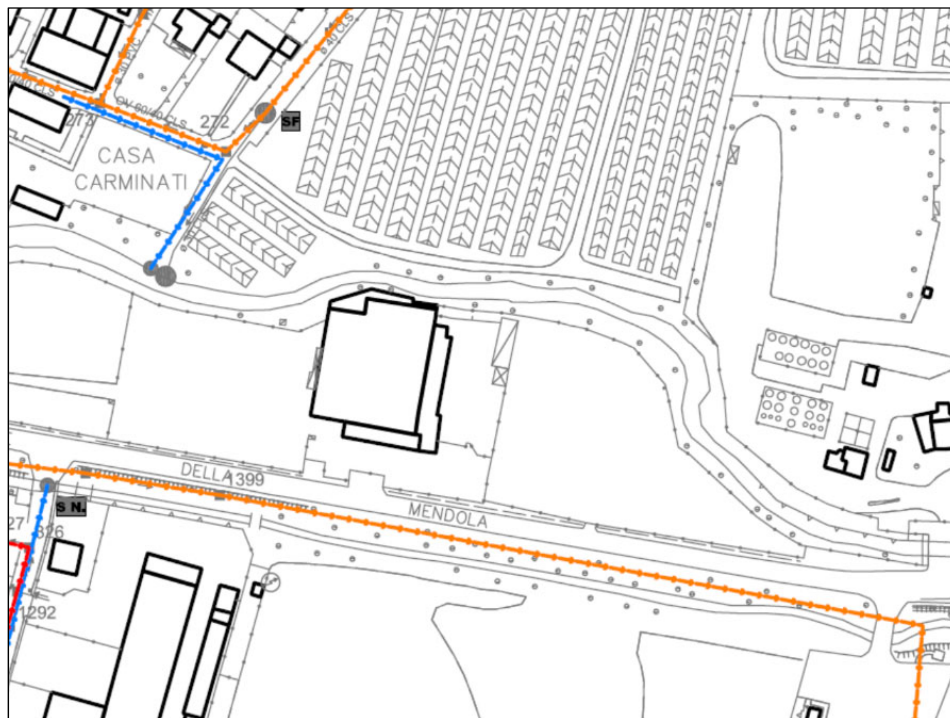


Figura 74 – Stralcio della rete fognaria nei pressi di AT6 (da PUGSS).

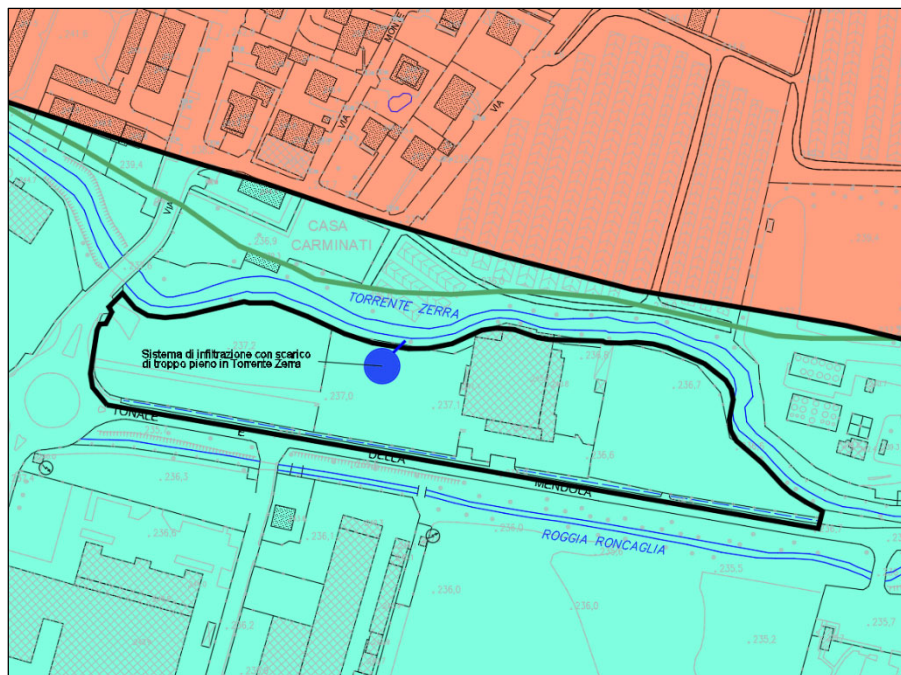


Figura 75 – Schema delle soluzioni progettuali ottimali per l'ambito AT6.

### CONSIDERAZIONI

**Soluzione 1** – L'ipotesi di smaltimento delle acque per infiltrazione è sempre la prima da prendere in considerazione in quanto non si andrebbero a sovraccaricare di ulteriori portate la fognatura comunale e i corpi idrici superficiali. Il funzionamento dei pozzi perdenti o delle vasche di laminazione a fondo filtrante diventa difficoltoso per terreni con permeabilità  $K < 10^{-5}$  m/s. Per tale ragione, prima di procedere alla realizzazione dei sistemi di infiltrazione, sarà necessario verificare il parametro K con puntuali indagini geologiche.

**Soluzione 2** – L'ipotesi di prevedere uno o più invasi di laminazione con scarico controllato in corpo idrico superficiale è da prendere in considerazione solo in caso di incapacità drenanti del terreno.

## 7.6.2 Calcolo dei volumi di laminazione

Per lo smaltimento delle acque meteoriche, in tale ambito di trasformazione, la superficie totale è di 1,9 ha, di cui si è tenuto conto di un 70% di area impermeabilizzata e un 30% di area verde (coefficiente di efflusso medio ponderale:  $\varphi = 0,76$ ). Per quanto specificato ai sensi del R.R. 8/2019 (Capitolo 3.5, **Figura 6**), essendo:

- Superficie interessata dall'intervento  $1 \text{ ha} < S_{\text{intervento}} < 10 \text{ ha}$
- Coefficiente di efflusso  $\varphi > 0,4$

consegue: Classe di intervento 3 (impermeabilizzazione potenziale alta) e calcolo del volume di laminazione con la procedura dettagliata (Capitolo 3.5.2), confrontato con i requisiti minimi dell'art.12 del R.R. 8/2019 (Capitolo 3.5.3).

### Calcolo di $W_o$ con i REQUISITI MINIMI dell'art.12 del R.R. 8/2019

Superficie di intervento	S	1,9	ha
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,76	-
Limite di scarico per R.R. 8/2019	$U_{\text{lim}}$	10	l/s ha
Portata massima di scarico in recettore	$Q_{\text{scarico}}$	<b>14,4</b>	<b>l/s</b>
Volume minimo di laminazione	$W_{o \text{ min INV}}$	800	$\text{m}^3/\text{ha imp}$
Volume minimo	<b><math>W_o \text{ (min)}</math></b>	<b>1155,2</b>	<b><math>\text{m}^3</math></b>

Con i requisiti minimi dell'art.12 del R.R. 8/2019, si calcola un volume totale di laminazione di  $1155 \text{ m}^3$  con scarico controllato in fognatura o in corpo idrico di una portata totale massima di  $14,4 \text{ l/s}$ .

