

COMUNE DI MONTALCINO

VARIANTE AL R.U. MEDIANTE SUAP AI SENSI DELL'ART. 35 L.R. 65/2014 E S.M.I. PER LE MODIFICHE ALLE CARTOGRAFIE DEL R.U. VIGENTE LIMITATAMENTE ALL'AREA PRODUTTIVA INDUSTRIALE E/O INDUSTRIALE POSTA IN LOC. BADESSE DENOMINATA "AREA KW - OFFICINE MECCANICHE S.R.L."

**INDAGINE GEOLOGICA AI SENSI DELLA L.R.T. N.65 DEL 10/11/2014 COME DA
REGOLAMENTO DI ATTUAZIONE DELL'ART. 62 IN MATERIA DI INDAGINI GEOLOGICHE DI
CUI AL D.P.G.R.T. N. 5/R DEL 20/01/2020**

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Committente:

KW APPARECCHI SCIENTIFICI S.R.L.

LEGALE RAPPRESENTANTE:

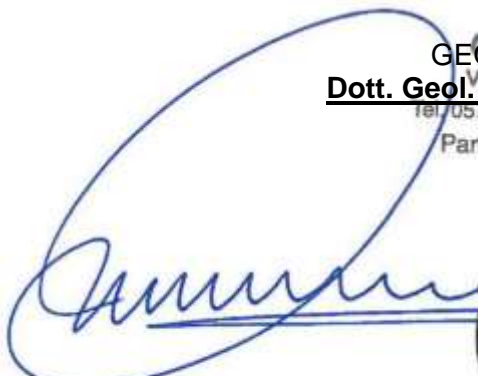
SIG.RA LILIANA BONUCCI

Siena, dicembre 2020

GEOSOL s.r.l.

Viale Europa 31
53100 Siena
Tel. 0577.44470
e-mail: studio@geosol.it
Partita IVA IT 00707530523
CCIAA Siena n. 85428
Isc. Trib. Siena n.6345 Vol.8133

GEOSOL s.r.l.
Dott. Geol. Andrea Capotorti
tel. 0577 44470 - Fax 0577 222011
Partita IVA 00707530523



SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. OBIETTIVI E CONTENUTI DELLA VARIANTE	3
3. ASPETTI GEOLOGICI.....	4
4. CARATTERISTICHE GEOLOGICO-TECNICHE	5
5. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	5
6. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	5
7. MICROZONAZIONE SISMICA	5
8. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	6
9. PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	6
10. PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONI.....	7
11. CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ.....	7

ALLEGATI

- Fig.1 – Corografia
- Fig.2 – Planimetria generale
- Fig.3 – Carta Geologica
- Fig.4 – Carta Geologico-tecnica
- Fig.5 – Carta Geomorfologica
- Fig.6 – Carta Idrogeologica
- Fig.7 – Carta delle MOPS ge
- Fig.8 – Carta della Pericolosità Geologica
- Fig.8 – Carta della Pericolosità Sismica Locale
- Fig.9 – Carta della Pericolosità da Alluvioni – Stato attuale
- Fig.10 – Carta della Pericolosità da Alluvioni – Stato di progetto
- Fig.11 – Schema idraulico
- Allegato 1 – Studio idraulico
- Tav.1 – Progetto di sistemazione - Planimetria generale e sezioni
- Tav.2 – Progetto di sistemazione – Particolari cancello
- Tav.3 – Progetto di sistemazione – Particolari Ovest

1. PREMESSA

La presente indagine geologica è stata redatta a supporto del procedimento *“Variante al Regolamento Urbanistico mediante SUAP ai sensi dell’art. 35 l.r. 65/2014 e s.m.i. per le modifiche alle cartografie del R.U. vigente limitatamente all’area produttiva industriale e/o industriale posta in loc. Badesse denominata “Area KW - Officine meccaniche s.r.l.”*, inerente terreni la cui ubicazione è visibile in nelle figure 1 e 2 e nella seguente foto aerea:



Ortofoto dell'area in studio (2013) – non in scala

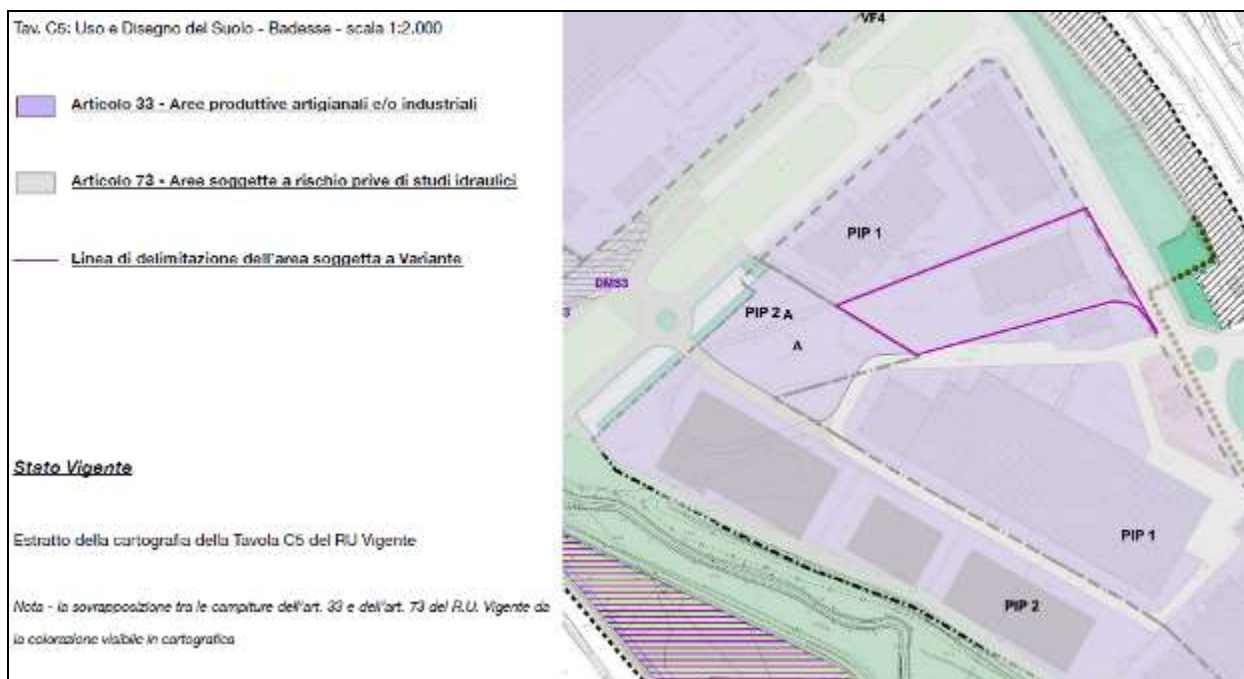
Lo studio è stato condotto secondo quanto previsto dalle nuove direttive tecniche sulle modalità di esecuzione delle indagini geologiche previste dal Decreto del Presidente della Giunta Regionale Toscana n°5/R del 30 gennaio 2020 *“Regolamento di attuazione dell’art.104 della L.R. del 10 novembre 2014, n.65 “Norme per il governo del territorio”*.