### Calcolo di $W_o$ con la PROCEDURA DETTAGLIATA

Con la procedura dettagliata, si vuole calcolare il volume di laminazione necessario a smaltire la portata in ingresso alla vasca, considerando una portata in uscita pari alla portata  $Q_f$  di infiltrazione. Infatti, dalle indagini geologiche sul territorio (*rif. PGT, P6931 Allegato 05 Permeabilità*), si evidenziano buone capacità filtranti del terreno (si può considerare una permeabilità  $K = 10^{-4} \text{ m/s}$ ) e profondità della falda da piano campagna -12 metri.

Potendo svuotare il volume di infiltrazione tramite infiltrazione negli strati superficiali del terreno, la portata totale di scarico del volume di laminazione non sarà 14,4 l/s (valida per scarico in corpo idrico o in fognatura), ma andrà calcolata con la formula di Sieker:

$$Q_f = 1000 \frac{K L + z}{2 L + \frac{z}{2}} A_f$$

dove:

$Q_f$  è la portata dispersa per infiltrazione;

$K$  è la permeabilità del terreno;

$L$  è il dislivello tra falda e pozzi / vasca;

$z$  è l'altezza dello strato drenante dei pozzi / vasca;

$A_f$  è la superficie netta di infiltrazione dei pozzi / vasca.

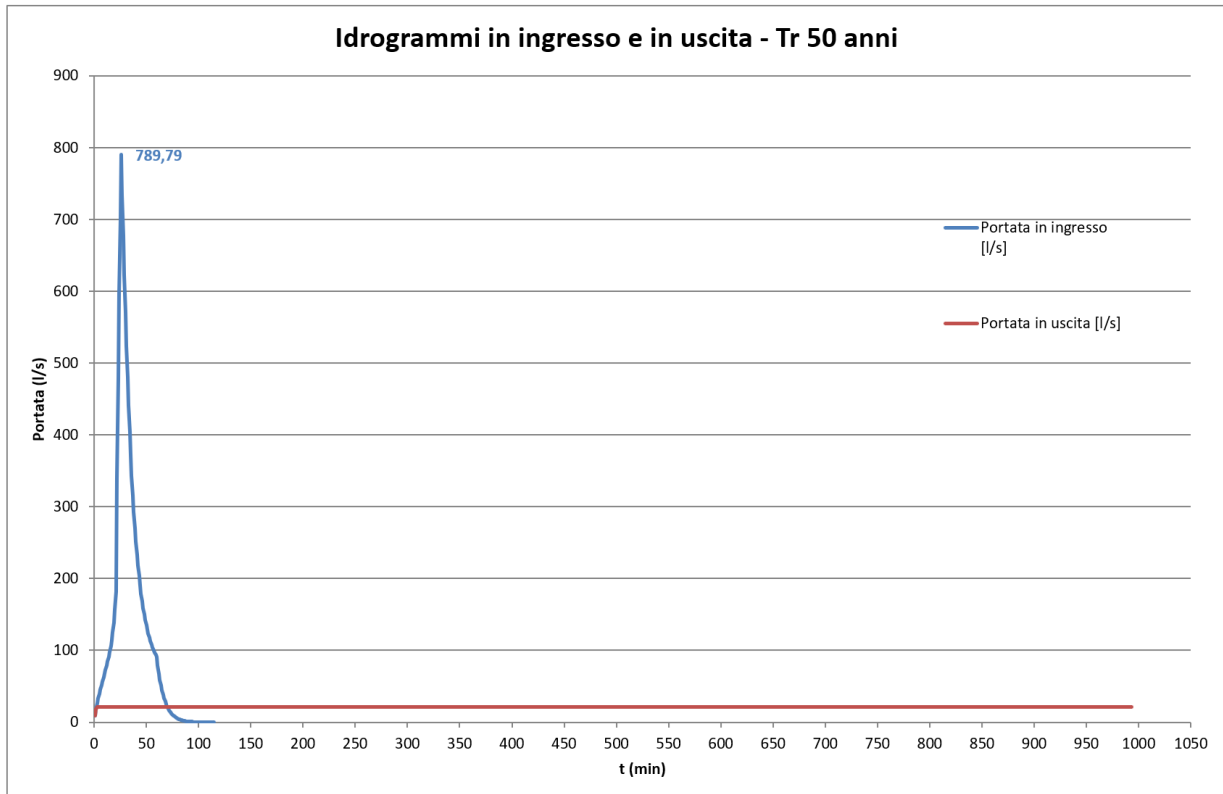
Siccome il volume minimo di laminazione deve essere in ogni caso pari ad almeno 1155 m<sup>3</sup>, si può pensare di valutare, per il calcolo della portata di infiltrazione, una vasca alta 3 metri con pianta filtrante di base circa 385 mq. Con questa ipotesi, la portata d'infiltrazione totale è quella determinata di seguito:

<u>Calcolo della portata di infiltrazione</u>			
Coefficiente di permeabilità	$K$	m/s	10 <sup>-4</sup>
Altezza vasca	$z$	m	3
Dislivello tra vasca e falda	$L$	m	12,00
Superficie netta infiltrazione	$A_f$	m <sup>2</sup>	385
Volume totale vasca	$V$	m <sup>3</sup>	1155
<b>Portata infiltrata totale</b>	<b><math>Q_f</math></b>	<b>l/s</b>	<b>21,39</b>

Come spiegato nel Capitolo 3.5.2, per ricavare l'idrogramma di piena  $Q(t)$  in ingresso, si è utilizzato il software URBIS 2003, in cui sono stati inseriti i dati di input qui riportati.

<u>Dati di input URBIS 2003</u>			
Tempo di ritorno	$T_r$	50	anni
Parametro CPP	$a$	59,428	mm/h
Parametro CPP	$n$	0,2955	-
Superficie di intervento	$S$	1,9	ha
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,76	-
Portata di scarico	$Q_f$	21,39	l/s
Costante di invaso	$k$	7	min
Durata evento	$t_{evento}$	60	min
Tempo di discretizzazione	$\Delta t$	1	min
Ietogramma netto di progetto tipologia Chicago	Vedi <b>Figura 4</b> ( $i_{max} = 260,07$ mm/ora)		

Il risultato della modellazione afflussi-deflussi è riportato in **BLU** in **Figura 76**. L'idrogramma in uscita  $Q(t)$  è semplicemente un grafico costante con linea pari alla portata  $Q_f = 21,39$  l/s (in **ROSSO** in **Figura 76**) ossia la portata con cui si svuota il volume di laminazione.

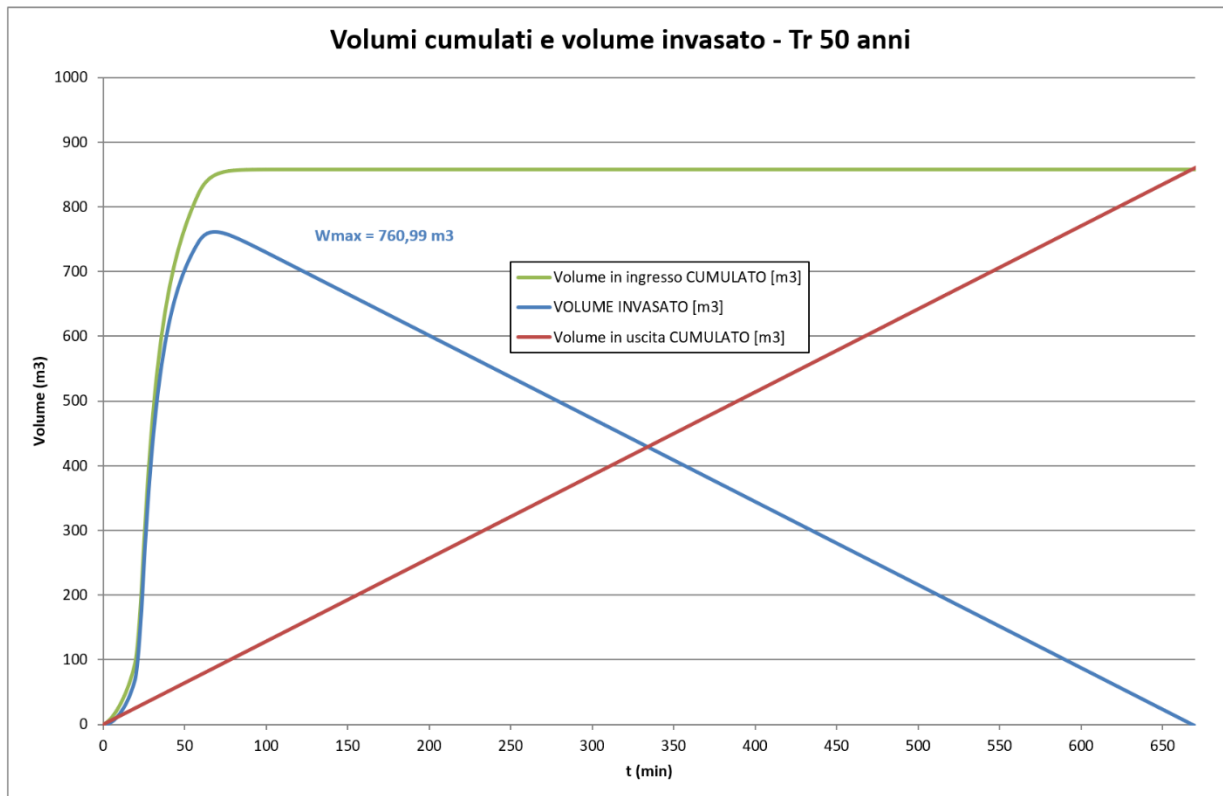


**Figura 76** – Idrogrammi di ingresso (BLU) e di uscita (ROSSO) – AT6.

Con riferimento al grafico in **Figura 77**, noto l'andamento delle portate in ingresso e in uscita dalla vasca, si è ricavato il volume di laminazione necessario calcolando l'andamento dei volumi cumulati entranti (in **VERDE**) e uscenti (in **ROSSO**) e facendone la differenza. La differenza massima tra volumi cumulati entranti e volumi cumulati uscenti (volume invasato in **BLU**) rappresenta il volume di laminazione necessario della vasca.

Analizzando il grafico di **Figura 77**, si conclude che, a seguito della simulazione con modello afflussi-deflussi, il volume di laminazione necessario per l'ambito di trasformazione AT6 sarebbe di  $760,99 \text{ m}^3$ , che è minore del volume richiesto dai requisiti minimi ( $1155 \text{ m}^3$ ).





**Figura 77** – Volumi cumulati in ingresso (VERDE), in uscita (ROSSO) e volumi invasati (BLU) – AT6.

Questo significa che le capacità filtranti del terreno permetterebbero la realizzazione di un volume di laminazione minore, tuttavia, per quanto affermato nel decreto di invarianza R.R. 8/2019:

**Per l'ambito AT6 si dovrà realizzare un volume totale di laminazione di 1155 m<sup>3</sup>, con smaltimento delle acque per infiltrazione (si può prevedere eventualmente una tubazione di troppo pieno verso la Roggia Roncaglia o verso il Torrente Zerra).**

**NOTA**

I risultati ottenuti dall'analisi sono verosimili, ma puramente indicativi in quanto basati su un'ipotesi di futura impermeabilizzazione e non su dati da progetto esecutivo.

## 7.7 AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT7

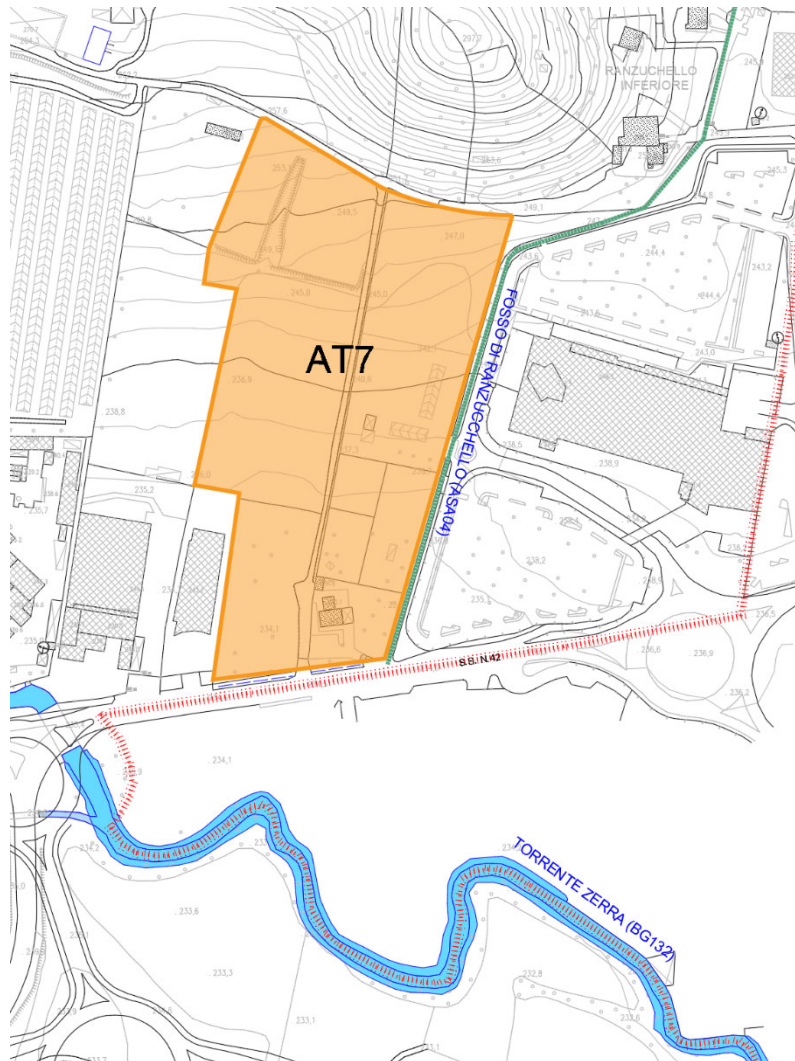


Figura 78 – Vista su base Ortofoto dell'ambito di trasformazione AT7.