Tale regolamento disciplina le direttive tecniche per le indagini atte a verificare la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico, idraulico, geomorfologico e sismico per definire la classe di fattibilità delle previsioni in funzione della nuova destinazione di utilizzo delle aree.

2. OBIETTIVI E CONTENUTI DELLA VARIANTE

La variante al RU comunale in oggetto ha l’obiettivo di aggiornare lo strumento urbanistico con i risultati degli studi degli studi idraulici effettuati e gli interventi di mitigazione previsti.

Pertanto a seguito del presente procedimento l’area di variante non ricadrà più all’interno delle *“Aree soggette a rischio prive di studi idraulici”* di cui all’articolo 73 delle NTA.



Confronto RUC Vigente e RUC di Variante (Tav. C5: Uso e Disegno del Suolo - Badesse) – non in scala

3. ASPETTI GEOLOGICI

Allo scopo di evidenziarne le caratteristiche geologiche è stato eseguito un rilevamento di dettaglio che ha interessato il sito in studio ed un'ampia zona circostante.

L'area in esame, come si può osservare dall'estratto della Carta Geologica di figura 3, è caratterizzata dall'affioramento di depositi alluvionali recenti (b).

DEPOSITI CONTINENTALI OLOCENICI

Depositi alluvionali attuali e recenti (b)

Depositi alluvionali dei letti fluviali attuali, prevalentemente costituiti da ghiaie e sabbie, con livelli limosi, localizzati lungo i principali corsi fluviali e fondovalle. OLOCENE

4. CARATTERISTICHE GEOLOGICO-TECNICHE

I caratteri geologico-tecnici vengono riportati nella Carta geologico-tecnica di figura 4. Il modello geologico-tecnico del sottosuolo è stato ricostruito a partire dalla carta geologica e dai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche descritte nel paragrafo successivo. È stato così possibile ricostruire gli assetti litologici, stratigrafici e strutturali dei terreni presenti. Le unità geologico-tecniche sono state suddivise in substrato rigido/non rigido, e terreni di copertura. Di seguito sono riportate le descrizioni in dettaglio.

Terreni di copertura:

GM – Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo

Substrato geologico rigido:

GR – Granulare cementato

5. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Dal punto di vista geomorfologico l'area in studio è situata in una zona di fondovalle interessato dal Torrente Staggia, lambita ad est da rilievi collinari caratterizzati da incisioni vallive poco accentuate e forme di rilievo rotondeggianti che si elevano sulla pianura alluvionale.

In particolare, il terreno in studio è posto a nord-ovest del centro abitato di Badesse, alle pendici del versante su cui si sviluppa il Raccordo Autostradale Firenze-Siena: il terreno di resede è posto alla quota di 219.5 m s.l.m. ed è caratterizzato da un profilo morfologico subpianeggiante.

Durante i sopralluoghi, nell'area in studio ed in un suo congruo intorno, non sono state evidenziate tracce d'erosione anomala da parte delle acque superficiali né si è rilevata la presenza di movimenti gravitativi in atto o paleofrane.

Di seguito vengono descritti brevemente i processi geomorfologici e le loro caratteristiche evolutive, come riportati nella carta geomorfologica di figura 5:

FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

Sono stati depositi alluvionali recenti, legati alle ultime fasi di esondazione del torrente Staggia e dei suoi affluenti, e gli orli di scarpata di terrazzo alluvionale, spesso corrispondenti alle incisioni degli alvei attuali dei corsi d'acqua minori.

FORME, PROCESSI ANTROPICI E MANUFATTI

Gli elementi antropici cartografati comprendono i riporti e rilevati, spesso realizzati per le opere di viabilità.

6. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Sotto l'aspetto idrogeologico la formazione in posto, costituita da depositi alluvionali caratterizzati da permeabilità medio-alta per porosità in relazione alla presenza di livelli a granulometria più grossolana, favoriscono la circolazione idrica sotterranea.

Come visibile dalla carta Idrogeologica e della sensibilità degli acquiferi (fig.6), l'area in studio ricade in area a sensibilità degli acquiferi di classe 2 – vincolo medio, oltre che in zona di subalveo.

Inoltre si sottolinea che non sono presenti opere di captazione ad uso idropotabile entro un raggio di 200 m dall'area in studio, e in zona di subalveo.

7. MICROZONAZIONE SISMICA

In figura 7 viene riportata la carta delle MOPS realizzata in sede di redazione del PS comunale, al quale si rimanda per i dettagli.

Da tale cartografia si evince che l'area di variante è ubicata all'interno di una zona in cui sono potenzialmente possibili fenomeni di liquefazione dinamica dei terreni, ed è in parte anche soggetta alla presenza di litotipi aventi caratteristiche fisico-meccaniche differenti che possono dare luogo a cedimenti differenziali.

8. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

La pericolosità geologica, riportata in figura 8, riassume le aree omogenee per pericolosità derivante da fattori geomorfologici, litologico/strutturali o morfologici.

Sulla base dei criteri esposti il D.P.G.R. 5/R 2020 definisce le seguenti classi di pericolosità geologica:

Pericolosità geologica molto elevata (G.4)

aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione, ed aree in cui sono presenti intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo

Pericolosità geologica elevata (G.3)

aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti e relative aree di evoluzione; aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, ad acclività, a litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee e relativi processi di morfodinamica fluviale, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da fenomeni di soliflusso, fenomeni erosivi; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geomeccaniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori a 15 gradi.