Con riferimento alla Carta del Rischio Idraulico per lo stato di fatto, riportata in **Allegato 3** e alla Carta del Rischio Idraulico con interventi di laminazione, riportata in **Allegato 4**, l'ambito di trasformazione **AT7 è un'area parzialmente soggetta a rischio idraulico**. Le aree assumono classe di fattibilità diversa a seconda della assenza o della presenza di interventi. Pertanto per gli interventi edilizi consentiti in tale area si rimanda alle disposizioni relative alla classe di fattibilità (classe 4a, classe 3e, classe 2a) in cui ricade ai sensi delle Norme Tecniche di Attuazione della relazione del PGT Geologico (REL.PG/17411/21 al Capitolo 22).

Si consiglia di non prevedere aree a danno potenziale massimo nelle zone interessate dall'esondazione del Torrente Zerra.

### 7.7.1 Soluzioni progettuali

Con riferimento a quanto esposto nel Capitolo 3.6, a proposito dei sistemi di laminazione, per definire un idoneo sistema di smaltimento delle acque meteoriche dal volume di laminazione, sarà necessario valutare diverse casistiche.

1. Occorre innanzitutto analizzare le informazioni derivanti dalle carte geologiche (**Figura 79**) e svolgere delle analisi penetrometriche puntuali per ottenere dei corretti parametri di permeabilità del terreno. Nel caso in cui la permeabilità del terreno sia idonea ( $K = 10^{-3}$  o  $10^{-4}$  m/s o comunque non inferiore a  $10^{-5}$  m/s), si può prevedere di smaltire le acque per infiltrazione tramite:

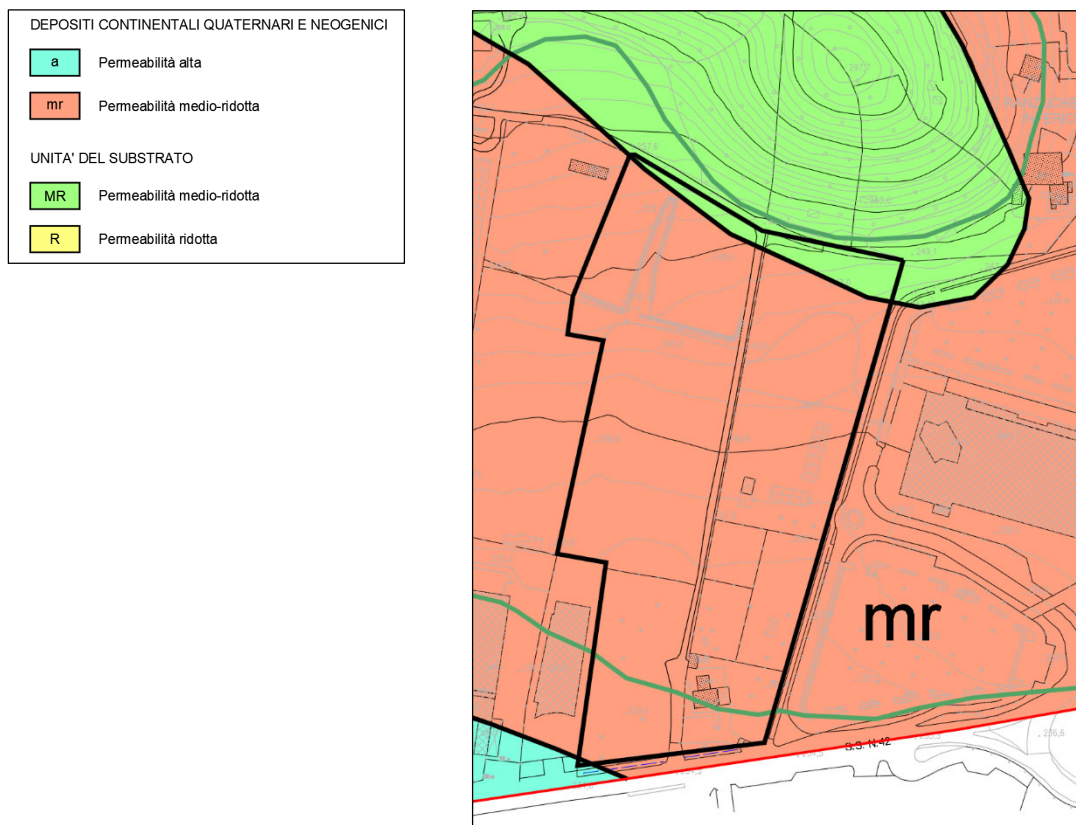
- a. Vasche di laminazione con fondo filtrante
- b. Batterie di pozzi disperdenti

purché le vasche e i pozzi abbiano in totale un volume di laminazione che rispetti i criteri di invarianza idrologica-idraulica.

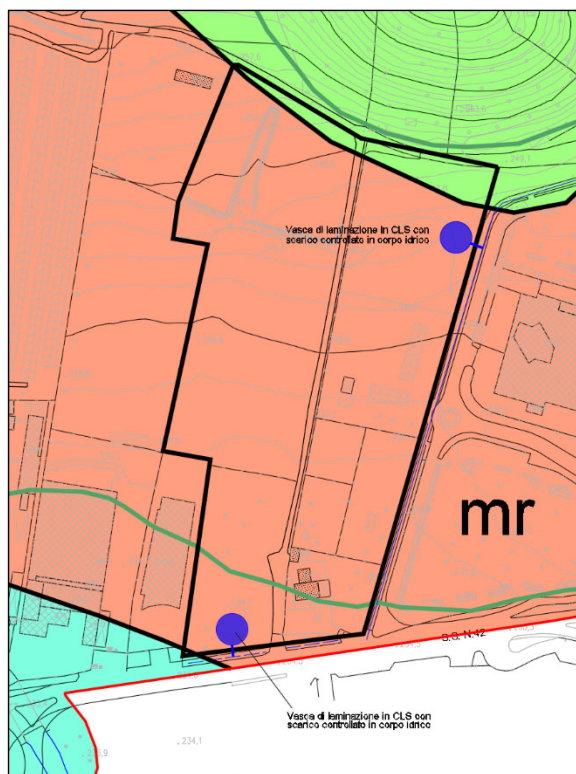
Nello specifico, l'ambito di trasformazione AT7 presenta un terreno superficiale caratterizzato da una permeabilità medio-ridotta, ipotizzabile intorno a  $10^{-5}$  m/s, che rende difficoltoso lo smaltimento delle acque per infiltrazione.