Pericolosità geologica media (G.2)

aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi.

In base alla cartografia allegata l'area di variante ricade in pericolosità geologica media G.2 e in pericolosità media (G.2)

PERICOLOSITÀ AI SENSI DEL PAI DEL FIUME ARNO

Nell'area rappresentata all'interno della carta della pericolosità geologica di figura 8 il PAI del fiume Arno non riporta alcuna area a pericolosità da frana.

9. PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

La pericolosità sismica locale, riportata in figura 9, è stata realizzata sulla base dei risultati dello studio di Microzonazione Sismica effettuati per il PS comunale vigente, e individua le aree del territorio omogenee in relazione alla pericolosità derivante dalla risposta locale del terreno in occasione di eventi sismici.

Gli studi di microzonazione sismica individuano che l'area in studio è potenzialmente interessata da fenomeni di liquefazione, e che l'angolo a NE ricade all'interno di una zona interessata da possibili cedimenti differenziali

Pertanto, sulla base delle classi di pericolosità sismica locale riportate dal D.P.G.R. 5/R 2020, è stata individuata la seguente classe per l'area in studio:

Pericolosità sismica locale elevata (S.3)

- aree potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, caratterizzate da terreni per i quali, sulla base delle informazioni disponibili, non è possibile escludere a priori il rischio di liquefazione;
- zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse;

Come visibile nella cartografia allegata l'area di variante ricade all'interno della classe di pericolosità sismica locale elevata S.3.

10. PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONI

La pericolosità da alluvioni allo stato attuale viene riportata in figura 10 e individua le aree del territorio, limitrofe a corsi d'acqua, sottoposte a rischio di esondazione. In tale cartografia vengono integralmente riproposte le perimetrazioni di cui al PGRA dell'Appennino Settentrionale.

Il D.P.G.R. 5/R 2020 definisce le seguenti classi di pericolosità da alluvioni, facendo riferimento alla l.r. 41/2018 e alla classificazione di cui agli atti di pianificazione di bacino (PGRA):

Pericolosità da alluvioni rare P1 – pericolosità bassa

corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

Pericolosità da alluvioni poco frequenti P2 – pericolosità media

corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno compreso tra 200 e 30 anni.

Pericolosità da alluvioni frequenti P3 – pericolosità elevata

corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno inferiore a 30 anni.

In base alla cartografia allegata l'area di variante ricade attualmente in area a pericolosità da alluvioni frequenti P3 – pericolosità elevata.

Al fine di valutare nel dettaglio le condizioni di pericolosità idraulica dell'area di variante e di progettare eventuali interventi di essa in sicurezza è stato realizzato un apposito studio idraulico, che viene riportato nell'Allegato 1.

In figura 11 viene invece riportata la carta della pericolosità idraulica allo stato variato, così come risulta a seguito degli interventi di messa idraulica progettati all'interno dello studio idraulico riportato.

A seguito degli interventi di messa in sicurezza progettati l'area di variante ricade in area a pericolosità da alluvioni rare P1 – pericolosità bassa.

11. CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ

In base a quanto previsto dal D.P.G.R. 5/R 2020, all'intervento vengono assegnate le condizioni di fattibilità e le eventuali prescrizioni, in relazione alle diverse tipologie di fenomeni che le determinano:

Fattibilità in relazione agli aspetti geologici

La caratterizzazione e modellazione geologica, litotecnica ed idrogeologica dell'area di intervento dovrà essere ottenuta tramite opportune indagini geognostiche e geofisiche che riguarderanno il volume significativo di terreno influenzato direttamente o indirettamente dal manufatto stesso.

La campagna delle indagini geognostiche dovrà essere programmata in funzione dell'intervento in progetto, in numero e disposizione tale da ottenere un modello geotecnico attendibile del sottosuolo. I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni dovranno essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e/o attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito.

Fattibilità in relazione al rischio da alluvioni

In merito alle condizioni di rischio da alluvioni, la fattibilità degli interventi è perseguita secondo quanto previsto dalla L.R.41/2020.

L'attuazione degli interventi previsti è subordinata alla gestione del rischio idraulico con opere

finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2. Tale obiettivo potrà essere ottenuto tramite una o più delle seguenti tipologie di opere:

- a) opere idrauliche che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;
- b) opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;
- c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;

In particolare, gli interventi idraulici previsti nella relazione idraulica di cui all'Allegato 1 della presente, fanno parte delle opere che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto a eventi per $T_r=200$ anni.

Fattibilità in relazione agli aspetti sismici

Le indagini geologiche e sismiche dovranno seguire le specifiche di cui al D.P.G.R. 36/R 2009 e s.m.i..

La caratterizzazione sismica dell'area deve essere definita tramite una specifica campagna di indagini geofisiche e geognostiche che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti per valutare l'entità dei contrasti di rigidità sismica tra i litotipi posti a contatto, tra coperture e bedrock sismico o entro le coperture stesse.

Al fine di verificare l'effettiva possibilità di liquefazione devono essere effettuate indagini geognostiche e verifiche geotecniche la valutazione del relativo fattore di sicurezza e dell'Indice del potenziale di liquefazione (LPI), al fine di individuare le "zone di suscettibilità a Liquefazione" (ZS_{LQ}) e le "zone di rispetto a liquefazione" (ZR_{LQ}). Devono essere inoltre eventualmente realizzati interventi di riduzione della pericolosità sismica dei terreni.

La valutazione dell'azione sismica da parte del progettista (NTC 2018) dovrà essere supportata da specifiche analisi di risposta sismica locale.

Fattibilità in relazione a problematiche idrogeologiche

In merito alle possibili problematiche idrogeologiche la fattibilità degli interventi dovranno rispettare quanto previsto dalla disciplina del PTCP di Siena all'art. 10.1.3.

Siena, dicembre 2020

GEOSOL s.r.l.
Dott. Geol. Andrea Capotorti
 V.le Europa, 31 - SIENA
 Tel. 0577 44470 - Fax 0577 222011
 Partita IVA 00707530523




ALLEGATO 1 - STUDIO IDRAULICO

PREMESSA

Il presente studio idraulico è stato realizzato a supporto della relazione geologico-tecnica per il procedimento *“Variante al Regolamento Urbanistico mediante SUAP ai sensi dell’art. 35 l.r. 65/2014 e s.m.i. per le modifiche alle cartografie del R.U. vigente limitatamente all’area produttiva industriale e/o industriale posta in loc. Badesse denominata “Area KW - Officine meccaniche s.r.l.”.*

Lo scopo di questo studio è quello di valutare nel dettaglio le effettive condizioni di fattibilità idraulica dell’area, allo scopo di progettare eventuali interventi di messa in sicurezza, così da poter definire le condizioni di fattibilità idraulica degli interventi previsti.

EVENTO ALLUVIONALE MAGGIO 2013

Si ritiene importante descrivere nel dettaglio l’evento alluvionale avvenuto nel maggio 2013, quando l’area delle Badesse è stata interessata forti piogge che hanno causato l’allagamento della carreggiata stradale e di porzione del resede nella zona est prossima al cancello d’ingresso.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELL’EVENTO ALLUVIONALE

Qui di seguito si riporta la documentazione fotografica dell’evento meteorico che ha allagato l’area est del resede del fabbricato in prossimità della strada.



FOTO n. 1: allagamento della strada e di parte del piazzale prossima al cancello.



FOTO n. 2: ripresa dell'allagamento durante il momento di picco dell'evento meteorico.



FOTO n. 3: ripresa dell'allagamento zona nord-est.



FOTO n. 4: ripresa dell'allagamento zona sud-est.

VALUTAZIONE DEL BATTENTE DI PIENA DELL'EVENTO ALLUVIONALE ACCADUTO

Dall'evento di allagamento, mediante un raffronto con le caratteristiche geometriche misurate direttamente in campagna sul cancello, è stato possibile individuare il seguente battente d'acqua relativo all'evento eccezionale di maggio scorso:

⇒ **h battente in ingresso dalla strada evento meteorico maggio 2013: 0.17 m.**

Il tutto è rappresentato nella seguente documentazione fotografica:



Stima del battente idraulico dell'evento meteorico di maggio 2013.

INQUADRAMENTO DELL'AREA

Il principale reticolo idrografico è costituito dal Fosso di Massimina che scorre più a nord dell'area in studio, e dal Fosso di Poggio Orlando, entrambi confluenti più a valle nel Torrente Staggia.

Entrambi i fossi nel corso degli anni sono stati soggetti a molteplici interventi di sistemazione idraulica finalizzati alla mitigazione del rischio idraulico dell'area delle Badesse.

In particolare è stata realizzata a monte del raccordo autostradale una cassa di espansione finalizzata a laminare i picchi di portata del corso d'acqua.

Si fa comunque presente che nel corso degli ultimi rilievi effettuati, per meglio definire l'idrologia dell'area in studio è stato evidenziato che il Fosso Orlando, a valle del raccordo autostradale, risulta completamente tombato e che tramite una tubazione parallela alla strada convoglia le acque nel Fosso Massimina più a nord del fabbricato interessato dai lavori: l'area in studio non è pertanto attraversata da alcun corso d'acqua.

INDIVIDUAZIONE DELL'EVENTO METEORICO MASSIMO

Si è proceduto, per maggiore sicurezza, a confrontare il battente di piena dell'evento di maggio con l'evento di picco per venti con $Tr = 200$ anni.

STIMA DEL BATTENTE DI PIENA PER $TR = 200$ ANNI

Come detto, in corrispondenza del Fosso di Poggio Orlando è presente una cassa di espansione, posta a monte del raccordo autostradale: essa è stata realizzata al fine di laminare i picchi di portata di piena del corso d'acqua in transito verso l'area industriale.

La cassa di espansione recapita i volumi di piena all'interno di una condotta sotterranea conflueno nel Fosso di Massimina più a nord dell'area in studio.

Da un accurato studio dell'idrologia locale si è dedotto che i volumi d'acqua pervenuti nell'area allagata in oggetto, in occasione dell'evento meteorico eccezionale del maggio 2013, sono plausibilmente derivanti dall'inadeguatezza delle condutture sotterranee esistenti, che non sono riuscite a smaltire completamente tali volumi di piena in uscita dalla cassa di espansione.

In figura 11 è riportata una planimetria schematica in cui vengono rappresentati i principali elementi idraulici ed i flussi stimati in occasione di eventi alluvionali con $Tr=200$ anni, così come di seguito calcolati.

Secondo i calcoli eseguiti dall'Ufficio Difesa Suolo dell'Amministrazione Provinciale l'opera di laminazione consente di ridurre il massimo picco di portata per un evento duecentennale, corrispondente all'evento con durata di pioggia critica di 0.60 ore, da circa 12.30 mc/s a 8.70 mc/s.

Il problema si pone in relazione al deflusso dei **8.70 mc/s** a valle del raccordo autostradale, ossia nel tratto tombato al di sotto della ferrovia ed al di sotto dell'area industriale di Badesse.

Lo scatolare in uscita dal raccordo autostradale si immette in un pozzetto-camera interrato, da cui parte una tubazione circolare di 0.80 m e lunga circa 61 m, che attraversa il rilevato ferroviario e termina in un pozzetto in corrispondenza dell'incrocio stradale (TRATTO SOTTOPASSO).

Dal pozzetto terminale dell'attraversamento ferroviario, il tracciato del fosso piega verso nord lungo il tracciato ferroviario, per immettersi nel Fosso Massimina immediatamente a monte dell'attraversamento più prossimo al rilevato ferroviario.

Questo tratto lungo circa 275 m, intervallato da pozzetti posti a distanza variabile, è caratterizzato da una tubazione circolare del diametro di 1.00 m (TRATTO DI VALLE).