2. Nel caso in cui, a seguito di puntuali prove penetrometriche, il terreno non dovesse risultare idoneo all'infiltrazione, si può valutare la presenza di un corpo idrico recettore (un'asta del reticolo idrico minore o principale) in cui scaricare la portata limite nel rispetto dei criteri del decreto di invarianza idrologica-idraulica. Nello specifico, l'ambito di trasformazione AT7 è strettamente confinante con il Reticolo idrico superficiale (Fosso di Ranzucchelli a est). Si può perciò prevedere dei volumi di laminazione con scarico controllato della portata limite verso il Reticolo idrico superficiale.

La **soluzione progettuale ottimale (Figura 80)**, data la scarsa permeabilità del terreno, è quella di prevedere dei sistemi di laminazione (vasche di calcestruzzo), con scarico controllato in corpo idrico della portata limite. Considerando l'estensione dell'ambito di trasformazione dovranno essere realizzate due o più vasche di laminazione.



**Figura 79** – Stralcio da Carta della Permeabilità – AT7 (da PGT – Componente Geologica).



**Figura 80** – Schema delle soluzioni progettuali ottimali per l'ambito AT7.

**CONSIDERAZIONI**

**Soluzione 1** – L'ipotesi di smaltimento delle acque per infiltrazione è sempre la prima da prendere in considerazione in quanto non si andrebbero a sovraccaricare di ulteriori portate la fognatura comunale e i corpi idrici superficiali. Il funzionamento dei pozzi perdenti o delle vasche di laminazione a fondo filtrante diventa difficoltoso per terreni con permeabilità  $K < 10^{-5}$  m/s. Per tale ragione, prima di procedere alla realizzazione dei sistemi di infiltrazione, sarà necessario verificare il parametro K con puntuali indagini geologiche.

**Soluzione 2** – L'ipotesi di prevedere uno o più invasi di laminazione con scarico controllato in corpo idrico superficiale è da prendere in considerazione in caso di incapacità drenanti del terreno (che potrebbe essere verosimilmente il caso dell'ambito di trasformazione AT7).



### 7.7.2 Calcolo dei volumi di laminazione

Per lo smaltimento delle acque meteoriche, in tale ambito di trasformazione, la superficie totale è di 3,58 ha, di cui si è tenuto conto di un 70% di area impermeabilizzata e un 30% di area verde (coefficiente di efflusso medio ponderale:  $\varphi = 0,76$ ). Per quanto specificato ai sensi del R.R. 8/2019 (Capitolo 3.5, **Figura 6**), essendo:

- Superficie interessata dall'intervento  $1 \text{ ha} < S_{\text{intervento}} < 10 \text{ ha}$
- Coefficiente di efflusso  $\varphi > 0,4$

consegue: Classe di intervento 3 (impermeabilizzazione potenziale alta) e calcolo del volume di laminazione con la procedura dettagliata (Capitolo 3.5.2), confrontato con i requisiti minimi dell'art.12 del R.R. 8/2019 (Capitolo 3.5.3).

#### Calcolo di $W_0$ con i REQUISITI MINIMI dell'art.12 del R.R. 8/2019

Superficie di intervento	S	3,58	ha
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,76	-
Limite di scarico per R.R. 8/2019	$u_{\text{lim}}$	10	l/s ha
Portata massima di scarico in recettore	$Q_{\text{scarico}}$	<b>27,21</b>	<b>l/s</b>
Volume minimo di laminazione	$W_{0 \text{ min INV}}$	800	$\text{m}^3/\text{ha imp}$
Volume minimo	<b><math>W_0 \text{ (min)}</math></b>	<b>2176,64</b>	<b><math>\text{m}^3</math></b>

Con i requisiti minimi dell'art.12 del R.R. 8/2019, si calcola un volume totale di laminazione di  $2175 \text{ m}^3$  con scarico controllato in fognatura o in corpo idrico di una portata totale massima di 27,21 l/s.

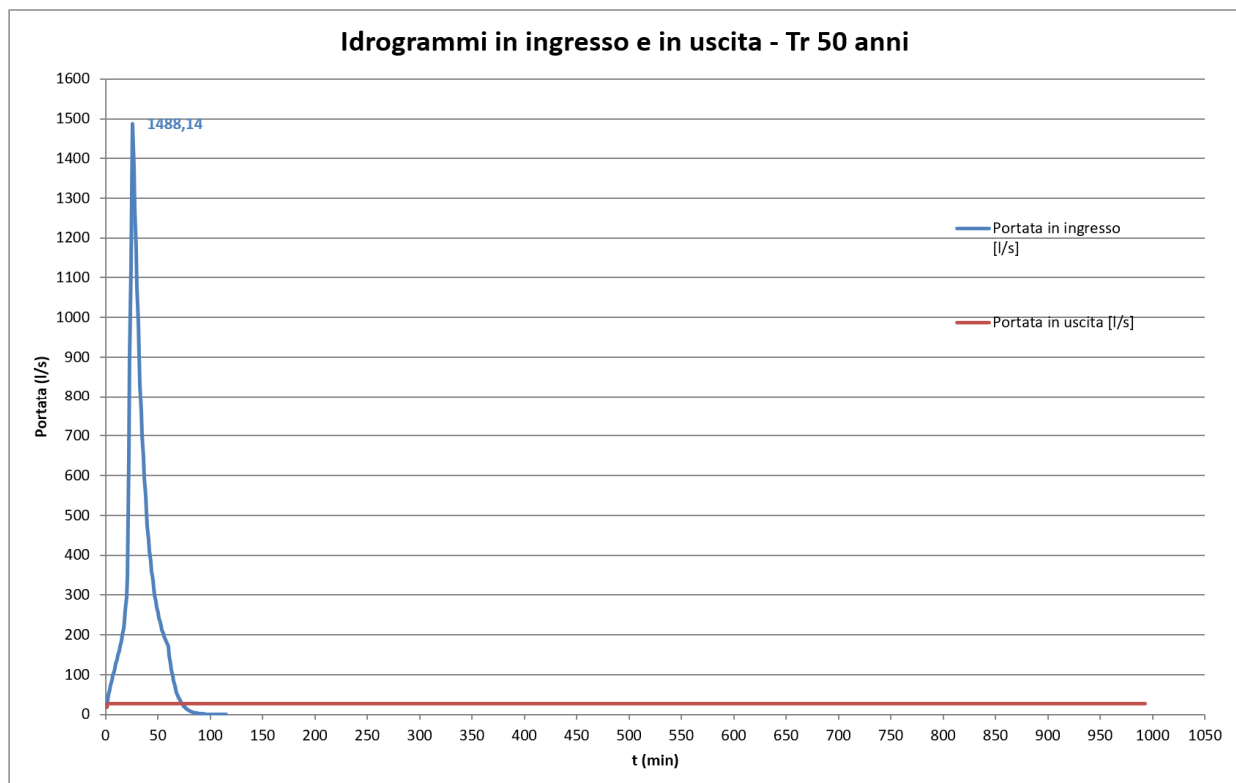
#### Calcolo di $W_0$ con la PROCEDURA DETTAGLIATA