La stima della capacità di deflusso all'interno dei due tratti intubati, è stata fatta utilizzando una relazione di moto permanente in pressione per una condotta in calcestruzzo, grazie all'ausilio di un rilievo topografico della condotta, i cui risultati sono riportati nella tabella sottostante:

$$Q = UA \quad U = \sqrt{\frac{2g^4 R J}{\lambda}} \quad \lambda = \left(\frac{1}{2 \log \left(\frac{4fR}{\varepsilon} \right)} \right)^2$$

		Tratto sottopasso	Tratto di valle
Lunghezza tratto in pressione	L	61.000	275.350
Diametro tubazione	D(m)	0.800	1.000
Differenza di carico piezometrico	DH	1.740	0.990
Scabrezza	ε	0.005	0.005
Area sezione idraulica	A	1.005	1.570
Perimetro bagnato	B	2.512	3.140
Raggio idraulico	R	0.400	0.500
Coefficiente forma	f	1.080	1.080
Coefficiente della relazione di moto uniforme	λ	0.039	0.036

Differenza di carico piezometrico nel tratto	DH	1.740	0.990
Cadente	J	0.029	0.004
Velocità	U	4.802	1.979
Portata	Q	4.82	3.11

Nell'ipotesi che i pozzetti non siano a tenuta stagna, si può assumere che in corrispondenza di ciascun pozzetto il carico piezometrico nella condotta sia al massimo coincidente con la quota del terreno.

Assumendo nel primo tratto del sottopasso del rilevato ferroviario (TRATTO SOTTOPASSO) una differenza di carico piezometrico di 1.74 m, pari alla differenza di quota del terreno tra i due pozzetti, si ottiene che al suo interno può defluire una portata di circa 4.82 mc/s: la portata rimanente di circa **3.88 mc/s** ($8.70 - 4.82$ mc/sec) passa invece sulla sede stradale e si riversa in corrispondenza dello svincolo dell'area industriale.

Nel tratto seguente (TRATTO DI VALLE), ipotizzando una differenza di carico piezometrico di 0.99 m, ossia che in corrispondenza del pozzetto di monte coincida con la quota del terreno e che a valle coincida con la quota di sommità della sponda del Massimina, ovvero nell'ipotesi che il livello idrometrico del fosso ne lambisca la sommità, la capacità di deflusso è di circa 3.11 mc/s: la portata rimanente di circa **1.71 mc/s** ($4.82 - 3.11$ mc/sec) si riversa sulla sede stradale.

Da queste considerazioni si evince che la portata che può riversarsi sulla sede stradale durante un evento con tempo di ritorno duecentennale risulta data dalla somma delle due portate eccedenti dai due tratti di tubazione considerati (il tutto è riassunto nel seguente schema sinottico):

$$\underline{3.88 + 1.71 = 5.59 \text{ mc/s.}}$$

SCHEMA SINOTTICO ESPLICATIVO



Il deflusso dei 5.59 mc/s a valle del sottopasso stradale avviene lungo linee preferenziali di massima pendenza, secondo un moto bidimensionale.

Come si può dedurre dalla cartografia l'area ha una morfologia sub-pianeggiante e le blande pendenze dei terreni sono orientate in direzione nord verso il fosso Massimina ed ovest verso il torrente Staggia. La viabilità che porta verso sud tende invece a salire rispetto alla quota dell'incrocio.

Premessa la difficoltà di stimare con precisione l'evoluzione di un moto bidimensionale, vista oltretutto la presenza di edifici, manufatti in rilievo sul piano edificato come recinzioni etc..., si può tuttavia ipotizzare con ragionevole certezza che le principali linee di esondazione seguano le carreggiate stradali.

Queste considerazioni ci consentono di ipotizzare che la portata in arrivo al sottopasso si distribuisca uniformemente riversandosi per circa il 50% lungo la carreggiata in direzione nord, il Fosso Massimina e l'area di intervento, e per il 50% verso ovest e lo Staggia.

In occasione di un evento duecentennale, quindi, circa **2.80 mc/s** potrebbero defluire lungo la strada adiacente all'area di intervento, dove, assumendo una larghezza della sezione idraulica di

circa 14.00 m e assimilando la velocità di deflusso a quella all'interno di una canaletta a sezione rettangolare, si ottengono altezze medie di battente di circa **0.18 m** e velocità di circa 1.11 m/s.

Tale stima è stata effettuata mediante la seguente formula che fa riferimento alla velocità media v_m della corrente e all'area della sezione di misura S :

$$Q = S v_m$$

La velocità media della corrente v_m può essere calcolata mediante l'utilizzo della seguente equazione del moto uniforme:

$$v_m = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

in cui:

- S = sezione della canaletta o corso d'acqua;
- v_m = velocità media della corrente in m/sec;
- n = coefficiente di scabrezza (Manning espresso in $s/m^{1/3}$);
- R = raggio idraulico pari al rapporto fra la sezione idraulica ed il perimetro bagnato ed espresso in metri;
- i = pendenza dell'alveo.

Nel caso in esame, da una stima geometrica dell'area in cui, come detto, la sezione idraulica è rappresentata dalla sede stradale stessa, è stato possibile stimare i valori riassunti nella seguente tabella:

TABELLA RIEPILOGATIVA DEI PARAMETRI UTILIZZATI			
coefficiente di manning	n	0.011	$s/m^{1/3}$
larghezza di base	B	14.00	m
pendenza del fondo	i	0.0015	
sezione	S	2.53	m^2
velocità media	v_m	1.11	m/s
portata	Q	2.80	m^3/s

Da cui si ottiene il seguente valore dell'altezza del battente idraulico per $Tr = 200$ anni:

altezza del battente idraulico	H	0.18107	m
--------------------------------	-----	---------	---

Ferma restando la possibilità che i battenti siano maggiori in corrispondenza di avvallamenti, i calcoli effettuati sono da ritenersi mediamente cautelativi, dal momento che i deflussi delle acque non avvengono esclusivamente sulla sede stradale, ma anche all'interno dei piazzali degli edifici e nelle aree verdi adiacenti alla strada.

VALUTAZIONE DELLA PORTATA PROVENIENTE DALLA STRADA

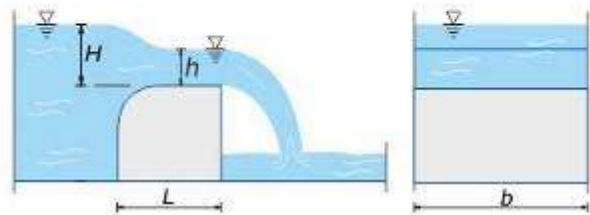
In base alle considerazioni sopra effettuate si ritiene che, poiché il battente ottenuto per eventi con $Tr = 200$ anni ($h = 0.18$ m) è leggermente superiore rispetto a quello stimato dall'evento di maggio 2013 ($h = 0.17$ m), per la stima della portata in ingresso nel cancello possa essere fatto riferimento prudenzialmente al valore maggiore tra i due ($h = 0.18$ m).