Con la procedura dettagliata, si vuole calcolare il volume di laminazione necessario a smaltire la portata in ingresso alla vasca, considerando una portata in uscita pari alla portata calcolata sopra ( $Q_{\text{scarico}} = 27,21 \text{ l/s}$ ).

Come spiegato nel Capitolo 3.5.2, per ricavare l'idrogramma di piena  $Q(t)$  in ingresso, si è utilizzato il software URBIS 2003, in cui sono stati inseriti i dati di input qui riportati.

Dati di input URBIS 2003			
Tempo di ritorno	Tr	50	anni
Parametro CPP	a	59,428	mm/h
Parametro CPP	n	0,2955	-
Superficie di intervento	S	3,58	ha
Coefficiente di efflusso	$\varphi$	0,76	-
Portata di scarico	$Q_{\text{scarico}}$	27,21	l/s
Costante di invaso	k	7	min
Durata evento	$t_{\text{evento}}$	60	min
Tempo di discretizzazione	$\Delta t$	1	min
Ietogramma netto di progetto tipologia Chicago	Vedi <b>Figura 4</b> ( $i_{\text{max}} = 260,07$ mm/ora)		

Il risultato della modellazione afflussi-deflussi è riportato in **BLU** in **Figura 81**. L'idrogramma in uscita  $Q(t)$  è semplicemente un grafico costante con linea pari alla portata  $Q_{\text{scarico}} = 27,21$  l/s (in **ROSSO** in **Figura 81**) ossia la portata con cui si svuota il volume di laminazione.

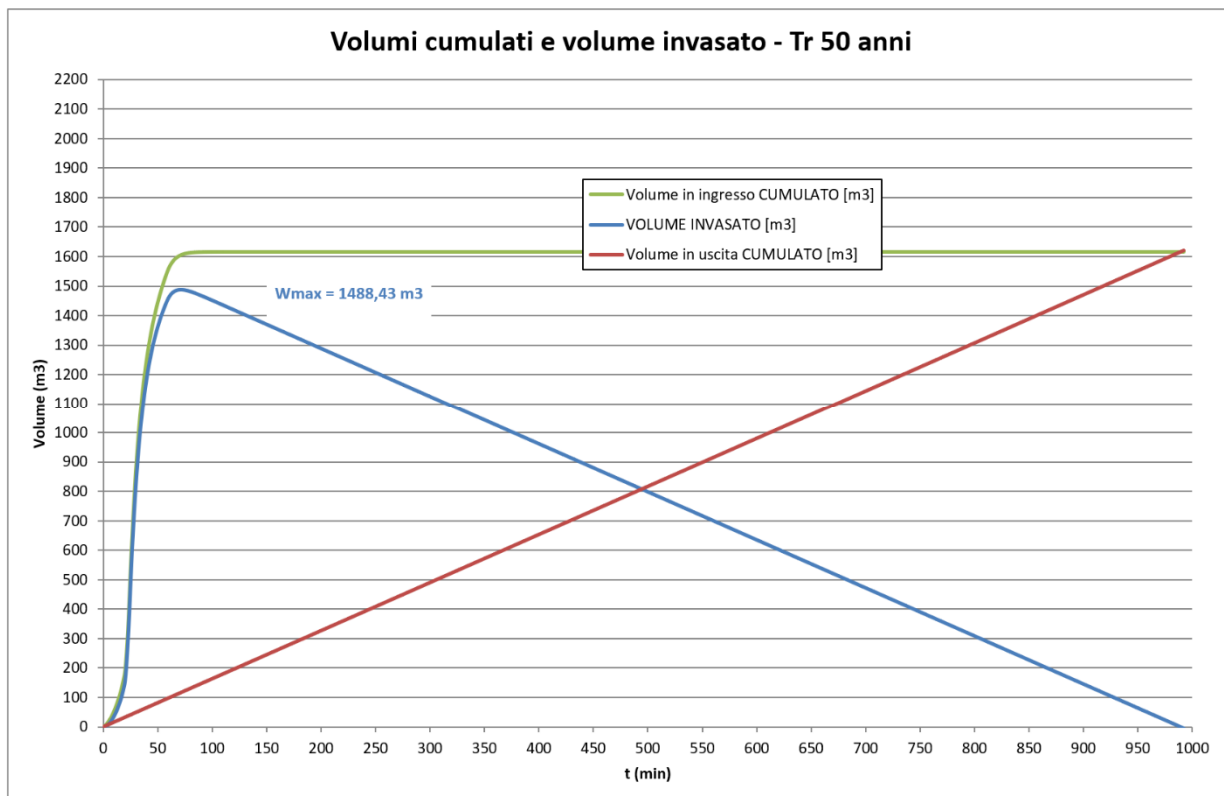


**Figura 81** – Idrogrammi di ingresso (BLU) e di uscita (ROSSO) – AT7.

Con riferimento al grafico in **Figura 82**, noto l'andamento delle portate in ingresso e in uscita dalla vasca, si è ricavato il volume di laminazione necessario calcolando l'andamento dei volumi cumulati entranti (in **VERDE**) e uscenti (in **ROSSO**) e facendone

la differenza. La differenza massima tra volumi cumulati entranti e volumi cumulati uscenti (volume invasato in **BLU**) rappresenta il volume di laminazione necessario della vasca.

Analizzando il grafico di **Figura 82**, si conclude che, a seguito della simulazione con modello afflussi-deflussi, il volume di laminazione necessario per l'ambito di trasformazione AT7 sarebbe di 1488,43 m<sup>3</sup>, che è minore del volume richiesto dai requisiti minimi (2177 m<sup>3</sup>). Quindi, per quanto affermato nel decreto di invarianza R.R. 8/2019, si dovrà considerare il volume calcolato con i requisiti minimi.