Per valutare la portata d'acqua che dalla strada fluisce all'interno del piazzale dall'unica via possibile, cioè dall'apertura del cancello, il moto idraulico è stato schematizzato come uno stramazzone in parete grossa; con questa schematizzazione, utilizzando il battente idraulico sulla strada precedentemente calcolato, si ottiene il seguente valore di portata in ingresso dal cancello all'interno del piazzale, relativamente ad un evento meteorico con $Tr = 200$ anni:

⇒ **Q ingresso nel piazzale dalla strada: 0.9 m^3/s .**

Calcolo di una Bocca a stramazzo a parete grossa

$$Q = 0,385 \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H^{3/2}} = 1,705 \cdot b \cdot H^{3/2}$$



Q 0.8984258345 m³/s

b 6.9 m

H 0.18 m

Q = [m³/s]: portata del getto

b = [m]: larghezza della soglia

L = [m]: lunghezza della soglia

H = [m]: altezza del fluido indisturbato a monte della soglia (carico)

h = 2 · H/3 [m]: altezza della vena fluida sopra la soglia

Il tutto è meglio riassunto nello schema sinottico conclusivo di fig. 1 allegata.

VALUTAZIONE DEI QUANTITATIVI D'ACQUA DEFLUENTI NEL PIAZZALE

Poiché le opere idrauliche progettate raccoglieranno anche le acque defluenti direttamente dalle superfici coperte e dal piazzale, si è proceduto ad una stima della portata ricadente direttamente sull'area.

L'area di piazzale, in cui defluiscono le acque, possiede la seguente superficie:

$$A = 7000 \text{ mq} \rightarrow 0.007 \text{ kmq.}$$

➤ STIMA DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il coefficiente di deflusso si ottiene da alcuni elementi caratteristici del bacino che influenzano la densità di drenaggio; questa, come noto, è funzione della permeabilità del substrato, del clima, della pendenza dei versanti e dell'utilizzazione del suolo.

Poiché nel caso in esame, si considera che le superfici sono per le più impermeabilizzate, tutta l'acqua che precipita defluisce e pertanto il valore del coefficiente di deflusso C_d è pari a:

$$\Rightarrow \mathbf{C_d = 100\%}$$

➤ CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA

• Piogge di progetto

Per il calcolo delle piogge da utilizzare all'interno dello studio idrologico sarebbe necessario utilizzare i dati pluviometrici forniti dal recente studio "Analisi di Frequenza Regionale delle precipitazioni estreme nella Regione Toscana" del 2014. Tuttavia tale lavoro fornisce le c.p.p. solamente per durate di pioggia superiori a 1 h, in genere considerate valide fino a durate di 30 minuti, comunque maggiori alla durata critica di un bacino piccolo come quello in esame.

Pertanto, in assenza di informazioni pluviometriche più aggiornate, si fa riferimento alle c.p.p. calcolate nell'ambito dello studio di Regionalizzazione delle portate di piena in Toscana (1998), per la stazione pluviometrica di Siena.

Le c.p.p. della regionalizzazione calcolate in tale studio si presentano nella forma

$$h = a d^n T r^m$$

- h = altezza massima di pioggia in mm;
- d = durata della pioggia in ore;
- Tr = tempo di ritorno dell'evento in anni;

- a, n, m = parametri caratteristici della stazione pluviometrica, che vengono forniti dalla regressione statistica;

L'analisi delle piogge è stata quindi effettuata per Tr di 200 anni, utilizzando i seguenti parametri:

Coefficienti curva poss.pluviometrica		
a=	28.747	< 1.00 ora
n=	0.499	
Tr=	200	
m=	0.180	

Dato che per bacini di piccole dimensioni si può assumere che la pioggia, uniformemente distribuita, produca colmi di piena sempre crescenti fintanto che la sua durata non superi il tempo di corrivazione (tc), la durata critica di pioggia (d) è stata considerata pari al tempo di corrivazione (d = tc).

- *Tempo di corrivazione*

E' il tempo che impiega una particella di acqua a giungere, da qualsiasi punto del bacino, alla sezione di chiusura. Si suppone, per semplicità, che il tempo sia lo stesso durante tutto l'evolversi del fenomeno ed indipendente dalle portate defluenti e che la pioggia, uniformemente distribuita, produca colmi di piena sempre crescenti fintanto che la sua durata non superi il tempo di corrivazione (tc). La portata massima risulta pertanto quella che si ha per una pioggia di durata pari a tc.

Per una pioggia distribuita non uniformemente sull'intero bacino, le portate defluenti dipendono in maniera determinante dalla distribuzione spaziale e temporale della pioggia, nonché dalla forma del bacino.

Per bacini piccoli e medio piccoli si può supporre che la pioggia sia uniformemente distribuita, mentre per bacini medi e grandi questo assunto è improbabile.

Per calcolare il tempo di corrivazione del bacino in studio, in assenza di misurazioni sperimentali, si fa riferimento alle seguenti formule:

→ **Kirpich:** $tc = 0.066 L^{0.77} [1000 L / (H_{max} - H_0)]^{0.385}$

tc : tempo di corrivazione (in ore)

L : lunghezza dell'asta principale (Km)

Hmax H₀ : quota massime e minima rispetto alla sezione di chiusura

→ **PIN 1:** $tc = 1.66 L^{0.86} H_{max}^{-0.177}$

tc : tempo di corrivazione (in ore)

L : lunghezza dell'asta principale (Km)

Hmax : dislivello rispetto alla sezione di chiusura (m)

→ **PIN 2:** $tc = 1.66 L^{0.82} H_{med} - 0.188$

tc : tempo di corrivazione (in ore)

L : lunghezza dell'asta principale (Km)

Hmed : dislivello medio rispetto alla sezione di chiusura (m)

→ **tp (cinematico 1 m/s):** $tc = (5 \cdot 60 + 1000 L) / 3600$

tc : tempo di corrivazione (in ore)

L : lunghezza dell'asta principale (Km)

Per il bacino in esame si hanno i seguenti valori:

CARATTERISTICHE DEL BACINO CONSIDERATO	
Comune	MONTERIGGIONI
Località	BADESSE



Bacino imbrifero	ACQUA DEFLUENTE SULLE COPERTURE	
Sezione di chiusura	A VALLE NEL POZZETTO OVEST	
Lunghezza asta principale	0,198	Km
Superficie del bacino	0,007	Kmq
Quota massima	0.00	m
Quota sezione di chiusura	-0.35	m
Media (quota)	0.175	m

Da cui, sostituendo, si ottengono i seguenti valori del Tc secondo le formule considerate:

Kirpich	0,218	h
PIN 1	0,497	h
PIN 2	0,610	h
tp (cinematico 1 m/s)	0,138	h
Media	0,37	h

Pertanto, per il sottobacino in esame, considerando al media dei valori stimati si ottiene:

$$tc = 0,37 h$$

- *Valutazione della portata di massima piena*

Lo studio dei parametri idro-geomorfologici e le elaborazioni sopra descritte consentono di quantificare la presumibile portata massima.