**Figura 82** – Volumi cumulati in ingresso (VERDE), in uscita (ROSSO) e volumi invasati (BLU) – AT7.

**Per l'ambito AT7 si dovrà realizzare un volume totale di laminazione, suddivisibile in 2 o più parti, di 2177 m<sup>3</sup>, con smaltimento delle acque con scarico controllato della portata limite totale di 27,21 l/s verso il Fosso di Ranzucchelli.**

**NOTA**

I risultati ottenuti dall'analisi sono verosimili, ma puramente indicativi in quanto basati su un'ipotesi di futura impermeabilizzazione e non su dati da progetto esecutivo.

## 8 - TABELLE RIEPILOGATIVE

### 8.1 RIEPILOGO CRITICITÀ FOGNARIE E MISURE DI INTERVENTO

	Ubicazione delle criticità nel territorio comunale	Descrizione criticità	Misure prescritte per la mitigazione del rischio
1	Centro Abitato e rete stradale di - via San Giorgio, - via Carbonera, - via Monte Grappa, - via Cristoforo Colombo, - vie traverse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rigurgito degli scarichi fognari verso recettore (Torrente Zerra) in caso di evento meteorico intenso.</li> <li>- Frequenti allagamenti delle strade per insufficienza fognaria.</li> </ul>	<p>Prevedere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizzazione delle opere di laminazione 1A-2A-3A prescritte dallo studio Murachelli (Capitolo 6.2.1)</li> <li>- Realizzazione dell'opera di laminazione 4A prescritta da Ecogeo (Capitolo 6.4)</li> <li>- Realizzazione dell'opera di laminazione 5A prescritta da Ecogeo (Capitolo 6.5)</li> </ul> <p>per il miglioramento delle condizioni di piena del Torrente Zerra, evitando situazioni di rigurgito degli scarichi fognari.</p>
2	Centro Abitato e rete stradale di via Sant'Alessandro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rischio di insufficienza idraulica del Fosso Ranzucchello in caso di evento meteorico intenso e conseguente fuoriuscita delle acque all'altezza dell'imbocco del tratto intubato (nei pressi del centro abitato).</li> <li>- Sovraccarico del Fosso Ranzucchello a causa della mancanza di una rete fognaria parallela di supporto per lo smaltimento delle acque meteoriche.</li> </ul>	<p>Prevedere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizzazione delle opere di laminazione 1A-2A-3A prescritte dallo studio Murachelli (Capitolo 6.2.1) e delle opere di laminazione 4A e 5A prescritte da Ecogeo (Capitoli 6.4 e 6.5) per il miglioramento delle condizioni di piena del Torrente Zerra, evitando situazioni di rigurgito del Fosso Ranzucchello ASA04.</li> <li>- Realizzazione di un tratto fognario parallelo al Fosso Ranzucchello ASA04 che raccolga le acque meteoriche scolanti dalla zona in questione, sgravando il reticolo idrico.</li> </ul>
3	Centro Abitato e rete stradale di - via Antonio Gramsci - Via Guglielmo Marconi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rigurgito degli scarichi fognari e delle immissioni del reticolo idrico minore (Valle Zerra, Valle Bolla, Valle d'Albano) verso recettore (Torrente Zerra) in caso di evento meteorico intenso.</li> <li>- Frequenti allagamenti delle strade per insufficienza fognaria e per esondazione del reticolo idrico minore (Valle Zerra, Valle Bolla, Valle d'Albano).</li> </ul>	<p>Prevedere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizzazione delle opere di laminazione 1A-2A-3A prescritte dallo studio Murachelli (Capitolo 6.2.1)</li> <li>- Realizzazione dell'opera di laminazione 4A prescritta da Ecogeo (Capitolo 6.4)</li> <li>- Realizzazione dell'opera di laminazione 5A prescritta da Ecogeo (Capitolo 6.5)</li> </ul> <p>per il miglioramento delle condizioni di piena del Torrente Zerra, evitando situazioni di rigurgito degli scarichi fognari e delle immissioni nel torrente del reticolo idrico minore (Valle Zerra, Valle Bolla, Valle d'Albano).</p>

**Tabella 16 – Riepilogo delle criticità fognarie e delle relative misure di intervento.**

## 8.2 RIEPILOGO MISURE DI INVARIANZA IDROLOGICA-IDRAULICA PER GLI AMBITI DI TRASFORMAZIONE

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei volumi di laminazione, delle portate di scarico e delle modalità di smaltimento delle acque meteoriche, in conformità con i principi di invarianza idraulica e idrologica (R.R. 8/2019), per tutti gli ambiti di trasformazione del Comune di Albano Sant'Alessandro.

	Superficie totale [ha]	Volume di laminazione [m <sup>3</sup> ] (nota 3)	Q scarico [l/s]	Scarico acque bianche per Infiltrazione (nota 1)	Eventuali recettori di scarico acque bianche nelle vicinanze (nota 2)
AT1	3,03	1840	23	INFILTRAZIONE CONSIGLIATA K ipotizzabile a circa 10 <sup>-4</sup> m/s	Roggia Borgogna a nord Roggia Roncaglia a sud Fognatura Comunale
AT2	1,25	760	9,5	INFILTRAZIONE CONSIGLIATA K ipotizzabile a circa 10 <sup>-4</sup> m/s	Roggia Roncaglia a sud Fognatura Comunale
AT3	0,426	260	3,24	INFILTRAZIONE CONSIGLIATA K ipotizzabile a circa 10 <sup>-4</sup> m/s	Roggia Roncaglia a sud Fognatura Comunale
AT4	4,64	2215	35,26	INFILTRAZIONE CONSIGLIATA K ipotizzabile a circa 10 <sup>-4</sup> m/s	Roggia Roncaglia a nord Fognatura Comunale
AT5	1,97	1200	14,9	INFILTRAZIONE CONSIGLIATA K ipotizzabile a circa 10 <sup>-4</sup> m/s	Torrente Zerra a sud Fognatura Comunale
AT6	1,90	1155	14,4	INFILTRAZIONE CONSIGLIATA K ipotizzabile a circa 10 <sup>-4</sup> m/s	Torrente Zerra a nord Roggia Roncaglia a sud Fognatura Comunale
AT7	3,58	2175	27,21	INFILTRAZIONE DIFFICOLTOSA K ipotizzabile a circa 10 <sup>-5</sup> m/s	Fosso di Ranzucchelli a est Fognatura Comunale

**Tabella 17 – Tabella riepilogativa per gli ambiti di trasformazione del Comune di Albano S. Alessandro.**

**NOTA 1:** La permeabilità K degli strati superficiali del terreno è semplicemente stimata su base cartografica (il parametro K è da verificare con opportune indagini geologiche in sito).

**NOTA 2:** Laddove logisticamente possibile, lo scarico delle acque meteoriche in Reticolo Idrico è preferibile rispetto allo scarico in fognatura, per evitare il sovraccarico dei sottoservizi.

**NOTA 3:** I risultati ottenuti dall'analisi sono verosimili, ma puramente indicativi in quanto basati su un'ipotesi di futura impermeabilizzazione e non su dati da progetto esecutivo.



### 8.3 RIEPILOGO INTERVENTI CONSIGLIATI PER MITIGAZIONE RISCHIO

	Descrizione dell’opera	Riferimenti	Mitigazione del rischio
1A	<p><b>Cassa di espansione</b> in derivazione in sponda destra del Torrente Zerra in Comune di Albano S. Alessandro</p> <p>Volume di invaso 91’600 mc</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capitolo 6.2.1, Carta del Rischio in <b>Allegato 4</b> del presente documento redatto da Ecogeo S.r.l.</li> <li>- “Perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica inerenti ai Torrenti Zerra e Seniga all’interno del territorio dei Comuni Albano S. Alessandro, Montello, S. Paolo d’Argon e Torre dè Roveri – CIG Z5A2AF4200” del 03/2020, redatto da Studio Ing. Adriano Murachelli</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Miglioramento delle condizioni di piena del Torrente Zerra.</li> <li>- Riduzione della pericolosità idraulica del Torrente Zerra.</li> <li>- Riduzione delle situazioni di rigurgito degli scarichi fognari di via Carbonera e via Cristoforo Colombo.</li> <li>- Riduzione del grado di rischio idraulico nel centro abitato.</li> </ul>
3A	<p><b>Cassa di espansione</b> in linea sul Torrente Valle d’Albano in Comune di Albano S. Alessandro in un’area attualmente non edificata, a monte del tratto urbano</p> <p>Volume di invaso 20’000 mc</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capitolo 6.2.1, Carta del Rischio in <b>Allegato 4</b> del presente documento redatto da Ecogeo S.r.l.</li> <li>- “Perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica inerenti ai Torrenti Zerra e Seniga all’interno del territorio dei Comuni Albano S. Alessandro, Montello, S. Paolo d’Argon e Torre dè Roveri – CIG Z5A2AF4200” del 03/2020, redatto da Studio Ing. Adriano Murachelli</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Miglioramento delle condizioni di piena del reticolo idrico limitrofo al centro abitato di via Gramsci e via Marconi.</li> <li>- Riduzione della pericolosità idraulica dei Torrenti Valle d’Albano, Valle Zerra e del Torrente Zerra.</li> <li>- Riduzione del grado di rischio idraulico nel centro abitato di via Gramsci e via Marconi.</li> </ul>
4A	<p><b>Cassa di espansione</b> in linea sul Torrente Zerra in Comune di Albano S. Alessandro</p> <p>Volume di invaso 37’500 / 39’450 mc</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capitolo 6.4, Carta del Rischio in <b>Allegato 4</b> del presente documento redatto da Ecogeo S.r.l.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Miglioramento delle condizioni di piena del Torrente Zerra.</li> <li>- Riduzione della pericolosità idraulica del Torrente Zerra.</li> <li>- Riduzione delle situazioni di rigurgito degli scarichi fognari e del grado di rischio idraulico nel centro abitato.</li> </ul>
5A	<p><b>Cassa di espansione</b> in linea sulla Valle Bolla in Comune di Albano S. Alessandro</p> <p>Volume di invaso 2395 mc</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capitolo 6.5, Carta del Rischio in <b>Allegato 4</b> del presente documento redatto da Ecogeo S.r.l.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Miglioramento delle condizioni di piena del reticolo idrico limitrofo al centro abitato di via Gramsci e via Marconi.</li> <li>- Riduzione della pericolosità idraulica dei Torrenti Valle Bolla, Valle d’Albano, Valle Zerra e del Torrente Zerra.</li> <li>- Riduzione del grado di rischio idraulico nel centro abitato di via Gramsci e via Marconi.</li> </ul>
6	<p><b>Realizzazione di un tratto fognario</b> parallelo al Fosso Ranzucchello ASA04 in via Sant’Alessandro che raccolga le <b>acque meteoriche</b>, sgravando il reticolo idrico</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capitolo 6.6.2, Carta del Rischio in <b>Allegato 4</b> del presente documento redatto da Ecogeo S.r.l.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risoluzione del problema di insufficienza idraulica del Fosso Ranzucchello ASA04.</li> <li>- Risoluzione del problema di insufficienza idraulica in via Sant’Alessandro.</li> </ul>

**Tabella 18 – Riepilogo delle misure di intervento per la mitigazione del rischio idraulico.**

**COMUNE DI ALBANO SANT'ALESSANDRO**

*Piazza Caduti per la Patria, n.2, 24061 Albano Sant'Alessandro (BG)*

**DOCUMENTO DI ANALISI E GESTIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO PER IL COMUNE DI  
ALBANO SANT'ALESSANDRO (BG)**

**Legge Regionale 4/2016,**

**R.R. 7/2017 e 8/2019 di invarianza idrologica – idraulica**

**Allegato 1 – Ambiti di Trasformazione**

*PGT – Comune di Albano Sant'Alessandro (BG)*

**COMUNE DI ALBANO SANT'ALESSANDRO**

*Piazza Caduti per la Patria, n.2, 24061 Albano Sant'Alessandro (BG)*

**DOCUMENTO DI ANALISI E GESTIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO PER IL COMUNE DI  
ALBANO SANT'ALESSANDRO (BG)**

**Legge Regionale 4/2016,  
R.R. 7/2017 e 8/2019 di invarianza idrologica – idraulica**

**Allegato 2 – PUGGS Fognatura Comunale**

*PGT – Comune di Albano Sant'Alessandro (BG)*

**COMUNE DI ALBANO SANT'ALESSANDRO**

*Piazza Caduti per la Patria, n.2, 24061 Albano Sant'Alessandro (BG)*

**DOCUMENTO DI ANALISI E GESTIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO PER IL COMUNE DI  
ALBANO SANT'ALESSANDRO (BG)**

**Legge Regionale 4/2016,**

**R.R. 7/2017 e 8/2019 di invarianza idrologica – idraulica**

**Allegato 3 – Carta del Rischio Idraulico (senza interventi di  
laminazione)**

*ns. Rif. P10973*

**COMUNE DI ALBANO SANT'ALESSANDRO**

*Piazza Caduti per la Patria, n.2, 24061 Albano Sant'Alessandro (BG)*

**DOCUMENTO DI ANALISI E GESTIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO PER IL COMUNE DI  
ALBANO SANT'ALESSANDRO (BG)**

**Legge Regionale 4/2016,**

**R.R. 7/2017 e 8/2019 di invarianza idrologica – idraulica**

**Allegato 4 – Carta del Rischio Idraulico (con interventi di  
laminazione)**

*ns. Rif. P10974*