Per la determinazione della portata di piena, data la modesta estensione del bacino, si è fatto ricorso alla formula del metodo razionale ipotizzando uno ietogramma ad intensità costante.

Risulta quindi:

$$Q(\max) = C_d A h(\max) / 3,6 T_c$$

dove:

- Q(max) = portata al colmo (mc/sec);
- Cd = coefficiente di deflusso;
- A = superficie del bacino (Kmq);
- h(max) = altezza di pioggia (mm) nel tempo di corrivazione Tc, calcolata mediante la relazione della distribuzione di Gumbel, secondo quanto indicato nel precedente paragrafo;
- tc = tempo di corrivazione del bacino (ore).

Sostituendo, in base a quanto detto, si ottiene una portata pari a:

Tc (ore)	Cd (%)	A (Kmq)	H(max) (mm)	Q(max) (mc/sec)
0,37	1	0,007	44,95	0,24

Tale valore di portata, al fine della valutazione del dimensionamento delle opere da realizzare, si somma alla portata in entrata di 0.90: riassumendo, la portata complessiva finale da smaltire è pari a

$$Q \text{ totale: } 0.90 + 0.24 \text{ mc/sec} = 1.14 \text{ mc/sec.}$$

Si tenga in considerazione che tale valore è comunque cautelativo, in quanto i valori dei tempi di corrivazioni non sono gli stessi per la portata proveniente dalla strada e quella del piazzale.

VALUTAZIONE DEL DIMENSIONAMENTO GRIGLIA E TUBAZIONE

Il progetto, meglio descritto nel seguente paragrafo, prevede la posa in opera di una griglia prossima al cancello e di una tubazione interrata.

Si procede qui di seguito a dimensionamento della griglia e della tubazione interrata da porre in opera, considerando prudenzialmente il valore di portata sopra calcolato pari a 1.14 mc/sec.

DIMENSIONAMENTO GRIGLIA

Per valutare il dimensionamento della griglia, si è fatto riferimento alla velocità media v_m della corrente e all'area della sezione di misura S (formula precedentemente riportata):

$$Q = S v_m$$

La velocità media della corrente v_m può essere calcolata mediante l'utilizzo della seguente equazione di Manning del moto uniforme:

$$v_m = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

in cui:

- v_m = velocità media della corrente in m/sec;
- n = coefficiente di scabrezza;
- R = raggio idraulico pari al rapporto fra la sezione idraulica ed il perimetro bagnato ed espresso in metri;
- i = pendenza dell'alveo.

In particolare, nel calcolo è stato utilizzato il seguente valore del coefficiente scabrezza (Manning espresso in $m^{-1/3} \cdot s$):

- coefficiente di Manning $n = 0.012 [m^{-1/3} \cdot s]$.

La griglia da porre in opera avrà una lunghezza di 13.13 m e forma trapezia interna avente lato corto pari a 0.622 m, lato lungo pari a 0.70 m ed altezza pari a 0.70 m; inoltre sarà messa in opera con un gradiente idraulico pari a:

- gradiente idraulico $i = h/L = 0.15 \text{ m} / 13.13 \text{ m} = 0.0114$.

Di conseguenza, mediante l'applicazione delle formule sopra riportate, è possibile calcolare la massima portata smaltibile dalla griglia, riportata nei calcoli qui di seguito:

VERIFICA DELLE SEZIONE TRAPEZIA					
Caratteristiche generali del corso d'acqua e della sezione					
$n=$	0.011	s/m ^{1/3}	canaletta in cemento perfettamente liscio		
$b=$	0.622	m	larghezza di base		
$B=$	0.700	m	larghezza in sommità		
$h=$	0.700	m	altezza complessiva		
$i=$	0.0114		pendenza del fondo		
Percentuale di riempimento (% di h)	Area della sezione trasversale (m ²)	Contorno bagnato (m)	Raggio idraulico (m)	Velocità media (m/s)	Portata (m ³ /s)
5	0.02	0.69	0.03	0.97	0.02
10	0.04	0.76	0.06	1.45	0.06
15	0.07	0.83	0.08	1.79	0.12
20	0.09	0.90	0.10	2.06	0.18
25	0.11	0.97	0.11	2.28	0.25
30	0.13	1.04	0.13	2.46	0.33
35	0.16	1.11	0.14	2.62	0.41
40	0.18	1.18	0.15	2.75	0.49
45	0.20	1.25	0.16	2.87	0.58
50	0.22	1.32	0.17	2.98	0.67
55	0.25	1.39	0.18	3.07	0.76

60	0.27	1.46	0.19	3.15	0.86
65	0.29	1.53	0.19	3.23	0.95
70	0.32	1.60	0.20	3.30	1.05
75	0.34	1.67	0.20	3.37	1.15
80	0.37	1.74	0.21	3.43	1.25
85	0.39	1.81	0.21	3.48	1.36
90	0.41	1.88	0.22	3.53	1.46
95	0.44	1.95	0.22	3.58	1.57
100	0.46	2.02	0.23	3.63	1.68
				Portata massima:	1.68

Di conseguenza, con tali caratteristiche geometriche, la griglia smaltisce la portata di **Q_{totale} = 1,14 mc/sec** precedentemente calcolata con un'altezza pari al 75% dell'altezza totale e comunque una portata in entrata pari a **Q_{entrata} = 0,90 mc/sec** lasciando parte della sezione idraulica libera.

DIMENSIONAMENTO TUBAZIONE INTERRATA

La tubazione interrata da porre in opera dovrà rispettare le seguenti caratteristiche:

- lunghezza totale: 151.3 m;
- dislivello monte valle: 1.20 m;
- pendenza $i = 0.00683$.

Per valutare il dimensionamento della tubazione si è fatto riferimento alla velocità media v_m della corrente e all'area della sezione di misura S (formula precedentemente riportata).

Mediante l'applicazione delle formule sopra riportate si ottiene che la portata precedentemente calcolata **Q_{totale} = 1,14 mc/sec** viene smaltita con una tubazione avente un diametro di 700 mm con un'altezza pari al 81% dell'altezza totale lasciando parte della sezione idraulica libera.

Portata di una condotta a pelo libero

Formula di Chezy con coefficiente scabrezza di Gauckler-Strickler

$$v = k R^{2/3} i^{1/2}$$

D m
*

w %
*

i m/m
*

k
*

Q m³/s

Legenda

- D** = Diametro interno del canale circolare - (es. 0.25)
w = Livello percentuale di riempimento nel canale - (es. 50)
i = Pendenza del canale - (es. 0.005)
Q = Portata nella condotta
k = Coefficiente di scabrezza - Vedi tabella:

Tabella coefficienti scabrezza di Gauckler-Strickler	
Tubi Pe, PVC, PRFV	k = 120
Tubi nuovi gres o ghisa rivestita	k = 100
Tubi in servizio con lievi incrostazioni o cemento ord.	k = 80
Tubi in servizio corrente con incrostaz. e depositi	k = 60
Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo	k = 40

INTERVENTI PROGETTUALI PREVISTI DI DIFESA IDRAULICA

Gli interventi previsti al fine di risolvere il problema dell'allagamento del piazzale durante gli eventi meteorici eccezionali, in considerazione della realizzazione dell'ampliamento previsto, sono qui di seguito descritti e rappresentati nelle tavole 1, 2 e 3 allegate:

- tavola 1: piano quotato e schema del deflusso delle acque meteoriche in progetto e sezioni generiche (scala 1:200);
- tavola 2: particolari di progetto zona est del cancello con planimetria in scala 1:50 e sezioni 1:50 e 1:25;
- tavola 3: particolari di progetto zona ovest del cancello con planimetria in scala 1:50 e sezioni 1:50.

➤ REALIZZAZIONE GRIGLIA

Al fine di raccogliere la portata d'acqua in entrata defluente dalla strada nel piazzale antistante il fabbricato da ampliare, si prevede di porre in opera una griglia avente lunghezza 13.13 m e forma trapezia interna avente lato corto pari a 0.622 m, lato lungo pari a 0.70 m ed altezza pari a 0.70 m.

➤ POSA IN OPERA DI TUBAZIONE INTERRATA (DIAMETRO = 700 MM)

Dalla griglia, le acque raccolte verranno convogliate ad una tubazione interrata disposta lungo il confine nord-est per un tratto di 24.50 m di lunghezza ad un apposito pozzetto quadrato avente lato interno pari a 1.00 m, posto nello spigolo del piazzale.

Da tale pozzetto la tubazione segue il limite nord fino all'altro spigolo all'estremo ovest del resede, per un tratto di lunghezza pari a 151.3 m.

Tale tubazione, come dimostrato nei precedenti calcoli, avrà una lunghezza complessiva pari a 175.8 m, dislivello tra monte e valle pari a 1.20 m e quindi verrà posta in opera con una pendenza pari a 0.00683.

Tale tubazione sarà interessata da ulteriori pozzetti di ispezione e di raccolta aventi la stessa grandezza di quello precedentemente descritto e profondità variabile relativa alla profondità della tubazione.

➤ POSA IN OPERA DI CANALETTE DI RACCOLTA ACQUE RECAPITANTI NEI PIAZZALI

È prevista la posa in opera di canalette per la raccolta di acqua defluente nel piazzale e nelle coperture lungo tutti i confini del resede, recapitanti finalmente nel pozzetto ultimo più a valle posto ad ovest e talvolta raccordate tramite tubazioni interrate lungo il confine sud.

Tali canalette saranno poste in opera al di sopra della tubazione interrata nella parte nord-est e nord, e mediante opportuna caditoia costituita da spezzone di tubo verticale, confluiranno nel tubo sottostante in corrispondenza dei pozzetti.

➤ ADEGUAMENTO DEL POZZETTO AD OVEST

Al fine di garantire le quote progettuali e la raccolta delle acque nella zona finale più a valle ed a ovest, dovrà essere sostituito il pozzetto costituito da anelli in cls sovrapposti esistente con idoneo pozzetto avente forma rettangolare in pianta e le seguenti dimensioni minime:

- lato interno: 1.50 m;
- altezza: 2.00 m.

Da tale pozzetto le acque si immetteranno nella tubazione interrata esistente verso il fosso Massimina, la quale all'uscita nell'alveo del corso d'acqua, è costituita da una tubazione in cemento $d=1100$ mm e pertanto di dimensioni sufficienti a garantire un adeguato smaltimento delle acque.

In fase esecutiva si dovrà comunque accertare l'effettivo percorso e dimensione della suddetta tubazione nel tratto interrato posto esternamente al lotto da edificare ed eventualmente prevederne la sostituzione in caso che si verifichi un diametro inferiore a 700 mm.

Vista della parte terminale del tubo in cemento ($D=1100$ mm) sul Fosso di Massimina.



CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le opere di regimazione idraulica previste in base alle verifiche idrauliche effettuate garantiranno la messa in sicurezza del lotto in progetto sia relazione ai livelli di piena che si sono verificati in maggio 2013 che agli eventi di piena con $Tr = 200$ anni, assicurando l'assenza di allagamenti per tali eventi.

Inoltre le opere così come progettate garantendo il deflusso di una porzione delle acque che allo stato attuale si riversano sulla strada determinano non solo la messa in sicurezza idraulica di quanto in progetto ma anche un'attenuazione del livello di rischio delle aree circostanti.

Siena, dicembre 2020

[Handwritten signature]

GEOSOL s.r.l.
V.le Europa, 31 - SIENA
Tel. 0577 44470 - Fax 0577 222011
Partita IVA 00707530523

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
DOTT. GEOL.
ANDREA
CAPOTORTI
N° 617

